

海口综保区

日免仓一期仓库二设施安全提升建设项目

可行性研究报告



CFPD

海南省建设项目规划设计研究院有限公司

二〇二六年八月



海口综保区

日免仓一期仓库二设施安全提升建设项目

可行性研究报告

法定代表人：谭玉平

审 定 人：黄 灏 高 级 经 济 师
审 核 人：王 振 藩 高 级 工 程 师（投 资）

项目 负责人：陈 天 佳 高 级 工 程 师

编 写 人 员：陈 飞 咨 询 工 程 师（投 资）

武俊华 一 级 注 册 建 筑 师
马文野 一 级 注 册 结 构 师
冯晓笑 高 级 工 程 师
吴 彤 注 册 电 气 工 程 师
李红燕 高 级 工 程 师
陈天佳 注册公用设备工程师（给排水）
孙臣福 注册公用设备工程师（暖通空调）
王琼菲 咨 询 工 程 师（投 资）

海南省建设项目规划设计研究院有限公司

二〇二六年八月



工程咨询单位甲级资信证书

单位名称：海南省建设项目规划设计研究院有限公司

住所：海南省海口市海府一横路七号美舍大厦

统一社会信用代码：914600002937050978

法定代表人：谭玉平

技术负责人：王卫超

资信等级：甲级

资信类别：专业资信

业务：电子、信息工程(含通信、广电、信息化)，农业、林业，公路，建筑，市政公用工程，其他（旅游工程）

证书编号：甲262024011082

有效期：2024年07月01日至2027年06月30日



证书查询

发证单位：中国工程咨询协会



工程咨询单位甲级资信证书

单位名称：海南省建设项目规划设计研究院有限公司

住所：海南省海口市海府一横路七号美舍大厦

统一社会信用代码：914600002937050978

法定代表人：谭玉平

技术负责人：王卫超

资信等级：甲级

资信类别：综合资信

业务：所有专业规划咨询和评估咨询

证书编号：甲262024031082

有效期：2024年07月01日至2027年06月30日



证书查询

发证单位：中国工程咨询协会



ZHONGGUO GONGCHENG ZIXUNXIEHUI

ZHONGGUO GONGCHENG ZIXUNXIEHUI

信用评价等级证书

海南省建设项目规划设计研究院有限公司

兹评定工程咨询单位信用等级为：

AAA级



证书编号：202511260005

有效期：2025-11-24至2028-12-31



中国工程咨询协会对本次信用评价所做的任何决定或意见，均不表明其对本单位的信用状况做出实质性判断或者保证。

本证书只证明工程咨询单位在有效期内的信用状况，不作他用。

ZHONGGUO GONGCHENG ZIXUNXIEHUI

ZHONGGUO GONGCHENG ZIXUNXIEHUI



质量管理体系认证证书

证书编号: 00223Q21979R3M

兹证明

海南省建设项目规划设计研究院有限公司

统一社会信用代码: 914600002937050978
住所: 海南省海口市海府一横路七号美食大厦

与其他场所共同构成的单一管理体系符合
GB/T 19001-2016/ISO 9001:2015

覆盖的范围

建设项目的工程咨询、评估咨询、全过程工程咨询、全过程项目管理、规划、设计(市政给排水、道路工程, 水利灌溉排涝工程、风景园林工程、建筑工程、设施农业工程)、土地、房地产评估咨询

覆盖的各场所及认证范围见附件

(本证书信息可在国家认证认可监督管理委员会官方网站 www.cnca.gov.cn 或方圆标志认证集团官方网站 www.cqma.com.cn 查询。本证书的有效性依赖于获证组织《确认证书》用以证实本证书的持续有效性。)

生效日期: 2023 年 04 月 20 日
有效期至: 2026 年 10 月 19 日

签发人:



中国认可
国际互认
管理体系
MANAGEMENT SYSTEM
CNAS C002-M



Member of
IQNET

方圆标志认证集团
China Quality Mark Certification Group

CHINA

北京中轴线设计研究院 电话: 010-84110400 网站: <http://www.cqma.com.cn>
Address: No. 11, Zongwang Road, Haidian District, Beijing, 101300, China

 China Quality Mark				
环境管理体系认证证书				
证书编号: 00223E31288R1M				
兹证明				
海南省建设项目规划设计研究院有限公司				
统一社会信用代码: 914600002937050978 住所: 海南省海口市海府一横路七号美舍大厦				
与其他场所共同构成的单一管理体系符合 GB/T 24001-2016/ISO 14001:2015				
覆盖的范围				
建设项目的工程咨询、评估咨询、全过程工程咨询、全过程项目管理、规划、设计(市政给排水、道路工程, 水利灌溉排涝工程、风景园林工程、建筑工程、设施农业工程)、土地、房地产评估咨询				
覆盖的各场所及认证范围见附件				
(本证书信息可在国家认证认可监督管理委员会官方网站 www.cnca.gov.cn 或方圆标志认证集团官方网站 www.cqmc.com.cn 查询, 年度监督审核的《确认证书》用以证实本证书的持续有效性。)				
生效日期: 2023 年 04 月 20 日				
有效期至: 2026 年 10 月 19 日				
签发人: _____				
		中国认可 国际互认 管理体系 MANAGEMENT SYSTEM CNAS C002-M		Member of 
方圆标志认证集团 China Quality Mark Certification Group				
CHINA _____				
地址: 北京市海淀区中关村大街 118 号 11 层 1101 室 Address: No. 118, Zhongguang Road, Haidian District, Beijing, P.R. China				

AA 0014806



职业健康安全管理体系认证证书

证书编号: 00223S21195R1M

兹证明

海南省建设项目规划设计研究院有限公司

统一社会信用代码: 914600002937050978
住所: 海南省海口市海府一横路七号美舍大厦

与其他场所共同构成的单一管理体系符合
GB/T 45001-2020/ISO 45001:2018

覆盖的范围

建设项目的工程咨询、评估咨询、全过程工程咨询、全过程项目管理、规划、设计(市政给排水、道路工程, 水利灌溉排涝工程、风景园林工程、建筑工程、设施农业工程)、土地、房地产评估咨询

覆盖的各场所及认证范围见附件

(本证书信息可在国家认证认可监督管理委员会官方网站 www.cnca.gov.cn 或方圆标志认证集团官方网站 www.cqmc.com.cn 查询, 年度监督审核合格《确认证书》用以证明本证书的持续有效性。)

生效日期: 2023年04月20日

有效期至: 2026年10月19日

签发人:



中国认可
国际互认
管理体系
MANAGEMENT SYSTEM
CNAS C002-M



Member of
IQNET

方圆标志认证集团
China Quality Mark Certification Group

CHINA

Q 北京市海淀区技术路10号 电话: 88411388 网站: <http://www.cqmc.com.cn>
Address: No.10, Jingshi Road, Haidian District, Beijing, P.R.China

海 南 省 建 设 项 目 规 划 设 计 研 究 院 有 限 公 司

地址：海南省海口市海府一横路 7 号美舍大厦 邮编：570203

质量投诉电话：0898-65388202 编制处室电话：0898-65209300

院总值班电话：0898-65362926 传真：0898-65327510

[http:// www.hainanbiz.com](http://www.hainanbiz.com) Email: cppd@hainanbiz.com

目 录

第一章 概述..... - 1 -

1.1 项目概况..... - 1 -

1.1.1 项目名称..... - 1 -

1.1.2 项目建设目标和任务..... - 1 -

1.1.3 项目建设地点..... - 2 -

1.1.4 建设内容和规模..... - 3 -

1.1.5 建设工期..... - 5 -

1.1.6 投资规模和资金来源..... - 5 -

1.1.7 建设模式..... - 5 -

1.1.8 主要技术经济指标..... - 5 -

1.1.9 绩效目标..... - 6 -

1.2 项目单位概况..... - 7 -

1.3 编制依据..... - 8 -

1.3.1 法律法规..... - 8 -

1.3.2 政策文件..... - 8 -

1.3.3 技术规范和标准..... - 9 -

1.3.4 规划文件..... - 9 -

1.3.5 基础资料..... - 9 -

1.4 主要结论和建议..... - 9 -

1.4.1 必要性和紧迫性结论..... - 9 -

1.4.2 技术方案可行性结论..... - 11 -

1.4.3 投资规模合理性结论..... - 11 -

1.4.4 建议..... - 11 -

第二章 项目建设背景和必要性..... - 13 -

2.1 项目建设背景	13 -
2.1.1 宏观与自贸港发展背景	13 -
2.1.2 海口综合保税区发展背景	13 -
2.1.3 项目提出的直接背景	14 -
2.1.4 前期工作进展	15 -
2.2 规划政策符合性	15 -
2.2.1 经济社会发展规划衔接	15 -
2.2.2 区域规划衔接	15 -
2.2.3 国土空间规划符合性	16 -
2.2.4 产业政策符合性	16 -
2.2.5 海南自贸港政策符合性	16 -
2.2.6 扩大内需等政策符合性	16 -
2.2.7 双碳目标符合性	17 -
2.3 项目建设必要性	17 -
2.3.1 重大战略与规划层面	17 -
2.3.2 产业政策层面	17 -
2.3.3 经济社会发展层面	18 -
2.3.4 项目单位履职层面	18 -
2.3.5 建设时机层面	19 -
第三章 项目需求分析与产出方案	20 -
3.1 需求分析	20 -
3.1.1 保税仓储行业发展现状与趋势	20 -
3.1.2 现有设施状况与问题分析	20 -
3.1.3 项目功能定位与目标	21 -
3.1.4 需求总量及结构	23 -

3.2 建设内容和规模.....	23 -
3.2.1 总体布局.....	23 -
3.2.2 主要建设内容.....	23 -
3.2.3 改造适宜性评价与修缮界面分析.....	26 -
3.3 项目产出方案.....	27 -
3.3.1 产出能力及质量标准.....	27 -
3.3.2 项目建设内容及产出合理性评价.....	28 -
第四章 项目选址与要素保障.....	29 -
4.1 项目选址.....	29 -
4.1.1 选址原则.....	29 -
4.1.2 项目场址现状.....	29 -
4.1.3 土地权属及供地方式.....	30 -
4.1.4 土地利用状况.....	31 -
4.1.5 选址合理性分析.....	31 -
4.2 项目建设条件.....	31 -
4.2.1 自然环境条件.....	31 -
4.2.2 交通运输条件.....	32 -
4.2.3 公用工程条件.....	32 -
4.2.4 施工条件.....	32 -
4.2.5 现有设施条件分析.....	33 -
4.3 要素保障分析.....	33 -
4.3.1 土地要素保障.....	33 -
4.3.2 资源环境要素保障.....	33 -
4.3.3 水电气等要素保障.....	33 -
4.3.4 要素保障方案综合评价.....	33 -

第五章 项目建设方案.....	34 -
5.1 技术方案.....	34 -
5.1.1 技术目标.....	34 -
5.1.2 技术来源及实现路径.....	34 -
5.1.3 核心技术方案.....	34 -
5.1.4 核心技术指标.....	36 -
5.1.5 技术方案比选.....	37 -
5.2 设备方案.....	39 -
5.2.1 主要材料及设备选型.....	39 -
5.2.2 材料及设备性能参数.....	43 -
5.2.3 材料及设备来源.....	44 -
5.2.4 材料及设备与技术方案的匹配性.....	45 -
5.3 工程方案.....	47 -
5.3.1 工程建设标准.....	47 -
5.3.2 工程总体布置.....	49 -
5.3.3 金属屋面天沟改造方案.....	51 -
5.3.4 金属屋面山墙墙面改造方案.....	54 -
5.3.5 金属屋面屋脊改造方案.....	57 -
5.3.6 金属屋面天窗风机改造方案.....	60 -
5.3.7 金属屋面改造方案.....	62 -
5.3.8 外墙镀锌钢板增加方案.....	67 -
5.3.9 屋面排水系统改造方案.....	69 -
5.3.10 室外工程改造方案.....	70 -
5.3.11 施工期临时防护方案.....	74 -
5.3.12 外部运输方案.....	75 -

5.3.13 配套工程方案	76 -
5.3.14 建筑结构加固方案	78 -
5.3.15 货梯加装方案	79 -
5.3.16 装修工程	81 -
5.3.17 给排水及消防设施现状与改造方案	81 -
5.3.18 防排烟系统改造方案	82 -
5.3.19 工程量汇总	83 -
5.4 数字化方案	87 -
5.5 建设管理方案	87 -
5.5.1 建设管理模式	87 -
5.5.2 质量和安全管理	87 -
5.5.3 招标方案	87 -
5.5.4 工期安排	87 -
第六章 项目运营方案	89 -
6.1 运营模式选择	89 -
6.1.1 运营模式分析	89 -
6.1.2 运营模式确定	89 -
6.2 运营组织方案	91 -
6.2.1 组织机构设置	91 -
6.2.2 人力资源配置	92 -
6.2.3 员工培训计划	92 -
6.2.4 合规管理措施	93 -
6.3 安全保障方案	94 -
6.3.1 危险因素分析	94 -
6.3.2 安全管理体系	94 -

6.3.3 安全防范措施.....	95 -
6.3.4 应急管理预案.....	96 -
6.4 绩效管理方案.....	97 -
6.4.1 绩效指标体系.....	97 -
6.4.2 绩效管理机制.....	97 -
6.5 小结.....	98 -
第七章 项目投融资与财务方案.....	99 -
7.1 投资估算.....	99 -
7.1.1 投资估算编制依据.....	99 -
7.1.2 投资估算编制范围.....	99 -
7.1.3 项目总投资估算.....	99 -
7.1.4 资金筹措.....	100 -
7.2 盈利能力分析.....	104 -
7.3 融资方案.....	104 -
7.3.1 资金来源方案.....	104 -
7.3.2 资金管理方案.....	104 -
7.4 债务清偿能力分析.....	105 -
7.5 财务可持续性分析.....	106 -
7.6 小结.....	106 -
第八章 项目影响效果分析.....	107 -
8.1 经济影响分析.....	107 -
8.1.1 项目经济费用分析.....	107 -
8.1.2 项目直接经济效益.....	107 -
8.1.3 对宏观及区域经济影响.....	108 -
8.1.4 国有资产保值增值效益.....	108 -

8.2 社会影响分析	108 -
8.2.1 利益相关者综合影响	108 -
8.2.2 就业带动效应	109 -
8.2.3 优化营商环境，强化招商竞争力	109 -
8.2.4 消除安全隐患，保障公共安全	109 -
8.2.5 支撑自贸港战略落地，发挥公共服务价值	110 -
8.3 生态环境影响分析	110 -
8.3.1 施工期环境影响及管控措施	110 -
8.3.2 运营期生态环境正向改善	111 -
8.3.3 区域生态无负面影响	111 -
8.4 资源和能源利用效果分析	111 -
8.4.1 土地资源节约利用	111 -
8.4.2 建材资源循环与节约	112 -
8.4.3 能源节约成效显著	112 -
8.5 碳达峰碳中和分析	112 -
8.5.1 建设期碳排放及抵消方案	112 -
8.5.2 运营期持续性碳减排	112 -
8.6 小结	113 -
第九章 项目风险管控方案	114 -
9.1 风险识别与评价	114 -
9.1.1 需求风险	114 -
9.1.2 建设风险	114 -
9.1.3 运营风险	114 -
9.1.4 财务风险	115 -
9.1.5 自然风险	115 -

9.1.6 社会风险	- 115 -
9.1.7 风险评价矩阵	- 115 -
9.2 风险管控方案	- 116 -
9.2.1 风险防范措施	- 116 -
9.2.2 社会稳定风险分析	- 118 -
9.2.3 风险转移方案	- 118 -
9.3 风险应急预案	- 119 -
9.3.1 应急组织体系	- 119 -
9.3.2 应急处置流程	- 119 -
9.3.3 应急演练要求	- 120 -
9.4 小结	- 120 -
第十章 研究结论及建议	- 121 -
10.1 主要研究结论	- 121 -
10.1.1 建设必要性结论	- 121 -
10.1.2 要素保障性结论	- 121 -
10.1.3 工程可行性结论	- 122 -
10.1.4 运营有效性结论	- 122 -
10.1.5 财务合理性结论	- 122 -
10.1.6 影响可持续性结论	- 123 -
10.1.7 风险可控性结论	- 123 -
10.1.8 项目可行性综合评价	- 123 -
10.2 问题与建议	- 124 -
10.2.1 需要重点关注的问题	- 124 -
10.2.2 相关建议	- 124 -

第一章 概述

1.1 项目概况

1.1.1 项目名称

项目名称：海口综保区日免仓一期仓库二设施安全提升建设项目

项目类型：政府投资修缮改造类项目

建设性质：改建

1.1.2 项目建设目标和任务

1.建设目标

项目总体目标为通过系统性修复改造，降低金属屋面系统性渗漏风险，消除安全隐患，恢复仓库正常使用功能，提升仓储设施品质，支撑海口综保区保税物流业务发展，服务海南自贸港建设。具体目标包括：

（1）功能恢复：屋面防水等级达到《建筑与市政工程防水通用规范》（GB55030-2022）I级标准，恢复丙类高层物流仓库防水、防潮核心功能，保障存储货物安全。

（2）安全保障：消除钢结构锈蚀、电气受潮等安全隐患，达到现行建筑安全使用标准，杜绝次生安全生产事故。

（3）品质提升：采用先进金属屋面技术，使改造后仓库在防水、抗风、节能、耐久等方面达到国内同类保税仓库先进水平，增强园区招商竞争力。

（4）服务发展：满足意向入驻企业高标准仓储需求，支撑园区进出口贸易增长与招商扩量。

（5）长效管理：建立金属屋面长效运维机制，制定巡检、检测、预防性维护体系，延长屋面使用寿命，降低全生命周期成本。

2. 建设任务

（1）完成屋面现状检测诊断，查明渗漏原因、损坏程度与范围，形成专业检测报告，为改造方案提供技术依据。

（2）实施金属屋面系统叠加改造：保留原有结构基层，局部处置破损部位后，增设转换檩条体系，叠加安装加强型直立锁边铝镁锰金属屋面；屋面系统满足《海南省金属屋面技术标准》相关要求，且抗风揭能满足《海南省金属屋面技术标准》相关要求。

（3）实施外墙系统修缮：修补基层缺陷，提升外墙防水密封与抗风耐腐蚀性能。

（4）建筑结构加固补强：针对叠加屋面、新增外墙带来的荷载增量，对屋面檩条、钢梁、外墙连接节点等进行加固补强，满足现行结构安全规范。

（5）实施坡道标线施划与照明加装、建筑结构加固、货梯加装工程，同步提升仓储作业效率与安全水平。

（6）建立健全质量安全管理体系，严格执行工程建设强制性标准，实现零质量事故、零安全事故目标。

1.1.3 项目建设地点

项目位于海南省澄迈县老城镇老城经济开发区南一环路 69 号，海口综合保税区（老城片区）已建成仓储物流区日免仓一期红线范围内。场地平整硬化，道路、管网等基础设施配套完善，施工需符合保税区特殊管控要求，做好人员、车辆、物资通关管理。



图 1-1 区位图

1.1.4 建设内容和规模

1. 建设内容

本次改造采用既有屋面提质叠加改造+结构性能提升+仓储功能配套升级的建设模式，改造建筑总面积约 32835 m²，不对原有屋面系统整体拆除，新增叠加铺设新型金属屋面体系，实现屋面防水、防风、

防渗、排水系统整体性能升级；同步实施仓库主体结构加固和外墙系统整体提质升级工程，全面提升建筑结构荷载能力、安全储备及整体耐久性能；新增标准化排烟系统、加装货运电梯并完善配套附属工程。

（1）原项目改造工程：包括原屋面及墙面（两者总面积约 26078 m²）挖孔后生根点位置修补，结构生根点位置防火防腐涂料修补。

（2）金属屋面叠加工程：保留原有结构基层，局部拆除破损面层、失效防水层，修复补强完好基层后，增设转换檩条体系，叠加安装加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统，主要包括改造铝镁锰金属屋面 13901.25 m²，抗风设施，屋面屋脊，排水系统，通风天窗等。

（3）建筑结构加固补强：针对叠加屋面、新增外墙带来的荷载增量，对屋面檩条、钢梁、外墙连接节点等进行加固补强，满足现行结构安全规范。

（4）外墙系统修缮升级：清除外墙损坏面层，修补基层缺陷，新增镀锌钢板 12177.14 m²，完善防水密封构造，提升外墙耐久性能。

（5）排烟系统工程（新增）：为严格落实消防安全管理规范，有效防范和处置仓库内火灾隐患，及时排出火情产生的烟雾、有毒有害气体，本次针对现有仓库实施新增仓库侧面机械排烟系统。

（6）货运电梯加装：仓库外侧新增 1 台额定载重 5t 货运电梯，配套钢结构井道、基坑、电气与消防联动系统，提升二层货物垂直转运效率。

（7）室内装修：5、6 仓库地面装修和强电、弱电系统系统改造。

（8）室外坡道工程提升：200m 全域坡道施划标准化警示标线（面积 2400 m²），两侧对称布设 24 套防水防爆 LED 照明灯。

2. 建设规模汇总

本项目的的主要建设规模指标如下表所示：

表 1-1 主要建设规模汇总表

序号	建设内容	单位	数量	备注
1	建筑总面积	m ²	32835	地上 2 层，二层面积 15385m ²
2	原项目改造工程	项	1	
3	金属屋面叠加工程	项	1	屋面面积 13901.25m ²
4	结构加固工程	项	1	含檩条、钢梁、节点加固
5	外墙增加镀锌钢板面积	项	1	外墙面积 12177.14m ²
6	排烟系统工程（新增）	项	1	
7	货运电梯加装	台	1	额定载重 5t，提升高度 23.9m
8	装修工程	项	1	
9	室外工程	项	1	标线区域 2400 m ² 、灯具 24 套

1.1.5 建设工期

项目建设工期为 60 日历天。

1.1.6 投资规模和资金来源

1. 投资规模

项目静态固定资产投资 4996.65 万元，其中，工程费 4328.75 万元，工程建设其他费用 429.96 万元，预备费 237.94 万元。

2. 资金来源

全为政府投资，由海口综合保税区管理委员会统筹解决。

1.1.7 建设模式

采用政府直接投资建设模式，海口综合保税区管理委员会作为项目法人和建设单位，通过政府采购/招标方式选择设计、施工、监理等参建单位，直接组织项目实施。

1.1.8 主要技术经济指标

本项目主要技术经济指标汇总如下：

表 1-2 项目主要技术经济指标汇总表

序号	指标名称	单位	数值	备注
1	建筑总面积	m ²	32835	地上 2 层，二层面积 15385m ²

序号	指标名称	单位	数值	备注
2	建筑总高度	m	23.9	丙类高层物流仓库
3	结构类型	—	钢筋混凝土框架+钢结构屋面檩条	—
4	抗震设防烈度	度	8	框架二级，大跨度框架一级
5	新建金属屋面面积	m ²	13901.25	—
6	外墙改造面积	m ²	12177.14	—
7	屋面防水等级	—	I级	GB55030-2022
8	屋面系统设计工作年限	年	≥25	—
9	施工工期	日历天	60	—
10	静态总投资	万元	4996.65	静态固定资产投资
11	单位面积改造投资	元/m ²	约 1522	按总建筑面积计

1.1.9 绩效目标

本项目绩效目标按照建设期绩效和运营期绩效两个阶段设置，具体如下：

1. 建设期绩效目标

表 1-3 建设期绩效目标表

序号	绩效指标	目标值
1	项目开工率/完工率	100%
2	工程质量合格率	100%（一次验收合格）
3	质量/安全事故次数	0 次
4	投资控制率	≤100%（不超概算）
5	招标合规率/信息公示率	100%

2. 运营期绩效目标

表 1-4 运营期绩效目标表

序号	绩效指标	目标值
1	屋面渗漏消除率	100%
2	防水系统完好率（保修期内）	≥98%
3	仓库正常使用率	100%
4	入驻企业满意度	≥90%
5	屋面系统使用寿命	≥25 年

序号	绩效指标	目标值
6	设施维护费用降低率	≥30%（较改造前）
7	仓库利用率提升	≥20%（较改造前）

3. 预期效益

（1）经济效益：恢复仓储功能后，年新增保税仓储服务能力约 30 万 m²/d，每年减少货物损失、维修费用、运营中断损失约 100 万元以上。

（2）社会效益：提升园区仓储服务能级与招商竞争力，助力稳商安商与扩商引商，支撑海南自贸港建设。

（3）环境效益：本项目只做叠加铝镁锰金属屋面，仅对原有局部破损及叠加屋面施工时受到影响部分进行修补，对原有建筑设计节能环保保温得到保证。

1.2 项目单位概况

海口综合保税区前身为 1992 年国务院批准设立的海口保税区，2008 年批复区位调整至澄迈县老城镇、转型升级为综合保税区，2011 年正式封关运作，是海南自贸港 13 个重点园区之一，总规划面积 1.93 平方公里。

园区紧邻国家一类口岸马村港，通过环岛高速、国道连通海口市、美兰机场、洋浦港等核心节点，形成海、陆、空多式联运体系，区位优势突出。功能定位为以保税物流和保税仓储为核心，发展跨境电商、离岛免税仓储配送、国际采购配送、保税加工研发检测等产业，打造面向东南亚、服务国内腹地的国际物流枢纽与供应链管理中心。目前已形成现代物流为主导，跨境电商、离岛免税、国际贸易为特色的产业格局，建成仓储面积超 20 万 m²，日免仓为园区规模最大的保税仓储设施之一。

发展成效方面，2024 年园区完成进出口总额 334 亿元，同比增长 24.6%，在全国 157 个有统计的综保区中排名第 27 位，首次进入 A 类行列；2025 年上半年进出口额 158 亿元，同比增长 17.7%，约占海南省进出口总额的 13%、海口市的 40%。截至 2025 年底注册企业超 5500 家，13 家世界 500 强、15 家中国 500 强企业入驻，贸易网络覆盖全球 100 多个国家和地区。

管理体制上，海口综合保税区管理委员会为海口市人民政府派出机构，下设党政办公室、经济发展局、财政与国资管理局、规划建设局等职能部门，实行“小政府、大服务”模式，为企业提供一站式服务。

