

开封市精细化工产业集聚区 区域性气候可行性论证报告

河南省气候中心

二〇二二年三月

项 目 名 称： 开封市精细化工产业集聚区

区域性气候可行性论证报告

委 托 单 位： 开封市精细化工产业集聚区管委会

承 担 单 位： 河南省气候中心

编 写 人 员：

审 核 人：

审 定 人：

批 准 人：

河南省郑州市金水路 110 号
电 话：(0371) 65922013

邮 编：450003
传 真：(0371) 65922835

说 明

1. 《开封市精细化工产业集聚区区域性气候可行性论证报告》（简称本报告）是河南省气候中心受开封市精细化工产业集聚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河南省气候中心所有。
2. 本报告中的所有气象资料及相关数据资料仅限于本论证区域使用，论证结论仅限于论证区域内所有符合规划的入驻项目（但不包括特殊工程和交通、水利、能源等领域的重大工程）使用。
3. 本报告中提出的气象防灾减灾措施和对策建议，可供论证区域的整体规划、建设项目的规划设计及运营维护参考使用。
4. 本报告中的结论是基于标准气象观测资料、闪电定位资料等多源数据按照国家或行业相关技术规范统计分析得出，超出规定值的气象灾害风险是存在的。
5. 本报告有效期 10 年，其间若出现重大气象灾害并造成严重影响，须重新开展区域性气候可行性论证。
6. 本报告有承担单位盖章方有效。对本报告若有异议，应于收到本报告之日起 15 个工作日内向承担单位提出。

河南省气候中心

2022 年 3 月



机构信用等级证书

CERTIFICATE OF INSTITUTION CREDIT GRADE

河南省气候中心：

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

评级时间：2019年11月。特发此证。

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

证书编号：201911115256892
Certificate Number

颁发日期：2019年11月19日
Date of Issue

有效期至：2022年11月18日
Date of Expiry

公示查询：中国商务信用平台 (www.bjcpn.com)
Enquiring Website



证书说明： Notes:

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

复审记录： Re-examination record:



目 录

第一章 项目概述.....	1
1.1 项目概况.....	1
1.2 集聚区基本情况.....	1
第二章 论证目的及原则.....	4
2.1 论证目的.....	4
2.2 编制依据.....	4
2.2.1 政策法规.....	5
2.2.2 标准规范.....	6
2.3 计量单位与专业术语.....	8
2.3.1 计量单位.....	8
2.3.2 专业术语.....	9
第三章 资料说明.....	12
3.1 资料内容和来源.....	12
3.2 资料质量控制.....	13
3.3 参证气象站选取.....	14
第四章 大气环流特征.....	16
4.1 概述.....	16
4.2 北半球大气环流特征.....	16
4.3 欧亚地区大气环流背景场分析.....	18
4.4 不同季节影响开封的主要天气系统.....	23
4.4.1 西太平洋副热带高压.....	23
4.4.2 低空低涡.....	24
4.4.3 高空冷涡.....	24
4.4.4 低空急流.....	24
4.4.5 台风.....	25
4.5 小结.....	25

第五章 气候背景分析.....	26
5.1 气候背景.....	26
5.2 气温.....	28
5.2.1 年际变化.....	28
5.2.2 月际变化.....	29
5.2.3 日变化.....	30
5.3 降水.....	31
5.3.1 降水量年际变化.....	31
5.3.2 月际变化.....	31
5.3.3 降水日数.....	32
5.4 风速.....	33
5.4.1 年际变化.....	33
5.4.2 月际变化.....	35
5.4.3 日变化.....	36
5.5 风向频率.....	36
5.6 日照.....	38
5.6.1 年际变化.....	38
5.6.2 月际变化.....	39
5.7 相对湿度.....	40
5.7.1 年际变化.....	40
5.7.2 月际变化.....	40
5.7.3 日变化.....	41
5.8 气压.....	41
5.8.1 年际变化.....	41
5.8.2 月际变化.....	43
5.8.3 日变化.....	45
5.9 地面温度.....	45
5.9.1 年际变化.....	45
5.9.2 月际变化.....	47
5.9.3 日变化.....	48

第六章 高影响天气分析.....	50
6.1 暴雨	50
6.2 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的高温	52
6.3 大风	53
6.4 雷暴	54
6.5 闪电	55
6.6 积雪	56
6.7 降雪	58
6.8 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的低温	59
6.9 结冰	60
6.10 沙尘暴	61
6.11 冰雹	62
6.12 雾	62
6.13 连阴雨	64
第七章 关键气象参数分析与推算.....	69
7.1 基本雪压.....	69
7.1.1 积雪密度的估算.....	69
7.1.2 年最大积雪深度的概率估算.....	69
7.2.3 设计雪压的估算.....	70
7.2 基本气温.....	71
7.3 室外气象参数.....	72
7.3.1 冬季空调和供暖参数.....	74
7.3.2 夏季空调参数.....	74
7.3.3 夏季和冬季通风参数.....	75
7.4 重现期极值.....	76
7.4.1 最大日降水.....	76
7.4.2 极端高温.....	76
7.4.3 极端低温.....	77
第八章 结论和建议.....	78
8.1 主要结论.....	78

8.1.1 大气环流特征.....	78
8.1.2 集聚区气候背景.....	78
8.1.3 高影响天气.....	79
8.1.4 关键气象参数推算结果.....	79
8.2 主要建议.....	80
8.2.1 规划阶段.....	80
8.2.2 建设阶段.....	81
8.2.3 运营阶段.....	82
8.3 适用性分析.....	84
附录 A 近 50 年开封市气象灾害调查.....	85
附录 B 指标参数的权重和隶属度计算.....	96
附录 C 风险矩阵法.....	102
附录 D 天气、气候名词解释.....	105

第一章 项目概述

1.1 项目概况

为落实河南省人民政府办公厅《关于实施工程项目区域评估的指导意见》（豫政办〔2019〕10号），开封市精细化工产业集聚区管理委员会根据精细化工产业集聚区的性质、定位、区位，委托河南省气候中心开展区域性气候可行性论证分析工作。

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

1.2 集聚区基本情况

开封市位于东经 113°52'15"至 115°15'42"，北纬 34°11'45"至 35°0'20"，地处河南省东部的豫东平原，黄河下游冲击扇的南部。北隔黄河与新乡的封丘、长垣县相望；南挟陇海铁路，与周口市的太康、扶沟县及许昌市的长葛、鄢陵县相邻；东与商丘的民权、睢县接壤；西接省会郑州的新郑市和中牟县，距郑州市中心城区约 60km。

开封市是我国七朝古都和国务院首批公布的 24 座历史文化名城之一。位于中原城市群核心区之内，新打造的郑汴新区是中原城市群新的增长极。



图 1.1 开封市区位示意图

(左：开封市在中原城市群的位置；右：开封市在河南省的区位示意图)

开封市所辖区域地貌形态属黄河下游冲积扇平原的一部分，境内地势平坦，地形总趋势由西北向东南微有倾斜，地表坡降 $1/2000 \sim 1/4000$ ，海拔高度大部分在 $69 \sim 78\text{m}$ 之间。历史上由于黄河多次泛滥改道，泥沙沉积和风力的再搬运作用，使本区域内微地貌复杂，北部主要为黄河的背河洼地及呈带状分布的黄河古河槽、古漫滩，西部为由波状沙丘分布的微起伏平原，中部为地势较平坦的黄泛平原，东部和南部为微倾斜平原。开封市区东部地势平坦，地形总体上呈西北高，东南低，海拔高度在 $71.2\text{m} \sim 70.2\text{m}$ 之间，属黄河冲积平原，地面平均坡度 0.3% 左右。

开封市地处半干旱半湿润气候带，季风气候特征明显，四季分明。春季温和，多风少雨，夏季炎热，降雨集中，秋季晴朗，凉爽多雨，冬季寒冷，少降雨雪。根据开封气象站 1991—2020 年资料，累年平均气压为 1008.0hPa ，累年平均气温为 15.2°C ，累年平均降水量为 616.8mm ，累年平均风速为 2.5m/s ，累年平均相对湿度为 64.1% ，累年平均日照时数为 1911.8 小时。

开封市降水量的特点是年际年内时空分布不均，建国以来，开封市年最大降雨量和最小降雨量分别为 1059.0mm 和 346.3mm ，多年平均降雨量为 639mm 。从 6~9 月份的降雨量最高，约占全年降水量的

70%左右，11~1 月份的降水量最低，约占全年降水量的 10%左右。在空间分布上，平均降水量由西北向东南递增。精细化工产业集聚区位于开封市区域气候之中，所以拥有上述气候特征。

开封市精细化工产业集聚区位于位于开封市东南部的禹王台区汪屯乡境内，是河南省唯一主要以精细化工为产业定位的产业集聚区。经过多年发展，已经成为地区经济发展的强大引擎、体制机制改革的实验区域，为地区发展做出了突出贡献。

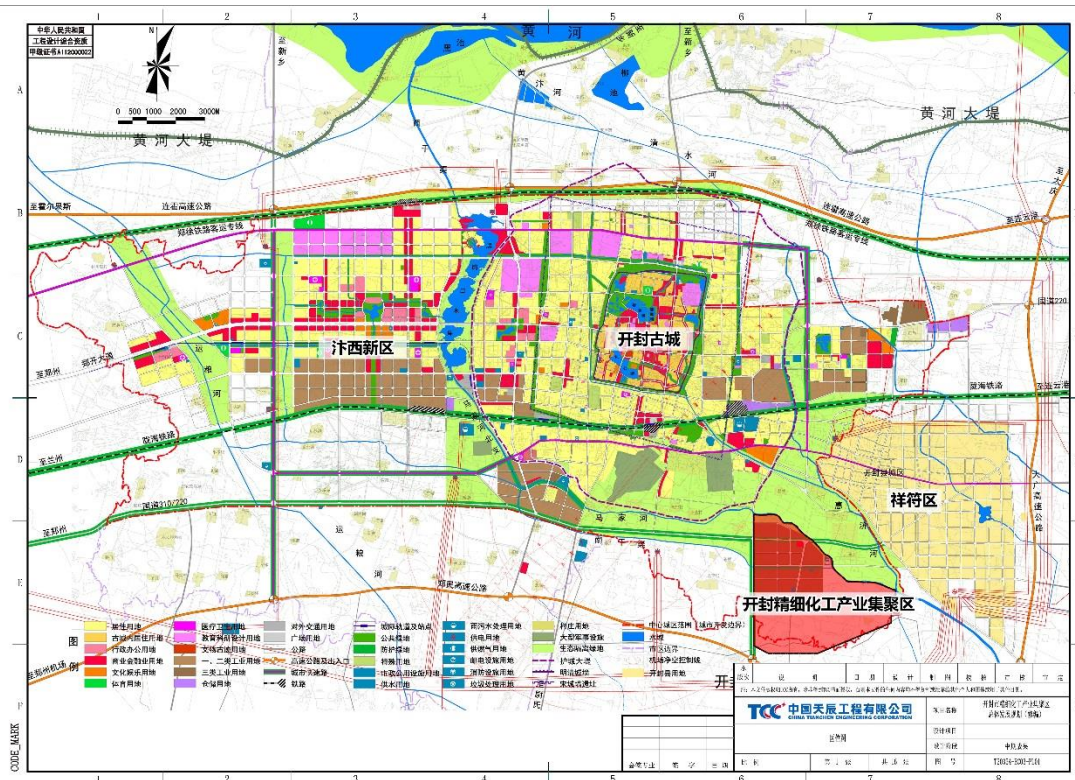


图 1.2 开封市精细化工产业集聚区在开封的位置图

第二章 论证目的及原则

2.1 论证目的

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

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

2.2 编制依据

国务院办公厅、河南省人民政府办公厅、河南省发展和改革委员会、河南省工程建设项目审批制度改革领导小组办公室等关于开展气候可行性论证工作下发了相关文件(见下文),特别是豫政办〔2019〕10号明确要求,到2019年12月底,全省范围内的自由贸易试验区、产业集聚区、高新技术产业开发区、经济技术开发区等集聚区、功能区,统一组织对区内土地勘测、气候可行性等事项进行梳理,建立区

域评估清单，分类推进相关评估工作；到 2020 年 12 月底，基本建成政府买单、企业共享评估成果的区域评估制度框架和管理体系；2021 年全面实施。

2.2.1 政策法规

- (1) 《中华人民共和国气象法》（2016 年 11 月 7 日修正版）
- (2) 《气象灾害防御条例》（中华人民共和国国务院令 第 570 号）
- (3) 《河南省气象条例》（2004 年 11 月 26 日修正版）
- (4) 《河南省气象灾害防御条例》（河南省人民代表大会常务委
员会公告第 17 号）
- (5) 《河南省气候资源保护与开发利用条例》（2018 年 10 月 1 日
颁布）
- (6) 《气候可行性论证管理办法》（中国气象局第 18 号令）
- (7) 《国务院关于加快气象事业发展的若干意见》（国发〔2006〕
29 号）
- (8) 《国务院办公厅关于进一步加强气象灾害防御工作的意见》
（国发〔2007〕49 号）
- (9) 《国务院办公厅关于加强气象灾害监测预警及信息发布工作
的意见》（国发〔2011〕33 号）
- (10) 《国务院关于印发清理规范投资项目报建审批事项实施方
案的通知》（国发〔2016〕29 号）
- (11) 《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目审批制度改革
的实施意见》（国办发〔2019〕11 号）
- (12) 《中共中央办公厅 国务院办公厅关于深入推进审批服务便
民化的指导意见》
- (13) 《关于印发全国投资项目在线审批监管平台投资审批管理

事项统一名称和申请材料清单的通知》（发改投资〔2019〕268号）

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

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

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

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

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

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

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

2.2.2 标准规范

（1）区域性气候可行性论证技术指南（中国气象局预报与网络司2019年8月）

（2）QX/T 469-2018 气候可行性论证规范总则

（3）QX/T 423-2018 气候可行性论证规范报告编制

（4）QX/T 426-2018 气候可行性论证规范资料收集

（5）QX/T 449-2018 气候可行性论证规范现场观测

（6）QX/T 458-2018 气候可行性论证规范气象观测资料处理

（7）QX/T 438-2018 气候可行性论证规范城市通风廊道

- (8) QX/T 118-2010 地面气象观测资料质量控制
- (9) QX/T 436-2018 气候可行性论证规范：抗风参数计算
- (10) QX/T 452-2018 基本气象资料和产品提供规范
- (11) QX/T 453-2018 基本气象资料和产品使用规范
- (12) QX/T 85-2018 雷电灾害风险评估技术规范
- (13) GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范
- (14) 城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则（住房和城乡建设部、中国气象局 2014 年 4 月）
- (15) GB50009-2012 建筑结构荷载规范
- (16) GB50014-2006 室外排水设计规范（2016 版）
- (17) GB 50019-2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- (18) DL/T 5158-2012 电力工程气象勘测技术规程
- (19) JTG/TD60-01-2018 公路桥梁抗风设计规范
- (20) QX/T 393-2017 冷空气过程监测指标
- (21) 中国气象局，地面气象观测规范 气象出版社 2003
- (22) GB/T37529-2019 城市总体规划气候可行性论证技术
- (23) QX/T 529-2019 气候可行性论证规范 极值概率统计分析
- (24) QX/T 528-2019 气候可行性论证规范 架空输电线路抗冰设计气象参数计算
- (25) 城市排水工程设计-暴雨强度公式编制技术指南（第 1 版）
- (26) 城市热岛效应评估技术指南（第 1 版）
- (27) 工程项目采暖通风和空气调节气象参数计算（第 1 版）
- (28) 输电线路抗冰设计气候可行性论证技术指南（第 1 版）

2.3 计量单位与专业术语

2.3.1 计量单位

详见表 2.1。

表 2.1 报告涉及的计量单位

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

2.3.2 专业术语

(1) 参证气象站：气象分析计算所参照或引用的具有长年代气象数据的国家气象观测站。

(2) 关键气象因子：对开发区、工业产业集聚区的气候适宜性和风险性有重大影响的单个气象要素或多个气象要素的组合。

(3) E、N：分别代表东经、北纬。

(4) 常年：指最近 30a，目前气象部门使用 1991-2020 年，该时段每 10a 更新一次。

(5) 累年：指建站以来所有年份。

(6) 基本风速：开阔平坦地貌条件下，地面上 10m 高度处，50a 重现期的 10min 平均年最大风速。

(7) 重现期：某一事件重复出现的平均间隔时间。

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

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

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

(11) 冬季空气调节室外计算温度：常年不保证 1d 的日平均温度。

(12) 夏季空气调节室外计算日平均温度：常年平均不保证 5d 的日平均温度。

(13) 冬季通风室外计算温度：常年最冷月平均温度。

(14) 夏季通风室外计算温度：常年最热月 14 时的月平均温度的平均值。

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

(16) 暴雨日：指 24 小时降雨量 ≥ 50 毫米的日数。

(17) 日最大降水量：指一年中出现的一日最大降水量。

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

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

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

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

(22) 地闪密度：单位面积、单位时间的平均地闪次数。

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

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

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

(26) 大风：瞬时风速达到或超过 17 米/秒的风。

(27) 最大风速：给定时段内的 10min 平均风速的最大值。

(28) 极大风速，给定时段内的瞬时风速的最大值。

(29) 热岛效应：是由于人们改变地表而引起小气候变化（一个地区的气温高于周围地区）的综合现象。

(30) 指数分布：即 Exponential Distribution（简记 ED）。

(31) 皮尔逊-III 型分布：即 Pearson-III Distribution（简记 P-III）。

(32) 极值 I 型分布：本报告包括耿贝尔法，即 Gumbel Distribution（简记 GD），矩法参数估计法 Moment Parameter Estimation（简记 MPE）。

第三章 资料说明

3.1 资料内容和来源

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

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

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

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

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

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

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

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

表 3.1 报告使用资料一览表

项目	要素	资料时段
国家级自动气象站	气压、气温、降水、风、相对湿度、日照、雷暴、冰雹、雾等	建站—2020 年
省级常规自动气象站	气温、降水、风	2019—2020 年
气象灾害资料	暴雨、大风、高温、寒潮、冰雹等	建站—2020 年
闪电定位资料	ADTD 闪电定位仪雷电实时资料	2011—2020 年
再分析资料	高度场、风场	1981—2010 年
集聚区相关资料	规划、灾害敏感度调查表等	

3.2 资料质量控制

报告所用国家气象观测站观测资料均经过河南省气象探测数据中心数据质量控制和均一性检验。数据质量控制通常将范围值检查、内部一致性检查、时变检查、持续性检查和空间一致性检查综合应用。

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

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

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

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

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

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

3.3 参证气象站选取

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

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

(2) 参证气象站应与规划和建设项目区域处于同一气候区，下垫面特征相似，对影响项目的关键气象因子具有最优代表性。如设有专用气象站，则应选取与专用气象站的关键气象因子相关性好的气象站作为参证气象站。可针对影响规划和建设项目的关键气象因子代表性，选择一个或多个参证气象站。

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

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

综合地理位置、气象站观测环境、观测资料序列长度、迁站情况等各方面因素，本报告确定开封国家气象观测站作为参证站进行气候背景分析。

第四章 大气环流特征

4.1 概述

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

4.2 北半球大气环流特征

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

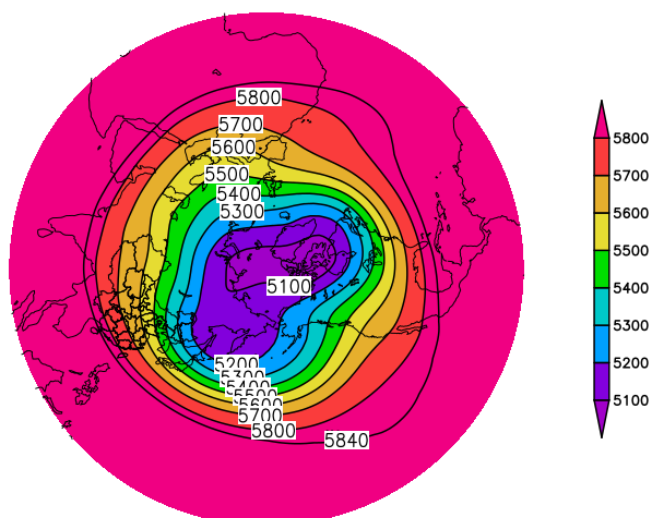


图 4.1 1981-2010 年北半球冬季（12-2 月）500 hPa 等平均高线（单位:gpm）

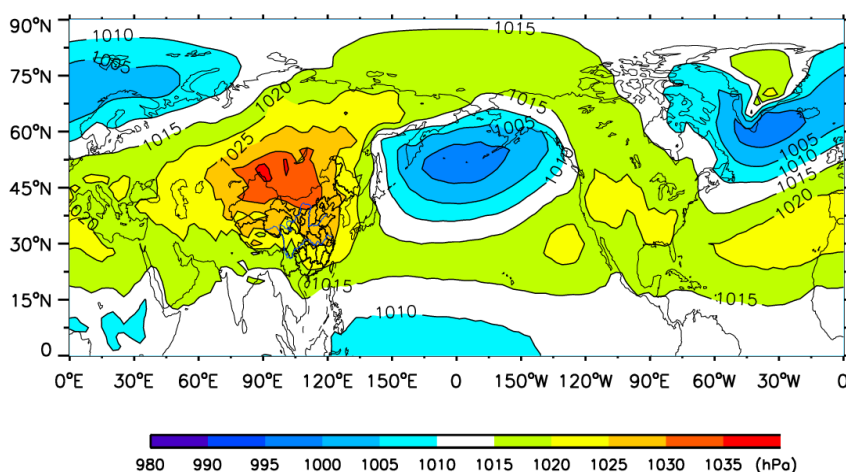


图 4.2 1981-2010 年北半球冬季（12-2 月）平均海平面气压（单位：hPa）

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

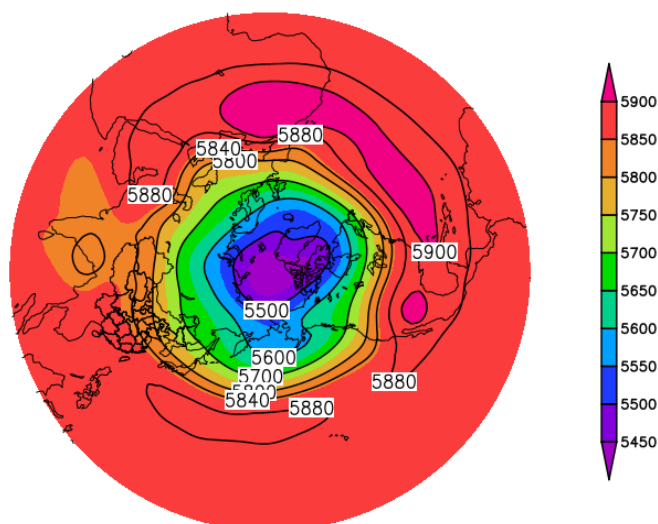


图 4.3 1981-2010 年北半球夏季（6-8 月）500 hPa 等平均高线（单位:gpm）

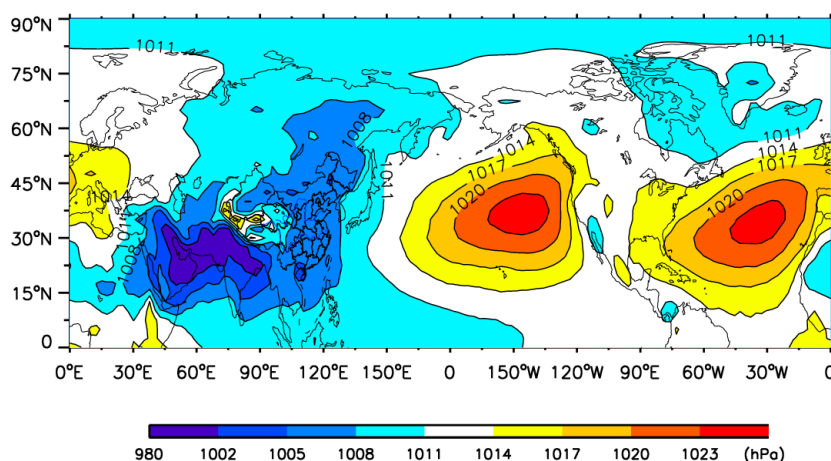


图 4.4 1981-2010 年北半球夏季（6-8 月）平均海平面气压（单位：hPa）

由于东亚海陆热力差异的季节变化，形成亚欧大陆与太平洋上四个大气活动中心，即暖季的印度低压和西太平洋副高，冷季的蒙古高压和阿留申低压，四个大气活动中心的强弱直接控制我国冬夏季风进退活动。

4.3 欧亚地区大气环流背景场分析

冬季，欧亚地区中高纬度 500 hPa 环流场呈现出“一槽一脊”的特征（图 4.5），贝加尔湖附近为深厚的高压脊，宽广的大槽位于亚洲东岸（由鄂霍茨克海向低纬度的日本及我国东海倾斜），我省高空处于脊前槽后部，盛行西北气流；低层风场，处在河套地区反气旋气流

前部的西北风气流中，南方暖湿水汽的输送弱，不利于产生降水（图 4.6）；地面上处在强大的蒙古冷高压前部的偏北气流控制。综合高低空环流形势分析，我省冬季气候呈现出“干冷”的气候特点。

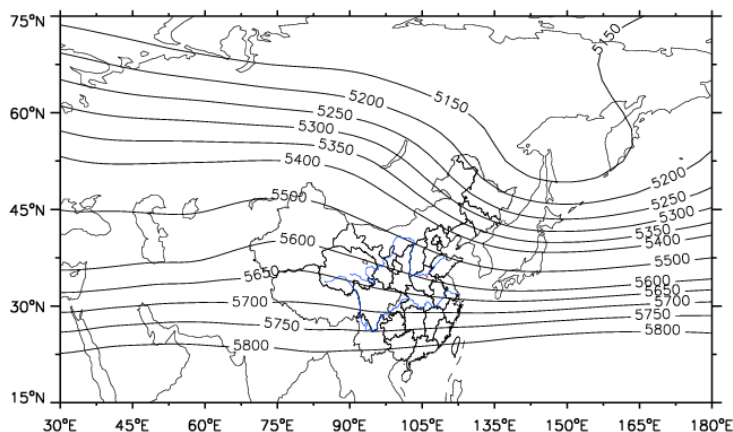


图 4.5 1981-2010 年欧亚地区冬季 500 hPa 平均高度场
(单位:gpm, 红色圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置)

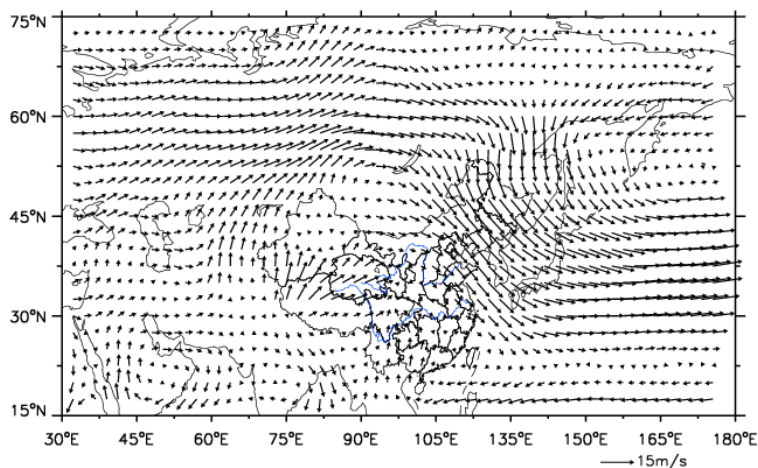


图 4.6 1981-2010 年欧亚地区冬季 850 hPa 平均风场
(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 红色圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置)

春季，欧亚地区中高纬西风带上的槽脊相对冬季变浅变弱（图 4.7），东亚槽明显变弱，槽脊移动变化快，我省处在较为平直的西西北气流里。加之气温回升，暖空气活跃，春季盛行锋面气旋、冷高压过程，天气多变。由于北方气旋（蒙古气旋、东北气旋和黄河气旋）频繁发生，发展强烈，它与入海高压形成南高北低的气压场，使春季成为河南出现偏南大风最多的季节。同时，低层风场显示南支槽活跃

(图 4.8), 引导印度洋和南海的暖湿水汽抵达我省, 导致河南降水开始增多或产生冰雹天气。由于春季回暖快, 风力大, 蒸发强, 导致春旱容易发生。由于春季冷空气仍有较强的势力, 还时常影响河南, 造成降温、晚霜冻和大风天气, 甚至出现寒潮以及倒春寒天气过程。

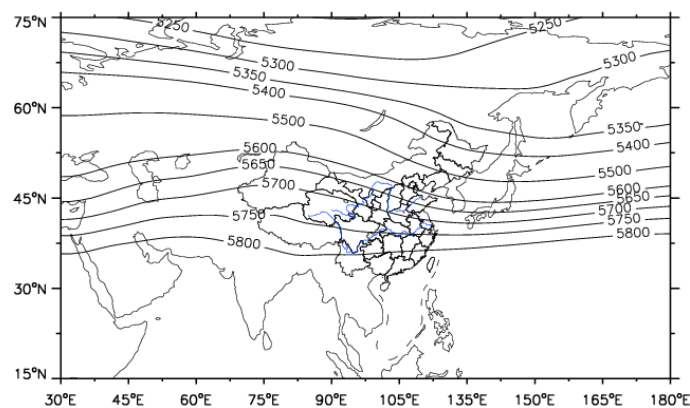


图 4.7 1981-2010 年欧亚地区春季 500 hPa 平均高度场

(单位:gpm, 红色的圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置)

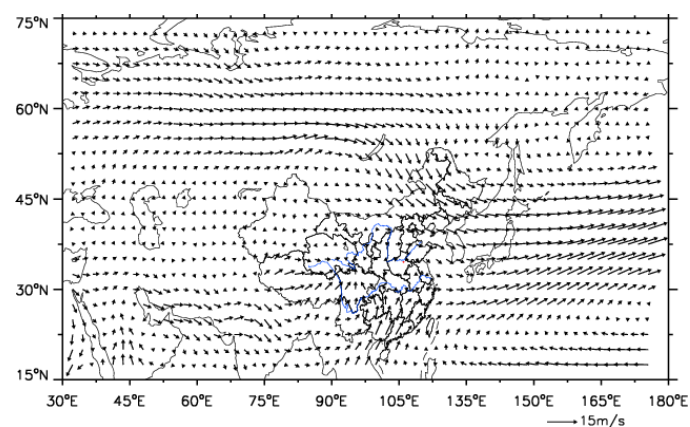


图 4.8 1981-2010 年欧亚地区春季 850 hPa 平均风场

(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 红色的圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置)

