

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2017年第5期 总第133期



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

内部资料 免费交流
准印证号：京内资准字9914-L0337号

郑州（东部）环保能源工程

建设地点：河南 郑州

设计单位：航空工业规划市政院

建设情况：建成

用地面积：15.5万m²

总建筑面积：10.3万m²

郑州是华夏文明的重要发祥地，是三皇五帝活动的腹地、中华文明的轴心区，早在3600年前，就成为中国商代早期和中期的都城，是商文明的发源地。本设计以中原鼎为主要设计构思，以白色为主基调，立面以横向线条为主，竖向线条为辅，采用三段式稳定形式，局部采用砖红色勾勒，以构建简洁的建筑外立面；竖向落地开窗，良好的日照及环境，在兼顾房间功能改造及隔断的同时，充分考虑使用者的舒适性。在满足工艺要求的前提下，本项目建筑设计更注重使工业建筑艺术化、多元化，尽可能的满足人们的审美要求，进而引领人们的审美情趣，本设计将巨大的工业建筑体量进行重组，运用现代的手法、材料和前卫的设计元素，使其以一种开放进取的精神面貌屹立于郑州。

本工程设置了6台700t/d焚烧炉，考虑尽量减小运行操作运行半径，焚烧厂房采用了3条焚烧线+3条焚烧线南北对称布置，南侧3条焚烧线由南向北依次布置垃圾卸料平台、垃圾池、焚烧间、除渣间、烟气净化间，北侧3条焚烧线由北向南依次对称布置。烟囱布置于中间，汽机厂房布置在烟气净化间及烟囱西侧。主控厂房及厂用配电间布置在汽机间东侧，做到了洁污分开、动静分流。



中共中央国务院出台意见提升质量总体水平

新华社12日受权播发《中共中央国务院关于开展质量提升行动的指导意见》。意见提出到2020年，我国供给质量明显改善，供给体系更有效率，建设质量强国取得明显成效，质量总体水平显著提升。

指导意见强调，提高供给质量是供给侧结构性改革的主攻方向，全面提高产品和服务质量是提升供给体系的中心任务。要坚持以质量第一为价值导向，坚持以满足人民群众需求和增强国家综合实力为根本目的。

产品、工程和服务质量明显提升。质量突出问题得到有效治理，智能化、消费友好的中高端产品供给大幅增加，高附加值和优质服务供给比重进一步提升，中国制造、中国建造、中国服务、中国品牌国际竞争力显著增强。

产业发展质量稳步提高。企业质量管理水平大幅提升，传统优势产业实现价值链升级，战略性新兴产业的质量效益特征更加明显，服务业提质增效进一步加快，以技术、技能、知识等为要素的质量竞争型产业规模显著扩大，形成一批质量效益一流的世界级产业集群。

(来源：新华社)

住建部：在建工程依规变更项目负责人应予以认可

近日，住建部发布关于《注册建造师执业管理办法》有关条款解释的复函。复函指出，建设工程合同履行期间变更项目负责人的，经发包方同意，应当予以认可。企业未在5个工作日内报建设行政主管部门和有关部门及时进行网上变更的，应由项目所在地县级以上住房城乡建设主管部门按照有关规定予以纠正。

《注册建造师执业管理办法》第十条明确规定，注册建造师担任施工项目负责人期间原则上不得更换，但若发生以下情形，应当对更换项目负责人的做法予以认可：发包方与注册建造师受聘企业已解除承包合同的、发包方同意更换项目负责人的、因不可抗力等特殊情况必须更换项目负责人的。

(来源：中国勘察设计)

国家发改委等九部委联合发布5个标准招标文件

近日，国家发改委会同工信部、住建部等9部委(局)，共同编制了《标准设备采购招标文件》等5个标准招标文件。

招标人可以对3项内容进行补充、细化或修改：

1、“投标人须知前附表”。用于进一步明确“投标人须知”正文中的未尽事宜，招标人应结合招标项目具体特点和实际需要编制和填写，但不得与“投标人须知”正文内容相抵触，否则抵触内容无效。

2、“评标办法前附表”。用于明确评标的方法、因素、标准和程序。招标人应根据招标项目具体特点和实际需要，详细列明全部审查或评审因素、标准，没有列明的因素和标准不得作为评标的依据。

3、“专用合同条款”。招标人可根据招标项目的具体特点和实际需要，在“专用合同条款”中对《标准文件》中的“通用合同条款”进行补充、细化和修改，但不得违反法律、行政法规的强制性规定，以及平等、自愿、公平和诚实信用原则，否则相关内容无效。

(来源：搜狐网)

国办发文力促民间投资 鼓励民企参与PPP项目

近日，国务院办公厅印发《关于进一步激发民间有效投资活力促进经济持续健康发展的指导意见》，从深入推进“放管服”改革、鼓励民间资本参与PPP项目等多方面入手，进一步提振民间投资。摩根士丹利华鑫证券首席经济学家章俊表示，去年下半年以来，民间投资企稳回升，但近期又有放缓迹象。这可能与前期政策落实不到位有关，造成民企在垄断行业准入以及融资等老问题上没有感受到明显改善。为此，国办再度发文强调落实相关政策。

(来源：凤凰网)

三部门下发进一步做好建筑行业营改增试点工作的意见要求

近日，国家税务总局、住房和城乡建设部、财政部联合下发关于进一步做好建筑行业营改增试点工作的九条意见，针对试点过程中存在的“抵扣凭证”、“简易计税”、“异地缴税”等方面问题，要求优化纳税服务，强化合规意识，更好地发挥税制改革对行业发展的促进作用。

意见指出，建筑行业纳入营改增试点以来，通过打通增值税抵扣链条，妥善解决了原税制存在的重复征税问题，顺利实现了税制平稳转换，为建筑行业的发展营造了更为有利的税收环境。近期部分企业反映，试点过程中仍不同程度地存在取得抵扣凭证有难度、选择简易计税办法有障碍、异地施工预缴税款有困难等方面问题。为进一步做好建筑行业营改增试点相关工作，提出了加强宣传辅导，优化纳税服务；规范市场行为，强化合规意识；注重部门协调，形成工作合力三方面的九条意见。

(来源：建筑时报)

航空工业启动AOS流程体系建设

近日，航空工业在京召开AOS流程体系建设启动会暨试点工作培训会，明确了集团公司2020年前AOS流程体系的规划目标、实施路径，对AOS专家和首批试点单位骨干进行全面培训。此次会议的召开吹响了在全集团范围内深化AOS流程体系建设的号角。

航空工业副总经理、AOS流程体系推进委员会主任张新国出席会议，会议由航空工业科技质量部部长、AOS推进办公室主任魏金钟主持。

会上，张新国深入分析了集团公司系统推进AOS流程体系建设的背景。他认为，组织目标应当聚焦于效率和效果两个基本要素，在国企全面深化改革箭在弦上，集团公司战略转型迫在眉睫的形势下，推进流程管理正是将需求与组织资源及能力相匹配，更好地满足客户需求并创造价值的利器。他指出，流程是企业创造价值的第

一定律，优秀的管理流程能够让各业务部门从全局上清

楚认知自身职责、了解价值创造的逻辑关系，有助于业务改进和提升，从而更好地服务价值创造。张新国表示，航空工业多年来在组织架构、管理创新、IT应用等方面进行了努力的尝试，当前又恰逢赶上国际上流程管理方法经过多年研究实践已经发展成熟，正是实现弯道超车、能力跃升的最佳时机。他鼓励大家不要畏难，认真学习吸收国际先进的业务流程方法，创造性地形成集团公司标准；一定要主动上手，自己做，形成一套适用于企业自身的管理流程，围绕流程设计组织，打好基础，构建企业优秀的“操作”系统；同时，各单位要深化业务流程管理，实现业务流程的建模、仿真、实验和验证，建立企业级管理“飞行模拟器”，提升流程的协同水平，实现高效的价值创造。“只要方向对了，不怕路远。”

(来源：中国航空报)

建筑行业生产活动放缓 PMI同比回落4.5个百分点

受不利天气等因素影响，建筑业生产活动有所放缓，建筑业PMI较上月回落4.5个百分点。

PMI指数的英文全称为Purchasing Managers' Index，中文含义为采购经理指数，是通过对采购经理的月度调查汇总出来的指数，反映了经济的变化趋势。PMI是一套月度发布的、综合性的经济监测指标体系，分为制造业PMI、服务业PMI，也有一些国家建立了建筑业PMI，每项指标均反映了商业活动的现实情况，综合指数则反映业态的整体增长或衰退，所选的指标又具有先导性，所以PMI已成为监测经济运行的及时、可靠的先行指标。PMI指数50为荣枯分水线。

数据显示，8月，建筑业PMI为58%，比上月回落4.5个百分点。其中，土木工程建筑业商务活动指数降至53.1%，降幅明显。据分析，建筑业景气度高位回落，主要是受多地受暴雨台风等极端天气影响。不过，从劳动力需求和市场预期看，从业人员指数和业务活动预期指数为54.3%和66%，分别高于上月0.1和0.7个百分点，建筑业用工量保持稳步增长，企业对未来发展信心仍然较强。

(来源：建筑时报)

今年前三季央企创十八大以来最佳业绩

近日，国务院国资委在国务院新闻办新闻发布厅举行发布会，国务院国资委总会计师沈莹出席发布会，介绍2017年三季度中央企业经济运行情况。

据介绍，今年以来，在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下，国资委和中央企业坚决贯彻落实党中央、国务院决策部署，坚持稳中求进工作总基调，牢固树立新发展理念，以提高发展质量和效益为中心，振奋精神，苦干实干，坚定不移地推进供给侧结构性改革，深入实施创新驱动发展战略，稳运行、强管理、补短板，全力打好瘦身健体提质增效攻坚战。前三季度，中央企业收入利润持续保持双快增长，运行质量稳步改善，布局结构持续优化，“稳中向好、稳中有进、稳中提质”的发展态势更加明显，效益增长的稳定性、持续性和协调性继续巩固，创造了党的十八大以来的最佳业绩。

实体企业振兴迈出坚实步伐，战略新兴行业加快发展。前三季度中央工业企业营业收入同比增长18.3%，工业企业的增收额对中央企业整体收入增量的贡献达75.3%；工业企业实现利润总额同比增长24%，增利额占中央企业利润增量比重为64%。党的十八大以来，中央企业努力培育壮大发展新动能，一方面做大战略新兴产业和高技术产业增量，大力发展数字经济、绿色经济、人工智能、新能源汽车等行业；另一方面激活传统产业存量，打造新技术新业态新模式，石油石化、建筑、钢铁等传统产业通过技术工艺创新提高附加值，打造高品质、焕发新活力，中央企业研发经费累计投入1.7万亿元，约占全国的四分之一，高端制造、科研、现代服务业等行业收入增长24.1%，高于中央企业平均水平。

下一阶段，国资委和中央企业将紧密地团结在以习近平同志为核心的党中央周围，以落实党的十九大精神为统领，坚定不移深化供给侧结构性改革，坚定不移落实“三去一降一补”五大任务，坚定不移推进国资国企改革，巩固当前的良好发展势头，为经济持续健康发展、实现中华民族伟大复兴的中国梦而努力奋斗。

（来源：中国航空报）

2017装配式建筑BIM应用高端研讨会召开

9月24日，2017装配式建筑BIM应用高端研讨会在上海召开。会议旨在宝业集团领业建筑科技携手行业内各专家，针对国内各大高校装配式建筑人才培养展开研讨。

会上，专家领导一致同意：针对国内外装配式建筑BIM应用人才的需求讨论应落实在3个地方：装配式建筑BIM人才技能主要特点；中国装配式建筑人才BIM能力的核心要求及装配式建筑BIM应用主流软件的教学。

24日下午，中国建设教育协会委员会秘书长赵研发表有关院校专业建设方向及面对的机遇与挑战的演讲。思博职院副院长就专业人才建设方向进行论述。领业科技将讲解BIM应用相关研发问题并展示教学产品行。机械工业出版社与院校及专家一同探讨BIM专业教材编写有关内容。

（来源：建筑时报）

国资委部署中央企业降杠杆工作

8月29日，国资委召开中央企业降低杠杆工作视频会议。本次会议的主要任务是认真学习领会党中央、国务院领导同志对国有企业降杠杆的一系列指示批示和第五次全国金融工作会议精神，传达贯彻第183次国务院常务会议精神，推动中央企业降杠杆减负债工作的落实。国资委主任、党委副书记肖亚庆出席会议并讲话，国资委副主任、党委委员孟建民主持会议。

肖亚庆指出，习近平总书记多次就供给侧结构性改革、降低杠杆率特别是国有企业杠杆率作出重要指示，李克强总理专门召开国务院常务会议，对中央企业提质增效、降杠杆工作提出了明确的要求，中央企业必须要以高度的政治责任感和使命感，统一认识，不折不扣抓好落实。

会上，孟建民就中央企业降杠杆具体任务安排作了说明。国资委有关厅局负责同志在主会场参加会议，各中央企业代表通过视频会议在各企业分会场参加会议。

（来源：中国航空报）

智能制造成为航空制造业转型升级之路

“中国智造”就是要利用智能制造的新模式摆脱我国产业长期处于国际产业分工中低端的局面，通过自主创新和供给侧结构性改革，建立核心知识产权、关键技术和商业品牌，构筑适应制造业新需求和新要素供给环境的新型产业发展模式，有效解决我国产业发展的深层次矛盾，全面提升产业技术水平和国际竞争力，促进制造业由大变强。

近年来，航空工业积极面对和引领经济新常态和新需求，主动作为、积极探索、有力推进新一代信息技术和制造业全生命周期的深度融合，研究制定了《中国航空工业集团公司智能制造架构（V1.0）》和《中国航空工业集团公司智能制造推进计划》；成立智能制造创新中心；工信部依托集团公司设立了国家级“信息化和工业化深度融合创新体验中心”和“信息化和工业化深度融合工业软件研发基地”。按照推进计划，有20多家单位参与了智能制造试点，探索智能制造新模式，进行智能制造最佳实践提炼，目前航空工业大部分企业智能制造水平有了较大提升。

“第四次工业革命”席卷带来大变革

2008年9月开始爆发并引发全球经济危机的金融危机深刻影响了世界经济未来的发展，实体经济作为立国之本，受到各国空前重视，而制造业是实体经济发展的基础，世界各国根据自身国情，因地制宜制定制造业发展战略，发达国家将政策关注点再次转移到制造业尤其是高端制造业上，在新兴技术产业中抢占全球竞争制高点，角力未来。智能制造作为新一轮工业革命的核心技术，在全球范围内蔚然成风、方兴未艾。智能制造是培育全球经济发展新动能的关键，基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于产品设计、生产、管理和服务等各个环节，实现具有自感知、自学习、自决策和自适应等功能的新型生产方式。在推动生产力水平提高、物质丰富的同时，第四次工业革命也给个体以及整体的经济、社会、文化和政治发展带来了新的挑战。

新一轮工业革命背景下，我国在2015年推出《中国制造2025》，提出要通过“三步走”，到新中国成立100周年时进入世界制造强国前列，规划了提高国家制造业创新能力、推进信息化与工业化深度融合等九项任务，要加快推动新一

代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向；设立“智能制造工程”，制定《智能制造工程实施指南》，依据创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，以构建新型制造体系为目标，以推动制造业数字化、网络化、智能化发展为主线，着力发展智能装备和智能产品，推进生产过程智能化，培育新型生产方式，促进包括航空制造业在内的十大重点领域率先突破，发展离散型智能制造、流程型智能制造、网络化协同制造、大规模个性化定制、远程运维服务等智能制造新模式，推动传统制造业转型升级。

工业和信息化部于2016年12月7日在南京正式发布了《智能制造发展规划（2016—2020年）》，提出了“两步走”的发展战略目标：到2020年，智能制造发展基础和支撑能力明显增强，传统制造业重点领域基本实现数字化制造，有条件、有基础的重点产业智能转型取得明显进展；到2025年，智能制造支撑体系基本建立，重点产业初步实现智能转型。

李克强总理曾说：“传统的‘Made in China’还要继续做，但中国制造的核心应该是主打‘中国装备’。”这一战略思维在国务院2015年5月下发的纲领性文件《中国制造2025》中得到体现。“中国装备”占据了重要位置：高端装备创新工程作为五大工程之一被重点部署，航天航空装备作为十大领域的内容被重点推动。

航空工业领域是先进制造技术发展的重要领域，航空制造业作为国之重器，兼具高新技术产业和先进制造业的典型特征，是国家科技、经济、国防实力和工业化水平的重要标志。智能制造推进航空工业转型升级和创新发展，对于我国高端装备制造业未来的发展将具有重大引领示范作用，是推动工业转型升级的强大引擎。航空武器装备结构复杂、零部件数量多、制造过程繁杂，所涉及到材料、加工、装配等制造相关的各个环节，涵盖了大量的制造部门和制造装备，是一个庞大的系统工程。航空装备研制生产零部件结构复杂、协调性和尺寸精度要求高，在制造过程中常常涉及复杂型和空间复杂结构，其制造过程工艺环节多、生产周期长，

工艺设计、加工余量分配、工件定位、现场加工操作、质量状态监控、制造资源和物料配置等因素，都会影响到产品的质量和研制进度；另外航空企业生产组织管理复杂、具有多品种小批量生产等特点使得航空制造企业对制造系统的适应性、制造质量稳定性、产能提升等方面有着更加迫切的需求。航空工业经过多年发展，在信息化、数字化、自动化和网络化发展上取得了长足进步，产品定义实现了全三维无纸设计，在广域协同、数字化企业、生产制造执行与集成以及自动化装配等方面获得了应用经验，取得较大成绩。

顶层设计牵引，明确行动路线

为贯彻《中国制造2025》的要求，抢抓新一轮科技革命和产业变革的重大机遇，加快推进集团公司智能制造工作，集团公司成立了由有关主机厂、设计所相关专家组成的航空工业“智能制造”项目论证工作组，采用架构理论和方法，通过深入调研和科学分析，摸清现状，廓清迷雾，制定了《中国航空工业集团公司智能制造架构（V1.0）》，明确了航空工业智能制造的总体架构与总体发展思路。

智能制造架构定义了航空工业智能制造的典型特征，从数字化、网络化、智能化出发解读了智能制造的核心要素，设计了包括企业联盟层、企业管理层、生产管理層和控制执行层的航空工业智能制造总架构和分层架构，明确统一规划、统一架构和统一标准的原则要求，为航空工业各成员单位开展智能制造项目工作提供了顶层设计指导。

为支撑架构的落地，明确行动路径，在《中国航空工业集团公司智能制造架构（V1.0）》的基础上，集团公司研究制定了《中国航空工业集团公司智能制造推进计划》，提出建立一个中心（航空工业智能制造创新中心）、突破三项关键技术（模型驱动的设计/制造/验证/服务技术、CPPS技术、基于云平台的协同技术）、实施七项重点任务（基于模型的协同设计制造平台、智能生产管理系統和集成自动化系統、智能制造试点示范生产线、供应链和客户服务平台、智能制造规范及验证平台、智能工艺装备研发平台、工业机器人集成应用技术研发平台），给出了需求导向、顶层规划、示范带动和整体推动的发展思路，明确2020年和2025年的智能制造发展目标。

两化深度融合，研制模式转型

2013年5月15日，工信部作出正式批复，依托中国航空工业集团设立国家级“信息化和工业化深度融合创新体验中心”和“信息化和工业化深度融合工业软件研发基地”，创新体验中心旨在落实航空工业两化融合提升工程，推动先进装备制造业两化融合解决方案开发和产品的发展应用，形成面向全国制造业两化深度融合的示范和带动作用。运用基于模型的定义技术，实现全三维数字表达和全局数字量传递，大型飞机数百万零部件均采用MBD技术表达；运用基于模型的系统工程，进行复杂系统功能、逻辑和物理的自顶向下的分解以及自底向上的综合模型验证，形成新一代复杂航空产品创新设计能力；新型号的工程与制造设计技术已与国际领先航空与防务企业同步。运用虚拟仿真试验替代传统风洞、强度、结构等物理试验过程，加速了在数字空间对产品的快速迭代，型号研制周期普遍缩短为原先型号的三分之一。已建立成熟的跨地域、多厂所、多项目并行协同研制环境，重点型号开发流程和体系实现串行工作向区域协同、能力协同的转变。

近年来，航空工业在“工程与制造”领域里大力推进基于模型的系统工程，系统工程方法从局部试点到体系推进，从2013年的3家单位发展到2016年的42家单位，并在多个机型研制中得到应用，覆盖从系统之系统到系统、子系统、组件，航空武器装备创新开发能力大幅提升，模型驱动的先进飞机研发模式逐渐形成。国际系统工程师培训人数已达810人，其中11人取得国际系统工程师认证，航空工业系统工程的推进在国际、国内影响力与日俱增。

在“组织与管理”领域，2014年集团公司启动AOS流程体系建设，引进国际先进管理方法论，着力构建“架构—模型—流程—IT—标准”为一体的业务流程管理体系。纵向上，AOS流程体系向上开展企业架构和业务模型，向下衍生IT执行系统，是战略、业务和IT实现一致性对准的关键所在；横向上，AOS流程体系集成质量、风险、人力、财务等各种管理要素，融合多种管理方法和工具，增强管理的协同性，是提升集团核心能力的关键所在。AOS流程体系建设的

基本出发点就是要通过业务流程把隔断的组织贯通起来，通过流程明晰企业创造价值的逻辑。AOS流程体系通过对业务流程的建模、仿真和优化，构建航空制造业智能化的基础平台，并将例行的业务流程结构化、规范化和自动化，让员工从繁杂的例行工作中解放出来，把精力集中在增值和创新等方面的工作。

大部分航空主机制造厂通过逐步开展以企业资源计划（ERP）和制造执行系统（MES）为核心的信息化平台建设，提高了精益化水平，创建了以移动生产线和优异中心全局协同为代表的新型制造模式。部分航空制造企业已经开始应用3D打印、复杂结构件数控加工等由模型直接驱动智能设备制造技术，取得了较好的工程应用效果。工业机器人广泛应用于制孔、铆接、喷涂、密封、复材铺敷、无损探伤、切割、检测等工业领域。部分领先的航空制造企业数字化管控模式已从制造现场向组织管理全局延伸，带动计划流、物流、信息流、资金流的全面集成，支撑生产精益化和交付质量的提升。通过精细的计划安排、精准的执行管控、实时的状态反馈，让装备的一举一动、数据的动态变化，在虚拟环境中得到实时监控，实现生产全过程可视、可监控、可协调，飞机装配配套准确率达到99%以上，周期缩短60%。

成立创新中心，开展技术验证

航空工业依托航空工业制造所和信息技术中心成立智能制造创新中心工作，开展智能制造架构设计、发展规划、技术体系建设、关键共性技术研究和验证、试点示范项目的筛选和推荐、解决方案开发、技术交流、国际合作和培训、服务实施以及最佳实践模式的总结，提炼与推广。

基于工业互联网开展智能互联和监测是实施智能制造的基础手段之一。智能制造创新中心开展与国外先进供应商PTC（美国参数技术公司）和GE（美国通用电气公司）的技术合作，就智能互联和监测方面的技术体系和技术平台进行了深入研究。基于航空工业制造所某生产车间建立智能互联和监测的技术验证工作，解决了异构异类设备互联的技术难关，为构建CPPS环境做出了成功的探索，并为后期形成智能制造的体验验证环境提供了基础。

