

延津县产业集聚区

区域性气候可行性论证报告

河南省气候中心

二〇二二年八月

延津县产业集聚区
项目名称：
区域性气候可行性论证报告

委托单位： 延津县气象局

承担单位： 河南省气候中心

协作单位： 延津县气象台

批准人： 朱业玉（正高级工程师）

审定人： 张方（高级工程师）

统稿人： 许蓬蓬（工程师）

河南省气候中心

河南省郑州市金水路 110 号
电 话：(0371) 65922013

邮 编：450003
传 真：(0371) 65922835

主要编制人员及分工

分 工	人 员
项目概述	司瑞瑞 (工程师) 史恒斌 (高级工程师) 孙占同 (工程师)
论证目的及原则	司瑞瑞 (工程师) 史恒斌 (高级工程师) 李 芳 (工程师)
资料说明	竹磊磊 (高级工程师) 孙梦仙 (助理工程师) 李凤秀 (高级工程师)
影响本区域天气气候系统	吴 璐 (高级工程师)
主要气候特征分析	史桂芬 (工程师) 许蓬蓬 (工程师)
主要气象灾害	史桂芬 (工程师) 许蓬蓬 (工程师)
关键气象参数分析与推算	郭佳文 (工程师) 李凤秀 (高级工程师) 潘 攀 (高级工程师)
气象灾害风险评估	杨 婷 (工程师) 左璇 (高级工程师) 程丽丹 (高级工程师)
结论和建议	潘 攀 (高级工程师) 吴 璐 (高级工程师) 史恒斌 (高级工程师)

说 明

1. 《延津县产业集聚区区域性气候可行性论证报告》（简称本报告）是河南省气候中心受延津县气象局委托而完成的技术成果，其使用权归双方共同所有，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河南省气候中心所有。
2. 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，论证结论仅限于论证区域内所有符合规划的入驻项目（但不包括特殊工程和交通、水利、能源等领域的重大工程）使用。
3. 本报告中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。
4. 本报告中的结论是基于标准气象观测资料、闪电定位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，超出规定值的气象灾害风险是存在的。
5. 本报告有效期 10 年，其间若出现重大气象灾害并造成严重影响，须重新开展区域性气候可行性论证。
6. 本报告有承担单位盖章方有效。对本报告若有异议，应于收到本报告之日起 15 个工作日内向承担单位提出。

河南省气候中心

2022 年 8 月

证书说明：
Notes:

- 1、企业信用等级自评定之日起有效期为三年。
The enterprise credit grade is valid for 3 years starting from the date of issue.
- 2、企业信用等级实行复审制度，有效期满后，每年复审一次。经复审合格的，加盖复审章后可继续使用；信用状况发生变化的，需重新评定信用等级并更换证书。
The credit grade should be re-examined every year in the period of validity. If the credit status has changed, the credit grade should be re-evaluated and the certificate should be changed.
- 3、有效期内企业改变名称的，必须持证到发证单位办理变更手续。
If the enterprise changes name in the period of validity, it shall take the certificate to the issue unit to go through the formalities for the change.
- 4、本证书只证明企业在有效期内的信用状况，不得他用。
The certificate is only used to prove the credit status in the period of validity.
- 5、本证书不得涂改、转借。
Modifications or use by any other person is not allowed.

CERTIFICATE OF INSTITUTION CREDIT GRADE

河南省气象中心

中国气象协会委托北京国富泰信用管理有限公司对河南
省气象中心气候可行性论证领域的信用状况进行了评定，结
果为AAA。

评级时间：2019年11月。特发此证。

This is to certify that Specifications for climatic feasibility demonstration is rated as AAA credit grade by China National Credit Information Service Co., Ltd.
Evaluation time: November, 2019.

Certificate Number

证书编号: 201911115256692

颁发日期: 2019年11月19日

Date of Issue

有效期至: 2022年11月18日

Date of Expiry

公示查询: 中国商务信用平台 (www.bspcn.com)

Inquiring Website



目 录

第一章 项目概述	1
1.1 项目概况	1
1.2 工业园区基本情况	1
1.2.1 地形和气候特征	1
1.2.2 工业园区的发展历程及现状	2
1.3 现场调研及气象敏感度调查结果	6
第二章 论证目的及原则	13
2.1 论证目的	13
2.2 编制依据	13
2.2.1 政策法规	14
2.2.2 标准规范	15
2.3 计量单位与专业术语	17
2.3.1 计量单位	17
2.3.2 专业术语	18
第三章 资料说明	21
3.1 资料内容和来源	21
3.2 资料质量控制	22
3.3 参证气象站选取及三性分析	23
3.3.1 气象站背景与观测沿革	24
3.3.2 三性分析	31
3.3.3 拟选国家气象观测站与省级气象观测站对比分析	41
3.3.4 参证站的确定	43
第四章 影响本区域天气气候系统	45
4.1 概述	45
4.2 北半球大气环流特征	45
4.3 欧亚地区大气环流背景场分析	47
4.4 不同季节影响延津的主要天气系统	52
4.4.1 西太平洋副热带高压	52
4.4.2 低空低涡	53
4.4.3 高空冷涡	53
4.4.4 低空急流	53
4.4.5 台风	54
4.5 小结	54
第五章 主要气候特征分析	55
5.1 气候背景	55
5.2 气压	57
5.2.1 年际变化	57

5.2.2 月际变化	58
5.2.3 日变化	59
5.3 气温	60
5.3.1 年际变化	60
5.3.2 月际变化	62
5.3.3 日变化	63
5.4 降水	64
5.4.1 降水量年际变化	64
5.4.2 月际变化	64
5.4.3 降水日数	65
5.5 风向风速	66
5.5.1 年际变化	66
5.5.2 月际变化	68
5.5.3 日变化	68
5.5.4 风向频率年及季节变化	69
5.6 相对湿度	71
5.6.1 年际变化	71
5.6.2 月际变化	71
5.6.3 日变化	72
5.7 日照	73
5.7.1 年际变化	73
5.7.2 月际变化	73
5.8 地面温度	74
5.8.1 年际变化	74
5.8.2 月际变化	76
5.8.3 日变化	77
第六章 主要气象灾害	79
6.1 暴雨	79
6.2 雷暴	82
6.3 闪电	83
6.4 大风	84
6.5 积雪	85
6.6 高温	86
6.7 低温	87
6.8 结冰	88
6.9 冰雹	89
6.10 雾	90
6.11 连阴雨	91
第七章 关键气象参数分析与推算	95
7.1 风速设计基准值	95
7.1.1 设计风速计算	96
7.1.2 基本风压	98

7.2 基本雪压	98
7.2.1 积雪密度的估算	98
7.2.2 年最大积雪深度的概率估算	99
7.2.3 设计雪压的估算	100
7.3 基本气温	101
7.4 室外气象参数	102
7.4.1 冬季空调和供暖参数	103
7.4.2 夏季空调参数	104
7.4.3 夏季和冬季通风参数	105
7.5 排水设计气象参数	105
7.5.1 不同历时不同重现期暴雨强度	105
7.5.2 不同历时不同重现期降水量	106
7.5.3 暴雨强度公式适应范围	107
7.6 重现期极值	109
7.6.1 最大日降水	109
7.6.2 极端高温	110
7.6.3 极端低温	110
第八章 气象灾害风险评估	111
8.1 雷电灾害风险评估	111
8.1.1 延津县产业集聚区雷电气候分析	111
8.1.2 地闪时间分布	114
8.1.3 雷电流强度分析	116
8.1.4 雷击风险等级	118
8.1.5 雷击防护建议	118
8.1.6 园区内施工现场防雷建议	119
8.1.7 防雷装置投入使用后的防雷安全指导意见	121
8.1.8 雷击事故处理	122
8.2 强降水诱发的暴雨洪涝风险评估	123
8.2.1 FloodArea 模型简介	123
8.2.2 暴雨洪涝灾害淹没情景分析	126
8.2.3 暴雨洪涝灾害淹没模拟结果	128
8.2.4 暴雨洪涝淹没面积定量评估	130
8.3 污染指数分析	131
第九章 结论和建议	134
9.1 主要结论	134
9.1.1 大气环流特征	134
9.1.2 集聚区气候背景	134
9.1.3 高影响天气	135
9.1.4 关键气象参数推算结果	135
9.1.5 灾害风险及影响评估	137
9.2 主要建议	139
9.2.1 规划阶段	139

9.2.2 建设阶段	140
9.2.3 运营阶段	141
9.3 适用性分析	142
9.3.1 适用性分析	142
9.3.2 关注重点	142
附录 A 近 50 年延津县产业集聚区周边地区气象灾害调查	144
附录 B 指标参数的权重和隶属度计算	147
附录 C 天气、气候名词解释	153
附录 D 专家评审意见	154

第一章 项目概述

1.1 项目概况

为落实河南省人民政府办公厅《关于实施工程建设项目区域评估的指导意见》（豫政办〔2019〕10号），河南省延津县气象局根据延津县产业集聚区的性质、定位、区位，委托河南省气候中心开展区域性气候可行性论证分析工作。

在接受委托后，河南省气候中心立即成立编制工作组，搜集了延津县产业集聚区周边相关气象资料，并进行现场调查，按照工业园区的性质、规模、建设内容、发展规划等要求确定气候可行性论证的重点、范围、技术路线等，形成工作方案。在此基础上，按照中国气象局《区域性气候可行性论证技术指南》（气预函〔2019〕42号）的要求编制了该项目的编制大纲，并完成本报告。

1.2 工业园区基本情况

1.2.1 地形和气候特征

延津县，隶属于河南省新乡市，位于河南省北部，黄河北岸，坐落于中原城市群核心腹地。地处北纬 $35^{\circ}10'$ ，东经 $114^{\circ}36'$ ，总面积886平方千米。延津县紧邻京港澳高速、国道107、京广铁路和京广高铁，南邻陇海铁路，新荷铁路和济东高速横贯全境，七条省道在境内交汇，是河南省公路网密度最大的县域之一。延津县是国家农产品质量安全县、国家优质小麦生产基地、中国粮棉主产基地县。截至2021年10月，延津县共辖3个街道、4个镇、6个乡，县人民政府驻地文岩街道。截至2021年末，延津县有人口52万人。

延津县地处黄河流域，全境为平原，无山地，北部有大量连绵起伏的沙地，蕴藏有 2 亿立方米的沙土资源。境内有 20 万亩未开发的国有沙丘和沙荒地，建设用地充足。

延津县属暖温带大陆性季风气候，四季分明，冬寒夏热，秋凉春早，年平均气温 14℃；7 月最热，平均 27.3℃；1 月最冷，平均 0.2℃；年平均降雨 656.3 毫米，6~9 月份降水量最多，占全年降水的 70%，且多暴雨。无霜期 220 天，全年日照时间约 2400 小时。

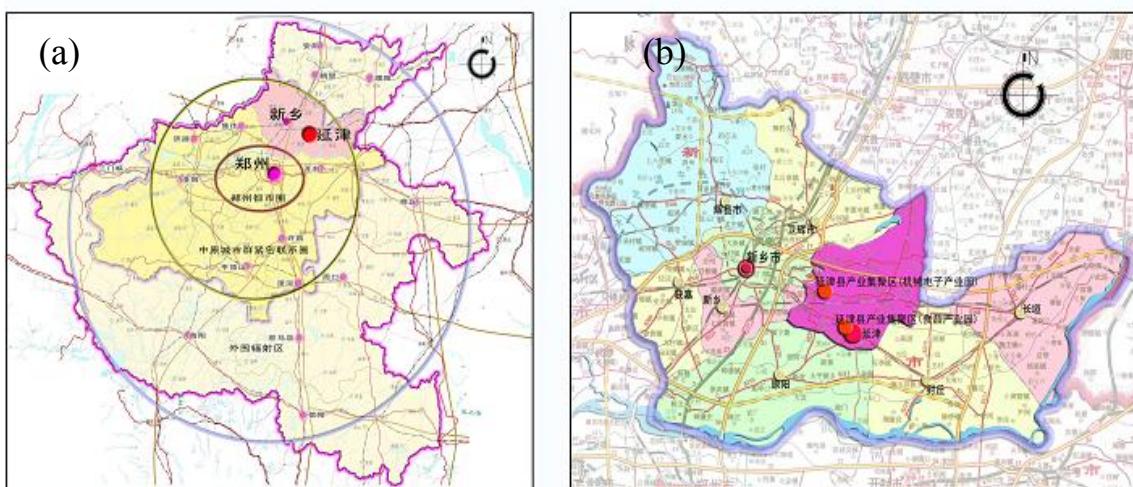


图 1.1 (a) 延津县在中原城市群中区位 (b) 延津县产业集聚区在新乡市域内区位

1.2.2 工业园区的发展历程及现状

延津县产业集聚区成立于 2009 年，是全省首批 180 个产业集聚区之一。集聚区总面积 16.22 平方公里。分为南区（食品加工产业园，8.67 平方公里）和北区（机械制造产业园，7.55 平方公里）（见图 2）。

2012 年河南省发展和改革委员会根据延津县产业集聚区发展状况，同意产业集聚区调整，南区新增规划面积 2 平方公里，北区新增规划面积 4 平方公里。总面积增加至 22.22 平方公里，同时北区产业调整为机械制造和化工产业园区。

2016 年延津县产业集聚区北区申报新乡延津静脉产业园区河南省示范试点，并于 2018 年批复了《新乡市延津静脉产业园区建设总

体方案》，提出新乡市要把实施《总体方案》作为打好环境污染整治攻坚战，建设生态文明的重要抓手。以首创环境能源有限公司为核心的静脉产业园区落户北区，节能产业、资源循环利用产业和环保装备产业发展迅猛。

新乡市大东区区域协同发展战略规划（2016-2030 年）将延津县产业集聚区北区纳入大东区范围，提出：重点发展以节能环保为主的装备制造、服务、循环经济和纺织服装产业以及中国中节能环保产业基地。

目前，延津县产业集聚区南区，位于主城区西部，以食品加工为主导产业的产业园区，发展定位为国家级食品产业园区，中原经济区节能环保产业基地，河南省重要医药化工基地。南区的规划范围东至西环路，西至堤中路，南至沿河路，北至北环路，总面积 10.67 平方公里，其中工业用地 228.81 公顷，配套有较为完善的市政设施、公共设施用地等设施。目前，已入驻山东鲁花、克明面业、新良公司、云鹤食品等 48 家知名食品企业。

延津县产业集聚区北区位于延津县西北部，以环保装备制造、节能环保技术、产品和服务、资源循环利用、绿色建材和化工等产业为主导，发展定位为国家知名食品产业园区，中原经济区节能环保产业基地，河南省重要化工基地。北区的规划范围西至经十一路、东至经十八路、北至荷宝高速、南至规划南环路，总面积 1155 公顷，现状建设用地约 766.56 公顷，其中工业用地 593.89 公顷，并配套有较为完善的市政设施、公共设施用地等设施。目前已入驻晋开集团、创力新能源、百汇环保、新乡制药、三浦百草等 90 余家企业。

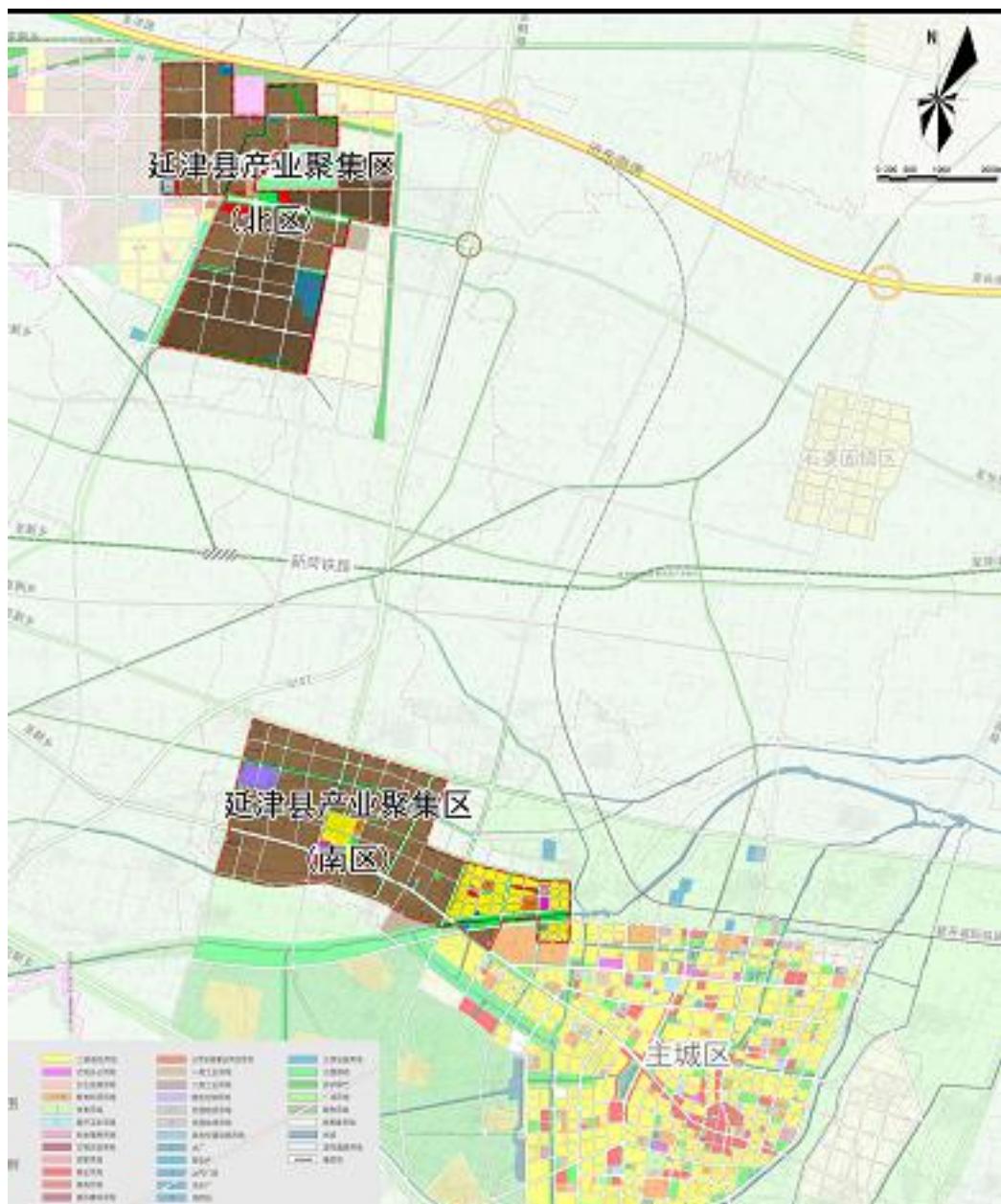


图 1.2 延津县产业集聚区位置

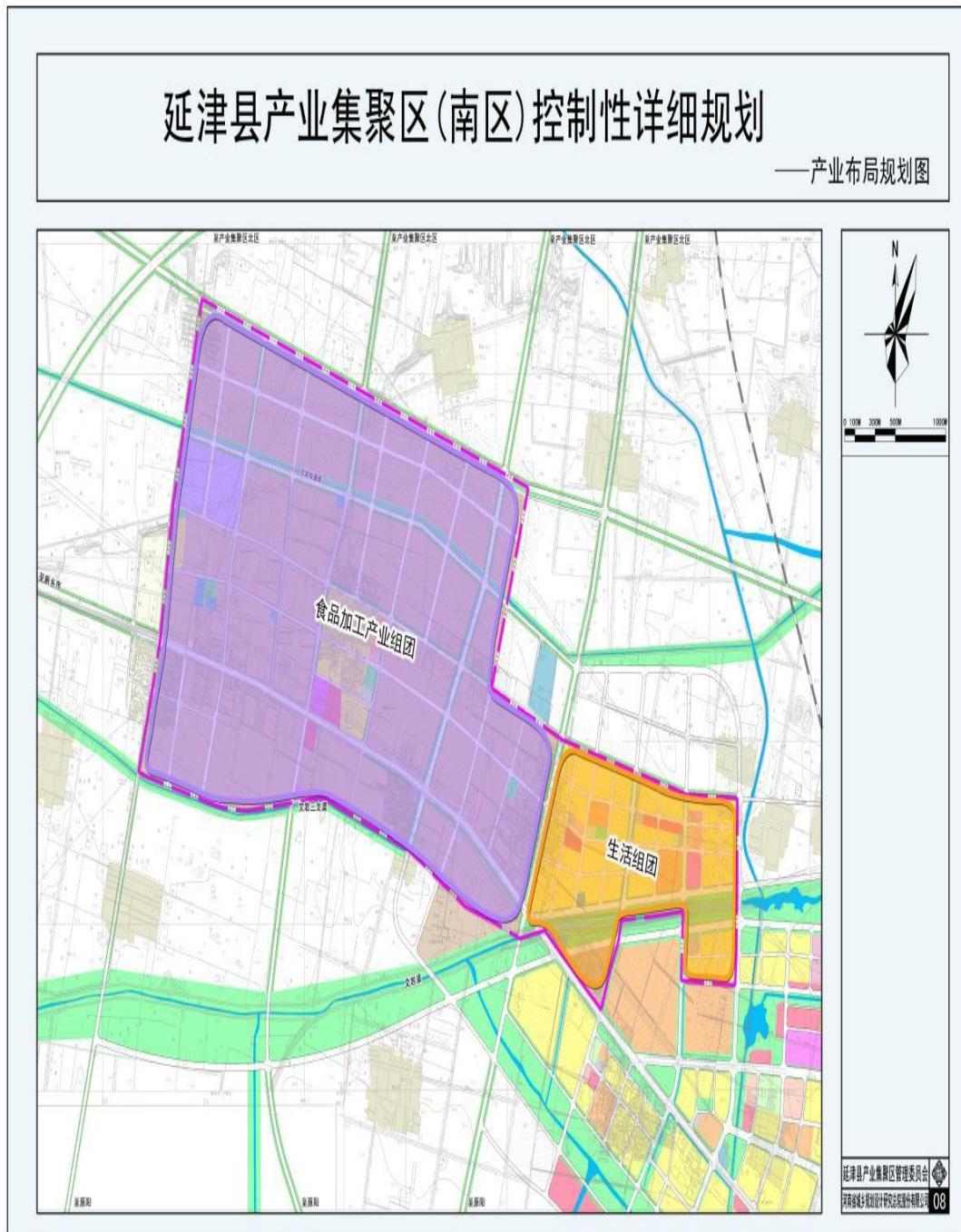


图 1.3 延津县产业集聚区南区的产业布局规划图

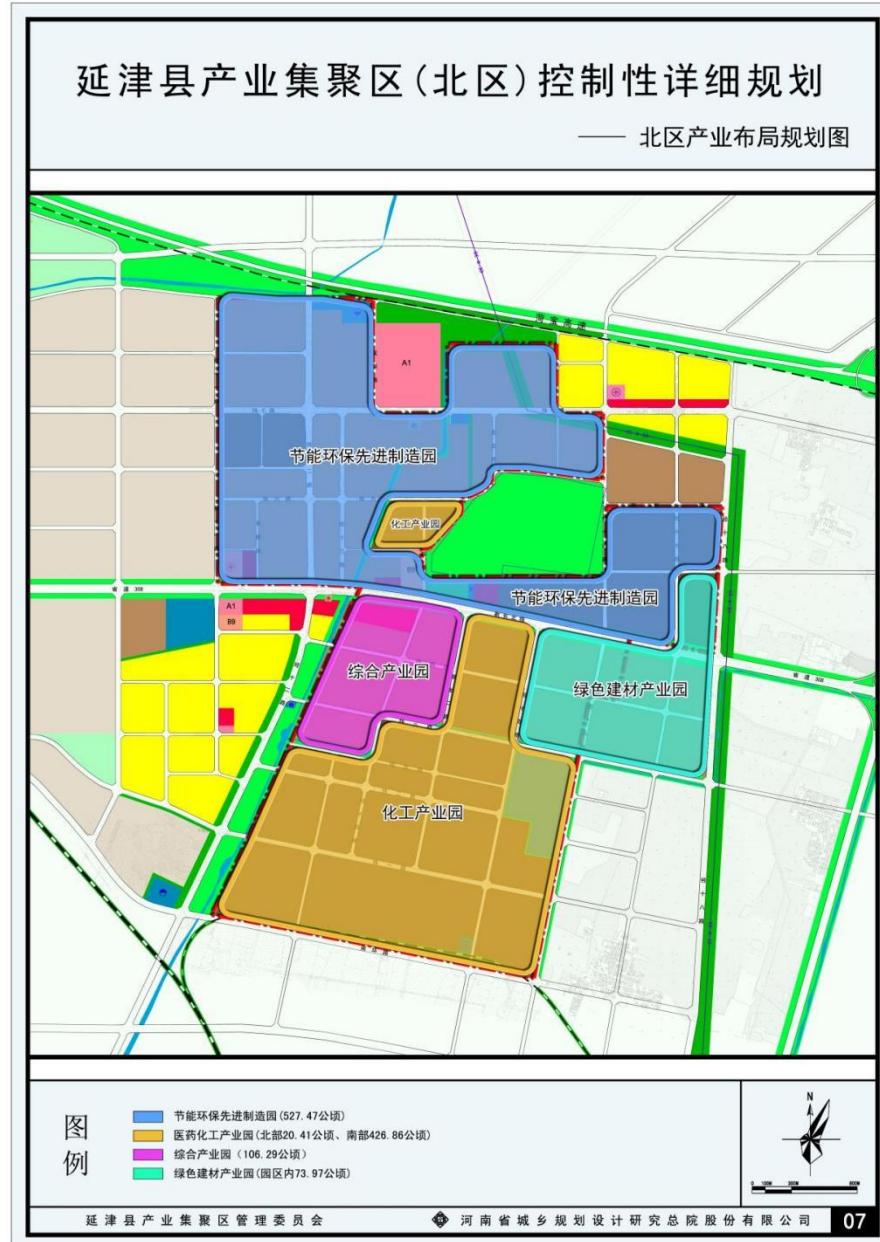


图 1.4 延津县产业集聚区北区的产业布局规划图

1.3 现场调研及气象敏感度调查结果

在对工业园区进行气候可行性论证前，深入现场调研了延津县产业集聚区重点企业、人员密集场所、公共基础设施等，了解气象要素对企业生产存在的影响，为区域气候可行性论证提供依据。通过实地调研和现场调查工业园区规划建设场地，与入驻企业座谈讨论，明确企业对气候可行性论证的具体需求和关注点，针对受气候条件、气象

灾害影响明显的生产工艺流程、原料产品性质开展重点调研。按不同类别选择部分代表性企业开展调查，主要针对工业园区边界范围、工业园区入驻企业受到的气象灾害及损失情况、工业园区公共设施情况及生态环境，了解分析周边地区发生气象灾害或次生灾害对规划区域的可能影响。重点调研了延津县产业集聚区内食品、医药、节能环保、石油化工、电子科技等产业和园区公共设施，发现调查企业对雾霾、暴雨洪涝和暴雪等高影响天气较为敏感。

调查主要针对暴雨洪涝、大风、暴雪、雷击闪电、高温、低温冰冻、冰雹、雾霾等8种高影响天气进行，结果表明：被调查的12家企业及产业集聚区公共设施对高影响天气敏感度较高的是暴雨洪涝、大风和暴雪。

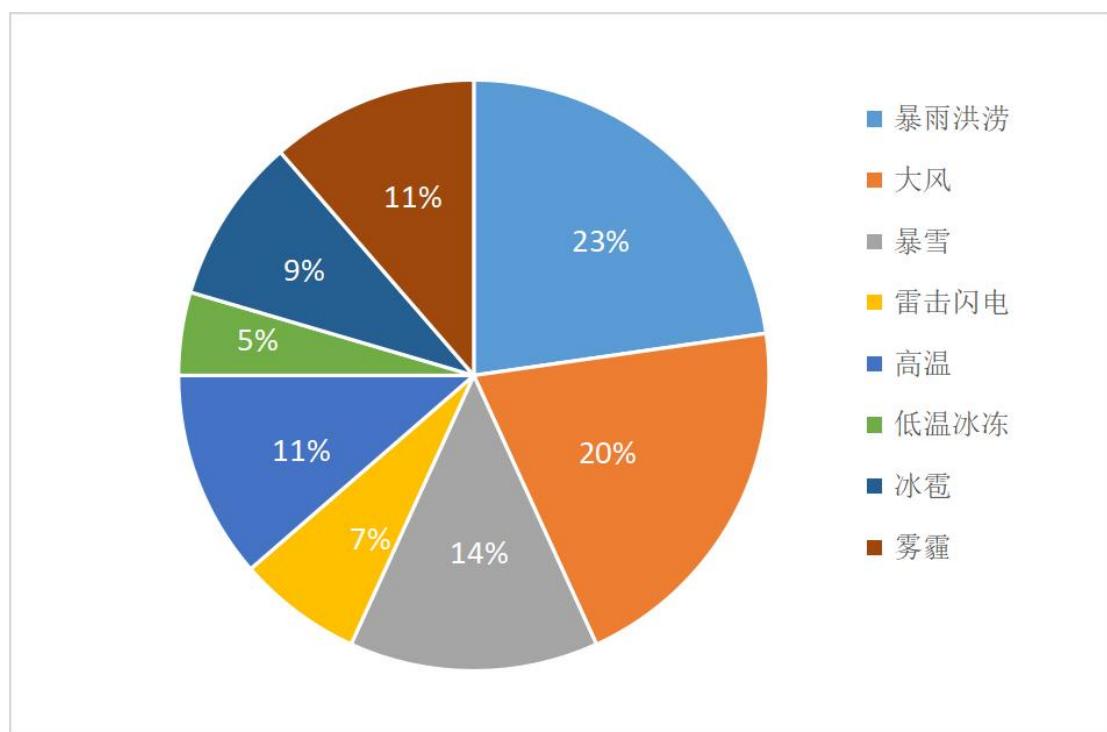


图 1.5 气象敏感度调查统计

第一章 项目概述

园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表

市(县) 园区 调查日期: 年 月 日

敏感因子 企业名称	气象要素										高影响天气										易受灾的部位或 设施		
	风向风速	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨洪涝	大风	暴雪	雷击闪电	高温	低温冰冻	冰雹	雾霾	高	低	高	低	高	低	高		低	高
延津县克明面业有限公司	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
园区公共设施																							

说明: 1. 根据敏感度“高”或“低”等级, 在相应表格“√”, 并在最后一栏给出易受灾部位或设施。
 2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。
 3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表

市(县) 园区 调查日期: 年 月 日

敏感因子 企业名称	气象要素										高影响天气										易受灾的部位或 设施		
	风向风速	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨洪涝	大风	暴雪	雷击闪电	高温	低温冰冻	冰雹	雾霾	高	低	高	低	高	低	高		低	高
鲁花油厂	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
园区公共设施																							

说明: 1. 根据敏感度“高”或“低”等级, 在相应表格“√”, 并在最后一栏给出易受灾部位或设施。
 2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。
 3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

第一章 项目概述

园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表														
市(县)		园区												
调查日期:		2023年6月30日												
子企业名称		气象要素												
敏感因		风向风速	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨洪涝	大风	暴雪	雷电闪电	霜冻	低温冰冻	冰雹	雷暴
高		高	低	高	低	高	高	低	高	高	低	高	低	高
克明面业														
鲁花油厂														
长青生物质		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
百川食品														
建文洗涤														
晋开延化														
首创垃圾发电														
慧联电子														
三浦百草														
汇鑫科技														
新乡制药														
园区公共设施														

说明: 1. 敏感度“高”或“低”等级, 在相应表格“✓”, 并在最后一栏指出易受灾害位或设施。

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表														
市(县)		园区												
调查日期:		2023年6月30日												
子企业名称		气象要素												
敏感因		风向风速	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨洪涝	大风	暴雪	雷电闪电	霜冻	低温冰冻	冰雹	雷暴
高		高	低	高	低	高	高	低	高	高	低	高	低	高
克明面业														
鲁花油厂														
长青生物质														
百川食品		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
建文洗涤														
晋开延化														
首创垃圾发电														
慧联电子														
三浦百草														
汇鑫科技														
新乡制药														
园区公共设施														

说明: 1. 敏感度“高”或“低”等级, 在相应表格“✓”, 并在最后一栏指出易受灾害位或设施。

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表														
市(县)		园区												
调查日期:		2023年6月30日												
子企业名称		气象要素												
敏感因		风向风速	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨洪涝	大风	暴雪	雷电闪电	霜冻	低温冰冻	冰雹	雷暴
高		高	低	高	低	高	高	低	高	高	低	高	低	高
克明面业														
鲁花油厂														
长青生物质														
百川食品														
建文洗涤		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
晋开延化														
首创垃圾发电														
慧联电子														
三浦百草														
汇鑫科技														
新乡制药														
园区公共设施														

说明: 1. 敏感度“高”或“低”等级, 在相应表格“✓”, 并在最后一栏指出易受灾害位或设施。

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

第一章 项目概述

园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表

市(县) 产业集聚区 园区
调查日期: 2022年6月27日

敏感因子 企业名称	气象要素										高影响天气										易受灾的部位或设施						
	风向风速		气温		气压		相对湿度		降水		暴雨洪涝		大风		暴雪		雷击闪电		高温			低温冰冻		冰雹		雾霾	
	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低		高	低	高	低		
克明面业																											
鲁花油厂																											
长青生物质																											
百川食品																											
建文洗涤																											
晋开延化	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
首创垃圾发电																											
慧联电子																											
三浦百草																											
汇森科技																											
新乡制药																											
园区公共设施																											

说明: 1. 根据敏感度“高”或“低”等级, 在相应表格“✓”; 并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表

市(县) _____ 园区
调查日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

敏感因子 企业名称	气象要素										高影响天气										易受灾的部位或设施						
	风向风速		气温		气压		相对湿度		降水		暴雨洪涝		大风		暴雪		雷击闪电		高温			低温冰冻		冰雹		雾霾	
	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低	高	低		高	低	高	低		
克明面业																											
鲁花油厂																											
长青生物质																											
百川食品																											
建文洗涤																											
晋开延化																✓				✓							
首创垃圾发电																											
慧联电子																											
三浦百草																											
汇森科技																											
新乡制药																											
园区公共设施																											

说明: 1. 根据敏感度“高”或“低”等级, 在相应表格“✓”; 并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

第一章 项目概述

说明：1. 根据敏感度“高”或“低”等级，在相应表格“√”；并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

说明：1. 根据敏感度“高”或“低”等级，在相应表格“√”；并在最后一栏给出易受灾部位或设施。

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。

第一章 项目概述

图 1.6 气象敏感度调查表

第二章 论证目的及原则

2.1 论证目的

随着经济社会发展，全球气候变暖加剧，极端气候事件多发频发，气象灾害及其引发的次生、衍生灾害对人民生命财产和经济社会发展造成了较为严重的影响，产业集聚区的规划和建设对天气气候特别是灾害性天气的敏感度加大。因此，开展产业集聚区气候适宜性和风险性论证工作势在必行，气候可行性论证工作可充分发挥气象防灾减灾第一道防线作用，也是企业践行绿色发展理念的具体表现。开展气候可行性论证工作能够从源头上有效避免或者减轻产业集聚区的规划和建设遭受极端气象灾害的不利影响，对于其规划、建设、运营等意义重大。

本报告以延津县产业集聚区周边国家气象观测站以及省级气象观测站等观测资料为基础，结合现场测试资料及历史灾情资料，对产业集聚区所在区域的气候条件开展论证分析工作，并从气象防灾减灾、灾害风险防御、气候资源利用的角度对经济技术开发区规划、建设给出科学的指导建议。

2.2 编制依据

国务院办公厅、河南省人民政府办公厅、河南省发展和改革委员会、河南省工程建设项目审批制度改革领导小组办公室等关于开展气候可行性论证工作下发了相关文件（见下文），特别是豫政办〔2019〕10号明确要求，到2019年12月底，全省范围内的自由贸易试验区、产业集聚区、高新技术产业开发区、经济技术开发区等集聚区、功能

区，统一组织对区内土地勘测、气候可行性等事项进行梳理，建立区域评估清单，分类推进相关评估工作；到 2020 年 12 月底，基本建成政府买单、企业共享评估成果的区域评估制度框架和管理体系；2021 年全面实施。

2.2.1 政策法规

- (1) 《中华人民共和国气象法》（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第 570 号）
- (3) 《河南省气象条例》（2004 年 11 月 26 日修正版）
- (4) 《河南省气象灾害防御条例》（河南省人民代表大会常务委员会公告第 17 号）
- (5) 《河南省气候资源保护与开发利用条例》（2018 年 10 月 1 日颁布）
- (6) 《气候可行性论证管理办法》（中国气象局第 18 号令）
- (7) 《国务院关于加快气象事业发展的若干意见》（国发〔2006〕29 号）
- (8) 《国务院办公厅关于进一步加强气象灾害防御工作的意见》（国发〔2007〕49 号）
- (9) 《国务院办公厅关于加强气象灾害监测预警及信息发布工作的意见》（国发〔2011〕33 号）
- (10) 《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）
- (11) 《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）
- (12) 《中共中央办公厅国务院办公厅关于深入推进审批服务便

民化的指导意见》

(13)《关于印发全国投资项目在线审批监管平台投资审批管理事项统一名称和申请材料清单的通知》(发改投资〔2019〕268号)

(14)《河南省人民政府办公厅关于加强气象灾害监测预警及信息发布工作的意见》(豫政办〔2011〕118号)

(15)《河南省人民政府办公厅关于印发河南省简化和规范投资项目审批流程实施方案的通知》(豫政办〔2017〕127号)

(16)《河南省工程建设项目审批制度改革领导小组办公室关于印发河南省工程项目审批全流程事项清单及审批流程图示范文本的通知》(豫工程改革办〔2019〕2号)

(17)《河南省人民政府办公厅关于实施工程建设项目区域评估的指导意见》(豫政办〔2019〕10号)

(18)《河南省人民政府办公厅关于印发河南省工程建设项目审批制度改革实施方案的通知》(豫工程改革办〔2019〕38号)

(19)《河南省人民政府办公厅关于印发河南省气候可行性论证项目指导目录的通知》(豫政办〔2019〕64号)

(20)《河南省发展和改革委员会关于印发关于优化和规范投资项目审批中介服务的指导意见的通知》(豫发改投资〔2019〕627号)

2.2.2 标准规范

(1) 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)

(2) QX/T469-2018 气候可行性论证规范总则

(3) QX/T423-2018 气候可行性论证规范报告编制

(4) QX/T426-2018 气候可行性论证规范资料收集

(5) QX/T449-2018 气候可行性论证规范现场观测

- (6) QX/T457-2018 气候可行性论证规范气象观测资料处理
- (7) QX/T438-2018 气候可行性论证规范城市通风廊道
- (8) QX/T118-2020 地面气象观测资料质量控制
- (9) QX/T436-2018 气候可行性论证规范：抗风参数计算
- (10) QX/T452-2018 基本气象资料和产品提供规范
- (11) QX/T453-2018 基本气象资料和产品使用规范
- (12) QX/T85-2018 雷电灾害风险评估技术规范
- (13) GB50057-2019 建筑物防雷设计规范
- (14) 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）
- (15) GB50009-2012 建筑结构荷载规范
- (16) GB50014-2021 室外排水设计标准
- (17) GB50019-2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- (18) DL/T5158-2021 电力工程气象勘测技术规程
- (19) JTG/TD60-01-2018 公路桥梁抗风设计规范
- (20) QX/T393-2017 冷空气过程监测指标
- (21) 中国气象局，地面气象观测规范气象出版社 2003
- (22) GB/T37529-2019 城市总体规划气候可行性论证技术
- (23) QX/T529-2019 气候可行性论证规范极值概率统计分析
- (24) QX/T528-2019 气候可行性论证规范架空输电线路抗冰设计气象参数计算
- (25) 城市排水工程设计-暴雨强度公式编制技术指南（第 1 版）
- (26) 城市热岛效应评估技术指南（第 1 版）
- (27) 工程项目采暖通风和空气调节气象参数计算（第 1 版）
- (28) 输电线路抗冰设计气候可行性论证技术指南（第 1 版）

2.3 计量单位与专业术语

2.3.1 计量单位

详见表 2.1。

表 2.1 报告涉及的计量单位

序号	类别	单位
1	时间	年 a、天 d、小时 h、分钟 min
2	长度	千米（公里）km、米 m、厘米 cm、毫米 mm
3	面积	平方米 m ² 、平方千米（平方公里）km ² 、公顷 hm ²
4	容积	立方米 m ³
5	重量	克 g、千克（公斤）kg
6	温度	摄氏度°C
7	湿度	百分比%
8	速度	米/秒 m/s、米/平方秒 m/s ²
9	流量	立方米/秒 m ³ /s
10	变率	摄氏度/10 年 °C/10a、米/秒/10 年 m/s/10a、天/10 年 d/10a、百分比/10 年 %/10a
11	密度	克/立方厘米 g/cm ³ 、吨/立方米 t/m ³
12	强度	毫米/分钟毫米/min、升/秒/公顷 L/s/hm ² 、次/平方公里/年次/km ² /a
13	压强	百帕 hPa、千牛/平方米 kN/m ²
14	电流	千安 kA
15	电阻率	欧姆•米Ω•m
16	功率	千瓦 kW
17	陡度	千安/微秒 kA/μs

2.3.2 专业术语

- (1) 参证气象站：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。
- (2) 关键气象因子：对开发区、工业产业集聚区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。
- (3) E、N：分别代表东经、北纬。
- (4) 常年：指最近 30a，目前气象部门使用 1991-2020 年，该时段每 10a 更新一次。
- (5) 累年：指建站以来所有年份。
- (6) 基本风速：开阔平坦地貌条件下，地面以上 10m 高度处，50a 重现期的 10min 平均年最大风速。
- (7) 重现期：某一事件重复出现的平均间隔时间。
- (8) 设计风速：在基本风速基础上，考虑局部地表粗糙度影响，项目所在地地面以上 10m 高度处 50a 重现期的 10min 平均年最大风速。
- (9) 基本雪压：雪荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上积雪自重的观测数据，经概率统计得出 50a 一遇最大值确定。
- (10) 基本气温：根据参证气象站历年记录所得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，经极值概率分布曲线拟合确定设计频率的最高、最低气温。
- (11) 冬季空气调节室外计算温度：常年不保证 1d 的日平均温度。
- (12) 夏季空气调节室外计算日平均温度：常年平均不保证 5d 的日平均温度。
- (13) 冬季通风室外计算温度：常年最冷月平均温度。

(14) 夏季通风室外计算温度：常年最热月 14 时的月平均温度的平均值。

(15) 暴雨强度公式：短历时暴雨过程中降雨强度—降雨历时—重现期三者间函数关系的数学表达式。

(16) 暴雨日：指 24 小时降雨量 ≥ 50 毫米的日数。

(17) 日最大降水量：指一年中出现的一日最大降水量。

(18) 各时段年最大降水量：从全年的降水自计纸或每分钟降水量数据文件中，挑选出本年内 16 个时段的年最大降水量。16 个时段分别为 5、10、15、20、30、45、60、90、120、150、180、240、360、540、720、1440min。

(19) 雷暴日：指某地区一年中有雷电放电的天数，是表征不同地区雷电活动的频繁程度的指标。

(20) 雷击风险评估：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风险综合计算。

(21) 回击：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。

(22) 地闪密度：单位面积、单位时间的平均地闪次数。

(23) 雷电流绕击：当雷电流强度小于一定数值时，有可能绕过防直击雷装置直接击中被保护物。

(24) 雷电流反击：当雷电流强度大于一定数值时，有可能造成防雷装置无法快速泄放雷电流，出现雷电流反击现象。

(25) 高影响天气：直接影响开发区、工业产业集聚区项目建设和运营的天气现象。

(26) 大风：瞬时风速达到或超过 17.2 米/秒的风。

- (27) 最大风速：给定时段内的 10min 平均风速的最大值。
- (28) 极大风速，给定时段内的瞬时风速的最大值。
- (29) 热岛效应：是由于人们改变地表而引起小气候变化（一个地区的气温高于周围地区）的综合现象。
- (30) 指数分布：即 ExponentialDistribution（简记 ED）。
- (31) 皮尔逊-III 型分布：即 Pearson-III Distribution（简记 P-III）。
- (32) 极值 I 型分布：本报告包括耿贝尔法，即 Gumbel Distribution（简记 GD），矩法参数估计法 Moment Parameter Estimation（简记 MPE）。

第三章 资料说明

3.1 资料内容和来源

报告中使用的资料涉及 6 类，其中地面气象站观测资料来源于河南省气象探测数据中心，均从经过审核后的信息化资料中提取。

(1) 地面气象站资料：包括全省所有国家气象观测站和省级气象观测站资料。国家气象观测站资料主要用于参证站的选取、气候背景分析、高影响天气分析、关键气象参数分析及推算、气象灾害风险评估、未来气候变化影响评估等，涉及气压、气温、降水、风、相对湿度、日照、雷暴、冰雹、龙卷、雾、结冰、积雪等气象要素及天气现象。省级气象观测站资料主要用于参证站的选取及暴雨强度公式的推算。

(2) 气象灾害资料：河南省历史气象灾害资料，一部分来源于河南省气象探测数据中心的信息化资料以及气象年、月报表，另一部分来源于“中国气象灾害大典河南省分卷”、“地方志”、“气候影响评价”、灾情直报系统以及民政和农业部门灾情报告等，主要用于产业集聚区高影响天气的确定。

(3) 气象要素敏感度调查资料：集聚区重点企业（行业）对气象要素（灾害）的敏感度资料由论证人员在集聚区已入驻企业中现场抽样调查得到，用于确定产业集聚区高影响天气。

(4) 闪电定位仪资料：河南省二维闪电定位资料主要用于关键气象参数分析中的雷击风险评估和高影响天气中的闪电分析。闪电地闪分析资料来源于河南省 ADTD 闪电定位仪雷电监測定位系统，该系统由 19 个探测子站（林州、卫辉、卫辉、濮阳、渑池、卢氏、栾

川、登封、禹州、开封、延津、内乡、宝丰、西华、泌阳、正阳、信阳、商丘、固始) 和 1 个监测定位系统中心站组成，探测范围覆盖全省。

(5) 再分析格点资料：由美国气象环境预报中心（NCEP）和美国国家大气研究中心（NCAR）联合制作的 NCEP/NCAR 月平均再分析数据集，要素包括：位势高度场和水平风场（U、V）；水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，垂直层次为 850 百帕、500 百帕和 200 百帕。主要用于大范围平均大气环流背景场的分析。

(6) 与集聚区气候可行性论证区域整体评价相关的资料：由委托单位提供，主要用于论证结果制图展示等。

表 3.1 报告使用资料一览表

项目	要素	资料时段
国家级自动气象站	气压、气温、降水、风、相对湿度、日照、雷暴、冰雹、雾等	建站—2021 年
省级常规气象站	气温、降水、风	2019—2021 年
气象灾害资料	暴雨、大风、高温、寒潮、冰雹等	建站—2021 年
闪电定位资料	ADTD 闪电定位仪雷电实时资料	2011—2021 年
再分析资料	高度场、风场	1991—2020 年
园区相关资料	规划、灾害敏感度调查表等	