1.3 编制依据

本报告编制严格遵循国家及地方现行法律法规、政策文件、技术规范、规划文件及项目基础资料，核心依据如下：

1.3.1 法律法规

《中华人民共和国建筑法》《中华人民共和国招标投标法》及实施条例、《中华人民共和国政府采购法》及实施条例、《政府投资条例》（国务院令第 712 号）、《建设工程质量管理条例》《建设工程安全生产管理条例》《中华人民共和国消防法》《建设项目环境保护管理条例》。

1.3.2 政策文件

《海南自由贸易港建设总体方案》《中华人民共和国海关综合保税区管理办法》（海关总署令第 256 号）、《国务院关于促进综合保税区高水平开放高质量发展的若干意见》（国发〔2019〕3 号）、《政府投资项目可行性研究报告编写通用大纲（2023 年版）》、《海口综

合保税区“十五五”发展规划》、《海口市人民政府关于加强政府投资项目管理的实施意见》。

1.3.3 技术规范和标准

1. 建筑结构类：GB 50068-2018《建筑结构可靠性设计统一标准》、GB 50009-2012《建筑结构荷载规范》、GB/T50011-2010（2024年版）《建筑抗震设计标准》、GB 50017-2017《钢结构设计标准》；

2. 屋面工程类：GB 55030-2022《建筑与市政工程防水通用规范》（全文强制）、GB 50345-2012《屋面工程技术规范》、GB 50207-2012《屋面工程质量验收规范》、JGJ 255-2012《采光顶与金属屋面技术规程》、DBJ46-075-2025《海南省金属屋面技术标准》；

3. 节能消防类：GB 50189-2015《公共建筑节能设计标准》、GB 55015-2021《建筑节能与可再生能源利用通用规范》、GB 50016-2014《建筑设计防火规范》（2018年版）；

4. 施工验收类：GB 50300-2013《建筑工程施工质量验收统一标准》、JGJ 80-2016《建筑施工高处作业安全技术规范》

1.3.4 规划文件

《澄迈县国土空间总体规划（2021-2035年）》《海口综合保税区控制性详细规划》《海南省“十五五”现代物流业发展规划》。

1.3.5 基础资料

项目现场勘查资料、原建筑设计与竣工资料、项目所在地气象资料、同类项目参考资料、建设单位提供的其他基础材料。

1.4 主要结论和建议

1.4.1 必要性和紧迫性结论

1. 必要性充分

一是消除安全隐患、保障安全生产的迫切需要：屋面长期渗漏引发钢结构锈蚀、电气受潮、霉菌滋生等多重安全隐患，若不及时治理可能引发安全事故，造成人员财产损失。

二是恢复仓库功能、保障业务发展的现实需要：渗漏导致仓库无法正常投入使用，造成仓储资源闲置；当前园区保税仓储需求持续增长，意向客户入驻需求迫切，改造是保障招商与业务发展的基础。

三是提升设施品质、增强园区竞争力的战略需要：系统性改造可使仓库性能达到国内先进水平，匹配 A 类综保区的硬件标准，提升园区招商竞争优势。

四是积累改造经验、完善运维机制的管理需要：项目形成的改造技术方案与运维管理模式，可为园区其他同类设施提供借鉴，实现从“被动维修”向“主动预防”的运维升级。

2. 紧迫性突出

一是渗漏问题持续恶化：金属屋面渗漏具有扩散性，局部修补无法根治，拖延将导致损坏范围扩大、治理成本升高，甚至引发次生灾害。

二是意向客户入驻需求迫切：已有明确意向客户提出入驻需求，若不能按期完成改造，将错失招商机会，影响园区营商信誉。

三是气候窗口期有限：海南 7-10 月为台风活跃期，暴雨大风天气严重影响屋面施工，需抢抓有利时段完成改造，避开主汛期。

四是政府投资年度计划约束：项目已列入海口综保区年度政府投资计划，需在计划年度内完成建设，保障财政资金使用效益。

1.4.2 技术方案可行性结论

一是渗漏原因已查明，技术路线清晰：已明确天沟、山墙、屋脊、天窗等 8 个核心渗漏部位，以及设计缺陷、材料老化、施工瑕疵、气候侵蚀等复合成因，可针对性制定改造方案，技术路径明确。

二是技术标准完善，行业经验成熟：金属屋面改造已形成完善的国家/行业标准体系，国内同类项目施工经验丰富，技术成熟可靠，可满足项目建设需求。

三是材料供应充足，施工体系成熟：铝镁锰板、防水卷材、保温材料等均为市场通用产品，供应渠道畅通；国内专业施工队伍充足，可保障工程质量与进度。

综上，项目技术方案完全可行。

1.4.3 投资规模合理性结论

一是估算方法科学，依据充分：投资估算依据海南省现行计价定额与材料信息价编制，取费符合国家及地方规定，编制流程合规。

二是投资规模合理，匹配同类项目水平：单位建筑面积改造投资约 1522 元/m²，处于国内同类金属屋面改造项目中区间，与改造内容、保税区施工管理要求相匹配，无高估冒算情况。

三是资金筹措有保障：项目资金为政府财政统筹，已纳入年度投资计划，建设场地与条件成熟，具备快速实施条件。

1.4.4 建议

1.检测鉴定：根据《既有建筑维护与改造通用规范》（GB 55022-2021）规定，建设单位后续要委托第三方机构完成相关检测，形成检测鉴定报告，为下一设计阶段，改造方案依据检查鉴定结果进一步制定。

2. 加快审批推进，尽早开工建设：鉴于项目紧迫性，建议尽快完成可研审批，同步推进初步设计、施工图设计与招标准备，倒排工期抢抓施工窗口期，避开台风季不利影响。

3. 强化设计质量管理，优化技术方案：委托有金属屋面专项设计经验的单位承担设计，充分考虑海南高温、高湿、强风、盐雾等气候特点，优化材料选型与节点构造，做好专家论证与设计交底。

4. 严格工程管控，保障质量安全进度：优选有同类项目施工经验的专业队伍与监理单位，健全项目管理制度，重点管控高空作业、起重吊装等危险环节，严格落实隐蔽工程与关键节点验收，确保一次验收合格。

5. 做好园区协调，降低运营影响：提前对接海关、边检等监管部门办理进出区手续，做好施工区域封闭管控，合理安排作业时间，减少噪声、粉尘对园区运营的影响，加强与入驻企业的沟通协调。

6. 践行绿色理念，落实节能环保：优先选用环保可循环建材，采用高反射、高保温的屋面系统，施工期做好扬尘、固废管控，拆除废旧金属分类回收利用。

7. 建立长效运维机制，延长设施寿命：同步制定屋面巡检、定期检测、预防性维护制度，建立运维档案，台风后及时排查检修，延长设施使用寿命，降低全生命周期成本。

第二章 项目建设背景和必要性

2.1 项目建设背景

2.1.1 宏观与自贸港发展背景

2024 年我国 GDP 达 134.9 万亿元，同比增长 5.0%，对世界经济增长贡献率保持 30%左右；2025 年上半年 GDP 同比增长 5.3%，经济运行稳中有进。对外开放持续深化，2025 年 12 月 18 日海南自由贸易港正式启动全岛封关运作，全球最大面积的海关监管特殊区域落地，标志着我国制度型开放进入新阶段。

海南省层面，2024 年全省 GDP7935.69 亿元，同比增长 3.7%，货物进出口总额 2776.51 亿元、增长 20.0%，交通运输、仓储和邮政业增加值增长 17.4%，物流基础设施能力持续提升；2025 年上半年规上工业增加值同比增长 11.4%，连续多月位居全国前列，自贸港建设成型起势。

封关运作后，海南实现“一线放开、二线管住、岛内自由”的监管体系：零关税商品扩大至约 6600 个税目，管理模式从正面清单转向负面清单；企业所得税 15%优惠税率、个人所得税最高 15%税负等政策持续释放红利，将持续吸引产业与要素集聚，对仓储物流等基础设施提出更高要求。

2.1.2 海口综合保税区发展背景

海口综保区历经保税区到综合保税区的转型升级，2020 年列入海南自贸港 13 个重点园区，老城片区紧邻马村港（约 2km），距环岛高速出入口 5km，区位优势突出。

近年来园区实现跨越式发展：2024 年营业收入 1670 亿元、税收 21.8 亿元，进出口总额 334 亿元、同比增长 24.6%，全国综保区排名提升 37 位至第 27 名，首次进入 A 类行列；2025 年上半年进出口 158 亿元、同比增长 17.7%，成为海南外贸增长核心引擎。

产业布局上，园区重点发展先进制造、进口消费品、国际贸易三大主导产业：先进制造领域集聚高端食材加工、芯片封测、保税维修等项目，实现多类全国首单业务；进口消费品领域已有 7 家免税持牌企业设立总部或区域中心，8 大国际知名品牌落地；国际贸易领域集聚世界 500 强等龙头企业，贸易网络覆盖全球六大洲。作为“自贸港+海关特殊监管区”政策叠加载体，封关运作后园区将迎来更大发展机遇，对仓储物流基础设施的数量与质量需求持续提升。

2.1.3 项目提出的直接背景

日免仓一期二仓库 2021 开工建设，2022 年建成投用，建筑面积 32835 m²，为园区核心公共保税仓储设施，主要服务离岛免税品仓储业务。项目地处热带季风海洋性气候区，常年高温高湿高盐雾，夏秋季节台风暴雨频发，金属屋面系统受气候侵蚀严重。

受台风天气及强风、暴雨、高温高湿气候叠加影响，原有金属屋面、外墙体系抵御强台风能力不足，现阶段屋面、外墙等多处存在渗漏风险，无法抵御强台风，存在较大安全隐患，现有仓库条件已无法满足企业存储及安全要求。自 2023 年起，屋面陆续出现渗漏，排查确认渗漏点分布于屋脊搭接缝、檐口泛水板、天沟排水口、采光带周边等 8 个关键部位，雨季及台风天气渗漏尤为严重。初步判断，渗漏并非局部破损，而是设计标准偏低、材料选型不当、节点构造不足等多重因素叠加导致的系统性缺陷，简单修补无法根治问题。

项目单位 2023-2024 年两次组织局部防水维修，均仅短期缓解，台风季后渗漏复发且持续加重，造成仓库约 20%-30%面积无法正常使用，入驻企业货物存储风险升高，意向招商客户因设施问题暂缓入驻，直接影响园区运营与招商形象。随着封关后仓储需求增长，渗漏问题已成为制约园区功能发挥的短板，系统性改造迫在眉睫。

2.1.4 前期工作进展

针对渗漏问题，海口综保区管委会已完成以下前期工作：一是初步查明渗漏部位、成因与损坏程度，确认需整体改造；二是组织多轮专家论证，经多方案比选确定“金属屋面叠加改造+结构补强+功能升级”的核心技术路线；三是委托造价机构完成投资估算，资金已纳入年度建设计划；四是完成项目建议书审批，正推进可研、初步设计等后续手续。

2.2 规划政策符合性

2.2.1 经济社会发展规划衔接

符合国家“十五五”规划“建设现代物流体系、完善物流基础设施网络”的部署，项目改造提升保税仓储设施，支撑进口消费品流通，服务扩大内需战略。

符合海南省“十五五”规划中海口综保区发展目标，完善园区仓储物流配套，支撑免税品、国际贸易、跨境电商等产业发展，助力园区进出口规模增长，落实规划相关要求。

2.2.2 区域规划衔接

契合海口综保区发展规划中“完善仓储物流基础设施、提升保税服务能力”的要求，补齐现有设施短板，支撑园区三大主导产业发展。符合澄迈老城经济开发区“依托综保区发展临港经济、仓储物流”的规划

方向，助力区域产业集聚。匹配海南自贸港重点园区布局要求，提升园区承载能力，发挥综保区先行示范作用。

2.2.3 国土空间规划符合性

项目为既有建筑维修改造，不新增建设用地，不改变建筑主体功能与土地用途，符合《澄迈县国土空间总体规划》《海口综保区控制性详细规划》中工业仓储用地的功能定位，符合集约节约用地、盘活存量建设用地的政策导向，无需重新办理用地规划手续。

2.2.4 产业政策符合性

符合《国务院关于促进综合保税区高水平开放高质量发展的若干意见》中“完善物流分拨功能、支持保税仓储发展”的要求，是落实保税物流核心功能的基础保障。符合城镇老旧设施改造、既有建筑节能改造的政策导向，提升建筑能效与安全性能。

2.2.5 海南自贸港政策符合性

契合《海关综合保税区管理办法》中仓储物流的核心功能定位，保障公共保税仓储设施完好性，履行园区基础设施保障职责。改造后高标准仓储可适配封关后零关税商品、跨境电商等新业态的存储需求，提升园区服务能力，降低企业入驻成本，优化自贸港营商环境。

2.2.6 扩大内需等政策符合性

通过完善保税仓储配套，保障进口消费品供应链稳定，支撑离岛免税消费扩容，服务扩大内需战略；基础设施投资直接形成有效需求，带动相关产业与就业，契合共同富裕导向下的民生与产业发展要求。

2.2.7 双碳目标符合性

属于既有建筑节能改造范畴，增加保温隔热作用，降低建筑运行能耗；通过改造延长建筑使用寿命，避免拆除重建带来的资源浪费与碳排放，符合建筑领域碳达峰行动要求，践行绿色发展理念。

2.3 项目建设必要性

2.3.1 重大战略与规划层面

一是支撑海南自贸港建设的必然要求。封关运作后园区进出口业务将持续增长，仓储物流是贸易发展的基础载体，本项目恢复并提升仓储能力，保障保税物流功能发挥，支撑自贸港贸易自由化便利化政策落地。

二是巩固 A 类综保区发展成果的硬件支撑。进入全国 A 类综保区行列后，园区硬件设施需匹配相应发展水平，渗漏问题与 A 类综保区定位不符，改造可补齐设施短板，巩固排名优势，支撑园区向更高水平发展。

三是落实海南省“十五五”规划目标的具体举措。改造可提升仓库出租率与使用效率，保障园区营收与进出口指标增长，助力“十五五”规划目标圆满实现。

2.3.2 产业政策层面

一是保障综保区核心功能的基础要求。仓储物流是综保区最核心的基础功能，是承载保税加工、国际贸易、检测维修等其他功能的前提。日免仓作为核心公共仓储资源，渗漏问题直接削弱园区产业配套能力，改造是保障三大主导产业发展的必要前提。

二是保障进出口贸易顺畅的必要支撑。园区进出口规模占全省 13%、海口市 40%，保税仓储是贸易链条关键环节。渗漏导致货物存

储风险升高、物流效率下降，改造后可保障货物存储安全与通关顺畅，维护海南外贸通道稳定。

三是适配保税物流新业态发展的现实需要。封关后保税冷链、跨境电商、免保衔接等新业态快速发展，对仓储防潮、温控等条件要求更高，改造后可适配高附加值货物存储需求，为新业态发展创造条件。

2.3.3 经济社会发展层面

一是保障园区正常运营，实现国有资产保值。渗漏造成仓库利用率下降、国有资产闲置贬值，持续侵蚀钢结构主体安全，改造可阻断资产减值，延长建筑使用寿命，盘活存量资产，保障国有资产安全完整。

二是支撑业务快速增长，带动地方财税与就业。改造后可承接封关后的仓储需求增量，支撑园区进出口规模增长，带动上下游企业集聚，持续贡献地方税收；施工期带动本地建筑劳务就业，运营期带动仓储、物流、报关等岗位增长。

三是优化营商环境，提升招商竞争力。高标准仓储是园区招商的核心硬件，改造后可消除招商负面因素，吸引更多高端品牌与外贸企业入驻，强化园区产业集聚效应。

2.3.4 项目单位履职层面

一是履行国有资产管理的法定职责。综保区管委会作为园区国有资产管理主体，对政府投资形成的仓储设施负有管护责任，及时改造修复损坏设施，是防止国有资产流失、保障资产正常使用的法定职责。

二是落实工程质量责任的具体体现。仓库在防水保修期内出现系统性渗漏，管委会作为建设管理单位，系统性根治渗漏问题，是对工程质量与国有资产负责的体现。

三是回应企业诉求、优化服务的必然要求。渗漏问题已多次引发入驻企业投诉，及时改造可消除企业经营顾虑，提升企业满意度，践行“管家式”服务理念，优化园区营商环境。

2.3.5 建设时机层面

一是渗漏持续加重，治理窗口期紧迫。渗漏范围逐年扩大，持续侵蚀主体结构，越晚治理成本越高、安全风险越大，当前仍处于可通过叠加改造根治的阶段，需抢抓时机实施。

二是意向客户入驻时间要求明确。当前已有明确招商意向，企业对仓储设施标准与入驻时间有明确要求，按期完成改造是保障招商项目落地的前提。

三是项目实施条件成熟，可快速推进。项目为既有建筑改造，无征地拆迁等复杂程序，审批流程简便，投资规模适中，财政资金有保障，具备快速落地条件。

四是提前布局适配封关后需求增长。全岛封关后保税仓储需求将迎来新一轮增长，提前完成改造可承接增量业务，把握发展机遇，避免需求爆发时设施不足制约发展。

综上，项目建设必要性与紧迫性充分，需尽快组织实施。

第三章 项目需求分析与产出方案

3.1 需求分析

3.1.1 保税仓储行业发展现状与趋势

全国层面，截至 2024 年底全国海关特殊监管区域约 170 个，综合保税区进出口总额约 6.5 万亿元，占全国外贸总值 15.5%。行业呈现功能业态多元化、设施智能化、布局优化、绿色低碳化四大发展趋势，对仓储设施的防水、保温、安全等性能要求持续提升。

海南层面，自贸港政策红利释放带动仓储需求爆发式增长：2024 年货物贸易进出口突破 2500 亿元，离岛免税销售额超 500 亿元，跨境电商进出口额增长超 30%，保税加工、保税维修等新业态快速扩容，对高标准保税仓储的需求持续攀升。

海口综保区层面，2024 年进出口 334 亿元，注册企业 4145 家，现有公共仓库厂房约 30 万平方米，按照进出口规模测算仓储需求缺口超 20 万平方米，高标准现代化仓库供需矛盾突出，离岛免税、跨境电商等业务对仓储防潮、温控、安全等要求更高。海南高温高湿、台风暴雨、盐雾腐蚀的特殊气候，对仓储屋面的防水、抗风、耐腐性能提出远高于内陆地区的要求。

3.1.2 现有设施状况与问题分析

日免仓一期二仓库 2022 年建成投用，建筑面积 32835 m²，地上 2 层，总高 23.9m，丙类仓库，钢筋混凝土框架+钢结构屋面檩条体系，原设计使用年限 50 年，已使用约 5 年，剩余设计使用年限约 45 年，主体结构安全达标。原屋面为搭接式镀锌钢板金属屋面体系。

1. 渗漏现状

经全面排查，渗漏集中在 8 个核心部位：天沟渗漏、山墙墙面渗漏、屋脊渗漏、天窗渗漏、风机洞口渗漏、变形缝渗漏、搭接缝渗漏、屋面大面渗漏。渗漏具有普遍性、反复性，雨季及台风天尤为严重，导致仓库 20%-30% 面积无法正常使用，货物存储风险升高。

2. 渗漏成因分析

（1）气候环境因素：澄迈年降水量 1700-2000mm，雨季集中且短时强降雨多发；年均受台风影响约 3.7 次，强风暴雨叠加冲击屋面节点；年平均气温 23.8℃，极端最高温超 40℃，加速密封胶、涂层老化；距海近、盐雾浓度高，加速金属构件腐蚀。

（2）原系统技术缺陷：原镀锌钢板搭接式屋面抗风揭能力不足，台风作用下易松动；节点构造设计冗余不足，仅依赖单层密封，无多道防水设防；明钉搭接构造存在固有渗漏隐患，热胀冷缩下钉孔扩大、密封失效；防水系统仅单层设防，无缓冲防水层。

（3）材料性能局限：普通镀锌钢板耐腐蚀性能弱于铝镁锰合金，在海南盐雾环境下寿命偏短，无法满足保税仓库长期使用需求。

（4）局部修补无法根治：多次局部维修仅处理表面渗漏点，未解决系统性缺陷，因此渗漏反复复发且持续加重，必须实施整体改造。

3.1.3 项目功能定位与目标

1. 功能定位

核心为既有建筑维修改造，降低屋面渗漏风险，恢复保税仓储核心功能。新增金属屋面叠加工程的必要性在于：原搭接式镀锌钢板屋面在海南台风高频、盐雾腐蚀环境下已发生系统性失效，2023-2024 年两次局部修补均无法根治；叠加式改造相比整体拆除重建可减少建筑垃圾约 80%，且施工期仓库可维持基本运营，是兼顾功能恢复、低碳

建造与投资效益的最优路径；通过技术升级实现屋面防水、抗风、耐久性能全面提升；服务自贸港与综保区产业发展，为离岛免税、国际贸易等提供高标准仓储基础设施支撑。

2. 建设目标

项目总体目标为通过系统性修复改造，解决金属屋面系统性渗漏问题，消除安全隐患，恢复仓库正常使用功能，提升仓储设施品质，支撑海口综保区保税物流业务发展，服务海南自贸港建设。具体目标包括：

（1）功能恢复：屋面防水等级达到《建筑与市政工程防水通用规范》（GB55030-2022）I级标准，屋面系统满足《海南省金属屋面技术标准》相关要求，且抗风揭能满足《海南省金属屋面技术标准》相关要求，恢复丙类高层物流仓库防水、防潮核心功能，保障存储货物安全。

（2）安全保障：消除钢结构锈蚀、电气受潮等安全隐患，达到现行建筑安全使用标准，杜绝次生安全生产事故。

（3）品质提升：采用先进金属屋面技术，使改造后仓库在防水、抗风、节能、耐久等方面达到国内同类保税仓库先进水平，增强园区招商竞争力。

（4）服务发展：满足意向入驻企业高标准仓储需求，支撑园区进出口贸易增长与招商扩量。

（5）长效管理：建立金属屋面长效运维机制，制定巡检、检测、预防性维护体系，延长屋面使用寿命，降低全生命周期成本。

3.1.4 需求总量及结构

改造总面积 13901.25 m²，覆盖金属屋面大面、天沟、山墙、屋脊、天窗风机等全部渗漏部位，同步实施外墙镀锌钢板增设 12177.14 m²、结构加固、货梯加装、室外坡道配套工程。需求具有全面性（全系统改造无死角）、系统性（各部位协同改造）、紧迫性（渗漏持续加重需尽快实施）、高标准（性能远超原设计）四大特征。

3.2 建设内容和规模

3.2.1 总体布局

改造范围覆盖二仓库全部屋面系统与外墙围护系统，其中屋面改造投影面积 13901.25 m²，涵盖大面、天沟、山墙、屋脊、天窗等全部子系统；外墙改造面积 12177.14 m²，覆盖仓库四周外立面；同步实施排水系统、室外坡道、结构加固、货梯加装等配套工程。

施工按屋面、外墙、结构加固、货梯四大分区组织，流水作业，总体顺序为：施工准备→局部拆除与基层修复→结构加固→转换层安装→屋面保温、防水、面板安装→天沟、屋脊、天窗等细部施工→外墙加固与钢板安装→货梯井道与设备安装→排水、室外工程→竣工验收。

3.2.2 主要建设内容

本次改造采用既有屋面提质叠加改造+结构性能提升+仓储功能配套升级的建设模式，改造建筑总面积约 32835 m²，不对原有屋面系统整体拆除，新增叠加铺设新型金属屋面体系，实现屋面防水、防风、防渗、排水系统整体性能升级；同步实施仓库主体结构加固和外墙系统整体提质升级工程，全面提升建筑结构荷载能力、安全储备及整体耐久性能；新增标准化排烟系统、加装货运电梯并完善配套附属工程。

(1) 原项目改造工程：包括原屋面及墙面挖孔后生根点位置修补，结构生根点位置防火防腐涂料修补。

(2) 金属屋面叠加工程：保留原有结构基层，局部拆除破损面层、失效防水层及保温层，修复补强完好基层后，增设转换檩条体系，叠加安装加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统，主要包括改造铝镁锰金属屋面 13901.25 m²，抗风设施，屋面屋脊，排水系统，通风天窗等。

(3) 建筑结构加固补强：针对叠加屋面、新增外墙带来的荷载增量，对屋面檩条、钢梁、外墙连接节点等进行加固补强，满足现行结构安全规范。

(4) 外墙系统修缮升级：清除外墙损坏面层，修补基层缺陷，新增镀锌钢板 12177.14 m²，完善防水密封构造，提升外墙耐久性能。

(5) 排烟系统工程（新增）：为严格落实消防安全管理规范，有效防范和处置仓库内火灾隐患，及时排出火情产生的烟雾、有毒有害气体，本次针对现有仓库实施新增仓库侧面机械排烟系统。

(6) 货运电梯加装：仓库外侧新增 1 台额定载重 3 吨货运电梯，配套钢结构井道、基坑、电气与消防联动系统，提升二层货物垂直转运效率。

(7) 室内装修：5、6 仓库地面装修和强电、弱电系统系统改造改造。

(8) 室外坡道工程提升：200m 全域坡道施划标准化警示标线（面积 2400 m²），两侧对称布设 24 套防水防爆 LED 照明灯。

表 3-1 主要建设内容一览表

序号	项目名称	单位	规模	备注
1	原项目改造工程			按屋面及墙面实际面积
1.1	原屋面及墙面挖孔	m ²	26078.00	生根点位置切孔
1.2	原屋面及墙面修补	m ²	26078.00	生根点位置切孔
1.3	原结构防火防腐修补	m ²	26078.00	结构生根点位置防火防腐涂料修补
2	金属屋面叠加工程（新建）			
2.1	铝镁锰金属屋面	m ²	13901.25	叠加安装
2.2	专用抗风夹	个	36439.00	
2.3	边缘抗风压条	m	672.75	
2.4	金属屋面屋脊	m	168.50	
2.5	新增 2.5mm 厚不锈钢天沟系统	m ²	630.00	
2.6	落水斗	个	85.00	
2.7	排水管	项	1	
2.8	山墙收边板	m ²	414.60	
2.9	屋面收边板	m ²	1010.40	
2.10	采光天窗	m ²	526.45	
2.11	屋面新增次檩条、新增檩托及钢立柱	t	601.22	
2.12	屋面新增斜撑	t	3.52	
2.13	屋面及墙面临时防雨措施费	m ²	26078	
3	结构加固工程			
3.1	梁柱加固钢板	t	320.56	
4	外墙系统修缮升级			
4.1	外墙面增加镀锌钢板及龙骨	m ²	12177.14	
4.2	外墙面新增墙梁及 T 型檩托	t	223.28	
5	排烟系统工程（新增）			
5.1	新增排烟系统	项	1	
6	货梯加装工程			
6.1	新增电梯	台	1	载重 5 吨，宽度 2.5m，深度 3m，高度 2.2m 速度 0.5m/s, 含电梯及电梯井
6.2	DN500HDPE 双壁波纹管	m	30	室外雨水管网改道, 附带 4 个检查井
7	装修工程			5、6 仓库
7.1	地面	m ²	8000.00	金刚砂耐磨地坪、固化
7.2	强电、弱电系统	项	1	
8	室外工程			
8.1	坡道侧标线	m ²	2400.00	
8.2	加装照明灯	套	24.00	