开展工业机器人集成应用技术研发平台建设，围绕提升工业机器人在航空产品制造中的应用水平，针对航空产品制造中特有的自动钻铆、激光焊接、搅拌摩擦焊接等加工工序，突破了针对工艺需求的末端执行器设计技术、针对工艺需求的柔性工装技术、加工运动轨迹规划与仿真技术、加工状态检测与监控技术、加工过程智能分析与决策方法、面向应用场景的机器人系统集成技术等关键技术。建立工业机器人技术验证平台，提升技术成熟度，形成工业机器人成套系统的技术研发能力，为航空工业整体推进工业机器人的应用提供技术支撑的同时，带动国产工业机器人的发展。

试点示范推进，形成最佳实践

航空工业针对航空行业典型装备，积极组织参与国家级智能制造试点示范和智能制造专项的项目建设，申报成功了直升机旋翼系统制造智能车间试点示范、航空数字化车间关键应用标准研究及试验验证平台、行业信息物理系统测试验证解决方案应用推广等20余项智能制造专项。

这些项目既包括了针对飞机研制生产需求的产品总装、关键零部件试制和生产的项目，也陆续开展了基础理论研究、工艺技术攻关和标准化技术基础研究等多个方向的研究类项目。目前各项目工作正在按计划开展，促进了整个集团智能制造水平的有效提升。通过推广试点示范企业，有效形成上下联动的态势，调动和发挥更多地区、更多厂所的力量，合力构建航空工业智能制造的良好局面。

成飞公司为解决复杂飞机结构件自动化加工关键核心技术及提升设备利用率，提高飞机结构件批产效率，实现数控制造过程与数字化制造环境的深度融合，建成了以高精度立卧转换机床为基础的柔性自动化生产线及飞机结构件数字化车间，形成了由机外集中装卸、线内物流自动运输、零件无人工干预加工、管理驾驶舱及智能管控中心共同组建的柔性线自动化生产模式。通过对车间制造过程实时运行状态的动态感知，并对获取的运行状态数据进行实时分析及自主决策，达到对设备运行状态、生产线管控动态调整的目的，实现了飞机结构件数控制造生产管控、作业调度、现场管理及制造资源管理等全要素的智能管控。通过柔性生产线的实

际运行，实现了飞机结构件完全无人工干预加工模式，生产效率、产品质量得到大幅提高，柔性生产线机床利用率达到85%，为飞机结构件实施柔性自动化生产线提供了典型案例。

昌飞公司为解决直升机旋翼系统核心制造技术并提升批产配套能力，建设了以动部件机加及装配、复材桨叶为专业化生产的旋翼系统智能制造车间，构建由动部件关键零件机加生产线、复材桨叶生产线、旋翼系统装配生产线、自动仓储及物流系统、生产运行智能管控系统等组成的生产环境。建立具有自适应加工、物料与工件自动识别、机器人装卸与自动对接装配、制造过程动态调度、运行管理与现场控制集成等典型功能的直升机旋翼系统智能车间，形成具有“状态感知、实时分析、自主决策、精准执行”特征，以数据驱动、交互识别、自主决策为核心的智能制造体系。通过实际运行，产品质量和生产效率得到显著提高，成功解决了旋翼系统生产配套的迫切需求，并在智能制造车间的建设与实施方面摸索出一套典型的经验案例。

中国航空制造技术研究院联合信息技术中心、成飞等单位，针对航空制造业的特点，正在开展CPS技术与应用验证工作。通过搭建面向行业的共性技术平台，探索典型的应用模式和规范，形成面向行业的CPS架构，构建机加生产线、装配生产线和机器人集成应用平台等智能制造系统，进行CPS测试验证，形成行业典型应用解决方案并进行推广和应用，提升航空产品的研制能力和产品质量。

惟其艰难，更显勇毅；惟其磨砺，始得玉成。与国际先进航空制造业相比，航空工业的智能制造水平尚有一定差距，存在整体水平不高、发展不均衡、部分领域存在短板、关键核心技术有待突破、高端装备对外依存度高的突出问题。航空工业必须牢牢抓住新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式形成的历史性交汇战略机遇，形成以新一代信息技术为支撑、以架构为牵引的两化融合新体系，实现由综合集成向协同与创新的整体跃升，抢占新一轮产业竞争制高点，重塑航空工业竞争新优势。

依据航空工业智能制造架构，面向企业联盟、企业管

理、生产管理和控制执行等四个层面建立具有“动态感知、实时分析、自主决策、精准执行”特征的智能制造系统，打通产品研制生产的设计、制造、试验和管理智能处理流程，形成航空工业全局推进和协同发展的制造新模式，建成一批具有国际先进水平的智能企业，智能制造水平和整体能力位居全国制造业领先地位。

到2020年，突破智能制造相关的部件、软件和系统等关键技术，研制开发一批具有智能化、网络化、嵌入式等工业CPS特征的智能系统和装备，并在相关企业分类开展试点示范，实现典型研制生产过程的数字化分析、网络化连通和智能化决策，试点项目显著缩短产品制造周期、降低产品不良率、提高设备（资源）利用效率。在重点单位实施的智能制造试点示范项目中，实现产品研制周期缩短30%，研制成本降低30%，产品不良品率降低30%，设备利用率提高30%，专用工装数量减少30%。

到2025年，全集团航空产品研制生产基本实现智能化，重点企业全面建立智能制造新模式，并向一般企业推广，实现航空产品研制生产从模型空间到物理空间的全面连通和智能处理，制造周期和产品不良率大幅降低，设备利用效率大幅提高。基本实现产品研制周期缩短50%，研制成本降低50%，产品不良品率降低50%的目标。

察势者智，驭势者赢。未来，航空工业将“稳打稳扎”逐步深入，“整队出击”形成合力，持续提升、创新驱动集团公司先进科技与制造能力，成为推动工业转型升级的强大引擎，成为中国两化融合、智能制造的排头兵。（航空工业科技部供稿）

（来源：中国航空报）

• 项目展示

项目厂址位于北京市房山区佛子庄乡西北部山区，该地区位于房山区政府西北方向28km，场地现为林地，地势陡峭。本工程设计日处理生活垃圾1000吨(2×500吨/日)的生活垃圾焚烧线，配套相应的焚烧炉烟气净化系统、余热利用系统、炉渣综合利用、发电及污水处理。并且园区还设置了日处理250吨(100吨/日餐厨垃圾+150吨/日厨余垃圾)的餐厨垃圾处理系统、沼气发电系统等。

项目周边景色宜人，植被茂盛，环境得天独厚，坡地、断崖、河谷共同形成了独特的地貌形式，这样“有意思”的地形，其建筑形式在与周围环境相协调的前提下，同样也会变得更加丰富多样。方案设计以场地的等高线为灵感，遵守工艺需求的同时，对周围的山体及环境做出了积极的回应。其优美、大气的曲线造型极具标志

北京房山区循环经济产业园项目

建设地点：北京房山

设计单位：航空工业规划市政院

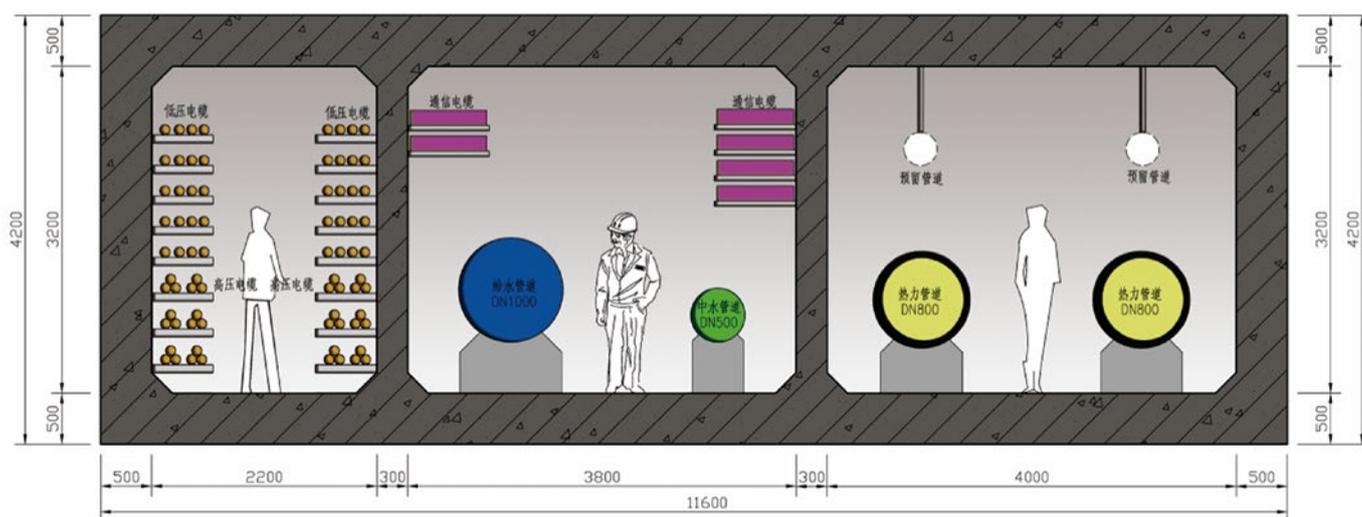
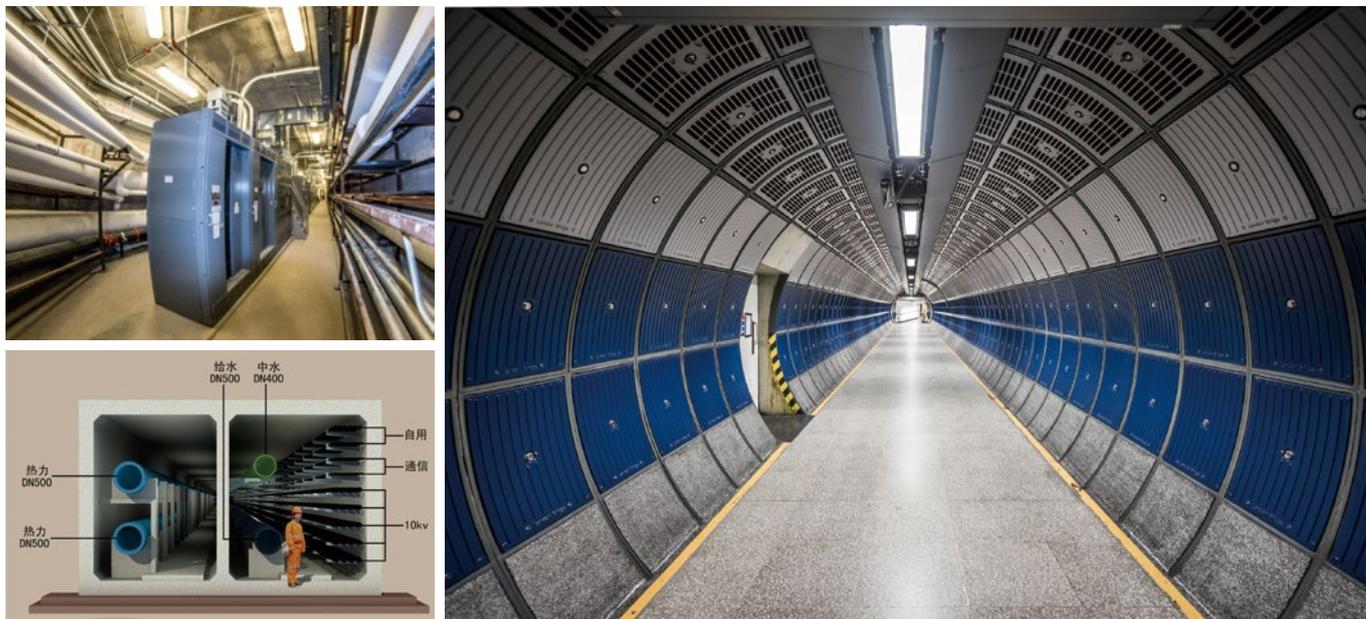
建设情况：在建

用地面积：11万m²

总建筑面积：3.4万m²

性，在很大程度上提升了周围环境的质量与氛围。同时幕墙、玻璃的灵巧运用，强调了材质的对比，变形生成出多种曲线的穿插组合，使建筑充满了强烈的雕塑感。





城市地下综合管廊的建设是逐步消除城市“马路拉链”、“空中蜘蛛网”等问题的重大惠民工程，可以提高城市综合承载能力，合理开发利用地下空间，扩大公共产品供给，提升新型城镇化发展质量，打造经济发展新动力。

本次设计的贵阳市白云区城市地下综合管廊一期工程建设管廊21.8km，建设干支线综合管廊：20.1km，分三仓；支线综合管廊1.7km，分两仓，附属管理房2座及若干的附属设施。经过调研并结合贵阳市白云区当地的经济条件及现状，本项目确定进入综合管廊的工程管线有电力电缆、通讯电缆、给水管道、燃气管道，污水管，并结合贵阳市发展预留中水管线、垃圾真空管线管位空间。

综合管廊的建设，将使原来分开敷设的给水管道及消防管道、污水管道、电力电缆等，集中敷设在综合管廊内，这

样既有利于对它们的集中管理、维护及监控，也为相关区域的交通、环境起到巨大的积极作用。同时，综合管沟的建设将使白云区具有完善的现代化城市基础设施，大大提高城区的整体形象。

贵阳市白云区城市地下综合管廊一期工程

建设地点：贵州 贵阳

设计单位：航空工业规划市政院

建设情况：在建

建设管廊规模：21.8km

• 项目展示

本工程中锅炉房为整个厂区的设计重点，设计以实用、美观、现代为宗旨，打造符合工艺需求与人们审美情趣的新型工业厂房。金属板大面积的运用，深灰、白色有机的搭配使建筑外观体型丰富，层次分明，虚实对比强烈，体现了现代化工业建筑稳重而不失活泼，大气而不失细腻的特点，突出了“大气、务实、高效”的企业文化，使整个建筑立面处理简洁、气派又富含层次与文化。

在外装饰材料的设计上，通过不同颜色的复合钢板幕墙，灰绿色玻璃窗等材料相互组合变化，形成流动、跳跃的曲线，配以清新、细致的细部设计，强化建筑材质的对比，充分展现出现代工业建筑生机勃勃的时代气息。锅炉间屋面设有多个采光天窗，使室内主要生产空间宽敞、明亮，不仅能营造出十分舒适的生产工作环境，更节约了能源，体现了绿色、环保的建筑特点。

厂区其他建筑作为锅炉房的配套厂房，在立面的设计上与其风格一致，做到整个厂区整体环境彼此相呼应，协调统一。

内蒙古呼和浩特市毫沁营 集中供热工程

建设地点：内蒙古 呼和浩特

设计单位：航空工业规划市政院

建设情况：在建

建设规模：3 × 70MW燃气高温热水锅炉
+2 × 25MW电锅炉



吉林市供热一城一网联工程 总承包项目

建设地点：吉林 吉林市

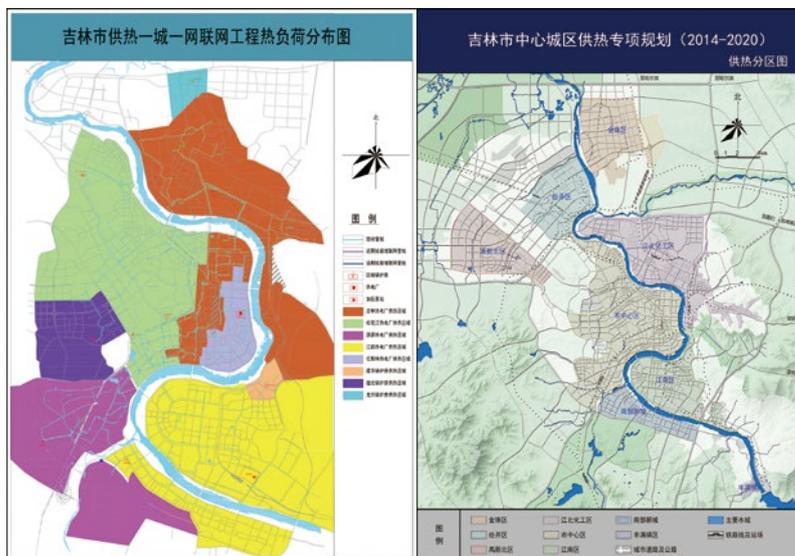
设计单位：航空工业规划市政院

建设情况：在建

供热面积：104km²

吉林市城区现状总供热面积约为6816.43万m²。本项目范围内总供热面积约为6773.77万m²，其中居民住宅5185.48万m²，商业、公建1588.29万m²。根据《吉林市中心城区供热专项规划（2014-2020）》，至2020年本项目各区域规划新增面积为3574.97万m²，其中居民住宅2661.31万m²，商业、公建913.66万m²。项目完成后供热区域内总供热面积为10348.74万m²。本项目为各热源及主干线联网工程，本项目的实施后，直接利用本项目敷设的管网的供热面积约为1428万m²，其中规划新增面积约485万m²。

本项目主要供热面积集中在老城区，根据吉林市总体规划和供热专项规划，吉林市供热面积发展主要集中在城市周边新建片区。至2020年老城区面积已趋于饱和，少量面积增长分散在全市各区域，各条供热管线分摊新增负荷较少，故本项目考虑供热面积负荷按规划年限2020年考虑，并能够满足远期发展需要。



本项目为市政院在垃圾焚烧领域最新的EPC总承包项目，项目的落成对进一步开拓市政院在广东省的市场格局，具有重大的战略意义。

本工程日处理垃圾量800吨，项目用地位于普宁市云楼水库旁山地，距离市中心直线距离约9km；周边景色优美，山、水、云，各种自然美景相映衬托，共同构成了本项目的背景与灵感来源。云是变幻与新生，循环的、纯洁的印象，象征着垃圾从焚烧到发电整个能源利用过程，更象征着焚烧产业良好的未来愿景，建筑屋面用弧形、波浪型的弧面组合，如同多个浮云漂浮在山谷之中。山谷是冲刷与沉积、它是永恒的、历史的、沉淀的结晶，是实体的雕塑，标志着企业踏实进取，厚积薄发的精神。两种形体、两种元素的交汇共同演绎了我们对普宁垃圾焚烧厂项目的理解。

主厂房按照工艺流程分成垃圾卸料区、垃圾池、焚烧间以及烟气净化间，各部分紧密相连，并在设计时权衡各个功能使用与建筑造价之间的关系，在满足工艺要求的同时达到价值工程的最大化。

普宁市生活垃圾焚烧发电EPC 总承包项目

建设地点：广东普宁

设计单位：航空工业规划市政院

建设情况：在建

用地面积：6.7万m²

总建筑面积：2.6万m²

住房和城乡建设部关于发布国家标准《工业建筑节能设计统一标准》的公告

现批准《工业建筑节能设计统一标准》为国家标准，编号为GB51245-2017，自2018年1月1日起实施。其中，第4.1.11、4.1.12、4.3.2、4.4.1、5.5.2、5.5.4、5.5.8、5.5.9条为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《同步数字体系（SDH）光纤传输系统工程设计规范》的公告

现批准《同步数字体系（SDH）光纤传输系统工程设计规范》为国家标准，编号为GB/T51242-2017，自2018年1月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》的公告

现批准《自动喷水灭火系统设计规范》为国家标准，编号为GB50084-2017，自2018年1月1日起实施。其中，第5.0.1、5.0.2、5.0.4、5.0.5、5.0.6、5.0.8、5.0.15（1、2、4）、6.5.1、10.3.3、12.0.1、12.0.2、12.0.3条（款）为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2001（2005年版）同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《民用机场航站楼设计防火规范》的公告

现批准《民用机场航站楼设计防火规范》为国家标准，编号为GB51236-2017，自2018年1月1日起实施。其中，第3.2.1、3.3.9、3.3.10、3.4.1、3.4.8、3.5.5、3.5.6、3.5.7条为强制性条文，必须严格执行。

关于发布《石材饰面保温装饰板外墙外保温工程技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2013年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2013〕119号）的要求，由中国建筑标准设计研究院有限公司和江苏宏艺天地节能科技有限公司等单位编制的《石材饰面保温装饰板外墙外保温工程技术规程》，经本协会建筑与市政工程产品应用分会组织审查，现批准发布，编号为T/CECS 475-2017，自2017年11月1日起施行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《自动喷水灭火系统施工及验收规范》的公告

现批准《自动喷水灭火系统施工及验收规范》为国家标准，编号为GB50261-2017，自2018年1月1日起实施。其中，第3.2.7、5.2.1、5.2.2、5.2.3、6.1.1、8.0.1条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《自动喷水灭火系统施工及验收规范》GB50261-2005同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》的公告

现批准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》为国家标准，编号为GB/T50470-2017，自2018年1月1日起实施。原国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB50470-2008同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《管道外防腐补口技术规范》的公告

现批准《管道外防腐补口技术规范》为国家标准，编号为GB/T51241-2017，自2018年1月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《公众移动通信隧道覆盖工程技术规范》的公告

现批准《公众移动通信隧道覆盖工程技术规范》为国家标准，编号为GB/T51244-2017，自2018年1月1日起实施。

关于发布《城市地下商业空间设计导则》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2015年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2015〕044号）的要求，由北京城建设计发展集团股份有限公司等单位编制的《城市地下商业空间设计导则》，经本协会建筑与市政工程产品应用分会组织审查，现批准发布，编号为T/CECS 481-2017，自2017年12月1日起施行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》的公告

现批准《工业循环冷却水处理设计规范》为国家标准，编号为GB/T50050-2017，自2018年1月1日起实施。原国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB50050-2007同时废止。

（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 陆国杰
 副主任 米敬明 刘子彦
 委员 (按姓氏笔画排序)
 丁杰 卜国磊 王玮
 王玉平 王锋 王笃礼
 刘国新 李纲 李中强
 肖武 张卫才 张立峰
 陈阳 陈丹瑚 金来建
 黄春晖 贺宏斌 傅绍辉
 葛家琪

总编 陆国杰
 主编 陈海风
 执行主编 王蕊
 责任编辑 李楠
 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 hkgcjs@avic-apc.com
 印刷单位 北京奇麒麟印刷有限责任公司分公司
 发送对象 公司内部及本系统内部
 印刷日期 2017年10月
 印数 1500册
 电话 (010)62038276 62038235
 传真 (010)62038297
 封面 郑州(东部)环保能源工程

CONTENTS

目录 2017年第5期 总第133期

航空能力建设

- 02 桩基础架空地坪的设计研究 裴永忠 王毅 张广英
 09 机坪主要助航设备设计探讨 王焯 袁颖
 13 航空制造业环境影响评价工程要点分析 宜慧
 17 飞艇库水消防系统方案研究 牟昊 陈洁如

研究与探讨

- 21 基于机器视觉的零件自动识别研究 张超 李慧
 26 BaTiO₃/MWCTNs复合材料制备与吸波性能研究
 张萌 王虹 王云飞
 30 电泳涂装技术及工艺分析 苏如意 田虹 张睿悦 冯梦桥
 33 机械加工工艺对零件加工精度产生的影响研究 雷凯淞 余振中
 35 预应力混凝土技术在某大型数据中心的应用
 王敬仁 安东凯 张清清 闫军
 38 西安某跨地裂缝钢桁架连廊结构设计
 张清清 李晓璐 申若虚 赵伟 闫军 张海滨
 42 基于SAP2000弹性时程分析下的爆炸试验塔结构设计
 张宽 王蓓 张虎 冯知夏 李冬星
 46 初步设计概算在全过程投资控制中的作用研究 王旭
 49 EPC模式下工程总承包企业招标采购管理要点分析 廖洁
 52 城市综合管廊火灾自动报警系统设计探讨 孙静

工程设计

- 58 节能技术在某绿色建筑中的应用
 孟凡兵 安玉双 乔卫来 隗珊珊
 62 锂离子电池生产厂房管线综合深化设计 熊进华 赵凯峰

桩基础架空地坪的设计研究

■ 裴永忠 王毅 张广英 (结构)

