

交城县区域性
气候可行性论证报告

山西捷正气象信息技术有限公司

2022年12月·太原

项目名称：交城县区域性气候可行性论证项目

项目编号：1411222022CCS00133

委托单位：交城县发展和改革局

承担单位：山西捷正气象信息技术有限公司

(法人代表：冯力博)

(单位地址：山西省太原市新建路65号)

交城县区域性气候可行性论证报告

编写人员名单

任务分工	姓名	职称/职务	签名
项目负责人	郭伟	高工	
	赵海明	工程师	
技术负责人	温汉光	高工	
项目组成员	陈玲	高工	
	田淙海	高工	
	程雪	助工	
	李旻	工程师	
	岳江	高工	
	张龙	工程师	
	贺洁颖	高工	
	宫燕	工程师	
	张岳军	高工	
	白豆豆	工程师	
	成鹏伟	助工	
审核	王文春	高工	
审定	李必龙	副主任	

声 明

1. 《交城县区域性气候可行性论证报告》（简称本报告）是山西捷正气象信息技术有限公司受交城县发展和改革局委托而完成的技术成果，其使用权归项目承担单位和委托单位双方共同所有，并受中华人民共和国知识产权法保护。该技术成果的知识产权归山西省气象科学研究所所有。

2. 本报告经承担单位盖章方有效。

3. 本报告的区域气候可行性论证结论仅限于论证区域内符合项目现行规划内入驻项目使用。

4. 本报告中的气象资料仅限于本项目使用。

5. 本报告中的结论是基于标准气象观测资料、数值模拟资料、卫星遥感数据及现场测试数据计算分析得出，超出推荐值的气象灾害是存在的。

6. 本报告中所提的气象灾害防护措施的建议，可为规划或建设项目具体设计方案提供参考。

7. 本报告电子版不得私自传播和上传互联网。

8. 对本报告若有异议，应于收到本报告之日起 15 个工作日内书面向承担单位提出。

山西捷正气象信息技术有限公司

2022 年 12 月 23 日

目 录

1 总论	1
1.1 任务由来	1
1.2 项目概况	2
1.3 编制依据	27
1.4 论证内容	30
2 高影响天气及关键气象因子确定	33
2.1 影响开发区的气象因素分析与识别	33
2.2 开发区气象敏感度调查结果	34
2.3 高影响天气分析与识别	35
2.4 论证内容的确定	36
3 资料说明	38
3.1 气象观测站情况	38
3.2 参证气象站选取	39
3.3 资料内容和来源	46
3.4 资料质控	49
4 区域气候特征分析	50
4.1 气候概况	50
4.2 地面气象要素特征	52
4.3 高空气象条件分析	84
4.4 气象灾害分析	87
5 高影响天气分析	99
5.1 强降水	99
5.2 高温/低温	101
5.3 大风	107
5.4 雾霾	109
5.5 冰雹	111
5.6 积雪	112
5.7 结冰	114
5.8 雷暴	116
5.9 冻土	117

6 关键气象参数分析及推算	118
6.1 暴雨强度公式及暴雨极值推算	118
6.2 风速极值推算	119
6.3 雪压极值推算	121
6.4 气温极值推算	123
7 专题评估	127
7.1 大气扩散条件分析	127
7.2 太阳能资源开发利用潜力评估	135
7.3 雷击风险评估	141
7.4 温室气体减排评估	153
7.5 城市热岛评估	158
7.6 暴雨洪涝风险评估	161
7.7 区域宜居环境评估	169
8 开发区与气候相互影响及气象探测环境影响分析	180
8.1 气候条件对开发区的影响分析	180
8.2 开发区建设运营对气候环境影响分析	180
8.3 气象设施和气象探测环境保护	182
8.4 开发区工程建设避免危害气象探测环境评估	189
9 结论	190
9.1 综合结论	190
9.2 论证结果的适用性及不确定性分析	199
附录	202
附录 1 项目合同书	202
附录 2 资料来源证明	208
附录 3 开发区企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表	209
附录 4 资料分析方法	216
附录 5 报告使用物理量单位一览表	230

1 总论

1.1 任务由来

2018年8月7日，山西省委办公厅、省政府办公厅印发了《关于深入推进审批服务便民化加快营造“六最”营商环境的实施方案》（厅字〔2018〕42号），该实施方案第7条要求：选择山西转型综改示范区和部分开发区（园区）开展区域评估，其中包括气候可行性论证工作。省开发区建设工作领导小组办公室随后发文《关于请抓紧制定区域评估相关办法并进行区域评估试点的函》（晋开办函〔2018〕101号），要求对大同、朔州、晋城等经济开发区进行区域评估，并要求相关单位制定方案落实文件精神。省气象局于2019年3月18日印发了《关于做好开发区气候可行性论证工作的函》，并出台了省开发区气候可行性论证实施意见，对指导思想、论证原则、适用区域、论证内容、技术要求和保障措施等做出了明确规定；2019年5月30日山西省第十三届人民代表大会常务委员会第十一次会议通过山西省企业投资项目承诺制规定，自2019年7月1日起施行，从而提高行政审批效率，优化营商环境，激发市场主体活力，区域性气候可行性论证工作可为我省推进行政审批制度改革、优化营商环境提供便利。2019年8月，中国气象局印发了《区域性气候可行性论证技术指南》，规范了区域性气候可行性论证的技术方法；2019年11月11日，山西省工程建设项目审批制度改革领导小组办公室发布《关于印发〈山西省工程建设项目区域气候可行性论证管理办法（试行）〉的通知》（晋工改办字〔2019〕12号）要求相关单位按照文件精神贯彻执行。同时，根据《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目审批制度改革的实施意见》（国办发〔2019〕11号）和《山西省人民政府办公厅关于印发全面推进工程建设项目审批制度改革实施方案的通知》（晋政办发〔2019〕32号）要求，要全面推进开发区工程建设项目审批制度改革。2020年1月18日，山西省第十三届人民代表大会第三次会议通过《山西省优化营商环境条例》，于2020年3月1日起实施。2020年8月13日山西省人民政府办公厅《关于推进区域性气候可行性论证工作的实施意见》（晋政办发〔2020〕63号），提出了区域性气候可行性论证的目标，并规范了区域性气候可行性论证的适用范围（即国家级、省级及市县级人民政府设立的高新技术开发区、经济（技术）开发区、工业园区、产业聚集区及其他有条件的区域）。

为深入贯彻落实上述文件精神 and 具体要求，交城县发展和改革局委托山西君德工程咨询有限公司于 2022 年 9 月 6 日发布交城县区域性气候可行性论证项目竞争性磋商公告，我单位积极组织相关技术人员进行投标，最终被确定为项目中标单位。

合同签订后，我单位及时成立项目组，按照气象相关法律法规和中国气象局《气候可行性论证规范报告编制》《区域性气候可行性论证技术指南》等标准、技术导规范、导则的要求，收集了交城县域及开发区相关材料，经初步分析后，收集了全县域气象观测站资料，包括气象观测站观测资料、历史气象灾害情况等。在综合分析交城县全域和开发区发展规划、产业布局、建设内容，与气候条件相关关系，以及现场调研、踏勘情况，并对有关企业进行了敏感度调查的基础上，确定了论证的范围、主要内容、重点工作和相应的技术路线；完成了区域气候特征分析、高影响天气分析和关键气象参数分析及推算，有针对性地进行了专题评估，针对开发区建设与运营，选取大气扩散条件、太阳能资源开发利用潜力、雷击风险评估、温室气体排放评估、城市热岛评估、暴雨洪涝评估 6 个专题进行了评估，分析了开发区建设运营对气候环境的影响，提出了减轻气象灾害影响的对策建议；针对交城县建设全域旅游示范县，开展了区域宜居环境评估，对人居环境气候舒适度、适游期、区域负氧离子状况分析，提出了进一步发展的建议，最终编制完成《交城县区域性气候可行性论证报告》。

1.2 项目概况

1.2.1 交城县概况

1.2.1.1 地理位置

交城县地处山西中部，太原盆地西部边缘，吕梁山东侧晋中盆地西部边缘，地理坐标为北纬 37°28′~37°54′，东经 111°24′~112°17′。全县国土总面积 1822.11 平方公里，县境东西宽约 76 公里，南北长约 49 公里。行政区划呈菱形。东邻清徐县，南接文水县，西连离石市，西北与方山县相邻，正北与娄烦、古交毗邻。交城区位优势，交通便利。交城毗邻省城，距太原仅 50 公里，是太原经济圈内圈层，是山西承东启西桥梁作用的重要节点。境内大运高速、青银高速、太中银铁路、307 国道纵横穿越，相连成网，30 分钟可直达太原武宿机场、太原高铁站，交通十分便捷，具有优先接受大太原经济圈辐射的区位优势。县城距离太原市 50 公里，国道 307、夏汾高

速、大运高速穿越县境。交城县地理位置图见图 1.2-1。

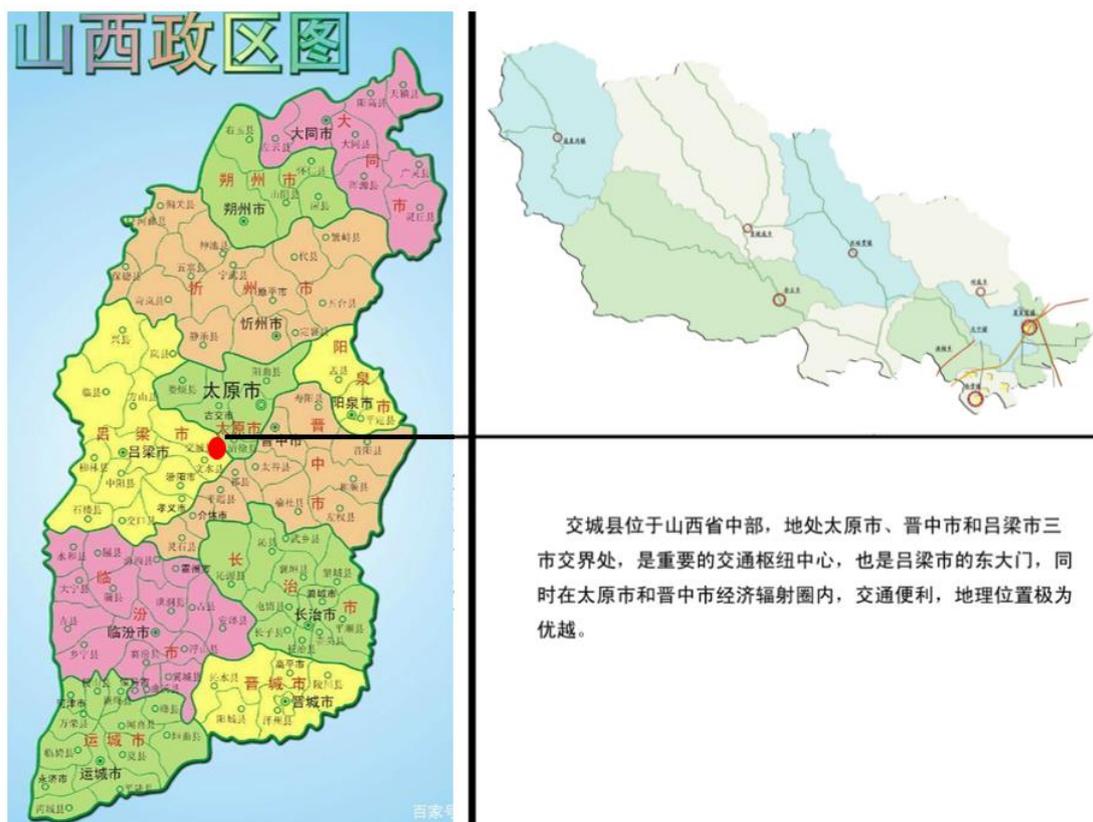


图 1.2-1 交城县地理位置图

1.2.1.2 地形地貌

交城县地处山西台背斜的中西部，位于吕梁山东麓，晋中盆地西缘，地形自西北向东南倾斜。全县以 800 米等高线为界，沿 307 国道走向分为山区和平川两部分，山区属吕梁山脉，总面积 1689.09 平方公里，占全县总面积的 92.7%。交城县高程图见图 1.2-2，地形地貌图见图 1.2-3。关帝山为吕梁山脉主峰，海拔高程 2831 米，位于本县西北端，最低点位于平原区南端磁窑河出境处，海拔高程 747 米，相对高差 2084 米。平川区属晋中盆地，总面积 133.02 平方公里，占全县总面积的 7.3%。

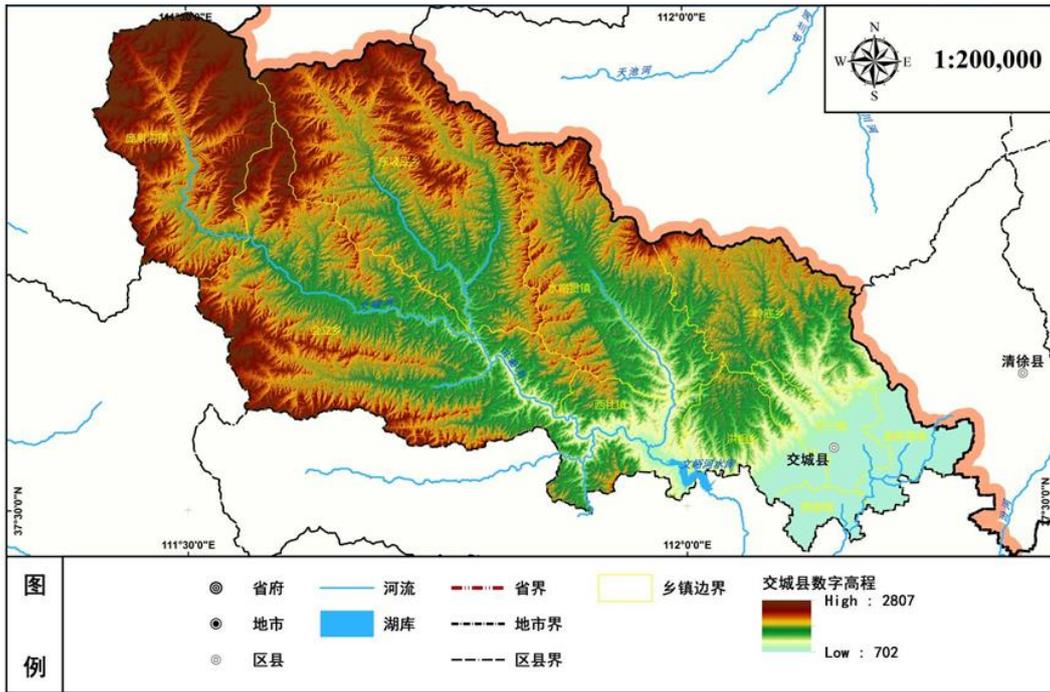


图 1.2-2 交城县高程图

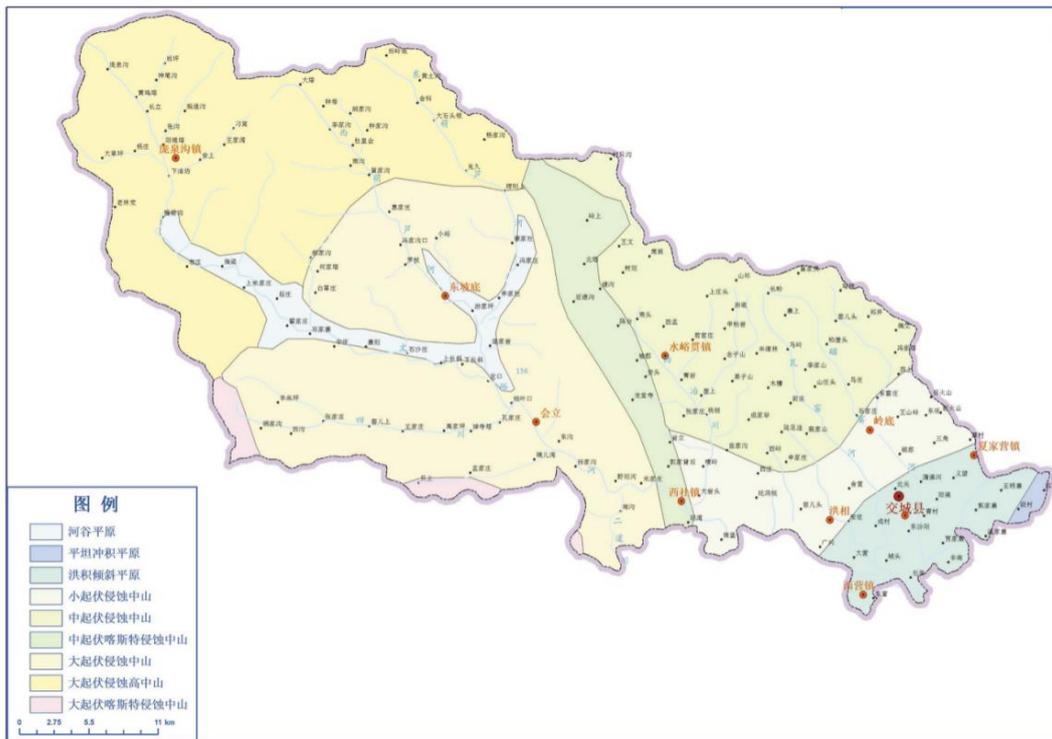


图 1.2-3 交城县地形图

山区分布于县境西北部、北部的绝大部分区域，长期以来处于间歇性持续上升状态，沟谷发育，地形切割强烈，自然条件较差，地广人稀，经济相对落后。平原区分布于县境东南端，地势平坦，土地肥沃，自然条件较好，是本县重要的粮、棉、油、

菜产区，区内人口密集，企业集中，经济较为发达，是全县政治、经济、文化的核心区域。根据地貌形态、成因并参照地表组成物质，境内地貌分高中山区、土石山沟坡区等四个大类九个类型。

1.2.1.3 河流水系

交城县境内河道属黄河流域汾河水系，分磁窑河流域、文峪河流域两大流域，其中文峪河流域面积 1390.85 平方公里，占 76.33%，磁窑河流域面积 431.26 平方公里，占 23.67%；主要河道有三级河两条磁窑河、文峪河。总长 128.93 公里，四级河 8 条，分别为：白石南河交城段长 13.21 公里、瓦窑洞长 36.2 公里、三道川交城段长 3.53 公里、二道川交城段长 6.5 公里、柏叶河长 26.4 公里、东葫芦河长 30.5 公里、西葫芦河长 38 公里、西冶河长 38.5 公里，总长 192.84 公里。

河流总长度 321.77 公里，河网密度 0.18 公里/平方公里，径流总量 1.89 亿立方米。境内最大的河流为文峪河，从县城西北关帝山至出县境流经境内庞泉沟、东坡底、会立、西社、水峪贯、岭底，长 93.9 公里，流域面积 1390.85 平方公里，年均流量 2 立方米/秒，主要支流有三道川、二道川、柏叶河、东葫芦河、西葫芦河、西冶河等。交城县地表水系图见图 1.2-4。

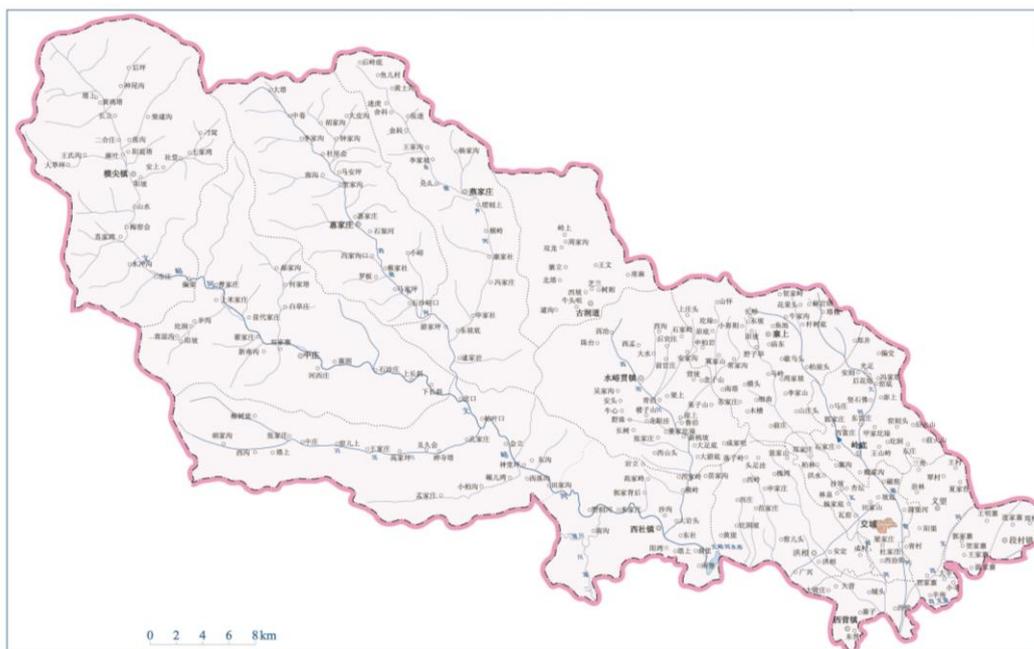


图 1.2-4 交城县地表水系图

文峪河发源于关帝山，沿途有葫芦沟、柏叶沟、三道川、二道川、西冶河汇入，由北峪口(出山口)流入文水县境内，全长 155 公里。文峪河水库以上流域面积 1876.01

平方公里，其中本县面积 1442.04 平方公里，文水县面积 418 平方公里，离石区面积 16 平方公里。多年平均流量 4.55 立方米/秒；最大年径流量 4.041 亿立方米（1964 年合 12.81 立方米/秒），最小年径流量 0.466 亿立方米（1999 年合 1.48 立方米/秒）。文峪河水库建在该河出县境处，库容 1.05 亿立方米，近年来供本县有效水量约 80 万立方米/年，占多年平均径流量的 0.46%。

东、西两葫芦河属文峪河的重要支流之一，它们分别发源于鱼儿村、大塔村，流至东坡底村汇合，到达岔口村后汇入文峪河。东葫芦河流域面积 169.4 平方公里，长为 30.5 公里；西葫芦河流域面积 211.1 平方公里，长 38.0 公里。

东坡底乡由东、西两道葫芦河构成，东葫芦河自东坡底村开始至鱼儿村结束，一座大山阻隔了北上娄烦县的交通，是一条名副其实的死胡同；西葫芦河自逯家岩村开始到大塔村，北上可到达娄烦县，潘岔线贯穿西葫芦河并延伸到娄烦县潘家庄。

东、西葫芦河相比，西葫芦河面较宽，但最宽不足 300 米，东葫芦河最宽不足 250 米。最窄处均为 50 余米，平均宽度在 120 米至 200 米之间。由于今年来的持续干旱和过度放牧，以及多年来的乱砍乱伐导致两条河流量锐减，河流流量的减少已严重威胁到全乡的农业生产。

柏叶河为文峪河中游右岸支流，干流位于交城县西部约 32 公里处，发源于胡家沟村跑马堰东，由西向东流，在柏叶口村汇入文峪河，河道总长 26 公里，流域总面积为 124 平方公里。流域地处山区，地形沟壑纵横，局部河段形状变得狭长，属季节性泄洪河道，平均年径流深为 79.2 毫米，受暖温带大陆性季风气候影响，降雨很少，年平均降雨量为 556.9 毫米。

柏叶河流域地势总体西高东低，河道比降为 26.88%，最高点是高家堂西，海拔 2244 米左右，最低点是柏叶口村，海拔 1067 米左右。按地形划分：柏叶口村至窑儿上村河段海拔在 1000~1600 米，属于中低山区；窑儿上庄上游河段海拔在 1600~2244 米，属于高山区。

三道川为吕梁市境内的河流，干流位于交城县西部约 20 公里处，属文峪河一级支流，汾河的二级支流，发源于山西省离石区信义镇西华镇村，由西向东流，在文水县温家庄村东北进入交城县境内，于南沟村东南接纳二道川后，折向北，在野则河村东汇入文峪河，干流全长 52 公里，平均坡度为 18.31%，流域面积 400 平方公里，其中交城境内河长约 7 公里，流域面积 27.1 平方公里。流域地势大体呈西高东低，在

交城县境内三道川海拔在 900~1200 米。

二道川为文峪河二级支流，发源于文水县开栅镇李家漳村，自西向东流，在文水县陷家沟村东进入交城县境后折向北流，于西社镇南沟村东南汇入三道川。河道全长 28 公里，流域面积 128 平方公里，平均比降 25.18‰，其中交城境内河长 5.7 公里，流域面积 12.8 平方公里。

西冶河是文峪河的一级支流，发源于古交市岔口乡新房村，河流全长 39 公里（其中交城境内河长 37 公里），在交城南恶水地界入交城县境，流经交城县古洞道、水峪贯、东社三个乡镇，于西社村东汇入文峪河干流，流域总面积 299 平方公里（其中交城境内流域面积 293.3 平方公里，古交市流域面积 6.3 平方公里），河道纵坡 20.37‰，糙率 0.04 左右，河型属羽毛状；河谷川内共有沟涧 22 条。河槽以砾石、卵石为主，间夹有孤石，河床基本稳定。

磁窑河主支发源于本县马鞍山，山区分东、西两支，分别流经窑底、东雷庄和柏崖头、西雷庄，在岭底村汇合后于磁窑村出山，经平川蒲渠河、交城县城、青村、贾家寨至石候村南进入文水县，境内河长约 38 公里，山区流域面积为 97.37 平方公里，年径流量 808.8 万立方米，最大洪峰流量 876.9 立方米/秒。磁窑河东沟水库和西沟水库控制流域面积分别为 43.15 平方公里和 43.6 平方公里，库容分别为 90 万立方米和 40 万立方米，平均蓄水量分别为 50 万立方米和 26 万立方米。

瓦窑河为汾河的二级支流，磁窑河的一级支流，发源于交城县北部的狐爷山，主河道流经交城寨上乡和城关镇，瓦窑村北出，穿越 307 国道经县城西侧，流经成村、西汾阳、城头等，于石候村南汇入磁窑河，干流全长 33 公里，流域面积 105.94 平方公里。年径流量 505 万立方米，最大洪峰流量 504.0 立方米/秒。瓦窑河水库库容 190 万立方米，平均蓄水量 150 万立方米。瓦窑河有 6 条支流在平川区通过斜河、饮马河汇入瓦窑河。

瓦窑河流域内流经的乡镇有岭底乡、洪相乡、天宁镇、西营镇，岭底乡位于瓦窑河流域源头山区，面积较小，未形成显著河道。流域地形由西北东南倾斜，以 800 米高程分山区和平川两部分，山区沟壑纵横，河谷深切，主山峰缓延，山顶浑圆，海拔 1950 米，平川区汇入磁窑河海拔 750 米。沟壑两岸局部发育分两层，多数山坡裸露，为红色页岩或黄土覆盖，植被差，森林覆盖仅占 10%。全流域包括 28 个自然村，其中山区 24 个自然村，农业人口 6208 人，平川区 4 个自然村，农业人口 6092 人。是

交城县经济收入较好的地区。

白石南河其前身为朱慧渠，原为当地引水灌溉和排退农田内涝积水的一条小渠道。1953年，山西省政府组织人民群众将朱慧渠开挖拓宽，并更名为白石南河。白石南河发源于清徐县白石山，上游河道主要有马峪河、东于河，方山河、壶瓶石河、火山河。耨齿沟(壶瓶石河、火山河部分及耨齿沟流域范围属交城县)，在王明寨村北汇合后进入本县境内，流经郭家寨村西，穿越大辛、贾家寨之间，直顺于石候村南进入磁窑河。自东北向西南流，河道全长32公里，境内河长12.8公里，流域总面积259.72平方公里，交城县流域面积77.68平方公里，其中山区18.56平方公里，平原区59.12平方公里，清徐县山区98.61平方公里，平原区83.43平方公里。多年平均径流量627.44万立方米，上世纪八十年代以来，流域降水量减少，该河几乎常年断流，只有大雨过后有短时洪水。

白石南河位于交城县东南部是流经交城经济开发区的一条重要河流，河槽呈梯形，开口宽度约15~30米，底坡平缓，交城境内水系不发育，主要有壶瓶石河及火山河两条支流。壶瓶石河发源于清徐县崔家山附近，自北向南流，自王村东北入境后继续向南流，于王明寨西汇入白石南河，境内河长3.7公里；火山河发源于岭底乡大梁山附近，自西北向东南岩县界流淌，在覃村北侧折向西后继续向南流，进入交城境内，先后接纳耙齿河及王山河后，于王明寨西汇入白石南河，境内河道长7.1公里。

1.2.1.4 社会经济概况

据《2021年山西省统计年鉴》，年末交城县常住人口为226716人，主要集中在平川区天宁镇、夏家营镇、西营镇和洪相镇，城镇化率55.91%。图1.2-5为交城县行政区划图。

近年来，交城县坚定不移推进创新驱动、转型升级，以焦化、铸造、建材、化工为主的传统产业正在加快改造步伐，新兴工业、现代农业和旅游业为主的服务业方兴未艾、蓬勃兴起。明科光电、湘电风能等新能源项目陆续实施，形成水电、风电、光伏发电互补的能源格局；以华鑫庞泉酒庄、鑫源鑫肉牛养殖、老农民食品为龙头，推动三次产业融合发展；国家全域旅游示范县、国家级新型城镇化试点县、省级休闲农业和乡村旅游示范县成功获批；推动利虎、铁合金、红星等技改升级，新技术、新装备、新产品释放发展新动能。依托交城山丰富资源宝藏，“畜、果、蔬、菌、药、游”六大特色产业快速发展。以省级的交城经济开发区为平台，大数据、新材料、新

能源、新型化工为主的“一大三新”新兴产业体系正在形成，发展新动能不断积蓄。



图 1.2-5 交城县行政区划图

2020年，交城县第一产业完成增加值39871万元；第二产业完成增加值545435万元；第三产业完成增加值263729万元。交城县是典型的工业城市，二产比例较高，占到GDP的64.24%。

1.2.2 山西交城经济开发区现状

1.2.2.1 开发区简介

山西交城经济开发区是山西省省级开发区之一，也是山西省十个循环经济园区之一，位于交城县平川区晋中盆地，开发区前身为夏家营生态工业园区，成立于90年代后期。2002年9月，交城县委、县政府开始筹建；2003年5月，经吕梁行署批准正式成立“吕梁地区夏家营生态工业园区”；2003年11月，《夏家营生态工业园区发展规划》经省经贸委论证通过，成为全省唯一通过论证的园区；2004年6月，由山西省吕梁地区清理整顿土地市场办公室整合保留，经省国土资源厅做出规划，审核面积为12.61平方公里。2006年9月省政府审批为省级经济开发区，并被国家发改委

审核通过，正式命名为山西交城经济开发区，主要产业类型为煤化工、机械和新材料。近年来，开发区按照国家鼓励“扩区、移位、升级”的要求，扎实推进开发区建设，从原规划核准面积 12.61 平方公里的基础上向东、向南、向西扩张，新增规划面积 14.42 平方公里。2022 年，经省政府常务会议同意扩区，扩区后总面积达到 27.03 平方公里。

1.2.2.2 地理位置

开发区主要部分位于交城县东部平川区的夏家营镇、天宁镇（东部），四至范围为：东至交郑线（不含），南至古冶物流公司南侧，西至磁窑村为民职业学校西侧，北至三坑工业广场。经济开发区规划范围见图 1.2-5。

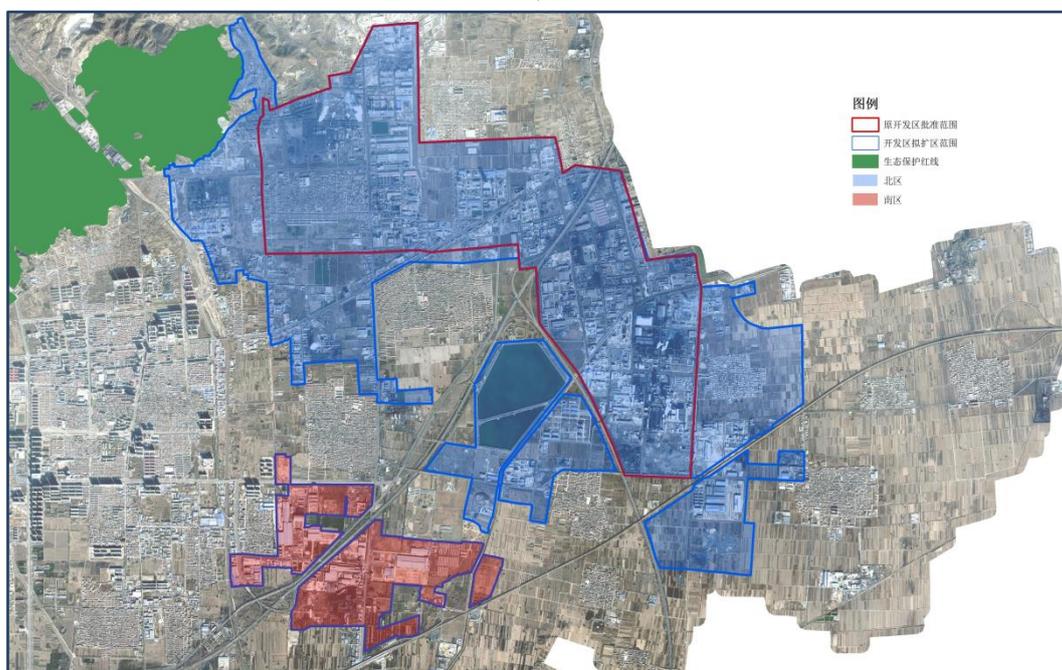


图 1.2-5 交城经济开发区规划范围

北区：规划面积 23.85 平方公里，四至范围为东至云溪垂钓园西侧西 13 米，南至古特金有限公司南侧南 655 米，西至磁窑村为民职业学校西侧，北至三坑工业广场北侧。

南区：规划面积 3.18 平方公里，四至范围为：东至王家寨村西界西 1050 米，南至古冶物流公司南侧，西至山西利虎玻璃（集团）有限公司深加工二公司西侧，北至山西中交高速数据中心有限公司北侧。

1.2.2.3 地形地貌

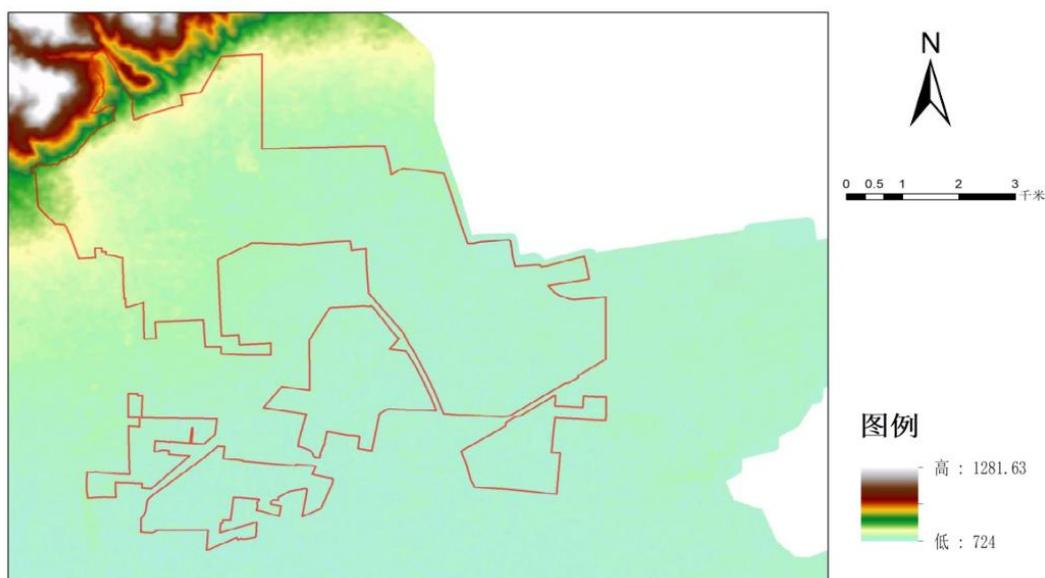


图 1.2-6 交城经济开发区高程图

交城经济开发区位于交城县东南平川区，地势相对平坦，整体呈西北高东南低走势（见图 1.2-6）。

1.2.2.4 产业发展概况

近年来，开发区经济发展质量和效益进一步提高，各项经济指标呈现大幅增长，经济综合实力明显增强。2021 年开发区主营业务收入完成 329 亿元，规模以上工业总产值完成 299 亿元，规上工业销售收入 328.92 亿元，规上工业实现利润 29.36 亿元，税收收入完成 11.6 亿元，固定资产投资额完成 17.2 亿元。截止 2021 年底，开发区共入驻企业 188 户，其中规模以上工业企业 52 户。

开发区现状建成区范围内人口共 23492 人，其中包括产业工人、服务业从业人员和村庄人口三类，产业、服务业工人为 15351 人；村庄人口为 8141 人，所涉及的村庄有 2 个，分别为柰林村、王明寨村。开发区范围内学校、卫生院/室、文化娱乐场所等公共服务设施，目前利用村级资源共享。

遵循“专业有机分工，产业专业集聚，区域联动发展，土地集约利用”的原则，根据开发区地形地貌、水电、交通走向体系及产业布局现状要求，推动开发区按照开放式布局原则，围绕主导产业和功能所形成的专业化空间载体，形成“两区三基地”的产业布局，有效提升开发区的空间承载能力和可持续发展能力。

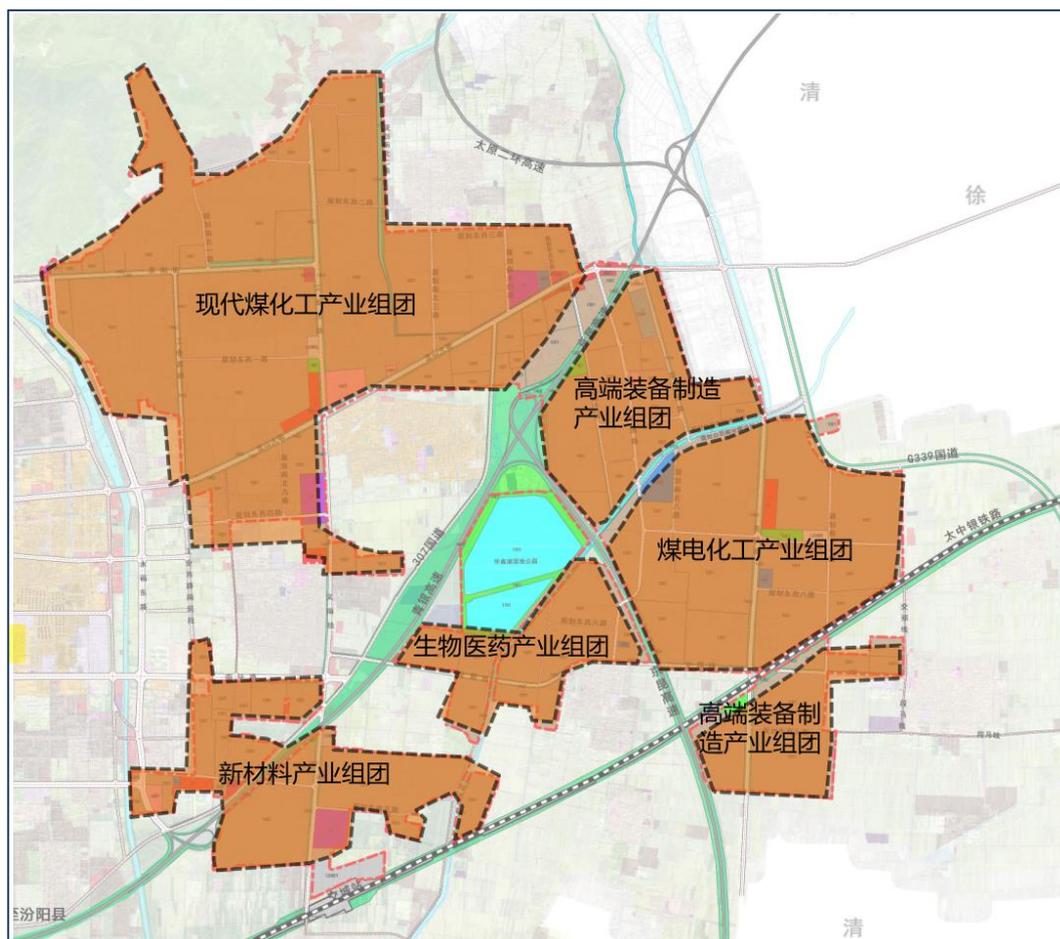


图 1.2-7 交城经济开发区主导产业图

“两区”：包括北区和南区。其中北区的主导产业为现代煤化工产业和高端装备制造产业；南区的主导产业为新材料产业。

六个产业集聚组团，现代绿色煤化工产业组团、高端装备制造产业组团（2个）、煤电化工产业组团、新材料产业组团、生物医药产业组团。

“三基地”：包括现代煤化工基地、高端装备制造基地、新材料基地。交城经济开发区主导产业图见图 1.2-7。

交城经济开发区现状主导产业为现代煤化工产业、高端装备制造产业及新材料产业。已形成产能：焦炭 620 万吨；煤焦油加工 60 万吨；新型肥料 300 万吨；生铁 20 万吨；锰系铁合金 32 万吨；浮法玻璃 1200 万重箱，特种玻璃 500 万平方米；铸件 100 万吨及 300 万米管桩、120 万吨微细粉等。

焦化产业：现有美锦、华鑫、金桃园、晋阳、俊安焦化等企业已形成焦炭总生产能力 620 万吨/年；宏特已形成 45 万吨/年煤焦油处理能力，并以具有自主知识产权的针状焦技术为依托，形成全国重要的煤系炭素材料生产基地。

特种冶炼产业：主要是义望铁合金、晋阳集团、亚太等特种冶炼企业的锰系铁合金、镁合金系列产品，形成 32 万吨锰系铁合金，6 万吨原镁生产能力。

铸造和机械加工业：交城素有“铸造之乡”的称誉，集中于开发区的兴龙、古特金、正泰等企业以球墨铸铁、铸钢等铸件产品为主。兴龙、古特金列入国家发改委、中国铸协同意采用双联工艺进行冶炼铸造一体化的企业名单，成为主要的铸件产品和零部件供应基地和外贸出口基地。目前，山西交城经济开发区已拥有 100 万吨铸件生产能力以及相应的机械加工能力。在铸件产品上，汽车缸体、大型蝶阀、离心铸管、高铁车轴、制动闸片等铸件产品有较好的市场竞争力。

平板玻璃及其深加工业：主要以利虎玻璃的浮法玻璃以及玻璃深加工产品、华岳玻璃利用玻璃废料生产的啤酒瓶等玻璃制品为主，主要产品产能达到浮法玻璃 1200 万重量箱，特种玻璃 500 万平方米。

化肥产业：新型肥料产能突破 300 万吨。代表性企业有：华鑫肥业股份有限公司、交城县金兰化工有限公司、东锦肥业有限公司等。

生物工程：以恩泽生物技术公司为主，开发建设 2000 吨/年 6000u 型耐高温乳糖酶项目，目前试运行生产能力已经达到 200 吨。新天源医药化工公司的头孢菌素类药物中间体、罗沙替丁中间体及碘海醇中间体系列产品，年生产规模达到 800 余吨，其中：HO-EPCP、EPCP 为国内领先水平，酰氯达到国际领先水平，HO-EPCP 已成为全国最大的生产基地，并正在建设年产 5000 吨 β -内酰胺抗生素医药中间体项目。

电力产业：山西省重点项目—山西国锦煤电 2×300 兆瓦（一期）热电联产项目投入运行。该项目年可发电 33 亿度，不仅可以满足交城县城 330 万平方米的集中供热需求，同时可以对清徐和太原储备近 1200 万平方米的热源供应。

1.2.2.5 区位交通

区域战略优势：山西中部城市群发展进入国家规划，是山西省在中部地区争先崛起、在全国版图彰显地位的重大机遇。2021 年 10 月 25 日，山西省第十二次党代会报告提出加强统筹规划，加快要素和人口集聚，形成全省“一群两区三圈”的城乡区域发展新布局（图 1.2-8）。从山西省“一群两区三圈”新的城乡区域发展格局看，交城县位于山西中部城市群，与汾阳、文水、孝义共同组成了交汾文孝城镇组群，成为山西中部城市群发展的重要战略支点。

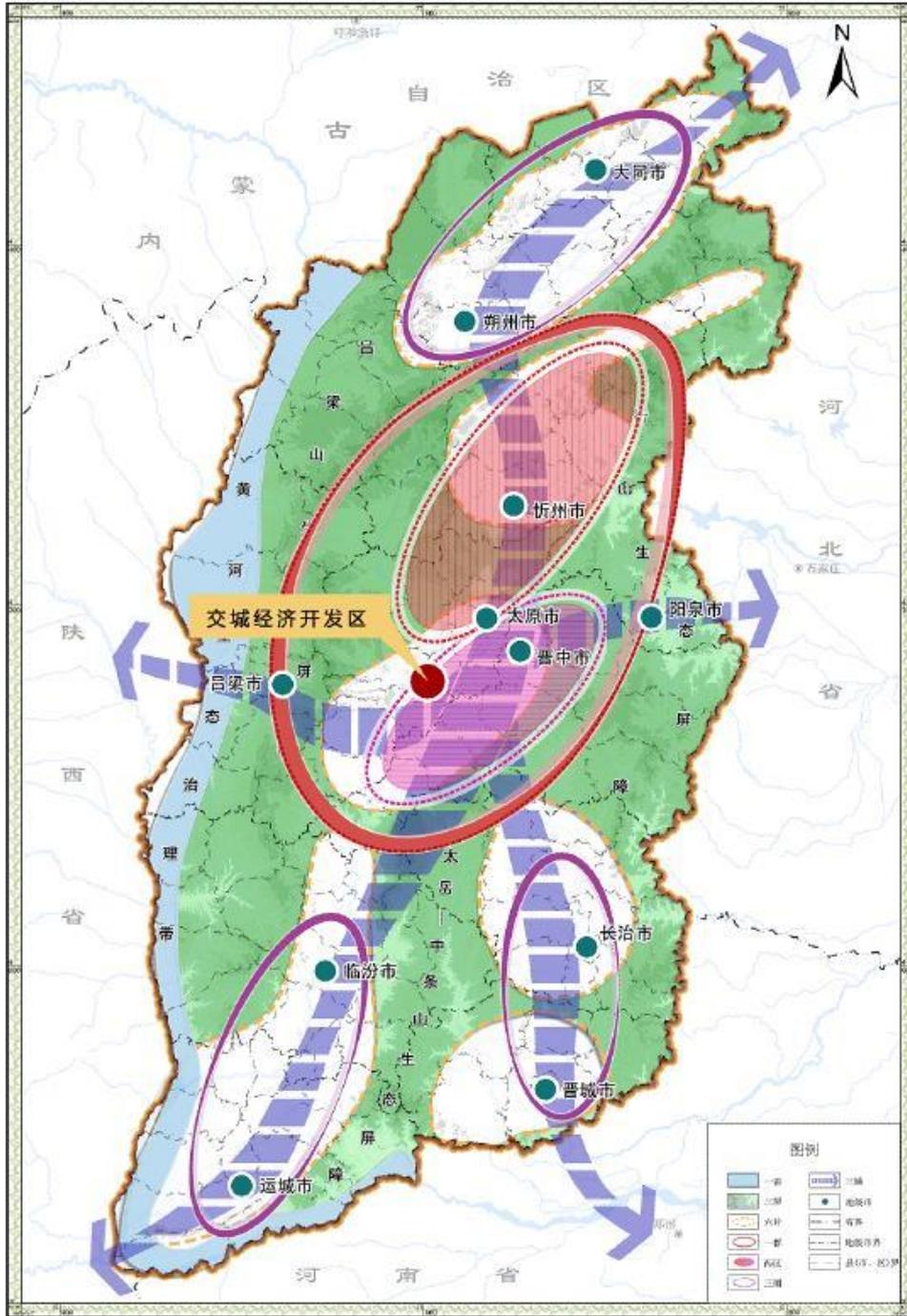


图 1.2-8 交城开发区区位图

区域交通优势，开发区位于大运高速、夏汾高速、正在建设中的太原西北二环、中太银铁路、307 国道交汇处，陆路交通便利；距太原机场 50 公里，对高速信息化等为特征的高新技术产业有着便利接入条件。夏汾高速、大运高速、307 国道穿越开发区，对货运量较大或对大型货物运输方式有一定依赖的煤焦产业、装备制造、精细加工等工业行业布局具有一定比较优势（图 1.2-9）。

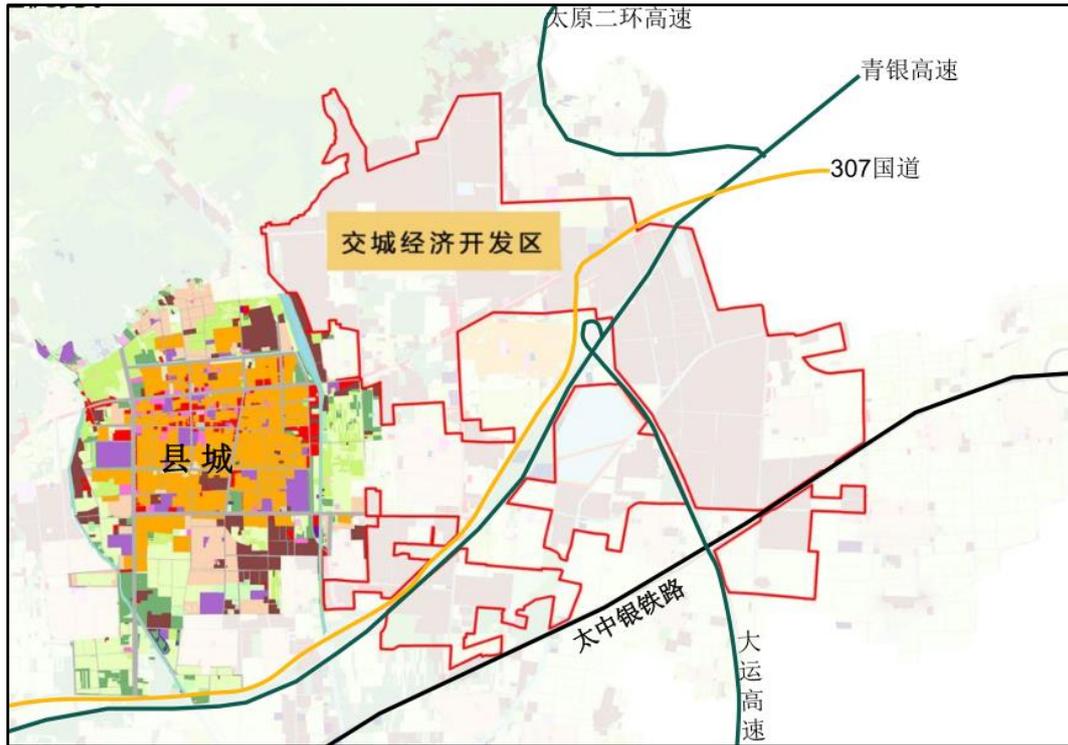


图 1.2-9 交城开发区交通图

1.2.2.6 开发区基础设施现状

为加快山西交城经济开发区发展，县委、县政府和山西交城经济开发区管委会积极筹措资金，精心组织，大力开展基础设施建设。截止 2021 年底，交城经济开发区道路、蒸汽热源、燃气、污水处理等基础设施和公共服务平台建设都已基本完成。**道路设施：**先后投资 2.7 亿元完成了山西交城经济开发区的路网工程。

电力设施：投资 2.5 亿元完成一座夏家营 220 千伏变电站，柰林、石侯、覃村、美锦、银通五座 110 千伏变电站。山西交城经济开发区独立微电网项目由山西国锦煤电有限公司和美锦能源集团有限公司实施，总投资 1.2 亿元，该项目依托山西国锦煤电有限公司 2x300 兆瓦空冷发电供热机组，装机容量 600 兆瓦。电网建设依托美锦现有供电网，同时建设配套变电站和调度中心。

供热设施：区内现有 3 户电厂，总装机容量达 700 兆瓦，每天可提供 10000 吨以上的蒸汽供区内工业企业用汽和城市集中供热。

给水工程：投资 1.2 亿元建成华鑫生态湖湿地公园，投资 2.8 亿元建成龙门渠引水工程，山西交城经济开发区内年供水可达 9000 万方，是省城附近水源最充足的开发区。

燃气设施：机焦生产年可外供焦炉气 10 亿立方，输配城市煤气和向园区内企业

提供清洁燃气。2.5 万立方/小时的空气分离装置，为区内企业提供氧气、氮气和其它工业气体。

电信设施：山西交城经济开发区网络信息化平台建设已投入使用。为促进对外宣传，山西交城经济开发区制作了开发区展示沙盘和动漫宣传片。

1.2.3 开发区发展规划分析

1.2.3.1 产业布局

遵循“专业有机分工，产业专业集聚，区域联动发展，土地集约利用”的原则，根据开发区地形地貌、水电、交通走向体系及产业布局现状要求，推动开发区按照开放式布局原则，围绕主导产业和功能所形成的专业化空间载体，形成“两区三基地”的产业布局，有效提升开发区的空间承载能力和可持续发展能力。

——现代煤化工基地。按照能化共轨和循环经济理念，加大煤炭资源加工转化深度，大力发展精细化工、煤基化肥等现代煤化工，优化产品结构，提高产品精细化率，促进产业多元化发展，提高产品附加值，推进煤炭由单一的原料向原料和燃料并重转变。

——高端装备制造基地。加快振兴装备制造产业，全面推行绿色制造和再制造，促进轨道交通、重型机械、汽车零部件等装备制造向“聚集、智能、绿色、服务”方向发展，形成专业化的装备制造产业集群。

——新材料基地。加快实施创新驱动和对外开放发展战略，不断提高招商引资水平，培育发展新材料、生物医药化工等新兴产业，做强山西交城经济开发区潜力产业，促进开发区经济发展“轻量化”。

1.2.3.2 产业发展规划

1) 现代煤化工产业

着眼绿色、循环、生态、安全发展，紧盯国家能源安全战略需要和大气污染防治需要、煤化工工业发展战略布局与政策。依托山西及吕梁的煤焦资源，争取大集团、大项目、大投资落户入驻。以能源革命排头兵为目标，立足开发区煤化工产业发展基础，通过精细化延伸和高端化发展，加快焦化行业改造升级、提高技术含量和产品附加值，在发展焦炉煤气、煤焦油、焦化苯三个煤基精细化工的基础上，瞄准化工产业精

细化、高端化发展方向，培育发展高端炭材料和碳基新材料产业，聚焦煤制芳烃和煤制乙二醇，创新煤化电热一体化、多联产方式，大力推动煤化工与电力、石油化工、化纤、盐化工、冶金建材等产业融合发展，壮大产业集群，提高资源转化效率和产业竞争力，促进产品由资源型向材料型转变，产业链由中上游向中下游转变，价值链由中低端向中高端转变，推动开发区绿色现代煤化工产业高质量发展，建设全省领先的“清洁、高效、低碳、循环”的绿色现代煤化工产业基地。

推动产业链上中下游同步发展。上游夯实基础、做绿平台，突破大型高效煤气化和煤炭分质分级利用瓶颈技术，适度控制焦炭规模，做优做绿焦化产业平台。中游差异发展、形成优势，延伸焦化精深加工链条，延伸发展焦炉煤气制甲醇、乙二醇，煤焦油深加工、苯精制等平台基础和优势，提升市场竞争力。下游技术攻关、产业培育，自主创新、协同创新、开放创新多措并举，集中攻克关键技术及“卡脖子”技术，推进终端材料产业化应用。

构建“煤焦多联产—精细化工”产业链。依托吕梁市及交城县煤焦资源，按照“焦炭产量控制化、副产物产品高端化、产业链条循环化、资源价值最大化”的发展要求，应用循环、低碳、绿色技术推动现代煤化工节能减排和清洁生产，加强焦炭生产过程中粗苯、煤焦油、焦炉煤气的综合利用，全面构建炼焦后化产回收的焦炉煤气、煤焦油、苯煤基精细化工产业体系，利用绿色创新技术，最终实现焦化并举的绿色煤基精细化工产业体系，全面提升煤化工高质量发展水平。

做强新型肥料化工产业链。依托开发区附近的浅层煤炭资源和先进的煤气化技术，以原煤用于完全煤气化为主，焦炉煤气、劣质煤综合利用为补充进行多联产，并与下游化肥、无机盐化工产业进行耦合，建成以合成氨为主的化肥，以硝酸钾、硝酸铵钙为代表的无机盐化工生产基地。同时，利用尿素、硝酸铵等开发食品级、医药级和工业级硝酸盐产品。

2) 高端装备制造产业

紧跟国际国内战略性新兴产业发展前景，立足开发区现有高端装备制造产业发展基础和技术创新能力，以兴龙铸造、中科正泰、华亿特钢等龙头企业为引领，重点发展高铁及城轨列车用车轴、制动盘、重载货车闸瓦等关键零部件生产制造项目；积极引进轨道交通、智能生产系统、智能成套装备和生产线、整车制造、风电装备、煤

机装备等高端装备制造产业，推动装备制造业向高端、成套、智能、集聚、绿色化方向发展，集中力量重点发展，努力打造全省乃至全国高端装备制造基地。

做大高端装备制造产业链。以智能制造、绿色发展为装备制造业转型升级方向，瞄准国内外产业发展趋势，承接产业转移，发展高端装备制造业，掌握一批关键核心技术，培育一批拥有自主知识产权、具有较强国际竞争力的龙头企业，培育轨道交通、智能制造等产业，形成特色产品优势突出、专业化协作分工合理、配套完善的产业发展格局。

加快工业互联网创新应用。大力发展“互联网+”，以建设网络基础设施、发展应用平台体系、提升安全保障能力为支撑，推动制造业全要素、全产业链连接，完善协同应用生态，建设数字化、网络化、智能化制造和服务体系。深入实施工业互联网创新发展战略，加快构建标识解析、安全保障体系，发展装备制造行业工业互联网平台。加快人工智能、5G等新一代信息技术在制造、服务企业的创新应用，逐步实现深度优化和智能决策。

3) 新材料产业

按照龙头带动、链式布局、研发支撑、园区承载的思路，依托开发区发展基础和资源能源优势，围绕新型无机非金属材料 and 先进有色金属材料，积极延伸产业链条、提升产业核心竞争力，着力推进产业高端化、智能化、规模化发展，将新材料产业培育成为开发区制造业高质量发展的新动能。重点发展特种玻璃材料、碳基新材料、新型建筑材料、新型耐火材料等生产及精深加工产业，延伸产业链条、壮大集群规模、提升产品附加值，打造无机非金属产业集群。聚焦特种金属材料、钕铁硼磁材料等发展方向，布局发展锰铁合金、铝基新材料、镁铝合金、稀土永磁材料等重点项目，打造具有区域特色的先进有色金属材料产业集群。

鼓励扶持新材料企业发展壮大。聚焦新材料发展重点，尽快提出新材料产业发展重点方向，培育一批重点龙头企业形成持续创新发展能力，培育骨干企业做大做强。鼓励新材料企业创建中小型科技型企业、高新技术企业，支持新材料企业申报科研项目资金。鼓励新材料企业创建国家级、省级、市级企业技术中心和国家级、省级技术创新示范企业。支持企业创建“工业和产品设计中心”、“工程技术中心”等研发机构，

推动新材料企业研发新技术、开发新产品，提升创新能力，培育骨干企业做大做强。实施企业管理提升工程，在重点龙头企业开展咨询、培训等活动，组织专家进企业，现场诊断，为企业制定创新管理提质增效方案提供智力支持，不断提升产品竞争力和品牌影响力，带动产业快速发展。

构建无机非金属材料产业链。以提高自主创新能力为核心，以碳基新材料、新型建材、特种玻璃、新型耐火材料为发展重点，通过产学研用相结合，大力推进科技含量高、市场前景广的无机非金属材料产业化、规模化发展。

新型耐火材料。以长寿、低耗、节能、环保、低碳、回收利用与功能型相结合为研究方向，依托锐能、国丰、锐鑫、中天锐能等耐火材料公司，持续发展非工业氧化铝，加快推进铝基产业高附加值、多元化发展，依托氧化铝的强度高、耐腐蚀性强、硬度大等特点，重点引进烧结氧化铝制品、高级耐火制品、陶瓷制品、轻质隔热制品、纤维制品等定型耐火材料以及不定型制品等，延伸发展板状刚玉、活性和高温氧化铝、纳米氧化铝等高端铝基新材料。

延伸先进有色金属材料产业链。围绕“新特专高精尖”目标，加快发展锰铁合金特种金属材料，推进高性能磁性材料的技术研发和精深加工，为省市重大工程装备提供关键基础材料支撑，把资源优势转化为产业优势。

4) 现代生物医药化工产业

以“创新引领、高端集聚、特色鲜明、壮大规模”为发展主线，以重大项目建设为支撑，汇聚国内外生物医药技术创新成果，锁定医药化工、现代中药、生物制药和医药包装领域，重点培育医药中间体、化学原料药、仿制药、靶点创新药物、中药复方药物及创新药等生产企业，拓展药用无菌膜、药用铝箔、药用塑料瓶、铝塑组合盖、PVC/PVDC 硬片等医药包装生产规模，加大力度引进龙头企业，积极创建知名品牌，推动医药产业集聚发展，加快形成具有地方特色的生物医药产业体系。

推动产业跨越式发展。积极引进国内外知名药企和项目，加快医药中间体生产项目落地，集聚原料药、医药中间体等产业，培育建设生物工程和医药化工产业基地。加强与国内外医药孵化基地和创制机构对接，促进重大创新产品和特色产品技术成果产业化和规模化，实现现代医药产业跨越式发展。

培育生物医药产业龙头企业。通过并购、重组等方式，促进资金、技术、产品和

人才向优势企业集中，以点带面，发挥引领带动作用。加强产业配套，引导医药产业资源、项目和企业集聚发展，加快现代医药产业集聚发展。

打造现代生物医药产业链。以恩泽生物、新天源等重点企业为主导，通过产业联盟、龙头企业带动等方式，实施一批新型产业化项目，形成高端、高效、高附加值的生物工程和医药化工产业基地。

5) 大数据产业

按照《山西省人民政府关于印发山西省加快推进数字经济发展实施意见和若干政策的通知》(晋政发〔2019〕20号)要求，夯实基础网络服务能力，坚持需求导向，以应用为牵引，立足交城县产业基础，结合本地产业发展重点领域，加大政策扶持力度，推动与本地产业相关的应用企业落地，实现工业企业数字化、网络化、智能化。

壮大大数据和新一代信息技术产业链。推动人工智能、大数据、区块链和物联网等新一代信息技术创新应用，培育壮大新一代信息技术产业集群，实现新一代信息技术与经济社会融合创新发展。围绕“新一代信息技术产业与数字经济相促进”的总体思路，积极引入上下游配套企业，培育壮大电子信息、大数据、网络安全等关联产业，围绕数字政府、数字社会发展问题和需求，打造一批创新应用场景，提升城市治理服务数字化、智能化水平。

建设绿色大数据中心。推动工业大数据存储与管理工具、分析与挖掘工具、数据可视化工具等软件产品开发，培育一批第三方数据资源提供商、数据应用提供商。加大大数据分析和可视化服务龙头企业招引。推动政企数据资源共享交换研发平台等建设。鼓励三大通信运营商加快经开区宽带网络光纤化改造，建设基于 IPv6 的下一代高速宽带网络。支持三大通信运营商在开发区推进 5G 基站、5G 智能杆塔及配套设施建设，开展“一杆多用”改造工作。

建立大数据服务平台。建立开发区综合服务平台，包括一站式行政服务窗口及能效、安全、环保管理公共信息服务平台，为全区企业提供实用便捷的服务，激发工业发展活力。通过智能化管理升级，推进区域范围的产业共生和资源在线交换交易，提升管理咨询、技术服务和金融等服务效率，实现信息集成、政策引导和辅助决策。鼓励规上企业建设工业数字经济创新中心、企业云服务平台，开放共享研发设计、生产制造、检验检测、工程服务等资源，促进互联网企业与实体经济深度融合。

1.2.3.3 完善基础设施支撑体系

1) 综合交通运输体系

① 对外交通

太中银铁路的建设，为山西交城经济开发区的铁路运输创造了相当便利的条件。规划建设南北两条铁路专用线，由工业站出线，分别服务山西交城经济开发区的北区和东区。

山西交城经济开发区周边设置高速出入口两处，一处为现状出入口，位于开发区西南部；一处为新增设出入口，位于开发区东北部，与 307 国道直接连通。

② 开发区道路

主干道路骨架形成“四横四纵三循环”的道路结构模式。

“四横”是指晋阳街、原 307 国道、南环路和工业南街；

“四纵”是指工业西路、工业东路、新 307 国道和美锦路；

“三循环”是指整个山西交城经济开发区东区、南区、北区和综合服务区形成的三个环线。

规划道路命名东西为街，南北为路。从北到南、从西到东依次排列，道路命名为暂命名，在实际中可根据建设道路的企业进行命名，提高企业的知名度。

③ 与县城道路系统的衔接

山西交城经济开发区的道路交通充分考虑与县城道路及对外交通的顺延和衔接，满足货用交通及综合服务区客用交通的需求。

与 307 国道衔接的道路主要有：纵向：永福大道、工业东路、工业西路、北六路、美锦路；横向：晋阳街、北一街、北三街、北四街、北五街、沙河东街、却波东街、南环路。

2) 能源设施建设

① 构建多能互补微电网

通过多能互补的模式和技术手段，加大开发区电网对多种可再生能源的接纳能力和协调共济能力，并提升电网资产的利用率以及提高用户用电质量和供电可靠性。对现有火电机组技术改造、能源输配系统优化，提升国锦煤电综合能源供应中心的能源供应能力、供应质量，灵活自身供能方式。发展分布式光伏发电，利用太阳能为开

发区提供冷、热电、充电等综合供能用能一体化解决方案。推动交城华智能源技术有限公司投资建设电化学储能电站，实现在电网新能源限电时段开始大规模储能，在非限电时段送出，提升新能源电站的上网电量，减少高峰时段电力用户负荷对电网的压力，提高供电可靠性和服务水平又可以加大新能源消纳比例，推动实现“源—网—荷—储”协调互动，保障开发区个性化、综合化、智能化能源服务需求，促进能源生态圈形成和新业态、新模式发展。

规划在开发区外围白石南河西部建设 220 千伏变电站一座，作为未来开发区的主电源，并在开发区内的覃村附近建设一座 110 千伏的变电站，与 220 千伏变电站相连接为开发区进行供电。同时根据开发区内企业位置的不同，各企业也能够继续利用奈林、银通 110 千伏变电站进行供电，以确保开发区内电力稳定供应。依托美锦 2x30 万千瓦发电机组，建立山西交城经济开发区微电网应用体系，充分利用微电网系统，为区内的义望铁合金、利虎玻璃、华鑫煤焦、美锦焦化等用电大户提供直供电，促进资源综合利用项目和能源消费单位降低成本。

② 通过“能源岛”集中供热、供汽

不断完善开发区内集中供热系统和余热梯级利用管网，推动实现生产型企业蒸汽集中供给和不同品位余热余压多级利用。不断完善开发区内蒸汽管网，以山西国锦煤电有限公司 2×300 兆瓦低热值煤发电厂为核心，充分利用低热值煤发电机组热电联产的中低压蒸汽，形成“能源岛”蒸汽源平台，满足区内工业企业用汽、集中供热以及周边区域集中供热需求。将焦化、冶金、玻璃等企业在生产过程中排放的干熄焦余热、锰铁冶炼余热、还原炉余热、玻璃窑炉余热等利用余热锅炉进行回收利用，热电联产并建立和周边企业、生活服务中心相配套的蒸汽供应、采暖等用能供应。鼓励采用空气源、地源热泵等清洁取暖方式。依托新奥集团围绕构建现代能源体系的发展导向，在开发区区域内配套建设包括工业余热利用技术在内的多技术集成的综合能源站设施及集中智慧热力管网、增量配电网及燃气网，逐步实现泛能站的能源物联，构建智慧能源（泛能网）平台，为用能客户（包括工商业户、民用户等）提供气、热、冷、电等清洁能源供应与服务。

③ 推进清洁煤气集中供应基础设施建设

积极推动润锦化工建设清洁煤气“能源岛”工程项目，满足开发区内企业对清洁

煤气作为原料和燃料的需求。规划清洁煤气“能源岛”，以交城县劣质无烟粉煤为原料建设集中储气站，将开发区内各焦化企业产生的焦炉煤气以及冶金企业产生的高炉煤气、转炉煤气等，通过管网集中收集到储气站，在储气站中调剂煤气中的碳氢平衡，促进气源互补耦合循环，主要供应开发区内以煤气为燃料及化工原料的企业，包括利虎玻璃、华鑫肥业、并盛化工、沃锦肥业等公司。通过清洁煤气“能源岛”工程，实现清洁煤气与焦炉煤气“双气源”联供，从而进一步强化开发区基础设施共享和清洁能源供应保障水平。

3) 供排水设施体系

① 给水工程

供水水源。目前山西交城经济开发区供水水源主要有两种，一是企业自备水源井；二是西营-广兴村地下水源。

供水管网。山西交城经济开发区内现状给水管道布置尚未形成完善的供水系统，需要进行优化。

给水工程。为了节约用水，降低企业运行成本，规划山西交城经济开发区采取分质供水的供水方式，将生活用水和生产用水的供水水源加以区分，生产用水的水质可以低于生活用水，利用中水或循环水来进行生产，以节约有限的水资源。

② 排水工程

雨水工程。为了能够节约用水，实现水资源的高效利用并减少山西交城经济开发区对外部水源供水的依赖性，规划在山西交城经济开发区内建设雨水收集和利用系统。主要分为两部分：一是开发区街道雨水排放系统；二是企业内部雨水回收利用系统。

污水系统。规划将山西交城经济开发区内的污水分为工业污水和生活污水两部分。①工业污水。根据国家对生态工业园区的规定和要求，开发区不对外进行排水，将工业废水全部作为企业生产的循环用水和道路、绿化浇洒用水。②工业污水处理、回用。目前循环经济已发展成为以资源的高效利用和循环利用为核心，以“减量化、再利用、资源化”为原则，以低能耗、低排放、高效率为特征的全新的经济发展模式。

③ 污水集中处理基础设施

随着开发区规模扩大，用水企业不断增多，废水产生量不断增大，开发区应因地

制宜对污水处理厂进行升级改造。加快推进开发区污水处理厂配套管网建设，完善开发区内污水管网系统。推进开发区内企业间用水系统集成优化，实现串联用水、分质用水、一水多用和梯级利用。统筹污水综合治理与资源化利用，建立企业间点对点用水系统，实现工业废水循环利用和分级回用。推动大型企业在企业内部自行建设污水处理设施，实现企业内部工业用水循环利用，禁止企业污水直排，提高重复利用率。规划在原银通路与白石南河交汇东南处建设一座总处理规模 50000 立方米/天的工业污水处理厂，采用气浮+水解酸化+A/O 生化法，出水排放水质采用 GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。

4) 防灾减灾体系

① 消防

遵循“预防为主，防消结合”的消防工作方针，科学规划开发区内消防安全保障体系。在现有消防站基础上，再新建两座消防站，分别位于山西交城经济开发区综合服务区和工业南路与工业东路交叉口附近。规划消防给水由山西交城经济开发区市政给水管网供给，在市政给水管网上管径大于等于 DN100 的管段按间距不超过 120 米布置消火栓，同时做好对市政消火栓的日常维护和管理，以保证在火灾发生时能正常使用。

② 抗震防洪

全面做好山西交城经济开发区地震的预测工作，对山西交城经济开发区内的简易厂房、破旧建筑及重要建筑物进行相关工程加固。山西交城经济开发区抗震设防烈度按 7 度进行设防，供水、供电、通信和主要道路桥梁按地震基本烈度 8 度设防。对现状已经损坏的道路进行拓宽治理，清除道路两侧的违章建筑；山西交城经济开发区内的供水干线连接成环状，确保供水的安全、可靠性；规划合理的供电系统，重点企业增设备用供电线路。

以山西交城经济开发区的地形条件为依据，加快山西交城经济开发区内雨水管道的建设，提高其排水能力，保证雨水能够迅速由管道排入河道内。对磁窑河、白石南河及火山河进行开挖清淤 2-3 米，并修建防洪堤，使各条河流恢复以往的过水断面，对白石南河上的 4 个缓洪池、1 个节制闸以及河道进行清淤和维护，同时加强白石南河改道河段的行洪能力，扩大行洪断面。各河流的河岸采用生态护坡为主，大量

种植树木，加大暴雨时河道的暂时蓄水能力。

具体防洪措施：①防洪工程措施可分为挡洪、泄泄洪、蓄滞洪、排涝及泥石流防治等五类；②挡洪工程主要包括堤防、防洪闸等工程设施；③泄洪工程主要包括河道整治、排洪河道、截洪沟等工程设施；④蓄（滞）洪工程主要包括分蓄洪区、调洪水库等工程设施；⑤排涝工程主要包括排水沟渠、调蓄水体、排涝泵站等工程设施；⑥泥石流防治工程主要包括拦挡坝、排导沟、停淤场等工程设施。