3.2 资料质量控制

报告所用国家气象观测站观测资料均经过河南省气象探测数据中心数据质量控制和均一性检验。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。

界线值检查：从气候学的角度不可能发生的要素值，观测记录应在气候学界限值之内的检查。

气候极值检查：气候极值检查是检查各要素是否超过历史上出现过的最大值和最小值。

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有可能观测仪器或传输设备出现故障。

空间一致性检查：气象要素分布的地理空间具有相关性，空间距离较近的气象站点比距离较远的站点其特征值具有更大的相似性。这是空间插值的理论依据之一，也是空间一致性检查的理论基础。根据插值原理，对于被检站被检时次的某个要素（如气温），可用邻近参考站的数据来估计被检站数据，再根据实测值与估计值差值大小，确定数据质量控制码。

3.3 参证气象站选取及三性分析

参证气象站是指气象分析计算所参照的具有长年代气象数据的国家气象观测站。参证站按照 QX/T 469-2018《气候可行性论证规范总则》中 7 的要求进行选取，即：

(1) 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区域处于同一气候区，下垫面特征相似，对影响项目的关键气象因子具有最优代表性。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健气象因子代表性，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小且探测环境较好的气象站。

(4) 工程气象参数中设计重现期计算时，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。

3.3.1 气象站背景与观测沿革

以延津县产业集聚区为中心，方圆 40 公里的气象站中，选择延津、卫辉和新乡 3 个国家级气象站，分别与产业集聚区内的省级气象观测站石婆固站 2021 年气象资料进行对比分析，进行参证站的选取。

产业集聚区附近有数个省级气象观测站，但大部分均是一要素站，石婆固虽然不是离集聚区最近的省级气象站，但是有 4 个观测要素，且最近几年的资料较完整，所以选取石婆固站为省级气象观测站，石婆固站位于产业集聚区东 8 公里附近，海拔高度 70 米，接近延津国家气象观测站的海拔高度，将其 2021 年的观测资料与延津国家气象站资料进行对比分析。

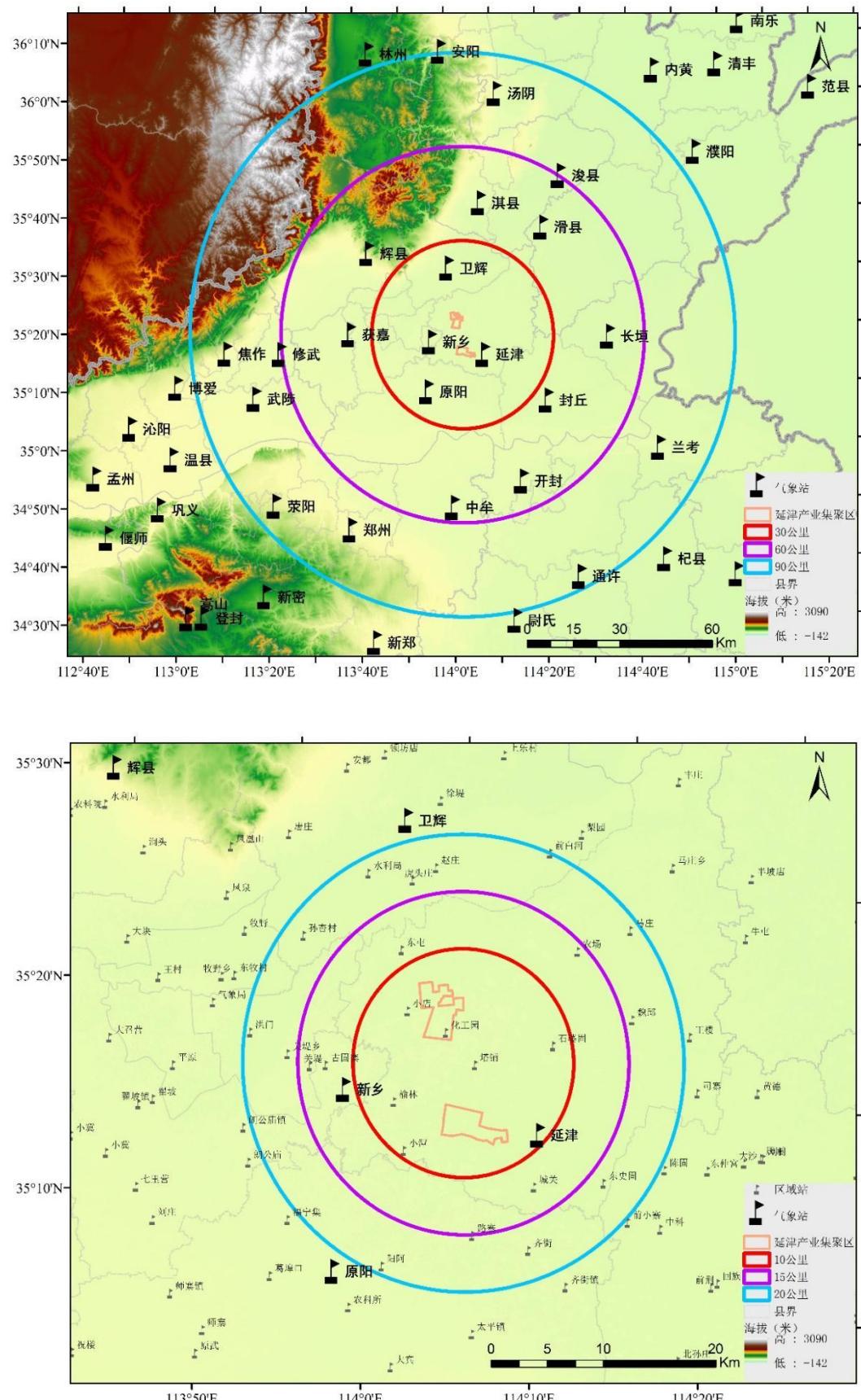


图 3.1 产业集聚区周边气象站分布

1. 气象站背景

在本项目中搜集了产业集聚区附近 40 公里范围内气象台站历年常规气象观测资料进行统计分析，延津、卫辉和新乡三个国家级气象观测站的基本信息如下：

表 3.2 产业集聚区周围气象站的基本信息

站名	建站时间	台站类型	海拔高度（米）	站址环境
延津	1956-10-05	一般站	71.1	集镇
卫辉	1959-01-21	一般站	69.9	郊外
新乡	1951-01-01	基本站	73.2	郊外

各气象站的观测要素有：气温、气压、湿度、风、降水、云、能见度、天气现象、日照、蒸发量、地温等，按《地面气象观测规范》规定观测；观测方式有人工观测和自记仪器观测；各观测仪器按规定定期鉴定，未使用过期（超检）仪器。

(1) 延津国家级气象观测站：国家一般气象站，始建于 1956 年 10 月，位于县城关乡小潭村，目前位于县城关镇南关外，站址位于集镇，海拔高度 71.1 米。

(2) 卫辉国家级气象观测站：国家一般气象站，始建于 1959 年 1 月，位于县农业科学研究所(南农场)，目前位于市南代庄，站址位于郊外，海拔高度 69.9 米。

(3) 新乡国家级气象观测站：国家基本气象站，始建于 1951 年 1 月，位于飞机场；目前位于市东郊牧野村，海拔高度 73.2 米。

2. 气象站沿革与周围地理环境

(1) 延津国家一般气象站，始建于 1956 年 10 月，其前身为“延津县气候站”，位于县城关乡小潭村（乡村）；后更名为“延津县

气象服务站”、“新乡地区气象台革命委员会延津服务站”、“延津县革命委员会气象站”、“延津县气象站”，“延津县气象局”，“延津国家气象观测站二级站”和“延津国家一般气象站”和“延津国家气象观测站”。1956—1960年为气候站，1961—1979年为气象站，1980—2006为国家一般气象站，2007—2008年为国家气象观测站二级站，2009—2018年后为国家一般气象站，2018年为国家气象观测站，该站经历了一次迁站（表3.3），目前位于县城关镇南关外。该站一直属于河南省气象局。



图3.2 延津气象观测站目前在用现址图

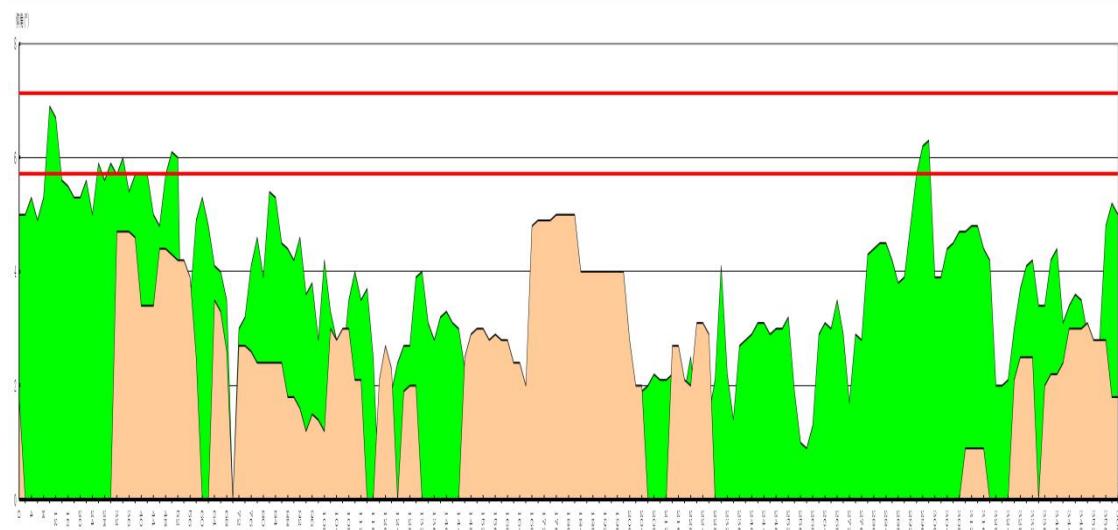




图 3.3 延津气象观测场四周可视范围内遮蔽物仰角图及观测场四周全景照片

(2) 卫辉县国家一般气象站始建于 1959 年 1 月，位于汲县农业科学研究所(南农场)，名为“汲县农业科学研究所气象站”，后更名为“汲县气象服务站”、“汲县气象站”，“卫辉市气象站”，“卫辉市气象局”，“卫辉国家气象观测站二级站”和“卫辉国家一般气象站”和“卫辉国家气象观测站”。该站经过了一次迁站（表 3.3），1964 年 1 月 1 日迁至卫辉市南代庄（郊外站）。该站一直属于河南省气象局。



图 3.4 卫辉气象观测站目前在用现址图

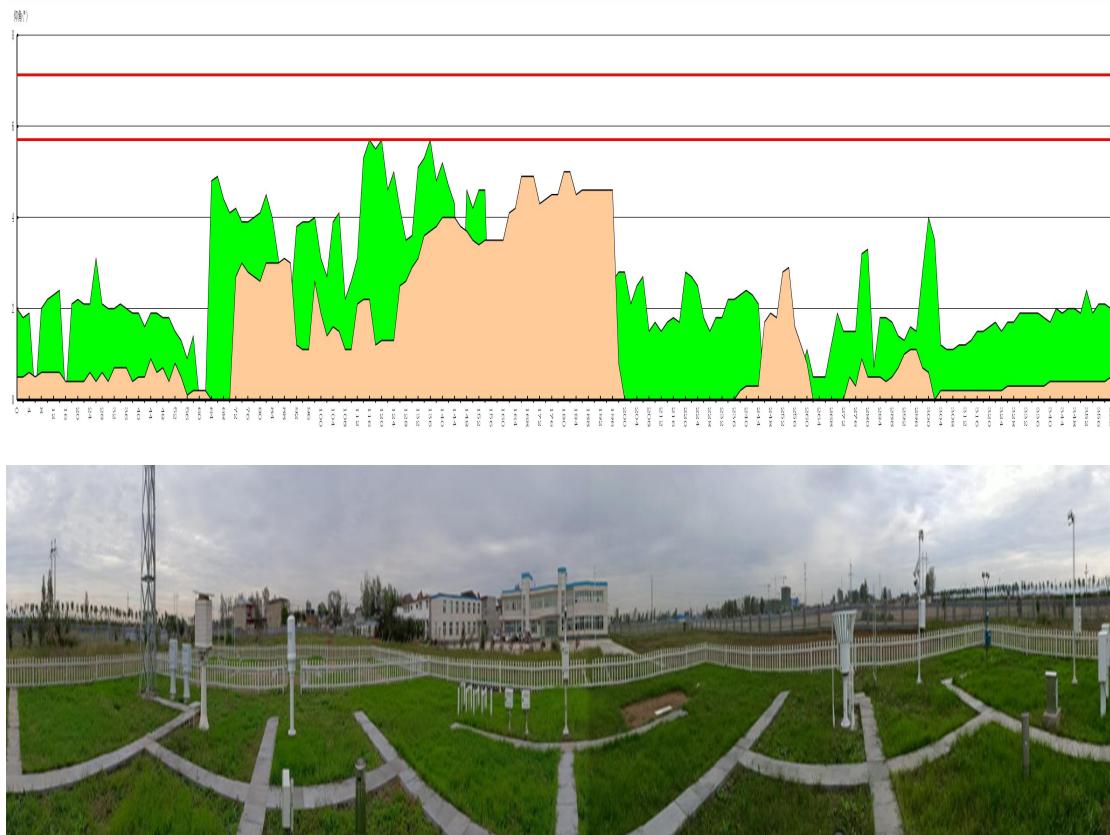


图 3.5 卫辉气象观测场四周可视范围内遮蔽物仰角图及观测场四周全景照片

(3) 新乡国家一般气象站，始建于 1951 年 1 月 1 日，名为“新乡气象站”，位于飞机场，后更名为“第五航校训练一团气象台”、“2535 部队一支队气象台”、“新乡小冀气候站”、“新乡气象台”、“新乡专员公署气象服务台”、“新乡气象服务台”，“新乡地区气象台革命委员会”、“新乡地区气象台”、“新乡地区气象局观测站”、“新乡气象处观测科”、“新乡市气象局观测站”、“新乡国家气象观测站一级站”和“新乡国家基本气象站”。该站 1951—1953 年为甲种站，1954—1956 年 11 月为气象站，1956 年 12 月—1960 年为气候站，1961—1979 年为气象站，1980—2006 年为国家基本气象站，2007—2008 年为国家气象观测站一级站，2009 年以后为国家基本气象站。2018 年 1 月迁至市东郊牧野村（郊外）。该站一直属于河南省气象局。



图 3.6 新乡气象观测站目前在用现址图

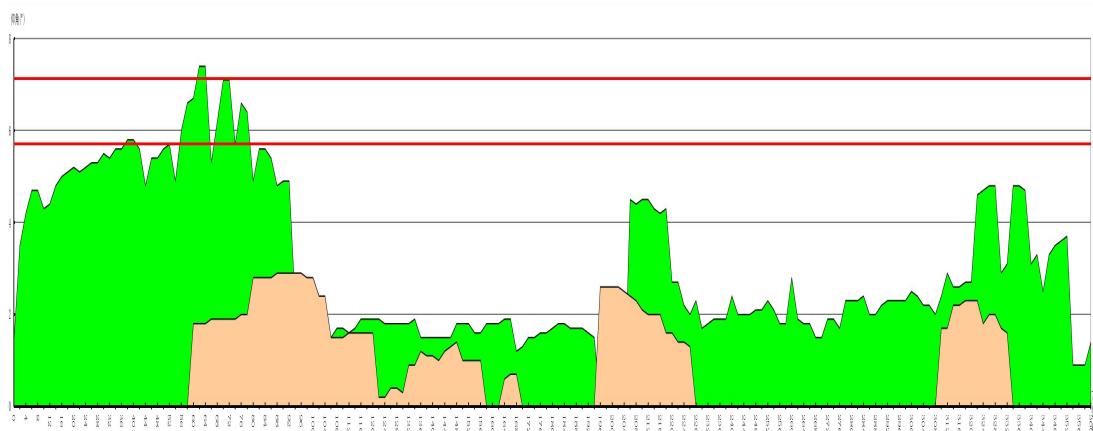


图 3.7 新乡气象观测场四周可视范围内遮蔽物仰角图及观测场四周全景照片

表 3.3 气象站的自动站布设信息

站名	年代	变化原因	海拔高度 (米)	详细地址
延津	1956-10-05	建站	72.4	延津县城关乡小潭村
	2011-01-01	迁站	71.1	延津县城关镇南关外
卫辉	1959-01-21	建站	71.2	汲县农业科学研究所(南农场)
	1964-01-01	迁站	69.9	卫辉市南代庄
新乡	1951-01-01	建站	72.0	飞机场
	1956-12-01	迁站	72.0	小冀乡
	1959-01-01	迁站	72.7	新乡市东郊牧野村
	2003-01-01	迁站	73.2	新乡市东郊牧野村

3.3.2 三性分析

三性分析指的是数据可靠性、一致性和代表性分析。

1. 可靠性分析

延津、卫辉和新乡 3 个气象站均为国家气象台站，其中 3 个气象站所有地面气象要素均按《地面气象观测规范》的规定观测，观测仪器也定期进行检定，因此，气象资料的来源具有可靠性。

将 2021 年 1—12 月观测期间代表月 1、4、7、10 月各要素的平均值与最近 30 年（1991—2020 年）平均值进行比较（表 3.4、表 3.5、表 3.6），发现 2021 年 1—12 月观测期间代表月 1、4、7、10 月的资料与最近 30 年（1991—2020 年）平均值差异不大（见表 3.6），表明资料是可靠的。

表 3.4 代表月份的实测资料

项目	月份	序列	延津	卫辉	新乡
气温 (℃)	2021年1月	1	1.6	0.8	1.1
	2021年4月	2	15.2	15.3	15.1
	2021年7月	3	27.8	27.5	27.7
	2021年10月	4	15	15.1	14.6
相对湿度 (%)	2021年1月	5	45	45	42
	2021年4月	6	64	61	63
	2021年7月	7	80	80	82
	2021年10月	8	80	77	80
气压 (hPa)	2021年1月	9	1017.3	1017.6	1016.8
	2021年4月	10	1009.8	1010	1009.2
	2021年7月	11	994.9	995.5	994.4
	2021年10月	12	1014.4	1014.9	1013.9
风速 (m/s)	2021年1月	13	2.4	2.4	2.8
	2021年4月	14	2.3	2.9	2.5
	2021年7月	15	2.3	2.5	2.2
	2021年10月	16	2.1	2.7	2
降水量 (mm)	2021年1月	17	0	0	0
	2021年4月	18	23	22.4	20.5
	2021年7月	19	529.4	977.4	584.7
	2021年10月	20	41.5	7.2	27.1

表 3.5 代表月份的多年平均值资料 (1991—2020 年)

项目	月份	序列	延津	卫辉	新乡
气温 (°C)	1月	1	-0.1	-0.1	0.3
	4月	2	15.3	15.7	16.3
	7月	3	27.3	27.5	27.6
	10月	4	15.5	15.6	15.8
相对湿度 (%)	1月	5	59	59	59
	4月	6	65	63	59
	7月	7	78	78	76
	10月	8	68	69	68
气压 (hPa)	1月	9	1019.1	1019.5	1019.1
	4月	10	1005.9	1006.2	1005.8
	7月	11	995.2	995.5	995.2
	10月	12	1012.1	1012.6	1012.2
风速 (m/s)	1月	13	2.3	1.9	2
	4月	14	2.7	2.4	2.7
	7月	15	2	1.7	2
	10月	16	1.9	1.6	1.8
降水量 (mm)	1月	17	5.6	4.5	5.6
	4月	18	32.9	29.7	31.1
	7月	19	162.1	169.3	163.5
	10月	20	29.4	26.4	29.1

表 3.6 代表月份的实测资料与多年平均值的差值

项目	月份	序列	延津	卫辉	新乡	最小绝对值
气温 (℃)	2021年1月	1	1.7	0.9	0.8	0.8
	2021年4月	2	-0.1	-0.4	-1.2	0.1
	2021年7月	3	0.5	0	0.1	0
	2021年10月	4	-0.5	-0.5	-1.2	0.5
平均差值			0.40	0.00	-0.38	
相对湿度 (%)	2021年1月	5	-14	-14	-17	14
	2021年4月	6	-1	-2	4	1
	2021年7月	7	2	2	6	2
	2021年10月	8	12	8	12	8
平均差值			-0.25	-1.50	1.25	
气压 (hPa)	2021年1月	9	-1.8	-1.9	-2.3	1.8
	2021年4月	10	3.9	3.8	3.4	3.4
	2021年7月	11	-0.3	0	-0.8	0
	2021年10月	12	2.3	2.3	1.7	1.7
平均差值			1.02	1.05	0.50	
风速 (m/s)	2021年1月	13	0.1	0.5	0.8	0.1
	2021年4月	14	-0.4	0.5	-0.2	0.2
	2021年7月	15	0.3	0.8	0.2	0.2
	2021年10月	16	0.2	1.1	0.2	0.2
平均差值			0.05	0.73	0.25	
降水量 (mm)	2021年1月	17	-5.6	-4.5	-5.6	4.5
	2021年4月	18	-9.9	-7.3	-10.6	7.3
	2021年7月	19	367.3	808.1	421.2	367.3
	2021年10月	20	12.1	-19.2	-2	2
平均差值			90.98	194.28	100.75	
差值最小个数			8	8	7	

注明：红色代表差值为最小的。

2.一致性分析

采用对比差值法进行资料一致性的分析，其方法为：先计算气象站与省级气象观测站某要素资料的对比差值、对比差值的平均值与标准差，然后按对比差值及其平均值的差绝对值小于标准差的 2 倍为标准计算一致率。具体计算方法如下：

1) 对比差值月平均值的计算

设 U_i 为第 i 次某气象站观测值， A_i 为第 i 次省级气象观测站观测值，则第 i 次的对比差值为：

$$X_i = U_i - A_i \quad (3-1)$$

设两个观测站数据的观测次数均为 n ，则对比差值的月平均值为：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3-2)$$

2) 对比差值月标准差的计算

设对比差值的标准差为 σ

$$\sigma = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \quad (3-3)$$

式中， x 为对比差值的月平均值， x_i 为第 i 次的对比差值。

3) 一致率的计算

一致率表示本月省级气象观测站与气象站观测相一致的程度。

一致率的范围： $X_i - \bar{x}$ 的绝对值 $< 2\sigma$ 。

$$\text{月一致率 (\%)} = \frac{\text{对比差值的绝对值小于 } 2\text{倍标准差的次数}}{\text{有效总次数}} \times 100\% \quad (3-4)$$

应用以上公式，计算出延津、卫辉和新乡 3 个气象站的各气象要素与省级气象观测站（石婆固）资料的一致率（见表 3.7）。3 个站的资料一致率均很高，绝大多数在 90% 以上，且各站间相差不大，其中新乡最大，延津和卫辉次之。

表 3.7 代表月份的各时次资料与省级气象观测站资料的一致率 (%)

项目	月份	序列	延津	卫辉	新乡
气温	2021年1月	1	92.5	92.9	94.6
	2021年4月	2	95.4	97.6	98.6
	2021年7月	3	99.5	98.7	99.9
	2021年10月	4	90.0	93.4	98.6
风速	2021年1月	5	92.6	96.9	96.0
	2021年4月	6	91.7	95.1	96.9
	2021年7月	7	95.0	97.6	97.3
	2021年10月	8	93.6	95.5	96.4
降水量	2021年1月	9			
	2021年4月	10	100.0	100.0	100.0
	2021年7月	11	96.9	91.8	94.5
	2021年10月	12	100.0	99.2	99.6
最大值个数			3	3	7

注明：红色代表差值为一致率最大的。

3. 代表性分析

如果两站资料相关很好，则表明资料具有代表性，因此代表性用相关系数来分析。利用延津、卫辉和新乡三个气象站与省级气象观测站石婆固站的气温、风速、降水量资料，分别开展了逐时、逐日共3项内容的相关分析：代表月1、4、7、10月逐时资料相关分析、2021年1—12月每月逐日平均资料相关分析、2021年1—12月逐日平均资料相关分析。

以下是3项相关结果分析：

1) 代表月1、4、7、10月逐时资料相关分析

表 3.8 列出了代表月份的各时次资料与省级气象观测站资料的相关系数，表 3.9 列出了所用资料的样本数。由表 3.8 可见，所有相关系数都非常显著，均通过 0.01 信度检验。在 3 个气象站中，省级气象观测站与延津站的相关最好，除降水量自动站 1 月份缺测外，其它有 5 个序列的相关系数排在第一，5 个序列的相关系数排在第二。

表 3.8 代表月份的各时次资料与省级气象观测站资料的相关系数

项目	月份	序列	延津	卫辉	新乡	最大
气温	2021年1月	1	0.9779	0.9718	0.9735	0.9779
	2021年4月	2	0.9751	0.9790	0.9827	0.9827
	2021年7月	3	0.9877	0.9711	0.9837	0.9877
	2021年10月	4	0.9691	0.9752	0.9869	0.9869
风速	2021年1月	5	0.7115	0.7889	0.7624	0.7889
	2021年4月	6	0.7469	0.8401	0.8478	0.8478
	2021年7月	7	0.6720	0.7660	0.7395	0.7660
	2021年10月	8	0.8819	0.9095	0.8883	0.9095
降水量	2021年1月	9	/	/	/	
	2021年4月	10	0.9165	0.8208	0.8607	0.9165
	2021年7月	11	0.8739	0.2923	0.6745	0.8739
	2021年10月	12	0.7015	0.1634	0.7015	0.7015
相关系数最大个数			5	3	4	
相关系数次大个数			1	3	8	

注：红色代表相关系数为最大的，蓝色为次大的。

表 3.9 代表月份的资料样本数(个)

项目	月份	序列	延津	卫辉	新乡
气温	2021年1月	1	743	743	743
	2021年4月	2	720	720	720
	2021年7月	3	743	743	743
	2021年10月	4	741	741	740
风速	2021年1月	5	743	743	743
	2021年4月	6	720	720	720
	2021年7月	7	743	743	743
	2021年10月	8	741	741	740
降水量	2021年1月	9	0	0	0
	2021年4月	10	720	720	720
	2021年7月	11	744	744	744
	2021年10月	12	742	742	741

2) 2021 年 1—12 月每月逐日平均资料相关分析

表 3.10 列出了 2021 年 1 月 1 日—12 月 31 日每月逐日资料与省级气象观测站资料的相关系数，在气温、降水量、风速 3 个要素逐月相关结果中，除降水和风速个别月份相关性稍差外，其它相关系数都非常显著，均通过 0.01 信度检验。3 站与自动站的相关系数相关不大，新乡气象站与省级气象观测站相关性最好，31 个序列的相关系数中有 12 个排在第一位，卫辉站有 11 个相关系数排在第二位。

表 3.10 各月的日资料与省级气象观测站资料的相关系数

项目	月份	序列	样本数	延津	卫辉	新乡	MAX
气温	2021年1月	1	30	0.953	0.970	0.977	0.977
	2021年2月	2	29	0.987	0.992	0.985	0.992
	2021年3月	3	30	0.993	0.991	0.990	0.993
	2021年4月	4	30	0.973	0.979	0.979	0.979
	2021年5月	5	31	0.995	0.986	0.989	0.995
	2021年6月	6	30	0.989	0.969	0.987	0.989
	2021年7月	7	31	0.993	0.989	0.974	0.993
	2021年8月	8	31	0.990	0.982	0.985	0.990
	2021年9月	9	30	0.986	0.989	0.985	0.989
	2021年10月	10	31	0.981	0.990	0.995	0.995
	2021年11月	11	30	0.964	0.982	0.979	0.982
	2021年12月	12	30	0.975	0.991	0.980	0.991
风速	2021年1月	13	30	0.646	0.894	0.815	0.894
	2021年2月	14	29	0.727	0.974	0.923	0.974
	2021年3月	15	30	0.842	0.965	0.965	0.965
	2021年4月	16	30	0.779	0.845	0.886	0.886
	2021年5月	17	31	0.710	0.837	0.865	0.865
	2021年6月	18	30	0.530	0.803	0.619	0.803
	2021年7月	19	31	0.627	0.927	0.835	0.927
	2021年8月	20	31	0.751	0.709	0.835	0.835
	2021年9月	21	30	0.675	0.826	0.838	0.838
	2021年10月	22	31	0.946	0.969	0.930	0.969

	2021年11月	23	30	0.664	0.877	0.872	0.877
	2021年12月	24	30	0.740	0.949	0.949	0.949
降水量	2021年1月	25	0	/	/	/	
	2021年2月	26	0	/	/	/	
	2021年3月	27	0	/	/	/	
	2021年4月	28	30	0.993	0.975	0.970	0.993
	2021年5月	29	31	0.942	0.875	0.998	0.998
	2021年6月	30	30	0.593	0.559	0.720	0.720
	2021年7月	31	31	0.992	0.832	0.992	0.992
	2021年8月	32	31	0.996	0.651	0.995	0.996
	2021年9月	33	30	0.984	0.963	0.994	0.994
	2021年10月	34	31	0.992	0.561	0.873	0.992
	2021年11月	35	0	/	/	/	
	2021年12月	36	0	/	/	/	
相关系数最大个数				8	11	12	
相关系数次大个数				8	10	13	

注：红色代表相关系数为最大的、蓝色为次大的。

3) 全年逐日平均资料相关分析

表 3.11 列出了 2021 年 1 月 1 日—12 月 31 日整个时段全年逐日资料与省级气象观测站同期资料的相关系数，由表可见，各气象要素的相关系数都非常显著，均通过 0.01 信度检验。气温、风速、降水 3 个要素中，风速和降水量新乡站相关系数均为最大。

表 3.11 代表年日资料与省级气象观测站资料相关系数

项目	序列	样本数	延津	卫辉	新乡	最大值
气温	1	362	0.998	0.998	0.998	0.998
风速	2	362	0.741	0.888	0.880	0.888
降水量	3	213	0.982	0.840	0.987	0.987
相关系数最大个数			0	1	2	

注：红色代表相关系数为最大的，蓝色为次大的。

以上 3 项相关分析结果表明，无论是逐时资料还是逐日资料计算的相关系数，除降水个别月份的样本外，均通过了 0.01 信度检验。3 个气象站中，延津站和省级气象观测站各时次相关最好，新乡站和省级气象观测站日相关最好。

3.3.3 拟选国家气象观测站与省级气象观测站对比分析

将 2019—2021 年延津国家气象观测站与省级气象观测站石婆固站的月观测资料进行对比分析。

3.3.3.1 气温

延津站和区域站 2019—2021 年逐月气温变化趋势非常一致，平均气温最高值分别出现在 7 月、8 月和 6 月，最低值分别出现在 1 月、12 月和 1 月。进行相关分析可以看见，所有区域站与延津站气温相关系数（月数据）达到 0.999 以上，说明区域站与园区处于同一局地气候区域内，可以进行推算验证。

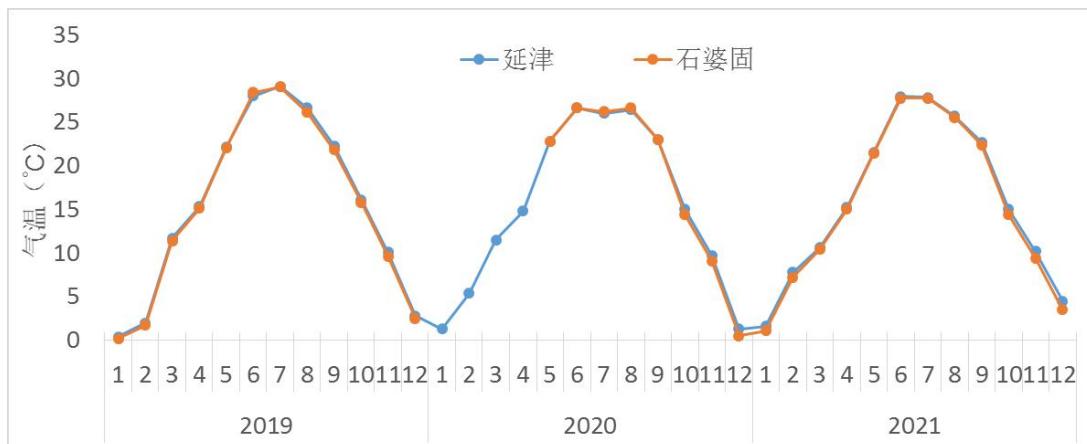


图 3.8 2019 年 1 月—2021 年 12 月逐月平均气温变化

表 3.12 气象站逐月平均气温变化（摄氏度，2019—2021 年）

站名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
延津	1.1	5.1	11.3	15.1	22.1	27.5	27.6	26.2	22.7	15.4	10.0	2.9	15.6
石婆固	0.4	3.0	7.3	10.0	22.1	27.6	27.6	26.1	22.4	14.9	9.4	2.2	14.4

3.3.3.2 降水

延津站和区域站降水量趋势较一致，说明局地气候基本一致，可以进行推算验证。

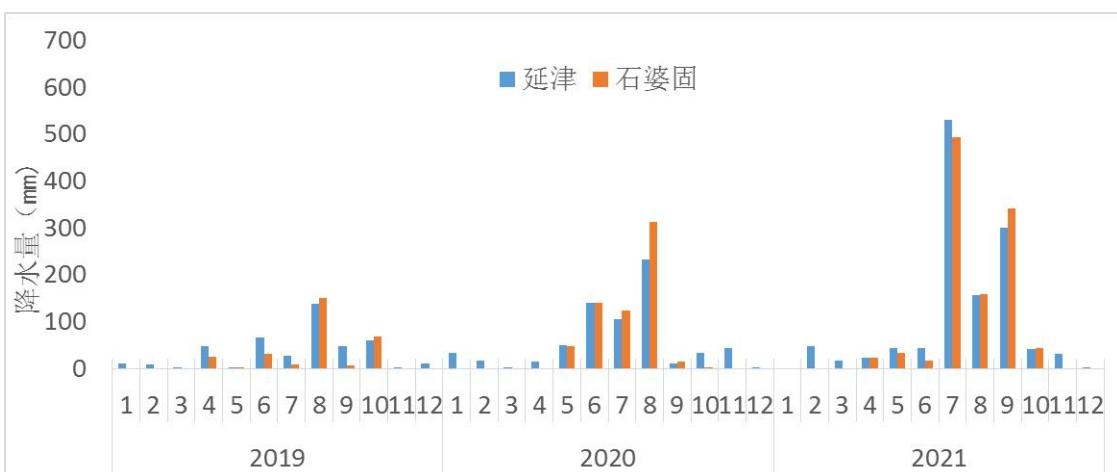


图 3.9 2019 年 1 月—2021 年 12 月逐月降水量变化

3.3.3.3 风速

延津站和区域站 2019—2021 年逐月风速变化如图所示。所选站点变化趋势与延津较为一致，相关性分析（月数据）结果为 0.843。综上，可以使用延津站对开发区风速进行推算验证。



图 3.10 2019 年 1 月—2021 年 12 月逐月平均风速变化

表 3.13 气象站逐月平均风速变化（米/秒，2019—2021 年）

站名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
延津	1.9	2.6	2.4	2.4	2.4	2.1	2.0	1.8	1.8	1.8	2.2	2.2	2.1
石婆固	1.7	2.0	1.8	1.9	2.8	2.5	2.2	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.2

表 3.14 石婆固站与延津站平均风速相关系数

站名	石婆固
相关系数	0.843

3.3.4 参证站的确定

根据台站类型、沿革，地理位置，地形地貌特征以及三性分析的结果综合考虑，确定参证气象站。

从地理位置看，三个国家气象观测站与集聚区同属同一气候区，延津站距离集聚区东南约 2-8 公里，卫辉站位于集聚区北约 20 km 公里，新乡站位于集聚区西 10 公里。通过三性分析可知，三站均为国

家气象观测站且观测环境均符合相关要求，延津站的可靠性、和代表性中的时次相关是三站中最好的。

综合地理位置、气象站观测环境、观测资料序列长度、迁站情况等及三性分析结果等各方面因素，本报告确定延津国家气象观测站作为参证站进行气候背景分析。

第四章 影响本区域天气气候系统

4.1 概述

大气环流，一般是指具有世界规模的、大范围的大气运行现象。它既包括平均状态，也包括瞬时现象，其水平尺度在数千公里以上，垂直尺度在 10km 以上，时间尺度在数天以上，也是大气大范围运动的状态。大气环流构成了全球大气运动的基本形势，是全球气候特征和大范围天气形势的主导因子，也是各种尺度天气系统活动的背景。大气环流主要表现为：全球尺度的东西风带、三圈环流(哈得莱环流、费雷尔环流和极地环流)、定常分布的平均槽脊、高空急流以及西风带中的大型扰动等。

4.2 北半球大气环流特征

冬季，北半球对流层中层中高纬地区环流是以极地低压（又称极涡）为中心环绕的西风环流（图 4.1）。西风带中有尺度很大的平均槽脊，其中三个明显大槽分别位于亚洲东岸、北美东部和欧洲东部，与这三个槽并列的还有三个平均脊，但脊的强度比槽的强度弱很多。低纬地区除了北美和东亚大槽向南延伸到较低的纬度外，在地中海、孟加拉湾和东太平洋都有比较明显的槽（图 4.2）。冬季北半球海平面气压总是存在着两个半永久性活动中心即冰岛低压和阿留申低压。冬季的冷源在大陆上，以亚洲的冷高压最强，表现在海平面气压场上是蒙古高压，平均脊前槽后的西北气流区是地面冷高压活动的最大频率地带。

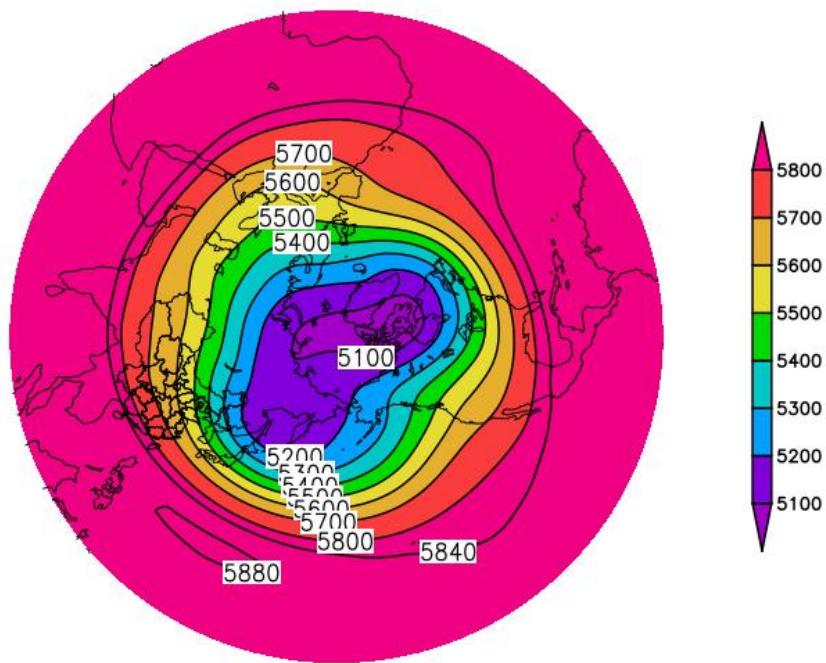


图 4.1 1991-2020 年北半球冬季（12-2 月）500 百帕等平均高线（单位:gpm）

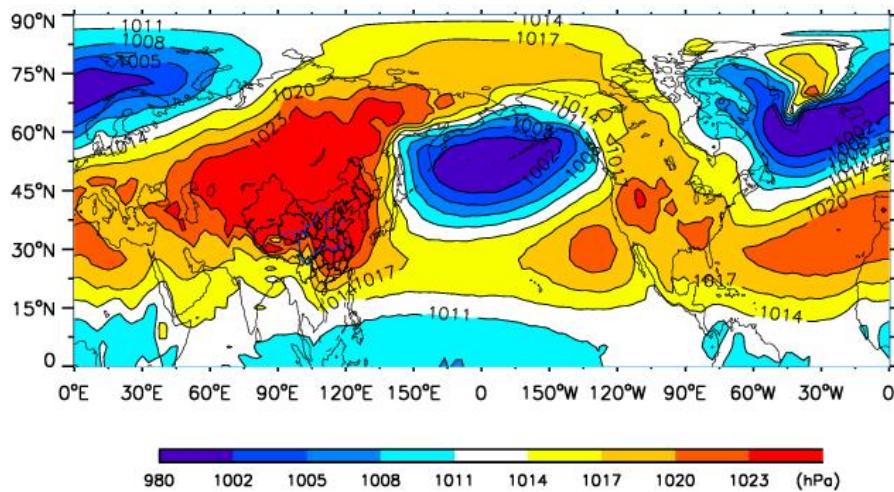


图 4.2 1991-2020 年北半球冬季（12-2 月）平均海平面气压（单位：百帕）

夏季，北半球对流层中层极涡中心位于极点，环绕极涡的西风带明显北移，且等高线变得稀疏，在中高纬度形成了 4 个槽，且强度减弱，而副热带地区高压加强并北移（图 4.3）。对流层低层（图 4.4），亚洲大陆出现了一个低压，与气压系统相伴的风发生变化，这种大规模风系随季节的转换，形成了季风，比如印度、印度支那半岛和我国是著名的季风区。

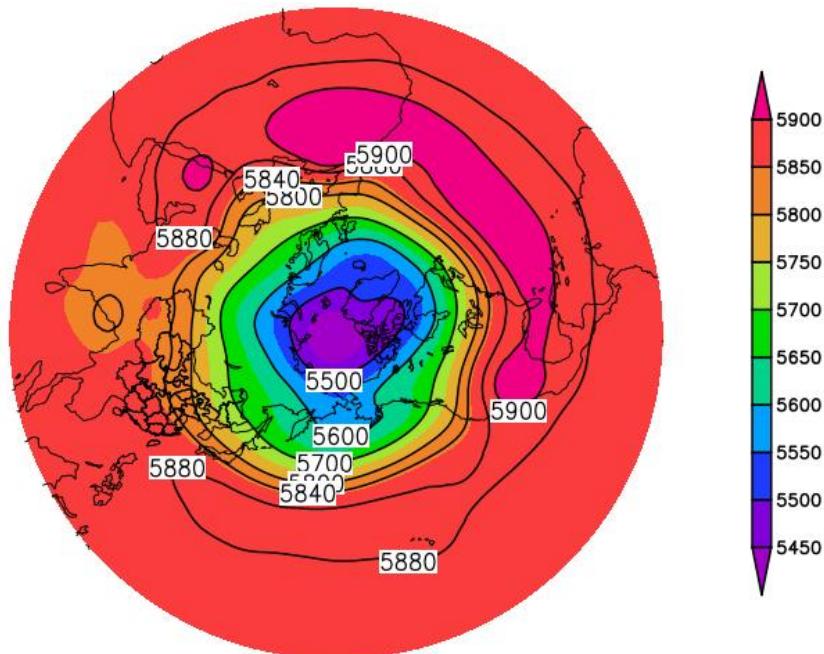


图 4.3 1991-2020 年北半球夏季（6-8 月）500 百帕等平均高线（单位:gpm）

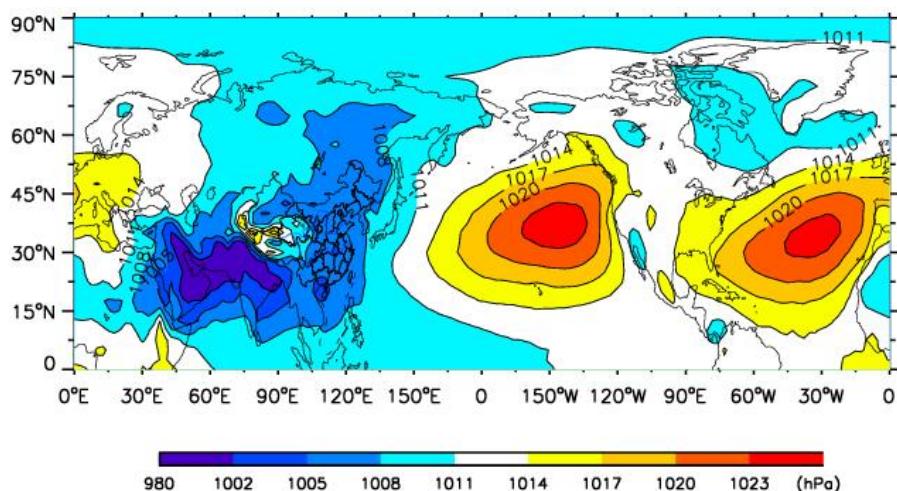


图 4.4 1991-2020 年北半球夏季（6-8 月）平均海平面气压（单位：百帕）

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。

4.3 欧亚地区大气环流背景场分析

冬季，欧亚地区中高纬度 500 百帕环流场呈现出“一槽一脊”的特征（图 4.5），贝加尔湖附近为深厚的高压脊，宽广的大槽位于亚洲

东岸（由鄂霍茨克海向低纬度的日本及我国东海倾斜），我省高空处于脊前槽后部，盛行西北气流；低层风场，处在河套地区反气旋气流前部的西北风气流中，南方暖湿水汽的输送弱，不利于产生降水（图4.6）；地面上处在强大的蒙古冷高压前部的偏北气流控制。综合高低空环流形势分析，我省冬季气候呈现出“干冷”的气候特点。

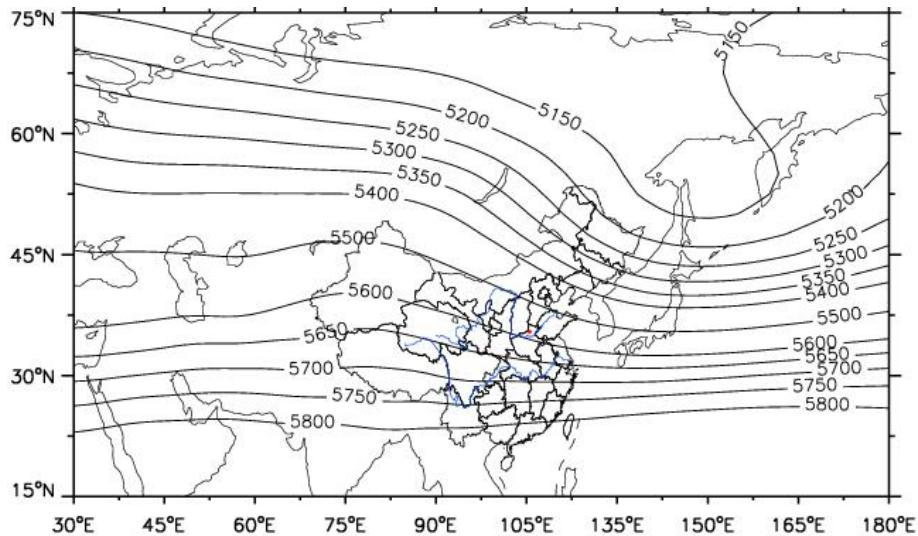


图 4.5 1991-2020 年欧亚地区冬季 500 百帕平均高度场
(单位:gpm, 红色圆点为延津县产业集聚区的位置)