摘要: 桩基础架空地坪是采用钢筋混凝土梁板和桩基础的一种工业厂房地坪形式。在软土地区, 架空地坪具有承载力高, 沉降量小, 施工质量可控、周期短等优势。与传统的工业厂房地坪相比, 架空地坪同时兼具地坪和楼板的特点, 设计比较复杂。基于以往的工程经验, 对桩基础架空地坪的设计进行较为系统的总结和分析。对比了不同形式架空地坪布置, 对架空地坪中桩基础和地坪板的计算给出建议, 通过典型案例对架空地坪的造价进行比较, 并给出了架空地坪设计中一些具体构造做法。本文的结论可为后续工程设计提供参考。

关键词: 桩基础; 架空地坪; 平板式地坪; 梁板式地坪; 地基处理

0 引言

工业厂房中的地坪是满足厂房使用功能的一项重要载体, 承受厂房使用过程中的各种荷载。在沿海软土地区, 传统的方式一般是通过地基处理的方式来满足地坪承载力和沉降的要求^[1,2]。但是, 大量的工程经验表明, 由于软土地基自身的复杂性和施工控制的原因, 地基处理有时效果并不好, 地坪沉降或开裂, 甚至影响生产的正常运行^[3,4,5]。鉴于此, 在沿海软土地区的工业厂房地坪中采用桩基础架空地坪就越来越有优势。所谓架空地坪, 即地坪采用钢筋混凝土梁板, 基础为桩基, 荷载通过地坪梁板直接传给桩基。显然, 相对于地基处理方式, 桩基础架空地坪具有承载力高, 沉降量小, 施工质量可控、周期短等优势。

尤其是后期使用中, 地坪沉降量很小, 平整度高, 对于精细化生产和技术升级提供可靠保证。

近年来, 桩基础架空地坪已成功应用于多个大型工业项目中, 包括天津波海航空复材厂房(2000年)、天津空客A320系列厂房(2008年)、天津中直总装厂房(2011年)、上海中国商飞ARJ厂房(2016年)、天津空客A330交付工程(2016年)以及浙江舟山波音B737MAX飞机交付工程(2017年)等, 其中部分工程已建成使用多年, 效果良好。

桩基础架空地坪与传统的工业厂房地坪相比, 同时兼具地坪和楼板的特点, 因而设计更加复杂。虽然已经有了较多的工程实例, 积累了一定经验^[6,7,8], 但是对于桩基础架空地坪这种形式, 却缺乏较为系统的经验总结和分析比较。本文基于以往的工程经验, 针对架空地坪的特点, 进行较为系统的总结和分析, 从架空地坪的荷载、布置形式、桩及地板的分析、造价以及一些具体构

作者简介: 裴永忠, 男, 研究员, 2009年毕业于清华大学结构工程专业, 现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

造问题进行了较为系统的总结和研究。本文的结论可为后续工程设计提供参考。

1 架空地坪的主要荷载

工业厂房地坪是实现其使用功能的主要载体之一, 厂房的大部分功能运行都在其地坪上完成。由于工业厂房的使用功能多样性和复杂性, 导致其作用荷载比较复杂。对于大多数厂房来说, 地坪的荷载可以一般分为如下几类: 1) 固定设施荷载, 即按照工艺流程, 其位置和型号等确定的大型设备或设施, 如厂房中各种机床、特种设备、固定工架等, 仓储厂房中货架也可以作为固定设施; 2) 移动设施, 包括叉车、大型厂房中运输车辆或牵引车辆、航空总装厂房中的飞机等等; 3) 地坪堆载, 包括生产运输中对方备料、产品等。

架空地坪类似于楼盖结构, 其受力分析较传统放置于地基上的地坪要复杂, 因此设计之前, 应根据厂房的使用功能, 与相关专业一起, 仔细分析地坪荷载分布和可能发生的布置, 将荷载精细化。

架空地坪设计中, 除非功能较为单一的厂房, 否则采用单一包络的地坪活荷载不对的。一方面造成桩基础和地板设计的巨大浪费, 另一方面, 却有可能因为局部设备荷载较大而不能包络而造成安全隐患。

实际设计中, 可以根据厂房功能和工艺布置将地坪荷载分为不同类型或区域。1) 大型固定设施或设备、特殊精度要求的固定设施、工装夹

具、专门的功能区或重型堆载区等均作为专门区域, 由工艺给出位置、埋深等专门要求; 2) 大型移动设施, 如叉车、运输或牵引车辆、飞机等, 确定轮压、轮距以及运行区域; 3) 一般小型的固定和移动设施以及一般性堆载等可作为均布活荷载, 均布活荷载要适当留有富裕, 利于未来的升级改造。

2 架空地坪的形式

架空地坪一般主要有两种结构布置形式, 平板式和梁板式, 梁板式又可分为单向梁板式和双向梁板式(见图1)。梁板式地坪中荷载通过地坪梁传给承台及桩基, 当布置单向地坪梁时, 地坪板为单向板; 当布置双向地坪梁, 地坪板为双向板。平板式地坪板受力方式类似无梁楼盖, 钢筋混凝土的地坪板直接支承于桩基承台之上。

直观上, 梁板式地坪可以减小地坪板的厚度, 相对平板式地坪板的板厚要小, 因而较为节省。但是架空地坪与普通楼板不同, 梁板式地坪施工中的地坪梁要增加模板, 这些模板是不可拆除和重复利用的, 增加了费用和工期。而平板式地坪板则不存在这些问题。而且, 一般工业厂房地坪板厚度, 由于耐久性和厂房使用等要求, 相对一般楼板要厚, 这样梁板式节省板厚的优势就打折扣了。图2为实际工程中两种架空地坪现场施工图。

以一个工程实例来比较不同的梁板布置和平板式架空地坪。某厂房^[9]位于天津, 地坪采用桩基础架空地坪, 地面活荷载 $20\text{kN}/\text{m}^2$, PC管桩, 桩

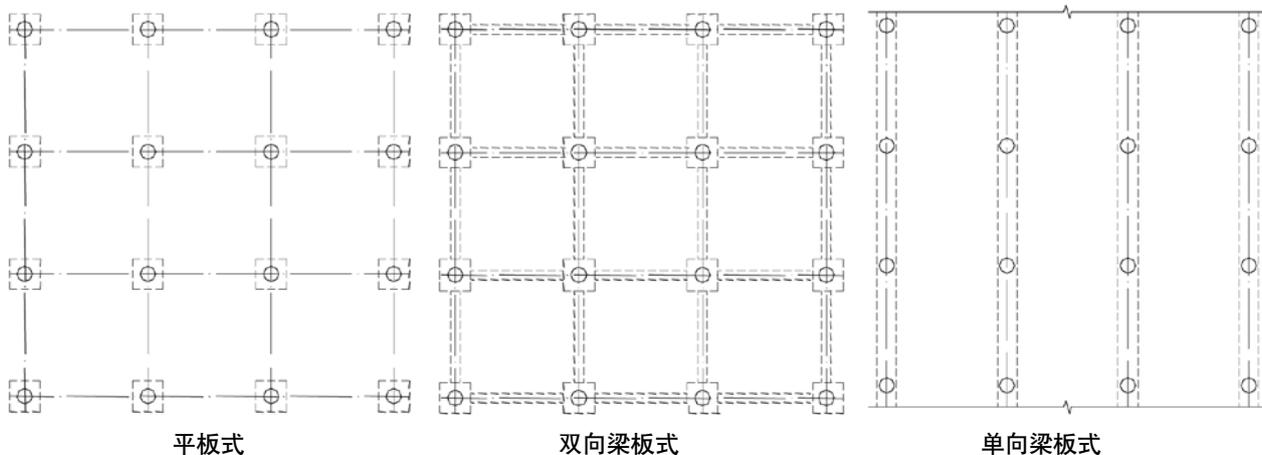


图1 架空地坪结构布置形式



图2 (a) 梁板式架空地坪的砖模板

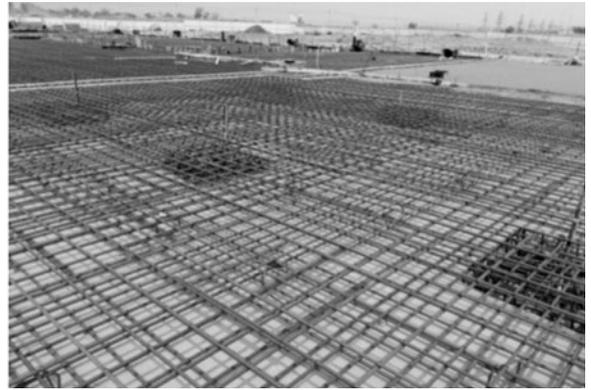


图2 (b) 平板式架空地坪施工

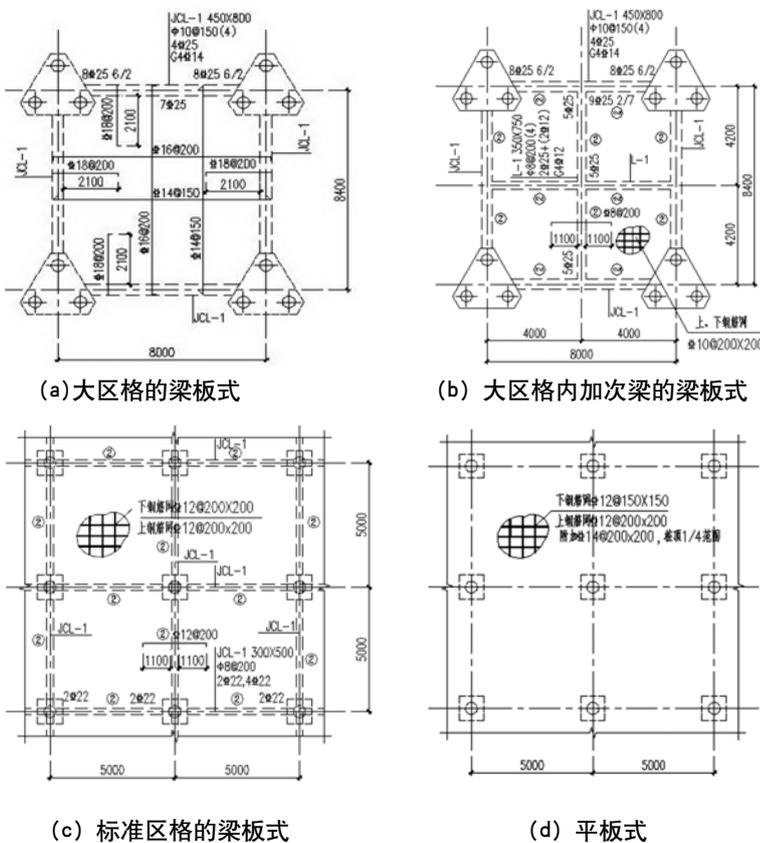


图3 不同结构布置形式比较

径D500，承载力特征值750kN。原设计采用如图3 (a) 的梁板布置，网格采用8.0m×8.4m，板厚250mm，地坪梁450×800。优化后改用如图3 (b) 的梁板布置，网格仍为8.0m×8.4m，但中间设十字交叉次梁，将板格变为4.0m×4.2m，板厚改为180mm。本文中桩距减小变为单桩，桩距5.0m×5.0m，梁板式下板厚180mm，梁300×500 (h)；平板式板厚250mm，如图3 (c) 和3 (d)。计算得到四种布置配筋见图3，工程量见表2。

上面的案例可见，平板式架空地坪，造价更加节省，而且施工方便，是优选的布置形式。同样也说明，即使对于梁板式，不同桩距、不同布置，造价相差甚远，一般来讲按桩基承载力计算得到的桩距下的梁板布置也是最优的。当然，梁板式地坪在局部有较大集中荷载时受力直接，刚度大，地坪梁可同时兼做基础梁，实际设计中还要根据工程具体情况具体分析。

表2 材料用量比较表

序号	形式	网格	板厚 (mm)	单桩承载面积 (m ²)	折算板厚 (m)	钢筋用量 (kg/m ²)	备注
1	梁板式	8.0m×8.4m	250	22.4	0.338	55.1	
2	z	8.0m×8.4m	180	22.4	0.332	39.7	内设次梁
3	梁板式	5.0m×5.0m	180	25.0	0.219	29.5	
4	平板式	5.0m×5.0m	250	25.0	0.250	26.7	

3 受力分析

3.1 桩基的受力分析

传统的计算方法，一般假设地坪中桩基础为不动支点。

按平板式架空地坪，设 q_D 为地坪恒载， q_L 为地坪均布活载， A 为单桩受荷面积， R 为单桩承载力特征值，则有：

$$(q_D + q_L) \times A \leq R \quad (3.1)$$

当有集中荷载 P 时，式(3.1)变为：

$$(q_D + q_L) \times A + P \leq R \quad (3.2)$$

由受荷面积 A ，再根据具体工程情况，得出桩间距。

对于地坪上的集中荷载尤其是对于移动设施的荷载，可以考虑桩基的竖向弹性刚度。如图4，假定在某一桩顶处有集中荷载 P 作用，如果桩基

按竖向不动点考虑，则1点处桩基压力 $N_1 = P$ 。但是，实际桩基是有变形的，在集中荷载 P 作用下，桩基1发生竖向变形，是梁和板的弹性支点。由于地坪梁板的作用，带动周边桩基承担部分荷载，此时 $N_1 < P$ 。桩基的竖向弹性刚度可以按照规范通过计算得到，也可以根据试桩报告结果直接计算。

在弹性刚度下，桩基压力 N_1 与地坪板厚度、桩距以及桩自身竖向刚度 k 有关。图5中分别给出了不同板厚下和不同桩间距下桩基竖向压力变化趋势，显然，随着板厚的增加，周边桩分担了更多的荷载，集中荷载 P 作用的桩基压力 N_1 减小；随着桩基间距的增大，集中荷载 P 作用的桩基承担了更多的压力，而且，桩基竖向刚度越大，集中荷载 P 作用的桩基承担的压力就越大。

3.2 板的受力分析

(1) 活荷载的不利布置

架空地坪板的受力分析中应考虑活荷载的不利布置，均布荷载下不利布置与一般楼盖结构相同，但厂房地坪中经常有诸如叉车、运输车辆等移动设施的荷载，计算时应根据轮压大小、轮距以及桩网格尺寸确定不利布置。

以航空厂房为例，机库或总装厂房的飞机轮压是地坪的主要荷载。对如图6的平板式架空地坪，当飞机轮压作用于跨中板带中部时，板下弯矩和跨中板带支座处板上弯矩达到最大，当飞机轮压作用于柱上板带中部时，柱帽处弯矩达到最大，在求解地坪板上下弯矩时，就要这两种不利布置。

(2) 板的等效活荷载

飞机轮压等移动设施的荷载为局部集中荷载，传统的分析中，往往要得到板受力等效荷载^[11]。对于平板式架空地坪，显然不能简单的以四边简支板

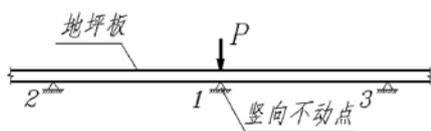


图4 (a) 竖向不动点模型

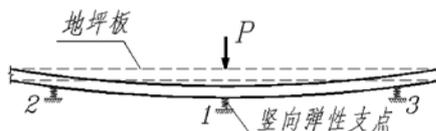


图4 (b) 竖向弹性支点模型

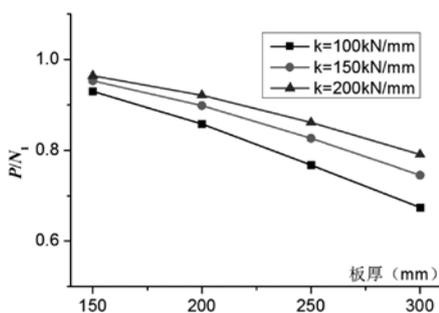


图5 (a) 不同板厚下桩顶压力比较

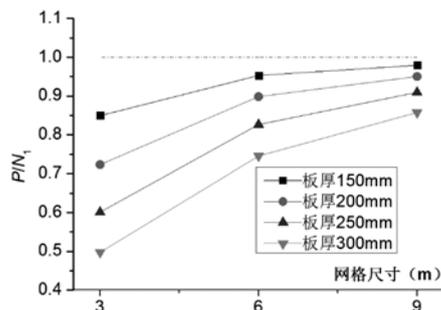


图5 (b) 不同桩间距是桩顶压力比较

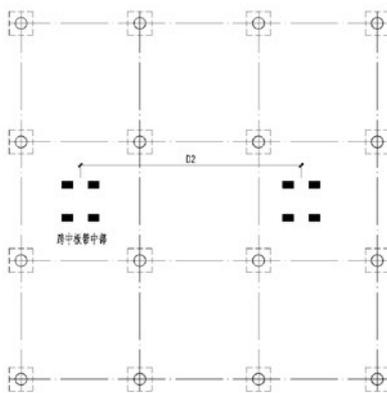


图6 (a) 飞机后轮作用于跨中板带中部

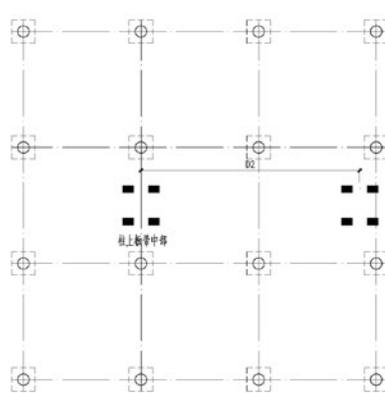


图6 (b) 飞机后轮作用于柱上板带中部

表3 各机型后轮作用下地坪板最大弯矩等效荷载 (kN/m²)

板跨 (m)	3×3			5×5			8×8		
	L _a	L _b	L _c	L _a	L _b	L _c	L _a	L _b	L _c
C919	163.6	63.8	59.9	57.9	24.6	25.9	24.3	12.2	9.4
A321	227.5	89.4	84.2	81.4	34.1	36.8	33.6	17.2	13.8
A330	218.2	112.5	104.0	110.7	56.9	79.5	53.7	36.4	33.5

求得的等效荷载,应考虑不同位置、不同边界条件的影响。表5为3种机型轮压作用于不同板跨计算得到的等效均布荷载值^[10],其中L_a、L_b、L_c分别为板上、板下、柱帽处等效均布荷载,可见平板式架空地坪的等效荷载在不同板跨、板的不同位置均不相同,相差很大。

等效荷载计算复杂,还容易造成误解。随着计算手段的进步,局部荷载下板的分析变得简单易行,而且概念明确,对于架空地坪,等效荷载并无必要。

4 造价分析

架空地坪的造价主要与地基处理方式来进行比较。软土地区常用的地基处理方式有堆载预压、真空预压、水泥土搅拌桩以及刚柔复合地基等,预压类地基处理需要一定的时间成本,这里不做比较。本文主要以两个工程实例,分别以水泥土搅拌桩以及刚柔复合地基处理方式与桩基础架空地坪进行造价比较。

实例1^[11]。上海浦东某物流厂房,地坪活荷载50kN/m²。拟建场地地基土主要由粘性土、粉性土及砂土组成,其中淤泥质土层平均厚度近12m。

地基处理为水泥土搅拌桩法,桩径为D500,间距1.0m×1.0m,采用长、短桩方案。短桩桩长7m,长桩桩长19m。复合地基承载力设计值 $f_{sp,d}=100\text{kPa}$,计算沉降量68.73mm。配筋地坪厚度按250mm。

按照施工完成后的结算价格,得到地基处理部分造价约为400元/m²(包括褥垫层等),地坪为230元/m²,总的单位造价为630元/m²。

桩基础架空地坪,PC管桩,桩径D500mm,桩长30m,桩基承载力特征值 $R=1100\text{kN}$,地坪板厚250mm,100mm厚面层。计算得到的桩间距4.0m×4.5m,计算沉降约为6.0mm。

按照当地定额并结合报价,得到桩基部分造价

为290元/m²,承台、地坪板及面层为336元/m²,加上取费后总的单位造价为751元/m²。

实例2。浙江舟山某机库,活荷载20kN/m²,承受B737飞机轮压。场地土层自上而下素填土、粉质黏土、淤泥质粉质黏土、淤泥质黏土、黏土、粉质黏土、细砂等,其中软土层平均厚度40m左右。

地基处理采用刚柔性桩复合地基,柔性桩为水泥土搅拌桩,桩径500mm,桩间距1.4m,矩形布置,桩长12m;刚性桩为D400管桩,桩间距4.2m,桩长30m。计算得到的复合地基承载力120kPa,计算得到的30年工后沉降180mm。配筋地坪厚度按250mm。

按照当地定额并结合当地报价,得到地基处理部分造价为816元/m²(包括回填和褥垫层等),地坪为230元/m²,总的单位造价为1046元/m²。

桩基础架空地坪,采用PC管桩,桩径D500mm,平均桩长45m,桩基承载力特征值 $R=1200\text{kN}$,地坪板厚300mm,100mm厚面层。计算得到的桩间距6m×6m,沉降约为8.0mm。

按照当地定额并结合当地报价,得到桩基部分造价为190元/m²,承台、地坪板及面层为386元/m²,另有回填98元/m²,加上取费后总的单位造价为817元/m²。

案例1中,桩基础架空地坪比地基处理地坪造价提高约20%,这也是大多数工程案例的情况。案例2中,桩基础架空地坪反而比地基处理地坪造价低,降低了约22%,这是因为拟建场地软土层很厚,同时对地坪沉降控制很严。事实上,案例2的实际工程中,即使地基处理造价高了很多,仍不能满足工艺使用要求。

一般来说在沿海软土地区,如果厂房使用对地坪沉降要求严格,桩基础架空地坪是首选方案,考虑后期使用维护,具有综合的投资优势。如果使用中对地坪只有承载能力的要求,而对沉降要求不高或没有要求,地基处理造价肯定便宜。

5 其他注意的问题

桩基础架空地坪较一般地坪设计施工均比较复杂。设计中，各个专业要通力合作，密切协作。工艺专业确定大型设备基础位置、埋深以及荷载，移动设备的轮压等，建筑专业明确面层做法，协调管沟、地井等的位置和深度。

(1) 架空地坪板的厚度。工业厂房地坪板厚度不宜过薄，一方面是地坪板耐久性要求，另一方面也便于满足工业厂房各种使用要求。除少数功能比较明确单一的厂房地坪之外，对于平板式一般厚度 $\geq 200\text{mm}$ ，梁板式中板厚 $\geq 160\text{mm}$ 。

(2) 建筑面层。架空地坪应根据厂房功能确定是否在地坪结构板上加建筑面层。加设面层可以设置排水坡度、埋设一些管线，面层的分缝后可以防止地坪表面的裂缝。应该注意的是，为了



图7 地坪一体浇筑时的假缝

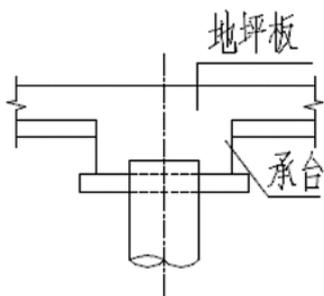


图8 普通单桩承台做法

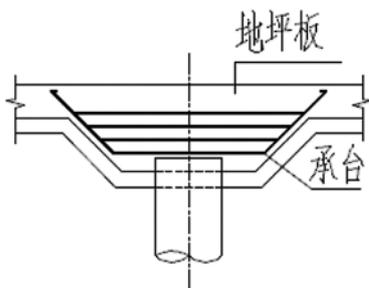


图9 锥形单桩承台做法

防止荷载作用下起皮，后浇的面层不宜太薄，一般厚度应 $\geq 70\text{mm}$ 。

架空地坪可以不设面层，建议按照图7做法，板上保护层加厚 $\geq 50\text{mm}$ ，板施工完毕后，在板表面切割假缝，间距 $8\sim 12\text{m}$ ，深度 30mm ，防止板表面裂缝。

