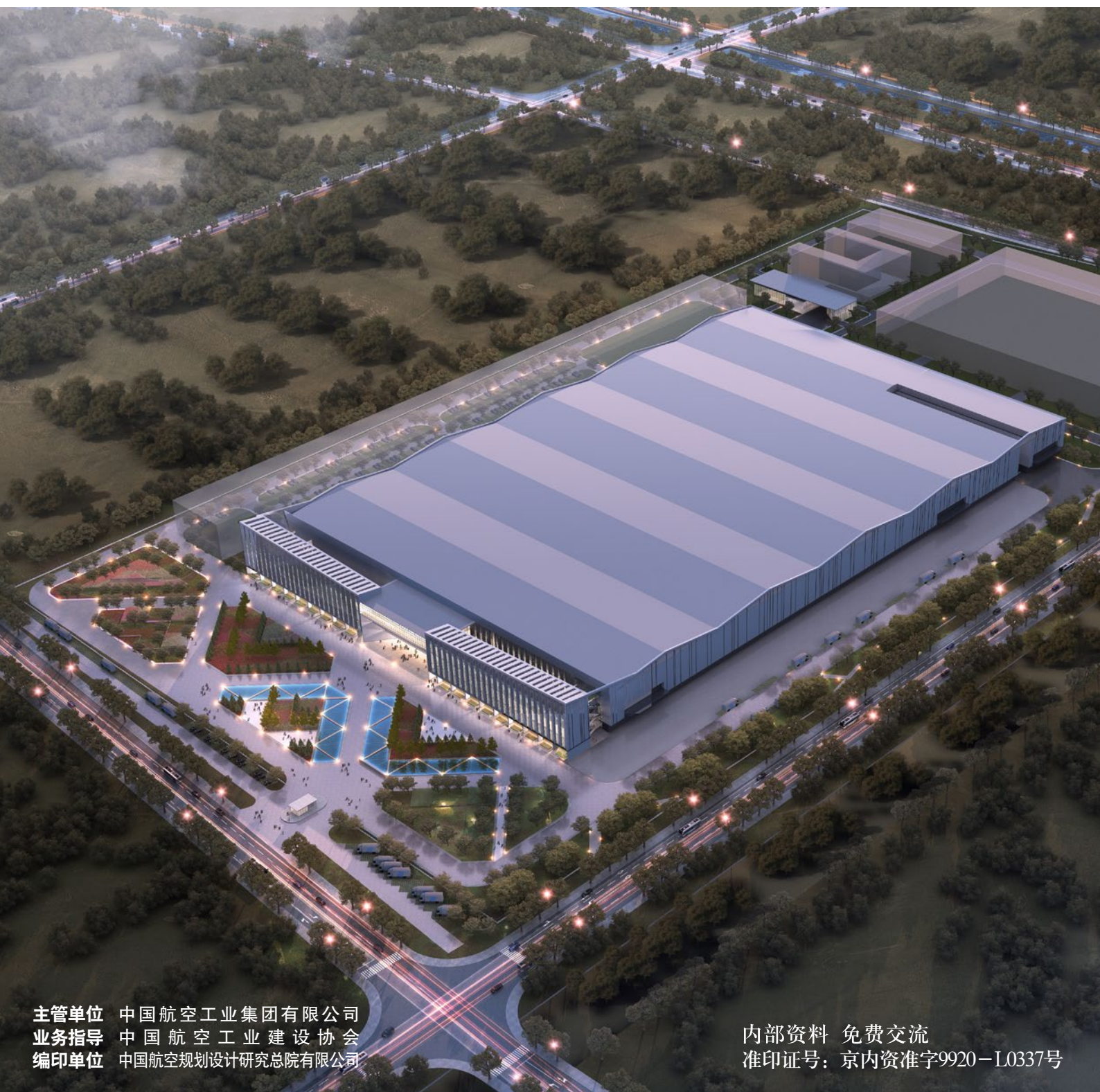


航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2021年第3期 总第155期



主管单位 中国航空工业集团有限公司
业务指导 中国航空工业建设协会
编印单位 中国航空规划设计研究总院有限公司

内部资料 免费交流
准印证号：京内资准字9920-L0337号

凯飞航空结构件生产制造区厂房建设项目

项目名称：凯飞航空结构件生产制造区厂房建设项目

建设单位：靖江港口集团有限公司

设计单位：航空工业规划飞机工程事业部

江苏靖江凯飞航空结构件生产制造厂房建设项目为上飞公司与吉凯恩公司、中航供应链三方合资项目。该项目的目的是提升复材结构件零件制造及装配能力和航空结构件国际竞争力和盈利水平，提升产品竞争力和市场开拓能力。

项目选址于江苏省靖江市，总用地面积约24万 m^2 。本次一期新建工程共6项，其中包括：A01号JV厂房、A03号餐厅、A05号危险品库、A06号危废品库、A08号动力中心、A09号门房，新建建筑面积共9.2万 m^2 ，占地面积共8万 m^2 。其中，A01号JV厂房为厂区内主要建筑物，建筑面积为8.8万 m^2 ，占地面积为7.7万 m^2 。

本项目平面总体布局以满足工艺流程的合理便捷为基本目的，充分考虑满足生产工艺流程的需要，创造生产协作快捷、工艺流程合理的布局方案。通过梳理货车流线、小汽车流线、非机动车、人行流线、合理组织各种交通流线，形成高效安全的交通布局。交通组织、绿地系统、竖向布置、工程管线等规划设计与总平面规划设计并行实施，协同考虑，力求功能分区合理，规划布局得当，交通流线顺畅便捷，取得良好景观效果。

厂区主体建筑形象通过提取飞机机身比例，将其运用至厂区入口建筑的三段式构图中。同时将南侧办公区底部架空，建筑形体自主入口两侧横向展开，屋檐水平上扬，展现了轻盈延展、蓄势待飞的航空飞行器形象。整个厂区呈现了先进科技的航空产业特点。该项目将做为产业引擎项目，助力靖江当地航空产业发展。



固定资产投资建设岗位能力培训（二期）在青岛举办



2021年4月15日~16日，中国航空工业建设协会在青岛举办了固定资产投资建设岗位能力培训（二期）。培训紧密结合当前军工固定资产投资建设项目监督检查、验收审计、进口设备国产化论中常见的问题进行了深入分析。授课紧密结合实例，对学员普遍反映的热点、难点问题进行了集中答疑，并针对常见问题提出了提升军工固定资产投资项目质量的建议。培训结束后通过测试，对本次培训效果进行了评价。

培训还组织学员参观了海尔工业园，拓展学员视野。

共75名来自中国航空工业集团公司、中国航空发动机集团有限公司、中国商用飞机有限责任公司所属单位技改、采购、财务、供应链管理、设备管理、项目管理等业务领域的分管公司领导、部门负责人和业务主管人员等参加了培训。

此次培训进一步提升了相关岗位固定资产投资建设项目管理水平，加强了能力建设岗位人员队伍培养。

（信息来源：中国航空工业官方微信）

钱塘新区国产宽体客机零部件生产厂房（一期）项目

建设地点：浙江省杭州市

设计单位：航空工业规划飞机工程事业部

建设情况：施工中

钱塘新区国产宽体客机零部件生产厂房（一期）项目位于浙江省杭州市，地处杭州市钱大江东产业集聚区，隶属钱塘新区，总占地面积约594亩，呈南北长向矩形。其中一期用地约441亩，呈“凹”字形。该项目用地划分为

北侧生产区及南侧厂前区两部分，一期生产区包括厂房、工装库等8栋建筑，厂前区包括宿舍楼等4栋建筑。一期建设规模约53.8万m²。

本项目建设全流程的国际先进航空复合材料研制生产线，开展超大尺寸复合材料零部件基础技术、自动化制造技术研究，突破国内先进民机制造技术瓶颈，保障CR929国产宽体客机中机身复合材料零部件成功研制生产，实现浙江省在国产关键型号飞机大型零部件生产领域的突破，提升我国先进民机航空复合材料产业整体技术水平。

本次工程对一二期整体进行空间规划，针对一期工程进行工艺及工程设计。





试飞综合测试及设计楼项目

建设地点：陕西省西安市

设计单位：航空工业规划飞机工程事业部

建设情况：施工中

试飞综合测试及设计楼位于陕西省西安市，总建筑面积约2万 m^2 ，采用框剪结构，共5层，局部出屋面楼梯间及电梯机房，局部一层地下室。

建筑形体采用正方体形式，在强调建筑统领地位的同时，能够更好地适应地形环境。建筑中心设置绿化庭院，提升建筑整体舒适度。设计根据使用功能需求，将模拟器

大厅设置在西侧，与主体适度分开，同时又有流线连接。

建筑立面采用简洁的设计语言，强调整体的虚实变化。建筑下部采用深灰色，突出浑厚、稳重之感。建筑上部采用浅灰色和通透的玻璃幕相结合，形成科技、现代之感。

在场地设计中，采用建筑、场地、景观一体化设计手法，在建筑东侧靠近主路方向设置大型景观水池，建筑倒映在干净通透的水面上，与水天相呼应，营造一种天人合一的境界；水池内设置景观置石，与建筑入口相对，形成空间上的对景关系，起到影壁的作用，有聚风聚气之功能。

整个建筑宛如磐石璞玉，端庄典雅，与西侧大楼相互辉映。

波音中国园区项目

建设地点：上海市

设计单位：航空工业规划飞机工程事业部

建设情况：设计中

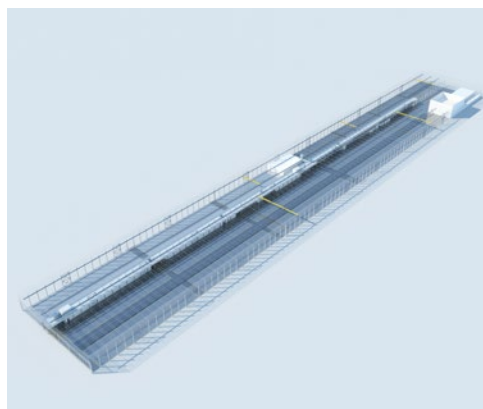
波音公司的One Boeing China Campus位于上海市，包括波音中国新总部办公楼、模拟器培训中心、零部件配送中心等。项目所在地紧邻上海波音航空改装维修工程有限公司新址，占地面积约为5万m²。

One Boeing China Campus设计理念来自波音大家

庭，即一个波音的理念。整体建筑分区在突出各个部门和团队个性及能力的同时融为一体，体现了波音公司巨大的凝聚力和超然的创造力。

在建筑造型设计上，设计从波音企业文化出发，延续波音建筑的一贯风格——“简洁、低调、实用、精致”。建筑通体采用双层镀膜超白玻璃幕墙。纯粹、简约的建筑语言，体现出建筑的雕塑感和精致感，很好契合了波音企业的文化气质。整体建筑宛如一件精致、纯粹的工艺品，给人以极强的视觉冲击力。同时，双层玻璃幕墙的运用既可以有效隔绝机场跑道的噪音，又能起到节能、保温的作用，为建筑的使用者提供舒适、良好的体验感受。





某装配厂房建设项目

建设地点：四川省成都市

设计单位：航空工业规划飞机工程事业部

建设情况：施工中

某装配厂房建设项目由40m跨内A区、B区、C区、辅助配套区；60m跨内D区、E区、F区、喷漆区、油密区、淋雨区、配套用房等组成。建筑占地面积7万 m^2 ，总建筑面积8万 m^2 。

本项目延续厂区整体建筑风格：建筑立面及造型简约大气，建筑立面以金属质感的竖向压型钢板塑造形体，突出建筑的体量感和工业建筑简洁明快的特点。

厂房室内空间设计既满足经济要求，同时对建筑细部进行推敲，实现简洁明快工业风的效果。建筑空间设计实现高效沟通，对以效率为重的现代工业生产管理尤为重要。建筑空间布局结合工艺使用要求，在40m跨内侧加设3层工作平台，该平台为辅助配套区，1层用于工具存储，生产人员开敞办公以及相关设备安放；2层用于技术管理人员开敞办公，3层用于参观，并设置预留工作区。该布局方式便于两侧生产人员快捷取送工具零件，并与现场调度人员快速沟通，2层技术管理人员可以最大限度地缩短前往生产现场的工作流程时间。同时有利于3层人员参观。

本设计不仅满足使用要求，同时提升建筑品质，提高工作效率，充分满足现代航空工业生产管理需求。

标准名称: 贵州省建筑信息模型技术应用标准

标准编号: DBJ52/T101-2020
发布日期: 2020-12-31
实施日期: 2021-03-01
发布部门: 贵州省住房和城乡建设厅

标准名称: 海绵城市种植屋面技术规程

标准编号: T/CCIAT 0029-2020
发布日期: 2020-12-30
实施日期: 2021-03-01
公告号: 中国建筑业协会公告第029号
发布部门: 中国建筑业协会

标准名称: 湖南省电动汽车充电设施设计标准

标准编号: DBJ43/T016-2020
发布日期: 2020-12-29
实施日期: 2021-05-01
公告号: 湘建科函〔2020〕170号
发布部门: 湖南省住房和城乡建设厅

标准名称: 住宅区和住宅建筑内通信配套设施建设技术标准

标准编号: DBJ/T50-056-2020
发布日期: 2020-12-14
实施日期: 2021-03-01
公告号: 渝建标〔2020〕43号
发布部门: 重庆市住房和城乡建设委员会

标准名称: 建筑物移位纠倾增层与改造技术标准

标准编号: T/CECS 779-2020
发布日期: 2020-12-10
实施日期: 2021-05-01
公告号: 第734号
发布部门: 中国工程建设标准化协会

标准名称: 园林植保技术标准

标准编号: DB13(J)/T8392-2020
发布日期: 2020-12-24
实施日期: 2021-04-01
公告号: 2020年第173号
发布部门: 河北省住房和城乡建设厅

标准名称: 湖南省住宅全装修设计标准

标准编号: DBJ43/T015-2020
发布日期: 2020-12-24
实施日期: 2021-05-01
公告号: 湘建科函〔2020〕161号
主要起草单位: 湖南省建筑科学研究院有限责任公司,湖南建工集团有限公司
发布部门: 湖南省住房和城乡建设厅

标准名称: 黑龙江省建筑工程资料管理标准

标准编号: DB23/T 1019-2020
发布日期: 2020-12-23
实施日期: 2021-02-01
公告号: 第1476号
发布部门: 黑龙江省住房和城乡建设厅

标准名称: 风景名胜区游步道技术标准

标准编号: T/CHSLA 50006-2020
发布日期: 2020-12-16
实施日期: 2021-04-01
公告号: 景园学字[2020]69号
发布部门: 中国风景园林学会

标准名称: 湖南省绿色建材评价技术导则 (建筑门窗)

发布日期: 2020-12-16
实施日期: 2020-12-16
公告号: 湘建科函〔2020〕156号
发布部门: 湖南省住房和城乡建设厅

(来源“国家工程建设标准化信息网”)



主管单位 中国航空工业集团公司
 业务指导 中国航空工业建设协会
 编印单位 中国航空规划设计研究总院有限公司

顾问委员会

主任 李平
 副主任 廉大为
 委员 (按姓氏笔画排序)
 王伟 刘晋忠 李世民
 陈远明 张忠良 杨锐
 周训文 周凯 贺沂
 张继超 常洪亮 梁相文

编辑委员会

主任 沈金龙
 副主任 米敬明 刘国新
 委员 (按姓氏笔画排序)
 卜国磊 王玉平 王锋
 王笃礼 刘景灏 李纲
 肖武 张卫才 张立峰
 陈阳 陈丹瑚 金来建
 黄春晖 贺宏斌 葛家琪
 傅绍辉 谢启良 谢哲明

总编 沈金龙
 主编 陈海风
 执行主编 王蕊
 责任编辑 范蕊
 出版 《航空工程建设》编辑部
 地址 北京德外大街12号
 邮编 100120
 E-mail hkgejs@avic-apc.com
 印刷单位 北京华美昌信印刷设计有限公司
 发送对象 公司内部及本系统内部
 印刷日期 2021年6月
 印数 1500册
 电话 (010)62038235
 传真 (010)62038297
 封面 凯飞航空结构件生产制造区
 厂房建设项目

CONTENTS

目录 2021年第3期 总第155期

航空能力建设

02 智能飞机维修车间体系架构研究

闫慧 张立峰 杨益嘉 杨通

研究与探讨

07 某机场大型储油罐不均匀沉降后的静力分析 王帅 周青

11 动荷载作用下某拱形机库结构设计 马祎 王敬仁

14 不均匀地基下地服维修楼基础选型分析 宋宜濛 周青

18 水位变化对地下室抗浮设计经济性的影响
——以货运站附楼为例 王悦洋 周方杰

23 某机场飞行区围界安防系统设计 韩枫 邱冬莉

27 智慧养老系统探析 佟乐琪 邱冬莉

30 生物医药实验动物房的供配电及照明设计探究 王鹏 张永林

33 BIM电气设计交付深度的研究与思考 曲嘉琦 赵亮亮

36 EPC模式下垃圾焚烧发电项目设备采购管理探讨 蔡旻祺 朱志明

39 土建深基坑工程的支护施工及管理 于海侠

42 循环经济产业园综合评价体系研究 陈彦希 朱时岩

49 垃圾焚烧发电厂工程设计中基于EHS的支吊架设计应用
胡晓天 王双成

工程设计

53 复合材料铺叠间室内正压度的设计与分析 赵雷昌

56 某研发大楼空调系统设计 徐秋阳 张明玉

60 影响安徽某药厂项目空调系统能耗重点因素分析
李树一 杨尚一

智能飞机维修车间体系架构研究

■ 闫慧 张立峰 杨益嘉 杨通 [工艺]

摘要: 传统的飞机维修车间生产运行管控模式难以满足飞机维修对效率和质量的需求,建立智能飞机维修车间成为必然的发展趋势。本文在分析维修车间业务流程的基础上,提出智能飞机维修车间体系架构,对车间智能化的开展提供一定参考。

关键词: 体系架构; 业务流程; 维修车间

1 引言

市场环境、客户需求的复杂性、动态性和不确定性等因素,使面向多品种变批量的复杂飞机维修车间,在运行过程中出现了大量的异常,如何融合和使用新一代信息技术和人工智能技术来实现对车间生产异常的实时监控、精准预测和快速响应,从而提高车间生产效率、缩短产品维修周期、优化维修资源配置,真正实现柔性化、敏捷化和智能化的车间运行,已经成为维修企业关注的热点问题。

要解决目前车间存在的问题,向智能化发展是唯一途径。但当前我国智能制造发展仍面临一些突出问题:一是部分关键技术装备受制于人,高档数控机床、工业机器人、智能传感器等关键技术装备仍依赖国外进口,工业控制系统、数字化研发设计软件和制造执行系统等核心工业软件仍以国外品牌为主;二是智能制造发展基础比较薄弱,很多关键技术标准和行业应用标准仍然缺

失,急需构建起一套智能制造标准体系架构;三是大部分供应商技术偏弱、规模偏小、应用领域相对单一,提供的系统解决方案供给能力不足,缺乏领军企业,尚不能满足我国制造业智能转型的需求;四是仍有相当数量的企业对智能制造的内涵和发展路径认识不清,缺乏整体长远的规划,企业智能制造发展模式和路径还需进一步探索;五是缺乏多层次的智能制造人才队伍,急待构建能够适应智能制造发展的领军队伍、专业技术团队和创新人才。总体来看,我国推动制造业智能转型比工业发达国家形势更严峻,环境更复杂,任务更艰巨。

因此,本文探讨智能飞机维修车间体系架构,指导维修车间一定程度上实现人机一体化。本文的研究具有重要的理论意义和实践价值。

2 智能飞机维修车间业务流程

2.1 飞机维修车间现状问题

目前,不论国内维修企业还是国外维修企业,维修车间主要采用传统的自上而下、计划式的车间运行模式。现状维修模式一直存在以下急

作者简介:闫慧,女,研究员,2008年毕业于西北工业大学航空宇航制造工程专业,现就职于中航建投民航工程设计研究院。

需解决的问题。

2.1.1 生产效率低下

车间信息的掌握严重依赖人员纸质记录，管理人员无法及时掌握加工进度和质量。一旦某一加工工序出现问题，无法快速感知，生产管理人员无法及时制定应对措施，为解决生产问题带来极大的滞后性。问题解决的滞后，会造成大量的不合格品、加大成本压力、延误生产计划、影响订单交付。如何及时感知生产问题并快速制定科学的应对措施，是提高生产运行效率的重点。

2.1.2 无法全面掌握生产数据

维修车间自动化设备的正常运行与生产组织的有效开展直接影响了维修车间生产任务的完成情况。结合维修车间的组织形式和工艺过程，维修车间的管理需要有大量的车间信息数据、设备参数数据等的信息支持。通过数据信息的对比分析，实时监控车间的异常情况，预先发现问题，然后采取高效措施解决。但目前维修车间并未有效采集这些相关数据，并且对于能采集到的相关数据，并未加以后续的分析利用，只是针对设备自身发现的异常进行警报提醒，没有实施预先的管控分析手段，没有将设备相关数据与质量、物流和能耗等方面进行关联分析，缺乏对大量复杂信息的综合处理。此外，目前对于生产数据，操作人员和班组长能提供给上级管理者的仅是显而易见的“未加工的文字性数据”，而管理者通常需要的数据是能够图像化或表格化的展现出来，并在不同管理维度进行对比分析，例如：为管理者提供不同时段下产品质量情况波动，不同设备下不同时段的运行效率，不同作业计划能源消耗信息等。这样才能使得管理者及操作人员都能够具象化且直观地了解数据背后维修车间的生产运行实际情况。

2.1.3 维修资源管理粗放

飞机维修车间的管理仍然采用一种粗放的管理模式，主要体现在维修资源的管理上。

设备管理不足，大量设备没有合理的管理和维护计划，凭经验制定保养维护计划，维修内容和周期安排不科学。

能源消耗粗放欠缺分析和优化。在能源使用上，只考虑是否满足生产计划，忽略如何最小使用能源满足生产需求。对于能耗数据，仅有总量统计，没有在与时间、设备等方面分步统计，难以针对性的建立节能优化方案。

质量管理分析不足。实际生产中，生产人员仅统计一天生产的不合格品，根据判断对不合格品进行二次加工处理，并主观判断质量缺陷产生的原因，缺乏定量的科学依据。

物料计划制定不合理。维修车间制定的生产计划最小粒度以天为单位，不是面向订单，或者根据实际三班制划分，不利于生产问题的追溯。物料采购计划为了保证生产需求，往往是大大超出生产需求，造成大量的库存浪费。

2.1.4 主观管理决策为主

生产上管理决策主要依靠经验，存在较强的主观性，决策是否有效无法得到保障。导致主观决策的原因有两方面：一是缺乏上述所说数据分析，决策需要大量的数据支撑。二是维修车间生产过程复杂，涉及内外部协作众多，影响因素多，很难有效控制和决策生产活动。

考虑维修车间目前存在的问题，开展智能化是唯一的解决途径。

2.2 智能飞机维修车间总体业务流程

2.2.1 飞机维修车间开展智能化的基础条件

(1) 电子化工卡的应用

大量的维修企业还停留在纸质工卡的阶段，排队领取工卡，根据工卡内容执行维修，并手工记录完成情况。

厦航航线维修部门已在2018年完整实现电子化工卡，每个工位设置工作站，根据工位维修项目和维修内容，电子工卡自动推送至工人工作站，执行完工卡内容后在系统中记录完成情况，大大提高维修效率，而且工卡的管理也更为规范。

电子化工卡的应用是维修企业推行智能化的基础必要条件。

(2) 航材的智能仓储

维修企业航材基本实现智能仓储，从航材购买后入库，分配货区货位、配盘、上架、入库记录维护，到航材出库，根据出库单指挥堆垛机下架，经过运输机构送至分拣台。航材件一般采用二维码或RFID进行物流跟踪。库存管理系统进行出入库数据记录和分析。

(3) 飞机维修核心信息管理系统的运行

飞机维修工作中涉及的核心信息管理系统是机务信息管理系统，包含航线维修信息管理系统、定检维修信息管理系统、附件维修信息管理系统和航材管理系统。大量的维修企业目前都在运行这几个核心的信息管理系统。

(4) 智能工具箱及其他智能设备的使用

机务维修中会用到大量的工具，种类型号不一，数目庞大。合理管理维修工具，才能确保工具在使用过程中数量齐全、有效可用、质量完好。厦门太古维修企业已使用智能工具箱，内置智能控制单元，可对工具进行清点统计、实时跟踪工具位置。

复材修理车间通常都是采用人工绘图、人工钻孔。山东太古在2018年引入了智能数控雕刻机，通过将设计图纸转入设备控制系统，即可按设计图纸要求加工成所需形状，大大提高了维修效率和质量。

(5) 客舱车间脉动生产线管控技术

厦门太古是第一个在客舱车间进行脉动生产线试点的企业，从提高生产线维修效率出发。通过飞机维修脉动生产线的平衡优化合理安排各作业站位的维修任务，以实现各站位的作业周期尽可能一致，从而减少由于站位之间作业负载不均衡导致的维修空闲时间，实现生产效率的提升。

(6) 大型工艺设备的实时监控

机库大厅吊车、地井、修理坞及悬挂升降平台系统，在各大维修企业实现了设备的实时监控，可监测设备运行状态、统计设备工作时间、进行故障前预警提示等。

目前维修企业在信息化、数字化方面的发展步伐不一致，第三方维修企业，比航司下属维修企业对效率的要求更高，因此在信息化和数字化方面基础条件更优。如何在智能化技术下进行现状车间的改造升级，或在新建机库中有针对性根据自身需求合理开展智能化技术研究，是维修企业面临的紧迫任务。

2.2.2 总体业务流程

分析智能维修车间业务流程，明确业务流程过程中具体事务，形成智能维修车间的总体业务流程图。

针对维修车间业务，涉及的核心部门是工程部、物料部、计划部和生产部。工程部的核心任务是制定维修工卡，智能化趋势下需要增加车间三维建模，并建立条码平台。物料部针对维修指令，进行收料、发料、补料和退料管理。智能化趋势下需要增加标签制作、数据录入管理系统、扫码、智能设备取料。计划部根据维修订单制定生产计划，进行生产排程，形成维修指令单。生产部进行生产前准备工作并实施维修。在智能化

趋势下需要对电子工卡操作规程和可视化看板内容进行培训，在维修实施中增加数据采集系统，进行维修数据的实时采集和分析决策，增加看板管理，对可视化看板内容实时更新，显示数据分析过程。

总体业务流程步骤如下：

第一阶段：计划部根据维修订单进行生产计划排产，并将其发送至工程部。工程部依据生产计划制定维修工卡，并将其同步至机务信息管理系统。生产部依据工卡指导进行生产前准备。

第二阶段：工程部进行车间建模和条码平台建立。物料部接收计划部制定的生产计划准备收料流程。生产部进行生产前准备工作。

第三阶段：车间建模结果和生产准备结果输入生产排程系统，生成维修指令单。生产排程系统向物料部发出物料发料要求。维修指令单输入车间级维修管理系统。

第四阶段：实施维修生产，同步进行数据采集。维修过程中需要补料通知物料部。维修完成后进行质量检测，合格后产品下线，存储至成品交付中心。剩余物料通知物料部实施退料流程。

3 智能飞机维修车间体系架构

结合智能维修车间的总体业务流程构建智能维修车间体系架构。智能维修车间具有自主能力，对维修过程数据采集、分析、判断，实现生产线的柔性和自适应，最大程度地提高生产效率，优化资源配置，保证产品质量，降低生产成本和能耗，最终实现人和机器的相互协调合作，其本质是人机交互。

构建智能维修车间体系架构如图2所示。

该体系架构主要分为4层，具体分析如下：

(1) 设备与控制层

设备与控制层包含维修车间各生产线所有硬件设备、操作工人及感知单元，主要包括加工执行设备、辅助定位设备、物料存储设备、物流运输设备、工业连接器、PLC、RFID等。

(2) 车间执行层

车间执行层包括各类维修车间生产执行、实时加工数据采集、信息采集、生产计划管理、工具管理、设备管理、零件管理、物料管理、机务信息管理等。实现整个车间执行层人、机、料、法、环的管理，确保维修资源（人、机、料、

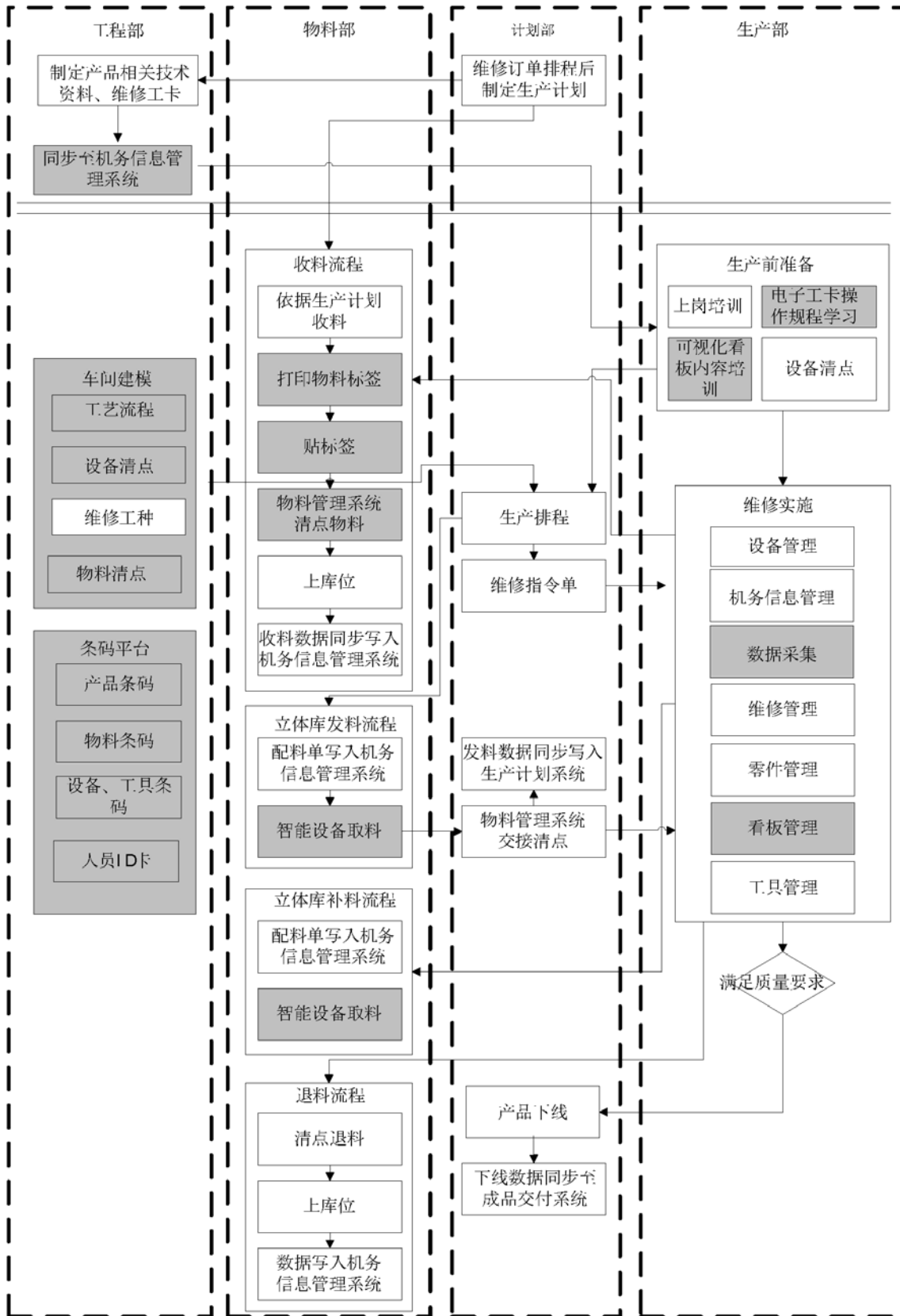


图1 智能飞机维修车间总体业务流程

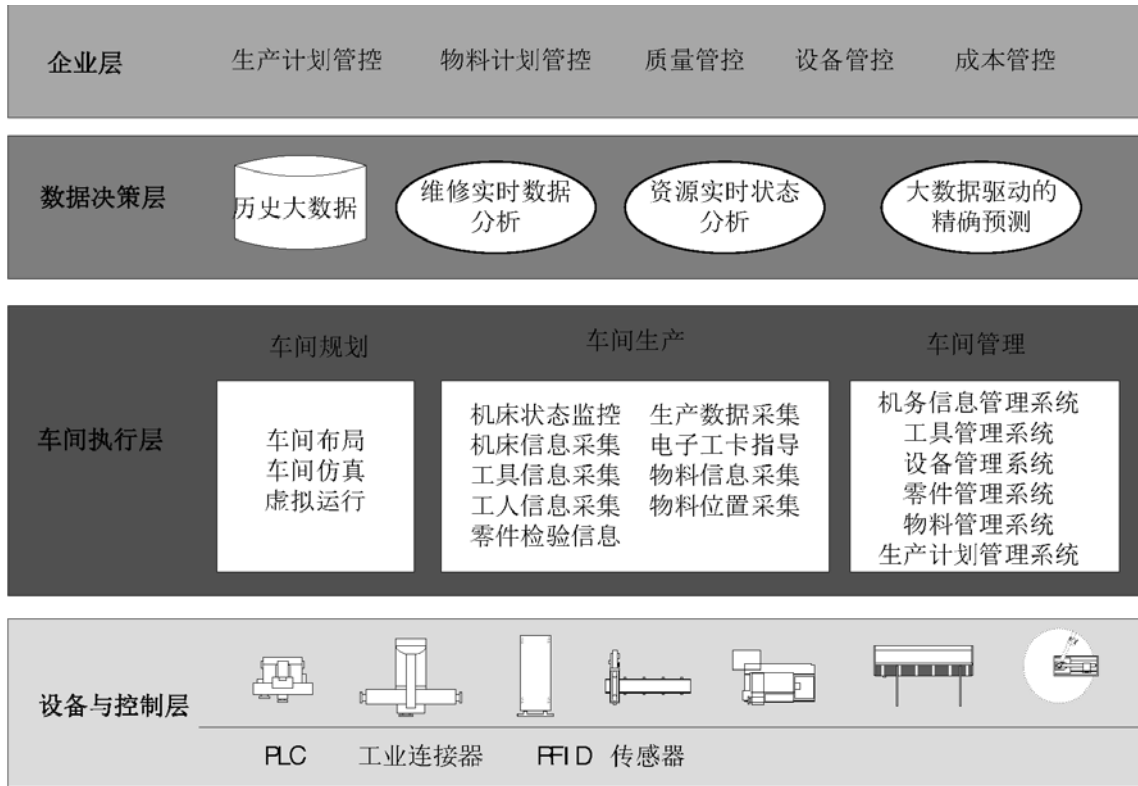


图2 智能维修车间体系架构

法、环)能够按时按量按需到位,保证生产顺利进行,同时尽量高效利用各类资源,实现各类维修资源的优化配置,降低生产成本。

(3) 数据决策层

在智能车间环境下,将产生大量的产品技术数据、维修实时数据、生产经营数据、设备运行状态、质量数据等,建立智能决策系统,结合历史数据库,并对上述信息搜集、过滤、储存、建模,应用大数据分析工具,为各级决策者提供科学决策依据。

(4) 企业层

企业层涉及多车间的业务协同,进行生产计划管控、物料计划管控、质量管控、设备管控、成本管控,实现企业整个价值链上物流、信息流、资金流的统一和优化管控,尽可能降低生产成本,确保企业盈利能力和可持续发展能力。

4 结论

本文围绕智能飞机维修车间这一研究对象,首先分析了飞机维修车间现状存在的问题,进而得出采用智能化技术或手段是解决目前车间

问题的唯一途径,分析了智能飞机维修车间总体业务流程,在此基础上,构建了智能飞机维修车间体系架构,对车间智能化的开展具有一定的指导价值。

参考文献

- [1] 朱锋先, 机智 从数字化车间走向智能制造 [M], 机械工业出版社, 2008.10.

