内蒙古乌海高新技术产业开发区
海勃湾产业园
区域气候可行性论证报告

(公示版)

内蒙古自治区气候中心

2022 年 4 月

机构信用等级证书

CERTIFICATE OF INSTITUTION CREDIT GRADE

内蒙古自治区气候中心：

中国气象服务协会委托北京国富泰信用管理有限公司对内蒙古自治区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：201911167625249
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.bcpcn.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、有效期内企业改变名称的，必须持证到发证单位办理变更手续。
If the enterprise changes name in the period of validity,it shall take the certificate to the issue unit to go through the formalities for the change.

4、本证书只证明企业在有效期内的信用状况，不作他用。
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: 复审通过 2021.11.9

中国气象服务协会
China Meteorological Service Association
中国国际电子商务中心
China International Electronic Commerce Center
北京国富泰信用管理有限公司
China National Credit Information Service Co., Ltd.
（央行企业征信业务经营备案证号：10013）
（国家发改委信用体系建设合作信用机构）

正标联信认证服务

质量管理体系认证证书

注册号：19Q031R0S

内蒙古自治区气候中心(内蒙古自治区气象环境影响评价中心)

统一社会信用代码：12150000460043730D

注册地址：呼和浩特市新城区海拉尔大街 49 号　邮编：010051

办公地址：呼和浩特市新城区海拉尔大街 49 号　邮编：010051

经营地址：呼和浩特市新城区海拉尔大街 49 号　邮编：010051

管理体系符合

GB/T19001-2016idtISO9001:2015 质量管理体系标准

该体系认证所覆盖的范围

重点工程项目的气候可行性论证及气候保障服务、气候资源开发利用和气候变化分析、气候监测诊断、短期气候预测、气候影响评价与气候灾害评估

初次获证日期：2019 年 04 月 04 日

签发日期：2019 年 04 月 04 日

有效日期：2022 年 04 月 03 日

证书有效期内，获证组织须每年至少接受一次监督审核。本证书可在国家认证认可监督管理委员会网站（ www.cnca.gov.cn）及正标联信(北京)认证服务有限公司网站（www.zbciso.com）查详细信息，也可扫描二维码查询。

签发：

正标联信（北京）认证服务有限公司

地址：北京市丰台区南三环西路 91 号院 1 号楼 10 层 2 单元 1109

电话：010-63261191

项目委托单位：　乌海经济开发区海勃湾产业园管理委员会

项目承担单位：　内蒙古自治区气候中心

项目负责人：	达布希拉图	内蒙古气候中心	正高级工程师
	高春香	内蒙古气候中心	正高级工程师
	高志国	内蒙古气候中心	高级工程师
技术负责人：	马圆	内蒙古气候中心	助理工程师

参加人名单	任职单位	技术职称	任务分工	签字
孙玉	内蒙古气候中心	高级工程师	工程参数推算	
刘啸然	内蒙古气候中心	助理工程师	项目概况与特征分析	
赵悦晨	内蒙古气候中心	工程师	局地气候影响分析	
马玉峰	内蒙古气候中心	高级工程师	暴雨强度公式	
杨司琪	内蒙古气候中心	助理工程师	气候适宜性分析	
刘晓东	内蒙古雷电预警中心	正高级工程师	雷电风险评估	
杨晶	内蒙古气候中心	高级工程师	灾害风险评估	
高晶	内蒙古气候中心	高工	大气环流分析	
孟玉婧	内蒙古气候中心	工程师	暴雨淹没模型	
刘新	内蒙古气候中心	工程师	大气自净能力	
石茹琳	内蒙古雷电预警中心	助理工程师	雷电风险评估	
张洪杰	乌海市气象局	高级工程师	外场踏勘	
陈强	乌海市气象局	工程师	外场踏勘	
张莉	乌海市气象局	助理工程师	外场踏勘	

证书编号：　**机构信用等级证书 201911167625249**

质量管理体系认证证书 19Q031ROS

联系方式：　**0471-3335843**

地址：　**呼和浩特市新城区海拉尔大街 49 号**

声　明

1.《内蒙古乌海高新技术产业开发区海勃湾产业园区域气候可行性论证报告》（简称本报告）是内蒙古自治区气候中心受乌海经济开发区海勃湾产业园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内蒙古自治区气候中心所有。

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内蒙古乌海高新技术产业开发区海勃湾产业园项目使用。

3.本报告中区域气候可行性论证结论，仅限于区域内符合已有规划的入驻项目使用。

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、大气再分析数据、气象灾害风险普查等多源数据，按照国家或行业相关技术规范统计分析得出，超出规定值的气象风险是存在的。受模式等多种因素影响，参数模拟推算存在一定的不确定性。

5.本报告中提出的气象防灾减灾措施和对策建议，仅供内蒙古乌海高新技术产业开发区海勃湾产业园的整体规划、建设项目的规划设计及运营维护参考使用，不能替代规划或建设项目的具体设计意见。

6.本报告自批准之日起有效期10年，即自2022年4月1日起至2031年3月31日止。其间若出现重大气象灾害并造成严重影响或者论证区域规划有重大调整的，须重新开展区域性气候可行性论证评估。

7.本报告有承担单位盖章方有效。

8.对本报告若有异议，应于收到本报告之日起15个工作日内向承担单位提出。

内蒙古自治区气候中心

2022年4月1日

目　　录

1 概述.....1

1.1 项目来源.....1

1.2 工作目的.....2

1.3 编制依据.....2

1.3.1 政策法规.....3

1.3.2 标准规范.....4

1.3.3 其他.....5

1.4 术语.....5

2 项目概况及特征.....8

2.1 海勃湾产业园基本情况.....8

2.1.1 海勃湾产业园规模及批复.....8

2.1.2 海勃湾产业园论证范围.....9

2.1.3 海勃湾产业园规划方案.....9

2.1.4 海勃湾产业园发展现状.....15

2.2 海勃湾产业园区及其周边气象灾害历史事件.....18

2.3 企业座谈及现场调查.....20

2.3.1 企业座谈.....20

2.3.2 现场调查.....21

2.4 关键气象因子及高影响天气现象选择.....25

2.4.1 气象敏感度调查结果.....25

2.4.2 关键气象因子及高影响天气现象选择.....27

3 参证站确定及资料说明.....27

3.1 资料内容和来源.....30

3.2 参证站选取原则.....32

3.3 参证气象站选取.....33

3.3.1 参证气象站的比选.....34
3.3.2 参证气象站代表性分析.....40
3.3.3 参证气象站准确性分析.....47
4 气候适宜性评价.....50
4.1 大气环流特征.....50
4.1.1 春季大气环流特征.....50
4.1.2 夏季大气环流特征.....52
4.1.3 秋季大气环流特征.....54
4.1.4 冬季大气环流特征.....55
4.1.5 大气环流小结.....57
4.2 主要天气系统.....57
4.2.1 蒙古气旋.....57
4.2.2 蒙古冷高压.....58
4.2.3 乌拉尔山高压脊.....58
4.2.4 西风槽.....58
4.2.5 东亚大槽.....58
4.2.6 暖湿切变.....58
4.2.7 西太平洋副热带高压.....58
4.3 气候特征.....59
4.3.1 气温.....59
4.3.2 降水.....65
4.3.3 风向风速.....68
4.3.4 气压.....74
4.3.5 日照.....78
4.3.6 相对湿度.....80
4.3.7 大气扩散能力.....82
4.3.8 大气自净能力.....84
4.4 本章小结.....92
5 高影响天气.....95

5.1 雷电 95
5.1.1 雷电的气候特征 95
5.1.2 雷电危险性空间分布特征 96
5.1.3 雷电灾害防御建议 99
5.2 暴雨 102
5.2.1 暴雨的气候特征 103
5.2.2 产业园暴雨危险性空间分布特征 109
5.2.3 暴雨洪涝淹没风险及影响 110
5.2.4 暴雨洪涝灾害的防御建议 114
5.3 大风 116
5.3.1 大风气候特征 116
5.3.2 产业园大风危险性空间分布特征 117
5.3.3 大风的影响及危害 118
5.3.4 大风灾害防御建议 119
5.4 沙尘天气 120
5.4.1 沙尘天气的气候特征 120
5.4.2 产业园沙尘危险性空间分布特征 125
5.4.3 沙尘天气的影响及危害 125
5.4.4 沙尘天气防御建议 126
5.5 低温 127
5.5.1 低温日数 127
5.5.2 低温灾害危险性空间分布 128
5.5.3 低温灾害的影响及危害 129
5.5.4 低温灾害的防御建议 130
5.6 高温 131
5.6.1 高温日数 131
5.6.2 高温灾害危险性空间分布 132
5.6.3 高温灾害的影响及危害 133
5.6.4 高温灾害防御建议 133

5.7 雪灾 134
5.7.1 降雪的气候特性 135
5.7.2 积雪的气候特征 136
5.7.3 产业园雪灾危险性空间分布特征 138
5.7.4 降雪和积雪的影响及危害 139
5.7.5 雪灾防御建议 139
5.8 冻融 139
5.8.1 冻土的气候特征 139
5.8.2 冻土的影响及危害 143
5.8.3 冻融的防御建议 144
5.9 冰雹 145
5.9.1 冰雹日数 145
5.9.2 冰雹灾害空间分布 145
5.9.3 冰雹的影响 147
5.9.4 冰雹灾害的防御措施 148
5.10 逆温 150
5.10.1 逆温特征 150
5.10.2 逆温的影响 152
5.10.3 逆温的防御措施 153
6 园区建设对局地气候的影响 157
6.1 园区建设对局地气温的影响 **错误！未定义书签。**
6.2 园区建设对降水的影响 **错误！未定义书签。**
6.3 园区建设对湿度的影响 **错误！未定义书签。**
6.4 园区建设对风场的可能影响 **错误！未定义书签。**
6.5 总结 **错误！未定义书签。**
7 关键气象参数分析与推算 158
7.1 暴雨强度公式 158
7.1.1 暴雨强度公式简介 **错误！未定义书签。**

7.1.2 乌海市暴雨强度公式编制.....错误！未定义书签。
7.1.3 结论.....错误！未定义书签。
7.2 雷击风险评估..... 158
7.2.1 区域雷电环境评价.....158
7.2.2 区域雷电灾害风险评估.....164
7.2.3 结果分析.....169
7.3 风速极值推算..... 171
7.3.1 设计风速的概率计算.....172
7.3.2 海勃湾产业园设计风速推算.....173
7.3.3 风荷载.....173
7.3.4 不同高度不同重现期 10min 平均最大风速的推算..... 174
7.4 最高、最低气温极值及室外空气计算参数推算..... 175
7.4.1 不同重现期设计气温（高温）与极端最高气温的推算.....175
7.4.2 不同重现期设计气温（低温）与极端最低气温的推算.....177
7.5 降水极值推算..... 179
7.6 雪压极值推算..... 180
7.6.1 积雪密度的估算.....180
7.6.2 设计雪压的概率计算.....181
7.7 设计冻土深度推算..... 182
7.8 工业建筑供暖通风与空气调节室外空气参数推算..... 183
7.8.1 工业建筑供暖通风与室外空气计算参数及其统计方法.....183
7.8.2 工业建筑供暖通风与室外空气计算参数统计结果.....185
8 结论和建议.....187
8.1 结论..... 187
8.1.1 气候背景.....187
8.1.2 高影响天气分析.....189
8.1.3 关键气象参数分析及推算结果.....190
8.2 适用性分析及建议..... 192

8.2.1 规划建设阶段.....192
8.2.2 运营阶段.....194
8.2.3 不确定性分析：.....197
8.3 综合结论.....197
8.4 适用范围及建议.....198
参考文献.....199
附录 1 海勃湾产业园周边地区气象灾害调查.....200
附录 2 气象要素、高影响天气敏感度调查表.....202
附录 3 区域雷电灾害风险评估方法.....203
附录 4 极值推算方及拟合适度检验方法.....207
附录 5 权重大小确定方法.....209

1 概述

1.1 项目来源

内蒙古乌海高新技术产业开发区海勃湾产业园（原名：乌海经济开发区海勃湾工业园，以下简称“产业园”）位于内蒙古自治区乌海市千里山镇，产业园于1998年由内蒙古自治区人民政府批准建设，2001年正式启动开发建设，2003年被自治区政府确定为全区20个重点开发区之一，也是内蒙古沿黄河沿交通干线34个重点工业园区之一。2012年被自治区评定为工业循环经济试点示范园区，2014年被国家发改委评定为国家循环化改造示范园区，2016年被科技部评定为国家级众创空间，2017年被工信部评定为国家绿色示范园区。2021年8月6日内蒙古自治区工业和信息化厅发布《内蒙古自治区开发区审核公告目录》，将乌海市经济开发区命名为内蒙古乌海市高新技术产业开发区，分为四个区块，海勃湾工业园命名为海勃湾产业园，为四个区块中的一个。

为贯彻乌海市国土空间总体规划工作要求，深化、落实《乌海市国土空间总体规划（2021-2035）》，为使海勃湾工业园区千里山项目区的建设科学有序进行，实现管理精细化和用地集约化，为乌海市产业升级转型建设奠定良好的开局基础，特编制《乌海市海勃湾工业园区千里山项目区控制性详细规划》。

为了加快海勃湾产业园区打造“安全园区、绿色园区、低碳园区、智慧园区”的步伐，准确把握海勃湾产业园区所在区域的气候背景及气象灾害发生、发展规律，避免或减轻项目建设、运营和维护中因气象灾害造成的损失，乌海经济开发区海勃湾工业园管理委员会委托内蒙古自治区气候中心开展海勃湾产业园区域性气候可行性论证工作。在接受委托后，我单位立即成立编制工作组，搜集了海勃湾产业园区相关气象资料，并进行现场踏勘调研，按照海勃湾

产业园区性质、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，参照《区域性气候可行性论证技术指南》的要求，编制了该项目的技术大纲，并完成海勃湾产业园区域性气候可行性论证报告。

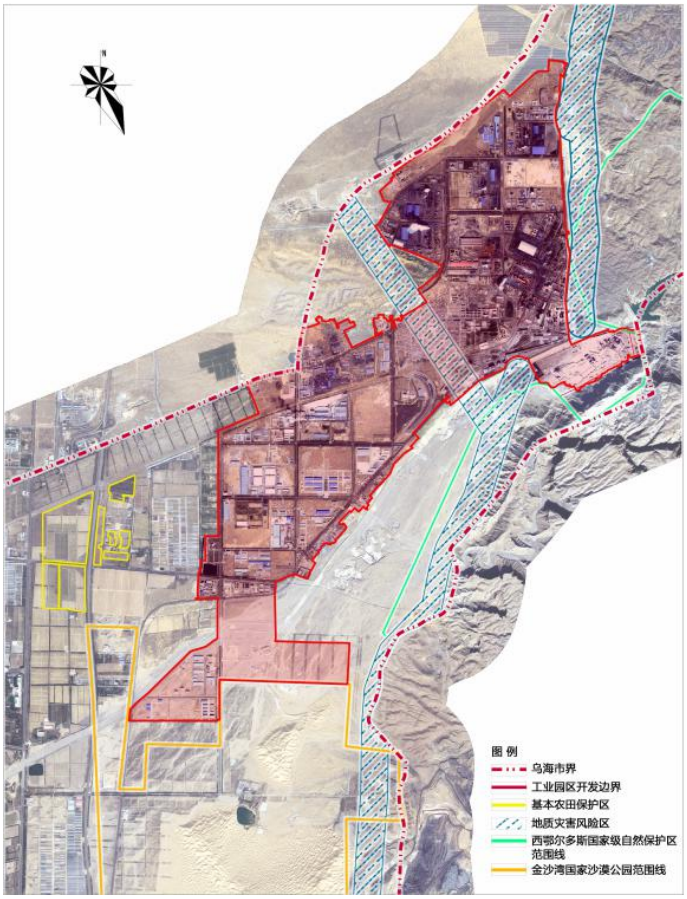


图 1.1-1 海勃湾产业园区边界范围图

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，海勃湾产业园（以下简称“产业园”）的规划设计、建设和运营对天气气候，特别是灾害性天气的敏感度和脆弱性加大。乌海及周边地区密集分布了多个工业园区，脆弱的生态环境和干旱少雨风沙大的气候条件，导致区域性结构性污染

突出、交叉污染严重、排放叠加效应明显。为落实碳达峰碳中和国家战略和改善乌海及周边地区生态环境双重目标，“十四五”期间，园区面临着加快推进产业低碳化转型和工业绿色发展的双重压力，园区企业将面临更加严格的环境和资源准入门槛，以及进一步降低单位增加值能耗、削减排放总量等多重约束。因此开展海勃湾产业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设计和建设遭受极端气象灾害的不利影响，对于其规划设计、建设和运营意义重大。

本报告以园区周边国家气象站以及区域自动站等观测资料为基础，结合闪电定位资料、历史灾情资料、卫星遥感数据和现场测试数据对园区所在区域的气候条件开展论证分析，从气象防灾减灾、气候资源利用的角度对海勃湾工业园区下一步规划、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》；

（2）《气象灾害防御条例》（中华人民共和国国务院令第 570 号）；

（3）中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于深入推进审批服务便民化的指导意见》；

（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）《气象设施和气象探测环境保护条例》（第 623 号国务院令）；

（6）《气候可行性论证管理办法》（中国气象局第 18 号令）；

（7）《气象信息服务管理办法》（中国气象局第 27 号令）；

（8）《内蒙古自治区气象条例》；

（9）《内蒙古自治区气象灾害防御条例》；

（10）《内蒙古自治区气候资源保护和利用条例》。

1.3.2 标准规范

（1）中国气象局预报与网络司，区域性气候可行性论证技术指南；

（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 436-2018 气候可行性论证规范 抗风参数计算；

（6）QX/T 437-2018 气候可行性论证规范 城市通风廊道；

（7）QX/T 449-2018 气候可行性论证规范 现场观测；

（8）QX/T 457-2018 气候可行性论证规范 气象观测资料加工处理；

（9）QX/T 497-2019 气候可行性论证规范 数值模拟与再分析资料应用；

（10）QX/T 529-2019 气候可行性论证规范 极值概率统计分析；

（11）QX/T 85-2018 雷电灾害风险评估技术规范；

（12）DB15/T 2040-2020 城市暴雨强度公式编制技术规范；

（13）GB/T 35221-2017 地面气象观测规范 总则；

（14）GB 21714.2-2015/IEC62305-2:2010 雷电防护第 2 部分：风险管理；

（15）GB 31221-2014 气象探测环境保护规范 地面气象观测站；

（16）GB/T 33669-2017 极端降水监测指标；

（17）GB/T 34293-2017 极端低温和降温监测指标；

（18）GB 50009-2012 建筑结构荷载规范；

（19）GB 50014-2006 室外排水设计规范；

（20）GB 50019-2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范；

（21）GB/T 20480-2006 沙尘暴天气等级；

（22）QX/T 118-2010 地面气象观测资料质量控制；

（23）QX/T 242-2014 城市总体规划气候可行性论证技术规范；

（24）QX/T 405-2017 雷电灾害风险区划技术指南。

1.3.3 其他

（1）《海勃湾产业园区产业发展规划（2021～2025）》

（2）《乌海市海勃湾区千里山产业园区控制性详细规划》

（3）《内蒙古气象灾害调查与风险评估技术细则（灾害调查类-第 3 版）》（内气普领发[2021]9 号）

（4）《内蒙古气象灾害调查与风险评估技术细则（评估与区划类）》（内气普领发[2021]17 号）

（5）《内蒙古乌海高新技术产业开发区海勃湾产业园区域可行性论证》（合同编号：NMGQHKXXLZ2021068）

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 1d 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 5d 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）暴雨日数：指 24 小时（20 时-20 时）降雨量≥50mm 的日数。

（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·km^{-2}·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，出现雷电流过高而对与大地连接的其他金属物品发生放电（又叫闪络）的现象。

（21）高影响天气：直接影响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。

（23）春季：3～5 月；夏季：6～8 月；秋季：9～11 月；冬季：12～次年 2 月。

2 项目概况及特征

2.1 海勃湾产业园基本情况

2.1.1 海勃湾产业园规模及批复

海勃湾产业园地处乌海市海勃湾城区北 18 公里处，东临鄂尔多斯市鄂托克旗，西隔黄河邻阿拉善盟阿拉善左旗，南接乌海市的乌达区、海南区，北靠蒙西高新技术开发区。属温带大陆性气候，年平均气温 9.8℃，年平均降水量是 158.6 毫米。产业园区包括主园区、综合加工区、煤炭洗选区和商砼区，控制性规划范围为主园区，总面积21.2424平方公里。其中城镇集中建设区15.4510平方公里，城镇弹性发展区 4.6585 平方公里，特别用途区 1.1329 平方公里。

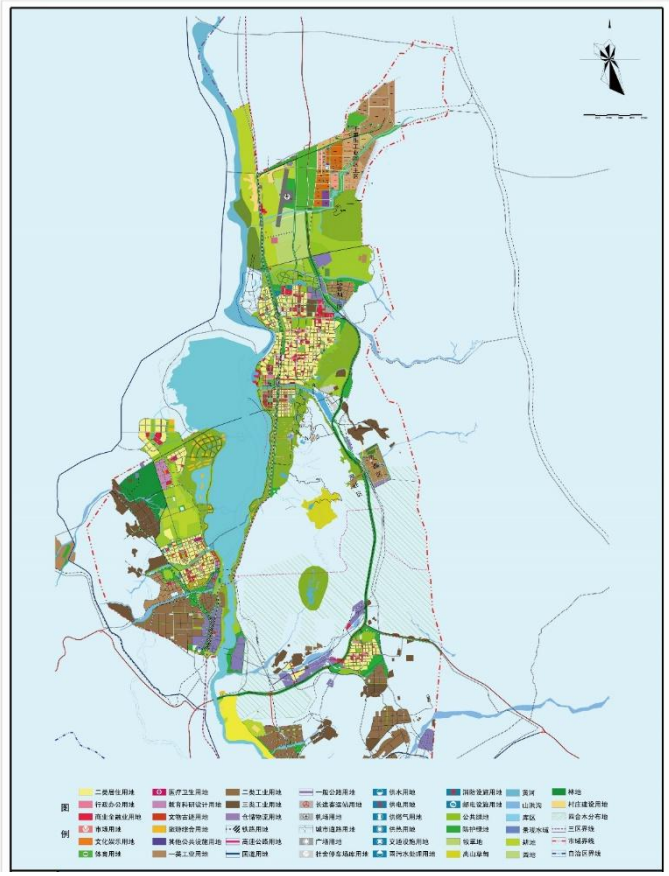
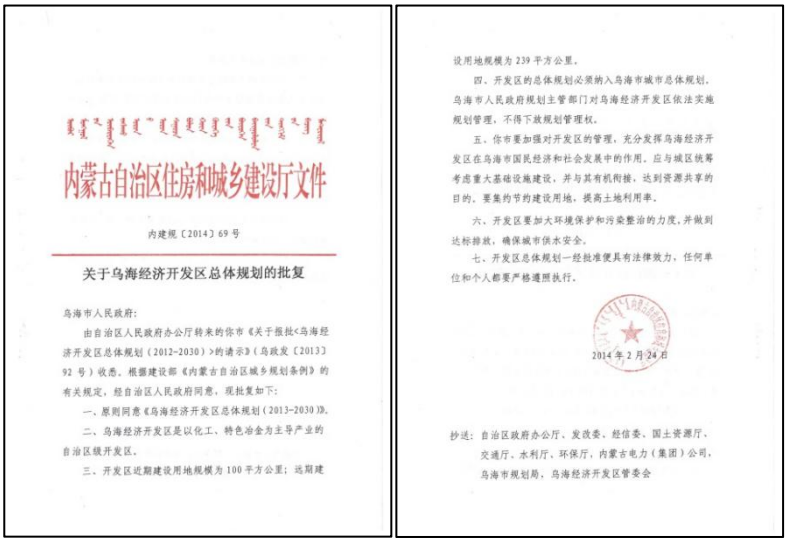


图 2.1-1 海勃湾产业园区规划范围图



内蒙古自治区住房和城乡建设厅文件

内建规〔2014〕69号

关于乌海经济开发区总体规划的批复

乌海市人民政府：

由自治区人民政府办公厅转来的你市《关于报批<乌海经济开发区总体规划（2012-2030）>的请示》（乌政发〔2013〕92号）收悉。根据建设部《内蒙古自治区城乡规划条例》的有关规定，经自治区人民政府同意，现批复如下：

一、原则同意《乌海经济开发区总体规划（2013-2030）》。

二、乌海经济开发区是以化工、特色冶金为主导产业的自治区级开发区。

三、开发区近期建设用地规模为100平方公里；远期建设用地规模为239平方公里。

四、开发区的总体规划必须纳入乌海市城市总体规划。乌海市人民政府规划主管部门对乌海经济开发区依法实施规划管理，不得下放规划管理权。

五、你市要加强对开发区的管理，充分发挥乌海经济开发区在乌海市国民经济和社会发展中的作用。应与城区统筹考虑重大基础设施建设，并与其有机衔接，达到资源共享的目的。要集约节约建设用地，提高土地利用率。

六、开发区要加大环境保护和污染整治的力度，并做到达标排放，确保城市供水安全。

七、开发区总体规划一经批准便具有法律效力，任何单位和个人都要严格遵照执行。

2014年2月24日

抄送：自治区政府办公厅、发改委、经信委、国土资源厅、交通厅、水利厅、环保厅、内蒙古电力（集团）公司、乌海市规划局、乌海经济开发区管委会

图 2.1-2 海勃湾产业园批复文件

2.1.2 海勃湾产业园论证范围

论证范围为海勃湾产业园区主园区，位于海勃湾建成区以北 18 公里处，西至京藏高速，东至西鄂尔多斯国家级自然保护区边界，南至金沙湾国家沙漠公园边界，北至乌海-鄂尔果斯行政边界，用地面积 21.2424 平方公里。

2.1.3 海勃湾产业园规划方案

规划目标：

（1）本次规划拟定的海勃湾产业园区的发展目标是：围绕优势资源的开发和转化，大力推动产业链条延伸、产业结构优化、产业转型升级，不断丰富工业产品线，原煤、焦炭、电石等初级产品不断向煤焦油、新型建材等深加工产品延伸，基本建成循环发展的产业体系，积极培育装备制造、新能源、新材料等新兴产业，新兴产业占工业增加值比重不断增长，“一煤独大”的格局明显转变，多极支撑的产业体系逐步形成。

（2）通过规划确定海勃湾产业园的功能布局与土地利用结构和道路、河流、绿地、管网等的系统与网络，为海勃湾产业园区开发建设和海勃湾产业园

区发展营运，提供物质环境支持和规划管理的依据，为海勃湾产业园区在实施产业转型升级和循环化改造两项重要任务上提供保障，为指导下一阶段海勃湾产业园区详细规划的落地实施提供依据。

基础设施建设方案

道路交通工程：规划产业园区由主干道构成“五横五纵”方格网式道路系统骨架。区内主干道红线为 20～35m，次干道红线为 12～20m，支路红线为 6～12m。

给水工程：取水水源主要为千里沟水库地表水、园区供水工程地下水及利用企业自备井开采地下水。规划采用综合生活用水量指标法、分类用地指标法对园区职工生活、工业及其它用水量分别进行预测，规划产业园综合用水量为 6.07 万立方米/日。规划供水管网采用环状和枝状相结合的布置形式，供水工程用水最大供水管径为 DN400，工业及其它用水最大供水管径为 DN1000，最小配水管径为 DN150。

排水规划：工业园区总污水量为 2.9 万立方米/日。排水体制采用雨污分流制。园区内现有污水处理厂两座，污水均排至现状污水处理厂统一处理。雨水经管网收集后，就近排入南侧的河流内。

供电工程：现有变电站 5 座，总供电能力 108.6 万千伏安。产业园规划期末用电负荷为总用电负荷为 1089.36 兆瓦。规划工业园区将新建恩和 220KV 变电站、生态 220KV 变电站以及大数据 110KV 变电站。中压配电网由 10 千伏线路和 10 千伏变电设施组成。

通信工程：远期规划职工人数为 3 万人，根据《城市通信工程规划规范》的相关要求，固定电话主线普及率预测指标取 40 线/百人，移动电话普及率预测指标取 100 卡号/百人，宽带用户普及率预测指标取 30 户/百人。则工业园区

固定电话用户为 1.2 万门，移动电话用户为 3.0 万卡号，宽带用户为 0.9 万户，总电信用户为 5.1 万户。按 500～1000 米的服务半径设置移动通信基站，各基站采用光缆、以环型结构就近接入城区移动端局。在所有新建道路的两侧建设综合信息管道。城建和市政、通信、广电等各部门共同协商，将电信、联通、移动、有线电视等所有信息网络均纳入其中，统筹规划，同步施工，按需分配。

供热工程：综合确定建筑物综合采暖热指标为 50 瓦/平方米，采暖二次网采用 110℃/70℃热水。在规划区内规划热源厂 3 座，规模 4×58 兆瓦，占地 4.5 公顷。扩建现状千钢热源厂（懿峰热电厂，规模 3×2.5 兆瓦，背压机组），占地 4.5 公顷。供热管网通常敷设在道路的一边，或者是人行道下面，规划确定千里山工业园区供热管道最大管径为 DN800。

燃气工程：规划区内有部分燃气管道燃气用户，一部分用户以液化石油气罐为主要燃料。其它居民燃料构成主要以燃煤、柴为主。预测工业园区远期燃气用气量为 494.48 万立方米/年。规划中压燃气管道采用环状输气方式布置，保证供气的稳定性。中压燃气经调压设施调为低压后供给用户使用。规划最大燃气管径为 DN300。

环境保护工程：地表水在规划期内应达到Ⅴ类标准，污水集中处理率达到 100%。规划将规划区声环境质量划分为三类功能区：Ⅰ类标准适用区域：机关事业单位集中区及商务办公区等。该范围内环境噪声等效声级昼间控制在 55dB（A）以内，夜间控制在 45dB（A）以内。Ⅲ类标准适用区域：工业区适当放宽标准按照 3 类噪声标准控制。该范围内环境噪声等效声级昼间控制在 65dB（A）以内，夜间控制在 55dB（A）以内。Ⅳ类标准适用区域：交通干线两侧一定距离之内区域。道路两侧为声环境 4a 类区，铁路干线两侧为声环境 4b 类区。4a、4b 类范围内环境噪声等效声级昼间控制在 70dB（A）以内，夜间控制

在 55dB（A）以内。

环境卫生工程：规划区生活垃圾产量按人均指标法估算，规划区总人口约 2.1 万人，选取人均日产垃圾指标为 1.4 公斤/日·人，则规划区生活垃圾日产量为 29.4 吨，生活垃圾由环卫部门清运至垃圾处理厂统一处理。工业垃圾由企业自行清运与处理。规划设置 1 个基层环卫管理站，同时兼顾着垃圾转运站的功能。规划垃圾转运站以小型封闭式为主，设置 10 座垃圾转运站。规模按照其服务范围确定，采用人力收集时，服务半径宜为 0.4 千米以内，最大不宜超过 1 千米；采用小型机动车收集时，服务半径不宜超过 2 千米。收集行人手持零星废物的果皮箱一般设置在道路人行道边，设置间距主干路、次干路为 100～200 米，支路为 200～400 米。公厕设置标准按公共管理与公共服务用地、商业服务业设施用地 4～11 座/平方千米设置，交通设施用地、绿地 5～6 座/平方千米设置，工业用地、仓储用地（不含城市道路用地）、公用设施用地 1～2 座/平方千米设置。

综合防灾工程：规划区防洪标准按 50 年一遇。消火栓设置间距不应超过 120 米，救火半径不超过 150 米，尽量靠近十字路口。对园区内新建永久性建筑物和构筑物按 8 度设防；以本规划区的规划广场、公园、绿地等空旷场地作为避难场所，规划避难场所的避难面积，按照每人 2.5m^2 的避难场地进行设计，以规划区的规划路网为避震疏散道路。

结构规划方案：

规划功能分区

规划形成“一心、四轴、四片”的空间结构。

1.一心：综合服务核心，核心包括：工业区综合管理、商务办公、职工公寓、商业等职能，是规划区的服务核心，是展示工业区形象、服务品质窗口。

2.四轴

（1）综合服务轴线

目前园区管委会东侧道路是园区最具活力的街道，因为规划沿管委会东侧南北向道路形成“服务与活力轴线”。

（2）交通与产业发展轴线

规划沿千新公路和运煤通道形成园区产业发展主轴，向南联系乌达产业园区，向北连接鄂尔多斯蒙西产业园区，是沟通南北的桥梁，也是规划区的重要货运交通。

（2）旅游发展轴

规划南部连接金沙湾旅游区的道路为旅游发展轴。

3.四片

（1）工业生产片区

规划区以工业生产为主，工业生产片区集中分布在规划区东北部、中部、西南部，主要以煤化工、冶金、新能源、新材料、装备制造产业等工业为主。

（2）综合服务片区

位于规划区西部，主要由行政办公、商务办公、综合商业、配套公寓等功能组成，该片区为整个规划区提供服务管理等各项功能。

（3）物流服务片区

位于规划区中部与北部，主要功能物流中转、集散地。本片区要加强与乌海机场、乌海北站及蒙西物流区建设的协调，打造乌海及周边地区北部依托空港、铁路和高速公路，以生产性物流为主的综合性物流基地。

（4）发展备用片区

规划区的东南部、西部规划为发展备用地，作为园区未来发展的备用地。

空间布局规划：

海勃湾产业园区规划面积 21.2424 平方公里，形成一园四区的空间布局，包括主园区、综合加工区、煤炭洗选区和商砼区。其中综合加工区重点推动食品加工、仓储物流、检验检测、批发零售、包装等多领域、多业态协同发展。主园区重点发展煤焦化、冶金、新能源、新材料、装备制造等产业。在主园区现有产业布局的基础上，进一步优化和科学划分功能分区，打造形成包括钢焦化联合一体化产业集群、新能源产业集群、新材料产业集群、装备制造产业集群在内的四大产业集群，更好发挥各产业优势。

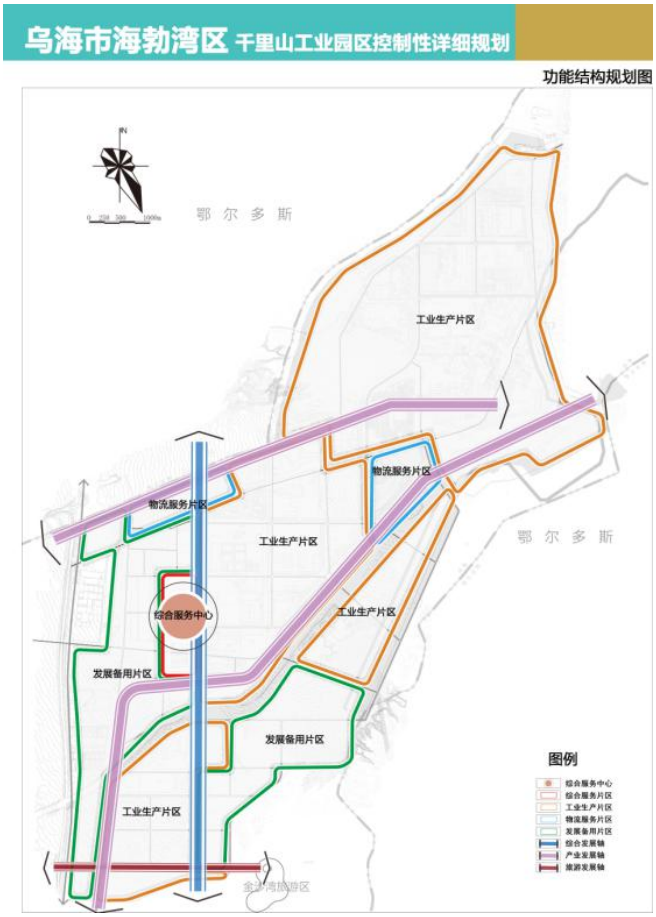


图 2.1-3 产业园结构规划图

2.1.4 海勃湾产业园发展现状

（1）海勃湾产业园现状

海勃湾产业园区位于乌海市海勃湾区。乌海市是内蒙古自治区西部的新兴工业城市，是“一带一路”沿线重要枢纽城市。其在内蒙古西部“三市一盟”中处于中心位置，北有农业发达的巴彦淖尔市，东有资源富集的鄂尔多斯市，西有以畜牧业为主的阿拉善盟，其特殊位置对周边地带经济社会发展有着一定的影响力。同时乌海市位于华北、西北两个经济区的结合部，是呼包银榆经济区重要节点、“蒙宁陕甘”经济区结合部和沿黄河沿交通干线经济带中心，在国家实施西部大开发中占有重要位置。

海勃湾产业园区认真贯彻落实自治区、乌海市和海勃湾区委、政府各项工作要求，坚持新发展理念，积极探索以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展新路子，产业发展取得明显成效，经济规模不断扩大，税收显著增加。“十三五”期间，园区规模以上工业企业总产值由 2017 年 107.07 亿元飙升至 2020 年 371.74 亿元，累计完成总产值 1093.23 亿元，年平均增长率为 38.33%。规模以上工业企业税收由 2016 年的 4.22 亿元飙升至 2020 年 24.47 亿元，累计税收 65.17 亿元，为园区经济发展提供坚实财力保障。园区以“生态优先、绿色发展”为导向，积极引导绿色产业的升级转型，依托自身资源和主导产业，合理延伸产业链，大力引进以绿色、环保、科技为主的企业，培植壮大新兴产业，目前园区入驻企业 103 家，其中规模以上企业 31 家，“十三五”期间，规模以上工业企业利润以 28.63%的年平均增长速率快速增长，并已形成以煤炭洗选、煤焦化、冶金、建材四大传统产业为基础，并逐步向新能源、新材料、装备制造等战略性新兴产业拓展的格局，园区产业结构分布见图 0-4，主要企业情况见表 2.1-1。

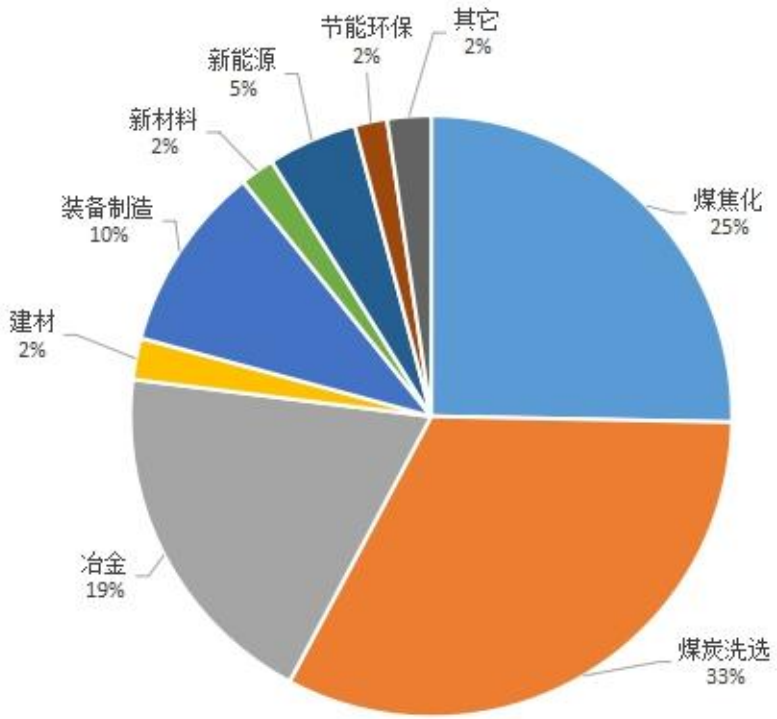


图 2.1-4 海勃湾产业园区产业结构分布图

表 2.1-1 海勃湾产业园主要企业情况表

序号	企业名称	产业分类	主要产品	年生产能力	是否规上企业
1	内蒙古黄河工贸集团千里山煤焦化有限责任公司	煤焦化	焦炭	230 万吨	是
2	乌海德晟煤焦化有限公司	煤焦化	焦炭	89.3 万吨	是
3	内蒙古源通煤化集团有限责任公司	煤焦化	焦炭	98 万吨	是
4	乌海市华信煤焦化有限公司	煤焦化	焦炭	100 万吨	是
5	乌海市广纳煤焦化有限公司	煤焦化	焦炭	100 万吨	是
6	乌海市温明煤焦有限责任公司	煤焦化	焦炭	300 万吨	是
7	乌海宝化万辰煤化工有限责任公司	煤焦化	沥青、蒽油、洗油、工业萘等	30 万吨	是
8	乌海市千里山选煤有限责任公司	煤炭洗选	精煤、煤泥、中煤	300 万吨	是
9	乌海德晟晟越洗煤有限责任公司	煤炭洗选	精煤、混煤	300 万吨	是
10	乌海市广纳洗煤有限责任公司	煤炭洗选	精煤	300 万吨	是
11	乌海市天宇能源有限公司	煤炭洗选	精煤、中煤、煤泥	300 万吨	是

12	乌海市奕银洗煤有限责任公司	煤炭洗选	精煤、中煤、煤泥	180 万吨	是
13	乌海市科兆洗煤有限公司	煤炭洗选	精煤、中煤、煤泥	300 万吨	是
14	内蒙古大华伟业投资集团有限公司	煤炭洗选	精煤	120 万吨	是
15	乌海市夭斯图洗煤有限公司	煤炭洗选	精煤、中煤、煤泥	300 万吨	是
16	乌海市友谊精煤有限责任公司	煤炭洗选	精煤、中煤、煤泥	405 万吨	是
17	建龙包钢万腾钢铁有限责任公司	冶金	生铁	210 万吨	是
			粗钢	210 万吨	是
			线材	55 万吨	是
			棒材	155 万吨	是
18	内蒙古赛思普科技有限公司	冶金	熔融还原法高纯铸造生铁	30 万吨	是
19	内蒙古万晨能源股份有限公司	建材	水泥	200 万吨	是
			熟料	300 万吨	是
20	内蒙古海美斯实业集团有限公司	建材	屋面瓦、地面砖	9000 万平方米	是
21	内蒙古万晨石灰有限公司	建材	白灰	70 万吨	是
22	乌海中玻特种玻璃有限责任公司	建材	浮法玻璃	450 万重量箱	是
23	陕汽乌海专用汽车有限公司	装备制造	半挂牵引车	5000 辆	是
24	乌海市五湖泵业有限公司	装备制造	电泵、给水设备、低压电器控制设备	10 万台/套	是
25	乌海市众合炭素有限责任公司	新材料	电极糊	1000 吨	是
26	乌海市祝成炭素有限责任公司	新材料	电极糊	2 万吨	是
27	乌海黄河贝特瑞新能源科技有限公司	新材料	碳微球	1000 吨	否
28	内蒙古天宇高岭土高新科技有限责任公司	新材料	煅烧超细煤细高岭土	20 万吨	是
29	内蒙古中钰镁合金锻造轮毂有限公司	新材料	镁合金轮毂	600 万只	否
			镁型材	5 万吨	
30	乌海宝杰新能源材料有限公司	新材料	负极材料	一期 1 万吨、二期 2 万吨	否
31	乌海宁升电力开发有限责任公司	新能源	光伏发电	50MW	是

32	乌海市京运通新材料产业园	新能源	单晶硅棒	16422 吨	是
33	内蒙古京海煤矸石发电有限责任公司	电力	热力、电力	2*330MW	是
34	乌海华油天然气有限责任公司	化工	天然气、柴油、石蜡	23.6 万吨	是
35	内蒙古北方保安民爆器材有限公司	炸药及火工产品制造	增雨防雹气象火箭	4 万枚	是
36	内蒙古泰孚再生资源有限公司	节能 环保	废钢加工	30 万吨	否

（2）存在的问题与差距

产业层次不高，产业链短，资源环境约束趋紧。由于受区位、环境等因素制约，园区招大引强动能不够，产业集群化发展、新动能培育亟待加强。乌海及周边地区密集分布了多个工业园区，脆弱的生态环境和干旱少雨风沙大的气候条件，导致区域性结构性污染突出、交叉污染严重、排放叠加效应明显。海勃湾产业园区位于乌海市中心城区秋冬季上风向，以能源、冶金、建材、煤化工四大传统产业占主导地位，目前已形成地下水降落漏斗。为落实碳达峰碳中和国家战略和改善乌海及周边地区生态环境双重目标，园区面临着加快推进产业低碳化转型和工业绿色发展的双重压力，园区企业将面临更加严格的环境和资源准入门槛，以及进一步降低单位增加值能耗、削减排放总量等多重约束。

土地存量不足，“腾笼换鸟”任务艰巨。为盘活闲置土地，同时解决新引进项目建设用地问题，园区实施“腾笼换鸟”计划，但因土地存量不足以及土地收储资金短缺制约新引进项目建设进度。企业对发展形势、趋势理解不深刻，存在继续拖、等、靠的心态，参与“腾笼换鸟”工作的积极性不高。

2.2 海勃湾产业园区及其周边气象灾害历史事件

海勃湾产业园区及其周边地区的气象灾害历史事件进行回顾，详见附录 1。产业所在气候区暴雨、大风、低温冷害、冰雹、雷电天气多发，造成的损失严

重。以下举几个代表性灾害记录：

（1）2002 年 6 月 7 日至 6 月 8 日海勃湾区出现大风降雨天气，并伴随雷击闪电，海勃湾地区 35 千伏的海千线一处避雷器被击穿，直接经济损失达 30 多万元。新地乡、五一乡部分地区受到山洪袭击，受灾面积 9096 亩，直接经济损失 520.35 万元，损毁房屋 46 户，玉米、小麦受灾面积 3494 亩，蔬菜绝收 1216 亩，损坏温室、棚膜 225 栋，莆帘 50 块，农作物因风灾倒伏、落果 431 亩，葡萄、梨绝收 1940 亩，冲坏耕地 15 亩、草滩 2000 亩，冲走粮食、饲料 3400 斤，冲毁防洪坝、渠、路 7100 米，淹没机井 11 眼，死亡牲畜 50 头（只），毁坏家电 5 件。

（2）2010 年 7 月内蒙古自治区气温较同期普遍偏高，降水量少，造成千里山镇 12365 亩小麦、玉米遭受旱灾，受灾居民 2420 户、3672 人，直接经济损失达 360 万元。

（3）2013 年 7 月 21 日内蒙古自治区出现大风天气，造成千里山镇 3500 名村民种植的柿子、玉米、葵花、大葱等蔬菜及 7 家企业的树木、葡萄、洋葱受灾，同时部分温室薄膜、活动板房受损，共造成 1160 户 3500 人，种植面积 1.8 万亩蔬菜、葡萄受灾，直接经济损失 1600 万元；滨河办事处的温室、大棚不同程度倒塌、损坏，共有 592 户 1758 人，种植面积 2175 亩的村民所种西红柿、玉米、大葱等蔬菜受灾，直接经济损失达 228 万元。凤凰岭办事处共造成 62 户 188 人，种植面积 1500 亩的葵花、玉米、经济林不同程度受灾，经济损失 70 万元。此次灾情共造成 1814 户，5446 人，2.1 万亩温室、大棚受灾，直接经济损失 1898 万元。

（4）2014 年 2 月 17 日，内蒙古自治区遭遇了沙尘暴灾害，千里山镇、滨

河街道办事处、凤凰岭街道办事处不同程度受灾。据统计，灾害共造成内蒙古自治区农作物受灾面积2.1万亩，受灾人口1814户5446人，直接经济损失1898万元。

（5）2014年5月5日，受冷空气持续影响，海勃湾区千里山镇大部分农田受到低温冷冻灾害，造成2336户4400人，7478亩的小麦、玉米、蔬菜受灾，直接经济损失227.5万元。4600余亩农作物（葡萄3800亩，玉米640亩、蔬菜160亩）不同程度减产，预计造成直接经济损失约800万元，受灾人口近600人。

（6）2018年8月31日23时至9月1日16时内蒙古自治区出现暴雨，全区受灾751人，其中：因灾死亡3人，转移安置17户41人，倒损房屋88户94间，其中倒塌房屋12户18间（含倒塌农房12户18间），一般损坏房屋76户76间（含一般损坏农房76户76间）。死亡大牲畜20头，死亡羊60只。农作物受灾面积2公顷，成灾面积21公顷（含绝收面积20公顷），主要作物为玉米、西瓜、蔬菜，直接经济损失579万元（其中：农业损失40万元，家庭财产损失539万元）。

2.3 企业座谈及现场调查

2.3.1 企业座谈

项目组成员与园区的10家企业技术人员进行了座谈。了解企业在日常生产过程中对气象要素或高影响天气的敏感程度。企业名称及气象敏感要素的影响见表2.3-1。

表2.3-1 园区走访座谈结果一览表

园区	序号	企业名称	气象要素	高影响天气	危害

海勃湾产业园	1	内蒙古蒙水乌海环保科技有限公司	高温、低温、暴雨	管道	高温会导致污水处理管道水温过高，低温会导致其上冻，影响正常作业；暴雨引起洪涝灾害，导致厂房被淹，现已做防洪墙。
	2	内蒙古源通煤化集团有限责任公司	低温、暴雨	冷凝设备、煤塔	低温导致冷凝水上冻，煤塔结冰；暴雨引起洪涝灾害，导致厂房被淹。
	3	内蒙古黄河工贸集团千里山煤焦化有限责任公司	暴雨、暴雪高温	运输、工人作业	暴雪影响户外煤炭运输；高温主要影响工人生产。
	4	乌海德晟煤焦化有限公司	暴雨、暴雪	运输	暴雪影响户外煤炭运输、人员出行。
	5	乌海市华信煤焦化有限公司	暴雨、低温	管道	低温导致运输管道结冰，现已做保温措施。
	6	乌海市广纳煤焦化有限公司	暴雨、高温、低温	管道、工人作业	位于低洼地带，暴雨引起洪涝灾害，导致厂房被淹；温度主要影响工人作业、管道保温。
	7	陕汽乌海专用汽车有限公司	大风、暴雨、暴雪	厂房顶、跑道	大风会损坏厂内建筑物；地势较低，暴雨会导致厂房被淹及室内漏雨；暴雪会影响调试跑道工作。
	8	乌海宝化万辰煤化工有限责任公司	暴雨、低温	外漏管道	低温导致外漏管道上冻，暴雨导致厂房设备被淹。
	9	建龙包钢万腾钢铁有限责任公司	低温、暴雨、大风	流体作业设备、高空作业	厂内主要进行流体作业，低温冷冻影响大，地势低，厂房设备容易被淹，大风会导致高空作业暂停。
	10	乌海市京运通新材料科技有限公司	暴雨	全室内工作	暴雨会导致厂房设备被淹。

2.3.2 现场调查

自治区气候中心于2021年12月30日～2022年1月7日委托乌海气象局技术人员组成现场踏勘小组，完成了项目踏勘、调查和产业园资料收集工作。

（1）产业园概况

海勃湾产业园位于乌海市北部，距海勃湾城区20公里，规划区地形大部分地形较为平坦，地形坡度大都在适宜工业用地开发的10%以内，总体地势东高西低，海拔高程1113～1177米。地层构造主要由前震旦纪变质岩组成基底，其他层沉积物主要成因类型为海积、湖积、冲积、洪积、风积地层，其中以第

三系全新统冲、洪积层分布较为广泛。海勃湾产业园已形成以能源、冶金、建材、煤化工等四大传统产业的产业布局，当前加快向以汽车装备制造、镁产业、云计算大数据、硅材料、炭材料等新兴产业为代表的新发展动能转换。

发展目标：海勃湾产业园未来发展集中在产业转型升级和实施循环化改造两项重要任务。围绕优势资源的开发和转化，大力推动产业链条延伸、产业结构优化、产业转型升级，不断丰富工业产品线，原煤、焦炭、电石等初级产品不断向煤焦油、新型建材等深加工产品延伸，基本建成循环发展的产业体系，积极培育装备制造、新能源、新材料等新兴产业，新兴产业占工业增加值比重不断增长，“一煤独大”的格局明显转变，多极支撑的产业体系逐步形成。



图 2.3-1 产业园现场调查及座谈图

（2）产业发展方向与重点

推动煤化工产业升级。以综合循环利用与清洁生产为导向，大力推进焦化企业整合重组，实现单体规模达到 419 万吨以上，全面推进企业技术改造升级，实现技术装备水平达到国内外领先水平。适度发展以煤焦化为基础的煤炭循环经济产业链，实施延链补链育链工程；围绕 IGCC 项目建设，推动和完善煤电化产业链，把海勃湾产业园区建成以煤焦和新型煤化工为核心的煤化工产业基地。

加快冶金产业优化提升。依靠电力资源优势和资源回收产业，将能源产业和冶金产业的发展相结合，实现电冶融合发展，将能源优势转化为产业优势。加大技术改造的力度，重点支持本地企业的技术创新活动，鼓励本地重点企业开展产业共性、关键、平台技术的联合攻关。

积极推进新材料产业。加强新材料产业与原材料工业融合发展，推动新材料技术与器件一体化，提升新材料产业与上下游产业合作水平，不断催生新材料优势产品。通过宏观引导，实施政策倾斜，促进新材料企业、资金、技术、人才等资源向镁基材料、碳材料及复合材料集中，推动产业总量扩张、产品升级和产业结构优化，促进新材料产业集群发展。

打造新能源产业高地。为抢抓全球光伏产业升级发展的战略机遇，以提升本地配套水平为抓手，依托大集团大项目带动作用，突破新一代光伏等产业核心技术，加快新能源产业关键技术突破、核心装备研制、产业体系建设和重大示范应用，加快完善产业配套服务，完善产业链结构。在大力发展光伏组件制造业的同时，积极引进企业发展光伏生产装备和配套产品，着力培育面向各类光伏应用的 EPC 专业服务商。

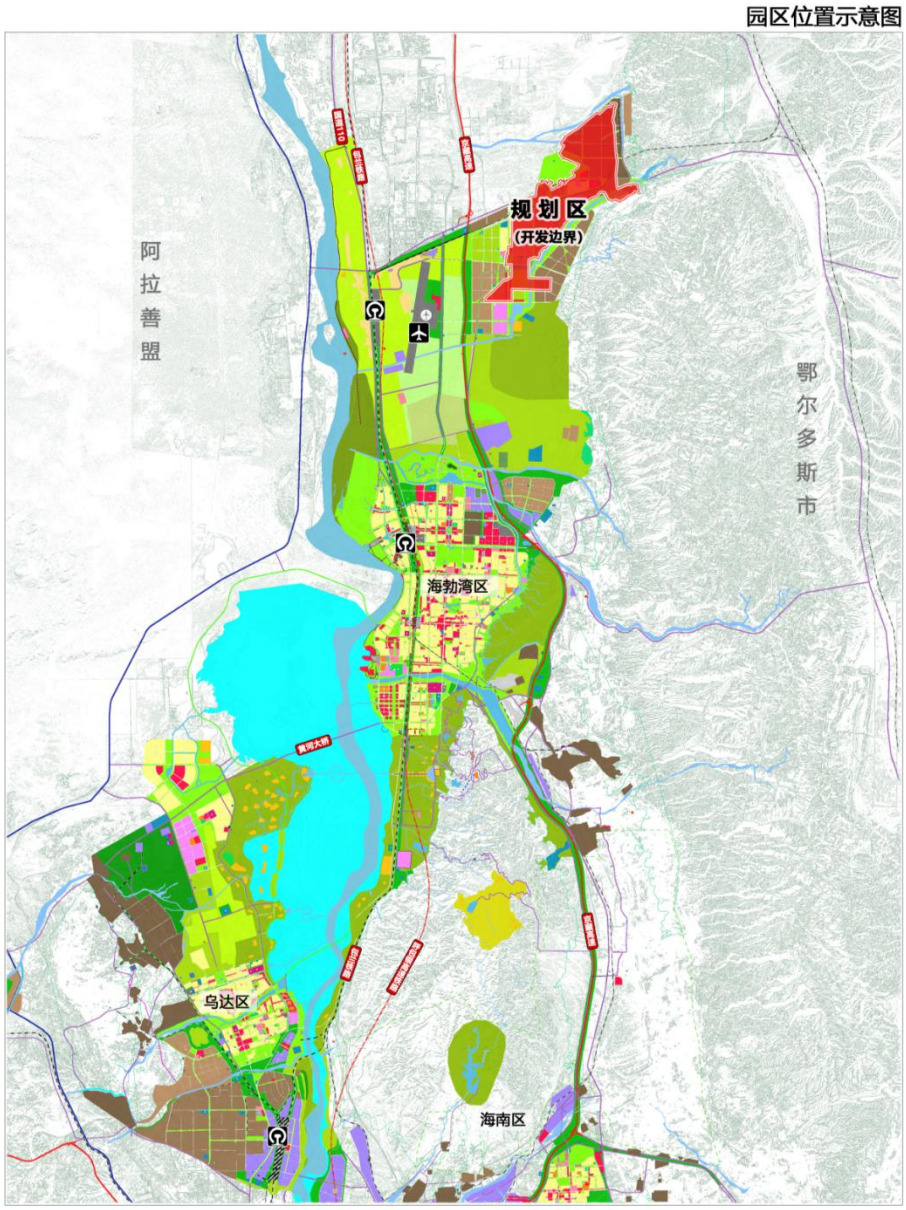


图 2.3-2 海勃湾产业园区位置图



海勃湾产业园南面千里沟



海勃湾产业园广纳集团

图 2.3-3 产业园区现场踏勘航拍图

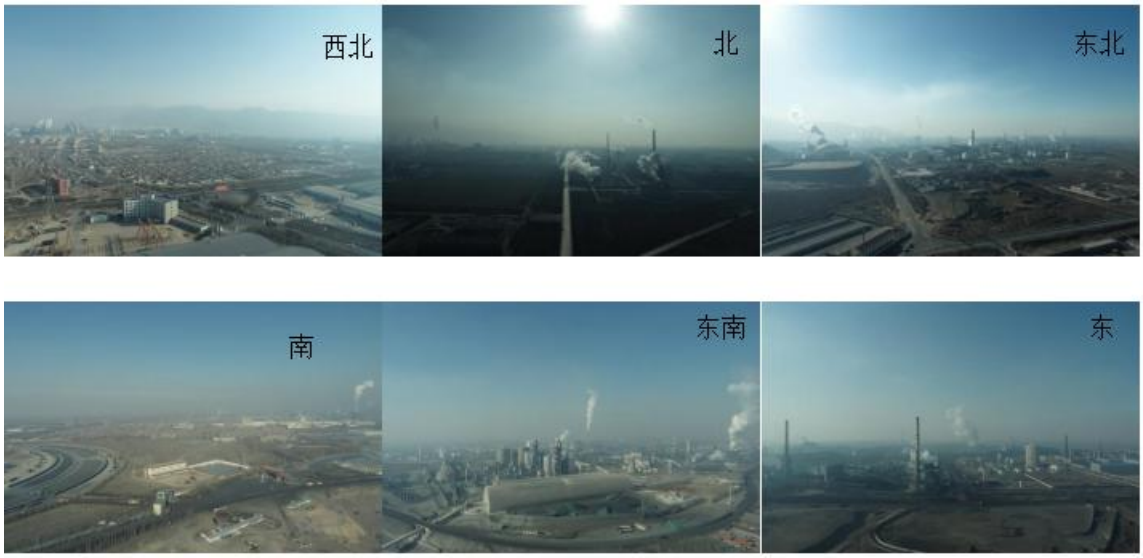


图 2.3-4 产业园区各方位航拍图（说明：园区西及西南方位禁飞）

2.4 关键气象因子及高影响天气现象选择

2.4.1 气象敏感度调查结果

为了进一步了解园区内现有企业对气象要素及高影响天气的敏感程度，特针对园区区内 10 家重点或对气象敏感的企业及园区公共设施进行了问卷调查（结果见附录 2），被调查的 10 家企业主要涉及污水处理、煤焦化、冶金、建材、汽车装备制造、新型冶金、碳材料等产业。其调查结果如下：

表 2.4-1 园区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							
	风速	气压	相对湿度	气温	降水	暴雨洪涝	大风	暴雪	雷击闪电	高温	低温冰冻	雾霾	沙尘暴
高影响	20	0	0	70	0	100	20	30	0	30	60	0	0
低影响	80	100	100	30	100	0	80	70	100	70	40	100	100

（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 10 家企业及园区公共设施对气象要素敏感度最高的是降

气温，其次是风速，敏感度较低的是相对湿度、气压、降水。

（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、雾霾、沙尘暴等 8 种高影响天气进行，结果表明：被调查的 10 家企业及园区公共设施对高影响天气敏感度由高到低排序，最高的是暴雨；其次是低温冰冻；再次是暴雪、高温和大风；冰雹、沙尘暴影响较小。

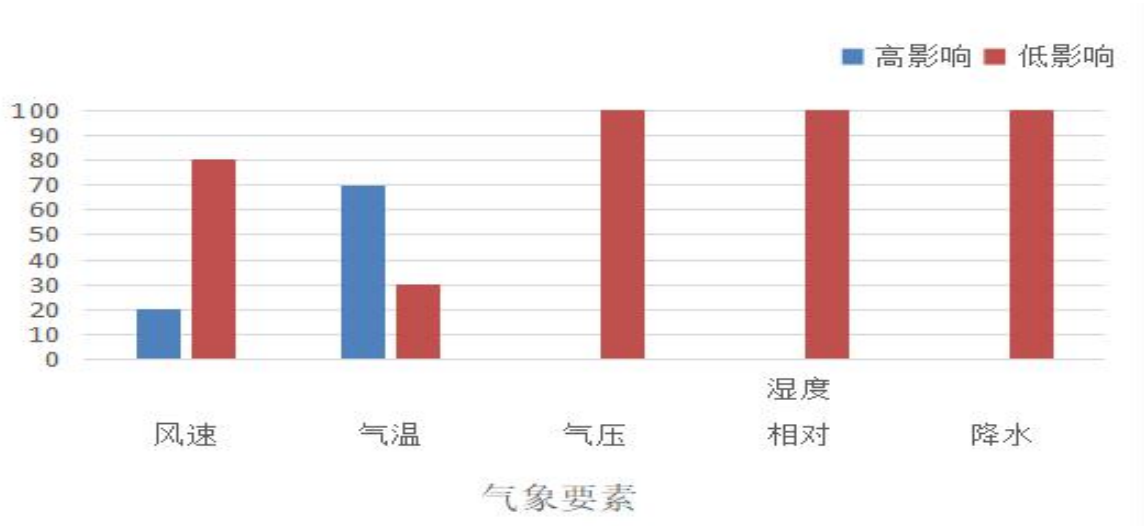


图 2.4-1 园区气象要素敏感度调查（%）

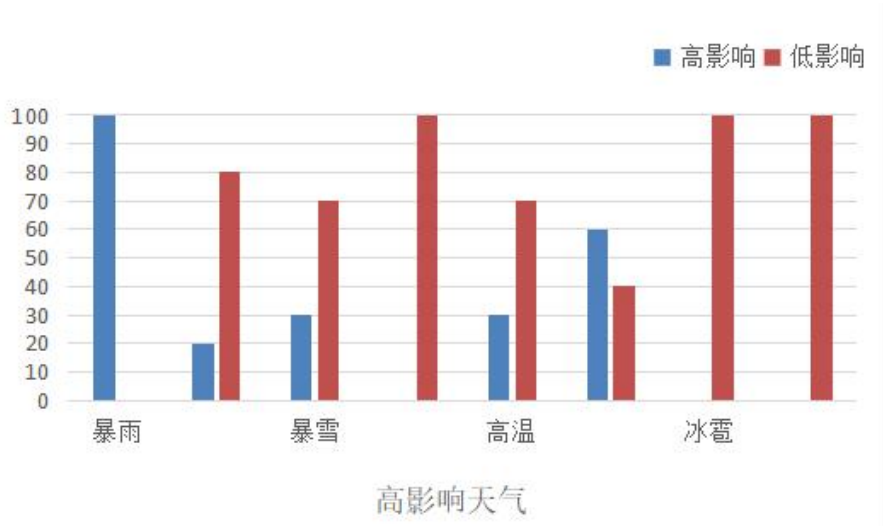


图 2.4-2 园区高影响天气敏感度调查（%）

2.4.2 关键气象因子及高影响天气现象选择

结合上述产业园区周边气候灾害历史事件回顾以及产业园区对气象要素及高影响天气的敏感程度调查情况，可以得出产业园区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）产业园区内的企业对降水和暴雨洪涝的敏感度较高，因此需在报告中对暴雨的时间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，评估当地已建立防洪墙的性能；

（2）产业园区对气象要素敏感度较高的有气温，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）根据现场踏勘情况，暴雪对产业园区内企业的交通运输有较大影响，因此在报告中需对暴雪的时间空间分布特征进行分析，了解当地的降雪特点；

（4）产业园区内大风沙尘天气对于户外工程建设影响较大，因此需在报告中对最大风速的空间分布特征进行分析，了解当地的大风特点，并有针对性的提出建议措施。



乌海国家气象观测站北



乌海国家气象观测站西



乌海国家气象观测站东北



乌海国家气象观测站西北



乌海国家气象观测站东南



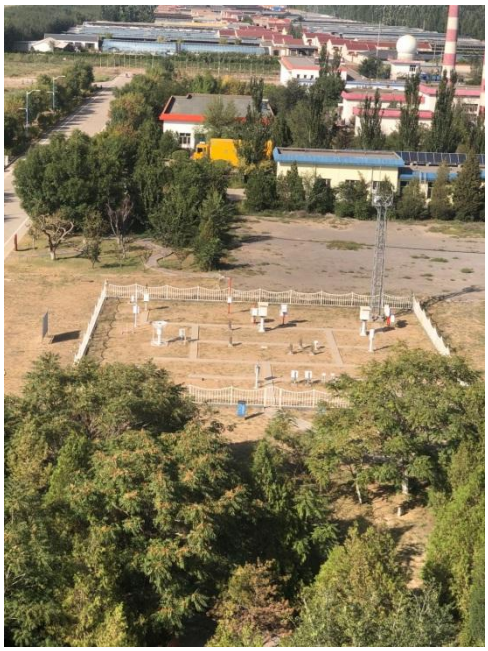
乌海国家气象观测站西南



乌海国家气象观测站东



乌海国家气象观测站南



乌海国家气象观测站俯瞰图

图 2.4.3 乌海国家气象观测站八方位图（位于产业园区以西）

3 参证站确定及资料说明

3.1 资料内容和来源

报告中涉及的气压、气温、降水、风速、风向、相对湿度、日照等地面气象站观测资料来源于内蒙古自治区气象信息中心，均从经过国家、自治区及盟市三级审核后的信息化资料库中提取。报告中所用资料涉及以下几类：

（1）地面气象站资料：乌海、乌斯太、磴口国家级气象观测站和乌兰淖尔、盘井 2 个骨干区域气象观测站的地面观测资料，所用资料情况见表 3.1-1 所示。

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、降水、风向、风速	1991～2020 年
气候背景年际、年变化	气压、气温、降水、风速、风向、相对湿度、日照	1991～2020 年
气候背景日变化	气压、气温、降水、风速、风向、相对湿度、日照	2011～2020 年
气候背景极值分析	最高气温	1961～2020 年
	最低气温	1961～2020 年
	气压	1980～2020 年
	最大风速	1980～2020 年
	极端降水	1961～2020 年
	极大风速	2005～2020 年
关键气象参数分析	风速、气温、降水	1961～2020 年
	积雪深度	1961～2020 年
暴雨强度公式	逐分钟雨量	1962～2014 年
区域雷电灾害风险评估	雷暴	1961～2013 年
	闪电定位、大气电场	2014～2020 年
	雷电灾情	1961～2020 年
暖通参数	气压、气温、风速、风向、相对湿度、日照	1991～2020 年
影响天气	暴雨、大风、沙尘天气	1961～2020 年
	积雪、极端高温、极端低温、冰雹	1961～2020 年
	雷暴	1961～2020 年
	冻融	1961～2020 年

国家气象站主要用于参证气象站选取、气候背景、高影响天气现象、关键

气象参数分析及推算，涉及气压、气温、降水、风、相对湿度、日照、雷暴、冰雹、冻融、积雪、沙尘等气象要素及天气现象。区域自动气象站资料主要用于参证站比选及代表性分析。暴雨强度公式编制使用乌海国家气象观测站建站以来的自记纸及自动站分钟雨量数据。

（2）气象灾害资料（1961～2020 年）：选取对产业园建设和维护运营影响较大的气象灾害，主要包括：暴雨、雷电、大风、沙尘、雪灾、极端高温、极端低温冰冻、冰雹、冻融等，灾情资料主要来源于《中国气象灾害大典（内蒙古卷）》、“内蒙古灾情直报系统”、 “内蒙古气象灾害风险普查成果”以及民政和农业等相关部门的灾情报告。