3.2.3 改造适宜性评价与修缮界面分析

1. 检查评定情况

根据《既有建筑维护与改造通用规范》（GB 55022-2021）规定，既有建筑改造前，应根据改造要求和目标，对场地环境、建筑历史、结构安全、消防安全、围护结构热工、隔声、通风、采光等物理性能及机电设备安全效能等进行检查评定或检测鉴定。建设单位后续委托第三方机构完成屋面渗漏及金属构件检测鉴定、结构现状复核算与消防设施年度检测，形成检测鉴定报告，为下一设计阶段，改造方案依据检查鉴定结果进一步制定。

2. 适宜性评价

经评价，本仓库主体结构完好、剩余设计使用年限约 45 年，具备修缮改造后继续使用的条件，适宜采用“修缮为主、改造为辅”的叠加改造模式。改造过程中不破坏原结构承重构件；确需新增荷载的部位，通过结构加固与独立传力体系（转换檩条、独立电梯井道）进行有效处理。结合本次改造同步消除消防安全隐患：新增机械排烟、完善疏散照明与标识、提高围护结构耐火与防水性能，提高消防设施的可靠性和有效性。

3. 修缮界面分析

为控制重复投资，明确改造范围与保留范围界面如下——屋面：保留原结构檩条及完好基层，仅拆除破损面层、失效防水层及保温层，其余部位原位保留并叠加新屋面系统；墙面：保留原墙体及结构柱，仅新增镀锌钢板围护层；地面：5、6 仓库原金刚砂地面拆除重做，其余区域地坪保留；机电：保留可利用的供配电、给排水主干系统，仅

对末端照明、弱电及受渗漏影响部位改造恢复；消防末端：保留室内外消火栓系统及灭火器配置，新增排烟系统并纳入消防联动。

4. 改造后使用年限

金属屋面系统及可替换结构构件设计工作年限不低于 25 年；改造后建筑在原设计使用年限（50 年）基础上继续安全使用，剩余使用年限约 45 年，与园区长期使用需求相匹配。

3.3 项目产出方案

3.3.1 产出能力及质量标准

1. 屋面系统核心性能

（1）防水性能：达到 GB55030-2022 规定的I级防水标准，设置三道防水设防：第一道为直立锁边铝镁锰屋面板，第二道为 1.5mm 厚 TPO 高分子防水卷材，第三道为屋脊部位防水支撑钢板，极端暴雨、台风天气下无渗漏，设计使用期内防水性能稳定。

（2）抗风揭性能：抗风性能满足《海南省金属屋面技术标准》A 级相关要求，通过六项加强措施实现：加大屋面板底部加强肋截面、加厚加宽固定支座、专用倒勾抗风夹、加大抗风夹贴合面、优化螺栓排列方向、屋脊弧形铝合金堵头构造。

（3）保温隔热性能：双层 100mm 厚憎水岩棉保温，传热系数 $\leq 0.35\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，满足《工业建筑节能设计统一标准》（GB51245-2017）对夏热冬暖地区工业建筑屋面的热工要求，降低仓库空调能耗。

（4）耐久性能：铝镁锰合金板配 PVDF 氟碳涂层、304 不锈钢配件、镀铝锌基层，设计使用寿命 ≥ 20 年，适配海南高盐雾、强紫外线环境。

（5）采光排烟性能：采用屋顶固定采光窗（面积不低于楼面面积的 2%），满足自然采光要求；采用机械排烟，满足消防规范要求。

2. 其他系统性能

（1）外墙系统：镀锌钢板围护满足《海南省金属屋面技术标准》等相关规范要求，提升防雨防腐性能，外观与园区整体风貌协调。

（2）结构系统：加固后主体承载力满足新增荷载要求，结构安全等级符合现行规范。

（3）货梯系统：5t 载重适配仓储托盘与叉车作业，提升二层垂直转运效率 60%以上，符合电梯安全与消防规范。

（4）室外坡道系统：标线规范通行秩序，照明满足夜间作业照度要求，全面提升坡道通行安全性。

3.3.2 项目建设内容及产出合理性评价

改造内容全面覆盖全部渗漏部位，采用的加强型直立锁边铝镁锰屋面系统技术成熟、性能适配海南气候，各项工程量依据竣工图纸与现场实测确定，投资估算符合海南省计价标准与同类项目水平。项目符合自贸港建设、园区发展等上位规划要求，属于政府投资公共基础设施维修改造范畴，产出目标明确，方案合理可行。改造提升后，仓库实际出租率可由目前约 70%恢复至满租运营，仓储租赁收入与保税业务产值同步提升，对园区进出口规模增长形成直接支撑。

第四章 项目选址与要素保障

4.1 项目选址

4.1.1 选址原则

项目选址严格遵循四项原则：一是符合国土空间规划，选址位于海口综保区规划范围内，用地性质与功能定位合规；二是节约集约用地，依托既有建筑改造，不新增建设用地；三是交通便利，周边路网、港口、机场配套完善，满足施工与运营需求；四是安全合规，符合消防、环保要求，依托现有设施降低投资成本。

4.1.2 项目场址现状

项目位于海南省澄迈县老城镇南一环路 69 号海口综合保税区内，改造对象为已建成的日免仓一期二仓库。建筑 2022 年投用，主体结构完好，水电、消防、安防配套完善；场地平整开阔，周边道路、管网基础设施齐全，无地质灾害、洪涝隐患。

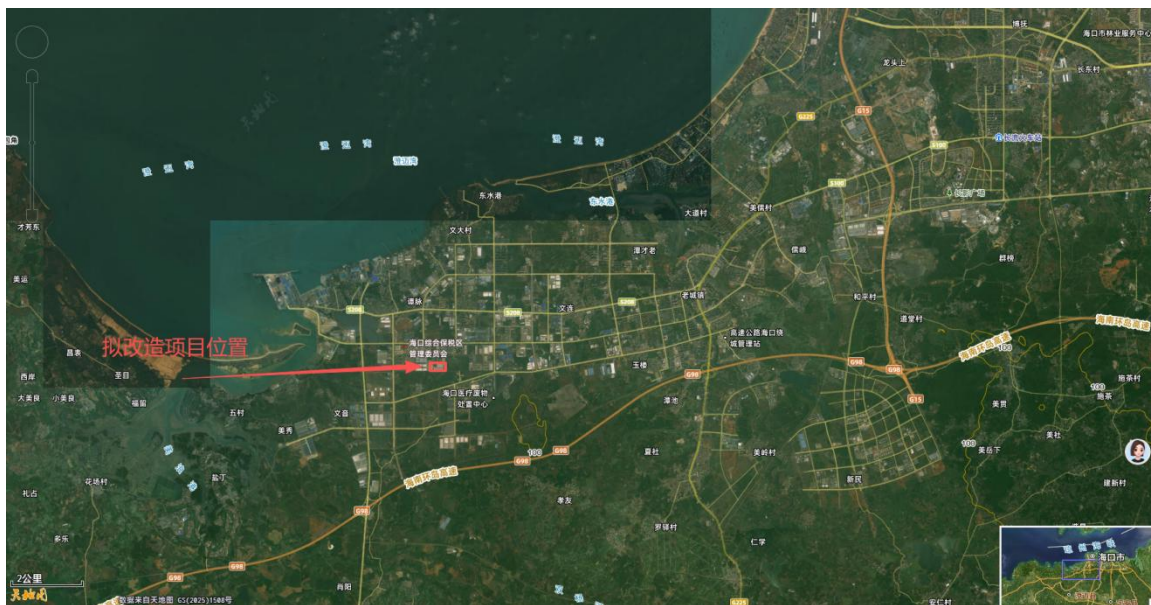


图 4-1 项目位置图



图 4-2 项目改造范围图一



图 4-3 项目改造范围图二

4.1.3 土地权属及供地方式

项目场址土地性质为国有建设用地，使用权归属海口综合保税区管理委员会，产权清晰无争议。本项目为既有建筑改造，不新增用地、不改变土地用途，无需重新办理用地审批手续，仅需办理施工许可即可。

4.1.4 土地利用状况

项目现状为工业仓储用地，土地利用效率较高，不涉及耕地、永久基本农田、生态保护红线、文物保护区、地质灾害易发区等敏感区域，符合存量建设用地盘活利用的政策导向。

4.1.5 选址合理性分析

1. 符合规划要求：选址位于海口综保区规划范围内，用地性质与功能定位完全契合园区发展规划。

2. 无需新增征地：依托既有建筑改造，无征地拆迁环节，程序简化、实施周期短。

3. 节约集约用地：不新增建设用地规模，盘活存量资产，符合土地利用政策。

4. 无搬迁安置需求：不涉及居民或企业搬迁，社会风险低，实施条件成熟。

5. 配套条件成熟：周边水、电、路、消防等设施完善，可直接支撑项目建设与运营。

综上，项目选址合理可行。

4.2 项目建设条件

4.2.1 自然环境条件

项目所在地属热带季风海洋性气候，核心设计参数如下：年平均气温 23.8℃，极端最高气温 41.1℃；年平均降水量 1700-1800mm，雨季集中在 5-10 月；年均受台风影响约 3.7 次，100 年一遇基本风压 0.75kN/m²；年平均相对湿度 85%，盐雾腐蚀等级为 C4 级；抗震设防烈度 8 度，设计基本地震加速度 0.20g。

上述气候条件是金属屋面渗漏、腐蚀的核心诱因，也是本次改造

重点适配的环境特征，改造方案已针对性强化防水、抗风、耐腐蚀性能。场地地质稳定，无活动性断裂与不良地质现象，地下水埋深较深，对工程建设无不利影响。

4.2.2 交通运输条件

项目区位交通优势突出：西距马村港约 2 公里，可满足大宗材料海运需求；距环岛高速出入口约 5 公里，通过高速连通海口市、美兰机场及西部各市县；粤海铁路贯穿老城，可支持大宗货物铁路运输；距美兰国际机场约 40 公里，满足高值材料空运需求。园区内部路网完善，货运车辆可便捷进出场地，交通运输条件完全满足项目需求。

4.2.3 公用工程条件

园区水、电、气、通信、消防配套完善：供水由澄迈县自来水公司统一供应，管网覆盖项目场地，可满足施工与运营用水；供电由 110kV 变电站保障，供电可靠率 99.9%，现有配电系统剩余容量充足，可满足施工用电；通信网络全覆盖，支持宽带与移动通信；园区配备专业消防站与 24 小时安防体系，消防通道畅通、水源充足。各项公用工程条件完全满足项目建设与运营需求。

4.2.4 施工条件

场地宽敞平整，具备材料堆放、机械布置条件；周边建材市场供应充足，主要材料可就近采购；本地拥有多支具备金属屋面施工经验的专业队伍，人力保障充足；施工用水用电可直接从现有系统接入，无需额外建设临时设施。

施工需重点关注气候影响：5-10 月为雨季与台风季，对露天屋面作业有一定影响，需合理安排工期，优先利用 11 月至次年 4 月旱季窗

口期施工，同时做好临时防雨防风措施。

4.2.5 现有设施条件分析

仓库主体结构完好，承载力满足改造荷载要求；水电、消防、安防系统运行正常，可直接服务施工与后续运营；仅屋面防水系统、外墙围护系统存在缺陷，需针对性改造。整体现有设施基础良好，改造工程量适中，技术难度可控。

4.3 要素保障分析

4.3.1 土地要素保障

项目不涉及新增用地、农用地转用与征地拆迁，土地使用合法合规，完全符合国土空间规划与集约用地要求，土地要素无任何障碍。

4.3.2 资源环境要素保障

项目施工用水量小，可依托市政供水保障，不开采地下水；施工用电负荷低，现有电网完全承载；施工期产生的少量扬尘、噪声、建筑垃圾，通过常规管控措施即可达标排放，项目所在地大气扩散条件好，周边无环境敏感目标，资源环境承载力充足。

4.3.3 水电气等要素保障

施工期与运营期供水、供电、排水、通信、消防均有可靠保障，不存在供给瓶颈；园区专业化运维体系完善，设施维护及时，可长期支撑项目运营。

4.3.4 要素保障方案综合评价

项目各项要素保障条件良好，无制约实施的瓶颈问题。潜在风险主要为台风暴雨影响施工、建材供应延迟，可通过合理安排工期、提前储备材料、选择多家供应商等方式化解。整体要素保障充分，具备快速落地实施的条件。

第五章 项目建设方案

5.1 技术方案

5.1.1 技术目标

本项目技术改造核心调整为“原位叠加升级、结构同步补强、功能配套完善”，在不整体拆除原有屋面的前提下实现性能升级，核心目标如下：

1. 解决屋面渗漏问题，防水等级达到I级标准；
2. 屋面系统满足《海南省金属屋面技术标准》相关要求，且抗风揭能满足《海南省金属屋面技术标准》相关要求；
3. 结构加固后主体承载力满足新增荷载要求，安全等级符合现行规范；
4. 加装货梯后二层货物垂直转运效率提升 60%以上，满足保税仓储大流量作业需求；
5. 屋面系统设计工作年限不低于 25 年，整体建筑使用寿命延长。

5.1.2 技术来源及实现路径

本项目采用的加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统为国内成熟工程技术，已在湛江北站等沿海台风高频区域项目中成功应用，2025 年经受超强台风考验无损坏，技术可靠性得到工程验证。

技术实现路径为：局部拆除破损部位→基层修复→结构加固→转换层安装→新屋面叠加→配套设施安装，避免大面积拆除带来的工期长、运营影响大、建筑垃圾多等问题，实现既有建筑低碳性能升级。

5.1.3 核心技术方案

1. 加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统

采用 1.0mm 厚 3004-H46 铝镁锰合金板，板型为 65/300mm 直立锁边型，表面采用 PVDF 氟碳涂层（两涂两烤，局部膜厚 $\geq 25\mu\text{m}$ ）。核心优势为通过 360°锁边咬合形成连续无缝的屋面整体，表面无外露明钉，从根本上消除搭接缝、钉孔两大渗漏隐患，防水与抗风性能远优于传统搭接式镀锌钢板屋面。

2. 屋面构造层设计

屋面采用多层复合构造，由下至上依次为：

- （1）转换层（钢立柱、檩托、檩条、拉条），调整支撑面平整度；
- （2）0.8mm 厚双面镀铝锌压型钢底板（YX-35-190-950 型），作为基层承托层；
- （3）1.5mm 厚聚酯纤维内增强 TPO 防水卷材，热风焊接搭接；
- （4）6063-T5 铝合金固定支架（带隔热垫）；
- （5）1.0mm 厚直立锁边铝镁锰合金屋面板；
- （6）专用抗风夹与抗风压条。

3. 防水技术方案

采用“三道防水、多重保障”体系：

- （1）第一道：直立锁边铝镁锰屋面板，形成整体金属防水屏障，无钉孔、无搭接缝；
- （2）第二道：TPO 防水卷材，全覆盖铺设，热风焊接形成完整防水层，节点处增设附加层；
- （3）第三道：屋脊部位增设防水支撑钢板，强化最薄弱节点的防水冗余。

所有天沟、山墙、天窗、风机口等节点均做专项防水设计，设置附加层与密封处理，确保无渗漏薄弱环节。

4. 保温隔热技术方案

采用双层 100mm 厚憎水岩棉保温，错缝铺设避免通缝热桥，传热系数 $\leq 0.35\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，满足《工业建筑节能设计统一标准》（GB 51245-2017）对夏热冬暖地区工业建筑屋面的节能要求。岩棉为 A 级不燃材料，适配丙类仓库防火要求，憎水率 $\geq 98\%$ ，潮湿环境下保温性能稳定。

5. 抗风揭技术方案（核心）

- （1）通过六项系统性加强措施，提升屋面抗风揭能力：
- （2）加大屋面板底部加强肋截面，提升板件抗弯刚度与抗变形能力；
- （3）加厚加宽固定支座，增加卷边搭接长度，强化反扣约束效果；
- （4）专用倒勾抗风夹设计，与固定支座呈 R 角抱箍式连接，形成自锁效应；
- （5）加大抗风夹贴合面，通过螺栓紧固形成一体化抗风体系；
- （6）优化螺栓排列方向为垂直屋面板方向，优化受力路径，提升抗风效率约 30%；
- （7）屋脊采用弧形铝合金堵头构造，贴合严密无间隙，强化屋脊薄弱部位抗风能力。

5.1.4 核心技术指标

本项目加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统的核心技术指标如下表所示：

表 5-1 核心技术指标表

序号	技术参数	指标值
1	屋面板材质	3004-H46 铝镁锰合金
2	屋面板厚度	1.0mm
3	板型规格	65/300mm 直立锁边
4	表面涂层	PVDF 氟碳树脂烤漆
5	保温层	双层 100mm 憎水岩棉，容重 180kg/m ³
6	防水层	1.5mm 厚 TPO 防水卷材
7	抗风揭性能	动态抗风揭系数 ≥ 1.4 ；静态抗风揭系数 ≥ 2.0
8	屋面防水等级	I级
9	设计工作年限	≥ 25 年
10	屋面传热系数	$\leq 0.35\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

上述核心技术指标均满足或优于国家现行相关标准规范的要求，其中抗风揭性能远超《采光顶与金属屋面技术规程》（JGJ255）和《建筑结构荷载规范》（GB50009）对澄迈老城地区的要求，为屋面系统在极端气候条件下的安全运行提供了充分的技术保障。

5.1.5 技术方案比选

为确保本项目技术方案选择的科学性和合理性，对三种可能的技术方案进行综合比选分析：

方案一：简单修补方案

该方案对现有金属屋面的渗漏点进行局部修补，包括重新打胶密封搭接缝、修补天沟、更换局部损坏屋面板等。该方案的主要优点是投资少、施工周期短。但该方案存在根本性缺陷：（1）原屋面系统的根本性问题——搭接构造和钉孔渗漏无法通过修补解决；（2）原屋面抗风揭能力不足的安全隐患未消除；（3）修补后的效果难以持久，预计在 1-2 年内会再次出现渗漏。该仓库屋面自 2022 年建成以来已多次进行修补但渗漏问题始终未能解决，已充分证明简单修补方案对本项

目无效，且原设计未对屋面板抗风揭能力提出特定要求。因此，本方案不予采纳。

方案二：常规金属屋面更换方案

该方案将原有金属屋面系统全部拆除，重新安装常规的直立锁边铝镁锰金属屋面系统（非加强型）。该方案可解决原屋面系统的渗漏问题，使用寿命可达 15-20 年。但该方案仍存在不足：（1）常规直立锁边屋面系统的抗风揭能力虽高于原屋面系统，但对于海南地区频繁遭受强台风袭击的情况仍显不足；（2）在极端台风条件下仍存在屋面板被掀揭的安全风险；（3）未从根本上解决抗风揭这一关键安全隐患；（4）全部拆除会影响现状仓库的正常使用。综合考虑海南地区的台风风险、本项目的安全要求以及现状仓库使用情况，本方案不是最优选择。

方案三：新增加加强型直立锁边金属屋面系统（推荐方案）

该方案采用新增加加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统，最大限度不破坏原有屋面系统。该方案的综合优势如下：（1）解决渗漏问题——直立锁边咬合构造取消搭接缝，TPO 防水卷材形成第二道防水，屋脊第三道防水，降低渗漏风险；（2）抗风揭能力卓越——六项系统性加强措施，抗风揭能力较好，静态抗风揭系数 $K_j \geq 2.0$ 、动态抗风揭系数 $K_d \geq 1.4$ ，可抵御超强台风，远超澄迈老城地区风压要求，已在湛江北站得到验证——2025 年经受台风考验无损，工程可靠性得到充分证明；（3）使用寿命长——金属屋面围护系统设计工作年限 25 年；（4）对现状仓库的正常使用影响小。

三种方案综合比选如下表：

表 5-2 三种方案综合比选表

比选项目	方案一	方案二	方案三
投资成本	低	中	较高
施工周期	15 天	45 天	60 天
防水可靠性	差（短期有效）	良好	优秀（三道防水）
抗风揭能力	无改善	一般	优越
使用寿命	1-2 年	15-20 年	≥25 年
安全可靠	差	一般	优秀
综合性价比	低（简单修补）	中等（常规更换）	高（加强型系统，推荐）

通过上述综合比选，**方案三——叠加加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统**提高金属屋面抗风揭性能，尽可能降低屋面漏水概率，在技术性能、安全可靠、使用寿命等方面均具有明显优势，虽然初始投资略高于方案二，但综合考虑全寿命周期成本（包括维修费用、停产损失、潜在安全风险等），方案三的综合经济效益最优。同时，考虑离岛免税企业对高标准现代化仓库的要求，园区要求提高服务基础条件，吸引更多高端品牌与外贸企业入驻，强化园区产业集聚效应，避免影响现状仓库正常使用等因素，因此，本项目推荐采用方案三作为屋面改造的技术方案。

5.2 设备方案

5.2.1 主要材料及设备选型

本项目为建筑屋面及外墙改造工程，不涉及大型机械设备的采购和安装，主要的“设备”内容为建筑材料、构配件及小型施工机具。根据加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统的技术要求，结合工程量清单和施工工艺需要，本项目主要材料及设备选型如下：

1. 铝镁锰合金屋面板

选用 3004-H46 牌号铝镁锰合金屋面板，板厚 1.0mm，板型规格为 65/300mm 直立锁边型。3004 铝合金是以锰为主要合金元素的铝锰系防

锈铝合金，其化学成分中锰含量为 1.0%-1.5%，镁含量为 0.8%-1.3%，具有中等强度、良好的耐腐蚀性能和优异的成形加工性能。H46 表示板材经过加工硬化和部分退火处理，具有适中的强度和良好的成形性，适合用于屋面板辊压成型和现场锁边加工。表面涂层采用氟碳树脂烤漆（PVDF），涂装工艺为两涂两烤，局部膜厚不低于 25 μ m，氟碳树脂含量不低于 70%；背面 PE 树脂涂层厚度不低于 5 μ m。

2. TPO 防水卷材

选用聚酯纤维内增强型热塑性聚烯烃（TPO）防水卷材，厚度 1.5mm。TPO 防水卷材是以乙丙橡胶（EPM/EPDM）与聚丙烯（PP）共混制成的高分子防水材料，兼具乙丙橡胶的耐候性和聚丙烯的可焊接性。聚酯纤维内增强层提高了卷材的拉伸强度和抗穿刺性能。卷材幅宽一般为 2.0m，长度 20m/卷。卷材搭接采用热风焊接工艺，焊接温度控制在 350-450 $^{\circ}$ C 之间，焊接速度 0.5-1.5m/min。

3. 憎水保温岩棉

选用憎水型保温岩棉板，厚度 50mm，容重 180kg/m³。岩棉以天然玄武岩为主要原料，经 1450 $^{\circ}$ C 以上高温熔融后离心成纤维，加入适量粘结剂固化成型。产品具有 A1 级不燃性能，导热系数不大于 0.040W/（m $\cdot$ K），憎水率不低于 98%，短期吸水率不大于 2%，长期吸水率不大于 5%。岩棉板尺寸一般为 1200mm*600mm，板材边缘经过处理，便于错缝拼接。

4. 不锈钢天沟

选用 304 不锈钢成品天沟，板厚 2.5mm。304 不锈钢（06Cr19Ni10）是常用的奥氏体不锈钢，铬含量 18%-20%，镍含量 8%-10.5%，具有优良的耐腐蚀性能、成形性能和焊接性能，适用于海

南高盐雾环境下的外露使用。天沟截面尺寸根据屋面汇水面积和排水计算确定，天沟坡度不小于 1%，确保排水通畅。

5. 压型钢底板

选用 YX-35-190-950 型双面镀铝锌压型钢底板，板厚 0.8mm。双面镀铝锌层重量不小于 AZ150（即每面镀铝锌层重量不小于 150g/m^2 ），具有良好的耐腐蚀性能。压型钢板波高 35mm，波距 190mm，有效覆盖宽度 950mm，可为上层保温层和防水层提供连续、平整的承托面。

6. 镀锌钢板（外墙用）

外墙增加镀锌钢板选用 0.8mm 厚热浸镀锌钢板，镀锌层重量不小于 Z275（即双面镀锌层总重量不小于 275g/m^2 ）。钢板表面质量符合 GB/T2518《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》的要求，无明显缺陷，表面可进行适当的涂装处理以提高耐候性和装饰性。

7. 镀锌方管龙骨（外墙用）

外墙龙骨系统选用 50*50*4mm 镀锌方钢管，材质 Q235B，表面热浸镀锌处理，镀锌层厚度不小于 $65\mu\text{m}$ 。方钢管作为外墙镀锌钢板的主要竖向承重龙骨，通过檩托与原有结构立柱可靠连接。

8. 镀锌横撑（外墙用）

外墙横撑选用 100*100*6mm 镀锌方钢管，材质 Q235B，表面热浸镀锌处理，镀锌层厚度不小于 $65\mu\text{m}$ 。横撑沿竖向每 2.5m 设置一道，与竖向龙骨和原有结构立柱形成稳定的龙骨框架体系。