某机场大型储油罐 不均匀沉降后的静力分析

■ 王帅 周青 (结构)

摘要: 立式圆筒形钢制焊接油罐因其造价低、不宜渗漏、施工方便、容易维护、存储量大的特点被广泛应用于航空运输等领域的油库建设中。由于储油罐罐体较薄,对地基的不均匀沉降敏感性较高,本文使用ABAQUS有限元软件,对地基不均匀沉降下的某国际机场15000m³储油罐进行模拟分析,结果表明,当油罐地基发生不均匀沉降时,沉降量较大的一侧罐体侧壁下部应力增大,在约束较强的底板边缘和抗风圈处,更容易产生应力集中和局部变形。

关键词: 储油罐;地基不均匀沉降;有限元分析

0 引言

近年来,随着各国储油量的不断提升,地上储油罐以其经济、可靠、高效的特点被广泛应用于全球、尤其是沿海地区的相关工程建设中。大型储油罐罐底与罐壁交界处,抗风圈、加强圈与罐体的连接处应力水平较高,加之地基的不均匀沉降会使罐体产生几何变形,这可能会影响油罐管路接口的密封性,严重时甚至会造成罐体的局部破坏甚至整体失稳,造成油液泄露等重大安全隐患。

某国际机场15000m³储油罐在进行注水试验后,地基发生了不均匀沉降,储油罐直径方向最大沉降差约为210mm,虽小于GB 50341-2014《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》中直径方向沉降差 $\Delta S \leq 0.009D$ ($\approx 333\text{mm}$,D为储油罐直径)的限值,但大于美国工程标准《API Std 650 Welded Tanks for Oil Storage》附录B中 $0.005D$ ($\approx 185\text{mm}$)的限值,罐体底板外边缘发生翘曲,与环墙间产生了间隙且位于加强抗风圈上部的罐体侧壁局部板带出现了较大变形,如图1、图2所示。

本文采用傅里叶变换公式对罐壁下部的地基沉降进行拟合,考虑油罐罐体的初始缺陷,使用ABAQUS有限元软件对其进行静力分析,并对其安全性进行校核。

作者简介:王帅,男,助理工程师,2019年毕业于北京航空航天大学土木工程专业,现就职于中航建投民航工程设计研究院。



图1 发生倾斜后的油罐侧壁

图2 底板翘离环墙

1 工程概况

储油罐直径约37m,容积为15000m³,采用中间低、四周高的倒锥型底板,储油罐底板与基础的连接方式为非锚固连接,直接坐于地基表面,基础采用钢筋混凝土环墙式基础,环墙内回填、中粗砂和处理后的珊瑚砂。储油罐的具体相关信息详见表1、图3。

表1 储油罐材料表

序号	名称	厚度/截面尺寸 (mm)	材料
1	罐顶	5	Q235B
2	罐壁	8/10/12/14/16	Q345R/Q235B 组合件
3	罐底	10	Q345R/Q235B 组合件
4	抗风圈	180x110x10 L型钢	Q235B组合件
5	网壳	HM150x100型钢	Q235B

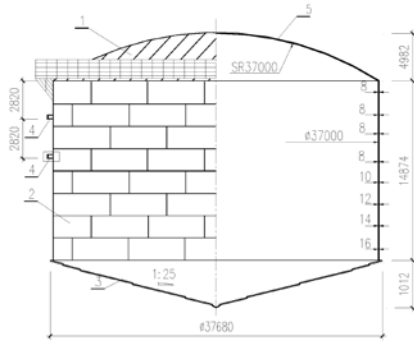


图3 储油罐相关信息

根据拟建场地的地勘报告表明：在储油罐30m深度范围内地层分别为：人工填土层，其下为珊瑚砂层，下伏为礁灰岩。土层信息详见表2。

勘察报告表面：拟建场地内分布有人工吹填的较不均匀的①-3层含珊瑚碎石珊瑚砂素填土层，经适当碾压处理后，可按均匀地基考虑，共设置5个地基勘探点，满足GB 50473-2008《钢制储罐地基基础设计规范》中对地基勘探点数量的要求。但因勘探点布点有限，未能充分揭示局部地基土的不均匀性，致使该储油罐在进行注水试验时，发生不均匀沉降。

2 数值模拟技术路线

(1) 模型的建立

为分析地基不均匀沉降下后储油罐的受力状态，本文使用ABAQUS有限元软件进行模拟分析。模型共分为罐体、罐顶网壳、加强圈、抗风圈、环墙、地基土6个部分。模型详细属性详见表3。

(2) 接触与约束的设置

模型共设置3处面一面接触，即储油罐罐底边缘与环墙上表面、储油罐罐底和地基土的接触面、混凝土环墙底面和地基土的接触面。接触选择硬接触，滑移方式选择小滑移以避免罐底中心尖点造成的接触不收敛。接触面的主面选择刚度大的一方从面选择刚度较小的一方，并在接触局部加密网格。此外还设置了3处TIE约束，使网壳、抗风圈、加强圈和罐体侧壁对应位置进行耦合；对地基土底面施加6个自由度的全约束。

(3) 模型与工况的设定

设置两个模型：模型一不考虑罐体的初始缺陷和地基的不均匀沉降；模型二考虑罐体的初始缺陷，采用如图5所示，罐体注水试验前的三维激

表2 土层参数表

地层编号	岩性名称	承载力特征值 (kPa)	压缩模量 (MPa)	变形模量 (MPa)
①-3	含珊瑚碎石珊瑚砂素填土	220	15	22
③	含珊瑚碎石珊瑚粗砂	240	20	25
④	礁灰岩	300	-	45

表3 模型属性参数

名称	单元类型	密度 (kg/m ³)	弹性模量 (Gpa)	泊松比
罐体	S4R壳体单元	7800	210	0.3
环墙	C3D8R实体单元	2500	30	0.2
网壳	BEAM线单元	7800	210	0.3
抗风圈及加强圈	C3D8R实体单元	7800	210	0.3
地基土	C3D8R实体单元	2000	0.015/0.02 (压缩模量)	0.3

光扫描结果，通过Rhincero软件建模，建立可反映罐壁初始缺陷的模型（图6）。将地基土的实际不均匀沉降量数据采用傅里叶级数进行拟合，拟合后罐壁下周圈土体变形量接近于单次余弦函数： $y=105\cos\theta-105$ ，通过改变储油罐下土体的压缩模量，以实现对模型二地基土施加不均匀沉降。荷载考虑重力荷载 (D_L)、静水压力(H_L)、风荷载 (W) 的组合，采用隐式求解器进行静力计算。

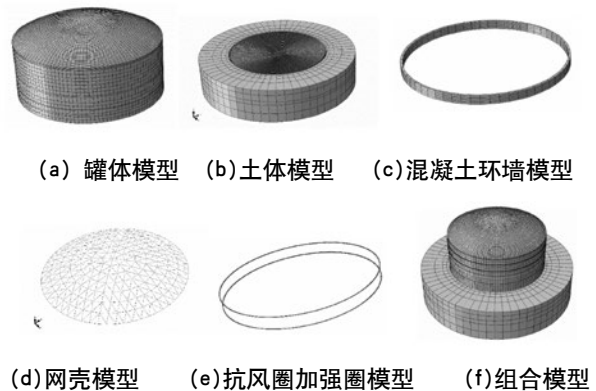


图4 ABAQUS分析模型

3 模拟结果

模型一采用如下荷载组合：

工况一： D_L ；工况二：

D_L+H_1 （设计液位高度的

25%（3.53m））；工况三：

D_L+H_2 （设计液位高度的

50%（7.05m））；工况四：

D_L+H_3 （设计液位高度的

67%（9.39m））；工况五：

D_L+H_4 （设计液位高度的

100%（14.1m））；工况六：

D_L+W 。

其中工况五的计算结果如

图所示：

由模型一的计算结果可知，

随着水位的升高，罐体侧壁

底部的应力呈线性增大的趋势，

罐体始终保持弹性工作状态，水

位达到设计液面高度后，罐体侧

壁底部的等效米塞斯应力达到

183.7Mpa，其中以环向的拉应

力为主导。同时，罐底沉降量随

液面升高而不断增大至，地基土反力均小于土体

的承载力特征值；而风荷载主要表现为对罐顶的

吸力，对迎风面的压力以及对侧风、背风面的吸

力，对于罐体的影响相对较小。

模型二采用如下荷载组合：

工况一： D_L+H_t （设计液位高度的25%

（3.53m））；工况二： D_L+H_t （设计液位高度的

67%（9.39m））；工况三： D_L+H_t （设计液位高

度的100%（14.1m）），其中，工况三的模拟结

果如图示：

从模型二的计算结果可知，在考虑地基的不

均匀沉降和罐体的初始缺陷后，随着水位上升，地

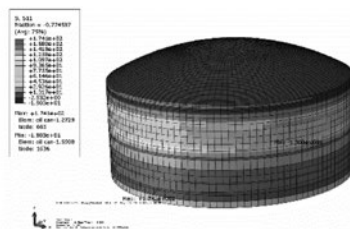


图7 罐体环向应力云图（单位：Mpa）

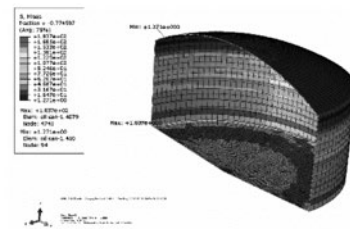


图8 罐体Mises应力云图（单位：Mpa）

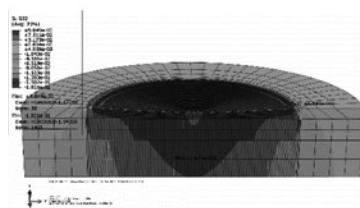


图9 土体 σ_{zz} 应力云图（单位：Mpa）

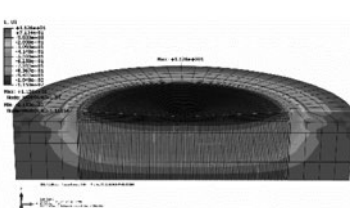


图10 土体竖向位移云图（单位：mm）

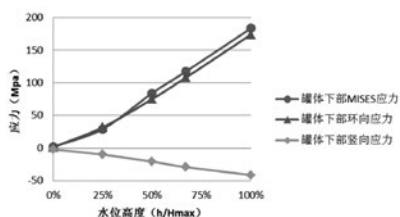


图11 罐体应力随水位变化图

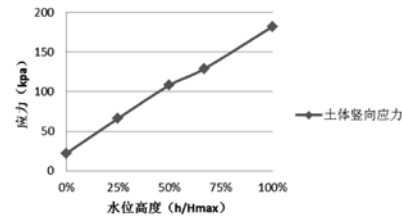


图12 土体竖向应力随水位变化图

基土产生不均匀沉降，罐底沉降量较小的一侧与混凝土环墙发生翘离，沉降量较大的一侧，罐体侧壁底部的应力、变形都较模型一有所加大，产生了应力集中的现象；罐体整体呈倾斜趋势，并且在油罐抗风圈附近出现了正负交替的径向位移。

模型一、模型二罐体最不利位置的Mises应力值随水位变化如图19所示，由图可知，发生不均匀沉降后，在最不利工况下，罐体仍处于弹性工作状态。但若不均匀沉降量继续加大，当径向沉降差达到405mm（ $\approx 0.011D$ ，D为罐体直径）时，罐体局部的应力峰值将达到材料的屈服强度。

模型一、模型二罐体最不利位置的Mises应力值随水位变化如图19所示，由图可知，发生不均匀沉降后，在最不利工况下，罐体仍处于弹性工作状态。但若不均匀沉降量继续加大，当径向沉降差达到405mm（ $\approx 0.011D$ ，D为罐体直径）时，罐体局部的应力峰值将达到材料的屈服强度。

4 结论

通过对两个储油罐模型的模拟计算结果对比，可得到以下结论：

(1) 地基土不均匀沉降造成的罐体整体倾斜使沉降量较大一侧罐体侧壁底部静水压力增大，沉降量较小的一侧水压降低，罐体有整体弯曲的趋势，尤其是在底板边缘和约束较强的抗风圈处，应力状态复杂，更容易造成局部的应力集中。



图5 激光扫描截面

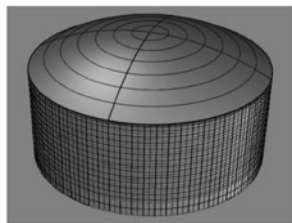


图6 考虑初始缺陷罐体模型

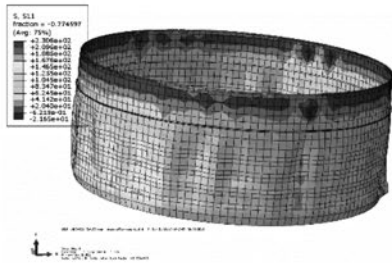


图13 罐体环向应力云图 (单位: Mpa)

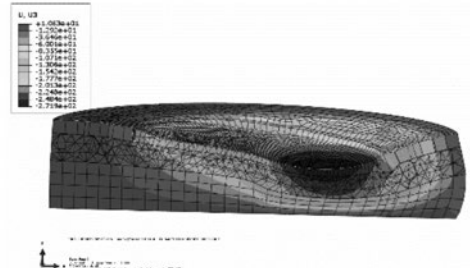


图18 土体竖向位移云图 (单位: mm)

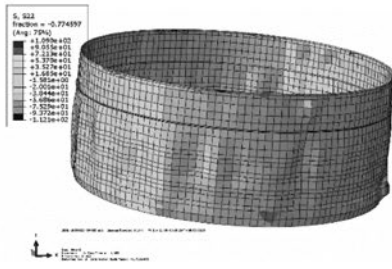


图14 罐体竖向应力云图 (单位: Mpa)

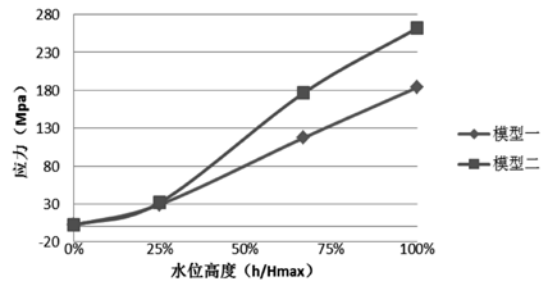


图19 罐体Mises应力随水位变化图

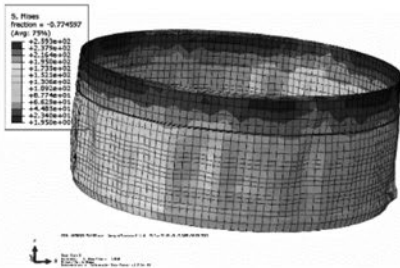


图15 罐体MISES应力云图 (单位: Mpa)

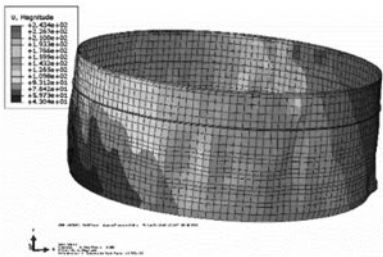


图16 罐体整体位移云图 (单位: mm)

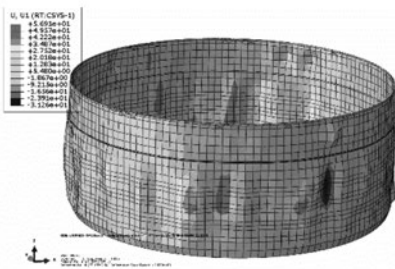


图17 罐体径向位移云图 (单位: mm)

(2) 在现有的沉降状态下, 满载时的罐体 Mises应力最大值为262Mpa (0.76fy), 小于材料的屈服强度, 储油罐处于安全的工作状态。

(3) 储油罐的应力状态、变形对地基不均匀沉降较为敏感, 因此对大型储油罐的地基基础设计应予以重视, 尤其对于地质条件相对复杂的区域, 建议适当增加勘探布点数量, 更全面地揭示土层信息, 判定土层地质条件。

(4) 应在储油罐使用过程中持续观测该不均匀沉降, 若径向沉降差超过油罐直径的0.011倍 (GB 50341-2014限值的1.2倍、API Std 650限值的2.2倍) 时, 罐体局部的应力峰值将超过材料的屈服强度。

参考文献

[1] 石磊. 大型原油储罐的强度与稳定性研究[D]. 中国石油大学博士学位论文, 2016.
 [2] 王文军, 朱向荣. 大型油罐地基变形特性分析[J]. 建筑结构, 2007(11): 45-48
 [3] 曹庆帅. 大型钢储罐在谐波沉降下的结构性能[D]. 浙江大学硕士学位论文, 2005.
 [4] 陈志平, 葛颂. 等大型原油储罐有限元分析建模的新方法[J]. 浙江大学学报, 2006, 40(6): 977-981.

动荷载作用下某拱形机库结构设计

■ 马祎 王敬仁 (结构)

摘要: 本文结合实际工程案例对动荷载作用下的拱形机库进行计算分析, 结合其受力特点及动荷载性能分析, 在保证其经济合理的条件下, 争取最大限度地发挥其特点, 在一定程度上也为日后承接相应的工程项目提供参考和借鉴。

关键词: 有限元; 整体式机库; 动荷载作用

0 引言

随着时代的演变和经济的飞速发展, 对于特殊结构的需求也日渐增多, 机场作为航空业务的主要设施也在不断建设和发展的过程中, 在此基础上, 拱形机库的结构设计也逐渐进入了大众的视野。因此, 本文主要针对工程实际情况及拱形机库特点进行动荷载下拱形机库结构设计及其受力性能分析。

1 工程概况

本工程抗震设防烈度为7度, 设计基本地震加速度为 $0.15g$, 地震分组为第二组, 场地类别为Ⅲ类, 设计特征周期为 $0.55s$, 结构安全等级为二级。基本风压为 $0.35kN/m^2$, 场地类别为B类, 基本雪压取 $0.4kN/m^2$ 。

1.1 模型荷载输入

该工程主要考虑恒、活及动荷载下的内力分析, 恒荷载: $5kN/m^2$, 活荷载: $2kN/m^2$ 。

动荷载 (二维情况下)

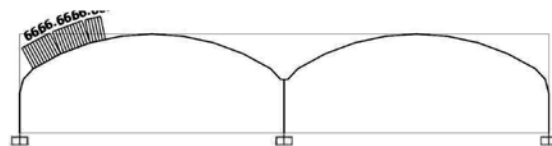


图1 工况一荷载位置(q_1) (作用范围半径4m)

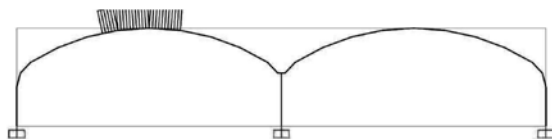


图2 工况二荷载位置(q_2) (作用范围半径4m)

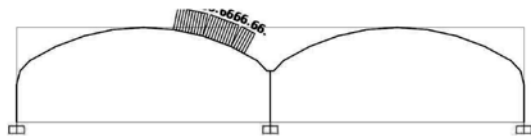


图3 工况三荷载位置(q_3) (作用范围半径4m)

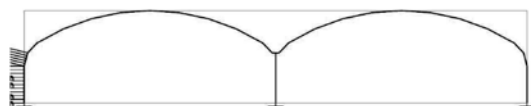


图4 工况四荷载位置(q_4) (作用范围直墙部位)

作者简介: 马祎, 女, 助理工程师, 2019年毕业于北京工业大学建筑与土木工程专业, 现就职于中航建设机场规划设计研究院。

端墙动荷载位置见三维模型。

三维情况下动荷载分析：

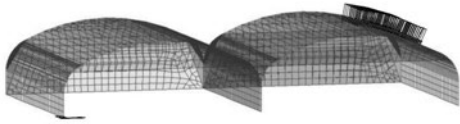


图5 工况一动荷载位置(q1) (作用范围半径4m)

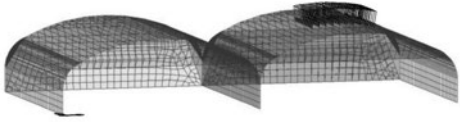


图6 工况二动荷载位置(q2) (作用范围半径4m)

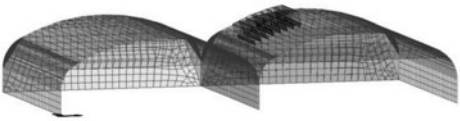


图7 工况三动荷载位置(q3) (作用范围半径4m)

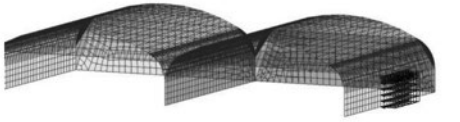


图8 工况四动荷载位置(q4) (作用范围直墙部位)

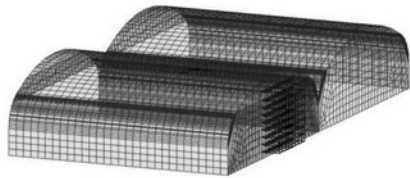


图9 工况五(端墙荷载)荷载位置(q5) (作用范围半径4m)

1.2 荷载组合

- (1) 1.3恒+1.5活；
- (2) 1.0恒+0.6活+1.0动荷载一；
- (3) 1.0恒+0.6活+1.0动荷载二；
- (4) 1.0恒+0.6活+1.0动荷载三；
- (5) 1.0恒+0.6活+1.0动荷载四；
- (6) 1.0恒+0.6活+1.0动荷载五。

1.3 结构材料的选择

结构材料选择应符合以下要求：

- (1) 就地取材，采用坚固耐久、耐腐蚀、符合环保和防火要求的建筑材料；
- (2) 与岩(土)体接触的围护结构，采用钢筋混凝土；
- (3) 当与侵蚀介质接触时，材料采取防腐

蚀措施；

(4) 采用耐久性混凝土；

(5) 承受动荷载作用的结构，混凝土的强度等级不低于C30，料石不低于MU40，仅承受静荷载作用的结构，混凝土强度等级不小于C25，料石不低于MU30，喷射混凝土的混凝土强度等级不低于C25。

在动荷载单独作用或动、静荷载同时作用时，材料强度应按相应系数综合提高(如表所示)。

表 动荷载作用下材料设计强度综合提高系数

材料		δ
钢材	I级	1.65
	II级	1.35
	III级	1.3
混凝土		1.55 (注)
砌体	料石	1.2
	混凝土预制块	1.3

注：若考虑混凝土后期强度提高，C20~C40为1.86，C45~C65为1.78，C70以上为1.7。

2 模型建立

本工程采用有限元分析软件Midas gen2019进行结构计算分析，采用板单元来模拟整个结构，网格划分尺寸为0.5m，在洞口处适当减小网格尺寸划分。

由于大门也应考虑动荷载作用并且启闭方式多为立转式，大门主要由门扇、门框及铰页、闭锁和启闭装置等组成。经与midas公司沟通，目前gen模块仅可进行钢板墙的面内受力计算，不支持钢板墙的面外受力计算，而门板计算为面外侧向受弯，采用板单元进行近似模拟。

通过计算得出主体结构的变形及内力分析如图所示。

2.1 内力分析

内力包络图：



图10 二维轴力图



图11 二维剪力图



图12 二维弯矩图

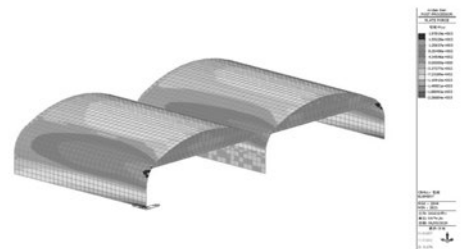


图13 三维内力分析图

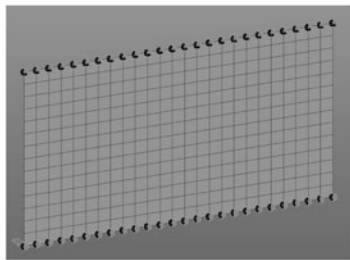


图14 大门计算模型图

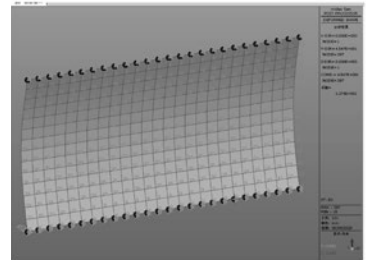


图15 大门位移图

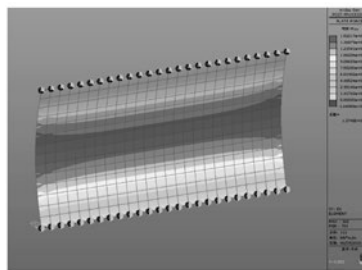


图16 大内力图

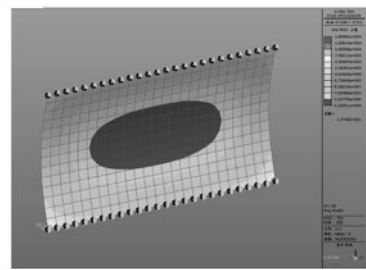


图17 板两侧应力图 (a)

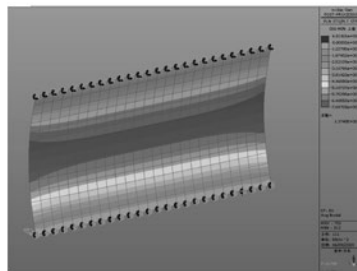


图18 板两侧应力图 (b)

3 结语

随着现今业务不断的增多及拓展,各类型的结构层出不穷,拱形机库结构作为一种应对特殊需求的结构形式也逐渐被人们所知悉,本文以此为研究对象,结合其

受力特点及动荷载性能进行计算分析。

(1) 在总平面布局中,需根据机场的自然与地理环境特征并结合甲方使用需求进行设计。

(2) 在结构设计分析中,选用Midas进行建模分析,通过对不同工况下的内力进行分析计算,可知结构的布置安全性及配筋设计。

此类型机库需在能满足使用要求的前提下,保证其经济合理、最大限度发挥其社会效益是重中之重,因此,本文的研究在一定程度上也为后续相关项目提供了借鉴参考。

参考文献

- [1] 北京迈达斯技术有限公司.Midas分析与设计原理[M].
- [2] 朱礼敏,孔慧,郭占月等.某地下车库拱形结构方案可行性和优化研究[J],建筑科学.2012.
- [3] 张玉光,温激鸿,肖勇等.基于有限元法的周期拱形结构振动特性[J].机械工程学报.2011.

