

湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻 绿色产业园气候可行性论证报告

**湖北省气象服务中心
(湖北省专业气象服务台)
2019 年 9 月 武汉**

项目名称：湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园气候可行性论证报告

委托单位：湖北赤壁高新技术产业园区管理委员会

承担单位：湖北省气象服务中心（湖北省专业气象服务台）

项目负责人：成 驰 高级工程师

编写人员：许沛华（高 工） 崔 杨（工程师） 贺莉微（工程师）

刘 军（工程师） 起永东（武汉大学）敖银银（工程师）

阳 威（工程师） 余 蓉（工程师） 王必强（工程师）

统稿人：王必强

审核人：袁业畅 高级工程师

审定人：陈正洪 正研级高工

批准人：熊守权 主任

编写人员：

姓 名	职 称	负责章节	签字
许沛华	高级工程师	8.1、9.1~9.2	
崔 杨	工程师	7	
贺莉微	工程师	4、6.1~6.4、8.2、9.3~9.5	
刘 军	工程师	5.1、5.3~5.5	
起永东	工程师	6.5~6.9	
敖银银	工程师	2.2、附录 1	
阳 威	工程师	5.1.4、5.5.1.4、5.5.2.4	
余 蓉	工程师	5.2	
王必强	工程师	1、2、3	

	姓 名	职称/职务	签字
审核人	袁业畅	高级工程师	
审定人	陈正洪	正研级高工	
批准人	熊守权	主任	

说 明

1. 《湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园气候可行性论证报告》（简称本报告）是湖北省气象服务中心受湖北赤壁高新技术产业园区管理委员会委托而完成的技术成果，其使用权归双方共同所有，并受中华人民共和国知识产权法保护。该技术成果的知识产权归湖北省气象服务中心所有。
2. 本报告中的所有气象资料及相关数据资料仅限于本论证区域使用，论证结论仅限于论证区域内所有符合规划的入驻项目（但不包括特殊工程和交通、水利、能源等领域的重大工程）使用。
3. 本报告中提出的气象防灾减灾措施和对策建议，可供论证区域的整体规划、建设项目的规划设计及运营维护参考使用。
4. 本报告中的结论是基于标准气象观测资料、数值模拟资料、闪电定位资料、卫星遥感数据和现场测试数据等多源数据按照国家或行业相关技术规范统计分析得出，超出规定值的风险是存在的。
5. 本报告有效期 10 年，自 2019 年 9 月 23 日起至 2029 年 9 月 22 日止。其间若出现重大气象灾害并造成严重影响，须重新开展区域性气候可行性论证。
6. 本报告有承担单位盖章方有效。对本报告若有异议，应于收到本报告之日起 15 个工作日内向承担单位提出。

湖北省气象服务中心（湖北省专业气象服务台）

2019 年 9 月 18 日

目 录

1 概述	1
1.1 项目来源	1
1.2 工作目的	3
1.3 编制依据	3
1.3.1 政策法规	3
1.3.2 标准规范	4
1.4 术语	5
2 项目概况及特征分析	7
2.1 产业园基本情况	7
2.1.1 产业园规模和论证范围	7
2.1.2 产业园规划方案	7
2.1.3 产业园开发现状	9
2.2 产业园气象灾害历史事件	10
2.3 关键气象因子及高影响天气现象选择	13
2.3.1 产业园气象敏感度调查结果	13
2.3.2 关键气象因子及高影响天气现象选择	13
3 气象资料说明	15
3.1 资料来源及说明	15
3.2 参证气象站选取及三性分析	17
3.2.1 参证气象站代表性分析	17
3.2.2 参证气象站准确性分析	20
3.2.3 参证气象站比较性分析	21
4 气候背景	25
4.1 气压	26
4.1.1 年际变化	26
4.1.2 年变化	27
4.1.3 日变化	29
4.2 气温	29
4.2.1 年际变化	29
4.2.2 年变化	31
4.2.3 日变化	33
4.3 降水	34
4.3.1 降水量年际变化	34
4.3.2 降水量年变化	35
4.3.3 降水日数	37
4.4 风	40
4.4.1 风速年际变化	40
4.4.2 风速年变化	44
4.4.3 风速日变化	45
4.4.4 风向频率年及季节变化	46
4.5 相对湿度	52
4.5.1 年际变化	52
4.5.2 年变化	53
4.5.3 日变化	55

4.6	日照	56
4.6.1	年际变化	56
4.6.2	年变化	56
4.7	地面温度	57
4.7.1	年际变化	57
4.7.2	年变化	58
4.7.3	日变化	59
5	关键气象参数分析及推算	61
5.1	暴雨强度公式	61
5.1.1	暴雨强度公式简介	61
5.1.2	赤壁暴雨强度公式编制(1980-2018)	64
5.1.3	不同重现期最大日降水量的推算	71
5.1.4	暴雨极值空间分布特征分析	72
5.2	雷击安全现状评估	75
5.2.1	赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷电气候分析	76
5.2.2	赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园地闪时间分布	78
5.2.3	赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷电危害特征	80
5.2.4	赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷击安全现状评估	84
5.2.5	雷击防护建议	87
5.3	风速极值推算	88
5.3.1	参考气象站的选取	88
5.3.2	对赤壁气象站(1959-1975年)年最大风速的时距订正	88
5.3.3	设计风速的概率计算	90
5.3.4	产业园设计风速的推算	93
5.3.5	产业园不同高度不同重现期10min平均最大风速的推算	94
5.4	雪压极值推算	95
5.4.1	积雪密度的估算	95
5.4.2	设计雪压的概率计算	95
5.5	最高、最低气温极值及室外空气计算参数推算	97
5.5.1	不同重现期设计气温(高温)与极端最高气温的推算	97
5.5.2	不同重现期设计气温(低温)与极端最低气温的推算	101
5.5.3	室外空气计算参数	105
6	高影响天气现象分析	107
6.1	暴雨	107
6.2	雷暴	107
6.3	闪电	109
6.4	大风	110
6.5	积雪	111
6.6	高温日数、低温日数	112
6.7	结冰	114
6.8	冰雹	115
6.9	雾	116
7	气候资源开发与利用的潜力评估	118
7.1	太阳能资源开发利用	118
7.1.1	年平均太阳总辐射量	118
7.1.2	太阳能可利用量分析	120
7.1.3	直接辐射量和散射辐射量的空间分布	121
7.2	风能资源开发利用	122
7.2.1	区域风能资源数值模拟	122

7.3 太阳能资源及风能资源开发利用建议.....	123
8 论证结论的适用性及建议.....	125
8.1 规划、建设阶段.....	125
8.2 运营阶段.....	128
9 结论.....	130
9.1 气候背景.....	130
9.2 关键气象参数推算结果.....	130
9.3 高影响天气分析.....	131
9.4 气候资源开发与利用.....	132
9.5 综合结论.....	133
附录 1 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园周边地区气象灾害调查.....	135
附录 2 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园对气象要素、高影响天气敏感度调查表.....	142
附录 3 雷击风险评估指标评分标准.....	143
附录 4 极值推算方法及拟合适度检验方法.....	145

1 概述

1.1 项目来源

湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园位于湖北省咸宁市赤壁市境内。1986年5月，经国务院批准，蒲圻县撤县设市，由咸宁市代管。1998年6月，更名为赤壁市，赤壁市位于长江中下游南岸、湖北东南部，东连咸安、南临崇阳，西接湖南临湘，北临嘉鱼、洪湖，地处湘、鄂、赣三省经济、文化交流的结合部和武汉、黄石、岳阳等大中城市的经济技术辐射圈上，素有“湖北南大门”之称。京广铁路、武广高速铁路、107国道、京珠高速公路贯穿全境。市区距武汉约112km，距湖南岳阳约90km。

赤壁市为幕阜山余脉低丘陵与江汉平原的接触地带，地势由东南向西北逐渐倾斜，东南负群山，西北临长江。东南部为海拔500m左右的低山群，中部京广铁路沿线两侧为海拔260m左右的丘陵地带，西北部滨江滨湖地区为海拔50m左右的冲积平原。

赤壁市属典型的亚热带季风气候区，年最多风向为北风，具有雨热同季，冬干夏湿，冬冷夏热的气候特点。全市年平均气温17.7℃，多年平均降水量1596.1mm。

2004年，湖北省人民政府鄂政函[2004]126号《省人民政府关于全省保留开发区名单的通报》，全省保留140家开发区，其中包括湖北赤壁经济开发区。2006年，湖北省人民政府鄂政函[2006]34号《省人民政府关于设立武汉洪山经济开发区等39家开发区的批复》批准全省设立39家开发区，湖北赤壁经济开发区属于经湖北省政府批准设立的经济开发区。2011年11月，湖北赤壁经济开发区进行了扩展，湖北省发展和改革委员会同意将光谷赤壁产业园并入湖北赤壁经济开发区（鄂发改开发[2011]1717号）。根据《关于开展省级开发区扩区和调整区位实施工作的通知》（鄂发改开发〔2018〕261号）的具体要求，为了进一步加快经济发展，优化经济结构，结合开发区实际发展情况，湖北赤壁高新技术产业园区管理委员会对湖北赤壁经济开发区规划进行调区、扩区后，形成“一区三园”格局，即中伙现代生态产业园、陆水循环产业园与蒲圻绿色产业园三个产业园。

本次气候可行性论证评价的范围为陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园。

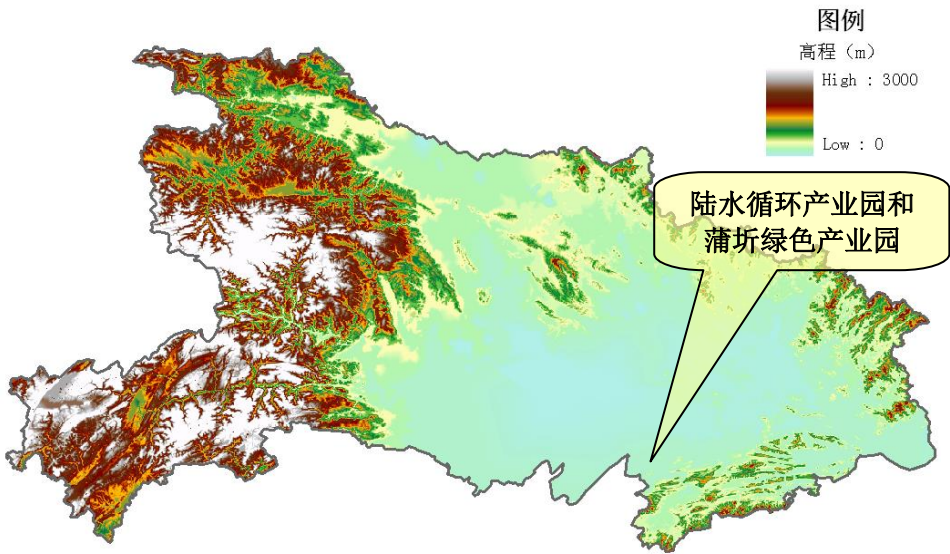


图 1.1-1(a) 湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园地理位置示意图



图 1.1-1(b) 湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园地理位置示意图

为了落实《省人民政府办公厅关于印发湖北省开发区、工业园区区域性统一论证试点工作方案和省投资项目在线审批监管平台与省政务服务网对接及推广应用工作方案的通知》（鄂政办发〔2018〕64号），湖北赤壁高新技术产业园区管理委员会根据园区性质、定位、区位，委托湖北省气象服务中心开展陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园气候可行性论证工作。在接受委托后，我中心立即成立编制工作组，搜集了陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园周边相关气象资料，并前往现场进行调研踏勘，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《湖北省区域性气候可

行性论证技术导则（试行）》的要求编制了该项目报告的大纲，并完成湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园气候可行性论证报告。

1.2 工作目的

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严重影响，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、运营以及气候资源开发利用等意义重大。

本报告以陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园周边国家气象站以及区域自动站等观测资料为基础，结合数值模拟资料、闪电定位资料、历史灾情资料、卫星遥感数据和现场测试数据对陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所在区域的气候条件开展论证分析工作，从气象防灾减灾、气候资源保护利用的角度对产业园规划、建设给予科学的指导意见。

1.3 编制依据

1.3.1 政策法规

- （1）《中华人民共和国气象法》（2016年11月7日修正版）；
- （2）《气象灾害防御条例》（中华人民共和国国务院令第570号）；
- （3）《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）《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）
- （5）《气候可行性论证管理办法》（中国气象局第18号令）；
- （6）《气象信息服务管理办法》（中国气象局第27号令）
- （7）《湖北省气象灾害防御条例》（2011年12月1日公布，2012年2月1日起实施）；
- （8）《湖北省气候资源保护和利用条例》（2018年5月31日公布，2018年8月1日起实施）；

(9) 《省人民政府办公厅关于印发湖北省开发区、工业园区区域性统一评价试点工作方案和省投资项目在线审批监管平台与省政务服务网对接及推广应用工作方案的通知》(鄂政办发〔2018〕64号)；

(10) 《省人民政府办公厅关于印发湖北省工业建设项目50个工作日内取得施工许可审批改革工作方案的通知》(鄂政办发〔2018〕71号)；

(11) 《湖北省开发区、工业园区等区域性气候可行性论证工作管理办法(暂行)》(鄂气规〔2019〕1号)。

1.3.2 标准规范

- (1) GB50009-2012 建筑结构荷载规范
- (2) GB50014-2006 室外排水设计规范(2016版)
- (3) GB 50019-2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- (4) GB50057-2010 建筑物防雷设计规范
- (5) GB50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- (6) GB/T18710-2002 风电场风能资源评估方法
- (7) GB/T 21714.2—2015/ IEC 62305-2: 2010 雷电防护 第2部分: 风险管理
- (8) GB/T 31155-2014 太阳能资源等级 总辐射
- (9) DB42/T 1375-2018 光伏电站效率评估指标计算方法
- (10) DL/T 5158-2012 电力工程气象勘测技术规范
- (11) JTG/TD60-01-2004 公路桥梁抗风设计规范
- (12) QX/T 85-2007 雷电灾害风险评估技术规范
- (13) QX/T 89-2018 太阳能资源评估方法
- (14) QX/T 118-2010 地面气象观测资料质量控制
- (15) QX/T 423-2018 气候可行性论证规范 报告编制
- (16) QX/T 436-2018 气候可行性论证规范 抗风参数计算
- (17) QX/T 469-2018 气候可行性论证规范 总则
- (18) QX/T 452-2018 基本气象资料和产品提供规范
- (19) QX/T 453-2018 基本气象资料和产品使用规范
- (20) 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)

(21) 湖北省区域性气候可行性论证技术导则（试行）

1.4 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) 基本风速：开阔平坦地貌条件下，地面以上 10m 高度处，50 年重现期的 10min 平均年最大风速。

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

(5) 基本雪压：雪荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上积雪自重的观测数据，经概率统计得出 50 年一遇最大值确定。

(6) 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。

(7) 冬季空气调节室外计算温度：近 30 年不保证 1 天的日平均温度。

(8) 夏季空气调节室外计算日平均温度：近 30 年平均不保证 5 天的日平均温度。

(9) 冬季通风室外计算温度：累年（近 30 年）最冷月平均温度。

(10) 夏季通风室外计算温度：累年（近 30 年）最热月 14 时的月平均温度的平均值。

(11) 冬季空气调节室外计算相对湿度：近 30 年最冷月平均相对湿度。

(12) 夏季通风室外计算相对湿度：累年（近 30 年）最热月 14 时的月平均相对湿度的平均值。

(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：日降雨量 $\geq 50\text{mm}$ 为一个暴雨日。

(15) 最大日降水量：指一年中出现的一日最大降水量。

(16) 雷击风险评估：根据项目所在地雷电活动时空分布特征及其危害特征，结合现场情况进行分析，对雷电可能导致的人员伤亡、财产损失程度与危害范围等方面的综合风险计算。

(17) 回击：地闪通道中电荷快速被中和的过程，通常伴随大电流、强电磁辐射和强烈发光现象。

(18) 地闪密度：单位面积、单位时间的平均地闪次数。单位：次 $\text{km}^{-2} \text{a}^{-1}$ 。

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

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

(21) 高影响天气：直接影响园区项目建设和运营的天气。

(22) 大风：瞬时风速达到或超过 17m/s 的风。

2 项目概况及特征分析

2.1 产业园基本情况

2.1.1 产业园规模和论证范围

本次气候可行性论证的范围为陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园，陆水循环产业园用地范围面积 830 公顷，北至老城区、南至赤壁大道、东至陆水湖八号副坝、西至蒲圻电厂铁路专用线；蒲圻绿色产业园用地范围面积 1415 公顷，北至 107 国道外迁线、南至赤中大道、东至赤壁城区、西至 107 国道外迁线。

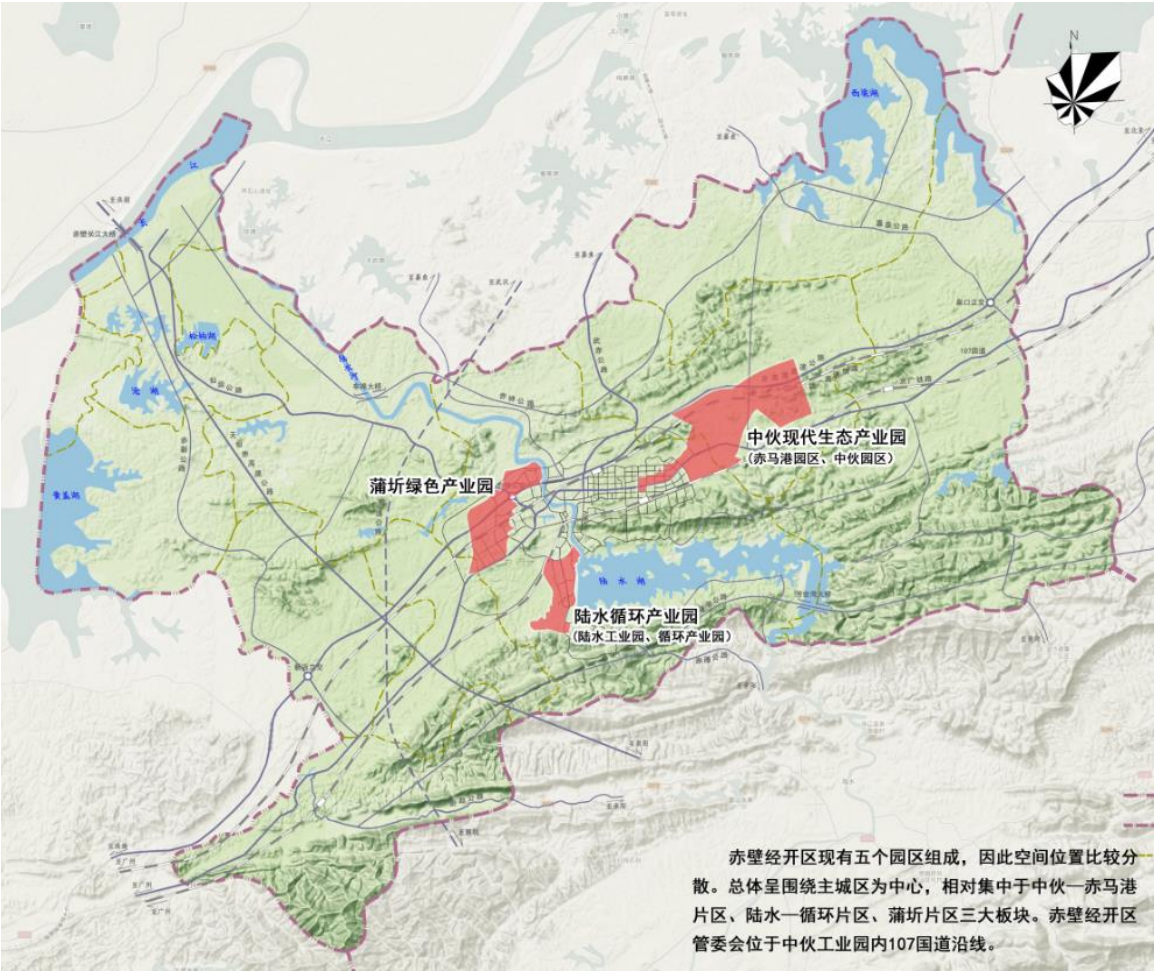


图 2.1-1 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园规划范围示意图

2.1.2 产业园规划方案

近年来，赤壁市集中打造特色产业集群，做大做强现代安全应急产业，重点发展应急制造业与应急服务业；积极发展光电子信息产业、节能环保产业、生物医药产业、新能源产业及新材料等高新、新兴产业；推动纺织工业、机械工业、建材产业等传统优势产业的改造提升；大力发展现代服务业，重点发展高新产业孵化器、

构建现代物流体系。预计到 2035 年湖北赤壁高新技术产业园经济发展实现“双六工程”，即地区生产总值（GDP）达到 600 亿元占赤壁市地区生产总值的 60%。使湖北赤壁高新技术产业园区成为中部地区现代生态产业园区、武汉城市圈创新示范引领区、咸宁产城融合综合区、全国新型工业及安全应急产业基地，形成“151”产业体系：即 1 个龙头产业：以现代应急产业为主的高端装备制造业；5 个支柱产业：绿色建材及新材料产业、循环及新能源产业、光电子信息产业、生物医药产业、纺织、印染及服装业；1 个特色产业：现代电商及物流产业。其中：

（1）陆水循环产业园

陆水循环产业园规划产业布局为：北部形成高端装备制造和纺织及服装产业集聚区，中部打造新材料产业集聚区，南部依托华润电厂，延伸电力循环经济产业链，构建新能源循环经济产业集群。形成“一轴一带、两廊三片”的空间结构：

一轴一带：一轴指依托赤壁发展大道形成的南北向园区“生产、生态、生活”联动发展轴线；一带指陆水湖景观风貌带；

两廊三片：两廊指依托园区水绿网格局形成的两条蓝绿交织生态绿廊；三片指北部产城融合示范片、中部新材料产业片、南部新能源循环经济产业片。

（2）蒲圻绿色产业园

蒲圻绿色产业园规划构建五个产业片区，分别为东北部现代电商及物流仓储片区、中部绿色建材及新材料片区、西南部商贸物流及市场批发片区、东南部商贸配套服务片区、南部产业创新高科技研发片区。形成“一心、两廊、三片”的空间结构：

一心：园区生活配套服务中心；

两廊：沿京珠高速公路和武广高铁形成的两条生态景观绿廊；

三片：北部现代电商及物流仓储片、中部绿色建材及新材料片、南部产业创新研发综合片。

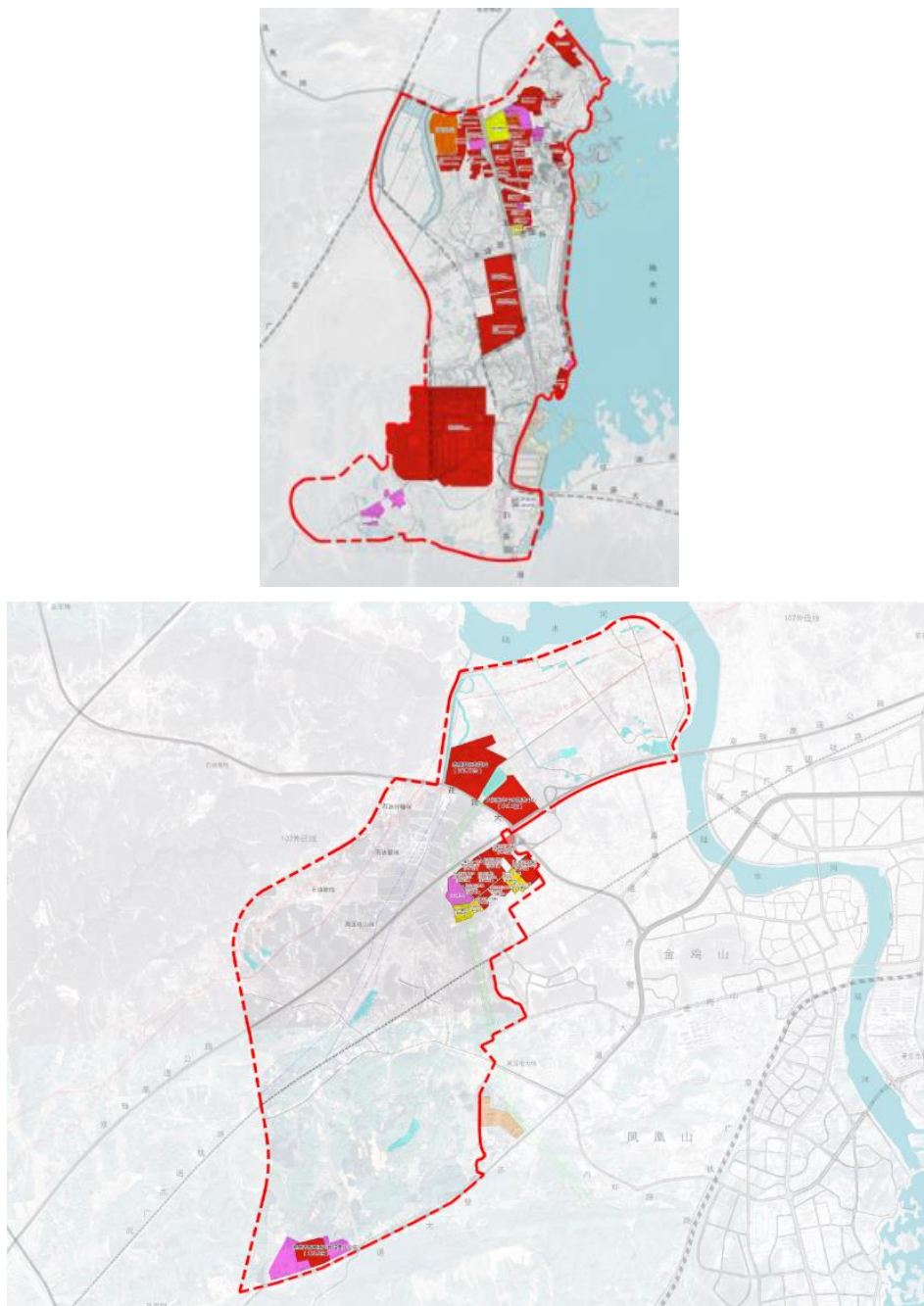


图 2.1-2 陆水循环产业园（上）和蒲圻绿色产业园（下）规划分布示意图

2.1.3 产业园开发现状

湖北赤壁高新技术产业园成立 10 多年来，不断加快转变发展方式，提升发展水平，集中打造特色产业集群，推动纺织服装、机械电子和农副产品加工传统产业转型升级，积极培育应急产业、光电子信息产业、节能环保产业、生物医药产业、新能源产业及新材料等高新、新兴产业，大力发展现代服务业，经过整合、创新、发展，全区主导产业特色鲜明，优势突出。

根据现场调查以及环境管理和规划部门提供的基础资料，赤壁经济技术开发区入驻企业 113 家，主要企业有华舟重工、维达力实业、华润电力、华新水泥、长城炭素、威盾科技、武船重工、银轮起重、蒲圻起重等。其中：

（1）陆水循环产业园

1) 陆水工业园

陆水工业园目前有 34 家企业，包含电力、热力供应（华润电力），酒、饮料和精制茶制造业，橡胶制品加工，机械制造，服装加工，纺织、印染，家具制造等产业。目前陆水工业园已经形成以电力循环、机械制造、纺织服装为依托的三大主导产业。

2) 循环产业园

循环产业园目前有 10 家企业入驻，除赤壁市五和商砼有限公司已建成投产外，其他企业（湖北雄韬环保有限责任公司、赤壁市祥瑞商贸有限公司、湖北中亚环保科技有限公司、赤壁市亿达再生环保科技有限公司等）均为在建企业，属于再生资源回收与加工产业。

（2）蒲圻绿色产业园

现状园区北部靠近高速出入口的地方形成了一定的机械制造与建材的产业群，目前有 11 家企业。

主要进区项目产业结构情况详见表。

表 2.1-1 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园入驻项目主要行业统计

序号	行业名称	陆水循环产业园		蒲圻绿色产业园	
		企业数目	比例%	企业数目	比例%
1	高端装备制造业	14	31.1	1	9.1
2	绿色建材及新材料产业	8	17.8	2	18.2
3	循环及新能源产业	10	22.2	0	0
4	光电子信息产业	0	0	1	9.1
5	纺织、印染及服装业	4	11.1	0	0
6	现代电商及物流产业	0	0	3	27.3
7	其它	8	17.8	4	36.4
合计		44	100	11	100

2.2 产业园气象灾害历史事件

对陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园及其周边区域所发生的气象灾害进行收集

整理，周边区域主要历史气象灾害为暴雨、大风、雷暴、冰雹、干旱以及低温冰冻。详见附录 1 灾害情况：

(1)、1975 年 4 月 25 日，蒲圻县大暴雨，县城实测 24 小时雨量为 120.7 毫米。暴雨致洪，冲垮蓄水 14 万立方米的石山水库、1 万立方米以下的塘 275 个、堰 2033 个、河堤 1687 处、渠道 902 处，淹死 5 人，倒塌房屋 319 间，冲毁水田 1.5 万亩、小麦 0.64 万亩，油菜、豆类受渍 3 万多亩、冲毁 0.8 万亩。

(2)、1980 年 7 月 27 日 17 时许，蒲圻县益阳、车埠、小柏、赤壁等公社出现雷雨大风和冰雹。因灾死亡 3 人，重伤 5 人，倒塌民房 181 间、仓库、学校、机库等 99 间，损坏民房 1227 间、仓库、学校、机库等 519 间，损坏拖拉机等农机具 53 件，吹倒高压电杆 12 根、低压电杆 85 根、电话线杆 40 根，损失粮食约 7.5 万公斤，6500 亩农作物受损。

(3)、1996 年 6 月 3 日，蒲圻市 6 月 3 日凌晨 3 时至 5 时降雨量达 132 毫米，加之上游的湖南临湘市文白乡水库倒塌，造成山洪暴发，冲走耕牛 50 头、牲猪 90 头、陈粮 110 万公斤、油菜籽 10 万公斤、家俱 4200 件；农作物受灾 5 万亩，绝收 5800 亩，房屋进水 751 户 2145 间，倒塌民房 640 间；被水围困村庄 33 个 1560 户 12800 人，紧急转移安置 3500 人。

(4)、1998 年 7、8 两个月，湖北大部地区平均气温持续偏高，除鄂西山区较常年同期略偏低外，大部地区偏高 1~2℃。以日最高气温 35℃或以上，同时日最低气温 27℃或以上作为高温酷热标准来统计，鄂东及江汉平原的主要高温酷热时间出现在 7 月 9 日至 20 日和 8 月 22 日至 25 日。高温酷热日数在 20 天以上的地段位于洪湖以东沿江的 14 个县、市，以蒲圻、嘉鱼为最多，有 28 天，武汉为 24 天，高出常年平均值 10 天以上，为 1961 年以来 38 年之最，与 1978、1994、1995 年相近。

(5)、2000 年 5 月 11 日下午 3 时，赤壁市神山、中伙镇遭受大风冰雹灾害，风力 10 级，冰雹最大直径 8—10 厘米，16 个村，149 个组，3897 户，2960 亩早稻，150 亩中稻秧苗被冰雹击倒，3650 亩已割待收油菜被风卷走，7800 亩苎麻被风刮倒绝收，1660 多只家禽，120 头牲猪被冰雹打死打伤，32 条船只被打沉，1087 间房屋受损，109 间房屋被风吹倒，吹断水泥电线杆 119 根。

(6)、2008 年 1 月 13 日-2 月 5 日，赤壁市暴雪受灾人口 45.5 万人，因灾死亡 2 人，伤病 1523 人，被困 13.37 万人，紧急转移安置 10770 人；死亡家畜家禽 11520

头（只），农作物受灾 12.15 万亩，倒塌房屋 1505 间，损坏房屋 13062 间。电力、通讯、交通、林业受灾严重，因道路结冰，京珠高速公路赤壁段多日封闭，车辆滞留达 3 日，市内客运也多次停运，交通事故猛增。全市直接经济损失 4.32 亿元，其中农业经济损失 3.98 亿元。

（7）、2009 年 8 月 28 日，大风造成赤壁市西北方向输电线路全线中断，黄盖湖、柳山湖、沧湖、车埠等乡镇渍水严重，受灾面积为：水稻 7700 亩、棉花 2430 亩、湘莲 2200 亩。

（8）、2010 年 5 月，赤壁降水量较历年同期偏少近 6 成，加之前期 1-4 月降水量持续偏少，致使赤壁市旱情不断发展，出现了我市有气象记录以来最为严重的冬春连旱。全市发生临时饮水困难人口 3 万人，农作物受灾面积为 23.37 万亩，2 千头大牲畜临时饮水困难。

（9）、2010 年 7 月 5 日-7 月 14 日，连续低温阴雨天气过程造成赤壁市 18.6 万人受灾，转移人口 6970 人，倒塌、损坏房屋 4272 间，农作物受灾面积 32.1 万亩，成灾面积 20.91 万亩，绝收面积 11.7 万亩，直接经济损失 1205 万元；9 月 22-29 日出现了连续 8 天低温阴雨的“寒露风”天气。

（10）、2015 年 6 月，赤壁市全市范围均有旱灾，受灾面积达 21.4 万亩，成灾面积达 9.3 万亩，绝收面积达 1.7 万亩。8 月中上旬气温高、蒸发大，加之中上旬降水量较历年同期偏少 4 成多，致使我市全市范围均有旱灾，受灾面积达 19141.9 公顷，成灾面积达 11106.2 公顷，绝收面积达 3376.9 公顷，直接经济损失达 8420 万元。

（11）、2016 年 7 月 3 日-7 月 4 日，赤壁市发生强降雨导致山洪爆发、河水陡涨，民房进水、房屋倒塌、农田淹没，道路冲毁、水利、通讯、电力等基础设施损毁严重，给人民群众财产和工农业生产带来重大损失。截止 7 月 16 日 17 时统计，赤壁市 17 个乡镇办场共 240059 人受灾，紧急转移安置 26585 人，需紧急生活救助 13732 人，设立集中安置点 3 个，安置受灾人员 211 名；因灾倒损房屋 2915 间，其中：倒塌房屋 110 户 241 间，严重损房 265 户 541 间，一般损房 2133 间；全市造成直接经济损失 8.23 亿元，其中农业经济损失 3.36 亿元，农作物受灾面积 19535.27 公顷，绝收面积 5539 公顷。

2.3 关键气象因子及高影响天气现象选择

2.3.1 产业园气象敏感度调查结果

为了了解陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内现有企业以及园区公共设施对气象要素及高影响天气的敏感程度，特针对产业园内 9 家重点或对气象敏感的企业以及园区公共设施进行了调查走访（结果见附录 2），被调查的 9 家企业主要涉及机械电子、新能源产业及新材料、化工、纺织服装、物流和农副产品加工传统产业等行业。其调查结果如下：

（1）对气象要素敏感程度

此次调查主要针对风向风速、气温、气压、相对湿度、降水等 6 要素进行，结果表明：被调查的 9 家企业及园区公共设施对气象要素敏感度较高的是相对湿度，其次是气温和降水，再次是风和气压。

（2）对高影响天气敏感度程度

此次调查主要针对暴雨洪涝、大风、暴雪、雷击闪电、高温、低温冰冻、冰雹、雾霾等 8 种高影响天气进行，结果表明：被调查的 9 家企业及园区公共设施对高影响天气敏感度最高的是雷击闪电；其次是高温、暴雨洪涝、大风和暴雪；敏感度相对较低的是低温冰冻、冰雹和雾霾。

表 2.3-1 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园气象敏感度
调查统计结果一览表（%）

统计结果	气象要素					高影响天气							
	风向 风速	气温	气压	相对湿度	降水	暴雨 洪涝	大风	暴雪	雷击 闪电	高温	低温 冰冻	冰雹	雾霾
高、中 影响	44.4	55.6	33.3	66.7	55.6	33.3	33.3	33.3	77.8	44.4	11.1	11.1	11.1
低影响	55.6	44.4	66.7	33.3	44.4	66.7	66.7	66.7	22.2	55.6	88.9	88.9	88.9

2.3.2 关键气象因子及高影响天气现象选择

结合上述陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园周边气候灾害历史事件回顾以及陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园对气象要素及高影响天气的敏感程度调查情况，可以得出陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园气候可行性论证的关键气象因子及高影响天气现象选择主要考虑以下各方面：

（1）陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内的企业对雷击闪电的敏感度高，因此

需在报告中针对产业园进行雷击风险评估，对易发生雷击风险的时段、地点进行风险评估，并有针对性的提出建议措施。

（2）陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的企业对气温的敏感度较高，因此需要进行极端最高气温、极端最低气温和设计最高气温、设计最低气温等参数的推算与分析。

（3）陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内的企业对暴雨的敏感度较高，因此需在报告中对暴雨极值的空间分布特征进行分析，了解当地的暴雨特点，并进行暴雨强度公式的编制，对当地室外排水设计提供依据。

（4）陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内的企业对大风的敏感度较高，对暴雪的敏感度较高，因此需在报告中针对产业园厂房建筑结构及设计、施工及运营，需要进行风速、雪压的极端参数推算与分析。

（5）陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园对相对湿度和风速风向的敏感度也较高，因此需要对产业园的相对湿度和风速风向进行分析，为区域内企业的设计运行和区域内合理布局提供依据。

3 气象资料说明

3.1 资料来源及说明

报告中涉及的国家级基准气候站、国家级基本气象站、国家级（常规）气象观测站及省级（常规）气象观测站观测资料都来源于湖北省气象信息与技术保障中心，均从经过审核后的信息化资料提取。所用资料涉及以下几类：

（1）地面气象站资料：赤壁气象观测站（一般站，以下简称“赤壁气象站”）地面观测数据。赤壁气象站资料主要用于参证站选取、气候背景分析、关键气象参数推算及高影响天气现象分析，涉及气压、气温、降水、风、相对湿度、日照、雷暴、冰雹、龙卷、雾、结冰、积雪等气象要素及天气现象。暴雨强度公式计算使用赤壁气象站降水自记纸资料及自动站分钟雨量数据。表 3.1-1 为报告各专题使用赤壁气象站资料的具体情况。

表 3.1-1 报告各专题使用气象资料情况一览表

分析项目	要素	资料时段
参证站分析	气温、气压、相对湿度、风速	建站至 2018 年
气候背景年际、年变化	气压、气温、风速、风向、相对湿度、日照	1989 年~2018 年
气候背景日变化	气压、气温、风速、风向、相对湿度、日照	2009 年~2018 年
气候背景极值分析	气温、相对湿度	建站至 2018 年
	气压	1980 年~2018 年
	极大风速	1992 年~2018 年
关键气象参数分析	最大风速、最大积雪深度、最高、最低气温、极端最高、极高最低气温	建站至 2018 年
室外空气计算参数	气温	1989 年~2018 年
暴雨强度公式	分钟雨量资料	1980~2018 年
暴雨极值推算	最大日雨量资料	1980~2018 年
高影响天气	雷暴、闪电、大风、龙卷风、暴雨、积雪、冰雹、雾	1959 年~2018 年
	结冰	1980 年~2018 年
气候资源开发与利用	日照时数、日照百分率	1959~2016 年

全省 76 个国家级气象站 1959-2018 年的日降水量、日气温观测资料，用于全省暴雨、高温、低温风险空间分析，站点分布如图 3.1-1 所示。



图 3.1-1 湖北省气象观测站分布图

(2) 气象灾害资料：对陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园影响较大的气象灾害主要包括强对流天气（雷暴、强降水、龙卷风、冰雹）和结冰、积雪等，相关记录一部分来自湖北省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“中国气象灾害大典湖北省分卷”、“地方志”、“气候影响评价”、灾情直报系统以及民政和农业部门灾情报告。

(3) 闪电定位仪资料：2007~2018 年湖北省二维闪电定位资料主要用于关键气象参数分析中的雷击风险评估和高影响天气中的闪电分析。闪电地闪分析资料来源于湖北省 ADTD 闪电定位仪雷电监测定位系统。该系统由 13 个探测子站（十堰、神农架、襄阳、巴东、恩施、宜昌、荆门、荆州、天门、随州、麻城、武汉、咸宁）和 1 个监测定位系统中心站组成，探测范围覆盖整个湖北省。

(4) 卫星遥感资料：卫星遥感资料提取的云量信息，结合湖北省国家气象站的日照时数、日照百分率，用于论证区域太阳能资源的统计推算。MODIS 遥感资料来源于 Nasa（美国国家航天航空局）网站。MODIS 是搭在 TERRA 和 AQUA 卫星上的一个重要的传感器，是卫星上唯一将实时观测数据通过 x 波段向全世界直接广播的星载仪器。一天从湖北省过境两次，上午一次，下午一次。

(5) 风能资源数值模拟资料：采用中国气象局全国陆地风能资源的最新评估结果（全国风能资源高分辨率评估（2014）数据集），即 70m 高度水平分辨率 1km×1km 的 30 年平均风速和平均风功率密度数据模拟论证区域风能资源分布状况。

3.2 参证气象站选取及三性分析

湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的论证范围包括两块区域，经过对周边气象站的调查和筛选，周边最近的国家气象站为赤壁气象站，初步确定选取赤壁气象站作为参证站。参证气象站的选取原则主要依据资料序列的代表性、准确性和比较性三个方面，下面从这三个方面论证本报告选取赤壁气象站作为参证气象站的合理性。

3.2.1 参证气象站代表性分析

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

陆水循环产业园紧邻陆水湖西岸，西部为五洪山低矮丘陵，南部 7 公里为纱帽山（海拔约 700 米），北部为赤壁城区；蒲圻绿色产业园周边为低矮丘陵，北部紧邻陆水河南岸，东部紧邻赤壁城区，南部为五洪山低矮丘陵。

赤壁气象站位于赤壁蒲圻绿色产业园东方约 4km，陆水循环产业园北方约 6km 处，相对位置情况见表 3.2-1 和图 3.2-1，两个产业园均地势平坦，下垫面条件类似，周边环境及平均气候状况相似。

敏感气象要素产生的差异主要来自局地地形、地貌的影响，从气候成因和气候影响机理角度来看，赤壁气象站、龙佑和陆水湖区域站能够较好地反映陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园一带的气候状况，具有区域代表性。

表 3.2-1 湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园周边气象站分布情况

区站号	站名	经度	纬度	海拔 (m)	记录开始时间 (年-月)	用途	相对应产业园 的方位、距离
57582	赤壁	113.888	29.729	46.9	1959-01	参证站	蒲圻绿色产业园东方约 4km 陆水循环产业园北方约 6km
Q8226	龙佑	113.81	29.68	44.9	2015-12	区域站	蒲圻绿色产业园南方约 7km 陆水循环产业园西方约 5km
Q8225	陆水湖	113.89	29.69	54.3	2015-12	区域站	蒲圻绿色产业园东南方约 6km 紧邻陆水循环产业园东侧，陆水河东岸



图 3.2-1 湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园及周边气象站位置示意图

赤壁气象站观测场的建设按照 GB/T 35221-2017《地面气象观测规范 总则》的规定，为 25m×25m 的平坦场地，赤壁气象站观测场的周边环境一直保持良好的（图 3.2-2），赤壁国家气象观测站海拔高度 46.9 米，地处一处平坦高台之上，北边为三层高职工宿舍，东北向 358 米为怡景大楼，正东方向为居民楼，东南向 250 米为银河花园高楼，南临陆水湖，西南方 500 米为凯丰新村，正西方向为血防医院，其他方位多丘陵，外部环境条件满足标准要求。



图 3.2-2(a) 赤壁气象站观测场周边环境图



东面



西面



图 3.2-2(b) 赤壁气象站观测场周边环境图

赤壁气象站观测仪器的基本技术性能以及在观测场的布置位置均满足要求。从风观测来看（表 3.2-2），测风仪器主要有 3 次改变，一是 1959-1968 年期间采用的早期的维尔德风压板式测风仪，二是 1968-2005 年启用的 EL、EN 型电接风速风向计，三是 2005 至今的风杯式遥测风向风速传感器。仪器技术性能均满足标准要求。

表 3.2-2 赤壁气象站风观测仪一览表

时间	风仪高度(m)	测风仪型号
1959.01~1968.05	11.1	维尔德测风器
1968.06~1979.07	12.1	EL 型电接风向风速计
1979.08~1991.12	10.6	EL 型电接风向风速计
1992.01~2005.04	10.5	EN 型测风数据处理仪
2005.06~2015.11	10.3	风杯式遥测风向风速传感器(EC9-1 型)
2015.12~2016.03	10.3	风杯式遥测风向风速传感器(ZQZ-TF 型)
2006.04~至今	10.2	风杯式遥测风速传感器(EL15-1C)

综上，赤壁气象站与周边地理环境、下垫面条件相似，能反映周围一定范围内（包括论证区域）的平均气象状况；观测场建设，场地大小尺寸及观测外部环境满足国家标准；观测仪器的基本技术性能及在观测场的布置位置等方面均满足标准要求。因此，赤壁气象站的观测数据具备代表性。

3.2.2 参证气象站准确性分析

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

的准确性。

赤壁气象站是按省（区、市）行政区划设置的国家地面气象观测站，属于国家级（常规）气象观测站。获取的观测资料主要用于本省（区、市）和当地气象服务，是国家天气气候站网的补充。

赤壁气象站的地面气象观测包括人工观测和自动观测两种方式。

地面气象观测工作的基本任务是观测、记录处理和编发气象报告。主要任务包括：

（1）为积累气候资料按规定的时次进行定时气象观测。自动观测项目每天进行 24 次定时观测；人工观测项目，每天进行 08、14、20 时三次定时观测。

（2）为制作天气预报提供气象实况资料按规定的时次进行天气观测，并按规定的种类和电码及数据格式编制各种地面气象报告，传到国家气象中心。

（3）进行国务院气象主管机构根据业务发展需要新增加项目的观测。

（4）按省、地、县级气象主管机构的规定，进行自定项目和开展气象服务所需项目的观测。

（5）按规定的时次、种类和电码，观测、编发定时加密天气观测报告、不定时加密雨量观测报告和其他气象报告。

（6）按统一的格式和规定统计整理观测记录，进行记录质量检查，按时形成并传送观测数据文件和各种报表数据文件，并可打印出各类报表。

（7）按有关协议观测、编发定时航空天气观测报告和不定时危险天气观测报告。

（8）对出现的灾害性天气及时进行调查记载。

赤壁气象站观测项目有气压、气温、相对湿度、风速和风向、降水量、日照时数、能见度、地面温度、积雪深度、电线积冰、降雪日数等。赤壁气象站的观测人员，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。

3.2.3 参证气象站比较性分析

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

赤壁气象站自动观测项目每天进行 24 次定时观测；人工观测项目，每天进行 08、14、20 时三次定时观测。赤壁气象站自动观测和人工观测均是在世界气象组织（WMO）统一规定的时间进行气象要素观测，因此赤壁气象站的观测数据与其它地区具备比较性。

表 3.2-3 列出了赤壁气象站的历史沿革，赤壁气象站始建于 1959 年 1 月，观测场址位于北纬 29°26'，东经 113°29'，海拔高度 37.7m，于 1981 年 1 月迁站 1 次，观测场址现位于北纬 29°26'，东经 113°32'，海拔高度 46.9m，新旧观测场距离 0.3km 左右。

表 3.2-3 赤壁气象站历史沿革

时间	经度	纬度	海拔高度(m)	地址
1959.01~1963.12	113.48	29.43	37.7	蒲圻县城关镇西门外
1964.01~1965.11	113.48	29.43	35.9	蒲圻县城关镇西门外
1965.12~1980.12	113.48	29.43	34.8	蒲圻县城关镇西门外
1981.01~至今	113.53	29.43	46.9	赤壁市河北大道 84 号

数据的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台站迁移的影响，影响程度由迁址距离、海拔高度、站址地形及周围环境条件决定。如果台站迁移后两地的地形、环境条件差异不大，且水平距离不超过 2km、海拔高度差在 100m 以内，其迁址后观测记录一般不会出现不连续现象。赤壁气象站在 1981 年迁站前后，水平距离相距 0.3km，海拔高度相差 12.1m，水平距离不超过 1km，从气象站建站至 2018 年的平均气温、气压、相对湿度和风速的年际变化（图 3.2-3）可见，赤壁气象站的基本气象要素的长年观测保持较好的一致性，能表示出气象要素随时间的变化特征。

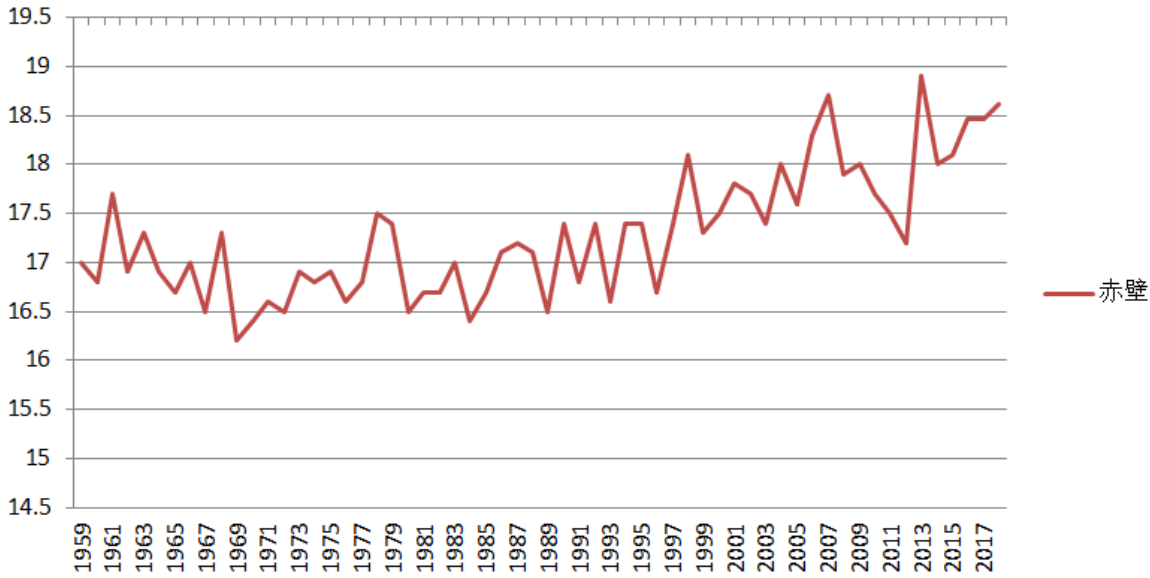


图 3.2-3 (a) 建站至 2018 年平均气温年际变化

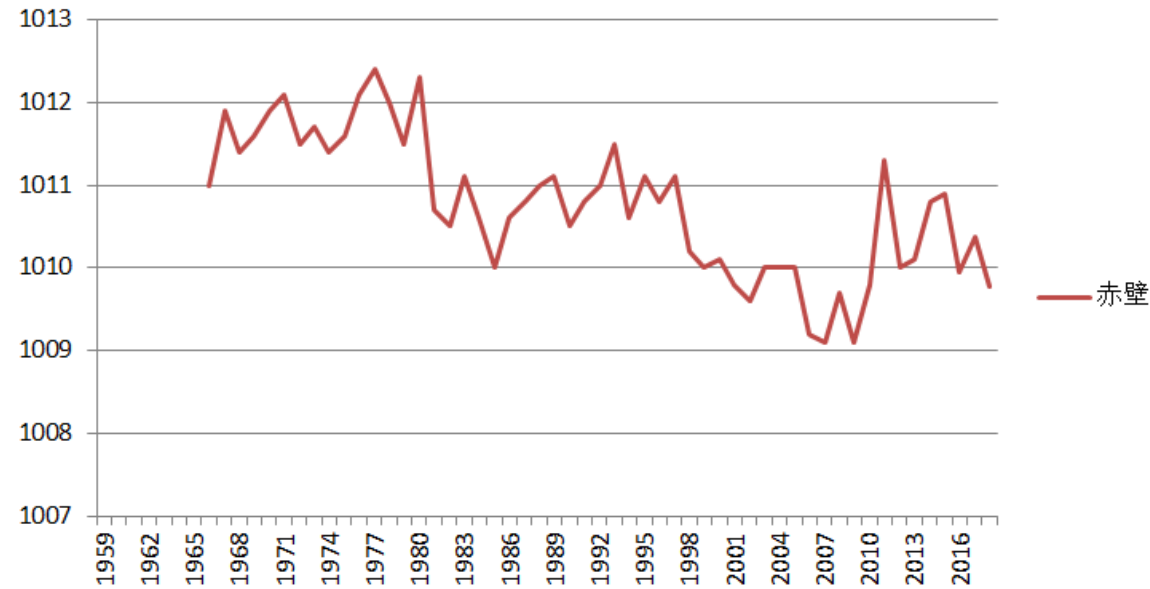


图 3.2-3 (b) 1966 至 2018 年平均气压年际变化

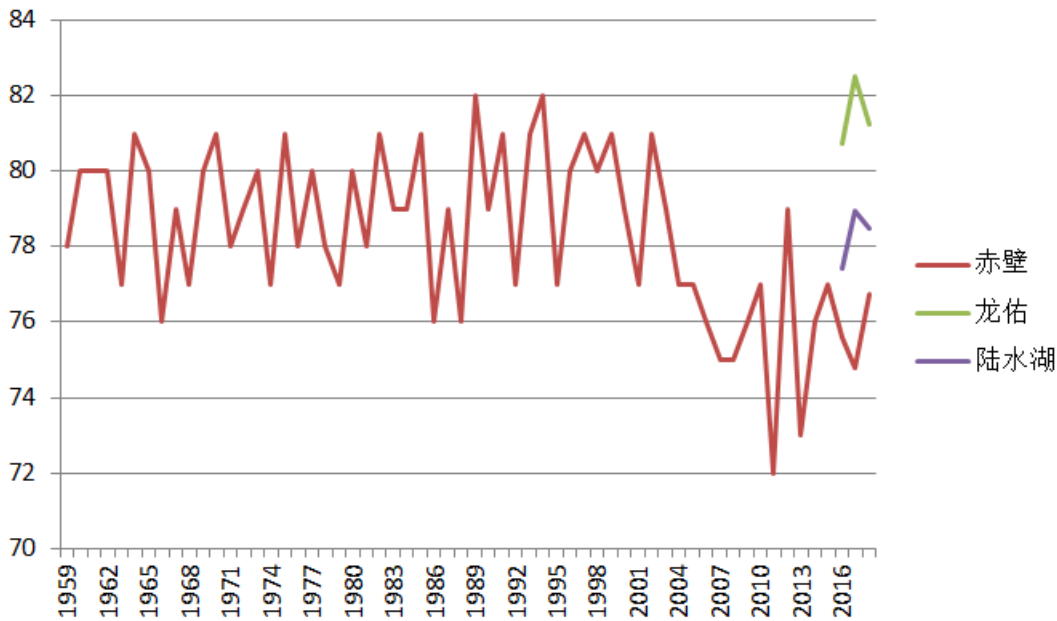


图 3.2-3 (c) 建站至 2018 年平均相对湿度年际变化

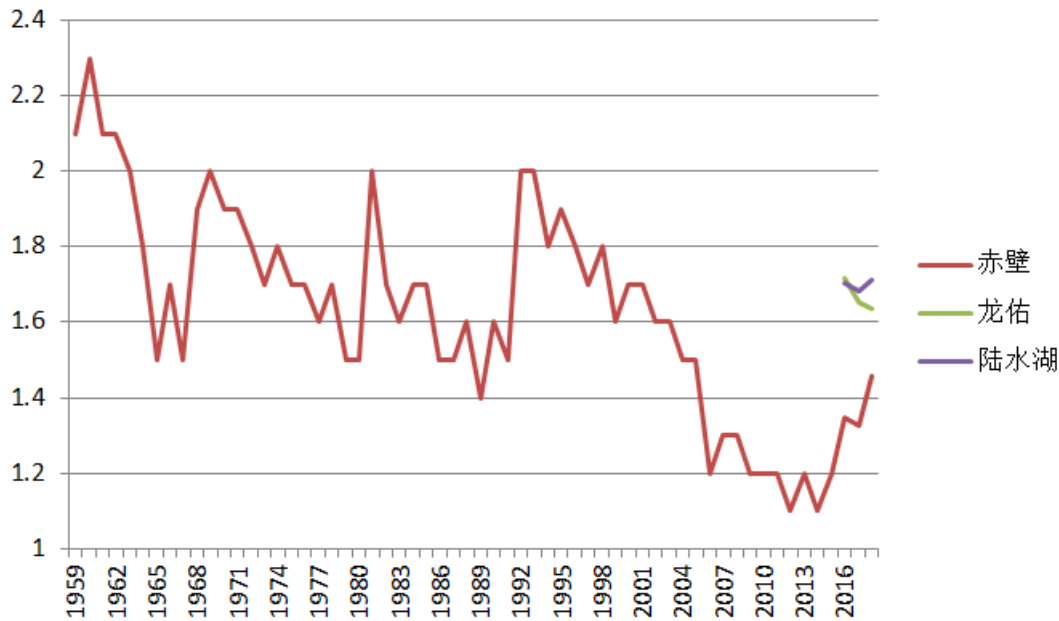


图 3.2-3 (d) 建站至 2018 年平均风速年际变化

综上所述，综合考虑赤壁气象站与陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的自然地理位置、相对距离、下垫面条件及数据质量等条件，选择赤壁气象站作为本项目的参证气象站，用该站长期气象资料来代表陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的气候背景。