③ 防涝

结合现状河道排洪能力及内涝灾情，根据住建部《城市排水（雨水）防涝综合规划编制大纲》，规划山西交城经济开发区防涝标准为有效应对 20 年一遇暴雨。

防涝措施：加强周边山体的绿化改造，提高山西交城经济开发区内部可渗透地面的建设量，对现状硬化地面尽心改造，实现综合径流系数的有效降低；减少上游的径流；对山西交城经济开发区内河进行综合治理，对主要行泄通道进行控制、改造，形成建成区排水网络的主通道；与湿地公园、洼地公园、河道景观湖相结合设置雨水调蓄空间，提高山西交城经济开发区蓄水能力，降低河道排洪压力；交城开发改造中，注重地块竖向高程控制，消除内涝隐患；泄洪通道、雨水管网要与防洪河道合理衔接，避免倒灌或加大泄洪压力。

5) 大气环境保护体系

① 安装大气污染源自动监控设施

对落户开发区的企业进行“三同时”监督。对能耗和污染物排放量相对较大的企业安装空气在线自动监控系统，对治理设施进行有效监控。对企业生产工艺和环保措施进行有效监管，实行清洁生产。

② 建立重点废气污染源在线监测网络

建立重点污染源烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放在线监测网络，加强除尘、脱硫、脱硝设施的统一监管。

1.2.4 交城县“十四五”文旅产业发展规划

交城县坚持以文塑旅、以旅彰文，推动文化和旅游各领域、多方位、全链条深度融合。依托滨河西路、祁离高速等交通基础设施，与太原、晋中等中部盆地城市群景

区串联成精品文旅线路，加快提升卦山、玄中寺景区品质，完善游客服务中心、旅游公路等景区基础设施。培育“旅游+演艺”、“旅游+文创”等文旅融合新业态新模式。推动文艺精品进景区，升级完善“段村传统嫁娶文化”，打造更多原汁原味的文艺精品。打造“千年古县、山水交城”文化旅游品牌。支持创建全域旅游示范县，“卦山+玄中寺+英雄广场”创建国家 5A 级景区。

“旅游+生态”为特色。推进庞泉沟国家森林公园，果老峰景区等提升改造成为山地旅游运动休闲旅游区。加快“快乐运动·山水交城”的建设步伐，重点打造“康养度假”、“休闲运动”、“文化旅游”三条旅游线路。

“旅游+康养”为亮点。将医疗、气候、生态、康复、休闲等多种元素融入康养产业，发展康复疗养、旅居康养、休闲度假型“候鸟”康养等业态，打造集康养居住、康养配套、康养服务为一体的康养度假基地等综合开发项目，带动护理、餐饮、医药、生活用品、金融、旅游、教育等多产业的共同发展。实施“天宁镇五村联创建设”，开展国土绿化，墙体改造、老年活动中心等项目建设，打造五村联创城郊旅游康养综合项目。高起点建设庞泉沟康养休闲度假区，提质交城康养产业。培育以交城山森林康养中心、如金温泉康养等为主体的康养产业路线。

“旅游+体育”为趋势。依托薰衣草庄园、庞泉沟峡谷等重点景区，利用山地、峡谷、水体等地形地貌及资源，建设房车营地、航空营地、户外拓展营地，扩大景区体育体验。发展山地运动、水上运动、户外拓展、户外露营、户外运动、定向运动、养生运动、极限运动、传统体育运动、徒步旅行、探险等户外康体养生产品，举办体育赛事，满足不同人群的体验性或竞技性需求，围绕果老峰打造交城特色体育小镇。打造具有地域特色的体育旅游活动，争取进入全国重点体育旅游节庆名录。

“旅游+农业”为回归。与休闲农业相结合，通过发展绿色种植业、生态养殖业，开发适宜于特定人群、具有特定保健功能的生态健康食品，依托虹鳟鱼养殖基地、薰衣草庄园、庞泉酒庄，同时结合生态观光、农事采摘体验、食品加工体验、餐饮制作体验等活动，推动健康食品产业链的综合发展，打造一批黄河人家民宿示范点，提高“山水交城”旅游品牌知名度，助推乡村振兴。将农业农村发展与旅游产业的建立与推广相结合，形成“以农促旅、以旅兴农”的发展之路，成为农民致富新引擎。

1.3 编制依据

1.3.1 法律、行政法规、地方性法规、行政规章

(1)《中华人民共和国气象法》(全国人民代表大会常务委员会,2016年11月7日修正版)

(2)《气象灾害防御条例》(中华人民共和国国务院令570号,2010年4月1日会议通过)

(3)《气象设施和气象探测环境保护条例》(中华人民共和国国务院令666号,2016年2月6日修正版)

(4)《气候可行性论证管理办法》(中国气象局令18号,2008年12月1日发布)

(5)《气象信息服务管理办法》(中国气象局令27号,2015年3月12日发布)

(6)《新建扩建改建建设工程避免危害气象探测环境行政许可管理办法》(中国气象局令29号,2016年4月7日发布)

(7)《中国气象局关于修改<气象信息服务管理办法>等四部部门规章的决定》(中国气象局令35号,2020年3月24日发布)

(8)《山西省气象条例》(山西省人民代表大会常务委员会,1998年9月29日会议通过)

(9)《山西省气象灾害防御条例》(山西省人民代表大会常务委员会,2009年7月30日会议通过)

(10)《山西省气候资源开发利用和保护条例》(山西省人民代表大会常务委员会,2012年9月28日会议通过)

(11)《山西省开发区条例》(山西省人民代表大会常务委员会,2019年1月30日通过)

(12)《山西省气象设施和气象探测环境保护办法》(山西省人民政府令256号,2018年4月16日发布)

1.3.2 有关政策、规范性文件

(1)《山西省应对气候变化办法》(晋政发〔2011〕19号)

(2)《国务院关于印发清理规范投资项目报建审批事项实施方案的通知》(国发〔2016〕29号)(国务院,2016年5月26日发布)

(3)《关于深入推进审批服务便民化的指导意见》(厅字〔2018〕22号)(中共中央办公厅、国务院办公厅,2018年5月23日发布)

(4)《关于深入推进审批服务便民化,加快营造“六最”营商环境的实施方案》(厅字〔2018〕42号)(山西省委办公厅、山西省人民政府办公厅,2018年8月7日印发)

(5)《山西省人民政府办公厅关于印发深化“放管服效”改革转变政府职能加快营造“六最”营商环境重点任务分工方案的通知》(晋政办发〔2018〕119号)(山西省人民政府办公厅,2018年12月21日发布)

(6)《山西省人民政府办公厅关于推进区域性气候可行性论证工作的实施意见》(晋政办发〔2020〕63号)(山西省人民政府办公厅,2020年8月13日发布)

(7)《山西省工程建设项目区域气候可行性论证管理办法(试行)》(晋工改办字〔2019〕12号)(山西省工程建设可项目审批制度改革领导小组办公室,2019年9月)

(8)《山西省气象局关于做好开发区气候可行性论证工作的函》(晋气函〔2019〕59号)(山西省气象局,2019年3月18日)

1.3.3 技术标准、规范、指南

- (1) GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范
- (2) GB/T 21714.2-2015/ IEC 62305-2: 2010 雷电防护第2部分:风险管理
- (3) GB 50009-2012 建筑结构荷载规范
- (4) GB 50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- (5) GB 50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- (6) GB/T 31155-2014 太阳能资源等级总辐射
- (7) GB 31221-2014 气象探测环境保护规范地面气象观测站
- (8) GB 31223-2014 气象探测环境保护规范天气雷达站
- (9) GB 50014-2021 室外排水设计规范
- (10) GB/T 34299-2017 大气自净能力等级
- (11) GB/T 35229-2017 地面气象观测规范雪深与雪压
- (12) QX/T 22-2004 地面气候资料 30年整编常规项目及其统计方法

- (13) QX/T 118-2010 地面气象观测资料质量控制
- (14) QX/T 242-2014 城市总体规划气候可行性论证技术规范
- (15) QX/T 405-2017 雷电灾害风险区划技术指南
- (16) QX/T 85-2018 雷电灾害风险评估技术规范
- (17) QX/T 89-2018 太阳能资源评估方法
- (18) QX/T 423-2018 气候可行性论证规范报告编制
- (19) QX/T 426-2018 气候可行性论证规范资料收集
- (20) QX/T 436-2018 气候可行性论证规范抗风参数计算
- (21) QX/T 449-2018 气候可行性论证规范现场观测
- (22) QX/T 452-2018 基本气象资料和产品提供规范
- (23) QX/T 453-2018 基本气象资料和产品使用规范
- (24) QX/T 457-2018 气候可行性论证规范气象观测资料加工处理
- (25) QX/T 469-2018 气候可行性论证规范总则
- (26) DB42/T 1375-2018 光伏电站效率评估指标计算方法
- (27) DB 14/ T 1990—2020 重大建设项目气候可行性论证技术规范
- (28) DL/T 5158-2021 电力工程气象勘测技术规范
- (29) 《城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则》(住房和城乡建设部、中国气象局 2014 年 4 月)
- (30) 《区域性气候可行性论证技术指南》(中国气象局预报与网络司 2019 年 8 月)
- (31) 《新建、扩建、改建建设工程避免危害气象探测环境审批事项服务指南》(中国气象局 2019 年 10 月)

1.3.4 参考资料

- (1) 《交城县国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》
- (2) 《山西交城经济开发区扩区产业发展规划》
- (3) 《吕梁市交城县“十四五”生态环境保护规划》
- (4) 《交城经济开发区总体规划初步方案》
- (5) 《应用气候手册》气象出版社 (朱瑞兆主编)

- (6) 《供暖通风设计手册》中国建筑西北设计院（陆耀庆主编）
- (7) 交城县暴雨强度公式（山西省气象科学研究所 2019 年修订）
- (8) 交城·中国天然氧吧申报报告（2018 年）

1.4 论证内容

1.4.1 论证区域

本项目论证范围主要为交城开发区包括开发区全部区域（图 1.4-1 蓝色和红色区域）及开发区所在交城县平川区域（如图 1.4-1 所示），同时，本报告也增加了交城县在建设全域旅游示范县方面的论证内容。

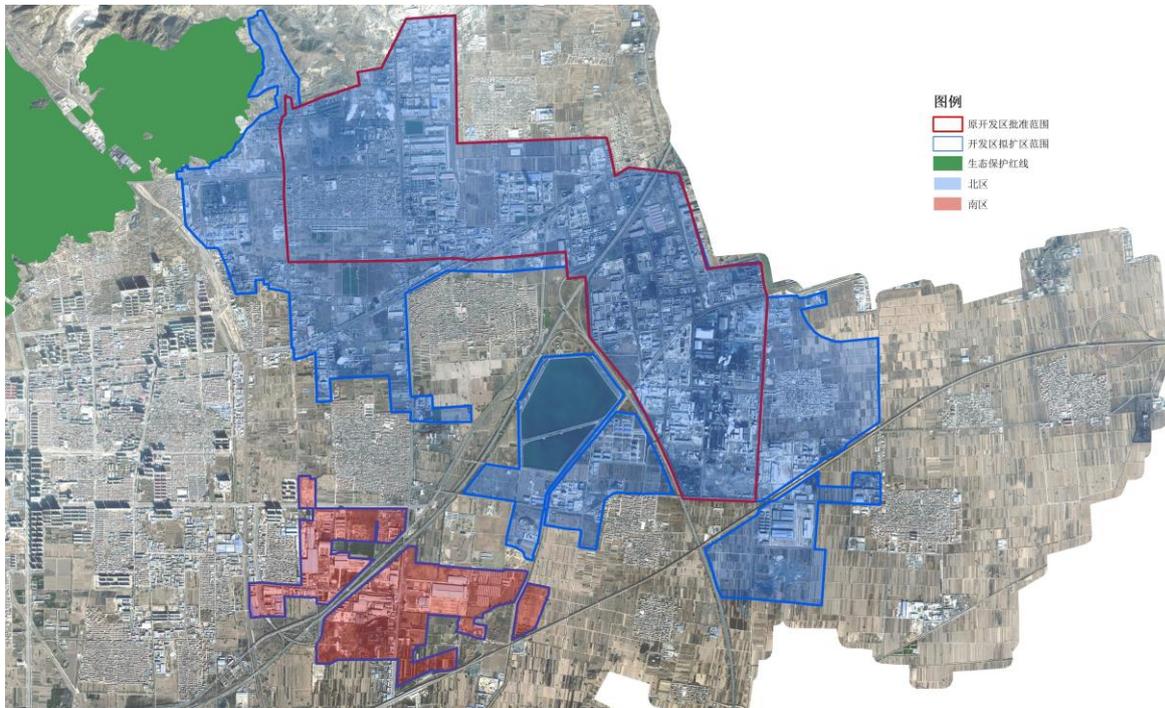


图 1.4-1 开发区论证范围

1.4.2 论证流程

本项目论证工作流程主要包括前期准备、论证、评审三个阶段。前期准备阶段包括：项目招投标、签订合同、项目大纲评审等环节；论证阶段主要包括：编制单位现场踏勘、资料收集、统计分析、数据处理、图表绘制、报告撰写；评审阶段包括：编制单位提交送审稿、委托单位向气象主管部门提出申请，气象主管部门组织专家评

审、编制单位修改并提交成果、省气象局下达批复文件等环节。

1.4.3 论证工作内容

本项目论证工作主要内容包括项目踏勘、资料收集、论证报告编制、报告评审及验收、成果交付。具体如下：

1) 项目踏勘、资料收集

① 认真开展项目实地踏勘，确定气候可行性论证范围即开发区四至规划范围。确定区域评价所需的参考气象站，收集地面气象观测数据，包括气温、风、降水、相对湿度、日照时数等；国家气象观测站收集至少 30 年气象资料；进行气象要素极值推算时，收集气象站建站以来的所有资料；气象观测站资料近 3-5 年资料作为补充资料。

② 收集开发区（及）周边的气象灾害数据（大风、暴雨、低温、冰雹、雷电等）、卫星遥感影像、闪电定位资料及地理信息资料等。

2) 论证报告编制

① 依据《区域性气候可行性论证技术指南》等现行的国家或有关行业、地方标准、规范和规程编制工作大纲。

② 组织编制开发区气候可行性论证报告。项目报告主要分析方法采用：多元回归分析、相关分析、类比分析、数值模拟等方法。深入分析开发区气候背景，确定参证站，并使用参证站和区域站气象资料对气压、气温、降水、风速等气象要素的年际、年及日变化进行分析；进行高影响天气分析，根据区域功能性质特点，重点分析暴雨、暴雪、雷电、大风、高温、冰雹等高敏感气象因子的特征值；推算关键气象因子的分析及参数；开展大气扩散条件、太阳能资源开发利用潜力、雷击风险评估、温室气体排放评估、城市热岛评估、暴雨洪涝评估评估，分析了开发区建设运营对气候环境的影响，提出了减轻气象灾害影响的对策建议；针对交城建设全域旅游示范县，开展了区域宜居环境评估，进行了宜居指数、适游期、区域负氧离子状况分析，提出了进一步发展的建议。

3) 报告评审及验收

严格执行过程监督，保证报告质量，及时提交论证报告审查申请，报送相关审查材料。省级气象主管机构组织专家对项目成果进行评审，评审通过后，项目组根据专

家意见修改完善报告，按期交付项目成果。评审专家对论证报告终身负责。论证报告通过评审后可验收使用。

4) 成果交付

本项目提交的成果为：《交城县区域性气候可行性论证报告》纸质版报告书及电子版报告，提交数量满足委托单位需求。

2 高影响天气及关键气象因子确定

2.1 影响开发区的气象因素分析与识别

气候条件是开发区选址、规划、建设、运行的基础，只有科学分析当地气候资源特点，了解气象灾害及衍生灾害规律，才能充分合理利用气候资源，最大限度地避免气候风险，减轻气象灾害造成的损失，使开发区选址更合理、规划更科学、运行更高效。

一是开发区用地规划中，包括企业用地、交通运输用地、居住用地、绿地与开敞空间用地、公共管理与公共服务用地、公用设施用地等；空间布局规划方面工业区、管理服务区、公园、生活区等均与工业区距离较近，需从气象条件考虑企业生产污染物排放对生活服务区的影响。二是开发区以煤化工、装备制造、新材料产业为主导，往往容易受到强降水、雷暴、大风、暴雪、高温、冰冻等天气影响。对于危险化工类企业或有危化品存储的企业，应高度重视雷电、强降水、极端高温、大风等天气的影响。

此外，应考虑气候条件对开发区各专业规划的影响。

1) 居住区和相关生活服务设施，要考虑气候条件变化导致的人体舒适度变化、居住环境的通风采光条件、强降水导致的内涝、周边企业大气污染物排放改变局地环境空气质量等影响。

2) 交通路网规划，在满足物流需要的同时，要考虑与当地主导风向和风力情况相适应的通风廊道，改善通风环境，发挥对开发区和周边区域生态安全格局的“风廊”作用。

3) 仓储物流规划，保证物流畅通是正常运行的必要条件，需要考虑降雨、降雪及积雪、道路结冰等气象条件对车辆通行的影响，另外大风天气也不利于车辆的运营。

4) 绿地和景观系统规划，绿化可起到降温、增湿、降低风速的作用，可在一定程度上净化环境空气、改善区域通风环境、生态气候条件。绿化植物的生长发育与光、温、水等气候条件密切相关，同时也最易遭受大风、暴雪、低温冰冻、高温干旱等不利天气的影响。

5) 在防洪排涝、海绵城市建设方面, 需综合分析区域降水特征及分布, 编制暴雨强度公式, 分析暴雨洪涝风险, 给出不同重现期的暴雨极值推算值, 为开发区雨水管网设计提供科学技术依据。

6) 在开发和利用的太阳能方面, 开发区可能利用发展太阳能作为能源之一, 因此需要对开发区进行详细的太阳能资源评估, 开展太阳能资源开发利用的可行性论证。

7) 在供暖制冷方面, 供热工程设计需要根据气温、空气相对湿度等气象条件确定适宜的热负荷, 根据气候条件变化确定供暖时间和强度, 调节供暖计划。同时随着全球气候变暖, 夏季高温天气逐渐上升, 导致夏季空调使用率增加, 能源消耗增大。为了节约能源, 实现绿色低碳发展, 需要提供采暖通风与空气调节设计气象参数。

8) 在工程设计方面, 开发区建设强度大, 建筑种类多, 标准要求高, 需要根据不同建筑的类别、结构、用途、使用寿命等具体情况, 计算降水、风速、雪压、极端气温等不同重现期的极值参数, 作为工程设计标准的依据。同时, 还应考虑开发区雷击风险。

9) 2020年9月22日, 国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上表示, 中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳的碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取到2060年前实现“碳中和”。因此, 开发区一是要积极落实碳监测、碳核查工作, 积极应对气候变化; 二是要科学制定碳中和措施, 助力我国早日实现碳中和目标。

2.2 开发区气象敏感度调查结果

为针对性的识别与分析开发区高影响天气, 2022年11月, 项目组对开发区7家企业进行了走访调查(见图2.2-1), 填写了《交城经济开发区重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表》共7份(详见附录2)。调查结果显示, 企业对暴雨、暴雪、高温、大风、雷电等敏感性较高(详见表2.2-1)。

表 2.2-1 气象要素和高影响天气敏感度调查汇总表

企业名称	从事产业	气象要素和高影响天气敏感度
山西丰田肥业有限公司	化工	降水、暴雨、暴雪、高温、低温冰冻、连阴雨等
交城县德谦肥业有限公司		
山西金兰化工股份有限公司新型肥料分公司		
山西金兰化工股份有限公司	化学品原料与制造行业	暴雨、暴雪、大风、连阴雨等
山西华鑫焦化实业集团有限公司	炼焦	降水、暴雨、暴雪、高温、雷电等
山西瑞赛科环保科技有限公司	精细化工	气温、暴雨、暴雪、低温冰冻等
山西新天源药业有限公司	医药制造	暴雨、暴雪、雷电、高温、低温冰冻等

2.3 高影响天气分析与识别

高影响天气是指直接影响项目建设和运营的天气，主要指不利的天气气候条件影响。如雷暴、强降水、冰雹、雾霾、结冰、积雪等天气现象，均会在一定程度上影响开发区的正常生产运行，甚至会造成严重经济损失。

结合开发区总体规划、周边地区气象灾害情况以及《开发区及重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查》结果，可知强降水、雷电、大风、高温等可对开发区内企业的厂房车间设备造成影响；强降水、雷电、冰雹、大风、暴雪、高温、低温、雾霾等可对仓储物流造成影响；强降水、雷电、大风、冰雹、暴雪、高温、低温、冻土等可对开发区绿地系统造成不利影响；强降水也可对雨水防涝工程造成不良影响；高温、低温可影响供热制冷设备的正常运行。因此，在综合分析影响开发区的关键气象敏感因子的基础上，根据《区域性气候可行性论证技术指南》要求，最终列出影响开发区各行业和各项目建设和运营的天气和气象因素（见表 2.3-1），得到敏感性较高的天气现象分别为强降水、高温、低温、大风、冰雹、暴雪、结冰、雷电等，将这些天气现象、天气事件作为本报告选定的高影响天气进行分析。

表 2.3-1 开发区气象敏感因子

项目	主要特点	气象敏感因子
开发区内各企业生产加工区	特色鲜明，技术性强、设备先进；具有厂房车间，产品加工流水线，经常性技改升级，大部分有仓库。	强降水、雷电、大风、高温等
物流仓储	有大型仓库、交通量大。	强降水、雷电、冰雹、大风、暴雪、高温、低温、雾霾等
公共服务区、居住区	人口密集，需考虑人体舒适度和安全。	强降水、雷电、大风、冰雹、暴雪、高温、低温等
绿地系统	河流以及具有对气候敏感的气候景观、林木植物。	强降水、雷电、大风、冰雹、暴雪、低温、高温、冻土等
雨水防涝工程	开发区位于磁窑河流域，需要考虑暴雨洪涝灾害及其引发的山洪地质灾害。	强降水
供热制冷	供暖制冷能源消耗大。	高温、低温

2.4 论证内容的确定

2.4.1 开发区论证内容

根据开发区规划及建设情况，综合现场调研结果，针对开发区建设运营确定论证内容下：

- 1) 针对开发区防洪排涝设计，需要进行暴雨强度公式的编制；
- 2) 针对开发区建筑结构及设计、施工及运营，需要进行风速、雪压的极端参数推算与分析；
- 3) 针对开发区房屋采暖通风设计，需要进行气温参数的推算与分析；
- 4) 针对开发区生态环境保护目标，需要进行大气扩散条件分析、温室气体排放分析和热岛分析；
- 5) 针对开发区工业厂房、办公楼、住宅楼、加油站、备用发电机燃料仓库等易燃易爆场所的雷电防护需要，需要进行雷击风险评估；
- 6) 针对开发区规划发展太阳能的目标，需要进行太阳能资源开发利用潜力评估。

2.4.2 建设全域旅游示范县方面论证内容

根据交城县建设全域旅游示范县的规划和建设情况，确定论证内容如下：

- 1) 区域人居环境气候舒适度评估；
- 2) 区域适游期分析；
- 3) 区域负氧离子状况分析评估。

3 资料说明

3.1 气象观测站情况

交城县国家气象观测站位于县城南部的西营镇城头村北,此外还有区域站 14 个,见图 3.1-1。交城经济开发区周边 20 公里范围内有 3 个国家气象观测站(交城国家气象观测站、清徐国家气象观测站和文水国家气象观测站)、16 个省级气象观测站。3 个国家气象观测站观测资料均达 30 年以上,省级气象观测站观测资料年限较短,最长为 12 年,见图 3.1-1。

距离开发区中心最近的国家气象观测站为交城国家气象观测站,其次是清徐国家气象观测站,文水国家气象观测站最远。交城国家气象观测站始建于 1959 年,站址位于交城城关南门外梁家庄村村东(现天宁镇,经济开发区南区附近),观测场海拔高度 751.4 米,2015 年进行迁站,新址为交城县西营镇城头村北,观测场海拔高度为 753.6 米,新址位于原址西南部 4 公里,距离开发区中心 9 公里,距离南区边界 3 公里。

清徐国家气象观测站始建于 1960 年,站地位于清徐县孔村东南,观测场海拔高度 759.9 米,距离开发区中心约 14 公里,距离北界约 12 公里。具体观测要素包括气温、降水量、气压、相对湿度、风向、风速、雪深、雪压、日照、地温、能见度等。交城夏家营气象观测站位于夏家营镇镇政府,与开发区北区位置接近。

表 3.1-1 开发区周边较近的国家气象观测站情况

台站名称	气象站类别	海拔高度(米)	与项目中心距离及方位(公里)	启用时间	观测内容
交城站	国家气象观测站	753.6	9/西南	1959.1	气温、降水量、气压、相对湿度、风向、风速、雪深、雪压、日照、地温、能见度、冻土、天气现象等
清徐站	国家气象观测站	759.9	14/东北	1960.1	
文水站	国家气象观测站	750.0	20/西南	1972.1	

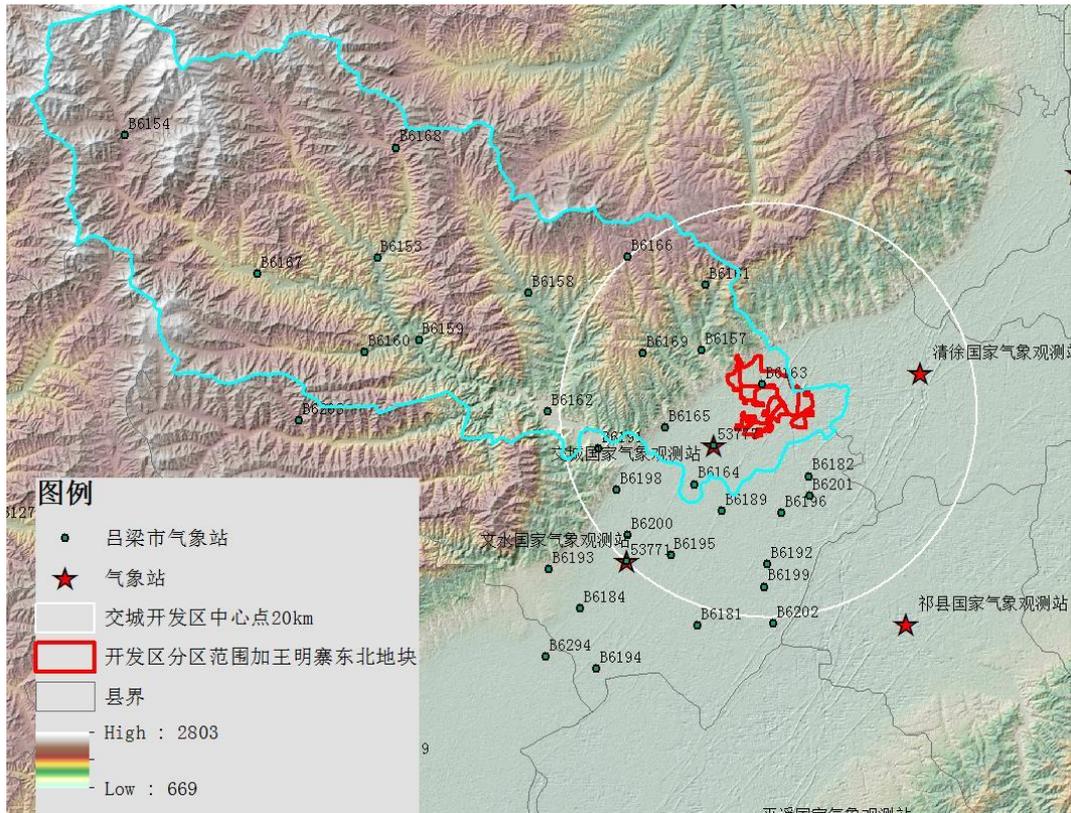


图 3.1-1 交城县及开发区周边气象观测站分布情况

距离开发区中心最近的省级气象观测站为夏家营气象观测站,2013年5月启用,观测要素包括气温、气压、降水、风向、风速、相对湿度,站点与开发区北区接近(但未划入开发区内部),与开发区中心距离小于1公里。

3.2 参证气象站选取

参证气象站是气象分析计算所参照或引用的具有长年代气象数据的国家气象观测站。其中长年代一般不少于30年;国家气象观测站包括GB 31221-2014中定义的国家基准气候观测站、国家基本气象观测站和国家气象观测站。

参证气象站选取遵循以下原则:

1) 应优先选用距离较近、具有类似气候特征的国家气象观测站作为参证气象站。若没有符合条件的参证气象站,可考虑用其他气象站代替,但应在基础建设、观测仪器选型和安装、观测方法等方面符合相关气象观测标准,且其观测资料经过严格审核。

2) 参证气象站应与规划和建设项目处于同一气候区,下垫面特征相似,对影响

项目的关键气象因子具有代表性。如设有专用气象站，则应选取与专用气象站的关键气象因子相关性好的气象站作为参证气象站。可针对影响规划和建设项目的关键气象因子代表性，选择一个或多个参证气象站。

3) 应对参证气象站历史沿革进行考证和说明，一般应选择观测场址一直保持不变或变迁次数较少且探测环境较好的气象站。

4) 工程气象参数中涉及重现期计算时，应优先选取资料长度不少于 30 年且观测时段连续的气象站作为参证气象站。

参证气象站的选取原则主要依据资料序列的代表性、准确性和比较性三个方面，下面从这三个方面选取开发区参证气象站。

3.2.1 参证气象站代表性分析

代表性——观测记录不仅要反映测点的气象状况，而且要反映测点周围一定范围内的平均气象状况。我国标准的气象站，其观测站的建设及气象观测仪器的布置安装严格按照中华人民共和国国家标准 GB/T 35221-2017《地面气象观测规范总则》中关于观测场地大小尺寸、外部环境条件、观测仪器的基本技术性能以及在观测场的布置位置等方面的要求，以保证观测数据充分满足记录的代表性要求。

从地理位置来看，开发区周边 20 公里范围内 3 个国家气象观测站下垫面与开发区相似，但位于开发区的不同方位，文水站和交城站均位于开发区西南方向，清徐站位于东北方向，根据参证气象站选取原则，需对 3 个拟选参证气象站交城站、文水站和清徐站的代表性进行比对分析。

夏家营气象站是距离园区最近的气象站，适合用来分析比对拟选参证站的代表性。表 3.2-1 为区域站和拟选参证站所选对比要素和比较时段说明。夏家营气象站位于交城县夏家营镇政府院内，详见图 3.2-1。

表 3.2-1 区域站和拟选参证气象站详细情况

拟选参证站	区域站	对比要素	对比时段
交城站	夏家营气象站	气温、湿度、风速、 风向	2020.01-2021.12
文水站			
清徐站			

表 3.2-2 区域站与拟选参证站相关性分析

拟选参证站	气温相关系数	湿度相关系数	风速相关系数
交城站	0.998	0.978	0.904
文水站	0.998	0.975	0.839
清徐站	0.998	0.974	0.872

表 3.2-2 为区域站与拟选参证站点气温、湿度和风速的相关性，交城站、文水站、清徐站与区域站气温相关性非常高，湿度相关性交城站稍高一下，风速相关性交城站最高，清徐站次之，文水站稍低一些。

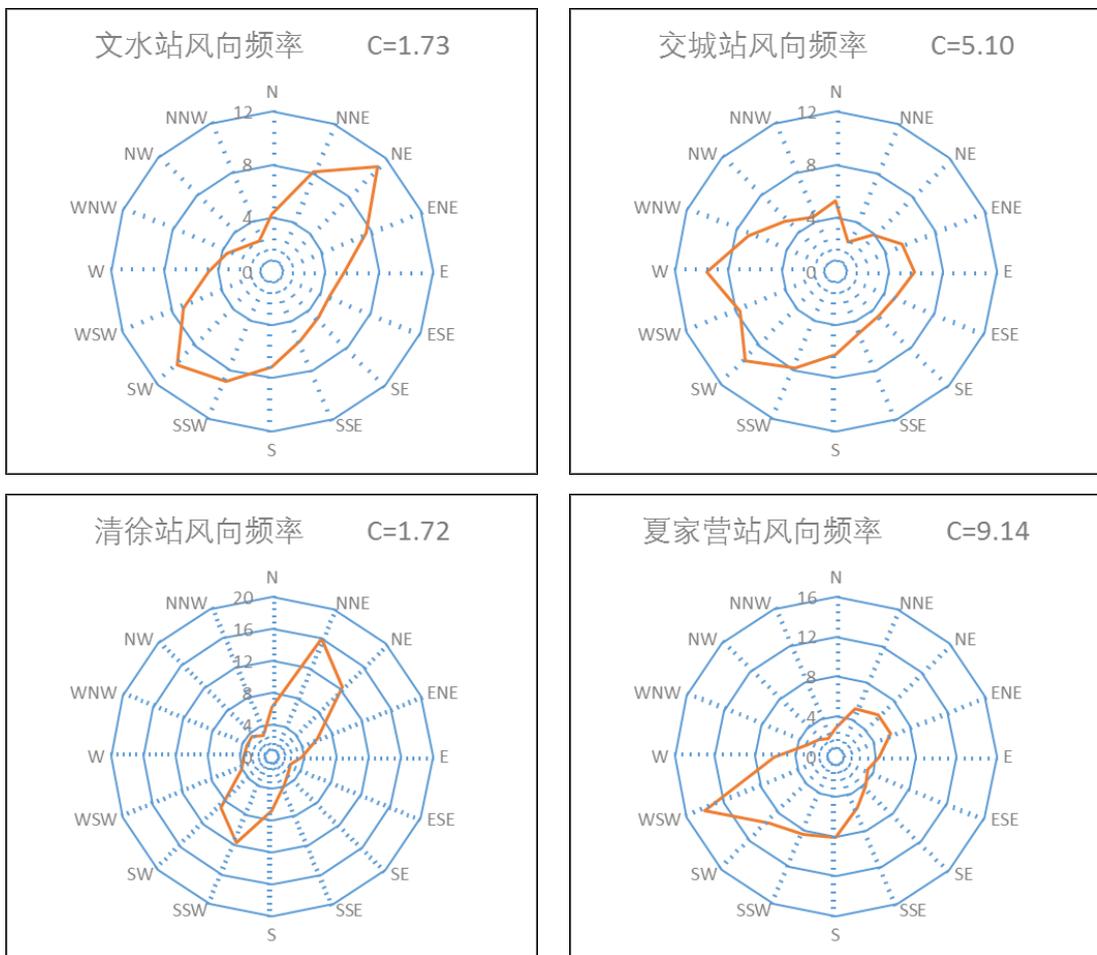


图 3.2-1 参证站与区域站风玫瑰图 (%)

风向频率以小时值来统计，总计有效样本长度为 17527，图 3.2-1 为文水站、交城站、清徐站和夏家营站风向频率，可以看出，文水站最多风向频率均为 NE，次多风向频率为 SW，即以东北风和西南风最为盛行；交城站最多风向频率为 W，次多风向频率为 SW，即以西风和西南风最为盛行；清徐站最多风向频率为 NNE，次多风向频率为 SW，即以西南风和西南风最为盛行；夏家营站最多风向频率为 W，次多风向频率为 SW，即以西南风和西南风最为盛行。

向频率为 NE, SSW 风向频率也较高,也以东北风和西南风为主,但东北风频率高于西南风;夏家营站最风向频率为 WSW,次多风向频率为 SW,即以西南风最为盛行,综合以上可以看出,交城站风向频率特征与夏家营站最为接近,均显示偏西风为主,东北风不明显的特征。交城站、文水站和清徐站均位于太原盆地内,受盆地地形(东北——西南向)影响,盆地内气流沿着盆地地形流动,因此主要以东北风、西南风为主,交城站与其他参证站不同的是,其距离西侧山脉更近,受地形影响更明显,同时交城站与夏家营站静风频率更接近,清徐站和文水站静风频率明显偏低。

交城经济开发区依山而建,地理位置上北区的煤化工产业园与吕梁山脉直接相连,综合参证站与区域站相关关系以及风向频率分布特征,交城站对于平川区域代表性明显更显著。

交城县山地面积占比较大,全域温度差异比较明显,参证站对平川区域具有加强代表性,但对于山区各类文旅景点区域气温代表性可能不强,进一步运用气象网格化资料开展了交城全域温度格点和参证站点对比分析。

(1) 最低温度

2019-2021 格点和站点月平均最低温度对比发现(图 3.2-2),交城区域格点和站点温度区域一致,但格点温度均比站点温度低。2019 年偏低 2.8~4.9℃;2020 年除 5 月偏差较大(偏低 11℃),其余月份偏低 0.8~4.4℃;2021 年两者偏差较小,其中冬半年两者偏差非常小,1 月和 2 月格点比站点温度偏高 0.3~0.7℃,其余月份偏低 0.3~2℃,夏半年格点比站点温度偏低 2.3~3℃。可以看出,交城全域最低气温均值低于参证站点 0.3~4.9℃,夏季差异大于冬季,同时季节转换期气温差异也较大。

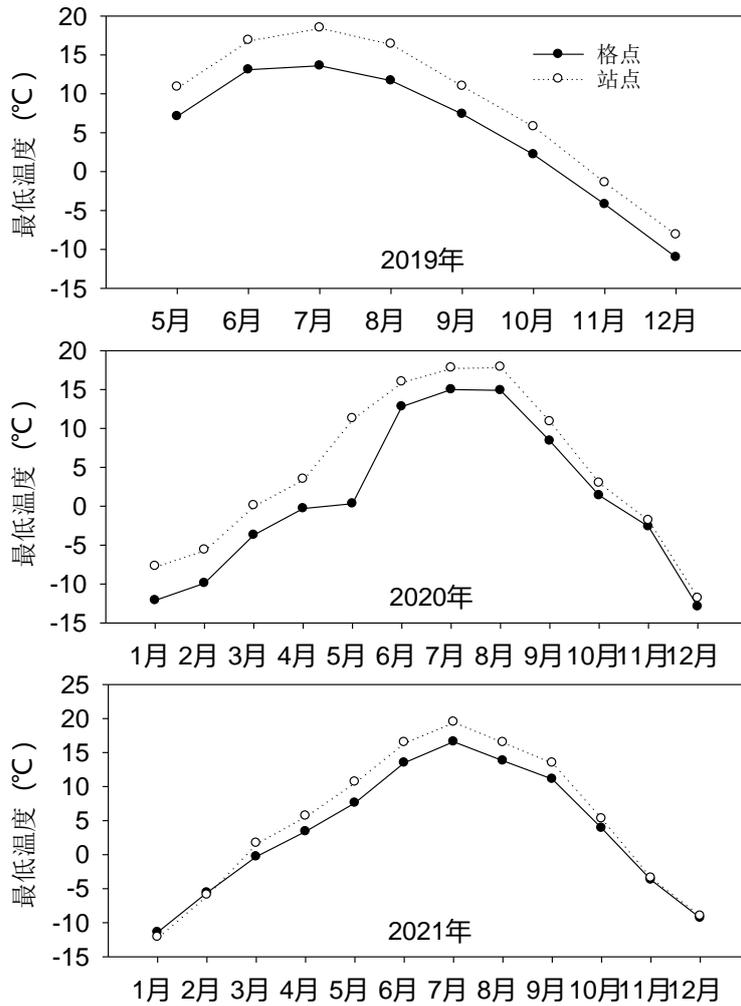


图 3.2-2 交城县 2019-2021 格点和站点月平均最低温度对比

(2) 最高温度

从 2019-2021 格点和站点月平均最高温度对比发现（图 3.2-3），交城区域格点和站点温度变化趋势一致，格点温度同样低于站点温度。2019 年格点比站点偏低 5.5~7.9℃；2020 年偏低 3.5~8.1℃；2021 年两者偏差较小，格点比站点温度偏低 3.2~5.1℃。可以看出，交城全域最高气温均值低于参证站点 3.2~8.1℃，不同月份气温差异存在区别。

总的来看，交城全域最低气温均值低于参证站点 0.3~4.9℃，最高气温均值低于参证站点 3.2~8.1℃，偏差相对于最低温度略偏大，同时不同年份、不同月份格站差异也有较大区别，因此利用本报告中参证站数据运用于交城县其他非平川区域时，应考虑到气温极值上的差异。

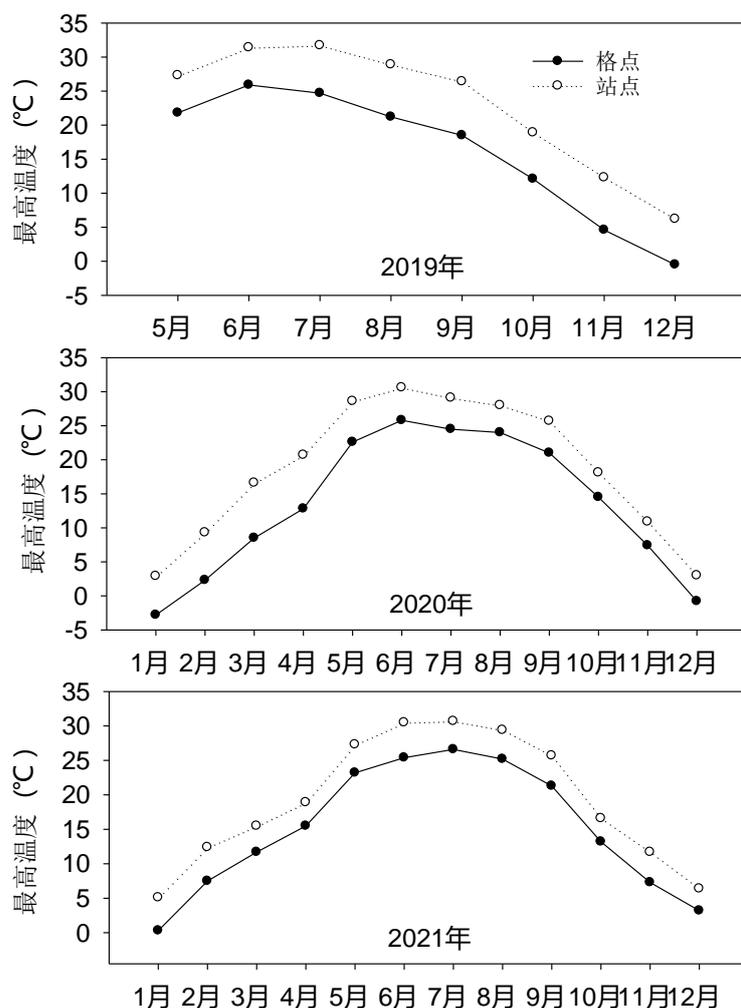


图 3.2-3 2019-2021 格点和站点月平均最高温度对比

降水具有明显的区域性，开发区主要交城县平川区，降水的区域分布对开发区规划与建设有显著影响，运用气象网格化资料开展了交城平川区降水格点和参证站点对比分析。

从 2019-2021 格点和站点月降水量对比发现（图 3.2-4），格点降水量小于站点降水量，2019 格站偏差较大，2020 和 2021 年偏差较小。2019 年，格点、站点量降水量月平均变化均呈现双峰型分布，第一个峰值出现在 4 月，格点降水量为 26.7 毫米，站点降水量为 63.1 毫米；第二个峰值格点出现在 9 月，降水量为 88.9 毫米，站点出现在 8 月，降水量为 120.5 毫米，7-9 月格点比站点偏少 23%~46%；其余月份由于降水量偏少，量值偏差不大。2020 年和 2021 年，格点和站点降水量变化比较一致，格站差异明显小于 2019 年，除 2020 年 1 月、4 月、2021 年 4 月外，其余月份偏差均在 20%以下。可以看出，平川区域降水分布也有一定的局地性，结果显示参证站

对于平川区域降水量有较强的代表性。

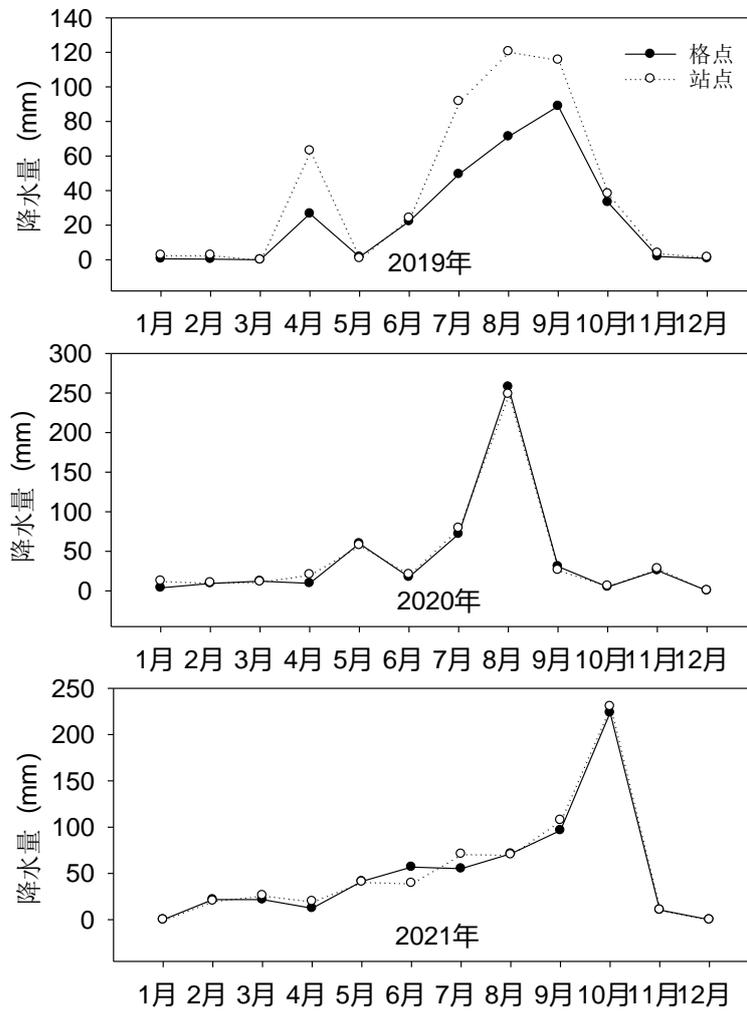


图 3.2-4 2019-2021 格点和站点月降水量对比

3.2.2 参证气象站比较性分析

比较性——不同地方的地面气象观测站在同一时间观测的同一气象要素值，或同一个地面气象观测站在不同时间观测的同一气象要素值能进行比较，从而能分别表示出气象要素的地区分布特征和随时间的变化特征。

交城站、清徐站和文水站均为国家气象观测站网的基本组成部分，自动观测项目每天进行 24 次定时观测；人工观测项目，每天进行 02、08、14、20 时四次定时观测，其自动观测和人工观测均是在世界气象组织（WMO）统一规定的时间进行气象要素观测，因此气象要素值与其它地区具备比较性。

3.2.3 参证气象站准确性分析

准确性——气象站观测记录要真实的反映气象状况。标准气象站的气象观测员都应经过专业培训、定期考核、持证上岗；测量气象数据时应严格执行相关国家标准中的各气象要素观测方式及流程、数据记录及处理等方面的要求，确保气象数据的准确性。

交城站、清徐站和文水站是根据全国气候分析和天气预报的需要所设置的地面气象观测站，属于国家级气象站，承担区域或国家气象信息交换任务，是国家天气气候站网中的主体。地面气象观测包括人工观测和自动观测两种方式。观测项目有气温、降水量、气压、相对湿度、风向、风速、雪深、雪压、日照、地温、能见度、天气现象等。观测人员均是经过专业培训的专职人员，严格按照相关标准和规定进行观测、记录和数据处理，且历史资料均经过气象部门严格、规范地审核，其准确性可以满足规范规定和本项目要求。

3.2.4 参证气象站选取结果

通过分析拟选参证气象站的代表性、比较性、准确性，可以发现，交城站的代表性比文水站和清徐站更加显著，结合开发区周边地理环境、气象站位置、气象站的属地管理等，本报告将选取交城站作为参证气象站。

3.3 资料内容和来源

报告中涉及的气象站观测资料来源于山西省气象信息中心，均从经过审核后的信息化资料中提取。本报告中的所有气象资料及相关数据资料仅限于本论证区域使用。所用资料涉及以下几类（见表 3.3-1）：

1) 地面气象资料：地面观测气象数据，其资料主要用于参证气象站选取、气候背景分析、关键气象参数推算及高影响天气现象分析，涉及气温、气压、相对湿度、风速风向、降水量、日照、地面温度、强降水、高温、低温、大风、冰雹、暴雪、结冰、雷暴、冻土等等气象要素及天气现象。暴雨强度公式计算使用参证气象站历时雨量数据。本报告所使用气象资料分为两类；一是累年值（即常年值），为近 30 年气象资料（1992-2021 年）；二是自有连续观测资料以来的气象资料。

2) 气象灾害资料: 对本项目所在区域影响较大的气象灾害主要包括暴雨、干旱、冰雹、低温、雪灾、霜冻、大风、连阴雨等, 相关记录来自山西省气象信息中心的信息化资料以及气象年、月报表、灾情直报系统以及应急和农业农村部门灾情报告。

3) 闪电定位资料: 山西省 ADTD 闪电定位系统监测资料用于雷击风险评估。该系统由 7 个子站组成, 采用时差法和定向时差联合法对地闪进行定位, 能够区分闪电的正负极性, 定位精度在 500 米以内。闪电定位数据包括闪电的经纬度、发生时间、强度、陡度、误差、定位方式等。本报告采用山西省 ADTD 闪电定位系统 2012-2021 年交城监测数据进行雷击风险评估。

4) 卫星遥感资料: Landsat 8 卫星资料用于提取开发区土地利用分类、地面温度信息。Landsat 8 上携带陆地成像仪 (Operational Land Imager, OLI) 和热红外传感器 (Thermal Infrared Sensor, TIRS)。OLI 陆地成像仪包括 9 个波段, 空间分辨率为 30 米, 其中包括一个 15 米的全色波段, 成像宽幅为 185×185 公里。OLI 包括了 ET 米+传感器所有的波段, 排除了 0.825 微米处水汽吸收特征; OLI 全色波段 Band 8 波段范围较窄, 这种方式可以在全色图像上更好区分植被和无植被特征; 此外, 蓝色波段 (band 1; 0.433–0.453 微米) 主要应用海岸带观测, 短波红外波段 (band 9; 1.360–1.390 微米) 包括水汽强吸收特征可用于云检测; 近红外 band 5 和短波红外 band 9 与米 ODIS 对应的波段接近。热红外传感器 TIRS 包括 2 个单独的热红外波段, 分辨率 100 米。

5) 高空气象资料: 利用 ERA5 再分析资料, 分析开发区高空平均气温、风速随高度的垂直分布情况。采用 2021 年 3 月-2022 年 2 月逐小时 ERA5 数据, 主要变量有温度、U 和 V 风场。

6) 网格化资料: 中国区域多源融合实况分析 5km 分辨率产品 (RT_5km,地面)-CLDAS 逐小时温湿风实时产品”利用多源数据融合分析技术, 对地面观测数据、数值模式数据以及卫星遥感地形数据, 进行融合, 并利用高分辨率卫星地形资料进行地形订正, 形成 5km 分辨率 2m 气温、10m 风、2m 比湿、2m 相对湿度融合产品。中国区域多源融合实况分析 5km 分辨率产品 (FRT_5km,地面)-CMPAS 逐小时降水实时产品”是我国高时空分辨率的多源降水融合分析产品, 适用于精细化气象格点实况分析、模式预报检验、中小尺度极端降水事件监测、水文模型等, 可为天气预报、防灾减灾等业务应用和研究提供高效高质高分辨率的降水产品。数据集利用多种来源

地面、雷达、卫星等观测资料和数值模式产品，采用偏差订正、融合分析等关键技术研制而成，在中国区域质量优于国际同类产品，且空间分辨率更高。网格化资料用于分析交城全域气象特征。

7) 地理信息资料：主要用于卫星影像、数字高程模型数据（DE 米）的叠加裁剪，并制作开发区边界图层。DE 米为美国 NASA LP DAAC（美国陆地过程分布式活动档案中心）30 米空间分辨率 ASTER GDE 米（V2）数据，主要用于地形特征分析。

表 3.3-1 报告使用资料情况一览表

资料类型	资料内容	资料时段及来源
地面气象资料	气候特征要素（气压、气温、相对湿度、降水量、降水日数、地面温度、风速、风向）	1992-2021 年
	高影响天气要素（极端气温、极端地面温度、最大风速、积雪深度、暴雨、大风、高温日数、低温日数、积雪、结冰、冰雹、雾、霾、日最大降雨量、小时最大降雨量）	1959-2021 年
	关键气象参数（暴雨、风速、雪压、气温）	1959—2021 年
气象灾害资料	强降水、大风、高温、低温、暴雪、结冰、冰雹、雷暴、雾和霾等	《灾情直报系统》（1992-2021 年）
高空气象资料	温度、风场	ERA5 再分析资料（2021 年 3 月-2022 年 2 月）
网格化资料	温度、降水	2019-2021
其他资料	雷电	山西省 ADTD 闪电定位系统交城闪电定位资料（2012-2021 年）
	太阳总辐射	太原太阳辐射资料（1992-2021 年）

根据《区域性气候可行性论证技术指南》规定，需收集“开发区区域及周边气象站资料，其中国家站应收集至少最近 30 年气象资料”据此，结合本项目实际情况，收集了最近 30 年（1992-2021 年）交城国家气象观测站的气象资料和气象灾情资料；高影响天气计算所需资料建站以来有连续观测的（1959-2021 年）气象资料；关键气象参数推算所需资料采用的是建站以来 1959-2021 年数据。需要说明的是，交城风向观测在 2009 年以前为一天四次，2009 年以后为小时观测，因此交城县平均风速、风

向频率统计使用 2009-2021 年资料；2020 年日照时数有部分资料有误或缺失，故报告未采用 2020 年日照时数资料；太原观测站自 1992 年起开始进行太阳辐射观测，因此，推算交城太阳能资源使用的数据长度均为 1992-2021 年。

3.4 资料质控

报告中所用数据均经过质量控制。数据质量控制通常将范围值检查、内部一致性检查、时变检查、持续性检查和空间一致性检查综合应用。

范围值检查：气候极值检查是检查各要素值是否超过历史上出现过的最大值和最小值。选取全国自动站经度、纬度、海拔高度以及自动站数据为样本，建立多元线性回归方程，推算出各要素极值随时间（月份）、经度、纬度、海拔高度的多元线性方程，然后利用该方程，计算出任意地理位置的各气象要素极值。

内部一致性检查：有些气象观测要素相互之间关系密切，其变化规律具有一致性。根据该特性，就可对相关数据是否保持这种内部关系来检查其是否发生异常，以确定数据质量。

时变检查：大气中的有些观测数据与时间显著相关，具有良好的时间一致性，将此类数据与其时间上前、后的测值相比较，来判断其数据是否发生异常。

持续性检查：在一段时间内（如一天），许多气象要素值会随着时间、地域的变化出现波动。如果某要素值没有发生变化则有可能观测仪器或传输设备出现故障。

4 区域气候特征分析

4.1 气候概况

交城县属暖温带亚湿润区，四季分明，春季干旱少雨，夏季高温多雨，秋季凉爽湿润，冬季寒冷干燥。参证站年平均气温 11.0℃，冬季 1 月最冷（平均气温-4.9℃），夏季 7 月最热（平均气温 24.5℃）。极端最高气温 37.5℃，出现在 2010 年 7 月 30 日，极端最低气温-23.5℃，出现在 1998 年 1 月 19 日。一般日最低气温于 12 月降至 0℃ 或以下，翌年 3 月可升至 0℃ 以上。常年平均日照时数 2345.8 小时。年平均降水量为 425.0 毫米，年最大降水量为 637.0 毫米。区域季风环流交替明显，地面风向受地形等因素影响，西风和西南风频率较高，平均风速为 1.4 米/秒，年最大风速为 20.3 米/秒。

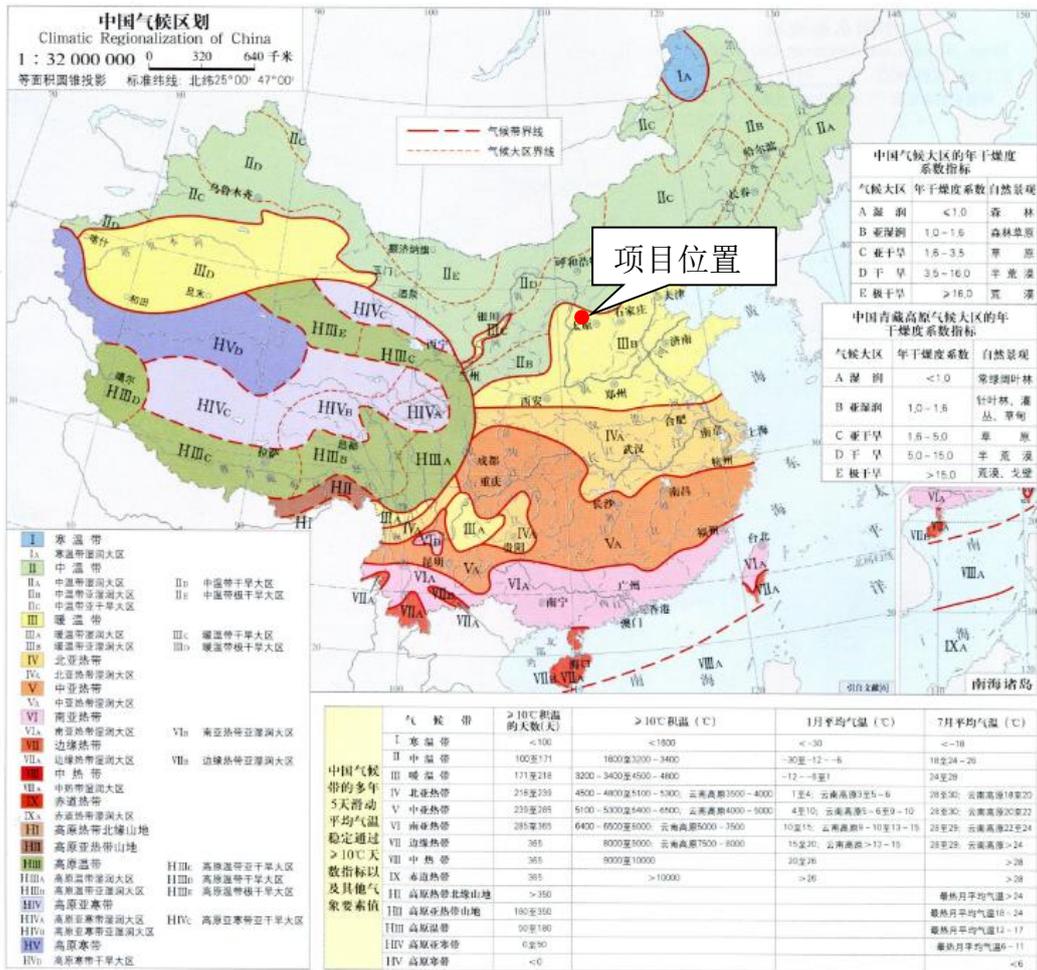


图 4.1-1 中国气候区划

表 4.1-1 列出了表征开发区所在区域的气温、降水、风、湿度、日照、地温、气压等地面气象要素气候特征值，特征值主要包括气象的极端值、出现时间和要素的平均状态。

4.1-1 参证气象站主要地面气象要素气候特征值

气候要素		值	单位	出现时间
气温	年平均气温	11.0	℃	/
	年平均最高气温	18.1	℃	/
	年平均最低气温	4.7	℃	/
	极端最高气温	39.5	℃	2010年7月30日
	极端最低气温	-23.5	℃	1998年1月19日
降水	年平均降水量	425.0	mm	/
	年最多降水量	637.0	mm	2021年
	年最少降水量	238.0	mm	1997年
	年平均降水日数	69.7	d	/
	最大日降水量	99.3	mm	1963年7月6日
风速风向	年平均风速	1.4	m/s	/
	年最大风速	20.3	m/s	1995年3月11日
	年最大风速对应的风向	NW	/	/
	年极大风速	24.7	m/s	2021年5月26日
	年极大风速对应的风向	NNW	/	/
	最多风向	W	/	/
日照	年平均日照时数	2345.8	h	/
	年最多日照时数	2684.1	h	2017年
	年最少日照时数	2097.4	h	1996年
地表温度	年平均地表温度	13.1	℃	/
	年平均最高地表温度	31.3	℃	/
	年平均最低地表温度	2.9	℃	/
	极端最高地表温度	69.1	℃	2010年7月30日
	极端最低地表温度	-32.6	℃	1993年11月21日
相对湿度	年平均相对湿度	59	%	/
气压	年平均气压	929.4	hPa	/

气候要素	值	单位	出现时间
年平均最高气压	931.7	hPa	/
年平均最低气压	926.4	hPa	/
年极端最高气压	945.8	hPa	2009年11月2日
年极端最低气压	907.6	hPa	2009年2月12日

4.2 地面气象要素特征

4.2.1 气温

气温是标识空气冷热程度的物理量，地面气象观测中测定的是百叶箱等防辐射装置内距地面 1.50 米高度的空气温度。最高/最低气温是指给定时段内气温的最高/最低值；极端最高/最低气温是指一段时间内达到的最高/最低温度。

4.2.1.1 年际变化

1) 平均气温

图 4.2-1 为参证气象站 1992—2021 年平均气温年际变化图，可知参证气象站累年平均气温为 11.0℃，逐年平均气温在 9.6℃（1993 年）~12.1℃（2006 年）之间变化，其中 2006 年年平均气温最高为 12.1℃，较累年平均气温高 1.1℃；1993 年年平均气温最低，为 9.6℃，较累年平均气温低 1.4℃，从图中可以看出，过去 30 年年平均气温呈现上升趋势。表 4.2-1、表 4.2-2 显示了参证站气温统计情况（平均气温、平均最高气温、平均最低气温、极端最高气温、极端最低气温）。

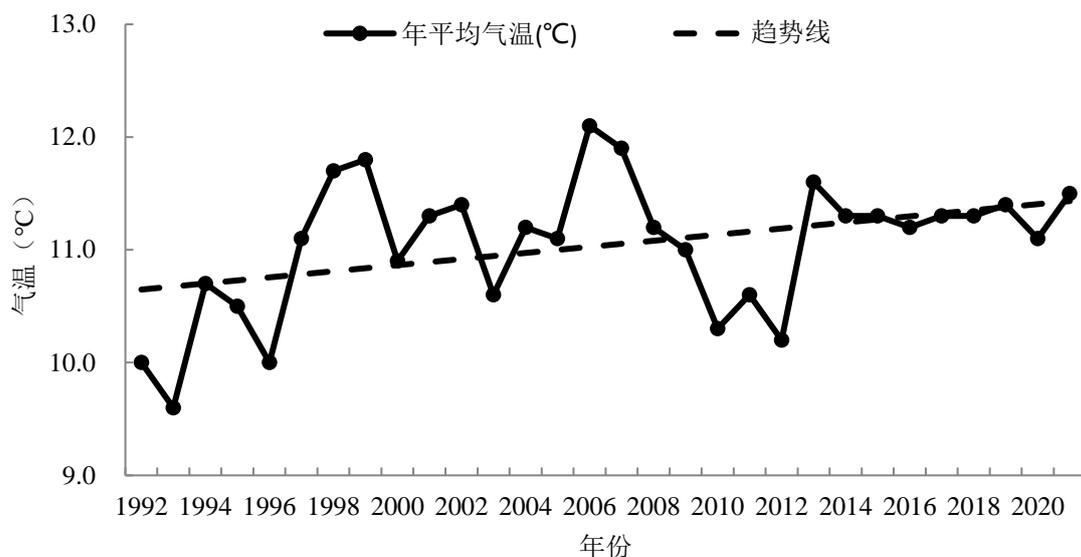


图 4.2-1 参证气象站平均气温年际变化

图 4.2-2 为参证气象站年平均最高气温年际变化图，可知参证气象站累年平均最高气温为 18.1℃，其中 2019 年年平均最高气温达 19.3℃，为近 30 年最高，2012 年年平均最高气温为 16.8℃为近 30 年最低，过去 30 年年平均最高气温呈现升高的趋势。

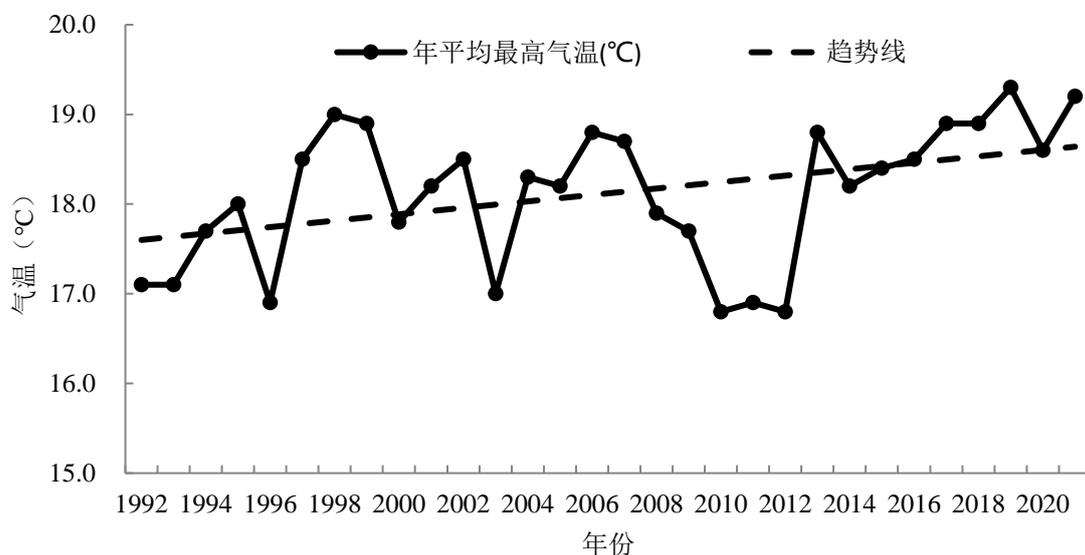


图 4.2-2 参证气象站平均最高气温年际变化

图 4.2-3 为参证气象站年平均最低气温年际变化图，从图中可以看出参证气象站累年平均最低气温为 4.7℃，1993 年年平均最低气温为 3.3℃，为近 30 年最低，2006 年年平均最低气温为 6.0℃，为近 30 年最高，过去 30 年年平均最低气温呈现上升趋势。

势。

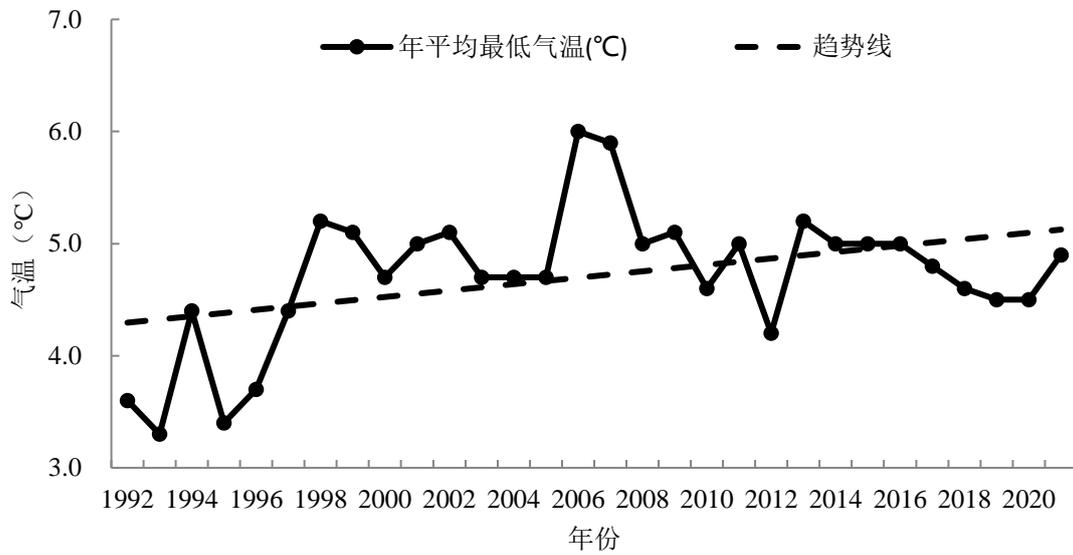


图 4.2-3 参证气象站平均最低气温年际变化

2) 极端气温

图 4.2-4、图 4.2-5 显示了参证气象站年极端最高、最低气温年际变化图。图 4.2-4 为参证气象站年极端最高气温变化图，从图中可以看出参证站年极端最高气温在 33.7°C（2003 年）~39.5°C（2005 年、2010 年）之间。年极端高温超过 38.0°C 以上的年份有 5 年，低于 35°C 的仅有 2 年，35.0°C~38.0°C 之间的有 23 年。年极端最高气温变化波动较大，最大值与最小值相差 5.8°C。

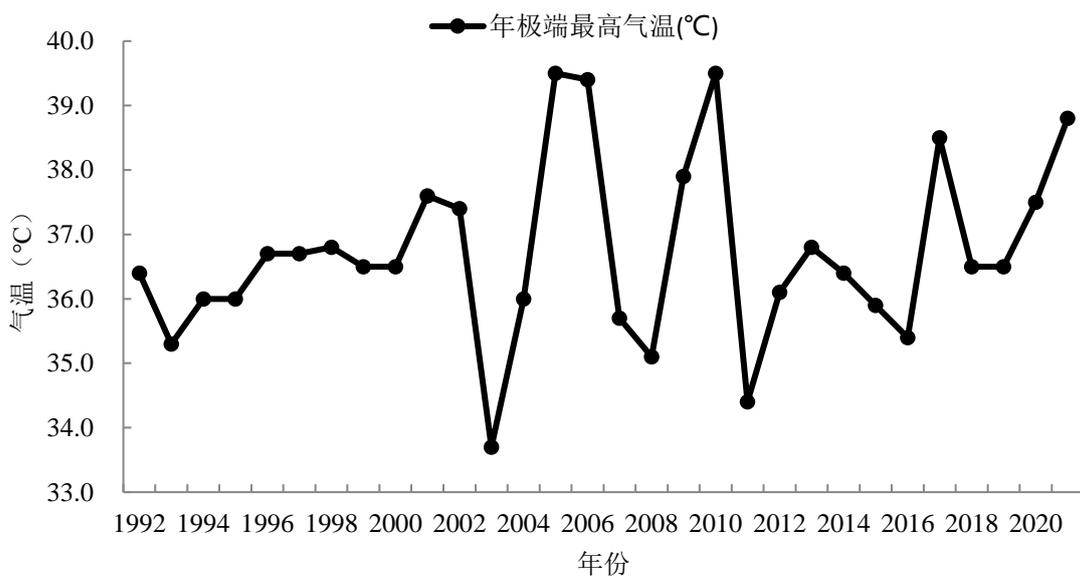


图 4.2-4 参证气象站极端最高气温年际变化

图 4.2-5 为参证气象站年极端最低气温变化图，从图中可以看出参证站年极端最低气温在-23.5℃（1998 年）～-12.2℃（2007 年）之间。

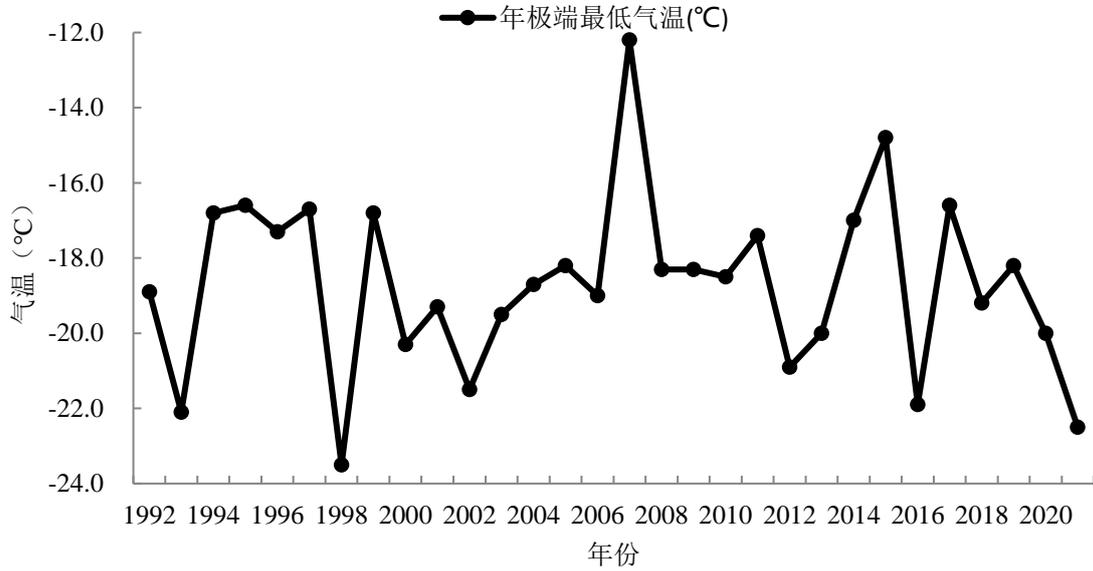


图 4.2-5 参证气象站极端最低气温年际变化

表 4.2-1 参证气象站气温统计表（℃）

项目 年	平均气温	平均最高气温	平均最低气温	极端最高气温	极端最低气温
1992	10.0	17.1	3.6	36.4	-18.9
1993	9.6	17.1	3.3	35.3	-22.1
1994	10.7	17.7	4.4	36.0	-16.8
1995	10.5	18.0	3.4	36.0	-16.6
1996	10.0	16.9	3.7	36.7	-17.3
1997	11.1	18.5	4.4	36.7	-16.7
1998	11.7	19.0	5.2	36.8	-23.5
1999	11.8	18.9	5.1	36.5	-16.8
2000	10.9	17.8	4.7	36.5	-20.3
2001	11.3	18.2	5.0	37.6	-19.3
2002	11.4	18.5	5.1	37.4	-21.5
2003	10.6	17.0	4.7	33.7	-19.5
2004	11.2	18.3	4.7	36.0	-18.7
2005	11.1	18.2	4.7	39.5	-18.2
2006	12.1	18.8	6.0	39.4	-19.0
2007	11.9	18.7	5.9	35.7	-12.2
2008	11.2	17.9	5.0	35.1	-18.3