（3）闪电定位仪资料：选取全区 56 站 ADTD 型地闪定位系统 2014～2020 年的闪电资料，探测仪通过测量云地闪回击电流辐射的强电磁脉冲，采用磁定向和时差联合法对地闪进行定位，包含每次地闪发生的具体日期、时间、经度、纬度、回击电流幅值等参数，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。闪电地闪资料来源于内蒙古 ADTD 闪电定位仪雷电监测定位系统，探测范围覆盖整个内蒙古区域。

（4）CLDAS 数据集：中国气象局陆面数据同化系统（CLDAS：CMA Land Data Assimilation System）的大气驱动产品，其时间范围为 2008 年 1 月 1 日-2019 年 12 月 31 日，时间分辨率为逐小时，空间范围为（0～65ºN，60～160ºE），空间分辨率为 0.0625º×0.0625º。该数据集利用多种来源地面、卫星等观测资料，采用多重网格变分同化（STMAS）、最优插值（OI）、概率密度函数匹配（CDF）、物理反演、地形校正等技术研制而成，在中国区域质量优于国际同类产品，且时空分辨率更高。数据来源于中国气象局信息中心。

（5）均一化气象资料：乌海气象站在2012年迁站到新址，气象要素尤其是气压、风速发生了跳跃式变化。平均气压、平均气温、最高气温、最低气温、平均风速资料使用国家气象信息中心提供的1961～2020年的均一化数据。

（6）气象台站历史沿革资料：乌海市气象台站史概况，第一次全国自然灾害综合风险普查——内蒙古气象灾害综合风险普查成果中台站信息，乌海地面气象观测站探测环境调查评估报告书。资料来源于乌海气象局、内蒙古气象灾害普查技术组。

（7）产业园基本资料：产业园总体规划、产业园内公共设施情况及生态环境资料、开发情况、入驻企业资料、论证范围等。资料来源于乌海市自然资源局。

3.2 参证站选取原则

（1）准确性

一般来说，标准的国家气象站的观测资料准确性比较高。国家级气象站在基础建设、观测仪器选型和安装、观测方法和观测管理等方面，均按照中国气象局制定的《地面气象观测规范》执行，其观测资料均经过当地气象台站初算、复算、初审，再经地市气象局和省级气象局审核后才进入数据库和上报中国气象局，其观测资料具有很高的可靠性。

（2）代表性

参证气象站的代表性是指参证气象站历史资料序列是否能够达到30年，并且对项目所在地的区域气候特征具有一定的代表性。考察参证气象站的区域气候代表性，应从各个拟选气象站与项目所在地之间的距离、相对关系、地形、下垫面特征以及区域气候特点等方面进行综合分析。一般应选择与项目所在地

距离较近，地理条件（地理位置、地形、地貌和海拔高度）较为相近的气象站作为参证气象站，参证气象站与项目所在地之间最好没有高大山体阻隔；参证气象站应与项目所在地位于同一气候区，平均气候状况相似，部分敏感的气象要素产生的差异主要来自各站地理条件的差异，如气压主要受海拔高度影响，风主要受局地地形影响，因此，一个参证气象站可能难以在所有要素方面均对项目所在地具有代表性，可根据当地气象站分布情况和针对项目关注的敏感气象要素的代表性，选取参证气象站。

（3）比较性

参证气象站资料系列的比较性主要是指气象要素历史序列可以较好地表征当地各个历史时期气候背景的变化特征，尽可能消除局部观测环境、观测仪器设备和观测方法等的影响。因此，应对气象台站历史沿革（包括观测场的变迁、观测仪器设备的更替、观测环境变化，以及观测项目、观测高度等变化）情况进行考证和说明，一般应选择观测场址一直保持不变或变迁次数较少的国家气象站。气象资料的一致性可通过气象要素逐年变化，多站多要素历史序列对比或相关分析等方法进行定性分析审查，必要时，可通过平行观测资料对比分析或通过统计检验等技术方法进行资料系列的比较性订正。

3.3 参证气象站选取

研究表明，相距不远的气象观测站处于大致相同的环流背景下，它们的平均气温、降水量等气象要素的年际变化，受到共同环流背景的制约，也就是说“从理论上讲，在同一时段，在相同天气型或其他相同条件下，不同地点之间局地气候的差异，应具备相对的稳定性”。因此，参证气象站的选取从观测站距离项目区的距离远近、下垫面特征、测站资料的均一性等方面进行甄选。

3.3.1 参证气象站的比选

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 3 个方面，按照自然地理条件接近、下垫面条件相似、气象观测资料对于产业园或区域具有较好代表性等原则进行选取。先选取与项目所在地直线距离较近的多个气象站，然后根据同步观测气温、降水、风速等数据进行相关性及风向的一致性对比分析，综合气象站的实测序列长度、观测环境状况、迁站情况等确定参证气象站。

（1）海勃湾产业园周边气象站情况

海勃湾产业园区块规划用地面积 48.74 平方公里。海勃湾产业园内没有布设国家气象站，产业园周边共有乌海、乌斯太和磴口 3 个长时间观测序列的国家气象观测站，周边布设乌兰淖尔、盘井 2 个骨干区域气象观测站，共计 5 个气象观测站（见图 3.3-1）。

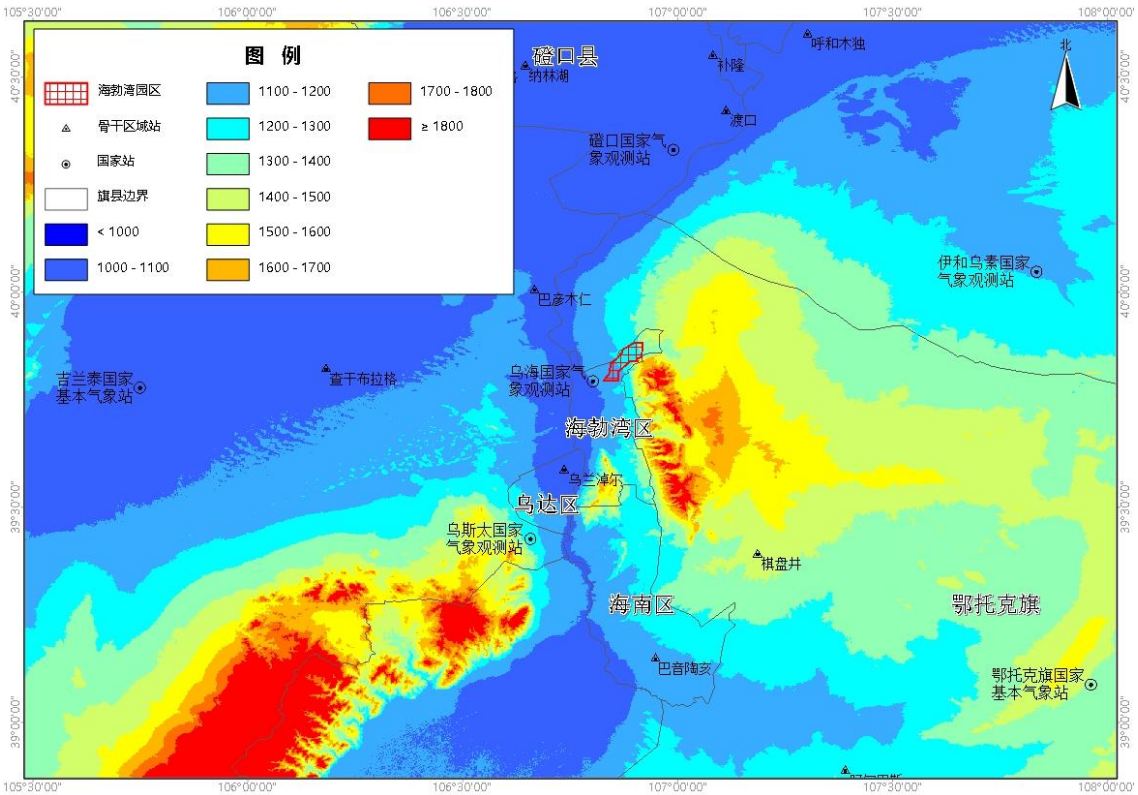


图 3.3-1 海勃湾产业园周边国家气象站点、骨干区域站点及地形分布

由表 3.3-1 可知，距离海勃湾产业园直线距离最近的国家气象站为乌海国家气象观测站，与该产业园距离约 2.03 km，最近的骨干区域气象站为乌兰淖尔区域站，距该园区距离约 24.4 km。

乌海国家气象观测站始建于 1960 年 8 月，位于海勃湾区原木器厂院内北纬 39°54′，东经 106°48′；1975 年 1 月首次迁至黄河西街北纬 39°41′，东经 106°48′；2004 年 1 月 1 日第二次迁至乌海机场北纬 39°48′，东经 106°48′，海拔高度 1105.6m。由于探测环境受影响的原因，迁站后海拔升高 14 m，迁站后观测环境更具代表性；因此可考虑将乌海国家气象观测站作为海勃湾产业园拟选参证气象站。

表 3.3-1 海勃湾产业园周边气象站信息

站名	类别	建站时间	迁站次数(次)	海拔高度(m)	距海产业园距离 (km)	地貌相似度
乌海	国家一般气象站	1960.1.1	2	1105.6	2.1	一致
乌斯太	国家一般气象站	1962.1.1	1	1252.8	43.4	基本一致
磴口	国家一般气象站	1954.1.1	1	1052.4	50.1	基本一致
乌兰淖尔	骨干区域站	2011.7	0	1071.0	24.4	一致
盘井	骨干区域站	2017.7	0	1280.0	52.8	基本一致

表 3.3-1 分析表明：海勃湾产业园直线距离最近的国家气象站是乌海国家气象观测站，与产业园区相距约 2.1km。距离海勃湾产业园最近的骨干区域气

象站是乌兰淖尔气象站。

2 个区域自动气象站于 2017 年 7 月 1 日运行观测，观测项目包括气温、气压、风速、风向、相对湿度、降水 6 个要素，2018 年至今有完整观测记录。乌海气象观测站和海勃湾产业园地形地貌相似，且与项目所在地之间距离最近，因此可考虑将乌海气象站拟选为参证气象站。

通过参证气象站与附近的乌斯太、磴口气象站的对比，以及与周边的乌兰淖尔、盘井 2 个骨干区域站的相关性分析，进一步论证参证气象站选取的科学性。

（2）确定备选气象站

为保证资料的准确性及完整性，参证气象站选取时，宜首先考虑国家气象站。在海勃湾产业园区四周选取了 3 个国家气象站作为备选（如图 3.3-1），距离海勃湾产业园由近到远分别为：乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站。气象站基本信息见表 3.3-1。

（3）园区拟选气象站与备选气象站各气象要素对比分析

拟选取乌海国家气象观测站作为参证气象站。下面将从近 30 年（1991～2020 年）来气温、降水量、风、日照等方面对以上 3 个国家气象站进行对比论证（表 3.3-2）。

表 3.3-2 近 30 年海勃湾产业园周边国家气象站的气象要素统计

站名	北纬	东经	拔海高度(m)	年平均气温(℃)	年平均最高气温（℃）	年平均最低气温(℃)	年平均总降水量(mm)	平均风速(m/s)	最大风速(m/s)	日照时数(h)
乌海	39°42′	106°48′	1105.4	10.2	17.2	4.1	154.2	2.6	20.0	3094.4
乌斯太	39°25′	106°39′	1252.8	9.3	16.3	3.0	159.5	3.4	21.0	2969.5
磴口	40°19′	106°59′	1052.4	9.4	16.2	3.4	148.2	2.6	24.7	3245.6

（1）气温的对比分析

近 30 年来海勃湾产业园周边 3 个国家气象站年平均气温变化趋势总体基本一致，年平均气温为 7.8～11.9℃之间。乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站近 30 年的平均气温分别为 10.2℃、9.3℃和 9.4℃（图 3.3-2）。

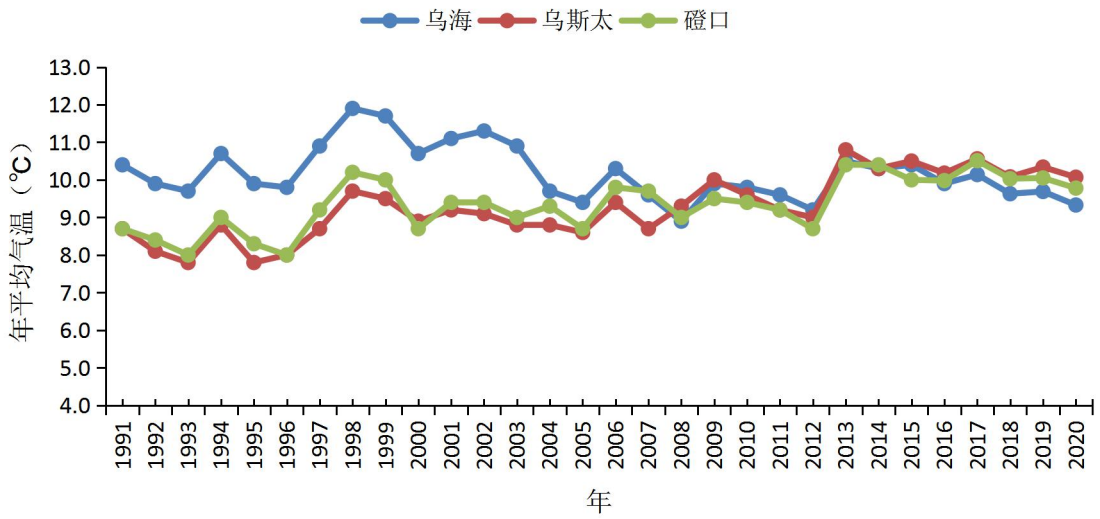


图 3.3-2 近 30 年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年平均气温对比

近 30 年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年平均最高气温变化趋势基本一致，其年平均最高温度分别为 17.2℃、16.3℃和 16.2℃，三站的年平均最高气温介于 14.9～18.3℃之间（图 3.3-3）。

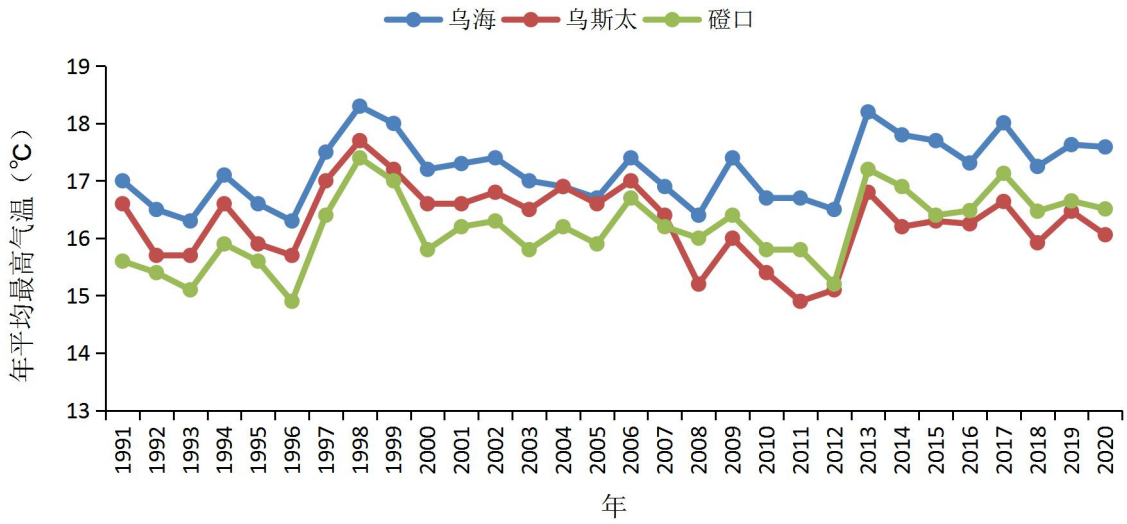


图 3.3-3 近 30 年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年平均最高气温对比

近 30 年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站平均最低气温变化趋势

较为一致，乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年平均最低温度分别为4.1℃、3.0℃和3.4℃，三站的年平均最低气温介于0.9～6.4℃之间（图3.3-4）。

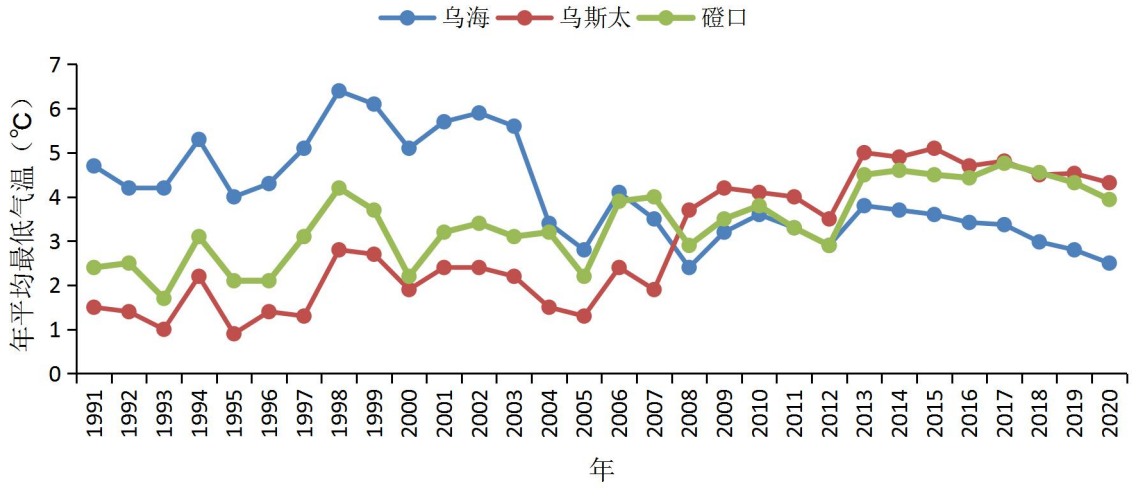


图3.3-4 近30年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年平均最低气温对比

（2）降水量的对比分析

近30年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年降水量在41.8～366.7mm之间，降水量整体变化趋势较为一致，其年平均总降水量分别为154.2mm、159.5mm和148.2mm。国家站的降水量在个别年份差异较大，体现了降水的局地性和极端性（图3.3-5）。

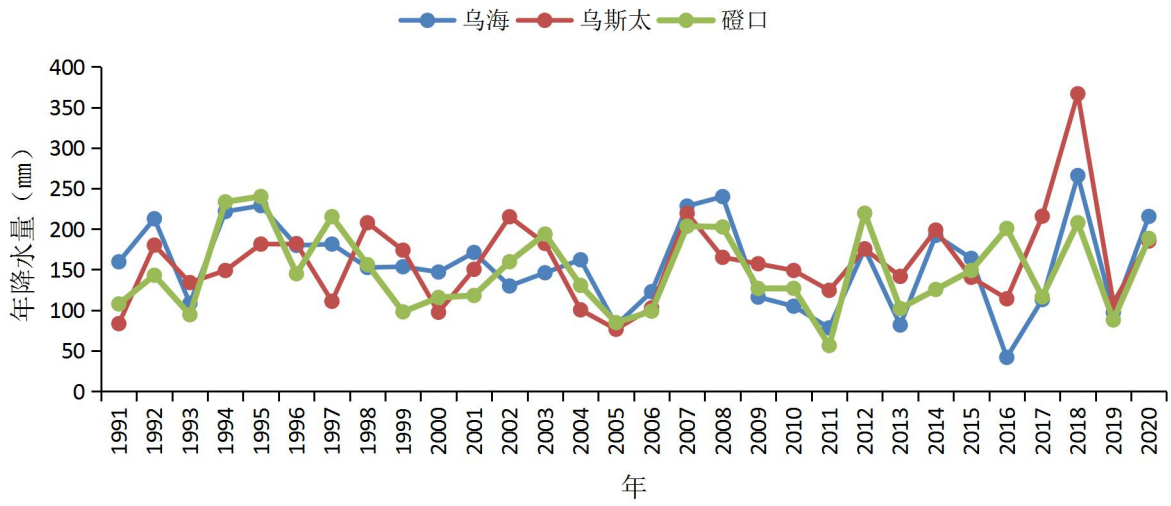


图3.3-5 近30年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年降水量对比

（3）风的对比分析

近30年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年平均风速在2.0～3.8m/s之间变化，年平均风速变化趋势较为一致，其年平均风速分别为3.6m/s、3.4m/s和2.6m/s（图3.3-6）。

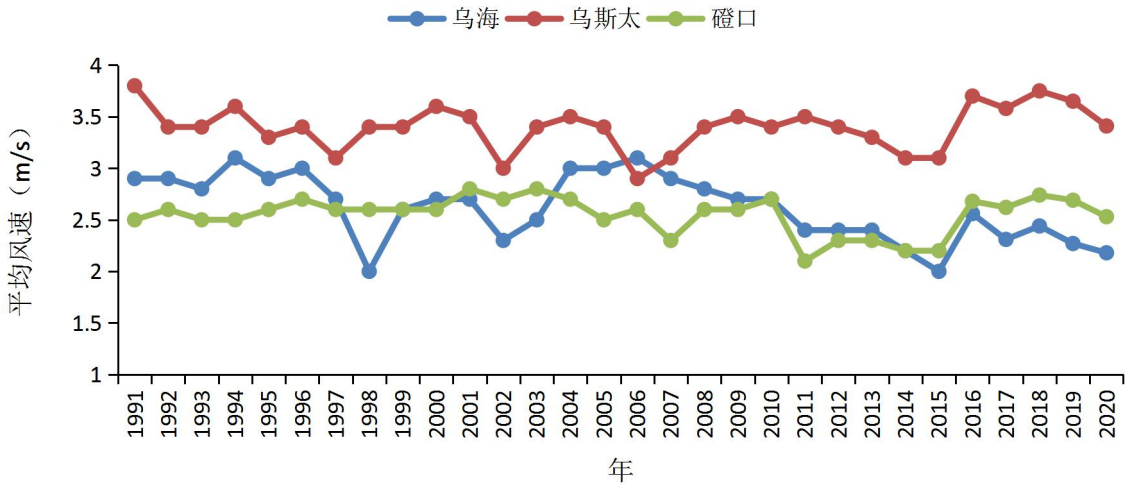


图3.3-6 近30年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年平均风速对比

近30年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年最大风速在10.3～24.7m/s之间，整体变化趋势较为一致，其年最大风速分别为20.0m/s、21.0m/s和24.7m/s。

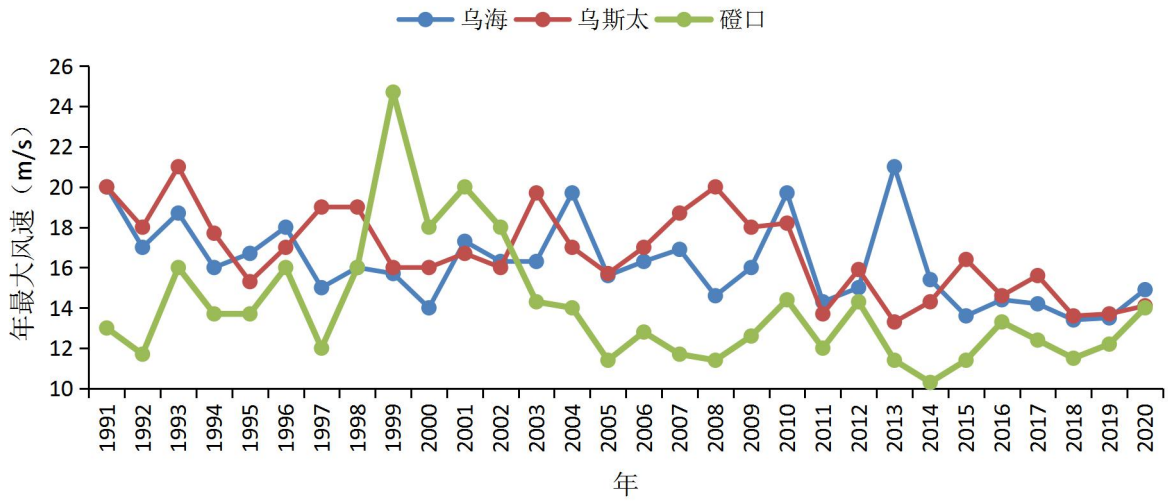


图3.3-7 近30年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年最大风速对比

4）日照的对比分析

近 30 年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年日照时数在 2763.6～3475.3 小时之间，总体变化趋势相近，台站迁站前后对日照时数影响不大，其年平均日照时数分别为 3094.4h、2969.5h 和 3245.6h。

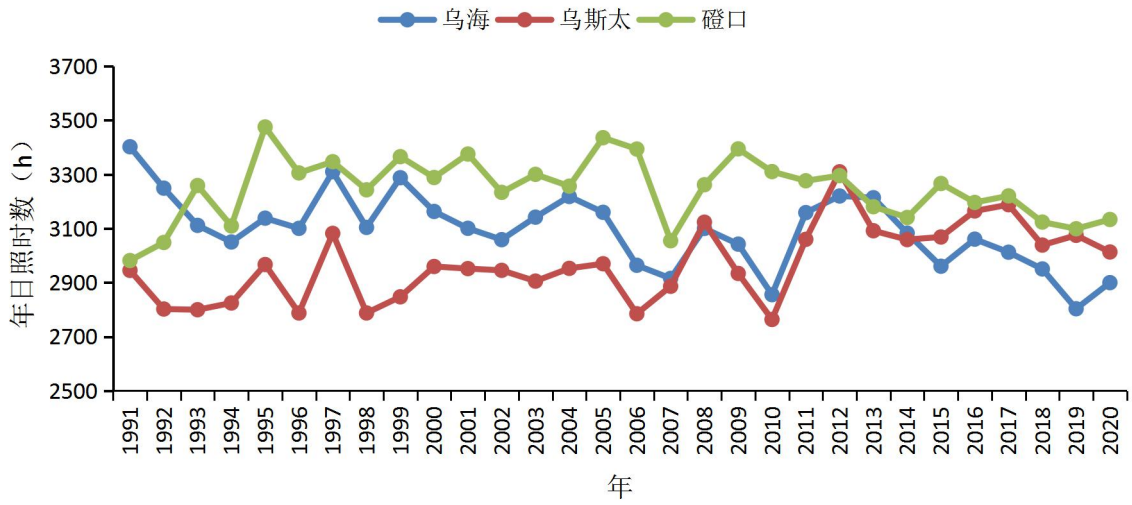


图 3.3-8 近 30 年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站年日照时数对比

综上可知，近 30 年乌海气象站、乌斯太气象站和磴口气象站的气候特征较为相似，变化趋势基本一致。此外，三个国家站观测要素全面，且具有完整的长时间序列。从地形地貌方面考虑，乌海气象站与产业园的距离最近，且地形地貌一致，因此拟选择乌海气象站作为产业园的参证气象站。通过分析乌海气象站的代表性、准确性和比较性，论证乌海气象站作为参证气象站的科学性。

3.3.2 参证气象站代表性分析

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。为进一步论证参证站的区域代表性，选取了海勃湾产业园周边 2 个完整性最高，连续性最好的骨干区域站：乌兰淖尔、盘井自动气象观测站（图 3.3-1）。将 2018～2020 年乌海气象站与区域站的基本气象要素进行相关

性分析，以确定参证气象站的区域代表性。

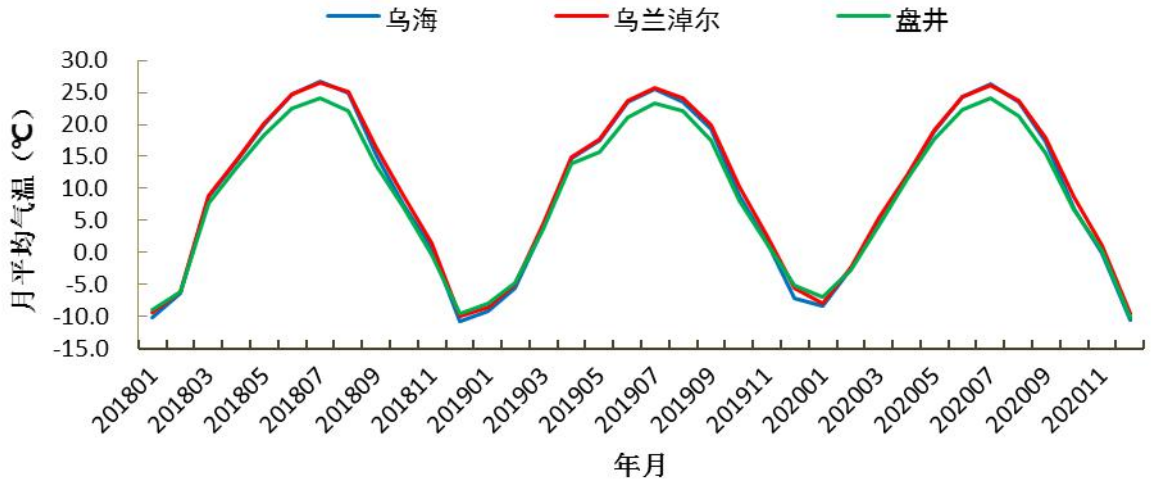
乌兰淖尔和盘井区域气象站从2018年有完整的气象观测记录，2018～2020年各气象站日值资料的完整率见表3.3-3。

表3.3-3 海勃湾产业园周边气象站基本气象要素完整率统计（%）（2018～2020年）

观测站	日降水量（mm）	日平均气温(℃)	日最低气温(℃)	日最高气温(℃)	日平均风速(m/s)	日最大风速(m/s)
乌海	100	99.6	99.9	99.9	99.6	99.9
乌兰淖尔	99.9	99.1	99.6	99.6	99.1	99.6
盘井	99.9	99.1	99.6	99.6	99.1	99.6

（1）气温的相关性分析

如表3.3-4所示，2018～2020年乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站月平均气温、月平均最高气温和月平均最低气温变化趋势基本一致（图3.3-9～图3.3-11）。



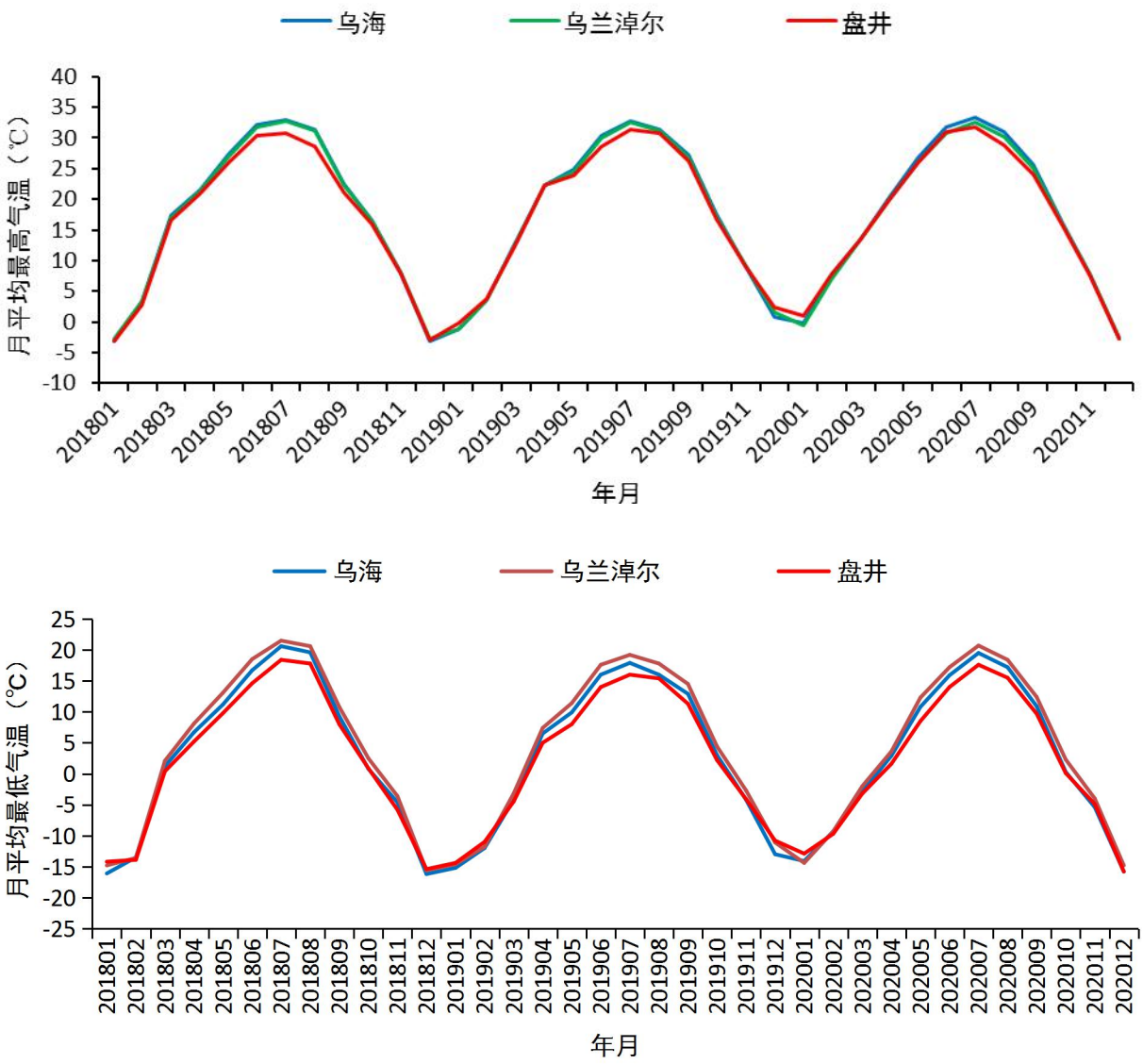


图 3.3-9 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔、盘井站月平均气温、月平均最高气温、月平均最低气温（℃）

乌海气象站与乌兰淖尔区域气象站的平均气温、平均最高气温和平均最低气温的相关系数达 0.99 以上，均通过了α=0.001 的显著性检验，相关性极高，从 2018～2020 年日平均气温、日最高气温和日最低气温散点图上可以看出（图 3.3-12～图 3.3-14），乌海气象站与 2 个区域站的日平均气温、日最高气温相关都很紧密，其中，日平均最高气温的相关性最高，日平均气温次之，日最低气温略低，但仍达到了极显著相关。就气温而言，乌海气象站可以代表产业园气候状态。

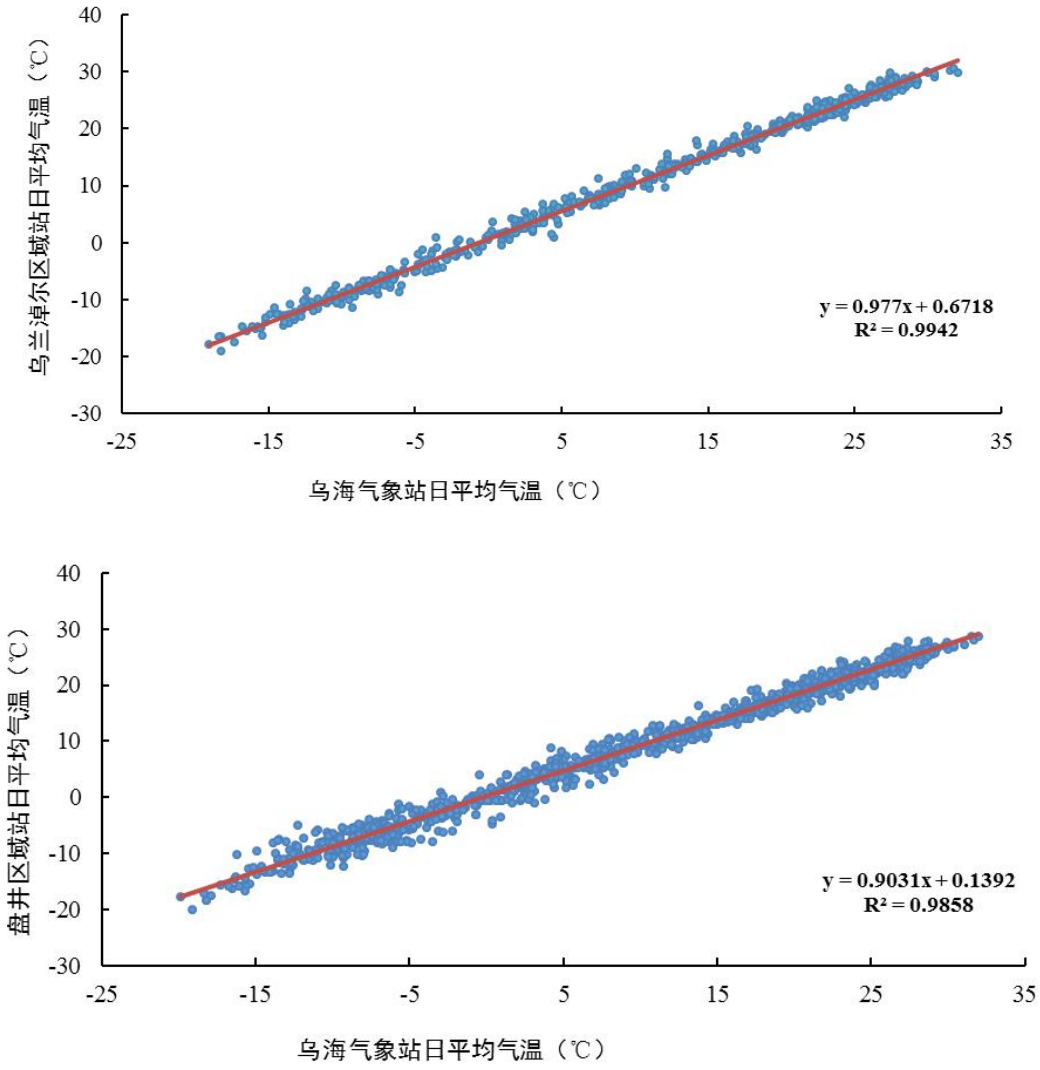
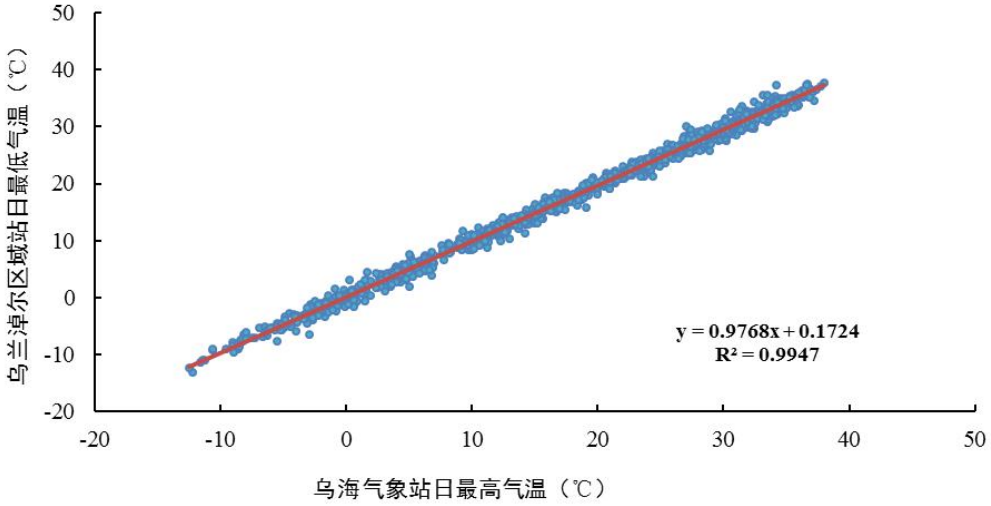


图 3.3-10 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站日平均气温相关图



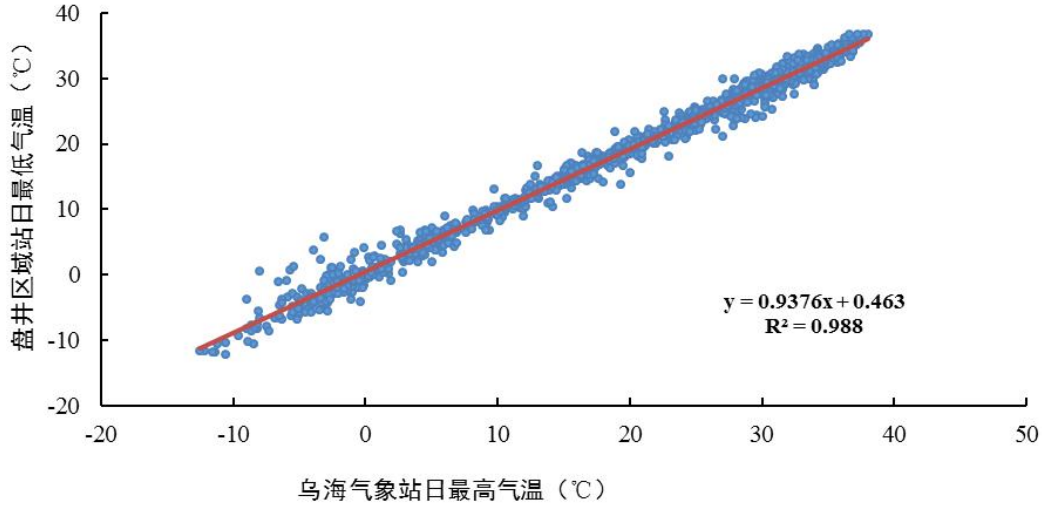
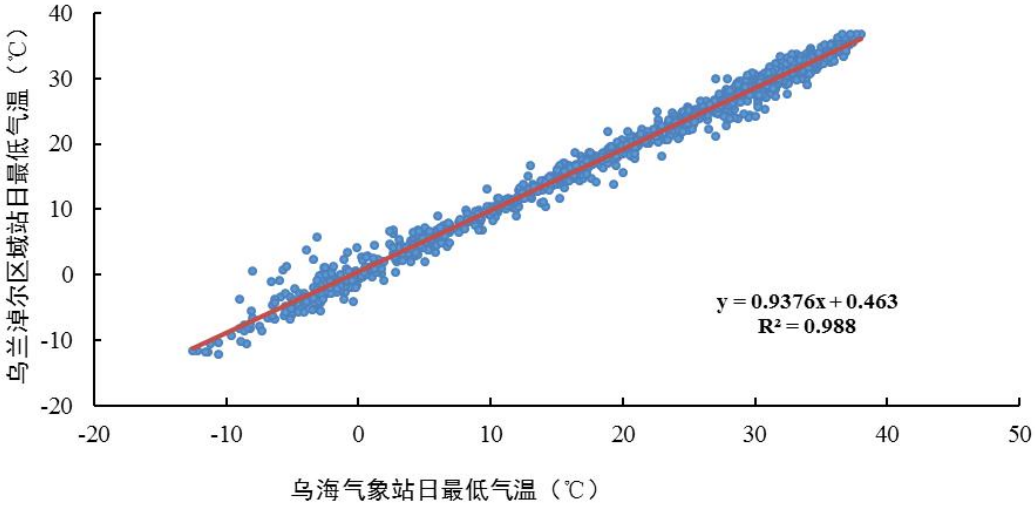


图 3.3-11 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站日最高气温相关图



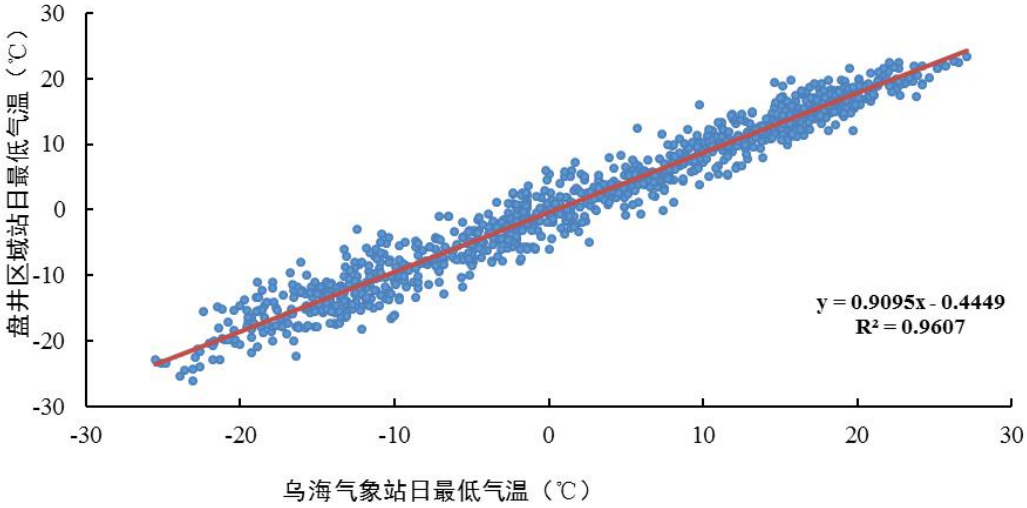


图 3.3-12 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站日最低气温相关图

表 3.3-4 乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站日气温的相关系数

区域观测站	日平均气温	日最高气温	日最低气温

乌兰淖尔	0.997	0.997	0.992
盘井	0.993	0.994	0.980

（2）风的相关性分析

乌海气象站与乌兰淖尔、盘井站月平均风速的变化趋势基本一致，但乌兰淖尔区域站平均风速均值略高于其他 2 个站平均风速（图 3.3-15）。平均风速最大值多出现在 3～5 月份。

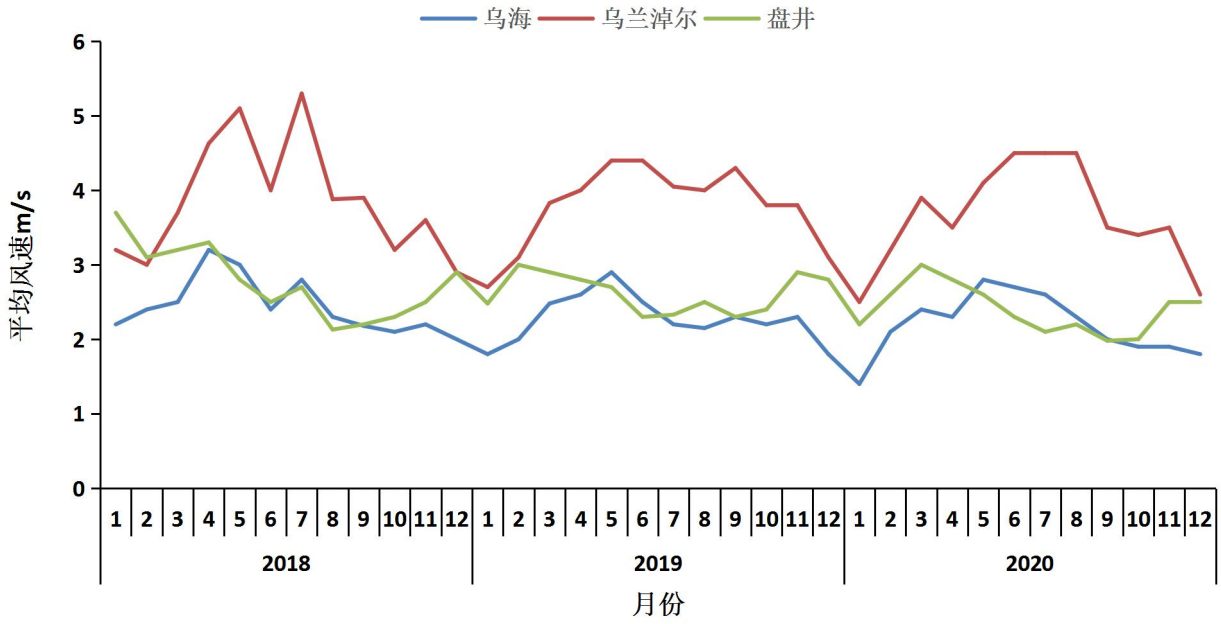


图 3.3-15 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站月平均风速变化趋势

从 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔、盘井站日平均风速和日最大风速散点分布图（图 3.3-16～图 3.3-17）和表 3.3-5 可以看出，乌海气象站与乌兰淖尔、盘井站的日最大风速相关系数达 0.53 以上，通过了α=0.01 的显著性检验，达到显著相关水平。

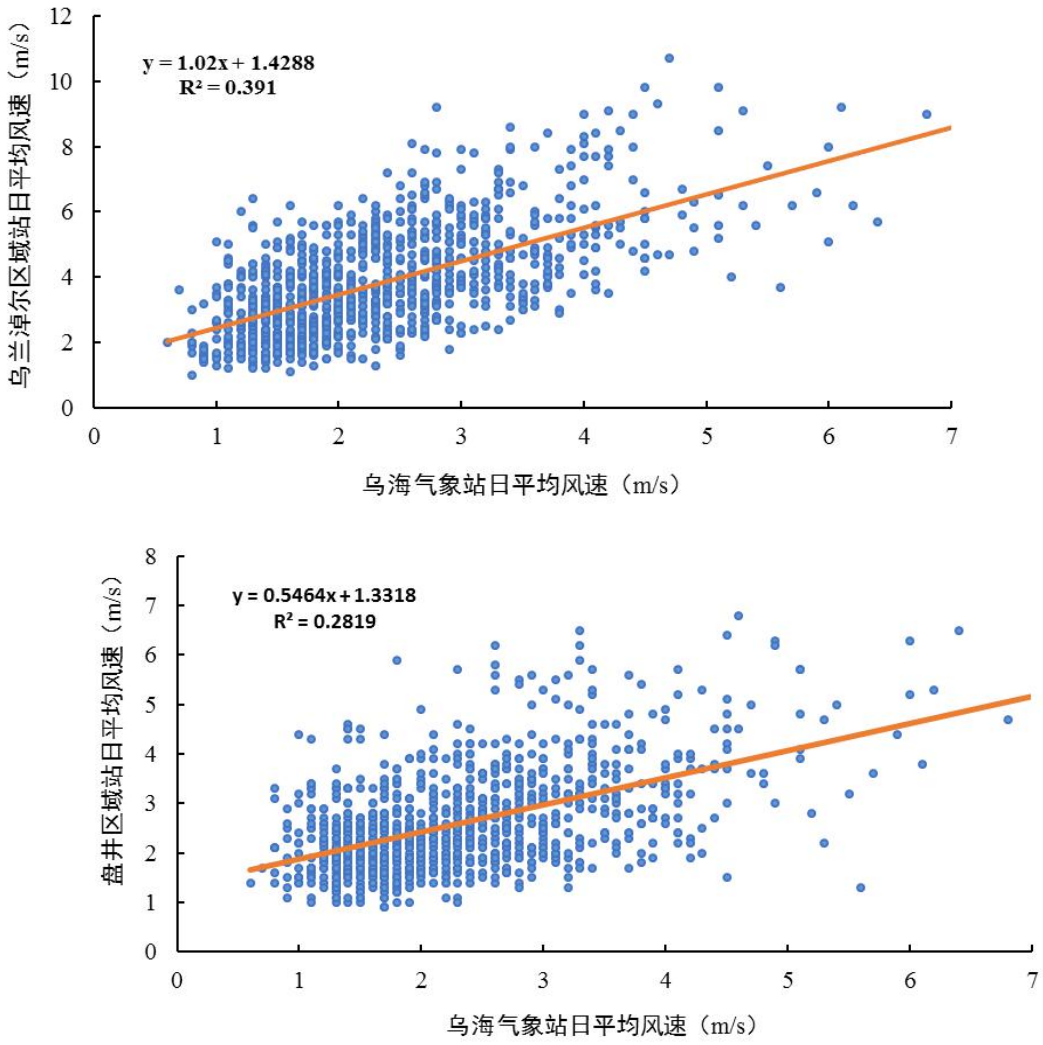
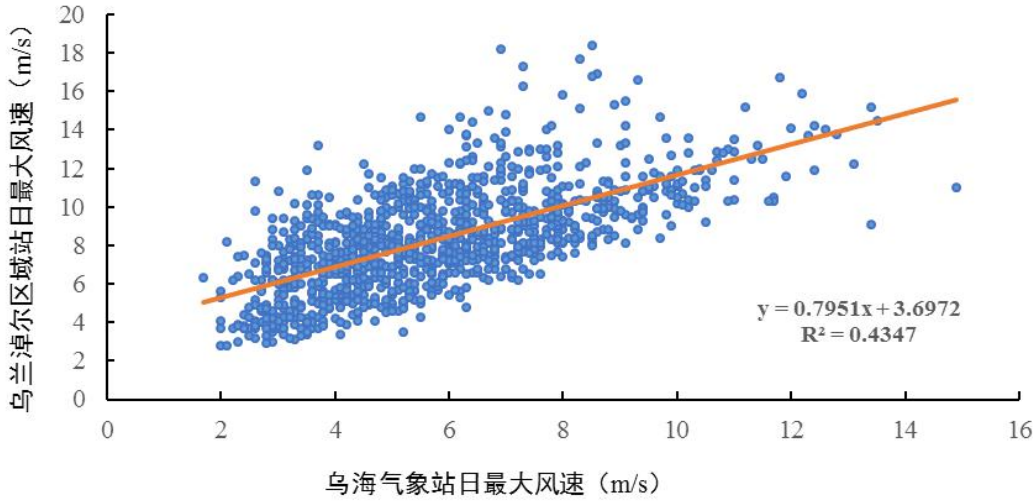


图 3.3-16 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站日平均风速相关图



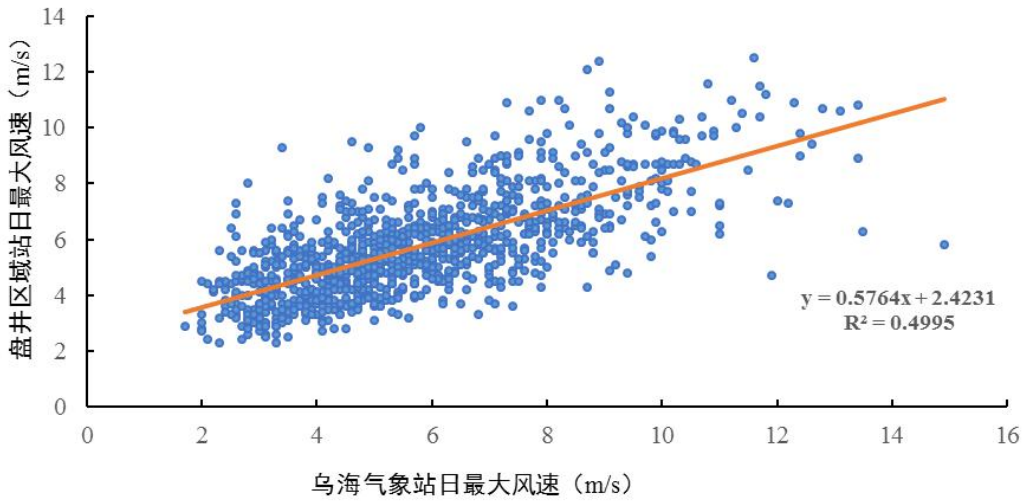


图 3.3-17 2018～2020 年乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站日最大风速相关图

表 3.3-5 乌海气象站与乌兰淖尔站、盘井站日平均风速和日最大风速相关系数

区域观测站	日平均风速	日最大风速
乌兰淖尔	0.625	0.659
盘井	0.531	0.707

综上结论，从气温、风速等要素上看，乌兰淖尔站和盘井站所代表的论证范围与乌海气象站气候特征基本一致。综合考虑参证气象站与产业园区域的地理位置、相对距离、下垫面条件及数据质量，拟选定乌海气象站作为参证站，用该站长期气象资料来代表海勃湾产业园论证区域的气候状况。

3.3.3 参证气象站准确性分析

乌海气象站是国家气象观测站，始建于 1960 年 8 月，位于海勃湾区原木器厂院内北纬 39°54′，东经 106°48′；1975 年 1 月首次迁至黄河西街北纬 39°41′，东经 106°48′；2004 年 1 月 1 日第二次迁至乌海机场北纬 39°48′，东经 106°48′，海拔高度 1105.6m。迁站前，均进行了一年的对比观测，观测资料完全符合国家相关规定，本站的观测人员，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

范审核，其准确性可以满足规范规定和项目要求。

乌海国家基本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，观测场的周边环境保持较好（图 3.3-18），周边以建筑区为主。站址地处无超高建筑物，没有对气象探测有影响的源体，气象探测环境总体满足要求。

乌海气象站 2004 年迁站以及观测仪器的变化对该站气象资料尤其是风资料影响较大，本文进行了资料的均一性处理，使用的是均一化处理后的风速资料，消除了迁站及仪器等变更的影响，资料的准确性得到保证。



图 3.3-18 乌海气象观测站探测环境全景图

综上，乌海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）的平均气候状况；观测场建设，场地大小尺寸及观测外部环境满足国家探测标准要求；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，用乌海气象站作为论证区的参证站，用该站长期气象资料来代表海勃湾产业园的气候背景科学合理。

4 气候适宜性评价

4.1 大气环流特征

影响区域气候形成的主要因素为太阳辐射、大气环流、地面状况及人类活动等。太阳辐射在地球上随纬度、季节变化是导致不同地区气候差异及各地气候季节交替、气候带形成的根本原因；大气环流是影响气候形成的主要因素，大气环流能促进高低纬度之间、海陆之间热量和水汽的输送及交换，调节全球热量及水分的分布，形成不同地区独特的气候特征；地面状况是大气直接的热源及水源，直接影响着大气中水热状况等，如海陆分布对气候的影响、山脉等地势对气候的影响等，地面对气候影响机制更为复杂多样；人类活动通过改变大气成分、改变地面状况、水汽含量等，直接或间接地影响着局地气候与气候变化。

4.1.1 春季大气环流特征

3～5 月 500hPa 平均高度场上（图 4.1-1），欧亚中高纬呈“两槽一脊”型，泰梅尔半岛附近为强度为 5200gpm 的冷低压，日本海附近的东亚大槽随着季节进程推进，它的位置逐渐西移、强度逐渐减弱。里海至贝加尔湖为 5400～5600gpm 的宽广高压脊，海勃湾产业园处于高脊前部的弱西北气流中，在此气流引导下，有利于极地冷空气南下，易致使海勃湾产业园出现大风、寒潮等天气，但冷空气势力较冬季偏弱。西太平洋副热带高压脊线由 15ºN 北抬至 20ºN 附近，北支锋区亦北抬到 45ºN 附近，中高纬度多移动性槽脊活动。季节内，大气长波系统调整频繁，每一次长波系统调整和东亚大槽更替变化，海勃湾产业园都会出现雨雪、寒潮、大风、沙尘等天气形势。环流配置的复杂性导致了天气变化多样，当 500hPa 乌拉尔山和鄂霍次克海高脊发展，贝加尔湖附近形

成低槽区，可会形成降水、降温、大风天气；当乌拉尔山长波脊发展，西西伯利亚长波槽加深，东北-西南向锋区通过内蒙古，地面气旋发展强烈，可会形成海勃湾产业园寒潮、大风、降水或沙尘天气，当乌拉尔山附近高脊向东北方向强烈迅速发展而其前部横槽转竖时，可会形成强寒潮、降水过程。当中纬度，巴尔喀什湖附近气流平缓，里海有弱槽发展东移，日本海以西有脊维持，形成“东高西低”形势，海勃湾产业园易形成明显降水天气。

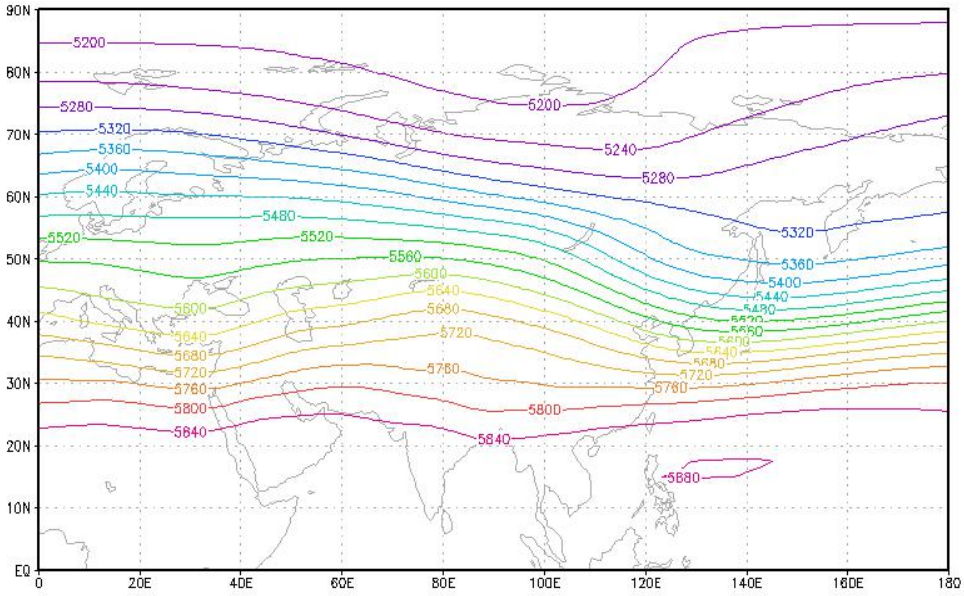


图 4.1-1 1981～2010 年春季 3～5 月 500hPa 北半球欧亚平均高度场

平均海平面气压场上（图 4.1-2），蒙古高压中心位于萨彦岭附近，强度为 1025hPa 较冬季明显减弱，春季暖湿气流开始活跃并加强，东部冷暖空气交汇的频率相应增多，乌海市位于蒙古高压前部、底部，晴天多、湿度小，风力大、降水少，升温快、变幅大。

总的来说，入春后，500hPa 平均图上，欧亚上空气流较平直，贝加尔湖附近弱高压脊及其东侧东亚大槽减弱，地面蒙古高压减弱收缩，中高纬度多移动性槽脊活动，地面低压系统活跃，海勃湾产业园回温快，天气多变，风力较大。当大气长波调整、东亚大槽更替变化时，易形成雨雪、寒潮、大风、沙尘、霜

冻等天气，特别是 500hPa 欧亚“两脊一槽”、“横槽转竖”等形势下出现频次高；当西来槽发展，形成“东高西低”易出现降水。

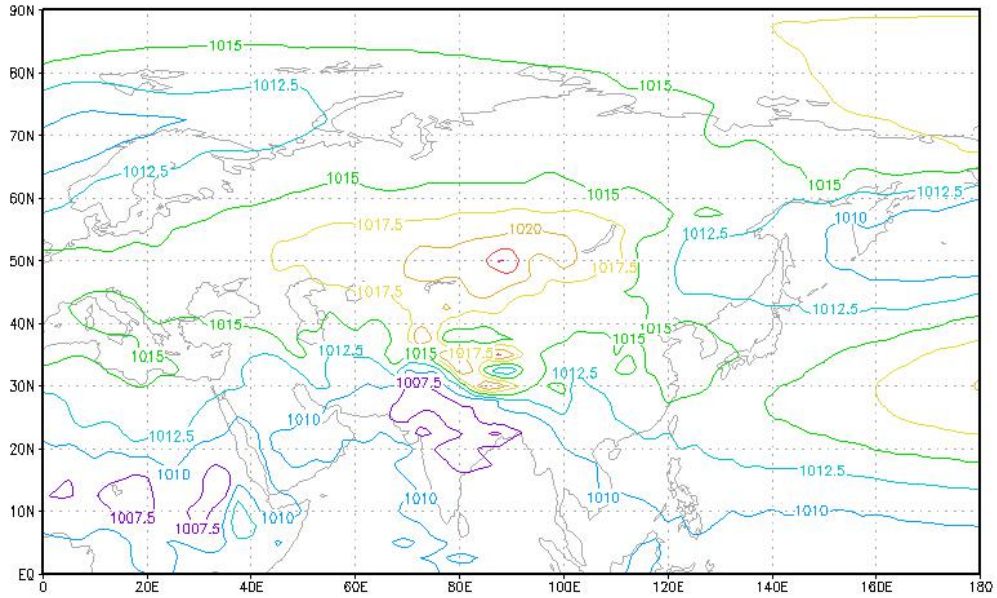


图 4.1-2 1981～2010 年春季 3～5 月北半球欧亚平均海平面气压场

4.1.2 夏季大气环流特征

6～8 月平均 500hPa 高度场上(图 4.1-3)，极涡较春季减弱北缩，欧亚中高纬上空为“两脊一槽”型，咸海以北至贝加尔湖演变为低槽，低层气旋性环流加强；亚洲东海岸的东亚大槽被弱脊所取代，鄂海附近出现高压脊，系统强度较春季减弱，暖湿空气势力为最强。在此背景下，海勃湾产业园为平直气流控制，多受东移槽脊影响。西太平洋副热带高压（副高）脊线在 6 月中、下旬由 20°N 北跳到 25°N 以北，7 月上、中旬，副高出现第二次北跳和西伸，脊线在 30～35°N 附近，达到一年中的最北位置，西伸脊点可到 110～100°E，其外围为充沛的水汽可输送至乌海市，为降水提供有利条件。当西风槽东移，与副高外围水汽在乌海市交汇时形成明显降水，特别是冷切变易形成较强降水或冰雹；当副高边缘横向扰动影响乌海市东部时，海勃湾产业园可能形成大暴雨。一般 7 月上、中旬随副高北上雨季开始，8 月中旬副高开始缓慢南撤，雨季结束。

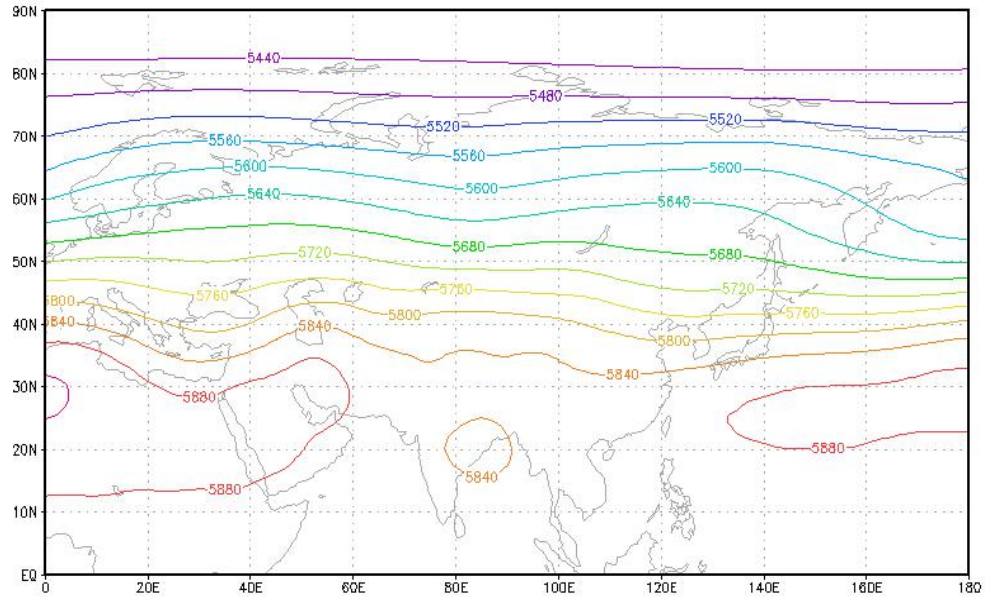


图 4.1-3 1981～2010 年夏季 6～8 月 500hPa 北半球欧亚平均高度场

夏季平均海平面气压场上（图 4.1-4），贝加尔湖东南部热低压完全取代了蒙古高压，乌海市为 1007.5hPa 等压线控制，地面辐合上升运动条件具备，成为一年中降水最多的季节,占全年降水量 63.0%。

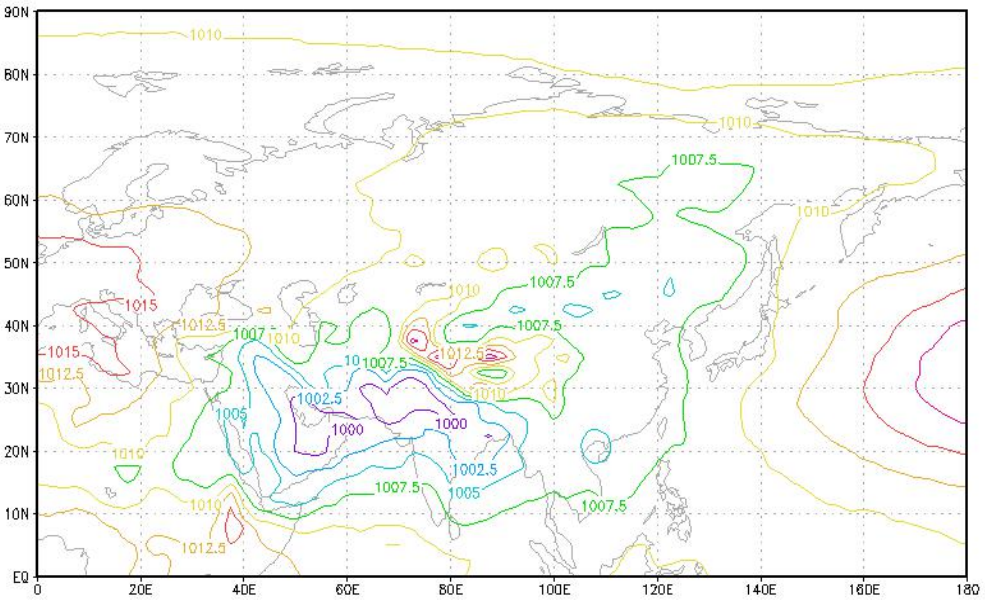


图 4.1-4 1981～2010 年夏季 6～8 月欧亚平均海平面气压场

总之，夏季 500hPa 平均图上，欧亚为“两脊一槽”型，强度较春季弱，鄂海附近出现高压脊，海勃湾产业园处于弱脊下的平直气流中。西太平洋副热带高压 7 月上、中旬北跳后，达到一年中的最北位置，成为海勃湾产业园的主汛期