4 气候背景

赤壁气象站及园区所在地属亚热带湿润气候，本章对赤壁气象站各气象要素及天气现象的多年平均统计采用的是近 30 年 1989-2018 年资料；对气象要素的日变化平均统计采用的是近 10 年 2009-2018 年资料；对气象要素极值统计采用的是建站以来有相应资料的数据。年极端气压自 1980 年开始有记录，最大风速自 1976 年开始有记录，极大风速自 1992 年开始有记录。

赤壁气象站近 30 年（1989-2018 年）的累年平均气压为 1010.3hPa；累年平均气温为 17.7℃；累年平均降水量为 1596.1mm；累年平均风速为 1.5m/s；累年平均相对湿度为 77.8%；累年平均日照时数为 1609.1 小时。

赤壁气象站自有气象记录以来，年极端最高气压为 1043.3hPa（2016 年），年极端最低气压为 984.8hPa（2009 年）；极端最高气温为 41.5℃，出现在 2013 年，极端最低气温为-14.6℃，出现在 1969 年；年降水量最多为 2183.8mm，出现在 2010 年，最少为 1151.5mm，出现在 2005 年；年最大风速 19.0m/s，出现在 1982 年；年极大风速 25.8m/s，出现在 1994 年和 1996 年。

表 4-1 赤壁主要气候特征值

气候要素		值	单位	出现时间
气压	年平均气压	1010.3	hPa	/
	年平均最高气压	1013.5	hPa	/
	年平均最低气压	1006.5	hPa	/
	极端最高气压	1043.3	hPa	2016 年 1 月 24 日
	极端最低气压	984.8	hPa	2009 年 2 月 12 日
气温	年平均气温	17.7	℃	/
	年平均最高气温	22.4	℃	/
	年平均最低气温	14.3	℃	/
	极端最高气温	41.5	℃	2013 年 8 月 10 日
	极端最低气温	-14.6	℃	1969 年 1 月 31 日
降水	年平均降水量	1596.1	mm	/
	年最多降水量	2183.8	mm	2010 年
	年最少降水量	908.8	mm	1968 年
	年平均降雨日数	146	天	
	最大日降雨量	289.9	mm	1964 年 6 月 28 日
风	年平均风速	1.5	m/s	
	最多风向及频率	N/10.7	/%	/
	年最大风速	19.0	m/s	1982 年 5 月 12 日
	年最大风速对应的风向	NNE	/	/
	年次大风速	16.0	m/s	1977 年 4 月 16 日/1986 年 7 月 31 日

气候要素		值	单位	出现时间
	年次大风速对应的风向	NNW/ESE	/	/
	年极大风速	25.8	m/s	1994 年 7 月 25 日/1996 年 8 月 18 日
	年极大风速对应的风向	SE/E	/	/
相对湿度	年平均相对湿度	77.8	%	/
	年最小相对湿度	9	%	1973 年/1982 年
日照	年平均日照时数	1609.1	小时	/
	年最高日照时数	2040.2	小时	1959 年
	年最低日照时数	1378.2	小时	2016 年
地面温度	年平均地面温度	19.4	℃	/
	年平均最高地面温度	31.9	℃	/
	年平均最低地面温度	13.2	℃	/
	极端最高地面温度	71.0	℃	1990 年 7 月 25 日
	极端最低地面温度	-19.0	℃	1969 年 1 月 31 日

注：平均值统计时段为 1989-2018 年，极值统计时段为 1959-2018 年，其中极端最高气压、最低气压为 1980-2018 年；最大风速为 1976-2018 年；极大风速为 1992-2018 年；极端最高地面温度、最低地面温度为 1960-2018 年。

4.1 气压

4.1.1 年际变化

(1) 平均气压

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站年平均气压 1010.3hPa，年平均最高和最低气压分别为 1013.5hPa、1006.5hPa。近 30 年，赤壁气象站的年平均气压、年最高气压、年最低气压有下降趋势（图 4.1-1）。

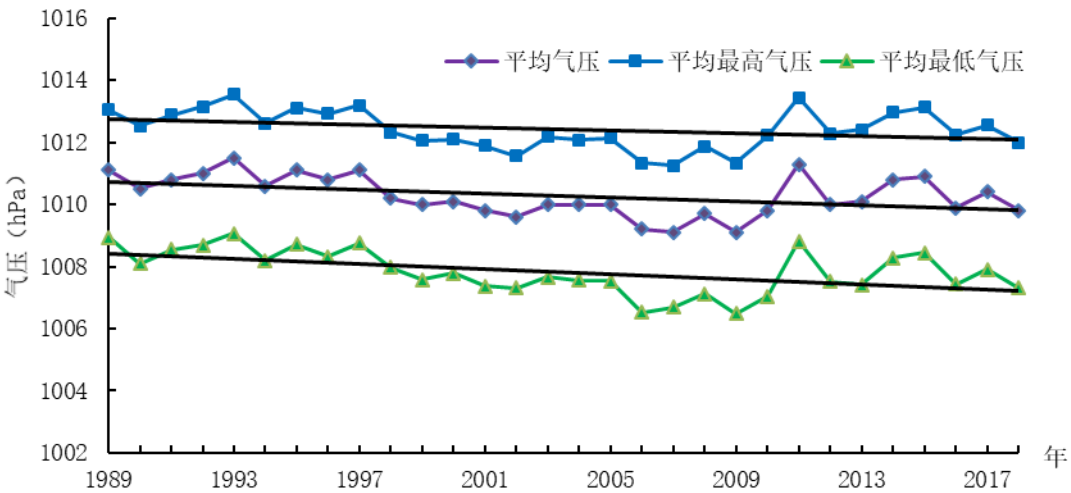


图 4.1-1 赤壁气象站 1989-2018 年平均气压、平均最高、平均最低气压年际变化

(2) 极端气压

赤壁气象站自 1980 年开始有极端气压的资料，1980-2018 年的极端最高气压出现在 2016 年，为 1043.3hPa；极端最低气压出现在 2009 年，为 984.8hPa（见图 4.1-2、4.1-3）。

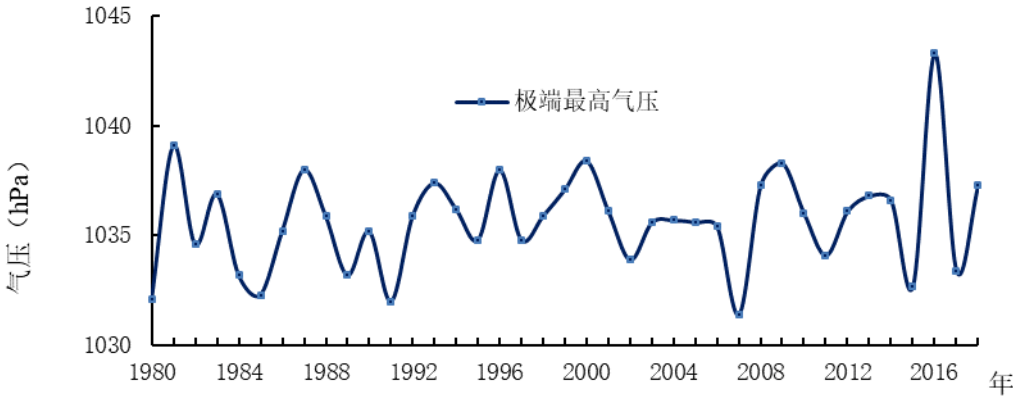


图 4.1-2 赤壁气象站 1980-2018 年极端最高气压年际变化

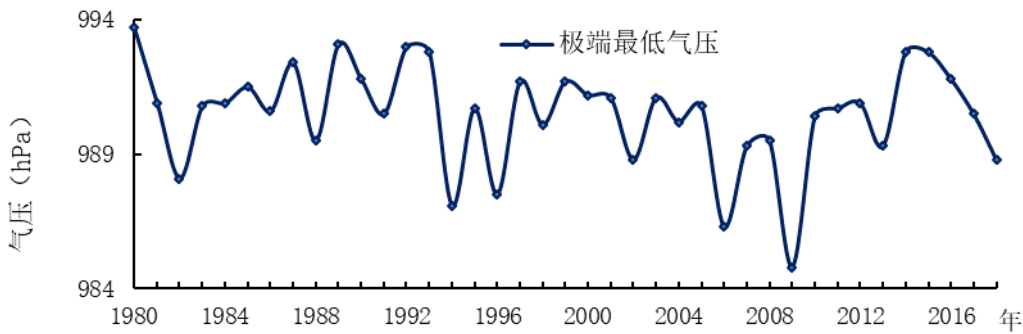


图 4.1-3 赤壁气象站 1980-2018 年极端最低气压年际变化

4.1.2 年变化

(1) 平均气压

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站的平均气压年变化在 998.1hPa（7 月）～1021.2hPa（12 月）之间，呈“U”型变化特征。平均最高气压变化在 999.6hPa（7 月）～1023.9hPa（12 月）之间；平均最低气压变化在 996.3hPa（7 月）～1018.6hPa（12 月）之间。整体看来，一年之中，冬季气压较高，夏季气压较低，春、秋季气压近似。

表 4.1-1 赤壁气象站累年（1989-2018 年）各月
及年平均气压、平均最高、平均最低气压统计表（hPa）

月年 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气压	1020.9	1017.9	1013.9	1008.4	1004.3	999.6	998.1	1000.3	1006.9	1013.9	1017.6	1021.2	1010.2
平均最高	1023.6	1020.6	1016.7	1011.0	1006.4	1001.2	999.6	1001.9	1008.6	1015.9	1020.0	1023.9	1012.4
平均最低	1018.2	1015.0	1010.7	1005.4	1001.9	997.8	996.3	998.5	1005.1	1011.8	1015.1	1018.6	1007.9

平均最高气压和平均最低气压的年变化特征与平均气压的年变化特征基本一致。气压有随季节变化的特性，冬季一般受冷高压或冷高压前伸的高压脊控制，气压较高。而夏季往往受到气旋性天气系统的影响，气压常出现低值。

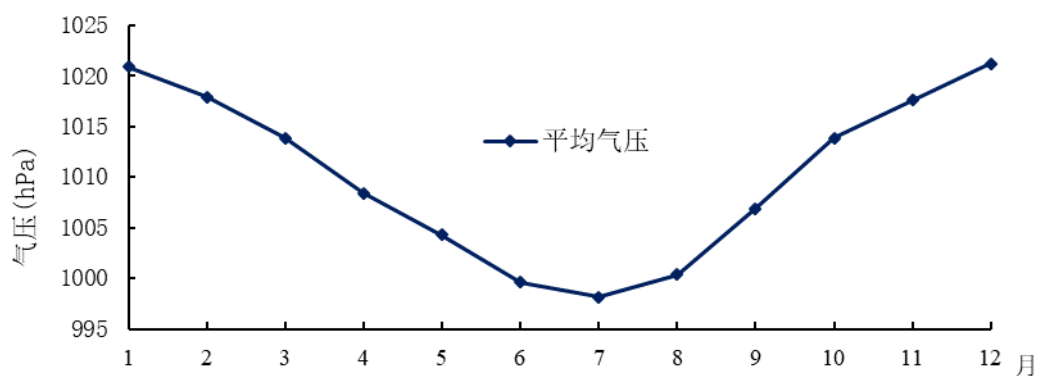


图 4.1-4 赤壁气象站累年（1989-2018 年）平均气压的年变化

（2）极端最高气压

赤壁气象站自 1980 年开始有极端最高气压的资料，各月极端最高气压值在 1007.7~1043.3hPa 之间（表 4.1-2），最大值 1043.3hPa 出现在 2016 年 1 月 24 日。气压的年变化特征是冬季高，夏季低。

表 4.1-2 赤壁气象站 1980-2018 年各月极端最高气压（hPa）

月 站名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最高
赤壁	1043.3	1038	1036	1030.1	1020.7	1011.5	1007.7	1013.2	1019.2	1029	1038.3	1037.4	1043.3

（3）极端最低气压

赤壁气象站自 1980 年开始有极端最低气压的资料，各月极端最低气压值在 984.8~1004.7hPa 之间（表 4.1-3）。

表 4.1-3 赤壁气象站（1980-2018 年）各月极端最低气压（hPa）

月 站名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年最低
赤壁	1003.7	984.8	994	990.9	989.8	990.1	986.3	987.5	993.4	998.5	1000.4	1004.7	984.8

4.1.3 日变化

图 4.1-5 为赤壁气象站近 10 年（2009-2018 年）平均气压的日变化曲线，地面气压呈“W”型日变化特征，气压从 04 时开始逐渐升高，到 10 时达到峰值 1011.6hPa；之后开始下降，最低值出现在 17 时，为 1008.6hPa；之后又开始缓慢升高，在 23 时达到次高值 1010.8hPa，随后开始下降，直至 04 时。

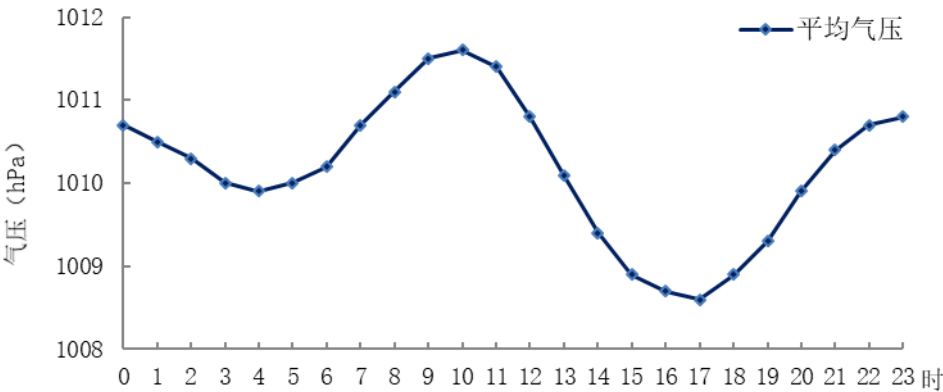


图 4.1-5 赤壁气象站累年（2009-2018 年）平均气压日变化

4.2 气温

4.2.1 年际变化

(1) 平均温度

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站累年平均气温、平均最高气温及平均最低气温分别为 17.7℃、22.4℃、14.3℃，其中年平均气温在 16.5℃（1989 年）~18.9℃（2013 年）之间变化，年平均最高气温在 20.7℃（1989 年）~23.8℃（2013 年）之间变化，年平均最低气温在 13.2℃（1993 年）~15.3℃（2018 年）之间变化。年平均、平均最高及平均最低气温年际变化均有上升趋势（图 4.2-1）。龙佑和陆水湖区域站自 2015 年 12 月开始有气温资料，选取资料完整的日期进行对比（表 4.2-1）。

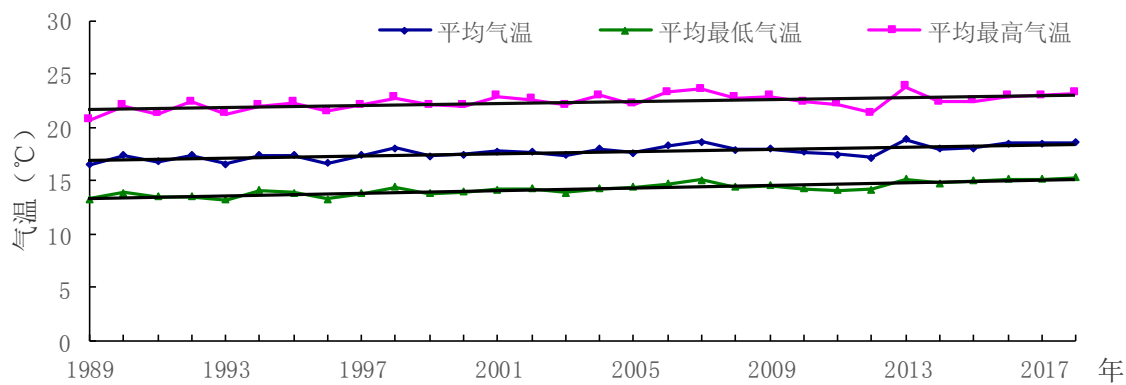


图 4.2-1 赤壁气象站 1989-2018 年平均气温、平均最高、平均最低气温年际变化

表 4.2-1 气象站和区域站（2015.12-2018.12）平均气温、平均最高气温、平均最低气温（℃）

站名	赤壁	龙佑	陆水湖
项目			
平均气温	20.0	18.7	19.5
平均最高气温	24.7	24.6	24.4
平均最低气温	16.6	14.7	15.9

（2）极端气温

从图 4.2-2 中可见，赤壁气象站自建站（1959 年）开始有极端高温、极端低温的资料，1959-2018 年的年极端最高气温在 36.4℃（1987 年）～41.5℃（2013 年）之间变化。年极端高温在 40℃及以上的年份有 10 年，分别为 1959 年、1961 年、1966 年、1967 年、1971 年、1978 年、1992 年、2003 年、2013 年、2017 年。

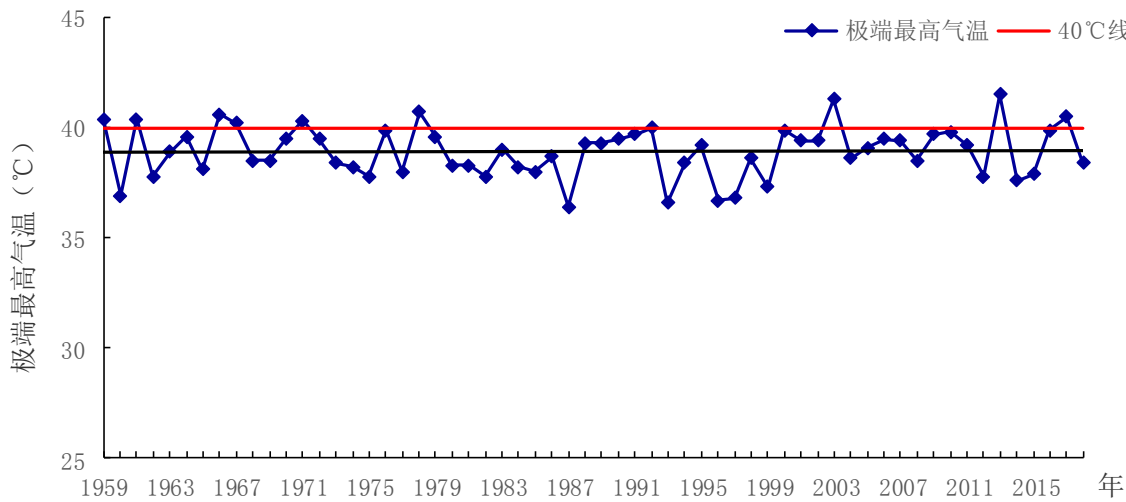


图 4.2-2 赤壁气象站 1959-2018 年极端最高气温年际变化

从图 4.2-3 中可见，赤壁气象站 1959-2018 年的年极端最低气温在 -14.6°C （1969 年） $\sim -0.7^{\circ}\text{C}$ （2015 年）之间变化。年极端最低气温在 -10°C 及以下的有 5 年，分别为 1960 年、1969 年、1972 年、1977 年和 1991 年；近 10 年的年最低气温在 $-6.0^{\circ}\text{C} \sim -0.7^{\circ}\text{C}$ 之间，极端最低气温有上升的趋势。

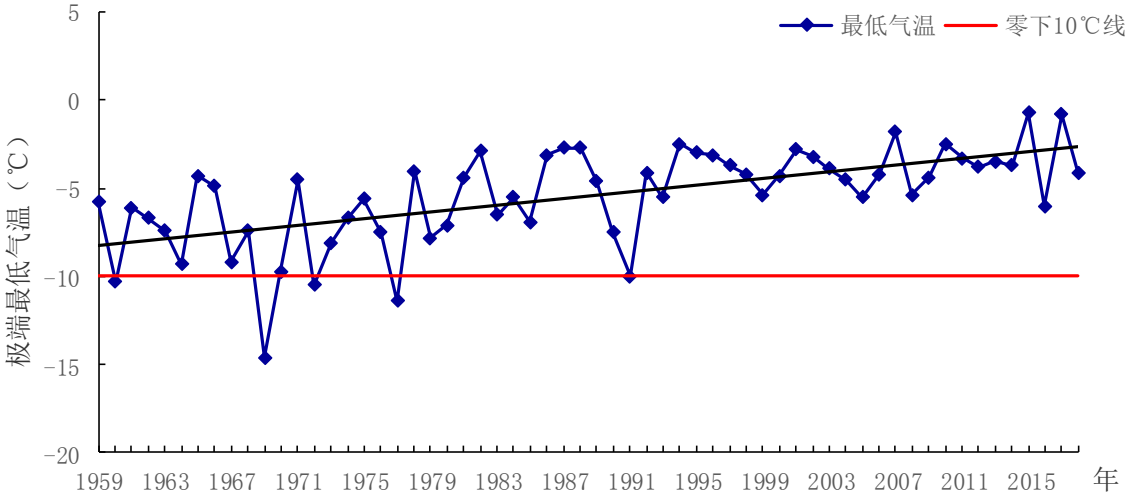


图 4.2-3 赤壁气象站 1959-2018 年极端最低气温年际变化

2015 年 12 月至 2018 年 12 月资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站对比（表 4.2-2）。三站极端最高气温均出现在 2017 年 7 月 26 日，极端最低气温均出现在 2018 年 1 月 30 日。

表 4.2-2 气象站和区域站（2015.12-2018.12）极端最高气温、极端最低气温（ $^{\circ}\text{C}$ ）

站名	赤壁	龙佑	陆水湖
项目			
极端最高气温	40.5	41.4	40.5
极端最低气温	-4.0	-7.4	-4.7

4.2.2 年变化

（1）平均气温

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站平均气温、平均最高气温、平均最低气温年变化分别在 $4.9 \sim 29.6^{\circ}\text{C}$ 、 $9.1 \sim 33.9^{\circ}\text{C}$ 、 $2.0 \sim 26.2^{\circ}\text{C}$ 之间，最高值均出现在 7 月，最低值均出现在 1 月。

表 4.2-1 赤壁气象站（1989-2018 年）

月平均气温、平均最高气温、平均最低气温统计表（单位：℃）

月年 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气温	4.9	7.5	11.8	18.0	22.7	26.2	29.6	28.5	24.4	18.8	12.8	7.2	17.7
平均最高气温	9.1	12.0	16.7	23.1	27.6	30.6	33.9	33.0	29.1	23.9	17.9	11.9	22.4
平均最低气温	2.0	4.3	8.2	14.1	18.8	22.8	26.2	25.2	21.0	15.3	9.3	4.0	14.3

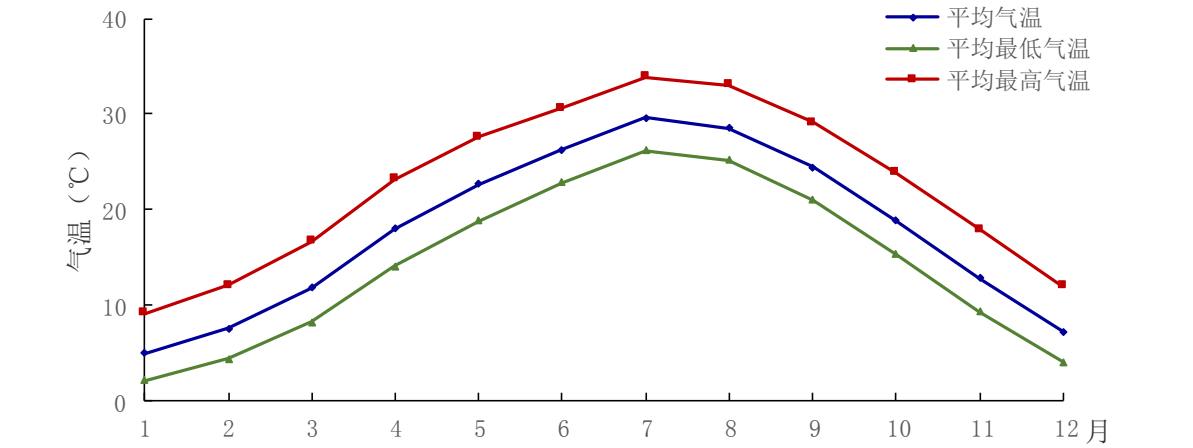
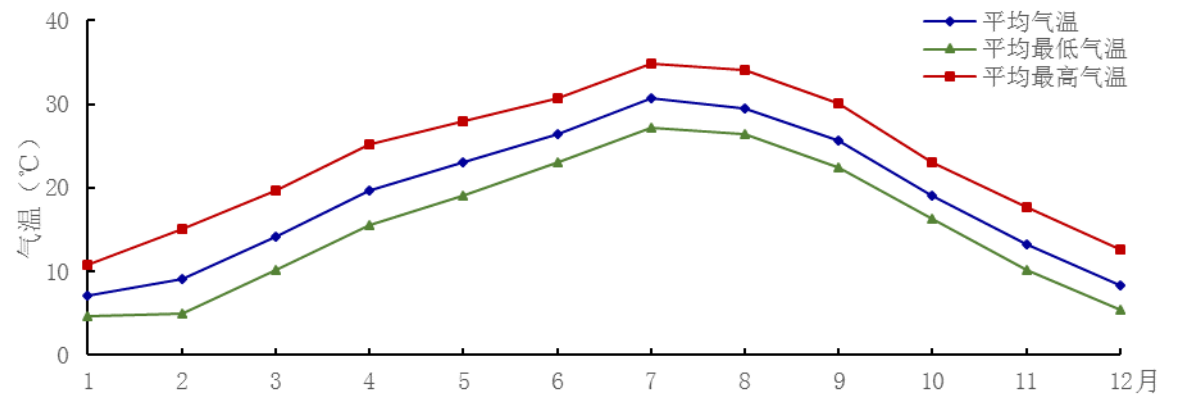


图 4.2-4 赤壁气象站累年（1989-2018 年）

平均气温、平均最高、平均最低气温年变化

2015 年 12 月至 2018 年 12 月资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站平均气温、平均最高气温、平均最低气温年变化（图 4.2-5）。



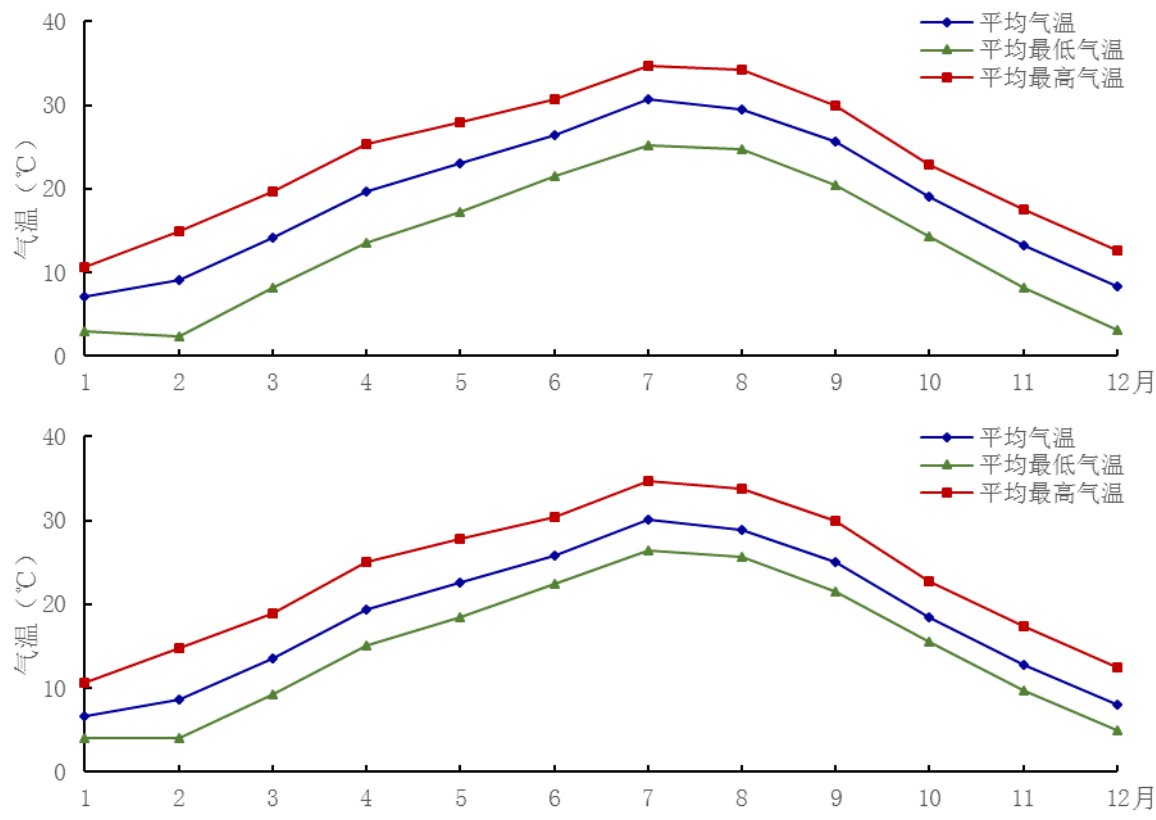


图 4.2-5 赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）
平均气温、平均最高、平均最低气温年变化

(2) 极端气温

由表 4.2-2 可见，赤壁气象站建站至今（1959-2018 年）的各月极端最高气温值在 25.9~41.5℃之间，最大值 41.5℃出现在 2013 年 8 月 10 日；各月极端最低气温值在 -14.6~18.8℃之间，最小值 -14.6℃出现在 1969 年 1 月 31 日。

表 4.2-2 赤壁气象站建站至今各月极端气温（℃）

月 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值
极端最高	26.6	29.5	34.4	36	37.7	38.6	41.2	41.5	39.2	36.2	32.7	25.9	41.5
极端最低	-14.6	-11.9	-3.0	0.3	8.7	12.6	18.8	16.8	9.8	2.0	-4.2	-10	-14.6

4.2.3 日变化

近 10 年（2009-2018 年）赤壁气象站小时平均气温呈单峰型变化。每天 06 时为一天气温的最低值，为 15.4℃；06 时开始，气温逐渐升高，到 14 时和 15 时达到峰值 21.5℃；之后开始下降，直至次日 06 时。

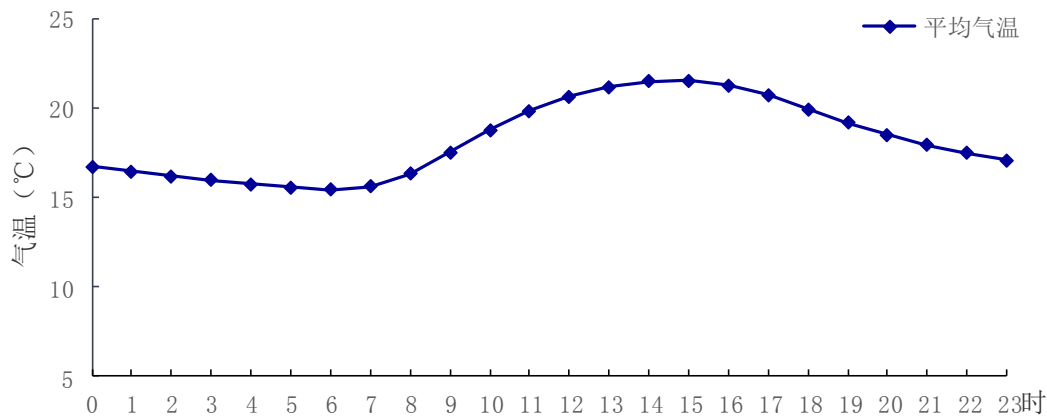


图 4.2-5 赤壁气象站累年（2009-2018 年）平均气温日变化

2015 年 12 月至 2018 年 12 月资料完整时段，赤壁气象站、龙佑和陆水湖区域站小时平均气温对比（图 4.2-6）。

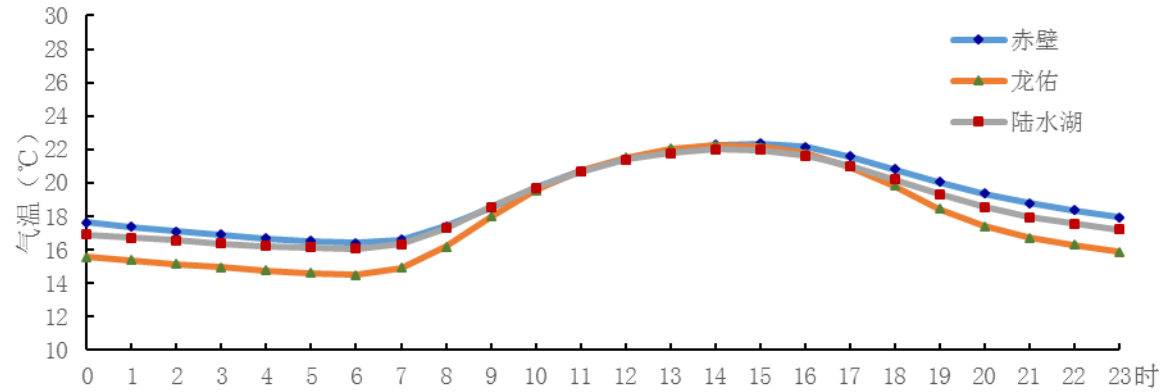


图 4.2-6 赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站（2015.12-2018.12）平均气温日变化

4.3 降水

4.3.1 降水量年际变化

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站累年平均降水量为 1596.1mm，降水量在 1151.5mm（2005 年）～2183.8mm（2010 年）之间变化（图 4.3-1）。

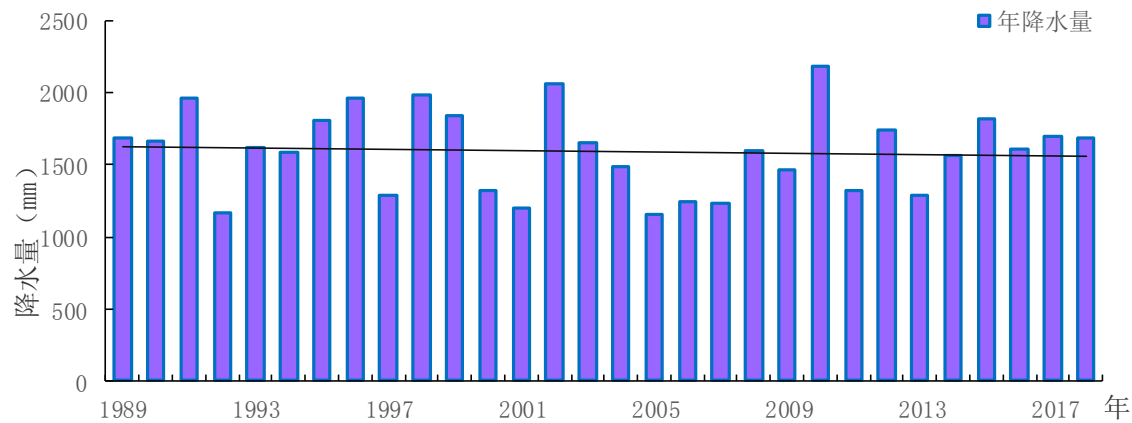


图 4.3-1 赤壁气象站 1989-2018 年降水量年际变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站年平均降水量、最大降水量、最小降水量（表 4.3-1）。

4.3-1 气象站和区域站（2016-2018 年）年平均降水量、最大降水量、最小降水量（mm）

站名 项目	赤壁	龙佑	陆水湖
平均降水量	1535.6	1467.1	1330.4
最大降水量	1681.8	1773.7	1720.1
最小降水量	1323.6	1194.3	1072.6

4.3.2 降水量年变化

近 30 年（1989～2018 年）赤壁气象站各月降水量在 47.3mm（12 月）～238.3mm（6 月）之间变化，季节变化特征明显，冬季（12～2 月）平均降水量在四季之中最少，各月在 47.3～96.9mm 之间；春季（3～5 月）各月在 132.9～206.2mm 之间，占全年降水量的 33.7%；夏季（6～8 月）各月在 144.5～238.3mm 之间，占全年降水量的 37.2%。

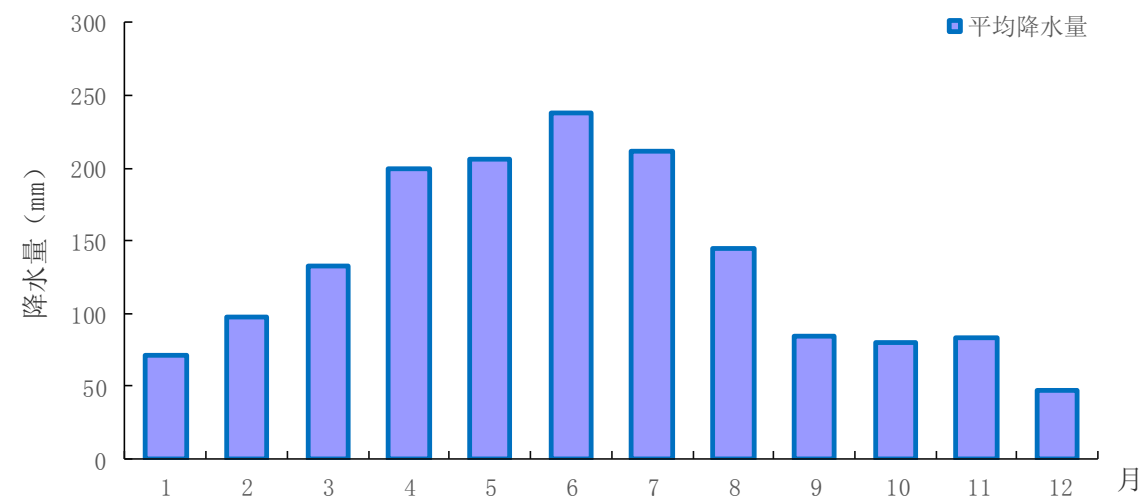
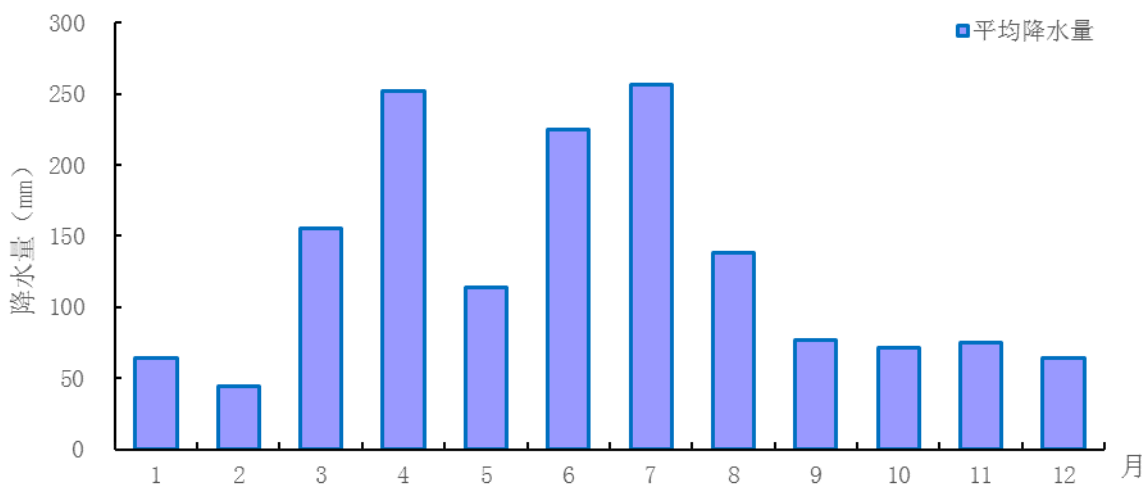


图 4.3-2 赤壁气象站累年（1989-2018 年）降水量年变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站平均降水量季节和年变化（表 4.3-2、图 4.3-3）。

4.3-2 气象站和区域站（2016-2018 年）平均季节降水量及占全年比例

站名 项目	赤壁	龙佑	陆水湖
春季（mm）/占全年比例（%）	521.3 /33.9	425.5 /29.0	398.0 /29.9
夏季（mm）/占全年比例（%）	618.9 /40.3	655.8 /44.7	628.2 /47.2
秋季（mm）/占全年比例（%）	222.6 /14.5	221.4 /15.1	153.4 /11.5
冬季（mm）/占全年比例（%）	172.8 /11.3	164.3 /11.2	150.8 /11.3



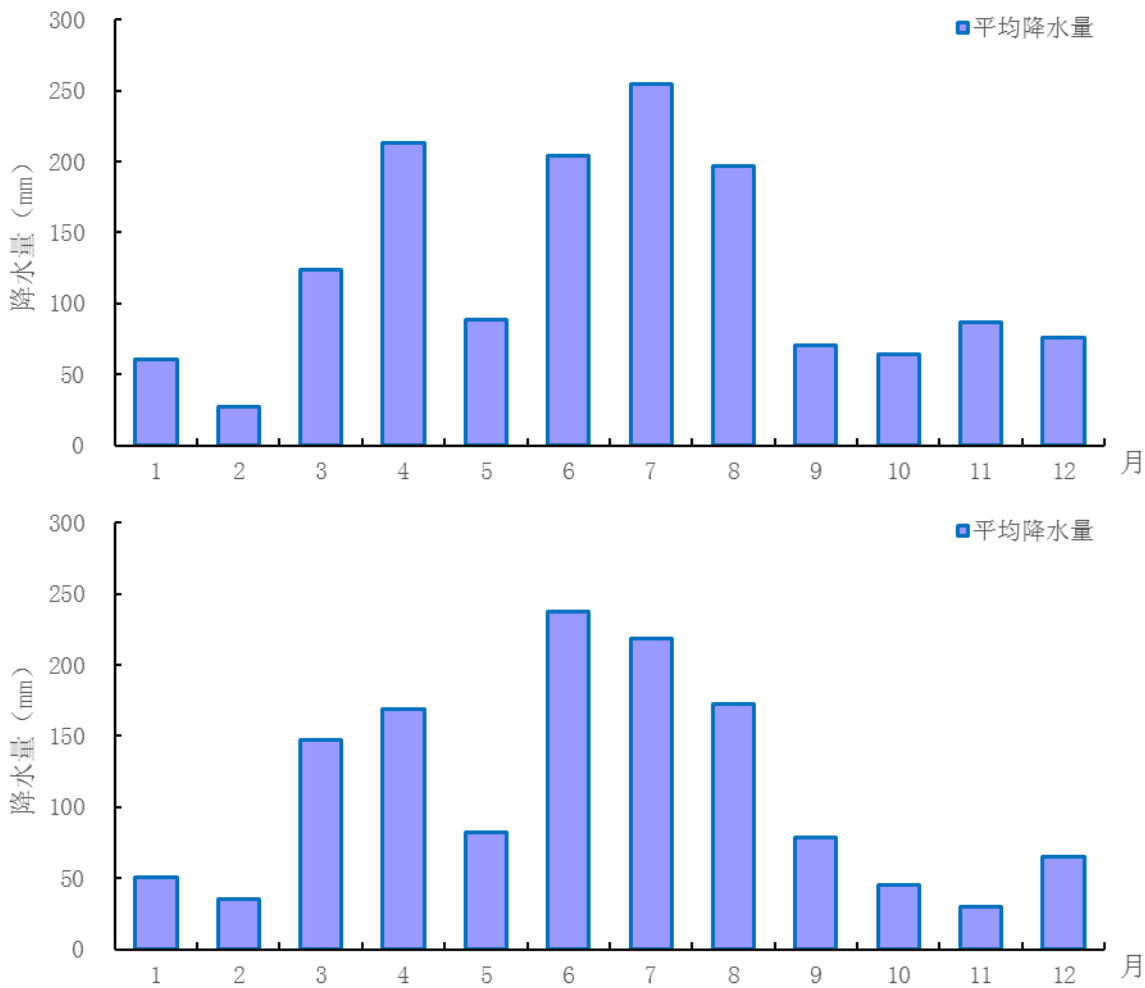


图 4.3-3 赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）降水量年变化

4.3.3 降水日数

4.3.3.1 年际变化

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站年平均降水日数为 146.0 天，历年降水日数在 121 天（2013 年）~173 天（2012 年）之间，年际变化呈持平趋势（见图 4.3-3）。

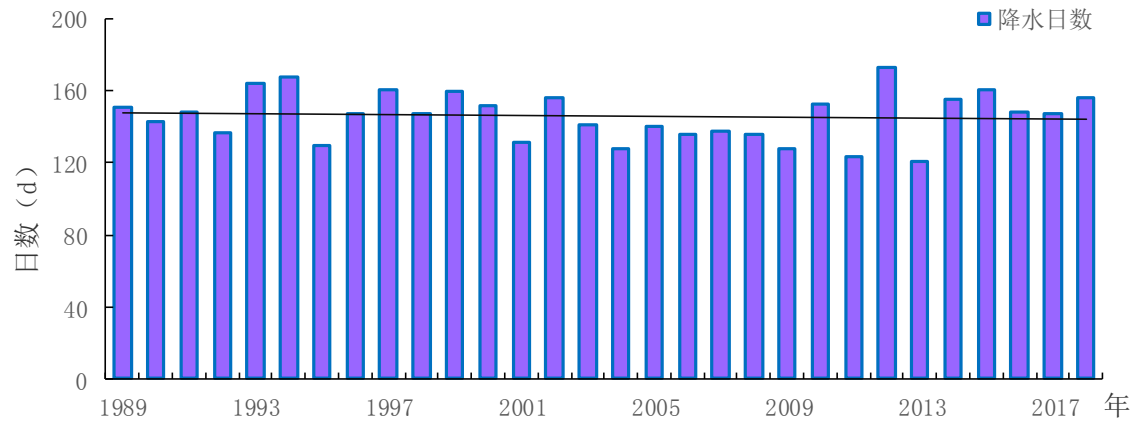


图 4.3-3 赤壁气象站 1989-2018 年降水日数年际变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站降水日数（表 4.3-2）。

4.3-2 气象站和区域站（2016-2018 年）降水日数（天）

站名	赤壁	龙佑	陆水湖
降水日数			
2016 年	136	130	116
2017 年	143	148	165
2018 年	131	151	146
平均	136.7	143	142.3

4.3.3.2 年变化

赤壁气象站各月平均降水日数在 9.3 天（12 月）~15.6 天（3 月）之间变化。从季节分布看，秋季（9~11 月）降水日数最少，各月在 9.5~10.6 天之间；其次是冬季（12~2 月），各月在 9.3~12.4 天之间；春、夏季（3~5 月、6~8 月）各月在 12.2~15.6 天之间。

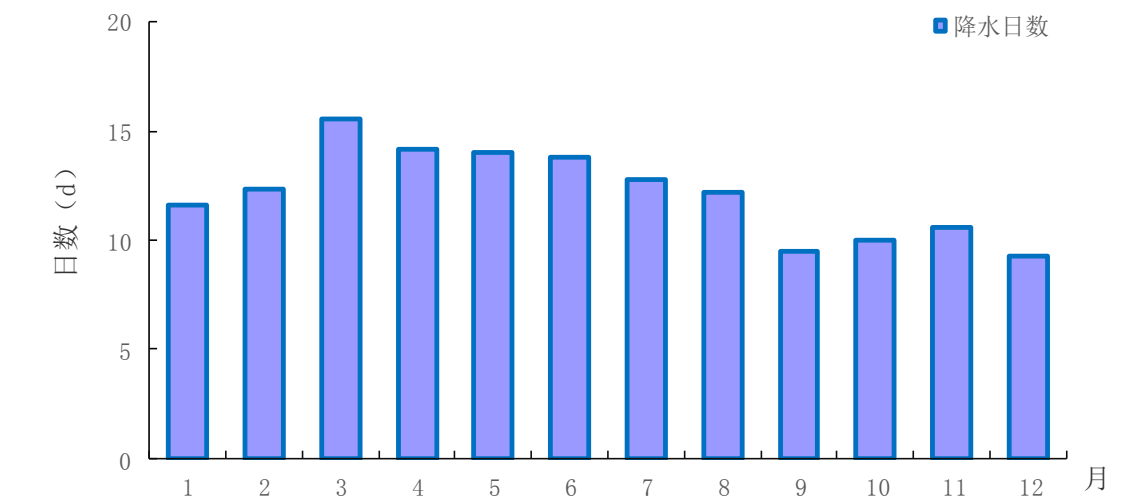
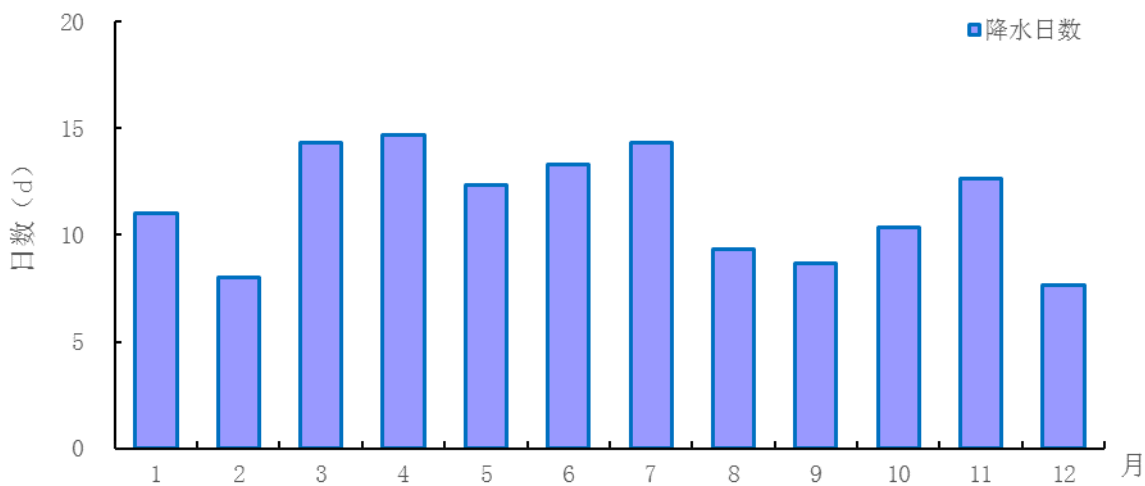


图 4.3-4 赤壁气象站累年（1989-2018 年）降水日数年变化

2016 年-2018 年资料完整时段，赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站降水日数季节和年变化（表 4.3-3、图 4.3-5）。

4.3-3 气象站和区域站（2016-2018 年）降水日数季节分布（天）

站名	赤壁	龙佑	陆水湖
项目			
春季	13.8	12.6	12.0
夏季	12.3	12.8	15.4
秋季	10.6	11.9	9.6
冬季	8.9	10.4	10.4