项目 年	平均气温	平均最高气温	平均最低气温	极端最高气温	极端最低气温
2009	11.0	17.7	5.1	37.9	-18.3
2010	10.3	16.8	4.6	39.5	-18.5
2011	10.6	16.9	5.0	34.4	-17.4
2012	10.2	16.8	4.2	36.1	-20.9
2013	11.6	18.8	5.2	36.8	-20.0
2014	11.3	18.2	5.0	36.4	-17.0
2015	11.3	18.4	5.0	35.9	-14.8
2016	11.2	18.5	5.0	35.4	-21.9
2017	11.3	18.9	4.8	38.5	-16.6
2018	11.3	18.9	4.6	36.5	-19.2
2019	11.4	19.3	4.5	36.5	-18.2
2020	11.1	18.6	4.5	37.5	-20.0
2021	11.5	19.2	4.9	38.8	-22.5

4.2.1.2 年变化

1) 平均气温

参证气象站平均气温、平均最高气温、平均最低气温年变化分别在 $-4.9\sim 24.5^{\circ}\text{C}$ 、 $2.5\sim 30.4^{\circ}\text{C}$ 、 $-10.8\sim 19^{\circ}\text{C}$ ，最高值出现在7月，最低值出现在1月（表4.2-2）。月平均气温、月平均最高气温、月平均最低气温年内变化表现为，自1月起开始逐月升高，7月达到峰值，之后又逐月下降。月平均气温在冬季12月至次年1月低于 0.0°C ，4-10月高于 10.0°C ；月平均最高气温在冬季12月至次年2月低于 10.0°C ，4-9月高于 20.0°C ；月平均最低气温在冬季11月至次年3月低于 0.0°C ，6-8月高于 15.0°C 。图4.2-6为参证气象站月平均气温、月平均最高、低气温变化，结合图表可以发现参证站月最高与月最低气温相差较大，其中4月的气温变幅最大（ 15.0°C ），7月气温变幅最小（ 11.4°C ）。

表 4.2-2 参证气象站月平均气温、平均最高气温、平均最低气温统计表 (°C)

月/年 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月平均气温	-4.9	-0.4	6.4	13.5	19.4	23.0	24.5	22.6	17.4	10.9	3.3	-3.3
月平均最高气温	2.5	7.2	13.9	21.0	26.8	29.9	30.4	28.5	24.4	18.4	10.5	3.8
月平均最低气温	-10.8	-6.7	-0.5	6.0	11.5	15.9	19.0	17.3	11.4	4.6	-2.5	-8.7

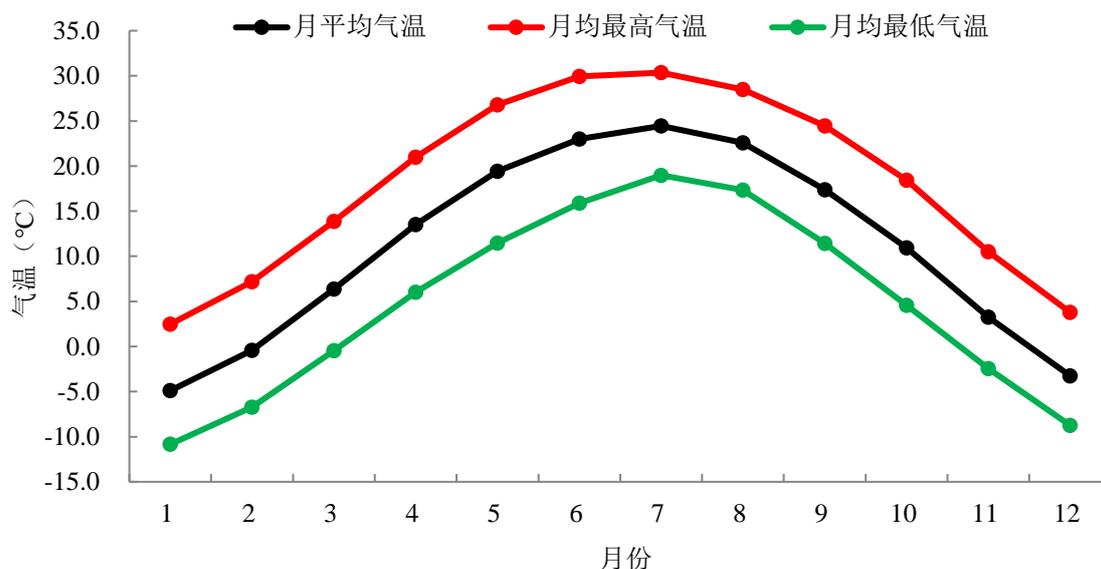


图 4.2-6 参证气象站月平均气温、平均最高、平均最低气温年变化

2) 极端气温

表 4.2-3 给出了参证气象站月极端气温统计表,从表中数据可以了解到参证气象站极端最高气温在 8.9~35.4°C 之间,极端最低气温在 -18.4~14.1°C 之间。图 4.2-7 显示了月极端最高、极端最低平均气温变化曲线图,从图 c/C Vac .gq /\],jk;e

q/ 可以看出 1-12 月极端最高温的变化幅度较极端最低气温的变化幅度小,其最大与最小值差值分别为 26.5°C 和 32.5°C。

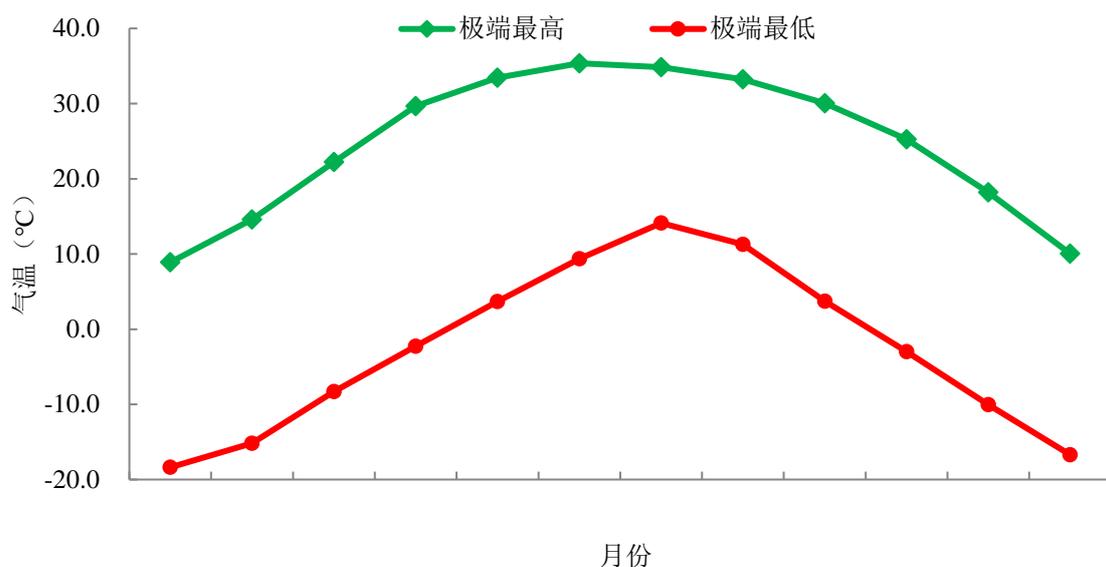


图 4.2-7 参证气象站月极端最高、最低气温年变化

表 4.2-3 参证气象站各月极端气温统计表 (°C)

月/年 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
极端最高气温	8.9	14.6	22.3	29.6	33.4	35.4	34.9	33.2	30.1	25.2	18.2	10.1
极端最低气温	-18.4	-15.2	-8.3	-2.3	3.7	9.3	14.1	11.3	3.7	-3.0	-10.0	-16.7

4.2.1.3 日变化

图 4.2-8 显示了参证气象站 2009-2021 年平均气温，从图中可以看出参证气象站平均气温呈单峰型的日变化特征，平均气温日较差为 11.4℃。每日 06 时左右，随着日出，地面接收的太阳辐射增加，绝大部分的太阳热量通过地面吸收后以长波辐射和显热方式传输给大气，使得气温逐渐升高，到 15-16 时左右，气温达到峰值 17.2℃，之后，随着太阳辐射减弱，气温开始下降，日落后至夜间，地面首先辐射冷却并向上传导给大气，使得气温不断下降，直至次日 06 时日出，此时气温为最低值 5.8℃。

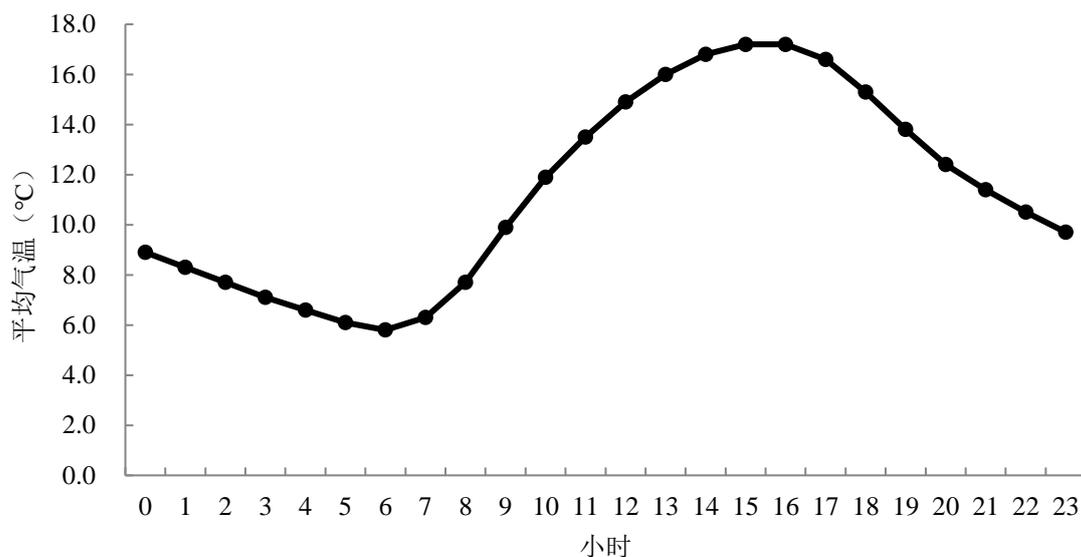


图 4.2-8 参证气象站平均气温日变化

4.2.2 降水

降水量是指从天空降落到地面上的液态或固态(经融化后)水,未经蒸发、渗透、流失,而在水平面上积聚的深度,以毫米(毫米)为单位。

4.2.2.1 年际变化

图 4.2-9 为参证气象站降水量年际变化图。参证气象站累年平均降水量为 425.0 毫米,降水量在 238.0 毫米(1997 年)~637.0 毫米(2021 年)之间。图 4.2-10 为参证气象站降水日数年际变化图,参证气象站年平均降水日数为 69.7 天,历年降水日数在 48 天(1999 年)~94 天(2003 年)之间,其中,年降水日数在 60 天以下的有 3 年,80 天及以上的有 3 年,60~80 天的有 24 年。具体年降水量、降水日数见表 4.2-4。

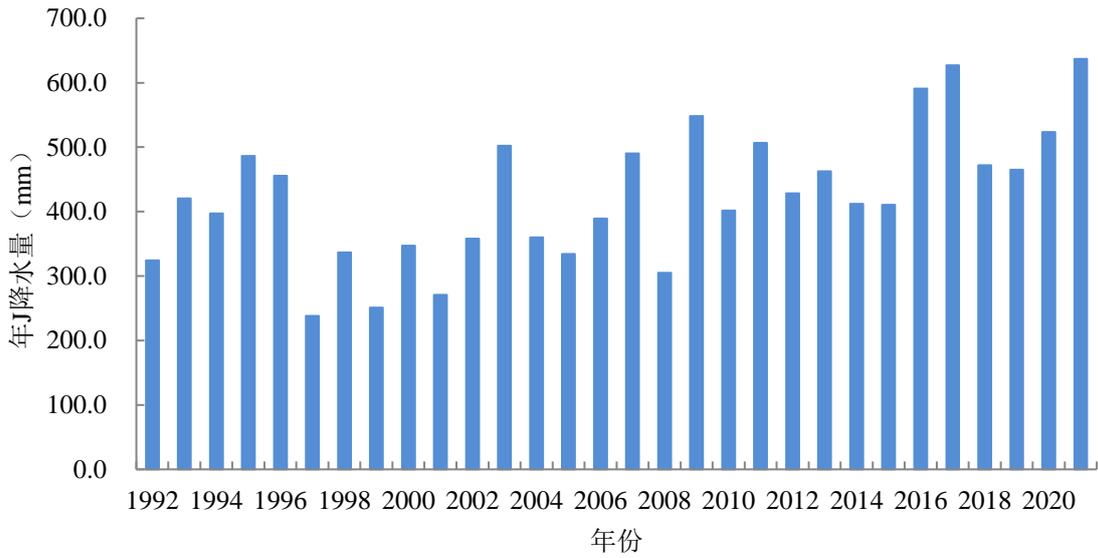


图 4.2-9 参证气象站降水量年际变化

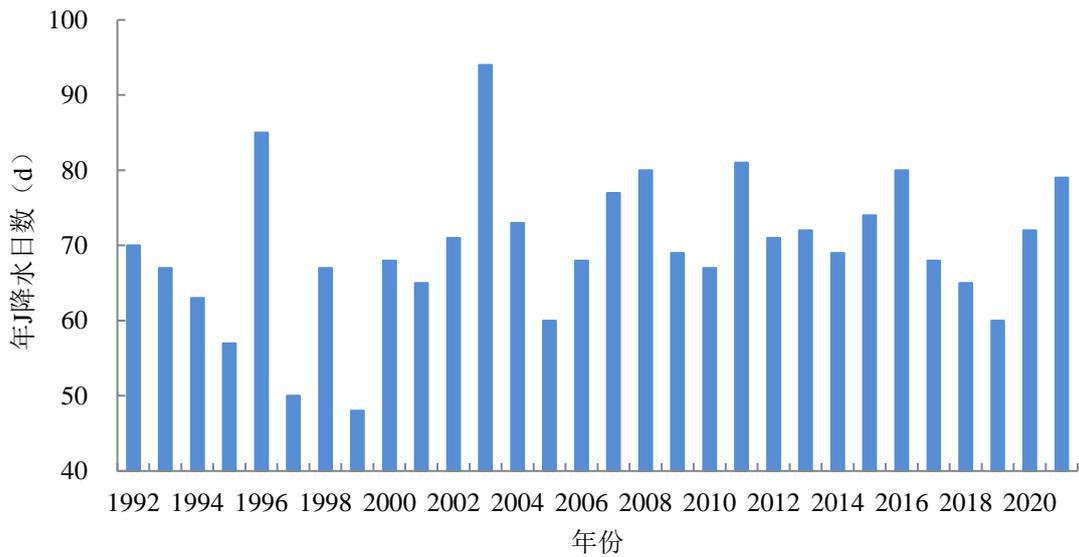


图 4.2-10 参证气象站降水日数年际变化

表 4.2-4 参证气象站年降水量 (mm)、降水日数 (d) 统计表

项目年	降水量	降水日数	项目年	降水量	降水日数
1992	324.1	70	2007	490.2	77
1993	420.3	67	2008	305.1	80
1994	397.2	63	2009	548.3	69
1995	486.4	57	2010	401.7	67
1996	455.4	85	2011	506.8	81

项目 年	降水量	降水日数	项目 年	降水量	降水日数
1997	238.0	50	2012	428.4	71
1998	336.5	67	2013	462.5	72
1999	251.1	48	2014	412.2	69
2000	346.9	68	2015	410.3	74
2001	270.6	65	2016	590.9	80
2002	358.0	71	2017	627.2	68
2003	502.1	94	2018	471.8	65
2004	359.9	73	2019	465.0	60
2005	334.3	60	2020	523.6	72
2006	389.2	68	2021	637.0	79

4.2.2.2 年变化

图 4.2-11 为参证气象站各月降水量平均值统计图，从图中可以看出近 30 年参证气象站月降水量在 1.9（12 月）~104.0 毫米（7 月）之间。年内变化表现为从 1 月开始降水量逐月增加，到 7 月达到峰值，之后又开始逐月降低。降水量的季节变化明显，冬季（12 月至次年 2 月）天气较为稳定平均降水量最少，各月在 1.9~4.6 毫米之间，占全年降水量的 2.1%；春季（3—5 月）对流活动开始增加，降水天气增多，各月降水量在 8.5~26.5 毫米之间，占全年降水量的 13.0%；夏季（6—8 月）为全年对流活动最频繁的季节，降水发生频率较高，各月降水量在 41.9~104.0 毫米之间，占年降水量的 57.8%；秋季（9—11 月）各月降水量在 11.9~67.6 毫米之间，占年降水量的 27.1%（见表 4.2-5）。

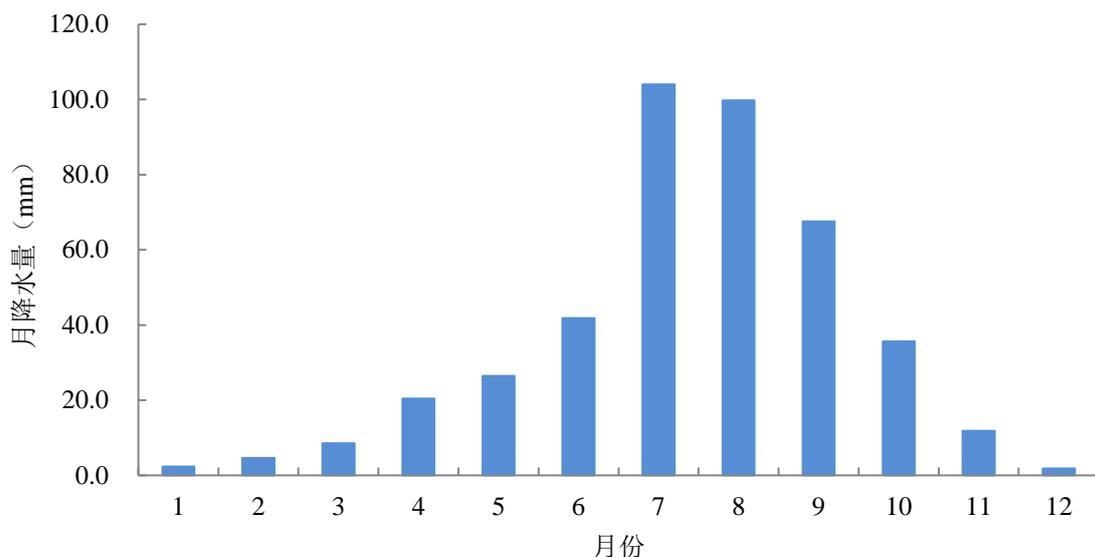


图 4.2-11 参证气象站降水量年变化

图 4.2-12 为参证气象站月降水日数统计图，从图中可以看出，参证气象站各月平均降水日数在 1.3 天（12 月）~12.2 天（7 月）之间。从季节分布看，冬季（12 月至次年 2 月）降水日数最少，各月在 1.3~2.6 天之间；春季（3—5 月）降水日数次少，各月在 2.9~6.0 天之间；夏季（6—8 月）降水日数最多，各月在 9.4~12.2 天之间；秋季（9—11 月）降水日数次多，各月在 3.2~8.4 天之间。年内变化为从 1 月起，降水日数逐月增大，到 7 月份达到峰值，随后开始逐月下降。

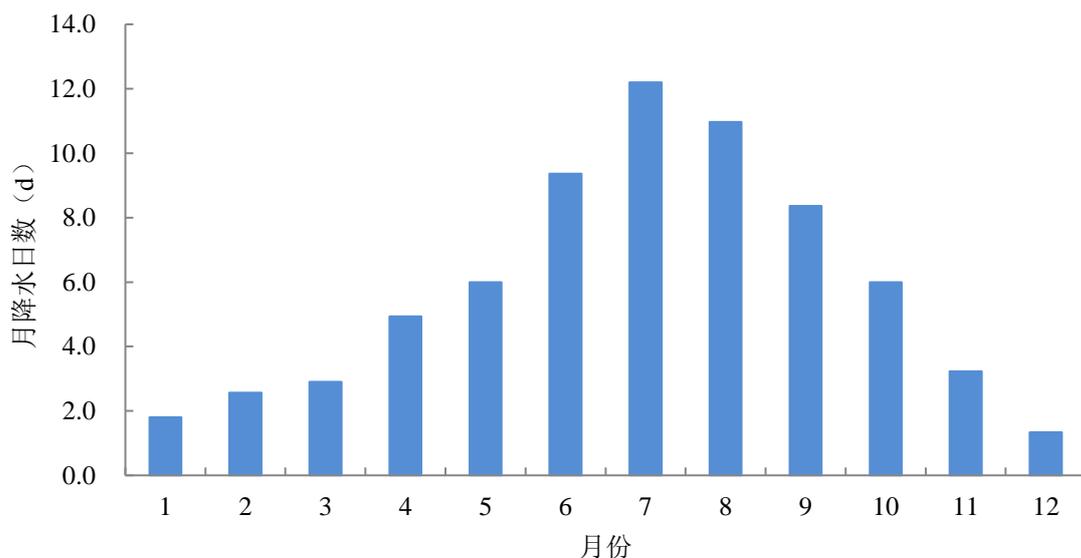


图 4.2-12 参证气象站降水日数年变化

表 4.2-5 参证气象站各月平均降水量及占比、降水日数统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均降水量 (mm)	2.4	4.6	8.5	20.4	26.5	41.9	104.0	99.8	67.6	35.6	11.9	1.9
平均降水量占比 (%)	0.6	1.1	2.0	4.8	6.2	9.8	24.5	23.5	15.9	8.4	2.8	0.4
降水日数 (d)	1.8	2.6	2.9	4.9	6.0	9.4	12.2	11.0	8.4	6.0	3.2	1.3

4.2.3 风速风向

风速是指单位时间内空气移动的水平距离。平均风速是给定时段内，各次观测的风速之和除以观测次数；最大风速是指给定时段内的 10 分钟平均风速的最大值；极大风速是指给定时段内的瞬时风速的最大值。

风向是指风的来向。最多风向是指在规定时间段内出现频数最多的风向，风向频率指一定时段内，某风向（包括静风）出现的次数占总观测次数的百分率。在气象观测中，风向一般分为静风和 16 个风向方位，包括北、北东北、东北、东东北、东、东东南、东南、南东南、南、南西南、西南、西西南、西、西西北、西北、北西北、静风（N、NNE、NE、ENE、E、ESE、SE、SSE、S、SSW、SW、WSW、W、WNW、NW、NNW、C）。

4.2.3.1 风速年际变化

1) 平均风速

图 4.2-13 为参证气象站年平均风速年际变化，参证站 2009 年以前风速记录为一天四次，即 02 时、08 时、14 时和 20 时，2009 年开始每个时刻均有记录，因此参证气象站年平均风速从 2009 年开始统计，参证气象站年平均风速为 1.7 米/秒，在 1.5~2.0 米/秒之间变化。

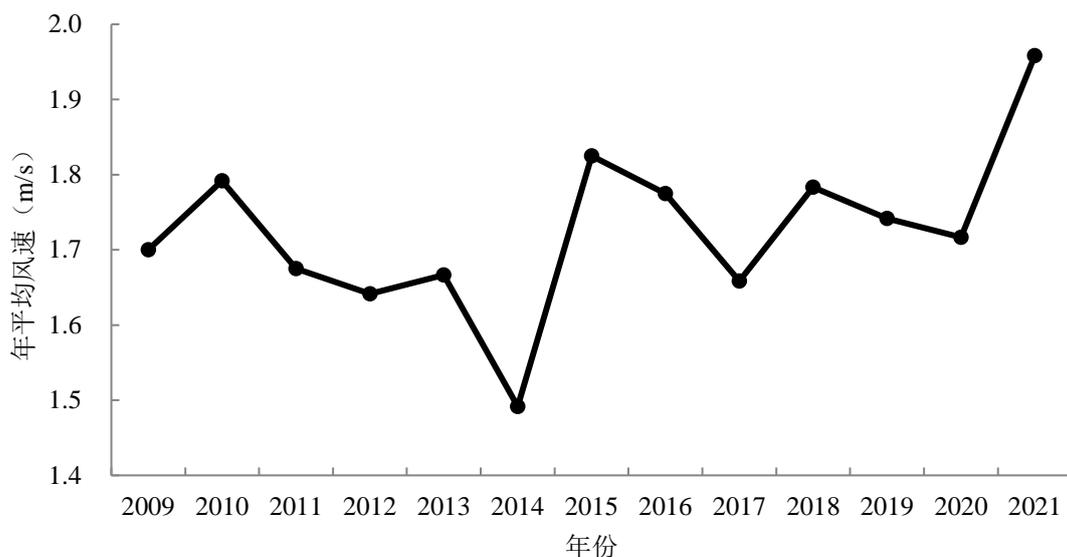


图 4.2-13 参证气象站平均风速年际变化

表 4.2-6 参证气象站历年平均风速统计表 (m/s)

年份	平均风速	年份	平均风速	年份	平均风速
2009	1.7	2014	1.5	2019	1.7
2010	1.8	2015	1.8	2020	1.7
2011	1.7	2016	1.8	2021	2.0
2012	1.6	2017	1.7		
2013	1.7	2018	1.8		

2) 最大风速

表 4.2-7 和图 4.2-14 分别显示了 1992-2021 年参证气象站历年最大风速、风向统计及年际变化。参证气象站年最大风速的最大值为 20.3 米/秒 (NW)，出现在 1995 年 3 月 11 日；最大风速的最小为 9.7 米/秒 (NW)，出现在 2014 年 5 月 25 日。年最大风速以春季出现频率最大。

表 4.2-7 参证气象站历年最大风速统计表

年份	10 分钟平均最大风速 (米/s)	风向	时间 (月日)	年份	10 分钟平均最大风速 (米/s)	风向	时间 (月日)
1992	11.0	ENE	3 月 19 日	2007	13.0	WNW	3 月 28 日; 5 月 16 日

年份	10分钟平均最大风速 (米/s)	风向	时间 (月日)	年份	10分钟平均最大风速 (米/s)	风向	时间 (月日)
1993	15.3	WNW	4月22日	2008	11.0	ENE	3月18日
1994	16.3	NW	5月4日	2009	13.3	ENE	4月15日
1995	20.3	NW	3月11日	2010	12.6	WNW	4月26日
1996	16.0	WNW	2月29日	2011	14.8	NW	6月7日
1997	15.0	ENE	5月6日	2012	10.8	NW	4月19日
1998	19.7	NW	4月16日	2013	10.6	NNW	5月2日
1999	16.0	WNW	4月4日	2014	9.7	NW	5月25日
2000	18.0	WNW;W	4月9日; 5月11日	2015	12.3	W	6月10日
2001	15.0	/	3月6日	2016	11.5	WNW	2月25日
2002	11.7	ENE;NNW	4月3日; 6月24日	2017	11.9	NNW	6月18日
2003	12.3	NNW	5月18日	2018	12.3	W	2月28日
2004	13.0	W;WNW	5月19日; 6月17日	2019	10.9	S	7月28日
2005	13.0	WNW	4月18日; 5月31日	2020	12.0	WNW	3月18日
2006	13.0	WNW	5月16日	2021	13.5	NW	1月27日

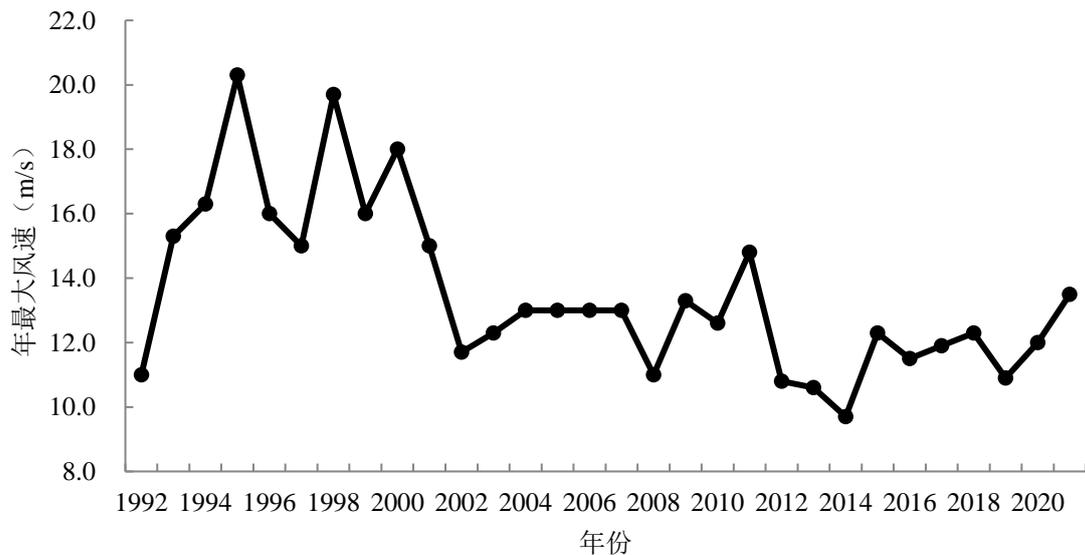


图 4.2-14 参证气象站最大风速年际变化

3) 极大风速

参证站极大风速的观测数据从 2009 年开始，表 4.2-8 和图 4.2-15 显示了 2009—2021 年参证气象站历年极大风速、风向统计表及年际变化图。从中可以看出 2009—2021 年参证气象站极大风速的 最大值为 24.7 米/秒（NNW），出现在 2021 年 5 月 26 日；极大风速的最小值为 16.4 米/秒（WNW），出现在 2014 年 5 月 27 日。

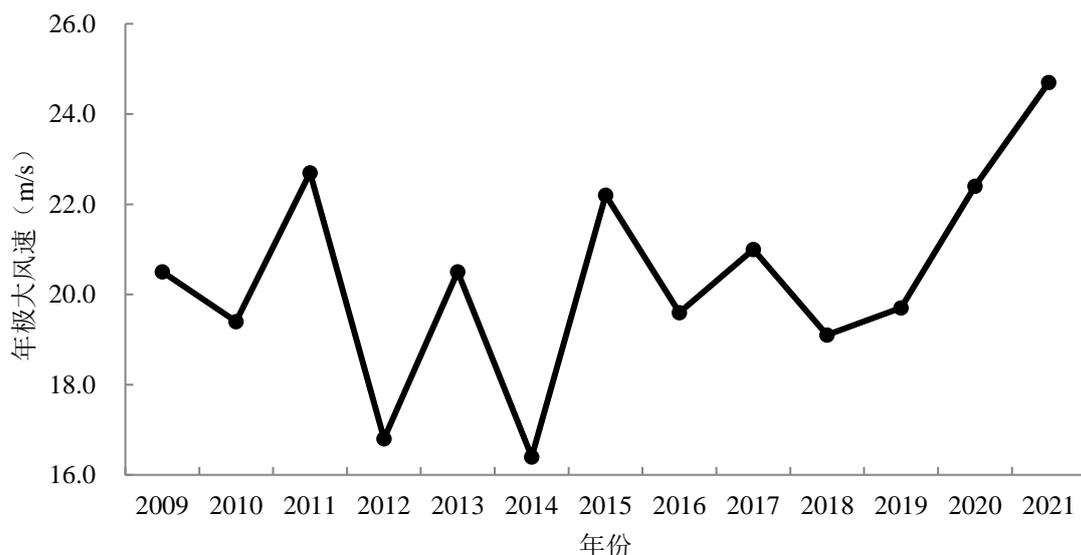


图 4.2-15 参证气象站极大风速年际变化

表 4.2-8 参证气象站历年极大风速统计表

年份	极大风速 (m/s)	风向	时间 (月日)
2009	20.5	NW	5月16日
2010	19.4	WNW;NW	4月25日; 11月11日
2011	22.7	NW	6月7日
2012	16.8	NNW	4月19日
2013	20.5	NNW	5月2日
2014	16.4	WNW	5月27日
2015	22.2	W	6月9日
2016	19.6	NW	6月30日
2017	21.0	N	4月13日
2018	19.1	W	2月28日
2019	19.7	N	5月19日

年份	极大风速 (m/s)	风向	时间 (月日)
2020	22.4	N	7月5日
2021	24.7	NNW	5月26日

4.2.3.2 风速年变化

表 4.2-9 和图 4.2-16 为参证气象站各月平均风速统计及年变化图。从中可以看出参证气象站月平均风速介于 1.0 米/秒（1 月、12 月）~2.1 米/秒（4 月）之间。年内变化为 1-4 月平均风速逐月增加，到 4 月达到峰值 2.1 米/秒，5-9 月平均风速逐月下降，10-11 月平均风速略微增大，12 月达到最低值 1.0 米/秒。从季节上看，春季风速较大。

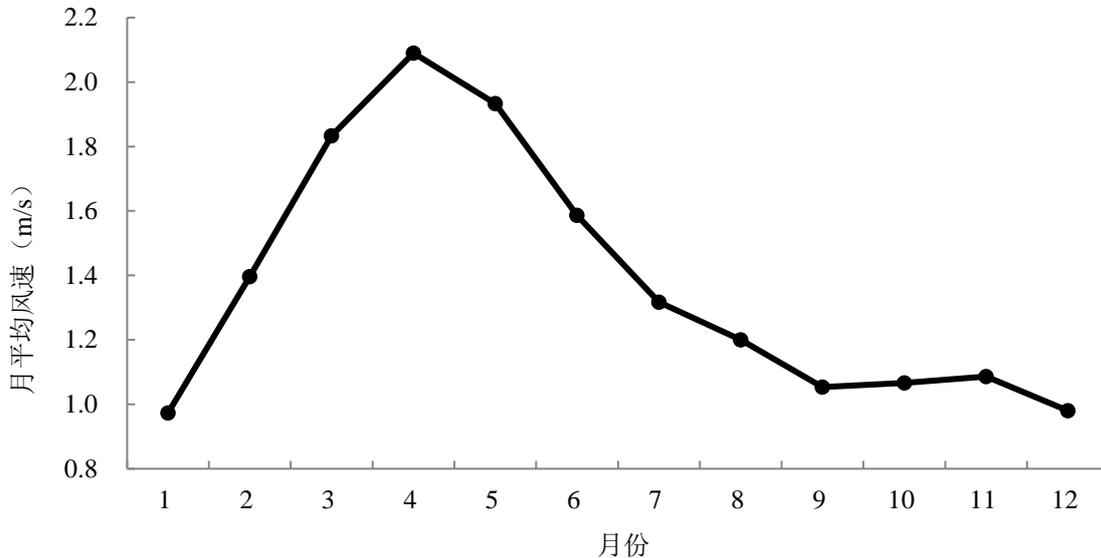


图 4.2-16 参证气象站平均风速年变化

表 4.2-9 参证气象站各月平均风速统计表 (m/s)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	1.0	1.4	1.8	2.1	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0

4.2.3.3 风速日变化

从图 4.2-17 为参证气象站风速日变化图，从图中可以看出参证气象站风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小，风速日变化在 1.0~2.5 米/秒之间。清晨日出后，太阳辐射导致大气层结不稳定性增加，湍流交换加强，促使上层大的风速向地面传递，出现地面风速增强和上层风速减少的情况，直至 13-16 时左右平均风速达到一日

峰值 2.5 米/秒；之后，随着太阳辐射减弱，地面风速逐渐减小，日落以后，近地面层辐射冷却增强，空气层结稳定，风力不断减小。

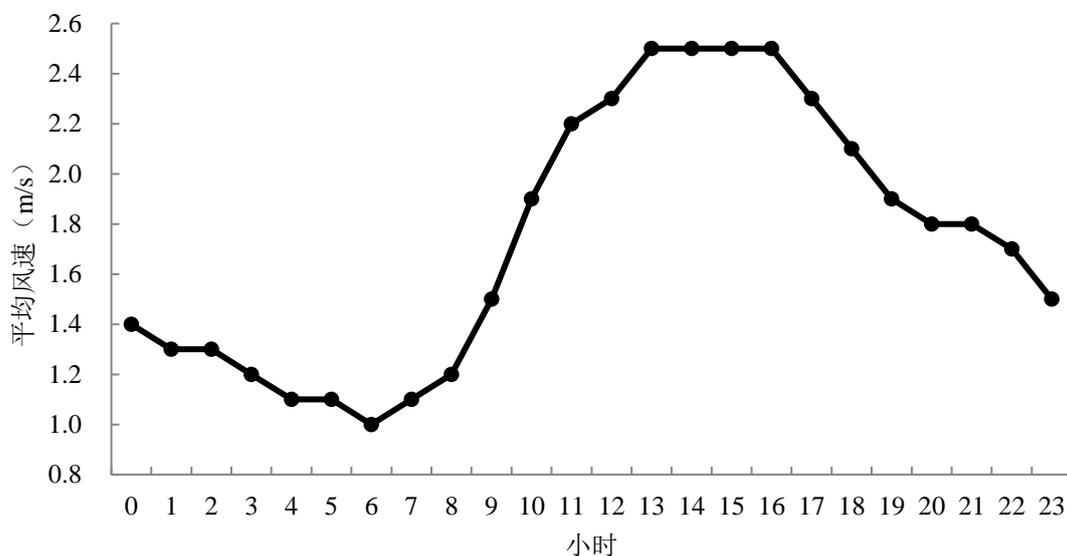


图 4.2-17 参证气象站平均风速日变化

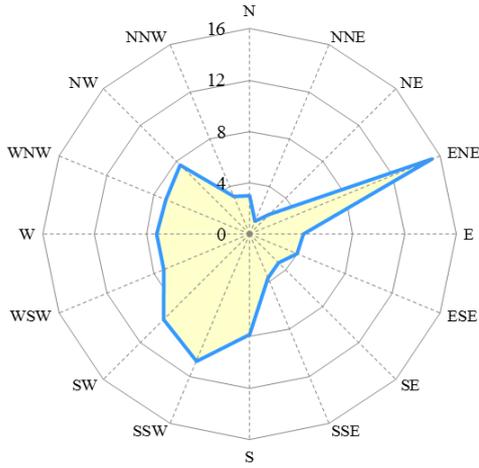
4.2.3.4 风向频率年及季节变化

参证气象站累年静风频率为 4.8%，最多风向为 W 方向，频率为 9.0%，次多风向为 SW 方向，频率为 8.8%（见表 4.2-10）。春季、夏季最多风向均为 ENE 风向，风向频率分别为 15.3%、12.5%；秋季最多风向为 SSW 风向，风向频率分别为 10.4%；冬季最多风向为 W，风向频率为 9.3%。（见表 4.2-11 和图 4.2-18）。

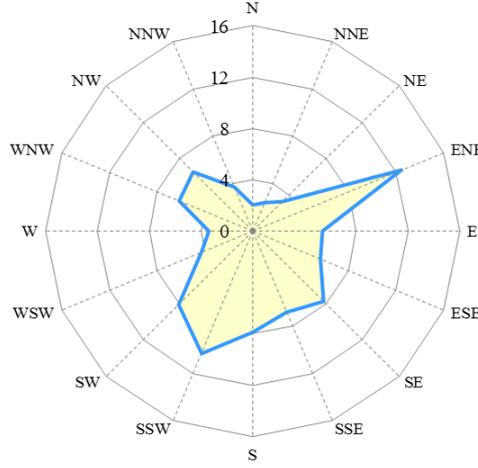
表 4.2-10 参证气象站各月及年最多、次多风向及频率统计表(%)

月/年 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最多风向	W	W	SW	ENE	SW	SSW	ENE	ENE	W	SSW	W	W	W
频率 (%)	8.9	9.9	10.2	9.9	12.2	10.2	9.7	8.7	9.2	9.0	9.6	9.3	9.0
次多风向	SW	WSW	W	SSW	W	SW	S	E	SW	SW	SSW	WSW	SW
频率 (%)	8.3	8.8	9.8	9.4	10.7	9.2	7.9	8.4	8.6	8.5	8.6	8.1	8.8

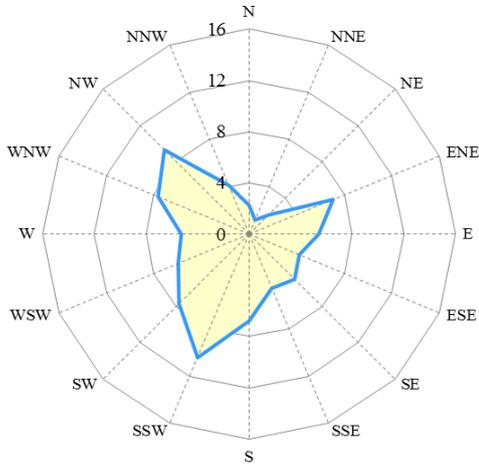
春季 C=3.2



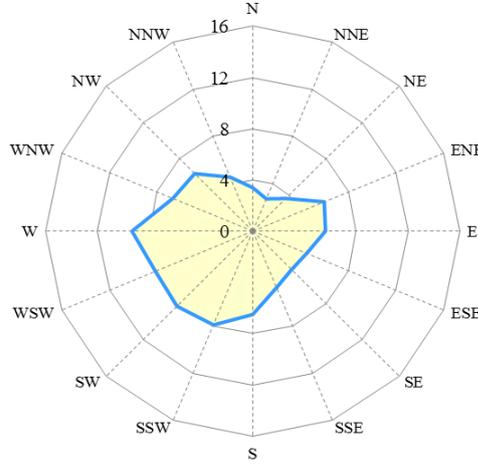
夏季 C=3.8



秋季 C=11.0



冬季 C=7.3



全年 C=4.8

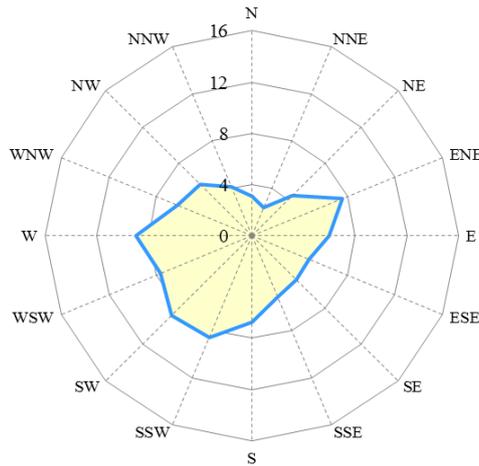


图 4.2-18 参证气象站四季及年风向频率 (%)

表 4.2-11 参证气象站四季及年各风向频率统计表(%)

方位项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	3.0	1.1	2.2	15.3	4.2	4.0	3.2	3.7	7.8	10.7	9.4	7.2	7.2	7.0	7.6	3.2	3.2
夏	2.0	2.4	3.3	12.5	5.4	5.7	7.7	6.8	7.9	10.3	8.1	4.3	3.4	6.2	6.5	3.7	3.8
秋	2.2	1.2	2.1	7.1	5.4	4.2	5.0	4.6	6.8	10.4	7.7	6.0	5.3	7.7	9.3	4.1	11.0
冬	3.4	2.7	3.6	6.0	5.6	4.5	4.2	4.8	6.5	7.9	8.3	8.2	9.3	6.7	6.4	4.6	7.3
年	3.1	2.4	4.4	7.6	6.0	4.8	4.9	5.2	6.8	8.6	8.8	7.7	9.0	6.2	5.7	4.1	4.8

4.2.4 日照

日照时数一般表征一天内太阳直射光线照射地面的时间的长短。地面气象观测中测定的日照时数是在给定时段内太阳直接辐照度大于或等于 120 瓦特/平方米的各分段时间的总和。

4.2.4.1 年际变化

表 4.2-12 和图 4.2-19 为参证气象站 1992-2021 年历年日照时数统计表及年际变化图。近 30 年参证气象站平均年日照时数为 2345.9 小时，日照时数在 2097.4 小时（1996 年）~2684.1 小时（2017 年）之间，其中年日照时数在 2600.0 小时以下的 27 年，2600.0 小时以上的有 2 年。

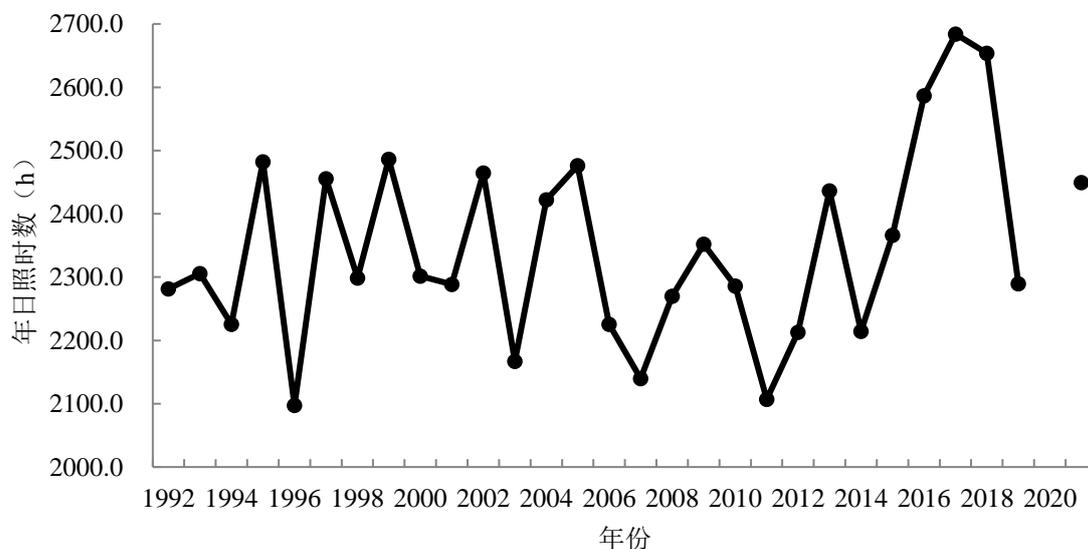


图 4.2-19 参证气象站日照时数年际变化

表 4.2-12 参证气象站历年日照时数统计表 (h)

年份	日照时数	年份	日照时数	年份	日照时数
1992	2281.3	2002	2464.6	2012	2212.8
1993	2305.8	2003	2166.9	2013	2436.4
1994	2225.4	2004	2422.3	2014	2214.7
1995	2482.3	2005	2476.3	2015	2366.1
1996	2097.4	2006	2225.6	2016	2586.5
1997	2455.7	2007	2139.6	2017	2684.1
1998	2298.5	2008	2270.1	2018	2653.6
1999	2486.5	2009	2352.4	2019	2289.5
2000	2301.9	2010	2286.3	2020	—
2001	2288.6	2011	2107.2	2021	2449.5

4.2.4.2 年变化

图 4.2-20 为参证气象站月均日照时数，表 4.2-13 为各月日照时数均值。从中可以看出参证气象站月平均日照时数介于 148.8 小时（12 月）~258.7 小时（5 月）之间。春季日照时数最多。

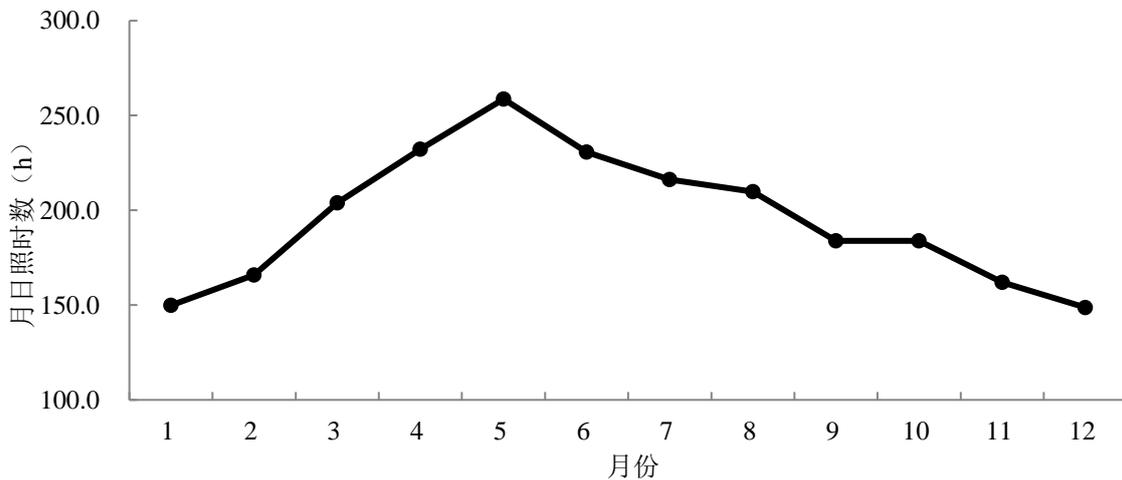


图 4.2-20 参证气象站各月日照时数均值

表 4.2-13 参证气象站各月日照时数统计表 (h)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月日照时数	149.9	165.8	204.0	232.2	258.7	230.6	216.2	209.8	183.9	183.9	162.0	148.8

4.2.5 地表温度

地表温度是直接暴露于天空之下的裸露土壤表面的温度。

4.2.5.1 年际变化

1) 平均地表温度

图 4.2-21 为参证气象站年平均地表温度年际变化图。参证气象站累年平均地表温度为 13.1℃，年平均地表温度在 11.3℃（1996 年）~14.7℃（2019 年）之间。其中，年平均地表温度在 13.1℃（含）以上的有 17 年，在 13.1℃以下的有 13 年。

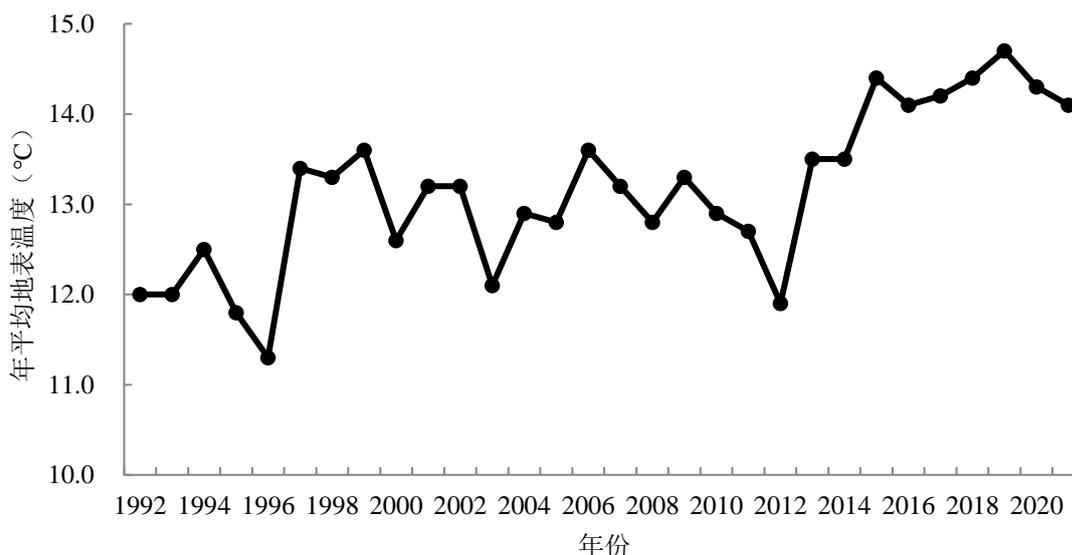


图 4.2-21 参证气象站平均地表温度年际变化

图 4.2-22 为参证气象站平均最高地表温度年际变化图，从图中可以看出 1992-2021 年参证气象站年平均最高地表温度在 27.5℃（2003 年）~34.4℃（2018 年）之间，平均为 31.3℃。其中年平均最高地表温度在 30.0℃（含）以上的有 26 年，30.0℃以下的有 4 年。

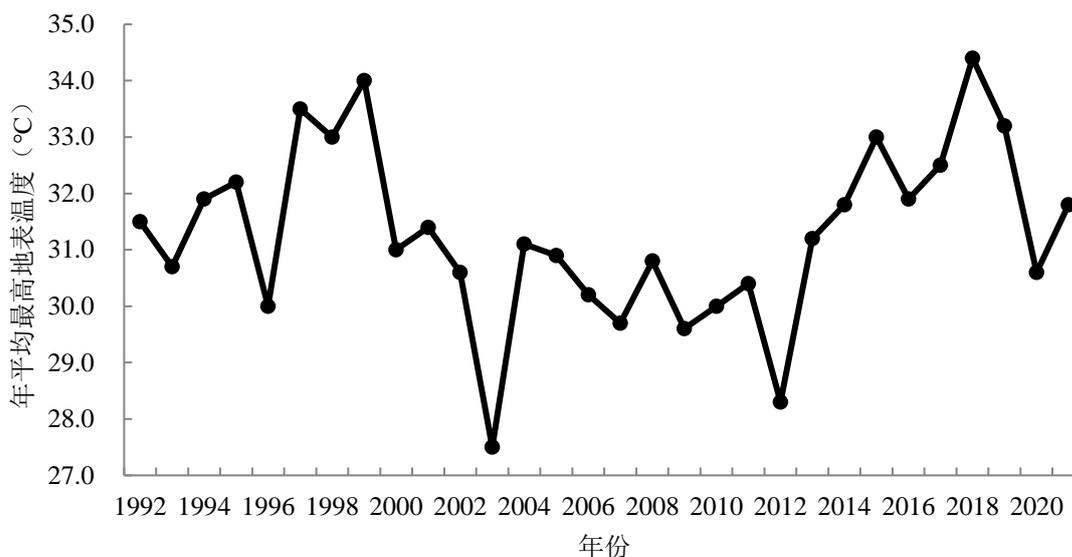


图 4.2-22 参证气象站平均最高地表温度年际变化

图 4.2-23 为参证气象站平均最低地表温度年际变化图。从图中可以看出 1992-2021 年参证气象站累年平均最低地表温度在 0.1℃（1993 年）~5.2℃（2020 年）之间，平均为 2.9℃。1992-2000 年平均最低地表温度为 1.0℃，2001-2010 年为 3.0℃，2011-2021 年为 4.2℃，平均最低地表温度显著上升。

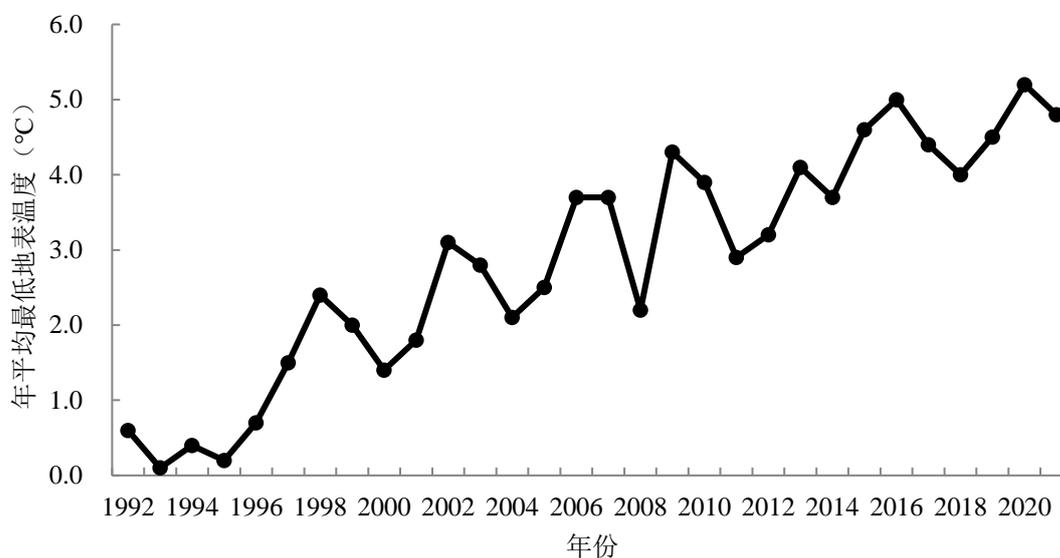


图 4.2-23 参证气象站平均最低地表温度年际变化

2) 极端地表温度

图 4.2-24 为参证气象站极端最高地表温度年际变化图。从图中可以看出 1992-2021 年极端最高地表温度在 58.1℃（2007 年）~69.1℃（2010 年）之间，平均为 64.3℃。其中，年极端最高地表温度在 64.3℃以下的有 11 年，在 64.3℃（含）以上

的有 19 年；低于 60.0℃ 的有 4 年，68.0℃ 以上的有 4 年。

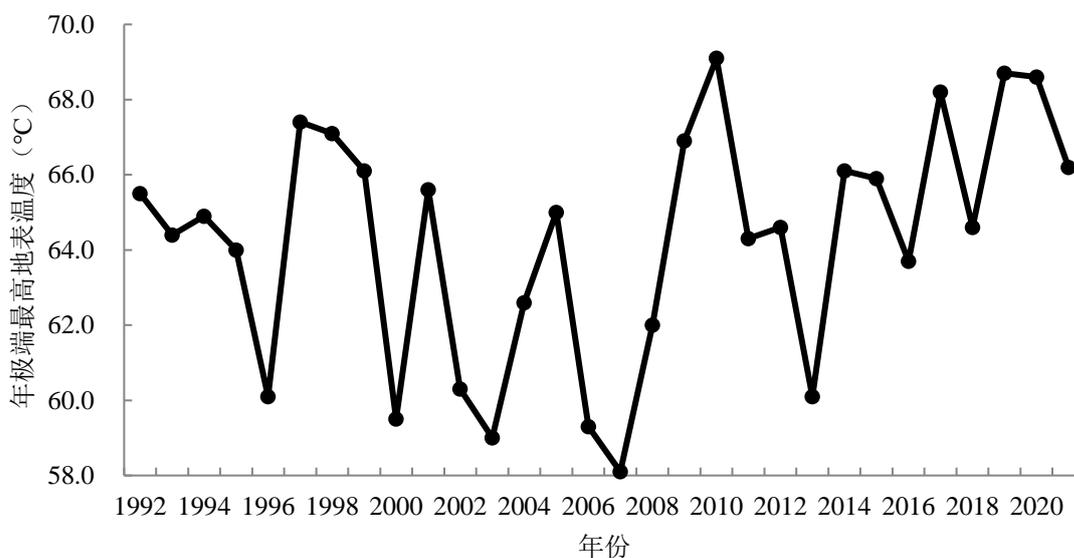


图 4.2-24 参证气象站极端最高地表温度年际变化

图 4.2-25 为参证气象站极端最低地表温度年际变化图。从图中可以看出 1992-2021 年极端最高地表温度在-32.6℃（1993 年）~-15.8℃（2017 年）之间，平均为-22.5℃。其中，年极端最低地表温度在-30.0℃ 以下的有 1 年，年极端最低地表温度在-20.0℃ 以上的有 6 年。

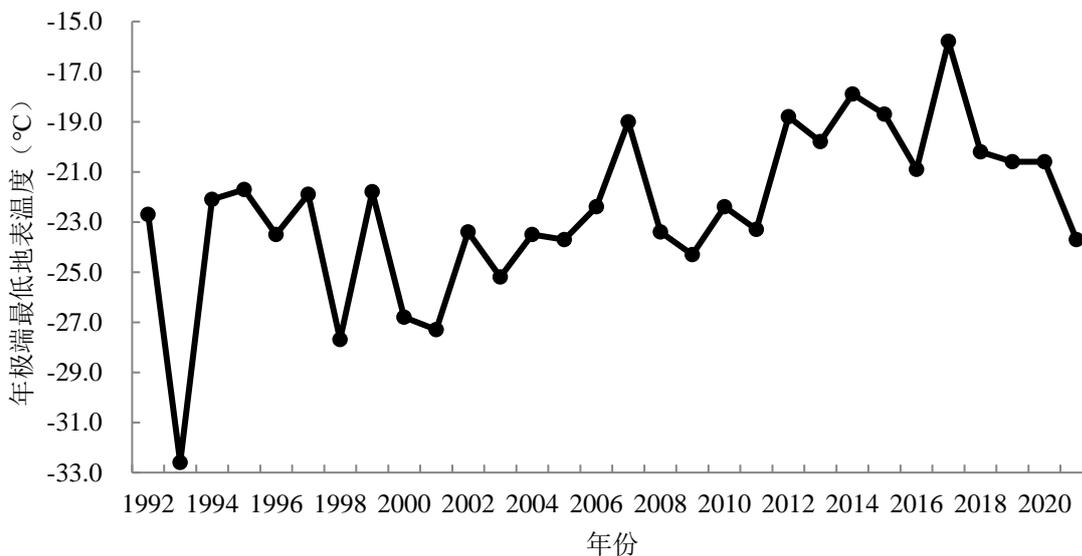


图 4.2-25 参证气象站极端最低地表温度年际变化

表 4.2-14 显示了参证气象站地表温度统计表，包括平均地表温度、平均最高地表温度、平均最低地表温度、极端最高地表温度、极端最低地表温度。

表 4.2-14 参证气象站地表温度统计表 (°C)

项目 年	平均地表温度	平均最高 地表温度	平均最低 地表温度	极端最高 地表温度	极端最低 地表温度
1992	12.0	31.5	0.6	65.5	-22.7
1993	12.0	30.7	0.1	64.4	-32.6
1994	12.5	31.9	0.4	64.9	-22.1
1995	11.8	32.2	0.2	64.0	-21.7
1996	11.3	30.0	0.7	60.1	-23.5
1997	13.4	33.5	1.5	67.4	-21.9
1998	13.3	33.0	2.4	67.1	-27.7
1999	13.6	34.0	2.0	66.1	-21.8
2000	12.6	31.0	1.4	59.5	-26.8
2001	13.2	31.4	1.8	65.6	-27.3
2002	13.2	30.6	3.1	60.3	-23.4
2003	12.1	27.5	2.8	59.0	-25.2
2004	12.9	31.1	2.1	62.6	-23.5
2005	12.8	30.9	2.5	65.0	-23.7
2006	13.6	30.2	3.7	59.3	-22.4
2007	13.2	29.7	3.7	58.1	-19.0
2008	12.8	30.8	2.2	62.0	-23.4
2009	13.3	29.6	4.3	66.9	-24.3
2010	12.9	30.0	3.9	69.1	-22.4
2011	12.7	30.4	2.9	64.3	-23.3
2012	11.9	28.3	3.2	64.6	-18.8
2013	13.5	31.2	4.1	60.1	-19.8
2014	13.5	31.8	3.7	66.1	-17.9
2015	14.4	33.0	4.6	65.9	-18.7
2016	14.1	31.9	5.0	63.7	-20.9
2017	14.2	32.5	4.4	68.2	-15.8
2018	14.4	34.4	4.0	64.6	-20.2
2019	14.7	33.2	4.5	68.7	-20.6
2020	14.3	30.6	5.2	68.6	-20.6
2021	14.1	31.8	4.8	66.2	-23.7

综上,参证气象站的气温和地表温度的波动情况较为一致,年际变化趋势存在差

异。年平均地表温度、年平均最高地表温度、年极端最高地表温度比年平均气温、年平均最高气温、年极端最高气温平均高出 2.6℃、12.6℃、27.4℃，年平均最低地表温度、年极端最低地表温度比年平均最低气温、年极端最低气温平均低 0.1℃、1.2℃。

4.2.5.2 年变化

1) 平均地表温度

图 4.2-26 为参证气象站平均地表温度、平均最高、最低地表温度月变化，表 4.2-15 为参证气象站月平均地表温度统计表。从中可以看出参证气象站平均地表温度、平均最高、最低地表温度月平均值分别在 -5.4~28.8℃，10.0~50.6℃，-14.1~18.3℃ 之间。平均地表温度、平均最低地表温度的年内变化 1 月为最低值，1 月后，温度逐月上升，到 7 月份达到峰值，随后开始逐月下降；平均最高地表温度的年内变化 12 月为最低值，12 月后，温度逐月上升，到 6 月份达到峰值，随后开始逐月下降。平均地表温度冬季（12 月、1 月、2 月）低于 0.0℃、5-9 月高于 20.0℃，平均最高地表温度 12 月至次年 2 月低于 20.0℃、5-8 月高于 40.0℃。平均最低地表温度 11 月至次年 3 月低于 0.0℃、6-9 月高于 10.0℃。分析来看，12 月地表温度变幅最小（21.0℃），11 月次之（21.8℃）；5 月份的地表温度变幅最大（37.3℃），6 月次之（36.1℃）。

表 4.2-15 参证气象站月平均地表温度统计表（℃）

月 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月平均地表温度	-5.4	-0.1	8.1	16.6	23.7	28.1	28.8	26.4	20.1	12.0	3.4	-3.7
月平均最高地表温度	11.0	19.0	28.5	38.3	46.5	50.6	47.0	43.4	36.1	27.5	17.6	10.0
月平均最低地表温度	-14.1	-9.7	-3.3	3.2	9.2	14.5	18.3	17.1	10.9	3.2	-4.1	-11.0

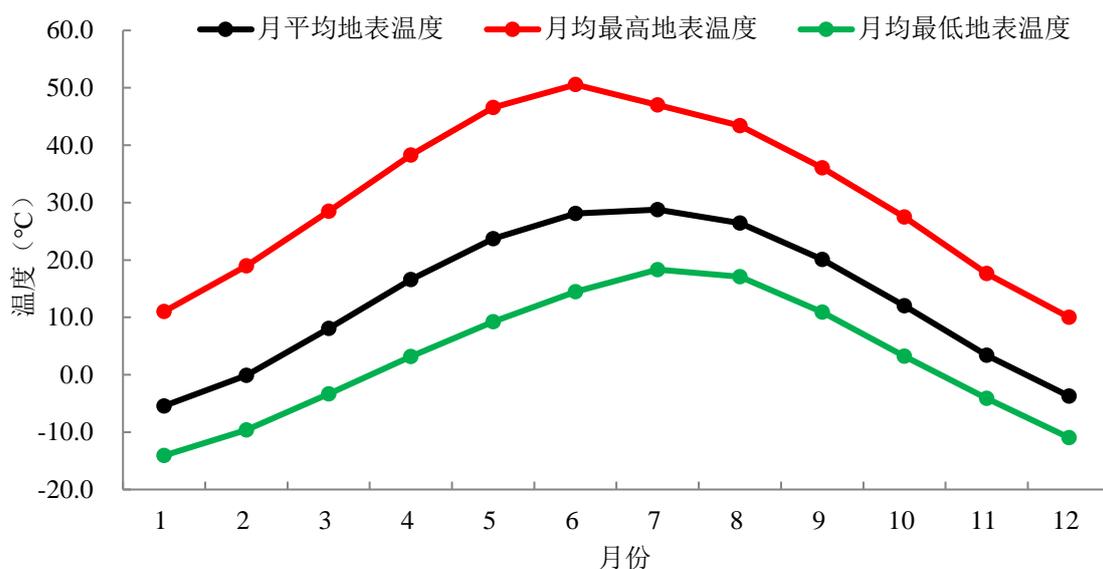


图 4.2-26 参证气象站平均地表温度年变化

2) 极端地表温度

表 4.2-16 为参证气象站各月极端地表温度统计表，从表中可以看出参证气象站各月极端最高地表温度值在 21.5~63.2℃之间，极端最低地表温度在-15.9~15.2℃之间。

表 4.2-16 参证气象站各月极端地表温度统计表 (°C)

月项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
极端最高地表温度	19.5	29.5	42.7	53.1	59.9	63.2	61.2	56.9	48.8	37.9	28.2	16.9
极端最低地表温度	-21.4	-16.9	-10.4	-5.2	1.6	7.9	13.1	11.1	3.7	-4.0	-10.5	-17.9

4.2.5.3 日变化

图 4.2-27 为参证气象站平均地表温度日变化，从图中可以看出参证气象站日平均地表温度呈单峰型变化。每日 06 时左右，随着日出，地面接收的太阳辐射增加，使得地表温度逐渐升高，到 13 时左右，地表温度达到峰值 28.9℃；之后，随着太阳辐射减弱，地表温度开始下降，日落后至夜间，地面通过不断向大气中释放长波辐射散发热量，地表温度开始下降，直至次日 05-06 时左右地表温度为最低值 5.0℃。

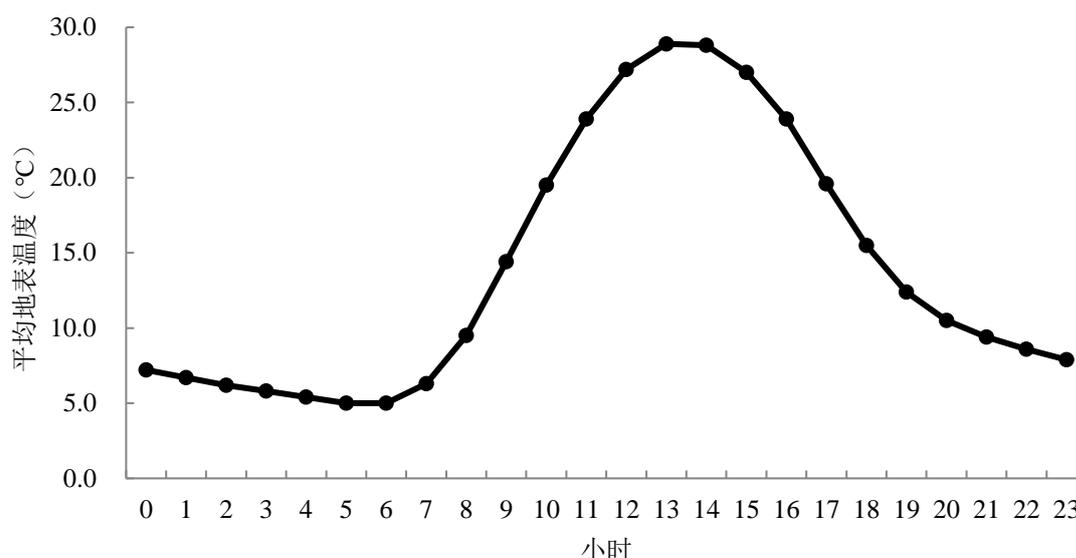


图 4.2-27 参证气象站平均地表温度日变化

参证气象站的气温和地表温度的日变化均呈单峰型变化，两者相关性较高。平均气温比平均地表温度的逐时位相存在滞后的情况，这是由于大气直接吸收太阳短波辐射的能力较为微弱，而地表直接吸收大量太阳辐射并增温，然后向大气释放长波辐射，大气吸收长波辐射后开始增温，且平均地表温度的峰值比平均气温高出很多；同理，日落后，地表首先辐射冷却并降温，大气吸收地表释放的热量后降温，因此气温的增温和降温过程均滞后于地表温度。

4.2.6 相对湿度

空气湿度是指空气的潮湿程度，地面气象观测中测定的是百叶箱等防辐射装置中距地面 1.5 米高度的空气湿度。相对湿度是空气中实际水汽压与当时气温下的饱和水汽之比。

4.2.6.1 年际变化

表 4.2-17 和图 4.2-28 为参证气象站平均相对湿度统计表及年际变化图，从中可以看出参证气象站最高年平均相对湿度出现在 2003 年，为 68%；最低出现在 2013 年，为 53%。

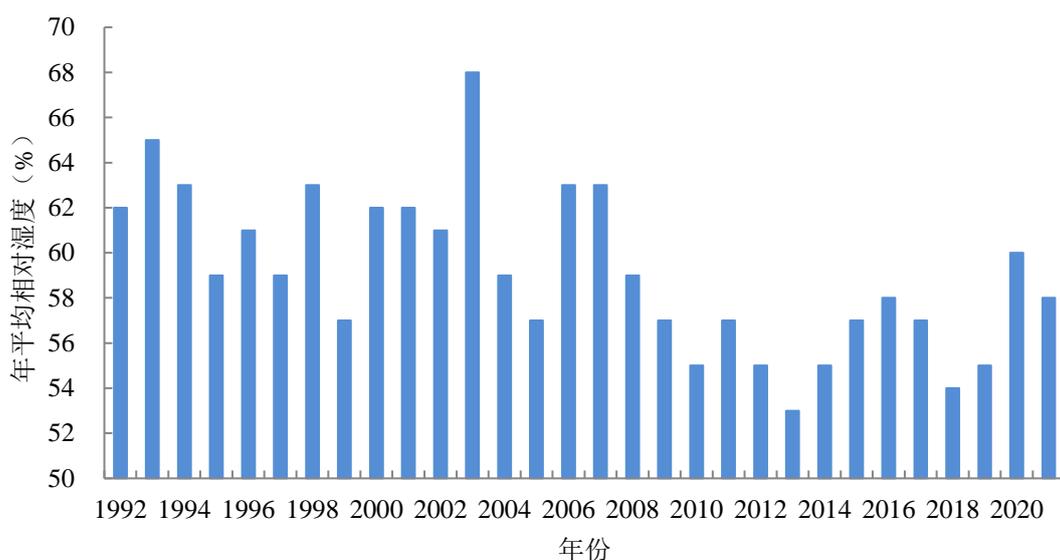


图 4.2-28 参证气象站平均相对湿度年际变化

表 4.2-17 参证气象站历年相对湿度统计表

年份	相对湿度 (%)	年份	相对湿度 (%)	年份	相对湿度 (%)
1992	62	2002	61	2012	55
1993	65	2003	68	2013	53
1994	63	2004	59	2014	55
1995	59	2005	57	2015	57
1996	61	2006	63	2016	58
1997	59	2007	63	2017	57
1998	63	2008	59	2018	54
1999	57	2009	57	2019	55
2000	62	2010	55	2020	60
2001	62	2011	57	2021	58