开始的主要特征。西太平洋副热带高压与西风槽、冷式切变相互作用形成强降水、冰雹、局部大风等天气副高边缘横向扰动海勃湾产业园可能形成大-暴雨降水过程。

4.1.3 秋季大气环流特征

秋季在大气环流上主要表现为副高南撤，日本海附近的东亚大槽开始建立并加深，极地冷空气加强南下，乌海市受西北气流控制，海勃湾产业园降温增多，降水减少。

秋季 500hPa 欧亚平均高度场上（图 4.1-5），中高纬度为平直气流，环流经向度小，表现为振幅较小的“两槽两脊”型。欧洲和贝加尔湖附近为弱脊，乌拉尔山东南部为弱低槽，日本海附近为逐渐加强的东亚大槽。

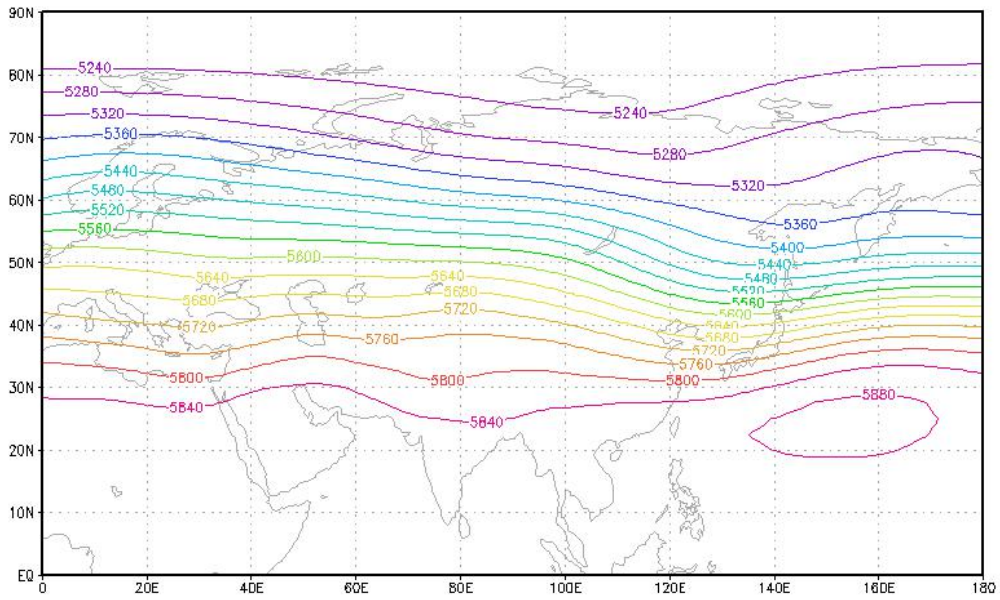


图 4.1-5 1981～2010 年秋季 9～11 月 500hPa 北半球欧亚平均高度场

秋后，西太平洋副热带高压的势力逐渐减弱并向东南撤退， 9 月中旬副高脊线南撤到 20～25°N 之间，10 月中旬脊线回到 15°N 附近，东亚大槽发展。当乌拉尔山高压建立或加强，西西伯利亚低槽加深东移，冷空气多从新地岛或太梅尔半岛向蒙古西北堆积，并向东南爆发，海勃湾产业园将出现寒潮、强降

温、霜冻、冷雨、湿雪等天气过程。且随季节进程推进，进入到冬季，冷空气活动强度不断增强。

平均海平面气压场上（图 4.1-6），地面气压逐渐增加，蒙古高压在蒙古和新疆北部交界处形成，中心值为 1025.0hPa，海勃湾产业园为 1020.0hPa 的气压。秋季东亚大陆处于夏季的热低压系统向冬季的冷高压系统转换的过渡期，冷空气活动次数增加，大风、降温次数增多，降水减少，降水量占全年 18.6%。

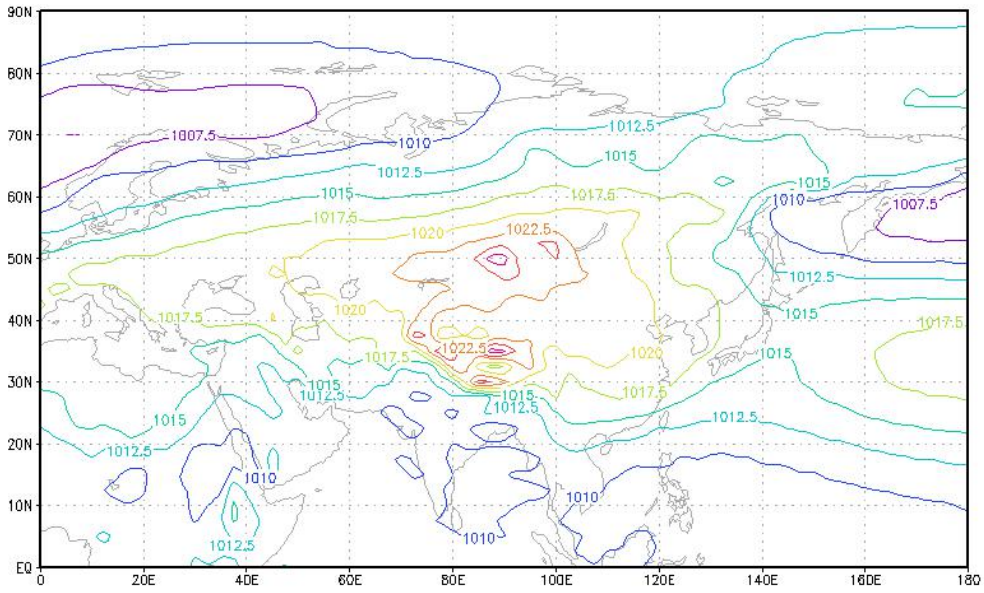


图 4.1-6 1981～2010 年秋季 9～11 月北半球欧亚平均海平面气压场

综上所述，秋季是乌海市最短的季节，此时副高南撤，冷空气势力加强，东亚大槽建立。500hPa 平均图上为振幅较小的“两脊两槽”型，海勃湾产业园处于西北气流中，受西风槽影响。地面为加强的蒙古高压控制，乌拉尔山高压建立或加强东移，冷空气爆发，海勃湾产业园多发生寒潮、强降温、霜冻、冷雨、湿雪等天气。

4.1.4 冬季大气环流特征

冬季 500hPa 平均图上（图 4.1-7），欧亚上空为“两槽一脊”型，环流经向度大。乌拉尔山附近为弱槽，贝加尔湖附近为高脊，亚洲东岸的日本海附近为

东亚大槽，海勃湾产业园受贝加尔湖高脊前西北气流控制。季节内，当乌拉尔山有阻塞高脊形成或发展，冷空气沿脊自西北向东南的锋区入侵内蒙古；当乌拉尔山阻高在巴尔喀什湖以东形成横槽或切断低压携带小股冷空气影响内蒙古，形成降雪天气；当横槽转竖时，形成寒潮天气。

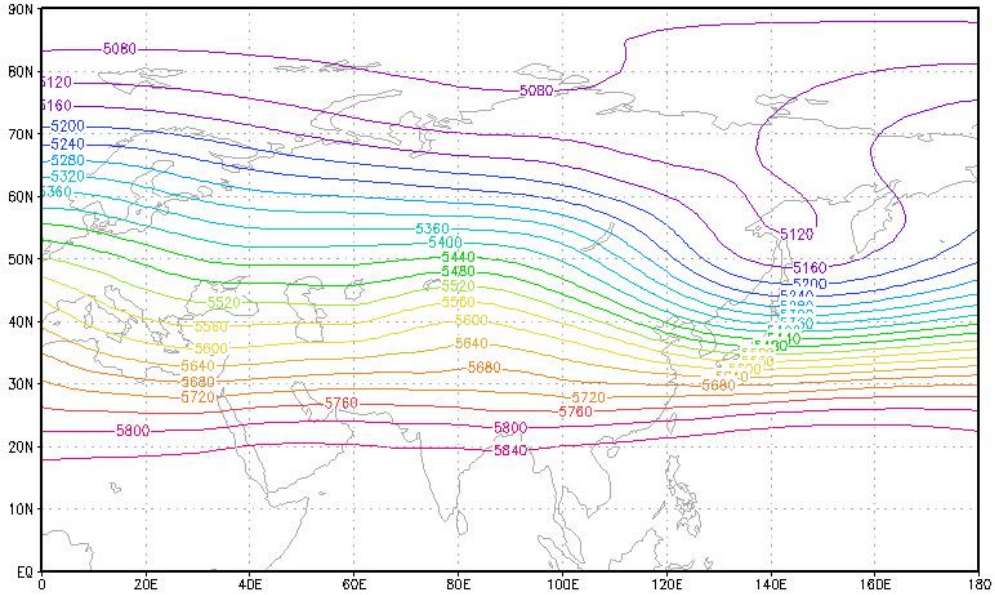


图 4.1-7 1981～2010 年冬季 12～2 月 500hPa 北半球欧亚平均高度场

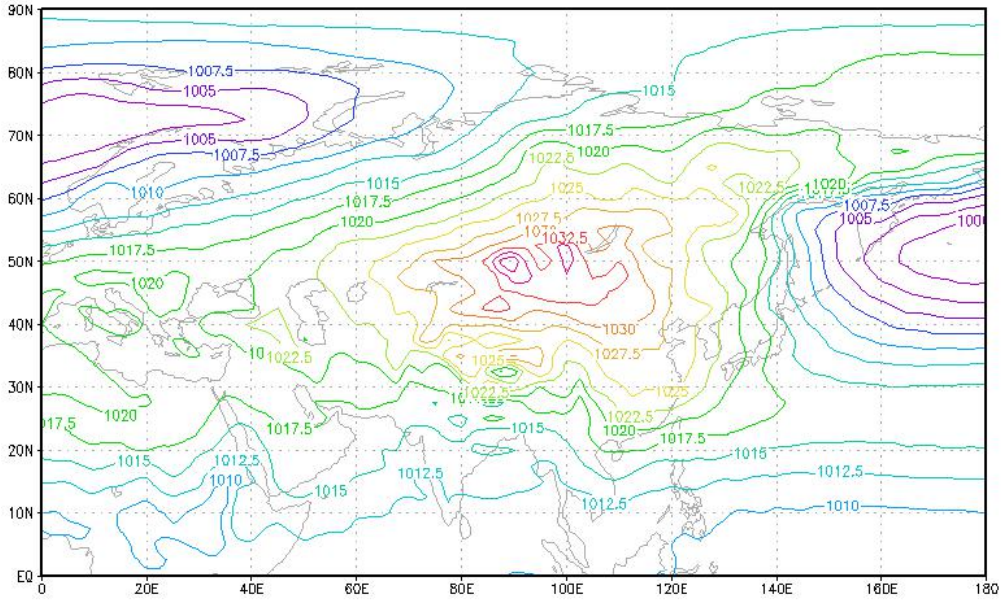


图 4.1-8 1981～2010 年冬季 12～2 月北半球欧亚平均海平面气压场

平均海平面气压图上（图 4.1-8），西伯利亚南部-蒙古西部中心值为 1037.5hPa 的强大的蒙古高压中心，稳定的控制欧亚大陆。海勃湾产业园在

1027.5～1030.0hPa 区域内，受稳定冬季风的影响，盛行西北风或北风，有利于西伯利亚冷空气的东南移动，可形成海勃湾产业园寒潮、降雪、大风、沙尘天气，因此成为全年最寒冷的季节，降水最少仅为全年的 2.1%。

总的来说，槽脊位相与夏季基本相反，欧亚上空为“两槽一脊”型，环流经向度大，海勃湾产业园为贝加尔湖脊前、东亚大槽后西北气流控制，地面处于一年中最强而且稳定的蒙古强冷高压中，气温较低。当乌拉尔山高压脊发展、低槽东移和横槽转竖引发长波系统调整，蒙古高压和东亚大槽变化时，易出现寒潮、强降温、降雪、大风、沙尘等天气。

4.1.5 大气环流小结

海勃湾产业园所在的区域春季天气多变，降水少，易发生大风、浮尘、扬沙、沙尘暴等气象灾害；夏季雨水相对集中，地面盛行偏南风，易出现暴雨、冰雹、雷电、高温等灾害性天气；秋季气温下降快，易发生大雾天气，同时强降温过程及大风天气明显增多；冬季在较强的西北气流控制下，该区域易出现极端低温天气，如有充足的暖湿水汽供应且前期基础温度较高时容易发生雨转雪天气，这种情况下道路易结冰，影响交通运输。

4.2 主要天气系统

乌海市属温带大陆性季风气候区，四季分明，影响乌海市天气变化的系统主要有蒙古气旋、蒙古冷高压、东北冷涡和西太平洋副热带高压。

4.2.1 蒙古气旋

蒙古气旋是指在蒙古国产生且有地面冷、暖锋的锋面气旋。蒙古气旋形成地区为 43～50°N，90～120°E，具有很强的斜压性，一般有一条或一条以上的闭合等压线。蒙古气旋是东亚出现频率最高、影响范围最大、产生的天气种类

最多的气旋，对内蒙古、我国北方以及西太平洋地区都具有重要的影响。蒙古气旋一年四季均可出现，但以冬半年最多，造成的危害也最为严重。

4.2.2 蒙古冷高压

冬半年（10 月～翌年 5 月）东亚中高纬度经常维持着一个高压带，而冷性高压（具有两条以上闭合等压线，高空配合有冷槽或锋区者）以蒙古地区为最多，习惯上称为蒙古冷高压。

4.2.3 乌拉尔山高压脊

在 500hPa 图上，高压脊进入 50～70°N，50～70°E 范围内，而且高压脊的特征符合下列条件之一者，定义为乌拉尔山高压脊。

4.2.4 西风槽

沿 35～50°N 纬度带，经河西走廊东移的西风带短波槽。

4.2.5 东亚大槽

是北半球中高纬度对流层西风带形成的低压槽，位于亚洲大陆东岸附近。

4.2.6 暖湿切变

生成或移入沿 33～43°N，100～115°E 地区，位于西太平洋副热带高压西部（或西北部）边缘，由偏南风（西南风、南风）与偏东风（东北风、东风、东南风）构成的风场切变线。在高度场上则表现为副高脊边缘向东凹入的槽。

4.2.7 西太平洋副热带高压

在南北半球的副热带地区，存在着很多，副热带高压带，由于海陆的影响，常断裂成若干个高压单体，这些单体统称为副热带高压。这里所说的西太平洋副热带高压是指在北半球出现在西北太平洋上的高压单体。

4.3 气候特征

本章对乌海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。

表 4.3-1 乌海气象站主要气候特征值

气候要素		值	单位	出现时间
气压	年平均气压	892.0	hPa	/
	年平均最高气压	894.3	hPa	/
	年平均最低气压	889.2	hPa	/
	极端最高气压	919.4	hPa	1981年12月1日
	极端最低气压	862.4	hPa	2008年5月28日
气温	年平均气温	10.2	℃	/
	年平均最高气温	17.2	℃	/
	年平均最低气温	4.1	℃	/
	极端最高气温	41.1	℃	2017年7月12日
	极端最低气温	-32.6	℃	1971年1月22日
降水	年降水量	157.0	mm	/
	年最多降水量	357.6	mm	1967年
	年最少降水量	41.8	mm	2016年
	年平均降水日数	41.0	d	/
	最大日降水量	133.9	mm	2018年9月1日
风	年平均风速	2.9	m/s	/
	最多风向及频率	11.4/SSE	/%	/
	年最大风速	23.0	m/s	1980年3月10日
	年最大风速对应的风向	E	/	/
	年次大风速	22.0	m/s	1983年04月27日
	年次大风速对应的风向	NNW	/	/
	年极大风速	28.0	m/s	2010年4月25日
	年极大风速对应的风向	WNW	/	/
相对湿度	年平均相对湿度	42.1	%	/
日照	年日照时数	3094.4	小时	/
	年最多日照时数	3448.3	小时	1986年
	年最少日照时数	2739.6	小时	1976年
地面温度	年平均地面温度	12.3	℃	/
	年平均最高地面温度	33.6	℃	/
	年平均最低地面温度	0.3	℃	/
	极端最高地面温度	75.8	℃	2010年10月6日
	极端最低地面温度	-36.6	℃	1984年12月23日

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 1980 年开始有记录，极大风速自 2005 年开始有记录。

乌海气象站（1991～2020 年）的累年平均气压为 892.0hPa；累年平均气温为 10.2℃；累年平均降水量为 157.0mm；累年平均风速为 2.6m/s,累年平均相对湿度为 42.1%；累年平均日照时数为 3094.4 小时。

乌海气象站自有气象记录以来，年极端最高气压为 919.4hPa（1981 年 12 月 1 日），年极端最低气压为 862.4hPa（2008 年 5 月 28 日）；极端最高气温为 41.1℃，出现在 2017 年 7 月 12 日，极端最低气温为-32.6℃，出现在 1971 年 1 月 22 日，年降水量最多为 357.6mm，出现在 1967 年，最少为 41.8mm，出现在 2016 年；年最大风速 23.0m/s，出现在 1980 年 3 月 10 日；年极大风速 28.0m/s，出现在 2010 年 4 月 25 日。

4.3.1 气温

4.3.1.1 园区气温空间分布特征

2008～2019 年海勃湾区平均气温在 8.5～11.3℃之间，空间分布呈自西向东递减的特征。海勃湾产业园区位于海勃湾区东北部，园区所在区域年平均气温 8.8～10.7℃之间。

4.3.1.2 年际变化

（1）平均气温

1991～2020 年乌海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 10.2℃、17.2℃、4.1℃，其中年平均气温在 8.9℃（2008 年）～11.9℃（1998 年）之间变化，年平均最高气温在 16.3℃（1993 年、1996 年）～18.3℃（1998 年）之间变化，年平均最低气温在 2.4℃（2008 年）～6.4℃（1998 年）之间变

化。年平均最高气温年际变化表现为上升趋势，而年平均、平均最低气温年际变化呈现下降趋势。

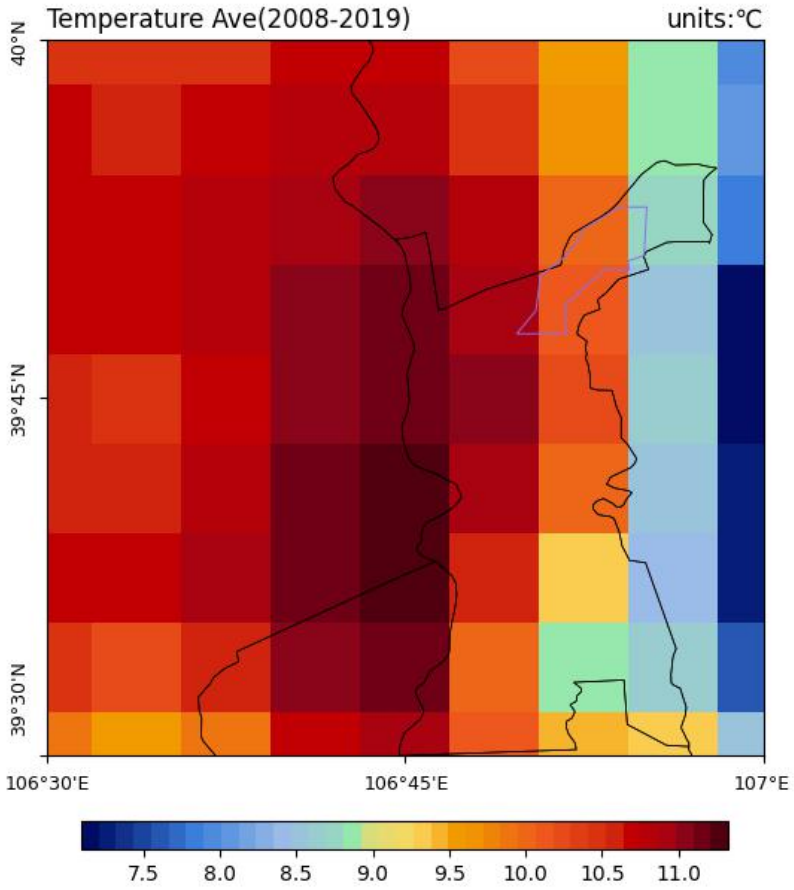


图 4.3-1 2008-2019 年海勃湾区平均气温空间分布

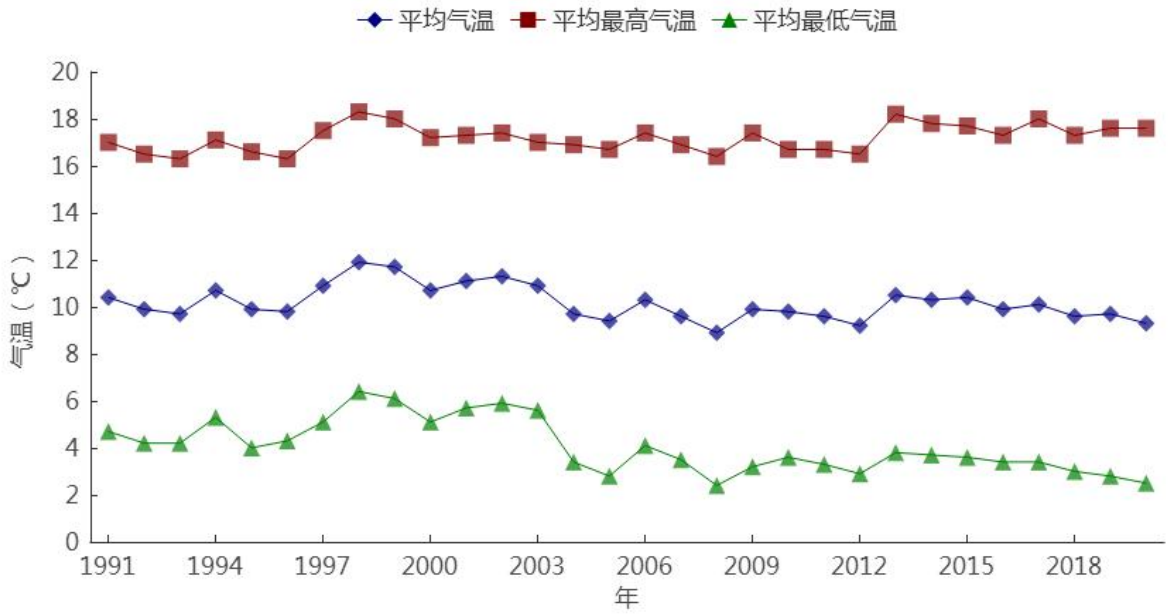


图 4.3-2 1991～2020 年乌海气象站平均气温、平均最高、平均最低气温年际变化

（2）极端气温

从图中可见，乌海气象站自 1961 年开始有完整极端高温、极端低温的资料，1961～2020 年的年极端最高气温在 35.4℃（1979 年、1989 年）～41.1℃（2017 年）之间变化。有 41 年极端最高气温在 37.0℃以上，有 25 年极端最高气温在 38.0℃以上，有 12 年极端最高气温在 39.0℃以上，有 3 年极端最高气温在 40.0℃以上，分别为 1999 年、2010 年、2017 年。

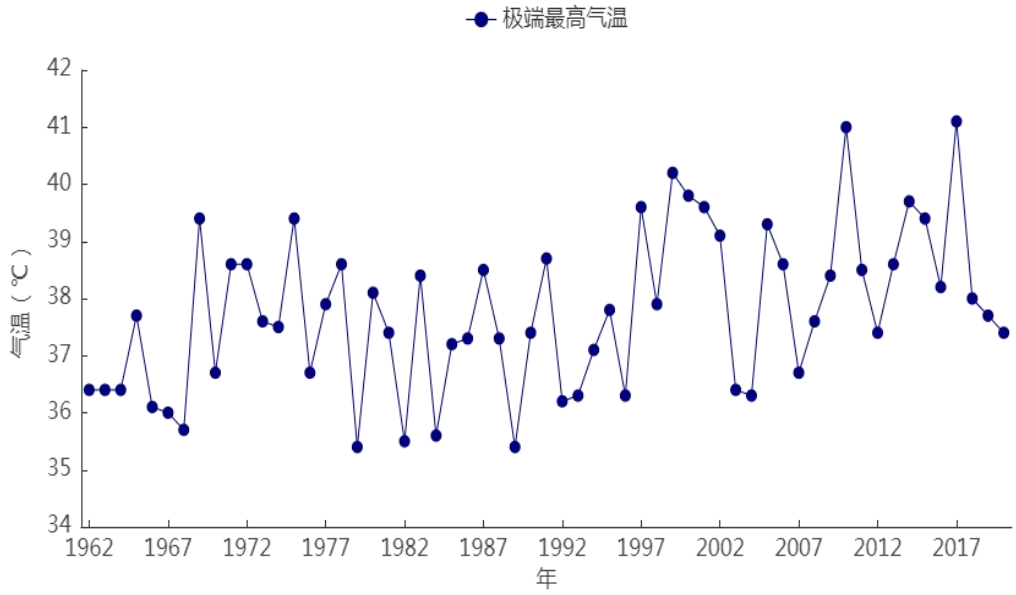


图 4.3-3 1961～2020 年乌海气象站极端最高气温年际变化

从图中可见，乌海气象站 1961～2020 年的年极端最低气温在-32.6℃（1971 年）～-16.8℃（2001 年）之间变化，有 17 年极端最低气温在-25.0℃以下，有 1 年极端最低气温在-30.0℃以下。近 10 年的年最低气温在-25.5℃～-18.6℃之间，极端最低气温有上升的趋势。

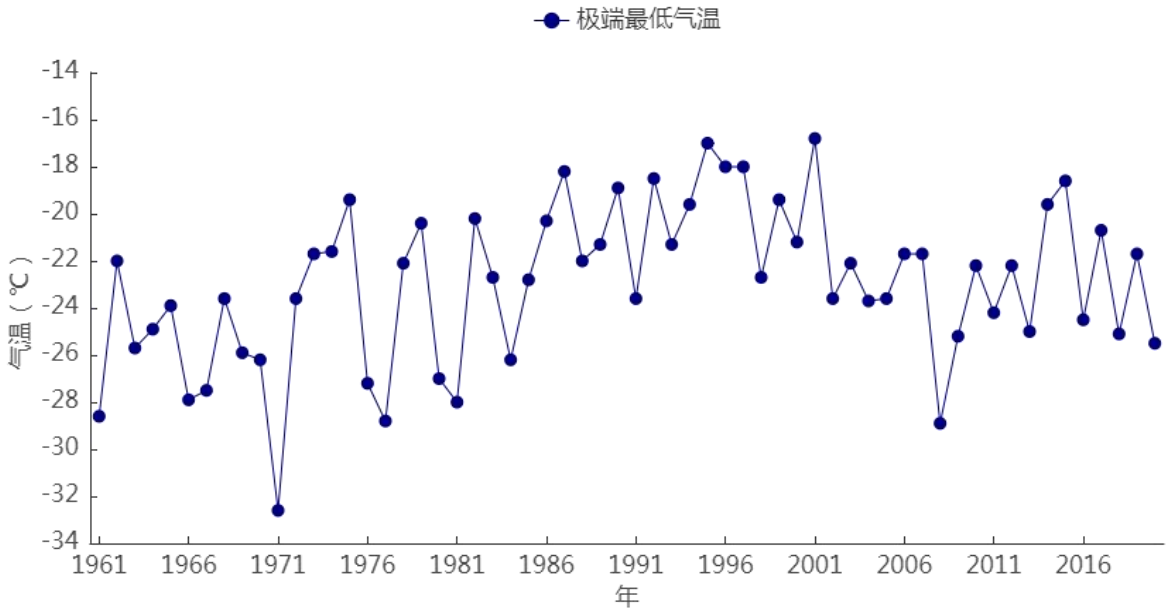


图 4.3-4 1961～2020 年乌海气象站极端最低气温年际变化

4.3.1.3 年变化

（1）平均气温

1991～2020 年乌海气象站平均气温、平均最高气温、平均最低气温年变化分别在-8.4～26.3℃、-1.1～32.7℃、-14.0～20.1℃之间，最高值均出现在 7 月，最低值均出现在 1 月。

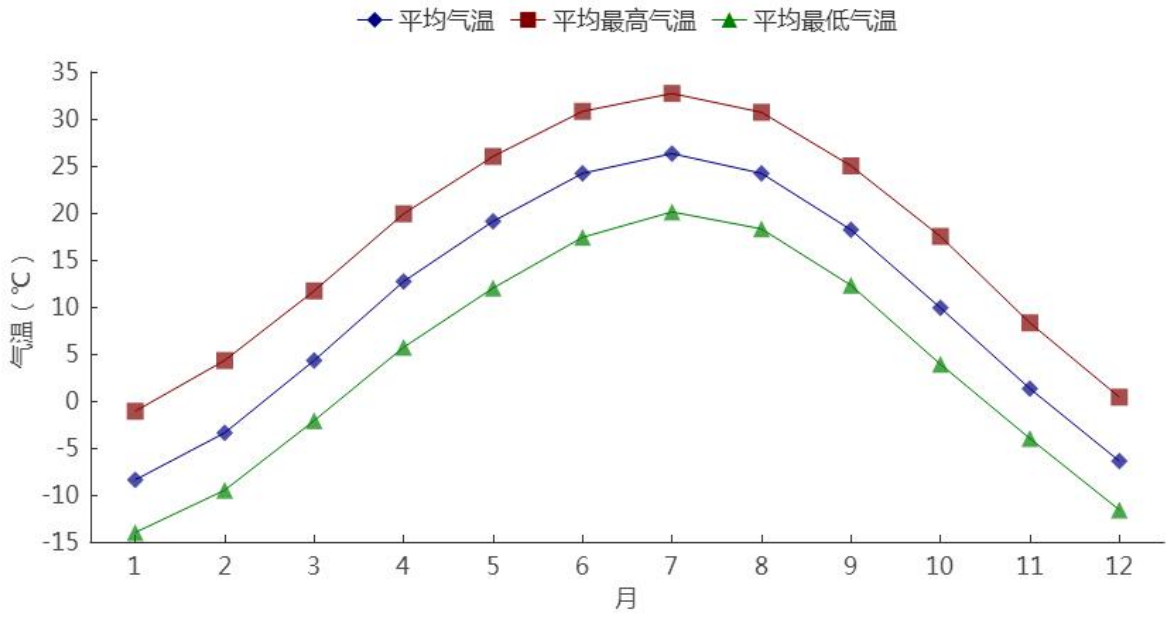


图 4.3-5 1991～2020 年乌海气象站平均气温、平均最高、平均最低气温年变化

表 4.3-2 1991～2020 年乌海气象站月平均气温、平均最高气温、平均最低气温统计表（单位：℃）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均气温	-8.4	-3.4	4.3	12.7	19.1	24.2	26.3	24.2	18.2	9.9	1.3	-6.4	10.2
平均最高气温	-1.1	4.3	11.7	19.9	26.0	30.8	32.7	30.7	25.0	17.5	8.3	0.4	17.2
平均最低气温	-14	-9.5	-2.1	5.7	12.0	17.4	20.1	18.3	12.3	3.9	-4.0	-11.6	4.1

（2）极端气温

由表可见，1961～2020 年乌海气象站的各月极端最高气温值在 12.4～41.1℃之间，最大值 41.1℃出现在 2017 年 7 月 12 日；各月极端最低气温值在-32.6～11.4℃之间，最小值-32.6℃出现在 1971 年 1 月 22 日。

表 4.3-3 1961～2020 年乌海气象站各月极端气温（℃）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值
极端最高气温	12.4	18.9	27.4	36.4	39.4	38.8	41.1	39.1	37.6	31.6	22.2	15.2	41.1
极端最低气温	-32.6	-27.5	-22.4	-10.4	-1.2	4.5	11.4	7.8	-3.7	-9.4	-24	-27.9	-32.6

4.3.1.4 日变化

近 10 年（2011～2020 年）乌海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 4.7℃；6 时开始，气温逐渐升高，到 16 时达到峰值 16.5℃；之后开始下降，直至次日 6 时。

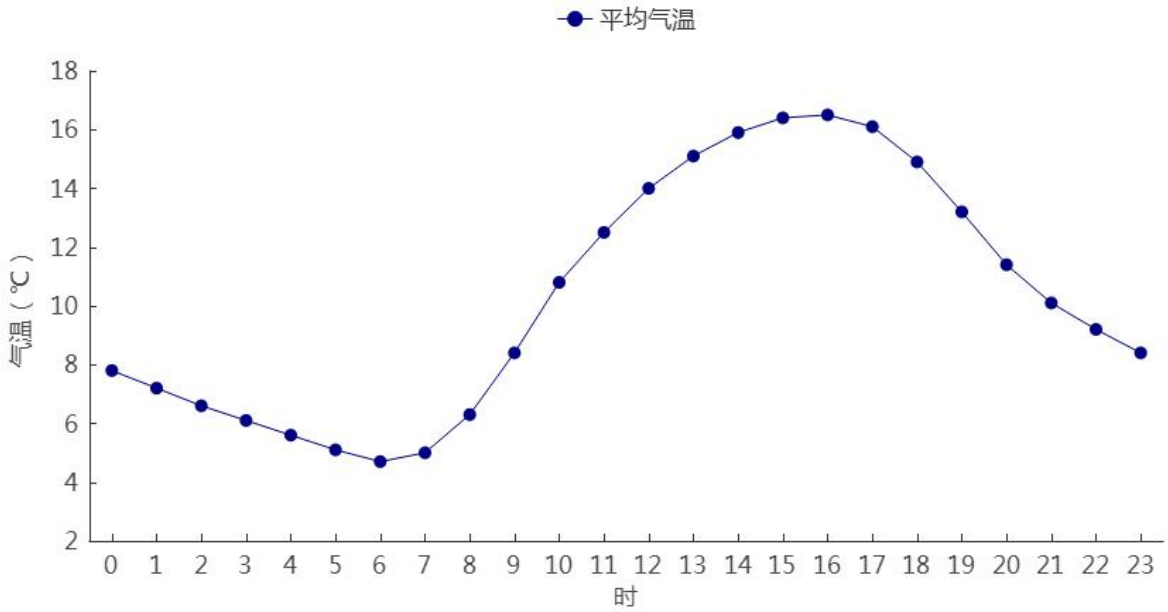


图 4.3-6 2012～2021 年乌海气象站平均气温日变化

4.3.2 降水

4.3.2.1 园区降水空间分布特征

根据 2008～2019 年平均年降水量空间分布图，海勃湾区年平均降水量介于 150.0～290.0mm 之间，呈西部偏多、东部偏少的分布特征。海勃湾产业园所在地平均年降水量在 170.0～230.0mm 之间。

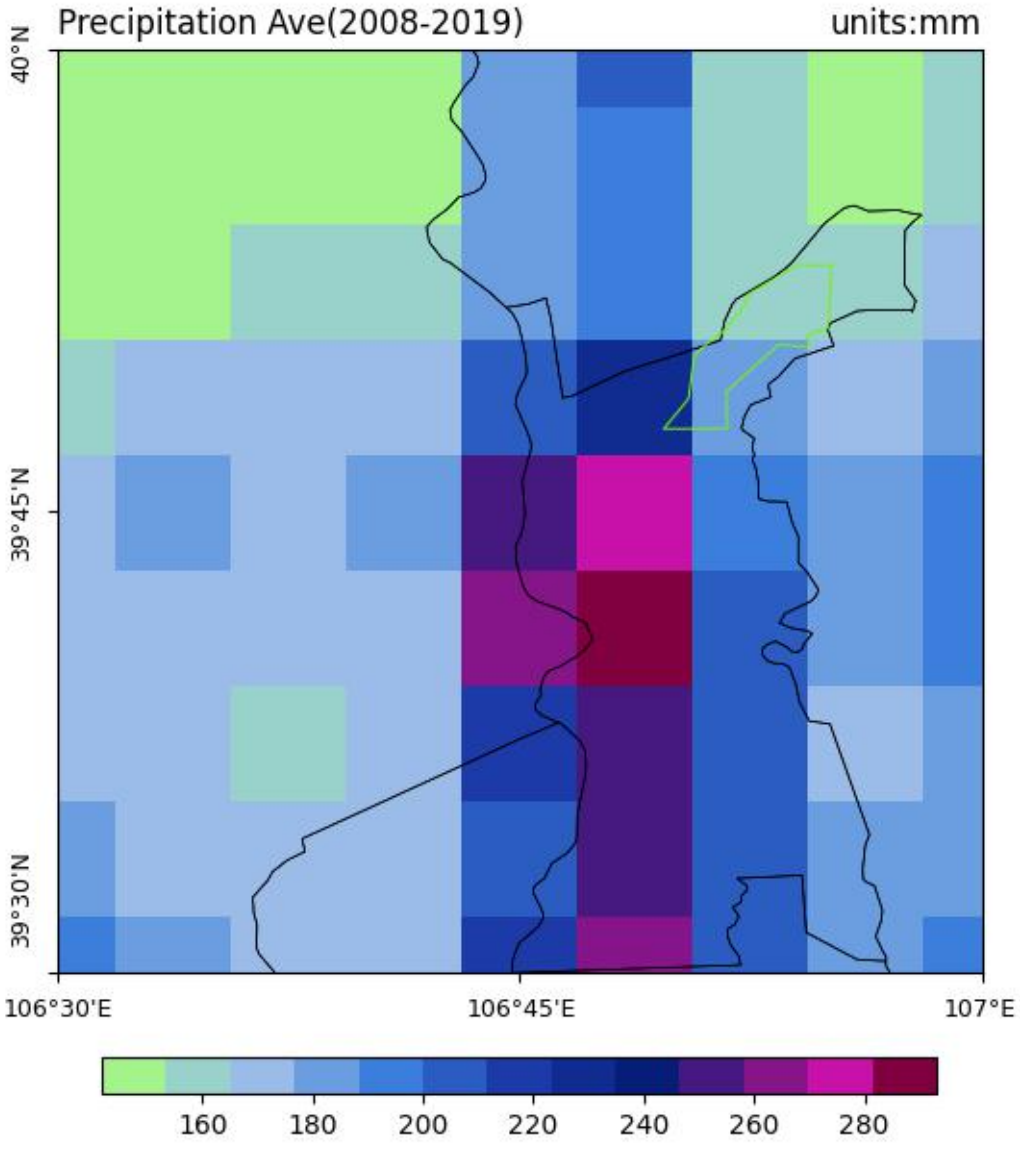


图 4.3-7 2008-2019 年海勃湾区年平均降水量空间分布图

4.3.2.2 降水量和降水日数年际变化

（1）降水量年际变化

1991～2020 年乌海气象站累年平均降水量为 157.0mm，降水量在 41.8mm（2016 年）～265.9mm（2018 年）之间变化。年降水量呈小幅下降趋势，但趋势并不显著。

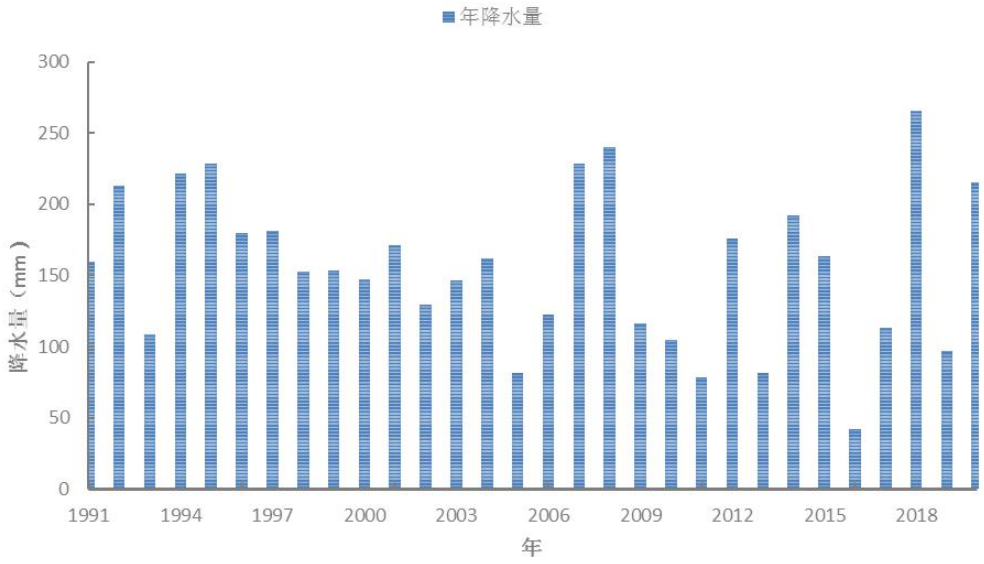


图 4.3-8 1991～2020 年乌海气象站降水量年际变化

（2）降水日数年际变化

1991～2020 年乌海气象站年平均降水日数为 41 天，降水日数在 22 天（2016 年）～58 天（1998 年）之间，呈下降变化趋势。

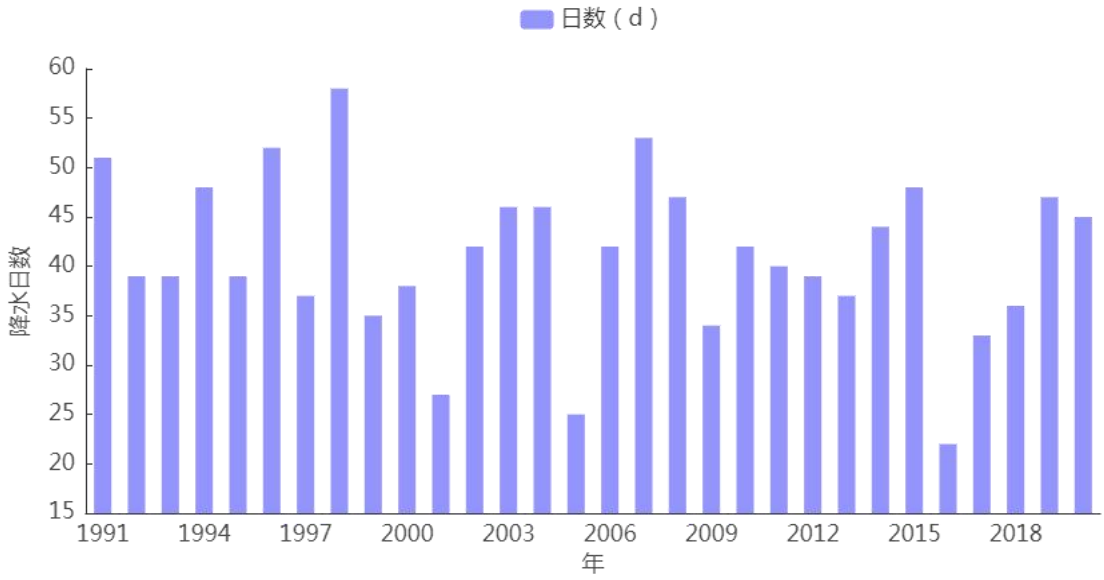


图 4.3-9 1991～2020 年乌海气象站降水日数年际变化

4.3.2.3 降水量和降水日数年变化

（1）降水量年变化

1991～2020 年乌海气象站各月降水量在 0.9mm（1 月）～32.9mm（8 月）之间变化，季节变化特征明显，夏季平均降水量为 88.0mm，占全年降水量的 56.41%；其次是秋季，平均降水量为 38.1mm，占全年降水量的 24.42%；春季降水量低于秋季，平均降水量为 25.6mm，占全年降水量的 16.41%；冬季降水量最少，平均降水量为 4.3mm，仅占全年降水量的 2.76%。

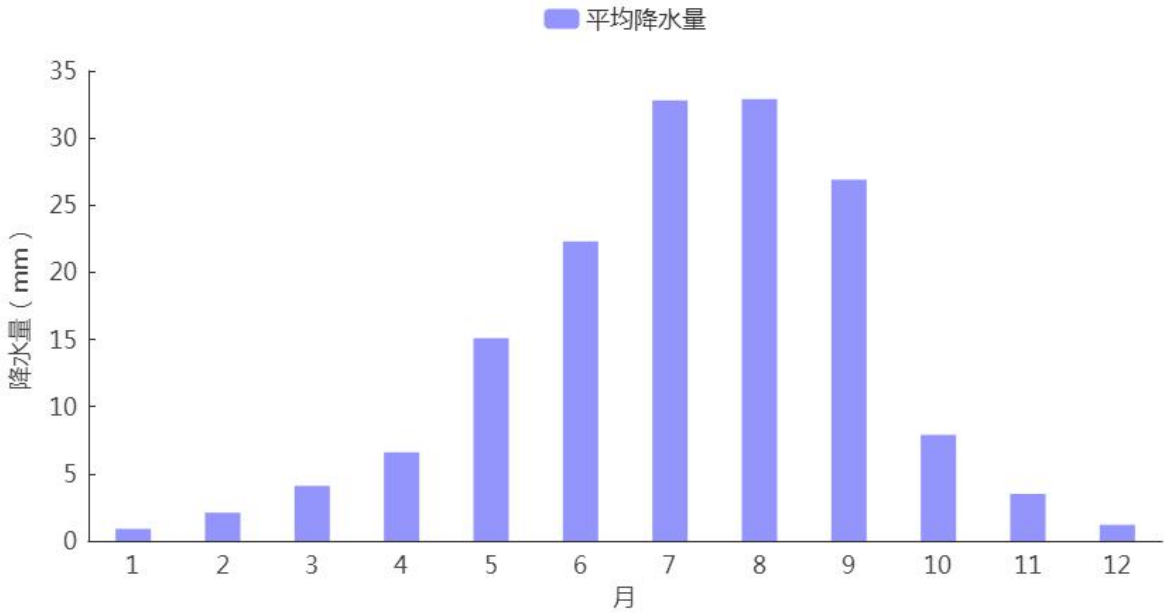


图 4.3-10 1991～2020 年乌海气象站降水量年变化

（2）降水日数年变化

乌海气象站各月平均降水日数在 1.2 天（12 月）～7.1 天（7 月）之间变化。从季节分布看，冬季降水日数最少，各月在 1.2～1.3 天之间；其次是春季，各月在 1.7～4.2 天之间；秋季各月在 1.5～5.5 天之间；夏季各月在 5.6～7.1 天之间。

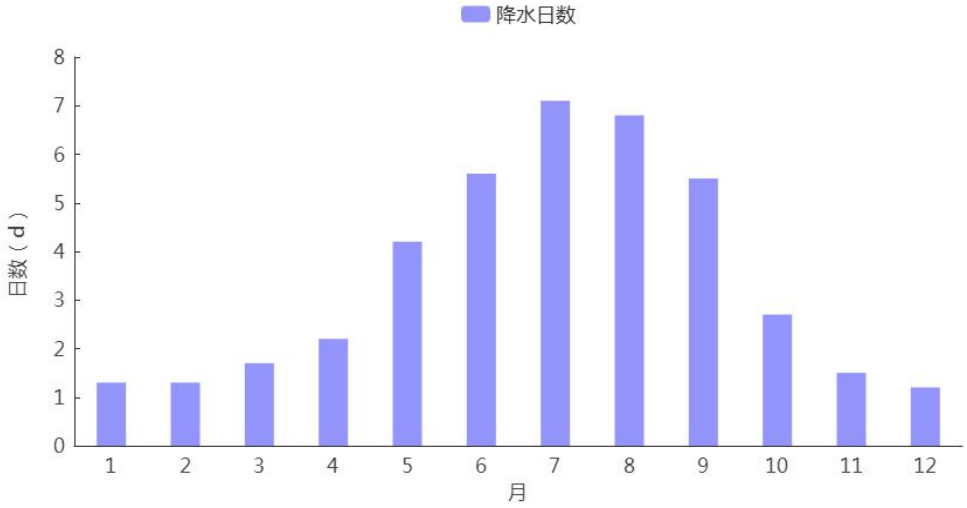


图 4.3-11 1991～2020 年乌海气象站降水日数年变化

4.3.3 风向风速

4.3.3.1 园区平均风速空间分布特征

图 4.3-12 所示为 2008～2019 年海勃湾区年平均风速空间分布图。

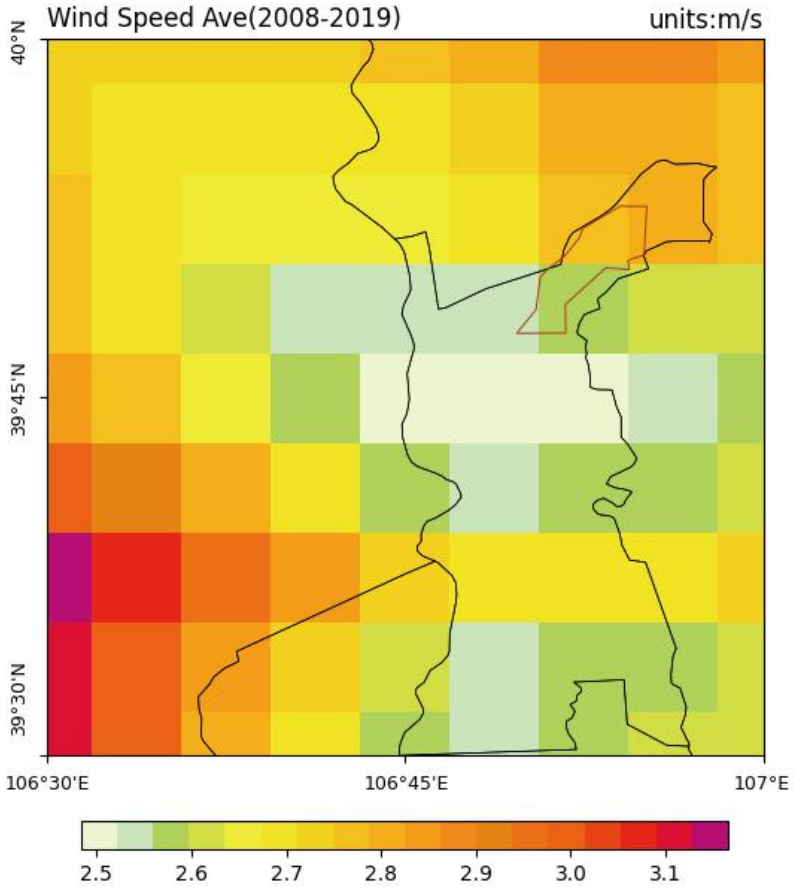


图 4.3-12　2008～2019 海勃湾区年平均风速空间分布

海勃湾区年平均风速在 2.5～2.8m/s 之间，空间分布呈现明显的局地特征，东北部和南部地区风速稍大，其余地区较小。海勃湾产业园区平均风速在 2.6～2.8m/s 之间。

4.3.3.2 风速年际变化

（1）平均风速

1991～2020 年乌海气象站年平均风速为 2.9m/s，在 2.0～3.7m/s 之间变化，风速年际变化呈明显的下降趋势。其中 1994 年平均风速最大，为 3.7m/s。

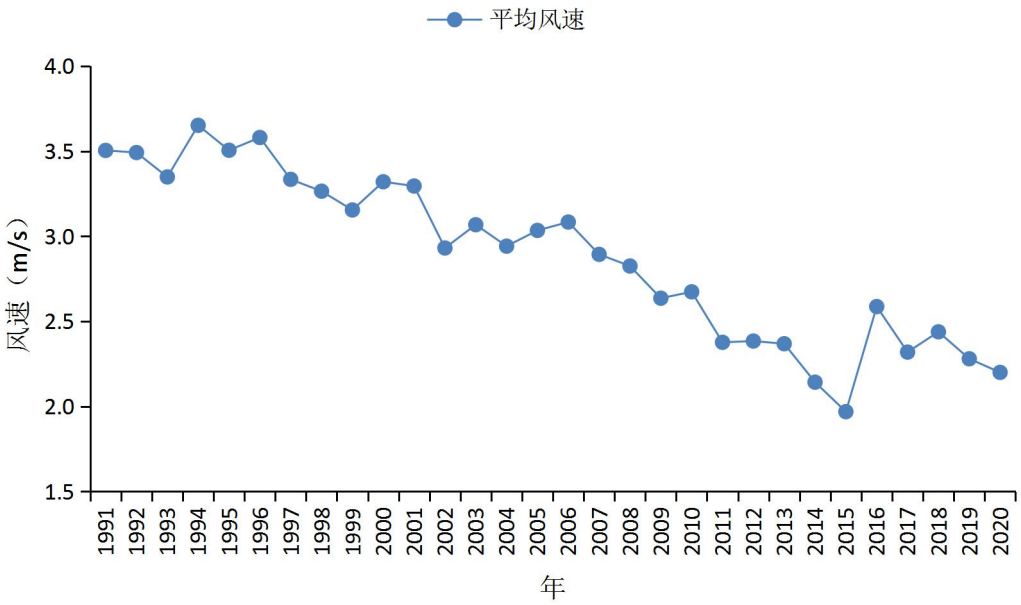


图 4.3-13 1991～2020 年乌海气象站平均风速年际变化

（2）最大风速

乌海气象站自 1980 年开始有最大风速的观测。从表 4.3-4 和图 4.3-14 中可以看出，近 1980～2020 年最大风速的最大值为 23.0m/s（E），出现在 1980 年 3 月 10 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 WNW 向的风居多。

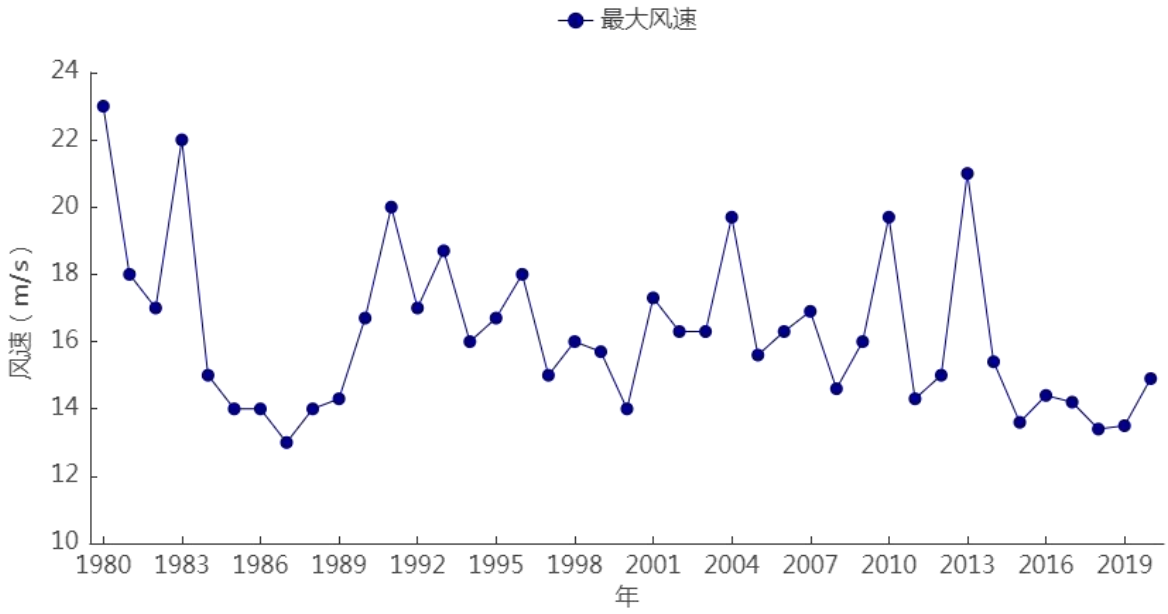


图 4.3-14 1980～2020 年乌海气象站最大风速年际变化

表 4.3-4 乌海气象站历年最大风速(1980～2020 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）
1980				**2001**			
1981				**2002**			
1982				**2003**			
1983				**2004**			
1984				**2005**			
1985				**2006**			
1986				**2007**			
1987				**2008**			
1988				**2009**			
1989				**2010**			
1990				**2011**			
1991				**2012**			
1992				**2013**			
1993				**2014**			
1994				**2015**			
1995				**2016**			
1996				**2017**			
1997				**2018**			
1998				**2019**			
1999				**2020**			
2000							

（3）极大风速

乌海气象站自 2005 年开始对极大风速进行观测。

表 4.3-5 乌海气象站历年极大风速(2010～2020 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）
2005				2013			
2006				2014			
2007				2015			
2008				2016			
2009				2017			
2010				2018			
2011				2019			
2012				2020			

如表 4.3-5 和图 4.3-15 所示，2005～2020 年极大风速的最大值为 28.0m/s（WNW），出现在 2010 年 4 月 25 日,次大值为 27.7m/s（NW），出现在 2013 年 07 月 21 日。年极大风速以 1 月出现频次最多。极大风速对应的风向多以 W 向的风居多。极大风速的年际变化整体呈上升趋势。

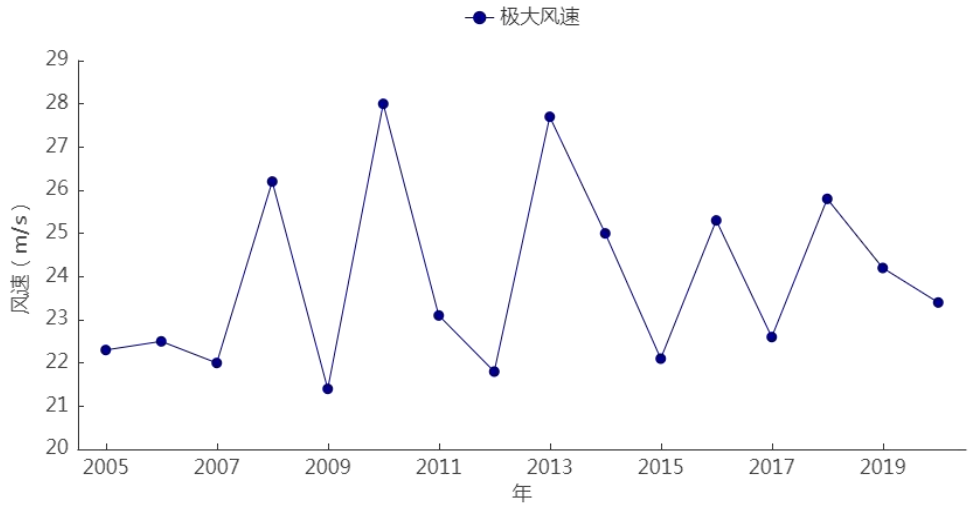


图 4.3-15 2005～2020 年乌海气象站极大风速年际变化

4.3.3.3 风速年变化

乌海气象站平均风速 5 月最大，为 3.4m/s；1 月最小，为 1.8m/s。从季节上看，春季、夏季风速较大，秋季、冬季风速较小。

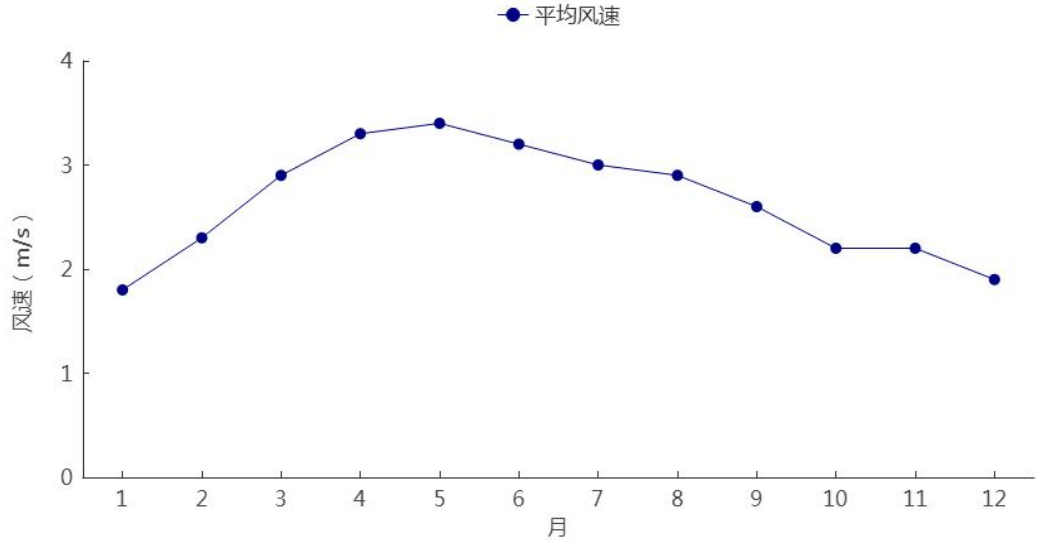


图 4.3-16 1991～2020 年乌海气象站平均风速年变化

4.3.3.4 风速日变化

从图可知，乌海气象站近 2011～2020 年风速日变化特征为白天风速大、夜间风速小。风速在 5~6 时较小，仅为 1.5m/s，16 时达到一日风速的最大值，为 3.7m/s。

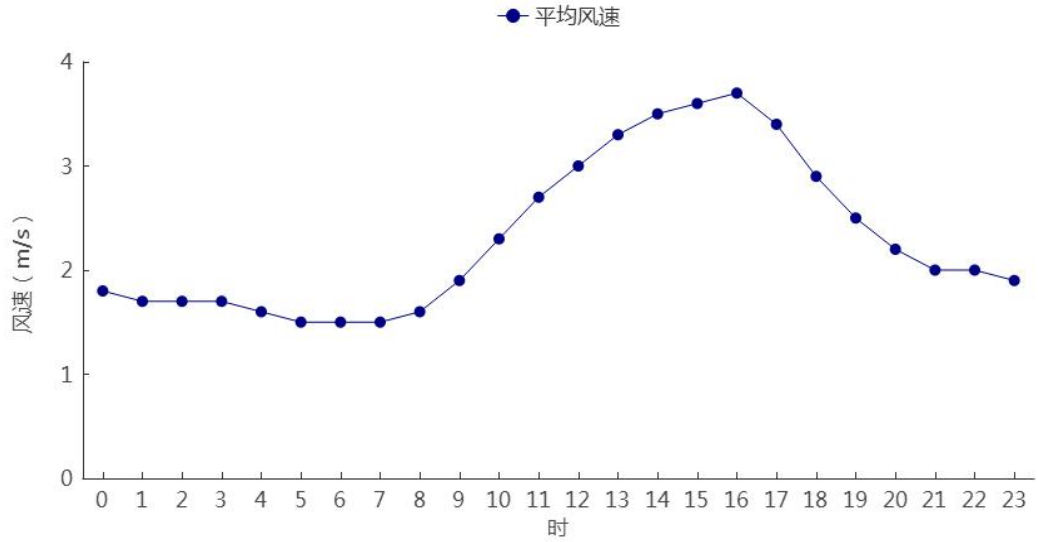


图 4.3-17 2011～2020 年乌海气象站平均风速日变化

4.3.3.5 风向频率年及季节变化

1991～2020 年乌海气象站累年最多风向为 SSE 风，风向频率为 11.4%，次多风向为 SE，风向频率为 9.4%。按月统计，1 月、12 月最多风向为 SE 风，2

月最多风向为 SE，SSE 风，3 月～11 月最多风向为 SSE 风；次多风向频率，1 月风向为 SSE 风，2 月风向为 WNW 风，3 月、4 月、7 月、8 月、9 月、10 月、11 月风向为 SE 风，5 月风向为 SE、S 风，6 月风向为 S 风，12 月风向为 W 风。春季出现频率最高的是 SSE 风，频率为 11.5%，夏季出现频率最高的是 SSE 风，频率为 15.2%，秋季出现频率最高的是 SSE 风，频率为 11.7%，冬季出现频率最高的是 SE 风，频率为 8.2%。

表 4.3-6 1991～2020 年乌海气象站各月最多、次多风向及频率(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
主导风向	SE	SE,SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	SE	SSE
风频（%）	7.9	8.4	10.4	11.1	13.0	14.9	15.3	15.6	16.2	9.9	9.0	8.5	11.4
次主导风向	SSE	WNW	SE	SE	SE,S	S	SE	SE	SE	SE	SE	W	SE
风频（%）	6.7	7.2	8.9	8.8	8.9	10.3	11.1	11.5	11.5	9.6	8.4	7.8	9.4

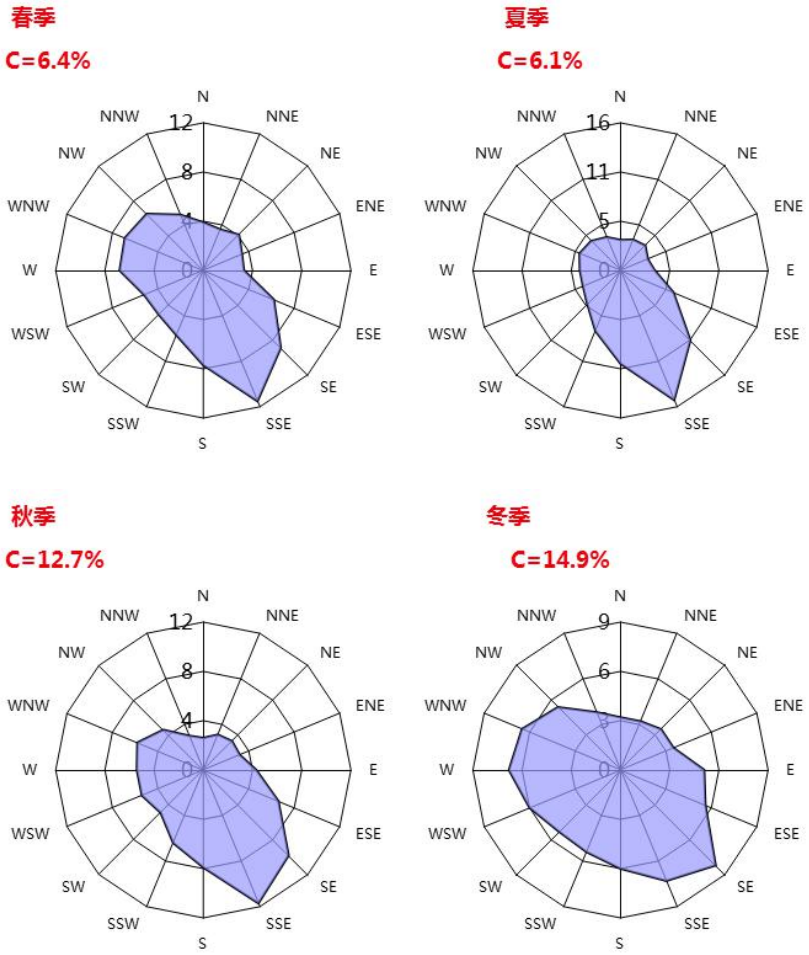


图 4.3-18 1991～2020 年乌海气象站四季风向频率玫瑰图

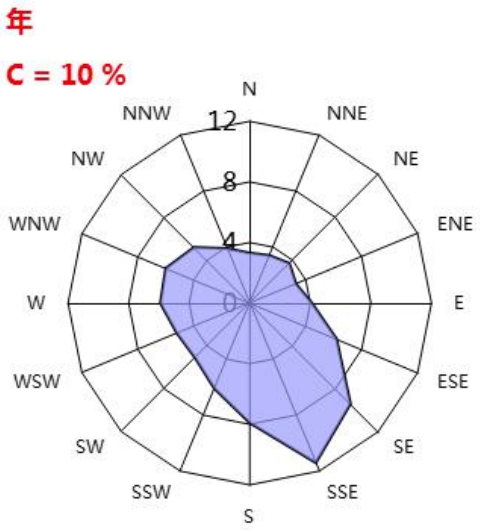


图 4.3-19 1991～2020 年乌海气象年风向频率玫瑰图

表 4.3-7 1991～2020 年乌海气象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	3.9	3.6	4.1	3.4	3.3	6.2	8.9	11.5	7.7	5.7	5.1	5.2	6.8	6.9	6.5	4.9	6.4
夏	3.3	3.6	3.8	3.2	3.7	6.2	10.7	15.2	10.1	7.1	5.1	4.4	4.4	4.8	4.5	3.9	6.1
秋	2.6	3.1	3.3	3.2	4.3	6.6	9.8	11.7	7.9	6.4	4.9	5.4	5.4	5.8	4.6	3.0	12.7
冬	3.2	3.2	3.5	3.5	5.1	5.6	8.2	7.3	6.0	5.4	5.3	6.0	6.8	6.5	5.4	3.8	14.9
年	3.3	3.4	3.7	3.3	4.1	6.2	9.4	11.4	7.9	6.1	5.1	5.2	5.9	6.0	5.2	3.9	10.0