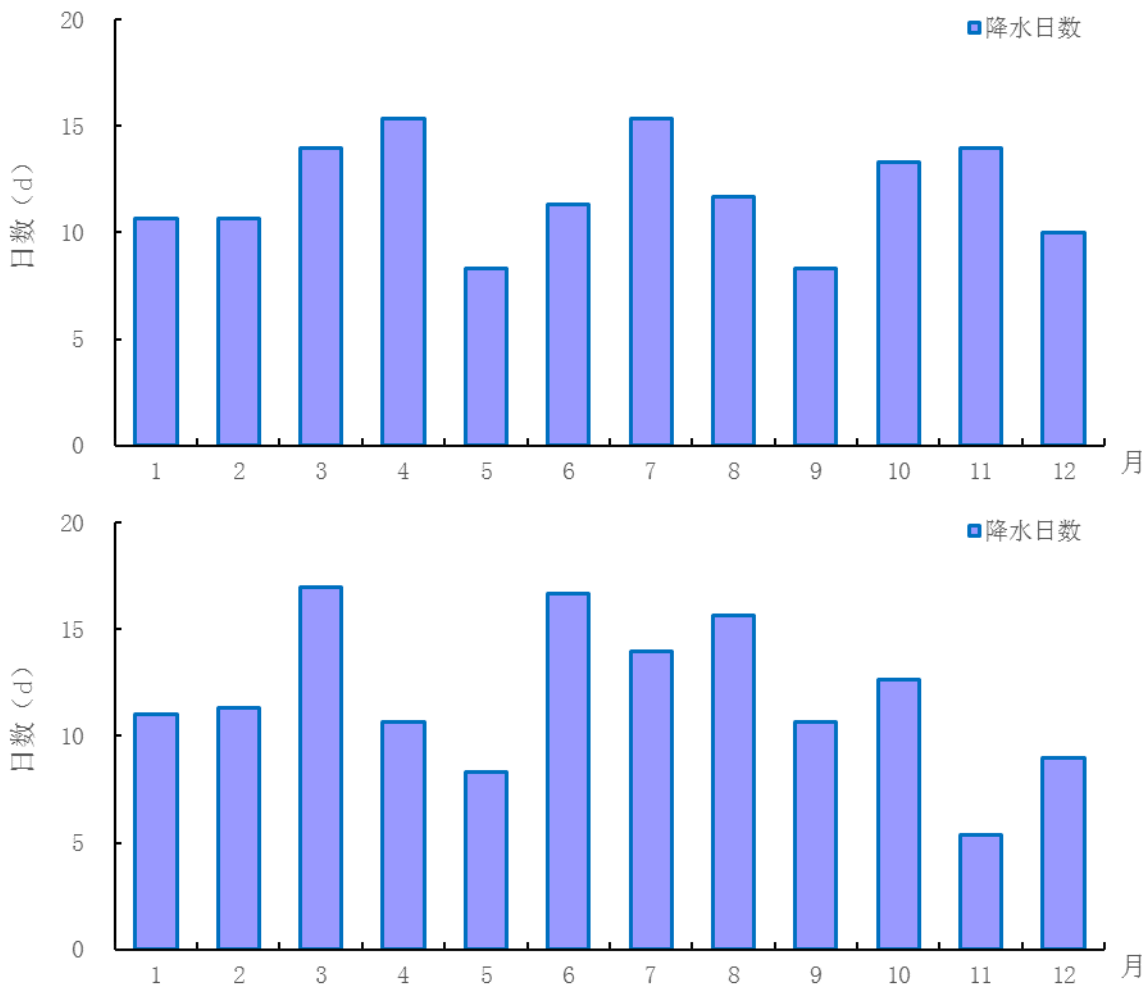


图 4.3-5 赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）降水日数年变化

4.4 风

4.4.1 风速年际变化

(1) 平均风速

近 30 年（1989-2018 年），赤壁气象站年平均风速为 1.5m/s，在 1.1~2.0m/s 之间变化，风速年际变化呈明显下降趋势。1992-1996、1998 年的风速较大，在 1.8m/s 以上，其中 1992-1993 年平均风速最大，为 2.0m/s，而后，风速整体呈下降趋势（图 4.4-1）。

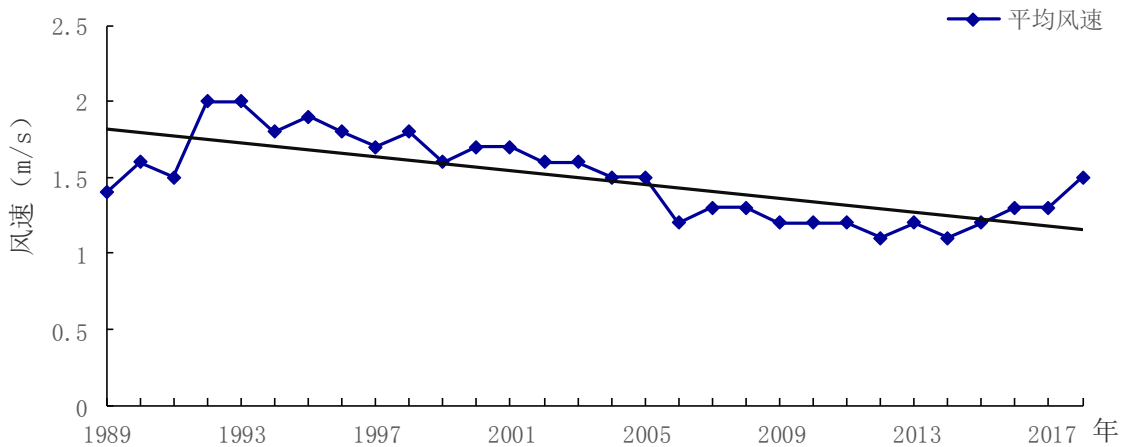


图 4.4-1 赤壁气象站 1989-2018 年年平均风速年际变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站年平均风速（表 4.4-1）。

4.4-1 气象站和区域站（2016-2018 年）年平均风速（m/s）

站名	赤壁	龙佑	陆水湖
平均风速			
2016 年	1.4	1.7	1.7
2017 年	1.4	1.6	1.7
2018 年	1.5	1.7	1.7
平均	1.4	1.7	1.7

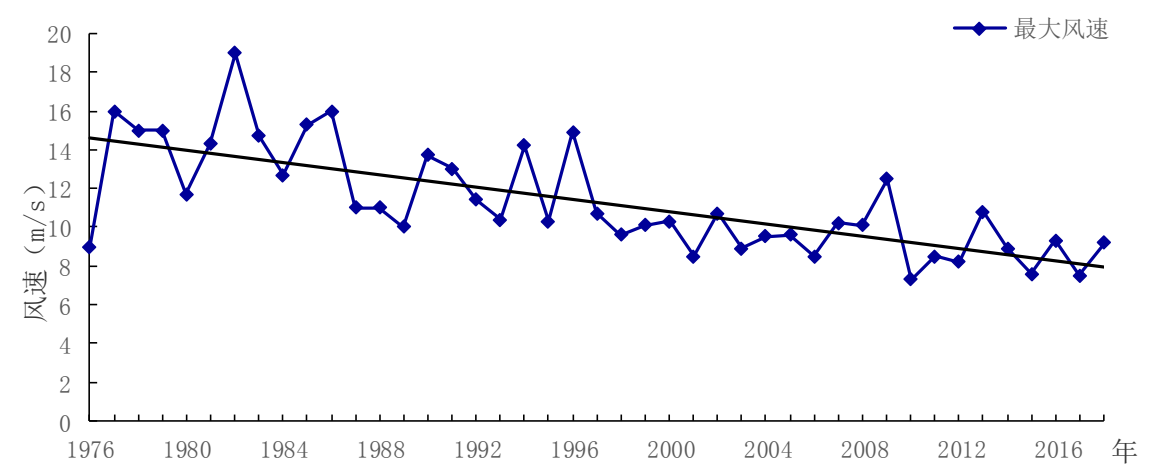
（2）最大风速

赤壁气象站自 1976 年开始，有最大风速的观测。从表 4.4-2 和图 4.4-2 中可以看出，近 43 年（1976-2018 年）最大风速的最大值为 19.0m/s（NNE），出现在 1982 年 5 月 12 日；次大值为 16.0m/s（NNW 和 ESE），出现在 1977 年 4 月 16 日和 1986 年 7 月 31 日。年最大风速以夏季出现频次最多。最大风速对应的风向多以 SW 向的风居多。

表 4.4-2 赤壁气象站历年最大风速（1976-2018 年）

年份	10min 平均最大风速（m/s）	风向	时间（月日）	年份	10min 平均最大风速（m/s）	风向	时间（月日）
1976	9.0	NNE	1110	1998	9.6	NE	0319
1977	16.0	NNW	0416	1999	10.1	S	0801
1978	15.0	SSW SE	0719 0805	2000	10.3	SW	0807

年份	10min 平均最大风速 (m/s)	风向	时间 (月日)	年份	10min 平均最大风速 (m/s)	风向	时间 (月日)
1979	15.0	NW	0423	2001	8.5	SW	0629
1980	11.7	SE	0727	2002	10.7	SE	0801
1981	14.3	NNE	1008	2003	8.9	S	0221
1982	19.0	NNE	0512	2004	9.5	N	1001
1983	14.7	S	0425	2005	9.6	SW	0710
1984	12.7	ENE	0620	2006	8.5	SW	0704
1985	15.3	WSW	0724	2007	10.2	SSE	0730
1986	16.0	ESE	0731	2008	10.1	SE	0812
1987	11.0	SE	0604	2009	12.5	SSW	0828
1988	11.0	SW	0813	2010	7.3	SW	0701 0702 0814
1989	10.0	NNE SW	0126 0724	2011	8.5	S	0430
1990	13.7	WSW	0811	2012	8.2	SW	0817
1991	13.0	W	0806	2013	10.8	ESE	0818
1992	11.4	W	0421	2014	8.9	SSW	0728
1993	10.4	S	0722	2015	7.6	SE	0828
1994	14.2	SE	0725	2016	9.3	ENE	0619
1995	10.3	SW	0822	2017	7.5	SW	0219
1996	14.9	ESE	0806	2018	9.2	SSW	0518
1997	10.7	SE	0911				



2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站最大风速风向及

出现时间（表 4.4-3）。

表 4.4-3 气象站和区域站（2016-2018 年）最大风速风向及出现时间

站名 \ 项目	最大风速风向	最大风速风向出现时间
赤壁	9.3/ENE	2016 年 6 月 19 日
龙佑	11.7 /SSE	2016 年 8 月 2 日
陆水湖	13.0 /S	2016 年 8 月 2 日

（3）极大风速

赤壁气象站自 1992 年开始，有极大风速的观测。从表 4.4-4 和图 4.4-3 中可以看出，近 27 年（1992-2018 年）极大风速的最大值为 25.8m/s（SE 和 E），出现在 1994 年 7 月 25 日和 1996 年 8 月 18 日；次大值为 22.3m/s（SSW），出现在 2009 年 8 月 28 日。年极大风速以 8 月出现频次最多。极大风速对应的风向以偏南风居多。

表 4.4-4 赤壁气象站历年极大风速（1992-2018 年）

年份	极大风速 (m/s)	风向	时间 (月日)	年份	极大风速 (m/s)	风向	时间 (月日)
1992	19.8	WSW	0421	2006	15.6	NNW	0412
1993	17.9	WNW	0430	2007	19.2	S	0730
1994	25.8	SE	0725	2008	21.5	SSE	0812
1995	17.5	NNE	0316	2009	22.3	SSW	0828
1996	25.8	E	0818	2010	13.8	SW	0814
1997	17.5	SE	0827	2011	15.1	SW	0628
1998	17.3	NE	0319	2012	15.0	NW	0428
1999	15.2	S	0801	2013	19.6	ESE	0818
2000	16.9	SW	0330	2014	15.5	SSW	0728
2001	14.6	NE	0808	2015	14.5	SE	0828
2002	18.8	W	0405	2016	17.0	E	0619
2003	13.8	S	0221	2017	15.5	SSE	0716
2004	21.0	S	0720	2018	16.6	S	0731
2005	19.4	W	0501				

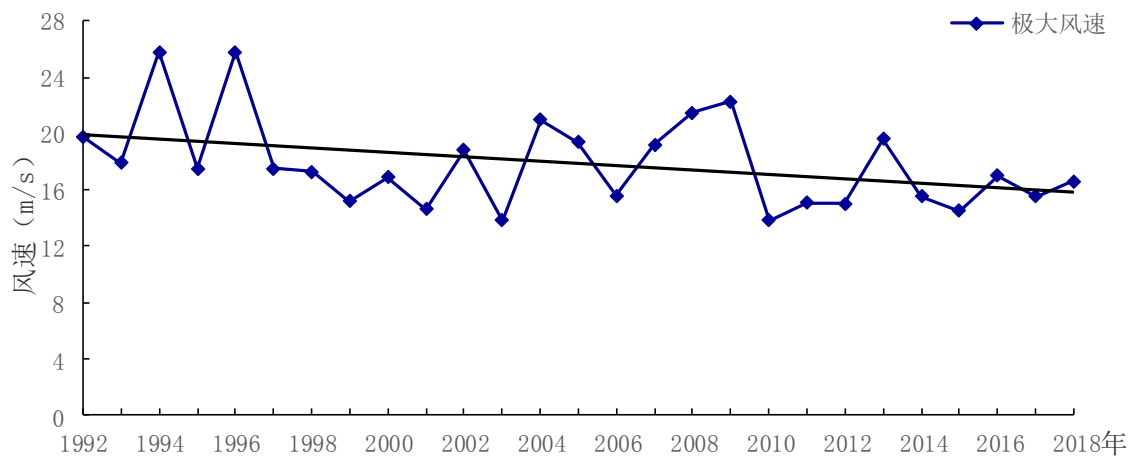


图 4.4-3 赤壁气象站 1992-2018 年极大风速年际变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站极大风速风向及出现时间（表 4.4-4）。

表 4.4-4 气象站和区域站（2016-2018 年）极大风速风向及出现时间

站名 \ 项目	极大风速风向	极大风速风向出现时间
赤壁	17.0/E	2016 年 6 月 19 日
龙佑	19.6 /NE	2016 年 6 月 15 日
陆水湖	19.5 /S	2016 年 7 月 20 日

4.4.2 风速年变化

近 30 年，赤壁气象站逐月平均风速均在 1.0m/s 以上。平均风速 7 月最大，为 1.9m/s；1 月、10-12 月最小，为 1.3m/s。从季节上看，春季、夏季风速较大，秋季、冬季风速较小（图 4.4-4）。

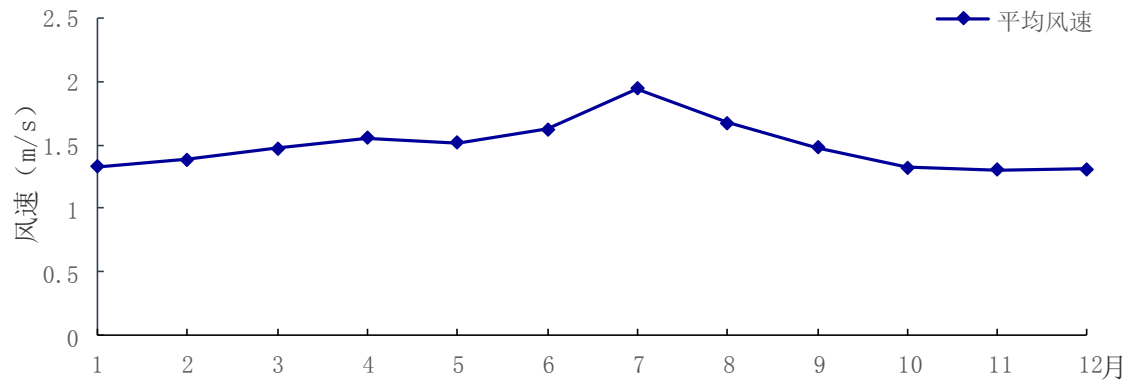


图 4.4-4 赤壁气象站累年（1989-2018 年）平均风速年变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站平均风速年变化（图 4.4-5）。

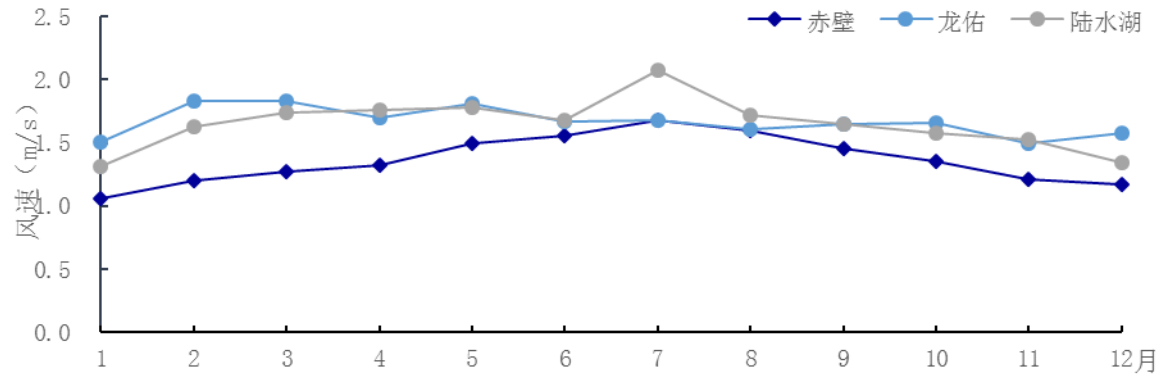


图 4.4-5 赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）平均风速年变化

4.4.3 风速日变化

从图 4.4-5 可知，赤壁气象站近 10 年（2009-2018 年）风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小。风速日变化在 1.0m/s（21 时-次日 07 时）~1.7m/s（12-16 时）之间，其中 20 时~次日 08 时是全天风速相对较小的时段，11~17 时是全天风速相对较大的时段。

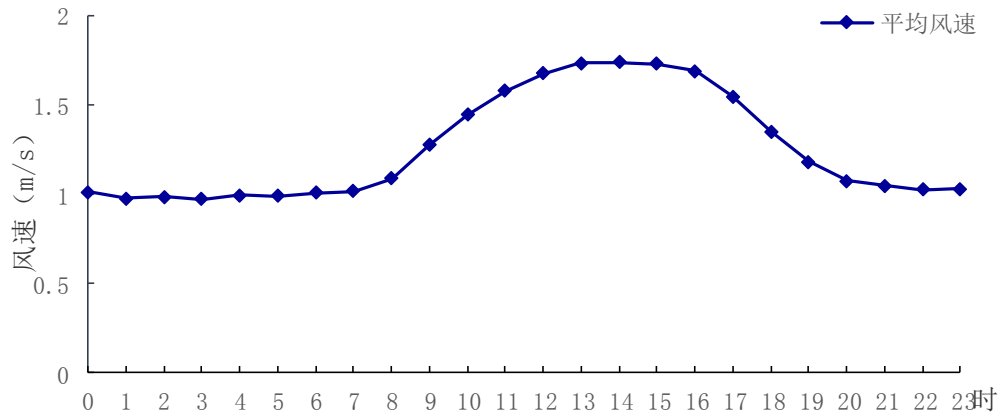


图 4.4-6 赤壁气象站累年（2009-2018 年）平均风速日变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小，风速日变化在 1.1m/s（01 时-07 时）~1.9m/s（14-15 时）之间，其中 20 时~次日 07 时是全天风速相对较小的时段，10~17 时是全天风速相对较大的时段。龙佑风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小，风速日变化在 1.2m/s（06 时）~2.5m/s（13-14 时）之间，其中 19 时~次日 08 时是全天风速相对较小的时段，10~17 时是全天风速相对较大的时段。陆水湖站风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小，风速日变化在 1.5m/s（21 时-次日 07 时）~2.2m/s（16 时）之间，其中 20 时~次日 08 时是全天风速相对较小的时段，11~18 时是全天风速相对较大的时段。

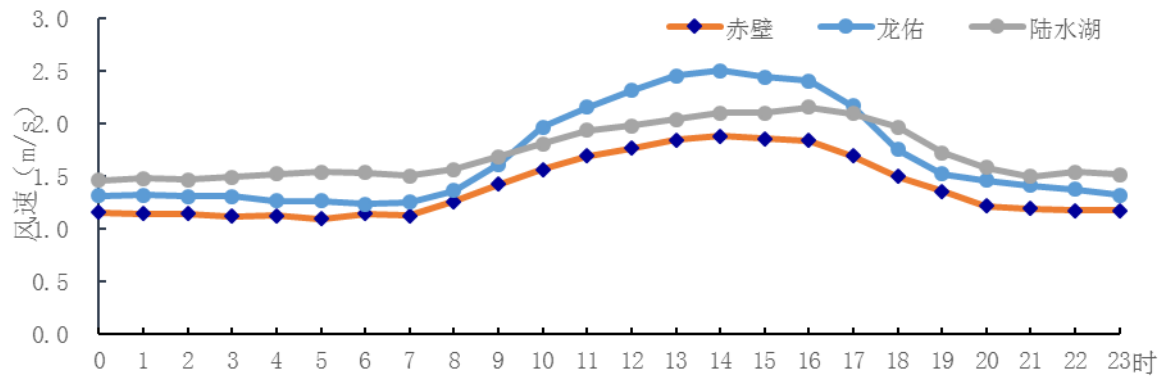


图 4.4-7 赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）平均风速日变化

4.4.4 风向频率年及季节变化

近 30 年（1989-2018 年），赤壁气象站累年最多风向为 N 风，风向频率为 10.7%，次多风向为 E 风，风向频率为 8.6%。按月统计， 5 月、6 月最多风向为 ESE 风，7 月最多风向为 SW 风，其余月份皆为 N 风；次多风向频率，2 月为 NE 风向，4 月、7 月、8 月为 ESE 风向，5 月、6 月为 E 风向，其余皆为 NNE 风向。春季、秋季、冬季出现频率最高的均是 N 风向，风向频率分别为 9.7%、11.7%、14.3%，夏季出现频率最高的是 ESE 风向，风向频率为 10.0%。（见图 4.4-8）。

表 4.4-5 赤壁气象站近 30 年（1989-2018 年）各月最多、次多风向及频率(%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最多风向	N	N	N	N	ESE	ESE	SW	N	N	N	N	N	N
频率 (%)	16.6	15.3	13.5	8.4	9.6	10.8	11.6	10.0	11.9	11.7	11.6	11.0	10.7
次多风向	NNE	NE	NNE	ESE	E	E	ESE	ESE	NNE	NNE	NNE	NNE	E
频率 (%)	10.3	9.9	8.3	8.3	7.9	9.1	10.1	9.0	10.9	11.1	10.8	10.8	8.6

表 4.4-6 赤壁气象站近 30 年（1989-2018 年）四季及年各风向频率(%)

方位	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	9.7	7.0	6.5	6.2	7.9	8.0	5.0	3.0	4.1	3.7	5.1	3.5	4.2	3.9	5.0	4.8	12.4
夏	7.1	4.8	4.6	4.6	8.3	10.0	6.1	3.4	5.9	5.3	8.5	5.1	4.6	3.7	4.2	4.2	9.6
秋	11.7	10.9	8.3	7.2	10.1	8.1	3.4	1.6	1.9	1.8	2.6	1.9	3.0	3.4	4.5	5.8	13.8
冬	14.3	10.2	9.8	7.8	8.3	5.3	3.0	1.5	2.1	1.7	2.4	1.7	2.9	3.1	4.6	5.9	15.3
年	10.7	8.2	7.3	6.5	8.6	7.9	4.4	2.4	3.5	3.2	4.6	3	3.7	3.5	4.6	5.2	12.8

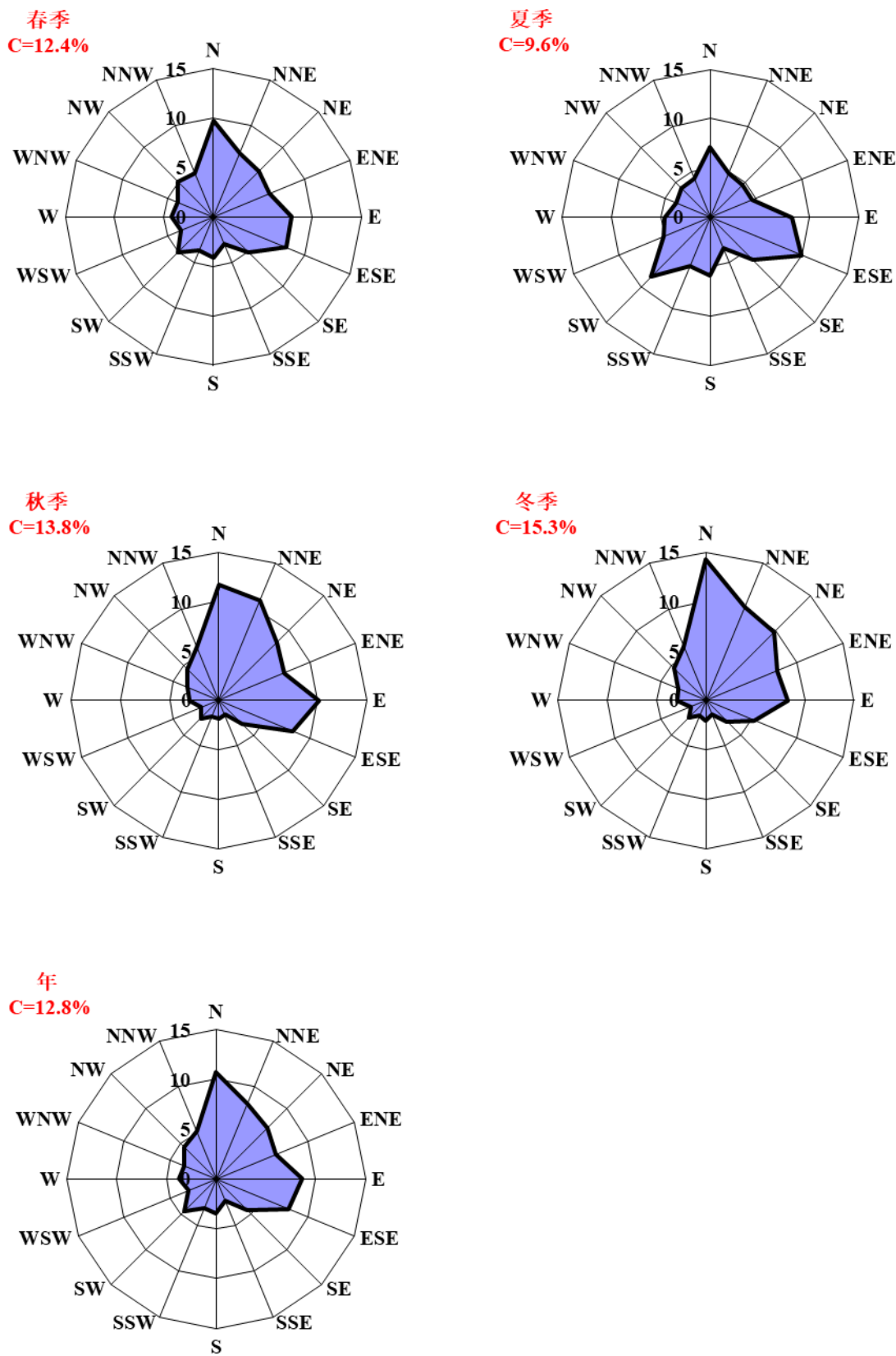


图 4.4-8 赤壁气象站累年（1989-2018 年）四季及年风向频率（%）

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站四季和年各风向频率（表 4.4-7、4.4-8、4.4-9）。

表 4.4-7 赤壁气象站（2016-2018 年）四季及年各风向频率(%)

方位 项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	7.2	7.8	3.5	5.7	9.1	10.6	5.5	3.9	6.3	4.9	5.2	4.7	4.4	5.4	5.8	6.6	3.4
夏	6.0	6.3	3.3	4.0	10.0	12.3	5.9	3.3	7.0	5.3	8.5	7.3	5.0	3.9	4.4	5.4	2.0
秋	10.5	15.5	5.5	7.0	11.2	6.8	3.1	2.0	3.8	3.4	4.1	3.7	4.4	5.1	4.7	6.3	2.7
冬	8.8	11.0	7.3	7.3	11.8	8.0	4.3	2.8	4.5	3.5	3.5	2.8	3.5	5.0	4.5	7.0	4.5
年	8.0	10.0	4.6	5.8	10.3	9.6	4.8	3.0	5.6	4.4	5.5	4.8	4.4	4.9	4.9	6.2	3.0

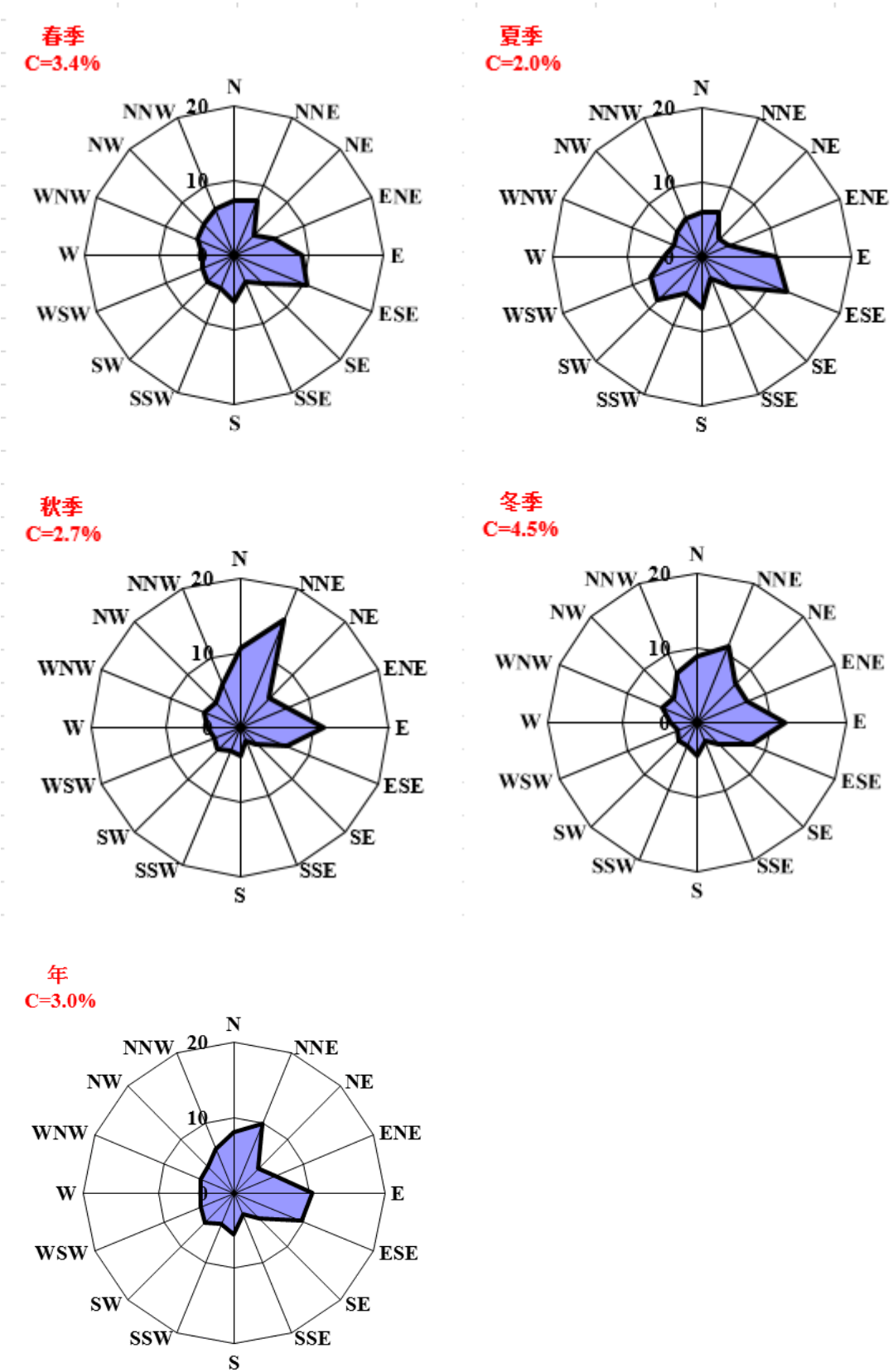
表 4.4-8 龙佑区域站（2016-2018 年）四季及年各风向频率(%)

方位 项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	3.0	9.6	9.3	7.3	10.0	5.3	3.8	3.7	6.1	6.7	5.5	5.5	5.2	5.5	5.2	3.8	4.5
夏	2.6	8.1	7.1	6.6	8.2	5.8	5.0	4.6	6.5	7.6	7.3	6.9	6.0	4.7	4.3	3.7	4.9
秋	3.9	15.0	14.0	7.8	7.1	4.2	2.7	2.3	4.5	4.0	4.2	5.5	5.3	4.8	4.5	4.0	6.2
冬	3.8	12.4	14.0	8.1	10.9	4.6	2.8	2.3	3.8	6.1	4.3	4.6	4.1	5.8	4.3	3.3	4.8
年	3.3	11.1	10.7	7.4	8.9	5.0	3.7	3.3	5.4	6.1	5.5	5.7	5.3	5.2	4.6	3.8	5.1

表 4.4-9 陆水湖区域站（2016-2018 年）四季及年各风向频率(%)

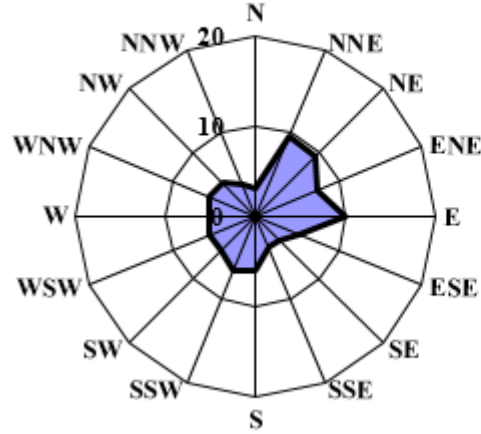
方位 项目	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	2.1	4.7	7.9	12.1	9.9	7.7	7.9	5.3	8.8	4.3	3.1	4.3	5.0	7.2	6.2	1.5	1.9
夏	1.7	4.1	8.7	13.3	11.6	8.6	6.8	4.8	10.4	4.5	4.5	4.3	5.2	5.2	3.9	1.2	1.2
秋	2.9	7.8	13.3	14.1	8.2	5.5	4.8	3.3	3.8	2.6	3.5	4.3	6.3	8.1	6.3	2.3	2.9
冬	2.3	6.3	11.3	13.6	9.8	7.8	6.8	5.3	4.8	2.3	2.3	3.0	4.3	8.5	7.8	2.5	1.5
年	2.3	5.6	10.1	13.2	9.9	7.3	6.6	4.6	7.3	3.6	3.5	4.1	5.3	7.1	5.9	1.8	1.9

赤壁站：

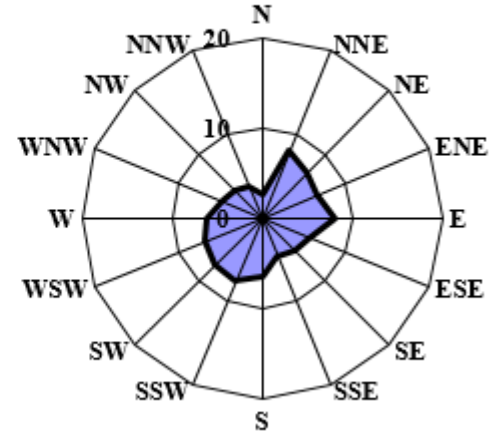


龙佑站:

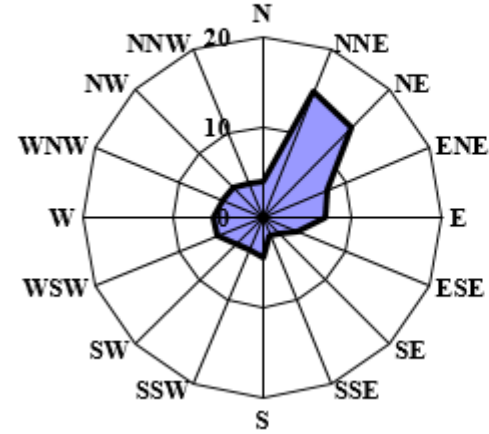
春季
C=4.5%



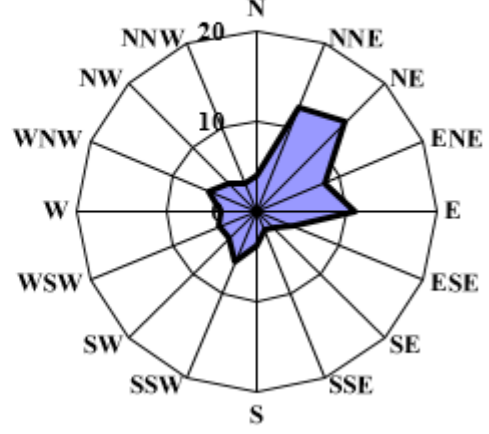
夏季
C=4.9%



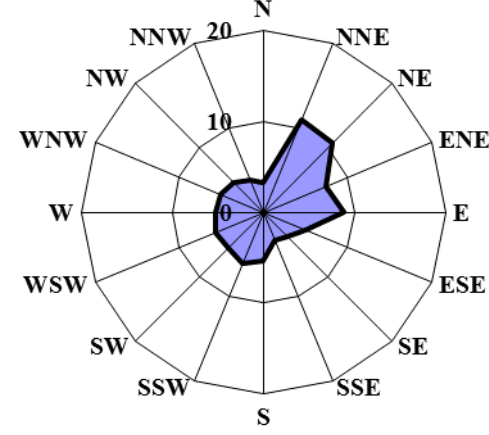
秋季
C=6.2%



冬季
C=4.8%



年
C=5.1%



陆水湖站：

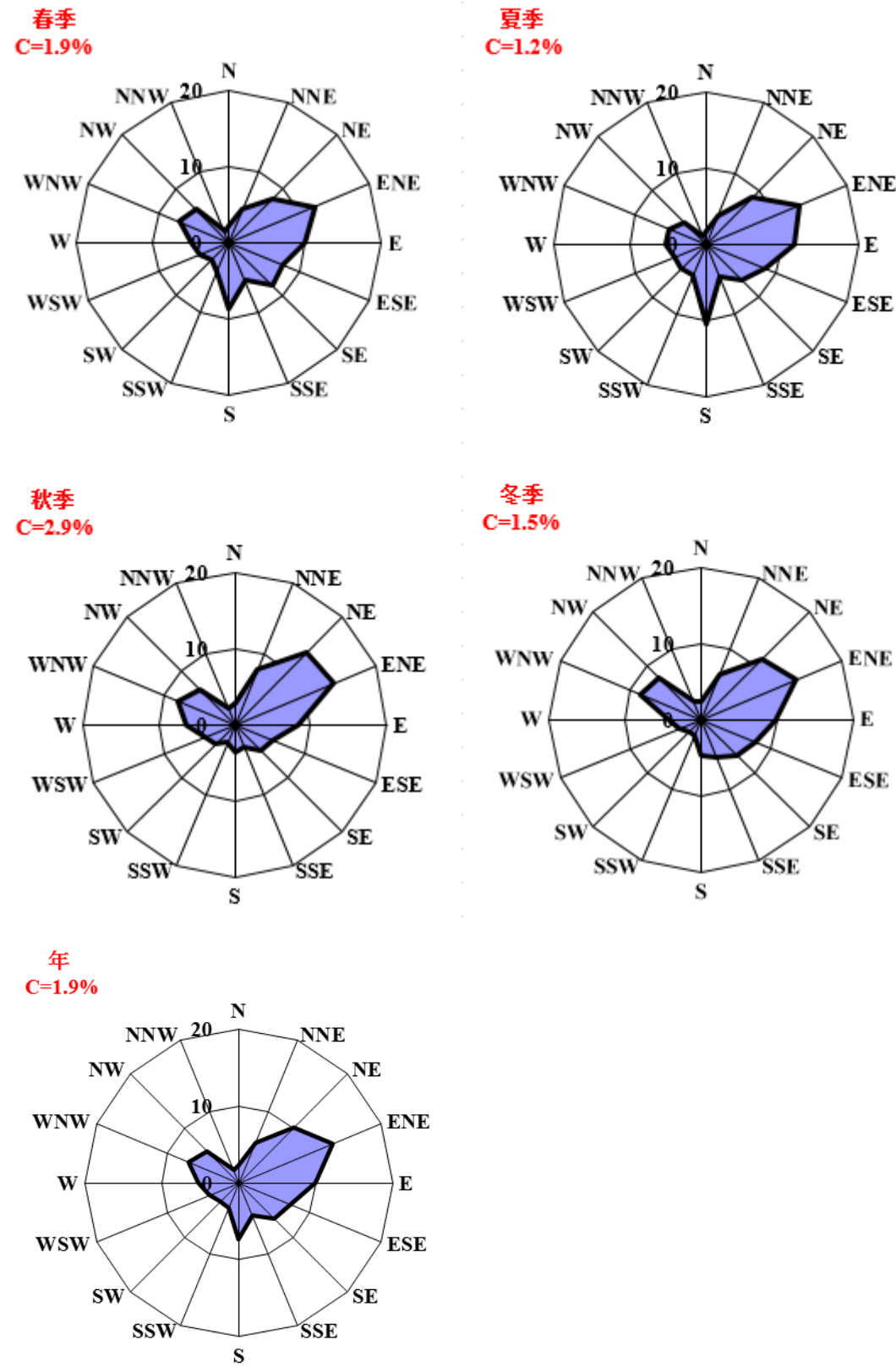


图 4.4-9 赤壁气象站、龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）四季及年风向频率（%）

4.5 相对湿度

4.5.1 年际变化

(1) 平均相对湿度

近 30 年（1989-2018 年），赤壁气象站累年平均相对湿度为 78%，其中年平均相对湿度最高出现在 1989 年、1994 年，为 82%；最低出现在 2011 年，为 72%。

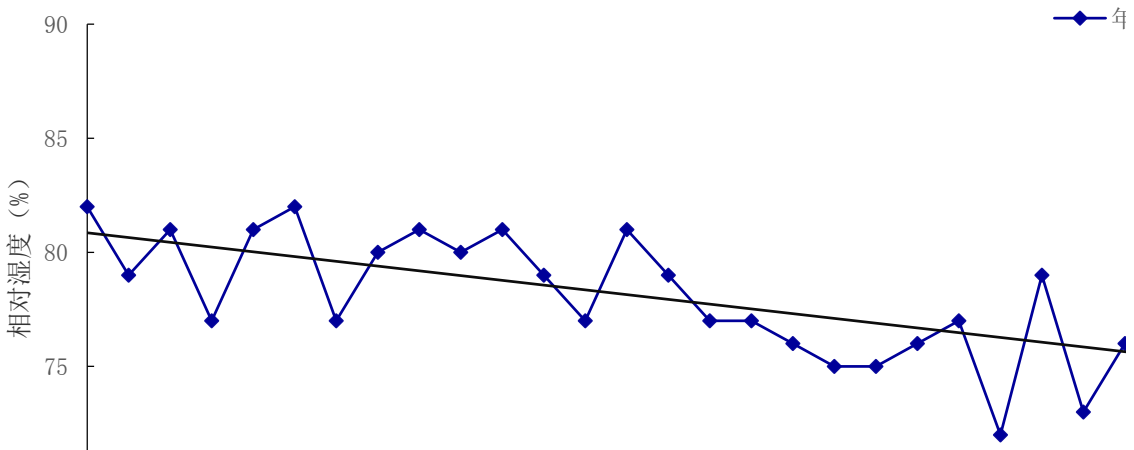


图 4.5-1 赤壁气象站 1989-2018 年平均相对湿度年际变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站平均相对湿度（表 4.5-1）。

表 4.5-1 气象站和区域站（2016-2018 年）平均相对湿度（%）

站名	赤壁	龙佑	陆水湖
平均风速			
2016 年	75	81	78
2017 年	74	83	79
2018 年	76	81	78
平均	75	82	78

(2) 最小相对湿度

从图 4.5-2 中可见，赤壁气象站建站至今（1959-2018 年）的年最小相对湿度在 9%（1973 年、1982 年）～26%（1964 年）之间变化。

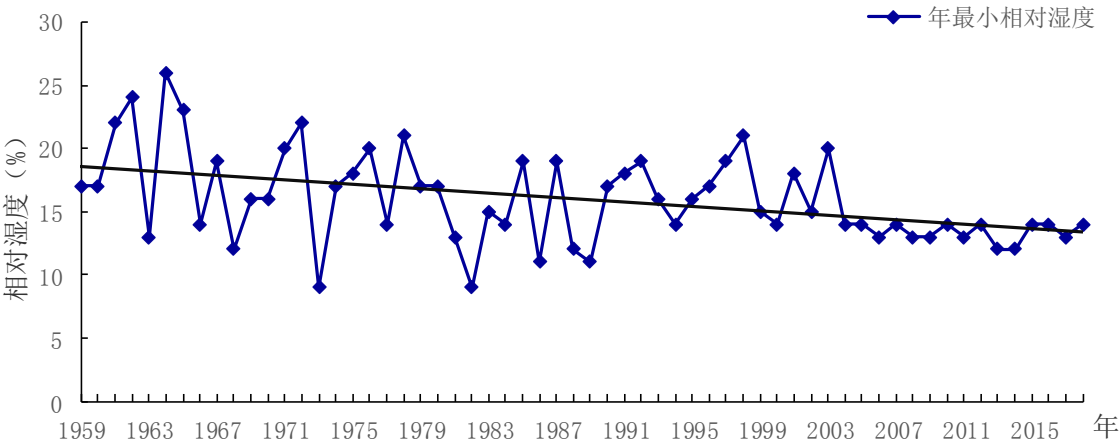


图 4.5-2 赤壁气象站建站至今（1959-2018 年）最小相对湿度年际变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站三年最小相对湿度分别为 14%、14%和 14%。龙佑站三年最小相对湿度分别为 17%、15%和 14%。陆水湖站三年最小相对湿度分别为 13%、14%和 14%。

4.5.2 年变化

近 30 年（1989-2018 年），赤壁气象站平均相对湿度的年变化在 74%（7 月）～ 80%（6 月）之间，总体呈双峰型变化趋势。6 月，由于夏季暖湿气流沿副热带高压外围不断被输送到长江中、下游以南地区，使得该地区空气呈现高温、高湿的状态，空气湿度达到一年中的最大值。7 月，该地区受副热带高压控制，天气晴热少雨，空气湿度减少达到一年中的最小值。到了冬季，由于受到冷高压控制，气温降低，空气干燥，相对湿度再次降低。最小相对湿度的年变化在 13%（3 月）～32%（7 月）之间，总体呈单峰型变化趋势，夏季相对湿度最小值较大，春季、秋季和冬季相对湿度最小值较小，由于春季、秋季和冬季易受偏北干燥气流影响，相对湿度易达到低值（见图 4.5-3 和 4.5-4）。

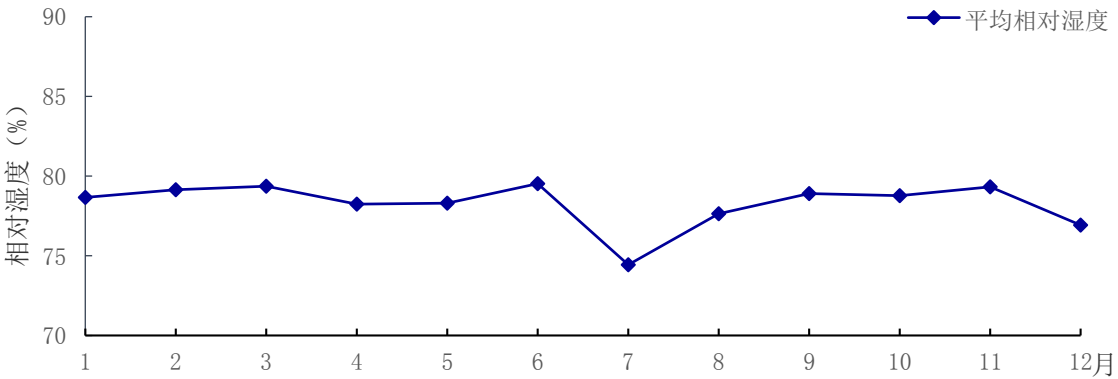


图 4.5-3 赤壁气象站累年（1989-2018 年）平均相对湿度年变化

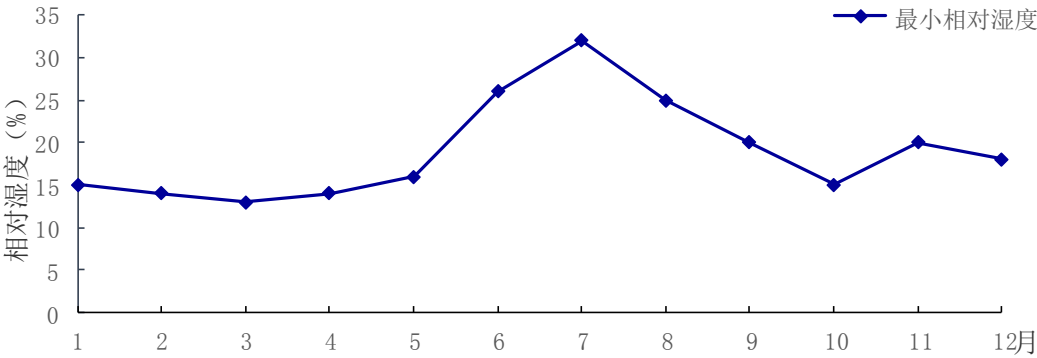


图 4.5-4 赤壁气象站建站至今（1959-2018 年）最小相对湿度年变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站平均相对湿度年变化在 67%（2 月）～81%（1 月）之间，最小相对湿度的年变化在 14%（2 月、3 月、4 月）～32%（7 月）之间。龙佑站平均相对湿度年变化在 73%（2 月）～85%（1 月）之间，最小相对湿度的年变化在 14%（4 月）～38%（7 月）之间。陆水湖站平均相对湿度年变化在 67%（2 月）～82%（11 月）之间，最小相对湿度的年变化在 13%（2 月）～33%（7 月）之间。

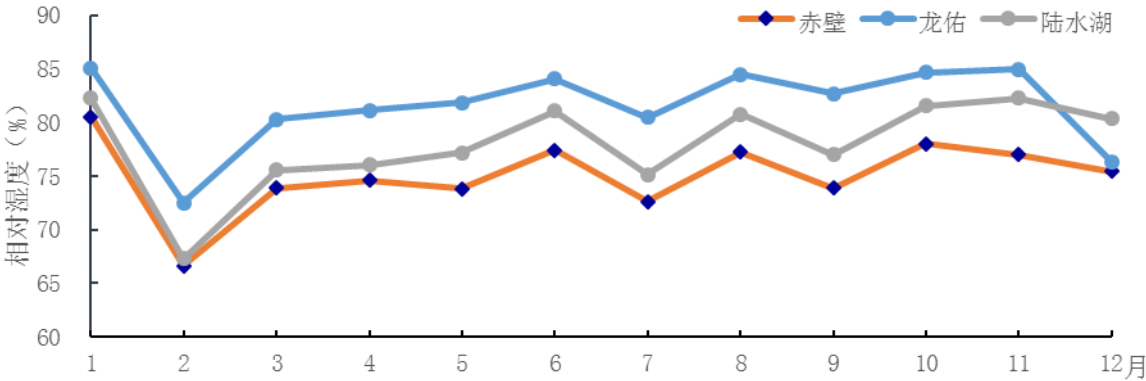


图 4.5-5 赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）平均相对湿度年变化

4.5.3 日变化

近 10 年（2009-2018 年），赤壁气象站相对湿度日变化呈“U”型变化。每天 06 时为一天相对湿度的最高值，为 87%；06 时开始，相对湿度逐渐减小，到 15 时达到谷底，为 60%；之后再次开始上升，直至次日 06 时。

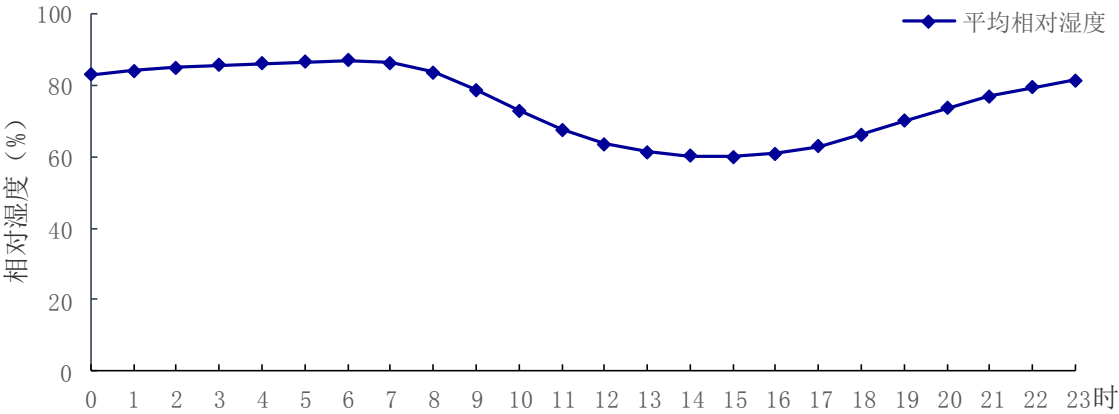


图 4.5-5 赤壁气象站累年（2009-2018 年）平均相对湿度日变化

2016-2018 年资料完整时段，赤壁气象站每天 06 时为一天相对湿度的最高值，为 87%；06 时开始，相对湿度逐渐减小，到 15 时达到谷底，为 60%；之后再次开始上升，直至次日 06 时。龙佑站每天 06 时为一天相对湿度的最高值，为 92%；06 时开始，相对湿度逐渐减小，到 14 时达到谷底，为 62%；之后再次开始上升，直至次日 06 时。陆水湖站每天 06 时为一天相对湿度的最高值，为 89%；06 时开始，相对湿度逐渐减小，到 14 时达到谷底，为 62%；之后再次开始上升，直至次日 06 时。