4.2.6.2 年变化

表 4.2-18 和图 4.2-29 为参证气象站月平均相对湿度统计表及变化图，从中可以看出参证气象站平均相对湿度的月变化在 45.0%（4 月）~74.0%（8 月）之间，具有明显的峰谷变化。

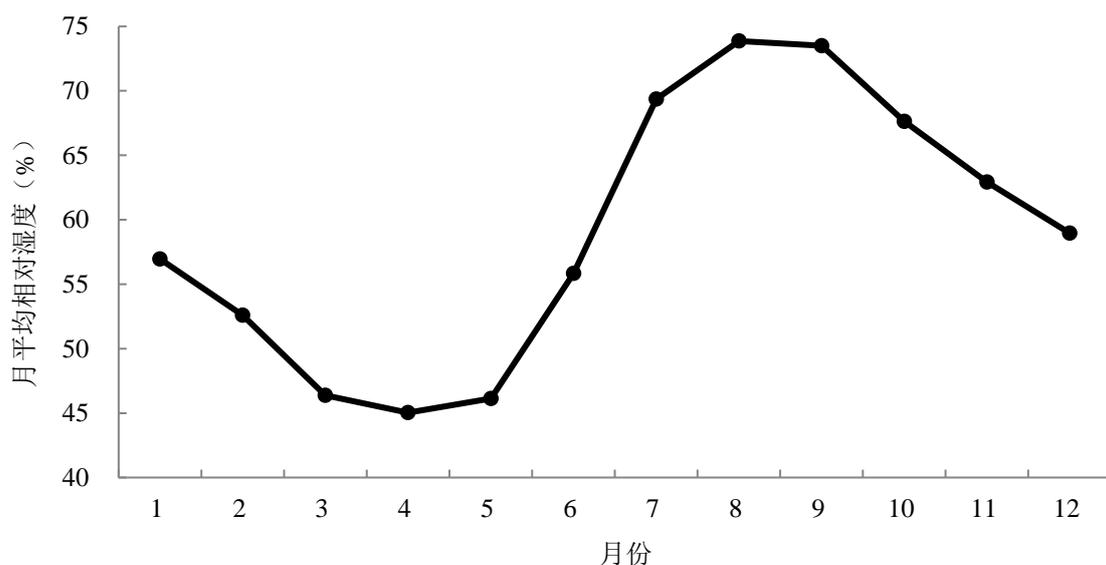


图 4.2-29 参证气象站平均相对湿度年变化

表 4.2-18 参证气象站各月平均相对湿度统计表 (%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均相对湿度	57	53	46	45	46	56	69	74	74	68	63	59

4.2.6.3 日变化

图 4.2-30 为参证气象站平均相对湿度日变化图，从图中可以看出参证气象站相对湿度日变化具有明显的峰谷变化，相对湿度的日变化与气温日变化相反，夜间至早晨湿度较高，峰值出现在 07 时，白天湿度较低，最低点出现在 16 时。

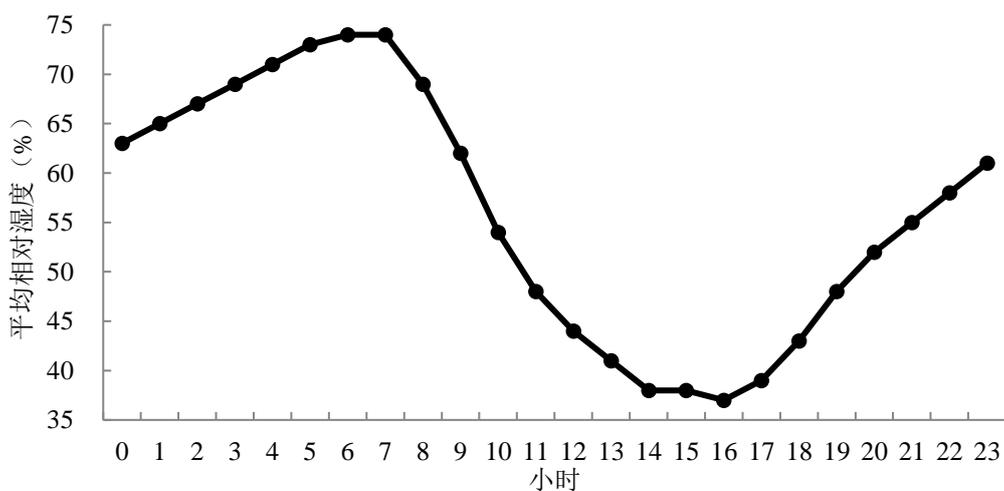


图 4.2-30 参证气象站平均相对湿度日变化

4.2.7 气压

气压是指大气的压强，是作用在单位面积上的大气压力。

4.2.7.1 年际变化

表4.2-19和图4.2-31为参证气象站年平均气压、平均最高、最低气压统计表及年际变化图。从中可以看出参证气象站年平均气压为929.4百帕，年平均气压在928.5百帕（1999年、2013年）~930.4百帕（1993年）之间。累年平均最高气压为931.7百帕，年平均最高气压在930.8百帕（1999年）~932.7百帕（1993年）之间。累年平均最低气压为926.4百帕，年平均最低气压在925.3百帕（1999年、2013年）~927.3百帕（1993年）之间。平均气压、平均最高气压和平均最低气压年变化较为平稳。

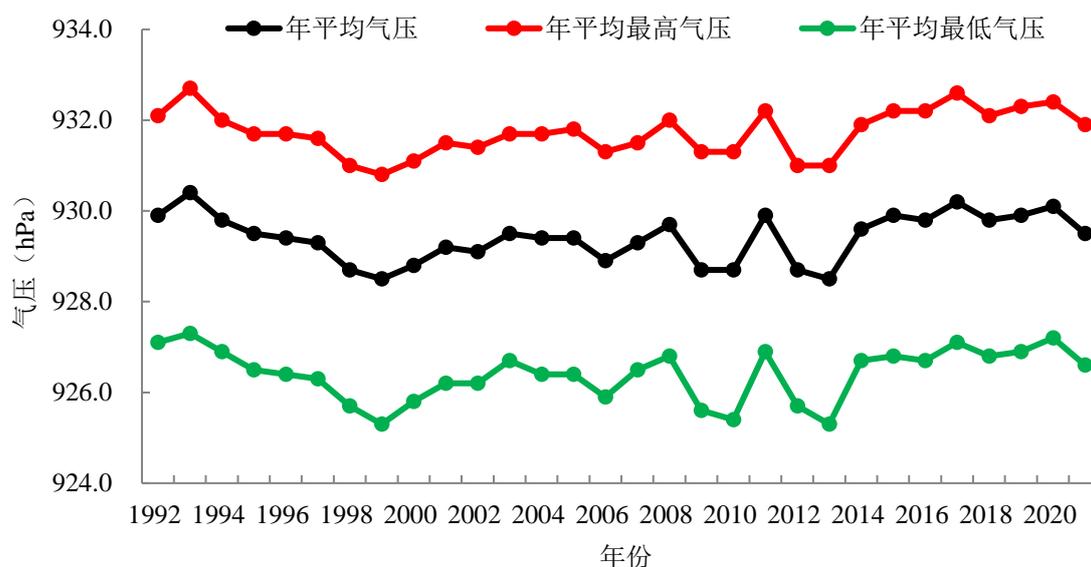


图4.2-31 参证气象站平均气压、平均最高、平均最低气压年际变化

表 4.2-19 参证气象站年平均气压、平均最高气压、平均最低气压统计表 (hPa)

项目年	平均气压	平均最低气压	平均最高气压	项目年	平均气压	平均最低气压	平均最高气压
1992	929.9	932.1	927.1	2007	929.3	931.5	926.5
1993	930.4	932.7	927.3	2008	929.7	932	926.8
1994	929.8	932	926.9	2009	928.7	931.3	925.6
1995	929.5	931.7	926.5	2010	928.7	931.3	925.4
1996	929.4	931.7	926.4	2011	929.9	932.2	926.9

项目年	平均气压	平均最低气压	平均最高气压	项目年	平均气压	平均最低气压	平均最高气压
1997	929.3	931.6	926.3	2012	928.7	931	925.7
1998	928.7	931	925.7	2013	928.5	931	925.3
1999	928.5	930.8	925.3	2014	929.6	931.9	926.7
2000	928.8	931.1	925.8	2015	929.9	932.2	926.8
2001	929.2	931.5	926.2	2016	929.8	932.2	926.7
2002	929.1	931.4	926.2	2017	930.2	932.6	927.1
2003	929.5	931.7	926.7	2018	929.8	932.1	926.8
2004	929.4	931.7	926.4	2019	929.9	932.3	926.9
2005	929.4	931.8	926.4	2020	930.1	932.4	927.2
2006	928.9	931.3	925.9	2021	929.5	931.9	926.6

4.2.7.2 月变化

1992-2021 年参证气象站的平均气压月变化在 920.3 百帕（7 月）~937.2 百帕（12 月）之间，呈“U”型变化特征。平均最高气压月变化在 922.0 百帕（7 月）~939.9 百帕（12 月）之间；平均最低气压月变化在 918.0 百帕（7 月）~934.2 百帕（12 月）之间（图 4.2-32、表 4.2-20）。整体看来，年内气压有随季节变化的特性，一年之中，冬季一般受冷高压或冷高压前伸的高压脊控制，气压较高；而夏季往往受到气旋性天气系统的影响，气压常出现低值。最高气压和最低气压的月变化特征与平均气压的月变化特征基本一致。

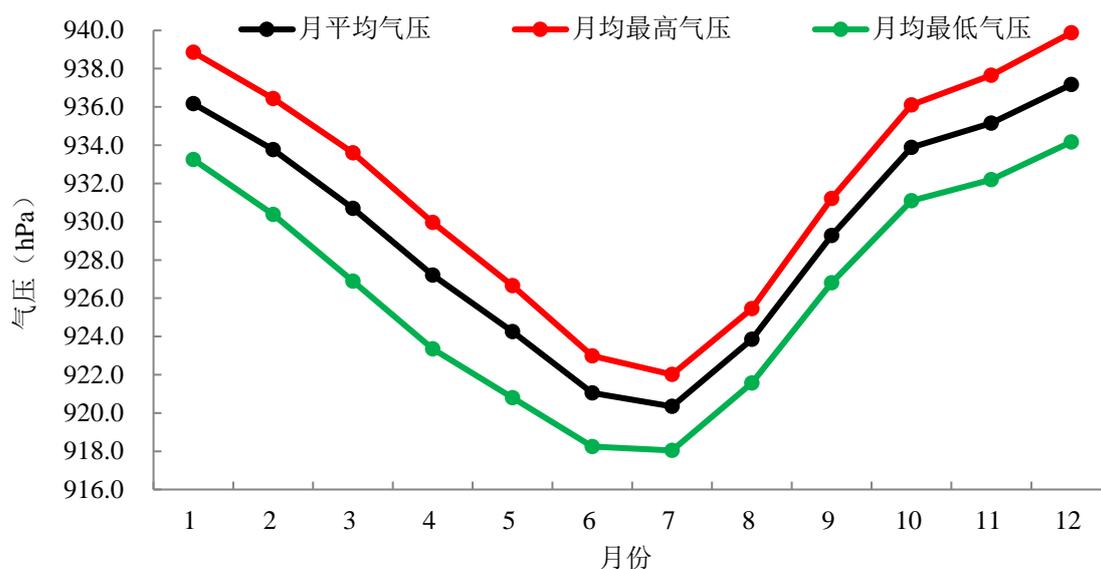


图 4.2-32 参证气象站平均气压、平均最高气压、平均最低气压的年变化

表 4.2-20 参证气象站各月平均气压、平均最高气压、平均最低气压统计表(hPa)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均气压	936.2	933.8	930.7	927.2	924.3	921.0	920.3	923.9	929.3	933.9	935.1	937.2
平均最高气压	938.9	936.4	933.6	930.0	926.7	923.0	922.0	925.5	931.2	936.1	937.7	939.9
平均最低气压	933.2	930.4	926.9	923.4	920.8	918.2	918.0	921.6	926.8	931.1	932.2	934.2

4.2.7.3 日变化

图 4.2-33 为平均气压的日变化曲线，受大气辐散运动、大气温度、大气湿度的共同影响，地面气压呈“W”型波动性日变化，存在“双峰双谷”。日出以后，大气不断积累热量，气温升高、湿度增大，大气向高空做上升辐散运动，随着大气上升辐散运动的速度达到最大值，大气湿度也达较大值，导致此时气压达一日气压最低值（927.5 百帕）；之后，气温逐渐减低、湿度减小，大气上升辐散运动减弱，气压开始升高，在 23 时至次日 1 时达到阶段峰值 930.0 百帕；夜间，大气变冷开始向地面辐合下降，04 时之前气压缓慢下降，直至 04 时达到阶段谷值 940.7 百帕，随后气压逐渐升高，到 09 时，大气辐合下降压缩到最大程度，空气密度达到最大，此时气压达到一日最高值 931.0 百帕。

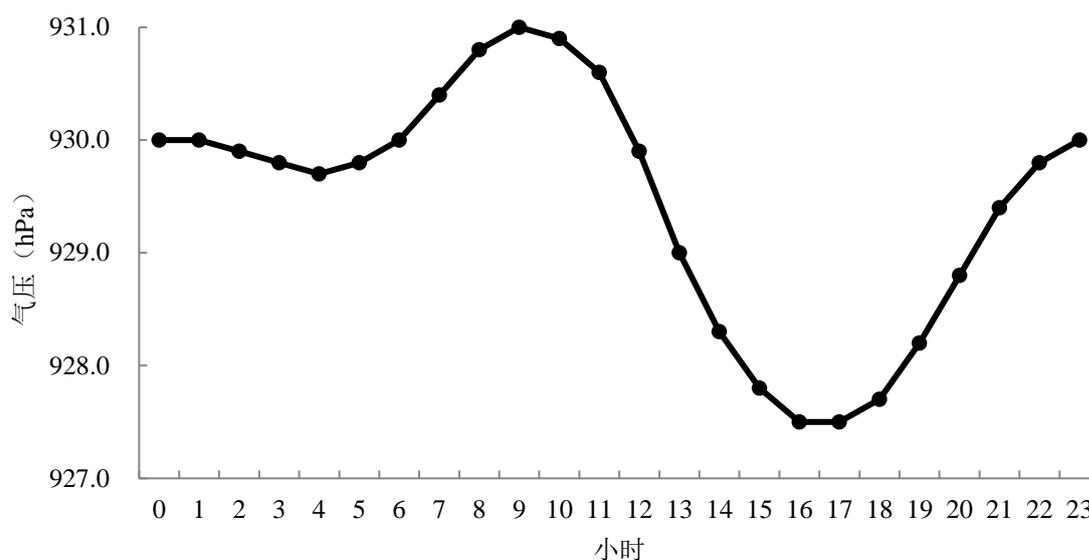


图 4.2-33 参证气象站平均气压日变化

4.3 高空气象条件分析

4.3.1 高空大气环流

大气环流一般是指具有全球规模的、大范围的大气运动现象，既包括平均状态，也包括瞬时现象，其水平尺度在数千千米以上，垂直尺度在 10 千米以上，时间尺度在数天以上。大气环流直接影响和制约着各地的天气气候。从大的环流背景场来看，由于东亚海陆热力差异的季节变化，形成亚欧大陆与太平洋上四个大气活动中心，即暖季的印度低压和西太平洋副高，冷季的蒙古高压和阿留申低压，四个大气活动中心的强弱直接控制我国冬夏季风进退活动。冬季 500 百帕高度场上，山西主要受东亚大槽和乌拉尔山以东的弱脊影响，受槽后脊前西北气流控制，常引导冷空气南下；春季是冬、夏两季的过渡季节，也是冬、夏季环流互相转变、替代的过渡时期。与冬季环流形势比较，东亚平均槽脊位置变化不大，但东亚大槽的强度明显减弱，山西受槽后弱西北气流控制；夏季东亚对流层中层的环流型与冬季完全不同，在 35°N 以北虽仍然为偏西气流控制，但环流比较平直，强度比冬季显著减弱，西风带槽脊位相与冬季完全相反。35°N 以南为副热带高压控制，脊线已经北跃到 25°~30°N 之间，副热带急流轴位于 40°~45°N 一带；秋季是由夏到冬的过渡季节，此时西太平洋副热带高压势力明显减弱并东退，东亚大陆东部高度显著下降，西风带明显南移，东亚大槽已明

显出现，山西受槽后西北气流控制。

园区及周边没有高空气象探测资料，因此本报告利用 ERA5 再分析资料，分析园区高空平均气温、风速、风向随高度的垂直分布情况。ERA5 数据是由欧洲中期天气预报中心 ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 开发的一套大气再分析资料产品，该数据从 1979 年开始一直定期更新，截至目前，主要致力于天气、气候、水文、大气环境等相关领域的研究，在我国的相关领域也有广泛应用。该资料水平分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ (纬向 \times 经向)，垂直分辨率为 37 层，高层可延伸至 1hPa。该数据集针对坐标点提供月、日、小时数据集。在本报告中采用 2021 年 3 月-2022 年 2 月逐小时 ERA5 数据，主要变量为温度、U 和 V 风场，数据坐标原点取园区几何中心点 1200 米高度，垂直方向上，通过压高公式（是指描述气压随高度变化规律的公式。当大气柱增厚、密度增大时，则空气质量增多，气压就升高。反之，气压则减少。因而，任何地方的气压值总是随着海拔高度的增加而递减）将气压层分布数据换算到海拔高度层上，以确保数据客观和可靠。

4.3.2 高空气温特征

图 4.3-1 给出了开发区气温随高度的变化，由于开发区海拔约 800 米，考虑边界层高度和近地面逆温等影响，高空气象特征一般从地面上 400 米开始分析，因此高空气温从海拔 1200 米以上开始分析。从图中可以看出，全年及四季平均气温的变化趋势大体一致，气温随高度的上升而逐渐下降；春季、秋季和年平均气温相近，海拔 1200 米处平均气温介于 $9.9 \sim 11.2^{\circ}\text{C}$ 之间，海拔 4600 米平均气温介于 $-14.8 \sim -16.6^{\circ}\text{C}$ 之间；冬季海拔 1200 米处平均气温约为 -2.1°C ，4600 米高度处温度为 -26.2°C ；夏季海拔 1200 米处气温为 21.9°C ，4600 米高度处温度为 -6.7°C 。

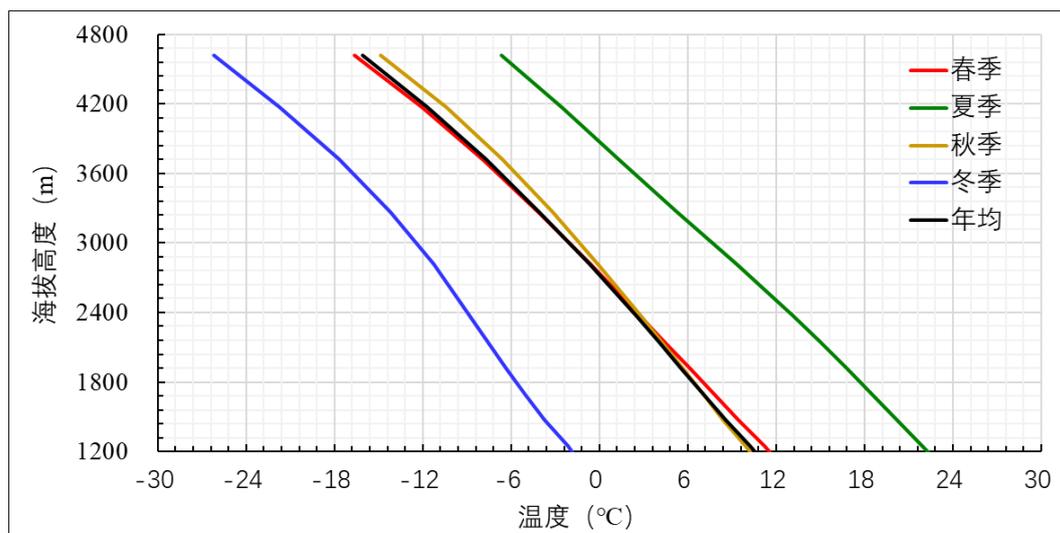


图 4.3-1 园区年及四季高空平均气温随高度的变化情况

4.3.3 高空风特征

图 4.3-2 给出了园区高空风速随高度的变化。园区风速随高度增加各个季节有所不同。年均、春季和秋季高空风速的垂直分布较为接近，海拔 1200 米处平均风速大约为 1.2~1.6 米/秒，海拔 4600 米处年均、春季和秋季平均风速大约在 13.3~14.5 米/秒；冬季风速随海拔高度增加而增大，1200 米处风速约为 2.1 米/秒，4600 米高度处风速为 18.7 米/秒；夏季海拔 1200 米处的风速大约为 0.5 米/秒，1800~2100 米之间存在一个近似的等风速区，在 2100~4600 米之间风速随高度增加而增大，海拔 4600 米的风速大约为 8.4 米/秒。

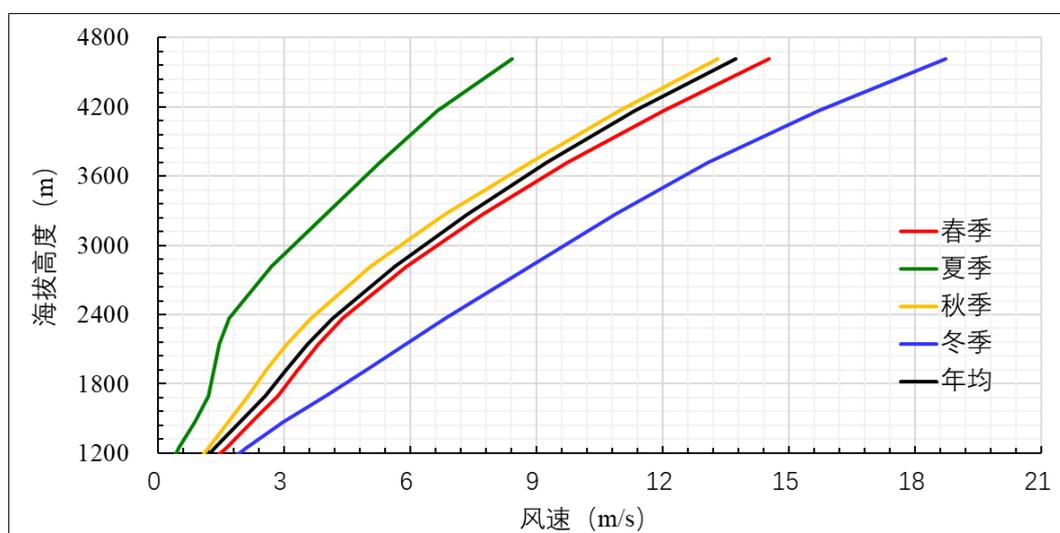


图 4.3-2 园区年及四季高空平均风速随高度的变化情况

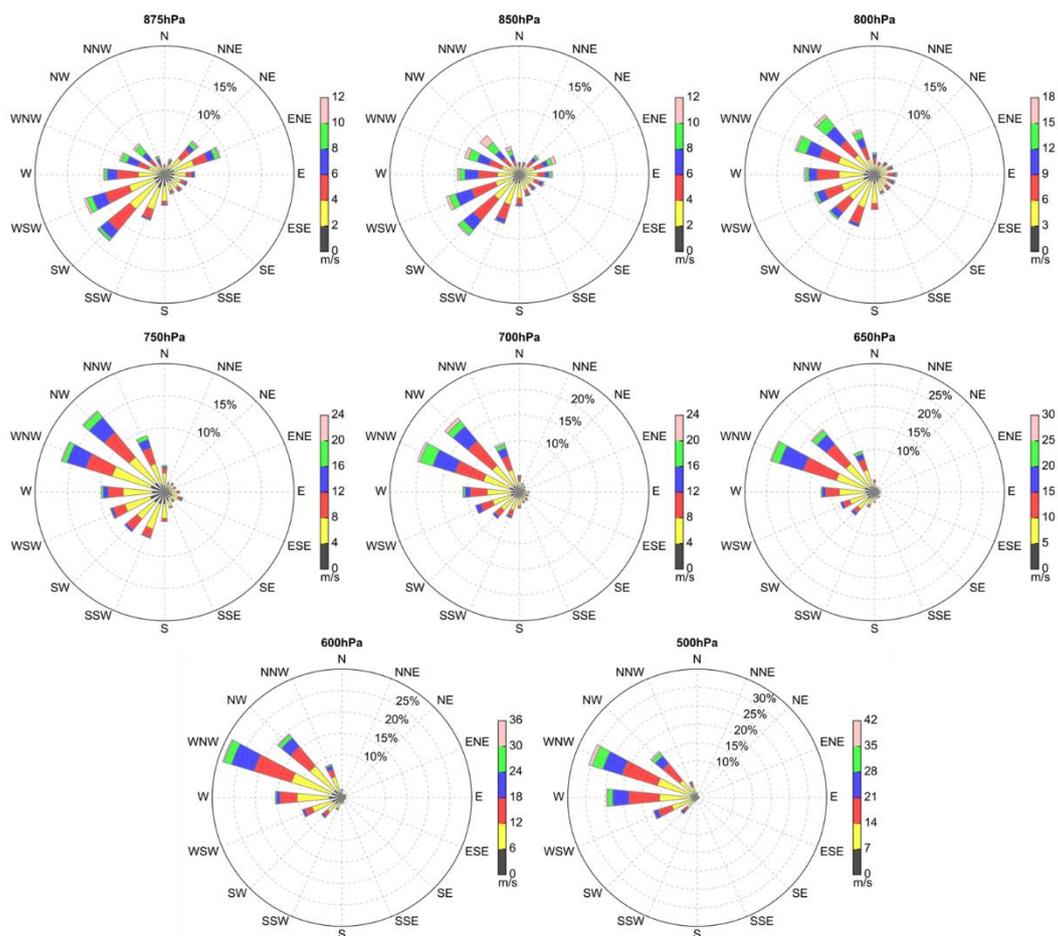


图 4.3-3 开发区全年各高度风速风向频率玫瑰图

主导风向是指风频最大的风向角的范围。对开发区 2021 年 3 月至 2022 年 2 月高空风向风速资料进行了统计（图 4.3-3），从年统计结果来看：开发区在 875、850hPa 高度主导风向为 SW，出现的频率大约为 13.1%、12.6%；800、750、700、650、600、500hPa 的主导风向均为 WNW，频率分别为 12.5%、16.2%、20.1%、19.8%、23.8%、30.1%。

4.4 气象灾害分析

气象灾害是指由于气象原因导致国民经济和社会有关行业、部门以及人民生命财产损失的灾害。它是自然灾害中的原生灾害之一，具有种类多、范围广、频率高、持续时间长、群发性突出、连锁反应显著、灾情重等特点。气象灾害一般包括天气、气候灾害和气象次生、衍生灾害。天气、气候灾害是指因台风（热带风暴、强热带风暴）、暴雨（雪）、雷暴、冰雹、大风、沙尘、龙卷、大（浓）雾、高温、低温、连阴

雨、冻雨、霜冻、结（积）冰、寒潮、干旱、干热风、热浪、洪涝、积涝等因素直接造成的灾害。气象次生、衍生灾害是指因气象因素引起的山体滑坡、泥石流、风暴潮、森林火灾、酸雨、空气污染等灾害。

本报告收集了 1992-2021 年的开发区所在地——交城县气象灾害个例，数据来源于山西省气象信息中心。本节对收集到的气象灾害发生个例及其造成的不良影响进行分析，并给出了相应的防御措施。

4.5.1 交城主要气象灾害

1) 综述

1992-2021 年间，交城县共发生各类气象灾害共计 24 次。其中，干旱发生次数最多，为 8 次，占各类灾害的 33.3%；暴雨洪涝灾害次之，为 7 次，占各类灾害的 29.3%；低温灾害 4 次，占各类灾害的 16.7%；连阴雨灾害 3 次，占各类灾害的 12.5%；冰雹灾害 2 次，占各类灾害的 8.3%。

2) 干旱

干旱指某一地区长期无雨或高温少雨，使空气及土壤的水分缺乏。而干旱发生主要与偶发性或周期性的降水减少有关。干旱是对人类社会影响最为严重的气候灾害之一，它具有出现频率高、持续时间长、波及范围广的特点。干旱的频繁发生和长期持续，不但会给社会经济，特别是农业生产带来巨大的损失，还会造成水资源短缺、荒漠化加剧、沙尘暴频发等诸多生态和环境方面的不利影响。

干旱灾情个例如下：

1998 年 3 月以来，交城县降水量 323.9 毫米，1-5 月份降水 104.9 毫米，为全年平均降水量的 32%。全县水资源总量为 6850.7 万立方米，全县受旱面积 10 万亩，成灾面积 6.5 万亩，受灾人口 7.26 万人。全县减产粮食 1329.9 万公斤，减产率 23.17%。

1999 年全县降水量 245.2 毫米，1-5 月份降水 32.5 毫米，为多年平均降水量的 13.3 %。全县水资源总量为 4491.6 万立方米，全县受旱面积 17 万亩，成灾面积 12 万亩，受灾人口 11.65 万人。全县减产粮食 1939.60 万公斤，减产率 82.23%。

2001 年全年干旱少雨，年降水量为 270.6 毫米，比多年平均值 432.05 减少 161.45 毫米。因干旱给播种带来困难，全县尚 4.78 万亩未能下种，下种未出苗的达 2.05 万亩出苗 5~7 成 0.81 万亩。干旱造成地下水位持续下降，人蓄吃水出现不同程度困难，

170 个村庄、人口 8.3 万人大蓄 0.9 万头，拉水解决的村高达 56 个村，2.7 万人因干旱全县近 3 万亩经济林受旱严重受旱面积达 1 万亩。

2015 年 6 月交城县降水量为 29.7 毫米，较历年值 48.7 毫米少 19.0 毫米，高温少雨，植株出现旱象。7 月 2 日-14 日无降水，平均干土层厚度 5 厘米，干旱日趋严重。7 月 15 日-20 日降水 37.1 毫米，旱情得到有效缓解。后期降水仍将持续，以局地短时强降水为主。此次干旱导致农作物受旱面积 14 万亩，成灾面积 13 万亩，其中干枯绝收 0.2 万亩，占播种面积的 1.2%；减产 8 成以上面积 1 万亩，占播种面积 6.1%；减产 5—8 成面积 4.2 万亩，占播种面积的 26.8%；减产 2~5 成面积 7.02 万亩，占播种面积的 44.9%；减产 2 成以下面积 3.2 万亩，占播种面积 20.5%。因干旱 2100 人、500 头大牲畜饮水困难。

3) 暴雨洪涝灾害

暴雨是气象灾害中最严重、最常发生的灾害之一，往往容易造成洪涝灾害和严重的水土流失，导致工程失事、堤防溃决和农作物被淹等，导致人员伤亡和重大经济损失。对于本项目而言，暴雨灾害可能会冲垮路基、引起涵洞塌方、引发泥石流等灾情，因此，摸清当地暴雨发生规律，抵御暴雨灾害具有重要的现实意义。

暴雨的发生主要是受到大气环流和天气、气候系统的影响，是一种自然现象。但暴雨对社会的生产、生活是否造成灾害，则取决于社会经济、人口、防灾抗灾能力等诸多因素。暴雨灾害的发生不仅有其自然的原因，而且有其社会和人为因素的影响。

暴雨洪涝灾情个例如下：

1992 年 8 月 10 日 5 至 7 时，交城县遭受暴雨洪涝侵袭，暴雨集中在截岔地区及磁、瓦窑河上游，两小时内降水最大者达 80 毫米。大小沟道普遍发生洪水，特别是磁窑河发洪特大，高峰达 90 立米/秒，为多年来所罕见。因下游文水界内的武良等村拦水坝基本上未能完全拆，致使行洪不畅，河堰有 6 处约 100 米左右作物 2500 余亩，绝收的 1000 亩左右。3 处河坝坍塌，6 处吊基。

2004 年 7 月 28 日夜晚 12 时到 29 日早 8 时，交城县会立乡境内大面积遭到暴雨侵袭，8 个小时降雨达到 80 余毫米。本次暴雨导致房屋倒塌 26 间，洪水冲毁公路 3 公里，桥涵 2 处，农田 293 亩，造成的直接经济损失达 30 余万元。同一时间，交城县西社镇横岭村东北方向的五老沟和村南的柳则洪水猛发，冲毁村南、村北护村坝 150 米，直接经济损失 15 万元。磁窑河、瓦窑河等各大河道洪水齐发，流量特大，

因河道泄洪不畅，又加之降雨量特大，致使石侯村 1000 余亩庄稼被淹，村内积水达 2 尺多深，有 200 余户村民的旧院雨水进院，有 100 间房屋倒塌，300 余间房屋裂缝、漏水，直接经济损失达 125 万余元。

2016 年 7 月 4 日下午 16 时至 22 时交城县出现降水天气，总降水量 57.1 毫米，其中 17-18 时小时降水达 48.1 毫米。经统计，庞泉沟镇有 2000 余人受灾，农作物受灾面积为 1500 余亩，成灾面积为 765.6 亩，绝收面积为 663.5 亩。有 3 户 4 间房屋倒塌，6 户 17 间受损。冲走 40 只羊，导致 4 只死亡。

2017 年 23 日 08 时至 29 日 08 时，交城县出现强降水天气，其中庞泉沟镇降水量最大达 215.4 毫米，会立乡中庄、水峪贯镇、东坡底燕家庄、岭底乡寨上、会立乡兑久会等地降水量超过 150 毫米。此次过程使庞泉沟、东坡底、会立三个乡镇不同程度出现了灾情，特别是东坡底乡，据了解，该乡镇出现了山洪，大面积农田被淹没、道路被毁。

2021 年 7 月 13-16 日交城县出现强降水天气，16 日燕家庄小时雨量 50.2 毫米，达特大暴雨量级。交城县东坡底乡遭受强降雨发生洪涝灾害，致东坡底乡 1378 亩庄稼被淹，粮食作物几乎绝收，800 多人受到灾害影响，直接经济损失约为 33 万元。

2021 年 10 月 2 日 20 时-6 日 20 时，交城县出现连续性强降水，3-4 日全县连续两天暴雨过程，局部大暴雨。东坡底累计降水量达 295.1 毫米，水峪贯、中庄、兑久会、裴家山、燕家庄、庞泉、洪相、岭底、会立、西社、寨上、光足、城区、西营等地降水量超过 200 毫米。受此次连续强降水影响，交城县多处发生山洪、泥石流、滑坡等次生灾害。倒塌损毁桥梁 3 座、损毁房屋 4 处，冲毁道路 4 处，冲毁堤防 6 处，冲毁自来水管 5 处，柏西线桥梁冲毁一座、路基冲毁 2000 余米、路面水毁约 6000 平方米，刁横线路面水毁约 6000 平方米、挡土墙约 200 米，燕东线、鱼燕线冲毁桥梁（3 座）、路面、挡土墙等设施，潘岔线水毁需修建挡土墙 300 米，交岭路落石约 200 立方、路面损毁约 1000 平方米，祁方线—沙沟桥梁冲毁 1 座，双百线桥梁损毁 1 座。

4) 低温灾害

低温是一种气象灾害。它是指由于寒潮或强冷空气侵袭，出现连续阴雨、降雪、大风、降温天气，使农作物、蔬菜、果树遭受危害，对畜牧业生产造成严重影响，甚至人畜被冻死、冻伤，并因冰雪天气引发道路交通安全事故等灾害，给工农业生产、

交通运输和人民生活带来严重不利影响和损害。本文所述低温灾害是指因寒潮或强冷空气入侵造成的低温冷害现象。

低温灾情个例如下：

2006年4月11日交城县积雪深4厘米，降水量17.5毫米，最低气温-3.7℃。此次低温导致果树大棚受冻害严重，果树受灾面积18940亩，绝收面积14900亩；大棚受灾面积2487亩。

2013年4月18日交城县普降小到中雪，气温下降，降雪量达10.6毫米，最低气温下降到-2.0℃。此次灾害使果树及部分农作物受损。全县受灾面积984.5公顷，成灾面积780公顷，绝收面积263公顷。

2018年4月4日上午开始出现降水天气，4日下午到夜间出现了雨夹雪和小雪天气，5日上午为阴天。4-6日全县出现了5-6级，短时7级以上的大风天气。5日全县最低气温下降到0℃以下，最低为-2.3℃。7日最低气温-4.4℃，8日最低气温-1.6℃。核桃受冻害严重，主要为萌发的新稍受冻，造成雌花不能发育，几近绝收；苹果因萌发较晚，只有较少部分开花，受灾造成的影响，还需继续观察；梨树只有一些发育不好的瘦花还未开放，已开放的花朵雌蕊受冻发黑全部不能结果，花朵留存率不到5%；杏树已进入座果期，受灾情况需后续观察；桃树花朵开放率40%，花柱受冻，未开放的花骨朵影响较小；樱桃灾情正在收集中。

2020年4月12日开始，交城县出现了降雪降温天气，14日-22日全县出现了5-6级，短时7级以上的大风天气。11日全县最低气温下降到0℃以下，平川最低为-1.7℃、边山区最低气温达-2.0℃，22日平川最低气温-3.0℃、边山区最低气温-3.7℃。核桃受冻害严重，主要为花期和幼果，造成雌花不能发育，几近绝收；梨树处于花期和幼果期，已开放的花朵雌蕊受冻发黑全部不能结果，花柱受冻，冻害严重，苹果树、樱桃受冻造成雌花不能发育，几近绝收，葡萄树新稍受冻和花蕾受冻，几乎绝收。

5) 连阴雨

连阴雨是指连续几天以上的阴雨天气过程，一般连阴雨是连续≥6天阴雨且无日照，其中任意4天白天雨量≥0.1毫米；严重连阴雨是连续≥10天阴雨且无日照，其中任意7天白天雨量≥0.1毫米。

连阴雨灾情个例如下：

2003年8月20日交城县降水量分别为75.2毫米。秋季连阴降水造成全县存在危房的学校22所，农民危房3411间，倒塌246间，蔬菜大棚倒塌50个。

2013年7月8日开始，交城县降水持续了8天，过程累积降水量达89.0毫米。持续降水给全县人民的生产生活带来严重损失，全县十个乡镇及城区不同程度遭受损失，特别给农作物、房屋、果树、道路等造成损害。

6) 冰雹灾害

冰雹是从发展旺盛的积雨云中，以冰球或冰块的形态降落到地面的固态降水。冰雹直径一般为5~50毫米，大的可达几十厘米。它的出现虽然范围较小、时间短促，但来势猛、强度大，并常伴有狂风暴雨，给农作物和人民财产安全带来了严重的危害。

冰雹灾情个例如下：

2013年6月25日14时17分起，交城县遭受雷雨冰雹天气袭击，此次强对流过程持续30分钟左右，降雹时间约20分钟。冰雹平均直径为60毫米，平均重量28克，最大冰雹直径80毫米左右，成为交城县有史以来最大冰雹。此次冰雹灾害造成农作物、树木、车辆、大棚、民房屋顶、石棉瓦厂房等受损。

2021年7月8日下午交城县出现了暴雨冰雹天气，裴家山16时-17时降水量16.0毫米，达暴雨量级。洪相镇裴家山村连降暴雨冰雹，共有500多亩粮食作物受灾，减产70%，造成经济损失约60万元，受灾人口约300人。

4.5.2 开发区及附近主要气象灾害

开发区所在地夏家营镇、天宁镇主要气象灾害为：暴雨洪涝、干旱、冰雹、低温、连阴雨，对开发区建设运营影响较大。

如：2016年7月19日至7月20日交城县出现强降水，夏家营镇降水量最高为179.4毫米，天宁镇、西营镇、西社镇等地降水超过100毫米。据统计，全县受灾乡镇10个，受灾人口4.64万人，倒塌房屋822间，农作物受灾面积5.23万亩，成灾面积1.93万亩，绝收面积0.98万亩，减产粮食1.05万吨，死亡大牲畜193头；停产企业35户，公路中断4条次；损坏堤防18处、1283米，堤防决口17处、1190米，损坏护岸14处，损坏灌溉设施30处，损坏机电井8眼。因洪涝灾害造成直接经济损失1.06亿元。

4.5.3 气象防灾减灾措施

根据气象灾害预警信号发布与传播办法(中国气象局令第 16 号),为了减少气象灾害带来的损失,交城县气象灾害防御策略如下:

1) 暴雨洪涝灾害防御

① 关注暴雨预报预警。每日关注暴雨的预报警报,根据暴雨预报及时做好暴雨来临前的各项防御措施。认真检查开发区内防洪工程,发现隐患,立即整改,地下排水系统要采取预排空措施,防止内涝。

② 加强防洪工程建设。在洪涝高风险区,对防洪工程开展综合治理,修筑堤防,整治河道,合理采取蓄、泄、滞、分等工程措施。

③ 加强防洪应急避险。开展在河道两侧和下游、山体易滑坡地带、低洼地带、有结构安全隐患房屋等危险区域人群疏散演练,遇洪涝灾害应及时转移到安全区域。

暴雨预警信号分四级,分别以蓝色、黄色、橙色、红色表示。



暴雨蓝色预警信号含义:12小时内降雨量将达50毫米以上,或者已达50毫米以上且降雨可能持续。

暴雨黄色预警信号含义:6小时内降雨量将达50毫米以上,或者已达50毫米以上且降雨可能持续。

暴雨橙色预警信号含义:3小时内降雨量将达50毫米以上,或者已达50毫米以上且降雨可能持续。

暴雨红色预警信号含义:3小时内降雨量将达100毫米以上,或者已达100毫米以上且降雨可能持续。

2) 干旱防御

① 改善农业生态环境,可减轻和避免干旱的威胁。

② 兴修水利,发展农田灌溉事业。制定用水计划,科学用水,节约用水,充分发挥现有水源的最大效益;

③ 改进耕作制度,改变作物构成,选育耐旱品种,充分利用有限的降雨;

④ 植树造林,改善区域气候,减少蒸发,降低干旱风的危害;

⑤ 研究应用现代技术和节水措施，例如人工降雨、喷滴灌、地膜覆盖、保墒，以及暂时利用质量较差的水源，包括劣质地下水以至海水等。

⑥ 营造防风林，广种树草，提高绿化面积指数。

干旱预警信号分二级，分别以橙色、红色表示。干旱指标等级划分，以国家标准《气象干旱等级》（GB/T20481-2006）中的综合干旱指数为标准。



干旱橙色预警信号含义：预计未来一周综合气象干旱指数达到重旱（气象干旱为 25~50 年一遇），或者某一县（区）有 40%以上的农作物受旱。

干旱红色预警信号含义：预计未来一周综合气象干旱指数达到特旱（气象干旱为 50 年以上一遇），或者某一县（区）有 60%以上的农作物受旱。

《气象干旱等级》国家标准中将干旱划分为五个等级，并评定了不同等级的干旱对农业和生态环境的影响程度：

正常或湿涝：特点为降水正常或较常年偏多，地表湿润，无旱象。

轻旱，特点为降水较常年偏少，地表空气干燥，土壤出现水分轻度不足，对农作物有轻微影响。

中旱，特点为降水持续较常年偏少，土壤表面干燥，土壤出现水分不足，地表植物叶片白天有萎蔫现象，对农作物和生态环境造成一定影响。

重旱，特点为土壤出现水分持续严重不足，土壤出现较厚的干土层，植物萎蔫、叶片干枯，果实脱落，对农作物和生态环境造成较严重影响，对工业生产、人畜饮水产生一定影响。

特旱，特点为土壤出现水分长时间严重不足，地表植物干枯、死亡，对农作物和生态环境造成严重影响。

3) 冰雹防御

① 人员生活防御措施：关好门窗，妥善安置好易受冰雹影响的室外物品；切勿随意外出，确保老人小孩留在家中；暂停户外活动，如在户外，不要在高楼屋檐下，烟囱、电线杆或大树底下躲避冰雹；在防冰雹的同时，也要做好防雷电的准备。关注冰雹监测预警信息，做好紧急避险。

② 生产作业防御措施：在多雹地带，种植牧草和树木，增加森林面积，改善

地貌环境，破坏雹云条件，达到减少雹灾目的。

冰雹预警信号分二级，分别以橙色、红色表示。



冰雹橙色预警信号含义：6 小时内可能出现冰雹天气，并可能造成雹灾。

冰雹红色预警信号含义：2 小时内出现冰雹可能性极大，并可能造成重雹灾。

4) 低温冰冻的防御

① 关注低温冰冻预报预警。按照防御指引做好防冻保暖措施。

② 加强电网低温冰冻防御。对电线覆冰高风险区，优化网络结构，提高建设标准，从源头上减少冰冻造成的损失。

寒潮预警信号分四级，分别以蓝色、黄色、橙色、红色表示。



寒潮蓝色预警信号含义：48 小时内最低气温将要下降 8°C 以上，最低气温小于等于 4°C ，陆地平均风力可达 5 级以上；或者已经下降 8°C 以上，最低气温小于等于 4°C ，平均风力达 5 级以上，并可能持续。

寒潮黄色预警信号含义：24 小时内最低气温将要下降 10°C 以上，最低气温小于等于 4°C ，陆地平均风力可达 6 级以上；或者已经下降 10°C 以上，最低气温小于等于 4°C ，平均风力达 6 级以上，并可能持续。

寒潮橙色预警信号含义：24 小时内最低气温将要下降 12°C 以上，最低气温小于等于 0°C ，陆地平均风力可达 6 级以上；或者已经下降 12°C 以上，最低气温小于等于 0°C ，平均风力达 6 级以上，并可能持续。

寒潮红色预警信号含义：24 小时内最低气温将要下降 16°C 以上，最低气温小于等于 0°C ，陆地平均风力可达 6 级以上；或者已经下降 16°C 以上，最低气温小于等于 0°C ，平均风力达 6 级以上，并可能持续。

道路结冰预警信号分三级，分别以黄色、橙色、红色表示。



道路结冰黄色预警信号含义：当路表温度低于 0℃，出现降水，12 小时内可能出现对交通有影响的道路结冰。

道路结冰橙色预警信号含义：当路表温度低于 0℃，出现降水，6 小时内可能出现对交通有较大影响的道路结冰。

道路结冰红色预警信号含义：当路表温度低于 0℃，出现降水，2 小时内可能出现或者已经出现对交通有很大影响的道路结冰。

5) 连阴雨防御

① 关注气象部门发布的天气预报预警信息，确保电网、高速公路、铁路的正常运行。

② 做好防洪排涝工作，加强隐患排查和紧急避险训练。

4.5.4 2021 年重要天气过程及应急响应情况

2021 年，全国多地极端天气频发，造成了严重的气象灾害，人民的生命财产安全受到了严重损失。经调查，交城县受暴雨洪涝、冰雹侵袭，造成严重损失。

7 月 8 日下午洪相镇裴家山村出现了暴雨冰雹天气，裴家山 16 时-17 时降水量 16.0 毫米，达暴雨量级。共有 500 多亩粮食作物受灾，减产 70%，造成经济损失约 60 万元，受灾人口约 300 人。灾害发生前，交城县气象台 2021 年 7 月 8 日 16 时 25 分发布雷暴大风蓝色预警信号，7 月 8 日 16 时 50 分发布冰雹橙色预警信号。

6 月 29 日下午 17 时 20 分，东坡底乡窑儿上村胡家沟组遭受山区洪涝灾害，造成 3.3 公顷耕地被冲毁，作物绝收。受灾人口 124 人，直接损失 20 万元。

7 月 13 日 16 时许，交城县东坡底乡遭受强降雨发生洪涝灾害，致东坡底乡 92 公顷庄稼被淹，全部绝收，800 多人受到灾害影响，直接经济损失约为 33 万元。7 月 16 日东坡底乡小时雨量 11.2 毫米，达大雨量级，燕家庄小时雨量 53.9 毫米，达大暴雨量级。强降雨致使多处堤坝、路面、桥梁损毁。桥梁坍塌 3 座，损毁 5 座，002 乡道申家社段、燕家庄段、005 乡道胡家沟村塔上组主干道冲毁。139 公顷庄稼被淹，绝收面积 127 公顷绝收，受灾人口 1000 人，直接经济损失 463 万元。交城县气象台

2021年7月13日14时43分发布雷暴大风蓝色预警信号，7月16日12时30分发布雷暴大风蓝色预警信号。

10月2日20时-6日20时，全县出现连续性强降水，3-4日全县连续两天暴雨过程，局部大暴雨。受连续强降水影响，全县多处发生山洪、泥石流、滑坡等次生灾害。倒塌损毁桥梁3座、房屋倒塌47间，受损171间，冲毁道路4处，冲毁堤防6处，冲毁自来水管道的5处，柏西线桥梁冲毁一座、路基冲毁2000余米、路面水毁约6000平方米，刁横线路面水毁约6000平方米、挡土墙约200米，燕东线、鱼燕线冲毁桥梁（3座）、路面、挡土墙等设施，潘岔线水毁需修建挡土墙300米，交岭路落石约200立方、路面损毁约1000平方米，祁方线—沙沟桥梁冲毁1座，双百线桥梁损毁1座。农作物受损面积1405.63公顷，绝收面积472.3公顷。此次过程受灾人口44111人，直接经济损失2938.02万元。2-7日交城县气象局与自然资源局联合发布两期地质灾害气象风险黄色预警3期，橙色预警3期。发布2次暴雨蓝色预警信号、2次暴雨黄色预警信号、1次雷暴大风蓝色预警信号、2次大风蓝色预警信号、2次大雾黄色预警信号。3日20时启动交城县暴雨IV级应急响应，全县各相关部门、各乡镇、各部门全部进入应急状态。5日交城县常务县领导召集应急，气象，交通，水利，自然资源，重点乡镇等，召开会商研判会议，并就暴雨气象灾害应急工作进行安排部署。5日针对石楼县黄土滑坡事件，镇、村两级开展地毯式防汛和地质灾害隐患排查，各驻村帮扶单位由主要领导带队，连夜进村，全力协助镇村两级开展隐患排查。各乡镇、各部门严格落实24小时值班值守制度，做好值班信息报送工作，并积极做好应急救援准备。气象局在完成预报服务任务后，局领导带队进村连夜协助郭家寨村进行隐患排查。

11月20日夜间至23日交城县大部分地区将出现大风降温天气过程。其中20号夜间到21号将有4~6级，短时7~8级西北风，气温显著下降，22、23号平川地区最低气温将降至-10℃左右，达中等强度寒潮天气。2021年11月19日20时10分，交城气象局接到《吕梁市气象局气象灾害（寒潮）III级应急响应启动命令》后立即启动重大气象灾害（寒潮）III级应急响应，20日7时20分发布寒潮黄色预警信号。

11月29日-12月1日凌晨，交城县气温降至-11℃左右，降温幅度6~8℃。交城气象局11月29日上午发布日发布寒潮黄色预警信号和大风蓝色预警信号，30日10时40分继续发布大风蓝色预警信号：从微信、邮箱传达至各乡镇，各服务单位，电视

台，掌中交城新媒体同步发布。

12月24日-27日，交城县出现大风降温，最低气温-17.7℃。交城县气象局接到《吕梁市气象局气象灾害（寒潮）IV级应急响应启动命令》后立即启动重大气象灾害（寒潮）IV级应急响应，12月24日8时55分发布大风蓝色预警信号。12月24日9时25分发布寒潮蓝色预警信号。

5 高影响天气分析

高影响天气是指直接影响开发区项目建设和运营的天气，考虑到园区不同的规划项目和气象条件的关系以及结合园区所在区域气象灾害的分析，本报告确定将强降水、高温/低温、大风、雷暴、冰雹、大雾、结冰、积雪、冻土等作为园区的高影响天气，并利用参照气象站资料分析其变化规律和特征。

5.1 强降水

在我国，气象上将 24 小时降水量为 50 毫米或以上的雨称为暴雨。所以强降水不一定是暴雨，但暴雨必然是强降水。当某一地区连降暴雨，可能会导致山洪地质灾害，房屋被冲塌，农田被淹没，交通和通讯中断，给国民经济和人民的生命财产带来严重危害，特别是对于一些地势低洼、地形闭塞的地区，雨水不能迅速宣泄造成农田积水和土壤水分过度饱和，会造成更多的地质灾害。在本报告中强降水主要指暴雨级别的强降水。

1) 暴雨日数

暴雨日是指 24 小时降雨量 ≥ 50 毫米的日数。参证气象站累年平均暴雨日数为 0.7 天，最多的年份出现了 4 天（1977 年），年日数呈波动变化，63 年中有 30 年出现了暴雨（图 5.1-1）。

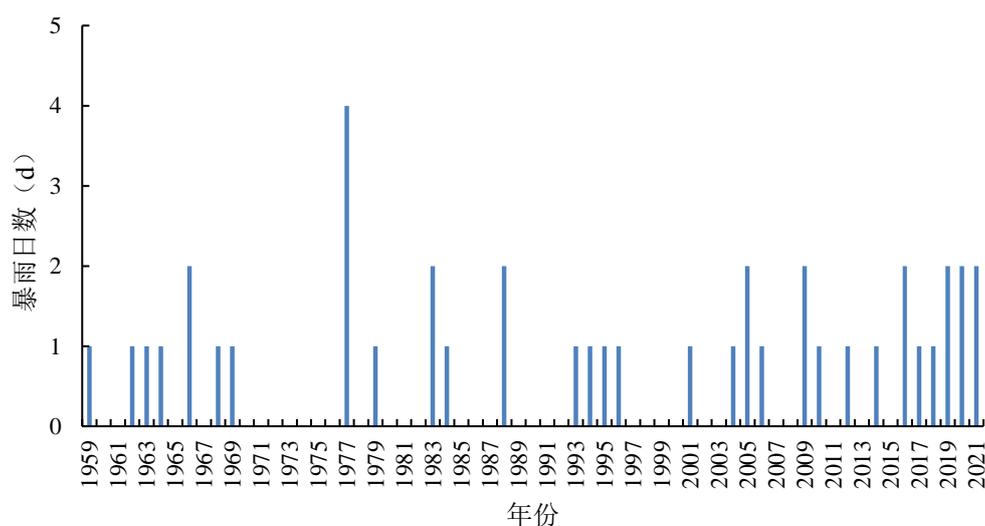


图 5.1-1 参证气象站暴雨日数年际变化

从参证气象站逐月平均暴雨日数统计结果来看(图 5.1-2),参证气象站暴雨出现较少,其中主要集中在 5、7-10 月,但各月平均暴雨日数均未超过 1 天,平均出现最多的月份为 7 月和 8 月(0.2 天),9 月次之(0.1 天),11 月至次年 4 月和 6 月暴雨日数均为 0 天。

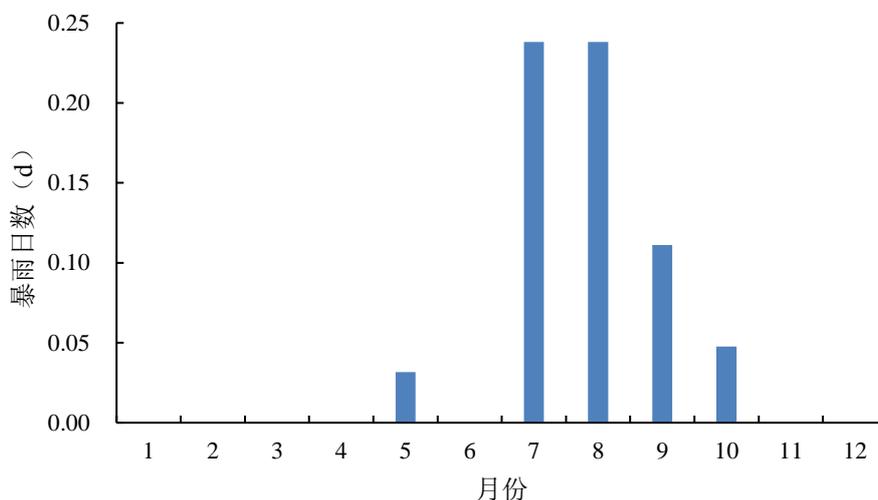


图 5.1-2 参证气象站平均暴雨日数年变化

2) 降水极值

日最大降水量是指一年中出现的一日最大降水量。参证气象站逐年日最大降水量变化如图 5.1-3。可以看到,日最大降水量无明显变化趋势。1963 年为历史最高,7 月 6 日最大降水量为 99.3 毫米;最长连续降水日数为 13 天,出现在 2002 年 6 月 20 日至 7 月 2 日,累积降水量为 43.0 毫米。

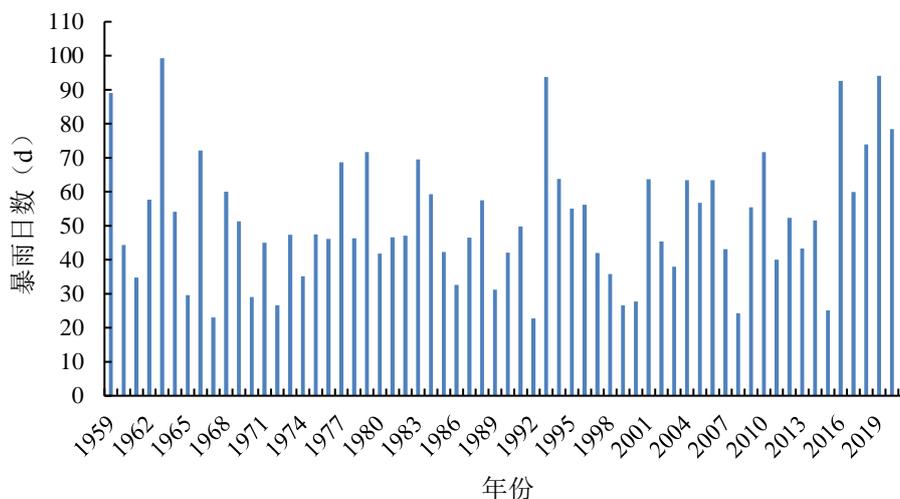


图 5.1-3 参证气象站日最大降水量年际变化

表 5.1-1 参证气象站各月最大日降雨量 (mm)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
降水量	9.5	20.4	21.7	35.2	59.3	46.6	99.3	93.7	94.1	79.3	33.3	10.9
出现年份	2001	2021	1997	2003	1984	1981	1963	1993	2019	2021	2009	1977

小时最大降水量是指一年中出现的一小时最大降水量。参证气象站逐年小时最大降水量在 6.5 毫米 (1966 年) ~54.8 毫米 (1988 年) 之间变化 (如图 5.1-4)。可以看到,近年来,参证气象站小时雨强呈略增趋势,其中出现 40 毫米/时以上的强降水年份有 2 年。

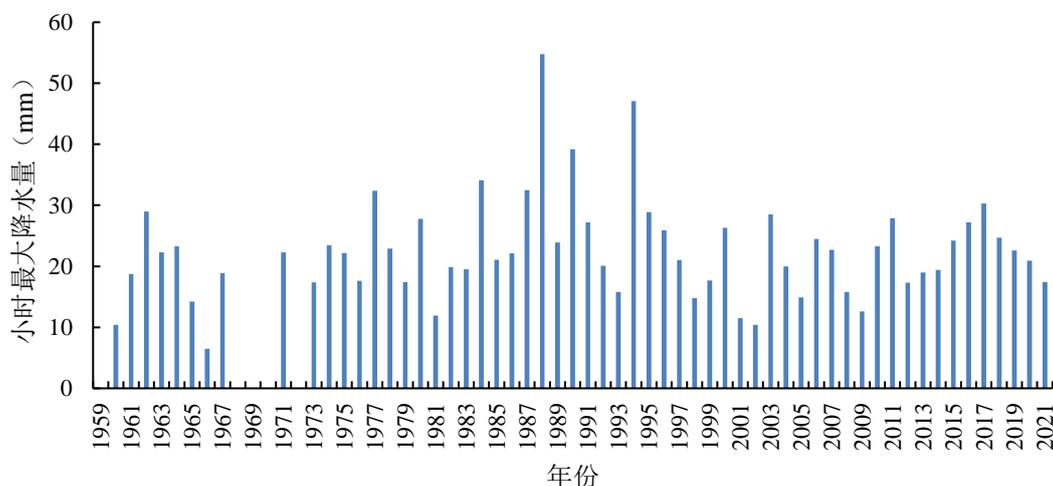


图 5.1-4 参证气象站小时最大降水量年际变化

5.2 高温/低温

1) 高温

日最高气温大于 35°C 为高温日,日最高气温大于 37°C 为酷热日。

参证气象站累年平均高温日数为3.1天,年际变化在0 (有12年未出现高温日) ~11天 (2001年) 之间,高温日数呈增加趋势。2000年以后,高温事件频发,历史前13位有9年 (2001、2002、2005、2007、2009、2010、2017、2019、2020年) 出现在2000年以后 (图5.2-1, 5.2-2), 同时有13年出现了1~4天的酷热日。

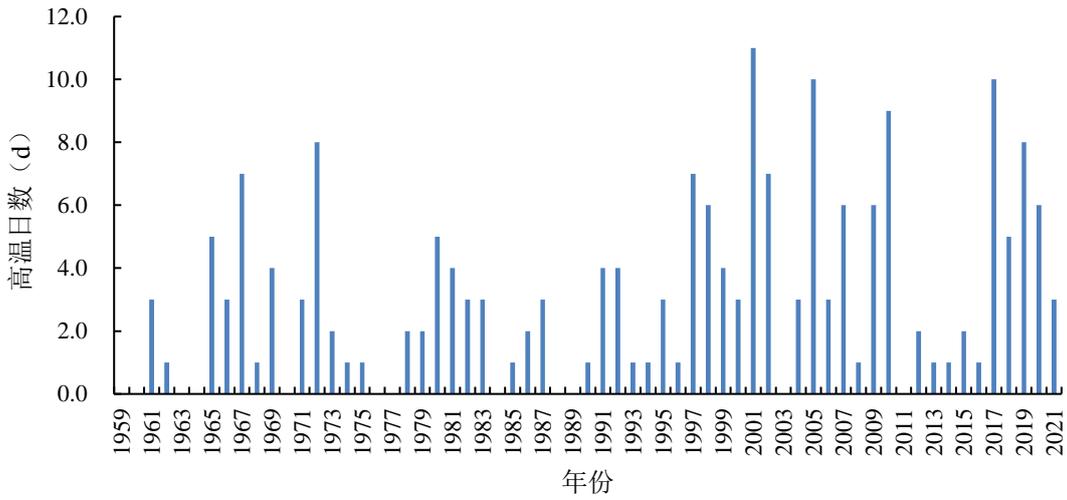


图5.2-1 参证气象站高温日数年际变化

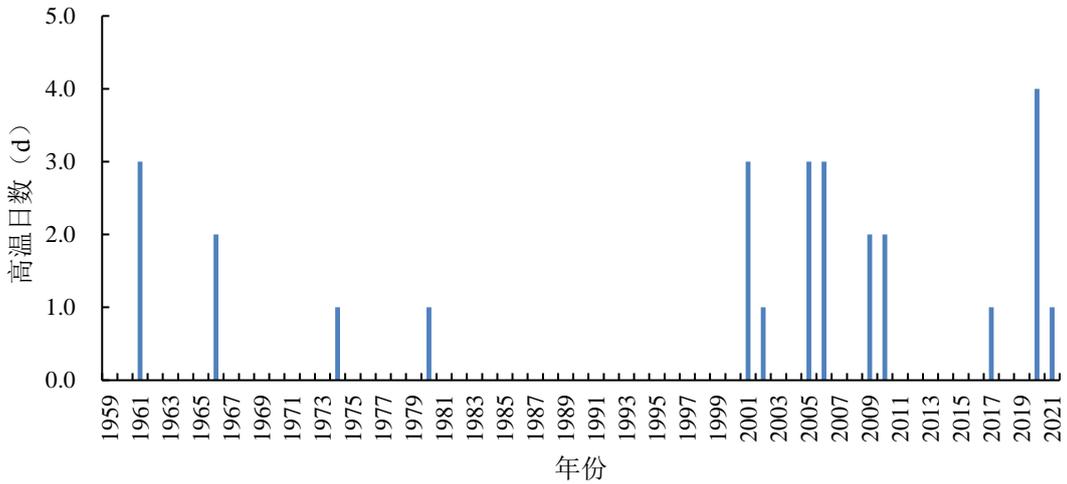


图5.2-2 参证气象站酷热日数年际变化

高温天气主要发生在4-9月，其中6月平均高温日数最多为1.4天，7月次之为1.0天（图5.2-3）。酷热天气主要出现在5-7月（4月仅出现一次），其中6月最多，平均为0.3天（图5.2-4）。

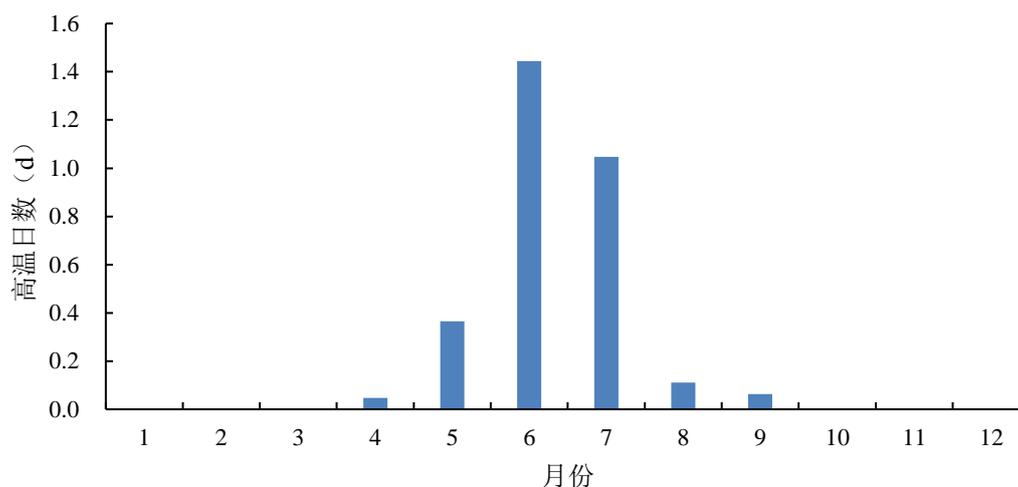


图 5.2-3 参证气象站高温平均日数年变化

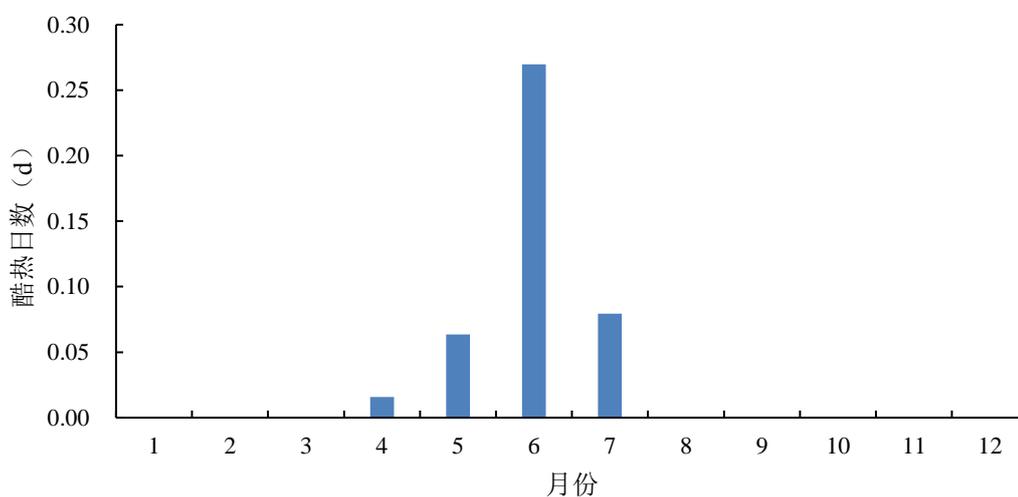


图 5.2-4 参证气象站酷热平均日数年变化

2) 低温

日最低气温低于一定标准为低温日。气象上对低温并无明确定义，本报告选取不同强度的最低气温值（ $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 、 -5°C 、 -10°C 、 -15°C ）作为判断低温日的标准，并分析不同强度低温日的时间分布。

(1) 日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 日数

年平均日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的日数为141.0天，年际变化在122(2007年)~161天(1970年)之间，低温日数呈减少趋势，减少幅度为2.6天/10年（图5.2-5）。

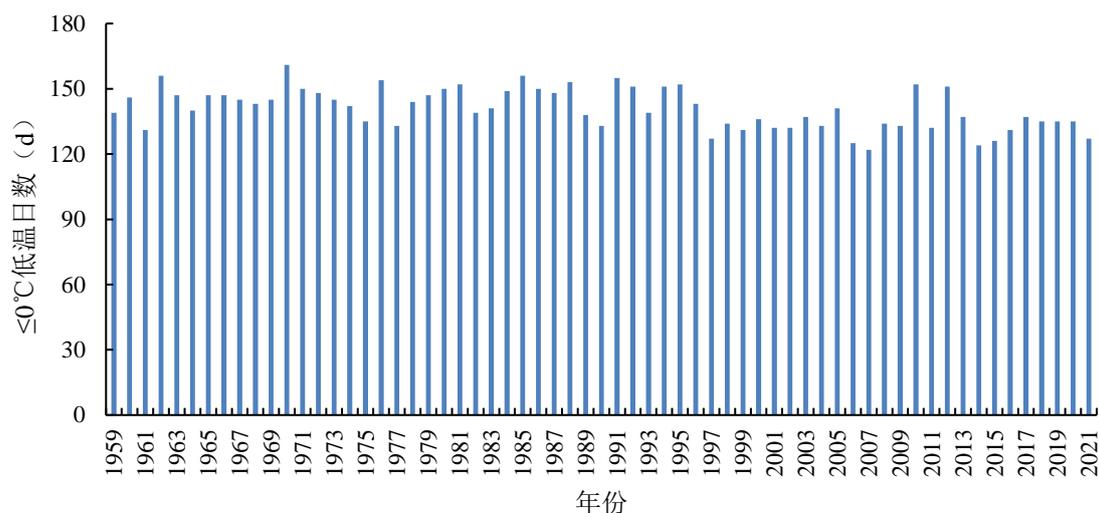


图 5.2-5 参证气象站日最低气温≤0°C 日数年际变化

日最低气温≤0°C的低温天气一般出现在 10 月至次年 4 月，其中 12 月至次年 2 月出现较多，月平均低温日数在 27.2~31.0 天之间（图 5.2-6）。

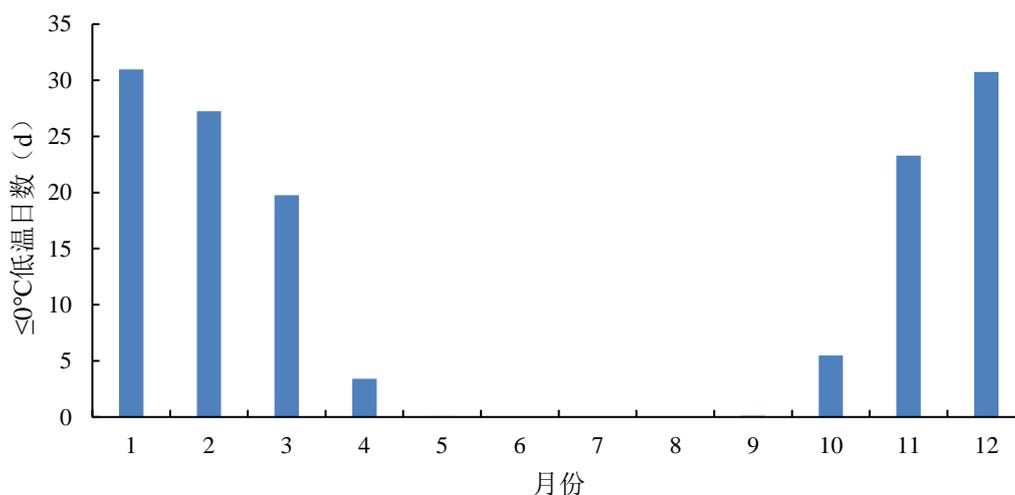


图 5.2-6 参证气象站日最低气温≤0°C 日数年变化

(2) 日最低气温≤-5°C 日数

年平均日最低气温≤-5°C 的日数为 90.1 天，年际变化在 66（2002 年）~113 天（1969 年）之间，低温日数呈减少趋势，减少幅度为 1.8 天/10 年（图 5.2-7）。

