

**重庆市正阳工业园区
气候可行性论证区域整体评价报告
(正式稿)**

**重庆市气候中心
2021年9月**

项目名称：重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价项目

委托单位：重庆市黔江区气象局

承担单位：重庆市气候中心（公章）

项目负责人：杨宝钢（高级工程师）

编写人员：王颖 刘川 康俊（高级工程师）
姜平（高级工程师） 廖代强（正高级工程师）
周杰 朱浩楠 孙佳（高级工程师）
任照环 何静

核定人：唐红玉

审定人：杨宝钢

批准人：李永华

声 明

1. 《重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价报告》（简称本报告）是重庆市气候中心受重庆市黔江区气象局委托而完成的技术成果。
2. 本报告有承担单位盖章方有效。
3. 本报告的气候可行性论证区域整体评价结论仅限于区域内所有符合规划的入驻项目使用。
4. 本报告中的所用气象资料仅限于本项目使用。
5. 本报告结论中的建议是基于标准气象观测资料和现场测试数据计算得出，超出规定值的气象风险损坏是存在的。
6. 本报告中所提的气象灾害防护措施的建议，不能替代规划或建设项目的具体设计意见。
7. 本报告有效期5年，自2021年9月24日起至2026年9月24日止。

重庆市气候中心

2021年9月24日

目 录

目 录	I
1 概述	1
1.1 评价目的及评价原则	1
1.1.1 评价目的	1
1.1.2 评价原则	2
1.2 评价对象及评价范围	2
1.2.1 评价对象	2
1.2.2 评价范围	6
1.3 报告编制依据	7
1.3.1 政策法规	7
1.3.2 标准规范	8
1.4 计量单位和专业术语	10
1.4.1 计量单位	10
1.4.2 专业术语	10
2 资料和方法	13
2.1 资料	13
2.1.1 资料种类和来源	13
2.1.2 台站资料的质量控制	14

2.1.3 园区及其周边气象站分布情况	16
2.1.4 参证气象站	17
2.2 方法	25
3 大气环流背景	27
3.1 平均大气环流背景场	27
3.1.1 春季环流背景场	28
3.1.2 夏季环流背景场	29
3.1.3 秋季环流背景场	30
3.1.4 冬季环流背景场	31
3.2 水平方向和垂直方向环流特征	32
3.2.1 水平方向环流特征	32
3.2.2 垂直方向环流特征	33
3.3 小结	34
4 园区气候背景	35
4.1 气候概况	35
4.2 气压	36
4.2.1 年际变化	36
4.2.2 月际变化	36
4.2.3 日变化	37
4.3 气温	37
4.3.1 年际变化	37

4.3.2 月际变化	38
4.3.3 日变化	39
4.4 降水量	39
4.4.1 年际变化	39
4.4.2 月际变化	40
4.5 降水日数	40
4.5.1 年际变化	40
4.5.2 月际变化	41
4.6 风速风向	41
4.6.1 年际变化	41
4.6.2 月际变化	42
4.6.3 日变化	42
4.6.4 风向频率年及季节变化	43
4.7 相对湿度	44
4.7.1 年际变化	44
4.7.2 月际变化	45
4.7.3 日变化	45
4.8 日照	46
4.8.1 年际变化	46
4.8.2 月际变化	46
4.9 小结	47

5 高影响天气分析	49
5.1 园区关键影响气象因子确定	49
5.1.1 园区气象敏感度调查分析	49
5.1.2 园区历史气象灾害	49
5.1.3 园区关键气象因子及高影响天气的确定	50
5.2 暴雨	50
5.2.1 暴雨日数	50
5.2.2 降水极值情况	51
5.3 大风	52
5.3.1 大风日数	52
5.3.2 最大风速分布特征	53
5.3.3 极大风速分布特征	53
5.4 冰雹	54
5.5 高温	55
5.5.1 高温日数	55
5.5.2 极端高温	56
5.6 雷电	57
5.6.1 雷电活动分析	57
5.6.2 雷电密度	59
5.6.3 雷电强度	60
5.6.4 雷电方位	60

5.7 小结	61
6 关键气象参数分析与推算	63
6.1 风速设计基准值	63
6.1.1 参证站风速序列构建	63
6.1.2 设计风速计算	65
6.1.3 基本风压	65
6.1.4 阵风系数	66
6.2 基本气温	68
6.3 室外空气气象参数	69
6.3.1 冬季空调和供暖参数	70
6.3.2 夏季空调参数	70
6.3.3 夏季和冬季通风参数	71
6.4 排水设计气象参数	71
6.4.1 不同历时不同重现期暴雨强度	71
6.4.2 年径流总量控制率对应的设计降雨量	73
6.5 污染气象参数	74
6.6 混合层高度	75
6.6.1 年际变化	76
6.6.2 月际变化	77
6.6.3 日变化	78
6.7 防雷设计气象参数	78

6.7.1 建筑物年预计雷击次数校正系数 k.....	78
6.7.2 雷击大地密度	79
6.8 重现期极值	79
6.8.1 不同重现期最大日降水	79
6.8.2 不同重现期极端高温	79
6.8.3 不同重现期高温日数	80
6.8.4 不同重现期极端低温	80
6.9 小结	81
7 专题影响评估	85
7.1 暴雨灾害风险与评估	85
7.1.1 暴雨灾害风险	85
7.1.2 暴雨灾害风险评估	85
7.1.3 暴雨灾害防范建议	86
7.2 大风灾害风险与评估	88
7.2.1 大风灾害风险	88
7.2.2 大风灾害风险评估	88
7.2.3 大风灾害防范建议	90
7.3 高温灾害风险与评估	91
7.3.1 高温灾害风险	91
7.3.2 高温灾害风险评估	91
7.3.3 高温灾害防范建议	92

7.4 雷电灾害风险与评估	94
7.4.1 雷电环境风险分析	94
7.4.2 区域雷电灾害风险分析	94
7.4.3 雷击损害风险评估	97
7.4.4 雷电灾害防范建议	98
7.5 小结	99
8 结论与建议	101
8.1 结论	101
8.1.1 大气环流背景	101
8.1.2 园区气候背景	101
8.1.3 高影响天气分析	102
8.1.4 专题影响评估	103
8.1.5 关键气象参数分析与计算	104
8.2 建议	106
8.2.1 规划阶段	106
8.2.2 建设阶段	108
8.2.3 运营阶段	109
附录	113
A 均一性检验方法	113
B 重现期计算	117
B.1 概率模型选取	117

B.2 线性矩估计.....	117
B.3 备选最优模型筛选法	119
C 雷电灾害风险评估方法	121
C.1 雷电环境风险分析	121
C.2 区域雷电灾害风险分析	121
C.3 雷击损害风险评估	128
D 风险矩阵法	133
E 大气混合层高度估算方法.....	137
E.1 大气稳定度的计算.....	137
E.2 大气混合层高度估算方法.....	138
F 气象要素、高影响天气敏感度抽样调查表.....	139
G 园区及其周边历史气象灾害	141
重庆市气候可行性论证报告技术审查意见书.....	151

1 概述

为落实《重庆市人民政府关于印发重庆市工程建设项目审批制度改革试点实施方案的通知》（渝府发〔2018〕43号）和《重庆市工程建设项目审批制度改革试点工作领导小组办公室关于转发市规划自然资源局重庆市建设项目区域整体评价工作实施细则（试行）》（渝工程改办〔2018〕6号）文件要求，重庆市黔江区气象局根据园区实际，委托重庆市气候中心开展重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价。

接受委托后，重庆市气候中心立即成立编制工作组，搜集了重庆市正阳工业园区及其周边相关气象资料，并前往园区进行现场调查，按照园区的性质、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《重庆市气象局关于印发重庆市建设项目气候可行性论证区域整体评价工作规程（试行）的通知》（渝气发〔2018〕140号）的要求编制了该项目的大纲，并完成重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价报告。

1.1 评价目的及评价原则

1.1.1 评价目的

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，开发区、工业园区（以下简称“园区”）的规划和建设对天气气候特别是灾害性天气的敏感度和脆弱性加大。因此，开展园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能够从源头上有效避免或者减轻园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。

本报告以重庆市正阳工业园区及其周边国家气象站以及区域自动站等观测资料为基础，结合现场测试资料及历史灾情资料，对重庆市正阳工业园区所在区域的气候条件开展论证分析工作，并从园区规划布局、规避气象灾害高发区、工程气象参数选取推荐、

气象防灾减灾、灾害风险防御等角度对园区规划、建设和运营给出指导建议。

1.1.2 评价原则

重庆市气候中心秉承所用资料真实可靠、推算科学合理、结论清晰可信等工作原则开展重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价工作。

1.2 评价对象及评价范围

1.2.1 评价对象

本报告对重庆市正阳工业园区（包括正阳组团、青杠组团、冯家组团）进行气候可行性论证区域整体评价。

重庆市正阳工业园所在黔江区位于重庆市东南部（图 1-1），地处武陵山区腹地，海拔高度在 319 米（中井河与文江河交汇的马斯口）到 1938.5 米（灰千梁子主峰）之间（图 1-2），东临湖北省，有“渝鄂咽喉”之称，集革命老区、民族地区、边远山区和国家扶贫开发工作重点县于一体。黔江区下辖 6 个街道、18 个镇、6 个乡，幅员面积 2402 平方公里。黔江区获得过全国农业标准化示范县、全国农村饮水安全工程示范县、全国平安铁路示范区、国家级产城融合示范区、国家卫生城市等荣誉称号。



图 1-1 重庆市黔江区区位



图 1-2 重庆市黔江区地势

重庆市正阳工业园区成立于2003年7月,是经重庆市人民政府批准(渝府发(2003)169号)、国家发改委确认的渝东南首家市级特色工业园区,是把黔江打造成为渝东南地区中心城市和武陵山区重要经济中心、渝鄂湘黔毗邻地区公共服务高地、民族地区扶贫开发示范区和渝东南向重要开放门户的重要平台。

重庆市正阳工业园位于黔江区的正阳街道、冯家街道和城南街道(图 1-2),获批面积为 8.55 平方公里,实测面积 7.78 平方公里。目前园区已实现“一园三组团一基地”的发展框架:正阳组团重点布局食品、卷烟产业等消费类制造业项目,发展高新技术产业和总部经济;青杠组团重点布局综合化工、特种高分子材料等项目,形成化工、材料

产业循环经济示范基地，力争建成金属铸造产业基地；冯家组团(规划建设，目前尚未建成)重点发展生物医药、电矿产业、轻纺和机电产业项目，建成丝绸服装产业园、汽摩机电产业园、现代生物医药产业和石化工业园。正阳现代物流基地依托铁路、航空港和信息港，加快构建现代物流服务体系。2016年园区实现工业总产值233亿元，初步形成了食品、材料、制药、轻纺、机电五大产业集群。

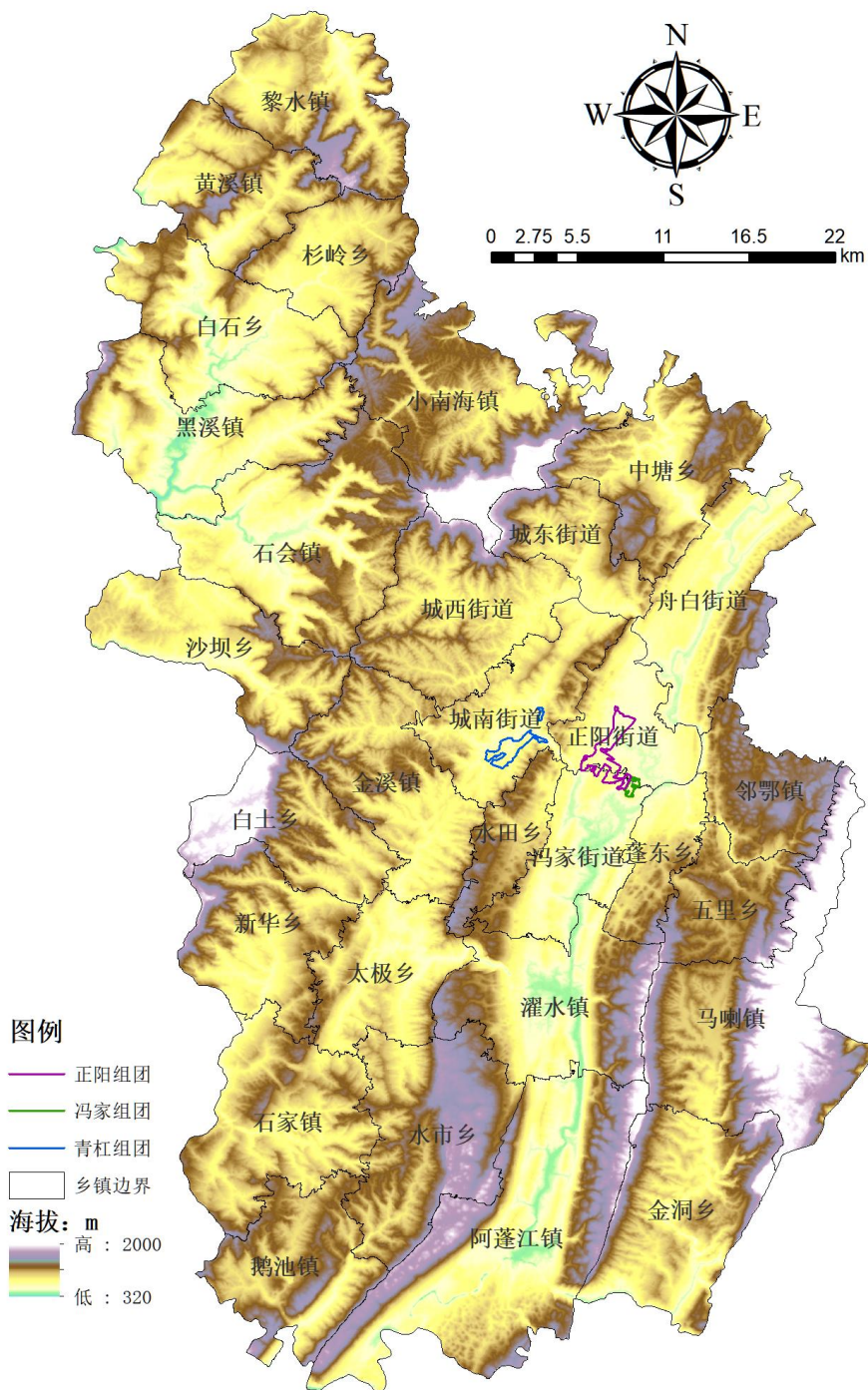
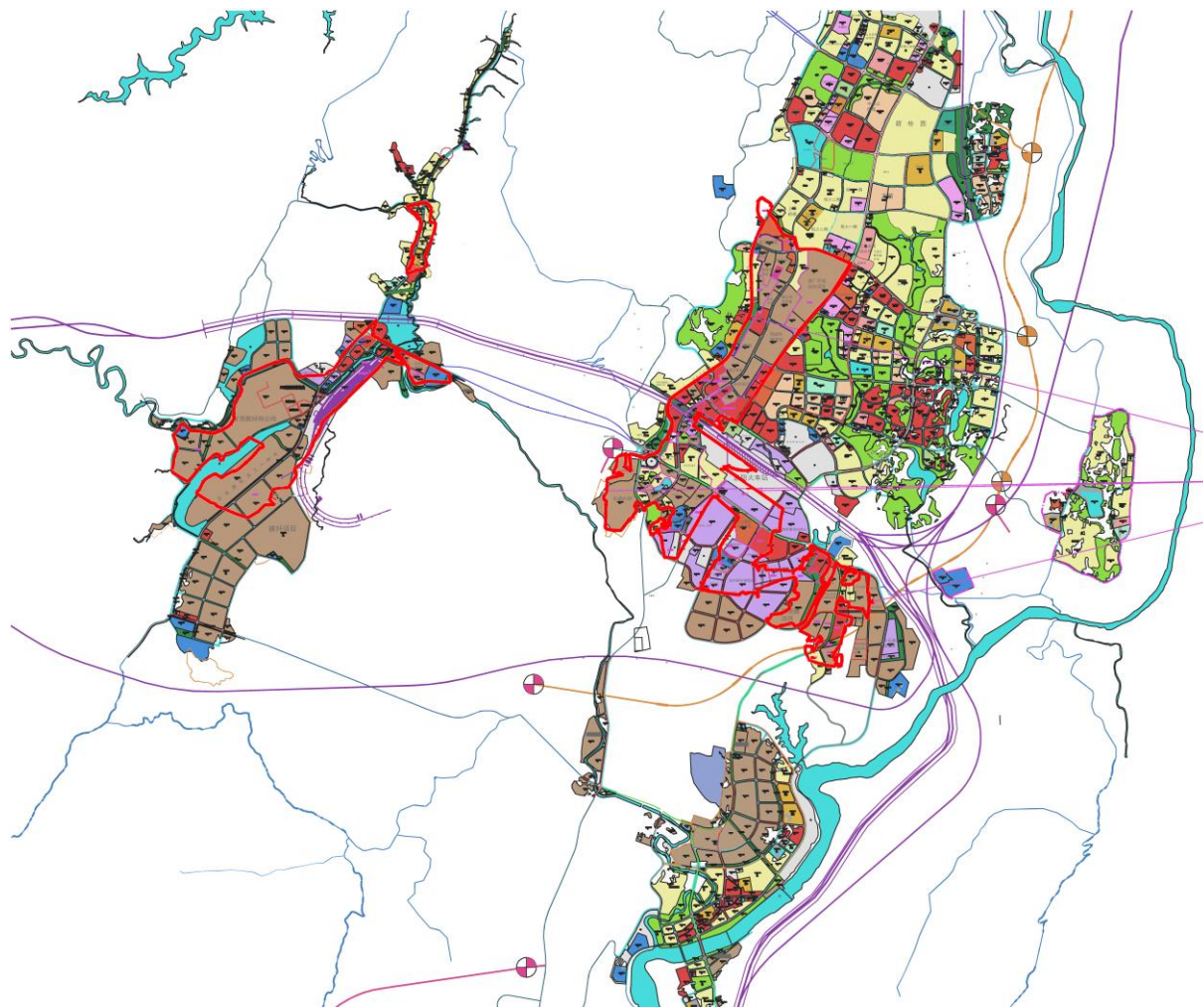


图 1-2 重庆市正阳工业园区在黔江区的位置

1.2.2 评价范围

本报告的评价范围为委托方指定的范围，包含重庆市正阳工业园区正阳组团、青岗组团、冯家组团三个片区。具体见图 1-3



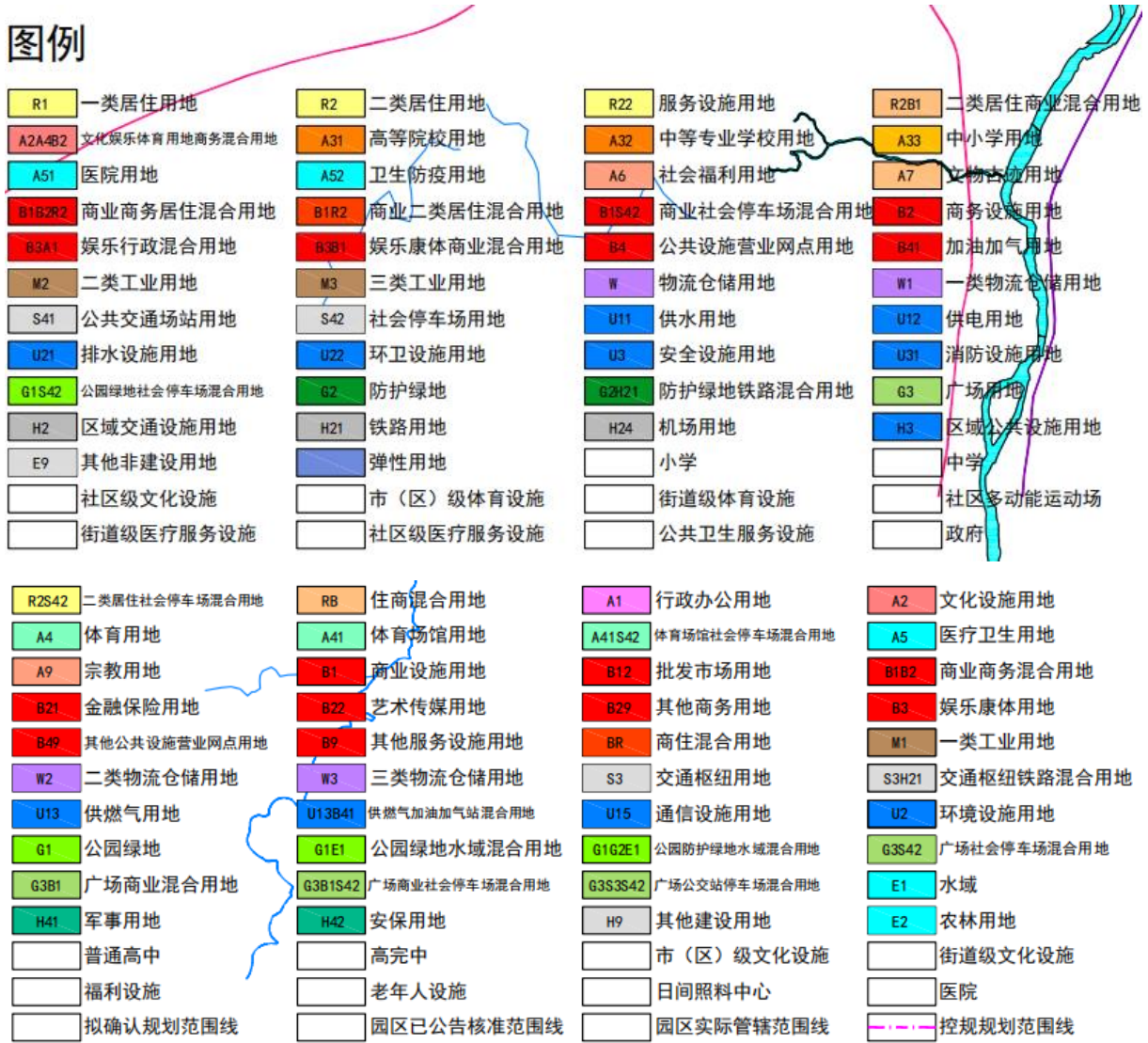


图 1-3 重庆市正阳工业园区土地利用规划（红色线为园区论证范围）

1.3 报告编制依据

1.3.1 政策法规

编制本报告所用到的政策法规有：

- (1) 《中华人民共和国气象法》（2016年11月7日修正版）
- (2) 《气候可行性论证管理办法》（中国气象局第18号令）
- (3) 《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）
- (4) 《重庆市气象灾害防御条例》

(5) 《重庆市人民政府关于印发重庆市工程建设项目审批制度改革试点实施方案的通知》(渝府发〔2018〕43号)

(6) 《重庆市工程建设项目审批制度改革试点工作领导小组办公室关于转发市规划自然资源局重庆市建设项目区域整体评价工作实施细则(试行)》(渝工程改办〔2018〕6号)

(7) 《重庆市气象局关于印发重庆市建设项目气候可行性论证区域整体评价工作规程(试行)的通知》(渝气发〔2018〕140号)

1.3.2 标准规范

编制本报告所用到的标准规范有:

- (1) GB/T18710—2002 风电场风能资源评估方法
- (2) GB50014—2006 (2016版) 室外排水设计规范
- (3) GB50057—2010 建筑物防雷设计规范
- (4) GB50009—2012 建筑结构荷载规范
- (5) GB50343—2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- (6) GB 31221—2014 气象探测环境保护规范 地面气象观测站
- (7) GB/T 31155—2014 太阳能资源等级 总辐射
- (8) GB/T 21714.2—2015/ IEC 62305-2: 2010 雷电防护 第2部分: 风险管理
- (9) GB 50019—2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- (10) GB 51222—2017 城镇内涝防治技术规范
- (11) GB/T 30587—2018 城市火险气象等级
- (12) DL/T 5158—2012 电力工程气象勘测技术规范
- (13) HAD101-11 核电厂设计基准热带气旋
- (14) JTG/T 3360-01—2018 公路桥梁抗风设计规范
- (15) NB/T31147—2018 风电场工程风能资源测量与评估技术规范
- (16) QX/T 118—2010 地面气象观测资料质量控制
- (17) QX/T 242—2014 城市总体规划气候可行性论证技术规范
- (18) QX/T 405—2017 雷电灾害风险区划技术指南

- (19) QX/T 85—2018 雷电灾害风险评估技术规范
- (20) QX/T 89—2018 太阳能资源评估方法
- (21) QX/T 423—2018 气候可行性论证规范 报告编制
- (22) QX/T 426—2018 气候可行性论证规范 资料收集
- (23) QX/T 436—2018 气候可行性论证规范 抗风参数计算
- (24) QX/T 437—2018 气候可行性论证规范 城市通风廊道
- (25) QX/T 449—2018 气候可行性论证规范 现场观测
- (26) QX/T 452—2018 基本气象资料和产品提供规范
- (27) QX/T 453—2018 基本气象资料和产品使用规范
- (28) QX/T 457—2018 气候可行性论证规范 气象观测资料加工处理
- (29) QX/T 469—2018 气候可行性论证规范 总则
- (30) 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）
- (31) 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）

1.4 计量单位和专业术语

1.4.1 计量单位

详见表 1-1。

表 1-1 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	温度	摄氏度°C
6	湿度	百分比%
7	速度	米/秒 m/s、米/平方秒 m/s ²
8	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
9	密度	克/立方厘米 g/cm ³ 、吨/立方米 t/m ³
10	强度	毫米/分钟 mm/min、升/秒/公顷 l/s/hm ² 、次/平方公里/年次/km ² /a
11	压强	百帕 hPa、千牛/平方米 kN/m ²
12	电流	千安 kA
13	电阻率	欧姆·米 Ω·m

1.4.2 专业术语

(1) 参证气象站：气象分析计算所参照具有长年代气象数据的国家气象观测站。

(2) 关键气象因子：与园区项目建设和运营具有制约性关系，并可直接测量的大气状态参量。

(3) 设计风速：在基本风速基础上，考虑局部地表粗糙度影响，项目所在地地面上 10 m 高度处 50 年重现期的 10 min 平均年最大风速。

(4) 基本风压：风荷载的基准压力，一般按当地平坦地面上 10 m 高度处 10 min 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。

(5) 基本气温：根据参证气象站历年记录所得的最高温度月的月平均最高气温值和最低温度月的月平均最低气温，经极值概率分布曲线拟合确定设计频率的最高、最低气温。

- (6) 冬季空调室外计算温度：采用累年平均每年不保证 1 d 的日平均温度。
- (7) 供暖室外计算温度：采用累年平均每年不保证 5 d 的日平均温度，即日平均温度低于采暖室外计算温度的天数不大于 5 d。
- (8) 夏季空调室外计算干球温度：采用累年平均每年不保证 50 h 的干球温度。
- (9) 夏季空调室外计算日平均温度：采用累年平均每年不保证 5 d 的日平均温度。
- (10) 夏季通风室外计算温度：采用历年最热月 14:00 平均温度的平均值。
- (11) 夏季通风室外计算相对湿度：采用历年最热月 14:00 平均相对湿度的平均值。
- (12) 冬季通风室外计算温度：采用历年最冷月月平均温度的平均值。
- (13) 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。
- (14) 暴雨日：指 24 小时降雨量 ≥ 50 mm 的日数。
- (15) 日最大降水量：指一年中出现的一日最大降水量。
- (16) 高影响天气：直接影响园区项目建设和运营的天气。
- (17) 静风：平均风速小于等于 0.2 m/s 的风，用 C 表示。
- (18) 风向：指风的来向，一般包含 16 个方位。
- (19) 大风：瞬时风速达到或超过 17 m/s 的风或者 10 min 平均风速大于等于 10 m/s 的风。
- (20) 最大风速：给定时段内的 10 min 平均风速的最大值。
- (21) 极大风速，给定时段内的瞬时风速的最大值。
- (22) 广义极值分布：即 Generalized Extreme Value Distribution (简记 GEV)。
- (23) 三参数对数正态分布：即 Three-parameter Lognormal Distribution (简记 LN3)。
- (24) 三参数威布尔分布：即 Three-parameter Weibull distribution (简记 WD3)。
- (25) 皮尔逊-III 型分布：即 Pearson-III Distribution (简记 P-III)。
- (26) 耿贝尔分布：即 Gumbel Distribution (简称 GD)。
- (27) 指数分布：即 Exponential Distribution (简记 ED)。
- (28) E、N：分别代表东经、北纬。

2 资料和方法

2.1 资料

2.1.1 资料种类和来源

报告所用资料涉及以下几类：

(1) 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 850hPa、500hPa 和 200hPa。主要用于大范围平均大气环流背景场的分析。欧洲中期天气预报中心（ECMWF）提供的 ERA-interim 月平均再分析资料，要素包括水平风场（U、V）和垂直风场（W）；水平分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ，垂直层次共 27 层：1000hPa、975hPa、950hPa、925hPa、900hPa、875hPa、850hPa、825hPa、800hPa、775hPa、750hPa、700hPa、650hPa、600hPa、550hPa、500hPa、450hPa、400hPa、350hPa、300hPa、250hPa、225hPa、200hPa、175hPa、150hPa、125hPa 和 100hPa。主要用于重庆及其周边地区小范围精细化的水平和垂直风场的分析。两套资料的时间均是 1991 至 2020 年，时间分辨率为逐月平均。

(2) 地面气象站资料：包括园区附近国家气象站和区域自动气象站的资料。国家气象站观测资料来源于重庆市气象信息与技术保障中心，均从经过审核后的信息化资料中提取。包括气压、气温、降水、风、相对湿度、日照、雷电、冰雹等气象要素及天气现象。时间长度为 1960 至 2020 年，时间分辨率为逐日。日变化特征分析的时间长度为 2011 至 2020，时间分辨率为逐时。主要用于参证站选取、气候背景分析、高影响天气分析、关键气象参数分析及推算等。不同论证内容所选资料时间长度和时间分辨率有所不同，具体参见各章节具体内容。

(3) 气象灾害资料：园区附近历史气象灾害资料，一部分来源于重庆市气象信息与技术保障中心的信息化资料以及气象年、月报表，另一部分来源于地方志、气象志、灾情直报系统以及民政和农业部门的灾情报告等，主要用于园区高影响天气的确定。

(4) 园区气象要素敏感度资料：园区重点企业（行业）对气象要素（灾害）的敏感

度资料由论证人员在园区已入驻企业中现场抽样调查得到，用于确定园区高影响天气。

(5) 雷电监测数据以及土壤电阻率资料：雷电监测数据来源于重庆市气象局雷电监测网，资料时间范围为 2008-2020 年。土壤电阻率资料按照 QX/T 85-2018 规范要求在园区内不同地点抽样并现场检测获得。两种数据主要用于雷电风险评估等专题影响评估。

(6) 数字高程 (DEM) 数据：数字高程模型数据由美国 NASA LP DAAC (美国陆地过程分布式活动档案中心) 提供的 30 m 空间分辨率 ASTER GDEM (V2) 数据得到，主要用于地形特征分析等。

(7) 与园区气候可行性论证区域整体评价相关的其它资料 (如地理信息数据等)：由委托单位提供，主要用于论证结果制图展示等。

2.1.2 台站资料的质量控制

报告所用国家气象站和区域气象站观测资料，来源于重庆市气象信息与技术保障中心。国家站数据均经过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。

范围值检查：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。

由于区域气象站存在大量缺测及错误数据，本报告对区域气象站数据进行了气候极值检验、时间连续性检验、空间连续性检验。

① 气候极值检验

首先直接剔除数据中已标识为缺测的数据，然后通过判断要素数据是否位于特定阈值范围内，从而进一步对可疑数据做剔除。根据重庆本地的气候状况，各观测要素的气候阈值设置如下表。

表 2-1 气候极值检验表

要素名称	阈值
本站气压	300 hPa ~ 1100 hPa
温度	-80℃ ~ 40℃
相对湿度	0 ~ 100%
风向	0 ~ 360
风速	0 ~ 30 m/s

② 时间连续性检验

一些气象要素的变化与时间存在较为显著的相关性，邻近时间点的要素值应当是连续均匀变化的，时间一致性检查可将出现过度变化或变化过小的气象要素值判断为可疑数据做剔除处理。计算要素 6 小时内的累积差值，并按下表的阈值进行可疑值判断。对连续变化超过阈值的观测记录进行剔除处理。

表 2-2 时间连续性检验阈值

气象要素	气温(℃)	气压(hPa)	相对湿度(%)
最小变率	0.2	0.2	1
最大变率	10	30	30

③ 空间连续性检验

同一区域范围内的站点观测数据可表现出相似的空间分布特征，若某个测站的要素值与邻近站差异较大，则可判断此站点的要素为可疑数据。具体实现为将距离质控站点周围一定范围内的所有站点做样本，根据 Barnes 客观分析法插值到质控站点位置，然后判断站点原数据与插值数据间的残差，若超过特定阈值则该要素值判断为缺测。相关计

算方程为:

$$x' = x_j - \frac{\sum_{i=1}^N \omega_i x_i}{\sum_{i=1}^N \omega_i} \quad (1)$$

$$\omega_i = e^{\left(\frac{-r}{R}\right)^2} \quad (2)$$

其中(1)式中 x' 为残差值, x_j 和 x_i 分别为质控站点原始值和周围站点值, ω_i 为周围站点权重, r 为周围站点到质控站点的距离, R 为影响半径。

但由于进行空间连续性检查需要使用周边站点进行插值, 若某个还未进行质控的可疑站点也参与到插值中, 势必会对结果造成影响。因此研究中采用了二次迭代的方案, 即首先对所有站点进行一次空间连续性检验, 然后在第二次检验中只使用通过了第一次检验的站点进行插值。若某个站点在第二次空间连续性检验中依然被判断为可疑值, 便剔除; 反之, 则保留。进行质控时, 影响半径设为 20 km, 气温的最大残差值为 6°C, 降水的最大残差值为 20 mm。

2.1.3 园区及其周边气象站分布情况

重庆市正阳工业园区包含 3 个组团, 分别是正阳、冯家、青杠。园区海拔高度在 500-700 米之间, 其周边的气象站分布情况如表 2-3 和图 2-1 所示, 包含 1 个国家站和 3 个区域自动站。黔江国家站距离园区约 10km, 黔江对比站(也称城东南北台)为黔江国家站 2014 年以前的站址, 2015 年 1 月迁站现有的黔江国家站位置, 将在参证气象站分析部分详细说明。园区周边的区域代表站为正阳和冯家, 均是 4 要素站(气温、降水、风向、风速)。从站点海拔高度来看, 黔江对比站的海拔与园区更加接近。

表 2-3 园区及其周边气象站表

序号	自动站类型	站名	站号	经度	纬度	海拔	要素类型	建站时间
1	国家站	黔江	57536	108.7619	29.5242	786.9	全要素	1959/4/1
2	区域站	黔江对比站	A8561	108.7833	29.5167	607.3	7 要素	2010/9/27
3	区域站	正阳	A7071	108.78	29.45	613	4 要素	2007/1/1
4	区域站	冯家	A7070	108.7944	29.4092	555	4 要素	2007/1/1

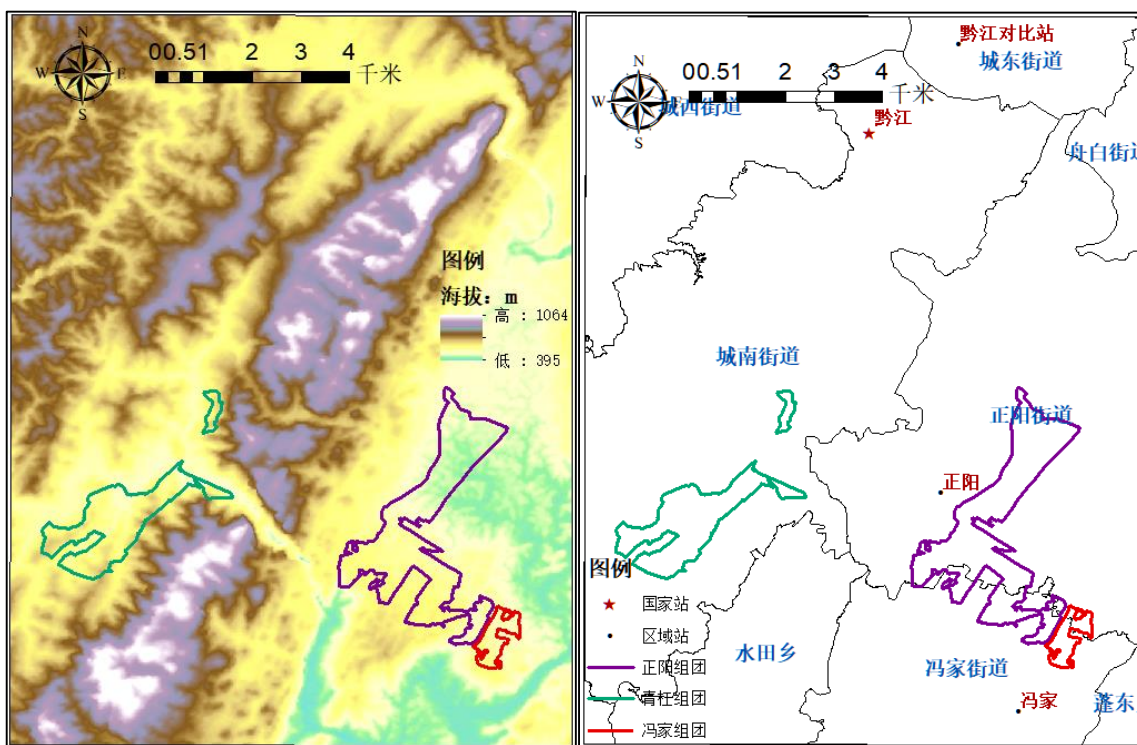


图 2-1 园区周边地形及气象站分布

2.1.4 参证气象站

2.1.4.1 参证站的选取

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，可考虑用其它气象站代替，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键气象因子代表性，选择一个或多个参证气象站。

(3) 应对参证气象站历史沿革进行考证和说明，一般应选择观测场址一直保持不变或变迁次数较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。

根据上述原则，初步确定选取黔江气象站作为拟选参证站。下面就黔江气象站的三性（代表性、准确性、比较性），气象资料的时间一致性和空间一致性进行分析。

2.1.4.2 参证站代表性、准确性、比较性分析

参证气象站的选取原则主要依据资料序列的代表性、准确性和比较性三个方面，下面分别进行论述：

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

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

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

黔江气象站属于国家级（常规）气象观测站，能反映站点周围一定范围内的平均气象状况，建设符合国家标准，满足代表性要求；观测人员均是经过专业培训的专职人员，严格按照相关标准和规定进行观测、记录和数据处理，且历史资料均经过气象部门严格、规范地审核，其准确性可以满足规范规定和项目要求；进行气象要素观测均是在世界气象组织（WMO）统一规定的时间，观测数据与其它地区具备比较性。

2.1.4.3 时间一致性分析

数据的时间一致性主要是考察气象数据历史序列是否连续、一致。气象站的观测记录序列通常受到仪器变更、环境变化、台站迁移等因素的影响，可能导致气象要素存在明显的非均一性。

黔江国家站历史沿革情况如表 2-4 所示，1959 年 4 月建站，海拔高度 580.0 m，1962

年海拔高度增加 55.7m, 1974 年, 向东北方向迁移约 0.6 km, 海拔高度降低 28.6m, 2015 年向西南方向迁移约 2.2 km, 海拔高度升高 179.6 m, 原址仍然保留(黔江对比站 A8561), 此后无变化。总体而言, 黔江国家站 1974 年迁站, 位置和海拔高度差异较小, 影响较小, 2015 年迁站位置、海拔高度差异较大, 对气温、气压等序列的时间一致性可能造成影响。有必要对黔江国家站时间一致性进行分析。1959 年序列不全, 从 1960 年开始分析。

以下将对黔江国家站气压、气温、降水、风速等气象观测要素的时间一致性进行分析。

表 2-4 黔江站建站、迁站情况

序号	变动时间	经度 (E)	纬度 (N)	海拔高度 (m)	站址
1	1959.04.11	108°47'	29°31'	580.0	黔江县城南村
2	1962.04.22	108°47'	29°31'	635.7	黔江县城南村
3	1974.01.01	108°47'	29°32'	607.3	黔江县城郊南北台
4	2015.01.01	108°46'	29°31'	786.9	黔江区城南街道跑马山山顶

(1) 气压一致性

黔江国家站有观测以来逐年平均气压变化如图 2-2 所示, 平均气压在 1974 年突然增加、2015 年突然减小, 与迁站时间一致, 需要进行订正, 可采用差值订正法, 以 1974-2014 年为标准, 对其他时段进行订正, 月际变化采用 1991-2014 年数据表示。

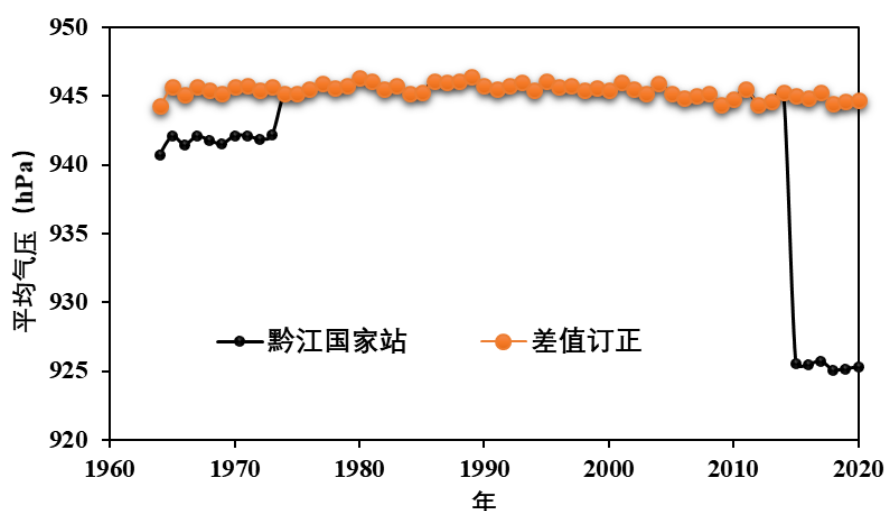


图 2-2 1960-2020 年平均气压年际变化

(2) 气温一致性

黔江国家站年平均气温 1980 年代以来呈现出上升趋势, 与气候变暖对应, 但 2015

年迁站后，明显降低。考虑气温的均一化订正后会对某些极端指数计算结果产生影响，与气温相关的气候统计量，最终采用黔江国家站 1991-2014 年续接黔江对比站 2015-2020 年数据进行统计。

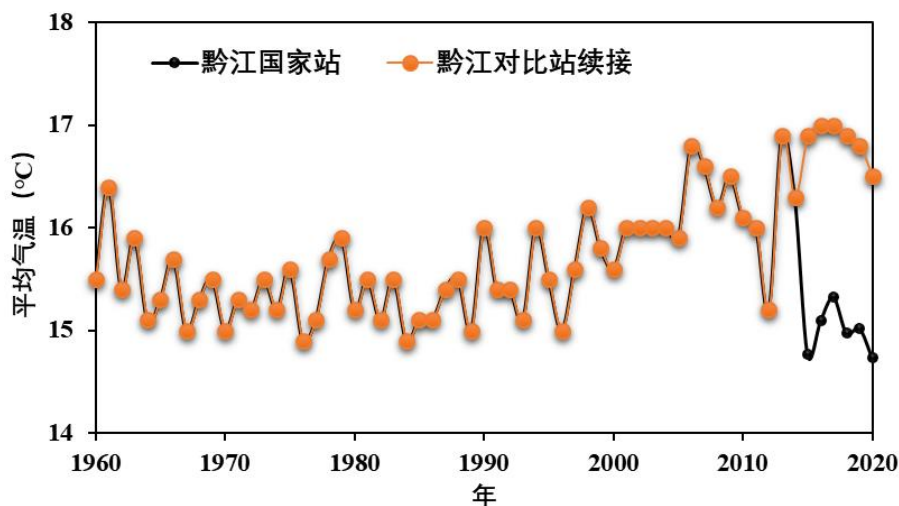


图 2-3 1960-2020 年平均气温年际变化

(3) 平均风速一致性

黔江国家站的年平均风速具有明显的年代际变化，2015 年以前总体呈下降趋势，2015 年迁站后明显偏大，2015-2020 年黔江国家站平均风速约 1.6 m/s，黔江对比站约 1.0 m/s，与国家站保持了较好的一致性。从风向频率来看，2010-2020 年总体以偏东风 (E) 和东北风 (E) 为主，2010-2014 年与 2015-2020 年存在较大差异，主导方向有不同。对比黔江站 2010-2014 年和黔江对比站 2015-2020 年，主导风向基本一致。因此，与平均风速、风向相关的气候统计量，仍然采用黔江对比站 2015-2020 年数据续接黔江国家站 1960 年以来的数据结果。