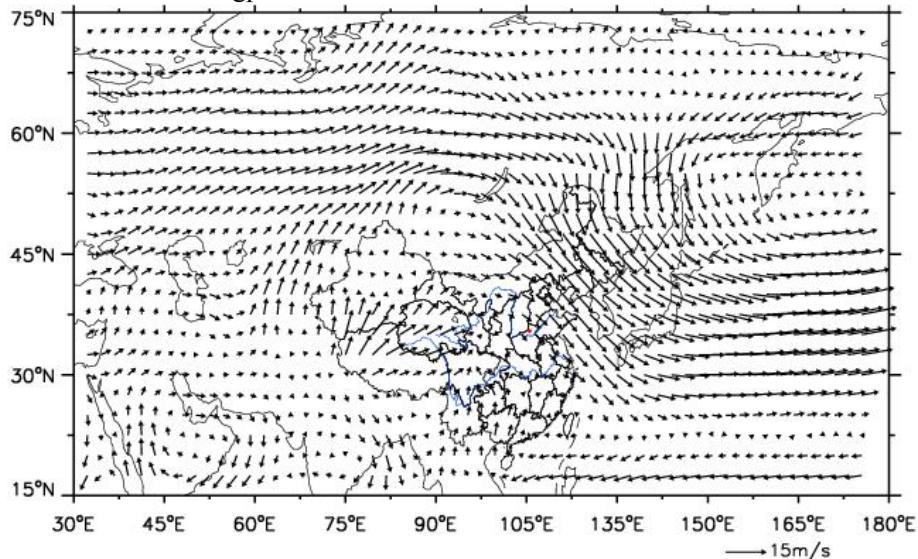


图 4.6 1991-2020 年欧亚地区冬季 850 百帕平均风场
(单位: $m \cdot s^{-1}$, 红色圆点为延津县产业集聚区的位置)

春季，欧亚地区中高纬西风带上的槽脊相对冬季变浅变弱（图4.7），东亚槽明显变弱，槽脊移动变化快，我省处在较为平直的西西北气流里。加之气温回升，暖空气活跃，春季盛行锋面气旋、冷高

压过程，天气多变。由于北方气旋（蒙古气旋、东北气旋和黄河气旋）频繁发生，发展强烈，它与入海高压形成南高北低的气压场，使春季成为河南出现偏南大风最多的季节。同时，低层风场显示南支槽活跃（图 4.8），引导印度洋和南海的暖湿水汽抵达我省，导致河南降水开始增多或产生冰雹天气。由于春季回暖快，风力大，蒸发强，导致春旱容易发生。由于春季冷空气仍有较强的势力，还时常影响河南，造成降温、晚霜冻和大风天气，甚至出现寒潮以及倒春寒天气过程。

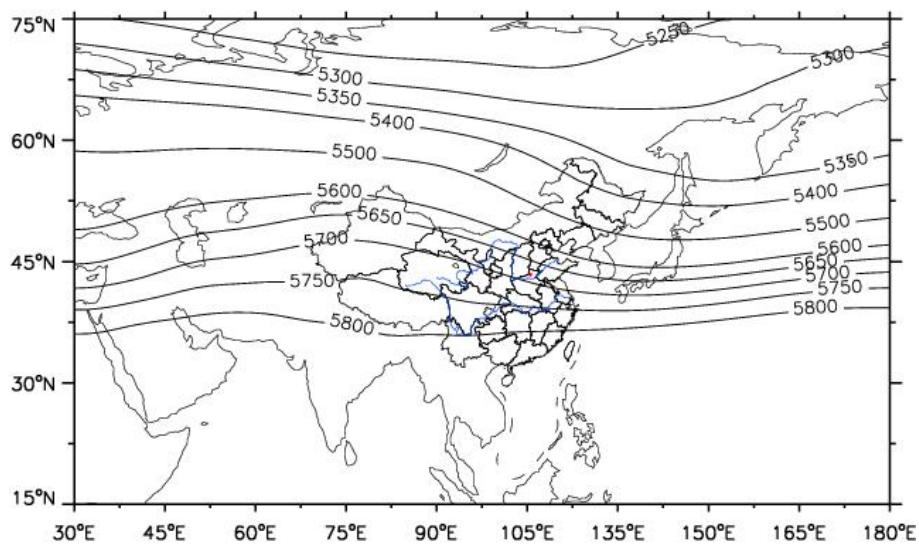


图 4.7 1991-2020 年欧亚地区春季 500 百帕平均高度场
(单位:gpm, 红色的圆点为延津县产业集聚区的位置)

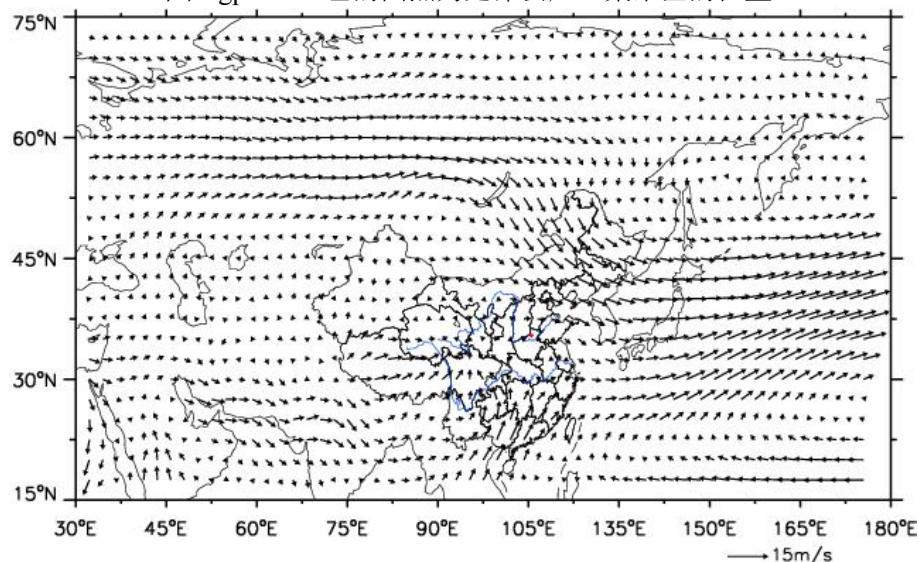


图 4.8 1991-2020 年欧亚地区春季 850 百帕平均风场
(单位: $m \cdot s^{-1}$, 红色的圆点为延津县产业集聚区的位置)

夏季，我省主要受欧亚中高纬度西风环流和西太平洋副热带高压

系统的共同影响（图 4.9、图 4.10）。由于副热带系统阶段性北上，导致我省夏季天气气候变化阶段性特征明显。初夏阶段（6月），西太平洋副热带高压脊线在 20°N 附近，我国雨带维持在长江以南，河南中北部受变性极地大陆气团影响，天气晴热，常出现高温。南部降水开始增多。由于近地面增温快，加上东北冷涡引导冷空气南下，易出现雷雨、冰雹等强对流天气。梅雨后期阶段（6月下旬到7月中旬），副热带高压脊线季节性北跳到 $22\sim27^{\circ}\text{N}$ 之间，主雨带推进到黄河以南，我省进入雨季。同时受南方气旋和西南涡影响，导致大到暴雨天气出现。盛夏阶段（7月中旬），副热带高压再次季节性北跳，脊线到达 30°N 附近，雨带到华北。我省降水主要集中在7月中旬到8月上旬，一般由副热带高压最强盛时期西风槽受副热带高压所阻多形成切变线降水。加上7—8月台风活跃，登陆北上台风也可导致河南出现暴雨和强对流天气。当副热带高压主体控制河南时，可连续数日闷热无雨，有时长时间维持，可出现伏旱。晚夏阶段（8月中旬到9月初），副热带高压势力减弱南撤，脊线退到 $25\sim30^{\circ}\text{N}$ 之间，极锋南下，气旋和冷锋降雨增多。9月初以后，东亚大槽重建，副热带高压撤回到 25°N 以南，我省雨季结束。

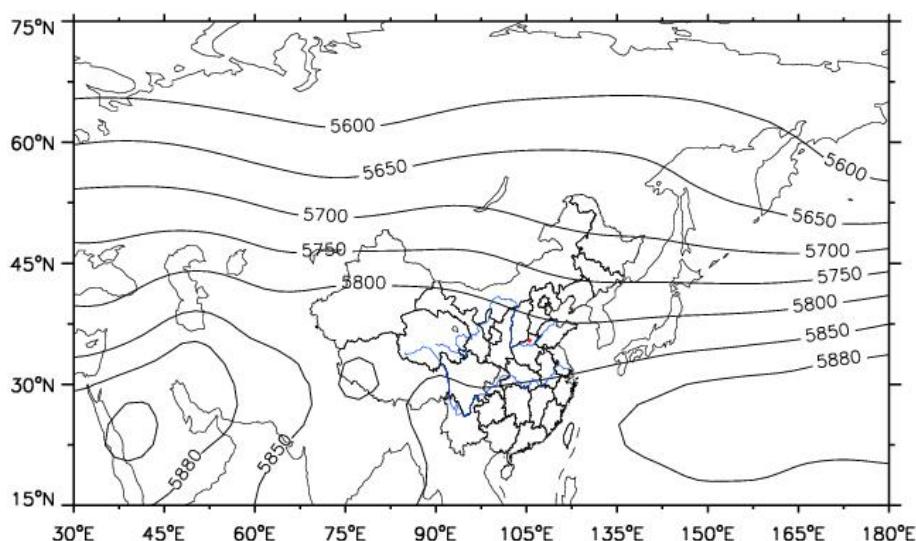


图 4.9 1991-2020 年欧亚地区夏季 500 百帕平均高度场
(单位:gpm, 红色的圆点为延津县产业集聚区的位置)

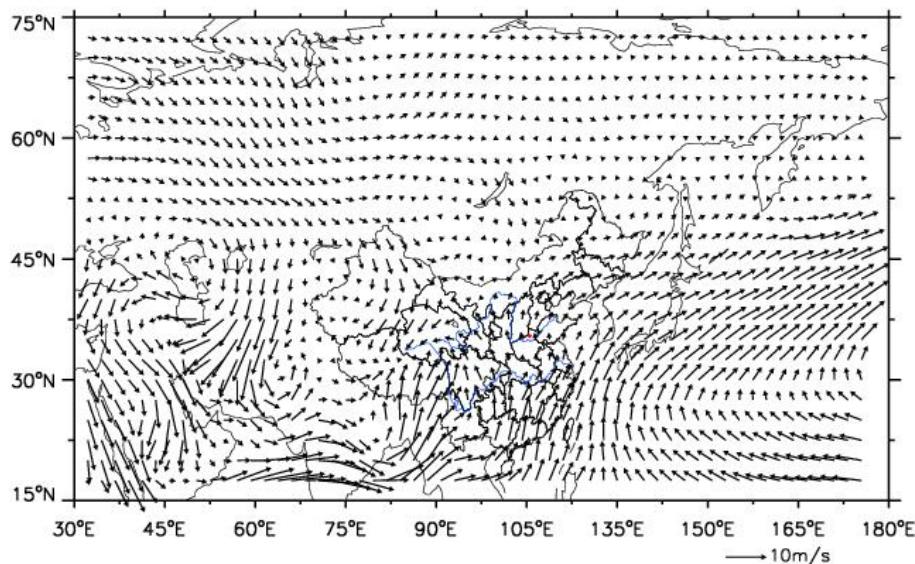


图 4.10 1991-2020 年欧亚地区夏季 850 百帕平均风场

(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 红色圆点为延津县产业集聚区的位置)

秋季, 副热带高压系统减弱南撤(图 4.11), 主体位于海上, 东亚槽开始建立, 西风带系统渐强, 我省逐渐受其控制, 处在西北气流里。低层我省处在反气旋气流里(图 4.12), 南方水汽通道无法建立, 加上地面受蒙古冷高压控制我省易出现风和日丽、秋高气爽的天气。但有的年份由于欧洲阻塞高压或乌拉尔山阻塞高压建立, 南支低槽加深, 会造成华西秋雨, 我省受其影响会出现秋季连阴雨天。

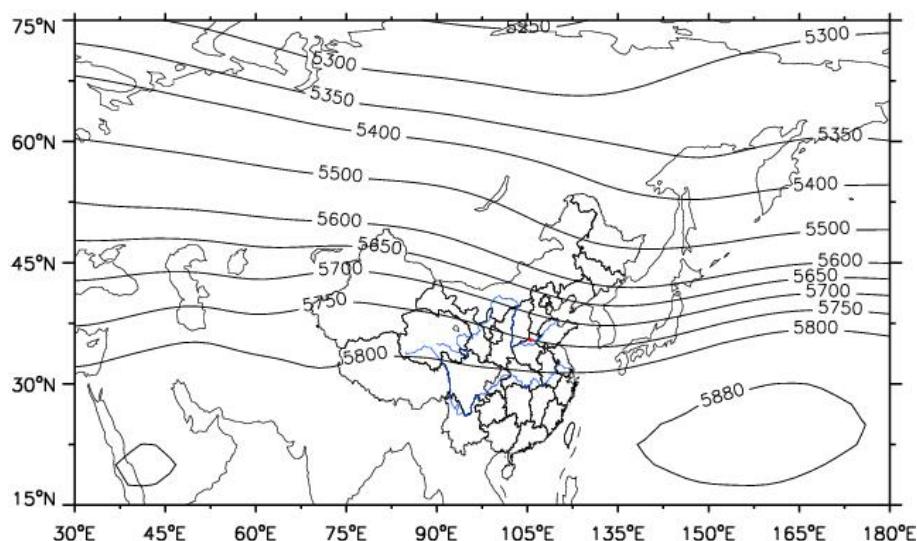


图 4.11 1991-2020 年欧亚地区秋季 500 百帕平均高度场

(单位:gpm, 红色圆点为延津县产业集聚区的位置)

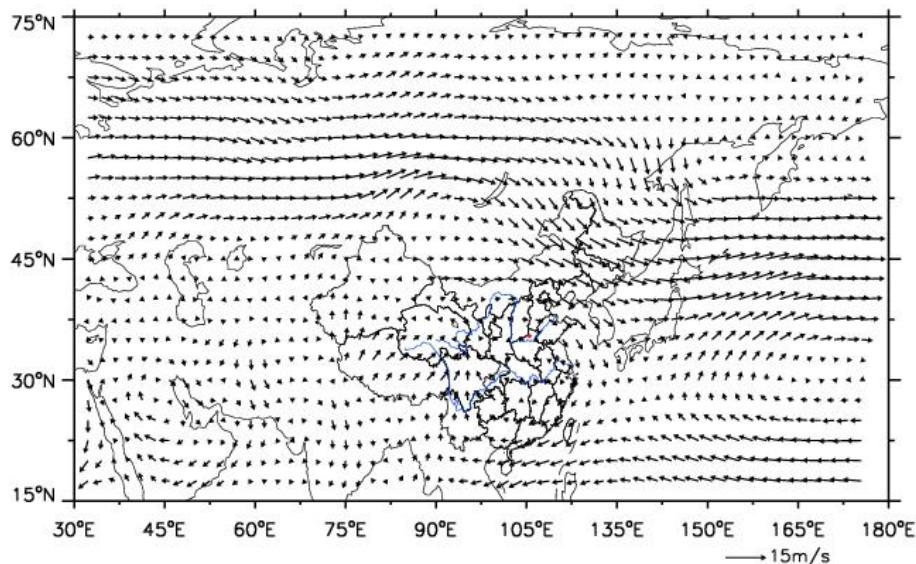


图 4.12 1991-2020 年欧亚地区秋季 850 百帕平均风场
(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 红色圆点为延津县产业集聚区的位置)

4.4 不同季节影响延津的主要天气系统

延津四季均受冷锋、温带气旋、低涡、切变线、西风带低槽影响以及阻塞高压影响外,但不同季节影响延津的主要天气影响系统不同,详见表 4.1。

表 4.1 各季节影响延津的主要天气影响系统

主要影响系统	冬季	春季	夏季	秋季
冷锋	•	•	•	•
温带气旋	•	•	•	•
低涡	•	•	•	•
切变线	•	•	•	•
低槽	•	•	•	•
低空急流	•	•	•	•
西太平洋副热带高压			•	•
高空冷涡		•	•	
台风			•	•

4.4.1 西太平洋副热带高压

西太平洋副热带高压即出现在西北太平洋上的副热带高压,其西伸的脊在夏季可伸到我国大陆,影响我国雨季的进程,也是影响河南

夏季和秋季（9—10月）主要的天气系统。同时它是直接或者间接控制和影响台风活动的最主要的大型天气系统。其脊线的阶段性北跳和南撤与我省雨带位置密切相关，与延津的夏季降水出现时段密切相关。当副高控制延津时，也会产生闷热、高温天气。

4.4.2 低空低涡

低空低涡是影响我国降水，尤其是暴雨的重要天气系统，一般生成于离地面2~3km的低空，如西南涡、高原涡、和西北涡。影响河南省降水的主要西南涡，其形成于四川西部地区，700（或850）hPa上具有气旋性环流的闭合小低压，其东移和发展，往往引起地面锋面气旋的发生和发展，导致在低涡中心和右前方出现较强降水。在夏季，西南涡常沿副高西北部的西南气流出川影响，配合低空急流，在延津产生大到暴雨。

4.4.3 高空冷涡

高空冷涡是一个比较深厚的系统，包括华北冷涡、东北冷涡等。东北冷涡是指在我国东北附近地区具有一定强度、能维持3~4天、且有深厚冷空气（厚度至少达300~400m）高空的气旋性涡旋，一年四季都可能出现，但以5—6月为最多。东北冷涡西部常有冷空气南下，大气层结很不稳定，冬季造成延津出现阵雪天气，夏季造成延津出现大风、冰雹、短时强降水等强对流天气。

4.4.4 低空急流

低空急流一般指700（或850）hPa等压面上，风速 ≥ 12 米/秒的西南风的极大风速带。其一般位于副热带高压西侧或者北侧、高空西风急流入口区的右侧，左侧经常有低空切变线和低涡活动，其既能输送水汽又能增强辐合，这种作用使低空的水汽大量聚集，然后通过辐

合上升运动使水汽成云致雨，常常和暴雨、飑线、龙卷、雷暴等天气相联系。7月中旬至8月上旬，西南急流与日本海高压南侧的东南急流，这两支急流为延津产生暴雨提供了充沛的水汽来源和不稳定能量。

4.4.5 台风

台风是产生暴雨的主要天气系统，经常带来极端性降水，造成严重灾害。7—10月是我国台风的多发时期，尤其以8、9月份最多。影响延津的台风一般在福建沿海登陆，移动路径以西北行或者北行为主，登陆之后减弱为低压。其受台风外围螺旋云系、倒槽和变性后温带气旋冷锋影响，其中冷空气与台风倒槽相互作用对强降水的维持起到了重要作用。

4.5 小结

夏季影响延津的大气环流系统主要包括西太平洋副热带高压、台风、低空急流、西南涡等，易出现暴雨、雷雨大风、冰雹、短时强降水等对流性天气；冬季西伯利亚高压偏强，配合西风带低槽，易出现低温阴雨（雪）、寒潮大风等灾害性天气。春季受冷锋、东北冷涡等影响易出现冰雹、倒春寒、暴雨等灾害性天气。秋季在阻塞高压建立到崩溃过程中，配合短波槽等影响，易出现干旱和连阴雨等天气。

第五章 主要气候特征分析

5.1 气候背景

本章对延津气象站各气象要素及天气现象的多年平均统计采用的是 1991—2020 年资料，对气象要素的日变化平均统计采用的是 2011—2020 年资料，对气象要素极值统计采用的是建站以来有相应资料的数据。最大风速自 1976 年开始有记录，极大风速自 2005 年开始有记录。

延津气象站 1991—2020 年的累年平均气压为 1008.1hPa，累年平均气温为 14.6℃，累年平均降水量为 596.1mm，累年平均风速为 2.3m/s，累年平均相对湿度为 67.1%，累年平均日照时数为 2152.9 小时。

延津气象站自有气象记录以来，年极端最高气压为 1039.6hPa（2000 年 1 月 31 日），年极端最低气压为 982.3hPa（2009 年 2 月 12 日）；极端最高气温为 42.7℃，出现在 1972 年 6 月 11 日，极端最低气温为 -20.4℃，出现在 1971 年 12 月 27 日，年降水量最多为 1127.3mm，出现在 2000 年，最少为 230.8mm，出现在 1981 年；年最大风速 24.0m/s，出现在 1979 年 2 月 21 日；年极大风速 36.7m/s，出现在 2010 年 8 月 4 日。

表 5.1 延津站主要气候特征值

气候要素		值	单位	出现时间
气压	年平均气压	1008.1	hPa	/
	年平均最高气压	1010.5	hPa	/
	年平均最低气压	1005.3	hPa	/
	极端最高气压	1039.6	hPa	2000 年 1 月 31 日
	极端最低气压	982.3	hPa	2009 年 2 月 12 日
气温	年平均气温	14.6	°C	/
	年平均最高气温	20.1	°C	/
	年平均最低气温	9.8	°C	/
	极端最高气温	42.7	°C	1972 年 6 月 11 日
	极端最低气温	-20.4	°C	1971 年 12 月 27 日
降水	年降水量	596.1	mm	/
	年最多降水量	1127.3	mm	2000 年
	年最少降水量	230.8	mm	1981 年
	年平均降水日数	68.5	d	/
	最大日降水量	379.1	mm	2000 年 7 月 6 日
风	年平均风速	2.3	m/s	/
	最多风向及频率	NE/15.9	/%	/
	年最大风速	24.0	m/s	1979 年 2 月 21 日
	年最大风速对应的风向	NE	/	/
	年次大风速	22.0	m/s	1978 年 06 月 30 日
	年次大风速对应的风向	W	/	/
	年极大风速	36.7	m/s	2010 年 8 月 4 日
相对湿度	年极大风速对应的风向	NW	/	/
	年平均相对湿度	67.1	%	/
日照	年日照时数	2152.9	h	/
	年最多日照时数	2731.9	h	1965 年
	年最少日照时数	1873.4	h	2011 年
地面温度	年平均地面温度	16.8	°C	/
	年平均最高地面温度	32.4	°C	/
	年平均最低地面温度	8.3	°C	/
	极端最高地面温度	70.5	°C	1959 年 8 月 1 日
	极端最低地面温度	-23.1	°C	1990 年 2 月 1 日

5.2 气压

5.2.1 年际变化

(1) 平均气压、平均最高气压、平均最低气压

1991—2020 年延津气象站年平均气压 1008.1hPa，年平均最高和最低气压分别为 1010.5hPa、1005.3hPa。

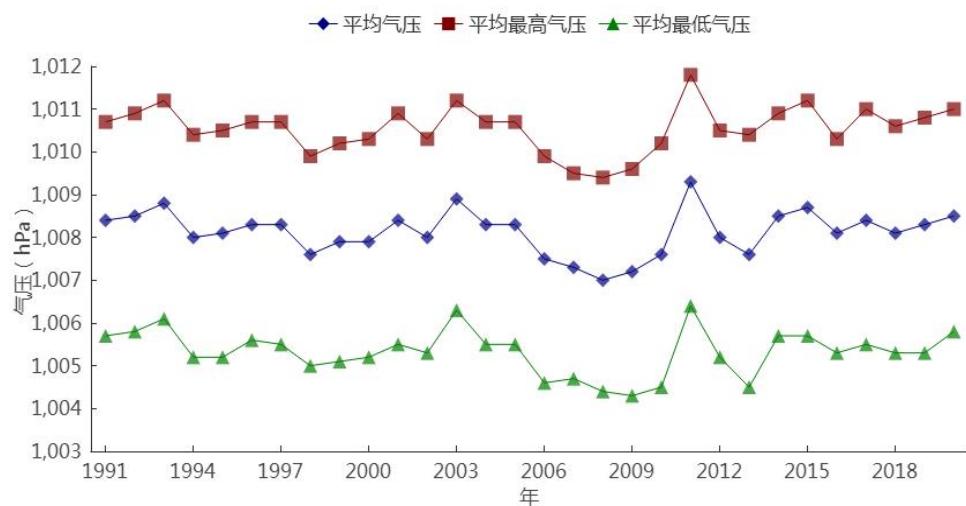


图 5.1 1991—2020 年延津站平均气压、平均最高、平均最低气压年际变化

(2) 极端气压

延津气象站自 1980 年开始有极端气压的资料，1980—2020 年的极端最高气压出现在 2000 年，为 1039.6hPa；极端最低气压出现在 2009 年，为 982.3hPa。

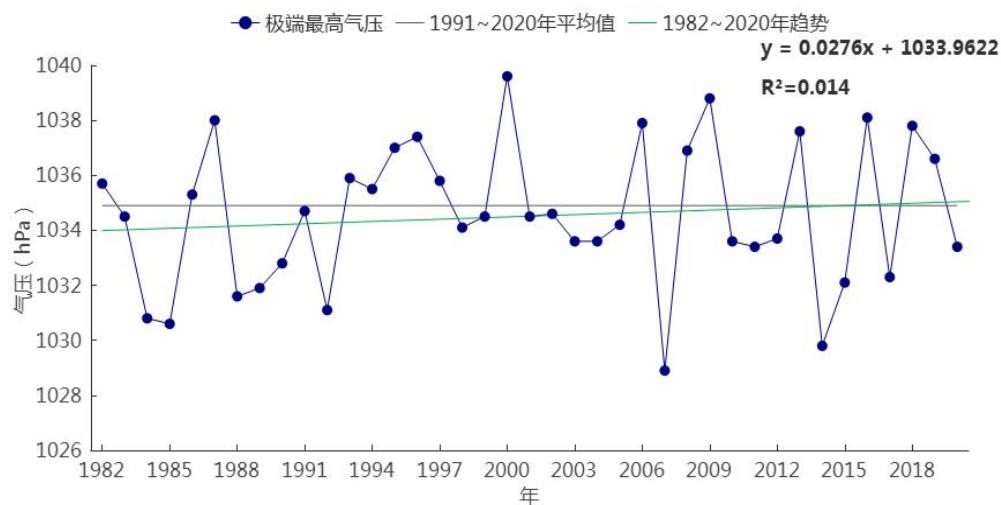


图 5.2 1980—2020 年延津站极端最高气压年际变化

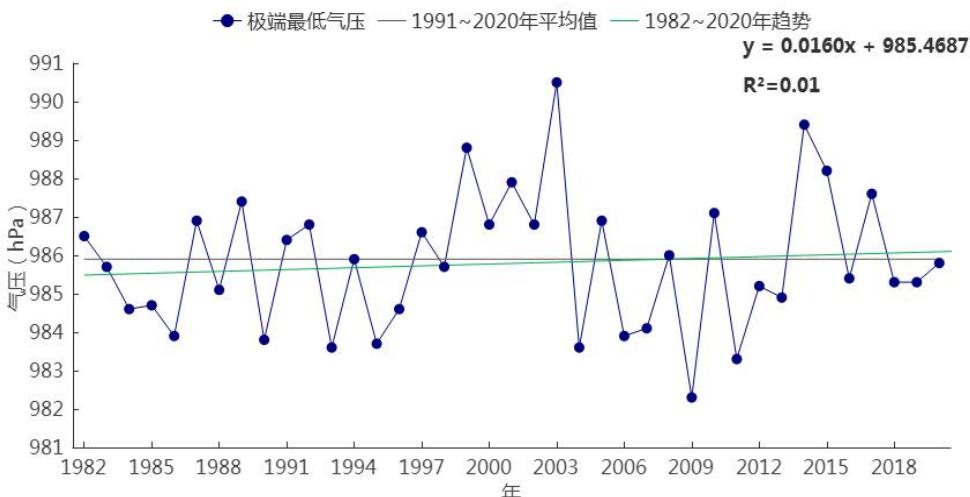


图 5.3 1980—2020 年延津站极端最低气压年际变化

5.2.2 月际变化

(1) 平均气压、平均最高气压、平均最低气压

1991—2020 年延津气象站的平均气压月变化在 995.2hPa(7 月)~1019.2hPa(12 月) 之间，呈“U”型变化特征。平均最高气压变化在 996.7hPa(7 月)~1022.2hPa(12 月) 之间；平均最低气压变化在 993.3hPa(7 月)~1016.1hPa(12 月) 之间；整体看来，一年之中，冬季气压较高，夏季气压较低，春、秋季气压近似。

表 5.2 1991—2020 年延津站月平均气压、平均最高气压、平均最低气压（单位：hPa）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	1019.1	1016.2	1011.6	1005.9	1001.3	996.6	995.2	999	1005.9	1012.1	1015.6	1019.2	1008.1
平均最高	1021.9	1019.2	1014.8	1008.8	1003.6	998.4	996.7	1000.4	1007.7	1014.4	1018.4	1022.2	1010.5
平均最低	1015.8	1012.9	1007.8	1002.4	998.5	994.2	993.3	997	1003.7	1009.6	1012.6	1016.1	1005.3

平均最高气压和平均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。气压有随季节变化的特性，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。

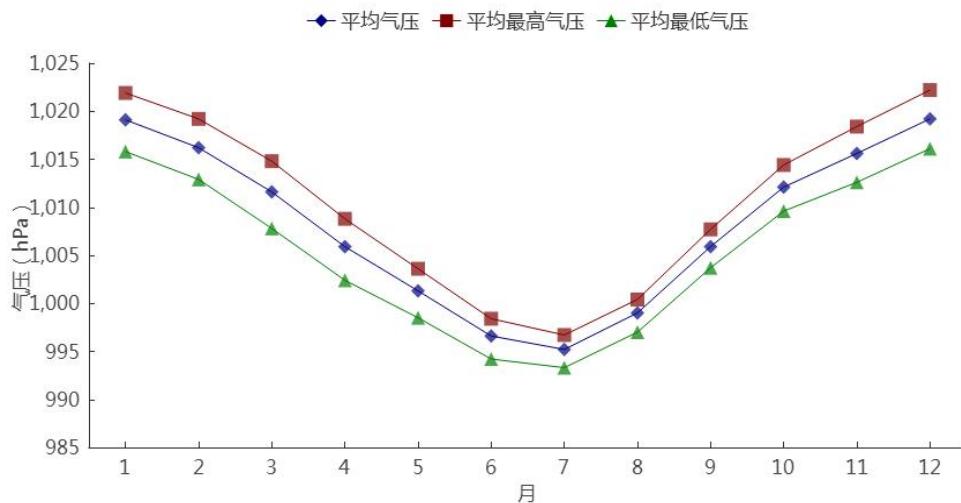


图 5.4 1991—2020 年延津站平均气压、平均最高、平均最低气压月际变化

(2) 极端最高气压

延津气象站自 1980 年开始有极端最高气压的资料，各月极端最高气压值在 1006.5~1039.6hPa 之间，最大值 1039.6hPa 出现在 2000 年 1 月 31 日。气压的月变化特征是冬季高，夏季低。

(3) 极端最低气压

延津气象站自 1980 年开始有极端最低气压的资料，各月极端最低气压值在 982.3~997.5hPa 之间，最小值出现在 2009 年 2 月 12 日。

表 5.3 1980—2020 年延津站各月极端气压 (hPa)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值
极端最高	1039.6	1037.9	1033.6	1027.2	1018.5	1009.4	1006.5	1013.2	1020	1030.4	1038.8	1037.8	1039.6
极端最低	997.5	982.3	988.8	983.3	983.6	983.7	983.8	986.9	988.9	996.7	997.2	997.1	982.3

5.2.3 日变化

延津气象站 2011—2020 年平均气压的日变化曲线，地面气压呈“W”型日变化特征，气压从 4 时开始逐渐升高，到 10 时达到峰值 1009.6hPa；之后开始下降，最低值出现在 17 时，为 1006.6hPa；之后又开始缓慢升高，在 23 时达到次高值 1008.6hPa，随后开始下降，直至 4 时。

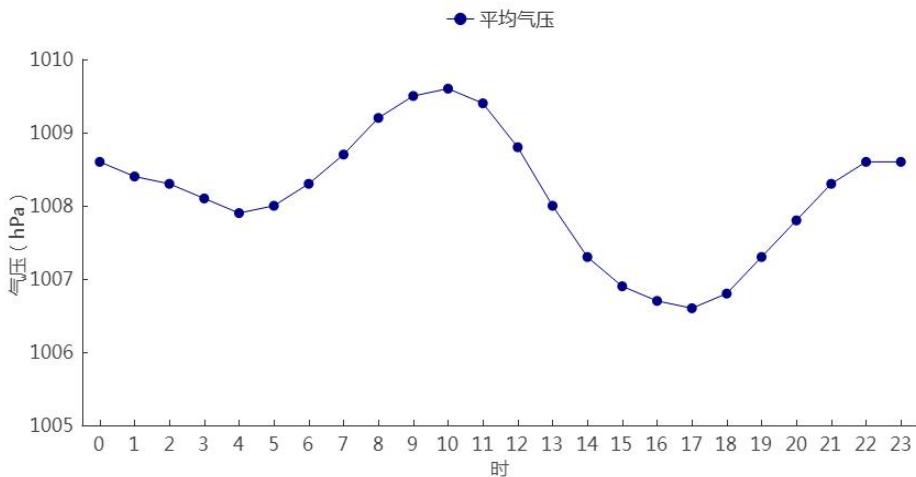


图 5.5 2011—2020 年延津站平均气压日变化

5.3 气温

5.3.1 年际变化

(1) 平均气温、平均最高气温、平均最低气温

1991—2020 年延津气象站累年平均气温、平均最高气温及平均最低气温分别为 14.6°C 、 20.1°C 、 9.8°C ，其中年平均气温在 13.5°C （1993 年）~ 15.5°C （2017 年、2018 年、2019 年）之间变化，年平均最高气温在 18.8°C （2003 年）~ 21.3°C （2019 年）之间变化，年平均最低气温在 8.5°C （1992 年）~ 11°C （2016 年）之间变化。年平均、平均最高及平均最低气温年际变化均有上升趋势。

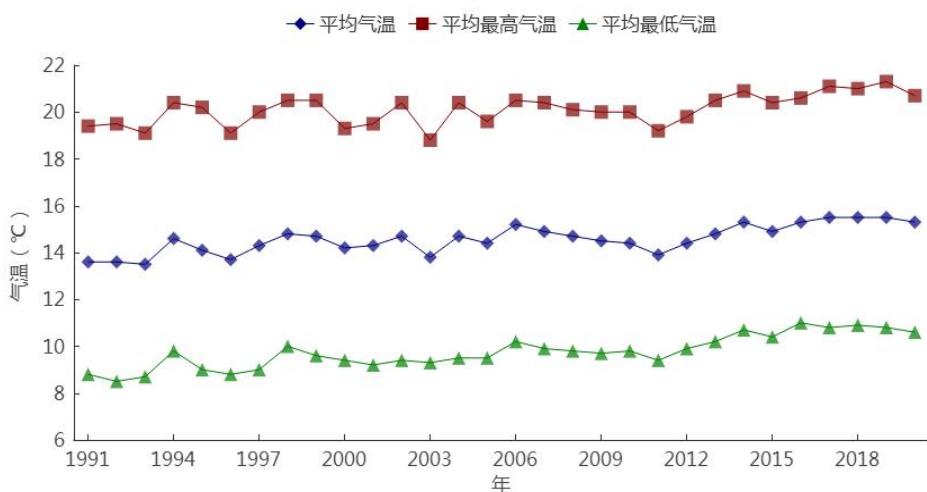


图 5.6 1991—2020 年延津站平均气温、平均最高、平均最低气温年际变化

(2) 极端气温

延津气象站 1957 年开始有完整极端高温、极端低温的资料，1957—2020 年的年极端最高气温在 35.4°C (2008 年) $\sim 42.7^{\circ}\text{C}$ (1972 年) 之间变化。年极端最高气温在 37°C , 38°C , 39°C , 40°C 以上的年份分别有 57 年、36 年、28 年、15 年。 40°C 以上分别为 1961 年、2012 年、1980 年、1979 年、1969 年、2009 年、1968 年、2005 年、1978 年、1964 年、1965 年、1960 年、1967 年、1966 年、1972 年。

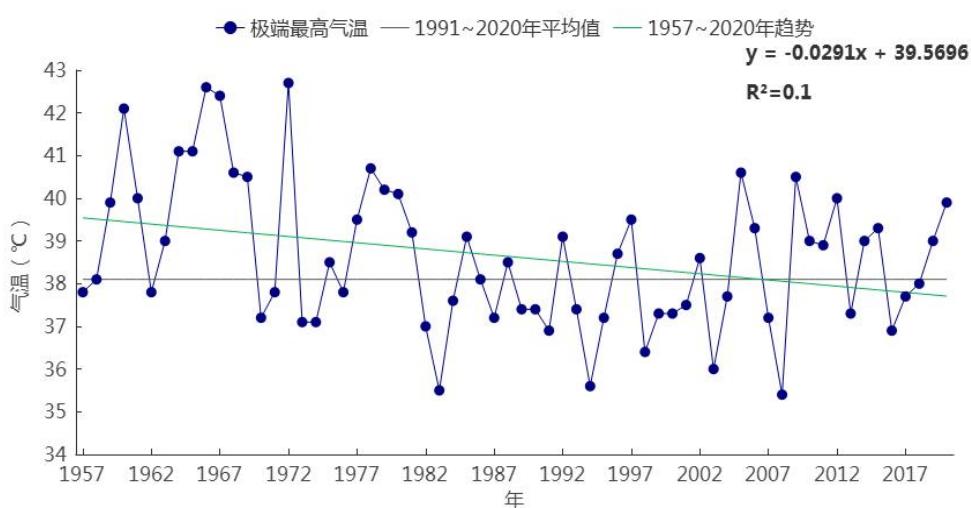


图 5.7 1957—2020 年延津站极端最高气温年际变化

延津气象站 1957—2020 年的年极端最低气温在 -20.4°C (1971 年) $\sim -7.7^{\circ}\text{C}$ (2020 年) 之间变化。近 10 年的年最低气温在 $-13.8^{\circ}\text{C} \sim -7.7^{\circ}\text{C}$ 之间，极端最低气温有上升的趋势。年极端最低气温在 0°C , -2°C , -4°C , -6°C 以下的年份均为 64 年。

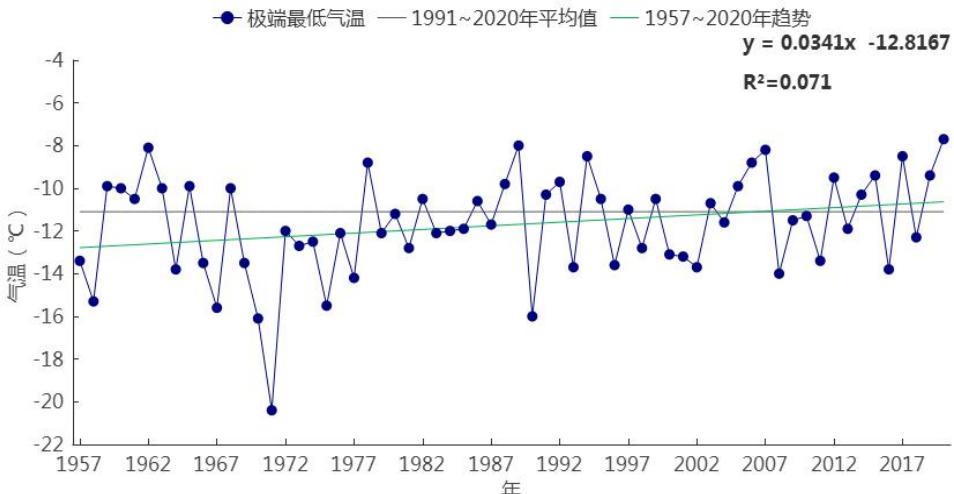


图 5.8 1957—2020 年延津站极端最低气温年际变化

5.3.2 月际变化

(1) 平均气温、平均最高气温、平均最低气温

1991—2020 年延津气象站平均气温、平均最高气温、平均最低气温月变化分别在-0.1~27.3℃、5.2~32.1℃、-4.4~23.3℃之间，平均气温、平均最低气温最高值出现在 7 月，平均最高气温最高值出现在 6 月，最低值均出现在 1 月。

表 5.4 1991—2020 年延津站月平均气温、平均最高气温、平均最低气温统计表（单位：℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	-0.1	3.6	9.2	15.3	21	26	27.3	25.8	21.2	15.5	8	1.8	14.6
平均最高	5.2	9.3	15.1	21.3	26.8	32.1	31.8	30.4	26.8	21.6	13.7	7.1	20.1
平均最低	-4.4	-1.1	3.9	9.6	15.2	20.4	23.3	22	16.6	10.5	3.4	-2.5	9.8

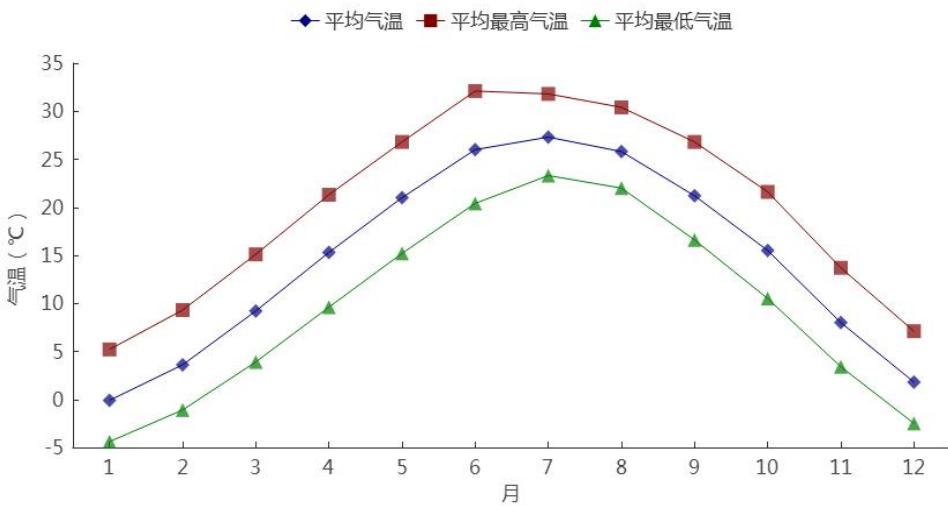


图 5.9 1991—2020 年延津站平均气温、平均最高、平均最低气温月际变化

(2) 极端气温

延津气象站 1957—2020 年各月极端最高气温值在 18.6~42.7℃ 之间，最大值 42.7℃ 出现在 1972 年 6 月 11 日；各月极端最低气温值在 -20.4~16.2℃ 之间，最小值 -20.4℃ 出现在 1971 年 12 月 27 日。

表 5.5 1957—2020 年延津站各月极端气温 (℃)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值
极端最高	18.6	25.4	31.2	35.1	40.3	42.7	42.6	40.5	37.1	33.9	27.5	22.5	42.7
极端最低	-16.1	-15.1	-11.4	-2.4	4.5	9.8	16.2	11.4	5	-1.6	-13.7	-20.4	-20.4

5.3.3 日变化

2011—2020 年延津气象站小时平均气温呈单峰型变化。每天 6 时为一天气温的最低值，为 11.5℃；6 时开始，气温逐渐升高，到 15 时达到峰值 20.0℃；之后开始下降，直至次日 6 时。

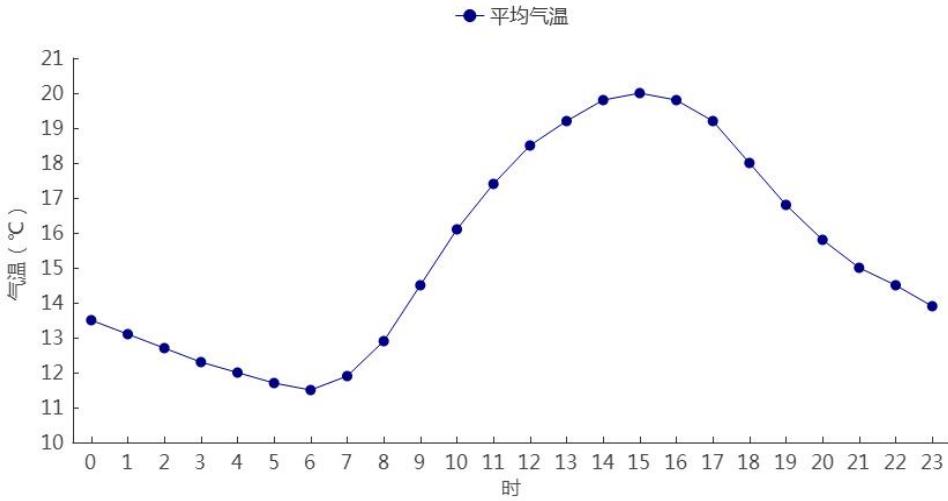


图 5.10 2011—2020 年延津站平均气温日变化

5.4 降水

5.4.1 降水量年际变化

1991—2020 年延津气象站累年平均降水量为 596.1mm，降水量在 345.8mm（2017 年）~1127.3mm（2000 年）之间变化。

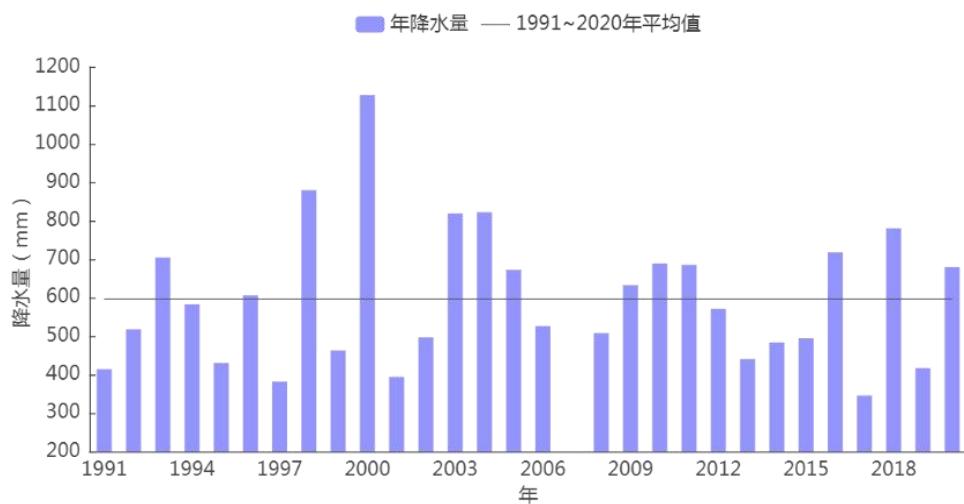


图 5.11 1991—2020 年延津站降水量年际变化

5.4.2 月际变化

1991—2020 年延津气象站各月降水量在 5.6mm（1 月、12 月）~161.0mm（7 月）之间变化，季节变化特征明显，冬季（12—2 月）平均降水量在四季之中最少，各月在 5.6~9.3mm 之间；春季（3—5

月)各月在 14.9~52.3mm 之间, 占全年降水量的 16.97%。夏季(6—8 月)各月在 69.3~161.0mm 之间, 占全年降水量的 60.05%。