(3) 承台做法。架空地坪下的单桩承台，习惯上做方形承台（图8），将之稍作改进，做类锥形承台（图9），便于混凝土浇筑，节省了模板，而且对桩的防冲切也更有利。相应配筋亦按防冲切配置。

(4) 室内外进出处的处理

厂房地坪采用桩基础架空地坪，地坪沉降量极小，室外一般是不处理的，室内外存在很大的沉降差，设计时要特别注意。

对于进出室内外的管线，如果不采取措施，可能造成管线剪断的情况。通常的做法是在设置接线井（图10），管线集中布置于井内，并设置柔性接头。

对于大门等需要室内外平缓过渡之处，可按图11做法，出室外处做一段刚性配筋板，一边通过牛腿搭与室内地坪，另一边直接放置于室外地基之上，这样避免室内外突然落差，平缓过渡。

6 结论

本文对架空地坪的设计进行了较为全面的分析研究，主要得到以下结论。

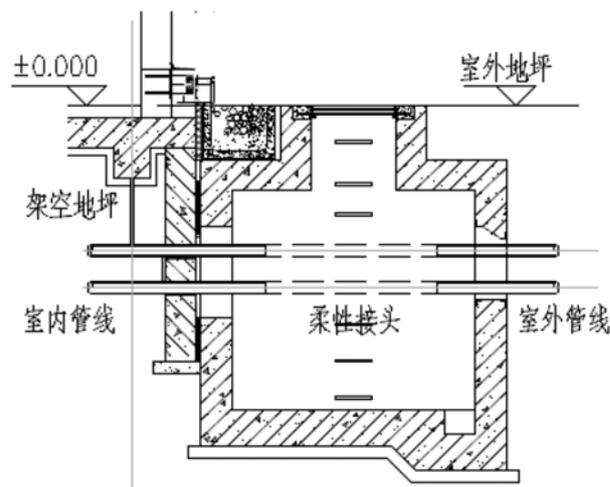


图10 接线井做法示意

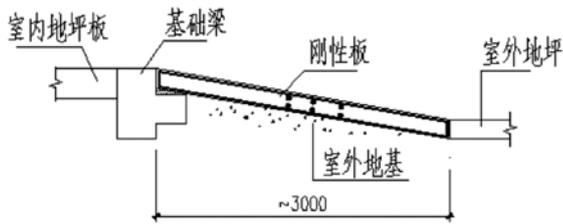


图11 室内外地坪做法示意

(1) 沿海软土地区, 工业厂房采用桩基础架空地坪沉降量小, 施工质量可控。

(2) 对比梁板式和平板式的架空地坪, 考虑经济性和施工便捷性, 应优先选用平板式架空地坪。

(3) 架空地坪设计中要对地坪荷载进行更精细的分析, 可将荷载分为大型固定设施荷载、移动设施荷载、均布活荷载三种类型。

(4) 架空地坪桩基础的设计中, 考虑桩的弹性变形, 可得到更合理的结果。

(5) 架空地坪的地坪板计算中, 要注意移动设计荷载的不利布置。

(6) 架空地坪的造价分析表明, 与地基处理相比, 具有一定的综合优势。

(7) 架空地坪的设计要与其他专业密切配合。

参考文献

- [1] 张广英, 汤小军, 等. 上飞浦东总装基地物流中心水泥土搅拌桩设计[J]. 建筑科学. 2012.09. 第28卷增刊.
- [2] 林伟, 鄂颖男. 水泥土搅拌法在近海地区机库地坪中的应用[J]. 建筑科学. 2012.09. 第28卷增刊.
- [3] 罗慧芬, 厂房地坪起壳、裂缝实例分析及修补措施[J], 建筑施工, Vol. 32, No. 11.
- [4] 叶观宝, 鲁旺达, 等. 某工业园区厂房地坪沉降病害分析[J], 施工技术, 2016年11月, 第45卷增刊.
- [5] 张广英, 汤小军, 等. 某承力地板沉降过大的加固处理工业建筑[J], 第46卷, 第11期.
- [6] 刘驹达, 张文博, 等. 天津某工程大面积梁板式混凝土地坪施工技术[J], 施工技术, 2010年4月, 第39卷, 第4期.
- [7] 李凯, 黄晓强. 关于工业厂房地坪施工中的

几点建议[J], 2011年8月, 第41卷增刊.

[8] 李志刚, 工业车间地坪结构设计分析[J], 四川建材, Vol. 42, No. 9.

[9] 赵博猷, 张虎, 天津某公司总装厂房架空地坪, 中国航空规划设计研究总院有限公司设计参考资料[R], 2011年11月.

[10] 桩基础架空地坪的设计优化[R], 中国航空规划设计研究总院有限公司业务建设, 2016年11月.

[11] 陈基发, 沙志国. 建筑结构荷载设计手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.

机坪主要助航设备设计探讨

■ 王焯 袁颖 [电气]

摘要: 为保障飞机频繁地进出港, 保证飞机在夜间及低能见度条件下能安全、有序地行驶, 以及满足飞机检修和维护用电的要求, 机坪上的泛光照明和机务用电将起着重要的作用。本文列举了两种典型停机方式下的泛光灯布置, 并从高杆灯照明供配电与控制等方面介绍了机坪照明设计, 探讨了机坪机务用电设计。结果表明, 机坪泛光照明和机务用电的设计应从安全、合理、经济和节能等方面综合考虑。

关键词: 机坪; 照明; 供配电; 节能控制

1 引言

近年来, 随着中国民航事业的迅速发展, 全国各地都在纷纷建造新机场, 飞机已成为更多人群选择的经济、快速的交通工具。为保证航空器夜间及低能见度条件下在机坪工作区内可以安全有效地运行, 以及供飞机启动和机载设备通电检查使用, 满足飞机检修和维护的用电要求, 通常需要在机坪上设置高杆灯照明和机务用电。本文对机坪泛光照明、机务用电的设计进行探讨, 为机坪助航设备的设计提供一定的借鉴。

2 机坪助航设备设计

2.1 机坪照明

1) 机坪泛光照明的设计

机坪泛光灯必须对机坪工作区提供足够的照明, 必须使得有关飞机标志、地面标志和障碍物标志的图形和颜色能够正确地加以辨认。根据《民用机场飞行区技术标准》(MH5001-2013), 站坪机位上水平设计照度为20lx, 均匀比不大于4:1, 其他机坪地区设计照度为机位上平均照度的一半; 在有关方向上高出机坪2m处机位

垂直照度为20lx。站坪服务车道照明水平照度不小于20lx。为便于更换照明光源, 高杆灯需要设置电动和手动灯盘升降装置。

高杆灯的光源采用高光效气体放电灯, 如高压钠灯或金属卤化物灯。对显色性要求较低的部位及场所宜采用高压钠灯; 对显色性有较高要求的部位或场所, 宜采用显色指数 $R_a > 80$ 的金属卤化物灯

机坪泛光灯照明应不产生妨碍飞机驾驶员、塔台管制员、地面工作人员的眩光。泛光灯的布置和朝向应避免灯具发出的直射灯光照射塔台和着陆飞机, 应使得每一机位能从两个方向以上受光, 以尽量减少阴影。宜采用多个泛光灯从不同方向为飞机机位提供照明, 不宜采用单个泛光灯指向飞机提供照明(见图1、图2)。

为限制直接和间接眩光, 灯杆的位置、高度及灯的投射方向还应符合以下要求:

(1) 泛光灯的安装高度不应小于经常使用该机位的飞机驾驶员最大眼高(眼轮高度)的2倍。

(2) 泛光灯最大光强瞄准方向与灯杆的夹角不应超过 65° 。

(3) 应选择合理配光的灯具, 并仔细地调整泛光灯的方向, 必要时还应采用遮光的方法来限制眩光。

常用的高杆灯高度为15m, 18m, 20m, 25m, 30m, 35m。泛光照明灯杆的高度不应

作者简介: 王焯, 女, 工程师, 2015年毕业于哈尔滨工业大学电气工程专业, 现就职于中航建设民航工程设计研究院。

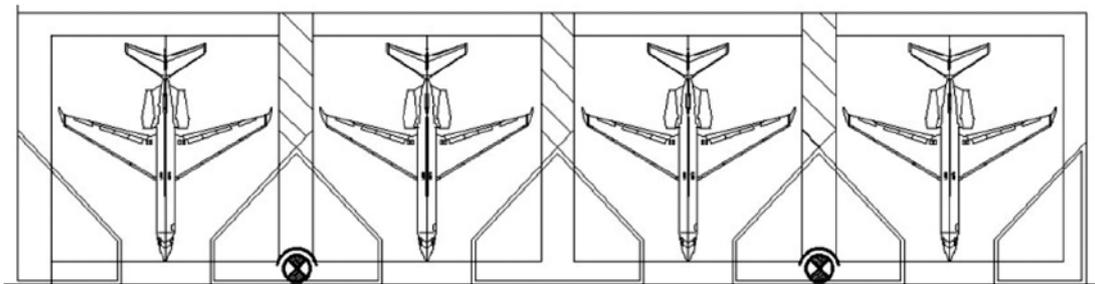


图1 平行停机的典型泛光灯布置和瞄准方向

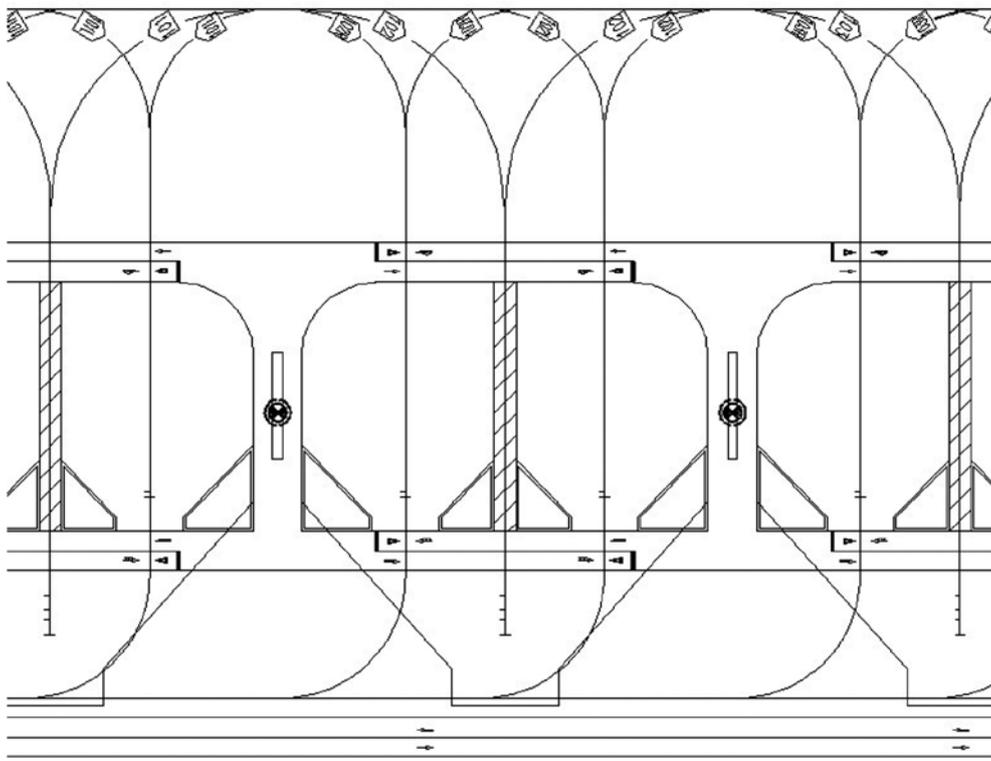


图2 自滑进出的典型泛光灯布置和瞄准方向

超出过渡面，最大允许高度（含灯杆上附属物高度）应按下列公式（1）计算，即

$$H \leq (D - W/2) / 7 - h \quad (1)$$

式中：

H——泛光灯高度，单位为米（m）；

D——泛光灯至跑道中线的距离，单位为米（m）；

W——升降带的宽度，单位为米（m）；

h——泛光灯所在地面标高减以过渡面底边标高之差（可为正值或负值），单位为米（m）。

2) 高杆灯照明供配电与控制

机坪高杆照明装置从灯杆下部配电盘至灯盘

分线端子箱应采用两条电力电缆供电，高杆灯应用独立的电力电缆供电，相邻的高杆灯宜接自不同电源。高杆灯在全负荷时工作电流不应超过电缆载流量额定值70%。电缆中性线截面不应小于相线截面。应采用效率高的灯具，并应装设配套的补偿装置，补偿后功率因数不小于0.9。灯具应有良好的散热条件，防护等级不应低于IP65。

高杆灯灯杆的高度超出过渡面规定时，灯杆上应设两个A型低光强障碍灯，采用工频单相交流红色灯。对于有机坪道路的区域，背面加装道路照明灯具。

高杆照明配电系统的接地方式应采用TN-S

或TT系统。高杆灯灯顶加装1.5m长接闪杆，基础内设置专用引下线并与接地装置焊接连通。

高杆灯控制技术是机坪照明的重要组成部分，良好的控制系统可以提高管理水平，降低管理人员的劳动强度，有效地节约能源。由于机场夜间作业范围和时间的不确定性，及距离控制管理中心距离较远，高杆灯照明的电气控制可有全部照明和部分照明多种选择，在后半夜视航班量的多少，在保证安全的前提下，可采取降低照度的节能措施。系统采用计算机集中控制和现场操作两种方式。高杆灯控制系统网络见图3。

该系统由控制主机、以太网协议转换器、高杆灯远程控制器、电子镇流器、固态接触器组成。系统采用工业以太网，网络采用树型拓扑网络控制方式，通过光纤通讯将每个高杆灯接入网组成一个控制系统，开启过程保持三相启动电流平衡地逐步增长、顺序开启。

在控制管理中心设置高杆灯远程控制器，对高杆灯实行远控，并在机坪边缘设置手动控制箱。可由工作人员根据需要通过计算机将命令发出，将信号传送至控制器内，由远程控制器对高杆灯控制箱内的照明回路进行分组控制。工作人员也可在现场手动控制各高杆灯的操作控制箱开关，方便设备维护和检修。

此外，高杆灯的节能控制系统可以通过利用光控、天文钟、自设时钟等方式，采取传感器、物联网、GPRS和3G通信等技术措施，对机坪泛光照明实施集中统一控制，并实现对每一基高杆灯、每一套灯具运行状态的监测。通过采用光控，根据光线照度更加灵活地控制高杆灯的开关灯时间，在大幅节约能耗的同时也保证了在极端天气情况下，机坪泛光照明设备满足照度要求。

2.2 机务用电

民航机场飞行区的等级是按照拟使用该飞行区飞机的特性确定的，分为指标I和指标II，详见表1、表2。

表2中两个指标中取较大的一个指标作为确定民航机场飞行区等级的依据。

飞行区指标II为D及以上的机场宜为每个停机位设置机务用电配电箱，飞行区指标II为C及以下的机场宜在两个停机位间设置一个共用的机务用电配电箱。机务用电配电箱示意图见图4。

以机位为单元设置机务用电配电箱（亭），主要为机务维修预留供电插座，为泊位引导装置

表1 飞行区指标I

飞行区指标I	飞机基准飞行场地长度m
1	<800
2	800~1200(不含)
3	1200~1800(不含)
4	≥1800

表2 飞行区指标II

飞行区指标II	翼展	主起落架外轮外侧边间距m
A	<15	<4.5
B	15~24(不含)	4.5~6(不含)
C	24~36(不含)	6~9(不含)
D	36~52(不含)	9~14(不含)
E	52~65(不含)	9~14(不含)
F	65~80(不含)	14~16(不含)

和机坪监控装置提供低压电源。对于远机位有飞机400HZ电源装置、飞机预制冷装置供电需求的，提供相应的工频供电回路。在距离设有变电站的航站楼、机库、中心变电站较近的机坪机务用电配电箱的电源，直接从变电站的低压出线；附近无变电站的机坪应在机坪附近设箱式变电站，由箱式变电站提供低压电源，该箱式变电站应有两路10KV进线电源，保证机务用电的可靠性。

机位号码标记牌应按组直接从变电站的低压单独供电，以便于标记牌按组控制。如不能单独供电，只能从机务用电配电箱（亭）取电源时，应在机务配电箱设单独开关加交流接触器或控制模块，形成高杆灯和机位标记牌的集中监控系统。

在机位处附近设置机务用电配电箱，采用室外型设备，防水防尘。该配电箱内设置室外防水插座，以方便机务配电使用。配电箱外侧设置SC50钢管制作的防护栏，防护围栏上涂黄黑相间的反光漆。配电箱主要考虑机务升降平台、清洗机等设备的使用。

在站坪处供电电缆采用保护管包封保护，中间设电缆井（电缆井全部按照加强型设置），电缆由电缆井出线至设备时穿镀锌钢管保护。

民航机场机坪助航设备除机坪泛光照明和机

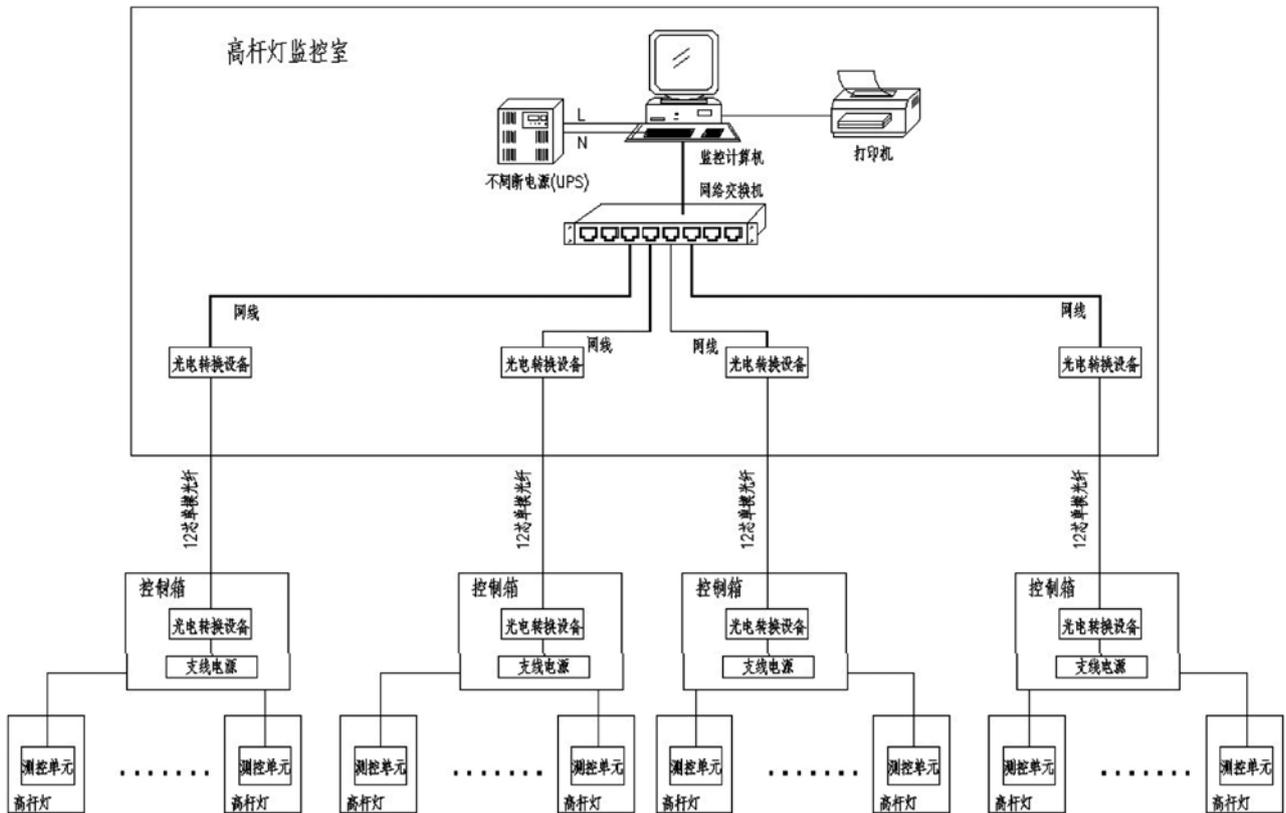


图3 高杆灯控制系统网络



图4 机务用电配电箱示意图

务用电外,还包括目视停靠引导系统和高级目视停靠引导系统,由于这两套系统在一般民航机场较少使用,本文不再论述。

3 结束语

机坪高杆灯照明装置应采用效率高的灯具、镇流器并设置电容补偿器,减少电能损耗。从安全、合理、经济和节能等方面考虑合理布灯,满足机坪的照度要求。高杆灯控制系统可以采用时控技术与人工控制相结合的控制方案,对同一高杆灯的光源采用全部或分组控制的方式,使系统更加安全可靠、经济节能。机务用电要求在机位处附近设置机务用电配电箱,该配电箱内设置室外防水插座,以方便机务配电使用。

参考文献

- [1] MH5001-2013民用机场飞行区技术标准[S].
- [2] 张攀,付松军.网络技术在港口高杆灯控制系统中的应用[J].港口装卸,2012,03:31-33.
- [3] 建标105-2008民用机场工程项目建设标准[S].
- [4] MH/T 6108-2014《民用机场机坪泛光照明技术要求》[S].
- [5] 照明设计手册(第三版).北京:中国电力出版社,2017[M].