夏季, 我省主要受欧亚中高纬度西风环流和西太平洋副热带高压系统的共同影响(图 4.9、图 4.10)。由于副热带系统阶段性北上, 导致我省夏季天气气候变化阶段性特征明显。初夏阶段(6 月), 西太平洋副热带高压脊线在 20°N 附近, 我国雨带维持在长江以南, 河南中北部受变性极地大陆气团影响, 天气晴热, 常出现高温。南部降水开始增多。由于近地面增温快, 加上东北冷涡引导冷空气南下, 易出现

雷雨、冰雹等强对流天气。梅雨后期阶段（6月下旬到7月中旬），副热带高压脊线季节性北跳到 $22\sim 27^{\circ}\text{N}$ 之间，主雨带推进到黄河以南，我省进入雨季。同时受南方气旋和西南涡影响，导致大到暴雨天气出现。盛夏阶段（7月中旬），副热带高压再次季节性北跳，脊线到达 30°N 附近，雨带到华北。我省降水主要集中在7月中旬到8月上旬，一般由副热带高压最强盛时期西风槽受副热带高压所阻多形成切变线降水。加上7-8月台风活跃，登陆北上台风也可导致河南出现暴雨和强对流天气。当副热带高压主体控制河南时，可连续数日闷热无雨，有时长时间维持，可出现伏旱。晚夏阶段（8月中旬到9月初），副热带高压势力减弱南撤，脊线退到 $25\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间，极锋南下，气旋和冷锋降雨增多。9月初以后，东亚大槽重建，副热带高压撤回到 25°N 以南，我省雨季结束。

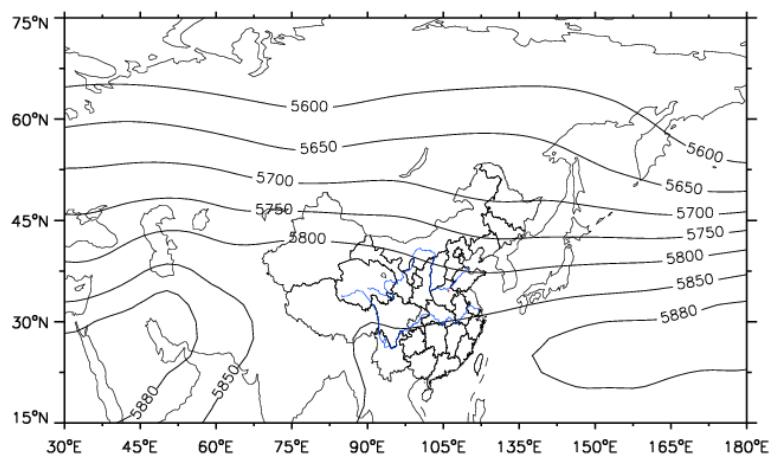


图 4.9 1981-2010 年欧亚地区夏季 500 hPa 平均高度场

（单位:gpm，红色的圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置）

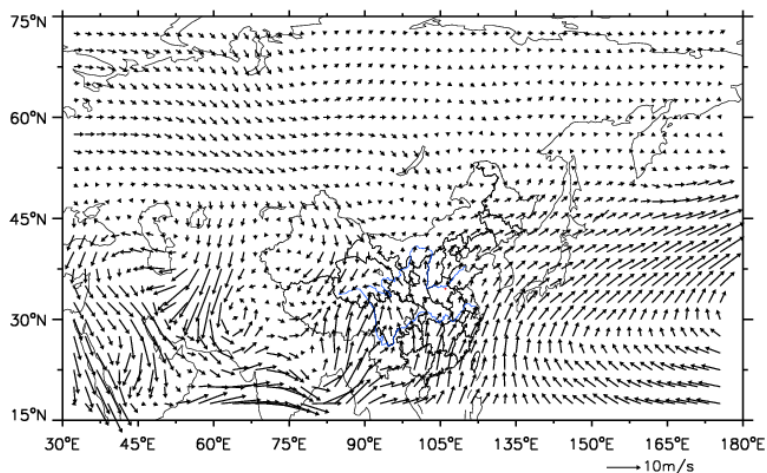


图 4.10 1981-2010 年欧亚地区夏季 850 hPa 平均风场

(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 红色圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置)

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

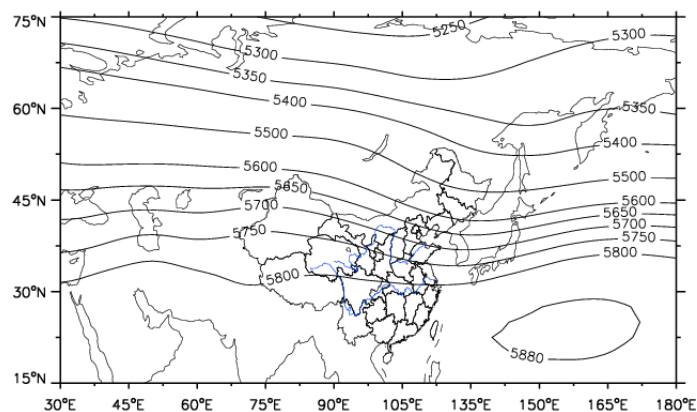


图 4.11 1981-2010 年欧亚地区秋季 500 hPa 平均高度场

(单位:gpm, 红色圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置)

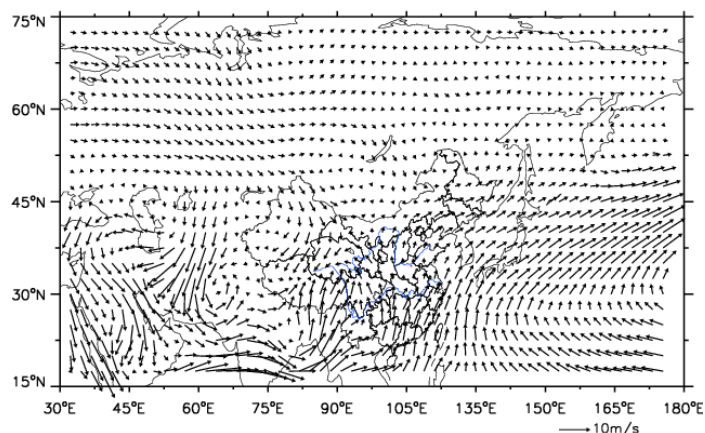


图 4.12 1981-2010 年欧亚地区秋季 850 hPa 平均风场

(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 红色圆点为开封市精细化工产业集聚区的位置)

4.4 不同季节影响开封的主要天气系统

开封四季均受冷锋、温带气旋、低涡、切变线、西风带低槽影响以及阻塞高压影响外,但不同季节影响开封的主要天气影响系统不同,详见表 4.1。

表 4.1 各季节影响开封的主要天气影响系统

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

4.4.1 西太平洋副热带高压

西太平洋副热带高压即出现在西北太平洋上的副热带高压,其西伸的脊在夏季可伸到我国大陆,影响我国雨季的进程,也是影响河南夏季和秋季(9-10月)主要的天气系统。同时它是直接或者间接控制和影响台风活动的最主要的大型天气系统。其脊线的阶段性北跳和南撤与我省雨带位置密切相关,与开封的夏季降水出现时段密切相关。

当副高控制开封时，也会产生闷热、高温天气。

4.4.2 低空低涡

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

4.4.3 高空冷涡

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

4.4.4 低空急流

低空急流一般指 700（或 850）hPa 等压面上，风速 $\geq 12\text{m/s}$ 的西南风的极大风速带。其一般位于副热带高压西侧或者北侧、高空西风急流入口区的右侧，左侧经常有低空切变线和低涡活动，其既能输送水汽又能增强辐合，这种作用使低空的水汽大量聚集，然后通过辐合上升运动使水汽成云致雨，常常和暴雨、飑线、龙卷、雷暴等天气相联系。7月中旬至8月上旬，西南急流与日本海高压南侧的东南急流，这两支急流为开封产生暴雨提供了充沛的水汽来源和不稳定能量。

4.4.5 台风

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

4.5 小结

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

第五章 气候背景分析

5.1 气候背景

本章对开封气象站各气象要素及天气现象的多年平均统计采用的是 1991—2020 年资料；对气象要素的日变化平均统计采用的是近 10 年 2011—2020 年资料；对气象要素极值统计采用的是建站以来有相应资料的数据。最大风速自 1971 年开始有记录，极大风速自 1992 年开始有记录。

开封气象站 1991—2020 年累年平均气压为 1008.0hPa，累年平均气温为 15.2℃，累年平均降水量为 616.8mm，累年平均风速为 2.5m/s，累年平均相对湿度为 64.1%，累年平均日照时数为 1911.8 小时。

开封气象站自有气象记录以来，年极端最高气压为 1039.4hPa（2000 年 1 月 30 日），年极端最低气压为 982.6hPa（2006 年 6 月 9 日、2009 年 2 月 12 日）；极端最高气温为 42.9℃，出现在 1966 年 7 月 19 日，极端最低气温为 -16.0℃，出现在 1971 年 12 月 27 日，年降水量最多为 999.8mm，出现在 1992 年，最少为 310mm，出现在 1966 年；年最大风速 20.0m/s，出现在 1978 年 10 月 26 日、1979 年 2 月 21 日；年极大风速 25.0m/s，出现在 1997 年 6 月 29 日。

表 5.1 开封站主要气候特征值

气候要素		值	单位	出现时间
气压	年平均气压	1008.0	hPa	/
	年平均最高气压	1010.5	hPa	/
	年平均最低气压	1005.2	hPa	/
	极端最高气压	1039.4	hPa	2000年1月30日
	极端最低气压	982.6	hPa	2006年6月9日 2009年2月12日
气温	年平均气温	15.2	℃	/
	年平均最高气温	20.3	℃	/
	年平均最低气温	11.0	℃	/
	极端最高气温	42.9	℃	1966年7月19日
	极端最低气温	-16.0	℃	1971年12月27日
降水	年降水量	616.8	mm	/
	年最多降水量	999.8	mm	1992年
	年最少降水量	310	mm	1966年
	年平均降水日数	73.0	d	/
	最大日降水量	217.8	mm	1991年8月11日
风	年平均风速	2.5	m/s	/
	最多风向及频率	NE /12.7	/%	/
	年最大风速	20.0	m/s	1978年10月26日
	年次大风速	18.7	m/s	1985年08月04日
	年极大风速	25.0	m/s	1997年6月29日
	年极大风速对应的风向	SSE	/	/
相对湿度	年平均相对湿度	64.1	%	/
日照	年日照时数	1911.8	小时	/
	年最多日照时数	2537.2	小时	1959年
	年最少日照时数	1482.4	小时	2011年
地面温度	年平均地面温度	17.0	℃	/
	年平均最高地面温度	31.6	℃	/
	年平均最低地面温度	9.4	℃	/
	极端最高地面温度	71.9	℃	2019年7月24日
	极端最低地面温度	-20.7	℃	1956年1月23日

5.2 气温

5.2.1 年际变化

(1) 年平均气温、平均最高气温、平均最低气温

1991—2020年开封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 15.2℃、20.3℃、11℃，其中年平均气温在 13.9℃（1993年）~16.2℃（2019年、2020年）之间变化，年平均最高气温在 18.8℃（2003年）~21.3℃（2019年）之间变化，年平均最低气温在 9.4℃（1991年）~12.2℃（2016年）之间变化。年平均、平均最高及平均最低气温年际变化均有上升趋势。

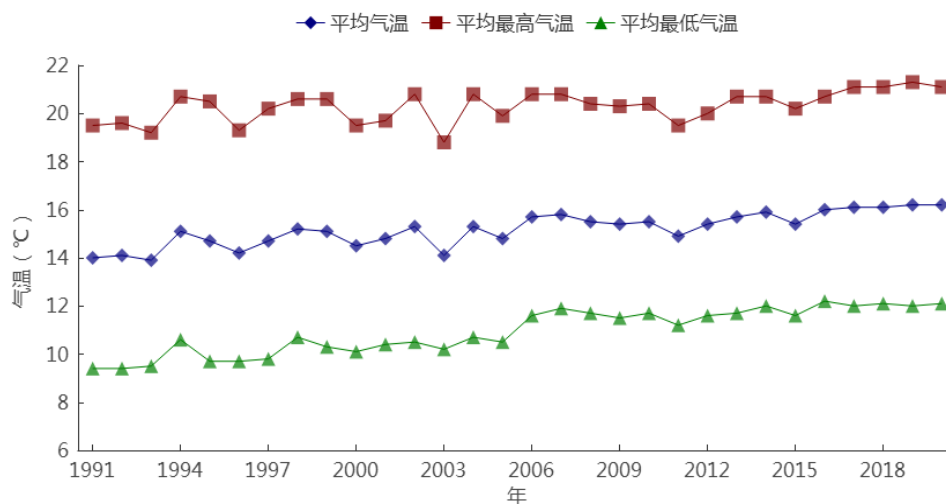


图 5.1 1991—2020 年开封站平均气温、平均最高、平均最低气温年际变化

(2) 极端气温

开封气象站自 1951 年建站开始有完整极端高温、极端低温的资料，1951—2020 年的年极端最高气温在 35.7℃（1998 年、2008 年）~42.9℃（1966 年）之间变化。年极端最高气温在 37℃，38℃，39℃，40℃ 以上的年份分别有 59 年、41 年、25 年、13 年。40℃ 以上分别为 1964 年、2011 年、1968 年、1978 年、2002 年、2005 年、1960 年、1952 年、1955 年、1967 年、1972 年、1966 年。

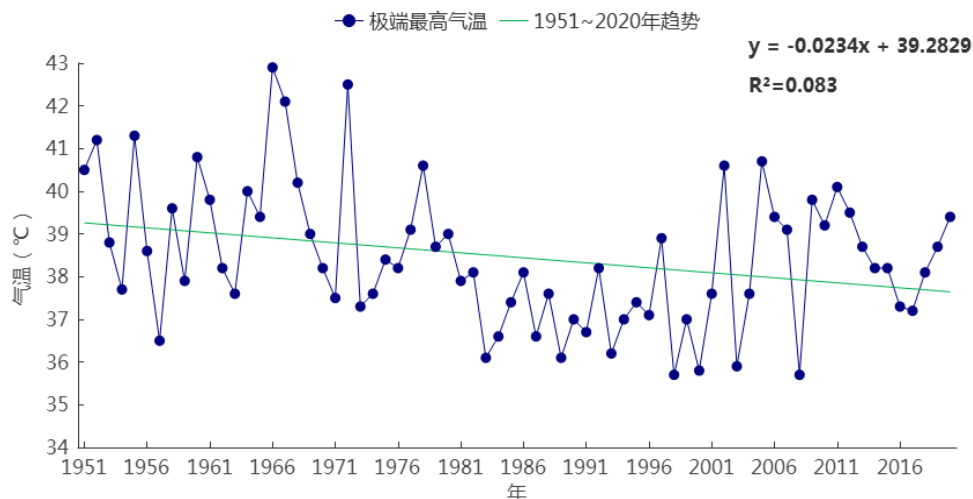


图 5.2 1951—2020 年开封站极端最高气温年际变化

开封气象站 1951—2020 年的年极端最低气温在 -16.0°C （1971 年） $\sim -4.8^{\circ}\text{C}$ （2007 年）之间变化。近 10 年的年最低气温在 $-11.5^{\circ}\text{C} \sim -5.8^{\circ}\text{C}$ 之间，极端最低气温有上升的趋势。年极端最低气温在 0°C ， -2°C ， -4°C ， -6°C 以下的年份分别为 70 年、70 年、70 年、68 年。

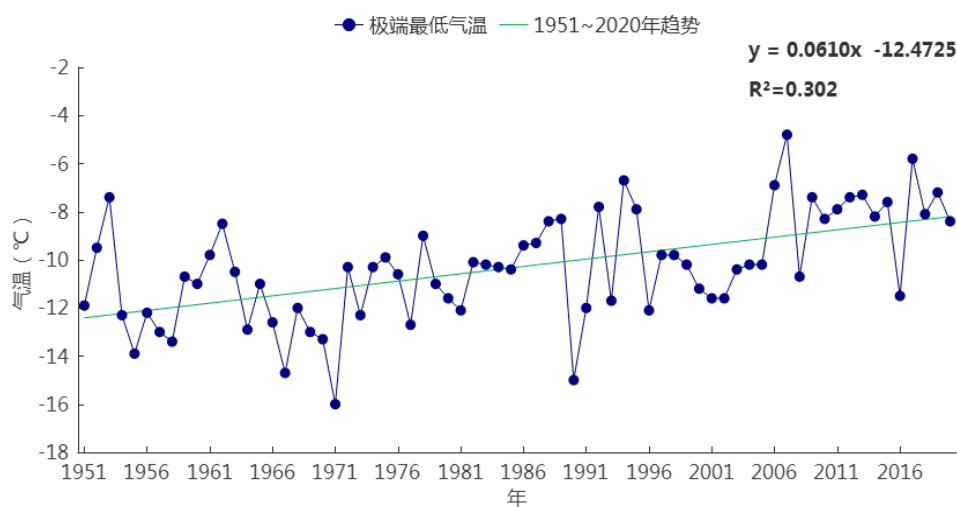


图 5.3 1951—2020 年开封站极端最低气温年际变化

5.2.2 月际变化

(1) 平均气温、平均最高气温、平均最低气温

1991—2020 年开封气象站平均气温、平均最高气温、平均最低气温月变化分别在 $0.7 \sim 27.6^{\circ}\text{C}$ 、 $5.4 \sim 31.9^{\circ}\text{C}$ 、 $-2.9 \sim 23.9^{\circ}\text{C}$ 之间，最高值均出现在 7 月，最低值均出现在 1 月。

表 5.2 1991—2020 年开封站月平均气温、平均最高气温、平均最低气温（单位：℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	
开封	平均	0.7	4.2	9.9	16.2	21.8	26.3	27.6	26.3	21.9	16.2	8.8	2.7	15.2
	平均最高	5.4	9.5	15.5	21.9	27.3	31.7	31.9	30.7	26.9	21.6	13.9	7.4	20.3
	平均最低	-2.9	0.1	5.3	11.1	16.7	21.3	23.9	22.9	17.9	11.9	4.8	-0.9	11.0

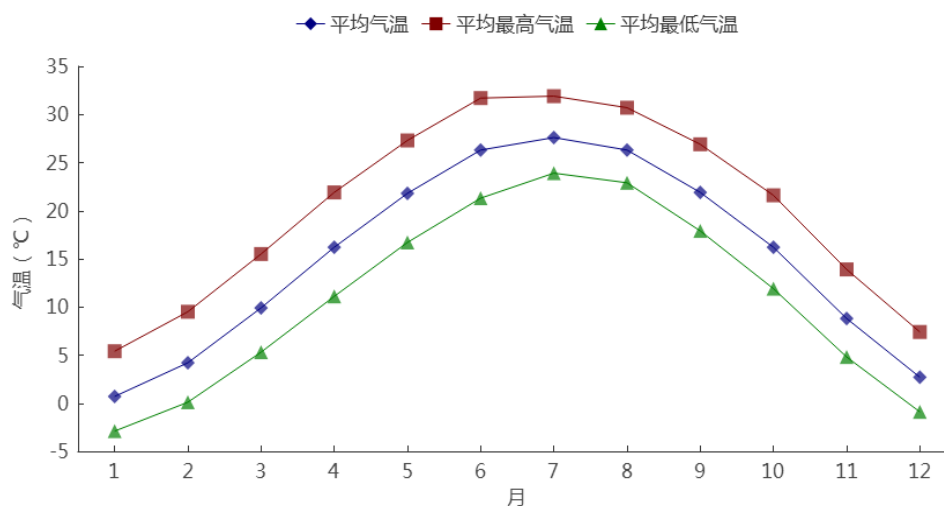


图 5.4 1991—2020 年开封站平均气温、平均最高、平均最低气温月际变化

(2) 极端气温

开封气象站建站至今 1951—2020 年的各月极端最高气温值在 19.2~42.9℃之间，最大值 42.9℃出现在 1966 年 7 月 19 日；各月极端最低气温值在 -16.0~15.2℃之间，最小值 -16.0℃出现在 1971 年 12 月 27 日。

表 5.3 1951—2020 年开封站各月极端气温（℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值	
开封	极端最高	19.2	25.5	32.2	36	39.4	42.5	42.9	38.7	37.4	34.1	26.9	22.2	42.9
	极端最低	-15	-14.2	-13	-3.6	5	11.3	15.2	13.1	5	-1	-11.7	-16	-16.0

3.2.3 日变化

近 10 年 2011—2020 年开封气象站小时平均气温呈单峰型变化。每天 6 时为一天气温的最低值，为 12.6℃；6 时开始，气温逐渐升高，

到 15 时达到峰值 19.8℃；之后开始下降，直至次日 6 时。

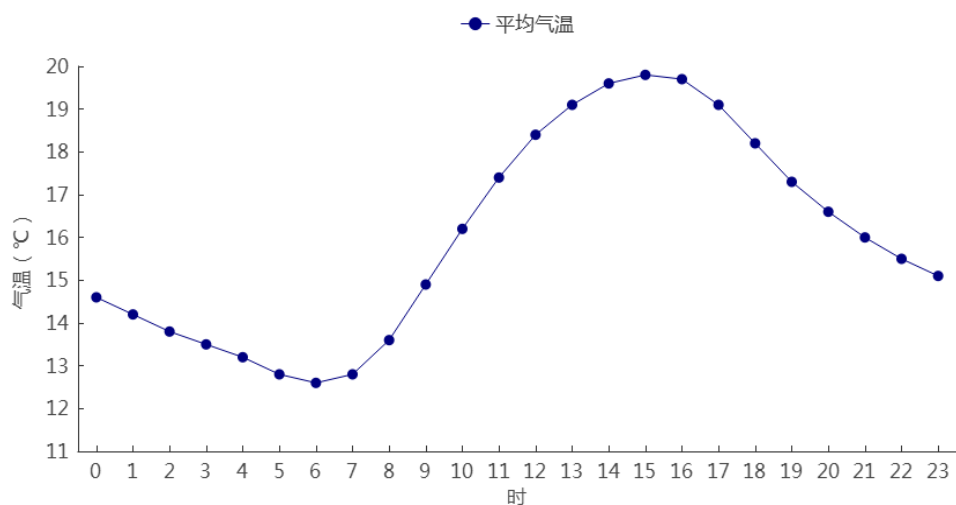


图 5.5 2011—2020 年开封站平均气温日变化

5.3 降水

5.3.1 降水量年际变化

1991—2020 年开封气象站累年平均降水量为 616.8mm，降水量在 335.3mm（2013 年）~999.8mm（1992 年）之间变化。

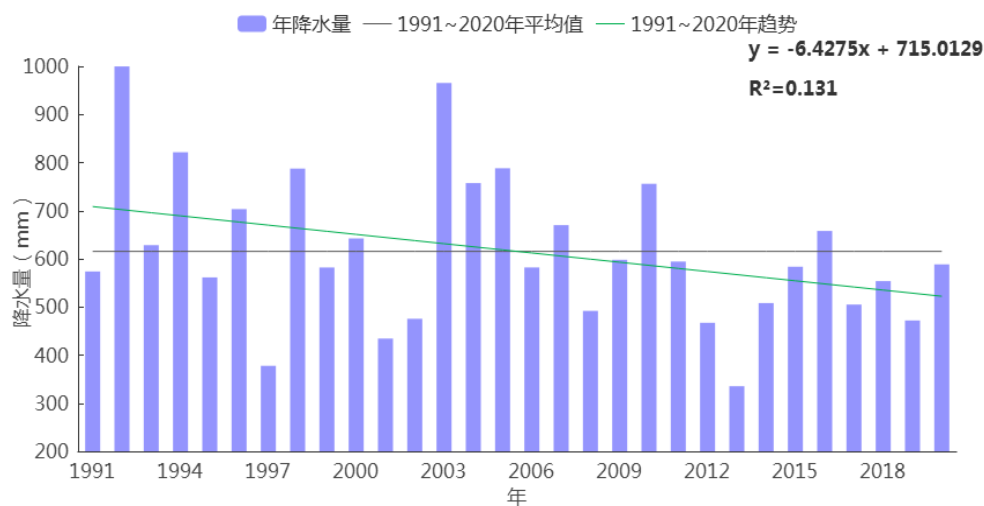


图 5.6 1991—2020 年开封站降水量年际变化

5.3.2 月际变化

1991—2020 年开封气象站各月降水量在 8.6mm(1 月)~157.8mm (7 月) 之间变化，季节变化特征明显，冬季（12—2 月）平均降水量

在四季之中最少，各月在 8.6~11.1mm 之间；春季（3—5 月）各月在 17.9~50.2mm 之间，占全年降水量的 17.36%。夏季（6—8 月）各月在 63.0~157.8mm 之间，占全年降水量的 57.71%。

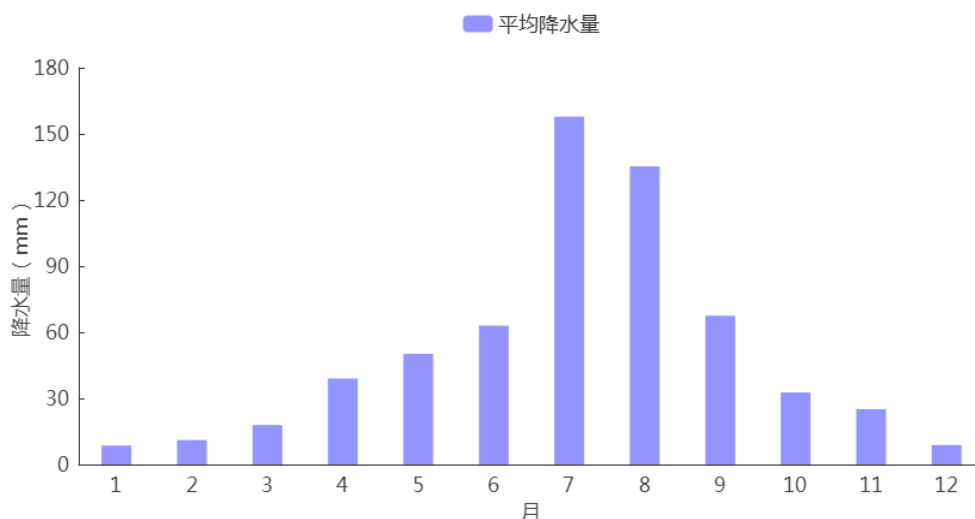


图 5.7 1991—2020 年开封站降水量月际变化

5.3.3 降水日数

(1) 年际变化

1991—2020 年开封气象站年平均降水日数为 73 天，降水日数在 57 天（1997 年、2012 年）~104 天（2003 年）之间，年际变化呈下降趋势。

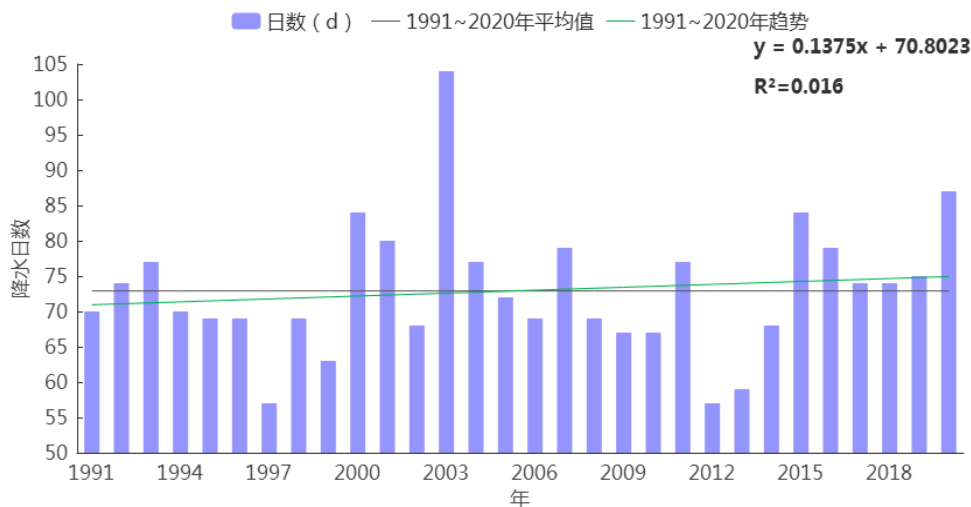


图 5.8 1991—2020 年开封站降水日数年际变化

(2) 月际变化

开封气象站各月平均降水日数在 2.8 天(12 月)~10.5 天(7 月)之间变化。从季节分布看,冬季(12—2 月)降水日数最少,各月在 2.8~3.9 天之间;其次是春季(3—5 月),各月在 4.3~6.3 天之间;秋季(9—11 月)各月在 4.8~7.7 天之间;夏季(6—8 月)各月在 6.9~10.5 天之间。

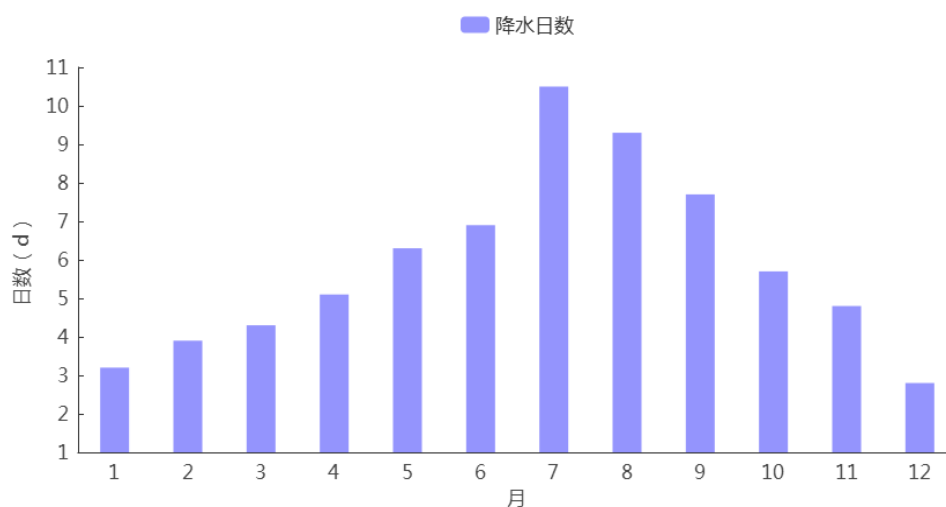


图 5.9 1991—2020 年开封站降水日数月际变化

5.4 风速

5.4.1 年际变化

(1) 平均风速

1991—2020 年开封气象站年平均风速为 2.5m/s, 在 2.1~3.2m/s 之间变化, 风速年际变化呈下降趋势。1994 年、2001 年、2002 年的风速较大, 在 2.8m/s 以上, 其中 2001 年平均风速最大, 为 3.2m/s, 风速整体呈下降趋势。