4.3.4 气压

4.3.4.1 气压空间分布特征

气压与海拔高度呈明显的负相关关系。2008～2020 年海勃湾区平均气压在 860.0～900.0hPa 之间变化，呈现出西高东低的空间分布特征。海勃湾产业园区平均气压在 860.0～890.0 hPa 之间。

4.3.4.2 年际变化

（1）平均气压

1991～2020 年乌海气象站年平均气压、年平均最高气压和年平均最低气压分别为 892.0hPa、894.3hPa 和 889.2hPa，且均呈现出下降趋势。

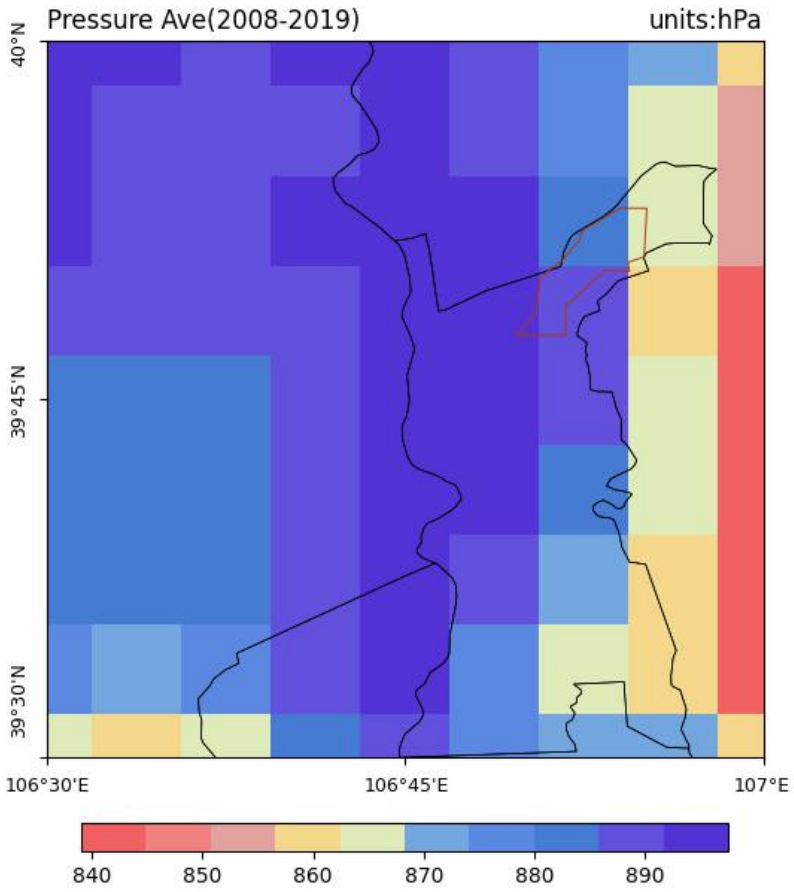


图 4.3-20 1991～2020 年海勃湾区平均气压空间分布

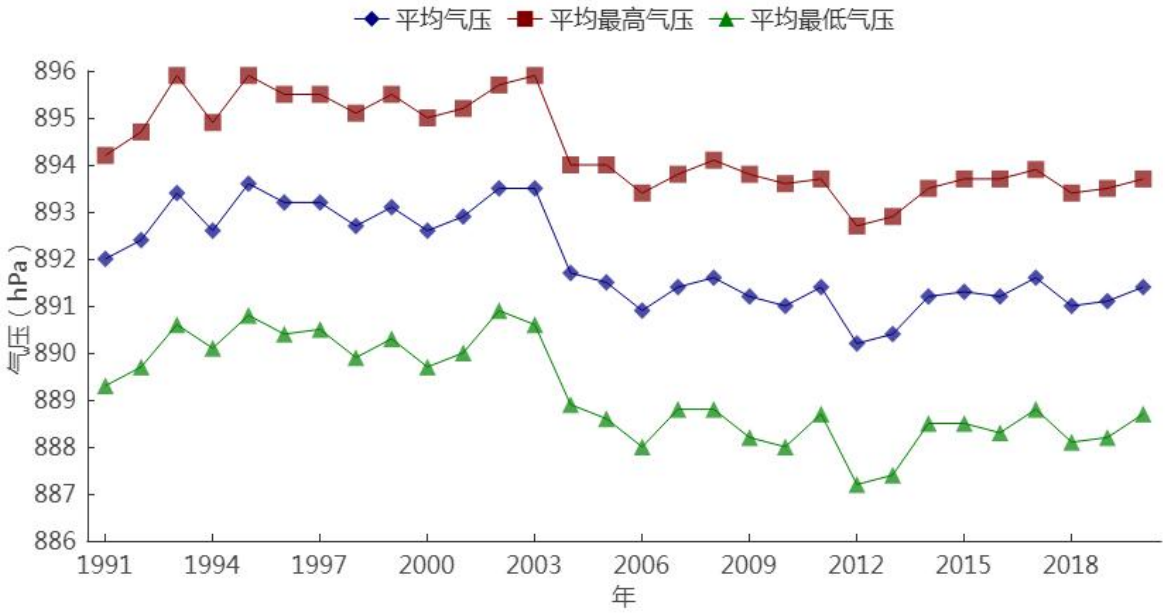


图 4.3-21 1991～2020 年乌海气象站平均气压、平均最高、平均最低气压年际变化

（2）极端气压

乌海气象站自 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 1981 年，为 919.4hPa；极端最低气压出现在 2008 年，为 862.4hPa。

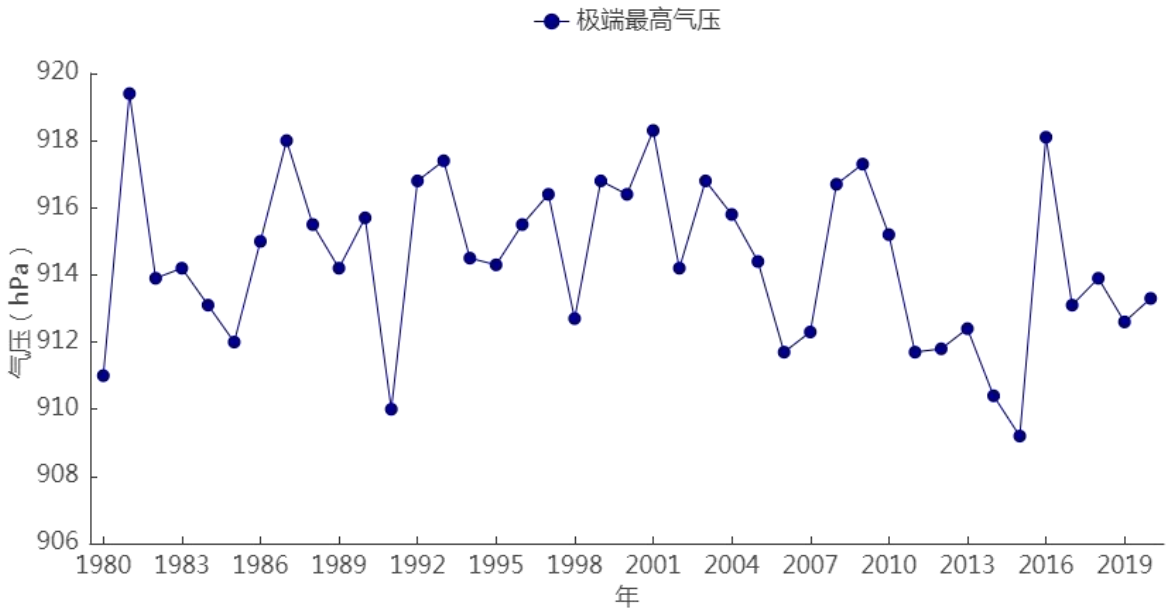


图 4.3-22 1980～2020 年乌海气象站极端最高气压年际变化

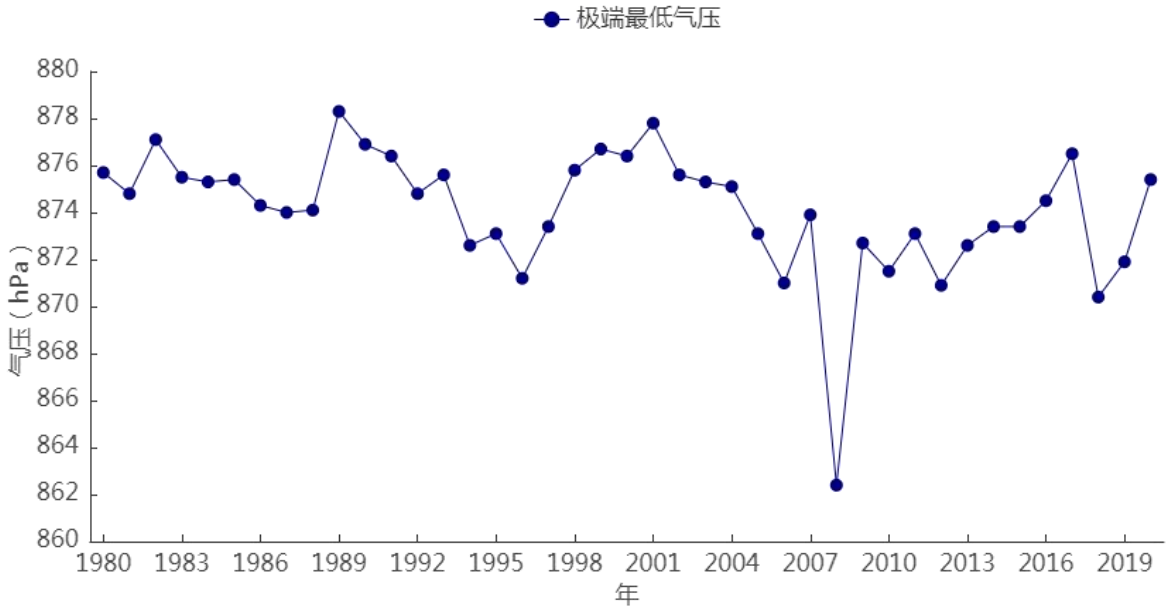


图 4.3-23 1980～2020 年乌海气象站极端最低气压年际变化

4.3.4.3 年变化

（1）平均气压

1991～2020 年乌海气象站的平均气压年变化在 883.4hPa（7 月）～899.2hPa（12 月）之间，呈“U”型变化特征。平均最高气压变化在 885.0hPa（7 月）～

902.2hPa（12 月）之间；平均最低气压变化在 881.2hPa（7 月）～896.4hPa（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 4.3-8 1991～2020 年乌海气象站月平均气压、平均最高气压、平均最低气压统计表（单位：hPa）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均气压	898.1	895.5	892.9	890.1	887.9	884.4	883.4	886.7	891.6	896.2	897.3	899.2	892.0
平均最高气压	900.9	898.3	895.8	892.8	890.3	886.3	885	888.3	893.5	898.4	900.2	902.2	894.3
平均最低气压	895.4	892.5	889.6	886.5	884.5	881.9	881.2	884.4	889.2	893.6	894.5	896.4	889.2

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。

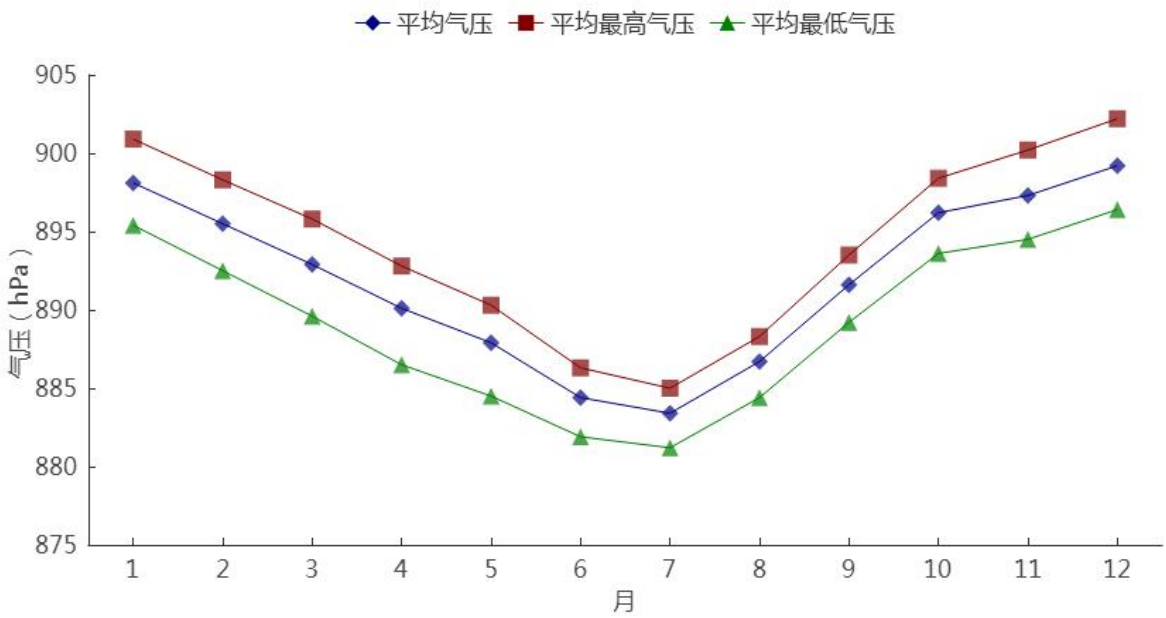


图 4.3-24 1991～2020 年乌海气象站平均气压、平均最高、平均最低气压年变化

（2）极端最高气压

乌海气象站自 1980 年开始有极端最高气压的资料，各月极端最高气压值在 893.1～919.4hPa 之间，最大值 919.4hPa 出现在 1981 年 12 月 1 日。气压的月变化特征是冬季高，夏季低。

（3）极端最低气压

乌海气象站自 1980 年开始有极端最低气压的资料，各月极端最低气压值在 862.4～880.6hPa 之间，最小值出现在 2008 年 5 月 28 日。

表 4.3-9 1980～2020 年乌海气象站各月极端气压（hPa）

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年极值
极端最高气压	918.1	916.3	915.5	912.1	909.5	900.2	893.1	900.0	908.3	914.4	918	919.4	919.4
极端最低气压	878.5	871.5	871.2	870.9	862.4	872.6	871.9	874.2	879.1	878.9	880	880.6	862.4

4.3.4.4 日变化

乌海气象站近 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 21 时开始逐渐升高，到 10 时达到峰值 892.2hPa；之后开始下降，最低值出现在 17 时，为 889.6hPa；之后又开始缓慢升高，在 23 时达到次高值 891.4hPa，随后开始下降，直至 4 时

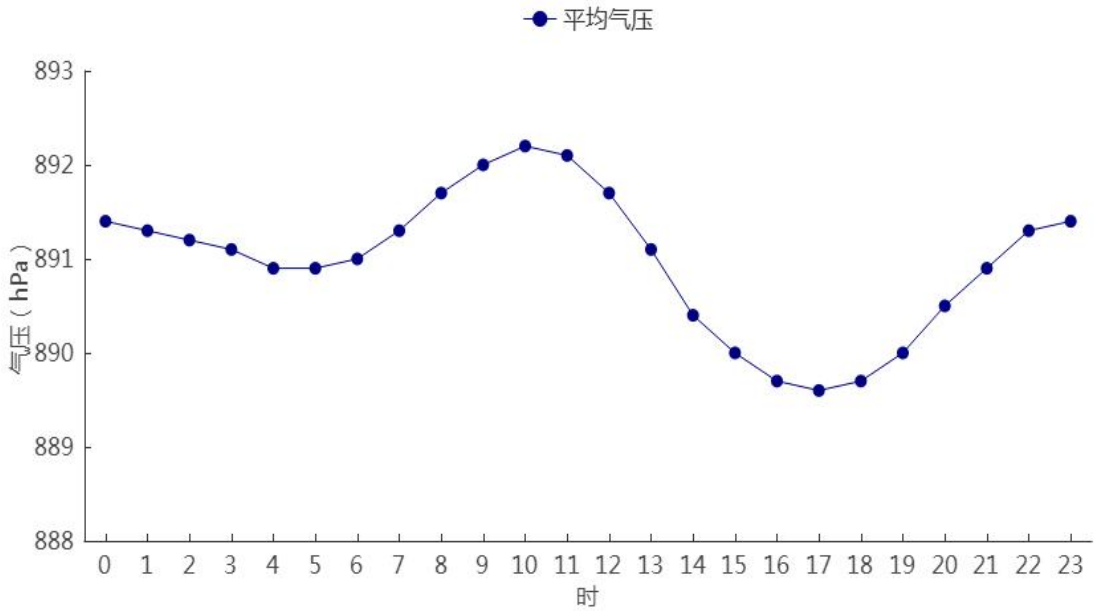


图 4.3-25 2010～2020 年乌海气象站平均气压日变化

4.3.5 日照

日照时数是指太阳在一地实际照射的时间。在给定时间，日照时数定义为太阳直接辐射照度达到或超过 120w/㎡的各段时间的总和，以小时（h）为单位，

取一位小数。

4.3.5.1 年际变化

1991～2020 年乌海气象站累年平均日照时数为 3094.4 小时，其中年日照最高出现在 1991 年，为 3402.0 小时；最低出现在 2019 年，为 2802.5 小时。

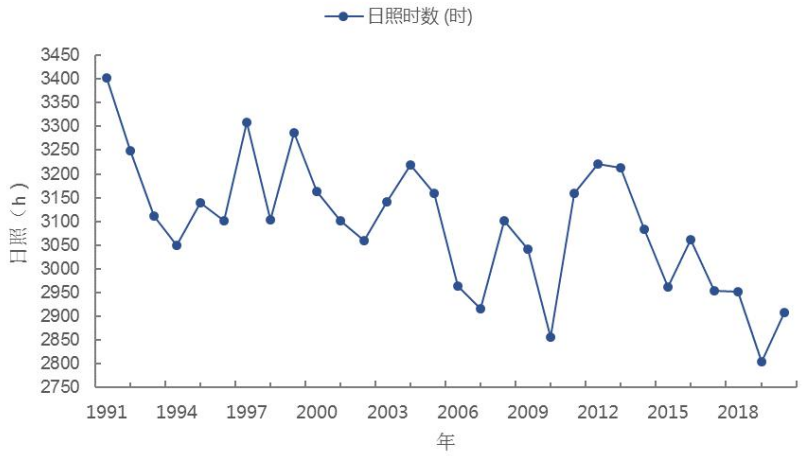


图 4.3-26 1991～2020 年乌海气象站日照年际变化

4.3.5.2 年变化

1991～2020 年乌海气象站日照的年变化在 200.5 小时（12 月）～313.9 小时（5 月）之间。日照时数有明显的季节变化，冬季日照时数相对较短，5~7 月是全年日照时数最长的时段，日照时数在 293.0 小时以上，这主要是因为夏季昼长夜短，且受副热带高压控制出现晴热高温天气较多。

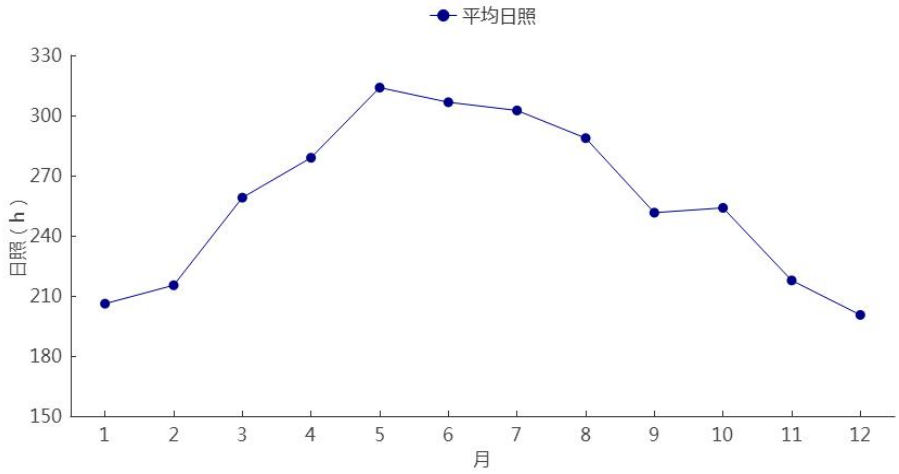


图 4.3-27 1991～2020 年乌海气象站日照年变化

4.3.6 相对湿度

4.3.6.1 园区相对湿度空间分布特征

2008～2019 年海勃湾区平均相对湿度在 40%～42%之间，空间分布呈南低北高的特征。海勃湾产业园区所在区域年平均相对湿度在 41.5%～42.0%之间。

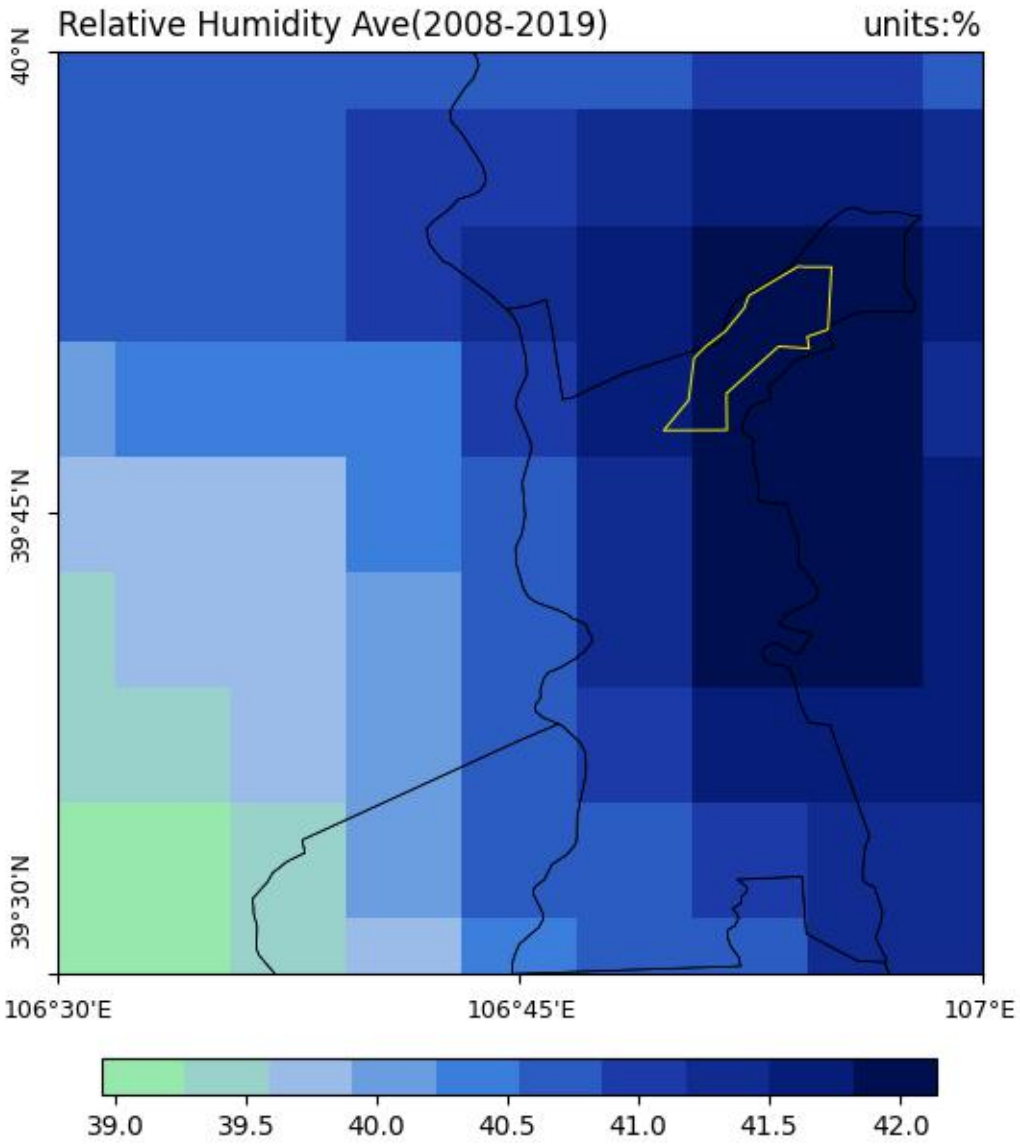


图 4.3-28 2008～2019 年海勃湾区平均相对湿度空间分布

4.3.6.2 年际变化

1991～2020 年乌海气象站累年平均相对湿度为 42.1%，其中年平均相对湿度最高出现在 2020 年，为 46.0%；最低出现在 2005 年，为 37.0%。

4.3.6.3 年变化

1991～2020 年乌海气象站平均相对湿度的年变化在 27.9%（4 月）～50.5%（1 月）之间。

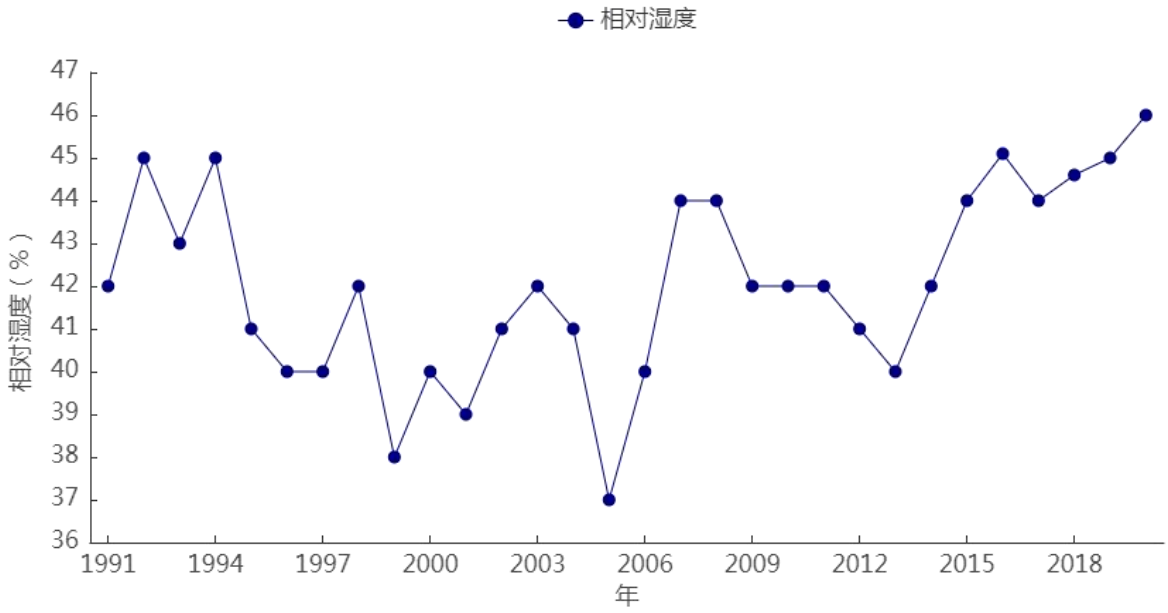


图 4.3-29 1991～2020 年乌海气象站平均相对湿度年际变化

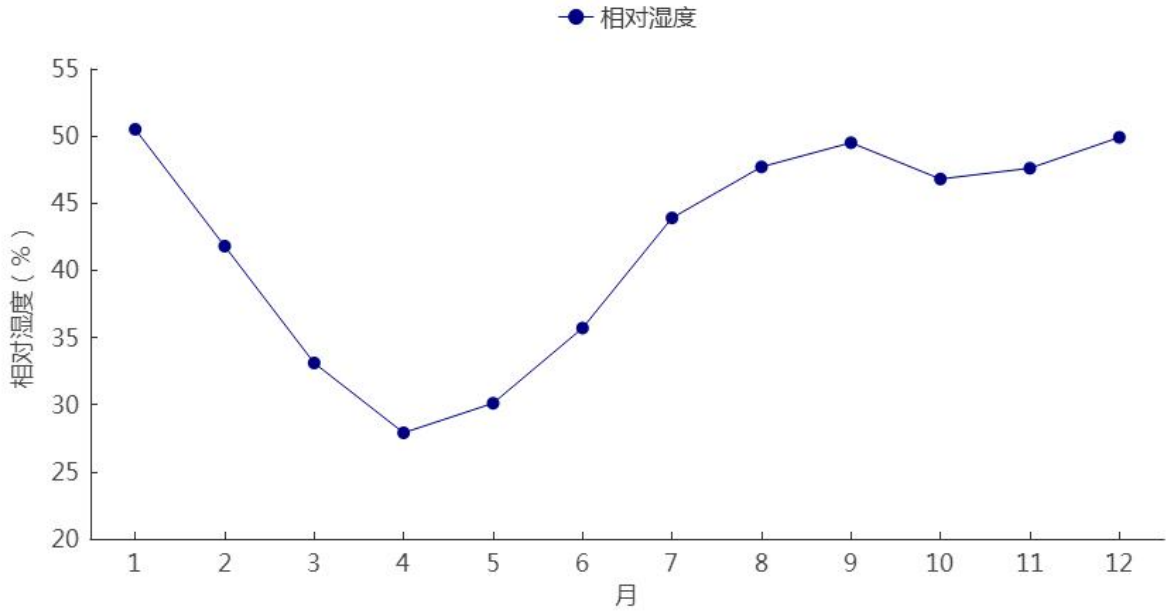


图 4.3-30 1991～2020 年乌海气象站平均相对湿度年变化

4.3.6.4 日变化

近 10 年（2011～2020 年），乌海气象站相对湿度日变化呈“U”型变化。每

天 6~7 时为一天相对湿度的最高值，为 60.7%；7 时开始，相对湿度逐渐减小，到 16 时达到谷底，为 25.5%；之后再次开始上升，直至次日 6 时。

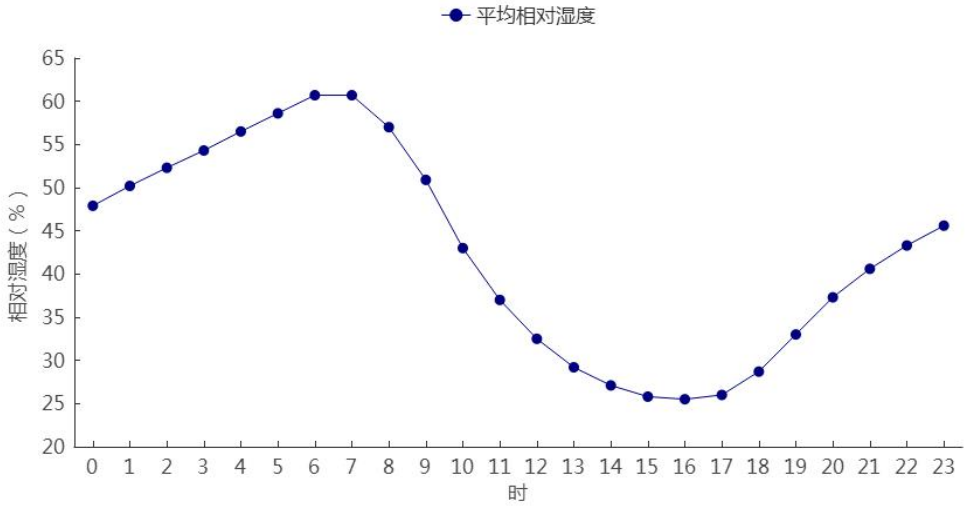


图 4.3-31 2011～2020 年乌海气象站平均相对湿度日变化

4.3.7 大气扩散能力

分析园区大气稳定度、混合层高度、大气自净能力、污染系数及风向、风速和稳定度联合频率特征，以评价大气扩散条件。使用的气象资料均为气象资料为欧洲中期天气预报中心（ECMWF）发布的全球气候监测数据集 ERA5 近 30 年（1991～2020 年）的逐小时再分析数据。

4.3.7.1 大气稳定度

大气稳定度分类采用修订的帕斯奎尔（Pasquill）大气稳定度分级方法进行统计。其具体做法是利用逐小时资料（总、低云量和风速），以及太阳高度角按稳定度状况进行分级后，统计各稳定度类别的出现频率。这里将大气稳定度划分为强不稳定（A），不稳定（B），弱不稳定（C），中性（D），较稳定（E），和稳定（F）六个等级。

从乌海气象站近 30 年（1991～2020 年）大气稳定度统计表（表 4.3-10）可知，各月多以中性和稳定类天气居多，1 月、12 月均无强不稳定天气出现。

四季之中，也均以中性和稳定类天气为主，春季和夏季中性大气稳定度出现频率最高，秋季和冬季为稳定类天气出现频率最高。全年稳定类天气出现频率最高，占 40.28%；中性类天气出现频率为 37.97%；不稳定类天气占 21.76%。

表 4.3-10 1991～2020 乌海气象气象站月、季、年大气稳定度出现频率（%）

稳定度 / 月、季、年	A	B	C	D	E	F
1 月	0.00	5.55	11.03	29.21	19.12	35.08
2 月	0.73	6.47	9.99	35.65	18.83	28.34
3 月	1.49	8.80	8.49	42.19	18.08	20.96
4 月	1.64	10.68	10.03	44.10	17.25	16.31
5 月	2.60	11.23	10.08	46.73	16.92	12.44
6 月	3.95	13.87	11.08	44.09	14.57	12.44
7 月	4.91	14.03	11.23	40.85	15.73	13.25
8 月	3.54	13.27	10.89	39.26	17.28	15.76
9 月	2.51	11.46	9.60	38.40	19.44	18.60
10 月	1.74	8.91	10.61	31.50	21.39	25.85
11 月	0.04	3.64	11.75	32.56	23.57	28.44
12 月	0.00	4.34	10.63	31.07	21.77	32.19
春季	1.91	10.23	9.53	44.34	17.42	16.57
夏季	4.14	13.72	11.07	41.37	15.87	13.83
秋季	1.43	8.01	10.65	34.12	21.47	24.31
冬季	0.23	5.42	10.57	31.86	19.94	31.98
年	1.94	9.37	10.45	37.97	18.66	21.62

4.3.7.2 混合层高度

混合层高度表征了大气污染物在垂直方向被热力湍流稀释的范围，混合层高度越高，越有利于大气污染物的扩散。根据环评导则提供的混合层高度的计算公式，对该地区的混合层高度进行计算，其表达式为：

当大气稳定度为 A、B、C 和 D 时：

$$h=a_sU_{10}/f \quad (4.3\text{-}1)$$

当大气稳定度为 E 和 F 时：

$h=b_s(U_{10}/f)^{1/2}$.....（4.3-2）

$f=2\Omega\sin\varphi$.....（4.3-3）

其中，h 为混合层高度（E、F 时指近地层厚度），m；U_{10} 为 10m 高度处平均风速，m/s，风速>6m/s 时取为 6m/s；a_s、b_s 为混合层系数，当稳定度为 A、B、C 和 D 类时，内蒙地区 a_s 分别取 0.073、0.060、0.041 和 0.019，当稳定度为 E 和 F 类时，b_s 分别取 1.66 和 0.70；f 为地转参数；Ω为地转角速度，取值为 7.29×10^{-5}rad/s；φ为地理纬度，deg。

表 4.3-11 1991～2020 年乌海气象站各稳定度等级平均混合层高度（m）

稳定度 / 月、季、年	A	B	C	D	E	F	平均
1 月	—	878	1141	759	312	108	639
2 月	960	985	1149	833	310	108	724
3 月	960	1121	1167	918	321	110	766
4 月	988	1148	1169	969	323	110	785
5 月	1047	1152	1176	971	319	110	796
6 月	1054	1145	1168	913	323	110	786
7 月	1048	1149	1171	902	319	109	783
8 月	980	1151	1170	931	324	110	778
9 月	981	1138	1167	910	318	110	771
10 月	989	1098	1164	879	316	110	759
11 月	795	901	1158	900	315	109	696
12 月	—	884	1144	863	311	109	662
春季	1008	1142	1171	954	321	110	784
夏季	1030	1148	1170	915	322	110	783
秋季	983	1087	1163	897	316	110	759
冬季	960	919	1144	820	311	108	710
年	1014	1101	1162	903	317	109	768

乌海气象站月、季、年平均混合层高度如表 4.3-11 所示。各月之中，5 月平均混合层高度最高，为 796m，1 月最低，仅为 639m。四季之中，平均混合层高度春季（784m）>夏季（783m）>秋季（759m）>冬季（710 m）。年平均混合层高度为 768m，在不稳定类天气、中性天气及稳定类天气条件下的平均

混合层高度分别为 1092m、903m 和 213m。从月、季、年不同稳定度等级下的平均混合层高度分布来看，大气层结越稳定，混合层高度越低，越不利于污染物扩散；大气层结越不稳定，混合层高度越高，越有利于污染物扩散。

4.3.8 大气自净能力

大气自净能力代表了气象条件对大气污染物的通风扩散和降水清除能力，大气自净能力越强，大气对污染物的清除能力越强，反之亦然。

近 30 年平均大气自净能力空间分布如图 4.3-32 所示。海勃湾区年平均大气自净能力在 2.5～3.5 $t \cdot d^{-1} \cdot km^2$ 之间，均为强或较强等级，总体呈自北向南递减的空间分布。园区年平均大气自净能力 3.0～3.5$t \cdot d^{-1} \cdot km^2$ 之间，为较强大气自净能力等级。

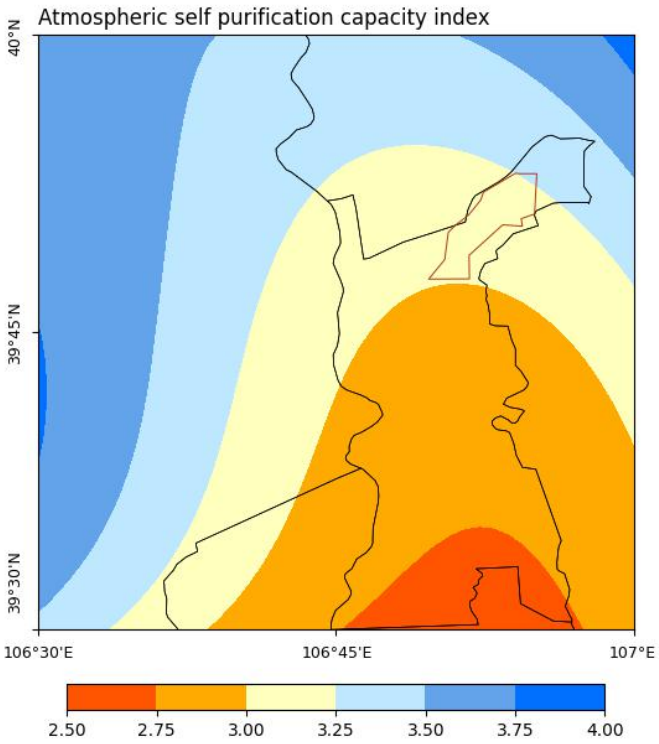


图 4.3-32 1991～2020 年海勃湾区平均大气自净能力空间分布（t·d-1·km²）

近 30 年海勃湾区月平均大气自净能力（图 4.3-33），1 月为一般等级，其余各月以较强和强等级居多，其中 5 月大气自净能力最强。四季平均大气自净

能力春季>夏季>秋季>冬季。春季、夏季平均大气自净能力为强等级，秋季为较强等级，冬季为一般等级。年平均大气自净能力较强，大气对污染物的清除条件总体较好。

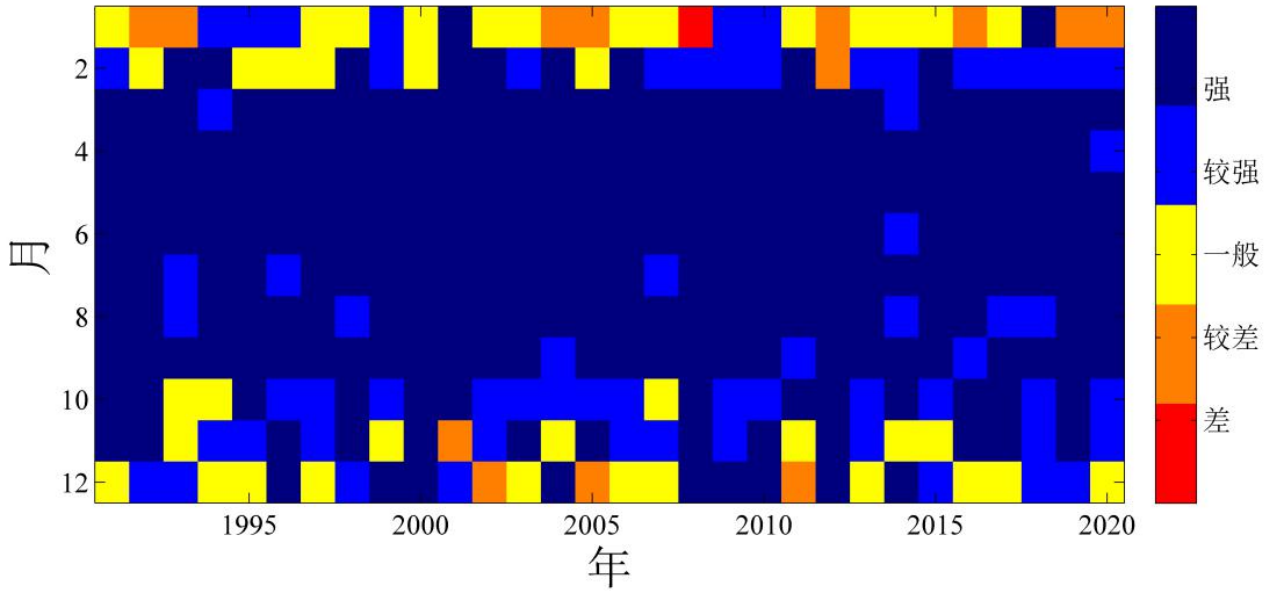


图 4.3-33 1991～2020 年 1～12 月海勃湾区大气自净能力等级

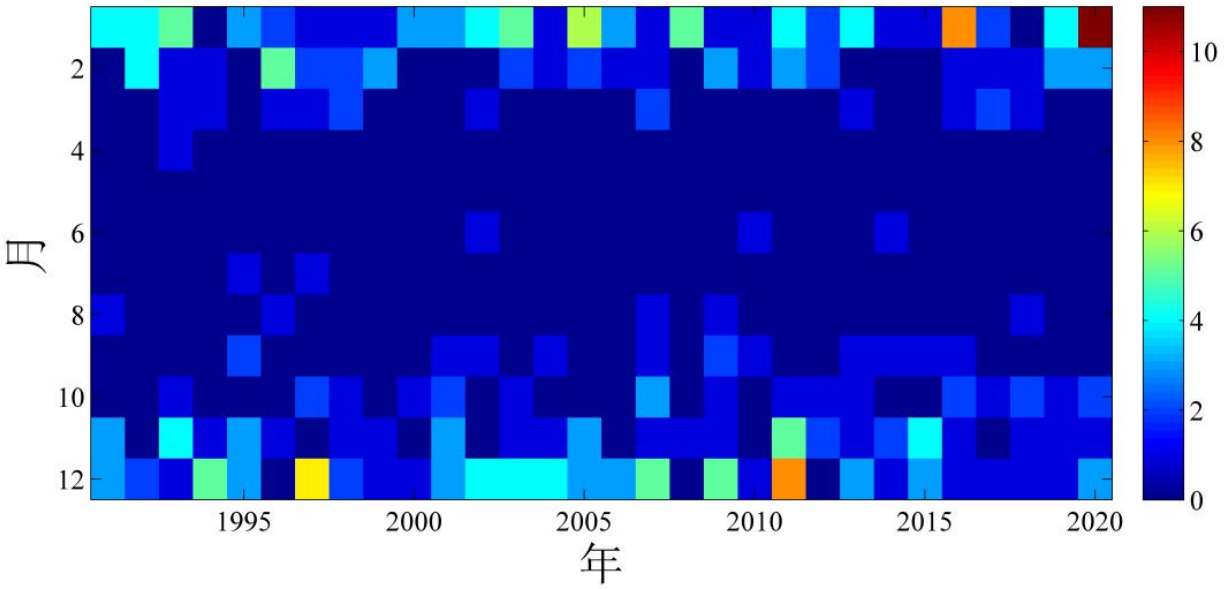


图 4.3-34 1990～2019 年 1～12 月海勃湾区低大气自净能力日数（d）

低大气自净能力日为单日大气自净能力为差等级，出现低大气自净能力日时容易发生空气污染。月累积低大气自净能力日数（图 4.3-34）4~5 月较少，基本未出现低自净能力日，1 月和 12 月较多，分别平均出现 3.0 天、2.6 天。

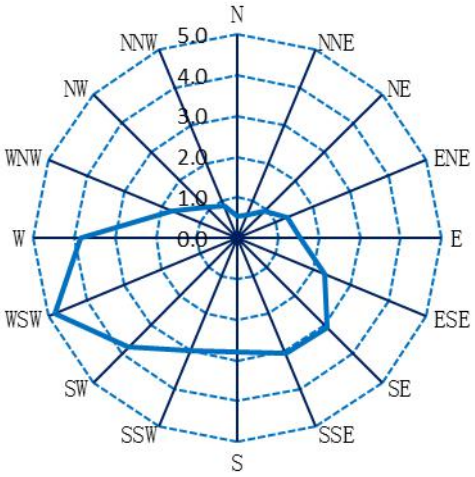
各月之中，3～10 月均不足 1 天。四季之中，季累积低大气自净能力日数夏季最少、冬季最多，夏季（0.3 天）<春季（0.5 天）<秋季（2.6 天）<冬季（7.1 天）。年累积低大气自净能力日数平均每年出现 10.6 天。

4.3.8.1 污染系数

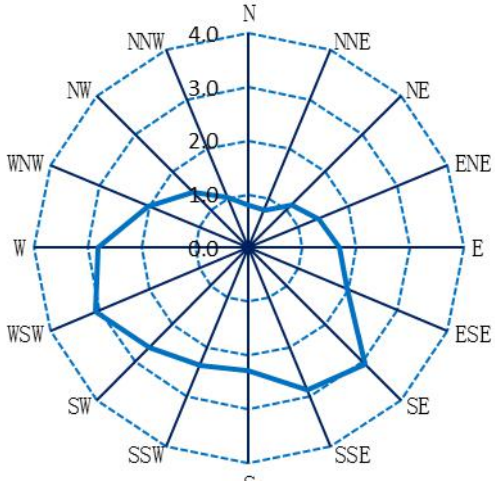
采用徐大海等人提出的污染系数计算方法，计算出地区各风向污染系数（见表 4.3-12，图 4.3-35，图 4.3-36）。污染系数大值区的下风方向为易受污染区域。

表 4.3-12 乌海气象站近 30 年（1991～2020 年）污染系数统计表

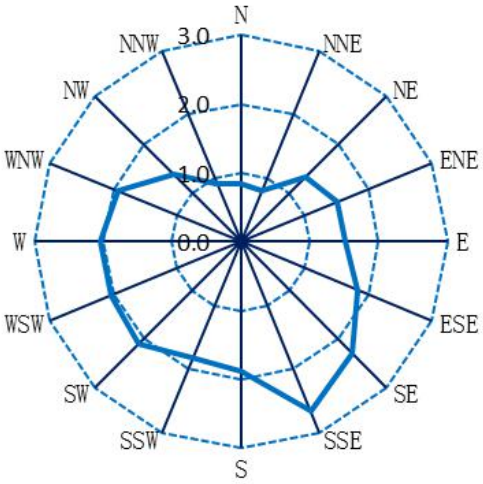
月季年	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
1 月	0.55	0.64	0.94	1.31	1.53	2.32	3.11	3.07	2.79	2.98	3.77	4.85	3.83	1.75	1.08	0.85
2 月	0.80	0.76	1.12	1.41	1.68	1.98	3.05	2.86	2.28	2.36	2.61	3.10	2.80	2.02	1.46	1.01
3 月	0.83	0.81	1.33	1.51	1.52	1.84	2.29	2.65	1.88	1.83	2.10	2.04	2.03	1.92	1.38	0.91
4 月	0.83	0.91	1.09	1.25	1.21	1.42	2.15	2.69	1.80	1.75	1.80	1.76	1.88	1.81	1.38	1.05
5 月	0.91	0.83	0.98	0.99	0.98	1.31	1.87	3.12	2.21	1.52	1.69	1.76	1.77	1.53	1.40	1.16
6 月	0.87	1.09	1.31	1.48	1.44	1.92	2.56	3.72	2.31	1.64	1.49	1.41	1.37	1.30	1.16	0.96
7 月	0.91	0.91	1.07	1.46	1.90	2.08	3.37	4.30	2.42	1.56	1.42	1.41	1.20	1.24	0.96	0.91
8 月	0.84	0.93	1.23	1.57	1.93	2.30	3.77	4.63	2.18	1.30	1.17	1.14	1.09	1.08	1.05	0.74
9 月	0.71	0.76	1.08	1.33	1.67	1.94	3.51	4.84	2.53	1.64	1.58	1.51	1.39	1.17	1.10	0.79
10 月	0.57	0.66	0.95	1.09	1.33	1.83	3.06	3.87	2.78	2.55	2.68	2.50	2.37	1.75	1.20	0.82
11 月	0.43	0.53	0.75	1.00	1.06	1.34	2.42	3.05	2.42	2.79	3.61	4.43	3.47	1.64	0.91	0.57
12 月	0.33	0.41	0.53	0.74	1.12	1.91	2.66	2.83	2.72	3.03	4.06	5.31	4.03	1.56	0.86	0.55
春季	0.85	0.85	1.13	1.25	1.23	1.52	2.10	2.81	1.94	1.69	1.86	1.86	1.89	1.75	1.39	1.04
夏季	0.87	0.97	1.20	1.50	1.76	2.10	3.24	4.22	2.30	1.50	1.35	1.32	1.21	1.19	1.04	0.86
秋季	0.56	0.65	0.92	1.13	1.35	1.70	2.97	3.88	2.52	2.32	2.62	2.80	2.40	1.52	1.07	0.72
冬季	0.55	0.58	0.85	1.12	1.43	2.07	2.93	2.87	2.60	2.80	3.50	4.44	3.56	1.76	1.12	0.79
年	0.69	0.75	1.01	1.23	1.43	1.84	2.79	3.38	2.25	2.03	2.31	2.59	2.25	1.53	1.13	0.83



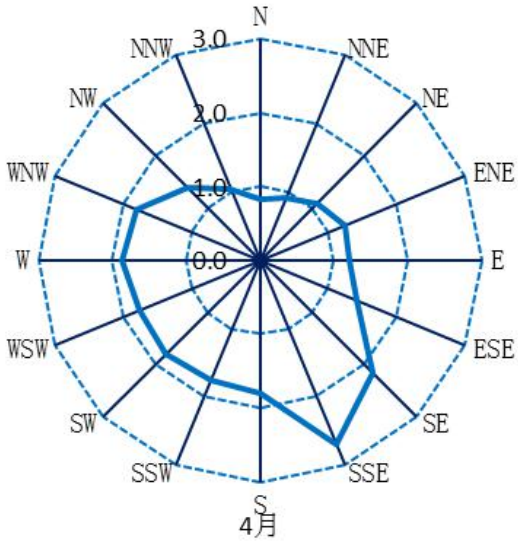
1月



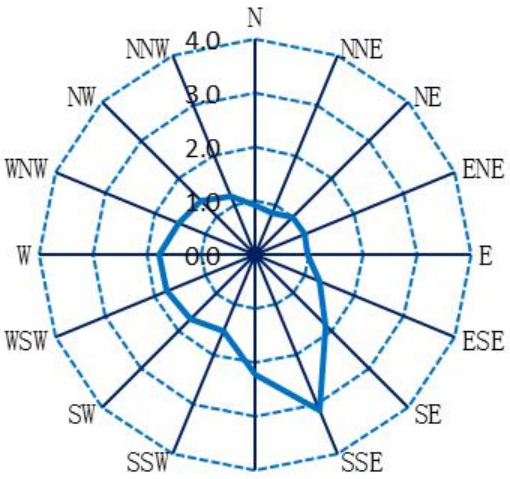
2月



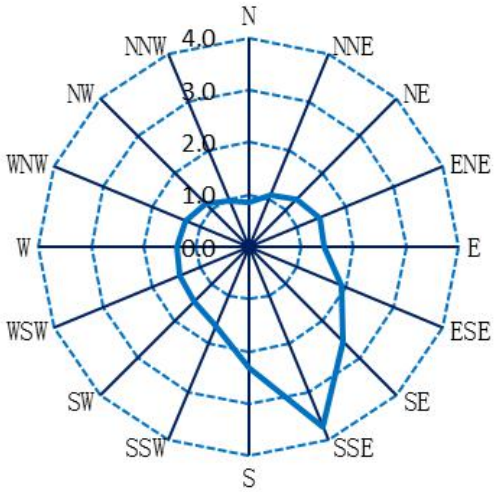
3月



4月



5月



6月

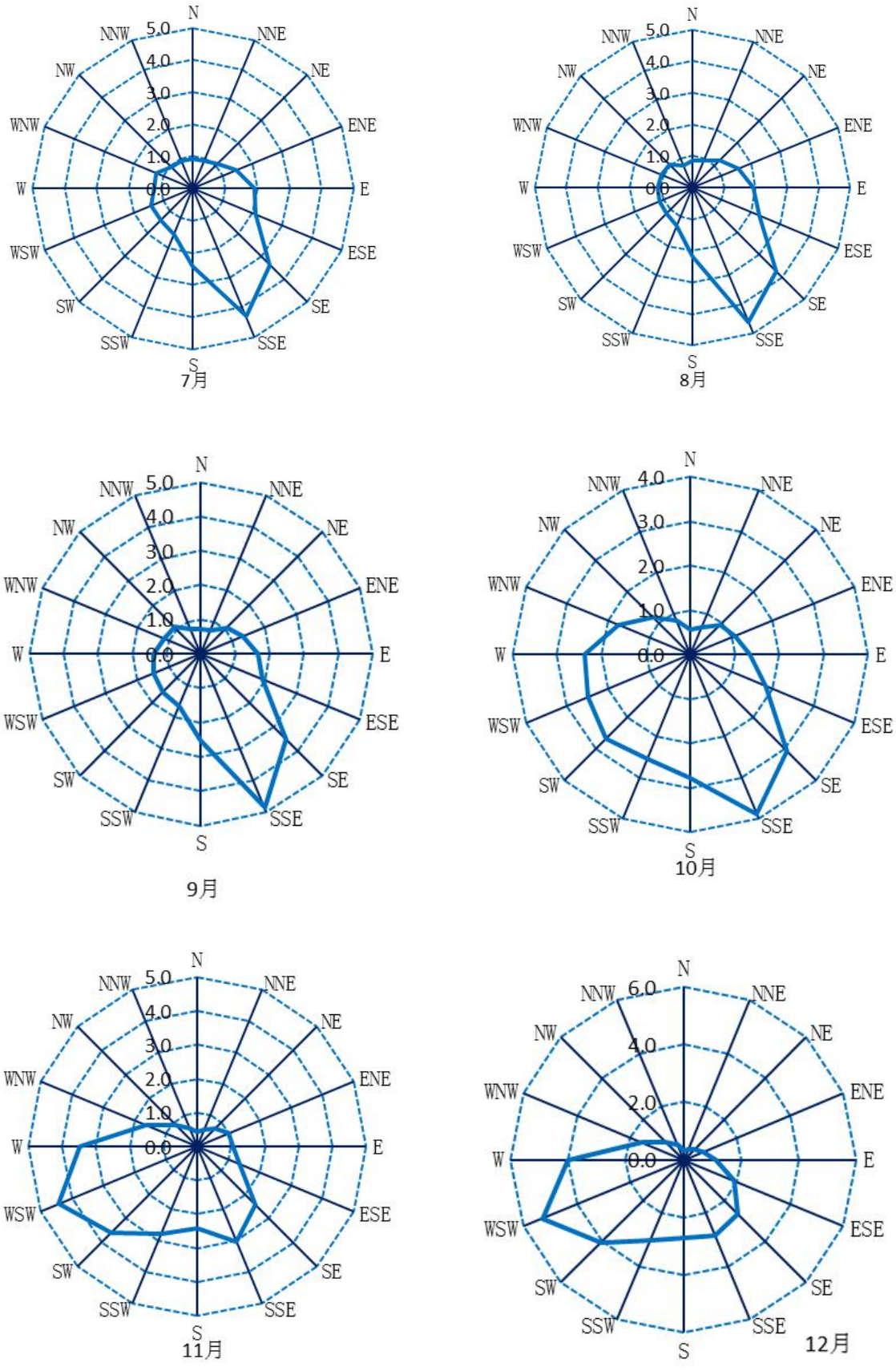
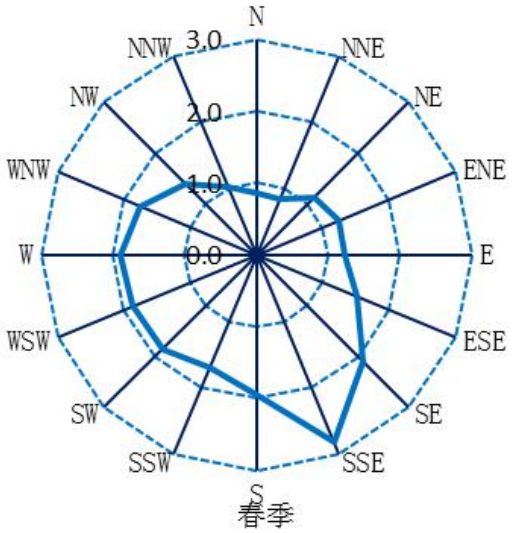
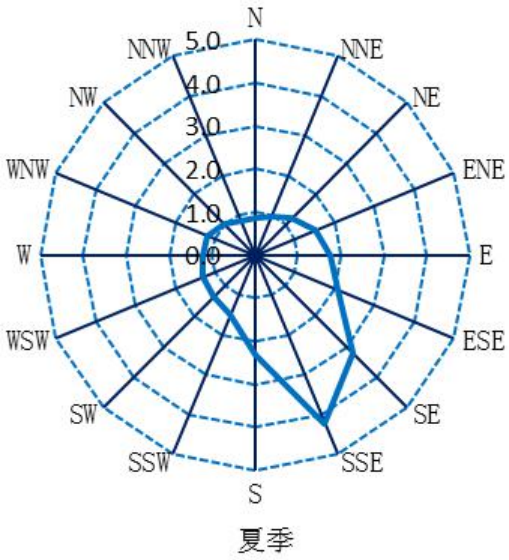


图 4.3-35 乌海气象站近 30 年月污染系数玫瑰图

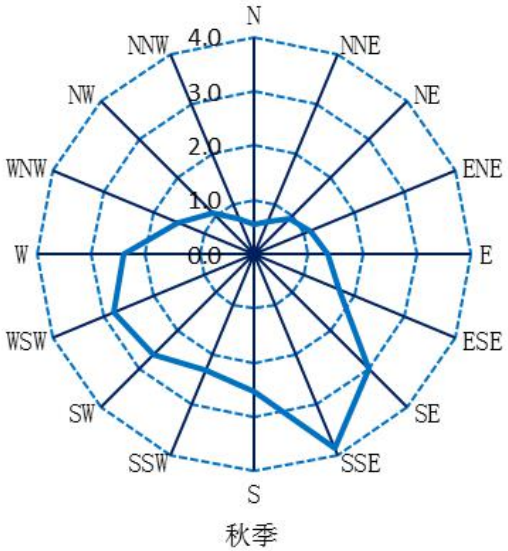
3 月～10 月多以 SSE 风向污染系数最大，1 月、2 月、11 月、12 月多以 WSW 风向污染系数最大；全年多以 NNW～NNE 扇区风向污染系数最小。春季、秋季以 SSE 风向污染系数最大，N 风向最小；夏季以 SSE 风向污染系数最大，NNW 风向最小；冬季 WSW 风向污染系数最大，N 风向最小。年污染系数 SSE 风向最大，为 3.38，SE 风向次之，为 2.79，N 风向最小，为 0.69。



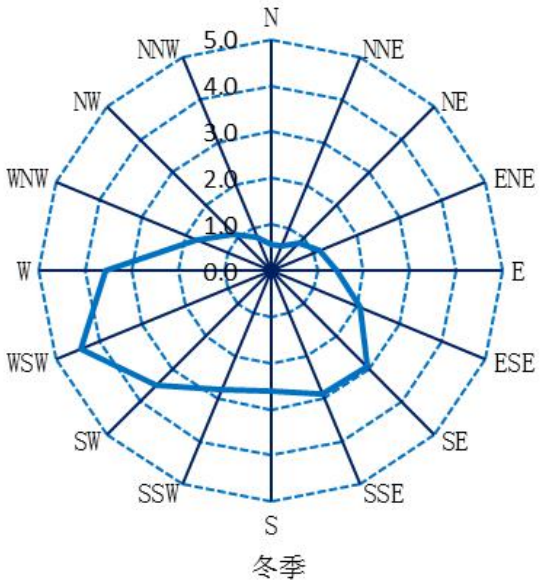
春季



夏季



秋季



冬季

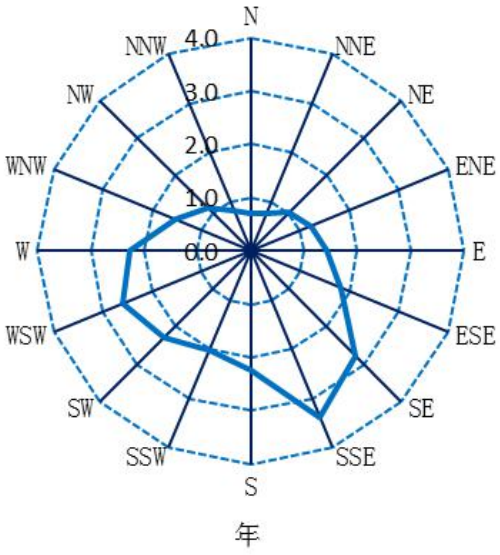


图 4.3-36 乌海气象站近 30 年四季、年污染系数玫瑰图

4.3.8.2 风向、风速和稳定度联合频率

海勃湾产业园风向、风速和稳定度联合频率的计算资料与大气稳定度的分析资料相同，其计算结果见表 4.3-13。

在风速<4.5m/s 时，园区风向、风速和稳定度联合频率以稳定类居多；在风速≥4.5m/s 时，园区风向、风速和稳定度联合频率以中性类居多。联合频率的最大值出现在风速 1.5～3.0m/s 范围的稳定等级大气稳定度中，联合频率达 17.57%，其中以 SW 风向的联合频率最高，为 1.99%，SE 风向次之，为 1.71%；联合频率的次大值出现在风速 3.0～4.5m/s 范围的较稳定等级大气稳定度中，联合频率为 12.82%，其中以 SSE 风向的联合频率最高，为 2.56%，SE 风向次之，为 2.12%。

总体来看，园区所在区域总体大气扩散条件一般。SSE～WSW 扇区风向的污染系数较大，其下风方向为大气污染敏感区域，需合理规划园区建设，应避免在大气污染敏感区域上风方向规划建设大气污染排放较大的企业，下风方向避免规划建设生活服务区等。秋冬季需根据大气扩散条件，合理安排生产，

避免或减少空气污染传输的影响。

表 4.3-13 乌海气象站全年各风向、各风速等级和各稳定度级别的联合频率（%）

频率 风向 / 稳定度 / 风速（m/s）		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
<1.5	A	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.05	0.03	0.10
	B	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.11	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13	0.11	0.10	0.07	0.05	0.05	0.14
	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.10	0.10	0.08	0.18
	E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.06
	F	0.15	0.16	0.18	0.24	0.26	0.27	0.26	0.27	0.30	0.33	0.31	0.27	0.22	0.18	0.17	0.15	0.34
≥1.5 —<3.0	A	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.00
	B	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13	0.17	0.22	0.25	0.30	0.29	0.32	0.33	0.26	0.22	0.18	0.11	0.00
	C	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.16	0.27	0.35	0.33	0.31	0.40	0.46	0.33	0.20	0.14	0.09	0.00
	D	0.20	0.21	0.29	0.44	0.51	0.55	0.53	0.51	0.46	0.44	0.48	0.54	0.52	0.37	0.28	0.22	0.00
	E	0.07	0.06	0.08	0.08	0.13	0.21	0.28	0.30	0.30	0.26	0.32	0.23	0.22	0.15	0.12	0.10	0.00
	F	0.30	0.36	0.59	0.90	1.21	1.58	1.71	1.69	1.63	1.68	1.99	1.70	0.90	0.55	0.43	0.36	0.00
≥3.0 —<4.5	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.13	0.15	0.13	0.11	0.09	0.10	0.18	0.36	0.35	0.24	0.22	0.35	0.40	0.34	0.26	0.17	0.00
	C	0.11	0.10	0.12	0.09	0.08	0.11	0.37	0.59	0.33	0.18	0.22	0.58	0.67	0.34	0.21	0.14	0.00
	D	0.21	0.26	0.37	0.33	0.24	0.46	1.10	1.23	0.53	0.24	0.24	0.59	0.74	0.54	0.40	0.28	0.00
	E	0.18	0.20	0.41	0.42	0.31	0.77	2.12	2.56	1.03	0.52	0.74	1.55	0.88	0.50	0.36	0.28	0.00
	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥4.5 —<6.0	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.05	0.14	0.11	0.04	0.03	0.09	0.14	0.12	0.08	0.04	0.00
	C	0.06	0.05	0.08	0.05	0.03	0.05	0.18	0.45	0.23	0.07	0.05	0.27	0.48	0.34	0.19	0.11	0.00
	D	0.19	0.28	0.39	0.23	0.11	0.18	1.36	2.12	0.48	0.11	0.09	0.67	1.34	0.84	0.57	0.28	0.00
	E	0.03	0.04	0.08	0.06	0.02	0.05	0.42	0.63	0.13	0.02	0.03	0.24	0.23	0.13	0.09	0.06	0.00
	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥6.0	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	D	0.18	0.25	0.41	0.18	0.05	0.10	1.19	3.00	0.57	0.04	0.03	0.69	2.27	2.07	1.02	0.40	0.00
	E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.4 小结

本章节根据选定的乌海气象站作为参证站，用该站长期气象观测资料来分析了海勃湾产业园的气候状况，主要结果如下：

（1）1991～2020 年，乌海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 10.2℃、17.2℃、4.1℃，年平均最高气温年际变化有上升趋势，年平均、平均最低气温年际变化有下降趋势。1961～2020 年，乌海气象站年极端最高气温在 35.4℃（1979 年、1989 年）～41.1℃（2017 年）之间变化，年极端最低气温在-32.6℃（1971 年）～-16.8℃（2001 年）之间变化。

（2）1991～2020 年乌海气象站累年平均降水量为 157.0mm，降水量在 41.8mm（2016 年）～265.9mm（2018 年）之间变化。从年际变化来看，海勃湾区年降水量呈现出小幅波动特征，个别年份之间降水量年际变幅较大。从年内变化来看，降水季节变化明显，主要集中在夏季，且 7 月最多，各月在 0.9mm（1 月）～32.9mm（8 月）之间，夏季降水占全年降水量的 56.41%。

（3）1991～2020 年乌海气象站年平均风速为 2.9m/s，年际变化呈下降趋势， 1980～2020 年最大风速的最大值为 23.0m/s（E），近 10 年（2010～2020 年）极大风速的最大值为 28.0m/s（WNW），年极大风速多出现在 1 月份，平均风速 5 月最大，为 3.4m/s；1 月最小，为 1.8m/s。从季节上看，春季、夏季风速较大，秋季、冬季风速较小。从时间上看，20 时～次日 10 时是全天风速相对较小的时段，11～19 时是全天风速相对较大的时段。1991～2020 年，乌海气象站累年最多风向为 SSE 风，风向频率为 11.4%，次多风向为 SE，风向频率为 9.4%。

（4）1991～2020 年年平均气压在 892.0hPa，在 1980～2020 年间，乌海气象站极端最高气压出现在 1981 年，为 919.4hPa；极端最低气压出现在 2008 年，为 862.4hPa。从四季变化来看，冬季气压较高，夏季气压较低，春、秋季气压近似。近 10 年（2011～2020 年）地面气压呈“W”型日变化特征，气压从 21 时

开始逐渐升高，到 10 时达到峰值 892.2hPa；之后开始下降，最低值出现在 17 时，为 889.6hPa；之后又开始缓慢升高，在 23 时达到次高值 891.4hPa，随后开始下降，直至 4 时。