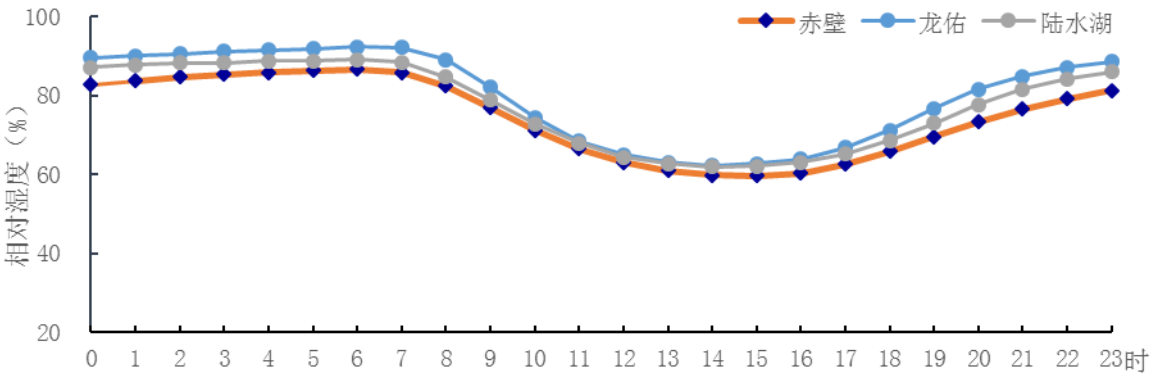


图 4.5-6 赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站（2016-2018 年）平均相对湿度日变化

4.6 日照

4.6.1 年际变化

近 30 年（1989-2018 年），赤壁气象站累年平均日照时数为 1609.1 小时，其中年日照最高出现在 2013 年，为 1950.5 小时；最低出现在 2016 年，为 1378.2 小时。近年来日照时数整体略呈下降趋势（见图 4.6-1）。

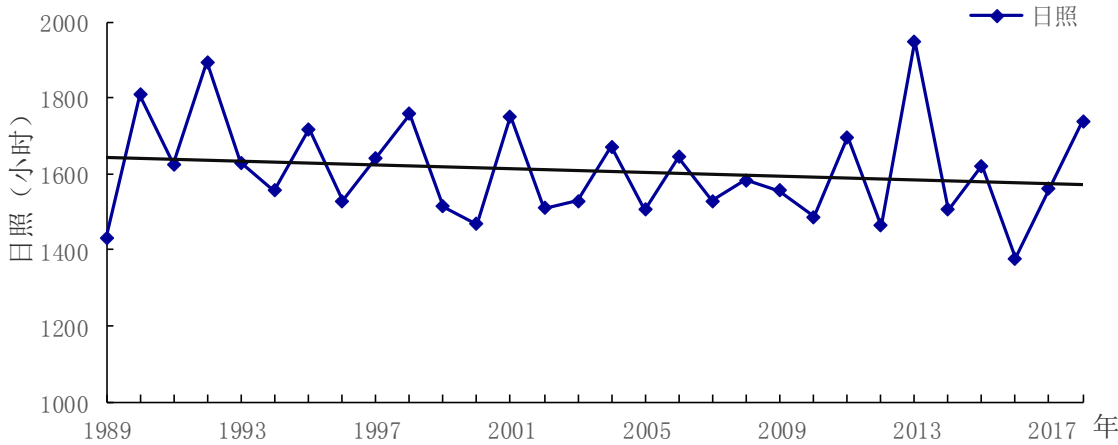


图 4.6-1 赤壁气象站 1989-2018 年日照年际变化

4.6.2 年变化

近 30 年（1989-2018 年），赤壁气象站日照的年变化在 83.8 小时（2 月）～208.0 小时（7 月）之间。总体看来，月平均日照时数，5 月～10 月在 130 小时以上，冬季明显偏小，7 月～8 月全年最高，在 180 小时以上，主要由于夏季白天时间较长，且受副热带高压控制出现晴热高温天气较多（见图 4.6-2）。

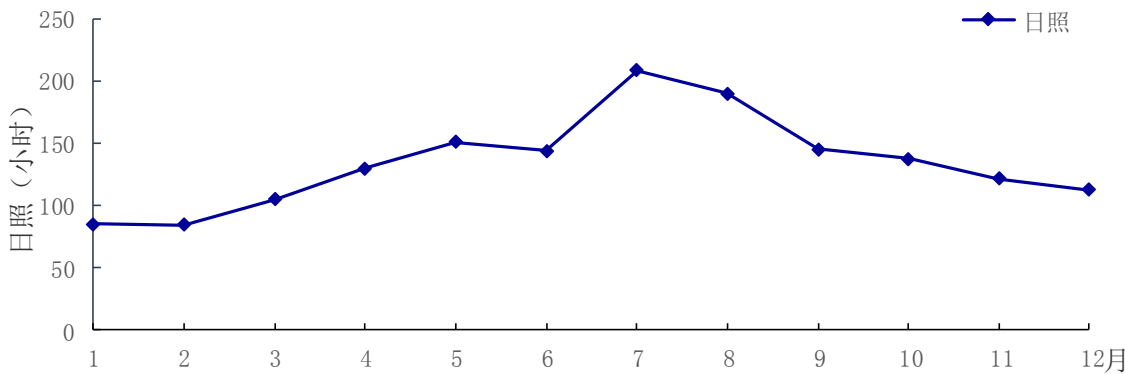


图 4.6-2 赤壁气象站累年（1989-2018 年）日照年变化

4.7 地面温度

4.7.1 年际变化

(1) 平均地面温度

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站累年平均地面温度、平均最高地面温度及平均最低地面温度分别为 19.4℃、31.9℃、13.2℃，其中年平均地面温度在 18.3℃（1989 年、1993 年）~20.8℃（2018 年）之间变化，年平均最高地面温度在 28.3℃（1999 年）~35.0℃（2013 年）之间变化，年平均最低地面温度在 12.1℃（1996 年）~14.4℃（2016 年）之间变化。年平均、平均最高及平均最低地面温度年际变化趋势均略有上升（图 4.7-1）。

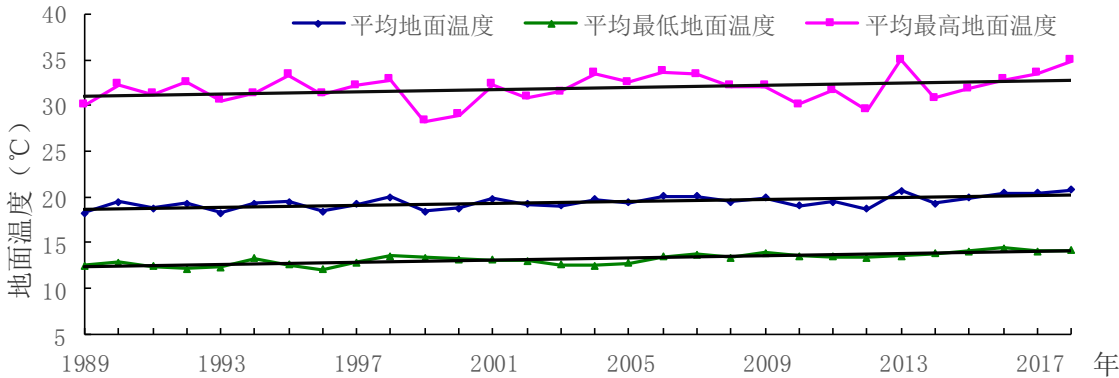


图 4.7-1 赤壁气象站(1989-2018 年)

平均地面温度、平均最高、平均最低地面温度年际变化

(2) 极端地面温度

从图 4.7-2 中可见，赤壁气象站自 1960 年开始有极端最高地面温度、极端最低地面温度的资料，1960-2018 年的年极端最高地面温度在 54.1℃（1999 年）~71.0℃（1990 年）之间变化。近 10 年的年极端最高地面温度在 58.5℃（2014 年）~68.9℃（2013 年）之间变化。自 1960 年以来，极端最高地面温度呈下降趋势。

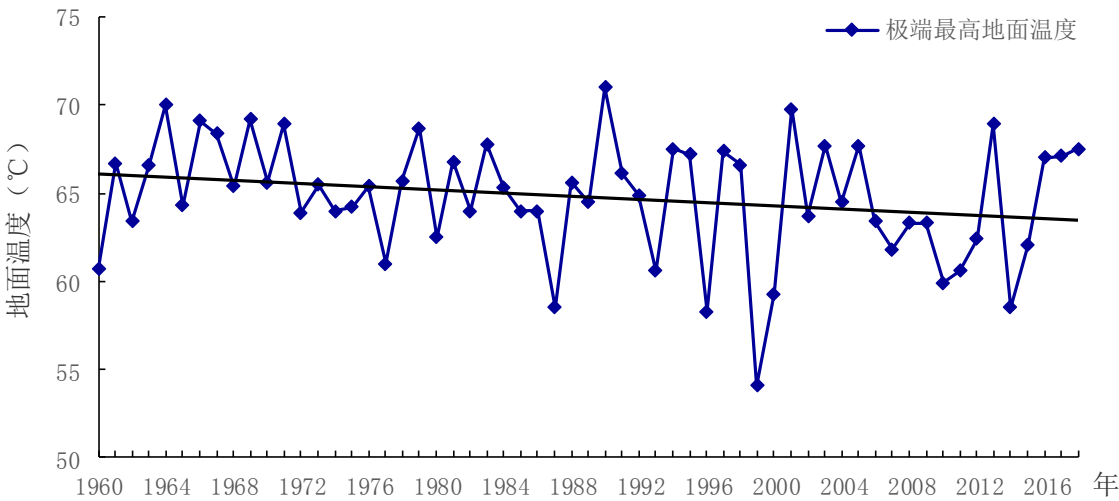


图 4.7-2 赤壁气象站 1960-2018 年极端最高地面温度年际变化

从图 4.7-3 中可见，赤壁气象站 1960-2018 年的年极端最低地面温度在-19.0℃（1969 年）～-2.0℃（2010 年）之间变化。近 10 年的年极端最低地面温度在-5.5℃（2016 年）～-2.0℃（2010 年）之间变化。自 1960 年以来，极端最低地面温度有明显上升的趋势。

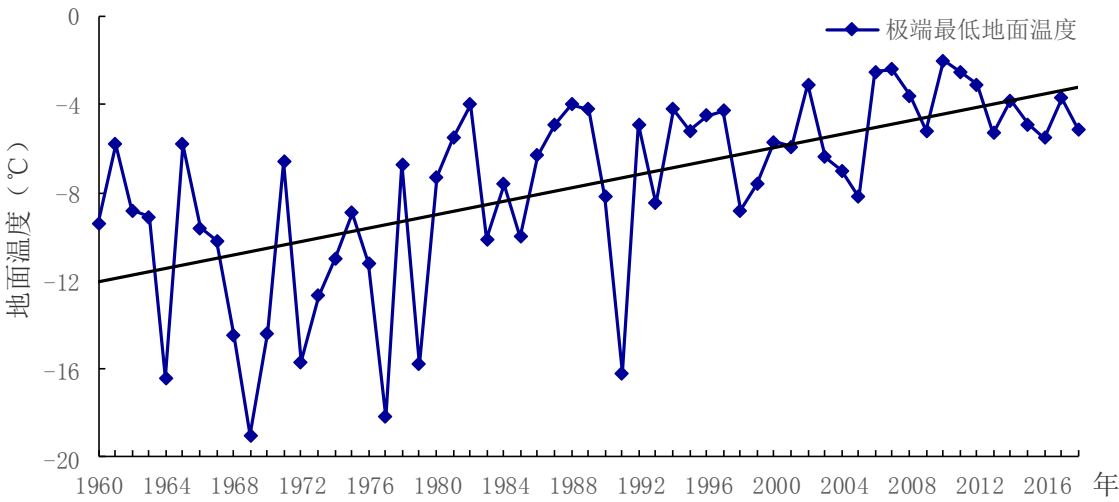


图 4.7-3 赤壁气象站 1960-2018 年极端最低地面温度年际变化

4.7.2 年变化

(1) 平均地面温度

近 30 年（1989-2018 年）赤壁气象站平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度年变化分别在 5.6～33.0℃、14.4～48.8℃、1.1～25.3℃之间，月平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度的最高值均出现在 7 月；月平均地

面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度的最低值均出现在 1 月。

表 4.7-1 赤壁气象站（1989-2018 年）

月平均地面温度、平均最高、平均最低地面温度统计表

项目\月年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均地面温度（℃）	5.6	8.3	12.7	19.5	24.9	28.6	33.0	31.6	27.0	20.6	13.7	7.7	19.4
平均最高地面温度（℃）	14.4	18.4	23.8	32.0	38.3	41.6	48.8	46.8	41.1	33.8	25.3	18.2	31.9
平均最低地面温度（℃）	1.1	3.2	6.9	12.7	17.8	22.1	25.3	24.6	20.4	14.2	7.9	2.5	13.2

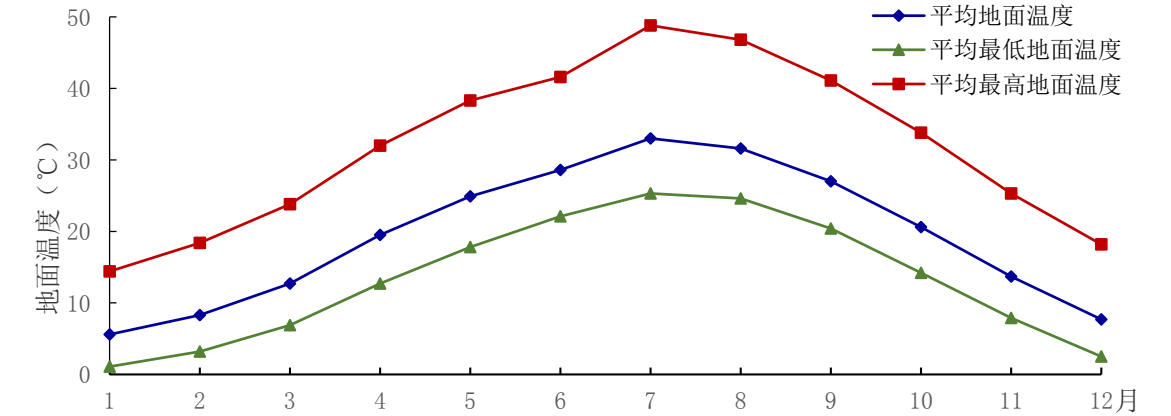


图 4.7-4 赤壁气象站累年(1989-2018 年)

平均地面温度、平均最高、平均最低地面温度年变化

(2) 极端地面温度

由表 4.7-2 可见，赤壁气象站有最高、最低地面温度记录 1960-2018 年的各月极端最高地面温度值在 34.6~71.0℃，最高值 71.0℃出现在 1990 年 7 月 25 日；各月极端最低地面温度值在-19.0~17.0℃之间，最低值-19.0℃出现在 1969 年 1 月 31 日。

表 4.7-2 赤壁气象站有地面温度记录以来-2018 年各月极端地面温度（℃）

项目\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
极端最高（℃）	34.6	46.0	53.8	61.1	61.5	67.5	71.0	70.0	65.8	55.7	46.8	36.5	71.0
极端最低（℃）	-19.0	-16.5	-5.6	-1.2	5.0	11.0	17.0	16.3	7.4	-0.2	-7.3	-16.2	-19.0

4.7.3 日变化

近 10 年（2009-2018 年）赤壁气象站小时平均地面温度呈单峰型变化。每天 06 时为一天地面温度的最低值，为 14.5℃；06 时开始，地面温度逐渐升高，到 13 时达到峰值 29.6℃；之后开始下降，直至次日 06 时。

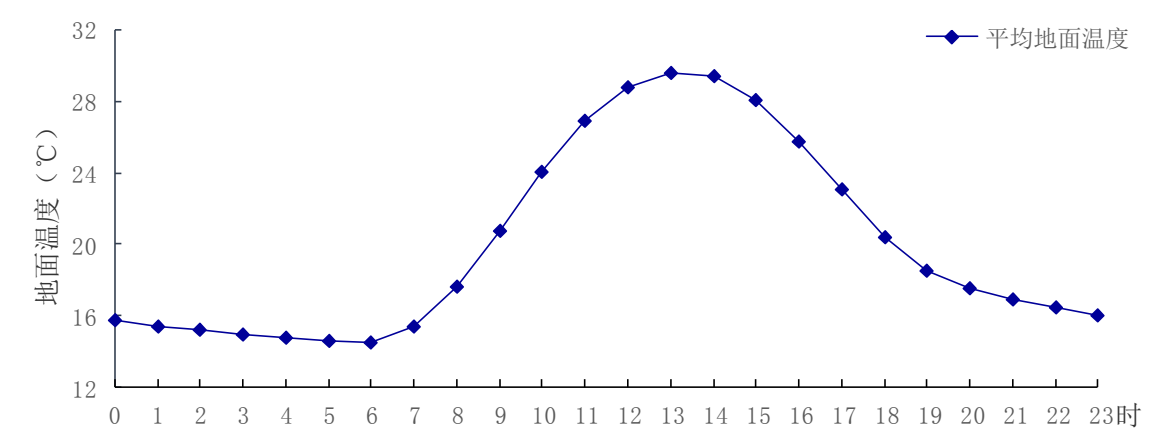


图 4.7-5 赤壁气象站累年（2009-2018 年）平均地面温度日变

5 关键气象参数分析及推算

5.1 暴雨强度公式

本节给出了基于分钟降水量资料编制的短历时（180min 以内）暴雨强度公式和基于日降水量的长历时（24h）暴雨极值推算和空间分布特征分析，可分别适用于园区排水和防涝规划设计及综合防灾减灾需要。其中暴雨强度公式和极值推算均采用的是赤壁气象站长期气象资料，空间分布特征采用了全省 76 个国家级气象站建站以来的气象资料。

5.1.1 暴雨强度公式简介

5.1.1.1 公式的定义及参数介绍

依据《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2016 版），暴雨强度公式的定义为：

$$q = \frac{167A_1 \times (1 + C \times \lg P)}{(t + b)^n} \quad (5.1-1)$$

式（5.1-1）中： q 为设计暴雨强度（单位： $L/S/hm^2$ ）； t 为降雨历时（单位： min ），取值范围为1~180min； P 为重现期（单位： a ），取值范围为2~100a。重现期越长、历时越短，暴雨强度就越大，而 A_1 、 b 、 c 、 n 是与地方暴雨特性有关且需求解的参数： A_1 为雨力参数，即重现期为1a时的1min设计降雨量（单位： mm ）； c 为雨力变动参数； b 为降雨历时修正参数，即对暴雨强度公式两边求对数后能使曲线化成直线所加的一个时间参数（单位： min ）； n 为暴雨衰减指数，与重现期有关。

5.1.1.2 雨强单位的转换

室外排水设计采用的雨水参数是以体积（容量）来表达，需将以毫米（ mm ）为单位的降水强度，转换为以升（ L ）为单位的降水体积（容量）。单位时间（ min ）单位面积（ hm^2 ）1mm 降水量转换为容量（ L ）时，经过以下换算过程：

$$1mm = 0.001m$$

$$1hm^2 \approx 10000m^2$$

$$1m^3 \approx 1000L$$

$$1hm^2 \times 0.001m = 10m^3 \approx 10000L$$

即单位时间（ min ）单位面积（ hm^2 ）的1mm降水换算成容量为10000L，单位时间为1S时，单位面积为1hm²的降水容量为10000/60≈167（ $L/S/hm^2$ ），则雨强 q （ $L/S/hm^2$ ）与雨强 i （ mm/min ）之间可以 $q \approx 167i$ 进行换算。

5.1.1.3 暴雨强度的频率和重现期的计算公式

暴雨强度重现期P是指相等或超过它的暴雨强度出现一次的平均时间，单位用年。对于年最大值法，其经验频率 (P_m) 及重现期 (T_m) 分别按照式 (5.1-2)、(5.1-3) 计算：

$$P_m = \frac{M}{N + 1} \tag{5.1-2}$$

$$T_m = \frac{N + 1}{M} \tag{5.1-3}$$

式中N为样本总数 ($N = \text{资料年限} * k$, k 为每年平均取样个数，对于年最大值法 $k=1$)。M 为样本的序号 (样本按从大到小排序)。

5.1.1.4 暴雨强度公式推求系统介绍

暴雨强度公式计算系统按功能分为暴雨数据采集、暴雨数据选样、理论频率曲线拟合及误差分析、暴雨公式参数估计及误差分析、结果输出等5大模块和计算步骤。本项目利用“暴雨强度计算系统”，该系统已通过中国气象局、住建部联合组织的技术验收，可直接进行资料处理、暴雨强度公式拟合、结果输出和精度检验等，具体流程如下：

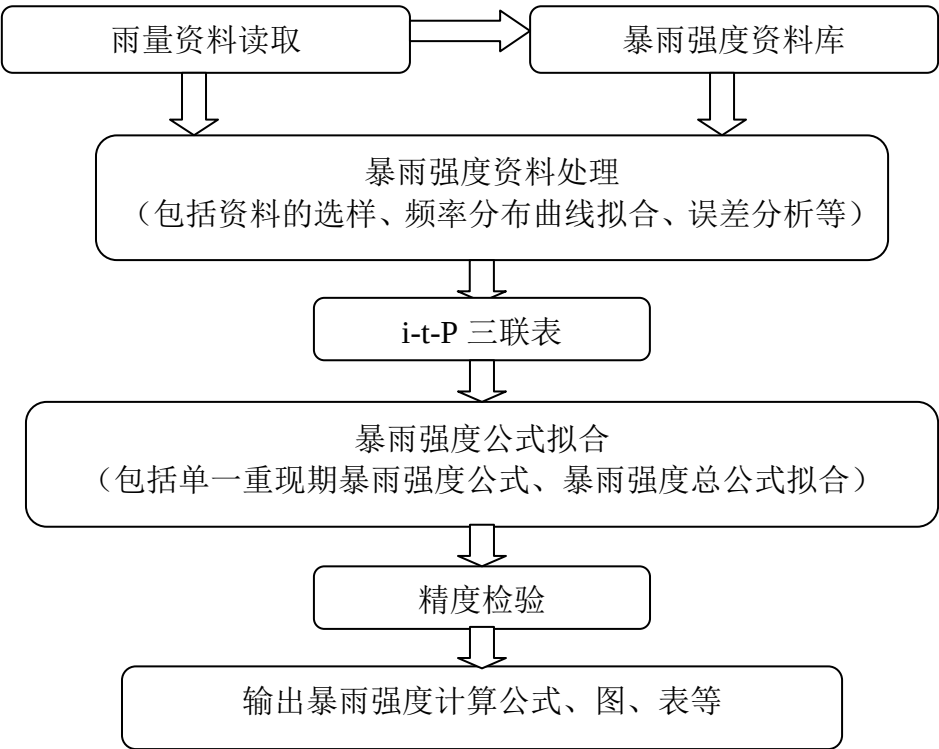


图 5.1-1 暴雨强度公式编制流程图



图 5.1-2 “暴雨强度计算系统” 界面

5.1.1.5 曲线拟合及误差控制

根据国家标准《室外排水设计规范》（GB50014-2006）（2016版），“年最大值法”计算降水重现期宜按2年、3年、5年、10年、20年、30年、50年、100年等8个重现期计算。由于设计采用的重现期（100年一遇）大于资料年限，故采用理论频率分布曲线进行调整，选用何种分布曲线关键是看分布曲线对原始数据的拟合程度，误差越小、精度越高的分布越有代表性，拟合精度以绝对均方根误差和相对均方根误差作为判断标准。当精度要求较高时，国家规范推荐采用指数分布、耿贝尔分布和P-III型分布曲线。

5.1.1.6 暴雨强度公式计算及误差控制

（1）暴雨强度公式参数估算方法

从式（5.1-1）可以看出，暴雨强度公式为已知关系式的超定非线性方程，公式中有 A_1 、 C 、 b 、 n 这4个参数，显然常规方法无法求解，因此参数估计方法的设计和减少估算误差尤为关键。本项目运用最小二乘法、高斯牛顿法两种方法对式（5.1-1）进行参数估算。

（2）精度检验

根据《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2016版）要求，采用“年最大值法”计算抽样误差和暴雨公式误差，应统计的重现期为 2~20a，在一般强度的地方，平

均绝对均方差不宜大于0.05mm/min。在降水强度较大的地方，相对均方根误差不宜大于5%。

均方根误差：
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_i')^2}$$
 (5.1-4)

相对均方根误差：
$$f = \frac{\sigma}{x}$$
 (5.1-5)

式(5.1-4)和式(5.1-5)中， x 为根据暴雨强度公式计算出来的雨强， x' 为*i*-*t*-*P*三联表对应的降水强度 *i* 值，*N*为参与误差计算的样本数。

5.1.2 赤壁暴雨强度公式编制(1980-2018)

根据《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2016 版)要求，“年最大值法”编制暴雨强度公式需要 30 年以上连续降水资料，本章利用赤壁气象站 1980-2018 年分钟雨量数据编制暴雨强度公式。

5.1.2.1 样本资料的理论频率分布曲线拟合

利用“暴雨强度计算系统”，选用指数分布、P-III分布以及耿贝尔分布曲线对降水样本资料进行频率调整，下图5.1-3为根据赤壁市气象站1980~2018年共计39a的降水资料画出的不同历时降水强度随重现期的变化曲线。在原始降水资料的基础上，分别利用指数分布、耿贝尔分布、P-III型分布曲线拟合出不同历时降水强度随重现期的变化曲线（见图5.1-4~5.1-6）。

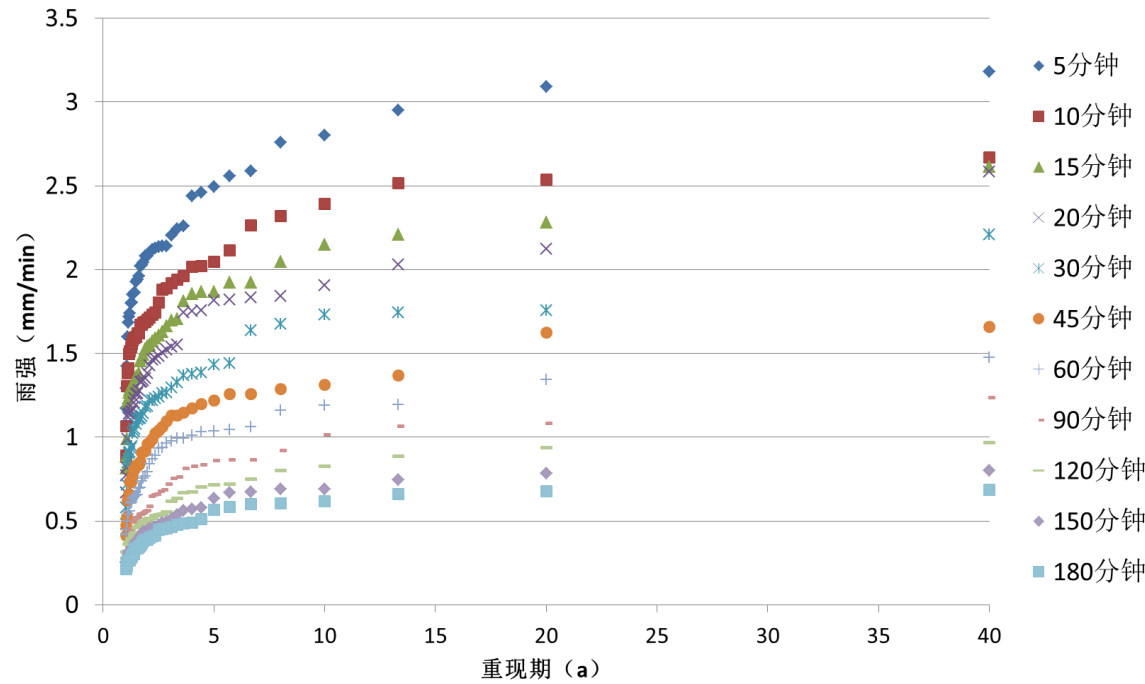


图 5.1-3 不同历时降水强度随重现期的变化曲线（样本 1980-2018 年，赤壁）

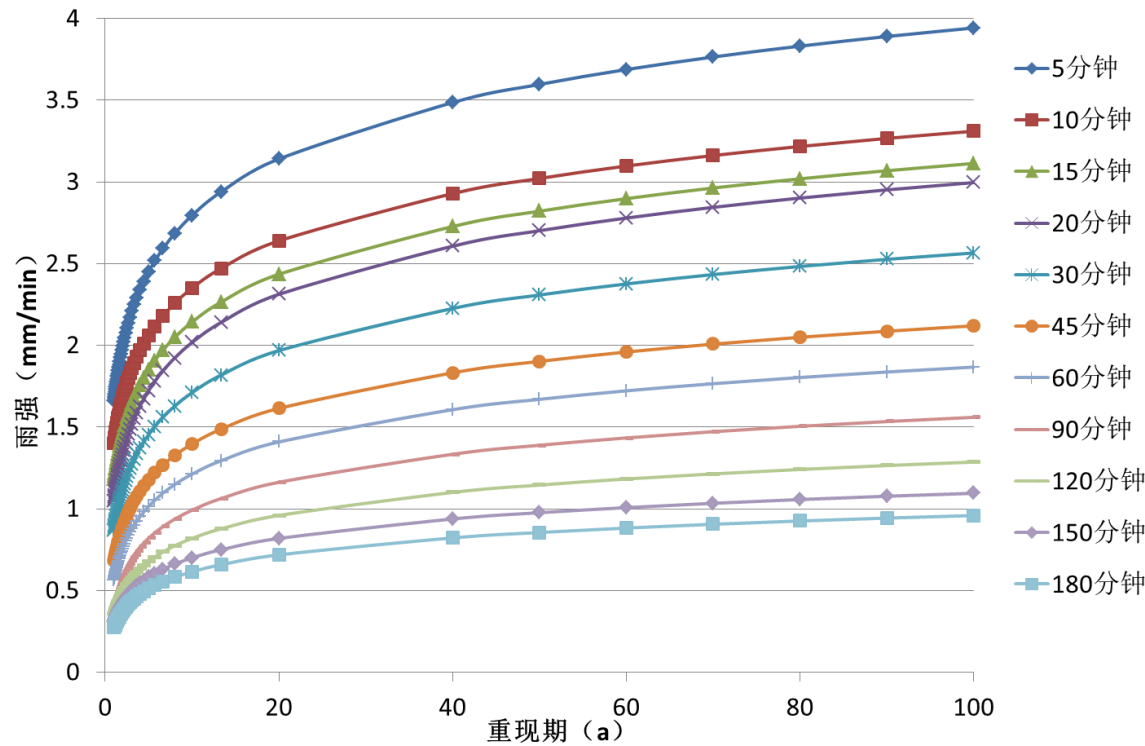


图 5.1-4 不同历时降水强度随重现期的变化曲线（指数曲线拟合结果，赤壁）

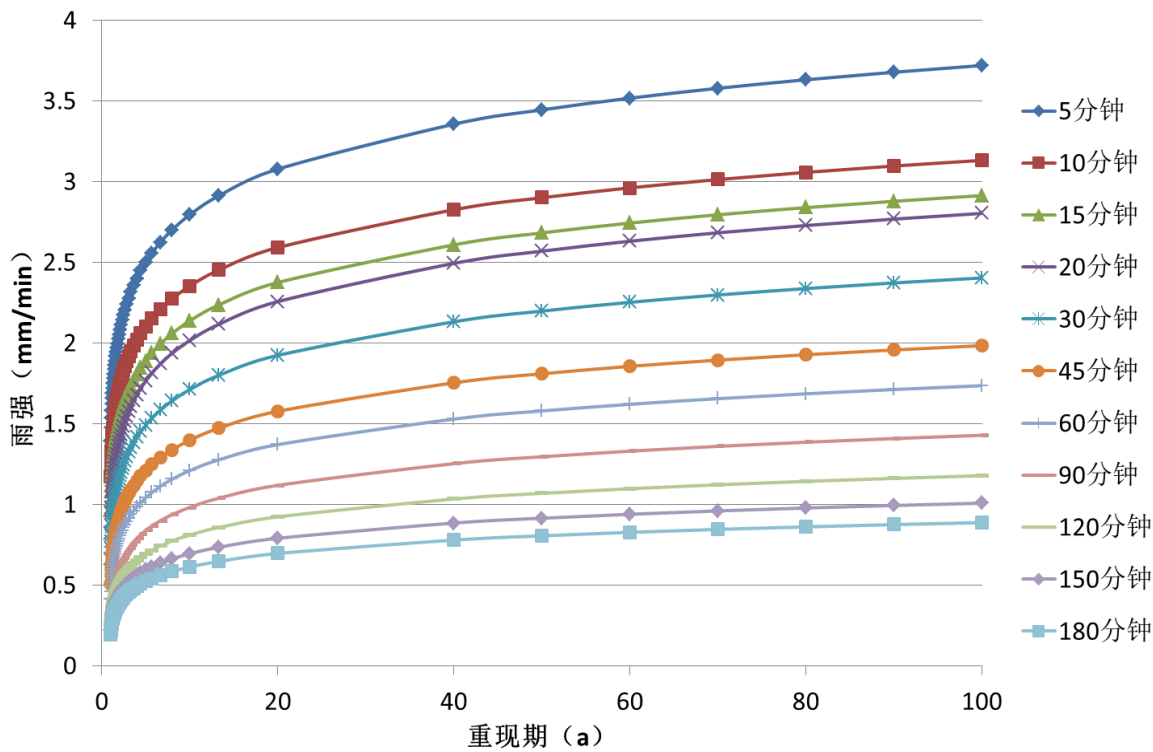


图 5.1-5 不同历时降水强度随重现期的变化曲线（耿贝尔曲线拟合结果，赤壁）

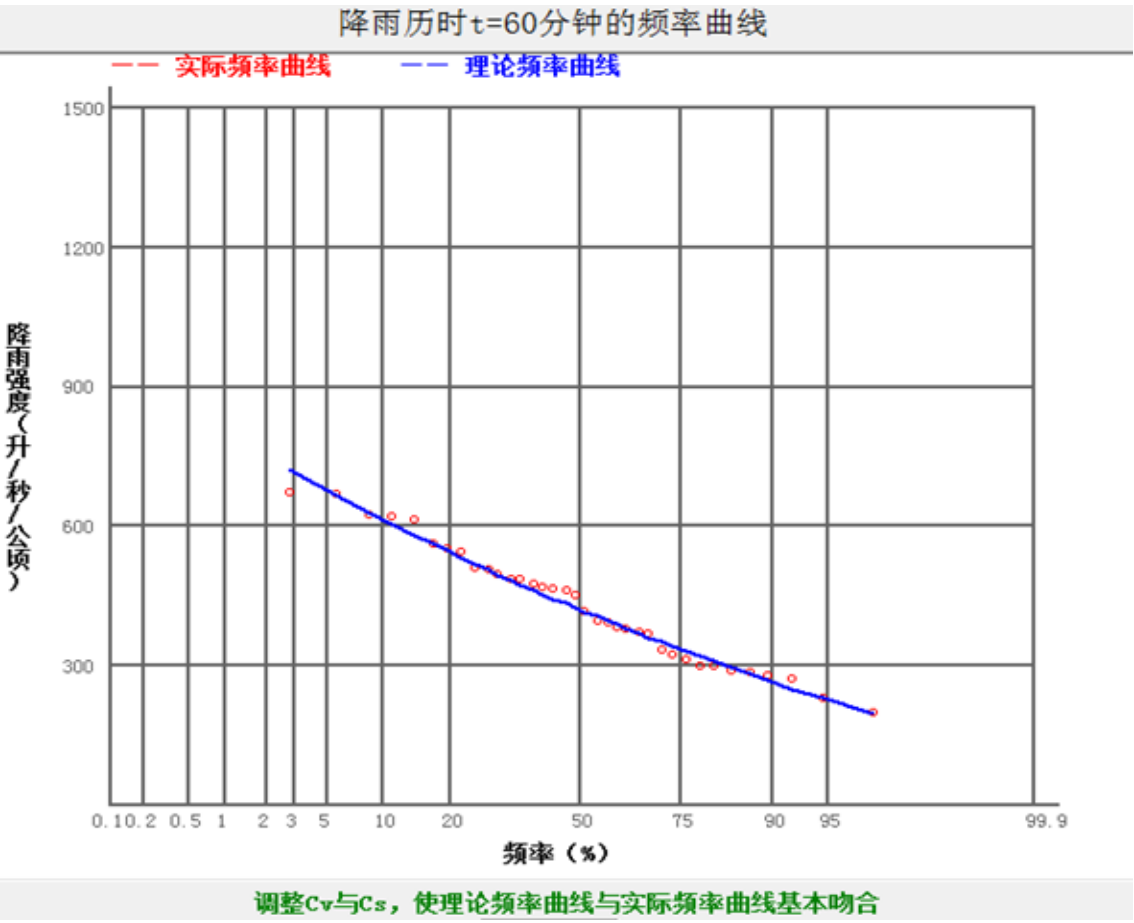


图 5.1-6 历时 60min 降水强度随重现期的变化曲线（P-III 曲线拟合结果，赤壁）

各降水历时下曲线拟合误差见表5.1-1。由表可见，耿贝尔、P-III分布曲线拟合结果在2~20年重现期下的绝对均方根误差小于0.05 mm/min，相对均方根误差小于5%，通过《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2016版）提出的精度检验要求。

表 5.1-1 各降水历时下样本与曲线拟合结果的误差(年最大值法)

	t(min)	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	平均	2-20(a)
指数分布	$\sigma(mm)$	0.133	0.118	0.101	0.111	0.103	0.088	0.072	0.043	0.035	0.036	0.037	0.080	0.057
	$f(\%)$	6.252	6.636	6.414	7.665	8.504	9.086	8.750	6.460	6.518	7.673	8.844	7.527	4.493
耿贝尔分布	$\sigma(mm)$	0.075	0.075	0.053	0.066	0.064	0.045	0.037	0.023	0.020	0.021	0.021	0.046	0.041
	$f(\%)$	3.559	4.203	3.396	4.560	5.289	4.610	4.525	3.449	3.751	4.500	5.142	4.271	3.199
P-III分布	$\sigma(mm)$	0.068	0.074	0.061	0.072	0.068	0.040	0.043	0.032	0.025	0.024	0.024	0.048	0.047
	$f(\%)$	3.225	4.157	3.908	5.024	5.610	4.074	5.177	4.817	4.531	5.024	5.810	4.669	3.657

根据频率分布曲线，得出降水强度、降水历时、重现期三者的关系，即i-t-P三联表（以耿贝尔分布曲线拟合结果为例，见表5.1-2、表5.1-3）。i-t-P三联表中的数据将作为暴雨强度公式参数估算的原始资料。

表 5.1-2 雨强、历时、重现期（i-t-P）三联表（耿贝尔分布）（单位：mm/min）

T(min) P(a)	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
2	2.050	1.727	1.514	1.383	1.157	0.928	0.788	0.624	0.517	0.444	0.392
3	2.261	1.904	1.691	1.562	1.314	1.061	0.908	0.726	0.601	0.516	0.455
5	2.496	2.102	1.888	1.762	1.490	1.210	1.041	0.839	0.694	0.595	0.525
10	2.791	2.350	2.135	2.014	1.710	1.397	1.209	0.982	0.811	0.695	0.613
20	3.074	2.588	2.372	2.254	1.922	1.576	1.370	1.118	0.923	0.791	0.697
30	3.236	2.726	2.509	2.393	2.044	1.679	1.463	1.197	0.988	0.846	0.745
50	3.440	2.897	2.679	2.566	2.196	1.808	1.578	1.295	1.069	0.915	0.806
100	3.714	3.128	2.910	2.800	2.401	1.982	1.734	1.428	1.178	1.008	0.888

表 5.1-3 雨强、历时、重现期 (i-t-P) 三联表 (耿贝尔分布) (单位: L/s/hm)

T(min) P(a)	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
2	341.73	287.82	252.36	230.50	192.78	154.60	131.29	104.08	86.17	74.08	65.37
3	376.87	317.40	281.81	260.41	219.04	176.86	151.27	121.03	100.12	85.97	75.83
5	415.97	350.33	314.62	293.73	248.30	201.65	173.53	139.91	115.65	99.22	87.48
10	465.13	391.72	355.84	335.58	285.06	232.80	201.50	163.64	135.17	115.87	102.12
20	512.27	431.40	395.39	375.73	320.32	262.68	228.33	186.39	153.90	131.83	116.16
30	539.40	454.25	418.13	398.83	340.61	279.87	243.76	199.48	164.67	141.02	124.24
50	573.30	482.78	446.57	427.70	365.96	301.36	263.06	215.84	178.13	152.50	134.34
100	619.03	521.30	484.92	466.65	400.16	330.34	289.08	237.92	196.29	167.99	147.96

5.1.2.2 暴雨强度公式计算结果及精度检验

在用理论频率分布曲线方法对降水样本进行曲线拟合得到i-t-P三联表数据后,我们分别用最小二乘法、高斯牛顿法计算暴雨强度总、分公式各参数及相应的公式精度误差。

(1) 最小二乘法

利用指数分布、P-III分布以及耿贝尔分布曲线得到的i-t-P三联表数据,分别用最小二乘法计算暴雨强度总、分公式各参数,并计算各重现期下相应的精度误差,其结果见下表5.1-4、5.1-5。

由表 5.1-4 可见,指数、耿贝尔、P-III 分布下 2~20 年的相对均方根误差小于 5%,均通过《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2016 版)提出的精度检验要求。其中耿贝尔分布下的误差结果相对最小。

表 5.1-4 最小二乘法所求暴雨强度分公式误差一览表

	T(a)	2	3	5	10	20	30	50	100	2-20
指数分布	$\sigma(mm)$	0.009	0.014	0.022	0.034	0.142	0.156	0.056	0.067	0.067
	$f(\%)$	0.886	1.257	1.728	2.242	8.183	8.324	2.780	2.982	4.971
耿贝尔分布	$\sigma(mm)$	0.010	0.016	0.023	0.033	0.039	0.045	0.070	0.060	0.027
	$f(\%)$	0.924	1.355	1.761	2.175	2.306	2.515	3.618	2.847	1.959
P-III分布	$\sigma(mm)$	0.031	0.032	0.023	0.033	0.043	0.050	0.056	0.069	0.033
	$f(\%)$	2.951	2.719	1.691	2.178	2.649	2.932	3.130	3.621	2.462

由表 5.1-5 可见, 指数、耿贝尔、P-III 曲线拟合经最小二乘法求出的总公式各参数在 2~20a 重现期下的相对均方根误差小于 5%, 均通过《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2016 版) 提出的精度检验要求。此外, 通过表 5.1-4、5.1-5 的比较可以看出, 相同的分布曲线下使用总公式算出的各重现期暴雨强度公式误差结果要大于分公式的相应值, 分公式比总公式的计算结果更为精确。

表 5.1-5 最小二乘法所求暴雨强度总公式误差一览表

	$T(a)$	2	3	5	10	20	30	50	100	2-20
指数分布	$\sigma(mm)$	0.064	0.050	0.036	0.034	0.052	0.066	0.085	0.113	0.049
	$f(\%)$	6.379	4.421	2.803	2.242	2.979	3.535	4.207	5.016	3.629
耿贝尔分布	$\sigma(mm)$	0.056	0.039	0.032	0.033	0.047	0.059	0.076	0.101	0.042
	$f(\%)$	5.324	3.309	2.383	2.166	2.751	3.252	3.920	4.797	3.115
P-III分布	$\sigma(mm)$	0.086	0.064	0.042	0.036	0.051	0.073	0.106	0.162	0.058
	$f(\%)$	8.044	5.383	3.103	2.393	3.157	4.285	5.909	8.484	4.352

(2) 高斯牛顿法

利用指数分布、P-III分布以及耿贝尔分布曲线得到的i-t-P三联表数据, 分别用高斯牛顿法计算暴雨强度总、分公式各参数(高斯牛顿法计算得到的分公式来自总公式), 并计算各重现期下相应的精度误差, 其结果见表5.1-6。

由表5.1-6可见, 指数和耿贝尔分布曲线拟合经高斯牛顿法求出的总、分公式各参数在2~20a重现期下的相对均方根误差小于5%, 通过《室外排水设计规范》(GB50014-2006, 2014版) 提出的精度检验要求。

表 5.1-6 高斯牛顿法所求暴雨强度总、分公式误差一览表

	$T(a)$	2	3	5	10	20	30	50	100	2-20
指数分布	$\sigma(mm)$	0.071	0.058	0.044	0.035	0.043	0.054	0.069	0.093	0.052
	$f(\%)$	7.028	5.104	3.405	2.307	2.486	2.873	3.421	4.131	3.868
耿贝尔分布	$\sigma(mm)$	0.061	0.052	0.046	0.040	0.042	0.049	0.063	0.086	0.049
	$f(\%)$	5.827	4.417	3.482	2.616	2.474	2.736	3.260	4.078	3.606
P-III分布	$\sigma(mm)$	0.076	0.075	0.085	0.071	0.054	0.056	0.079	0.133	0.073
	$f(\%)$	7.156	6.320	6.351	4.762	3.310	3.276	4.419	6.996	5.434

5.1.2.3 结论

综合比较三种分布曲线对样本资料进行频率调整后的曲线拟合误差，以及运用最小二乘法、高斯牛顿法进行参数估算后得到的公式推算误差，针对赤壁气象站1980~2015年39a降水数据，推荐使用**耿贝尔分布曲线拟合+最小二乘法**这一组合作为赤壁暴雨强度总、分公式的计算方法。主要计算结果如下：

(1) 曲线拟合结果

耿贝尔分布函数及计算公式如公式（5.1-6）、（5.1-7）所示，具体参数计算结果见下表 5.1-7。

$$\text{分布函数: } F(x) = \exp(-\exp(-(x-b)/a)) \quad (5.1-6)$$

频率拟合值 x 的计算公式为（ P 为重现期）：

$$x = -a \times (\ln(\ln P / (P - 1))) + b \quad (5.1-7)$$

a 为分布的尺度参数， b 为分布的位置参数。

表 5.1-7 耿贝尔分布曲线拟合参数表

历时(min) 参数	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
a	65.64	55.26	55.05	55.89	49.08	41.59	37.35	31.68	26.06	22.23	19.55
b	318.36	268.15	232.68	210.48	175.17	139.67	117.86	92.68	76.79	66.08	58.34

根据表5.1-1，耿贝尔分布曲线拟合在2~20a重现期的绝对均方根误差为0.041mm/min，相对均方根误差为3.199%，误差结果满足《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2016版）提出的精度检验要求。

(2) 总公式

$$i = \frac{17.534 \times (1 + 0.633 \lg P)}{(t + 20.205)^{0.741}} \quad (\text{单位: mm/min}) \quad (5.1-8)$$

或

$$q = \frac{2858.132 \times (1 + 0.633 \lg P)}{(t + 20.205)^{0.741}} \quad (\text{单位: L/s/hm}^2) \quad (5.1-9)$$

(3) 分公式:

$$i = \frac{A}{(t+b)^n} \quad \text{或} \quad q = \frac{167A}{(t+b)^n}$$

表 5.1-8 赤壁暴雨强度分公式（1980-2018a）参数一览表

P(年)	单位: mm/min			单位: L/s/hm ²		
	A	b	n	167A	b	n
2	19.238	15.93	0.762	3233.454	15.93	0.762
3	21.640	17.129	0.754	3605.029	17.129	0.754
5	24.547	18.441	0.745	4043.571	18.441	0.745
10	28.340	20.172	0.741	4658.465	20.172	0.741
20	34.404	22.383	0.746	5533.712	22.383	0.746
30	37.739	23.319	0.748	6025.36	23.319	0.748
50	41.825	24.366	0.75	6633.073	24.366	0.75
100	47.251	25.674	0.753	7445.695	25.674	0.753

根据计算，利用耿贝尔分布曲线拟合，最小二乘法计算暴雨强度总、分公式参数在2~20a重现期的绝对均方根误差分别为0.042、0.027mm/min，相对均方根误差分别为3.115%、1.959%，通过了《室外排水设计规范》（GB50014-2006，2016版）提出的精度检验要求。

5.1.3 不同重现期最大日降水量的推算

利用赤壁气象站1959-2018年逐年最大日雨量数据（见图5.1-7），采用极值 I 型分布函数，推求赤壁地区日雨量极值，具体计算结果见下表5.1-9。

由图5.1-7可知，赤壁气象站最大日降水量最大值出现于1964年，达到289.9mm；1968年最大日降水量为近年最小，仅47.9mm；从趋势线情况来看，赤壁气象站最大日降水量呈减少趋势，每10年约减少0.4mm。

由表5.1-9可知，经过极值推算，10年一遇最大日雨量达到192.6mm、100年一遇最大日雨量达到289.9mm。

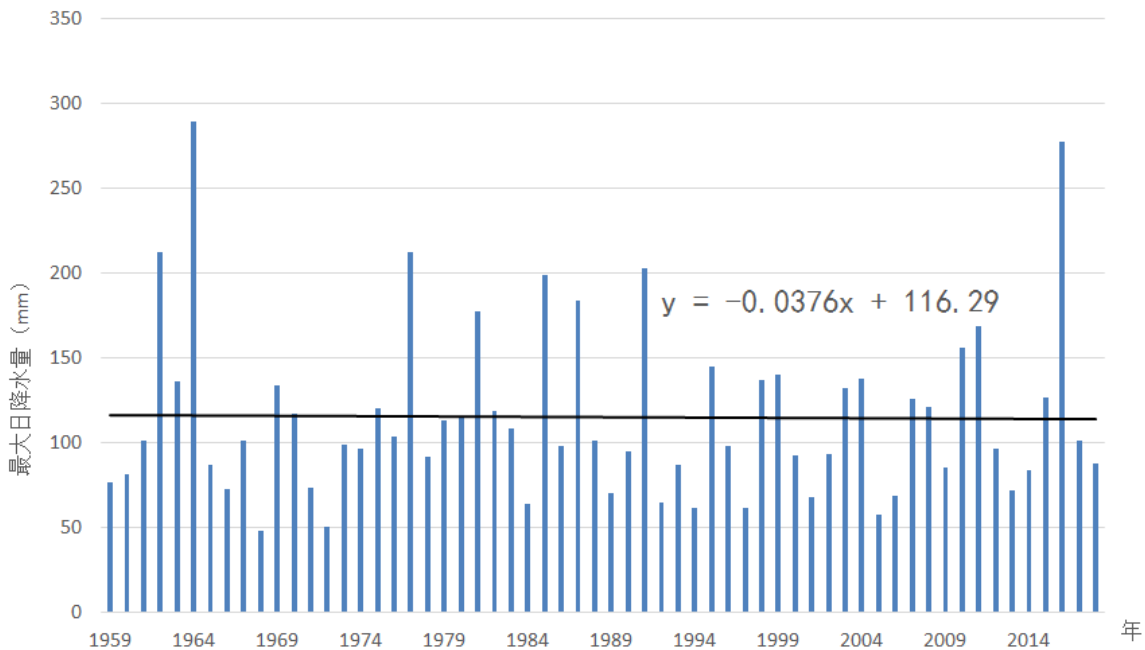


图 5.1-7 赤壁气象站最大日降水量年际变化图（1959~2018 年）

表 5.1-9 最大日降水量极值推求表

重现期 (a) 雨量(mm)	1	2	3	5	10	20	30	50	100
日雨量	107.2	130.24	145.0	164.7	192.6	221.4	238.5	260.2	289.9

5.1.4 暴雨极值空间分布特征分析

使用全省76个国家级气象站的降水量观测资料，统计各个站点1961-2018年的年暴雨日数（每年20-20时日降水量≥50mm的日数）极大值、极端最大日降水量、极端最大2、3、7日降水量等指标衡量各站的气温和降水的极端情况，其中丹江口、枝江、十堰、大冶、神农架等5个站点观测起始时间晚于1961年，分别为1963、1965、1971、1973、1975年。

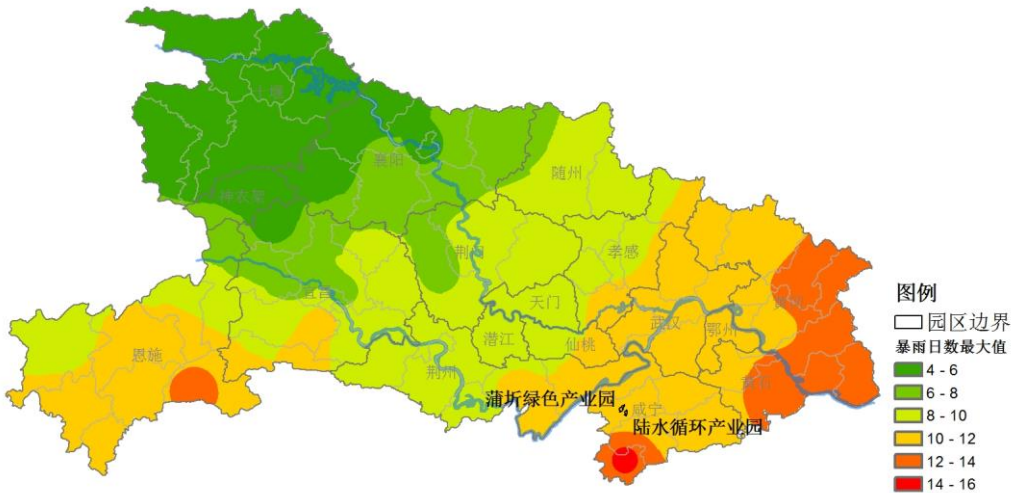


图 5.1-8 1961-2018 年湖北省年暴雨日数极大值分布图

湖北省年暴雨日数极大值的分布范围为4天（郧西，1962年；竹山，2011年）～15天（通城，1995年），总体上东部、南部多，西北部少，高值区主要位于东部地区及鄂西南南部地区，暴雨日数多为10～14日；低值区主要位于鄂西北，为8天以下。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区年暴雨日数极大值在10～12日区间范围内，在全省范围内属于中等略偏多水平。赤壁常规气象站年暴雨日数极大值为1999年的11天。