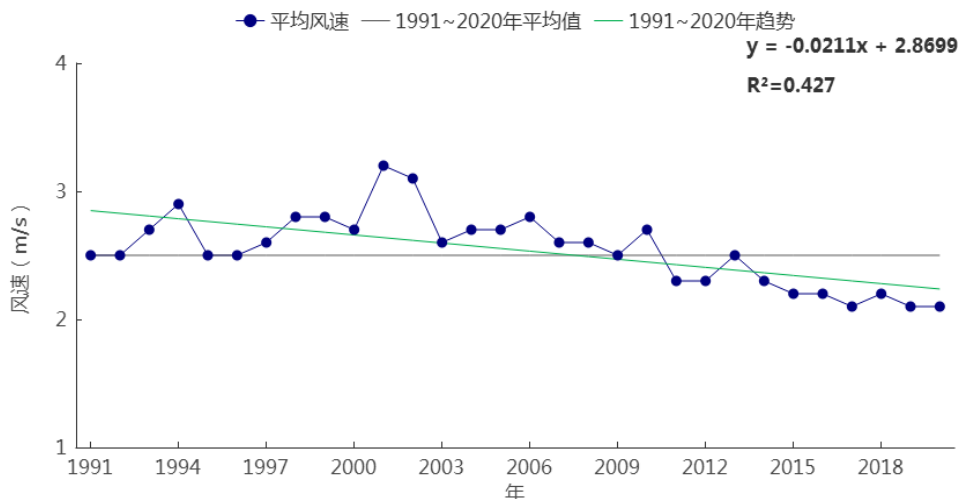


图 5.10 1991—2020 年开封站平均风速年际变化

(2) 最大风速

开封气象站自 1971 年开始，有最大风速的观测。从表和图中可以看出，1971—2020 年最大风速的最大值为 20.0m/s（NNE/NNE），出现在 1978 年 10 月 26 日、1979 年 2 月 21 日，年最大风速以春季出现频次最多。最大风速对应的风向多以 NE 向的风居多。

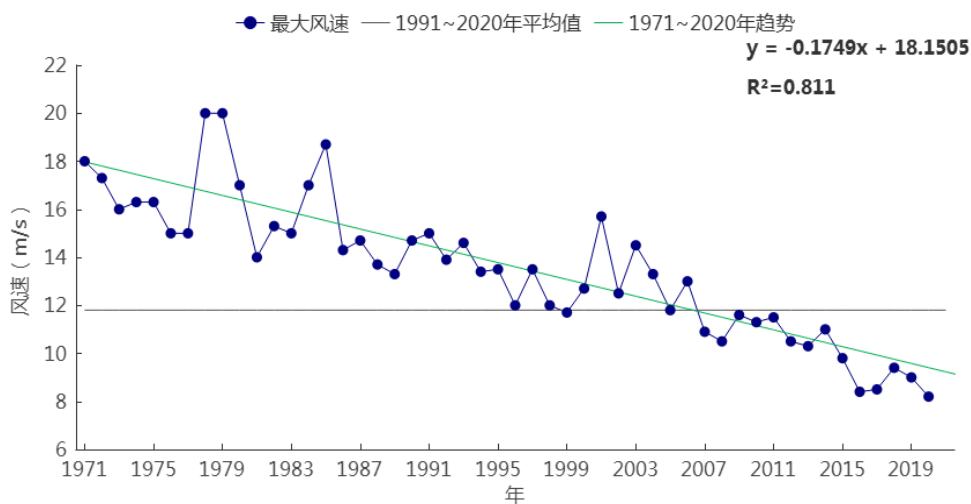


图 5.11 1971—2020 年开封最大风速年际变化

(3) 极大风速

开封气象站自 1992 年开始有极大风速的观测。1992—2020 年极大风速的最大值为 25.0m/s（SSE），出现在 1997 年 6 月 29 日，次大值为 24.2m/s（ENE/NNE），出现在 1993 年 04 月 30 日/2001 年 04 月

19日。年极大风速以11月出现频次最多。极大风速对应的风向多以NE向的风居多。

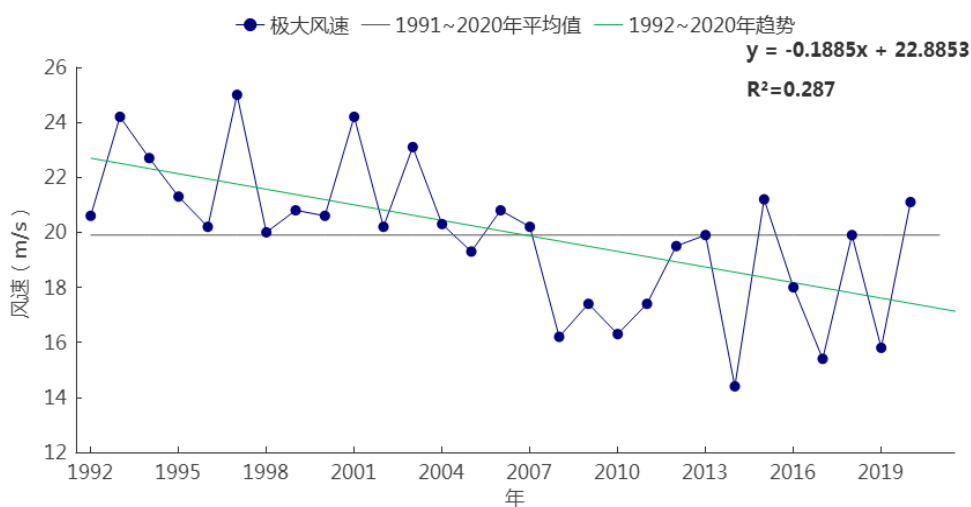


图 5.12 1992—2020 年开封极大风速年际变化

5.4.2 月际变化

(1) 平均风速

开封气象站逐月平均风速均在 2.1m/s 以上。平均风速 3 月、4 月最大，为 3.1m/s；9 月最小，为 2.1m/s。从季节上看，春季风速较大，夏季、秋季、冬季风速较小。

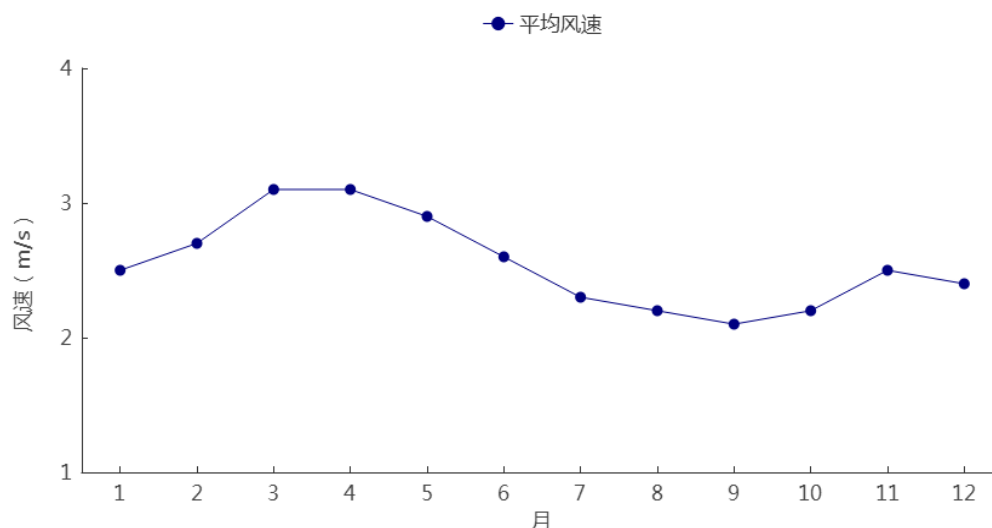


图 5.13 1991—2020 年开封站平均风速月际变化

5.4.3 日变化

开封气象站近 10 年 2011—2020 年风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小。风速日变化在 1.9m/s (3、4、5、6、7 时) ~2.8m/s (13、14 时) 之间。其中 19 时—次日 8 时是全天风速相对较小的时段，9—18 时是全天风速相对较大的时段。

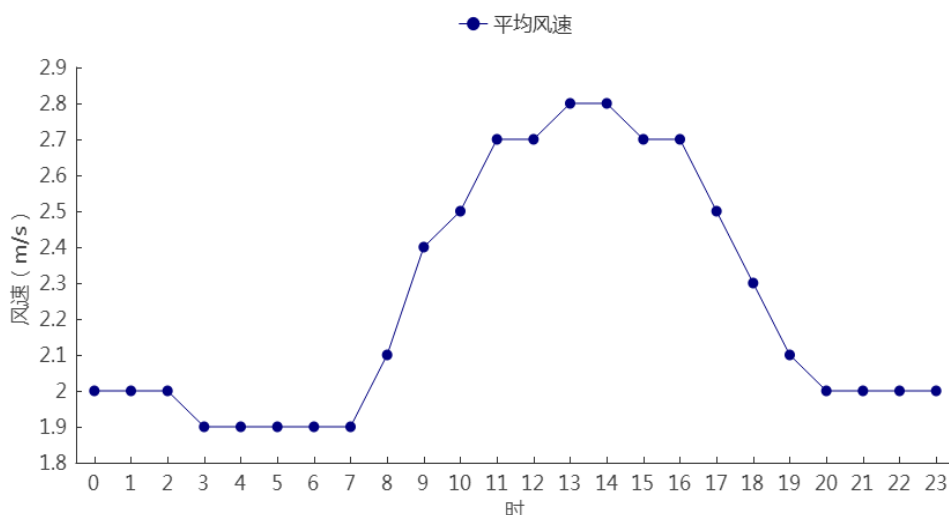


图 5.14 2011—2020 年开封站平均风速日变化

5.5 风向频率

1991—2020 年开封气象站累年最多风向为 NE 风，风向频率为 12.7%，次多风向为 NNE，风向频率为 10.9%。按月统计，1 月、2 月、3 月、8 月、9 月、10 月、12 月最多风向为 NE 风，4 月、5 月最多风向为 S、SSW 风，6 月、7 月最多风向为 S 风，11 月最多风向为 NNE 风，次多风向频率，1 月、2 月、8 月、9 月、10 月、12 月风向为 NNE 风，3 月风向为 S 风，4 月、5 月、11 月风向为 NE 风，6 月、7 月风向为 SSW 风，春季出现频率最高的是 S，频率为 12.7%，夏季出现频率最高的是 NE，频率为 12.1%，秋季出现频率最高的是 NE 风向，频率为 12.6%，冬季出现频率最高的是 NE 风向，频率为 14.8%。

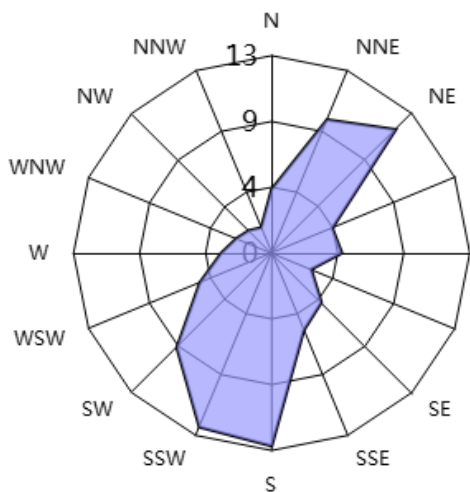
表 5.4 1991—2020 年开封站各月最多、次多风向及频率(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
最多风向	NE	NE	NE	S,SSW	S,SSW	S	S	NE	NE	NE	NNE	NE	NE
风频 (%)	15.1	15.1	13.6	13.7	12.4	14.5	13.7	16.0	13.2	12.0	13.4	14.1	12.7
次多风向	NNE	NNE	S	NE	NE	SSW	SSW	NNE	NNE	NNE	NE	NNE	NNE
风频 (%)	13.0	10.3	12.0	11.0	10.1	11.7	11.4	14.0	13.1	11.0	12.4	12.7	10.9

表 5.5 1991—2020 年开封站四季及年各风向频率(%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
春	4.2	9.5	11.5	4.3	4.6	2.8	4.6	5.5	12.7	12.4	8.8	5.1	3.3	2.5	2.1	1.8	4.5
夏	5.3	9.5	12.1	5.3	6.4	3.6	6.0	5.4	12.0	9.9	6.6	3.5	2.4	1.5	1.9	1.8	7.0
秋	5.2	12.5	12.6	4.7	4.4	2.4	4.1	4.5	8.2	8.1	6.7	5.6	4.3	2.8	2.5	2.5	9.6
冬	5.8	12.0	14.8	4.7	4.3	2.2	3.7	4.2	8.0	8.0	7.3	5.4	4.4	2.9	2.2	1.9	7.1
年	5.1	10.9	12.7	4.7	4.9	2.8	4.6	4.9	10.2	9.6	7.3	4.9	3.6	2.4	2.2	2.0	7.1

春季
C=4.5%



夏季
C=7%

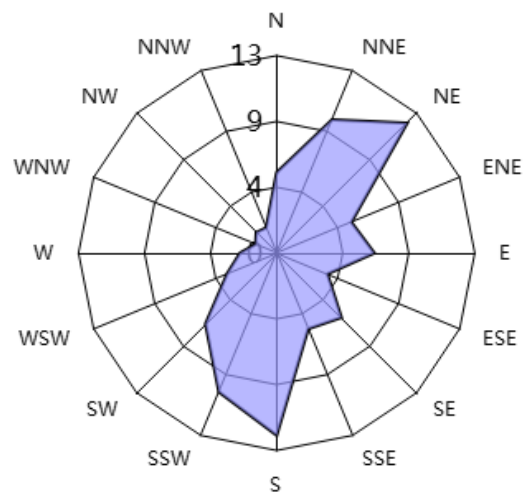


图 5.15 开封市 1991—2020 年春、夏季风向频率图

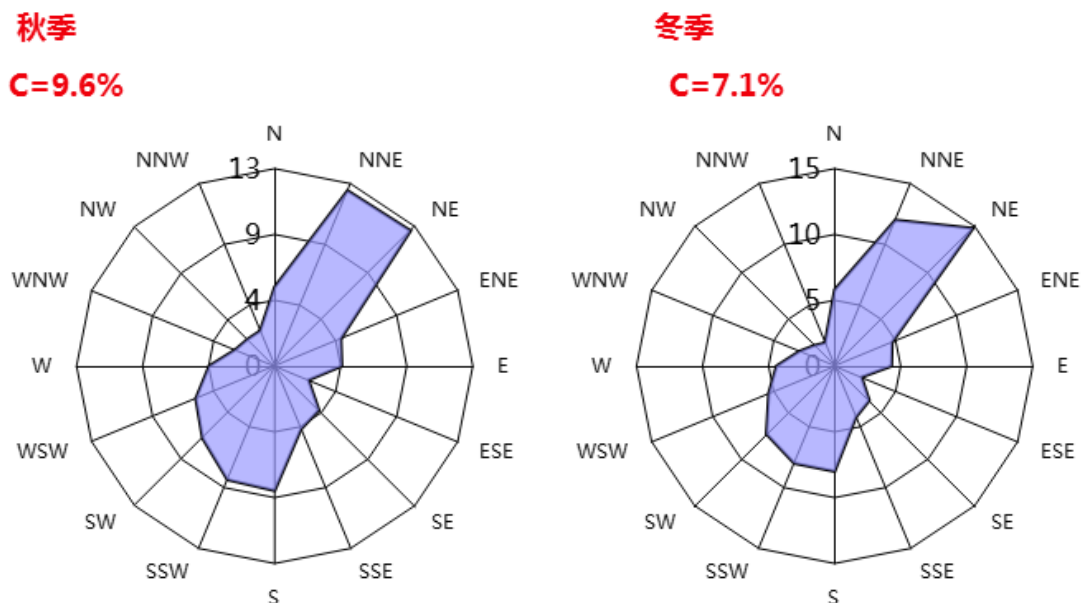


图 5.16 开封市 1991—2020 年秋、冬季风向频率图

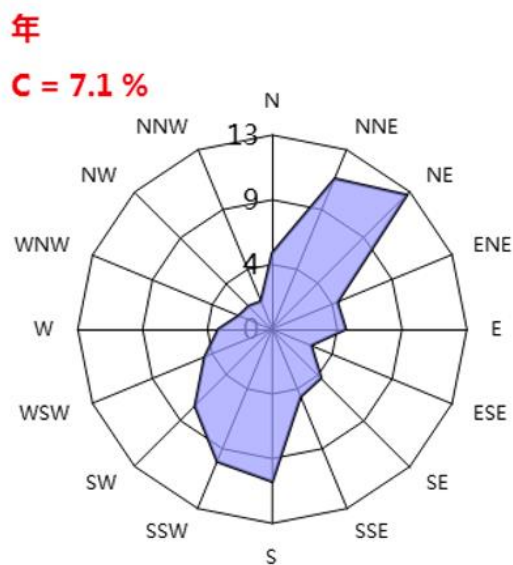


图 5.17 开封市 1991—2020 年年风向频率图

5.6 日照

5.6.1 年际变化

1991—2020 年开封气象站累年平均日照时数为 1911.8 小时，其中年日照最高出现在 1991 年，为 2371.7 小时；最低出现在 2011 年，为 1482.4 小时。

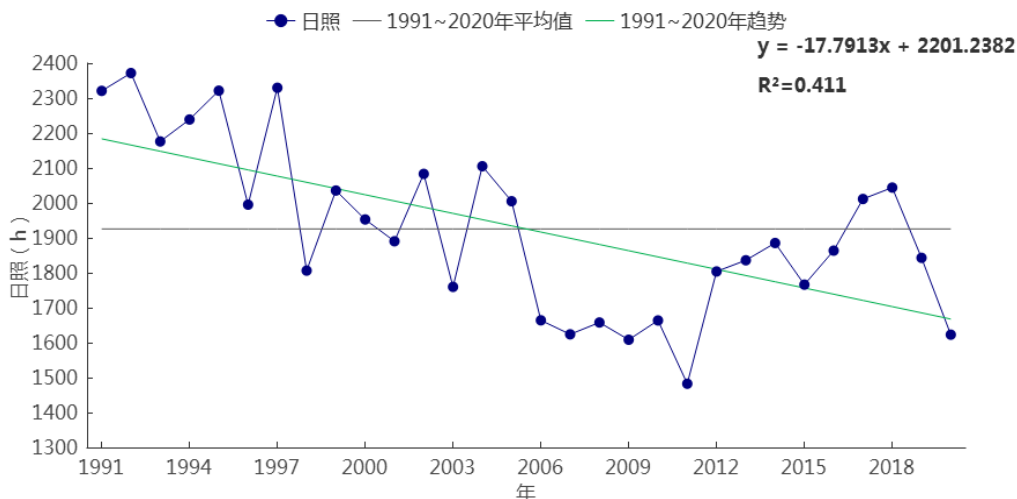


图 5.18 1991—2020 年开封站日照年际变化

5.6.2 月际变化

1991—2020 年开封气象站日照的月变化在 117.7 小时（1 月）～214.1 小时（5 月）之间。总体看来，月平均日照时数，3 月、4 月、5 月、6 月、7 月、8 月、9 月、10 月在 140 小时以上，冬季明显偏小，4 月、5 月、6 月全年最高，在 194 小时以上。主要由于夏季白天时间较长，且受副热带高压控制出现晴热高温天气较多。

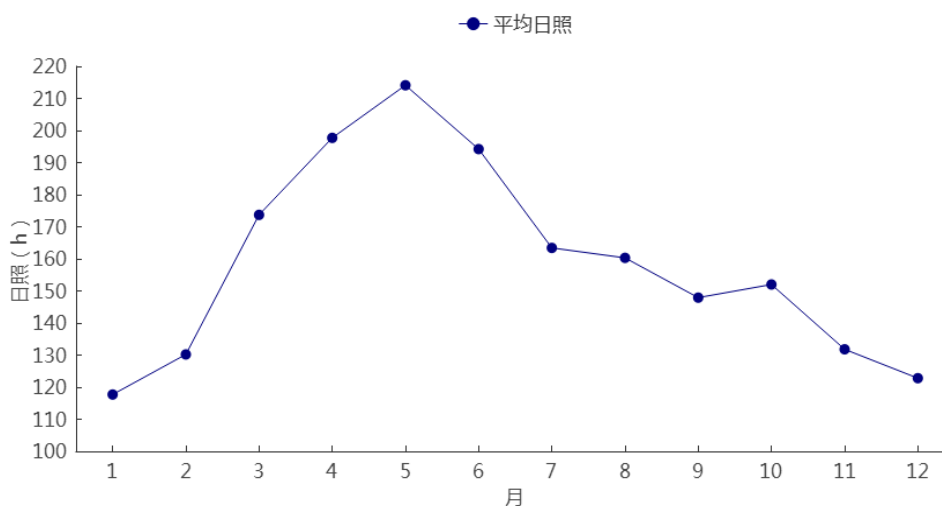


图 5.19 1991—2020 年开封站日照月际变化

5.7 相对湿度

5.7.1 年际变化

1991—2020年开封气象站累年平均相对湿度为64.1%，其中年平均相对湿度最高出现在2003年，为74.0%；最低出现在2010年，为55.0%。

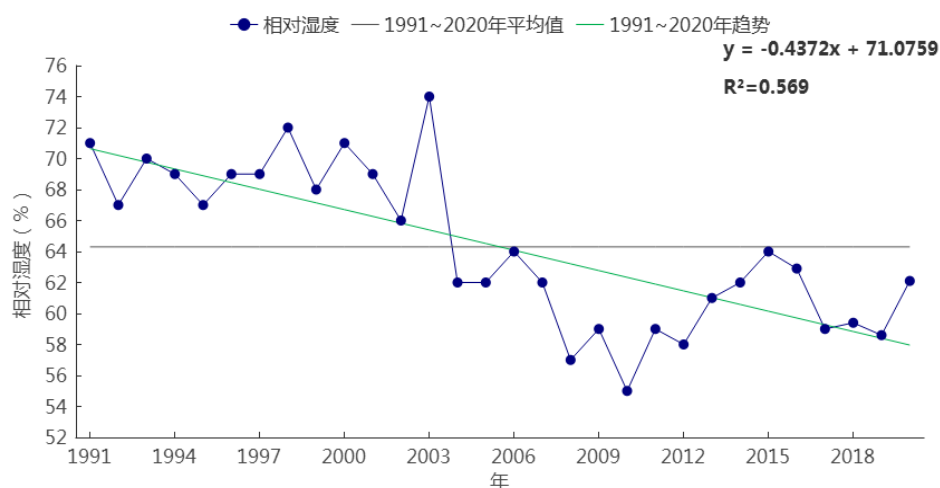


图 5.20 1991—2020 年开封站平均相对湿度年际变化

5.7.2 月际变化

1991—2020年开封气象站平均相对湿度的月变化在56.1%（3月）~76.9%（8月）之间，最小相对湿度的月变化在1%（12月）~14%（8月）之间。

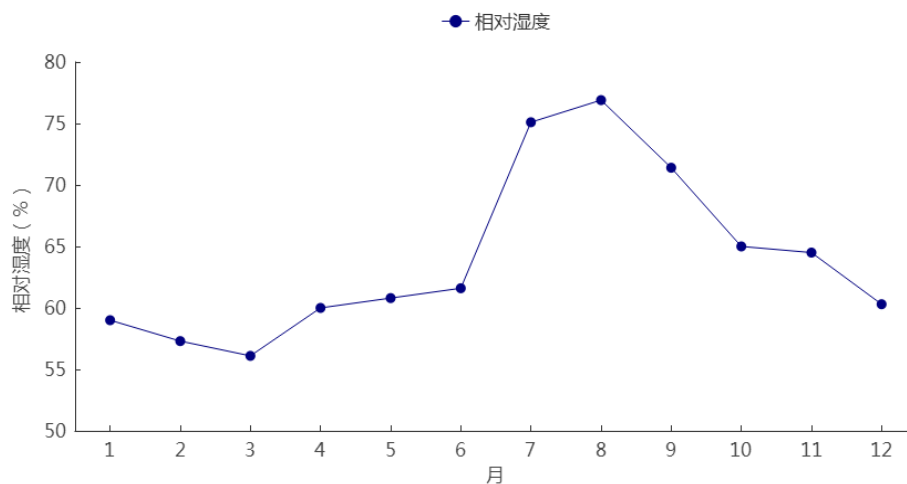


图 5.21 1991—2020 年开封站平均相对湿度月际变化

5.7.3 日变化

2011—2020年开封气象站相对湿度日变化呈“单峰”型变化。每天6时为一天相对湿度的最高值，为72.1%；6时开始，相对湿度逐渐减小，到15时达到谷底，为46.7%；之后再次开始上升，直至次日6时。

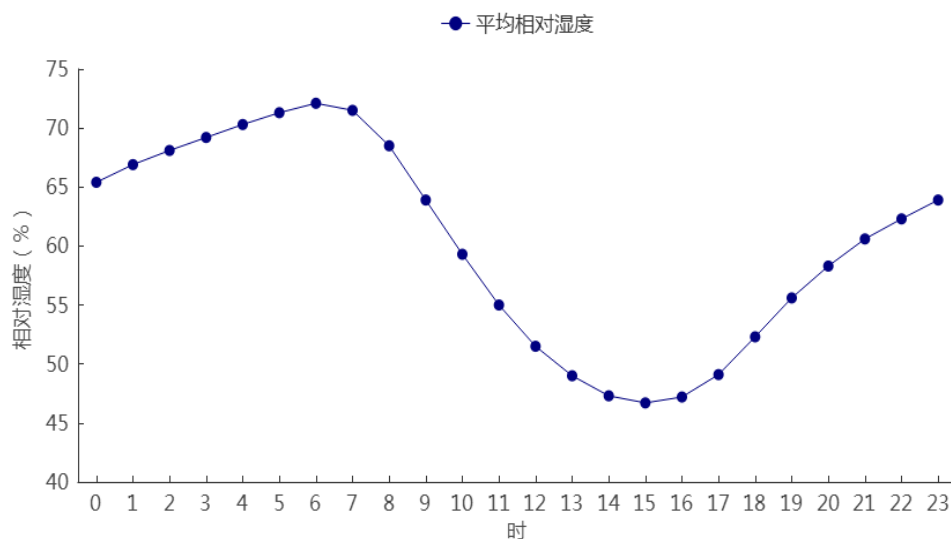


图 5.22 2011—2020 年开封站平均相对湿度日变化

5.8 气压

5.8.1 年际变化

(1) 平均气压、平均最高气压、平均最低气压

1991—2020年开封气象站年平均气压 1008hPa，年平均最高和最低气压分别为 1010.5hPa、1005.2hPa。开封气象站的年平均气压、年平均最高气压、年平均最低气压有下降趋势。

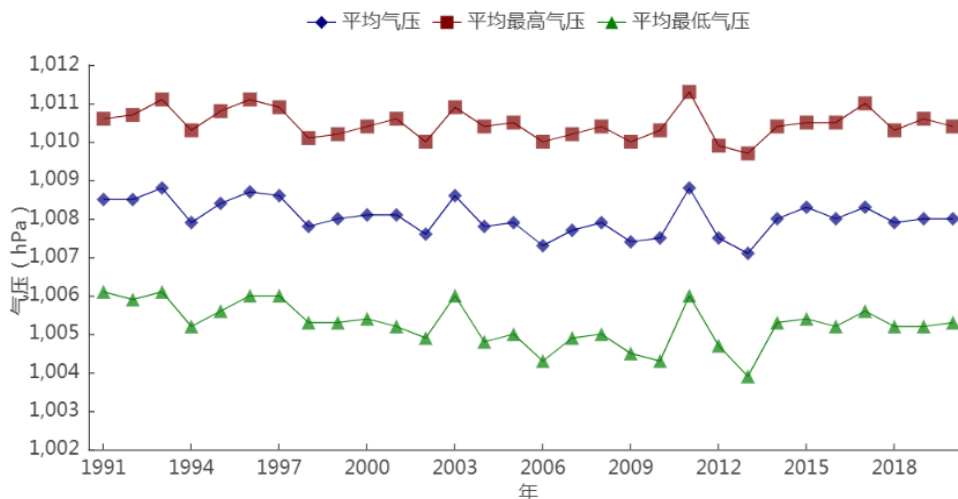


图 5.23 1991—2020 年开封站平均气压、平均最高、平均最低气压年际变化

(2) 极端气压

开封气象站自 1980 年开始有极端气压的资料，1980-2020 年的极端最高气压出现在 2000 年，为 1039.4hPa；极端最低气压出现在 2006 年、2009 年，为 982.6hPa。

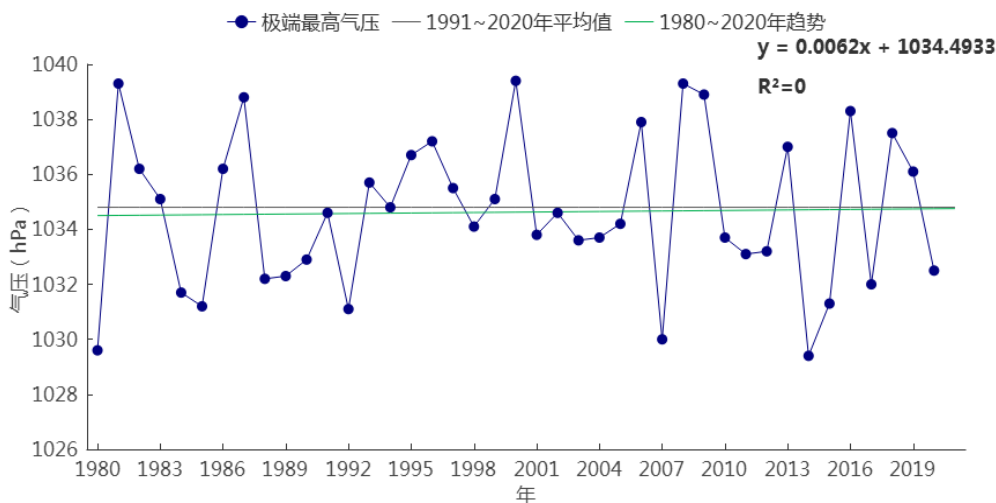


图 5.24 1980—2020 年开封站极端最高气压年际变化

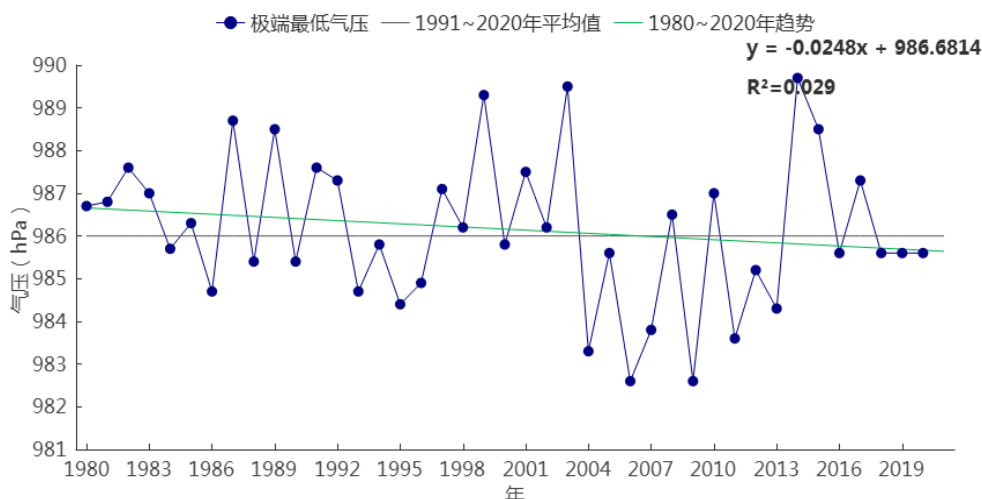


图 5.25 1980—2020 年开封站极端最低气压年际变化

5.8.2 月际变化

(1) 平均气压

1991—2020年开封气象站的平均气压月变化在995.1hPa(7月)~1019.1hPa(12月)之间,呈“U”型变化特征。平均最高气压变化在996.6hPa(7月)~1022.2hPa(12月)之间;平均最低气压变化在993.0hPa(7月)~1016.1hPa(12月)之间;整体看来,一年之中,冬季气压较高,夏季气压较低,春、秋季气压近似。