除动荷载工况下的内力分析,也应进行正常使用状态下的分析计算以确保工程结构的风险性最小。

通过以上数值模拟分析可得出不同动荷载下结构的内力,同时由反复的实验和计算可选取出最经济的结构层厚度及混凝土、钢筋等级。

2.2 大门电算分析

经Midas计算分析后,其结果如图所示。

由图15可以看出,动荷载下的最大侧向位移为45mm,发生在门跨中左右边缘部位。门跨中中间部位最大侧移为41mm。

2.3 注意事项

(1) 应根据具体实际工程合理选取结构的类型;

(2) 主体结构承受动荷载作用下应按规范考虑材料强度提高系数;

(3) 合理选择计算分析软件,必要时可采用MidasFEA进行实体模型模拟;

(4) 除保障动荷载作用下的各类要求外,应考虑仅承受静载作用时的稳定。

不均匀地基下 地服维修楼基础选型分析

■ 宋宜濛 周青 [结构]

摘要: 针对某地服维修楼位于不均匀地基下的基础选型问题,进行柱下独立基础、柱下条形基础、桩基础以及组合基础的多方案比较,本文从安全性、经济性、适用性出发,综合确定出最优方案,也能为类似工程提供借鉴作用。

关键词: 不均匀地基; 组合基础; 基础选型

0 引言

我国湖北省位于长江中游、洞庭湖以北,境内河流湖泊众多,素有“千湖之省”之称。另外,湖北省丘陵众多,机场用地多需“削峰填谷”,造成建设场地地质条件复杂,多为不均匀地基,给结构基础设计带来较大困难。

本文针对湖北省鄂州机场某项目地服维修楼基础设计方案进行分析,从安全性、经济性、适用性等因素综合考虑,制定出最优的基础方案,满足项目需求,为类似工程起到借鉴作用。

1 工程概况

新建湖北鄂州民用机场某项目位于鄂州市燕矶镇,西侧为坝角村,东侧紧邻112省道。

基地中1#地服维修楼总建筑面积9923.7m²,主要满足特种车辆维修、集装板箱维修等功能,建筑效果图见图1。

地服维修楼采用温度伸缩缝兼防震缝分为A、B、C3个区域,分区图见图2。其中,A区长112m,宽30m,主要柱网为10m×15(12)m,



图1 建筑效果图

地上1层,层高10m;B区长112m,宽15m,主要柱网为10m×15(12)m,地上1层,层高10m;C区长112.5m,宽20m,主要柱网为10m×(15)7.5m,地上2层,1层层高5.9m,2层层高4.1m。

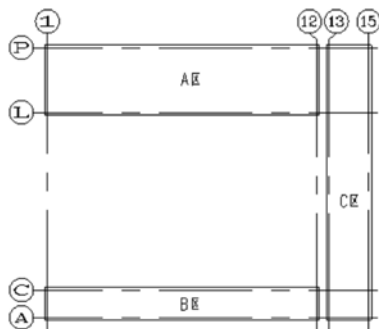


图2 分区图

作者简介: 宋宜濛,女,助理工程师,2016年毕业于北京建筑大学土木工程专业,现就职于中航建投民航工程设计研究院。

各分区均采用钢筋混凝土框架结构，屋面为现浇钢筋混凝土屋面，各沿长度方向设置两道后浇带。

建筑±0.000标高为23.8m。

主体结构使用年限为50年，结构安全等级为二级。50年重现期基本风压为 0.35kN/m^2 ，基本雪压为 0.40kN/m^2 。抗震设防烈度为6度，设计地震分组为第一组，场地类别为Ⅱ类，抗震设防类别为丙类，地基基础设计等级为乙级。

2 基础方案

根据《新建湖北鄂州某基地工程岩土工程勘察报告》，拟建地服维修楼地基持力层存在人工填土层、粉质黏土层、强风化泥质砂岩层、中风化泥质砂岩层等多种力学性质差距较大地层，判定其为不均匀地基。

根据野外钻探、原位测试及室内土工试验成果的综合分析，本次勘察揭露26m深度范围内的地层表层为人工填土，其下为第四系残坡积成因的黏性土，再下为白垩—下第三系东湖群砂岩类，土层参数见表1。

此外，地服维修楼范围内现状地表部分区域位于地坪标高以下，且存在废弃水塘，水塘内存在约 $0.6\text{m}\sim 0.7\text{m}$ 厚的淤泥层。地勘建议清除水塘内淤泥质黏土层、粉土素填土①层、泥质砂岩素填土①层后，采用素土或2:8灰土等材料分层回填碾压或强夯处理至设计标高，换填处理应满足设计室内外地坪及管线对承载力及沉降要求。

勘察期间，业主已委托机场统一进行场地平整和地基处理。处理要求为采用粘土、砂土或碎石土压实回填，地基承载力特征值不小于 120kPa ，压实系数不小于 0.94 ，固体体积率不小

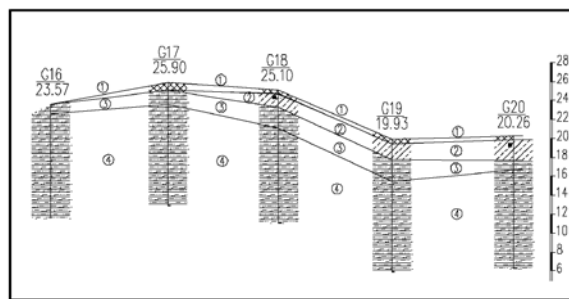


图3 典型地质剖面

于 0.8 ，具体回填情况及质量由机场方统一处理，处理效果难以把控。

原状地坪如图3中典型地质剖面所示，由于建筑物范围内土层分布不均匀，各土层起伏较大，且局部存在较大厚度填方区域，地质条件复杂。故为满足建筑使用功能，需对基础形式进行多方案比选。

3 基础方案比选

地服维修楼A区、B区单柱最大轴力 4000kN ，C区单柱最大轴力 6000kN 。

根据地勘报告，③层强风化泥质砂岩层分布广、强度较高，可作为天然地基基础持力层，②层粉质黏土层分布广，强度一般，可作为轻型、对沉降和不均匀沉降要求一般的建筑物的天然地基基础持力层。按照建筑正负零标高及现状地坪标高计算，如全部采用独立基础，独立基础埋深范围由 $\pm 0.000\sim -7.52\text{m}$ 不等，开挖深度过大，且基础整体性较差，经济性欠佳，因此不宜全部采用独立基础。

综合考虑，对于填方区域进行地基处理检测合格的前提下，可采用柱下条形基础以增加基础

表1 土层参数表

土层名称	压缩模量 Es (MPa)	地基承载力 特征值 f_{ak} (kPa)	桩侧土摩阻力 特征值 q_{sia} (kPa)	桩端土端阻力 特征值 q_{pa} (kPa)	密实度	揭露地层厚度 (m)
①粉土素填土	/	/	10	/	松散	0.3~8.6
①1泥质砂岩素填土	/	/	25	/	稍密~中密	
①2块石素填土	/	/	70	/	稍密~中密	
①3淤泥质粉质黏土素填土	/	/	10	/	软塑	0.7~7.6
②粉质黏土	7.43	170	26	/	可塑~硬塑	
③强风化泥质砂岩	55	500	70	700	泥质胶结	0.5~7.0
④中风化泥质砂岩	/	2000	120	2000	泥质胶结	最大19.1

的整体性；或采取局部桩基础方案，从根本上解决地质不均匀的问题。

3.1 独立基础+柱下条形基础

方案一为柱下独立基础+柱下条形基础+基础梁方案，即地服维修楼南侧地质情况良好部位可采用独立基础，独立基础持力层采用②层粉质黏土层及③层强风化泥质砂岩层。独立基础范围按照基础埋深能控制在-3m以内确定。

其余部分地势变化较大，采用柱下条形基础提高基础整体性，柱下条形基础按照基础底标高-1.5m考虑，基底持力层跨越②层粉质黏土层、③层强风化泥质砂岩层、④层中风化泥质砂岩层以及水塘处的人工换填层。

基础布置平面布置如图4所示。

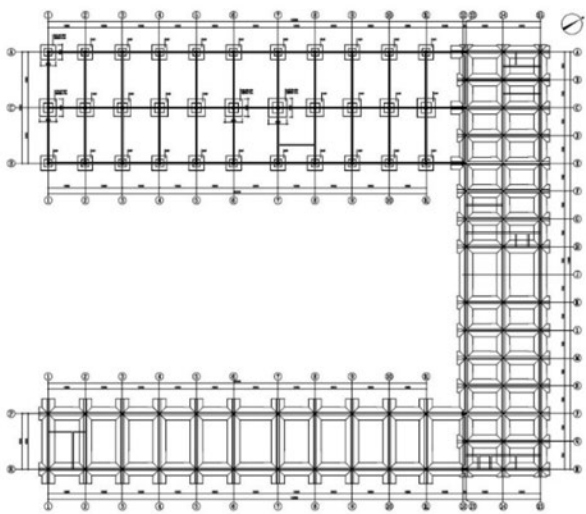


图4 方案一基础布置图

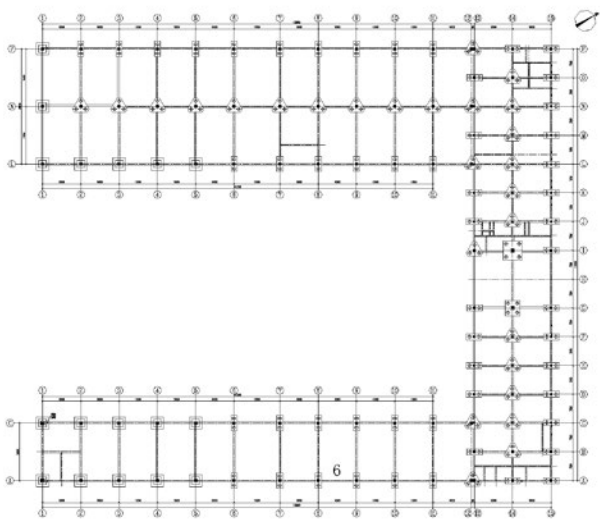


图5 方案二基础布置图

3.2 独立基础+桩基础

方案二为柱下独立基础+桩基础+基础梁方案，独立基础布置原则同方案一，其余部分采用桩基础，基桩形式采用钻（冲）孔灌注桩，桩径800mm，以④层中风化泥质砂岩层为桩端持力层，单桩竖向承载力特征值为1600kN，桩长约10m。基础布置平面布置如图5所示。

3.3 方案比选

(1) 适用性

针对处于不均匀地基下的框架结构，应控制相邻柱基的沉降差，该地服维修楼持力层地基土类别包括高压缩性土以及中、低压缩性土，根据建筑地基基础设计规范以及湖北省地方基础规范要求，控制该地服维修楼的变形允许值为 $0.002L$ ， L 为相邻柱基的中心距离（mm）。

方案一相邻柱基的最大沉降差为32.8mm，相对差为 $0.003L$ ，不满足变形允许值要求，沉降云图如图6所示。

适当加大柱下条形基础范围后，可以将最大

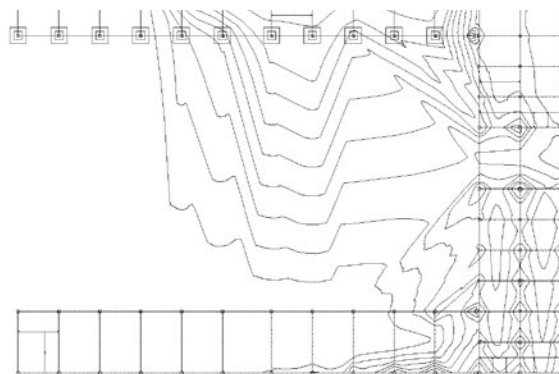


图6 方案一沉降云图

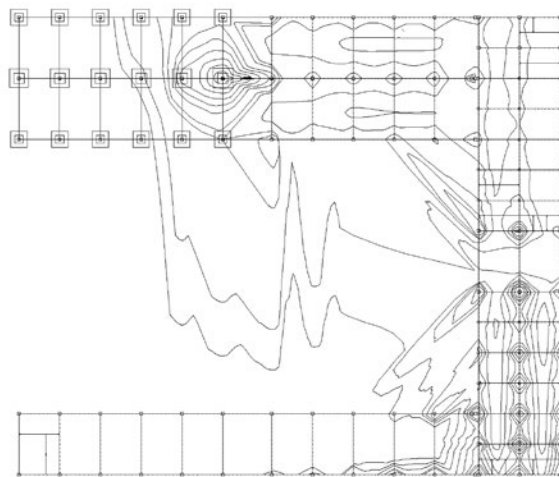


图7 方案一调整后沉降云图

沉降差控制在0.0018L, 满足规范0.002L要求, 调整后的沉降云图如图7所示。

方案二中独立基础均采用③层强风化泥质砂岩层为持力层, 独立基础与桩基础的沉降值均可忽略不计, 沉降控制效果明显优于方案一。

(2) 工程造价对比

参考当地材料价格, 对地服维修楼的两种基础方案的工程造价进行对比, 混凝土按1300元/m³ (含模板), 钢筋按7000元/t (含加工), 灌注桩按2500元/m³ (根据当地经验综合单价, 含钢筋、混凝土及施工费用), 两种方案的工程量及造价见表2及表3。

表2 方案一造价表

方案一				
分项	混凝土		钢筋	
	工程量 (m ³)	价格 (万元)	工程量 (t)	价格 (万元)
独立基础	140	18	5	4
基础梁	172	22	65	46
条形基础	3347	435	141	99
合计	624万元			

表3 方案二造价表

方案二				
分项	混凝土		钢筋	
	工程量 (m ³)	价格 (万元)	工程量 (t)	价格 (万元)
独立基础	131	17	5	3
基础梁	608	79	88	62
承台	632	82	38	26
基桩	995	249	/	/
合计	518万元			

对比可见, 工程造价方面方案二优于方案一。

(3) 换填要求对比

方案一换填区域要求较高, 需作为柱下条形基础的持力层使用, 满足设计要求, 机场统一进行的地基处理不能满足设计要求。

方案二换填区域要求相对较低, 满足地坪相关要求即可, 机场统一进行的地基处理可以满足地坪要求。

从换填要求角度分析, 方案二要求较低, 换填造价相对较低。另外, 根据以往类似工程经验分析, 承载力要求较高时, 换填质量往往难以保证, 故从基础换填的质量要求及经济性角度考虑, 方案二均优于方案一。

(4) 工期及质量对比

桩基施工施工工序较多, 需要进行试桩、基桩施工、基桩检测、承台施工等多道工序, 工期较长。另外, 桩基施工难度较大, 地下不可控因素较多, 质量不好把控。

独立基础及柱下条形基础施工工序简单, 工期较短, 且施工过程中, 钢筋混凝土可见度好, 质量更容易控制。

故从工期及质量控制角度分析, 方案一优于方案二, 但影响有限。

综上所述, 最终选择柱下独立基础+桩基础+基础梁的基础方案。

4 结论

(1) 当建筑物范围内地质情况不均匀时, 应首先对基础选型进行分析。

(2) 常规基础方案不合适时, 考虑组合基础的形式。在满足承载力前提下, 应重视沉降计算。

(3) 各类基础形式众多, 造价指标地域性差异明显, 需充分了解建设场地的地方定额, 具体计算方可得出准确数值。具体项目之间存在的特异性也很明显, 最终从质量、工期、造价等多方面充分对比后方可制定出最合适的基础方案。

参考文献

- [1] 吴承志. 不均匀地基基础设计选型——以福州大学城某高校教学实验楼为例[J]. 福建建筑, 2021(01): 60-65.
- [2] 吕恒柱, 张伟玉, 张军, 黎德琳. 南京某商业广场基础选型与优化设计[J]. 建筑结构, 2020, 50(02): 122-127.

水位变化 对地下室抗浮设计经济性的影响

——以货运站附楼为例

■ 王悦洋 周方杰 [结构]

摘要: 对于抗浮设防水位高、有较深地下室的钢框架结构来说,抗浮问题是设计中的重点。不同抗浮措施对结构整体的经济性影响如何是抗浮设计中的难点问题。本文以实际工程为例,首先利用筏板的整体抗弯强度设计,结合有限元计算解决局部抗浮问题,着重比较了不同抗浮设计水位下筏板设计参数的经济性,以筏板厚度和外挑长度为变量,比较不同水位时各方案的筏板整体造价,提出针对不同抗浮设防水位的最经济的设计策略。本文为今后类似工程的抗浮设计提供了参考。

关键词: 抗浮设计;钢框架结构;地下室;经济性;有限元分析

0 引言

近年来,随着建筑地下空间的大力开发,抗浮设计逐渐引起关注,特别是在地下水系丰富的地区,出现了一些抗浮失效事故^{[1][2]},造成巨大的经济损失,这使得抗浮结构引起学界更多的关注。在抗浮设计中,地下结构在满足整体抗浮要求外,局部抗浮容易被忽略,易发生局部上浮和结构破坏现象^[3]。

本文以货运站项目的附楼为例,首先梳理了结构抗浮设计的方法和总体流程。针对局部抗浮的难点问题,根据抗浮水位的变化分3步,假定受力状态,提高筏板的整体抗弯承载能力,利用筏板强度设计解决局部抗浮问题,并进行有限元分析完成设计。

本文还讨论了不同抗浮设计水位下筏板设计的经济性问题。在不设抗浮锚杆和抗拔桩的前提下,按照分步假定受力状态的方法,以筏板厚度和外挑长度为变量,比较分析了不同水位高度下各方案的筏板整体造价,提出针对不同抗浮设防水位最经济的设计策略。

1 工程概况

该货运项目总建筑面积13035.6m²,附楼平面尺寸为32m×24m,主要柱距为8m×8m,地上3层,地下1层,一层层高为5.4m,二层层高为4.2m,三层层高为4.3m,地下室层高7.5m。附楼地上部分采用钢框架结构,地下部分采用钢筋混凝土结构,采用筏板基础。项目效果如图1所示。抗浮工程设计等级为乙级,地下室主要功能为消防泵房、消防水池,平面布置如图2所示。

该项目建筑物及货运区地坪荷载大,土层承载力低,压缩模量小,整个场区采用柱锤冲扩桩施工工艺进行地基处理。附楼筏板下柱锤冲扩桩桩径550mm,方形布置,桩间距1.55m×1.55m。若筏板下若再增设抗浮锚杆,则桩和锚杆的排布位置极易重合,布局复杂,施工不便且质量难以保证;若筏板下基础采用抗拔桩,桩长较长施工进度慢,桩数量少不易招标,不满足施工进度要求。因此,本工程未采用抗拔桩、抗浮锚杆的设计方案。

附楼地下室埋深较深,未设抗浮构件,上部结构自重轻,以上因素使得抗浮设计成为该工程的设计难点。

作者简介:王悦洋,男,助理工程师,2019年毕业于浙江大学结构工程专业,现就职于中航建投民航工程设计研究院。

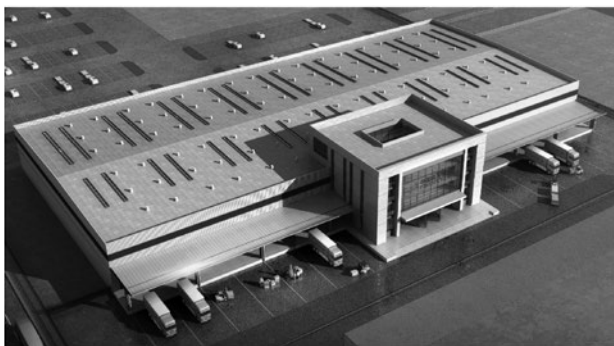


图1 项目效果图

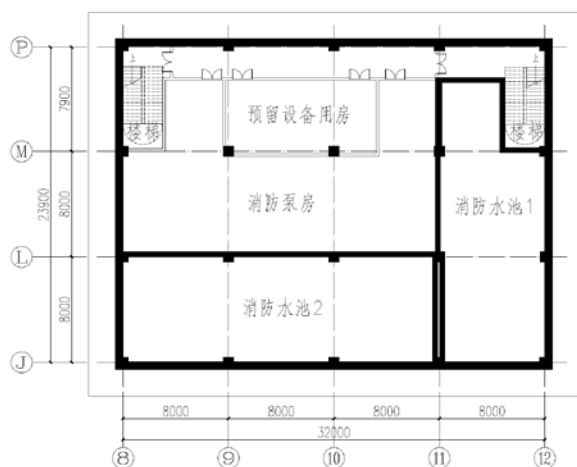


图2 地下室平面构件布置图

2 抗浮设计方法与流程

抗浮设计分为整体抗浮和局部抗浮两个问题。整体抗浮设计的要求是结构整体的自重设计值与浮力设计值的比值，即抗浮稳定安全系数大于特定数值^[4]，为了与局部抗浮时的系数作区分，本文用 K_{w0} 表示整体的抗浮稳定安全系数。

整体抗浮满足设计要求外，局部区域的抗浮是本工程的重点问题。解决该问题需要提高筏板的整体抗弯承载能力，将自重较轻区域的浮力通过厚筏板传递到抗浮能力强的区域，使筏板整体受弯，利用筏板强度设计解决局部抗浮问题。

筏板强度设计的关键是明确在浮力作用下，哪些墙、柱能作为筏板的边界支承条件。假定受力状态判断错误，板的支承位置选取不合理，则筏板的计算跨度小于实际受力时的情况，导致筏板设计错误。

结合本项目构件布置情况，分3个阶段假定筏板的受力状态，划分对应的筏板受荷面积，计算

对应面积上部结构的自重和水浮力，进行抗浮承载力验算，具体步骤如下：

(1) 假定受力状态一。所有墙柱节点都能满足局部抗浮要求，可以作为筏板支承，此时M轴/9-10轴单柱区域的近似受荷面积可按图3阴影部分考虑，该区域自重较轻，浮力较大，需要进行局部抗浮验算，本文用 K_{w1} 表示此区域的局部抗浮稳定安全系数。

(2) 假定受力状态二。抗浮水位较高时，M轴/9-10轴的单柱不能满足局部抗浮要求，筏板受力状态和支座条件改变，此时L轴/8-11轴的水池内墙自重轻，浮力大，需要进行局部抗浮验算，取典型墙体区域划分近似受荷面积如图4阴影部分所示，用 K_{w2} 表示此局域的局部抗浮稳定安全系数。

(3) 假定受力状态三。室内柱和水池墙体均不能作为筏板支座时，验算地下室外墙的局部抗

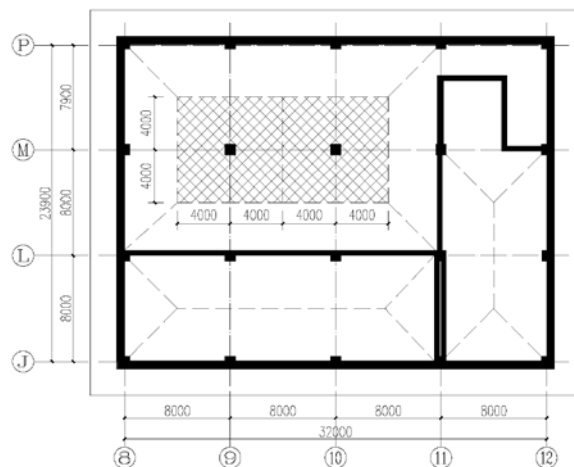


图3 受力状态一时单柱的受荷面积

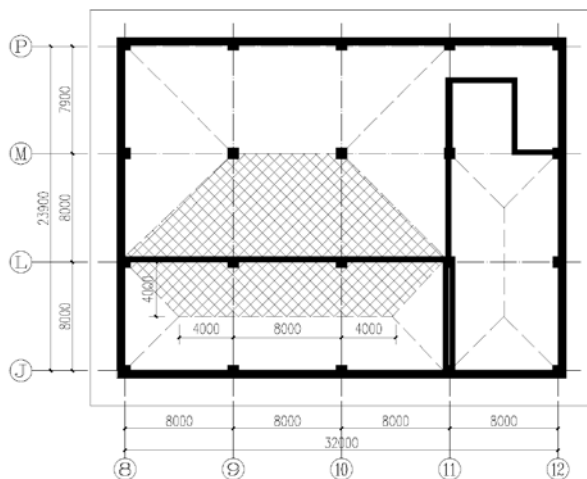


图4 受力状态二时水池内墙的受荷面积

浮,取典型墙体P轴/8-11轴区域,近似受荷面积如图5阴影部分所示,用 K_w3 表示此区域的局部抗浮稳定安全系数。

这三个阶段的受力状态是随着抗浮水位的升高依次出现的,抗浮设计中需要根据实际的抗浮设防水位进行计算,明确实际的受力状态。

在筏板设计中,如完全忽略非支座墙柱的作用,按照单块矩形板进行计算,则筏板配筋过大。实际上室内柱和墙体即使不能作为筏板支座,也可以视为筏板腹板,对筏板提供一定刚度,显著减少筏板的配筋,这就需要采用有限元分析的方法进行计算。

利用通用有限元分析软件MIDAS建立地下室整体模型如图6~图8所示,3个模型分别对应假定受力状态(1)~(3)的情况,不同水位高度导致局部抗浮状态的不同,对应模型约束条件的不同。注意模型需包括地下室顶板(图中未显示),按照特定抗浮水位施加浮力荷载,采用1.0

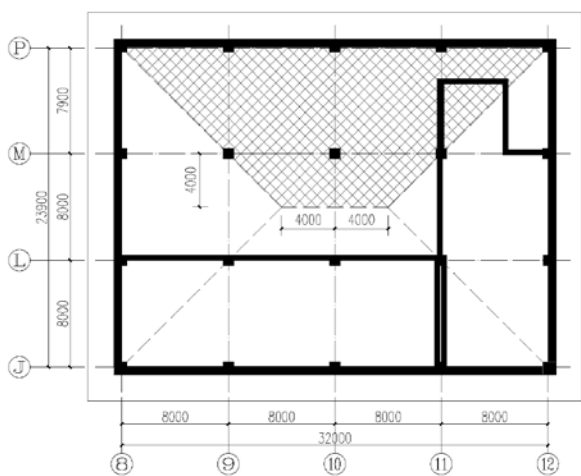


图5 受力状态三时外墙的受荷面积

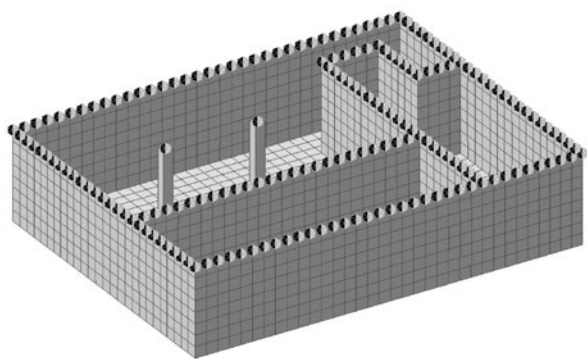


图6 假定受力状态一时的MIDAS模型

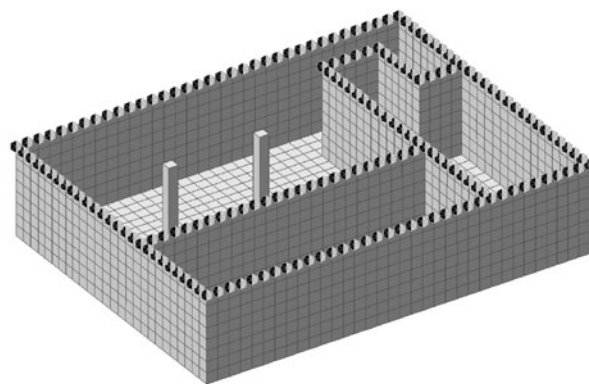


图7 假定受力状态二时的MIDAS模型

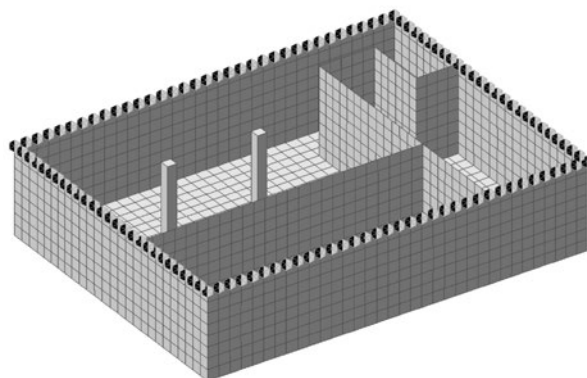


图8 假定受力状态三时的MIDAS模型

自重+1.5浮力的基本组合工况进行计算,根据计算结果完成筏板的配筋设计,解决局部区域筏板抗浮的问题。

3 抗浮设计措施与经济性分析

针对本项目,在未专门设置抗浮构件的前提下,解决抗浮问题的主要方法是增加结构自重,主要措施有:

- (1) 增加筏板厚度;
- (2) 增加地下室顶板厚度;
- (3) 增加地下室墙体厚度;
- (4) 增加筏板外挑长度。

这些因素对结构抗浮能力的贡献各不相同,而抗浮水位高度的变化,对各个设计参数的影响也各不相同。在特定抗浮水位下,如何选择设计参数,在满足抗浮设计要求的同时实现经济有效的设计,是值得探讨的问题。

本文控制墙体厚度和地下室顶板一定,主要讨论筏板厚度和挑出长度两个因素对结构抗浮的

影响,探讨满足抗浮要求的情况,如何实现更好的经济性指标。

取600mm厚的地下室外墙、400mm厚的地下室室内墙、250mm厚的地下室顶板不变,分别考虑不同水位高度的情况,筏板均按照双层双向进行配筋。考察当地材料价格,本文混凝土按1300元/m³(含模板),钢筋按7000元/t(含加工)进行估算,各水位分析如下:

(1)当抗浮设防水位在地下室高度50%,即-3.75m时,分别采用600mm、700mm、800mm、900mm厚的筏板厚度,不设挑出,计算整体和局部抗浮稳定安全系数,如表1所示。

抗浮工程设计等级为乙级时的抗浮稳定安全系数要求为1.05,可以看出,此水位下时筏板不需要设挑板即可满足整体抗浮和假定受力状态二时的局部抗浮。

各方案的工程价格如图9所示。

当筏板厚度为900mm时,房心柱区域的局部抗浮能满足要求,即柱可以作为支座进行筏板强度设计,但此时支座处弯矩较大,相比较薄的筏板配筋并未减少。而采用较薄的筏板时,假定受力状态一的抗浮系数不满足要求,房心柱不能作为支撑,板跨增大,虽然钢筋用量增加,但整体造价更低,材料利用更充分。

(2)当抗浮设防水位在地下室高度60%,即-3m时,同样采用4种厚度的筏板,此时需要挑板来满足抗浮要求,按照至少保证外墙区域的局部抗浮稳定安全系数为1.05来设置挑板,计算结果如表2所示,各方案的工程造价如图10所示。

可以看出,随着水位升高,房心柱区域均不能满足局部抗浮的要求。筏板厚度较厚为900mm时,尚能满足水池墙体的局部抗浮要求,可以作为支座,但因支座处弯矩较大,造价较高。随着板厚减小,开始需要设置挑板满足局部抗浮要求

表1 水位3.75m时的设计结果对比表

筏板厚度mm	900	800	700	600
挑出长度m	0.0	0.0	0.0	0.0
Kw0	1.41	1.38	1.36	1.33
Kw1	1.06	1.03	0.99	0.96
Kw2	1.22	1.19	1.16	1.13
Kw3	1.23	1.20	1.17	1.14
筏板钢筋	25@200	25@200	25@175	25@150

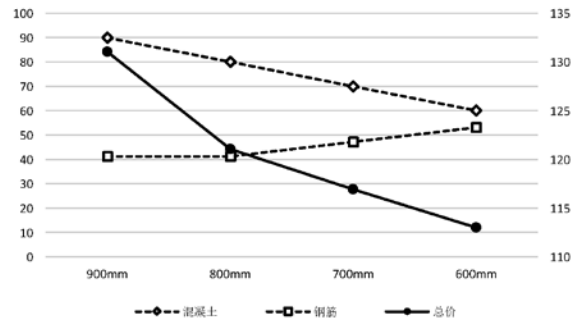


图9 水位-3.75m时各方案造价对比 (单位: 万元)

时,工程造价明显下降,但板厚再减小时对应的配筋增加,筏板的总体造价又略有上涨。

(3)当抗浮设防水位在地下室高度70%,即-2.25m时,各方案的设计结果对比如表3,造价如图11所示。

随着水位升高,房心柱和水池墙体区域的局部抗浮都不能满足要求,只有外墙区域的局部抗浮能依靠局部挑板长度的逐渐增加而满足设计要求。

随着筏板厚度的减少,对应配筋也增加,混凝土和钢筋用料大致成反比,合计造价的变化很小,都在147万元左右浮动,各方案的经济性基本

表2 水位-3m时的设计结果对比表

筏板厚度mm	900	800	700	600
挑出长度m	0.00	0.11	0.29	0.48
Kw0	1.21	1.21	1.23	1.25
Kw1	0.91	0.88	0.85	0.82
Kw2	1.05	1.02	0.99	0.97
Kw3	1.05	1.05	1.05	1.05
筏板钢筋	25@175	25@175	25@150	25@125

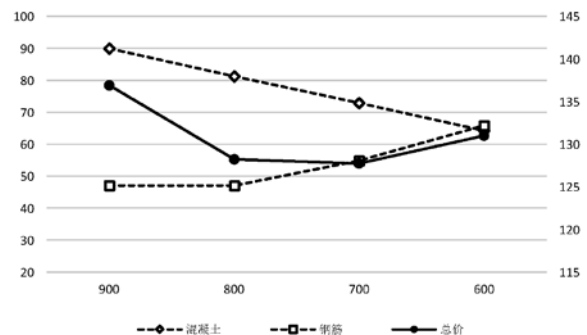


图10 水位-3m时各方案造价对比 (单位: 万元)

相等。

(4) 当抗浮设防水位在地下室高度80% (-1.50)、90% (-0.75) 时的受力状态与70% 时类似, 均依靠挑板长度的增加解决外墙的局部抗浮问题。篇幅所限设计结果不再赘述, 造价对比如图12、图13所示, 可见与上一点类似, 筏板厚度的减少和钢筋用料的增加共同影响下, 筏板整体造价基本不变。

4 结论

(1) 具有较深地下室的钢框架结构, 抗浮问题是结构设计的关键之一。除了整体抗浮问题, 还需格外关注局部抗浮的问题。当不设置抗浮锚杆或抗拔桩时, 采用增加筏板和地下室顶板厚度、增加墙体厚度、筏板外挑长度等措施解决抗浮问题。

(2) 局部抗浮不易满足要求时, 可提高筏板的整体抗弯承载能力, 通过筏板强度计算解决局部抗浮问题。分步假定受力状态, 划分近似受荷面积, 导算自重和浮力标准值以验算抗浮承载力, 明确筏板的支承条件和受力状态。利用有限元分析的方法, 考虑墙柱提供的刚度, 完成筏板

表3 水位-2.25m时的设计结果对比表

筏板厚度mm	900	800	700	600
挑出长度m	0.74	0.91	1.10	1.30
Kw0	1.22	1.23	1.25	1.27
Kw1	0.80	0.77	0.74	0.71
Kw2	0.92	0.90	0.87	0.84
Kw3	1.05	1.05	1.05	1.05
筏板钢筋	25@175	25@150	25@125	25@100

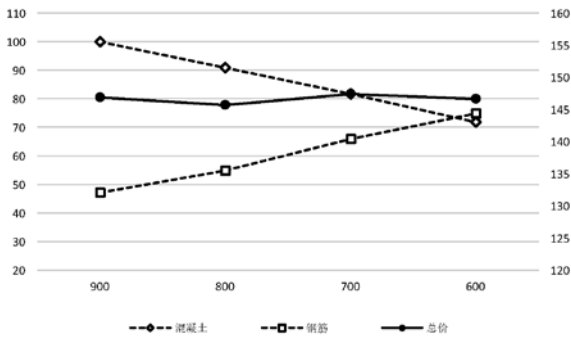


图11 水位-2.25m时各方案造价对比 (单位: 万元)

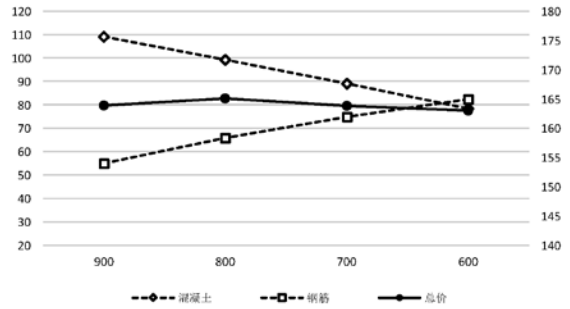


图12 水位-1.5m时各方案造价对比 (单位: 万元)

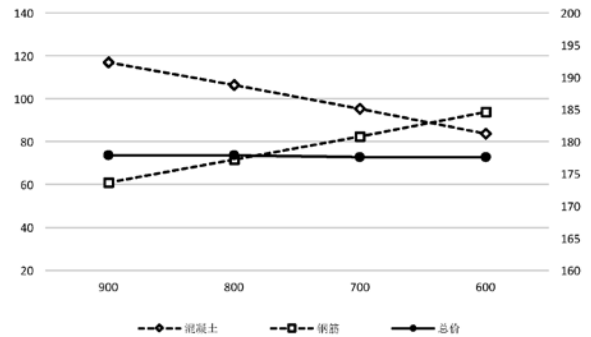


图13 水位-0.75m时各方案造价对比 (单位: 万元)

设计。

(3) 以7.5m深地下室的3层钢结构为例, 当抗浮水位低于地下室深度的50%及以下时, 不需挑板即可满足抗浮要求, 采用较薄厚度的筏板较为经济; 抗浮水位在地下室深度50~70%之间时, 需要适当的筏板外挑满足局部抗浮要求, 此时采用适中的筏板厚度较为经济; 抗浮水位在地下室高度70%及以上时, 不同筏板厚度的设计方案经济性基本相当。

参考文献

[1] 朱兴海, 陆海军, 宋建标. 单层地下室抗浮事故的复核计算及加固处理[J]. 建筑技术. 2010, 41(3).

[2] 康景文, 田强, 付彬祯, 章学良, 苟波, 郑立宁. 某工程地下结构抗浮失效原因分析及加固[J]. 工程质量. 2015, 33(12): 42-47.