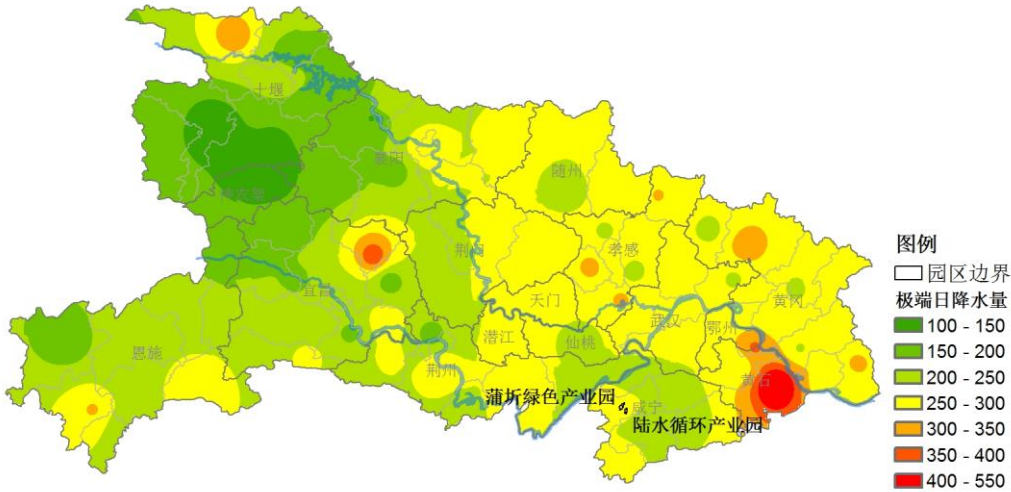


图 5.1-9 1961-2018 年湖北省极端最大日降水量分布图

湖北省极端最大日降水量的分布范围为101.5（神农架，2004年）～538.7毫米（阳新，1994年），总体上西部地区极端最大日降水量较东部地区相对偏少，低值主要位于十堰、襄阳、神农架等地区，低于150毫米；高值则分布较为零散。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区极端最大日降水量在250～300毫米

区间范围内，在全省属于中等水平。赤壁常规气象站极端最大日降水量为1964年6月28日的289.9毫米。

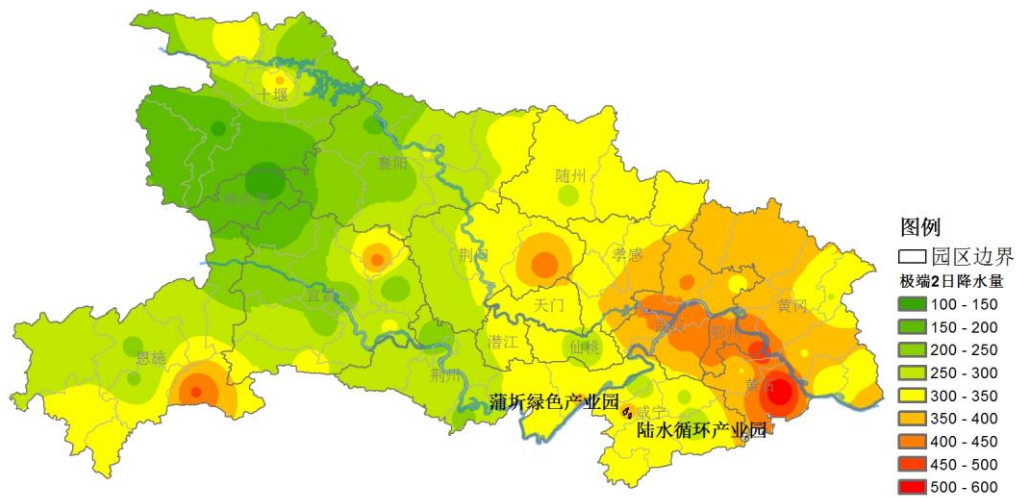


图 5.1-10 1961-2018 年湖北省极端 2 日降水量分布图

湖北省极端最大2日降水量的分布范围为116.5（神农架，2004年）～564.8毫米（阳新，1994年），总体上西部地区极端最大2日降水量较东部地区相对偏少，呈现较为明显的东高西低的分布特征，低值主要位于十堰、襄阳、宜昌、神农架等地区，低于200毫米；高值区主要集中在黄冈、黄石、武汉、鄂州、孝感等地，极端最大2日降水量多在350毫米以上。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区极端最大2日降水量在300～400毫米区间范围内，在全省属于中等水平。赤壁常规气象站极端最大2日降水量为1991年5月21至22日的365.7毫米。

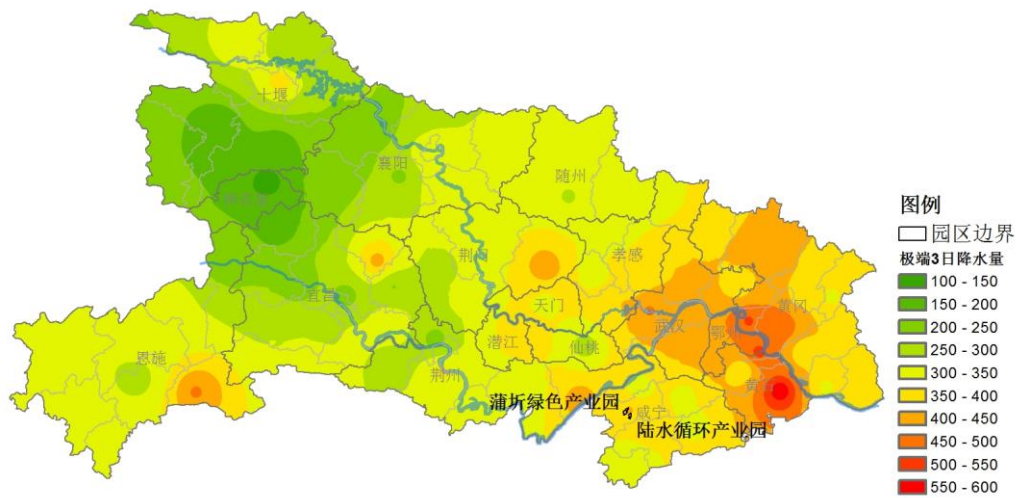


图 5.1-11 1961-2018 年湖北省极端最大 3 日降水量分布图

湖北省极端最大3日降水量的分布范围为129.2（神农架，1988年）～583.9毫米（阳新，1994年），总体上呈现较为明显的东高西低的分布特征，低值主要位于十堰、襄阳、宜昌、神农架等地区，低于300毫米；高值区主要集中在黄冈、黄石、武汉、鄂州等地，极端最大3日降水量多在400毫米以上。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区极端最大3日降水量处于350～450毫米区间范围内，在全省属于中等偏高水平。赤壁常规气象站极端最大3日降水量为1991年5月21至23日的403.8毫米。

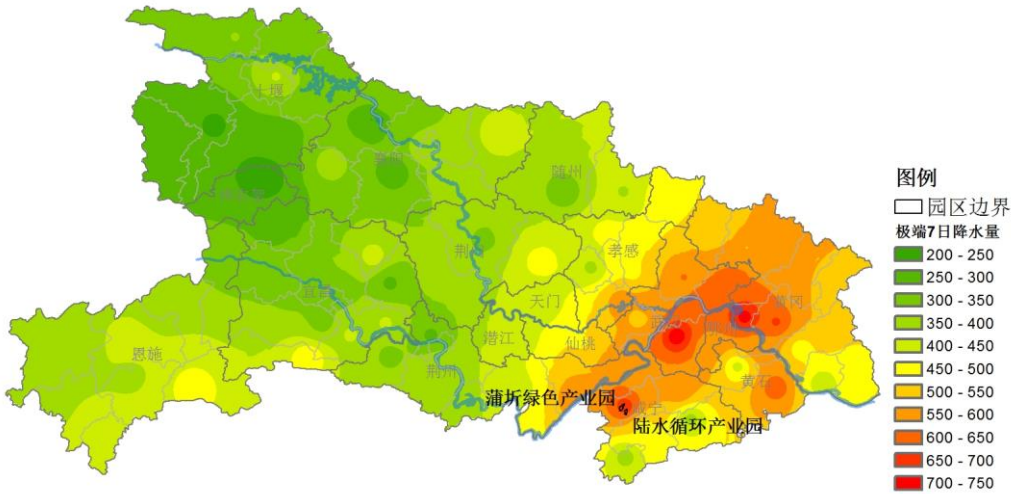


图 5.1-12 1961-2018 年湖北省极端最大 7 日降水量分布图

湖北省极端最大7日降水量的分布范围为200.1（神农架，2005年）～733.7毫米（江夏，2016年），总体上呈现较为明显的东高西低的分布特征，低值主要位于十堰、襄阳、宜昌、神农架等地区，低于350毫米；高值区主要位于鄂东北东部、鄂东南北部、江汉平原东部、武汉地区等地，极端最大7日降水量多在500毫米以上。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区极端7日降水量在600～700毫米区间范围内，在全省属于高水平。赤壁常规气象站极端最大7日降水量为1964年6月24至30日的681.3毫米。

5.2 雷击安全现状评估

根据湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所在地雷电活动时空分布特征及其危害特征，结合现场情况进行分析，对赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷电可能导致的人员伤亡、财产损失程度与危害范围等方面的综合风险计算，从而为赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的功能分区布局、防雷类别与防雷措施确

定、雷灾事故应急方案提出建设性意见。

5.2.1 赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷电气候分析

5.2.1.1 雷击大地密度 N_g 值分析

反映一地雷电气候的主要数据是雷击大地密度 N_g ， N_g 可以利用闪电定位数据计算得出，也可以通过历史雷暴日数据计算得出。从 2007-2018 年地闪统计数据（图 5.2-1）可得赤壁近 12 年平均地闪密度分布图（图 5.2-2）：赤壁地闪密度南部局部及东南部地闪密度较大，大于 $4.0 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园（图 5.2-2 圆圈所示）位于赤壁中部，平均地闪密度值属于较大，过去 12 年历史统计数据为 $3.88 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。

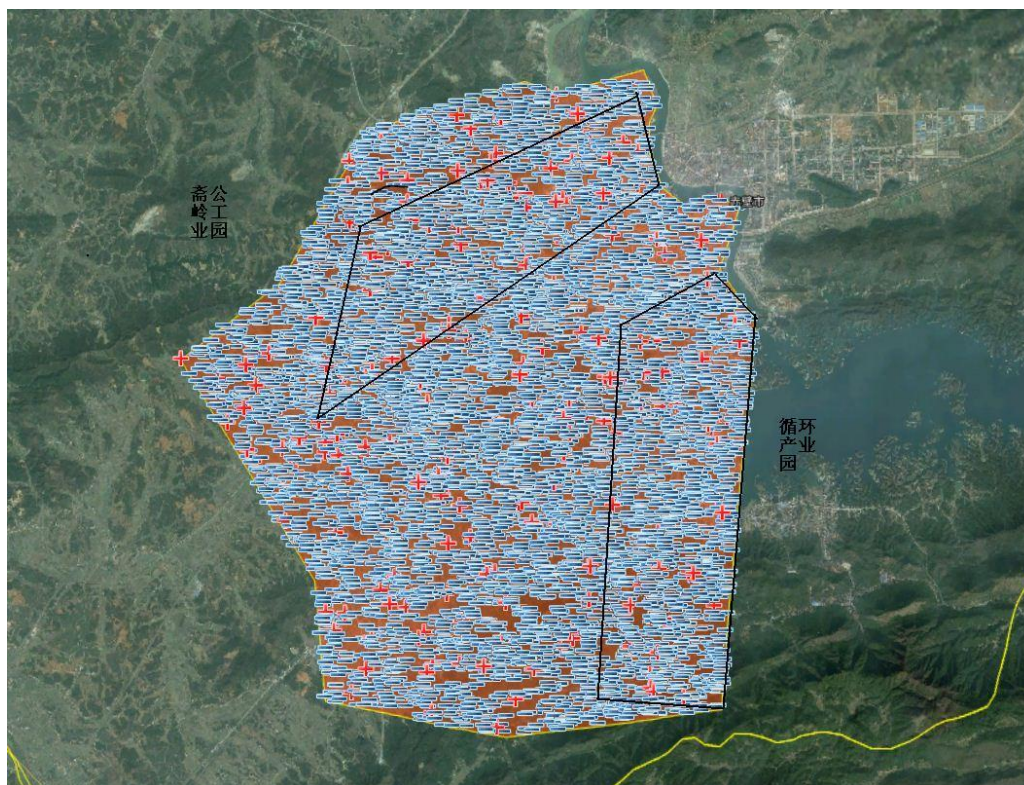


图 5.2-1 2007-2018 年赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园及周边地闪回击示意图

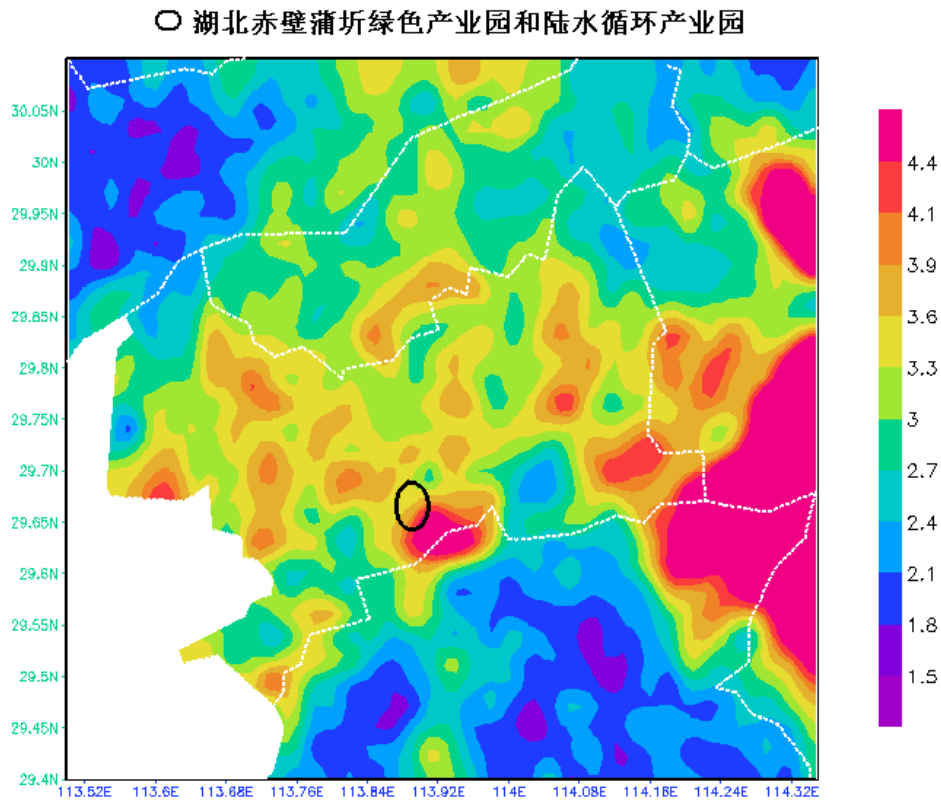


图 5.2-2 2007-2018 年赤壁地闪回击密度图

表 5.2-1 1961-2013 年赤壁气象站年雷暴日统计表

年份	雷暴日数 (d)	年份	雷暴日数 (d)	年份	雷暴日数 (d)
1961	55	1979	50	1997	32
1962	31	1980	38	1998	51
1963	51	1981	44	1999	34
1964	52	1982	44	2000	28
1965	41	1983	47	2001	28
1966	40	1984	44	2002	37
1967	62	1985	48	2003	40
1968	49	1986	27	2004	38
1969	63	1987	46	2005	36
1970	45	1988	36	2006	42
1971	36	1989	27	2007	34
1972	45	1990	35	2008	47
1973	64	1991	48	2009	27
1974	30	1992	36	2010	54
1975	49	1993	36	2011	20
1976	39	1994	49	2012	45
1977	45	1995	42	2013	41
1978	52	1996	32		

根据气象站观测的 1961-2013 年雷暴日数据（见表 5.2-1）可知，赤壁市年均雷暴日数为 41.7d，按照 GB50057-2010 雷击大地密度 $N_g=0.1 \times T_d$ ，可得赤壁市雷击大地密度为 4.17 次 $\text{km}^{-2} \text{a}^{-1}$ 。利用历史雷暴日数据依据公式计算所得的雷击大地密度

比起闪电监测系统统计数据 $3.88 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 要大，当用两种方法计算得到雷击大地密度数据时，为了进一步确保雷击安全，我们建议取较大值作为防雷装置设计依据。

5.2.1.2 历年最强雷暴天气分析

在评估区域内，一个自然时内闪电定位系统记录到 1 次及以上地闪回击，我们把它记为一个雷暴小时。一个雷暴小时内发生的总地闪回击次数除以评估区域面积得雷暴小时强度，单位为次 $\text{km}^{-2} \text{ h}^{-1}$ （次每平方公里每小时）。

雷暴小时强度是一个反映评估区域极端雷暴天气过程的值，该值越大则表明短时间内评估区域内地闪次数越多。短时间内的连续地闪回击可能使评估区域内原本完好的雷电防护装置失效，极大的提高了雷电灾害发生的风险。这是一个进一步细化评估区域内雷电气候的物理量。

从表 5.2-2 分析结果可知，赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内最强雷暴活动天气主要出现在 6-8 月这段时间，而此段时间也是湖北省强对流天气最活跃时段。

表 5.2-2 2007-2018 年赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园

最大雷暴小时强度统计表

年份	总雷暴小时 (h)	最强雷暴小时	最强雷暴小时回击次数
2007 年	60	8-03 06 时	120
2008 年	74	8-02 13 时	165
2009 年	44	8-28 15 时	375
2010 年	78	7-08 20 时	127
2011 年	35	6-09 22 时	35
2012 年	43	6-30 15 时	124
2013 年	58	6-22 13 时	139
2014 年	59	9-09 15 时	25
2015 年	67	6-02 00 时	43
2016 年	44	8-02 13 时	54
2017 年	40	7-17 19 时	45
2018 年	60	7-31 15 时	63

5.2.2 赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园地闪时间分布

5.2.2.1 年变化特征

近 12 年来，赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园闪电活动大体呈减少趋势。2008 年地闪次数最多，为 846 次，2010 年地闪次数次之，为 665 次，2017 年最少，为 135 次。从统计数据来看，虽然赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷暴频次

总体呈减少趋势，但是不能排除未来个别年份雷电活动会剧增的可能性。

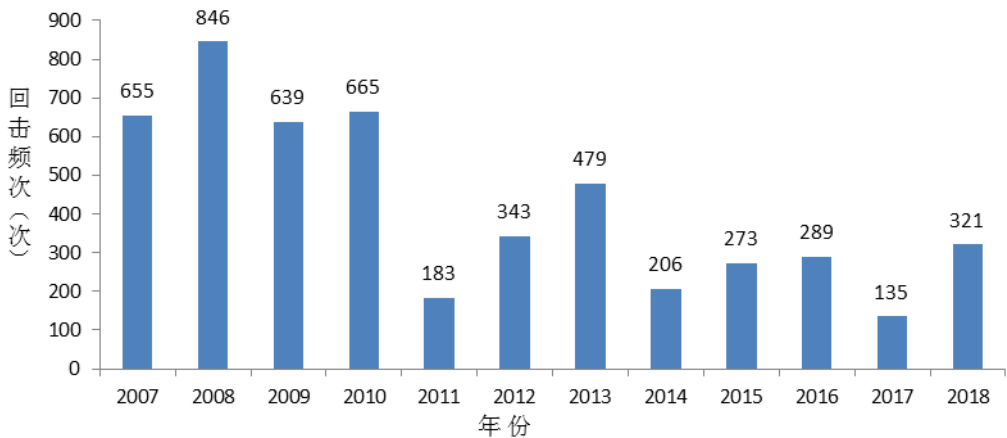


图 5.2-3 2007-2018 年赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园及周边地闪回击年变化特征

5.2.2.2 月变化特征

由历年闪电频次月变化（图 5.2-4）可知：上半年，雷电活动逐月增加趋势，8月达到顶峰，9月后雷电逐渐减少，10-12月份较少发生。赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的雷电主要出现在盛夏季节，春季次之，冬季的雷电活动较少。主要原因是7、8月易触发对流性天气；而冬季节不易触发对流天气，雷电活动减少。9月以后，雷电活动虽然相对夏季明显减少，遇到雷暴天气的概率降低，但仍有雷电发生，其危害强度并不小，所以秋、冬季的防雷工作仍然不能忽视。

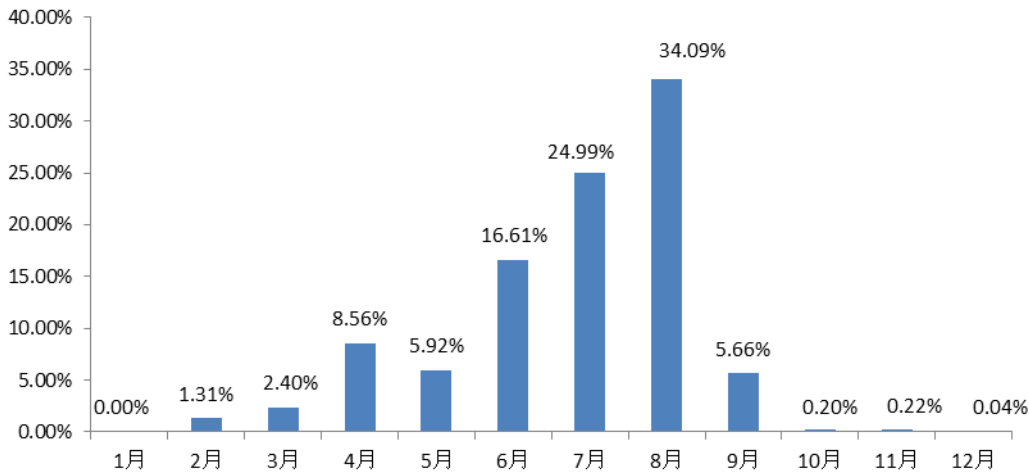


图 5.2-4 2007-2018 年产业园及周边地闪回击月变化特征

5.2.2.3 日变化特征

赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园 2007-2018 年闪电频次日变化呈单峰单谷结构，峰值出现在午后 15 时，凌晨及上午雷电活动相对较少，谷值出现在上午 11 时。因此赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园应关注午后 15 时的雷电天气。

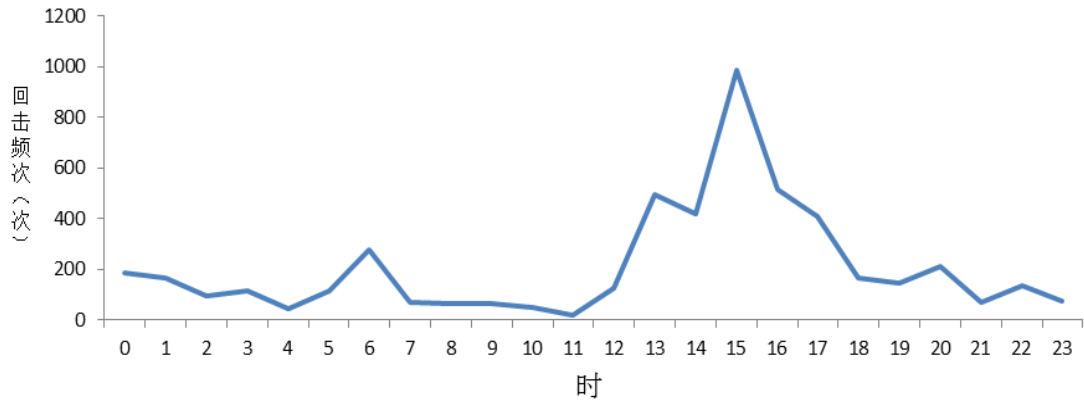


图 5.2-5 2007-2018 年赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园及周边地闪回击日变化特征

5.2.3 赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷电危害特征

5.2.3.1 雷电流强度分析

(1) 逐月雷电流平均强度及最大强度

赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园累计雷电回击次数最大值出现在 8 月，为 1716 次；最大雷电流强度最大值则出现在 6 月，为 247.8 kA；12 月仅出现 2 次雷电回击，平均强度最大，为 76.100kA；1 月无雷电回击。

表 5.2-3 2007-2018 年地闪逐月雷电流统计表

月份	累计回击次数(次)	平均强度(kA)	最大雷电流强度(kA)
1	0	0.000	0.0
2	66	42.350	137.7
3	121	38.502	168.7
4	431	37.466	216.9
5	298	36.444	183.0
6	836	41.471	247.8
7	1258	36.085	179.8
8	1716	37.876	202.5
9	285	36.488	114.5
10	10	41.540	79.6
11	11	52.873	189.0
12	2	76.100	98.1

(2) 雷电流强度的概率分布

根据历史云地闪回击数据统计得到雷电流强度分布概率图(图 5.2-6), 赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所在地发生的云地闪回击雷电流主要集中在 16~50kA, 占闪电数量的 81.68%; 16kA 以下的雷电流仅占 1.15%; 100kA 以上的雷电流占 2.09%;

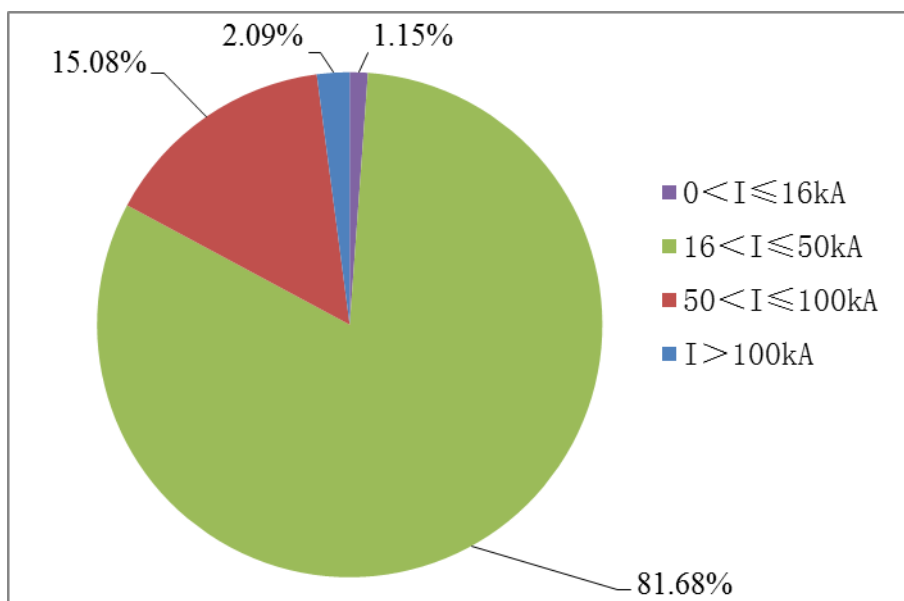


图 5.2-6 2007-2018 年雷电流强度分布概率

(3) 雷电流绕击及反击分析

雷电的绕击是指雷电击中在接闪器保护范围内的被保护物上的雷击现象。

雷电的反击现象通常指遭受直击雷的金属体(包括接闪器、接地引下线和接地体), 在引导强大的雷电流流入大地时, 在它的引下线、接地体以及与它们相连接的金属导体上会产生非常高的电压, 对周围与它们连接的金属物体、设备、线路、人体之间产生巨大的电位差, 这个电位差会引起闪络。在接闪瞬间与大地间存在着很高的电压, 这电压对与大地连接的其他金属物品发生放电(又叫闪络)的现象叫反击。

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

近 12 年, 赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园一类防雷建筑物小于 5.4kA 的

雷电流共发生 1 次，发生雷电流绕击的概率为 0.02%；大于 200kA 的雷电流共发生 4 次，发生雷电流反击的概率为 0.08%。二类防雷建筑物小于 10.1kA 的雷电流共发生 1 次，发生雷电流反击的概率为 0.02%；大于 150kA 的雷电流共发生 22 次，发生雷电流反击的概率为 0.44%。三类防雷建筑物小于 15.8kA 的雷电流共发生 49 次，发生雷电流绕击的概率为 0.97%；大于 100kA 的雷电流共发生 105 次，发生雷电流反击的概率为 2.09%。

表 5.2-4 2007-2018 年雷电流绕击及反击概率

	绕击频次	绕击率	反击频次	反击率
一类防雷建筑物	1	0.02%	4	0.08%
二类防雷建筑物	1	0.02%	22	0.44%
三类防雷建筑物	49	0.97%	105	2.09%

(4) 推导未来发生的雷电流强度分布

关于雷电流强度分布主要依靠雷电流累积概率公式推导得出，IEEE 给出了一个雷电流累积概率分布公式，我们依据这一公式推导出了未来 10 年、30 年、50 年该产业园的地闪频次及雷电流分布。

表 5.2-5 推导未来 10 年、30 年、50 年可能出现的地闪次数及雷电流强度分布

雷电流强度 (kA)	雷电流累积率 (%)	未来 10 年可能发生的地闪回击次数	数据拟合的赤壁市雷电流累积概率 (%)	未来 10 年可能发生的地闪回击次数
>0	100.00%	4193	12579	20966
>10	97.45%	4086	12259	20431
>20	78.36%	3286	9857	16429
>30	47.70%	2000	6000	10001
>40	25.54%	1071	3213	5355
>50	13.84%	580	1741	2902
>60	7.95%	333	1000	1667
>70	4.87%	204	613	1021
>80	3.15%	132	396	660
>90	2.13%	89	268	447
>100	1.50%	63	189	314
>110	1.09%	46	137	229
>120	0.81%	34	102	170
>130	0.62%	26	78	130
>140	0.48%	20	60	101

>150	0.38%	16	48	80
>160	0.31%	13	39	65
>170	0.25%	10	31	52
>180	0.21%	9	26	44
>190	0.17%	7	21	36
>200	0.14%	6	18	29

5.2.3.1 雷电流陡度分析

雷电流随时间上升的变化率称为雷电流的陡度，雷电流陡度对过电压有直接影响。雷电流的强度是指脉冲电流所达到的最高值，波头是指电流上升到幅值的时间，波长（波尾）是指脉冲电流的持续时间。强度和波头共同决定雷电流的陡度。这一物理量类似于用降水量和降水时间表征雨强。

（1）逐年雷电流陡度分析

近 12 年，赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园累计回击次数在 135（2017 年）～846 次（2008 年）之间，平均陡度在 11.611～14.658kA/μs 之间，2016 年平均陡度最大；最大雷电流陡度在 28.6～428.2kA/μs 之间，2012 年最大。

表 5.2-6 2007-2018 年雷电流陡度逐年统计

年份	累计回击次数(次)	平均陡度(kA/μs)	最大雷电流陡度(kA/μs)
2007	655	12.187	44.3
2008	846	13.568	120.7
2009	639	12.187	62.4
2010	665	12.532	87.0
2011	183	13.552	76.9
2012	343	13.195	428.2
2013	479	12.559	42.7
2014	206	12.293	53.3
2015	273	14.251	44.4
2016	289	14.658	89.7
2017	135	11.611	28.6
2018	321	14.317	51.3

（2）逐月雷电流陡度分析

近 12 年，赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园各月累计雷电回击次数在 0～1716 次之间，8 月雷电回击次数最多，7 月次之，1 月无雷电回击。2～11 月各月平

均陡度在 9.750~13.832kA/μs 之间，6 月的平均陡度最大，8 月次之；2~11 月最大雷电陡度在 10.8~428.2kA/μs 之间，8 月最大，6 月次之。

表 5.2-7 2007-2018 年雷电流陡度逐月统计

月份	累计回击次数(次)	平均陡度(kA/μs)	最大雷电流陡度(kA/μs)
1	0	0.000	0
2	66	12.212	38.2
3	121	10.881	33.0
4	431	12.456	46.0
5	298	13.079	44.3
6	836	13.832	120.7
7	1258	12.873	87.0
8	1716	13.213	428.2
9	285	12.236	37.6
10	10	10.940	19.3
11	11	12.409	24.0
12	2	9.750	10.8

5.2.4 赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷击安全现状评估

5.2.4.1 模糊层次分析法

层次分析法（AHP）是对一些较复杂、较模糊的问题做出决策的简易方法，先将复杂问题分解为若干层次和若干因素，再在两两因素之间进行简单的比较和计算得到各元素的权重。模糊层次分析法是层次分析法在模糊条件下的扩展，核心是用三角模糊数表示各变量两两比较的重要性程度。

（1）三角模糊函数定义

三角模糊函数指论域 R 上的模糊数 M，其隶属函数 $\mu_M: R \rightarrow [0,1]$ 表示为 $\mu_M(x) = (x-l)/(m-l)$ ， $x \in [l, m]$ ； $\mu_M(x) = (x-u)/(m-u)$ ， $x \in [m, u]$ ； $\mu_M(x) = 0$ ，其他。式中， $l \leq m \leq u$ ， l 和 u 表示 M 的上界和下界值， $u-l$ 值越大，表示模糊程度越强，m 是模糊集 M 的隶属度为 1 时的取值。三角模糊数 M 可以表示为 (l, m, u) 。

（2）构造模糊判断矩阵

依据三角模糊数的定义对各个指标进行两两比较评判，形成模糊判断矩阵表示为：

$$R = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})_{n \times n}, i, j = 1, 2, \dots, n。$$

（3）去模糊化

去模糊化的目的是将模糊判断矩阵转化为非模糊判断矩阵，从而在非模糊环境下直接运用 AHP 方法。

（4）一致性检验

通过提取各层因素两两比较判断信息的最可能估计值中值得到的判断矩阵作为参照，如果参照矩阵满足一致性要求，则近似认为三角模糊判断矩阵也满足一致性检验。

（5）评估模型的建立

湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园位于赤壁南部城郊，东起陆水水库八号副坝，西至五洪山，南至荆泉山，北至赤壁市区。现场定位中心点（N30.4321，E114.9048）。通过对产业园及周边部分地区的闪电定位数据分析可知：赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷击大地密度在 $4.12 \text{ 次 km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，雷电流平均强度 37.95 kA ，实测土壤电阻率为 $31.40 \Omega \cdot \text{m}$ 。

对产业园现场勘测得到防雷安全状况如下：产业园内工业厂房采用的是钢结构建筑，实测接地电阻值都在 4Ω 以下，防直击雷装置完备但有部分存在锈蚀，有部分企业未按规定定期接受防雷检测；园区企业电力及通信线路都采用铠装埋地接入，但大部分企业的配电和信号系统未安装浪涌保护器（SPD）。若发生雷击事故，医疗救援可以在 5 分钟内到达现场，消防救援可在 10 分钟内到达。

（6）模糊判断矩阵的构造

根据表 5.2-7 的矩阵进行去模糊化计算，最终得到各指标的最终权重（0.38, 0.32, 0.30），参照以上步骤，可以求出下一层次对上一层次的权重。

表 5.2-8

模糊判断矩阵

	A1	A2	A3
A1	(1, 1, 1)	(1/4, 1/2, 1)	(1, 3, 4)
A2	(1, 2, 4)	(1, 1, 1)	(2, 4, 5)
A3	(1/4, 1/3, 1)	(1/5, 1/4, 1/2)	(1, 1, 1)

计算模糊综合程度值：

$$D_{A1} = \sum_{j=1}^3 a_{ij} \div \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} = (0.12, 0.34, 0.78)$$

$$(i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3)$$

$$D_{A2} = \sum_{j=1}^3 a_{ij} \div \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} = (0.22, 0.54, 1.30)$$

$$(i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3)$$

$$D_{A3} = \sum_{j=1}^3 a_{ij} \div \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} = (0.08, 0.12, 0.32)$$

$$(i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3)$$

(7) 指标评分标准

按照附录 C 的指标评分标准对赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园现场的雷击安全现状评估打分。

5.2.4.2 模糊层次雷击风险评估得分

通过计算得到赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷击安全现状评估总得分为 83.65 分。

表 5.2-9 赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷击风险评估指标得分

准则层 A	A 层权重	指标层 B	B 层权重	B 层相对于 A 层的最终权重	指标得分	结果
A1 雷电灾害承灾体	0.38	B1 直击雷防护	0.24	0.091	90	83.65
		B2 电源线路雷电防护	0.12	0.046	90	
		B3 信号线路雷电防护	0.12	0.046	85	
		B4 土壤电阻率	0.24	0.091	90	
		B5 雷电预警及响应系统	0.28	0.106	80	
A2 雷电灾害致灾因子	0.32	B6 平均地闪回击密度	0.55	0.176	75	
		B7 平均地闪回击强度	0.41	0.131	74.6	
		B8 园区雷击位置因子校正系数	0.04	0.013	80	
A3 雷电灾害敏感因子	0.30	B9 防雷安全工作责任制度	0.17	0.051	85	
		B10 防雷安全应急预案	0.10	0.030	85	
		B11 园区企业性质	0.38	0.114	90	
		B12 人员伤亡应急时间	0.22	0.066	95	
		B13 爆炸火灾应急时间	0.13	0.039	85	

5.2.5 雷击防护建议

(1) 根据闪电定位系统监测到的数据显示赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园历史地闪回击平均密度为 $3.88 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，大于湖北省平均值 $2.62 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。依据赤壁 1961-2013 年平均雷暴日数据计算，其雷击大地密度为 $4.17 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。综合两种计算 Ng 值方法，我们建议取 $4.17 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 为设计院开展防雷装置设计时的设计依据。

(2) 按照 GB50057-2010 中的规定，赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内一般工业厂房及办公楼可以划分为三类防雷建筑物，易燃易爆场所则需根据具体的使用性质按设计标准划分防雷类别。赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园历史地闪回击数据统计得到，回击次数呈逐年下降趋势，但是由于该地雷电活动主要受大尺度雷暴天气影响，未来不排除个别年份会出现雷电剧增的情况。

(3) 该地雷电主要在夏季 6-8 两月，占全年雷电活动的 75.69%，冬季较少，只有个别年份冬季有闪电发生。从日变化上来看，15 时是雷电活动的高发期，要密切注意在此时间段内发生雷电时的人员安全防护。

(4) 产业园所在地是湖北省内传统的雷电高密度区，但是据现场了解部分企业在近几年都未按相关法律法规要求开展防雷装置定期检测，容易留下防雷安全隐患。建议产业园管理部门加大这方面的宣传力度，引导企业主动按照法律法规要求开展

这项工作，并且制定合理的防雷应急预案，加强发生雷击事故后的应急处理能力。

（5）产业园内大部分企业的低压配电系统及信号系统未安装 SPD，一旦遭到感应雷击，电子电气系统极易遭损害，建议总配电开关处应设计安装 SPD，各层配电箱及重要设备配电箱或跨越防雷区的线路安装 SPD，并在防雷区分界处作等电位连接。安装和选择的 SPD 及各级 SPD 的协调配合应符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010 的相关规定。

（6）对赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园采用模糊层次法评估得分为 83.65，该园区的雷击风险较高（见附录 C）。

5.3 风速极值推算

5.3.1 参考气象站的选取

采用赤壁气象站作为产业园设计风速推算的参考气象站。赤壁气象站自 1976 年开始有自计 10min 平均最大风速观测，从图 5.3-1 逐年最大风速变化图可看出 1982 年至 2018 年最大风速呈下降趋势。

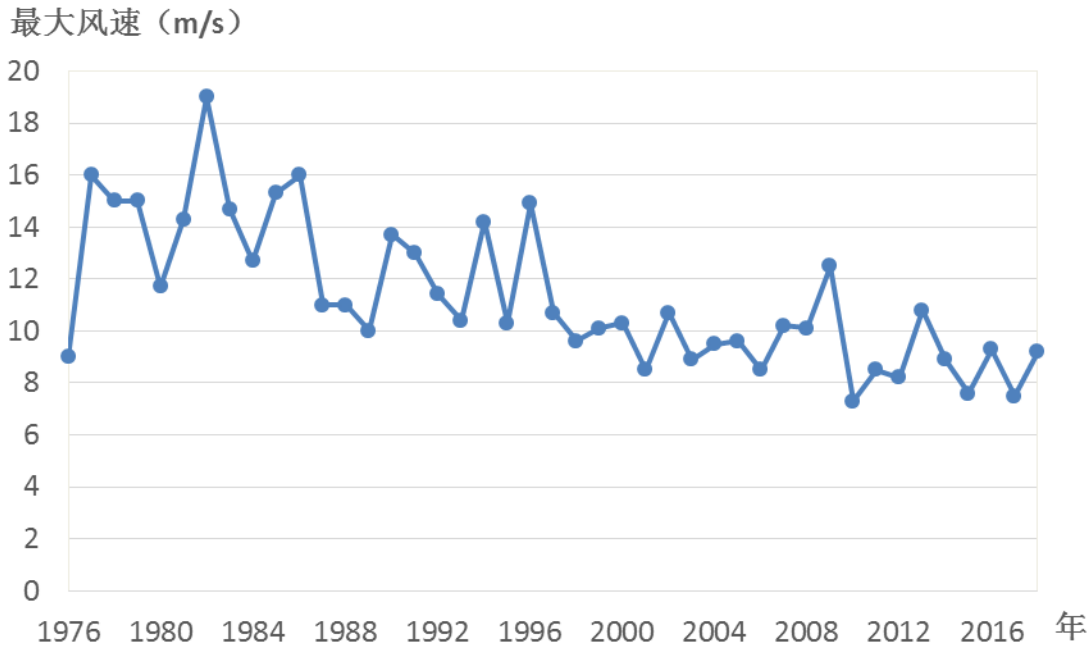


图 5.3-1 赤壁气象站逐年最大风速变化

5.3.2 对赤壁气象站(1959-1975 年)年最大风速的时距订正

由于赤壁气象站 1959-1975 年只有四次定时 2min 平均最大风速观测，而没有 10min 平均最大风速观测，在《应用气候手册》中给出了两者的换算公式，因此可进

行不同风速时距的换算，根据四次定时 2min 平均年最大风速推算出 1959-1975 年的 10min 平均年最大风速，与已有的自计 10min 平均最大风速资料联合使用。

《应用气候手册》给出的适用于华中地区的换算关系式：

$$y=0.73x +7.00 \quad (1)$$

其中：x 为四次定时 2min 最大风速，y 为 10min 平均最大风速。

根据上述关系式对 1959-1975 年间的年最大风速进行了插补，结果如下：

表 5.3-1 用关系式推算出的 1959-1975 年逐年最大风速（m/s）

年	最大风速推算值
1959	15.8
1960	15.8
1961	14.3
1962	15.8
1963	14.3
1964	17.2
1965	13.6
1966	15.8
1967	17.2
1968	15.0
1969	13.6
1970	13.6
1971	12.8
1972	15.8
1973	13.6
1974	14.3
1975	13.6
平均值	14.8
标准差	1.3

由表 5.3-1 可见，订正后的 17 年序列均比较稳定。采用公式推算出的 1959-1975 年的最大风速，与已有的年最大风速资料联合，便可得到 60 年（1959-2018 年）完整的 10m 高度 10min 平均年最大风速序列（图 5.3-2），用于基本风速的概率推算。

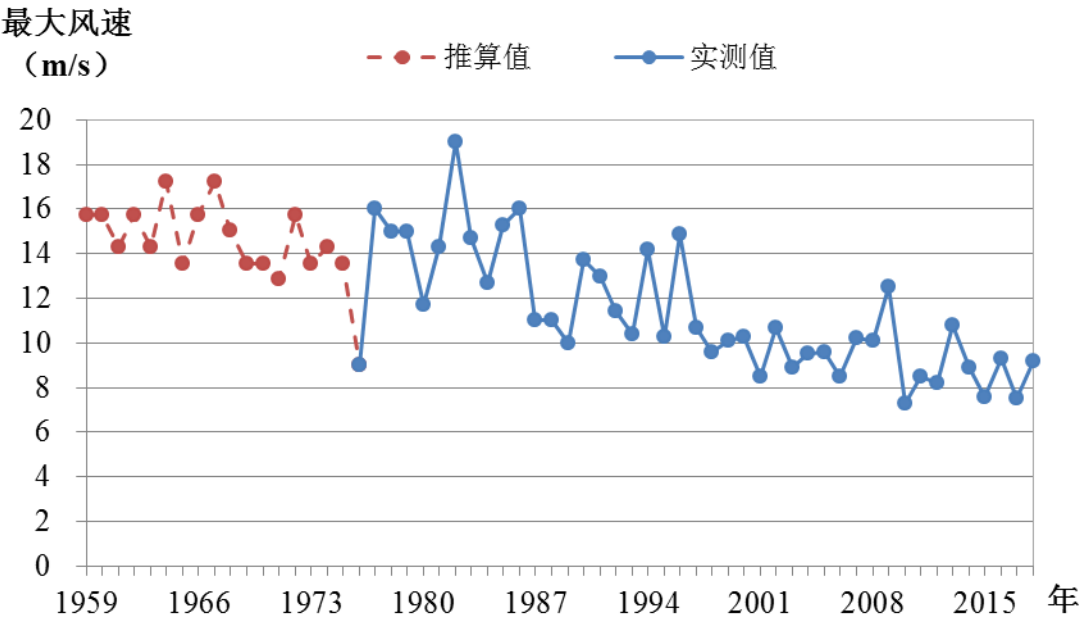


图 5.3-2 赤壁气象站年最大风速变化图（1959-2018 年）

5.3.3 设计风速的概率计算

概率计算方法主要采用了极值 I 型分布和广义极值分布，上述方法均来自于《现代应用统计学》。具体的推算方法详见附录 4。

5.3.3.1 极值 I 型分布计算基本风速

本文使用的资料是赤壁气象站 1959-2018 年 10min 平均年最大风速序列，有 60 年资料，符合指南或规范对资料的要求。按标准的规定，用极值 I 型计算出不同重现期的基本风速，为了让设计人员有一个选择的余地，也为了有一个相互比较、相互验证的结果，报告给出了耿贝尔法和矩法参数估计法计算出的基本风速，赤壁气象站 4 个不同重现期的基本风速见表 5.3-2。

可见，两种参数估算法得到的结果基本一致，其中使用耿贝尔参数估算法计算的 100 一遇 10min 平均最大风速 22.3m/s、50 年一遇 10min 平均最大风速 20.5m/s。

表 5.3-2 利用极值 I 型计算出赤壁气象站不同重现期的基本风速（m/s）

参数估算法	100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
耿贝尔法	22.3	20.5	19.3	16.5
矩法	21.4	19.8	18.6	16.1

5.3.3.2 广义极值分布计算基本风速

目前对设计基本风速的计算一般用极值 I 型分布来拟合，在实际问题中，如果

知道风速的基本类型，并且能验证其是否满足极值分布吸引场的条件，就可以确定相关问题的极值分布到底是何类型，但是通常只能得到观测数据，而其分布具有何种形式是难以确定的，另一方面，即使知道其类型，要验证是否满足其极大值极值分布吸引场的条件也较困难，而广义极值分布包含了 Gumbel, Frechet 及 Weibull 分布，将三种极值分布统一在一起，是一个较为完整的极值分布体系，不必考虑原始分布的类型，能够避免单独采用某一分布的不足。以下利用广义极值分布计算设计基本风速。具体的推算方法详见附录 4。

赤壁气象站不同重现期的基本风速见表 5.3-3。比较发现，利用广义极值分布计算的基本风速较极值 I 型的偏小，使用广义极值分布计算的 100 年一遇 10min 平均最大风速 19.2m/s，50 年一遇 10min 平均最大风速 18.5m/s。

表 5.3-3 利用广义极值分布计算出赤壁气象站不同重现期的基本风速（m/s）

参数估算法	100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
广义极值	19.2	18.5	17.9	16.2

5.3.3.3 拟合适度检验

采用参数检验法（柯尔莫戈洛夫拟合适度检验）来校核上述概率分布模型的合理性。具体的检验方法详见附录 4。

以耿贝尔参数估算法为例，表 5.3-4 为各点的理论分布与经验分布的偏差，从中可得到极值 I 型概率分布下 $D_n = 0.153$ ，从而算得 $K_f = 1.19 < 1.35$ ，因此样本序列服从该型概率分布。

表 5.3-4 极值 I 型分布（耿贝尔参数估算法）下风速的绝对偏差

年份	赤壁气象站年最大风速(m/s)	F(xi)	F*(xi)	F*(xi)-F(xi)
2010	7.3	0.013	0.016	0.003
2017	7.5	0.018	0.033	0.015
2015	7.6	0.021	0.049	0.028
2012	8.2	0.049	0.066	0.017
2001	8.5	0.069	0.082	0.013
2006	8.5	0.069	0.098	0.029
2011	8.5	0.069	0.115	0.046
2003	8.9	0.103	0.131	0.028
2014	8.9	0.103	0.148	0.044
1976	9.0	0.113	0.164	0.051
2018	9.2	0.134	0.180	0.046
2016	9.3	0.145	0.197	0.052
2004	9.5	0.169	0.213	0.045

年份	赤壁气象站年最大风速(m/s)	F(xi)	F*(xi)	F*(xi)-F(xi)
1998	9.6	0.181	0.230	0.049
2005	9.6	0.181	0.246	0.065
1989	10.0	0.234	0.262	0.029
1999	10.1	0.248	0.279	0.031
2008	10.1	0.248	0.295	0.047
2007	10.2	0.262	0.311	0.050
1995	10.3	0.276	0.328	0.052
2000	10.3	0.276	0.344	0.068
1993	10.4	0.291	0.361	0.070
1997	10.7	0.335	0.377	0.042
2002	10.7	0.335	0.393	0.059
2013	10.8	0.350	0.410	0.060
1987	11.0	0.380	0.426	0.047
1988	11.0	0.380	0.443	0.063
1992	11.4	0.439	0.459	0.020
1980	11.7	0.482	0.475	0.007
2009	12.5	0.590	0.492	0.098
1984	12.7	0.615	0.508	0.107
1971	12.8	0.632	0.525	0.107
1991	13.0	0.650	0.541	0.109
1965	13.6	0.711	0.557	0.153
1969	13.6	0.711	0.574	0.137
1970	13.6	0.711	0.590	0.121
1973	13.6	0.711	0.607	0.104
1975	13.6	0.711	0.623	0.088
1990	13.7	0.723	0.639	0.084
1994	14.2	0.768	0.656	0.112
1961	14.3	0.776	0.672	0.104
1963	14.3	0.776	0.689	0.087
1974	14.3	0.776	0.705	0.071
1981	14.3	0.776	0.721	0.054
1983	14.7	0.806	0.738	0.068
1996	14.9	0.819	0.754	0.065
1978	15.0	0.826	0.770	0.056
1979	15.0	0.826	0.787	0.039
1968	15.0	0.828	0.803	0.025
1985	15.3	0.844	0.820	0.025
1959	15.8	0.869	0.836	0.033
1960	15.8	0.869	0.852	0.017
1962	15.8	0.869	0.869	0.000
1966	15.8	0.869	0.885	0.016
1972	15.8	0.869	0.902	0.033
1977	16.0	0.880	0.918	0.038
1986	16.0	0.880	0.934	0.054
1964	17.2	0.925	0.951	0.026
1967	17.2	0.925	0.967	0.042
1982	19.0	0.963	0.984	0.021

5.3.4 产业园设计风速的推算

估算产业园设计基准风速通常的方法是在产业园设置短期气象观测站（或直接利用产业园附近区域自动气象站），与临近气象站进行对比分析，建立回归方程或求出从气象站到产业园的放大系数（比值），即首先求出赤壁气象站到产业园的放大系数，再将气象站资料求得的不同重现期的最大风速移植到产业园。陆水循环产业园区附近有区域自动气象站 1 个，为陆水湖站（Q8225）；距离蒲圻绿色产业园区 7 千米处有区域自动气象站 1 个，为龙佑站（Q8226）。

（1）区域自动气象站与赤壁气象站最大风速相关分析

Q8225、Q8226区域自动气象站和赤壁气象站日最大风速的相关性及比值见表 5.3-5、表 5.3-6（时间尺度如表所示）。以 Q8225、Q8226 区域自动气象站日最大风速排序的情况下，赤壁气象站到 Q8225、Q8226 区域自动气象站处风速以增大为主，且比值随着 Q8225、Q8226 区域自动气象站日最大风速条件的变大而变大；以赤壁气象站日最大风速排序的情况下，赤壁气象站到 Q8225、Q8226 区域自动气象站处风速相接近。

从表 5.3-5、表 5.3-6 可以看出 Q8225、Q8226 区域自动气象站与赤壁气象站的最近 12 月最大风速之间相关系数为 0.866、0.906，通过了置信水平为 0.001 的显著性检验，K 值分别为 1.286、1.253。因此，可确定产业园与气象站风速比值 K，即赤壁气象站到产业园区风的比值系数为 **1.286**。

表 5.3-5 Q8225 区域自动气象站与赤壁气象站最大风速比值(2016.01~2018.12)

项目	日最大风速条件	相关系数	样本数	显著性	比值(自动站/气象站)
以 Q8225 日最大风速排序	$f_{\max} \geq 8\text{m/s}$	0.148	30	/	1.620
	$f_{\max} \geq 7\text{m/s}$	0.348	62	0.01	1.578
	$f_{\max} \geq 6\text{m/s}$	0.383	140	0.001	1.506
以赤壁气象站日最大风速排序	$f_{\max} \geq 8\text{m/s}$	0.710	4	/	0.989
	$f_{\max} \geq 7\text{m/s}$	0.489	9	/	1.043
	$f_{\max} \geq 6\text{m/s}$	0.484	29	0.01	1.055
旬最大风速		0.510	105	0.001	1.317
月最大风速		0.492	35	0.01	1.376
5 日最大风速		0.485	212	0.001	1.295
最近 12 月最大风速		0.866	12	0.001	1.286
日最大风速		0.733	921	0.001	1.356

表 5.3-6 Q8226 区域自动气象站与赤壁气象站最大风速比值(2016.01~2018.12)