表 5.6 1991—2020 年开封站月平均气压、平均最高气压、平均最低气压 (单位: hPa)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	
开封	平均	1019	1016	1011.4	1005.8	1001.2	996.4	995.1	998.7	1005.8	1012.1	1015.5	1019.1	1008.0
	平均最高	1022	1019.2	1014.6	1008.7	1003.5	998.2	996.6	1000.2	1007.6	1014.4	1018.3	1022.2	1010.5
	平均最低	1016	1012.7	1007.6	1002.3	998.3	994	993	996.7	1003.7	1009.6	1012.6	1016.1	1005.2

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

的影响，气压常出现低值。

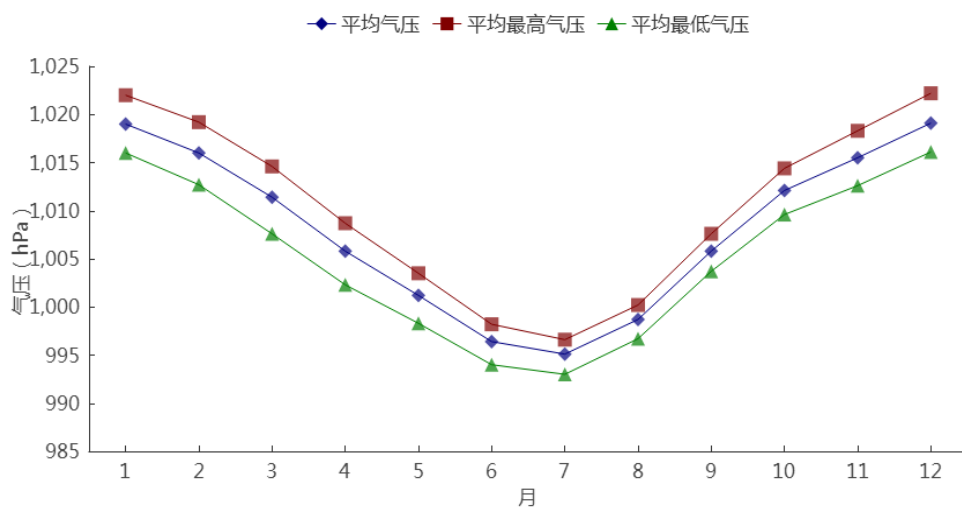


图 5.26 1991—2020 年开封站平均气压、平均最高、平均最低气压月际变化

(2) 极端最高气压

开封气象站自 1980 年开始有极端最高气压的资料，各月极端最高气压值在 1006~1039.4hPa 之间，最大值 1039.4hPa 出现在 2017 年 2 月 20 日。气压的月变化特征是冬季高，夏季低。

(3) 极端最低气压

开封气象站自 1980 年开始有极端最低气压的资料，各月极端最低气压值在 982.6~998.9hPa 之间，最小值出现在 2006 年 6 月 9 日、2009 年 2 月 12 日。

表 5.7 1980—2020 年开封站各月极端气压 (hPa)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值
开封 极端最高	1039.4	1037.9	1033.7	1027	1018.1	1009.6	1006	1012.8	1019.2	1030.3	1038.9	1039.3	1039.4
开封 极端最低	998.9	982.6	988.9	983.6	983.3	982.6	983.8	987.3	989	996.8	996.9	998	982.6

5.8.3 日变化

开封气象站近 10 年 2011—2020 年平均气压的日变化曲线，地面气压呈“W”型日变化特征，气压从 4 时开始逐渐升高，到 10 时达到峰值 1009.3hPa；之后开始下降，最低值出现在 17 时，为 1006.3hPa；之后又开始缓慢升高，在 23 时达到次高值 1008.4hPa，随后开始下降，直至 4 时。

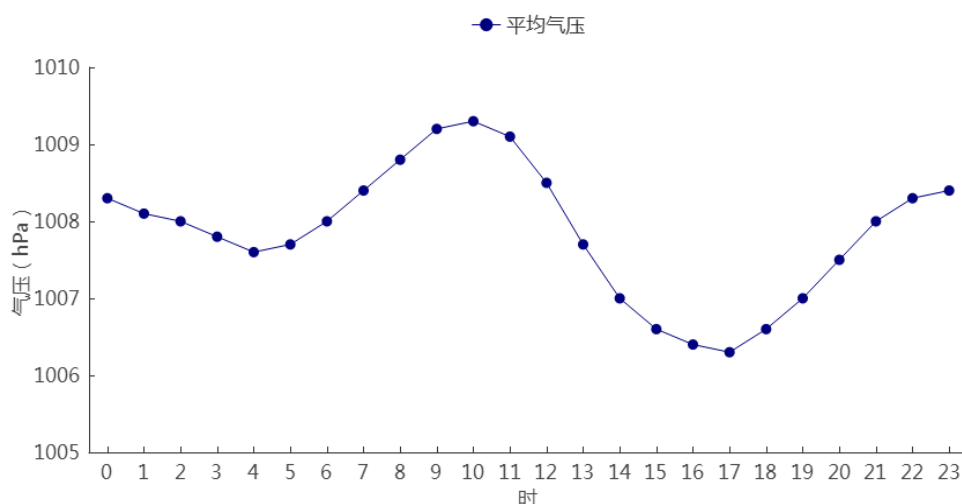


图 5.27 2011—2020 年开封站平均气压日变化

5.9 地面温度

5.9.1 年际变化

(1) 平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度

1991—2020 年开封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 17℃，31.6℃，9.4℃，年平均地面温度在 14.8℃（1993 年）~18.8℃（2019 年）之间变化，年平均最高地面温度在 27.5℃（1993 年）~34.8℃（2019 年）间变化，年平均最低地面温度在 7.4℃（1995 年）~11.3℃（2020 年）之间变化。

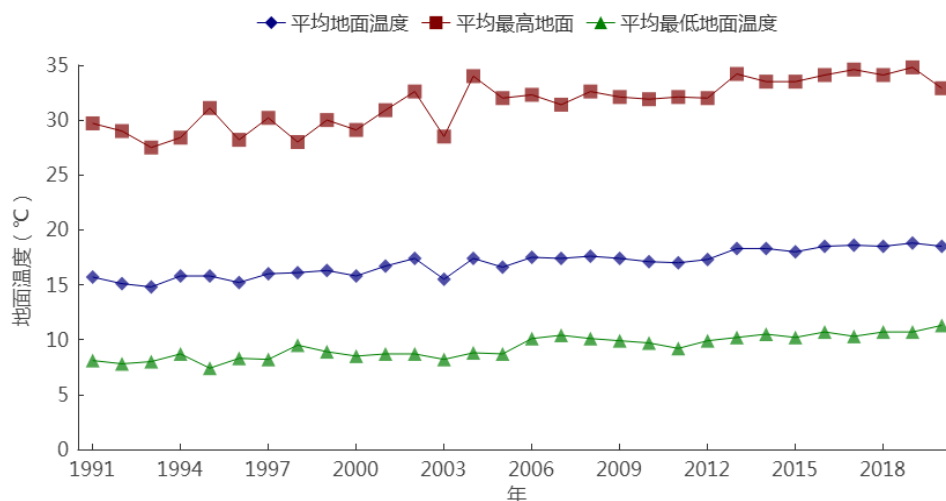


图 5.28 1991—2020 年开封站平均、平均最高、平均最低地面温度年际变化

(2) 极端地面温度

开封气象站自 1958 年开始有极端最高地面温度，极端最低地面温度的资料，1958—2020 年的年极端最高地面温度在 55.0℃（1994 年）~71.9℃（2019 年）之间变化。近年来极端最高地面温度呈上升趋势。

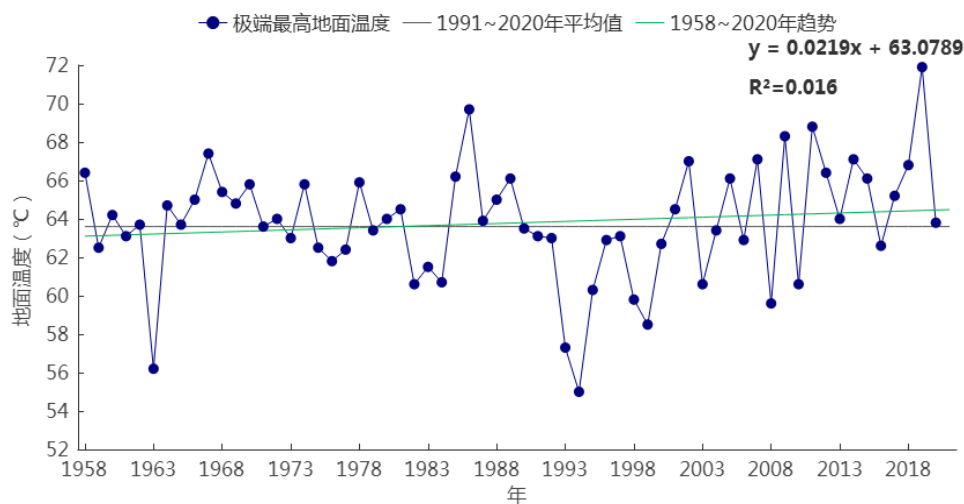


图 5.29 1958—2020 年开封站极端最高地面温度年际变化

开封气象站 1958—2020 年的年极端最低地面温度在 -20.4℃（1990 年）~-6.0℃（2020 年）之间变化。近 10 年的年极端最低地面温度在 -11.1℃（2016 年）~-6.0℃（2020 年）之间，极端最低地面温度有上升的趋势。

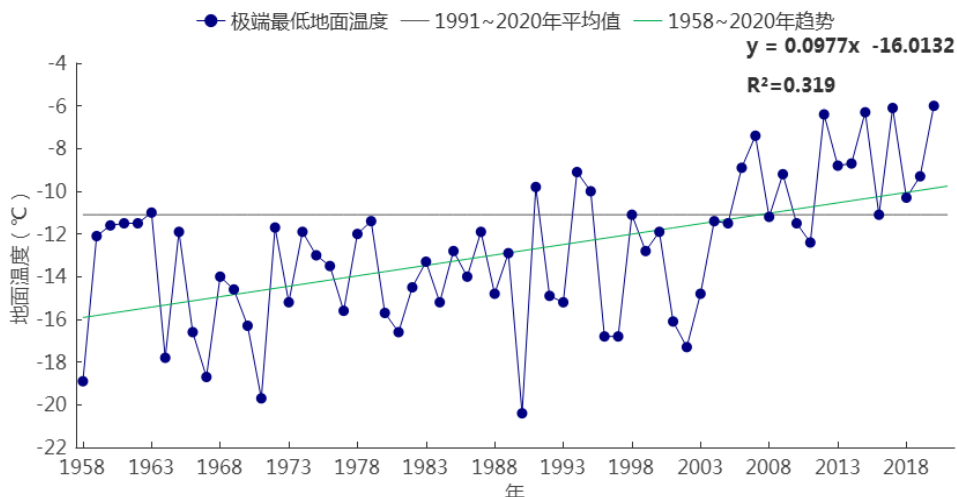


图 5.30 1958—2020 年开封站极端最低地面温度年际变化

5.9.2 月际变化

(1) 平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度

1991—2020 年开封气象站平均地面温度、平均最高地面温度、平均最低地面温度月变化分别在 0.8~30.7℃、11.5~49.0℃、-4.5~23.3℃ 之间。月平均地面温度、平均最低地面温度的最高值出现在 7 月。平均最高地面温度最高值出现在 6 月。月平均地面温度、平均最高地面温度和平均最低地面温度的最低值均出现在 1 月。

表 5.8 1991—2020 年开封站月平均、平均最高、平均最低地面统计表（单位：℃）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	
开封	平均	0.8	4.9	11.7	19.2	25.5	30.3	30.7	29	23.7	17	8.8	2.5	17.0
	平均最高	11.5	19.2	28.8	37.6	44.1	49	45.7	42.8	37.2	30	20.2	12.6	31.6
	平均最低	-4.5	-1.9	2.7	8.8	14.8	20.1	23.3	22.3	16.9	10	2.7	-2.5	9.4

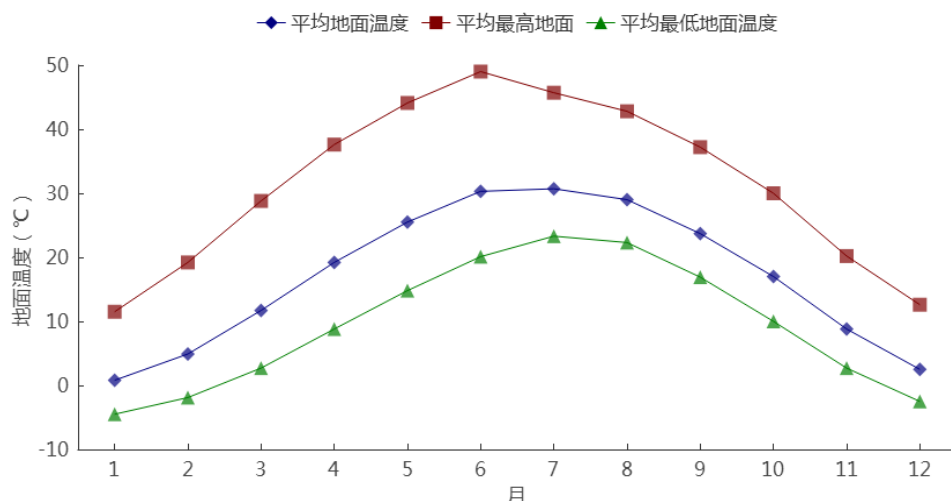


图 5.31 1991—2020 年开封站平均、平均最高、平均最低地面温度月际变化

(2) 极端地面温度

开封气象站 1951—2020 年的各月极端最高地面温度值在 27.7~71.9℃，最高值 71.9℃ 出现在 2019 年 7 月 24 日；各月极端最低地面温度值在 -20.4~14.3℃ 之间，最低值 -20.4℃ 出现在 1956 年 1 月 23 日。

表 5.9 1958—2020 年开封站各月极端地面温度 (°C)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值	
开封	极端最高	27.7	41	53.2	62.9	67.1	69.7	71.9	65	61.2	51.8	40.2	45.9	71.9
	极端最低	-20.4	-17.8	-14.9	-6.3	1.5	8.1	14.3	12.1	3.4	-4.3	-15.2	-19.7	-20.4

5.9.3 日变化

近 10 年 2011—2020 年开封气象站小时平均地面温度呈单峰型变化。每天 5 时为一天地面温度的最低值，为 11.2℃；5 时开始，地面温度逐渐升高，到 13 时达到峰值 31.2℃；之后开始下降，直至次日 5 时。

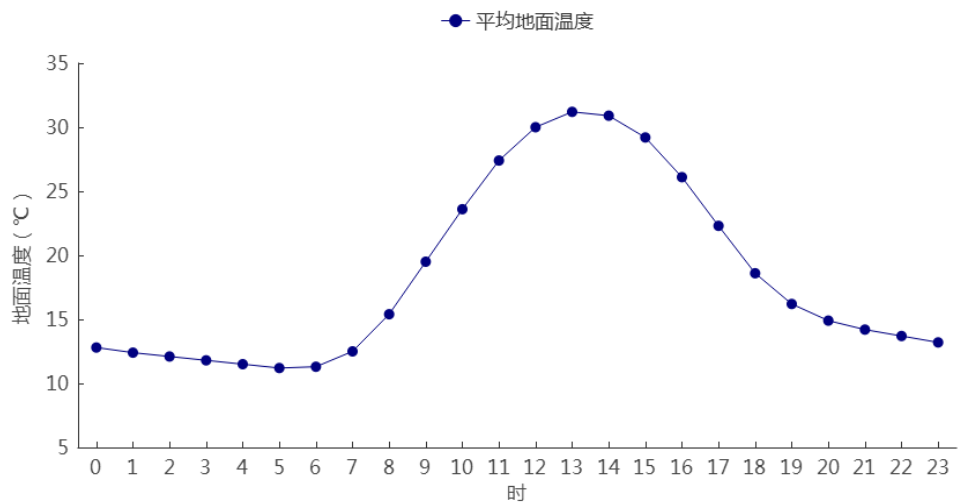


图 5.32 2011—2020 年开封站平均地面温度日变化

第六章 高影响天气分析

极端天气气候事件对于开封市精细化工产业集聚区的规划、建设、运营等有重要影响。确定对开封市精细化工产业集聚区规划和建设的气候适宜性和风险性有重大影响的单个气象要素或多个气象要素的组合（即关键气象因子），并以此为基础分析直接影响开封市精细化工产业集聚区建设和运营的天气（即高影响天气）非常必要。

6.1 暴雨

(1) 暴雨日数

日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 为暴雨以上量级。1951—2021年开封气象站累年平均暴雨日数为2天，2021年暴雨日数最多，为8天，年日数变化呈增加趋势。暴雨发生在4—10月，其中7月相对较多。

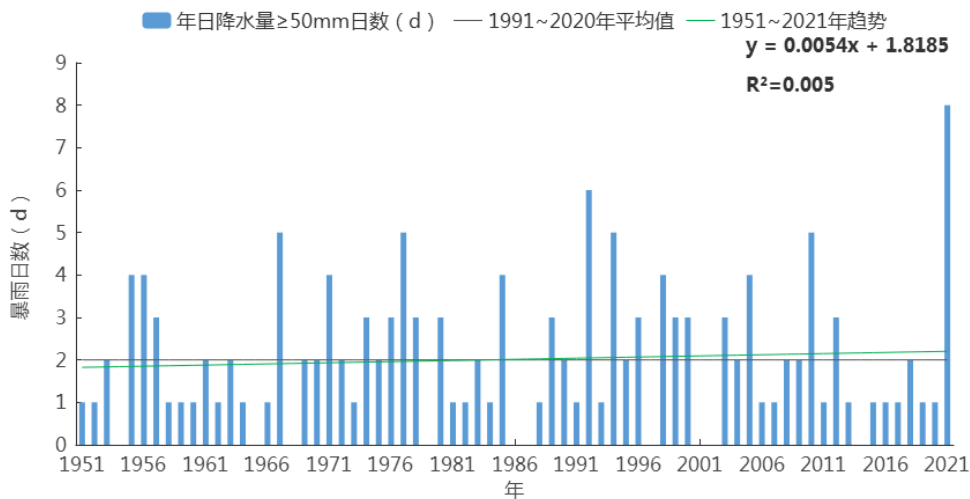


图 6.1 1951—2021 年开封站年暴雨日数逐年变化图（单位：d）

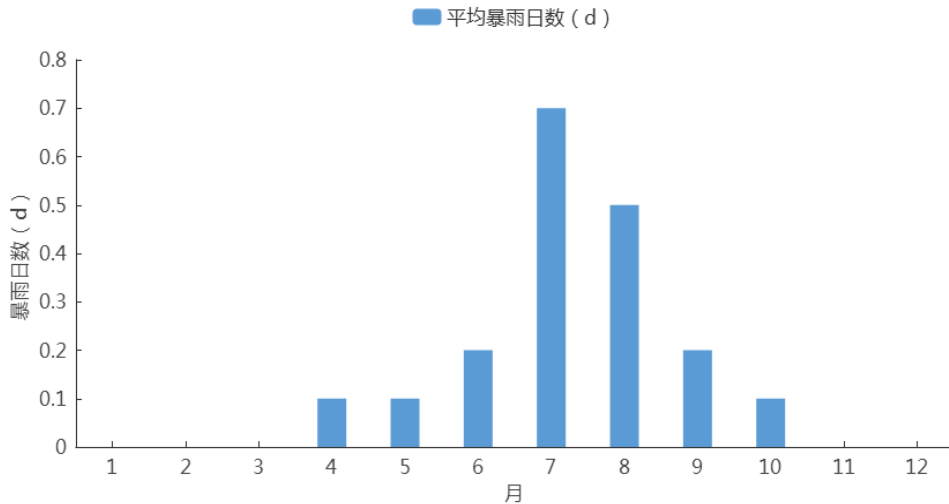


图 6.2 1951—2021 年开封站平均暴雨日数逐月变化图 (单位: d)

(2) 最长连续降水日数

1951—2021 年开封气象站最长连续降水日数在 4 天 (1953 年、1959 年、1966 年、1970 年、1977 年、1981 年、1988 年、1993 年、1998 年、2004 年、2008 年、2012 年) ~13 天 (2003 年) 之间, 最长连续降水量在 6.5mm (1951 年) ~409.5mm (1956 年) 之间; 而最大连续降水量则在 50.3mm (2002 年) ~409.5mm (1956 年) 之间。

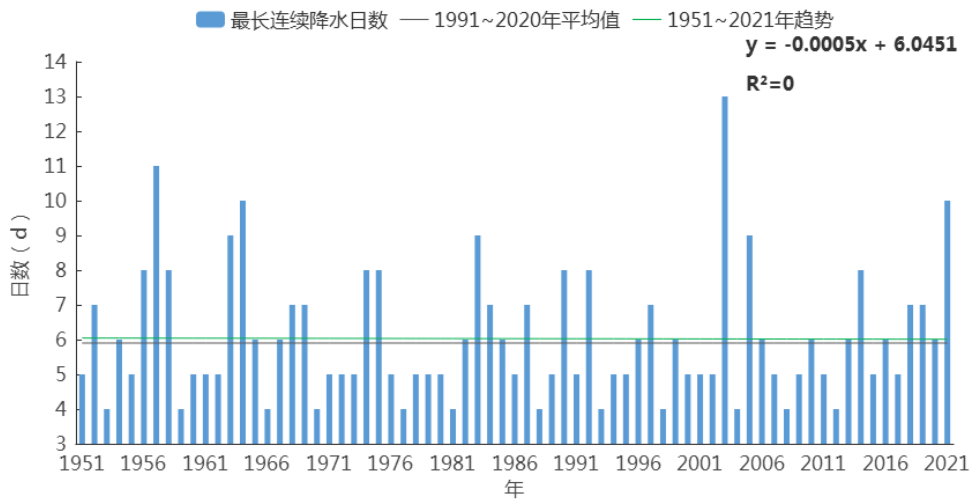


图 6.3 1951—2021 年开封站最长连续降水日数的年际变化

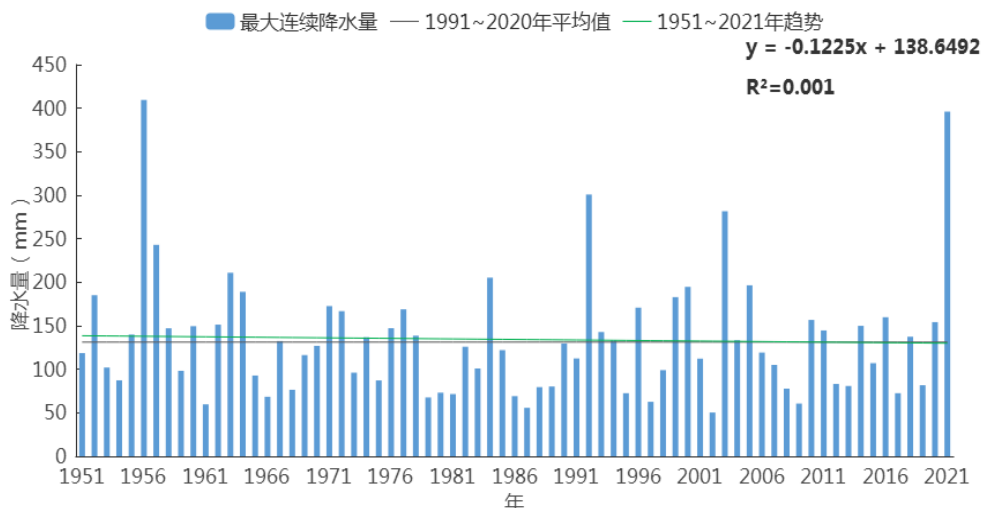


图 6.4 1951—2021 年开封站最大连续降水量的年际变化

(3) 最大日降水量

1951—2021 年开封累年平均最大日降水量为 88.9mm，年际变化在 33.6mm（2001 年）~217.8mm（1992 年）之间。最大日降水量日数以 0.19mm/10a 的速率增多。

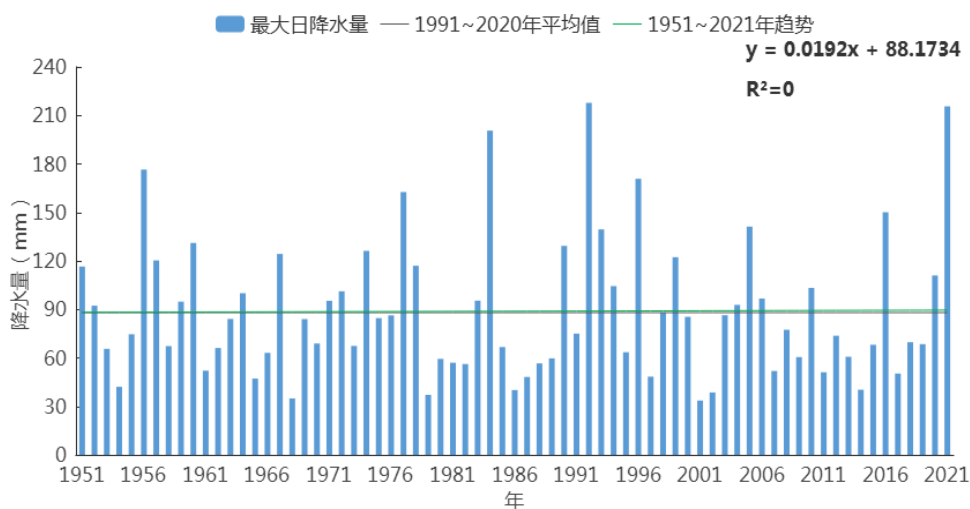


图 6.5 1951—2021 年开封站最大日降水量年际变化

6.2 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的高温

气象学上将日最高气温大于或等于 35°C 定义为“高温日”。开封气象站年高温日数的平均日数为 15.1 天，年际变化在 2 天（2008 年）~40 天（1967 年）之间，高温日数呈下降趋势；高温天气主要发

生在6月、7月、8月，分别为6.2天、5.5天、2.1天。

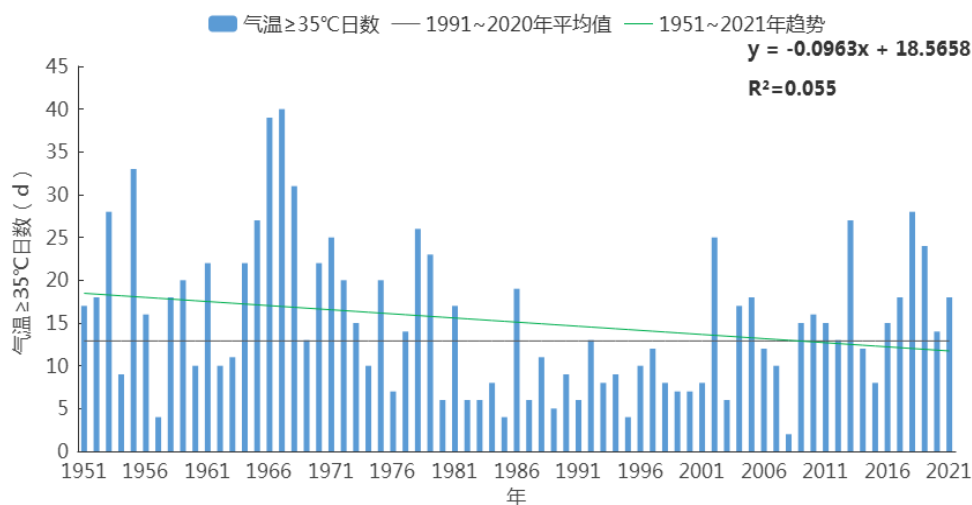


图 6.6 1951—2021 年开封站气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 日数逐年变化图（单位：d）

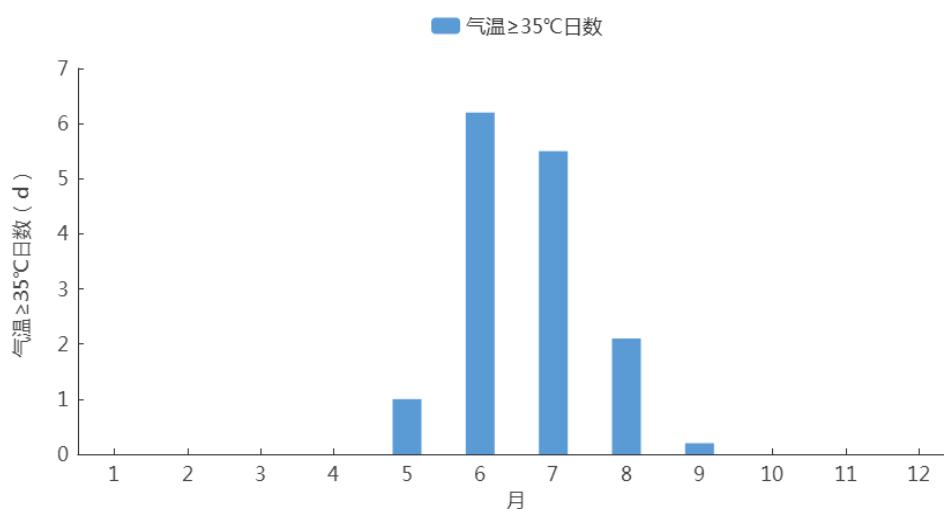


图 6.7 1951—2021 年开封站气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 日数逐月变化（单位：d）