航空制造业环境影响评价工程 要点分析

■ 宜慧 [环评]

摘要: 工程分析是航空制造业环评的基础和核心, 本文根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲(2.1-2016)》, 从建设项目概况、影响因素分析和污染源强核算等三个方面总结航空制造业环评工程分析要点, 为我国航空制造业环评及其技术评估等工作提供一定参考。

关键词: 航空制造业; 环境影响评价; 工程分析

航空制造业是指从事飞机、发动机、零部件、机载设备等航空产品的研究、开发、制造及其他相关服务的产业^[1], 涉及机械加工、表面处理、热处理、装配、测试等工艺过程, 不可避免存在一定的环境影响。

航空制造业环境影响评价(以下简称“环评”)在航空产品设计阶段介入, 能够从源头预

防航空制造过程中的环境污染和影响。而工程分析是环评工作的基础和核心, 直接关系到环评结论的有效性和准确性。鉴于此, 作者从建设项目概况、影响因素分析和污染源强等三个方面总结航空制造业环评工程分析要点, 为我国航空制造业环评及其技术评估等工作提供一定参考。

表1 航空制造业环评建设项目概况要点

项目	要点
产品方案	产品主要结构特点(尺寸、面积等)、生产纲领
项目组成	包括主体工程、辅助工程(空压站、冷冻站、换热站等)、公用工程、环保工程、储运工程(储罐、仓库等)以及依托工程等 ^[2] , 明确各工程的主要内容及规模
平面布置	用图件形式表示各工程位置, 涉及电镀工艺的需单独图示各条电镀线的布置。此外, 还需表明污染源(污染治理装置)位置(排气筒、排污口、噪声源、危险废物暂存点等) ^[3]
生产工艺及主要生产设备	机械加工、表面处理(喷漆、电镀)、热处理、复合材料、试飞等工艺内容及其对应的工艺设备, 采用表格形式表示工艺设备种类、数量、安装位置及主要污染。对于改扩建或技改项目, 涉及淘汰老旧设备和落后技术方法的, 建议在设备表中对应列出
原辅料	乳化液(机加)、漆料及稀释剂(喷漆)、电镀槽液、预浸料和蜂窝(复合材料)、航空煤油(试飞)等的种类及消耗量, 明确危险化学品的理化性质、毒理特征等
人员及工作制度	新增人员规模, 生产班次、每班小时数、年工作天数等工作制度

作者简介: 宜慧, 女, 工程师, 2010年毕业于南京农业大学环境科学专业, 现就职于航空工业规划综合规划设计研究院。

表2 航空制造业主要污染及防治措施

工序		主要产污工艺	污染种类	主要污染物	处理措施
零部件加工	机械加工	机械加工	废气	粉尘	滤筒除尘、布袋除尘
			固体废物	废金属屑、机加设备维护废切削液、废乳化液和含油棉纱等	分类处置，一般固废回收，危险废物委外处理
	热处理	淬火	废气	非甲烷总烃	油烟净化装置
			固体废物	废油	委外处理
	表面处理	吹砂、喷丸	废气	粉尘	滤筒除尘、布袋除尘
			固体废物	陶瓷颗粒等	回收利用
		电镀	废气	铬酸雾、氯化氢、硫酸雾、氮氧化物、氟化物	酸雾净化、铬酸回收
			废水（酸碱废水、含铬废水、氰铜废水）	pH、COD、SS、氟化物、总铬、六价铬、总铜、总镍、总磷、CN ⁻ 等	分质处理，一般采用化学沉淀、RO过滤
			固体废物	镀槽废液、滤渣、废水站处理污泥	委外处理
		喷漆（零部件喷漆和整机喷漆）	废气	甲苯、二甲苯、非甲烷总烃、漆雾（颗粒物）	过滤棉、活性炭吸附
			固体废物	废油漆桶、废清洗溶剂、沾油废手套及棉纱、有机废气处理废过滤棉、废活性炭等	委外处理
		复合材料加工	预浸料制备	湿法制备	废气
固体废物	废有机溶剂				委外处理
剪裁铺叠	剪裁、铺叠		固体废物	废塑料膜、废离型纸等	委外处理
固化成型	固化		废气	乙醇、非甲烷总烃	催化燃烧、过滤棉、活性炭吸附
部装	装配	固体废物	包装材料、粘油废物等	分类处置，一般固废回收，危险废物委外处理	
总装	装配	固体废物			
		淋雨试验	废水	COD、SS、石油类	隔油
试飞	发动机地面试车 飞机试飞	噪声	发动机噪声 (L _{WECPNL} 、Leq)	合理布局、试飞路径	
		废气	航空煤油燃烧废气 (NO _x 、CO、碳氢化合物)	/	
内饰安装	切割	固体废物	原辅材料下脚料	回收利用	
	打磨	废气	粉尘	滤筒除尘、布袋除尘	
检测	荧光检测	废水	COD、SS、石油类	专用废水处理设施 (破乳、混凝沉淀、过滤吸附)	
	磁粉探伤检测	废水	COD、SS、石油类		
	X光检测	辐射	辐射	厂房结构屏蔽	
	振动试验	噪声	Leq	厂房隔声减震	
配套设施	动力设备	空压机、真空泵、水泵、风机	噪声	低噪设备、厂房隔声 减震、柔性连接	
	锅炉房	废气	SO ₂ 、NO _x 、烟尘	布袋除尘、低氮燃烧	

1 建设项目概况

建设项目概况主要关注航空产品方案、项目组成、平面布置、生产工艺及主要生产设备、原辅料、人员及工作制度等，各部分要点见表1。

2 影响因素分析

影响因素分析以工艺流程为基线，明确产污环节、污染物种类以及污染防治措施等。

2.1 工艺流程

航空制造业包括零部件加工、复合材料加工、试飞、内饰、整机喷漆等工艺，总体工艺流程见图1。

2.2 污染分析及处理措施

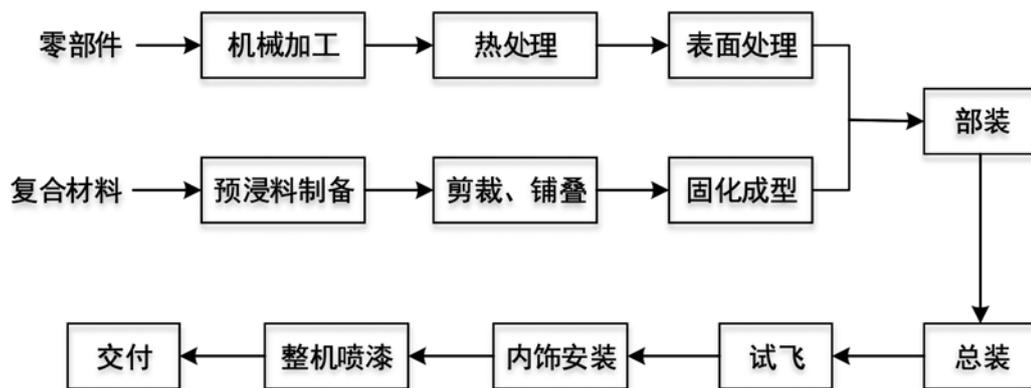
根据航空制造业总体工艺流程，各工艺主要污染、污染物种类及处理措施见表2。

3 污染源源强核算

污染源强核算包括有组织与无组织、正常工况和非正常工况下的污染物产生和排放强度。产生源强核算方法一般有物料平衡法、类比法、专家咨询法、资料分析法等，其中废水、噪声一般采用类比法，通过类比同类工艺的检测数据；固体废物一般采用专家咨询或企业历史统计资料分析方法；废气根据不同类型采取相应的核算方法，具体见表3。

表3 污染产生源强核算方法

污染物	来源	核算方法	
粉尘	打磨、吹砂、喷丸	类比法	类比现有同类工艺的检测数据
非甲烷总烃	淬火		
甲苯、二甲苯、非甲烷总烃、漆雾	喷漆	物料平衡法、资料分析法、专家咨询法	漆料（含稀释剂）中的挥发分（约占60%）在喷漆、流平和烘干过程全部挥发，根据《航空工业环境统计手册》等资料，各工序有机废气挥发比例分别为50%、20%和30%；40%固体分中约25%以漆雾形式排放，其余75%附着在零部件或飞机上
铬酸雾、氯化氢、硫酸雾、氮氧化物、氟化物	电镀	类比法、物料平衡法	类比现有同类工艺的检测数据、重金属元素平衡计算根据利用率等物料平衡法
乙醇、非甲烷总烃	预浸料制备、固化	物料平衡法、专家咨询法	预浸料制备过程中的有机挥发分在制备和固化过程全部挥发，通过专家咨询法，一般制备和固化工序有机分挥发比例约5%和95%。
航空煤油燃烧废气（NO _x 、CO、碳氢化合物）	试车	资料分析法、类比法	类比同类型发动机污染排放强度，或者查阅航空发动机污染物排放量的限定等资料
SO ₂ 、NO _x 、烟尘	锅炉房	类比法	类比同类燃料类型污染排放强度



备注：各工序均涉及检测工艺

图1 航空制造业总体工艺流程

排放强度根据污染治理效率进行数学计算，污染治理效率一般采用设计资料分析、类比法（如滤筒除尘、布袋除尘效率可达99%等）、管理要求分析（如有机废气要满足收集率和处理率均大于90%等）等方法。

工程分析是整个环评工作的基础和核心，是在充分收集分析设计资料及现有条件的基础上，全面介绍工程建设内容，分析工艺流程及产污环节，准确核算污染源强。其中污染源强核算具体包括绘制物料平衡图、水平衡图，核算各类污染物排放强度。

航空制造业逐步向高精尖和绿色环保的方向发展，如预浸料制备逐步淘汰湿法制备工艺，采用干法制备不涉及稀释剂等挥发分，在制备和固化过程中不会产生有机废气；淬火逐步淘汰传统的油淬工艺，采用抽真空充氩气等惰性气体保护工艺，整个过程全封闭，油烟产生强度大大降低等等。为此，航空制造业环评污染源强核算应充分考虑先进工艺技术水平和管理水平，采用类比分析法应充分考虑类比的可行性，根据实际情况，对类比的数据进行必要的校核。

参考文献

[1] Saunders. Recent State Promotion of the Canadian Aircraft Industry: A Case of Reactive or Anticipatory Public Policy [M]. Carleton University, 2003.

[2] HJ2.1-2016, 中华人民共和国国家环境保护标准 建设项目环境影响评价技术导则 总纲[S]. 环境保护部, 2016.

[3] 林安, 徐博宇. 电镀项目环境影响评价工程分析技术要点[J]. 科技经济导刊, 2016(13): 4-6.

飞艇库水消防系统方案研究

■ 牟昊 陈洁如 [给排水]

摘要: 本文以某飞艇库为例,分析了我国此类建筑在消防灭火方面存在无专项规范可依,无工程经验借鉴的现状,及其存在空间立体火源及大面积遮挡等难点,研究了该厂房的超大、超高室内空间的火灾特点和生产工艺流程,提出“高低结合,分层灭火”的理念,并介绍了消防系统方案及控制方法。

关键词: 超大空间;消防灭火;飞艇库;立体火源;遮挡;分层

0 引言

现代飞艇是一种滞空时间长、安全可靠的浮空器,可广泛用于军事行动、气象观测、交通运输、中继通信等多种用途,具有重要的战略价值。在中国,也产生了以飞艇研发、测试为核心的一门新兴科研领域。大型飞艇的体型巨大,也就决定了其总装、测试、充气、停放等工作的厂房,多是以钢结构为主,集大跨度、大净高于一身的超大空间建筑物,这就给消防灭火带来了一定的特殊性。此类建筑消防扑救难度大,飞艇在系留状态(即通过绳索将充气悬浮的飞艇固定在地面锚点而静止时的状态)失火极易产生立体火灾,气囊一旦被烧坏将导致艇体快速坠落,火场的高温还会使主体钢结构失去承载力而倒塌,因此,发生火灾时若灭火应对不力,将会造成严重的人员伤亡和财产损失。

1 工程概况

本建筑为单层丙类厂房,总建筑面积14684m²。主体结构为落地式钢拱架结构,跨度为84m,进深171m,柱距15m。拱架下弦最高点中心线标高72.39m,大门上部拱架下弦中心线标高

56m,建筑物高度77.4m。大厅两侧局部布置有一层房中房,主要为办公、车间和设备站房等等。厂房大门采用推拉式大门,净宽和净高均不小于55m。

厂房内设有1个大型飞艇装配系留位,飞艇为半硬壳式太阳能动力氦气艇,气囊由经过处理的聚酯纤维蒙皮制成,囊体呈带有尾翼的流线型雪茄状,最大长度约140m,最大直径约47m,气囊总容积约50000m³。飞艇库效果图见图1。

2 主要难点

2.1 既无专项规范也无案例经验

本飞艇库是国内首例大型飞艇总装厂房,目前国内既无针对此类建筑的专项规范或标准,

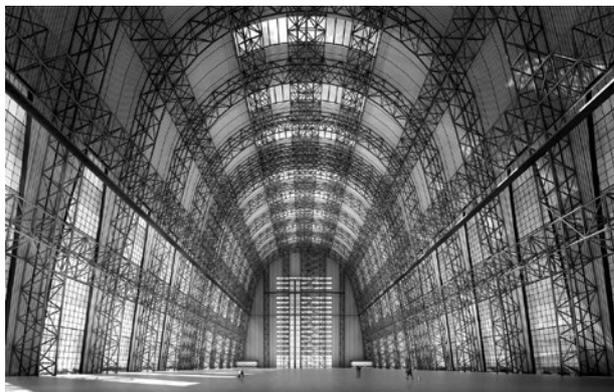


图1 飞艇库效果图

作者简介:牟昊,男,高级工程师,2007年毕业于北京建筑工程学院环境工程专业,现就职于航空工业建设民航工程设计研究院。

也没有设计建造经验可供参考。对于灭火系统的选择,除GB 50016-2014《建筑设计防火规范》(以下简称“建规”)外,国内规范中只有GB 50284-2008《飞机库设计防火规范》(以下简称“库规”)可供参考,虽然飞艇库与飞机库在建筑形式上类似,但无论是飞艇的外形结构或是火灾特性,都与飞机有较大差异,因此不能直接套用。故,该厂房的灭火系统设计不能拘泥于规范,需从对建筑特点和工艺流程进行分析,合理确定有针对性的灭火系统方案。

2.2 平面火源立体火源并存

厂房内的装配大厅、附房内存在一些可燃物,当这些物质失火时,会在地面形成平面火源,这种类型的火源是比较常见的。而飞艇的气囊是由经过处理的聚酯纤维蒙皮制成,虽然其燃烧速度已经很慢,但仍属于可燃物范畴。因此,当飞艇充气后,其囊体表面材料在空间上的任何位置都可能成为火源点,这就要求消防灭火设施必须具备覆盖飞艇表面的空间灭火能力。

2.3 纵向灭火面高并存在遮挡

当飞艇充气处于系留状态时,艇体最高点至地面约55m,最宽处的轴线(以下简称“宽轴”)距地面约27m,纵向灭火面高度较大。加之艇体纵断面为近似于马蹄形的不规则椭圆面,在空间上的任一处向艇体望去,均存在大面积的气囊遮挡面。若按照《建规》仅设室内消火栓系统,由于人的力量限制,为了能让消防员掌控住消火栓,栓口压力是有限制的,从而导致充实水柱的最大射高不能满足超大空间灭火的要求。因此,需要对消火栓系统进行补充,补充灭火设施具有较大的射程和不受遮挡影响的全面灭火能力。

3 设计方案

3.1 灭火设施的选择与配置方案

3.1.1 灭火设施的选择

本厂为单层丙类厂房,按照《建规》的要求,厂房内应设置室内消火栓系统。但正如前文所述,由于本厂房的火灾特殊性,仅设消火栓系统是远远不够的,应设置补充灭火系统。通过刚才的分析不难发现,补充灭火系统必须具备3个基本要求:一是必须能扑救空间立体火灾;二是必须具有较大的射程;三是能不受巨大艇体的遮挡。

对于存在遮挡情况的大空间室内消防设计,

参考《库规》中的一些思路:当飞机机翼面积大于 280m^2 时,应设翼下泡沫炮系统,用于对飞机机翼和机身下部喷洒泡沫,以弥补大面积机翼遮挡之不足。这种解决办法已在大量的工程实践中得到证明,是行之有效的,值得本工程借鉴。由于消防炮又具有较大的射程,可以通过转动炮口实现空间内任意一点灭火,是符合本厂房火灾特点对于补充消防设施的要求的,也是一种常用的大空间消防设备,技术较为成熟,市场上的产品丰富,造价也较为合理,本次予以选用。

3.1.2 灭火设施的配置方案

根据飞艇的断面形状,以宽轴为界分为上下两部分,下部向上和上部向下均存在遮挡,因此在下部设置消防炮的同时,在上部也需设置。此外,考虑到本厂房主要为A类固体火灾,因此无需使用泡沫灭火剂,故而采用远控消防水炮系统作为室内消火栓系统的补充。根据纵向模型对于遮挡特性的分析,本次按照“高低结合,分层灭火”的原则设计消防灭火系统,将纵向空间分为下、中、上三层。下层空间采用室内消火栓系统保护,中层、上层采用远控消防水炮保护,作为消火栓系统的延伸和补充。具体划分为:下层空间,即12m标高以下的部分,设置室内消火栓系统;中层空间,位于低层空间顶至飞艇宽轴处,即12m至27m标高的部分,设置中位远控消防水炮;上层空间,为飞艇宽轴以上至屋顶,即27m标高以上的部分,设置高位远控消防水炮。纵向分层示意图见图2。

此外,厂房内还配置移动式灭火器。

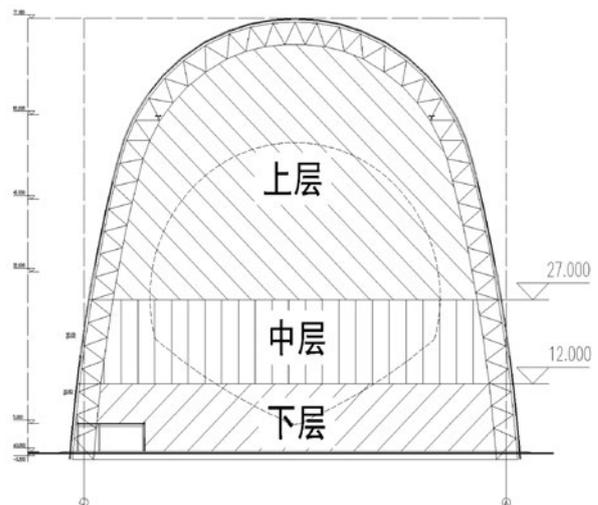


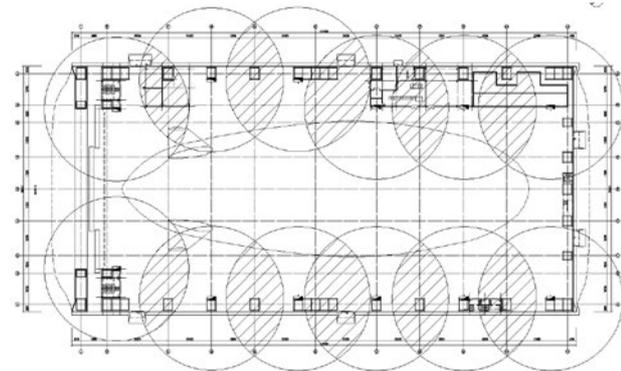
图2 纵向分层示意图

3.2 室内消火栓系统

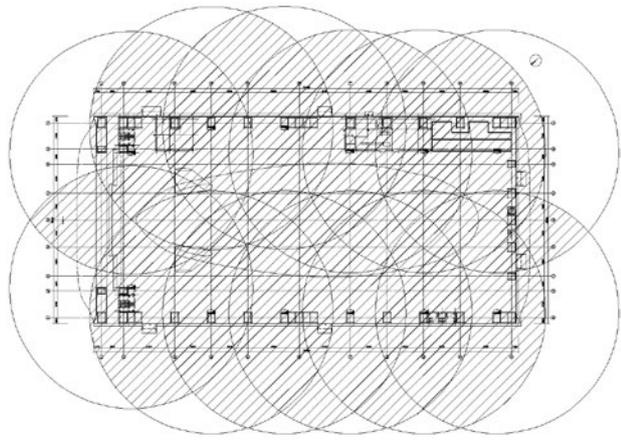
在建筑内墙各处布置室内消火栓，采用DN65栓口及 $\phi 19$ 水枪。消火栓的设计充实水柱不小于13m，其供水由配套新建消防泵房保证。根据厂房装配和测试的工艺要求，消火栓只能布置在室内两侧的内墙或柱上，而建筑内的大厅属跨度84m的大型开敞空间，在沿进深方向两侧布置消火栓时，消火栓的间距将近70m，如果按照常规做法，大厅中部的一些区域无法实现2股充实水柱到达。参考《库规》条文，针对大空间灭火特点，在消火栓内配2盘25m长衬胶水带，灭火时进行连接，可使消火栓的保护半径扩展至50m左右，结合沿进深方向合理的间距布置，可以满足12m以下空间内的任意部位2股充实水柱到达的要求。保护半径对比见图3。

3.3 消防水炮系统

中层和上层空间两侧的结构构件上分别设置一层消防水炮用于保护和灭火。根据GB 50338-2003《固定消防炮灭火系统设计规范》，消防水炮灭火系统按2门水炮（每门炮30L/s，工业厂房设计流量为60L/s）射流同时达到飞艇表面任一



(a) 单盘水带保护半径示意图



(b) 双盘水带保护半径示意图

图3 保护半径对比

部位考虑。根据对被保护飞艇立体模型的分析发现，以艇体剖面形心为原点建立二维坐标系，分别在第一、第二、第三、第四象限内各设置一门消防炮，可以消除艇体遮蔽的影响，从而实现全面覆盖。但由于第三、第四象限上设置的水炮存在仰射的工况，需注意结合消防水炮的“仰角-射高-射程”特性曲线来确定安装位置。参照某市售消防炮样本中的特性曲线，在剖面模型中进行布置尝试，发现分别在本厂房20m标高和60m标高处分别设置中位和高位远控水炮，可以满足覆盖空间中任意一点的要求。本次在20m标高设置10门消防炮，60m标高处设置8门消防炮，沿进深方向的水炮设置间距不大于40m。消防炮设置剖面示意图见图4。

3.4 消防灭火系统的控制

3.4.1 室内消火栓系统

室内消火栓系统控制按照规范规定执行，与常规做法无异，不再赘述。

3.4.2 消防水炮系统

(1) 由于本厂房空间超高、超大，消防炮数量众多，且分层设置，标高又较高，因此当火灾发生时由人工操作灭火不能及时对火灾做出反应，会错失初期火灾及时灭火的宝贵战机，导致火灾扩大后消防效能严重降低，加大火灾损失，也会给人员生命安全带来巨大的威胁。因此，结合现场实际情况并根据相关规范要求，本厂房的消防炮系统应以遥控为主，要求具有远程手动控制和现场应急手动控制的方式，具体控制方式为：

(2) 远程手动控制：当火灾发生时，消防报警信号发出，报警信息经主机处理后向消防控制室

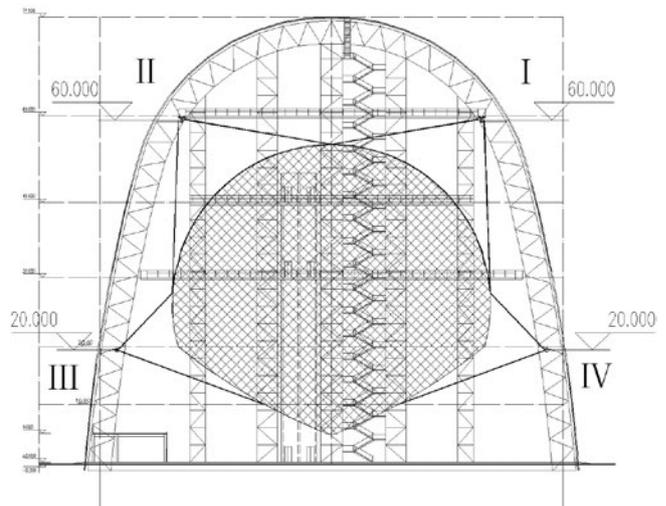


图4 消防炮设置剖面示意图

报警,同时显示报警区域的图像,并自动开启炮口摄像机并开始录像;消防控制室的值班人员根据炮口摄像机或室内监控系统传来的现场图像确认火灾后,利用水炮系统远程控制盘,以人工遥控的方式操作消防水炮瞄准着火点,同时启动炮前电动阀和消防主泵,实施灭火。平时,消防泵和消防炮的待命状态在控制室内实时显示。

(3)现场手动灭火方式:当现场人员发现火源点,可通过水炮现场控制盘进行现场应急操作,控制相应的远控消防水炮对准火源点,同时启动炮前电动阀和消防主泵,实施灭火。现场控制盘安装于消防水炮装置下方,距地面1.5m处。考虑到厂房内净空很高,系留飞艇对视线严重遮挡,故就地控制盘需选用可视型,自带小型显示屏,将炮口摄像机传来的画面进行实时显示。

3.4.3 移动式灭火器

本厂房需按照GB 50140-2005《建筑灭火器配置设计规范》要求配置移动式灭火器,具体配置方案见表1所示:

表1 灭火器配置表

部位	火灾类别	危险级别	灭火器类型
总装大厅	A	中	MFT/ABC50
业务用房	A	中	MF/ABC4
电气机房	E	中	MT7
车间	A	中	MF/ABC4
设备站房	A	中	MF/ABC4

需要注意的是:由于不同作业时飞艇吊篮的停放位置可能不同,因此总装大厅的移动式灭火器放置位置应根据每次作业吊篮的实际停放位置随时调整,在不影响安全疏散的前提下,确保灭火器便于取用。

4 结论

(1)超大空间厂房在消防上很具有特殊性。尤其在无专项规范可依的情况下,必须联合建筑、工艺等专业,从生产流程、建筑总体特点等角度综合分析,确定合理、经济的消防灭火系统方案。

(2)对于超大空间的厂房建筑,以“高低结

合,分层灭火”的原则配置消防灭火系统是一种有效的方法。

(3)本案中遥控消防水炮是作为消火栓系统的有效补充,而其本身仍属于手动灭火系统,这对于的单层丙类厂房来说是符合规范的。但在面对其他工程时,应注意分析清楚建筑物的定性及有无24 h值守人员等因素,确定是否应采用自动灭火系统。

(4)展望未来,随着中国在高新前沿科技领域的不断突破和深入,相信此类具有特殊用途的超大空间建筑会层出不穷,业界应该尽早对此类建筑的消防特点进行研究,总结普遍规律,适时出台具有指导意义的规范和标准。

参考文献

- [1] GB 50016-2014, 建筑设计防火规范[S].
- [2] GB50284-2008, 飞机库设计防火规范[S].
- [3] GB50338-2003, 固定消防炮灭火系统设计规范[S].
- [4] GB50140-2005, 建筑灭火器配置设计规范[S].