项目	日最大风速条件	相关系数	样本数	显著性	比值(自动站/气象站)
以 Q8226 日最大风速排序	$f_{\max} \geq 8\text{m/s}$	0.402	24	0.05	1.602
	$f_{\max} \geq 7\text{m/s}$	0.305	57	0.02	1.470
	$f_{\max} \geq 6\text{m/s}$	0.476	122	0.001	1.465
以赤壁气象站日最大风速排序	$f_{\max} \geq 8\text{m/s}$	0.690	4	/	1.053
	$f_{\max} \geq 7\text{m/s}$	0.554	9	0.1	1.130
	$f_{\max} \geq 6\text{m/s}$	0.552	29	0.01	1.138
旬最大风速		0.677	100	0.001	1.369
月最大风速		0.651	36	0.001	1.369
5 日最大风速		0.742	197	0.001	1.386
最近 12 月最大风速		0.906	12	0.001	1.253
日最大风速		0.804	932	0.001	1.370

(2) 从气象站到产业园设计基准风速的推算

根据 Q8225、Q8226 区域自动气象站的最近 12 月最大风速最大风速与同期赤壁气象站最近 12 月最大风速序列，得到赤壁气象站与产业园最大风速的比值：

$$K=1.286 \quad (24)$$

将赤壁气象站不同重现期的最大风速乘上赤壁气象站到产业园的风速放大系数 K，便可得到产业园设计基准风速。如表 5.3-7 所示，利用赤壁气象站到产业园的设计基准风速，可见产业园 100 年一遇最大风速为 28.7m/s、50 年一遇最大风速为 26.4m/s。

表 5.3-7 推算出的产业园不同重现期的最大风速 (m/s)

重现期		100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
产业园	设计风速-极值 I 型耿贝尔法	28.7	26.4	24.8	21.2
	设计风速-极值 I 型矩法	27.5	25.5	23.9	20.7
	设计风速-广义极值	24.7	23.8	23.0	20.8

5.3.5 产业园不同高度不同重现期 10min 平均最大风速的推算

查阅和参考《公路桥梁抗风设计规范》关于地表粗糙度分类（表 5.3-8），产业园类似于表 5.3-8 中农地、田园、平坦开阔地，树木及地层建筑物稀少地区的情况，因此采用 II 类地表粗糙度，风廓线指数为 0.16。最终采用 $\alpha = 0.16$ 推算出离地 20m、30m、50m、70m、100m 高度不同重现期最大风速值，其中 50 年重现期下的最大风速值为

设计基准风速，结果见表 5.3-9。

表 5.3-8 地表状况及地表粗糙度分类

类别	地表粗糙度	地表状况	α
I		海上、海岸	0.12
II		农地、田园、平坦开阔地；树木及地层建筑物稀少地区	0.16
III		树木及地层建筑物密集地区；中、高层建筑物稀少地区；平缓的丘陵地	0.22
IV		中、高层建筑物稀密集地区；起伏较大的丘陵山地	0.30

表 5.3-9 产业园不同高度不同重现期 10min 平均最大风速(m/s)

高度（m）	10min 平均最大风速			
	100 年一遇	50 年一遇*	30 年一遇	10 年一遇
10	28.7	26.4	24.8	21.2
20	32.1	29.5	27.7	23.7
30	34.2	31.5	29.6	25.3
50	37.1	34.2	32.1	27.4
70	39.2	36.0	33.9	28.9
100	41.5	38.2	35.8	30.6

*不同高度对应的设计基准风速

5.4 雪压极值推算

5.4.1 积雪密度的估算

湖北省建国后，共有 13 个气象站观测雪压，通过雪压及雪深计算积雪密度，见表 5.4-1。

表 5.4-1 湖北省 13 站积雪密度（g/cm³）

气象站 项目	巴东	恩施	黄石	荆门	老河口	麻城	天门	五峰	武汉	咸丰	宜昌	郧西	钟祥
积雪 密度	0.12	0.09	0.16	0.20	0.14	0.28	0.13	0.15	0.21	0.15	0.09	0.11	0.15

表 5.4-1 为湖北省 13 站积雪密度，可利用武汉站的结果 0.21g/cm³。

5.4.2 设计雪压的概率计算

本文使用的资料是赤壁气象站 1959-2018 年最大积雪深度序列（年最大积雪深度统计时段均为当年 7 月到下一年 6 月），有 60 年资料，符合指南或规范对资料的要求（图 5.4-1）。采用移动 T 检验法（MTT 法）进行均值差异性检验，找出该序列的

不连续年份，通过计算发现该序列没有发生突变。

按标准的规定，我们将用极值 I 型和广义极值分布计算出不同重现期的最大积雪深度，为了让设计人员有一个选择的余地，也为了有一个相互比较、相互验证的结果，极值 I 型分布分别给出了耿贝尔法和矩法参数估计法计算出的结果。

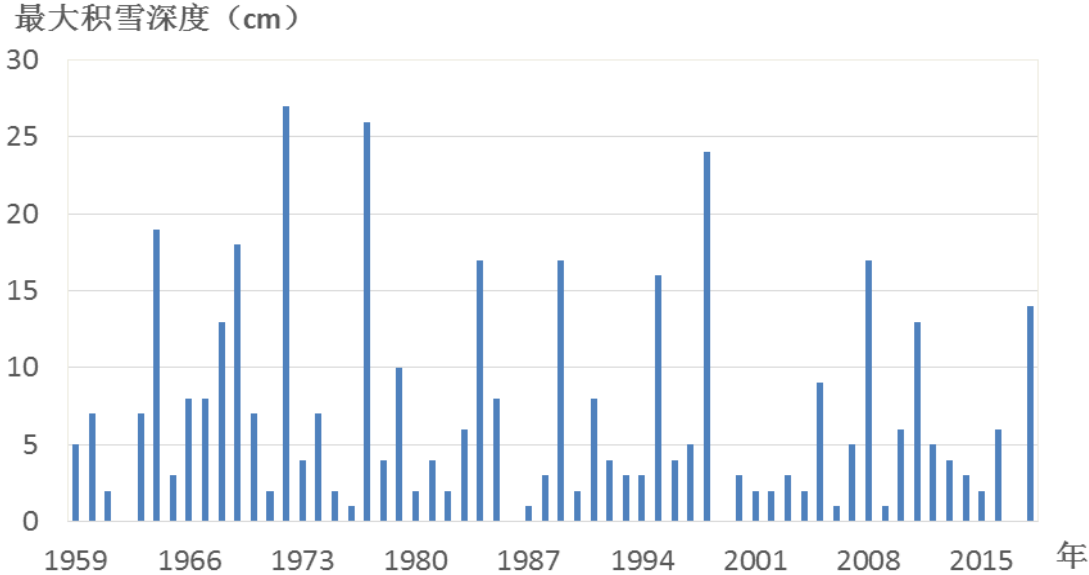


图 5.4-1 赤壁气象站年最大雪深变化图（1959-2018 年）

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

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

其中：k 为积雪深度大于 0 的年数，n 为总年数。

并根据积雪密度和不同重现期的最大积雪深度计算雪压，计算公式如下：

$$S_o = h\rho g$$

其中：S₀ 为雪压 (kN/m²)，h 为积雪深度 (m)，ρ 为积雪密度 (t/m³)，g 为重力加速度 (9.8m/s²)。

表 5.4-2 利用极值 I 型、广义极值分布计算出
赤壁气象站不同重现期的最大积雪深度和雪压

参数估算法			100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
赤壁	极值 I 型	耿贝尔法 (cm)	29.6	25.7	22.8	16.4
		矩法 (cm)	27.5	23.9	21.3	15.5
	广义极值 (cm)		36.6	28.3	23.2	14.4
	雪压 (kN/m ²)		0.57~0.75	0.49~0.58	0.44~0.48	0.30~0.34

采用赤壁气象站的资料进行产业园设计雪压的推算。根据表 5.4-2 可知，产业园的 50 年一遇最大积雪深度为 28.3m，雪压为 0.58 kN/m²。

查建筑荷载规范得武汉 50 年一遇雪压值为 0.50kN/m²。

5.5 最高、最低气温极值及室外空气计算参数推算

5.5.1 不同重现期设计气温（高温）与极端最高气温的推算

5.5.1.1 资料来源

按照《建筑结构荷载规范》，选取赤壁气象站历年来最高温度月的月平均最高气温来计算基本气温（高温）。从图 5.5-1 逐年最高温度月的月平均最高气温变化曲线可看出建站至今呈波动性变化，气温集中在 31.1℃~37.1℃。采用移动 T 检验法(MTT 法)进行均值差异性检验，找出序列的不连续年份，通过计算发现该序列没有发生突变。

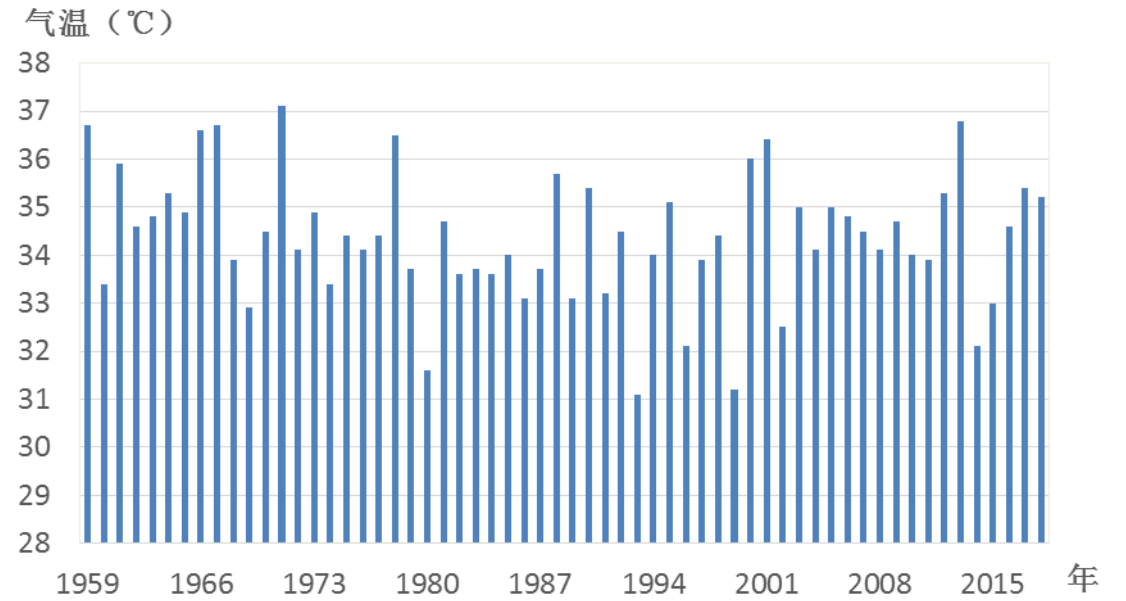


图 5.5-1 赤壁气象站最高温度月的月平均最高气温年际变化图（1959-2018 年）

另外，选取赤壁气象站历年来极端最高气温来计算不同重现期的极端最高气温。从图 5.5-2 逐年极端最高气温变化曲线可看出建站至今呈波动性变化，气温集中在 36.4℃~41.5℃。采用移动 T 检验法（MTT 法）进行均值差异性检验，找出序列的不连续年份，通过计算发现该序列没有发生突变。

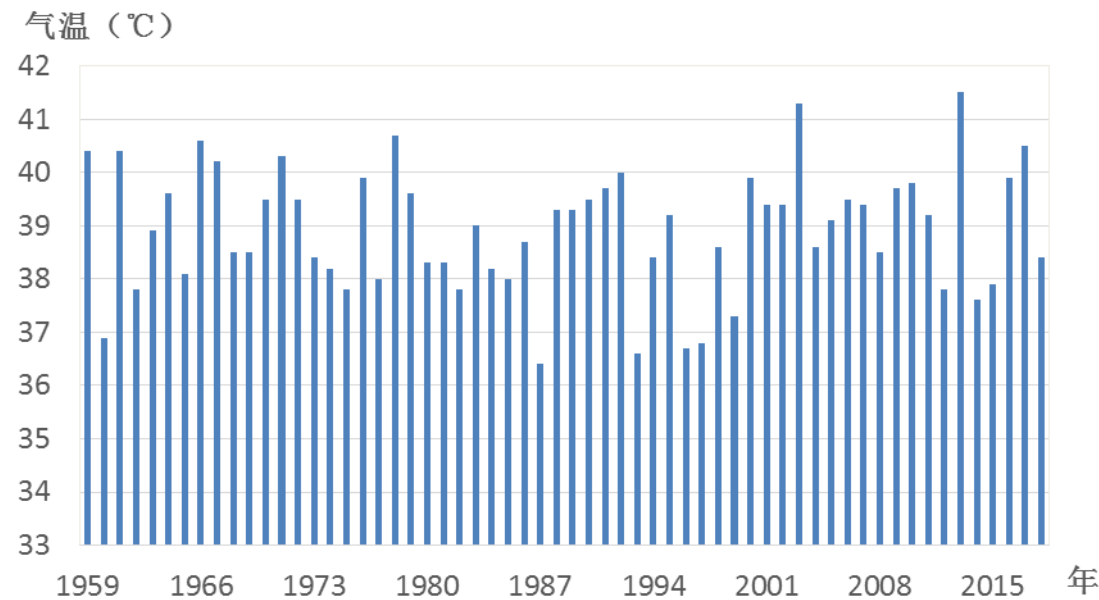


图 5.5-2 赤壁气象站极端最高气温年际变化图（1959-2018 年）

5.5.1.2 设计气温（最高）的概率计算

本文使用的资料是赤壁气象站 1959-2018 年最高温度月的月平均最高气温序列，有 60 年资料，符合指南或规范对资料的要求。按标准的规定，我们将用极值 I 型和广义极值分布计算出基本气温（高温），为了让设计人员有一个选择的余地，也为了有一个相互比较、相互验证的结果，极值 I 型分布分别给出了耿贝尔法和矩法参数估计法计算出的结果。

表 5.5-1 利用极值 I 型、广义极值分布计算出
赤壁气象站不同重现期的月平均最高气温（℃）

参数估算法			100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
赤壁	极值 I 型	耿贝尔法	39.0	38.2	37.6	36.3
		矩法	38.6	37.8	37.3	36.1
	广义极值		37.2	37.0	36.7	36.1

采用赤壁气象站的资料进行产业园设计气温（高温）的推算。根据表 5.5-1 可知，产业园 50 年一遇月平均最高气温的推荐值为 38.2℃。

查建筑荷载规范得武汉的 50 年一遇月平均最高气温为 37.0℃。

5.5.1.3 年极端最高气温的概率计算

本文使用的资料是赤壁气象站 1959-2018 年极端最高气温序列，有 60 年资料，符合指南或规范对资料的要求。使用极值 I 型和广义极值分布计算出不同重现期的极端高温，结果如表 5.5-2 所示。

表 5.5-2 利用极值 I 型、广义极值分布计算出
赤壁气象站不同重现期的极端最高气温（℃）

参数估算法			100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
赤壁	极值 I 型	耿贝尔法	42.9	42.2	41.7	40.6
		矩法	42.5	41.9	41.4	40.4
	广义极值		41.3	41.1	41.0	40.4

采用赤壁气象站的资料进行产业园设计极端高温的推算。根据表 5.5-2 可知，产业园 50 年一遇极端最高气温的推荐值为 42.2℃。

5.5.1.4 产业园周边高温风险空间分析

使用全省 76 个国家级气象站的日气温观测资料，统计各个站点 1961-2018 年的极端最高气温、年高温日数（每年日最高气温≥35℃的日数）极大值、连续高温日数（每年日最高气温≥35℃的连续日数，至少 3 天及以上）极大值。

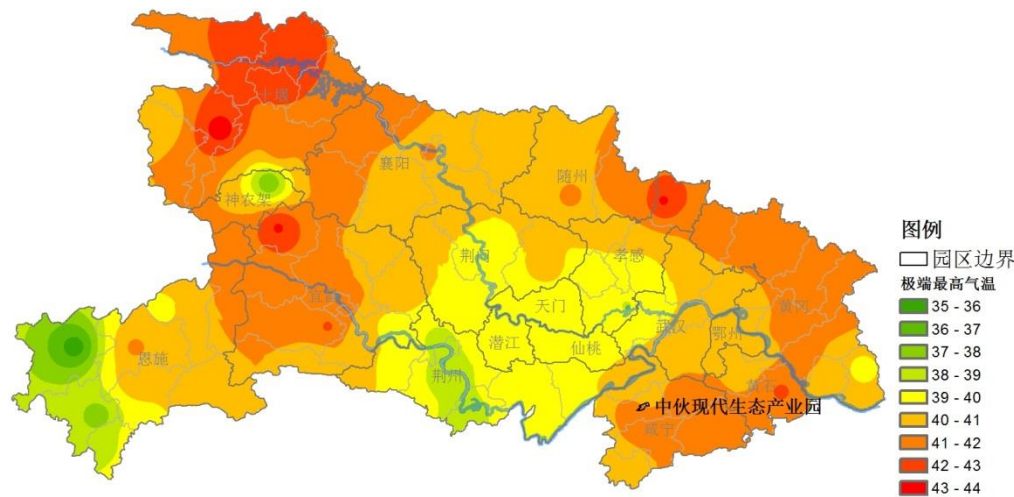


图 5.5-3 1961-2018 年湖北省极端最高气温分布图

湖北省极端最高气温的分布范围为 35.6℃（利川，2016 年）～43.4℃（竹山，1966 年）高值区主要位于十堰、襄阳西部、宜昌西北部、黄冈、黄石、咸宁等地，

极端最高气温多为 41~43℃；江汉平原地区极端最高气温则相对较低；利川、神农架、咸丰等西部高海拔站点极端最高气温最低，低至 35~38℃。另外其中有近 30 个站点的极端高温值出现在 2010 年之后，多为 2013、2017 年。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区极端最高气温在 40~41.0℃ 区间范围内，在全省属于偏高水平。赤壁常规气象站极端最高气温为 2013 年 8 月 10 日的 41.5℃。

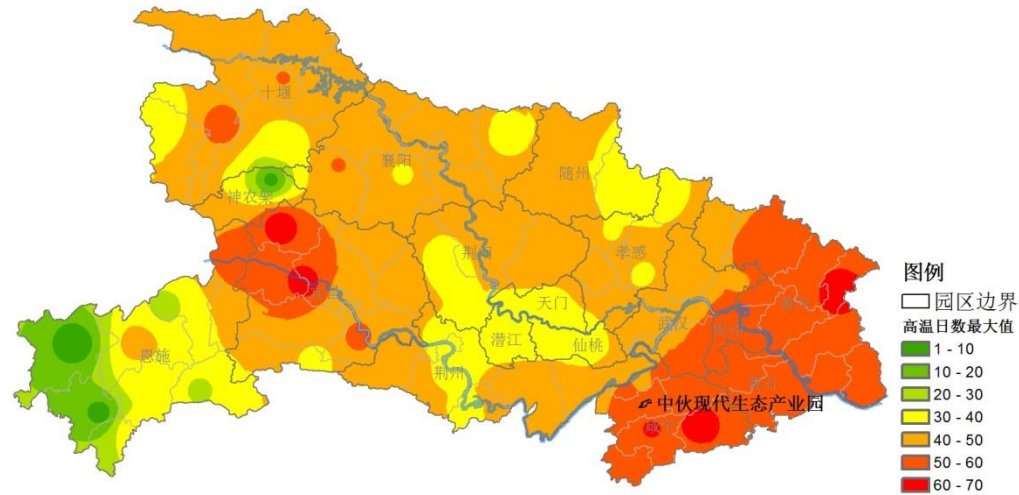


图 5.5-4 1961-2018 年湖北省年高温日数极大值分布图

湖北省年高温日数极大值的分布范围为 1 天（利川，2016 年）~69 天（兴山，1961 年），高值区主要位于鄂东北东部、鄂东南、三峡河谷等地，高温日数可达 50 天以上；恩施地区、神农架等地高温日数最少，极大值在 30 天以下；其他大部地区为 30~50 日。另外其中有 34 个站点的年高温日数极大值出现在 2012 年之后，多为 2013、2018 年。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区年高温日数极大值在 50~60 日区间范围内，在全省范围内属于较高水平。赤壁常规气象站年高温日数极大值为 2013 年的 57 天。

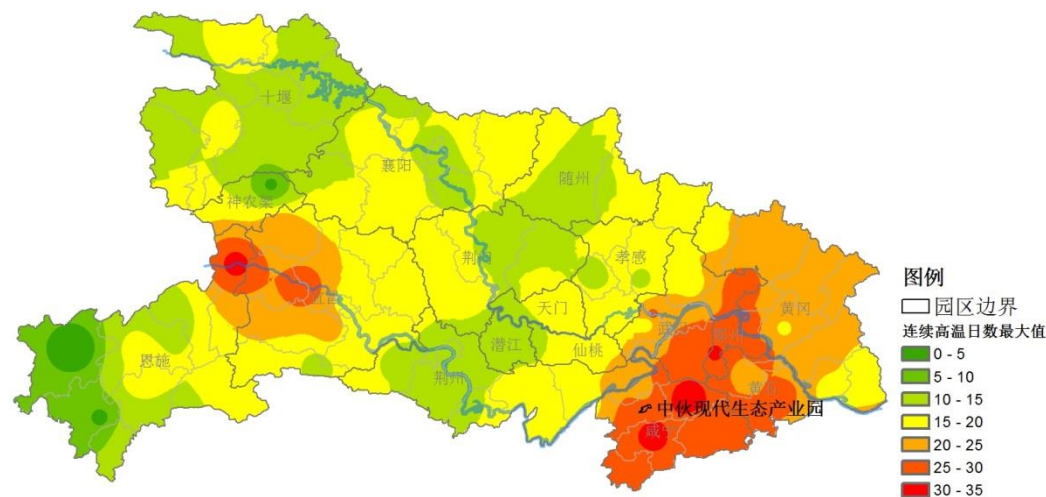


图 5.5-5 1961-2018 年湖北省连续高温日数极大值分布图

湖北省连续高温日数极大值的分布范围为 0 天（利川）～34 天（咸宁，1966 年），高值区主要位于鄂东北东部、鄂东南、三峡河谷及武汉的部分地区等地，连续高温日数可达 20 天以上；恩施西部地区、神农架等地连续高温日数最少，极大值在 10 天以下；其他大部地区为 10～20 日，其中 15 日的分界线较为零散。另外其中有近 30 个站点的连续高温日数极大值出现在 2012 年之后，多为 2013、2018 年。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区连续高温日数极大值在 25～30 日区间范围内，在全省范围内属于较高水平。赤壁常规气象站连续高温日数极大值为 26 天，出现时段为 1966 年 7 月 17 日至 1966 年 8 月 11 日。

5.5.2 不同重现期设计气温（低温）与极端最低气温的推算

5.5.2.1 资料来源

按照《建筑结构荷载规范》，选取赤壁气象站历年来最低温度月的月平均最低气温来计算基本气温（低温）。从图 5.5-6 逐年最低温度月的月平均最低气温变化曲线可看出建站至今气温逐渐上升，在-3.5℃～4.5℃之间变化。采用移动 T 检验法（MTT 法）进行均值差异性检验，找出序列的不连续年份为 1985、2013 年。

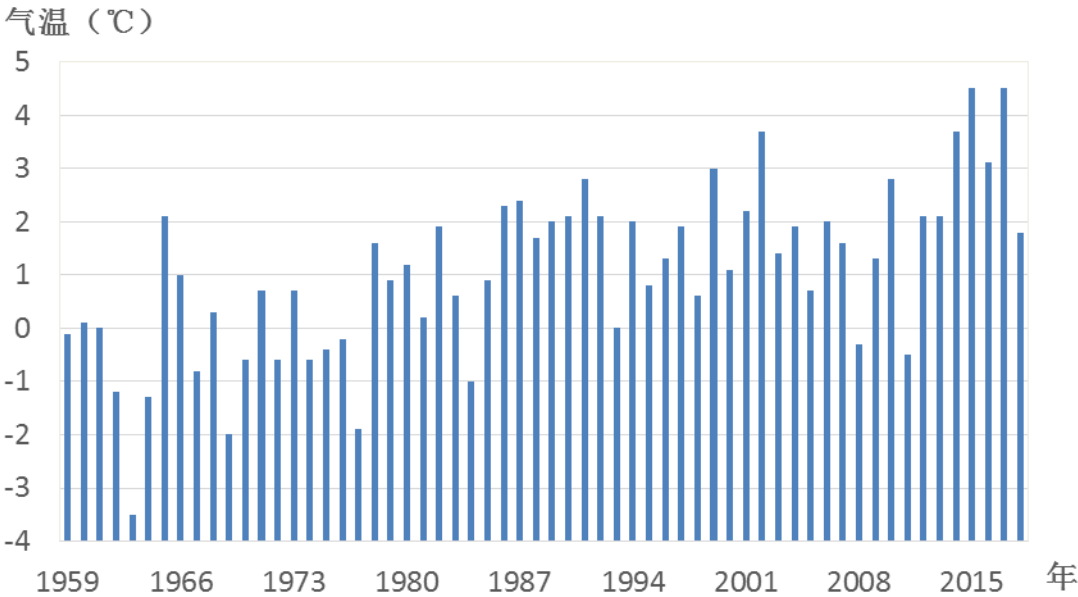


图 5.5-6 赤壁气象站最低温度月的月平均最低气温年际变化图（1959-2018 年）

另外，选取赤壁气象站历年来极端最低气温来计算不同重现期的极端最低气温。从图 5.5-7 逐年极端最低气温变化曲线可看出建站至今气温逐渐上升，在-14.6℃～-0.7℃之间变化。采用移动 T 检验法（MTT 法）进行均值差异性检验，找出序列的不连续年份为 1980 年。

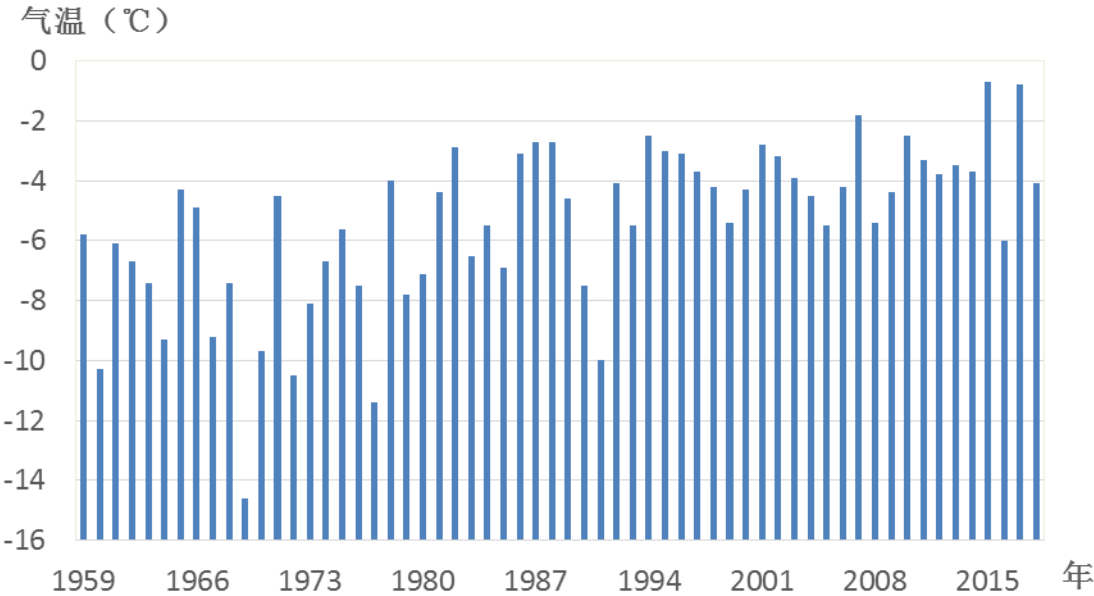


图 5.5-7 赤壁气象站极端最低气温年际变化图（1959-2018 年）

5.5.2.2 设计气温（最低）的概率计算

本文使用的资料是赤壁气象站 1959-2018 年最低温度月的月平均最低气温序列，有 60 年资料，符合指南或规范对资料的要求。使用极值 I 型和广义极值分布计算出

的基本气温（低温），结果如表 5.5-3 所示。

表 5.5-3 利用极值 I 型、广义极值分布计算出
赤壁气象站不同重现期的月平均最低气温（℃）

参数估算法			100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
赤壁	极值 I 型	耿贝尔法	-4.4	-3.4	-2.7	-1.2
		矩法	-3.9	-3.0	-2.4	-1.0
	广义极值		-2.8	-2.4	-2.0	-1.1

采用赤壁气象站的资料进行产业园设计气温（低温）的推算。根据表 5.5-3 可知，产业园 50 年一遇月平均最低气温的推荐值为**-3.4℃**。

查建筑荷载规范得武汉的基本气温（低温）为-5℃。

5.5.2.3 年极端最低气温的概率计算

本文使用的资料是赤壁气象站 1959-2018 年极端最低气温序列，有 60 年资料，符合指南或规范对资料的要求。使用极值 I 型和广义极值分布计算出不同重现期的极端低温，结果如表 5.5-4 所示。

表 5.5-4 利用极值 I 型、广义极值分布计算出
赤壁气象站不同重现期的极端最低气温（℃）

参数估算法			100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
赤壁	极值 I 型	耿贝尔法	-14.7	-13.1	-11.9	-9.3
		矩法	-13.9	-12.4	-11.3	-8.9
	广义极值		-14.5	-12.8	-11.6	-9.0

采用赤壁气象站的资料进行产业园设计极端低温的推算。根据表 5.5-4 可知，产业园 50 年一遇极端最低气温的推荐值为-13.1℃。1969 年，赤壁气象站极端最低气温为-14.6℃，因此，50 年一遇极端最低气温推荐**-14.6℃**。

5.5.2.4 产业园周边低温风险空间分析

使用全省 76 个国家级气象站的日气温观测资料，统计各个站点 1961-2018 年的极端最低气温、年低温日数（每年日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的日数）极大值、连续低温日数（每年日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的连续日数，至少 3 天及以上）极大值。

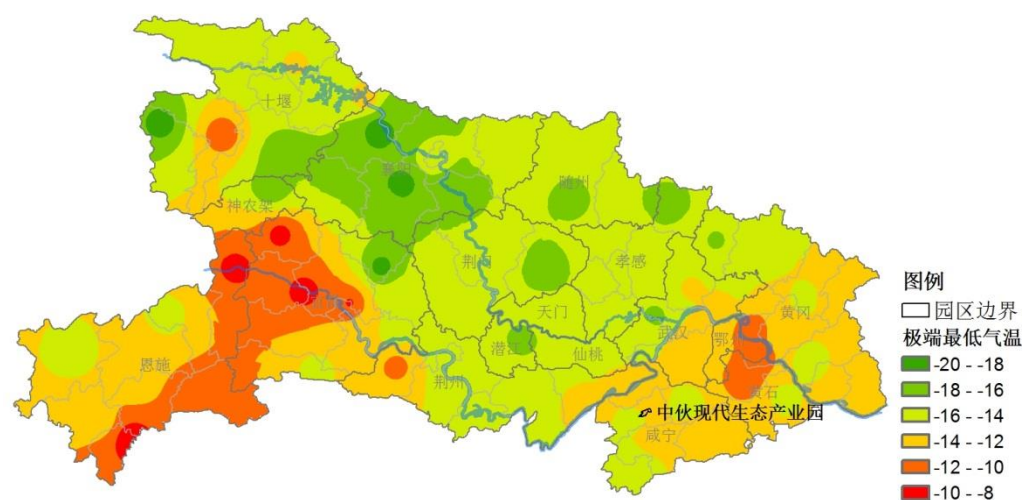


图 5.5-8 1961-2018 年湖北省极端最低气温分布图

湖北省极端最低气温的分布范围为-19.7℃（谷城，1977 年）～-8.3℃（来凤，1977 年），最低值主要位于襄阳，以及十堰、江汉平原北部、随州、宜昌等地的局部地区，极端最低气温低至-16℃以下；三峡河谷以及恩施、宜昌、十堰等地的部分地区极端最低气温最高，在-12℃以上；此外恩施、宜昌、黄石、黄冈、武汉、咸宁等地区的大部地区极端最低气温相对较高。另外其中有近 52 个站点的极端最低气温值出现在 1977 年 1 月 30 日，次之的为 17 个站点出现在 1969 年 1 月 31 日至 2 月 1 日。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区极端最低气温在-16～-14℃区间范围内，在全省属于中等水平。赤壁常规气象站极端最低气温为 1969 年 1 月 31 日的 -14.6℃。

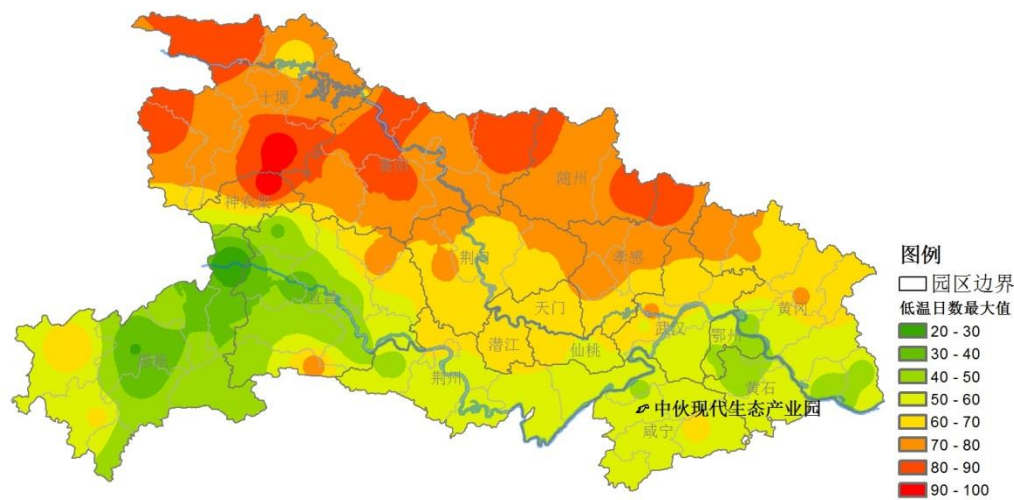


图 5.5-9 1961-2018 年湖北省年低温日数极大值分布图

湖北省年低温日数极大值的分布范围为 20 天（巴东，1984 年）～98 天（房县，

1969 年), 呈现较为明显的南少北多分布特征, 高值区主要位于神农架、十堰、襄阳、随州、孝感地区, 低温日数可达 70 天以上, 此外武汉气象站也达到 77 天 (1969 年); 低值区主要位于三峡河谷和恩施、宜昌地区等, 极大值在 50 天以下; 其他大部地区为 50~70 日。另外其中有 54 个站点的年低温日数极大值出现在 1969 年。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区年低温日数极大值在 50~60 日区间范围内,在全省范围内属于中等水平。赤壁常规气象站年低温日数极大值为 1969 年的 55 天。

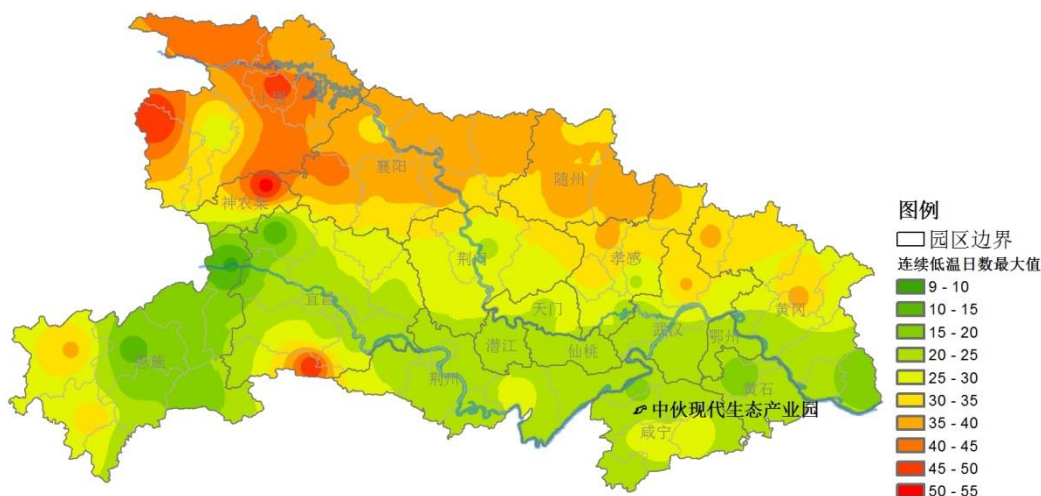


图 5.5-10 1961-2018 年湖北省连续低温日数极大值分布图

湖北省连续低温日数极大值的分布范围为 9 天（巴东，1969 年）~52 天（房县，1976 年底至 1977 年初），呈现较为明显的南多北少分布特征，高值区主要位于神农架、十堰、襄阳、随州等地区，低温日数可达 35 天以上；低值区主要位于三峡河谷，极大值在 15 天以下。另外其中有 36 个站点的连续低温日数极大值出现在 2008 年 1 月中旬至 2 月上旬，且此过程仍有较多站点低温持续天数历史排位前 3。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园所处地区连续低温日数极大值在 20~25 日区间范围内,在全省范围内属于中等水平。赤壁常规气象站连续低温日数极大值为 1963 年 1 月 5 日至 1 月 28 日的 24 天。

5.5.3 室外空气计算参数

按照《采暖通风与空气调节设计规范》和《供暖通风设计手册》的有关规定和统计方法，以赤壁气象站近 30 年（1989-2018 年）的观测数据为基础计算了产业园室外空气计算参数。赤壁气象站的室外空气计算参数由表 5.5-5 所示，可见产业园冬季

空气调节室外计算温度为-1.3℃，夏季空气调节室外计算日平均温度为 33.3℃，冬季通风室外计算温度为 4.8℃，夏季通风室外计算温度为 32.9℃，冬季空气调节室外计算相对湿度为 80.1%，夏季通风室外计算相对湿度为 61.4%。

表 5.5-5 室外空气计算参数——要素一览表

站 点	赤壁
冬季空气调节室外计算温度（℃）	-1.3
夏季空气调节室外计算日平均温度（℃）	33.3
冬季通风室外计算温度（℃）	4.8
夏季通风室外计算温度（℃）	32.9
冬季空气调节室外计算相对湿度（%）	80.1
夏季通风室外计算相对湿度（%）	61.4

6 高影响天气现象分析

6.1 暴雨

日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 为暴雨以上量级。1959-2018年赤壁气象站累年平均暴雨日数为5.5天，历年暴雨日数在0（1968年）-11天（1999年）之间变化，年日数总体持平。暴雨发生在2-11月，其中4-8月相对较多（图6.1-2）。

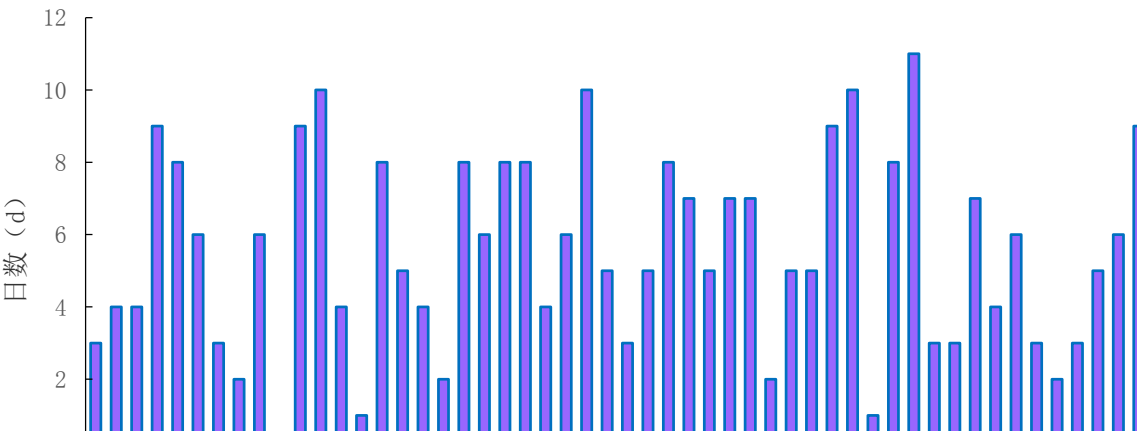


图6.1-1 赤壁气象站1959-2018年暴雨日数年际变化

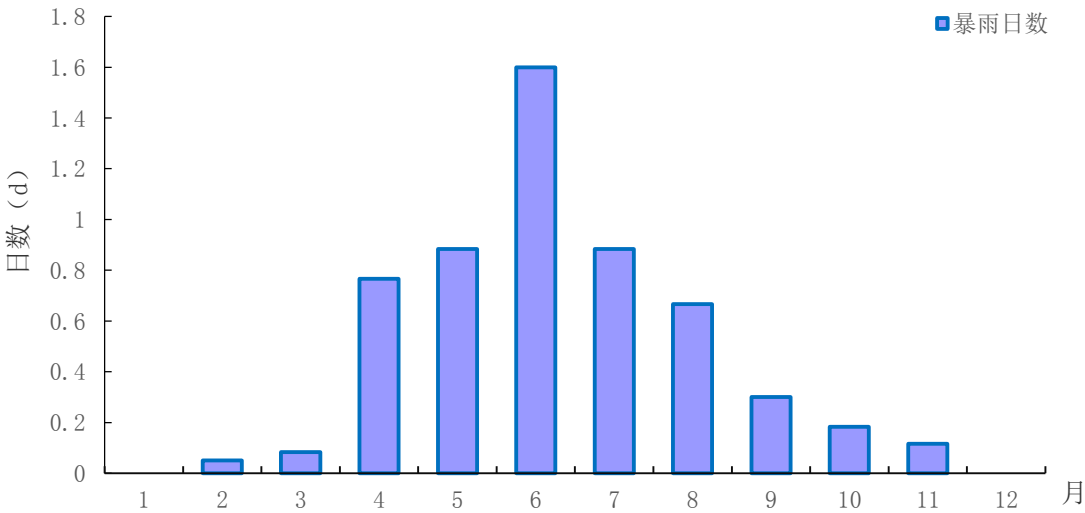


图 6.1-2 赤壁气象站累年（1959-2018 年）平均暴雨日数年变化

6.2 雷暴

统计赤壁气象站1959-2013年的地面观测资料（2013年后没有观测记录），累年平均雷暴日数为42.2天，年雷暴日数在20天（2011年）-64天（1973年）之间变化，年日数呈现减少趋势。年变化在0.2天（12月）-9.4天（8月）之间，主要发生在3-9月，

占全年雷暴发生日数的94.0%，7月和8月是高发时段，占全年雷暴发生的43.4%（图6.2-2）。

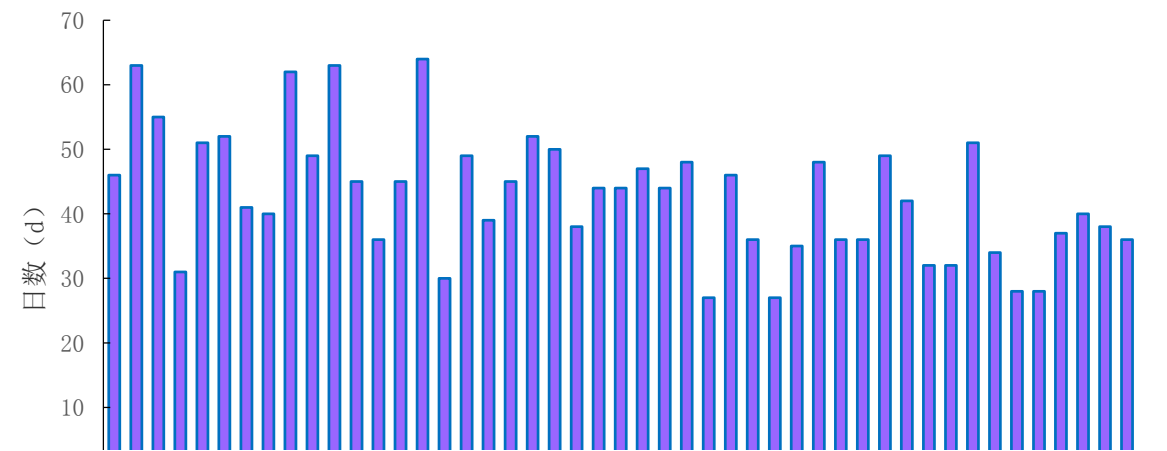


图 6.2-1 赤壁气象站 1959-2013 年雷暴日数年际变化

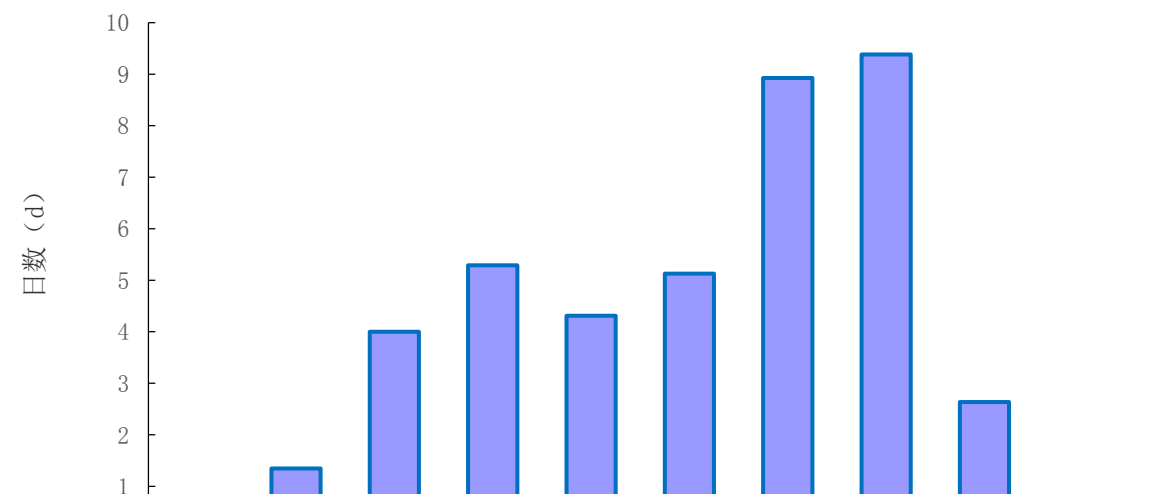


图 6.2-2 赤壁气象站累年（1959-2013 年）雷暴平均日数年变化

图6.2-3给出1961~2013年湖北省年平均雷暴日数分布，可见湖北省雷暴日空间分布差异明显，鄂西南和鄂东地区年平均雷暴日相对较多，鄂中和鄂西北地区相对较少。湖北省划分为不同雷暴等级的四个区：鄂西北少雷区（年雷暴日数在25天以下）、鄂西南多雷区（年平均雷暴日在41~50天之间）、鄂东多雷区（年平均雷暴日在40~51天之间）、中雷区（年平均雷暴日在25~40天之间）。陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园位于我省多雷区，年平均雷暴日数值约为42天。

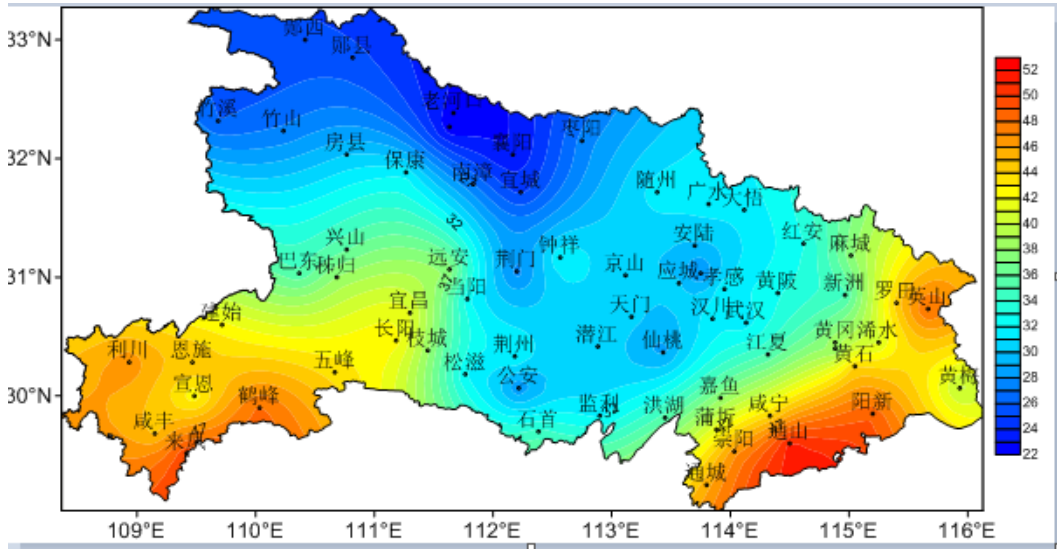


图 6.2-3 湖北省年均雷暴日数分布（1961-2013 年）

6.3 闪电

从湖北省 2007-2018 年近 12 年平均地闪密度分布（图 6.3-3）可知：湖北省闪电密度分布与地形有关，鄂东南和鄂西南局部有两个地闪密度大于 $4.0 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 的区域，一个位于鄂东南的咸宁、黄石、鄂州、武汉中部一带，一个位于鄂西南远安和当阳的交界处以及宜昌中东部地区；地闪密度高值区易出现在丘陵和平原的交接地带。地闪密度低值区主要位于鄂西北西部、鄂西南西部地区，其地闪密度小于 $1.5 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园位于鄂东南，地闪密度在该区域数值较大，约为 $3.88 \text{ 次} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

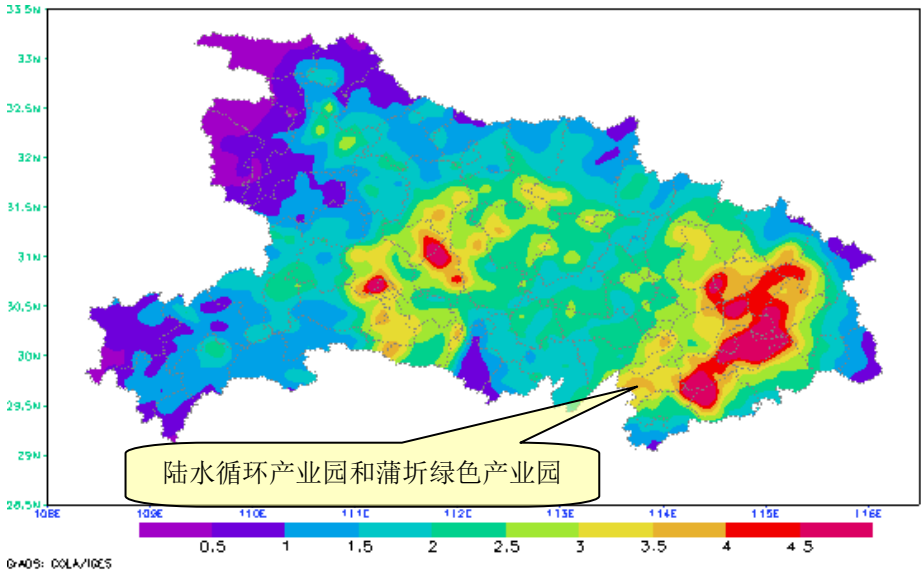


图6.3-3 2007-2018年湖北省平均地闪密度分布（单位为次 $\text{km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ）

由2007-2018年全省各地区平均地闪密度值分布柱状图（图6.3-4）可知：全省平

均地闪密度值为 $2.62 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，其中鄂州地区的地闪密度最高，为 $5.28 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ；黄石地区次之；而十堰最低，仅为 $1.05 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ；即鄂东南地区地闪密度较高，鄂西地区的十堰、神农架、恩施地区地闪密度相对较低，与图6.3-3的12年平均地闪密度分布较吻合。赤壁属于咸宁市，咸宁地闪密度为 $3.12 \text{ km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ，高于全省平均地闪密度。

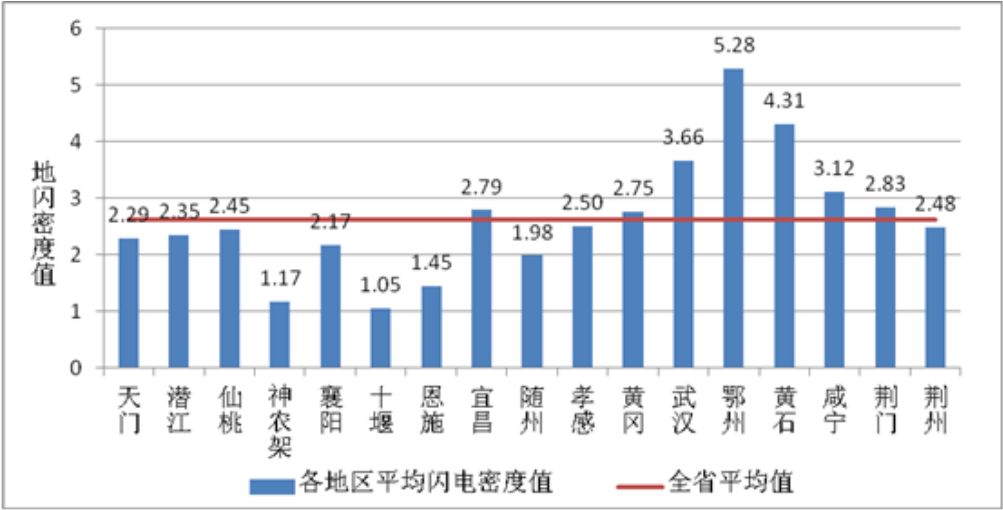


图6.3-4 湖北省2007-2018年平均地闪密度区域分布（单位为次 $\text{km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ）

6.4 大风

1959-2018年赤壁气象站年平均大风日数为2.7天，历年大风日数在0-12天（1967年）之间变化，其中有15年未出现大风，年日数变化呈减少趋势（图6.4-1）。大风全年各月均有发生，其中4月、7月和8月相对较多（图6.4-2）。