（5）乌海气象站（1991～2020 年）累年平均日照时数为 3094.4 小时，其中年日照最高出现在 1991 年，为 3402.0 小时；最低出现在 2019 年，为 2802.5 小时。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,月平均日照时数夏季明显高于冬季，最低值出现在 12 月，最高值出现在 5 月。

（6）近 30 年（1991～2020 年）乌海气象站平均相对湿度的月值在 27.9%（4 月）～50.5%（1 月）之间，相对湿度日值变化呈“U”型。每天 6、7 时达到一天相对湿度的最高值之后相对湿度逐渐减小，16 时达到最低值之后再次开始上升，直至次日 6 时。

（7）近 30 年（1991～2020 年）海勃湾区各月以中性和稳定类天气居多，强不稳定天气最少。其中，稳定类天气出现频率最高，占 40.28%，中性类天气次之，占 37.97%，1 月、12 月均无强不稳定天气出现。四季也均以中性和稳定类天气为主。

（8）四季平均大气自净能力春季>夏季>秋季>冬季。春季、夏季平均大气自净能力为强等级，秋季为较强等级，冬季为一般等级。年平均大气自净能力较强，大气对污染物的清除条件总体较好。SSE～WSW 扇区风向的污染系数较大，其下风方向为大气污染敏感区域，需合理规划产业园区建设，应避免在大气污染敏感区域上风方向规划建设大气污染排放较大的企业，下风方向避免规划建设农畜产品加工区、生活服务区，秋冬季需根据大气扩散条件，合理安排生产，避免或减少空气污染传输的影响。

5 高影响天气及气象灾害风险评价

5.1 雷电

通常所指的“雷暴”是伴有雷击和闪电的局地对流性天气，而“雷电”则是发生在“雷暴”过程中的一种天气现象。雷暴的持续时间一般较短，单个雷暴的生命史一般不超过 2 小时。强烈雷暴的发生，常伴随大风、大雨或冰雹等强对流天气出现。

据相关数据记载，全世界每年因雷击造成的经济损失达 10 亿美元以上，人员伤亡也相当严重，我国平均每年因雷击伤亡人数达 3000 人左右。乌海在降水集中期雷电活跃，常给建筑物、供电设施、电子电器设施及人畜的生命安全造成极大的危害。

5.1.1 雷电的气候特征

5.1.1.1 雷暴的年际变化

1961～2013 年乌海气象站年雷暴日数如图 5.1-1 所示。

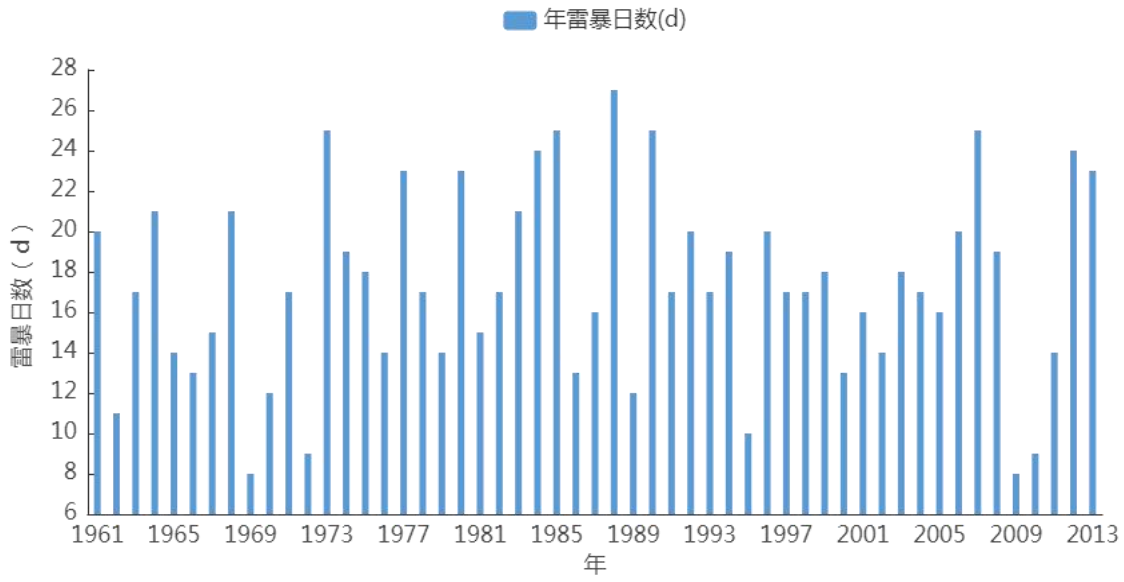


图 5.1-1 1961～2013 年乌海气象站年雷暴日数逐年变化图（单位：d）

累年平均雷暴日数为 17.3 天，年雷暴日数在 8 天（1969 年、2009 年）～27 天(1988 年)之间变化，年日数变化呈增加趋势。其周边的磴口气象站 1959～2013 年最大雷暴日数为 32 天（1964 年），较乌海气象站偏多。

5.1.1.2 雷暴的年变化

乌海雷暴主要发生在 6～9 月，占全年雷暴发生日数的 89.53%，7 月是高发时段，雷暴日数最多为 5.8 天，占全年雷暴发生的 33.72%。1 月、2 月、11 月、12 月没有雷暴发生。

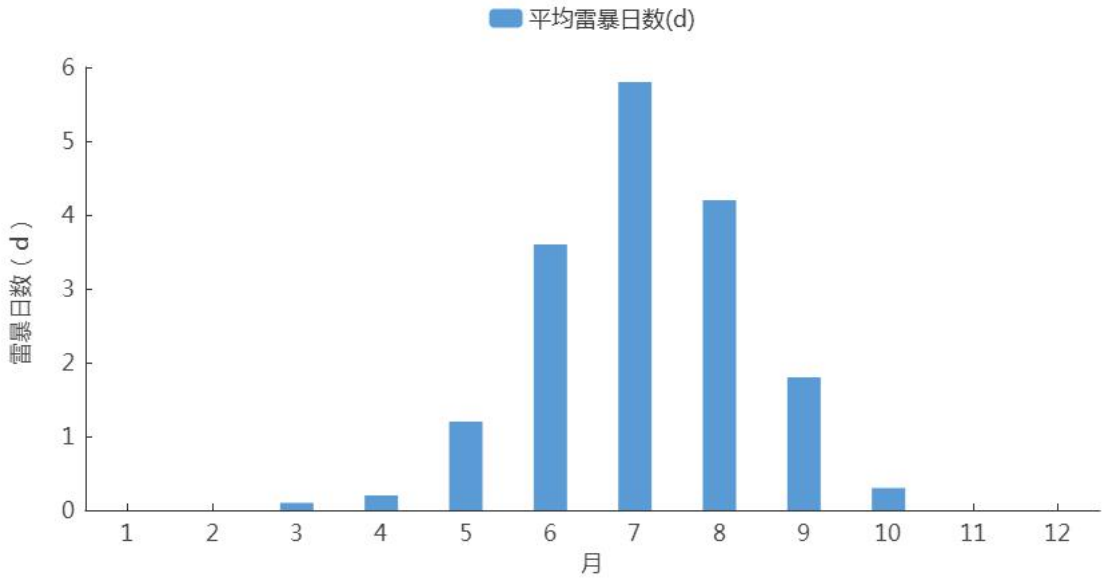


图 5.1-2 1961～2013 年乌海气象站平均雷暴日数逐月变化图（单位：d）

5.1.2 雷电危险性空间分布特征

5.1.2.1 地闪频次时空分布特征

（1）地闪时间分布特征

海勃湾产业园周边地闪发生月份分布图如下，园区 10km 范围内雷电活动主要活跃在 6～10 月，月发生闪电次数均值 36.1 次，其中 8 月雷电活动最频繁，共发生闪电 87 次。

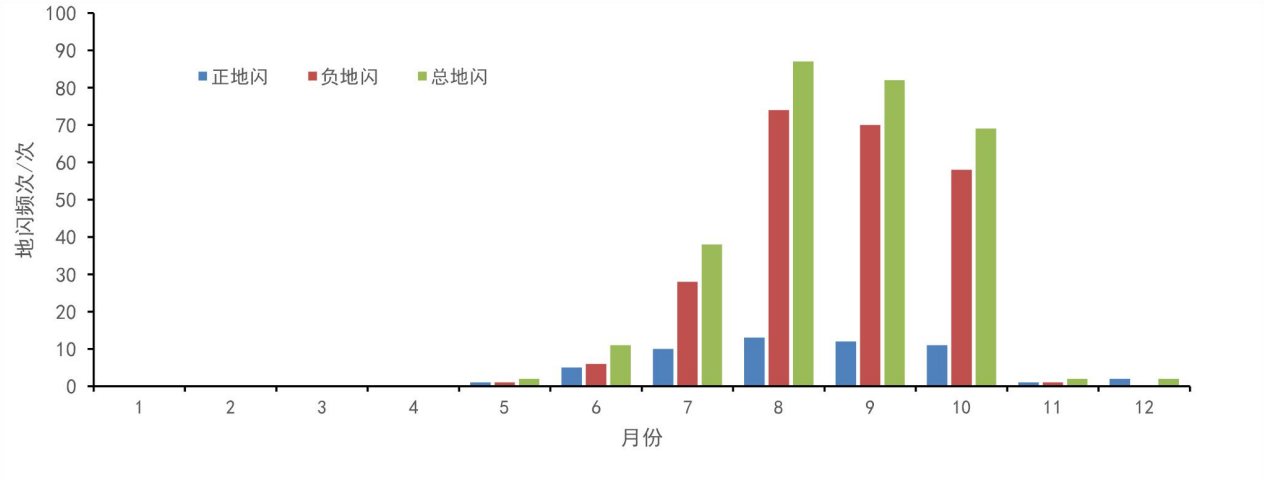


图 5.1-3 海勃湾产业园周边地闪月分布图

海勃湾产业园周边地闪发生时段分布图如下，园区 10km 范围内闪电发生时段主要集中在午后至傍晚，其中 13 时雷电活动最强，18 时次之。

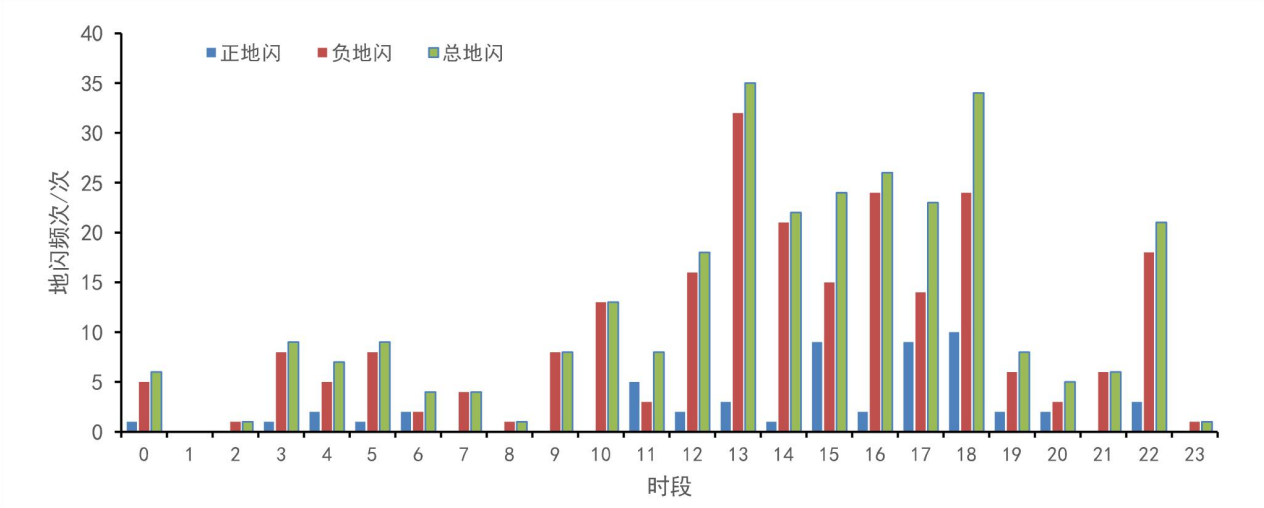


图 5.1-4 海勃湾产业园周边地闪时段分布图

（2）地闪空间分布特征

2014～2021 年海勃湾产业园 10km 范围内共发生闪电 293 次，其中正闪电 55 次，占 18.77%；负闪电 238 次，占 81.23%。最大正地闪出现在 2017 年 9 月 15 日 15 时 55 分 52 秒，闪电电流强度为 126.1kA，陡度为 0.4kA/μs；最大负地闪出现在 2021 年 4 月 23 日 7 时 43 分 16 秒，闪电电流强度为-308.0kA，陡度为-57.1kA/μs。

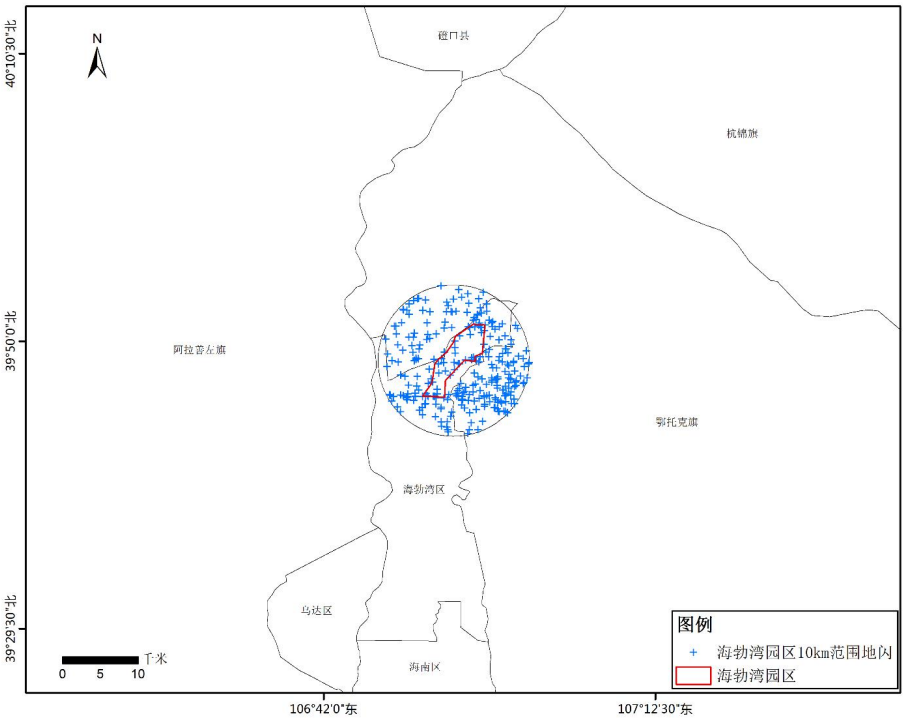


图 5.1-5 海勃湾产业园周边闪电发生情况

海勃湾产业园周边近 8 年的地闪密度分布状况如下图 5.1-6，园区地闪密度平均值为 0.11 次/km^2，最大地闪密度为 0.75 次/km^2。

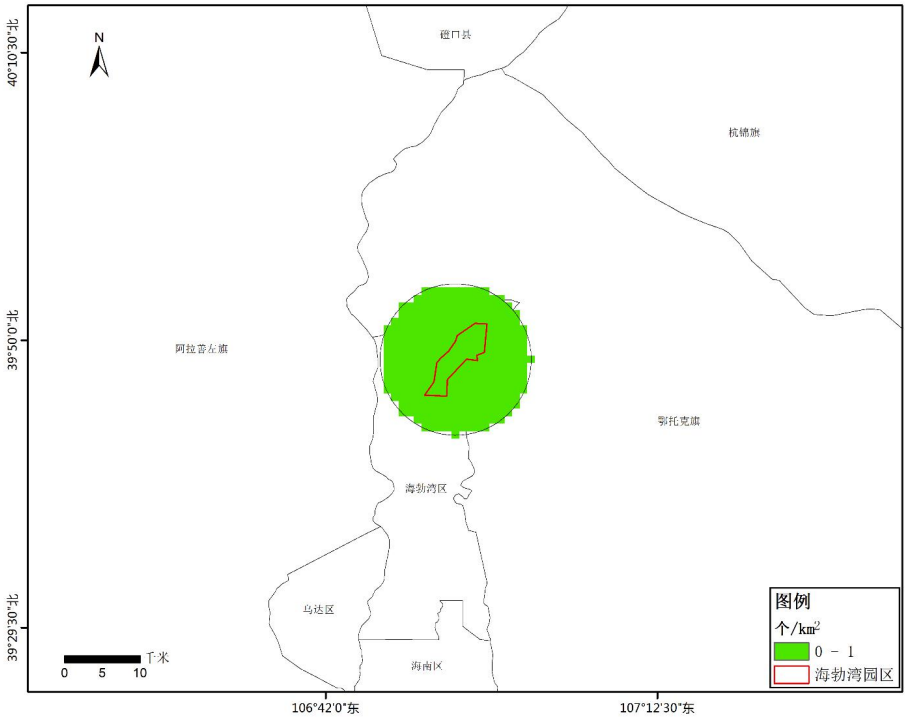


图 5.1-6 海勃湾产业园 10km 范围内地闪密度分布图

5.1.3 雷电灾害防御建议

5.1.3.1 雷电防护装置设计建议

1、根据闪电定位系统监测到的数据显示海勃湾产业园历史地闪回击平均密度为0.11次/km^2，依据乌海气象站1961～2013年平均雷暴日数据计算，其雷击大地密度为1.73次/km^2。该园区在设计防雷装置时，建议取1.73次/km^{2}为设计依据。

2、该园区区域雷击风险等级属于中等风险，产生雷击灾害事故的可能性较大。该园区内的建筑物按照GB50057-2010中的规定进行防雷设计，部分易燃易爆场所防雷设计应按照一类设计；建筑物单体的雷击人身伤亡损失风险、雷击公共服务损失风险及雷击经济损失等风险建议进一步对各建筑物单体进行雷击风险评估。

3、园区低压配电系统及信号系统应按照《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010和《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2014安装SPD，抑制雷电过电压。安装和选择各级SPD应实现能量配合、逐级限压的目的，并在防雷区分界处作等电位连接。

4、按照国家相关法律法规的要求，园区内如有下列建设工程、场所和大型项目的雷电防护装置应当由气象主管机构进行设计审核和竣工验收：（一）油库、气库、弹药库、化学品仓库和烟花爆竹、石化等易燃易爆建设工程和场所；（二）矿区、旅游景点或者投入使用的建（构）筑物、设施等需要单独安装雷电防护装置的场所。

5.1.3.2 在建项目施工期间的雷电防护安全建议

1、该园区所在地夏季的6～10月为雷电活动的高发期，一天之中下午13

时雷电活动最强，建议合理安排工期，接收雷电预警信息，进行高空作业和弱电系统设备的安装、调试应避开雷暴高发期和时段，可将潜在的雷击危险降至最低。

2、施工现场办公板房、宿舍板房等应有直击雷防护设施，防雷接地电阻应不大于 10Ω。设于施工现场的交流电源工作接地、各类施工机械电气保护接地、防雷接地应共用接地装置，接地电阻应不大于 4Ω，可利用基础接地装置作为此共用接地装置。

3、可利用塔吊等作为施工作业区直击雷防护的接闪装置，但必须保证塔吊的接地可靠，塔吊可直接连接在预留电气接地端子上，每台塔吊连接点不少于两处，连接线应采用-40mm×4mm 热镀锌扁钢或φ12 热镀锌圆钢。塔吊等机械设备，操作人员乘坐室应采取直击雷防护措施，可设置 1～3m 的避雷针，避雷针与金属箱体应进行等电位连接。

4、大型钢模板和设备就位后应及时与预留的接地端子等电位连接；施工过程中使用的金属脚手架、临时支撑就位后，应及时与预留接地端子等电位连接。施工现场临时用电主干线应采用屏蔽电缆，屏蔽层两端应做等电位连接和接地处理。

5、确保施工人员宿舍、食堂、厕所、淋浴间等临时设施防雷装置符合标准，施工现场临时用电和职工生活用电，应有漏电、短路保护、浪涌保护装置的。室外用电设备和电箱要做好防雨淋措施，室外用电线路全部断电，同时要做好现场高耸金属部件、空旷地区搭设的钢结构操作棚的防雷接地。

5.1.3.3 项目运行后的防雷装置检测与维护

1、防雷装置应按《建筑物防雷装置检测技术规范》(GB/T21431-2015)的要

求，由当地具有检测资质的机构每年检测一次，具有爆炸和火灾危险环境的防雷建筑物每半年检测一次。

2、加强园区人员的防雷安全知识培训，提高防雷减灾意识，建立雷击事故处理应急预案。

3、防雷装置的维护应符合下列要求：

（1）检查接闪杆、接闪带（网、线）、杆塔和引下线的腐蚀情况及机械损伤、松动等，若有损伤，应及时修复，特别是在断接卡或接地测试点处，应进行电气连续性测量；

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

（3）检测内部防雷装置和设备（金属外壳、机架）等电位连接的电气连续性，若发现连接处松动或断路，应及时修复；

（4）检查各类电涌保护器的运行情况，若发现接触不良、漏电、发热、积尘过多等，应及时处理。

5.1.3.4 加强雷电监测预警和应急管理

1、按照规范要求应加人员密集场所的雷电监测预警，提前获取雷电预警信息，让作业区人员提前规避雷击危险；提前采取主动的防御措施、降低雷击事故风险提供决策依据。

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

5.1.3.5 遭到雷击时急救措施

1、人体在遭到雷击后一般会出现昏迷、假死等症状，应立即采取抢救措施，首先须马上进行人工呼吸，其次要对伤者进行心脏按摩并向120求助。

2、人被雷击中后，身上是不带电的，因为雷电电流击中人后已经通过人体泄放到大地，所以接触受伤者进行抢救是没有危险的。受伤者被雷电的电火花烧伤只是表面现象，最危险的是对心脏和呼吸系统的伤害。

5.1.3.6 雷击事故处置方法

1、发生雷击事故后，岗位人员要沉着、镇静，不要惊慌，应迅速安排人员保护现场。

2、发生雷击事故后，应及时通知当地防雷主管机构，并由防雷主管机构组织相关部门进行雷电灾害调查，作出雷灾事故鉴定。

3、雷击事故发生后，要组织人员对邻近的设备管线的防雷设施进行仔细检查，避免雷击频繁发生。

5.2 暴雨

根据国家标准《降水量等级（GB/T 28592-2012）》，将日降水量≥50mm定义为暴雨日，其中一般暴雨为 50mm≤日降水量≤99.9mm，大暴雨为 100mm≤日降水量≤249.9mm，日降水量≥250mm 为特大暴雨。内蒙古暴雨洪涝灾害通常是局部性、短时性的，但影响较大，是仅次于旱灾的气象灾害，也是影响工程建设和运营生产的重要气象因子。洪水、暴雨的发生概率日益增高的趋势给园区的防洪能力带来了巨大压力。对园区的地面下水、排水管网、施工场所防汛能力都有较高的要求，避免大面积积水等引发危险。

5.2.1 暴雨的气候特征

5.2.1.1 暴雨日数

日降水量≥50mm 为暴雨以上量级。1961～2020 年乌海气象站累年平均暴雨日数为 0.1 天，1967 年、1969 年、1975 年、1977 年、1995 年、2001 年、2018 年、2020 年暴雨日数最多，为 1 天，年日数变化呈下降趋势。从逐月变化来看，历次暴雨发生在 8 月。

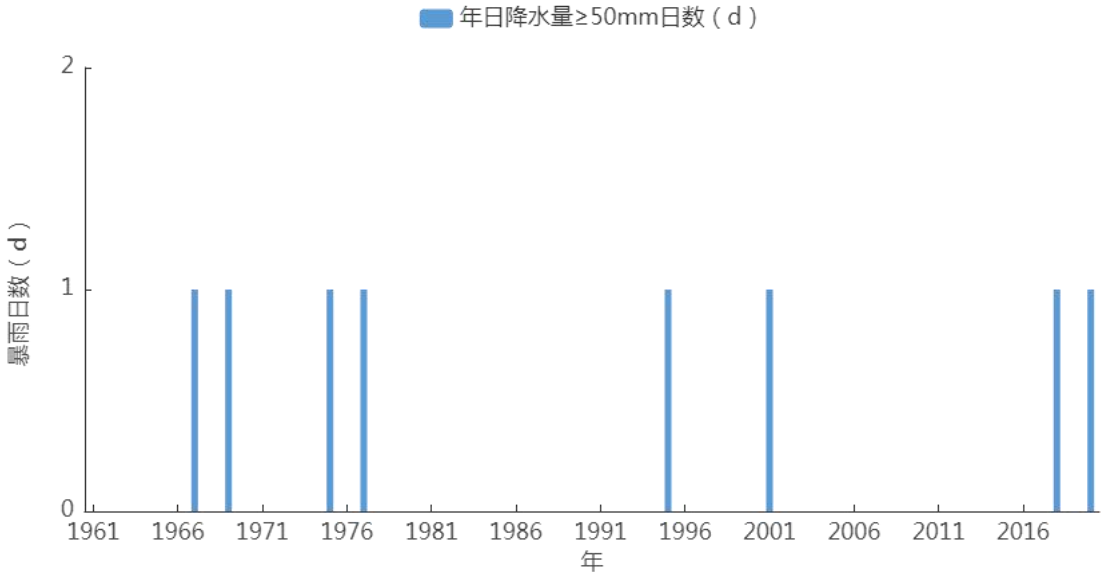


图 5.2-1 1961～2020 年乌海气象站年暴雨日数逐年变化图（单位：d）

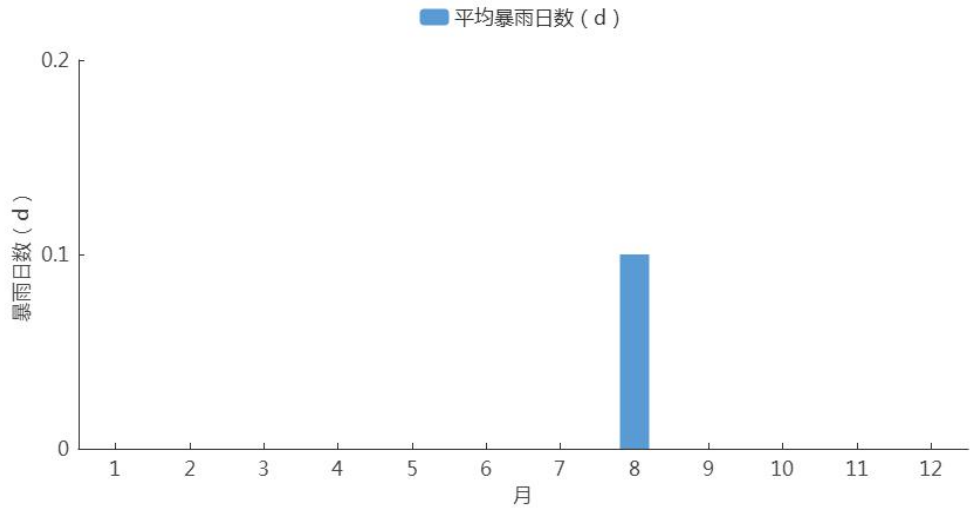


图 5.2-2 1961～2020 年乌海气象站平均暴雨日数逐月变化图（单位：d）

园区周边的乌斯太气象站 1962～2020 年最大暴雨日数为 2 天（2018 年），较乌海气象站偏多。

5.2.1.2 最长连续降水日数及最大连续降水量

1961～2020 年乌海气象站最长连续降水日数在 2 天（1962 年、1972 年、1981 年、1982 年、1987 年、2001 年、2005 年、2018 年、2020 年）～7 天（2019 年）之间，最长连续降水量在 0.9mm（1989 年）～80.2mm（2007 年）之间；而最大连续降水量则在 7.2mm（2016 年）～133.9mm（2018 年）之间。

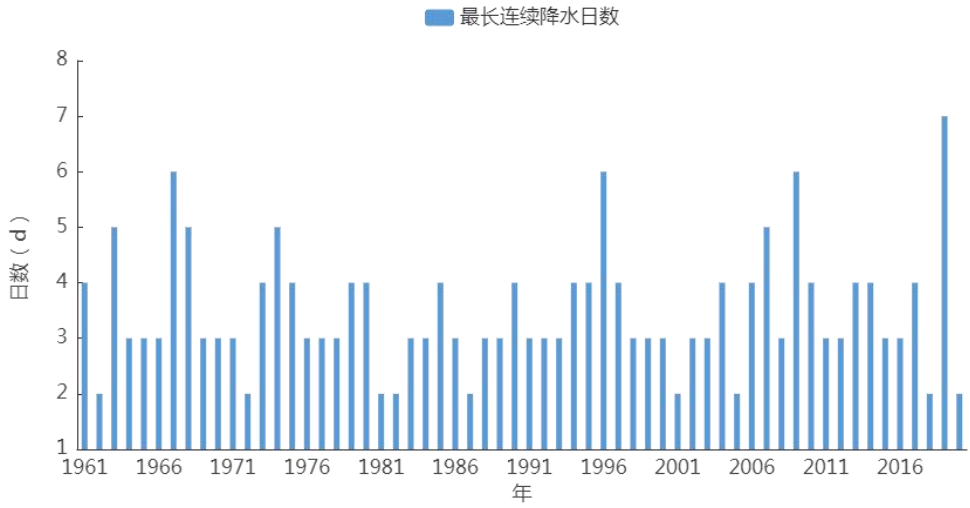


图 5.2-3 1961～2020 年乌海气象站最长连续降水日数的年际变化

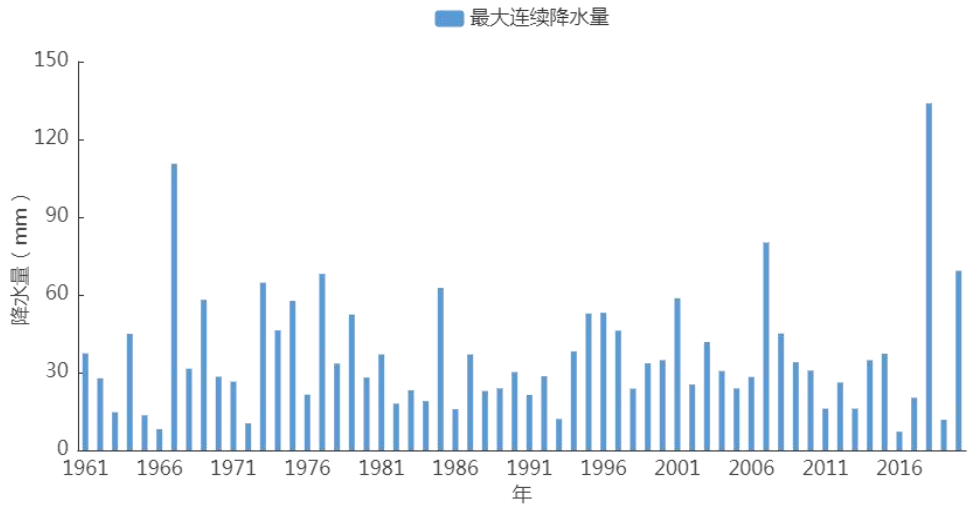


图 5.2-4 1961～2020 年乌海气象站最大连续降水量的年际变化

园区周边的乌斯太气象站1962～2020年最长连续降水日数为9天（1968年），较乌海气象站偏多。磴口气象站1959～2020年最大连续降水量为136.1mm（1997年），较乌海气象站偏多。

表5.2-1 乌海气象站1961～2020年最长连续降水日数及最大连续降水量一览表

年	最长连续降水日数			最大连续降水量		
	最长连续降水日数（天）	最长连续降水量（mm）	最长连续降水止日	最大连续降水量（mm）	最大连续降水日数（天）	最大连续降水止日
1961						
1962						
1963						
1964						
1965						
1966						
1967						
1968						
1969						
1970						
1971						
1972						
1973						
1974						
1975						
1976						

1977						
1978						
1979						
1980						
1981						
1982						
1983						
1984						
1985						
1986						
1987						
1988						
1989						
1990						
1991						
1992						
1993						
1994						
1995						
1996						
1997						
1998						

1999						
2000						
2001						
2002						
2003						
2004						
2005						
2006						
2007						
2008						
2009						
2010						
2011						
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						
2018						
2019						
2020						

5.2.1.3 最大日降水量

乌海气象站日最大降雨量年际变化表现出明显的波动特征。1961～2020 年，乌海气象将日最大降水日数的最大值为 133.9mm（2018 年），最小值为 6.7mm（1966 年)。其周边的磴口气象站 1959～2020 年日最大降水量为 135.4mm（1997 年），较乌海气象站偏多。

乌海降水的特点还突出表现在降水集中在最大雨日，甚至集中在几个小时的暴雨上。在多雨月，往往一日乃至数小时的最大降水量在年降水量中占有相当大的比重。乌海气象站累年平均最大日降水量为 31.1mm，最大日降水量以 0.41mm/10a 的速率减少。

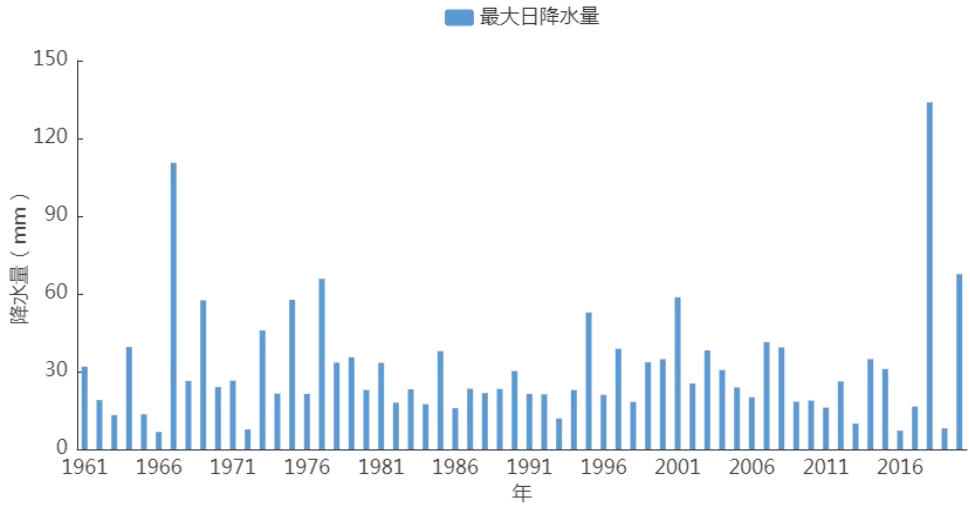


图 5.2-5 1961～2020 年乌海气象站最大日降水量年际变化

5.2.1.4 最大 1h 降水量

按小时降水量划分降水等级，当小时降水量≥10mm 时为暴雨量级；小时降水量≥20mm 时为大暴雨量级；小时降水量≥50mm 时为特大暴雨量级。乌海气象站历年小时最大降水量呈现出明显的波动特征，年际变化在 3.7mm（1993 年、2002 年) ～38.8mm（2018 年）之间，累年最大 1h 降水量为 38.8mm。

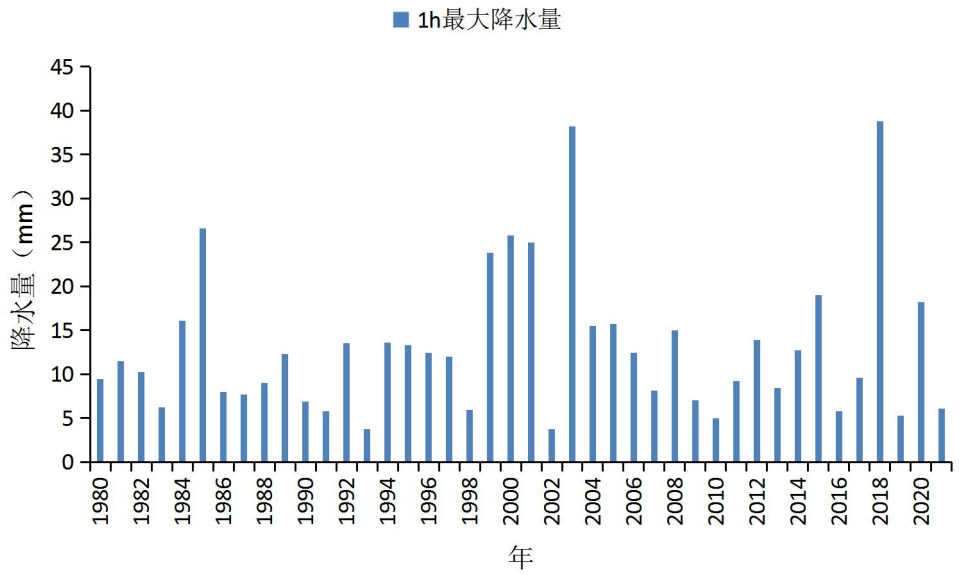


图 5.2-6 1980～2020 年乌海气象站最大小时降水量年际变化

5.2.2 产业园暴雨危险性空间分布特征

基于《内蒙古气象灾害调查与风险评估技术细则》（评估与区划类）中暴雨灾害风险评估技术细则，综合考虑最大日降水量、过程累积降水量、暴雨持续天数以及地形、水系等孕灾环境的影响，经过综合区划，从图 5.2-7 可以看出，乌海境内暴雨致灾高危险性区主要发生在河流及山洪沟沿线，海勃湾产业园所处位置暴雨致灾危险性以低风险为主，局部地区有中风险至次高风险的可能，需密切关注盛夏暴雨与洪涝的风险性。

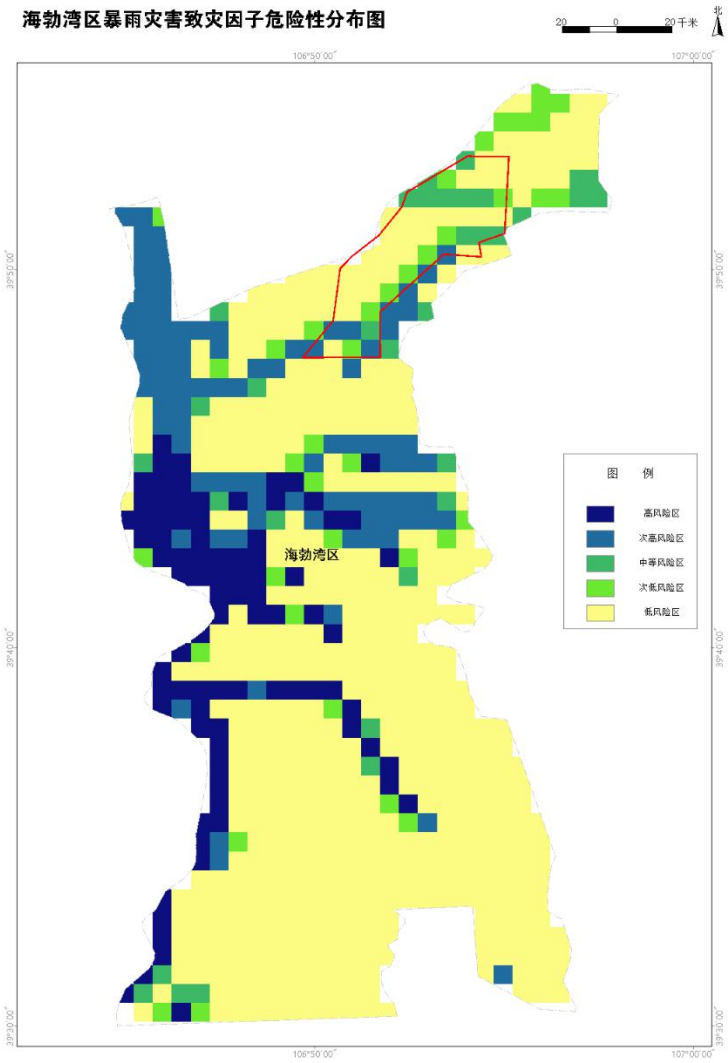


图 5.2-7 乌海暴雨危险性空间分布

5.2.3 暴雨洪涝淹没风险及影响

海勃湾产业园位于黄河上游干流流域范围，由于园区西部和南部地区距离黄河上游干流较近，因此园区西部和南部地区受黄河上游干流及其支流的影响相对较大，其中南部地区受影响最大。

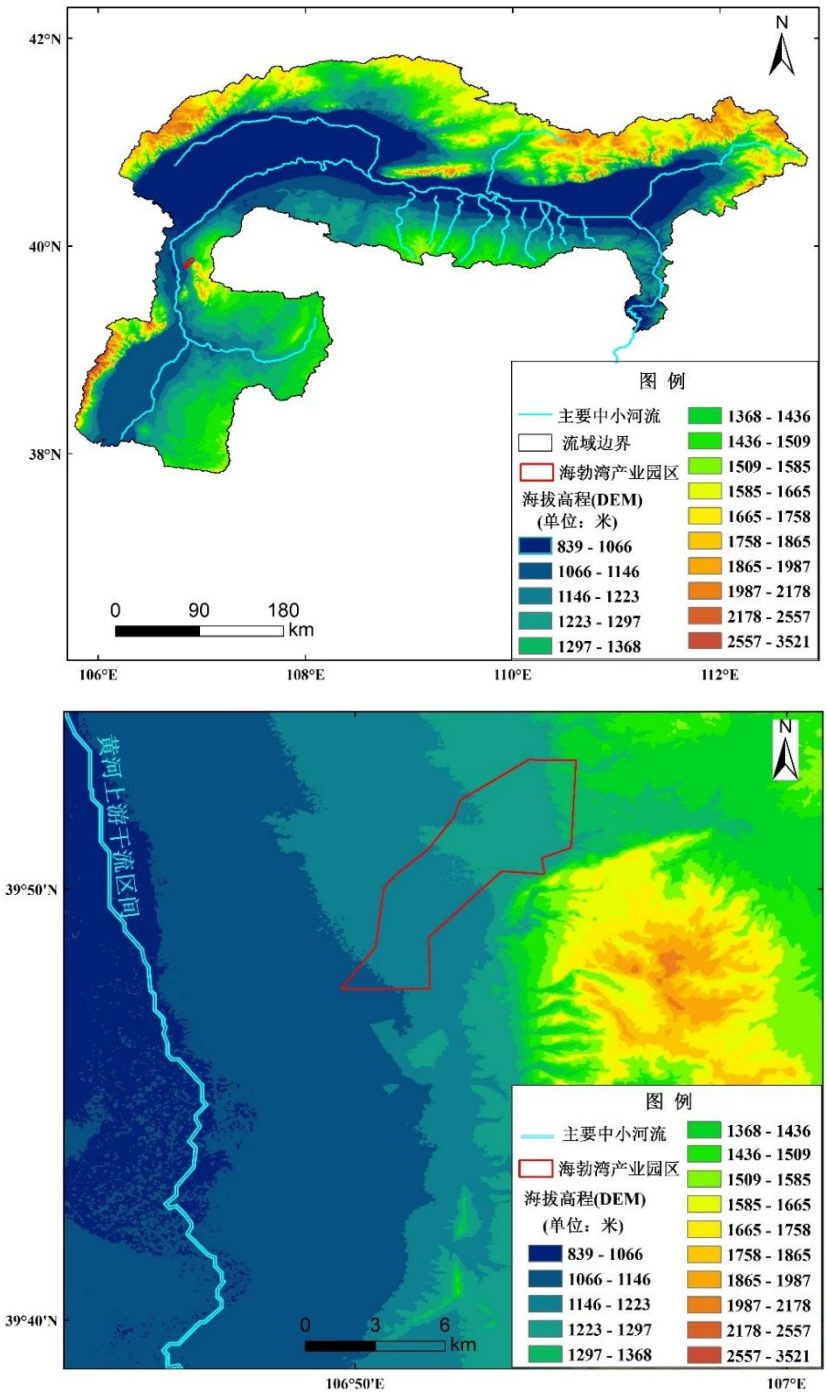


图 5.2-8 海勃湾产业园周边流域地形

根据《中国河海大典（黑龙江、辽河卷）》查阅可知，黄河上游自河源至内蒙古河口镇，河段长 3472km。黄河上游洪水主要来自兰州以上，而兰州至内蒙古河口镇区间产流很少，河道蒸发渗漏强烈，年径流量仅占全河的 0.3%。黄河上游多为强连阴雨，一般以 7 月和 9 月出现机会较多，8 月出现机会较少。

降雨特点是面积大，历时长，强度不大，主要降雨中心地带为积石山东坡，受上游地区降雨特点及下垫面产汇流条件的影响，上游洪水过程具有洪水历时长、洪峰低、洪量大的特点，较大洪水的洪峰流量一般为 4000～600 亿 m^3/s。

（1）技术方法

①淹没风险评估前期数据准备

根据海勃湾产业园所在黄河上游干流流域范围，提取流域的地形高程（简称 DEM）和地表粗糙度（简称 manning 系数）结果。选择黄河干流流域内 11 个国家站，分别为乌斯太站（站号 52607）、乌海站（站号 53512）、磴口站（站号 53419）、临河站（站号 53513）、达拉特旗站（站号 53457）、土默特右旗站（站号 53455）、准格尔旗站（站号 53553）、鄂托克旗站（站号 53529）、东胜站（站号 53543）、乌审旗站（站号 53644）、河南站（站号 53732），采用算术平均法，建立黄河上游干流流域的逐时和逐日面雨量序列。

②建立流域的致洪面雨量序列

将黄河上游干流流域的逐日面雨量序列输入到 MuDFiT 软件中，选择 POT 极值方法得到的降水极值结果，从而建立流域的致洪面雨量序列，即得到该流域的洪水历史个例。

③确定流域不同重现期（T 年一遇）的致洪面雨量

利用 MuDFiT 软件，对黄河上游干流流域的致洪面雨量序列进行拟合优度检验，并确定最优拟合函数，按照表 5.2-2 中 T 年一遇所对应的概率值，得到流域在不同重现期（5 年、20 年、50 年和 100 年一遇）下的致洪面雨量。

表 5.2-2 不同重现期对应的拟合分布函数概率值

重现期	100 年	50 年	30 年	20 年	10 年	5 年
拟合分布函数概率	0.99	0.98	0.967	0.95	0.9	0.8

④确定流域的小时雨型分布

根据黄河上游干流流域的致洪面雨量序列中历史个例和逐时面雨量序列，计算每个历史个例前一天 21 时至当日 20 时的逐时降水概率，确定这两个流域 24 个小时的逐时降水雨型分布。

⑤模拟流域不同重现期洪水淹没

将黄河上游干流流域不同重现期的致洪面雨量、小时雨型分布、DEM 和 manning 系数输入到 FloodArea 淹没模型中进行淹没模拟，得到流域在不同重现期（5 年、20 年、50 年和 100 年一遇）下的洪水淹没深度。

⑥绘制研究流域的暴雨洪涝淹没风险评估图

计算黄河上游干流流域在不同重现期的最大洪水淹没深度，一般以洪水可能淹没承灾体的淹没深度进行风险等级划分，按照中小河流洪水灾害风险等级划分标准：低风险（0.1～0.5m）、中风险（0.5～1.0m）、高风险（1.0～2.0m）、特高风险（2.0～4.0m）和极高风险（＞4.0m），绘制不同重现期（5 年、20 年、50 年和 100 年一遇）下黄河上游干流流域暴雨洪涝淹没风险评估图。

（2）流域暴雨洪涝淹没风险评估

图 5.2-9 为黄河流域 5 年、20 年、50 年和 100 年一遇洪水的最大淹没深度和风险评估情况。由图可知，海勃湾产业园在 5 年、20 年、50 年和 100 年一遇的暴雨洪涝最大淹没深度特征基本一致，主要表现为黄河干流淹没风险较高、黄河周边山洪沟汇流明显，但淹没风险等级不高，河道外淹没区域较为分散，大部分淹没深度较小。淹没深度主要集中在 0.1～0.5m 之间，在园区西南部有山洪沟壑穿过，淹没明显，局部低洼地区淹没深度可达 2.0～4.0 米，总的来说园区属于中等风险，发生 100 年一遇暴雨洪涝灾害时部分区域最大淹没深度可

达 2.0～4.0 米，为特高风险。黄河干流主河道淹没较为显著，由于海勃湾产业园距离黄河干流较近，园区周边沟壑汇流明显。黄河 T 年一遇极端降水对海勃湾产业园的影响较小，但仍要注意防范大范围、长时间的持续降水及暴雨引起其水位暴涨，导致园区周边山洪沟以及园区积水淹没范围扩大以致影响园区西南部地区。

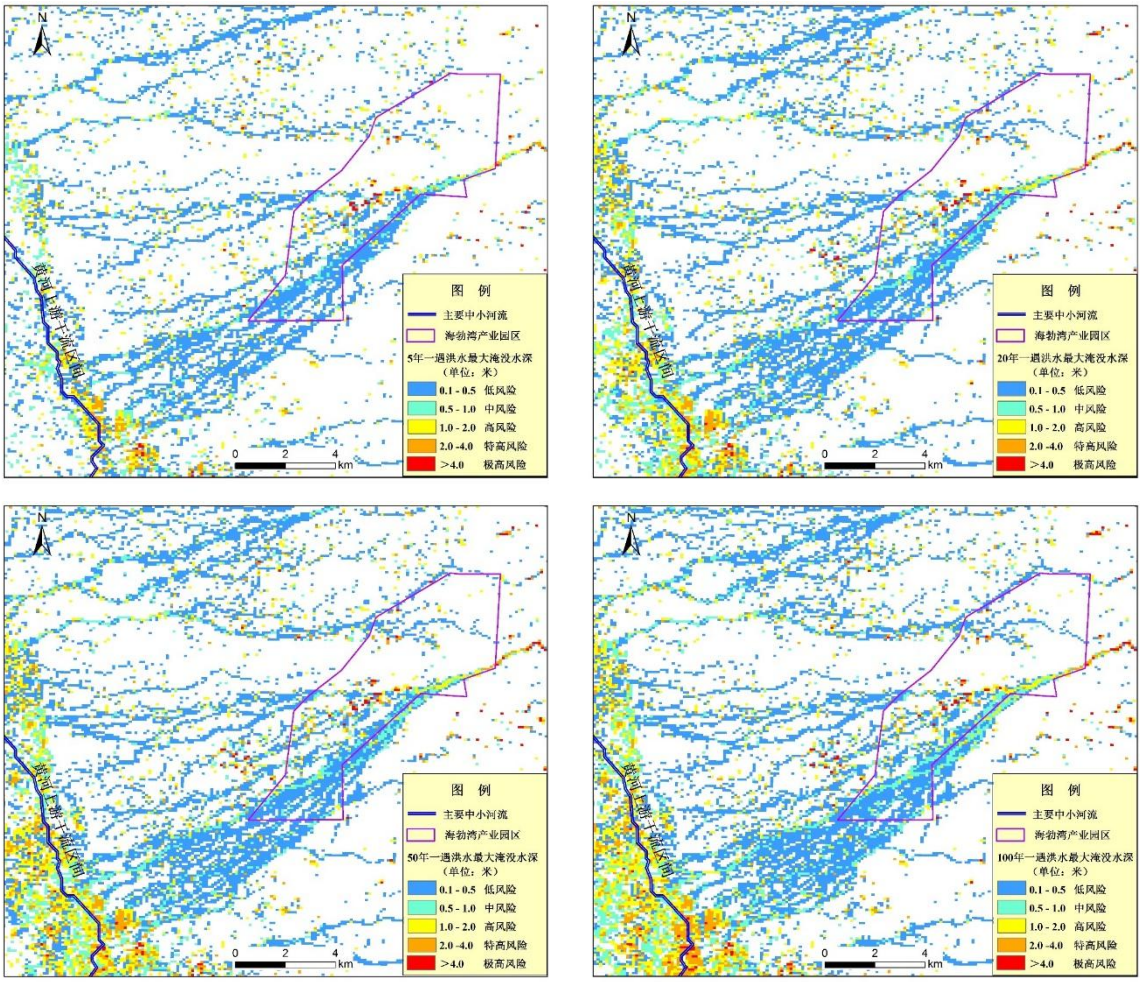


图 5.2-9 黄河流域 5、20、50 和 100 年一遇暴雨洪涝灾害的最大淹没水深（米）、淹没范围和风险评估

5.2.4 暴雨洪涝灾害的防御建议

（1）防排水系统建设要考虑到地貌、地质、生产工艺等因素，必须全面规划、科学设计、合理建设。在在园区的排水设计中参考乌海气象站降水特征及暴雨强度公式、暴雨雨型等参数，结合实际情况，适当提高排水排涝设计标

准，防排水系统的建设和配备上应该符合国家的标准规定。园区防排水设施一方面要注意黄河发生中小河流洪水，以及周边沟壑发生山洪，避免中小河流洪水或山洪直接冲击园区企业，另一方面在园区地势较低区域铺设相应的排水管道，减轻园区积水问题。

（2）在每年汛期来临前，开展汛期安全专项安全检查和隐患排查工作，对园区重点区域、防排水设施等重点环节的隐患排查治理，排水沟要采取定期巡查和清淤工作，防止渗漏、倒灌或漫流。及时补充排水、发电、清障等必要的应急救援装备物资，遇有突发事件，要做到响应迅速、处置有力，最大限度减少事故伤亡。

（3）每年汛期（6-8 月）要主动与气象、防汛等部门联系，建立灾害性天气预警和预防机制。密切关注气象部门关于灾害性天气的预警预报信息和暴雨预警信号，掌握可能危及园区安全生产的暴雨洪水灾害信息，尤其是强降雨的预计发生时间、持续时间、影响范围和强度等，一旦发现险情，及时启动相应的应急机制及预案，服从防汛指挥部门的统一安排，及时避难。

（4）加强汛期（6～8 月）调度和值班工作。安排专人负责区域范围以及可能影响园区安全的黄河及其附近山洪沟等重点部位进行巡视检查，特别是接到暴雨灾害预警信息和警报后，不间断关注黄河及其周边山洪沟的河水上涨情况。

（5）地处园区地势较低的企业厂房或住房要准备沙袋、挡水板等物品，或砌好防水门槛，设置挡水土坝，以防止洪水进屋。室外积水漫入室内时，应立即切断电源，防止积水带电伤人。

（6）当设施位置不高于当地历史最高洪水位时，必须根据生产实际情况

按照要求标准修筑堤坝、排水沟等有效防洪措施。

（7）建立暴雨洪水可能引发园区内企业安全事故灾害紧急情况下及时撤出人员的制度，明确启动的标准、撤人的指挥部门和人员以及撤人的程序等。

注：上述模拟结果高程数据来自历史高程数据，可能和现在实际情况有所差别，上述淹没水深模拟结果仅供海勃湾产业园应对 T 年一遇极端降水防洪设施和排水系统建设提供参考。

5.3 大风

根据产生大风的不同天气系统分类，海勃湾产业园所在区域的大风类型主要有：与冷空气相联系的冷锋后部偏北大风和低压大风、与强对流天气相关的雷雨冰雹大风三类。

不同类型的大风灾害特点也不尽相同：冷空气引起的大风往往持续时间比较久，影响范围也较广，当前期植被覆盖率较差时，还会引起沙尘天气；强对流大风多发生在夏季，持续时间较短，瞬时风速大，局地性强，偶尔还会伴有龙卷风出现。

5.3.1 大风气候特征

5.3.1.1 年际变化

1961～2020 年乌海气象站年平均大风日数为 17.8 天，1990 年大风日数最多，为 64 天，年日数变化呈减少趋势。

5.3.1.2 年变化

从大风日数的逐月分布来看（图 5.3-2），乌海气象站大风全年各月均有发生，其中 3~7 月相对较多。以上表明，乌海的大风天气具有季节性变化特征，即春季最多，夏季次之，秋季和冬季相对较少。

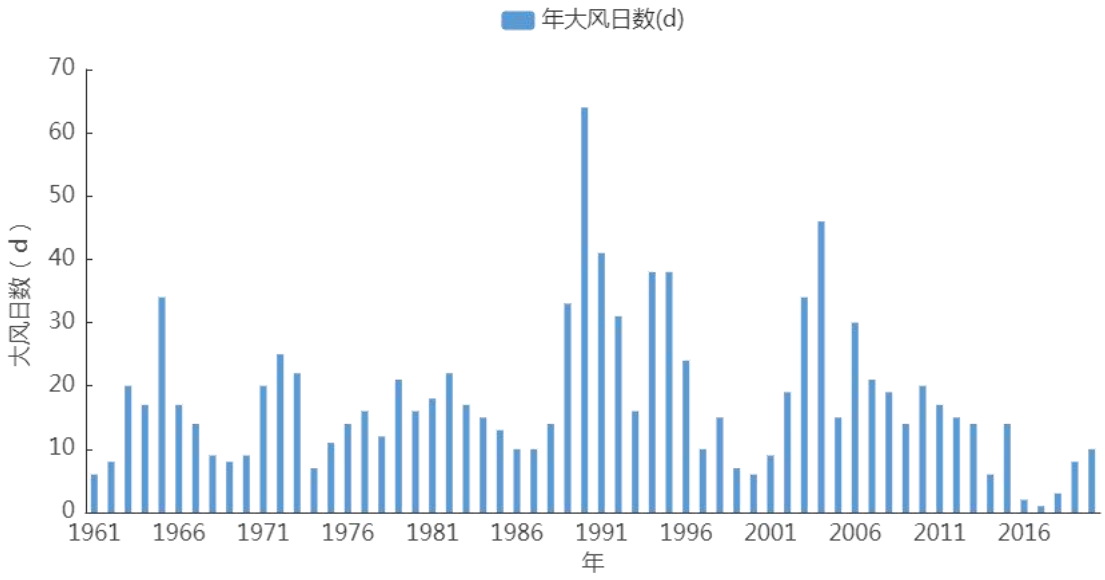


图 5.3-1 1961～2020 年乌海气象站年大风日数逐年变化图（单位：d）

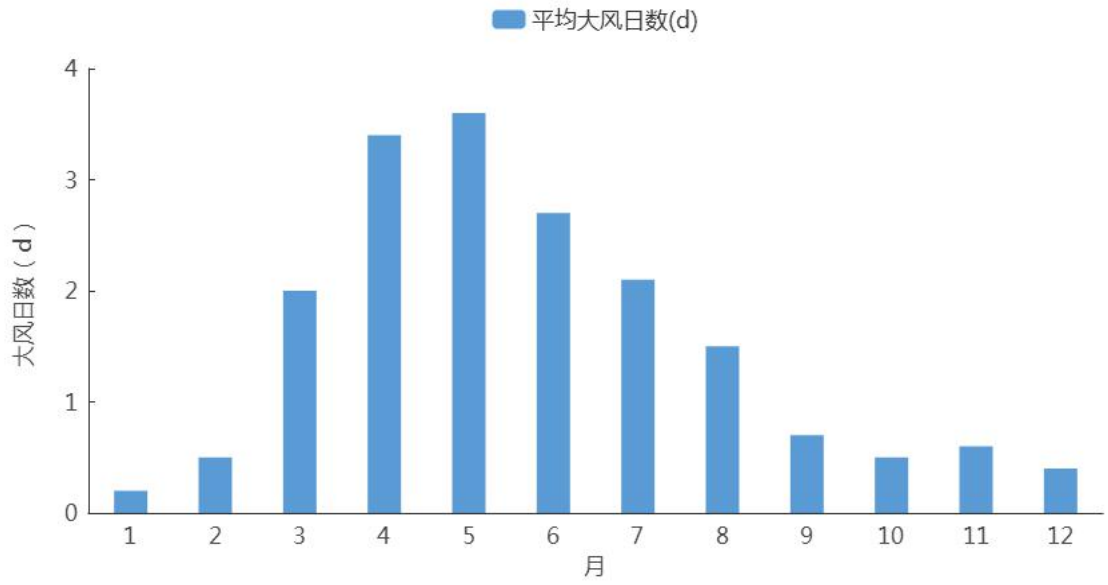


图 5.3-2 1961～2020 年乌海气象站平均大风日数逐月变化图（单位：d）

5.3.2 产业园大风危险性空间分布特征

从图 5.3-3 中可以看出，乌海的大风灾害危险性呈现自西南向东北逐渐递减的分布特征。海勃湾产业园所在区域为大风灾害低风险到次低风险区的过渡区，发生大风灾害的风险性较低。

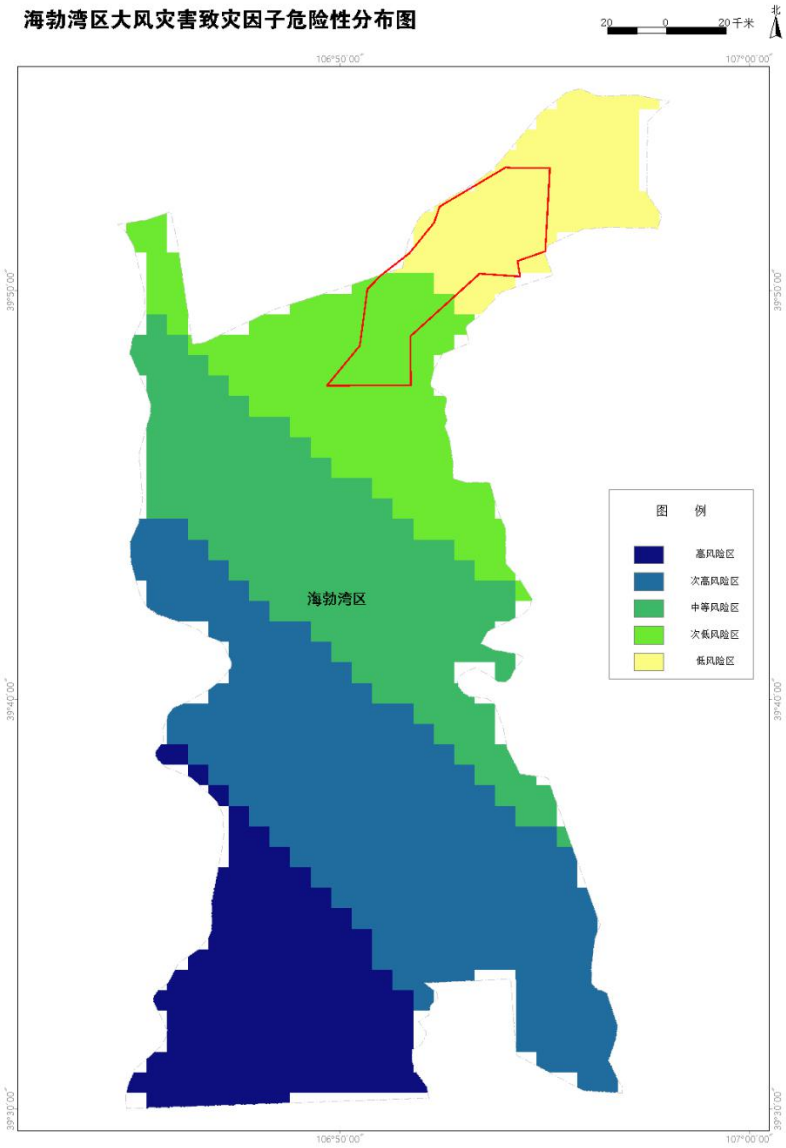


图 5.3-3 乌海大风灾害致灾因子危险性分布图

5.3.3 大风的影响及危害

大风对海勃湾产业园内的加工业、制造业等都有一定程度的影响，根据企业的不同阶段，具体的影响有以下几个方面：

（一）规划、建筑阶段：

在进行建筑工作时，大风可使园区内搭建的临时工棚、围墙、建筑施工中的吊机、电梯、脚手架等受损或倒塌，造成财产损失和人员伤亡；大风会增加建筑高空作业的风险性，当风力过大时需停止高空作业，因而造成工程停工或

延期；当在室外堆积建筑材料时，大风还会吹散砂石等引起粉尘污染。

（二）运维阶段：

（1）对园区供电线路的影响：大风可能刮断线路甚至吹翻线路铁塔；吹进控制室、保护柜等造成杂物短路，引起保护误动；大风可能吹起供配电系统的线路之间发生碰撞容易形成短路，或者吹起其他金属导体搭接在线路之间容易形成短路；大风引起导线的摆动，引起放电，造成弧光接地或短路；大风引起外部输电线路倒杆，造成短路、接地、开关误跳等，引发停电事故，导致园区内企业停产，造成经济损失。

（2）对生产生活的影响：建筑物、路灯、路牌、广告牌、绿化植物等在大风中易被刮倒或刮断，造成经济损失和人员伤害；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区域时，产生狭管效应，使局地风速增大，严重时甚至导致车辆失控，影响交通物流运输。

（3）对大气环境的影响：大风可刮起地面沙尘，使空气质量恶化。

5.3.4 大风灾害防御建议

（一）规划期：

在海勃湾产业园的项目设计阶段中，建议充分考虑所在区域的大风灾害，适当提高园区内各类建筑、设施和车辆的防风抗风能力标准，加强大风灾害防御能力，尽可能降低大风引发灾害的可能。

（二）建设期：

在园区内项目的建设阶段，塔吊、高大模板、施工升降机等危险源需加固和重点防范，严格落实安管人员定时检查巡查制度；密切关注气象部门发布的大风预警，提前做好防范措施；发生大风天气时，遮盖建筑物资，不得进行露

天攀登与悬空高处作业，不得进行塔吊顶升、安装、拆卸作业，作业时如突然遇到风力加大，必须立即停止作业；在建设高层建筑阶段，为减小狭管效应带来的影响，应做好抗风安全措施，以防人员伤亡。

（三）运营期：

（1）大风来临时，停止进行园区内的露天活动，园区工作人员要尽量减少外出，必须外出时不要在悬挂的广告牌、临时搭建筑物下面逗留、避风。园区内的交通运输车辆如果正在行驶中，应及时驶入隐蔽处。

（2）海勃湾产业园所在区域气候干燥，尤其在春秋两季要加强防火措施，大风天气时要严谨露天动火，及时清理易燃物品，以防引发火灾。同时也要特别注意防范大风刮断电线等引发火灾。

（3）建立各级防风责任制，加强对产业园区域内建筑物和设施的防风安全隐患排查，及时对易被风吹动的各类设施、搭建物等进行加固或者拆除。在大风过后，应该检查支架、脚手架、起重设备、临时用电工程和临时房屋等设施的基础，及时设置警戒隔离措施，避免高处坠物伤人。

5.4 沙尘天气

沙尘天气是一种风与沙相互作用的灾害性天气现象。沙尘往往伴随着大风天气，沙尘天气的形成须具备三个条件，即丰富的沙尘源、大风、不稳定的大气状态。大风沙尘因低能见度天气影响园区作业和交通安全。

5.4.1 沙尘天气的气候特征

沙尘天气分为浮尘、扬沙和沙尘暴。沙尘天气主要发生在冬春季节，这是由于冬春干旱区降水比较少，地表异常干燥松散，抗风蚀能力很弱，在有大风刮过时，就会将大量沙尘卷入空中，形成沙尘天气。

5.4.1.1 浮尘的气候特征

浮尘指当天气条件为无风或平均风速≤3.0m/s 时，尘土、细沙浮游在空气中，使水平能见度小于 10km 的天气现象。浮尘出现时远方物体呈土黄色，太阳呈苍白色或淡黄色。浮尘是由于沙尘暴或扬沙天气过后，尘土、细沙在风力较小的情况下沉降造成的。

（1）浮尘的年际变化

乌海气象站自 1961 年至今有连续的浮尘观测资料。统计表明，1961～2020 年平均每年有 19.6 天出现浮尘天气过程，出现最多一年是 1973 年，为 106 天。从乌海气象站浮尘天气的年际变化看，1982～2015 年浮尘日数较其他年份明显偏少。周边的乌斯太气象站 1962～2020 年最大浮尘日数为 113 天（1982 年），较乌海气象站偏多。

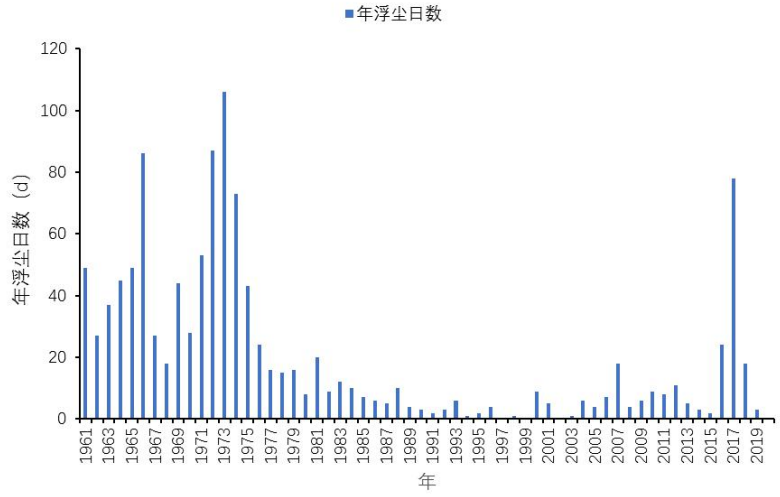


图 5.4-1 1961～2020 年乌海气象站年浮尘日数逐年变化

（2）浮尘的年变化

从乌海气象站浮尘天气年变化可以看出，浮尘天气主要集中在春季，占年总浮尘日数的 55.52%，浮尘天气在 4 月出现频率最高，占年总日数的 21.63%，冬季出现浮尘天气比春季少，占年总浮尘日数的 18.94%，其余月份出现浮尘天