6.3 大风

1951—2021 年开封气象站年平均大风日数为 10.7 天，历年大风日数在 0 天（1952 年、1954 年、2008 年、2010 年、2014 年、2019 年）—53 天（1963 年）之间变化，其中有 6 年未出现大风，年日数变化呈减少趋势。大风全年各月均有发生，其中 1 月、2 月、3 月、4 月、5 月相对较多。

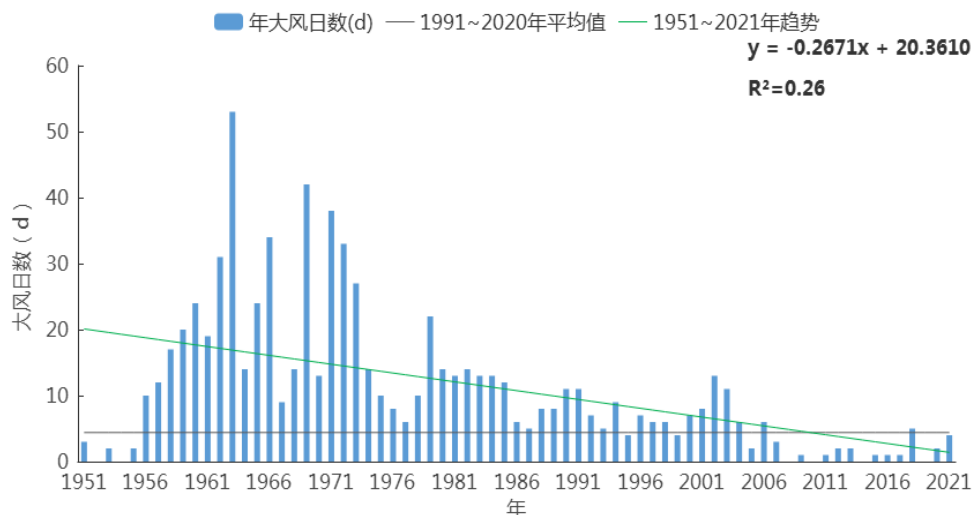


图 6.8 1951—2021 年开封站年大风日数逐年变化图 (单位: d)

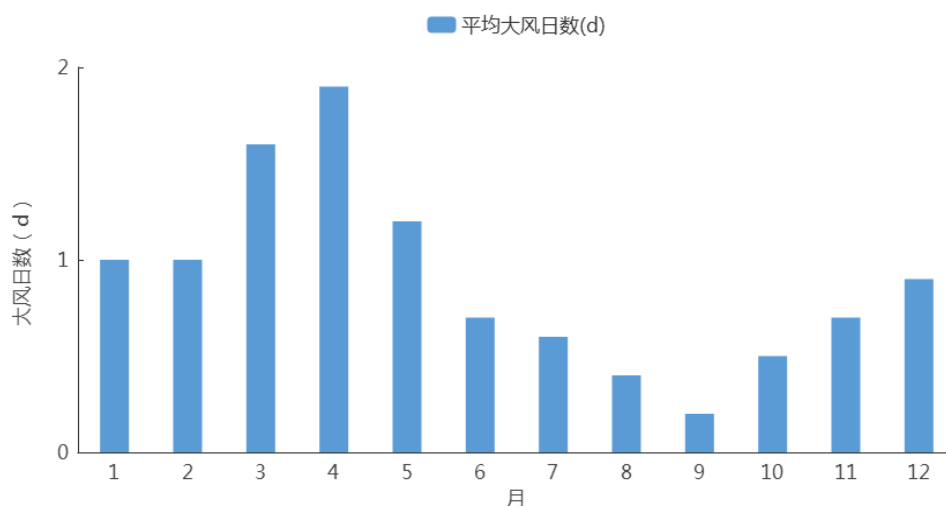


图 6.9 1951—2021 年开封站平均大风日数逐月变化图 (单位: d)

6.4 雷暴

统计开封气象站 1951—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 20.7 天, 年雷暴日数在 8 天 (1952 年) ~34 天 (1959 年) 之间变化, 年日数变化呈减少趋势。7 月雷暴日数最多, 为 5.9 天, 1 月、11 月、12 月没有雷暴发生, 主要发生在 5—8 月, 占全年雷暴发生日数的 85.8%, 7 月是高发时段, 占全年雷暴发生的 34.9%。

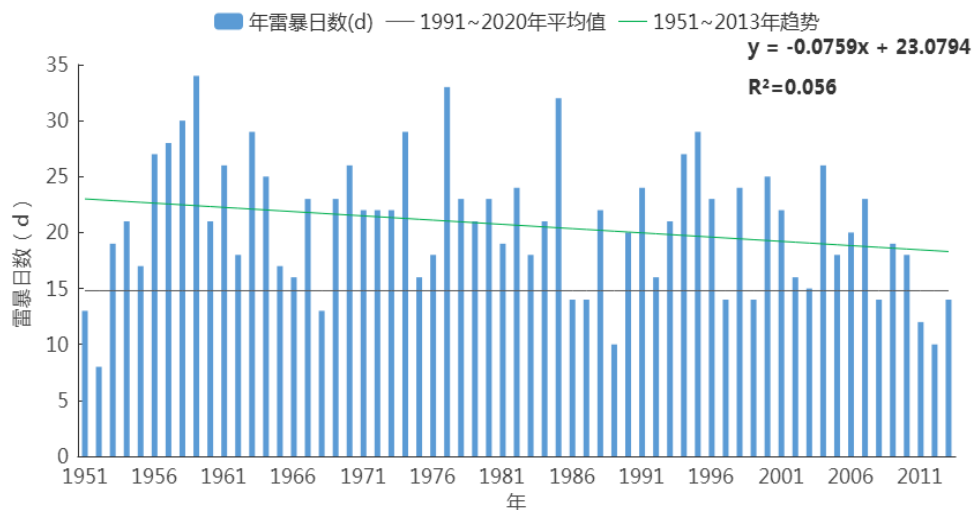


图 6.10 1951—2013 年开封站年雷暴日数逐年变化图 (单位: d)

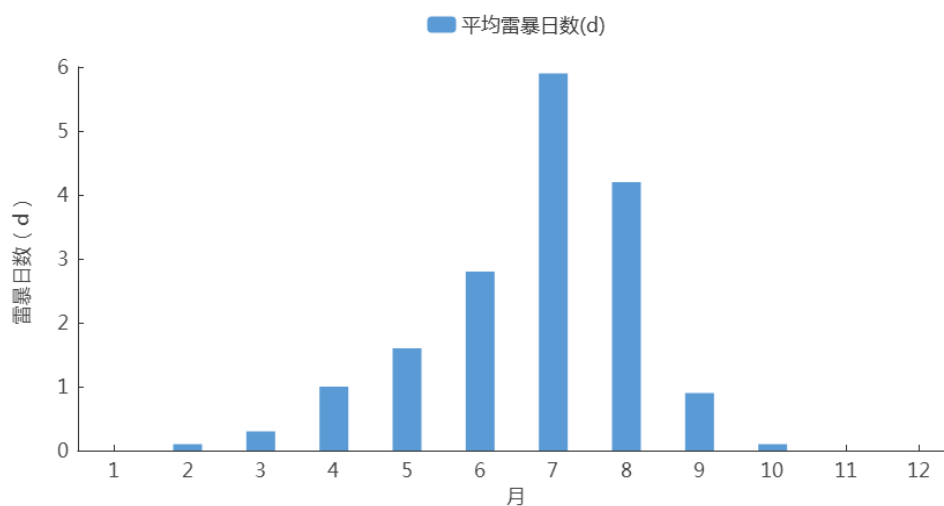


图 6.11 1951—2013 年开封站平均雷暴日数逐月变化图 (单位: d)

6.5 闪电

1951—2013 年开封累年平均闪电日数为 9.4 天, 年际变化在 0 天 (1962 年、2007 年、2008 年、2009 年、2010 年、2013 年) ~35 天 (1953 年) 之间。闪电日数以 3.3d/10a 的速率减少。

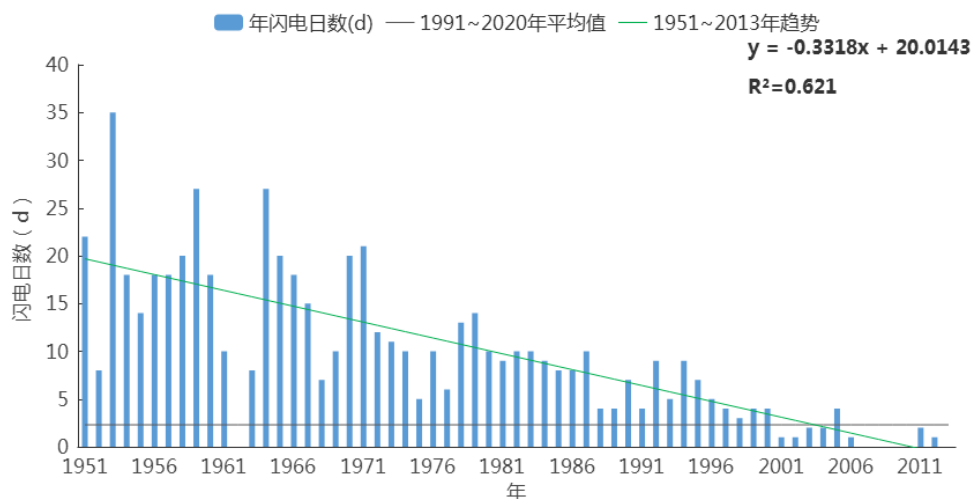


图 6.12 1951—2013 年开封站年闪电日数逐年变化图 (单位: d)

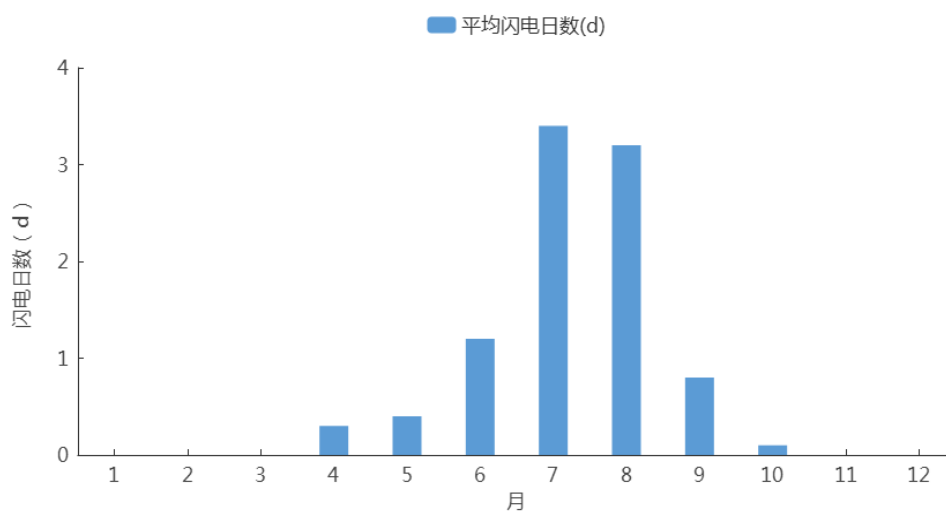


图 6.13 1951—2013 年开封站平均闪电日数逐月变化图 (单位: d)

6.6 积雪

1951—2021 开封气象站年平均积雪日数为 11.4 天, 历年积雪日数在 1 天 (2021 年) ~44 天 (1954 年) 之间变化。积雪一般发生在 11 月至次年 3 月, 4—10 月无积雪现象。

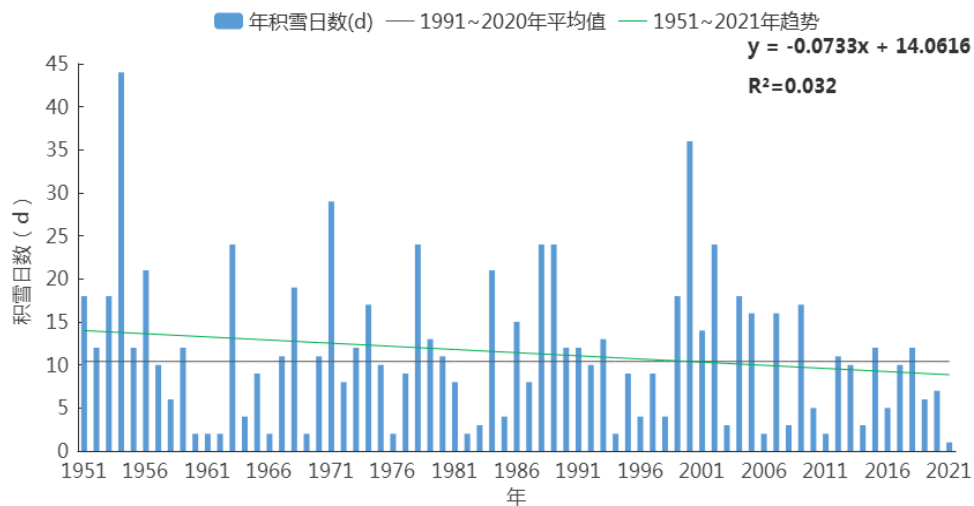


图 6.14 1951—2021 年开封站年积雪日数逐年变化图 (单位: d)

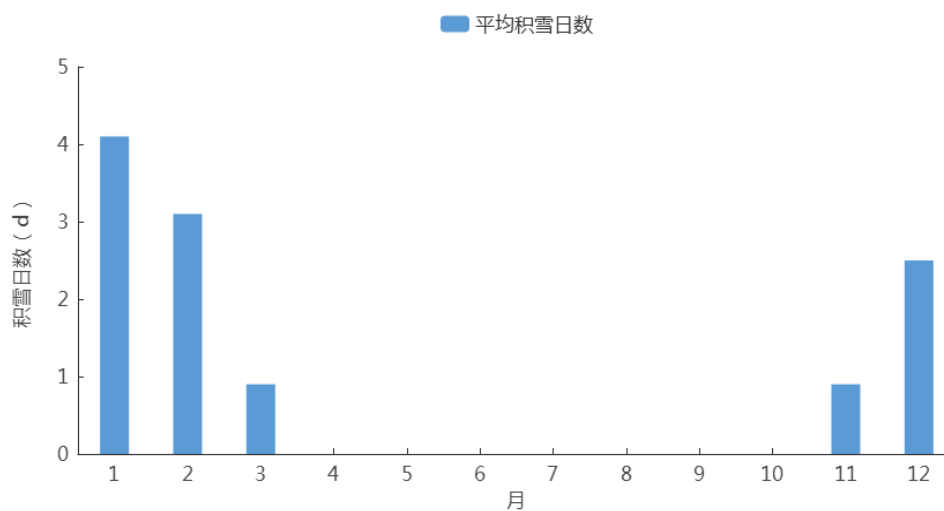


图 6.15 1951—2021 年开封站平均积雪日数逐月变化(单位: d)

建站至今 1951—2021 年开封气象站最大积雪深度为 30cm, 出现在 1954 年 11 月 26 日。

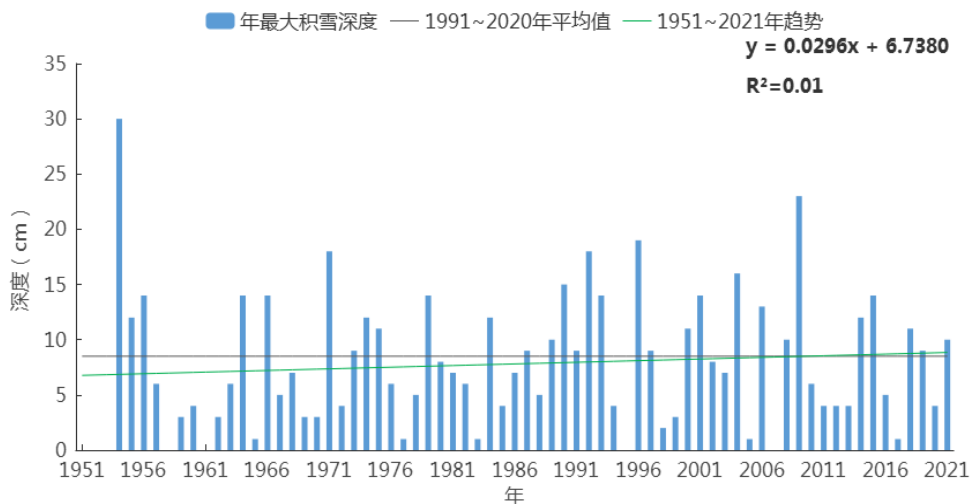


图 6.16 1951—2021 年开封站最大积雪深度年际变化 (单位: cm)

6.7 降雪

1951—2021 年开封累年平均降雪日数为 14.4 天, 年际变化在 1 天 (2017 年)~32 天 (1954 年) 之间。降雪日数以 1.2d/10a 的速率减少。

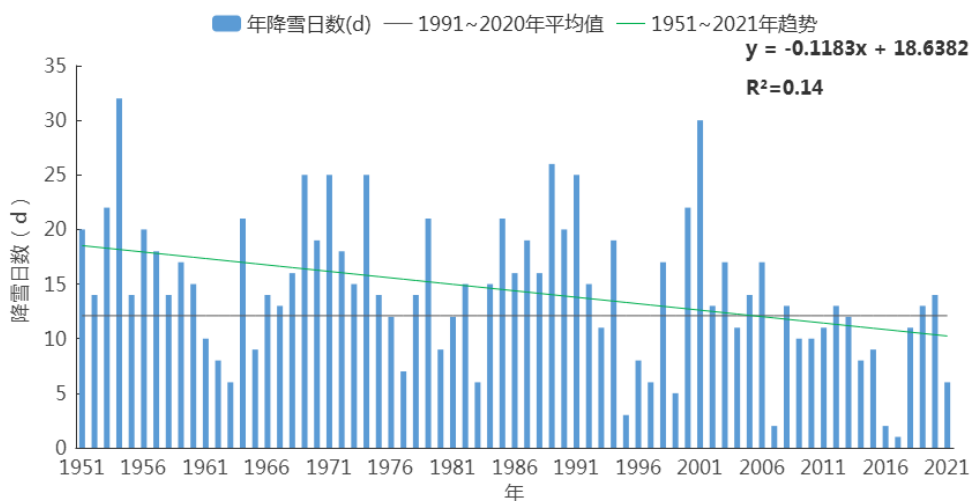


图 6.17 1951—2021 年开封站年降雪日数逐年变化图 (单位: d)

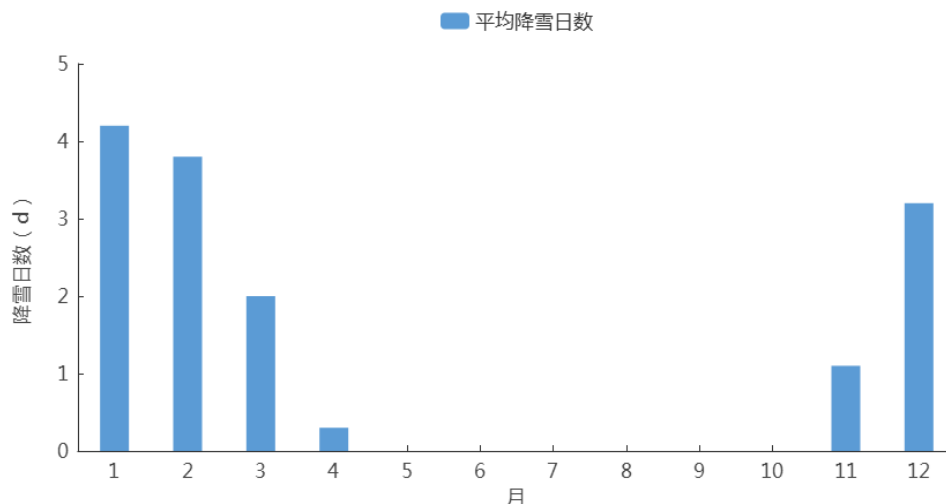
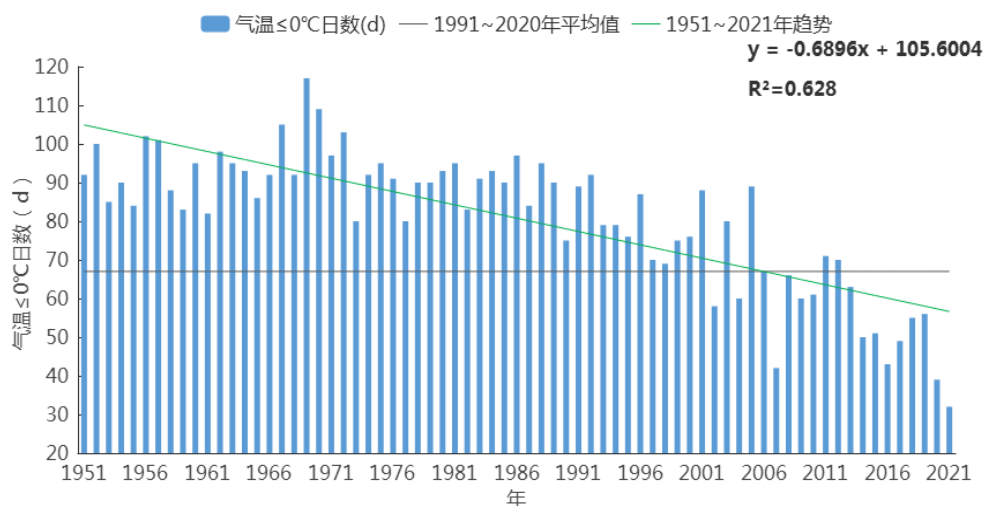


图 6.18 1951—2021 年开封站平均降雪日数逐月变化(单位: d)

6.8 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的低温

气象学上将日最低气温小于或等于 0°C 定义为“低温日”。开封气象站年低温日数的平均日数为 80.8 天, 年际变化在 32 天(2021 年)~117 天(1969 年)之间, 低温日数呈减少趋势。低温天气主要发生在 10—4 月, 分别为 0.1 天、5.6 天、22.4 天、27.7 天、18.3 天、5.3 天、0.2 天。

图 6.19 1951—2021 年开封站气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 日数逐年变化图 (单位: d)

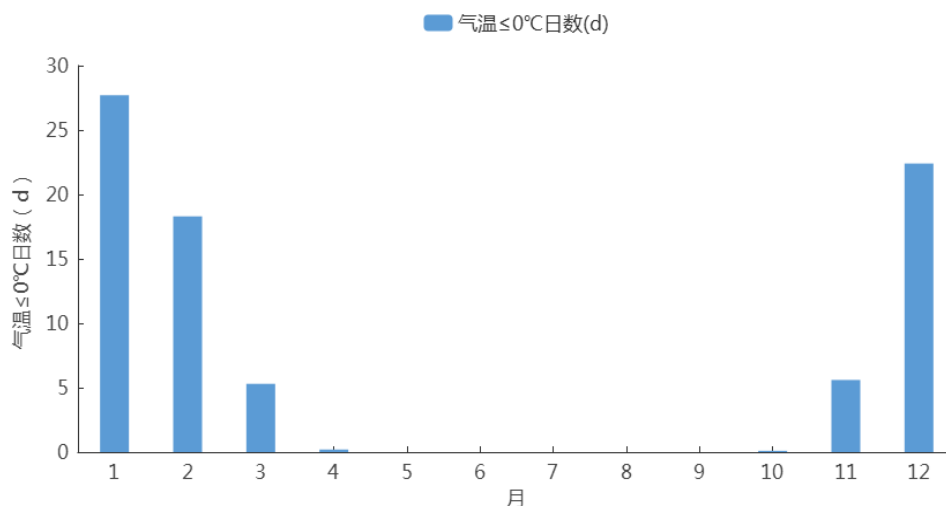


图 6.20 1951—2021 年开封站气温≤0℃日数逐月变化图（单位：d）

6.9 结冰

开封气象站 1980—2021 年结冰年平均日数为 73.6 天，年际变化在 0 天（2017 年）~98 天（1986 年）之间，年日数变化呈减少趋势；结冰一般发生在 10 月至次年 4 月，5—9 月无结冰现象。其中 1 月平均结冰日数最多，为 26.8 天。

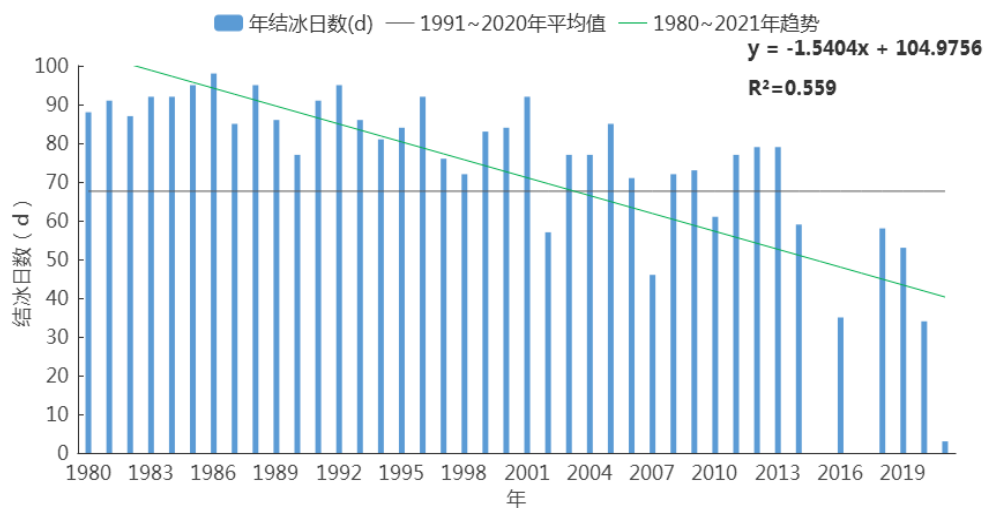


图 6.21 1980—2021 年开封站年结冰日数逐年变化图（单位：d）

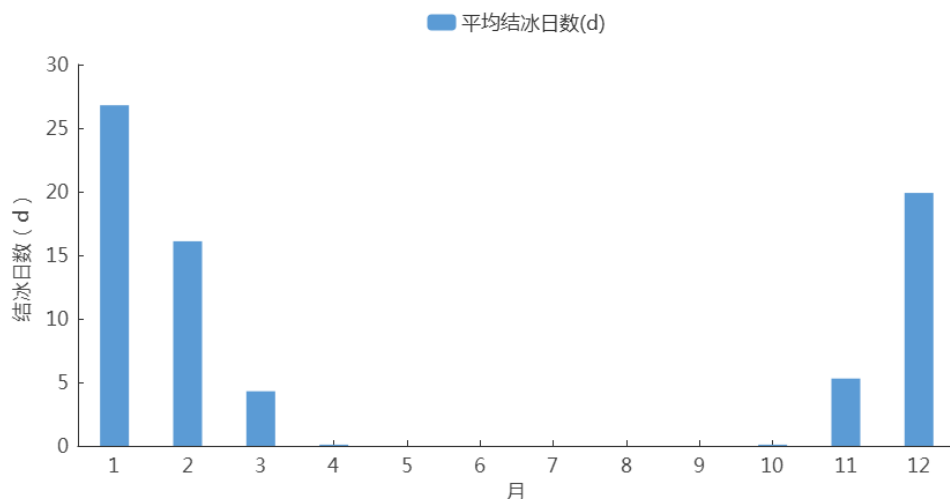


图 6.22 1980—2021 年开封站平均结冰日数逐月变化 (单位: d)

6.10 沙尘暴

1951—2021 年开封气象站累年平均沙尘暴日数为 5.5 天, 1962 年沙尘暴日数最多, 为 41 天。年日数变化呈下降趋势, 下降速率为 3.0d/10a。

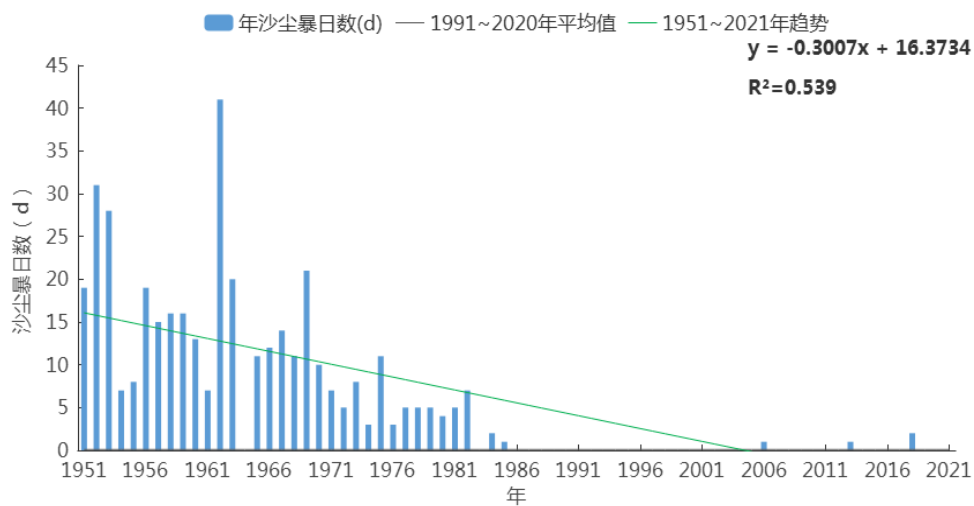


图 6.23 1951—2021 年开封站年沙尘暴日数逐年变化图 (单位: d)

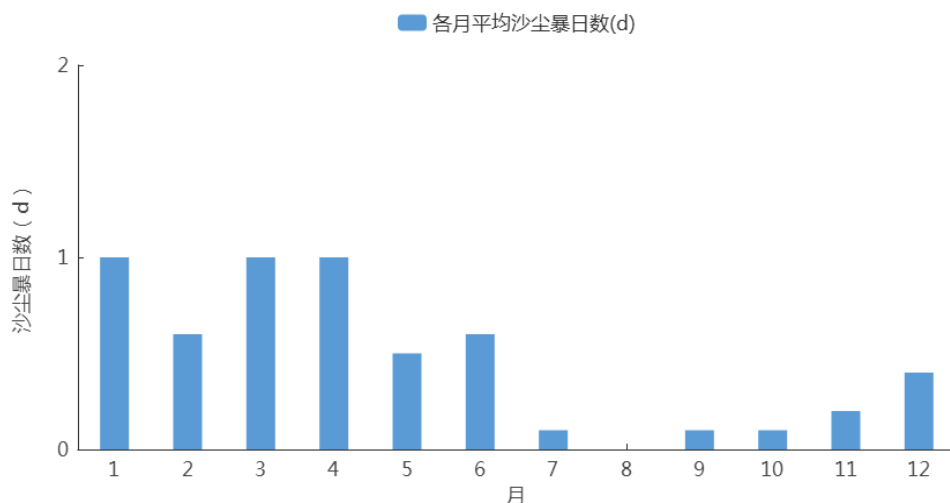


图 6.24 1951—2021 年开封站平均沙尘暴日数逐月变化 (单位: d)