[3] 刘汉进, 张同波, 于德湖. 某地下车库局部整体上浮位形变化与损坏特征分析[J]. 青岛理工大学学报, 2010, 31(5): 119-124.

[4] JGJ476-2019 建筑工程抗浮技术标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.

某机场飞行区围界安防系统设计

■ 韩枫 邱冬莉 (电气)

摘要: 本文通过对国内某机场飞行区围界安防系统设计方案的分析,阐述了飞行区围界安防系统的构成及应用。围界安防系统通过在围界上设置入侵探测报警设施,实现对非法入侵的报警,并通过围界安防管理平台控制视频监控、声光警示等措施集成管理,最终形成一个闭合、完整的安全防范系统。

关键词: 飞行区围界安防; 入侵探测; 集成管理

1 引言

根据民航局2020年10月发布的《四型机场建设导则》,新时代民航要建设平安、绿色、智慧、人文“四型机场”,并明确了“平安”是基本要求,平安机场建设应围绕空防安全、治安安全、运行安全和消防安全等民航安全基本要求,在机场全范围内实现公共环境安全稳定、运行状态平稳有序、应急处置及时有效。

飞行区围界安防是机场空防安全的第一道防线,飞行区是机场最重要的场地之一,内有跑道、滑行道、停机坪和导航台等保障飞行的重要设施设备。若有人入侵将对空防安全造成严重损害,机场围界则是保护这些重要设施不受外界侵害或干扰的重要设施,但仅有一道围界是不够的,飞行区围界需要充分调用物防、人防及技防资源,因此,机场飞行区采用更加安全可靠、管理灵活的围界安防系统技术就显得十分必要。本文选取国内某国际机场作为案例背景,对飞行区围界安防系统进行分析探讨。

2 某机场飞行区围界安防系统设计

2.1 项目背景

本国际机场位于国内南部某地区,地形多样,以平原、丘陵为主。根据该地区气象统计资料,该地区冬无严寒,雨量充沛,地面积水多,多雾,主要灾难性天气为台风和暴雨。随着近

些年的快速发展,该机场的安防等级相应达到一类,需要增加相应的围界安防系统。

本国际机场飞行区现有围界为双层,总长度约13.4km,分为金属围界和砖墙围界两种,其中金属围界部分11.3km,砖墙部分2.1km。

2.2 报警方案对比选择

该机场围界主要为金属围界,针对金属围界部分,提出了以下4种长距离围界常用的入侵报警方案,并从多个方面对4种方案进行对比,结果见表。

根据该机场的地形及气象条件,以及造价低、安装和维护方便、误报率低等各方面综合考虑,在飞行区与航站区交界部分的金属围栏上,选择振动电缆探测方式,这部分区域围界走向曲折多变,人员来往较多,适合用对地形、环境适应性高、误报率较低的振动电缆。飞行区外侧区域部分是墙砖围界,较为空旷,考虑到适用于墙砖的围界入侵探测技术有墙砖型振动探测器、张

金属围界方案对比表

干扰源及性能	微波报警	激光报警	振动电缆	振动光缆
小动物、飞鸟	敏感	敏感	稳定	稳定
紫外线、反光	无影响	敏感	无影响	无影响
大风	稳定	稳定	稳定	稳定
雨雪	敏感	稳定	稳定	稳定
地面积水	敏感	无影响	无影响	无影响
误报率	高	较高	低	较低
操作简易型	高	较高	较低	高
维护难度	低	较高	高	低
综合成本	低	较低	高	较高
使用寿命	短	较短	较长	长

作者简介:韩枫,男,助理工程师,2016年毕业于沈阳航空航天大学电子信息工程专业,现就职于中航建投民航智能研究中心。

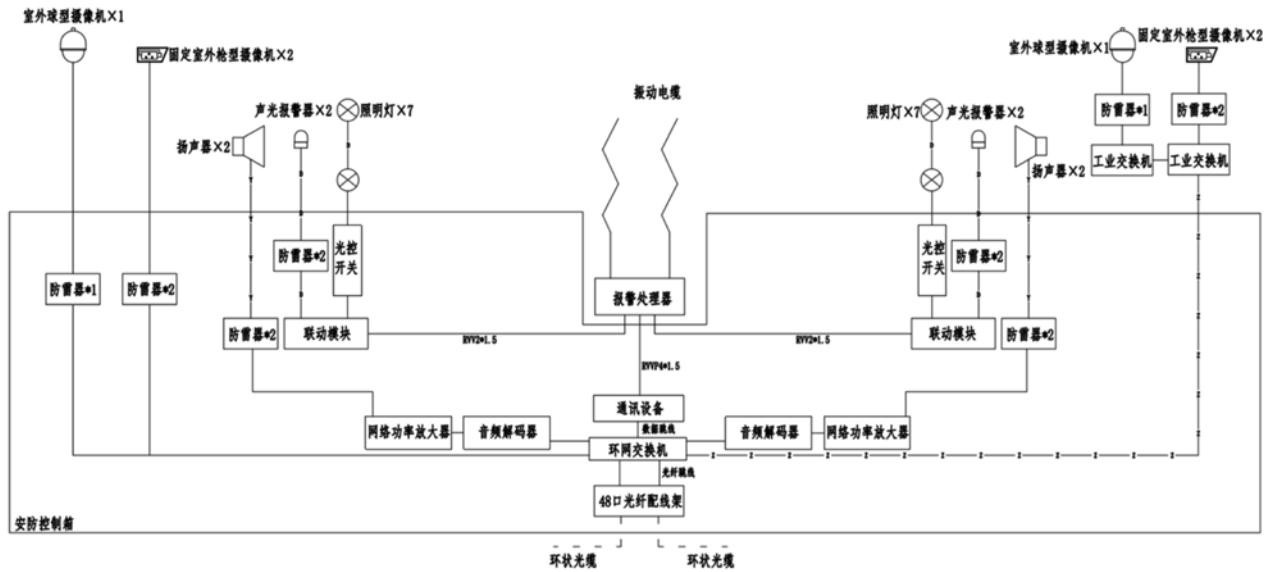


图1 飞行区周界安防系统框架图

力围栏、电子围栏和电容扰动等不同技术，从造价低，安装方便，安全性高、误报率较低等方面考虑，采用新型的入侵探测技术电容扰动技术。

2.3 系统设计原则

机场围界安防报警系统的设计从机场的实际需要出发，设计原则从以下几个方面考虑：

(1) 高可靠性：以高可靠、高稳定为设计目标，采用环形结构，前端报警分析控制器具有独立处理能力，选用的系统、设备均经过全球用户的广泛使用并认可。

(2) 针对性：根据机场围界特点及抗干扰、电磁兼容要求，采用智能型振动电缆报警处理器和电容扰动探测器，设置针对性的工作模式，可有效滤除许多相关的气候及飞机起降等非入侵因素引起的振动。

(3) 先进性：系统、设备选用符合专业发展方向的最先进产品，并结合计算机网络技术，将围界子系统无缝集成到安防系统，不但实现与监控子系统的联动控制，而且能对系统设备进行智能监测、诊断，故障时能快速恢复。

2.4 系统总体方案

此次在飞行区新建一层外网围界报警系统，主要由围界入侵报警系统、围界视频监控系统、声光警示系统、辅助灯光照明系统、围界监控报警集成管理平台系统、围界通讯管网及配电配套系统等构成。围界报警系统是该系统的核心，通过围界报警集成管理平台，可实现围界报警与围界视频监控、围界广播系统的联动。围界安防系

统框架图见图1。

根据飞行区不同区域的地理环境特点和人员行动特点，采用多种检测手段和复合技术实现安防监控应用。在金属围界上，围界较为曲折多变，容易受车辆、人员影响，综合对比选用适应性强、成本低、灵敏度精度高的振动电缆的探测方式，在砖墙围界部分采用电容扰动技术。飞行区围界范围内的出入口通道（如道口及应急大门）增设红外对射探测器用于无人值守时的安全防范，隔离的强度应等同于机场围界。飞行区围界上按一定距离安装室外星光级数字枪型摄像机和室外星光级数字球型摄像机，摄像机具有智能分析功能，支持区域入侵，区域越过，徘徊监测等功能。沿着围界布置广播扬声器和声光报警器，实时声光告警。通过几个系统的集成达到实时监控不法分子的入侵，及时警告进入周界附近的人员，以避免对机场内设施造成破坏和人员的伤害。

2.5 系统设计

(1) 围界入侵报警系统

本项目在飞行区新建一套围界入侵报警系统，金属围网处采用振动电缆探测，砖墙围界处采用电容扰动探测，并使用带预警功能的视频监控系统进行辅助。围界入侵系统能与声光系统联动，并能自定义设置区域。振动电缆入侵探测以防区为单位，每100m为一个报警防区。每个安防控制箱分管相邻4个防区（局部复杂段防区根据具体情况适当调整）。防入侵探测设备的前端控制装置安装于室外安防控制箱内，并沿飞行区围界

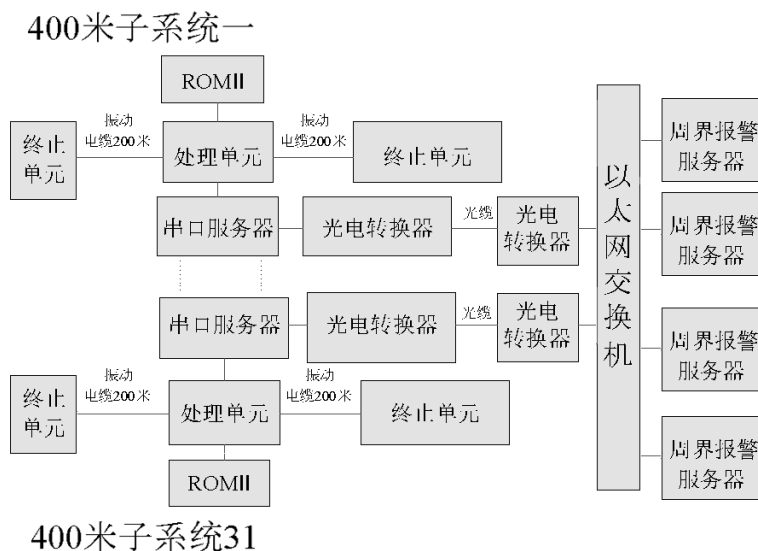


图2 入侵报警系统组网结构图

内布放。入侵探测用的振动电缆沿飞行区钢丝网围栏布放，在遇围界立柱时做适当余留。

振动电缆入侵报警系统主要由振动电缆、报警处理器、报警平台、服务器等组成的，当人要剪断或是攀爬围栏时，振动电缆将产生报警信号；处理器将信号通过光纤传送给功放和前端摄像机，同时传送给报警平台，并可以在计算机上的图形化软件显示出来，及时报警；终止单元用于振动电缆探测信号的终止；继电器模块功能是输出开关量信号，联动其他子系统。入侵报警系统组网结构图见图2。

电容扰动报警系统是利用支撑杆将3条探测线缆平行安装于砖墙的顶部，支撑杆安装间距为3m。在砖墙每组3条线的中线为信号发射线，上下线均为信号感应线形成电容耦合感应场。当入侵目标靠近时，报警线缆间的电容将发生变化，报警处理器会通过分析报警线缆电容变化率来判断是否有人入侵从而产生报警。

在围界道口及应急大门设置红外对射探测器，红外对射探测器的报警信号接入邻近的入侵报警处理器。当有人值守或道口开放时，该探测器处于关闭状态。

为提高机场围界安防系统的可靠性，前端报警信号通过光缆组建光纤环网，采用三环网架构接入到航站楼围界系统机房。前端报警设备安装示意图见图3、图4。

(2) 安防视频监控系统

沿飞行区围界新建一套数字式飞行区视频监

控系统，按约100m一个防区设置一台数字枪型摄像机，位于相邻两个防区交界处，间隔两个防区设置一台数字球型摄像机，便于监控的相互补防。对飞行区的拐角处增设摄像机，同时在重要的出入口设置枪式摄像机，对出入口活动进行视频监视。在每根立杆的室外防风雨箱内配置一台工业交换机用作视频传输，工业交换机通过光缆上传至环网交换机。视频信号通过工业交换机自带的光模块转成光信号，由沿围界敷设的室外单模光缆把信号传到指挥中心监控机房，接入机房内的核心交换机。围界视频监控摄像机立杆高度为4m，视频监控系统的监控范围应覆盖围界内外5m宽警戒区域。如果现场有些点位有逆光的

的可能，要选择带逆光补偿的摄像机。

摄像机视频监控系统的摄像机应选择具有智能分析功能的产品，应具有支持虚焦侦测，区域入侵（电子围栏报警经线），拌线入侵，物品遗留/消失，场景变更，徘徊检测等功能；且在触动报警后，球机调整到对应的预制位的时间不得大于3s，摄像机的视频存储时间不少于90天，视频存储格式为H.264、H.265。

(3) 声光警示系统

声光警示系统由前端网络功率放大器、室外号角扬声器、警号和后端的呼叫键盘、前置功放、报警音频管理电脑、报警管理服务器组成。本项目在飞行区围内界每2个防区监控立杆上共杆安装2个30W的室外扬声器和1个警号，扬声器背靠背安装，安装位置略低于摄像机云台，不应遮挡摄像机视野，数字功放安装于安防控制箱内，通过环网交换机传输至机房。

声光警示系统在围界发生入侵报警时，能够联动开启扬声器，起到语音警示及声光警示的作用，同时可使用远程话筒对围界现场进行广播。在报警控制器的报警信号驱动下实现防区内报警喇叭的开关控制。广播系统实现报警广播和人工广播。

(4) 围界报警集成管理平台

报警集成管理平台是利用安防专用网络对围界报警系统、视频监控系统、广播系统3个子系统做一个集成管理，安保人员可通过客户端访问安防集成平台服务器，可对振动电缆报警系统、

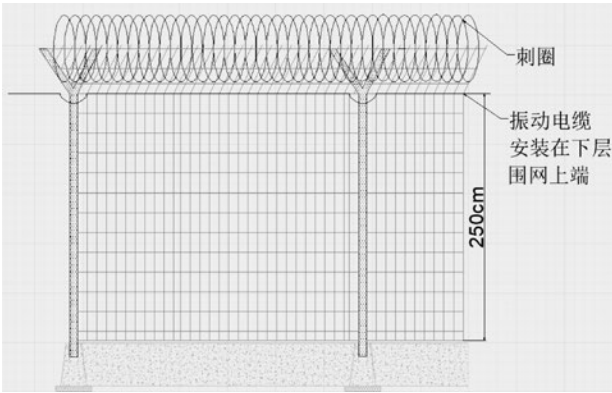


图3 振动电缆安装示意图

3 结束语

本文所设计系统根据飞行区不同区域的地理环境特点和人员行动特点,采用多种检测手段和复合技术实现安防监控应用,系统安装简单,便于维护,增强了可靠性,降低了误报率,防入侵效果明显;系统后端集成化管理,简化系统结构,便于排查问题,实现智能化联动控制。

随着云计算、大数据、物联网、移动互联、人工智能、机器学习等一大批新兴通信技术的涌现,数字化、网络化、智能化乃至智慧化的未来在向我们招手,未来围界安防系统将会朝着更加全面、智能的方向迈进。

参考文献

[1] 梁宏意. 谈机场飞行区周界安防系统设计[J]. 工程建设与设计,2011,11:75-78.
 [2] 王伟彬,程雪,董立钢,杨顺利,谢挺跃. 某国际机场周界防范系统总体方案[J]. 智能建筑与城市信息,2013,06:73-77.
 [3] 孙俊香,李超男,徐驰. 浅谈常用周界入侵报警系统的技术及性能比较[J]. 通讯世界,2016,07:283-284.
 [4] 张泳. 机场广域智能围界系统设计白皮书[J]. A&S:安防工程商,2012,12:86-88.

电容扰动系统、视频监控系统、广播系统等4个系统分别管理,数据流向如图5。当防区内的振动电缆或电容扰动探测器报警时,监控室的值班人员能够调用该防区的摄像机图像,监控围界情况,可通过云台摄像机对入侵行为进行跟踪监控;同时开启广播扬声器,起到语音警示和声光警示作用,还可使用远程话筒对围界现场进行广播,在报警信号驱动下实现防区内报警喇叭的开关控制;平台在接到防入侵报警信号后通过继电器信号开启相应防区的围界照明,确认现场情况后可在后台通过软件关闭(照明灯白天不开启)。

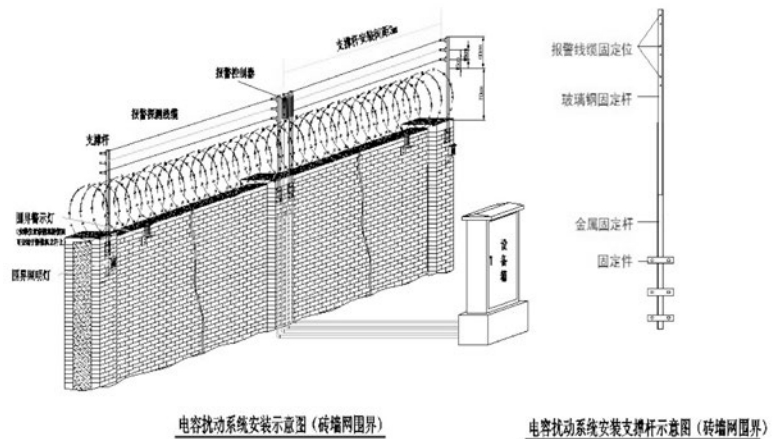


图4 电容扰动系统安装示意图

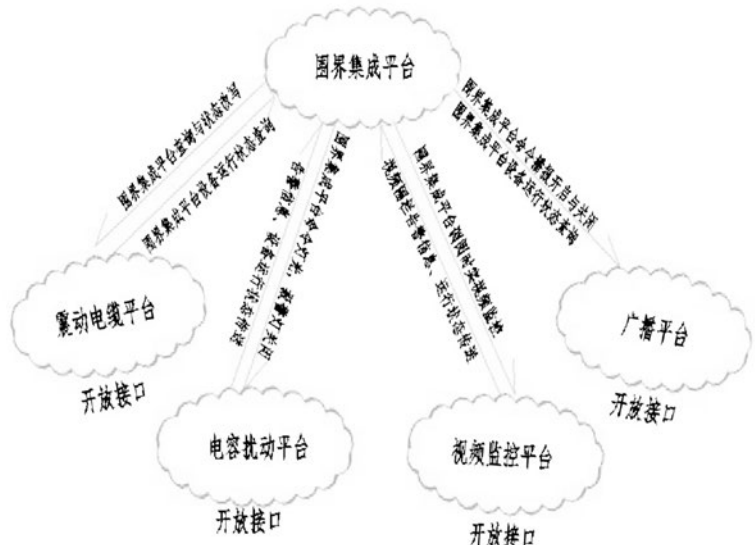


图5 集成平台数据流向图

[5] 王鹏瑞. 关于对某机场飞行区周界监控、报警系统系统功能的分析与探讨[J]. 无线互联科技,2013,03:90-91.

智慧养老系统探析

■ 佟乐琪 邱冬莉 [电气]

摘要: 目前,我国智慧养老产品存在服务种类较为单一、只能被动响应老人养老需求、对老人信息缺乏有效分析等不足。为解决上述问题,充分利用智慧养老系统为老人提供服务,通过完善系统养老服务功能,根据老人实际需求主动为老人提供智慧养老服务,分析调研得出社区的需求和供给现状,探讨对“互联网+”背景下智慧养老系统实现路径研究以文献借阅与系统检索方法,分析社区智慧养老系统的服务理论及平台架构。

关键词: 智慧养老;社区智慧养老平台架构设计;智慧养老系统建设模式

0 绪论

据国家统计局数据显示,我国65岁及以上老年人口由2010年的1.1亿人增长到2020年的1.8亿人,65岁及以上老年人占总人口的比例由2010年的8.9%提升至2019年的13%。中国老龄化程度逐步加深。根据《中国发展报告2020》预测,2025年“十四五”规划完成时,65岁及以上的老年人将超过2.1亿,占总人口数的约15%;2035年和2050年时,中国65岁及以上的老年人将达到3.1亿和接近3.8亿,占总人口比例则分别达到22.3%和27.9%。图1为从2010年~2050年中国的老龄化程度趋势图。

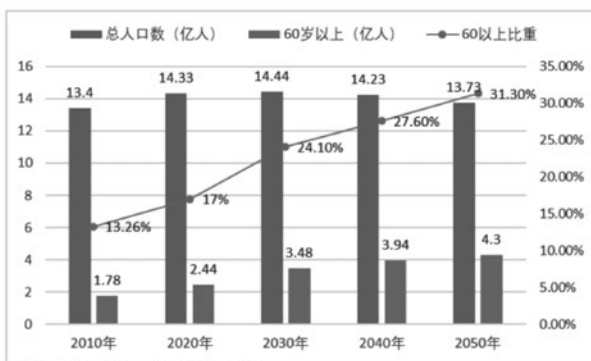


图1 2010年~2050年中国的老龄化程度

作者简介: 佟乐琪,男,助理工程师,2016年毕业于西北工业大学通信工程专业,现就职于中航建投民航智能研究中心。

随着老龄化趋势的加剧,老年人市场需求也将逐步扩大。因此,养老成了全球关注的热点问题。中国是全世界老年人口基数最多的国家,而相应的养老设施匮乏,带来了社会和每个家庭巨大的负担。然而,物联网、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术的飞速发展智慧养老提供了解决养老问题的新途径。智慧养老涉及众多部门与产业,其发展迫切需要综合性强、科学联动的集成创新机制与相对集中的空间,因而设计建设一个科学合理的智慧养老系统具有显而易见的现实意义。

1 社区智慧养老系统信息平台架构设计

1.1 设备层

摄像头、智能手环、感应器、追踪器等这些设备都被统称为物理终端设备。智慧养老信息平台所收集到的信息是通过这些物理终端设备获取的。感应器和追踪器、智能手环不仅能感知老年人的地理位置,身体健康状况和精神状态,还能用以对周围环境的检测,比如天气状况,交通信息等自然环境的评判,并最终将这些数据传送到信息终端上。摄像头最主要的用途就在于能够获得老年人生活起居信息的一种重要方式,它能够远程监控,并且实时进行数据传送,有利于为老年人提供更好的服务体系。老年人还能够通过智

能终端网络连接到APP上，方便查阅生活信息和个人健康状况，为网上购物等创造便利条件。

社区智能养老服务平台的推出，有利于社区为老年人带来更加便利的生活条件，在第一时间了解到老年人的诉求和愿望，并在短时间内满足这些需求。且在这个平台上能够及时获知老年人的身体状况，采取有效的医疗措施来对老年人进行健康看护。通过终端数据库传来的信息，进行个性化服务，例如老人迷路丢失，能够通过智能设备获取老人的位置，及时过去救援。

1.2 网络层

终端物理部分和应用部分两者间需要用网络层这个高速通道来进行数据的传输。网络层的组成是根据独立的广播电视网和互联网等的数据传输，终端物理设备可以用传输接口来和网络相连接，网络层在对全部的数据进行整合，让每一个终端物理设备都能够相互连接，并且具备统一的应用层数据。

1.3 数据处理层

数据处理层是智慧养老系统的核心部分，负责系统数据存储和业务逻辑处理。智慧养老系统中中间件应用程序部署在服务器平台通信服务器，负责对网络层上传的数据网关数据、手机APP业务数

据、信息管理系统远程控制数据等进行处理。

1.4 应用层

智慧养老系统中最重要的部分就是应用层。它能够将获取到的信息进行分析和回应，使用者在登陆之后就会出现为其提供养老服务的界面，并且根据自身所需选择相应的操作，应用层就会收到信息并进行信息反馈。应用层是由7个系统组成的，图2为社区智慧养老信息平台架构设计。

2 智慧养老系统的建设模式

2.1 医疗服务系统

这个系统为老年人设立了个人的健康数据，通过这些数据来反映老年人的健康状况，并且根据老年人的生活习惯来进行实时的健康信息反馈，能够深入了解让老年人健康状况受到影响的条件因素，并且根据这些因素制定相应的医疗服务，提高医疗服务的准确性，避免浪费医疗资源。

2.2 远程医疗系统

面对那些病情严重或者病情较为特殊的老年患者，利用这个系统就能够实时进行数据传输，根据传输的数据和健康状态来让医生对老年人的疾病做出进一步的治疗方案，这样就能使得老年

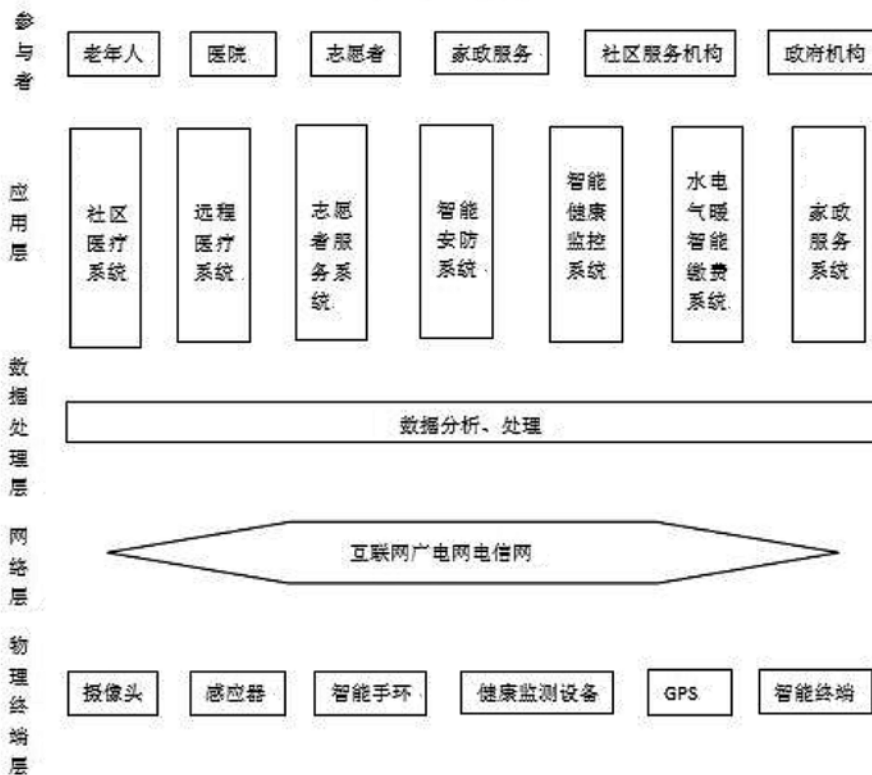


图2 社区智慧养老信息平台架构设计



图3 智慧智慧养老系统建设模式

人可以让专家在异地进行会诊。

2.3 志愿者服务系统

这个系统能够让志愿者一对一的对老年人进行志愿服务，老年人能够在该系统上表明自己所需的服务，并且有专业的志愿者来与老年人相对接，还能对志愿者的服务进行追踪和评价，确保志愿者服务的高质量。

2.4 智能安保系统

这个系统里涵盖了视频监控，智能手环，防火、防灾系统和防盗系统等，当出现上述这些安全问题时，老年人能够通过智能终端APP来发送消息，并且由持有终端设备的社区工作人员做出回应。及时解决老年人的警报，有利于对老年人的生活安全保护。

2.5 健康检测系统

这个系统是作为实时检测老年人健康状况的系统，包括智能健康监测系统和视频监控系统。该系统将采集到的老年人身体状况的信息及时地发送到社区医疗健康服务系统中，社区医疗能够及时调用视频对老年人的健康状况进行评估和处理。

2.6 智能生活缴费系统

这个系统能够缴纳水、电、燃气等设备的费用，当智慧养老服务实现路径研究测系统发现监测的指标达到零界点时，就会自动发送缴费信息给该用户的家属，并且还能对以往的数据进行查

询和预交费用。

2.7 家政服务系统

这个系统的用途就是把老年人所需要的服务发送至家政服务企业，然后家政公司根据老年人的需求安排相关专业人员上门进行家政服务，并且还能够在这个系统里对家政人员进行评分，有利于家政公司和社区共同服务社区养老服务的顺利进行。

3 结论

本文对智慧养老系统的相关模式、服务平台、服务系统等主要内容进行探讨，对其设备层、网络层、和数据处理层

和应用层的主要内容和相互间的职责进行梳理，以此形成一个各服务机构职责明确、配合默契的智能化服务系统。同时，对目前已经实现的智能化设备进行总结分析，并按照接着本文对智慧养老系统的总体框架进行介绍，阐述了智慧养老系统各个部分的作用，然后对智慧养老系统的应用场景、功能和性能需求进行分析。

参考文献

- [1] 左美云. 石油化工油品储罐自动化仪表及工程设计[J]. 清华大学出版社, 2018.
- [2] 郭源生. 智慧医疗在养老产业中的创新应用. 电子工业出版社, 2016.
- [3] 黄勇. 智慧养老, 中国社会出版社, 2016.
- [4] 邢健. 社区居家养老设施与智能化研究. 合肥工业大学, 2017,(01).
- [5] 张慧. 新疆融汇公司智慧养老系统构建研究. 吉林大学, 2019.