基于机器视觉的零件自动识别研究

■ 张超 李慧 [工艺]

摘要: 为快速、准确地进行零件图像识别,提出一种基于SURF的特征识别算法。为了提高识别率,先对零件图像进行预处理,包括图像增强,中值滤波。然后由SURF算法获取零件图像的特征点和相应的特征向量。鉴于特征向量的高维特性,对特征向量用主成分分析降维后采用最近邻距离比率双向匹配算法,并采用随机抽样一致算法进一步提纯匹配点,从而实现零件识别。实验结果表明,本文算法可以有效应对零件图片在发生旋转变化、尺度变化、模糊变化和亮度变化后的识别问题,具有较好的鲁棒性和实时性,能够满足工业化要求。

关键词: 零件识别;特征提取;SURF;主成分分析

0 引言

智能制造技术以综合运用人工智能、机器人和数字化制造等关键技术为特征,已经开始覆盖产品全生命周期。智能制造、智能工厂即将引领新一轮的制造业革命。生产系统要实现智能制造,其关键技术包括识别技术、实时定位技术、无线传感器网络、信息物理融合系统和网络安全技术。

机器视觉就是用相机和计算机来分别模仿人的眼睛和头脑来完成对目标的测量和判断^[1],具有自动化、客观性、非接触性和高精度的优势,在众多领域都得到了广泛的应用。机器视觉系统将被测物转换为图片形式,在通过机器视觉软件对图片进行处理,根据解析的信息内容判别和控制现场设备的动作,能提高自动化设备的智能化水

平而被广泛应用在工业制造中,例如零件尺寸的精密测量、刀具磨损和预调测量、对工件表面缺陷的检测、激光机器视觉检测系统等^[2]。

传统的零件图像识别方法包括傅里叶特征、支持向量机、尺度不变特征变换(Scale Invariant Feature Transform, SIFT)^[3]及类似算法的变体。如文献^[4]选用类似Canny算子对零件图像进行边缘检测,然后用傅里叶变换将图像从空间域转换到频率域,从而能在图像平移、旋转等情况下较准确的识别零件,但在光线、尺度变化时识别稳定性显著降低,文献^[5]提出的支持向量机法,以零件的几何矩为特征向量,将BP神经网络与SVM进行比较,从而实现零件识别。目前应用最广的局部特征提取算法是LOWE提出的SIFT算法,该算法通过统计特征点邻域的灰度直方图构建128维特征向量,对光照、尺度和视角变化具有一定的包容性,但较高的计算复杂度降低了实时应用性能。BAY等提出的加速鲁棒特征(SURF)是

作者简介:张超,男,研究员,2005年毕业于清华大学水利水电专业,现就职于航空工业规划技术院。

对SIFT算法的改进,在保持与SIFT匹配率相当的同时运算速度提高约3倍^[6]。为了缩短零件识别时间,提高识别成功率,本文提出一种基于SURF的零件识别方法,即先对零件图像进行预处理,再选用SURF算法得到零件图像的特征点和相应的特征向量,然后对特征向量降维后采用最近邻距离比率双向匹配算法,并采用随机抽样一致算法进一步提纯匹配点,从而实现零件自动识别。

1 图像预处理

零件图像预处理可显著提高零件识别率。采集零件图像时,易受到外界复杂环境的干扰,使图像的质量下降。干扰的因素有很多,如光照明暗程度、拍摄角度、设备性能优劣等原因造成的图像模糊、歪斜、混入噪声、对比度不够等缺点,这些都会影响识别的效果。图像经预处理后可以改善光线、减少外界噪声的影响,为后续图像处理打下基础。本文采取的预处理包括:图像增强,中值滤波。其中图像增强是指对图像的某些特征,如边缘、轮廓、对比度等进行强调和锐化,以便于显示、观察或进一步分析和处理,通常使用直方图均衡化算法^[7],对于背景和前景都太亮或者太暗的图像非常有用,而且能从曝光过度或者曝光不足的照片中更好的还原细节;中值滤波作为一种典型的非线性低通滤波器,能够在保护零件图像边缘的同时去除图像噪声,更利于计

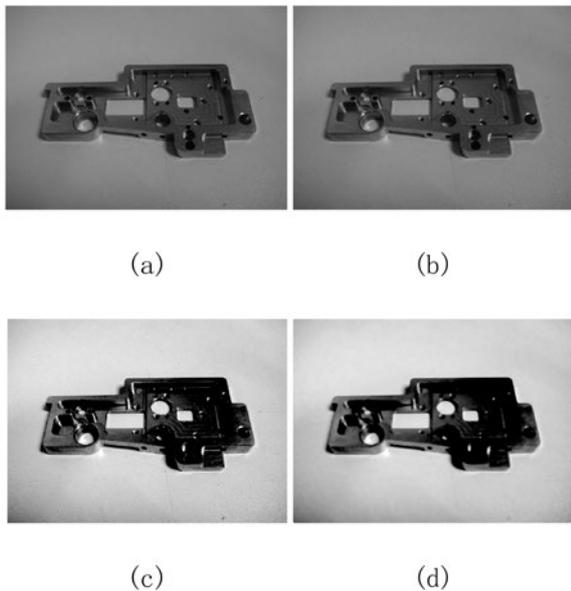


图1 预处理效果

算机的处理与识别。

某零件原始图像如图1-a所示,经灰度转换(图1-b)及增强(图1-c),最后通过中值滤波处理得图1-d。与原始图像相比,预处理后的图像边缘清晰,噪点显著减少,这对于后续机器识别更为有利。

2 SURF算法原理

Bay等人^[8]提出了加速鲁棒特征SURF(Speeded Up Robust Features)算法,广泛应用于计算机视觉的物体识别以及3D重构中。SURF特征描述子具有良好的尺度不变性与旋转不变性,对光照条件的变化也具有良好的适应能力,同时SURF算子的计算性能较高,在同类算子中计算复杂度最低。SURF算法主要分成三部分:特征点检测,主方向确定,描述子生成。

2.1 特征点检测

SURF算法利用Hessian矩阵检测特征点,因Hessian矩阵的行列式可用来判断某一驻点是否为局部极值点。假设图像中某点 $\mathbf{x}=(x,y)$,尺度为 σ 的Hessian矩阵 $H_e(\mathbf{x},\sigma)$ 的定义为

$$H_e(\mathbf{x},\sigma)=\begin{bmatrix} L_{xx}(\mathbf{x},\sigma) & L_{xy}(\mathbf{x},\sigma) \\ L_{yx}(\mathbf{x},\sigma) & L_{yy}(\mathbf{x},\sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, $L_{xx}(\mathbf{x},\sigma)$ 为高斯函数在 x 方向的二阶导数 $\partial^2 g(\sigma)/\partial x^2$ 在点 \mathbf{x} 处与图像灰度函数 $I(x,y)$ 的卷积, $g(\sigma)=e^{-(x^2+y^2)/(2\sigma^2)}/(2\pi\sigma^2)$ 为标准高斯函数模板。 $L_{xy}(\mathbf{x},\sigma)$ 和 $L_{yy}(\mathbf{x},\sigma)$ 具有类似的定义。Hessian矩阵的行列式为:

$$\Delta(H)=L_{xx}L_{yy}-(L_{xy})^2 \quad (2)$$

鉴于高斯二阶模板与图像的卷积运算开销庞大,Bay等人提出了用方框滤波器代替高斯函数的二阶偏导,同时通过积分图像^[9]减少卷积运算时间,可以极大地提高计算效率。

为了通过计算Hessian矩阵行列式检测图像的特征点,需要引入图像尺度空间^[10]的概念。尺度空间是一个连续的函数,通过这个函数来求取所有可能尺度上的极值点。在计算机视觉领域,尺度空间通常是以图像金字塔的形式来构建,也就是不断地将图像与高斯核做卷积,同时不断地对图像进行下采样。

SURF算法通过在不同的尺度下寻找特征点来增强算法的尺度不变性。在SURF的特征提取操作中,尺度空间的构建可以直接通过对原始图像做卷积来完成,且允许尺度空间多层图像同时被处理,不需要对图像进行二次抽样,能实现多层图像金字塔的同时生成,因此显著地降低了计算复杂度。确定特征的过程为,首先通过Hessian矩阵行列式值的每个像素点与其所在 $3 \times 3 \times 3$ 的立体邻域内进行非极大值抑制,即与26个像素点(自身尺度层中其余8个点,上下两个尺度层9个点)比较大小(图2),若该点的特征值在26个领域中为极大或极小值,则该点作为该区域的候选特征点。为了获得更精细的尺度,对于某一尺度图像中的点 $\mathbf{x} = (x, y, \sigma)$,通过将其Hessian行列式进行三维二次泰勒函数展开:

$$H_e(\mathbf{x}) = H_e + \frac{\partial H_e^T}{\partial x} \mathbf{x} + \frac{1}{2} \mathbf{x}^T \frac{\partial^2 H_e}{\partial \mathbf{x}^2} \mathbf{x} \quad (3)$$

对上式两端求导并令导数为零即可得到更精确的特征点位置:

$$\hat{\mathbf{x}} = -\frac{\partial^2 H_e^{-1}}{\partial \mathbf{x}^2} \frac{\partial H_e}{\partial \mathbf{x}} \quad (4)$$

2.2 特征点主方向的确定

主方向的确定和描述子的生成是构造SURF描述子的两个关键环节,这两个步骤都是在特征点所在的尺度上完成的。主方向的计算步骤为:

(1) 为了确保特征描述子的旋转不变性,以特征点为中心,计算半径为 6σ 的圆形邻域中的全部像素点在水平方向和竖直方向的Haar小波响应^[11],得到 (dx, dy) 。采样步长为 σ ,小波边长取 4σ 。

(2) 根据不同点到圆心的距离为这些响应值

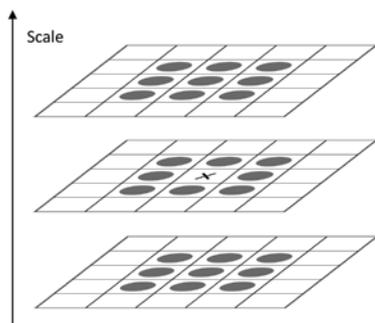


图2 邻域26点极值定位

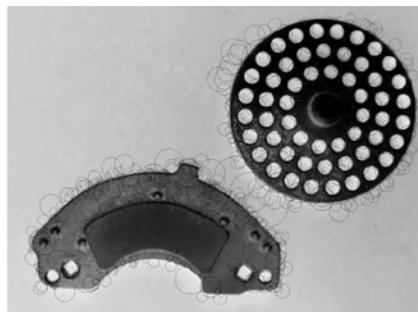


图3 零件图像SURF描述子提取

赋予高斯权重系数(加权因子取 2σ),与圆心点的距离越近则响应权重值大,反之越小,得到一系列向量。

(3) 将 $\pi/3$ 范围内的Haar小波响应累加形成新的矢量,并遍历整个圆形区域,选择模量最大的方向为特征点的主方向。

2.3 描述子的构造

先将坐标轴方向旋转到特征点主方向,然后以特征点作为中心点,构建一个正方形特征点邻域,边长取 20σ 。邻域的边与主方向平行或垂直。将正方形邻域平均分为16个子块,并计算 $5\sigma \times 5\sigma$ 范围内的Haar小波^[12]响应得到 $(\sum dx, \sum dy, \sum |dx|, \sum |dy|)$ 四维描述符。这个每个特征点都具有64维特征向量,归一化这些特征向量可增加对光照的鲁棒性。图3为从图像中提取的SURF描述子的示例。

3 特征匹配

3.1 特征向量降维

描述特征点的特征向量维数达64,高维度带来了计算复杂度的增加,增大了计算时间损耗,因此需要用主成分分析法对特征向量降维。通过线性变换可将高维空间中的样本数据投影到低维空间,具体步骤为:

(1) 计算 N 个特征向量 \bar{x}_i 的平均向量 $\bar{\eta}$;

(2) 构建协方差矩阵 C ,并求 C 的特征值和特征向量 \bar{w}_i ;

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\bar{x}_i - \bar{\eta})(\bar{x}_i - \bar{\eta})^T \quad (5)$$

(3) 将特征值降序排列,选取前 m 个特征向量 \bar{w}_i ,令 $W = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_m]$,则可以得到 m 维的特征向量 $\bar{y}_i = W^T (\bar{x}_i - \bar{\eta})$ 。

3.2 特征匹配

通过SURF算子提取到图像的特征点后，需要计算特征点的匹配，常用方法有相关系数法、各种相似性度量发、不变矩等，本文采用基于欧式距离的最近邻距离比率（NNDR）双向匹配算法进行特征匹配。其基本思想是：取测试样本中的某个特征点 P_i 与训练样本中得到的特征点 P'_s 匹配；再取训练样本中的特征点 P'_s 与测试样本中的特征点匹配，得到的匹配点为 P'_i ，若 P_i 与 P'_i 为同一特征点，则匹配成功，否则剔除该匹配。经双向匹配策略可剔除大量错误配对，再采用随机抽样一致算法（RANSAC）进一步提纯匹配点，错误的匹配对基本被剔除。

4 数值试验与结果分析

4.1 实验结果

在主频为2.5GHzi5-2450M的CPU和8G内存平台上进行实验。模板图片及测试图片的分辨率均为 1600×1200 。为了验证特征识别的有效性，分别选取了具有旋转变化的、尺度变化、光照变化的零件图像与模板零件图像进行比对。

图4为本文算法所检测到的模板零件图像特征点。图中圆圈的圆心表示特征点的位置，圆圈半径代表尺度大小。图5为模板零件图像特征点与受检零件图像特征点匹配，图中的圆形零件为较



图4 模板零件特征点

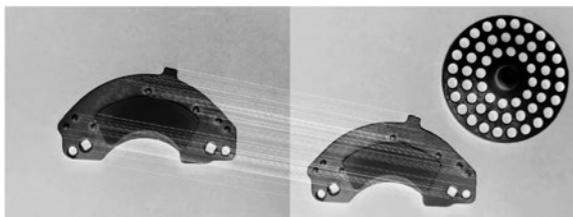


图5 零件特征点匹配

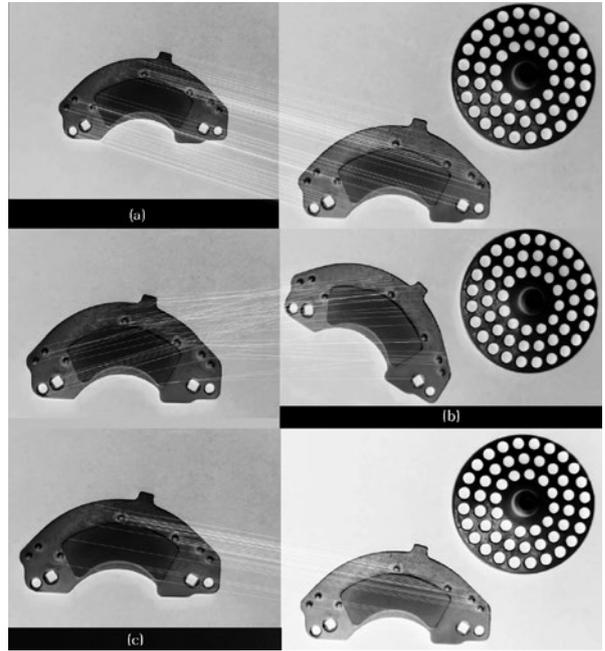


图6 图像调整后识别试验

多的孔特征识别干扰零件，仍能被正确识别。图6(a)、(b)、(c)分别为受检零件图像发生放大1.2倍、顺时针旋转30°、亮度+50的影响后的识别情况，通过本文算法仍然能成功找到匹配点对，从而识别出同一零件，这也说明本文算法对图片的尺度、旋转、亮度变化具有较好的兼容性。

4.2 性能分析

通过对图像施加旋转及模糊变化对本识别算法的性能测试：（1）旋转变化的，采用同一电子零件在转动45°、90°、135°、180°时的4幅电子零件模板图像。其中纵坐标表示匹配分数，横坐标表示图像转动角度。（2）模糊变化，采用高斯模糊处理模板图像，图像的模糊像素依次取1、3、5、7、9。

测试结果表明本文算法对于旋转变化的具有较

表1 稳定性实验

旋转角度	匹配点数	耗时s	模糊	匹配点数	耗时s
0	647	1.37	1	564	1.54
45	327	1.33	3	298	1.16
90	317	1.32	5	155	1.13
135	287	1.28	7	90	1.08
180	311	1.29	9	60	1.07

好的兼容性，即使图片旋转也能识别较多的特征匹配点；对于模糊变化有一定的兼容性，但随着高斯模糊内核的增大快速衰减。

5 结论

针对零件自动识别问题，本文提出一种基于SURF的特征识别算法。为了减少识别误差，先对零件图像进行预处理，包括图像增强，中值滤波。然后选用Bay等人提出的SURF方法得到零件图像的特征点和相应的特征向量。鉴于特征向量的高维特性，对特征向量降维后采用最近邻距离比率双向匹配算法，并采用随机抽样一致算法进一步提纯匹配点。实验结果表明，本文算法可以有效应对零件图片在发生旋转变换、尺度变化、模糊变化和亮度变化后的识别问题，具有较好的鲁棒性和实时性。

参考文献

- [1] 毕文波. 基于机器视觉的机械零件尺寸识别研究[D]. 山东: 山东大学, 2006.
- [2] 张辉, 王耀南, 周博文, 葛继. 医药大输液可见异物自动视觉检测方法及系统研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24(2): 125-130.
- [3] LOWE D G. Distinctive image feature from scale invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [4] 魏振山, 赵长宽. 基于傅里叶特征的几何零件快速识别 [J]. 机械设计与制造, 2010(06): 54-56.
- [5] 晏开华, 苏真伟. 支持向量机在机械零件识别中的应用 [J]. 计算机技术与应用, 2008(11): 108-110, 114.
- [6] BAY H, TUYTELAARS T, GOOL L V. SURF: Speed-up robust features [C]. Proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision, 2006: 404-417.
- [7] 李弼程, 鹏天强, 彭波等. 智能图像处理技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [8] Bay H, Ess A, Tuytelaars T, VanGool L. Speeded-up robust features (surf) [J]. Comput Vis Image Underst 110(3): 346 - 359, 2008.
- [9] Viola P, Jones M J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [C] // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001: 511-518.
- [10] Lindeberg T. Scale-space theory in computer vision [M]. Springer, 1993.
- [11] Strang G. Wavelet transforms versus Fourier transforms [J]. Bulletin of the American Mathematical Society, 1993, 28(2): 288-305.
- [12] Strang G. Wavelet transforms versus Fourier transforms [J]. Bulletin of the American Mathematical Society, 1993, 28(2): 288-305.