赤壁气象站（1959-2018）各年均没有出现龙卷风。

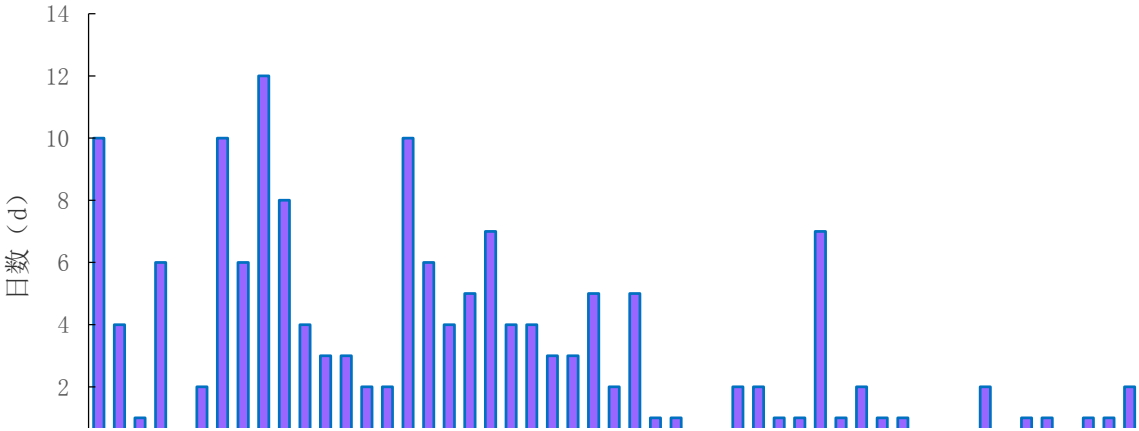


图 6.4-1 赤壁气象站 1959-2018 年大风日数年际变化

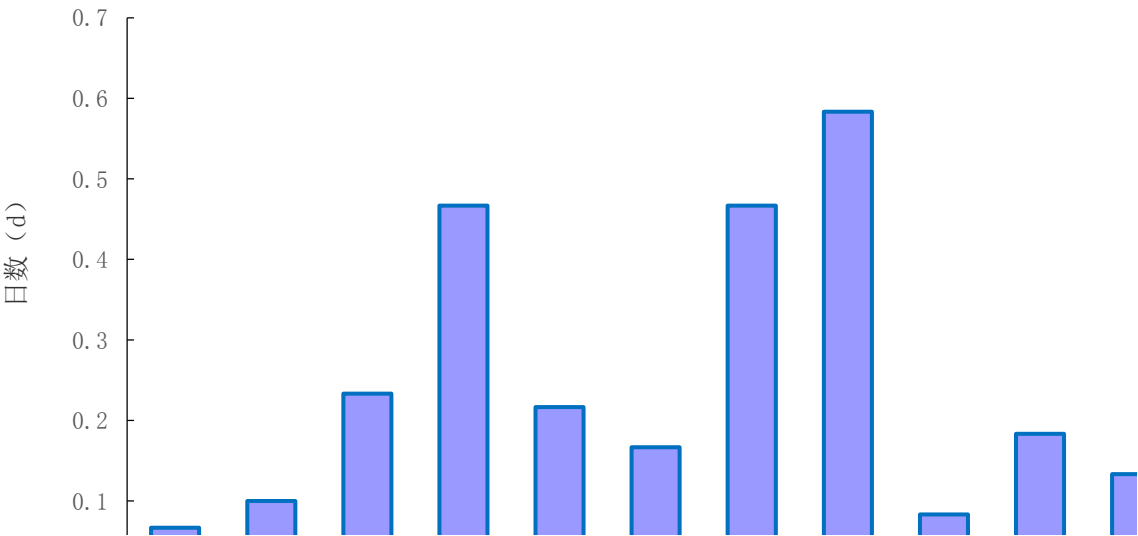


图 6.4-2 赤壁气象站累年（1959-2018 年）平均大风日数年变化

6.5 积雪

1959-2018 年赤壁气象站年平均积雪日数为 6.6 天，历年积雪日数在 0（1962 年、1986 年、1999 年、2017 年）-24 天（2008 年）之间变化（图 6.5-1）。积雪一般发生在 11 月至次年 3 月，4-10 月无积雪现象（图 6.5-2）。赤壁气象站（1959-2018 年）最大积雪深度为 27cm，出现在 1972 年 2 月 7 日。（图 6.5-3）。

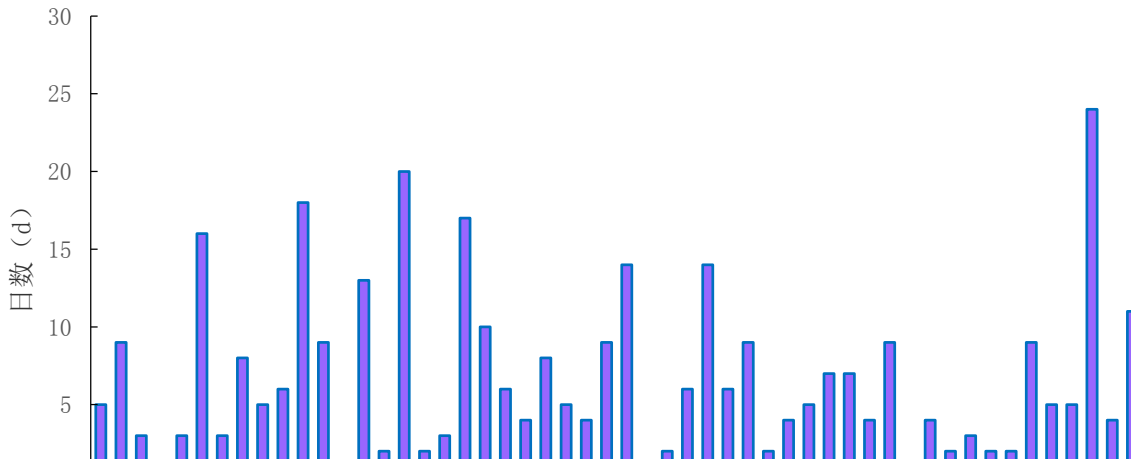
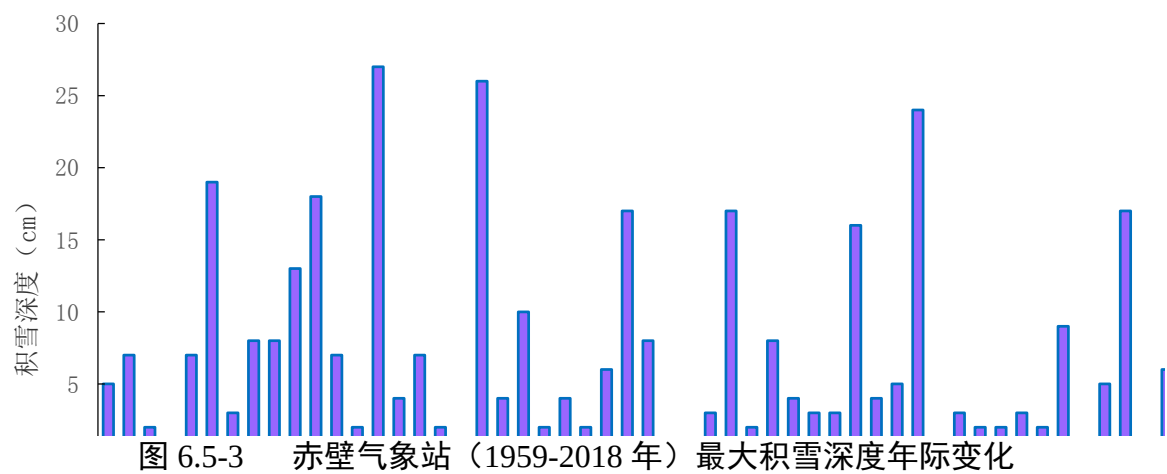
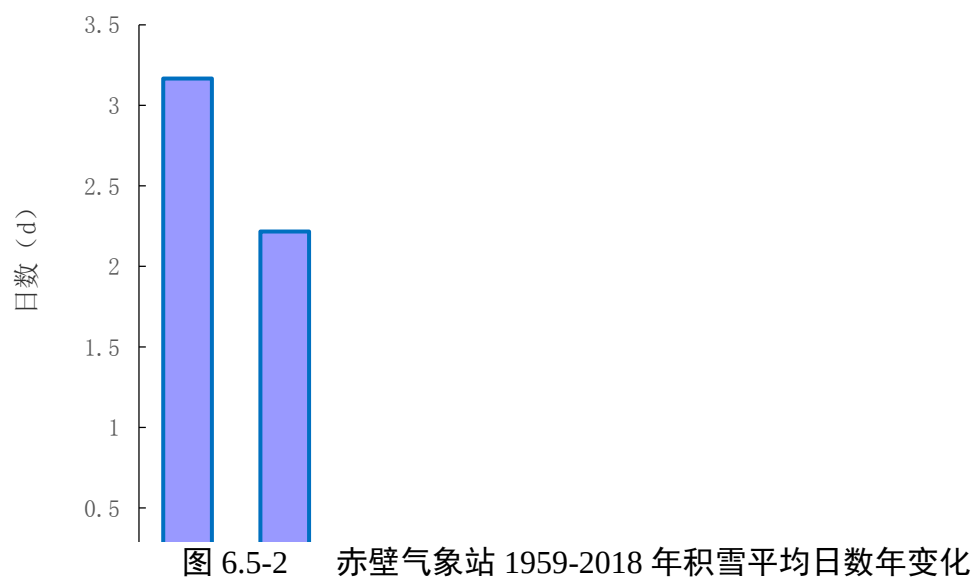


图 6.5-1 赤壁气象站 1959-2018 年积雪日数年际变化



6.6 高温日数、低温日数

气象学上将日最高气温大于或等于 35℃ 定义为“高温日”；日最低气温小于或等于 0℃ 定义为“低温日”。

赤壁气象站年高温日数的平均日数为31.7天，年际变化在16（1982年、1993年、2014年）～57天（2013年）之间，高温日数略呈增加趋势（图6.6-1）；高温天气主要发生在7-8月（图6.6-2）。

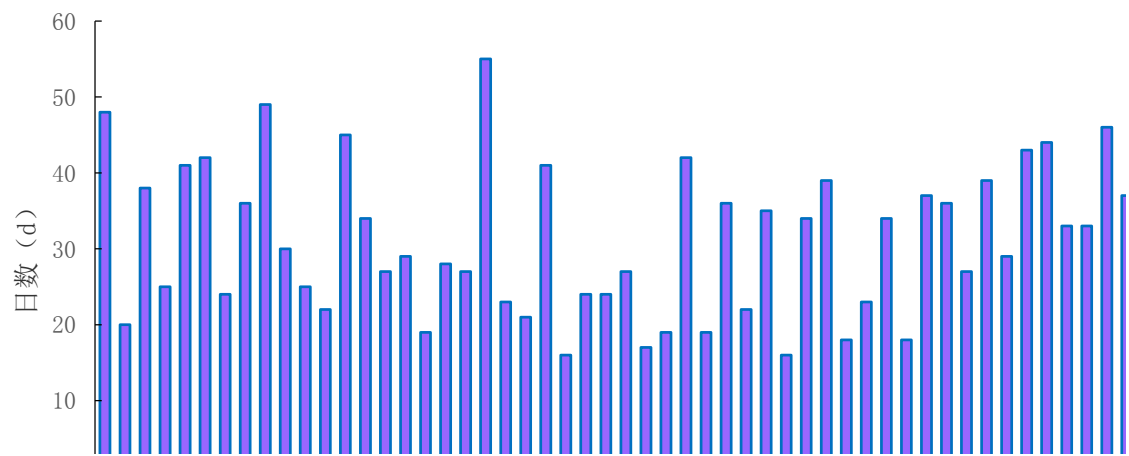


图 6.6-1 赤壁气象站 1959-2018 年高温日数年际变化

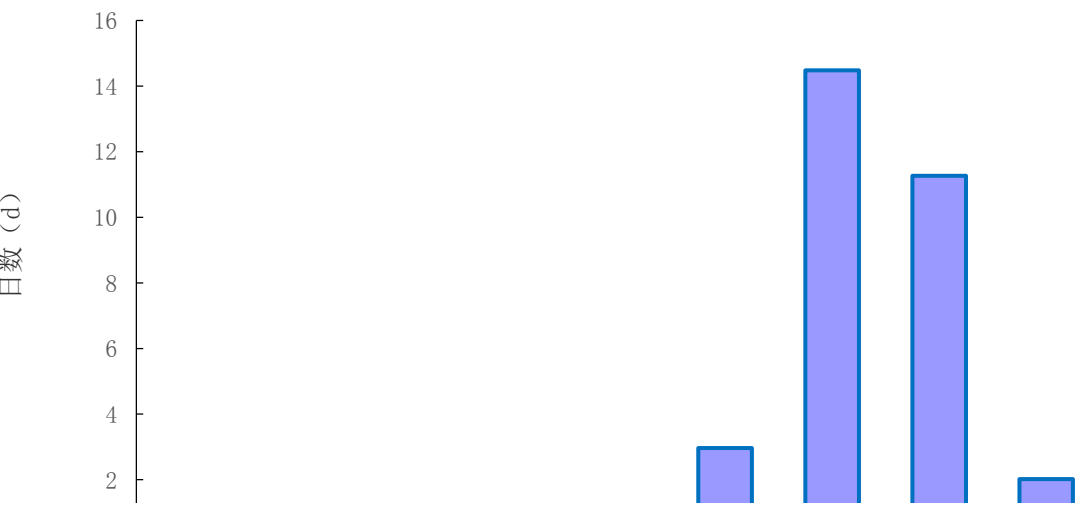


图 6.6-2 赤壁气象站累年（1959-2018 年）高温平均日数年变化

赤壁气象站年低温日数的平均日数为24.1天，年际变化在2（2017年）~55天（1969年）之间，低温日数明显呈减少趋势（图6.6-3）；低温天气主要发生在12~2月（图6.6-4）。

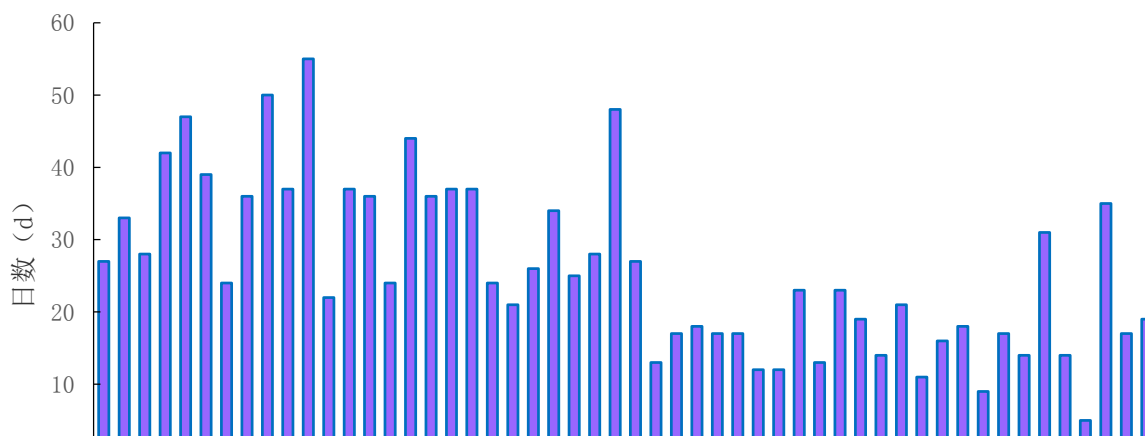


图 6.6-3 赤壁气象站 1959-2018 年低温日数年际变化

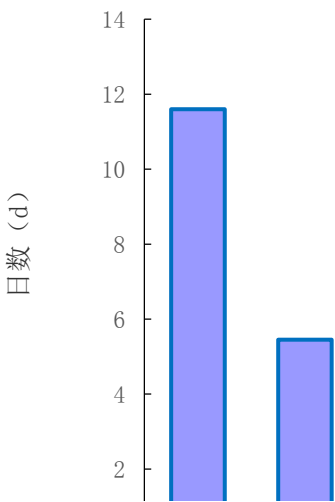


图 6.6-4 赤壁气象站累年（1959-2018 年）低温平均日数年变化

6.7 结冰

赤壁气象站（1980-2018 年）结冰年平均日数为 19.6 天，年际变化在 5 天（2015 年）～49 天（1984 年）之间，年日数变化呈减少趋势（图 6.7-1）；结冰一般发生在 11 月至次年 3 月，4-10 月无结冰现象，其中 1 月平均结冰日数最多，为 9.7 天（图 6.7-2）。

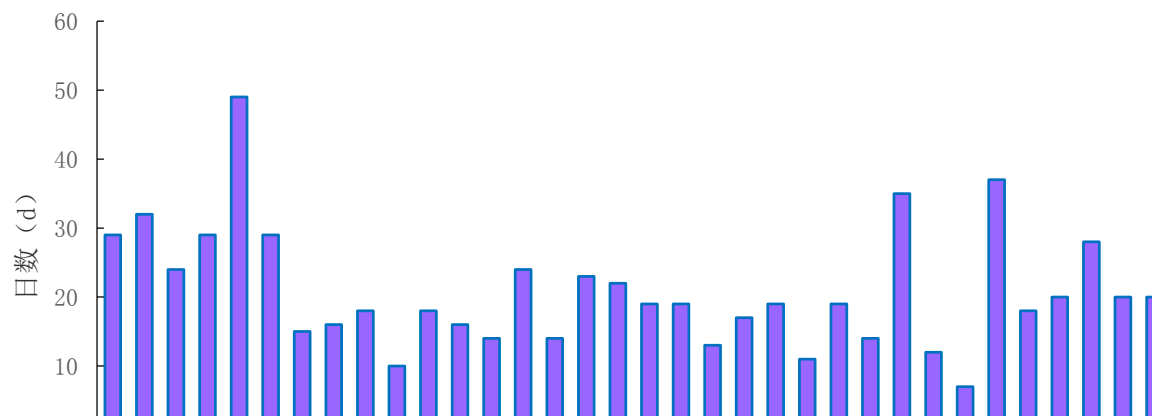


图 6.7-1 赤壁气象站 1980-2018 年结冰日数年际变化

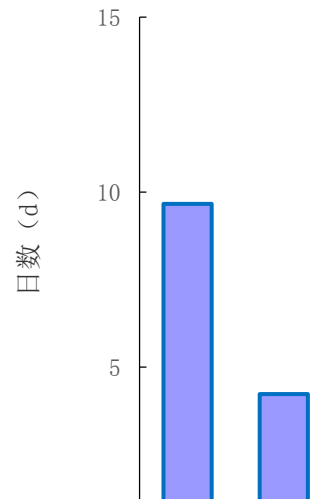


图 6.7-2 赤壁气象站累年（1980-2018 年）结冰平均日数年变化

6.8 冰雹

赤壁气象站（1959-2018年）冰雹的年平均日数为0.08天，仅有5年发生了冰雹天气，分别为1963、1964、1970、1979、2009年（图6.8-1）；冰雹天气主要发生在2-4月（图6.8-2）。

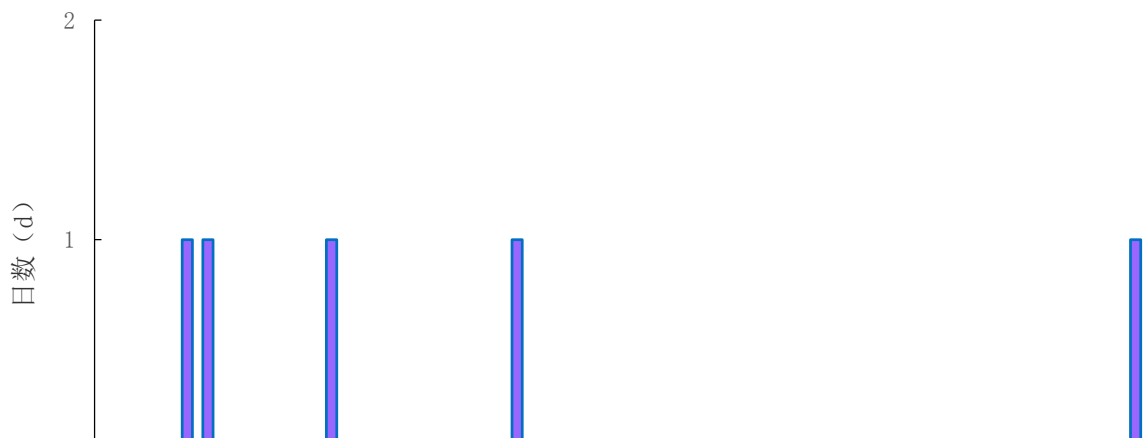


图 6.8-1 赤壁气象站 1959-2018 年冰雹日数年际变化

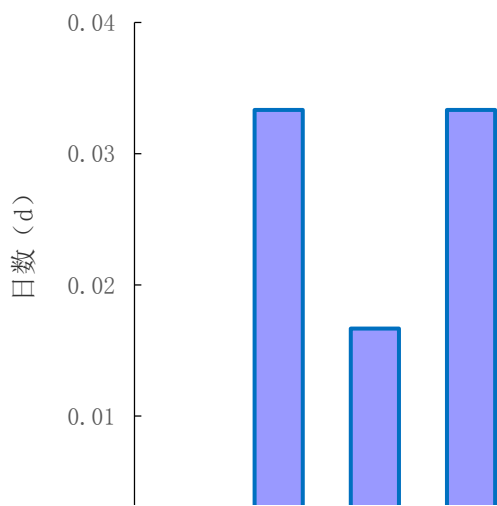


图 6.8-2 赤壁气象站累年（1959-2018 年）冰雹平均日数年变化

6.9 雾

气象学的雾指能见度小于1km的观测现象。

赤壁气象站(1959-2018年)累年平均雾日数为18.5天，年际变化在4天(2014年)～34天(1972年、1980年)之间。雾的年日数变化呈减少趋势(图6.9-1)。雾日数年变化在0.3天(7月)～3.0天(1月、12月)之间(图6.9-2)。

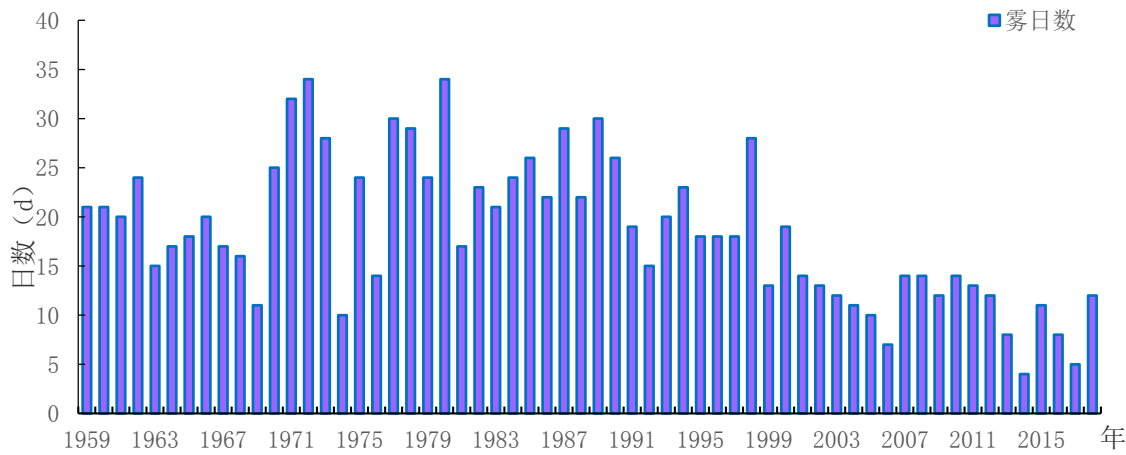


图 6.9-1 赤壁气象站 1959-2018 年雾日数年际变化

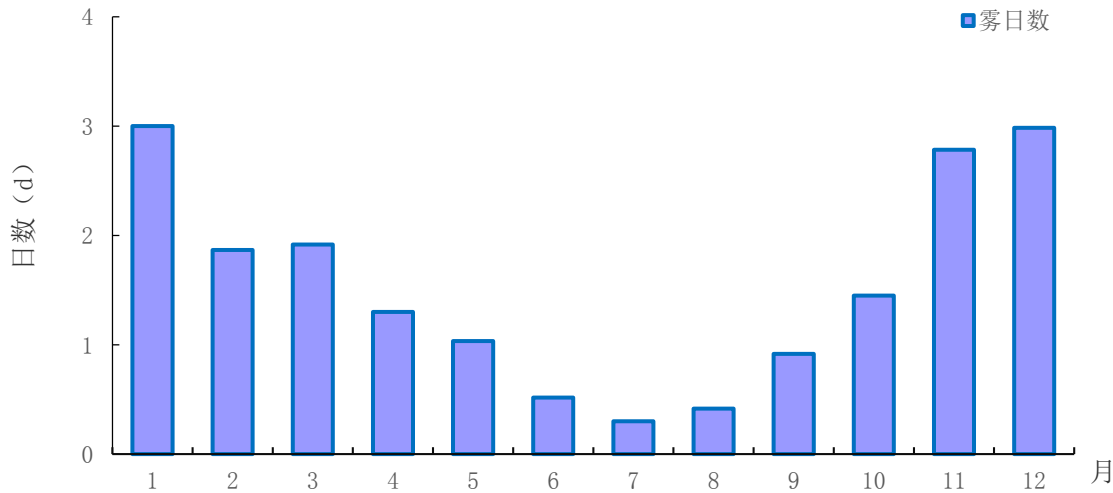


图 6.9-2 赤壁气象站 (1959-2018 年) 雾平均日数年变化

7 气候资源开发与利用的潜力评估

7.1 太阳能资源开发利用

利用湖北省国家站近60年辐射资料及近3年日照时数、日照百分率资料，结合卫星遥感资料提取的云量信息，建立统计学推算方程，模拟湖北省太阳总辐射、直接辐射和散射辐射量值，进行产业园太阳能可利用量分析。

7.1.1 年平均太阳总辐射量

湖北省地处我国的中部地区，其太阳能资源的总体分布趋势为东部高于西部，鄂西南地区太阳能资源相对较差，如图7.1-1所示。赤壁地处湖北省东南部，长江中游的南岸，为幕阜低山丘陵与江汉平原的接触地带。该地区模拟年平均太阳总辐射量为 $4290.0\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，按照太阳能资源丰富程度等级规定（见表7.1-1），其太阳能资源丰富程度属于三级“资源丰富”地区。

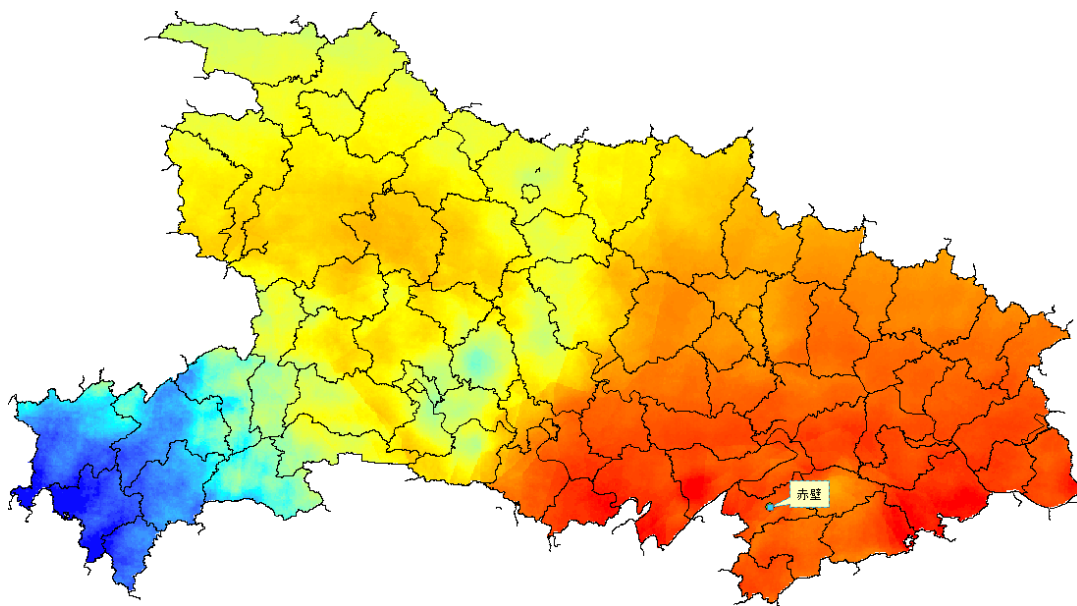


图 7.1-1 湖北省太阳年总辐射量空间分布

表 7.1-1

太阳能资源丰富程度等级

太阳总辐射年总量	资源丰富程度
$\geq 1750 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源最丰富
$\geq 6300 (\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$	
$1400 \sim 1750 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源很丰富
$5040 \sim 6300 (\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$	
$1050 \sim 1400 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源丰富
$3780 \sim 5040 (\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$	
$< 1050 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源一般
$< 3780 (\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$	

采用直射比作为衡量指标,将全国太阳能资源分为四个等级:直接辐射主导(A),直接辐射较多(B),散射辐射较多(C)以及散射辐射主导(D)。该地区直接辐射量的气候平均值为 $1940 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 左右,散射辐射量的气候平均值为 $2349 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 左右,散射辐射量大于直接辐射量,根据表 7.1-2,赤壁地区辐射形式等级处于(C)等级。

表 7.1-2 辐射形式等级 (中华人民共和国国家标准《太阳能资源等级 总辐射》)

名 称	符 号	分级阈值
直接辐射主导	A	$R_x \geq 0.6$
直接辐射较多	B	$0.5 \leq R_x < 0.6$
散射辐射较多	C	$0.35 \leq R_x < 0.5$
散射辐射主导	D	$R_x < 0.35$

图 7.1-2 给出了赤壁市太阳年总辐射量的空间分布情况,从图中可以看到,赤壁市的太阳年总辐射量在 $4134 \sim 4460 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 之间,园区内的平均总辐射值为 $4240 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 左右。

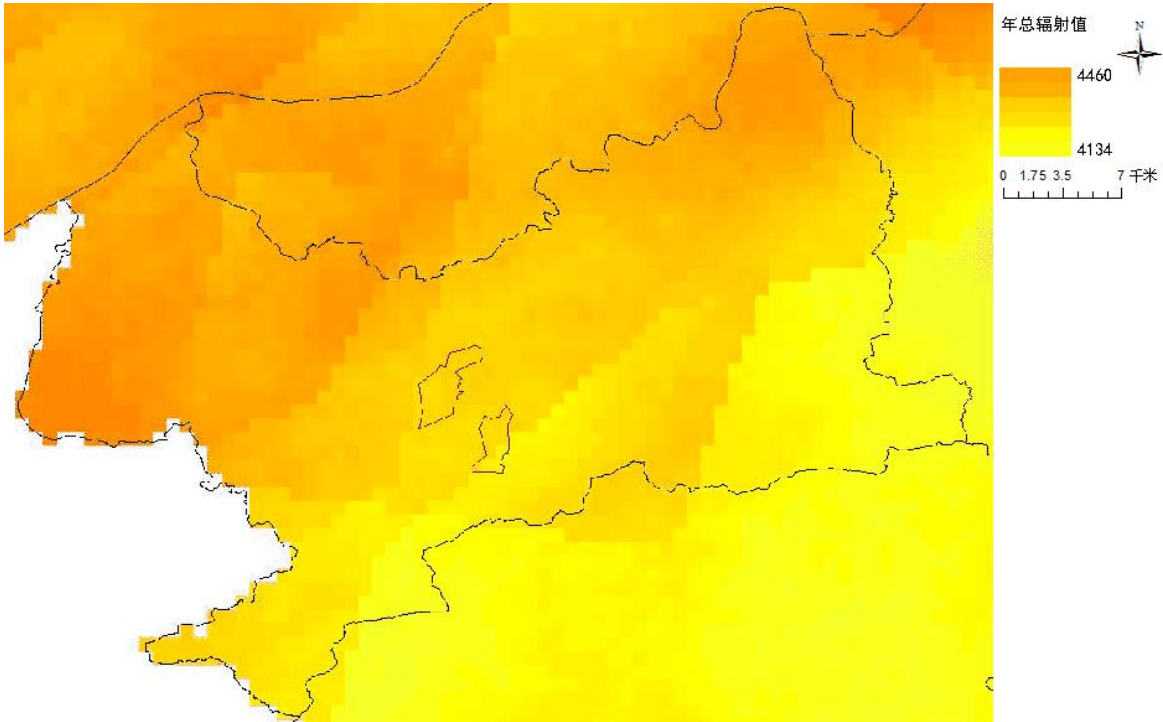


图 7.1-2 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园太阳年总辐射量空间分布

7.1.2 太阳能可利用量分析

为了更好地说明赤壁高新技术产业园所在地太阳能资源的可利用情况，采用首年光伏发电小时数和太阳能资源储量进行说明。首年光伏发电小时数计算公式如式（7.1-1）所示。

$$H = E / 3.6 \times \varepsilon \times \omega / \rho \tag{7.1-1}$$

其中 H 为首年光伏发电小时数，E 为年太阳总辐射量(MJ/(m² · a))；ε 为水平面辐射转换为斜面辐射的经验值，通常取值 1.05；ω 为光伏系统转换效率，根据目前光伏发电系统的普遍效率损失情况，通常取值为 0.82；ρ 为标准辐照度，其值为 1kW · m⁻²。经计算，赤壁高新技术产业园内首年光伏发电小时数为 1019.8h。

赤壁高新技术产业园内光伏资源技术开发量的计算公式如式（7.1-2）所示。

$$P = E / 3.6 \times S \times e \times \eta \tag{7.1-2}$$

其中，P 为光伏资源技术开发量；E 为年太阳总辐射量(MJ/(m² · a))；S 为园区面积 (m²)，e 为太阳能资源面积可利用率，此处设定 e 分别为 2%、5%和 10%，η 为光电转换效率，此处取 0.18。经计算，赤壁高新技术产业园内光伏资源技术开发量如表 7.1-3 所示。

表 7.1-3 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内光伏资源技术开发量

太阳能资源面积利用率 e (%)	光伏资源技术开发量 (kW · h/a)
2	9.1×10^8
5	2.3×10^9
10	4.6×10^9

7.1.3 直接辐射量和散射辐射量的空间分布

图 7.1-3 给出了赤壁市太阳年直接辐射量的空间分布情况，从图中可以看到，赤壁市太阳年直接辐射量在 1780~2099MJ/(m² · a)之间，园区所在地的直接辐射值在 1880MJ/(m² · a)左右。

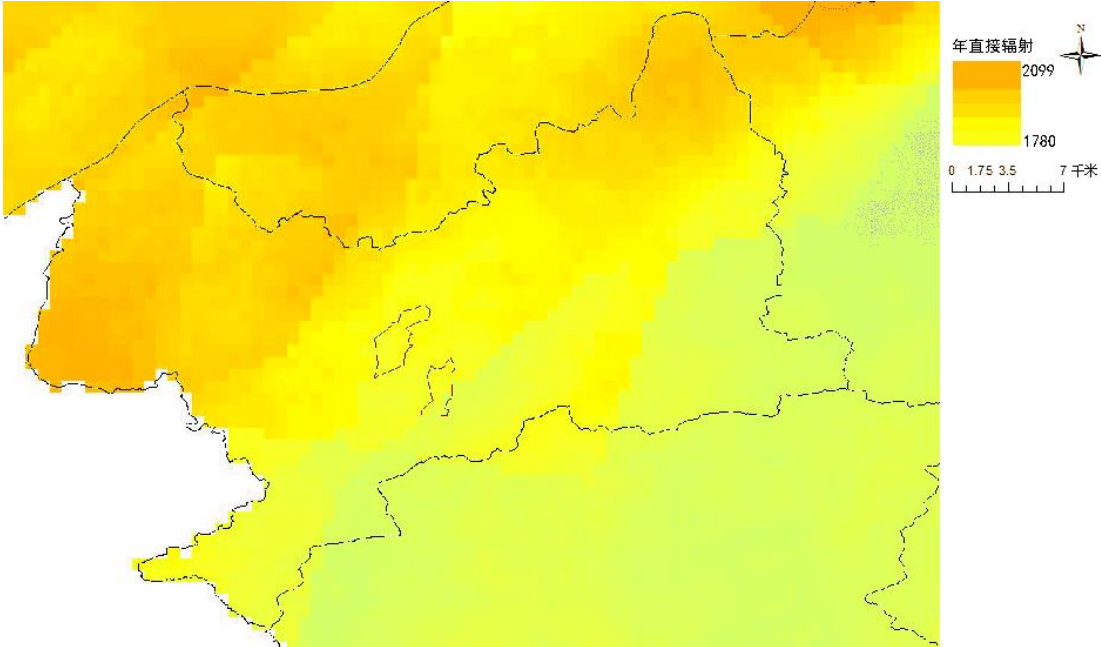


图 7.1-3 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园太阳年直接辐射量空间分布

图 7.1-4 给出了赤壁市太阳年散射辐射量空间分布情况，从图中可以看到，赤壁市散射辐射分布较均匀，太阳资源年散射辐射量在 2337-2361MJ/(m² · a)左右，园区所在地的散射辐射值在 2348MJ/(m² · a)左右。

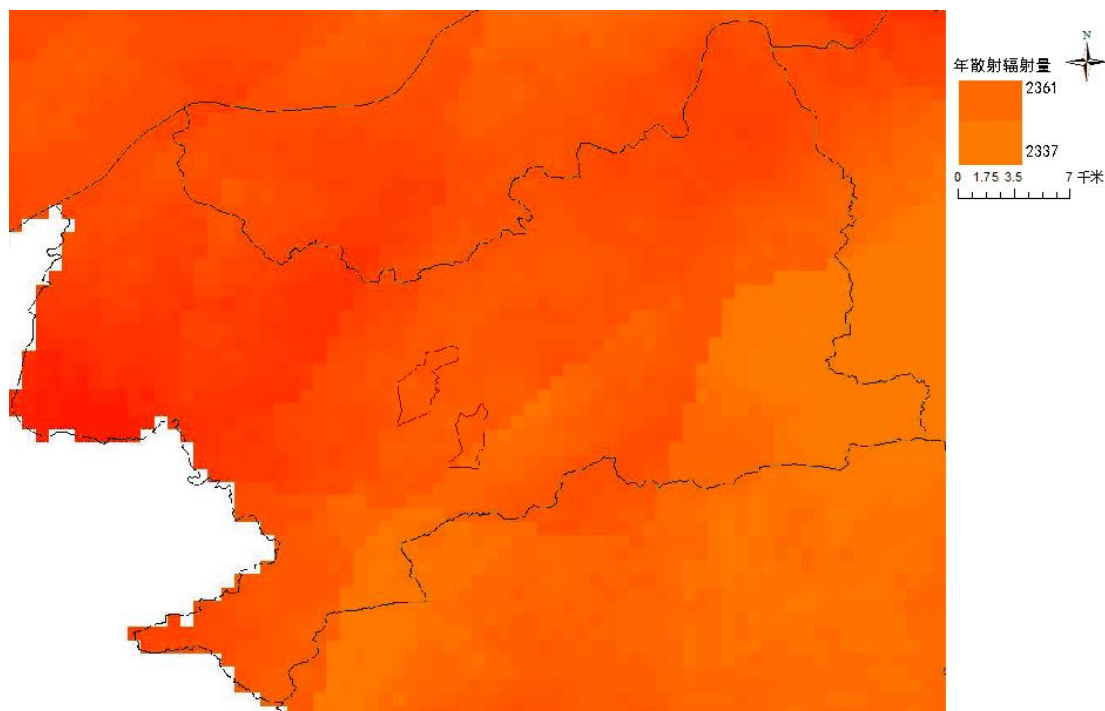


图 7.1-4 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园太阳年散射辐射量空间分布

7.2 风能资源开发利用

7.2.1 区域风能资源数值模拟

以目前的技术水平，根据大气动力学、热力学基本原理建立基于气象模式的高分辨率风能资源数值模型是较为详细摸清风能资源分布的重要手段。模拟结果可以填补无测风地区风能资源状况的空白，并且对风能资源利用有重要的价值。

采用了中国气象局全国陆地风能资源的最新评估结果（全国风能资源高分辨率评估（2014）数据集），即 70m 高度水平分辨率 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 的 30 年平均风速数据模拟产业园区区域风能资源分布状况。

图 7.2-1 给出了赤壁市风速空间分布情况，从图中可以看到，赤壁市 70m 年平均风速在 $3.9 \sim 5.6\text{m/s}$ 之间，园区位于赤壁市风资源相对较低的区域，为 4.0m/s 左右，风能资源开发潜力一般。要推算到 100m 以上，包括 120、140m。

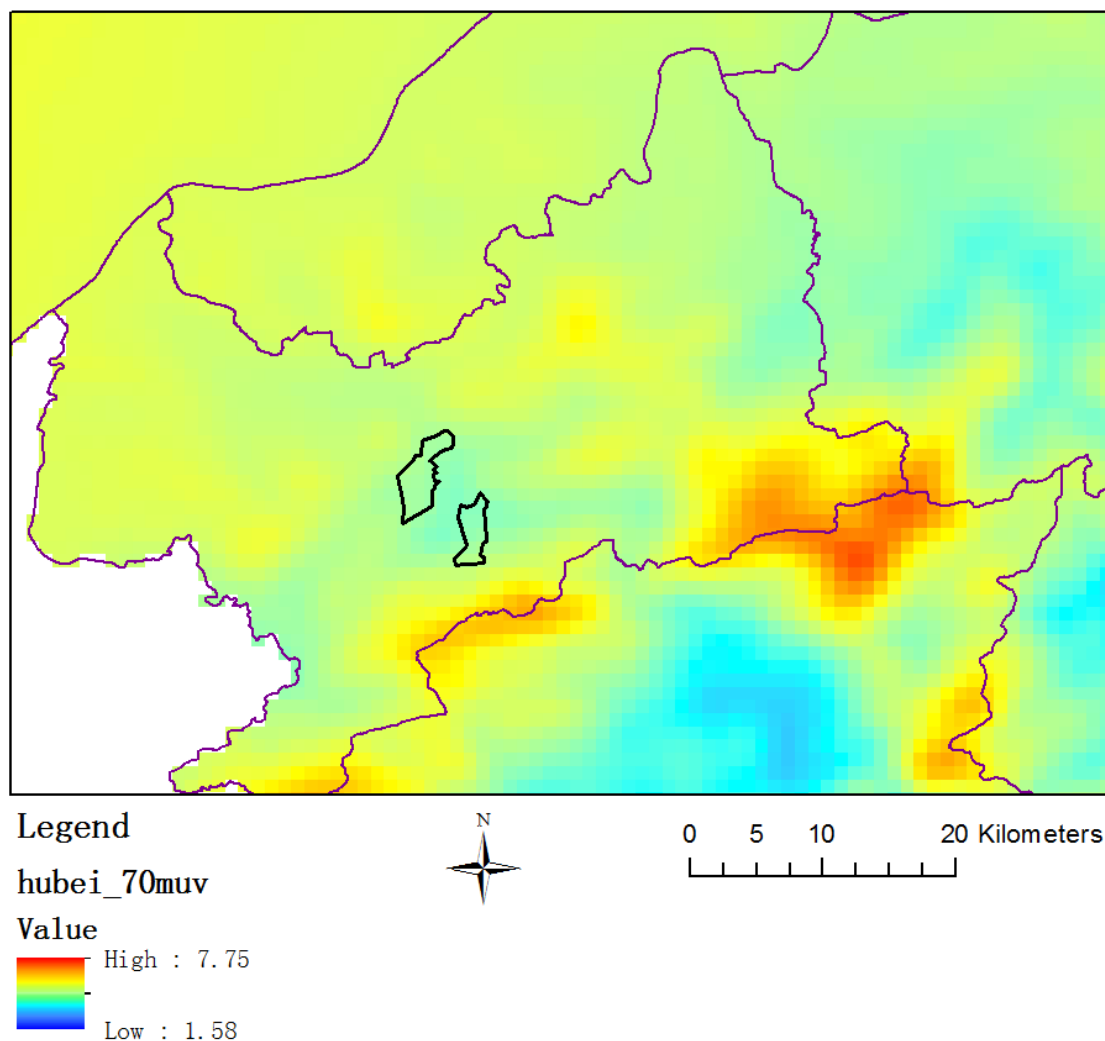


图 7.2-1 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园风速空间分布模拟

7.3 太阳能资源及风能资源开发利用建议

分布式新能源电站建设以用户侧自发自用、多余电量上网为原则，具有因地制宜、清洁高效、分散布局、就近利用的特点，还能替代和减少化石能源消费。

园区内年总太阳辐射量在 $4240\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 左右，属于太阳能资源丰富区，建议充分利用园区内的场地开展分布式光伏电站建设。根据 7.1 节的分析，园区内首年光伏发电小时数为 1014.1h，当园区光伏资源可利用率分别为 2%、5%和 10%时，光伏资源储量分别为 9.1×10^8 千瓦时/年、 2.3×10^9 千瓦时/年、 4.6×10^9 千瓦时/年，具有很好的光伏资源开发利用价值。可以在园区厂房屋顶铺设光伏组件，开展分布式屋顶光伏电站建设。

通过对该区域风资源的模拟情况可知，70m 高度的年平均风速仅有 4.0m/s，尽

管与山区并网风电开发相比，在平原地区开展分散式风电开发有空气密度大使得风功率密度较大；覆冰等气象灾害影响相对较轻；道路、场坪、集电线路等建设成本相对较低等优点，但该区域风能资源开发潜力一般，暂不具备开发条件。

8 论证结论的适用性及建议

8.1 规划、建设阶段

本次报告中的陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园位于湖北省咸宁赤壁市境内，地处低丘陵与江汉平原的接触地带，蒲圻绿色产业园报告论证范围包括：北至 107 国道外迁线、南至赤中大道、东至赤壁城区、西至 107 国道外迁线；陆水循环产业园报告论证范围包括：北至老城区、南至赤壁大道、东至陆水湖八号副坝、西至蒲圻电厂铁路专用线。赤壁高新技术产业园在规划及建设阶段，从气象角度需关注气象灾害状况、可利用的气象资源及建筑设计中需要用到的气象参数。

根据前述分析，赤壁气象站极端高温为 41.5°C ，最多高温日数为 57 天；极端低温为 -14.6°C 、最多低温日数为 55 天。平均相对湿度的年变化在 74%（7 月）~80%（6 月）之间，总体呈双峰型变化趋势。平均风速 1.5m/s ，主导风向为 N。最大日降水量为 289.9mm ，最多暴雨日数（11 天）在整个咸宁地区均属于中等偏高水平（均值 11.5 天），需要关注多日连续降雨可能造成的影响；。陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园雷暴发生日数为 42 天，地闪密度（ $4.17\text{次}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ ）高于湖北省平均值，雷击风险等级较高。

根据气候资源开发与利用的潜力评估结果：赤壁高新技术产业园内年总太阳辐射量（ $4134\text{--}4460\text{MJ}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ）属于我省太阳能资源丰富区，其中，陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内的平均总辐射值为 $4240\text{MJ}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 左右。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园已有企业主要以高端装备制造、新材料、电商物流、循环及新能源、服装以及光电子产业为主，根据园区企业调研结果，对相对湿度、气温、降水以及风向风速较敏感，同时雷电、高温、以及暴雨洪涝、大风、暴雪对企业运行影响较大。

回顾赤壁高新技术产业园周边的历史气象灾情，暴雨、大风、雷暴、冰雹等气象灾害造成房屋垮塌和人员伤亡，因此在设计、建设阶段需采用合理的气象参数。具体对策建议见表 8.1-1。

表 8.1-1 对陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园规划、设计阶段的对策建议

阶段	关注点	对策及建议
规划 设计	产业园空间布局	1.周边的风向主要为东北风，产业园内产生的污染物质及热量排向城区较少； 2.陆水循环产业园紧邻陆水湖较大水体，夏季发生强对流天气风险较高，该区域谨防夏季雷电暴雨灾害； 3.地处江河冲积地带，紧邻陆水河和陆水湖，周边及内部水系众多，容易受到暴雨洪涝灾害的影响。因此，在总体规划设计时，应考虑对河流及周边水系的防护，如堤坝高度、绿带宽度、临河用地布局等，并合理设计排水管网等公共设施；各企业在选址时应避开地势低洼地段，充分考虑居住区及人员办公区的合理布局，以及强降雨对车间、厂房、电子设备、室外堆放材料等可能产生的影响； 4.平均地闪密度在全省范围内属于高值区，雷击风险等级较高，雷暴在夏季高发，具体高发时段为午后，因此在企业规划、选址、设计时应当充分考虑雷暴可能造成的影响，如人员伤亡、设备损坏等，建议设计并安装 SPD。
	气候资源利用	1.温度条件适宜、太阳能资源丰富，可开展分布式屋顶光伏电站的新能源电站建设； 2.陆水湖水资源丰富，夏季可考虑引流陆水湖用于温度调节。
	规避气象灾害	地处长江中下游，区域内及周边水系众多，汛期暴雨日数较多，在规划和建设阶段需重点关注降水对排水管网及相关设施的要求；另外，不可忽视对雷电、大风、高温、低温冰冻等高影响天气的防护。
	设计排水管网 建筑物荷载 暖通设计	在建设阶段，在设计排水管网、建筑物荷载、采暖通风等设计中需要用到相关的基本气象参数，可参考本报告第五章给出的暴雨强度公式、设计风速、设计雪压、最高和最低气温的推算，设计人员可根据设计需求，从报告推算值及规范推荐值中进行选取。
	防雷设施	内一般工业厂房及办公楼可以划分为三类防雷建筑物，易燃易爆场所则需根据具体的使用性质按设计标准划分防雷类别。建议可以在设计标准的基础上适当提高防侧击雷的要求，并安装 SPD，建立一套适用的防雷安全工作方案和防雷安全应急预案对所属防雷装置进行管理维护和发生雷击后的应急管理。

表 8.1-2 对陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园
建设施工阶段不同关注点的对策建议

阶段	关注点	对策及建议
建设 施工	雷电	两个产业园的雷击风险密度均较高，应在施工场地做好避雷工作，如有雷雨天气发生，应密切关注气象预警预报信息，提高警惕意识，避免雷击闪电造成设施设备、建筑物的损坏及人员伤亡。
	高温	赤壁高温天气较多，建设时宜采用抗高温、环保（甲醛含量少）的材料为主，并提高工地的通风能力。温度较高时，避开中午高温时段施工，并提供降暑服务。
	暴雨、大风、暴雪	1.蒲圻绿色产业园现有企业中，物流产业占比最高，应充分考虑暴雨洪涝灾害。建设施工阶段应密切关注暴雨洪涝预警预报，尤其是暴雨高发期 4-8 月，应提前架空物资设备，如发生短时强降水、连续强降水需提高警惕，提前设置应急预案，以避免建筑材料冲毁、人员伤亡等情况发生，加强工地排水能力，避免延误工期； 2.建设施工时使用塔吊等设施的高度较高，操作平面高度的风速和地面风速有较大差异，因此需密切关注大风预警预报，防止塔吊、高层建筑等设施损毁、垮塌以及人员伤亡。另外，由于两个产业园紧邻陆水河和陆水湖，周边水系众多，因此施工时应注意防浪，以免施工设施被冲毁，或造成人员伤亡； 3.密切关注气象预警预报，冬季暴雪将导致施工设施及建筑物的掩埋或倒塌，严重毁时将造成人员伤亡，需提前做好应急预案，避免造成严重损失。
	低温冰冻、冰雹、雾霾	1.赤壁易出现低温冰冻月份为 12 月-次年 2 月，对供电、建设等造成一定影响。冰冻天气也对公路交通影响较大，影响建筑材料的运输。因此需关注低温雨雪冰冻预警信息，以免造成更大损失及人员伤亡。 2.如发生冰雹天气，需及时转移易受损、易倒塌材料，同时暂时停工，以免施工人员被冰雹或建筑材料砸伤等。 3.如雾霾严重，造成工人视线不清，需要避开高空及危险性作业，以免人员伤亡。

不确定性分析：

（1）报告采用赤壁气象站建站至今的 10min 最大风速来推算设计风速，1959-1975 年无 10min 最大风速的观测，根据《应用气候手册》推荐的适用于华中地区的换算公式将四次定时 2min 平均最大风速转化为 10min 平均最大风速，1959-1975 年推算值大于其后年份的观测值，可能会造成设计风速变大。

（2）使用极值 I 型和广义极值分布对年最大风速、最大雪压以及最高、最低气温极值进行概率计算时，曲线拟合能够达到 99.9%的可信度，拟合的曲线的头尾与散点较离散，会漏掉小概率出现的散点，存在一定的误差。

（3）对不同高度不同重现期最大风速值进行推算时，根据《公路桥梁抗风设计规范》关于地表粗糙度分类，选取风廓线指数为 0.16，可能存在一定误差。

8.2 运营阶段

在陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的运营阶段，从气象角度分析最重要的工作是对高影响天气及气象灾害的防灾减灾。根据对陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内重点企业的调查，对高影响天气敏感度最高的是雷击闪电、高温、暴雨、大风、暴雪；敏感度较低的是低温冰冻、冰雹、雾霾。

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园及入驻企业均应根据高影响天气及敏感气象因子，设置气象灾害应急预案，接收气象预报和预警信息，及时启动应急行动计划。具体措施见表 8.2-1。