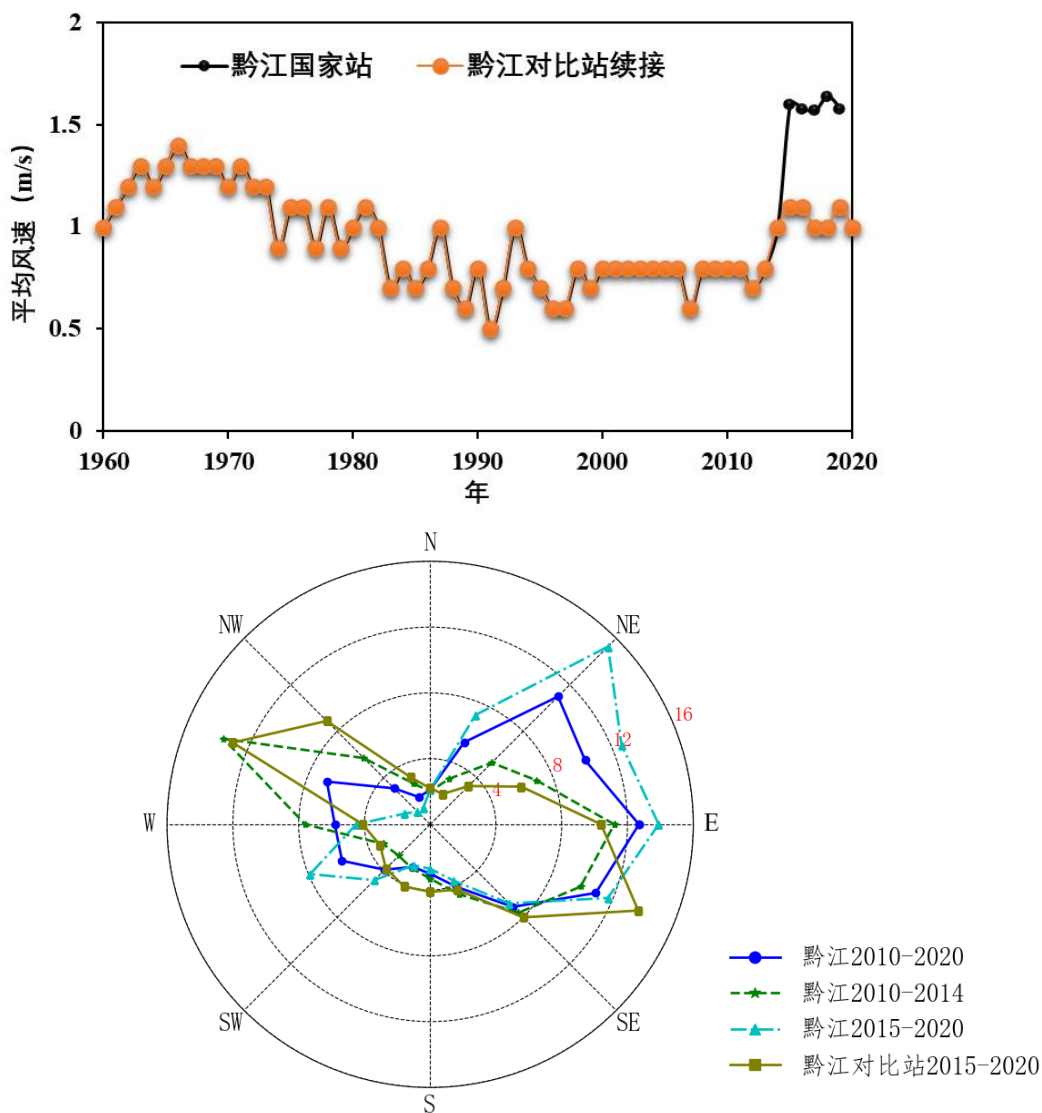


图 2-4 1960-2020 年平均风速、风向频率变化

(4) 其它要素一致性

黔江国家站的年降水量、相对湿度、日照时数不存在明显的非均一性。

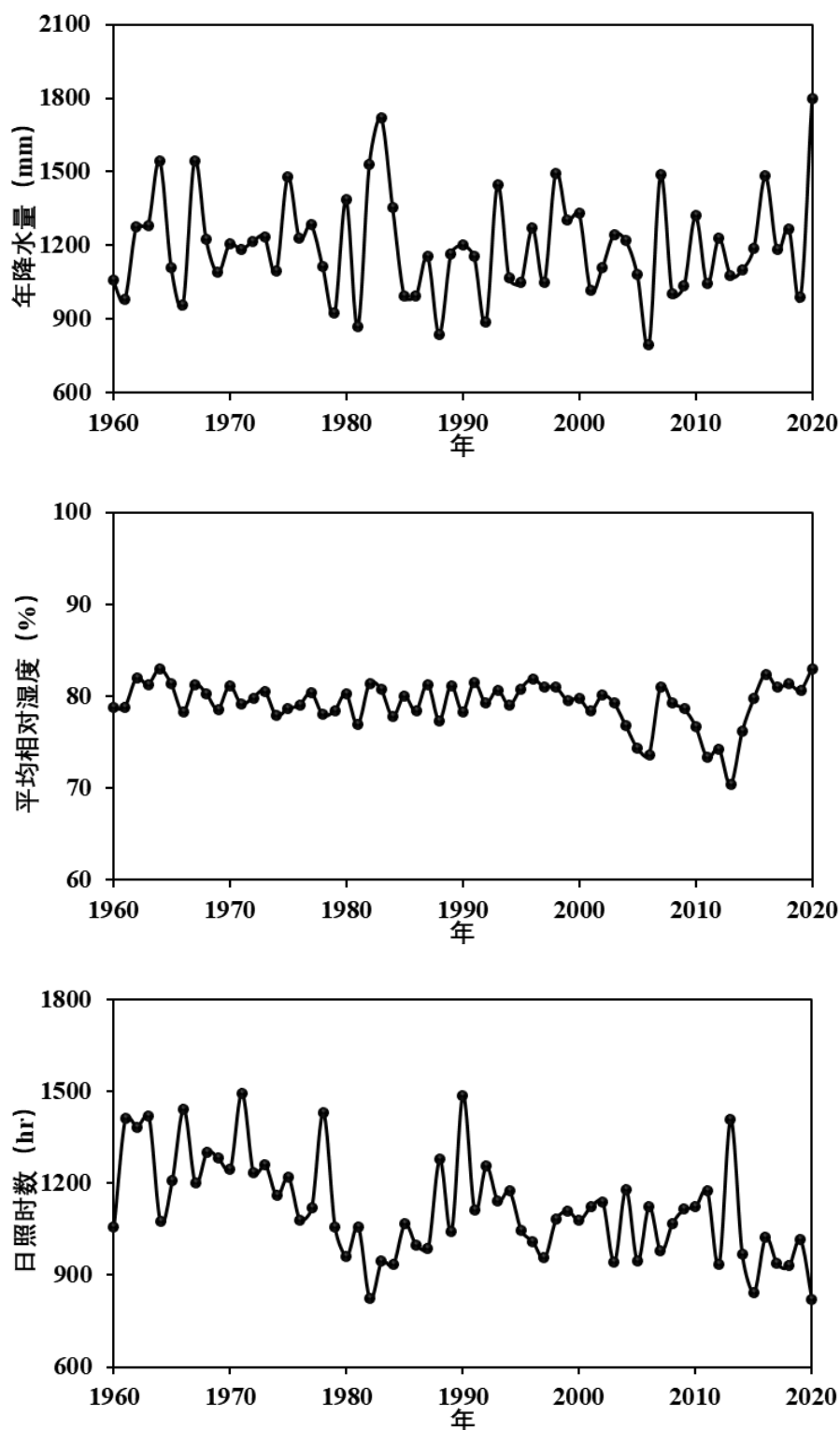


图 2-5 1960-2020 年降水量、平均相对湿度、日照时数变化

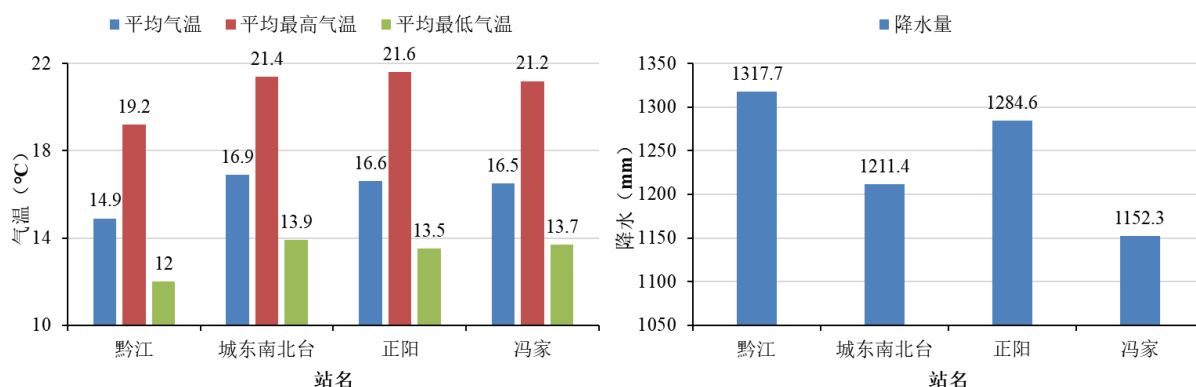
2.1.4.4 空间一致性分析

考虑到黔江国家站 2015 年迁站，将近 6 年（2015-2020 年）园区周边区域站与黔江国家站的气温、降水、平均风速序列进行对比，分析各站点的空间分布一致性。相关系

数是反映两个序列一致性的重要变量，相关系数越高，一致性越好。但计算相关系数时，为了消除年变化周期的影响，需要采用气象要素值的距平序列。逐日数据波动太大，年平均数据样本太少，为了兼顾稳定性和样本数量，采用气象要素逐月距平序列（某月平均值-对应月的多年平均值）进行相关系数计算。

园区周边国家站和区域站气象要素的多年平均及逐月距平相关系数如图 2-6 所示，城东南北台即为黔江对比站。园区年平均气温为 16.5~16.6°C，与城东南北台站（16.9°C）接近，较黔江国家站偏高 1.6°C 左右，年平均最高/低气温与年平均园区平均气温基本一致，城东南北台与正阳和冯家更为接近，空间一致性优于黔江国家站。园区年降水量在 1150~1300mm 之间，整体与黔江国家站和城东南北台相差不大。就平均风速而言，黔江国家站最大，城东南北台与正阳接近，冯家较低，年风向频率和静风频率统计显示，冯家年静风频率在 70% 以上，因而平均风速偏小，可能是真实的情况，也可能受到风速观测质量的影响，正阳站的平均风速大小和风向频率较为合理，年静风频率为 29%，仍远高于黔江国家站和城东南北台站，由于风向受局地地形影响较大，各站的主导风向也有所不同，与风向相关的分析建议采用正阳区域站数据。就最大风速和极大风速而言，仍然以黔江国家站最大，正阳站次之，城东南北台站再次，冯家站最小。从月距平相关系数计算结果来看，黔江国家站与城东南北台站与正阳站的一致性更高，同时，城东南北台站高于黔江国家站。

综上所述，黔江国家站 2014 年及以前的站址（城东南北台站）能更好的表征园区的气候背景。



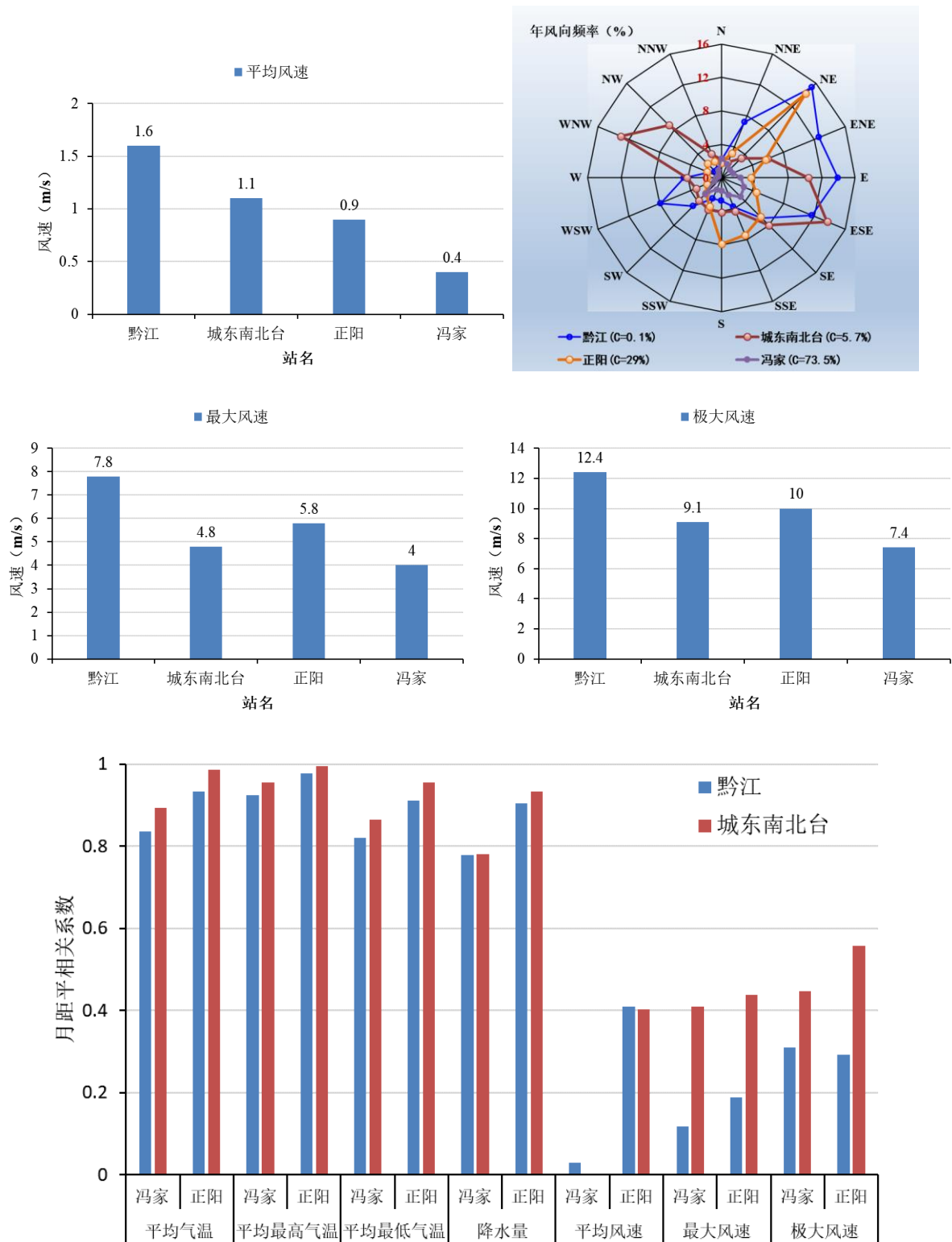


图 2-6 园区周边气象站 2015-2020 年气象要素多年平均及月距平相关系数

2.1.4.5 参证站资料说明

重庆市正阳工业园区的气候背景分析、高影响天气分析、关键气象参数计算中，与气温、气压、平均风速有关的气象要素采用黔江国家站 1960-2014 年数据续接黔江代表

站 2015-2020 年数据进行分析，与降水、平均相对湿度、日照时数相关的气象要素采用黔江国家站代表，以下统称为参证站。

气候背景的年际变化采用参证站近 30a（1991~2020 年）数据进行分析，月际变化采用 1991-2020 年数据分析，日变化采用近 10a（2011~2020 年）逐小时资料进行统计。高影响天气分析和涉及重现期计算的关键气象参数采用 1960 年以来的资料进行分析。风向频率和污染系数统计采用正阳站 2011-2020 年数据进行分析。

2.2 方法

本评价报告所用到的方法有资料均一性检验方法、重现期计算方法、气象灾害风险评估方法（含风险矩阵法）以及其它常用的气象统计分析方法。

用到的主要方法具体请参考附录 A~F。

3 大气环流背景

大气环流是指全球范围的大尺度大气运行的基本状况。这种大范围大气运动的水平尺度在数千米以上，垂直尺度在十千米以上，时间尺度在 1-2 日以上，大范围的大气运行的基本状态，是各种不同尺度的天气系统发生、发展和移动的背景条件。本章对重庆的大气环流背景进行分析，这对于了解重庆市正阳工业园区所在地的天气气候背景具有重要作用。本章所采用的资料为 NCEP 和 ERA-interim 从 1991 至 2020 年 30 年的再分析资料。

3.1 平均大气环流背景场

大气环流通常包含平均纬圈环流、平均经圈环流和平均水平环流。平均纬圈环流是指大气盛行的以极地为中心并绕其旋转的纬向环流。在对流层而言形成四个气压带（赤道低压带、副热带高压带、副极地低压带和极地高压带）和三个风带（低纬信风带、中纬西风带和高纬东风带），即“三风四带”。平均经圈环流是指在南北-垂直方向的剖面上，由大气经向运动和垂直运动所构成的运动状态。通常对流层存在经典的三圈环流——低纬度哈得来环流，中纬度费雷尔环流和极地环流圈。平均水平环流是指在水平面上叠加在平均纬向环流上的波状气流（又称平均槽脊）。北半球冬季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，分别位于：阿拉斯加、西欧沿岸和青藏高原北部。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。

重庆地处青藏高原东侧的四川盆地，中纬度西风带环流系统和热带环流系统都对重庆天气有影响，这些系统包括南亚高压、西太平洋副热带高压、中纬度槽脊、高原低涡、西南低涡、切变线、东风波等。在强降水天气过程中，高、低空急流亦有重要作用。此外，台风能够增强向我国内陆的水汽输送，对重庆天气也有一定影响。冬季，由于青藏

高原的动力作用，使西风气流出现南北分支，在其东侧的四川盆地汇合，形成多阴雨、多云雾的气候特征。夏季，来自南亚海洋上空季风槽前的低空西南急流给重庆带来丰沛水汽，使重庆夏季易产生暴雨天气过程。随着西太平洋副热带高压的西伸和北抬，重庆天气逐渐转为晴热、干燥，易产生伏旱。地形对重庆天气的影响非常明显。在青藏高原的动力、热力作用下，容易形成低涡、低槽、切变线等低值系统，并东移影响重庆带来降水、雷电等天气。秦岭、大巴山是阻挡北方冷空气进入四川盆地的天然屏障，使北方冷空气带来的降温明显弱于同纬度的我国中东部地区。一旦冷空气进入四川盆地后受到云贵高原的阻挡，在四川盆地堆积，容易形成持续阴雨天气。

以下根据亚欧大陆周期环流型的持续特性，亚洲中高纬高空锋区位置和周期及温度、降水特性，详细阐述重庆不同季节的主要环流背景和天气影响系统。

3.1.1 春季环流背景场

从不同层次的春季平均环流场可以看到，200 hPa 上南亚高压中心脊线位于 15°N 附近，重庆正好位于南亚高压西北侧西风急流上空，受西风急流影响。500 hPa 上，中高纬乌拉尔山以西出现一个平均脊，中纬的长波脊由冬季的 80°E~90°E 西退到 70°E~80°E，东亚大槽减弱移至 120°E~160°E。西太平洋副热带高压偏南，中心仍位于海上。850hPa 上，中纬度地区为平直的风气流，低纬度为偏东气流，重庆正好位于西南风和西北风的切边线附近，受切变线影响。在地面上印度低压生成并逐渐加强，蒙古高压和阿留申低压逐渐减弱，形成 4 个大气活动中心并存的局面，重庆受春季活动中心的影响，冷暖空气活动频繁，大气不稳定性显著增大。

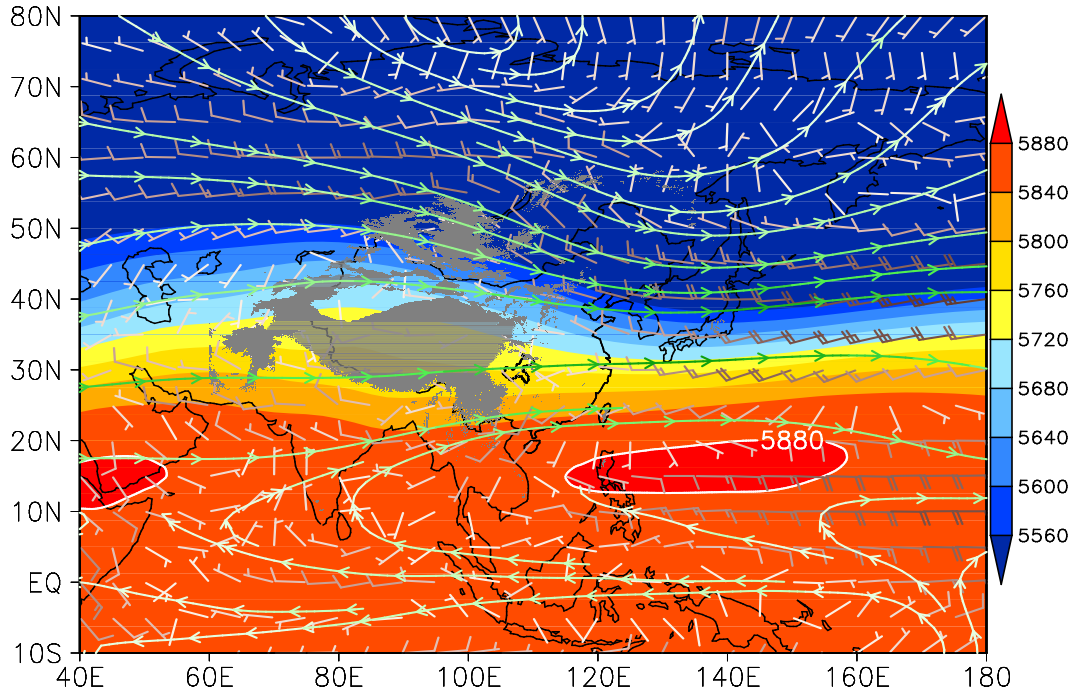


图 3-1 春季北半球 200 hPa 流场（流线）、500 hPa 高度场（红蓝阴影区，单位：位势米）和 850 hPa 风场（风向杆，长横代表风速 4 m/s，短横代表风速 2 m/s）（图中灰色阴影区为 850 hPa 上青藏高原地形）

春季，影响重庆的主要天气系统有冷锋、切变线、西南低涡、青藏高压和西太平洋副热带高压。春季是冷暖空气频繁活动的季节，在以上天气系统的共同作用下，重庆容易出现冰雹、倒春寒、暴雨等灾害性天气。

3.1.2 夏季环流背景场

从夏季平均环流场可以看到，200hPa 上，南亚高压中心已经从春季的 15°N 附近北跳至伊朗-青藏高原上空，重庆位于南亚高压东北侧西风急流出口区，受西风急流影响。500hPa 上，中高纬度长波变短，东亚上空长波槽移至 90°E，高压脊位于 130°E，中纬度地区为平直的风西气流，西太平洋副热带高压北抬至 20°N 附近。850hPa 上，低纬度的暖湿气流加强，为重庆地区带来充沛的水汽。由于青藏高原的地形作用，重庆仍然处在西北与西南风的切变线上，受切变线影响。在地面上，东亚大陆为强大的印度低压控制，重庆主要受青藏高压、西太平洋副热带高压、850hPa 切变线、200hPa 西风急流以及台风外围气流的影响。

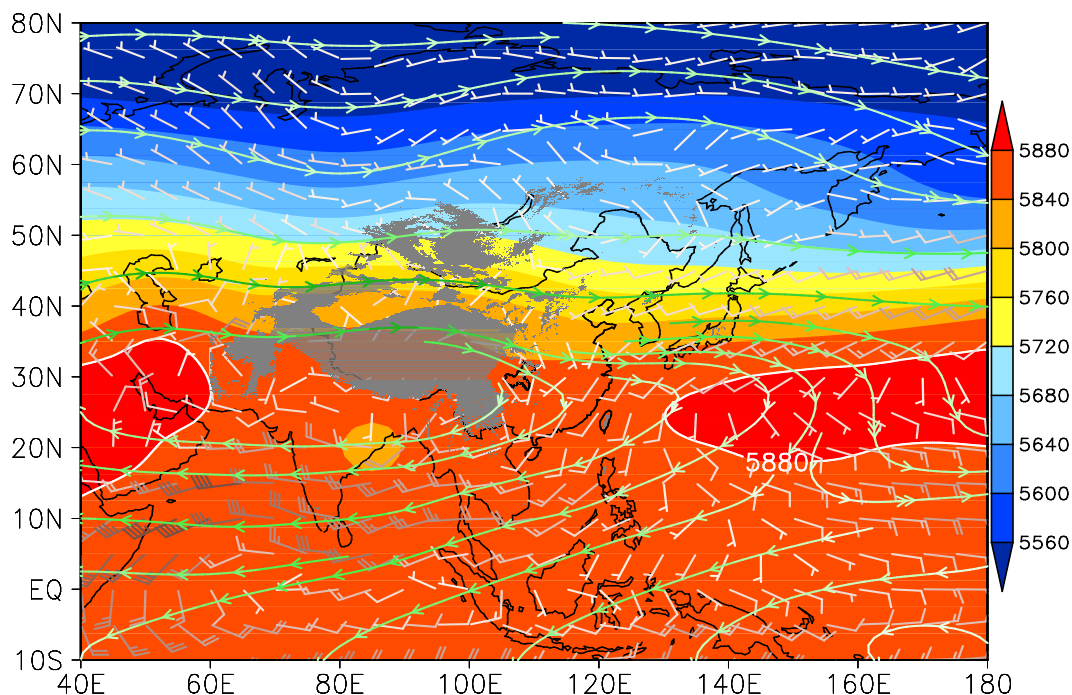


图 3-2 夏季北半球 200hPa 流场（流线）、500hPa 高度场（红蓝阴影区，单位：位势米）和 850hPa 风场（风向杆，长横代表风速 4m/s，短横代表风速 2m/s）（图中灰色阴影区为 850hPa 上青藏高原地形）

夏季，影响重庆的主要天气系统有 200hPa 青藏高压和急流，500hPa 副热带高压和印缅槽，850hPa 西南低涡和切变线以及在华东、华南沿海登陆的台风等。由于夏季冷空气势力较弱，暖湿气流活跃，大气的不稳定性大，因此重庆夏季容易出现雷雨大风、冰雹、短时强降水等强对流天气。

3.1.3 秋季环流背景场

从秋季平均环流场可以看到，200hPa 上，南亚高压南撤，中心位于 20°N 附近，重庆位于南亚高压北侧的西风急流区，受西风急流影响。500hPa 上，西太平洋副热带高压中心退回海上，欧亚脊增强，东亚大槽加深。850hPa 上，重庆上空存在偏西风与偏东风的切变线，受切变线影响。地面上，蒙古高压和阿留申低压生成并逐渐加强，形成 4 个活动中心并存的局面。

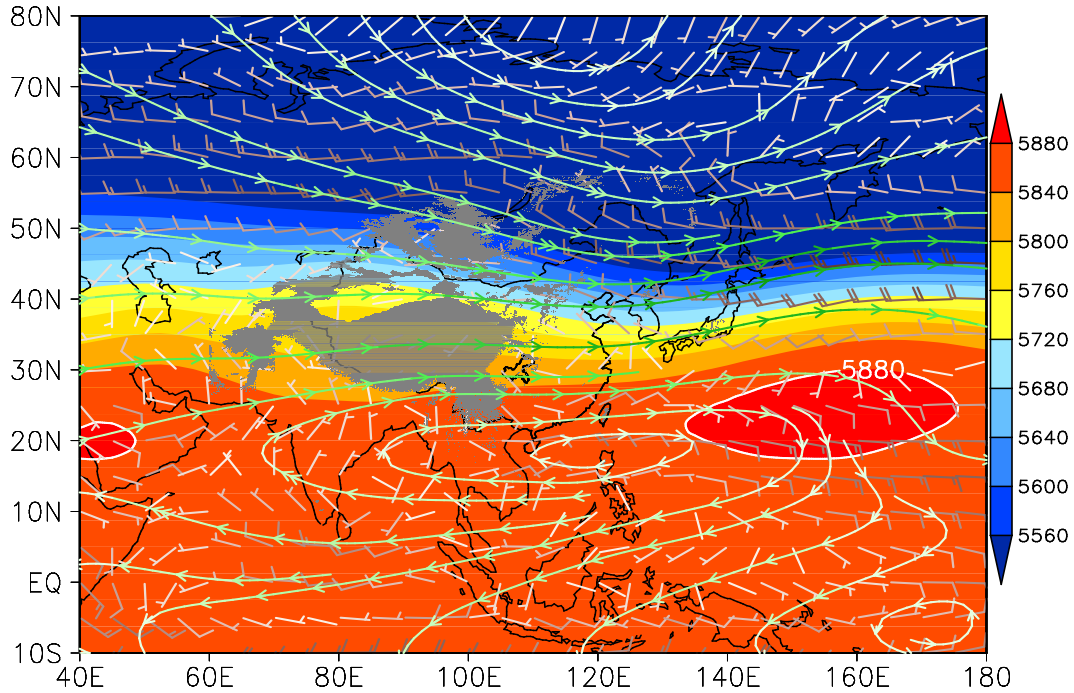


图 3-3 秋季北半球 200hPa 流场（流线）、500hPa 高度场（红蓝阴影区，单位：位势米）和 850hPa 风场（风向杆，长横代表风速 4m/s，短横代表风速 2m/s）（图中灰色阴影区为 850hPa 上青藏高原地形）

秋季，影响重庆的主要天气系统有 200hPa 青藏高压和西风急流，500hPa 西太副高，850hPa 切变线和西南涡。由于秋季冷空气势力逐渐增强，暖湿气流减弱，因此，重庆秋季容易出现长时间阴雨寡照等灾害性天气。

3.1.4 冬季环流背景场

从冬季平均环流场可以看出，200hPa 上，南亚高压继续南撤，中心位于 10°N 附近，重庆仍然位于高空西风急流下方，受其控制。500hPa 上，大陆东岸大槽建立，80°E~90°E 有弱脊发展，偏北风加强，气温迅速下降，是全年气温下降最快的时期。850hPa 上，重庆仍然处于西北风和偏东风的切变线上，受其控制。地面上受蒙古高压和阿留申低压这两个大气活动中心控制。

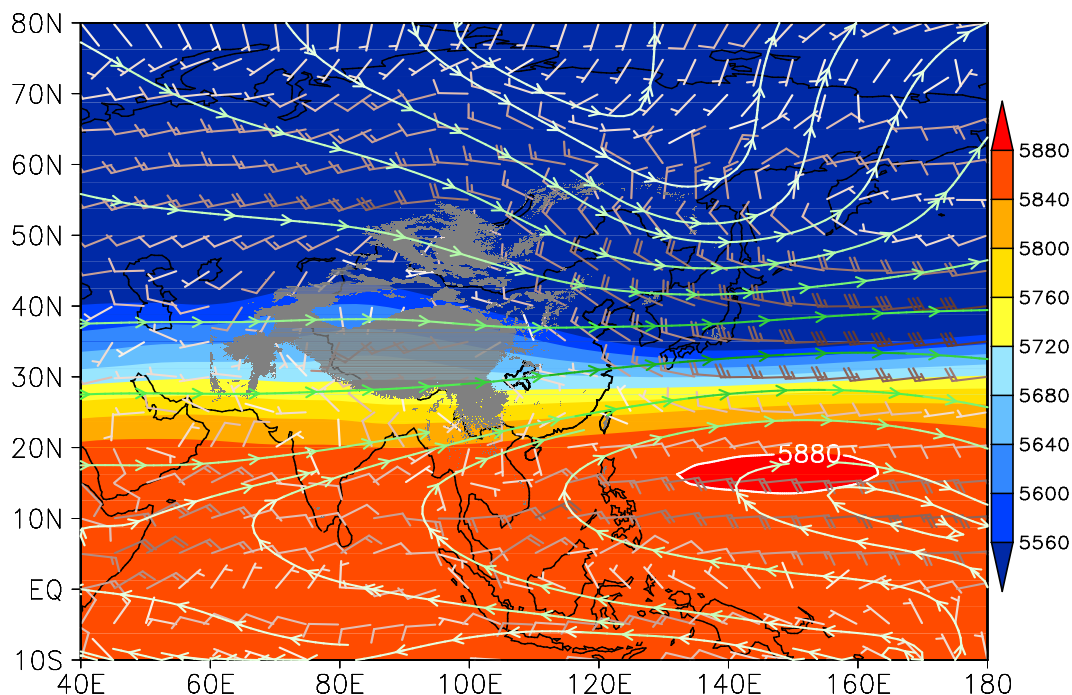


图 3-4 冬季北半球 200hPa 流场（流线）、500hPa 高度场（红蓝阴影区，单位：位势米）和 850hPa 风场（风向杆，长横代表风速 4m/s，短横代表风速 2m/s）（图中灰色阴影区为 850hPa 上青藏高原地形）

冬季，影响重庆的主要天气系统有 200hPa 青藏高压、500hPa 阻塞高压和高原槽，850hPa 的低涡和切变线以及地面上的准静止锋和蒙古高压。由于冬季是冷空气势力最强的季节，因此重庆容易出现低温阴雨（雪）、寒潮大风等灾害性天气。

3.2 水平方向和垂直方向环流特征

3.2.1 水平方向环流特征

这里给出重庆春、夏、秋和冬季 850hPa 风场的分布图（图 3-5）。从图中可以看到，春季重庆中部和东南部低层盛行东南风，东北部地区盛行偏东风，西部地区盛行偏南风。春季，参证站附近低层风场为东南风，风速约为 1.5m/s；夏季，南方暖湿气流增强，重庆大部地区为东南或偏南风，参证站附近为偏南风，风速约为 1.5m/s；秋、冬季参证站附近低层为偏东风，风速约为 1m/s。

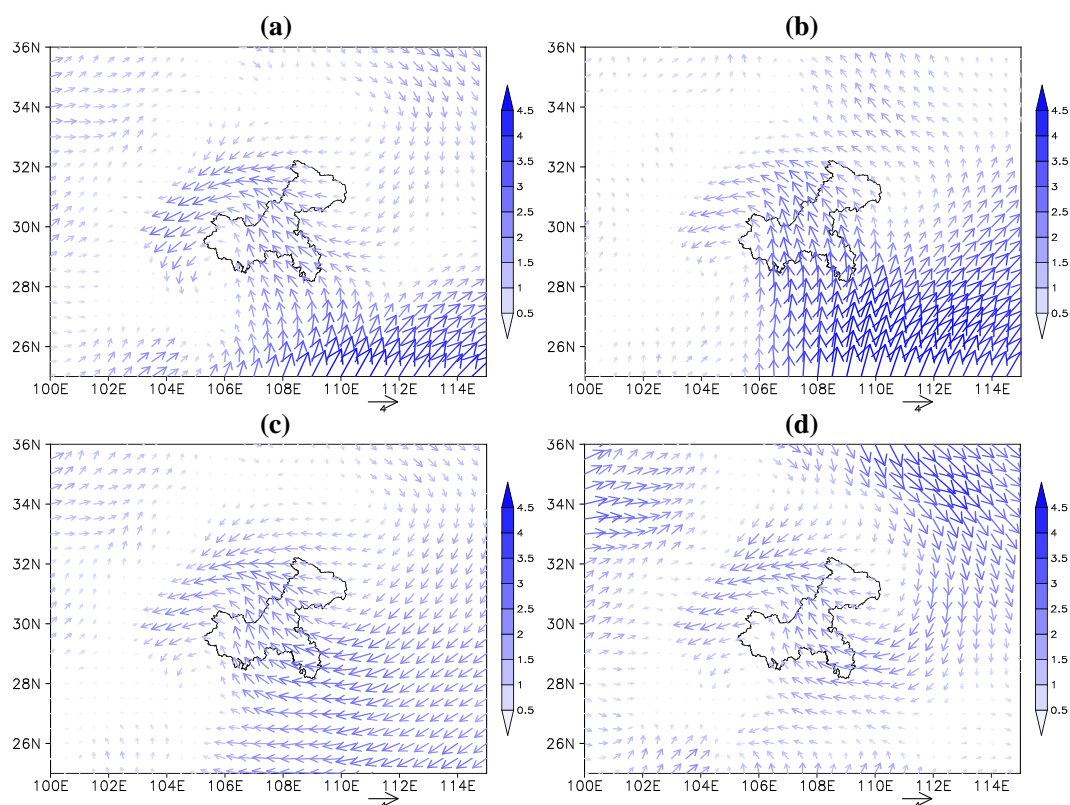


图 3-5 重庆及周边地区春(a)、夏(b)、秋(c)、冬(d)四季 850hPa 平均风场（单位：m/s）（图中黑色实心圆点为参证站所在位置）

总的来说，参证站附近四季低层风场均为偏东风到偏南风；四季风速均较小，其中春、夏季较大，约为 1.5m/s，秋、冬季约为 1m/s。

3.2.2 垂直方向环流特征

图 3-6 是沿 30.0°N 四季的垂直速度和经向风的纬度-高度剖面图。图中，带箭头的线表示垂直速度和经向风合成矢量风的流场，红、蓝阴影区分别表示垂直下降、上升的速度大小，颜色越深表示下降和上升的速度越大。由图中可以看出，各个季节，在参证站所在经度附近对流层中高层以上（600hPa-100hPa）均为平直的东西气流，不存在垂直运动，600hPa 以下垂直运动较明显。春季，参证站低空主要为垂直上升的气流，最大垂直速度位于 800hPa 高度上，约为 0.3m/s。夏季，参证站低层为垂直上升气流，风速约为 0.3m/s。秋季，参证站低层仍然以垂直上升为主，上升速度最大值约为 0.3m/s。冬季，参证站低层垂直运动不明显。

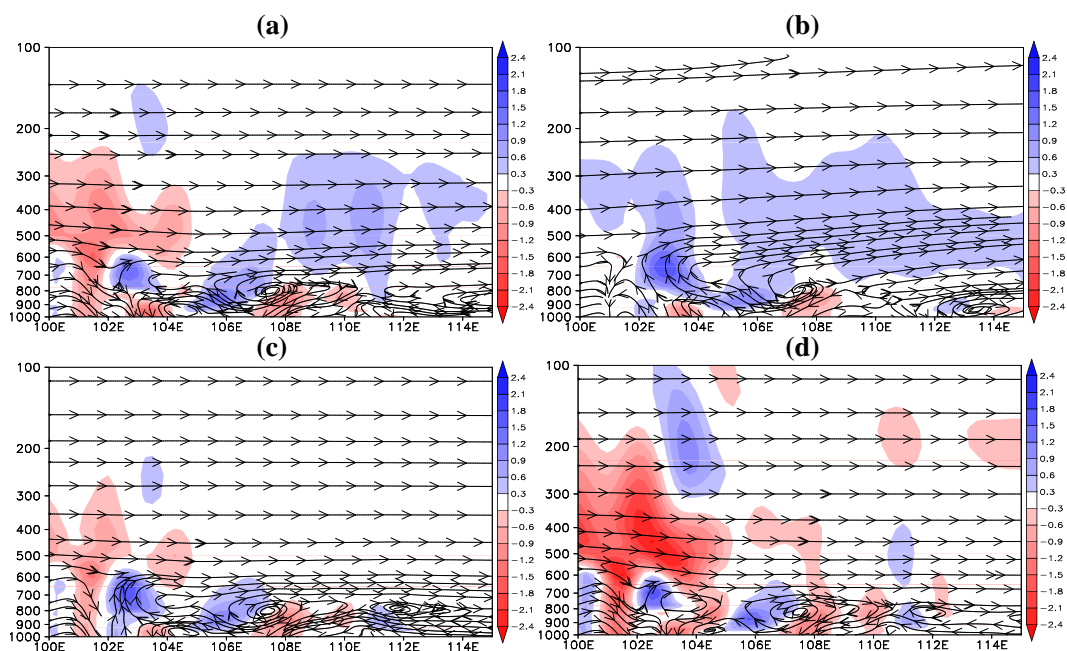


图 3-6 春季(a)、夏季(b)、秋季(c)和冬季(d)沿 30°N 的垂直速度和经向风的纬度-高度剖面图（单位：m/s）（红色阴影区代表垂直下降区域，蓝色阴影区代表垂直上升区）

总的来说，四个季节参证站低层以弱的上升运动为主，600hPa 以上垂直运动不明显，以平直西风气流为主；600hPa 以下春、夏和秋季上升速度均在 0.3m/s 左右，冬季垂直运动不明显。

3.3 小结

影响重庆地区的大气环流系统主要包括锋面、切变线、西南低涡、青藏高原和西太平洋副热带高压、高低空急流、印缅槽及阻塞高压等，春季易出现冰雹、倒春寒、暴雨等灾害性天气，夏季易出现雷雨大风、冰雹、短时强降水等对流性天气，秋季易出现阴雨寡照天气，冬季易出现低温阴雨（雪）、寒潮大风等灾害性天气。参证站低层风速四季均较小，其中春、夏季较大，约为 1.5m/s，秋、冬季节约为 1m/s；四季低层风场均为偏东风到偏南风。春、夏和秋季低层均以弱的上升运动为主，冬季垂直运动不明显；600hPa 以上四季均以平直西风气流为主。

4 园区气候背景

重庆市正阳工业园区位于重庆市黔江区，黔江区地处亚热带季风区，热量丰富，雨量充沛，无霜期长，冰雪少，风小日照少，湿度大，云雾多，春早夏长，秋短冬暖，四季分明。

本报告采用黔江国家气象站资料代表园区的气候背景状况，气象要素的年际和月际变化采用黔江国家站近 30a（1991~2020 年）逐月数据进行分析，日变化采用黔江国家站近 10a（2011~2020 年）逐小时数据进行分析，风向频率采用正阳区域站数据进行分析。

4.1 气候概况

参证站资料统计结果表明，年平均气压 945.3 hPa，年平均气温 16.1 °C，年日照时数 1059.1 h，年降水量 1190.5 mm，年降水日数 160 d，年平均相对湿度 78.8%，年平均风速 0.8 m/s，以 NE 风为主导风向。参证站近 30 年平均气象要素特征值见表 4-1。

表 4-1 参证站近 30 年平均气象要素特征值

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气压 (hPa)	952.1	949.8	947	943.7	940.9	937.3	936.2	938.5	944	949.3	951.1	953.3	945.3
最高气压 (hPa)	954.8	952.4	949.7	946.2	943.1	939	937.7	940.2	945.8	951.4	953.6	955.9	947.5
最低气压 (hPa)	949.2	946.5	943.4	940.4	938.1	935	933.9	936.1	941.6	946.9	948.3	950.3	942.5
平均气温 (°C)	5.1	7.1	11.1	16.3	20.3	23.6	26.3	26.1	22	16.7	11.9	6.8	16.1
最高气温 (°C)	8.4	10.9	15.7	21.6	25.5	28.5	31.4	31.8	27.1	21.1	16	10.3	20.7
最低气温 (°C)	2.9	4.6	8	12.7	16.7	20.2	22.7	22.3	18.8	14	9.4	4.6	13.1
平均风速 (m/s)	0.8	0.9	1	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8
相对湿度 (%)	78.7	77.6	76.5	77.8	78.9	80.3	78.1	76	78.5	82.4	81.5	79.5	78.8
降水量 (mm)	24.1	31.5	55.2	115.3	169.9	174.1	169.6	152.8	113.7	105.4	57.9	20.8	1190.5
降水日数 (d)	11.2	11.2	12.4	15.2	17.7	16.3	14	13.4	11.9	14.6	12	10	160
日照时数 (h)	37.2	39.2	65.5	91.3	99.9	99.1	155.6	178.2	112.2	73	61.8	46	1059.1