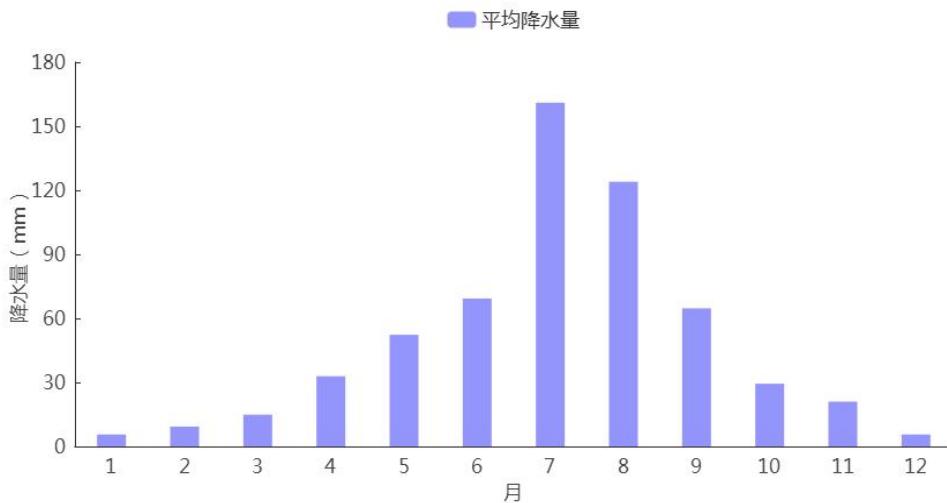


图 5.12 1991—2020 年延津站降水量月际变化

5.4.3 降水日数

(1) 年际变化

1991—2020 年延津气象站年平均降水日数为 68.5 天, 降水日数年际变化较大, 在 48 天(2013 年)~93 天(2003 年)之间。

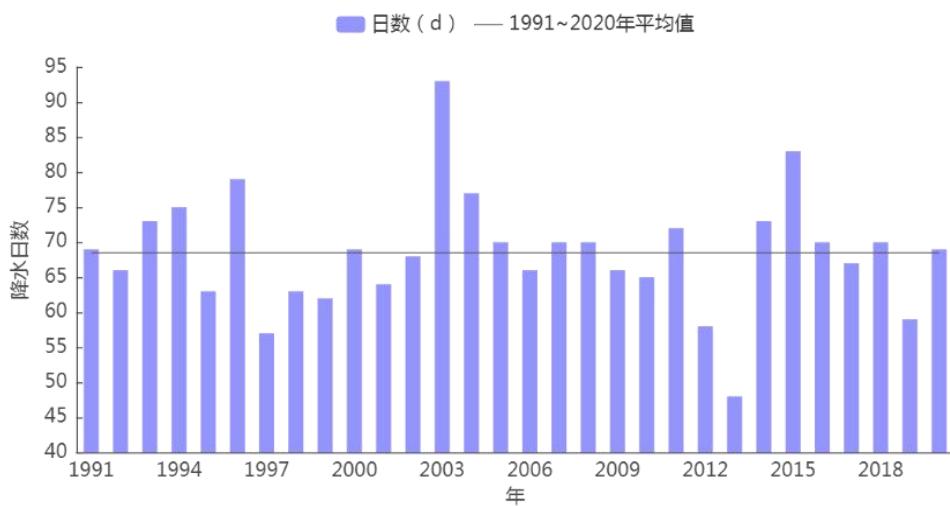


图 5.13 1991—2020 年延津站降水日数年际变化

(2) 月际变化

延津气象站各月平均降水日数在 2.3 天(1 月)~10.5 天(7 月)之间变化。从季节分布看, 冬季(12—2 月)降水日数最少, 各月在

2.3~3.4 天之间；其次是春季（3—5 月），各月在 4.1~6.3 天之间；秋季（9—11 月）各月在 4.6~7.3 天之间；夏季（6—8 月）各月在 7.2~10.5 天之间。

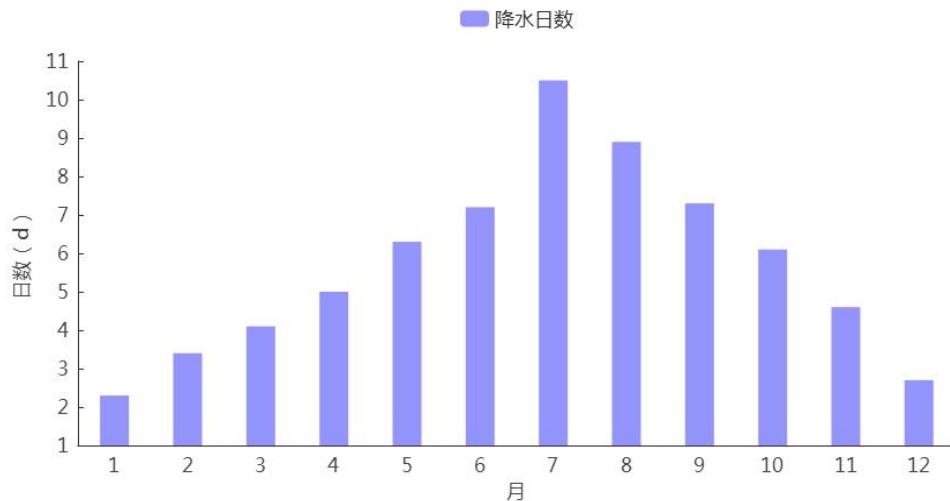


图 5.14 1991—2020 年延津站降水日数月际变化

5.5 风向风速

5.5.1 年际变化

(1) 平均风速

1991—2020 年延津气象站年平均风速为 2.3m/s，在 1.9~2.9m/s 之间变化，风速年际变化呈下降趋势。2005 年平均风速最大，为 2.9m/s，而后，风速整体呈下降趋势。

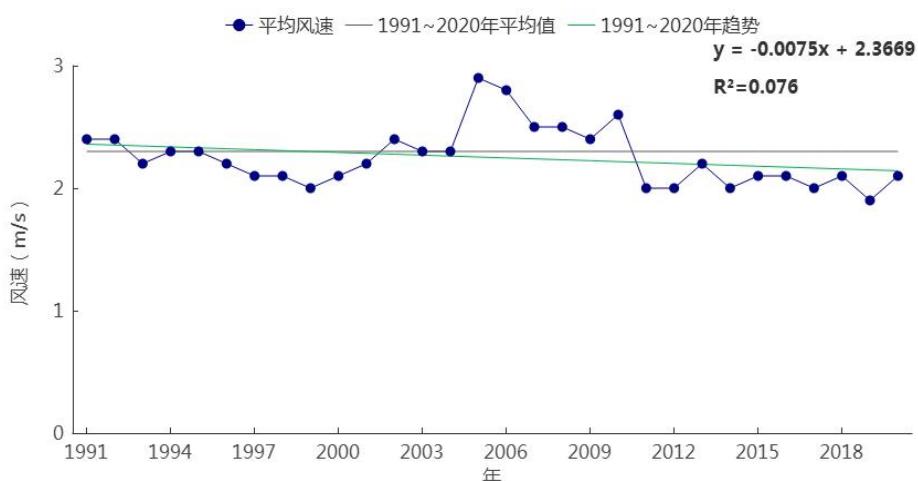


图 5.15 1991—2020 年延津站平均风速年际变化

(2) 最大风速

延津气象站自 1976 年开始有最大风速观测。1976—2020 年最大风速的最大值为 24.0m/s (NE)，出现在 1979 年 2 月 21 日，年最大风速以春季出现频次最多。最大风速对应的风向多以 NNE 向风居多。

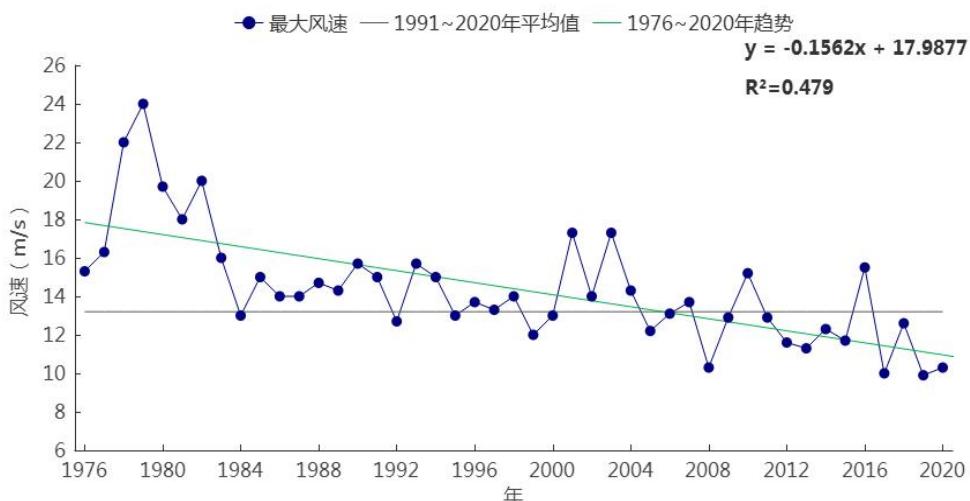


图 5.16 1976—2020 年延津最大风速年际变化

延津气象站自 2005 年开始，有极大风速的观测。2005—2020 年极大风速的最大值为 36.7m/s (NW)，出现在 2010 年 8 月 4 日，次大值为 27.2m/s (NNW)，出现在 2016 年 06 月 9 日。年极大风速以 1 月出现频次最多。极大风速对应的风向多以 NW 向的风居多。

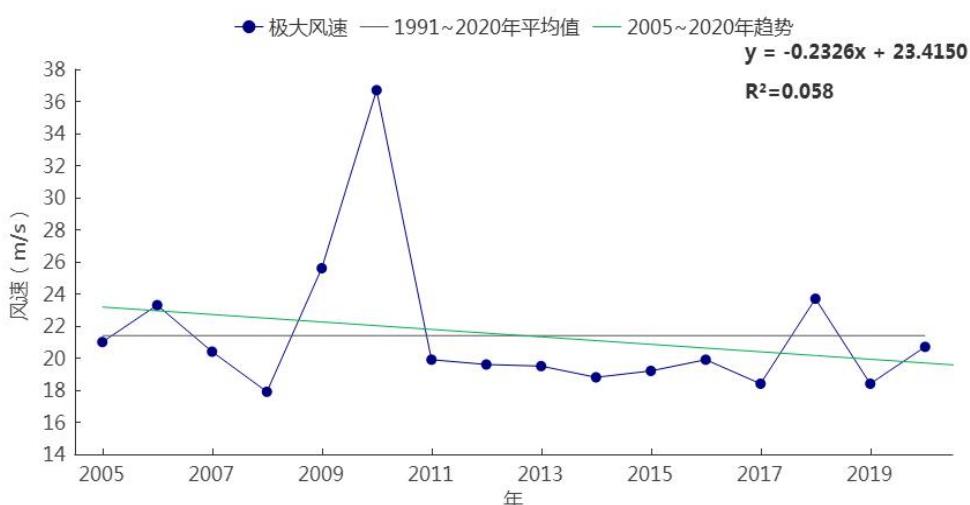


图 5.17 2005—2020 年延津极大风速年际变化

5.5.2 月际变化

(1) 平均风速

延津气象站逐月平均风速均在 1.8m/s 以上。平均风速 3 月最大，为 2.8m/s；9 月最小，为 1.8m/s。从季节上看，春季风速较大，夏季、秋季风速较小。

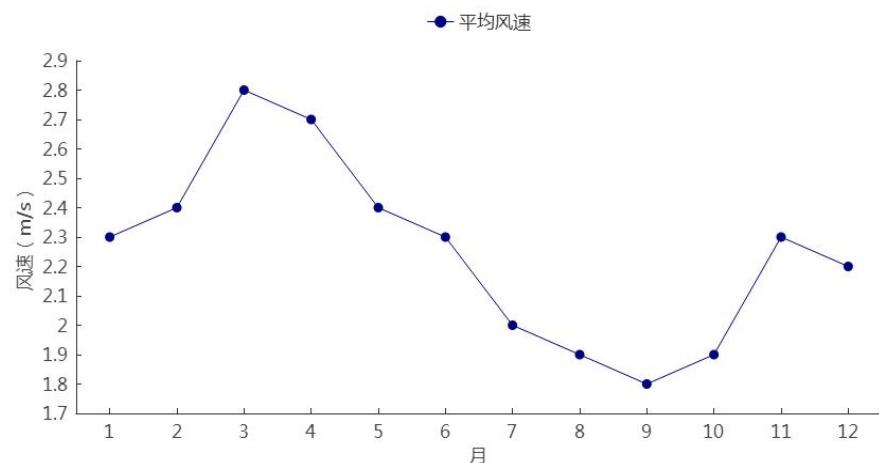


图 5.18 1991—2020 年延津站平均风速月际变化

5.5.3 日变化

延津气象站 2011—2020 年风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小。风速日变化在 1.7m/s (3 时) ~2.9m/s (13 时)之间。其中 18 时—次日 8 时是全天风速相对较小的时段，9—17 时是全天风速相对较大的时段。

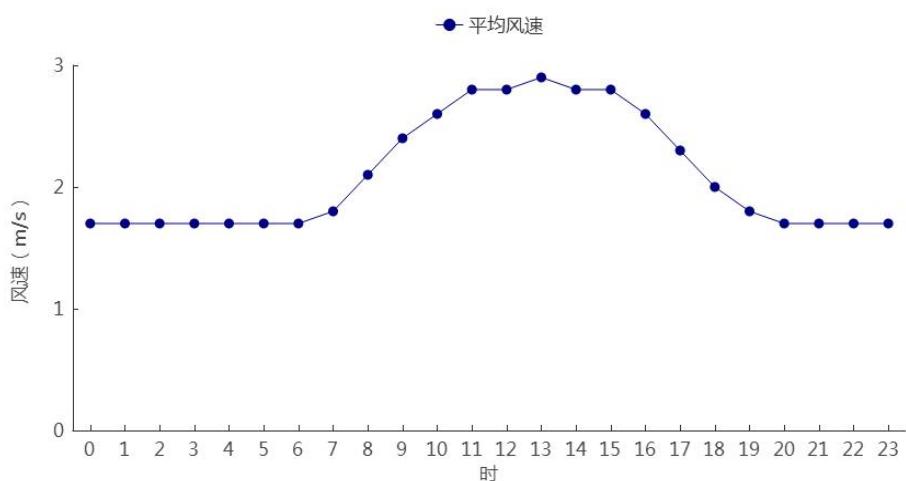


图 5.19 2012—2021 年延津站平均风速日变化

5.5.4 风向频率年及季节变化

1991—2020 年延津气象站累年最多风向为 NE 风，风向频率为 15.9%，次多风向为 S，风向频率为 11.4%。按月统计，1 月、2 月、3 月、8 月、9 月、10 月、11 月、12 月最多风向为 NE 风，4 月—7 月最多风向为 S 风，次多风向频率，1 月、8 月、9 月、11 月、12 月风向为 NNE 风，2 月、3 月、10 月风向为 S 风，4 月—7 月风向为 NE 风，春季出现频率最高的是 S，频率为 14.8%，夏季出现频率最高的是 NE，频率为 14.6%，秋季出现频率最高的是 NE 风向，频率为 15.7%，冬季出现频率最高的是 NE 风向，频率为 19.5%。

表 5.6 1991—2020 年延津站各月最多、次多风向及频率(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最多风向	NE	NE	NE	S	S	S	NE						
风频(%)	20.3	18.7	16.2	16.4	14.0	16.0	14.2	18.6	15.0	14.8	17.4	19.6	15.9
次多风向	NNE	S	S	NE	NE	NE	NE	NNE	NNE	S	NNE	NNE	S
风频(%)	11.7	10.3	13.8	14.0	11.5	12.0	13.2	11.2	9.6	8.9	11.0	9.3	11.4

表 5.7 1991—2020 年延津站四季及年各风向频率(%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	2.6	8.9	13.9	4.6	4.3	4.3	4.5	6.6	14.8	9.0	8.0	4.2	3.7	2.3	1.6	1.2	6.0
夏	3.8	7.9	14.6	5.6	5.6	5.1	5.6	6.9	12.7	7.0	5.7	2.6	2.6	1.9	1.6	1.5	9.5
秋	3.5	9.8	15.7	4.7	3.6	3.5	3.3	4.8	9.2	7.2	6.7	4.1	4.5	3.0	1.9	1.5	13.7
冬	2.8	10.4	19.5	5.8	3.6	3.5	2.6	4.5	8.9	6.8	6.2	3.5	5.0	2.5	1.5	1.1	9.5
年	3.2	9.2	15.9	5.2	4.3	4.1	4.0	5.7	11.4	7.5	6.6	3.6	3.9	2.4	1.7	1.3	9.7

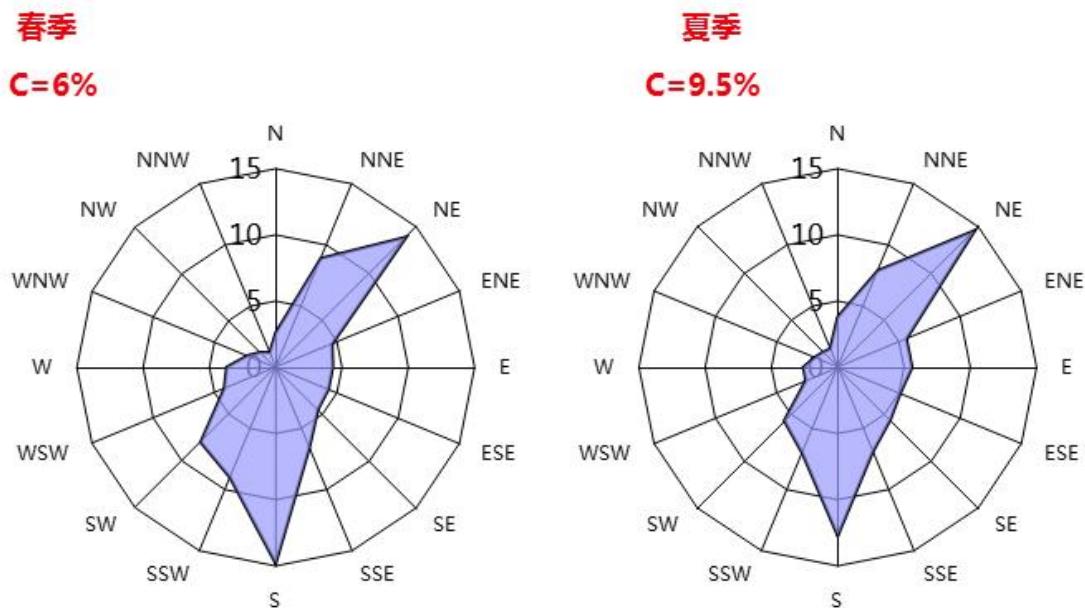


图 5.20 延津站 1991—2020 年春、夏季风向频率图

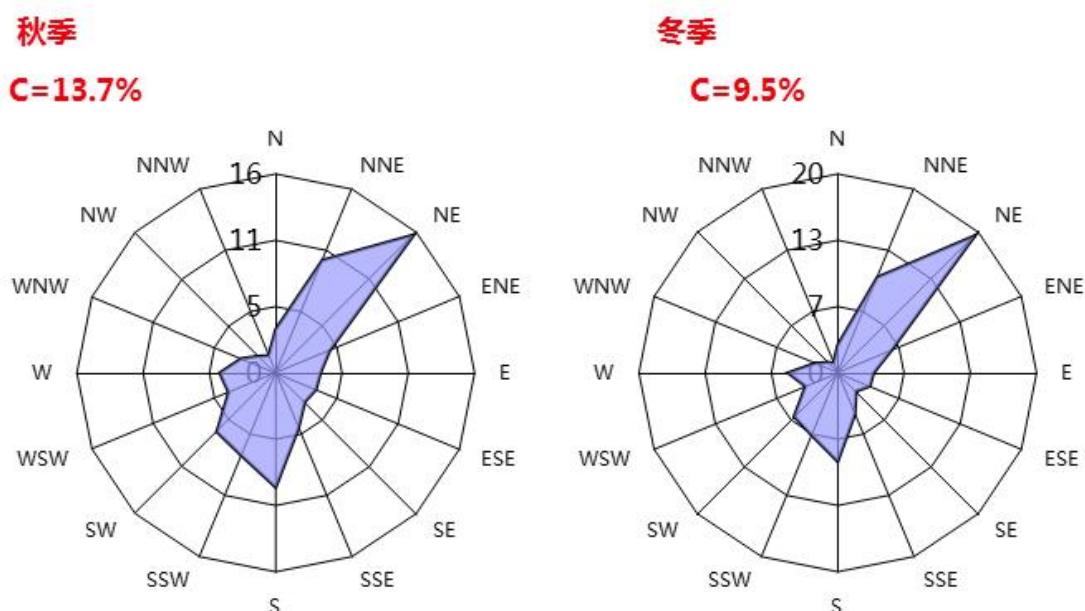


图 5.21 延津站 1991—2020 年秋、冬季风向频率图

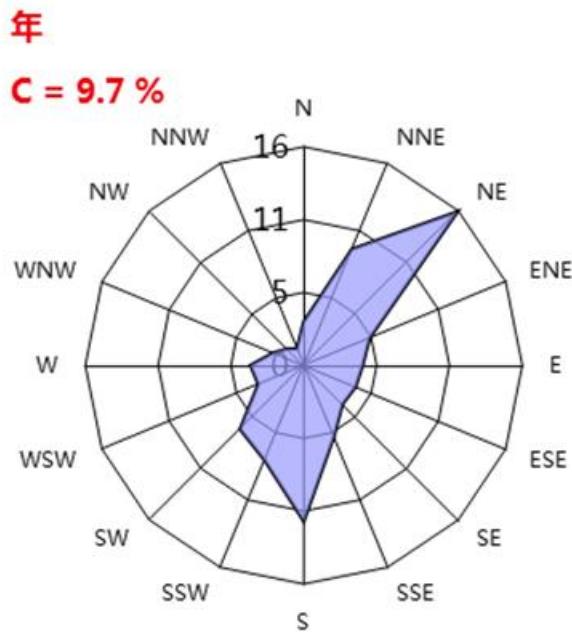


图 5.22 延津站 1991—2020 年年风向频率图

5.6 相对湿度

5.6.1 年际变化

1991—2020 年延津气象站累年平均相对湿度为 67.1%，其中年平均相对湿度最高出现在 2003 年，为 74.0%；最低出现在 2011 年，为 59.0%。

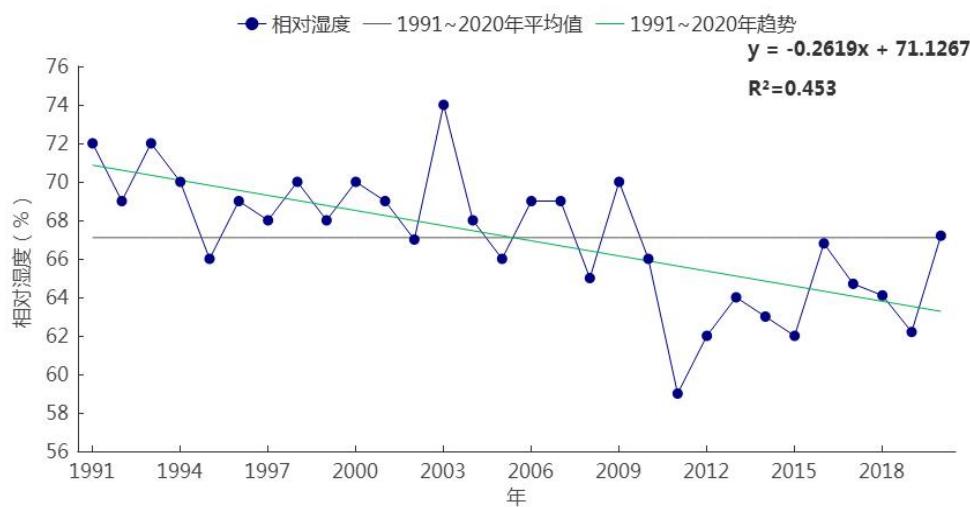
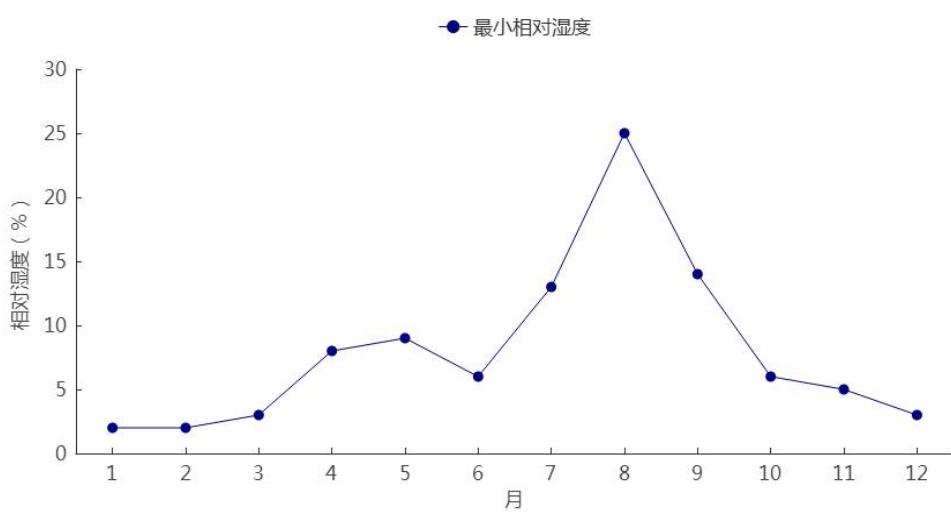
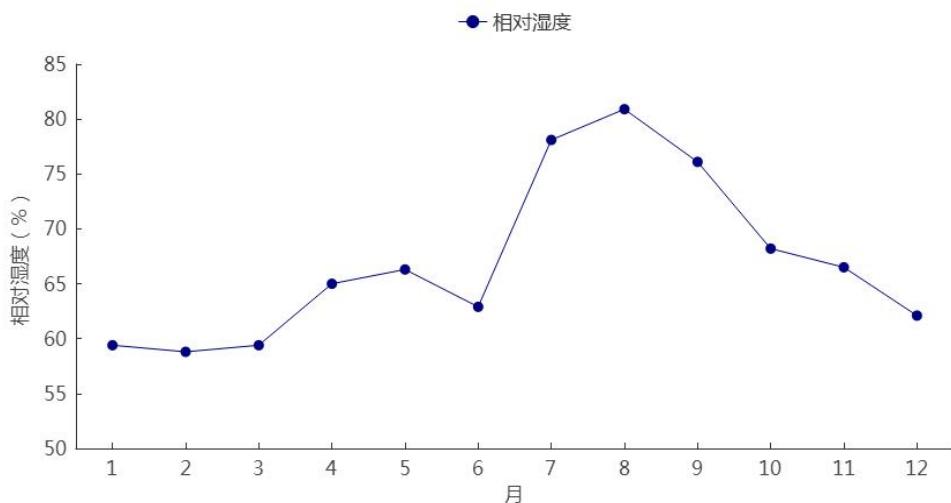


图 5.23 1991—2020 年延津站平均相对湿度年际变化

5.6.2 月际变化

1991—2020 年延津气象站平均相对湿度的月变化在 58.8% (2

月) $\sim 80.9\%$ (8月) 之间, 最小相对湿度的月变化在 2% (1月、2月) $\sim 25\%$ (8月) 之间。



5.6.3 日变化

2011—2020 年延津气象站相对湿度日变化呈“U”型变化。每天 6 时为一天相对湿度的最高值, 为 76.5%; 6 时开始, 相对湿度逐渐减小, 到 15 时达到谷底, 为 47.1%; 之后开始上升, 直至次日 6 时。

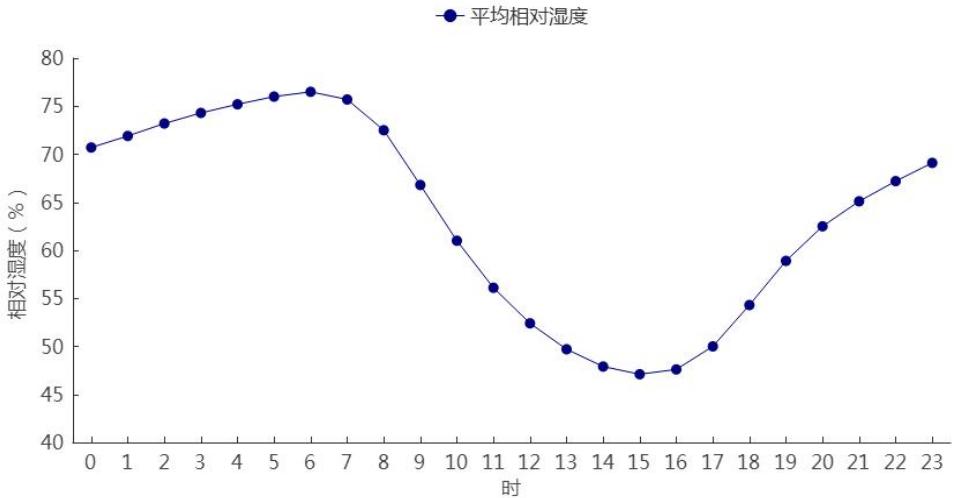


图 5.26 2011—2020 年延津站平均相对湿度日变化

5.7 日照

5.7.1 年际变化

1991—2020 年延津气象站累年平均日照时数为 2152.9 小时，其中年日照最高出现在 1995 年，为 2454.1 小时；最低出现在 2011 年，为 1873.4 小时。

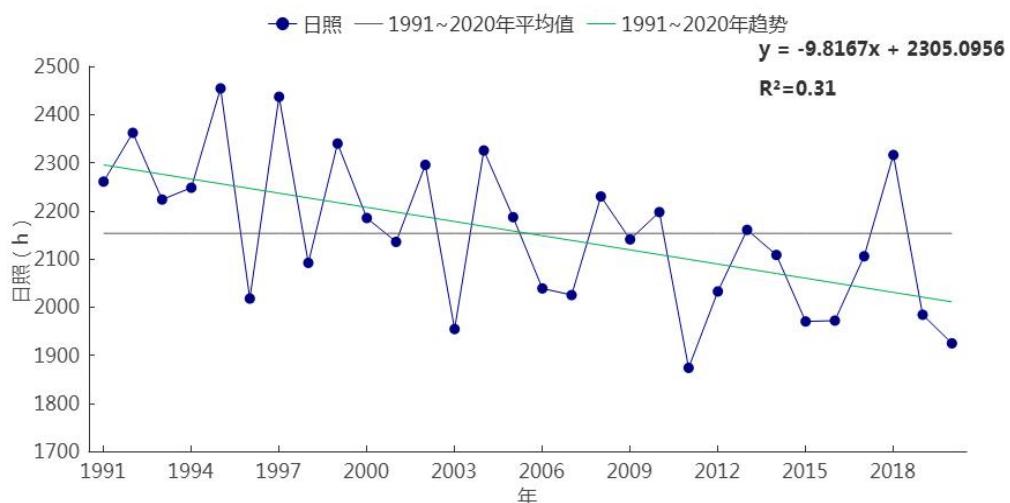


图 5.27 1991—2020 年延津站日照年际变化

5.7.2 月际变化

1991—2020 年延津气象站日照的月变化在 132.0 小时（1 月）～237.8 小时（5 月）之间。总体看来，月平均日照时数，3 月、4 月、5 月、6 月、7 月、8 月、9 月、10 月、11 月在 140 小时以上，冬季

明显偏小，4月、5月、6月全年最高，在217小时以上。主要由于夏季白天时间较长，且受副热带高压控制出现晴热高温天气较多。

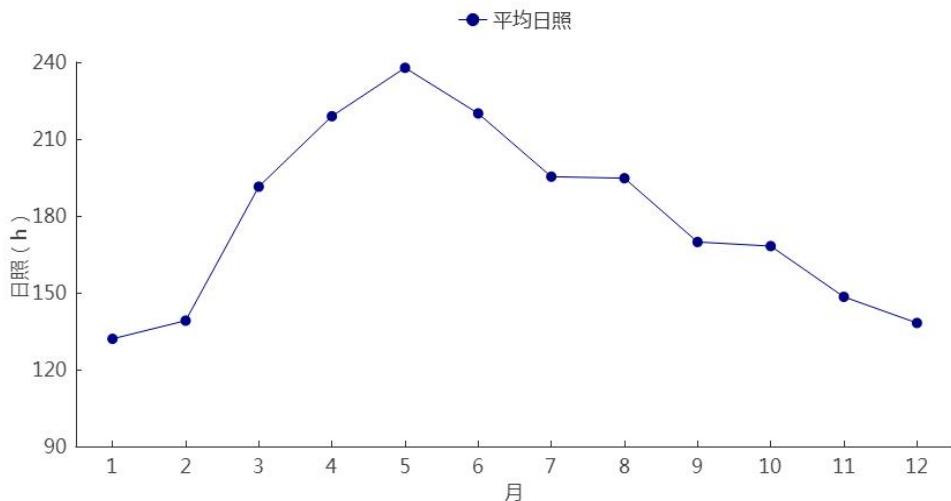


图 5.28 1991—2020 年延津站日照月际变化

5.8 地面温度

5.8.1 年际变化

(1) 平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度

1991—2020年延津气象站累年平均地面温度、平均最高地面温度及平均最低地面温度分别为 16.8°C ， 32.4°C ， 8.3°C ，年平均地面温度在 15.5°C （2003年）~ 18.1°C （2019年）之间变化，年平均最高地面温度在 29.4°C （2003年）~ 34.7°C （1997年）之间变化，年平均最低地面温度在 6.7°C （1992年）~ 10.3°C （2020年）之间变化。

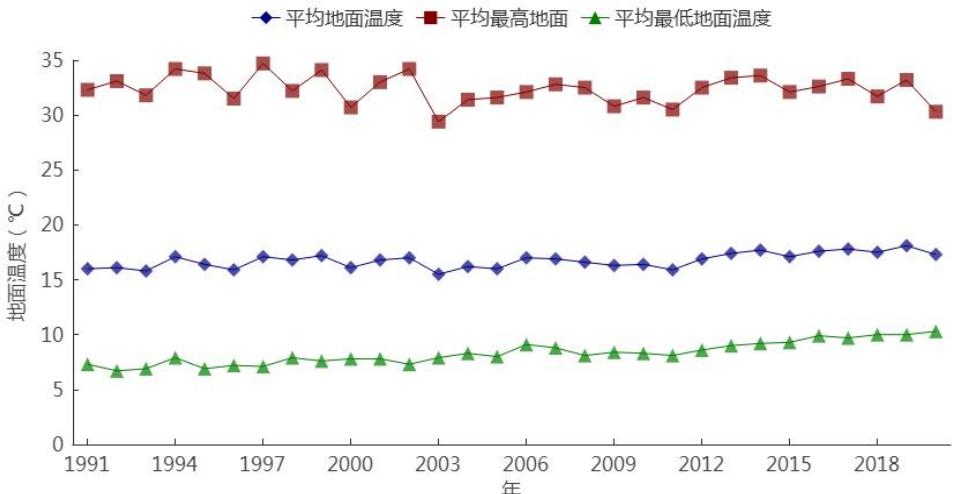


图 5.29 1991—2020 年延津站平均、平均最高、平均最低地面温度年际变化

(2) 极端地面温度

延津气象站自 1958 年开始有极端最高地面温度，极端最低地面温度的资料，1958—2020 年的年极端最高地面温度在 58.9℃（2008 年）~70.5℃（1959 年）之间变化。

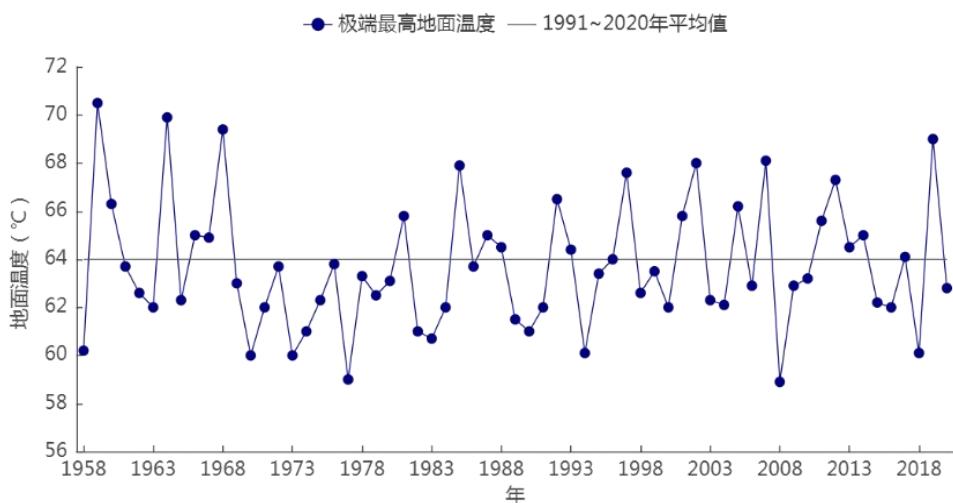


图 5.30 1958—2020 年延津站极端最高地面温度年际变化

延津气象站 1958—2020 年的年极端最低地面温度在 -23.1℃（1990 年）~-2.0℃（2020 年）之间变化。近 10 年的年极端最低地面温度在 -15.5℃（2011 年）~-2.0℃（2020 年）之间。

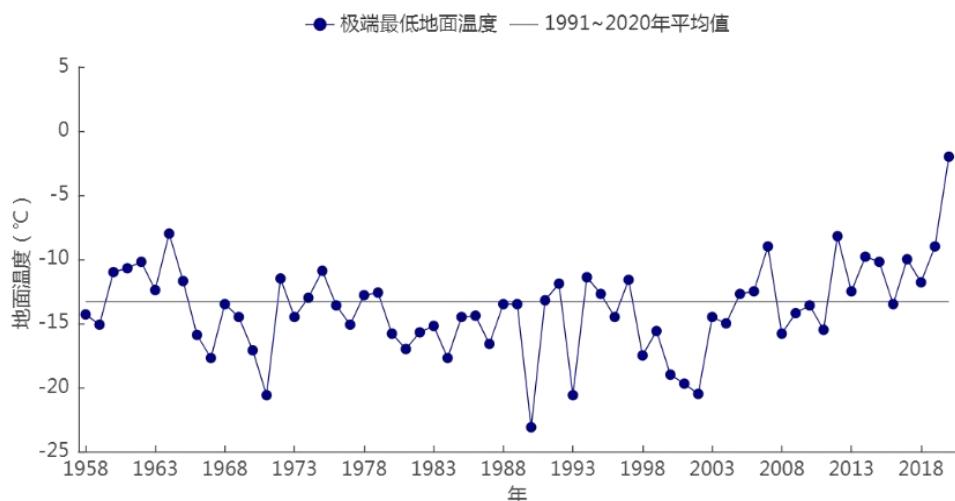


图 5.31 1958—2020 年延津站极端最低地面温度年际变化

5.8.2 月际变化

(1) 平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度

1991—2020 年延津气象站平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度月变化分别在-0.2~31.0℃、11.4~49.2℃、-6.0~22.7℃之间。月平均地面温度、平均最低地面温度的最高值出现在 7 月。平均最高地面温度最高值出现在 6 月。月平均地面温度、平均最高地面温度和平均最低地面温度的最低值均出现在 1 月。

表 5.8 1991—2020 年延津站月平均、平均最高、平均最低地面（单位：℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均	-0.2	4.3	11.2	19	25.5	30.3	31	29.7	24	16.7	8.1	1.5	16.8
平均最高	11.4	18.8	28.6	38.3	45.2	49.2	46.6	45.6	39.2	31.7	21.2	12.7	32.4
平均最低	-6	-2.9	1.7	7.8	13.9	19.3	22.7	21.6	15.9	8.7	1.2	-4.1	8.3

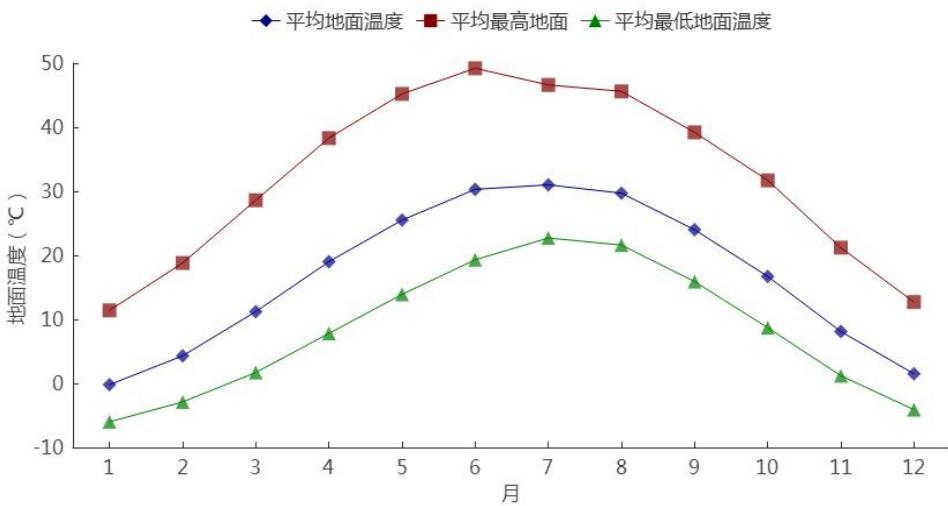


图 5.32 1991—2020 年延津站平均、平均最高、平均最低地面温度月际变化

(2) 极端地面温度

延津气象站 1957—2020 年的各月极端最高地面温度值在 28.1~70.5°C，最高值 70.5°C 出现在 1959 年 8 月 1 日；各月极端最低地面温度值在 -23.1~15.3°C 之间，最低值 -23.1°C 出现在 1990 年 2 月 1 日。

表 5.9 1958—2020 年延津站各月极端地面温度 (°C)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值
极端最高	29.5	38.5	48.7	62.8	68.1	69.4	70	70.5	58.8	51.2	41	28.1	70.5
极端最低	-22	-23.1	-13.4	-4.9	1.2	8.1	15.3	11	2.7	-4.6	-20.2	-20.6	-23.1

5.8.3 日变化

2011—2020 年延津气象站小时平均地面温度呈单峰型。每天 5、6 时为一天地面温度的最低值，为 10.4°C；6 时开始，地面温度逐渐升高，到 13 时达到峰值 30.2°C；之后开始下降，直至次日 5 时。

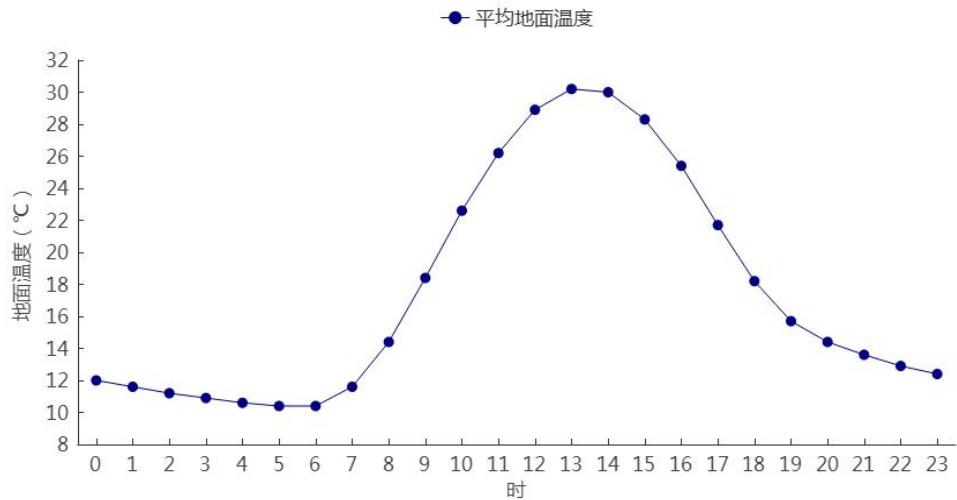


图 5.33 2012—2021 年延津站平均地面温度日变化

第六章 主要气象灾害

极端天气气候事件对于延津县产业集聚区的规划、建设、运营等有重要影响。确定对延津县产业集聚区规划和建设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（即关键气象因子），并以此为基础分析直接影响延津县产业集聚区建设和运营的天气（即高影响天气）非常必要。本章根据延津县产业集聚区所在区域的历史气象灾害、重点企业对气象要素及高影响天气的抽样调查，确定影响延津县产业集聚区规划、建设和运营的关键气象因子，并以此为基础进一步分析相应的高影响天气特征。高影响天气特征采用的是延津国家气象观测站的资料，不同的高影响天气所选资料长度有所不同。

6.1 暴雨

（1）暴雨日数

日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 为暴雨以上量级。1957—2020年延津气象站累年平均暴雨日数为1.8天，1998年、2000年、2004年、2018年暴雨日数最多，为5天，年日数变化呈增加趋势。暴雨发生在4—9月，其中7月相对较多。

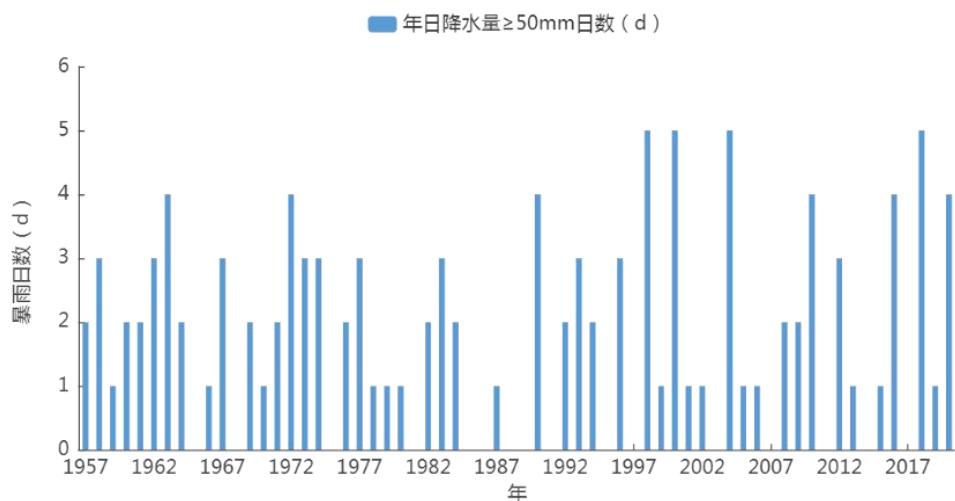


图 6.1 1957—2020 年延津站年暴雨日数逐年变化图 (单位: d)

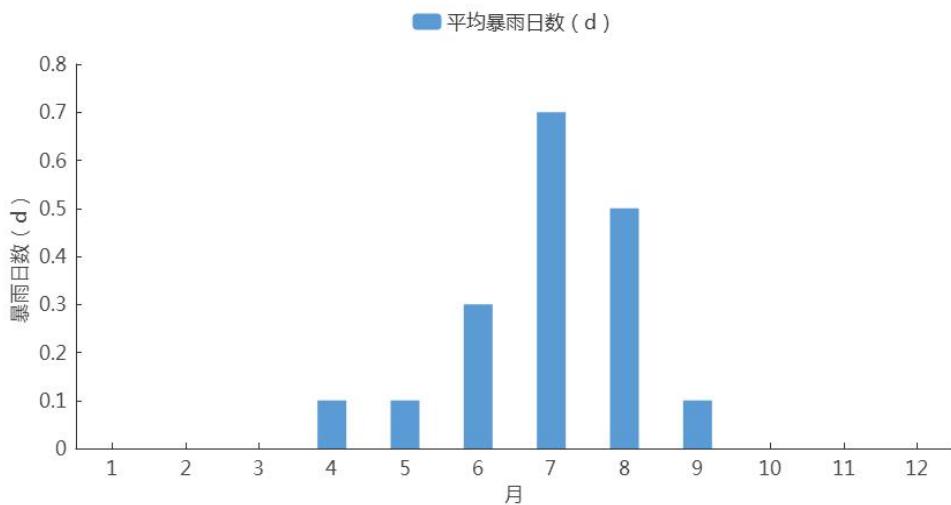


图 6.2 1957—2020 年延津站平均暴雨日数逐月变化图 (单位: d)