9. 铝合金固定支架

选用 6063-T5 铝合金固定支架，支架高度 $H=110\text{mm}$ 。6063 铝合金是常用的建筑铝型材合金，T5 状态表示型材经高温成型后风冷淬火再

经人工时效处理，抗拉强度不小于 160MPa，屈服强度不小于 110MPa，伸长率不小于 8%。支架底部配置隔热垫，材质为尼龙 PA66 或聚甲醛 POM，阻断金属热桥。

10. 不锈钢自攻钉

选用 ST5.5*32 不锈钢自攻钉，材质为 A2-70 不锈钢（304 不锈钢），螺纹直径 5.5mm，有效长度 32mm。自攻钉用于压型钢底板、几字檩条、几字支座等构件的连接固定。不锈钢材质确保紧固件在海南高盐雾环境中长期使用不生锈。

11. 虹吸落水斗

选用 304 不锈钢虹吸式落水斗，共 85 个。虹吸落水斗是虹吸排水系统的关键组件，具有特殊的进水构造，可在降雨强度达到设计值时自动形成虹吸状态，大幅提高排水能力。落水斗的进水格栅可有效拦截屋面杂物，防止排水管堵塞。

12. HDPE 排水管

选用高密度聚乙烯（HDPE）排水管，管径范围 DN110-DN200。HDPE 管材具有优异的耐腐蚀性、耐磨性和抗冲击性，适用于屋面雨水排放系统。管材连接采用热熔对接或电熔连接，连接可靠、密封性好。管道系统按虹吸排水设计，可充分利用负压抽吸作用提高排水效率。

13. 聚碳酸酯采光板

天窗侧面围护选用 8mm 厚实心聚碳酸酯板。聚碳酸酯板（PC 板）是一种高性能工程塑料板材，透光率不低于 80%，抗冲击强度是普通玻璃的 250 倍、亚克力板的 30 倍，具有优异的耐候性和抗老化性能。8mm 实心板的抗风压性能和承载能力满足屋面天窗的使用要求。

5.2.2 材料及设备性能参数

本项目主要材料的性能参数应满足以下要求：

表 5-3 铝镁锰合金屋面板性能参数表

项目	参数值	执行标准
合金牌号	3004-H46	GB/T3880
板厚	1.0mm（公差±0.05mm）	GB/T3880
抗拉强度	190-240MPa	GB/T3880
屈服强度	≥145MPa	GB/T3880
伸长率	≥4%	GB/T3880
正面涂层	氟碳树脂烤漆（PVDF）	GB/T23443
涂装工艺	两涂两烤	—
局部膜厚	≥25μm	GB/T23443
氟碳树脂含量	≥70%	GB/T23443
背面涂层	PE 树脂涂层	—
背面涂层厚度	≥5μm	—
耐中性盐雾	≥3000h 无异常	GB/T23443
耐人工气候老化	≥4000h 色差≤2 级	GB/T23443

表 5-4 TPO 防水卷材性能参数表

项目	参数值	执行标准
厚度	1.5mm（公差±10%）	GB27789
拉伸强度（纵向/横向）	≥600N/50mm	GB27789
断裂伸长率	≥30%	GB27789
撕裂强度	≥250N	GB27789
低温弯折性	-40℃无裂纹	GB27789
热老化（80℃*168h）	拉伸强度保持率≥90%	GB27789
耐化学侵蚀	拉伸强度保持率≥90%	GB27789
人工气候老化	≥5000h	GB27789
接缝剥离强度	≥4.0N/mm	GB27789

表 5-5 憎水保温岩棉性能参数表

项目	参数值	执行标准
厚度	50mm（两层）	GB/T19686
容重	180kg/m ³	GB/T19686
导热系数	≤0.040W/（m·K）	GB/T19686
憎水率	≥98%	GB/T19686
吸水率（短期）	≤2%	GB/T19686
燃烧性能	A1 级（不燃）	GB8624
抗压强度	≥40kPa	GB/T19686
纤维平均直径	≤6μm	GB/T19686

表 5-6 其他关键材料性能参数表

材料名称	主要性能参数	执行标准
304 不锈钢天沟	板厚 2.5mm, Cr:18-20%, Ni:8-10.5%, 抗拉强度 $\geq 520\text{MPa}$	GB/T3280
镀铝锌压型钢底板	板厚 0.8mm, 镀层 AZ150, 屈服强度 $\geq 300\text{MPa}$	GB/T2518
镀锌钢板 (外墙)	板厚 0.8mm, 镀锌层 Z275, 屈服强度 $\geq 270\text{MPa}$	GB/T2518
镀锌方管龙骨	50*50*4mm, Q235B, 镀锌层 $\geq 65\mu\text{m}$	GB/T6728
镀锌横撑	100*100*6mm, Q235B, 镀锌层 $\geq 65\mu\text{m}$	GB/T6728
6063-T5 铝合金支架	H=110mm, 抗拉强度 $\geq 160\text{MPa}$, 屈服强度 $\geq 110\text{MPa}$	GB/T5237
304 不锈钢自攻钉	ST5.5*32, A2-70 级, 抗拉强度 $\geq 700\text{MPa}$	GB/T3098.11
虹吸落水斗	304 不锈钢, 进水口径按设计	CJ/T245
HDPE 排水管	DN110-DN200, PN6, 环刚度 $\geq 8\text{kN/m}^2$	GB/T13663
聚碳酸酯板	8mm 实心, 透光率 $\geq 80\%$, 抗冲击强度 $\geq 850\text{J/m}$	GB/T14214

5.2.3 材料及设备来源

本项目所需材料均为国内市场可充分供应的建筑材料, 不涉及进口设备或特殊定制设备。材料采购遵循以下原则:

1. 国内采购原则

所有材料均在国内市场采购, 优先选择具有良好信誉和产品质量保障能力的大型生产企业的产品。铝镁锰合金屋面板选择国内专业金属屋面板生产厂家, 要求具有丰富的工程经验和完善的质量保证体系; TPO 防水卷材选择通过 CRCC 认证或具有良好工程业绩的知名品牌产品; 保温岩棉选择具有 A1 级防火认证的大型岩棉生产企业产品。

2. 质量合格原则

所有进场材料必须具有产品质量合格证书、产品检测报告和材质证明书。主要材料 (屋面板、防水卷材、保温岩棉、铝合金支架等) 须具有国家认可的第三方检测机构出具的型式检验报告或委托检验报告。材料进场后须按照《屋面工程质量验收标准》(GB50207) 和相关规定进行进场复检, 复检合格后方可使用。

3. 进场检验程序

材料进场检验按以下程序进行：

(1) **资料审核：**核查材料的产品合格证、质量检验报告、材质证明等质量证明文件的完整性和有效性。

(2) **外观检查：**对进场材料进行外观质量检查，核查材料品种、规格、数量是否与设计和采购要求一致，检查外观是否有损坏、变形等缺陷。

(3) **见证取样：**在监理工程师见证下，按照规定的抽样方法和数量进行取样。铝镁锰合金屋面板每批次（不超过 5000m²）取样 1 组，检测项目包括厚度、力学性能、涂层性能等；TPO 防水卷材每批次（不超过 5000m²）取样 1 组，检测项目包括拉伸强度、断裂伸长率、低温弯折性等；保温岩棉每批次（不超过 100m³）取样 1 组，检测项目包括容重、导热系数、憎水率等。

(4) **试验检测：**将取样样品送至具有相应资质的检测机构进行检测，检测结果须满足设计和规范要求。

(5) **合格确认：**试验检测合格后，由监理工程师签署材料进场报验单，材料方可投入使用。检测不合格的批次不得使用，应予以退场处理。

5.2.4 材料及设备与技术方案的匹配性

本项目选用的各类材料及设备与加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统技术方案具有良好的匹配性和协同性，具体分析如下：

1. 铝镁锰合金屋面板与技术方案的匹配性

1.0mm 厚 3004-H46 铝镁锰合金屋面板是加强型直立锁边系统的核心材料。板厚 1.0mm 较常规 0.9mm 加厚 11%，为加大底部加强肋截面提供了材料基础；3004 合金的优良成形性能确保了 65mm 高立边的精

确成型和锁边咬合的质量；H46 的力学性能状态兼顾了成形性和承载力要求。氟碳树脂涂层（两涂两烤、膜厚 $\geq 25\mu\text{m}$ ）满足海南强紫外线、高盐雾环境的耐候性要求，确保 20 年以上的使用寿命。屋面板的技术参数与技术方案的各项加强措施完全匹配。

2. TPO 防水卷材与技术方案的匹配性

1.5mm 厚聚酯纤维内增强型 TPO 防水卷材作为第二道防水层，与直立锁边屋面板形成了“双重防水”体系。TPO 卷材的优异耐候性（人工气候老化 $\geq 5000\text{h}$ ）与屋面板氟碳涂层的耐候性能相匹配，确保两道防水层在整个设计工作年限内协同工作。热风焊接搭接方式与金属屋面板的无钉构造理念一致，均为整体化、无缝化的防水构造。TPO 卷材的柔韧性和延伸率可适应屋面系统的温度变形，不会因温度应力导致防水层开裂。

3. 保温岩棉与技术方案的匹配性

双层 50mm 憎水保温岩棉与多层屋面构造体系良好匹配。岩棉板的尺寸规格（1200mm*600mm）适应压型钢底板的铺设模数；180kg/m³的容重提供了足够的抗压强度，可承受施工人员和设备的踩踏荷载；憎水性能确保在海南高湿度环境中保温性能不降低；A1 级不燃性能满足丙类仓库的防火要求。双层错缝铺设方式与屋面构造层次设计完全匹配。

4. 铝合金支架与技术方案的匹配性

6063-T5 铝合金固定支架（H=110mm）是连接屋面板与屋面结构的关键受力构件。6063 合金的挤压成形性能确保了支架复杂截面的精确成型；T5 状态的力学性能满足风荷载和自重荷载的承载要求；110mm 的支架高度为屋面板直立边提供了足够的夹持高度，使抗风夹

倒勾能够与支架底部有效卡接。支架底部隔热垫的设置与保温隔热技术方案相匹配，有效阻断了金属支架形成的热桥。

5. 外墙材料与技术方案相匹配性

外墙增加的 0.8mm 厚镀锌钢板与 50*50*4mm 镀锌方管龙骨和 100*100*6mm 镀锌横撑形成了完整的外墙围护体系。各构件的规格尺寸经过结构计算确定，可承受海南地区的风荷载作用。镀锌层厚度满足 C4 腐蚀环境下的耐久性要求。外墙围护的增加不仅提升了建筑外立面的抗风性能和耐久性，也改善了建筑的整体外观效果。

5.3 工程方案

5.3.1 工程建设标准

本项目屋面及外墙改造工程的勘察、设计、施工和验收，严格执行国家现行有关标准规范，确保工程质量满足安全、适用、耐久、环保等基本要求。主要依据的标准规范如下：

1. 设计依据标准

表 5-7 依据标准汇总表

序号	标准编号	标准名称	备注
1	GB55030-2022	建筑与市政工程防水通用规范	强制性工程建设规范
2	GB50345-2012	屋面工程技术规范	—
3	GB50009-2012	建筑结构荷载规范	—
4	GB51245-2017	工业建筑节能设计统一标准	—
5	GB50016-2014	建筑设计防火规范（2018 年版）	—
6	GB50033-2013	建筑采光设计标准	—
7	JGJ255-2012	采光顶与金属屋面技术规程	—
8	GB/T21086-2007	建筑幕墙	参考
9	GB50205-2020	钢结构工程施工质量验收标准	—
10	GB50207-2012	屋面工程质量验收规范	—
11	DBJ46-075-2025	海南省金属屋面技术标准	—
12	GB51251-2017	建筑防烟排烟系统技术标准	—
13	JGJ/T473-2019	建筑金属围护系统工程技术标准	—
14	DBJ/T15-148-2018	强风易发多发地区金属屋面技术规程	—
15	GB55022-2021	既有建筑维护与改造通用规范	强制性工程建设规范
16	GB/T50034-2024	建筑照明设计标准	—

序号	标准编号	标准名称	备注
17	CJJ45-2015	城市道路照明设计标准	—
18	GB50974-2014	消防给水及消火栓系统技术规范	—
19	GB 50052-2009	供配电系统设计规范	
20	GB 50054-2011	低压配电设计规范	
21	GB 50057-2010	建筑物防雷设计规范	
22	GB 50303-2015	建筑电气工程施工质量验收规范	
23	GB 50243-2016	通风与空调工程施工质量验收规范	
24	GB 50019-2015	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范	

2. 关键技术指标要求

根据上述标准规范，结合本项目实际情况，确定以下关键技术指标：

（1）**屋面防水等级：**I级。根据 GB55030-2022《建筑与市政工程防水通用规范》第 3.0.3 条，仓库建筑屋面防水等级应为I级。I级防水要求设置不少于两道防水层，本项目设置屋面板直立锁边防水+TPO 防水卷材+屋脊第三道防水，满足一级防水要求。

（2）**屋面排水设计：**屋面排水采用有组织排水方式，设计暴雨强度按海口市暴雨强度公式计算，设计重现期取 10 年。屋面排水系统采用虹吸排水技术，排水能力应满足 50 年一遇暴雨强度的排水要求。

（3）**抗风揭性能：**满足《海南省金属屋面技术标准》A 级相关要求。

（4）**保温隔热性能：**屋面传热系数不大于 $0.35\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，满足《公共建筑节能设计标准》GB50189 对夏热冬暖地区屋面的热工性能要求。

（5）**防火性能：**屋面系统所有材料均为 A 级或 B1 级不燃/难燃材料。保温岩棉为 A1 级不燃材料，铝镁锰合金屋面板为不燃材料，TPO 防水卷材为 B1 级难燃材料，满足丙类仓库建筑的防火要求。

3.澄迈地区气候参数

设计应考虑以下澄迈地区气候参数：

表 5-8 澄迈地区气候参数表

参数	数值	备注
基本风压（100 年一遇）	0.9kN/m²	—
基本风压（50 年一遇）	0.75kN/m²	—
基本雪压	0.00kN/m²	无积雪
年平均气温	23.8℃	—
极端最高气温	40.5℃	—
极端最低气温	2.8℃	—
年降水量	1664mm	—
年日照时数	2225h	—
年平均相对湿度	85%	—
最大风速（历史记录）	≥60m/s	台风影响
抗震设防烈度	8 度	设计基本地震加速度 0.20g

5.3.2 工程总体布置

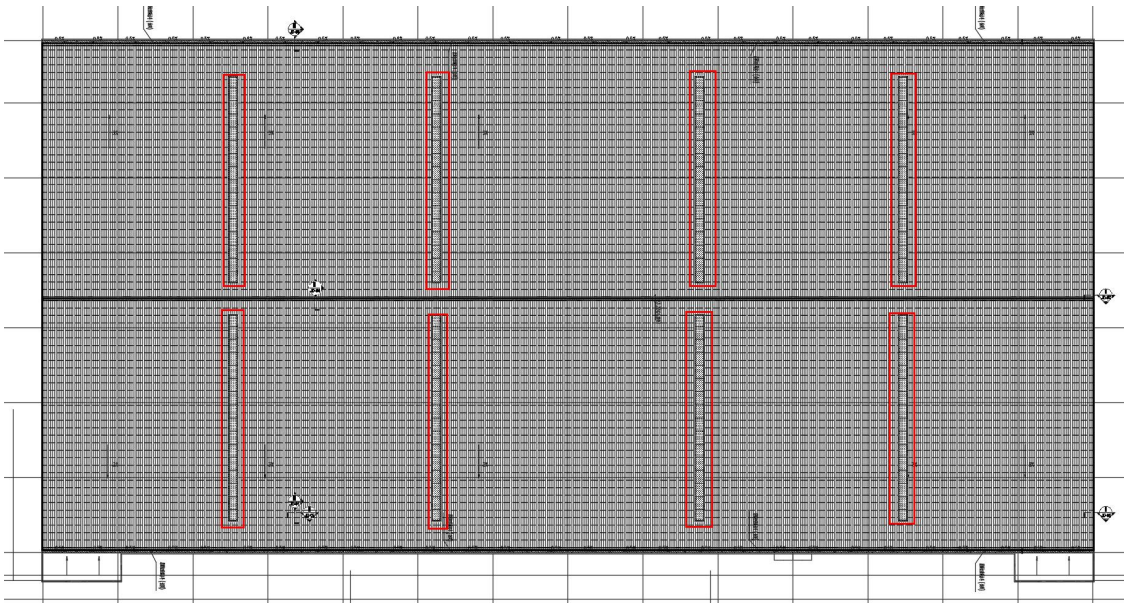


图 5-1 屋面整体改造深化平面布置图

1. 改造范围

本项目改造范围为日免仓一期二仓库的屋面系统及外墙围护系统，具体包括：

(1) **屋面叠加改造范围：**二仓库全部屋面区域，屋面面积约 13901.25m²（投影面积），叠加新建屋面面积约 13901.25m²（展开面积）。屋面改造包括：天沟改造、山墙墙面改造、屋脊改造、天窗风机改造、屋面大面改造等全部屋面子系统。

(2) **外墙改造范围：**二仓库外墙增加镀锌钢板围护，面积约 12177.14m²。外墙改造包括：新增镀锌方管龙骨和横撑、安装镀锌钢板等。

(3) **排水系统改造：**屋面排水系统全面改造，包括 85 个虹吸落水斗和 HDPE 排水管系统的安装。

2. 施工分区

根据仓库的结构特点和施工工艺要求，施工分为以下区域分别组织：

(1) **屋面施工区：**按屋面的自然分区（如按坡向、轴线位置等）划分为若干施工段，分段流水施工。每个施工段的作业内容包括拆除、基层处理、底板安装、保温层铺设、防水层施工、屋面板安装、细部处理等完整工序。

(2) **外墙施工区：**外墙施工沿仓库四周进行，按立面分段组织施工。每段作业内容包括檩托安装、横撑安装、龙骨安装、钢板安装等工序。

3. 施工顺序

新增结构加固工程、货梯加装工程两大施工分区，总体施工顺序调整为：施工准备→屋面局部拆除及基层修复→结构加固施工→转换层安装→屋面保温、防水、屋面板安装→天沟、屋脊、天窗等细部施

工→外墙加固及镀锌钢板安装→货梯井道及基础施工→电梯设备安装调试→排水、室外工程施工→竣工验收。

4. 施工流水组织

本工程施工面积约 13901.25m²，计划工期 60 天。根据工期要求和施工内容，将整个屋面划分为若干施工流水段，每段面积约 2000-2500m²。采用“拆除一段、施工一段、完成一段”的流水作业方式，确保每天完成一个流水段的施工。各工序的作业时间按以下原则安排：拆除 2 天/段→基层处理+底板安装 1 天/段→保温层铺设 1 天/段→防水层施工 1 天/段→屋面板安装 2 天/段→细部处理 1 天/段，每段施工周期约 8 天。

5.3.3 金属屋面天沟改造方案



图 5-2 天沟原节点做法及现场实际情况



图 5-3 天沟深化方案

天沟是屋面排水的关键组成部分，也是屋面防水的薄弱环节。原天沟系统存在排水能力不足、节点渗漏、抗风薄弱等问题。本项目对天沟系统进行全面改造，具体方案如下：

1. 拆除原有天沟

拆除原有不锈钢天沟及其附属构件，包括天沟本体、天沟支架、落水口、落水管等。拆除过程中注意保护与之相连的屋面板和结构构件，避免造成不必要的损坏。拆除后的建筑垃圾及时清运，保持施工现场整洁有序。

2. 安装新不锈钢成品天沟

新天沟采用 2.5mm 厚 304 不锈钢成品天沟。天沟截面尺寸根据屋面汇水面积和暴雨强度计算确定。天沟采用两侧 U 型结构，女儿墙高

度 1 米，形成有效的挡水和防风构造。天沟安装前先在结构檐口位置安装天沟支架，支架间距不大于 1.5m，支架与结构可靠固定。天沟放置在支架上，调整水平和坡度后用紧固件固定。天沟坡度不小于 1%，坡向落水口方向，确保排水通畅。

3. 天沟防水处理

屋面板与天沟连接处设置专用披水板（封堵板），披水板采用与屋面板同材质的铝镁锰合金板，通过专用固定件与天沟和屋面板可靠连接。披水板的作用是封堵屋面板与天沟之间的缝隙，防止雨水从该部位渗入。天沟内侧设置滴水片，引导冷凝水和可能渗漏的雨水滴入天沟内而不进入室内。檐口位置设置泡沫堵头，填充屋面板与天沟之间的空隙，起到密封和缓冲作用。

4. 落水系统设置

在天沟最低点设置落水斗，本项目采用虹吸式落水斗（304 不锈钢材质），共需设置若干组。虹吸落水斗具有特殊的进水构造，在暴雨时可形成虹吸效应，大幅提高排水能力，较传统重力式排水系统的排水能力提高 3-5 倍。落水斗下方连接 HDPE 排水管，排水管管径根据排水计算确定（DN110-DN200），管道沿结构柱或墙面敷设，将雨水排入地面排水系统。

5. 天沟抗风加强

在天沟部位增设专用抗风件，增强天沟及檐口部位的抗风揭能力。天沟两侧的 U 型结构和 1 米高的女儿墙本身也起到一定的挡风作用，减少风荷载对屋面板的作用。天沟与屋面板的连接部位采用多点固定，增加固定密度，确保在强风作用下不发生变形或损坏。

6. 工程量

天沟改造工程量为 586.38m²。

5.3.4 金属屋面山墙墙面改造方案



图 5-4 山墙墙面现场实际情况



图 5-5 山墙深化方案

山墙（端墙）是屋面与墙面交接的部位，也是风荷载作用最集中的区域之一。原山墙墙面存在抗风能力不足、防水薄弱等问题，本项目对山墙墙面进行全面改造。

1. 拆除原有披水板

拆除原有山墙部位的披水板及相关固定件。披水板是覆盖在山墙顶部、保护山墙与屋面交接部位的金属板件。原披水板因固定不牢、密封不严，存在渗漏和被风掀揭的隐患。拆除时注意不要损坏山墙结构和与之相连的屋面板。

2. 设置专用抗风件

在山墙部位设置专用抗风件，抗风件与结构可靠固定，固定点间距 500mm。抗风件的作用是将山墙部位的屋面板和披水板与结构紧密

固定，抵抗风荷载的掀揭作用。较密的固定点间距（500mm）较常规间距（通常 900-1200mm）大幅增加，确保山墙部位的抗风安全性。抗风件采用不锈钢材质，防止锈蚀。

3. 披水板防水加强

在披水板下方增设 TPO 防水卷材附加层，附加层宽度不小于 250mm，与屋面 TPO 防水层热风焊接连成整体。披水板本身采用 1.0mm 厚铝镁锰合金板，与屋面板材质一致，保证使用寿命和外观的统一性。披水板的固定采用隐藏式固定方式，表面无外露钉孔。

4. 墙面增加镀锌钢板

在山墙墙面增加单层镀锌钢板，提高墙面的抗风能力和耐久性。新增镀锌钢板通过专用固定件固定在横撑上，与原有墙面形成复合围护结构。钢板采用横向铺设，板缝搭接严密，搭接处做好密封处理。钢板颜色与屋面板和外墙板协调一致，保证建筑外观的整体美观性。

5. 檩托和横撑系统

在原有立柱处设置 8mm 厚檩托，檩托规格为 L430*150*8mm，通过螺栓与原有立柱可靠连接。檩托上安装横撑，横撑与檩托通过螺栓连接，形成稳定的支撑体系。新增的镀锌钢板通过自攻钉固定在横撑上，固定点间距根据风荷载计算确定，一般不超过 500mm。

6. 工程量

山墙收边板工程量为 414.60m²。

5.3.5 金属屋面屋脊改造方案



图 5-6 屋脊原节点做法及现场实际情况

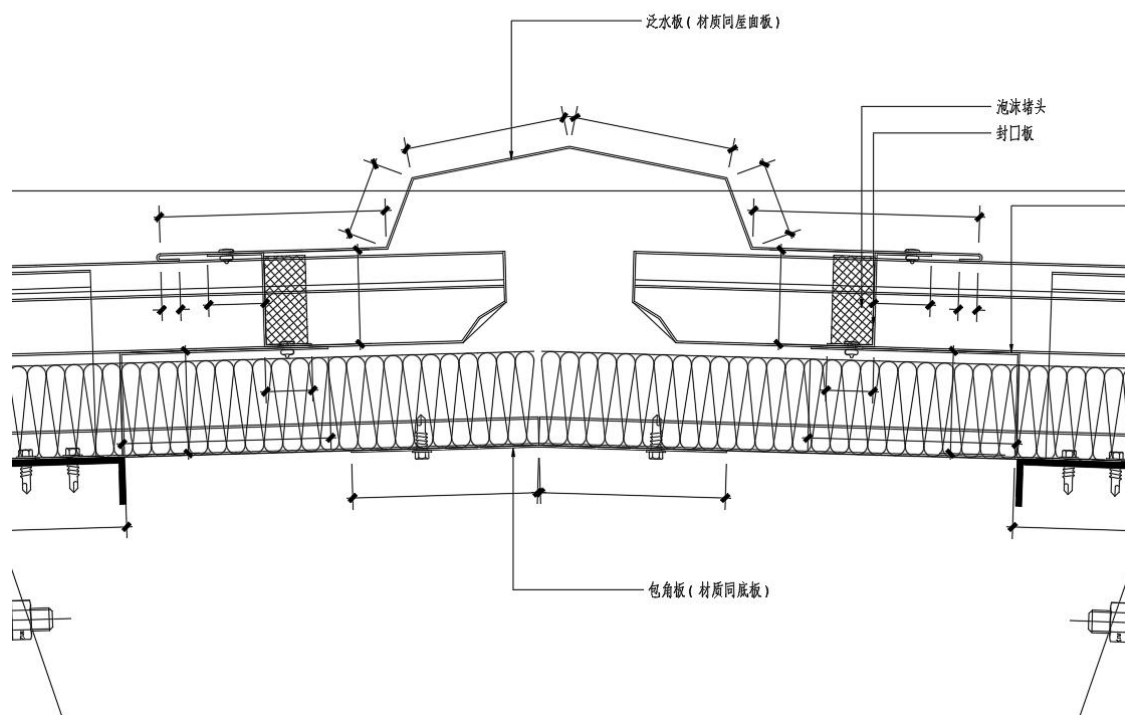


图 5-7 屋脊深化节点图

屋脊是屋面最高处的水平交线，是屋面系统的关键节点。原屋脊存在防水薄弱、热胀冷缩处理不当等问题。本项目对屋脊进行全面改造，形成独立的防水和抗风系统。

1. 屋脊堵头设置

在屋脊两侧设置专用铝合金堵头，堵头的作用是封堵屋面板直立边顶部的开口，防止雨水、灰尘、鸟类等进入屋面系统内部。堵头采用铝合金材质，与屋面板材质兼容，不会发生电化学反应。堵头与固定支座可靠固定，固定方式采用螺栓连接或卡扣连接，确保在风荷载作用下不会脱落。