4.2 气压

4.2.1 年际变化

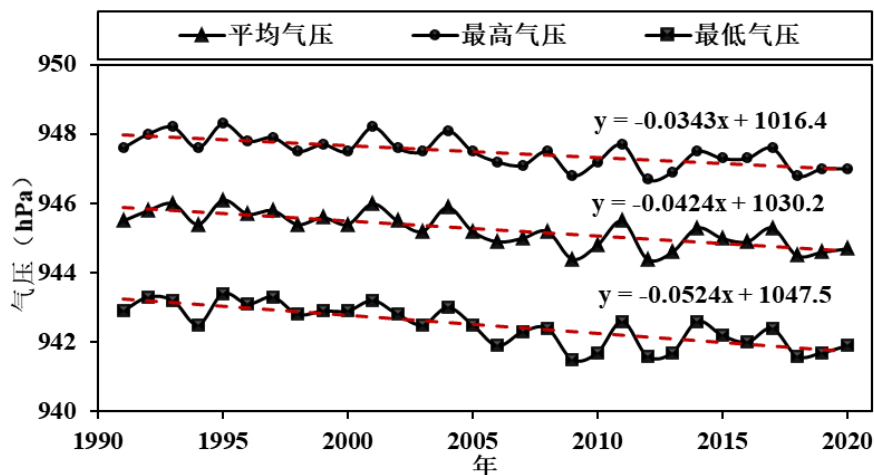


图 4-1 参证站年平均气压、最高气压和最低气压年际变化

参证站年平均气压、最高气压和最低气压相对比较稳定，年平均气压、最高气压和最低气压均略有下降趋势，下降速率分别为 0.42 hPa/10a、0.34 hPa/10a 和 0.52 hPa/10a。

4.2.2 月际变化

参证站年平均气压为 945.3 hPa，年平均最高和最低气压分别为 947.5 hPa 和 942.5 hPa。气压季节变化特征明显，其中冬季平均气压较高，最高值出现在 12 月，其次是秋季，夏季气压最低，最低值出现在 7 月，最高气压和最低气压的月际变化特征与平均气压的月际变化特征基本一致。

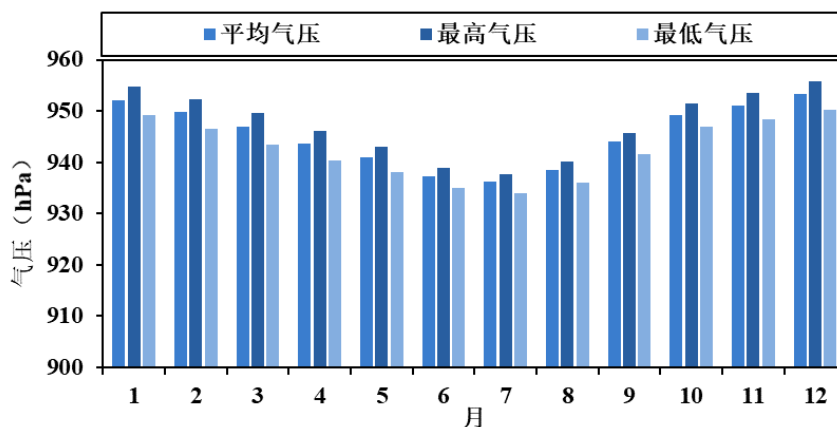


图 4-2 参证站年平均气压、最高气压和最低气压月际变化

表 4-2 参证站月及年平均气压、平均最高气压、平均最低气压统计表（单位：hPa）

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
平均气压	952.1	949.8	947	943.7	940.9	937.3	936.2	938.5	944	949.3	951.1	953.3	945.3
最高气压	954.8	952.4	949.7	946.2	943.1	939	937.7	940.2	945.8	951.4	953.6	955.9	947.5
最低气压	949.2	946.5	943.4	940.4	938.1	935	933.9	936.1	941.6	946.9	948.3	950.3	942.5

4.2.3 日变化

参证站平均气压日变化呈“W”型，日变化幅度较小，为 3.4 hPa。平均气压从 04 时开始逐渐升高，到 10 时达到峰值，峰值气压为 946.5 hPa，之后开始下降，最低值出现在 17 时为 943.1 hPa；之后又开始缓慢升高，在 23 时达到次高值 945.8 hPa，并维持到 00 时，从 01 时开始下降至 04 时。最高气压和最低气压的日变化特征与平均气压的日变化特征类似。

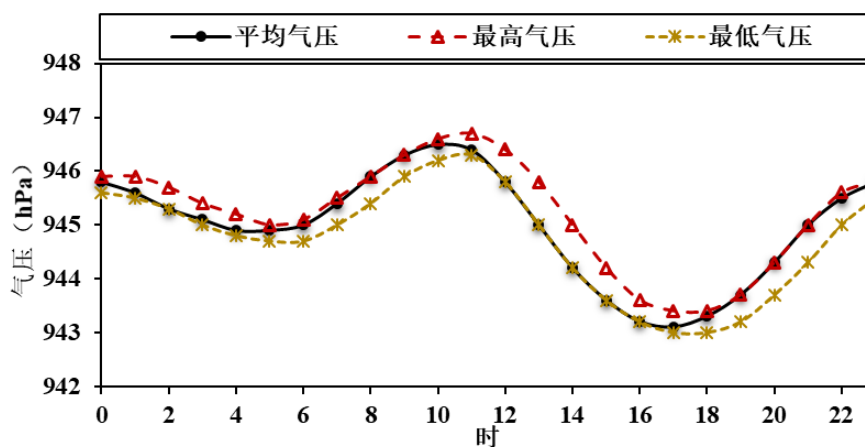


图 4-3 参证站平均气压、最高气压和最低气压日变化

4.3 气温

4.3.1 年际变化

参证站年平均气温、最高气温和最低气温均略有上升趋势，上升速率分别为 0.52 °C/10a、0.53 °C/10a 和 0.6 °C/10a。

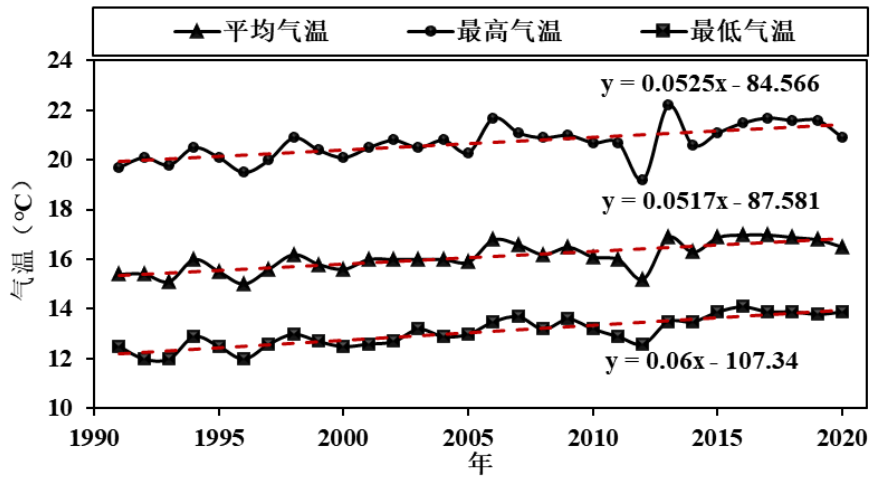


图 4-4 参证站年平均气温、最高气温和最低气温年际变化

4.3.2 月际变化

参证站年平均气温 16.1 °C，年平均最高气温 20.7 °C，年平均最低气温 13.1 °C。平均气温存在明显的月际变化特征，其中 1 月平均气温最低，为 5.1 °C；7 月平均气温最高，为 26.3 °C。月平均最高气温、平均最低气温的月际变化特征与月平均气温基本一致。

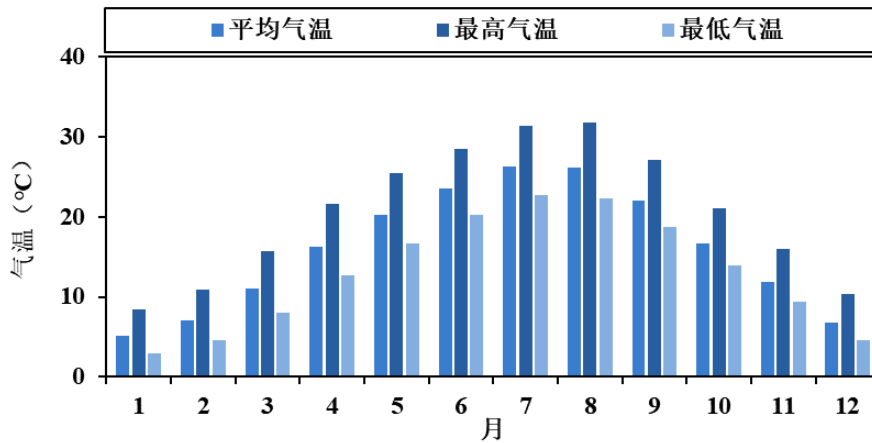


图 4-5 参证站月平均气温、最高气温和最低气温月际变化

表 4-3 参证站月及年平均气温、平均最高气温、平均最低气温统计表（单位：°C）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气温	5.1	7.1	11.1	16.3	20.3	23.6	26.3	26.1	22	16.7	11.9	6.8	16.1
最高气温	8.4	10.9	15.7	21.6	25.5	28.5	31.4	31.8	27.1	21.1	16	10.3	20.7
最低气温	2.9	4.6	8	12.7	16.7	20.2	22.7	22.3	18.8	14	9.4	4.6	13.1

4.3.3 日变化

参证站气温日变化呈单峰型，平均气温日变化幅度为 5.9℃。平均气温每日 06 时和 07 时最低，为 14.1℃，08 时开始气温逐渐升高，到 15 时达到峰值 20℃，并维持到 16 时；之后开始下降直至次日 06 时。最高气温和最低气温的日变化规律与平均气温类似。

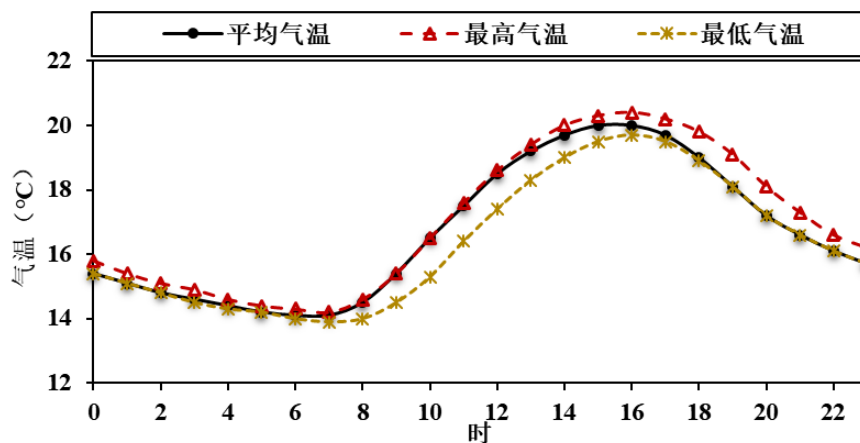


图 4-6 参证站平均气温、最高气温和最低气温日变化

4.4 降水量

4.4.1 年际变化

参证站降水量的年际变化有明显上升趋势，上升速率为 42.6 mm/10a，最大值出现在 2020 年，为 1795.7 mm，最小值出现在 2006 年，为 796.6 mm。

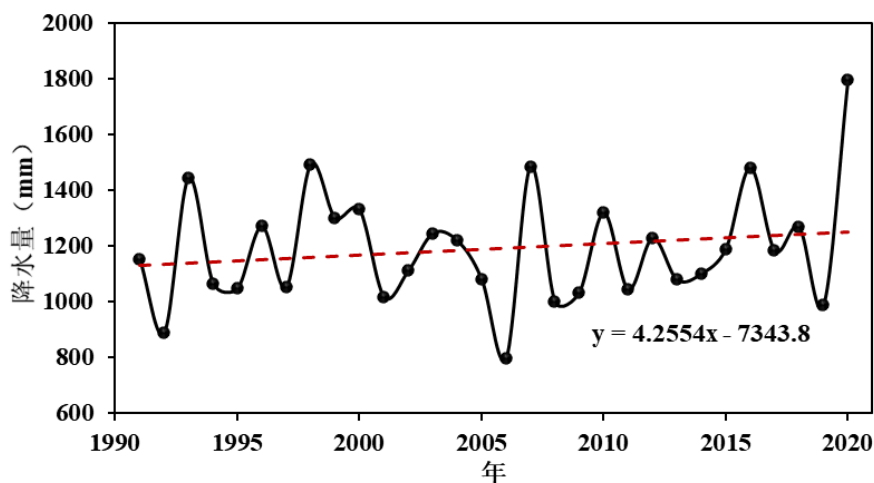


图 4-7 参证站降水量的年际变化

4.4.2 月际变化

参证站平均年降水量为 1190.5 mm。降水量的月际变化特征明显，其中 6 月降水量最多，为 174.1 mm；12 月降水量最少，为 20.8 mm。

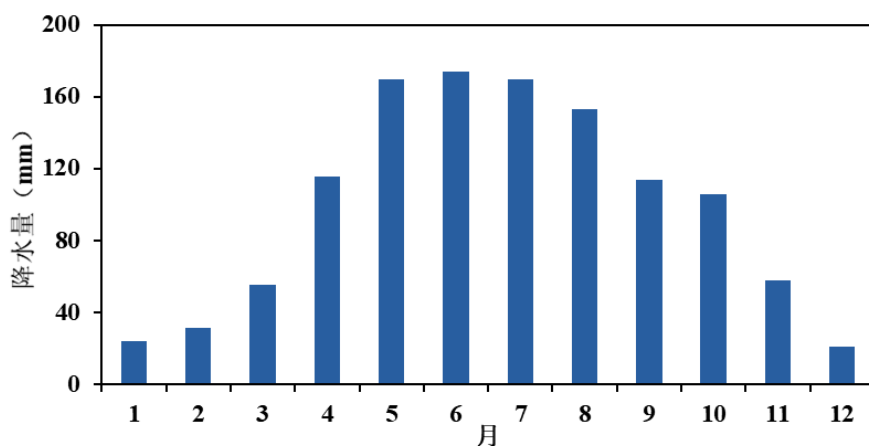


图 4-8 参证站降水量的月际变化

4.5 降水日数

4.5.1 年际变化

参证站年平均降水日数呈现上升趋势，上升速率为 3.3 d/10a。降水日数最多年为 2020 年，为 200 d；最少年为 2013 年，为 126 d。

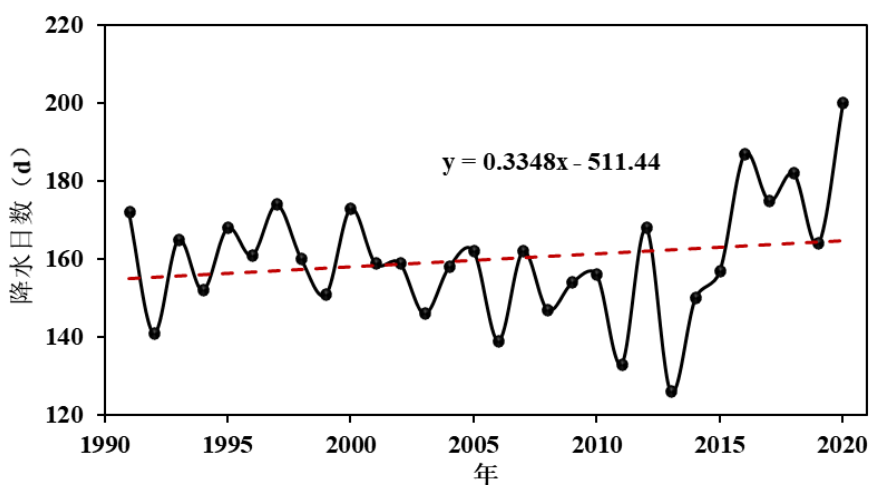


图 4-9 参证站降水日数的年际变化

4.5.2 月际变化

参证站常年各月降水日数在 10~17.7 d 之间变化。12 月降水日数最少，5 月最多。从季节分布看，冬季降水日数最少为 32.4 d；春季最多为 45.3 d。各月份降水日数均在 10.0 d 及以上。

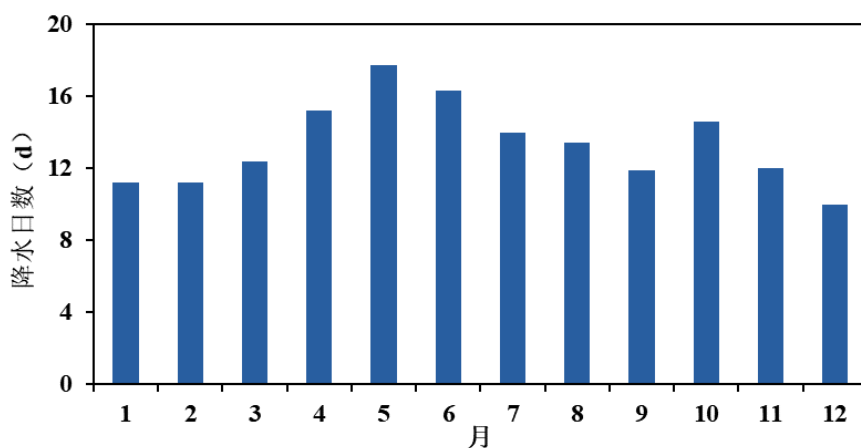


图 4-10 参证站降水日数的月际变化

4.6 风速风向

4.6.1 年际变化

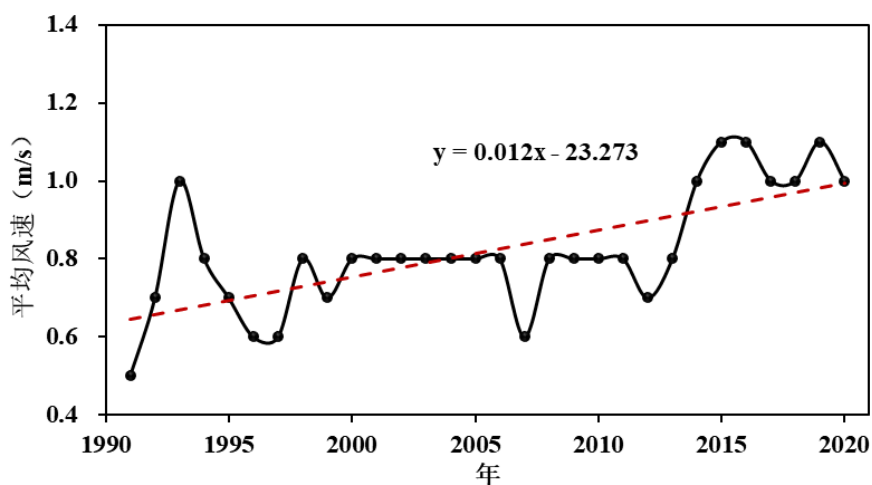


图 4-11 参证站平均风速年际变化

参证站年平均风速呈上升趋势，上升速率为 $0.12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{a}$ 。2015 年、2016 年和 2019 年的风速最大，为 1.1 m/s ；1991 年最小，为 0.5 m/s （图 4-11）。

4.6.2 月际变化

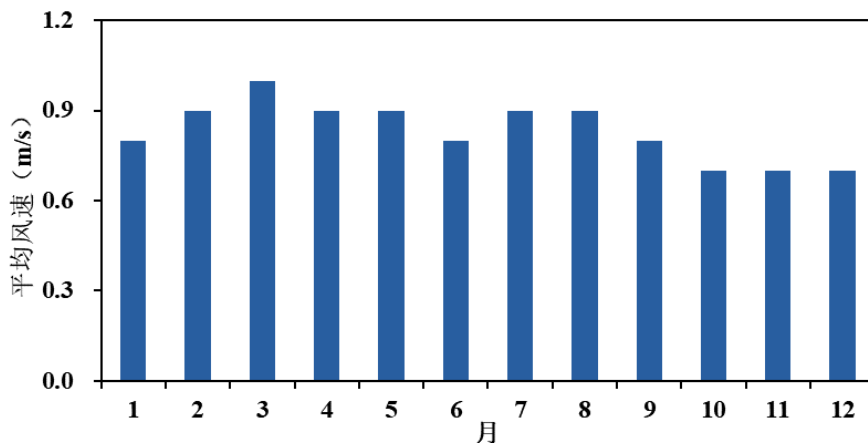


图 4-12 参证站平均风速月际变化

参证站年平均风速为 0.8 m/s ，其中 3 月风速最大，为 1 m/s ；10 月、11 月和 12 月风速最小，为 0.7 m/s 。从季节上看，春季风速最大，夏季次之，秋季、冬季较小（图 4-12，表 4-4）。

表 4-4 参证站平均风速月际变化

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均风速(m/s)	0.8	0.9	1	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8

4.6.3 日变化

参证站的平均风速在 16 时最大（ 1.3 m/s ），随后逐渐减小，至 08 时降到最小（ 0.8 m/s ）；09 时开始逐渐升高至 16 时达到峰值。

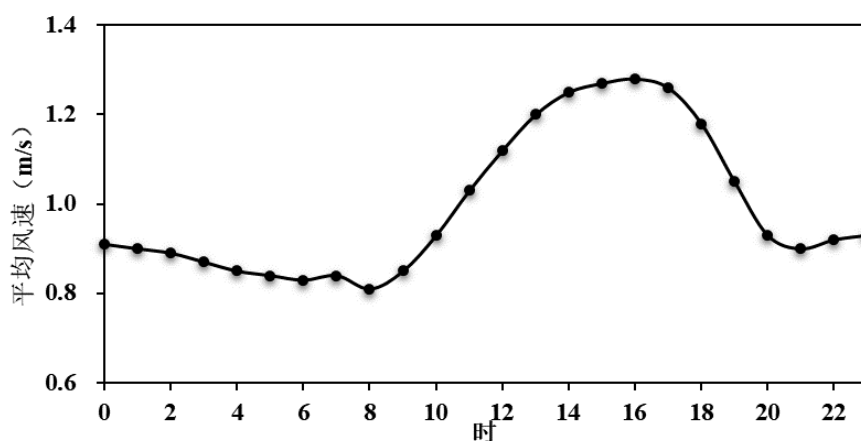
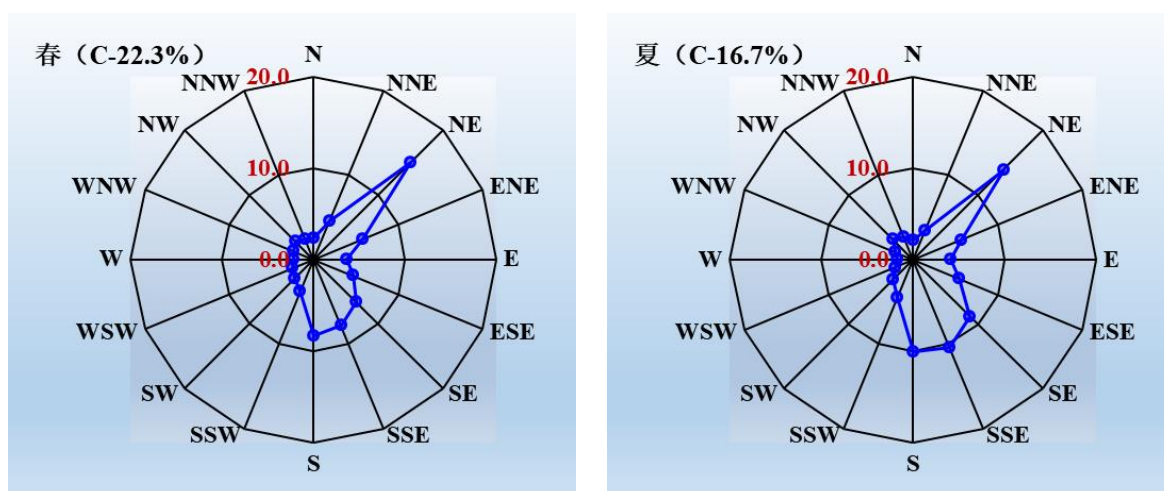


图 4-13 参证站平均风速日变化

4.6.4 风向频率年及季节变化

园区风向频率采用正阳站 2011-2020 年逐小时风向统计, 四季主导风向均为 NE 风, 风频分别为 15.0%、13.9%、16.1%和 12.1%。静风频率年平均 25.5%, 冬季最高(35.7%), 秋 (27.4%)、春季 (22.3%) 次之, 夏季 (16.7%) 最低。



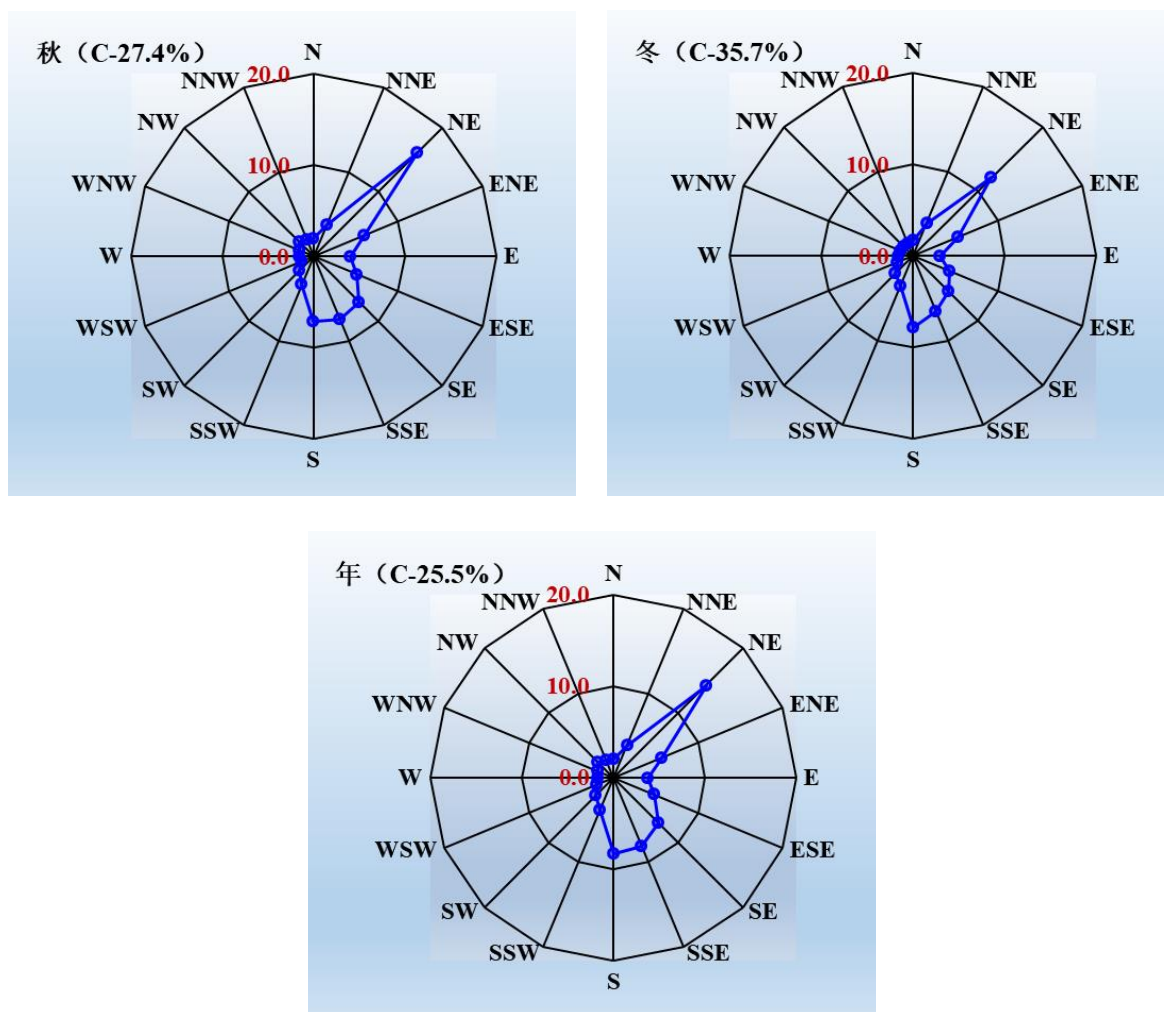


图 4-14 园区（正阳站）四季及年各风向频率（%，2011-2020 年）

表 4-5 园区（正阳站）四季及年各风向频率（%，2011-2020 年）

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	2.3	4.5	15.0	5.8	3.6	4.6	6.5	7.8	8.4	3.8	3.0	2.5	2.2	2.4	2.8	2.4	22.3
夏	2.1	3.4	13.9	5.7	4.1	5.4	8.8	10.4	10.1	4.5	3.1	2.2	1.7	2.2	3.1	2.7	16.7
秋	2.0	3.8	16.1	6.0	4.0	5.1	7.1	7.4	7.1	3.3	2.1	1.4	1.5	1.7	2.2	2.0	27.4
冬	1.7	3.9	12.1	5.3	2.9	4.3	5.5	6.6	7.8	3.5	2.7	1.9	1.6	1.5	1.4	1.5	35.7
年	2.0	3.9	14.3	5.7	3.7	4.8	7.0	8.1	8.3	3.8	2.7	2.0	1.7	1.9	2.4	2.1	25.5

4.7 相对湿度

4.7.1 年际变化

参证站相对湿度年际变化呈下降趋势，下降速率为 0.55 %/10a。

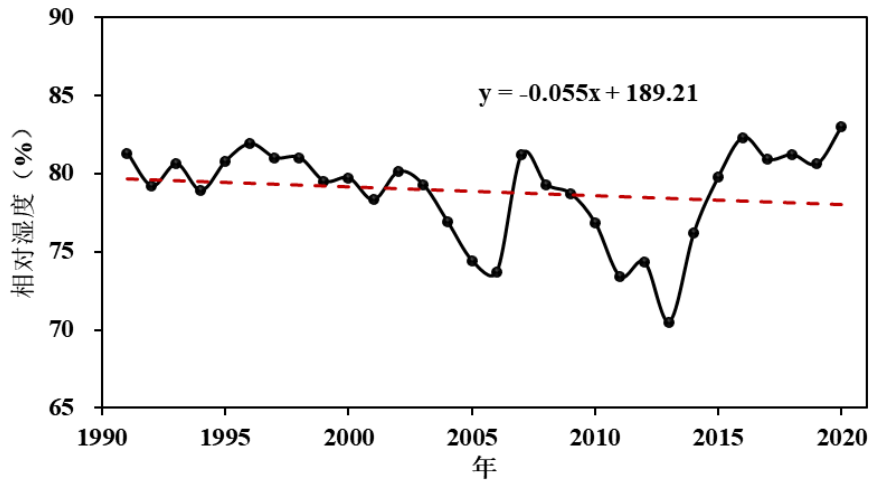


图 4-15 参证站相对湿度的年际变化

4.7.2 月际变化

参证站相对湿度 10 月最高，为 82.4 %；8 月最低，为 76.0 %。

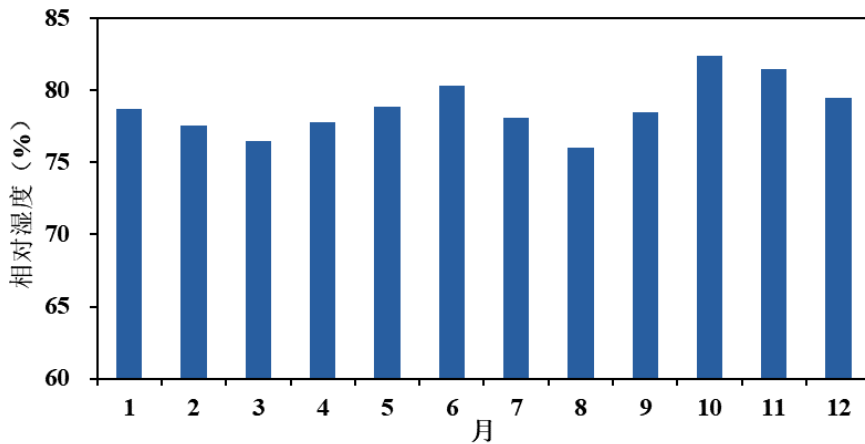


图 4-16 参证站相对湿度的月际变化

4.7.3 日变化

参证站相对湿度日变化呈单峰型，变化幅度为 24.9 %。每日 07 时为一天相对湿度的最高值，达 88.9 %，08 时开始相对湿度逐渐减小，到 15 时达到最低点为 64 %，并持续到 16 时，之后再次开始上升，直至次日 07 时。

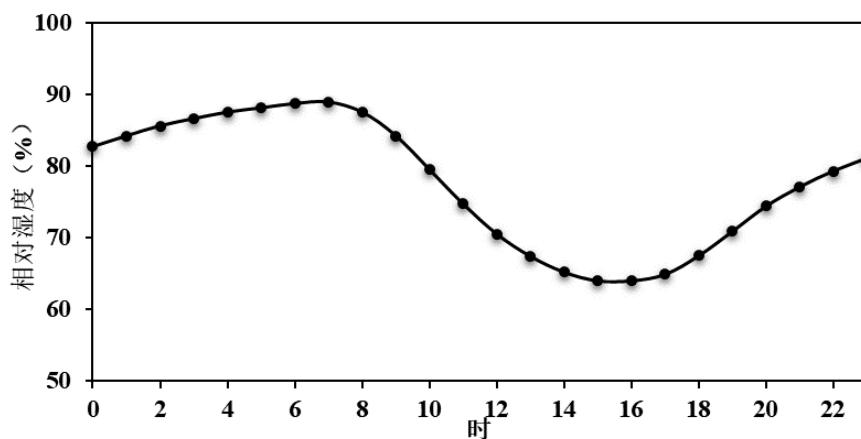


图 4-17 参证站相对湿度的日变化

4.8 日照

4.8.1 年际变化

参证站日照时数年际变化呈明显下降趋势，下降速率为 56.9 h/10a。

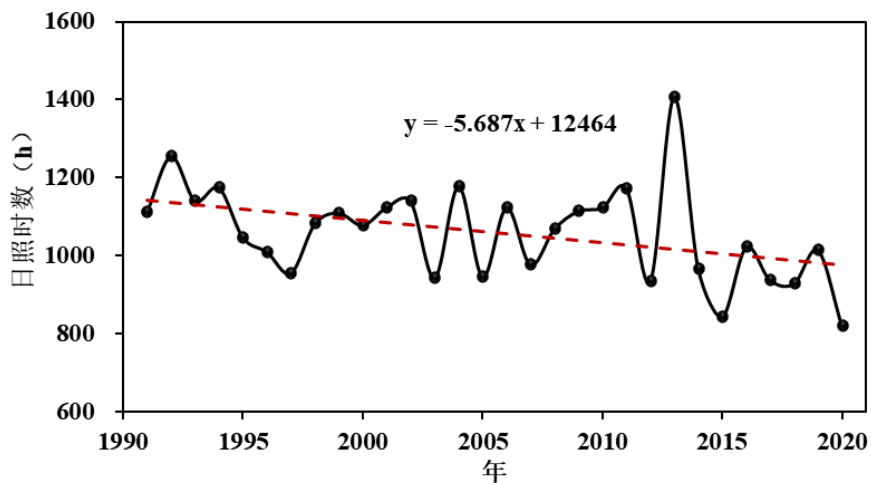


图 4-18 参证站日照时数的年际变化

4.8.2 月际变化

参证站平均年日照时数为 1059.1 h，其中 8 月最多，高达 178.2 h；7 月次之，为 155.6

h; 1月最少, 只有 37.2 h。

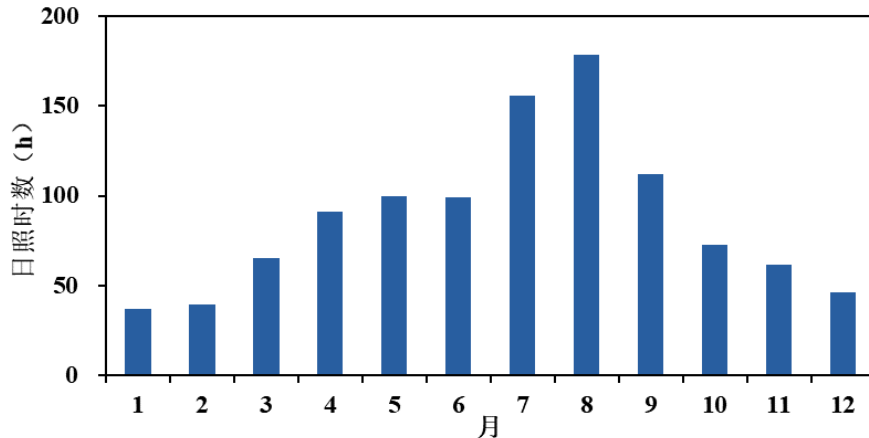


图 4-19 参证站日照时数的月际变化

4.9 小结

重庆市正阳工业园区所在的黔江区地处亚热带季风区, 热量丰富, 雨量充沛, 无霜期长, 冰雪少, 风小日照少, 湿度大, 云雾多, 春早夏长, 秋短冬暖, 四季分明。年平均气压 945.3 hPa, 年平均气温 16.1 °C, 年日照时数 1059.1 h, 年降水量 1190.5 mm, 年降水日数 160 d, 年平均相对湿度 78.8 %, 年平均风速 0.8 m/s, 以 NE 为主导风向。

要素年际变化: 气温、风速呈上升趋势, 气压、日照时数和相对湿度呈下降趋势。年降水量也呈现明显上升趋势, 上升速率为 42.6 mm/10a; 降水日数也呈现上升趋势, 上升速率为 3.3 d/10a。年降水量最大值出现在 2020 年, 为 1795.7 mm; 年降水日数最大值出现在 2020 年, 为 200 d。

要素月际变化: 气温、降水和日照均在夏季 (6~8 月) 达到峰值, 在冬季 (1 月或 12 月) 出现最低值。平均气温最高出现在 7 月, 为 26.3 °C, 最低出现在 1 月, 为 5.1 °C; 降水量最多出现在 6 月, 为 174.1 mm, 最少出现在 12 月, 为 20.8 mm; 日照时数 8 月最多, 高达 178.2 h, 1 月最少, 只有 37.2 h; 风速最大值出现在 3 月, 为 1 m/s, 最小值出现在 10 月、11 月和 12 月, 均为 0.7 m/s。

园区风向频率采用正阳站 2011-2020 年逐小时风向统计, 四季主导风向均为 NE 风, 风频分别为 15.0 %、13.9 %、16.1 %和 12.1 %。静风频率年平均 25.5 %, 冬季最高(35.7 %),

秋（27.4%）、春季（22.3%）次之，夏季（16.7%）最低。

要素日变化：气压日变化呈“W”型，平均气压从04时开始逐渐升高，到10时达到峰值，峰值气压为946.5 hPa，之后开始下降，最低值出现在17时为943.1 hPa；之后又开始缓慢升高，在23时达到次高值945.8 hPa，并维持到00时，从01时开始下降至04时。气温日变化呈单峰型，平均气温每日06时和07时最低，为14.1℃，08时开始气温逐渐升高，到15时达到峰值20℃，并维持到16时；之后开始下降直至次日06时。平均风速在16时最大（1.3 m/s），随后逐渐减小，至08时降到最小（0.8 m/s）；09时开始逐渐升高至16时达到峰值。相对湿度日变化呈单峰型，每日07时为一天相对湿度的最高值，达88.9%，08时开始相对湿度逐渐减小，到15时达到最低点为64%，并持续到16时，之后再次开始上升，直至次日07时。

5 高影响天气分析

极端天气气候事件对于园区的规划、建设、运营等有重要影响。确定对园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园区建设和运营的天气（即高影响天气），非常必要。本章根据重庆市正阳工业园区所在区域的历史气象灾害、园区重点企业对气象要素及高影响天气的抽样调查，确定影响园区规划、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。

5.1 园区关键影响气象因子确定

5.1.1 园区气象敏感度调查分析

根据对重庆市正阳工业园区重点企业的抽样调查，园区企业对气温、降水和湿度等气象要素及暴雨、大风、雷电、高温、低温等高影响天气敏感（具体见附录 F）。

5.1.2 园区历史气象灾害

根据历史灾情资料（具体见附录 G），重庆市正阳工业园区及其周边地区主要气象灾害有暴雨洪涝、大风、冰雹、干旱、雷电、气象地质灾害等。其中，发生频次以暴雨洪涝最高，占 35.1%，其次是大风、冰雹和干旱，分别占 28.2%、17.6%和 7.6%。

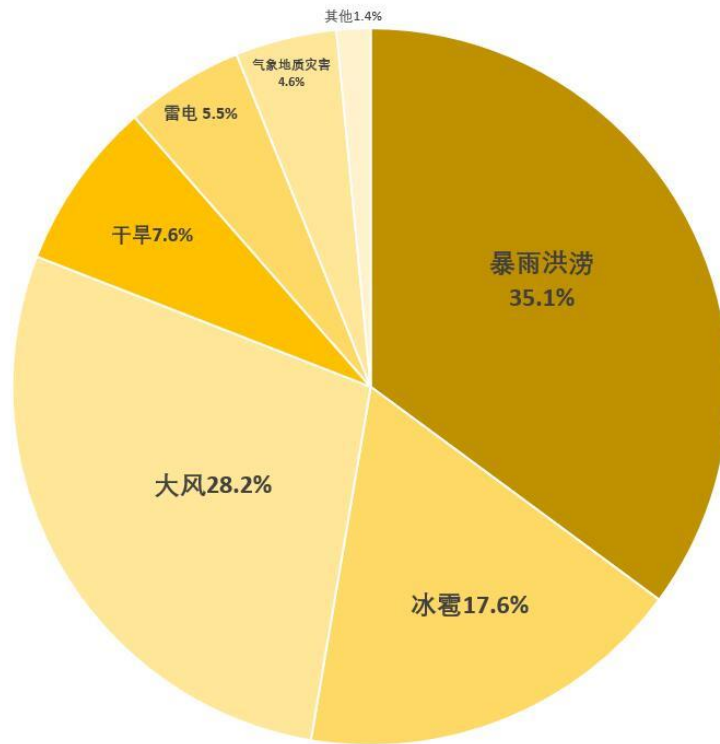


图 5-1 园区及周边地区历史气象灾害种类占比

5.1.3 园区关键气象因子及高影响天气的确定

通过历史气象灾情分析以及企业对气象要素和高影响天气的敏感度调查，最终确定园区的高影响天气为暴雨、大风、冰雹、干旱、雷电等。由于干旱与高温密切相关，采用高温分析干旱特征。

5.2 暴雨

5.2.1 暴雨日数

日降雨量 $\geq 50\text{mm}$ 为暴雨， $\geq 100\text{mm}$ 为大暴雨， $\geq 250\text{mm}$ 为特大暴雨。暴雨常伴有洪涝，造成严重灾害。参证站多年平均暴雨日数为 2.9d，61 年中发生 14 次大暴雨和 1 次特大暴雨（1982 年）。自 1960 年以来，日最大降水量极值高达 306.9mm。

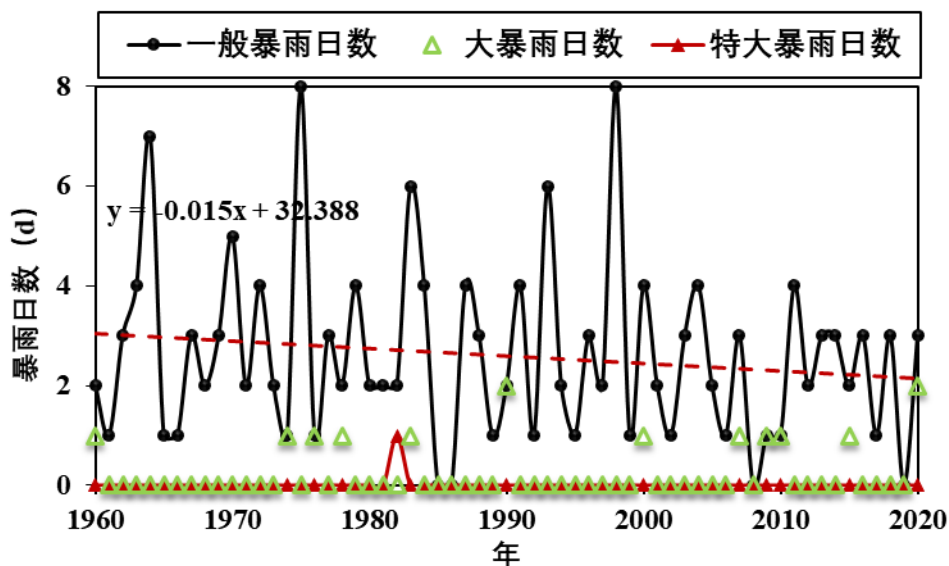


图 5-2 参证站暴雨日数年际变化

从暴雨日数年际变化来看，暴雨日数呈现下降趋势。自 1960 年以来，出现过 1 次特大暴雨（1982 年）。

5.2.2 降水极值情况

1960-2020 年，参证站逐年日最大降水量变化如图所示。日最大降水量呈现下降趋势，下降速率为 0.9mm/10a。日最大降水量极值为 306.9mm，出现在 1982 年。