6.11 冰雹

开封气象站 1951—2021 年冰雹的年平均日数为 0.2 天, 有 14 年发生了冰雹天气; 冰雹天气主要发生在 5、7 月。

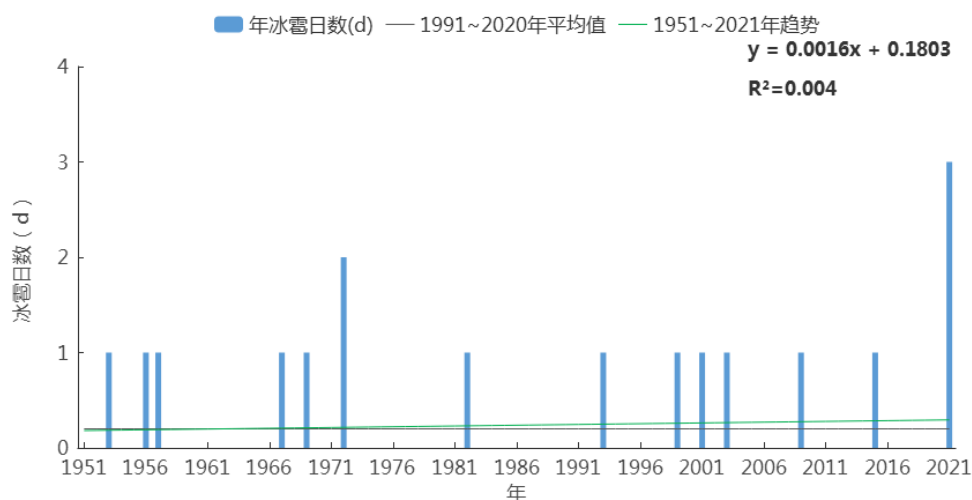


图 6.25 1951—2021 年开封站年冰雹日数逐年变化图 (单位: d)

6.12 雾

开封气象站 1951—2021 年累年平均雾日数为 27.1 天, 年际变化在 4 天 (1955 年) ~ 122 天 (2016 年) 之间。雾的年日数变化呈增多趋势。雾日数月变化在 1.1 天 (6 月) ~ 4.2 天 (12 月) 之间。

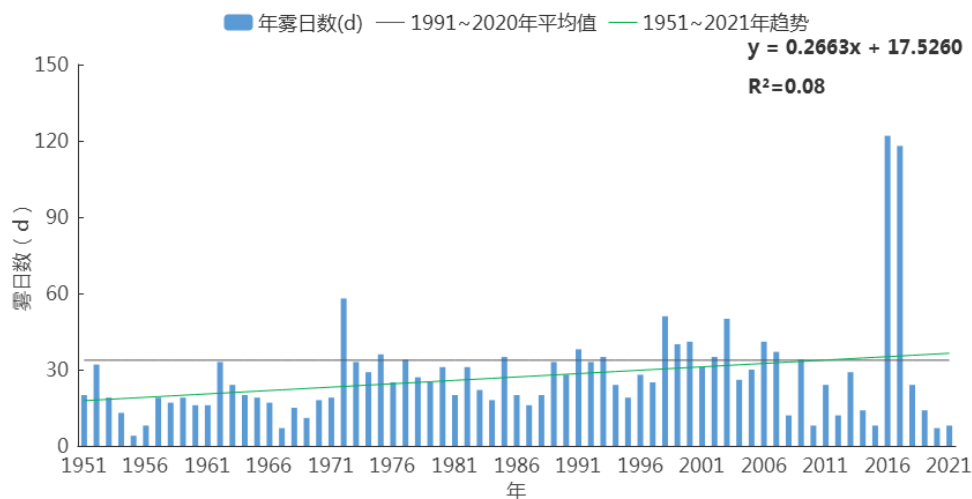


图 6.26 1951—2021 年开封站年雾日数逐年变化图 (单位: d)

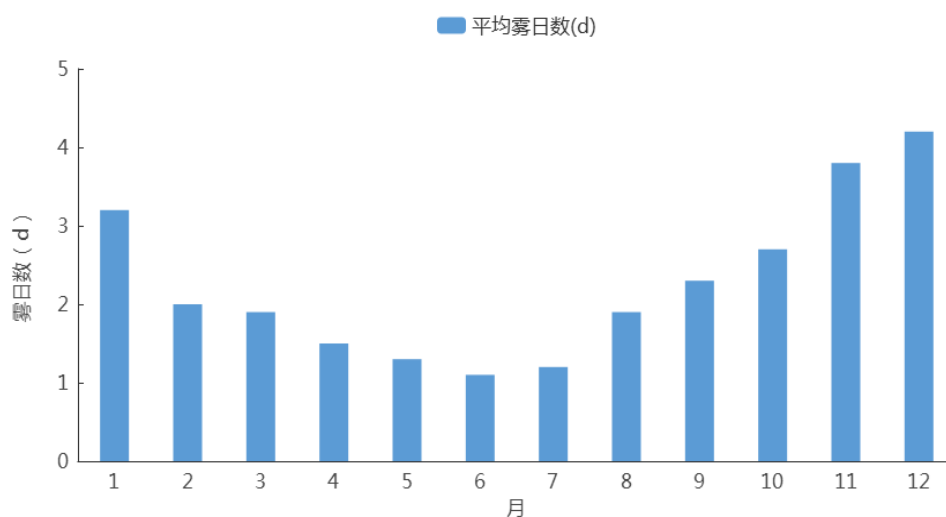


图 6.27 1951—2021 年开封站平均雾日数逐月变化 (单位: d)

气象学上把能见度在 1—10km 的雾称为轻雾。1951—2021 年开封站累年平均轻雾日数为 165 天, 年际变化在 33 天 (1962 年) ~ 269 天 (1953 年) 之间, 轻雾日数以 8.2d/10a 的速率呈增加趋势。

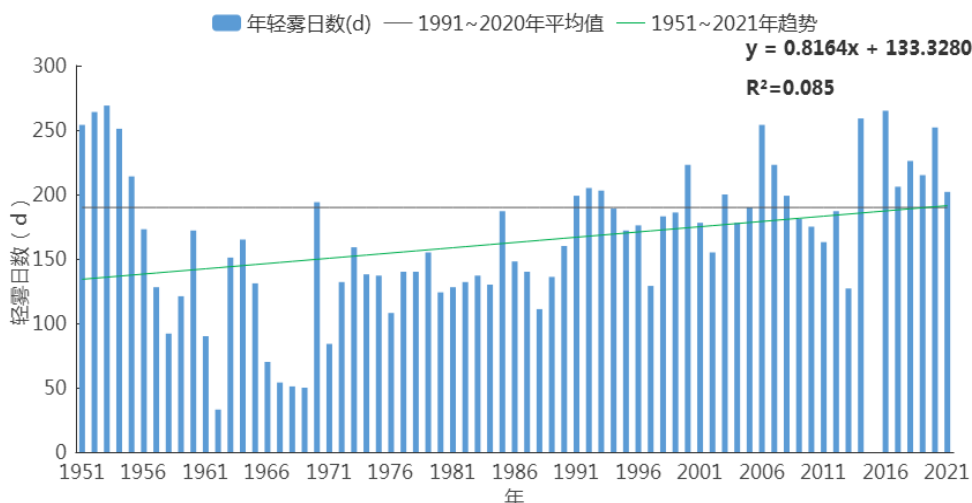


图 6.28 1951—2021 年开封站年轻雾日数逐年变化图 (单位: d)

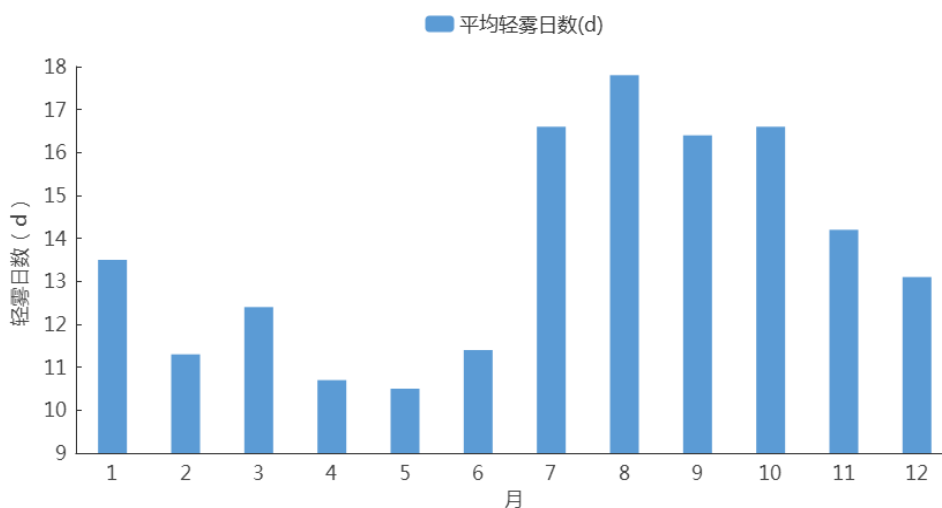


图 6.29 1951—2021 年开封站平均轻雾日数逐月变化 (单位: d)

6.13 连阴雨

1951—2021 开封共出现连阴雨 187 次, 平均每年 3.1 次, 平均每次连阴雨持续天数为 7.5 天。平均每次连阴雨雨量为 73.7mm, 平均日照时数为 2.9 小时。一年内发生连阴雨次数最多为 8 次(1983 年), 最少为 1 次(1966 年、1971 年、1978 年、1980 年、1985 年、1991 年、2004 年、2008 年、2011 年、2012 年)。一次连阴雨持续时间最长达 28 天(1984 年 09 月 06 日—1984 年 10 月 03 日), 总降水量最大达 396.1mm(2021 年 07 月 15—24 日)。总降水量最小的只有 10.5mm

(2017年01月01—07日、2020年08月20—24日)。从其历史演变看，年连阴雨次数每10年增加0.1次；年最大总降水量每10年增加6.2mm。

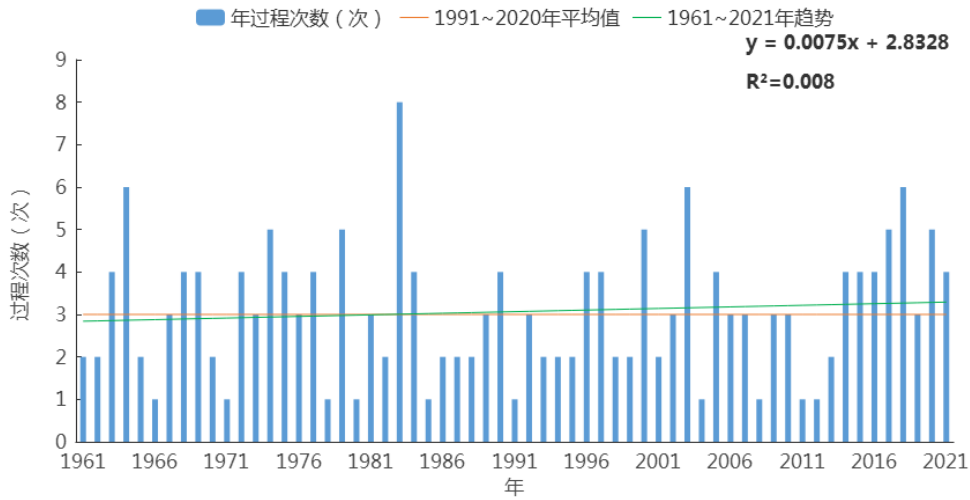


图 6.30 1951—2021 年开封站连阴雨过程发生次数逐年变化图（单位：次）

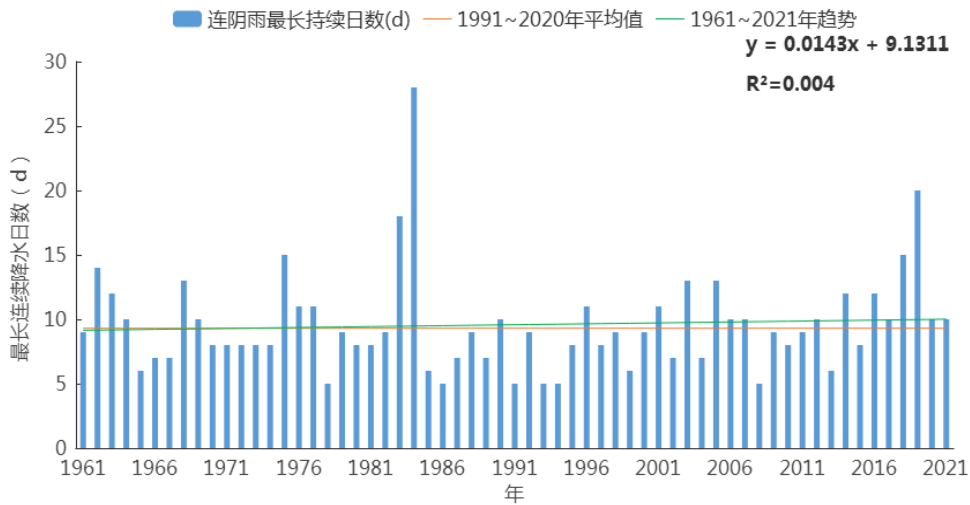


图 6.31 1951—2021 年开封站连阴雨最长持续日数逐年变化图（单位：次）

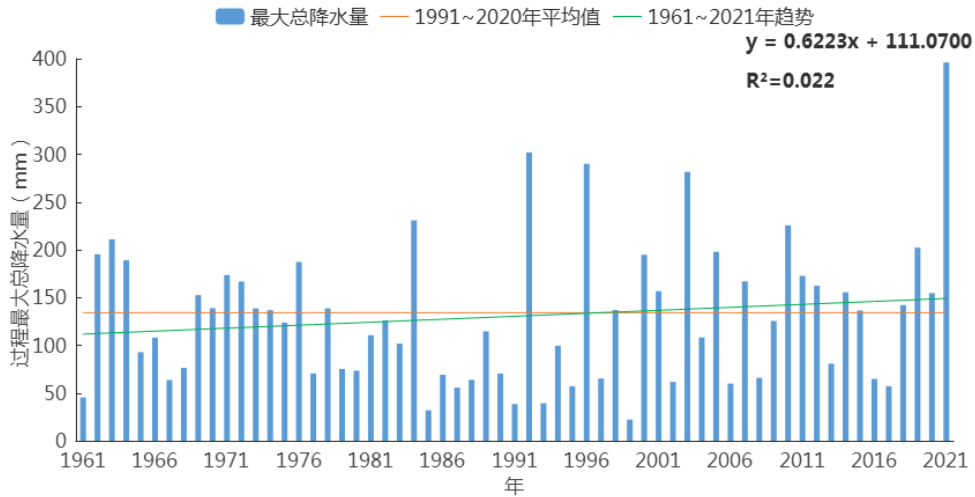


图 6.32 1951—2021 年开封站连阴雨过程最大总降水量逐年变化图（单位：mm）

连阴雨多发季节为春季和秋季。1951—2021 年开封春季共出现连阴雨 30 次，平均每年春季 0.5 次，平均每次连阴雨持续天数为 7.0 天。平均每次连阴雨雨量为 51.0mm，平均日照时数为 2.6 小时。一年内发生连阴雨次数最多为 3 次（1983 年）；最少为 0 次，共 35 年。春季一次连阴雨持续时间最长达 15 天（2018 年 05 月 11 日—2018 年 05 月 25 日），从其历史演变看，春季连阴雨次数变化比较平稳。

春季连阴雨一次持续过程总降水量最大达 152.5mm（1969 年 04 月 15—24 日）。春季连阴雨一次持续过程总降水量最小的只有 13.8mm（1983 年 02 月 28 日—1983 年 03 月 04 日）。春季连阴雨持续过程最大总降水量每 10 年减少 1.2mm。

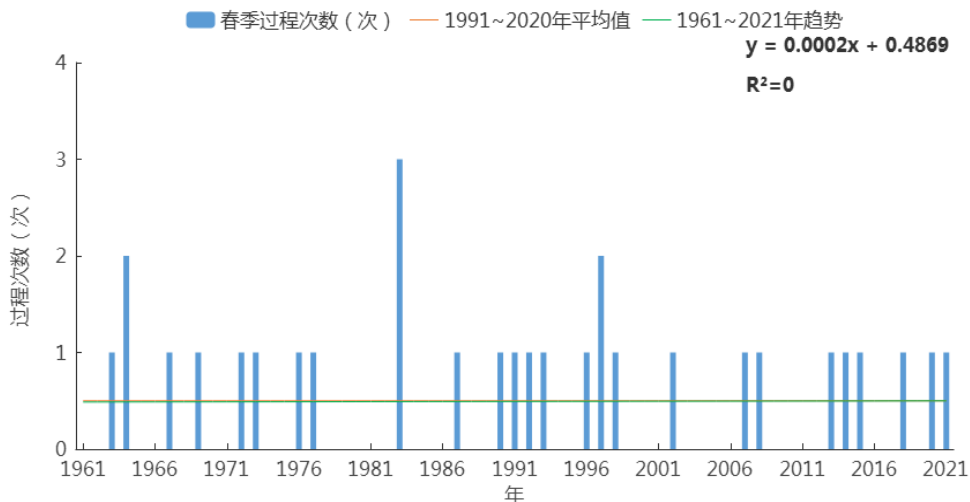


图 6.33 1951—2021 年开封站春季连阴雨过程发生次数逐年变化图（单位：次）

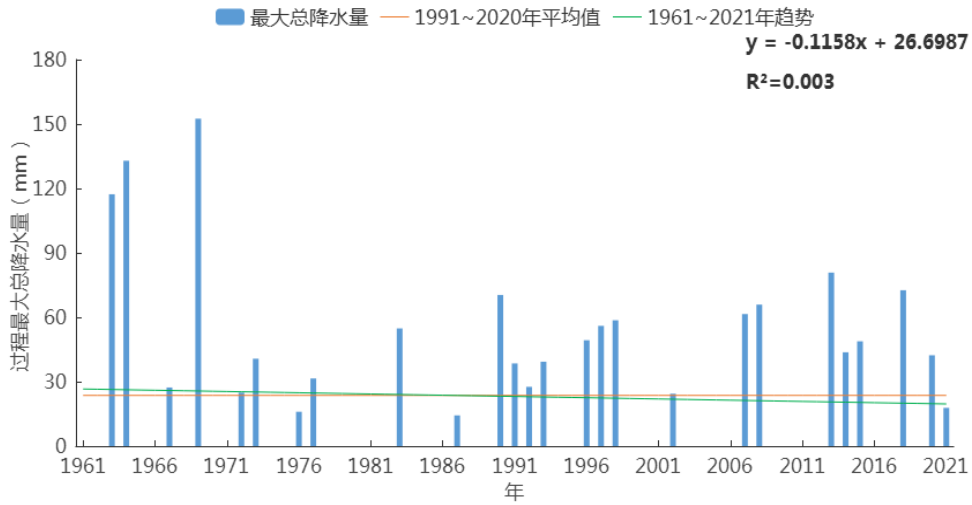


图 6.34 1951—2021 年开封站春季连阴雨过程最大总降水量逐年变化图（单位：mm）

1951—2021 年开封秋季共出现连阴雨 63 次，平均每年秋季 1.0 次，平均每次连阴雨持续天数为 8.1 天。平均每次连阴雨雨量为 64.5mm，平均日照时数为 1.6 小时。一年内发生连阴雨次数最多为 3 次（1983 年、2003 年、2017 年），最少为 0 次，共 20 年。秋季一次连阴雨持续时间最长达 28 天（1984 年 09 月 06 日—1984 年 10 月 03 日），从其历史演变看，秋季连阴雨次数变化比较平稳。

秋季连阴雨一次持续过程总降水量最大达 281.6mm（2003 年 08 月 26 日—2003 年 09 月 07 日）。秋季连阴雨一次持续过程总降水量最小的只有 12.4mm（1969 年 09 月 04—08 日）。秋季连阴雨持续过程最大总降水量每 10 年增加 6.5mm。

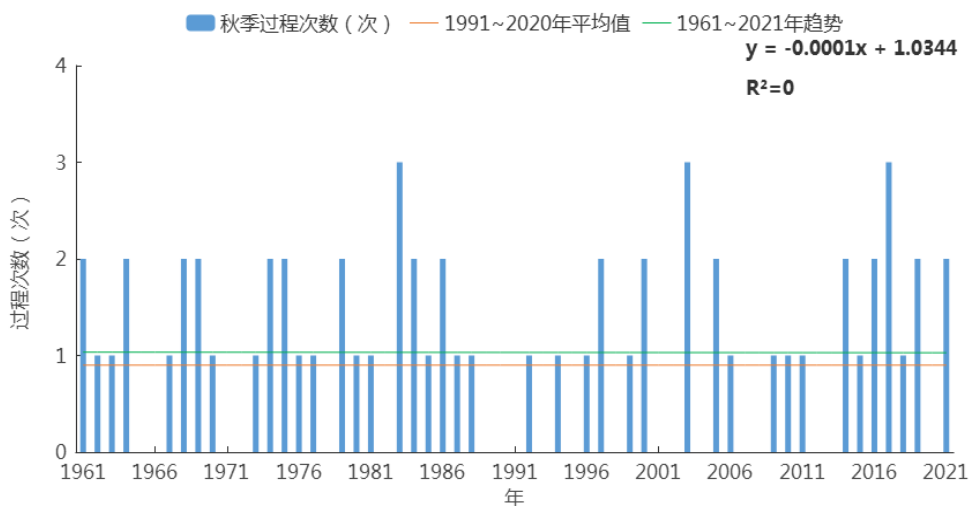


图 6.35 1951—2021 年开封站秋季连阴雨过程发生次数逐年变化图 (单位: 次)

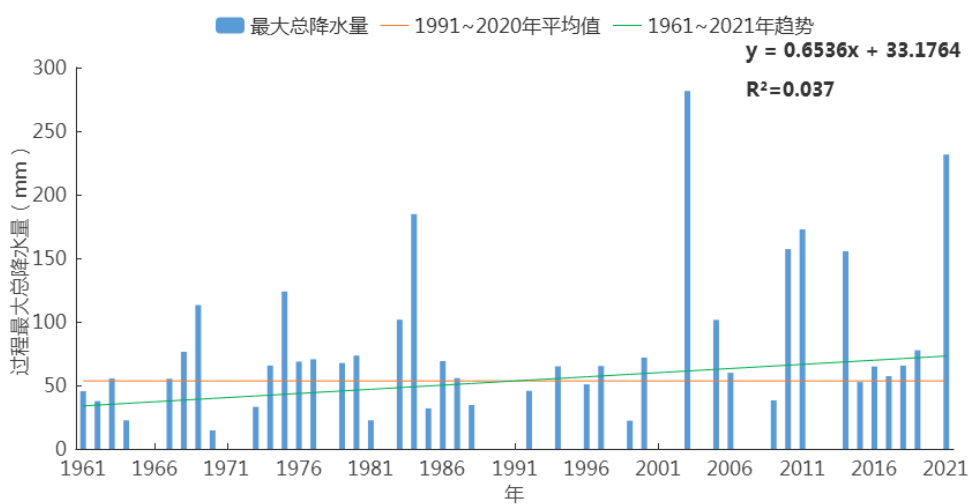


图 6.36 1951—2021 年开封站秋季连阴雨过程最大总降水量逐年变化图 (单位: mm)

第七章 关键气象参数分析与推算

园区规划、设计以及建设中所涉及的设计排水管网、建筑物荷载、采暖通风设计、防雷设施等，对相关的气象参数提出了要求。本章对精细化工产业集聚区建设相关的气象参数进行分析与推算，主要包括基本气温、室外空气气象参数以及重现期极值推算。结果可为精细化工产业集聚区规划、工程项目建设等的设计人员提供数据参考。

7.1 基本雪压

7.1.1 积雪密度的估算

河南省共有 17 个气象站观测雪压，通过雪压及雪深计算积雪密度，距离精细化工产业集聚区较近的观测站有开封站，选用开封站的积雪密度值作为计算分析的积雪密度值。

7.1.2 年最大积雪深度的概率估算

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

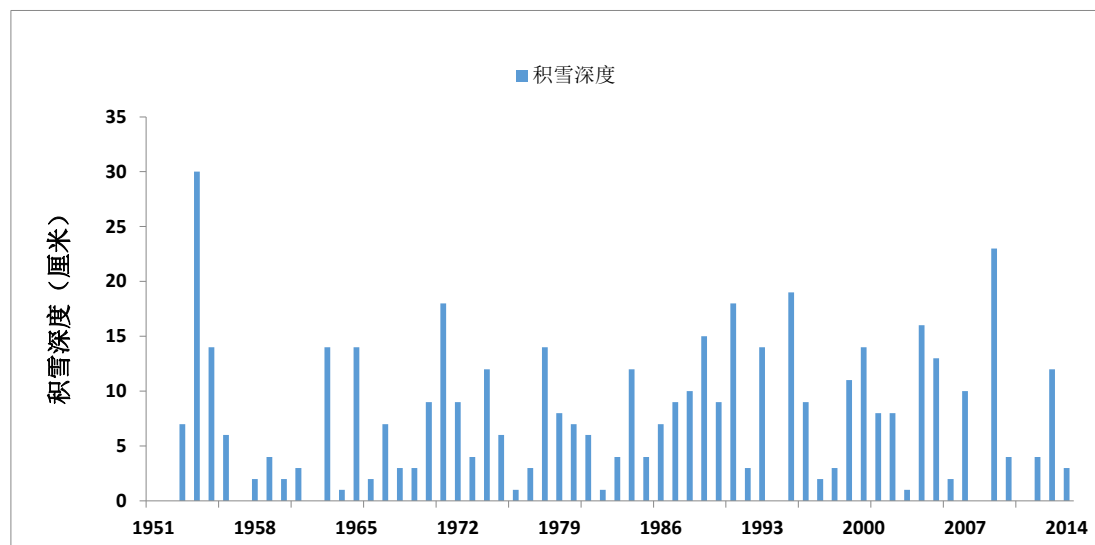


图 7.1 年最大积雪深度变化

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

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

表 7.1 不同重现期积雪深度（单位：cm）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
P-III	6.4	9.2	12.5	16.7	20.8	23.1	26.0	29.8
Gumbel	7.6	10.3	13.2	16.9	20.4	22.4	24.9	28.3
极大似然法	6.5	9.0	12.0	16.1	20.4	23.1	26.6	31.8
L-矩估计	6.8	9.4	12.3	16.1	19.7	21.9	24.6	28.3

7.2.3 设计雪压的估算

根据积雪密度和不同重新期的最大积雪深度计算雪压，计算公式如下：

$$S_0 = h\rho g$$

式中： S_0 ——雪压（ kN/m^2 ）；

h ——积雪深度（ m ）；

ρ ——积雪密度（ t/m^3 ）；

g ——重力加速度（ 9.8m/s^2 ）。

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

表 7.2 不同重现期雪压（单位：kN/m²）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
P-III	0.0811	0.1166	0.1584	0.2116	0.2635	0.2927	0.3294	0.3775
Gumbel	0.0963	0.1305	0.1672	0.2141	0.2584	0.2838	0.3155	0.3585
极大似然法	0.0823	0.1140	0.1520	0.2040	0.2584	0.2927	0.3370	0.4029
L-矩估计	0.0861	0.1191	0.1558	0.2040	0.2496	0.2774	0.3117	0.3585

根据《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》的基本雪压分布，开封周边地区（郑州、新乡）50a 一遇基本雪压为 0.3kN/m² 到 0.4kN/m²，100a 一遇基本雪压为 0.35kN/m² 到 0.45kN/m²，高于本节的计算结果，建议采用《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》推荐值。

7.2 基本气温

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

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

根据《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》的基本气温分布，开封周边地区（郑州、新乡）50a 一遇基本气温最高为 36.0℃，最低为 -8.0℃，最高气温的计算结果略低于推荐值，最低气温计算结果略

高于推荐值，综上结果，最高气温建议采用《建筑结构荷载规范（GB 50009-2012）》推荐值，最低气温建议采用本节计算结果。

表 7.3 不同重现期基本气温（高温）（单位：℃）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	31.7	32.2	32.9	33.6	34.4	34.8	35.3	36.0
极大似然	32.1	32.6	33.1	33.6	34.0	34.2	34.5	34.7
L-矩估计	32.1	32.6	33.1	33.7	34.1	34.4	34.6	34.9

表 7.4 不同重现期基本气温（低温）（单位：℃）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	-2.9	-3.7	-4.6	-5.7	-6.8	-7.4	-8.1	-9.2
极大似然	-3.8	-4.4	-5.6	-5.7	-6.1	-6.3	-6.6	-6.8
L-矩估计	-3.8	-4.4	-5.0	-5.5	-5.9	-6.1	-6.3	-6.5

7.3 室外气象参数

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

建筑室外空气气象参数与气候条件密切相关，建筑室外空气气象参数统计年份的选取也十分重要。年份取得长，气象参数的稳定性好，数据更有代表性，但是由于全球变暖，环境温度攀升，统计年份选取过长则不能完全切合实际需求根据；年份取得短，虽然在一定程度上更贴近实际气温变化趋势，但是会放大极端天气对设计参数的影响。从气象的角度，30年是比较有代表性的观测统计期，不足30年者，也可按实有年份采用，但不得少于10年。近几十年在全球变暖

的背景下，开封气候也发生了明显的变化。GB 50019-2015《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》的附录 A 中明确指出：该规范的室外空气计算参数全部采用了现行国家标准 GB 50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》附录 A 的数据，未做修改。GB 50736-2012 采用 1971-2000 作为室外空气计算参数的统计期。考虑该统计期目前已严重滞后，故本节最终利用开封气象站 1991-2020 年（最近 30 年）的数据作为本报告推算室外空气计算参数的统计期。

根据《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范（GB50019-2015）》和《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范（GB50736-2012）》，计算开封站的(1)供暖室外计算温度；(2)冬季通风室外计算温度；(3)冬季空气调节室外计算温度；(4)冬季空气调节室外计算相对湿度；(5)夏季空气调节室外计算干球温度；(6)夏季空气调节室外计算湿球温度；(7)夏季通风室外计算温度；(8)夏季通风室外计算相对湿度；(9)夏季空气调节室外计算日平均温度等 9 个室外空气气象参数。