2. 屋脊龙骨系统

在屋脊位置增加专用屋脊龙骨，形成独立的屋脊支撑和固定系统。屋脊龙骨独立于屋面板的固定支座系统，具有足够的刚度和承载力，可独立承受屋脊板的风荷载和自重荷载。屋脊龙骨通过连接件与下部结构可靠固定，固定间距根据计算确定。

3. 热胀冷缩处理

金属屋面系统因温度变化产生较大的伸缩变形，屋脊是变形最集中的部位。本方案通过增加屋脊固定点数量和优化固定方式来控制热胀冷缩的影响。屋脊板采用可滑动的固定方式，允许屋面板在温度变化时沿纵向自由伸缩，不会因约束过严导致面板撕裂或固定点破坏。屋脊板的搭接长度按最大温差计算确定，确保在任何温度条件下搭接边不会脱开。

4. 第二道防水措施

在屋脊板下方铺设 TPO 防水卷材附加层，附加层覆盖整个屋脊区域，宽度不小于 500mm。在防水卷材上方增设防水支撑钢板，即使在极端条件下屋脊板受损，防水支撑钢板和 TPO 卷材仍能阻止雨水渗入。这种“屋脊板+防水支撑钢板+TPO 卷材”的三重防护构造，使屋脊部位的防水可靠性大大提高。

5. 泡沫堵头加强

屋脊部位的泡沫堵头采用加大边界尺寸的设计，较常规泡沫堵头增加了与屋面板和屋脊板的接触面积，密封效果更好。泡沫堵头采用闭孔结构的耐候泡沫材料，具有优异的防水性、弹性和耐久性，可长期保持密封效果。

6. 工程量

屋脊改造工程量为 168.50m。

5.3.6 金属屋面天窗风机改造方案

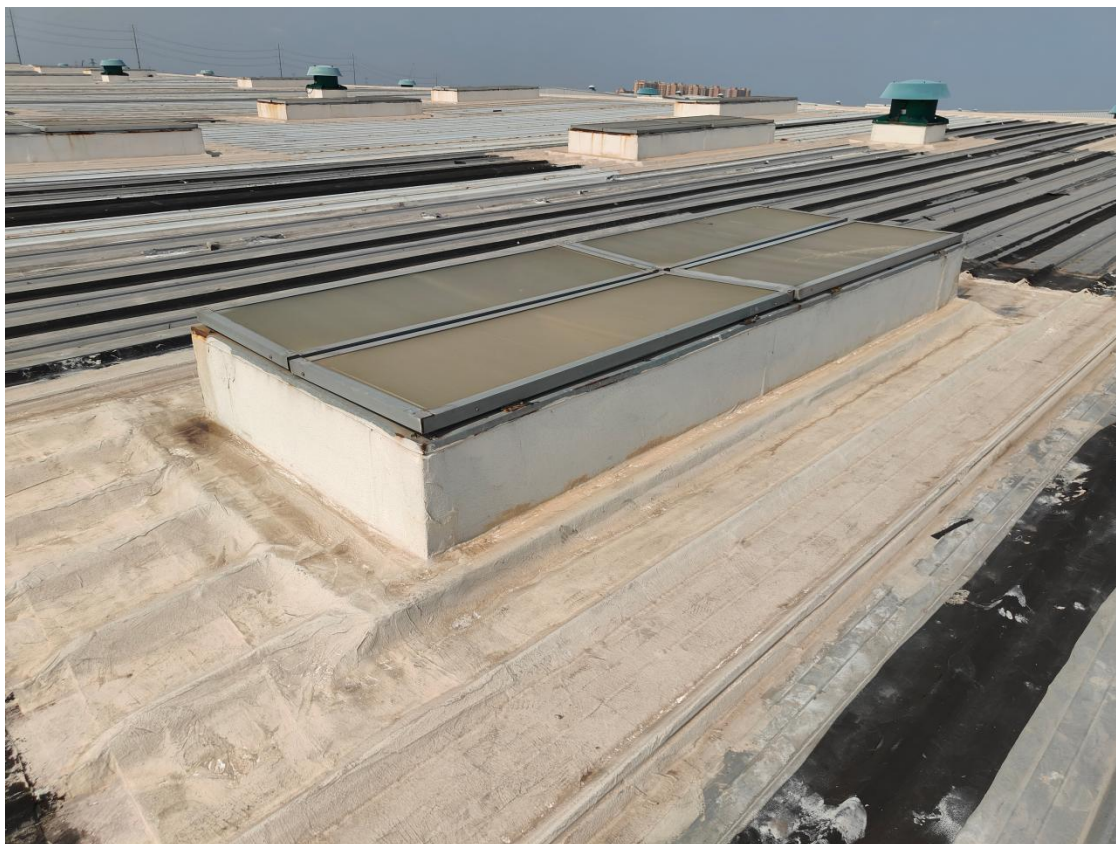


图 5-8 天窗风机现场实际情况



图 5-9 天窗风机深化节点图

原屋面设置有若干小型天窗和风机洞口，这些洞口是屋面防水的薄弱环节，且小天窗分散布置，防水处理困难。本项目对天窗风机系统进行全面改造，将原可开启天窗改成固定天窗，具体方案如下：

1. 可开启天窗改成固定窗

将原有开启天窗进行拆除，重新安装不可开启天窗玻璃。可开启天窗改成固定窗具有以下优势：（1）简化防水节点处理，降低渗漏风险；（2）保留天窗采光功能。

2. 天窗防水处理

固定窗玻璃与屋面板的所有交接缝隙均采用密封胶封堵，密封胶采用中性硅酮耐候密封胶，具有良好的耐候性和位移能力。天窗周围设置专用抗风件，增强天窗部位的抗风揭能力。

3. 工程量

天窗采光窗工程量为 526.45m²。

5.3.7 金属屋面改造方案

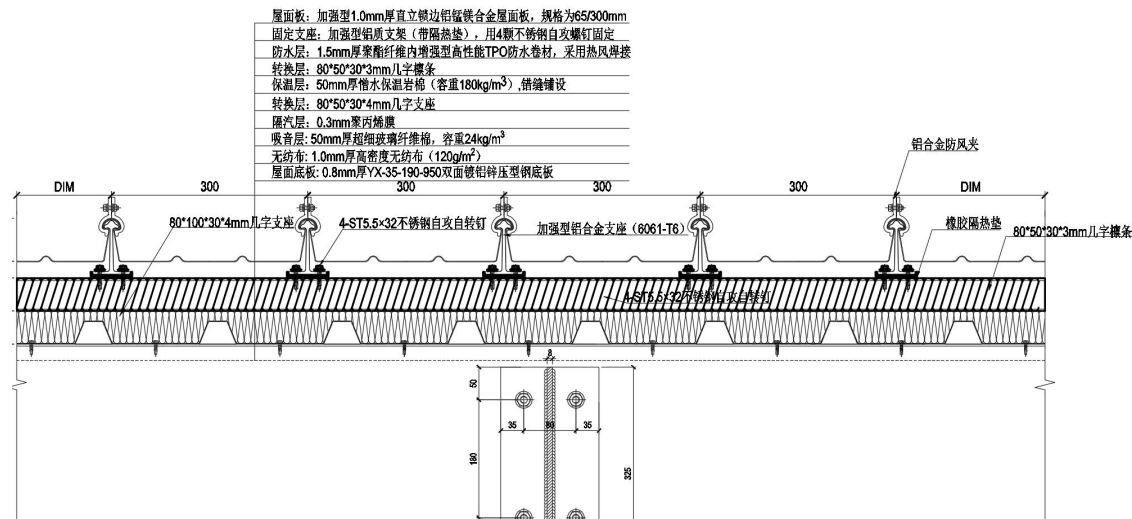


图 5-10 屋面构造层标准节点做法



图 5-11 加强型屋面板现场实际情况



图 5-12 加强型屋面板详图

屋面改造是本项目工程量最大的部分，包括原有破损屋面系统的拆除和新屋面系统的安装，即采用“局部破损拆除+原位叠加改造”路线。具体施工方案如下：

1. 拆除原有屋面系统

修正施工工序描述，明确仅拆除破损面层、失效防水层与保温层，保留结构檩条及完好基层。拆除前对保留檩条及其他保留构件的损坏、变形、锈蚀情况进行全面调查摸底，形成保留构件状况清单及对应修复工作量：对锈蚀檩条机械除锈达 St2 级后，涂覆环氧富锌底漆+聚氨酯面漆两道（干膜总厚度 $\geq 120\mu\text{m}$ ）完成表面防锈涂覆修复；对变形杆件矫正复位或局部更换；对损坏节点板、连接件按原规格更换。修复、矫正要求及方案在设计阶段按调查清单细化落实。

2. 转换层安装

在原屋面主钢梁上增设钢立柱和盖板，再在盖板上增设檩托，新增檩条通过自攻螺钉与新增檩托连接。转换层的作用是使上部的支撑面平整、连续，确保保温层和防水层的铺设质量。转换层的安装间距根据屋面承载力和变形要求确定，一般不超过 1200mm，屋脊、屋檐等风敏感区需加密。

3. 压型钢底板安装

在原有屋面结构檩条或新增的几字檩条上安装 0.8mm 厚 YX-35-190-950 型双面镀铝锌压型钢底板。底板铺设方向一般沿屋面坡度方向，板的搭接边应朝向屋面下方，防止雨水倒灌。底板搭接宽度不小于 50mm，搭接处用自攻螺钉固定，螺钉间距不大于 500mm。底板铺设应平整、顺直，无明显起伏和错边。底板安装完成后形成连续、平整的承托面，为上层保温层和防水层的铺设创造条件。

4. 保温层铺设

如果施工时，原保温层受到破损时，应进行修补。保温层采用双层 50mm 厚憎水保温岩棉板，总厚度 100mm。铺设时先铺第一层 50mm 厚岩棉板，板与板之间紧密拼接，缝隙用同材质岩棉条填塞密实。第一层铺设完成后，再铺第二层 50mm 厚岩棉板，第二层板缝与第一层板缝错开，错缝距离不小于 100mm。保温层铺设应平整、连续，无明显缝隙和空洞。在固定支座、天沟、屋脊等部位，保温板应按实际形状切割，切口整齐，拼接严密。

5. 防水层施工

在保温层上方铺设 1.5mm 厚 TPO 防水卷材。卷材铺设方向沿屋面坡度方向，由低处向高处铺设。卷材搭接宽度不小于 100mm，搭接缝

采用热风焊接工艺，通过专用热风焊枪将搭接边加热熔融后压合，形成分子层面的焊接连接。焊缝宽度不小于 30mm，焊缝应连续、均匀、无气泡、无漏焊。焊缝完成后进行外观检查和剥离强度检验，确保焊接质量。

在所有节点部位（天沟、屋脊、山墙、天窗、管道穿出等），均设置 TPO 防水卷材附加层。附加层宽度不小于 250mm，与基层卷材热风焊接连成整体。附加层的铺设应在基层卷材施工的同时进行，确保附加层与基层的焊接质量。

6. 铝合金支架安装

在防水层上方安装 6063-T5 铝合金固定支架，支架高度 $H=110\text{mm}$ 。支架安装在几字支座上，通过不锈钢自攻螺钉固定。支架安装间距根据风荷载计算和屋面板承载力验算确定，一般在标准区域支架间距不大于 1200mm，在檐口、屋脊等风荷载较大区域支架间距适当加密至 600-900mm。支架安装应确保垂直度、间距和标高满足设计要求，支架顶部应在同一平面上，保证屋面板安装后的平整度。

7. 屋面板安装

铺设 1.0mm 厚直立锁边铝镁锰合金屋面板，板宽 300mm（有效覆盖宽度）。屋面板沿屋面坡度方向铺设，由低处向高处安装。每块屋面板放置在固定支架上，面板直立边与支架卷边对齐。面板铺设到位后，使用专用锁边机进行锁边咬合成型。锁边咬合应连续、紧密、无间隙，咬合成型后的立边高度符合设计要求。

屋面板安装时应注意以下要点：（1）面板搬运时应戴手套，避免污染和划伤面板表面；（2）面板铺设方向正确，搭接边朝向屋面下方；（3）锁边咬合成型应使用与板型配套的专用锁边机，确保咬合质

量；（4）面板安装后表面平整、无明显起伏；（5）屋面板伸缩缝按设计要求设置，一般在连续长度超过 30m 时设置伸缩缝。

8. 抗风夹和抗风压条安装

屋面板锁边完成后，在固定支座位置安装专用抗风夹。抗风夹采用倒勾设计，从上方套入屋面板直立边和固定支座的组合体，倒勾卡在固定支座底部，与固定座呈 R 角抱箍式连接。抗风夹安装后，左右两侧通过螺栓紧固，形成对屋面板直立边和固定支座的整体夹持。

在抗风夹安装完成后，沿屋面板纵向通长设置抗风压条，将同一纵向排布的抗风夹连接为整体。抗风压条采用铝合金或不锈钢材质，通过螺栓与抗风夹连接。抗风压条的设置使各抗风夹之间形成整体受力体系，提高了抗风系统的连续性和整体抗风揭能力。

9、防雷接地系统

（1）新叠加金属屋面围护系统防雷纳入建筑整体防雷体系，不单独做独立防雷系统；充分利用原有建筑基础自然接地网，原有接地不满足时增设人工接地极。

（2）沿海高盐雾环境，所有外露防雷连接构件、跨接件、紧固件全部采用 316L 不锈钢，杜绝电化学腐蚀；禁止普通电镀锌、黑铁件外露使用。

（3）新金属屋面板下方保温材料必须为 A 级不燃材料，满足利用金属板做接闪器的防火条件。

（4）叠加屋面施工不得破坏原有建筑引下线、接地装置；穿越防水、隔汽层的防雷导体必须做防水密封处理，不得造成屋面渗漏隐患。

(5) 新旧屋面中间有保温、防水垫层绝缘隔离，屋面板、檩条与原有混凝土/钢结构屋面无金属接触，必须专设跨接引上线。

1) 从新屋面檩条/接闪带，每隔不大于 18m 设置一处 316L 不锈钢引上线 ($\geq 40 \times 4 \text{mm}$ 扁钢)；

2) 引上线向下穿过叠加屋面构造层（开孔位置做防水密封处理），可靠连接至建筑原有防雷引下线（钢柱、柱内钢筋预埋连接板）；

3) 每处连接点不少于 2 套不锈钢螺栓压紧连接，严禁仅点焊；

4) 仓库四周至少保证 4 处以上跨接连通点，转角位置必须设置连接点。

(5) 屋面突出物：管道、天沟、泛水板全部采用 316L 不锈钢导体与接闪带做等电位连接。

(6) 接地电阻要求 $\leq 4\Omega$ 。

10. 工程量

屋面大面改造工程量为 13901.25m^2 。

5.3.8 外墙镀锌钢板增加方案

为了尽可能降低墙面漏水概率和避免影响现状仓库正常使用，考虑离岛免税企业对高标准现代化仓库的要求，园区要求提高服务基础条件，吸引更多高端品牌与外贸企业入驻，强化园区产业集聚效应等因素，本项目在外墙增加镀锌钢板围护，提高外墙的抗风能力和耐久性，改善建筑外观。墙面新增荷载主要是新增檩托、檩条、墙面镀锌

钢板，新增恒载 0.2KN/m^2 左右，原 ALC 墙板自重 2.0KN/m^2 ，荷载增加 10% 左右。具体方案如下：

1. 檩托安装

在原有结构立柱处安装 T 檩托，采用 Q355B 钢材制作，表面热浸镀锌处理，镀锌层厚度不小于 $65\mu\text{m}$ 。檩托通过焊接方式与原有立柱可靠连接，每个檩托不少于 2 个螺栓。檩托的安装标高根据横撑位置和镀锌钢板分板高度确定，竖向间距一般不超过 2.5m。檩托安装应确保水平度和垂直度，为横撑安装提供准确的定位基准。

2. 横撑安装

在檩托上安装 C 型墙梁通过螺栓与檩托连接。横撑沿竖向每 1.2m 设置一道，在同一水平标高上连续贯通，形成闭合的横向框架。横撑的安装应确保水平、顺直，连接牢固。横撑与檩托形成的框架体系应具有足够的刚度和承载力，可承受镀锌钢板传递的风荷载和自重荷载。

3. 竖向龙骨安装

在横撑上安装 $50*50*4\text{mm}$ 镀锌方钢管竖向龙骨，龙骨间距根据镀锌钢板分板宽度和风荷载计算确定，一般不超过 1.2m。竖向龙骨通过螺栓或焊接与横撑连接。龙骨安装应确保垂直度和间距准确，为镀锌钢板的安装提供平整、规则的支撑面。

4. 镀锌钢板安装

在竖向龙骨上安装 0.8mm 厚镀锌钢板，钢板采用横向铺设（即钢板长边水平方向），板缝竖向排列。钢板通过 ST4.8*25 不锈钢自攻钉固定在竖向龙骨上，螺钉间距不大于 500mm。钢板搭接宽度不小于

25mm，搭接处用拉铆钉或自攻钉固定。钢板安装应平整、顺直，无明显起伏和错边。板缝应均匀一致，横向板缝对齐，竖向板缝垂直。

5. 细部处理

门窗洞口、转角、变形缝等部位进行专项细部处理。门窗洞口周围设置收边条，收边条采用与钢板同材质的镀锌钢板弯折成型，与墙面钢板搭接严密。转角处设置转角条，保证转角部位的美观和防水。变形缝处设置变形缝盖板，盖板应具有足够的位移能力，适应结构的温度变形和沉降变形。所有板缝搭接处均做密封处理，防止雨水渗入。

6. 工程量

外墙镀锌钢板工程量为 12177.14m²。

5.3.9 屋面排水系统改造方案

本项目对屋面排水系统进行全面改造，采用虹吸排水技术，提高排水效率和能力。

1. 虹吸落水斗安装

在屋面天沟最低点安装 304 不锈钢虹吸落水斗，共 85 个。虹吸落水斗的进水口设置在天沟底部最低处，确保排水彻底。落水斗与天沟连接处做好密封处理，防止连接处渗漏。落水斗的进水格栅可有效拦截树叶等杂物，防止排水管堵塞。落水斗的规格型号根据排水计算确定，确保排水能力满足设计要求。

2. HDPE 排水管安装

落水斗下方连接 HDPE 排水管，将屋面雨水排至地面排水系统。排水管管径根据虹吸排水计算确定，主管管径 DN200，支管管径 DN110-DN160。HDPE 管材采用 PE100 级，公称压力 PN6。管道连接

采用热熔对接方式，焊缝质量通过外观检查和翻边检验双重控制。管道沿结构柱或墙面垂直敷设，固定支架间距不大于 2m。管道穿越楼板或墙面时设置套管，套管与管道之间填塞密封材料。

3. 排水系统调试

排水系统安装完成后进行系统调试。调试内容包括：检查管道通畅性、检验虹吸启动性能、测试系统排水能力等。虹吸排水系统的调试可采用模拟降雨方式进行，通过向天沟内快速注水，检验系统是否能正常形成虹吸状态，排水能力是否满足设计要求。调试中发现的问题应及时整改，直至系统正常运行。

5.3.10 室外工程改造方案

1. 坡道滑坡警示线施划工程

对 200m 全域坡道两侧实施标准化标线施划，采用国标高品质热熔反光防滑涂料，适配海南多雨潮湿、高温暴晒气候，具备超强防滑、耐磨、高反光、抗腐蚀、耐老化特性，可长期适配仓储高频次通行场景。施工范围涵盖坡道双侧边线、居中导向分隔线、坡道起止警示线、全域防滑斜纹滑坡警示线，统一采用保税园区规范黄黑警示配色，边线及导向线宽度严格按照国标规范设置为 15cm。施工完成后可清晰警示坡道坡度、通行边界，有效防范车辆打滑、越线逆行、通行混乱等安全风险，全面规范坡道车辆、人员通行秩序，满足仓储坡道安全通行国标要求。

2. 坡道照明系统加装工程

针对坡道夜间照明缺失、作业视线不良问题，按《城市道路照明设计标准》（CJJ 45-2015）、《建筑照明设计标准》（GB/T50034-

2024) 加装坡道专用照明系统。坡道长 200m、宽 12m，混凝土路面，双向两车道。方案如下：

(1) 现状照明情况：坡道现状无专用照明设施，仅依托库区道路高杆灯间接照明，夜间实测照度不足 10lx，不满足夜间装卸转运作业安全要求，亟需增设专用照明。

(2) 照明标准值及功率密度：按半露天仓储作业通道确定，维持平均照度 $\geq 50\text{lx}$ ，照度均匀度 $E_{\min}/E_{\text{av}} \geq 0.4$ ，照明功率密度值 $\text{LPD} \leq 1.0\text{W}/\text{m}^2$ 。

(3) 布灯方案：选用 8m 热镀锌钢灯杆 (Q235B) 配 1.5m 挑臂，灯具为 120W 防水防爆 LED 灯 (4500K-5500K 自然白光，显色指数 $R_a \geq 80$ ，防护等级 IP65)，沿坡道两侧对称布置，每侧 12 套、纵向间距约 18m，全段共 24 套。

(4) 配电方案：在坡道起点设置 1 台户外防雨型照明配电箱 (防护等级 IP54)，箱内配置计量表计、漏电保护、接触器及智能照明控制器，按回路分路供电至各灯杆。

(5) 电源引接方案：路灯电源由仓库变配电室低压柜专用回路引接，采用 YJV-0.6/1kV 电缆穿热镀锌钢管埋地敷设 (埋深 $\geq 0.7\text{m}$)，线路隐蔽敷设并做绝缘防水、防老化处理。

(6) 下半夜控制方案：采用光控+时控复合控制，天黑自动开灯、黎明自动关灯；下半夜 (24:00 后) 自动切换为隔盏亮灯/降功率运行模式，节电率 $\geq 50\%$ 。

(7) 接地方案：采用 TN-S 接地系统，每杆灯具金属外壳与 PE 线可靠连接，逐杆打设重复接地极，接地电阻 $\leq 10\Omega$ ；灯杆按第三类防雷构筑物采取防雷措施，杜绝漏电、短路等安全问题。

（8）用电量：路灯总装机容量 2.88kW（24 套×120W），按日运行 10 小时、下半夜降功率运行折算，年用电量约 0.84 万 kW·h。

3. 简易施工流程

（1）前期准备：全面清理坡道基层杂物、积水、油污，修补路面局部坑洼、破损部位，平整作业基面；结合国标标准精准测量放样，定位全线标线轨迹及灯具精准安装点位，完成施工材料进场、设备调试、园区施工报备等前期全部筹备工作。

（2）主体施工：严格按照国标规范开展全域热熔标线涂布、反光颗粒均匀嵌入施工，分段施工、分段静置养护，保障标线成型质量；同步推进照明管线开槽敷设、固定封装、灯具定位安装、接线防水密封及接地防护施工，确保工序衔接顺畅、施工合规。

（3）调试验收：待标线完全固化后，全面检查标线线形、平整度、反光效果、防滑性能，排查起皮、脱落、开裂等质量问题；对照明系统进行全域通电试运行，逐一排查灯具频闪、亮度不均、线路漏电、接地不良等隐患，完成现场垃圾清理、物料规整，最终开展整体竣工验收交付。