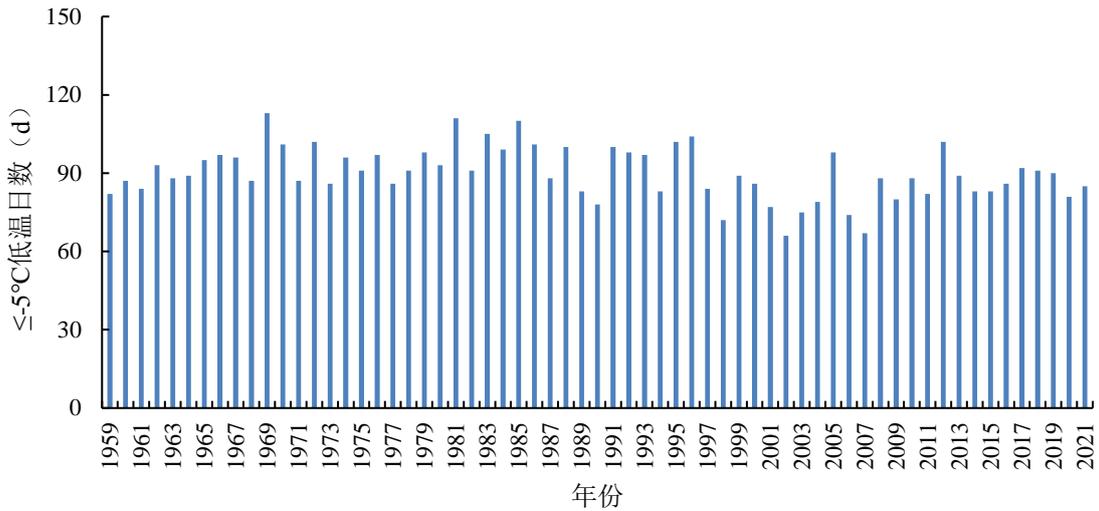


图 5.2-7 参证气象站日最低气温≤-5℃日数年际变化

日最低气温≤-5℃的低温天气一般出现在 11 月至次年 3 月，其中 12 月至次年 2 月出现较多，平均低温日数在 20.0~29.3 天之间（图 5.2-8）。

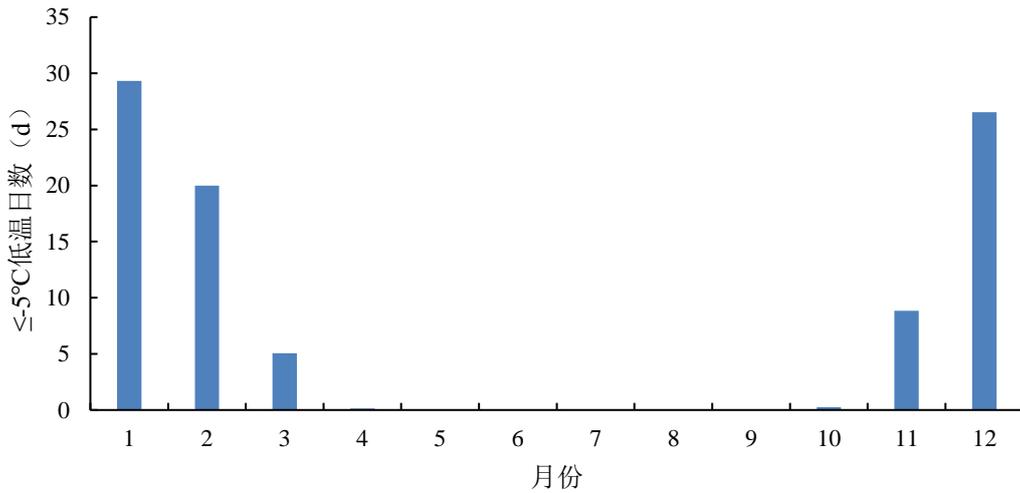


图 5.2-8 参证气象站日最低气温≤-5℃日数年变化

(3) 日最低气温≤-10℃日数

年平均日最低气温≤-10℃的日数为43.9天，年际变化在19（2007年）~78天（1967年）之间，低温日数呈减少趋势，减少幅度为3.4天/10年（图5.2-9）。

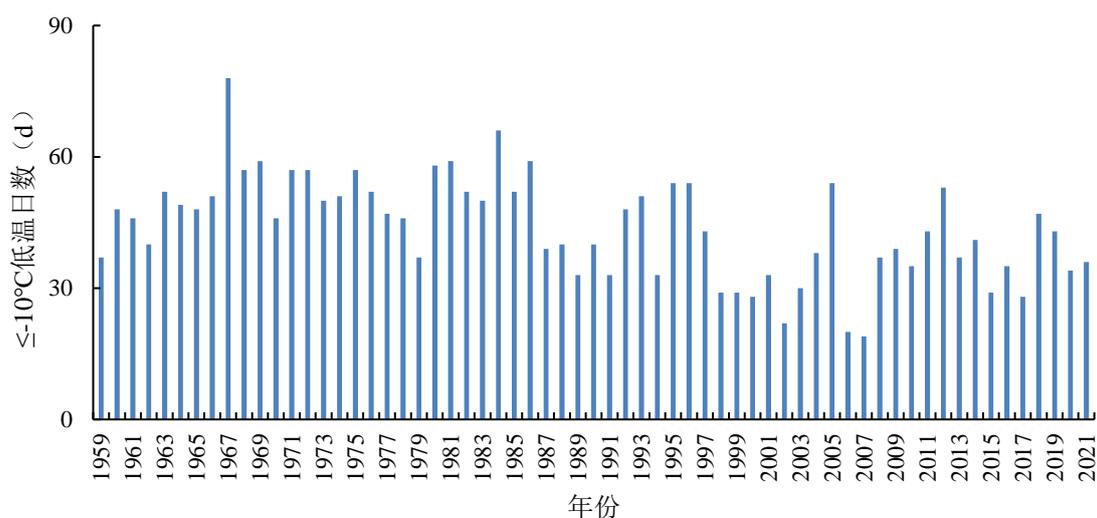


图 5.2-9 参证气象站日最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 日数年际变化

日最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的低温天气出现在 11 月至次年 3 月，其中 1 月出现最多为 21.0 天，其次是 12 月，平均有 13.0 天（图 5.2-10）。

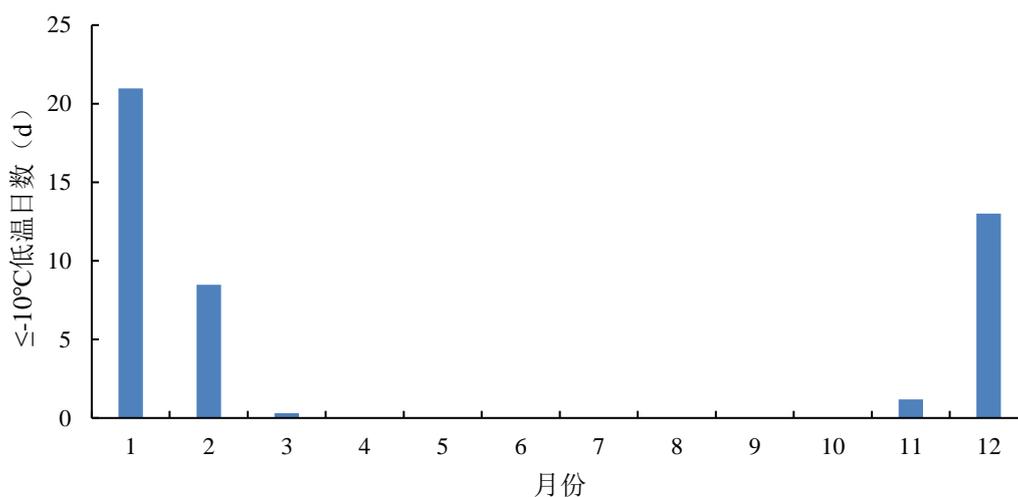


图 5.2-10 参证气象站日最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 日数年变化

(4) 日最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 日数

年平均日最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 的日数为 11.5 天，年际变化在 0（2007 年、2015 年）~ 38 天（1967 年）之间。日最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 的低温日数在 60 年代和 70 年代较多；低温日数呈现明显减少趋势，减少幅度为 2.2 天/10 年（图 5.2-11）。

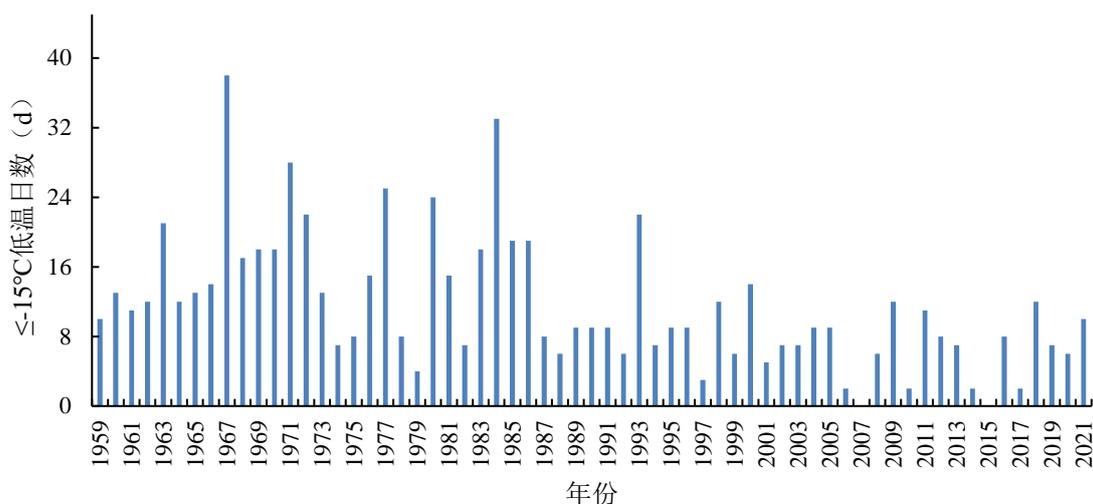


图 5.2-11 参证气象站日最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 日数年际变化

日最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 的低温天气出现在 11 月至次年 2 月，其中 1 月出现最多，平均低温日数为 6.3 天，12 月次之，平均低温日数为 3.0 天（图 5.2-12）。

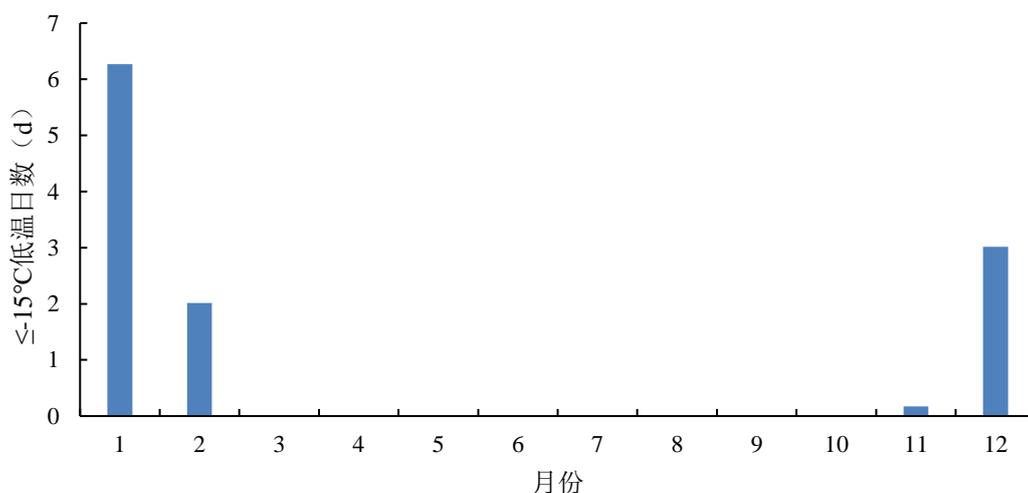


图 5.2-12 参证气象站日最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 日数年变化

5.3 大风

大风是指瞬时风速达到或超过 17.2 米/秒的风。

1959-2021 年参证气象站年平均大风日数为 9.2 天，历年大风日数在 0~34 天（1972 年）之间变化。60 年代大风日数介于 7~28 天，年平均大风日数 16.1 天；70 年代大风日数介于 6~34 天，年平均大风日数 16.1 天；80 年代年大风日数介于 0~

14天，年平均大风日数7.1天；90年代年平均大风日数介于0~10天，年平均大风日数6.1天；00年代年大风日数介于0~9天，年平均大风日数3.3天；10年代年大风日数介于0~13天，年平均大风日数5.2天。可以看出，60年代和70年代平均大风日数较多，而00年代年平均大风日数较少。

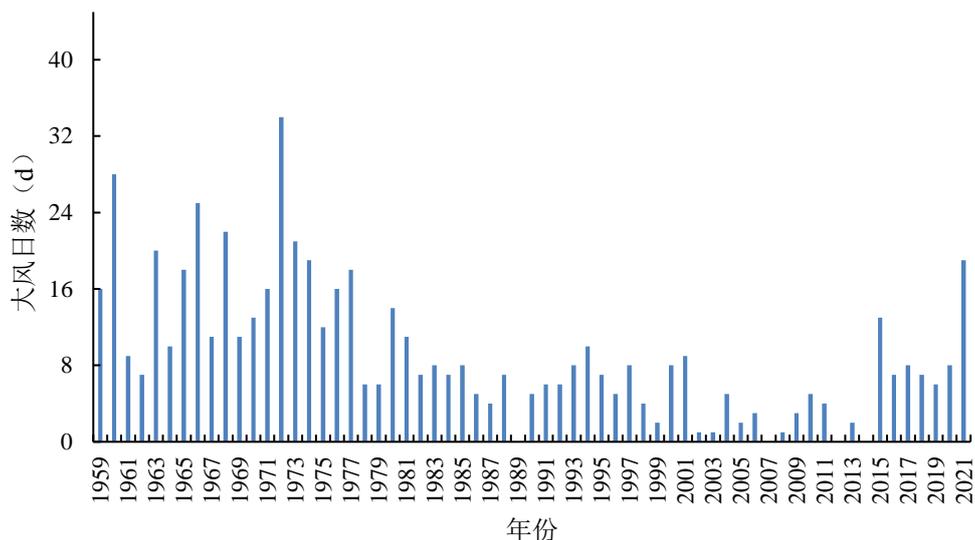


图 5.3-1 参证气象站大风日数年际变化

由图5.3-2可知，大风全年各月均有发生。从1959-2021年的数据来看，参证气象站4-6月大风日数最多，在1.4~2.2天之间，其中4月最高，为2.2天。

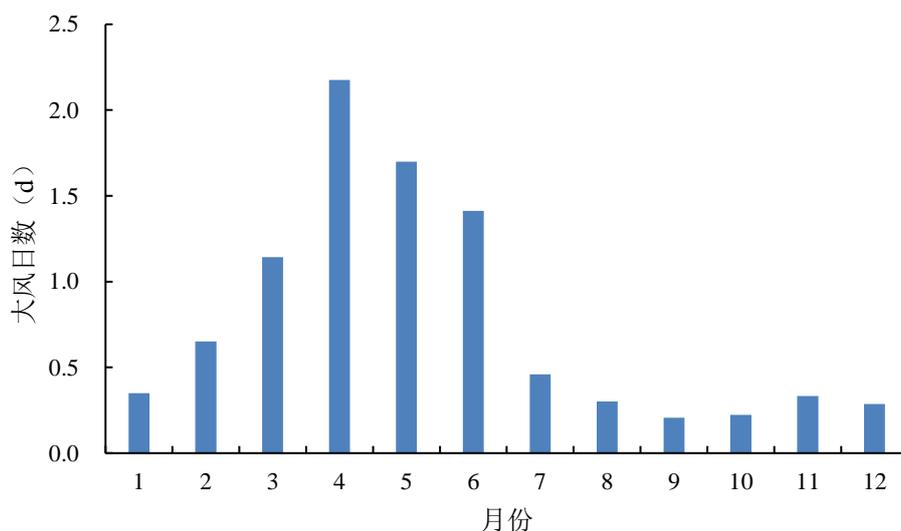


图 5.3-2 参证气象站累年平均大风日数年变化

5.4 雾霾

雾霾天气是静稳、小风等气候条件和空气中悬浮颗粒物共同作用的结果。静稳天气通常指近地面风速小、大气稳定、垂直方向无明显扩散的一种低层大气特征，大气持续静稳，易形成雾霾天气。

雾是悬浮在贴近地面的大气中的大量微小水滴（或冰晶）的可见集合体，常呈乳白色。雾形成的基本条件：（1）近地面空气中水汽含量充沛；（2）地面气温低；（3）空气中有凝结核。随着空气的温度升高，空气中容纳水汽的饱和度越高。如果地面热量散失，温度下降，加之空气潮湿，空气中容纳水汽的能力减小，空气中水汽含量超过该温度下的水汽饱和量，多余的水汽就会凝结，当足够多的水分子与空气中微小的凝结核结合在一起，就变成小水滴或冰晶，悬浮在近地面的空气层里，从而形成雾。

霾是指大量粒径为几微米以下的悬浮在大气中的固体和液体微粒使水平能见度小于10.0千米、空气普遍混浊的天气现象。霾作为一种天气现象，其形成有三方面因素：（1）水平方向静风现象的增多。随着城市建设发展，地面摩擦系数增大，使得风速明显减弱、静风现象增多，不利于大气污染物向外围扩散，城市容易积累高浓度污染。（2）垂直方向的逆温现象。逆温现象下大气层结稳定，垂直扩散能力较弱，导致污染物积聚。（3）悬浮颗粒物的增加。随着城市化发展，污染物排放和城市悬浮物大量增加，大气能见度降低，为霾天气的形成提供有利条件。上述（1）、（2）所列大气的静稳动力条件对雾和霾有着类似的促成作用，有时人们常将雾和霾一起讨论。

1) 雾

参证气象站常年平均雾日数为14.2天，年际变化在之间。雾日数年际变化呈波动变化趋势（图5.4-1）。

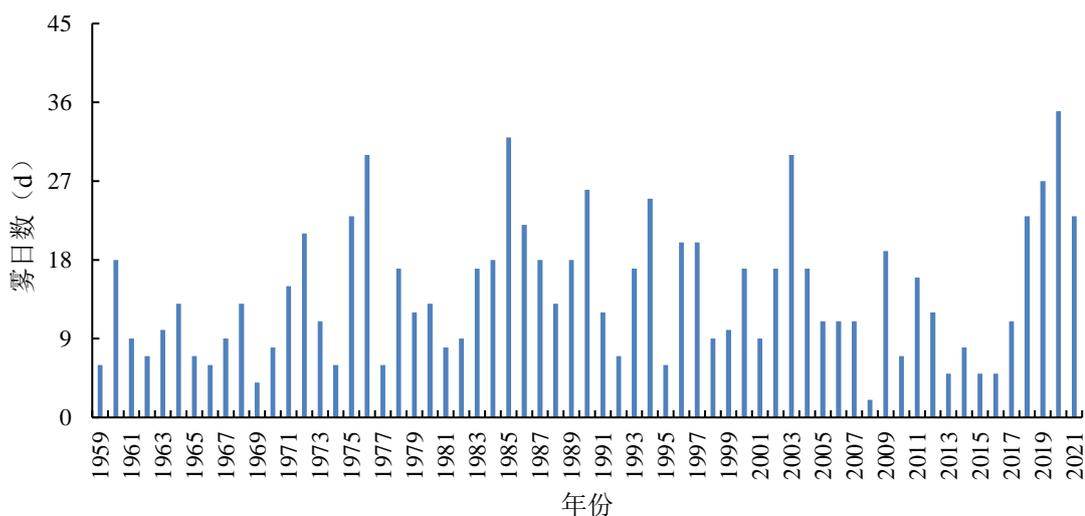


图 5.4-1 参证气象站雾日数年际变化

由图5.4-2参证气象站雾日数的年变化可知，参证气象站平均雾日数在秋、冬季节出现较多，最多的月份出现在11月（2.2天）；春季出现较少，最少的月份出现在5月（0.3天）。

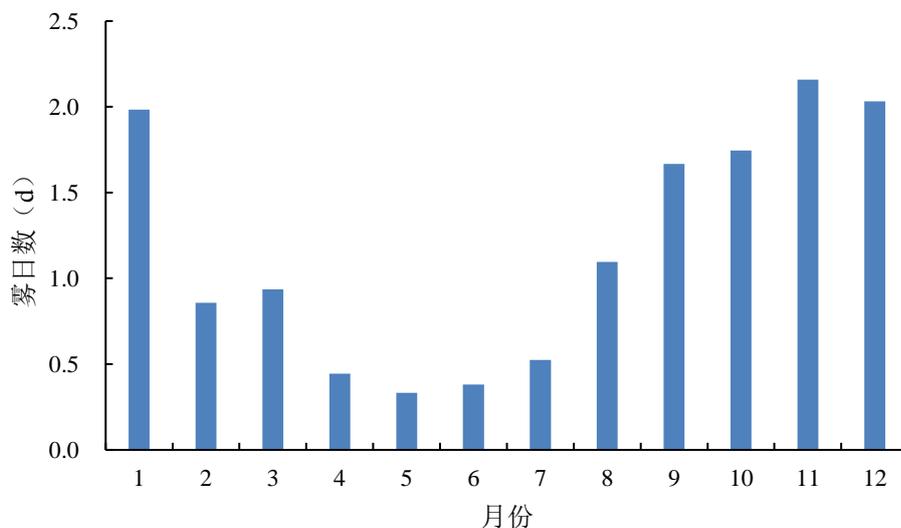


图 5.4-2 参证气象站雾日数年变化

2) 霾

参证气象站常年平均霾日数为28.1天，年际变化在0（共有17年未出现霾天气）～102天（2018年）之间。霾日数年际变化呈增加趋势（图5.4-3）。这与人类生产生活对造成悬浮颗粒物的增加或减少直接相关。

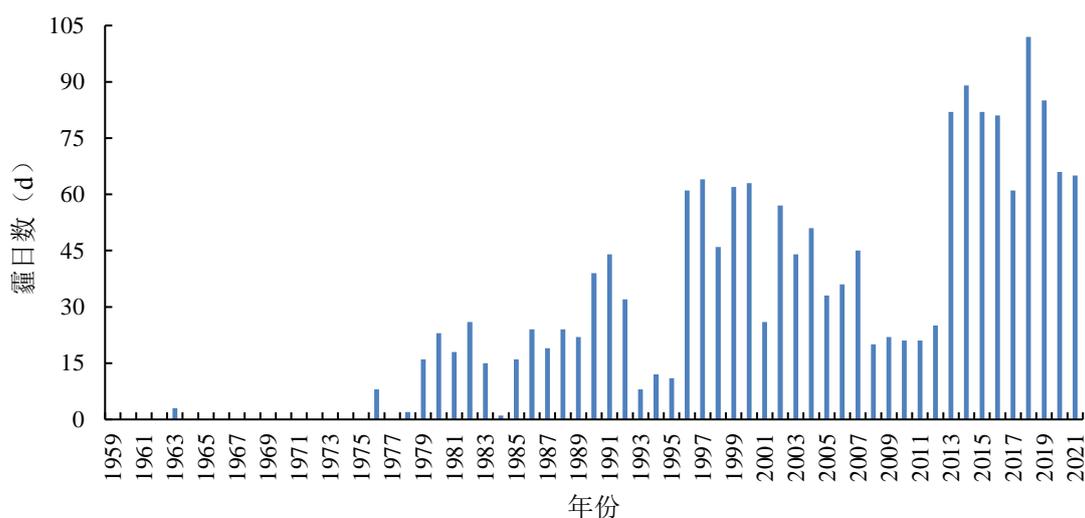


图 5.4-3 参证气象站霾日数年际变化

由图5.4-4参证气象站霾日数的年变化可知，参证气象站各月均有霾日出现，平均霾日数在12月至次年1月出现较多，月均超过6天，最多的月份出现在1月（6.2天）；春季和夏季出现霾日数较少，3月出现较多为2.1天，8月最少，为0.5天。

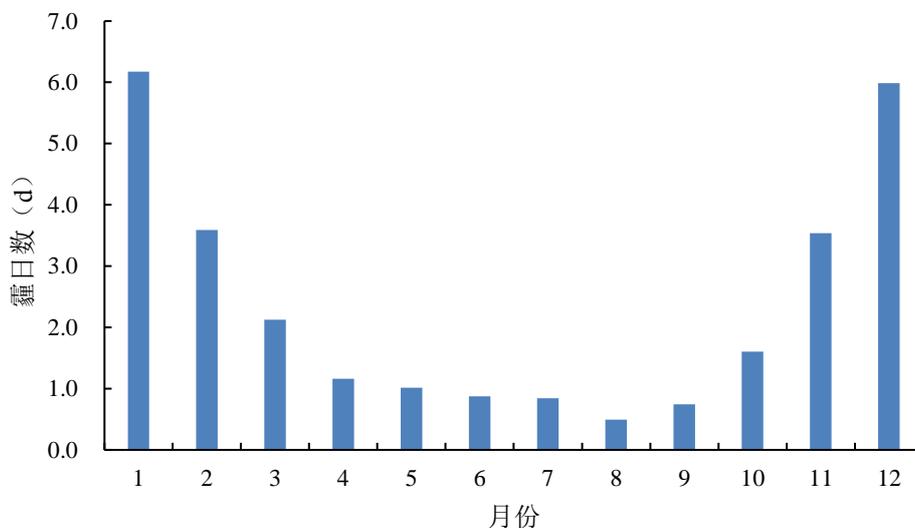


图 5.4-4 参证气象站霾日数年变化

5.5 冰雹

冰雹是一种坚硬的球状、锥状或形状不规则的固态降水，雹核一般不透明，外面包有透明的冰层，或由透明的冰层与不透明的冰层相间组成。

参证气象站冰雹的年平均日数为0.9天，年际变化在0~4天（1982年、1990年）

之间。冰雹天气从3月就有发生一直到9月均有发生，平均冰雹日数以夏季的6月份最多（图5.5-1、图5.5-2）。冰雹一般发生范围小、持续时间短，当冰雹过程出现在气象站时才能观测到并予以记录。

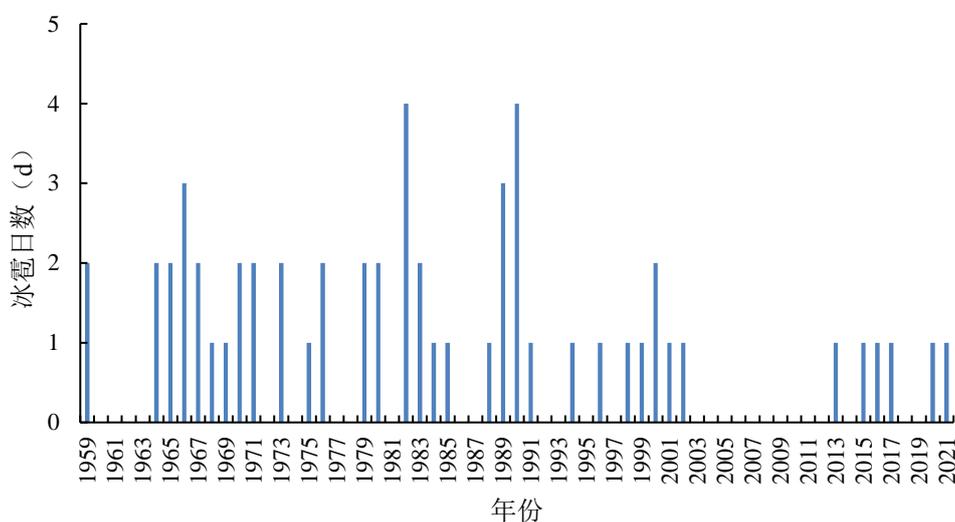


图 5.5-1 参证气象站冰雹日数年际变化

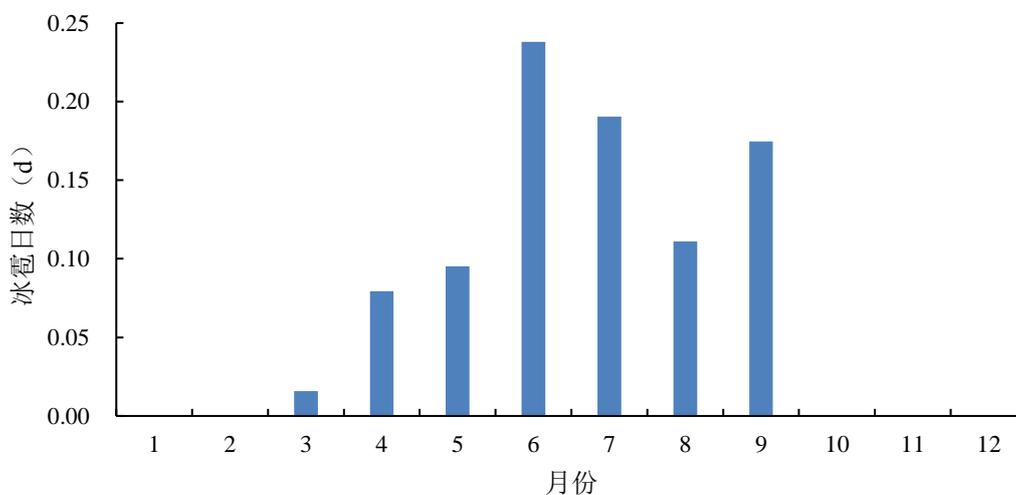


图 5.5-2 参证气象站冰雹平均日数年变化

5.6 积雪

积雪是指雪（包括霰、米雪、冰粒）覆盖地面达到观测站四周能见面积一半以上的情况。

参证气象站积雪年平均日数为17.9天，年际变化在0（2021年）~46天（1972年）

之间（图5.6-1）。积雪一般发生在11月至次年4月，5-10月无积雪现象，平均积雪日数最多的月份出现在1月（6.0天），其次是12月（4.7天）（图5.6-2）。

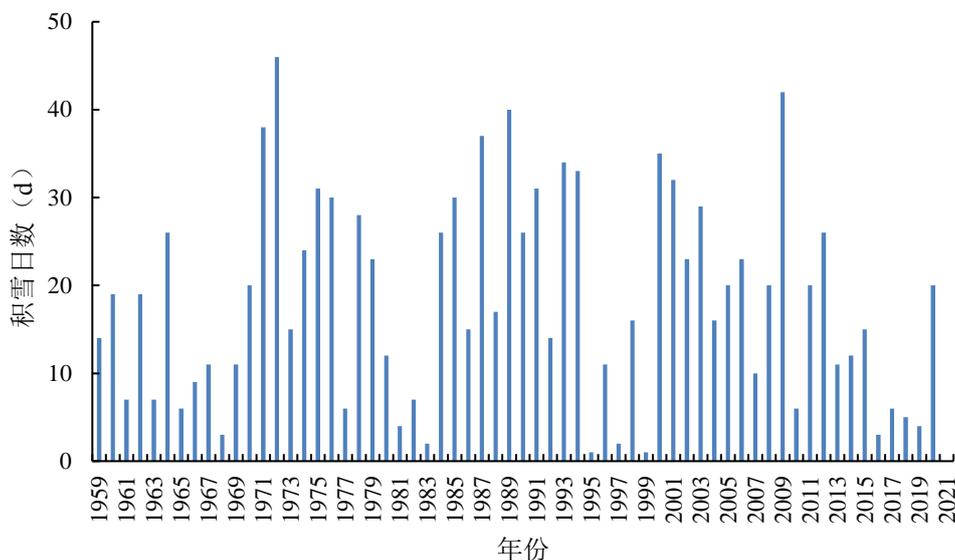


图 5.6-1 参证气象站积雪日数年际变化

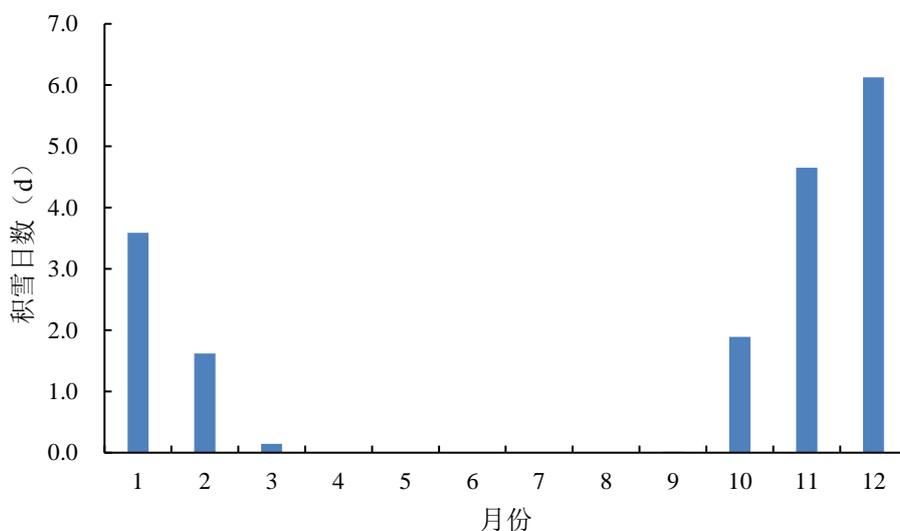


图 5.6-2 参证气象站积雪平均日数年变化

参证气象站年际最大积雪深度基本呈持平趋势，最大积雪深度为 26 厘米，出现在 2009 年 11 月；积雪天气出现在 10 月至次年 4 月，其中 1 月的平均积雪深度最大，达 3.0 厘米，其余月份的最大积雪深度在 0.2~2.8 厘米之间（图 5.6-3、图 5.6-4）。

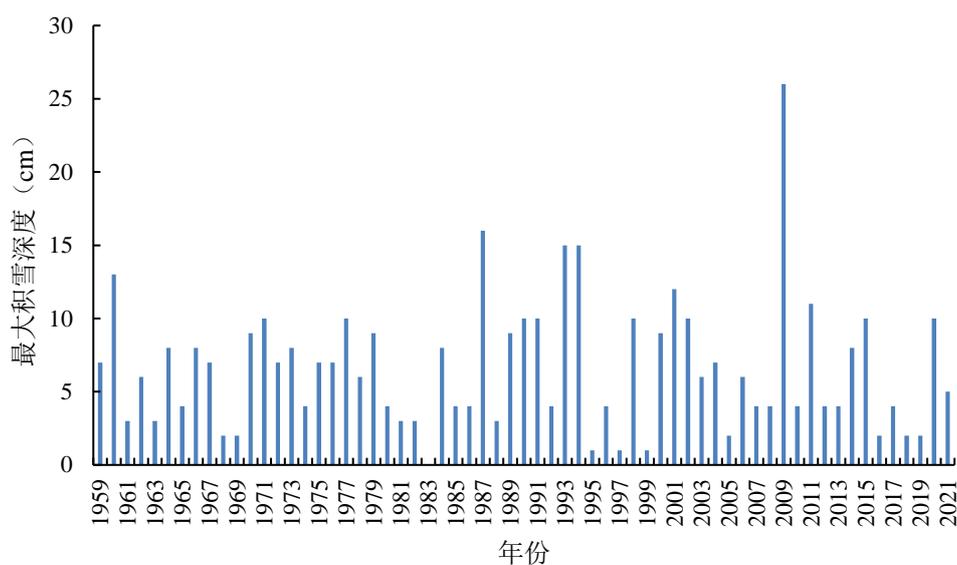


图 5.6-3 参证气象站最大积雪深度年际变化

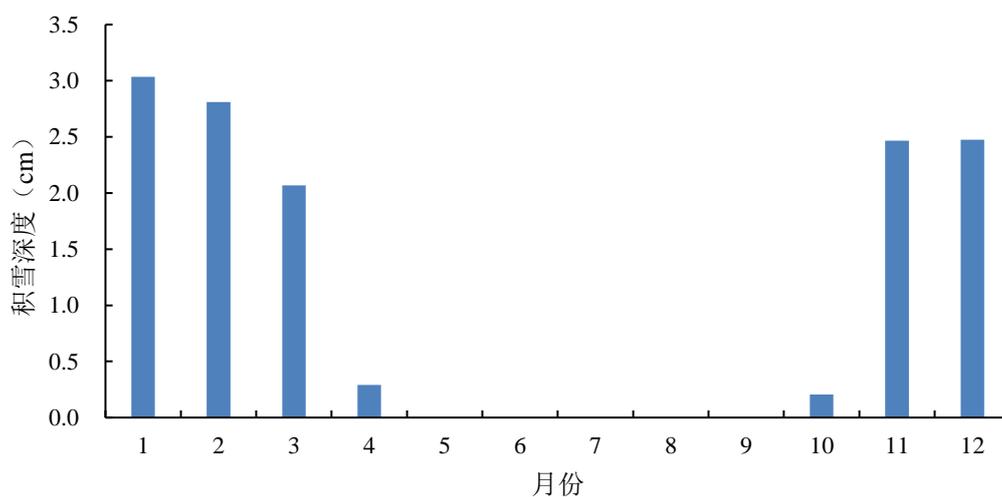


图 5.6-4 参证气象站最大积雪深度年变化

5.7 结冰

结冰是指露天水面（包括蒸发器的水）冻结成冰的一种天气现象，是气象观测对气温下降引起的水冻结现象的统称。而道路结冰是指雨、雪、冻雨或雾滴降落到温度低于 0°C 的地面而出现的积雪或结冰现象。道路结冰的冰层使轮胎与地面的摩擦系数减小、附着力降低，严重影响车辆行驶的安全性。道路结冰常常伴随一定的天气现象带来的路面降水，因此结冰天气不一定发生路面结冰。根据中国气象局地面气象观测自动化改革业务运行方案，2020年4月1日起，结冰观测由人工观测改为自动综合

判识开展观测，结冰日数统计至 2020 年 3 月；另 1961 年 2-3 月结冰日数缺测，因此 1961 年和 2020 年总结冰日数不予统计。

参证气象站常年结冰日数为 138.5 天，年际变化在 121 天（1990 年）~159 天（1962 年）之间，年结冰日数呈减少趋势。结冰发生在 10 月至次年 4 月，其中 1 月平均结冰日数最多，常年平均为 30.4 天，12 月次多，常年平均为 29.7 天（图 5.7-1、图 5.7-2）。

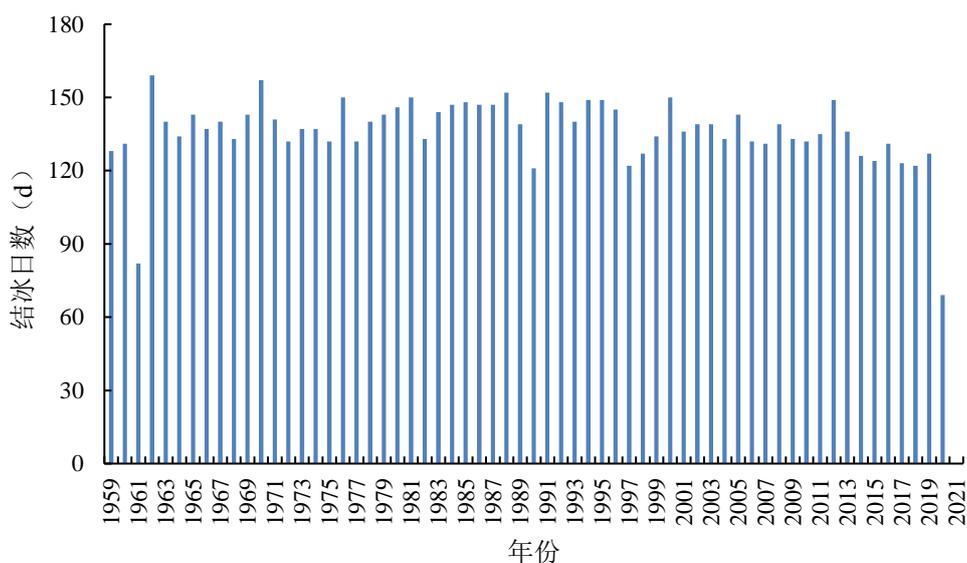


图 5.7-1 参证气象站结冰日数年际变化

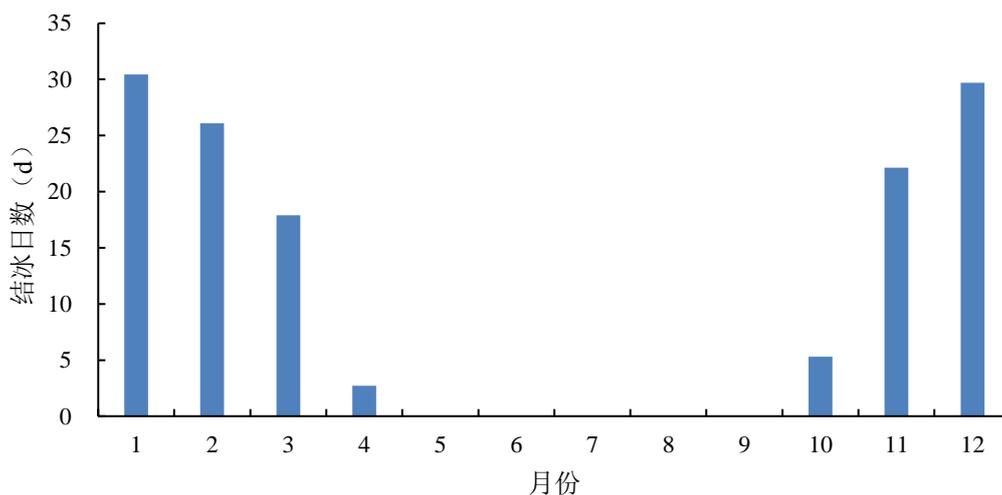


图 5.7-2 参证气象站结冰平均日数年变化

5.8 雷暴

雷暴是指积雨云云中、云间或云地之间产生的放电现象，表现为雷声或兼有闪电。

雷暴观测数据截止到2013年。参证气象站雷暴的年平均日数为35.1天，年际变化在21（1997年）~66天（1959年）之间，雷暴日数呈减少趋势（图5.8-1）。雷暴天气一般发生在4-10月，平均雷暴日数6-8月（8~10.3天）最多（图5.8-2）。

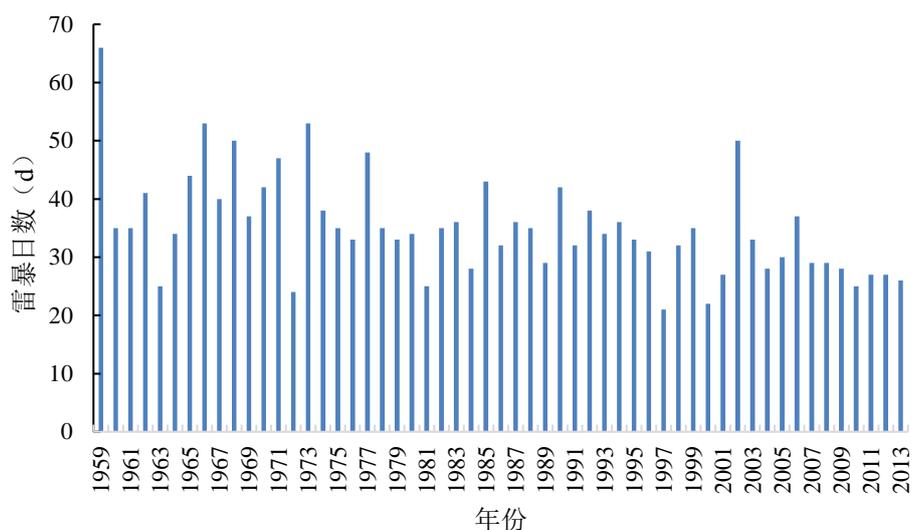


图 5.8-1 参证气象站雷暴日数年际变化

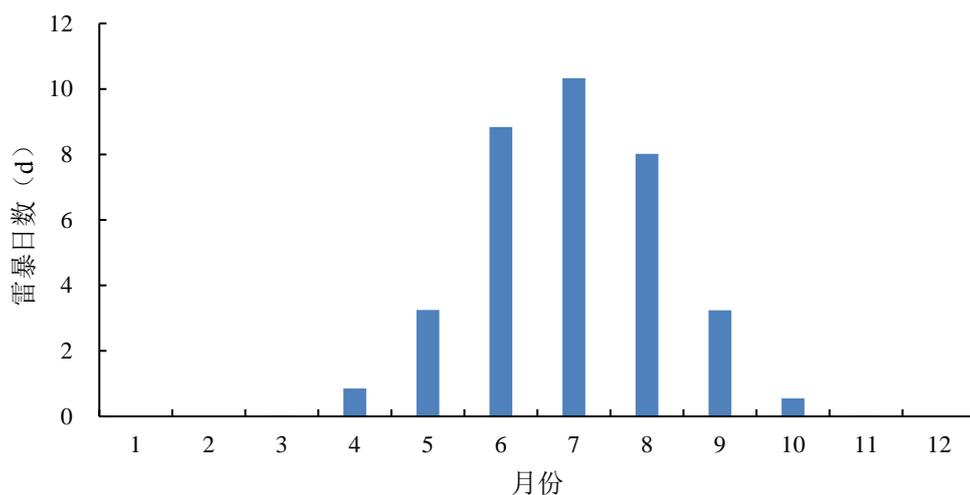


图 5.8-2 参证气象站雷暴平均日数年变化

5.9 冻土

地面温度降低到零度以下，土壤中水分开始冻结。日平均地温降到 0°C 以下，夜冻大于昼消，便形成季节性冻土。冻土对国民经济建设有很大影响。有季节性冻土的地方，埋设输油管道和自来水管等地下设施时，一定要埋到当地最大冻土深度以下，否则会有冻裂的危险。冻土区的房屋地基也要深于最大冻土深度，以保证安全。参证气象站年最大冻土深度为73.0厘米，出现在1977年；冻土天气出现在10月至次年3月，其中2月的最大冻土深度最大，达51.8厘米，1月次之，达到50.4厘米（图5.9-1、图5.9-2）。

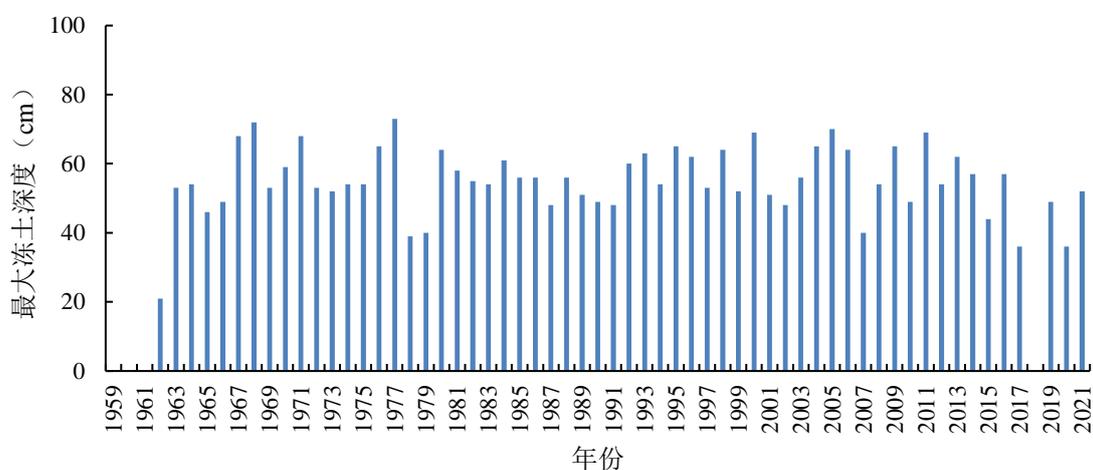


图 5.9-1 参证气象站最大冻土深度年际变化

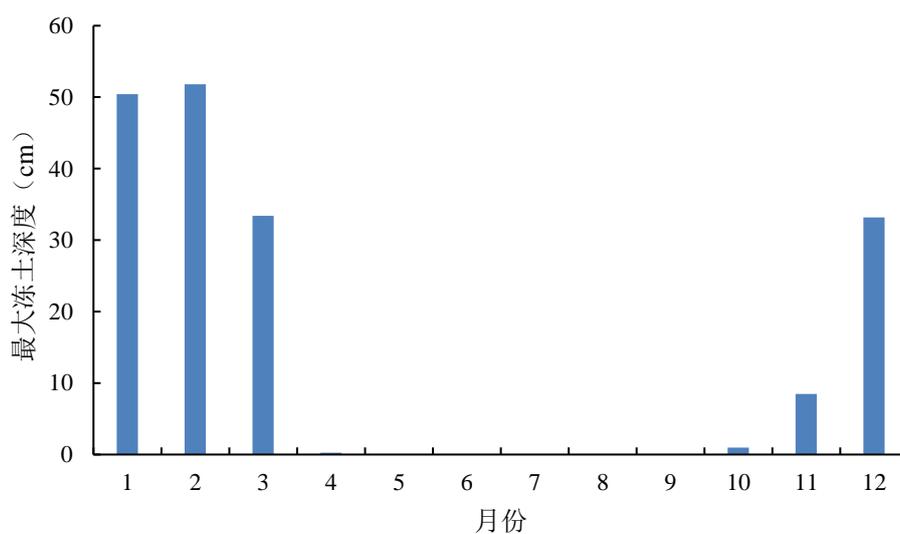


图 5.9-2 参证气象站最大冻土深度年变化

6 关键气象参数分析及推算

关键气象参数，是指对规划和建设等项目的气候适宜性和风险性有重大影响的单个气象要素或多个气象要素的组合，如作为开发区重要的基础工程，排水系统和建筑结构的设计与建设，与降水、风、雪、气温等气象因子的设计参数关系密切。本章节给出的开发区暴雨强度的计算公式，为开发区室外排水系统中流量设计提供了依据，风荷载、雪荷载以及温度等气象参数的科学设计可帮助建筑结构有效应对极端事件。

《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012)和《气候可行性论证规范抗风参数计算》(QX/T 436-2018)给出了基本风压、基本雪压和基本温度的数据处理和极值推算方法，以计算重现期。重现期的定义，在统计学上表示在许多次试验中某一事件重复出现的时间间隔的平均，而在气象学上表示某种气象参数大于或等于某一指定值，每出现一次平均所需的时间间隔数，单位为年。重现期可考虑 2-100 年，其中 2 年一遇为城市排水设计需要的最低标准，10-30 年一遇为建设施工期抗御自然灾害的标准，50 年一遇为民用建筑通用设计标准，而 100 年一遇为高耸建筑、特殊建筑需要考虑的较高标准。

在重现期推算时一般采用极值 I 型，为使极值推算更为准确，要求挑选的样本容量要大，且各次观测值必须相互独立并服从同一分布，气象极值因子一般满足这一条件。报告中通过极值 I 型的两种参数的估算方法进行相互比较和验证；给出了广义极值分布的推算结果，广义极值分布优点是不必考虑原始分布类型，能够避免单独采用某一分布的不足；在极值推算时，采用柯尔莫哥洛夫拟合适度检验来校核概率分布模型的合理性。

6.1 暴雨强度公式及暴雨极值推算

根据《区域性气候可行性论证技术指南》要求，在开发区所在位置已有暴雨强度公式时，宜选取当地已有的暴雨强度公式，2019 年，山西省气象科学研究所编制了交城县暴雨强度公式，并通过了交城县住房和城乡建设管理局组织的专家评审。为进一步说明交城县暴雨强度公式的适用性，本报告复核了 2018-2021 年交城县 1 小时、3 小时年最大降水量数据，发现并未超过交城县 50 年一遇设计雨量，因此本报告采用 2019 编制的交城县暴雨强度公式。

6.1.1 暴雨强度公式

暴雨强度公式是指短历时暴雨过程中，降水强度 q 、降水历时 t 、重现期 P 三者间函数关系的数学表达式，公式可用于建筑工程雨水系统、市政雨水管渠、防洪设施规划、设计等工作。交城县暴雨强度公式如下：

$$q = \frac{3823.465(1+0.922LgP)}{(t+17.927)^{0.977}} \quad (6.1-1)$$

式中， q 为设计暴雨强度，单位为升/（秒·平方公顷）（L/（s·h 米²））； P 为重现期，单位为年（a）； t 为降水历时，单位为分钟（米 in）。

6.1.2 暴雨极值重现期

根据暴雨强度公式得到的不同历时、重现期暴雨极值见表 6.1-1。其中百年一遇 1 小时、2 小时、3 小时暴雨极值分别为 55.4 毫米、63.5 毫米、67.0 毫米。

表 6.1-1 不同历时、重现期暴雨极值（mm）

t(米 in) \ P(a)	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
2	6.9	11.3	14.4	16.8	20.0	23.0	24.9	27.2	28.6	29.4	30.1
3	7.7	12.7	16.3	18.9	22.6	25.9	28.1	30.6	32.2	33.2	33.8
5	8.8	14.6	18.6	21.6	25.8	29.6	32.0	35.0	36.7	37.8	38.7
10	10.3	17.0	21.7	25.2	30.1	34.6	37.4	40.9	42.8	44.3	45.2
20	11.8	19.5	24.9	28.9	34.5	39.6	42.8	46.8	49.1	50.6	51.7
30	12.7	20.9	26.7	31.0	37.0	42.5	46.0	50.2	52.7	54.3	55.6
50	13.8	22.7	29.0	33.7	40.2	46.2	50.0	54.5	57.2	59.1	60.3
100	15.3	25.2	32.1	37.3	44.6	51.2	55.4	60.5	63.5	65.4	67.0

6.2 风速极值推算

6.2.1 参证气象站年最大风速

设计风速推算使用参证气象站年最大风速数据，参证气象站自 1980 年开始有自计 10 分钟平均最大风速观测，2015 年进行了迁站，至 2021 年风速仪距地高度随仪

器更换未发生变化，均为 11.1 米。根据《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）和《气候可行性论证规范抗风参数计算》（QX/T 436-2018），最大风速极值推算的资料需要使用 25 年以上 10 分钟平均最大风速，且风速仪距观测场地面高度应为 10 米，如有迁站，需对迁站前后数据进行差异显著性检验，差异显著的需进行订正。因此，本报告在推算风速极值时，对数据进行了滑动 T 检验及米 K（米 ann-Kendall）检验，结果显示迁站前后数据差异不显著，只需进行高度订正，订正前原始序列和订正后序列如图 6.2-1 所示。

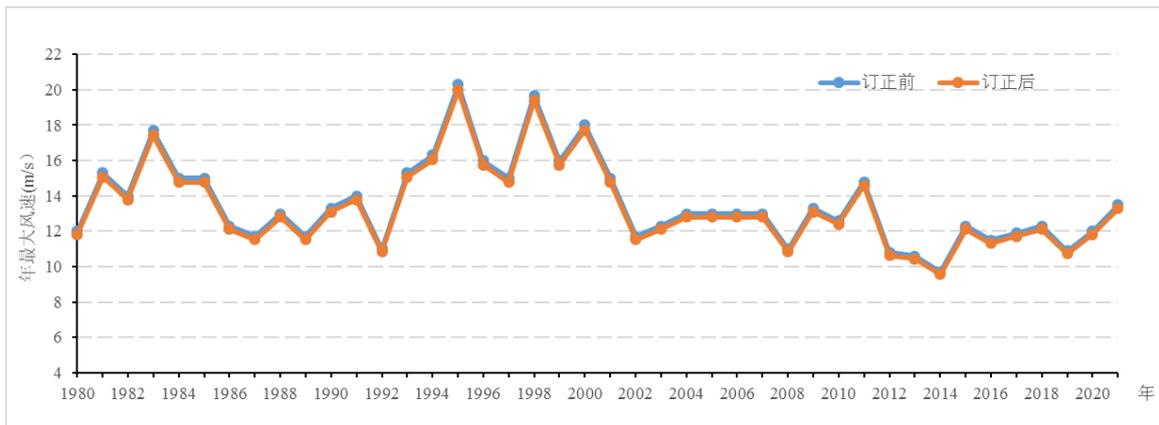


图 6.2-1 参证气象站最大风速年际变化

6.2.2 最大风速重现期

采用极值 I 型和广义极值分布方法计算出参证气象站不同重现期的最大风速，并采用柯尔莫哥洛夫拟合适度检验来校核概率分布模型的合理性。极值 I 型分布（耿贝尔、矩法）和广义极值分布的柯尔莫哥洛夫拟合适度检验指标分别为 0.51、0.47、0.50，均小于 1.35（信度为 0.05），说明最大风速序列服从上述概率分布。

从极值 I 型和广义极值不同重现期的估算结果来看，各种方法估算的结果基本一致。结合风速空间分布特征，建议选取数值较大的估算结果，作为开发区的设计风速。

表 6.2-1 参证气象站不同重现期最大风速（m/s）

重现期		10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极值 I 型	耿贝尔法	17.0	19.3	20.4	21.8
	矩法	16.4	18.5	19.5	20.7

广义极值	16.5	18.9	20.0	21.6
------	------	------	------	------

表 6.2-2 开发区不同重现期最大风速 (m/s)

重现期	10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
最大风速	17.0	19.3	20.4	21.8

6.2.3 开发区基本风压

《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012)规定,基本风压一般按当地空旷平坦地面上 10 米高度处 10 分钟平均的风速观测数据,经概率统计得出 50 年一遇最大值确定的风速,再考虑相应的空气密度,按贝努利公式(6.2-1)确定的风压,但不得小于 0.3 千牛/平方米。

$$w_0 = \frac{1}{2} \rho v_0^2 \quad (6.2-1)$$

式中: v_0 为基本风速, ρ 为空气密度,单位为吨/立方米。

空气密度可根据所在地的海拔高度按下式近似估算:

$$\rho = 0.00125e^{-0.0001z} \quad (6.2-2)$$

式中: ρ 为空气密度 (吨/立方米), z 为海拔高度 (米)。

开发区基本风速按上小节 50 年一遇重现期取值为 20.4 米/秒,参证气象站海拔高度为 753.6 米,根据公式得到开发区基本风压为 0.24 千牛/平方米,因此,考虑到安全因素,推荐开发区使用《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012)中推荐的开发区附近太原基本风压值为 0.40 千牛/平方米。

6.3 雪压极值推算

6.3.1 最大雪压重现期

《气候可行性论证规范极值概率统计分析》(QX/T529-2019)中规定,极值时间序列应不少于 30 年。因此,选取参证气象站 1959-2021 年最大雪深数据推算雪压极值。《地面气象观测规范雪深与雪压》(GB/T 35229-2017)中规定,若雪深达到 5 厘米或以上时,在雪深观测的地点附近进行雪压观测。根据《建筑结构荷载规范》规定,历年最大雪压数据按每年 7 月份到次年 6 月份间的最大雪压采用,同时当气象台站有雪压记录时,应直接采用雪压数据计算基本雪压;而当气象台站没有雪压记录时,

则可以按照下式计算雪压：

$$s = \rho g d \tag{6.3-1}$$

其中， s （千牛/平方米）为雪压， d （米）为积雪深度，积雪密度 ρ （吨/立方米）可取当地的平均积雪密度， g （9.8 米/平方秒）为重力加速度。

从参证气象站年最大积雪深度变化来看(图 6.3-1)，年最大积雪深度呈波动变化。年最大积雪深度最大值为 26.0 厘米，出现在 2009 年，次大值为 16.0 厘米，出现在 1987 年。参证气象站最大积雪深度在 5.0 厘米以下的年份，无雪压观测值，需要利用最大积雪深度和密度进行换算得出雪压值。

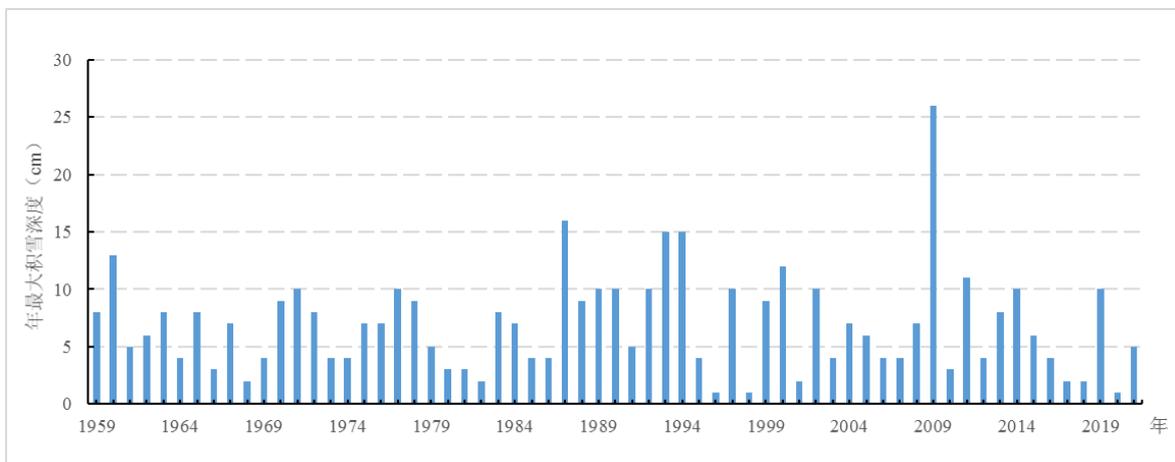


图 6.3-1 参证气象站最大积雪深度年际变化

利用参证气象站雪深和雪压资料，得到参证气象站平均积雪密度为 0.11 吨/立方米。将年最大雪深和积雪密度通过公式(6.3-1)，得出无雪压观测年份的雪压计算值。

表 6.3-1 参证气象站不同重现期最大雪压 (kN/m²)

重现期		10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极值 I 型	耿贝尔法	0.16	0.21	0.23	0.26
	矩法	0.15	0.19	0.22	0.25
广义极值		0.14	0.20	0.23	0.28

表 6.3-1 给出了参证气象站雪压极值 I 型分布（耿贝尔法、矩法）和广义极值分布的估算结果，便于分析比较。极值 I 型分布（耿贝尔、矩法）分布和广义极值分布的柯尔莫哥洛夫拟合适度检验指标分别为 1.35、1.02、0.75。矩法及广义极值方法的检验指标均小于 1.35（信度为 0.05），说明最大雪压序列服从这两种概率分布。

6.3.2 开发区基本雪压

对比参证气象站极值 I 型和广义极值不同重现期的估算结果，推荐选取较大结果作为开发区的基本雪压，其中，100 年一遇最大雪压为 0.28 千牛/平方米，50 年一遇最大雪压为 0.23 千牛/平方米。

表 6.3-2 开发区不同重现期最大雪压 (kN/m²)

重现期	10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
最大雪压	0.16	0.21	0.23	0.28

6.4 气温极值推算

6.4.1 开发区基本气温

《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2012) 规定，基本气温定义为 50 年一遇的月平均最高和月平均最低气温。基本气温根据当地气象台站历史记录的最高温度月的月平均最高气温值和最低温度月的月平均最低气温值资料，经过统计分析确定。统计分析基本气温时，选取的月平均最高气温和月平均最低气温资料一般应取最近 30 年的数据；当无法满足时，不宜少于 10 年的资料。本报告基本气温推算数据使用的是参证气象站 1959-2021 年历年最高（低）温度月的月平均最高（低）气温值。

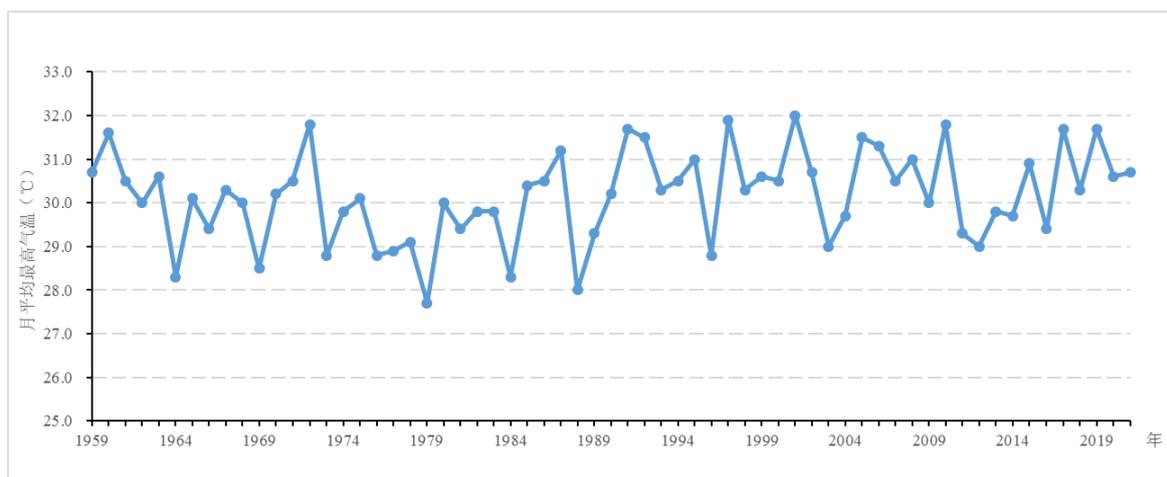


图 6.4-1 参证气象站历年月平均最高气温

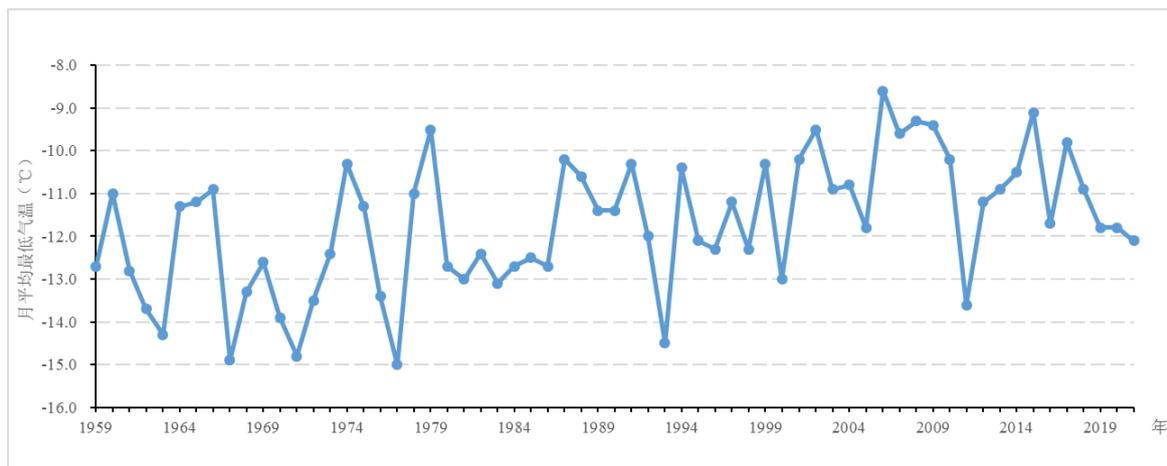


图 6.4-2 参证气象站历年月平均最低气温

表 6.4-1 和表 6.4-2 给出了极值 I 型概率分布和广义极值分布的基本气温推算结果，便于分析比较和验证。

表 6.4-1 参证气象站不同重现期月平均最高气温 (°C)

重现期		10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极值 I 型	耿贝尔法	31.7	32.7	33.2	33.8
	矩法	31.5	32.4	32.8	33.4
广义极值		31.5	31.9	32.1	32.2

表 6.4-2 参证气象站不同重现期月平均最低气温 (°C)

重现期		10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极值 I 型	耿贝尔法	-14.0	-15.4	-16.1	-17.0
	矩法	-13.7	-15.1	-15.7	-16.5
广义极值		-13.8	-14.8	-15.1	-15.6

月平均最高（低）气温极值 I 型分布（耿贝尔、矩法）和广义极值分布柯尔莫哥洛夫拟合适度检验指标分别为 0.84（0.60）、1.01（0.77）、0.60（0.36），均小于 1.35（信度为 0.05），说明序列均服从上述概率分布。

因此，根据基本气温定义，本报告推荐的月平均最高气温为 33.2°C，月平均最低气温为-16.1°C。

6.4.2 极端气温重现期

为工程设计人员方便,在推算基本气温时,我们也推算了参证气象站极端最高和极端最低气温的不同重现期结果,见表 6.4-3 和表 6.4-4。极端最高气温和极端最低气温极值 I 型分布(耿贝尔、矩法)和广义极值分布柯尔莫哥洛夫拟合适度检验指标分别为 0.99 和 0.60、1.08 和 0.65、0.80 和 0.51,均小于 1.35(信度为 0.05),说明序列服从上述概率分布。从极值 I 型和广义极值不同重现期的估算结果来看,三组结果基本一致,极端最高气温结果极值 I 型耿贝尔估算结果较大,极端最低气温极值 I 型耿贝尔估算结果较小。

表 6.4-3 参证气象站不同重现期极端最高气温(°C)

重现期		10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极值 I 型	耿贝尔法	38.3	39.7	40.3	41.2
	矩法	38.0	39.2	39.8	40.6
广义极值		38.0	38.9	39.2	39.6

表 6.4-4 参证气象站不同重现期极端最低气温(°C)

重现期		10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极值 I 型	耿贝尔法	-23.0	-25.3	-26.3	-27.8
	矩法	-22.6	-24.7	-25.7	-27.0
广义极值		-22.7	-24.1	-24.7	-25.3

对比参证气象站极值 I 型(耿贝尔、矩法)和广义极值不同重现期的估算结果,极端最高气温建议选取数值较大的估算结果,极端最低气温建议选取数值较小的估算结果。开发区极端最高最低气温 100 年一遇分别为 41.2°C 和 -27.8°C; 50 年一遇的分别为 40.3°C 和 -26.3°C。

表 6.4-5 开发区不同重现期极端气温(°C)

重现期	10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极端最高气温(°C)	38.3	39.7	40.3	41.2

重现期	10 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
极端最低气温 (°C)	-23.0	-25.3	-26.3	-27.8

6.4.3 室外计算温湿度

采暖、通风和空气调节系统设计所采用的室外空气参数，《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB50736-2012)给出了简化的计算方法。

室外空气计算温湿度简化方法：

冬季空气调节室外计算温度： $0.30t_{lp} + 0.70t_{p.min}$

夏季空气调节室外计算日平均温度： $0.80t_{rp} + 0.20t_{max}$

冬季通风室外计算温度：累年最冷月平均温度 t_{lp}

夏季通风室外计算温度： $0.71t_{rp} + 0.29t_{max}$

冬季空气调节室外计算相对湿度：累年最冷月平均相对湿度。

夏季通风室外计算相对湿度：累年最热月 14 时的月平均相对湿度的平均值。

式中：

t_{lp} ：累年最冷月平均温度 (°C)； t_{rp} ：累年最热月平均温度 (°C)；

$t_{p.min}$ ：累年最低日平均温度 (°C)； t_{max} ：累年极端最高温度 (°C)。

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》(GB50736-2012)要求室外计算参数的统计年份宜取 30 年。因此，以参证气象站近 30 年 (1992-2021 年)的观测数据为基础计算了开发区室外空气计算参数，如下表所示。

表 6.4-6 开发区室外空气计算参数

参数	数值
冬季空气调节室外计算温度 (°C)	-13.5
夏季空气调节室外计算日平均温度 (°C)	28.6
冬季通风室外计算温度 (°C)	-8.5
夏季通风室外计算温度 (°C)	29.8
夏季通风室外计算相对湿度 (%)	53.6
冬季空气调节室外计算相对湿度 (%)	72.0

7 专题评估

综合考虑开发区功能性质、建设布局和生产运行、气候特征和历史气象灾害，选取开发区气象敏感性较高的气象灾害，进行气象灾害风险评估，减缓、规避气象灾害对开发区企业和基础设施造成的损失。针对开发区大气环境保护目标，进行大气扩散条件分析、温室气体排放、城市热岛评估，为开发区和企业可持续发展提供建议；针对开发区的雷暴、闪电灾害，进行雷击风险评估；针对开发区的暴雨洪涝灾害，进行暴雨洪涝风险评估；针对开发区清洁能源发展目标，进行太阳能资源开发利用潜力评估，为光伏组件设备的微观选址提供参考，最大效益地获取光伏发电资源。针对交城县建设全域旅游示范县，开展了区域宜居环境评估，进行了宜居指数、适游期、区域负氧离子状况分析，提出了进一步发展的建议。

7.1 大气扩散条件分析

7.1.1 大气自净能力

大气自净能力指大气通风稀释及湿清除过程对大气污染物的清除能力。单位为万平方千米/年。不同气象条件下，同一污染源排放所造成的大气污染物浓度相差甚远。大气对污染物的扩散稀释能力随着气象条件不同而发生变化。大气污染具有显著的地域性和时间性。大气对污染物的承载能力取决于各种因子，如通风稀释、湍流稀释、湿清除等物理过程，以及光解等大气污染物的化学过程。大气环境容量系数考虑通风扩散和湿清除的共同作用，可对大气自净能力作出评价（大气自净能力等级 GB/T 34299-2017）。

表 7.1-1 大气自净能力等级划分标准

等级名称	大气自净能力指数变化范围	描述
一级	$A > 30.0$	非常有利于对大气污染物的清除
二级	$30.0 \geq A > 12.0$	有利于对大气污染物的清除
三级	$12.0 \geq A > 7.0$	对大气污染物的清除作用不明显
四级	$7.0 \geq A > 5.0$	不利于对大气污染物的清除