(2) 最长连续降水日数及最大连续降水量

1957—2020 年延津气象站最长连续降水日数在 3 天(2013 年)～13 天(2003 年)之间，最长连续降水量在 5.8mm(2017 年)～594mm(2000 年)之间，最大连续降水量则在 35.2mm(1981 年)～594mm(2000 年)之间。

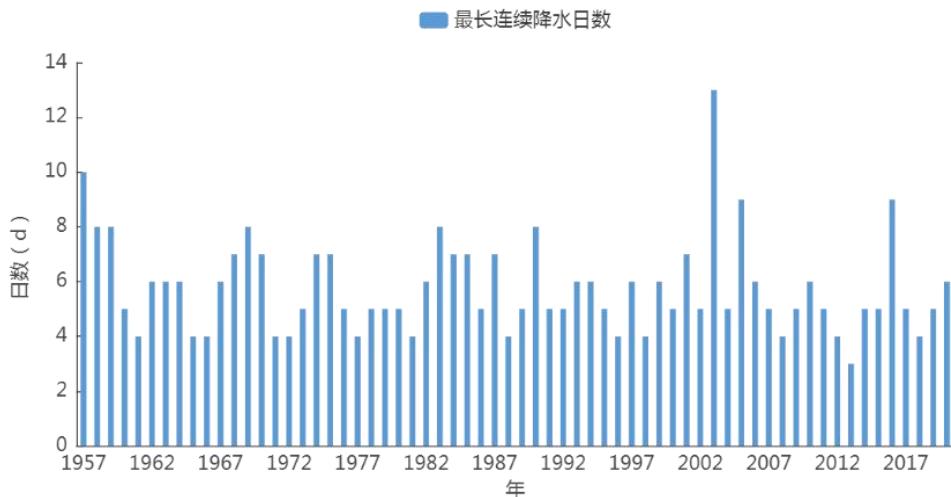


图 6.3 1957—2020 年延津站最长连续降水日数的年际变化

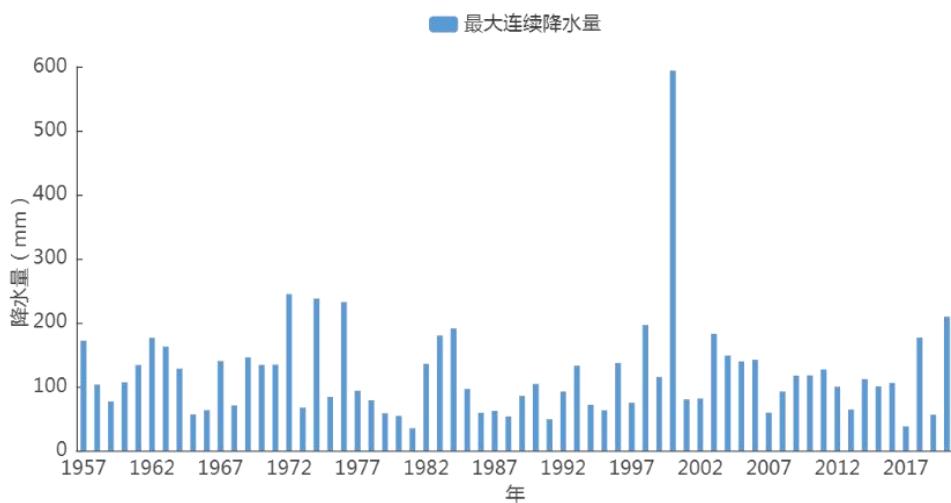


图 6.4 1957—2020 年延津站最大连续降水量的年际变化

(3) 最大日降水量

1957—2020 年延津累年平均最大日降水量为 84.7mm，年际变化在 21mm (1981 年)~379.1mm (2000 年) 之间。最大日降水量以 1.6mm/10a 的速率减少。

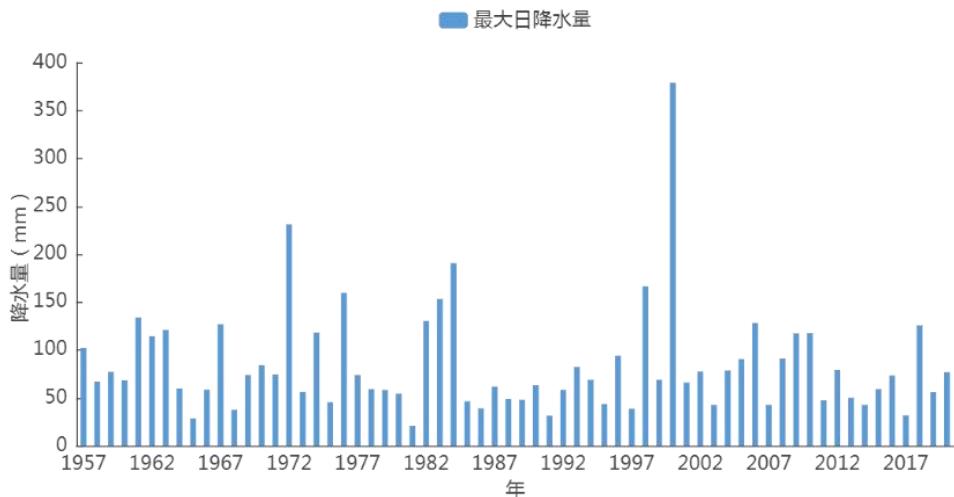


图 6.5 1957—2020 年延津站最大日降水量年际变化

6.2 雷暴

统计延津气象站 1957—2013 年的地面观测资料（2013 年后没有观测记录），累年平均雷暴日数为 23.8 天，年雷暴日数在 11 天（2011 年）~39 天（1959 年）之间变化，年日数变化呈减少趋势。7 月雷暴日数最多，为 8.2 天，1 月、2 月、11 月、12 月没有雷暴发生，主要发生在 6—8 月，占全年雷暴发生日数的 79.0%，7 月是高发时段，占全年雷暴发生的 34.5%。

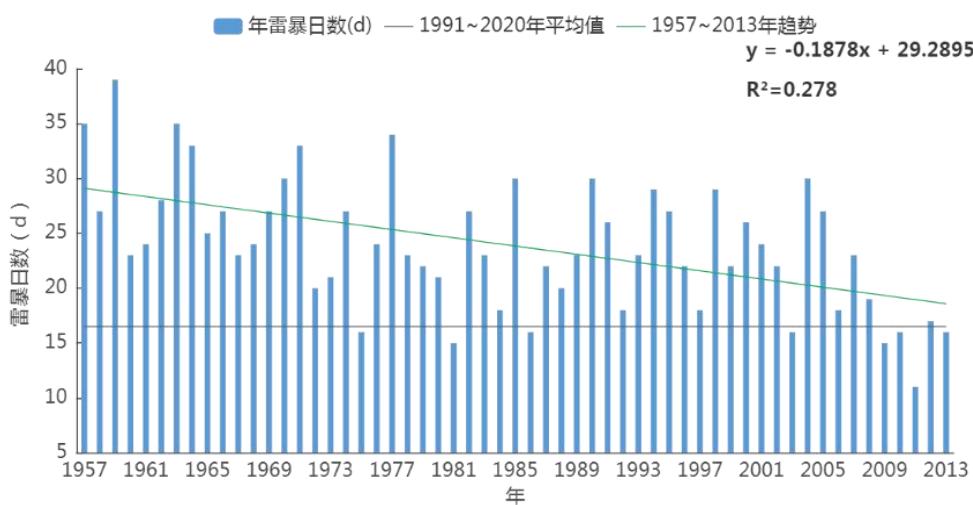


图 6.6 1957—2013 年延津站年雷暴日数逐年变化图（单位：d）

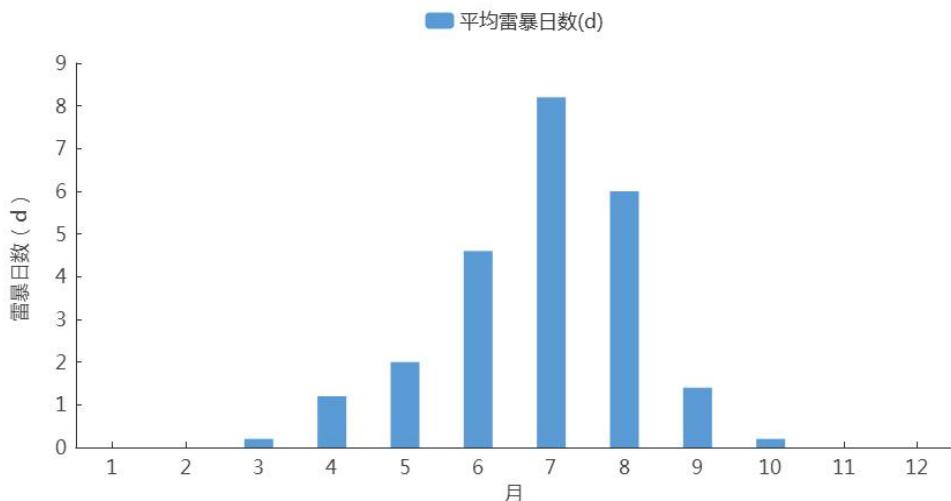


图 6.7 1957—2013 年延津站平均雷暴日数逐月变化图 (单位: d)

6.3 闪电

1957—2013 年延津累年平均闪电日数为 6.8 天，年际变化在 0 天 (2000 年、2001 年、2003 年、2009 年、2012 年)~25 天 (1959 年) 之间。闪电日数以 $2.6\text{d}/10\text{a}$ 的速率减少。

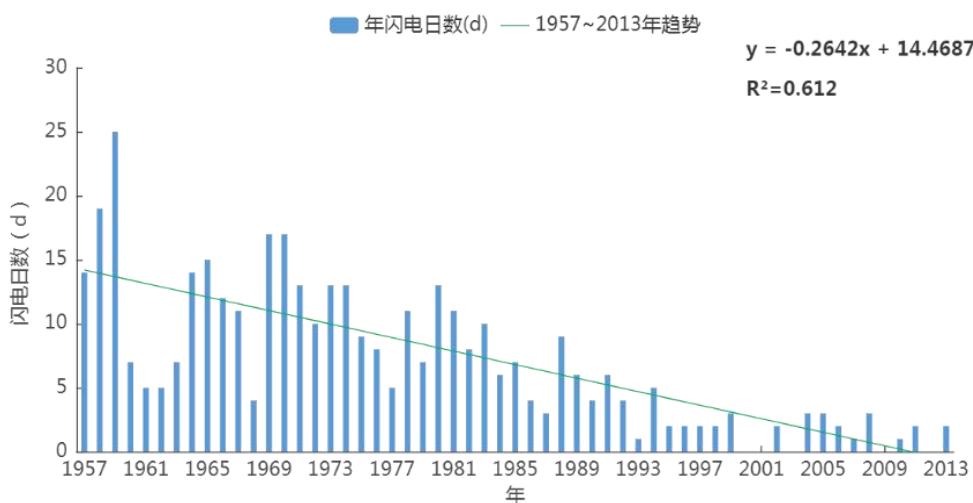


图 6.8 1957—2013 年延津站年闪电日数逐年变化图 (单位: d)

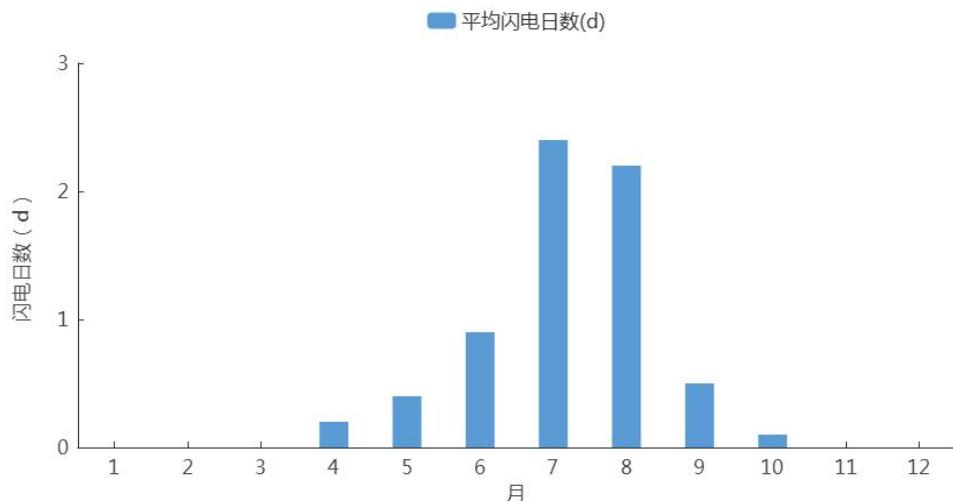


图 6.9 1957—2013 年延津站平均闪电日数逐月变化图 (单位: d)

6.4 大风

1957—2020 年延津气象站年平均大风日数为 12.4 天，历年大风日数在 0 天（1999 年、2017 年）~38 天（1969 年）之间变化，其中有 2 年未出现大风，年日数变化呈减少趋势。大风全年各月均有发生，其中 2 月、3 月、4 月、5 月相对较多。

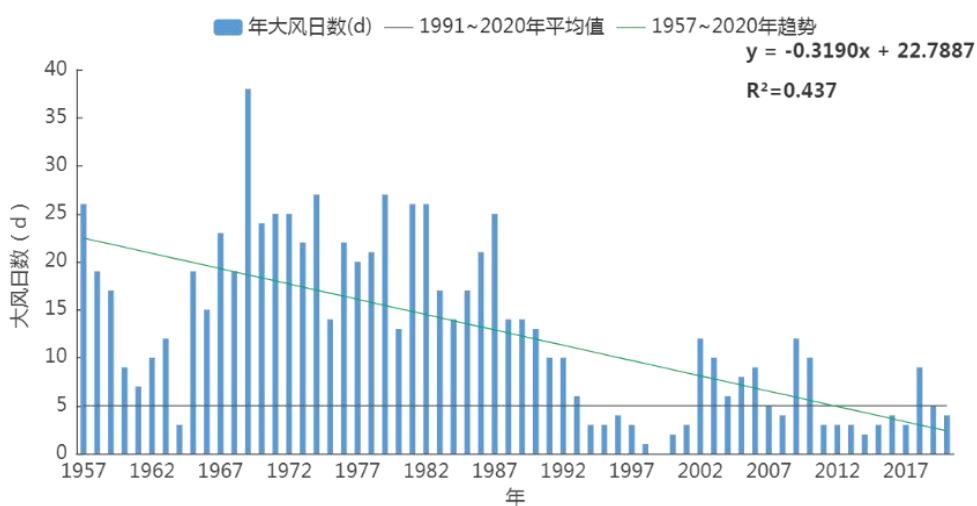


图 6.10 1957—2020 年延津站年大风日数逐年变化图 (单位: d)

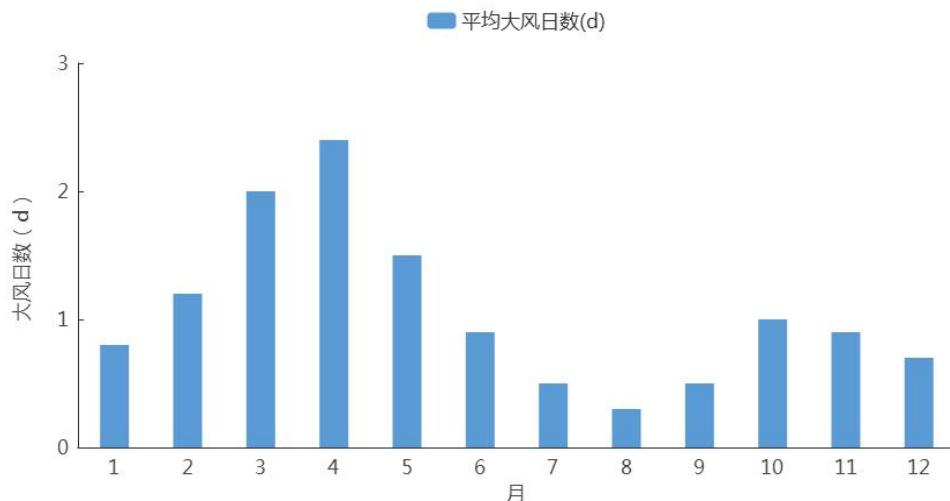


图 6.11 1957—2020 年延津站平均大风日数逐月变化图 (单位: d)

6.5 积雪

1957—2020 延津气象站年平均积雪日数为 11.6 天，历年积雪日数在 0 天（1961 年、1977 年、1995 年、2007 年）~44 天（2001 年）之间变化。积雪一般发生在 11 月至次年 4 月，5—10 月无积雪现象。

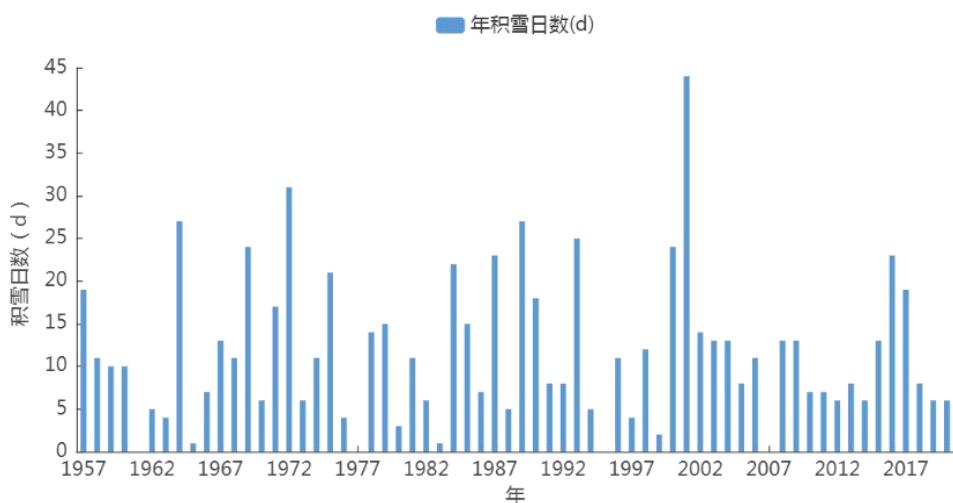


图 6.12 1957—2020 年延津站年积雪日数逐年变化图 (单位: d)

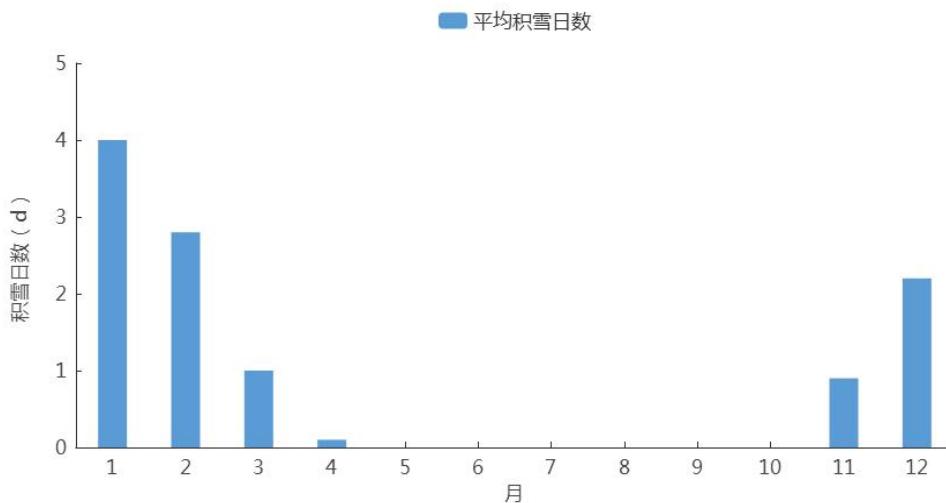


图 6.13 1957—2020 年延津站平均积雪日数逐月变化(单位: d)

1957—2020 年延津气象站最大积雪深度为 21cm，出现在 2009 年 11 月 12 日。

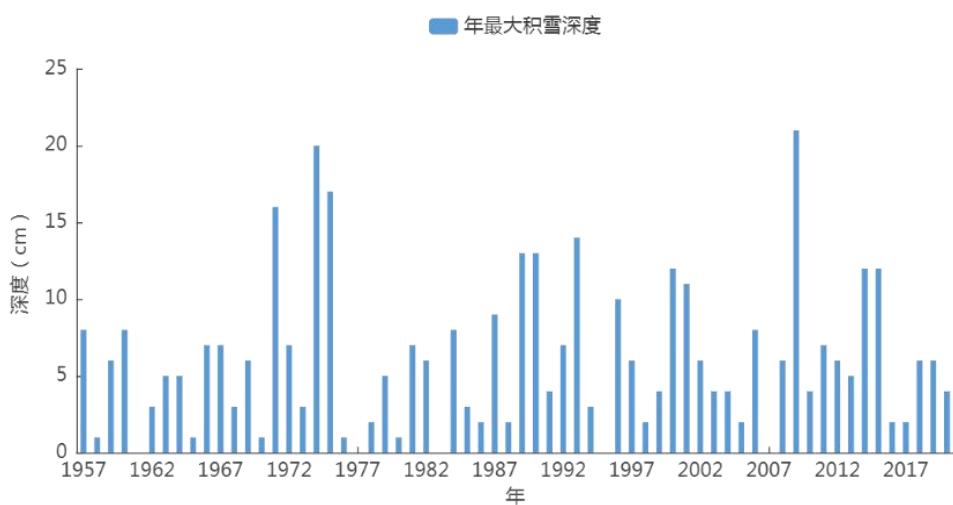


图 6.14 1957—2020 年延津站最大积雪深度年际变化 (单位: cm)

6.6 高温

气象学上将日最高气温大于或等于 35℃ 定义为“高温日”。延津气象站年高温日数的平均日数为 14.6 天，年际变化在 1 天（2008 年）~ 41 天（1967 年）之间，高温日数呈下降趋势；高温天气主要发生在 6 月、7 月、8 月，分别为 6.5 天、5.1 天、1.9 天。

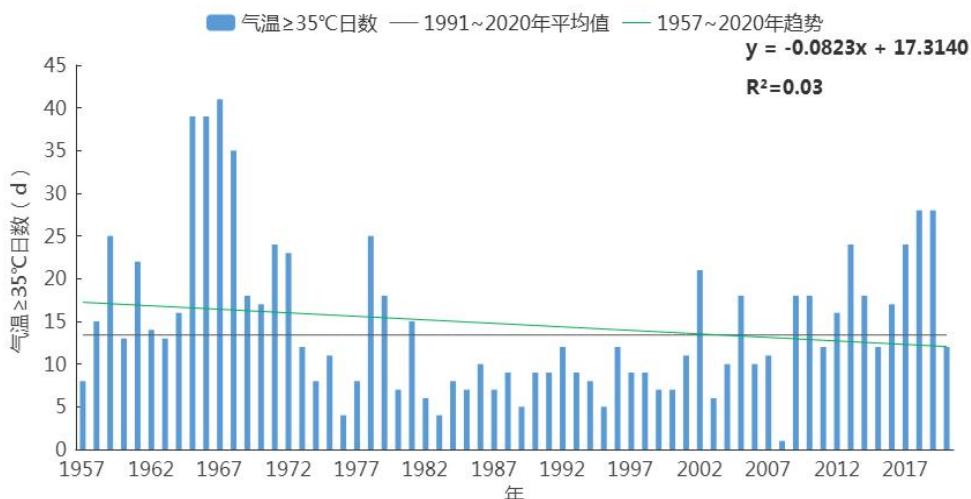


图 6.15 1957—2020 年延津站气温≥35℃日数逐年变化图（单位: d）

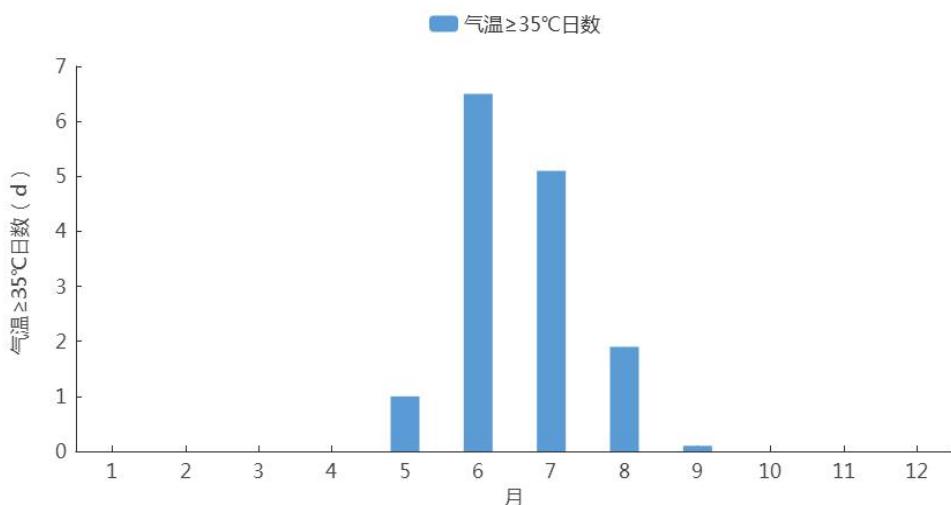
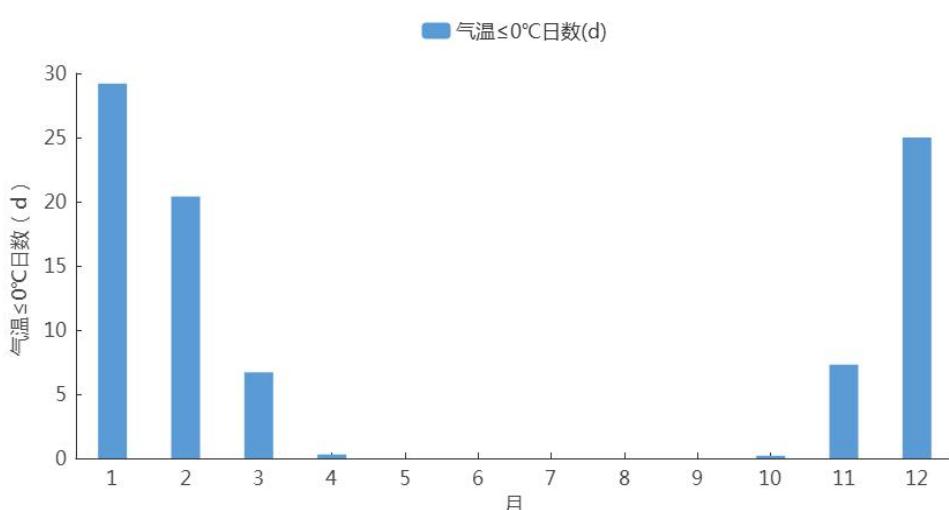
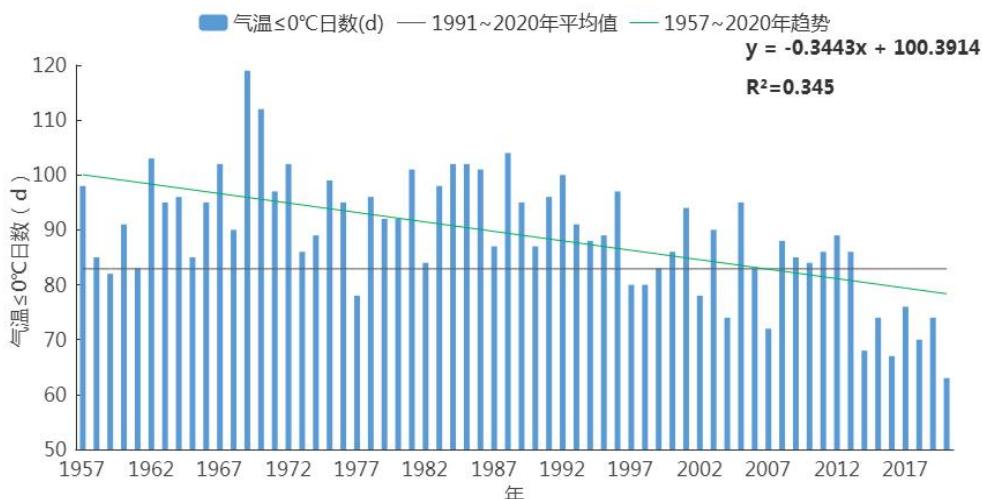


图 6.16 1957—2020 年延津站气温≥35℃日数逐月变化（单位: d）

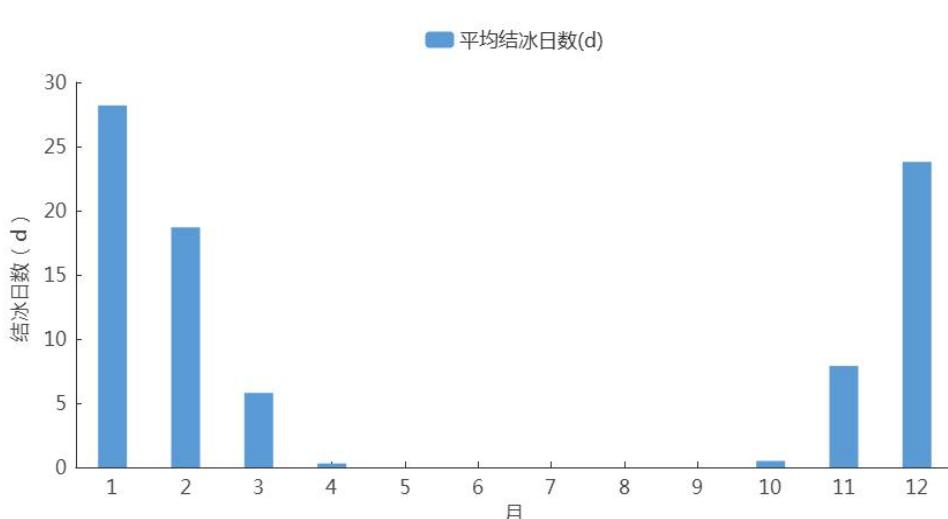
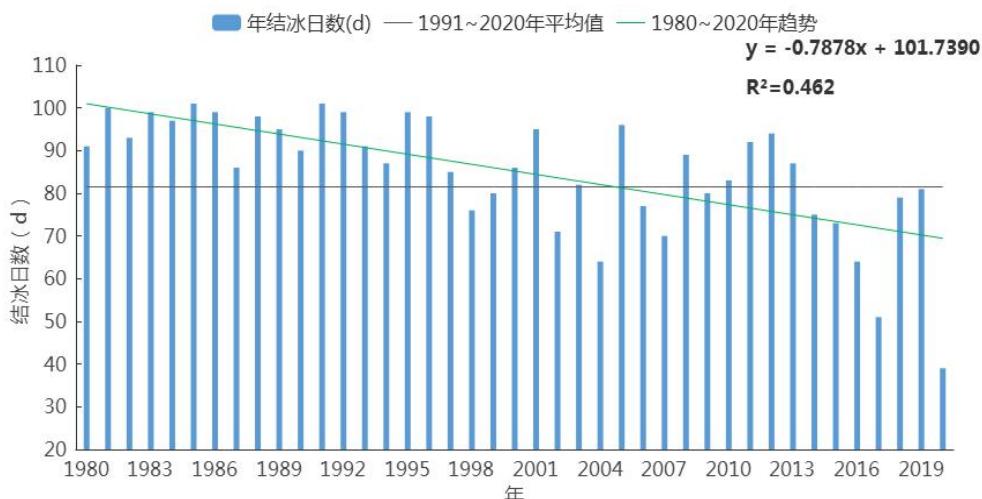
6.7 低温

气象学上将日最低气温小于或等于 0℃ 定义为“低温日”。延津气象站年低温日数的平均日数为 89.2 天，年际变化在 63 天（2020 年）~119 天（1969 年）之间，低温日数呈减少趋势。低温天气主要发生在 10—4 月，分别为 0.2 天、7.3 天、25 天、29.2 天、20.4 天、6.7 天、0.3 天。



6.8 结冰

延津气象站 1980—2020 年结冰年平均日数为 85.2 天，年际变化在 39 天（2020 年）~101 天（1985 年、1991 年）之间，年日数变化呈减少趋势；结冰一般发生在 10 月至次年 4 月，5—9 月无结冰现象。其中 1 月平均结冰日数最多，为 28.2 天。



6.9 冰雹

1957—2020 年冰雹的年平均日数为 0.4 天，有 16 年发生了冰雹天气，冰雹天气主要发生在 6、7、8 月。

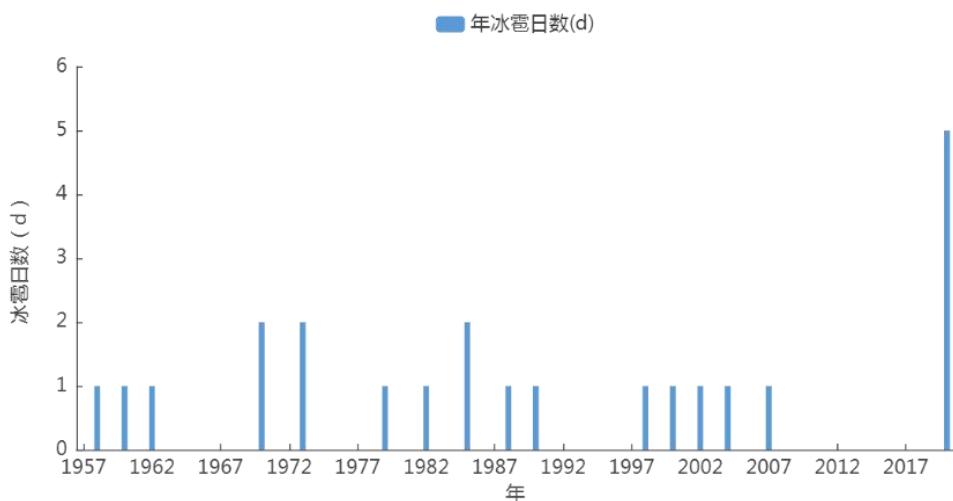


图 6.21 1957—2020 年延津站年冰雹日数逐年变化图 (单位: d)

6.10 雾

1957—2020 年累年平均雾日数为 22.4 天, 年际变化在 4 天 (1961 年) ~47 天 (1972 年) 之间。雾的年日数变化呈增多趋势, 雾日数月变化在 0.6 天 (6 月) ~3.4 天 (12 月) 之间。

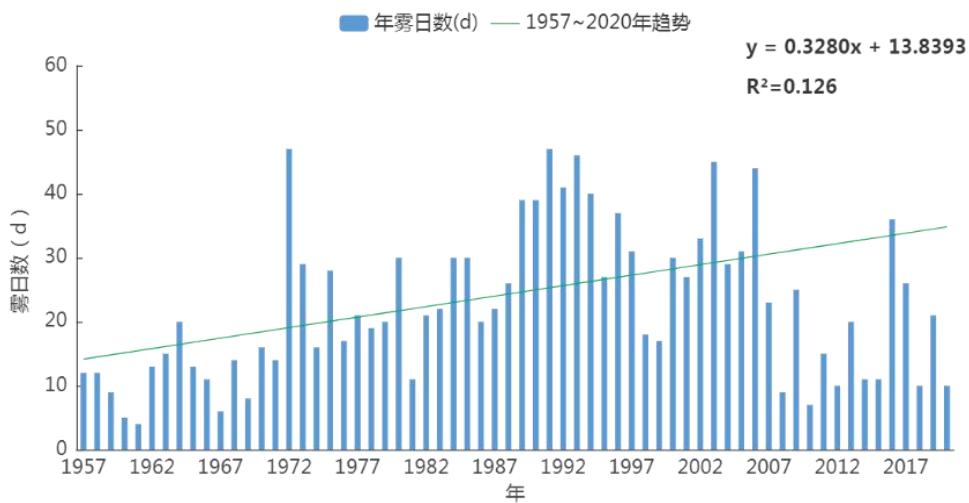


图 6.22 1957—2020 年延津站年雾日数逐年变化图 (单位: d)

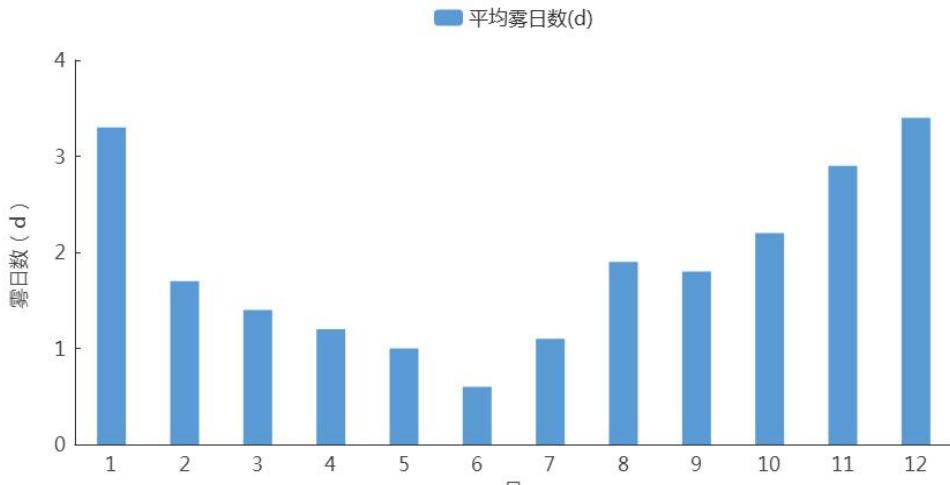


图 6.23 1957—2020 年延津站平均雾日数逐月变化 (单位: d)

6.11 连阴雨

连阴雨过程标准的确定如下：（1）5 天及以上的连阴雨过程定义为一次连阴雨过程，日雨量（20~20 时）达 0.1mm 的日数与过程总日数的比率达 70% 或以上；若含无雨日，该日的日照时数在 5 小时以下。（2）连续 3 日无 0.1mm 或以上降水，作为连阴雨结束。（3）一次过程的总雨量必须在 10.0mm 以上。（4）为了分析区域性的连阴雨，同时要求在全省范围内 10 站以上达到上述标准。

1957—2020 延津共出现连阴雨 164 次，平均每年 2.6 次，平均每次连阴雨持续天数为 7.0 天。平均每次连阴雨雨量为 69.1mm，平均日照时数为 3.1 小时。一年内发生连阴雨次数最多为 5 次（1958 年、1990 年、1996 年、2015 年），最少为 0 次（1965 年、1966 年、1971 年、1989 年）。一次连阴雨持续时间最长达 20 天（1976 年 07 月 14 日—08 月 02 日），总降水量最大达 594.0mm（2000 年 07 月 03—07 日）。总降水量最小的只有 11.5mm（1996 年 06 月 03—09 日）。

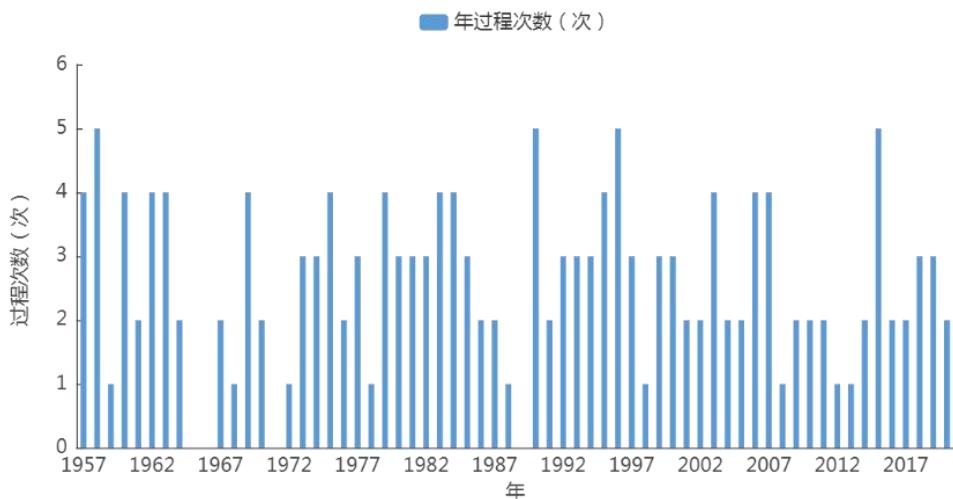


图 6.24 1957—2020 年延津站连阴雨过程发生次数逐年变化图（单位：次）

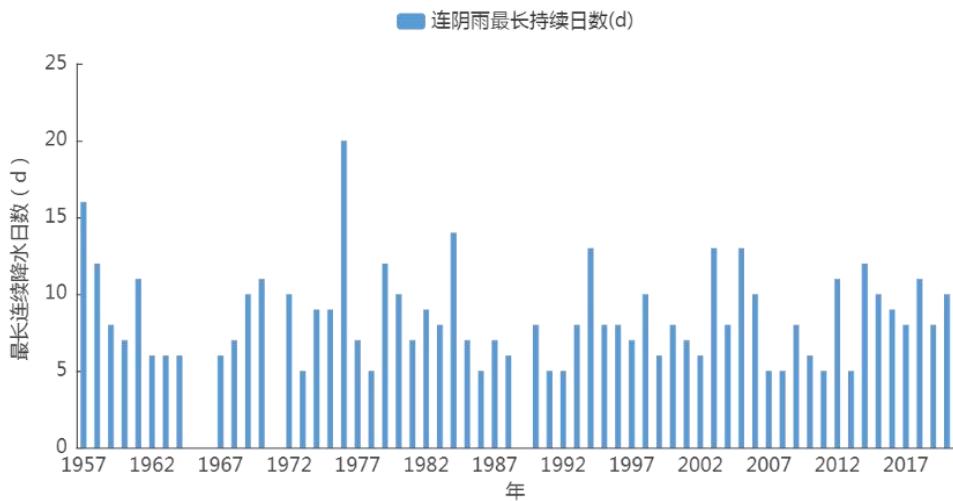


图 6.25 1957—2020 年延津站连阴雨最长持续日数逐年变化图（单位：次）

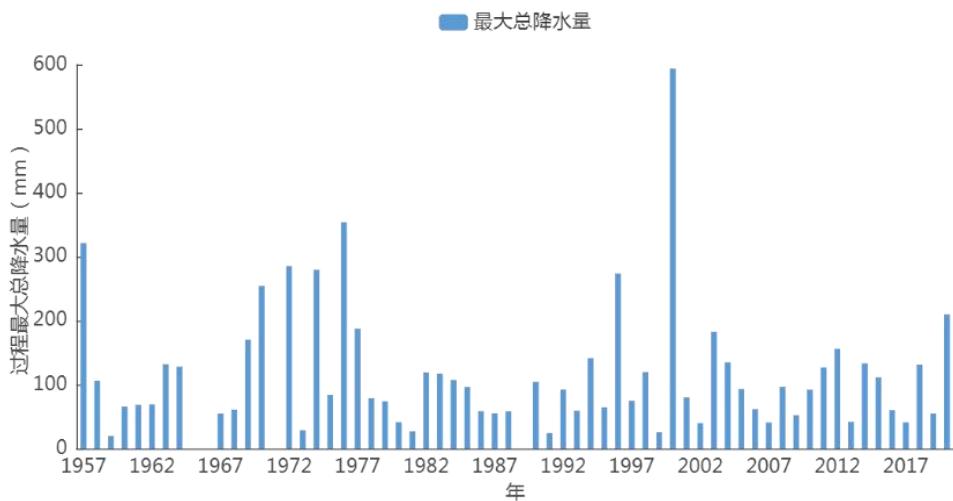


图 6.26 1957—2020 年延津站连阴雨过程最大总降水量逐年变化图（单位：mm）

连阴雨多发季节为春季和秋季。1957—2020 年延津春季共出现

连阴雨 31 次，平均每年春季 0.5 次，平均每次连阴雨持续天数为 6.0 天。平均每次连阴雨雨量为 44.9mm，平均日照时数为 3.1 小时。一年内发生连阴雨次数最多为 2 次（1973 年、1983 年、1991 年、2015 年），最少为 0 次共 37 年。春季一次连阴雨持续时间最长达 11 天（2018 年 05 月 15—25 日）。

春季连阴雨一次持续过程总降水量最大达 170.6mm（1969 年 04 月 15—24 日）。春季连阴雨一次持续过程总降水量最小的只有 11.9mm（1987 年 03 月 06—10 日）。

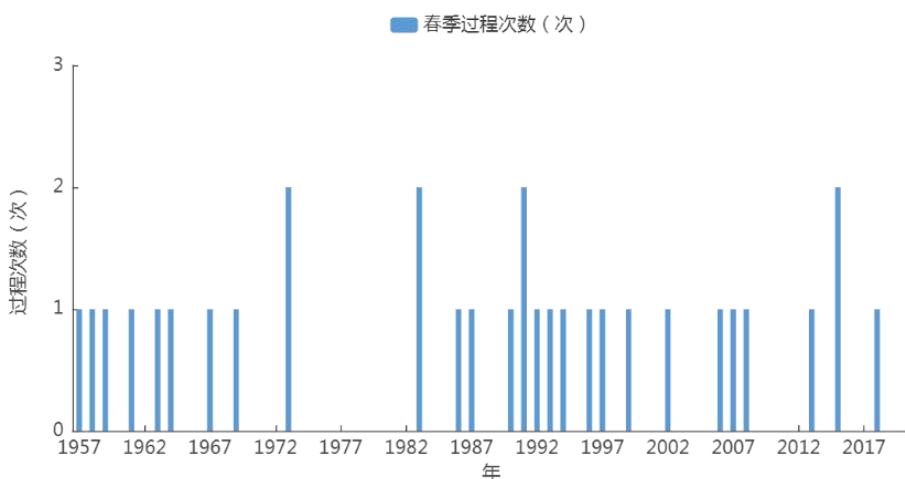


图 6.27 1957—2020 年延津站春季连阴雨过程发生次数逐年变化图（单位：次）

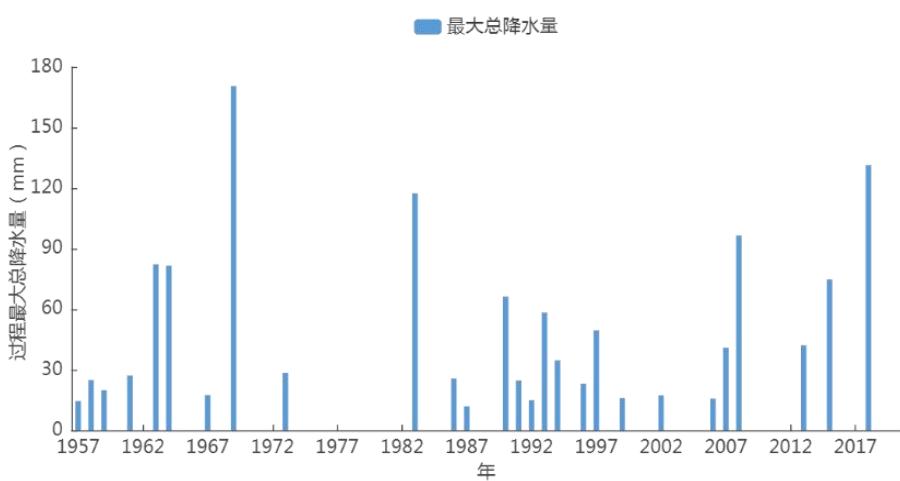


图 6.28 1957—2020 年延津站春季连阴雨过程最大总降水量逐年变化图（单位：mm）

1957—2020 年延津秋季共出现连阴雨 50 次，平均每年秋季 0.8 次，平均每次连阴雨持续天数为 7.3 天。平均每次连阴雨雨量为 55.1mm，

平均日照时数为 1.4 小时。一年内发生连阴雨次数最多为 3 次（1984 年），最少为 0 次共 26 年。秋季一次连阴雨持续时间最长达 14 天（1984 年 09 月 19 日—10 月 02 日），从其历史演变看，秋季连阴雨次数变化比较平稳。