生物医药实验动物房的供配电及照明设计探究

■ 王鹏 张永林 [电气]

摘要: 实验动物房的供配电及照明设计是生物医药行业电气设计中的重要组成部分, 本文将结合工程设计实践, 对实验动物房的供配电及照明设计过程中需要注意的问题做简要分析, 为今后相关设计借鉴参考。

关键词: 实验动物房; 供配电设计; 工作照明; 动物照明

0 引言

实验动物是生物医药制品生产中不可或缺的重要手段, 一般制药企业会根据自身企业生产情况设置实验动物房, 主要用于生物制品的热原、异常毒性检查, 以及部分生物制品的升压和降压物质检查。实验动物作为生命科学的基础和重要支撑条件越来越受到广泛的重视。

本文以生物医药实验动物房的强电设计作为切入点, 结合国家有关设计规范及标准, 对实验动物房的供配电及照明设计进行简要阐述。

1 实验动物房设计概述

1.1 动物饲养环境设施分类

实验动物房设计遵循的国家规范主要有: GB 50447-2008《实验动物设施建筑技术规范》和GB 14925-2010《实验动物 环境及设施》。根据对空气净化控制程度, 实验动物环境可分为普通环境、屏障环境和隔离环境3种, 目前生物疫苗生产企业主要使用前两类环境设施进行饲养动物。

普通环境仅要求符合动物居住的基本要求, 不能完全控制传染因子, 只适用于饲养普通级动物, 通常在此环境下饲养家兔。

屏障环境严格控制人员、物品和空气的进出, 可用于饲养清洁动物及无特定病原体动物(SPF动物), 通常在此环境下饲养小鼠和豚鼠。

隔离环境采用无菌隔离装置以保持无菌状态或无外援污染物, 用于饲养无菌动物及悉生动物。

由于此环境要求较高, 因此目前较少采用该环境饲养动物。

1.2 实验动物房设计与生物医药厂房设计的相关性

GB50447-2008《实验动物设施建筑技术规范》中明确了实验动物采用的洁净等级有: 洁净度5级、洁净度7级、洁净度8级。屏障环境根据房间功能的不同, 空气洁净度要求一般为7级或8级。

通过比较, 实验动物设施的洁净度7级与生物医药洁净区的空气洁净度C级区相近, 因此在进行实验动物房电气设计时, 可以将医药洁净区的电气设计作为参考。

2 供配电设计

根据GB50447-2008《实验动物设施建筑技术规范》第7.1.1条规定: 屏障环境设施的动物生产区(动物实验区)的用电负荷不宜低于二级。一般情况下应采用两路10kV市政供电, 当供电需求无法满足, 只能提供一路10kV电源时, 应设置相应的柴油发电机组作为备用电源。一般除消防要求外, 空调机、排风机、冰箱、动物照明等设施也可接有备用电源, 以保证动物处于可控的生活环境中。

2.1 实验动物房配电设计

实验动物房的房间类型主要分为动物生产区(动物实验区)与辅助区, 动物生产区(动物实验区)主要为用于动物饲养及实验的区域, 辅助区内主要为公用工程设备。

根据实验动物房饲养动物及实验的不同, 可分区设置独立配电箱以确保各个区域的独立运行, 减少相互干扰。辅助区主要指动力系统、空调系统、给排水系统等相关专业站房, 其配电线

作者简介: 王鹏, 男, 助理工程师, 2019年毕业于北京交通大学电气工程专业, 现就职于航空工业规划医药工程设计研究院。

路应按专业类别来设置配电回路,使得不同专业的配电系统相对独立,从而满足运行管理及计量方面的需求。

2.2 电气设备的选择

为了减少洁净区内的积尘点,维持洁净区的洁净度,各区域配电箱应设置在洁净区外以方便

应急操作及检修。若配电设备需要设置在洁净区内时,应选用不易积尘、便于打扫的暗装设备。

2.3 电气管线敷设

实验动物房洁净区上部一般设有技术夹层,故常采用在技术夹层内敷设配电管线的配电方式。配电管线应采用金属管线敷设,管线应具有足够的强度和耐火性。当电线穿过墙或楼板时,应在电线外加套管,套管内采用不燃烧、不收缩材料密封。

实验动物房洁净区的电气管线宜暗敷。为避免尘粒通过电气管线空隙渗入洁净室,非洁净室与洁净室或不同空气洁净度等级房间之间的电气管线均应采取密封处理措施,同时也可维持洁净室的压差。

3 照明设计

实验动物房相对封闭,基本没有自然采光,主要依靠人工照明。动物房照明设计与一般建筑照明设计有所不同,主要在于不仅需要设置工作照明,还需要设置动物照明。只有在实验人员或者工作人员需要照明时才开启工作照明,而动物照明是为了人工模拟动物的真实生活环境而设置的。工作照明与动物照明同时存在,只是服务对象不同,并且控制方式也有所差异。根据GB14925-2010《实验动物环境及设施》第5.2.1和5.2.2条,对于不同动物种类房间的照度和照明时间做出了规定,见表1。

为保证良好的照明质量,防止因突发情况导致动物长时间生活于黑暗状态,动物照明负荷宜采用双回路供电来增强照明供电的可靠性。照明系统供电应与动力供电分开设置,避免引起照明电源发生较大或频繁的波动,从而增强其供电的稳定性。

3.1 工作照明设计

3.1.1 正常照明设计

实验动物房自然通风少,一般采用机械或空调送排风方式,暖通专业的风口数量较多,从而会限制灯具的数量和安装位置,因此对灯具的发

表1 实验动物间的照度标准

项目		小鼠、大鼠		豚鼠、地鼠			犬、猴、猫、兔、小型猪			鸡
		屏障环境	隔离环境	普通环境	屏障环境	隔离环境	普通环境	屏障环境	隔离环境	屏障环境
照度	最低工作照度 \geq	200								
	动物照度	15~20			100~200			5~10		
昼夜明暗交替时间/h		12/12或10/14								

光效率要求较高,可选取光效高,发热量小,光谱分布接近于自然光的三基色荧光灯。

针对实验动物房净化区对空气洁净度的要求,选择灯具时还应考虑以下几点需求:

- (1) 外部造型简单、不易积尘、便于擦拭;
- (2) 灯具本体及安装时具有良好的气密性;
- (3) 灯具应进行防静电处理;
- (4) 灯具具有良好的耐腐蚀性、抗氧化性、易于消毒灭菌。

考虑以上特点,实验动物房净化区的正常照明灯具宜采用密闭型洁净荧光灯吸顶安装。近年来,LED光源技术不断发展,相较于荧光灯,其光效更高、能耗更少、使用寿命更长、响应时间更短,且LED光源不含汞、无污染、没有紫外线辐射和红外线干扰,所以在实验动物房照明设计中越来越多地选择LED光源。在长时间有人工作的场所选择LED光源时,应注意满足相应的技术要求如显色指数、色容差、色温等,本文因篇幅限制不作详细阐述。

3.1.2 备用照明设计

实验动物房除了动物饲养间外,一般还会设置进行动物实验的房间,这些房间主要依赖人工照明。当正常照明因电源故障而熄灭,不能进行必要的操作处置可能导致动物实验流程混乱或者动物实验体损坏的情况,因此需要设置备用照明。可以在所需房间的正常照明灯具中,均匀选取合适数量的灯具作为房间的备用照明来满足对备用照明的照度要求,即这部分灯具平时由正常电源供电,当正常电源因故障中断时,将其切换至由应急电源供电。

在实际设计中,也可将兼做备用照明的这部分灯具选用自带蓄电池的灯具,当正常照明工作时蓄电池处于充电状态,一旦正常照明因故障断电,蓄电池立即切换为放电状态从而为备用照明灯具供电。

3.2 动物照明设计

除工作照明外,动物饲养间还须安装动物照明灯,其作用是调节动物的休眠周期,动物饲养

间的昼夜明暗交替时间为12h/12h或10h/14h。为了保证动物处于可控的生活环境中。动物照明宜采用双回路供电来增强照明供电的可靠性。

动物照明可安装若干个小功率光源，其功率可以根据需求在一定范围内进行调节。相比较于荧光灯，LED灯具的调光更容易实现，因此动物照明可选用LED灯具。一般来说，过强的光照容易引起动物的兴奋、烦躁，过弱的光照则容易使动物反应迟缓、体质下降，因此动物照明应保证动物获得清晰的视觉并能维持生理规律。

在布置动物照明灯具时，应综合考虑饲养笼具的位置及灯具照射方向，避开工作照明灯具，使动物照明灯具尽可能均匀地照射到各个饲养笼具，尽可能保证不同位置的动物接受的光照相对一致，同时满足相应的动物照度要求，一般可布置在笼具之间的走道上方，如图所示。

3.3 消防应急照明设计

为便于事故情况下人员的疏散及火灾情况下能及时救灾灭火，应在实验动物房内合理地布置消防应急照明、安全出口和疏散指示灯。结合GB50016-2014《建筑设计防火规范》第10.3.2条和GB51309-2018《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》3.2.5条的相关要求，以及实验动物房的设计实际，对实验动物房内疏散照明的地面最低水平照度规定总结见表2。

应急照明应根据建筑内的疏散路线进行设计，并应使得疏散路线上的照明布置合理。在疏

表2 实验动物房相关场所疏散照明灯的
部位及其地面水平最低照度表

序号	设置部位或场所	地面水平最低照度
1	楼梯间、前室或合用前室、 避难走道	不应低于5.0lx
2	消防电梯间的前室 或合用前室	
3	疏散走道、疏散通道	不应低于1.0lx
4	安全出口外面及附近区域、 连廊的连接处两端	

散过程中的重要过渡区或视作室内的安全区，可适当提高疏散照明的照度值，从而提高人员的疏散速度，减少人员伤亡。

3.4 其他照明设计

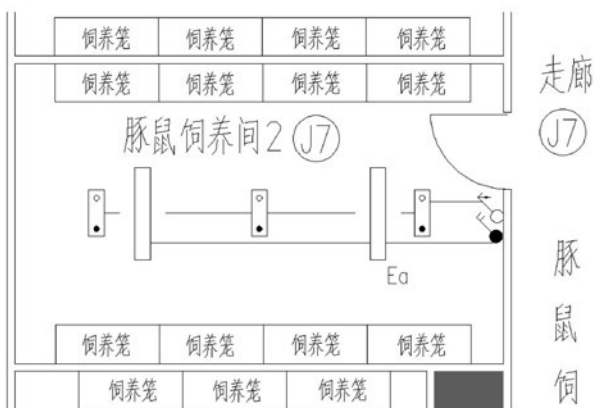
动物实验区的房间内可设置紫外线杀菌灯，紫外线照射可对洁净室内空气及污染表面产生杀菌、消毒作用。紫外线是一种电磁辐射，穿透力较差，其有效消毒杀菌范围是紫外线灯管周围1.5m以内，且需照射时间长于30min。由于照射范围和照射时间的限制，因此紫外线灯只能作为一种辅助的灭菌设施，灯具应居中均匀布置，避免留有死角，且控制开关应设置在房间外，并与普通照明开关相区分。





4 结语

在进行实验动物房的电气设计时，既要遵循国家的相关法规与标准，又要能够符合动物饲养或操作实验等功能需求。根据实验动物房的特点，考虑其供配电、照明等方面的特殊要求，从而合理地实现实验动物房的电气设计，以保证其安全性、可靠性及经济性。

参考文献

- [1] GB50447-2008《实验动物设施建筑技术规范》.
- [2] GB14925-2010《实验动物 环境与设施》.
- [3] GB50034-2013《建筑照明设计标准》.
- [4] GB51309-2018《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》.
- [5] 张永林. 医药工业洁净厂房供配电设计[J]. 智能建筑电气技术, 2018



图例：
 实验动物洁净室专用灯
 吸顶式洁净室面板灯
 (带Ea为带蓄电池应急灯具, 可连续供电30min)
 调光开关
 双联单控跷板式暗开关

动物照明设计图

BIM电气设计交付深度的研究与思考

■ 曲嘉琦 赵亮亮 [电气]

摘要: 随着工程项目规模的增大,建筑的复杂程度和综合功能不断提升,市场对BIM三维设计的需求不断增大。而目前BIM在设备专业的应用大多停留在模拟管线碰撞的阶段,与满足市场数字化交付和新规范、标准的要求存在较大差距。本文将新规范、标准对交付深度的要求与电气施工图的交付现状与进行对比,分析未能满足其深度要求的原因,提出解决“交付深度差异”的措施。

关键词: BIM; 电气设计; 交付深度

1 研究背景

1.1 三维设计的需求

如今建设的工程项目变得更加多样化、高要求,复杂的基础设施成为这个时代建筑物的发展趋势,工程上主要利用二维图纸和纸质文件来进行信息传递,容易产生信息错误和遗漏,容易导致返工产生材料和成本浪费,造成工程的成本增加,难以满足现阶段国家倡导的节能环保和可持续发展的战略要求^[1]。建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)是用数字化的形式表达工程项目实体与项目实施过程的新兴技术,据《中国建筑施工行业信息化发展报告(2015):BIM深度应用与发展》调查显示,43.2%的企业在已开工的项目中使用了BIM技术,并且呈现BIM应用点越来越多、应用程度越来越深的趋势^[2]。

1.2 电气设计采用三维建模的优势

建筑电气设计在工程项目不仅要考虑与建筑结构之间的空间关系,还要考虑其本身在管线安装中的空间布局。电气专业是工程设计信息传递的最后接受专业,如果建筑、暖通、给排水等前置专业发生设计变更,电气专业也需要随之变更,工作效率低下。

BIM技术具备可视化的优点:以三维立体形式真实地展示工程构件或实物,且模型本身包括相应构件属性和详细信息,如图所示。在设计阶段使用三维软件,可以实现协同设计,一处修改处处更新。电气专业可以实时链接、读取和显示其他专业的相关信息,比如:房间功能、门窗信息、吊顶设备布置、结构梁板墙、水暖设备布置、电源接口、用电参数、各种防火阀和水阀。

在施工阶段,首先,传统二维图纸难以准确判断电气专业与其他专业管线之间的具体位置关系,指导后期管线安装的过程中不可避免地出现管线碰撞问题;其次,施工人员对二维图纸理解程度和侧重点不同,信息在传递过程中大量流失,导致工程建造预期与施工成果出现偏差^[3];最后,在工程建造过程中,施工场地空间利用不合理,造成工程返工、停工现象也是工作效率低下的原因之一^[4]。

在设计和施工中,依据可视化的结果作为效果图的展示及施工中的技术交底,及时发现可能存在的问题,减少或避免工程后期的返工或设计变更^[5]。

2 三维设计成果交付现存的问题

2.1 规范、标准对交付深度的要求

于2019年6月1日起实施的GB/T51301-2018《建筑工程设计信息模型交付标准》对几何信息和非几何信息进行了定义,将模型单元的分为项目级到零件级共4个等级,对应LOD1.0~LOD4.0级模型精细度,将模型单元几何表达精度和信息深度等级划分为4级,分别为G1~G4, N1~N4^[6],对电气专业对象模型单元的交付深度进行了规定,例如电气照明系统中灯具、配电线路需要体现其空间占位、颜色、实体系统信息、组成及材质,但该分类比较笼统,没有对具体信息的范围作出要求。

2020年9月1日起,深圳住建局开始实施《建筑工程信息模型设计交付标准》SJG76-2020,对室外电缆井、电缆电线导管、灯具、插座、电缆桥架等构件级模型单元的信息内容进行分类和表示^[7],并在施工图设计中对电气专业交付物有更加具体、细化的要求:例如灯具的型号规格、额定电压、功率因数、光源类别、功率、重量尺寸和安装方式等具

作者简介:曲嘉琦,男,助理工程师,2019年毕业于北京交通大学电力系统及其自动化专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

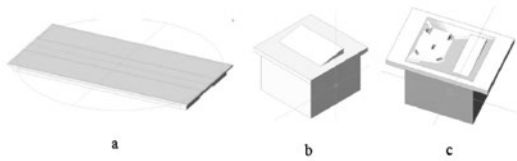


图 (a) 灯具、开关及插座模型



图 (b) 灯具构件属性
图 BIM电气模型

体信息均要在施工图设计中体现。

2.2 电气施工图交付深度现状

电气专业设备具有体积小、数量多、功能抽象且大多不可视(灯光效果除外)以及不直接影响建筑外观的特性。为了方便定义,本文把模型分为3类,见表1。

在传统二维CAD平台下,建筑电气施工图交付中主要包括照明、防雷接地,火灾自动报警系统,综合布线系统,电缆敷设卷册,各个卷册内含设计说明、设备材料表、系统图、平面图。在平面图中,二维图纸会进行完整的点位设计,包括电气设备和用电终端。安装辅助材料或配件一般会在独立的图册中通过平、剖面或大样图进行表达。

而目前大多数实际项目在三维建模时不会要求电气专业进行点位设计,只进行主干线槽的绘制,达到满足实施设备管线综合的深度。在电气模型中只有主要电气设备的布置,不表示用电终端及其配电线路,与规范和标准对施工图交付深度的要求存在较大差距。

2.3 原因分析

2.3.1 现行规范、标准的适用性

表1 电气专业设备模型分类

	名称	特点	实例
第一类	主要电气设备	重要且几何尺寸较大的电气设备	柴油发电机、变压器、高低压配电柜箱屏、控制柜箱台(不包括工艺设备电机)等
第二类	用电终端	几何尺寸较小、工程量估算较易、安装要求简单的设备	灯具、动力插座、空调开关箱、滑触线、开关、大部分弱电设备
第三类	纯机械结构件	安装辅助材料或配件	电缆支架、母线夹具、绝缘子、母线支架、落地柜底座、桥架配件、接地装置等

JGJ/T448-2018《建筑工程设计信息模型制图标准》总则第1.0.2条定义其适用于公共建筑、居住建筑等民用建筑,以及各类厂房、仓库及其辅助设施等一般工业建筑^[8]。对民用建筑和一般工业建筑进行统一要求,并未对工业类型的建筑作出具体的指导和规定,而工业建筑与民用建筑的电气设计又有很大的不同。

(1) 用电终端性质不同导致信息深度难以统一

民用建筑的电气负荷主要是空调和照明,工业建筑电气负荷来源则多种多样,包括各厂家配套的大型系统、风机、水泵和机组等,设计者不能完全了解各用电终端,负荷参数主要取决于各工艺和配套设备,而目前的规范并未对工业用电设备信息深度缺乏详细的要求。

(2) 设计流程不同导致初步设计深度无法达标

民用建筑设计中,各分区功能由建筑专业确定后基本变化不大,而工业建筑电气用房较分散,且与各设备密切相关。需首先由工艺专业确定工艺设备布置,然后与设备专业和建筑结构专业协调其他专业用地,故在初步设计阶段只能大致确定电气变配电站房位置,无法在初步设计阶段满足交付标准对配变电所交付深度的要求,见表2。

2.3.2 三维设计软件的客观局限性

(1) 用电终端模型较少

目前普遍使用的REVIT在设备专业应用过程中,需要设计人员进行设备族库的扩充。对电气专业而言,对用电终端设备的建模要耗费大量时间和人力,工业设备用电点的形式也更加复杂。设备成套控制箱、柜的模型及位置摆放,要与设备施工图资料结合才可确定,因此设计周期中如果采用BIM设计深度达到点位的设计模式,设计周期将会大大延长。

(2) 用电终端模型精度不够

工业建筑需考虑设备基础,设备配电和电缆敷设时,要在基础内、外设计电缆沟,或采用吊装、壁装等方式安装电缆桥架或暗敷电缆保护管。而电缆这一重要的模型环节在软件中缺乏表现,以至于低压配电系统到设备用电点之间、末端配电系

统到灯具或插座等用电设备之间无法有效进行信息对接,模型的整体表现力较弱。

(3) 某些卷册无法表达

GB/T51301-2018《建筑工程设计信息模型交付标准》对施工图阶段建筑物防

表2 电气工程对象模型单元交付深度

工程对象		方案设计	初步设计	施工图设计	深化设计	竣工移交
配变电所	配变电所	—	G1/N1	G2/N2	G3/N3	G3/N4
	10 (6) kV配电装置	N1	G2/N2	G2/N2	G3/N3	G3/N4
	配电变压器	N1	G2/N2	G2/N2	G3/N3	G3/N4
	低压配电装置		G2/N2	G2/N2	G3/N3	G3/N4
	电力电容器装置		G2/N2	G2/N2	G3/N3	G3/N4

雷接地的设计深度作出了要求,但REVIT目前无法满足防雷接地模型的需求,接闪带和接闪杆没有合适的族,只能辅以二维平面图和设计说明对防雷接闪器、防雷引下线和接地网等设施进行补充说明。

3 解决“交付深度差异”的措施

针对以上实际情况,在BIM设计阶段,要使电气专业图纸达到规范、标准所要求的深度,需要:

(1) 对已有软件进行模型扩充

收集、整理、录入并共享已有厂家设备资料,针对所涉及的项目扩充通用的设备族库,这样在同类型项目的三维设计过程中可以直接调用,可以大大减轻设计前期的负担。

(2) 引进其他三维设计软件

在设计阶段需要多个软件相互配合才能充分发挥BIM技术的实际价值。BIM中的REVIT在应用上更适合土建方面的三维设计。对于设备、工艺专业而言,需要更适合其专业属性的设计软件和平台。

AVEVA平台的PDMS引进中国化工行业设计院已有20余年,在寰球、轻工、船舶等设计院广泛使用。在电力行业中除了华东设计院用英图外,其余20多家电力设计院均采用PDMS,因此在模型、参数和经验方面均有大量的借鉴案例。

(3) 提升三维设计水平

三维模型以“所见所得”的形式将设计成果呈现,因此设计人员在进行深度达到点位要求的设计模式下,需要对管线的实际位置有更清晰、明确的认知。二维设计由于平面限制,较多配电回路的路由仅为示意,现场布置则会根据实际情况自行调整。

而三维综合管线设计则对设计人员的设计水平有了更高的要求,若设计人员缺乏经验,模型回路布置不合理,无法以模型指导实际施工,深度达到点位的设计模式就失去了其可视化的优点。由于软件自动生成材料表的特性,对模型内所含设备、材料数量和规格进行统计的准确性也将不复存在。

设计人员还要对图纸设计中所含的设备资料有更深入的了解(包括但不限于电气专业的设备),才能在模型中完善设备参数,达到规范、标准对信息深度的要求。同时,组织进行人员的定期培训,与已经采用三维数字

化设计的设计单位进行交流学习。

(4) 完善BIM管理体系

BIM不仅要操作软件,还需要建立起相适应的企业管理流程、人才培训和考核制度、制度和软硬件环境的保障。公司需要结合自身建立起BIM管理体系,包括: BIM应用的目标; BIM工作人员手册; 人员培训和考核制度; BIM的应用管理流程; 建模和审核标准; 软硬件的配置要求等。

4 未来与展望

电气专业是工程设计信息传递的最后接受专业,同时也是最系统化、要求相互逻辑关系最强的专业,也将会是从BIM技术应用获取较大受益专业。相信在各方的努力和积极推动下,能够逐渐提高BIM设计品质和效率,满足规范、标准和市场的实际需求,从而实现真正的数字化设计和交付。

参考文献

- [1] 李东晋,莫文静. BIM技术在建筑电气设计中的应用探讨[J]. 现代建筑电气, 2017, (6).
- [2] 许炳,朱海龙. 我国建筑业BIM应用现状及影响机理研究[J]. 建筑经济, 2015, 36 (3) : 10-14.
- [3] 徐广元. 浅谈建筑行业机电安装工程管理存在的问题及解决办法[J]. 科技信息, 2013, (22): 356-356.
- [4] 刘波,刘薇. BIM在国内建筑业领域的应用现状与障碍研究[J]. 建筑经济, 2015, 36(9): 20-23.
- [5] 陈辰,李庆平. BIM中的三维管线综合[J]. 工程建设与设计, 2013, 10: 23-24.
- [6] GB/T51301-2018: 建筑工程设计信息模型交付标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [7] SJG76-2020: 建筑工程信息模型设计交付标准[S]. 深圳: 深圳市住房和建设局, 2020.
- [8] JGJ/T448-2018 《建筑工程设计信息模型制图标准》[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.

EPC模式下垃圾焚烧发电项目 设备采购管理探讨

■ 蔡旻祺 朱志明 [工程管理]

摘要: 近年来,众多垃圾焚烧发电厂的EPC总承包项目顺利实施,取得了一定的社会和经济效益。本文和工程实际结合,对EPC模式下垃圾焚烧发电厂设备采购管理进行分析和探讨,总结项目进行过程中,需要提前做好采购策划,对设备厂家进行严格的筛选,控制进度、成本及质量,分析实施过程中存在的风险点并采取措做好风险控制,做好设备采购工作,为EPC总承包方获取预期的利润,并确保工程的顺利实施。

关键词: EPC模式;垃圾焚烧;设备采购;采购管理

目前,国家鼓励使用EPC总承包建设模式创建市场,使工程建设水平得到提高,保证建设的质量,从而节约工程总投资。EPC项目是指业主方根据合同约定委托总承包方对于工程项目设计、施工、采购实施全过程管理,总承包方根据合同的约定负责工程项目安全、质量、进度,最终对业主方提交竣工验收合格工程的项目。

在中国城市化进程不断加快的背景下,生活垃圾量也在不断增加,垃圾焚烧发电为处理生活垃圾的主要技术手段。垃圾焚烧发电项目,以垃圾收储及输送系统、垃圾焚烧系统、余热利用系统、烟气净化系统、电力系统、仪表和自动化控制系统等主体工艺系统为核心,配套多个辅助系统及设施,总体工程相当复杂。在工程建设过程中,土建、设备采购及安装工程各个工序的有序开展,要求设计、采购、施工紧密配合,需要项目团队有足够的技术能力及组织管理能力。采用EPC总承包模式,能够为项目投资方解决自身技术、经验水平局限或者管理团队配置不足的问题。EPC总承包方依托自身,合理协调设计、采购、施工的各个环节,把握工程质量、安全和进度。目前,在垃圾焚烧发电建设领域,EPC总承包模式被广泛应用。

在EPC总承包模式下,为保证工程总体进度,设计、采购、施工需要配合交替推进。总承包方根据设计方案提出的设备需求选择供应商(制造商)。全厂的总体设计也要在设备订货后,与设备设计协同进行。另一方面,设备的供货也要满足施工进度的需要,部分主要设备的到货批

次需要与施工工序互相衔接。一般情况下,垃圾焚烧发电项目工艺设备采购投资约占项目整体投资的50%以上。设备采购直接决定了垃圾焚烧发电项目建设的利润高低。垃圾焚烧发电项目的总承包方,需要对设备采购工作进行科学的组织和管理。垃圾焚烧发电项目采购管理过程如图所示。

1 采购的组织策划

采购工作原则上应在工程总承包合同签订后开始。采购经理应在项目所有招标采购工作开始前进行采购策划,采购策划应遵循国家法律法规及公司制度的规定,根据工程总承包合同约定,依据项目特点,着眼于工程建设全过程,充分考虑项目投资控制、进度、质量、合同管理及技术要求。

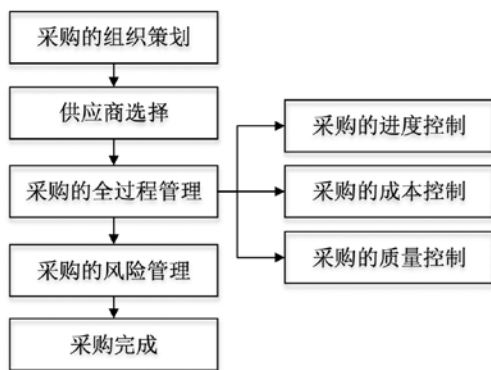
项目部应在项目采购工作开始前进行采购策划,采购经理依据项目总体计划制定采购计划,并对采购工作进行分解,制定科学采购方式,降低采购费用和采购风险,保证设备质量满足实际需求。采购经理组织造价等专业编写《采购策划方案》,由项目经理组织相关人员审核。

垃圾焚烧发电厂工程设备及材料种类繁多,采购工作量较大。所需设备、材料的要求、种类和特点决定采购模式无法整齐划一,EPC总包方应根据项目进度及市场环境变化制定采购策略。采购包工作分解应遵循以下原则:

(1) 各工作包应做到与供应商的供应类别相一致;

(2) 考虑最小设备功能单元的性能保证,便于对供货范围内的设备性能进行检核,减少后期协调及互相扯皮的现象发生;

作者简介:蔡旻祺,女,助理工程师,2016年毕业于北京建筑大学公共事业管理(招标采购方向)专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。



垃圾焚烧发电项目采购管理过程图

(3) 明确划分工作界面, 保证各采购包互不冲突且不丢落项。

根据国家法律法规及公司制度的规定来选择采购方式。采购方式包括公开招标、采竞争性谈判、询价、单一来源采购及直接委托。公开招标的优点在于能最大限度内选择投标商, 竞争性更强, 择优率更高, 同时, 也可以在较大程度上避免各种违规行为。公开招标能够广泛选择投标人, 但是一般耗时较长, 付出的成本也较高。对于额度较小的标来说, 适宜采用竞争性谈判、询价采购等更灵活的采购方式; 另外有些专业性较强的设备, 由于潜在投标人较少, 或者需要在较短时间内完成采购任务的可以采用竞争性谈判或单一来源采购。

项目工程进度计划为采购进度计划编制基础, 合同签订的时间、资料需求时间、设备到场要求时间作为采购编制控制节点。对采购活动时间进行控制, 包括出场验收、装卸运输、合同签订和制造周期等, 利用倒排法固化各个设备的采购时间。采购经理按照计划实施采购, 如果出现偏离要及时查找原因并修正。在计划编制过程中, 要考虑多方面因素, 尤其是最佳到场时间的确定。设备提前到场能够使合同执行风险得到降低, 但是通过现场管理分析, 提前到货使储存成本提高, 增加了设备风险成本。设备延迟到货会导致工程进度延期, 甚至使承建单位索赔。到场后一次性引入为最佳到场时间, 尤其是重要设备, 能够降低仓储管理费用、二次倒运费。

2 供应商选择

基于EPC模式, 垃圾焚烧发电厂设备采购管理要从供应商管理入手。垃圾焚烧发电厂工程项目比较庞大, 如何从众多生产供应商中选择最适

合的合作伙伴, 对采购人员是个不小的难题。在日常工作中, 采购人员可以通过展会、交流等方式掌握相关供应商的市场报价、商家资质、成立时间、主营产品、资信规模、业绩口碑等信息, 并对其真实性进行考察。采用公开招标的项目, 应在招标文件中对供应商的资质进行约定, 进行资格预审或资格后审。采用其他方式采购的要依靠积累的相关行业信息, 依托公司采购管理平台来选择适合的供应商。另外, 还需要认真比对同档次、同品类的商家, 要有针对性地选择供应商, 确定各方优势供应商, 严格按照公司工程总承包项目供方管理办法选择供应商。

3 采购全过程控制

在垃圾焚烧发电厂EPC项目的设备采购过程中要重点控制进度、成本及质量。

3.1 采购的进度控制

垃圾焚烧发电项目建设工期一般在1.5年~2年之间, 包含设计、施工、采购全过程, 因此设备采购工作时间紧、任务重, 必须全力确保项目的施工工期。在采购组织策划完成后, 设备采购工作应按照组织策划进行严格执行, 一旦出现偏差, 应立即分析原因并提出改进措施, 如是关键节点, 需进行项目整体进度的调整。

在实施过程中, 可通过严格制定合同交货工期和设备监造等方式进行进度控制。在签订合同前, 要与现场充分沟通, 在采购合同中明确约定每批次发货的内容及时间(在施工计划的基础上留出余量)。对主要设备安排熟知设备生产的人员进行驻厂监造和催交, 设备监造控制重点是进度及质量。设备监造的生产进度控制, 根据工程现场需求排生产工期。

3.2 采购的成本控制

垃圾焚烧发电项目EPC合同是固定总价合同, 除了业主变更之外, 不调整合同价格, 所以确认收入金额和项目成本控制是达到项目预期利润的主要手段。首先, 要确定采购成本控制目标, 然后在采购过程中实时调控, 才能达到实现项目预期利润的目的。

EPC总承包方在采购过程中不能一味追求低价中标, 只考虑价格会导致设备质量不过关, 增加合同纠纷成本, 并对项目工期造成影响, 可以选择经评审的综合评分最高或经评审最低价的供应商, 降低后期沟通成本。

公司同时开展多个项目, 部分设备通用时能

够根据采购包批量采购,从而达到降低项目成本的目的。对设备采购合同签订过程中,只需对设备技术规范、结算方式、单价等专用条款做出规定。具体项目采购过程中,根据需求清单进行批量采购方式能够降低单笔合同评审成本、谈判成本和单价成本,方便采购管理和费用支付。

3.3 采购的质量控制

采购质量管理包括工作质量与产品质量。工作质量是指供应商为了保证产品质量所从事工作的水平与完善程度,反映了产品质量保证程度。产品质量指的是交付物、材料设备质量,能够满足质量条款要求,从而达到预期使用的目的。可以通过合同手段及现场监造控制设备与材料的质量,在采购文件及合同中设置技术规格书来对产品的材料、性能、参数等进行规定,从而控制产品的质量。

对主要设备安排熟知设备生产的人员进行驻厂监造,垃圾焚烧发电厂需要监造的重点设备是焚烧炉和余热锅炉。焚烧炉的控制重点是炉排及推料器,余热锅炉的控制重点是汽包、水冷壁及集箱等受压部件。从厂家采购材料开始监造人员就需要开始工作,从对原材料的进货记录进行检查、测量钢板厚度及下料尺寸一直到设备调试、刷漆发货等各个环节进行控制。

工艺设备到场后,总承包方应根据需要组织业主方、设备供应商总承包方、施工单位及监理一起进行材料设备交货验收,并一同编制签署《材料设备交货验收记录》。业主方可自行参与交货验收或委托监理参与及签署《材料设备交货验收记录》。

4 采购的风险管理

EPC模式下的垃圾焚烧发电厂设备采购过程常见风险如下:

(1) 进度风险。一旦设备供应商出现拖延设备交货时间的情况,将导致主要设备无法按预定时间安装,附属设备全部暂停等严重影响工期的问题出现。

(2) 质量风险。垃圾焚烧发电项目运营期较长,需要尽量减少因设备检修而引起的停炉情况出现,因此设备采购质量至关重要。一旦出现设备交货质量不达标,还会引起项目出现进度拖延。

(3) 成本风险。设备采购如果出现因前两项风险导致的需要重新采购等情况,将对项目的成本控制提出更高要求。同时,设计规格和支付条件等也会间接影响设备供应商报价。

为了能够严格控制项目的采购风险,采购过程中需要通过以下措施来防范风险:

(1) 针对进度风险,在具备采购条件时,提前启动采购工作。对主要设备安排熟知设备生产的人员进行驻厂监造和催交;加强对供货商的合约管理,在合同中明确延误供货等违约罚则。

(2) 针对质量风险,应加强前期控制。例如在前期对供应商进行调研,对供应商的产品生产能力、质量控制等进行考察、调研;在招标时,不设置过低的控制价,采取合理的成交价格;在合同执行期间,采取履约保函对卖方进行约束;在质保期内,采取质保金用以保证供应商在质保期内对设备进行质维护。

(3) 针对成本风险,需提供设计资料作为投标款支付的前提条件;并适当提高关键设备的前期支付比例,并严格监控其设计、备料及生产进度。

5 结语

综上所述,EPC模式下的垃圾焚烧发电厂项目,设备采购是不可或缺的关键环节,需要提前做好采购策划,对设备厂家进行严格的筛选,控制进度、成本及质量,分析实施过程中存在的风险点并采取措施做好风险控制。做好设备采购工作,才能为EPC总承包方获取预期的利润,并确保工程顺利实施。

参考文献

- [1] 肖微,宫奎,江献玉,等. EPC总承包模式下的水电项目设备采购管理模式研究[J]. 项目管理技术, 2018, 16(005):105-110.
- [2] 江玉惠. 基于EPC总承包的建筑工程项目管理应用研究[J]. 建筑技术研究, 2020, 3(9):12-13.
- [3] 刘甲. EPC模式下工业项目采购成本控制研究[J]. 数字化用户, 2018, 024(008):57.
- [4] 李碧云,蔡远飞. EPC模式下的烟气治理项目成本管理[J]. 项目管理技术, 2019, 17(05):102-104.
- [5] 高伟男. EPC模式下核电工程合同管理标准化研究[J]. 中国住宅设施, 2018, 184(09):75-76.
- [6] 袁丽雅. 大型电厂EPC总承包工程中采购进度管理研究[J]. 南方能源建设, 2018, 5(S1):245-249.
- [7] 吴德. EPC模式下的核电工程安全质量管理实践[J]. 产业与科技论坛, 2020, 019(003):46-47.
- [8] 徐刚. 浅谈国内EPC总承包商对成套设备的采购管理[J]. 化工设计, 2019, 029(004):47-50.