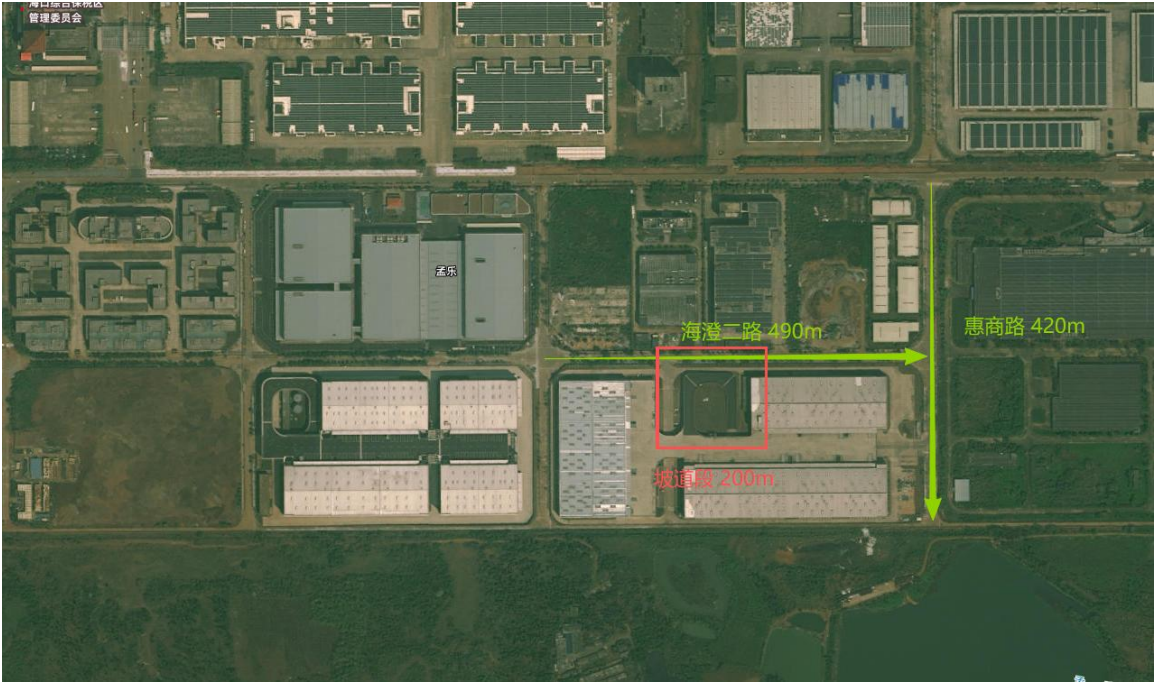


图 5-13 坡道标线施划及照明系统加装范围图

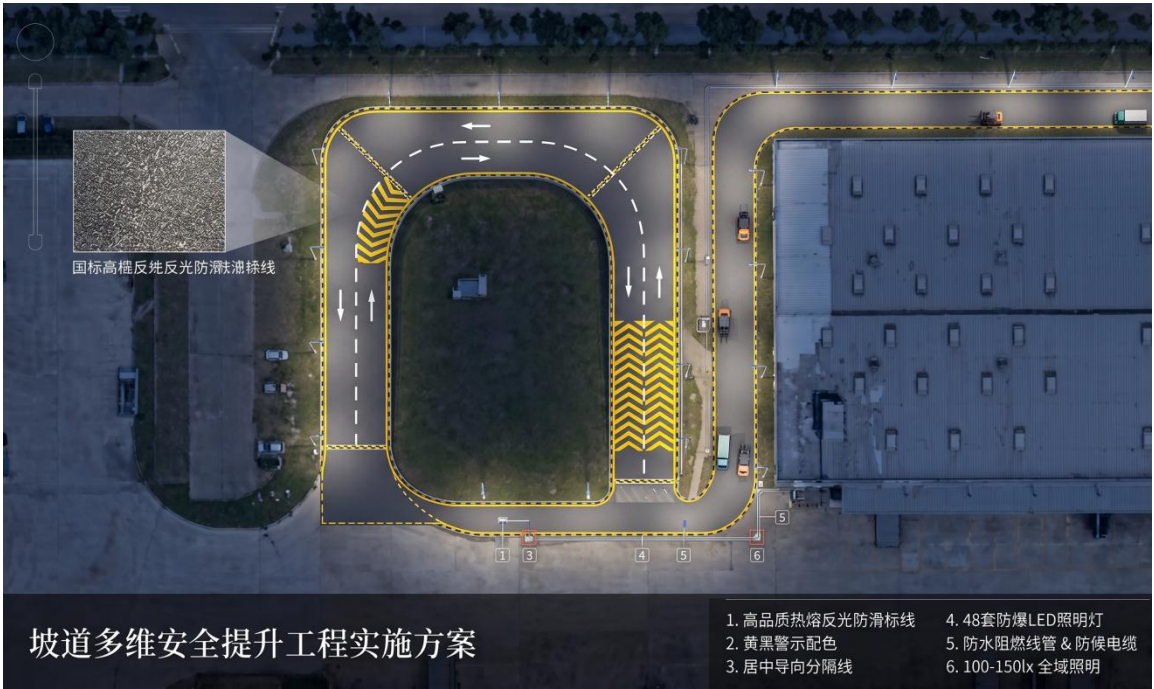


图 5-14 坡道标线施划及照明系统加装效果示意图

坡道照明标准横断面图（比例示意）

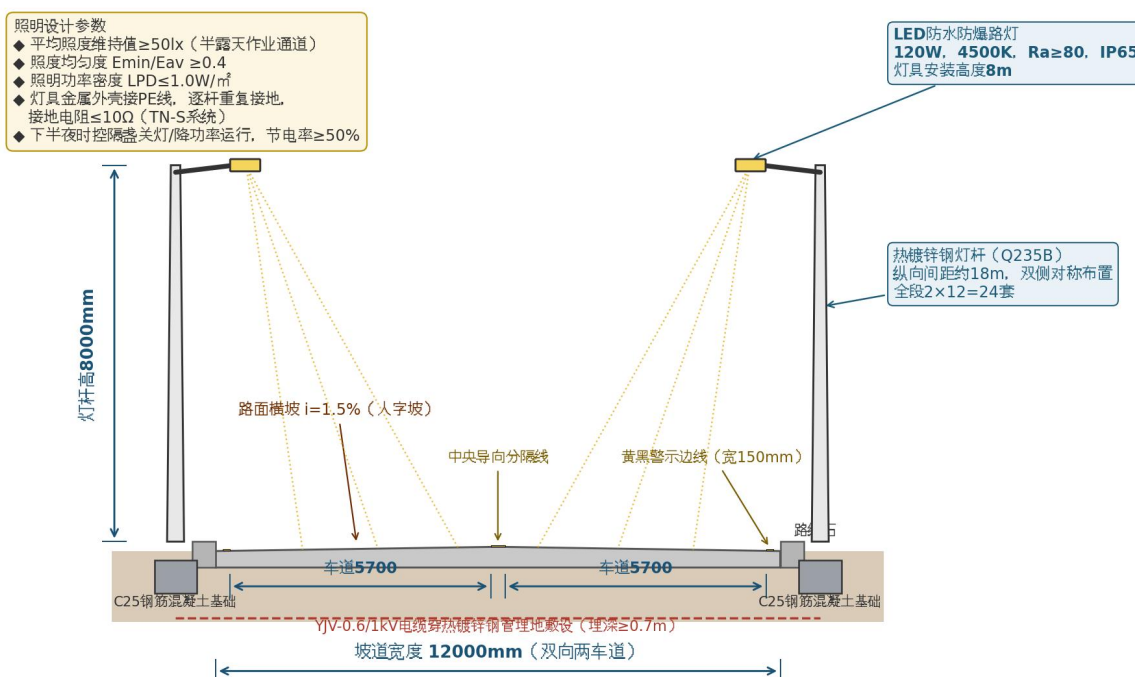


图 5-15 坡道照明标准横断面图

5.3.11 施工期临时防护方案

本项目的特殊性在于需要在正在运营的保税仓库上进行屋面改造，必须在施工期间确保仓库内部的货物安全和正常运营，防止雨水渗漏造成货物损失。为此，制定以下临时防护方案：

1. 临时防雨措施

在屋面改造施工期间，对正在施工的区域和已完成但尚未验收的区域设置临时防雨措施。临时防雨措施覆盖面积约 13901.25m^2 ，采用防水篷布或临时彩钢板搭设防雨棚。防雨棚应具有足够的抗风能力和防水性能，能承受暴雨的考验。防雨棚的支撑系统应牢固可靠，不与正在拆除的原有屋面系统连接，防止拆除作业时防雨棚倒塌。

2. 分区施工防雨策略

采用分区施工方式，将整个屋面划分为若干施工段，每段面积约1500-2000m²。每天只对一个施工段进行拆除作业，该段的拆除和新屋面施工尽量在当天完成。如果当天无法完成该段的全部施工，则在收工前做好该段的临时防雨覆盖，确保夜间降雨不会渗入仓库内部。已完成施工并经检查合格的段落，不再设置临时防雨措施，新屋面系统本身具有防雨能力。

3. 临时防雨防风措施

海南地区台风频发，施工期间可能遭遇突发性强降雨和强风天气。临时防雨设施应具备一定的抗风能力，抗风等级不低于8级（风速20m/s）。在台风预警期间，应对临时防雨设施进行加固，必要时可增设临时支撑。同时密切关注天气预报，在强台风来临前暂停施工，对未完成施工的段落做好加强防护，必要时可在屋面上方搭设满堂脚手架防护棚，作为应急防雨防台风措施。

4. 应急预案

制定屋面施工期间防雨应急预案，明确各种突发天气情况下的应对措施。预案包括：降雨预警响应措施、突发暴雨应急处置措施、台风来临前的加固措施、渗漏事故的应急处理措施等。施工现场配备足够数量的防水篷布、抽水泵、应急照明等应急物资，确保在突发情况下能迅速响应。建立24小时值班制度，安排专人监控天气变化和屋面防护状态，发现问题立即报告并处理。

5.3.12 外部运输方案

1. 材料运输路线

本项目位于海口综合保税区（老城片区）内，材料运输应充分利用保税区内道路系统。主要材料（铝镁锰合金屋面板、保温岩棉、

TPO 防水卷材等)通过大货车运至保税区指定物流通道入口,经报关或备案手续后进入保税区,沿区内道路运至项目现场。材料运输车辆应遵守保税区的交通管制规定,在规定时间内通行,避免影响区内正常运营。

2. 垂直运输方案

屋面改造材料的垂直运输是施工组织的关键环节。本项目屋面高度 23.9m,材料垂直运输采用以下方式:(1)利用仓库现有的装卸货平台和高月台,部分材料可直接从月台吊运至屋面;(2)在施工区域外侧搭设施工用物料提升架,用于屋面板、保温材料等大宗材料的垂直运输;(3)小型材料和工具可利用仓库内部的货梯或叉车运输至屋面附近,再人工搬运至施工面。垂直运输设备应经检测合格,操作人员持证上岗,确保运输安全。

3. 场内材料堆放

施工现场设置材料临时堆放区,堆放区应平整、坚实,有排水措施,防止材料受潮。不同类型材料分类堆放,设置标识牌,标明材料名称、规格、数量和检验状态。屋面板材堆放时应放置在垫木上,垫木间距不大于 2m,防止板材变形。板材堆放高度不超过 1.5m,并采取防倾倒措施。保温岩棉应覆盖防水篷布,防止受潮。TPO 防水卷材应存放在阴凉干燥处,避免阳光直射和高温。现场材料堆放应合理规划,留出运输通道和施工作业面,确保施工顺利进行。

5.3.13 配套工程方案

1. 施工用水用电

施工用水从仓库现有供水系统接驳,设置临时用水点,满足混凝土养护、清洁等施工用水需求。施工用电从仓库现有配电系统接驳,

设置临时配电箱，满足施工机具、照明等用电需求。用电量根据施工机具配置计算，高峰期用电负荷约 100kW。施工用电严格按照《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46 进行管理，采用三级配电、两级漏电保护系统，确保用电安全。

2. 消防安全

施工现场消防安全管理严格执行《建设工程施工现场消防安全技术标准》GB 50720-2011（2025 年版）。施工现场设置临时消防水源和消防器材，每 50m²配置 1 具 4kg 干粉灭火器。动火作业（如焊接、切割等）实行动火审批制度，动火前清理作业面周围的可燃物，配备灭火器材和看火人员。保温岩棉等易燃材料（虽然岩棉本身为 A1 级不燃材料，但其包装材料可能可燃）的存放远离火源和热源。施工现场设置临时消防通道，保持畅通。

3. 环保措施

施工期间的环保措施主要包括：

（1）**噪声控制**：合理安排施工时间，避免在夜间（22:00-次日 6:00）和午休时间（12:00-14:00）进行高噪声作业。选用低噪声施工机具，对高噪声设备采取隔声降噪措施。施工噪声排放满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB12523 的要求。

（2）**扬尘控制**：拆除作业和切割作业时采取洒水降尘措施，减少扬尘污染。施工现场道路定期洒水清扫，保持清洁。建筑垃圾及时清运，运输车辆覆盖严密，防止遗撒。

（3）**废弃物管理**：拆除产生的建筑垃圾按照可回收、不可回收分类收集。金属废料（原有屋面板、檩条等）可回收利用的交废品回收

站处理；不可回收的垃圾运至指定建筑垃圾填埋场处置。施工过程中产生的包装物、废料等及时清理，保持施工现场整洁。

(4) **光污染控制**：夜间施工照明采用定向照明，灯光不直射周边区域，减少对周边环境和人员的影响。

5.3.14 建筑结构加固方案

1. 加固背景与范围

本次改造在原有屋面基础上叠加铝镁锰金属屋面系统、外墙新增镀锌钢板围护，合计新增恒荷载约 0.35kN/m^2 。经结构验算，原有部分钢柱和钢梁承载力、整体结构抗侧向变形能力不满足新增荷载要求，需进行针对性加固，加固范围包括：

- (1) 二层钢柱加固；
- (2) 屋面钢梁加固；
- (3) 屋盖整体性加固。

2. 具体加固技术方案

(1) 二层钢柱加固

采用增大截面加固法方案：

在原有钢柱翼缘上焊接钢板或在腹板上焊接 T 型钢，同时新增钢板需与首层钢柱进行对接焊；

钢柱加固后重新进行防腐防火处理。

(2) 屋面钢梁加固

采用增大截面加固法对承载力不足的屋面钢梁进行补强：

在原有钢梁下焊接 T 型钢，同时新增 T 型钢与两侧钢柱对接焊，两侧钢柱在新增 T 型钢下翼缘位置增设加劲板；

2) 钢梁加固后重新进行防腐防火处理。

(3) 屋盖整体性加固

1) 屋面增设斜拉条提高屋盖整体性，斜拉条和屋面钢梁、系杆可靠连接；

2) 新增斜拉条进行防腐防火处理。

3. 加固施工质量要求

(1) 所有加固用钢材均采用 Q355B 级钢，镀锌层厚度不小于 65 μm ；

(2) 现场焊缝应进行焊缝质量检测，并应满足相关规范要求；

(3) 加固完成后进行现场荷载抽检，确保承载力达到设计要求；

(4) 加固施工不破坏原有主体结构，对施工中造成的局部破损及时修复。

5.3.15 货梯加装方案

1. 电梯选型与参数

结合仓库丙类仓储的使用需求，加装 1 台有机房载货电梯，核心参数如下：额定载重 5t，速度 0.5m/s，宽度 2.5m，深度 3m，高度 2.2m，含轿厢、主机、控制系统、门机系统

表 5-1 电梯选型与参表

参数名称	指标值	备注
额定载重	5000kg	满足托盘货物、叉车转运需求
额定速度	0.5m/s	适配 2 层仓库提升高度
提升高度	23.9m	从首层地面到二层楼面
轿厢尺寸	2.5m*3m*2.2m	可容纳标准叉车及整托盘货物
开门方式	中分双扇门	首层、二层均设厅门
控制方式	集选控制	支持司机操作、货箱自动运行

参数名称	指标值	备注
动力电源	380V50Hz 三相五线制	配套机房配电箱
消防功能	具备消防迫降功能	与仓库消防系统联动
设计工作年限	15 年	符合电梯制造规范

2. 井道与基础设计

(1) 井道形式：采用外挂式钢结构井道，设置于仓库山墙外侧，不占用室内仓储空间，井道尺寸 2.8m*3.6m，井道总高度 26.5m；井道为独立于主体建筑的钢结构单元，与仓库主体结构间设置变形缝脱开，仅通过每层两道水平连接点传递水平力，不向主体结构传递竖向荷载，避免对原结构产生附加影响。

(2) 井道结构：采用镀锌方钢作为主框架，墙面采用 0.8mm 厚彩钢板封闭，井道每层通过高强摩擦型螺栓与主体结构进行铰接处理，保证井道整体稳定性。

(3) 电梯基坑：电梯基础采用筏板基础，筏板持力层为粉质黏土，在井道底部开挖钢筋混凝土基坑，深度 1.7m，采用 C35 混凝土浇筑，配置双层双向钢筋，基坑底部设置排水设施，防止积水。

(4) 机房设置：井道顶部设置电梯机房，面积约 12 m²，配置通风、照明及消防设施，满足电梯主机安装要求。

3. 配套工程

(1) 电气配套：从仓库总配电室引出专用供电回路至电梯机房，配置漏电保护、过载保护装置，设置应急照明和应急平层装置；

(2) 消防配套：井道每层设置防火门，井道顶部设置排烟装置，电梯系统接入仓库火灾自动报警系统，火灾时自动迫降至首层并开门断电；

(3) 安全配套：井道周边设置防护围栏，首层入口设置防撞护角，厅门处设置载重警示和安全标识；

(4) 土建配套：首层及二层电梯出入口处进行地面找平，与仓库原有地坪平顺衔接，设置坡道满足叉车通行要求。

4. 室外雨水管网改道

因建设货梯，原有室外雨水管网需要改道，建设长度约 30m。室外雨水管采用 DN500HDPE 双壁波纹管，配套建设 4 个雨水检查井。

5.3.16 装修工程

在 5、6 号仓库的原有混凝土楼面上装修，拟采用金刚砂耐磨地坪+固化做法，总面积约 8000 m²。同时，对 5、6 号仓库进行强电、弱电系统改造，强电主要包括配电部分、动力配电、照明系统、管线桥架；弱电主要包括网络与通信系统、安防监控系统、门禁系统、弱电桥架。

5.3.17 给排水及消防设施现状与改造方案

1. 给排水

仓库现有室内外给排水、消防设施按原设计配置，运行情况良好，并按规定开展年度消防检测。建设单位要提供检测报告，为下一阶段设计提供依据。

检测结果应符合：

(1) 检验室内消火栓的系统流量应大于 15L/s；栓口动压不小于 0.35MPa，并不大于 0.50MPa；充实水柱不小于 13m。

(2) 检测仓库喷头应采用早期抑制快速喷头，流量系数 K=202；最不利点喷头的最低工作压力不应小于 0.5MPa，喷水流量不小于 7.6L/s，喷淋系统流量应满足 12 喷头同时工作的流量要求，仓库喷头间距同时应满足 $2.4\text{m} \leq L \leq 3\text{m}$ 。

(3) 应检测消防系统联动启动正常，系统安全可靠。

2.改造影响与恢复

本次屋面叠加改造+结构加固+功能配套升级主要在屋面、外墙及室外区域实施，不涉及对现有室内给排水、消防设施的拆除；仅对屋面雨水系统（虹吸落水斗、HDPE 排水管）实施整体更换改造，对受屋面渗漏影响的局部给排水管道、线路进行检修恢复，并将新增机械排烟系统、货运电梯纳入消防联动。

5.3.18 防排烟系统改造方案

本仓库为丙类高层物流仓库，原设计未设置机械排烟系统。依据《建筑防烟排烟系统技术标准》（GB51251-2017）、《建筑设计防火规范》（GB50016-2014（2018 年版）），本次新增机械排烟的防排烟方案：

1.仓库原有屋面排烟窗，为了提高防水性能，本项目拟原来的排烟窗改成固定采光天窗，不设置侧开排烟窗。

2.机械排烟方案：在仓库侧面新增机械排烟系统，按防烟分区设置排烟风机，防烟分区面积及排烟量按 GB51251-2017 计算确定，设计排烟量不小于计算值的 1.2 倍；排烟风机选用高温消防排烟轴流风机（280℃下连续运行不小于 30min），设置于屋面或外墙专用风机架，与火灾自动报警系统联动，火灾确认后 60s 内自动启动；补风采用自然补风与机械补风相结合，补风量不小于排烟量的 50%。

3.控制与联动：排烟系统纳入仓库火灾自动报警及消防联动控制系统，现场设置手动开启装置，消防控制室可远程监控与手动控制；系统施工及验收执行《通风与空调工程施工质量验收规范》（GB 50243-2016）。

5.3.19 工程量汇总

表 5-9 工程量汇总表

序号	项目名称	项目特征	单位	工程量	备注
1	原项目改造工程				
1.1	原屋面及墙面挖孔	生根点位置切孔	m ²	26078.00	按屋面及墙面实际面积，据实结算
1.2	原屋面及墙面修补	生根点位置修补	m ²	26078.00	按屋面及墙面实际面积，据实结算
1.3	原结构防火防腐修补	结构生根点位置防火防腐涂料修补	m ²	26078.00	按屋面及墙面实际面积，据实结算
2	金属屋面叠加工程（新建）				
2.1	铝镁锰金属屋面	1、更换屋面板，采用 1.0mm 厚加强型铝镁锰直立锁边屋面板，65/300，面板涂层采用氟碳树脂烤漆涂层，采用两涂两烤，屋面板背部需有一层≥5umPE 树脂涂层，局部膜厚≥25um，氟碳树脂含量 70%。涂层不得漏喷露底；2、铝合金支架，H=110mm（带隔热垫），采用合金牌号 6063，供应状态 T5；3、ST5.5*32 不锈钢自攻钉；4、1.5mm 厚自粘型防水卷材；5、50mm+50mm 厚憎水保温岩棉 容重 180kg/m ³ ；6、0.8mm 厚 YX-35-190-950 非穿孔压型钢板；7、转换层檩条：80*50*30*3.0mm 几字檩条；8、转换支座：80*50*30*4.0mm 几字支座；9、其他辅材综合考虑。	m ²	13901.25	按实际面积，据实结算
2.2	专用抗风夹	加强型屋面配套抗风夹，每个屋面铝支座位置设置一个	个	36439.00	按实际个数，据实结算
2.3	边缘抗风压条	1、带平台抗风夹；2、铝合金抗风压条。	m	672.75	按实际延米，据实结算
2.4	金属屋面屋脊	1、屋脊板：1.0mm 厚铝镁锰板；2、1.5mm 厚自粘型防水卷材；3、40*40*3mm 镀锌方管+L40*3mm 镀锌角钢；4、铝合金屋脊堵头；5、0.8mm 厚支撑钢板；6、ST5.5*32 不锈钢自攻钉；7、密封胶等其他辅材综合考虑。	m	168.50	按实际延米，据实结算
2.5	新增 2.5mm 厚不锈钢天沟系统	1、2.5mm 厚不锈钢天沟；2、增加天沟专用抗风件；3、增加拨水板+滴水片+檐口泡沫堵头+密封胶；4、ST5.5*32 不锈钢自攻钉；5、焊条、氩气、防腐、油漆等其他辅材综合考虑。	m ²	630.00	按实际面积，据实结算
2.6	落水斗	专用虹吸落水斗，带整流格栅、防涡流装置的 304 不锈钢下沉式雨水斗	个	85.00	按实际个数，据实结算

序号	项目名称	项目特征	单位	工程量	备注
2.7	排水管	HDPE 排水管，悬吊主横管 DN160~DN200，分支悬吊管 DN110~DN125，主排水立管 DN160	项	1	按实际项次，据实结算
2.8	山墙收边板	1、更换披水板（材质同屋面板）；2、更换并加固山墙龙骨+山墙抗风夹；3、增加 1.5mm 厚 TPO 防水卷材；4、ST5.5*32 不锈钢自攻钉；5、0.8mm 厚支撑钢板；6、密封胶等其他辅材综合考虑	m ²	414.60	按实际面积，据实结算
2.9	屋面收边板	1、更换披水板（材质同屋面板）；2、增加 1.5mm 厚 TPO 防水卷材；3、ST5.5*32 不锈钢自攻钉；4、密封胶等其他辅材综合考虑。	m ²	1010.40	按实际面积，据实结算
2.10	采光天窗	更换为 8mm 实心聚碳酸酯板	m ²	526.45	按实际面积，据实结算
2.11	屋面新增次檩条、新增檩托及钢立柱	新增 Z 型镀锌檩条、新增檩托、新增钢立柱	t	601.22	按实际重量，据实结算
2.12	屋面新增斜撑	∅ 25 张紧圆钢，材质 Q235B；新增连接板+套管；12mm 厚节点板。	t	3.52	按实际重量，据实结算
2.13	屋面及墙面临时防雨措施费	1、50 方钢立柱；2、φ8 不锈钢丝绳；3、彩条布；4、顶部平铺防风网；5、自攻钉等辅材	m ²	26078	按实际面积，据实结算
3	结构加固工程				
3.1	梁柱加固钢板	材质 Q355B，一级焊缝	t	320.56	按实际面积，据实结算
4	外墙系统修缮升级				
4.1	外墙面增加镀锌钢板及龙骨	1、0.8mm 厚镀锌钢板；2、固定龙骨（暂定用 50*50*4 镀锌方管）；3、墙面龙骨固定紧固件；4、钢板固定钉 ST5.5*32 不锈钢自攻钉。	m ²	12177.14	按实际面积，据实结算
4.2	外墙面新增墙梁及 T 型檩托	新增镀锌 C 型钢墙梁、新增 T 型檩托，檩托和墙梁采用螺栓固定	t	223.28	按实际重量，据实结算
5	排烟系统工程（新增）				
5.1	新增排烟系统		项	1	
6	货梯加装工程				
6.1	5t 载货电梯	额定载重 5t，速度 0.5m/s，宽度 2.5m，深度 3m，高度 2.2m，含轿厢、主机、控制系统、门机系统	台	1	室外安装，含电梯及电梯井
6.2	DN500HDPE 双壁波纹管		m	30	室外雨水管网改道，附带 4 个检查井

序号	项目名称	项目特征	单位	工程量	备注
7	装修工程				
7.1	地面	金刚砂耐磨地坪、固化	m ²	8000.00	5、6 仓库
7.2	强、弱电系统		项	1	
8	室外配套工程				
8.1	坡道滑坡警示线施划	国标热熔反光防滑涂料，黄黑警示配色，含边线、导向线、防滑斜纹	m ²	2400	200m 全域坡道
8.2	坡道照明系统加装	防水防爆 LED 照明灯 48 套，含防水阻燃线管、耐候电缆、接地保护	套	24	双侧对称布设

5.4 数字化方案

项目施工阶段采用 BIM 技术进行节点深化设计，优化屋面构造与节点碰撞检查，提升施工精度。运营阶段可依托屋面预埋的监测点，结合园区智慧管理平台，实现渗漏、风压、温度等参数的远程监控，提升运维数字化水平。

5.5 建设管理方案

5.5.1 建设管理模式

采用政府直接投资模式，海口综保区管委会作为项目法人，委托具备相应资质的监理单位实施全过程监理，设计、施工、监理均通过公开招标选定，严格执行政府采购与招标投标相关规定。

5.5.2 质量和安全管理

建立建设单位、监理、施工单位三级质量管控体系，严格执行材料进场复检、隐蔽工程验收、关键节点旁站监理制度，重点管控防水节点、高空作业、起重吊装等关键环节，确保工程一次验收合格，零质量事故、零安全事故。

5.5.3 招标方案

项目设计、施工、监理均采用公开招标方式，委托具备相应资质的招标代理机构组织实施，招标过程严格遵守《招标投标法》与政府采购相关规定，全程公开透明，接受相关部门监督。