气较少，各占年总浮尘日数的 25.53%。

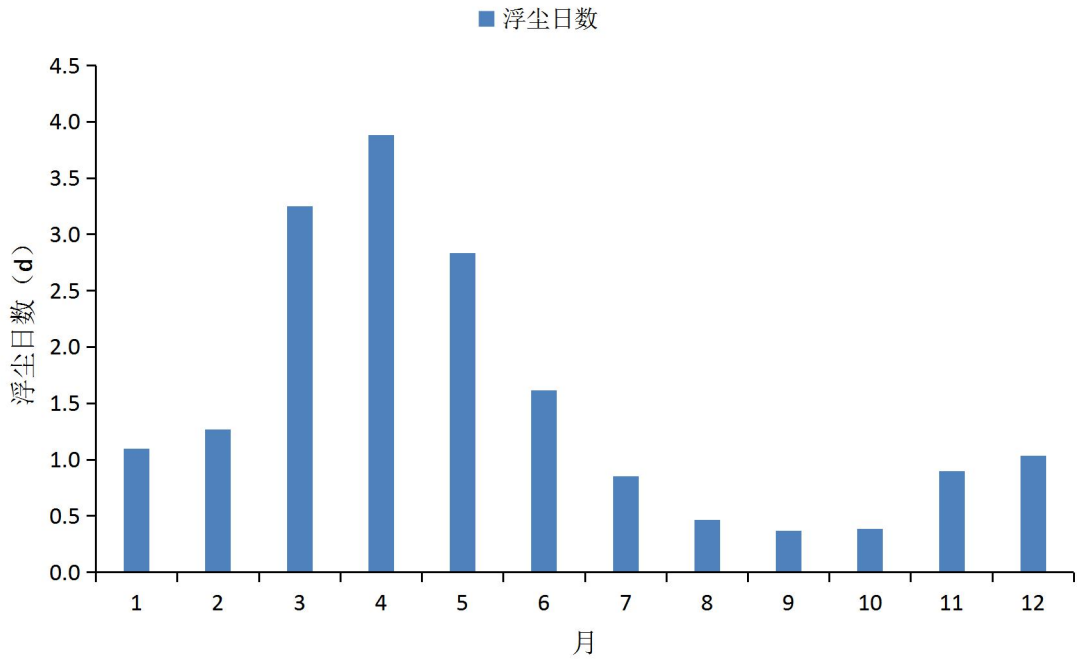


图 5.4-2 1961～2020 年乌海气象站平均浮尘日数逐月变化

5.4.1.2 扬沙的气候特征

扬沙指风将地面尘沙吹起，使空气变混浊，水平能见度在 1～10km 里以内的天气现象。出现扬沙时，能见度明显下降，天空浑浊，一片黄色。

（1）扬沙的年际变化

乌海气象站自 1961 年有连续的扬沙观测资料。从近 60 年扬沙天气年际变化分析可以看出，该地区平均每年有 37.4 天出现扬沙天气，最多一年出现在 1961 年，达 84 天。到 2015 以后，年扬沙日数明显减少，总体上呈下降趋势。其周边的乌斯太气象站 1962～2020 年最大扬沙日数为 139 天（1982 年），较乌海气象站偏多。

（2）扬沙的年变化

近 60 年乌海气象站各月平均扬沙日数显示，春季发生扬沙天气的日数最

多，占年总日数的 46.78%，4 月发生日数最多，年平均扬沙日数为 6.3 天，占年总日数的 16.59%。夏季发生扬沙天气的日数比春季少，占年总日数的 25.55%。其余月份出现扬沙天气较少，各占年总扬沙日数的 27.67%。

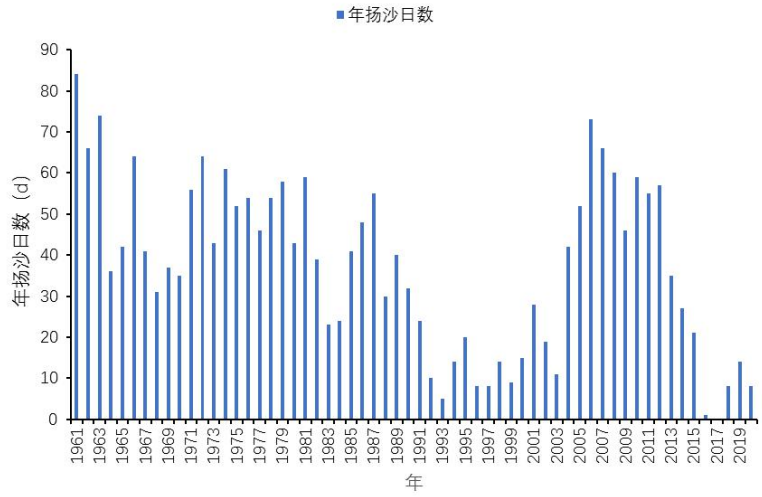


图 5.4.3 1961～2020 年乌海气象站年扬沙日数逐年变化

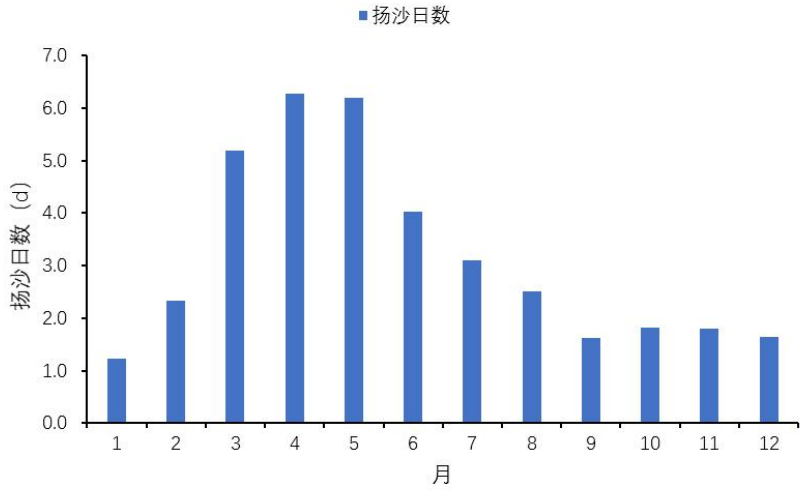


图 5.4-4 1961～2020 年乌海气象站平均扬沙日数逐月变化

5.4.1.1 沙尘暴

沙尘暴指大风扬起地面的沙尘，使空气浑浊，水平能见度小于 1 公里的天气现象。

（1）年际变化

1961～2020 年乌海气象站累年平均沙尘暴日数为 12.2 天，1972 年沙尘暴

日数最多，为 50 天。年日数变化呈下降趋势,气候倾向率为-5.30d/10a。其周边的磴口气象站 1959～2020 年最大沙尘暴日数为 55 天（1973 年），较乌海气象站偏多。

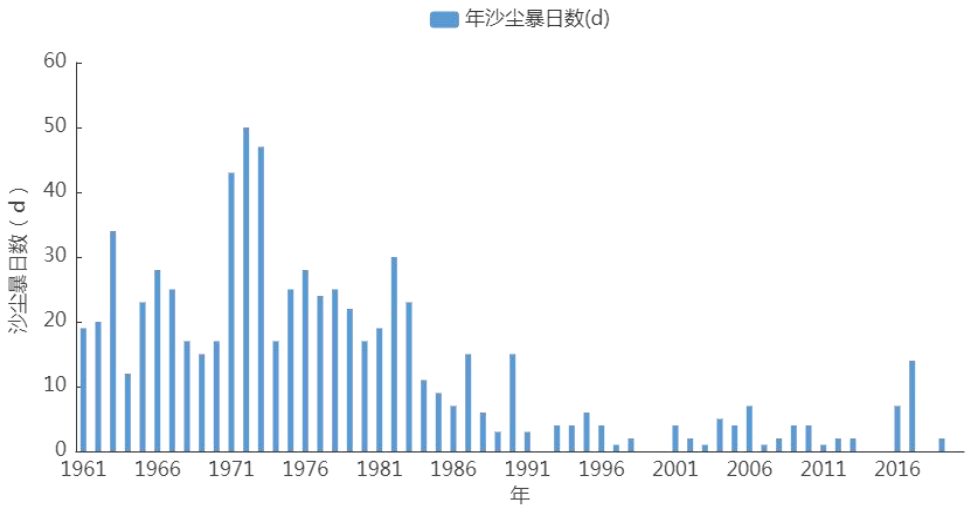


图 5.4-5 1961～2020 年乌海气象站年沙尘暴日数逐年变化图（单位：d）

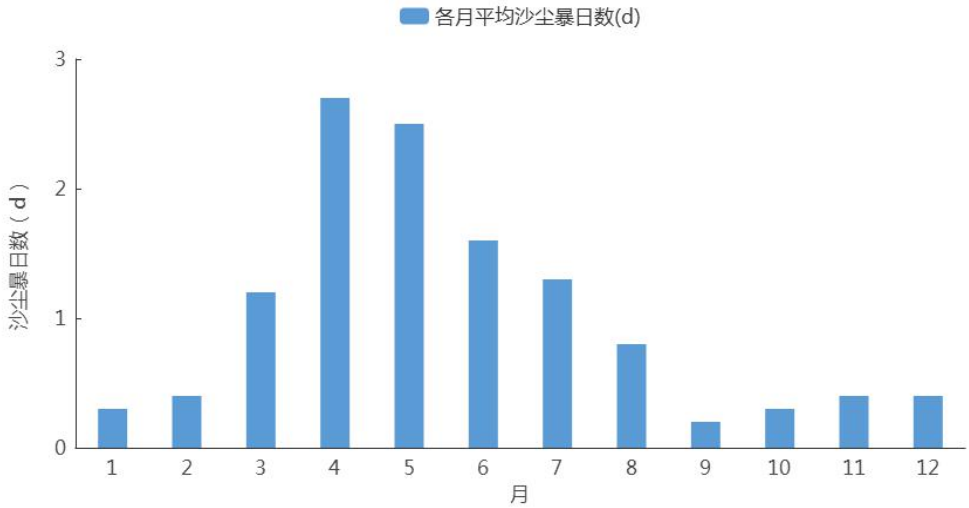


图 5.4-6 1961～2020 年乌海气象站平均沙尘暴日数逐月变化（单位：d）

（2）年变化

从乌海气象站 1961～2020 年沙尘暴年变化来看，沙尘暴主要发生在春季，发生次数占年平均的 53.64%，其中 4 月的发生日数最多，占年总日数的 22.55%。夏季沙尘暴发生次数仅小于春季，秋季沙尘暴出现最少。

综上所述，乌海属沙尘天气较多地区，但其年变化规律呈下降趋势；春季

是大风沙尘天气灾害易发时段，尤其是当春季降水量偏少、气温偏高的年份，更易发生强沙尘暴天气。

5.4.2 产业园沙尘危险性空间分布特征

如图 5.4-7 所示，乌海沙尘暴致灾危险性呈现为整体以高风险区为主，中部小范围地区为低风险区。

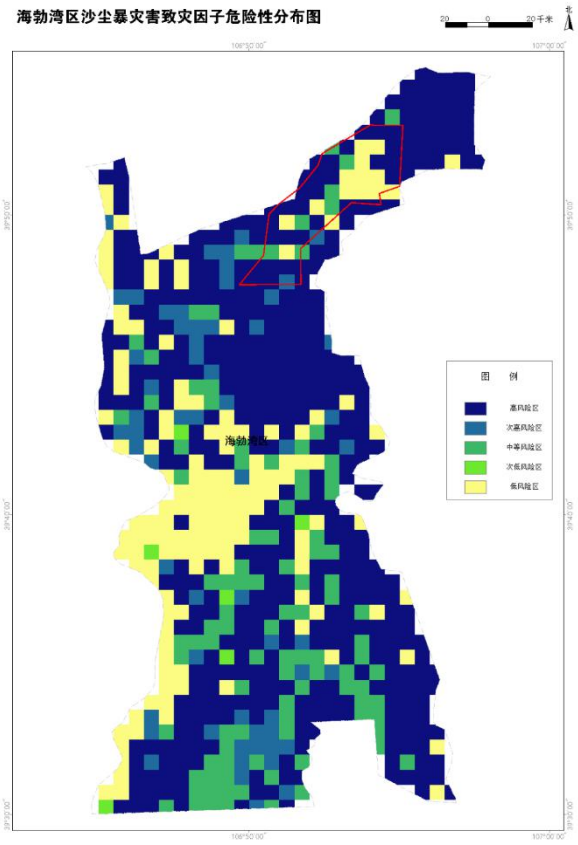


图 5.4-7 乌海沙尘暴灾害危险性空间分布图

海勃湾产业园沙尘暴灾害以低风险区为主，局地出现高风险区，发生沙尘暴灾害的危险性较大。春冬季节需关注沙尘暴给园区带来的影响。

5.4.3 沙尘天气的影响及危害

出现沙尘天气时，特别是在大风天气条件下，裸露土地的泥沙等被大风卷起形成沙尘暴甚至强沙尘暴时，易造成人畜死亡、建筑物倒塌、农业减产、交通受阻；也使空气质量明显下降，危害人们的健康，严重影响正常的生产生活。

沙尘天气对产业园区的危害有以下几方面：

（1）对交通的影响：弥漫的黄沙降低通往园区的各个道路交通的能见度，常有流沙掩埋公路、铁路，使汽车、火车停运或脱轨，航班延误，严重影响各类原材料和能源的运输。

（2）对水质的影响：沙尘天气可造成水源的污染，沙尘随风漂浮一定时间后就会降落，因为沙尘中含有一些有害物质，落到水中破坏水质，导致整个园区用水安全受到影响，尤其对水质要求较高的食品加工、生物医药加工等影响较大。

（3）对工业生产的影响：弥漫的黄沙会影响制造产业和加工业精密仪器的使用和生产，从而影响生产质量及效率。

（4）环境污染：沙尘天气使空气质量下降，影响人们健康及生产生活的环境，尤其园区还包括煤化工业，当人暴露于沙尘天气中时，含有各种有毒化学物质、病菌、煤尘等的尘土科透过层层防护进入到口、鼻、眼、耳中，如若得不到及时清理将对这些器官造成损害或病菌以这些器官为侵入点，引发各种疾病。沙尘天气可造成水源的污染，沙尘随风漂浮一定时间后就会降落，因为沙尘中含有一些有害物质，落到水中影响水质，从而影响整个园区各类用水。

（5）对园区用电的影响：发生大风沙尘天气时，大风中裹挟的沙砾在前进中受到阻碍不断堆积后，会造成户外输电线路、露天设备等被压埋影响设备使用功效，其强风可以导致大树被连根拔起、房屋、墙壁、轻质彩钢板等被风吹飞触碰电杆或使户外变压器受到强风拉扯变形等严重危害。

5.4.4 沙尘天气防御建议

（1）根据当地气候特点，掌握风沙运动规律和工程建设条件，对园区进

行合理规划设计，园区在规划建设过程中首先要做好园区内的绿化，保护园区内的天然植被，园区周边一定范围内的植被也需要做好防护，增加地表植被覆盖，防止水土流失及沙化，精密仪器生产车间需要加强密封设施。

（2）园区内需要防尘的区域，可采取通风防尘、湿式作业、喷雾洒水等方式做好防尘工作，以保证作业安全。尤其园区内还有建材加工（水泥、混凝土等）业，生产过程中产生的粉尘进入沙尘中加重污染，因此尽可能采取半封闭罩、隔离室等设备来隔绝沙尘，从而保证精密仪器生产和使用。

（3）出现沙尘天气时，出门要做好防护措施，如：佩戴口罩、防风眼镜、帽子与丝巾等，避免身体部位暴露在沙尘之中。此外，各类房间、工作室也要及时清理灰尘，以免室内尘土飞扬，吸入呼吸道。

（4）加强园区生态环境的保护，减轻人为因素对环境的破坏，如：污水排放，植被破坏等，保护和恢复林草植被，防止土地进一步沙化；加强沙尘暴的发生、危害与人类活动的关系的科普宣传，使园区工作人员认识到环境破坏的危害，自觉的保护生存环境。

（5）虽然沙尘天气相对较少，但也同样需要关注天气预报，特别是在春季要及时获得沙尘天气的预报或警报信息，及时对各类露天设备进行维护，同时对沙尘引发的低能见度天气进行交通管制。

5.5 低温

5.5.1 低温日数

日最低气温小于或等于-25℃定义为“低温日”。乌海气象站年低温日数的平均日数为 1.1 天，最大年低温日数为 15 天，出现在 1971 年，低温日数呈减少趋势。低温天气主要出现在 12 月到次年 2 月，其中 1 月最多为 0.7 天，2 月为

0.2 天，12 月为 0.3 天。

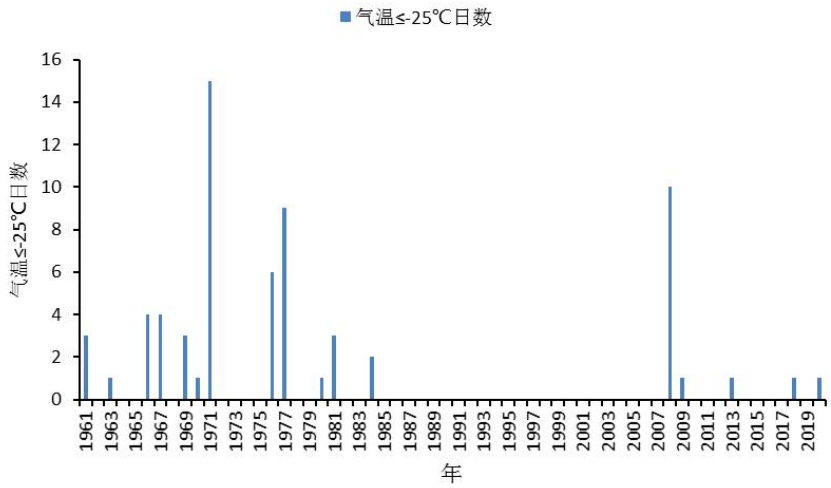


图 5.5-1 1961～2020 年乌海气象站气温≤-25℃日数逐年变化图（单位：d）

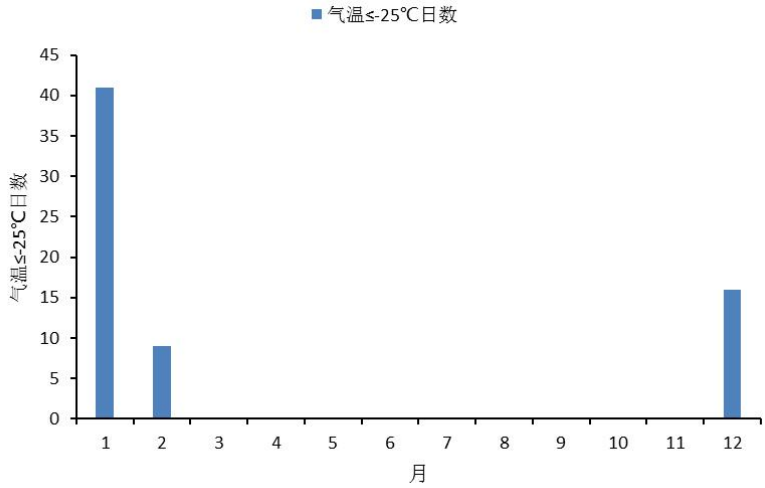


图 5.5-2 1961～2020 年乌海气象站气温≤-25℃日数逐月变化图（单位：d）

5.5.2 低温灾害危险性空间分布

从图 5.5-3 可以看出，乌海低温灾害致灾因子危险性分布呈现东高西低的分布特征，东北地区为低风险区到中等风险区的过渡带。海勃湾产业园所在区域以低温灾害低风险区和次低风险区为主，发生低温灾害的风险相对较低。

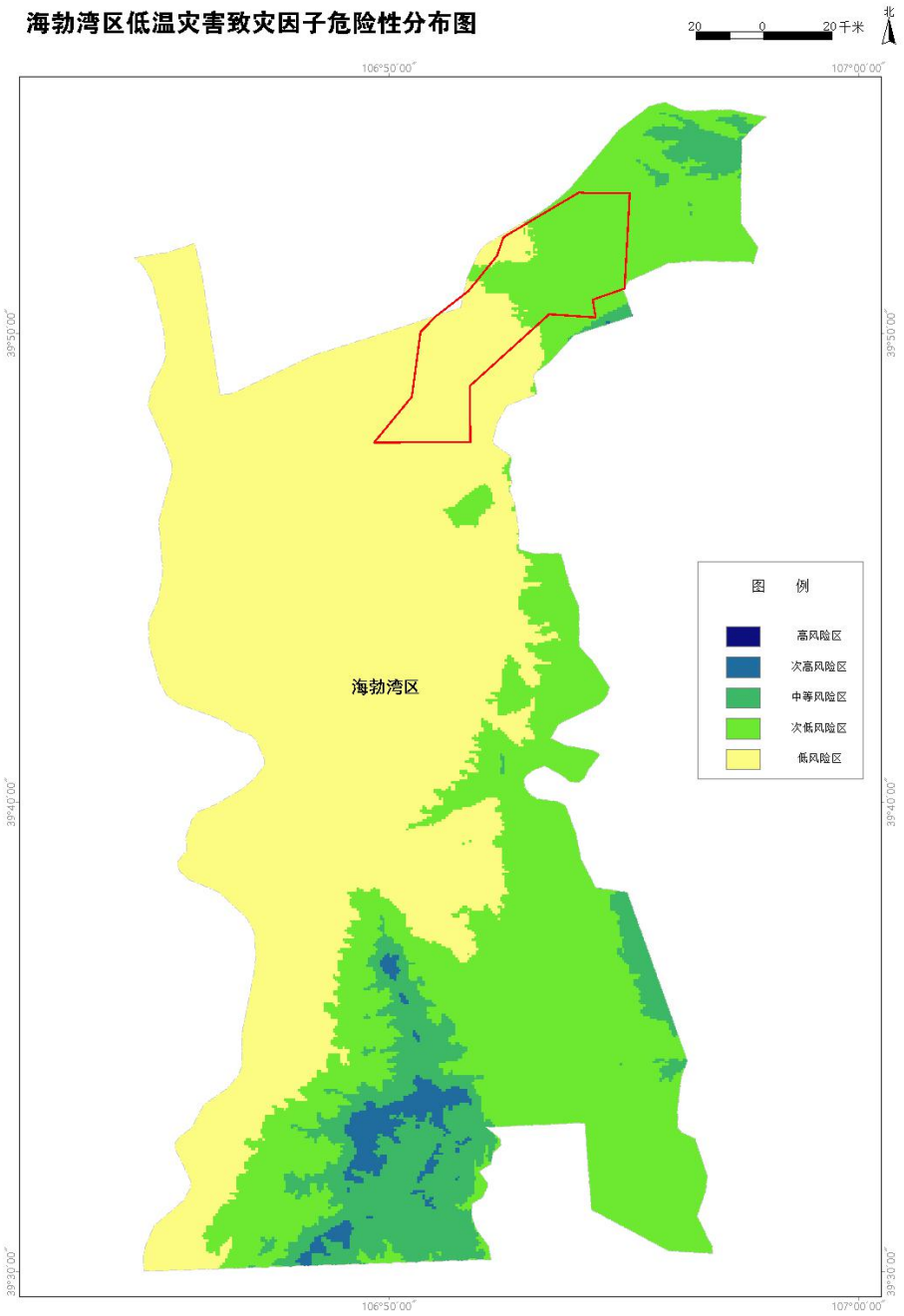


图 5.5-3 乌海低温灾害致灾因子危险性分布图

5.5.3 低温灾害的影响及危害

在园区规划建设阶段，当日平均气温＜5℃时即进入冬期施工，冬季低温往往与大风、寒潮、降雪天气同时出现，影响施工进度、施工质量、施工安全，给园区规划建设带来不利影响。低温天气会造成人体感温度下降，容易让从业人员患呼吸道疾病，或者出现冻伤的情况。低温天气会造成潮湿地面或户外工

作地面积雪结冰，造成作业人员滑到摔伤。

在园区运维阶段，低温天气导致生产设备、金属构件以及输水管道产生变形、破裂，容易出现泄漏、爆炸、火灾、中毒和设备生产事故。冬季处于冷高压状态，厂房车间相对密闭，有毒有害气体大量堆积，如果通气不良，易造成人员中毒和火灾爆炸事故。低温天气会增加园区内的供暖和通风能耗增加，电气设备线路超负荷运行，出现局部过热或漏电打火造成火灾，需加强防范。冬季低温降雪天气，可能造成园区工作人员出现冻伤，厂房车间湿滑地面结冰、园区内道路路面积雪结冰，造成工作人员滑倒摔伤。

5.5.4 低温灾害的防御建议

在园区规划建设阶段，依据《混凝土结构工程施工规范》（GB50666-2011）规定，当室外气温低于 5℃，应采取冬期施工措施。当混凝土未达到受冻临界强度而气温骤降至 0℃以下，应按冬期施工的要求采取应急防护措施。在制定越冬维护措施之前，应认真检查核对有关工程地质、水文、当地气温以及地基的冻胀特征和最大冻结深度等资料。根据《露天建筑施工现场不利气象条件与安全防范》（QX/T 154-2012）中的规定，当气温＜5℃时，施工场地设置安全可靠的采暖设备，高处作业人员宜佩戴防护手套、防滑鞋。电气工程施工室外电缆作业时，应尽量在-5℃以上施工，否则采用电缆通电加热法施工，在加热前对电缆的绝缘性进行全面检测合格方可施工。

在园区运维阶段，园区及时关注气象部门发布的低温天气预报预警，对突发极端低温事件，及时调整工作计划、做出正确的协调指挥，以降低其对园区生产生活的直接危害。加强园区内火灾隐患排查，在冶金化工区、建材加工区生产车间、库房车间、仪器设备车间配备符合标准的通风设备，在火灾隐患地

点配备完善的消防措施，做好工作人员消防知识和火灾逃生相关培训。严格遵守与各行业相关的电力安装规定及使用规范，在冬季用电高峰时期做好电器设备的合理调度及维护，加大电器及电线线路的安全检查工作，并做好相关防护措施。出现冰雪低温天气，做好园区内积雪除冰工作，保障园区内生产运输和人员人身安全。

5.6 高温

5.6.1 高温日数

将日最高气温大于或等于 35℃定义为“高温日”。乌海气象站年高温日数的平均日数为 11.8 天，2020 年高温日数最多，为 27 天，高温日数呈增加趋势。高温天气主要发生在 6 月、7 月、8 月，分别为 2.6 天、6.4 天、2.4 天。

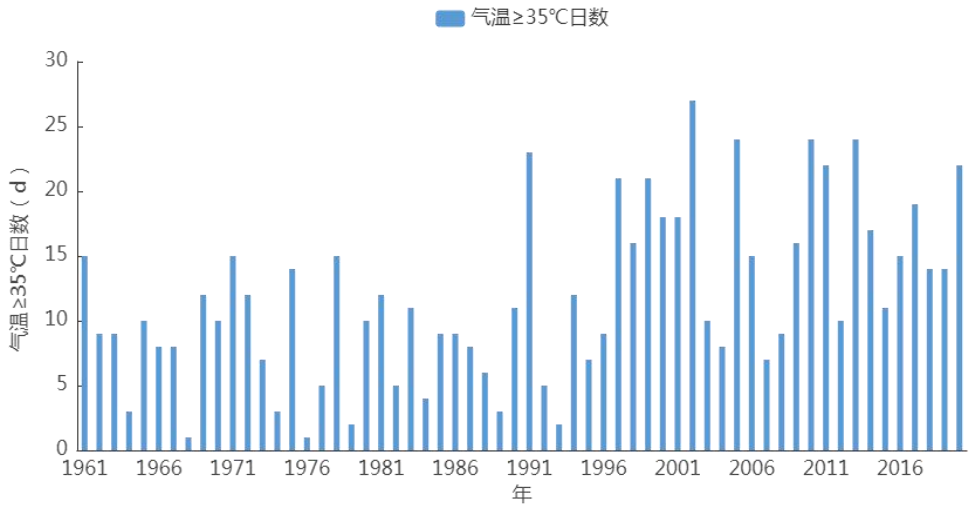


图 5.6-1 1961～2020 年乌海气象站气温≥35℃日数逐年变化图（单位：d）

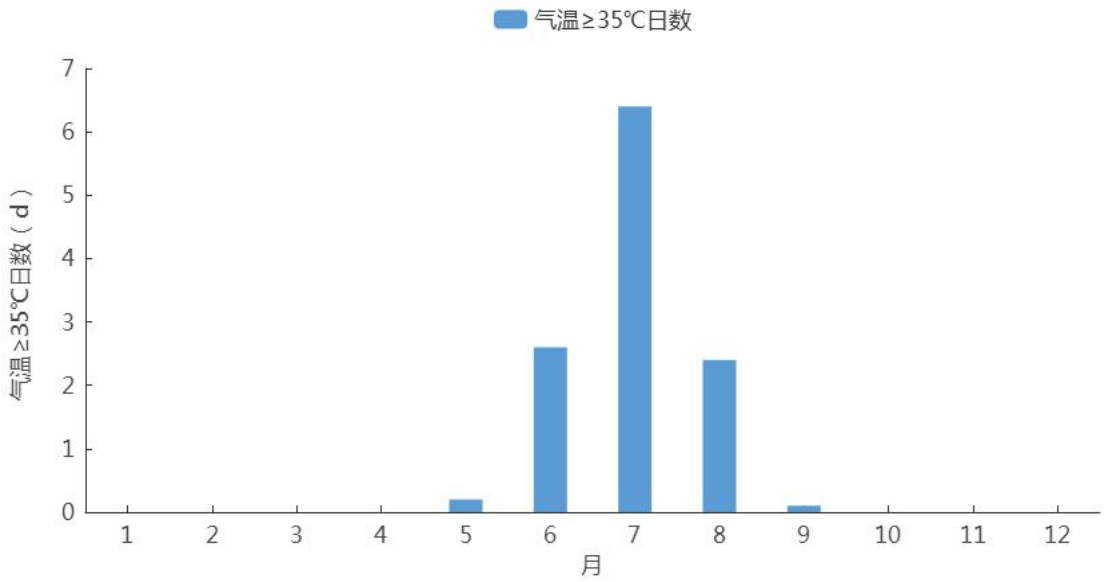


图 5.6-2 1961～2020 年乌海气象站气温≥35℃日数逐月变化（单位：d）

5.6.2 高温灾害危险性空间分布

图 5.6-3 所示为乌海高温灾害致灾因子危险性分布图。

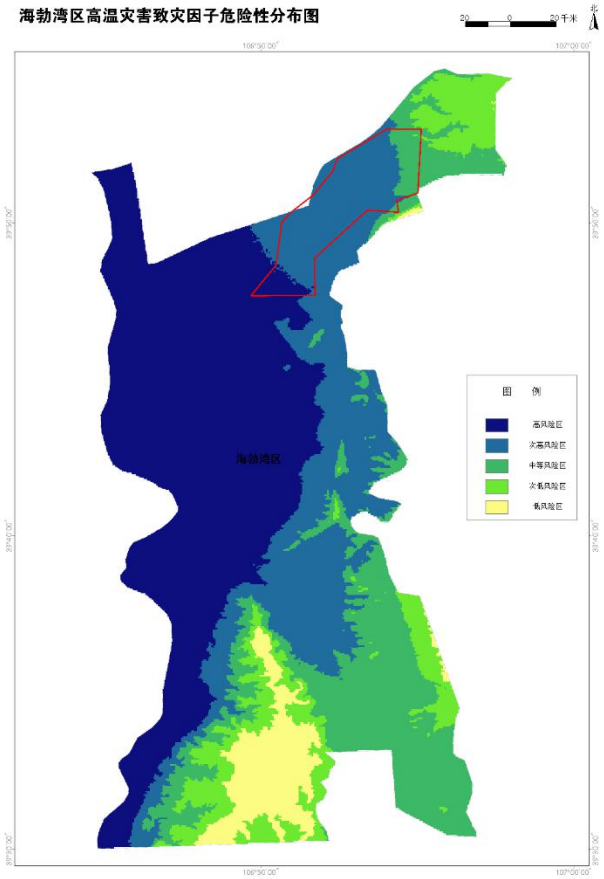


图 5.6-3 乌海高温灾害致灾因子危险性分布图

乌海高温灾害致灾因子危险性分布呈现自西向东逐渐递减的趋势。海勃湾产业园位于海勃湾区东北部，园区内以高温灾害次高风险区为主，园区西南部为高温灾害高风险区。总体来说，发生高温灾害的风险相对较高。

5.6.3 高温灾害的影响及危害

在园区规划建设阶段，由于海勃湾产业园区年高温天气呈现多发频发的趋势，且年际波动较大，主要集中在夏季，对园区内各类工程建设项目的施工进度有一定影响。高温天气会引起园区内施工人员身体不适，工作状态不佳，对工程质量和施工人员人身安全造成不利影响。

在园区运维阶段，高温天气会导致园区内冶金化工类和建材加工类生产设备、电气设备失灵，对设备的正常运行产生巨大危害。高温炎热天气会使火灾事故发生的可能性增加，包括电气火灾、化工物品泄漏火灾、仓库货物自燃火灾等。高温天气会使人体感到不适，工作效率降低，高温环境工作人员中暑、患肠道疾病和心脑血管等病症的发病率增多，如果长时间在高温环境下工作，会对工作人员人身安全造成不利影响。

5.6.4 高温灾害防御建议

在园区规划阶段，参考气象部门对该区域极端高温天气分析结果，按照《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）中对温度作用的要求，将极端高温因素纳入园区设计要点之一，从结构设计到选材、从项目施工到验收等环节，均需进行针对性的严格的监督和管理工作，确保相关设计符合国家现行有关标准要求。

在园区建设阶段，工程项目施工应充分考虑高温天气影响，在电气设备、货运仓库、锅炉机房等易受高温影响场所安装降温通风设备。按照《混凝土结构工程施工规范》（GB50666-2011）规定，在日平均气温 5℃～30℃时，合理

安排混凝土施工期，当日平均气温达到30℃及以上，应按照高温施工要求采取措施。根据《露天建筑施工现场不利气象条件与安全防范》（QX/T 154-2012）中的规定，关注气象部门高温天气预报预警，在高温天气期间合理安排技术人员作息时间，尽量避开中午高温时间作业，工作场所要准备必要的饮料和防暑药品。户外工作中工作人员若感到不适，应迅速结束劳动，转移到阴凉处休息。

在园区运维阶段，企业要定期组织检查，加强对易燃易爆、电气设备操作间等重点场所的巡查，尤其是室外大型高危装置和管网的降温措施，及时消除隐患。夏季要密切关注气象部门发布的高温天气预报预警，及时采取高温天气应对措施。出现高温天气时，根据工作人员的环境温度采取必要的防暑降温措施，当日最高气温≥35℃，适当调整作息时间，避开高温时段工作。生产车间、密闭仓库要保持通风降温设备正常状态，生产原料和产品货物要分类贮存，避免常温保鲜、冷链产品造成损失。严格遵守与各行业相关的电力安装规定及使用规范，在夏季用电高峰时期做好电器设备的合理调度及维护，加大电器及电线线路的安全检查工作，安装备用电源，并做好相关防护措施。

5.7 雪灾

雪是大气中的水蒸汽直接凝华或水滴直接凝固而成。据地面气象观测规范规定，当雪（包括霰、米雪、冰粒）覆盖地面达到气象站四周能见面积一半以上称为积雪。降雪是我国北方冬半年常见的天气现象，一般说来，冬季降雪和积雪对农业生产是有利的，但是对交通的影响和危害也是明显的。

根据国家标准《降水量等级》（GB/T 28592—2012）的规定，降雪分为微量降雪（零星小雪）、小雪、中雪、大雪、暴雪、大暴雪、特大暴雪共7个等级。

积雪深度和降雪量是两个完全不同的概念。积雪深度是通过测量气象观测场上未融化的积雪得到的，是指从积雪面到地面的垂直深度，以 cm 为单位，是一个可以随着积雪的加深不断累积变化的数值。每次降雪由于含水量不同、温度条件不同，积雪深度也不相同。降雪量与积雪深度具有一定的对应关系，我国常年冬季积雪深度变化值和相应降雪量的比值平均为 0.7cm/mm，也就是说，平均 1mm 的降雪量对应积雪深度增加 0.7cm。一般而言，在北方地区 1mm 降雪可形成的积雪深度有 0.8～1cm，在南方地区积雪深度有 0.6～0.8cm。

5.7.1 降雪的气候特性

5.7.1.1 降雪日数

1961～2020 年，乌海累年平均降雪日数为 12.5 天，1971 年降雪日数最多，为 26 天。降雪日数以 0.60d/10a 的速率减少。

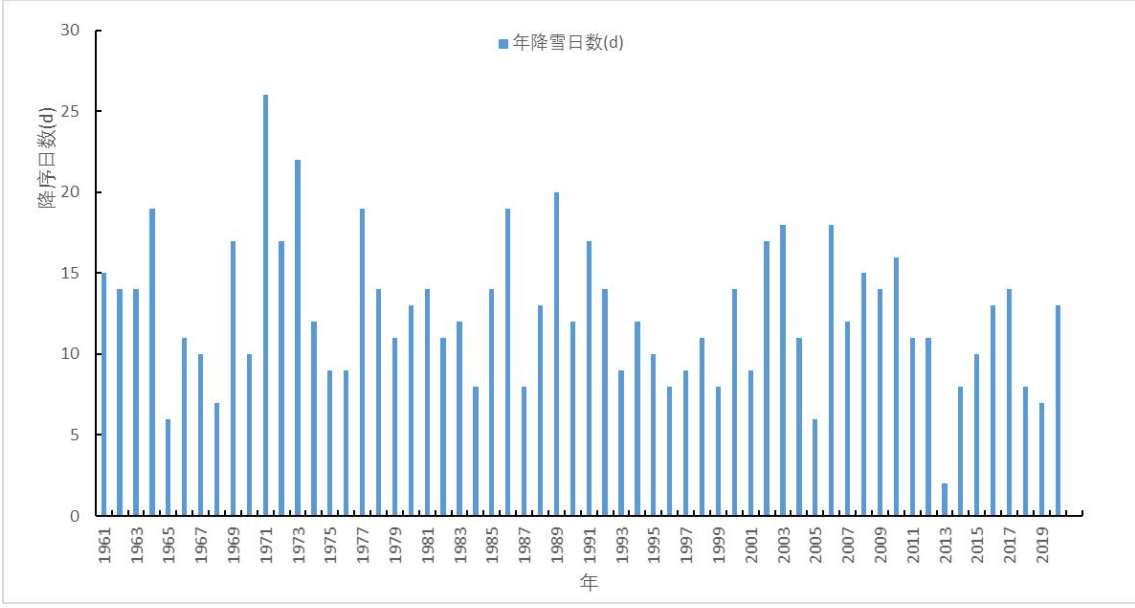


图 5.7-1 1961～2020 年乌海气象站年降雪日数逐年变化图 （单位：d）

1961～2020 年乌海降雪日数主要出现在 10 月～次年 4 月，大约持续 7 个月左右，其中 2 月降雪日数最多，1 月次之。

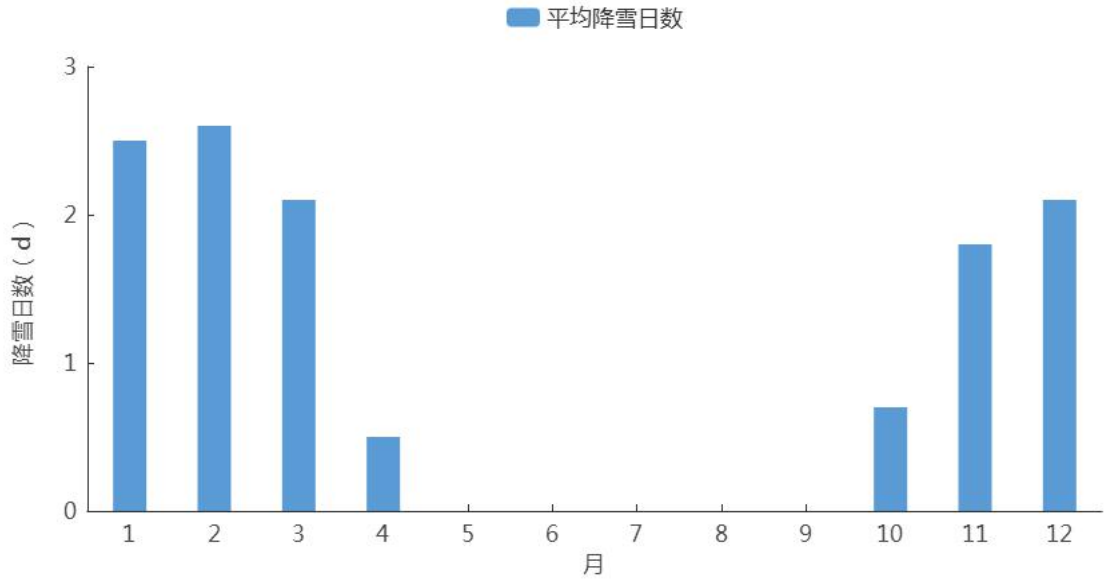


图 5.7-2 1961～2020 年乌海气象站平均降雪日数逐月变化(单位：d)

5.7.2 积雪的气候特征

5.7.2.1 年际变化

1961～2020 乌海气象站年平均积雪日数为 15.7 天，最多的年份出现 54 天，出现在 1971 年，最少的年份未出现积雪日数，出现在 2013 年。

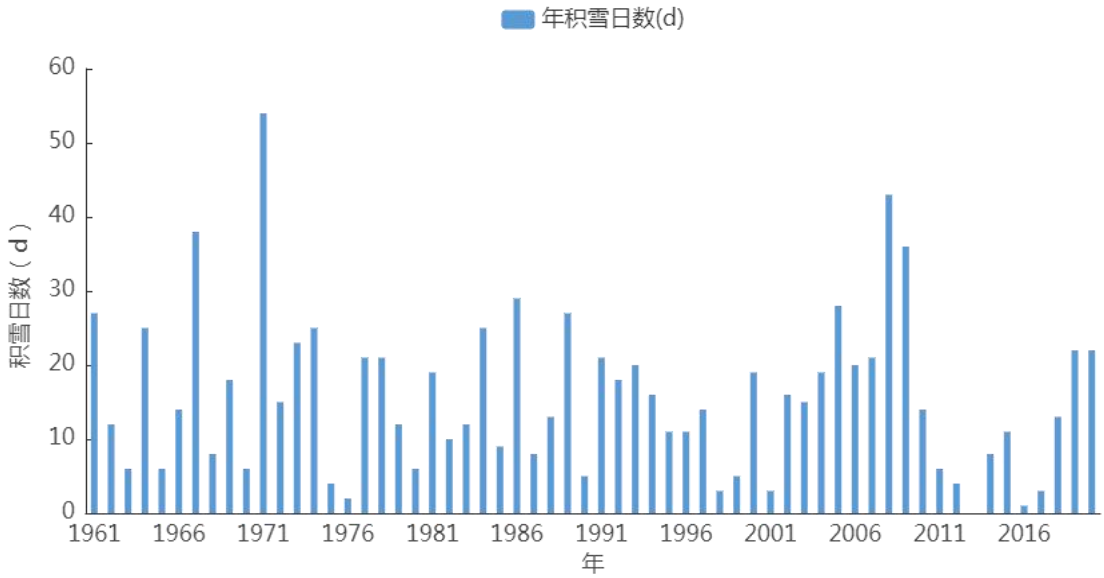


图 5.7-3 1961～2020 年乌海气象站年积雪日数逐年变化图 （单位：d）

1961～2020 年乌海积雪日数主要出现在上一年的 10 月～当年的 4 月，大约持续 7 个月左右，其中 1 月积雪日数最多，2 月次之，5～9 月无积雪现象。

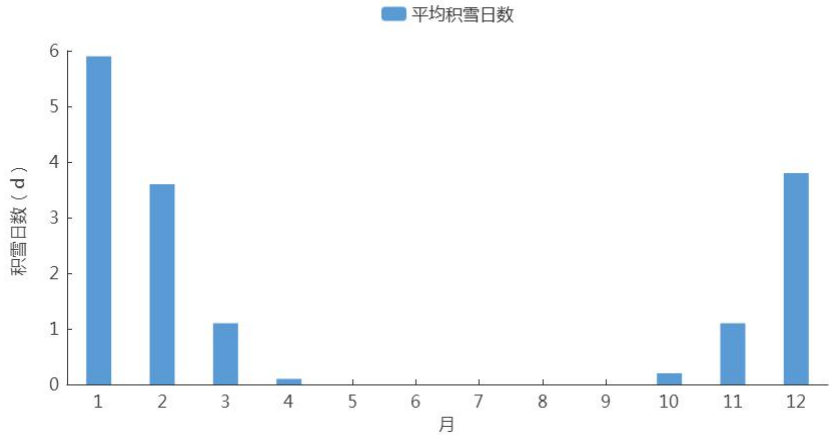


图 5.7-4 1961～2020 年乌海气象站平均积雪日数逐月变化(单位：d)

积雪日数是随降雪日数变化而变化的，对比降雪日数和积雪日数，降雪日数总体表现出缓慢下降趋势，积雪日数变化虽然波动明显，但趋势变化不明显。说明在全球变暖的趋势下，乌海气象站冬季温度虽然升高，但平均温度仍较低，冬季降水减少的较为明显，然而降雪后雪水不易融化，形成积雪。降雪和积雪主要出现在 10 月～次年 5 月。

5.7.2.2 最大积雪深度年际变化

1961～2020 年乌海气象站年最大积雪深度呈现周期波动变化趋势，多雪年和少雪年的最大积雪深度差异极大，反映出年际间降雪量的不稳定性。乌海气象站最大积雪深度为 11cm，出现在 2018 年 1 月。

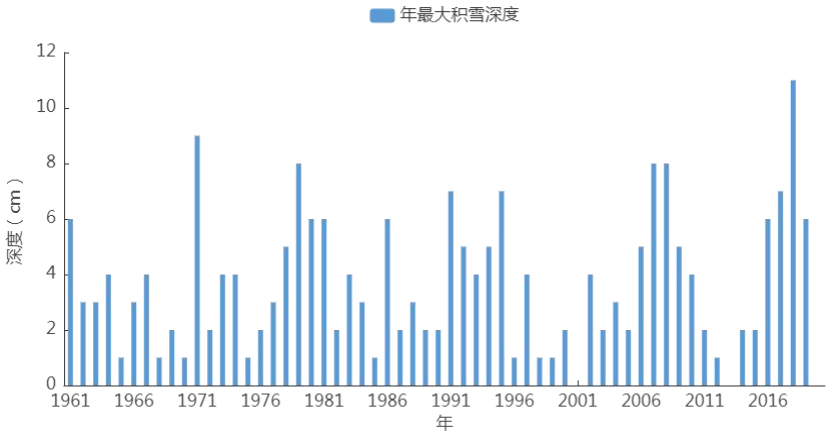


图 5.7-5 1961～2020 年乌海气象站最大积雪深度年际变化（单位：cm）

周边的乌斯太气象站 1962～2020 年最大积雪深度为 14cm（1963 年），磴

口气象站 1959～2020 年最大积雪深度为 12cm（1967 年），较乌海气象站偏多。

5.7.3 产业园雪灾危险性空间分布特征

图 5.7-6 所示为乌海雪灾风险性空间分布。乌海境内雪灾致灾风险性呈现北高南低的分布特征。海勃湾产业园处于雪灾的次高风险区，发生雪灾的危险性较高。

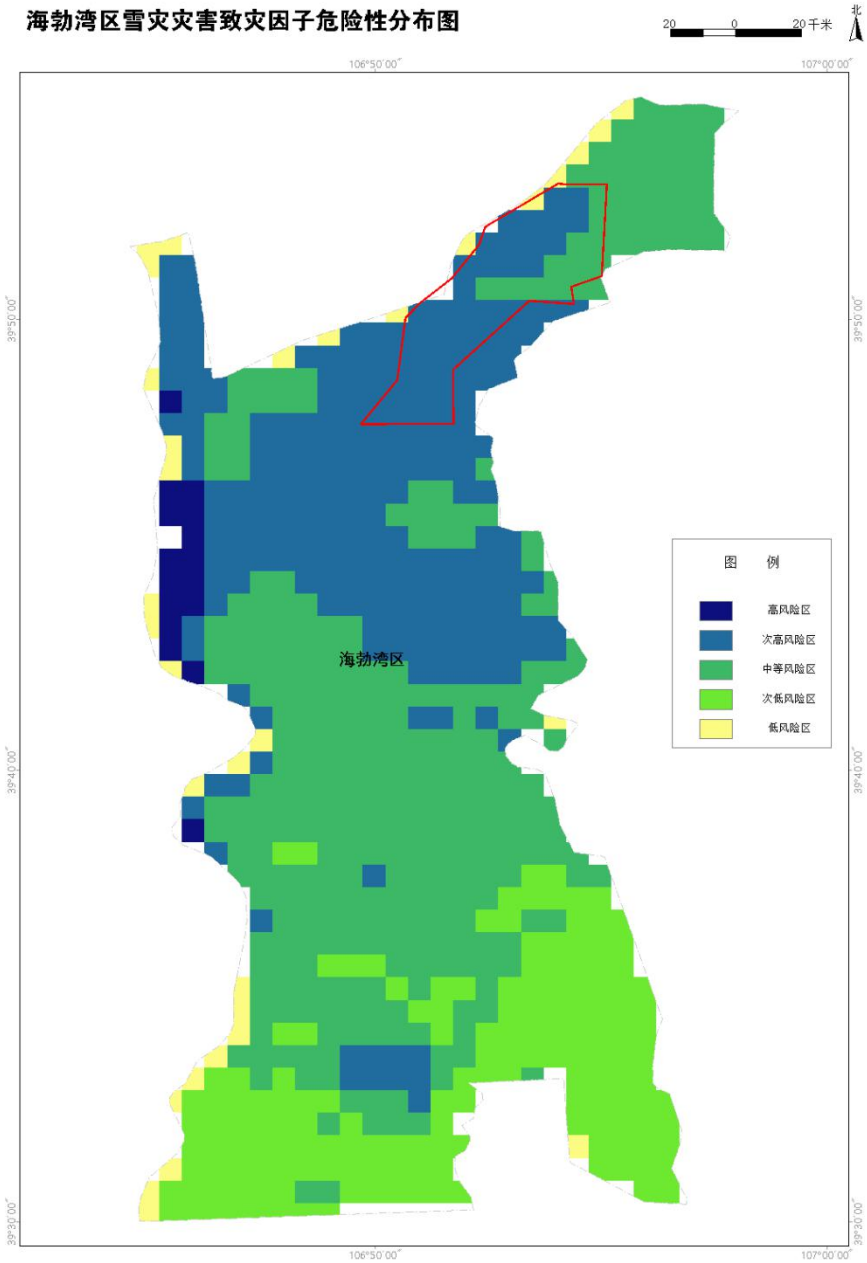


图 5.7-6 乌海雪灾风险性空间分布

5.7.4 降雪和积雪的影响及危害

冬季冰雪封盖路面，车轮易打滑、制动以及爬坡困难，风雪淹没路堑、阻塞道路，不利于运输和交通安全。乌海气象站降雪日数多，积雪时间长、积雪深度大，对产业园区的建设和开发有较大的影响和危害，容易造成建筑倒塌、影响生产、道路交通堵塞等影响。

5.7.5 雪灾防御建议

（1）降雪和积雪对海勃湾产业园可能产生间接影响。一方面降雪造成积雪严重，影响园区内原材料运输；另一方面降雪可能造成电线结冰，影响园区电力输送，造成停电停产。冬季生产应该密切关注气象部门关于降雪的最新预报和暴雪、雪灾的预警信息，制定应急方案，加强应急人员培训，提高应对降雪和积雪带来的灾害的防御能力。

（2）积雪和道路结冰对园区交通安全影响大，注意及时应对，同时注意做好发生雪灾前后生产材料产品的市场供应保障工作。

（3）积雪可能对简易工棚、彩钢房屋、树木、公交站台、加油站等带来威胁，注意提前加固和及时除雪，要远离广告牌、临时搭建物和老树，避免砸伤。路过桥下、屋檐等处时，要小心观察或绕道通过，加强安全风险管控和隐患排查整治。对容易受降雪、积雪影响的岗位和设施加强安全防护和巡查。加强人员防护，如保暖、防风、防雪等合理安排工作时间和任务。

5.8 冻融

5.8.1 冻土的气候特征

冻土是指零摄氏度以下，含有水份的土壤呈冻结状态的现象。一般可分为短时冻土（数小时/数日以至半月）、季节冻土（半月至数月）以及多年冻土（又

称永久冻土）。乌海气象站的冻土均属季节冻土。

地温是冻土地区各种建筑物地基基础设计的基本参数之一，掌握准确的冻土、地温信息对于合理选择施工期、基础断面和基础埋深，保障构筑物基础的稳定都具有重要意义。因此，在项目建设中建筑物设计和施工必须掌握冻土的发生、发展规律，并考虑其对工程的影响。此外，土壤的冻结和融化会对土壤上层建筑物，土壤内部构筑物等造成损害。乌海气象站冻土一般自 9 月下旬后开始生成，4 月下旬前基本全部融化。

5.8.1.1 地面温度变化

1961～2020 年乌海气象站累年平均地面温度为 12.3℃，平均最高地面温度为 33.6℃，平均最低地面温度为 0.3℃，年平均、平均最低、平均最高地面温度年际变化趋势略有上升。极端最高地面温度 75.8℃，出现在 2010 年 10 月 6 日，极端最低地面温度-36.6℃，出现在 1984 年 12 月 23 日。

乌海气象站地面温度的年变化规律为：月最低地面温度均出现在 1 月，月最高地面温度均出现在 6 月，升温均以 3、4 月为最快，降温则以 10 月、11 月最剧烈。

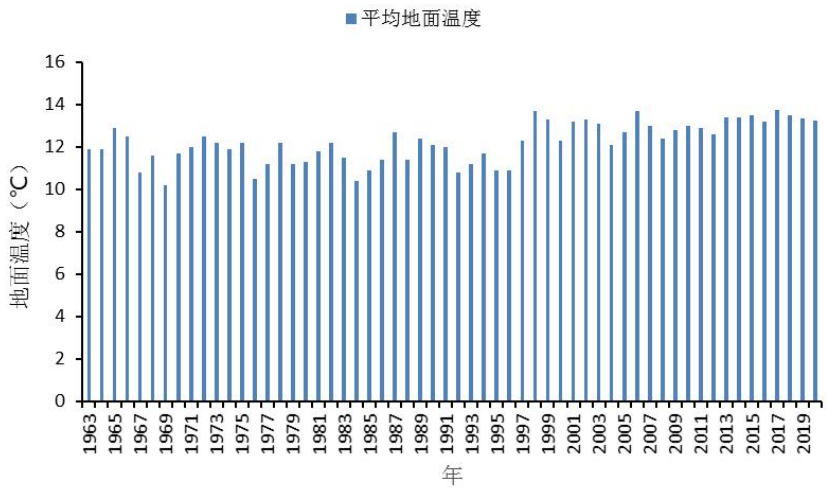


图 5.8-1 乌海气象站年平均地表温度变化图（单位：℃）

5.8.1.2 地温的垂直分布

乌海气象站自 1973 年开始有深层地温（40cm、80cm）连续观测资料，2009 年开始有深层地温（160cm、320 cm）连续观测资料，表统计了有观测记录以来（0cm 为 1963 年～2020 年、10cm、20cm 为 2005～2020 年，40cm、80cm 为 1973～2020 年，160cm、320cm 为 2009～2020 年）乌海气象站不同深度平均地温值，不同深度地温年变化见图。冬季由于气温急剧降低，地表不断从土壤深层获取热量，使得地温由浅层向深层呈升高趋势，乌海气象站 1 月 0cm、10cm、20cm、40 cm、80 cm、160 cm 和 320 cm 平均地温分别为-9.3℃、-6.9℃、-5.5℃、-3.5℃、0.6℃、5.8℃和 10.6℃；夏季则相反，地表增温后，不断向深层输送热量，使得夏季地温由浅向深呈降低趋势，7 月 0cm、10cm、20cm、40 cm、80 cm、160 cm 和 320 cm 平均地温分别为 31.3℃、30.4℃、28.9℃、26.5℃、23.4℃、19.8℃和 15.4℃。

表 5.8-1 乌海气象站不同深度层地温年内变化表（单位：℃）

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
0cm	-9.3	-3.6	5.8	15.9	24.2	29.8	31.3	28.3	21.0	11.3	0.4	-8.2
10cm	-6.9	-2.1	6.5	15.6	22.7	28.2	30.4	28.4	21.9	13.0	3.1	-5.4
20cm	-5.5	-1.7	6.1	14.5	21.3	26.4	28.9	27.6	21.9	13.8	4.5	-3.4
40cm	-3.5	-1.1	5.1	12.7	19.1	24.1	26.5	25.9	21.6	15.0	6.5	-0.6
80cm	0.6	0.8	4.7	10.6	16.1	20.7	23.4	23.9	21.3	16.6	10.0	3.9
160cm	5.8	4.5	5.8	9.1	13.1	16.9	19.8	21.3	20.5	18.1	14.0	9.5
320cm	10.6	8.7	8.1	8.8	10.8	13.1	15.4	17.3	18.0	17.6	15.9	13.4

乌海气象站地温最低月与最高月的出现时间均表现为随深度的增加而逐

渐滞后，0cm～40cm 最低月与最高月出现的时间与气温相仿，最低月为 1 月，最高月为 7 月；80cm 地温最低月与最高月分别出现在 1 月和 8 月；160cm 地温最低月与最高月分别出现在 2 月和 8 月；320cm 地温最低月与最高月分别出现在 3 月和 9 月。

乌海气象站地温的年较差随深度的增加而减小，0cm、10cm、20cm、40cm、80cm、160cm 和 320cm 地温的年较差分别为 40.7℃、37.3℃、34.4℃、30.0℃、23.3℃、16.9℃和 9.9℃。这是由于地表是吸热增温和散热降温的直接作用面，越往深层土壤的保温作用越强，在达到一定深度后，还会出现恒温层。

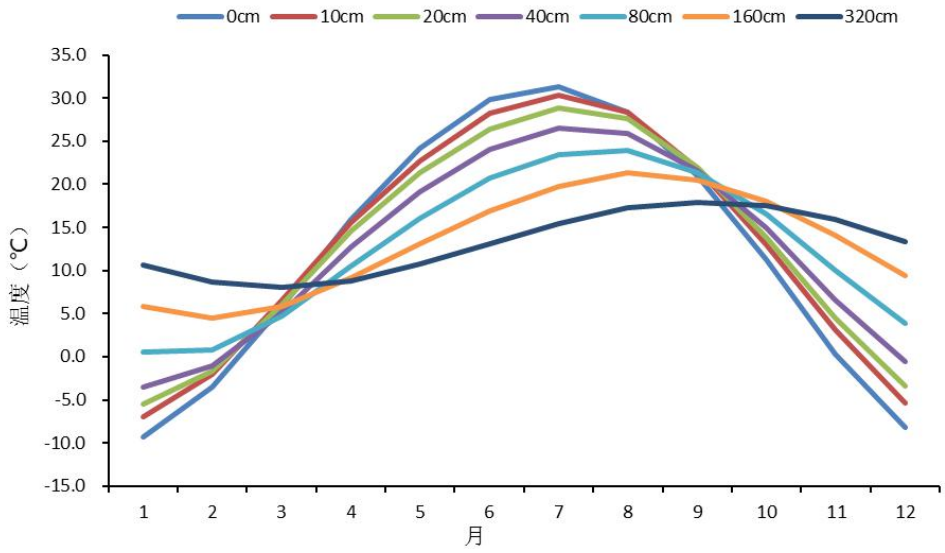


图 5.8-2 乌海气象站不同深度层地温年内变化图（单位：℃）

5.8.1.3 冻土的生消规律

乌海气象站多年观测表明，该地区属季节性冻土地带。通常每年 10 月开始出现冻土，随着气温下降冻土深度加深，至次年 1～2 月冻土深度达到最大，到 3～4 月冻土逐渐消失。乌海气象站观测资料显示：乌海气象站地区土壤冻结最早出现日期为 10 月 4 日（1963 年），土壤冻结化通最晚日期 4 月 27 日（1986 年）。

5.8.1.4 最大冻土深度

乌海气象站历年最大冻土深度为178cm，出现在1968年3月2日～3月12日。

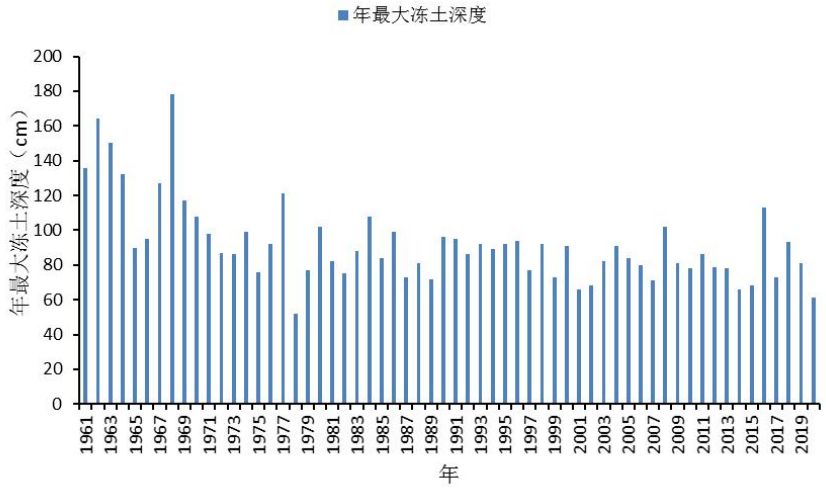


图 5.8-3 乌海气象站年最大冻土深度分布图（单位：cm）

5.8.2 冻土的影响及危害

冻土对园区工程建设的影响主要表现在建设中基础材料的选择、主要建筑物的基础埋深、管道基础工程、检修道路建设、地上构筑物稳定性设计等方面；除按一般地区的要求进行设计施工外，还要特别考虑季节冻土对其的影响。

冻土对建（构）筑物的影响表现在两个方面：一是地基冻胀时，使轻型建（构）筑物上升，这种上升是由于对基础侧面的切向冻胀力和对基底的垂直冻胀力共同作用所引起的；另方面则是解冻时融化所引起的不均匀沉降，这种升降作用，会造成基础拉断。

由于地基土中毛细管里的积蓄水受冻后体积发生膨胀，使地基土产生不均匀的胀力造成建筑物的损坏。地基土中存在着无数的毛细管，地下水主要通过地基土中的毛细管上升到基础底面。冬季来临，当大气负温传入地下，地表土中的自由水首先冻结成冰晶体，随着气温的继续下降，结合水的最外层也开始

结冻使冰晶体逐渐扩大，并在土层中形成冰夹层。水分冰冻后体积将增加 9%，使土体随着膨胀发生隆起出现冻涨现象。土中细粒越多形成的毛细管越多，对地基的影响也越大。土层解冻时，地基土中积聚的冰晶体融化，使土中含水量大大增加，加之细粒土排水能力差或基底下还有土层未解冻，上面已融化的土层中的水渗透不到土层深处，基底土层处于饱和软化状态，强度大大降低，使建筑物发生下陷成为溶陷。不论冻胀或溶陷一般都是不均匀的。这样每年冻融交替，造成了浅基础建筑物的开裂。在地下水位较高，土中细粒多，承载力差的土层中的建筑物，冻害尤为严重。

5.8.3 冻融的防御建议

1.乌海冻土期为 10 月上旬～次年 4 月下旬，在建设时应避开冻土期。若必须在冻土期施工，需采取有效的施工措施，严格按冬季施工规范执行，做到随挖、随砌、随回填，并用保温材料覆盖基础。使基础的地基在工程施工时和完工后，均不得受冻。

2.乌海最大冻土深度为 178cm，因此项目建设的地下结构的基础埋深要大于 178cm，或按设计规范采用不同重现期设计冻土深度值。给水、排水、燃气等工程管线应根据冻土深度设计要求确定管线覆土深度。

3.冻土深度及冻土厚度会因地理位置、地质岩性、水分状况、植被、坡向的不同而有所不同，在实际的勘探、设计、施工中要视具体情况进一步研究。

4.土壤的温、湿度等因素对土壤电阻率会产生一定的影响。根据清华大学何金良教授等相关研究表明，当土壤温度在 0℃以下时，随着温度的降低土壤电阻率明显增高，当温度下降到接近-20℃时，电阻率高达 106Ω·m。故《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010 第 5.4.4 条规定人工接地体在土壤中的埋设深

度不应小于 0.5 米，并宜敷设在当地冻土层以下。

5.9 冰雹

5.9.1 冰雹日数

1961～2020 年乌海气象站冰雹的年平均日数为 0.6 天，有 23 年发生了冰雹天气，年冰雹日数的最大值为 4 天，出现在 1975 年；冰雹天气主要发生 4 月～10 月。