土建深基坑工程的 支护施工及管理

■ 于海侠 [工程管理]

摘要: 随着建筑物对地下空间的发展和利用,深基坑已成为常见的专业工程。在深基坑施工过程中,需要充分考虑各方面的影响因素,选择科学合理的基坑支护方案对提高基坑结构的稳定性非常重要。本文基于土建深基坑工程的基坑支护施工及管理展开论述,以避免在工程中不必要的返工或安全隐患。

关键词: 土建;深基坑工程;基坑支护施工及管理

0 引言

地下工程的开发即可以节省建筑空间,又可以最大化的利用土地资源。地下工程大多数都属于深基坑工程,深基坑工程的质量决定了建筑物的整体稳定性和安全性,而深基坑支护是地下工程的重要环节,必须要确保其施工质量及安全。

1 建筑深基坑工程概述

1.1 深基坑工程

深基坑是指开挖深度达到5m(含5m)的基坑(槽)的土方开挖、支护、降水工程。深基坑可以更好地利用地下空间,并保障在施工阶段能够为建筑物提供一定的安全性。随着建筑物建设高度的

增加对地下空间的开发越来越多,便出现了大量的深基坑工程,而深基坑工程的质量对建筑物整体质量具有非常重要的影响。

1.2 影响深基坑支护的因素

深基坑支护技术的不断发展与完善为深基坑施工提供了技术支撑,但在施工过程中依然会有发生支护结构失稳现象,甚至会影响建筑结构的整体质量。深基坑支护工程会受到多方面因素的影响,任何环节出现问题都会影响基坑支护施工质量。掌握地质条件才能制定合理的深基坑支护方案。如果勘探数据不准确或者缺少勘探环节,必将会给后续的施工带来不利影响。

1.3 深基坑支护施工技术的要求

深基坑支护的结构有多种类型,其施工技术与工艺也不同,所以要针对深基坑的深度、主体结构形式、地质条件等情况制定支护设计方案。首先,要结合项目的实际情况,选用合理的深基坑支护类型;其次,需要复核场地的地质情况和

作者简介:于海侠,男,工程师,2011年毕业于长安大学土木工程专业,现就职于航空工业规划机载工程事业部。

气候条件,进行准确的测量和记录;最后,严格把控施工工序和各工序的施工质量,必须满足设计方案和相应规范要求。深基坑支护结构种类繁多,不同的支护结构有不同的应用工况,无论采用哪种支护结构类型,都必须在深基坑施工过程中做好基坑监测,要确保监测数据的准确,才能更好地起到预警作用,避免深基坑支护结构失稳、边坡坍塌事故发生。

2 土建深基坑支护施工存在的问题

2.1 不严格按深基坑支护设计方案施工

在土方开挖和深基坑支护施工过程中,经常会出现人为原因、客观条件等造成的基坑支护施工不能完全符合支护设计方案的情况。比如边坡超挖或者边坡坡度与方案不符导致边坡二次修复,基坑排水沟未按设计方案施工或者排水坡度不够导致雨水不能及时排至集水井等。这就要求管理人员在基坑开挖和支护施工前仔细理解设计方案并做好技术交底,施工过程中做好工序的检查验收,确保现场施工与设计方案一致。

2.2 施工质量欠佳

施工企业为了项目效益最大化,在施工过程中,投入较差的技术人员,不完全按规范或设计方案施工,造成施工质量不佳。比如边坡开挖全部利用机械而不按要求进行局部人工开挖,造成边坡平整度和顺直度差,甚至达不到设计开挖深度。部分企业降低施工标准,工序检查、验收过程缺失,造成工序质量达不到规范要求,进而造成整个支护结构体系的强度降低,甚至不能满足工程施工对支护结构的安全性需求。

2.3 基坑监测不到位

地勘报告上显示的土质参数可能会与实际工况有出入,这是不可预见的。当出现实际地质条件与设计方案不符时,就需要通过过程中的监测信息及时了解基坑稳定状况。因此,基坑监测是深基坑工程的一个必要环节,实时准确的监测数据可以帮助设计人员和施工管理者预测深基坑对周围环境、边坡状态以及支护结构的影响,进而采取有针对性的处理方案,保证结构的稳定性和安全性。而通常受人员水平、工作态度的影响,会造成监测数据不准确、管理人员忽视监测预警,错过最佳的预防补救时机,进而造成结构失稳等安全事故。

3 做好深基坑支护施工的对策

3.1 选择合理的支护形式

支护结构形式会直接影响到建设工程的质量、工期以及造价成本,需要充分考虑基坑深度、基础形式、土质条件、施工条件以及水文条件的影响,选择最合理可行的支护形式。同时,还要考虑施工工艺是否可行,权衡该方案的经济性。在进行设计计算时,要充分考虑土质条件的变化,做适当的保守设计。在选择合适的深基坑支护方案后,要针对施工图纸以及施工方案合理安排施工,才能够满足施工的经济、安全需求。另外,需要对地下的水位进行测量,施工中对周围环境进行分析,避免出现安全风险因素,影响施工进度。

3.2 做好基坑监测

监测单位,让其委派责任心强并且有技术能力的监测人员按监测方案进行监测。其次,施工管理监测单位,让其委派责任心强并且有技术能力的监测人员按监测方案进行监测。其次,施工管理人员要增强对监测数据的敏感度和认识,应重点关注规范或设计对于水平位移、竖向位移、裂缝、地下水位、主要结构件受力的相应要求,对监测报告的预警要有充分的认识。最后,当出现报警情况或已经采取加固措施后,应及时调整监测方案,增加监测频率、增加监测点位,要充分发挥基坑监测的重要作用。当出现下列情况之一时,应提高监测频率:

- (1) 监测数据变化较大或者速率加快;
- (2) 监测数据达到报警值;
- (3) 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏;
- (4) 超深、超长开挖等施工与支护设计方案不符;
- (5) 支护结构出现开裂;
- (6) 基坑周边地面堆载突然增大或超过设计值;
- (7) 周边建筑物突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂;
- (8) 基坑工程发生事故后重新组织施工;
- (9) 周边地面突发较大沉降或出现严重开裂。

3.3 施工质量管理与施工安全管理

首先,要加强施工材料的管理。严格审查材料的出厂质量证明和材料的进场检验,合格后才能进场使用。其次,要做好施工设备的管理工作。合

理选择施工设备并做好用前检查,确保施工设备的性能正常。最后,应加强对管理人员的管理。管理人员不仅要懂施工技术,还要具备较强的责任感。质量管理必须贯穿于整个施工过程,加强把控每个施工环节,做好安全防范措施,严格按照规范进行施工,确保施工质量和安全管理满足工程需求。应在施工现场显著位置进行危大工程公示,并在危险区域设置安全警示标志。当发生事故时,应当立即启动应急处置措施。

3.4 深基坑专项方案管理

深基坑工程属于超过一定规模的危大工程,施工前须编制专项施工方案,并严格按照住建部【2018】37号文《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》进行审核、审批及专家论证。实行分包的工程,专业分包单位组织编制专项施工方案;实行施工总承包的工程,由施工总承包单位组织编制专项施工方案;施工前由施工总承包单位组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证,专家论证会要形成通过或不通过的一致意见,并形成论证报告。施工方必须严格按照施工方案施工,不得擅自修改专项施工方案。深基坑施工完成后,施工、监理等参建方应当组织相关人员进行验收,合格后,要在施工现场设置危大工程验收公示牌,注明时间、责任人员。施工方应做好档案资料管理,包括施工方案及审核、专家论证意见、现场检查、交底、验收等。

4 基坑支护施工管理注意事项

(1) 施工期间基坑周边严格按照设计1.5m范围内禁止堆载,距离基坑上边缘1.5m~2倍基坑深度距离的范围内地面设计荷载为20KPa(建筑物、道路等已注明参与计算的荷载除外)。

(2) 放线须经总承包单位复核,确认与主体结构外包尺寸不相碰并预留合理的施工作业空间。

(3) 当施工过程中出现预警值时,应立即停止开挖,回填砂土袋、反压堆土。应召集建设方、监理、设计、施工召开会议,通报情况、现场考察、分析原因、制定措施。紧急救援的一般原则:以确保人员的安全为第一,其次是控制材料的损失。基坑若出现变形过大、局部坍塌等紧急情况时,应立即停止开挖并撤离施工人员,然后回填反压,必要时采用沙袋或土袋进行反压,控制基坑变形和局部坍塌的进一步扩大;若出现特

大暴雨等导致基坑积水的紧急情况时,应及时增加大功率抽水泵和水泵数量,并对坡顶进行防雨遮盖,及时排出积水并防止坡面严重渗水。

(4) 基坑施工过程中应注意现场用电安全、边坡局部变形过大及坍塌风险、机械伤害风险、现场火灾及爆炸风险、基坑深度加大后的高空坠物风险、高处跌落风险、周边建筑物变形过大风险及其他可能存在的重大危险源,施工方案中应编写针对上述潜在风险的应急救援预案,并做好现场安全技术交底。

5 结束语

深基坑支护的施工质量是建筑基础安全性的重要保障,涉及工序繁复、工程量大,做好深基坑支护具有重要的价值和意义。深基坑支护要严格按照施工规范和施工方案开展作业,做好施工技术管控,才能尽量避免不必要的返工或安全隐患等对工程造成不利影响。

参考文献

- [1] 杨欢.深基坑支护技术在房屋建筑施工中的应用[J].工程建设与设计,2020(02):23-24.
- [2] 靳成周.地基施工中深基坑支护技术的应用[J].建材与装饰,2020(03):30-31.
- [3] 邱海强.深基坑支护施工中的监理控制要点分析[J].地产,2019(23):119.
- [4] 任道凤.建筑工程施工中深基坑支护的施工技术探讨[J].地产,2019(22):122.
- [5] 孔小余.深基坑支护施工技术在土建基础工程中的应用探讨[J].地产,2019(22):128.

循环经济产业园综合评价体系研究

■ 陈彦希 朱时岩 [总图]

摘要: 本文以系统性、实用性、可比性、相容性为原则,建立了循环经济产业园在对城市及环境的影响、固废产业处理能力、资源循环利用能力、空间规划水平、园区管理及发展等5个方面的综合评价指标体系,共包含39项指标。本文运用专家打分法确定各指标权重,利用归一法进行各项指标计算,从而对园区进行总体评价,为未来循环经济产业园区的规划实施提供参考。

关键词: 循环经济产业园;综合评价体系;专家打分法

十九大报告指出:“推进资源全面节约和循环利用,加强固体废弃物和垃圾处置,实施国家节水行动,降低能耗、物耗,实现生产系统和生活系统的循环链接。”随着我国经济的快速发展和人口的不断增加,资源环境的压力越来越大,资源不足的矛盾越来越突出,面对这种情况,发展循环经济,走可持续发展道路,成为我国经济建设的长远之计。

循环经济产业园是集聚企业的组合,集聚的企业通过一种实现资源循环利用和能量多级利用的循环产业方案,实现原材料、产品、半成品、中间产物和废弃物再循环,建立园区企业间的生产资料的转化生产关系,构建一种全新的、与自然生态系统协调统一的工业系统。循环经济产业园评价指标体系的总体目标是对园区循环经济发展状况和产业共生模式进行定量地分析与判别,为未来循环经济园区的规划与设计提供一种数字化评判标准,为政府决策和规划设计提供一定的科学依据和可行的建议。

1 评价指标体系的构建前提

1.1 评价指标体系构建思路

建立循环经济产业园评价指标体系是一项系统工程。构建循环经济产业园评价指标以“3R”原则和产业园的内涵为基准,分析影响循环经济产业园的重要因素,借鉴生态示范区建设验收标准,参考生态园区指标体系,搜集和整理相关数据,构建科学合理的综合评价指标体系。

作者简介:陈彦希,女,助理工程师,2019年毕业于西安建筑科技大学交通运输工程专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

1.2 评价指标体系构建目标

循环经济产业园评价指标体系的总体目标是对园区循环经济发展状况和产业共生模式进行定量地分析与判别,为未来循环经济园区的规划设计提供一种数字化评判标准,为政府决策和规划设计提供一定的科学依据和可行的建议。

1.3 评价指标体系构建原则

只有保证建立科学合理的评价指标体系,才有可能得出科学合理的评价结论。因此,评价指标体系的建立应该符合以下建立原则:

1.3.1 系统性原则

循环经济产业园区是由多产业、多能量流的产业共生系统,需要用系统的观点研究循环经济产业园区评价指标,指标之间不是追求简单的数学上的加和,而是找寻系统中的有机联系而成的一个系统整体,指标之间应该保持各自的独立性,否则,就有可能给决策带来错误的指导。

1.3.2 实用性原则

建立的循环经济产业园评价指标体系是为了解决实际的应用问题,因此,选取的指标应该具有实际的应用意义,要具有可操作性,应满足定义明确、容易理解、容易量化的要求。

1.3.3 可比性原则

可比性反映了定量指标量化可比的要求。在选择评价指标时,应考虑定性指标量化的可能性,考虑时间与空间的变化及其相应的影响,合理地选取指标建立循环经济产业园评价体系。

1.3.4 相容性原则

各种指标之间应该是相容的,指标间不得相

互矛盾或冲突。

1.4 指标体系的评价方法

循环经济产业园研究中一个重要的问题就是：如何高效准确地进行评价。指标体系评价方法的确定，不仅是量化循环经济产业园规划的基础工作，也是园区规划理论研究的基本内容。

在诸多数学评价办法中，专家打分法最简便、直观、计算方法便捷，适用于存在不确定因素难以进行定量分析的综合评价。本文就借鉴专家打分法。

专家打分法是指通过匿名方式征询有关专家的意见，对专家意见进行统计、处理、分析和归纳，客观地综合多数专家经验与主观判断，对大量难以采用技术方法进行定量分析的因素做出合理估算，经过多轮意见征询、反馈和调整，对债权价值和价值可实现程度进行分析的方法。计算步骤如下：

- (1) 确定评价指标体系；
- (2) 利用专家打分法，确定评价指标的权重；
- (3) 针对具体园区，专家进行打分；
- (4) 对专家意见进行分析汇总，将统计结果反馈给专家；
- (5) 专家根据反馈结果修正自己的意见。

经过多轮匿名征询和意见反馈，形成最终分析结论。

2 评价指标体系的构建

针对循环经济园区的综合评价研究中最重要的问题是：如何准确地、全方位地评价一个循环经济产业园的综合能力水平。因此，循环经济产业园评价指标应根据其评价目标来选取，并且应选取以最少且容易收集的指标反映最主要和比较全面的信息。根据前面章节的分析，选取评价指标从以下几大方面入手：园区对城市及环境的影响；固废处理能力；园区资源循环利用能力；园区空间规划水平；园区管理及发展；建立的循环经济产业园区综合评价指标如表1。

2.1 园区对城市及环境的影响

2.1.1 外部环境的影响

2.1.1.1 对区域生态环境的影响

生态环境的影响主要是考察产业园周边及沿途道路是否有明显的臭味、扬尘、噪声，是否对周边植物生长产生影响和是否破坏土壤环境、地下水等不良现象。

表1 循环经济产业园综合评价指标体系表

循环经济产业园区综合评价指标	园区对城市及环境的影响	外部环境的影响	对区域生态环境的影响
			对周边住区的影响
			对城市交通系统的影响
			物流过境时对经过村庄的影响
		社会效益	解决就业岗位的能力
			为周边住户提供便利设施程度
		经济效益	园区各子项经济效益
			对周边区域的经济效益
	文化影响	宣教设施的设置水平	
		宣教设施的使用情况	
		对城市形象的提升情况	
	园区空间规划水平	对城市资源的消耗	
			水资源利用情况
功能分区			风向合理
			功能分区明确
			工艺流程顺畅
空间形象			外部空间形象
			内部空间形象
			园区绿地覆盖率
			厂前区空间环境
交通系统			人、物流出入口是否分开设置
			物流流线交叉系数
			人物流线是否存在交叉
		重点地段是否设施人行道	
竖向系统		是否有效利用原始地形	
		园区土方平衡情况	
园区管理及发展	园区管理	园区政策制定和实施	
		信息管理平台的建设水平	
固废处理产业处理能力	园区发展		发展空间
		废物处置率	园区废物处置种类
			城市污水处置率
	废物排放强度		污染物去除率
			排放种类
		排放水平	
园区资源循环利用能力	园区资源循环利用		园区能源循环利用率
			工业用水重复利用率
			工业固废综合利用率
	能源生产情况	电力上网水平	
		富余蒸汽利用情况	

2.1.1.2对周边住区的影响

主要考察产业园是否对周边居民的身体健康产生影响,对周边居住区的影响主要是考察周边住户搬离情况和周边住户的身体情况。

2.1.1.3对城市交通的影响

工业产业园最大的特点就是物流运输频繁。频繁的物流运输一定程度上会增加产业园周边市政交通的压力。对城市交通的影响主要是考察循环经济产业园周边辐射范围内物流运输道路有无增加市政道路的交通拥堵。

2.1.2 社会效益

2.1.2.1缓解就业压力的能力

通过建设工业企业,提供新的就业岗位,从而缓解社会就业问题,解决的就业人数越大,就代表缓解就业压力的能力越大。

$$B_{21} = 1 - \frac{1}{C_{21}} \quad (1)$$

式中: B_{21} —缓解就业压力的能力, $0 < B_{21} \leq 1$;

C_{21} —解决的就业岗位数量(个), $0 < C_{21}$ 。

从式(1)可以看出, B_{21} 约接近于1,说明解决的就业岗位越多,缓解就业压力的能力就越大;反之, B_{21} 约接近于0,说明解决的就业岗位越少,缓解就业压力的能力就越小。

2.1.2.2为周边住户提供便利设施的程度

为缓解邻避效应,有些园区会依托现有环保及宣教设施,因地制宜的开辟一些区域,设置一些体育设施、绿化公园等,建成后面向市民开放,并向周边居民免费开放。

有些循环经济园会利用锅炉余热,向周边居民提供暖气,或者建成温泉游泳馆等,给周边居民提供便利设施。

2.1.3 经济效益

2.1.3.1园区人均工业增加值

园区人均工业增加值是指在报告期内园区从业人员人均创造的工业增加值。工业增加值是工业企业在报告期内以货币形式表现的工业生产活动的最终成果,是工业企业全部生产活动的总成果扣除了在生产过程中消耗或转移的物质产品和劳务价值后的余额,是企业生产过程中新增加的价值。

计算公式如下:

$$\text{人均工业增加值} = \frac{\text{园区工业增加值(万元)}}{\text{园区年末从业人数(人)}} \quad (2)$$

2.1.3.2对周边区域的经济效益

循环经济园的宣教设施能正常开放后,结合

园区周边的其他游览项目,可以吸引更多市民把园区作为一日游的目的地,从而带动周边区域经济的发展。

2.1.4文化影响

2.1.4.1宣教设施的设置水平

宣教设施的设计水平是指园区内宣教设施建设的完善程度,主要是是否采用多角度展示方式,是否采用多手段、多维度、多内容、全过程展示和科普有关固废垃圾处理的相关知识。

2.1.4.2宣教设施的使用情况

宣教设施的使用情况主要是考察是否积极利用园区宣教设施,为市民提供一个学习了解垃圾处置全过程的“活教材”。

2.1.4.3对城市形象的提升能力

对城市形象的提升能力主要是考察是否能帮助市民学习和了解垃圾处置的全过程,减少市民对固废产业的抵触心理,推动市民养成垃圾分类的良好习惯。

2.1.5 对城市资源的消耗

2.1.5.1土地资源匹配度

在当前土地资源紧缺的情况下,合理利用土地、提高土地的利用效率,是整个社会经济可持续发展的一个保证,更是实现循环经济产业园区快速发展的保证。占有土地资源系数是指理论占有土地面积与实际占有土地面积之比。

$$B_{51} = 1 - \frac{\left| D_{51} - \sum_{i=1}^n C_{51i} \right|}{\sum_{i=1}^n C_{51i}} \quad (3)$$

式中: B_{51} —占有土地资源系数, $0 < B_{51}$;

C_{51i} —园区内第*i*项产业理论用地面积,单位 m^2 , $0 < C_{51i}$ 。

D_{51} —园区实际用地面积,单位 m^2 , $0 < D_{51}$ 。

不同的产业和产业规模与占有土地面积存在一个匹配度,匹配程度优劣可以很直观地看出循环经济产业园区是否充分合理地利用土地。根据相应标准和规范,可以找出不同产业和产业规模相适应的占有土地面积。匹配程度也是一个区间值,当 $B_{51}=1$ 时为最优的结果, B_{51} 越接近1,说明二者匹配度越好, B_{51} 越低,说明循环经济产业园区造成了土地的浪费或未能充分完善园区功能。

2.1.5.2水资源利用情况

水资源利用情况是指报告期内园区内用于生

产和生活的新鲜水量（生活用水单独计量且生活污水不与工业废水混排的除外），它等于企业从城市自来水取用的水量和企业自备水用量之和。单位GDP水耗越小，证明水资源利用情况越好。

2.2 园区固体处理产业处理能力

2.2.1 固废处置与排放

2.2.1.1 固废处理处置率

固废处理处置率是指园区固体废弃物处理处置量与服务范围内固体废弃物产生量之比。

计算公式：

$$\begin{aligned} & \text{固废处理处置率} (\%) \\ &= \frac{\text{园区固体废弃物处理处置量} (t)}{\text{服务范围内固体废弃物产生量} (t)} \times 100\% \quad (4) \end{aligned}$$

2.2.1.2 城市生活垃圾无害化处理能力

指报告期内生活垃圾无害化处理量与生活垃圾产生量之比。因统计时生活垃圾产生量不易取得，因此用清运量代替。

计算公式：

$$\begin{aligned} & \text{城市生活垃圾无害化处置率} (\%) \\ &= \frac{\text{生活垃圾无害化处置量} (t)}{\text{生活垃圾清运量} (t)} \times 100\% \quad (5) \end{aligned}$$

2.2.1.3 城市污水处置率

城市污水处置率指经过处理的生活污水、工业废水量占污水排放总量的比重。截至2013年底，中国城市污水处置率为89.21%。

计算公式：

$$\begin{aligned} & \text{城市污水处置率} (\%) \\ &= \frac{\text{园区处理污水总量} (t)}{\text{城市污水排放总量} (t)} \times 100\% \quad (6) \end{aligned}$$

2.2.1.4 污染物去除率

污染物去除率是指经过各项工艺处理后对各项污染物去除的程度。

计算公式：

$$\begin{aligned} & \text{污染物去除率} (\%) \\ &= \frac{\text{各项污染物去除量} (t)}{\text{各项污染物总含量} (t)} \times 100\% \quad (7) \end{aligned}$$

2.2.2 废物排放强度

2.2.2.1 排放总量系数

排放总量系数是指污染物排放总量与当地环境保护行政主管部门分配指标之比。排放总量是指行业特征污染物指除COD、SO₂等常规监测指标外，行业重点控制的污染物。行业重点控制的污染物排放总量应低于当地环境保护行政主管部门分配指标。

计算公式：

$$\begin{aligned} & \text{排放水平} \\ &= \frac{\text{污染物排放总量} (t)}{\text{当地环境保护行政主管部门分配指标值} (t)} \times 100\% \quad (8) \end{aligned}$$

2.2.2.2 排放水平

排放水平是指除COD、SO₂等常规监测指标外，行业重点控制的污染物排放浓度稳定达到国家和地方排放标准的排放量占排放总量的比例。

计算公式：

$$\begin{aligned} & \text{排放水平} \\ &= \frac{\text{行业特征污染物达标排放量} (t)}{\text{行业特征污染物排放总量} (t)} \times 100\% \quad (9) \end{aligned}$$

2.3 园区资源循环利用程度

2.3.1 园区资源循环利用率

2.3.1.1 园区能源循环利用情况

园区能源循环利用情况主要是考察园区能否把不同的工厂联结起来，形成共享资源和互换副产品的产业共生组合，使得一家工厂的废气、废热、废水、废渣等成为另一家工厂的原料和能源。各种企业按照生态学中动植物的共生原理建立了一种和谐复杂的互惠互利合作关系，各企业通过贸易方式利用对方生产过程中产生的废弃物或副产品，作为自己生产中的原料或者替代部分原料。

2.3.1.2 工业用水重复利用率

工业用水重复率是指工业重复用水量占工业用水总量的百分率。

工业重复用水量：指报告期内企业生产用水中重复再利用的水量，包括循环使用、一水多用和串级使用的水量（含经处理后回用量）。

工业用水总量：指报告期内企业厂区内用于生产和生活的水量，它等于工业用新鲜水量与工业重复用水量之和。

计算公式：

$$\begin{aligned} & \text{工业用水重复使用率} (\%) \\ &= \frac{\text{工业重复用水量} (m^3)}{\text{工业用水总量} (m^3)} \times 100\% \quad (10) \end{aligned}$$

2.3.1.3 工业固体废物综合利用率

工业固体废物综合利用率是指工业固体废物综合利用量占工业固体废物产生量（包括综合利用往年贮存量）的百分率。

工业固体废物综合利用量：指报告期内企业通过回收、加工、循环、交换等方式，从固体废物中提取或者使其转化为可以利用的资源、能源和其他原材料的固体废物量（包括当年利用往年的工业

固体废物贮存量)，如用作农业肥料、生产建筑材料、筑路等。综合利用量由原产生固体废物的单位统计。

计算公式：

$$\text{工业固体废物综合利用率 (\%)} = \frac{\text{工业固体废物综合利用量 (t)}}{\text{工业用工业固体废物产生量} + \text{综合利用往年贮存量 (t)}} \times 100\% \quad (11)$$

2.3.2 能源产生情况

2.3.2.1 电力上网水平

电力上网水平主要针对存在发电企业的循环经济产业园区，主要是考察指标为园区全年上网电量/年入厂垃圾量。吨上网电量的影响因素比较多，其核心在于入炉生活垃圾热值以及垃圾焚烧技术工艺。据了解，2019年度，垃圾焚烧发电企业平均吨上网电量均值为283kW·h。

2.3.2.2 富余蒸汽利用情况

富余蒸汽利用情况主要是考察当园区产出多余热蒸汽时，是否进行有效利用，比如是否供给园区内部供暖、园区周边民宅采暖等。

2.4 园区空间规划水平

2.4.1 功能分区

2.4.1.1 风向合理

循环经济产业园主体为工业企业，会有臭气比较重和散发H₂S、SO₂、NH₃等气体，应使其布置在园区的下风向处，营造良好的办公生活环境。

2.4.1.2 功能分区明确

功能分区就是将各功能部分的特性和其他部分的关系进行深入细致、合理、有效地分析，最终决定其各自在红线内的位置、大致范围和相互关系。循环经济产业园中功能分区极为关键，循环经济产业园占地面积大，包含项目多，物料协同多，工艺联系密切，合理的功能分区可以使园区功能、空间、景观等方面都呈现一种有序的状态。功能分区主要是考察分区是否明确；工艺联系是否方便；动静、主次、内外关系安排是否合理；交通运输是否流畅等。

2.4.1.3 工艺流程顺畅

循环经济园区主要是由以工业生产为主体的企业组成，工艺流程是由工业企业的技术条件和产品的生产技术特点决定的，工艺流程的顺畅可以极大的节省工艺生产成本，同时，有助于提高工作人员的工作效率。

2.4.2 空间形象

2.4.2.1 外部空间形象

循环经济产业园作为新型环保型园区，良好的外部空间形象有助于提升城市整体形象，有效地增加园区的辨识度，增加周边居民对园区的好感度，减少抵触心理。

2.4.2.2 内部空间环境

良好的内部空间环境可以有效地提高员工的工作幸福感，同时可以提升参观人员对新型工业园区的探索的渴望，帮助参观人员学习和了解垃圾处置的全过程，减少对固废产业的抵触心理。

2.4.2.3 园区绿地覆盖率

丰富绿地面积，可以有效改善园区周边的环境，为办公和参观人员营造一个良好的空间环境。

2.4.2.4 厂前区空间环境

厂前区作为循环经济产业园的前沿空间，是人流集散、对外联系的枢纽。在满足生产功能的同时，厂前区空间环境应利用空间造型艺术营造舒适的环境，提高园区整体的城市形象。

2.4.3 交通系统

2.4.3.1 人、物流是否分开设置出入口

人、物流分开设置出入口主要是避免园区内物流运输对人流密集地段的影响，营造良好的办公生活环境。

2.4.3.2 各种物流线路的交叉情况

固废类循环经济产业园最大的特点就是高峰时段物流运输频繁，而且当项目越多，物流运输线路越复杂合理规划交通流线，可以极大程度避免物流车在园区拥堵的可能，保证园区的有效生产。当物流线路交叉越多，越有可能在交叉点出现拥堵。物流线路的交叉情况主要是考察园区出现拥堵地段的数量。

2.4.3.3 人、物流是否交叉

《工业企业总平面设计规范》GB 50187-2012要求，园区总平面布置应使人、物流分流，避免运输繁忙的物流和人流道路交叉。

2.4.3.4 重点地段是否设置人行道

人流密集地段是否设置人行道、参观区域是否设置人行道、物流密集地段是否设置人行道。

2.4.4 竖向系统

2.4.4.1 是否充分利用原始地形

《工业企业总平面设计规范》GB 50187-2012要求，总平面布置应充分利用地形、地势、工程地质及水文地质条件。当园区地形坡度较大时，建、构筑物的长轴宜顺等高线布置；应结合地形及竖向设计，为渗沥液和其他物料采用自流管道及高

表2 循环经济产业园综合评价指标表

序号	指标名称	单位	分级标准				
			很好	好	一般	差	很差
			[100,90]	(90,80]	(90,80]	(90,80]	(60,0)
1	对区域生态的影响	/	无	不明显	明显	比较明显	显著
2	对周边住户的影响	/	无	不明显	明显	比较明显	显著
3	对城市交通的影响	/	无拥堵	少量拥堵	拥堵	大量拥堵	严重拥堵
4	解决就业岗位能力	/	1	1~0.9	0.9~0.8	0.8~0.7	≤0.7
5	为周边住户提供便利设施程度	/	完善	基本完善	一般	比较缺乏	无
6	园区人均工业增加值	万元/人	≥15	15~13	13~10	10~7	≤7
7	对周边区域的经济效益	/	显著	比较明显	明显	不明显	无
8	宣教设施的设置水平	/	完善	基本完善	一般	比较缺乏	无
9	宣教设施的使用运营情况	/	充分利用	较多利用	一般	较少利用	无
10	对城市形象的提升情况	/	很好	好	一般	差	很差
11	土地资源利用情况	/	1	1~0.9	0.9~0.8	0.8~0.7	≤0.7
12	水资源利用情况(万元GDP水耗)	t/万元	≤9	9~12	12~15	15~18	≥18
13	风向合理	/	很好	好	一般	差	很差
14	分区明确	/	很好	好	一般	差	很差
15	工艺流程顺畅	/	很好	好	一般	差	很差
16	外部空间形象	/	很好	好	一般	差	很差
17	内部空间环境	/	很好	好	一般	差	很差
18	园区绿地覆盖率	%	≥35	35~30	30~25	25~20	≤20
19	厂前区空间环境	/	很好	好	一般	差	很差
20	人、物流出入口是否分开	/	完全分离	利用绿化带分离			未分离
21	各种物流线路交叉情况	个	0	0~3	3~6	6~9	≥10
22	人、物流线路是否交叉	/	不交叉	少量交叉		多次交叉	
23	重点地段是否设置人行道	/	完善	基本完善	一般	比较缺乏	无
24	是否有效利用原始地形	/	完全满足	基本满足	满足	少量满足	不满足
25	园区土方平衡情况	%	≤10	10~20	20~30	30~40	≥40
26	园区政策制定和实施	/	完善	基本完善	一般	比较缺乏	无
27	信息平台建设	/	完善	基本完善	一般	比较缺乏	无
28	发展空间	/	完全满足	基本满足	满足	少量满足	不满足
29	固废处理处置率	%	100	100~90	90~80	80~70	≤70
30	城市生活垃圾无害化处置率	%	100	100~90	90~80	80~70	≤70
31	城市污水处置率	%	≥80	80~70	70~60	60~50	≤50
32	污染物去除率	%	100	100~90	90~80	80~70	≤70
33	排放总量系数	%	0~50	50~80	80~90	90~100	>100
34	排放水平	%	100	100~90	90~80	80~70	≤70
35	园区能源循环利用情况	/	充分利用	较多利用	一般	较少利用	无
36	工业用水重复利用率	%	≥75	75~65	65~55	55~45	≤45
37	工业固废综合利用率	%	100	100~90	90~80	80~70	≤70
38	电力上网水平	kW·h	≥283	283~273	273~253	253~223	≤223
39	富余蒸汽利用情况	/	充分利用	较多利用	一般	较少利用	无

站台、低货位等设施创造条件。

2.4.4.2 园区土方平衡情况

此类园区主要有平原型和山区型两大类,且焚烧厂对场地平整度要求较高,当填方量或者挖方量超过10万m³时,填挖方之差小于5%时,则认为土方平衡;当填方量或者挖方量均在10万m³以下时,填挖方之差小于10%时,则认为土方平衡。

2.5 园区管理及发展

2.5.1 园区管理

2.5.1.1 园区政策制定和实施

园区政策制定和实施是指园区监测及管理制度健全,实施力度到位,具备应急反应能力,建立应急预案。

2.5.1.2 信息平台建设

信息平台建设是指园区内信息平台建设的完

善程度，主要考核是否创建局域网；是否定期在局域网和园区内主要企业网站上发布园区污染物排放情况，固体废物产生、供需和流向信息；是否在园区局域网上有园区主导行业清洁生产技术信息（包括原材料选择、节水、节能等）3个方面。

2.5.2 园区发展

园区内部或外部是否留有扩建空间，扩建空间上是否存在需要拆除的建构筑物，扩建时是否影响现状园区的固废处理能力，园区周边市政公用设施是否满足未来扩展空间的要求。

2.6 评价指标体系标准确定

为了得到科学的评价结果，将各项指标进行量化，将各种类型指标转化为统一的表达方式。参考相关资料，将各评价指标量化值进行等级量化，量化结果见表2，其中部分数据标准值参考《基于产业共生的园区循环经济发展模式研究》。

3 综合评价指标权重的确定

经过大量调研和资料分析，经多专家进行打分汇总，最终确定各个指标体系的权重，见表3。

4 总结

我国经济发展进入新常态，资源环境约束下的产业转型升级，要求必须大力发展低碳循环经济。发展循环经济产业园是推动循环经济发展的重要模式和现实平台，是促进经济结构转型提升的有效途径。本文针对循环经济产业园进行研究，建立了循环经济产业园在对城市及环境的影响、固废产业处理能力、资源循环利用能力、空间规划水平、园区管理及发展等5个方面的综合评价指标体系，共包含39项指标。本文通过大量调研和资料分析，得出各项指标的权重，通过各项指标的计算，可以快速、有效地得出园区规划需优化的方面，为未来循环经济产业园区的规划实施提供参考。

参考文献

- [1] 何为媛.重庆市现代农业园区综合评价体系的构建与应用[J].农村经济学,2019,(18):221-224.
- [2] 李洋.工业园区循环经济标准体系研究[J].标准科学,2018,(10):54-58.
- [3] 中华人民共和国生态环境部.HJ 274-2015 国家生态工业示范园区标准[S].北京:中国环境科

表3 循环经济产业园综合评价指标权重统计表

序号	指标名称	权重分值
1	对区域生态的影响	0.03
2	对周边住户的影响	0.09
3	对城市交通的影响	0.03
4	解决就业岗位能力	0.02
5	为周边住户提供便利设施程度	0.02
6	园区人均工业增加值	0.02
7	对周边区域的经济效益	0.02
8	宣教设施的设置水平	0.02
9	宣教设施的使用运营情况	0.02
10	对城市形象的提升情况	0.01
11	土地资源利用情况	0.01
12	水资源利用情况(万元GDP水耗)	0.01
13	风向合理	0.03
14	分区明确	0.05
15	工艺流程顺畅	0.04
16	外部空间形象	0.03
17	内部空间环境	0.03
18	园区绿地覆盖率	0.01
19	厂前区空间环境	0.02
20	人、物流出入口是否分开	0.02
21	各种物流线路交叉情况	0.03
22	人、物流线路是否交叉	0.02
23	重点地段是否设置人行道	0.01
24	是否有效利用原始地形	0.03
25	园区土方平衡情况	0.02
26	园区政策制定和实施	0.03
27	信息平台建设	0.02
28	发展空间	0.03
29	固废处理处置率	0.04
30	城市生活垃圾无害化处置率	0.02
31	城市污水处置率	0.02
32	污染物去除率	0.02
33	排放总量系数	0.02
34	排放水平	0.02
35	园区能源循环利用情况	0.05
36	工业用水重复利用率	0.02
37	工业固废综合利用率	0.02
38	电力上网水平	0.02
39	富余蒸汽利用情况	0.03
总计	1.00	

学出版社,2015.