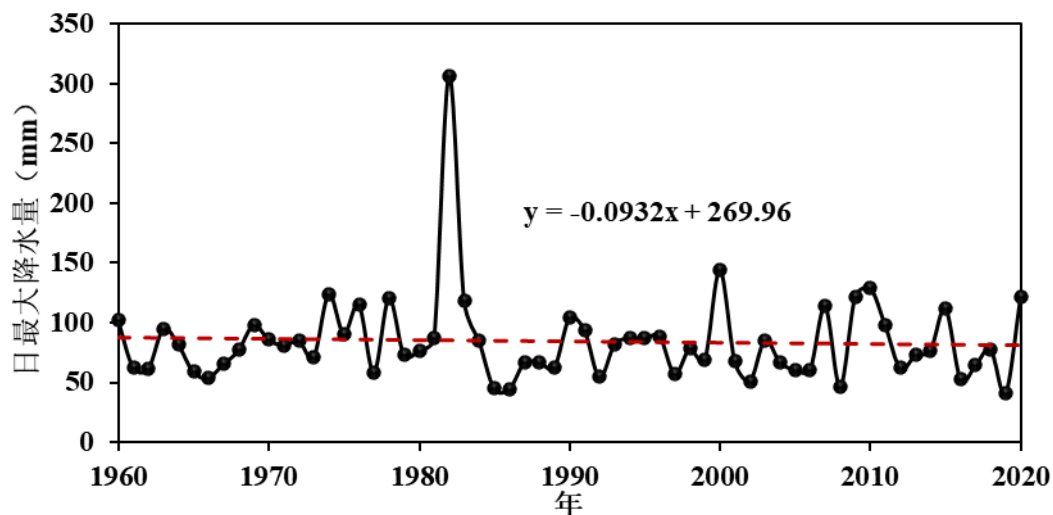


图 5-3 参证站日最大降水量年际变化

5.3 大风

定义为瞬时风速 $\geq 17\text{m/s}$ 的当天为大风日。

5.3.1 大风日数

参证站大风日数的年际变化如图 5-4 所示。年平均大风日数为 0.7d，其中 2008、2013 和 2018 年最多（2d）。

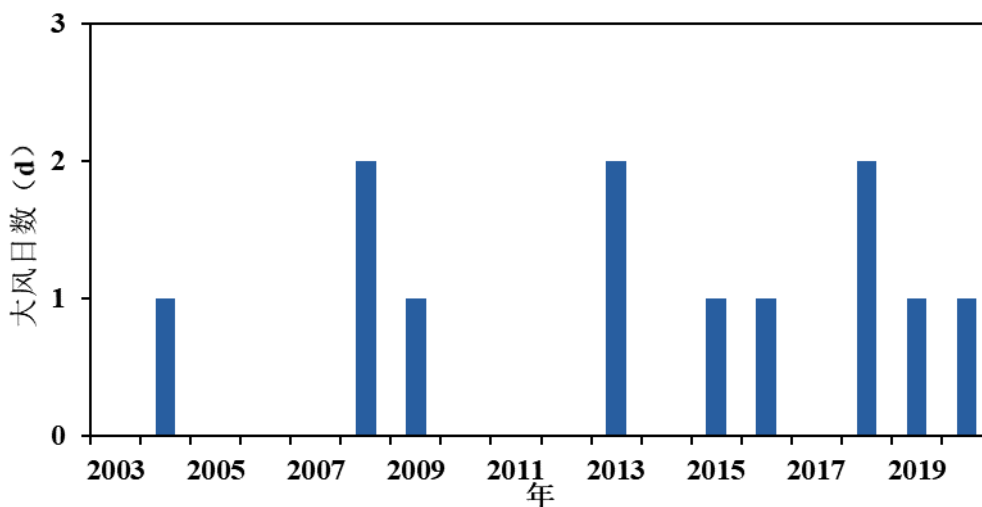


图 5-4 参证站大风日数的年际变化

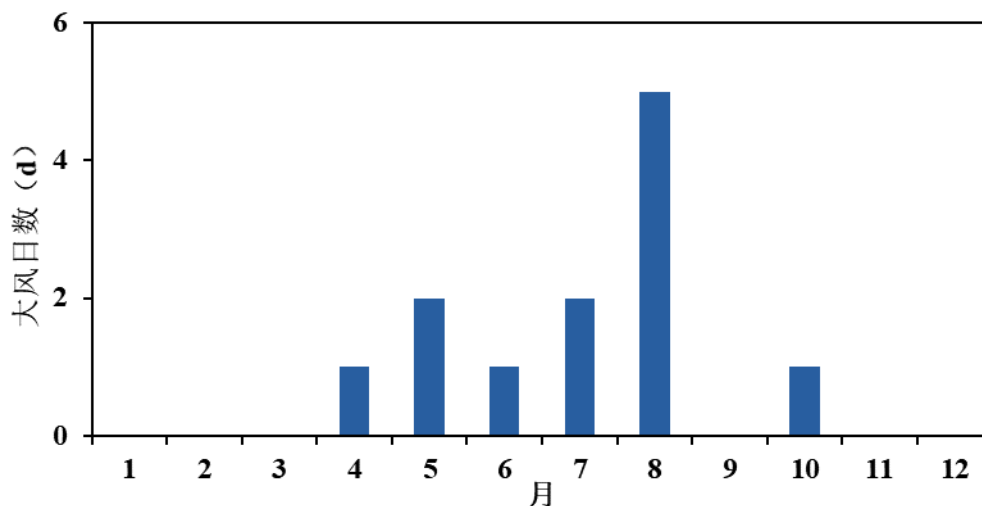


图 5-5 参证站大风日数的月际变化

参证站大风现象除 1、2、3、9、11 和 12 月外，其余各月均有出现。大风日数的月际变化表现为 8 月最多，为 5d；5 月和 7 月次之，为 2d。就各季节而言，夏季最多，春季次之，冬季没有大风现象（图 5-5）。

5.3.2 最大风速分布特征

最大风速极值变化范围为 5.6~16m/s，最大值出现在 2020 年，最小值出现在 2012 年（图 5-6）。

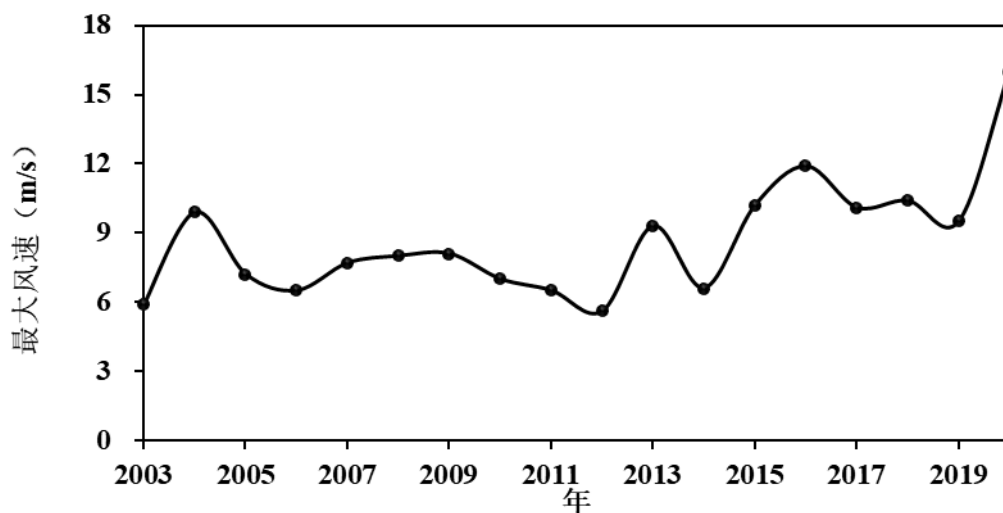


图 5-6 参证站最大风速极值的年际变化

参证站最大风速极值的月际变化范围为 8~16m/s，最大值出现在 5 月，最小值出现在 12 月（图 5-7）。

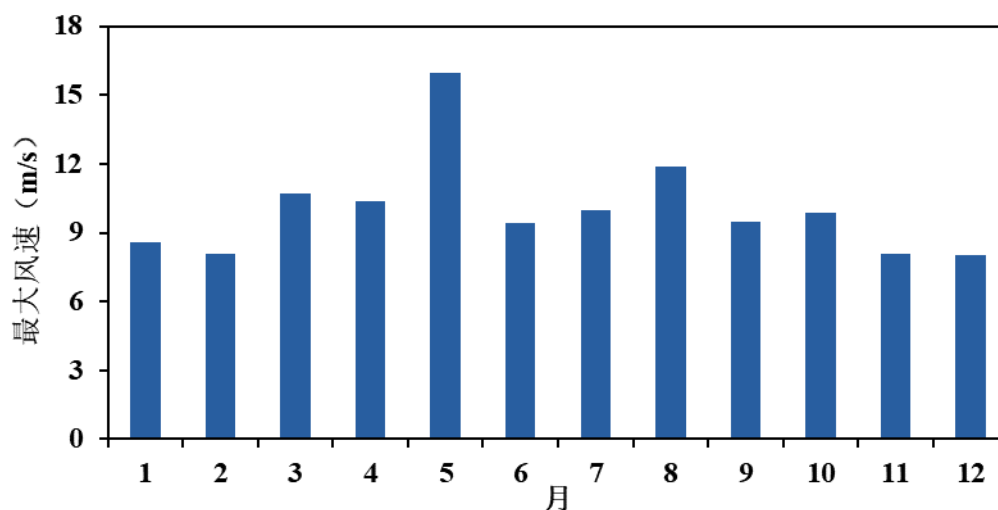


图 5-7 参证站年最大风速极值的月际变化

5.3.3 极大风速分布特征

参证站极大风速变化范围在 10.2~25.1m/s 之间，最大值出现在 2020 年，最小值出

现在 2014 年（图 5-8）。

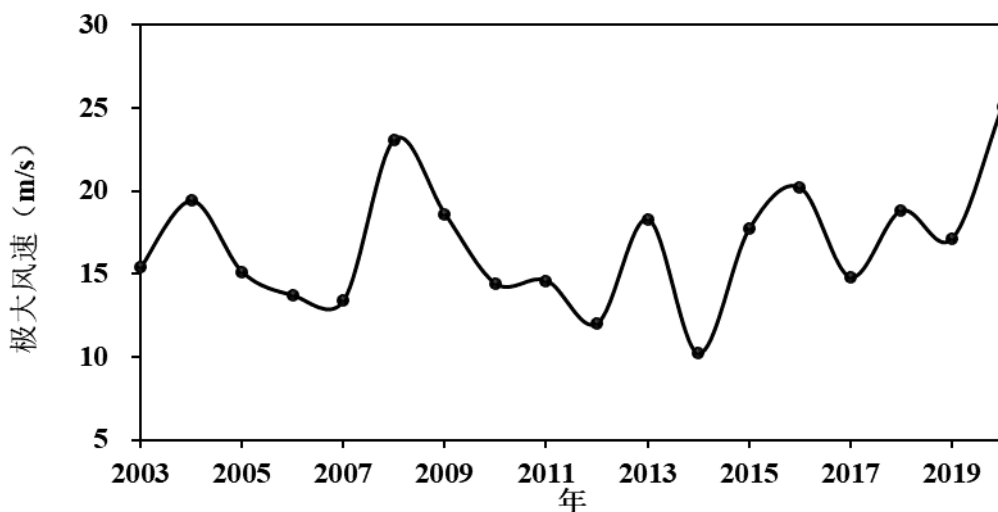


图 5-8 参证站年极大风速极值的年际变化

参证站极大风速的月际变化范围在 11.8~25.1m/s 之间，最大值出现在 5 月，最小值出现在 2 月（图 5-9）。

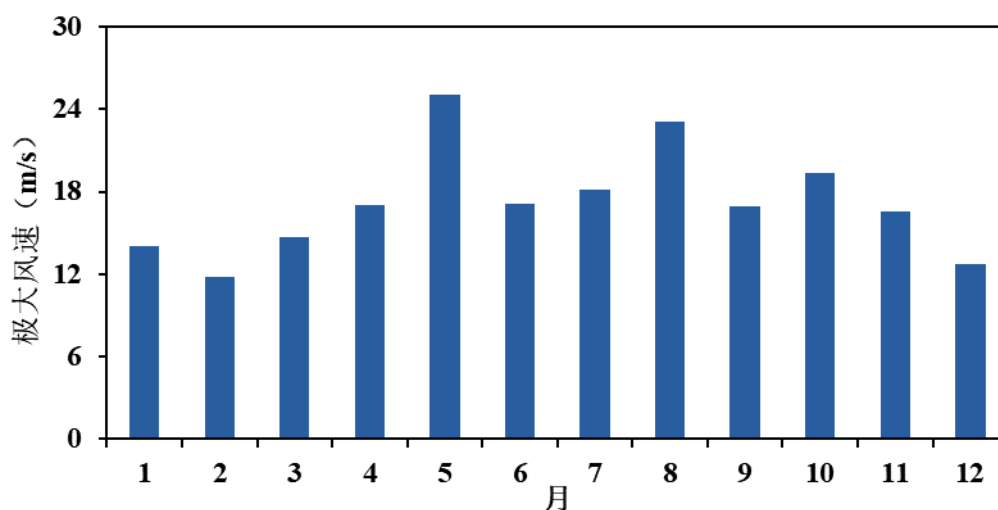


图 5-9 参证站年极大风速极值的月际变化

5.4 冰雹

冰雹是指坚硬的球状、锥状或不规则的固体降水。冰雹多在春夏两季，常伴随阵性大风、阵雨、雷电，降落时间短暂，来势凶猛，造成危害较大。

根据灾情数据记录，1985-2020 年园区及其周边地区共出现冰雹事件 23 次，约占历

史气象灾害总频次的 17.6%，雹灾 6 次，一般出现在 4~8 月，其中以 8 月最多，与大风灾害同时出现的几率较高。

表 5-1 1985-2020 年园区及其周边地区冰雹事件记录

序号	灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间
1	冰雹	大风	1985/5/2	1985/5/2
2	大风	冰雹,暴雨洪涝	1989/7/26	1989/7/29
3	大风	冰雹	1990/4/29	1990/4/30
4	大风	冰雹	1990/5/13	1990/5/15
5	暴雨洪涝	冰雹, 大风	1991/5/18	1991/5/18
6	大风	冰雹	1999/8/9	1999/8/9
7	暴雨洪涝	冰雹,大风	2002/4/23	2002/4/23
8	气象地质灾害	大风,冰雹	2002/8/25	2002/8/25
9	大风	冰雹	2002/8/30	2002/8/30
10	大风	冰雹	2004/7/7	2004/7/7
11	大风	冰雹	2004/8/4	2004/8/4
12	暴雨洪涝	大风,冰雹	2005/5/16	2005/5/16
13	大风	冰雹	2006/8/15	2006/8/16
14	大风	冰雹	2007/4/1	2007/4/1
15	冰雹		2008/6/5	2008/6/5
16	冰雹		2008/6/12	2008/6/12
17	大风	冰雹	2008/8/10	2008/8/10
18	冰雹		2009/4/15	2009/4/16
19	大风	冰雹	2009/8/23	2009/8/23
20	冰雹		2011/7/17	2011/7/17
21	暴雨洪涝	大风,冰雹,雷电	2011/8/22	2011/8/23
22	冰雹	大风	2014/8/1	2014/8/1
23	冰雹		2020/5/4	2020/5/4

5.5 高温

5.5.1 高温日数

日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 为一般高温， $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 为中等高温， $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 为严重高温。资料统计，参证站多年平均一般高温日数为 7.5d，中等高温日数多年平均为 1.5d，未出现严重高温日。

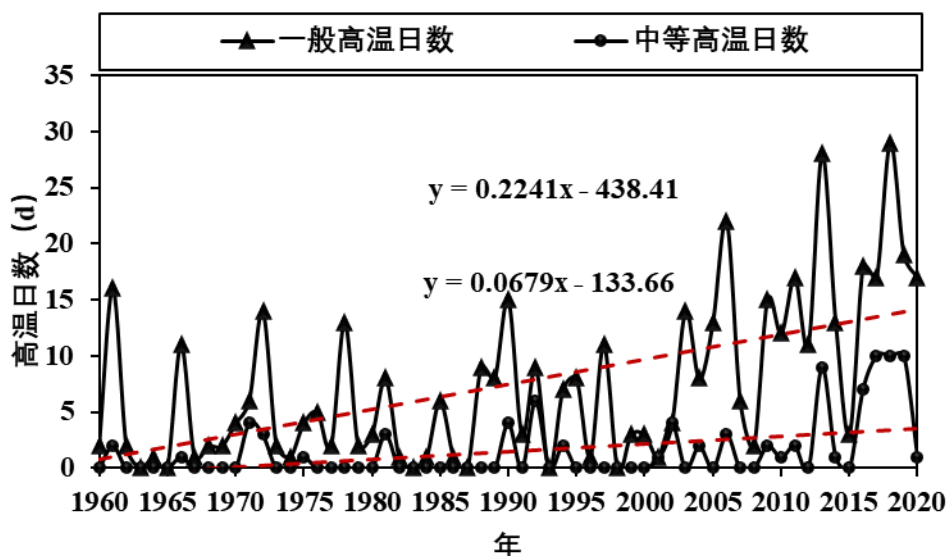


图 5-10 参证站高温日数年际变化

从高温日数年际变化看，一般高温日数和中等高温日数均呈增加趋势。61 年来，未出现严重高温。

5.5.2 极端高温

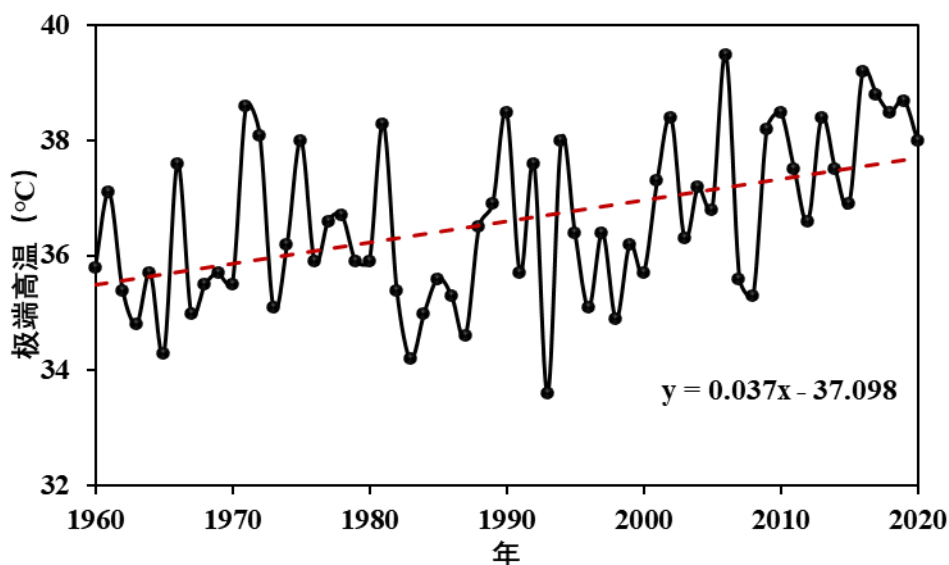


图 5-11 参证站极端高温年际变化

1960-2020 年，参证站年极端最高气温在 33.6°C（1993 年）~39.5°C（2006 年）。年极端最高气温未出现在 40°C 以上的年份。极端最高气温呈现上升趋势。

5.6 雷电

5.6.1 雷电活动分析

本次评估以项目中心画半径为 10km 的圆作为分析区域。雷电活动分析所用资料为闪电定位数据，资料年限为 2008-2020 年。

2008-2020 年，项目附近年平均雷电次数为 465 次，2011 年雷电次数最多，达 848 次，其次为 2008 年为 831 次。2015 年雷电次数最少，为 159 次。

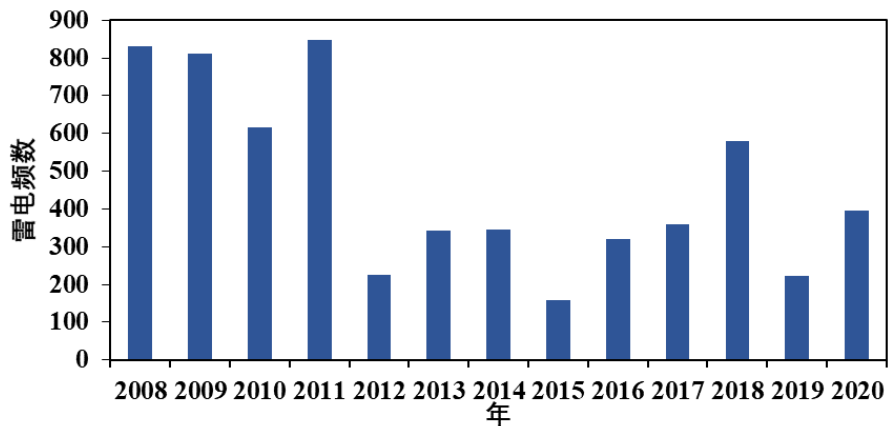


图 5-11 雷电次数年变化图

2008-2020 年，项目附近区年平均雷电日数为 35.3 天，2008 年雷电日数最多，为 52 天，其次是 2010 年，为 42 天，2009 年和 2009 年雷电日数较少，为 23 天。

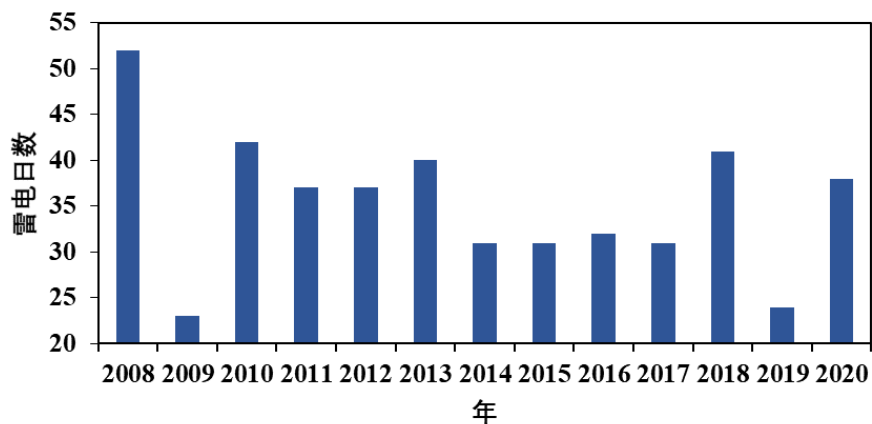


图 5-12 雷电日数年变化图

项目附近雷电主要集中在 3~9 月，占全年的 96%，8 月雷电最为最多，平均每年监测到雷电 148 次，占全年的 32%，其次为 7 月，平均每年监测到雷电 115 次，占全年

的 25%，10 开始，雷电活动锐减,12 月基本没有雷电发生。

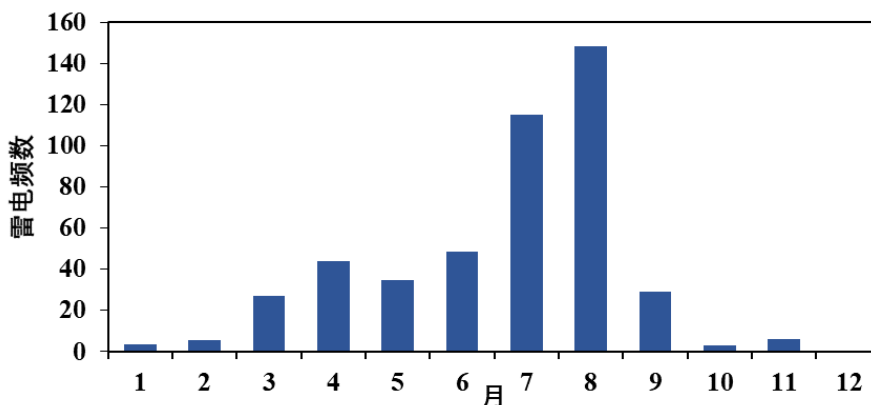


图 5-13 雷电频数月际变化图

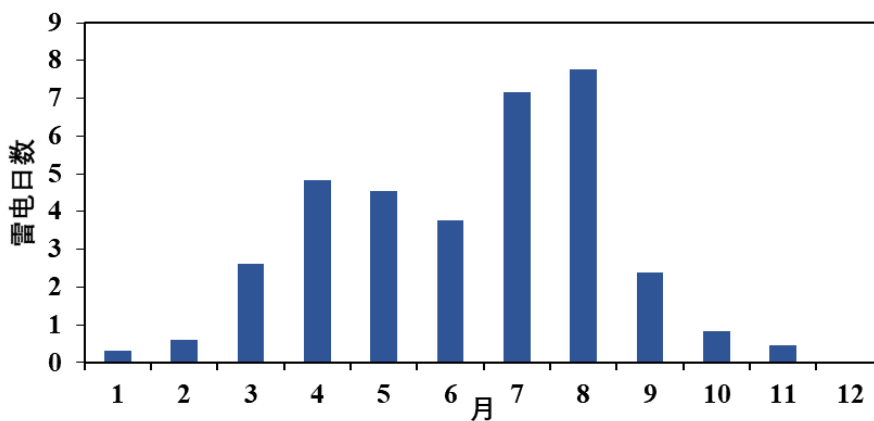


图 5-14 雷暴日数月际变化图

项目附近雷电活动的日变化范围为 4-52 次，呈单峰结构，夜间 21 时到达峰值，为 52 次/h。雷电活动在在 11 点达谷值，雷电活动频次为 4 次/h。

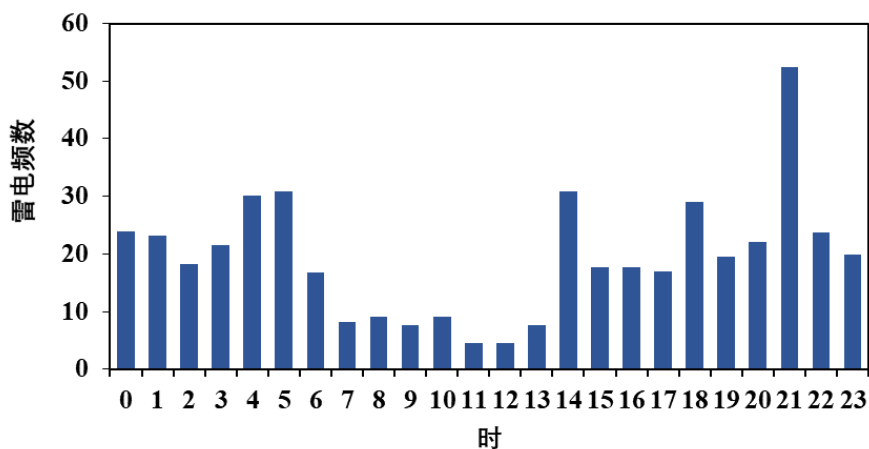


图 5-15 雷电频次日变化图

5.6.2 雷电密度

项目附近雷电密度较小，变化范围为 1.3~2.9 次/（平方公里*年），平均雷电密度为 1.8 次/（平方公里*年），密度高值区主要分布与地形相关，山脉所在地区雷电密度大。雷电流平均强度分布呈现中部高，周围低特点，变化范围为 37~42kA，平均雷电强度为 38kA。

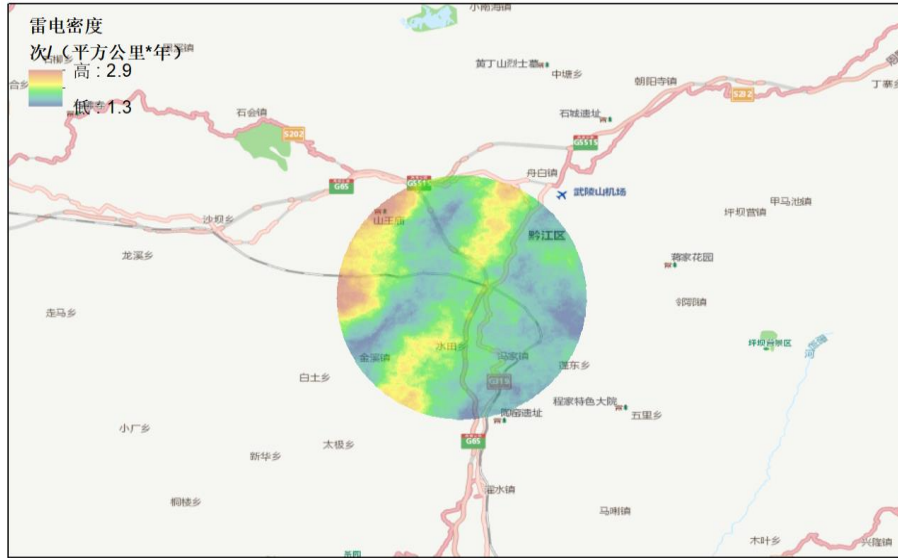


图 5-16 雷电密度分布

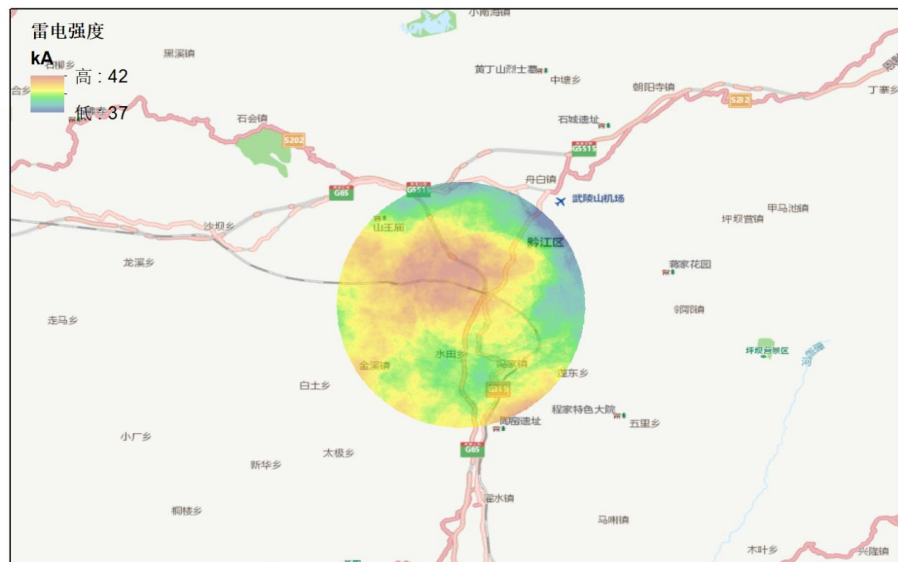


图 5-17 雷电平均强度分布图

5.6.3 雷电强度

项目附近 90%的雷电强度小于 65kA，80%的雷电强度小于 50kA，60%的雷电强度小于 37kA，50%的雷电强度小于 32kA。

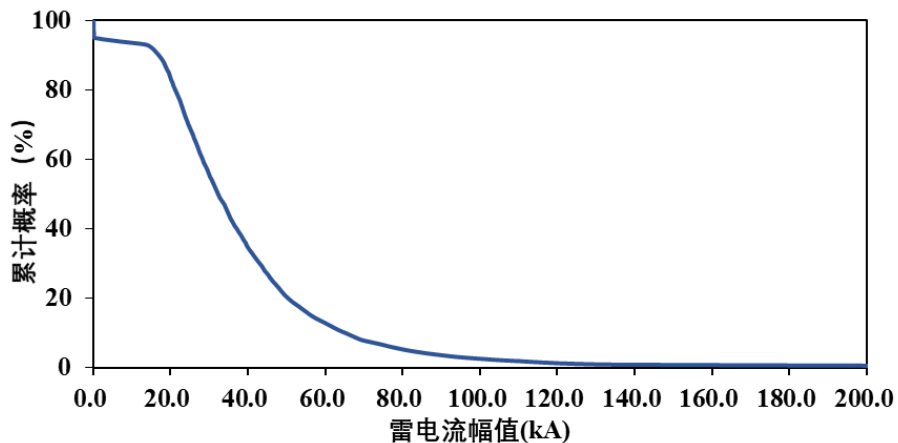


图 5-18 雷电强度累积概率分布曲线

5.6.4 雷电方位

项目附近西北方雷电平均密度最大，达 2.0 次/（平方公里*年），其次为北方，为 1.86 次/（平方公里*年），东南方雷电平均密度最小，为 1.61 次/（平方公里*年）。

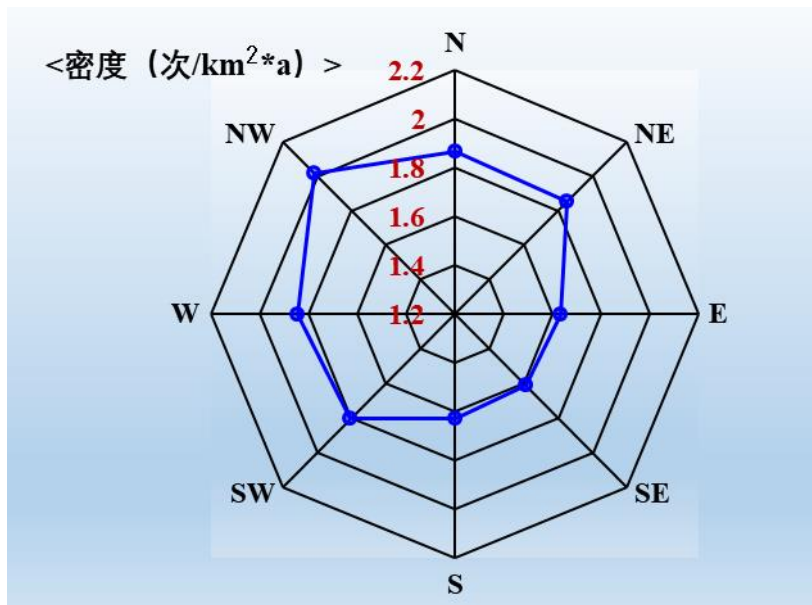


图 5-19 雷电密度玫瑰图

项目附近雷电强度最大的是西方，平均强度 39.6kA，其次是东南方，平均强度是

39kA，雷电强度最小的是北方，平均强度 36.4kA。

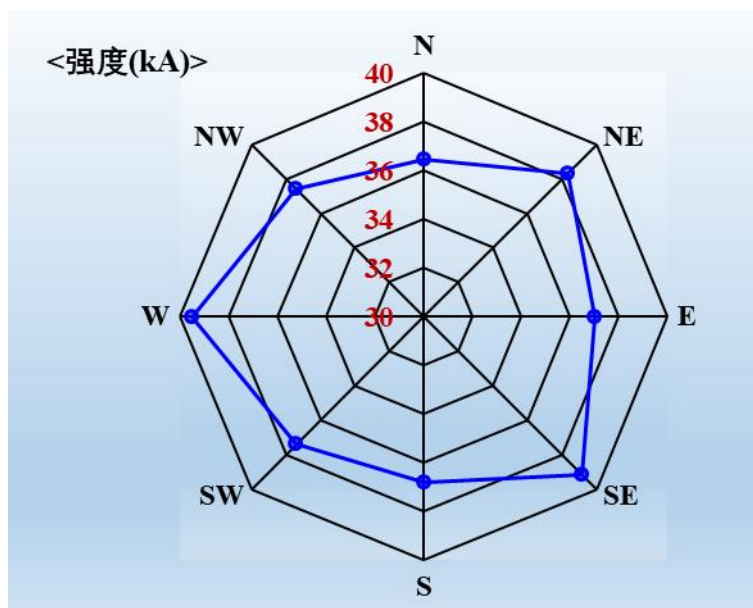


图 5-20 雷电平均强度玫瑰图

5.7 小结

重庆市正阳工业园区的关键气象因子有气温、湿度、降水等要素，高影响天气为暴雨、大风、冰雹、高温和雷电等灾害性天气。具体特征为：

暴雨：参证站多年平均暴雨日数为 2.9 d，61 年中发生 14 次大暴雨和 1 次特大暴雨（1982 年）。自 1960 年以来，日最大降水量极值高达 306.9 mm。从暴雨日数年际变化来看，暴雨日数呈现下降趋势。

大风：参证站多年平均大风日数为 0.7 d，其中 2008、2013 和 2018 年最多（2 d）。大风现象除 1、2、3、9、11 和 12 月外，其余各月均有出现。大风日数的月际变化表现为 8 月最多，为 5 d；5 月和 7 月次之，为 2 d。就各季节而言，夏季最多，春季次之，冬季没有大风现象。历史极大风速出现过 25.1 m/s。

冰雹：园区及其周边共出现冰雹事件 23 次，约占历史气象灾害总频次的 17.6%，并记录了灾情。

高温：参证站多年平均一般高温日数为 7.5 d，中等高温日数多年平均为 1.5 d，未出现严重高温日。年极端最高气温未出现在 40℃ 以上的年份，极端最高气温呈现上升趋势。

雷电：园区年平均雷电次数为 465 次，雷电日数为 35.3 天，雷电主要集中在 3~9 月，占全年的 96%，，雷电活动日变化呈单峰结构，夜间 21 时到达峰值，为 52 次/h。白天 11 点达谷值，为 4 次/h；园区雷电密度在 1.3~2.9 次/（平方公里*年）之间变化，平均为 1.8 次/（平方公里*年），高值区主要分布在山脉地形；雷电流平均强度分布呈现中部高，周围低特点，变化范围为 37~42 kA，平均为 38 kA；园区附近 90%的雷电强度小于 65 kA，80%的雷电强度小于 50 kA，60%的雷电强度小于 37 kA，50%的雷电强度小于 32 kA；园区附近西北方雷电平均密度最大，达 2.0 次/（平方公里*年），其次为北方，为 1.86 次/（平方公里*年），东南方雷电平均密度最小，为 1.61 次/（平方公里*年）；园区附近雷电强度最大的是西方，平均强度 39.6 kA，其次是东南方，平均强度是 39 kA，雷电强度最小的是北方，平均强度 36.4 kA。

6 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。本章对重庆市正阳工业园区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、污染气象参数、防雷设计气象参数以及重现期极值推算。结果可为园区规划、工程项目建设等的设计人员提供数据参考。

6.1 风速设计基准值

设计风速是指工程建设区地面上 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 30 年的 10 分钟平均最大风速资料，通过极值拟合，推算设计基准期内的重现期最大风速。

6.1.1 参证站风速序列构建

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，黔江站最大风速资料从 2003 年开始观测，此后记录完整，风仪高度变化范围在 10~12.7 m 之间，2015 迁站。

黔江国家站定时 2min 平均风速与 10min 平均最大风速的年最大值序列相关系数和均值比分别为 0.89 和 1.5，采用最大风与定时风的同期观测年最大值样本的均值之比作为时距订正系数，将 2min 时距的风速订正到 10min 时距上，时距订正结果如图 6-1 所示。

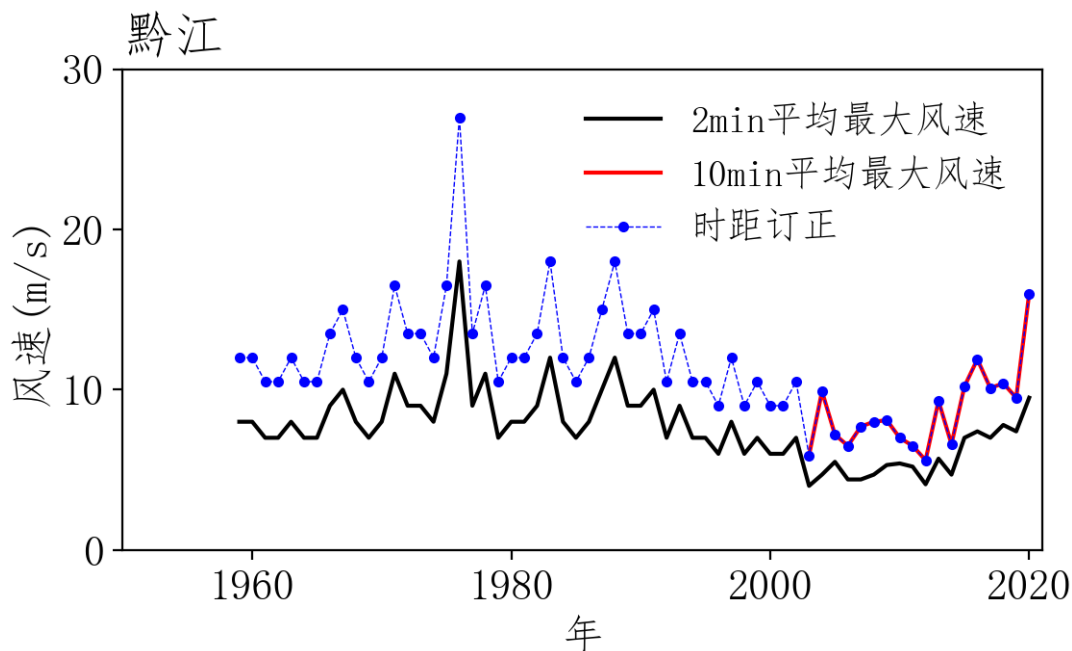


图 6-1 黔江年最大风速时距订正结果

然后对年最大风速进行高度订正。假设风随高度呈现出幂指数变化，其计算公式如下：

$$v_2 = v_1 \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^\alpha$$

式中：

v_2 ——高度 z_2 处的风速，单位为米每秒（m/s）；

v_1 ——高度 z_1 处的风速，单位为米每秒（m/s）；

z_2 ——第二层高度，单位为米（m）；

z_1 ——第一层高度，单位为米（m）；

α ——风切变指数，无量纲数。

利用两层风速计算 α 值如下：

$$\alpha = \frac{\lg(v_2/v_1)}{\lg(z_2/z_1)}$$

风切变指数 α 可根据实测风廓线计算或取不同地表类型的经验值。前者计算过程如下：利用两层以上风速进行 α 值拟合计算时，宜采用最小二乘法，首先绘制实测风廓线，然后选择某一高度层作为拟合基准层（一般为最底层），利用拟合基准层风速和其它任一层风速逐次计算 α 值，确定其最小值和最大值区间，在该区间内按 0.001 为步长不断调整 α 值，是实测风廓线和拟合风廓线对应各高度层风速的残差平方和达到最小，得出

α 值。当个实测风廓线缺乏时， α 可根据不同地表类型按表 6-1 取值。气象观测站一般处于开阔平坦地表，按 B 类地表取值。

表 6-1 地表分类

地表类别	地表状况	风切变指数
A	海面、海岸、开阔水面、沙漠	0.12
B	田野、乡村、开阔平坦地及低层建筑物稀疏地区	0.15
C	树木及低层建筑物等密集地区、中高层建筑物稀疏地区、平缓的丘陵地	0.22
D	中高层建筑物密集地区、起伏较大的丘陵地	0.30

黔江国家站的风仪高度在 10.0 ~ 12.7m 之间变化，高度订正后风速略微减小，考虑到年最大风速受城市化影响呈现减弱趋势，如果进行高度订正将使风速进一步偏小，不利于设计安全。因此，建议不进行高度订正。

除时距订正和高度订正外，还需要对年最大风速进行均一性检测。黔江国家站年最大风速序列不存在明显的非均一性，无需订正，时距订正结果即为均一化年最大风速序列。

6.1.2 设计风速计算

根据附录 B 重现期计算方法，参证站不同重现期设计风速计算结果如表 6-2 所示。黔江站年最大风速序列的最优概率模型为广义极值分布，理论分布和经验分布的柯尔莫哥洛夫拟合适度为 0.09，相关系数为 0.99，均方根误差为 0.046，其形状参数 0.0576，尺度参数 2.8182，位置参数 10.0726。

表 6-2 参证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
基本风速	11.1	12.6	14.1	16	17.8	18.7	19.9	21.5