5.5.4 工期安排

本项目计划总工期 60 天（日历天），自开工令发出之日起至竣工验收合格之日止。工期安排如下：

表 5-11 工期安排表

阶段	工作内容	计划工期	备注
第一阶段	施工准备	1-5 天	临时设施搭设、材料进场、机具就位、结构检测
第二阶段	局部屋面拆除+结构加固	5-20 天	加固工程与屋面拆除交叉作业
第三阶段	屋面大面施工	15-45 天	底板、保温、防水、屋面板安装
第四阶段	天沟、屋脊、山墙施工	25-50 天	与第三阶段交叉进行
第五阶段	天窗改造	30-50 天	与第三阶段交叉进行
第六阶段	外墙施工	35-55 天	龙骨、钢板安装
第七阶段	排水系统+货梯安装	40-50 天	落水斗、排水管安装，电梯设备安装调试
第八阶段	室外工程+细部收尾	50-58 天	标线、照明施工，全面检查整改
第九阶段	竣工验收	58-60 天	淋水试验、特种设备验收、整体竣工验收

上述工期安排中，屋面拆除+结构加固、屋面大面施工、天沟屋脊山墙施工、天窗改造等工序采用交叉作业方式，以提高施工效率、缩短总工期。在施工高峰期（第 25-45 天），屋面施工和外墙施工同时进行，现场施工人员约 80-100 人。

第六章 项目运营方案

6.1 运营模式选择

6.1.1 运营模式分析

本项目为政府投资的公共保税仓储设施，结合保税仓储行业特点与项目属性，可供选择的运营模式主要为自主运营、委托第三方运营两类，两类模式核心对比如下：

表 6-1 运营模式对比表

对比维度	自主运营模式	委托第三方运营模式
管理自主性	高，完全自主决策	中等，重大事项需建设单位审批
专业化水平	依赖团队建设，需长期积累	高，依托专业公司成熟经验
运营成本	相对较高，人员编制规模大	相对可控，合同锁定服务费用
人员灵活性	较低，编制调整难度大	高，运营公司按需灵活调配
政策协同性	好，直接落实园区政策意图	需合同约定保障政策执行
委托代理风险	无	存在，需建立监督考核机制

自主运营模式由海口综保区管委会或下属国企直接组建团队管理，优势是管控力强、政策落地效率高，不足是人力成本高、专业化程度受限；委托第三方运营通过招标选定专业物业服务或仓储运营企业，优势是专业化程度高、成本可控、管理效率高，不足是需建立完善的监督考核机制。

6.1.2 运营模式确定

1. 推荐模式

本项目推荐采用**委托专业物业管理公司运营模式**，由海口综合保税区管理委员会通过公开招标，选定具备保税仓储运营经验的专业物业服务企业，签订委托运营管理合同，负责改造后仓库的日常运营管理工作。

2. 推荐理由

一是提升管理效率、降低运营成本。委托专业运营可避免自建团队的人员编制膨胀，参照行业经验可节约运营成本 15%-25%，通过公开招标锁定服务价格，实现财政资金高效利用，同时依托专业公司成熟的流程体系与信息系统，提升管理规范化水平。

二是充分发挥专业优势。保税仓储运营涉及海关监管、消防安全、设施运维等多个专业领域，专业运营公司具备完善的管理体系与实操经验，可为入驻企业提供高品质服务，提升园区整体形象。

三是适配市场变化与政策要求。专业运营公司可根据自贸港产业政策与企业需求调整服务内容，提供灵活的增值服务；通过合同约定可确保园区政策意图落地，兼顾灵活性与管控力。

四是权责清晰、监督可控。通过合同明确双方权利义务，建立以服务质量为核心的绩效考核体系，建设单位聚焦战略管理与监督考核，运营单位负责日常执行，形成权责清晰、管理规范运营机制。

3. 第三方运营单位能力要求

（1）资质要求：独立法人资格，具备物业服务相应资质与安全生产许可证，近三年无重大违法违规记录与安全事故。

（2）经验要求：3 年以上保税仓储或大型物流园区运营经验，熟悉海关特殊监管区域管理规定，有海南本地园区服务经验优先。

（3）团队要求：配备持证项目经理，拥有注册物业管理师、注册安全工程师等专业人员，熟悉综保区相关法规。

（4）服务能力：具备完善的安全、运维、应急管理制度，拥有适配海关监管的信息化管理系统。

（5）信誉财务要求：注册资本不低于 500 万元，财务状况良好，

未被列入失信被执行人名单，商业信誉良好。

6.2 运营组织方案

6.2.1 组织机构设置

项目实行“建设单位监督指导、运营公司具体实施”的两级管理机制。

1. **建设单位监督层：**海口综保区管委会或授权资产管理单位设立项目监管小组，负责审定年度运营计划与预算、监督合同执行、组织绩效考核、协调重大事项、监督国有资产安全。

2. **运营公司执行层：**受托运营公司设立项目管理处，设项目经理 1 名，下设综合管理部、工程技术部、安全保卫部、客户服务部四个职能班组，全面负责日常运营工作。

3. 各部门核心职责如下：

（1）**综合管理部：**负责行政人事、财务配合、物资采购、对外联络、档案管理等综合协调工作。

（2）**工程技术部：**负责建筑主体、金属屋面、给排水、供配电、消防等设施的日常巡检与维护保养，制定年度维保计划，组织重大维修实施。

（3）**安全保卫部：**负责安全生产、消防安全、安防监控、门卫值守、海关监管配合、隐患排查与应急处置等工作。

（4）**客户服务部：**负责入驻企业接待、合同管理、服务需求受理、保洁管理、进出区协调、客户满意度维护等工作。

同时建立健全五大类核心管理制度：运营管理制度、安全管理制度、设备维护制度、应急管理制度、海关配合制度，实现运营全流程标准化管理。

6.2.2 人力资源配置

结合 32835 m²的仓库规模，项目管理处拟配置工作人员 24 人，具体配置如下：

表 6-2 人员配置表

岗位类别	岗位名称	人数	核心任职要求
管理人员	项目经理	1	大专及以上学历，持物业管理师证，3 年以上仓储项目管理经验，熟悉综保区政策
	综合管理部主管	1	大专及以上学历，2 年以上行政管理经验
	工程技术部主管	1	大专及以上学历，工程师职称，熟悉建筑设施运维
	安全保卫部主管	1	大专及以上学历，持注册安全工程师或消防设施操作员证
技术人员	电气/给排水/消防/弱电技术员	4	持对应职业资格证书，2 年以上相关工作经验
安保人员	安保班长	2	高中及以上，退伍军人优先，持保安员证
	门岗保安	6	持保安员证，身体健康
	监控室值班员	2	持消防设施操作员证，熟悉监控系统操作
运维及服务人员	综合维修工	2	持对应工种职业资格证书
	屋面巡检专员	1	经金属屋面系统专业培训
	保洁员	2	身体健康，工作负责
	客服专员	1	大专及以上学历，服务意识强

人员配置可根据实际业务量动态调整，运营公司需按合同约定保障岗位人员足额到位。

6.2.3 员工培训计划

建立系统化员工培训体系，覆盖入职、专业技能、安全三大维度，保障运营团队专业能力。

1. **入职培训：**新员工岗前培训不少于 40 学时，内容涵盖企业文化与规章制度、项目基本情况、岗位职责与流程、劳动纪律与职业道德，考核合格后方可上岗。

2. **专业技能培训：**针对不同岗位开展专项培训：管理人员重点开

展管理能力、政策法规、行业交流培训；工程技术人员重点开展设备运维、专项技术培训；安保人员开展体能、安防、消防技能培训；客服人员开展服务礼仪、业务知识、投诉处理培训。鼓励员工考取相关职业资格证书，配套奖励机制。

3. 安全培训：建立常态化安全培训机制，每年至少 2 次全员安全培训，新员工落实三级安全教育；特种作业人员持证上岗并按期复审；定期开展安全警示教育，每季度召开安全工作会议。

4. 考核机制：每次培训后组织考核，不合格者补训补考；培训成绩纳入绩效考核，与薪酬、晋升挂钩；每年组织岗位技能竞赛，营造比学赶超氛围。

6.2.4 合规管理措施

1. 海关监管配合

制定《海关监管配合管理办法》，配备专人对接海关，规范保税货物全流程管理，如实填报单证账册并定期报送，配合海关联网管理与查验作业，指导入驻企业办理相关海关手续，确保全流程符合海关监管要求。

2. 消防安全管理

落实消防安全责任制，层层签订责任书；规范消防设施管理，每月检查、每季度全面检测，保障消防通道畅通；严格执行动火作业审批制度；每年至少 2 次全员消防演练，确保消防合规。

3. 环境保护合规

分类收集处置固体废弃物，危险废物委托有资质单位处置并建立转移联单；雨污分流接入市政管网，保障排水畅通；选用低噪声设备，合理安排作业时间；建立节能管理制度，推广节能节水设施，持

续降低能耗。

4. 信息安全管理

制定信息安全管理制，严格保护海关监管数据与企业商业信息；运营系统与海关系统安全加密对接，实行分级授权访问；规范档案管理，涉密档案按保密规定存储，定期开展系统安全检查与漏洞修补。

6.3 安全保障方案

6.3.1 危险因素分析

结合项目属性与海南本地气候特点，运营期核心危险因素分为四类：

1. **屋面设施安全风险：**包括防水层老化失效、金属结构盐雾腐蚀、细部节点渗漏、台风风力破坏四类风险，海南高温高湿高盐雾与台风气候是核心诱因。

2. **仓储运营安全风险：**包括货物堆载超限、叉车作业伤害、货物性质风险、人员作业伤害四类常规仓储安全风险。

3. **消防安全风险：**包括电气火灾、可燃物火灾、动火作业火灾、消防设施失效四类风险，是仓库安全管控的核心。

4. **自然灾害与电气安全风险：**包括台风暴雨洪涝、雷击灾害、触电伤害三类风险，海南台风、雷电高发是核心背景。

6.3.2 安全管理体系

1. **安全生产责任制：**建立全员安全生产责任制，项目经理为第一责任人，各部门主管为本部门直接责任人，岗位员工落实岗位安全职责，层层压实安全责任。

2. **安全管理组织：**设立安全生产领导小组，项目经理任组长，下

设安全管理办公室，配置不少于 2 名专职安全管理人员，负责日常安全管理工作。

3. 四级安全检查机制：建立“日常巡查、周检查、月检查、季检查”的闭环检查体系，实行“检查-记录-整改-复查-销号”全流程管理，所有隐患建立台账，限期整改、闭环销号。

6.3.3 安全防范措施

1. 屋面专项巡检制度

针对核心改造内容，建立多层次屋面巡检机制：

（1）日常巡查：每日目视巡查天沟、檐口等关键部位，异常情况即时处置。

（2）雨后检查：每次降雨后 24 小时内全面排查渗漏点与排水通畅性。

（3）月度巡检：每月全面检查屋面板、防水层、天沟、金属构件的完好性与锈蚀情况。

（4）台风前后专项检查：台风前全面加固、清理排水系统；台风后排查受损情况，组织修复。

（5）年度专业检测：每年委托有资质机构开展屋面全面检测评估，制定年度维保计划。

2. 消防设施维护

落实日检、月检、年度检测三级维护制度：每日检查消防器材完好性与通道畅通性；每月测试消防水泵、报警系统功能；每年委托专业机构全面检测消防设施；每半年组织 1 次消防演练，保障消防系统 100%完好有效。

3. 安防监控系统

配置全覆盖安防体系：24 小时高清视频监控，录像保存不少于 30 天；周界入侵报警系统；出入口门禁管理系统；火灾自动报警与喷淋联动系统，实现仓库全域安全管控无死角。

4. 应急预案体系

编制综合应急预案与火灾、台风暴雨、屋面渗漏、电梯困人、治安事件等专项应急预案，明确处置流程与责任分工，定期演练，保障突发事件快速响应、有效处置。

6.3.4 应急管理预案

1. 台风暴雨应急

（1）预警响应：接到台风预警后立即启动响应，部署防台工作，清理排水系统，准备防汛物资，加固临时设施。

（2）台风期间：非必要人员撤离，值班人员 24 小时监控现场状况，异常情况即时上报处置。

（3）灾后恢复：台风过后全面排查屋面、设施、货物受损情况，统计损失并组织修复，尽快恢复正常运行。

2. 火灾应急

发现火情立即拨打 119 并启动报警系统，组织初期火灾扑救；启动应急广播，引导人员有序疏散；消防队到达后配合开展救援；火灾扑灭后保护现场，配合事故调查，组织恢复重建。

3. 渗漏应急

发现渗漏后立即定位渗漏点，设置接水设施、覆盖保护货物，清理积水控制损失；同步开展临时封堵处置；天气条件具备后组织专业队伍永久修复，恢复屋面防水功能。

4. 人员疏散管理

仓库设置不少于 2 个安全出口，配套疏散指示标志与应急照明，张贴疏散路线图；定期组织疏散演练，突发事件由安保人员引导全员有序撤离至指定集合点，清点人数确保无滞留。

6.4 绩效管理方案

6.4.1 绩效指标体系

从设施完好率、维修响应、安全管理、客户满意度、成本控制五个维度，建立可量化的绩效指标体系，总权重 100%，具体如下：

表 6-3 绩效指标汇总表

考核维度	指标名称	目标值	权重
设施完好率（25%）	建筑设施完好率	≥98%	10%
	消防设施设备完好率	100%	5%
	供配电系统完好率	≥99%	5%
	安防监控系统完好率	≥99%	5%
维修响应（20%）	紧急维修响应时间	≤30 分钟	8%
	一般维修响应时间	≤2 小时	6%
	维修完成率	≥95%	6%
安全事故率（25%）	重大安全事故	0	10%
	安全隐患整改率	100%	8%
	消防演练完成率	100%	7%
客户满意度（20%）	客户满意度得分	≥90 分	8%
	投诉处理及时率	100%	6%
	服务响应及时率	≥98%	6%
成本控制（10%）	运营成本控制率	≤105%	5%
	能源消耗指标	达标	5%

6.4.2 绩效管理机制

1. 绩效考核制度

实行月度考核+年度考核相结合，由建设单位监管小组负责考核，采用定量数据+定性评价结合的方式。考核结果分为优秀（90 分及以上）、良好（80-89 分）、合格（70-79 分）、不合格（70 分以下）四

个等级。

2. 奖惩机制

（1）奖励：月度/年度考核优秀的，按合同约定给予服务费奖励；获得市级以上荣誉或有突出贡献的，给予专项奖励；考核优秀的单位优先续签合同。

（2）惩罚：月度考核不合格的，扣减当月相应比例服务费；连续两个月不合格的约谈整改，连续三个月不合格的有权解除合同；发生重大安全事故或造成重大损失的，追究相应赔偿责任。

（3）退出机制：年度考核结果作为合同续签核心依据，连续两年不合格不予续签；合同终止时按规定完成平稳交接。

3. 持续改进机制

每月召开运营分析会，深挖问题根源，制定针对性改进措施并跟踪验证；定期总结标准化管理经验，对标行业先进优化服务；建立建设单位、运营公司、入驻企业三方沟通机制，听取意见持续优化，实现运营管理水平循环提升。

6.5 小结

本章通过对两类运营模式的比选，推荐采用委托专业物业管理公司运营的模式，适配项目公益属性与保税仓储专业要求。在此基础上明确了运营组织架构、人员配置、培训体系与合规管理要求，建立了全维度安全保障体系与科学的绩效考核机制，可保障改造后仓库安全、高效、规范运营，充分发挥公共仓储设施的服务功能与综合效益，为海口综保区高质量发展提供支撑。

第七章 项目投融资与财务方案

7.1 投资估算

7.1.1 投资估算编制依据

本项目投资估算严格遵循国家与海南省现行法规、计价标准与市场价格，核心编制依据包括：

1. **政策法规类：**《政府投资条例》《基本建设项目建设成本管理规定》《建设工程工程量清单计价规范》《海南省建设工程计价依据（2021版）》《海南省建筑安装工程费用定额》（2021版）等。

2. **费用标准类：**建设单位管理费、监理费、设计费、招标代理费等均按国家及海南省现行收费标准，结合市场行情计取。

3. **技术资料类：**项目设计方案、工程量清单、海南省近期建材价格信息、同类工程技术经济指标等。

7.1.2 投资估算编制范围

投资估算涵盖项目从筹建到竣工验收交付使用的全部费用，包括工程费用、工程建设其他费用、预备费三部分。

1. **工程费用：**含屋面拆除、金属屋面叠加、外墙改造、结构加固、货梯加装、室外工程、临时防护等全部建筑安装工程费用。

2. **工程建设其他费用：**含前期咨询、建设管理、勘察、设计、监理、造价咨询费、招标代理、工程检测检验等全流程服务费用。

3. **预备费：**含基本预备费，用于应对不可预见支出。

本项目为既有建筑改造，不新增建设用地，不含土地相关费用；无大型专用设备购置，不含对应设备购置费。

7.1.3 项目总投资估算

经估算，本工程静态固定资产投资 4996.65 万元，其中，工程费 4328.75 万元，工程建设其他费用 429.96 万元，预备费 237.94 万元。详见表 7-1。

7.1.4 资金筹措

本项目为政府投资公益性改造项目，资金来源全部为政府投资，由海口综合保税区管理委员会统筹解决，资金来源稳定可靠。

表 7-1 工程静态固定资产投资估算表

序号	项目名称	工程费（万元）	其他费用（万元）	合计（万元）	计量单位	工程量	综合单价（元）	备注
第一部分 建安工程费		4328.75	0.00	4328.75				
(一)	原项目改造工程	208.63	0.00	208.63	m²	4200.38		按屋面及墙面实际面积
1	原屋面及墙面挖孔	91.27		91.27	m ²	26078.00	35	生根点位置切孔
2	原屋面及墙面修补	52.16		52.16	m ²	26078.00	20	生根点位置修补
3	原结构防火防腐修补	65.20		65.20	m ²	26078.00	25	结构生根点位置防火防腐涂料修补
(二)	金属屋面叠加工程	2151.78	0.00	2151.78				
1	铝镁锰金属屋面	834.08		834.08	m ²	13901.25	600	叠加安装
2	专用抗风夹	72.88		72.88	个	36439.00	20	
3	边缘抗风压条	12.78		12.78	m	672.75	190	
4	金属屋面屋脊	6.40		6.40	m	168.50	380	
5	新增 2.5mm 厚不锈钢天沟系统	88.20		88.20	m ²	630.00	1400	
6	落水斗	3.57		3.57	个	85.00	420	
7	排水管	45.78		45.78	项	1.00	457800	
8	山墙收边板	17.62		17.62	m ²	414.60	425	
9	屋面收边板	32.33		32.33	m ²	1010.40	320	
10	采光天窗	55.07		55.07	m ²	526.45	1046	
11	屋面新增次檩条、新增檩托及钢立柱	885.00		885.00	t	601.22	14720	
12	屋面新增斜撑	6.80		6.80	t	3.52	19320	
13	屋面及墙面临时防雨措施费	91.27		91.27	m ²	26078	35	
(三)	结构加固工程	517.38	0.00	517.38				
1	梁柱加固钢板	517.38		517.38	t	320.56	16140	含结构胶及防腐
(四)	外墙系统修缮升级	681.96		681.96				
1	外墙面增加镀锌钢板及龙骨	414.02		414.02	m ²	12177.14	340	
2	外墙面新增墙梁及 T 型檩托	267.94		267.94	t	223.28	12000	含材料及施工

序号	项目名称	工程费（万元）	其他费用（万元）	合计（万元）	计量单位	工程量	综合单价（元）	备注
(五)	排烟系统工程（新增）	436.00	0.00	436.00				
1	新增排烟系统	436.00		436.00	项	1	4360000	
(六)	货梯加装工程	90.20	0.00	90.20				
1	新增电梯	87.20		87.20	台	1	872000	载重 5t，宽度 2.5m，深度 3m，高度 2.2m 速度 0.5m/s, 含电梯及电梯井
2	DN500HDPE 双壁波纹管	3.00		3.00	m	30	1000	室外雨水管网改道, 附带 4 个检查井
(七)	装修工程	232.00		232.00				
7.1	地面	152.00		152.00	m²	8000	190	5、6 仓库；金刚砂耐磨地坪、固化
7.2	强、弱电系统	80.00		80.00	m²	8000	100	
(八)	室外工程	10.80	0.00	10.80				
1	坡道侧标线	4.80		4.80	m²	2400	20	
2	加装照明灯	6.00		6.00	套	24	2500	
第二部分 工程建设其他费用			429.96	429.96				
1	前期工作咨询费		8.90	8.90				合同价
2	项目建设管理费		63.96	63.96				市场价，财建[2016]504 号，参考行业标准八折
3	勘察费		17.32	17.32				暂按工程费的 0.5%的八折计，含结构现状检测、管线探测等
4	设计费		114.98	114.98				计价格[2002]10 号，参考行业标准八折
5	概算编制费		7.37	7.37				琼价协[2020]01 号，八折

序号	项目名称	工程费（万元）	其他费用（万元）	合计（万元）	计量单位	工程量	综合单价（元）	备注
6	工程监理费		85.18	85.18				市场价，参考琼建监协[2015] 15 号八折
7	招标代理费		9.10	9.10				市场价，参考琼价费管[2011] 225 号五折
8	工程量清单及计价编制		11.63	11.63				琼价协[2020]01 号五折
9	结算审查费		11.03	11.03				琼价协[2020]01 号五折
10	工程检测		41.56	41.56				参照琼建规[2023]9号，海南省建设项目总概算组成及其他费用计算规定，按工程费的1.2%；含结构、消防、防雷、屋面抗风揭检测、加固方案鉴定等
11	特种设备检验检测费（电梯）		0.30	0.30				暂估
12	场地准备及临时设施费		21.64	21.64				暂按工程费的0.5%计
13	工程保险费		10.39	10.39				暂按工程费的0.3%的八折计
14	施工图审查费		5.52	5.52				琼价费管[2011]224号，八折
15	工程造价咨询费		11.08	11.08				琼价协[2020]01号，八折
16	施工场地扬尘噪音在线检测费		10.00	10.00				暂估
第三部分 预备费			237.94	237.94				
1	基本预备费		237.94	237.94				按建安 + 其他费用的5% 计提
静态固定资产总投资		4328.75	667.90	4996.65				

7.2 盈利能力分析

本项目为政府投资修缮改造类公益性项目，核心目标是恢复仓储功能、保障园区运营，项目实施后不产生新增经营性收入，不开展盈利能力相关财务测算。

7.3 融资方案

7.3.1 资金来源方案

本项目总投资 4996.65 万元，全部为海口综保区财政资金，已纳入 2026 年度财政预算与固定资产投资计划，2026 年度一次性安排到位，按照工程进度分批次拨付。

资金保障措施如下：

1. **预算保障：**项目足额纳入年度财政预算，不因资金问题影响工程进度。
2. **专户管理：**设立基建专户，实行专户存储、专账核算、专款专用，确保资金封闭运行，不截留挪用。
3. **进度拨付：**严格按合同与工程量拨付资金，预付款不超过合同价 30%，进度款按完成量 80%支付，竣工验收后付至 97%，剩余 3%为质量保证金，缺陷责任期满后返还。
4. **审计监督：**全过程接受审计监督，结算与决算经审核确认，确保资金合规高效使用。
5. **应急保障：**预备费专项用于不可预见支出，重大变更按程序报批后追加预算，保障项目实施。

7.3.2 资金管理方案

1. 核心监管制度

建立“一支笔”资金审批制度、独立基建财务核算制度、全流程内

部控制制度，实现不相容岗位分离、授权审批管控、会计系统约束、内部审计监督全覆盖，规范资金使用全流程。

2. 支付审批核心流程

（1）预付款：承包单位申请→监理审核→工程、造价、财务部门复核→负责人审批→支付，提交预付款保函后拨付，进度款中按比例扣回。

（2）进度款：承包单位提交工程量报表→监理计量审核→工程、造价、财务复核→负责人审批→支付，累计支付不超合同价 85%。

（3）结算款：竣工验收后提交结算文件→监理、造价单位审核→建设单位复核→审计确认→负责人审批→支付，付至结算价 97%。

（4）质保金返还：缺陷责任期满（24 个月），确认无质量问题后按程序返还。

3. 审计监督体系

接受政府审计、内部审计、社会监督三重监督：政府审计部门开展全过程审计；内部审计部门定期核查资金管理；项目信息按规定向社会公开，接受公众监督，确保资金使用全程合规透明。

4. 资金风险管理

针对资金到位、使用、安全、廉洁四类风险制定防控措施：建立资金到位预警机制，保障按时拨付；严格工程计量审核，防止超付重复支付；规范银行结算，定期对账保障资金安全；健全廉洁风险防控机制，严格执行“三重一大”决策，防范廉洁风险。

7.4 债务清偿能力分析

本项目资金全部来源于财政性资金，无任何债务融资安排，不存在债务清偿压力，不进行债务清偿能力分析。

7.5 财务可持续性分析

本项目为政府投资公益性改造项目，运营维护经费纳入园区年度财政预算统筹保障，无运营收支缺口风险，财务可持续性有充分保障，不开展相关测算。

7.6 小结

本章明确项目静态总投资 4996.65 万元，资金全部来源于海口综保区财政资金，已纳入年度预算，来源可靠、保障充分。项目为公益性政府投资项目，无经营性收益与债务融资，符合政府投资管理规定，不存在政府隐性债务风险。配套建立了完善的资金管理制度与监管机制，可保障资金安全、合规、高效使用，财务方案切实可行。

第八章 项目影响效果分析

8.1 经济影响分析

本项目为公益性政府投资项目，无直接经营性营收，但通过一次性改造投入，可降低长期经济损失、盘活存量资产、拉动产业增量、释放长期红利，形成多维度正向经济效应。

8.1.1 项目经济费用分析

项目总投资 4996.65 万元，费用结构清晰、计价依据充分，无冗余投资：建安工程费占比超 86.6%，全部用于实体改造工程，单价参照海南 2021 计价定额与本地市场价测算，匹配同类项目造价水平；工程建设其他费用按行业标准下浮计取，处于合理区间；预备费按 5%计提，适配海南台风多发的施工环境，风险缓冲充足。