等级名称	大气自净能力指数变化范围	描述
五级	$5.0 \geq A > 3.0$	很不利于对大气污染物的清除
六级	$A \leq 3.0$	极不利于对大气污染物的清除

注：A 为大气自净能力指数（单位： $10^4 \text{km}^2/\text{a}$ ）

大气自净能力指数A的计算公式如下：

$$A = 3.1536 \times 10^{-3} \times \frac{\sqrt{\pi}}{2} \times V_E + 1.7 \times 10^{-2} \times R \times \sqrt{S} \quad (7.1-4)$$

式中：R为降水强度，单位为毫米/天（毫米/d）；S为单位面积，取 100 平方千米； V_E 为通风量，单位为平方米/秒（米²/s），其具体计算方法如下：

$$\begin{aligned} V_E &= (u_{200} + u_{10}) \times 0.5 \times L_b & L_b < 200m \\ V_E &= 200 \times (u_{200} + u_{10}) \times 0.5 \times (L_b - 200) \times u_{200} & L_b \geq 200m \end{aligned} \quad (7.1-5)$$

式中， u_{200} 为 200 米高度处的风速，单位为米/秒（米/s）； u_{10} 为 10 米高度处的风速，单位为米/秒(米/s)； L_b 为混合层高度单位为米(米)。 u_{200} 计算方法为：

$$u = u_{10} \times \left(\frac{Z}{10}\right)^{p_m} \quad (7.1-6)$$

式中：Z为高度，单位为米(米)； p_m 为不同大气稳定度对应的风速垂直分布廓线指数，见表 7.1-2。

表 7.1-2 不同大气稳定度对应的廓线指数

大气稳定度等级	A	B	C	D	E	F
廓线指数	0.07	0.07	0.1	0.15	0.25	0.25

大气稳定度的确定首先需要计算太阳倾角 δ ：

$$\begin{aligned} \delta &= (0.006918 - 0.399912\cos\theta_0 + 0.070257\sin\theta_0 \\ &\quad - 0.006758\cos2\theta_0 + 0.000907\sin2\theta_0 \\ &\quad - 0.002697\cos3\theta_0 + 0.00148\sin3\theta_0) \times 180/\pi \end{aligned} \quad (7.1-7)$$

式中， θ_0 为黄经，单位为度(°)：

$$\theta_0 = 360d_n/365 \quad (7.1-8)$$

式中， d_n 为一年中日期序数，0，1，2，...，365。

然后计算太阳高度角 h_0 ：

$$h_0 = \arcsin[\sin\varphi\sin\delta + \cos\varphi\cos(15t + \lambda - 300)] \quad (7.1-9)$$

式中： φ 为当地纬度，单位为度(°)；t为北京时间； λ 为当地经度，单位为度(°)；

由太阳高度角和云量从表 7.1-3 中查出太阳辐射等级。

表 7.1-3 太阳辐射等级划分表

总云量/ 低云量	夜间	h_0			
		$h_0 \leq 15^\circ$	$15^\circ < h_0 \leq 35^\circ$	$35^\circ < h_0 \leq 65^\circ$	$h_0 \leq 15^\circ$
$\leq 4/\leq 4$	-2	-1	+1	+2	+3
$5\sim 7/\leq 4$	-1	0	+1	+2	+3
$\geq 8/\leq 4$	-1	0	0	+1	+1
$\geq 8/5\sim 7$	0	0	0	0	+1
$\geq 8/\geq 8$	0	0	0	0	0

由太阳辐射等级和地面风速从表 7.1-4 中查出大气稳定度等级。

表 7.1-4 大气稳定度等级划分表

地面风速(米/s)	太阳辐射等级					
	+3	+2	+1	0	-1	-2
≤ 1.9	A	A~B	B	D	E	F
$2\leq x < 2.9$	A~B	B	C	D	E	F
$3\leq x < 4.9$	B	B~C	C	D	D	E
$5\leq x < 5.9$	C	C~D	D	D	D	D
≥ 6	D	D	D	D	D	D

(2) 式中混合层高度的计算方法在山西为：

$$L_b = a_s \times \frac{u_{10}}{f}$$

大气稳定度

为 A、B、C

和 D 级时 (7.1-10)

$$L_b = b_s \times \sqrt{\frac{u_{10}}{f}}$$

大气稳定度

为 E 和 F 时

式中， a_s 为热力混合层系数， b_s 为机械混合层系数， a_s 和 b_s 的值见表 7.1-5。 f 为地转参数。

表 7.1-5 山西地区 a_s 和 b_s 的值

大气稳定度	A	B	C	D	E	F
混合层系数	0.073	0.060	0.041	0.019	1.66	0.70

注：大气稳定度为 A、B、C 和 D 时，为热力混合层系数；大气稳定度为 E 和 F 时，为机械混合层系数。

大气自净能力指数越大，说明大气自净能力越强；大气自净能力指数越小，则反之。

大气混合层伸展的高度是混合层高度。混合层高度是研究地表向大气排放污染物状况的重要参数。混合层高度越高，越有利于污染物垂直方向的扩散，因此，混合层高度是决定地面污染浓度的重要因子。混合层具有明显随时间变化的特征，不同的气象条件和天气过程会影响混合层高度。利用上文所述的方法计算了园区内的混合层高度，园区内混合层高度的季节变化表现为春季最高，达到了 769.6 米；夏、秋次之，分别为 518.7 和 417.0 米，冬季最低，为 352.3 米，年均混合层高度为 514.4 米（详情见表 7.1-8）。

表 7.1-8 开发区内混合层高度（单位：m）

时间	春季	夏季	秋季	冬季	年均
混合层高度	769.6	518.7	417.0	352.3	514.4

由评估结果可知，开发区年均大气自净能力等级为三级，对大气污染物的清除作用不明显；秋季和冬季大气自净能力等级为四级，稳定度 E 级出现的频率也较高，同时混合层高度最低，不利于大气污染的水平扩散。冬季受取暖影响污染物排放增大，极易造成空气质量下降，为了保证开发区及交城城区空气质量，建议开发区内各园区优化能源结构，严格环境准入，加强对重点行业和居民生活污染的控制。合理规划园区布局，加强环境管理和企业废气污染防治与控制，从源头减少废气污染。其次，采取有效措施防治机动车尾气、扬尘等污染。开发区运营期间，及时根据气象预报信息，制定污染防治的企业分级方案，采取差异化管控，冬季重污染预警期间，针对不同企业采取不同的减排措施，尽量抵消采暖排放增加和不利气象条件带来的影响。

7.1.2 大气扩散条件的数值模拟

污染物浓度分布受到平流、对流、干湿沉降等物理过程和气相、液相、非均相等化学过程的影响，是非常复杂的大气现象。数值模式可以利用数学的方法，综合考虑各种过程和影响因素，描述污染物在大气中的迁移、转化规律，是大气化学中的一种重要的研究方法。本报告应用数值模式对园区重污染时段和清洁时段、冬季和夏季平均状态进行模拟，可为制定大气污染防治政策作科学参考。

1) 模式系统介绍及模拟设置

区域大气化学模式系统 WRF-CMAQ 分为气象模式 WRF (Weather Research and Forecasting model) 和多尺度空气质量模式 CMAQ (Community Multi Scale Air Quality) 两部分。WRF 为 CMAQ 提供必要的气象场数据，包括风、温、压、湿以及边界层高度、混合层厚度、大气稳定度等边界层结果参数。CMAQ 为计算各污染物在大气中演化的主体部分，通过读入气象场、排放源等信息最终可给出污染物质量浓度 (包括气溶胶分模态数浓度) 随时间变化的三维分布情况。该模式系统先后应用于东亚、华北平原、珠江三角洲、长江三角洲、贵州、兰州等区域大气污染物的来源、输送与化学转化过程的模拟分析，模式系统架构见图 7.1-1。

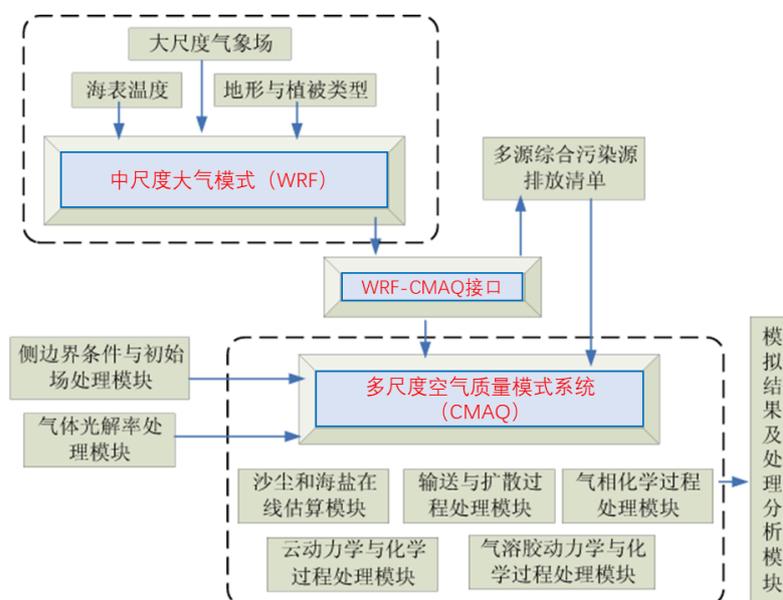


图 7.1-1 WRF-CMAQ 模式系统框架结构

在 WRF-CMAQ 模式系统基础上耦合了集成数值源追踪模块 ISAM(Integrated

Source Appointment Method), 建立了 WRF-CMAQ-ISAM 数值源解析模式系统。ISAM 模块是在早期源追踪模块 PSAT 和 TSSA 之上发展的最新一代污染物追踪数值模块。ISAM 的特点是可正向模拟追踪污染物在大气中的演变过程, 从而在机理层面建立大气中污染物、尤其是二次污染物与排放源的确切对应关系, 克服对污染物来源地区难以识别和排放源共线性问题, 实现对污染物的溯源解析。ISAM 模块与普通模块不同, 其耦合涉及到污染物演化的各个过程, 包括线性过程: 对流、扩散、干沉降, 以及非线性过程: 气相化学、液相化学、湿沉降等。最终, ISAM 模块可提供的结果为: 标记污染源产生的各种污染物在模拟区域内每个网格点、每个输出时刻的质量浓度, 与所有排放源产生的污染物总浓度的比值, 即为标记污染源的贡献比例。

本报告中使用的两层嵌套设置, 第一层分辨率为 15 公里, 主要覆盖长江以北、青藏高原以东、贝加尔湖以南、朝鲜半岛以西的区域, 第二层分辨率为 3 公里, 主要覆盖山西省。模式系统污染源使用哥白尼数据中心 CAMS-ANT4.0 版本 2020 年数据, 在本报告的模拟过程中对开发区和城区内的污染源数据设置了追踪标记, 大气扩散评估即以开发区和城区内的污染源扩散为评估对象。

2) 冬季大气扩散评估

冬季扩散能力模拟评估选取的时段为 2020 年 1 月 13 日-1 月 22 日, 以晋中市为参考对象, 从空气质量指数历史数据来看, 该时段空气质量等级良的天数为 4 天, 轻度污染天数为 3 天, 中度污染 2 天, 重度污染天数为 1 天。考虑到不同层次的扩散特征和扩散能力, 本报告选取了 35、80、150、200 米四个层次的颗粒物分布情况作为评估对象。

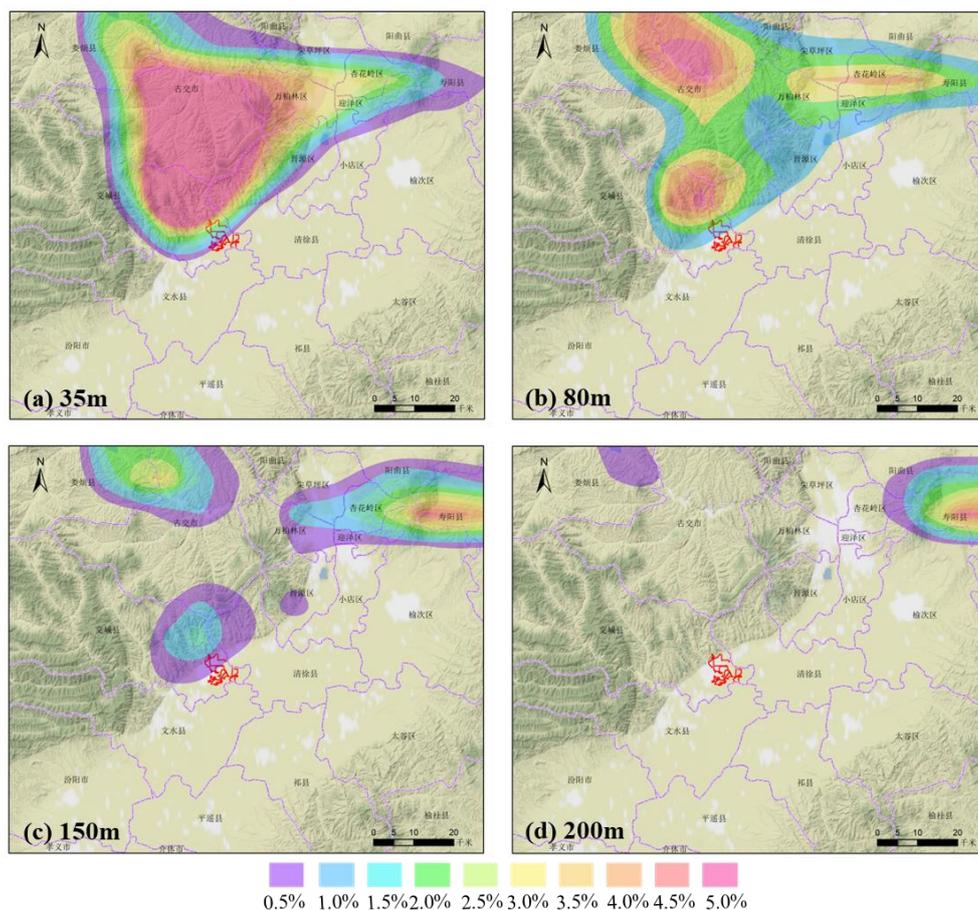


图 7.1-2 冬季 35、80、150 和 200 米高度的颗粒物扩散情况

从图 7.1-2 可以看出，在 35 米高度，颗粒物的传输贡献高值区主要在交城县城区、交城县西部山区、清徐县、太原市西部和古交市等地，贡献率达到 5.0%，其次，传输影响比较大的地区为太原市晋源区和万柏林区，其贡献可以达到 2.0%~3.0%。在 80 米高度，传输影响贡献比较显著的区域在古交市北部、太原市杏花岭、万柏林和迎泽区，以及交城县东北等地，贡献率达到 3.5~4.5%。在 150 米，主要贡献区域与 80 米的类似，但影响范围较小、贡献率也较低，在 1.5%~3.0%。在 200 米高度，扩散影响范围逐渐降低，贡献率也逐渐减小。

3) 夏季大气扩散评估

冬季扩散能力模拟评估选取的时段为 2020 年 6 月 17 日-6 月 26 日，从晋中市（距离交城县最近）空气质量指数历史数据来看，该时段空气质量等级良的天数为 2 天，轻度污染天数为 8 天，首要污染物均为臭氧。考略到不同层次的扩散特征和扩散能力，本报告选取了 35、80、150、200 米四个层次的臭氧分布情况作为评估对象。

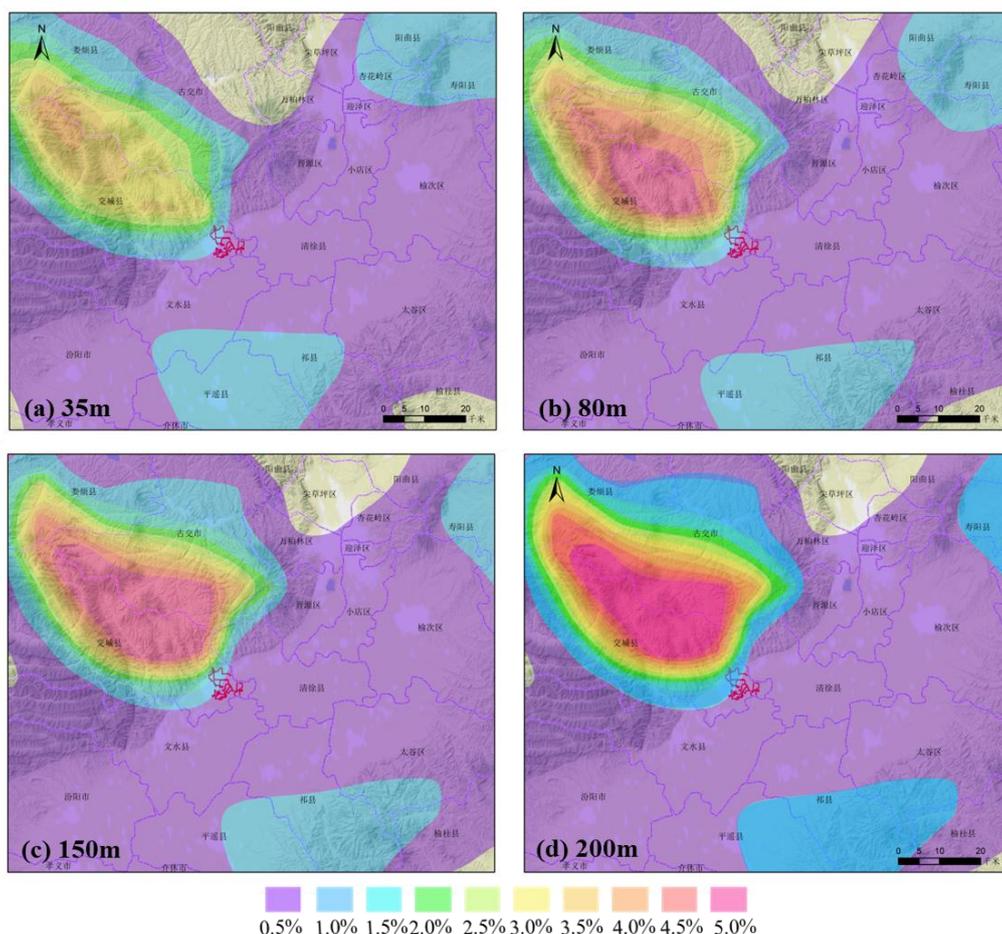


图 7.1-3 夏季 35、80、150 和 200 米高度的臭氧扩散情况

从图 7.1-3 可以看出，在 35 米高度，臭氧主要向北扩散，主要影响范围包括交城县大部分地区、古交市西部，贡献率在 1.5~3.5%之间，其次，影响比较显著的区域在太原市晋源区，贡献率在 1.0%~2.5%。在 80、150、200 米高度，主要贡献区域较为类似，主要影响区域仍然在交城县大部分地区、古交市西部等地，贡献率达到了 4.0%~5.0%。

7.1.3 小结

1) 开发区年均大气自净能力等级为三级，对大气污染物的清除作用不明显；秋季和冬季大气自净能力等级为四级，高稳定度天气频率也较高，同时混合层高度较低，不利于大气污染的水平扩散。冬季受取暖影响污染物排放增大，极易造成空气质量下降。为了保证开发区及交城城区空气质量，建议开发区内各园区优化能源结构，严格环境准入，加强对重点行业和居民生活污染的控制。合理规划园区布局，

加强环境管理和企业废气污染防治与控制，从源头减少废气污染。其次，采取有效措施防治机动车尾气、扬尘等污染。开发区运营期间，及时根据气象预报信息，制定污染防治的企业分级方案，采取差异化管控，冬季重污染预警期间，针对不同企业采取不同的减排措施，尽量抵消采暖排放增加和不利气象条件带来的影响。

2) 冬季颗粒物的传输贡献高值区主要在交城县城区、交城县西部山区、清徐县、太原市西部和古交市等地，夏季臭氧主要向北扩散，主要影响范围包括交城县大部分地区、古交市西部、太原市晋源区等。

7.2 太阳能资源开发利用潜力评估

根据开发区规划内容，开发区工业涉及煤化工产业。论证并合理使用开发区太阳能资源是未来园区产业能源供应的主要方向：如供电工程可以以太阳能光伏发电等其他新兴能源为补充。光伏发电是指通过光伏发电系统与电网相连并向电网输送电力，利用太阳能电池半导体材料的光伏效应，将太阳光辐射能直接转换为电能，是国家鼓励的绿色能源项目，体现了因地制宜、清洁高效、替代和减少化石能源消耗的优势。

为了计算开发区太阳能辐射及有关参数量值，本项目利用距离交城最近的太原太阳辐射观测站 1992-2021 年的太阳总辐射资料、日照时数、日照百分率资料和交城气象观测站日照时数、日照百分率等资料，建立两地统计学推算方程，推算交城太阳总辐射量，模拟交城直接辐射和散射辐射量值，最后估算太阳能发电量。

7.2.1 交城太阳能资源评估

1) 交城天文太阳辐射量

天文太阳辐射又称为地球外太阳辐射、大气顶太阳辐射。天文辐射能量的分布是因纬度而异的。根据《太阳能资源评估方法》（QX/T89-2018），结合参证气象站地理纬度计算月天文太阳辐射量，可以得到交城年天文太阳辐射量为：10718.93 兆焦/平方米。表 7.2-1 和图 7.2-1 给出了交城天文辐射年变化情况，由此可知，交城天文太阳辐射量呈现单峰形态，12 月最低，5-7 月最高，辐射量在 514.81 兆焦/平方米~1261.74 兆焦/平方米之间。

表 7.2-1 月天文太阳辐射量 (MJ/m²)

月份	1	2	3	4	5	6
天文辐射	520.63	619.66	893.30	1061.04	1235.15	1250.12
月份	7	8	9	10	11	12
天文辐射	1262.21	1149.62	940.40	758.85	551.47	476.48

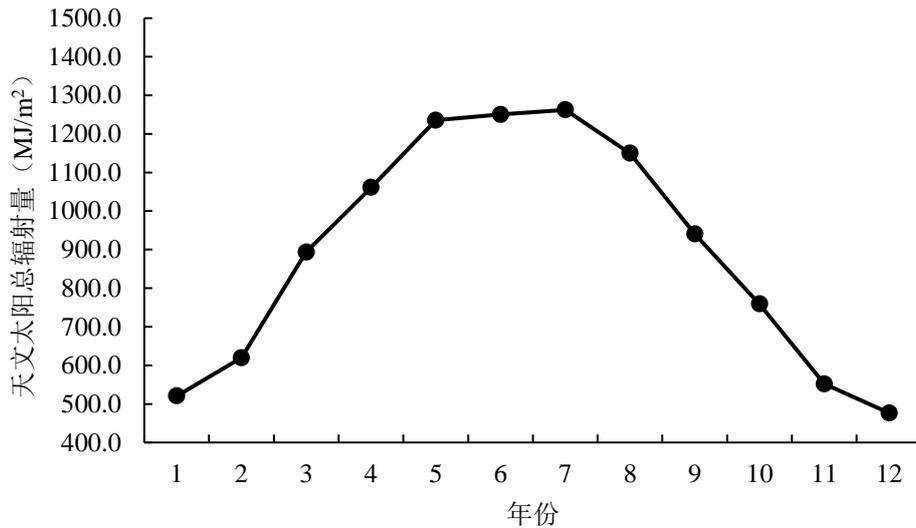


图 7.2-1 交城天文太阳辐射量年变化图

2) 交城年平均太阳辐射量

太阳总辐射是指太阳光通过大气层直射和散射到达地面部分的能量，是地表热量的主要提供者，也是太阳能新能源的动力源泉。由于交城无太阳辐射观测站，按照《太阳能资源评估方法》(QX/T89-2018)，对于无太阳辐射观测的地点，可选择最近有太阳辐射观测资料的站点作为参考，建立经验公式对太阳总辐射量进行计算，计算公式如下：

$$Q_M = Q_0(a + bS) \quad (7.2-1)$$

式中， Q_* 是太阳总辐射量， Q_0 是天文辐射量， S 是日照百分率， a 和 b 是经验系数，经计算可得 $a=0.385$ ， $b=0.065$ 。代入上式计算后，得到了1992-2021年逐月太阳总辐射量（见表7.2.2）。

1992-2021年，交城水平面太阳总辐射年际变化如图7.2-2，年均太阳总辐射为5129.96兆焦/平方米，总辐射在5090.21~5186.86兆焦/平方米之间变化。

表 7.2-2 不同月份太阳总辐射量 (MJ/m²)

月份	1	2	3	4	5	6
太阳总辐射	264.40	318.03	458.11	547.55	637.33	638.87
月份	7	8	9	10	11	12
太阳总辐射	641.43	585.40	479.26	388.51	282.48	242.82

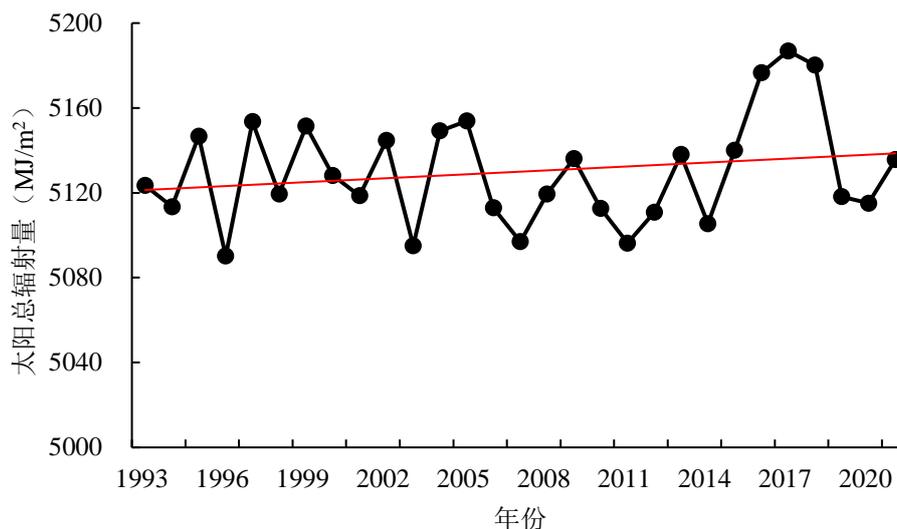


图 7.2-2 交城 1992-2021 年水平面太阳总辐射年际变化

交城年平均太阳总辐射量为 5129.96 兆焦/平方米，按照太阳能资源丰富程度等级规定（见表 7.2-3），该地区太阳能资源丰富程度属于“资源很丰富”一级。

表 7.2-3 太阳能资源丰富程度等级

资源丰富程度	太阳总辐射年总量	
	MJ/m ²	kW·h/m ²
资源最丰富	≥6300	≥1750
资源很丰富	5040~6300	1400~1750
资源丰富	3780~5040	1050~1400
资源一般	<3780	<1050

直射比是衡量一个地方水平面上太阳直接辐射占总辐射的比值，采用直射比作为衡量指标，将全国太阳能资源分为如表 7.2-4 的四个等级（中华人民共和国国家标准《太阳能资源等级总辐射》）。交城直接辐射量的年平均值为 2723.00 兆焦/平方米

左右，散射辐射量为 2406.77 兆焦/平方米左右，直射比为 0.53，太阳辐射直射比等级为 B 级。

表 7.2-4 中国太阳能资源直射比（RDB）等级

等级名称	分级阈值	等级符号	等级说明
很高	$R_{DB} \geq 0.6$	A	直接辐射主导
高	$0.5 \leq R_{DB} < 0.6$	B	直接辐射较多
中	$0.35 \leq R_{DB} < 0.5$	C	散射辐射较多
低	$R_{DB} < 0.35$	D	散射辐射主导

3) 交城水平面太阳直接辐射

由于交城无直接辐射观测数据，因此，交城水平面月直接辐射量需要通过公式化计算得出。计算公式如下：

$$Q_d = Q_g (1-a) \left(1 - \exp \left[-bS^c / (1-S) \right] \right) \quad (7.2-2)$$

式中： Q_d 和 Q_g 分别为水平面直接辐射月总量、太阳总辐射月总量，单位为米 J/米²； S 为日照百分率； a 、 b 、 c 为经验系数，根据推算得到的太阳总辐射量，用统计方法计算可以得到月直接辐射量。

此外，月散射辐射量计算公式如下：

$$Q_s = Q_g - Q_d \quad (7.2-3)$$

式中： Q_s 、 Q_g 、 Q_d 分别为月太阳散射辐射、总辐射、直接辐射，单位为米 J/米²。

1992-2021 年，交城水平面平均太阳总辐射、直接辐射和散射辐射的年变化如图 7.3-3，从图中来看：直接辐射、散射辐射均呈单峰形态，各月直接辐射均大于散射辐射，直接辐射最大值出现在 7 月份，为 341.68 兆焦/平方米；散射辐射最大值出现在 8 月份，为 300.05 兆焦/平方米。

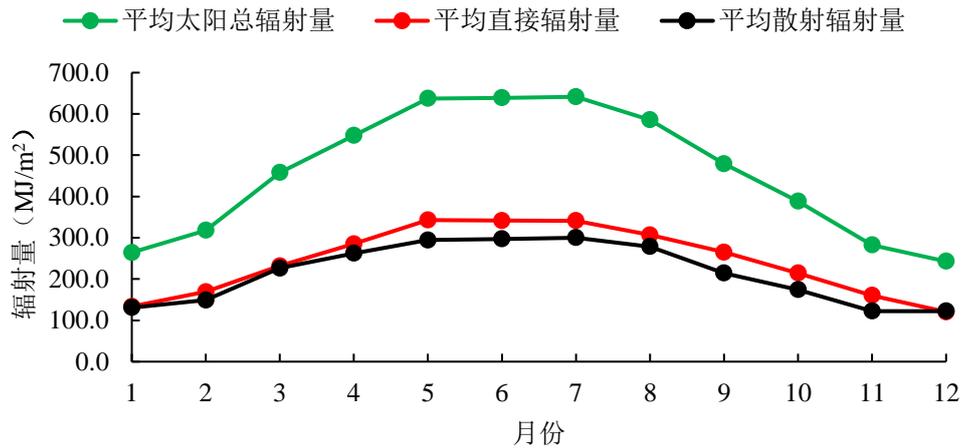


图 7.2-3 交城 1992-2021 年水平面直接辐射和散射辐射年变化

7.2.2 开发区太阳能资源利用

1) 开发区太阳能电池板倾斜面太阳辐射

太阳光伏系统，也称为光生伏特，简称光伏，是指利用光伏半导体材料的光生伏特效应而将太阳能转化为直流电能的设施。光伏设施的核心是太阳能电池板。目前，光伏太阳能电池板阵列一般根据辐射方位采取斜面式安装，以尽量获取更多的辐射能。安装方式分为固定斜面、半年调节斜面角度或各月调节斜面角度等方式，根据成本和发电量确定。

本项目计算了开发区太阳能电池板倾斜面太阳辐射量，可更有效获取更多太阳能。

倾斜面月太阳总辐射量计算公式如下：

$$Q_r = Q_d R_b + Q_s \left[\frac{Q_d}{Q_g} R_b + \left(1 - \frac{Q_d}{Q_g} \right) \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) \right] + Q_g \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \rho \quad (7.2-4)$$

$$R_b = \frac{\frac{\pi}{180} \omega \sin(\varphi - \beta) \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega}{\frac{\pi}{180} \omega \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega} \quad (7.2-5)$$

式中： Q_r 为倾斜面上太阳月总辐射量，单位为兆焦/平方米； Q_s 、 Q_d 为水平面太阳月总辐射量、月直接辐射量，单位为兆焦/平方米； R_b 为方位角正南时，倾斜面与水平面上的日太阳直接辐射之比的月平均值； β 为倾斜面与水平面夹角（倾角），单位

为度； ρ 为月平均地表反照率，根据实际地表情况选取 0.2； φ 、 δ 、 ω 分别为地理纬度、太阳赤纬、日落时角，单位为弧度（rad）。

根据计算结果，选取 37° 为最佳倾角，该倾斜角度下年总辐射量为 6118.43 兆焦/平方米，较水平面总辐射量提高 19.3%，考虑光伏电池测试的标准辐照度为 1 千瓦/平方米，可将最佳倾斜面上年总辐射辐照量换算为峰值日照时数，为 1699.56 小时。

2) 开发区太阳能资源可利用发电量

为了更好地说明开发区所在地太阳能资源的可利用情况，采用首年光伏发电小时数和太阳能资源储量进行说明。首年光伏发电小时数计算公式如下：

$$H = E/3.6 \times \varepsilon \times \omega / \rho \quad (7.2-6)$$

式中： H 为首年光伏发电小时数， E 为年太阳总辐射量（兆焦/平方米）； ε 为水平面辐射转换为斜面辐射的经验值，通常取值 1.05； ω 为光伏系统转换效率，根据目前光伏发电系统的普遍效率损失情况，通常取值为 0.8154； ρ 为标准辐照度，其值为 1 千瓦/平方米。

经计算，通过上述经验公式计算得到的开发区首年光伏发电小时数为 1455.12 小时。

开发区光伏资源技术开发量的计算公式如下：

$$P = E/3.6 \times S \times e \times \eta \quad (7.2-7)$$

式中： P 为光伏资源技术开发量； E 为年太阳总辐射量（兆焦/平方米）； S 为开发区面积（平方米）； e 为太阳能资源面积可利用率，设定分别为 2%、5% 和 10%； η 为光电转换效率，此处取 0.18。经计算开发区光伏资源技术开发量如表 7.2-5 所示。

表 7.2-5 开发区光伏资源技术开发量

太阳能资源面积可利用率 e (%)	光伏资源技术开发量 (kW·h/a)
2	1.65×10^8
5	4.13×10^8
10	8.27×10^8

7.2.3 小结

光伏电站建设具有因地制宜、清洁高效、替代和减少化石能源消耗的优势。

交城水平面年总太阳辐射量在 5129.96 兆焦/平方米左右，属于太阳能资源很丰富区。37°为开发区光伏板最佳安装倾角，最佳倾角下年总太阳辐射量在为 6118.43 兆焦/平方米左右，换算为峰值日照时数为 1699.56 小时。根据分析，通过经验公式计算得到的开发区首年光伏发电小时数为 1455.12 小时。当开发区太阳能资源面积可利用率分别为 2%、5%和 10%时，光伏资源储量分别为 1.65×10^8 千瓦·时/年、 4.13×10^8 千瓦·时/年、 8.27×10^8 千瓦·时/年，具有很好的光伏资源开发利用价值。用户可以在开发区根据需求铺设光伏组件，高效利用清洁能源。

7.3 雷击风险评估

雷击风险评估是指根据项目所在地雷电活动时空分布特征及其危害特征，结合现场情况进行分析，对雷电可能导致的人员伤亡、财产损失程度与危害范围等方面的综合风险计算。本报告利用山西省闪电定位系统资料，对交城县闪电活动的时空分布与危害特征进行了分析，从而为交城经济开发区规划布局、防雷级别与防雷措施确定、雷灾事故应急方案提供依据。

7.3.1 地闪空间分布

地闪回击是指地闪通道中电荷快速被中和的过程，通常伴随大电流、强电磁辐射和强烈发光现象。地闪密度是指单位面积、单位时间的平均地闪次数。

对闪电定位经纬度数据进行格点化处理，得到 2012-2021 年交城县年平均地闪密分布图。地闪活动主要分布于交城东南部和西北部，交城城区和庞泉沟国家级自然保护区位于交城地闪大值区。开发区平均地闪密度为 1.22 次/平方公里/年，高于交城县平均地闪密度 1.06 次/平方公里/年，开发区遭受雷击的概率相对较高，且由于开发区内焦化、冶炼、铸造、机械加工、化肥和生物工程等企业易燃易爆危险物质较多，烟气废水腐蚀大，雷击对开发区生产生活仍有很大危害。开发区内各建(构)筑物严格按防雷分类等级，做好雷、防静电措施。企业应做好企业风险分级管控，同时，结合企业规章制度，开展定期检测，加强防腐检修，最大限度地减轻雷电灾害对企业造成的危害和损失。

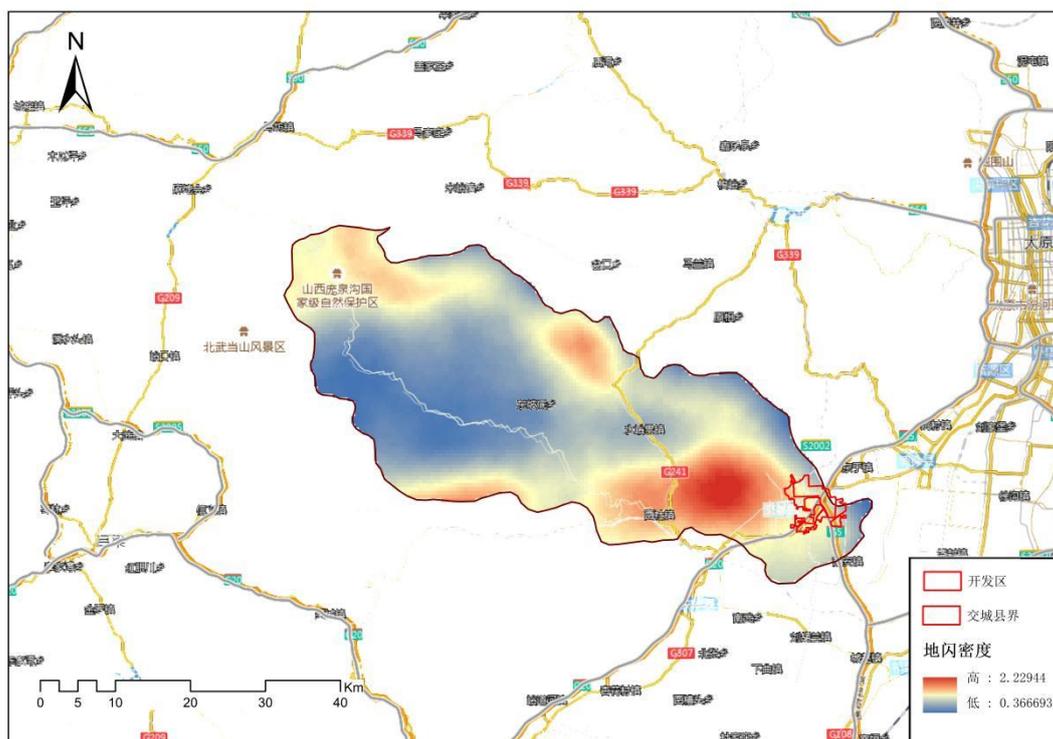


图 7.3-1 2012-2021 年交城县平均地闪密度空间分布（次/平方公里/年）

7.3.2 地闪时间分布

1) 年际变化

近 10 年来，2017 年地闪频次最多，达 4548 次，2016 年地闪频次次之，为 4509 次，2014 年最少，为 6 次。从统计数据来看，交城县地闪频次总体呈不规则趋势，具有一定的雷击风险。

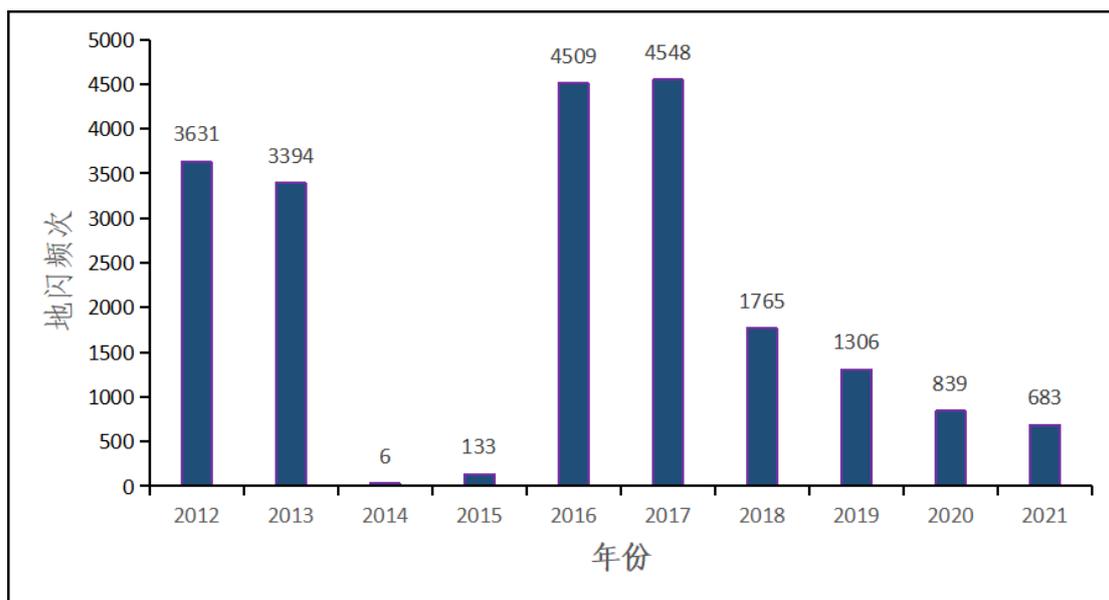


图 7.3-2 交城县地闪回击年际变化（次）

2) 年变化

由 2012-2021 年地闪频次年变化可知，上半年地闪活动逐月增多，7 月达到顶峰，随后地闪频次逐月减少，交城县地闪活动主要集中在 6-8 月，6-8 月地闪频次占全年地闪 90%，其余月份地闪活动较少，6-8 月易发生对流性天气，秋冬季节对流天气较少，地闪活动减少。对于春季、秋季和冬季，雷暴天气出现概率较低，但仍有地闪发生，其危害强度并不小，所以地闪活动低发季节的防御工作仍然不能忽视。

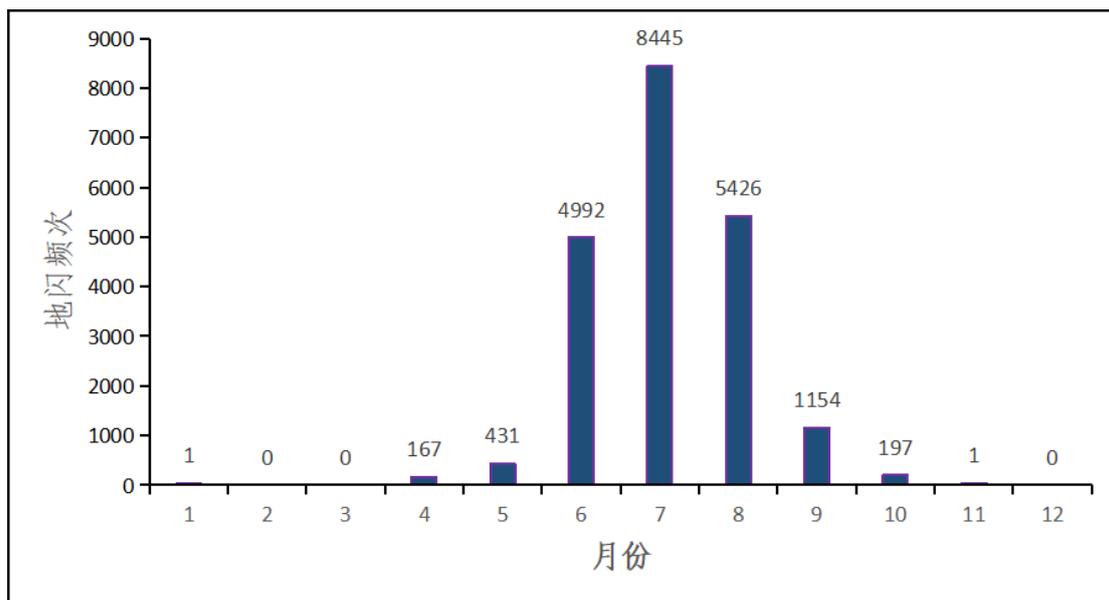


图 7.3-3 交城县地闪回击年变化

3) 日变化

由交城县 2012-2021 年地闪频次日变化分布图可知，地闪在 11 时后逐渐增多，最大值出现在 15 时，次高峰出现在 18 时，22 时-10 时地闪活动较少。由此可知 11 时-21 时为雷电防御关键时段。

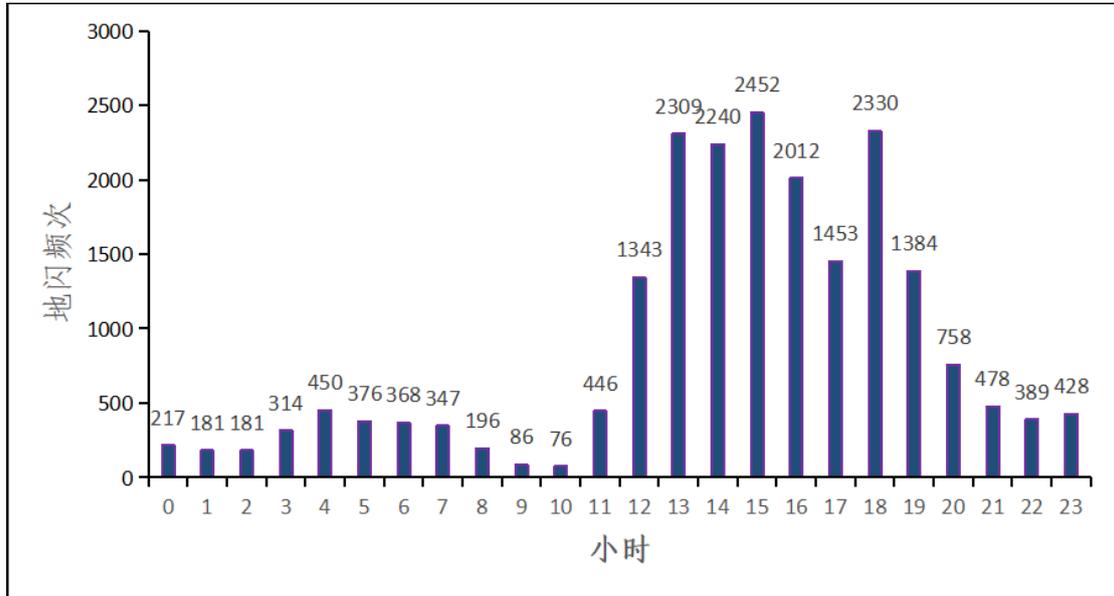


图 7.3-4 交城县地闪回击日变化

7.3.3 雷电危害分析

1) 雷电流强度分析

(1) 逐月雷电流平均强度及最大强度

近 10 年，交城县各月累计雷电回击次数在 0~8445 次之间，7 月份累计雷电回击次数最多，共计 8445 次；8 月份次之。最大雷电流发生在 6 月，为 448.2 千安，4 月平均雷电流强度最大，为 47.6 千安。2、3、12 月无雷电流回击。

表 7.3-1 交城县地闪逐月雷电流统计

月份	累计回击次数 (次)	最大雷电流强度 (kA)	平均强度 (kA)
1	1	30.3	30.3
4	167	202.0	47.6
5	431	180.8	37.3
6	4992	448.2	29.3
7	8445	254.7	31.2
8	5426	266.9	32.5

月份	累计回击次数(次)	最大雷电流强度(kA)	平均强度(kA)
9	1154	210.7	29.0
10	197	227.2	37.3
11	1	32.9	32.9

(2) 雷电流强度的概率分布

根据历史地闪回击数据统计得到雷电流强度频率分布图(图 7.3-5), 取频率间隔为 10 千安, 交城县地闪回击雷电流强度主要集中在 20~60 千安, 占比大于 90%; 大于 100 千安雷电流占比为 2.0%。

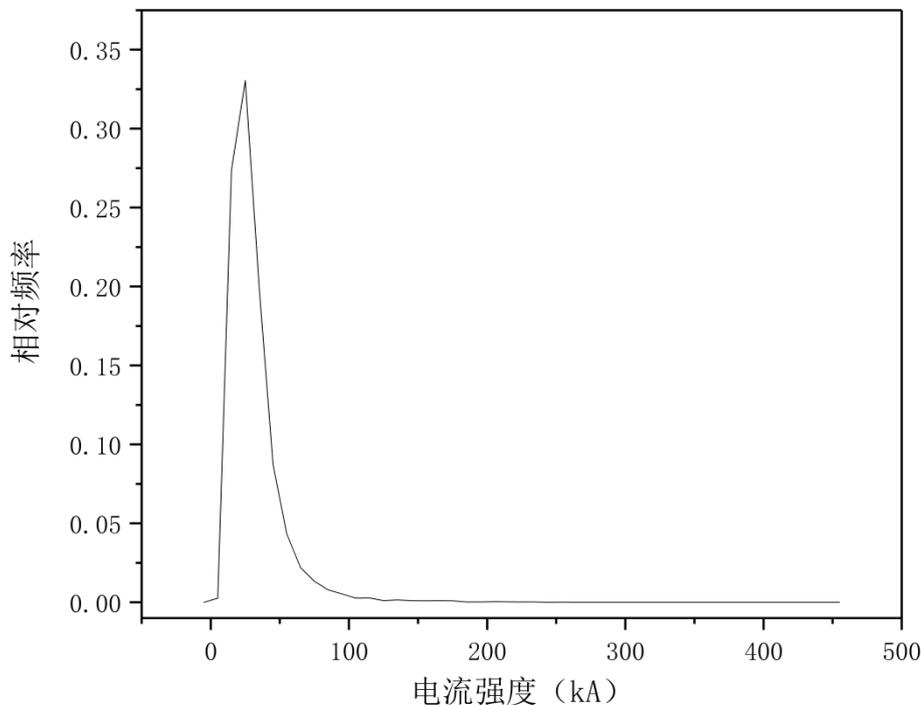


图 7.3-5 交城县地闪雷电流强度频率分布

(3) 雷电流绕击及反击分析

雷电流绕击是指雷电击中在接闪器保护范围内的被保护物上的雷击现象。雷电流反击通常指遭受直击雷的金属体(包括接闪器、接地引下线和接地体), 在引导强大的雷电流流入大地时, 在它的引下线、接地体以及与它们相连接的金属导体上会产生非常高的电压, 对周围与它们连接的金属物体、设备、线路、人体之间产生巨大的电位差, 这个电位差会引起闪络。在接闪瞬间与大地间存在着很高的电压, 这电压对

与大地连接的其他金属物品发生放电（又叫闪络）的现象叫反击。

对于一、二、三类防雷建筑物，当雷击流 I 分别小于 5.4 千安、10.1 千安、15.8 千安时，有可能穿过接闪器击中在被保护物体上。同时一、二、三类防雷建筑物设计能承受保护的最大雷电流幅值分别为 200 千安、150 千安、100 千安，当雷电流大于上述幅值时，可能出现反击，对人员和其他物体造成危害。

近十年，交城县一类防雷建筑物小于 5.4 千安雷电流共发生 1 次，发生雷电流绕击的概率为 0.004%，大于 200 千安的雷电流共发生 31 次，发生雷电流反击的概率为 0.15%；二类防雷建筑物小于 10.1 千安雷电流共发生 69 次，发生雷电流绕击的概率为 0.33%，大于 150 千安的雷电流共发生 107 次，发生雷电流反击的概率为 0.51%；三类防雷建筑物小于 15.8 千安雷电流共发生 2764 次，发生雷电流绕击的概率为 13.28%；大于 100 千安的雷电流共发生 301 次，发生雷电流反击的概率为 1.45%。

表 7.3-2 交城县雷电流绕击及反击概率

	绕击频次	绕击率 (%)	反击频次	反击率 (%)
一类防雷建筑物	1	0.004	31	0.15
二类防雷建筑物	69	0.33	107	0.51
三类防雷建筑物	2764	13.28	301	1.45

(4) 未来发生的雷电流幅值分布

按照电气和电子工程师协会 (IEEE) 公布的雷电流幅值累积概率分布公式。对公式进行拟合，获得交城县雷电流幅值累积概率分布公式 (7.3-1)，其残差平方和为 0.000263，精度较高，从图 7.3-6 也可以看出交城县雷电流累计分布与公式拟合间差异较小。

$$P(> I) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{21.21387}\right)^{2.82986}} \quad (7.3-1)$$

根据公式推导交城县未来可能发生的地闪回击电流特征 (表 7.3-3)。

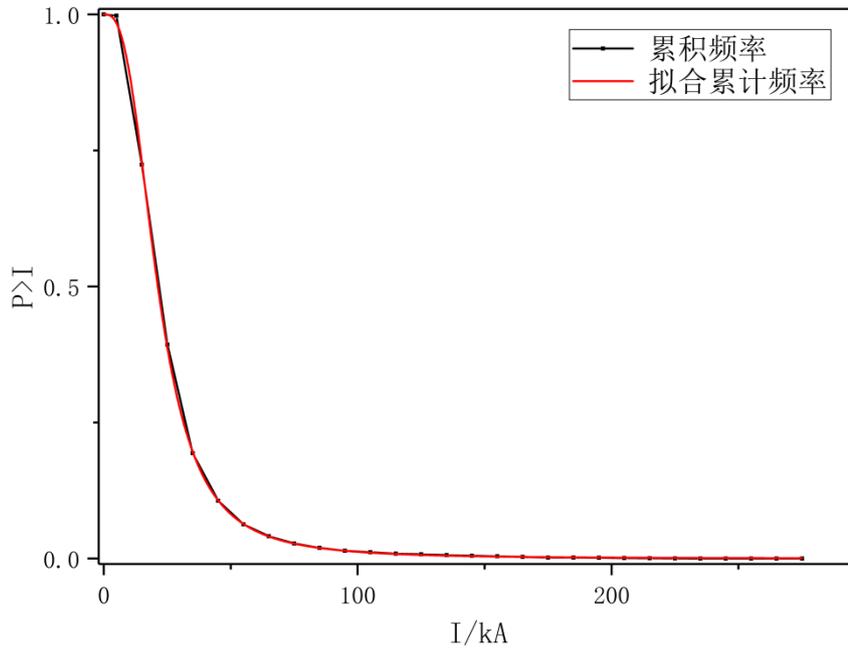


图 7.3-6 交城县雷电流数据与拟合曲线

表 7.3-3 未来可能出现的地闪次数及雷电流强度分布

雷电电流强度	雷电电流累计概率 (%)	未来 10 年可能发生的地闪回击次数	未来 20 年可能发生的地闪回击次数	未来 50 年可能发生的地闪回击次数
>0	100.00	20814	41628	104070
>10	99.74	20760	41520	103800
>20	72.37	15064	30128	75320
>30	39.32	8184	16368	40920
>40	19.37	4031	8062	20155
>50	10.64	2214	4428	11070
>60	6.29	1310	2620	6550
>70	4.10	853	1706	4265
>80	2.77	576	1152	2880
>90	1.98	412	824	2060
>100	1.45	301	602	1505
>110	1.18	245	490	1225
>120	0.90	188	376	940
>130	0.79	164	328	820
>140	0.63	131	262	655
>150	0.51	107	214	535

雷电电流强度	雷电电流累计概率 (%)	未来 10 年可能发生的闪电回击次数	未来 20 年可能发生的闪电回击次数	未来 50 年可能发生的闪电回击次数
>160	0.41	86	172	430
>170	0.30	62	124	310
>180	0.19	40	80	200
>190	0.17	36	72	180
>200	0.15	31	62	155
>210	0.11	22	44	110
>220	0.07	15	30	75
>230	0.05	11	22	55
>240	0.02	5	10	25
>250	0.02	5	10	25
>260	0.01	3	6	15

2) 雷电流陡度分析

雷电流随时间上升的变化率称为雷电流的陡度，雷电流陡度对过电压有直接影响。雷电流的强度是指脉冲电流所达到的最大值，波头时间是指电流上升到幅值的时间，强度和波头共同决定雷电流的陡度。

(1) 逐年雷电流陡度分析

交城县雷电平均陡度在 6.30~10.02 千安/微秒之间，2018 年最大；最大雷电流陡度在 13.2~266.0 千安/微秒之间，2013 年最大。

表 7.3-4 雷电流陡度逐年统计

年份	最大雷电流陡度 (kA/μs)	平均陡度 (kA/μs)
2012	266.0	7.86
2013	116.5	9.78
2014	13.2	7.00
2015	37.5	8.36
2016	42.8	8.31
2017	104.3	8.60
2018	31.7	10.02
2019	60.1	7.29
2020	44.1	6.30
2021	95.0	6.81

(2) 逐月雷电流陡度分析

交城县雷电平均陡度在 5.0~9.75 千安/微秒之间，4 月的平均陡度最大，8 月次之；最大雷电流陡度在 5.0~266.0 千安/微秒之间，4 月最大，7 月次之。可以看出，在夏季论证分析范围出现雷电流陡度高值的概率较大。

表 7.3-5 雷电流陡度逐月统计

月份	最大雷电流陡度 (kA/μs)	平均陡度 (kA/μs)
1	5.1	5.1
4	266.0	9.75
5	33.8	7.75
6	95.0	7.69
7	116.5	8.83
8	85.1	9.0
9	44.1	7.26
10	16.8	7.39
11	5.0	5.0

7.3.4 开发区主要生产场所防雷措施注意事项

开发区内焦化、冶炼、铸造、机械加工、化肥和生物工程等企业为雷电防护重点产业，由于企业产品生产制造的过程比较复杂，并且在制造过程中所使用的原料和部分产品大多数是有毒有害、易燃易爆，在制备、运输以及储存过程中极易发生中毒、爆炸以及火灾等重大安全事故，对环境以及人员健康产生不可逆的危害，故园区内焦化、冶炼、铸造、机械加工、化肥和生物工程等企业产业为雷电防护重点企业。

1) 直击雷防护

(1) 对于煤气、苯等易燃易爆危险物质存储气柜或罐体，应设置独立环型防雷接地，接地体与罐壁距离应大于 3 米。其他建(构)筑物宜采用共用接地系统，接地电阻值应符合其中最小值要求。

(2) 接闪网(带)应沿屋檐、屋角和屋脊等易受雷击部位的外墙表面或变垂直面上敷设，距屋面边缘的距离不宜大于 100 毫米。多雷区，屋面拐角处宜安装短接闪杆。屋面上的接闪网与金属物体应连接成一个整体。

(3) 厚 ≥ 4 毫米的高大钢制设备、框架、大型管架以及罐顶设有带阻火器的金属气柜或罐体，且其支柱或基础内的钢筋表面积总和 S 满足：

$$S \geq 4.24K_c^2 = 0.82m^2 \quad (7.3-2)$$

式中：K 取 0.44

则可直接利用作为接闪、引下装置，其接地点不少于 2 处，接地间距不大于 18 米。

(4) 高度超过 40 米的塔体、烟囱等建筑物，应至少设置两条引下线，间距超过 18 米时，应增加引下线数量。宜利用螺栓连接或焊接的金属爬梯作为引下线用。

(5) 各放散管口应处于接闪器保护范围内。接闪器应高出管口 3 米，水平间距宜 4~5 米。

2) 感应雷防护

(1) 与气柜或金属罐体相接的电气、仪表配线应采用金属管屏蔽保护。其金属附件、配线金属管两端应接地。管路系统两端、每隔 200~300 米处、分支及拐弯处均应接地。

(2) 长金属物的弯头、阀门、法兰盘等连接处的过渡电阻不大于 0.03Ω 。否则，连接处应用金属线跨接。对于不少于五根螺栓连接的金属法兰盘，在非腐蚀环境下，可不跨接，但应构成电气通路。

(3) 平行管道间距小于 100 毫米时，应每隔 30 米用金属线连接，交叉点净距小于 100 毫米时，也应用金属线连接。

(4) 所有金属构件、设备、框架、管道、电缆金属保护层以及放空管等，均应连接到防雷电感应接地装置。

(5) DSC、PLC 等自动控制系统的电力、通信电缆应用铠装电缆或钢管，并分开敷设，设置隔离屏蔽。宜在两端和雷电防护区交界处做等电位连接并接地。

(6) 各防雷区交界处、所有控制设备的低压电源系统应加装 SPD 保护，通信系统安装信号 SPD 保护。

(7) 易燃易爆物质的输送管道与高压输电线平行或交叉敷设时，高压输电线铁塔防雷接地体安全距离不应小于 20 米。

3) 静电防护

(1) 皮带传动的机组、防护罩等以及推焦机、电动车等的行驶轨道应做好防静电接地。

(2) 凡是用来加工、输送、存储各种易燃液体、气体、粉体的设备及倾注剂漏斗、浮动灌顶、工作站台、磅秤等辅助设备均需做好防静电接地。

(3) 金属管段已作阴极保护处理的，可不设防静电接地。

4) 施工过程防雷指导建议

(1) 施工期安排

从地闪年变化和日变化规律分析，雷电活动随季节和时段的不同有明显的变化，施工时应根据季节变化和日变化合理安排工程施工进程，可将潜在雷击风险显著降低。

每年 6-8 月为雷电高发期，各类机房内灵敏设备安装、调试，应尽可能避开这几个月份，最好安排在 9-12 月份或 1-5 月份。

每天雷电活动主要集中在 11 时至 21 时，其中 13 时至 18 时最为活跃，不利于施工。塔吊等可用作接闪器的施工机械安装和拆卸作业应安排在雷电非活跃时期。综上所述，通过合理安排工期，尤其是高空作业和弱电系统设备的安装、调试应避开雷暴高发期，至少也将潜在雷击风险显著降低到 1% 以下。

(2) 实施雷电预警

根据目前雷暴预测手段和水平，施工阶段实施雷电预警可有效减小遭受雷击的风险。因此，建议施工期间实施雷电预警，并且施工单位应密切关注气象台发布的雷电预警信号，及时做好预防措施

(3) 施工过程防雷安全指导意见

① 施工现场办公板房、宿舍板房等应有直击雷防护措施，防雷接地电阻应不大于 10Ω 。

② 设于施工现场的交流电源工作接地、各类施工机械电气保护接地、防雷接地宜共用接地装置，接地电阻应不大于 4Ω ，可利用基础接地装置作为此共用接地装置。

③ 可利用塔吊、龙门吊等作为施工作业区直击雷防护的接闪装置，但必须保证塔吊的接地可靠，塔吊可直接链接在预留电气地端子上，每台塔吊连接点不少于两处。操作人员操作室宜采取直击雷防护措施，可设置 1-3 米的接闪杆，接闪杆与金属箱体应进行等电位连接。

④ 大型钢模板和设备就位后应及时与预留的接地端子等电位连接；施工过程中使用的临时支撑就位后，应及时与预留接地端子等电位连接。

⑤ 施工现场临时用电主干线宜采用屏蔽电缆，屏蔽层两端应做等电位连接和接地处理。

⑥ 塔吊、临时载客、货电梯等重要设备电力电缆、信号控制电缆应采用屏蔽电缆，屏蔽层两端应做等电位连接和接地处理；当采用非屏蔽电缆时，应穿金属管敷设，金属管两端应做等电位连接和接地处理。

⑦ 施工现场临时变压器高、低压侧应分别安装高、低压电源电涌保护器。同时对配电线路安装 2-3 级电源电涌保护器。第一级安装在低压电源线路的出线处，第二级安装在各用电区域的配电箱处，塔吊等重要机械设备前端配电箱内，应设置第二级电源电涌保护器。

⑧ 为防止接触电压导致人身伤亡事故，在人可触及的部位采取隔离措施或做绝缘处理，并设立警示标志；为防止跨步电压导致人身伤亡事故，应在环形接地装置处设立警示标志（若接地装置施工时已做绝缘处理，则可不设置警示标志）。

⑨ 施工单位应制定防雷安全管理制度，并对施工人员进行防雷安全知识培训。

5) 维护与管理

制定防雷安全管理制度，贯彻“安全第一，预防为主，防治结合”方针，加强雷电灾害防御工作，防止或减少因雷击造成的人员伤亡和财产损失，结合本开发区的实际情况，制定本防雷安全管理制度。

(1) 成立安全防雷领导小组，制定雷电灾害应急预案，在最短时间内做到组织领导到位、技术指导到位、物资资金到位、救援人员到位，确保高效妥善处理灾情。

(2) 建立健全雷电灾害报告制度，在遭受雷电灾害后及时向上级部门和气象主管机构报告灾情，并协助气象主管机构组织做好雷电灾害的调查、鉴定工作，分析雷电灾害事故原因，提出解决方案和措施。

(3) 有专人负责关注气象部门发出的雷暴预报，并及时告知有关部门和人员。

(4) 为确保防雷设施安全有效，加强对防雷设施的检查维护，如发现防雷设施损坏的，应及时告知所在市（区）的防雷检测所，尽快排除防雷安全隐患。在检测报告、合格证失效前提前十五个工作日向防雷检测所提出检测申请，积极配合做好防雷设施定期检测工作。

(5) 新建、扩建、改建的防雷装置必须向当地气象主管机构报建，通过防雷装置设计审核后方可进行施工，投入使用前要经过防雷验收合格。

(6) 要加强防雷知识的宣传教育，提高人员防雷安全意识和自我保护技能，制定相应的防范措施。

(7) 对违反法律法规导致雷击责任事故的，要依法追究有关单位和责任人的法律责任。

7.3.5 小结

1) 开发区平均地闪密度为 1.22 次/平方公里/年，高于交城县平均地闪密度为 1.06 次/平方公里/年。该数据可供设计单位做防雷设计时直接采纳使用。

2) 按照 GB50057 中规定，开发区内一般工业厂房、办公楼、住宅楼、加油站、备用发电机、燃料仓库等易燃易爆场所防雷类别划分应参照《建筑物防雷设计规范》（GB50057）第 3 章的要求。

3) 历史云地闪回击数据统计得到，2012 年地闪频次最多，达 1210 次。交城县地闪频次总体呈不规则趋势，具有一定的雷击风险，不能排除未来个别年份会出现闪电剧增的情况。

4) 交城县雷电主要发生在 6-8 月，占全年的 90%，未来开发区的生产活动中要特别注意此时雷电防护工作。对于其他月份，雷暴天气出现概率较低，但仍有地闪发生，所以地闪活动低发季节的防御工作不能忽视。

5) 从日变化上来看，11 时至 21 时为雷电活动的高发期，该时段包括了下午和晚上的工作时间，要密切注意在此时间段内发生雷电时的人员安全防护。

6) 超过 60 米的住宅楼、办公楼其上部 20%应符合防侧击雷要求，建议参照《建筑物防雷设计规范》（GB 50057）第 4 章设置雷电防护措施，其金属门窗、栏杆等应与建筑物防雷装置连接。

7) 开发区内焦化、冶炼、铸造、机械加工、化肥和生物工程等产业内易燃易爆危险物质较多，烟气废水腐蚀大。各建（构）筑物应严格按防雷分类等级，做好雷、防静电措施。同时，结合企业规章制度，开展定期检测，加强防腐检修，最大限度地减轻雷电灾害对企业造成的危害和损失。

7.4 温室气体减排评估

习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话中指出，中国宣布将提高国家自主贡献力度，力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。随后，在党的十九届五中全会、中央经济工作会议、全国两会以及最近召开的中央财经委员会第九次会议等一系列重要会议上党中央对“碳达峰，碳中和”

工作部署，明确基本思路和主要举措。“碳达峰，碳中和”是党中央经过深思熟虑做出的重大战略决策，只有纳入生态文明建设整体布局，才能推动经济社会绿色转型和系统性深刻变革。

CH₄ 和 CO₂ 是温室气体的主要组成部分，对气候变化有较大的影响，可能会使极端气候发生的机率增加，从而影响到自然环境、农业生产和社会发展等方面。为积极响应国家“双碳战略”，更好地服务园区稳步实现“碳达峰、碳中和”战略目标，本报告使用欧盟哥白尼数据中心编制的全球尺度 CO₂ 和 CH₄ 两种温室气体排放通量数据，简要分析四个园区的温室气体排放情况。该数据分辨率为 0.1°×0.1°，时间 2000 年 1 月~2020 年 12 月。

7.4.1 CO₂ 排放评估

根据图 7.4-1 显示了城区和开发区内各园区 CO₂ 通量历年年均值变化，由图可见，2000-2020 年间，CO₂ 通量呈逐年增涨趋势，但是各个园区排放量级上有很大的差别，城区排放量均在 7.5 克/平方米/天以上，2020 年两者排放达到了 21.5 克/平方米/天；而园区排放量在 2.2~6.5 克/平方米/天。

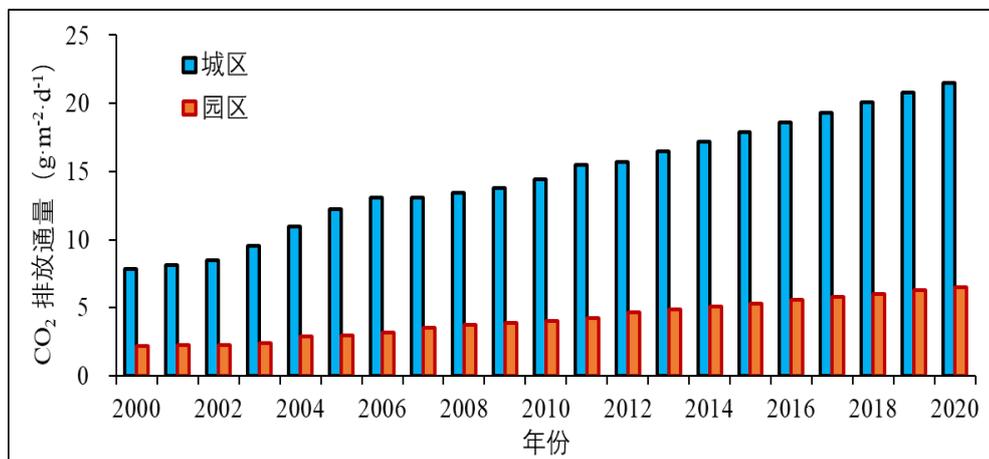


图 7.4-1 CO₂ 通量年际变化

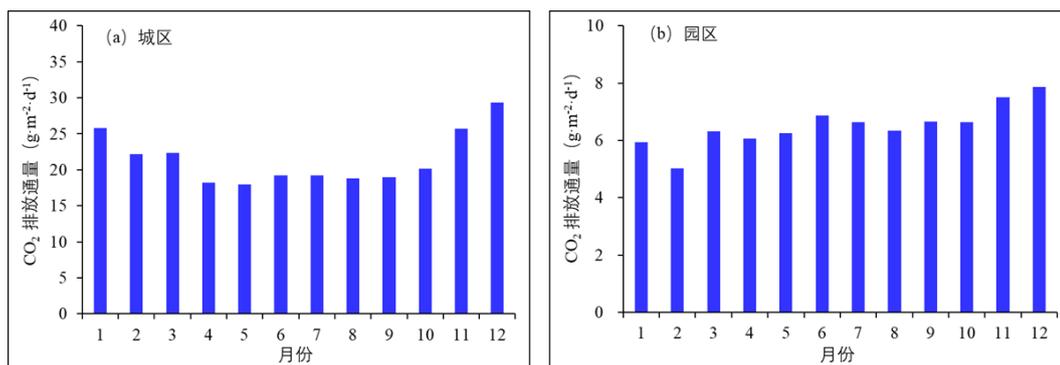


图 7.4-2 CO₂ 通量年变化

图 7.4-2 给出了 2020 年城区和开个区内各园区 CO₂ 通量年变化情况，由图可见城区冬季偏高而春季和秋季相对较低，在 11 月到次年 3 月排放量均比较高，可达到 20 克/平方米/天以上，其他月份均在 20 克/平方米/天以下。开发区排放稍低一些，且积季节性的差别不十分明显，11 和 12 月排放量稍微高一些，可以达到 7.8 克/平方米/天，其他月份均在 6.5 克/平方米/天以下。

图 7.4-3 给出了开发区各个主要行业 CO₂ 总排放通量的比重，由图可见，在城区生活和交通行业 CO₂ 排放比重很高，占比分别达到了 40.6%和 34.8%，其他排放比重也较高，达到了 18.0%；各园区排放占比较高的行业是工业，比率达到了 85.7%，其次为生活排放，占比可达 8.2%。

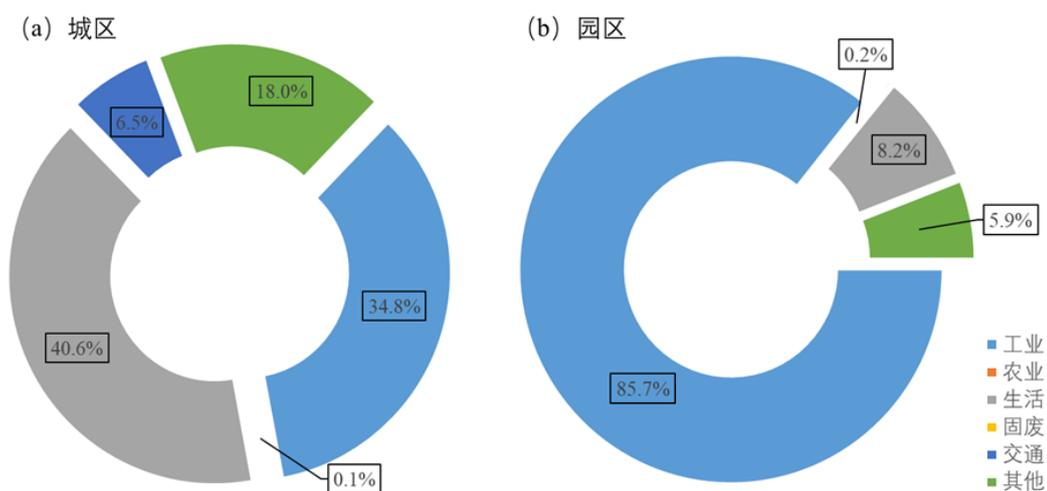


图 7.4-3 各个行业 CO₂ 排放的比重

7.4.2 CH₄ 排放评估

根据图 7.4-4 显示了城区和园区 CH₄ 通量历年年均值变化, 由图可见, 2000-2020 年间, 城区和园区 CH₄ 通量呈逐年增涨趋势, 其中园区排放量明显高于城区, 在 2010 年以前增速较快, 2000 年为 39.4 毫克/平方米/天, 2010 年达到了 79.4 毫克/平方米/天。2011-2020 年排放均在 80 毫克/平方米/天以上, 2020 年最高达到了 95.7 毫克/平方米/天; 城区排放量相对较低, 在 37.5~58.5 毫克/平方米/天之间, 且增长幅度相对较小。