6.1.3 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 $\rho \approx 0.00125e^{-0.0001z}$ ，黔江站海拔高度取为 786.9 m，计算的密度约为 0.001176 t/m^3 。粗略估计 2a~100a 重现期的基本风压在 $0.07\sim 0.27 \text{ kN/m}^2$ 之间，详见下表。

表 6-3 参证站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
黔江	0.07	0.09	0.11	0.15	0.18	0.2	0.23	0.27

6.1.4 阵风系数

根据《气候可行性论证规范：抗风参数计算（QX/T 436-2018）》，阵风系数定义为由平均风速推算阵风风速的比例系数，通常采用 3s 最大阵风风速与 10min 平均风速的比值。阵风系数计算过程如下：

从风观测数据中，根据项目需求选取 10min 平均风速及对应最大阵风风速样本，宜根据下垫面状况、风速大小状况、不同方向风的阵性的差异状况分类计算阵风系数；用于重现期风速计算时，宜选取平均风速在 15m/s 以上的样本，同时关注最大风速样本的阵风系数。重庆地形复杂，取固定阈值的较大风速样本数量存在一定的不稳定性，因此，选取最大风速和极大风速同期观测的年最大值样本，采用相关比值法计算阵风系数，结果如图 6-3。黔江大风样本数为 18，两个序列的相关系数为 0.77，二者的相关比值为 1.87，均值比为 1.93，为了设计安全，取较大阵风系数值 1.93。

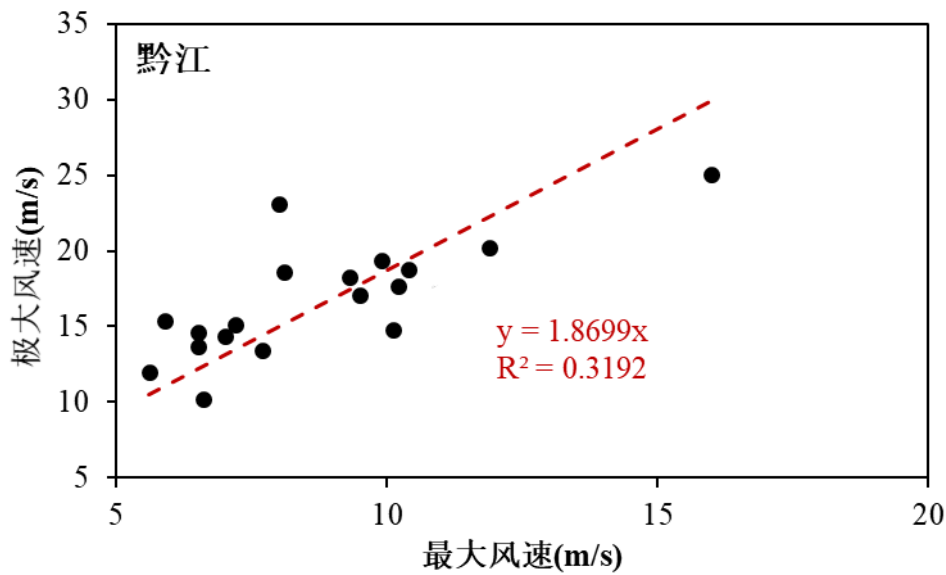


图 6-3 黔江站年最大风速及其对应极大风速的散点分布

根据参证站阵风系数值，计算园区不同重现期极大风速和阵风风压，黔江 2~100a 重现期极大风速在 21.4~41.5 m/s 之间，阵风风压在 0.27~0.99 kN/m² 之间，详见表 6-4。

表 6-4 参证站不同重现期极大风速和阵风风压

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
极大风速 (m/s)	21.4	24.3	27.2	30.9	34.4	36.1	38.4	41.5
阵风风压 (kN/m ²)	0.27	0.34	0.43	0.55	0.68	0.75	0.85	0.99

工程抗风设计计算手册给出瞬时风速与 10min 平均风速之比约为 1.5。结构抗风设计中风荷载的顺风向响应分为平均风作用下的静力响应和脉动风作用下的动力响应，如果不考虑风振，则风中只包含平均风，此时应考虑瞬时风速或风压值以反映脉动风的增值影响，风振系数可看作平均风由于脉动增压作用的阵风系数，相当于基本风压增值而乘以一阵风系数。由此可知，标准中给出的基本风压值已经考虑阵风系数为 1.5，黔江阵风系数为 1.93，有必要根据阵风系数对基本风速和风压加以修正，修正结果如下表所示。

表 6-5 阵风系数取 1.5 的抗风参数计算结果及相关标准参考值

设计参量	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
基本风速 (m/s)	14.1	16	17.9	20.3	22.5	23.7	25.2	27.2
基本风压 (kN/m ²)	0.12	0.15	0.19	0.24	0.3	0.33	0.37	0.44
极大风速 (m/s)	21.4	24.3	27.2	30.9	34.4	36.1	38.4	41.5
阵风风压 (kN/m ²)	0.27	0.34	0.43	0.55	0.68	0.75	0.85	0.99

6.2 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，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。

月平均最高气温序列采用参证站 7、8 月平均最高气温较大值，月平均最低气温序列采用参证站 12、1、2 月平均最低气温较小值。平均最高气温变化范围在 29.1~35.1℃ 之间，排名前三的分别是 1990 年 (35.1℃)、2018 年 (35.0℃) 和 2019 年 (34.8℃)。平均最低气温变化范围在 -1.1~5.5℃ 之间，温度由低到高排名前三的分别是 1975 和 1963 年 (-1.1℃)、1984 年 (-0.5℃)。

采用附录 B 的方法计算不同重现期平均最高、最低气温。

平均最高气温最优概率模型为三参数对数正态分布，三个模型参数分别为 3.5633 (均值)、0.0387 (标准差)、-3.2475 (初始位置)，理论分布和经验分布的柯尔莫哥洛夫拟合度为 0.074，相关系数为 0.996，均方根误差为 0.028。

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气温如下表所示。

平均最低气温*-1 序列的最优概率模型为三参数对数正态分布，三个模型参数分别为 2.7546 (均值)、0.0886 (标准差)、-17.8378 (初始位置)，理论分布和经验分布的柯尔莫哥洛夫拟合度为 0.05，相关系数为 0.997，均方根误差为 0.023。计算各重现期平均最低气温值如下表所示。

表 6-6 参证站不同重现期基本气温（单位：℃）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
平均最高气温	32.0	32.6	33.2	33.8	34.3	34.6	34.9	35.4
平均最低气温	2.1	1.5	0.9	0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-1.5

6.3 室外空气气象参数

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。

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）》，计算参证站的夏季空调室外计算干球温度、夏季空调室外计算日平均温度、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、供暖室外计算温度和冬季空调室外计算温度这 7 个室外空气气象参数。计算方法如下：

（1）冬季空调室外计算温度：采用累年平均每年不保证 1d 的日平均温度。

（2）供暖室外计算温度：采用累年平均每年不保证 5d 的日平均温度，即日平均温度低于采暖室外计算温度的天数不大于 5d。

（3）夏季空调室外计算干球温度：采用累年平均每年不保证 50h 的干球温度。

（4）夏季空调室外计算日平均温度：采用累年平均每年不保证 5d 的日平均温度。

（5）夏季通风室外计算温度：采用历年最热月 14:00 平均温度的平均值。

（6）夏季通风室外计算相对湿度：采用历年最热月 14:00 平均相对湿度的平均值。

（7）冬季通风室外计算温度：采用历年最冷月月平均温度的平均值。

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

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,重庆气候也发生了明显的变化。因此,本节利用参证站1991-2020年(最近30年)的逐小时、逐日和逐月的气温和相对湿度数据进行计算。

6.3.1 冬季空调和供暖参数

表 6-7 冬季空调和供暖参数值

冬季空调室外计算温度 (°C)	供暖室外计算温度 (°C)
-0.3	1.7

冬季空调和供暖参数包括冬季空调室外计算温度和供暖室外计算温度这 2 个室外空气气象参数。冬季空调室外计算温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)。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)。参证站冬季空调室外计算温度为-0.3°C,供暖室外计算温度为 1.7°C。

6.3.2 夏季空调参数

夏季空调参数包括夏季空调室外计算干球温度和夏季空调室外计算日平均温度这 2 个室外空气气象参数。夏季空调室外计算干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。夏季空调室外计算干球温度的升高,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。

计算夏季空调室外计算干球温度所需要的逐小时气温数据包括两部分:(1)1991-

2006年的逐小时气温数据是在同时段每日四次（02、08、14和20时）的观测数据的基础上采用三次样条函数方法插值得到；（2）2007-2020年观测的逐小时数据。利用三次样条函数方法插值得到的数据经过了平均绝对误差、平均误差、平均相对误差和均方根误差这4个判据的检验，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参证站夏季空调室外计算干球温度为33.6℃，夏季空调室外计算日平均温度为29.0℃。

表 6-8 夏季空调参数值

夏季空调室外计算干球温度（℃）	夏季空调室外计算日平均温度（℃）
33.6	29.0

6.3.3 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、空调只是部分时间、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。夏季和冬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。参证站夏季通风室外计算温度为30.4℃，夏季通风室外计算相对湿度为58.0%，冬季通风室外计算温度为4.8℃。

表 6-9 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（℃）
30.4	58.0	4.8

6.4 排水设计气象参数

6.4.1 不同历时不同重现期暴雨强度

根据重庆市城乡建设委员会关于发布重庆市暴雨强度修订公式及设计暴雨雨型的通知（渝建〔2017〕443号）文，在180min以下的各历时不同重现期暴雨强度采用重庆

市黔江区暴雨强度公式计算。黔江区的暴雨强度公式如下：

$$q = \frac{826(1 + 0.581\lg P)}{(t + 3.510)^{0.520}}$$

式中： q —暴雨强度（升/秒·公顷）；

P —设计重现期（年）；

t —降雨历时（min）；

重庆市正阳工业园区所在黔江区的 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 6-10 参证站不同历时不同重现期暴雨强度（单位：升/秒·公顷）

	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5min	318.7	346.5	381.4	428.9	476.3	504.1	539.1	586.5
10min	250.6	272.5	300	337.3	374.6	396.4	423.9	461.2
15min	212.8	231.3	254.7	286.3	318	336.5	359.9	391.5
20min	187.9	204.3	224.9	252.8	280.8	297.2	317.8	345.8
30min	156.3	169.9	187	210.3	233.6	247.2	264.3	287.6
45min	128.9	140.2	154.3	173.5	192.7	203.9	218.1	237.2
60min	112.1	121.8	134.1	150.8	167.5	177.3	189.5	206.2
90min	91.7	99.6	109.7	123.3	137	145	155	168.7
120min	79.3	86.2	94.9	106.7	118.5	125.4	134.1	145.9
150min	70.8	77	84.8	95.3	105.8	112	119.8	130.3
180min	64.5	70.2	77.2	86.9	96.5	102.1	109.2	118.8

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 6-11 参证站不同历时不同重现期降水量（单位：mm）

	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5min	9.6	10.4	11.4	12.9	14.3	15.1	16.2	17.6
10min	15	16.3	18	20.2	22.5	23.8	25.4	27.7
15min	19.2	20.8	22.9	25.8	28.6	30.3	32.4	35.2
20min	22.5	24.5	27	30.3	33.7	35.7	38.1	41.5
30min	28.1	30.6	33.7	37.9	42	44.5	47.6	51.8
45min	34.8	37.8	41.7	46.8	52	55.1	58.9	64.1
60min	40.3	43.9	48.3	54.3	60.3	63.8	68.2	74.2
90min	49.5	53.8	59.2	66.6	74	78.3	83.7	91.1
120min	57.1	62.1	68.3	76.8	85.3	90.3	96.6	105.1
150min	63.7	69.3	76.3	85.8	95.3	100.8	107.8	117.3
180min	69.7	75.8	83.4	93.8	104.2	110.3	117.9	128.3

6.4.2 年径流总量控制率对应的设计降雨量

年径流总量控制率是根据多年日降雨量统计数据计算，通过自然和人工强化的渗透、储存、蒸发（腾）等方式，场地内累计全年得到控制（不外排）的雨水量占全年总降雨量的百分比。设计降雨量是为实现一定的年径流总量控制目标（年径流总量控制率），用于确定低影响开发设施设计规模的降雨量控制值，一般通过当地多年日降雨资料统计数据获取，通常用日降雨量（mm）表示。

年径流总量控制率对应的设计降雨量计算，应选取至少近 30 年（反映长期的降雨规律和近年气候的变化）日降雨（不包括降雪）资料，扣除小于等于 2 mm 的降雨事件的降雨量，将降雨量日值按雨量由小到大进行排序，统计小于某一降雨量的降雨总量（小于该降雨量的按真实雨量计算出降雨总量，大于该降雨量的按该降雨量计算出降雨总量，两者累计总和）在总降雨量中的比率，此比率（即年径流总量控制率）对应的降雨量（日值）即为设计降雨量。本节采用参证站 1991~2020 年逐日降水资料，确定不同年径流总量控制率对应的设计降雨量（图 6-4，表 6-12）。

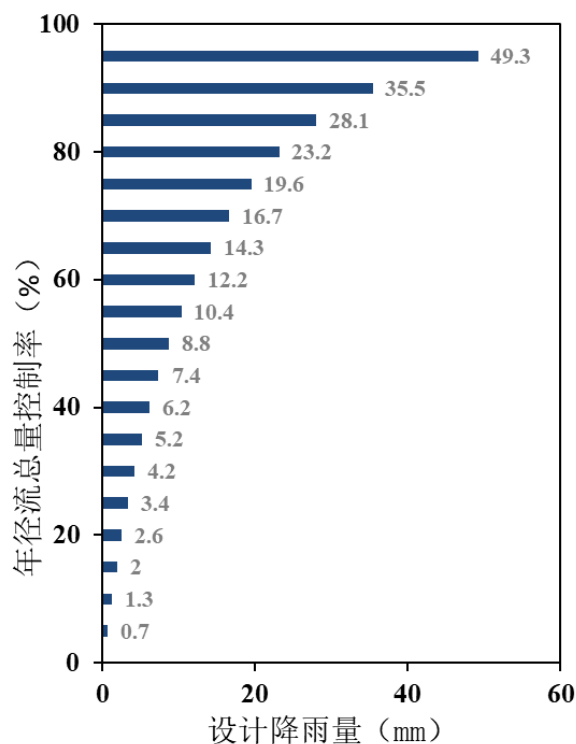


图 6-4 参证站 1991~2020 年不同年径流控制率对应的设计降雨量（单位：mm）

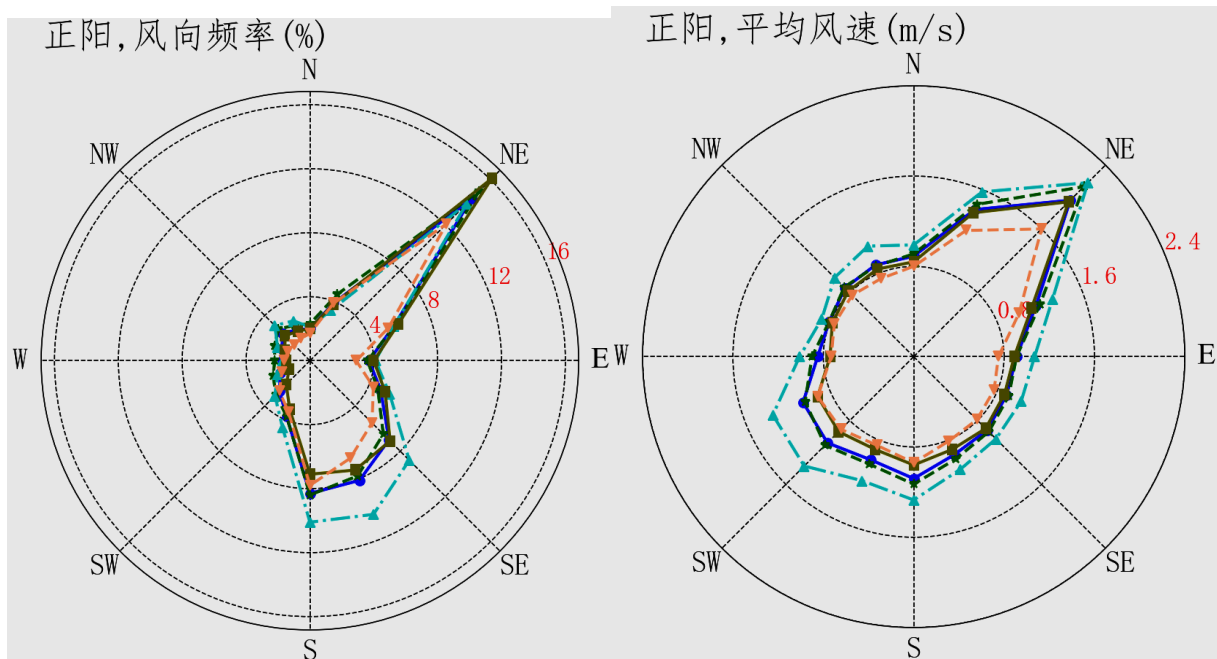
表 6-12 参证站 1991~2020 年不同年径流控制率对应的设计降雨量 (单位: mm)

年径流总量控制率 (%)		5	10	15	20	25	30	35	40	45
设计降雨量 (mm)		0.7	1.3	2	2.6	3.4	4.2	5.2	6.2	7.4
年径流总量控制率 (%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量 (mm)	8.8	10.4	12.2	14.3	16.7	19.6	23.2	28.1	35.5	49.3

6.5 污染气象参数

空气污染系数简称污染系数,是某一地区某方位风向频率与该方位风速的比值。污染系数综合了风向和风速的作用,代表了某方位下风向空气污染的程度,值越大说明该方位下风向空气污染越严重。选用正阳区域自动站数据进行污染系数计算,资料为 2011~2020 年逐小时 10min 平均风向风速观测。

园区年及四季平均风向频率、平均风速、污染系数如图 6-5 和表 6-13 所示。园区四季均以东北风 (NE) 为主导,夏季东南到南方向风频增大 (SE~S),平均风速较大轴呈现出东北—西南向 (NE-SW) 分布,东北风最大,年平均风速为 2.0m/s,其余方位在 0.8~1.1 m/s 之间,就各季节而言,夏季风速最大,春季次之,冬季最小。污染系数较大的方位位于东北方向 (NE) 和东南到正南方向 (SE~S),在 NE 上,秋季污染系数最大 (约 8.3 %·s/m),在 SE~S 上,夏季污染系数最大,三个方位累计值为 26.1 %·s/m。



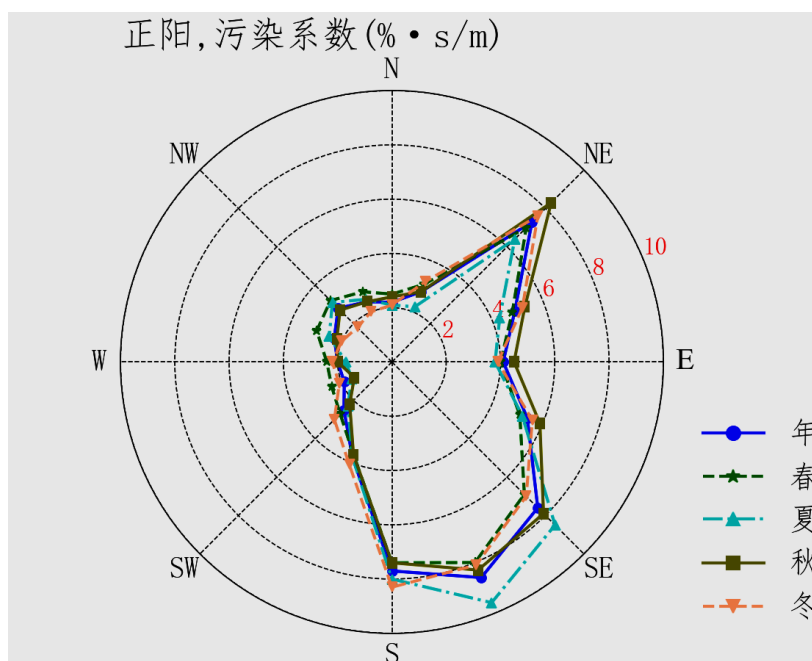


图 6-5 园区风向频率、平均风速及污染系数图

表 6-13 园区风向频率、平均风速及污染系数表

要素 时间	风向频率 (%)					平均风速 (m/s)					污染系数 (% s/m)				
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
C	25.5	22.3	16.7	27.4	35.7										
N	2.0	2.3	2.1	2.0	1.7	0.9	0.9	1.0	0.8	0.8	2.2	2.5	2.1	2.4	2.1
NNE	3.9	4.5	3.4	3.8	3.9	1.4	1.5	1.6	1.4	1.2	2.8	3.1	2.2	2.8	3.2
NE	14.3	15.0	13.9	16.1	12.1	2.0	2.1	2.2	1.9	1.6	7.3	7.0	6.4	8.3	7.6
ENE	5.7	5.8	5.7	6.0	5.3	1.2	1.2	1.3	1.1	1.0	4.9	4.8	4.3	5.3	5.2
E	3.7	3.6	4.1	4.0	2.9	0.9	0.9	1.1	0.9	0.8	4.1	4.0	3.8	4.5	3.9
ESE	4.8	4.6	5.4	5.1	4.3	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	5.4	5.1	5.2	5.9	5.6
SE	7.0	6.5	8.8	7.1	5.5	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	7.6	6.9	8.5	7.9	7.0
SSE	8.1	7.8	10.4	7.4	6.6	0.9	1.0	1.1	0.9	0.8	8.6	8.0	9.6	8.3	8.1
S	8.3	8.4	10.1	7.1	7.8	1.1	1.1	1.3	1.0	0.9	7.7	7.4	8.0	7.4	8.3
SSW	3.8	3.8	4.5	3.3	3.5	1.0	1.0	1.2	0.9	0.9	3.8	3.7	3.8	3.7	4.1
SW	2.7	3.0	3.1	2.1	2.7	1.1	1.1	1.4	0.9	0.9	2.5	2.7	2.3	2.2	3.0
WSW	2.0	2.5	2.2	1.4	1.9	1.1	1.0	1.4	0.9	0.9	1.9	2.4	1.6	1.5	2.1
W	1.7	2.2	1.7	1.5	1.6	0.9	0.9	1.0	0.7	0.7	2.0	2.4	1.7	2.0	2.2
WNW	1.9	2.4	2.2	1.7	1.5	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	2.3	3.0	2.5	2.2	2.0
NW	2.4	2.8	3.1	2.2	1.4	0.9	0.9	1.0	0.8	0.8	2.8	3.2	3.1	2.7	1.8
NNW	2.1	2.4	2.7	2.0	1.5	0.9	0.9	1.1	0.8	0.8	2.4	2.8	2.5	2.4	2.0

6.6 混合层高度

大气混合层是大气边界层内湍流充分发展、气象要素充分混合并在高度分布上趋于

均匀的层次，位于近地面层以上，夹卷层以下。充分发展的混合层内，位温、动量（或风速）、水汽等气象要素在高度上分布一致。混合层高度是近地面具有强烈混合作用的这一层大气的顶高，充分发展的混合层高度近似为大气边界层高度，约位于位温在垂直方向上产生明显增大的层次。一般认为，混合层高度对污染物的扩散具有指示作用，混合层高度愈低，愈不利于地面污染物的扩散。

根据附录 E 中混合层高度的计算方法，所需资料包含总云量、低云量、近地面风速等观测资料。云量在 2013 年以后停止观测，黔江的云量观测起始时间为 1973 年，其中，2007 年以前为 1 日 3 次观测，包含 08 时、14 时、20 时，2007~2013 年期间为 1 日 4 次观测，增加了 02 时。为增强混合层高度计算结果的可比性，其年际变化和月际变化采用黔江国家站 1973~2013 年逐日 3 次（不包含 02 时）云量、风速观测进行计算，日变化采用 2007~2013 年逐日 4 次观测结果进行计算。

6.6.1 年际变化

园区混合层高度年平均和春、夏、秋、冬四个季节的年际变化显示，年平均混合层高度约 322 m，最大出现在 1973 年，约 443 m，最小值出现在 1991 年，约 189 m。春季年平均高度 370 m，最大值出现在 1973 年（492 m），最小值出现在 1989 年（264 m）。夏季年平均高度 375 m，最大值出现在 1981 年（539 m），最小值出现在 1991 年（162 m）。秋季年平均高度 267 m，最大值出现在 1975 年（420 m），最小值出现在 1991 年（99 m）。冬季年平均高度 276 m，最大值出现在 1973 年（381.0 m），最小值出现在 1997 年（187 m）。具体结果见下表：

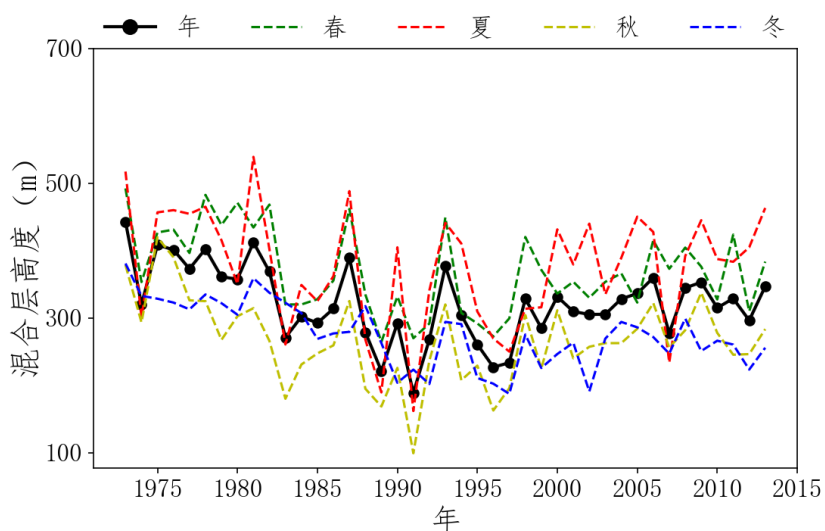


图 6-10 园区混合层高度（单位：m）的年际变化曲线

表 6-20 园区混合层高度年际变化特征值

时间	年平均 (m)	最大年	最大值 (m)	最小年	最小值 (m)
年	322	1973	443	1991	189
春	370	1973	492	1989	264
夏	375	1981	539	1991	162
秋	267	1975	420	1991	99
冬	276	1973	381	1997	187

6.6.2 月际变化

园区混合层高度的月际变化表现为：8月最高（410 m），7月次之（386 m），12月最低（229 m）。

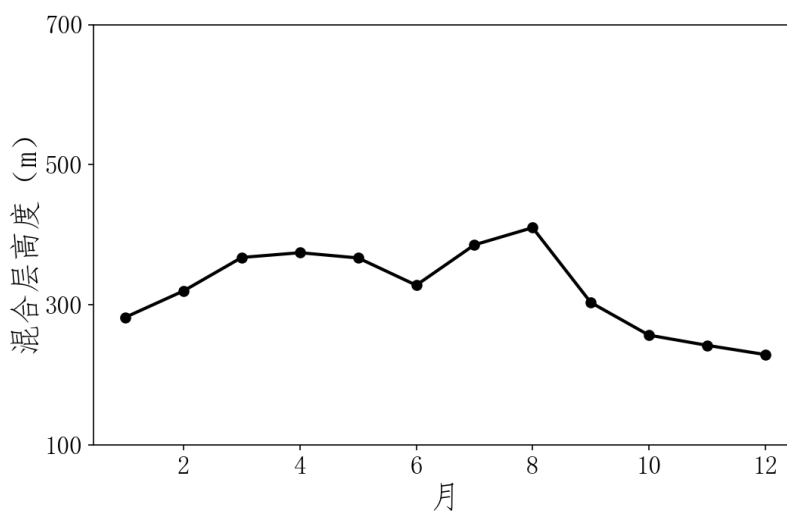


图 6-11 参证站混合层高度（单位：m）的月变化曲线

6.6.3 日变化

混合层高度的日变化表现为 14 时最高（616 m），02 时最低（139 m），08 时与 20 时分别为 190 m 和 163 m。

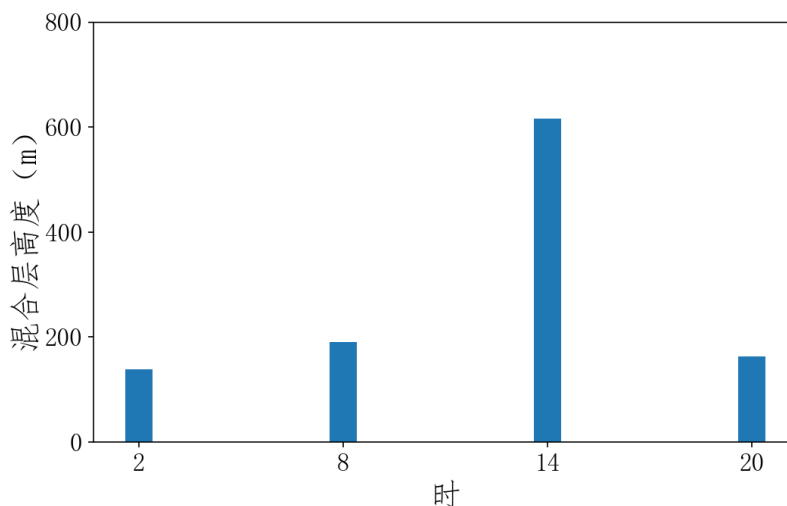


图 6-12 参证站混合层高度（单位：m）的日变化

6.7 防雷设计气象参数

6.7.1 建筑物年预计雷击次数校正系数 k

建筑物年预计雷击次数 N 是防雷设计中非常重要的关键参数，它表征该项目一年时间中可能遭受雷击直接击中的次数，按如下公式计算：

$$N = k \times N_g \times A_e$$

式中：

N ——建筑物年预计雷击次数（次/a）；

k ——校正系数；

N_g ——建筑物所处地区雷击大地的年平均密度（次/km²/a）；

A_e ——与建筑物截收相同雷击次数的等效面积（km²）。

校正系数 k 用来表征环境影响，该参数与项目所处环境紧密相关。根据现场勘测，项目附近校正系数均值都为 1，位于河边湖边、山坡下或山地中、山谷风口处、特别潮湿的地方取 1.5，金属屋面没有接地的砖木建筑取 1.7，位于山顶上或旷野的孤立建筑取 2。

6.7.2 雷击大地密度

雷击大地密度 (N_g) 是进行防雷设计和防雷管理的重要参数之一。传统方法中, 通常采用当地气象部门提供的所在城市的年平均雷暴日 (T_d) 来计算评估点的 N_g 值, 而雷击分布受地理、地质、土壤、气象、环境等诸多因素的影响, 因此, 在一个城市甚至一个地区都取相同的 N_g 值的做法存在一定的局限性。统计分析以项目中心为圆心 10km 范围内的雷电监测数据, 得到重庆市正阳工业园项目雷击大地密度平均值为 1.8 次/年 \times 平方公里。

6.8 重现期极值

6.8.1 不同重现期最大日降水

利用参证站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, 采用附录 B 的方法计算不同重现期最大日降水量。结果显示最优概率模型为广义极值分布, 三个模型参数分别为-0.1758 (形状参数)、20.065 (尺度参数)、68.657 (位置参数), 理论分布和经验分布的柯尔莫哥洛夫拟合适度为 0.054, 相关系数为 0.997, 均方根误差为 0.021。P 取不同重现期 (2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a), 计算各重现期最大日降水如下表所示, 百年重现期降水为 210.8 mm。参证站历史最大日降水量为 306.9 mm (1982 年), 超过百年一遇, 远大于次大值 144.3 mm。

表 6-21 参证站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
最大日降水	76.3	88.3	103.1	124	146.9	161.5	181.2	210.8

6.8.2 不同重现期极端高温

利用参证站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, 采用附录 B 的方法计算不同重现期极端高温。结果显示最优概率模型为三参数 Weibull 分布, 三个模型参数分别为 2.29 (形状参数)、33.41 (尺度参数)、3.338 (初始位置), 理论分布和经验分布的柯尔莫哥洛夫拟合适度为 0.066, 相关系数为 0.990,

均方根误差为 0.028。计算各重现期极端高温如下表所示。历史极端高温为 39.5 °C，出现在 2006 年，排前 2-4 名极端高温年份分别为 2016 年（39.2 °C）、2017 年（38.8 °C）、2019 年（38.7 °C），表明近年来高温更加频繁。

表 6-22 参证站不同重现期极端高温（单位：°C）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
极端高温	36.5	37.2	37.8	38.5	39.1	39.4	39.7	40.1

6.8.3 不同重现期高温日数

利用参证站建站以来的逐日最高气温资料，逐年选取日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的天数，形成年高温日数序列，采用附录 B 的方法计算不同重现期高温日数。结果显示最优概率模型为三参数 Weibull 分布，三个模型参数分别为 1.03（形状参数）、-1.07（尺度参数）、10.13（初始位置），理论分布和经验分布的柯尔莫哥洛夫拟合度为 0.078，相关系数为 0.95，均方根误差为 0.044。 P 取不同重现期（2a、3a、5a、10a、20a、30a、50a、100a），计算各重现期高温日数如下表所示。历史最长高温日数为 39 d（2018 年），其次为 37d（2013 年）。

表 6-23 参证站不同重现期高温日数（单位：d）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
高温日数	6.0	10.0	15.0	21.7	28.3	32.2	37.0	43.5

6.8.4 不同重现期极端低温

利用参证站建站以来的逐日最低气温资料，逐年选取最低气温，形成年高低气温序列，采用附录 B 的方法计算不同重现期极端低温。

根据分布函数的定义， $F(x) = P(X \leq x)$ ，即事件小于等于某阈值的可能性， x 值越小，概率分布值 F 越小，重现期越小。因此，概率模型适用于拟合极大值序列，对于极端低温的极小值问题，可以通过变换（取负号），借助于极大值的分布而得到。利用极端低温 $\times -1$ 得到的序列，进行概率拟合，得到模型参数和不同重现期下的温度值，再乘以 -1 即为不同重现期的最低气温。

拟合结果显示最优概率模型为三参数对数正态分布，三个模型参数分别为 3.091（形状参数）、0.061（尺度参数）、-19.097（初始位置），理论分布和经验分布的柯尔莫哥洛夫拟合度为 0.053，相关系数为 0.996，均方根误差为 0.025。 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。历史极端低温出现在 1977 年（-5.8℃），其次是 1963 年（-5.7℃）。

表 6-24 参证站不同重现期极端低温（单位：℃）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
极端低温	-2.9	-3.5	-4.1	-4.7	-5.2	-5.5	-5.8	-6.2

6.9 小结

本章推算了园区所在区域不同重现期风速设计基准值、室外空气气象参数、不同历时暴雨强度、年径流总量控制率对应的设计降雨量、污染系数等关键气象参数，结果如表 6-25 至表 6-30 所示。

在防雷设计中，园区校正系数均值为 1，位于河边湖边、山坡下或山地中、山谷风口处、特别潮湿的地方取 1.5，金属屋面没有接地的砖木建筑取 1.7，位于山顶上或旷野的孤立建筑取 2；园区雷击大地密度平均值为 1.8 次/年*平方公里。

表 6-25 参证站不同重现期设计基准值

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
设计风速（m/s）	14.1	16	17.9	20.3	22.5	23.7	25.2	27.2
基本风压（kN/m ² ）	0.12	0.15	0.19	0.24	0.3	0.33	0.37	0.44
极大风速（m/s）	21.4	24.3	27.2	30.9	34.4	36.1	38.4	41.5
阵风风压（kN/m ² ）	0.27	0.34	0.43	0.55	0.68	0.75	0.85	0.99
设计最高气温（℃）	32.0	32.6	33.2	33.8	34.3	34.6	34.9	35.4
设计最低气温（℃）	2.1	1.5	0.9	0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-1.5
最大日降水量（mm）	76.3	88.3	103.1	124	146.9	161.5	181.2	210.8
极端高温（℃）	36.5	37.2	37.8	38.5	39.1	39.4	39.7	40.1
高温日数（d）	6.0	10.0	15.0	21.7	28.3	32.2	37.0	43.5
极端低温（℃）	-2.9	-3.5	-4.1	-4.7	-5.2	-5.5	-5.8	-6.2

表 6-26 参证站室外空气气象参数

名称	值
冬季空调室外计算温度 (°C)	-0.3
供暖室外计算温度 (°C)	1.7
夏季空调室外计算干球温度 (°C)	33.6
夏季空调室外计算日平均温度 (°C)	29.0
夏季通风室外计算温度 (°C)	30.4
夏季通风室外计算相对湿度 (%)	58.0
冬季通风室外计算温度 (°C)	4.8

表 6-27 参证站不同历时不同重现期暴雨强度 (单位: 升/秒·公顷)

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5min	318.7	346.5	381.4	428.9	476.3	504.1	539.1	586.5
10min	250.6	272.5	300	337.3	374.6	396.4	423.9	461.2
15min	212.8	231.3	254.7	286.3	318	336.5	359.9	391.5
20min	187.9	204.3	224.9	252.8	280.8	297.2	317.8	345.8
30min	156.3	169.9	187	210.3	233.6	247.2	264.3	287.6
45min	128.9	140.2	154.3	173.5	192.7	203.9	218.1	237.2
60min	112.1	121.8	134.1	150.8	167.5	177.3	189.5	206.2
90min	91.7	99.6	109.7	123.3	137	145	155	168.7
120min	79.3	86.2	94.9	106.7	118.5	125.4	134.1	145.9
150min	70.8	77	84.8	95.3	105.8	112	119.8	130.3
180min	64.5	70.2	77.2	86.9	96.5	102.1	109.2	118.8

表 6-28 参证站不同年径流控制率对应的设计降雨量 (单位: mm)

年径流总量控制率 (%)		5	10	15	20	25	30	35	40	45
设计降雨量 (mm)		0.7	1.3	2	2.6	3.4	4.2	5.2	6.2	7.4
年径流总量控制率 (%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量 (mm)	8.8	10.4	12.2	14.3	16.7	19.6	23.2	28.1	35.5	49.3

表 6-29 园区 (正阳站) 年、四季不同方位的污染系数值 (%·s/m)

时间	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
年	2.2	2.8	7.3	4.9	4.1	5.4	7.6	8.6	7.7	3.8	2.5	1.9	2.0	2.3	2.8	2.4
春	2.5	3.1	7.0	4.8	4.0	5.1	6.9	8.0	7.4	3.7	2.7	2.4	2.4	3.0	3.2	2.8
夏	2.1	2.2	6.4	4.3	3.8	5.2	8.5	9.6	8.0	3.8	2.3	1.6	1.7	2.5	3.1	2.5
秋	2.4	2.8	8.3	5.3	4.5	5.9	7.9	8.3	7.4	3.7	2.2	1.5	2.0	2.2	2.7	2.4

时间	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
冬	2.1	3.2	7.6	5.2	3.9	5.6	7.0	8.1	8.3	4.1	3.0	2.1	2.2	2.0	1.8	2.0

表 6-30 参证站不同时间混合层高度 (m)

年及季节变化		月际变化	
时间	混合层高度 (m)	时间	混合层高度 (m)
年	322	1 月	282
春	370	2 月	320
夏	375	3 月	368
秋	267	4 月	374
冬	276	5 月	367
日变化		6 月	328
时间	混合层高度 (m)	7 月	386
02 时	139	8 月	410
08 时	190	9 月	303
14 时	616	10 月	257
20 时	163	11 月	242
		12 月	229

7 专题影响评估

重庆市正阳工业园区主要对暴雨、大风、高温、雷电等灾害性天气敏感，在本报告第 5 章的高影响天气分析基础之上，结合园区实际，本章进一步对暴雨、大风和高温等园区敏感因子进行专题影响评估。

7.1 暴雨灾害风险与评估

7.1.1 暴雨灾害风险

暴雨引发的积涝和洪水可对建筑、水利工程、交通、电力等城市基础设施和生命财产安全产生危害，并造成重大损失并影响正常的社会秩序。

7.1.2 暴雨灾害风险评估

7.1.2.1 暴雨灾害风险评估方法

暴雨灾害风险评估方法采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理 风险评估技术》中的风险矩阵法对本项目的暴雨灾害风险进行评估和分级，具体方法详见附录 D。暴雨灾害事件发生可能性的计算以项目选取的参证气象站降水历史观测数据为基础，使用数理统计方法对降水极值概率分布函数进行拟合，进一步求出降雨量超过特定值的概率。

7.1.2.2 暴雨发生的可能性评估

根据参证气象站分析，评估区域在 4~10 月暴雨较为多发，但是 3 月和 11 月份也分别发生过 1 次暴雨。1960-2020 年，参证气象站共录得 175 次暴雨以上降水，其中 14 次为大暴雨（日雨量 $\geq 100\text{mm}$ ），1 次特大暴雨（日雨量 $\geq 250\text{mm}$ ）；平均每年发生暴雨以上强降水的次数为 2.9 次。1982 年 7 月 28 日，参证气象站出现大暴雨降水过程，黔江国家气象站录得 306.9mm 特大暴雨。

根据第 6 章设计气象参数计算参证气象站不同重现期极值降水，得到园区不同重现

期日雨量，见表 7-1。

表 7-1 不同重现期暴雨量（单位：mm）

重现期(a)	2	3	5	10	20	30	50	100
降水量	76.3	88.3	103.1	124	146.9	161.5	181.2	210.8

结合历史暴雨灾情记录，综合考虑园区企业的特性，本报告认为当日雨量超过 150mm，可能对本项目所评估的园区内企业造成影响，因此以日雨量 ≥ 150 mm 作为暴雨灾害事件，并结合参考气象站日雨量的概率分布函数，计算得出本项目所在区域发生暴雨灾害事件的概率为大于 0.02，小于 0.1。按照表 D.1 给出的灾害风险可能性等级分值划分，园区区域暴雨灾害发生的可能性等级为 **3 级**，即可能发生。

7.1.2.3 暴雨发生的后果损失评估

暴雨有可能引发厂区内积涝，部分露天设备、露天停车场等有可能会遭遇水浸发生故障。暴雨可能造成园区内企业厂房周边山体滑坡，厂房内道路因此会受损，甚至造成人员受伤。暴雨可能造成厂区内变压器室电力设施的损坏。暴雨可能造成厂区内主厂房一楼设施的损坏。办公大楼主要注意暴雨引发积水对于一楼办公设备的损坏。

综合考虑上文所述各种情形，结合表 D.3 暴雨灾害事件造成后果分析等级划分，确定暴雨灾害对园区可能造成后果的等级为 **1 级**。

7.1.2.4 暴雨风险水平的确定

综合园区暴雨灾害发生的可能性等级和后果等级，参照“表 D.4 灾害风险分级矩阵”，园区的暴雨风险为**高风险**。

7.1.3 暴雨灾害防范建议

园区应针对暴雨灾害天气风险建立防御的工程性和非工程性控制措施（表 7-2）。

表 7-2 园区应对暴雨灾害性天气事件引发安全事故的控制措施表

措施类别	应采取的控制措施
预防措施	1.园区将防御暴雨灾害的安全气象保障工作已纳入本园区安全稳定工作，层层分解落实园区安全气象保障工作目标任务和责任。 2.园区每年组织一次有关专家开展园区暴雨气象灾害隐患排查工作，并且发现隐患都及时治理。 3.园区应明确负责安全稳定的领导分管暴雨气象灾害防御工作，并纳入园区应急值班范畴。 4.园区应开展暴雨气象防灾减灾知识和避险自救技能科普宣传。 5.园区应建立手机安全气象预警预报信息接收终端，接到预警预报信息，及时采取相关防范措施。 6.园区建筑物及排水系统符合防御暴雨气象灾害的相关要求。
减轻事故后果的应急措施	1.园区应制定防御暴雨气象灾害的应急预案，或将暴雨灾害应急措施纳入气象灾害或自然灾害应急预案中。 2.园区应明确气象灾害应急避难场所。 3.园区应储备防御暴雨气象灾害应急物资。 4.园区应建立防御暴雨气象灾害工作档案，以便出灾之后查阅，采取有效措施。