- [4] 王元亮.基于产业共生的园区循环经济发展模式研究[M].北京:社会科学文献出版社,2019.

垃圾焚烧发电厂工程设计中 基于EHS的支吊架设计应用

■ 胡晓天 王双成 [动力]

摘要: 本文论述了垃圾焚烧发电厂汽水管道应力分析及支吊架设计的基本内容,利用支吊架设计软件EHS绘制支吊架,提高了效率和准确率,实现了高压给水管道的合理布置,从而保证了垃圾焚烧发电厂的安全运行。

关键词: 垃圾焚烧;支吊架;EHS软件

垃圾焚烧发电作为一种快速处理垃圾的途径,逐渐成为我国及世界各国倡导和推广的节能环保项目^[1]。垃圾焚烧发电厂运行中存在大量高温、高压的汽水管道,管道受热膨胀,产生热胀应力,因此管道支吊架的作用显得尤为重要^[2]。垃圾焚烧发电厂的管道支吊架主要包括刚性吊架和弹性支吊架两种,可以起到承受管道自重、保温、介质、附件的作用,能够将管道自重应力控制在允许的范围之内,保证管道和连接设备能够安全稳定地运行^[3]。因此,需要加强对垃圾焚烧发电厂热力管道支吊架的分析与研究,采取更加简单且准确的方法设计支吊架。

1 支吊架设计与选用

1.1 基本原则

管道支吊架的设计主要遵循以下几个原则:

(1)按照支吊架设计中对于跨距的要求,控制

支吊架间距,以保证其挠度不超过限制。同时支吊架位置的确定还必须考虑现场的实际条件,确保支吊架可生根于钢架结构或地面上。

(2)支吊架的设置还应满足管系的柔性要求,利用管系的自支撑与补偿能力,合理布置及分配支吊架。对于某些有特殊要求的位置,则需利用支吊架有效控制管道的纵向及横向位移。

(3)具体到某一位置的支吊架类型及结构,则应根据该支承点管道材质、保温层厚度、载荷大小与方向及管道位移情况进行选择^[4]。

1.2 支吊架类型

管道支吊架按其功能可分为承受管道荷载、限制管道位移和控制管道振动3类。

(1)承重支吊架主要作用是承受管道荷载,分为恒立弹簧支吊架、可变弹簧支吊架、刚性支吊架、滑动支吊架、滚动支架。

(2)限制性支架主要作用是限位,阻止管道发生非预期方向的位移,分为导向支架、限位支架、固定支架。

(3)防振支架主要作用是控制振动、摆动、冲击,分为减振装置、阻尼装置。

作者简介:胡晓天,男,助理工程师,2019年毕业于华北电力大学热能工程专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

吊架分为刚性吊架、弹簧吊架、限位吊架。弹簧吊架又可分为普通弹簧吊架、恒力弹簧吊架。恒力弹簧吊架性能优越，始终承受基本不变的荷载。

固定支架是一种承重支架，对承重点管线起限位作用，不允许管道有任何位移，要求其本身具有充足的强度和刚性结构，也是管道热胀补偿设计计算的原点^[5]。

1.3 EHS软件

EHS是由长沙路草软件开发有限公司开发的二维支吊架软件，此软件除了基本的单吊、双吊

为：支架、横担吊架、单吊和管卡；立管支吊架的具体型式为：立管吊架和立管支架。中部区域可对选择出的支吊架型式输入标高（一般输入管中心的标高，EHS会按手册自动填入标准的生根面标高）。右侧区域可对根部和管部进行选择，首先根据实际选择根部数量、根部槽钢数量和具体的根部型式，然后选择管部的具体型式和连接方式，最后可根据实际情况选择垫高，可供垫高的有无缝钢管、钢板和型钢等10余种型式。全部设置完成后可点击下方的绿色右箭头计算生成支吊架。

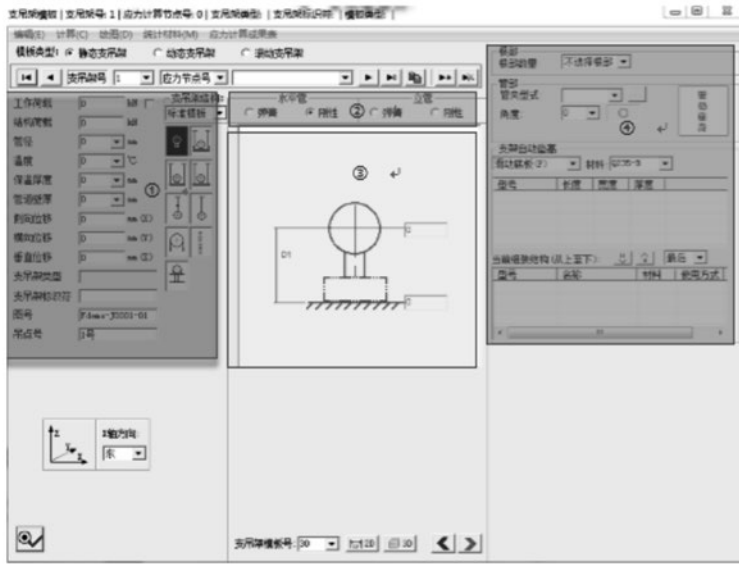


图1 EHS操作界面

此软件与以往人工绘制支吊架的优势在于：

- (1) 确定好型式自动计算绘制，各个零件自动搭配组装；
- (2) 修改支吊架只需修改相应数据，便会自动调整；
- (3) 能一键生成所有支吊架、支吊架明细表以及支吊架汇总表计算总重并套标准图框，无需人工统计材料量；
- (4) 可自定义非标支吊架，型式较多，由此可见，EHS极大地提高了绘制支吊架时的效率和准确率，效率至少能提高2倍以上。

用EHS绘制支吊架还应注意以下几点：

外，还增加了50余种非标的支吊架安装方式，也可以自动绘制支吊架明细表和汇总表。

支吊架设计之前首先需要对EHS进行一系列的设置，首先需导入相应的工程和卷册，如没有则需新建。而后选择产品规范中的规范二。最后选择设置选项，依据画图习惯进行相应设置。

EHS的操作界面如图1所示，左侧区域可以输入所需设计管道的详细参数，包括荷载、管径和位移等信息。中上方区域可选择是水平管弹簧、刚性支吊架还是立管弹簧、刚性支吊架。水平管支吊架的具体型式

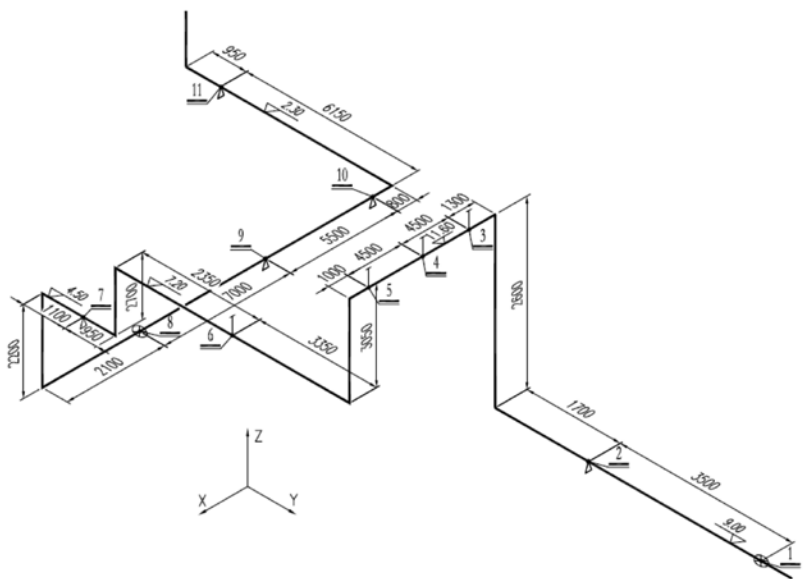


图2 高压给水管建模

(1) 绘制支架时, 管部和根部之间需加钢板;

(2) 根部设在锅炉钢架上时, EHS可以将根部混凝土替换成型钢, 多种标准型钢可选, 亦能添加符合所选型钢的补强板;

(3) 绘制吊架时, 使用U形吊板和单孔吊板时, 一般要配花兰螺丝, 这样安装时可对拉杆进行调节;

(4) 绘制弹簧支吊架时, 弹簧可串联连接。

2 实例分析

2.1 分析对象

分析Z市某垃圾焚烧项目的高压给水管道。余热锅炉系统参数为中温次高压, 管道设计参数为: 设计压力

10.5MPa, 设计温度130℃, 管道管径DN200, 材质为20G。

2.2 管道建模与分析计算

将高压给水管道按照图2进行建模, 并通过START软件进行应力分析计算和支吊架设计。

通过应力计算得到的各点处的应力和力矩如

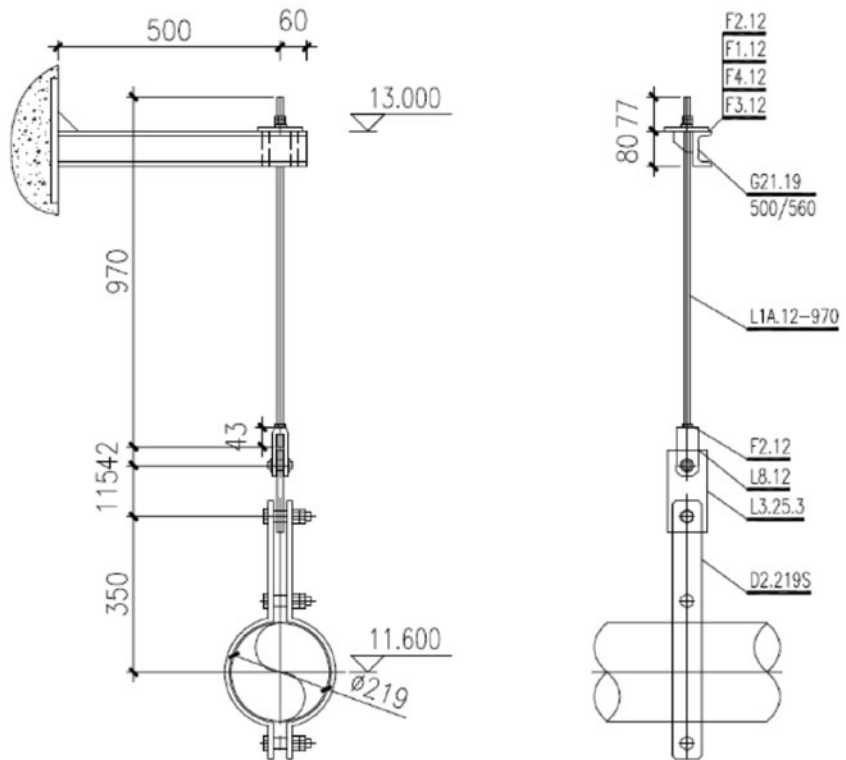


图3 3号刚性吊架

表所示。

表中有3种支吊架类型, 分别为固定支架、滑动支架和刚性吊架, 其中1号和8号支吊架为固定支架。

2.3 管道支吊架设计

下面对3种类型的支吊架进行绘制。

由表可知, 3号刚性吊架只有Z方向的荷载,

表 应力计算结果

节点	支吊架类型	F_x (kN)	F_y (kN)	F_z (kN)	M_x (kN·m)	M_y (kN·m)	M_z (kN·m)
1	固定支架	-2.235	-21.51	-3.238	-8.03	-0.89	4.49
2	滑动支架	0.274	-4.679	-15.624	-	-	-
3	刚性吊架	0	0	-1.527	-	-	-
4	刚性吊架	0	0	-6.208	-	-	-
5	刚性吊架	0	0	-11.64	-	-	-
6	刚性吊架	0	0	-10.533	-	-	-
7	滑动支架	0.997	0.393	-3.573	-	-	-
8	固定支架	5.672	-0.864	-13.047	-0.23	5.76	-2.30
9	滑动支架	-2.663	0.872	-9.341	-	-	-
10	滑动支架	-2.287	1.112	-8.478	-	-	-
11	滑动支架	-4.942	0.032	-16.474	-	-	-

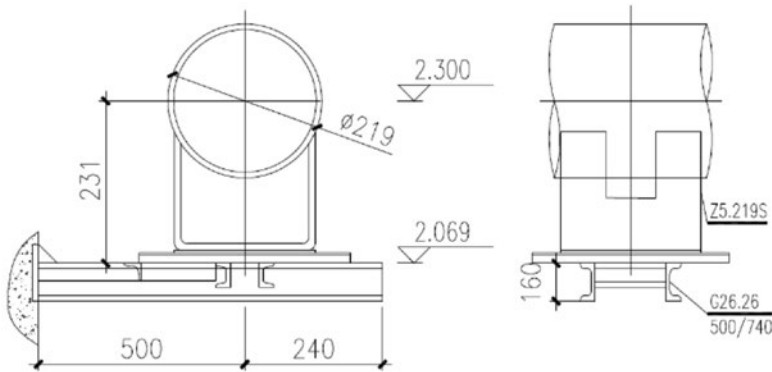


图4 9号滑动支架

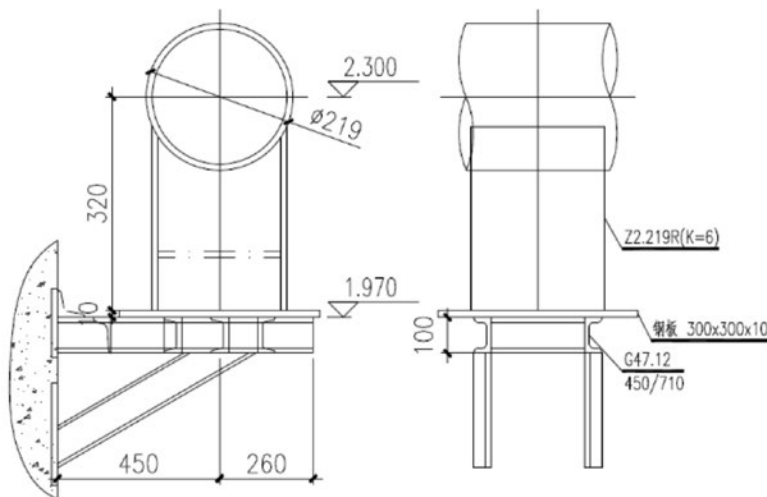


图5 8号固定支架

在EHS区域1中输入荷载和位移,根部选G21,管部选D2,生成单拉杆刚性吊架详图,如图3所示。

在EHS区域1中输入荷载和位移,根部选G26,管部选Z5,生成滑动支架,如图4所示。

支吊架手册中固定支架G47的当量力的计算公式为:

$$P = 1.3P_y - \frac{1}{30}(2.6H - 1.25I)P_x + \left(\frac{1.95H}{I} + 0.5 + \frac{1}{4} \frac{F1}{W_{x1}} H \right) P_z + \left(\frac{1.95}{t} + \frac{1}{4} \frac{F1}{W_{x1}} \right) M_x + \frac{M_y}{30} + \frac{\sqrt{3}}{20} M_z$$

式中: P_x 、 P_y 、 P_z 分别为X、Y、Z方向的公斤力; M_x 、 M_y 、 M_z 分别为X、Y、Z方向的力矩。

在EHS区域1中输入3个方向的力和力矩,根

部选G47,管部选Z2,EHS会按照上述公式自动计算得到当量力并选择满足要求的型式(注:此时EHS中的Y方向是管道的轴向,X和Z是管道的径向),生成的8号固定支架详图如图5所示。

由此可见,EHS绘制支吊架方便快捷,详图清晰标准,满足日常设计要求。

3 总结

综上所述,垃圾焚烧发电厂中管道支吊架的设计与管道的安全运行密切相关。EHS软件可对多种类型的支吊架进行计算和绘制,自动化程度高,方便快捷,详图清晰标准,极大地提高了支吊架的绘制效率和正确率,优化了设计流程,保证了电厂的稳定安全运行。

参考文献

- [1] 刘彦辉.城市生活垃圾焚烧处理工艺系统设计分析探讨[J].绿色科技,2015(6):5-8.
- [2] 刘霄.垃圾焚烧发电厂汽水管道路应力分析和支吊架设计的优化[J].环境卫生工程,2018(6):26卷第3期P59.
- [3] 郭延军.火力发电厂在役管道支吊架失效分析[J].热力发电,2008(02):84-86.
- [4] 电站锅炉四大管道支吊架设计原则与检验方法[J].工程技术,171-172.
- [5] 浅谈热力系统管道支吊架安装与调整[J].科学之友,2010(10):32-35.

复合材料铺叠间 室内正压度的设计与分析

■ 赵雷昌 [暖通]

摘要: 为了合理确定复合材料铺叠间的室内正压度, 本文通过现场测量不同铺叠间的新风送风量, 并通过风机变频得到不同新风送风量, 得出洁净间的正压度与新风换气次数的关系。

关键词: 换气次数; 新风; 铺叠间; 正压度

1 背景

复合材料已经成为先进航空装备不可或缺的结构材料, 是实现航空装备轻量化、高性能的关键性材料, 已经成为衡量现代航空装备先进性的标志之一。在民机领域, 波音公司的B787复材使用量达到50%, 空客公司的A350XWB复材使用量达到52%; 我国的ARJ21复材使用量占比小于10%, 单通道飞机C919使用占比不足20%, 未来预计双通道飞机C929使用占比超过50%。由上可见, 对比国际先进水平, 随着产量的提升和技术的不断迭代进步, 其复合材料的技术水平和使用量必将迎来一个的发展时期, 航空工业领域的复合材料厂房在将来一段时间也将迎来高潮。

复合材料生产制造厂房一般包括铺叠间、固化区、机械加工区、装配区、包装发送区以及附属办公区等区域组成, 其中, 复合材料的生产经历了手工铺叠、自动裁剪、自动铺带及丝束铺放4个发展阶段, 铺叠间有较高的温湿度要求, 并具有室内洁净的要求。本文主要以铺叠间的空调系统设计与分析为主。

2 工艺要求

《航空工业复合材料车间和金属胶结车间设计规程》(HBJ16-2006)中规定, 室温要求 $22\pm 4^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度30~65%之间; 室内对室外应保持10~40Pa的正压力差; 洁净度要求 $>10\mu\text{m}$ 的尘粒不多于10个/L。

目前, 在一些涉外分包项目复材厂房的铺叠间, 室内对室外应保持10~40Pa的正压力差, 洁净度要求 $>5\mu\text{m}$ 的尘粒不多于52个/L。

3 正压度设计

目前设计的单个铺叠间建筑面积一般从几百到几千平方米不等, 高度从6m~12m, 房间体积从一千到几千 m^3 。目前最大的单个铺叠间面积将近 1万m^2 , 高度14m, 体积超过 10万m^3 。工艺生产要求铺叠间维持一定的正压, 一般是大于5Pa或是10Pa, 以防止房间外非处理空气侵入, 对室内空气温湿度、洁净度造成不利影响, 因此处理方式是给室内提供一定的新风量。由于铺叠间一般均为轻质结构厂房, 板材拼接之间有缝隙, 不可能做到完全密封。如果送入的新风量过小, 将使铺

作者简介: 赵雷昌, 男, 高级工程师, 2003年毕业于南京理工大学建筑环境与设备工程专业, 现就职于航空工业规划飞机工程事业部。

叠间无法维持要求的正压，难以保障室内的空气的工艺要求；如果新风量过大，则会使空调净化系统、冷热源系统的投资、能耗及运行费用大幅度增加，因此如何合理确定新风换气次数是铺叠间设计面临的一个重要问题，也是影响室内最终效果的关键因素之一。

房间正压度的计算，一般分为压差缝隙法和换气次数法。压差缝隙法是考虑房间的密封性，通过门窗单位长度缝隙渗透空气量及缝隙长度，计算出渗透风量。但单位长度缝隙渗透空气量是根据不同门窗形式统计得出，现场实际壁板、门窗安装会有一定差异性。换气次数法是按照《洁净厂房设计规范》的推荐值，要满足铺叠间的正压度10Pa要求，其空调新风换气次数为2~4h⁻¹。

对于非轻型结构的高大空间厂房，且无直接对外的大门和外窗，李兆坚在海南某高大厂房进行实测，在换气次数达到0.8h⁻¹即可达到室内正压10Pa的要求。对于以轻型结构为主的铺叠间，由于壁板的密封性不如重型结构，因此，在工程实践中多有正压度达不到设计要求的案例出现。在进行现场问题处理时，新风量不足还是建筑围护结构密封不严，这是一个很容易发生相互扯皮指责的问题。通过正压度能够成功建立的厂房的分析，并对其新风量和换气次数的数据进行统计研究，可以发现处于建筑内区的高大铺叠间的正压度建立规律。作者通过风机变频调速来实现风量调节，以减少现场风量测量工作量以及提高数据统计的效率。

现在空调送风系统的新风机组多采用变频调

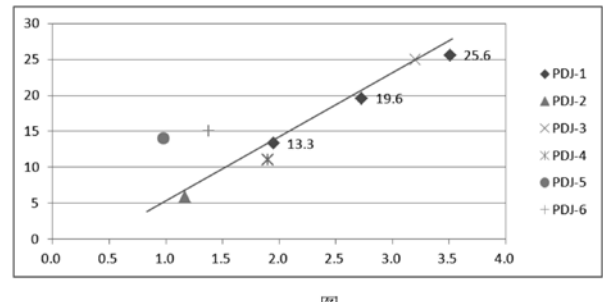


图1 房间正压度与换气次数关系

速风机，对于一确定风系统，一般风机风量与转速成正比，风压与速度的平方成正比，轴功率与转速的立方成正比。异步电机的转速 n 与电源频率 f 、转差率 S 、电机极对 P 的关系由下式决定： $n=60f(1-S)/P$ 。可以看出，转速 n 与电源频率 f 成正比，即改变 f 就可改变 n 。基于这一原理，通过调整变频器作为变频电源来调节电动机的转速。因此，可以通过用变频器改变风机的转速，获得不同风量，来校核不同风量下房间的正压度。

下表是笔者在不同时期设计及问题碰到的铺叠间参数表，主要有关新风和房间换气次数的数据如下：

下图是笔者在不同厂房下的试验数据。横轴为换气次数，纵轴为对应的正压度。同一房号较大换气次数的数据是实际读取的，其他换气次数为根据上述原理，在现场利用风机变频调速，进而改变送风量进行推算而得的换气次数。

根据上图，通过对于已经实现正压度建立的房间，铺叠间PDJ-1、PDJ-2、PDJ-3、PDJ-4围护结构均为轻质结构，当新风量的换气

新风和房间换气次数表

厂房代号	铺叠间				机组配置				设计时间
	面积	高度	体积	换气次数	新风量	新风比	新风换气次数	总风量	
	m ²	m	m ³	h ⁻¹	× 10 ⁵ m ³ /h	%	h ⁻¹	× 10 ⁵ m ³ /h	
PDJ-1	1930	6	11580	14.2	4.50	27.3	3.89	16.5	2013.08
PDJ-2	4800	12	57600	5.7	3.00	9.1	0.52	33.0	2009.10
PDJ-3	1584	5	7920	15.8	2.50	20.0	3.16	12.5	2014.03
PDJ-4	2592	9	23328	11.1	4.50	17.3	1.93	26.0	2010.08
PDJ-5	2560	5	12800	6.1	1.18	15.0	0.92	7.9	2007.10
PDJ-6	1024	10.2	10444.8	8.1	1.44	16.9	1.38	8.5	

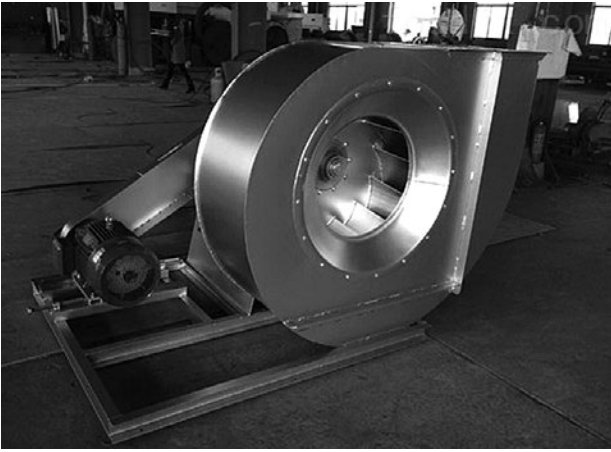


图2 风机照片



图3 铺叠间室内内景1

次数达到2次, 房间的正压度可以实现10Pa, 由于HF-airbus的铺叠间体积超过5万 m^3 , 空间十分巨大, 换气次数在1次左右变化时候, 房间正压度随之变化不是明显线性关系。对于围护结构为重型墙体(轻型石膏板吊顶)的PDJ-5和PDJ-6, 1次/h即可实现正压度10Pa的要求。

4 结论

(1) 复合材料厂房的铺叠间有较高的温湿度要求, 正压度5~10Pa, 洁净度按8级设计;

(2) 对于围护结构为重型墙体(轻型石膏板吊顶)的铺叠间, 1次/h即可实现10Pa以上的正压度要求;

(3) 对于轻型围护结构的铺叠间, 1.2次/h即可实现正压度5Pa的工艺要求, 1.8次/h可实现正压度10Pa的工艺要求。

参考文献

[1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册(下册)(第二



图4 铺叠间室内内景2

版)) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008

[2] 中国有色工程有限公司. GB50019-2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015

[3] 李兆坚. 高大洁净厂房净化换气次数与洁净度关系的测试研究[J]. 暖通空调. 2015, 45(1):1-4

某研发大楼空调系统设计

■ 徐秋阳 张明玉 [暖通]

摘要: 本文介绍了某研发大楼的空调系统设计, 主要内容包括室内设计参数、冷热源、风量的计算、空调系统形式、气流组织、送风系统、排风系统等, 对生物医药研发中心空调系统设计提供一定的工程应用价值。

关键词: 洁净空调; 一次回风; 变风量系统; 废气处理

1 工程概况

本工程为某研发大楼, 为多层工业厂房, 厂房火灾危险性为丙类。总建筑面积约为2万m², 地上6层, 1~5层层高4.5m, 6层层高5.5m, 出屋面机房4m, 建筑高度为32.8m。

1层为分析测试中心及清洗中心, 2层为基因工程及佐剂平台, 3层为病毒疫苗技术平台, 4层为免疫治疗平台, 5层为细菌疫苗技术平台, 6层为中试研发中心。

2 冷热源的选择

空调冷源采用集中冷源形式, 由地下室提供相应的7~12℃冷冻水。冷源保证全年供应。本工程地处集中采暖地区, 建筑物不设置散热器集中采暖, 采用空调加热。空调机组加热采用50~60℃热水, 加湿采用0.2MPa普通蒸气, 并在蒸气管道设置200目的高精度蒸气过滤器。

3 空调系统设计

3.1 空调设计参数

该研发大楼位于北京市, 其空气调节设计参数见表1。

3.2 空调系统的划分

空调系统的划分通常遵循以下基本原则:

(1) 应根据洁净级别、温度、湿度精度要求的划分空调系统;

(2) 应根据气流组织的形式的要求, 如单向

表1 空调设计参数

地点	室外计算干球温度/℃		室外计算湿球温度/℃	室外计算相对湿度/%	
	夏季	冬季	夏季	冬季	
北京	33.5	-9.9	26.4	44	
	室内设计温度/℃		室内相对湿度		换气次数
洁净级别	冬季	夏季	冬季	夏季	
B	20±2	22±2	40%~60%	45%~55%	60
C	20±2	22±2	40%~60%	50%~60%	30
D	20±2	24±2	45%~65%	55%~65%	20
CNC	20±2	26±2	>30	<70	12

流、非单向流形式划分空调系统;

(3) 应将有毒有菌的生产区域与无菌无毒的生产区域空调系统分开, 有毒有菌区域的进入缓冲、更衣、退出缓冲等在有条件的情况下应并入无毒空调系统, 并将房间全排;

(4) 应按照运行班次或使用时间不同分开设置, 如全天24h运行的空调系统应与间歇运行的空调系统相分开。同时空调系统的划分应考虑不同的运行工况, 正常生产、值班运行及环境系统消毒的要求。

因此, 本厂区按照相应的工艺要求及使用需求, 分为6层中试区的1套洁净空调系统, 1~5层各开放实验测试区每层各一套普通全新风空调系统, 1~6层每层各一套PCR区全新风空调系统, 其余工艺区域设置相应的普通空调及6层的恒温室空调。

3.3 空调系统风量的计算

为保证相应的洁净要求, 对洁净度及压差有一定的要求, 往往需要选择合理的计算换气次数。

医药洁净室的送风量通常取以下三者的最大值:

作者简介: 徐秋阳, 男, 助理工程师, 2019年毕业于哈尔滨工业大学供热、供燃气、通风及空调专业, 现就职于航空工业规划医药工程设计研究院。

(1) 根据换气次数, 工作区截面风速或按照室内发生量计算;

(2) 按照洁净室内热湿负荷计算送风量, 如各种发热设备、罐体等产生的热负荷;

(3) 洁净室所需的新鲜空气量。

生物实验室中由于实验生产过程中产生的废热、废气、粉尘较多, 同时还有较多的排风设备如生物安全柜、万向排气罩等, 相应的排风设备排风量如表2所示。导致排风量较大, 需要补充的新鲜空气量也较多, 新鲜空气量通常取下列两者的最大值:

(1) 补充室内排风和保持正压所需的排风量: 对于排风量较大的房间, 本次设计按80%的总排风量补充相应的新风量;

(2) 室内每人所需新鲜空气量不小于 $40\text{m}^3/\text{h}$ 。

4 空调系统形式的选择

4.1 一次回风系统

本厂房1~6层的生物实验区域分为有毒区和无毒区, 根据生物安全等级的要求, 均可回风。本次普通工艺区域设计采用了一次回风全空气空调系统, 主要有以下原因:

(1) 一次回风系统相比于二次回风系统, 机组的长度相对较短, 对于研发大楼机房空间较为紧张, 适合采用二次回风系统;

(2) 二次回风系统适合新风比20~30%左右情况, 研发大楼各生产区域排风设备较多, 新风比通常较大, 二次回风节能效果较差;

(3) 二次回风调试运行相对较为困难, 在运行工况改变的情况下, 调节相对较为复杂。

综合考虑本设计采用一次回风系统。无毒区排风机出口设置F7中效过滤器, 有毒区的排风机出口设置H14高效过滤器。实验区域采用上送下回的送风方式。空调机组主要由新风初效G4、回风段、中效段F6、表冷段、中间段、加热段、加湿段、送风机段, 并设置相应的消毒排风机吊装在空调机房中。

夏季空气处理过程: 一次回风与经过初效G4过滤的新风W混合、混合的空气C进入表冷器冷却

去湿至露点L, 经处理的空气通过再热送入室内。空气处理过程如图1所示。

冬季工况: 经过初效过滤的新风W先与回风N进行混合, 避免当冬季室外温度过低时, 新风直接通过盘管产生冻结, 经过等湿加热和等温加湿处理到送风状态点O, 送入室内, 处理过程如图2所示。

6层的部分中试区域有相应的洁净度要求, 处理过程与普通空调系统基本相同均为一次回风系统。

4.2 PCR区域全新风空调系统

1~6层各层的PCR区域如图3所示, PCR区主要有各个单独的工作区域组成, 即试剂贮存和制备区、标本制备区、扩增和扩增产物分析区。PCR区有严格的净化等级要求, 为避免各个实验区域间相互交叉污染的可能性, 宜采用全新风的空调形式, 同时需要严格控制送、排风比例以保证实验室相应的压力要求。