表 7.5 室外气象参数

参数名称	计算方法说明	计算结果
(1)供暖室外计算温度	累年平均每年不保证 5 天的日平均温度	-3.0℃
(2)冬季通风室外计算温度	历年最冷月月平均温度的平均值	0.6℃
(3)冬季空气调节室外计算温度	累年平均每年不保证 1 天的日平均温度	-5.1℃
(4)冬季空气调节室外计算相对湿度	历年最冷月月平均相对湿度的平均值	61%
(5)夏季空气调节室外计算干球温度	累年平均每年不保证 50h 的干球温度	34.3℃
(6)夏季空气调节室外计算湿球温度	累年平均每年不保证 50h 的湿球温度	27.7℃
(7)夏季通风室外计算温度	历年最热月 14 时的月平均温度的平均值	31.2℃
(8)夏季通风室外计算相对湿度	历年最热月 14 时的月平均相对湿度的平均值	59%
(9)夏季空气调节室外计算日平均温度	累年平均每年不保证 5 天的日平均温度	30.8℃

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

7.3.1 冬季空调和供暖参数

冬季空气调节和供暖参数包括供暖室外计算温度、冬季空气调节室外计算温度和冬季空气调节室外计算相对湿度这 3 个室外空气气象参数。供暖室外计算温度主要用于计算锅炉，尤其是集中采暖锅炉的燃料定额，从而确定其供热容量。供暖室外温度升高（降低）使得供暖燃料定额降低（升高）。冬季空气调节室外计算温度和计算相对湿度主要用于计算新风负荷和围护结构传热，用于指导空调设计负荷，温度升高（降低）使得冬季空调设计负荷降低（升高）。开封供暖室外计算温度为 -3.0°C ，冬季空气调节室外计算温度为 -5.1°C ，冬季空气调节室外计算相对湿度为 61%。

表 7.6 冬季空调和供暖参数值

供暖室外计算温度	冬季空气调节室外计算温度	冬季空气调节室外计算相对湿度
-3.0°C	-5.1°C	61%

7.3.2 夏季空调参数

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

计算夏季空气调节室外计算干（湿）球温度所需要的逐小时气温数据，主要采用三次样条函数方法插值得到，并利用平均绝对误差、平均误差、平均相对误差和均方根误差这 4 个判据对插值效果进行了

检验, 检验结果表明用三次样条函数法得到的逐小时气温与实际观测值之间误差较小, 插值效果较好。

根据上述方法计算出开封夏季空气调节室外计算干球温度为 34.3℃, 夏季空气调节室外计算湿球温度为 27.7℃, 夏季空气调节室外计算日平均温度为 30.8℃。

表 7.7 夏季空调参数值

夏季空气调节 室外计算干球温度 (°C)	夏季空气调节 室外计算湿球温度 (°C)	夏季空气调节 室外计算日平均温度 (°C)
34.3	27.7	30.8

7.3.3 夏季和冬季通风参数

夏季和冬季通风参数包括夏季通风室外计算温度、夏季通风室外计算相对湿度和冬季通风室外计算温度这 3 个室外空气气象参数。通风分为卫生通风和热舒适通风。供暖、空气调节只是部分时间、部分建筑的补充需要, 通风不仅是建筑的基本需求, 也是建筑节能的关键。冬夏季通风是建筑节能的主要手段之一。通风室外计算温度可以确定通过通风可以消除多少余热, 而相对湿度与人体舒适度有直接关系, 进而影响到通风行为以及通风效果。开封夏季通风室外计算温度为 31.2℃, 夏季通风室外计算相对湿度为 59%, 冬季通风室外计算温度为 0.6℃。

表 7.8 夏季和冬季通风参数值

夏季通风室外计算温度 (°C)	夏季通风室外计算相对湿度 (%)	冬季通风室外计算温度 (°C)
31.2	59	0.6

7.4 重现期极值

7.4.1 最大日降水

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

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

表 7.9 不同重现期最大日降水量（单位：mm）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
P-III	77.8	96.5	118.4	146.2	172.9	188.2	207.1	232.4
极大似然法	77.5	93.4	112.5	139.0	167.1	184.7	208.1	242.5
L-矩估计	78.4	94.6	113.7	139.1	165.3	171.1	201.8	231.4

7.4.2 极端高温

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

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

表 7.10 不同重现期极端高温（单位：℃）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	38.0	38.8	39.6	40.7	41.7	42.2	42.9	43.9
极大似然法	38.3	39.0	39.7	40.6	41.4	41.8	42.3	42.9
L-矩估计	38.3	39.0	39.8	40.7	41.5	41.9	42.4	43.1

7.4.3 极端低温

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

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

表 7.11 不同重现期极端低温（单位：℃）

重现期	2a	3a	5a	10a	20a	30a	50a	100a
Gumbel	-9.3	-10.5	-11.8	-13.4	-15.0	-15.9	-17.0	-18.5
极大似然法	-10.3	-11.3	-12.3	-13.3	-14.1	-14.5	-14.9	-15.4
L-矩估计	-10.3	-11.3	-12.3	-13.3	-14.0	-14.4	-14.8	-15.3

第八章 结论和建议

本报告以开封市精细化工产业集聚区周边国家气象站以及省级气象观测站等观测资料为基础，结合历史灾情资料，对开封市精细化工产业集聚区所在区域的气候条件开展论证分析工作。

本章对报告的主要内容，即大气环流背景、集聚区气候背景、高影响天气、关键气象参数等影响评估和集聚区规划建设对局地气候的可能影响进行总结，给出结论的适用性和不确定性。同时根据结论，进一步对开封市精细化工产业集聚区的规划、建设和运营等提出建议。

8.1 主要结论

8.1.1 大气环流特征

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

8.1.2 集聚区气候背景

开封位于河南省东部的豫东平原，地处半干旱半湿润气候带，季风气候特征明显，四季分明。春季温和，多风少雨，夏季炎热，降雨集中，秋季晴朗，凉爽多雨，冬季寒冷，少降雨雪。

开封气象站累年平均气压 1008.3hPa，年平均气温 14.7℃，年平

均降水量 623.0 毫米,年平均风速 2.1 米/秒,年平均相对湿度 68.5%,年平均日照时数 1976.4 小时。建站至 2020 年,年极端最高气压 1039.4hPa,极端最低气压 983.0hPa,极端最高气温 43.5℃,极端最低气温-16.3℃,年极大风速 23.5 米/秒。

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

8.1.3 高影响天气

根据开封市精细化工产业集聚区所在区域的历史气象灾害,开封市精细化工产业集聚区高影响天气为雷击闪电等,关键气象因子有降水、温度以及风等要素。

表 8.1 高影响气象因子一览表

气象因子		统计结果	备注
暴雨	多年日最大降水量(毫米)	217.8mm	1991年8月11日
大风	多年最大风速(米/秒)	20.0(N)	1978年10月26日
	多年极大风速(米/秒)	25.0(N)	1997年6月29日
高温	多年极端最高气温(℃)	42.9℃	1966年7月19日
低温	多年极端最低气温(℃)	-16.0℃	1971年12月27日
闪电	最大年平均闪电日数(天)	35	1953年

8.1.4 关键气象参数推算结果

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

表 8.2 关键气象参数不同重现期推算结果

重现期	2 年	3 年	5 年	10 年	20 年	30 年	50 年	100 年
平均最高气温 (°C)	31.7	32.2	32.9	33.6	34.4	34.8	35.3	36.0
平均最低气温 (°C)	-2.9	-3.7	-4.6	-5.7	-6.8	-7.4	-8.1	-9.2
极端高温 (°C)	38.0	38.8	39.6	40.7	41.7	42.2	42.9	43.9
极端低温 (°C)	-9.3	-10.5	-11.8	-13.4	-15.0	-15.9	-17.0	-18.5
最大日降水量 (毫米)	77.8	96.5	118.4	146.2	172.9	188.2	207.1	232.4
极端雪深 (厘米)	6.4	9.2	12.5	16.7	20.8	23.1	26.0	29.8

表 8.3 室外气象参数

参数名称	计算方法说明	计算结果
(1)供暖室外计算温度	累年平均每年不保证 5 天的日平均温度	-3.0°C
(2)冬季通风室外计算温度	历年最冷月月平均温度的平均值	0.6°C
(3)冬季空气调节室外计算温度	累年平均每年不保证 1 天的日平均温度	-5.1°C
(4)冬季空气调节室外计算相对湿度	历年最冷月月平均相对湿度的平均值	61%
(5)夏季空气调节室外计算干球温度	累年平均每年不保证 50h 的干球温度	34.3°C
(6)夏季空气调节室外计算湿球温度	累年平均每年不保证 50h 的湿球温度	27.7°C
(7)夏季通风室外计算温度	历年最热月 14 时的月平均温度的平均值	31.2°C
(8)夏季通风室外计算相对湿度	历年最热月 14 时的月平均相对湿度的平均值	59%
(9)夏季空气调节室外计算日平均温度	累年平均每年不保证 5 天的日平均温度	30.8°C

8.2 主要建议

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

8.2.1 规划阶段

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

表 8.4 集聚区规划设计阶段不同关注点的对策建议

阶段	关注点	对策及建议
规划设计	集聚区内部布局	1、产业集聚区内部规划时，要尽量避免将污染物排放大的东北、西南方位方位。 2、对暴雨敏感度较高的产业建筑，应避免建在地势低洼的地区。地下仓库、停车场等也应做好干燥排水工作。建在低洼处的厂区需做好排水防洪措施，产品、重要设备仓库等需要建设在高位，以防造成损失。
	设计排水管网 建筑物荷载 暖通设计	在建设阶段，在设计排水管网、建筑物荷载、采暖通风等设计中需要用到相关的基本气象参数，可参考本报告第七章给出的暴雨强度公式、设计风速、设计雪压、最高和最低气温的推算，设计人员可根据设计需求，从报告推算值及规范推荐值中进行选取。
	规避本地气象灾害	汛期暴雨日数较多，在规划和建设阶段需重点关注降水对排水管网及相关设施的要求；另外，不可忽视对雷电、大风、高温等高影响天气的防护。
	防雷设施	集聚区内一般工业厂房及办公楼可以划分为三类防雷建筑物，易燃易爆场所则需根据具体的使用性质按设计标准划分防雷类别。建议可以在设计标准的基础上适当提高防侧击雷的要求，并安装SPD，建立一套适用的防雷安全工作方案和防雷安全应急预案对所属防雷装置进行管理维护和发生雷击后的应急管理。

8.2.2 建设阶段

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

表 8.6 集聚区建设施工阶段不同关注点的对策建议

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

8.2.3 运营阶段

在运营阶段，根据开封市精细化工产业集聚区高影响天气分析结果和集聚区实际，运营过程中更加注重对集聚区的气象防灾减灾。

表 8.7 集聚区运营阶段不同关注点的对策建议

阶段	高影响天气	影响	对策建议
运营	暴雨	<ol style="list-style-type: none"> 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。 3. 暴雨可能对仓库和露天储存的设备造成危害。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 7-8 月是开封暴雨的高发期, 在夏季雨量集中期应做好防御工作, 避免暴雨可能造成的洪涝灾害。 2. 一些集聚区建在了低洼处, 应做好汛期的排水工作, 优化排涝系统, 防止低层厂房被淹。
	大风	<ol style="list-style-type: none"> 1. 集聚区中, 高处的杂物、玻璃等大风天气有可能被刮落或刮倒, 对集聚区内人员的人身安全造成威胁。 2. 大风及吹落物可能损害输电线路, 造成供电中断等。 	<p>须考虑抗风设计标准, 关注 7 级及以上大风, 夏季 (6、7、8 月) 密切关注局地短时狂风, 大风影响前或影响时人员要执行安全应对措施, 确保人员的人身安全。</p>
	雷电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 雷暴闪击的电火花可引起燃烧或爆炸, 引起火灾等; 2. 雷击电网线路可造成线路跳闸, 引起瞬时停电或电压波动, 严重影响设备的安全运行。 3. 集聚区内做好雷电防护设置。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 雷电活动的高发期, 盛夏 (集聚区管理部门应当做好相关的防御措施。 2. 重点注意凌晨 02-03 时和凌晨 06-07 时发生雷电时人员安全防护。 3. 要按时对防雷装置进行检测和维护。
	高温	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高温天气易造成机械、电器失灵, 会对设备的正常运行产生巨大危害; 2. 高温会引起集聚区内人员中暑。 3. 高温炎热天气会使火灾事故发生的可能性增加。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 应加强室内通风以及保证空调正常运行等安全措施。 2. 严格遵守与各行业相关的电力安装规定及使用规范, 加大电器及电线线路个安全检查工作, 并做好相关防护措施。
	低温冰冻	<ol style="list-style-type: none"> 1. 风雪灾害易使局部雪荷载大大超过设计荷载, 导致大量的大跨度钢结构发生不同程度的破坏与倒塌。 3. 低温冻害可能对机动车配件制造产业的仓库和露天储存的设备造成危害。 	<p>每年 11 月至次年 3 月为积雪结冰高发期, 集聚区须及时检查各企业项目外露装置及接线盒附近是否结冰, 如果有结冰现象及时清理, 以免造成安全隐患。</p>
	冰雹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可能造成建筑物、车辆损坏; 2. 可能造成人员伤亡。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冰雹发生时不要外出。 2. 对摆放于室外的产品 (如汽车) 进行提前转移, 以免造成损失。
	雾霾	<ol style="list-style-type: none"> 1. 对交通及工作人员上、下班路途造成影响; 2. 对抵抗力较弱人群健康造成影响。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 雾霾发生期间, 如驾车外出, 减速慢行, 避免靠近大货车驾驶。 2. 集聚区内中人员注意防范呼吸道系统等疾病。

8.3 适用性分析

本集聚区在设计阶段涉及到暴雨强度公式，设计风速、雪荷载、高温、低温、以及室外空气计算参数等，报告给出了暴雨强度公式、雷击风险评估结果以及开发区不同区域 100 年一遇、50 年一遇的设计风速、设计雪压、设计气温、设计极端气温的推算结果。报告得到的推算结果是科学的，但由于各种原因，存在不确定性，这是需要具体设计人员加以注意的。

附录 A 近 50 年开封市气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1951 年 9 月	干旱	开封	9 月份, 雨水稀少, 豫北、开封及信阳局部地区整个秋季的雨水只及常年的一半, 秋作物减产。
1954 年 2-4 月	干旱	开封	2-4 月河南省春旱。开封地区从 2 月底到 4 月 9 日滴雨未下, 严重影响春播和小麦的生长。
1955 年春夏	干旱	开封	全省普遍春至初夏连旱, 其中商丘地区全年偏旱, 整个黄淮平原, 上半年雨量较常年偏少 5 成, 豫北地区更少, 较常年偏少 7~8 成。6 月, 各地雨水奇缺, 安阳、新乡、商丘、许昌、郑州等地降水 1~5 毫米, 开封仅有 0.3 毫米。连续无降水日数, 各地在 15~25 天。
1955 年 6 月	冰雹	开封	1955 年 辉县、汤阴、泌阳, 息县、遂平、卢氏、开封初夏雹, 大如鸡蛋, 风雨交加。
1956 年 7-8 月	雨涝	开封	8 月上旬, 全省普遍有一次降雨过程。安阳、开封、郑州、许昌、鲁山等地旬雨量在 150 毫米以上, 局地日雨量在 150 毫米以上。引起山洪暴发, 冲毁道路、农田、房屋及堤坝等水利设施, 秋作物受淹减产。
1959 年 7-10 月	干旱	开封	7~10 月, 全省大范围干旱, 豫东地区降水量 230~440 毫米, 比同期偏少 3~4 成, 固始县麦播推迟 20 天, 麦、棉面积减少 0.47 万公顷。类似情况, 周口、许昌、商丘、洛阳、新乡、开封等地均有发生。秋禾收成大减, 有的地区只有 3~5 成收。
1971 年 6 月	暴雨	开封	6 月, 降水比常年明显偏多, 局部地区(宝丰、鲁山、郟城)日雨量达 200~300 毫米; 淮南、许昌、开封、新乡、安阳等地区日最大降雨量 150 毫米左右。
1978 年 6-7 月	干旱	开封	6 月下旬至 7 月中旬, 开封、商丘两地区多数县的日雨量在 100 毫米以上: 郑州 189.4 毫米、中牟 152.0 毫米、开封 117.0 毫米、杞县 122.6 毫米、兰考 122.4 毫米、民权 133.0 毫米, 开封东部, 商丘西部及郑州市郊区出现积水, 部份农田受淹, 陇海铁路地面积水高出路基 30 厘米, 交通一度受阻。
1982 年 7-8 月	干旱	开封	7~8 月降水量比同期少 7~8 成之多, 开封、洛阳、许昌、驻马店等地比大旱的 1959 和 1966 年还要少。
1980 年 1-5 月	干旱	开封	1-5 月郑州、开封、许昌西部和周口北部也有干旱严重。
1981 年 3-5 月	干热风	开封	从 3 月中旬到 5 月上旬, 由于气温持续猛升, 雨水稀少, 大风频繁, 全省 5 月出现了罕见的高温低湿的干热风天气, 豫北、开封、商丘沿黄河一带, 驻马店西部、许昌西南部和淮南的新县、商城等地先后在 5 月 6~8 日, 17、23、25、27~29 日出现了干热风, 其强度是 1949 年后少有的。麦早熟, 收割时间比往年提早 7 天以上, 减产严重。
1981 年 6 月 7-10 日	干旱	开封	6 月 7~10 日, 全省普降小到中雨, 局部暴雨, 多数地区旱情有所缓解, 信阳、洛阳、开封、新乡、安阳的西部、驻马店的东南部等地区 6 月降水仍较常年偏少 4~8 成, 干旱持续。
1981 年 7-8 月	干旱	开封	7 月下旬至 8 月上旬全省又出现伏旱, 以豫北的太行山以东地区和南阳、许昌、开封、商丘, 驻马店西部及豫东南

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
			的淮滨、固始一带最为严重。
1982 年 2 月	干旱	开封	全省初夏雨水偏少, 气温偏高, 6 月中旬至 7 月中旬降水量多数地区在 50~80 毫米, 个别县、市不足 30 毫米, 安阳、新乡、洛阳、开封、许昌、郑州等 10 个地、市受旱面积 9.33 多万公顷, 其中绝收面积达 0.47 万公顷。
1982 年 4 月 8 日	大风	开封	5 月 2 日, 开封供电局 4 个 3.5 万伏线路因大风倒杆, 跳闸停电, 开封至王屯 11 万伏线路跳闸。
1985 年 8 月 3-4 日	大风	开封	8 月 3~4 日, 新乡、周口、许昌 3 地区及濮阳、开封 2 市 26 县降雹并伴 9~10 级大风持续半小时, 瞬时风速 40 米/秒。开封市因高压输电线中断和倒折, 使 3 个发电机停机, 市区及市郊停电 3 天, 各县供电线路无一完好。兰考、通许停电 5 天, 少供电 381 万度, 另有间接损失 876 万元, 保险公司还因突然停电造成设备损坏赔偿 30 万元。这次过程作物受灾 44.98 万公顷, 倒房 3.48 万间, 倒断树木 532.25 万棵, 电杆 1.18 万根, 128.2 千米的电线损失, 死 19 人, 伤 786 人, 各项损失近千万元。濮阳市直接损失 250~300 万元。
1984 年 7-9 月	洪涝	开封	开封、周口、许昌、驻马店、洛阳五地、市有 156.3 万公顷农田受淹。局部地区连续受淹, 新蔡、平舆一带曾 3 次水淹, 新蔡县有近 0.7 万公顷农田放弃种植, 成为一片白地。经济作物也在劫难逃, 开封、许昌、洛阳 3 地、市就少收烟叶 3618 万千克。暴雨和特大暴雨来势迅猛, 暴雨使沟满河平, 平地积水, 地势低下的地方更是首当其冲, 厂房、仓库无可幸免。仅 8 月 9 日一次暴雨就使得开封市重、轻工、纺织等 17 个系统的 200 多个单位进水, 95 座仓库被淹, 85 家工厂被迫停产, 其中 31 家停产 5 天以上, 除财产损失外, 停产所造成的损失已达 443.5 万元。暴雨还冲走煤建公司各种煤 5220 吨, 直接损失 22 万元。开封至西羌间的电线杆冲倒多处, 断电一个月之久。暴雨造成公路损坏严重, 开封、周口、许昌、驻马店需修复费用 1303 万元。其中以周口地区受害最严重, 有 28 处公路翻浆, 13 处不能正常通车, 全区损失 1045 万元, 成为 1949 年后公路损坏最严重的一年。开封至兰考段公路部分翻浆, 两日内使 198 辆汽车受阻, 还有 6 辆翻车, 郑汴、汴尉路立交桥被淹, 中断交通 7 天之久。
1986 年 6 月	干旱	开封	6 月以新乡地区、洛阳地区西部丘陵、许昌以北和开封以西干旱较重, 月雨量比常年偏少 8~9 成。
1988 年 5-6 月	干旱	开封	5 月中旬至 6 月底的 40 多天中, 干旱少雨。6 月份, 全省多数县市降水量不足 20 毫米, 信阳、南阳、平顶山、许昌、郑州、开封、商丘和新乡等地市的降水在 10 毫米以下, 与常年相比, 偏少 7~10 成。
1988 年 5 月 2 日	暴雨冰雹	开封	5 月 2 日下午, 商丘、开封、周口、新乡四地市的民权、睢县、宁陵、柘城、商丘县、商丘市区、虞城、永城、夏邑、开封县、兰考、杞县、鹿邑、太康、新乡县、延津、封丘、原阳、获嘉 19 个县(区)的 150 余个乡遭受了狂风暴雨和冰雹的袭击。
1988 年秋季	干旱	开封	秋季信阳地区、洛阳市、豫西山区降水量偏多近 2 成, 其它地区偏少 7 成以内。其中焦作、开封、商丘一线以北地

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
			区偏少 5~7 成。
1989 年 3-5 月	干旱	开封	各地从 3 月 4 日至 5 月上旬一直持续少雨, 信阳地区和南阳地区部分县除外, 其它大部地区出现了干旱, 开封市 30 多万公顷小麦, 有 28.47 万公顷发生干旱, 其中 0.67 多万公顷基本绝收。
1990 年 7 月 9-12 日	冰雹 暴雨 龙卷风	开封	7 月 9~12 日, 濮阳、郑州、商丘、信阳、开封、许昌、三门峡、驻马店、新乡。洛阳、焦作等 11 个地市的 28 个县、150 个乡镇先后遭受冰雹、龙卷、暴雨的袭击, 风力 8~10 级, 受灾严重地区冰雹大如鸡蛋, 小如枣, 最大的 670 克。
1991 年 8 月 19 日	雷雨 大风 冰雹	开封	19 日 20 时开封市 3 个县先后遭雷雨、大风、冰雹袭击, 农作物受灾面积近 6.7 万公顷, 成灾面积 1.8 万公顷, 损坏房屋 3000 间, 倒塌 330 间, 伤 32 人, 刮断树木 29.89 万棵、高低压及广播线杆 700 多根, 市区变电站 7 条 (占总线路 30%) 短路, 直接经济损失 1 亿元之多, 尉氏县灾情最重, 市区、开封县次之、通许受灾最轻。
1993 年 4 月 30 日至 5 月 1 日	大雨 冰雹 大风	开封	4 月 30 日至 5 月 1 日, 全省普降大雨, 部分地区伴随大风、冰雹, 风力 8~9 级, 最大风速 23 米/秒, 雹体大如核桃、鸡蛋, 小如红枣, 持续时间 10~30 分钟不等, 给工农业生产和人民生命财产造成严重损失, 许昌、洛阳、开封、焦作、郑州、商丘、信阳、驻马店、南阳等市地的近 30 个县, 受灾面积 32.77 万公顷, 成灾 22 万公顷。其中绝收和基本绝收的 4 多万公顷。洛阳、许昌、焦作、开封 4 市倒塌房屋窑洞 874 间 (孔), 死 13 人, 伤 71 人, 直接经济损失 4.1 亿元。
1993 年 11 月 16-21 日	暴雪	开封	郑州、开封、洛阳等 8 市, 大白菜 80% 以上受冻的 3467 公顷, 白萝卜 70% 以上受冻的 1467 公顷, 芹菜 65% 以上受冻的 1000 公顷。此外, 大田里的越冬青菜、菜花、包菜、大棚内的菜苗都不同程度受冻害。
1994 年 6 月 12 日	大风	开封	开封市遭受大风, 27 个乡镇 160 个行政村受灾严重, 刮倒高、低压线杆 1023 根, 刮断电线 4 万多米, 127 公顷果园损失严重, 刮断树木 7.11 万棵, 刮跑麦秸 175 万多千克, 损坏塑料大棚 919 座和 356 个灭虫高压汞灯。兰考县坝头乡、谷营乡、瓜营乡、固阳镇、南丈乡、许河乡等先后遭受大风的袭击, 刮倒、刮断树木 11660 棵, 砸伤 4 人, 其中重伤 2 人。
1995 年 4 月 3 日	晚霜冻	开封	开封晚霜冻使全市进入孕穗期的小麦受灾严重, 冻害面积 4.77 万公顷, 严重冻害达 1.18 万公顷。
1995 年 7 月	暴雨	开封	暴雨主要集中在 7 月中、下旬, 商丘、三门峡、开封、平顶山、安阳、鹤壁、南阳等地受灾。7 月中、下旬全省自东向西出现几次降水过程, 由于局部地区降雨量大, 形成灾害, 给秋作物和人民生命财产造成损失。开封、商丘、平顶山、安阳、鹤壁、南阳等 6 个市地有 10.3 万公顷农作物受灾, 倒塌民房 7364 间, 损坏 1 万多间, 暴雨冲走、浸泡、霉变粮食 2000 多万千克, 死亡 13 人, 伤 117 人, 死亡家畜家禽 4 万多头 (只), 其中以商丘地区的民权县和三门峡湖滨区受灾最为严重。

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
1995 年 8 月 29 日	大风	开封	开封市受飚线袭击,使全市 2.67 万公顷农田受害,8 万棵树木被刮倒、断。杞县最严重,直接经济损失 9971 万元,付集南村一楼顶上一块 700 千克重的水泥板被大风刮出 10 多米远。
1996 年 5 月 25~26 日	干热风	开封	郑州、开封、南阳也都出现了不同程度干热风,使小麦有所减产。
1996 年 7-8 月	干旱	开封	7 月下旬以后,全省持续高温少雨,旱象重新抬头,特别是 8 月 5 日以来,全省基本无降水,有 65 个市县旱情急剧发展。8 月 28 日墒情显示,全省 20 厘米深土壤含水量在 15%以下的有 93 个县,其中在 10%以下的有 62 个县,开封县仅为 2%,出现严重干旱。
1996 年 6 月 1 日至 7 月 31 日	暴雨	开封	6 月 1 日至 7 月 31 日,全省出现暴雨共 130 多个县次,其中 24 小时雨量在 100 毫米以上的大暴雨 34 个县次,桐柏、永城、社旗、开封、新县等 8 个市县还出现过日降水量为 150~189 毫米的大暴雨。开封 7 月 25 日降雨量 171 毫米。
1996 年 2 月 18 日	暴雪	开封	开封市这次过程降雪量达 18.1~21.0 毫米,雪深 14~20 厘米,交通运输困难,出租车从起步价由规定的 5 元涨到 10 元。
1998 年 6-8 月	风雹	开封	6 月下旬、7 月中旬和 8 月下旬,全省有 11 个市地 25 个(县)次 100 个乡镇发生风雹灾害,受灾农作物 8.86 万公顷,成灾 7.1 万公顷,倒塌房屋 1.15 万间,损坏约 5.54 万间,死 15 人,伤 271 人,倒树木 141 万棵,死伤畜禽 26 万头(只),另有交通、通讯、电力设施遭到不同程度损坏,直接经济损失 7.77 亿元。安阳、开封 2 市受灾最重。
1998 年 8 月 4 日	雷击	开封	8 月 4 日,开封县半坡乡二楼平房被雷击中,死 1 人,伤 2 人。
1999 年 7 月 4-7 日	暴雨	开封	7 月 4~7 日,全省出现了大范围降水过程,除西部和信阳地区外,其余地区的过程雨量在 100 毫米以上,其中平顶山、周口 2 市地和开封、商丘 2 市局部达 200 毫米以上,最大降水中心出现在商丘市的柘城,雨量为 314 毫米。
2000 年 6 月 20 日	雷击	开封	开封市发生了较大范围的雷击事故,造成 2 人死亡,1 人受伤,直接经济损失 90 多万元。通许县冯庄乡前山村第五生产组一村民家遭受雷击造成房屋倒塌,两死一伤。开封市市广电局、郊区有线电视台、市飞龙寻呼台遭受雷击,直接经济损失分别 40 万元、30 万元、20 万元。
2003 年 3 月 4 日	结冰	开封	受强冷空气影响,从 3 月 4 日夜开始一场纷纷扬扬的桃花雪喜降中原大地,但却给出行的人们带来了不便。降雪和急剧降温导致高速公路路面出现结冰,特别是桥梁、涵洞结冰现象尤为严重。5 日上午,省内高速公路的焦晋高速、商三高速荥阳至洛阳西、商三高速开封东至兰考、郑驻高速郑州南至新郑的西半幅路段关闭。
2003 年 5 月 18 日	大风冰雹	开封	5 月 18 日下午 16~20 时,修武、延津、开封、偃师 4 县部分地区相继遭受大风、冰雹袭击,冰雹大的如鸡蛋,小的如黄豆,持续时间约 15~30 分钟,局部积雹厚度达 4cm,瞬时风力 7 级左右,这次大风、冰雹共涉及 9 个乡镇、44 个行政村,造成即将成熟的小麦严重倒伏,部分早玉米、