(1) 园区存在高暴雨风险，需要注意防御暴雨灾害。建议充分考虑园区所在区域暴雨多发的特点，适当定期检查排水系统，定期检查排水管道是否畅通，尽可能降低强降雨引发积涝的可能；对于市气象局发布的暴雨预警信号要密切关注。在市气象局发布暴雨预警信号后，要立即进行隐患排查并采取相应的处理措施。对于暴雨灾害隐患，重点除了日常的排查外，还应在每年汛期来临前，一般在4月份之前，进行一次全面的暴雨灾害隐患排查和治理。调研园区周边内涝隐患情况，提高暴雨引发的积涝灾害的防御能力。建议在园区主要隐患点增加警示标牌并在园区内增设气象电子显示屏，及时接受市、区气象局发布的暴雨预警信号。

(2) 制定针对暴雨灾害的应急预案，建立各级防汛责任制，定期对厂房、办公大楼的渗漏水及雨水倒灌风险隐患进行排查；园区防汛办公室负责气象预警信号和天气动态预报信息的接收，密切与区气象局等政府部门进行沟通，及时通过文件、电视、网站、手机、传真、微信等渠道获取最新气象信息。园区相关人员在接收到气象部门的预报或区防汛防台抗旱指挥部的灾情信息后，立即向园区管委会报告。根据事故后果的严重程度、影响范围及单位控制事态的能力，将园区的应急响应分为IV级、III级、II级、I级（I级为最高等级），通常按预警等级（颜色）相应提高，但是情况紧急也可以越级响应。同时按照应急响应等级做出相应的应对措施。要求全体员工必须清楚应急预案，并熟悉各自的职责，各部门、各应急小组组织学习和演练。园区办公室不定期检查各部门的学

习和演练情况，每年至少组织一次联合演习和针对性的学习。同时积极参加当地政府组织的应急救援演练。

(3) 从参证气象站历史资料统计，园区出现暴雨的月份在 3~11 月。但在全球变暖、极端天气气候事件多发的背景下，非汛期同样可能出现极端的强降水，如 1994 年 11 月 15 日暴雨过程。因此，除了在汛期做好暴雨防御工作之外，非汛期也需要警惕暴雨发生的可能，避免因防灾减灾意识松懈带来风险隐患。

(4) 特别要注意短历时强降水过程对园区需重点关注对象的影响。

7.2 大风灾害风险与评估

7.2.1 大风灾害风险

大风天气可能造成的危害范围很广，包括各类危旧住房、厂房、工棚、围墙、临时建筑、在建工程、市政公用设施（如路灯等）、游乐设施、各类吊机、施工电梯、脚手架、电线杆、树木、广告牌、铁塔和阳台、屋顶上的花盆、空调室外机、雨篷、太阳能热水器、屋顶杂物以及建筑工地上的零星物品、工具、建筑材料等，上述目标物被强风吹落或因强风崩塌后易造成人员伤亡；强风易吹倒输电线路并造成电网线路跳闸；强风易吹倒通信基站造成通信网络设施受损，通讯中断。因此大风造成的安全隐患主要出现在未达到一定抗风能力的建筑物和设施以及未能及时收到气象预警信息而未采取防护措施的人群中。

7.2.2 大风灾害风险评估

7.2.2.1 大风灾害风险评估方法

参照中国气象局预测减灾司气预函〔2005〕47 号关于下发《突发气象灾害预警信号发布业务规范》(试行)的通知和国家气象局地面天气观测规范以及浦福风力等级把大风灾害天气分为四个强度等级（表 7-3）。

表 7-3 大风灾害天气强度等级表

强度等级	名称	蒲福风力等级	风速范围 (m/s)	地物征象	预警信号
一级	特严重大风	12	>32.6	摧毁力极大	红色预警
二级	严重大风	11	28.5-32.6	大树可被风吹倒，一般建筑物遭严重破坏	橙色预警
		10	24.5-28.4	树木可被吹倒，一般建筑物遭破坏	黄色或橙色预警
三级	较严重大风	9	20.8-24.4	草房遭受破坏、屋瓦被掀起，大树枝可折断	黄色预警
		8	17.2-20.7	可折毁小树枝，人迎风前行感觉阻力甚大	蓝色或黄色预警
四级	一般大风	7	13.9-17.1	全树动摇，大树枝弯下来，迎风不行感觉不便	蓝色预警

大风灾害风险评估方法同样采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理 风险评估技术》中的风险矩阵法对本项目的大风灾害风险通过评估和分级。大风灾害事件发生可能性的计算以项目选取的参证气象站大风历史观测数据为基础，使用数理统计方法对极大风速概率分布函数进行拟合，进一步求出极大风速超过特定值的概率。

7.2.2.2 大风发生的可能性评估

根据第 6 章设计风速基准值计算出代表园区的参证气象站不同重现期极大风速值如表 7-4 所示。

表 7-4 不同重现期极大风速（单位：m/s）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
极大风速 (m/s)	21.4	24.3	27.2	30.9	34.4	36.1	38.4	41.5

结合历史大风记录、不同重现期极大风速计算结果，综合考虑园区特点，本报告认为当极大风速超过 9 级（24.4 m/s），可能对园区的建筑物及外露设备造成一定影响，因此以极大风速超过 9 级作为大风灾害事件，并结合参考气象站极大风速的概率分布函数，可计算得出评估对象所在区域发生大风灾害事件的概率大于 0.1，小于 0.5。按照灾害风险可能性分级表给出的灾害风险可能性等级分值划分，园区所在区域大风灾害发生的可能性等级为 **2 级**，即很可能发生。

7.2.2.3 大风发生的后果损失评估

园区大风可能拔起大树、折断电杆，毁坏地面设施和建筑物，特别是会对抗风性能较弱的房屋造成损毁，影响园区正常的运行。大风容易吹落高层建筑物的门窗和屋顶的物品以及广告牌，有时甚至吹倒建筑物，对园区工人安全构成威胁。大风影响能见度，易吹倒行道树木等，影响园区车辆的交通正常运行。大风可能造成水、电、通信等线路中断，影响电力、水等正常供应以及造成通讯中断和设施损毁。大风极易刮断电线等引发火灾，危及园区基础设施。大风影响园区户外活动。

综合考虑上文所述各种情形，结合灾害事件造成后果分析等级划分，确定大风灾害对园区可能造成后果的等级为**2级**。

7.2.2.4 大风风险可接受水平的确定

综合园区所在区域大风灾害发生的可能性等级和后果等级，参照“灾害风险分级矩阵”，此区域内大风风险为**高风险**。

7.2.3 大风灾害防范建议

园区应针对大风灾害天气风险建立防御的工程性和非工程性控制措施（表 7-5）。

表 7-5 园区应对大风灾害性天气事件引发安全事故的控制措施表

措施类别	应采取的控制措施
预防措施	1.园区将防御大风灾害的安全气象保障工作已纳入安全稳定工作，层层分解落实园区安全气象保障工作目标任务和责任。 2.园区每年组织一次有关专家开展园区大风气象灾害隐患排查工作，重点排查大风诱发建筑物的门窗脱落和屋顶的物品掉下以及是否有危房等隐患，并且发现隐患都及时治理。 3.园区明确负责安全稳定的领导分管大风气象灾害防御工作，并纳入园区应急值班范畴。 4.园区开展大风气象防灾减灾知识和避险自救技能科普宣传，重点普及防高空坠落实科普知识和大风天气车辆行驶安全教育。 5.园区建立手机安全气象预警预报信息接收终端，接到大风预警预报信息，及时采取防御大风措施。 6.园区建筑物符合抗大风的安全要求，并符合建筑物防火等级要求。
减轻事故后果的应急措施	1.园区制定防御大风气象灾害的应急预案，或将大风灾害应急措施纳入气象灾害或自然灾害应急预案中。 2.园区储备防御大风气象灾害的应急物资。 3.园区建立大风气象灾害的工作档案，以便出灾之后查阅，采取有效措施。

园区防御大风灾害天气风险的处置措施与对策建议如下：

(1) 大风来临前。应及时加固地面设施，有建设工程的园区要遮盖建筑物资，妥善安置易受大风影响的室外物品。对简易建筑、临时搭建物、门窗、电气线路、室外体育器械等进行重点排查，消除因大风可能导致安全事故的隐患，在危险地段设置安全警示牌。在房间里要小心关好窗户，在窗玻璃上贴上“米”字形胶布，防止玻璃破碎，远离窗口，避免强风席卷沙石击破玻璃伤人。对园区工作人员进行安全教育，提高安全意识。

(2) 大风影响中。尽量减少外出，必须外出时不要在广告牌、临时搭建筑物下面逗留、避风。停止进行户外活动或露天集会。园区车辆如果正在行驶中，应及时驶入地下停车场或隐蔽处。特别注意防范用大风刮断园区电线等引发火灾。做好停电、停水的各项应急工作。建议在园区内增设气象电子显示屏，及时接受市、区气象局发布的大风预警信号。制定针对大风灾害的应急预案，积极参加当地政府组织的应急救援演练。

7.3 高温灾害风险与评估

7.3.1 高温灾害风险

高温危害可分为直接危害和间接危害，直接危害包括高温引起的人体不适、中暑甚至死亡，自燃性火灾等，间接危害包括导致工作效率下降，农业干旱，重、特大火灾集中发生，拉闸限电，爆胎及车祸等。

7.3.2 高温灾害风险评估

7.3.2.1 高温灾害风险评估方法

本报告采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理 风险评估技术》中的风险矩阵法对园区的高温灾害风险通过评估和分级。灾害风险分级由灾害风险事件发生的可能性和产生的后果来决定。高温灾害事件发生可能性的计算以项目选取的参证气象站和参考站历史 5 月-10 月逐日最高气温观测数据为基础，使用数理统计方法对高温概率分布函数进行拟合，进一步求出极端高温超过特定值的概率。高温定义采用重庆市地方标准 DB50/T 270-2008《气象灾害标准》中对高温的定义：轻度高温： $35^{\circ}\text{C} \leq \text{日最高气温} < 37^{\circ}\text{C}$ ；中度高温： $37^{\circ}\text{C} \leq \text{日最高气温} < 40^{\circ}\text{C}$ ；严重高温：日最高气温 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ 。

7.3.2.2 高温发生的可能性评估

根据第 6 章不同重现期极端高温计算结果，得到代表园区的参证气象站不同重现期极端最高气温如表 7-6 所示。

表 7-6 不同重现期极端最高气温

重现期(a)	2	3	5	10	20	30	50	100
极端最高气温 (°C)	36.5	37.2	37.8	38.5	39.1	39.4	39.7	40.1

结合历史高温灾情记录，综合考虑以正阳工业园区内企业的特性，本报告认为当日极端最高气温 $\geq 37^{\circ}\text{C}$ ，即发生中度高温，可能对本项目所评估的园区内企业造成影响，因此以日极端最高气温 $\geq 37^{\circ}\text{C}$ 作为高温灾害事件，并结合参证气象站日极端最高气温的概率分布函数，计算得出本项目所在区域发生高温灾害事件的概率大于 0.5。按照给出的灾害风险可能性等级分值划分，园区高温灾害发生的可能性等级为**2级**，即很可能发生。

7.3.2.3 高温发生的后果损失评估

综合考虑上文所述各种情形，结合灾害事件造成后果分析等级划分，确定高温灾害对园区可能造成后果的等级为**2级**。

7.3.2.4 高温风险水平的确定

综合园区高温灾害发生的可能性等级和后果等级，“表 D.4 灾害风险分级矩阵”，园区的高温风险为**高风险**。

7.3.3 高温灾害防范建议

园区应针对高温灾害天气风险建立防御的工程性和非工程性控制措施（表 7-7）。

表 7-7 园区应对高温灾害性天气事件引发安全事故的控制措施表

措施类别	应采取的控制措施
预防措施	1.园区将防御高温灾害的安全气象保障工作已纳入本园区安全稳定工作，层层分解落实园区安全气象保障工作目标任务和责任。 2.园区每年组织一次有关专家开展园区高温气象灾害隐患排查工作，重点排查高温诱发火灾隐患，并且发现隐患都及时治理。 3.园区明确负责安全稳定的领导分管高温气象灾害防御工作，并纳入园区应急值班范畴。 4.园区开展高温气象防灾减灾知识和避险自救技能科普宣传，重点普及防中暑科普知识和高温天气车辆行驶安全教育。 5.园区建立手机安全气象预警预报信息接收终端，接到高温预警预报信息，及时采取防暑降温措施。 6.园区建筑物防火等级符合消防规定。 7.园区防暑降温措施，如园区空调、食堂冰箱等工作正常。
减轻事故后果的应急措施	1.园区制定防御高温气象灾害的应急预案，或将高温灾害应急措施纳入气象灾害或自然灾害应急预案中。 2.园区储备防暑降温药品和其他应急物资。 3.园区建立防御高温气象灾害工作档案，以便出灾之后查阅，采取有效措施。

(1) 高温来临前应及时安装降温设备，如电扇、空调、冰箱等，必要时进行隔热处理。在办公室的窗户和窗帘之间安装临时反热窗，如铝箔表面的硬纸板。早晨或下午能进太阳光的窗户用窗帘（遮光帘）遮好。对园区工人进行防暑指导。准备防暑降温饮料和常用防暑药品（如清凉油、十滴水、人丹等）。持续的高温干旱天气又可能造成供水紧张，应及时储备。全面提高园区绿地覆盖率和种树，增加园区水域面积和喷、洒水设施，降低温度，缓解城市热岛效应。加强防暑降温保健知识和防火知识的宣传，严禁野外用火、玩火。

(2) 高温天气中组织开展火灾逃生知识的宣传和技能培训。通知员工尽量留在室内，并避免阳光直射。暂停户外活动。白天尽量减少户外作业，尤其是在中午到下午这段时间，要避免在强烈的阳光下暴晒。对员工进行防暑指导和开展火灾逃生知识的宣传和技能培训。加强食品卫生安全监督检查。食堂多准备咸食、凉白开水、冷盐水、白菊花水或绿豆汤等。注意做好运营车辆车况检查工作，做好防火准备工作，严禁参加森林火灾扑救。特别注意防范用电量过高导致园区电线、变压器等电力设备负载大而引发的火灾。建议在园区内增设气象电子显示屏，及时接受市、区气象局发布的高温预警信号。制定针对高温灾害的应急预案，积极参加当地政府组织的应急救援演练。

7.4 雷电灾害风险与评估

7.4.1 雷电环境风险分析

根据最近 10 年重庆市雷电监测网数据分析可知，重庆市正阳工业园项目密度高值区主要分布与地形相关，山脉所在地区雷电密度大；同时雷电强度变化较剧烈，呈现中部高，周围低特点。综上所述，重庆市正阳工业园项目内具有大量电子系统的项目或者对于雷电敏感的设备尽量避免建设在雷电活动频繁、雷电强度较大的区域，可以选择雷电活动频繁相对较低且雷电强度相对较小的东北部区域。

根据附录 C.1 的方法，重庆市正阳工业园项目区域内，新建项目按照第一类防雷建筑进行防直击雷保护时，防护效率为 94.10%左右；如果新建项目按照第二类防雷建筑进行防直击雷保护时，防护效率为 93.70%左右；如果按照第三类防雷建筑进行防直击雷保护时，防护效率仅为 91.60%左右。

7.4.2 区域雷电灾害风险分析

对雷击重庆市正阳工业园项目产生的电磁场进行分析，从而确定本项目是否需要采取必要的防护措施，实现项目建筑物内良好的电磁兼容性，尽可能的降低雷击造成的损害。

根据附录 C.2 的方法，统计重庆市正阳工业园项目雷电观测资料，这里取近十年内观测到的最大雷电流（260kA）进行分析，分析结果如下。

表 7-8 雷击重庆市正阳工业园项目产生的无衰减磁场强度

距离 (m)	磁场强度 H_0 (A/m)
10	4138.03
30	1379.34
50	827.61
70	591.15
80	517.25
90	459.78
100	413.80
120	344.84
125	331.04
150	275.87
175	236.46
200	206.90

距离 (m)	磁场强度 H_0 (A/m)
209	190.38
250	165.52
300	137.93
350	118.23
400	103.45
450	91.96
500	82.76
600	68.97
700	59.11
800	51.73
900	45.98
1000	41.38
1500	27.59
2000	20.69
2500	16.55
3000	13.79
3500	11.82
4000	10.35
4500	9.20

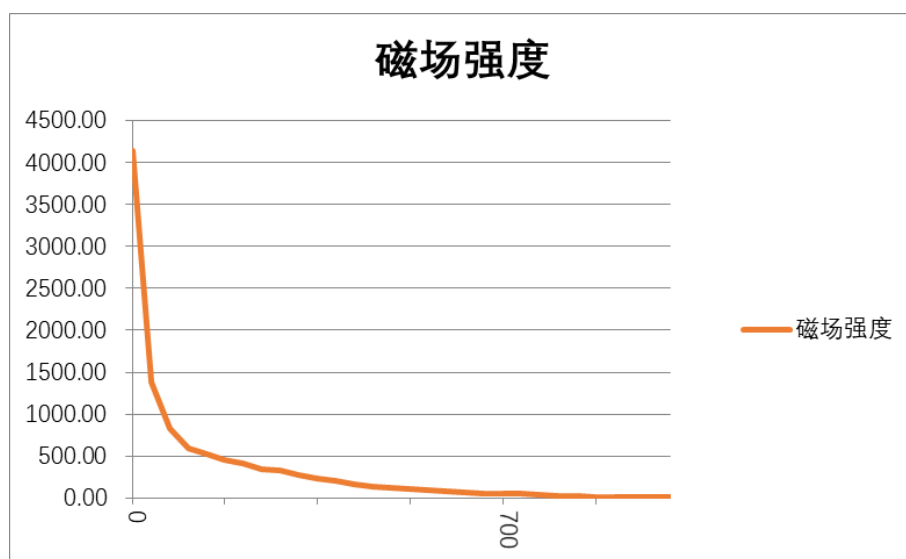


图 7-1 无衰减磁场强度分布图

对项目取附近 10 m~4500 m 范围进行磁场强度的计算、分析。通过计算得到当建筑物和房间无屏蔽时所产生的无衰减磁场强度，如表 7-8 所示，并绘制出无屏蔽时所产生的无衰减磁场强度 H_0 的趋势图，如图 7-1 所示。

从图 7-1 可知，雷击点距离项目越近在园区内无屏蔽时产生的无衰减磁场强度越大。通过表 7-8 可知，对于重庆市正阳工业园，当雷击点距离园区 209m 时，无屏蔽时产生的无衰减磁场强度，可以造成计算元件永久损坏；因此，建议通过采取增设屏蔽空间或

者对敏感的电子设备增设屏蔽层等防护措施进行防护。

土壤结构与雷击时的冲击地电位升、接地电阻、接触电压和跨步电压密切相关。采用 wenner 等间距四极法分别对园区的土壤电阻率进行了测试，测试范围见图 7-2、图 7-3，测试范围南北宽 1.4km，东西宽 1.4km，大致均匀的选取 64 个测试点，相邻两个测试点之间间隔约 200m，用测试范围内的土壤电阻率分布来近似整个产业园土壤电阻率分布。重庆市正阳工业园土质均以农田、回填土、岩石为主，浅层土壤电阻率高，越往深处土壤电阻率逐渐降低。



图 7-2 重庆市正阳工业园测试范围及现场测试图

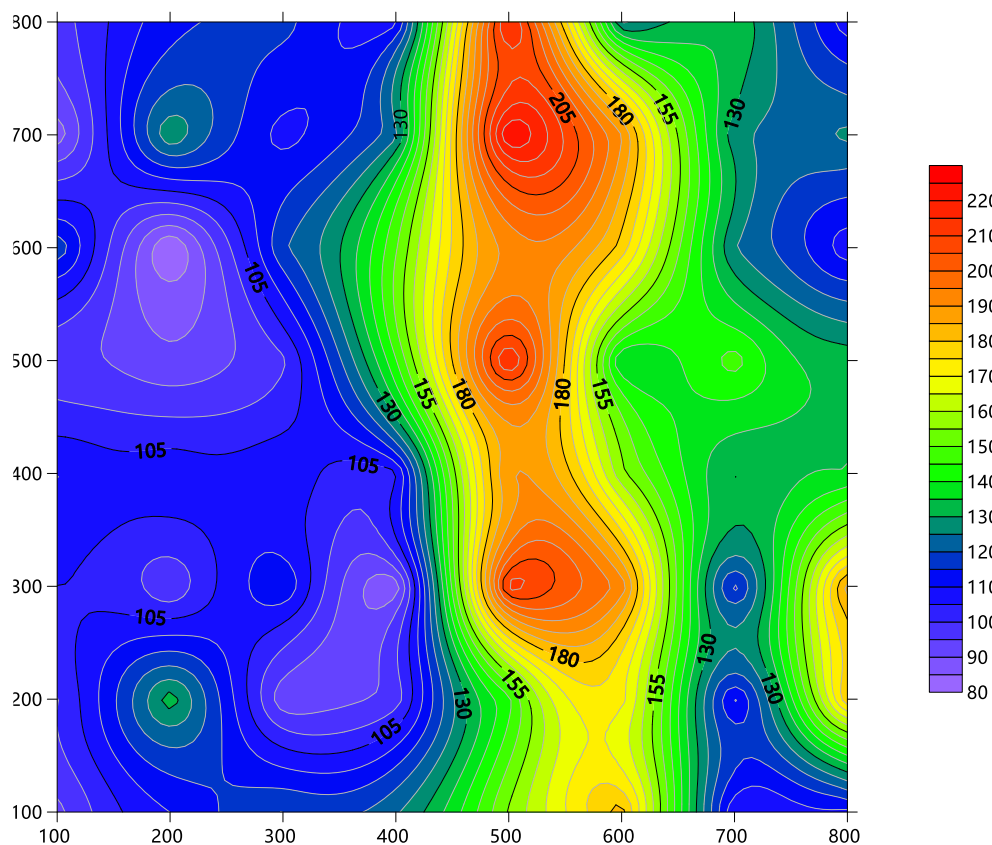


图 7-3 防雷响应时间分布图（横坐标为西东方向、纵坐标为北南方向。）

根据公式(C.7)防雷响应时间计算公式,计算出项目地网响应时间,并绘制分布图,如图 7-3 所示。可以看出重庆市正阳工业园地网响应时间一般在 122ns 左右,分布不均匀,具有一定规律性,中部地网相应时间相对较大,地网响应时间会达到 164ns 以上,东西两侧相对较小。中部的建筑物在设计时宜适当提高接地性能,投入使用后应定期开展防雷装置安全检测。

7.4.3 雷击损害风险评估

根据附录 C.3 的方法,建筑物的总风险 R 是构成建筑物的分区相关的局部风险的总和。

而依据园区特征,可将建筑物划分为以下两个区:

Z_1 区建筑物入口区域;

Z_2 区建筑物内部区域。

园区拟建厂房人员生命损失评估如下：

雷电闪击次数：

$$N_D = k \times N_g \times A_{e/b}$$

$$N_{Da} = k \times N_g \times A_{e/a}$$

$$A_M = [LW + 2 \times 90 \times (L + W) + \pi 90^2] \times 10^{-6} = 60234 \times 10^{-6} = 6.02 \times 10^{-2}$$

雷击损害概率：

对应于 R_4 经济价值损失的雷击损害概率的数值为

$$P_A = 1$$

$$P_B = 1$$

损失量的评估：

$$L_A = r_a L_t = 10^{-2} \times 10^{-2} = 10^{-4}$$

$$L_B = L_V = r_p \text{hr}_f L_{fe} = 2 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-4}$$

雷击风险分量：

$$R_A = N_D P_A L_A = 1.07 \times 10^{-5}$$

$$R_B = N_D P_B L_B = 4.29 \times 10^{-5}$$

风险组成及计算结果：

未采取防雷保护的人员生命损失 R_1 为 5.36×10^{-5} ，大于人员生命损失允许值 R_T (10^{-5})，重庆市正阳工业园项目雷击损害风险为**高风险**。

7.4.4 雷电灾害防范建议

(1) 园区雷电活动密度高值区主要分布与地形相关，山脉所在地区雷电密度大，建议具有大量电子系统的项目尽量避免建设在工业园山脉所在地区；已经建成的应加强雷击电磁脉冲防护措施。

(2) 园区内按照第一类防雷建筑进行防直击雷保护时，防护效率为 94.10% 左右；如果新建项目按照第二类防雷建筑进行防直击雷保护时，防护效率为 93.70% 左右；如果按照第三类防雷建筑进行防直击雷保护时，防护效率仅为 91.60% 左右。

(3) 园区内雷击电磁场干扰都较强，建议弱电设备加强屏蔽保护。

(4) 园区中部土壤电阻率较大，对于雷电散流效果和防直击雷装置使用时长有一

定影响，建议在设计时宜适当提高接地性能，对于雷电散流效果和防直击雷装置使用时长有一定影响，建议在设计时宜适当提高接地性能，投入使用后应定期开展防雷装置检测工作确保设备正常运行，发现问题及时处理。

(5) 园区内建筑物若未采取防雷保护的人员生命损失风险为 5.36×10^{-5} ，高于允许值 R_T (10^{-5})，建议在设计施工时一定要按照防雷技术规范实行，有条件情况下，应加强非工程性防雷措施(如建设系统的雷电预警系统、制定完善的防雷安全管理制度等)，可以更加科学地指导该区域雷电灾害防御，有效提升防雷安全。

7.5 小结

(1) 园区暴雨灾害发生的可能性等级为 3 级，即可能发生；暴雨灾害可能造成后果的等级为 1 级，暴雨风险为**高风险**。

(2) 园区大风灾害发生的可能性等级为 2 级，即很可能发生；大风灾害可能造成后果的等级为 2 级，大风风险为**高风险**。

(3) 园区高温灾害发生的可能性等级为 2 级，即很可能发生；高温灾害可能造成后果的等级为 2 级，高温风险为**高风险**。

(4) 未采取防雷保护的人员生命损失 R_1 为 5.36×10^{-5} ，大于人员生命损失允许值 R_T (10^{-5})，重庆市正阳工业园项目雷击损害风险为**高风险**。

8 结论与建议

本报告以重庆市正阳工业园区及其周边的国家气象站以及区域自动站等观测资料为基础，利用统计分析、现场调查等手段，结合观测资料、再分析资料等，对重庆市正阳工业园区所在区域的气候条件开展论证分析工作。

对本报告第 3~8 章的内容，即大气环流背景、园区气候背景、高影响天气、关键气象参数、暴雨等灾害专题影响评估等内容进行总结。同时根据结论，进一步对重庆市正阳工业园区的规划、建设和运营等提出建议。

8.1 结论

8.1.1 大气环流背景

影响重庆市正阳工业园区所在区域的大气环流系统主要包括锋面、切变线、西南低涡、青藏高原和西太平洋副热带高压、高低空急流、印缅槽及阻塞高压等，春季易出现冰雹、倒春寒、暴雨等灾害性天气，夏季易出现雷雨大风、冰雹、短时强降水等对流性天气，秋季易出现阴雨寡照天气，冬季易出现低温阴雨（雪）、寒潮大风等灾害性天气。参证站低层风速四季均较小，其中春季和夏季较大，约为 1.5m/s，秋、冬季约为 1m/s；四季低层风场为偏东风到偏南风。春、夏和秋季低层均以弱的上升运动为主，冬季垂直运动不明显；600hPa 以上四季均以平直的西风气流为主。

8.1.2 园区气候背景

重庆市正阳工业园区所在的黔江区地处亚热带季风区，热量丰富，雨量充沛，无霜期长，冰雪少，风小日照少，湿度大，云雾多，春早夏长，秋短冬暖，四季分明。年平均气压 945.3 hPa，年平均气温 16.1 °C，年日照时数 1059.1 h，年降水量 1190.5 mm，年降水日数 160 d，年平均相对湿度 78.8 %，年平均风速 0.8 m/s，以 NE 为主导风向。

要素年际变化：气温、风速呈上升趋势，气压、日照时数和相对湿度呈下降趋势。

年降水量也呈现明显上升趋势，上升速率为 42.6 mm/10a；降水日数也呈现上升趋势，上升速率为 3.3 d/10a。年降水量最大值出现在 2020 年，为 1795.7 mm；年降水日数最大值出现在 2020 年，为 200 d。

要素月际变化：气温、降水和日照均在夏季（6~8 月）达到峰值，在冬季（1 月或 12 月）出现最低值。平均气温最高出现在 7 月，为 26.3 °C，最低出现在 1 月，为 5.1 °C；降水量最多出现在 6 月，为 174.1 mm，最少出现在 12 月，为 20.8 mm；日照时数 8 月最多，高达 178.2 h，1 月最少，只有 37.2 h；风速最大值出现在 3 月，为 1 m/s，最小值出现在 10 月、11 月和 12 月，均为 0.7 m/s。

园区风向频率采用正阳站 2011-2020 年逐小时风向统计，四季主导风向均为 NE 风，风频分别为 15.0%、13.9%、16.1%和 12.1%。静风频率年平均 25.5%，冬季最高(35.7%)，秋（27.4%）、春季（22.3%）次之，夏季（16.7%）最低。

要素日变化：气压日变化呈“W”型，平均气压从 04 时开始逐渐升高，到 10 时达到峰值，峰值气压为 946.5 hPa，之后开始下降，最低值出现在 17 时为 943.1 hPa；之后又开始缓慢升高，在 23 时达到次高值 945.8 hPa，并维持到 00 时，从 01 时开始下降至 04 时。气温日变化呈单峰型，平均气温每日 06 时和 07 时最低，为 14.1 °C，08 时开始气温逐渐升高，到 15 时达到峰值 20 °C，并维持到 16 时；之后开始下降直至次日 06 时。平均风速在 16 时最大（1.3 m/s），随后逐渐减小，至 08 时降到最小（0.8 m/s）；09 时开始逐渐升高至 16 时达到峰值。相对湿度日变化呈单峰型，每日 07 时为一天相对湿度的最高值，达 88.9%，08 时开始相对湿度逐渐减小，到 15 时达到最低点为 64%，并持续到 16 时，之后再次开始上升，直至次日 07 时。

8.1.3 高影响天气分析

重庆市正阳工业园区的关键气象因子有气温、降水、湿度等要素，高影响天气为暴雨、大风、冰雹、高温、雷电等灾害性天气。具体特征为：

暴雨：参证站多年平均暴雨日数为 2.9 d，61 年中发生 14 次大暴雨和 1 次特大暴雨（1982 年）。自 1960 年以来，日最大降水量极值高达 306.9 mm。从暴雨日数年际变化来看，暴雨日数呈现下降趋势。

大风：参证站多年平均大风日数为 0.7 d，其中 2008、2013 和 2018 年最多（2 d）。大风现象除 1、2、3、9、11 和 12 月外，其余各月均有出现。大风日数的月际变化表现为 8 月最多，为 5 d；5 月和 7 月次之，为 2 d。就各季节而言，夏季最多，春季次之，冬季没有大风现象。历史极大风速出现过 25.1 m/s。

冰雹：园区及其周边共出现冰雹事件 23 次，约占历史气象灾害总频次的 17.6%，并记录了灾情。

高温：参证站多年平均一般高温日数为 7.5 d，中等高温日数多年平均为 1.5 d，未出现严重高温日。年极端最高气温未出现在 40℃以上的年份，极端最高气温呈现上升趋势。

雷电：园区年平均雷电次数为 465 次，雷电日数为 35.3 天，雷电主要集中在 3~9 月，占全年的 96%，，雷电活动日变化呈单峰结构，夜间 21 时到达峰值，为 52 次/h。白天 11 点达谷值，为 4 次/h；园区雷电密度在 1.3~2.9 次/（平方公里*年）之间变化，平均为 1.8 次/（平方公里*年），高值区主要分布在山脉地形；雷电流平均强度分布呈现中部高，周围低特点，变化范围为 37~42 kA，平均为 38 kA；园区附近 90%的雷电强度小于 65 kA，80%的雷电强度小于 50 kA，60%的雷电强度小于 37 kA，50%的雷电强度小于 32 kA；园区附近西北方雷电平均密度最大，达 2.0 次/（平方公里*年），其次为北方，为 1.86 次/（平方公里*年），东南方雷电平均密度最小，为 1.61 次/（平方公里*年）；园区附近雷电强度最大的是西方，平均强度 39.6 kA，其次是东南方，平均强度是 39 kA，雷电强度最小的是北方，平均强度 36.4 kA。

8.1.4 专题影响评估

（1）园区暴雨灾害发生的可能性等级为 3 级，即可能发生；暴雨灾害可能造成后果的等级为 1 级，暴雨风险为**高风险**。

（2）园区大风灾害发生的可能性等级为 2 级，即很可能发生；大风灾害可能造成后果的等级为 2 级，大风风险为**高风险**。

（3）园区高温灾害发生的可能性等级为 2 级，即很可能发生；高温灾害可能造成后果的等级为 2 级，高温风险为**高风险**。

（4）未采取防雷保护的人员生命损失 R_1 为 5.36×10^{-5} ，大于人员生命损失允许值 R_T

(10^{-5})，重庆市正阳工业园项目雷击损害风险为**高风险**。

8.1.5 关键气象参数分析与计算

报告推算了园区所在区域不同重现期风速设计基准值、室外空气气象参数、不同历时暴雨强度、年径流总量控制率对应的设计降雨量、污染系数等关键气象参数，结果如表 8-1 至表 8-6 所示。

在防雷设计中，园区校正系数均值为 1，位于河边湖边、山坡下或山地中、山谷风口处、特别潮湿的地方取 1.5，金属屋面没有接地的砖木建筑取 1.7，位于山顶上或旷野的孤立建筑取 2；园区雷击大地密度平均值为 1.8 次/年*平方公里。

表 8-1 参证站不同重现期设计基准值

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
设计风速 (m/s)	14.1	16	17.9	20.3	22.5	23.7	25.2	27.2
基本风压 (kN/m ²)	0.12	0.15	0.19	0.24	0.3	0.33	0.37	0.44
极大风速 (m/s)	21.4	24.3	27.2	30.9	34.4	36.1	38.4	41.5
阵风风压 (kN/m ²)	0.27	0.34	0.43	0.55	0.68	0.75	0.85	0.99
设计最高气温 (°C)	32.0	32.6	33.2	33.8	34.3	34.6	34.9	35.4
设计最低气温 (°C)	2.1	1.5	0.9	0.2	-0.3	-0.7	-1.0	-1.5
最大日降水量 (mm)	76.3	88.3	103.1	124	146.9	161.5	181.2	210.8
极端高温 (°C)	36.5	37.2	37.8	38.5	39.1	39.4	39.7	40.1
高温日数 (d)	6.0	10.0	15.0	21.7	28.3	32.2	37.0	43.5
极端低温 (°C)	-2.9	-3.5	-4.1	-4.7	-5.2	-5.5	-5.8	-6.2

表 8-2 参证站室外空气气象参数

名称	值
冬季空调室外计算温度 (°C)	-0.3
供暖室外计算温度 (°C)	1.7
夏季空调室外计算干球温度 (°C)	33.6
夏季空调室外计算日平均温度 (°C)	29.0
夏季通风室外计算温度 (°C)	30.4
夏季通风室外计算相对湿度 (%)	58.0
冬季通风室外计算温度 (°C)	4.8

表 8-3 参证站不同历时不同重现期暴雨强度（单位：升/秒·公顷）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
5min	318.7	346.5	381.4	428.9	476.3	504.1	539.1	586.5
10min	250.6	272.5	300	337.3	374.6	396.4	423.9	461.2
15min	212.8	231.3	254.7	286.3	318.0	336.5	359.9	391.5
20min	187.9	204.3	224.9	252.8	280.8	297.2	317.8	345.8
30min	156.3	169.9	187	210.3	233.6	247.2	264.3	287.6
45min	128.9	140.2	154.3	173.5	192.7	203.9	218.1	237.2
60min	112.1	121.8	134.1	150.8	167.5	177.3	189.5	206.2
90min	91.7	99.6	109.7	123.3	137.0	145.0	155.0	168.7
120min	79.3	86.2	94.9	106.7	118.5	125.4	134.1	145.9
150min	70.8	77.0	84.8	95.3	105.8	112.0	119.8	130.3
180min	64.5	70.2	77.2	86.9	96.5	102.1	109.2	118.8

表 8-4 参证站不同年径流控制率对应的设计降雨量（单位：mm）

年径流总量控制率（%）		5	10	15	20	25	30	35	40	45
设计降雨量（mm）		0.7	1.3	2.0	2.6	3.4	4.2	5.2	6.2	7.4
年径流总量控制率（%）	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
设计降雨量（mm）	8.8	10.4	12.2	14.3	16.7	19.6	23.2	28.1	35.5	49.3

表 8-5 园区（正阳站）年、四季不同方位的污染系数值（%·s/m）

时间	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
年	2.2	2.8	7.3	4.9	4.1	5.4	7.6	8.6	7.7	3.8	2.5	1.9	2.0	2.3	2.8	2.4
春	2.5	3.1	7.0	4.8	4.0	5.1	6.9	8.0	7.4	3.7	2.7	2.4	2.4	3.0	3.2	2.8
夏	2.1	2.2	6.4	4.3	3.8	5.2	8.5	9.6	8.0	3.8	2.3	1.6	1.7	2.5	3.1	2.5
秋	2.4	2.8	8.3	5.3	4.5	5.9	7.9	8.3	7.4	3.7	2.2	1.5	2.0	2.2	2.7	2.4
冬	2.1	3.2	7.6	5.2	3.9	5.6	7.0	8.1	8.3	4.1	3.0	2.1	2.2	2.0	1.8	2.0

表 8-6 参证站不同时间混合层高度（m）

年及季节变化		月际变化	
时间	混合层高度（m）	时间	混合层高度（m）
年	322	1月	282
春	370	2月	320
夏	375	3月	368
秋	267	4月	374
冬	276	5月	367
日变化		6月	328
时间	混合层高度（m）	7月	386
02时	139	8月	410

年及季节变化		月际变化	
08 时	190	9 月	303
14 时	616	10 月	257
20 时	163	11 月	242
		12 月	229

8.2 建议

本节基于重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价结论，并结合园区地理位置、产业规划等实际情况，给出园区不同开发阶段（规划、建设、运营等）的与气候可行性密切相关的建议。

8.2.1 规划阶段

在园区规划阶段，主要从园区整体布局的合理性、如何规避气象灾害高发区等角度出发，给出园区整体的规划建议。由于重庆市正阳工业园区暂无气候资源（如太阳能资源、风能资源）利用等产业规划和建设，因此本报告不就气候资源利用等内容进行论证并提供建议。

（1）规划布局

重庆市正阳工业园区在论证范围内规划了大量的工业用地、物流仓储用地、商业用地、广场公园绿地、公共设施用地、二类居住用地等，工业用地主要集中在青杠组团、正阳组团的西部和南部、冯家组团，商业和居住用地主要位于工业用地的东北部、东部等区域，并设置了较多的防护绿地。园区主导东北风（NE），次主导风向为南偏东风（SSE），但 NE 平均风速较大，污染系数以东南方向到南方（SE~S）为最大，居住区位于工业用地的上风方向和侧风风向，空间布局总体合理。

（2）风、热环境

从风速来看，园区静风频率较高，冬季静风频率高达 35.7%，夏季为 16.7%，年平均风速约 1.0 m/s，为明显小风区，夏季和春季通风相对较好，冬季通风最差。建议对污染物的堆积进行持续关注，并且应当特别注意冬季的情况。

园区按规划建设后，可能导致在新规划的城镇下垫面区域风速进一步减弱，建议在园区内规划城镇较密集区域增设东北（NE）和南偏东（SSE）方向的绿地，以形成通风

廊道，改善通风环境。

从气温来看，园区温度最高月平均最高气温历史最高值为 35.1℃（1990 年），排第 2 至第 6 位的均在 2010s 以后，极端最高气温历史最高值为 39.5℃（2006 年），排名前 10 的有 6 年在 2010s 以后。园区温度最低月平均最低气温由高到低排名前 6 位全部发生在 2010s 以后，极端低温由高到低偏位前 9 位均在 2000s 以后。表明园区平均气温、平均最高气温、平均最低气温近年来都升温明显，将导致极端高温出现的概率增大，可能引发高温干旱事件增多。

园区按规划建设后，将导致在新规划的城镇下垫面区域温度进一步升高，城市热岛效应将更加明显。建议在园区建筑密集区规划更多绿地和水体，以减缓当地热岛效应。

（3）规避气象灾害高发区

重庆市正阳工业园区以食品、烟卷产业、高新技术产业、综合化工、特种高分子材料、生物医药等产业为主，集中了大量的厂房、仓库、电力设施等，对降水、温度、湿度等气象要素和暴雨、大风、冰雹、干旱、雷电等高影响天气敏感，因此在进行园区规划时应尽量避免相关的气象灾害高发区。

根据灾害风险评估，园区整体的暴雨灾害风险等级为高风险，因此不宜在园区低洼处规划排水能力较低的构筑物。正阳工业园区所在区域临近山体，存在一定的地质灾害风险，需警惕暴雨引发地质灾害的影响。黔江区历史上最大日降水为 306.9 mm（1982 年），达到特大暴雨量级，该场暴雨引发山洪造成了严重的洪涝灾害，建议园区做好应对特大暴雨的应急预案。

根据灾害风险评估，园区整体的大风灾害风险等级为高风险，需重点关注大风对于园区的影响。园区以东北方向（NE）平均风速较大，其次为西南方向（SW），均与山体平行，因此，受山谷风以及地形绕流等影响，在与山体相邻的区域，可能产生局地风速增大的情况。

园区及其周边地区冰雹灾害发生可能性也较高，历史观测出现 23 次冰雹，均出现在 4~8 月，其中以 8 月最多。在进行仓库、露天停车场、场外搭建雨棚等可能受冰雹影响的构筑物规划时，应充分考虑其可能影响。

园区整体的高温灾害风险等级为高风险，在进行物流仓库等对温度敏感的构筑物的规划时，应充分考虑高温对其的可能影响。

园区雷电活动密度高值区主要分布与地形相关，山脉所在地区雷电密度大，建议具有大量电子系统的项目尽量避免建设在工业园山脉所在地区；园区内雷击电磁场干扰都较强，建议弱电设备加强屏蔽保护。

8.2.2 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。

(1) 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，可参考本报告给出的排水设计气象参数、设计风速、基本气温、重现期极值的推算（具体参见章节 8.1）。设计人员可根据设计需求，从报告推算值或者规范推荐值中进行选取。

需要指出的是，在论证区域靠山体一侧，建议提高相应的排水设计参数，并且加固周围边坡和挡土墙，减少因暴雨产生的次生地质灾害；园区内建设易燃易爆、危化品仓储等设备时，建议配套加强降温、灭火等设施的建设；园区中部土壤电阻率较大，对于雷电散流效果和防直击雷装置使用时长有一定影响，建议在设计时宜适当提高接地性能；园区内建筑物若未采取防雷保护的人员生命损失风险为 5.36×10^{-5} ，高于允许值 $RT (10^{-5})$ ，建议在施工时一定要按照防雷技术规范实行。

(2) 园区暴雨在 4~11 月均有出现，大暴雨一般出现在 6~9 月，建设施工阶段及时关注市、区气象局发布的预警信息，提前避开暴雨时段施工，并做好暴雨防范措施以减少建筑材料冲毁、损坏所造成的损失；若园区建设高层建筑，则应充分考虑建筑风荷载，同时东北方向出现大风的可能性较大，在大风天气来临前，应做好抗风安全措施，以防人员伤亡；园区冰雹出现在 4~8 月，以 8 月最多，与大风灾害同时出现的几率较大，施工建设时应及时关注气象局发布的相关预警信号，做好防雷工作；园区高温天气出现在 5~9 月，中等强度高温出现在 6~8 月，其中以 8 月最多，夏季施工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，避开午后高温时段施工；园区的雷电主要集中在 3~9 月，其中 7、8 月最多，夜间 21 时出现概率较大，沿山脉所在地区雷电密度大，避免在有雷电天气的时段进行施工建设，尤其避开临近山体区域。

8.2.3 运营阶段

在运营阶段，根据园区高影响天气分析结果和园区实际，从园区运营过程中气象防灾减灾的角度对园区提出建议。园区的高影响天气包括暴雨、大风、冰雹、高温、雷电等。

(1) 暴雨

暴雨可造成厂区积水，引起电路、水泵等工业设施发生故障；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；暴雨造成的积水可能造成园区露天停车场车辆等受损；暴雨可能引发园区周边的山体滑坡，造成厂区内道路损毁甚至引发人员伤亡；暴雨可能造成园区办公大楼一楼的办公设备遭水浸而损坏；暴雨引发的内涝可能损坏园内物流货物遭水淹导致损毁；暴雨可能造成园区内变压器室电力设施的损坏。