秋季连阴雨一次持续过程总降水量最大达 182.9mm（2003 年 08 月 26 日—09 月 07 日）。秋季连阴雨一次持续过程总降水量最小的只有 12.4mm（1995 年 10 月 1—23 日）。秋季连阴雨持续过程最大总降水量每 10 年增加 4.3mm。

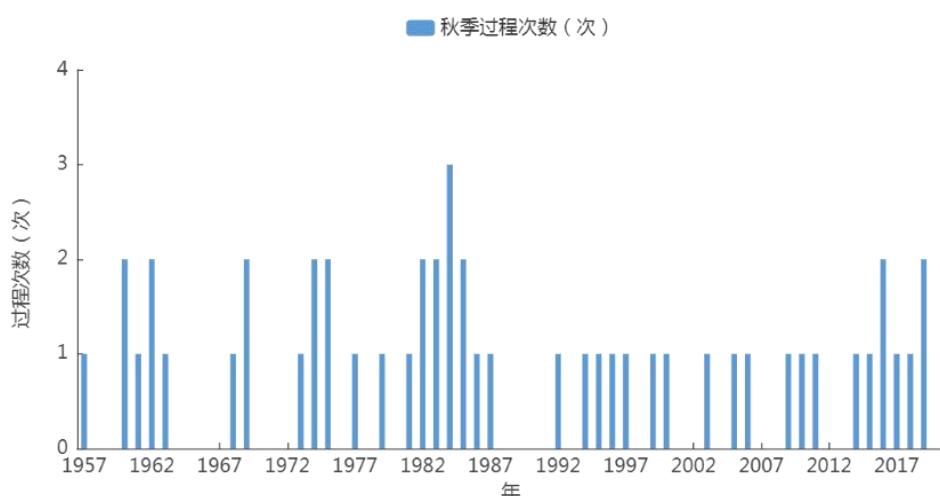


图 6.29 1957—2020 年延津站秋季连阴雨过程发生次数逐年变化图（单位：次）

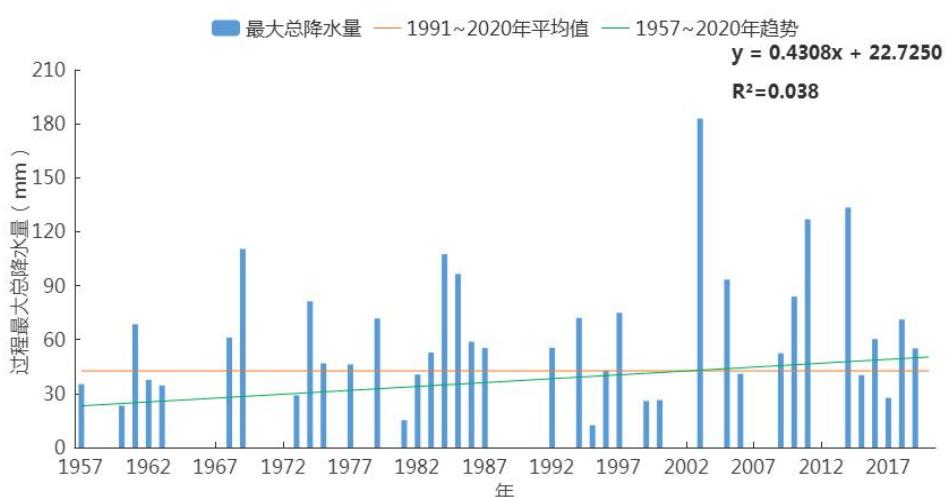


图 6.30 1957—2020 年延津站秋季连阴雨过程最大总降水量逐年变化图（单位：mm）

第七章 关键气象参数分析与推算

园区规划、设计以及建设中所涉及的设计排水管网、建筑物荷载、采暖通风设计、防雷设施等，对相关的气象参数提出了要求。本章对延津县产业集聚区建设相关的气象参数进行分析与推算，主要包括风速设计基准值、基本气温、室外空气气象参数、排水设计气象参数以及重现期极值推算。结果可为延津县产业集聚区规划、工程项目建设等的设计人员提供数据参考。本章用到的资料为延津县国家气象站资料，其中风速设计基准值还用到周边大范围气象站的资料。

7.1 风速设计基准值

设计风速是指工程建设区地面以上 10m 高处所需重现期的 10 分钟平均最大风速，计算一般采用观测站至少 20 年的 10 分钟平均最大风速资料，通过极值拟合，推算所需重现期最大风速。最大风速观测需要从自记风记录上读取每日 10min 平均最大风速。

由于风速的局地性较大，且最大风速资料观测时间短，为了得到延津县产业集聚区设计风速基准值，需利用周边具有长年代观测数据的气象站对其进行分析。

选取以延津县产业集聚区为中心，60km 半径范围内的气象站点，如图 7.1 所示，河南省内共有 13 个国家气象观测站，各站的最大风速观测时间具体如下：延津（1976—2020）、新乡（1971—2020）、原阳（1972—2020）、卫辉（1978—2020）、辉县（1976—2020）、获嘉（2007—2020）、淇县（2000—2020）、滑县（1981—2020）、长垣（1981—2020）、开封（1971—2020）、中牟（2005—2020）、封丘（2007—2020）、浚县（2011—2020）。

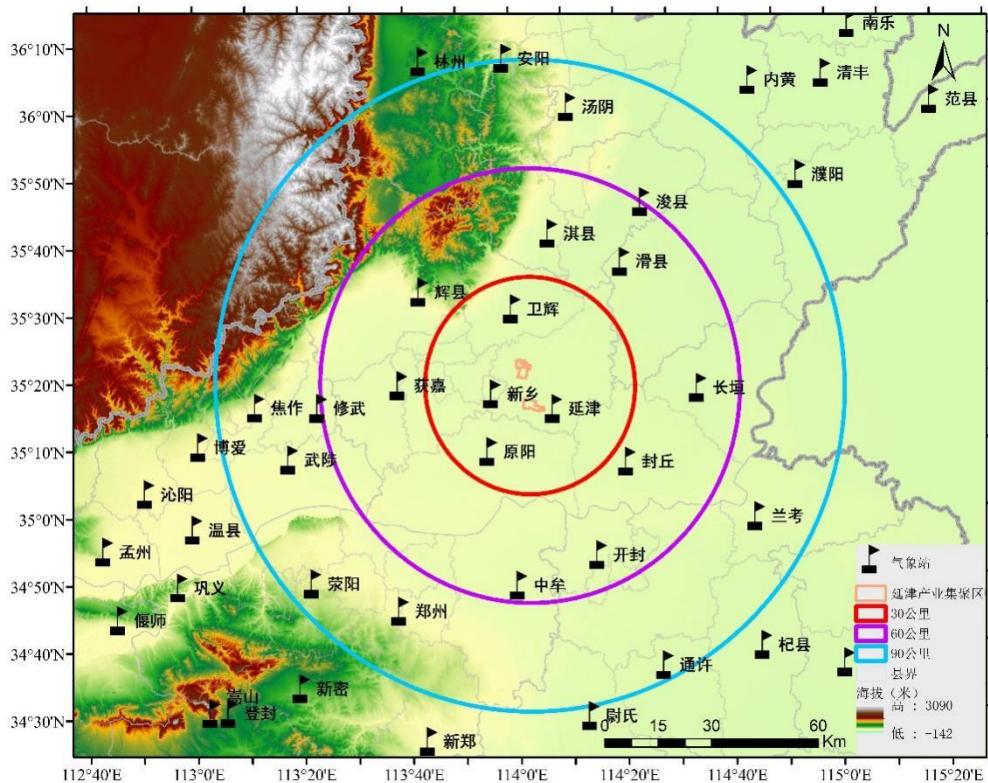


图 7.1 以延津县产业集聚区为中心 60km 范围的气象站点

考虑数据的可靠性，选取延津、新乡、原阳、卫辉、辉县、获嘉、淇县、滑县、长垣、开封、中牟、封丘、浚县长序列资料（如图 7.2 所示），从图中可以看到，几个气象站最大风速的年变化基本一致。

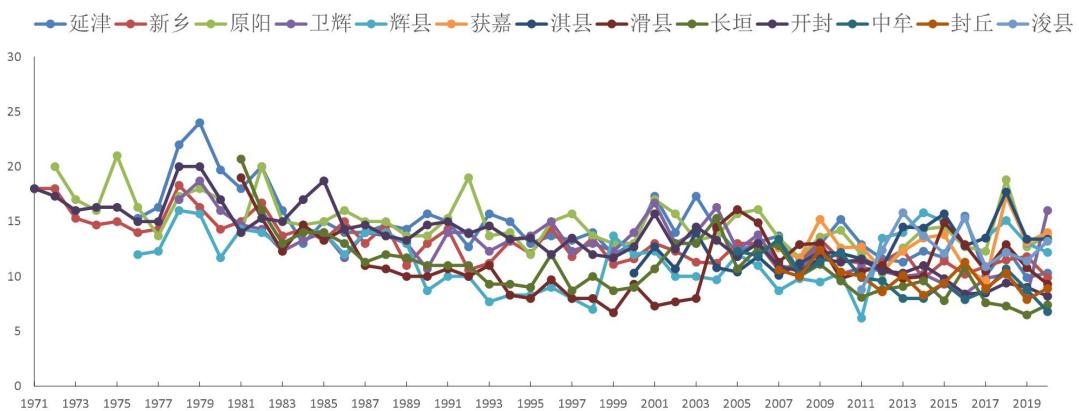


图 7.2 各气象站最大风速序列年变化

7.1.1 设计风速计算

对延津、新乡、原阳、卫辉、辉县、获嘉、淇县、滑县、长垣、

开封、中牟、封丘、浚县 13 个国家气象站的年最大风速估算不同重现期的最大风速，结果如表 7.1 所示。

表 7.1 延津县产业集聚区周边气象站不同重现期设计风速（单位：m/s）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
延津	13.9	15.1	16.5	18.2	19.9	20.8	22.0	23.6
新乡	12.7	13.6	14.6	15.9	17.2	17.9	18.8	20.0
原阳	14.5	15.5	16.6	18.0	19.3	20.1	21.0	22.3
卫辉	11.9	13.1	14.4	16.0	17.6	18.5	19.6	21.1
辉县	11.3	12.4	13.7	15.3	16.8	17.7	18.8	20.3
获嘉	12.5	13.4	14.3	15.5	16.7	17.3	18.2	19.3
淇县	12.2	13.1	14.1	15.3	16.4	17.1	17.9	19.0
滑县	10.7	12.0	13.4	15.1	16.8	17.8	19.1	20.7
长垣	10.6	12.0	13.4	15.3	17.0	18.1	19.3	21.1
开封	12.5	13.8	15.3	17.2	19.1	20.1	21.4	23.2
中牟	9.6	10.5	11.4	12.6	13.8	14.5	15.3	16.4
封丘	9.5	10.2	10.9	11.8	12.7	13.2	13.8	14.6
浚县	13.8	14.6	15.5	16.6	17.7	18.3	19.1	20.2

从周边国家站的重现期数据对比上可见，100a 一遇最大风速延津站的计算结果为附近站点最大，50a 一遇最大风速延津站的计算结果也为附近站点最大，综合考虑规范中对风速观测场地、仪器、资料质量和序列长度等要求，同时考虑地形、距离等因素，建议采用延津的计算结果作为延津县产业集聚区设计风速。为了让设计人员有一个选择的余地，也为了有一个相互比较、相互验证的结果，报告给出不同方法估算出的基本风速（表 7.2）。

表 7.2 不同重现期设计风速（单位：m/s）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	13.9	15.1	16.5	18.2	19.9	20.8	22.0	23.6
极大似然法	13.9	15.1	16.5	18.2	19.8	20.8	22.0	23.6
L-矩	13.8	15.1	16.4	18.2	19.8	21.0	22.0	23.6

7.1.2 基本风压

根据《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》，基本风压定义为风荷载的基准压力，一般按当地平坦地面上 10m 高度处 10min 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，在考虑相应的空气密度，按贝努利（Bernoulli）公式确定的风压。

风压计算如下式：

$$w = \frac{1}{2} \rho v^2$$

式中：w—风压，单位为千牛每平方米 (kN/m^2)； ρ —空气密度，单位为吨每立方米 (t/m^3)； v —风速，单位为米每秒 (m/s)。

根据站点海拔高度 z 估算空气密度 $\rho \approx 0.00125e^{-0.0001z}$ ，延津站海拔高度为 70.6 米，计算的密度约为 $0.001241\text{t}/\text{m}^3$ 。估计 2a~100a 重现期的基本风压，详见下表。根据《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》的全国基本风压分布，延津周边地区（新乡、郑州）50a 一遇基本风压在 0.40 到 0.45 之间，100a 一遇基本风压在 0.45 到 0.5 之间，略高于本节的计算结果，建议采用《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》推荐值。

表 7.3 不同重现期基本风压（单位： kN/m^2 ）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	0.1199	0.1415	0.1689	0.2055	0.2457	0.2685	0.3003	0.3456
广义极值	0.1199	0.1415	0.1689	0.2055	0.2433	0.2685	0.3003	0.3456
L-矩阵	0.1182	0.1415	0.1669	0.2055	0.2433	0.2736	0.3003	0.3456

7.2 基本雪压

7.2.1 积雪密度的估算

河南省共有 17 个气象站观测雪压，通过雪压及雪深计算积雪密

度，，由于延津站没有对雪压的观测，考虑距离、地形等因素选取新乡的积雪密度作为本报告计算分析的密度值。

7.2.2 年最大积雪深度的概率估算

利用延津建站以来的积雪深度资料，逐年选取最大积雪深度，形成年积雪深度极值序列（如图示）。

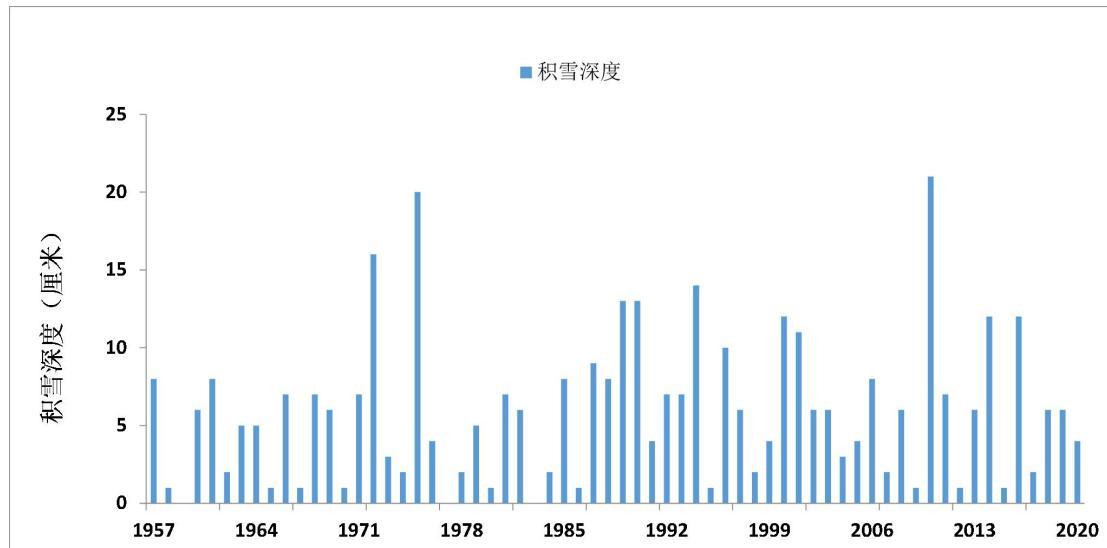


图 7.3 年最大积雪深度变化

从历年积雪深度可知，有部分年份的最大积雪深度为 0cm，对于含有 0 的序列，一般采用比例法来进行频率转换，先将 $X_i > 0$ 的 k 项资料作为整个序列，进行一般的频率计算，其拟合出的曲线只能代表全部 n 项资料中一部分资料的分布情况，所以需要对 X_i 的频率进行缩减，具体转换公式为：

$$P_k = P_n \times \frac{n+1}{k+1}$$

其中： k 为积雪深度大于 0 的年数， n 为总年数。

使用 P-III、Gumbel 等方法估算不同重现期积雪深度， P 取不同重现期（2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a），积雪深度如下表所示。推荐使用 P-III 分布计算的结果，其它方法作为设计人员的参考。

表 7.4 不同重现期积雪深度 (单位: cm)

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
P-III	5.0	7.1	9.4	12.3	15.0	16.5	18.4	20.9
Gumbel	5.2	7.2	9.3	12.0	14.7	16.2	18.0	20.6
极大似然法	4.9	6.7	9.0	12.1	15.4	17.4	20.2	24.2
L-矩估计	5.1	7.0	9.2	12.0	14.9	16.6	18.9	22.0

7.2.3 设计雪压的估算

根据积雪密度和不同重新期的最大积雪深度计算雪压, 计算公式如下:

$$S_0 = h\rho g$$

式中: S_0 ——雪压 (kN/m^2) ;
 h ——积雪深度 (m) ;
 ρ ——积雪密度 (t/m^3) ;
 g ——重力加速度 ($9.8 \text{m}/\text{s}^2$) 。

根据积雪密度和不同重新期的最大积雪深度计算雪压, P 取不同重现期 (2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a), 计算雪压如下表所示。

表 7.5 不同重现期雪压 (单位: kN/m^2)

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
P-III	0.0426	0.0605	0.0801	0.1049	0.1279	0.1407	0.1569	0.1782
Gumbel	0.0443	0.0614	0.0793	0.1023	0.1253	0.1381	0.1535	0.1756
极大似然法	0.0418	0.0571	0.0767	0.1032	0.1313	0.1484	0.1722	0.2063
L-矩估计	0.0435	0.0597	0.0784	0.1023	0.1270	0.1415	0.1611	0.1876

根据《建筑结构荷载规范 (GB 50009-2012)》的基本雪压分布, 延津周边地区(新乡、郑州)50a一遇基本雪压为 $0.3 \text{kN}/\text{m}^2$ 到 $0.4 \text{kN}/\text{m}^2$, 100a一遇基本雪压为 $0.35 \text{kN}/\text{m}^2$ 到 $0.45 \text{kN}/\text{m}^2$, 高于本节的计算结果, 建议采用《建筑结构荷载规范 (GB 50009-2012)》推荐值。

7.3 基本气温

根据《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》，基本气温是指气温的基准值，是确定温度作用所需最主要的气象参数。取 50 年一遇月平均最高气温和月平均最低气温，根据历年最高温度月内最高气温的平均值和最低温度月内最低气温的平均值经统计确定。

P 取不同重现期（2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a）。计算各重现期平均最高、最低气温值如表所示。推荐使用 Gumbel 分布的推算结果，为了让设计人员有一个选择的余地，也为了有一个相互比较、相互验证的结果，其它方法作为参考。

根据《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》的基本气温分布，延津周边地区（新乡、郑州）50a 一遇基本气温最高为 36.0°C，最低为 -8.0°C，最高气温的计算结果略低于推荐值，最低气温计算结果略高于推荐值，综上结果，最高气温建议采用《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》推荐值，最低气温建议采用本节计算结果。

表 7.6 不同重现期基本气温（高温）（单位：°C）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	31.8	32.3	33.0	33.7	34.5	34.9	35.5	36.2
极大似然	31.9	32.5	33.0	33.6	34.2	34.4	34.7	35.1
L-矩估计	31.9	32.5	33.1	33.7	34.2	34.5	34.8	35.2

表 7.7 不同重现期基本气温（低温）（单位：°C）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	-4.5	-5.1	-5.7	-6.5	-7.2	-7.6	-8.2	-8.9
极大似然	-4.7	-5.3	-5.8	-6.4	-6.9	-7.1	-7.4	-7.7
L-矩估计	-4.7	-5.3	-5.8	-6.4	-6.9	-7.2	-7.5	-7.8

7.4 室外气象参数

建筑室外空气气象参数是暖通空调行业进行负荷计算和设备选型的基础设计参数，是影响空调系统整体性能优劣的先决条件。如果参数过于保守，将会导致不必要的投资和较低的运行效率，造成能源浪费；如果参数过于苛刻，设备或系统的运行则会受到影响，同时可能无法满足室内对温度和湿度的控制要求。因此，适宜的建筑室外空气气象参数对设备运行效率、人体舒适度和建筑节能等都至关重要。

建筑室外空气气象参数与气候条件密切相关，建筑室外空气气象参数统计年份的选取也十分重要。年份取得长，气象参数的稳定性好，数据更有代表性，但是由于全球变暖，环境温度攀升，统计年份选取过长则不能完全切合实际设计需求根据；年份取得短，虽然在一定程度上更贴近实际气温变化趋势，但是会放大极端天气对设计参数的影响。从气象的角度，30年是比较有代表性的观测统计期，不足30年者，也可按实有年份采用，但不得少于10年。近几十年在全球变暖的背景下，延津气候也发生了明显的变化。GB 50019-2015《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》的附录A中明确指出：该规范的室外空气计算参数全部采用了现行国家标准GB 50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》附录A的数据，未做修改。GB 50736-2012采用1971-2000作为室外空气计算参数的统计期。考虑该统计期目前已严重滞后，故本节最终利用延津气象站1991-2020年(最近30年)的数据作为本报告推算室外空气计算参数的统计期。

根据《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范(GB50019-2015)》和《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范(GB50736-2012)》，计算延津气象站的(1)供暖室外计算温度；(2)冬季通风室外计算温度；(3)冬季空气调节室外计算温度；(4)冬季空气调节室外计算相对湿度；

(5)夏季空气调节室外计算干球温度; (6)夏季空气调节室外计算湿球温度; (7)夏季通风室外计算温度; (8)夏季通风室外计算相对湿度; (9)夏季空气调节室外计算日平均温度等 9 个室外空气气象参数。

表 7.8 室外气象参数

参数名称	计算方法说明	计算结果
(1)供暖室外计算温度	累年平均每年不保证 5 天的日平均温度	-3.7℃
(2)冬季通风室外计算温度	历年最冷月月平均温度的平均值	-0.2℃
(3)冬季空气调节室外计算温度	累年平均每年不保证 1 天的日平均温度	-5.7℃
(4)冬季空气调节室外计算相对湿度	历年最冷月月平均相对湿度的平均值	61%
(5)夏季空气调节室外计算干球温度	累年平均每年不保证 50h 的干球温度	34.0℃
(6)夏季空气调节室外计算湿球温度	累年平均每年不保证 50h 的湿球温度	27.5℃
(7)夏季通风室外计算温度	历年最热月 14 时的月平均温度的平均值	31.1℃
(8)夏季通风室外计算相对湿度	历年最热月 14 时的月平均相对湿度的平均值	60%
(9)夏季空气调节室外计算日平均温度	累年平均每年不保证 5 天的日平均温度	30.3℃

注：历年指整编气象资料时，所采用的以往一段连续年份的每一年。累年指整编气象资料时，所采用的以往一段连续年份的累计。

7.4.1 冬季空调和供暖参数

冬季空调和供暖参数包括供暖室外计算温度、冬季空气调节室外计算温度和冬季空气调节室外计算相对湿度这 3 个室外空气气象参数。供暖室外计算温度主要用于计算锅炉，尤其是集中采暖锅炉的燃料定额，从而确定其供热容量。供暖室外温度升高（降低）使得供暖燃料定额降低（升高）。冬季空气调节室外计算温度和计算相对湿度主要用于计算新风负荷和围护结构传热，用于指导空调设计负荷，温度升高（降低）使得冬季空调设计负荷降低（升高）。延津供暖室外计算温度为-3.7℃，冬季空气调节室外计算温度为-5.7℃，冬季空气调节室外计算相对湿度为 61%。

表 7.9 冬季空调和供暖参数值

供暖室外计算温度 (℃)	冬季空气调节室外计算温度 (℃)	冬季空气调节室外计算相对湿度 (%)
-3.7	-5.7	61

7.4.2 夏季空调参数

夏季空气调节参数包括夏季空气调节室外计算干球温度、夏季空气调节室外计算湿球温度和夏季空气调节室外计算日平均温度这3个室外空气气象参数。夏季空气调节室外计算干(湿)球温度可以影响围护结构传热和设备冷却效果，主要用于确定新风负荷。夏季空气调节室外计算干(湿)球温度的升高，将导致新风负荷增加，使室内的制冷能耗增加，不利于节能工作。同时，原有供冷设备选型供冷量偏低，在室外温度升高的同时，增加了设备负荷，将使设备容量难以符合负荷增加的需求，设备的使用存在一定的安全风险。

计算夏季空气调节室外计算干(湿)球温度所需要的逐小时气温数据，主要采用三次样条函数方法插值得到，并利用平均绝对误差、平均误差、平均相对误差和均方根误差这4个判据对插值效果进行了检验，检验结果表明用三次样条函数法得到的逐小时气温与实际观测值之间误差较小，插值效果较好。

根据上述方法计算出延津夏季空气调节室外计算干球温度为34.0℃，夏季空气调节室外计算湿球温度为27.5℃，夏季空气调节室外计算日平均温度为30.3℃。

表 7.10 夏季空调参数值

夏季空气调节 室外计算干球温度 (℃)	夏季空气调节 室外计算湿球温度 (℃)	夏季空气调节 室外计算日平均温度 (℃)
34.0	27.5	30.3

7.4.3 夏季和冬季通风参数

夏季和冬季通风参数包括夏季通风室外计算温度、夏季通风室外计算相对湿度和冬季通风室外计算温度这3个室外空气气象参数。通风分为卫生通风和热舒适通风。供暖、空气调节只是部分时间、部分建筑的补充需要，通风不仅是建筑的基本需求，也是建筑节能的关键。冬夏季通风是建筑节能的主要手段之一。通风室外计算温度可以确定通过通风可以消除多少余热，而相对湿度与人体舒适度有直接关系，进而影响到通风行为以及通风效果。延津夏季通风室外计算温度为31.1℃，夏季通风室外计算相对湿度为60%，冬季通风室外计算温度为-0.2℃。

表 7.11 夏季和冬季通风参数值

夏季通风室外计算温度（℃）	夏季通风室外计算相对湿度（%）	冬季通风室外计算温度（℃）
31.1	60	-0.2

7.5 排水设计气象参数

参考《中国城市新一代暴雨强度公式》，离延津较近的有新乡，且两地地形相近，故本节采用新乡暴雨公式，对180min以下的历时不同重现期暴雨强度进行计算，可为集聚区排水设计提供参考。

新乡的暴雨强度公式如下：

$$i = \frac{117.7783 + 118.28\lg T}{(t + 54.1725)^{1.1314}}$$

式中： i —暴雨强度（mm/min）； T —设计重现期（a）； t —降雨历时（min）；

7.5.1 不同历时不同重现期暴雨强度

5min、10min、15min、20min、30min、45min、60min、90min、

120min、150min、180min 共 11 个历时不同重现期（2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a）暴雨强度计算结果如下表所示。

表 7.12 不同历时不同重现期暴雨强度（单位：l/s·ha）

	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5min	252.7	287.1	330.3	389.0	447.6	481.9	525.2	583.8
10min	230.6	261.9	301.3	354.8	408.4	439.7	479.1	532.6
15min	211.8	240.6	276.8	326.0	375.1	403.9	440.1	489.3
20min	195.7	222.3	255.8	301.2	346.7	373.2	406.7	452.2
30min	169.6	192.7	221.7	261.1	300.4	323.5	352.5	391.9
45min	140.9	160.0	184.1	216.9	249.6	268.7	292.8	325.5
60min	120.1	136.5	157.0	184.9	212.8	229.1	249.7	277.6
90min	92.3	104.8	120.6	142.0	163.4	176.0	191.7	213.2
120min	74.5	84.6	97.4	114.7	132.0	142.1	154.8	172.1
150min	62.2	70.7	81.3	95.8	110.2	118.7	129.3	143.8
180min	53.3	60.5	69.7	82.0	94.4	101.6	110.8	123.1

7.5.2 不同历时不同重现期降水量

将暴雨强度换算成对应历时不同重现期降水量（单位：mm），结果如下表所示。

表 7.13 不同历时不同重现期降水量（单位：mm）

	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5min	7.6	8.6	9.9	11.7	13.4	14.5	15.8	17.5
10min	13.8	15.7	18.1	21.3	24.5	26.4	28.7	32.0
15min	19.1	21.7	24.9	29.3	33.8	36.4	39.6	44.0
20min	23.5	26.7	30.7	36.1	41.6	44.8	48.8	54.3
30min	30.5	34.7	39.9	47.0	54.1	58.2	63.4	70.5
45min	38.0	43.2	49.7	58.5	67.4	72.5	79.1	87.9

	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
60min	43.3	49.1	56.5	66.6	76.6	82.5	89.9	99.9
90min	49.8	56.6	65.1	76.7	88.3	95.0	103.5	115.1
120min	53.6	60.9	70.1	82.6	95.0	102.3	111.5	123.9
150min	56.0	63.6	73.2	86.2	99.2	106.8	116.4	129.4
180min	57.6	65.4	75.2	88.6	102.0	109.8	119.6	133.0

7.5.3 暴雨强度公式适应范围

本次暴雨强度公式编制使用降水资料为单个站点的资料，公式编制结果的适用范围值得深入探讨。这里结合延津县产业集聚区内及周边的国家气象站、区域自动站的逐小时降水量资料进行相关研究，对本次公式编制结果的适用范围进行初步的探讨。

分析产业集聚区周边区域自动气象站（小店、塔铺、榆林、小潭、石婆固、东屯、古固寨、关堤）与延津、新乡气象站降水量资料，气象站的相关信息见表 7.14。

表 7.14 气象站相关信息

站名	海拔（米）	建站时间
延津	82.7	1959-01
新乡	73.2	1951-01
小店	72	2009-07
塔铺	70	2020-11
榆林	64	2017-12
小潭	68	2017-12
石婆固	70	2007-08
东屯	71	2017-11
古固寨	74	2004-08
关堤	71	2018-07

以上几个站点建站时间不一致，考虑到小时雨量数据的连续、完整性，最终选取同时间段（2019-2021年）气象站雨量极值数据进行分析。从每个站点小时雨量数据中滑动提取出每年1、2、3小时的最大降水量数据。

表 7.15 气象站1、2、3小时最大降水量

站名	时间	1小时最大值 (mm)	2小时最大值 (mm)	3小时最大值 (mm)
延津	2019年	27.7	39.2	41.9
	2020年	32.6	52.8	59.6
	2021年	49.5	64.3	77.9
新乡	2019年	20.5	23.2	29.7
	2020年	63.5	86.1	96.1
	2021年	36	64.2	76.4
小店	2019年	27.5	35.5	43.5
	2020年	30.9	55.5	62
	2021年	45.6	55.3	60.5
塔铺	2019年	34.3	47.7	54.8
	2020年	29.1	40.1	54.2
	2021年	39.9	69.1	87.9
榆林	2019年	37.8	73.4	74.5
	2020年	128.1	180.4	202.8
	2021年	52.1	71.7	84.8
小潭	2019年	33.8	58.5	62.5
	2020年	57.5	114	129.8
	2021年	62.7	94.4	108.6
石婆固	2019年	42	48.5	52.8
	2020年	54.3	76	86.7
	2021年	54.1	61.3	68
东屯	2019年	25.8	42.9	50.5

站名	时间	1 小时最大值 (mm)	2 小时最大值 (mm)	3 小时最大值 (mm)
	2020 年	49.5	84.8	94.3
	2021 年	48.6	82.4	85.8
古固寨	2019 年	24.6	35.8	56.6
	2020 年	34.1	47.1	53.3
	2021 年	33.1	62.3	73.7
关堤	2019 年	23.6	30	41.1
	2020 年	23.8	39.5	43.7
	2021 年	60.3	108	112.1

园区及周边区域自动气象站 1、2、3 小时最大降水量在不同年份与延津、新乡气象站均有差异，以大于气象站的降水居多。故采用暴雨强度公式需适当谨慎，应相对提高重现期标准或者设计雨量乘以适当的订正系数。

7.6 重现期极值

7.6.1 最大日降水

利用延津建站以来的逐日降水量资料，逐年选取最大日降水，形成年最大日降水序列，计算不同重现期最大日降水量。

P 取不同重现期 (2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a)，计算各重现期降水量如下表所示。推荐使用 P-III 分布的推算结果，为了让设计人员有一个选择的余地，也为了有一个相互比较、相互验证的结果，其它方法作为参考。

表 7.16 不同重现期最大日降水量 (单位: mm)

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
P-III	68.0	90.7	119.5	158.7	198.0	221.0	250.1	289.5
极大似然法	72.9	92.7	116.5	149.6	184.8	206.7	236.0	279.1
L-矩估计	70.0	89.0	113.4	149.7	191.4	219.0	257.7	318.4

7.6.2 极端高温

利用延津建站以来的逐日最高气温资料，逐年选取最高气温，形成年最高气温极值序列，计算不同重现期极端高温。

P 取不同重现期（2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a），计算各重现期极端高温如下表所示，推荐使用 Gumbel 分布的推算结果，为了让设计人员有一个选择的余地，有一个相互比较、相互验证的结果，其它方法作为参考。

表 7.17 不同重现期极端高温（单位： $^{\circ}\text{C}$ ）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumebl	38.3	39.1	39.9	41.0	42.0	42.6	43.3	44.3
极大似然法	38.5	39.2	40.0	40.9	41.6	42.0	42.5	43.1
L-矩估计	38.4	39.2	40.0	41.0	41.8	42.3	42.8	43.5

7.6.3 极端低温

利用延津建站以来的逐日最低气温资料，逐年选取最低气温，形成年最低气温序列，计算不同重现期极端低温。

P 取不同重现期（2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a），计算各重现期极端低温如下表所示。推荐使用 Gumbel 的推算结果，为了让设计人员有一个选择的余地，有一个相互比较、相互验证的结果，其它方法作为参考。

表 7.18 不同重现期极端低温（单位： $^{\circ}\text{C}$ ）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumebl	-11.4	-12.4	-13.5	-14.9	-16.2	-17.0	-17.9	-19.2
极大似然法	-11.4	-12.4	-13.5	-14.8	-16.0	-16.7	-17.6	-18.6
L-矩估计	-11.5	-12.5	-13.6	-14.8	-16.0	-16.6	-17.4	-18.3

第八章 气象灾害风险评估

8.1 雷电灾害风险评估

8.1.1 延津县产业集聚区雷电气候分析

8.1.1.1 雷击大地密度 N_g 值分析

反映一地雷电气候的主要数据是雷击大地密度 N_g , N_g 可以利用闪电定位数据计算得出，也可以通过历史雷暴日数据计算得出，图 8.1 和图 8.2 是利用闪电定位数据统计得出的。图 8.1 为延津县产业集聚区地闪分布示意图，图 8.2 为延津县近 10 年平均地闪密度分布图：延津县地闪密度略高，在 $1.093 \sim 1.825$ 次/ km^2/a 之间，由西向北的中间地带地闪密度在 $0.726 \sim 1.092$ 次/ km^2/a 之间；其他北部和南部大部分地区地闪密度在 0.725 次/ km^2/a 以下。

延津县产业集聚区位于延津县西部，年平均地闪密度值为 1.56 次/ km^2/a 。

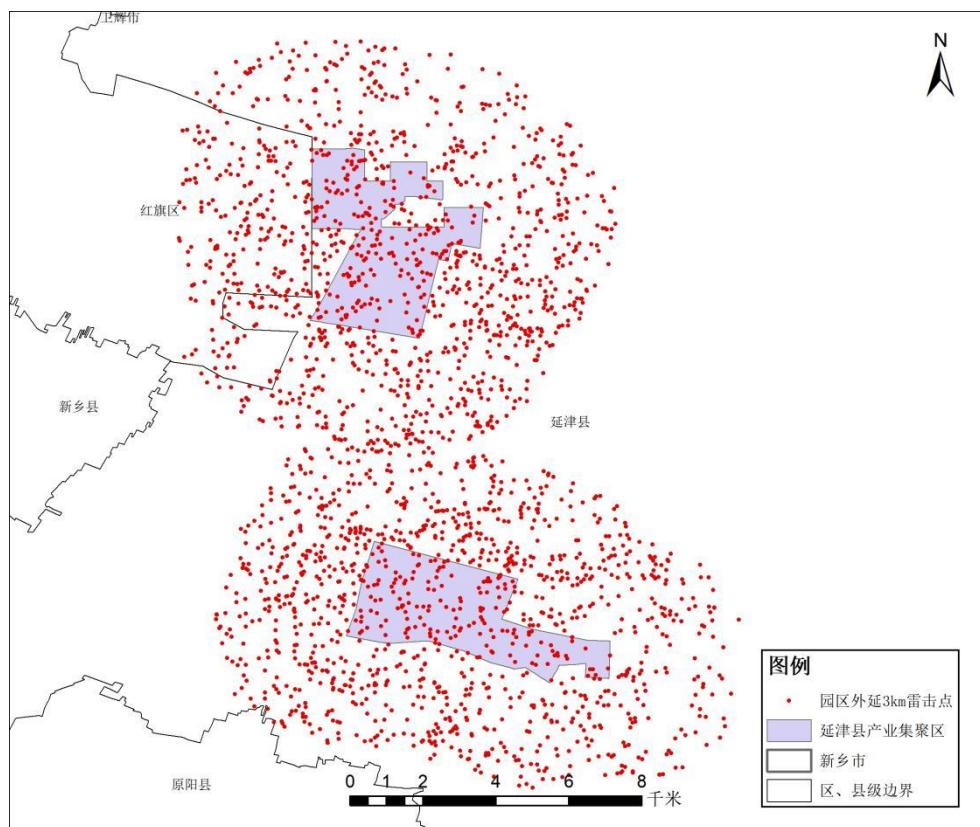


图 8.1 2012—2021 年延津县产业集聚区地闪回击示意图

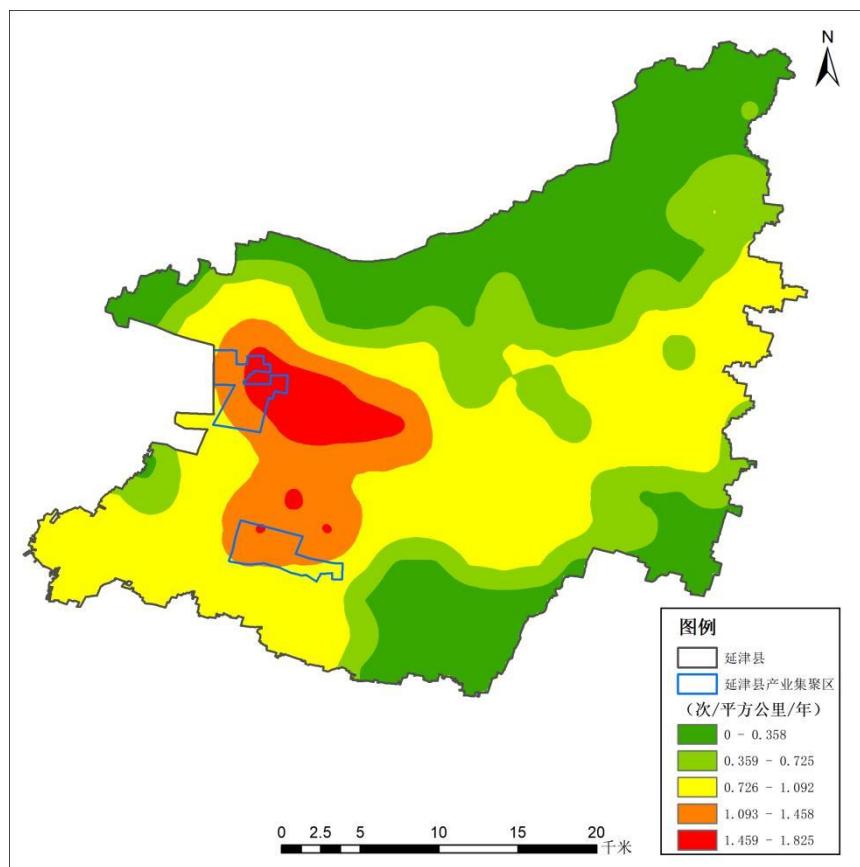


图 8.2 2012—2021 年延津县年平均地闪密度图

根据延津气象站观测的 1957—2013 年雷暴日数据可知，年均雷暴日数为 21.8d，按照 GB50057-2010 雷击大地密度 $N_g=0.1T_d$ ，可得雷击大地密度为 2.18 次/km²/a。利用历史雷暴日数据依据公式计算所得的雷击大地密度比闪电定位系统统计数据 1.56 次/km²/a 要大，当用两种方法计算得到雷击大地密度数据时，为了进一步确保雷击安全，我们建议取较大 2.18 次/km²/a 作为防雷装置设计依据。

8.1.1.2 历年最强雷暴天气分析

在评估区域内，一个自然时内闪电定位系统记录到 1 次及以上地闪回击，我们把它记为一个雷暴小时。雷暴小时强度是一个反映评估区域极端雷暴天气过程的值，该值越大则表明短时间内评估区域内地闪次数越多。短时间内的连续地闪回击可能使评估区域内原本完好的雷电防护装置失效，极大的提高了雷电灾害发生的风险。这是一个进一步细化评估区域内雷电气候的物理量。

从统计结果可知，园区内总雷暴小时数最多的年份是 2020 年，为 36 小时，其次是 2013 年，为 32 小时；雷暴小时数量最少的年份是 2017 年，为 6 小时；项目区域最强雷暴活动天气出现在 2013 年 8 月 7 日 18 时，观测到了 733 次闪击；其次是 2014 年 7 月 29 日 22 时，观测到了 55 次闪击。

8.1.1.3 雷暴路径分析

地面测站雷暴路径资料分析可以体现项目所处区域的雷暴发生发展趋势，为提升项目防范雷电灾害的能力提供重要依据。选取离园区最近的延津气象站，统计了 1957—2013 年延津地面气象观测站雷暴发生路径，得到历年雷暴路径图（图 8.3），从图可以看出全年中项目所在地由西北方向进入的雷暴比例最高，其次是西南方向；正东方向进入的雷暴最少。因此，雷暴主导方向是西北和西南方位，建筑

物在这两个方位上雷击概率大于其它方位。所以若要进行区域防护，应将接闪器等主要设施设置在雷暴主路径上；建设单位尽量不要在雷暴主路径上布置对雷电敏感度高的建（构）筑物或易燃易爆场所等；在计算年平均雷击次数 ND 时，应考虑雷暴路径对建筑物位置因素 Cd 的影响。

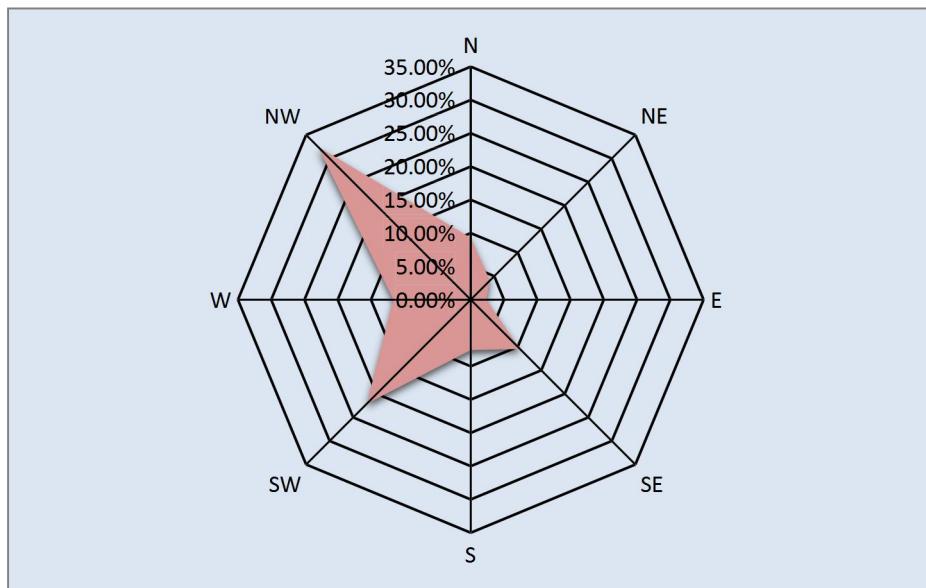


图8.3 1961—2013年延津气象站观测到的雷暴路径统计图

8.1.2 地闪时间分布

8.1.2.1 年变化特征

近 10 年来，延津县产业集聚区地闪频次年变化整体呈下降趋势。2013 年地闪次数最多，为 1484 次，远多于其他年份；2017 年地闪次数最少，仅有 12 次。从统计数据来看，延津县产业集聚区内地闪频次年变化较大，不排除未来个别年份雷电活动会剧增的可能性。

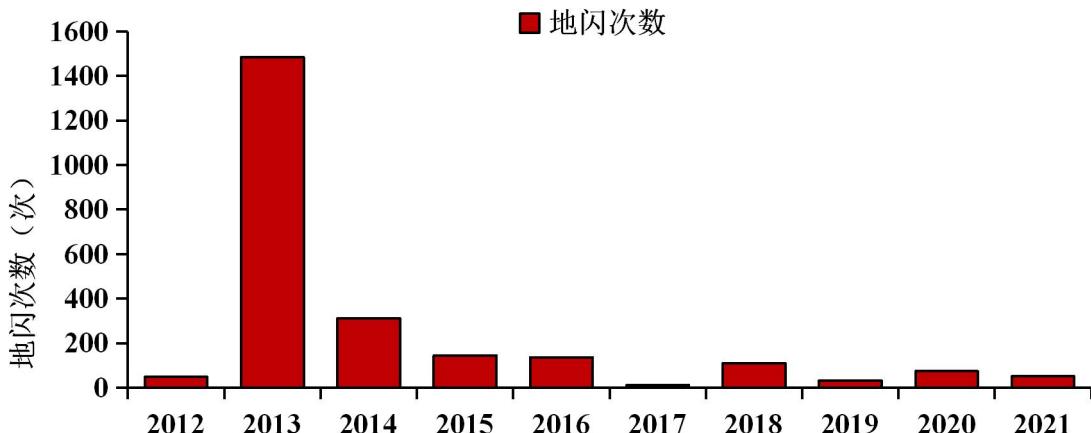


图 8.4 2012—2021 年延津县产业集聚区地闪频次年变化特征

8.1.2.2 月变化特征

由历年地闪频次月变化（图 8.5）可知：延津县产业集聚区 2012 年—2021 年所发生的地闪主要分布在 7—8 月，占地闪总数的 87.4%。其中 8 月份最多，为 1446 次，占地闪总数的 60.1%；7 月份有 657 次，占地闪总数的 27.3%；6 月份有 162 次，占地闪总数的 6.7%；其他月份有少量地闪发生或没有发生。园区内的雷电主要出现在盛夏季节，春季次之，冬季的雷电活动较少。主要是因为 6—8 月易触发对流性天气；而秋、冬季节不易触发对流天气，雷电活动减少。9 月以后，雷电活动虽然相对夏季明显减少，遇到雷暴天气的概率降低，但仍会有雷电发生，其危害强度并不小，所以秋、冬季的防雷工作仍然不能忽视。