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
			棉花苗、蔬菜瓜果、树木遭受不同程度损失。据初步统计,农作物受灾面积 10.8 万亩,成灾面积 4.7 万亩,绝收面积 1.1 万亩,造成直接经济损失 1444 万元,其中农业直接经济损失 1095 万元。受灾最严重的开封县有 4.7 万亩农作物受灾,直接经济损失达 810 万元,其中农业直接经济损失达 794 万元。
2003 年 12 月 9-15 日	大雾	开封	12 月 9 日~15 日,我省大部分地区再次出现大雾天气,郑州、新乡、安阳、开封、许昌等地不同程度出现了雾凇。
2004 年 10 月 19 日	大雾	开封	10 月 17 日夜间~20 日凌晨,我省出现今年入秋以来范围最大、持续时间最长的大雾天气,10 月 19 日上午,连霍高速公路开封段在短短 4 公里的路程中发生 6 起车祸,18 辆车受损,造成中牟边界至开封东长达 12 小时的堵车。
2004 年 11 月	大雾	开封	11 月 30 日,我省出现今年入秋以来最大的一场大雾天气,省会郑州上午 8 时左右的能见度不足 20 米,濮阳、开封部分地区仅为 5 米。
2005 年 4 月	干旱	开封	入春以来,全省持续少雨,3~4 月许昌以北地区和南阳市的部分县降水量在 50 毫米以下,大部分地区较常年同期偏少 5 成以上,其中豫北和豫西大部不足 20 毫米,较常年同期偏少 7~9 成。其中三门峡、洛阳、开封、商丘旱情较重,干旱的迅速发展和蔓延,使春播作物播种出苗和冬小麦生长发育受到较大影响。
2006 年 3 月 11-12 日	强降温	开封	3 月 11~12 日,受强冷空气影响,我省出现大范围大风、强降温天气,冷空气过后,全省最高气温下降了 10~18℃,大部分地区最低气温下降到 0℃以下,汤阴站最低达-5.1℃,安阳、新乡、郑州、开封、商丘 5 市共有 23 个站 48 小时日平均气温下降了 10.0~13.6℃,达到寒潮标准。
2006 年 3 月 27 日	沙尘	开封	3 月 27 日下午,受蒙古国东部东移入境的强沙尘天气影响,北部和中东部地区出现了大范围大风、沙尘天气,濮阳、新乡、郑州、开封 4 市有 11 个站出现了近年来罕见的沙尘暴。
2006 年 4 月 11 日	寒潮 沙尘	开封	伴随全省大范围寒潮天气,4 月 11 日夜间全省普遍出现了大风天气,部分县还伴有沙尘,开封、平顶山、许昌 3 市大部和焦作、郑州、驻马店 3 市部分县共有 20 多个站最大风速超过了 17.0 米/秒。
2006 年 5 月 4 日	雷雨 大风 冰雹	开封	5 月 4 日下午至夜间,伴随着大范围较强降水过程的出现,开封、许昌 2 市部分地区遭受短时雷雨大风、冰雹等强对流天气袭击,共造成 27.6 千公顷农作物受灾,倒折树木 1.71 万棵、电线杆 409 根。
2006 年 7 月 1-4 日	暴雨	开封	7 月 1-4 日,我省出现了大范围强降水过程,焦作、新乡、洛阳、郑州、开封、许昌、周口、南阳、驻马店等地遭受暴雨~特大暴雨的袭击。
2006 年 8 月 5-6 日	大风 暴雨	开封	8 月 5-6 日,安阳、洛阳、开封、商丘、周口 5 市部分地区遭受大风、暴雨袭击,形成洪涝灾害。
2006 年 9 月 3-4 日	大风	开封	受强冷空气影响,9 月 3 日夜至 4 日,新乡、开封、周口、许昌等地出现了 6~7 级大风。

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
2006 年 12 月 25 日	大雾	开封	12 月 25 日, 我省出现了今年入冬以来强度最强、范围最大的一次大雾天气, 除豫北北部和豫西外, 其余地区有 74 个县市出现了能见度小于 1000 米的雾, 新乡、焦作、郑州、开封、信阳 5 市有 35 个县市出现了能见度小于 50 米的强浓雾。
2007 年 2 月 12 日	大雾	开封	2 月 12 日早晨, 连霍高速公路开封段 525~528 公里处, 因突发大雾, 造成 5 起汽车追尾事故, 有 40 多辆车损坏, 致使 4 人死亡, 13 人受伤。
2007 年 7 月 27 日	风雹	开封	7 月 27 日下午, 开封、许昌、商丘、周口、漯河 5 市部分地区遭受风雹袭击, 最大风力达 9 级, 最大冰雹直径 10 毫米, 有 10 个县(市、区)、40 多个乡镇受灾, 农作物受灾面积 35.3 千公顷, 其中绝收面积 3.92 千公顷, 倒塌房屋 996 间, 损坏房屋 2099 间, 刮倒树木 11.2 万棵, 有 2 人被刮倒的大树砸死, 造成直接经济损失 1.48 亿元, 其中农业直接经济损失 9256 万元。
2007 年 10 月 6 日	霾	开封	10 月 6 号早上, 驻马店、周口、商丘、开封四地区和信阳、许昌、漯河三地区的部分市县出现能见度小于 200 米的雾。给人们的出行以及户外活动带来不便, 城市交通也受到一定的影响。
2007 年 11 月 24-25 日	大雾	开封	11 月 24 日下午~25 日上午, 全省大部分地区都被大雾笼罩, 郑州、开封、商丘、周口、南阳、驻马店、信阳 7 市能见度为 200~500 米, 这是今年入秋以来范围最大, 势力最强的一次大雾。大雾对交通运输造成了不利影响, 省内所有高速公路全部关闭, 所有车辆全部被分流到 106、107 等省道和国道, 造成一些路段出现堵车现象, 但没有引发大面积堵车, 没有造成重大交通事故及人员伤亡。郑州新郑机场因大雾封闭近一天, 造成 40 个进出港航班被迫取消, 滞留旅客最多时达到 3000 人。
2008 年 5 月 16-18 日	雷雨大风冰雹	开封	5 月 16 日夜间~18 日, 焦作、新乡、郑州、开封、周口、南阳、驻马店等 7 个省辖市的 14 个县(市)相继遭受雷雨、大风和冰雹袭击, 其中尉氏县最大风力达 10 级, 最大风速为 28.3 米/秒。这次大范围强对流天气造成大面积小麦严重倒伏, 对正处于灌浆期的小麦影响较大。共造成农作物受灾面积 105.52 千公顷, 其中绝收面积 16.07 千公顷, 损坏房屋 1069 间, 有 20 多万棵树木被大风刮倒折断, 造成直接经济损失 2.076 亿元, 其中农业直接经济损失 1.766 亿元。
2009 年 4 月 15 日	浮沉扬沙	开封	4 月 15 日, 除豫西三门峡、洛阳外, 全省大部分地区都出现了 5~6 级的东北风, 新乡、鹤壁、郑州、开封、许昌、平顶山、漯河、周口、驻马店 9 市的部分县(市)还出现了浮尘和扬沙。受冷空气影响, 全省气温下降 10℃左右。
2009 年 6 月 3 日	雷雨大风冰雹	开封	6 月 3 日下午到夜里, 我省北部和东部先后遭受了雷电、短时大风、局地冰雹等强对流天气袭击, 特别是开封、商丘等地出现了罕见的强飚线天气, 全省有 42 县市出现雷电, 19 县市出现了 17 米/秒以上的短时大风, 开封、济源 3 市的 14 个县(市、区)受灾, 倒塌房屋 5100 间, 紧急转移安置 1546 人, 因灾死亡 24 人(商丘 20 人, 开封和济源各 2 人), 89 人重伤, 造成直接经济损失 16.09 亿元。

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
2009 年 6 月 14 日	雷雨 大风 冰雹	开封	6 月 14 日下午到夜里, 商丘、开封、周口 3 市再次遭受雷雨、大风和冰雹袭击, 开封市区及通许、开封 2 县、周口市商水、西华、项城、太康、川汇等 5 个县(市、区)的部分农作物受灾。
2009 年 8 月	雷雨 大风	开封	8 月 28 日~29 日, 我省再次出现强对流性天气, 中南部和豫东的部分县市相继遭受暴雨、大风袭击, 漯河、驻马店、周口、开封、商丘、信阳等地受灾严重。
2010 年 1 月	大风	开封	1 月 12 日, 我省西部、中部等地出现大风并伴有降温, 其中三门峡、洛阳、郑州、开封、平顶山、济源、焦作等地风力达 6~7 级, 个别地区瞬时风力达 8 级。
2010 年 1 月 18-20 日	大雾	开封	18~20 日, 全省持续出现大雾天气。18 日, 我省的中部、南部出现浓雾, 其中许昌能见度不足 40 米, 在开封市区南部的 310 国道也发生了多起交通事故, 致使车辆严重堵塞。
2010 年 2 月 7-10 日	大雾	开封	2 月 7~10 日, 我省多次出现大雾天气, 尤其在 8 日, 全省大部分地区都被雾气弥漫, 大雾主要分布在商丘、开封、濮阳、安阳、鹤壁、新乡、洛阳、三门峡、平顶山、信阳等地, 其中林州最小能见度 30 米, 濮阳最小能见度 50 米。受大雾影响, 10 多条高速路被迫实行交通管制。
2010 年 3 月 20 日	大风	开封	3 月 20 日的大风、沙尘天气不仅给工农业生产和群众财产造成了一些经济损失, 也使空气质量明显下降。据环保部门监测显示, 全省 18 个省辖市除开封、信阳外, 其他城市的空气质量都达到污染等级, 其中济源为中度重污染, 郑州、安阳为中度污染, 为今年以来空气质量最差的一天。
2010 年 9 月 5 日	暴雨 洪涝	开封	9 月 5 日 14 时到 8 日 08 时, 我省出现大范围强降水过程, 黄淮之间的大部分地区降水持续时间长达 40 多个小时, 开封(109 毫米)突破了历史上 9 月份日雨量极值。开封市的通许、兰考、杞县、受灾较为严重。
2010 年 11 月	干旱	开封	从全省 119 个墒情监测站 0~20cm 实测土壤墒情资料来看, 全省有 32 个测站出现了旱情, 占墒情监测总站点的 26.9%, 其中开封为重旱。
2012 年 4 月 23-24 日	暴雨	开封	4 月 23~24 日, 全省普降中~大雨, 暴雨区呈东北、西南向分布于开封~漯河~许昌~南阳一带, 共有 15 个站出现暴雨, 其中方城(141.4 毫米)、临颖(106 毫米)2 站为大暴雨。
2012 年 5 月 13 日	大雾	开封	5 月 13 日早上, 连霍高速公路开封段因雨后大雾导致发生 17 起车辆追尾事故, 造成 4 人死亡, 9 人重伤。
2013 年 4 月	干旱	开封	4 月, 全省气温偏高, 降水量偏少, 上旬仅在 4 月 5 日出现降水, 全省平均降水量 4 毫米。尤其 4 月 12~17 日, 气温持续偏高, 三门峡、洛阳、济源、平顶山、南阳、开封、许昌等地区有 2 万多人及 5400 余头大牲畜出现饮水困难。
2013 年 8 月	干旱	开封	7 月下旬至 8 月下旬初, 全省持续高温少雨天气, 其中信阳大部、洛阳、郑州、平顶山、许昌 4 市交界地带和开封、南阳、驻马店 3 市局部偏少 8 成以上。
2013 年 9 月	干旱	开封	今年 6~9 月, 全省降水持续偏少, 6 月 1 日~9 月 30 日全省平均降水量较常年偏少 32%, 为 2000 年以来同期最少值。截止 9 月 30 日, 全省出现了中~重度的气象干旱,

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
			其中豫北部分县(市)及沿黄和中西部地区为重旱,济源、三门峡、洛阳、郑州、开封 5 市局部出现特旱。
2014 年 7 月	雷电大风风雹	开封	7 月 29-30 日,新乡、焦作、郑州、洛阳、开封、商丘、漯河、信阳等多地出现雷电大风强降水,局部区域出现风雹灾害,延津在 29 日下午出现飚线。受强降水和大风影响,省内 8 条 500 千伏线路故障跳闸,部分市区电力中断,多地农作物倒伏、树木折断、房屋、厂房、蔬菜大棚等严重受损,城市多处积水,城市道路交通等受到影响。
2014 年 7 月	干旱	开封	气象干旱综合指数(MCI)监测显示(图 13),29 日,全省 95.4%的站点达轻度以上干旱,88.1%的站点达中度以上干旱,59.6%的站点达到重度以上干旱,23.9%的站点达到特旱。其中黄淮间的大部为重度以上旱情,平顶山、许昌、漯河、周口、开封 5 市大部,郑州、焦作、洛阳、商丘、驻马店、南阳 6 市的局部达特旱级别
2015 年 4 月 3 日	大雾	开封	4 月 3 日早上,郑州、开封、许昌等 11 地市的部分县市和巩义、汝州、邓州等 8 个直管县出现能见度低于 500 米的雾,局部能见度低于 200 米,此次大雾天气给交通造成一定程度的影响。受大雾影响,省内多条高速临时关闭,新郑国际机场多个航班延误。
2015 年 6 月	干旱	开封	5 月中旬至 6 月中旬,全省降水量明显偏少,其中豫北大部、中东部偏北地区降水量在 30 毫米以下,较常年同期偏少 7 成~10 成;特别是新乡、郑州、开封 3 市大部及焦作局部降水量不足 10 毫米,较常年同期偏少 9 成~10 成。
2015 年 8 月	大风冰雹强降水	开封	8 月 22 日~26 日,受强对流天气影响,三门峡灵宝市、卢氏县,开封市祥符区,濮阳市濮阳县,平顶山市郟县,南阳市西峡县、内乡县,洛阳市孟津县,驻马店市西平县,济源市和省直管县的长垣,滑县先后遭受大风、强降水、冰雹袭击。
2015 年 11 月	暴雪	开封	23 日 08 时~25 日 05 时,全省平均降雪(雨)量 21 毫米,北中部大部分地市平均降雪(雨)量均在 10 毫米以上,郑州、开封、商丘、洛阳、济源、焦作和新乡 7 地市平均降雪量超过 20 毫米。
2016 年 6 月 7 日	强对流	开封	6 月 7 日 15 时~8 日下午 14 时,邓州市,开封市尉氏县,新乡卫辉市、获嘉县、卫滨区,焦作市武陟县、温县,商丘市睢县,鹤壁市浚县,许昌市鄢陵县等相继出现强对流天气,多地刮起大风并且伴随大雨。
2016 年 9 月	干旱	开封	南阳市社旗县、宛城区、镇平县,开封市祥符区,洛阳市伊川县、汝阳县、栾川县、嵩县,平顶山郟县、宝丰县、鲁山县,焦作孟州市以及省直管的邓州市、固始县自 7 月以来一直无明显降水,高温少雨造成土地干旱,尤其是玉米、花生、红薯、红萝卜、辣椒、烟叶等受灾严重。全省农作物受灾面积 114 千公顷,成灾面积 64.9 千公顷,受灾人口约 119 万人,农业经济损失 4.4 亿元。
2016 年 11 月	霾	开封	17~20 日,黄河以北及郑州、洛阳、开封 3 市出现连续 4 天重污染天气。
2017 年 5 月 22 日	大风强降雨	开封	5 月 22 日 16 时 34 分至 23 日凌晨,洛阳、济源、鹤壁、驻马店、开封、周口、濮阳、许昌、郑州、焦作、新乡、漯河的 44 个县(市、区)和巩义、汝州、滑县、长垣省直

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
			管县（市）共 325 个乡镇相继出现大风和强降雨天气。
2017 年 7 月 30 日	暴雨	开封	7 月 30 日，南阳、郑州、开封、新乡一带局部出现区域性暴雨过程，郑州地区平均降水量达 48 毫米，由于此次降水过程雨量集中，郑州城区出现城市内涝，部分路段积水深度达 30 厘米，造车过往车辆抛锚，交通大面积拥堵。
2017 年 7 月	干旱	开封	月内，降水分布不均，气象干旱呈阶段性发展。月初气象干旱发展迅速，开封局地出现旱情，据省救灾办统计，开封市祥符区农作物因旱受灾 1366.67 公顷，成灾 1240 公顷。
2017 年 8 月	干旱	开封	许昌禹州市，开封市祥符区，洛阳市宜阳、栾川、新安、洛宁县，南阳市新野县、卧龙区、南阳新区，三门峡灵宝市、义马市、渑池县以及邓州市自 6 月以来一直没有出现透墒雨，高温少雨致使土壤水分蒸发量大，部分农作物和经济作物受旱。
2017 年 8 月	暴雨 洪涝	开封	周口市郸城县，商丘市柘城县，开封市祥符区，濮阳市台前县以及兰考县持续降下大到暴雨并伴随雷电大风，导致作物倒伏或减产。
2017 年 8 月 9-10 日	风雹	开封	8 月 9-10 日，开封市通许县、尉氏县、杞县，安阳林州市，商丘市柘城县，周口市太康县以及鹿邑县相继遭遇大风、冰雹和强降雨天气，共造成 7.8 万人受灾，因灾死亡 4 人，农作物受灾面积 6.5 千公顷，成灾面积 5.2 千公顷，房屋倒塌 1 户 1 间，直接经济损失 7751 万元，其中农业直接经济损失 2843 万元。开封市通许县、尉氏县、杞县受灾严重，大批树木被连根拔起或拦腰折断，树木砸在供电线路上，对供电设施造成严重破坏，当日共发生 10 千伏及以上线路跳闸 64 条次，停电台区 1564 个，影响用户 22.679 万户。
2017 年 12 月	霾	开封	12 月 27-29 日，郑州、开封、平顶山、安阳、漯河、南阳、信阳、周口、驻马店 9 个省辖市连续 3 天出现重度以上污染。
2018 年 3 月	大风	开封	3 月 15 日，开封市平均风力 5~6 级，最大瞬时阵风 10 级，大风引起的高空坠物致 1 人死亡。
2018 年 4 月	寒潮	开封	低温冷冻造成安阳市汤阴县，濮阳市经济技术开发区、范县、清丰县和开封市祥符区正处于抽穗期的冬小麦、果树和蔬菜、水果等作物生长不同程度受损，对农作物的生产造成很大影响。造成全省 57.9 万人受灾，农作物受灾面积 47.1 千公顷，农业直接经济损失 3.1 亿元。
2018 年 5 月	雷暴 大风	开封	2018 年 5 月 15-16 日，我省新乡、焦作、濮阳、三门峡、商丘、周口市、郑州、驻马店、开封的 29 个县（市、区）和省直管的滑县、巩义市相继出现雷暴大风并伴有局地雷电，局地冰雹等强对流天气过程。
2018 年 8 月 18-19 日	暴雨	开封	18-19 日，受台风“温比亚”登陆后减弱的台风低压和西风带低槽共同影响，我省京广线及其以东地区出现今年汛期最强的降水过程。过程降水量 89.2 毫米，商丘大部、周口和开封局部地区达到 250 毫米以上。

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
2018 年 11 月	大雾	开封	11 月 27-29 日, 我省京广线以东地区出现大雾, 商丘、周口、开封、漯河、许昌、驻马店六地区大部出现能见度小于 200 米的强浓雾, 部分地区出现能见度小于 50 米的特强浓雾。
2019 年 2 月 13-14 日	大雪	开封	2 月 13-14 日, 我省淮河以北出现明显降雪, 淮河以南出现小雨, 新乡、焦作、济源、洛阳、郑州、开封、平顶山、许昌、漯河、周口、商丘等 11 市部分县(市)出现大雪, 尉氏出现 10.9 毫米暴雪, 郑州降雪 7.9 毫米。淮河以北大部分地区积雪深度为 2~4 厘米, 其中新乡、焦作、济源、郑州、开封五市和商丘西部部分县(市)积雪深度达 5~10 厘米, 郑州市区积雪深度为 5 厘米。
2019 年 5 月 13 日	大风冰雹	开封	5 月 13 日, 开封市祥符区遭受大风及强降雨冰雹天气, 万隆、半坡店、范村、陈留、朱仙镇等五个乡镇不同程度受灾。受灾人口 7.3 万人; 受灾面积 7.3 千公顷, 成灾面积 5.4 千公顷; 农业经济损失 2567.15 万元。
2019 年 6 月 4-6 日	大雨	开封	受强对流天气影响, 6 月 4-6 日, 我省安阳、濮阳、郑州、开封、周口、漯河、平顶山、驻马店 8 市部分县普降中到大雨, 局地暴雨, 并伴有雷暴、大风、冰雹等强对流天气。
2019 年 7 月	干旱	开封	6 月份以来, 开封市兰考县河道来水不断减少, 土壤失墒严重, 给当地农业生产带来较大影响。
2019 年 8 月	暴雨洪涝	开封	8 月 1 日, 全省大部出现中雨, 京广线以东及豫西南部分地区出现大到暴雨, 局地大暴雨过程。开封范村日降水量最大, 达 207 毫米。郑州、开封、驻马店等地强降水持续 3~4 小时, 小时雨强多在 60 毫米以上, 8-12 日开封市祥符区遭受强降水天气, 局部暴雨, 降水量最高达到 180 毫米, 仇楼镇、西姜寨乡、黄龙园区 3 个乡镇农作物受灾面积 1989.46 公顷, 成灾面积 1949.86 公顷, 绝收面积 20 公顷, 受灾人口 19891 人, 造成经济损失 2072.09 万元。
2019 年 8 月 1-2 日	风雹	开封	强对流天气造成玉米大面积倒伏, 蔬菜不同程度受损, 部分大棚倒塌, 南阳、洛阳、郑州、驻马店、开封、平顶山、济源 7 市部分县区 7.98 万人受灾, 农作物受灾面积 6.3 千公顷, 其中成灾面积 4.2 千公顷, 绝收面积 0.7 千公顷, 直接经济损失 4761.6 万元, 其中农业损失 4578.9 万元。
2019 年 12 月 21-25 日	霾	开封	12 月 23 日和 25 日, 受冷空气扩散南下影响, 全省污染程度加剧, 大范围达重度污染, 其中安阳、鹤壁、焦作、济源、许昌、开封等地出现严重污染。
2020 年 1 月 5-7 日	大雪	开封	1 月 5-7 日降雪对开封杞县和通许县部分蔬菜大棚和养殖场受到不同程度损害。
2020 年 4 月	寒潮	开封	月内, 我省冷空气活动频繁, 4 月 3 日、10-12 日、18-19 日、21-24 日、26-28 日均出现大范围冷空气过程, 其中 4 月 10 日安阳、汤阴、长垣、郑州、中牟、开封等 6 县(市)最低气温降至 4℃ 以下, 出现寒潮。
2020 年 4 月 9-10 日	大风冰雹	开封	4 月 9-10 日, 受较强冷空气和高空西南气流的共同影响, 濮阳、洛阳、开封等地出现大风、冰雹天气。受此天气影响, 开封市通许县、尉氏县局部风力达 6-7 级。
2020 年 6 月	干旱	开封	干旱灾害造成我省洛阳、平顶山、周口、开封、南阳、驻马店、信阳 7 市 21 县 159 个乡镇 135 万人受灾, 农作物受灾面积 89.1 千公顷, 成灾面积 38.7 千公顷, 绝收面积

附录 A 近 50 年开封市精细化工产业集聚区周边地区气象灾害调查

时间	灾害	灾害发生地	灾害情况
			1.0 千公顷，农业直接经济损失 2.63 亿元，部分山丘区农村出现临时性人畜饮水困难。
2020 年 7 月	干旱	开封	7 月 4-5 日，新乡、焦作、郑州和开封部分地区出现暴雨、局地大暴雨并伴有短时大风强对流天气。其中，焦作修武最大降水量 115.5 毫米；新乡获嘉县最大降水量 192.4 毫米，局地极大风速 28.9 米/秒。
2021 年 1 月 6-8 月	寒潮	开封	2021 年 1 月 6-8 日，林州、焦作、郑州、开封、周口等 39 个县（市）达到或突破 2000 年以来 1 月最低气温历史极值。
2021 年 2 月 20-21 日	高温	开封	2 月 20-21 日，安阳、焦作、南阳、洛阳、郑州、开封等 12 市 48 站连续 2 天突破历史同期极值。
2021 年 7 月	极端暴雨	开封	2021 年 7 月 17 日至 22 日，河南省出现历史罕见的极端暴雨，12 条河流发生超警洪水，豫北 9 处蓄滞洪区启用 8 处，郑州、新乡等城市发生严重内涝，隧道漫灌、地铁停运，供水、电力、交通、通讯一度中断，造成重大人员伤亡和巨大财产损失。受郑州暴雨影响，贾鲁河发生超历史水位洪水并开闸泄洪，开封、周口贾鲁河沿线被淹。
2021 年 9 月 23 日	暴雨	开封	9 月 23 日 20 时到 25 日 07 时，受西太平洋副热带高压外围西南气流和冷空气南下共同影响，我省淮河以北大部出现暴雨，南阳、平顶山、濮阳、开封、鹤壁出现大暴雨。

注：2010 年后灾情有待进一步核实。

附录 B 指标参数的权重和隶属度计算

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

建立递阶层次结构

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

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

准则层 (子准则层) 元素可以支配子准则层 (方案层) 的所有元素或是其中的部分子准则层 (方案层) 元素。递阶层次结构中的层次数取决于研究问题的复杂程度及对结果要求的详尽程度, 没有统一的规定。另外, 各个层次中每个元素所支配的下一层次元素不宜太多,

因为支配的元素越多，它们中两两之间的相对重要性越是不容易判断。构建层次结构是 AHP 法的第一步，其合理性直接取决于决策者对问题的认识程度，对问题的解决起着非常重要的作用。

(2) 构造两两判断矩阵

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

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

$$a_{ij} > 0 ;$$

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

$$a_{ii} = 1。$$

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

(3) 单一准则下元素相对权重的计算以及判断矩阵的一致性检验。

1. 权重的计算

判断矩阵 A 对应于最大特征值 λ_{\max} 的特征向量 W，经归一化后便得到同一层次相应因素对于上一层次某因素相对重要性的权值。计算判断矩阵最大特征根和对应特征向量，并不需要追求较高的精确度，这是因为判断矩阵本身有相当的误差范围。而且优先排序的数值也是定性概念的表达，故从应用性来考虑也希望使用较为简单的近似算法。

II. 一致性检验

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

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

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

其中， λ_{\max} 为判断矩阵 A 的最大特征根。

- ii 查找平均随机一致性指标 R.I(Random Index)

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

表1 1-15阶正互反矩阵计算1000次得到的平均随机一致性指标

矩阵阶数	R.I
1	0
2	0

矩阵阶数	R.I
3	0.52
4	0.89
5	1.12
6	1.26
7	1.36
8	1.41
9	1.46
10	1.49
11	1.52
12	1.54
13	1.56
14	1.58
15	1.59

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

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

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

(4) 各层次元素的组合权重计算以及总的一致性检验。

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

(5) 评估模型的建立

对园区的雷击安全现状评估采用层次分析法(AHP), 评估指标体系是区域雷击风险评估的基础, 参照其他行业风险评估体系, 结合雷电风险源, 构建三层层次结构模型。主要从评估区域的雷电风险环境、地域风险环境和承灾体风险三个方面入手, 形成一级指标。一级

指标是雷击风险的最主要影响因素，根据一级指标的属性，设有二级指标，二级指标可设三级指标。基于层次化原则，综合考虑雷击风险因子，区域雷击风险评估的层次结构模型如图 1：

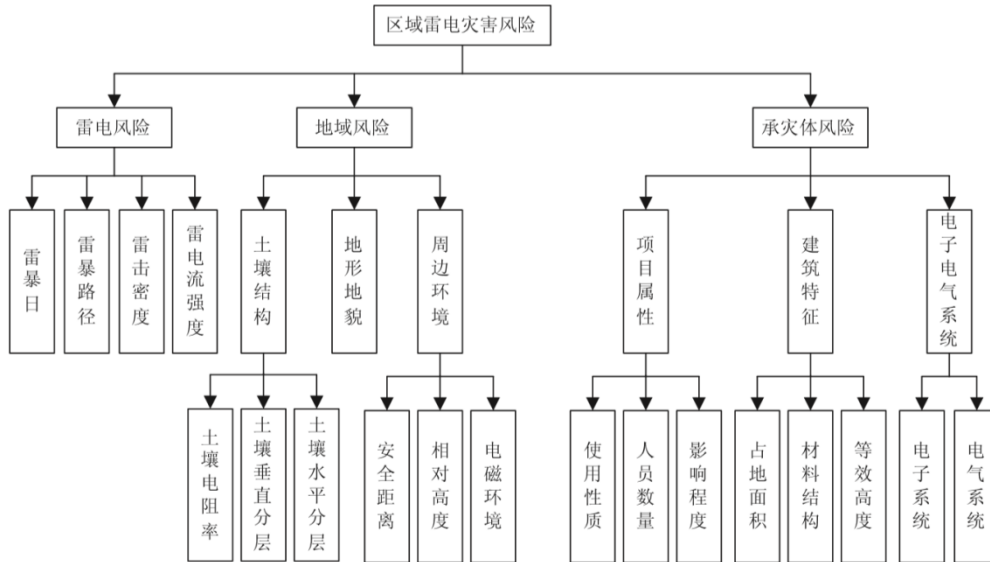


图 1 层次分析模型

(6) 指标参量的权重分析

各二级指标权重计算如表 2：

表 2 各指标权重

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

一级指标的权重矩阵如下：

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

(7) 评估指标的隶属度矩阵 R 的计算分析

隶属度矩阵 R 由雷电风险、地域风险和承灾体风险等致灾因子的隶属度组成。

a) 雷电风险的隶属度

$$B_1 = [0.026 \quad 0.144 \quad 0.669 \quad 0.162 \quad 0]$$

b) 地域风险的隶属度

$$B_2 = [0.692 \quad 0.02 \quad 0 \quad 0.169 \quad 0.118]$$

c) 承灾体风险隶属度

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

d) 隶属度矩阵

$$R = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} & B_{14} & B_{15} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} & B_{24} & B_{25} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} & B_{34} & B_{35} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.026 & 0.144 & 0.669 & 0.162 & 0 \\ 0.692 & 0.02 & 0 & 0.169 & 0.118 \\ 0 & 0.035 & 0.51 & 0.02 & 0.436 \end{bmatrix}$$

(9) 综合评价矩阵 B 的计算

$$B = W \cdot R = [0.101 \quad 0.103 \quad 0.551 \quad 0.13 \quad 0.115]$$

(10) 区域雷电综合评价等级计算

$$\begin{aligned} g &= b_1 + 3 \times b_2 + 5 \times b_3 + 7 \times b_4 + 9 \times b_5 \\ &= 0.101 + 3 \times 0.103 + 5 \times 0.551 + 7 \times 0.13 + 9 \times 0.115 \\ &= 5.11 \end{aligned}$$

表3 区域雷击风险评估分级标准

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

附录 C 风险矩阵法

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

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

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

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

(1) P—发生的可能性

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

表 C.1 灾害风险可能性等级分值

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

(2) C——事件后果的严重性

针对自然灾害风险事件可能造成后果的严重性，根据对人的影响、

对设备的影响以及对生产的影响三个方面进行后果严重性等级划分。按照事件的后果严重情况分为“非常严重、严重、一般、轻微”四个级别，相对应的评分分别为 1、2、3、4。

表 C.2 灾害事件造成后果分析等级划分

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

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

表 C.3 灾害风险后果严重性等级分值

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

（3）风险分级矩阵

根据灾害风险事件的可能性等级分值 P 和灾害风险事件的后果

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

表 C.4 灾害风险分级矩阵

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

附录 D 天气、气候名词解释

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