在运营阶段，建议密切关注气象部门发布的极端降雨天气预报预警信息，特别是在4~10月等暴雨高发月份，定期排查园区可能由暴雨造成的隐患。建议园区定期检查排水系统，特别关注园区东南部海拔较低区域以及容易产生积水的低洼区，定期检查排水管道是否畅通，定期对厂房、办公大楼的渗漏水及雨水倒灌风险隐患进行排查，尽可能降低强降水引发积涝的可能，同时防止污染物随暴雨溢出，引发水体污染；建议在园区主要隐患点增加警示标牌并在园区内增设气象电子显示屏，及时接收气象局发布的暴雨预警信号；制定针对暴雨灾害的应急预案，建立各级防汛责任制；除了在4~10月做好暴雨防御工作之外，非汛期也需要警惕暴雨发生的可能，避免因防灾减灾意识松懈带来风险隐患；特别要注意短历时强降水过程对园区内需重点关注的风险源的影响。

(2) 大风

大风可能拔起大树、折断电杆，毁坏地面设施和建筑物，特别是会对抗风性能较弱的房屋造成损毁，影响园区正常的运行；大风容易吹落高层建筑物的门窗和屋顶的物品以及广告牌，有时甚至吹倒建筑物，对园区工人安全构成威胁；大风影响能见度，易吹倒行道树木等，影响园区车辆的交通正常运行；大风可能造成水、电、通信等线路中断，影响电力、水等正常供应以及造成通讯中断和设施损毁；大风极易刮断电线等引发火灾，危及园区基础设施；大风还能影响园区户外活动。

在运营阶段，建议密切关注气象部门发布的大风预报预警信息，特别是在春季、夏季等大风高发季节，定期排查园区可能由大风造成的隐患点，特别关注排查园区容易受山谷风及地形绕流等影响的与山体相邻的区域中建筑物、仓库顶棚、裸露物资、在建工程等抗风隐患，建议加固相应地面设施，有建设工程的园区要遮盖建筑物资，妥善安置易受大风影响的室外物品，防止因大风引起的坠物危险；对简易建筑、临时搭建物、门窗、电气线路、室外体育器械等进行重点排查，消除因大风可能导致安全事故的隐患，在危险地段设置安全警示牌；对园区工作人员进行安全教育，提高预防安全意识。园区发生大风期间，建议园区内人员尽量减少外出，必须外出时不要在广告牌、临时搭建筑物下面逗留、避风；停止进行户外活动或露天集会；园区车辆如果正在行驶中，应及时驶入地下停车场或隐蔽处；特别注意防范用大风刮断园区电线等引发火灾；做好停电、停水的各项应急工作；建议在园区内增设气象电子显示屏，及时接受气象局发布的大风预警信号；积极参加当地政府组织的应急救援演练。

（3）冰雹

冰雹可能造成建筑物、车辆损坏；可能造成人员伤亡。

建议在园区适当种植草皮和树木，达到减少雹灾目的；冰雹发生时，关好门窗，妥善安置好易受冰雹大风影响的室外物品，如货车等最好停车躲避；切勿随意外出，暂停户外活动；户外作业人员要停工，应立即到室内暂避；户外人员不要进入孤立棚屋、岗亭等建筑物，或在高楼烟囱、电线杆或大树底下躲避冰雹，尽量找到一个坚固的地方躲避；在做好防雹准备的同时，也要做好防雷电的准备；建议在园区内增设气象电子显示屏，及时接收气象局发布的预警信号；制定针对冰雹灾害的应急预案，积极参加当地政府组织的应急救援演练。

（4）高温

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；持续高温影响园区正常生产活动；某些易燃的化学物品受高温影响易自燃，甚至爆炸，引发火灾等灾难事故；持续高温对园区内工人健康造成不利影响，体弱者容易出现中暑等情况；高温高湿的闷热天气对粮食贮藏、食品、物资的贮运也带来危害；高温天气可能引发园区货运车辆在行驶过程中自燃，引发安全事故；高温使园区的火险等级增加，容易引发安全事故。

在运营阶段，建议在园区内增设气象电子显示屏，及时接收气象部门发布的高温预警信号；制定针对高温灾害的应急预案，积极参加当地政府组织的应急救援演练。全面提高园区绿地覆盖率和种树，增加园区水域面积和喷、洒水设施，降低温度，缓解城市热岛效应；建议高温期间密切排查园区内大型机械设备、仓储空间等防火隐患，建议高温来临前应及时安装降温设备，必要时进行隔热处理；特别注意防范用电量过高导致园区电线、变压器等电力设备负载大而引发的火灾；同时也应当加强居住用地密集区高温风险隐患点排查。加强园区工作人员防暑降温保健知识、防火知识的宣传和相关技能培训；暂停户外活动，白天尽量减少户外作业，尤其是在午后时段，要避免在强烈的阳光下暴晒；准备防暑降温饮料和常用防暑药品（如清凉油、十滴水、人丹等）；持续的高温干旱天气又可能造成供水紧张，应及时储备；加强食品卫生安全监督检查；注意做好运营车辆车况检查工作，做好防火准备工作。

（5）雷电

雷暴闪击的电火花可引起燃烧或爆炸，毁坏工厂车间、生产设备；雷击电网线路可造成线路跳闸，引起瞬时停电或电压波动，严重影响生产设备的安全运行。

在运营阶段，特别是7~8月雷电活动高发期，园区管理部门应当密切关注雷电预警信号，做好相关的防御措施；园区山脉所在地区雷电密度大，对该区域已经建成的大量电子系统项目，应加强雷击电磁脉冲防护措施；园区内雷击电磁场干扰较强，建议弱电设备加强屏蔽保护；定期开展防雷装置检测工作确保设备正常运行，发现问题及时处理；有条件情况下，应加强非工程性防雷措施（如建设系统的雷电预警系统、制定完善的防雷安全管理制度等），可以更加科学地指导该区域雷电灾害防御，有效提升防雷安全；园区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。

最后，由于全球气候变暖，各种极端天气气候事件频发，均可能增加一定的不确定性因素，对园区运营阶段带来一些灾害风险隐患。因此，建议园区密切关注气象部门发布的相关天气气候预报预警信息，提升防灾减灾意识，做好相应不确定性防范工作。

附录

A 均一性检验方法

近几十年来，国际上已经发展了很多断点检测和订正的方法。大部分断点检测方法从统计学来讲大致可以分为三类：最大似然法、线性回归和非参数方法。从气候学角度来讲，最常用的方法有标准正态检验（SNHT）、累积方差检验、二相回归（TPR）、贝叶斯方法、多元线性回归和 M-WU 检验和威尔科克森检验等非参数方法。Reeves 等对二相回归（TPR）、威尔科克森非参数检验、标准正态检验（SNHT）等多种断点检测和订正的统计方法进行了比较评估，结果表明：不使用参考序列，TPR 和贝叶斯方法是大多数气候序列均一化的最佳选择；而使用参考序列成功去掉周期性和趋势时，SNHT 效果最好。加拿大环境部 WangXiaolan（2007，2008）对 TPR 等应用效果上较好的统计方法引入惩罚因子，经验性地考虑了序列的滞后一阶自相关导致的统计量检验偏差，并嵌入了多元线性回归方法，发展了一个 RHtest 序列均一性检验系统。根据要素特点，均一化的降水量采用的是 SNHT 方法，气温、相对湿度采用的是 RHtest 方法。

（1）SNHT 方法

检验历史序列非均一性受到统计方法及元数据支持等多种因素的限制，这些都会给检验结果带来不确定的影响，因此为了客观真实地检验分析资料序列的均一性，尽可能减小检验的不确定性，按照主客观结合的原则采用标准正态检验方法（StandardNormalHomogeneityTest，SNHT），同时结合台站沿革信息，逐站、逐点反复核查，对资料序列的合理性进行综合分析判断。

选用标准正态方法（SNHT）开展降水、气温、序列均一性检验、订正工作。SNHT 是一个相对较为简便、应用效果优秀的检验方法，它在检验的精确性上相对其它一些方法有其独到的优势。一般认为，服从正态分布的气象要素可以直接采用该方法进行检验，对于不服从正态分布的气象要素则必需对资料序列进行一定的处理，才能采用本方法。因此首先对数据做了立方根预处理。

对于近似正态分布的序列 Z_i , $i=1, 2, \dots, n$, 假设：

如果 Z_i 序列没有不连续点存在, 则统计假设检验为: 对于任意 i , Z_i 序列服从标准正态分布。如果 Z_i 有一个不连续点 a , 则统计假设为:

$$\begin{cases} Z_i \in N(\mu_1, 1), i \in \{1, \dots, a\} \\ Z_i \in N(\mu_2, 1), i \in \{a+1, \dots, n\} \end{cases}$$

μ_1 , μ_2 分别为假设不连续点 a 前后两个序列的平均值 ($\mu_1 \neq \mu_2$), n 为样本容量。 σ 为前后两段的均方差, 这里假设前后时段均方差不变。根据最大似然比率的标准技术, 通过构造统计量即可作为显著性判据:

$$T^s = a\bar{Z}_1 + (n-a)\bar{Z}_2$$

T^s 的最大值 T_{\max}^s

$$T_{\max}^s = \max_{1 \leq a \leq n-1} T^s = \max_{1 \leq a \leq n-1} \{a\bar{Z}_1 + (n-a)\bar{Z}_2\}$$

\bar{Z}_1 , \bar{Z}_2 分别表示 a 前后的平均值, 这样如果 T_{\max}^s 大于选定的显著性水平 (临界值与序列长度有关), 原假设被拒绝, 即存在非均一不连续点。0.1 与 0.05 显著性水平下 T_{\max}^s 的临界值见下表。

表 A.1 0.1 与 0.05 显著性水平 T_{\max}^s 临界值

序列长度 n	0.1 显著性水平	0.05 显著性水平
10	5.05	5.7
20	6.10	6.95
40	7.00	8.1
60	7.40	8.65
80	7.85	9.15

(2) RHtest 方法

该方法包含两种检验方法: 基于惩罚最大 F 检验 (PMFT) 和惩罚最大 T 检验 (PMT), 可用于对年、月、日序列的均一性检验。TPR 方法 (Brown 和 Degatano, 2013) 已经被证实适用于湿度的非均一性检验, PMT 和 PMFT 是对这种方法的改进, 因此也适用于湿度非均一性检验。

PMFT 方法是基于惩罚最大 F 检验, 经验性地考虑了时间序列一阶滞后自相关, 并嵌入回归检验算法, 能够用于检验、订正包含一阶自回归误差的数据序列的多个断点。检验过程如下:

假设 ε_t 代表变量, 该变量值为 0, 方差为 σ^2 , 对于存在线性趋势 β 的时间序列 $\{X_t\}$, 要检验在 $t=k$ 时刻是否存在一个平均突变, 原假设:

若存在间断点, 假设如下:

$$H_0: X_t = \mu + \beta t + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, N$$

若存在间断点, 假设如下:

$$H_a: \begin{cases} X_t = \mu_1 + \beta t + \varepsilon_t, & t \leq k \\ X_t = \mu_2 + \beta t + \varepsilon_t, & k+1 \leq t \leq N \end{cases}$$

式中 $\mu_1 \neq \mu_2$, 如果上面假设成立, 则 $t=k$ 为一个间断点。用 $\Delta = |\mu_1 - \mu_2|$ 来度量突变值的大小。通过建立突变函数, 其显著性判据如下:

$$PF_{\max} = \max_{1 \leq k \leq N-1} [P(k)F_c(k)]$$

其中 $P(k)$ 为通过试验得到的经验函数。

$$F_c(k) = \frac{E_0 - E_A}{E_A / (N - 3)}$$

$$E_A = \sum_{t=1}^k (X_t - \hat{\mu}_1 - \hat{\beta}t)^2 + \sum_{t=k+1}^N (X_t - \hat{\mu}_2 - \hat{\beta}t)^2$$

$$E_0 = \sum_{t=1}^N (X_t - \hat{\mu}_0 - \hat{\beta}_0 t)^2$$

式中 $\hat{\mu}_0$ 和 $\hat{\beta}_0$ 是在约束条件 $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ 下的估计值。当检验出的值大于显著性判据时确定该断点为突变点, 小于判据则该点不为突变点。

PMT 方法基于惩罚最大 T 检验, 假设 $\{X_t\} t = 1, 2, \dots, N$ 为正态分布的序列, 即原假设为:

$$H_0: \{X_t\} \sim \prod \lambda(\mu, \sigma^2)$$

若有断点, 则假设为

$$H_a \begin{cases} \{X_t\} \sim \prod \lambda(\mu_1, \sigma^2), & t = 1, \dots, k \\ \{X_t\} \sim \prod \lambda(\mu_2, \sigma^2), & t = k+1, \dots, N \end{cases}$$

式中 $\mu_1 \neq \mu_2$, 若假设为真, 则 $t=k$ 为一个间断点; $\{X_t\} \sim \prod \lambda(\mu, \sigma^2)$ 代表 $\{X_t\}$ 服从

高斯分布，其平均值为 μ ，方差为 σ^2 。这种方法称为最大似然估计。其对数形式的最大似然估计的判据可以转化为求下式的最大值：

$$T(k) = \frac{1}{\hat{\sigma}_k} \left[\frac{k(N-k)}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \bar{X}_1 - \bar{X}_2$$

其中，

$$\hat{\sigma}_k^2 = \frac{N}{N-2} \tilde{\delta}_k^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum_{1 \leq t \leq k} (X_t - \bar{X}_1)^2 + \sum_{(k+1) \leq t \leq N} (X_t - \bar{X}_2)^2 \right]$$

PMFT 是种绝对方法，不使用参考序列，统计检验独立应用于单个台站。该方法通过一系列的试验，建立一个经验性的惩罚函数，以此来克服 TPR 检验方法中存在的错误报警率和检验能力的非均匀分布能力。PMT 属于相对方法，应用临近站的记录参与均一性检验，通过构建差值序列或比值序列来检验待检站的断点。这两种方法各有利弊。PMFT 方法不需要参考序列进行检验，避免了参考序列不合理带来的非均一性因素，但忽略了待检台站本身的趋势特征；PMT 结合参考站进行检测，充分考虑了待检台站本身的趋势特征，但不可避免地带来参考序列中的非均一因素，可能产生虚假的断点。因此，本方案结合两种方法对相对湿度进行均一性检验。

B 重现期计算

B.1 概率模型选取

实际应用中，推算气候极值较常用的概率分布模型包含广义极值分布、对数正态分布、Weibull 分布、皮尔逊-III 型分布、耿贝尔分布、指数分布等。其中对数正态分布和 Weibull 分布可以是两参数分布，也可以是三参数分布。显然，两参数分布是三参数分布的特殊情形，因此，三参数分布拟合精度更高，适用范围更广。

6 种常用概率模型的分布函数及其参数情况如表 B.1 所示。

表 B.1 概率模型简介

概率模型	分布函数 $F(x) = P(X \leq x)$	模型参数
广义极值分布	$F(x) = \begin{cases} e^{-[1+k(\frac{x-u}{\alpha})]^{-\frac{1}{k}}}, & k \neq 0; \\ e^{-e^{-\frac{x-u}{\alpha}}}, & k = 0. \end{cases}$	α -尺度参数, u -位置参数, k -形状参数
对数正态分布	$F(x) = \Phi\left(\frac{\ln(x-x_0)-u}{\sigma}\right), \quad (x \geq x_0)$	x_0 -初始位置, u -均值, σ -标准差
Weibull 分布	$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-c}{\alpha}\right)^k},$ $(x > c; k > 0; \alpha \geq 0)$	α -尺度参数, c -初始位置, k -形状参数
皮尔逊-III 型分布	$F(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_{x_0}^x (t-x_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(t-x_0)} dt$ $(\alpha, \beta > 0; x \geq x_0)$	x_0 -初始位置, α -形状参数, β -尺度参数
耿贝尔分布	$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$	α -尺度参数, u -位置参数
指数分布	$F(x) = 1 - e^{-\alpha(x-u)}$	α -尺度参数, u -初始位置

注: Φ 表示标准正态分布。

B.2 线性矩估计

线性矩估计是一种常用概率模型参数估计方法，由 Hosking 在 1990 年提出。该方法与其它参数估计方法相比，计算简便，精度较高。

概率权重矩定义 (Greenwood, et al, 1979) 如下：

$$M_{l,j,k} = E(X^l F^j (1-F)^k) dF = \int_0^1 x(F)^l F^j (1-F)^k dF$$

i, j, k 为实数，当 $j = k = 0$ 且 l 为非负整数时， $M_{l,0,0}$ 表示常规矩法的 l 阶原点矩。定

义 $M_{(k)} = M_{1,0,k}$ 为常规概率权重矩形式，其无偏估计由 Landwehr 等 (1979) 给出。

将样本序列按照由小到大顺序排列为 $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$, $M_{(k)}$ 的无偏估计式为:

$$M_{(k)} = \hat{M}_{(k)} = \frac{1}{k+1} \sum_{i=1}^n x_i \binom{n-i}{k} / \binom{n}{k+1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-k} x_i \binom{n-i}{k} / \binom{n-1}{k}$$

线性矩是概率权重矩的线性组合 (Hosking, 1990), 表达如下:

$$l_1 = M_{(0)}$$

$$l_2 = 2M_{(1)} - M_{(0)}$$

$$l_3 = 6M_{(2)} - 6M_{(1)} + M_{(0)}$$

$$l_4 = 20M_{(3)} - 30M_{(2)} + 12M_{(1)} - M_{(0)}$$

.....

定义比值 $t_2 = l_2/l_1$ 、 $t_3 = l_3/l_2$ 、 $t_4 = l_4/l_2$ 分别为 L -变差 (L -Cv)、 L -偏度 (L -skewness)、 L -峰度 (L -kurtosis)。

6 种概率分布函数及模型参数的线性矩估计如表 B.2 所示。

表 B.2 常用概率分布函数及其线性矩估计

概率分布	线性矩估计
广义极值分布	$z = \frac{2}{3+t_3} - \frac{\ln 2}{\ln 3}, k = 7.8590z + 2.9554z^2;$ $\alpha = \frac{l_2 k}{(1-2^{-k})\Gamma(1+k)}; u = l_1 + \frac{\alpha}{k} [\Gamma(1+k) - 1].$
3 参数对数正态分布	$z = \sqrt{\frac{8}{3}} \Phi^{-1}\left(\frac{1+t_3}{2}\right), \sigma = 0.999281z - 0.006118z^3 + 0.000127z^5;$ $u = \ln \frac{l_2}{\text{erf}(\sigma/2)} - \frac{\sigma^2}{2}; x_0 = l_1 - e^{u+\frac{\sigma^2}{2}}.$
3 参数 Weibull 分布	$t_3 = \frac{1-\frac{3}{1}+\frac{2}{1}}{\frac{2k}{1-\frac{1}{1}}-\frac{3k}{2k}},$ 迭代求解 $k; \alpha = \frac{l_2}{\Gamma(1+\frac{1}{k})(1-\frac{1}{1})}; c = l_1 - \alpha\Gamma(1+\frac{1}{k}).$
皮尔逊-III 型分布	当 $t_3 < \frac{1}{3}$ 时, $z = 3\pi t_3^2, \alpha = \frac{1+0.2906z}{z+0.1882z^2+0.0442z^3};$ 当 $1/3 \leq t_3 < 1$ 时, $z = 1 - t_3 ,$ $\alpha = \frac{0.36067z-0.59567z^2+0.25361z^3}{1-2.78861z+2.56096z^2-0.77045z^3}; \beta = \frac{\Gamma(\alpha+0.5)}{l_2 \pi^{\frac{1}{2}} \Gamma(\alpha)}, x_0 = l_1 - \alpha/\beta.$
Gumbel 分布	$a = \ln 2/l_2; u = l_1 - \gamma/a; \gamma = 0.57721566\dots.$
指数分布	$a = \frac{1}{2l_2}; u = l_1 - 1/a.$

注: erf 表示误差函数, Φ 表示正态分布, Φ^{-1} 表示正态分布的反函数, sign 表示符号函数, γ 表示欧拉常数。

B.3 备选最优模型筛选法

备选最优模型筛选法是综合考虑所有误差分析统计量的计算结果，并择优而取，其具体过程如下：

(1) 计算误差统计量

将样本数为 n 的实测样本按照从小到大的顺序排列，记为 $x_1 \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_n$ 。序列号为 i 的样本，其经验频率记为 $P_i = \frac{i}{n+1}$ ，经验频率对应的拟合值记为 $\hat{x}_i = F^{-1}(P_i)$ ， F^{-1} 表示分布函数 F 的反函数。采用的误差分析量计算如表B.3所示， D_n 越小， R 越大， $RMSE$ 越小， U_m 越小，拟合效果越好。

表 B.3 常用的误差分析统计量

误差变量	计算公式
柯尔莫哥洛夫拟合度 D_n	$D_n = \max F(x_i) - P_i $
PPCC点距相关系数 R	$R_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [F(x_i) - \bar{F}(\bar{x})][P_i - \bar{P}]}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [F(x_i) - \bar{F}(\bar{x})]^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [P_i - \bar{P}]^2}}$; $R_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(\hat{x}_i - \bar{\hat{x}})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \bar{\hat{x}})^2}}$
绝对均方根误差 $RMSE$	$RMSE_1 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [F(x_i) - P_i]^2}$; $RMSE_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2}$
相对均方根误差 U_m	$U_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\hat{x}_i - x_i}{x_i}\right)^2} \times 100\%$

(2) 产生备选最优模型库

对某个误差统计量（如： D_n ），选取误差最小的模型作为备选最优模型，记为 U_{min} ；其它模型误差 U_k 与备选最优模型误差 U_{min} 之间的相对偏差定义为 W_k ，计算如下：

$$W_k = \frac{U_k - U_{min}}{U_{min}} \times 100\%$$

当 $W_k \leq 1\%$ 时，视为第 k 个模型与误差最小的模型无显著差异，同列为备选最优模型。

对其余误差统计量重复上述分析，得到所有备选最优模型，产生备选最优模型库。

(3) 频数统计选取最优模型

在备选最优模型库中，统计各模型出现的频数，以频数最高的概率模型作为最优模型。若出现2个及以上频数相同，表明各最优模型拟合的重现期无显著差别。因此，最

优概率模型根据实际情况，可以是 1 个，也可以是 2 个及以上。

C 雷电灾害风险评估方法

C.1 雷电环境风险分析

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。雷电先导的发展起初是不确定的，直到先导头部电压足以击穿它与地面目标间的间隙时，也即先导与地面目标的距离等于击距时，才受到地面影响而开始定向。根据《建筑物防雷设计规范 GB50057-2010》中的有关规定和提供的电气-几何模型：

$$h_r = 10 \times I^{0.65}$$

式中的 h_r 为雷闪的最后闪络距离(击距)，也可规定为滚球半径； I 是指与 h_r 相对应的得到保护的最小雷电流幅值(kA)，即比该雷电流小的雷电流可能击到被保护的物体。

根据电气-几何模型公式可以计算出，第一、第二、第三类防雷建筑物所对应的得到保护的最小雷电流幅值分别是 5.4kA、10.1kA 和 15.8kA，也就是说当雷电流幅值小于上述幅值时，在接闪器保护范围内被保护物体，有可能遭受直击雷的危害。对于特别重要的部位，如需进一步提高直击雷防护效率，在直击雷防护保护范围计算时，可以根据需要减小滚球半径 h_r 值，以进一步减小绕击率。项目建设在设计施工时按照相应的防雷建筑物标准进行，在理论上可以很好地减少雷击风险。

C.2 区域雷电灾害风险分析

无论是闪电在空间的先导通道或回击通道产生的瞬变电磁场，还是闪电进入建筑物的防雷保护系统以后产生的瞬变电磁场，都会在空间一定范围内产生电磁效应，包括电磁感应和脉冲电磁辐射。在闭合的导电回路中产生感应电流，在不闭合的导体回路产生感应电动势。由于其瞬变特性，感应的电压很高。在闪电通道或避雷器的附近，雷电电磁脉冲（LEMP）的效应更显著。

LEMP 一直存在，只是因早期电气和电信设备对 LEMP 的敏感度很低，成灾的概率极小。随着现代电子技术日益向低电压、高集成度和高频率方向发展，电子设备的敏感度不断提高，有些电子设备甚至承受不了 5 伏的电压扰动。以计算机为例，美国上世纪七十年代的研究表明，当雷电电磁脉冲的磁场强度为 0.07GS（约 5.55A/m）

时，可以造成计算机误动作；磁场强度为 0.75GS（约 59.5A/m）时，可以造成计算假性损坏；磁场强度为 2.4GS（约 190.2A/m）时，可以造成计算元件永久损坏。20 世纪 60 年代大量应用的电子管的耐受能量为 0.1~10J，而目前大量使用的大规模集成电路的耐受能量仅为 10^{-8} ~ 10^{-6} J，两者相差 7 个数量级。

如今，雷电电磁脉冲造成的雷灾已从电力、建筑这两个传统领域扩展到几乎所有行业，尤其是与高新技术关系最密切的领域，如航天航空、国防、邮电通信、计算机、电子工业、气象、石油化工等，微电子设备越先进，越灵敏，则 LEMP 的危害就越大。且雷灾造成的损失和危害程度在扩大，有时雷击造成的直接经济损失并不太大，但是由此产生的间接损失和影响确很大，甚至难以估计。

当闪电先导通道向下窜至地面约二三十米左右时，在雷雨云下方的物体尖顶（或尖端）处发生主放电，以几百安培的电流把雷雨云与大地间的气隙击穿。在地面突出物上方发生回闪放电的概率最大，因为在地面导体尖端处附近聚集的导电粒子最多，那里的电场最强。因此，突出地面越高的物体越易遭雷击。

建筑物结构材料所能积蓄电荷量的多少也直接影响建筑物接闪的频率。当建筑物结构中，如墙、板、梁、柱和基础内的钢筋较多时，容易积累大量电荷。又如金属屋顶、金属构架、电梯间和水箱等也是积蓄大量电荷的部位。此外，附属在建筑物上的突出物，如电视天线、旗杆、屋顶金属柱杆等都容易接闪。建筑物上部排气的烟道、通气管、天窗和工厂排出导电尘埃的烟囱及废气管等也容易接闪。并且，建筑物内部安装的大型金属设备和通入建筑物内的架空和地下金属管线等都可积蓄大量电荷。

对雷击建设区域产生的电磁场进行分析，从而确定本项目是否需要采取必要的防护措施，实现项目建筑物内良好的电磁兼容性，尽可能的降低雷击造成的损害。

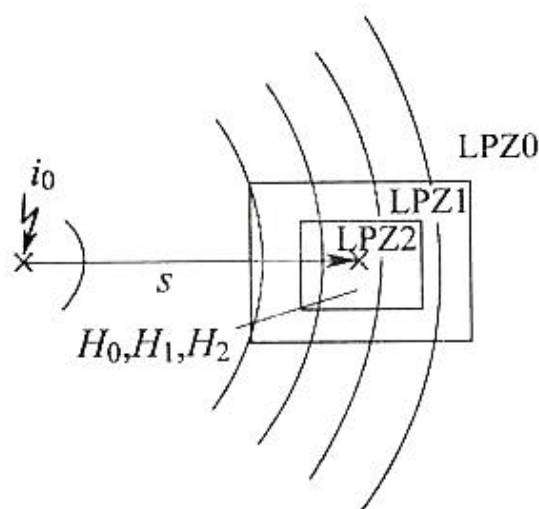


图 C.1 雷击时的电磁场分布图

图 C.1 给出了雷击项目附近时的磁场环境情况。

当项目的建（构）筑物和房间无屏蔽时所产生的无衰减磁场强度，相当于处于 LPZ0A 和 LPZ0B 区内的磁场强度，应按下式计算：

$$H_0 = i_0 / (2\pi S)$$

式中：

H_0 ——无屏蔽时产生的无衰减磁场强度（A/m）；

i_0 ——最大雷电流（A）；

S ——雷击点与屏蔽空间之间的距离（m）。

雷击点周围的危险半径大约是 2 千米，在此范围内，电子系统将受到可能造成破坏的传导和辐射骚扰的侵袭。

土壤电阻率是土壤的一种基本物理特性，是土壤在单位体积内的正方体相对两面间在一定电场作用下，对电流的导电性能。一般取 1m^3 的正方体土壤电阻值为该土壤电阻率 ρ ，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

当电流经过建筑物接地网络向大地散流时所遇到的土壤电阻称为散流电阻。实际中接地电阻的组成有接地体和接地体引线的自身电阻、接地体和土壤之间的接触电阻和散流电阻。但是在实际情况中散流电阻往往比接地体自身电阻和接触电阻要大的多，所以可以近似的认为接地电阻基本等于散流电阻。由上可知，接地电阻等于接地体在对无穷远处的电位差和流经接地体注入地中电流的比值。

如图 C.2 所示为位于均匀土壤中接地电阻示意图，在半径为 r_0 的金属半球形接地体中，当流过半球形接地体电流强度有效值为 I 进入大地，同时假设该接地体所处土壤电阻率为 ρ ($\Omega \cdot m$)。

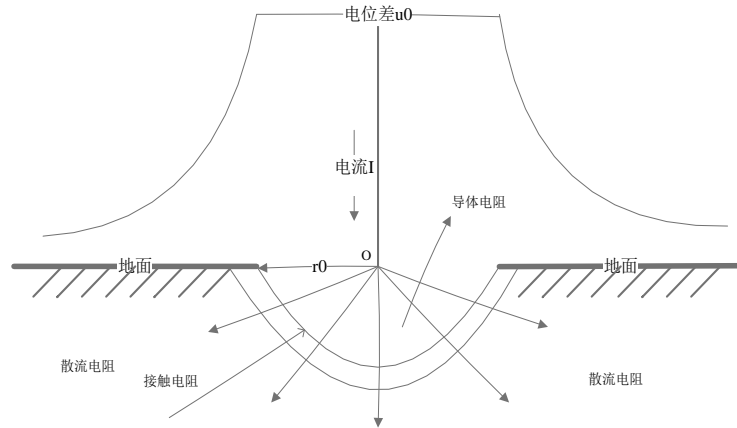


图 C.2 处于均匀土壤中半球形接地电阻示意图

离球心 O 为 r ($r > r_0$) 处的电流密度由公式(7.1)所示。

$$\delta_r = \frac{I}{2\pi r^2} \quad (C.1)$$

由 $E = \rho\delta$ 可知在离球心 r 处的电场强度为式(7.2)所示。

$$E = \frac{\rho I}{2\pi r^2} \quad (C.2)$$

假设无穷远处为零点电位参考点，则 r 处的电势差为：

$$u_r = \int_r^{\infty} E \cdot dr = \int_r^{\infty} \frac{\rho I}{2\pi r^2} \cdot dr = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (C.3)$$

对式(7.3)积分可知接地极上电位差为：

$$u_0 = \frac{\rho I}{2\pi r_0} \quad (C.4)$$

所以，由欧姆定律可计算出半球形接地极的接地电阻为：

$$R = \frac{u_0}{I} = \frac{\rho}{2\pi r_0} \quad (C.5)$$

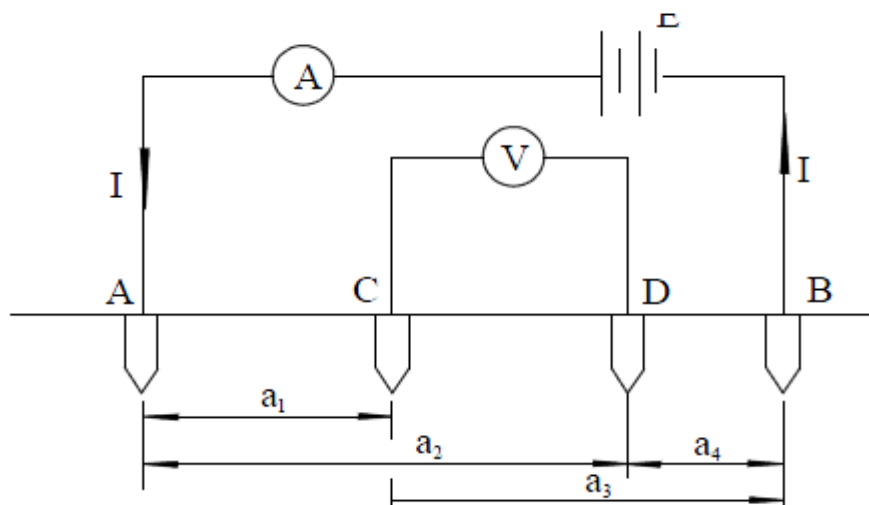
同理可知，由 r_0 到 r 之间土壤电阻为 R' ，所以 r_0 到 r 积分可以得知 R' 为：

$$R' = \int_{r_0}^{\infty} \frac{\rho}{2\pi r^2} \cdot dr = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) = R \left(1 - \frac{r_0}{r} \right) \quad (\text{C.6})$$

由式(C.6)很明显可以得出当 $r=10r_0$, R' 占整个 R 的 90%。因此, 可以认为在接地体距离为接地极尺寸的 10 倍以内的土壤电阻 R' 占接地极接地电阻 R 的 90%。所以在距离接地体 10 倍以内的土壤特征决定大部分接地电阻, 该部分的土壤特性将会直接影响接地体接地电阻大小。

土壤电阻率是雷击风险评估计算中一个非常重要的参数, 在雷击风险评估中土壤电阻率的变化直接影响接地装置的接地效率, 埋地装置遭受直接或间接雷击影响的概率, 地网地面电位分布以及人员接触电压和跨步电压发生的概率。

要正确获得某点土壤的电阻率, 现场测量是有效的方法。土壤电阻率的测量方法很多, 如地质判定法、双回路互感法、自感法、线圈法、偶极法以及四电极测深法等。本次评估现场测量采用四极法测量土壤电阻率。



a_1, a_2 —电流极 A 与电位极 C、D 间的距离;
 a_3, a_4 —电流极 B 与电位极 C、D 间的距离

图 C.3 四级法测量土壤电阻率原理

影响土壤电阻率的主要因素有:

(1) 土壤中导电离子的浓度和土壤中的含水量的影响

土壤中所含导电离子浓度越高, 土壤的导电性就越好, ρ 就越小; 反之就越大。土壤越湿, 含水量越多, 导电性能就越好, ρ 就越小; 反之就越大。

(2) 温度的影响

温度对土壤电阻率的影响也较大。一般来说，土壤电阻率随温度的升高而下降。

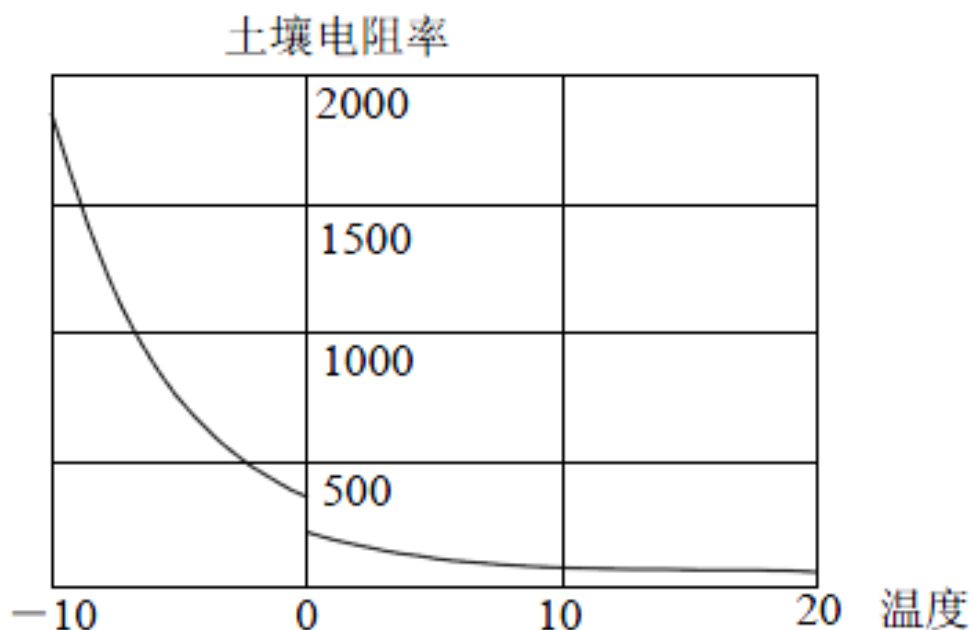


图 C.5 温度对土壤电阻率的影响

(3) 土壤的致密性的影响

土壤的致密与否对土壤电阻率也有一定的影响。试验表明，当粘土的含水量为 10%，温度不变，单位压力由 1961Pa 增大 10 倍到 19610Pa 时， ρ 可下降到原来的 65%。

(4) 季节因素的影响

影响土壤电阻率最明显的因素就是降雨和冰冻，在雨季，由于雨水的渗入，地表层土壤的 ρ 降低，低于深层土壤；在冬季，由于土壤的冰冻作用，地表层土壤的 ρ 升高，高于深层土壤。

在现代防雷工程设计、施工和验收中，接地是其中的主要工作，无论是直击雷、雷电波侵入或者电磁脉冲的防护，最终都是通过接地装置将雷电流引入大地，所以，没有有效的接地装置就不能达到防雷效果。接地电阻是直接反映接地情况是否符合规范要求的一个重要的指标。接地电阻越小，散流越快，落雷物体高电位保持时间越短，危险越小，以至于跨步电压、接触电压也越小。

但是高标准的接地电阻增加了施工难度和成本。通常在接地装置的布置设计和施工中，会遇到在建筑面积既定的情况下，按实际的土壤电阻率设计的接地装置接地电阻难以达到所要求的值时，就需要扩大接地装置数十倍的面积，重新征用土地必

将影响工程的进度和经济性；二是某些特定的地域，可利用的散流面积极为有限而接地电阻要求又相当苛刻。

与此同时，接地电阻的测量还存在非客观性问题。因此，使用衡量地网防雷效果的直接客观标准——地网防雷响应时间，以便于更科学客观地评价接地装置的接地效果。

地网的防雷响应时间的定义：当雷电流通过引下线进入地网泄流时，雷电流 I 在波阻为 Z 的接地线上，以速度 V 流过 S 距离，所产生的电感电位 $LSdI/dt$ 与引下线入地网点的电位相等时，雷电流从引下线入地网点泄流到 S 距离球面时所需要的时间，称之为地网的防雷响应时间。因此，地网防雷响应时间越小，雷电流通过地网泄流越快，对被保护对象的雷电地电位反击的概率就越少，因此一般地网雷电响应时间须小于被保护对象的雷电过电压响应时间，一般取值 $\leq 50ns$ 。

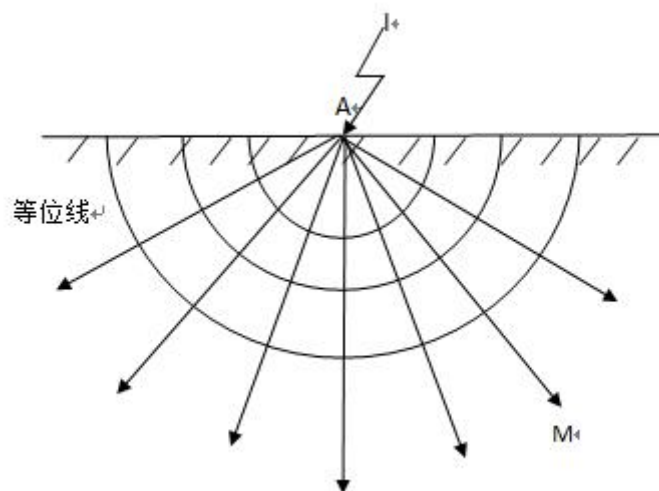


图 C.6 接地体地中流散模型剖面图

地网在具有脉冲特性的雷电流的作用下，其电位在雷电流入地时，从 0 电位迅速上升到最高电位后再恢复到 0 电位需要一定的时间。这个时间由两部分组成：一是随着脉冲雷电流入地网时，地网电位从 0 电位迅速上升到最高电位所需要的时间；二是地网电位达到最高电位后，地网需要通过向土壤传导、自身发热、电磁场转换等方式将雷电流能量达到最高电位后，地网需要通过向土壤传导、自身发热、电磁场转换等方式将雷电流能量消耗尽，使地网由最高电位恢复到 0 电位所需要的时间。由于设置地网的目的就是让流过接地装置的电流迅速散流，散流的时间越短越好，使被保护物

体最高电位保持时间越短，危险越小，从而防止或者减小地网高电位对保护物体的反击事故发生；另外在地网阻值不变的条件下，地网电位是随着雷电流脉冲特性发生变化的，在雷电流峰值时刻，地网电位达到最高值。所以地网的防雷响应时间的物理意义是指雷击地网使其电位达到最高电位时刻后，迅速消耗电流能量，又使地网电位恢复到 0 电位所需要的时间。

代入防雷响应时间计算公式， T_{ab} 可为：

$$T_{ab} = \rho^{0.58} \Delta t^{0.68} / (0.42\pi Z) \quad (C.7)$$

最后可计算出项目区域地网响应时间，并绘制分布图。

C.3 雷击损害风险评估

新建厂房可能存在的雷击损害风险的主要内容如下：

- (1) 新建建筑物年预计雷击次数 (N_D)；
- (2) 雷击建筑物附近的年预计雷击次数 (N_M)；
- (3) 建筑雷击损害概率 (P)；
- (4) 建筑雷击风险分量 (R)；
- (5) 建筑损失后果 (L)；
- (6) 建筑雷电防护等级。

按照标准厂房的设计参数，对一个拟建的厂房进行雷击损害分析和计算。

雷电流是建筑根本的损害源。损害源根据雷击点的位置可以划分为：

S_1 ：雷击建筑物；

S_2 ：雷击建筑物附近；

S_3 ：雷击服务设施；

S_4 ：雷击服务设施附近。

根据需保护对象特性的不同，雷击可能会引起各种损害。其中最重要的特性包括：建筑物的结构类型、内存物、用途、服务设施的类型以及所采取的保护措施。

在实际的风险评估中，将雷击引起的基本损害类型划分为以下三种：

D_1 ：人畜伤害；

D_2 ：物理损害；

D₃: 电气和电子系统故障。

每种单独发生或共同发生的损害类型，可以在需保护对象中导致不同的损失后果。可能出现的损失类型取决于需保护对象的特性及其内存物。

建筑物中的损失类型包括：

L₁: 人身伤亡损失；

L₂: 公众服务损失；

L₃: 文化遗产损失；

L₄: 经济损失(建筑物及其内存物的损失)。

识别建筑物的损失类型，计算建筑物无防护措施时的人员生命损失的风险 R₁、公众服务损失的风险 R₂、文化遗产的风险 R₃、经济价值损失的风险 R₄，确定建筑物所能容许的风险值 R_T，将 R₁、R₂、R₃、R₄ 与各自对应的 R_T 比较，若 R₁>R_T，R₂>R_T，R₃>R_T，R₄>R_T，则说明建筑物需要采取防护措施。计算采取防护措施后的 R₁、R₂、R₃、R₄ 新值，再与 R_T 比较，直至满足 R₁<R_T，R₂<R_T，R₃<R_T，R₄<R_T。

风险分量计算公式：

$$R_X = N_X P_X L_X$$

式中：R_X——风险分量，取决于雷电能量和雷电危害类型形成的不同的雷击风险；

N_X——危险事件的次数；

P_X——损害概率；

L_X——损失后果。

损害源对应的风险分量：

$$R = R_D + R_I$$

$$R_D = R_A + R_B + R_C$$

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

式中：R_D——直击雷产生的风险分量，

R_A——直接雷击引起的接触和跨步电压造成生物伤害风险分量；

R_B——直接雷击造成的因危险火花放电触发火灾的风险分量；

R_C——直接雷击产生的 LEMP 造成内部系统失效的风险分量；

R_I——间接雷击产生的风险分量，

R_M —间接雷击产生的 LEMP 造成内部系统失效的风险分量；

R_U —雷击相连服务设施产生接触电压造成人身伤害的风险分量；

R_V —雷击相连服务设施产生过电压造成物理损害的风险分量；

R_W —雷击相连服务设施产生过电压造成内部系统失效的风险分量；

R_Z —雷击相连服务设施附近产生感应电压造成内部系统失效的风险分量。

建筑物中各种损失类型对应的风险分量如表 C.1 所示，其中“*”表示风险分量与该损失类型相关。

表 C.1 建筑物中各种损失类型对应的风险分量表

损害源	雷击建筑物 S1			雷击建筑物附近 S2	雷击连接到建筑物的线路 S3			雷击连接到建筑物的线路附近 S4
	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
各种损失类型对应的风险	*	*	*1)	*1)	*	*	*1)	*1)
R_1	*	*	*1)	*1)	*	*	*1)	*1)
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*	*	*		*	*	*
R_4	* 2)	*	*	*	* 2)	*	*	*