BaTiO₃/MWCTNs复合材料制备与吸波性能研究

■ 张萌 王虹 王云飞 (工艺)

摘要: 本文以钙钛矿结构钛酸钡为研究对象,采用溶胶-凝胶法将其与碳纳米管材料复合,制备了BaTiO₃/MWCTNs复合材料并研究了其吸波性能。研究表明碳纳米管与钛酸钡复合后材料的吸波性能显著提高,尤其是拓宽了材料的吸波频带。当碳纳米管含量为2.5%时复合材料的吸波性能最佳,材料的最大吸波损耗值可达34.4dB,吸波频带可达4.1GHz。表明BaTiO₃/MWCTNs复合材料是具有广泛应用前景的吸波材料。

关键词: 吸波材料;钛酸钡;碳纳米管;吸波损耗

0 前言

随着电子和信息技术的飞速发展,无线网络和电子设备的日益普及,各种各样的电磁波充斥着我们的生活空间。然而研究表明,电磁波辐射对人体、生物体存在多重危害;同时电磁波对电子装置的干扰也是多种多样的。电磁波被称为继大气污染、水污染、噪音污染之后的“第四大污染”。因此,吸波材料的研究和应用成为人们的研究热点。同时,在军事领域隐身技术是未来信息化战争中实现信息获取与反获取、争取战争主动权的重要技术手段。隐身措施可以降低敌方观瞄系统的有效作用距离,为占据作战的主动权

创造了有利条件。因此,开发出具有“薄、轻、宽、强”(厚度薄、质量轻、频带宽、吸收强)的吸波材料不仅是实现新装备高性能隐身能力的重要途径,并且对于现役装备的隐身性能的改装也有重要的意义。

钛酸钡(BaTiO₃)具有优异的介电性、光电性和铁电性,属于典型的介电型吸波材料。由于其较高的复介电常数和介电损耗,当有电磁波入射到材料内部时,材料内部产生介电极化,对电磁波产生损耗,将电磁波能量转化为热能或者其他形式的能量吸收损耗掉。然而,介电型吸波材料介电损耗对电磁波频率的依赖性比较强,吸收频带较窄;钛酸钡的磁导率实部和虚部都比较小,磁损耗也不大。近几年,研究者们通过掺杂或者复合等手段对钛酸钡进行改性,以提高钛酸钡的吸波性能。新加坡Wu KuoHui等人采用溶

作者简介:张萌,女,助理工程师,2012年毕业于天津大学材料学专业,现就职于航空工业规划动力工程设计院。

胶-凝胶自蔓延法制备钛酸钡粉末,将钛酸钡粉末与聚苯胺按照质量比为1:1、1:2和1:3的比例关系采用乳液聚合法复合,通过矢网络分析仪测定其复介电常数和复磁导率,将电磁参数带入公式计算得到钛酸钡/聚苯胺复合材料的吸波性能,在2~18GHz范围内出现一个吸波峰,随着聚苯胺含量的增加,吸波峰向高频方向移动,最大吸波值为15dB;与纯相钛酸钡相比,钛酸钡/聚苯胺的吸波频带明显变宽。叶云、李巧玲等将钛酸钡和针状纳米锆铁氧体进行复合,结果表明当钛酸钡与锆铁氧体的质量比为3:7时,复合材料的吸波性能最佳,最大的吸波损耗可达到28dB,在低频范围内吸波性能得到明显提升,在2~6GHz范围内,吸收频带可达到1.7GHz。Choi S H等人采用共沉淀法将 Fe_3O_4 包覆在 $BaTiO_3$ 表面, Fe_3O_4 平均粒径大小为20~30nm,紧密而结实的包覆在 $BaTiO_3$ 表层。结果表明 Fe_3O_4 和 $BaTiO_3$ 具有良好的电磁互补性,该复合材料相比于单一的 $BaTiO_3$ 而言在8GHz、13GHz附近存在两个吸收损耗峰,最大吸收峰值为24dB。通过掺杂和复合一定程度上提高了钛酸钡材料的吸波性能,但依旧存在一些不足。

碳纳米管拥有高的比表面积、特殊的螺旋结构和手性特征,使其具有优异的电磁性能。在电磁波作用下,可在碳纳米管表面形成大量的电偶极子,产生损耗电流,将电磁波能量转化为热能等其他形式的能量;碳纳米管的螺旋手性结构使得材料对电磁波的损耗增强;碳纳米管的孔结构可引起电磁波在材料结构内产生多重反射和散射,使得电磁波能量损失;碳纳米管结构缺陷还能增强材料的极化损耗;另外,碳纳米管由于其纳米结构所具备的表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应和量子隧道效应等有利于材料对电磁波的吸收和损耗。将其与钛酸钡进行复合有望改善材料的吸波性能。本文采用溶胶-凝胶法制备 $BaTiO_3$ /MWCNTs复合材料,探讨碳纳米管对钛酸钡吸波性能的影响。

1 实验

1.1 碳纳米管预处理

(1) 按照3:1的体积比例将浓硫酸与浓硝酸混合;

(2) 将碳纳米管粉末分散到强酸混合液中超声处理24小时。

(3) 将悬浊液倒入离心管中离心15min,直至离心后上清液呈中性。

(4) 将离心管中清洗干净的碳纳米管悬浊液倒入培养皿中,放入恒温干燥箱中干燥。完全干燥后收起备用。

1.2 $BaTiO_3$ /MWCNTs复合材料的制备

采用溶胶-凝胶法将碳纳米管分散到钛酸钡的溶胶前驱体中,凝胶后将前驱体研磨成粉末在管式炉中900℃煅烧2h,得到 $BaTiO_3$ /MWCNTs纳米复合材料。其实验流程图如图1所示。具体制备MWCNTs/ $BaTiO_3$ 复合材料的实验步骤为:

(1) 将5.108g钛酸四丁酯溶于20mL无水乙醇中,充分搅拌,称为A液;

(2) 将6.807g乙酸钡溶于20mL去离子水中,加入聚乙烯吡咯烷酮作为分散剂,充分搅拌,称为B液;

(3) 强烈搅拌的情况下,向A液中依次加入冰乙酸和B液,形成透明的溶胶;

(4) 将一定质量比(2.5%、5.0%、7.5%和10.0%)的碳纳米管用乙醇超声后分散到溶胶溶液中,搅拌2h;

(5) 将溶胶放在60℃水浴锅中保温24h,形成干凝胶,研磨成粉;

(6) 将前驱体粉末放入以氮气作为保护气氛的管式炉中900℃煅烧2h。

采用Rigaku D/max 2500c/pc X射线衍射仪分析样品的晶体结构,采用TDCL-4800冷场发射扫描电子显微镜和TECNAI G2 F20的场发射透射电子显微镜分析样品的形貌,采用Agilent HP-8722ES矢量网络分析仪,其测量频率范围为1~18GHz,测定样品的复介电常数和复磁导率。测量电磁参数时的样品制备:测试试样以石蜡为基体,将制备的样品粉末与基体石蜡按照质量比为7:3进行充分均匀的混合,然后将混合的粉末加入制样模具内制成环状柱体: ϕ out:7.00mm, ϕ in:3.04mm,高:2.00mm的同轴测试样品。利用测量得到的参数,求得试样的复介电常数和复磁导。

2 结论与讨论

2.1 晶体结构分析

由图2看出,碳纳米管与钛酸钡复合后,碳纳米管在 $2\theta=26.2^\circ$ 处的(002)峰特征峰显著降

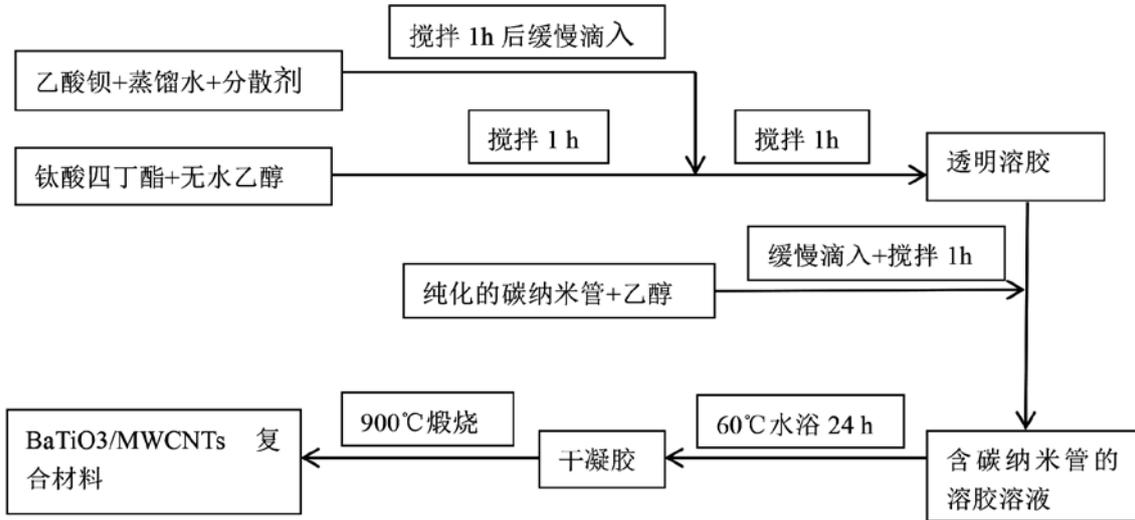


图1 溶胶-凝胶法制备BaTiO₃/MWCNTs复合材料流程图

低，几乎看不见，这是由于钛酸钡在该位置处也存在(110)晶面的特征峰，该峰的强度比较大以致其将碳纳米管的特征峰掩盖，另外碳纳米管特征峰的消失还有可能是碳纳米管的含量较少或者是钛酸钡粉体成功的包覆在碳纳米管表面。MWCNTs/BaTiO₃复合材料与纯相钛酸钡的衍射图谱一样，衍射峰的位置基本相同。整个XRD衍射图谱中没有其他衍射峰存在，表明复合材料的物相纯净、结晶性较好，没有TiO₂、BaCO₃等杂质生成。

通过Tops软件计算，MWCNTs/BaTiO₃复合材料的晶粒大小与掺杂量的关系见表1。

由表1可以看出，当钛酸钡与碳纳米管复合以后钛酸钡的晶粒尺寸明显减小，碳纳米管的复合使钛酸钡产生了晶粒细化，但随着碳纳米管含量的增多，样品的平均粒径变大，但是还是小于纯

表1 MWCNTs/BaTiO₃复合材料晶粒尺寸与掺杂比例的关系

掺杂比例	0%	2.5%	5%	7.5%	10%
晶粒尺寸	87.2 nm	27.2 nm	28.2 nm	35.2 nm	37.2 nm

相钛酸钡的平均粒径。引起晶粒细化的原因是将碳纳米管分散到钛酸钡溶胶溶液中，在煅烧过程中碳纳米管的存在阻碍了钛酸钡晶粒的长大；但是随着碳纳米管含量的增多，钛酸钡的平均粒径变大，这可能是因为随着碳纳米管含量的增加，钛酸钡晶体在碳纳米管表面发生吸附团聚的数量也逐渐增大。

2.2 吸波性能分析

图3表示的不同碳纳米管含量的BaTiO₃/MWCNTs复合材料在2mm下样品吸波损耗与频率的关系图。其中碳纳米管的含量分别为0%、2.5%、5%、7.5%和10%。

从图3中可以看出，将碳纳米管与钛酸钡复合，可显著地提升钛酸钡的吸波性能。随着碳纳米管含量的增大，样品的吸波损耗峰向着低频的方向移动。纯相钛酸钡在低厚度下最大吸波损耗值仅为10.8dB，吸波频带宽度也仅有0.5GHz。当碳纳米管含量为2.5%时样品的吸波性能最佳，吸波损耗值最大为34.3dB，吸波频带可达到

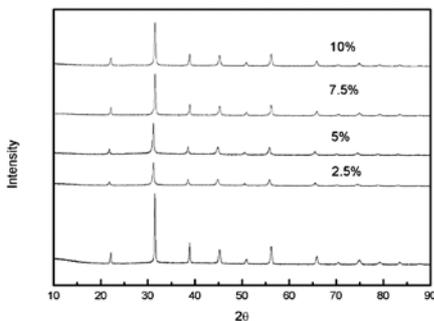


图2 为溶胶-凝胶法制备BaTiO₃/MWCNTs复合材料的衍射图谱

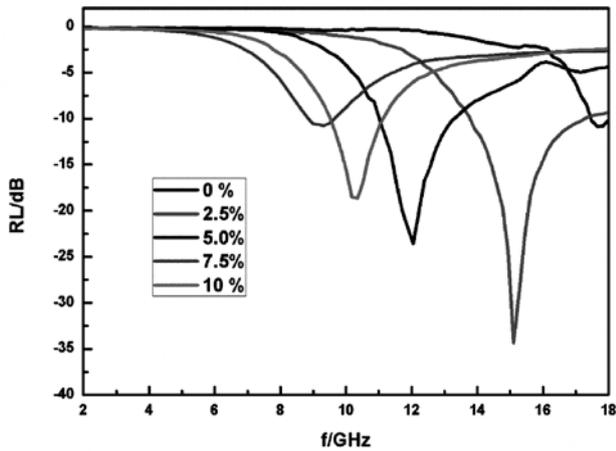


图3 BaTiO₃/MWCNTs复合材料吸波损耗与频率的关系图

4.1GHz(13.7~17.8GHz), 可满足当前对吸波材料“薄、轻、宽、强”的需求, 对解决当前吸波材料吸波频带较窄具有重要的意义。碳纳米管与钛酸钡复合可提高材料吸波性能的原因有:

(1) 在电磁波作用下, 可在碳纳米管表面形成大量的电偶极子, 产生损耗电流, 将电磁波能量转化为热能等其他形式的能量;

(2) 碳纳米管的螺旋手性结构使得材料对电磁波的损耗增强;

(3) 碳纳米管的孔结构可引起电磁波在材料结构内产生多重反射和散射, 使得电磁波能量损失, 碳纳米管结构缺陷还能增强材料的极化损耗;

(4) 碳纳米管由于其纳米结构所具备的表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应和量子隧道效应等有利于材料对电磁波的吸收和损耗。

3 结论

采用溶胶-凝胶法制备出BaTiO₃/MWCNTs复合材料, 通过XRD、SEM和TEM分析, 发现钛酸钡颗粒成功的沉积在碳纳米管表面, 碳纳米管均匀的分散在钛酸钡颗粒间, 与钛酸钡紧密的结合在一起; BaTiO₃/MWCNTs复合材料的复介电常数明显的增大, 且随着碳纳米管含量的增多, 介电常数增大。但是, 碳纳米管并没有使材料的复磁导率产生太大的变化; 碳纳米管与钛酸钡复合后材料的吸波性能显著提高, 尤其是拓宽了材料的吸波频带。当碳纳米管含量为2.5%时复合材料的吸波性能最佳, 材料的最大吸波损耗值可达

34.4dB, 吸波频带可达4.1GHz。

参考文献

- [1] 石敏先, 黄志雄, 新型吸波材料的研究进展[J]. 材料导报, 2007(21): 36-39.
- [2] 王长征, 吴世洋, 郭小芳, 吸波材料的研究现状与发展趋势[J]. 甘肃冶金, 2010(32): 47-52.
- [3] 巩晓阳, 董企铭, 吸波材料的研究现状与进展[J]. 河南科技大学学报2003(24): 19-22.
- [4] 黄祖雄, 吴唯, 碳纳米管在聚合物基吸波隐身复合材料上的应用[J]. 材料工程, 2004,(7): 55-59.
- [5] 陶东香, 吴华, 程嗣仪, 现代飞机的雷达隐身技术[J]. 航天电子对抗, 2003,(5): 36-39.
- [6] 朱长征, 飞机的隐身技术现状及发展趋势[J]. 航天电子对抗, 2001,(6): 42-45.
- [7] 庄海燕, 庄焱, 于海涛, 纳米隐身材料的研究进展及发展趋势[J]. 材料开发与应用, 2011(2): 82-84
- [8] 张克立, 从长杰, 郭光辉, 纳米吸波材料的研究现状与展望[J]. 武汉大学学报: 理学版, 2005(49): 680-684.

电泳涂装技术及工艺分析

■ 苏如意 田虹 张睿悦 冯梦桥 [工艺]

摘要: 电泳涂装具有漆膜均匀、附着力强、耐腐蚀性强、涂装效率高等优点,但在航空制造领域,电泳涂装还处于起步阶段。为了促进电泳涂装技术在航空制造领域的应用,本文主要介绍了钢材及铝合金材料的电泳涂装技术的特点、前处理工艺要点、电泳涂装的工艺流程及航空电泳涂料,总结了电泳涂装质量管控因素的具体要求,对航空材料电泳涂装的发展有一定的推动作用。

关键词: 电泳涂装;前处理要点;工艺流程;质量管控因素

腐蚀防护是航空装备生产制造中的关键环节,是航空装备降低维修费用及工作量、延长寿命的重要手段。为进一步提高装备防腐性能、提升装备的可靠性与安全性,须采用表面处理新方法、新工艺对航空装备进行腐蚀防护与控制。

作为近年来新兴的涂装工艺,电泳涂装的防腐性能明显优于手工喷涂、静电喷涂等涂装工艺手段。在大型客车生产中,电泳涂装得到了广泛的认可及应用。

1 电泳涂装原理及特点

电泳涂装是将具有导电性的被涂物浸渍在装满水的电泳槽中作为阳极(阴极),在槽中另设置与其对应的阴极(阳极),在两极间接通直流电一段时间后,在被涂物表面沉积出均匀细密、不被水溶解涂膜的一种涂装方法。具有如下特点:

(1) 电泳漆膜丰满、均匀、平整、光滑,零件各部分,如内壁、凹陷、焊缝等位置均可获得均匀、平滑漆膜,解决复杂形状零件涂装难题;

(2) 漆膜硬度、附着力、耐腐蚀、耐冲击性能、渗透性能优于其他涂装工艺;

(3) 涂装效率高,涂料损失小,涂料的利用率可达90~95%;可实现自动化连续生产;

(4) 环保,因为电泳涂料为水基环保型涂料,溶剂含量低,利于环保的同时可减小涂料火灾风险,保障操作者健康。

同时,电泳涂装具有局限性,主要用于导电底材的底漆涂装,涂装的物体烘干后,很难进行第二次电泳涂装;另外,涂不同的颜色涂膜要在不同的电泳槽中进行。

2 前处理工艺

电泳涂层耐腐蚀能力的好坏不仅取决于电泳工艺及电泳漆的质量,而且与电泳前工件表面的处

作者简介:苏如意,男,助理工程师,2014年毕业于北京理工大学兵器科学与技术专业,现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

理有很大关系。

对于钢铁工件，前处理主要包括除油、除锈、中和、表调、磷化、钝化。对于铝合金工件，前处理主要包括除油、碱洗、中和、氧化、脱水干燥等。

除油：钢铁工件在进行磷化前需除去工件表面的油脂、污物和锈。工件表面的油污有动物油和矿物油，动物油可用热碱液进行皂化处理，而矿物油只能靠清洗液的机械冲刷及表面活性剂乳化作用清洗。因此，良好的清洗剂包含碱性物质及表面活性剂。若清洗剂中采用了强碱性物质，清洗时会在金属表面上产生钝化，而使下一步磷化处理难以进行，因此，磷化前必须用表面调整剂进行表调。铝合金工件最好不采用强碱性清洗剂。

除锈：若工件表面有锈蚀，要进行除锈。少量的锈可用砂纸打磨除去，大量的锈必须化学法除锈。对于钢铁材料，需采用酸洗；对于表面油污较多的铝合金等有色金属，需采用碱进行清洗。为了去除工件表面残留的酸液或碱液，需要在弱碱、弱酸溶液或水中清洗，以中和残留的酸碱。

磷化：磷化的作用是在钢铁表面生成一层非金属的、不导电的多孔磷酸盐结晶薄膜，提高电泳涂层的结合力和金属的抗腐蚀性。

铝合金可以通过阳极氧化、化学氧化、磷化的方式在表面生成一层非金属的、不导电的多孔薄膜，提高电泳涂层的结合力和抗腐蚀性。

3 电泳涂装工艺

自美国福特汽车公司首次应用电泳涂装工艺以来，电泳涂装工艺不断发展。目前，电泳涂装的一般工艺流程见图1。

水洗、喷淋水洗：充分水洗，避免前道工序之

酸、碱及盐份带入电泳槽污染漆槽，影响漆膜。纯水电导率需小于 $25\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ，一般采用去离子水。

电泳：在工艺要求的电压、温度及时间下，形成电泳漆膜。

超滤：可以极大地减少漆液浪费，回收降低生产成本，是电泳工艺成熟的标志。

水洗：工件电泳涂装后，在涂膜表面粘附有未电沉积的浮漆，必须用水冲洗干净，水洗和超滤工艺可以回收工件带走的大量涂料，减少损耗。

烘干、冷却：使漆膜在高温 $160\text{℃}\sim 180\text{℃}$ 下熟化，固化。

4 电泳涂装质量管控因素

在相同前处理工艺条件下，槽液组成、电泳的参数决定了电泳涂装的质量。这些因素包括固体分、电泳电压、电泳时间、槽液pH值、电泳温度等。

槽液固体分是电泳槽液中成膜物质（树脂、颜料）的含量，一般以质量分数表示。固体分需根据工艺要求确定，一般为 $10\sim 20\%$ ，固体分小，形成的漆膜厚度较小；固体分较大，形成的漆膜厚度较大，此外，容易产生鼓泡或流层，对防腐及美观产生不利影响。

电泳电压范围较大，为 $40\sim 400\text{V}$ 。电泳电压是由电泳树脂本身结构性能决定的。在电泳体系槽液温度和时间确定的情况下，涂层厚度随电泳电压的升高而增加。另外，电压增高时，达到同样膜厚的时间缩短。

电泳的时间通常为 $2\sim 4\text{min}$ ，电泳时间过长，膜厚将不再增加，因此，电泳涂装能够很好的对涂层厚度进行控制。

电泳液的pH是确保电泳树脂水溶性，获得高

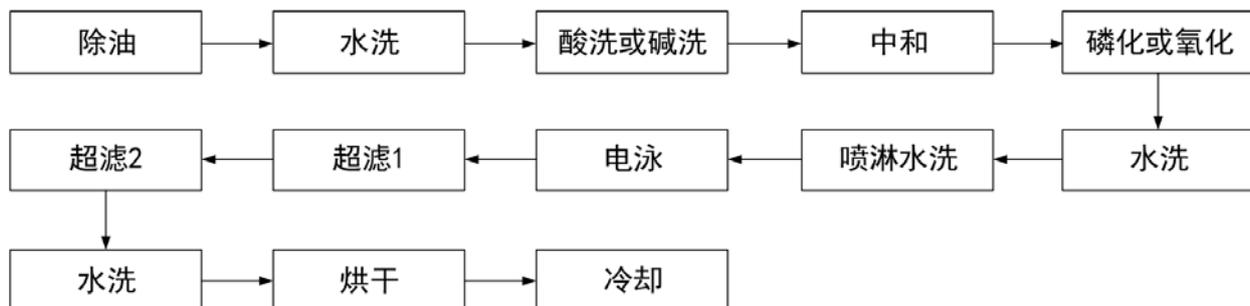


图1 电泳涂装工艺流程图

质量电泳涂层的重要参数。pH过低则影响电泳树脂的水溶性，轻则电泳液变成乳浊液，重则使树脂从电泳液中析出，无法进行电泳；pH过高会使水的电解过程加剧，气泡增多，降低涂层的防腐性能。目前，维持电泳液pH稳定的最先进的方法是采用电泳超滤技术，可大大延长电泳液的使用寿命。

电泳温度对涂层的厚度、槽液的稳定性等有很大影响。电泳温度一般控制在20~35℃，温度过低，电极反应慢，涂层变薄、槽液稳定性差；温度过高会导致水的电解过程加剧，气泡释放量增加，涂层防腐性能变差。

5 电泳涂料分类

电泳涂料分为阳极电泳涂料与阴极电泳涂料。

阳极电泳涂料的成膜物质是阴离子型树脂，用氨水、无机碱或有机胺（乙醇胺、三乙醇胺、三乙胺）中和成盐，从而具有水溶性。阳极电泳涂料按照主要成膜物质的类型可分为环氧树脂阳极电泳涂料、聚丁二烯阳极电泳涂料、聚氨酯阳极电泳涂料和丙烯酸阳极电泳涂料等。

阴极电泳涂料的成膜物质是阳离子型树脂，主要特点是大分子链上含有氮、磷、硫等元素的盐基性基团，用有机酸或无机酸中和，加水后形成水溶型或水分散型溶液。阴极电泳涂料按照主要成膜物质的类型可分为丙烯酸阴极电泳涂料、环氧树脂阴极电泳涂料、聚氨酯阴极电泳涂料和改性聚丁二烯阴极电泳涂料等。

由于传统的电泳涂料不能用于飞机，目前电泳涂装技术主要应用于汽车工业、电器材料、建筑材料等领域。最近，美国PPG工业公司研制并实现了航空电泳底漆生产，从而为航空工业表面处理提供了新的飞机零部件涂装解决方案。这一电泳涂料的应用将极大地推动航空领域电泳涂装技术的发展和推广应用。

参考文献

- [1] 李小丽,许馨予,彭素梅.阴极电泳涂料的研究进展[J].广州化工,2008,36(3).
- [2] 吴睿,李旭.结系薄膜前处理在汽车涂装前处理中的应用[J].汽车工艺与材料,2010(11):8-11.
- [3] 倪娜,张津,贺宇婧等.硅烷处理对EW75M稀土镁合金阴极电泳涂层性能的影响[J].表面技

术,2014,43(2):24-28.

[4] 宋华.电泳涂装技术[M].北京:化学工业出版社,2009.

[5] 柯跃虎.电泳涂装工艺参数对铝型材涂膜质量的影响[J].现代涂料与涂装,2010,13(7):51-54.