对比拆除重建方案（投资超亿元），本项目仅需约 1/3 的投入即可实现屋面 20 年长效使用，且可终止持续的局部修补投入，长期成本优势显著，投入产出比突出。

8.1.2 项目直接经济效益

1. 消除年度直接损失：原渗漏导致货物损毁、仓库闲置、企业索赔等年综合损失超 100 万元，改造后可全额挽回，20 年设计周期内累计减损超 2000 万元。

2. 降低运维成本：改造后屋面系统免频繁检修，年度运维费用降低 30%以上，长期节约财政运维开支。

3. 盘活国有资产收益：改造后仓库 32835 m²面积可 100%对外租赁，利用率从 70%提升至 100%，同时高标准仓储可提升租赁溢价，稳定园区财政租赁收入。

4. 节约用电成本：双层保温屋面年均节约用电 15-20 万千瓦时，年减少电费支出十余万元，20 年累计节电效益可观。

5. 规避结构大修支出：改造阻断雨水对钢结构的侵蚀，省去未来数百万元的结构除锈加固费用，避免资产进一步减值。

8.1.3 对宏观及区域经济影响

1. 短期拉动本地产业：建安投入全部流向海南本地市场，带动建材、施工、咨询、物流等行业短期营收，创造阶段性建筑劳务岗位，拉动老城片区实体经济流通。

2. 长期支撑外贸增长：本仓库为园区核心免税仓储载体，改造后可承载更多免税、跨境电商、保税加工货物存储，支撑园区进出口规模持续增长，巩固全国 A 类综保区地位，拉动海南外贸总量提升。

3. 带动产业集聚发展：高标准仓储将吸引国际消费品牌落地，带动免税运营、跨境物流、报关配套等上下游企业集聚，持续扩大园区营收与税收规模，形成长期财税增量。

8.1.4 国有资产保值增值效益

日免仓一期二仓库为政府投资形成的大型国有资产，持续渗漏会加速建筑损毁、造成资产贬值。本次改造后屋面设计寿命 ≥ 20 年，整体建筑使用周期大幅延长，从根源遏制资产减值；同时硬件品质提升带动不动产价值提升，实现国有存量资产保值，大幅降低全生命周期管护成本。

8.2 社会影响分析

本项目作为自贸港核心仓储基础设施提升工程，社会效益覆盖多维度，正向作用突出。

8.2.1 利益相关者综合影响

1. 园区管委会：解决长期渗漏历史遗留问题，履行国有资产管护与基础设施配套职责，消除管理风险，提升服务形象。

2. 入驻企业：解决货物受潮损毁痛点，获得高标准仓储环境，降低经营成本，提升运营稳定性。

3. 作业人员：消除渗漏、电气、高空坠物等安全隐患，坡道照明与标线提升通行安全，降低作业风险。

4. 本地从业者：建设期提供短期劳务岗位，运营期带动长期就业，增加居民收入。

5. 海关部门：降低保税货物损毁监管风险，提升保税监管效率。

6. 地方政府：完善园区配套，夯实外向型经济载体，助力招商引资与财税增长。

8.2.2 就业带动效应

建设期稳定吸纳 80-100 名本地劳务人员，提供短期灵活就业岗位；运营期仓库满负荷使用后，带动仓储、物流、报关、客服等长期稳定就业岗位，配套服务业同步扩容，为澄迈本地居民提供持续就业渠道，助力民生改善。

8.2.3 优化营商环境，强化招商竞争力

改造补齐园区核心仓储硬件短板，I级防水、超高抗风屋面等硬件优势消除招商负面因素，巩固园区全国 A 类综保区的竞争优势，可吸引国际高端品牌落地，壮大进口消费品产业集群；企业无需自行投入改造，降低入驻成本，显著提升园区招商吸引力。

8.2.4 消除安全隐患，保障公共安全

1. 结构安全：阻断雨水侵蚀构件路径，全套抗风加强设计可抵御 1 超强台风，杜绝坍塌、屋面板掀脱风险。

2. 货物安全：三道防水体系降低渗漏风险，保障高价值免税货物存储安全，降低企业财产损失风险。

3. 作业安全：消除地面湿滑、电气短路、坡道视线盲区等隐患，减少人员伤害与交通事故概率。

4. 消防安全：固定窗配套消防机械排烟系统，屋面外墙采用不燃/难燃材料，提升仓库整体防火性能。

8.2.5 支撑自贸港战略落地，发挥公共服务价值

改造后的仓库可承接全岛封关后零关税商品的增量存储需求，支撑“一线放开、二线管住”监管模式落地，服务自贸港贸易自由化政策；作为公共仓储载体，以优惠租金供给企业，落实稳商安商政策，优化营商环境。

同时项目形成的金属屋面改造与运维方案，可复制应用于园区其他同类设施，为存量仓储运维提供成熟范本，提升园区整体基础设施管护能力。

8.3 生态环境影响分析

本项目为既有建筑改造工程，无新建土建与新增污染产线，施工期污染可控，运营期正向改善效应突出，整体生态影响积极。

8.3.1 施工期环境影响及管控措施

1. 大气污染管控：拆除作业湿法洒水降尘，施工区域封闭围挡，选用低 VOC 环保建材，车辆密闭运输、出入口冲洗轮胎，海南大气扩散条件良好，短期扬尘无长期影响。

2. 噪声污染管控：避开夜间与午休高噪声作业，选用低噪声机具，作业区远离办公生活区，排放符合建筑施工场界噪声标准，无长期扰民问题。

3. 水环境管控：施工废水经沉淀池处理后接入市政雨水管网，施工耗材集中收纳，严禁废液直排，不污染周边水体与土壤。

4. 固废管控：拆除金属构件全部回收资源化利用，建筑垃圾统一清运至合规消纳场，固废资源化利用率高，无土壤遗留污染。

8.3.2 运营期生态环境正向改善

1. 节能降排：双层保温屋面降低空调负荷，LED 灯具节电 60%以上，持续削减电力消耗与对应发电碳排放。

2. 雨水资源化：虹吸排水系统高效收集屋面雨水，可用于场地清扫、绿化浇灌，节约市政水资源。

3 减少周期性污染：屋面、外墙设计寿命 ≥ 20 年，大幅降低重复翻新频次，减少施工污染与建材消耗；高耐候材料无短期涂层粉化污染。

4. 绿色建材应用：全项目选用环保建材，废旧金属 100%回收循环，践行低碳建造理念。

8.3.3 区域生态无负面影响

项目位于建成仓储区内，不占用耕地、林地、生态红线与水源保护区，不破坏周边自然生态；无新增生产型污染物排放，反而通过节能改造减轻区域环境承载压力，对区域生态无负面影响。

8.4 资源和能源利用效果分析

项目立足存量改造，全面落实节约集约、循环利用政策，多维度提升资源能源利用效率。

8.4.1 土地资源节约利用

项目全程在既有仓库范围内改造，不新增建设用地、不涉及征地拆迁，完全盘活存量仓储用地，落实节约集约用地要求，契合国土空

间规划存量盘活导向。

8.4.2 建材资源循环与节约

1. 废旧金属全部回收再生，减少原生矿产资源消耗。
2. 长寿命建材大幅降低全周期更换频次，长期减少建材消耗。
3. 工程量精准测算，分区流水施工严控材料损耗，提升建材利用率。

8.4.3 能源节约成效显著

本项目对建筑屋面围护进行改造，对原有建筑设计节能保温得到保证。坡道照明采用高光效 LED 灯具并实施下半夜隔盏关灯/降功率控制，较常亮方案节电 50%以上；虹吸排水无配套动力设备，节约排水能耗；低检修需求减少运维设备能源消耗，综合节能效益突出。

8.4.4 水资源高效利用

屋面雨水收集资源化利用，减少市政自来水消耗；施工用水循环使用，降低一次性用水；防水改造杜绝室内渗漏，避免额外冲洗用水，实现水资源减量与循环利用。

8.5 碳达峰碳中和分析

项目从建设期、运营期、全生命周期三个维度助力区域双碳目标实现，符合建筑节能降碳政策要求。

8.5.1 建设期碳排放及抵消方案

施工期建材运输、机械燃油产生短期碳排放，但废旧金属回收再生可大幅抵消炼钢碳排放，本地采购缩短运输距离降低货运碳排放，流水作业减少机械空转，短期碳排放可基本通过资源循环增益抵消。

8.5.2 运营期持续性碳减排

本项目对建筑屋面围护进行改造，对原有建筑空调能耗年减碳得

到保证。坡道 LED 照明下半夜降功率运行年减碳约 3-4t；雨水利用、减少翻新均持续贡献减碳效益。可再生能源利用方面：本次叠加屋面系统的转换檩条体系已预留附加荷载余量，具备后续加装分布式光伏的条件，园区可结合双碳目标实施屋面分布式光伏发电（自发自用、余电上网），坡道照明预留太阳能路灯改造接口，进一步削减外购电力碳排放，长期减碳效应稳定可观。

8.5.3 契合区域双碳发展要求

项目属于既有建筑节能改造范畴，是政策鼓励的降碳举措，匹配海口综保区低碳园区建设目标，助力澄迈县、海口市完成建筑领域碳达峰任务，契合海南自贸港绿色低碳发展战略。

8.6 小结

综合五大维度分析，项目 4996.65 万元一次性财政投入具备极高长期投入产出比，经济收益远超投资成本；社会层面消除安全隐患、优化营商环境、支撑自贸港战略，公共价值突出；生态与资源层面施工污染可控，节能节水、循环利用成效显著，践行绿色发展理念；双碳层面实现长期稳定减碳，兼具经济与生态效益。项目综合正向影响全面、多维效益突出，经济、社会、环境协同增益，对海口综保区高质量发展与自贸港封关配套具有重要支撑作用。

第九章 项目风险管控方案

9.1 风险识别与评价

9.1.1 需求风险

需求风险核心包括三类：一是前期勘查不充分，改造方案未覆盖全部渗漏通道，无法解决渗漏问题；二是施工工艺或材料质量把控不严，改造后仍存在渗漏隐患；三是未来仓储需求升级（如自动化、温控要求提升），需进一步改造影响投资持续性。

9.1.2 建设风险

建设风险为项目核心风险，贯穿施工全过程：

1. **工期风险**：60 天工期紧凑，跨台风季易受天气中断，多工种交叉作业协调难度大，材料供应延迟可能加剧工期压力。

2. **质量风险**：抗风揭性能、防水密封性能、细部节点处理是核心质量控制点，施工工艺偏差可能引发渗漏、风损等质量问题。

3. **技术风险**：新材料在海南高盐雾环境的长期耐久性、抗风设计与本地风荷载的匹配度、既有结构承载力适配性存在一定技术验证需求。

4. **安全风险**：高空作业、临边作业、物体打击、拆除作业结构失稳是核心安全风险点，属于危险性较大分部分项工程。

5. **材料风险**：建材供应不及时影响进度，进场材料质量不合格威胁工程质量。

6. **施工配合风险**：施工与仓库运营交叉，易产生噪声粉尘干扰、物流通道冲突、物资防护协调等问题。

9.1.3 运营风险

运营期核心风险包括：运维不当、巡检缺失导致渗漏复发；超强台风超出设计标准造成屋面破坏；违规使用屋面造成机械损伤，破坏防水与结构安全。

9.1.4 财务风险

财务风险主要为两类：一是台风、设计变更、材料涨价等因素导致投资超预算；二是财政资金拨付环节延迟，影响施工进度。

9.1.5 自然风险

项目地处海南沿海，自然风险突出：台风带来强风暴雨，威胁施工安全与工程进度，可能造成临时设施损毁；短时强降雨威胁拆除阶段仓库内部安全；高温影响施工效率与材料性能；雷电高发威胁高空作业人员安全。

9.1.6 社会风险

社会风险整体较低，主要包括施工噪声扬尘扰民、运输车辆影响园区通行，可能引发企业投诉；若发生重大安全或污染事故，可能引发舆情与社会稳定风险。

9.1.7 风险评价矩阵

采用风险矩阵法，按可能性、影响程度将风险划分为高、中、低三级，评价结果如下：

表 9-1 项目风险评价矩阵

序号	风险类别	风险描述	可能性	影响程度	风险等级
1	工期风险	60 天工期紧张，跨台风季可能延期	中	高	高
2	台风风险	施工期遇台风导致停工、损失	高	高	高
3	技术风险	抗风揭等技术指标能否达标	中	高	高
4	暴雨风险	短时强降雨影响施工和防护	高	中	中
5	高温风险	影响施工效率和人员健康	高	低	中
6	质量风险	屋面工艺要求高，存在渗漏隐患	低	高	中

序号	风险类别	风险描述	可能性	影响程度	风险等级
7	安全风险	高空、临边作业存在坠落风险	中	中	中
8	材料风险	材料供应不及时影响进度	中	中	中
9	施工配合风险	与仓库运营协调困难	中	中	中
10	投资超预算风险	不可预见因素导致费用增加	中	中	中
11	需求风险	改造后仍有渗漏或需求变化	低	高	中
12	运营维护风险	维护不当导致再次渗漏	中	中	中
13	极端天气破坏风险	超强台风超出设计标准	低	高	中
14	资金到位风险	财政资金拨付延迟	低	中	低
15	施工扰民风险	噪声扬尘影响周边环境	中	低	低
16	社会稳定风险	事故引发群体性事件	低	高	中

经评价，项目共识别高风险 3 项（工期风险、台风风险、技术风险），中风险 10 项，低风险 3 项，其中 3 项高风险为重点管控对象。

9.2 风险管控方案

9.2.1 风险防范措施

1. 工期风险防范

（1）科学编排进度计划，采用网络计划技术明确关键线路，合理安排工序搭接，优先安排室内与有遮挡作业，预留天气缓冲时间。

（2）增加施工资源投入，采用多班组分区流水作业，储备机动人员保障关键工序赶工需求。

（3）制定赶工预案，明确延误后的人员、班次、工序调整方案，兼顾赶工与质量安全。

（4）建立气象预警联动机制，根据天气预报动态调整施工安排，

有利天气集中抢工关键部位。

2. 台风风险防范

(1) 建立气象监测与信息传递机制，专人跟踪台风预报，预警信息第一时间全覆盖传达。

(2) 制定分级台风应急预案，明确不同预警等级的加固、转移、撤离措施，确定避险场所与撤离路线。

(3) 储备临时加固与防护物资，台风预警发布后，对未完工部位、临时设施紧急加固封闭。

(4) 优化施工时序，尽量在台风季前完成大面积拆除与主体屋面安装，降低风险敞口。

3. 质量风险防范

(1) 严格材料进场检验，所有材料附质量证明文件，关键材料见证取样送检，不合格材料严禁进场。

(2) 关键工序旁站监理，重点管控锁边咬合、节点密封、细部构造等环节，落实三检制，上道工序不合格不得进入下道工序。

(3) 施工前开展抗风揭性能试验验证，试件检测合格后方可大面积施工。

(4) 完工后开展全面淋水试验，检验防水性能，渗漏点彻底整改直至验收合格。

4. 安全风险防范

(1) 完善临边、洞口防护设施，搭设安全通道与操作平台，防护设施验收合格后方可使用。

(2) 配齐合格的个人防护装备，严格要求作业人员规范使用安全带、安全绳、防滑鞋。

(3) 常态化开展安全教育培训，特种作业人员 100%持证上岗。

(4) 建立日检、周检、专项检查制度，恶劣天气前后专项排查，及时消除安全隐患。

5. 施工配合风险防范

(1) 建立多方定期协调机制，通报施工计划，协商解决矛盾问题。

(2) 分区分段施工，缩小同时作业面，优先施工对运营影响小的区域，关键区域施工安排在低峰时段。

(3) 合理规划运输路线与材料堆场，避开物流高峰，减少对园区通行的影响；落实降噪降尘措施，降低对周边企业的干扰。

拆除阶段采取可靠临时遮盖，保障仓库内部物资安全。

9.2.2 社会稳定风险分析

项目为小型维修改造工程，不涉及征地拆迁，周边以工业仓储为主，敏感目标少，施工周期短。通过提前告知周边企业、畅通投诉渠道、控制施工时段、落实扬尘噪声管控、制定突发事件预案等措施，可有效防控相关矛盾。

经评估，本项目社会稳定风险等级为**低风险**，在落实防控措施的前提下可正常实施。

9.2.3 风险转移方案

1. 工程保险

投保建筑工程一切险、第三者责任险、施工人员意外伤害保险，重点覆盖台风等自然灾害保障范围，通过保险转移自然灾害、意外事故、第三方损害等风险。

2. 合同风险分配

通过设计、施工、采购合同明确各方责任：设计合同约定设计缺陷的责任承担；施工合同约定工期、质量、价款调整规则，明确 5 年以上屋面防水保修责任；采购合同约定材料质量与供货延迟的违约责任，合理转移风险。

3. 质量保证金

预留工程结算总额 3%的质量保证金，屋面防水缺陷责任期设为 2 年，约束施工单位保障工程质量，履行缺陷修复义务。

9.3 风险应急预案

9.3.1 应急组织体系

成立应急领导小组，由建设单位项目负责人任组长，施工、监理单位负责人任副组长，统一指挥应急处置工作。下设抢险救援组、警戒保卫组、医疗救护组、后勤保障组、信息联络组、善后处理组，各小组按职责分工开展工作。

9.3.2 应急处置流程

1. 信息报告：突发事件发生后，现场人员立即上报项目部，核实情况后第一时间向应急领导小组与上级主管部门报告，坚持“快报事实、慎报原因”。

2. 应急响应：根据事件严重程度启动三级响应：特别严重事件启动一级响应，调动全部资源并请求外部支援；严重事件启动二级响应，组织内部应急力量处置；一般事件启动三级响应，现场处置。

3. 现场处置：优先救援受伤人员，迅速控制危险源防止事态扩大，设置警戒保护现场，转移重要物资，最大限度减少人员伤亡与财产损失。

4. 善后处理：开展伤亡人员安抚赔偿、保险理赔、现场清理、损

失评估、事故调查等工作，总结经验修订预案，尽快恢复正常施工。

9.3.3 应急演练要求

施工期至少组织 2 次综合应急演练，开工 1 个月内开展台风预警响应演练，台风季前开展全流程综合演练，配套开展消防、急救等专项演练。演练后评估效果，针对问题修订预案、补充物资、加强培训，持续提升应急处置能力。

9.4 小结

本章系统识别了项目 6 大类 16 项风险，评价确定 3 项高风险、10 项中风险、3 项低风险，并针对性制定了覆盖防范、转移、应急全流程的管控体系。通过落实各项管控措施，可有效降低各类风险对项目的不利影响，项目整体风险可控，社会稳定风险为低风险，能够保障项目顺利实施与长期稳定运营。

第十章 研究结论及建议

10.1 主要研究结论

本报告从七大维度对项目进行了全面论证，综合结论为项目建设必要性充分、实施条件成熟、技术方案可行、效益正向突出、风险整体可控，项目整体可行。

10.1.1 建设必要性结论

项目建设十分必要、刻不容缓：

一是解决系统性渗漏、保障仓库正常使用的迫切需要。仓库 8 个核心部位普遍渗漏，雨季与台风季漏水严重，已无法满足保税仓储基本要求，亟需系统性改造根治问题。

二是保障国有资产安全、维护园区形象的客观需要。渗漏导致国有资产功能受损、价值贬损，影响自贸港重点园区的品质形象与招商竞争力，及时改造是保护国有资产的必然要求。

三是满足招商需求、促进园区高质量发展的战略需要。当前保税仓储需求旺盛，意向客户因渗漏问题暂缓入驻，改造后可盘活闲置资源，为园区招商提供硬件支撑，助力产业发展。

四是落实自贸港政策、提升园区承载能力的现实需要。全岛封关后货物量与仓储需求持续增长，改造可提升园区保税仓储承载能力，服务自贸港建设大局。

10.1.2 要素保障性结论

项目各项建设要素保障充分，实施条件成熟：一是用地无制约，项目为既有建筑改造，不新增建设用地，无征地拆迁，场地清晰明确；二是配套完善，园区水、电、路、通信等基础设施齐全，可直接满足

施工与运营需求；三是交通便利，区位优势，港口、高速、机场通达性强，适配建材运输与仓储运营需求。四是供应充足，所用建材均为市场通用产品，本地与周边供应渠道畅通，无供应瓶颈；五是施工力量有保障，海南本地具备丰富金属屋面施工经验的企业与劳务人员充足，可支撑项目实施。

10.1.3 工程可行性结论

项目工程技术方案成熟可靠，具备充分可行性：一是技术方案成熟。加强型直立锁边铝镁锰金属屋面系统应用广泛，铝镁锰合金适配海南高温高盐雾气候，技术成熟度经大量工程验证；二是抗风性能卓越。屋面抗风揭能力动态抗风揭系数 ≥ 1.4 、静态 ≥ 2.0 ，可抵御超强台风，经同类项目实际台风考验验证，安全冗余充足；三是防水体系完善。针对 8 个渗漏部位专项优化设计，360 度锁边咬合+多重节点防水构造，形成完整防水体系，可从根源根治渗漏；四是施工方案可行。施工工艺完整，安全防护与应急预案完善，60 天工期工序衔接合理，配套健全的质量保障体系，可保障工程落地质量。

10.1.4 运营有效性结论

项目改造后运营效果显著：仓储功能全面恢复，实现屋面零渗漏，满足保税仓储安全存储需求；使用性能显著提升，保温节能、使用寿命大幅优化，全生命周期价值提升；招商条件大幅改善，可满足意向客户入驻需求，增强园区产业竞争力，运营效益充分释放。

10.1.5 财务合理性结论

项目投资估算编制合规、数据准确，4996.65 万元总投资规模合理；资金全部为海口综保区财政资金，已纳入年度预算，来源可靠、保障充分；项目为公益性政府投资项目，无经营性收益与债务融资，

符合政府投资管理规定，财务方案合规可行。

10.1.6 影响可持续性结论

项目影响全面正向、可持续性良好：经济层面盘活存量资产、带动产业发展、支撑外贸增长，经济效益长期稳定；社会层面带动就业、优化营商环境、保障公共安全，社会效益突出；环境层面施工污染可控，运营期节能降碳效益显著，符合绿色发展要求。

10.1.7 风险可控性结论

项目整体风险可控，社会稳定风险为低风险。技术风险通过成熟方案与试验验证可控；台风风险通过强化设计、完善预案可防；工期风险通过科学组织、赶工预案可管；各类风险均配套针对性管控措施与应急预案，能够有效防控。

10.1.8 项目可行性综合评价

海口综保区（老城片区）日免仓一期二仓库改造提升项目，是保障国有资产安全、恢复仓储功能、支撑园区高质量发展的必要工程，建设必要性与紧迫性突出，实施条件成熟，技术方案可靠，投资规模合理，效益正向全面，风险整体可控，项目整体可行，建议尽快组织实施。

表 10-1 项目综合评价汇总表

评价维度	评价结论	核心依据
建设必要性	十分必要、刻不容缓	渗漏严重影响使用；保障国有资产；支撑招商与自贸港建设
要素保障性	保障充分、条件成熟	不新增用地；配套完善；交通便利；材料与施工力量充足
工程可行性	技术成熟、方案可行	直立锁边系统成熟；抗风防水性能优异；施工方案完善
运营有效性	效果显著、效益明显	降低渗漏风险；功能全面恢复；招商与使用性能提升
财务合理性	合规可行	投资估算科学；财政资金保障充分

评价维度	评价结论	核心依据
影响可持续性	影响积极、可持续性好	经济、社会、环境效益协同正向
风险可控性	风险可控、等级较低	核心风险均有管控措施；社会稳定低风险

10.2 问题与建议

10.2.1 需要重点关注的问题

1. 施工期台风风险防范问题

项目地处台风高发区域，施工期若遇台风，不仅威胁施工人员安全与工程质量，还可能造成拆除阶段仓库内部货物设施受损，是项目建设的首要风险。需重点关注过渡阶段屋面防护、临时设施抗风、工期延误应对等核心问题。

2. 施工与园区运营的协调问题

项目位于运营中的综保区内，施工产生的噪声、粉尘、运输干扰会影响周边企业正常运营，高空作业存在坠物安全风险。需重点协调作业空间、运输通道、作业时间，平衡施工进度与园区正常运营。

3. 防水工程质量管控问题

金属屋面防水质量取决于细部节点与施工工艺，渗漏隐患具有滞后性，返工成本高。基层处理、锁边咬合、节点防水、密封施工等关键环节的质量把控，直接决定项目改造成败，需作为质量管控核心。

10.2.2 相关建议

1. 加强组织领导，统筹推进项目实施

建议成立园区牵头的项目工作领导小组，统筹协调重大事项，建立定期会商机制，联动建设、设计、施工、监理各方形成合力，及时解决实施中的困难问题，保障项目按计划推进。

2. 严格全流程质量管理，确保工程一次成优

建立全过程质量管理体系，严把材料进场关，不合格材料严禁使用；对关键工序实行旁站监理，严格落实三检制与隐蔽工程验收；完工后全面开展淋水试验与抗风性能核查，确保防水、抗风指标达标，杜绝质量隐患。

3. 强化施工协同，降低对园区运营影响

施工前编制详细的施工与交通组织方案，报园区审批备案；提前对接周边企业，通报施工计划争取理解；合理安排高噪声作业时间，规范施工现场管理，专人引导交通，做到施工与运营两不误。

4. 完善台风专项预案，筑牢安全防线

将台风防范作为安全管理重中之重，制定专项应急预案，明确分级响应流程与防护措施；联动气象部门实时获取预警信息，提前储备应急物资；优化施工时序，尽量在台风季前完成主体屋面安装，降低风险敞口，保障施工安全。

6. 建立长效运维机制，延长设施使用寿命

建成后建立屋面定期巡检维护制度，质保期内要求施工单位定期巡检，质保期满后每年开展专业检测，建立运维档案；加强管理人员培训，规范屋面使用行为；通过科学运维最大化延长屋面使用寿命，保障项目长期投资效益。

综上，项目具备充分的可行性与实施价值，建议在落实上述重点管控要求的基础上，尽快启动实施，为海口综保区高质量发展与海南自贸港建设提供坚实的硬件支撑。