1) 仅对于具有爆炸危险的建筑物或医院以及其它内部系统的失效马上会危及人员生命的建筑物。

2) 仅对于可能出现牲畜损失的情况。

人员生命损失的风险 (R_1) 计算公式为：

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{1)} + R_M^{1)} + R_U + R_V + R_W^{1)} + R_Z^{1)}$$

公众服务损失的风险 (R_2) 计算公式为：

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

文化遗产损失的风险 (R_3) 计算公式为：

$$R_3 = R_B + R_V$$

经济价值损失的风险 (R_4) 计算公式为：

$$R_4 = R_A^{2)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{2)} + R_V + R_W + R_Z$$

为评估每项风险的组成，建筑物可划分为区 Z_S 。然而，整个建筑物也可能，或可假设为一个单独区。

区 Z_S 主要由下列条件进行定义：

——土壤或地面类型（风险组成 R_A 和 R_U ）；

- 防火仓室（风险组成 R_B 和 R_V ）；
- 空间屏蔽（风险组成 R_C , R_M , R_W 和 R_Z ）。

进一步的分区可根据下列条件确定：

- 内部系统的布局；
- 现有的或即将应用的防护措施；
- 损失数值 L 。

在建筑物划分为区 Z_S 的过程中，应考虑最适合的防护措施的可行性。如若在一个区中一个参数的值不止一个，那么应选取导致最大风险的那个值。对任一区 Z_S ，每一风险组成都应加以评估。

建筑物的总风险 R 是构成建筑物的分区相关的局部风险的总和。

D 风险矩阵法

自然灾害风险是以自然变异为主因导致的未来不利事件发生的可能性及其损失。由不利事件的可能性和损失作为灾害风险分级的量化指标，利用风险量化矩阵进行风险分级。

采用经典的风险定义来表达灾害风险，并采用中华人民共和国国家标准 GB/T 27921-2011《风险管理 风险评估技术》中的风险矩阵法进行气象灾害风险评估和分级。灾害风险分级由灾害风险事件发生的可能性和产生的后果来决定。以 P 代表灾害风险事件发生的可能性的分级，以 C 代表灾害风险事件产生的后果的分级，以 R 代表灾害风险。灾害风险 R 的分级由 P 和 C 的乘积决定。其数学计算公式为：

$$R=P*C \quad (D.1)$$

式中，R（risk）表示灾害风险，P（probability）表示灾害风险事件发生的可能性，C（consequence）表示灾害风险事件产生的后果。

（1）P——发生的可能性

灾害险可能性的等级按照表 D.1 所示标准进行划分。依据事件在一定时期发生的概率或发生可能性的文字描述，相应的评分从 1 到 4 代表可能性发生的从高到低。

表 D.1 灾害风险可能性等级分值

可能性等级分值	定性判断标准	定量判断标准（概率区间）
1	极可能	$P_f \geq 0.5$
2	很可能	$0.1 \leq P_f < 0.5$
3	可能	$0.02 \leq P_f < 0.1$
4	可能性低	$0.01 \leq P_f < 0.02$

（2）C——事件后果的严重性

针对自然灾害风险事件可能造成后果的严重性，根据对人的影响、对设备的影响以及对生产的影响三个方面进行后果严重性等级划分。按照事件的后果严重程度分为“非常严重、严重、一般、轻微”四个级别，相对应的评分分别为 1、2、3、4。

表 D.2 灾害事件造成后果分析等级划分

后果等级 分值	风险事件 后果	对人的影响	对设备的影响	对生产的影响
1	非常严重	多人死亡和/或严重受伤	多数设备遭严重损害，主要系统严重受伤	生产活动中断 12 小时以上
2	严重	一人死亡和/或严重受伤	大量设备遭严重损害，主要系统受损	生产活动中断 6-12 小时
3	一般	多人轻微受伤	部分设备遭严重损害，对主要系统造成轻微影响	生产活动中断 1-6 小时
4	轻微	可能造成一人轻微受伤	部分设备遭轻微损害，不影响主要系统	生产活动中断不足 1 小时

后果的分级方法是根据灾害风险事件产生指标的等级分值，将后果从大到小分为四个等级，分别用等级 C 的分值表示（表 D.3）。一次灾害风险事件的多个指标的等级分值不同时，后果等级分值 C 取其指标等级分值中的最大者。表 D.3 提供了一种灾害风险的后果等级 C 的分值的取值示例。

表 D.3 灾害风险后果严重性等级分值

后果等级分值 C	风险事件后果	后果指标分值				
		指标 1	指标 2	指标 3	指标 4	其它指标
1	非常严重	1	1	1	1	1
2	严重	2	2	2	2	2
3	一般	3	3	3	3	3
4	轻微	4	4	4	4	4

（3）风险分级矩阵

根据灾害风险事件的可能性等级分值 P 和灾害风险事件的后果 C 的分值，建立灾害风险分级矩阵。风险等级分值 R 为灾害风险，是灾害风险事件的可能性等级分值 P 与后果等级分值 C 相乘的结果。根据风险等级的划分，R 被赋以四种颜色，分别表示灾害风险的四个等级：红色代表**极高风险**，R 分值为 1—2；橙色代表**高风险**，R 分值为 3—4；黄色代表**中等风险**，R 分值为 6—9；蓝色代表**低风险**，R 分值为 12—16。

表 D.4 灾害风险分级矩阵

风险等级分值 R			后果等级分值 C			
			非常严重	严重	一般	轻微
			1	2	3	4
可能性等级分值 P	极可能	1	1	2	3	4
	很可能	2	2	4	6	8
	可能	3	3	6	9	12
	可能性低	4	4	8	12	16

E 大气混合层高度估算方法

国标《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》（GB/T 3840-1991）附录 E 中指出混合层高度可以利用大气稳定度等级和 10 m 高度处风速进行估算。

E.1 大气稳定度的计算

大气稳定度是个复杂概念，若无特别说明，一般指大气静力稳定度，表征了大气作垂直运动的强弱程度。大气稳定度可以近似地用位温（或虚位温）的垂直梯度的符号作为判据。

表 E.1 大气稳定度等级分类标准

地面风速 u (m/s)	太阳辐射等级					
	+3	+2	+1	0	-1	-2
$u \leq 1.9$	A	A/B	B	D	E	F
$1.9 < u \leq 3.0$	A/B	B	C	D	E	F
$3.0 < u \leq 5.0$	B	B/C	C	D	D	E
$5.0 < u \leq 6.0$	C	C/D	D	D	D	D
$u > 6.0$	D	D	D	D	D	D

国标《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》（GB/T 3840-1991）附录 B 中给出了一种具有实操性的估算方法，即 Pasquill-Turner 法的修正法（P-T-C 法），它是根据大气辐射等级及近地面风速进行大气稳定度分类。大气稳定度等级的划分则使用的是帕斯奎尔（Pasquill）稳定度分类法，分为强不稳定、不稳定、弱不稳定、中性、较稳定和稳定六级，分别用 A、B、C、D、E 和 F 表示。大气稳定度等级与近地面风速和太阳辐射等级的关系见表 E.1。

其中，太阳辐射等级可以根据太阳高度角 h_0 和台站观测的云量资料（总云量 y_1 和低云量 y_2 ）确定，具体划分标准见下表。

表 E.2 太阳辐射等级分类标准

总云量 y_1	低云量 y_2	夜间	h_0 (°)			
			$h_0 \leq 15$	$15 < h_0 \leq 35$	$35 < h_0 \leq 65$	$h_0 > 65$
$y_1 \leq 4$	$y_2 \leq 4$	-2	-1	+1	+2	+3
$5 \leq y_1 \leq 7$	$y_2 \leq 4$	-1	0	+1	+2	+3
$y_1 \geq 8$	$y_2 \leq 4$	-1	0	0	+1	+1
$y_1 \geq 5$	$5 \leq y_2 \leq 7$	0	0	0	0	+1
$y_1 \geq 8$	$y_2 \geq 8$	0	0	0	0	0

其中, 太阳高度角 h_0 可以用下式计算

$$h_0 = \sin^{-1}(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos(15t + \lambda - 300))$$

其中, h_0 是太阳高度角, 单位 $^\circ$; φ 是纬度, 单位 $^\circ$; t 是北京时间, 单位时; λ 是当地经度, 单位 $^\circ$; δ 是太阳倾角, 单位 $^\circ$, 可用下式计算

$$\delta = (0.006918 - 0.399912 \cos \theta + 0.070257 \sin \theta - 0.006758 \cos 2\theta + 0.000907 \sin 2\theta - 0.002697 \cos 3\theta + 0.001480 \sin 3\theta) \times 180/\pi$$

其中, $\theta=360 \times n/365$, 单位 $^\circ$; n 为一年中日期序数 0, 1, 2, ..., 365; π 为常数 3.1415926。

E.2 大气混合层高度估算方法

根据估算的大气稳定性和近地面 10 m 风场, 即可进行大气混合层高度估算, 具体见下式

- (1) 在不稳定和中性气象条件下, 即大气稳定性为 A、B、C 和 D 级时:

$$H = a \cdot u_{10}/f$$

- (2) 在稳定的大气层结条件下, 即大气稳定性为 E 和 F 级时:

$$H = b\sqrt{u_{10}/f}$$

其中, H 为混合层高度, 单位 m; f 为地转参数, $f = 2\Omega \sin \varphi$; Ω 为地转角速度, $\Omega=7.29 \times 10^{-5}$, 单位 $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$; φ 是纬度, 单位 $^\circ$; u_{10} 为 10 米高度处风速, 单位 m/s, 大于 6 m/s 时取 6 m/s; a 和 b 为混合层系数, 与稳定性和地区有关, 其参考取值见下表。

表 E.3 混合层系数取值

地区	a				b	
	A	B	C	D	E	F
新疆 西藏 青海	0.090	0.067	0.041	0.031	1.66	0.70
黑龙江 吉林 辽宁 内蒙古 北京 天津 河北 河南 山东 陕西 陕西(秦岭以 北) 宁夏 甘肃(渭河以北)	0.073	0.060	0.041	0.019	1.66	0.70
上海 广东 广西 湖南 湖北 江苏 浙江 安徽 海南 台湾 福建 江西	0.056	0.029	0.020	0.012	1.66	0.70
云南 贵州 四川 甘肃(渭河以南) 陕 西(秦岭以南)	0.073	0.048	0.031	0.022	1.66	0.70

F 气象要素、高影响天气敏感度抽样调查表

正阳工业园区重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表

调查人员: 康俊 2022年9月10日

园区名称: 重庆正阳工业园区



敏感因子 企业名称	气象要素						灾害天气										易受灾的部位或设施	备注										
	气温		气压		湿度		风		降水		暴雨		大风		雷暴				闪电		雷击		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		
重庆黔江 民生燃气 有限公司	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		地坑	
重庆正阳 新材料有限公司	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		生产线及电 气设备	整条生产线 及设备要求 恒温恒湿, 产品在储运 境对湿度要求 较高,各控制 柜、变频器等机 电设备除湿 常年保证温湿 度外,雷电暴电 击等因素极易 引起生产线瘫 痪。
重庆三嘉 康玻所 有限公司	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓			

说明:

- 1、根据敏感度“高”、“低”等级,在相应位置画“√”,并在最后一栏给出易受灾的部位或设施,备注简要说明可能影响;
- 2、园区公共设施由园区管委会相关部门负责填写。

G 园区及其周边历史气象灾害

表 G.1 重庆市正阳工业园区及其周边历史气象灾害

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
冰雹	大风	1985/5/2	1985/5/2	灾区农田，建筑物大量被摧毁，给当地人民的生产和生活造成了极大困难
干旱		1985/7/23	1985/9/20	干旱致使大春作物损失惨重，部分地区人畜饮水困难
大风		1986/5/12	1986/5/12	四乡（蓬东、五里、寨子、正谊）和冯家镇受灾，致使当地小麦 10800 多亩受灾，重灾 9943 亩，群众住房有 3963 间受损，8 间倒塌
大风		1987/4/25	1987/4/25	致使粮食作物 304454 亩受灾，24000 人受损失
暴雨洪涝		1987/8/21	1987/8/22	暴雨过程使 15 万余亩粮食作物受灾，5 人死亡，23 人受伤，五千多间房屋被冲毁
大风		1987/9/20	1987/9/20	致使粮食作物 8694.3 亩受灾，损失产量 123.63 万公斤，打断、折断树木 279 株
暴雨洪涝		1988/5/18	1988/5/18	粮经作物成灾面积达 8714 亩
大风	冰雹，暴雨洪涝	1989/7/26	1989/7/29	10689 人先后遭受惨重的风雹、洪涝灾害，受灾粮食作物面积合计 11436 亩，损失产量 173.4 万斤
暴雨洪涝	大风	1989/8/12	1989/8/13	金洞乡、马喇乡、小庄乡等共 3767 户，15814 人遭受狂风、暴雨袭击，受灾玉米面积 3510 亩，损失产量 120 万斤；受灾烤烟面积 440 亩，经济损失 30000 元；被狂风吹倒房屋有的 1 户，被风揭掉打碎瓦片的有 892 户，共损失瓦片 45.3 万匹
暴雨洪涝		1989/10/15	1989/10/16	造成石家区的渗坝、学堂、鹅池、杨柳、新安、新华等 6 个乡，濯水区的马喇镇，合计 7 个乡镇共 4287 户，16343 人遭受洪灾，致使房屋、猪牛圈、烤烟棚垮塌，民桥、民路，中断，大量的田土被冲毁淹没，已播的小麦、油菜和未收的水稻、烤烟被洗劫
大风	冰雹	1990/4/29	1990/4/30	金溪、黄溪、冯家等共 5 个区、27 个乡、224 村、1368 组、15836 户、71558 人遭受严重的大风冰雹、暴雨灾害，造成损失粮食产量 7500 吨，经济作物、经济林木、房屋瓦片等经济损失共 520 多万元，有 1 人被冰雹打伤
大风	冰雹	1990/5/13	1990/5/15	南海、栅山等乡分别遭受冰雹和洪涝灾害，共计损失粮食产量 14.4 万公斤，损失油菜产量 7000 公斤，损失洋芋产量 1 万公斤，经济损失近 30 万元
暴雨洪涝		1990/6/20	1990/6/21	给我区人民的生产和生活造成了严重的损失，共计损失粮食 7500 吨，损失经济作物 4215 亩，全县共有 260 间瓦房、90 间猪牛圈舍，15 个烤烟房受到严重破坏，其中房屋倒塌 141 间，致使 133 户，696 人无栖身之处
干旱		1990/7/21	1990/9/21	旱灾遍及全区 514 个村，3606 个组，造成溪河断流，塘库干涸，历年的冬水田亦裂口达 10 厘米左右，农作物枯焦，人畜饮水十分困难，致使粮食产量损失 5236.15 万公斤，经济损失 1159.4 万元

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝	冰雹, 大风	1991/5/18	1991/5/18	金溪、白土等 13 个乡遭受雹灾、风灾和暴雨袭击, 造成使房屋倒塌, 茶林村三人合围的巨大古柏被狂风齐腰折断, 金溪村有一棵胸围 90 厘米高达 20 多米的百龄楠木树被狂风完全掀翻在地。灾区海拔 700—1500 米小春作物种苗损失殆尽, 损失无法估量
大风		1991/8/24	1991/8/24	造成大片林木、房屋被毁
暴雨洪涝		1995/5/31	1995/5/31	对交通、通讯造成一定影响
干旱		1997/7/17	1997/8/6	伏旱发生偏晚, 对作物收晒有利, 但对未成熟大春作物造成了萎蔫、落叶、干死, 部份地方的人畜饮水也造成了困难
暴雨洪涝		1998/7/21	1998/7/22	全县 7 区 2 镇, 38 个乡(镇), 289 个村, 1946 个组, 26571 户, 105156 人受灾; 村民房屋受灾 3380 户, 14063 人, 8993 间, 其中全倒塌 225 户, 922 人, 695 间; 粮食作物受灾 8600 公顷, 其中水稻 4333 公顷, 玉米 2400 公顷, 红苕 1867 公顷, 成灾 5200 公顷, 绝收 2466 公顷; 经济作物受灾 2533 公顷, 成灾 1600 公顷, 绝收 533 公顷, 其中烤烟 2130 公顷, 成灾 1344 公顷, 绝收 180 公顷, 蚕桑被冲毁 360 亩; 经济林木成灾 1067 公顷, 绝收 533 公顷
暴雨洪涝		1998/8/2	1998/8/5	受灾急需搬迁户达 102 户, 397 人, 住房 291 间, 圈舍 141 间
暴雨洪涝		1999/6/26	1999/6/26	造成舟白崇山水库水位超警戒线 0.6 米。濯水区农作物受损面积达 24632 亩, 经济作物烤烟种植面积 20100 亩, 洪水冲毁 850 亩, 绝收 540 亩; 村级公路垮塌 26 处, 2450 立方米; 房屋地基垮塌 15 户, 870 立方米; 堰渠塌方 1120 米; 小南海引水工程塌方 3 处, 一是院子滑坡总长达 1500 米, 深 0.6 米, 宽 0.6 米, 造成经济损失 70 万元; 二是观音岩塌方 1000 立方米, 深 0.2 米, 宽 0.6 米, 造成经济损失 15 万元; 三是杉木桎渠道冲虚脚 30 米, 渠道断裂错位 5 厘米, 造成经济损失 22 万元
大风	冰雹	1999/8/9	1999/8/9	水市乡有 1050 户, 4000 余人受灾, 其中, 烤烟受灾 7000 多亩, 绝收 5000 亩; 玉米受灾 4000 余亩, 基本绝收 3000 亩; 红苕受灾约 2000 亩, 重灾 1500 亩; 房屋损坏几十间, 电杆被刮倒数十根, 造成全乡停电。造成损失折合人民币 600 余万元
干旱		1999/9/5	1999/10/11	土壤墒情差, 给我区秋播工作带来一定影响
暴雨洪涝	气象地质灾害	2000/7/2	2000/7/2	造成大量农田被冲毁, 房屋被淹没, 交通中断, 山体滑坡, 人畜伤亡, 交通、电力及水利设施和河堤损毁严重
暴雨洪涝		2000/8/19	2000/8/20	此次局部洪涝造成直接经济损失 400 多万元
暴雨洪涝	冰雹, 大风	2002/4/23	2002/4/23	由于雨强大, 降水时间短, 导致山洪暴发, 使部分村组公路、农田、农作物被毁
气象地质灾害	大风, 冰雹	2002/8/25	2002/8/25	降雨时间集中, 雨强大, 造成部分地方山洪暴发, 加之风雹危害, 使烤烟等粮经作物遭受严重损失, 外还造成农户房屋、树木、电力线路等等损失和山体滑坡等灾害

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
大风	冰雹	2002/8/30	2002/8/30	烤烟等粮经作物遭受较大损失，受灾最严重的地方每株烤烟损失烟叶6~8片，减少约1/3的收成
暴雨洪涝		2003/4/18	2003/4/18	部分乡镇发生洪涝，受到了不同程度的经济损失，其中水市乡两名小学生被山洪吞没了幼小的生命
暴雨洪涝	大风	2003/6/24	2003/6/25	6月24日23:00至25日7:00约8小时，我区鹅池镇出现局部暴雨天气，并伴有大风，造成全镇9个村45个组不同程度受灾，农经作物受灾16847亩，成灾3150亩，绝收934亩；烤烟受灾1856亩，成灾918亩，绝收321亩，烤房倒塌1个；公路损毁10处，约75米；房屋损毁3间，造成直接经济损失37.8万元
暴雨洪涝	大风,气象地质灾害	2003/7/7	2003/7/9	全区有19个乡镇、173520人受灾。农经作物受灾15.8万亩，绝收4.5万亩。冲毁耕地7200亩。农房倒塌数量较多，全区损坏房屋1056间，倒塌房屋431间。基础设施损毁严重，冲毁河堤7处，2600余米；山体滑坡和洪水冲毁公路41处，5.7公里；损毁输电线路13处，造成4个乡镇停电16个小时。鹅池集镇被水淹，1600余人受灾。直接经济损失在1000万元以上
暴雨洪涝	气象地质灾害	2003/7/19	2003/7/20	出现了严重的洪涝和山体滑坡等灾害。18个街道、镇、乡严重受灾，直接经济损失约1300万元，并造成一人死亡
暴雨洪涝	气象地质灾害	2004/6/14	2004/6/15	暴雨共造成全区27个街道、镇、乡131个村，6.67万户，22.3万人受灾，其中成灾3.47万户、12.64万人，重灾1.73万户、5.89万人。粮经作物受灾10200公顷，成灾7100公顷，绝收3200公顷。造成直接经济损失约2000万元，其中农业直接经济损失1500万元
大风	冰雹	2004/7/7	2004/7/7	这次风雹灾害共有7镇乡、22个村、0.75万户、3.5万人受灾，其中成灾0.42万户、1.9万人，重灾0.31万户、1.46万人。粮经作物受灾1438公顷，成灾1210公顷，绝收464公顷。造成直接经济损失约720万元，其中农业直接经济损失675万元
干旱		2004/7/22	2004/8/15	全区农作物受旱面积27.1万亩，其中水稻6万亩，玉米7.7万亩、红苕8万亩；农作物成灾面积7.4万亩，其中水稻1.3万亩、玉米1.8万亩、红苕2.3万亩；粮食作物绝收面积0.53万亩，其它作物绝收面积0.45万亩；预计损失粮食作物产量6800吨、950余万元，其它经济作物损失1500万元。有近5万人和3万头牲畜出现饮水困难
大风	冰雹	2004/8/4	2004/8/4	4个镇乡受到严重损失。烤烟受灾面积5500亩，成灾面积3800亩，绝收面积1500亩；玉米倒伏1500亩；房屋损坏171间，倒塌13间。直接经济损失800万元左右。其中白土乡三塘村受灾最为严重
大风		2005/4/8	2005/4/8	6个镇（乡）、29个村、132个组、11205户、41694人受灾，造成直接经济损失约3500万元，其中农业直接经济损失1500万元

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝	大风,冰雹	2005/5/16	2005/5/16	56个村、1.83万人受灾,农作物、房屋、基础设施损毁严重,造成直接经济损失约300万元
大风		2005/7/15	2005/7/16	有6个镇乡、25个村、71个组,2116户,3672人受灾,农经作物和基础设施不同程度受损,造成直接经济损失约150万元
大风		2006/5/8	2006/5/8	水田乡的大塘、石郎2个村、7个组、560户。该乡烤烟受灾面积300亩,其中重灾面积需要重新育苗补植180亩。玉米受灾面积100亩,小麦受灾面积20亩,油菜受灾面积10亩,农房受灾12幢,损失瓦片1.5万匹,树木受灾5亩,其中成林树木60余根,预计直接经济损失10万元
雷电		2006/5/8	2006/5/8	城东街道下坝居委张长江家的三层平房屋,造成电灯、电话、电视机、太阳能热水器等家用电器设备损坏,周围多户居民家中的电器设备也被损坏
雷电		2006/5/11	2006/5/11	造成多台计算机网络设备损坏
干旱		2006/5/13	2006/9/30	农作物灾害面积44.88万亩,绝收面积8.21万亩,19.6万人、19.5万头牲畜饮水困难,旱灾造成粮经作物直接经济损失1.5亿元
大风	冰雹	2006/8/15	2006/8/16	连续三次风雹灾害给我区造成了较大的经济损失,据统计,共造成2865户农户受灾,粮经作物受灾571.5公顷,成灾40公顷,绝收120.9公顷。风雹还造成115户房屋受损,其中13户瓦片全部被大风吹落。此次风雹灾害共造成经济损失300万元
大风		2006/8/20	2006/8/20	大风造成272户受灾,损坏房屋82间,倒塌房屋10间,损坏牲畜圈52间,水稻1.57公顷,树木4704株,电杆11根,电线6公里。折合经济损失30.9万元
大风	冰雹	2007/4/1	2007/4/1	小南海镇、邻鄂镇、中塘乡、杉岭乡、黄溪镇、两河镇等6个镇乡发生风雹灾害,15个村,21000余人受灾。其中:小麦、马铃薯、油菜等粮经作物受灾1312公顷,其中成灾600公顷,绝收20.64公顷;造成烤烟苗床、室外养蚕大棚、农膜等设施受损3万余平方米,农房受损107间,电线杆折伏16根,烧毁变压器2台
暴雨洪涝		2007/7/10	2007/7/12	暴雨造成城区多数低洼地的门面、仓库进水,局部山洪暴发,多处河堤被冲毁,山体滑坡,交通中断,农房倒塌,农作物大面积被冲毁和淹没,给人民生活带来了严重影响
冰雹		2008/6/5	2008/6/5	据核查统计,这次灾害涉及全区10个镇乡,46个村居8万余人,2个镇乡因电杆电线折断停电。此次灾害造成经济损失2850万元
冰雹		2008/6/12	2008/6/12	据核查统计,这次灾害涉及太极乡、白土乡、金溪镇、沙坝乡等6个镇乡发生风雹灾害,15个村居5万余人受灾。此次灾害造成经济损失507万元
大风		2008/7/11	2008/7/11	据核查统计,本次灾害涉及全区19个镇、乡,101个村居委、12.1万人受到灾害影响,造成经济损失1405万元
大风	冰雹	2008/8/10	2008/8/10	5个村(居)委、730户农户受灾

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝		2008/8/14	2008/8/15	初步统计，此次暴雨灾害涉及我区 30 街道镇乡。其中成灾严重的有 3 个街道、马喇镇、小南海镇、杉岭乡、白石乡、黄溪镇、鹅池镇、沙坝乡、白土乡、石会镇、水市乡、正阳镇、黑溪镇、阿蓬江镇、濯水镇等 14 个街道镇乡，造成经济损失 3500 万元
暴雨洪涝		2008/9/18	2008/9/18	7 个村（居）民委员会，37 个组，632 户，2476 人受灾。造成经济损失 300 余万元
冰雹		2009/4/15	2009/4/16	据核查统计，这次灾害涉及全区 12 个街道镇乡，48 个村居 7.6 万余人，灾害造成经济损失 810 万元
大风		2009/6/27	2009/6/27	据初步统计，这次风灾涉及 8 个镇乡，24 个村（居）2.6 万余人受灾，造成经济损失 760 万元
干旱		2009/7/1	2009/8/10	这次旱灾涉及全区 30 个街道镇乡、219 个村（居）、28.1 万人，粮经作物受旱面积 35000 公顷，灾害造成经济损失约 1.2 亿元
大风	冰雹	2009/8/23	2009/8/23	根据核查统计，这次灾害涉及全区 12 个街道、镇（乡）47 个村居 9 万余人，造成经济损失 2765 万元
暴雨洪涝		2009/9/20	2009/9/21	据初步统计，全区 30 个街道镇乡不同程度受灾，其中 14 个街道镇乡受灾较重，受灾人口达 14.57 万人，共造成 1 人死亡、157 人因灾伤病，经济损失 7248.53 万元
干旱		2010/1/1	2010/3/20	由于持续 80 余天的干旱少雨，水源枯竭，造成人畜饮水困难，小春作物严重受灾。据统计，全区 30 个街道镇乡均不同程度受到旱灾影响；水利工程蓄水保水严重不足，区内水库平均蓄水量不足 40%，山坪塘蓄水量不足 20%，部分已干涸；全区约有 15.2 万人出现饮水困难，海拔较高的部分农村地区出现了断水现象。全区 265 个猪场严重缺水，6 个猪场断水，5 万头大牲畜饮水困难，日缺水量 900 吨；农作物受旱面积达 12 万余亩，尤其是对小麦和季节性蔬菜影响较大，部分镇乡出现小麦干枯和冬春季蔬菜大幅减产
大风		2010/5/6	2010/5/6	此次灾害涉及 30 个街道镇乡，28 个村居委 1.0 万余人受灾，灾害造成经济损失 1100 万元。（一）粮食作物受灾情况：玉米受灾 1000 公顷，洋芋受灾 400 公顷。（二）经济作物受灾情况：蔬菜受灾 667 公顷，烤烟受灾 200 公顷。（三）农房受损情况：受灾农户 100 余户，房屋垮塌 10 间，房屋瓦片被大风吹损 2000 多间。（四）基础设施损毁情况：猪牛圈损坏 100 余间；蚕桑大棚损坏 121 个；村道公路损毁 135 处，55 公里

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝		2010/6/6	2010/6/8	据统计, 这次灾害涉及 30 个街道镇乡, 180 个村居委 1.7 万余人受灾, 灾害造成经济损失 5120 万元。 (一) 农作物受灾情况: 受灾面积 4933 公顷, 成灾总面积 1733 公顷, 经济损失约 2320 万元。其中玉米、水稻、洋芋、烤烟、蔬菜、小麦油菜等损失较大。(二) 农房受损情况: 受灾农户 223 余户, 其中重灾户 8 户, 房屋垮塌 19 间。(四) 基础设施损毁情况: 猪牛圈损坏 152 余间; 蚕桑大棚损坏 155 个; 村道公路损毁 213 处, 85 公里
暴雨洪涝		2010/7/8	2010/7/10	据统计, 这次灾害涉及全区 30 个街道镇乡, 30 万余人受灾, 共造成 1 人失踪, 1 人死亡, 160 人因灾受伤, 1546 人被困, 紧急转移 5759 人, 81846 人饮水困难, 灾害造成经济损失超过 2.27 亿元
干旱		2011/4/21	2011/6/1	截止 5 月 29 日, 我区共计 30 个街道、乡(镇)受灾, 其中: 尤其以阿蓬江镇、濯水镇、白石乡、金洞乡最为严重。全区农经作物受灾面积 21000 公顷, 绝收面积 800 公顷。受灾人口 18 万人, 饮水困难人口 9 万人, 饮水困难牲畜 8 万头。本次旱灾造成直接经济损失 3900 万元, 其中农业损失 2900 万元
冰雹		2011/7/17	2011/7/17	这次灾害涉及全区 25 个街道镇乡, 受灾群众达 3 万余人, 造成烤烟受灾 520 公顷, 绝收 80 公顷; 玉米受灾 333 公顷, 绝收 73 公顷; 造成经济损失 300 万元
暴雨洪涝	大风	2011/8/5	2011/8/6	农作物受灾面积 9000 公顷, 绝收面积约 700 公顷, 道路、桥梁、河道等毁损 120 余处, 学校等公益设施损毁 50 余处, 房屋受损近 1000 间, 受灾人数达 9 万余人, 直接经济损失 2575 万元
暴雨洪涝	大风,冰雹,雷电	2011/8/22	2011/8/23	农作物(主要是玉米、水稻、红薯、烤烟、蚕桑等)成灾面积约 2600 公顷, 直接经济损失约 2700 万元; 损坏变压器 3 台, 10KV 线路断线 4 公里, 倒杆 10 基, 30 个街道镇乡低压不同程度受损, 直接经济损失约 100 万元; 道路塌方 12 处, 经济损失约 40 万元; 冲毁河堤 17 处, 经济损失 50 万元; 房屋受损 90 间, 经济损失 40 万元。全区受灾人数达 3 万人, 共计造成经济损失 2930 万元
暴雨洪涝		2012/5/21	2012/5/22	据统计: 1、基础设施损毁情况: 共计造成经济损失 2800 余万元; 2、粮经作物受灾情况, 共计造成经济损失 2200 余万元; 3、房屋损毁情况: 共计造成经济损失 1000 余万元
暴雨洪涝		2014/7/12	2014/7/12	据调查, 全区农作物受损面积 13 公顷, 农房受损 7 间, 河堤垮塌 4 处共 40 米左右, 公路垮塌 25 处共计 105 方 115 米左右
冰雹	大风	2014/8/1	2014/8/1	据统计, 这次冰雹灾害主要造成烤烟受灾 100 公顷, 绝收约 73 公顷, 森林受灾 20 公顷, 部分农房受损

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝	气象地质灾害,气象地质灾害	2014/9/2	2014/9/2	9.2暴雨造成我区北部乡镇多地受灾。据统计：房屋受损7户，蚕房受损53个；农作物受灾7400亩，绝收800亩；国、省道公路损毁4处，474.0米，村道损毁91处，中断14处，公路塌方3580.0立方米；冲毁河道1处，垮塌150.0立方米，直接经济损失890.00万元
暴雨洪涝		2015/7/22	2015/7/24	本次降水天气过程造成小南海镇1人死亡，农作物受灾34000亩，损毁公路255公里，塌方238处15700立方米，冲毁人行桥7座；冲毁堰渠1775米，河堤500米；损毁7根电杆，线路3750余米，变压器1个，配电房1个；农房受损255间，大棚5个；路灯20盏，污水管网损毁550米，堵塞3公里，取水管道损毁1100米；城区检查井、雨水篦子损坏若干
暴雨洪涝		2016/6/1	2016/6/2	石家镇渗坝居委河水漫堤，场镇部分进水，已临时启用防洪隧洞（未完工），转移40户200余人；石家镇马脑顶猪场紧急转移200余头生猪。马喇镇1户房屋垮塌（无人员伤亡），大小滑坡70余处。黔江境内高速公路进出口一度临时封闭，至2日上午11时恢复通行；319线阿蓬江镇曹家河段因滑坡出现交通中断；区内部分村道已经出现不同程度的交通中断情况。全区较大区域农作物受灾，其中石家、马喇、水市、太极等区域受灾偏重
暴雨洪涝		2016/6/21	2016/6/21	冯家、邻鄂有局部滑坡、房屋垮塌等灾害发生
暴雨洪涝		2018/4/22	2018/4/22	
暴雨洪涝	山洪	2018/5/5	2018/5/6	黑溪镇、黎水镇、小南海镇、中塘乡等17个乡镇街道不同程度受灾，共造成经济损失908.03万元。其中：农经作物受灾面积4673亩，经济损失325.68万元；房屋受损108户179间，经济损失88.45万元；村道公路垮塌269处，塌方量6414方，经济损失432.7万元。水利设施毁坏26处，经济损失37万元；电力设施损毁2400米，经济损失8.2万元；其它损失16万元。无人员伤亡情况报告。受灾情况严重的主要有黎水镇，农作物受损778亩，道路损毁116处，房屋受损25户50间，水利设施25处250立方米，共计造成经济损失254.98万元；黄溪镇农作物损毁205亩，房屋损毁38户44间，共造成经济损失142万元
大风	雷雨	2018/5/17	2018/5/19	鹅池镇、蓬东乡、冯家街道、石家镇、舟白街道等17个乡镇街道不同程度受灾，共造成直接经济损失1408.5万元。其中：农经作物受灾面积17120亩，经济损失841.9万元；房屋受损365户655间，经济损失249.5万元；村道公路垮塌376处，塌方量3489.5方，经济损失200.6万元；水利设施毁坏8处，经济损失11.5万元；电力设施损毁5570米，经济损失31.6万元；其它损失73.5万元


灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝		2018/5/21	2018/5/21	据统计,截止22日下午17时,共收到、黎水镇、邻鄂镇、金洞乡、沙坝乡、白土乡等9个乡镇街道灾情报告,共造成直接经济损失278.7万元。其中:农经作物受灾面积3887亩,经济损失93.5万元;房屋受损9户14间,经济损失4.0万元;村道公路垮塌114处,塌方量9659方,经济损失172万元;水利设施毁坏5处,经济损失1.6万元;电力设施损毁1100米,经济损失2.9万元;其它损失4.28万元
暴雨洪涝	洪水	2018/7/4	2018/7/5	因降雨强度大,鹅池镇、白石乡、金溪镇、城南街道等20个乡镇街道不同程度受灾,共造成直接经济损失1884万余元。其中:农经作物受灾面积8667亩,经济损失744.5万元;房屋受损183户378间,经济损失237.5万元;村道公路垮塌616处,塌方量1.52万方,经济损失612万元;水利设施毁坏28处,经济损失164.8万元;电力设施损毁2096米,经济损失17.7万元;其它损失107.5万元
大风	雷雨	2018/8/14	2018/8/14	受局地阵性大风影响,我区太极乡太河村15:50-17:00遭受大风袭击,部分蚕农大棚被吹到,导致该村多处树断枝折、瓦片横飞,造成了损失
暴雨洪涝		2019/6/21	2019/6/22	暴雨给交通、电力、农业等造成了较大损失。据区应急办初步统计,受灾人口5574人,农作物受灾面积771.6公顷,严重损坏房屋18间,一般损坏房屋61间;多段公路垮塌,其中乡村级公路塌方398处、断道48条、半幅通行43条,省级公路塌方6处、半幅通行1条;桥梁损毁6座;下穿道堵塞20处;电线杆损毁11根
干旱		2019/8/9	2019/8/14	8月9日以来,我区持续晴热高温天气,地面增发强烈,至使我区部分镇乡出现旱灾。据调查,部分水源点缺水导致部分水池蓄水量不足,饮水困难,需要到较远的地方挑水喝,正在成熟初期的烤烟整株整株的死亡,造成烟农减产绝收、绝收经济损失严重;象水市乡等高海拔地区玉米成熟期较晚,8月正是玉米、水稻米灌浆期,持续干造成玉米、水稻无法灌浆而减产;这个时节的地牯牛、猕猴桃、蓝莓、黄连等经济作物本应青枝绿叶长势良好,可是因旱而萎靡不振,莲藕、西瓜、红薯、土豆等受灾较重
冰雹		2020/5/4	2020/5/4	此次风雹灾害共造成全区受灾人口达1179人,一般损坏房屋户数60户139间,严重损坏房屋户数1户1间,农作物受灾面积56.13公顷,直接经济损失59.7万元,其中农业损失12.5万元、基础设施损失27万元、公益设施损失0.8万元、家庭财产损失19.4万元

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝		2020/5/14	2020/5/14	暴雨造成我区南部阿蓬江镇、濯水镇、石家镇、鹅池镇、水田乡等地受灾，各地出现道路塌方、公路损毁、局地滑坡、玉米、油菜、水稻、蚕桑、辣椒等农作物被淹。共造成全区受灾人口达 1080 人，一般损坏房屋户数 1 户 2 间，农作物受灾面积 36.47 公顷，直接经济损失 111.74 万元，其中农业损失 26.54 万元，基础设施损失 83.2 万元、家庭财产损失 2 万元
大风	雷雨	2020/5/16	2020/5/16	此次共造成全区受灾人口达 1418 人，严重损坏房屋户数 5 户 7 间，一般损坏房屋户数 16 户 20 间，农作物受灾面积 66 公顷，直接经济损失 26.04 万元，其中农业损失 18.38 万元，基础设施损失 1 万元、家庭财产损失 6.66 万元
大风	雷雨	2020/6/10	2020/6/16	我区大部分乡镇街道受灾，各地累计雨量分布不均，其中中部地区小到中雨，北部地区和南部地区大雨，局地暴雨，此次洪涝灾害共造成全区受灾人口达 16472 人，需紧急生活救助 468 人，倒塌房屋 1 户 2 间，严重损坏房屋 23 户 29 间，一般损坏房屋 50 户 113 间，农作物受灾面积 776 公顷，其中成灾面积 643 公顷，绝收 94 公顷，直接经济损失 721 万元
暴雨洪涝		2020/6/17	2020/6/21	全区大部地区雨量达中到暴雨，其中杉岭从 6 月 20 日 20 时开始到目前雨量 122.0mm，已达大暴雨。由于近日来连续降雨，造成道路垮塌、粮食作物受灾、小滑坡损坏农房，主要表现在道路损毁较突出，乡道村道公路垮塌。此次灾害共造成 9317 人受灾，需紧急生活救助 1033 人，无人员伤亡、倒塌房屋 1 户 1 间、严重损坏房屋 2 户 4 间，一般损坏房屋 9 户 22 间，农作物受灾面积 245 公顷，其中成灾面积 124 公顷，绝收 49 公顷，直接经济损失 307 万元
暴雨洪涝		2020/6/22	2020/6/24	由于近日来连续降雨，造成道路垮塌、粮食作物受灾、小滑坡损坏农房，主要表现在道路损毁较突出，乡道村道公路垮塌。截止 6 月 24 日 12 时止，此次灾害共造成 8471 人受灾，严重损坏房屋 4 户 5 间，一般损坏房屋 7 户 13 间，农作物受灾面积 42.3 公顷，其中成灾面积 20.4 公顷，绝收 3.2 公顷，直接经济损失 150 万元
暴雨洪涝		2020/6/27	2020/6/28	共造成 50629 人受灾，紧急转移 617 人，倒塌房屋 10 户 22 间，严重损坏房屋 31 户 85 间，一般损坏房屋 158 户 410 间，农作物受灾面积 1490 公顷，其中成灾面积 1076 公顷，绝收 335 公顷，直接经济损失 11313 万元
暴雨洪涝		2020/7/1	2020/7/2	此次灾害共造成 22832 人受灾，紧急转移 52 人，倒塌房屋 3 户 9 间，严重损坏房屋 23 户 38 间，一般损坏房屋 36 户 57 间，农作物受灾面积 639 公顷，其中成灾面积 286 公顷，绝收 103 公顷，直接经济损失 3426 万元

灾害种类	伴随灾害	开始时间	结束时间	灾情描述
暴雨洪涝		2020/7/4	2020/7/6	“7.5”洪涝灾害共造成 27284 人受灾，紧急转移安置 121 人，无人员伤亡，倒塌房屋 5 户 29 间，严重损坏房屋 14 户 29 间，一般损坏房屋 71 户 236 间，房屋受损中建卡贫困户有 7 户，分别是杉岭乡兴隆村 2 组刘大应，新华乡梨子村刘小洪，新华乡大田社区 2 组小地名白果平陈清平，太极乡太河村 5 组郭宇光，太极乡太极居委 1 组冉井泽，黎水镇新花村 5 组（汪家垭口）夏大美，中塘镇兴泉社区 7 组郭胜彬，另有 2 户边缘户。农作物受灾面积 303 公顷，其中成灾面积 157 公顷，绝收 62 公顷，直接经济损失 2299 万元
暴雨洪涝		2020/7/16	2020/7/19	据统计，此次灾害共造成 6667 人受灾，紧急转移安置 108 人，无人员伤亡，倒塌房屋 7 户 17 间，严重损坏房屋 13 户 34 间，一般损坏房屋 16 户 26 间，房屋受损中建卡贫困户有 2 户，分别是黎水村 3 组何南明，杉岭乡苦竹村 5 组谭再由。农作物受灾面积 89.14 公顷，其中成灾面积 73.17 公顷，绝收 55.9 公顷，直接经济损失 529 万元元

重庆市气候可行性论证报告技术审查意见书

报告名称	重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价报告		
编制单位	重庆市气候中心		
报告负责人	杨宝钢	技术职称	高级工程师
报告编制时间	2021年8月	报告提交时间	2021年9月
委托单位	重庆市黔江区气象局		
专家组评审意见	<p>2021年9月23日，重庆市气象局组织相关行业专家对《重庆市正阳工业园区气候可行性论证区域整体评价报告》（以下简称《报告》）进行技术审查，专家组（名单附后）听取了《报告》编制单位重庆市气候中心的汇报，审阅了相关材料，经过质询和讨论，形成如下审查意见：</p> <p>1. 《报告》按照气候可行性论证规范合理选取了重庆市正阳工业园区参证气象站，全面收集了园区及其周边地区的气象、环境、地理信息等资料，数据资料详实。</p> <p>2. 《报告》分析了重庆市正阳工业园区气候背景及各类高影响天气，计算了风速设计基准值、基本气温、室外空气气象参数、排水设计气象参数、污染气象参数、防雷设计参数、重现期极值等关键气象参数，开展了暴雨、大风、高温、雷电等灾害风险专题影响评估，提出了有针对性的对策和建议。</p> <p>3. 《报告》调研充分，资料剪表性强，技术方法科学，内容完整，结论可靠，符合《重庆市建设项目气候可行性论证区域整体评价工作规程（试行）》的要求，可为园区的规划设计、建设和运营管理提供技术支持。</p>		

	<p>专家组一致同意《报告》通过技术审查，建议按照专家意见修改完善。</p>
<p>重庆市气象主管 机构审查意见</p>	<p>根据专家组意见，同意《报告》通过技术审查。</p> <p>(印章)</p>  <p>2021年9月26日</p>