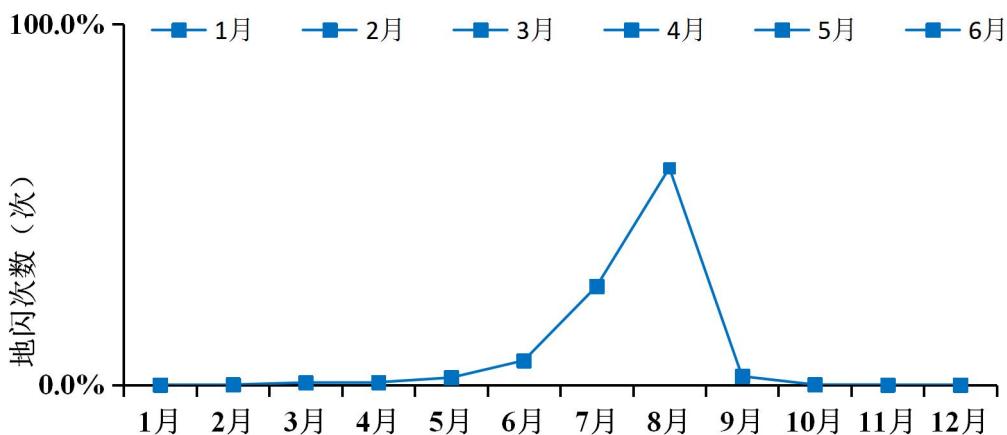


图 8.5 2012—2021 年延津县产业集聚区地闪频次月变化特征

8.1.2.3 日变化特征

由图 8.6 可知，2012 年—2021 年延津县产业集聚区内所发生地闪主要分布于凌晨 01 时和下午 17 时—18 时，占总地闪次数的 55%，该时间段的地闪次数均在 200 次以上。最大值出现在下午 18 时，地闪次数为 819 次；其次是 17 时，为 296 次；01 时为 208 次；04 时和 22 时的地闪次数均超过 100 次；其他时间段的地闪次数均在 90 次以下。由此可见，园区的地闪大致集中在凌晨 01 时和下午 17 时—18 时。因此园区应关注这个时间段的雷电天气。

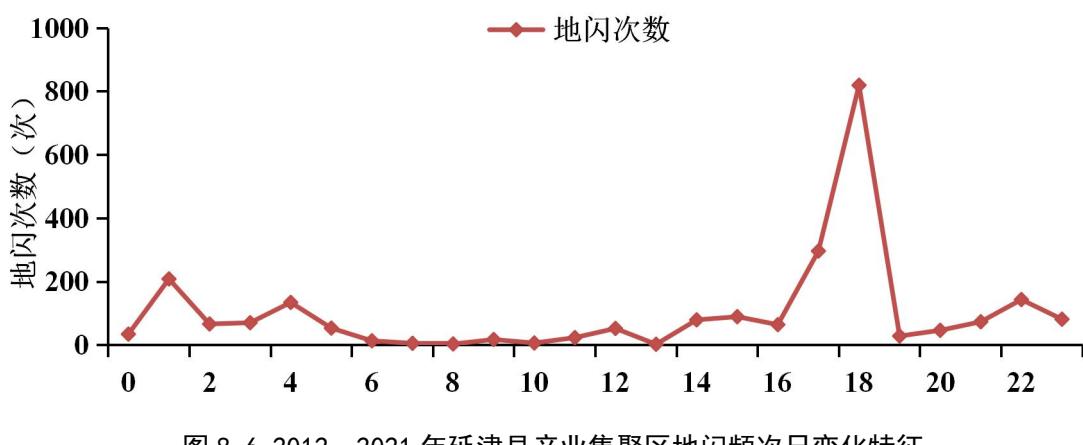


图 8.6 2012—2021 年延津县产业集聚区地闪频次日变化特征

8.1.3 雷电流强度分析

8.1.3.1 逐月雷电流平均强度及最大强度

延津县产业集聚区 1 月、11 月和 12 月没有地闪发生，其余各月平均雷电流强度在 7.8~45.675kA 之间，其中 10 月最小，2 月最大；最大雷电流强度在 7.8~197.3kA 之间，其中最大值出现在 9 月，最小值出现在 10 月。

8.1.3.2 雷电流强度的概率分布

根据闪电定位数据统计得到雷电流强度分布概率图（图 8.7），延津县产业集聚区所在地发生的地闪雷电流主要集中在 10~50kA，占地闪总数的 73.9%；10kA 以下的雷电流占 8.5%；50~100kA 的雷

电流占 13.9%；100kA 以上的雷电流占 3.7%。

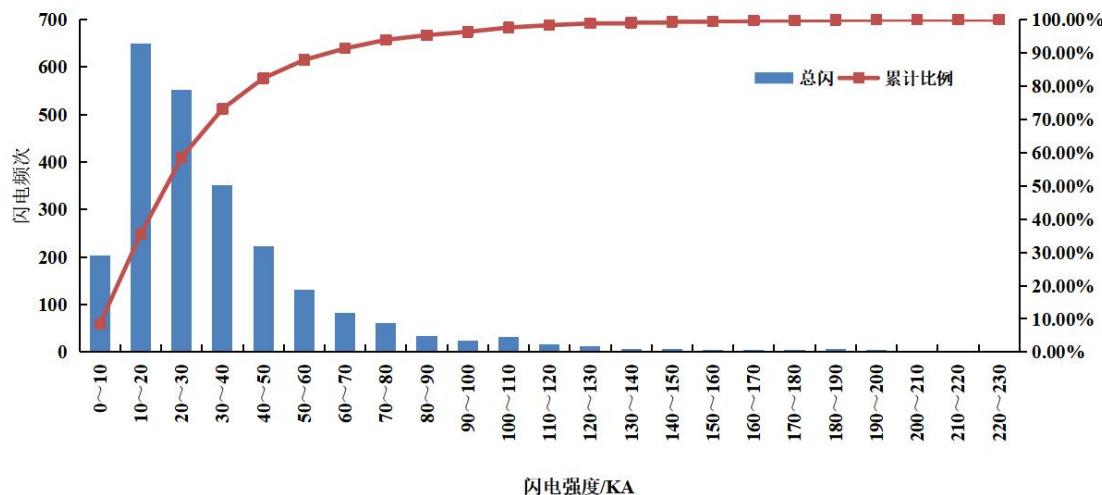


图 8.7 2012—2021 年延津县产业集聚区雷电流强度分布概率

8.1.3.3 雷电流绕击及反击分析

雷电的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。雷电的反击现象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，当雷电流 I 分别大于 5.4 kA、10.1 kA、15.8 kA 时，雷电将击于接闪器上，当雷电流 I 分别小于 5.4 kA、10.1 kA、15.8 kA 时，雷电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 kA、150 kA、100 kA，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 10 年，项目区统计时间段内项目暂时还未出现雷电流强度大于 200 kA 的地闪，项目区域内绕击率和反击率见表 8.1。

表8.1 2011-2021年项目区域内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	4 (<5.4kA)	0.2%	0(>200kA)	0.0%
二类防雷建筑物	210 (<10.1kA)	8.7%	16(>150kA)	0.7%
三类防雷建筑物	590 (<15.8kA)	24.6%	89(>100kA)	3.7%

8.1.4 雷击风险等级

通过对园区及周边部分地区的雷暴数据分析可知：延津县产业集聚区的雷击大地密度为 1.56 次/km²/a，雷电流平均强度 38.4kA。

根据附录 B 表 3 区域雷击风险评估分级标准，延津县产业集聚区的区域雷击风险综合评价等级为 III 级，属于中等风险。

8.1.5 雷击防护建议

(1) 根据闪电定位系统监测到的数据显示园区雷击大地密度为 1.56 次/km²/a，依据延津气象站 1957—2013 年平均雷暴日数据计算，其雷击大地密度为 2.18 次/km²/a。建议在设计院防雷装置设计时，取 2.18 次/km²/a 为设计依据。

(2) 按照 GB50057-2010 中的规定，园区内一般工业厂房及办公楼可以划分为三类防雷建筑物，易燃易爆场所则需根据具体的使用性质按设计标准划分防雷类别。根据园区闪电定位数据统计得到，地闪次数年变化起伏较大，由于该地雷电活动主要受大尺度雷暴天气影响，未来不排除个别年份会出现雷电剧增的情况。

(3) 该地地闪主要在夏季 7—8 三个月，占全年雷电活动的 87.4%，冬季较少，只有个别年份冬季有闪电发生。从日变化上来看，凌晨 01 时和下午 17 时—18 时是雷电活动的高发期，要密切注意在这两个时间段内发生雷电时的人员安全防护。

(4) 园区内的防雷装置除应按照国家标准设计、施工、使用外，

还应建立一套适用的防雷安全工作方案和防雷安全应急预案对所属防雷装置进行管理维护和发生雷击后的应急管理。

(5) 园区内所在企业的低压配电系统及信号系统应安装 SPD，一旦遭到感应雷击，电子电气系统极易遭损害，建议总配电开关处应设计安装 SPD，各层配电箱及重要设备配电箱或跨越防雷区的线路安装 SPD，并在防雷区分界处作等电位连接。安装和选择的 SPD 及各级 SPD 的协调配合应符合《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 的相关规定。

(6) 园区内超过 60m 的建筑物其上部 20% 应符合防侧击雷要求，其金属门窗、栏杆等应与建筑物防雷装置连接。

(7) 对园区采用层次法进行区域雷击风险综合评价，等级为Ⅲ，属于中等风险。

8.1.6 园区内施工现场防雷建议

(1) 雷电活动随季节和时段的不同有明显变化，现场施工应合理安排工程进度，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和时段。

建设单位应根据当地气象部门发布的天气预报及雷电预警信息，做好施工期间的雷电防御措施，有效减小雷击的可能。

(2) 做好施工现场临时设施的防雷安全

① 施工现场办公板房、宿舍板房等应有直击雷防护设施，接地电阻应小于 10Ω 。

② 设置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、防雷接地共用接地装置时，接地电阻应小于 4Ω 。

③ 塔吊等机械设备，操作人员乘坐室应采取直击雷防护措施。

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，施工过程中使用的金属脚手架、临时支撑就位后，应及时与预留接地端子等电位连接。

⑤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，并设立警示标识；为防止跨步电压导致人身伤亡事故，应设立相应的警示标识。

⑥施工单位应制定防雷安全管理制度，对施工人员进行防雷安全知识培训，加强工作人员的防雷安全管理，使其系统的掌握防雷安全知识，通晓防雷避险常识和自救方法。

（3）现场施工人员防雷应急措施

①遇有雷雨天气，特别是当雷电临近时，管理人员应当提醒、督促施工人员立即停止高空、吊装、电焊等可能带来雷电危险的作业。人员应及时进入安全区域进行躲避，不宜停留在无防雷设施的车库、车棚，要尽量远离大树和高压线等物体，防止遭受直击雷。

②雷闪时切勿处理开口容器盛载的易燃物品。不宜在空旷的位置使用手机、对讲机等各类通讯工具。

③临时办公区、生活区建筑物内的人员不要拨打或接听架空线缆引入的固定电话，尽量配备和使用具有免提功能的电话。

④雷雨天气下，施工人员不要肩扛金属材料和潮湿的木料在建筑物外围或建筑物顶部、高处行走。

⑤雷闪时，处于临时建筑物内的人员不要靠近金属管道及配电箱等与室外有电气连接的金属设施，不要停留在门窗处。

⑥雷雨时不要在孤立的大树、塔吊、高压输配电铁塔、高大的装置下行走或停留，防止接触电压或跨步电压的伤害。

⑦高空作业人员应在雷闪到达前撤离塔吊。

⑧安装在临时办公室、生活区的太阳能热水器，由于等电位连接

措施不完善，在雷雨天气下，不要使用太阳能热水器。

8.1.7 防雷装置投入使用后的防雷安全指导意见

(1) 防雷装置应由熟悉雷电防护技术的专职或兼职人员负责维护管理。

(2) 防雷装置投入使用后，应建立管理制度。对防雷装置的设计、安装、隐蔽工程图纸资料、年检测试记录等，均应及时归档，妥善保管。

(3) 雷击事故发生后，应及时调查雷灾损失，分析致害原因，提出改进措施，并上报主管部门。

(4) 防雷装置安全检测工作由国家及地方有关法律法规规定的法定机构完成，实施检测单位应具有相应的检测资质；检测人员必须具备相应专业技术知识和能力，并应持有能力认证证书。

(5) 应在非雨天和土壤未冻结时检测土壤电阻率和接地电阻值。现场环境条件应能保证正常检测。

(6) 应具备保障检测人员和设备的安全防护措施，雷雨天应停止检测，攀高危险作业必须遵守攀高作业安全守则。检测仪表、工具等不能放置在高处，防止坠落伤人。

(7) 检测仪器应在检定合格有效使用期内使用。

(8) 检测时，接地电阻测试仪的接地引线和其他导线应避开高、低压供电线路。

(9) 每一项检测需要有二人以上共同进行，每一个检测点的检测数据需经复核无误后，填入原始记录表。

(10) 在检测配电房、变电所、配电柜的防雷装置时应着绝缘鞋、绝缘手套、使用绝缘垫，以防电击。

(11) 防雷装置的维护分为定期维护和日常维护。每年在雷雨季

节到来之前，应进行一次定期全面检测维护。日常维护应在每次雷击之后进行。在雷电活动强烈的地区，对防雷装置应随时进行目测检查。

(12) 进行防雷装置检查时，应当着重检查以下部位：

①检测外部防雷装置的电气连续性，若发现有脱焊、松动和锈蚀等，应进行相应的处理，特别是在断接卡或接地测试点处，应进行电气连续性测量。

②检查接闪器、杆塔和引下线的腐蚀情况及机械损伤，包括由雷击放电所造成的损伤情况。若有损伤，应及时修复。当锈蚀部位超过截面的三分之一时，应更换。

③测试接地装置的接地电阻值。若测试值大于规定值，应检查接地装置和土壤条件，找出变化原因，采取有效的整改措施。

④检查内部防雷装置和设备金属外壳、机架等电位连接的电气连续性，若发现连接处松动或断路，应及时更换或修复。

⑤检查电涌保护器的运行状况：有无接触不良、漏电流是否过大、发热、绝缘是否良好、积尘等情况，出现故障应及时排除或更换。

8.1.8 雷击事故处理

(1) 雷击事故发生后，岗位人员要沉着、镇静，及时开展救助和妥善安置人员，并迅速安排人员保护现场，等待救援人员的到来。

(2) 雷击事故发生后，应及时通知当地防雷主管机构，由防雷主管机构组织相关部门及人员进行雷电灾害调查，做出雷灾鉴定。

(3) 雷击事故发生后，要组织人员对临近的设备管线的防雷装置进行仔细检查，避免雷击频繁发生。

(4) 事故发生后，应根据雷击所波及到的范围建立警戒区，周边道路实行交通管制，禁止无关车辆、人员进入警戒区。

8.2 强降水诱发的暴雨洪涝风险评估

随着地理信息系统（GIS）技术的广泛应用，其已成为暴雨洪涝风险评估的一项重要技术手段，利用数字高程模型及各种迭代算法，实现了给定水深情况下洪水淹没区的计算模拟以及依据蓄满产流平衡原理对暴雨洪涝淹没进行模拟。目前，GIS 与水动力模型结合的洪水淹没模拟研究活跃，Geomer 公司通过 FloodArea 模型编制流域风险图技术得到广泛应用。本章内容在 GIS 平台上，采用 FloodArea 模型对参证站不同重现期的 24 小时强降水过程引发的流域暴雨洪涝进行淹没模拟，为延津县产业集聚区建立面向暴雨洪涝灾害的气象防灾减灾工程设计提供技术支撑。

8.2.1 FloodArea 模型简介

FloodArea 模型由德国 Geomer 公司研制开发，以 Arcview3.x 扩展模块形式内嵌于 GIS 平台，与 ArcGIS 无缝集成，原理为二维非恒定流水动力模型，计算基于水动力方法。该模型目前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制图。自 2001 年发布到 2011 年 8 月，十年间已经更新数十次版本，并在 20 多个国家和地区的决策、科研以及工程等部门开展应用。FloodArea 采用 ArcGRID 数据格式，采用数字高程模型（DEM）进行水文-水动力数学建模，淹没过程的水动力由二维不稳定洪水演进模型模拟完成。FloodArea 模型充分考虑了地形坡度和多种地表覆盖形态下地表粗糙度对洪水动态演进过程的影响，洪水以输入水位、流量和面雨量三种方式进入模型，并根据水文过程线进行实时参数调整。FloodArea 模型针对每个时相的运行过程，以栅格形式输出和存储，过程直观明确，便于查询，计算迅速快捷，可视化表达流向、流速和淹没水深等水文参数和时空物理场，为洪水淹没风险动态评估提供了有效工具，在国

外山洪灾害监测预警以及城市洪涝监测评价中得到了广泛应用，国内也已有多个省份和地区采用 FloodArea 淹没模型进行淹没风险模拟，计算暴雨洪涝灾害影响范围及分布区网。

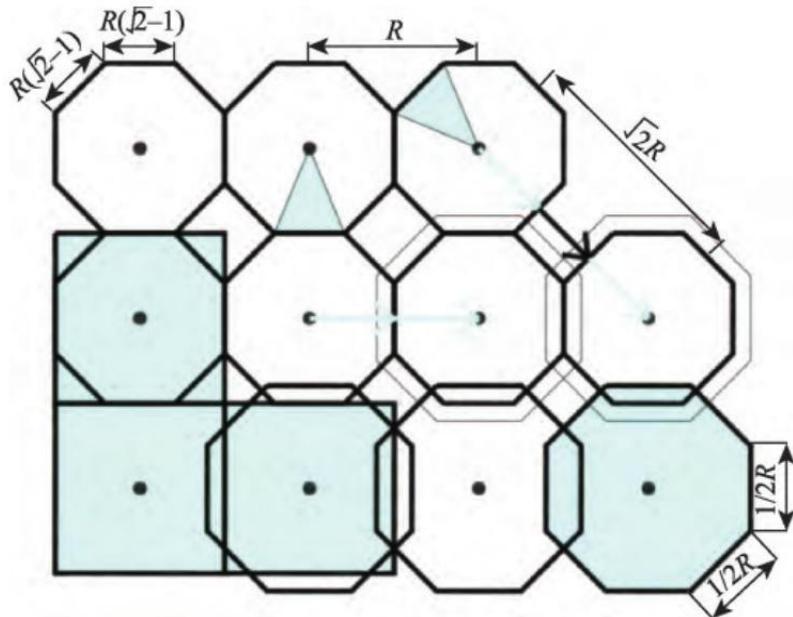


图 8.8 FloodArea 模型汇流计算原理示意图 (Geomer, 2003)

FloodArea 模型具体的模拟演进以栅格为单位，利用 Manning-Stricker 公式（式 8.1）计算每个栅格单元与周围 8 个单元之间的洪水流量。图 8.8 为 FloodArea 模型计算洪水汇流示意图，模型中相邻单元的水流宽度被认为是相等的，位于对角线的单元，以不同的长度算法来计算； R 为相邻单元的栅格距离， $R\sqrt{2}$ 为对角线单元的栅格距离，阴影部分指栅格面积。模型假定边界坡度连续，避免涝水在边界堆积。水流的淹没深度为淹没水位高程和地面高程之间差值，图中箭头指淹没过程中的水流方向，它由地形坡向所决定，地形坡向反映了斜坡所面对的方向，坡向指地表面上一点的切平面的法线矢量在水平面的投影与过该点的正北方向的夹角，表征该点高程值改变量的最大变化方向。

水流宽度为 $1/2$ 栅格，流向由相邻栅格高程差和最低水位差决定，对邻近单元的泻入量计算公式：

$$V = k_{st} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

式中 k 是 Strickler 系数，曼宁系数（即糙率）的倒数； r 是水力半径即过水面积与湿周之比， I 是坡度。Strickler 系数根据土地利用数据转换，见表 8.2。

表8.2 不同土地利用类型对应的Strickler系数

土地利用类型	耕地	居民地	水体	森林	灌木	草地	湿地	荒地
Strickler系数	20	14	40	20	14	40	15	17

FloodArea模型有三种基本的淹没情景：漫顶、溃口以及暴雨，这里选用暴雨淹没情景进行模拟，输入数据包括地理高程、逐时降水、Strickler系数和最大水流交换率。

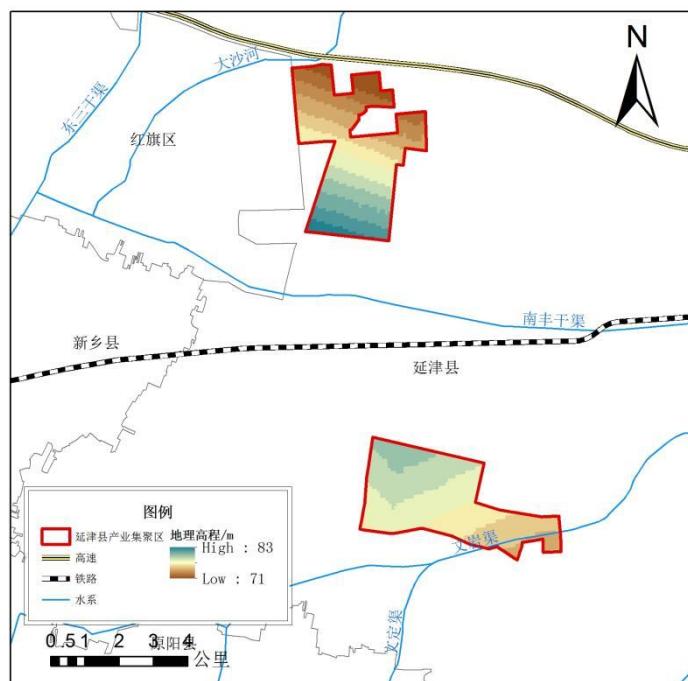


图 8.9 延津县产业集聚区气候论证评估区域地理高程分布图

图8.9给出了延津县产业集聚区气候可行论证评估区域的地理高程分布，从图中可以看出，评估区域地势较为平坦，地理高程在71~83m，北部园区的南侧和南部园区的西北侧地势较高，北部园区的北侧地势最低。

8.2.2 暴雨洪涝灾害淹没情景分析

8.2.2.1 园区降水特征

延津降雨量时空分配极不均衡。根据参证站资料分析，多年平均降水量 587.0mm，汛期（6—8 月）降水量占全年降水的 59%。暴雨量的年际变化相对较大，1957—2020 年，参证站年均暴雨量 192.7 毫米，约占全年平均雨量的 33%，最多年份为 720.9 毫米（2000 年），16 年未发生暴雨。一年中出现暴雨的最早日期是 4 月 8 日（2008 年），最晚日期是 10 月 13 日（1958 年）。

统计 2016—2020 年参证站日内降水逐时的分配可以发现；03—04 时、15—16 时、20—22 时为日内降水的较多时段，平均小时降水量接近或超过平均日降水的 5%。

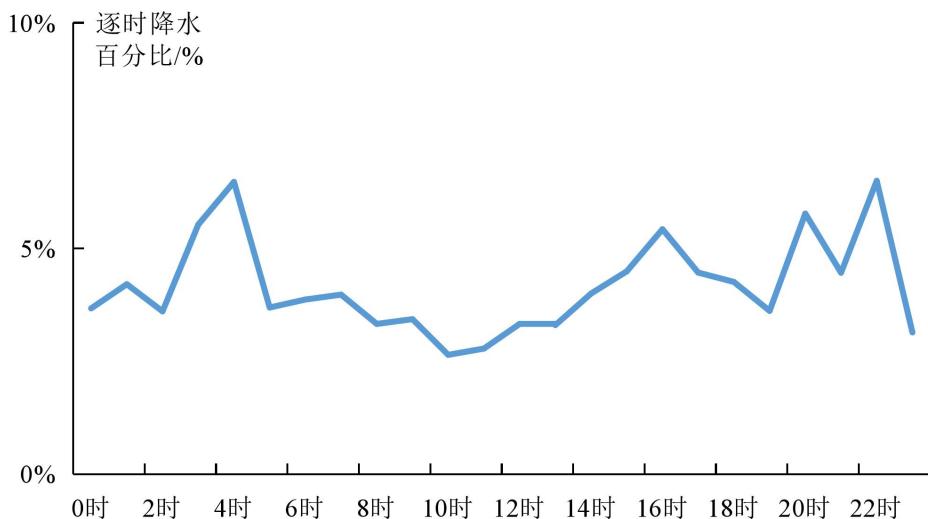


图 8.10 2016—2020 年参证站逐时降水百分比分布

8.2.2.2 园区承灾体种类

延津县产业集聚区内暴雨洪涝承灾体种类繁多，包括人口、房屋、生产企业、商业、仓储等多种类型，而且各种承灾体的敏感程度不同。例如，由于城市空间立体开发，隧道、地下商场、地下停车场等地下设施大量增加，积水倒灌浸泡的隐患增多。暴雨积水容易造成房屋和

物品浸泡，导致财产损失，更严重地会威胁人们生命安全。此外，未能及时排出的积水一旦变成污水也将对城市环境卫生造成不良影响。对于城市交通，当积水深度达到 20cm 时，步行困难；积水超过 30cm 时，则自行车、小汽车行进困难；积水超过 80cm 时，则交通完全中断。

8.2.2.3 暴雨洪涝风险等级划分标准

区内暴雨洪涝灾害一旦发生，可能造成车辆被淹、交通中断、房屋进水、人员被困以及设施被毁等一系列危害，严重影响城市安全运行、经济活动和市民正常生活。不同的承灾体其暴露度和易损性存在差异，受暴雨洪涝灾害影响的敏感性也不同。为了能够准确反映暴雨洪涝灾害对不同承灾体的影响程度，按照承灾体对象划分，综合暴雨洪涝灾害对交通、商业和住宅、车库等主要承灾体的影响程度划分风险等级。

表 8.3 暴雨洪涝等级标准及对不同承灾体的影响

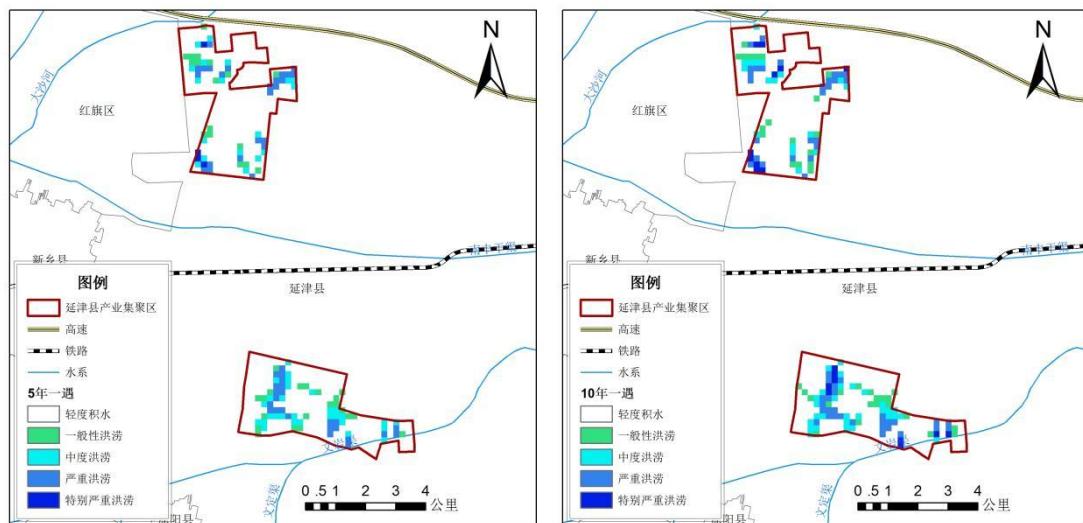
分级判别	I级 $PD \geq 80$	II级 $50 \leq PD < 80$	III级 $25 \leq PD < 50$	IV级 $10 \leq PD < 25$
标准(cm)	特别严重洪涝	严重洪涝	中度洪涝	一般性洪涝
交通	车辆无法通行，交通中断，影响特别严重	大型客、货车通行困难、对交通造成严重的影响	中小型车辆通行困难，对交通造成一定影响	行人通行较困难
生产及居民生活	工厂、商店、住宅进水现象严重，对生产、生活造成特别严重的影响	部分工厂、商店、住宅有进水现象发生，对生产、生活造成严重的影	少数工厂、商店、住宅有进水现象发生，对生产、生活造成一定影响	对居民生活造成一定影响

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
------	--------	----------------	---------------------------------------	-----------------------------

注：其中 PD 为积水深度

8.2.3 暴雨洪涝灾害淹没模拟结果

考虑园区论证目标，选取区域逐年日降水进行时空特征分析，设计了园区 5 年、10 年、20 年、30 年、50 年及 100 年一遇这六个重现期的日降水量。因为缺乏区域排涝设施及排水数据，本报告仅开展延津县产业集聚区未考虑排水条件下的暴雨洪涝淹没情景模拟分析。为了方便阅读，本报告将模拟得到的淹没水深按照暴雨洪涝风险等级划分标准进行了转换，直接给出暴雨洪涝风险等级分布图，如图 8.11 所示。



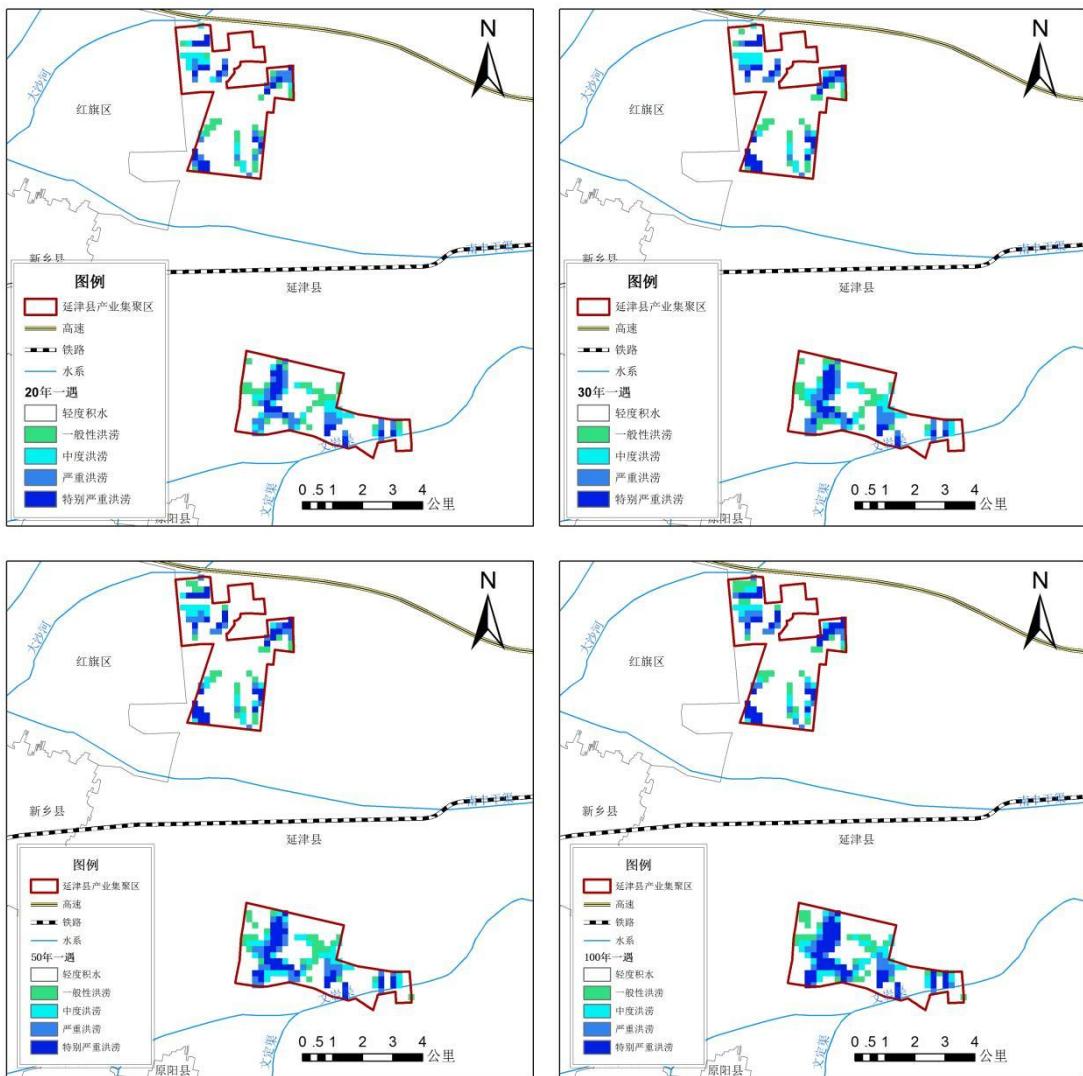


图 8.11 不同重现期日降雨量下延津县产业集聚区暴雨洪涝风险等级分布

对比各个重现期暴雨洪涝的模拟结果可以看出，随暴雨量级的增大，园区内的淹没水深逐步增加，淹没范围逐渐加大，洪涝风险等级和范围也逐步增大，百年一遇暴雨的淹没水深达到最深，淹没范围达到最大，风险等级达到最高。总体而言，园区内约有 1% 的地区暴雨洪涝风险相对较大，在遭遇 5 年一遇—100 年一遇暴雨灾害时均为特别严重洪涝状态；约 6 成的地区暴雨洪涝风险相对较小，在遭遇 5 年一遇—100 年一遇暴雨灾害时均为轻度积水状态；其余区域面对不同等级洪涝风险。

8.2.4 暴雨洪涝淹没面积定量评估

参考暴雨洪涝等级标准对不同承灾体的影响提取了延津县产业集聚区不同重现期日雨量、不同暴雨洪涝等级积水面积比例，如表 8.4 所示。

总的来说，随重现期增大，低风险等级面积和比例不断减少，高风险等级面积和比例不断增加。在不同重现期的单站暴雨情景下，延津县产业集聚区约 6 成的区域淹没水深在 0.1m 以下，属于轻度积水，剩下的区域则会遭受不同程度的暴雨洪涝风险。具体来说，在不同重现期暴雨情景下，一般性洪涝积水面积比例为 7%~9%；中度洪涝积水面积比例为 7%~9%；严重洪涝积水面积比例为 8%~10%；特别严重洪涝积水面积比例为 1%~15%。进一步对比分析可以看出，在 5 年一遇暴雨情景下，园区局部即呈现严重暴雨洪涝风险，在 10 年、20 年、30 年、50 年和 100 年一遇单站暴雨情景下，园区暴雨洪涝风险增加；随着重现期的增大，严重洪涝风险面积不断增加。

表 8.4 不同重现期延津县产业集聚区不同风险等级积水面积比例

重现期 水深 (m)	[0-0.1]	[0.1-0.25]	[0.25-0.5]	[0.5-0.8]	≥ 0.8
	轻度积水	一般性洪涝	中度洪涝	严重洪涝	特别严重洪涝
5年一遇	75%	7%	8%	9%	1%
10年一遇	71%	8%	8%	10%	3%
20年一遇	67%	8%	7%	10%	8%
30年一遇	64%	9%	8%	9%	10%
50年一遇	62%	9%	9%	8%	12%
100年一遇	59%	9%	9%	8%	15%

8.3 污染指数分析

风向和风速都是影响大气污染物扩散的重要因子。风向与污染的关系，主要表现在风对污染物的水平输送上，它可指示污染物的去向和行踪。一般而言，在排放量一定的情况下，排放源应设在居民区最小频率风向上，以保障下风区接受污染时间最短。风速大小和大气稀释扩散能力紧密联系，是影响浓度的重要因素。污染系数综合了风向风速的作用，是开发区厂址选择和厂区布局的一项重要的依据。

污染系数的计算公式为：

$$C = P/\bar{V}$$

式中：C为污染系数；P为风向频率； \bar{V} 为该风向的平均风速，单位为米/秒。

以1月作为冬季代表月，4月作为春季代表月，7月作为夏季代表月，10月作为秋季代表月，对比分析延津县产业集聚区2016—2020年四季污染系数。表8.5给出了延津县产业集聚区2016—2020年各代表月（1、4、7和10月）及年污染系数，图8.12为相应的玫瑰图。

表 8.5 延津县产业集聚区 2016—2020 年四季各代表月及年污染系数

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
1月	0.9	3.6	6.7	5.5	4.7	4.9	3.2	3.3	4.5	3.4	2.5	1.7	2.3	1.5	0.8	0.6
4月	0.6	2.5	3.9	2.4	3	4.2	2.6	3.4	6.2	4	3.2	1.9	1.7	1.4	0.9	0.6
7月	1.1	3.1	5.1	4.3	4.5	4.9	4.5	4.6	7	3.6	2.4	1.7	1.5	1.3	1	1
10月	1.1	4	4.6	3.7	4.2	4.7	2.2	3.4	5.1	4.6	3.7	2.8	2.4	2	2	1.2
年	1.0	3.3	5.0	3.7	3.7	4.2	3.1	3.7	5.4	3.7	3.1	2.0	2.0	1.7	1.2	0.8



图 8.12 延津县产业集聚区 2016—2020 年四季各代表月及年污染系数玫瑰图

延津县产业集聚区 1 月 NE 风向污染系数最大, 为 6.7, NNW 风向污染系数最小, 为 0.6; 4 月 S 风向污染系数最大, 为 6.2, NNW 风向污染系数最小, 为 0.6; 7 月 S 风向污染系数最大, 为 7, NNW 风向污染系数最小, 为 1.0; 10 月 S 风向污染系数最大, 为 5.1, N 风向污染系数最小, 为 1.1; 2016—2020 年 S 风向污染系数最大, 为 5.4, NNW 风向污染系数最小, 为 0.8。整体来看东北、南方位污染

系数较西北、东南方位大。因此，延津县产业集聚区内部规划时，要尽量避免将污染物排放大的机构布置在盛行风向的上风向，即东北、南方位，而应布置在西北、东南方位。建议延津县产业集聚区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，园区运营后，重污染预警期间，采取减排措施，尽量减少不利气象条件带来的影响。

第九章 结论和建议

本报告以延津县产业集聚区周边国家气象站以及省级气象观测站等观测资料为基础，结合历史灾情资料，对集聚区所在区域的气候条件开展论证分析工作。

本章对报告的主要内容，即大气环流背景、集聚区气候背景、高影响天气、关键气象参数、暴雨、雷电、污染指数等灾害专题影响评估和集聚区规划建设对局地气候的可能影响进行总结，给出结论的适用性和不确定性。同时根据结论，进一步对集聚区的规划、建设和运营等提出建议。

9.1 主要结论

9.1.1 大气环流特征

夏季影响延津的大气环流系统主要包括西太平洋副热带高压、台风、低空急流、西南涡等，易出现暴雨、雷雨大风、冰雹、短时强降水等对流性天气；冬季西伯利亚高压偏强，配合西风带低槽，易出现低温阴雨（雪）、寒潮大风等灾害性天气。春季受冷锋、东北冷涡等影响易出现冰雹、倒春寒、暴雨等灾害性天气。秋季在阻塞高压建立到崩溃过程中，配合短波槽等影响，易出现干旱和连阴雨等天气。

9.1.2 集聚区气候背景

延津位于河南省北部，黄河北岸，坐落于中原城市群核心腹地。属暖温带大陆性季风气候，四季分明。

延津气象站累年平均气压 1008.1hPa，年平均气温 14.6℃，年平均降水量 596.1 毫米，年平均风速 2.3 米/秒，年平均相对湿度 67%，

年平均日照时数 2152.9 小时。建站至 2020 年，年极端最高气压 1039.6hPa，极端最低气压 982.3hPa，极端最高气温 42.7℃，极端最低气温 -20.4℃，年极大风速 36.7 米/秒。

综合地理位置、气象站观测环境、观测资料序列长度、迁站情况等及三性分析结果等各方面因素，确定延津国家气象观测站作为参证站。

9.1.3 高影响天气

根据延津县产业集聚区所在区域的历史气象灾害，结合园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查，延津县产业集聚区高影响天气为暴雨、大风、暴雪、高温等，关键气象因子有降水、温度等要素。

表 9.1 高影响气象因子一览表

气象因子		统计结果	备注
暴雨	多年日最大降水量（毫米）	379.1	2000 年 7 月 6 日
大风	年最大风速（米/秒）	21.0	2009 年 11 月 12 日
	年极大风速（米/秒）	36.7	2010 年 8 月 4 日
积雪	年最大积雪深度（毫米）	21	2008 年 1 月 28 日
高温	多年极端最高气温（℃）	42.7	1972 年 6 月 11 日
低温	多年极端最低气温（℃）	-20.4	1971 年 12 月 27 日

9.1.4 关键气象参数推算结果

延津县产业集聚区的设计、建设、运营涉及到雪荷载、高温、低温、以及室外空气计算参数等，对室外空气气象参数如表 9.2 所示。报告得到的推算结果是科学的，但由于各种原因，存在不确定性，这是需要具体设计人员加以注意的。

表9.2 关键气象参数不同重现期推算结果

重现期	2年	3年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
设计风速(米/秒)	13.9	15.1	16.5	18.2	19.9	20.8	22.0	23.6
基本风压(kN/m ²)	0.0426	0.0605	0.0801	0.1049	0.1279	0.1407	0.1569	0.1782
平均最高气温(℃)	31.8	32.3	33.0	33.7	34.5	34.9	35.5	36.2
平均最低气温(℃)	-4.5	-5.1	-5.7	-6.5	-7.2	-7.6	-8.2	-8.9
极端高温(℃)	38.3	39.1	39.9	41.0	42.0	42.6	43.3	44.3
极端低温(℃)	-11.4	-12.4	-13.5	-14.9	-16.2	-17.0	-17.9	-19.2
最大日降水量(毫米)	68.0	90.7	119.5	158.7	198.0	221.0	250.1	289.5
极端雪深(厘米)	5.0	7.1	9.4	12.3	15.0	16.5	18.4	20.9

表9.3 室外气象参数

参数名称	计算方法说明	计算结果
(1)供暖室外计算温度	累年平均每年不保证5天的日平均温度	-3.7℃
(2)冬季通风室外计算温度	历年最冷月月平均温度的平均值	-0.2℃
(3)冬季空气调节室外计算温度	累年平均每年不保证1天的日平均温度	-5.7℃
(4)冬季空气调节室外计算相对湿度	历年最冷月月平均相对湿度的平均值	61%
(5)夏季空气调节室外计算干球温度	累年平均每年不保证50h的干球温度	34.0℃
(6)夏季空气调节室外计算湿球温度	累年平均每年不保证50h的湿球温度	27.5℃
(7)夏季通风室外计算温度	历年最热月14时的月平均温度的平均值	31.1℃
(8)夏季通风室外计算相对湿度	历年最热月14时的月平均相对湿度的平均值	60%
(9)夏季空气调节室外计算日平均温度	累年平均每年不保证5天的日平均温度	30.3℃

表9.4 不同历时不同重现期暴雨强度(单位:升/秒·公顷)

时间	2年	3年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
5min	252.7	287.1	330.3	389.0	447.6	481.9	525.2	583.8
10min	230.6	261.9	301.3	354.8	408.4	439.7	479.1	532.6
15min	211.8	240.6	276.8	326.0	375.1	403.9	440.1	489.3
20min	195.7	222.3	255.8	301.2	346.7	373.2	406.7	452.2
30min	169.6	192.7	221.7	261.1	300.4	323.5	352.5	391.9
45min	140.9	160.0	184.1	216.9	249.6	268.7	292.8	325.5

时间	2年	3年	5年	10年	20年	30年	50年	100年
60min	120.1	136.5	157.0	184.9	212.8	229.1	249.7	277.6
90min	92.3	104.8	120.6	142.0	163.4	176.0	191.7	213.2
120min	74.5	84.6	97.4	114.7	132.0	142.1	154.8	172.1
150min	62.2	70.7	81.3	95.8	110.2	118.7	129.3	143.8
180min	53.3	60.5	69.7	82.0	94.4	101.6	110.8	123.1

9.1.5 灾害风险及影响评估

9.1.5.1 雷击灾害风险评估

根据区域雷击风险评估分级标准，延津县产业集聚区的区域雷击风险综合评价等级为III级，属于中等风险。

集聚区一般工业厂房及办公楼可以划分为三类防雷建筑物，易燃易爆场所则需根据具体的使用性质按设计标准划分防雷类别。根据闪电定位系统监测到的数据显示产业集聚区历史地闪回击平均密度为 1.56 次·km⁻²·a⁻¹，依据延津气象站 1957—2013 年平均雷暴日数据计算，其雷击大地密度为 2.18 次·km⁻²·a⁻¹。建议在设计院防雷装置设计时，取 2.18 次·km⁻²·a⁻¹ 为设计依据。

集聚区雷电主要在盛夏季节，春季次之，冬季较少。从日变化上来看，集聚区的地闪大致集中在凌晨 01 时和下午 17—18 时。因此产业集聚区应关注这两个时间段的雷电天气。

集聚区内所在企业的低压配电系统及信号系统应安装 SPD，一旦遭到感应雷击，电子电气系统极易遭损害，建议总配电开关处应设计安装 SPD，各层配电箱及重要设备配电箱或跨越防雷区的线路安装 SPD，并在防雷区分界处作等电位连接。

集聚区内超过 60m 的建筑物其上部 20% 应符合防侧击雷要求，其金属门窗、栏杆等应与建筑物防雷装置连接。

9.1.5.2 强降水诱发的暴雨洪涝风险评估

延津降雨量时空分配极不均衡。根据参证站资料分析，多年平均降水量 587.0mm，汛期（6—8 月）降水量占全年降水的 59%。暴雨量的年际变化相对较大。统计 2016—2020 年日内降水逐时的分配，03—04 时、15—16 时、20—22 时为日内降水的较多时段，平均小时降水量接近或超过平均日降水的 5%。

集聚区内暴雨洪涝承灾体种类繁多，包括人口、房屋、生产企业、商业、仓储等多种类型，而且各种承灾体的敏感程度不同。

因为缺乏区域排涝设施及排水数据，本报告仅开展产业集聚区未考虑排水条件下的暴雨洪涝淹没情景模拟分析。集聚区内约有 1% 的地区暴雨洪涝风险相对较大，在遭遇 5 年一遇—100 年一遇暴雨灾害时均为特别严重洪涝状态；约 6 成的地区暴雨洪涝风险相对较小，在遭遇 5 年一遇—100 年一遇暴雨灾害时均为轻度积水状态；其余区域面对不同等级洪涝风险。