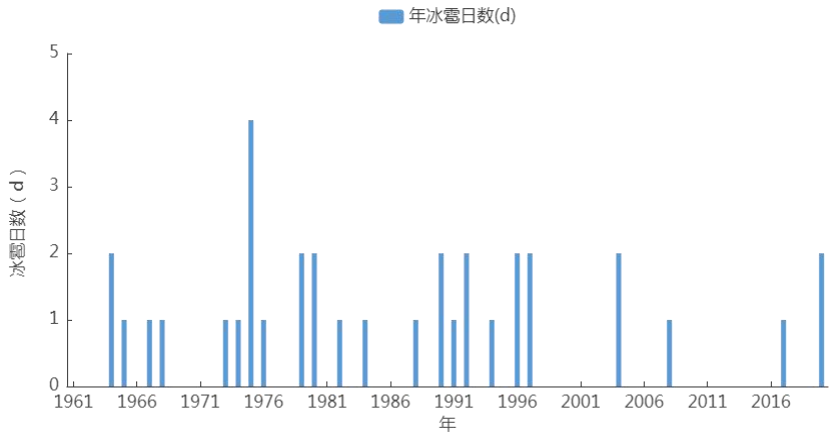


图 5.9-1 1961～2020 年乌海气象站年冰雹日数逐年变化图（单位：d）

根据乌海气象站建站以来(1961～2020 年)冰雹日数资料统计(见图 5.9-2)，冰雹主要出现在 4～10 月。

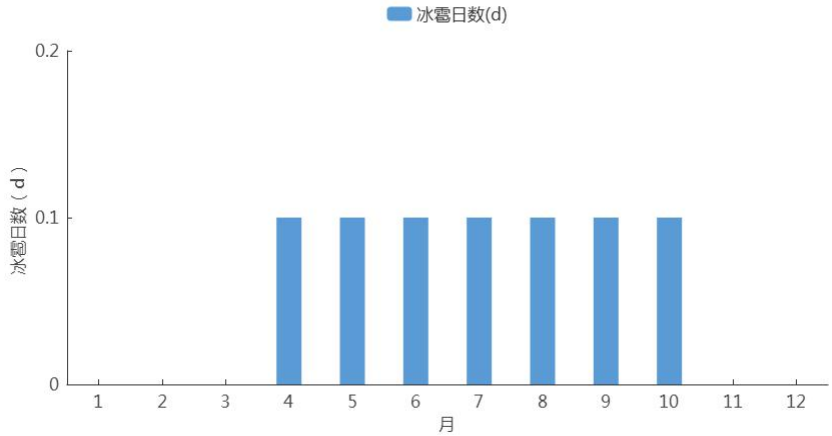


图 5.9-2 1961～2020 年乌海气象站平均冰雹日数逐月变化图（单位：d）

5.9.2 冰雹灾害空间分布

从图 5.9-3 可以看出，乌海冰雹灾害致灾因子危险性的空间分布大体呈现

为西北部大，东南部小的特征。海勃湾产业园区位于冰雹灾害低风险到中风险的过渡区，局部区域为次高风险区。总体来看，发生冰雹灾害的风险性为中等水平。

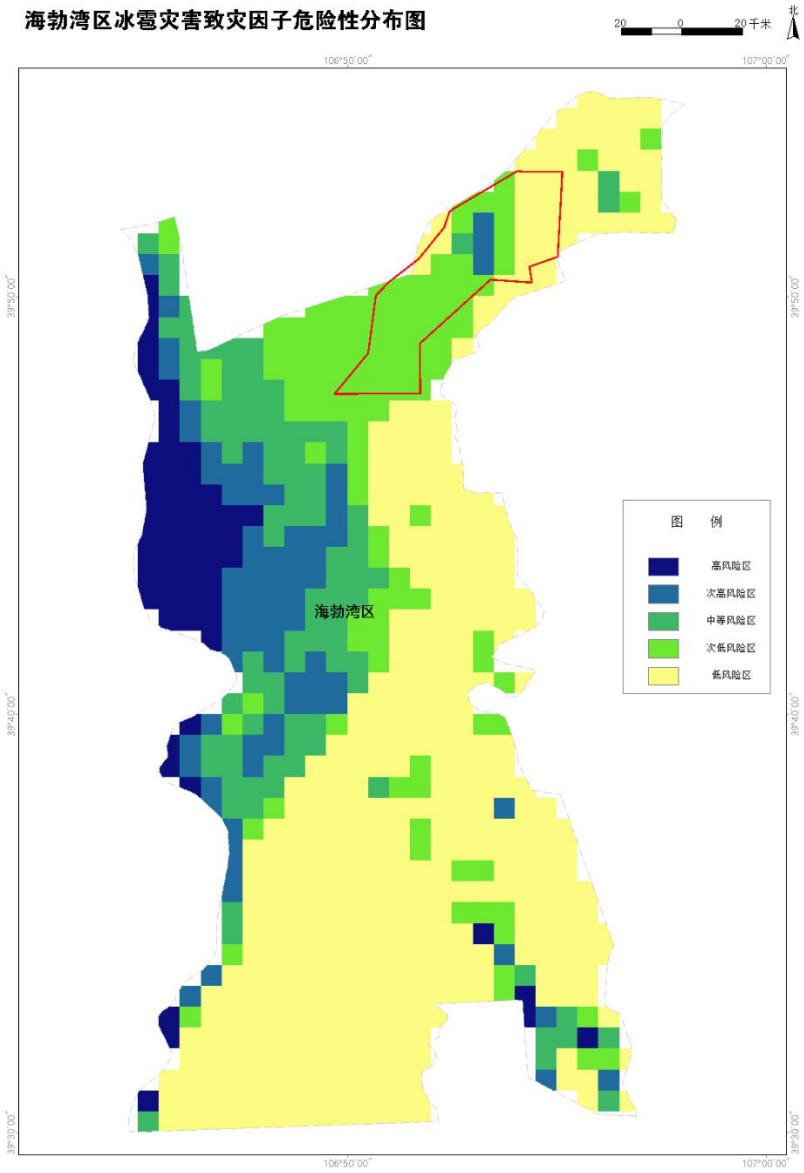


图 5.9-3 乌海冰雹灾害危险性空间分布

每年的 4～10 月是乌海的降雹盛期，这一时段也是乌海发生冰雹灾害次数较多的时期，冰雹灾害虽出现的范围小、时间短，但来势猛、强度大，并常常伴随着狂风、强降水、急剧降温等阵发性灾害性天气。冰雹每年都给农林、通

讯、建筑等行业以及人民生命财产带来巨大损失。雹灾较严重时，也会影响园区建筑物和人员安全。

5.9.3 冰雹的影响

冰雹灾害是由强对流天气系统引起的一种剧烈的气象灾害，它出现的范围虽然较小，时间也比较短促，但来势猛、强度大，并常常伴随着狂风、强降水、剧烈的降温和强雷电现象等阵发性灾害性天气过程。

每年的 4～10 月是乌海的降雹盛期，这一时段也是乌海发生冰雹灾害次数较多的时期，冰雹每年都给农林、通讯、建筑等行业以及人民生命财产带来巨大损失。雹灾较严重时，也会影响产业园区建筑物和人员安全。

对园区内金属冶炼加工业、化工业可能的影响：影响金属冶炼露天料场的正常生产加工，影响金属冶炼原材料的储存和运输，如原材料储存库房密封性不好或者耐击打力较弱，可能会造成有毒气体或废料泄露；

对园区内食品加工业和医药制造业可能的影响：冰雹天气出现时，冰雹灾害往往伴随大风，来势猛、强度大，其有效防御时间少，且多出现在当地农作物、经济作物的生长发育期，一旦成灾，尤其是对园区内食品制造业所需要的甜玉米、水果、甜菜、中药材等经济作物有着重要影响，商品率下降，影响原材料品质，进而影响产品品质，降低商品价格；

对园区内石油化工业等可能的影响：对室外作业机器造成干扰，尤其是发电系统和电气设备，严重降低生产效率；

对园区内建筑、植被可能的影响：极大值冰雹容易破坏建筑外观易损坏结构，破坏室外美化绿植，影响美观。

5.9.4 冰雹灾害的防御措施

为避免园区因冰雹灾害产生不必要损失，如何做好应对冰雹灾害对园区内各项产业、建筑以及工程设施的防御措施显得尤为重要，下面我们分为规划、建设和运营期三个阶段来深入探讨：

（1）规划期

1）从防灾减灾需要出发，需建立多部门合作的气象灾害资料高度共享的灾情收集系统，做好冰雹天气的防御工作。针对极端气候、恶劣天气和突发险情，制定冰雹等强对流天气应急预案，增强安全意识，降低因冰雹灾害造成的财产损失和人员伤亡。

2）加强应急队伍建设，做好应急人员、物资和设备管理，开展预案演练，确保事故灾害发生后，能够第一时间启动预案，开展抢险救援工作，最大限度减少人员伤亡和财产损失。

3）基础设施建设时需要做好应对冰雹灾害的研发设计，进一步推进防灾减灾体系基础设施建设，加快构建适度超前、功能配套、高效便捷的现代化设施管理体系，实施基础设施建设从“有效缓解”转向“基本适应”，从单纯的数量扩张转向质量并重、建管并重和科学发展。

4）园区所在地自然状况总体稳定，不可抗力发生的几率不大，万一发生，损失无法避免，制定不可抗力风险管理对策的原则是以人为本，首先保证人员的安全，在此基础上要制定好不可抗力的承担原则，以合法方式向施工方、供应商等转移不可抗力损失，并设立应急准备金。

（2）建设期

1）冰雹天气会对园区建筑造成破坏，因此应着重注意厂房屋顶的条件，

屋顶以混凝土结构最佳，钢结构厂房需进行载荷计算，计算载荷时除考虑光伏组件载荷外，还应考虑施工机具重量、维护设备重量、运维人员体重及极大值冰雹击打的载荷，载荷不够的屋顶需进行加固。针对不同的屋顶类型，要采取多元化的铺设方案。屋面、墙体等围护结构需要满足排抗冰雹等基本要求，满足最大发电效率两方面进行优化设计，并要具备抗冰雹冲击力。

2）由于冰雹对太阳能电池板具有一定的压力，因此，太阳能电池伴构造设计十分重要。太阳电池一般都必须通过胶封、层压等方式封装成平板式构造再投入使用，最后用透光率高的低铁钢化玻璃做盖板。太阳能电池的盖板与安装到建筑的支架系统应进行详尽的结构设计，满足相应的结构规范要求。

3）建立户外突发事件应急避灾设施，发生突发性灾害性天气时，为园区内户外作业的人员提供避灾场所或者防护护具，并为可能受冰雹灾害影响的室外作业设备和作业人员购买保险。

（3）运营期

1）光伏发电项目会受到气候因素的影响，气候变化风险综合权重靠前，光伏板可能爆裂，因此应该制定冰雹预防方案，并做好防护措施，准备应急工器具，并制定应急预案，定期组织应急演练。

2）当气象部门发布相关预报预警信息后及时对暴露在空气中的易损坏管道和线路进行保护包装，以及叫停其他作业设施，或者提前在易损坏或者暴露在室外的设施安装保护措施装置，避免因为冰雹灾害造成管道或者线路中断或仪器故障，从而造成停产停业，减小损失。

3）极大冰雹会极大的影响光伏发电量，因此要提前查阅园区历史气象资料，分析冰雹产生的频率及多发时间，并合理利用无法露天作业的时间组织室

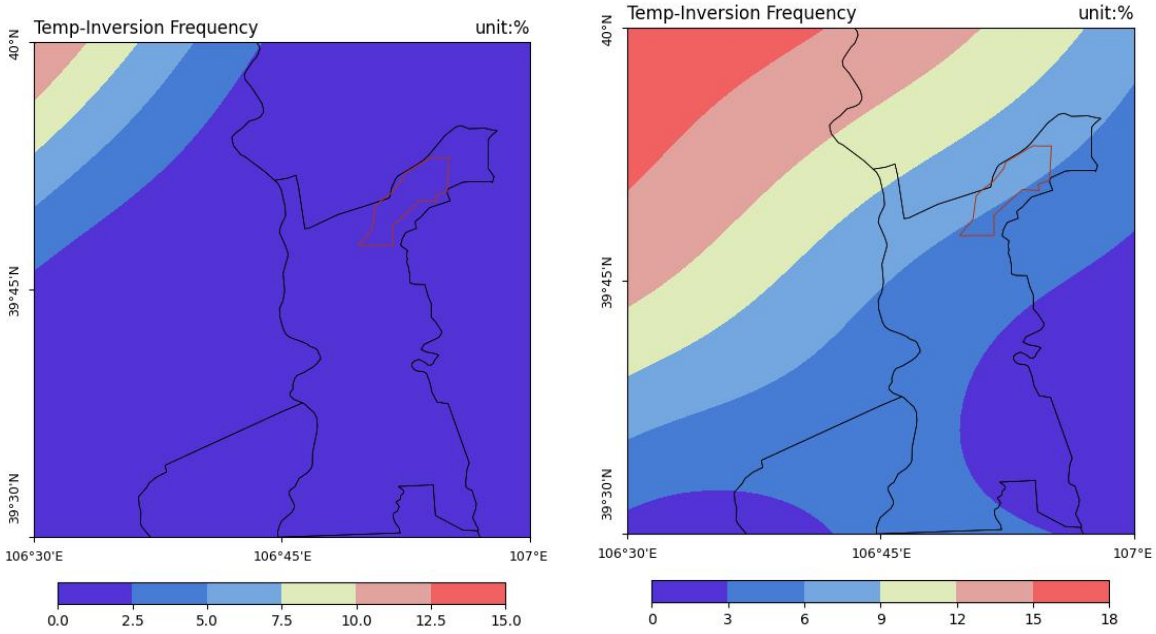
内作业，或开展停机大修工作。

4）在发生灾害性冰雹天气时，对已经行驶在园区的车辆，要进行一定的疏导工作，建立严格有效的园区公路安全保障体系，使得园区交通运输得到最大程度的保证。对于园区受灾害性天气影响的区域，及时进行交通管制，对车辆运行的路

5.10 逆温

5.10.1 逆温特征

逆温分析所使用的气象资料为欧洲中期天气预报中心(ECMWF)发布的全球气候监测数据集 ERA5 近 10 年（2011～2020 年）的逐小时再分析数据，分析园区低空（1500m 以内）大气逆温特征。



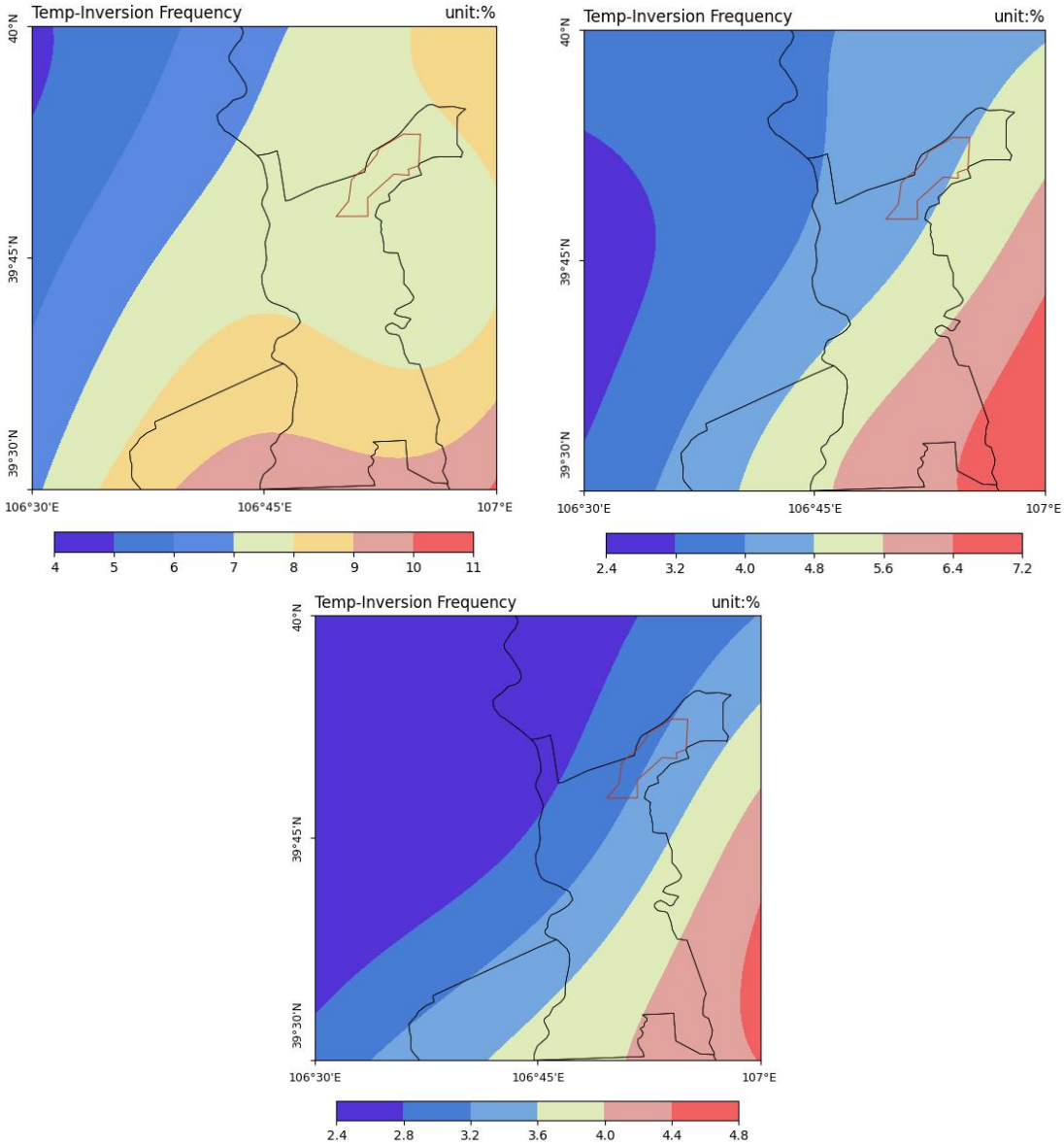


图 5.10-1 乌海市 250m 以下（a）、250-500m（b）、500-750m（c）、750-1000m（d）、>1000m（e）低空大气逆温出现频率空间分布

由乌海市各高度层低空大气逆温频率空间分布（图 5.10-1）可见，500m 以下低空范围逆温频率总体呈现自西北向东南逐渐递减的空间分布特征；500m～750m 范围逆温频率北低南高。750m 以上范围逆温频率呈现自西北向东南逐渐递增的空间分布。逆温出现频率随高度层升高而减小，园区各高度层低空逆温出现频率总体在 18.0%以下，250m～500m 以下低空范围逆温频率最大，在 3%～9.0%之间。250m 以下逆温频率最小，仅不足 2.5%。

由乌海市各高度层低空逆温特征统计可见（见表 5.10-1），园区一年四季中均有逆温出现，四季出现频率冬季（27.96 %）>秋季（15.82%）>春季（9.70%）>夏季（8.36 %），平均逆温强度冬季（0.24℃/100m）>秋季（0.22℃/100m）>春季（0.22℃/100m）>夏季（0.16℃/100m），最大逆温强度冬季（2.66℃/100m）>春季（2.42℃/100m）>秋季（2.19℃/100m）>夏季（1.75℃/100m）。全年逆温总频率为 15.40%，平均强度 0.23℃/100m，最大强度为 2.66℃/100m，逆温出现的高度以 500m～750m 范围内居多，出现频率最高，为 7.65%，逆温出现的高度 250 m～500m 以下平均强度最强，为 0.34℃/100m。

总体来看，厂址处低空逆温出现的总概率较小，逆温对厂区污染物的扩散影响不大。秋冬季逆温频率相对较高、强度较强，需关注秋冬季逆温的影响。

表 5.10-1 乌海市气象站低空逆温特性

高 度(m) / 逆温特性		<250	250～500	500～750	750～1000	>1000	总
春季	出现频率 %	0.00	2.80	6.35	1.80	0.87	9.70
	平均强度℃/100m	0.08	0.22	0.32	0.28	0.21	0.22
	最大强度℃/100m	0.14	1.71	2.42	1.52	1.17	2.42
夏季	出现频率 %	0.00	0.81	7.09	1.04	0.24	8.36
	平均强度℃/100m	0.00	0.10	0.25	0.19	0.12	0.16
	最大强度℃/100m	0.00	0.48	1.75	1.29	0.64	1.75
秋季	出现频率 %	0.05	8.50	6.39	3.03	2.01	15.82
	平均强度℃/100m	0.14	0.30	0.30	0.22	0.16	0.22
	最大强度℃/100m	0.48	2.07	2.19	1.76	0.88	2.19
冬季	出现频率 %	0.19	12.73	10.80	10.94	8.41	27.96
	平均强度℃/100m	0.16	0.41	0.30	0.19	0.15	0.24
	最大强度℃/100m	0.54	2.66	2.65	1.61	1.18	2.66
年	出现频率 %	0.06	6.17	7.65	4.17	2.86	15.40
	平均强度℃/100m	0.15	0.34	0.29	0.21	0.16	0.23
	最大强度℃/100m	0.54	2.66	2.65	1.76	1.18	2.66

5.10.2 逆温的影响

逆温的存在造成局部大气上热下冷，阻碍了空气的垂直对流运动，妨碍了

烟尘、污染物、水汽凝结物的扩散，能见度变差，几十米甚至几百米厚的逆温层像一层厚厚的被子罩在厂区的上空，近地面的污染物“无路可走”，只好“原地不动”，越积越厚，空气污染势必加重。

空气污染事件大都与逆温有关。如果连续出现几天逆温，空气污染物就会大量积累，易发生空气污染事件。

5.10.3 逆温的防御措施

（1）按照环境质量标准和污染物排放标准设计和建设防污染设施。

（2）在易发生逆温的冬季，合理安排生产，以免造成重污染事件。

（3）对易产生粉尘、扬沙的作业面和装卸、运输过程，制定相关的操作规程和实施洒水降尘制度。

（4）在厂界周围、道路两旁、装置四周的空地上选栽抵抗和吸收能力强的树种，如女贞、刺槐、龙柏等，沿道路两侧种植常绿树、绿篱、草坪，以减缓大气污染。

5.11 小结

1961～2013 年乌海气象站累年平均雷暴日数为 17.3 天，最大雷暴日数为 27 天，出现在 1988 年，年日数变化呈增加趋势。雷暴主要发生在 6～9 月，7 月是高发时段。园区地闪密度平均值为 0.11 次/km^2，最大地闪密度为 0.75 次/km^2。

1961～2020 年乌海气象站累年平均暴雨日数为 0.1 天，年日数变化呈下降趋势。最长连续降水日数为 7 天，出现在 2019 年。最长连续降水量为 80.2mm，出现在 2007 年。最大连续降水量为 133.9mm，出现在 2018 年。累年最大 1h 降水量为 38.8mm，出现在 1988 年。海勃湾产业园在 5 年、20 年、50 年和 100 年一遇的暴雨洪涝最大淹没深度特征基本一致，主要表现为黄河干流淹没风险

较高、黄河周边山洪沟汇流明显，但淹没风险等级不高，河道外淹没区域较为分散，大部分淹没深度较小。淹没深度主要集中在 0.1～0.5m 之间，在园区西南部有山洪沟壑穿过，淹没明显，局部低洼地区淹没深度可达 2.0～4.0 米，总的来说园区属于中等风险，发生 100 年一遇暴雨洪涝灾害时部分区域最大淹没深度可达 2.0～4.0 米，为特高风险。黄河干流主河道淹没较为显著，由于海勃湾产业园距离黄河干流较近，园区周边沟壑汇流明显。黄河 T 年一遇极端降水对海勃湾产业园的影响较小，但仍要注意防范大范围、长时间的持续降水及暴雨引起其水位暴涨，导致园区周边山洪沟以及园区积水淹没范围扩大以致影响园区西南部地区。

1961～2020 年乌海气象站年平均大风日数为 17.8 天，最多一年为 1990 年，出现 64 天，年日数变化呈减少趋势。大风日数具有季节性变化特征，即春季最多，夏季次之，秋季和冬季相对较少。海勃湾产业园所在区域为大风灾害低风险到次低风险区的过渡区，发生大风灾害的风险性较低。

乌海气象站 1961～2020 年平均每年有 19.6 天出现浮尘天气过程，出现最多一年是 1973 年，为 106 天。平均扬沙日数为 37.4 天，最多一年出现在 1961 年，达 84 天。年扬沙日数呈下降趋势。累年平均沙尘暴日数为 12.2 天，1972 年沙尘暴日数最多，为 50 天，年日数变化呈下降趋势。海勃湾产业园处于沙尘暴灾害高风险区，发生沙尘暴灾害的危险性较大。春冬季节需关注沙尘暴给园区带来的影响。

乌海气象站年低温日数的平均日数为 1.1 天，低温日数最多的年份出现 15 天（1971 年），低温日数呈减少趋势。低温天气主要出现在 12 月到次年 2 月。海勃湾产业园所在区域以低温灾害低风险区和次低风险区为主，发生低温灾害

的风险相对较低。年高温日数的平均日数为 11.8 天，高温日数最多的年份为 2002 年，为 27 天，高温日数呈增加趋势。高温天气主要发生在 6 月、7 月、8 月。海勃湾产业园位于海勃湾区东北部，园区内以高温灾害次高风险区为主，园区西南部为高温灾害高风险区。总体来说，发生高温灾害的风险相对较高。

1961～2020 年，乌海累年平均降雪日数为 12.5 天，最大降雪日数为 26 天（1971 年），降雪日数以 0.60d/10a 的速率减少。年平均积雪日数为 15.7 天，最多的年份出现 54 天，出现在 1971 年。年最大积雪深度呈现周期波动变化趋势，多雪年和少雪年的最大积雪深度差异极大，反映出年际间降雪量的不稳定性。乌海气象站最大积雪深度为 11cm，出现在 2018 年 1 月。海勃湾产业园处于雪灾的次高风险区，发生雪灾的危险性较高。

1961～2020 年乌海气象站冰雹的年平均日数为 0.6 天，年冰雹日数的最大值为 4 天，出现在 1975 年，冰雹天气主要发生 4 月～10 月。海勃湾产业园区位于冰雹灾害低风险到中风险的过渡区，局部区域为次高风险区。总体来看，发生冰雹灾害的风险性为中等水平。

园区一年四季中均有逆温出现，四季出现频率冬季>秋季>春季>夏季，平均逆温强度冬季>秋季>春季>夏季，最大逆温强度冬季>春季>秋季>夏季。总体来看，厂址处低空逆温出现的总概率较小，逆温对厂区污染物的扩散影响不大。秋冬季逆温频率相对较高、强度较强，需关注秋冬季逆温的影响。

为了给灾害防御建议提供参考，统计了园区周边三个国家气象站的重要气象要素值，结果如表 5.11-1 所示。

表 5.11-1 重要气象要素值统计一览表

重要气象要素值		乌海气象站	乌斯太气象站	磴口气象站
暴雨	年均日数（d）	0.1	0.1	0.1
	年最多日数（d）	1	2	1
	最长连续降水日数（d）	7	9	7
	最长连续降水量（mm）	80.2	62.0	50.4
	最大连续降水量（mm）	133.9	94.3	136.1
	最大日雨量（mm）	133.9	94.3	33.5
雷暴	年均日数（d）	17.3	12.6	19.4
	年最大日数（d）	27	26	32
大风	年均日数（d）	17.8	21.7	11.9
	年最多日数（d）	64	51	61
	年最大风速(m/s)	23.0	21.0	24.7
	年极大风速(m/s)	28.0	29.1	23.5
积雪	年均日数（d）	15.7	13.2	9.1
	年最大日数（d）	54	44	40
	最大积雪深度（cm）	11	14	12
降雪	年均日数（d）	12.5	14.3	9.7
	年最大日数（d）	26	25	20
高温日数（日最高气温≥35℃）	年均日数（d）	11.8	5.4	5.2
	年最大日数（d）	27	14	18
低温日数（日最低气温≤ -25℃）	年均日数（d）	1.1	1.6	1.0
	年最大日数（d）	15	12	18
冰雹	年均日数（d）	0.6	0.2	0.6
	年最大日数（d）	4	1	5
沙尘暴	年均日数（d）	12.2	8.4	10.4
	年最大日数（d）	50	35	55

6 园区建设对局地气候的影响

7 关键气象参数分析与推算

7.1 暴雨强度公式

7.2 雷击风险评估

根据海勃湾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，对海勃湾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，从而为海勃湾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。

7.2.1 区域雷电环境评价

7.2.1.1 资料来源

项目分析所用地闪定位数据为内蒙古自治区气象局56站ADTD型地闪定位系统2014～2021年的资料（内蒙古气象部门2013年建成覆盖全区范围的地闪定位系统），探测仪通过测量云地闪回击电流辐射的强电磁脉冲，采用磁定向和时差联合法对地闪进行定位，包含每次地闪发生的具体日期、时间、经纬度、回击电流幅值等参数，海勃湾产业园周边地闪定位仪站点分布见图7.2-1。

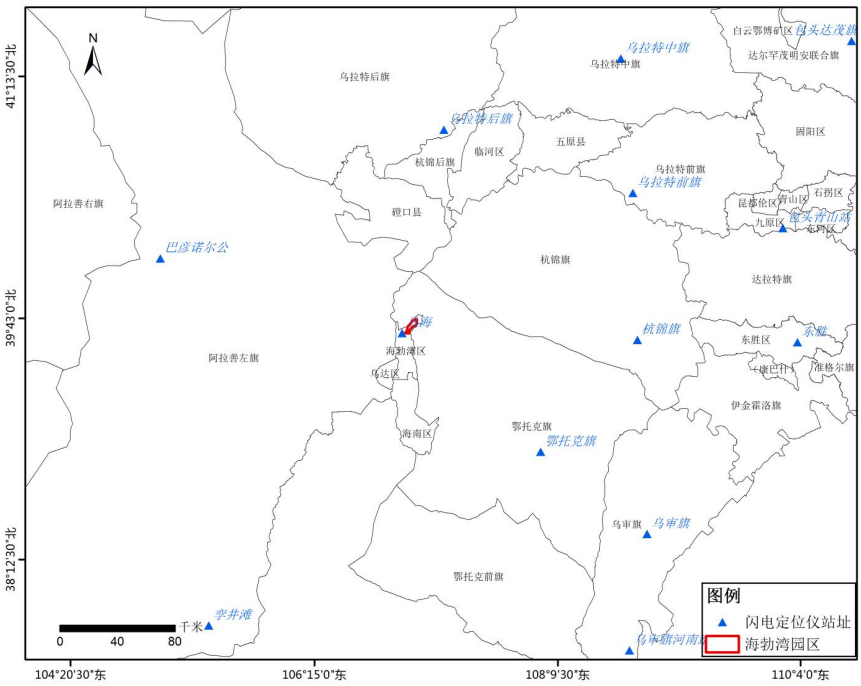


图 7.2-1 海勃湾产业园周边地闪定位仪站址分布图

根据乌海气象站观测的 1961～2013 年雷暴日数据（见表 7.2-1）可知，当地年均雷暴日数为 17.3d，按照 GB50057-2010 雷击大地密度 Ng=0.1×Td，可得该地区雷击大地密度为 1.73 次/km^2。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 0.11 次/km^2 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。

表 7.2-1 1961～2013 年乌海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		1979		1997	
1962		1980		1998	
1963		1981		1999	
1964		1982		2000	
1965		1983		2001	
1966		1984		2002	
1967		1985		2003	
1968		1986		2004	
1969		1987		2005	
1970		1988		2006	

1971		**1989**		**2007**	
1972		**1990**		**2008**	
1973		**1991**		**2009**	
1974		**1992**		**2010**	
1975		**1993**		**2011**	
1976		**1994**		**2012**	
1977		**1995**		**2013**	
1978		**1996**		**平均**	

7.2.1.2 地闪强度分布特征

（1）雷电流强度的概率分布

据雷电定位系统监测地闪数据分析，海勃湾产业园 10km 范围正地闪电流强度主要集中在 15～125kA，其累积概率为 96.36%；负地闪电流强度主要集中在 10～60kA，其累积概率为 91.60%。

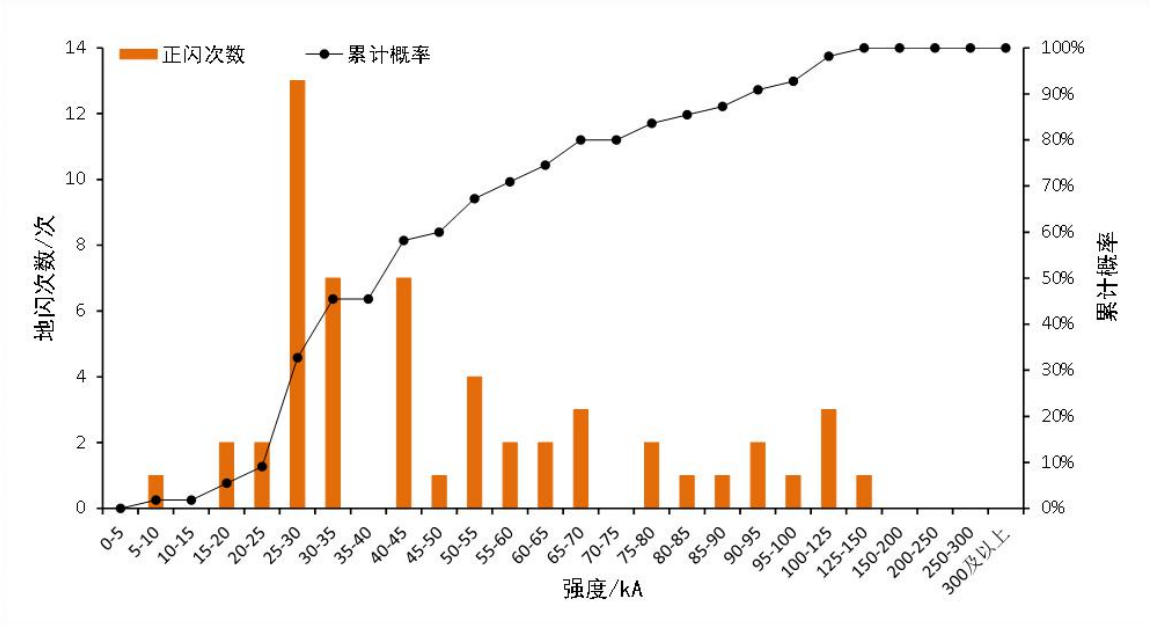


图 7.2-2 海勃湾产业园周边正地闪电流强度分布图

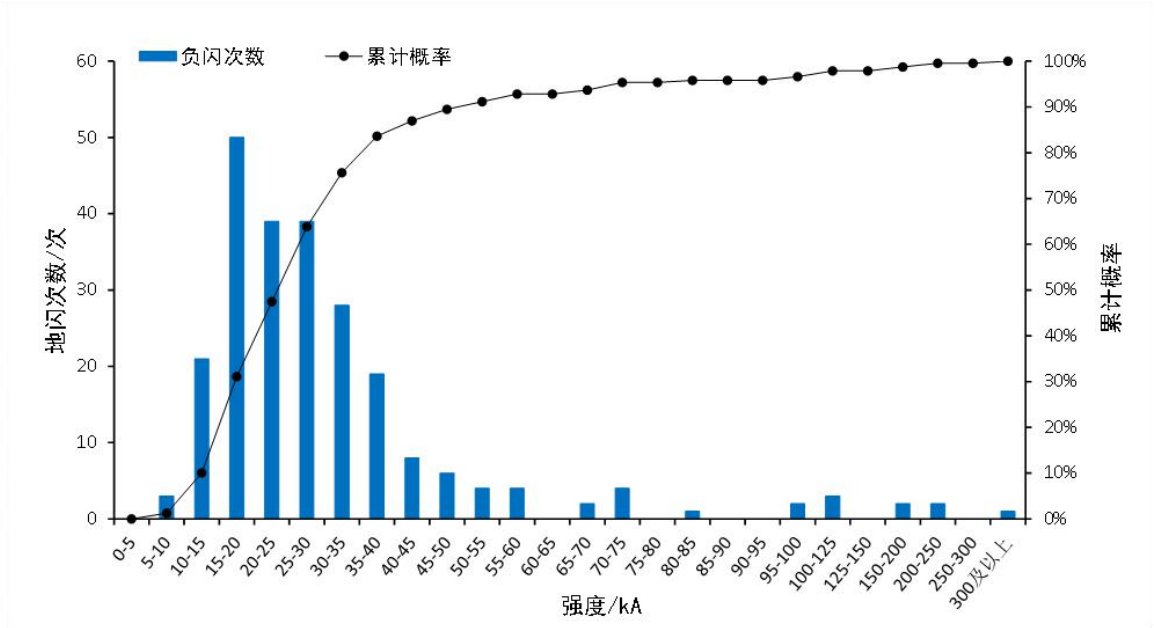


图 7.2-3 海勃湾产业园周边负地闪电流强度分布图

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，在 IEEE 推荐的雷电流累积概率分布公式基础上结合海勃湾产业园近 8 年闪电定位系统监测到的所有地闪回击数据，拟合了雷电流累积概率公式。

$$P_{总地闪}(>I_p)=\frac{1}{1+\left(\frac{I_p}{28.0500}\right)^{2.9061}}$$

式中，P 为雷电流幅值大于I_P的累积概率，I_P为雷电流幅值（kA）。

表 7.2-2 雷电流强度累积概率分布

雷电流强度（kA）	雷电流累积率（%）	雷电流强度（kA）	雷电流累积率（%）	雷电流强度（kA）	雷电流累积率（%）
＞0	100.00	＞70	6.55	＞140	0.93
＞10	95.25	＞80	4.54	＞150	0.76
＞20	72.77	＞90	3.27	＞160	0.63
＞30	45.13	＞100	2.43	＞170	0.53
＞40	26.28	＞110	1.85	＞180	0.45
＞50	15.71	＞120	1.44	＞190	0.38
＞60	9.89	＞130	1.15	＞200	0.33

（2）雷电流强度的空间分布

海勃湾产业园周边近 8 年的地闪强度分布状况如下（图 7.2-4），园区 10km 范围地闪强度平均值分别为 4.19kA/km^2，属弱地闪强度等级。

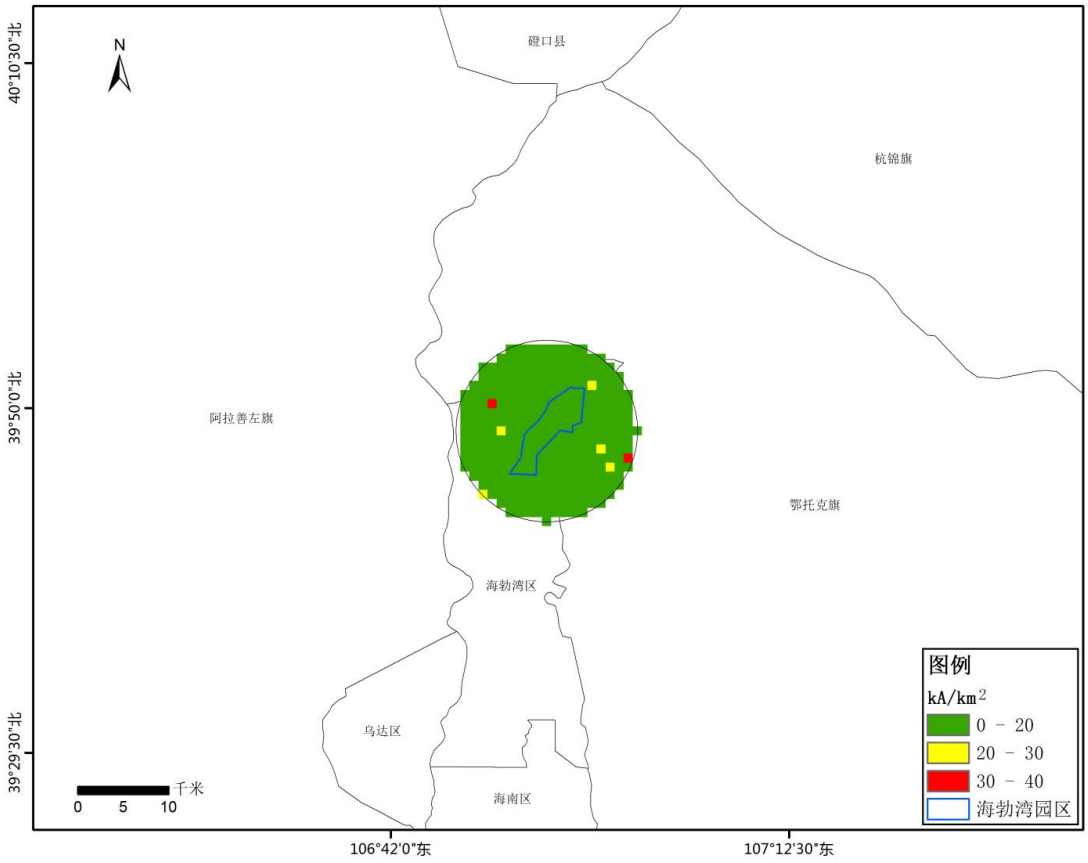


图 7.2-4 海勃湾产业园 10km 范围内地闪强度分布图

7.2.1.3 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）逐月雷电流陡度分析

海勃湾产业园 10km 范围近 8 年各月累计正负地闪次数在 0～74 次之间，正地闪 7 月次数最多，负地闪同样在 7 月次数最多。4～11 月各月正地闪平均

陡度在 0.85～15.80kA/μs 之间，10 月的平均陡度最大；4～10 月各月负地闪平均陡度在 6.58～68.50kA/μs 之间，10 月的平均陡度最大。

表 7.2-3 海勃湾产业园 2014～2021 年雷电流陡度逐月统计

月份	正地闪累计次数(次)	正地闪平均陡度(kA/μs)	负地闪累计次数(次)	负地闪平均陡度(kA/μs)
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	1	7.60	1	57.10
5	5	6.84	6	14.18
6	10	7.44	28	6.64
7	13	3.58	74	7.62
8	12	6.52	70	8.17
9	11	0.85	58	6.57
10	1	15.80	1	68.50
11	2	10.95	0	0
12	0	0	0	0

（2）逐时雷电流陡度分析

海勃湾产业园 10km 范围近 8 年各时段累计正负地闪次数在 0～32 次之间，正地闪在 18～19 时地闪次数最多，负地闪在 13～14 时地闪次数最多。正地闪日平均陡度在 0～26.45kA/μs 之间，中午 12～13 时的平均陡度最大；负地闪日平均陡度在 0～68.50kA/μs 之间，凌晨 2～3 时最大。

表 7.2-4 海勃湾产业园 2014～2021 年雷电流陡度逐时统计

时段	正地闪累计次数(次)	正地闪平均陡度(kA/μs)	负地闪累计次数(次)	负地闪平均陡度(kA/μs)
0-1	1	7.80	5	14.12
1-2	0	0	0	0
2-3	0	0	1	68.50
3-4	1	4.50	8	7.19
4-5	2	5.45	5	6.08
5-6	1	8.50	8	6.34
6-7	2	0.95	2	5.80
7-8	0	0	4	21.75
8-9	0	0	1	3.20

时段	正地闪累计次数(次)	正地闪平均陡度(kA/μs)	负地闪累计次数(次)	负地闪平均陡度(kA/μs)
9-10	0	0	8	4.13
10-11	0	0	13	8.14
11-12	5	4.00	3	10.83
12-13	2	26.45	16	5.99
13-14	3	7.37	32	5.16
14-15	1	12.90	21	4.90
15-16	9	5.33	15	5.92
16-17	2	0.10	24	10.53
17-18	9	1.39	14	6.21
18-19	10	4.14	24	11.35
19-20	2	6.85	6	7.37
20-21	2	6.45	3	10.20
21-22	0	0	6	8.48
22-23	3	5.93	18	9.32
23-24	0	7.80	1	5.00

7.2.2 区域雷电灾害风险评估

7.2.2.1 评估模型

区域雷电灾害评估模型由区域雷电灾害风险指数计算和区域雷电灾害风险等级划分组成。区域雷电灾害风险指数由雷电参数、地域环境和承灾体 3 个评价因子构成，如图 7.2-5 所示。

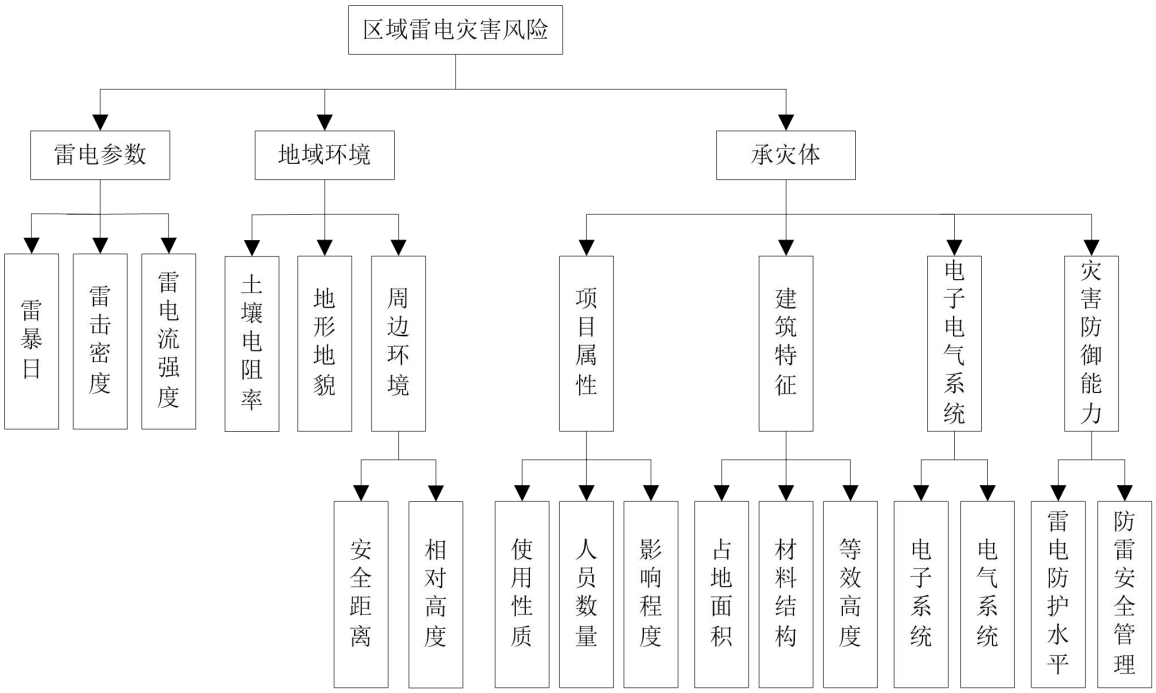


图 7.2-5 区域雷电灾害风险评估模型

7.2.2.2 评估方法

（1）风险指标分类

风险指标分为定性指标和定量指标两大类。定性指标有地形地貌、安全距离、相对高度、使用性质、影响程度、材料结构、电子系统、电气系统、区域雷电防护水平、区域防雷安全管理。

定量指标又分为极小型指标和极大型指标两种，其中雷暴日、雷击密度、雷电流强度、人员数量、占地面积、等效高度为极小型指标，土壤电阻率为极大型指标。

（2）评估指标隶属度计算

①定性指标隶属度的确定

定性指标隶属度的确定方法是将资料收集、现场勘测后的具体情况与该定性指标的分级标准相比较，当其符合某一个危险等级的描述，则说明该指标完全隶属于该危险等级，即隶属度=1。

②定量指标隶属度的计算

各定量指标隶属度应分别按照极小型或极大型指标隶属度公式计算，参见下式。指向同一上层指标的各子指标隶属度构成隶属度矩阵 R 。

（3）极小型指标隶属度计算公式

对于 I 级(j=1)：

$$\mu_{v_j}(r_{ij})=\begin{cases}1 & r_{ij}\le v_1\\ \dfrac{v_2-r_{ij}}{v_2-v_1} & v_1<r_{ij}<v_2\\ 0 & r_{ij}\ge v_2\end{cases}$$

式中：

r_{ij}——指向同一上层指标的第 i 个子指标实际值；

$\mu_{vj}(r_{ij})$——第 i 个子指标隶属第 j 级的隶属度。

对于 II、III、IV 级(j =2,3,4)：

$$\mu_{v_i}(r_{ij})=\left\{\begin{array}{ll}0 & r_{ij}\le v_{j-1}\\ \dfrac{r_{ij}-v_{j-1}}{v_j-v_{j-1}} & v_{j-1}<r_{ij}\le v_j\\ 1 & r_{ij}=v_j\\ \dfrac{v_{j+1}-r_{ij}}{v_{j+1}-v_j} & v_j<r_{ij}\le v_{j+1}\\ 0 & r_{ij}\ge v_{j+1}\end{array}\right\}$$

对于V级(j=5)：

$$\mu_{v_j}(r_{ij})=\begin{cases}1 & r_{ij}\ge v_5\\ \dfrac{r_{ij}-v_4}{v_5-v_4} & v_4<r_{ij}<v_5\\ 0 & r_{ij}\le v_4\end{cases}$$

v_1, v_2, v_3, v_4, v_5——风险指标因子在各分级区间的中间值。

（4）极大型指标隶属度计算公式

a) 对于 I 级(j=1)：

$$\mu_{v_j}(r_{ij})=\begin{cases}1 & r_{ij}\geq v_5\\ \dfrac{r_{ij}-v_4}{v_5-v_4} & v_4<r_{ij}<v_5\\ 0 & r_{ij}\leq v_4\end{cases}$$

对于 II、III、IV 级(j =2,3,4)：

$$\mu_{v_j}(r_{ij})=\begin{cases}0 & r_{ij}\geq v_{j-1}\\ \dfrac{r_{ij}-v_{j-1}}{v_j-v_{j-1}} & v_j<r_{ij}<v_{j-1}\\ 1 & r_{ij}=v_j\\ \dfrac{v_{j+1}-r_{ij}}{v_{j+1}-v_j} & v_{j+1}<r_{ij}<v_j\\ 0 & r_{ij}\leq v_{j+1}\end{cases}$$

对于 V 级(j=5)：

$$\mu_{v_j}(r_{ij})=\begin{cases}1 & r_{ij}\leq v_5\\ \dfrac{v_4-r_{ij}}{v_4-v_5} & v_5<r_{ij}<v_4\\ 0 & r_{ij}\geq v_4\end{cases}$$

（5）综合评估

区域雷电灾害风险评估综合评估基本公式如下，其权重大小可根据层次分析法确定。

$$B=W\cdot R=(w_1,w_2,\cdots,w_{\mathrm{m}})\cdot\begin{bmatrix}r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{15}\\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{25}\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{m5}\end{bmatrix}=[b_1,b_2,b_3,b_4,b_5]$$

式中：

B ——评估指标的隶属度向量；

W ——评估指标的权重向量；

R ——评估指标的隶属度矩阵。

① 评估结果计算

通过多级综合评估，由第四层指标向第一层指标逐级计算得出“雷电灾害区域风险”的隶属度向量。通过加权平均的方法量化得到综合评估结果 g 值：

$$g = b_1 + 3 \times b_2 + 5 \times b_3 + 7 \times b_4 + 9 \times b_5$$

式中：

b_1——目标与评估等级Ⅰ的隶属度；

b_2——目标与评估等级Ⅱ的隶属度；

b_3——目标与评估等级Ⅲ的隶属度；

b_4——目标与评估等级Ⅳ的隶属度；

b_5——目标与评估等级Ⅴ的隶属度。

② 风险等级判定

根据综合评估结果g值，按照表7.2-5进行风险等级判定。

表 7.2-5 区域雷电灾害风险等级

危险等级	风险分级
	综合评价用 g 表示，g 值越小代表区域内项目雷击致灾风险越低，g 值越大代表区域内项目雷击致灾风险越高，g 值区间[0，10]。
Ⅰ级	综合评价 0≤g＜2，低风险
Ⅱ级	综合评价 2≤g＜4，较低风险
Ⅲ级	综合评价 4≤g＜6，中等风险
Ⅳ级	综合评价 6≤g＜8，较高风险
Ⅴ级	综合评价 8≤g≤10，高风险

7.2.3 结果分析

7.2.3.1 现场勘测情况

通过对海勃湾产业园及周边 10km 范围内地区的闪电定位数据分析可知：雷击大地密度分别为 0.11 次/km^2，雷电流平均强度 4.19kA/km^2，实测土壤电阻率均值为 799.5Ω•m。对园区现场勘测得到防雷安全状况如下：海勃湾产业园区规划面积 48.74 平方公里，本次论证范围为主园区，主园区用地面积 37.86 平方公里。园区内工业厂房防雷设计按照三类或二类设计，部分易燃易爆场所防雷设计应按照一类设计，低压电力及通信线路埋地接入，若发生雷击事故，医疗救援和消防救援均可在 1 小时到达。

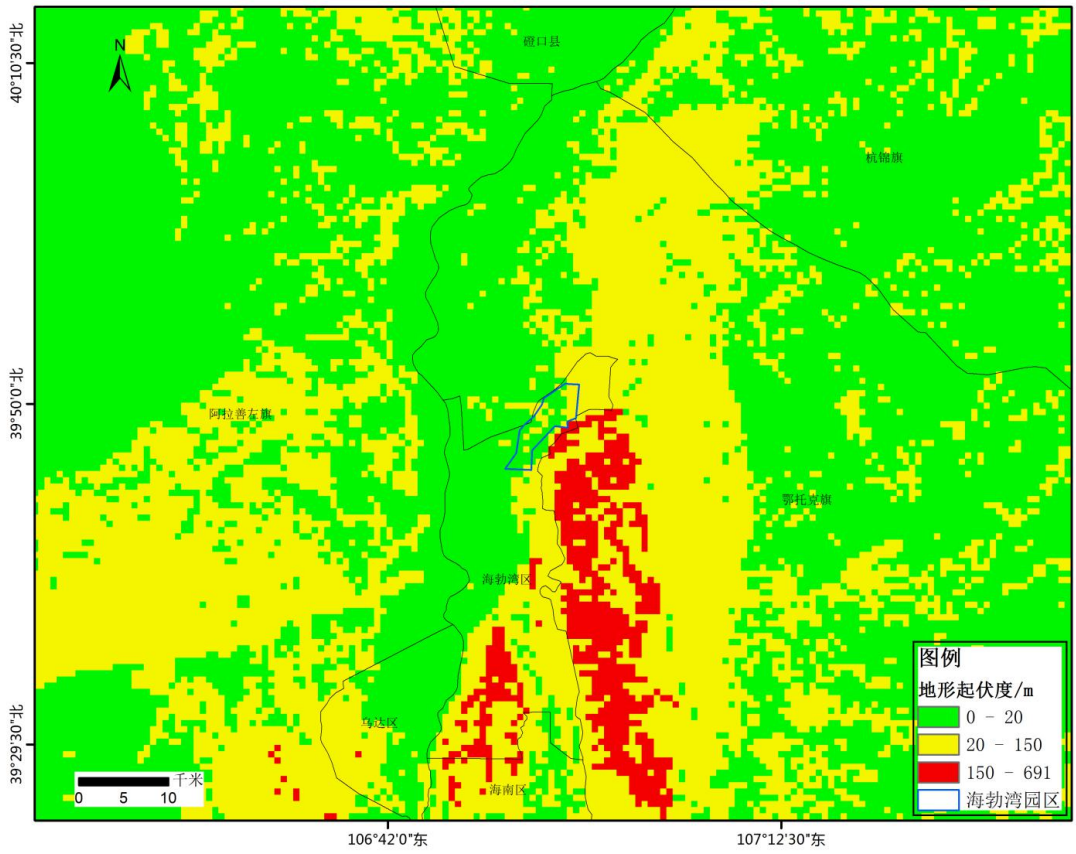


图 7.2-6 海勃湾产业园所在地地形地貌

7.2.3.2 评估指标的权重

综合考虑海勃湾产业园雷电区域评估指标，按照层次分析法分别计算不同层级指标的权重，计算结果如表 7.2-6。

表 7.2-6 不同层级指标的权重

准则层 A	A 层权重	指标层 B	B 层权重	方案层 C	C 层权重	备注
A1 雷电参数	0.50	B1 雷暴日	0.40	/	/	
		B2 雷击密度	0.40	/	/	
		B3 雷电流强度	0.20	/	/	
A2 地域环境	0.17	B4 土壤电阻率	0.20	/	/	
		B5 地形地貌	0.20	/	/	
		B6 周边环境	0.60	C1 安全距离	0.50	
				C2 相对高度	0.50	
A3 承灾体	0.33	B7 项目属性	0.20	C3 使用性质	0.43	
				C4 人员数量	0.43	
				C5 影响程度	0.14	
		B8 建筑特征	0.20	C6 占地面积	0.46	
				C7 材料结构	0.32	
				C8 等效高度	0.22	
		B9 电子电气系统	0.20	C9 电子系统	0.33	
				C10 电气系统	0.67	
		B10 灾害防御能力	0.40	C11 雷电防护水平	0.75	
				C12 防雷安全管理	0.25	

7.2.3.3 评估指标的隶属度

按照附录 A 的区域风险评估指标分级标准对海勃湾产业园现场的雷击安全现状各指标隶属度进行计算，具体值见表 7.2-7。

7.2.3.4 区域评估结果

通过多级综合评估，由第四层指标向第一层指标逐级计算得出“区域雷击风险”的隶属度向量。通过加权平均的方法量化得到综合评估结果 g 值为 4.07，按照雷电灾害区域风险分级标准该海勃湾产业园区域雷击风险等级为III级，属于中等风险，产生雷击灾害事故的可能性较大。

表 7.2-7 评估指标隶属度

评估指标	各危险等级隶属度值				
	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅴ级
雷暴日	0.64	0.36	0	0	0
雷击密度	0	0.77	0.23	0	0
雷电流强度	1	0	0	0	0
土壤电阻率	0	0.11	0.89	0	0
地形地貌	0.7	0.3	0	0	0
安全距离	0	1	0	0	0
相对高度	0	0	0	1	0
使用性质	0	0	0	0	1
人员数量	0	0	0	0	1
影响程度	0	0	0	1	0
占地面积	0	0	0	0	1
材料结构	0	0	0	1	0
等效高度	0	0	1	0	0
电子系统	0	0	1	0	0
电气系统	0	0	0	1	0
雷电防护水平	0	0	1	0	0
防雷安全管理	0	0	0	1	0

7.3 风速极值推算

对于本工程设计而言，首先应对乌海气象站的设计最大风速原始资料需经过以下计算：

首先，应对气象站风速原始资料的可靠性、一致性和代表性进行审查，对特大风速值可通过天气分析、重现期分析、地区比审、气象要素相关、查阅史籍记载等方面审查。

其次，应采用自记式风速仪记录的 10min 平均最大风速资料，风速仪标准高度应为 10m；当观测的风速仪高度与标准高度相差较大时，可按下式换算到标准高度的风速 V：

$$V = V_Z\left(\frac{10}{Z}\right)^{\alpha}$$

式中：V_Z为风速仪观测风速（m/s）；Z 为风速仪实际高度（m）；α为地面粗糙度系数，乌海市取值 0.16。

据此标准，对乌海气象站的年最大风速资料进行统计和订正，其年最大风速的年际变化见图 7.3-1。

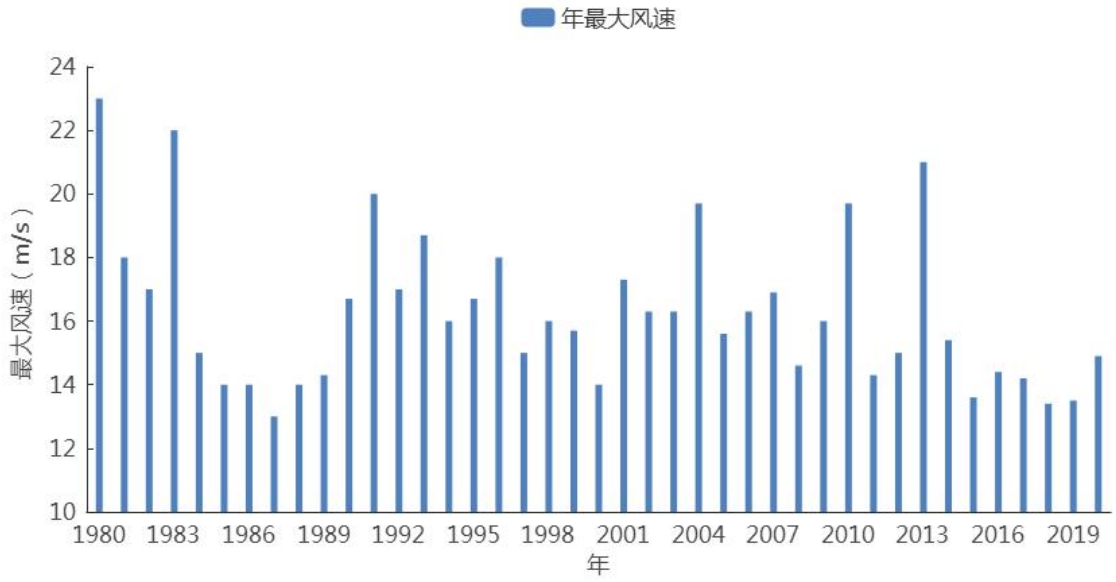


图 7.3-1 1980～2020 年乌海逐年最大风速变化

7.3.1 设计风速的概率计算

概率计算方法主要采用了耿贝尔分布、PIII 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。

7.3.1.1 耿贝尔、PIII 分布计算基本风速

表 7.3-1 利用耿贝尔、PIII 计算出乌海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	20 年一遇	10 年一遇
耿贝尔法	24.8	23.3	22.2	21.4	19.9
PIII	23.6	22.4	21.5	20.8	19.5

7.3.1.2 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耿贝尔、PIII 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耿贝尔，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。

乌海气象站不同重现期的基本风速见表。比较发现，利用广义极值与耿贝尔、PIII 计算的基本风速较为接近，使用广义极值分布计算的 100 年一遇 10min 平均最大风速 25.2m/s，50 年一遇 10min 平均最大风速 23.2m/s。

表 7.3-2 利用广义极值分布计算出乌海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	20 年一遇	10 年一遇
广义极值	25.2	23.3	22	21.1	19.4

7.3.1.3 拟合适度检验

按照参数检验法（柯尔莫戈洛夫拟合适度检验）的方法，对乌海站的最大风速分布模型的合理性进行检验，广义极值（GEV）分布下＝0.38，耿贝尔分布下＝0.46，小于检验阈值 1.35，因此样本序列服从该型概率分布。

7.3.2 海勃湾产业园设计风速推算

采用乌海气象站的资料进行海勃湾产业园设计风速的推算。根据表可知，海勃湾产业园 100 年一遇最大风速的推荐值为 25.2m/s、50 年一遇最大风速的推荐值为 23.3m/s。

7.3.3 风荷载

风荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上 10m 高度处 10min 平均的

风速观测数据，经概率统计得出各个重现期最大风速，再考虑相应的空气密度，按贝努利公式确定风压。

推荐基本风压应采用规范规定的方法确定的 50 年重现期的风压，但不能小于 0.3KN/m^2。对于高层建筑、高耸结构以及对风荷载比较敏感的其他结构，基本风压的取值应适当提高，并应符合有关结构设计规范的规定。

基本风压应按下式计算：

$$W_0 = \frac{1}{2}\rho V_0^2$$

式中：W_0 为基本风压（kN/m^2）；V 为某一重现期离地 10m 高自记 10min 平均最大风速（m/s）；ρ为空气密度（t/m^3）。

空气密度ρ按下式计算：

$$\rho = \frac{1.276}{1 + 0.00366t}\left(\frac{P - 0.378e}{1000}\right)$$

式中：P 为气压（hPa）；t 为气温（℃）；e 为水汽压（hPa）。

根据上式计算，得到乌海气象站的空气密度为 1.09443kg/m^3。再利用该地 50 年一遇的 10m 高度年最大风速 23.3m/s，就可计算得到基本风压为 0.30kN/m^2。再结合《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）的附图 E.6.3 给出的基本风压分布图，同时考虑工程安全性，推荐采用《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）中的基本风压为 0.50kN/m^2。

7.3.4 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，开发区类似于表中农地、田园、平坦开阔地；树木及低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α=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。

表7.3-3 地表状况及地表粗糙度分类

类别	地表状况	α
Ⅰ	海上、海岸	0.12
Ⅱ	农地、田园、平坦开阔地；树木及低层建筑物稀少地区	0.16
Ⅲ	树木及低层建筑物密集地区；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7.3-4 园区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	20年一遇	10年一遇
10	24.8	23.3	22.2	21.4	19.9
20	27.7	26.1	24.8	23.9	22.2
30	29.5	27.8	26.5	25.5	23.7
50	32.1	30.2	28.8	27.6	25.7
70	33.8	31.8	30.4	29.2	27.1
100	35.8	33.7	32.1	30.9	28.7

7.4 最高、最低气温极值及室外空气计算参数推算

7.4.1 不同重现期设计气温（高温）与极端最高气温的推算

7.4.1.1 资料来源及分析

按照《建筑结构荷载规范》，选取乌海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）。从图其变化曲线可看出建站至今呈波动性变化，气温集中在29.1(1979年6月)℃～35.1(2010年7月)℃。

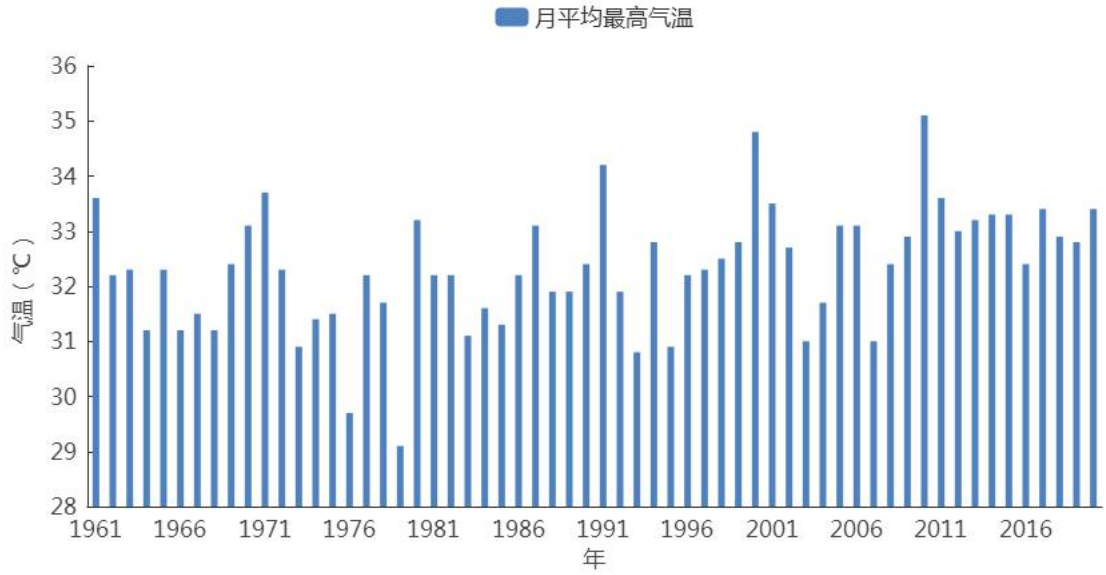


图 7.4-1 1961～2020 年乌海气象站最高温度月的月平均最高气温年际变化

另外，选取乌海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 35.4℃～41.1℃。

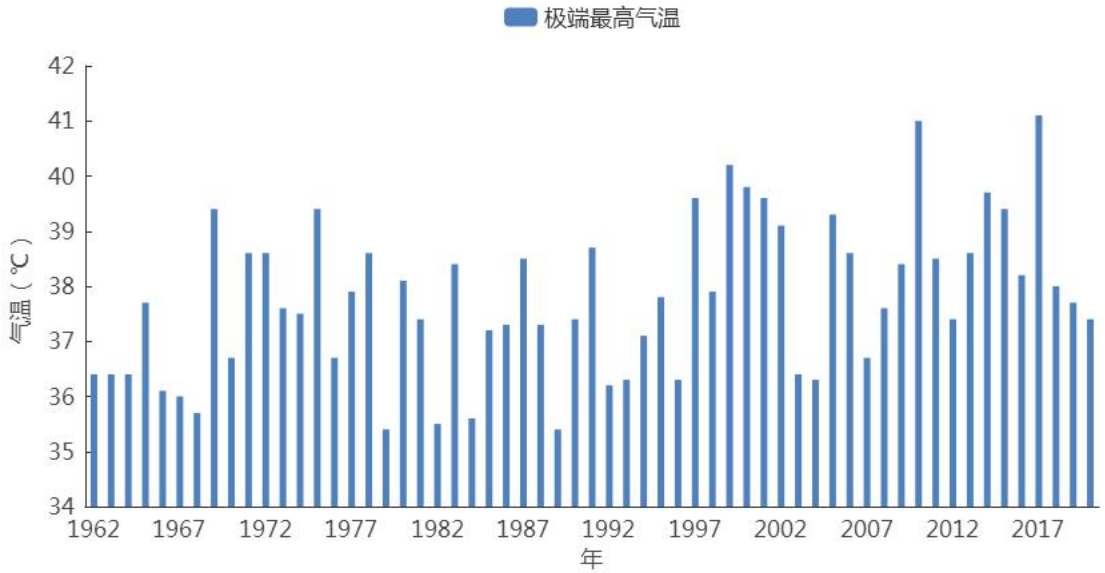


图 7.4-2 乌海气象站极端最高气温年际变化

7.4.1.2 设计气温（最高）的概率计算

本文使用的资料是乌海气象站 1961～2020 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，采用

耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出基本气温（高温），为了选出最科学、最合理的计算结果，分别给出了耿贝尔法和 PIII 参数估计法计算出的结果。采用乌海气象站的资料进行园区设计气温（高温）的推算。根据表可知，园区 50 年一遇月平均最高气温的推荐值为 35.5℃。

表 7.4-1 1961～2020 年乌海气象站最高温度月的月平均最高气温(℃)

站名	设计频率/%	耿贝尔分布	PIII 分布	广义极值	最大值	资料年代
乌海	10 年一遇	34.0	33.8	33.7	34.0	1961～2020
	20 年一遇	34.6	34.2	34.1	34.6	
	30 年一遇	35.0	34.5	34.2	35.0	
	50 年一遇	35.5	34.7	34.4	35.5	
	100 年一遇	36.1	35.1	34.6	36.1	

7.4.1.3 年极端最高气温的概率计算

本文使用的资料是乌海气象站 1961～2020 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。使用耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出不同重现期的极端高温，结果如表 7.4-2 所示。根据表可知，园区 50 年一遇极端最高气温的推荐值为 41.8℃。

表 7.4-2 1961～2020 年乌海气象站不同重现期的极端最高气温(℃)

站名	设计频率/%	耿贝尔分布	PIII 分布	广义极值	最大值	资料年代
乌海	10 年一遇	39.8	39.6	39.7	39.8	1961～2020
	20 年一遇	40.7	40.2	40.2	40.7	
	30 年一遇	41.2	40.5	40.5	41.2	
	50 年一遇	41.8	40.9	40.9	41.8	
	100 年一遇	42.6	41.3	41.3	42.6	

7.4.2 不同重现期设计气温（低温）与极端最低气温的推算

7.4.2.1 资料来源

按照《建筑结构荷载规范》，选取乌海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）。从图可知，逐年最低温度月的月平均最低气温变化曲线在-21.8(1977 年 1 月)℃～-10.7(1999 年 1 月)℃之间变化。