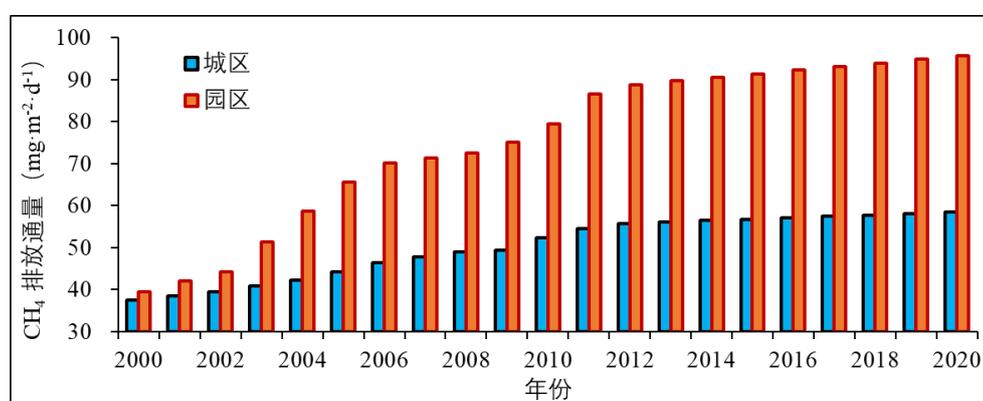


图 7.4-4 CH₄ 通量年际变化

图 7.4-5 给出了城区和园区 CH₄ 通量年变化情况。由图可见, 在 11 月份到次年 3 月份, 城区排放量均在 60 毫克/平方米/天以上, 4 至 9 月份排放量基本相当, 变化幅度较小, 排放量在 52.2~54.8 毫克/平方米/天之间。园区排放较高的时段在 6 至 8 月份, 排放量均在 96.0 毫克/平方米/天以上, 其他月份排放量在 95 毫克/平方米/天左右。

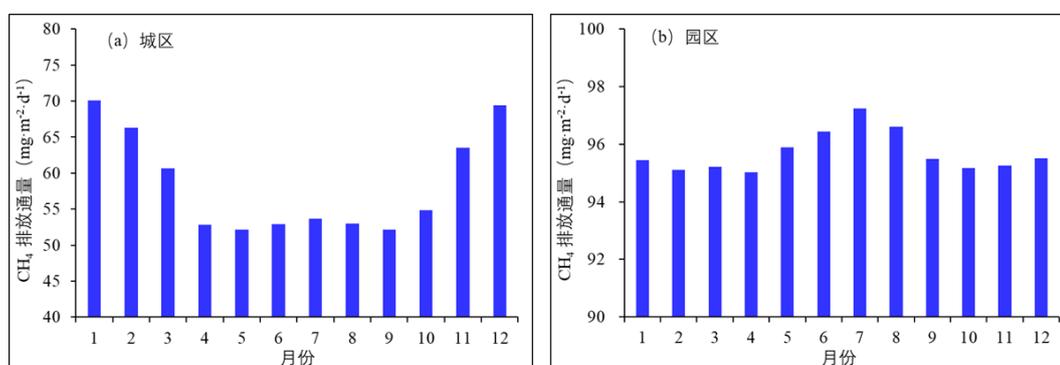


图 7.4-5 CH₄ 通量的年变化

图 7.4-6 给出了城区和园区各个主要行业占 CH₄ 总排放通量的比重，由图可见，城区固废（固体垃圾和废水）和生活 CH₄ 排放比重较高，占比分别达到了 63.9%和 31.4%；园区排放占比较高的行业是工业，比率达到了 90.9%。

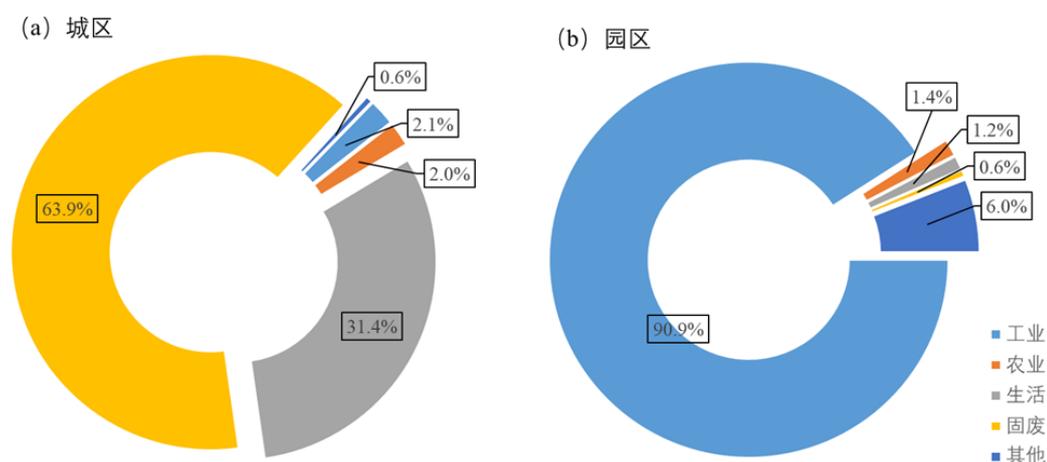


图 7.4-6 各个行业 CH₄ 排放的比重

综上所述，企业在生产过程中会排放 CO₂、CH₄ 等温室气体，园区应积极响应国家“碳达峰、碳中和”战略，提早开展碳核查工作，本报告中使用的温室气体排放数据仅供参考，如需进行决策服务，请以专业机构核查并通过权威部门认证的数据为准。

7.4.3 小结

交城城区和开发区 CO₂ 通量呈逐年增涨趋势，城区排放量均在 7.5 克/平方米/天以上，显著高于开发区排放量，城区冬季偏高而春季和秋季相对较低，在 11 月到次年 3 月排放量均比较高，可达到 20 克/平方米/天以上，其他月份均在 20 克/平方米/天以下。开发区排放稍低一些，且积季节性的差别不十分明显，11 和 12 月排放量稍微高一些，可以达到 7.8 克/平方米/天，其他月份均在 6.5 克/平方米/天以下。城区生活和交通行业 CO₂ 排放比重很高，占比分别达到了 40.6%和 34.8%；各园区排放占比较高的行业是工业，比率达到了 85.7%，其次为生活排放，占比可达 8.2%。

城区和开发区 CH₄ 通量呈逐年增涨趋势，其中开发区排放量明显高于城区，在 2010 年以前增速较快，2010 年达到了 79.4 毫克/平方米/天，2011-2020 年排放均在 80 毫克/平方米/天以上，2020 年最高达到了 95.7 毫克/平方米/天。城区排放量相对较低，在 37.5~58.5 毫克/平方米/天之间，且增长幅度相对较小。城区在 11 月份到次

年3月份，排放量均在60毫克/平方米/天以上，4至9月份排放量基本相当，变化幅度较小，排放量在52.2~54.8毫克/平方米/天之间。开发区排放较高的时段在6至8月份，排放量均在96.0毫克/平方米/天以上。城区固废（固体垃圾和废水）和生活CH₄排放比重较高，占比分别达到了63.9%和31.4%；开发区排放占比较高的行业是工业，比率达到90.9%。企业在生产过程中会排放CO₂、CH₄等温室气体，园区应积极响应国家“碳达峰、碳中和”战略，提早开展碳核查工作。

7.5 城市热岛评估

城市热岛是由于大城市人口稠密、工业集中、交通发达和建筑物本身导热率和热容量高等因素，造成城市温度比郊区高的一种小气候现象。本报告中的城市热岛是指卫星遥感监测的地表热岛（Surface Urban Heat Island），即利用热红外遥感反演的城区与郊区地表温度差值来表示。

城市的热岛效应是城市路网建设、工业园建设、居民地扩展对局地气候影响的最好例证，热岛效应不仅造成城市气温的升高，还可能通过流场的作用，对降水过程产生影响。

土地利用的变化通过影响地表反照率、粗糙度、植被叶面积指数和地表植被覆盖度等，造成区域地面对太阳辐射吸收的变化，从而在区域尺度上影响了能量平衡。同时，土地表面植被覆盖的变化会对蒸发作用甚至对成云致雨产生影响，造成暴雨强度加大，洪水灾害发生频率增加。随着开发区路网建设、工业园厂房建设、商业用地不断扩大、城市新社区建设等，人类活动的增多，必然会改变原来的土地覆盖情况，使开发区局地气候和生态环境发生变化，同时随着气候变暖的影响，未来开发区的高温风险将增大。

为了分析土地利用变化及其对区域热岛效应的影响，选用夏半年开发区2015年和2022年的美国高分辨率Landsat8卫星影像进行分析对比，卫星数据过境时晴朗无云，成像条件较好，适合地表特征参数反演，主要用于开展开发区土地利用变化及城市热岛变化的反演。

7.5.1 土地利用变化

利用2015、2022年Landsat8的30米高分辨率影像进行土地覆盖分类，把开发

区土地覆盖类型主要分为建设用地和非建设用地两大类(图 7.5-1)。相比于 2015 年, 2022 年开发区建设用地范围扩大 11.4%, 主要表现在开发区内各园区厂房修建和道路持续完善。开发区建设用地面积占开发区总面积的比例, 从 2015 年的 66.0%增长到 2022 年的 73.5%。

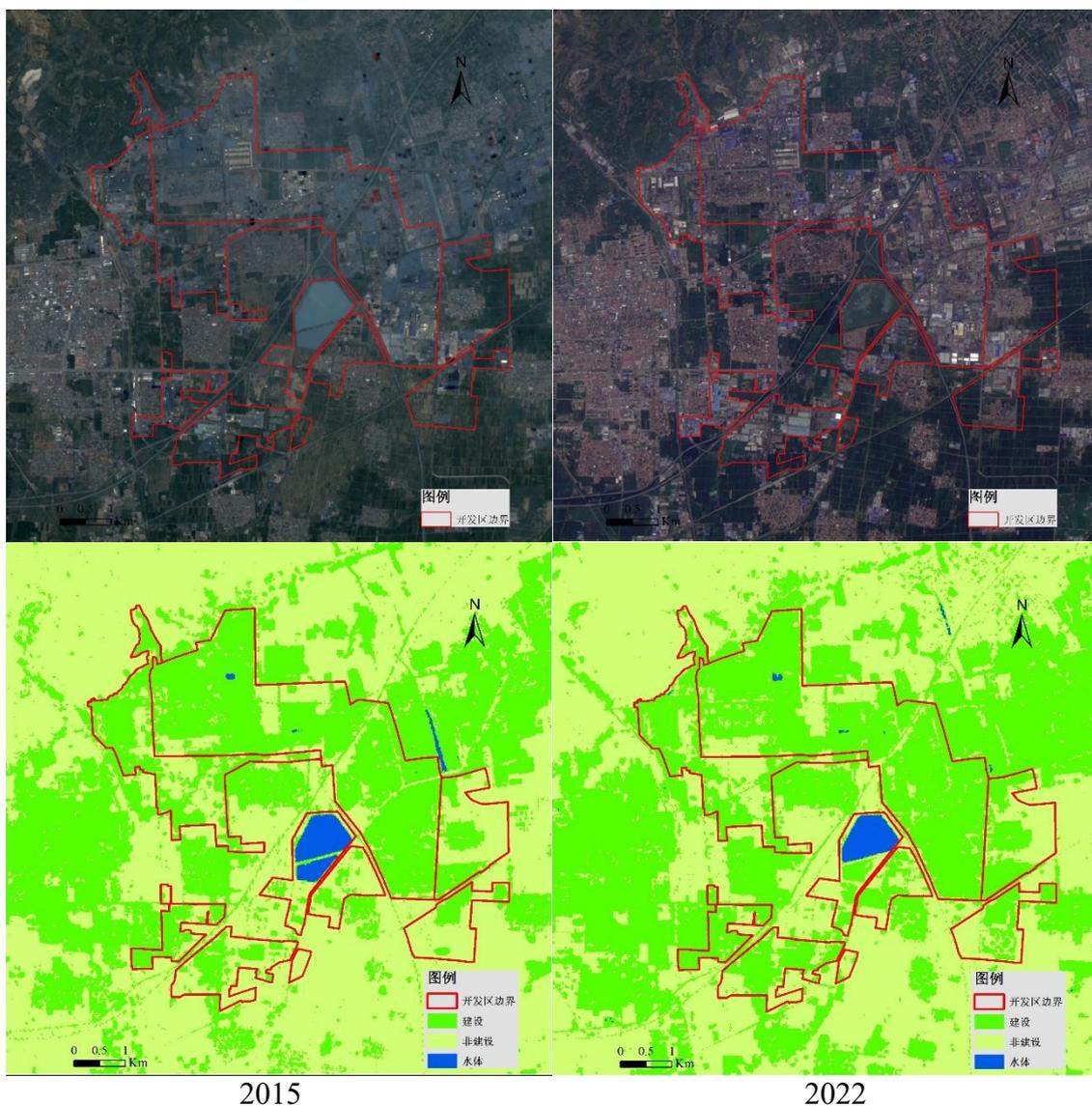


图 7.5-1 2015、2022 年开发区卫星影像与土地利用覆盖类型分布

7.5.2 城市热岛变化

利用Landsat 8数据基于大气校正法计算, 其基本原理为首先估计大气对地表热辐射的影响, 然后把这部分大气影响从卫星传感器所观测到的热辐射总量中减去, 从而得到地表热辐射强度, 再把这一热辐射强度转化为相应的地表温度, 并在此基础上做了热岛监测。采用热岛强度 ($UHII$) 来对热岛监测进行表征, 定义如下:

$$UHII_i = T_i - \frac{1}{n} \sum_{1}^n T_{sub} \quad (7.5-1)$$

其中， $UHII_i$ 为图像上第*i*个像元所对应的热岛强度， T_i 是第*i*个像元地表温度， n 为郊区内的有效像元数， T_{sub} 为郊区内的地表温度。

为比较热岛程度，把热岛强度 $UHII$ 划分为 7 个等级：强冷岛、较强冷岛、弱冷岛、无热岛、弱热岛、较强热岛和强热岛等。

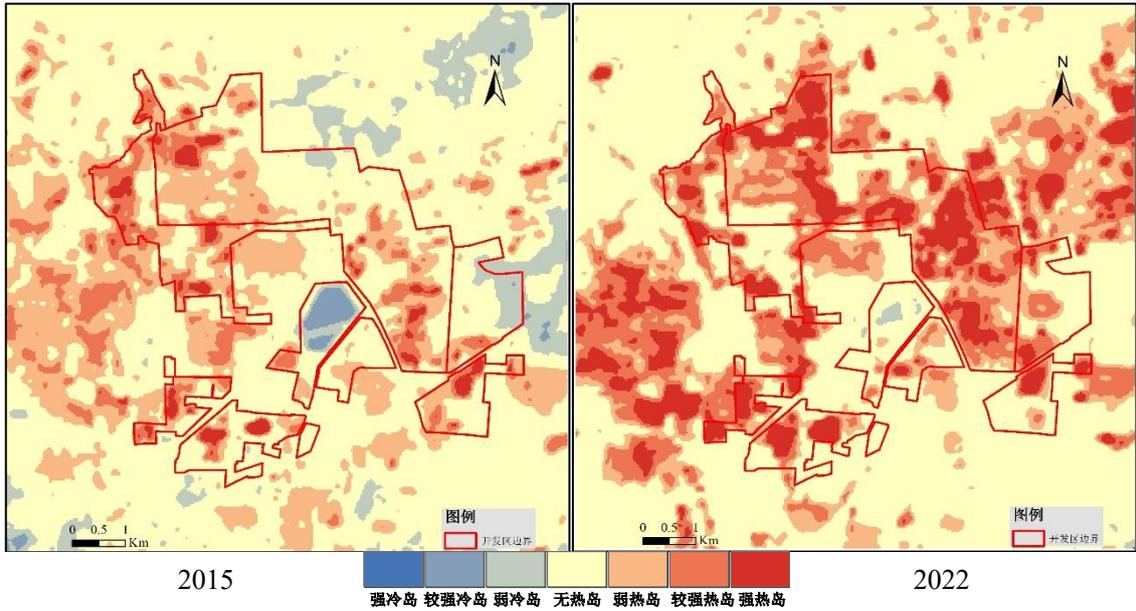


图 7.5-2 2015 年、2022 年开发区城市热岛强度分布

2015 年、2022 年开发区热岛强度分布显示（图 7.5-2），开发区内较强热岛、强热岛区域均有不同程度的增加，其余热岛等级均有所减少。与 2015 年热岛区域面积占开发区总面积比例相比（表 7.5-1），2022 年较强热岛、强热岛分别增加了 80.5%和 3 倍多。

表 7.5-1 2015 年、2022 年开发区城市热岛强度面积统计表

热岛强度	2015		2022	
	面积（平方千米）	占比（%）	面积（平方千米）	占比（%）
强冷岛	0.0	0.0	0.0	0.0
较强冷岛	2.2	0.6	0.0	0.0
弱冷岛	4.4	1.2	0.6	0.2
无热岛	47.0	12.8	32.8	8.9
弱热岛	28.3	7.7	21.7	5.9
较强热岛	13.2	3.6	23.8	6.5
强热岛	5.0	1.4	21.1	5.7

7.5.3 小结

随着开发区建设的不断推进，不透水面积持续扩大，热岛效应将愈发明显，热岛引发的局地气候变化需引起高度重视。根据相关科学研究结果表明，水体和绿地可以减缓城市热岛效应。因此，应根据开发区气候变化和灾害发生规律以及气候论证和风险评估的结论，科学确定区域功能，有效控制区域规模，合理布局区域格局，保护好河流水体面积，扩大开发区绿化面积，合理布设风道，有效控制区域热岛效应的增强，促进河流和土壤对雨水的吸收等，减轻城市热岛、雨岛、雾霾影响，保障开发区经济社会的可持续发展。

7.6 暴雨洪涝风险评估

针对交城县开发区防洪排涝的设计，对交城县开发区进行暴雨洪涝风险评估。

7.6.1 风险源分析

7.6.1.1 地表水系

交城县开发区大部分地区属于磁窑河流域，东部局部地区属于汾河干流。

1) 汾河流域

汾河是黄河的第二大支流，也是山西省境内流域面积最大、流程最长的河流。汾河从源头到入黄口，自北向南，纵贯大半个省域，穿过吕梁山脉，跨越晋中、临汾两大盆地，流经忻州市、太原市、晋中市、吕梁地区、临汾市、运城市 6 个地市、34 个县市，在万荣县庙前村附近汇入黄河，干流全长 694 千米。汾河流域涉及的行政区划包括 6 个地市的 45 个市、县、区，流域面积 39471 平方千米。汾河源远流长，支流众多，干流自源头到入黄口，沿途接纳大小支流 100 余条，其中流域面积大于 30 平方千米的支流有 59 条，流域面积大于 1000 平方千米的支流有 9 条，从上游到下游依次为岚河、杨兴河、潇河、昌源河、文峪河、磁窑河、双池河、洪安涧河、洽河。

汾河流域的洪水灾害大多发生在汛期的中下游河段。史载：自明洪武十四年（1381 年）到 1948 年的 568 年间，流域内先后发生过 132 次洪灾。1949 年后，汾河中游地区先后于 1954 年、1959 年、1977 年、1988 年和 1996 年发生过较大规模的水灾。

汾河流域大型水库 3 座，中型水库 13 座，总控制流域面积 14736 平方千米，占

全流域面积的 38%，总库容 14.42 亿立方米，还有小型水库 50 座，总控制面积 15317 平方千米，总库容 14.48 亿立方米。山西省最大的水库汾河水库位于汾河干流的上游段，集水面积 5268 平方千米，断面以上主河道长度 122 千米。汾河水库总库容 72072 万立方米，防洪库容 20593 立方米，兴利库容 25800 立方米，涉及洪水位 1127.00 米，校核洪水位 1129.84 米。

2) 磁窑河

磁窑河是汾河的一级支流，地处汾河中游的右岸，文峪河东部，发源于交城县山区的塔棱村及清徐县山区的养天池一带，流经交城、文水、汾阳、平遥、孝义、介休 6 个县市。磁窑河承担着清徐部分地区和文峪河部分泄洪任务。流域总面积为 1059.83 平方千米，河道总长 86.4 千米，其中地处平川区域的河长 66.4 千米。平川区河道纵坡 0.28%~ 0.5%。磁窑河按 20 年一遇防洪标准应为 115 立方米/秒，但现河道行洪能力不足 50 立方米/秒。

磁窑河泥沙淤积严重，交城县城附近 13 千米已形成悬河，高出地面约 1~2.6 米，直接威胁着交城县城及西石侯村的安全。该河道属季节性泄洪河道，无清水流量，多年平均径流量为 4800 万立方米，年输沙量 48 万吨。磁窑河流域建有磁窑河东、磁窑河西、瓦窑河、石壁 4 座小型水库。

由于受季风气候不稳定影响，常年形成旱、涝、雹、霜等灾害，西部山区以旱灾为主，平川以涝洪灾为多，霜冻和冰雹十分普遍。

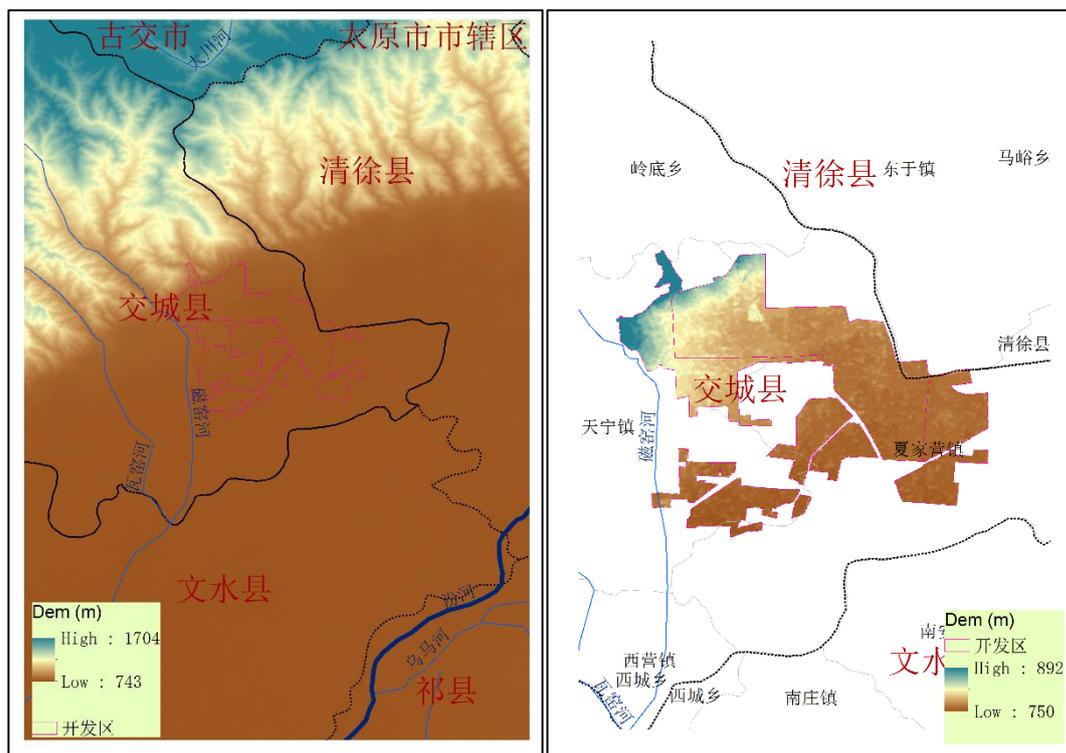


图 7.6-1 交城县开发区 DEM 及周边水系

7.1.1.2 地形地势

交城县开发区的海拔高度介于 750~892 米，其中西北部海拔较高；整个地形呈现西北高东南低的形态。若磁窑河及支流有山洪发生，下游受汾河顶托，洪涝灾害将累积扩大。

7.1.1.3 风险源分析

综合地形和水系分析，交城县开发区的洪涝风险源主要包括：

1) 洪水风险。磁窑河流域虽建有 4 座小型水库，但调蓄功能有限，且交城县城附近存在悬河。交城县开发区 5 年~100 年重现期一日最大降水量为 65.8~111.6 毫米，极端降水可能引发洪涝灾害。

2) 内涝风险。磁窑河流域的东部和南部地势起伏较小，地势低平。若设施不完善导致排水不畅或当短时强降水强度超过排水能力时，局地低洼处将出现内涝积水。

7.6.2 风险评估

在不考虑排水的状况下，利用 FloodArea 模型（简称 FA）计算不同重现期日降水量的暴雨洪涝淹没情况。

1) FloodArea 模型

FloodArea 模型是德国 Geomer 公司开发的基于 GIS 的二维水动力模型，它被广泛应用于洪水演进模拟、计算洪水淹没深度和范围及动态风险评估。

根据区内内涝等级标准对不同承灾体的影响，运用 FloodArea 淹没模式对交城县开发区暴雨洪涝的淹没范围进行模拟。所需数据包括：①气象数据，为泰森多边形法计算得到的流域面雨量，由于开发区面积较小，因此选取参证气象站的逐时降雨量；②30 米分辨率的 DEM；③30 米分辨率 manning 系数，该数据由土地利用数据转换获得，转换过程参照 Manning-Stricker 系数表（表 7.6-1）。FA 模拟步长为 3 小时，模拟时长因降雨天数而定，最大交换律取值 5。

表 7.6-1 土地利用类型的 Manning-Stricker 系数

土地类型	Manning 系数
林地	18
居民地	25
水田	33
旱田	40
水体	50

2) 小时雨型分布

选取暴雨过程的逐日雨量计算不同重现期致洪雨量（表 7.6-2）。在计算暴雨强度公式时，不同重现期的雨量是基于历年 5 分钟、10 分钟和 15 分钟等历时的最大雨量计算得到，本节的“不同重现期致洪雨量”是基于暴雨过程的逐日雨量计算得到的“日”降水量。

表 7.6-2 不同重现期致洪雨量（mm）

重现期	5 年 重现期	10 年 重现期	15 年 重现期	20 年 重现期	30 年 重现期	50 年 重现期	100 年 重现期
致洪雨量	65.8	76.9	83.1	87.5	93.6	101.3	111.6

选取暴雨过程的逐时雨量，计算逐小时降水概率，然后用小时雨型分布概率与重现期 T 年重现期（即 5、10、15、20、30、50、100 年）的 24 小时雨量，即得到 T 年重现期的“小时雨型分布”（图 7.6-2）。

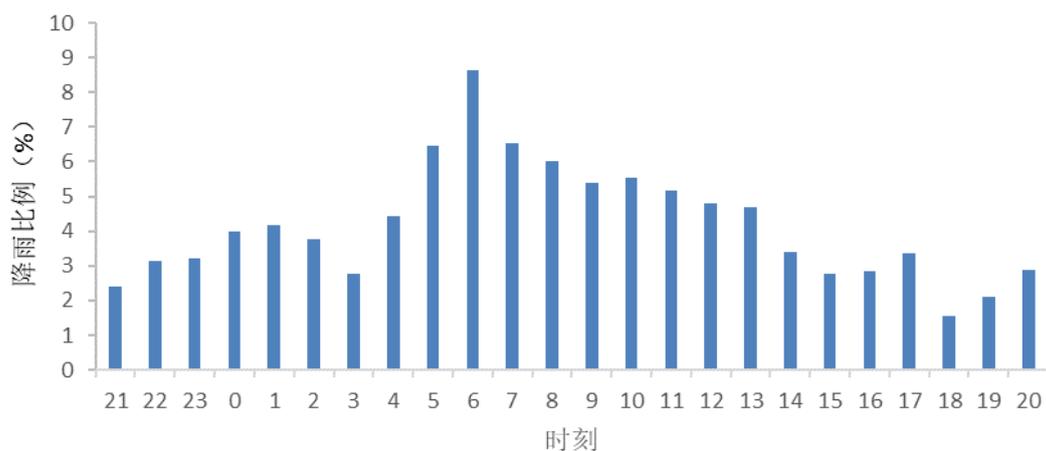


图 7.6-2 24 小时雨型分布图

3) 城市内涝等级标准

交城县开发区内涝承灾体种类繁多，包括人口、房屋、生产企业、商业、仓储、环境等。不同承灾体的暴露度和易损性存在着差异，受城市内涝灾害影响的敏感性也不同。为了能够准确反映城市内涝灾害对不同承灾体的影响程度，根据内涝对交通、商业和住宅、车库等主要承灾体的影响程度划分城市内涝等级（表 7.6-3）。

表 7.6-3 城市内涝等级标准及对不同承灾体的影响（PD：淹没深度，cm）

分级判别标准 (cm)	I 级 PD>80 特别严重内涝	II 级 50<PD≤80 严重内涝	III 级 25<PD≤50 中度内涝	IV 级 10<PD≤25 一般性内涝
交通	车辆无法通行，交通中断，影响特别严重	大型客、货车通行困难，对交通造成严重影响	中小型车辆通行困难，对交通造成一定影响	行人通行较困难
生产及居民生活	工厂、商店、住宅进水现象严重，对生产、生活造成特别严重影响	部分工厂、商店、住宅有进水现象发生，对生产、生活造成严重的影响	少数工厂、商店、住宅有进水现象发生，对生产、生活造成严重的影响	对居民生活造成一定影响
地下车库	车辆严重浸泡	发动机进水，车厢浸泡	水浸超过排气孔高度，可能影响发动机，车厢内可能进水	对部分排气孔较低车辆的启动造成一定影响

4) 淹没面积定量评估

根据表 7.6-3，对交城县开发区分别根据 5 个等级的淹没深度，即“≤10 厘米、10~25 厘米、25~50 厘米、50~80 厘米、>80 厘米”来计算淹没面积。其中，“≤10 厘米”定义为无影响范围。

表 7.6-4 不同重现期致洪雨量淹没面积 (km²)

重现期	无内涝 PD≤10cm	IV 级 10<PD≤25 一般性内涝	III 级 25<PD≤50 中度内涝	II 级 50<PD≤80 严重内涝	I 级 PD>80 特别严重内涝
5 年重现期	17.5	3.7	2.9	1.5	1.6
10 年重现期	16.9	3.3	2.7	2.2	2.1
15 年重现期	16.6	3.2	2.5	2.4	2.4
20 年重现期	16.4	3.1	2.5	2.5	2.7
30 年重现期	16.2	2.9	2.6	2.4	3.0
50 年重现期	15.8	2.6	3.0	2.1	3.8
100 年重现期	15.2	2.6	2.9	1.7	4.7

基于不同重现期致洪逐时雨量,运用 FA 模型模拟交城县开发区的淹没情况,然后提取不同重现期、不同内涝等级的积水面积(表 7.6-4)。在不同重现期日降水量下,模拟区内大部分淹没面积在 10 厘米以下(无内涝风险),内涝等级为一般性内涝(10~25 厘米)的淹没面积 2.6~3.7 平方千米,中度内涝(25~50 厘米)的淹没面积 2.5~3.0 平方千米,严重内涝(50~80 厘米)的淹没面积 1.5~2.5 平方千米,特别严重内涝(>80 厘米)的淹没面积 1.6~4.7 平方千米。结果显示,特别严重内涝等级的淹没面积随着重现期的增加而变大。

7.6.3 淹没模拟检验

2016 年 7 月 19 日至 7 月 20 日,交城县遭受暴雨袭击,其中 18 日 21 时-19 日 20 时累积降雨量为 92.6 毫米,19 日 6 时小时雨强最大,为 21.5 毫米/小时,交城县出现严重洪涝灾害。本项目选取 2016 年 7 月 18 日 21 时-19 日 20 时的降水过程进行淹没模拟检验。

表 7.6-5 2016 年 7 月 18 日 21 时-19 日 20 时累积降水量 (mm)

序号	日期	时刻	3 小时累积降水量
1	2016/7/18	23	4.7
2	2016/7/19	2	2.5
3	2016/7/19	5	10.2
4	2016/7/19	8	54.1
5	2016/7/19	11	17.3
6	2016/7/19	14	3.5

序号	日期	时刻	3小时累积降水量
7	2016/7/19	17	0.3
8	2016/7/19	20	0

运用 FA 对 2016 年 7 月 18 日 21 时-19 日 20 时交城县开发区的淹没范围进行模拟(图 7.6-3),可以看出淹没地区和内涝风险较大的区域主要分布在开发区原范围大部、七区大部、八区大部和五区部分地区。由淹没过程可知,18 日 23 时和 19 日 2 时累积降水量分别为 4.7 毫米和 2.5 毫米,地面积水很少。19 日 5 时,累积降水量为 10.2 毫米,水深为 10~25 厘米的面积增加至 0.4 平方千米。19 日 8 时,出现本次过程的最大累积降水量 54.12 毫米,地面积水迅速增加,水深为 10~25 厘米的面积增加至 6.6 平方千米,其他水深的面积也有随之增加。之后,虽然降水量逐渐减小,但随着地面积水向下游的进一步汇流,水深为 25~50 厘米、50~80 厘米和>80 厘米的淹没面积逐渐增加,19 日 20 时,水深>80 厘米的淹没面积达到最大值 4.6 平方千米(图 7.6-4)。

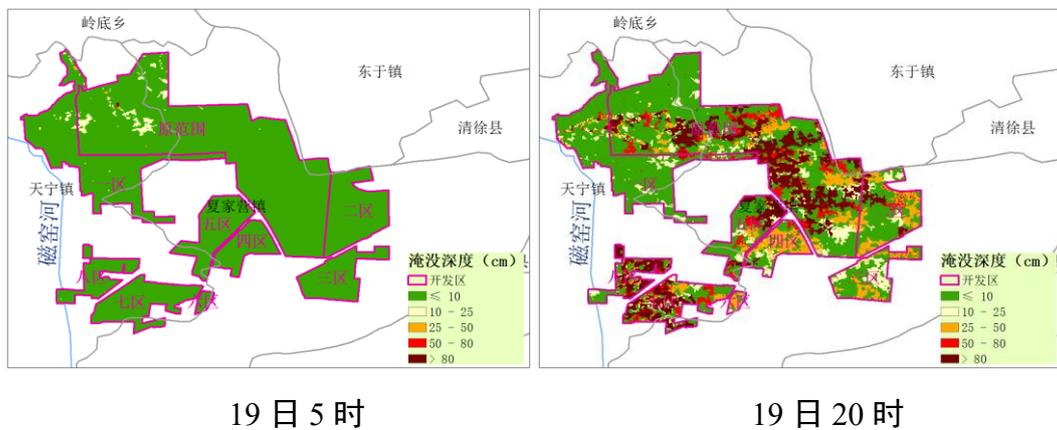


图 7.6-3 2016 年 7 月 19 日不同水深的淹没面积与降水量

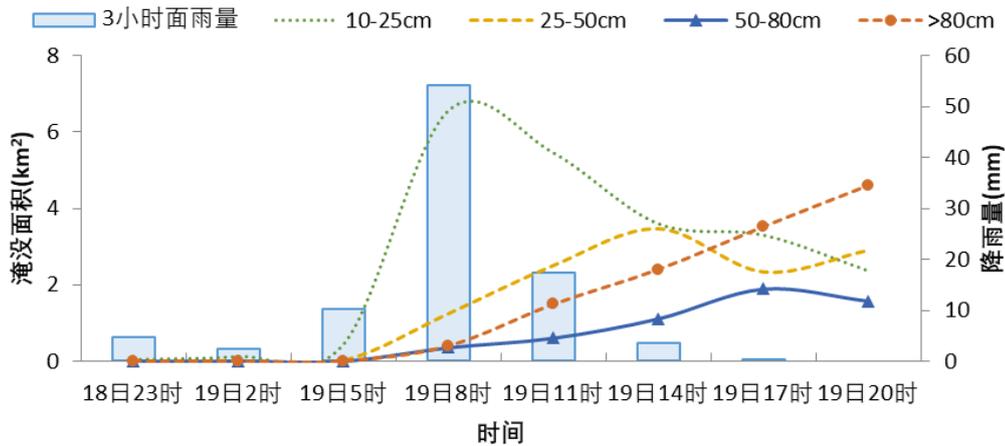


图 7.6-4 2016年7月18日21时-19日20时淹没水深分布

实际暴雨洪涝实际灾情为：2016年7月19日至7月20日，交城全县出现降水，其中开发区所在的夏家营镇和天宁镇降水量分别达到179.4毫米和155.3毫米。交城县受灾乡镇10个，受灾人口4.64万人，倒塌房屋822间，农作物受灾面积5.23万亩，成灾面积1.93万亩，绝收面积0.98万亩，减产粮食1.05万吨，死亡大牲畜193头；直接经济损失10600万元。

对比暴雨洪涝灾情和淹没模拟结果，交城县开发区出现淹没范围与灾情比较相符（图7.6-4）。

综上所述，交城县开发区在遭遇暴雨时，有一定的洪水风险和内涝风险，建议，交城县开发区做好排水系统设计，重点场所建设应避免地势较低的地区。

7.6.4 小结

1) 交城县开发区洪涝风险源分析：交城县开发区位于磁窑河流域。磁窑河流域虽建有4座小型水库，但调蓄功能有限。交城县开发区5年~100年一遇日最大降水量为65.8~111.6毫米，极端降水可能引发洪涝灾害。磁窑河流域的东部和南部地势起伏较小，地势低平。若设施不完善导致排水不畅或当短时强降水强度超过排水能力时，局地低洼处将出现内涝积水。

2) 风险评估：在不考虑排水的状况下，交城县开发区原范围大部、七区大部、八区大部和五区部分地区容易发生洪涝灾害。在不同重现期日降水量下，模拟区内大部分淹没面积在10厘米以下（无内涝风险），内涝等级为一般性内涝（10~25厘米）的淹没面积2.6~3.7平方千米，中度内涝（25~50厘米）的淹没面积2.5~3.0平方

千米，严重内涝（50~80 厘米）的淹没面积 1.5~2.5 平方千米，特别严重内涝（>80 厘米）的淹没面积 1.6~4.7 平方千米。结果显示，特别严重内涝等级的淹没面积随着重现期的增加而变大。开发区在建设选址阶段应合理设计排水管网，避免在暴雨洪涝严重和特别严重区建设厂房；在开发区建设和运营阶段，需关注天气预警预报信息，做好暴雨防御准备。

7.7 区域宜居环境评估

7.7.1 人居环境气候舒适度评估

研究表明，影响人体舒适程度的气象因素，首先是气温，其次是湿度，再其次就是风向风速等。气候舒适度是指健康人群在无需借助任何防寒、避暑装备和设施情况下对气温、湿度、风速和日照等气候因子感觉的适宜程度。本专题根据《人居环境气候舒适度评价》(GB/T 27963—2011)，利用交城县国家气象观测站及庞泉沟区域气象站 2017—2021 年逐日气象数据评价交城县及庞泉沟区域人居环境气候舒适度。

按上述标准，人居环境气候舒适度评价时采用温湿指数和风效指数共同评价，当两种指数不一致时，冬半年（10 月到次年 3 月）使用风效指数，夏半年（4 月到 9 月）使用温湿指数，当评价时段平均风速大于 3 米/秒时使用风效指数。人居环境气候舒适度可划分为 5 个等级，依次为寒冷、冷、舒适、热和闷热。具体评价指标如表 7.7-1 所示。

表 7.7-1 人居环境气候舒适度等级划分表

等级	感觉程度	温湿指数	风效指数	健康人群感觉的描述
1	寒冷	<14.0	<-400	感觉很冷，不舒服
2	冷	14.0~16.9	-400~-300	偏冷，较不舒服
3	舒适	17.0~25.4	-299~-100	感觉舒适
4	热	25.5~27.5	-99~-10	有热感，较不舒服
5	闷热	>27.5	>10	闷热难受，不舒服

温湿指数 (I) 是描述人体对环境温度和湿度综合感受的指数，计算方法如下：

$$I=T-0.55\times(1-RH)\times(T-14.4) \quad (7.7-1)$$

式中， I 为温湿指数，保留 1 位小数； T 为某一评价时段平均温度，单位摄氏度

($^{\circ}\text{C}$)；RH 为某一评价时段平均空气相对湿度，单位为%。

风效指数 (K) 是描述人体对风、温度和日照综合感受的指数，计算方法如下：

$$K = -(10\sqrt{V} + 10.45 - V)(33 - T) + 8.55S \quad (7.7-2)$$

式中， K 为风效指数，取整数； T 为某一评价时段平均温度，单位摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)； V 为某一评价时段平均风速，单位为米/秒 (m/s)； S 为某一评价时段平均日照时数，单位为时/天 (h/d)。

表 7.7-2 交城县及庞泉沟四季人居环境气候舒适度

区域	季节	温湿指数	风效指数	感觉程度
交城县	春季	14.0	-384.1	冷
	夏季	21.9	-146.0	舒适
	秋季	11.5	-411.5	寒冷
	冬季	2.7	-701.2	寒冷
庞泉沟	春季	9.2	-529.0	寒冷
	夏季	16.8	-284.2	冷
	秋季	6.6	-576.1	寒冷
	冬季	-0.9	-841.7	寒冷

报告计算了交城城区所在区域每个季度和每月的温湿指数和风效指数，结果如表 7.7-2 和 7.7-3 所示。从表中可以看出一年 12 个月中交城城区 5—9 月的人居环境气候舒适度均表现为舒适，10 月到次年 4 月为寒冷；庞泉沟地区 7 月人居舒适度表现为舒适，6 月和 8 月为冷，9 月到次年 5 月表现为寒冷；一年四季中庞泉沟地区较交城城区寒冷，交城城区一年四季舒适度分别为冷、舒适、寒冷、寒冷；庞泉沟地区舒适度分别为寒冷、冷、寒冷、寒冷，春季和秋季舒适度为冷，夏季为舒适，冬季为寒冷。

表 7.7-3 交城县及庞泉沟各月人居环境气候舒适度

月	交城县			庞泉沟		
	温湿指数	风效指数	感觉程度	温湿指数	风效指数	感觉程度
1	1.4	-723.2	寒冷	-2.1	-867.4	寒冷
2	4.9	-667.2	寒冷	0.9	-794.6	寒冷
3	10.2	-512.5	寒冷	5.1	-649.5	寒冷
4	13.7	-403.0	寒冷	9.2	-530.3	寒冷
5	18.1	-233.9	舒适	13.0	-404.7	寒冷
6	20.9	-158.2	舒适	15.9	-310.8	冷
7	23.0	-124.5	舒适	17.7	-255.9	舒适
8	21.8	-154.8	舒适	16.8	-286.1	冷
9	17.5	-253.4	舒适	12.7	-395.6	寒冷
10	11.1	-419.2	寒冷	7.3	-552.7	寒冷
11	6.4	-563.9	寒冷	0.7	-783.0	寒冷
12	1.8	-706.3	寒冷	-1.6	-862.0	寒冷

图 7.7-1 和图 7.7-2 分别给出了交城县和庞泉沟地区各月的不同等级人居环境气候舒适度日数分布，从图 7.6-1 中可以看出交城城区 5—9 月人居环境气候舒适度主要表现为舒适等级，其中 8 月舒适日数最多达到 30 天，其次是 6 月和 7 月舒适日数达到 29 天；10 月到次年 4 月人居环境气候舒适度主要表现为寒冷等级，其中 12 月和 1 月寒冷天数均超过了 30 天，2 月和 3 月主要以寒冷为主，每月的寒冷日数均在 25 天以上，均处于不舒适期，但是此期间正均处于冬季供暖期，室内舒适度良好。统计可得，交城县多年平均人居环境气候舒适日数为 134 天，达到全年天数的 36.8%，主要为春末到秋初。

从图 7.7-2 中可以看出庞泉沟地区整体较为寒冷，一年中从 9 月到次年 5 月人居环境气候舒适度均以寒冷等级为主，各月寒冷等级的天数均超过 20 天，其中 10 月到次年 1 月以及 3 月的寒冷等级日数均在 30 天以上；庞泉沟 7 月和 8 月舒适等级日

数较多，其中7月平均有19天为舒适等级，8月为16天。据统计分析，庞泉沟多年平均人居环境气候舒适日数为45天，仅占全年天数的12.4%，多年寒冷日数为254天，占全年天数的69.5%。总体而言，交城县所在区域人居气候条件较好，庞泉沟更适宜夏季避暑，可充分利用气候资源条件及区位优势，打造文旅品牌，促进旅游、康养等产业发展。

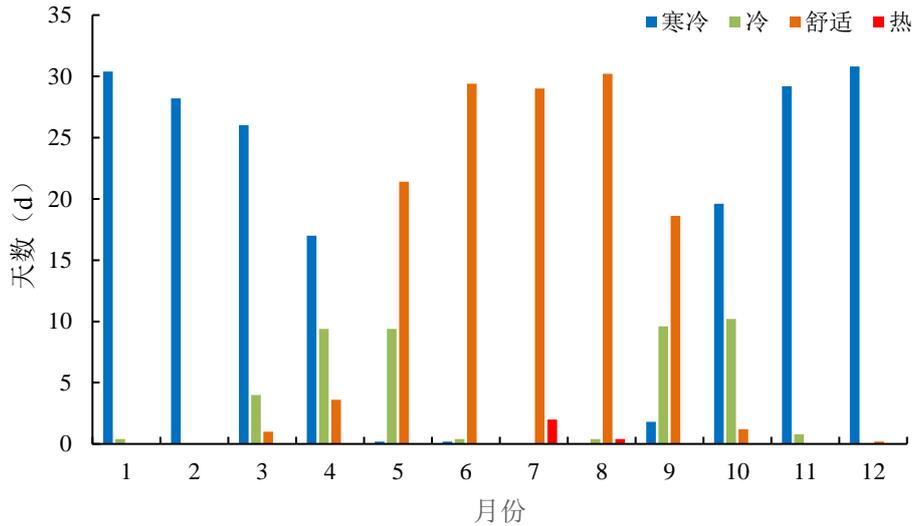


图 7.7-1 交城县人居环境气候舒适度日数分布年变化特征

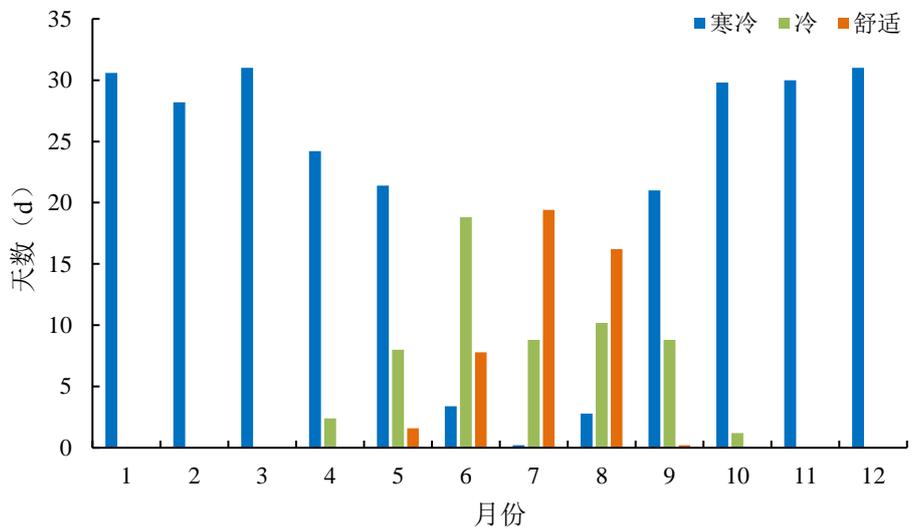


图 7.7-2 庞泉沟人居环境气候舒适度日数分布年变化特征

7.7.2 适游期分析

旅游气候指数（Tourism Climate Index, TCI）是上世纪 80 年代德国学者提出用于评价区域气候的休闲旅游适宜程度，用于气候与旅游之间的相关问题研究，经不断地改进和优化，被国内外学者广泛使用。2013 年最新提出的度假气候指数（Holiday Climate Index, HCI）较为引人关注，其构建方式与 TCI 基本相同，适宜度评级分类标准与 TCI 指数一致，但在一些方面它对 TCI 指数进行了再次改进和完善。如 HCI 指数基于旅游市场客流量的统计数据，赋予分项指标权重，替代了 TCI 指数的问卷调查方式，即权重赋值更具有客观性；HCI 指数选用“云量”替代了 TCI 指数中的“日照”因子，其考虑了云的观赏性；HCI 指数反映的时间尺度比 TCI 指数也相应有所提高。

有关度假气候指数（HCI）的计算方法以及其旅游适宜度评判标准如下：HCI 由 3 个因子按照不同比例构成（表 7.7-4），它们分别是：热舒适因子 T，占 40%，表示人体对温度高低的感受，通过日最高气温和日平均相对湿度根据式（7.7-3）获得的有效温度（TE，即环境温度经过湿度订正后的人体实感温度）来表征；审美因子 A，通过云量的多寡来表征，占 20%；物理因子 P，通过降水量（R）和风速（V）来表征，占 40%。最终经查表 7.7-5 获得各分因子分值后据式（7.7-4）得出 HCI，其值处于 0~100 之间，对应的旅游气候分级标准如表 7.7-6 所示。

$$TE = Ta - 0.55(1 - RH)(Ta - 14.4) \quad (7.7-3)$$

$$HCI = 4T + 2A + (3R + V) \quad (7.7-4)$$

表 7.7-4 度假气候指数（HCI）的构成

影响因子	气候变量	权重（%）
热舒适	日最高气温	40
	日平均相对湿度	
审美	云	20
物理	日降水量	30
	风速	10

表 7.7-5 度假气候指数 (HCI) 评分方案

得分	有效温度 (°C)	日降水量 (mm)	云覆盖率 (%)	风速 (km/h)
10	23~25	0	11~20	1~9
9	20~22	<3	1~10	10~19
	26		21~30	
8	27~28	3~5	0	0
			31~40	20~29
7	18~19	6~8	41~50	30~39
	29~30			
6	15~17		51~60	
	31~32			
5	11~14		61~70	
	33~34			
4	7~10		71~80	
	35~36			
3	0~6		81~90	40~49
2	-5~-1	9~12	>90	
	37~39			
1	<-5			
0	>39	>12		50~70
-1		>25		
-10				>70

表 7.7-6 HCI 旅游气候分级标准 (%)

90~100	80~89	70~79	60~69	40~59	30~39	20~29	10~19
理想 状况	特别 适宜	很适宜	适宜	一般	不适宜	很不适宜	特别不 适宜

表 7.7-7 交城各月度假气候指数

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
HCI	56	59	62	68	73	71	67	69	70	67	61	57
等级	可 以 接 受	可 以 接 受	适 宜	适 宜	很 适 宜	很 适 宜	适 宜	适 宜	很 适 宜	适 宜	适 宜	可 以 接 受

参见《交城·中国天然氧吧申报报告 (2018 年)》，运用 1981-2017 年气象数据，对交城度假气候指数 (HCI) 分析详见表 7.7-7，1 月到 4 月，HCI 值和温度变化趋势

一致趋于升高；到了5月份温度适宜，HCI指数达到最高。6月随着雨日、高温日的增多，HCI指数比5月略微有所下降，7月进入主汛期，雨日多、雨量大，降雨对人们旅游出行、游览观光会产生更多不便，故7月份交城HCI值有所下降；8~9月随着入秋，天气逐渐转凉爽，秋高气爽的天气对人们出行和身体健康均有利，HCI指数又有所升高，10~12月随着天气转冷，HCI指数又逐步下降。由于HCI指数已考虑高温、严寒、降水集中等恶劣天气因素对人们出游的影响，HCI指数符合实际，因此，本报告以HCI指数为依据，描述交城气候旅游适宜期。

按度假旅游指数（HCI）的旅游适宜期评级分类标准，交城3~11月适宜旅游出行，其中，6个月份（3~4月、7~8月和10~11月）为度假旅游的“适宜期”，3个月份（5~6月和9月）为度假旅游的“很适宜期”，此时段雨日较少，无论光照、温度、湿度、云量还是植被景观都是很适宜的月份。

7.7.3 区域负氧离子状况分析

1) 负氧离子的形成和功能研究

空气中的中性分子在空气电离作用下失去电子，这些自由电子与其他中性分子相结合，形成负离子，空气中氧气俘获自由电子的能力较强，负氧离子所占比例较大，所以空气负离子主要为负氧离子。自然界中负离子的形成与电离源有关，如地理条件、土壤类型、太阳辐射、空气湿度、风向风速、植被、水流等。同时负离子又在不停的吸附大气中的颗粒物，成为大离子沉降到地面或与正离子中和。因此大气中的负离子是在不停的产生与消亡。自然界空气中负离子产生主要有三大机制：

① 大气受紫外线、宇宙射线、放射物质、雷雨、风暴等因素的影响发生电离而产生的负离子。

② 瀑布冲击、细浪推卷、暴雨等自然过程中水在重力作用下高速流动、水分子裂解而产生负离子。

③ 森林的树木、枝叶尖端放电及绿色植物光合作用形成的光电效应，使空气电离而产生的负氧离子。

负氧离子的功能研究空气负离子对人的健康非常有益。雷电过后，产生的大量负离子，使野外空气格外清新；海浪频繁的涌动也会造成大量的负离子，被海风带到海边，海边空气也一样会令人心旷神怡。相反，空气中过多的正离子会引起失眠、头

疼、心烦、血压升高等反应。当空气中负离子的浓度较高时，能抑制多种病菌的繁殖，降低血压和消除疲劳，促进人体的新陈代谢，调节和促进人体的生长发育，因而人们将空气负离子比喻为“蓝色维他命”和“空气长寿素”。负氧离子的医疗保健功能主要在以下几个方面：负氧离子可以通过人的呼吸系统和皮肤进入人体，刺激人的大脑中枢神经系统，可使大脑皮层的功能和脑力活动增强，振奋精神；可以帮助改善心脑功能和改善心肌营养，有利于高血压和心脑血管疾病病情的减轻；能使空气中微米级肉眼看不见的飘尘，通过正负离子吸附、聚集、碰撞等形成分子团下沉落地，使空气得到很好的净化。尤其对小于 $PM_{2.5}$ 的微粒和在工业上难以出去的飘尘，有明显的沉降效果；能使细菌蛋白质两性颠倒，而使细菌生存能力下降或致死。负氧离子浓度水平已经成为评价地方空气清洁度的重要指标，将负氧离子的含量作为大气环境质量评价参考指标之一，可为旅游环境规划、城乡建设规划和环境保护等提供科学依据。通常采用以下推荐标准作为评价标准，具体见表 7.7-8。

表 7.7-8 空气清新度等级标准

负氧离子浓度值	空气清新度等级	与健康的关系
≤ 100	1 级，极不清新	不利
100~500	2 级，不清新	一般
500~1000	3 级，不太清新	有利
1000~1500	4 级，清新	很有利
≥ 1500	5 级，非常清新	极有利

2) 负氧离子的监测

交城负氧离子浓度测定采用 EP100B 型大气负氧离子自动监测系统(图 7.7-3)，该系统拥有先进的专利技术-基于“Gerdien Tube”结构的弯桶式镀金离子采集器，设备采用了多项特殊的抗潮湿耐高低温设计结构，解决了环境湿度达 95%以上、环境温度在零下 40℃左右和零上 70℃以上的测量难题。通过超低噪音、灵温漂的电流放大电路设计，实现了 PA 级(10-12)微弱电流不失真、无噪音的放大，解决了电磁干扰、温度干扰、湿度干扰、声波干扰和振动干扰等等，实现了负离子数的精确采集。采用了嵌入式系统设计、全自动在线监测系统设计。实现了全自动在线测量。使用先进节能的太阳能供电系统，在没有市电的情况下也能正常运行。大气负氧离子自动监测系统采用“电容式吸入法”原理进行负离子检测，测量空气中的负离子浓

度值。在离子传感器（或称采集桶、采集筒）的极化板（或称偏压板）上加载定量的极化电压，再让被测空气按设定速度匀速通过传感器。空气中极限迁移率以上的小粒径负离子在电场的作用下发生偏转，被采集板所捕获，形成微弱的采样电流。根据电流值，即可计算出负氧离子的浓度值。



图 7.7-3 大气负氧离子监测系统

3) 负氧离子监测结果及分析

参见《交城·中国天然氧吧申报报告（2018年）》，对2017年交城县两个监测站的负离子浓度进行统计分析，具体结果见表7.7-9。

表 7.7-9 2017 年度交城负氧离子监测数（个/m³）

月份	翠丰生态园		庞泉沟自然保护区	
	月平均值	月最大值	月平均值	月最大值
1	1354	1891	1459	2142
2	1382	1848	1630	2389
3	1414	1844	1956	2385
4	1593	2372	2066	2923

月份	翠丰生态园		庞泉沟自然保护区	
	月平均值	月最大值	月平均值	月最大值
5	1523	2094	2022	2593
6	1557	2499	2060	2997
7	1470	1817	2086	2448
8	1552	2104	1764	2316
9	1587	2089	1818	2399
10	1699	2749	2009	3059
11	1723	2406	2059	2716
12	1753	2259	2174	2680

表 7.7-10 2017 年度交城负氧离子等级和空气清新度水平

地点	年平均浓度	空气清新度等级	空气清新程度	与人健康关系
生态庄园	1550	5 级	非常清新	极有利
庞泉沟	1925	5 级	非常清新	极有利

翠丰生态庄园负氧离子监测站 2017 年月平均负氧离子浓度为 1354~1753 个/立方厘米，年平均负氧离子浓度为 1550 个/立方厘米，远高于清新空气标准，最大日均浓度达到 1753 个/立方厘米。测站空气清新度等级 5 级，空气非常清新，对人体健康极有利。庞泉沟自然保护区负氧离子监测站 2017 年月平均负氧离子浓度在 1459~2174 个/立方厘米，年平均负氧离子浓度为 1925 个/立方厘米，远高于清新空气标准，最大月均浓度达到 2174 个/立方厘米。测站空气清新度等级 5 级，空气非常清新，对人体健康极有利。除了一月份以外，其他月份均达到了非常清新的标准。可以看出，交城地区文旅产业重点地区月平均负氧离子浓度在 1354~2174 个/立方厘米，年平均负氧离子浓度为 1738 个/立方厘米，远远超出负氧离子浓度最高等级标准，超过世界卫生组织界定的清新空气的标准（1000-1500 个/立方厘米），整体上对人体健康具有增强免疫抗菌力和康复治疗的作用，随着近年来在汾渭平原开展“蓝天保卫战”等大气污染攻坚行动，区域环境进一步好转，庞泉沟自然保护区、翠丰生态庄园等区域负氧离子浓度可能进一步上升，是大自然赐予的“天然氧吧”，是“负氧离子呼吸区”及“森林医院”等疗养保健场所的理想建设区域。

7.7.4 小结

- 1) 交城城区 5-9 月的人居环境气候舒适度均表现为舒适，10 月到次年 4 月为寒

冷；庞泉沟地区仅 7 月人居舒适度表现为舒适，6 月和 8 月为冷，9 月到次年 5 月表现为寒冷；交城县所在区域人居气候条件较好，庞泉沟更适宜夏季避暑，可充分利用气候资源条件及区位优势，打造文旅品牌，促进旅游、康养等产业发展。

2) 按度假旅游指数 (HCI) 的旅游适宜期评级分类标准，交城 3-11 月适宜旅游出行，其中，6 个月份 (3-4 月、7-8 月和 10-11 月) 为度假旅游的“适宜期”，3 个月份 (5-6 月和 9 月) 为度假旅游的“很适宜期”，此时段雨日较少，无论光照、温度、湿度、云量还是植被景观都是很适宜的月份。

3) 交城地区月平均负氧离子浓度在 1354~2174 个/立方厘米，年平均负氧离子浓度为 1738 个/立方厘米，远远超出负氧离子浓度最高等级标准，整体上对人体健康具有增强免疫抗菌力和康复治疗的作用，是大自然赐予的“天然氧吧”。在森林公园、植物园等旅游或休闲场所适当地增加一些水景观，形成层次跌落的流动水系；另外在适宜地点增设凉亭等，可以营造更优质的森林环境空气质量，减少空气污染，更好地发挥国家森林公园——中国天然氧吧游憩、健身的作用，提高人们的生活质量。建议打造以负氧离子为品牌的生态康体旅游线路，运用生态学原理选在合适的区域开发建设天然空气负离子呼吸区、负氧离子浴场、森林疗养院、度假别墅、游憩保健园和康健步道等生态保健旅游区。

8 开发区与气候相互影响及气象探测环境影响分析

8.1 气候条件对开发区的影响分析

1) 开发区选址气候条件适宜性分析

开发区的基本气候条件适宜，周边环境对其影响较小。虽然高影响天气种类较多，存在一定的气象灾害风险，但灾害强度和频率均不高，在合理规避气候风险、做好各项污染防治措施的前提下，开发区的选址是适宜的。

2) 气候条件对开发区布局 and 运行的影响分析

开发区各园区布局 and 运行时，应考虑：要尽量避免将大气污染物排放量大的企业和工厂布设在上风向（即开发区 W/SW 方向），同时应加强开发区本地的大气污染物排放的管控。道路网规划在满足区域交通通畅的同时，应考虑路网对改善风场结构、促进大气污染物扩散的作用。用地规划可充分利用本报告提供的各类气象参数用于建筑设计。防洪规划可参考本报告暴雨强度公式有关参数，还要加强开发区排水设施建设，布置对内涝不敏感的生产生活设施。开发区和企业可根据需求充分利用太阳能资源，科学实用清洁能源设施。根据日照时数、温度、降水等气候条件选择适宜树种，发挥好开发区“绿肺”作用。

3) 减轻气象灾害的对策措施

影响开发区运营的高影响天气有强降水、高温、低温、大风、冰雹、积雪、结冰、雷暴和冻土。这些天气将对生产生活安全、交通运输、设施设备造成影响。开发区应设专员及时关注与收集气象预报预警信息；重点区域可建设气象观测站进行在线监测；开发区可根据不同气象灾害特征，编制专项气象灾害应急预案和风险评估报告，与气象部门合作，委托定制专业气象服务。根据气象预报预警信息，及时启动应急行动计划，最大限度避免遭受气象灾害带来的损失。

8.2 开发区建设运营对气候环境影响分析

开发区的建设运营，将改变周边区域光、热、水、风等气象要素的数值与分布，造成当地局地气候的改变，由此引发的气候变化可能对周边区域气候条件产生不可

忽视的影响。因此，开发区应综合考虑气象和气候条件特点，合理开发、利用和保护气候资源、科学评估和考虑拟建区域的功能布局对周边区域气候条件的影响，保障开发区资源和生态环境安全，提高人居环境质量。

8.2.1 对太阳辐射的影响

开发区建设和运行后，排放到大气中的污染物增加，空气浑浊度增大，而这些大气气溶胶颗粒物会吸收、反射部分太阳直接辐射，使太阳辐射的透过率降低。其结果使得到达地面的直接太阳辐射减少，散射辐射增加，但散射辐射增加量一般小于太阳直接辐射减少量，因此到达地面的总辐射量减少。地表反照率一般会变小，一是由于大量使用的混凝土、沥青、砖瓦等建筑材料的反照率小于裸地；二是由于陆面和建筑物一般颜色都较深，会降低反射率；三是由于建筑物较多，直接辐射达到后发射多次反射而减少反射率。太阳辐射和下垫面辐射收支的变化是气象条件形成和变化的主要原因，开发区辐射环境的变化，必然导致气温、风等气象要素的变化。

8.2.2 对气温的影响

开发区投入运行后，将会使区域温度升高。一是由于人工建筑、构筑物增多，下垫面结构发生了根本变化，下垫面的变化一方面对太阳辐射的反射率降低、吸收率升高，另一方面这些材料的导热率明显高于土壤，而其中水分含量极低，热容量远小于土壤，这些均使得白天人工下垫面的温度远高于自然下垫面。二是人工热源增多，主要包括工厂生产、交通运输、居民日常生活等消耗能源而向外排放大量的热量。三是风速减小，热量不容易散失。

8.2.3 对风的影响

开发区建设运行对风的影响主要包括三个方面：一是由于建筑物大量增加，近地面层地表粗糙度和摩擦力增大，阻碍气流的流动，部分地区风速减小。二是在一定条件下，高大建筑物之间产生狭管效应，导致狭窄地带风力过强，易造成灾害；而在某些建筑物密集区域，由于建筑物的遮挡，风速明显降低或出现经常性的静风。三是由于开发区温度高于周边乡村，温度差异引起了气压梯度，造成外围的气流向起步区中心流动的倾向，形成“城郊风”，在大范围气压梯度小时，表现更为明显。开发区部分

地区风速减小将会进一步降低区域的大气自净能力，同时在一定条件下，“城郊风”会使大气污染物在开发区不断循环聚集而无法扩散出去，导致严重污染并有不断加重的趋势。

8.2.4 对空气相对湿度、云雾和降水的影响

开发区建成后，地面大多数为不透水的街道或建筑物，雨水容易被排走，因此蒸发到空气中的水分较小，加之气温较高，所以空气相对湿度减小，将显得更加干燥。正常运行后，区域上空对流作用增强，同时排放烟尘等大气污染物，增加了大气中吸湿性强的凝结核，更容易形成云雾，也会导致区域降水日数和降水量增加。另外可能会导致区域降雪量的减少，而更多的降水是以降雨的形式出现。同时随着城市化的进行，原有的多样化的土地利用类型大多变为硬化地面，使得地面渗水能力减弱，遭遇较强降水时容易形成城市积涝。

8.3 气象设施和气象探测环境保护

气象设施是指气象探测设施、气象信息专用传输设施和大型气象专用技术装备等。气象探测环境是指为避开各种干扰，保证气象探测设施准确获得气象探测信息所必需的最小距离构成的环境空间。按照《气象设施和气象探测环境保护条例》和《山西省气象设施和气象探测环境保护办法》，为确保气象探测信息的代表性、准确性、连续性和可比较性，需要对气象设施和气象探测环境实行分类保护，在开发区规划、建设和运行中宜将气象设施和气象探测环境保护纳入综合规划，并对开发区周边的气象观测站按要求进行保护，确保开发区具有长期有效的气象观测资料。

8.3.1 对气象设施和气象探测环境的保护要求

交城县气象观测站为国家基本气象观测站。山西省政府令第 256 号《山西省气象设施和气象探测环境保护办法》（2018 年 4 月 16 日发布），分别对气象设施和气象探测环境保护做出明确要求：

- 1) 国家基准气候站、国家基本气象站、国家一般气象站、高空气象观测站、农业气象站、天气雷达站、气象卫星地面站、区域气象观测站等气象台站和单

独设立的气象探测设施的探测环境，应当依法予以保护。

2) 禁止实施下列危害气象设施的行为：

- ① 侵占、损毁、擅自移动气象设施或者侵占气象设施用地；
- ② 在气象设施周边进行危及气象设施安全的爆破、钻探、采石、挖砂、取土、焚烧、放牧等活动；
- ③ 擅自占用依法设置的气象无线电台站工作频率，干扰气象无线电台(站)正常工作；
- ④ 设置影响大型气象专用技术装备使用功能的热源、电磁干扰源、污染源、辐射源等干扰源；
- ⑤ 法律、行政法规和国务院气象主管机构规定的其他危害气象设施的行为。

3) 对于国家基本气象观测站，禁止实施下列危害探测环境的行为：

- ① 在气象站观测场周边 1km 探测环境保护范围内修建高度超过距观测场距离 1/10 的建筑物、构筑物；
- ② 在观测场周边 500m 范围内设置垃圾场、排污口等干扰源；
- ③ 在观测场周边 200m 范围内修建铁路；
- ④ 在观测场周边 100m 范围内挖筑水塘等；
- ⑤ 在观测场周边 50m 范围内修建公路、种植高度超过 1m 的树木和作物等。

4. 对于在气象台站探测环境保护范围内新建、改建、扩建建设工程的，应遵循如下：

在气象台站探测环境保护范围内新建、改建、扩建建设工程，应当避免危害气象探测环境；确实无法避免的，建设单位应当向当地气象主管机构报告，并提出相应的补救措施，由当地气象主管机构审查后上报省气象主管机构，经省气象主管机构书面同意。

在单独设立的气象探测设施探测环境保护范围内新建、改建、扩建建设工程的，建设单位应当事先报告当地气象主管机构，并按照要求采取必要的工程、技术措施。

根据《新建、扩建、改建建设工程避免危害气象探测环境审批事项服务指南》（2019年10月）要求，申请人为在气象台站探测环境保护范围内的建设且可能影响气象探测环境的新建、扩建、改建建设工程的法人、其他组织或公民。

申请人同时符合下列行政法规和标准要求的，准予批准：

符合《气象设施和气象探测环境保护条例》的有关要求。

符合《气象探测环境保护规范大气本底站》（标准编号：GB 31224-2014）、《气象探测环境保护规范地面气象观测站》（标准编号：GB 31221-2014）、《气象探测环境保护规范高空气象观测站》（标准编号：GB 31222-2014）、《气象探测环境保护规范天气雷达站》（标准编号：GB 31223-2014）、《地球站电磁环境保护要求》（GB13615-2009）等标准要求的。

8.3.2 新建扩建改建建设工程避免危害气象探测环境的行政许可

根据中国气象局令第 29 号《新建扩建改建建设工程避免危害气象探测环境行政许可管理办法》（2016 年 4 月 7 日发布）及中国气象局令第 35 号《中国气象局关于修改〈气象信息服务管理办法〉等四部部门规章的决定》（2020 年 3 月 24 日发布），省、自治区、直辖市气象主管机构负责本行政区域内新建、扩建、改建建设工程避免危害气象探测环境行政许可的实施和管理工作。设区的市气象主管机构或省直管县（市）气象主管机构负责本行政区域内新建、扩建、改建建设工程避免危害气象探测环境行政许可的初审和管理工作。

要求申请人提交以下材料，并对申请材料的真实性负责：

- 1) 新建、扩建、改建建设工程避免危害气象探测环境行政许可申请表。
- 2) 申请人身份信息。
- 3) 新建、扩建、改建建设工程与气象探测设施或观测场的相对位置示意图。
- 4) 委托代理的，应出具委托协议。

申请人为法人或其他组织的，还应当提交新建、扩建、改建建设工程概况和规划总平面图。

根据《新建、扩建、改建建设工程避免危害气象探测环境审批事项服务指南》（2019 年 10 月）要求，申请人为法人或其他组织的需提供的申请材料见表 8.3-1。

表 8.3-1 申请人为法人或其他组织的申请材料清单

序号	提交材料名称	原件/复印件	份数	纸质/电子	要求	备注
1	新建、扩建、改建建设工程避免危害气象探测环境行政许可申请表	原件	1	扫描成 pdf 格式的电子版	内容应符合填表说明的要求，填写内容正确、完整；申请表封面应加盖申请单位公章，单位名称应与公章上的名称相一致，与营业执照或组织机构代码证上名称相一致。	电子版材料应为原件扫描件。
2	新建、改建、扩建建设工程概况和规划总平面图	复印件（核对原件）	1	扫描成 pdf 格式的电子版	1.应标注各建筑物的大地坐标、地平高度、建筑物名称、所用坐标系。 2.小型建设工程，可不要求。	电子版材料应为原件扫描件；图纸较大，无法扫描时可提供电子版高清照片。
3	新建、扩建、改建建设工程与气象探测设施或观测场的相对位置示意图	原件	1	扫描成 pdf 格式的电子版	应标注建筑物名称、高度、建设工程到气象探测设施或观测场地距离、正北方向。	电子版材料应为原件扫描件；不要求专业部门设计；建设工程与气象探测设施或观测场地距离超过 2 千米的，不要求提供此图。
4	委托代理的，应出具委托协议	原件	1	扫描成 pdf 格式的电子版	委托协议上应有委托单位公章和委托人签字。	电子版材料应为原件扫描件。

8.3.3 开发区周边气象探测环境

开发区周边气象站主要包括交城国家气象观测站及夏家营气象观测站，详见图 8.3-1。

1) 交城国家气象观测站

交城国家气象观测站始建于 1959 年 1 月，海拔高度 753.6 米。图 8.3-2 给出了开发区探测环境实景，图 8.3-3 为交城国家气象观测站观测场周边景观面积占比，给出了观测场不同距离（0.5 公里、1 公里、5 公里、10 公里、15 公里、20 公里）内，农田、山地、建筑、林区、水体等景观面积比例。由图 8.3-1 和 8.3-3 可以看出交城国家气象观测站在开发区西南方向，地形与开发区相似，且距离较近；二者之间主要为农田和建筑区，结合图 8.3-2 实拍图进一步说明该站观测设备齐全，有专人负责维护，保证气象观测数据安全可靠。同时，该站周边暂无高大建筑遮挡，观测业务未受到影响。