送风方式为上送下回, 同时考虑送风口和排风口的布置应使室内气流停滞的空间降低到最小程度。在实际设计过程中, 也需要注意以下问题:

(1) 在生物安全柜操作面或其他气溶胶操作地点上方不得设置送风口;

(2) 排风口应设置在室内被污染风险最高的区域, 无障碍单向布置, 同时本次设计每个房间只布置一个回风口;

PCR区机组主要由新风初效G4、中效段F6、表冷段、中间段、加热段、加湿段、送风机段组成, 由于PCR区域为直流系统, 排风量大于最小消毒排风机风量(即送风量的50%), 系统排风机作同时兼用消毒排风机使用, 减少相应消毒排风管路设置。

空气处理过程夏季工况: 新风经过初效过滤的进入表冷器冷却去湿至露点L, 经处理的空气通

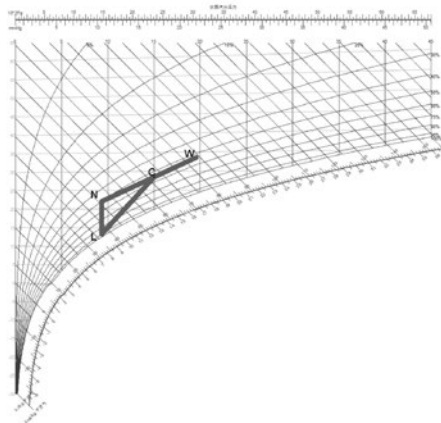


图1 一次回风夏季处理工况

表2 研发中心各排风设备排风量

设备种类	通风橱	生物安全柜(A2)	生物安全柜(B2)	万向排气罩	药品柜
排风量(m^3/h)	1500	500	1500	200	100

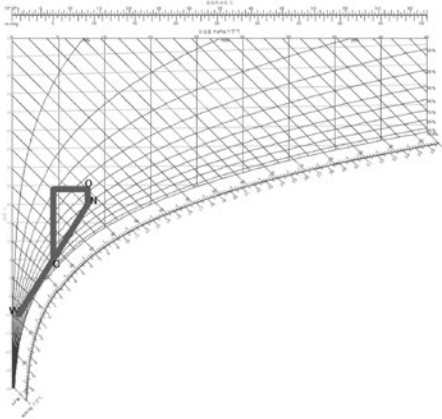


图2 一次回风冬季处理工况

过再热送入室内。

冬季工况：经过初效过滤的新风W经过等湿两段加热和等温加湿处理到送风状态点，送入室内。

5 空调系统消毒

本工程生产区域采用臭氧消毒，在空调机房设置臭氧消毒器，将其连接至洁净空调系统的送风管道中，消毒运行时，由臭氧发生器向空调系统内鼓入臭氧进行消毒，空调设置消毒风机，消毒完毕后，迅速排除臭氧，恢复生产。

6 废气的处理

实验室排风的气体成分较为复杂，开放测试区域进行理化实验，通风橱及万向罩排出的主要成分中含有有机溶剂如乙醇、甲醛、二甲苯、VOCs，通常做法为活性炭吸附法在风机加装活性炭过滤段。

但同时会存在以下问题：

- (1) 活性炭吸附剂容易达到饱和，需要定期更换；
- (2) 同时高湿度的情况、粉尘等会使吸附剂失效；
- (3) 吸附了有害物质的活性炭属于危废物质，处理要求较高；
- (4) 同时活性炭段的风阻相对较高，根据实际情况，额定风量约 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 的活性炭处理段风阻在 800Pa 以上，风机的全压会在 2000Pa 左右，增大了风机的电力消耗；全压选择过小会使空调系统的废气无法顺利排出，影响正常使用。

本次设计采用光氧离子废气处理机处理，

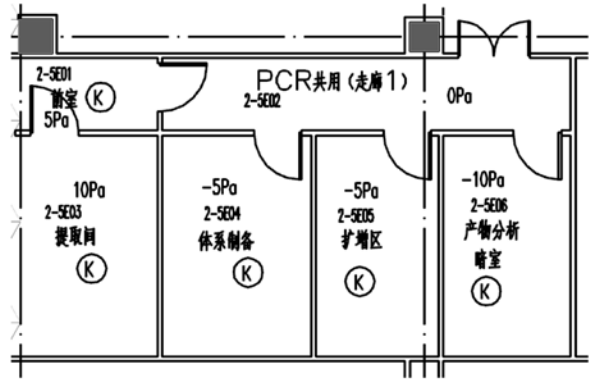


图3 PCR区域平面图

废弃物首先在负压段被吸入，在微波紫外灯的照射下，产生 O_3 、 O_2 、 OH^- 等活性氧成分，之后在纳米半导体光催化的作用下，破坏H-C、H-S、H-Cl等化学键，分解废气污染物。最后在Mn-Ag催化剂的作用下，分解产生的 O_3 ，降低排放的臭氧浓度。相比于常规的活性炭处理，废气中VOCs转化效率提高，臭氧的发生量减少，功率降低80%，且无需耗材不产生二次污染物。处理设备及过程如图4所示。

而生物实验区域，为防止通过生物安全柜排出的气体中可能含有含细菌病毒等泄露，需要在排风机加装H14高效过滤段，同时排风机还应具有耐腐及耐过氧化氢等消毒剂的特性。

7 开放实验区域空调系统的运行控制

对于一般的洁净厂房，通常采用定送变回或变送的形式，在生产过程中，由于生产设备相对较少，通常设备同时使用系数较高。而实验室相对排风设备较多，如果按常规的洁净厂房设计考虑，会带来很多问题：

(1) 常规的洁净厂房设计采用定送变回的形式，设备排风需要连结相应的回风口进行切换，实验室空间紧张，增加相应的风口进行切换会使管路更加复杂，吊顶上方空间更加紧张；

(2) 实验室的排风设备通常数量较多，根据以往的设计经验， 250m^2 左右的开放实验区，通常布置20~30个左右的万向排气罩，4~6个通风橱，4~8个药品柜，2个左右的生物安全柜，按常规所有设备同时使用，会极大增加电能的消耗，造成能源的浪费；

(3) 按照以往的项目经验，常规的定送变回需要将各个排风设备设置单独风机，如万向排气



图4 光氧离子废气处理机处理过程

罩需要与通风橱设置两台不同的风机，既使管路的设置变的复杂，同时也使排风机的数量增加，增加设备占用的有效空间。因此本次设计开放实验区域考虑与排风设备控制联动，采用变送风量的空调系统进行设计。

以本建筑的5层开放实验室为例，房间面积560m²，层高4.5m，按3次/h的换气次数计算，房间换气的排风量为6720m³/h，房间内万向罩32台，通风橱4台，排风量为300~1500m³/h，排风设备不考虑同时使用系数，计算的风量如下：

实验室最小的排风量：
 $32 \times 200 + 4 \times 300 = 7600 \text{m}^3/\text{h}$ ；

实验室最大的排风量：
 $32 \times 200 + 4 \times 1500 = 12400 \text{m}^3/\text{h}$ 。

由于实验室设备最小排风量大于满足房间换气的排风量，故不需要设置辅助排风口，整个实验室有4台变风量排风设备，故此系统为变风量送风系统，送风量根据室内总排风量确定。最小风量的情况下，仅为最大风量的60%，极大节约了能源，同时可仅设置1台排风机，减少了设备占用的空间。

每套通风橱配置一套变风量控制，包括1只变风量排风阀、1只满足使用要求的液晶显示面板、1只面风速传感器、1只位移传感器。首先，通过位移传感器检测通风橱调节窗开度变化，控制通风橱排风量，保持通风橱风速设定值，当调节门

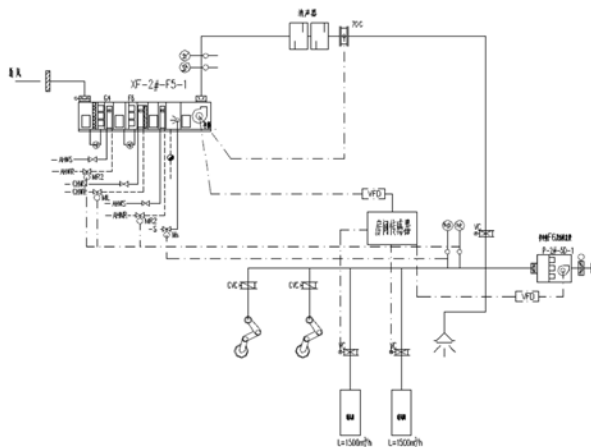


图5 开放实验区域空调自控原理图

位置不变后，面风速传感器实测通风橱的面风速，当通风橱门关闭后，变风量排风阀要维持通风橱的最小排风量，满足实际要求，并且为排气罩、万向抽气罩等设备提供定风量排风。

为了控制房间微负压，每个变风量房间配置一只房间风量控制器，风量控制器接收各个排风设备的信号，实时计算房间内所有通风橱及万向罩排风量总和，然后将信号传递给新风变风量阀，通过控制新风变风量阀的开度，调节房间补入新风量，以保证房间渗透风量恒定，保证房间微负压，控制器通过接收排风变风量阀的信号调整新风阀开度，进而调整房间新风量，满足房间要求。开放实验区域的系统原理如图5所示。

8 结论

研发中心相比于常规的洁净厂房，空调种类系统繁多，控制相对比较复杂，尾气排放处理方式等也有很大的不同，同时受限于建筑层高空间等要求，在设计过程中需要反复斟酌，才能制定合理的空调方案。

(1) 对于不同实验区域，需要合理的划分空调分区及采用合理的空调机组形式，以满足相应的工艺要求；

(2) 注意压差梯度，对于特殊压差要求的房间如PCR区域需要保持负压，需要合理的设计匹配风量，以满足不同房间的压差需求；

(3) 研发中心、实验大楼等通常楼层较多而层高较低，吊顶空间较为紧张，需要对管线进行合理的规划排布，以满足要求，同时降低成本；

(4) 研发中心、实验大楼等进行着各种理化实验及生物实验，排放的废气种类复杂，需要根据相应的排放要求，选择合理的废弃处理方式。

参考文献

- [1] 许钟麟. 医用洁净工程装备实施指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [2] GB 50073-2013. 洁净厂房设计规范[S]
- [3] JGJ 91-2019. 科研建筑设计标准[S]
- [4] 姜治国. 谈PCR实验室的设计与施工[J]. 规划设计, 2015, 15(4): 78-81.

影响安徽某药厂项目空调系统 能耗重点因素分析

■ 李树一 杨尚一 [暖通]

摘要: 本文简单介绍了安徽某制药厂的洁净空调系统的设计, 针对于典型的空调系统使用TRNSYS进行能耗模拟分析, 主要关注风机、锅炉、冷却塔、冷水机组等设备的能耗水平, 分析下一阶段应着重关注的节能关键点。

关键词: TRNSYS能耗模拟; 洁净空调; 节能设计

0 绪论

药厂净化空调具有净化面积较大、净化级别要求相对较高的特点。在设计中, 大多数采用一次回风系统^[1], 使之满足用户对室内洁净度、温湿度、风量、风压的要求。

由于净化空调比一般空调过滤级数多, 过滤阻力大, 风量又大几倍至几十倍, 风压高出500pa~700pa, 大约占系统压头的一半左右, 故其风机运行负荷比一般空调高达3~30倍^[2], 对于单向流洁净室, 风机负荷达到制冷负荷的2~4倍, 对于乱流洁净室也相当于制冷负荷的1/3~1/2。净化空调处理空气的冷热负荷比一般空调能耗高3~10倍, 一般情况下, 制药厂洁净室冷负荷为319~1279w/m², 而一般办公楼空调冷负荷为100~120w/m², 显然差距很大, 因此研究空调耗能结构分析主要耗能点并降低能耗十分有意义。

本文针对一次回风系统, 采用TRNSYS软件分别对于某制药厂不同洁净等级的洁净空调系统进行能耗分析, 主要研究系统在全年运行的过程中, 风机、冷水机组、冷却塔、锅炉等主要耗能设备的能耗占比并进行分析, 总结出下一阶段应着重关注的节能关键点。

1 项目及系统简介

本工程为安徽某药厂生物制品生产及研发中心三期项目3号生产大楼, 为多层工业厂房, 厂房火灾危险性为丙类。总建筑面积为9511.62m², 地上3层, 局部4层, 地上1层为6m, 2、3层均为7.2m, 出屋面部分4.5m。

本次模拟主要选取厂房3层部分典型洁净区域作为模拟对象, 主要选取洁净度为B、C、D级的区域, 空调区域如图1。

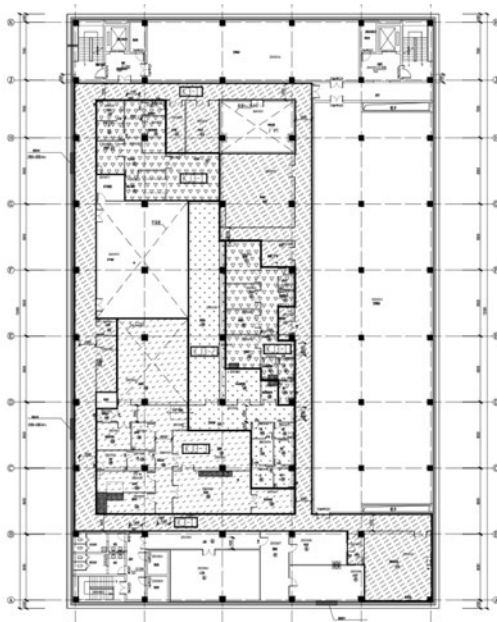


图1 空调区域图

作者简介: 李树一, 男, 助理工程师, 2019年毕业于哈尔滨工业大学供热、供燃气、通风及空调专业, 现就职于航空工业规划动力工程设计研究院。

表1 洁净区域详情

洁净等级	系统面积	总风量	新风比	换气次数
B	190.1	40000	17%	60~80
C	236.3	25000	28%	30~35
D	310.2	25000	25%	20~30

如1所示,选取3层的部分区域主要为3个系统,其中KJ3-2为B级区,KJ3-1为C级区,KJ3-3为D级区。各空调系统负责区域详情如表1。

本次模拟的所有系统具有如下典型特点:

(1)所有系统房间均为内区,完全忽略掉围护结构负荷,只考虑内部设备负荷和新风负荷;

(2)随着洁净等级变化换气次数变化各耗能部件负荷指标变化明显;

(3)全部使用一次回风系统。

使用TRNSYS软件进行系统能耗模拟,得到全年能耗值并进行分析。

2 气象参数资料

本次模拟所有气象资料来自于meteonorm软件。此软件具有全球主要气象站的气象数据,为后续工作提供保障。

本项目位于安徽省合肥市,采用的主要气象参数为安徽省合肥市的气象参数,室外设计参数如表2。

将meteonorm导出的天气参数文件导入模拟软件TRNSYS读取全年逐时的气象参数,合肥全年温度逐时变化如图2。

3 输入条件确定

3.1 室内输入条件

本次模拟的室内基本参数设定如表3。

表2 室外设计参数表

冬季		夏季	
通风室外计算温度	2.6℃	通风室外计算温度	31.4℃
空气调节室外计算温度	-4.2℃	空气调节室外计算干球温度	35℃
冬季主导风向	C E	空气调节室外计算湿球温度	28.1℃
冬季平均风速	3m/s	空气调节室外计算日平均温度	31.7℃
冬季大气压力	1022.3hPa	夏季主导风向	C SSW
		夏季平均风速	2.9m/s
		夏季大气压力	1001.2hPa

表3 室内状态点基本参数表

洁净等级	冬季温度(℃)	冬季相对湿度	夏季温度(℃)	夏季相对湿度
B	22	55%	22	55%
C	22	55%	22	55%
D	20	55%	24	55%

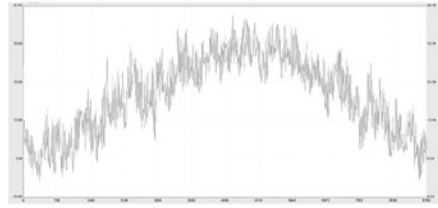


图2 合肥全年温度逐时变化图

3.2 季节判定条件

由于对于药厂组合式空调机组来说,由于洁净要求高,过渡季无法采用全新风模式运行,因此考虑全年运行工况为冬季、夏季两种,并且考虑以焓值来确定处于夏季工况或冬季工况,即室外空气焓值低于室内状态点时为冬季工况运行,室外空气焓值高于室内状态点时为夏季工况运行。经过模拟计算得到全年夏季工况共3859h,冬季工况4901h。如图3所示,空调机组在室外状态点位于夏季区采用夏季工况运行,室外状态点位于冬季区采用冬季工况运行。(此时由于D级区的标准室内温度在冬夏季是不同的温度状态点,考虑过渡季。

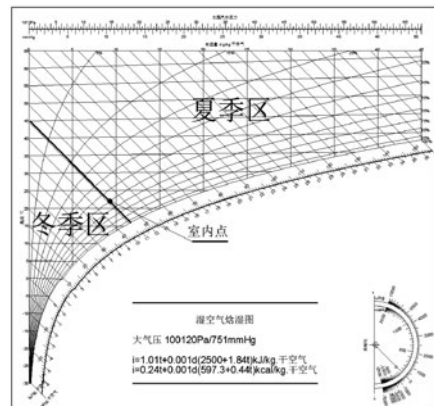


图3 冬夏季区焓湿图

3.3 热力学参数输入

本次模拟的模型主要按照焓湿图中一次回风系统来设计,由于所有系统均为内区,忽略掉极小部分的围护结构负荷,关注点主要放在系统的设备负荷上。而由于条件限制,无法准确给出实际热、湿负荷值,因此采用经验法,按照经验温差与湿差确定室内送风状态点和露点,并由此反算出室内的热、湿负荷并关联相应的冷机、水泵等模块,以此作为依据得到全年能耗。

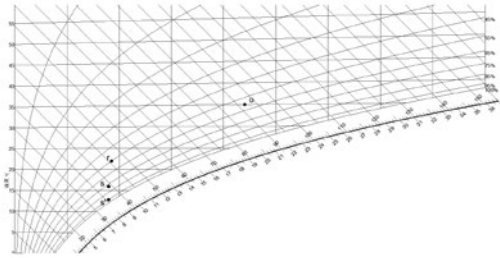


图4 夏季状态点示意图

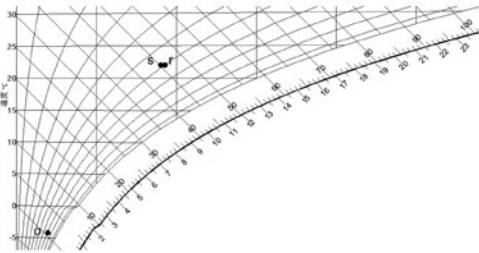


图5 冬季状态点示意图

考虑以焓值来确定处于夏季、冬季，夏季工作日按照6℃送风温差考虑，冬季工作日按照室内同温送风考虑。湿度按照送风点比室内点绝对湿度小0.25g/kg考虑，机器露点按照相对湿度95%考虑，据此可得所有状态点在焓湿图的位置如图4、图5。室内状态点为r点，送风状态点为s点，机器露点为s'点，室外状态点为o点。

3.4 时间参数输入

考虑到休息日的变化，按照每周休息一天，将休息日的全天温差按照负荷率为0时处理，如表4所示。

4 模型搭建说明

4.1 基本部件介绍

本次项目模型主要使用TRNSYS软件中的集成模块来搭建，部分模块不符合使用要求，采用计算器输入公式的方法来代替相应的部件。本次主要使用到的模型如表5。

此外，使用公式带入计算器来代替表冷器、锅炉等部件，并且使用计算器逻辑计算来实现不

表4 室内状态点基本参数表

时间	夏季送风温差	冬季送风温差
20:00~6:00	3℃	2℃
6:00~8:00	3.5℃	2℃
8:00~10:00	4℃	2℃
10:00~16:00	6℃	2℃
16:00~18:00	5℃	2℃
18:00~20:00	3.5℃	2℃

表5 部件功能表

模型编号	模型功能
Type33c	焓湿图 (通过温度与绝对湿度计算)
Type33e	焓湿图 (通过温度与相对湿度计算)
Type112a	风机
Type14h	时间强制函数
Type41a	周作息控制
Type24	积分计算器
Type114	水泵
Type510	冷却塔
Type65c	图形显示器
Type666	冷水机组
Type89b	室外气象参数读取器

同季节、不同时间点的机组启停控制、季节工况转换等功能。搭建模型如图6。

各计算模块分别计算了水在表冷器、锅炉等部件对于水温的影响，同时进行数学计算、判定选择计算与单位换算，通过积分器type24部件将各个主要部件的单位时间耗能累加，最终得到年耗能量。

本次模型搭建从方便后续研究工作的实施与搭建过程简洁明了的方面考虑，采用对于新风和回风分别处理的设计，即新风处理到机器露点，

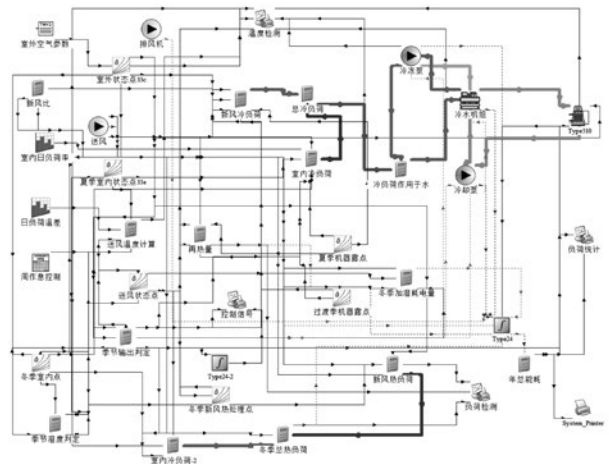


图6 搭建模型示意图

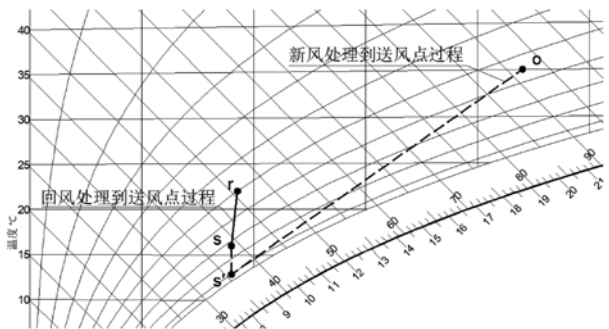


图7 夏季模型搭建空气处理原理焓湿图

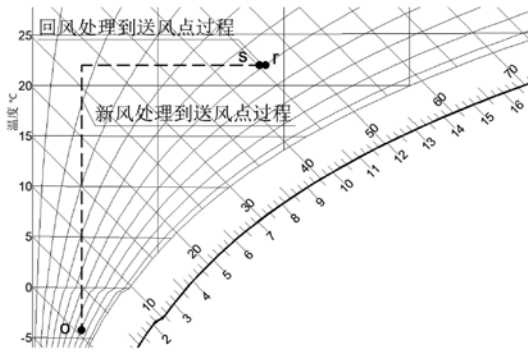


图8 冬季模型搭建空气处理原理焓湿图

再热至送风状态点；回风处理到露点，再热至送风状态点，将处理完成的新风与回风混合再送入室内，从热力学角度来说最终结果与一次回风过程相同。实际处理过程夏季如图7，冬季如图8。

4.2 基本参数输入

此外，将其中各设备模块按照设备设计选型的过程输入基本参数，具体参数设定如表6。

5 模拟结果

5.1 主要模拟结果

B级区模拟结果如表7，能耗占比如图9。

C级区模拟结果如表8，能耗占比如图10。

表6 基本参数设定表

	B	C	D
冷冻水泵功率 (kW)	7.5	7.5	7.5
冷冻水泵流量 (kg/h)	43300	63600	43300
冷却水泵功率 (kW)	7.5	11	7.5
冷却水泵流量 (kg/h)	54300	78800	54300
冷水机组COP	5.31	5.31	5.31
冷水机组容量 (kW)	251	251	251
冷却塔功率 (kW)	5.9	5.9	5.9
送风机风量 (kg/h)	44024	23789	28879
送风机功率 (kW)	44	23	29
排风机风量 (kg/h)	24000	12000	18000
排风机功率 (kW)	6	3	4.5

表7 B级区能耗量、能耗指标与能耗占比统计表

	能耗量 (kWh)	用能密度 (kWh/m ²)	能耗占比
送风机	385440	2018	53.75%
排风机	52560	275	7.33%
冷冻泵	28942.5	151.53	4.04%
冷却泵	28942.5	151.53	4.04%
冷水机组	104858.7	549	14.62%
冷却塔	22768.1	119.2	3.17%
夏季锅炉	52608.5	275.4	7.34%
冬季锅炉	41023	214.8	5.72%
总量	717143.3	3754.46	100.01%

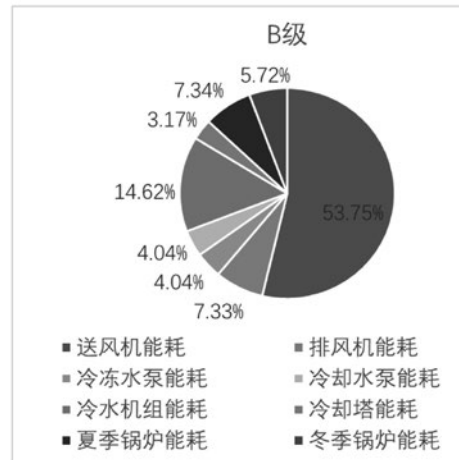


图9 B级区能耗占比图

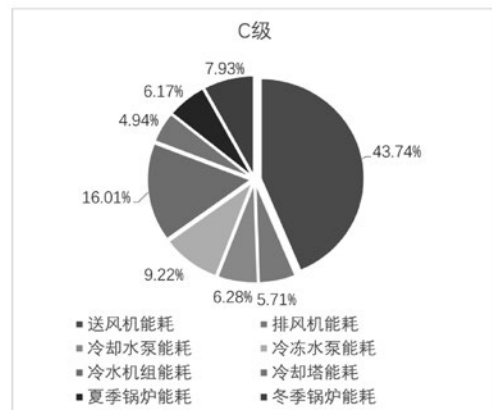


图10 C级区能耗占比图

D级区模拟结果如表9，能耗占比如图11。

5.2 模拟结果分析

经数据统计可以明显看出，不同洁净等级系统的能耗占比有较明显差异，主要耗能点在于风机能耗的不同，B级送风机能耗占比达到53.75%，远大于C级的43.74%与D级的46.16%，分析可得是换气次数的较大差异造成，下一步可

表8 C级区能耗量、能耗指标与能耗占比统计表

	能耗量 (kWh)	用能密度 (kWh/m ²)	能耗占比
送风机	201480	853.73	43.74%
排风机	26280	111.36	5.71%
冷冻泵	28942.5	122.64	6.28%
冷却泵	42449	179.87	9.22%
冷水机组	73723.8	312.39	16.01%
冷却塔	22768	96.47	4.94%
夏季锅炉	28428	120.46	6.17%
冬季锅炉	36511	154.71	7.93%
总量	460582.3	1951.63	1

表9 D级区能耗量、能耗指标与能耗占比统计表

	能耗量 (kWh)	用能密度 (kWh/m ²)	能耗占比
送风机	254040	819.5	46.16
排风机	39420	127.16	7.16
冷冻泵	31845	102.73	5.79
冷却泵	31845	102.73	5.79
冷水机组	91189.6	294.16	16.57
冷却塔	25051.4	80.81	4.55
夏季锅炉	50329	162.35	9.15
冬季锅炉	26573	85.72	4.83
总量	550293	1775.16	100

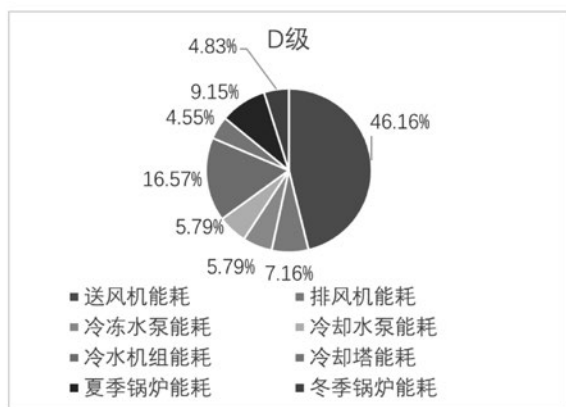


图11 D级区能耗占比图

在保证工艺需求的前提下，适当减小换气次数达到节能效果，亦或按照不同的时间负荷率风机变频实现节能。数据中C级比D级的风机能耗占比小，而实际上C级比D级的平均换气次数要多，也就是风机耗能量更大，从耗能密度上C级853.73比D级819.5更大可以看出，分析可得是由于初始条件的不同造成，C级室内点温度要求比D级更严格，造成D级的冷水机组与锅炉比C级更节能，从冷水机组的耗能密度C级312.39比D级294.16大可以看出来。因此下一步还需要关注是否可以再保证洁净等级工艺要求的前提下适当放宽对室内点温度要求以达到节能的目的。

此外，在各洁净等级的锅炉也存在节能空间。从焓湿图处理过程可以看出，一次回风系统相当于要把新风和回风都处理到露点，在送进室内，由于采用一次回风系统，经过表冷器后的空气，在蒸汽加热段还要对表冷后的空气进行加热升温，这样在夏季空气焓湿处理过程中就存在着冷、热抵消的能量浪费现象。由于洁净空调系统换气次数大，系统送风量越大，其冷热抵消的能量也就越大。

6 结论

6.1 主要模拟结论

根据模拟结果本研究主要得到以下结论：

(1) 针对于药厂来说，不同洁净度空调系统的能耗组成区别较大，B级洁净程度的总耗能指标明显大于C级与D级，C级与D级接近但C级大于D级。

(2) 对于洁净空调系统来说，风机能耗占据绝对的主要地位，B级远大于C与D级，分析是由于换气次数的差异造成。因此未来对于洁净空调来说，在满足工艺需求的前提下，调整气流组织增加换气效率，合理安排管路减小管路阻力，同时尽可能降低换气次数成为节能的关键点。

(3) 从焓湿图的处理过程来看，在整个处理过程中，一次回风系统存在较大的冷热抵消现象，也是造成锅炉能耗高的主要原因之一。

6.2 存在的不足与未来研究的方向

本次模拟研究主要存在如下不足：

(1) 本次模拟得到的一个结论是风机是节能的一大重点，但在模拟过程中对于风机的功率没有按照实际的运行曲线与参数来计算，实际管路的阻力也没有进行实测，造成模拟结果具有一定的局限性。

(2) 本次模拟发现再热量也是能耗重点，如果采用新风单独处理，节约掉室内回风处理过程中冷热抵消的部分，则可以有效减小再热量，但现仍未完成模拟，无法准确量化这部分能耗。

(3) 本次模拟仅针对一个项目进行模拟，没有对于多个项目不同地区进行模拟，对于实际研究的指导意义有一定局限性。

针对以上存在的不足，未来继续研究可从如下方向考虑：

(1) 找到多个实际项目，现场实际测试与模拟，根据项目特点来确定所有输入条件，会让结果更具有说服力。

(2) 后续可继续进行模拟，新风单独处理，回风只处理到室内点的过程，可以量化通过系统的改善节约的能源。

参考文献

- [1] 王红,田小玲,司光喜.药厂净化空调系统与节能措施[J].医药工程设计杂志,2001,22(4):17-20.
- [2] 二次回风与一次回风在药厂净化空调中的能耗分析[J].医药工程设计,2005,26(5):34-36.

飞机工程事业部

飞机工程事业部是航空工业规划工程建设领域垂直一体化全价值链服务单元，技术积累雄厚深沉，在飞机工程工艺设计、军工项目高端咨询、大跨度钢结构、超大空间空调技术、特种结构设计等方面处于国内领先水平，并通过不断开拓创新，始终保持在相关技术领域的领先水平及引领能力。飞机工程事业部为市场提供涵盖工程建设全周期的规划、咨询、设计、施工、后期维护全价值链服务。

飞机工程事业部参与完成了国家航空工业系统的构造与搭建，为国家航空工业的发展做出了突出贡献。同时，飞机工程事业部凭借雄厚的技术实力，在航空航天、通航制造、医疗养老、火工品研发生产、军队工程等领域占有优势，是一个集多领域技术核心竞争力于一体的综合建设集成单元。飞机工程事业部以客户为中心，以技术创新和运营模式创新为驱动，为社会各界提供高品质的产品和服务。

飞机工程事业部工程业绩斐然，获得国家级奖100余项、获得省部级奖优秀工程设计奖和科技进步奖400余项。

飞机工程事业部拥有国内顶尖的全专业、高水平人才队伍配置。全院共360余人，设工艺、建筑、结构、给排水、暖通、动力、电气、弱电、总图、造价、室内、景观12个专业。飞机工程事业部现有研究员20人，高级工程师90人；各类注册人员93人，其中一级注册建筑师18人，一级注册结构师11人，一级注册建造师16人，其他各类注册人员49人。

飞机工程事业部以“为国家工业绘就蓝图，为中国制造树立标杆，为客户伙伴创造价值，为团队员工谋求幸福”为己任，志存高远，脚踏实地，不断创新，追求卓越，为“规划梦想，共创辉煌”而不断努力！



2021年第3期（总第155期）
2021年6月出版



凯飞航空结构件生产制造区厂房建设项目