表 8.2-1 对陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园运营阶段的对策建议

阶段	高影响天气	影响	对策建议
运营	雷电	1.雷暴闪击的电火花可引起燃烧或爆炸，毁坏生产设备； 2.雷击电网线路可造成线路跳闸，引起瞬时停电或电压波动，严重影响生产设备的安全运行。	1.雷电活动的高发期，夏季（尤其是 7、8 月）产业园管理部门应当密切关注天气预报，做好相关的防御措施； 2.重点注意 15 时发生雷电时人员安全防护，要按时对防雷装置进行检测和维护。
	高温	1.高温天气易造成机械、电器失灵，会对设备的正常运行产生巨大危害； 2.高温炎热天气会使火灾事故发生的可能性增加。	1.夏季应注意防暑降温措施，加强室内通风以及保证空调正常运行等安全措施； 2.严格遵守与各行业相关的电力安装规定及使用规范，加大电器及电线线路个安全检查工作，并做好相关防护措施。
	暴雨	1.项目建成后，如果建筑防雨不当，出现暴雨天气时，可造成厂区积水、建筑受潮和渗水，造成电路、水泵等工业设施发生故障，室内材料损坏； 2.工业污水和残留油污等容易随雨水扩散甚至进入河道等水体，造成环境污染事故。	1.4~8 月是赤壁暴雨的高发期，在夏季雨量集中期应做好防御工作，避免暴雨可能造成的洪涝灾害； 2.关注产业园内部、周边河流水库、周边水系附近以及上下游的强降水，尤其是连续强降水、短时强降水情况，防止产生不良影响。
	大风	产业园的建筑物在强风中易被刮倒或折断，造成经济损失、人员伤害。	1.须保守考虑抗风设计标准，同时应关注气象预报，特别在 4~8 月密切关注局地短时狂风、大风影响前或影响时人员要执行安全应对措施，确保人员的人身安全； 2.预防因狂风引起的大浪，注意船舶、岸边设施及人员安全。
	暴雪、积雪冰冻	1.企业所需原材料运输依赖于公路，受覆雪影响程度较大； 2.风雪灾害易使局部雪荷载大大超过设计荷载，导致大量的大跨度钢结构发生不同程度的破坏与倒塌。	1.暴雪发生时车辆停止上路，轮渡码头停航关闭，加强各种建筑物支撑，暴雪后积极开展道路清扫和融化积雪； 2.每年 11 月至次年 3 月为积雪结冰高发期，各产业园须及时检查各企业项目外露装置及接线盒附近是否结冰，如果有结冰现象及时清理，以免造成安全隐患； 3.对摆放于室外的易受损、易倒塌材料等及时转移，以免造成损失。及时检查大跨度钢结构建筑物，以免造成损坏或倒塌等。
	雾霾	1.对交通造成影响； 2.对抵抗力较弱人群健康造成影响。	1.雾霾发生期间，如驾车外出，减速慢行，避免靠近大货车驾驶； 2.家属区中老年人、小孩注意防范呼吸道系统等疾病。
	冰雹	1.可能造成建筑物损坏； 2.可能造成人员伤亡。	1.冰雹发生时不要外出； 2.对摆放于室外的产品进行提前转移，以免造成损失。

9 结论

9.1 气候背景

湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园位于湖北省咸宁市赤壁市境内，属亚热带湿润气候，雨量充沛，温暖湿润。报告选取赤壁气象站作为参证站，其观测资料可代表产业园气候背景状况。气象站多年平均气压为 1010.3hPa，多年平均气温为 17.7℃，平均最高气温 22.4℃，平均最低气温 14.3℃；该地区年平均降水量为 1596.1mm，6 月降水最多，年降水量的 37.2%集中在夏季；年平均风速为 1.5m/s，全年和春季、秋季、冬季的最多风向均为 N 风向，夏季的最多风向为 ESE 风向；年平均相对湿度为 78%；平均日照时数为 1609.1 小时。建站至 2018 年，年极端最高气压 1043.3hPa，年极端最低气压 984.8hPa，极端最高气温 41.5℃，极端最低气温-14.6℃，年极大风速的最大值 25.8m/s（风向为 SE 和 E）。

建议：赤壁气象站和龙佑、陆水湖区域站距离本次报告的两个产业园较近，能较好地监测产业园所在地的气象状况，按照气象法，需要对赤壁气象站的气象观测环境进行保护，做好龙佑、陆水湖区域站的维护工作，确保该区域具有长期有效的气象观测资料。

9.2 关键气象参数推算结果

陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园的设计、建设、运营涉及到暴雨强度公式、设计风速、雪荷载、高温、低温、以及室外空气计算参数等，报告在第五章给出了暴雨强度公式的总、分公式、雷击风险评估结果以及 100 年一遇、50 年一遇、30 年一遇、10 年一遇四个重现期的设计风速、设计雪压、设计气温、设计极端气温的推算结果，表 9.1 列出了以上参数的部分推算结果。由于各种原因，报告得到的推算结果存在不确定性，这是需要具体设计人员加以注意的。

表 9.2-1 关键气象参数分析及推算结果

关键气象参数			推算结果
设计风速（m/s）	10m	50 年一遇	20.5
最多风向			春、秋、冬季及年：N；夏季：ESE；7 月：SW
雪荷载（kN/m²）	100 年一遇		0.75
	50 年一遇		0.58
基本最高气温（℃）	100 年一遇		39.0
	50 年一遇		38.2
极端最高气温（℃）	100 年一遇		42.9
	50 年一遇		42.2
基本最低气温（℃）	100 年一遇		-4.4
	50 年一遇		-3.4
极端最低气温（℃）	100 年一遇		-14.7
	50 年一遇		-14.6
冬季空气调节室外计算温度（℃）			-1.3
夏季空气调节室外计算日平均温度（℃）			33.3
冬季通风室外计算温度（℃）			4.8
夏季通风室外计算温度（℃）			32.9
冬季通风室外计算相对湿度（%）			80.1
夏季空气调节室外计算相对湿度（%）			61.4
1h 降水强度（mm/min）	100 年一遇		1.734
2h 降水强度（mm/min）			1.178
3h 降水强度（mm/min）			0.888
日最大降水量（mm）			289.9
暴雨强度公式（mm/min）			$i = \frac{17.534 \times (1 + 0.633 \lg P)}{(t + 20.205)^{0.741}}$
地闪平均密度（次・km ⁻² ・a ⁻¹ ）			4.17
雷击风险评估指标得分			83.65

9.3 高影响天气分析

根据调查, 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园对高影响天气敏感度最高的是雷击闪电、暴雪、冰雹、雾霾; 敏感度中等的是暴雨洪涝、低温冰冻; 敏感度最低的是大风。报告对参证站赤壁气象站的暴雨、雷暴、闪电、大风、积雪、高温、低温、结冰、冰雹、雾等高影响天气现象进行了分析, 表 9.2 列出了以上高影响天气的统计结果。

表 9.3-1 重要气象要素值统计一览表

重要气象要素值		赤壁气象站
暴雨	年均日数 (d)	5.5
	最大日雨量 (mm)	289.9
雷电	年均日数 (d)	41.7
	年最多日数 (d)	64
大风	年均日数 (d)	2.7
	年最大风速(m/s)	19.0
	年极大风速(m/s)	25.8
积雪	年均日数 (d)	6.6
	年最多日数 (d)	24
	最大深度 (cm)	27
高温	年均日数 (d)	31.7
	年最多日数 (d)	57
低温	年均日数 (d)	24.1
	年最多日数 (d)	55
结冰	年均日数 (d)	19.6
	年最多日数 (d)	49
冰雹	年均日数 (d)	0.08
	年最多日数 (d)	1
雾	年均日数 (d)	18.5
	年最多日数 (d)	34

注：赤壁气象站的统计时段为各天气现象开始观测至 2018 年

9.4 气候资源开发与利用

赤壁高新技术产业园内年总太阳辐射量为 $4134-4460\text{MJ/m}^2$ 之间，属于太阳能资源丰富区，经计算，陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内光伏资源技术开发量如下表 9.3 所示。

表 9.4-1 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园内光伏资源技术开发量

太阳能资源面积可利用率 e (%)	光伏资源技术开发量 (kW h/a)
2	9.1×10^8
5	2.3×10^9
10	4.6×10^9

9.5 综合结论

气候适宜性：根据参证站赤壁气象站的观测资料分析得到，湖北赤壁陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园平均风速较小，主导风向稳定；温度适宜，四季分明；太阳能资源丰富，可发展屋顶太阳能电站。陆水湖水资源丰富，夏季可考虑引流陆水湖用于温度调节。

气候对产业园的影响：项目基本气候条件适宜，但对项目建设和运营也存在不利气象因素：

1、1959 年 2018 年，赤壁站年平均暴雨日数（5.5 天）在整个咸宁地区属于中等偏高水平，易受暴雨洪涝灾害影响。同时，陆水循环产业园紧邻陆水湖较大水体，夏季发生强对流天气风险较高，该区域谨防夏季雷电暴雨等灾害；蒲圻绿色产业园紧邻陆水河，周边及内部水系众多，且园内物流企业占比较高，容易受到暴雨洪涝灾害的影响，园区内企业建设设计阶段应考虑加高设计标高。

2、龙佑和陆水湖区域站的风向和赤壁站基本一致，主要为东北风，产业园内产生的污染物质及热量排向城区较少，利于园内企业布局；

3、龙佑和陆水湖区域站年平均风速较赤壁站偏大 2-3 成，最大风速和极大风速也均偏大，有利于园区内污染物扩散；

4、龙佑、陆水湖区域站平均相对湿度均高于同期赤壁气象站。日变化均为夜间高白天低，最高值均出现在 06 时，最低值均出现在 14 时。月变化除 2 月外，其他月份呈水平波动，月平均最低均出现在 2 月，月平均最高值分别出现在 11 月和 1 月；

5、暂不具备风能资源开发条件；

6、产业园周边夏季发生强对流天气风险和雷击风险等级较高，雷击风险评估指标得分 83.65，该区域谨防夏季雷电暴雨灾害；

7、产业园周边历史上发生过暴雨、大风、雷电、冰雹等气象灾害造成房屋垮塌和人员伤亡的事故，需提高灾害防范意识，做好相应预防工作。

建议：报告从气象角度为陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园不同阶段提出的对策意见详细参见表 8.1-1 和表 8.2-1。在工程设计和正常运转时应考虑气象灾害风险，加强重点灾害防御及应急措施，设置气象灾害应急预案，加强与气象部门对接气象灾害信息的工作，注重接收气象预报和预警信息，及时启动应急行动计划，采取必要的预防和防护措施。

致谢：

在本报告编制过程中得到湖北赤壁高新技术产业园区管理委员会、赤壁市气象局、咸宁市气象局、武汉中心气象台等单位的大力支持，特此致谢！

附录 1 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1933 年	水灾	蒲圻	六月下旬,淫雨连日,溪水泛滥,江水暴涨。
1934 年	旱灾	蒲圻	据公报第五十三期和八月二十三日武汉日报载:夏,天久不雨。禾苗尽枯死。秋收平均不及二成。
1937 年	水灾	蒲圻	程家垸等处溃决,受灾田亩八千一百九十亩。
1940 年	旱灾	蒲圻	秋收不及五成,次年青黄不接之际,灾黎载道,乞食者成群。
1946 年	水灾	蒲圻	双合垸于四月间,山洪暴发,冲溃上垸,加之频年水患,溃口愈大而愈多。
1948 年 4 月 26 日-4 月 27 日	暴雨	咸宁地区	4 月 27 日,咸宁地区有 6 个县出现暴雨,26 日 20 时至 27 日 20 时降雨量:通山 72 毫米、 蒲圻 92 毫米、咸宁 6 毫米、崇阳 100 毫米、通城 91 毫米、阳新 55 毫米。由暴雨致灾,通山县倒塌房屋 1124 间,死亡 18 人,死耕牛 88 头,受灾面积 7.6 万亩,成灾面积 4.2 万亩,冲毁田地 7234 亩; 蒲圻 县倒房 113 间,损房 367 间,受灾农田 0.9 万亩。
1948 年 6 月 23 日	水灾	蒲圻	据六月二十三日县龙坑堤修防处电:本年春,淫雨月余,浩荡无涯。致本垸积水,无从外溢,所种豆麦,完全腐烂,已种田禾该被淹没。
1948 年 7 月 4 日	水灾	蒲圻	据七月四日大刚报报道:连日倾盆大雨,咸宁、 蒲圻 山洪暴发
1948 年 7 月 13 日	水灾	蒲圻	七月十三日大刚报载:法泗洲一带,因淫雨兼旬,加以咸宁、 蒲圻 两县山洪暴发,悉成泽国。
1949 年 7 月 13 日	水灾	蒲圻	7 月 13 日 蒲圻 县小三合垸溃口,淹地 5 万亩,万城垸溃口,淹地 5 万亩,受灾人口 4 万。
1950 年 7 月-8 月中旬	旱灾	湖北地区	7 月至 8 月中旬,麻城、汉川、武昌、黄冈、浠水、蕲春、广济、阳新、大冶、咸宁、通山、 蒲圻 、崇阳、通城等 14 个县出现旱情,受旱总面积 262 万亩,成灾面积 67.09 万亩。
1951 年 7 月 12 日-7 月 13 日	暴雨	蒲圻	湖北省(含 蒲圻)有 35 县市受灾,成灾面积达 96.36 万亩,绝收 15 万亩。
1953 年 7 月	暴雨洪涝	蒲圻	7 月, 蒲圻 县山洪暴发,沿江 12 个乡和随阳、石坑渡受灾极重,受灾面积 10 万亩,灾民 14151 人。同月,通山县有 7 个区、29 个乡、56 个村、19.25 万人遭灾,倒塌房屋 804 间、桥梁 45 座,死亡 2 人,伤 86 人,淹死耕牛 4 头,受灾面积 3.58 万亩,成灾面积 2.42 万亩,冲走木材 807 方、楠竹 12.85 万根、苎麻 0.26 万担。
1953 年 8 月	暴雨洪涝	湖北地区	据各地(含 蒲圻)统计,受灾农田 31 万亩,死 17 人,伤 10 人,死牛 2 头,冲坏、冲倒房屋 19 间,冲坏塘堰、堤坝 200 余口(处)。
1953 年 8 月底-10 月中旬	干旱	湖北省	全省有 49 个县遭受旱灾。受旱成灾面积 142.36 万亩,其中重灾 32 万亩。郧西、竹溪、竹山、襄阳、光化、宜城、随县、钟祥、荆门、京山、应山、安陆、 蒲圻 、崇阳、通城、巴东、建始、利川、咸丰、兴山、秭归、当阳、长阳、枝江等 24 县较重。
1955 年 6 月 20 日-6 月 22 日	暴雨洪涝	蒲圻	蒲圻 县两天降雨量达 218 毫米,陆水河水位上涨,71 个乡受灾,受灾面积 4.60 万亩,损失粮食 193.5 万公斤
1957 年 8 月	洪涝	蒲圻	8 月, 蒲圻 县连续大雨,陆水一线受灾 1.4 万亩
1958 年 3 月 24 日	冰雹	湖北地区	3 月 24 日傍晚,位于湖北省南部的崇阳、嘉鱼、通山、通城、汉阳、 蒲圻 、阳新、洪湖、巴东等 9 个县出现冰雹,使 12.87 万亩农田受灾,倒房 8529 间,死 6 人,伤 144 人。
1958 年 4 月 22 日-4 月 23 日	龙卷风 冰雹	湖北地区	4 月 22 日至 23 日湖北省出现风雹灾害,冰雹大的如砖,一般如鸡蛋。汉川、沔阳、汉阳还出现了龙卷风,风力 12 级。受灾的有荆州、孝感、宜昌、恩施、黄冈 5 个专区的沔阳、天门、京山、钟祥、潜江、荆门、汉川、汉阳、崇阳、 蒲圻 、嘉鱼、武昌、大悟、阳新、大冶、鄂城、罗田、英山、红安、麻城、兴山、汉阳、秭归、远安、宜昌、宜都、五峰、利川等 28 个县。全省受灾面积达 231 万亩;倒房 10496 栋,损坏 51673 栋;死 339 人,伤 9168 人;死耕牛 128 头,伤 456 头;损坏和沉没船只 536 只。
1958 年 5 月下旬-7 月上旬	干旱	蒲圻	蒲圻 县旱 70 余天,约 6 万亩农田受灾。

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1959 年 7 月-10 月	干旱	蒲圻	蒲圻县干旱 106 天，绝大部分塘堰干涸，受旱面积 40 万亩，受灾人口 18.5 万，粮食减产近 5000 万公斤。
1960 年 5 月 17 日	大风	蒲圻	5 月 17 日晚，蒲圻县大风，黄盖湖倒房 600 余间，吹翻渔船 11 条。
1961 年 6 月 7 日-6 月 8 日	暴雨	湖北地区	湖北省（含蒲圻）受灾面积 60.42 万亩，成灾面积 39.01 万亩。
1961 年 6 月 13 日-7 月 24 日	干旱	蒲圻	蒲圻县旱 40 天，受灾农田 13.9 万亩，粮食减产 1390 万公斤。
1962 年 6 月 23 日	暴雨	蒲圻	6 月 23 日，鄂东南、江汉平原南部、鄂西南局部有 10 个县出现暴雨，7 个县出现大暴雨，5 个县出现特大暴雨。蒲圻 24 小时雨量 213 毫米。
1963 年 4 月 16 日-4 月 17 日	暴雨山洪	蒲圻	4 月 16 日，咸丰、鹤峰、监利、天门、应城、仙桃、汉川、汉阳、武汉、嘉鱼、咸宁、鄂城、广济、蒲圻等 14 个县、市下了暴雨，其中蒲圻下了大暴雨，16 日 8 时至 17 日 8 时雨量达 142 毫米。
1963 年 6 月-7 月上旬	干旱	蒲圻	蒲圻县受旱农田 40 万亩，成灾面积 21.3 万亩。
1964 年 6 月 23 日-6 月 30 日	暴雨	湖北地区	湖北省（含蒲圻）有 38 个县市受灾，其中重灾县 12 个，人口 70 余万，受灾农田 750 万余亩，其中 350 万亩无收（粮食 300 万亩，棉花 50 万亩），死亡 81 人，伤 148 人，倒房 5 万余间，冲坏小水库 24 处、塘堰 1.44 万口，山河民堤溃口 3700 处。其中，6 月 28 日蒲圻县黄盖湖围堤溃口，大部分房屋倒塌，427 户转移它处。
1967 年 5 月 28 日-5 月 30 日	暴雨	湖北地区	暴雨使通城、崇阳、蒲圻、通山 4 县山洪暴发，河水上涨，共冲垮大小河堤 1535 处，长 24 公里，倒塌 1 万立方米以上小型水库 4 座，冲毁塘堰坝 3700 多处，民垸溃口 2 处，冲毁桥、闸 182 处，冲走木材 300 多立方米、楠竹 3 万多根，淹死 13 人，冲垮房屋 678 间，冲淹田地 21.81 万亩。
1967 年 6 月 14 日-6 月 20 日	暴雨洪涝	咸宁专区	咸宁专区共有 35.3 万亩农作物受灾，倒塌房屋 523 间，冲走种子、口粮 25 万公斤，冲垮大小塘堰 1427 口；咸宁、蒲圻县的南川、黄沙水库被冲垮。
1968 年 5 月下旬至 7 月初	干旱	蒲圻	蒲圻县 5 月下旬至 7 月初，40 余天累计雨量仅 51 毫米，8 月中旬至 10 月底 70 多天雨水也稀少，形成夏、伏、秋连旱，受灾面积 14.6 万亩，粮食减产 3000 万公斤。
1970 年 5 月 8 日	暴雨	蒲圻	5 月 8 日，蒲圻出现日降雨量为 117 毫米的大暴雨。
1973 年 6 月 23 日	暴雨	蒲圻	蒲圻县因暴雨成灾，淹没农田 11.5 万亩，成灾 9.2 万亩，损失粮食 1000 万公斤。
1973 年 6 月 27 日	冰雹大风	蒲圻	蒲圻县羊楼洞遭大风、冰雹袭击达 10 分钟，降雹如鸡蛋大，吹断电杆 50 根，900 亩中稻受损。
1974 年	大风冰雹	蒲圻	6 月 17 日襄阳、黄冈、咸宁、荆州 4 地区的光化、谷城、襄阳、新洲、黄梅、广济、沔阳、洪湖、蒲圻、崇阳等 10 多个县遭受风雹灾害，最大风速 8~9 级。据 9 个县统计，受灾农作物面积 19.3 万亩；倒塌、损坏房屋 15182 间；死亡 5 人，伤 174 人，死牲畜 15 头，伤 24 头；吹沉木船 21 只。
1975 年 4 月 25 日	暴雨	蒲圻	4 月 25 日蒲圻县下了大暴雨，县城实测 24 小时雨量为 120.7 毫米。暴雨致洪，冲垮蓄水 14 万立方米的石山水库、1 万立方米以下的塘 275 个、堰 2033 个、河堤 1687 处、渠道 902 处，淹死 5 人，倒塌房屋 319 间，冲毁水田 1.5 万亩、小麦 0.64 万亩，油菜、豆类受渍 3 万多亩、冲毁 0.8 万亩。
1977 年 8 月 12 日-8 月 13 日	暴雨	蒲圻	蒲圻县 12 日 20 时至 13 日 20 时降雨量达 212.8 毫米，由于降雨强度大，使全县 14 万亩农田受灾。

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1978年6月下旬-9月上旬	干旱（大旱）	湖北地区	湖北省受旱县 68 个（含 蒲圻 ），受旱面积达 3614.90 万亩，成灾面积 2117.63 万亩，不少地区塘堰干枯，河渠断流，人畜吃水发生困难。由于干旱，二季晚稻无水插秧，7 月底只插了原计划的 47%。部分一季晚稻和中稻被干死，有的甚至可以点燃。杂交水稻因为高温而影响授粉，空壳率达 30%~50%。棉花因早叶黄到顶，花开到顶、杆红到顶，过早衰老，严重减产。其它杂粮也受到了一定损失。同时，由于塘、堰、水库蓄水严重不足，对来年的农业生产也造成了影响。
1979 年 4 月 12 日	大风	湖北地区	据统计，全省（含 蒲圻 ）农作物受灾 75.7 万多亩；倒塌房屋 5841 间，损坏房屋 5.89 万间；因灾死亡 5 人，伤 101 人；损坏薄膜 96 吨。
1979 年 4 月 25 日	大风 冰雹	咸宁地区	25 日下午 6 时左右，咸宁地区的嘉鱼、咸宁、通山、阳新、 蒲圻 5 县遭受大风、冰雹袭击，风力 7~10 级，冰雹大的如鸡蛋，小的如算珠，历时 20 余分钟。据统计，共死亡 8 人，伤 22 人，损坏房屋 4009 间，其中倒塌 264 间，农作物受灾面积 14.3 万亩。
1979 年 7 月 30 日-8 月 4 日	暴雨洪涝	蒲圻	蒲圻 县受灾面积 5.3 万亩，倒房 153 间，2 个小型水库（10 万立方米以下）被冲垮。堤、渠冲破 11 处，40 多个大小垸积水严重， 黄沙水库 2 个民工抢险时被淹死。
1980 年 7 月 27 日	大风 冰雹	蒲圻	7 月 27 日 17 时许， 蒲圻 县益阳、车埠、小柏、赤壁等公社出现雷雨大风和冰雹。因灾死亡 3 人，重伤 5 人，倒塌民房 181 间、仓库、学校、机库等 99 间，损坏民房 1227 间、仓库、学校、机库等 519 间，损坏拖拉机等农机具 53 件，吹倒高压电杆 12 根、低压电杆 85 根、电话线杆 40 根，损失粮食约 7.5 万公斤，6500 亩农作物受损。
1980 年 8 月 2 日	暴雨	咸宁地区	咸宁地区受灾最重的是 蒲圻 、嘉鱼、通城等县，涉及 44 个公社 139 个大队 908 个生产队 4582 户 24080 人受灾，死亡 4 人，伤 213 人，倒塌房屋 937 间，损坏房屋 13172 间，受灾农田 36.97 万亩。
1980 年 8 月 11 日-8 月 12 日	暴雨 山洪	蒲圻	蒲圻 县 11 日至 12 日两天降雨量达 172 毫米，境内长江水位 31.53 米，黄盖湖水位 29.62 米，陆水水库水位 55.64 米，超警戒水位 0.64 米，全县 210 个大队 1422 个生产队 40388 户 21.64 万人受灾，占总人口的 71.5%，损失房屋 3042 间，倒房 305 间， 淹死 4 人 ，伤 21 人，损失粮食 450 万公斤，直接经济损失 891 万元。
1981 年 7 月 11 日-7 月 12 日	暴雨洪涝	咸宁地区	蒲圻 县 7 月 12 日 0 时至 10 时降雨 180 毫米。由于降雨来势猛、强度大，造成咸宁地区（含 蒲圻 ）山洪暴发，湖区内涝，致使农田、水利设施、公路和房屋遭受较严重损害。据统计：农作物受灾严重的有 34.51 万亩，其中无收或基本无收的 4.67 万亩，倒塌民房 391 间，死亡 6 人，伤 2 人，冲垮渠道 746 处 2.16 万米、河堤 943 处 4.56 万米，冲毁塘堰 724 口，冲毁公路 589 处 1.83 万米，冲毁桥梁 15 座，冲走木材 506 立方米、楠竹 2 万多根。
1982 年 5 月 12 日	飚线 大风 冰雹	鄂东南地区	5 月 12 日，咸宁、嘉鱼、 蒲圻 、崇阳 4 县受飚线影响，产生大风、暴雨。据统计，咸宁、嘉鱼、崇阳、 蒲圻 4 县中有 57 个公社 295 个大队受灾；倒塌房屋 6923 间，刮倒电杆 1100 多根，刮倒、刮断树木 3 万多棵；因灾死亡 6 人，受伤 14 人；伤亡耕牛 5 头；24 万多亩夏收作物遭受不同程度损失，尤其是苎麻损失更为严重，有 4 万多亩被风刮断倒杆；烧坏变压器 5 台；损坏砖瓦 530 多万块；吹走晒场上的油菜籽 7000 多公斤；总共损失 500 多万元。
1983 年 5 月 3 日-5 月 4 日	暴雨洪涝	湖北地区	咸宁（含 蒲圻 ）、黄冈两个地区 17 个县几乎县县受灾，据 16 个县统计：有 258 个公社，3150 个大队，277 万人受灾；夏收作物受灾面积 178 万亩，成灾 90 万亩，其中基本无收的有 35.8 万亩，春夏播种的农作物受灾 73 万亩；冲毁塘堰 2800 余处，河堤、渠道、田埂约 30 万米；倒塌房屋 900 余间，损坏房屋 1.66 万间，死亡 16 人，死大牲畜 41 头。
1983 年 6 月中旬-7 月上旬	暴雨	咸宁地区	6 月中旬至 7 月上旬，咸宁地区一个月内降暴雨 9 天，其中大暴雨 1 天，这一个月总雨量全区在 400-600 毫米，比历史同期平均值偏多 1~2 倍。其中以 7 月 3 日至 7 日的降雨较为集中，这 5 天咸宁地区总雨量超过 100 毫米的县有 5 个：通城 251 毫米、崇阳 169 毫米、 蒲圻 159 毫米、通山 150 毫米、阳新 104 毫米。

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1984 年	雪灾 大风 干旱	蒲圻	元月中旬大雪，6 月 30 日大风暴灾，7 月以后旱灾，全市农作物受灾面积 16.5 万亩，绝收 0.87 万亩，因灾死亡 4 人、大牲畜 164 头，损坏房屋 2356 间，倒房 240 间，雪压断竹木 300 万根，损失粮食 864 万斤，直接经济损失 400 万元。 灾情来源于：赤壁市灾情表格
1987 年 4 月 30 日-5 月 3 日	暴雨洪涝	湖北地区	据省民政厅反映，4 月 30 日至 5 月 3 日，湖北省中南部地区有蕲春、浠水、英山、罗田、黄梅、大悟、应城、 蒲圻 、嘉鱼、监利、洪湖、仙桃、京山、天门、五峰、南漳、应山、鹤峰、咸丰、宣恩、恩施、利川、建始、宜都、枝江、长阳、随州、武昌等 28 个县、市遭到暴雨、大风及冰雹袭击。全省农作物受灾面积 173 万亩，其中粮食作物 129.5 万亩，成灾 99 万亩；倒塌民房 8252 间，损坏民房 4.3 万间；因灾死亡 33 人，受伤 413 人；死亡大牲畜 99 头。
1991 年 5 月 20 日-5 月 23 日	暴雨 大风	湖北地区	5 月 20 日至 23 日，湖北东南部下了 3 天大到暴雨， 蒲圻 3 天总雨量 404 毫米。降暴雨时，黄冈地区和蒲圻、阳新等县市还伴有 8~10 级大风。蒲圻市灾情最为严重。全市 20 个乡镇 230 个村 5.4 万户 31.5 万人受灾，其中重灾有 6 个乡镇 57 个村。作物受灾 20 多万亩，成灾 11 万亩，水打沙压 3.5 万亩；2152 户 4520 间房屋进水、倒房 1056 户 2521 间； 死亡 16 人 ，死大牲畜 132 头；冲走成鱼 17.3 万公斤；新店镇的 4 个村 2800 人被洪水围困 2 天 1 夜。暴雨造成经济损失 2000 多万元。
1991 年 7 月 4 日	暴雨	湖北地区	7 月 4 日 蒲圻 日降雨量为 117 毫米。据统计，湖北省（含 蒲圻 ）有 67 个县市受灾，重灾 41 个县市，其中特重灾 21 个县市，受灾人口达 2600 万，其中成灾人口 2000 万，重灾人口 900 万，特重灾人口 550 万；农作物受灾面积达 3100 多万亩，成灾面积 2000 多万亩，绝收面积 820 万亩，因灾损失粮食 38.5 亿公斤、棉花 300 万担以上、秋油 100 万担以上，损失鱼种 3000 万公斤、成鱼 9 万多吨。江河堤防发生险情 849 处，大中小型水库出现各类险情 755 处，毁坏塘堰 48380 座，毁坏沟渠、河堤、圩垸 3481 公里、各类建筑物 11739 处；因灾倒塌房屋 38.6 万间，其中民房 33 万间，倒光户 4.16 万户 12.66 万间；损坏房屋 65 万间，死亡 438 人；100 多个乡镇通讯、交通、电力中断；受灾工业企业达 2.5 万多家，其中停产、半停产的达 22275 家（乡镇企业 15000 家）。这次暴雨洪涝灾害，造成湖北省直接经济损失达 105 亿元以上。
1992 年 4 月 20 日-4 月 21 日	大风	湖北地区	4 月 20 日晚上到 21 日白天，江汉平原及鄂东普降大雷雨，部分地区下了暴雨。雷雨时伴有 10 级左右大风，实测极大风速较大的有：通山 21 米/秒、英山 20 米/秒、 蒲圻 20 米/秒，局地下了直径 15 毫米左右的冰雹，颗粒大的直径在 20 毫米以上，降雹持续半小时左右。
1992 年 4 月 28 日-4 月 29 日	大风 冰雹	湖北地区	据民政部门反映，4 月 28 日至 29 日湖北省有黄梅、武穴、罗田、英山、浠水、蕲春、孝感、汉川、 蒲圻 、嘉鱼、兴山和神农架林区 12 个县市，先后遭受暴风雨和冰雹灾害。
1992 年 7 月下旬-9 月底	干旱	湖北地区	全省（含 蒲圻 ）14 个地、市、州 71 个县市，均遭受不同程度干旱危害，农作物受旱面积 3500 多万亩，成灾面积 2300 多万亩，基本无收面积 450 多万亩。到 10 月中旬，全省仍有 360 万人、73 万头大牲畜饮水困难。
1993 年 4 月 27 日-4 月 30 日	龙卷风 冰雹	湖北地区	据民政部门反映，4 月 27 日至 30 日，湖北省（含 蒲圻 ）有 28 个县市的的部分地方先后发生龙卷风和冰雹灾害。风力一般 7~9 级，最大风力在 10 级以上，冰雹大如鸡蛋，部分县市还伴降暴雨，1 小时降雨量达 140 毫米，持续时间达 2 小时左右。造成一些地方山洪暴发，田地、房屋被毁，交通、通讯中断，农作物遭受严重损失。据不完全统计，受灾的有 193 个乡镇 1376 个村 263 万人；农作物受灾面积 285 万亩，成灾 190 万亩；倒塌房屋 6350 间，损坏 2.2 万多间；折断电杆 1 万多根、树木 20 多万株；因灾死亡 5 人、伤 600 多人；因灾损失粮食 1.45 亿公斤左右；各项直接经济损失 3.5 亿元。

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1995 年 5 月 28 日-6 月 2 日	暴雨	湖北地区	据不完全统计,湖北省(含蒲圻)有 7.2 万多户,28.6 万多人被水围困,13.2 万多人的家产被水冲光,因灾死亡 31 人;冲毁耕地 17.3 万多亩,农作物受灾面积 1250 万多亩;冲垮、冲倒家畜栏圈 500 多间,冲走压死大牲畜 10 万多头;有 48 个城镇进水,多处交通通讯中断,工厂停产、学校停课。
1995 年 6 月 30 日-7 月 2 日	暴雨	湖北地区	据省民政厅统计,这次暴雨受灾的有 12 个县市(通城、通山、崇阳、咸宁、蒲圻、阳新、黄州、浠水、蕲春、武穴、黄梅、洪湖)。受灾人口 436 万,成灾 295 万人,其中重灾民 74 万人,特重灾民 53 万人;被水围困 12.4 万人,转移安置灾民 7.45 万人;因灾死亡 71 人、伤 673 人,其中重伤住院 146 人;农作物受灾 332 万亩,成灾 204 万亩,基本无收 70 万亩;冲毁耕地 9.1 万亩,损失粮食产量 2.5 亿公斤,损失陈粮 309.5 万公斤;因灾倒塌民房 2.1 万多间,损坏房屋 2.42 万间;各项直接经济损失 8.6 亿多元。
1996 年 6 月 3 日	洪涝	蒲圻	蒲圻市 6 月 3 日凌晨 3 时至 5 时降雨量达 132 毫米,加之该市水系上游的湖南临湘市文白乡水库倒塌,与蒲圻水系相连的湖北省通城县、崇阳县当时也降了大暴雨,造成山洪暴发,冲走耕牛 50 头、牲猪 90 头、陈粮 110 万公斤、油菜籽 10 万公斤、家俱 4200 件;农作物受灾 5 万亩,绝收 5800 亩,房屋进水 751 户 2145 间,倒塌民房 640 间;被水围困村庄 33 个 1560 户 12800 人,紧急转移安置 3500 人。
1996 年 7 月 13 日-7 月 18 日	暴雨	湖北地区	全省(含蒲圻)农作物累计受灾 4000 多万亩(次),成灾 1953 万亩,绝收 545 万亩。洪水冲毁塘堰 6.8 万口,损坏机电泵站 423 座、水电站 99 座。全省因灾停产、半停产企业 7400 多家,冲毁桥涵 3041 座,供电中断 380 条次。特别是由于府澧河出现历史罕见的洪峰流量,致使京广线中断 12 小时。全省共有 71 个县市区受灾,累计受灾 3929 万人次,被洪水围困的有 160 万人次,转移安置灾民 120 万人,有 16 个县市的城关和 202 个城镇进水或积水,其中洪湖市最深的超过 1 米以上。因灾倒塌房屋 34 万间,死亡 286 人,死亡牲畜 4.3 万头。这次洪涝灾害给全省造成的各类直接经济损失 102 亿元。
1998 年 5 月-9 月	特大暴雨洪涝	湖北地区	据湖北省民政厅统计,整个汛期,湖北省(含蒲圻)有 66 个县市受灾,受灾人口 3688 万,成灾 2039 万,因灾死亡 345 人,伤病 88.9 万人;死亡大牲畜 27 万头;农作物受灾 3810 万亩,成灾 2796 万亩,绝收 883 万亩;冲毁耕地 159 万亩;因灾倒房 122 万间,损坏房屋 293 万间;湖北省共有 545 个民垸堤溃或扒口行洪,淹没面积 307 万亩,涉及受灾人口 545 万;被水围困 589.6 万人,紧急转移安置 477.8 万人,损失陈粮 4.6 亿公斤,因灾损失粮食产量 48.6 亿公斤,直接经济损失 500 多亿元,其中工交、商贸、邮电等企业经济损失在 150 亿元以上,近万家企业处于停产、半停产状态。
1999 年 4 月 15 日-4 月 16 日	暴雨	湖北地区	据民政部门调查核实,此次暴雨过程全省(含蒲圻)17 个县市受灾,受灾人口 347 万,成灾人口 193 万;受灾面积 328 万亩,成灾面积 187 万亩,因灾绝收 8.9 万亩;被水围困 10.9 万人,紧急转移安置 8.3 万人;因灾伤病 1045 人,死亡 2 人;因灾倒塌房屋 2.3 万间,损坏房屋 5.6 万间。直接经济损失 3.2 亿元。
1999 年 5 月 21 日-5 月 23 日	暴雨洪涝	湖北地区	据省民政厅统计,此次暴雨灾害全省(含蒲圻)共 29 个县市受灾,受灾人口 570 万,成灾人口 384 万;因灾死亡 2 人,因灾伤病 1578 人,被水围困 12.7 万人,紧急安置转移 9.6 万人;农作物受灾面积 548 万亩,成灾面积 369 万亩,因灾绝收 15.7 万亩;因灾倒塌房屋 2.8 万间,损坏房屋 5.6 万间。此外,交通、通讯和农田基础设施也遭受了严重破坏。
1999 年 6 月 25 日-6 月 29 日	暴雨洪涝	湖北地区	据省民政厅反映,由于暴雨强度大,持续时间长,湖北省(含蒲圻)灾情损失严重。据各地上报统计,截止 6 月 29 日,此次暴雨过程使 59 个县(市、区)受灾,受灾人口 1173 万,成灾人口 754 万;受灾面积 1137.8 万亩,成灾面积 748.6 万亩,因灾绝收 174.9 万亩;被水围困 21.5 万人,紧急转移安置 18.9 万人,无家可归 15.6 万人;因灾伤病 5437 人,死亡 27 人;倒塌房屋 9.8 万间,损坏房屋 14.7 万间;直接经济损失 22.5 亿元。

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
2000 年 5 月 11 日	大风 冰雹	赤壁	下午 3 时, 赤壁市神山、中伙镇遭受龙卷风, 冰雹灾害击, 风力 10 级, 冰雹最大直径 8—10 厘米 , 16 个村, 149 个组, 3897 户, 2960 亩早稻, 150 亩中稻秧苗被冰雹击倒, 3650 亩已割待收油菜被风卷走, 7800 亩苎麻被风刮倒绝收, 1660 多只家禽, 120 头牲猪被冰雹打死打伤, 32 条船只被打沉, 1087 间房屋受损, 109 间房屋被风吹倒, 吹断水泥电线杆 119 根 。
2000 年 6 月下旬 -7 月底	干旱	湖北地区	6 月下旬, 鄂东南和江汉平原南部旬平均气温偏高 2~3℃。7 月 13 日至 16 日, 鄂东绝大部分地区高温达到 39℃, 其中阳新、武穴、蕲春、咸宁、通山、 赤壁 出现 40℃高温。
2002 年 7 月 21 日-8 月 13 日	连阴雨	赤壁	自 7 月 21—31 日, 8 月 13—20 日, 连续出现两次持续降雨天气, 8 月 23 日, 长江 赤壁 水位高达 32.24 米, 为建国以来第 4 次高水位。加之气温偏低, 日光寡照, 造成全市 26.9 万亩农作物受灾, 其中 4.15 万亩收割在家的早稻发芽, 未收割的在田间发芽霉烂, 12.5 万亩中稻因持续降雨、低温, 不能及时抽穗, 扬花, 共计损失粮食 1250 万公斤。10.25 万亩蔬菜、瓜果、湘莲等经济作物减产减收, 因灾倒塌房屋 146 户、436 间, 直接经济损失 2100 万元。
2005 年 5 月 1 日 -5 月 2 日	暴雨大风	赤壁	赤壁 市农作物受损面积达 5000 亩, 其中经济作物 3100 亩, 部份电力通讯广播电视线路中断, 电线杆、变压器等公共设施受损, 直接经济损失 60 万元, 其中农业经济损失 6 万元。
2007 年 1 月 15 日	暴雪	赤壁	此次大到暴雪造成 赤壁 市部份乡镇山区道路封闭, 楠竹受损, 并引发多起交通事故发生造成人员受伤。4 月 22 日出现的大暴雨, 造成我市 2 人受伤, 36000 人受灾; 农作物受灾 30000 亩; 房屋损坏 77 间, 倒塌 23 间, 直接经济损失 1150 万元。
2008 年 1 月 13 日-2 月 5 日	暴雪	赤壁	赤壁 市受灾人口 45.5 万人, 因灾死亡 2 人, 伤病 1523 人, 被困 13.37 万人, 紧急转移安置 10770 人; 死亡家畜家禽 11520 头(只), 农作物受灾 12.15 万亩, 倒塌房屋 1505 间, 损坏房屋 13062 间。电力、通讯、交通、林业受灾严重, 因道路结冰, 京珠高速公路赤壁段多日封闭, 车辆滞留达 3 日, 市内客运也多次停运, 交通事故猛增。全市直接经济损失 4.32 亿元, 其中农业经济损失 3.98 亿元。
2009 年 4 月 18 日-4 月 19 日	暴雨	赤壁	赤壁 市北部神山镇和柳山湖镇出现局地渍涝。
2009 年 8 月 28 日	大风	赤壁	造成 赤壁 市西北方向输电线路全线中断, 黄盖湖、柳山湖、沧湖、车埠等乡镇渍水严重, 受灾面积为: 水稻 7700 亩、棉花 2430 亩、湘莲 2200 亩。
2010 年 4 月 12 日	冰雹	赤壁	此次冰雹灾害涉及 赤壁 市 21 个村, 受灾人口 8.3 万人, 直接经济损失 1220 万元, 共 1720 户 4760 间砖瓦平房屋面布瓦受损严重, 农作物受灾面积 13700 亩, 经济作物受灾面积 26700 亩, 油菜、苎麻等经济作物严重折枝。
2010 年 5 月	干旱	赤壁	5 月降水量较历年同期偏少近 6 成, 加之前期 1-4 月降水量持续偏少, 致使 赤壁 市旱情不断发展, 出现了我市有气象记录以来最为严重的冬春连旱。全市发生临时饮水困难人口 3 万人, 农作物受灾面积为 23.37 万亩, 2 千头大牲畜临时饮水困难。
2010 年 6 月 10 日-6 月 15 日	暴雨洪涝	赤壁市	因洪涝灾害, 赤壁 市有 28.26 万人口受灾, 紧急转移安置人口 1.0866 万人; 倒塌房屋 348 户 732 间, 损坏房屋 1299 间; 农作物受灾面积 8044 公顷, 其中绝收面积 121 公顷, 直接经济损失 11650 万元。
2010 年 7 月 5 日 -7 月 14 日	低温阴雨	赤壁	此次天气过程造成 赤壁 市 18.6 万人受灾, 转移人口 6970 人, 倒塌、损坏房屋 4272 间, 农作物受灾面积 32.1 万亩, 成灾面积 20.91 万亩, 绝收面积 11.7 万亩, 直接经济损失 1205 万元; 9 月 22-29 日出现了连续 8 天低温阴雨的“寒露风”天气。

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
2015 年 6 月 2 日	干旱	赤壁	致使 赤壁市 全市范围均有旱灾，受灾面积达 21.4 万亩，成灾面积达 9.3 万亩，绝收面积达 1.7 万亩。8 月中上旬气温高、蒸发大，加之中上旬降水量较历年同期偏少 4 成多，致使我市全市范围均有旱灾，受灾面积达 19141.9 公顷，成灾面积达 11106.2 公顷，绝收面积达 3376.9 公顷，直接经济损失达 8420 万元。
2016 年 7 月 3 日 -7 月 4 日	暴雨	赤壁	强降雨导致山洪爆发、河水陡涨，民房进水、房屋倒塌、农田淹没，道路冲毁、水利、通讯、电力等基础设施损毁严重，给人民群众财产和工农业生产带来重大损失。截止 7 月 16 日 17 时统计， 赤壁市 17 个乡镇办场共 240059 人受灾，紧急转移安置 26585 人（其中城区转移安置 6620 人），需紧急生活救助 13732 人，目前设立集中安置点 3 个，安置受灾人员 211 名；因灾倒塌房屋 2915 间，其中：倒塌房屋 110 户 241 间，严重损房 265 户 541 间，一般损房 2133 间；全市造成直接经济损失 8.23 亿元，其中农业经济损失 3.36 亿元，农作物受灾面积 19535.27 公顷，绝收面积 5539 公顷
2017 年 7 月-8 月	干旱	赤壁	7 月份以来， 赤壁市 出现持续性高温晴热天气。 灾情来源于：湖北省水利厅官网 http://www.hubeiwater.gov.cn/news/jcss/201708/t20170807_94087.shtml
2017 年 8 月 18 日	暴雨	赤壁	据初步统计，此次暴雨 赤壁市 冲毁沥青路面 8000 平方米，水泥路面 5250 平方米，路基 1000 立方米，山体塌方 1500 立方米。 灾情来源于：咸宁日报 http://szb.xnnews.com.cn/xnrb/html/2017-08/18/content_251452.htm

注：1、2000 年前灾情资料摘录于《气象灾害大典湖北卷》，2001 至 2016 年灾情资料摘录于灾情直报表，其它来源于表格中标注。

2、赤壁市历史沿革：1949 年属沔阳专区。1951 年属大冶专区。1952 年属孝感专区。1958 年并入咸宁县。1959 年 3 月复置蒲圻县，属武汉市。1960 年并入咸宁县。1961 年 12 月复置蒲圻县，属孝感专区。1965 年属咸宁专区。1970 年属咸宁地区。1986 年 5 月 27 日，国务院批准撤销蒲圻县，设立蒲圻市，为县级市。1998 年 6 月 11 日，民政部（民行批[1998]22 号）批复同意将蒲圻市更名为赤壁市。1998 年由地级咸宁市代管。

附录 2 陆水循环产业园和蒲圻绿色产业园对气象要素、高影响天气敏感度调查表

园区及重点企业气象要素、高影响天气敏感度调查表

市(县) 莆田、陆水 园区

调查日期: 2019年8月22日

[illegible]

说明: 1. 根据程度“高”或“中”或“低”等级, 在相应表格“√”, 并在最后一栏给出英文描述或代码

2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。

3. 最后一行“园区公共设施”填报情况由园区管委会相关部门填写。

附录3 雷击风险评估指标评分标准

B1 直击雷防护状况	现场状况	得分
	有完备的防雷装置且性能良好	95
	有完备的防雷装置，部分存在锈蚀等情况	90
	直击雷防护装置未达到 GB50057 设计要求	85
	无直击雷防护装置	80
B2 电源线路雷电防护	现场状况	得分
	铠装埋地接入且有完备的 SPD	95
	铠装埋地接入，SPD 配置不合理	90
	铠装埋地接入，无 SPD	85
	飞线接入	80
B3 信号线路雷电防护	现场状况	得分
	铠装埋地接入且有完备的 SPD	95
	铠装埋地接入，SPD 配置不合理	90
	铠装埋地接入，无 SPD	85
	飞线接入	80
B4 土壤电阻率	园区采样土壤电阻率	得分
	≤ 10	95
	10-50	90
	50-100	85
	100-200	80
	≥ 200	75
B5 雷电预警系统	现场状况	得分
	人员密集场所，有雷电预警系统	95
	人员密集场所，无雷电预警系统	75
	一般场所，有雷电预警系统	85
	一般场所，无雷电预警系统	80
B6 地闪回击密度 (次·a ⁻¹ ·km ⁻²)	园区地闪回击密度 (次·a ⁻¹ ·km ⁻²)	得分
	0-1	95
	1-2	90
	2-3	85
	3-4	80
	4-5	75
	5-6	70
	≥ 6	65

B7 雷电流平均强度 (湖北省中值电流 A1)	园区雷电流平均强度 A2	得分
	园区平均地闪回击强度 A2 小于 A1 时	$80 + [(A2 - A1) / A1] * 20$
	园区平均地闪回击强度 A2 大于 A1 时	$80 - [(A2 - A1) / A1] * 20$
B8 园区雷击位置因子校正系统	园区位置	得分
	孤立山顶	70
	山的迎风坡、水系附近	80
	平坦地带	90
B9 防雷安全工作责任制度	现场状况	得分
	有建立防雷安全工作责任制度，且运行良好	95
	有建立防雷安全工作责任制度	85
	无防雷安全工作责任制度	75
B10 防雷安全应急制度	现场状况	得分
	有建立防雷安全应急制度，且定期开展演练	95
	有建立防雷安全应急制度	85
	无防雷安全应急制度	75
B11 园区企业生产性质	现场状况	得分
	主要为一类防雷建筑物	75
	主要为二类防雷建筑物	85
	主要为三类防雷建筑物，包含部分二类、一类防雷建筑物	90
	全部为三类防雷建筑物	95
B12 人员伤亡应急时间	救护车到达园区边缘企业时间	得分
	5 分钟内	95
	5-10 分钟	85
	≥10 分钟	75
B13 爆炸火灾应急时间	消防车到达园区边缘企业时间	得分
	5 分钟内	95
	5-10 分钟	85
	≥10 分钟	75
园区总得分	总得分	得分评价
	≥90	雷击风险低
	85-90	雷击风险中等
	80-85	雷击风险较高
	≤80	雷击风险高

附录 4 极值推算方法及拟合适度检验方法

1、极值 I 型分布

极值 I 型的分布函数是：

$$F(x) = p(X_{\max} < X) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (1)$$

其超过保证率函数是：

$$p(x) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (2)$$

(1) 用耿贝尔法估计参数 α 和 u

令 $y = \alpha(x - u)$ ，求得 y 的保证率函数为：

$$p(y) = p(Y \geq y) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (3)$$

$$E(Y) = \alpha[E(X_M) - u]$$

$$D(Y) = \alpha^2 D(X_M)$$

由此得到：

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{\sigma_{XM}} \quad (4)$$

$$u = E(X_M) - \frac{1}{\alpha} E(y) = E(X_M) - \frac{\sigma_{XM}}{\sigma_y} E(y) \quad (5)$$

以序列的均值及标准差作为 $E(X_M)$ 及 σ_{XM} 的近似估计值。而 $E(y)$ 和 σ_y 的近似估计值 $\bar{y}$ 及 s_y 只与 N 有关，有表可查。将上述四个估计值代入 (4)、(5) 式求出 $\hat{\alpha}$ 、 $\hat{u}$ ，再将其代入 (3) 式可得：

$$X_p = \hat{u} - \frac{1}{\hat{\alpha}} \ln[-\ln(1 - p)] \quad (6)$$

由 (7) 式算出 4 个重现期的基本风速、基本积雪深度、基本气温等。

(2) 矩法参数估算法

中国气象科学研究院的专家，在 1999 年给出了矩法参数估算法，方法较新，用这个方法再进行一次计算，目的是用来检验以上的计算结果。

极值 I 型分布函数也可以写成：

$$F(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-u)]\} \quad (7)$$

式中 u 是分布的位置参数，即其分布的众值：

α 是分布的尺度参数，它们与矩的关系为：

一阶矩（均值）： $E(x) = \frac{a}{\alpha} + u$ ，式中 $a = 0.57722$

二阶矩（方差）： $\sigma^2 = \frac{C^2}{\alpha^2}$ ，式中 $C = \frac{\pi}{\sqrt{6}} = 1.28255$

因此得：

$$\alpha = \frac{1.28255}{\sigma} \quad (8)$$

$$u = E(x) - \frac{0.57722}{\alpha} \quad (9)$$

计算出序列的平均值和标准差作为参数 $E(x)$ 和 α 的估计值，计算出参数 $\hat{a}$ 、 $\hat{u}$ 后，仍用（6）式计算出不同重现期的基本风速、基本积雪深度、基本气温等。

2、广义极值分布

广义极值分布的分布函数为：

$$F(x) = \exp\left[-\left\{1 - k \frac{x - \beta}{\alpha}\right\}^{1/k}\right], \quad k \neq 0 \quad (10)$$

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left\{-\frac{x - \beta}{\alpha}\right\}\right], \quad k = 0 \quad (11)$$

式中： α 为尺度参数； β 为位置参数； k 为形状参数。当 $k = 0$ 时，为 I 型极值分布；当 $k < 0$ 时，为 II 型极值分布；当 $k > 0$ 时，为 III 型极值分布。

参数估计采用 L-矩估计方法，此方法最大的优点是对序列的极大值和极小值没有常规矩敏感，求得的参数估计值比较稳健。设样本 X 为 $x_{1:n} \leq x_{2:n} \leq \dots \leq x_{n:n}$ ，该序列概率权重矩的三阶权重矩为：

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{j:n} \quad (12)$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=2}^n \frac{(j-1)}{(n-1)} x_{j:n} \quad (13)$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{j=3}^n \frac{(j-1)(j-2)}{(n-1)(n-2)} x_{j:n} \quad (14)$$

计算上述三式的线性组合，即 L 矩，分别为：

$$\lambda_1 = b_0 \quad (15)$$

$$\lambda_2 = 2b_1 - b_0 \quad (16)$$

$$\lambda_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0 \quad (17)$$

广义极值分布参数的估计公式为：

$$k = 7.8590c + 2.9554c^2 \quad (18)$$

$$c = \frac{2}{3 + \lambda_3 / \lambda_2} - \frac{\ln 2}{\ln 3} \quad (19)$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k})\Gamma(1+k)} \quad (20)$$

$$\beta = \lambda_1 - \frac{\alpha[1 - \Gamma(1+k)]}{k} \quad (21)$$

对任意给定的频率 p ，由 $p = 1 - F(x_p)$ 求解与频率 p 对应的设计值 x_p 为：

$$x_p = \beta + \alpha\{1 - [-\ln(1-p)]^k\} / k \quad (22)$$

3、拟合适度检验

柯尔莫戈洛夫拟合适度检验指标：

$$K_f = D_n \sqrt{n}$$

其中 N 为样本容量， D_n 表示拟合出来的理论分布与经验分布的最大偏差。

D_n 如下式所示：

$$D_n = \max \{F^*(x_i) - F(x_i)\}$$

式中 $F(x_i)$ 为理论分布函数， $F^*(x_i)$ 为经验分布函数，即把气候要素的 n 个观测值从小到大的顺序排列为：

$$x_1^* \leq x_2^* \leq \cdots \leq x_m^* \leq \cdots \leq x_n^*$$

$$F_n^*(x) = \frac{m}{n+1}$$

则

这里 x_i 为有序样本， D_n 表示在所有各点上，经验分布于假设的理论分布之差的极大值。取信度为 0.05，查表得只要 $K_f < 1.35$ ，则认为样本序列服从该型概率分布。