目前，开发区建设运营并未对交城国家气象观测站观测场造成影响，但开发区仍需注意保护交城国家气象观测站气象探测环境，避免造成危害。

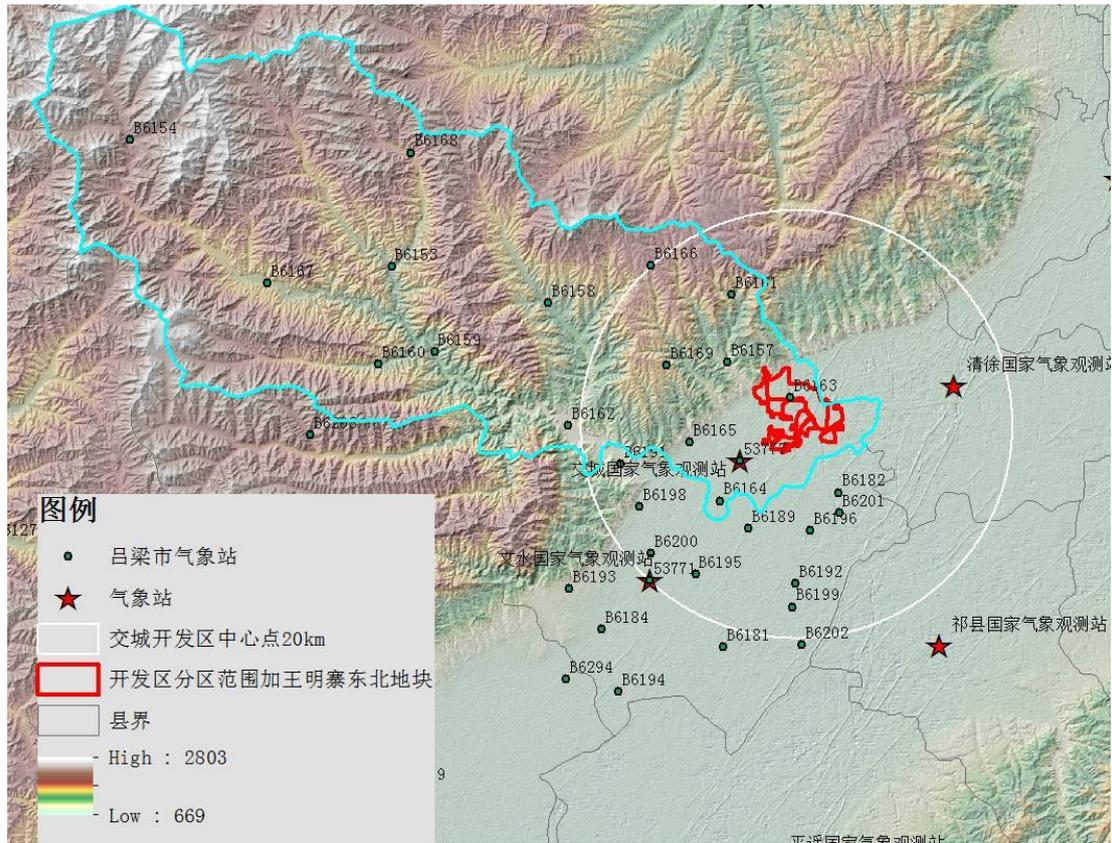


图 8.3-1 开发区与气象站相对位置及探测环境



图 8.3-2 交城国家气象观测站观测场

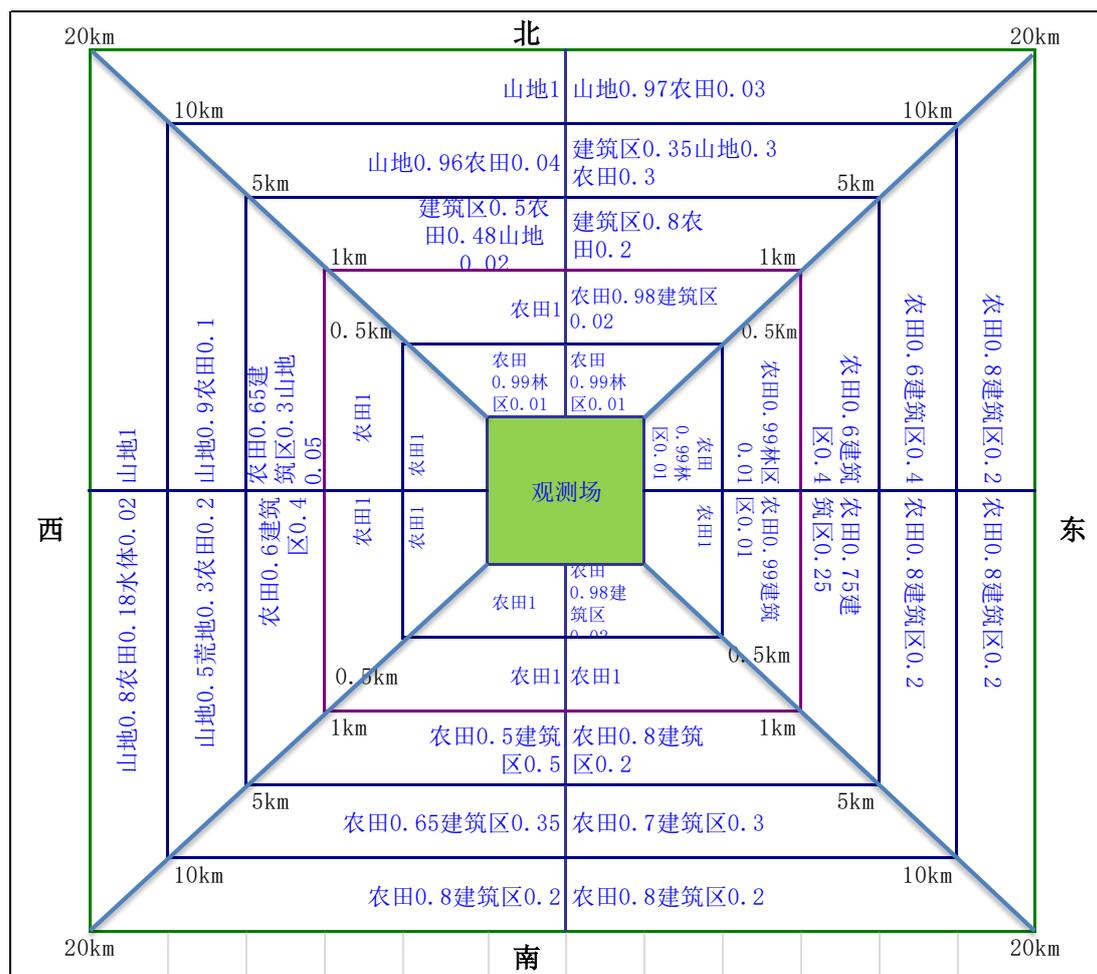


图 8.3-3 交城国家气象观测站观测场周边景观面积占比

2) 省级气象观测站

开发区开发范围附近有省级气象观测站一个，站名为夏家营气象观测站。开发区应当将本行政区域内无人值守的气象探测设施纳入公共设施管理和保护范围，并按吕梁市人民政府公告的气象探测环境的保护标准、保护范围和具体要求执行。



图 8.3-4 交城夏家营气象观测站探测环境



图 8.3-5 交城夏家营气象观测站现状

8.4 开发区工程建设避免危害气象探测环境评估

气象设施是指气象探测设施、气象信息专用传输设施和大型气象专用技术装备等。气象探测环境是指为避开各种干扰，保证气象探测设施准确获得气象探测信息所必需的最小距离构成的环境空间。按照《气象设施和气象探测环境保护条例》和《山西省气象设施和气象探测环境保护办法》，为确保气象探测信息的代表性、准确性、连续性和可比较性，需要对气象设施和气象探测环境实行分类保护，在开发区规划、建设和运行中应将气象设施和气象探测环境保护纳入综合规划，并对区域周边的气象观测站按要求进行保护，确保开发区具有长期有效的气象观测资料。

开发区根据《气象探测环境保护规范地面气象观测站》（GB 31221-2014）、《山西省气象设施和气象探测环境保护办法》（2018年4月16日发布）文件的相关要求，开发区建设不会对该站点气象探测环境造成危害，但应注意严禁占用依法设置的气象无线电工作频率，干扰气象无线电台(站)正常工作。目前，开发区建设未对园区周围各气象观测站气象探测环境造成危害，开发区应当将本行政区域内无人值守的气象探测设施纳入公共设施管理和保护范围，并按相关气象探测环境的保护标准、保护范围和具体要求执行。

气象条件是影响其选址、建设、运行和设备设施安全的重要因素。大规模开发建设将改变区域下垫面结构从而影响气候形成和变化的要素，可使开发区的气候要素特征和时空变化规律产生与其他区域有一定差异的变化。因此开发区应加强气象条件观测，对掌握气候要素特征和变化规律、充分利用气候资源、避免和减轻气象灾害具有十分重要的意义。

9 结论

9.1 综合结论

9.1.1 区域气候特征

交城县属暖温带亚湿润区，四季分明，春季干旱少雨，夏季高温多雨，秋季凉爽湿润，冬季寒冷干燥。开发区位于交城县东南平川地区，年平均气温 11.0℃，冬季 1 月最冷（平均气温-4.9℃），夏季 7 月最热（平均气温 24.5℃）。极端最高气温 37.5℃，极端最低气温-23.5℃。常年平均日照时数 2345.8 小时。年平均降水量为 425.0 毫米，年最大降水量为 637.0 毫米。开发区的选址是气候适宜的。更加详细的气候特征值见表 9.1-1。

表 9.1-1 参证气象站主要地面气象要素气候特征值

气候要素		值	单位	出现时间
气温	年平均气温	11.0	℃	/
	年平均最高气温	18.1	℃	/
	年平均最低气温	4.7	℃	/
	极端最高气温	39.5	℃	2010 年 7 月 30 日
	极端最低气温	-23.5	℃	1998 年 1 月 19 日
降水	年平均降水量	425.0	mm	/
	年最多降水量	637.0	mm	2021 年
	年最少降水量	238.0	mm	1997 年
	年平均降水日数	69.7	d	/
	最大日降水量	99.3	mm	1963 年 7 月 6 日
风速风向	年平均风速	1.4	m/s	/

气候要素	值	单位	出现时间	
年最大风速	年最大风速	20.3	m/s	1995年3月11日
	年最大风速对应的风向	NW	/	/
	年极大风速	24.7	m/s	2021年5月26日
	年极大风速对应的风向	NNW	/	/
	最多风向	W	/	/
日照	年平均日照时数	2345.8	h	/
	年最多日照时数	2684.1	h	2017年
	年最少日照时数	2097.4	h	1996年
地表温度	年平均地表温度	13.1	℃	/
	年平均最高地表温度	31.3	℃	/
	年平均最低地表温度	2.9	℃	/
	极端最高地表温度	69.1	℃	2010年7月30日
	极端最低地表温度	-32.6	℃	1993年11月21日
相对湿度	年平均相对湿度	59	%	/
气压	年平均气压	929.4	hPa	/
	年平均最高气压	931.7	hPa	/
	年平均最低气压	926.4	hPa	/
	年极端最高气压	945.8	hPa	2009年11月2日
	年极端最低气压	907.6	hPa	2009年2月12日

注：除日照外平均值统计时段为 1992-2021 年，极值统计时段为 1959-2021 年。

9.1.2 高影响天气特征

通过历史气象灾害调查、典型案例解析和走访化开发区已入驻企业并结合开发区规划，可知开发区高影响天气包括暴雨、高温、低温、雾霾、大风、冰雹、积雪、结冰、雷暴、冻土等。

暴雨：年平均暴雨日数为 0.7 天，最多的年份出现了 4 天（1977 年），年暴雨日数呈波动变化，暴雨出现在 5、7-10 月，各月平均暴雨日数平均不超过 1 天，平均出现最多的月份为 7 月和 8 月（0.2 天）。

高温、低温：年平均高温日数为 3.1 天，高温天气发生在 4-9 月，其中 6 月平均高温日数最多为 1.4 天。酷热日数出现较少，主要出现在 5-7 月，其中 6 月出现最多，

平均为 0.3 天。年平均日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的日数为 141.0 天。年平均日最低气温 $\leq -5^{\circ}\text{C}$ 的日数为 90.1 天，一般出现在 10 月至次年 3 月；年平均日最低气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的日数为 43.9 天，主要出现在 11 月至次年 3 月；年平均日最低气温 $\leq -15^{\circ}\text{C}$ 的日数为 11.5 天，主要出现在 11 月至次年 2 月。

大风：年平均大风日数为 9.2 天，大风全年各月均有发生，其中 4-6 月最高，均超过 1.4 天，4 月最高，为 2.2 天。

雾霾：年平均雾日数为 14.2 天，平均雾日数在秋冬季节出现较多，最多的月份出现在 11 月（2.2 天）。平均霾日数为 28.1 天，平均霾日数在 12 月、1 月较多，最多的月份出现在 1 月（6.2 天）。

冰雹：年平均冰雹日数为 0.9 天，冰雹天气发生在 3-9 月，平均冰雹日数以夏季的 6 月份（0.24 天）最多。

积雪：积雪年平均日数为 17.9 天，最大积雪深度为 26 厘米。积雪一般发生在 10 月至次年 4 月，平均积雪日数最多的月份出现在 1 月（6.0 天），其次是 12 月（4.7 天）。

结冰：结冰日数为 138.5 天，结冰一般发生在 10 月至次年 3 月，其中 1 月平均结冰日数最多，常年平均为 30.4 天，12 月次多，常年平均为 29.7 天。

雷暴：年平均日数为 35.1 天，发生在 3-11 月，平均雷暴日数以夏季的 6-8 月（8.0~10.3 天）最多。

冻土：最大冻土深度为 73.0 厘米，出现在 1977 年；冻土出现在 10 月至次年 4 月，其中 2 月，达 51.8 厘米，1 月次之，达到 50.4 厘米。

表 9.2-1 高影响天气特征值统计一览表

高影响天气特征值		参证气象站
暴雨	年均日数 (d)	35.1
	年最多日数 (d)	66.0
降水极值	日最大降水量 (mm)	99.3
	最长连续降水日数 (d)	13.0
高温日数	年均日数 (d)	3.1
	年最多日数 (d)	11.0
低温日数	$\leq 0^{\circ}\text{C}$ 年均日数 (d)	140.5

高影响天气特征值		参证气象站
	≤0℃年最多日数 (d)	161.0
	≤-5℃年均日数 (d)	89.6
	≤-5℃年最多日数 (d)	113.0
	≤-10℃年均日数 (d)	43.6
	≤-10℃年最多日数 (d)	76.0
	≤-15℃年均日数 (d)	11.3
	≤-15℃年最多日数 (d)	31.0
大风	年均日数 (d)	9.2
	年最多日数 (d)	34.0
冰雹	年均日数 (d)	0.9
	年最多日数 (d)	4.0
积雪	年均日数 (d)	17.9
	年最多日数 (d)	46.0
	最大深度 (cm)	26.0
结冰	年均日数 (d)	138.5
	年最多日数 (d)	159.0
雷暴	年均日数 (d)	35.1
	年最多日数 (d)	66.0
冻土	最大冻土深度 (cm)	73.0
	出现时间	1977年2月

9.1.3 关键气象参数推算

开发区设计、建设、运营涉及到设计风速、雪荷载、高温、低温以及室外空气计算参数、暴雨强度公式等，考虑到上述关键气象参数推算中存在的 uncertainty，建议开发区根据所在区域气候及地理环境特点，从安全性角度出发，合理选择气象参数。

表 9.3-1 关键气象参数分析及推算结果

关键气象参数			推算结果
设计风速 (m/s)	10 米高	100 年一遇	21.8
		50 年一遇	20.4
雪荷载 (kN/m ²)	100 年一遇		0.28
	50 年一遇		0.23
月平均最高气温 (°C)	100 年一遇		33.8

关键气象参数		推算结果
极端最高气温 (°C)	50 年一遇	33.2
	100 年一遇	41.2
	50 年一遇	40.3
月平均最低气温 (°C)	100 年一遇	-17.0
	50 年一遇	-16.1
极端最低气温 (°C)	100 年一遇	-27.8
	50 年一遇	-26.3
冬季空气调节室外计算温度 (°C)		-13.5
夏季空气调节室外计算日平均温度 (°C)		28.6
冬季通风室外计算温度 (°C)		-8.5
夏季通风室外计算温度 (°C)		29.8
夏季通风室外计算相对湿度 (%)		53.6
冬季空气调节室外计算相对湿度 (%)		72.0
1 小时最大降水量 (mm)	100 年一遇	55.4 (交城县暴雨强度公式)
2 小时最大降水量 (mm)		63.5 (交城县暴雨强度公式)
3 小时最大降水量 (mm)		67.0 (交城县暴雨强度公式)
交城县暴雨强度公式		$q = \frac{3823.465(1+0.922LgP)}{(t+17.927)^{0.977}}$

9.1.4 专题评估

1) 大气扩散条件评估

开发区年均大气自净能力等级为三级，对大气污染物的清除作用不明显；秋季和冬季大气自净能力等级为四级，高稳定度天气频率也较高，同时混合层高度较低，不利于大气污染的水平 and 垂直扩散。冬季受取暖影响污染物排放增大，极易造成空气质量下降。为了保证开发区及交城城区空气质量，建议开发区内各园区优化能源结构，严格环境准入，加强对重点行业和居民生活污染的控制。合理规划园区布局，加强环境管理和企业废气污染防治与控制，从源头减少废气污染。其次，采取有效措施防治机动车尾气、扬尘等污染。开发区运营期间，及时根据气象预报信息，制定污染防治的企业分级方案，采取差异化管控，冬季重污染预警期间，针对不同企业采取不同的

减排措施，尽量抵消采暖排放增加和不利气象条件带来的影响。

冬季颗粒物的传输贡献高值区主要在交城县城区、交城县西部山区、清徐县、太原市西部和古交市等地，夏季臭氧主要向北扩散，主要影响范围包括交城县大部分地区、古交市西部、太原市晋源区等。

2) 太阳能资源开发利用潜力评估

交城水平面年总太阳辐射量在 5129.96 兆焦/平方米左右，属于太阳能资源很丰富区。37°为开发区光伏板最佳安装倾角，最佳倾角下年总太阳辐射量在为 6118.43 兆焦/平方米左右，换算为峰值日照时数为 1699.56 小时。根据分析，通过经验公式计算得到的开发区首年光伏发电小时数为 1455.12 小时。当开发区太阳能资源面积可利用率分别为 2%、5%和 10%时，光伏资源储量分别为 1.65×10^8 千瓦·时/年、 4.13×10^8 千瓦·时/年、 8.27×10^8 千瓦·时/年，具有很好的光伏资源开发利用价值。用户可以在开发区根据需求铺设光伏组件，高效利用清洁能源。

3) 雷击风险评估

① 开发区平均地闪密度为 1.22 次/平方公里/年，高于交城县平均地闪密度为 1.06 次/平方公里/年。该数据可供设计单位做防雷设计时直接采纳使用。

② 按照 GB50057 中规定，开发区内一般工业厂房、办公楼、住宅楼、加油站、备用发电机、燃料仓库等易燃易爆场所防雷类别划分应参照《建筑物防雷设计规范》(GB50057) 第 3 章的要求。

③ 历史云地闪回击数据统计得到，2012 年地闪频次最多，达 1210 次。交城县地闪频次总体呈不规则趋势，具有一定的雷击风险，不能排除未来个别年份会出现闪电剧增的情况。

④ 交城县雷电主要发生在 6-8 月，占全年的 90%，未来开发区的生产活动中要特别注意此时雷电防护工作。对于其他月份，雷暴天气出现概率较低，但仍有地闪发生，所以地闪活动低发季节的防御工作不能忽视。

⑤ 从日变化上来看，11 时至 21 时为雷电活动的高发期，该时段包括了下午和晚上的工作时间，要密切注意在此时间段内发生雷电时的人员安全防护。

⑥ 超过 60 米的住宅楼、办公楼其上部 20%应符合防侧击雷要求，建议参照《建筑物防雷设计规范》(GB 50057) 第 4 章设置雷电防护措施，其金属门窗、栏杆等应与建筑物防雷装置连接。

⑦ 开发区内焦化、冶炼、铸造、机械加工、化肥和生物工程等产业内易燃易爆危险物质较多，烟气废水腐蚀大。各建（构）筑物应严格按防雷分类等级，做好雷、防静电措施。同时，结合企业规章制度，开展定期检测，加强防腐检修，最大限度地减轻雷电灾害对企业造成的危害和损失。

4) 温室气体减排评估

交城城区和开发区 CO₂ 通量呈逐年增涨趋势，城区排放量均在 7.5 克/平方米/天以上，显著高于园区排放量，城区冬季偏高而春季和秋季相对较低，在 11 月到次年 3 月排放量均比较高，可达到 20 克/平方米/天以上，其他月份均在 20 克/平方米/天以下。开发区排放稍低一些，且积季节性的差别不十分明显，11 和 12 月排放量稍微高一些，可以达到 7.8 克/平方米/天，其他月份均在 6.5 克/平方米/天以下。城区生活和交通行业 CO₂ 排放比重很高，占比分别达到了 40.6%和 34.8%；各园区排放占比较高的行业是工业，比率达到 85.7%，其次为生活排放，占比可达 8.2%。

城区和开发区 CH₄ 通量呈逐年增涨趋势，其中开发区排放量明显高于城区，在 2010 年以前增速较快，2010 年达到了 79.4 毫克/平方米/天，2011-2020 年排放均在 80 毫克/平方米/天以上，2020 年最高达到了 95.7 毫克/平方米/天。城区排放量相对较低，在 37.5~58.5 毫克/平方米/天之间，且增长幅度相对较小。城区在 11 月份到次年 3 月份，排放量均在 60 毫克/平方米/天以上，4 至 9 月份排放量基本相当，变化幅度较小，排放量在 52.2~54.8 毫克/平方米/天之间。开发区排放较高的时段在 6 至 8 月份，排放量均在 96.0 毫克/平方米/天以上。城区固废（固体垃圾和废水）和生活 CH₄ 排放比重较高，占比分别达到了 63.9%和 31.4%；开发区排放占比较高的行业是工业，比率达到 90.9%。企业在生产过程中会排放 CO₂、CH₄ 等温室气体，园区应积极响应国家“碳达峰、碳中和”战略，提早开展碳核查工作。

5) 城市热岛评估

随着开发区建设的不断推进，不透水面积持续扩大，热岛效应将愈发明显，热岛引发的局地气候变化需引起高度重视。根据相关科学研究结果表明，水体和绿地可以减缓城市热岛效应。因此，应根据开发区气候变化和灾害发生规律以及气候论证和风险评估的结论，科学确定区域功能，有效控制区域规模，合理布局区域格局，保护好河流水体面积，扩大开发区绿化面积，合理布设风道，有效控制区域热岛效应的增强，促进河流和土壤对雨水的吸收等，减轻城市热岛、雨岛、雾霾影响，保障开发区经济

社会的可持续发展。

6) 暴雨洪涝风险评估

① 交城县开发区洪涝风险源分析：交城县开发区位于磁窑河流域。磁窑河流域虽建有 4 座小型水库，但调蓄功能有限。交城县开发区 5 年~100 年一遇一日最大降水量为 65.8~111.6 毫米，极端降水可能引发洪涝灾害。磁窑河流域的东部和南部地势起伏较小，地势低平。若设施不完善导致排水不畅或当短时强降水强度超过排水能力时，局地低洼处将出现内涝积水。

② 风险评估：在不考虑排水的状况下，交城县开发区原范围大部、七区大部、八区大部和五区部分地区容易发生洪涝灾害。在不同重现期日降水量下，模拟区内大部分淹没面积在 10 厘米以下（无内涝风险），内涝等级为一般性内涝（10~25 厘米）的淹没面积 2.6~3.7 平方千米，中度内涝（25~50 厘米）的淹没面积 2.5~3.0 平方千米，严重内涝（50~80 厘米）的淹没面积 1.5~2.5 平方千米，特别严重内涝（>80 厘米）的淹没面积 1.6~4.7 平方千米。结果显示，特别严重内涝等级的淹没面积随着重现期的增加而变大。开发区在建设选址阶段应合理设计排水管网，避免在暴雨洪涝严重和特别严重区建设厂房；在开发区建设和运营阶段，需关注天气预警预报信息，做好暴雨防御准备。

7) 区域宜居环境评估

交城城区 5-9 月的人居环境气候舒适度均表现为舒适，10 月到次年 4 月为寒冷；庞泉沟地区仅 7 月人居舒适度表现为舒适，6 月和 8 月为冷，9 月到次年 5 月表现为寒冷；交城县所在区域人居气候条件较好，庞泉沟更适宜夏季避暑，可充分利用气候资源条件及区位优势，打造文旅品牌，促进旅游、康养等产业发展。

按度假旅游指数（HCI）的旅游适宜期评级分类标准，交城 3-11 月适宜旅游出行，其中，6 个月份（3-4 月、7-8 月和 10-11 月）为度假旅游的“适宜期”，3 个月份（5-6 月和 9 月）为度假旅游的“很适宜期”，此时段雨日较少，无论光照、温度、湿度、云量还是植被景观都是很适宜的月份。

交城地区月平均负氧离子浓度在 1354~2174 个/立方厘米，年平均负氧离子浓度为 1738 个/立方厘米，远远超出负氧离子浓度最高等级标准，整体上对人体健康具有增强免疫抗菌力和康复治疗的作用，是大自然赐予的“天然氧吧”。在森林公园、植物园等旅游或休闲场所适当地增加一些水景观，形成层次跌落的流动水系；另外在适

宜地点增设凉亭等，可以营造更优质的森林环境空气质量，减少空气污染，更好地发挥国家森林公园——中国天然氧吧游憩、健身的作用，提高人们的生活质量。建议打造以负氧离子为品牌的生态康体旅游线路，运用生态学原理选在合适的区域开发建设天然空气负离子呼吸区、负氧离子浴场、森林疗养院、度假别墅、游憩保健园和康健步道等生态保健旅游区。

9.1.4 开发区实施与气候产生的影响分析

在合理规避气候风险、做好各项污染防治措施的前提下，开发区的选址是适宜的。开发区应设专员及时关注与收集气象预报预警信息；重点区域可建设气象观测站进行在线监测；各园区可根据不同气象灾害特征，编制专项气象灾害应急预案和风险评估报告，与气象部门合作，委托定制专业气象服务。根据气象预报预警信息，及时启动应急行动计划，最大限度避免遭受气象灾害带来的损失。

开发区的建设运营，将改变周边区域光、热、水、风等气象要素的数值与分布，造成当地局地气候的改变，由此引发的气候变化可能对周边区域气候条件产生不可忽视的影响。因此，开发区应综合考虑气象和气候条件特点，合理开发、利用和保护气候资源、科学评估和考虑拟建区域的功能布局对周边区域气候条件的影响，保障开发区资源和生态环境安全，提高人居环境质量。

9.1.5 气象探测环境评估

开发区周边已建成的地面气象观测站主要包括交城国家气象观测站和夏家营气象观测站。

开发区建设不会对该站点气象探测环境造成危害，但应注意严禁占用依法设置的气象无线电工作频率，干扰气象无线电台(站)正常工作。目前，开发区建设未对周围各气象观测站气象探测环境造成危害，开发区应当将本行政区域内无人值守的气象探测设施纳入公共设施管理和保护范围，并按相关气象探测环境的保护标准、保护范围和具体要求执行。

气象条件是影响其选址、建设、运行和设备设施安全的重要因素。大规模开发建设将改变区域下垫面结构从而影响气候形成和变化的要素，可使开发区的气候要素

特征和时空变化规律产生与其他区域有一定差异的变化。因此开发区应加强气象条件观测，对掌握气候要素特征和变化规律、充分利用气候资源、避免和减轻气象灾害具有十分重要的意义。

9.2 论证结果的适用性及不确定性分析

9.2.1 适用性

本报告提出的气象防灾减灾措施和对策建议，可供论证区域的整体规划、建设项目的规划设计及运营维护参考使用。本论证报告可直接作为区域内除必须单独开展气候可行性论证的重大建设工程（交通、水利、能源和其他特殊工程）以外的新建、扩建、改建建设工程规划和建设的依据。

9.2.2 对策建议

开发区的建设运营，将影响周边区域光、热、水、风等气象要素的数值与分布，造成当地局地气候的改变，由此引发的气候变化可能对周边区域气候条件产生不可忽视的影响。因此，开发区建设应综合考虑气象和气候条件特点，合理开发、利用和保护气候资源、科学评估和考虑拟建区域的功能布局对周边区域气候条件的影响，保障园区资源和生态环境安全，提高人居环境质量。在规划建设和运营中受一定的气象因素的制约与影响，充分考虑该影响能起到趋利避害、与当地气候环境协调发展的目的。本报告面向开发区决策者和入驻企业提出了不同阶段关注点及对策建议，见表 9.2-1 和表 9.2.2。

表 9.2-1 面向开发区决策部门的对策建议

阶段	关注点	对策建议
规划设计	开发区区划管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开发区平均地闪密度为 1.22 次/平方公里/年，高于交城县平均地闪密度为 1.06 次/平方公里/年。雷暴在 6-8 月高发，白天 11 时至 21 时为雷电活动的高发期。因此在开发区规划、选址、设计时应充分考虑雷暴造成的影响，建议设计安装 SPD。 2. 考虑到开发区的性质、主要功能和产业结构特征，以及大气扩散评估结果，开发区应该对大气污染单元加强控制，从而达到减污降碳协同增效的国家战略。 3. 开发区在做总体规划时，应考虑企业区位的合理性，根据暴雨强度公式、

阶段	关注点	对策建议
		短历时暴雨和小时雨型分布等特征，科学设计园区排水管网及绿地、透水地面等雨水利用体系，增强排水排涝和雨水利用能力。
	气候资源利用	1.园区所在区域气温适宜，太阳能资源等级为 B 级，属于“资源很丰富”等级，用户可以在开发区根据需求铺设光伏组件，高效利用清洁能源。 2.加强与气象部门合作，积极开展太阳能精细化预报，为多种电力的自动化调度提供技术支撑。
	规避气象灾害	1.加强与气象部门联系与合作，建立气象预报预警联络机制，及时收发气象预报预警信息。 2.及早建立和完善天气、气候灾害应急预案，从而为防灾减灾做好充分准备。 2.及时对重点区域、重要建（构）筑物，以及重要设备进行防护，以防突发事件的发生。
建设施工	暴雨	建设阶段应密切关注暴雨洪涝预警预报，尤其是 6-9 月，如发生强降水需提高警惕，提前设置应急预案，避免建筑材料冲毁、人员伤亡等情况发生，加强工地排水系统建设，避免工期延误。
	冰雹	如发生冰雹天气，需及时转移易受损、易倒塌的材料及设备，应暂停施工，做好防护。
	雷电	应及时做好防雷工作，提前转移易受损设备及材料，避免雷击造成严重损失和人员伤亡。
	低温	园区所在区域在冬季、春季和秋季均可能会出现低温冰冻天气，会对园区建设运营产生影响，所以需要及时关注天气预报预警信息。
	大风	施工时常使用塔吊，施工人员在高层作业，应密切关注天气预报预警，避免在大风天气作业。
	雾霾	雾霾天气，能见度低，交通运输会受到影响，尽量避开低能见度天气，以免发生交通事故，施工人员应避免高层作业，防止意外发生。
	积雪	密切关注天气预报，冬季积雪将导致施工设施、电力设施及建筑材料掩埋或倒塌以及人员伤亡，需提前做好应急预案，避免造成严重损失。

表 9.2-2 面向入驻企业的对策建议

阶段	关注点	对策建议
建设期	工程参数	应充分考虑设计风速、雪荷载的大小，提高园区厂房等建筑物抗风、抗雪能力。气温有较明显的上升趋势，应充分参考气温参数的推算结果，合理设计通风、降温、空调设备，节能和舒适有机结合。
运营期	暴雨	暴雨可造成厂区积水，引起电路短路及设备故障，也会导致工业污水流入河道造成污染。应关注暴雨预警信息和泥石流等次生灾害预警信息，做好应急预案。
	冰雹	冰雹可能造成建筑物、车辆损坏以及人员伤亡，应避免外出，及时转移室外的易损材料。
	雷电	雷电闪击的火花可引起燃烧或爆炸，易造成安全事故。在雷电高发期应密切关注天气预报，做好防御措施，企业厂房、配电箱等设施安装 SPD 并定

阶段	关注点	对策建议
		期检测维护。
	低温	园区所在区域在冬季、春季和秋季均可能会出现低温冰冻天气，会对园区建设运营产生影响，所以需要及时关注天气预报预警信息。
	大风	大风可造成建筑物及树木倒塌或人员受伤，应避免外出，定期加固户外设施。
	雾霾	雾霾天气，能见度低，交通运输会受到影响，尽量避开低能见度天气，以免发生交通事故，施工人员应避免高层作业，防止意外发生。
	积雪结冰	积雪结冰会影响企业物资运输，若积雪和结冰超过建筑荷载也可造成建筑物倒塌。应在冬季定期检查外置接线盒和装置、设备，及时清理积雪路面，保证运输安全。
	温室气体	企业在生产过程中会排放 CO ₂ 、CH ₄ 等温室气体，应积极响应国家“碳达峰、碳中和”战略，促进资源集约利用，改进生产工艺，使用清洁能源，提早开展碳核查、碳交易。

9.2.3 不确定性分析

报告中参证气象站数据可代表一定范围的气候整体状况，但对于局地性较强的天气，该范围内依然可能存在较大的差异性；极值推算采用了统计中的极值函数拟合算法，虽然拟合的可信度较高，但受数据序列长度和统计算法的局限性影响，统计结果会存在一定的概率性和不确定性；部分算法中的参数选取了经验值，也会造成与实际情况的差异；报告中的结论是基于标准气象观测资料、闪电定位资料、卫星遥感资料、地理资料、历史资料等多源数据按照国家或行业相关技术规范统计分析得出，超出规定值的风险是存在的。

附录

附录 1 项目合同书

交城县区域性气候可行性论证报告采购项目

政府采购合同



项目名称：交城县区域性气候可行性论证报告采购项目

项目编号：1411222022CCS00133

合同编号：SXJZGS-SR-FW20221003

采购人(甲方)：交城县发展和改革局

中标人(乙方)：山西捷正气象信息技术有限公司

签订日期：2022年10月12日

政府采购合同



甲 方：交城县发展和改革局

乙 方：山西捷正气象信息技术有限公司

乙方通过竞争性磋商采购方式中标《交城县区域性气候可行性论证报告采购》项目，根据《中华人民共和国民法典》有关规定，结合该项目招标采购需求，经双方协商一致，签订本合同。

一、采购内容

根据山西省委省政府办公厅《关于深入推进审批服务便民化加快营造“六最”营商环境的实施方案》、《山西省人民政府办公厅关于推进区域性气候可行性论证工作实施意见》的要求，按照《中华人民共和国气象法》、《气象灾害防御条例》、《山西省气候资源开发利用和保护条例》、《山西省应对气候变化办法》、《气候可行性论证管理办法》、《山西省工程建设项目区域气候可行性论证管理办法》等相关法律法规规定，甲方委托乙方开展交城县区域性气候可行性论证工作，论证内容主要包括以下事项：

1、调查交城县现状、规划和地形地貌，确定论证重点；调查交城县及周边国家气象站和区域气象站的分布及探测情况。

2、确定气候可行性论证所需的参证气象站，收集分析处理地面气象观测数据、闪电定位数据等；根据历史气象灾害情况，确定论证气象灾害种类，收集开发区、全县域周边的相关数据。

3、编制区域性气候可行性论证报告。主要内容包括：开展区域气候背景分析、高影响天气分析及探测环境保护分析；针对规划和建设项目所关注的关键气象参数进行极值推算；根据当地气候特征，开展气候专题评估；给出论证结论和建议（详见磋商文件中的技术要求）。

二、合同总金额

人民币（大写）：壹佰伍拾万元整（小写）：¥1,500,000元（包括从方案编制直至取得省级主管部门批复全过程内的报告编制费、专家咨询费、专家评审费、会议费、供方各项管理费、供方差旅费、税金等全部费用）。

此价格为合同执行不变价，不因国家政策变化而变化。

三、付款方式

甲乙双方签订合同后10日历天内，甲方付给乙方合同总额的50%（大写：柒拾伍万元整，小写：750,000元）；乙方完成报告编制，通过省级气象主管机构组织的专家评审并取得批复文件后，甲方支付给乙方剩余50%合同款（大写：柒拾伍万元整，小写：750,000元）。

乙方按照甲方要求提供相应的正规发票。

四、服务期限及地点

- 1、服务期限：本合同签订之日起60日历天内。
- 2、服务地点：山西省交城县。

五、报告交验

1、乙方于本合同生效之日起60日历天通过省级气象主管机构组织的专家评审，并取得批复文件。

2、乙方应保证可行性论证报告通过省级气象主管机构组织的专家评审并取得批复文件。若未能通过评审，乙方应无条件修改完善，直至评审通过。

项目取得批复之日起，乙方就报告编制的相关问题向甲方提供一年的免费咨询服务。

3、乙方须向甲方交付《交城县区域性气候可行性论证报告》纸质版原件10份，电子版原件1份，主管部门专家评审意见原件1份，省级主管部门批复文件原件1份。

六、甲方责任

- 1、按照本合同规定及时付款。
- 2、协助乙方开展现场踏勘、提供论证所需基本资料等相关工作。

3

3、按照项目进度，申请并配合项目验收工作。

七、乙方责任

按期完成本合同规定的全部工作，达到标书和本合同所承诺的时间进度和服务标准。

八、违约责任

1、甲方无正当理由拒付合同款项的，甲方向乙方赔偿合同总额1%的违约金。甲方延期付款的，每延期一日，按照合同总额的3‰向乙方交纳违约金；因违反合同约定给乙方造成损失的，按损失额向乙方交纳赔偿金。

2、乙方不完全按照合同履约的，按照合同总额的1%向甲方交纳违约金。乙方延期付货或验收不合格的，每延期一日，按照合同总额的3‰向甲方交纳违约金；因乙方违反合同约定给甲方造成损失的，按损失额向甲方交纳赔偿金，但因甲方未按照本合同规定执行等原因的情况除外。

3、乙方提供的货物和服务有欺诈行为的，依照《中华人民共和国消费者权益保护法》的规定承担赔偿责任，并按照原提供的标的物的价格向甲方交纳赔偿金。

4、合同签订后，甲方未按照合同要求及时支付乙方合同价款，由此给乙方造成延期付货或验收，甲方需承担相应责任。

5、合同执行过程中，甲、乙双方中一方要求中止或变更合同，需书面通知对方（公函、电报、传真——下同），对方接通知后应在十五天内以书面形式答复对方是否同意（逾期不答复视为同意）。如同意，双方因共同协商因此而产生的有关价格等问题。如不同意，提出方应向对方赔偿因上述变化而造成的经济损失。具体事宜按《中华人



民共和国民法典》办理。

九、不可抗力

甲乙双方的任何一方由于不可抗力的原因不能履行合同时，应及时向对方通报不能履行或不能完全履行理由；在取得有关主管机关证明以后，允许延期履行、部分履行或者不履行合同，并根据情况可部分或全部免于承担违约责任。

十、保密协定

甲乙双方必须履行保密协定，不能未经同意将对方提供的数据及有关资料泄露。否则，产生的一切后果由违约方承担。

十一、争议解决

甲乙双方在执行合同中发生争议，应通过协商解决。如协商不成，由甲方所在地人民法院管辖裁决。

十二、合同生效及其他

1、合同由甲、乙双方代表签章确认后，即行生效。

2、本合同一式 陆，甲乙双方各执 叁 份。

3、合同执行过程中出现的未尽事宜，双方在不违背合同和招标文件实质性内容的前提下协商解决。协商结果以补充合同或协议形式作为合同附件，与合同具有同等效力。

甲方(公章)：交城县发展和改革局



法人代表：
或委托代理人：
地 址：
电 话：
开户银行：
税号：

[Handwritten signature]

乙方(公章)：山西捷正气象信息技术有限公司



法人代表：
或委托代理人：
地 址：太原市新建路45号
电 话：0351-4075297
开户银行：建行太原新建路支行
税号：91140100396352730H

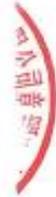
[Handwritten signature]

账号：
行号：

账号：14001815508050507014
行号：105161004138

日期：2022年10月12日

日期：2022年10月12日



附录 2 资料来源证明

资料来源证明

《交城县区域性气候可行性论证报告》中所使用的交城地面气象观测资料均由山西省气象信息中心提供，特此证明。



附录 3 开发区企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表

交城经济技术开发区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表

企业名称（签章）： 山西丰田肥业有限公司 所属行业：化工 填表日期：2022年11月11日

敏感因子	气象要素												高影响天气				易受灾部位或设施		
	风速风向	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨	暴雪	大风	雷电	高温	低温冰冻	大雾	沙尘暴	霾	干旱	寒潮		连阴雨	
高				低		低				低							低	物料管道、包装现场	
中																			
低																			
您认为对企业建设、生产、运营产生不利影响的其它气象因素有哪些 填表说明：请根据敏感度“高”或“中”或“低”等级，在相应表格填“低”；并在最后一栏给出易受灾部位或设施。																			

交城县经济技术开发区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表

企业名称(签章):  所属行业: 化工 填表日期: 2022年11月11日

敏感因子	气象要素							高影响天气										
	风速 风向	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨	暴雪	大风	雷电	高温	低温 冰冻	大雾	沙尘 暴	霾	干旱	寒潮	连阴 雨	易灾部位 或设施
高																		
中																		
低																		
您认为对企业建设、生产、运营产生不利影响的其它气象因素有哪些																		

填表说明: 请根据敏感度“高”或“中”或“低”等级, 在相应表格填“P”; 并在最后一栏给出易灾部位或设施。

交城县经济技术开发区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表

企业名称（签章）：山西金生化工有限公司新型肥料分公司 所属行业：化学品原料与制造行业 填表日期：2022年11月11日

敏感因子 敏感度	高影响天气																
	风速 风向	气温 气压	相对湿度	降水	暴雨	暴雪	大风	雷电	高温	低温 冰冻	大雾	沙尘 暴	霾	干旱	寒潮	连阴 雨	易受灾部位 或设施
高					✓	✓	✓								✓		
中	✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓				
低																	

您认为对企业建设、生产、运营产生不利影响的其它气象因素有哪些

填表说明：请根据敏感度“高”或“中”或“低”等级，在相应表格填“✓”；并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

交城县经济技术开发区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表

企业名称(签章):  山西鑫泰化工股份有限公司 所属行业: 化学原料药与制造业 填表日期: 2022年11月11日

敏感因子 敏感度	高影响天气														易受灾部位 或设施			
	风速 风向	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨	暴雪	大风	雷电	高温	低温 冰冻	大雾	沙尘 暴	霾		干旱	寒潮	连阴 雨
高						✓	✓	✓								✓		
中	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓		✓			
低			✓															

您认为对企业建设、生产、运营产生不利影响的其它气象因素有哪些

填表说明: 请根据敏感度“高”或“中”或“低”等级, 在相应表格填“✓”; 并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

交城经济技术开发区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表



企业名称(盖章): **山西华鑫煤化工实业集团有限公司** 所属行业: **炼焦** 填表日期: **2022**年**11**月**11**日

敏感因子 敏感度	气象要素				高影响天气													
	风速 风向	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨	暴雪	大风	雷电	高温	低温 冰冻	大雾	沙尘 暴	霾	干旱	寒潮	连阴 雨	易受灾部位 或设施
高	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	化产区区域及塔器等
中																		
低																		

您认为对企业建设、生产、运营产生不利影响的其它气象因素有哪些

填表说明: 请根据敏感度“高”或“中”或“低”等级, 在相应表格填“低”; 并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

交城经济技术开发区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表



企业名称(签章): 山西瑞赛环保科技有限公司 所属行业: 精细化工 填表日期: 2022年11月11日

敏感因子 敏感度	气象要素											高影响天气					易受灾部位 或设施	
	风速 风向	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨	暴雪	大风	雷电	高温	低温 冰冻	大雾	沙尘暴	霾	干旱	寒潮		连阴 雨
高																		
中		√					√				√							
低			√	√	√			√	√	√		√	√	√	√	√	√	√
您认为对企业建设、生产、运营产生不利影响的其它气象因素有哪些 无																		

填表说明: 请根据敏感度“高”或“中”或“低”等级, 在相应表格填“√”; 并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

交城县经济开发区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表

企业名称（签章）： 山西新天普药业有限公司 所属行业：医药制造 填表日期：2022年11月11日

敏感因子 敏感度	高影响天气													易受灾部位 或设施					
	风速 风向	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨	暴雪	大风	雷电	高温	低温 冰冻	大雾	沙尘 暴		霾	干旱	寒潮	连阴 雨	
高																			
中						√			√		√								配电设施（雷电、暴雨）、生产设备（冰冻）、室外设施和库棚（暴雪）、部分物料（高温）
低	√	√	√	√	√			√				√	√	√	√	√	√	√	

您认为对企业建设、生产、运营产生不利影响的其它气象因素有哪些

填表说明：请根据敏感度“高”或“中”或“低”等级，在相应表格填“√”；并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

附录 4 资料分析方法

1 地面气候资料 30 年整编常规项目

1.1 气压

累年各月、年平均本站气压。

1.2 气温

- (1) 累年各月、年平均气温及年较差。
- (2) 累年各月、年平均最高气温。
- (3) 累年各月、年平均最低气温。
- (4) 累年各月、年极端最高气温及出现日期。
- (5) 累年各月、年极端最低气温及出现日期。

1.3 空气湿度

- (1) 累年各月、年平均水汽压。
- (2) 累年各月、年平均相对湿度。
- (3) 累年各月、年最小相对湿度及出现日期。

1.4 降水

- (1) 累年各月、年降水量。
- (2) 累年各月、年最大日降水量及出现日期。
- (3) 累年各月、年各级日降水量 (≥ 0.1 毫米、 ≥ 10.0 毫米、 ≥ 25.0 毫米、 ≥ 50.0 毫米、 ≥ 100.0 毫米、 ≥ 150.0 毫米) 日数。

1.5 风

- (1) 累年各月、年平均风速。
- (2) 累年各月、年最大风速及其风向、出现日期。
- (3) 累年各月、年最多风向及出现频率。

1.6 地温

- (1) 累年各月、年平均地表温度。
- (2) 累年各月、年极端最高地表温度及出现日期。
- (3) 累年各月、年极端最低地表温度及出现日期。
- (4) 累年各月、年平均 5 厘米、10 厘米、15 厘米、20 厘米、40 厘米地温。

1.7 日照

- (1) 累年各月、年日照时数。
- (2) 累年各月、年日照百分率。

1.8 天气日数

- (1) 累年各月、年大风日数。
- (2) 累年各月、年沙尘暴日数。
- (3) 累年各月、年雾日数。
- (4) 累年各月、年冰雹日数。
- (5) 累年各月、年雷暴日数及累年雷暴初日、终日、初终日数。
- (6) 累年各月、年积雪日数及累年积雪初日、终日、初终日数。

1.9 积雪

累年各月、年最大积雪深度及出现日期。

2 地面气候资料 30 年整编统计方法

2.1 总则

2.1.1 统计时段规定

- (1) 凡有记录的均可参加统计，每 30 年作一个阶段性的累年值统计。
- (2) 在统计时段内，观测记录连续不足 10 年的，不作累年值统计；连续中断 3 年或以上时，分段作累年值统计。

2.1.2 时制和日界

- (1) 日照用真太阳时，其他项目采用北京时。
- (2) 日照以日落为日界，其他项目以北京时 20 时为日界。

2.1.3 不同观测时次资料的统计

- (1) 平均值按 4 次（02、08、14、20 时）观测记录求得。
- (2) 按 3 次、8 次、24 次记录统计的平均值与按 4 次记录统计的平均值合并统计。
- (3) 3 次观测的 02 时记录凡用自记记录（如气压，气温，相对湿度，风向，风速）或 08 时记录代替以及加权和反查（如水汽压）求得的项目，其统计值与 4 次实测记录合并统计。
- (4) 3 次观测期间的地表温度和无自记记录的气温，其 02 时记录用当日最低地（气）温与前一天 20 时地（气）温的平均值代替，求得的平均值与 4 次实测记录平均值合并统计。
- (5) 3 次观测期间水汽压、相对湿度和 5 厘米、10 厘米地温的 02 时记录用 08 时记录代替，求得的平均值与 4 次实测记录平均值合并统计。
- (6) 3 次观测期间的气压、风向、风速和 15 厘米、20 厘米、40 厘米地温按 3 次观测记录求得的平均值与 4 次实测记录求得的平均值合并统计。

2.1.4 夜间不守班与昼夜守班观测的天气日数的统计

- (1) 夜间不守班的台站，其天气日数值右上角加注“*”，已观测到夜间出现的天气现象参加统计。
- (2) 夜间不守班的天气日数与昼夜守班的天气日数合并统计。

2.1.5 站址迁移前后资料的统计

- (1) 站址迁移前后在地形、地势上差异不大，而且水平距离未超过 50 公里，海拔高度差在 100.0 米以内，其资料序列连续时，则前后两段记录合并统计，但迁站前后高度差在 1.5 米及以上时，本站气压须进行高度差订正。
- (2) 站址迁移前后，如果在地形、地势上差异较大（如山区的谷地与岗地、阳坡与阴坡等），或水平距离超过 50 公里，或海拔高度差在 100.0 米及以上，或资料序列不连续时，取记录年代长的资料统计。当记录年代长度相同时，取距整编时间最近的时段统计。

2.1.6 按年和年度的统计项目划分

(1) 除降雪、积雪和霜日数及初、终日，最大积雪深度，最大冻土深度等按“年度”统计外，其他项目均按“年”统计。

(2) 在南方一些地区雷暴较多，雷暴初、终日不受 12 月 31 日限制。当 12 月份无雷暴时，仍以 12 月 31 日为界；当 12 月有雷暴时，则以 12 月的最后一个雷暴日至下一年的 2 月末挑取最长无雷暴期，以该无雷暴期的前一天为上一年雷暴终日，以该终日后的第一个雷暴日为下一年的雷暴初日。当最长雷暴期出现两次或以上时，则从其中最先一个无雷暴期挑取。

2.1.7 不完整资料的统计

(1) 平均值和总量值项目，资料不完整的年份不作年统计，该年年值按缺资料处理，并且该年其余月资料也不参加累年月平均值的统计（5 厘米、10 厘米、15 厘米、20 厘米地温除外）。

(2) 极值项目，资料不完整年份的实有资料参加极值的挑取。

(3) 初、终日项目，某年（年度）初日（终日）缺测时，则该年的终日（初日）不参加累年平均终日（初日）的统计。

2.1.8 历年值的统计

(1) 平均值和总量值

a 月平均值由该月逐日值的总和除以该月总日数求得；年平均值由一年 12 个月的月平均值相加除以 12 求得。

b 月总量值由该月逐日值相加求得；年总量值由一年 12 个月的月总量值相加求得。

(2) 极值

月极值从月逐日最高（最低）值中挑出，同时将出现极值的日期也一并挑出；年极值从月极值中挑出，同时将出现极值的日期也一并挑出。

(3) 日数，初、终日和初终间日数

a 某年（或某年度）某现象只出现一天，则该日既是初日，又是终日，初终间日数为“1”。某年（或某年度）某现象未出现，则该现象在该年（或该年度）既无初日，又无终日，初、终日项空白，初终间日数为“0”。

b 凡统计初、终日的项目均统计初终间日数。

(4) 频率

统计公式：

$$f = \frac{m}{n} \times 100\% \quad (1)$$

式中：f 为某现象在某时段出现频率，m 为该现象在该时段中出现次数，n 为该时段观测总次数。f 取整数，小数四舍五入。当 $f < 0.5$ 而不是未出现时记“0”；没有出现时，相关栏空白。

2.1.9 累年值的统计

(1) 平均值、总量值和频率

由历年值相加除以年数求得。

(2) 极值

从历年极值中挑取，累年月极值记极值出现日期、年份，累年年极值记极值出现日期、月份和年份。

同一极值出现两天或以上时，记天数，加“T”；出现两个月份或以上时，记月数，加“Y”；出现两年或以上时，记年数，加“N”。

(3) 日数

累年平均值为历年值相加除以年数求得，取小数一位，第二位四舍五入。

(4) 累年平均初、终日，初终日数

a 统计方法：先从历年出现的初日（或终日）中选取最早出现的月份为基本月，并以该月 1 日为起始日，计算各年初日（或终日）距离起始日的天数，然后逐一相加，再除以年数得平均累计天数。当平均累计天数小于或等于基本月的天数时，即表明该初日（或终日）出现在基本月中。当平均累计天数大于基本月的日数时，则表明该初日（或终日）出现在基本月份以后的月份中，从平均累计天数中减去基本月的日数（2 月份按 28 天计算），即得累年平均初日（或终日）。

b 累年平均初、终日取整数，余数进 1，如 25.1 和 25.01 均记为 26 日，累年平均初终日数取小数一位。

c 累年平均初、终日，初终日数按记录年数统计，但当某天气现象的初、终日有一年（年度）或以上未出现时，除按“记录年数”统计外，还须按“出现年数”统计。

d 有一年（年度）或以上未出现初、终日时，按记录年数统计的方法为：

i) 按记录年数统计累年平均初终日数时，未出现初、终日的年（年度）的初

终间日数按“0”或“365”参加累年平均初终日数的统计。当现象日数为“0”时，按“0”参加统计；当现象日数不为“0”时，按“365”（闰年“366”）参加统计。

ii) 按初、终日出现的年（年度）数统计平均初、终日和平均初终日数。平均初终日数直接由平均初日和平均终日求得。

iii) 由上述 i) 中统计出的累年平均初终日数减去 ii) 中统计的平均初终日数，再除以“2”得商，余数进 1。

iv) 由上述 ii) 中统计的平均终日加由 iii) 中求得的商为累年平均终日，该累年平均终日换算为距 1 月 1 日（或 7 月 1 日）的间隔天数后，减去 i) 中统计的累年平均初终日数（余数进 1）再加“1”，再换算为累年平均初日。

e 按出现年（年度）数统计时，未出现年（年度）的初、终日，初终日数都不参加累年平均初、终日，初终日数的统计。

2.1.10 缺测资料的插补订正

(1) 只进行插补订正，不作序列延长。

(2) 只作平均值和总量值项目的插补订正。

(3) 使用差值法、比值法、回归法等统计方法进行插补订正。

(4) 插补月值资料时，要求作月资料的相关系数和订正公式的检验，经检验合格后，才能进行订正，否则不作订正。

2.2 各要素的统计方法

2.2.1 气压

由于迁站或其他原因，致使气压表感应部分海拔高度发生变化，造成同一测站不同时段的数据不连续，这种不连续性在一定范围内通过高度差订正来消除。

当高度差在 1.5 米以上，100.0 米以内时将变化前的资料进行高度差订正（年平均本站气压由订正后的各月气压值相加除以 12 求得）。当气压表感应部分海拔高度变化多次，且都在订正的标准范围内时，一律订正到最后一个高度上。

本站气压高度差订正公式：

$$p = p_1 \times e^{0.03415 \times (h_1 - h_2) / (273 + t_1)} \quad (2)$$

式中：p 为订正后的本站气压，p₁ 为订正前的本站气压，h₁ 为变化前气压表感应部分的海拔高度，h₂ 为变化后气压表感应部分的海拔高度，t₁ 为观测时的气温。

2.2.2 气温

累年气温年较差为 12 个月的累年月平均气温中最高值与最低值的差值。

2.2.3 最小相对湿度

历年月最小相对湿度挑自日自记记录的最小相对度。当无自记记录时，从定时记录中挑选，并在数值右上角加注“*”，以示区别。挑自自记记录和挑自定时记录中的最小相对湿度混合挑取累年的月、年极值。

2.2.4 降水

纯雾、露、霜、冰针量不计降水量。

2.2.5 风

(1) 风向按 16 方位，加静风统计；若观测 8 方位时，按 8 个方位，加静风统计。

(2) 累年各月各风向出现频率统计公式同式 (1)。

式中： f 为累年某月某风向出现频率； m 为累年该月该风向出现次数； n 为累年该月风向观测总次数。

(3) 累年各月（年）最多风向及出现频率，从累年各月（年）各风向及出现频率中挑取，出现频率最大的风向为最多风向。

a 当最多风向有两个或以上时，挑出现次数最多的，出现次数又相同时，挑其累年平均风速最大的那个方向，当平均风速又相同时，记风向个数，加“G”。

b 某风向频率与静风“C”的频率同为最多时，则不考虑“C”，只挑该风向为最多风向。若静风“C”为最多风向时，则应挑次多风向；次多风向有两次或以上时，按 a 规定挑取。

(4) 最大风速及其风向挑自自记记录，无自记记录不作统计，最大风速及其风向为最大 10 分钟平均风速及相应时间的最多风向。累年最大风速的风向有两个或以上时，记风向个数，加“G”。

2.2.6 地温

平均 5 厘米、10 厘米、15 厘米、20 厘米地温，冬季月份因收回曲管地温表而无记录时，其他月份记录照常参加统计，年平均值按缺资料处理，累年各月平均值按实有记录统计。

2.2.7 日照

(1) 月、年日照百分率的历年值由月、年日照时数与相应月、年的可照时数求得，其统计公式同式(1)。

式中， f 为某年某月(年)日照百分率； m 为该年该月(年)的日照时数； n 为该年该月(年)的可照时数。

(2) 月、年日照百分率的年值由月、年日照百分率历年值的和除以年数求得。

2.2.8 天气日数

(1) 大风日按出现极大风速 ≥ 17.0 米/秒的日数进行统计；若无自记记录，则从定时观测记录中挑取。

(2) 雷暴初、终日若是按年统计的，某年只出现一天雷暴时，则这天既是初日，又是终日，初终日数为“1”；某年未出现雷暴，则该年既无初日，又无终日，初终日数为“0”。

2.2.9 积雪

最大积雪深度从各日雪深记录中挑取。

3 最小二乘法

一般来说，相邻测站的同一气候变量之间总存在着一定程度的统计相关。经验表明，这种相关通常是线性的或者是可以近似地看作是线性的。以 Y 表示被订正站某一需要作序列订正的气候变量， X 表示参证气象站同一气候变量，由于 X 、 Y 间的相关，可根据被订正站和参证气象站的同期观测资料，建立一元回归方程，依据 X 对 Y 做出估计。以 a 和 b 分别表示样本容量为 n 时得到的回归方程的回归常数和回归系数估计值，回归方程为：

$$Y_i = a + bX_i \quad (3)$$

式中： Y_i 表示被订正站 Y 需订正时段的变量值； a 表示回归常数； b 表示回归系数； X_i 表示参证气象站 X 同期观测值。

其中，回归系数 b 的计算公式为：

$$b = r \frac{S_Y}{S_X} \quad (4)$$

式中： r 表示被订正站 Y 和参证气象站 X 的相关系数； S_Y 表示被订正站 Y 的均方差； S_X 表示参证气象站 X 的均方差。

回归常数 a 的计算公式为：

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (5)$$

式中： \bar{Y} 表示被订正站 Y 的平均值； \bar{X} 表示参证气象站 X 的平均值。

本报告使用（3）式进行缺测值订正以及计算地面气象要素的线性趋势。

4 Pearson 相关系数

Pearson 相关系数是描述两个随机变量线性相关的统计量，一般简称为相关系数或点相关系数，用 r 来表示。它也作为两总体相关系数 ρ 的估计。

设有两个变量序列 x_1, x_2, \dots, x_n 和 y_1, y_2, \dots, y_n

(6)

相关系数计算公式为：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

相关系数 r 的取值在 $-1.0 \sim +1.0$ 之间。当 $r > 0$ 时，表明两变量呈正相关，越接近 1.0，正相关越显著；当 $r < 0$ 时，表明两变量呈负相关，越接近 -1.0，负相关越显著；当 $r = 0$ 时，表明两变量相互独立。

Pearson 相关系数显著性检验统计量：

$$t = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \quad (8)$$

（8）式遵从自由度 $\nu = n - 2$ 的 t 分布。给定显著性水平 α ，查 t 分布表得到临界值 t_α ，若 $|t| > t_\alpha$ ，则认为相关系数是显著的。

本报告使用（7）式计算区域自动站与拟选参证气象站气温、降水量、风速、相对湿度的相关性。

5 极值推算方法及拟合适度检验方法

5.1 极值 I 型分布

极值 I 型的分布函数是：

$$F(x) = p(X_{\max} < X) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (18)$$

其超过保证率函数是：

$$p(x) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (19)$$

5.1.1 用耿贝尔法估计参数 α 和 u

令 $y = \alpha(x - u)$ ，求得 y 的保证率函数为：

$$p(y) = p(Y \geq y) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (20)$$

$$E(Y) = \alpha[E(X_M) - u]$$

$$D(Y) = \alpha^2 D(X_M)$$

由此得到：

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{\sigma_{X_M}} \quad (21)$$

$$u = E(X_M) - \frac{1}{\alpha} E(y) = E(X_M) - \frac{\sigma_{X_M}}{\sigma_Y} E(y) \quad (22)$$

以序列的均值及标准差作为 $E(X_M)$ 及 σ_{X_M} 的近似估计值。而 $E(y)$ 和 σ_y 的近似估计值 \bar{y} 及 S_y 只与 N 有关。将上述四个估计值代入 (21) 式、(22) 式求出 α 和 u 的估计值。

5.1.2 矩法参数估算法

通过积分，可以得到下列关系：

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \frac{1}{\sigma_{X_M}} \quad (23)$$

$$u = E(X_M) - \gamma \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma_{X_M} \quad (24)$$

其中 $\gamma = 0.57722$ ，为欧拉常数。

$$\alpha = \frac{1}{0.7797 \sigma_{X_M}} \quad (25)$$

$$u = E(X_M) - 0.45005 \sigma_{X_M} \quad (26)$$

样本的平均值和标准差为 $E(X_M)$ 和 σ_{X_M} 的近似估计值，带入公式，得出 α 和 u 的估计值。

将通过上述两种参数估算方法得出的 α 和 u 的估计值带入超过保证率函数可得：

$$X_p = \hat{u} - \frac{1}{\alpha} \ln[-\ln(1 - p)] \quad (27)$$

5.2 广义极值分布

广义极值分布将 Gumbel 分布、Frechet 分布和 Weibull 分布三种极值分布，统一为具有三个参数的极值分布，不必考虑原始分布的类型，能够避免单独采用某一种分

布的不足。广义极值分布的分布函数为：

$$F(x) = \exp[-\{1 - k \frac{x - \beta}{\alpha}\}^{1/k}], \quad k \neq 0 \quad (28)$$

$$F(x) = \exp[-\exp\{-\frac{x - \beta}{\alpha}\}], \quad k = 0 \quad (29)$$

式中： α 为尺度参数； β 为位置参数； k 为形状参数。当 $k = 0$ 时，为 I 型极值分布（Gu 米 bel 分布或耿贝尔分布）；当 $k < 0$ 时，为 II 型极值分布（Frechet 分布或弗雷歇分布）；当 $k > 0$ 时，为 III 型极值分布（Weibull 分布或威布尔分布）。

参数估计采用 L-矩估计方法，此方法最大的优点是对序列的极大值和极小值没有常规矩敏感，求得的参数估计值比较稳健。设样本 X 为 $x_{1:n} \leq x_{2:n} \leq \dots \leq x_{n:n}$ ，该序列概率权重矩的三阶权重矩为：

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{j:n} \quad (30)$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=2}^n \frac{(j-1)}{(n-1)} x_{j:n} \quad (31)$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{j=3}^n \frac{(j-1)(j-2)}{(n-1)(n-2)} x_{j:n} \quad (32)$$

计算上述三式的线性组合，即 L 矩，分别为：

$$\lambda_1 = b_0 \quad (33)$$

$$\lambda_2 = 2b_1 - b_0 \quad (34)$$

$$\lambda_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0 \quad (35)$$

广义极值分布参数的估计公式为：

$$k = 7.8590c + 2.9554c^2 \quad (36)$$

$$c = \frac{2}{3 + \lambda_3 / \lambda_2} - \frac{\ln 2}{\ln 3} \quad (37)$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k}) \Gamma(1 + k)} \quad (38)$$

$$\beta = \lambda_1 - \frac{\alpha [1 - \Gamma(1 + k)]}{k} \quad (39)$$

对任意给定的频率 p ，由 $p = 1 - F(x_p)$ 求解与频率 p 对应的设计值 x_p 为：

$$x_p = \beta + \alpha \{1 - [-\ln(1 - p)]^k\} / k \quad (40)$$

5.3 拟合度检验

柯尔莫戈洛夫拟合度检验指标:

$$K_f = D_n \sqrt{n} \quad (41)$$

式中: n 为样本容量, D_n 表示拟合出来的理论分布与经验分布的最大偏差。

$$D_n = \max \left\{ \left| F^*(x_i) - F(x_i) \right| \right\} \quad (42)$$

式中: $F(x_i)$ 为理论分布函数, $F^*(x_i)$ 为经验分布函数, 即把气候要素的 n 个观测值从小到大的顺序排列为: $x_1^* \leq x_2^* \leq \dots \leq x_m^* \leq \dots \leq x_n^*$, 则:

$$F_n^*(x) = \frac{m}{n+1} \quad (43)$$

x_i 为有序样本, D_n 表示在所有各点上, 经验分布与假设的理论分布之差的最大值。取信度为 0.01, 查表得只要 $K_f < 1.62$, 则认为样本序列服从该型概率分布。

本报告使用极值 I 型分布和广义极值分布计算出不同重现期的基本风速、基本积雪深度、基本气温等, 采用柯尔莫哥洛夫拟合度检验来校核上述概率分布模型的合理性。

6 FLEXPART 模式

FLEXPART 模式是挪威大气研究所开发的拉格朗日粒子扩散模式, 是目前开展印痕分析的主要工具之一, 该模式可以计算点、线、面或体积源释放的粒子在不同区域尺度的传输、扩散、沉降和放射性衰减等过程, 其前向时间模拟可获得示踪物由源区向周围的传输、扩散轨迹, 后向时间模拟可获得对固定点有潜在影响的排放源区分布或停留时间, 并量化潜在源区的影响。模式内核采用零加速度方式计算粒子轨迹, 表达式为:

$$X(t + \Delta t) = X(t) + v(X, t) \Delta t \quad (44)$$

其中, Δt 为时间增量, X 为位置矢量, $v = \bar{v} + v_t + v_m$ 表示风矢量 v 由网格尺度风量 \bar{v} , 湍流分量 v_t 和中尺度风扰动分量 v_m 组成。

湍流分量的计算基于 Langevin 方程:

$$dv_{t_i} = a_i(x, v_t, t) dt + b_{ij}(x, v_t, t) dW_j \quad (45)$$

其中，平流项 a 和扩散项 b 是空间位置、湍流速度和时间的函数。Stohl 等通过求解 Langevin 方程获得一个施加于大尺度风场上的随机扰动，表示小尺度的湍流混合过程。

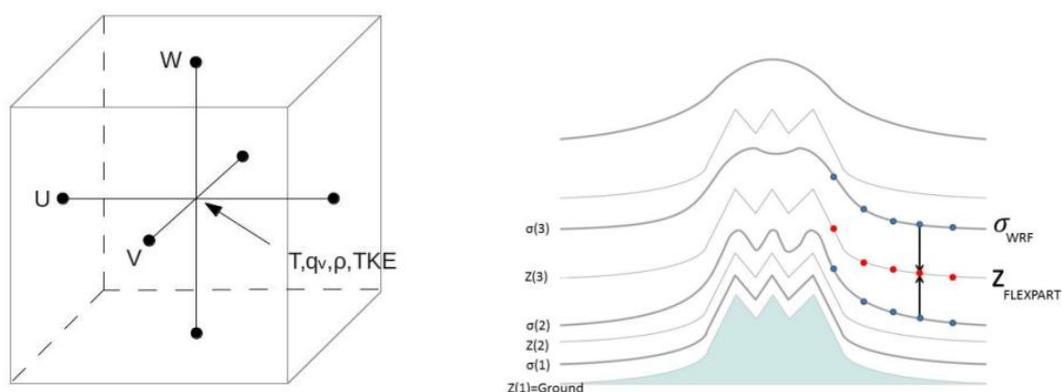
FLEXPART 模式核心内容是研究大气污染物的源汇关系：污染排放为“源”，观测站点为受体，相当于“汇”。该模式既可以通过时间的前向运算来模拟示踪物由源区向周围的扩散，也可以通过后向运算来确定对于固定站点有影响的潜在源区的分布，分别得到随时间序列变化的格点示踪物浓度（前向模拟）或格点驻留时间（后向模拟）。当研究区域内观测站点数量少于排放源数量时，后向模拟更具有优势。经源汇关系的转换后，格点停留时间的计算公式为：

$$\Delta \tau = \frac{\Delta T}{NJ} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J f_{ijn} \quad (46)$$

其中， ΔT 为时间分辨率， N 为在 ΔT 时间范围内采样的数量， J 为释放的总粒子数， f_{ijn} 是一个函数，它计算了对于指定网格点有贡献粒子的多少。

FLEXPART 模式中采用了 Emanuel 等发展的对流参数化方案。Forster 等对该参数化方案的敏感性试验研究表明，该方案的运用使得热带和非热带地区模拟的对流性降水分布都和实际观测更吻合，采用该方案模拟的痕量物质分布和飞机实际观测的痕量气体观测更一致，从而验证了该对流方案在 FLEXPART 模式中的有效性。

WRF 为中尺度气象模式，采用 Arakawa C 网格和地形跟随坐标，能更加准确的模拟复杂地形的背景天气条件，并提供精确的气象输入场。FLEXPART-WRF 利用 WRF 模式模拟数据为 FLEXPART 提供分辨率更高的气象场(图 1)，运行 FLEXPART-WRF 模式所需的 WRFOUT 变量如表 1 所示，高精度的气象场极大地提高扩散传输模式对研究大气污染物来源的确定性。



图附录 5-1 FLEXPART-WRF 所采用的 Arakawa C 网格和地形跟随坐标示意图

FLEXPART-WRF 模式的 backward 结果为每个网格中的粒子停留时间。某地的停留时间越长，则对目标点或区域的污染贡献越大，停留时间可以代表对目标点或区域有影响的潜在源区和传输通道的分布。

表附录 4-1 运行 FLEXPART-WRF 所需的 WRF 输出变量列表

WRF 输出量	维度	说明
ZNW	1-D	整层 eta 坐标系的值
ZNU	1-D	半层 eta 坐标系的值
PB	3-D	平均气压
P	3-D	扰动气压
PHB	3-D	平均重力位势
PH	3-D	扰动位势
T	3-D	温度
QVAPOR	3-D	水汽混合比
TKE	3-D	湍流动能
XLAT	2-D	纬度
XLONG	2-D	经度
MAPFAC_M	2-D	地图比例系数
PSFC	2-D	表面气压
U10	2-D	地面 10 米风场的纬向分量
V10	2-D	地面 10 米风场的的经向分量
T2	2-D	地面 2 米高度的温度
Q2	2-D	地面 2 米高度的比湿
SWDOWN	2-D	地表高度向下的短波辐射通量
RAINNC	2-D	总的格点降水累计
RAINC	2-D	总的积云对流降水累计
HFX	2-D	地表向上的热量通量
UST	2-D	相似性理论中的摩擦速度
PBLH	2-D	边界层高度
WIND_OPTION = 0		
U	3-D	纬向风分量
V	3-D	经向风分量
W	3-D	垂直风分量
WIND_OPTION=1		
AVGFLX_RUM	3-D	质量加权时间平均纬向风
AVGFLX_RVM	3-D	质量加权时间平均经向风
AVGFLX_WWM	3-D	质量加权时间平均 sig 米 a 值
MU	2-D	干空气柱扰动气压
MUB	2-D	平均干空气柱气压
WIND_OPTION=2		
U	3-D	纬向风分量
V	3-D	经向风分量
WW	3-D	sig 米 a 值

附录 5 报告使用物理量单位一览表

表附录 5-1 报告使用物理量单位一览表

序号	符号	名称	序号	符号	名称
1	°	度	17	kN/m ²	千牛/平方米
2	°C	摄氏度	18	Kv	千伏
3	cm	厘米	19	kW/m ²	千瓦/平方米
4	mm	毫米	20	kW·h/a	千瓦·时/年
5	μm	微米	21	m/s	米/秒
6	d	天	22	m	米
7	h	小时	23	m ² /s	平方米/秒
8	hm ²	平方公顷	24	m ²	平方米
9	hpa	百帕	25	m ³ /d	立方米/天
10	kA/μs	千安/微秒	26	m ³	立方米
11	kA	千安	27	m ³ /s	立方米/秒
12	m ³ /d	立方米/日	28	min	分钟
13	km	千米	29	MJ/m ²	兆焦耳/平方米
14	km ²	平方公里或平方千米	30	mm/d	毫米/天
15	km ² /a	平方千米/年	31	t/m ³	吨/立方米
16	MW	兆瓦			