参考暴雨洪涝等级标准对不同承灾体的影响，提取了延津县产业集聚区不同重现期日雨量、不同暴雨洪涝等级积水面积比例。结果表明，在 5 年一遇暴雨情景下，集聚区局部呈现严重暴雨洪涝风险，在 10 年、20 年、30 年、50 年和 100 年一遇单站暴雨情景下，集聚区暴雨洪涝风险增加；随着重现期的增大，严重洪涝风险面积不断增加。

9.1.5.3 污染指数分析

分析延津县产业集聚区污染指数，整体来看东北、南方位污染系数较西北、东南方位大。因此，产业集聚区内部规划时，要尽量避免将污染物排放大的机构布置在盛行风向的上风向，即东北、南方位，而应布置在西北、东南方位。

9.2 主要建议

本节基于延津县产业集聚区气候可行性论证区域整体评价结论，并结合集聚区地理位置、规划等实际情况，给出集聚区不同开发阶段（规划、建设、运营等）与气候可行性密切相关的参考建议。具体规划或建设项目的设计意见以相关规范为准。

9.2.1 规划阶段

在集聚区规划阶段，主要从集聚区整体布局的合理性、如何规避气象灾害等角度出发，给出集聚区的规划建议。

表 9.5 集聚区规划设计阶段不同关注点的对策建议

阶段	关注点	对策及建议
规划设计	集聚区内部布局	1.产业集聚区内部规划时，要尽量避免将污染物排放大的机构布置在盛行风向的上风向，即东北、南方位，而应布置在西北、东南方位。 2.对暴雨敏感度较高的产业建筑，应避免建在地势低洼的地区。地下仓库、停车场等也应做好干燥排水工作。建在低洼处的厂区需做好排水防洪措施，产品、重要设备仓库等需要建设在高处，以防造成损失。
	设计排水管网 建筑物荷载 暖通设计	在建设阶段，在设计排水管网、建筑物荷载、采暖通风等设计中需要用到相关的基本气象参数，可参考本报告第七章给出的暴雨强度公式、设计风速、设计雪压、最高和最低气温的推算，设计人员可根据设计需求，从报告推算值及规范推荐值中进行选取。
	规避本地气象灾害	汛期暴雨日数较多，在规划和建设阶段需重点关注降水对排水管网及相关设施的要求；另外，不可忽视对雷电、大风、高温等高影响天气的防护。

阶段	关注点	对策及建议
	防雷设施	集聚区内一般工业厂房及办公楼可以划分为三类防雷建筑物，易燃易爆场所则需根据具体的使用性质按设计标准划分防雷类别。建议可以在设计标准的基础上适当提高防侧击雷的要求，并安装SPD，建立一套适用的防雷安全工作方案和防雷安全应急预案对所属防雷装置进行管理维护和发生雷击后的应急管理。

9.2.2 建设阶段

在建设阶段，主要根据本报告结论给出设计排水管网、建筑物荷载、采暖通风设计、防雷设施等的气象参数推算值及建议。

表 9.6 集聚区建设施工阶段不同关注点的对策建议

阶段	关注点	对策及建议
建设施工	暴雨	建设工程施工期间，若遇暴雨天气，强降水对项目的施工影响可表现在影响建筑的基础作业，影响混凝土浇筑，还有对墙体砌筑以及装饰等工程建设的各个阶段都会带来直接的影响，甚至可造成施工停止，延误工期，以及如采取的防御措施不当，还可能直接影响工程质量。故而最好避开7~8月暴雨高发期，以减少损失。
	大风	在建筑密集区，风速通道较小，当风进入夹在成排高层建筑之间的街道时，由于狭管效应，使局地风速增大，故在建设高层建筑阶段，应做好抗风安全措施，以防人员伤亡。
	雷电	在施工期间，雷击对项目的影响主要是造成工程停工延期、影响施工质量、损坏施工设备、甚至造成人员伤亡等，故应避免雷电高发时期进行施工建设，具体参考当地的气象预警信息。
	高温	夏季高温天气较多，建设时宜采用抗高温、环保（甲醛含量少）的材料为主。温度较高时，避开中午高温时段施工。
	积雪冰冻	低温冰冻月份为11月至次年3月，对供电、建设等造成一定影响。冰冻天气也对公路交通影响较大，影响建筑材料的运输。
	冰雹	避免冰雹天气进行施工建设。

9.2.3 运营阶段

在运营阶段，根据延津县产业集聚区高影响天气分析结果和集聚区实际，运营过程中更加注重对集聚区的气象防灾减灾。

表 9.7 集聚区运营阶段不同关注点的对策建议

阶段	高影响天气	影响	对策建议
运营	暴雨	1.项目建成后，如果建筑防雨不当，出现暴雨天气时，可造成厂区积水、建筑受潮和渗水，造成室内材料损坏。 2.工业污水和残留油污等容易随雨水扩散甚至进入河道等水体，造成环境污染事故。 3.暴雨可能对仓库和露天储存的设备造成危害。	1.7-8月是延津暴雨的高发期，在夏季雨量集中期应做好防御工作，避免暴雨可能造成的洪涝灾害。 2.一些集聚区建在了低洼处，应做好汛期的排水工作，优化排涝系统，防止低层厂房被淹。
		1.集聚区中，高处的杂物、玻璃等大风天气有可能被刮落或刮倒，对集聚区内人员的人身安全造成威胁。 2.大风及吹落物可能损害输电线路，造成供电中断等。	须考虑抗风设计标准，关注7级以上大风，夏季（6、7、8月）密切关注局地短时狂风，大风影响前或影响时人员要执行安全应对措施，确保人员的人身安全。
		1.雷暴闪击的电火花可引起燃烧或爆炸，引起火灾等； 2.雷击电网线路可造成线路跳闸，引起瞬时停电或电压波动，严重影响设备的安全运行。 3.集聚区内做好雷电防护设置。	1.雷电活动的高发期，盛夏（集聚区管理部门应当做好相关的防御措施。 2.重点注意凌晨01时和下午17-18时发生雷电时人员安全防护。 3.要按时对防雷装置进行检测和维护。
	高温	1.高温天气易造成机械、电器失灵，会对设备的正常运行产生巨大危害； 2.高温会引起集聚区内人员中暑。 3.高温炎热天气会使火灾事故发生的可能性增加。	1.应加强室内通风以及保证空调正常运行等安全措施。 2.严格遵守与各行业相关的电力安装规定及使用规范，加大电器及电线线路安全检查工作，并做好相关防护措施。

阶段	高影响天气	影响	对策建议
	低温冰冻	1.风雪灾害易使局部雪荷载大大超过设计荷载，导致大量的大跨度钢结构发生不同程度的破坏与倒塌。 2.低温冻害可能对机动车配件制造产业的仓库和露天储存的设备造成危害。	每年 11 月至次年 3 月为积雪结冰高发期，集聚区须及时检查各企业项目外露装置及接线盒附近是否结冰，如果有结冰现象及时清理，以免造成安全隐患。
	冰雹	1.可能造成建筑物、车辆损坏； 2.可能造成人员伤亡。	1.冰雹发生时不要外出。 2.对摆放于室外的产品（如汽车）进行提前转移，以免造成损失。
	雾霾	1.对交通及工作人员上、下班路途造成影响； 2.对抵抗力较弱人群健康造成影响。	1.雾霾发生期间，如驾车外出，减速慢行，避免靠近大货车驾驶。 2.集聚区内中人员注意防范呼吸道系统等疾病。

9.3 适用性分析

9.3.1 适用性分析

本集聚区在设计阶段涉及到暴雨强度公式、设计风速、雪荷载、高温、低温、以及室外空气计算参数等，报告给出了暴雨强度公式、雷击风险评估结果以及产业集聚区不同区域 100 年一遇、50 年一遇的设计风速、设计雪压、设计气温、设计极端气温的推算结果。报告得到的推算结果是科学的，但由于各种原因，存在不确定性，这是需要具体设计人员加以注意的，选取数值较大的计算结果或采用《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》推荐值以确保在大概率事件中推算结果的安全性。

9.3.2 关注重点

1.集聚区对暴雨敏感度很高，且集聚区内暴雨洪涝承灾体种类繁多，仓库、配电室等易受灾部位或设施需重点防范暴雨等强降水引发

的灾害风险。集聚区应制定气象灾害应急预案，优化排涝系统，在主要隐患点增加警示标牌，及时接收气象预报和预警信息，及时启动应急行动，增强集聚区人员防灾意识。

2.降雪天气对集聚区的影响也较明显，一方面企业要提高厂房的设计标准，防止坍塌；另外降雪天气往往伴有低温寒潮和道路结冰，各企业应做好暴雪天气应急预案，及时关注气象预警信息，提升气象灾害应对防御机制。

3.集聚区北区的主导产业对雷电较敏感，雷电日变化主要集中在凌晨 01 时和下午 17—18 时，要密切注意两个时间段内发生雷电时的人员安全防护。另外，雷电活动随季节和时段的不同有明显变化，现场施工应合理安排工程进度，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和时段，相应地单位应根据当地气象部门发布的天气预报及雷电预警信息，做好施工期间的雷电防御措施，有效减小雷击的可能。

4.集聚区南区的食品加工产业园对温度、湿度较敏感，尤其是高温，应及时关注夏季（尤其 6—7 月）高温天气的出现、持续及变化，做好生产车间温度、湿度的监控与调节，并制定相应的应急预案，做好预防。

5.建议在产业集聚区重点企业安装自动气象观测站，增加气象要素观测，以更好的收集相关的气象资料；管委会、气象局、集聚区内企业建立气象防灾减灾监测预报预警终端服务平台，方便为集聚区的发展和安全提供全面的气象预报、监测预警、应急等服务。

附录 A 近 50 年延津县产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1957 年 4 月	大风	延津	4 月 9 日, 镇平县大风袭击, 受灾小麦 20 万亩, 大秋作物 9.5 万亩, 邓州、孟县、延津等地遭受 10 级大风的侵袭, 受到不同程度的损害。
1961 年 8 月	暴雨洪涝	延津	延津等地在 8 月 14 日大暴雨(雨量 134.0 毫米)之后, 又秋雨连绵, 受害很重。
1962 年 6 月	冰雹	延津	6 月 24 日, 辉县、沁阳、武陟、新乡、延津、封丘、通许、叶县等十余县、市降冰雹, 时间 30 分钟左右, 一般冰雹直径为 1~10 厘米, 辉县发现大如馒头的冰雹个体。所到之处, 受害较重, 叶县受害面积竟占全县的 65% 之多, 人畜伤亡也很大。
1969 年 3-4 月	大风	延津	3 月下旬至 4 月, 延津大风频繁, 8 级以上大风 7 天, 风沙数日。
1969 年 7 月	冰雹	延津	7 月, 新乡、延津、武陟、汲县、嵩山、扶沟、商水、桐柏等县市降冰雹, 玉米、棉花受害较重。
1970 年 6 月	冰雹	延津	6 月, 新乡、延津、汲县、孟津、卢氏、栾川、嵩县、伊川、偃师、叶县、舞阳、柘城、西华、项城、西峡、内乡、淅川等地降冰雹。打掉麦粒, 碾断麦秆, 打烂了玉米、棉花叶子。
1977 年 4-10 月	暴雨洪涝	延津	暴雨开始的早, 结束得迟, 从 4~10 月都有暴雨出现, 多集中于 7 月。一日最大降水量在 100 毫米以上的有: 泌阳(258.9 毫米), 孟津(3 小时 150.0 毫米), 确山(231.2 毫米)。汝南、原阳、延津、永城、项城、镇平、淅川等低洼地遭水淹, 村庄被围, 房屋倒塌, 农作物受到不同程度的损失, 部分绝收, 一些水利设施被冲毁。
1979 年 1-2 月	雨凇	延津	1~2 月份, 范县、延津、新郑、太康、淮阳、沈丘、平舆一线以东地区, 出现两次大范围雨凇天气。使这些地区农村电力线路遭到很大破坏, 这两次凇过程共毁坏农村电力线路 2.2 万公里。
1982 年 5 月	大风	延津	5 月上旬, 由于冷空气和低气压的共同影响, 我省大风频繁, 除南阳地区、驻马店、信阳两地区的一部分和安阳、新乡、周口的个别县以外, 其它地区一般都有 2~4 天, 嵩山达 14 天, 汤阴和信阳市 8 天, 延津、郑州、孟津、宝丰等县、市 5 天, 形成风灾的有近 30 个县、市, 造成小麦和大秋幼苗成片死亡, 使小麦后期生长受到很大影响。
1983 年 5 月	暴雨洪涝	延津	5 月 21~22 日, 豫北地区降暴雨, 中心在郑州~原阳~延津一带, 降雨量分别为 90 毫米、81 毫米、98 毫米。
1984 年 8 月	暴雨洪涝	延津	8 月 7~14 日, 本省京广线以东地区降暴雨, 豫东北部地区降水强度大为历史罕见, 温县 70 分钟降雨 98.3 毫米, 延津 6 小时降雨 190.7 毫米, 清丰 24 小时降雨 295.7 毫米。使当地出现持续雨涝, 局部地区同时伴有冰雹、大风(阵风达 22 米/秒), 使危害加重。延津全县 23491.7 公顷农田积水受灾, 成灾面积 15589.1 公顷, 绝收面积 3351.0 公顷。
1985 年 4 月	大风	延津	小麦倒伏, 树木刮倒, 电力线路受损。
1991 年 3 月	大风	延津	农业损失严重, 电力损失较大, 通讯电路破坏严重, 房屋倒塌, 院墙倒塌, 受灾人口 29800 人, 倒塌房屋 1124 间。

1993年6月	暴雨洪涝	延津	6月27~29日,长垣、延津降雨量分别为284毫米、202毫米,农田积水面积44.8万亩。绝收4.6万亩,浸泡小麦10万公斤,冲走3.5万公斤,倒塌房屋313间,损坏400多间,封丘县天然文岩渠水满,三个地段出现险情。
1995年6月	冰雹	延津	6月17日永城、延津2县21个乡镇遭风雹袭击,受灾面积42.5万亩,另有房屋、树木、电力设施受损,各项直接经济损失1亿多元。
1996年8月	暴雨洪涝	延津	8月3~4日连降暴雨,大暴雨,全县大面积农田积水,房屋倒塌。
1988年5月	冰雹	延津	5月2日下午,商丘、开封、周口、新乡四地市的民权、睢县、宁陵、柘城、商丘县、商丘市区、虞城、永城、夏邑、开封县、兰考、杞县、鹿邑、太康、新乡县、延津、封丘、原阳、获嘉19个县(区)的150余个乡遭受了狂风暴雨和冰雹的袭击。
1998年8月	暴雨洪涝	延津	8月20~22日,安阳、濮阳、鹤壁、新乡、漯河、平顶山等市地部分县(市)出现大暴雨,降雨最大的延津县196毫米。据统计全省农作物受灾面积223万亩,成灾130万亩,绝收38万亩,成灾人口86.85万人,倒损房屋2.17万间,部分基础设施遭到破坏,直接经济损失3.16亿元,其中农业直接经济损失2.84亿元。新乡市农作物成灾面积40万亩,绝收11.25万亩,农业直接经济损失8241万元。
2000年7月	暴雨洪涝	延津	全省连降暴雨~大暴雨,最多的延津、原阳分别为592、555毫米。延津、原阳较年降水量还多十几毫米,县城一片汪洋,有些地方水深过胸,29个粮库进水,500万公斤粮食被水浸泡,200吨棉花过水,延津县11万伏变电站受淹,造成全县停电,该县高考考生因灾被迫转移到新乡市区参加考试。
2002年5月	冰雹	延津	延津县马庄,丰庄,位丘,司寨等乡镇的10余个村庄遭受冰雹袭击,大的如核桃,小的如棟豆
2004年8月	暴雨洪涝	延津	2004年8月10~11日我县连降暴雨,致使我县范围内大面积农田积水,低洼地段淹没。
2006年7月	暴雨洪涝	延津	我县普降暴雨大暴雨天气,其中本站雨量142.3毫米,全县农业减产严重,房屋倒塌数间。
2007年4月	雷电	延津	强雷暴天气,致使乡政府院内有线电视机及小灵通机站和辉县屯村200多台电视机遭受雷击。
2009年1月	干旱	延津	2008年10月至2009年1月降水偏少,形成干旱,对小麦生产较大。
2009年4月	大风	延津	受强冷空气影响,4月15日新乡市大部分地区出现大风天气。延津县瞬时风速达到25.6米/秒。共损坏农业塑料大棚125座,刮倒树木2300棵,损坏广告牌350个,直接经济损失117.5万元。
2009年7月	暴雨洪涝	延津	2009年7月13日,我县出现暴雨天气,农田受灾面积3335公顷,倒塌房屋210间,损坏房屋430间,直接经济损失627.3万元。
2009年11月	雪灾	延津	受灾人口3.2万人,冻坏大地蔬菜737公顷,损坏塑料大棚5500座,压塌厂棚200间,直接经济损失7200万元。
2010年6月	飑线	延津	飑线过境时,气温骤降,气压升高,风力增大,致使石婆固乡陶庄村至胙城乡袁庄村一带1800颗树木被刮倒,倒塌房屋6间,刮倒电线杆12根,直接经济损失30万元。

2010年7月	暴雨洪涝	延津	日降雨量达到117.8毫米，因大暴雨天气，致使低洼地带积水，全县农作物受灾面积3015公顷，受灾人口3万人，直接经济损失900万元。
2010年9月	暴雨洪涝	延津	降雨量达到暴雨，致使低洼地带积水，农田受灾面积1200公顷，倒塌房屋357间，直接经济损失807万元。
2012年7月	大风	延津	7月13日我县出现局地雷雨大风强对流天气，部分乡镇降水量超过50毫米。灾害性天气过程造成倒塌房屋13间，损坏房屋45间，刮倒折断树木1万余棵，直接经济损失120万元。
2014年7月	龙卷	延津	7月29日18时30分，受强对流天气和飑线过境共同影响，我县出现龙卷风、雷雨大风、暴雨等灾害性天气，最大降水量丰庄镇164.1mm。造成全县12252人受灾，其中一人重伤，一人轻伤，1栋企业标准化厂房5000平方米整体倒塌，43000平方米厂房严重受损，厂区临建房屋50间、2300平方米严重受损，1个养鹅厂70平方米倒塌，5亩蔬菜大棚受损，农作物受灾面积1169公顷，刮倒树木8460棵，1户两间农房倒塌，13户42间农房受损，经济损失达4487.1万元，其中，农业经济损失656.1万元，工矿业经济损失3810万元，家庭财产损失21万元。
2017年5月	大风	延津	5月22日18时起，我县出现短时大风天气，本站最大风速18.2ms，出现时间18:27，其中乡镇最大风速出现在僧固乡东史固，风速达20.8ms，出现时间19:41。19时开始降雨，各乡镇达到小到中雨，3时辖区内过程结束。据民政部门最新统计，此次灾情已造成东屯、榆林、丰庄、司寨等八九个乡镇受灾，受灾人口23936人，受灾面积35092亩，石婆固镇刮倒树木150棵，全县经济损失968.6万元。
2017年6月	大风	延津	2017年6月21日傍晚我县境内开始出现大风天气，最大风速为22.7米每秒，出现在新兴农场区域站，雨量分布非常不均匀，最大雨量出现在丰庄镇，雨量为46.0mm，其中我县东屯镇临近卫辉市边界东吴安屯村、西吴安屯出现强对流天气和冰雹，大的冰雹如花生米状，小的如黄豆状，持续时间10分钟左右。
2018年3月	大风	延津	2018年3月15日，延津县出现大风天气，最大风力11级，风速为28.6米每秒，出现在小潭乡区域站，此次天气过程造成王楼、榆林、僧固、胙城、丰庄、司寨、石婆固、魏邱8个乡镇270人受灾，86个农作物、养殖大棚及日光发电太阳能板严重损失，经济损失288.19万元（其中农业经济损失84.69万元、工矿业损失200万元，家庭财产损失3.5万元）。
2018年5月	暴雨洪涝	延津	5月15日18时到16日06时，我县出现了区域性大暴雨并伴有雷电、冰雹、短时强降水、短时大风等强对流天气，最大小时雨强40.3mm，出现在城区（累计雨量110.8毫米）。全县12个乡镇雨量站中，7个站出现暴雨，3个站出现大雨。19时许，城关出现如绿豆般大小的冰雹，持续时间短暂。全县还出现了大风天气，其中极大风速出现在司寨24.8米每秒（10级）。此次天气过程造成经济损失142.16万元。
2018年8月	大风	延津	8月7日我县王楼乡遭受雷雨大风等强对流天气，瞬时风力达7级，降水量1.7毫米。此次灾害性天气过程造成4933人受灾，其中1人死亡，1人受伤，50座蔬菜大棚刮坏，7400亩玉米倒伏，11500棵大树刮倒，造成直接经济损失439万元。

附录 B 指标参数的权重和隶属度计算

层次分析法（Analytic Hierarchy Process，简称 AHP）是一种比较简单可行的决策方法，其主要优点是可以解决多目标的复杂问题。AHP 法也是一种定性和定量相结合的方法，能把定性因素定量化，将人的主观判断用数学表达处理，并能在一定程度上检验和减少主观影响，使评价更趋于科学化。它可以为决策者提供多种决策方法，在定量和定性相结合中根据各个决策方案的标准权重数来判断决策方案的优劣，能有效地解决很多难以完全用定量或定性方法解决的实际问题。鉴于上述的优点，本文采用 AHP 法来确定指标权重。运用 AHP 法解决问题的基本步骤如下：

（1）建立递阶层次结构

应用 AHP 法解决实际问题，首先明确要分析决策的问题，并把它条理化、层次化，构建递阶层次结构模型，AHP 法中典型的递阶层次结构一般由以下三个层次组成：

目标层（又称最高层：目标层只有一个元素，一般是分析解决问题时的预定目标、要求和理想结果等；准则层（又称中间层）：准则层包括实现目标所涉及的所有中间环节，可以由若干个层次组成，根据具体情形，准则层下可以设子准则，子准则层下还可再设更小的准则等；方案层（又称最低层）：方案层是满足预定目标、要求和理想结果时可供选择的各种措施、决策方案等。

准则层（子准则层）元素可以支配子准则层（方案层）的所有元素或是其中的部分子准则层（方案层）元素。递阶层次结构中的层次数取决于研究问题的复杂程度及对结果要求的详尽程度，没有统一的规定。另外，各个层次中每个元素所支配的下一层的元素不宜太多，因为支配的元素越多，它们中两两之间的相对重要性越是不容易判断。

构建层次结构是 AHP 法的第一步，其合理性直接取决于决策者对问题的认识程度，对问题的解决起着非常重要的作用。

(2) 构造两两判断矩阵

在递阶层次结构中，如果下层元素对上层元素的重要性可以定量，其权重就可以直接确定；如果问题比较复杂，下层元素对上层元素的重要性无法直接确定，那么可以通过两两比较构造判断矩阵的方法来确定。其方法为：递阶层次结构中同一层次的两元素，对于上一层元素，哪个更重要，重要程度如何，通常用标度来赋值。

设为 C 某一准则，支配的所有方案层元素为 u_1, u_2, \dots, u_n ，那么将准则 C 支配的 n 个方案之间进行相对重要性的两两比较，便得到一个两两比较判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，其中 a_{ij} 表示方案 u_i 对准则 C 的重要性与方案 u_j 对准则 C 的重要性之间的比例标度。判断矩阵 A 具备以下性质：

$$a_{ij} > 0;$$

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}};$$

$$a_{ii} = 1.$$

一般地，一个 $n \times n$ 阶的判断矩阵只需做 $\frac{n \times (n - 1)}{2}$ 次比较即可，其他的比较判断根据倒数关系可获得。另外，若判断矩阵 A 的所有元素满足 $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$ ，则称 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 为一致性矩阵。

(3) 单一准则下元素相对权重的计算以及判断矩阵的一致性检验。

I . 权重的计算

判断矩阵 A 对应于最大特征值 λ_{\max} 的特征向量 W，经归一化后便

得到同一层次相应因素对于上一层次某因素相对重要性的权值。计算判断矩阵最大特征根和对应特征向量，并不需要追求较高的精确度，这是因为判断矩阵本身有相当的误差范围。而且优先排序的数值也是定性概念的表达，故从应用性来考虑也希望使用较为简单的近似算法。

II.一致性检验

完成单准则下权重向量的计算后，必须进行一致性检验。由于客观事物复杂性与人们认识多样性的存在，构造判断矩阵时，并不要求判断具有严格的传递性和一致性，即不要求所有的 $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$ 都成立，但判断矩阵应该满足大体上的一致性。例如，当 X 比 Y 极其重要且 Y 比 Z 极其重要时，如果得出 Z 又比 X 极其重要的判断，那么这种判断明显是不合理且违反常识的，判断矩阵的一致性偏离程度较大，可靠程度也就越低，因此必须要对判断矩阵的一致性进行检验，保证构造的判断矩阵具有较好的一致性，其一般步骤如下：

i 计算一致性指标 C.I(Consistency Index)，公式如下：

$$C.I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

其中， λ_{\max} 为判断矩阵 A 的最大特征根。

ii 查找平均随机一致性指标 R.I(Random Index)

表 1 是 1-15 阶正互反矩阵计算 1000 次得到的平均随机一致性指标。

表1

矩阵阶数	R.I
1	0
2	0
3	0.52
4	0.89
5	1.12
6	1.26

矩阵阶数	R.I
7	1.36
8	1.41
9	1.46
10	1.49
11	1.52
12	1.54
13	1.56
14	1.58
15	1.59

iii 计算一致性比例 C.R(Consistency Ratio) , 公式如下:

$$C.R = \frac{C.I}{R.I}$$

当 $C.R < 0.1$ 时, 认为判断矩阵的一致性是可以接受的; 当 $C.R \geq 0.1$ 时, 应该对判断矩阵做适当修正。

(4) 各层次元素的组合权重计算以及总的一致性检验。

上述步骤最后的计算结果表示的是同一层次的各元素对支配其的某一元素的权重值。为了进行具体方案的选择, 必须进一步计算最低层各元素(即方案层)对于目标的权重。一般地, 最底层各元素对于目标的权重计算自上而下地进行, 通过合成单准则下的权重的方法来实现, 同时进行总的判断一致性检验。

(5) 评估模型的建立

对园区的雷击安全现状评估采用层次分析法(AHP), 评估指标体系是区域雷击风险评估的基础, 参照其他行业风险评估体系, 结合雷电风险源, 构建三层层次结构模型。主要从评估区域的雷电风险环境、地域风险环境和承灾体风险三个方面入手, 形成一级指标。一级指标是雷击风险的最主要影响因素, 根据一级指标的属性, 设有二级指标, 二级指标可设三级指标。基于层次化原则, 综合考虑雷击风险

因子，区域雷击风险评估的层次结构模型如图 1：

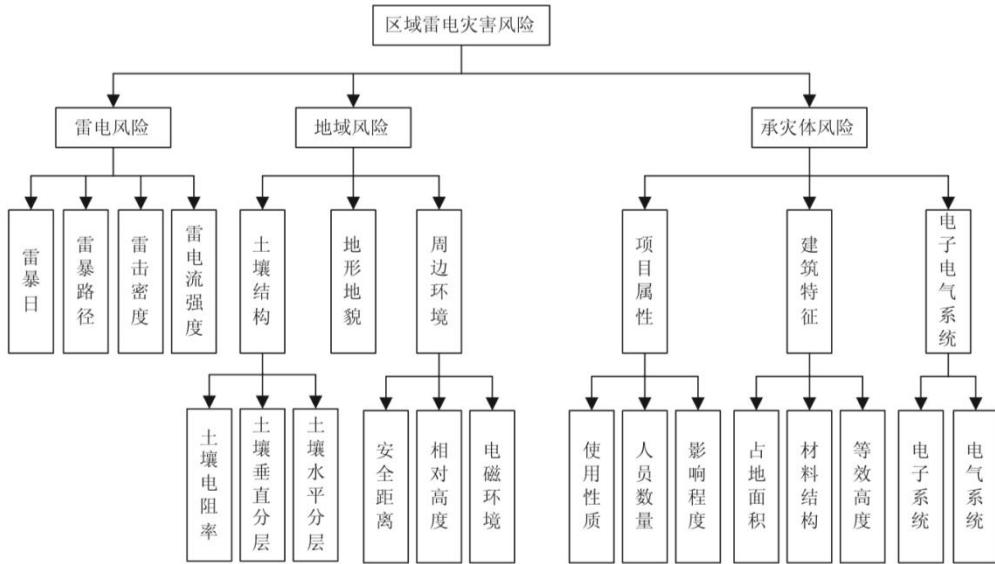


图 1 层次分析模型

(6) 指标参量的权重分析

各二级指标权重计算如表 2：

表 2 各指标权重

	雷击风险	地域风险	承灾体风险
雷暴日	0.055	/	/
雷暴路径	0.118	/	/
雷击密度	0.262	/	/
雷电流强度	0.565	/	/
土壤结构	/	0.648	/
地形地貌	/	0.230	/
周边环境	/	0.122	/
土壤结构	/	/	0.648
地形地貌	/	/	0.230
周边环境	/	/	0.122

一级指标的权重矩阵如下：

$$W = [0.648 \quad 0.122 \quad 0.230]$$

(7) 评估指标的隶属度矩阵 R 的计算分析

隶属度矩阵 R 由雷电风险、地域风险和承灾体风险等致灾因子的隶属度组成。

a) 雷电风险的隶属度

$$B_1 = [0.025 \quad 0.134 \quad 0.59 \quad 0.251 \quad 0]$$

b) 地域风险的隶属度

$$B_2 = [0.713 \quad 0 \quad 0 \quad 0.222 \quad 0.065]$$

c) 承灾体风险隶属度

$$B_3 = [0 \quad 0.035 \quad 0.51 \quad 0.02 \quad 0.436]$$

d) 隶属度矩阵

$$R = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} & B_{14} & B_{15} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} & B_{24} & B_{25} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} & B_{34} & B_{35} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.025 & 0.134 & 0.59 & 0.251 & 0 \\ 0.713 & 0 & 0 & 0.234 & 0.053 \\ 0 & 0.035 & 0.51 & 0.02 & 0.436 \end{bmatrix}$$

(8) 综合评价矩阵 B 的计算

$$B = W \cdot R = [0.103 \quad 0.095 \quad 0.5 \quad 0.194 \quad 0.108]$$

(9) 区域雷电综合评价等级计算

$$\begin{aligned} g &= b_1 + 3 \times b_2 + 5 \times b_3 + 7 \times b_4 + 9 \times b_5 \\ &= 0.103 + 3 \times 0.095 + 5 \times 0.5 + 7 \times 0.194 + 9 \times 0.108 \\ &= 5.22 \end{aligned}$$

表 3 区域雷击风险评估分级标准

危险等级	g	说明
I 级	[0,2)	低风险
II 级	[2,4)	较低风险
III 级	[4,6)	中等风险
IV 级	[6,8)	较高风险
V 级	[8,10)	高风险

附录 C 天气、气候名词解释

- 1、冷锋：锋面在移动过程中，冷气团起主导作用，推动锋面向暖气团一侧移动，这种锋面称为冷锋。
- 2、温带气旋：占有三度空间的、在同一高度上中心气压低于四周的大尺度涡旋，称为气旋，在温带形成和活动的气旋称为温带气旋。
- 3、低涡：700 或者 850hPa 上具有气旋性环流的闭合小低压。
- 4、切变线：一般出现在低空（850 和 700hPa）风场上具有气旋式切变的不连续线称为切变线。
- 5、低槽：从低压区中延伸出来的狭长区域。
- 6、低空急流：位于 600~900hPa 之间的水平动量集中的气流带，风速 ≥ 12 米/秒。
- 7、西太平洋副热带高压：是一个在太平洋上空的永久性高压环流系统，范围一般采用 500hPa 高度图上西太平洋地区 5880gpm 线包围的区域。
- 8、高空冷涡：具有一定强度（闭合等高线多于两根）、能维持 3~4 天、且具有深厚冷空气（厚度至少达 300~400 米）高空的气旋性涡旋。
- 9、台风：发生在热带海洋上的一种具有暖心结构的强烈气旋性涡旋，我国和东亚地区将这种强热带气旋称为台风。
- 10、西伯利亚高压：冬季位于西伯利亚、蒙古地区的大范围高压（反气旋）中心，是北半球四个主要的季节性大气活动中心之一。
- 11、阻塞高压：在西风带上发展形成的缓慢移动或是呈准静止状态的闭合高压。可造成西风带分支，对天气系统的移动有阻碍作用。

附录 D 专家评审意见

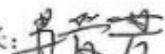
《延津县产业集聚区区域性气候可行性论证报告》

专家评审意见

2022年8月12日，新乡市气象局在新乡主持召开了《延津县产业集聚区区域气候可行性论证报告》(以下简称《论证报告》)专家评审会(名单附后)。专家组听取了《论证报告》编制单位河南省气候中心汇报，审查了相关材料，经过质询和讨论，形成如下评审意见：

1. 《论证报告》收集了集聚区周边地区国家及省级气象观测站数据、气象灾情信息、地理信息和园区规划等相关资料，选取延津国家气象观测站为延津县产业集聚区区域评估项目参证气象站，数据详实可靠，具有代表性。
2. 《论证报告》分析了集聚区暴雨、大风、积雪、雷电、高温等高影响天气的气候特征；计算了建（构）筑物抗风设计、室外排水、室外空气调节、防雷设计等关键气象参数；推算了暴雨、极端高低温事件发生的重现期；评估了雷电、暴雨洪涝、空气污染等气象灾害风险，符合国家有关标准及技术要求。
3. 《论证报告》结构合理、内容完整，建议可行，可作为延津县产业集聚区规划设计、建设和运营管理的气象科学依据。

专家组一致同意《论证报告》通过评审。

评审组组长：

2022年8月12日

现场专家名单

姓名	单位/职务或职称	签名
苏爱芳 (组长)	河南省气象台/正研	苏爱芳
席世平	河南省气象服务中心/高工	席世平
王振亚	河南省气象台/高工	王振亚

线上专家名单

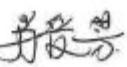
姓名	单位/职务或职称	签名
刘洪阳	河南省气象局 高级工程师	刘洪阳

线上专家名单

姓名	单位/职务或职称	签名
王国复	国家气候中心 研究员	王国复

气候可行性论证报告评审表

评审专家	姓名	肖霞芳	职称	正高工
	工作单位	河南省气象台		
气候可行性论证 报告相关信息		报告名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证报告	
		编制单位	河南省气候中心	
		编制时间	2022年8月	
		项目单位	延津县气象局	
		论证项目名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证	
一票否决项				
一票否决项内容		是否启用一票否决	启用理由或依据	
1. 使用虚假资料		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
2. 关键论证结论有错误		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
3. 出具虚假报告		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
存在上述1-3项内容任何1项，报告即可认定为不通过，无需再填写以下1-10项。				
评审内容		评审标准		专家意见
编制规范性	1. 报告结构、格式完整性情况	报告封面、封二、目录、正文结构完整，封面、封二内容规范，编制单位公章和相关责任人、编制人手签名齐全		√
	2. 报告正文字章节内容完整性情况	按照QX/T 423、QX/T 469要求设置章节		√
资料合规性	3. 资料说明	资料来源	注明所使用的气象资料来源，来源是否符合要求	符合
		台站沿革	列明详细完整的气象台站沿革信息	信息完整
		资料清单	列明所使用的气象资料清单（包括要素和时段）	清单明确

评审内容		评审标准		专家意见
资料合规性	4. 参证气象站选取和数据处理情况	选取依据	参证气象站选取依据充分合理(下垫面特征、距离、关键气象要素代表性等)	依据充分
		数据处理	数据质量控制、插补、均一化订正、统计计算等符合技术标准规范要求	符合技术
	5. 现场气象观测设置及数据处理情况(如需)	代表性	分析说明现场气象观测站位置设置的代表性情况	√
		合理性	分析说明现场气象观测站观测气象要素设置的合理性	√
		数据处理	分析说明观测数据质量情况,数据质量控制、插补、与参证气象站的相关性和一致性分析、统计计算等符合技术标准规范要求	√
				√
	6. 引用标准规范情况	引用的技术标准适用、全面		
	7. 技术方法科学性	满足规范要求	采用的技术方法科学、准确,满足相关标准、规范要求	√
		可靠性检验	对关键工程气象参数进行验证分析	√
内容合理性	8. 论证分析情况	分析	论证分析描述详细,重点突出,文字表达清晰简明	√
		图表	图表、计量单位等表达规范、完整、准确	√
	9. 结论合理性和充分性	合理性和充分性	论证结论合理,具有支撑结论的依据分析	√
		适用性	对论证结论适用性进行分析说明	√
	10. 专家认为需要审查的其他内容			无
综合判定意见 (通过或不通过)		通过.		专家签名:  2020年8月12日

气候可行性论证报告评审表

评审专家	姓名	王振亚	职称	高工
	工作单位	河南省气象台		
气候可行性论证 报告相关信息		报告名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证报告	
		编制单位	河南省气候中心	
		编制时间	2022年8月	
		项目单位	延津县气象局	
		论证项目名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证	
一票否决项				
一票否决项内容		是否启用一票否决	启用理由或依据	
1. 使用虚假资料		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
2. 关键论证结论有错误		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
3. 出具虚假报告		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
存在上述1-3项内容任何1项，报告即可认定为不通过，无需再填写以下1-10项。				
评审内容		评审标准		专家意见
编制规范性	1. 报告结构、格式完整性情况	报告封面、封二、目录、正文结构完整，封面、封二内容规范，编制单位公章和相关责任人、编制人手签名齐全		✓
	2. 报告正文章节内容完整性情况	按照QX/T 423、QX/T 469要求设置章节		✓
资料合规性	3. 资料说明	资料来源	注明所使用的气象资料来源，来源是否符合要求	✓
		台站沿革	列明详细完整的气象台站沿革信息	✓
		资料清单	列明所使用的气象资料清单（包括要素和时段）	✓

评审内容		评审标准		专家意见
资料合規性	4. 参证气象站选取和数据处理情况	选取依据	参证气象站选取依据充分合理(下垫面特征、距离、关键气象要素代表性等)	✓
		数据处理	数据质量控制、插补、均一化订正、统计计算等符合技术标准规范要求	✓
	5. 现场气象观测设置及数据处理情况(如需)	代表性	分析说明现场气象观测站位置设置的代表性情况	✓
		合理性	分析说明现场气象观测站观测气象要素设置的合理性	✓
		数据处理	分析说明观测数据质量情况,数据质量控制、插补、与参证气象站的相关性和一致性分析、统计计算等符合技术标准规范要求	✓
	6. 引用标准规范情况	引用的技术标准适用、全面		✓
	7. 技术方法科学性	满足规范要求	采用的技术方法科学、准确,满足相关标准、规范要求	✓
		可靠性检验	对关键工程气象参数进行验证分析	✓
内容合理性	8. 论证分析情况	分析	论证分析描述详细,重点突出,文字表达清晰简明	✓
		图表	图表、计量单位等表达规范、完整、准确	✓
	9. 结论合理性和适用性	合理性和充分性	论证结论合理,具有支撑结论的依据分析	✓
		适用性	对论证结论适用性进行分析说明	✓
其他内容	10. 专家认为需要审查的其他内容			
综合判定意见 (通过或不通过)		<u>通过</u>		
		专家签名: <u>王海亚</u> 2022年8月12日		

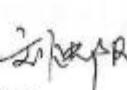
气候可行性论证报告评审表

评审专家	姓名	杨世年	职称	高工
	工作单位	河南省气候中心		
气候可行性论证报告相关信息	报告名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证报告		
	编制单位	河南省气候中心		
	编制时间	2022年8月		
	项目单位	延津县气象局		
	论证项目名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证		
一票否决项				
一票否决项内容		是否启用一票否决	启用理由或依据	
1. 使用虚假资料		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
2. 关键论证结论有错误		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
3. 出具虚假报告		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否		
存在上述1-3项内容任何1项，报告即可认定为不通过，无需再填写以下1-10项。				
评审内容		评审标准		专家意见
编制规范性	1. 报告结构、格式完整性情况	报告封面、封二、目录、正文结构完整，封面、封二内容规范，编制单位公章和相关责任人、编制人手签名齐全		√
	2. 报告正文章节内容完整性情况	按照QX/T 423、QX/T 469要求设置章节		√
资料合规性	3. 资料说明	资料来源	注明所使用的气象资料来源，来源是否符合要求	合格
		台站沿革	列明详细完整的气象台站沿革信息	√
		资料清单	列明所使用的气象资料清单(包括要素和时段)	√

评审内容		评审标准		专家意见
资料合规性	4. 参证气象站选取和数据处理情况	选取依据	参证气象站选取依据充分合理(下垫面特征、距离、关键气象要素代表性等)	✓
		数据处理	数据质量控制、插补、均一化订正、统计计算等符合技术标准规范要求	✓
	5. 现场气象观测设置及数据处理情况(如需)	代表性	分析说明现场气象观测站位置设置的代表性情况	✓
		合理性	分析说明观场气象观测站观测气象要素设置的合理性	✓
		数据处理	分析说明观测数据质量情况,数据质量控制、插补、与参证气象站的相关性和一致性分析、统计计算等符合技术标准规范要求	✓
内容合理性	6. 引用标准规范情况	引用的技术标准适用、全面		✓
	7. 技术方法科学性	满足规范要求	采用的技术方法科学、准确,满足相关标准、规范要求	✓
		可靠性检验	对关键工程气象参数进行验证分析	✓
	8. 论证分析情况	分析	论证分析描述详细,重点突出,文字表达清晰简明	✓
		图表	图表、计量单位等表达规范、完整、准确	✓
	9. 结论合理性和适用性	合理性和充分性	论证结论合理,具有支撑结论的依据分析	✓
		适用性	对论证结论适用性进行分析说明	✓
其他内容	10. 专家认为需要审查的其他内容	无		
综合判定意见 (通过或不通过)		通过		专家签名:  2022年8月12日

气候可行性论证报告评审表

评审专家	姓名	刘建波		职称	高级工程师	
	工作单位	河南省气象局		报告名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证报告	
气候可行性论证 报告相关信息	编制单位	河南省气候中心		编制时间	2022年8月	
	项目单位	延津县气象局		论证项目名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证	
	一票否决项					
	一票否决项内容		是否启用一票否决		启用理由或依据	
	1. 使用虚假资料		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否			
2. 关键论证结论有错误		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否				
3. 出具虚假报告		<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否				
存在上述1-3项内容任何1项，报告即可认定为不通过，无需再填写以下1-10项。						
评审内容		评审标准			专家意见	
编制规范性	1. 报告结构、格式完整情况	报告封面、封二、目录、正文结构完整，封面、封二内容规范，编制单位公章和相关责任人、编制人手签名齐全			通过	
	2. 报告正文章节内容完整性情况	按照 QX/T 423、QX/T 469 要求设置章节			通过	
资料合规性	3. 资料说明	资料来源	注明所使用的气象资料来源，来源是否符合要求		通过	
		台站沿革	列明详细完整的气象台站沿革信息		通过	
		资料清单	列明所使用的气象资料清单(包括要素和时段)		通过	

评审内容		评审标准		专家意见
资料 合规性	4. 参证气象站 选取和数据处 理情况	选取依据	参证气象站选取依据充分合 理(下垫面特征、距离、关键 气象要素代表性等)	通过
		数据处理	数据质量控制、插补、均一 化订正、统计计算等符合技 术标准规范要求	通过
	5. 现场气象观 测设置及数据 处理情况(如 需)	代表性	分析说明现场气象观测站位 置设置的代表性情况	通过
		合理性	分析说明现场气象观测站观 测气象要素设置的合理性	通过
		数据处理	分析说明观测数据质量情 况,数据质量控制、插补、与 参证气象站的相关性和一致 性分析、统计计算等符合技 术标准规范要求	通过
内容 合理性	6. 引用标准规 范情况	引用的技术标准适用、全面		通过
	7. 技术方法科 学性	满足 规范要求	采用的技术方法科学、准确, 满足相关标准、规范要求	通过
		可靠性 检验	对关键工程气象参数进行验 证分析	通过
	8. 论证分析情 况	分析	论证分析描述详细,重点突 出,文字表达清晰简明	通过
		图表	图表、计量单位等表达规范、 完整、准确	通过
	9. 结论合理 性、适用性	合理性和 充分性	论证结论合理,具有支撑结 论的依据分析	通过
		适用性	对论证结论适用性进行分析 说明	
其他 内容	10. 专家认为 需要审查的其 他内容			
综合判定意见 (通过或不通过)		通过		
		专家签名:  2022年8月12日		

气候可行性论证报告评审表

评审专家	姓名	王国复	职称	研究员
气候可行性论证报告相关信息	工作单位	国家气候中心		
	报告名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证报告		
	编制单位	河南省气候中心		
	编制时间	2022年8月		
	项目单位	延津县气象局		
	论证项目名称	延津县产业集聚区区域性气候可行性论证		

一票否决项

一票否决项内容	是否启用一票否决	启用理由或依据
1. 使用虚假资料	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
2. 关键论证结论有错误	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
3. 出具虚假报告	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	

存在上述1-3项内容任何1项，报告即可认定为不通过，无需再填写以下1-10项。

评审内容		评审标准		专家意见
编制规范性	1. 报告结构、格式完整情况	报告封面、封二、目录、正文结构完整，封面、封二内容规范，编制单位公章和相关责任人、编制人手签名齐全		完整，齐全
	2. 报告正文章节内容完整性情况	按照QX/T 423、QX/T 469要求设置章节		按要求设置
资料合规性	3. 资料说明	资料来源	注明所使用的气象资料来源，来源是否符合要求	符合要求
		台站沿革	列明详细完整的气象台站沿革信息	已列出
		资料清单	列明所使用的气象资料清单（包括要素和时段）	清晰

评审内容		评审标准		专家意见
资料 合规性	4. 参证气象站 选取和数据处 理情况	选取依据	参证气象站选取依据充分合 理(下垫面特征、距离、关键 气象要素代表性等)	合理
		数据处理	数据质量控制、插补、均一 化订正、统计计算等符合技 术标准规范要求	规范
	5. 现场气象观 测设置及数据 处理情况(如 雷)	代表性	分析说明现场气象观测站位 置设置的代表性情况	具代表性
		合理性	分析说明现场气象观测站观 测气象要素设置的合理性	合理
		数据处理	分析说明观测数据质量情 况,数据质量控制、插补、与 参证气象站的相关性和一致 性分析、统计计算等符合技 术标准规范要求	规范
内容 合理性	6. 引用标准规 范情况	引用的技术标准适用、全面		适用
	7. 技术方法科 学性	满足 规范要求	采用的技术方法科学、准确, 满足相关标准、规范要求	满足
		可靠性 检验	对关键工程气象参数进行验 证分析	可靠
	8. 论证分析情 况	分析	论证分析描述详细,重点突 出,文字表达清晰简明	清晰
		图表	图表、计量单位等表达规范、 完整、准确	完整
	9. 结论合理 性、适用性	合理性和 充分性	论证结论合理,具有支撑结 论的依据分析	合理
		适用性	对论证结论适用性进行分析 说明	合适
其他 内容	10. 专家认为 需要审查的其 他内容	无		
综合判定意见 (通过或不通过)		专家签名: 陈建 2024年8月12日		