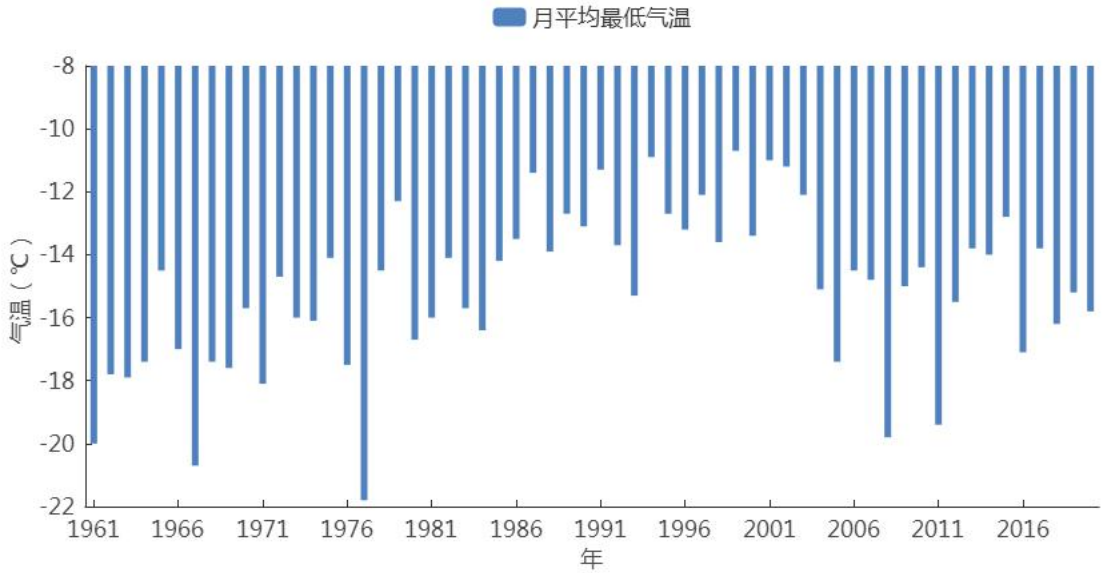


图 7.4-3 1961～2020 年乌海气象站最低温度月的月平均最低气温年际变化

另外，选取乌海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 7.4-4 可知，逐年极端最低气温在-32.6℃～-16.8℃之间变化。

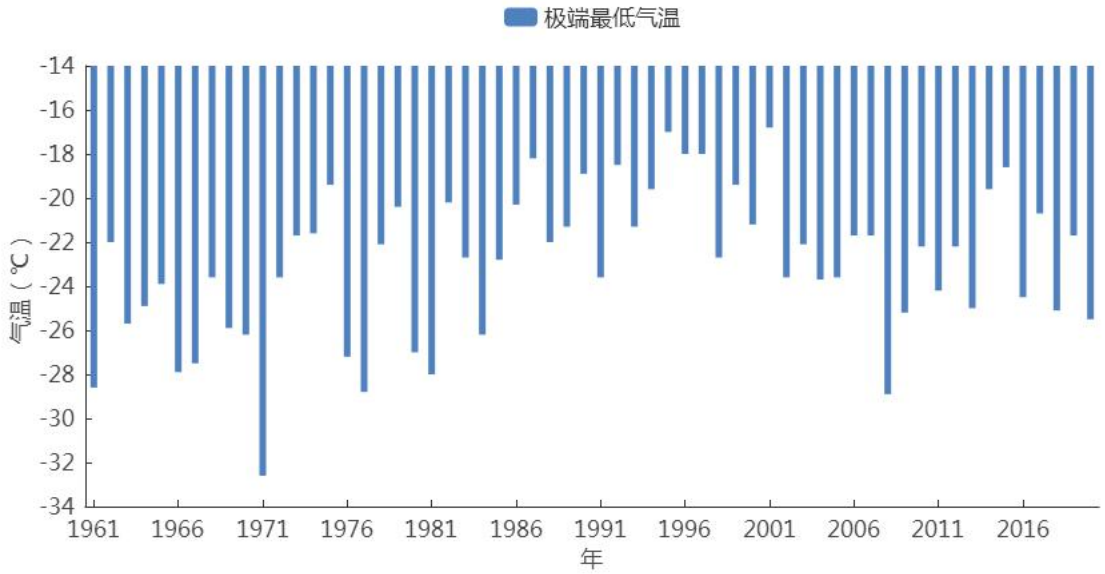


图 7.4-4 1961～2020 年乌海气象站极端最低气温年际变化

7.4.2.2 设计气温（最低）的概率计算

本文使用的资料是乌海气象站 1961～2020 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。使用耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出的基本气温（低温），结果如表所示，园区 50 年一遇月平均最低气温的推荐值为-22.3℃。

表 7.4-3 利用耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出乌海气象站不同重现期的月平均最低气温（℃）

站名	设计频率/%	耿贝尔分布	PIII 分布	广义极值	最小值	资料年代
乌海	10 年一遇	-18.8	-18.4	-18.5	-18.8	1961～2020
	20 年一遇	-20.3	-19.5	-19.7	-20.3	
	30 年一遇	-21.2	-20.1	-20.3	-21.2	
	50 年一遇	-22.3	-20.8	-21.0	-22.3	
	100 年一遇	-23.8	-21.8	-21.9	-23.8	

7.4.2.3 年极端最低气温的概率计算

本文使用的资料是乌海气象站 1961～2020 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。使用耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出不同重现期的极端低温，结果如表所示，园区 50 年一遇极端最低气温的推荐值为-32.5℃。1971 年，乌海气象站极端最低气温为-32.6℃，因此，50 年一遇极端最低气温推荐-32.6℃。

表 7.4-4 利用耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出乌海气象站不同重现期的极端最低气温（℃）

站名	设计频率/%	耿贝尔分布	PIII 分布	广义极值	最小值	资料年代
乌海	10 年一遇	-27.8	-27.4	-27.5	-27.8	1961～2020
	20 年一遇	-29.8	-28.8	-29.0	-29.8	
	30 年一遇	-31.0	-29.6	-29.8	-31.0	
	50 年一遇	-32.5	-30.5	-30.7	-32.5	
	100 年一遇	-34.5	-31.7	-31.8	-34.5	

7.5 降水极值推算

1961～2020 年，乌海气象站最大日降水量最大值出现于 2018 年，达到 133.9mm；1966 年最大日降水量最小，仅 6.7mm。

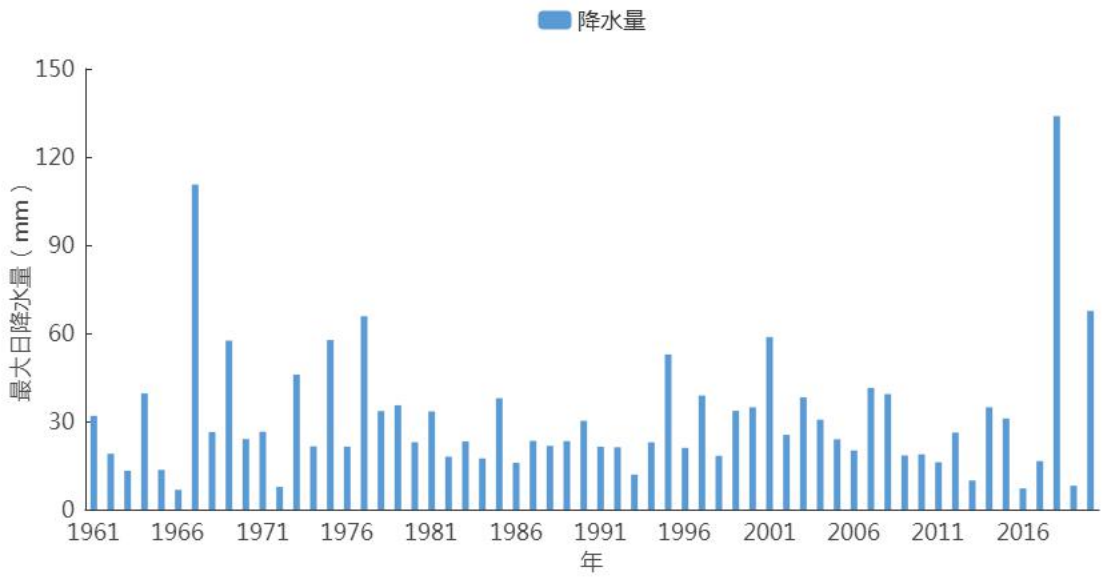


图 7.5-1 乌海气象站年最大日雨量的年际变化（1961～2020 年）（单位：mm）

运用广义极值分布和耿贝尔分布函数计算乌海气象站不同重现期的最大日雨量，结果如表 7.5-1 所示：100 年一遇的最大日雨量为 120.3mm，50 年一遇的最大日雨量为 96.4mm。但是 2018 年最大日雨量达到 133.9mm，同时超过 50 年一遇、100 年一遇的计算值，因此，开发区 50 年一遇最大日雨量推荐值为 133.9mm。

表 7.5-1 乌海气象站不同重现期的最大日雨量（单位：mm）

重现期	方法	100 年一遇	50 年一遇	30 年一遇	10 年一遇
最大日雨量	耿贝尔	107.3	94.1	84.4	63.1
	广义极值	120.3	96.4	81.4	54.8

7.6 雪压极值推算

7.6.1 积雪密度的估算

在 1980 年以前，我国气象站不是直接观测雪压，而是雪深和积雪密度分开两项观测，而且大部分台站只观测雪深，不观测积雪密度。只有少数台站同时观测积雪密度。根据乌海气象站 1970~2020 年的雪压及雪深资料，计算得到

乌海市地区积雪密度为 0.13t/m^3。

7.6.2 设计雪压的概率计算

本文使用的资料是乌海气象站 1961～2020 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。

按标准的规定，采用耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出不同重现期的最大积雪深度，为了选出更科学、更合理的计算结果，分别给出了耿贝尔法和 PIII 参数估计法计算出的结果。

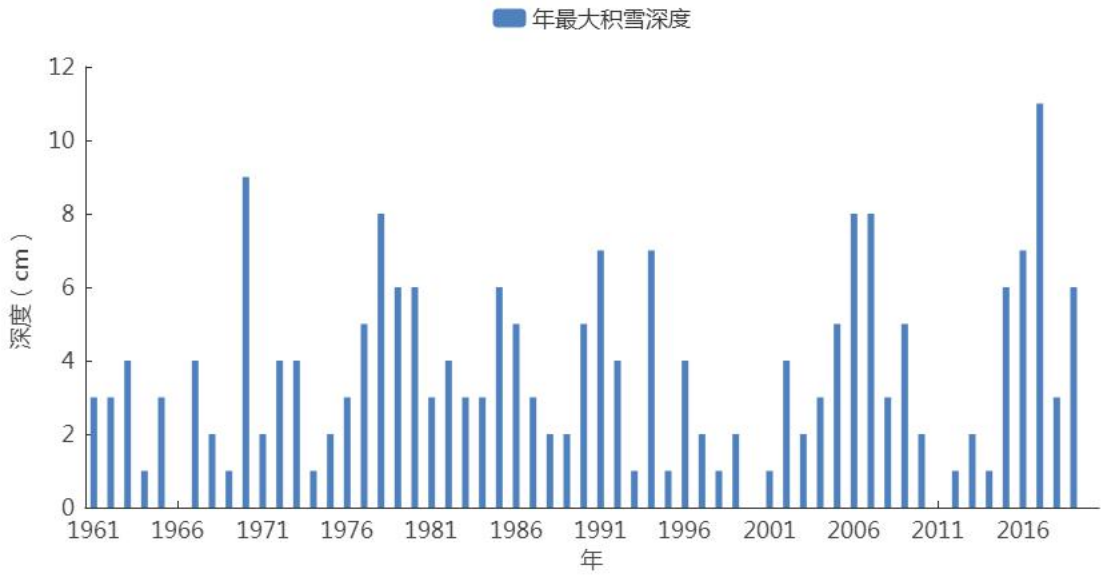


图 7.6-1 1961～2020 年乌海气象站年最大雪深变化图

上图为乌海气象站历年最大积雪深度序列，计算过程一般采用比例法来进行频率转换，先将 Xi>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 Xi 的频率进行缩减，具体转换公式为：

$$P_k = P_n \times \frac{n+1}{k+1}$$ （公式 7.6-1）

其中：k 为积雪深度大于 0 的年数，n 为总年数。

表 7.6-1 利用耿贝尔、PIII 和广义极值分布计算出乌海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	20 年一遇	10 年一遇
乌海	耿贝尔法（cm）	12.0	10.6	9.5	8.7	7.2
	PIII 分布(cm)	10.6	9.6	8.8	8.1	6.9
	广义极值(cm)	11.5	10.1	9.1	8.3	6.9
	雪压(kN/m2)	0.18～0.2	0.16～0.18	0.15～0.16	0.13～0.14	0.11～0.12

由表所示，计算得到的三组结果基本一致。

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：

$$So = h\rho g$$

其中：So 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）。

采用乌海气象站的资料进行海勃湾产业园设计雪压的推算。根据表可知，园区的 50 年一遇最大积雪深度为 10.6cm，雪压为 0.18kN/m^2。乌海气象站 2017 年最大积雪深度为 11cm，因此，50 年以上一遇的最大积雪深度推荐 11cm。

根据《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）的附表 E.5，乌海气象站（以距离最近地点乌拉特后旗海力素代替）重现期为 50 年和 100 年的雪压分别为 0.15kN/m^2 和 0.20kN/m^2。

利用 50 年以上一遇的最大积雪深度推荐值 11cm，计算对应的雪压值为 0.14kN/m^2，对比以上三种方法计算出的基本雪压，为了保证工程安全，推荐使用重现期为 50 年的计算值，因此推荐海勃湾产业园的基本雪压为 0.18kN/m^2。

7.7 设计冻土深度推算

利用乌海气象站 1959～2020 年最大冻土深度资料，采用极值 I 型函数，推

算得到论证区域各重现期冻土深度最大值见表 7.7-1。

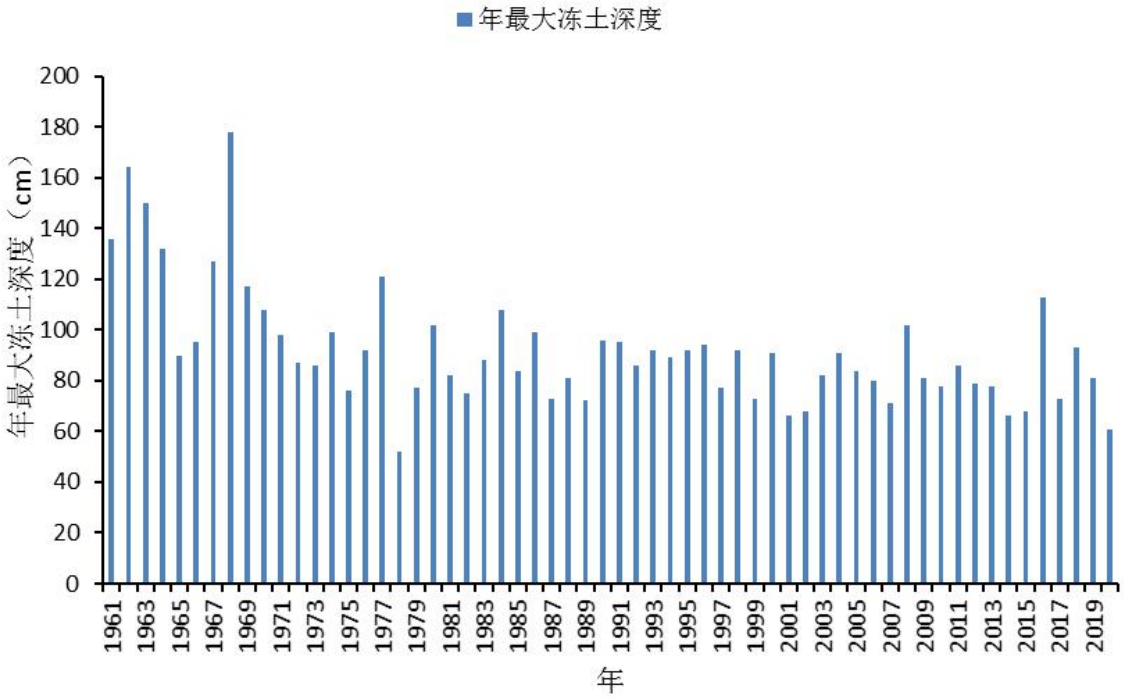


图 7.7-1 1961～2020 年乌海气象站年最大冻土深度年际变化

表 7.7-1 乌海气象站不同重现期的冻土深度(cm)

重现期	10 年一遇	20 年一遇	30 年一遇	50 年一遇	100 年一遇
乌海	126.0	140.4	148.7	159.0	173.0

根据表可知，乌海气象站 50 年一遇最大冻土深度 159.0cm，乌海气象站历年最大冻土深度为 178.0cm，因此，海勃湾产业园工程建设的设计冻土深度应不小于 178.0cm（按 50 年一遇计算）。

7.8 工业建筑供暖通风与空气调节室外空气参数推算

7.8.1 工业建筑供暖通风与室外空气计算参数及其统计方法

根据《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50019 -2015）4.2 节中室外空气计算参数的要求，统计下述参数。具体名称及统计方法见表 7.8-1。

表 7.8-1 室外空气计算参数及其统计方法一览表

室外空气计算参数名称	统计方法
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
冬季通风室外计算温度	历年最冷月的月平均温度
冬季空调室外计算温度	累年平均每年不保证1天的日平均温度
冬季空调室外计算相对湿度	历年最冷月的月平均相对湿度
夏季空调室外计算干球温度	累年平均每年不保证50h干球温度
夏季空调室外计算湿球温度	累年平均每年不保证50h湿球温度
夏季通风室外计算温度	历年最热月14时平均温度的平均值
夏季通风室外计算相对湿度	历年最热月14时平均相对湿度的平均值
夏季空调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
夏季空调室外计算逐时温度	见公式（7.8-1）、（7.8-2）和表7.8-2
夏季空调室外逐时计算焓值	累年平均每年不保证7h的空气焓值
冬季室外平均风速	累年最冷3个月各月平均风速的平均值
冬季室外最多风向的平均风速	累年最冷3个月最多风向（静风除外）的各月平均风速的平均值
夏季室外平均风速	累年最热3个月各月平均风速的平均值
夏季室外最多风向的平均风速	累年最热3个月最多风向（静风除外）的各月平均风速的平均值
冬季最多风向及其频率	累年最冷3个月的最多风向及其平均频率
夏季最多风向及其频率	累年最热3个月的最多风向及其平均频率
年最多风向及其频率	累年最多风向及其平均频率
冬季室外大气压力	累年最冷3个月(12、1、2)各月大气压力的平均值
夏季室外大气压力	累年最热3个月(6、7、8)各月大气压力的平均值
冬季日照百分率	累年最冷3个月各月平均日照百分率的平均值
极端最高气温	累年极端最高气温
极端最低气温	累年极端最低气温
历年极端最高气温平均值	历年极端最高气温平均值
历年极端最低气温平均值	历年极端最低气温平均值
累年最低日平均温度	累年日平均温度中的最低值
累年最热月平均相对湿度	累年月平均温度最高的月份的平均相对湿度
设计计算用供暖天数	按累年日平均温度稳定低于或等于供暖室外临界温度的总日数确定。本报告供暖室外临界温度为5℃、8℃

夏季空调室外计算逐时温度，按下式确定：

$$t_{sh} = t_{wp} + \beta \Delta t_r \quad (7.8\text{-}1)$$

$$\Delta t_r = \frac{t_{wg} - t_{wp}}{0.52} \quad (7.8\text{-}2)$$

式中：t_{sh}—室外计算逐时温度（℃）；

t_{wp}—夏季空调室外计算日平均温度（℃）；

β—室外温度逐时变化系数按表7.8-2确定；

Δt_r—夏季室外计算平均日较差；

t_{wg}—夏季空调室外计算干球温度（℃）。

表 7.8-2 室外温度逐时变化系数

时刻	1	2	3	4	5	6
β	-0.35	-0.38	-0.42	-0.45	-0.47	-0.41
时刻	7	8	9	10	11	12
β	-0.28	-0.12	0.03	0.16	0.29	0.40
时刻	13	14	15	16	17	18
β	0.48	0.52	0.51	0.43	0.39	0.28
时刻	19	20	21	22	23	24
β	0.14	0.00	-0.10	-0.17	-0.23	-0.26

7.8.2 工业建筑供暖通风与室外空气计算参数统计结果

根据上述要求，整理得到夏季空调室外逐时计算温度与逐时计算焓值单独列表，见表 7.8-3、表 7.8-4，乌海室外空气计算参数的统计结果，见表 7.8-5。

表 7.8-3 乌海气象站夏季空气调节室外逐时计算温度 tsh（℃）

时刻	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
tsh	26.5	26.2	25.9	25.6	25.4	26.0
时刻	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
tsh	27.2	28.7	30.2	31.4	32.7	33.7
时刻	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
tsh	34.5	34.9	34.8	34.0	33.7	32.6
时刻	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
tsh	31.2	29.9	28.9	28.3	27.7	27.4

表 7.8-4 乌海气象站夏季空气调节室外逐时计算焓值 h（kJ/kg）

时刻	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
H	58.7	58.6	58.1	58.3	57.6	57.5
时刻	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
H	59.0	60.5	61.5	62.2	62.7	62.4
时刻	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
H	62.6	62.7	62.1	62.1	61.3	60.9
时刻	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
H	60.5	60.2	59.5	59.4	58.8	58.6

表 7.8-5 乌海气象站室外空气计算参数

年平均温度（℃）		10.2
室外计算温、湿度	冬季供暖室外计算温度（℃）	-14.6
	冬季通风室外计算温度（℃）	-8.7
	冬季空气调节室外计算温度（℃）	-17.9
	冬季空气调节室外计算相对湿度（%）	50.0
	夏季空气调节室外计算干球温度（℃）	34.9
	夏季空气调节室外计算湿球温度（℃）	//
	夏季通风室外计算温度（℃）	30.4
	夏季通风室外计算相对湿度（%）	32.0
	夏季空气调节室外计算日平均温度（℃）	29.9
风向、风速及频率	夏季室外平均风速（m/s）	3.0
	夏季最多风向	SSE
	夏季最多风向的频率（%）	15.0
	夏季室外最多风向的平均风速（m/s）	4.0
	冬季室外平均风速（m/s）	2.0
	冬季最多风向	SE
	冬季最多风向的频率（%）	8.0
	冬季室外最多风向的平均风速（m/s）	1.9
	年最多风向	SSE
	年最多风向的频率（%）	12.0
冬季日照百分率（%）		70.0
最大冻土深度（cm）		113.0
大气压力	冬季室外大气压力（hPa）	897.2
	夏季室外大气压力（hPa）	884.2
设计计算用供暖期天数及其平均温度	日平均温度≤+5℃的天数	131
	日平均温度≤+5℃的起止日期	11.8-3.18
	平均温度≤+5℃期间内的平均温度（℃）	-3.9
	日平均温度≤+8℃的天数	155
	日平均温度≤+8℃的起止日期	10.25-3.28
	平均温度≤+8℃期间内的平均温度（℃）	-2.3
极端最高气温（℃）		41.1
极端最低气温（℃）		-32.6
历年极端最高气温平均值（℃）		37.8
历年极端最低气温平均值（℃）		-23.0
累年最低日平均温度（℃）		-24.1
累年最热月平均相对湿度（%）		44.0

8 结论和建议

8.1 结论

8.1.1 气候背景

内蒙古乌海高新技术产业开发区海勃湾产业园地处内蒙古自治区乌海市，乌海市属典型的半干旱大陆季风气候。四季分明，寒暑变化大，空气干燥。春季干旱风大；夏季受季风影响，降雨集中、气温高；秋季凉爽，日照充足；冬季经常受西伯利亚和蒙古高原寒流的影响，寒冷、干燥、少雪。报告选取乌海气象站作为参证气象站，其观测资料可代表论证区域的气候背景状况。

（1）1991～2020 年，乌海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 10.2℃、17.2℃、4.1℃，年平均最高气温年际变化有上升趋势，年平均、平均最低气温年际变化有下降趋势。1961～2020 年，乌海气象站年极端最高气温为 41.1℃，出现在 2017 年，年极端最低气温为-32.6℃。出现在 1971 年。

（2）1991～2020 年乌海气象站累年平均降水量为 157.0mm，最大年降水量为 265.9mm，出现在 2018 年。年降水量呈小幅下降趋势，但趋势并不显著。年降水量存在明显的季节变化，降水主要集中在夏季。

（3）1991～2020 年乌海气象站年平均风速为 2.9m/s，年际变化呈下降趋势。1980～2020 年最大风速的最大值为 23.0m/s（E），2010～2020 年极大风速的最大值为 28.0m/s（WNW）。风速存在明显的季节变化和日变化特征，春季、夏季风速较大，秋季、冬季风速较小，11～19 时是全天风速相对较大的时段。1991～2020 年，乌海气象站累年主导风向为 SSE 风，风向频率为 11.4%，次主导风向为 SE，风向频率为 9.4%。

（4）1991～2020 年乌海气象站年平均气压在 892.0hPa。1980～2020 年，乌海气象站极端最高气压出现在 1981 年，为 919.4hPa；极端最低气压出现在 2008 年，为 862.4hPa。从四季变化来看，冬季气压较高，夏季气压较低，春、秋季气压近似。2011～2020 年地面气压呈“W”型日变化特征，10 时达到一日中气压的峰值 892.2hPa，最低值出现在 17 时，为 889.6hPa。

（5）乌海气象站（1991～2020 年）累年平均日照时数为 3094.4 小时，其中年日照最高出现在 1991 年，为 3402.0 小时；最低出现在 2019 年，为 2802.5 小时。

（6）1991～2020 年乌海气象站平均相对湿度为 42.1%。相对湿度日变化呈“U”型分布，每天 6、7 时达到一天相对湿度的最高值，16 时为全天相对湿度的最低值。

（7）1991～2020 年海勃湾区各月及四季均以中性和稳定类天气居多，强不稳定天气最少。

（8）四季平均大气自净能力春季>夏季>秋季>冬季。春季、夏季平均大气自净能力为强等级，秋季为较强等级，冬季为一般等级。年平均大气自净能力较强，大气对污染物的清除条件总体较好。SSE～WSW 扇区风向的污染系数较大，其下风方向为大气污染敏感区域，需合理规划产业园区建设，应避免在大气污染敏感区域上风方向规划建设大气污染排放较大的企业，下风方向避免规划建设农畜产品加工区、生活服务区，秋冬季需根据大气扩散条件，合理安排生产，避免或减少空气污染传输的影响。

（9）海勃湾区平均年降水量呈现明显的局地化特征，由中部高值区向四周逐渐递减。年降水量约在 150.0mm～290.0mm 之间,海勃湾产业园位于海勃湾

区东北部地区，所在地平均年降水量在 150.0mm～240.0mm 之间。海勃湾区平均风速空间分布总体呈现现明显的局地特征，东北部、中南部地区风速稍大，其余地区较小。海勃湾产业园区平均风速在 2.6～2.8m/s 之间。海勃湾区年极端最高（最低）气温的空间分布受地形、海拔以及城镇化影响，总体上呈现出西北分别向东北、东南部逐渐递减的特征，局地性明显。海勃湾产业园地处海勃湾区冬北部，所在区域年平均气温在 8.8～10.7℃之间。

8.1.2 高影响天气分析

根据现场调查，海勃湾产业园的企业、农户及公共设施对高影响天气敏感度由高到低排序，暴雨洪涝；其次是低温冰冻；再次是暴雪、高温和大风；冰雹、沙尘暴影响较小。报告对海勃湾产业园气象站的暴雨、暴雪、雷暴、大风、高温、低温、沙尘暴、冰雹等高影响天气现象进行了分析，表 8.1-1 列出了以上高影响天气的统计结果。

暴雨淹没模型的分析表明，海勃湾产业园位于黄河上游干流流域范围，5 年、20 年、50 年和 100 年一遇的暴雨洪涝最大淹没深度特征基本一致，主要表现为黄河干流淹没风险较高、黄河周边山洪沟汇流明显，但淹没风险等级不高，河道外淹没区域较为分散，大部分淹没深度较小。淹没深度主要集中在 0.1～0.5m 之间，在园区西南部有山洪沟壑穿过，淹没明显，局部低洼地区淹没深度可达 2.0～4.0 米，总的来说园区属于中等风险，发生 100 年一遇暴雨洪涝灾害时部分区域最大淹没深度可达 2.0～4.0 米，为特高风险。黄河干流主河道淹没较为显著，由于海勃湾产业园距离黄河干流较近，园区周边沟壑汇流明显。黄河 T 年一遇极端降水对海勃湾产业园的影响较小，但仍要注意防范大范围、长时间的持续降水及暴雨引起其水位暴涨，导致园区周边山洪沟以及园区积水淹

没范围扩大以致影响园区西南部地区。

海勃湾产业园区域雷电活动主要活跃在6～10月，主要集中在午后至傍晚，其中下午13时雷电活动最强，18时次之。根据近8年闪定位系统资料，产业园区10km范围的最大地闪密度为1.73次/km^2，地闪强度平均值为4.19kA/km^2，属弱地闪强度等级。

表8.1-1 重要气象要素值统计一览表

重要气象要素值		海勃湾产业园
暴雨	年均日数（d）	0.1
	年最多日数（d）	1
	最长连续降水日数（d）	7
	最长连续降水量（mm）	80.2
	最大连续降水量（mm）	133.9
	最大日雨量（mm）	133.9
	最大1h降水量（mm）	38.8
雷暴	年均日数（d）	17.3
	年最大日数（d）	27
闪电	最大地闪密度（次/km^2）	0.75
大风	年均日数（d）	17.8
	年最多日数（d）	64
	年最大风速(m/s)	23.0
	年极大风速(m/s)	28.0
积雪	年均日数（d）	15.7
	年最大日数（d）	54
	最大积雪深度（cm）	11.0
降雪	年均日数（d）	12.5
	年最大日数（d）	26
高温日数（日最高气温≥35℃）	年均日数（d）	11.8
	年最大日数（d）	27
低温日数（日最低气温≤-25℃）	年均日数（d）	1.1
	年最大日数（d）	15
冰雹	年均日数（d）	0.6
	年最大日数（d）	4
沙尘暴	年均日数（d）	12.2
	年最大日数（d）	50

8.1.3 关键气象参数分析及推算结果

海勃湾产业园的设计、建设、运营涉及到暴雨强度公式、设计风速、雪荷

载、极端高温、极端低温、设计最大冻土深度以及室外空气计算参数等，报告在第六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海勃湾产业园 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、设计冻土深度、降水极值的推算结果，表 8.1-2 列出了以上参数的部分推算结果。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。

表 8.1-2 关键气象参数分析及推算结果

关键气象参数		推算结果
10m 高度设计风速（m/s）	100 年一遇	25.2
	50 年一遇	23.3
风荷载（kN/m²）	基本风压	0.50
月平均最高气温（℃）	100 年一遇	36.1
	50 年一遇	35.5
极端最高气温（℃）	100 年一遇	42.6
	50 年一遇	41.8
月平均最低气温（℃）	100 年一遇	-23.8
	50 年一遇	-22.3
极端最低气温（℃）	100 年一遇	-34.5
	50 年一遇	-32.5
日最大降水量（mm）	100 年一遇	133.9
	50 年一遇	133.9
最大积雪深度（cm）	100 年一遇	12.0
	50 年一遇	10.6
雪荷载（kN/m²）	基本雪压	0.18
设计冻土深度（cm）	100 年一遇	178.0
	50 年一遇	178.0
暴雨强度公式（单位：L/(s•hm²)）		
地闪平均密度（次•km^{-2}•a^{-1}）		1.73（建议值）
雷击风险评估指标得分		区域雷击风险等级为III级，属于中等风险。

表 8.1-3 海勃湾产业园气象站室外空气计算参数

年平均温度	10.2℃
供暖室外计算温度	-14.6℃
冬季通风室外计算温度	-8.7℃
冬季空气调节室外计算温度	-17.9℃
冬季空气调节室外计算相对湿度	50.0%
夏季空气调节室外计算干球温度	34.9%
夏季空气调节室外计算湿球温度	\\
夏季通风室外计算温度	30.4℃
夏季通风室外计算相对湿度	32.0%
夏季空气调节室外计算日平均温度	29.9℃
冬季室外平均风速	2.0m/s
冬季室外最多风向的平均风速	1.9m/s（SE）
夏季室外最多风向的平均风速	4.0m/s（SSE）
夏季室外平均风速	3.0m/s
冬季最多风向及其频率	SE,8.0%
夏季最多风向及其频率	SSE,15.0%
累年最多风向及其频率	SSE,12.0%
冬季日照百分率	70.0%
冬季室外大气压力	897.2hPa
夏季室外大气压力	884.2hPa
极端最高气温	41.1℃
极端最低气温	-32.6℃
历年极端最高气温平均值	37.8℃

8.2 适用性分析及建议

本报告基于海勃湾产业园域气候背景、高影响天气、关键气象参数及局地气象环境影响的分析，从气象角度对海勃湾产业园规划、建设和运营三个阶段提出相关建议，为相关部门和单位提出参考依据。

8.2.1 规划建设阶段

在规划及建设阶段，从气象角度需关注产业园建设的气象灾害预防及建筑设计中需要用到的气象参数。回顾产业园周边的历史气象灾情，暴雨洪涝、雷电、大风、沙尘暴、冰雹、积雪结冰等气象灾害造成房屋垮塌和人员伤亡，因此在产业园规划设计、施工建设阶段需采用合理的气象参数。具体对策建议见表 8.2-1、表 8.2-2。

表 8.2-1 对产业园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	引入企业标准	1.根据园区规划，海勃湾产业园是以装备制造、新能源、新材料为主导产业的特色园区，因此应严格控制高污染企业入驻，尽量减少大气污染排放。当地全年主导风向为 SSE 风，供热、污水处理以及有大量废气排放的企业应尽量布局在产业园西北方向，避免污染物向产业园内部和城区扩散。 2.海勃湾产业园区西南侧局部低洼地区淹没范围和淹没深度相对较大，建议在厂址规划选址时应尽量避开淹没风险较高的区域。 3.引入能源公司、冶金、水泥制造、化工、生物制药等企业时，必须严格控制排放标准，保留乌海市及居民区防护隔离带，建议在加工制造产业园严格控制高污染企业入驻，谨防对乌海市造成直接影响。 4.入驻企业在设计时应提高绿地覆盖率，缓解城市热岛。
	空间布局标准	1.产业园区域年最多风向为 SSE 风，春、夏、秋季最多风向为 SSE 风，冬季最多风向为 SE 风。因此，易对环境造成污染的企业宜布置在海勃湾产业园的 NW 方位，排污下风向尽量避免建设居民区或商贸区。 2.海勃湾产业园西南侧局部低洼地区淹没范围和淹没深度相对较大，应统筹考虑与公共设施的连接配套措施，辅助排水。此外，应考虑对河流周边建设防护设施，如围栏、绿化带等。 3.对暴雨敏感度较高的企业或建筑，建议远离海勃湾产业园西南方，建设时垫高地基，减少被淹的风险。粮库、仓储以及地下仓库等也应做好干燥排水工作。
	建筑设计标准	1.在设计排水管、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，应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、设计冻土深度、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。 2.对于工业企业应注意其污水处理情况，完善排水系统，实施雨污分流，铺设雨水、污水排放管道，建设污水处理设施，以减少环境污染。
	灾害防御措施	1.产业园主导产业涉及精细化工、新材料等的生产和存储，一些工业企业涉及危险化学品存运及排放废水、废渣、余热，对大风、低温、暴雨洪涝、冰雹、高温暴雪较为敏感，应重点关注厂房相关应对措施、生产原料或产品的存放、安装备用电源，避免停电等造成的损失。 2.产业园靠近西南边界区域需做好排水防洪措施，重要设备、仓库等需要建设在高处，以防造成损失。易发生滞涝处可考虑将电源插孔或大功率电器设计在较高的位置，防止漏电。 3.产业园西南侧距离水体较近，汛期暴雨日数较多，在规划需重点关注强降水对排水管网及相关设施的要求。 4.大风、积雪和低温天气是该区域较为常见的气象灾害，要加以重点防范，在规划阶段重点关注风荷载、雪荷载以及冬季管道防冻。
	防雷设施标准	1.产业园雷击风险等级属于中等风险，按照 GB50057-2010 中的规定，产业园内企业生产设施应按第二类防雷建筑物设计，部分易燃易爆场所防雷设计应按照第一类防雷建筑物设计。 2.产业园低压配电系统及信号系统应按照《建筑物防雷设计规范》GB 50057 -2010 和《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2014 安装 SPD，抑制雷电过电压。 3.产业园内一般性的厂房可以划分为第三类防雷建筑物；住宅酒店办公楼一般情况

		下可按第三类防雷建筑物设计，若楼高超过 100m，应按第二类防雷建筑物设计。 4.建议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。 5.产业园内下列建设工程、场所和大型项目的雷电防护装置应当由气象主管机构进行设计审核和竣工验收：（一）油库、气库、弹药库、化学品仓库和烟花爆竹、石化等易燃易爆建设工程和场所；（二）投入使用的建（构）筑物、设施等需要单独安装雷电防护装置的场所。

表 8.2-2 对海勃湾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	暴雨	建设施工阶段最好避开 7-8 月暴雨高发期，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。
	低温、结冰、积雪	当室外日平均气温连续 5 天低于 5℃时，混凝土工程即转入冬期施工。海勃湾产业园冬季寒冷漫长，不适宜钢筋混凝土工程施工。冰冻天气也对公路交通影响较大，影响建筑材料的运输。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。
	高温	夏季建设时，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。
	大风	由于建设施工时需使用高度较高的塔吊，所建建筑如存在一定高度，施工人员则可能在高层作业，因此需密切关注大风预警预报，防止塔吊、高层建筑等设施损坏、垮塌以及人员伤亡。春季是大风沙尘天气高发期，应尽量避免户外高空作业。
	雷电	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。
	沙尘暴	在沙尘天气条件下，空气质量明显下降，能见度低造成目视困难，再加上大风的影响，极易造成安全事故。因此，建议春季施工时，密切关注当地气象局发布的沙尘暴预警，提前做好应急预案，必须避免在沙尘天气下开展户外施工。
	冰雹	如发生冰雹天气，需及时转移易受损、易倒塌材料，同时暂停施工，以免施工人员被冰雹或建筑材料砸伤等。

8.2.2 运营阶段

在海勃湾产业园的运营阶段，从气象角度分析最重要的工作是关注高影响天气可能造成的气象灾害，提高产业园区的防灾减灾能力。

海勃湾产业园周边区域被调查的单位、农户及公共设施对高影响天气敏感度由高到低排序，最高的是暴雨洪涝；其·是低温冰冻；再·是暴雪、高温和大风；冰雹、沙尘暴影响较小。海勃湾产业园及论证区域内的相关单位应根据高

影响天气及敏感气象因子，制定气象灾害应急预案，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 8.2-3。

表 8.2-3 对海勃湾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	高温	1.高影响天气易造成机械、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。 3.持续高温对产业园区内工作人员健康造成不利影响，特别是户外工作容易出现中暑等情况。	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，安装备用电源，并做好相关防护措施。 3.对产业园区内工作进行防暑指导，准备防暑降温饮料和常用防暑药品，减少高温时段的工作时间。
	雷电	1.雷暴闪电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）产业园区管理部门应当密切关注天气预报，做好相关的防御措施。 2.重点注意午后到夜晚发生雷电时人员安全防护。 3.论证区域内部分企业的低压配电系统及信号系统未安装 SPD，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； 4.要按时对防雷装置进行检测和维护。
	暴雨	1.可能造成产业园区内积水，引起电路、 水泵等设施发生故障； 2.论证区域内企业产生的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 月是产业园区暴雨的高发期，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.关注海勃湾产业园内部、周边水系附近及其上下游的强降水，尤其是连续强降水、短时强降水情况，防止产生不良影响；关注强降水可能引发的次生灾害，及时接收气象预警信息，启动应急行动计划。 3.定期检查排水系统、检查排水管道是否畅通，尽可能降低强降水引发积涝；除了日常的排查外，重点还应在每年汛期来临前（一般在每年 6 月份之前）进行一次全面的暴雨灾害隐患排查和治理。
	积雪冰冻	1.论证区域内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.每年 11 月至次年 3 月为积雪结冰高发期， 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； 2.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。 3.冬季生产应该密切关注气象部门关于降雪的

			最新预报和暴雪、雪灾的预警信息，制定应急方案，加强应急人员培训，提高应对降雪和积雪带来的灾害的防御能力。 4.积雪可能对简易工棚、彩钢房屋、树木、公交站台、加油站等带来威胁，注意提前加固和及时除雪，要远离广告牌、临时搭建物和老树，避免砸伤。路过桥下、屋檐等处时，要小心观察或绕道通过，加强安全风险管控和隐患排查整治。对容易受降雪、积雪影响的岗位和设施加强安全防护和巡查。加强人员防护，如保暖、防风、防雪等合理安排工作时间和任务。 5.土壤的温、湿度等因素对土壤电阻率会产生一定的影响。根据清华大学何金良教授等相关研究表明，当土壤温度在0℃以下时，随着温度的降低土壤电阻率明显增高，当温度下降到接近-20℃时，电阻率高达106Ω·m。故《建筑物防雷设计规范》 GB 50057-2010 第5.4.4条规定人工接地体在土壤中的埋设深度不应小于0.5米，并宜敷设在当地冻土层以下。
	大风	建筑物在强风中易被刮倒或刮断，造成经济损失、人员伤害。	1.应保守考虑抗风设计标准，同时应关注气象预报，特别是春季大风和夏季雷雨大风，密切关注局地短时狂风（龙卷风），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.要重点防范塔吊、高大模板、施工升降机等危险源，严格落实安管人员定时检查巡查制度；在建设高层建筑阶段，为减小狭管效应带来的影响，应做好抗风安全措施，以防人员伤亡；发生大风天气时，及时遮盖建筑物资，不得进行露天攀登与悬空高处作业，不得进行塔吊顶升、安装、拆卸作业，作业时如突然遇到风力加大，必须立即停止作业。
	冰雹	1.可能造成建筑物、车辆损坏； 2.可能造成人员伤亡。	1.强对流天气高发期尽量避免外出。 2.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。
	沙尘暴	1.对交通造成影响； 2.对抵抗力较弱人群健康造成影响。	1.沙尘暴发生期间，如驾车外出，减速慢行，避免靠近大货车驾驶。 2.老人、小孩注意防范呼吸道系统等疾病； 3.出现沙尘天气时，产业园区工作人员要做好防护措施，如：佩戴口罩、防风眼镜、帽子与丝巾等，避免身体部位暴露在沙尘之中。此外，各类房间、工作室也要及时清理灰尘，以免室内尘土飞扬，影响工作环境和人员健康。 4.食品加工厂、精密仪器生产或使用都要加强防尘措施，食品、和重要精密仪器要做好密封。产业园区内其他需要防尘的区域，可采取通风防尘、湿式作业、喷雾洒水等方式做好防尘工作，以保证作业安全。尽可能采取半封闭罩、隔离室等设备来隔绝沙尘，从

			而保证精密仪器生产和使用。

8.2.3 不确定性分析：

（1）使用极值 I 型、P-III和广义极值分布对年最大风速、年最大雪压以及最高、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。

（2）在对论证区域的极端气象要素进行推算时，由于受到区域自动站资料的限制，可能会存在一定的误差。

8.3 综合结论

气候适宜性分析：海勃湾产业园所处区域属于典型的半干旱大陆季风气候，受城镇化影响较小，四季分明，气温适宜、日照充足、降水适中、风向稳定，灾害性天气相对较少，周边没有排污企业或超高建筑物，适宜园区发展。园区及其周边区域气候背景条件对其规划、建设和运营基本适宜，宜根据气候条件引入和发展合适的产业，促进园区健康发展。

气候对产业园建设和运营的影响：项目基本气候条件适宜，但在项目建设和运营中也存在不利气象因素：园区大风、雷电、沙尘暴、雨雪冰冻、高温等高影响天气发生频率较高，园区及入住企业均应根据上述高影响天气及敏感气象因子，制定气象灾害应急预案，在园区主要隐患点增加警示标牌，及时接收气象预报和预警信息，及时启动应急行动计划，增强园区员工防灾意识。

（1）本地区降水具有极端性和不稳定性特点，虽然年降水量不大，但日最大降水量占全年总降水量的比重较大，尤其是短时强降水天气的发生几率很高，短历时暴雨灾害的风险较大。因此在建筑格局设计时，在地势低洼处及景观湖等地方应考虑防护措施，在进行排水管网的设计时适当考虑增大管径，观测场及建筑物设计时应垫高重点区域地基，产业园区内增加排涝设备，减少内

涝被淹的风险。

（2）根据乌海气象站资料计算，该地区雷击大地密度为 1.73 次/km^2，比闪电监测系统统计数据 0.11 次/km^2 要大，雷击风险较高，雷电活动在 6～10 月发生频率高，高发时段为下午 13 时，因此该时段要密切关注雷暴可能造成的影响，如人员伤亡、设备损坏等。

（3）海勃湾产业园周边地区极端最高（最低）气温在整个地区均属于中等水平，设计时需要加强建筑物及相关设施的采暖通风条件，运营时注意高温时段的防暑降温以及冬季采暖期的保温工作，避免产生不良影响。

（4）海勃湾产业园周边地区历史上发生过暴雨洪涝、雷电、大风、干旱、沙尘暴、冰雹、暴雪、低温冰冻等气象灾害，造成了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：报告从气象角度为海勃湾产业园不同阶段提出的对策意见详细参见表 8.2-1 至表 8.2-3。

8.4 适用范围及建议

1.本报告适用于海勃湾产业园内规划入驻的常规项目，当论证区域发生调整时需要重新开展相关区域的气候可行性论证工作。

2.论证的区域规划和建设项目对局地气候可能产生重大影响，需要开展现场测试模拟等专题研究。

3.入驻园区的项目属于特殊工程或交通、水利、能源、化工、电力等领域的重大工程时，应结合实际需要，另列专题进行气候可行性论证。

参考文献

[1]杨浩,王子羿,王婧,孟娜.京津冀城市群土地利用变化对热环境的影响研究[J]. 自然资源学报,2018,33(11):1912-1925.

[2]王晓默,张雅昕,董宁.近 30 年城市化建设对济宁区域气候的影响[J].山东农业大学学报(自然科学版),2015,46(5):715-720.

[3]江斯达,占文凤,杨俊,等.局地气候分区框架下城市热岛时空分异特征研究进展[J].地理学报,2020,75(9):1860-1878.

[4]胡庆芳,张建云,王银堂,等.城市化对降水影响的研究综述[J].水科学进展,2018,29(01):138-150.

[5] 江琪,银燕,单云鹏,等.人为气溶胶对地形云降水的影响—以黄山地区为例[J].大气科学学报,2014,37(4):405-413.

[6]史军,梁萍,万齐林,等.城市气候效应研究进展[J].热带气象学报,2011,27(06):942-951.

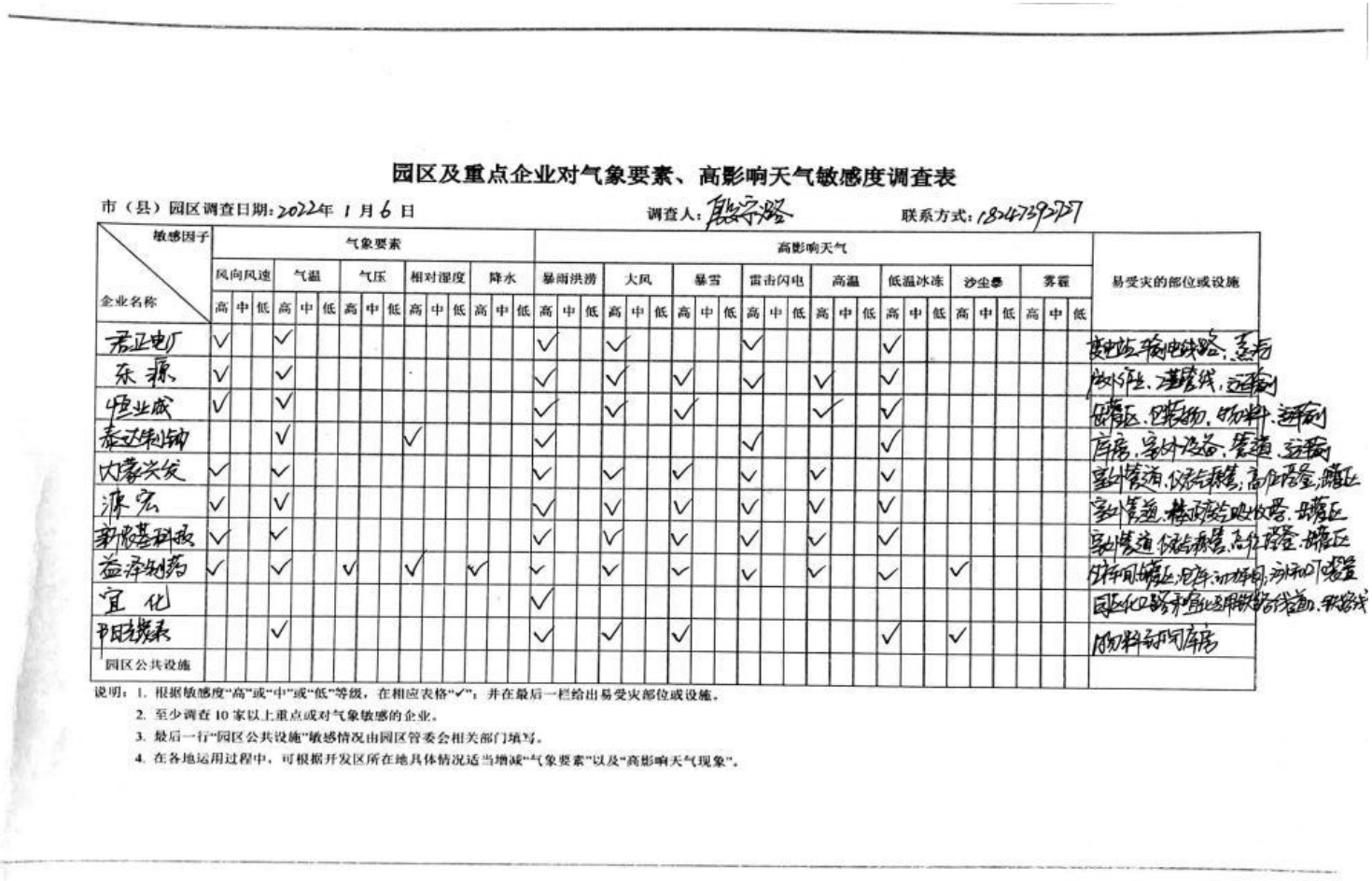
[7]朱斯坦.城市建筑空间风场形态研究[D].武汉大学,2015.

附录 1 海勃湾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
1985 年	暴雨洪涝	乌达区	1985 年乌达地区降大暴雨，乌尔特沟铁路（399k+575m）出发生水害事故，造成列车颠覆，中断 18 小时，机车大破 2 节，车辆报废 6 辆，重伤 1 人，轻伤 6 人，路轨损坏 65 米，货物损失 11.38 万元；三道坎扬水站被洪水冲走 3 台电机，1 台水泵，20 米输水铸铁管及配电盘等设备，400 亩林地失灌；乌尔特沟冲走 1 人。
1995 年 7 月 13 日	暴雨洪涝	乌达区	乌达区苏海图沟暴发山洪，使乌达矿务局发电厂机组停运 36 小时。
1996 年 4 月	低温	乌达区	气温偏低。13.3 公顷矮化苹果树；4.8 公顷花芽遭受冷冻，经济损失 25.4 万元。
1996 年	干旱	乌达区	黄河主河道东移，扬水脱位，农作物不能如数浇灌造成：1、乌达农场 86 公顷小麦、蔬菜受旱经济损失 27.2 万，减产粮食 136 吨。2、小麦欠浇水 4 次，60 公顷成灾，43 公顷绝收，经济损失 39 万元
2002 年 6 月 7 日至 6 月 8 日	暴雨、大风	乌达区	乌达区乌兰乡、桥西镇因暴风雨袭击，共受灾面积 4246 亩，直接经济损失 316.19 万元。其中：小麦倒伏 890 亩，玉米、甜高粱、小番茄等绝收 1970 亩，中甘、葡萄、苹果、梨、蜜瓜等减产 1266 亩，毁坏温室、棚膜 120 亩。
2003 年 7 月 5 日至 7 月 6 日	冰雹	乌达区	乌达桥西镇 836 亩农田受灾，直接经济损失 44.2 万元，其中 780 亩玉米、油葵减产，经济损失 10.2 万元，56 亩温室大棚受到不同程度破坏，经济损失 43 万元。
2004 年 5 月 2 日至 5 月 3 日	低温冰冻	乌达区	乌达区受灾面积 8238.7 亩，成灾面积 6591 亩，受灾人口 1282 户、4607 人，成穴人口 1090 户、3916 人，直接经济损失 875.6 万元
2004 年 8 月 18 日	暴雨、冰雹	乌达区	乌达区乌兰乡 5 个行政村、桥西镇 4 个行政村和银星农场全部受灾，受灾农户 1675 户、5843 人，受灾面积 11369 亩，绝收面积达到 50%，其中：玉米 9192 亩、温室棚膜 575 亩，1602 亩果树及其它农作物受灾，为迎"两会"准备的 4 万盆花卉也全部受损，造成直接经济损失 1633.7 万元。
2005 年	干旱	乌达区	2005 年，乌达区发生严重旱灾，直接经济损失 91.6 万元。
2010 年 4 月 24 日至 4 月 25 日	沙尘暴和低温冰冻	乌达区	乌达区乌兰淖尔镇日光温室种植的蔬菜等农作物受灾严重，多处温室倒塌损坏，基础设施不同程度受损，受灾农户 132 户、446 人，受灾面

			积 394.5 亩，其中，绝收 72 亩，直接经济损失 302.04 万元，其中，农业损失 150 万元，基础设施损失 152.04 万元。
2010 年 7 月 29 日	高温干旱	乌达区	今年 6 月份以来，我区持续干旱，气温偏高，连续 4 个多月无有效降雨，大部分的玉米，葵花、蔬菜、葡萄等类农作物不同程度受灾，对全区农业生产和人民生活造成了影响。据统计：全区受灾户数 840 户，受灾人数 3290 人，受灾面积 772.5 公顷，农作物成灾面积 567.4 公顷，农作物绝收面积 12.8 公顷，直接经济损头 475.4 万元，农业经济损失 475.4 万元。
2011 年 6 月	高温干旱	乌达区	经统计：全区受灾人数 372 人，农作物受灾面积 14 公顷，农作物成灾面积 14 公顷，经测算：直接经济损失 30 万元，（农业经济损失 30 万元）
2013 年 7 月 21 日	大风	乌达区	2013 年 7 月 21 日，受大风影响，泽园社区新村和北村的 15 栋 18 亩温室棚膜刮破部分棚架倒塌，10 亩温室作物生长不同程度受损，5 亩温室的种苗无法正常种植，直接经济损失达 4.3 万元，间接经济损失达 12 万元。因部分温室农作物正处于夏茬生长高产期和秋茬苗木生长初期，给温室生产带来损失。
2018 年 7 月 19 日	暴雨	乌达区	乌达区三道坎街道、巴音赛街道、新达街道、五虎山街道分散转移安置 10 人，倒损房屋 12 户 13 间（其中倒塌房屋 2 户 2 间，严重损坏房屋 6 户 7 间，一般损坏房屋 4 户 4 间），乌兰淖尔镇 4 栋温室受损导致农作物 0.25 公顷受灾，共 40 人受灾，直接经济损失 47.5 万元（其中农业损失 0.5 万元，基础设施损失 30 万元，家庭财产损失 17 万元）。
2018 年 8 月 31 日 23 时至 9 月 1 日 16 时	暴雨	乌达区	海勃湾区受灾 751 人，其中： 因灾死亡 3 人，转移安置 17 户 41 人，倒损房屋 88 户 94 间，其中倒塌房屋 12 户 18 间（含倒塌农房 12 户 18 间），一般损坏房屋 76 户 76 间（含一般损坏农房 76 户 76 间）。死亡大牲畜 20 头，死亡羊 60 只。农作物受灾面积 21 公顷，成灾面积 21 公顷（含绝收面积 20 公顷 ），主要作物为玉米、西瓜、蔬菜，直接经济损失 579 万元（其中：农业损失 40 万元，家庭财产损失 539 万元）。

附录 2 气象要素、高影响天气敏感度调查表



园区及重点企业对气象要素、高影响天气敏感度调查表

市（县）园区调查日期：2022年 1 月 6 日　　调查人：[illegible]　　联系方式：[illegible]

敏感因子 / 企业名称	气象要素															高影响天气																								易受灾的部位或设施
	风向风速			气温			气压			相对湿度			降水			暴雨洪涝			大风			暴雪			雷击闪电			高温			低温冰冻			沙尘暴			雾霾			
	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低	
君正电厂	√			√												√			√						√						√									变电站、输电线路、基础
东源	√			√												√			√			√			√			√			√									做饭产生、灌溉线、运输到
中业成	√			√												√			√			√						√			√									设备区、包装物、物料、运输到
泰达制钠				√						√						√									√						√									库房、室外设备、管道、运输到
内蒙兴发	√			√												√			√			√			√			√			√									室外管道、仪表车辆等、高位设备、储罐区
源宏	√			√												√			√			√			√			√			√									室外管道、梯形结构收料、出料区
蒙西基科技	√			√												√			√			√			√			√			√									室外管道、仪表车辆等、高位设备、储罐区
益海制药	√			√			√			√			√			√			√			√			√			√			√			√						分布同储罐区、包装、加料间、运输到、设备
宜化																√																								园区仓储和自己用做的管道、供应线
中日发展				√												√			√			√									√			√						物料到厂库房
园区公共设施																																								

说明：1. 根据敏感度“高”或“中”或“低”等级，在相应表格“✓”；并在最后一栏给出易受灾部位或设施。
2. 至少调查 10 家以上重点或对气象敏感的企业。
3. 最后一行“园区公共设施”敏感情况由园区管委会相关部门填写。
4. 在各地运用过程中，可根据开发区所在地具体情况适当增减“气象要素”以及“高影响天气现象”。

敏感度调查样表

附录 3 区域雷电灾害风险评估方法

附录 3.1 评估资料和流程

3.1.1 资料

①评估单位进行雷电灾害风险评估时，需收集包括但不限于以下资料：

评估对象的建设方案、设计规划和使用性质等背景资料；

评估对象的可行性研究报告、地质勘查报告、环境影响评价报告等规划资料；

评估对象的总平面图、地形图、工程设计图或施工图等图纸资料；

评估对象所在地地理、地质、土壤、水文资料；

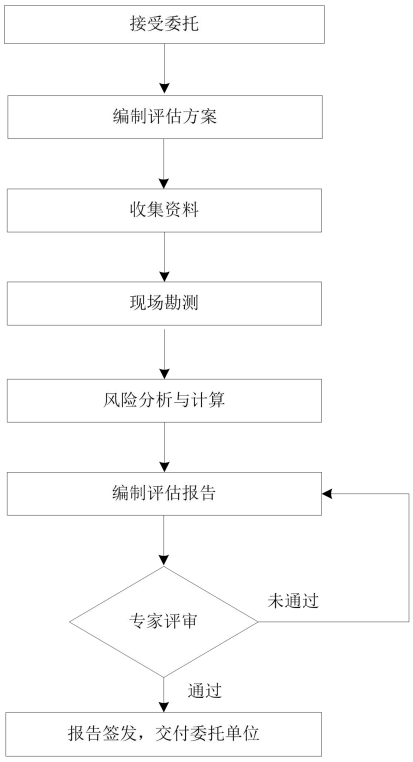
评估对象所在地雷暴观测、闪电定位、大气电场和雷电灾害等气象资料；

评估对象的雷电防护、雷电灾害应急预案以及维护等防雷管理资料。

②雷电灾害风险评估单位使用的雷暴观测资料宜收集当地气象观测站近 30 年逐日雷暴观测数据，闪电定位、大气电场资料宜收集近 5 年的地闪定位资料，雷电灾害宜收集近 20 年雷电灾情资料，以上气象资料应当使用符合国家气象技术标准的气象资料。

3.1.2 流程

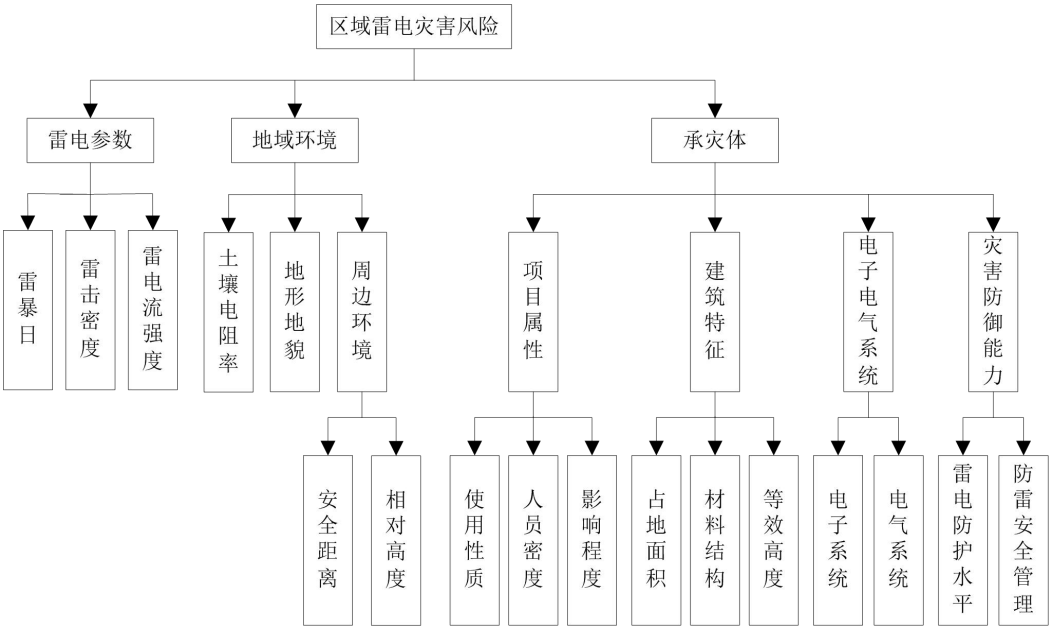
评估流程见附图3.1-1。



附图 3.1-1 区域风险评估流程

附录 3.2 风险指标

风险指标的构成由雷电参数、地域环境和承灾体构成，见附图 3.2-1。



附图 3.2-1 区域风险评估指标因子

附录 3.3 评估方法

3.3.1 子区域划分

①划分原则

当评估区域内雷电参数、地域环境、承灾体存在明显差异时，评估区域宜划分成不同的子区域。

②划分因素

雷电参数；

地域环境；

项目属性；

灾害防御能力。

注：只有占地面积大于 5 平方公里的评估项目才需考虑“雷电参数”的差异；只有已建项目才需考虑“灾害防御能力”的差异。

3.3.2 风险计算方法

①风险指标分类

风险指标分为定性指标和定量指标两大类。定性指标有地形地貌、安全距离、相对高度、使用性质、

影响程度、材料结构、电子系统、电气系统、区域雷电防护水平、区域防雷安全管理。

定量指标又分为极小型指标和极大型指标两种，其中雷暴日、雷击密度、雷电流强度、人员密度、建筑密度、等效高度为极小型指标，土壤电阻率为极大型指标。

②评估指标隶属度计算

Ⅰ.定性指标隶属度的确定

定性指标隶属度的确定方法是将资料收集、现场勘测后的具体情况与该定性指标的分级标准相比较，当其符合某一个危险等级的描述，则说明该指标完全隶属于该危险等级，即隶属度=1。

Ⅱ.定量指标隶属度的计算

各定量指标隶属度应分别按照极小型或极大型指标隶属度公式计算。指向同一上层指标的各子指标隶属度构成隶属度矩阵 R 。

③综合评估

区域雷电灾害风险评估综合评估基本公式见公式（1），其权重大小可根据层次分析法确定。

$$B = W \cdot R = (w_1, w_2, \cdots, w_{\mathrm{m}}) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{25} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{m5} \end{bmatrix} = [b_1, b_2, b_3, b_4, b_5] \quad \text{.....(1)}$$

式中：

B ——评估指标的隶属度向量；

W ——评估指标的权重向量；

R ——评估指标的隶属度矩阵。

④评估结果计算

通过多级综合评估，由第四层指标向第一层指标逐级计算得出“雷电灾害区域风险”的隶属度向量。通过加权平均的方法量化得到综合评估结果g值：

$$g = b_1 + 3 \times b_2 + 5 \times b_3 + 7 \times b_4 + 9 \times b_5 \quad \text{.....(2)}$$

式中：

b_1 ——目标与评估等级Ⅰ的隶属度；

b_2 ——目标与评估等级Ⅱ的隶属度；

b_3 ——目标与评估等级Ⅲ的隶属度；

b_4 ——目标与评估等级Ⅳ的隶属度；

b_5 ——目标与评估等级Ⅴ的隶属度。

⑤风险等级判定

根据综合评估结果g值，按照附表1进行风险等级判定。

附表 3.3-1 雷电灾害区域风险分级标准

危险等级	说 明
	综合评价用 g 表示，g 值越小代表区域内项目雷击致灾风险越低，g 值越大代表区域内项目雷击致灾风险越高，g 值区间[0，10]。
Ⅰ级	综合评价 0≤g＜2，低风险
Ⅱ级	综合评价 2≤g＜4，较低风险
Ⅲ级	综合评价 4≤g＜6，中等风险
Ⅳ级	综合评价 6≤g＜8，较高风险
Ⅴ级	综合评价 8≤g≤10，高风险

附录 4 极值推算方及拟合适度检验方法

附录 4.1 极值 I 型分布

极值 I 型分布函数：

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

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：

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

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

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

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：

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

由（6）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）：$\sigma^2=\frac{C^2}{a^2}$，式中$C=\frac{\pi}{\sqrt{6}}=1.28255$

因此：

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

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

计算出序列的平均值和标准差作为参数而$E(x)$和α的估计值，计算出参数$\hat{\alpha}$、$\hat{u}$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。

附录 4.2 广义极值分布

广义极值分布的分布函数为：

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

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

式中：α是尺度参数；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$x_{1:n} \leq x_{2:n} \leq \cdots \leq x_{n:n}$，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：

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

附录 4.3 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。

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

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：$x_1^* \le x_2^* \le \cdots \le x_m^* \le \cdots x_n^*$

则$F_n^*(x) = \frac{m}{n+1}$。

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最大值。取信度为 0.05，查表可得相应值。只要$K_f < 1.35$，则认为样本序列服从该型概率分布。

附录5 权重大小确定方法

熵是系统无序程度的度量，可以用于度量已知数据所包含的有效信息量和确定权重。通过对“熵”的计算确定权重，就是根据各项指标值的差异程度，确定各指标的权重。当评价对象的某项指标值相差较大时，熵值较小，说明该指标提供的有效信息量较大，其权重也应较大；反之，若某项指标值相差较小，熵值较大，说明该指标提供的信息量较小，其权重也应较小。当各被评价对象的某项指标值完全相同时，熵值达到最大，这意味着该指标无有用信息，可以从评价指标体系中去除。

1 原始数据矩阵归一化

设m个评价指标n个评价对象的原始数据矩阵为$A = (a_{ij})_{m\times n}$，对其归一化后得到$R = (r_{ij})_{m\times n}$，对大者为优的指标而言，归一化公式为：

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min\limits_j\{a_{ij}\}}{\max\limits_j\{a_{ij}\} - \min\limits_j\{a_{ij}\}} \quad (1)$$

而对小者为优的指标，归一化公式为：

$$r_{ij} = \frac{\max\limits_j\{a_{ij}\} - a_{ij}}{\max\limits_j\{a_{ij}\} - \min\limits_j\{a_{ij}\}} \quad (2)$$

2 定义熵

在有m个指标、n个被评价对象的评估问题中，第i个指标的熵为 $h_i = -k\sum_{j=1}^{n} f_{ij} lnf_{ij}$ ，式中

$f_{ij} = r_{ij} / \sum_{j=1}^{n} r_{ij}$ ，其中，$k = 1/lnn$，当$f_{ij} = 0$时，令$f_{ij} lnf_{ij} = 0$，求得f_{ij}的值。

3 定义熵权

定义了第i个指标的熵之后，可得到第i个指标的熵权：

$$w_i = \frac{1 - h_i}{m - \sum_{i=1}^{m} h_i} (0 \le w_i \le 1, \sum_{i=1}^{m} w_i = 1) \quad (2)$$