机械加工工艺对零件加工精度产生的影响研究

■ 雷凯淞 余振中 [工艺]

摘要: 零件加工是一项精细的工作,在对其进行加工过程中,其精度会受到机械加工工艺的直接影响。本文对零件机械加工过程中的内在影响、受力影响、热变影响进行分析,并对针对这些影响因素提出了相应的合理控制措施。在零件加工过程中,应适当提高机械加工工艺水平,提升零件加工精度,从而使零件能够满足使用需求。

关键词: 机械加工;零件;精度

机械加工工艺是零件加工中的一项重要内容。在利用机械对零件进行加工过程中,通过对机械的力量进行应用,完成对零件的加工。零件对加工的精度的要求高,因此如果在实际加工中,采用的工艺不合理,将会导致零件加工的精度受到巨大影响,由此可见加强对该项内容的分析是必要的。

1 机械加工工艺

机械加工工艺由前期生产和后期生产两个部分共同组成,在这两个过程中对技术的要求都十分严格。严格的技术要求下,将半成品和原材料制造成成品,该过程中被称作机械过程。

机械加工过程中还包括原材料的运输、存储、准备、零件加工、热处理等多项内容。由此可见,机械加工中包含的内容十分丰富。现代企业在进行机械加工中,都通过先进的系统工程对生产过程进行指导,确保生产合理性,同时也促进现代企业的生产效率,使产品的质量得到了提高^[1]。机械零部件的生产有多个过程中共同组成,机械加工是一个重要的环节,一般情况下,

企业需要通过不同的工序完成对零部件单个或批量生产。

2 机械加工工艺对零件加工精度产生的影响

2.1 内在影响

内在因素包括的内容如下:(1)系统几何精度存在误差。(2)机械安全存在不规范情况。

如果机械在精度上有几何误差,对零件加工的精度会造成影响。对于机械加工工艺来说,其对机械设备的要求非常高,设备质量会影响零件的加工情况。一般来说,零件加工机械是规模较大的组合型机械,该类型的机械能够使零件在精度上要求得到满足。但是,需要注意,如果采用的为组合型机械,在对机械进行应用前,要做好相应的安装工作,如果安装出现问题,零部件的精度势必会受到影响。此外,加工机械在长期运行过程中,会出现磨损情况,这也将会导致组合机械的各部之间可能会存在些小缝隙,将会导致零件的精度受影响。

2.2 受力影响

机械加工的受力影响主要体现在以下两方面:(1)系统实际运行能力较强,在运行过程中,系统应用的夹具、刀具等构件等结构要承受较强大压力,而该做作用的存在,会对导致相对

作者简介:雷凯淞,男,助理工程师,2012年毕业于北京化工大学过程装备与控制工程专业,现就职于航空工业规划动力工程设计研究院。

位移的发生^[2]。(2)系统运行过程中,各个部件都会受到多方面力的影响,表现为系统中的部件,不仅需要承受来自系统的压力,而且还要承受零件施工压力。(3)部件之间的相互摩擦。由此可见,在受力影响下,零件加工的精度会受到影响。

2.3 热变影响

热变影响因素分为以下几种:(1)刀具热变。零件加工中,经常会应用到刀具,为了使加工的零件能够达到要求标准,要对零件进行多次切割,切割过程中会存在摩擦力,此时由于摩擦原因,会产生大量的热量,该热量会导致零件发生变化,最终将会导致零件的精准度受到影响。

(2)工件热变。如果在零件加工过程中,零件较长,而对该类零件加工的精准度的要求又较高,此时零件精准度将会受到影响。(3)自身热变。零件加工中,机床会与一些构件发生相互作用,导致机床的整体和自身温度上升,此时,将会导致机床自身切合度受到影响,最终将会导致加工的机械零件存在较大误差。

3 提升机械加工工艺精准度的合理措施

3.1 严格控制加工过程

机械加工中,为了控制零件加工精度受几何误差的不良影响,零件加工企业,在进行机械设备选择时,要对机械的性能和各种情况进行认真考察,选择信誉良好的厂家,同时要通过合理的措施手段,检查机械设备的性能,重点检查机械自身是否存在误差问题,通过检查后,选择出最佳的机械设备,为零件加工打下一个坚实基础^[3]。此外,如果因为生产原因,需要改造投入使用的机械设备,为了确保改造后机械运行的合理性,要对机械在日常运行中出现的各种误差情况进行详细统计分析,再将通过分析得到的误差结果,输入到机械设备的操作系统中,此时,机械设备会自动消除误差,提高零件的生产质量,减少误差的出现。

3.2 减少外力干扰

零件加工中,挤压力和摩擦力,都会对零件的精度造成影响,而降低外力对零件加工造成的影响,就必须减少这两种力。第一,日常加工中,技术人员要认真检查机械设备,若通过检查发现机械设备中的零部件结合较紧,则要及时做

好相应的修正工作。第二,定期打磨机械化设备表面,提高接触面的光滑程度,从而减少接触面与零件之间的摩擦力,降低零件生产过程中,加工误差,从而使零件加工的质量能够得到进一步提升。

3.3 控制热变因素

机械设备运行中,温度对零件加工的影响作用巨大,温度偏高会对细节设备的运行产生影响。加工零件中,温度偏高,应当利用冷水,进行降温,避免温度过高。例如,利用刀具反复切割,因为刀具与零件之间长时间摩擦,将会引起零件变形,此时,为了对零件变形的控制,需要利用冷水进行降温处理,从而降低热变对零件加工产生的不良影响。

3.4 其他控制措施

除了以上提到的几点控制措施外,为了提高零件加工的精准度,还要做好以下内容:(1)对机械加工工艺系统设备进行不完善,不断引进和学习先进的技术和加工工艺方法,并且要做对设备系统的维护与管理,确保机械设备始终都处于一个良好的运行状态。(2)对零件的加工流程进行合理规划,缩短加工流程,从而实现对误差的合理控制。(3)零件加工企业,要通过定期培训、技术探讨等方式,不断提升工作人员专业能力,提升工作人员的责任意识,为机械零件加工生产,储备人才,确保生产的顺利进行。

4 结束语

科技的快速发展,使机械加工工艺水平得到了进一步提升。在机械零件加工中,为了使企业生产的零部件的精度得到提高,将零部件的不合格率控制在一定范围内,提升企业零部件生产企业的竞争力,需要加强投入,加强对企业机械加工工艺的研究,将对零件加工精度造成不良影响的各项因素都控制在最低。

参考文献

- [1] 孟祥辉. 机械加工工艺产生误差的不良影响及处理对策[J]. 企业技术开发, 2014, 23: 110-111.
- [2] 李文静. 浅析机械加工工艺过程及对零件精度的影响[J]. 科技创新与应用, 2013, 13: 77.
- [3] 李国义. 机械加工工艺对零部件精度产生的影响研究[J]. 科技风, 2015, 14: 68.

预应力混凝土技术在某大型数据中心的应用

■ 王敬仁 安东凯 张清清 闫军 [结构]

摘要: 某大型数据中心为混凝土框架结构,抗震设防类别为乙类,主机房楼(屋)面采用大跨度预应力单向梁板式楼(屋)盖,梁跨度为27.3m。由于跨度较大,且楼面活荷载达到了 20kN/m^2 ,大跨度预应力梁设计是本工程设计重点。为了防止预应力施加过大造成梁反拱、结构抗震延性差等不利情况发生,预应力筋数量估算采用平衡荷载法与裂缝控制的名义拉应力法相结合的方式来确定,严格控制预应力度,在保证结构安全度的条件尽可能提高结构延性。

关键词: 预应力混凝土;裂缝;预应力度

0 前言

随着信息技术突飞猛进的发展,尤其是“大数据”、“云计算”时代的到来,大型数据中心基础设施建设也在迅猛发展,由于其使用功能上特殊性,大数据中心设计是一个复杂的系统设计,结构专业也应顺势而为,针对此类结构寻求更为合理、经济的设计方法。本文以某一在建的大型数据中心设计为例,具体阐述此类结构设计思路,总结其在设计建设过程中的经验,为以后同类型结构设计提供借鉴、参考。

本项目为大型数据中心(见图1),包括主机房、设施配套用房等,其中主机房为混凝土框架结构,地上3层,地下1层,建筑高度22.50m,层高5.7m(-1层),6.7m,7.4m,8.4m(三层含局部夹层)。相关计算参数如下:设计使用年限50年,安全等级为二级,基本风压值为 0.45kN/m^2 ,地面粗糙度为B类,基本雪压值为 0.40kN/m^2 。项目所在地抗震设防烈度为8度(0.20g),场地类别为Ⅲ类,场地特征周期为0.45s,水平地震影响系数最大值0.16,结构阻尼比取0.04。

根据《建筑工程抗震设防分类标准》^[1]第5.4条,本工程抗震设防类别应为乙类,根据《建筑抗震设计规范》^[2]第6.1.2条,本工程一般框架结构抗

震等级为一级。

机房设置在二、三层,由于使用功能的需要,机房部分需要抽掉内部柱子,做成27.3m($3\times 9.1\text{m}$)的大空间结构,项目方案设计初期,我们总结了已有的类似机房的设计经验,对比分析了型钢混凝土框架与预应力混凝土框架两种方案。考虑甲方的工期要求比较紧,并对比两种方案的综合造价,决定采用预应力混凝土大跨度方案,此方案技术成熟,相较于型钢混凝土梁柱结构施工工艺简单、快捷,工程造价低。

同时结合本工程特点,大跨部分采用了主次梁均为预应力混凝土单向梁,结构形式简洁,传力路径清晰,综合经济性较好。典型楼层结构布置见图2。

1 大跨预应力梁设计

裂缝控制是设计此类大跨度混凝土结构的一项重要工作,合理选取裂缝控制目标,才能保证工程既安全适用,又经济美观。依据现行《混凝土结构设计规范》^[3],预应力梁裂缝控制等级为三级,故楼面梁裂缝宽度控制在0.20mm以内,屋面梁裂缝宽度控制在0.10mm以内。

本工程预应力框架梁采用有粘结后张法施工,梁柱采用C40混凝土,预应力筋采用高强低松弛 $\Phi\text{S}15.2$ 钢绞线,抗拉强度标准值为1860MPa,初步计算时二层顶预应力梁截面为 500×1700 ,三

作者简介:王敬仁,男,高级工程师,2008年毕业于北京工业大学结构工程专业,现就职于航空工业规划电子工程设计研究院。



图1 某大型数据中心效果图

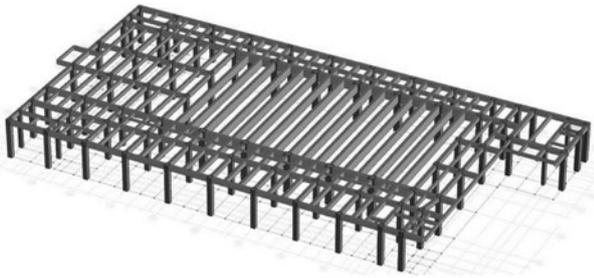


图2 大空间部分预应力梁布置图

层顶（屋面）预应力梁截面 500×1600 。

预应力筋的用量基本上由抗裂度决定，但本工程在进行上部结构计算分析时，考虑到楼面活荷载达到 20 kN/m^2 ，屋面恒荷载 7.8 kN/m^2 、活荷载 5.0 kN/m^2 ，楼（屋）面活荷载值为设备布置最不利情况，预留后期设备扩容的可能性，并按设备满布最大值考虑的，若以此来控制预应力等效荷载作用，势必会因为预应力过大造成楼面反拱的不利情况出现，故本工程预应力筋的初步估算采用平衡荷载法与裂缝控制的名义拉应力法相结合。根据荷载平衡法的设计理念，结构上预应力的作用可用等效荷载代替，等效荷载的分布形式可设计为与外荷载的分布形式相同、方向相反、数值相当，显然，应用荷载平衡法设计的关键在于平衡荷载的选择，即预应力应该平衡掉多大的外荷载^[4]。综合各种情况分析，本工程将其设定为平衡100%恒荷载+40%活荷载，以此来初步估算预应力筋数量，上述过程通过计算机电算完成。

同时也利用基于裂缝控制的名义拉应力法对上述方法估算的预应力筋数量进行校核。估算预应力筋面积 $A_p = N_{pe} / \sigma_{pe}$ ， σ_{pe} 为预应力筋的有效预应力， N_{pe} 为预应力筋的总有效预加力，由下式（1）计算，其中 M_k 为按均布荷载标准组合计算的弯矩设计值， w 为构件截面受拉边缘的弹性抵抗矩， σ_{tk} 为荷载标准组合下的混凝土拉应力限值， e_p 为预应力筋重心对构件截面重心的偏心距； β 为次弯矩影响系数（跨中 $\beta=1.2$ ，支座 $\beta=0.9$ ）。

$$N_{pe} = \frac{\frac{\beta M_k}{w} - \sigma_{tk}}{\frac{1}{A} + \frac{e_p}{w}} \quad \text{---式 (1)}$$

根据上式计算，预应力筋估算大约需要配置钢绞线的数量为29根（二层顶）、26根（三层顶），考虑梁端弯矩不仅承担本层竖向荷载，还需要承担上部结构竖向和水平荷载、温度效应、地震作用等通过混凝土柱子依据刚度分配给梁端的荷载，故在进行梁端设计时应考虑梁端延性和梁柱核心区构造需要而设置的非预应力钢筋来承担部分上述荷载，所以取估算80%来配置梁预应力筋，其余由非预应力筋承担。经过估算及电算调整，本工程中预应力筋数量为：二层顶预应力梁24根，三层顶预应力梁20根，预应力束形图及排布见图3所示，经过整体计算后典型梁裂缝宽度见图4所示。

2 相关问题处理

预应力度控制也是本工程预应力梁设计的关键点之一。预应力度反映了预应力施加水平的高低，对结构的使用性能、承载能力及破坏特征等均有直接影响。高预应力度构件，其抗裂性能好、刚度大，但破坏时塑性变形小、延性不足、抗震性能差。按目前我国现行规范设计的预应力混凝土梁，为了控制裂缝、变形等，易将其设计成高预应力度构件，即存在着预应力“超强”现象，造成了结构延性差，对结构抗震同样也是不利的。

本工程预应力梁设计遵照《预应力混凝土结构抗震设计规程》^[5]第4.2.3条的要求，一级预应力框架梁端截面按文献^[5]式3.2.8计算的预应力强度比 λ 宜满足 $\lambda \leq 0.60$ 。

本工程预应力梁两侧相邻跨边跨度为5.1m、6.1m，截面为 500×1200 ，在最初设计阶段，预应力筋仅布置在大跨部分，为了控制梁端裂缝，需要的预应力筋数目太多，预应力度远超出了文献^[5]的要求，为了解决这一问题，我们采取了将预应力筋分别往两侧各延一跨，短跨预应力筋采用直线布置，并将上下层预应力筋间距加大到550mm，从而保证大跨梁端预应力度满足了规范要求，典型的预应力筋布置见图3所示，各层预应力度控制结果见图5、6所示。

3 结语

(1) 一般条件下,大跨度预应力梁采用裂缝控制的名义拉应力法对预应力筋进行估算是惯常采用的方法,也是行之有效的。但本项目有其自身特点,很多楼面荷载是为后期发展预留的,在

项目建成后相当长的时间内是不存在的,为了控制裂缝盲目地增加预应力筋数量是不合理的,也是不安全的,故应采用平衡荷载法与裂缝控制的名义拉应力法相结合的方法合理地确定预应力筋数量,使预应力筋与非预应力筋的数量相匹配,这样可以提高结构安全度,更有利于结构的延性设计。

(2) 大型数据机房可供选择的结构形式很多,但由于其使用荷载较大,楼板错层较多等结构特点,在前期方案阶段,合理确定结构层高、柱网尺寸,尽量规避大跨度、大空间结构布局,这样可以降低结构的复杂程度,从而节省造价,加快施工进度,提高综合经济效能。

(3) 某些特别重要大型数据中心,由于功能上的重要性,为了提高结构整体抗震性能,应考虑采取适当耗能减震措施(比如设置阻尼器等),从而保证大震作用下结构安全。

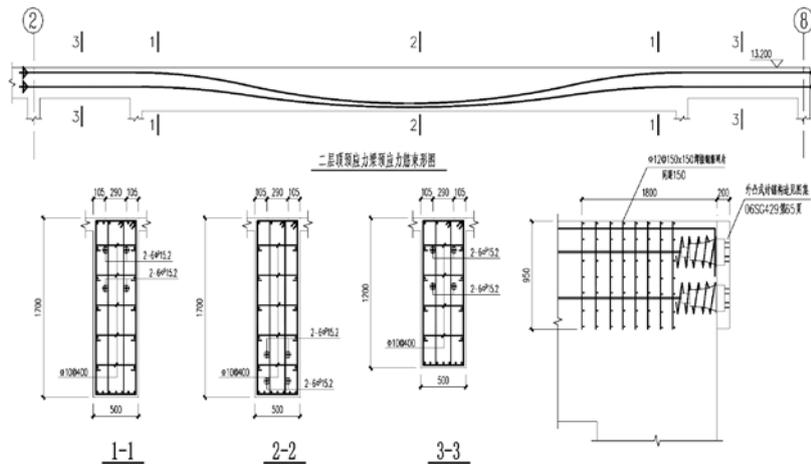


图3 预应力束形图及张拉端节点图

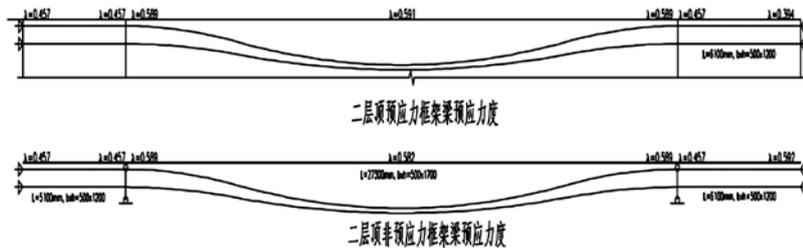


图4 预应力梁裂缝宽度

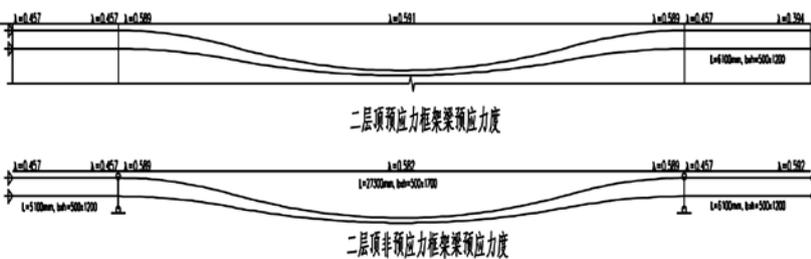


图5 二层顶梁预应力度

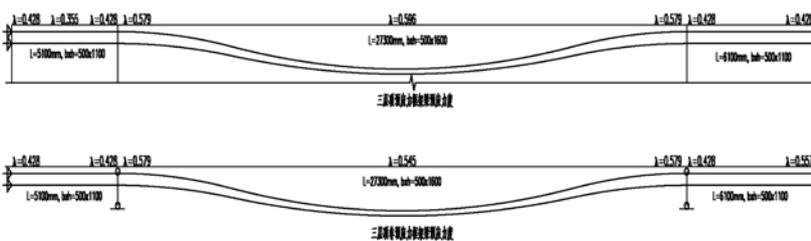


图6 三层顶梁预应力度

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑工程抗震设防分类标准 (GB50223-2008) [S]. 2008.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑抗震设计规范 2016年版 (GB50011-2010)[S]. 2016.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 混凝土结构设计规范 2015年版 (GB50010-2010)[S]. 2016.
- [4] 闫军, 邹宏, 王爱民. 某厂房多跨预应力混凝土框架梁设计. 建筑结构, vol. 42 S1, 2012.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 预应力混凝土结构抗震设计规程 (JGJ 140-2004) [S]. 2004.

西安某跨地裂缝钢桁架连廊结构设计

■ 张清清 李晓璐 申若虚 赵伟 闫军 张海滨 [结构]

摘要: 随着西安地裂缝活动已趋于稳定,西安城市发展的需要,对地裂缝场地的利用提出了新的要求,地裂缝场地的结构设计方法的相关创新成果不断应用于工程实践。本文以西安市高新区某跨越地裂缝钢桁架连廊作为研究对象,采取如下措施降低地裂缝的危害:连廊跨越地裂缝且下净空留足富裕,以适应地裂缝的可能变形;上下盘结构基础采用不同基础形式,满足合适的避让距离实现地裂缝空间避让;针对可能发生的不均匀沉降建立有限元模型进行分析,并考察连廊舒适度设计,为今后类似地裂缝场地结构设计方案的选择提供参考。

关键词: 西安地裂缝;钢桁架;设计措施;有限元

0 西安地裂缝概况

地裂缝是发育于地壳表层的一种岩土介质的不连续或错断现象,是内外力作用和人类活动等引起的地表破裂形迹。地裂缝破坏不仅引起建筑结构的破坏,还会导致建筑局部沉降、整体倾斜甚至倒塌,威胁到房屋的正常使用和人民的生命财产安全。

西安城郊区域目前共发现了14条地裂缝^[1-3],形成了著名的西安地裂缝群。西安地裂缝具有明显的带状分布特征,主地裂缝总体走向北东。西安地裂缝的活动具有明显的周期性,在活动速率方面与不均匀地面沉降有密切关系。由于地震等地质活动的不可预知和瞬时性,地裂缝在空间上的活动很不规律。

1 工程概况

某建设项目位于西安高新区,抗震设防烈度为8度,设计基本地震加速度值为0.20g,设计地震分组为第一组。基本风压(50年重现期)为0.35kN/m²,地面粗糙度为B类,基本雪压(50年重现期)为0.25kN/m²。

根据岩土勘察报告,地层岩性从上至下依次为:杂填土、素填土、黄土状土、中砂、粉质粘土、中细砂、粉质粘土、中细砂、中细砂、粉质粘土。拟建场地为I级非自重湿陷性黄土场地,建筑场地类别为II类。场地标准冻深0.45m,本场地地下水属潜水类型,枯水期稳定水位埋深7.90~9.60m,丰水期稳定水位埋深4.80~6.70m。地下水对混凝土及钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性。大跨度连廊连接A区与B区,上部结构采用钢桁架结构,连廊1柱网为3.9m×8.7m,连廊2柱网为3.9m×34.8m,平面

作者简介:张清清,男,高级工程师,1989年毕业于中航工业设计院建筑结构专业,现就职于航空工业规划电子工程设计研究院。

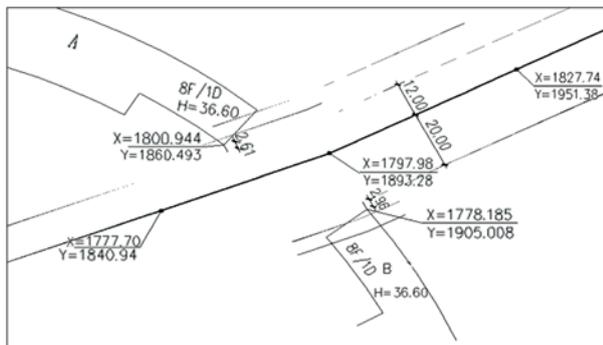


图1 地裂缝上下盘示意图

呈弧形。

本场地东南角有已查明的f7地裂缝通过，根据《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》(DB61-6-2006)并经过专家论证，建筑物已做了避让，除此无其它不良地质作用，适宜建筑。

2 结构选型

通过设置大跨度连廊方案，对两楼中间的地裂缝f7实现跨越，同时考虑《西安地裂缝场地勘察与工程设计规范》提出的地裂缝的安全避让距离要求。本项目连廊采用钢桁架结构，桁架高度

等于建筑层高。由于西安地裂缝具有高倾角的特征，一般建筑物的地基压缩层不深，基础中心点附加压力分布线与地裂缝近于平行。经计算与讨论，位于的上盘桩长必须小于5m，而下盘的桩长必须大于25m，方能满足地裂缝避让距离的要求。上盘采用筏板基础，具有较好的整体性。下盘桩筏基础，采用桩径600mm桩长30m的钻孔灌注桩，满足了基础对于地裂缝的安全避让距离要求。

3 钢桁架有限元模型建立

3.1 基本假定

结构分析前要做如下基本假定：

(1) 一些假定的地裂缝沉降函数虽然精度较高，但是与未来的实际沉降量还是有一定误差，所以假定地裂缝沉降曲线为光滑曲线。

(2) 地裂缝影响区是主次裂缝相互影响的复杂场地，假定只考虑主地裂缝活动对结构的影响，忽略次级地裂缝对结构的影响。

(3) 相关规范规定地裂缝影响区20m以外不考虑地裂缝影响，假定建筑物距地裂缝20m时无不均匀沉降，即为普通场地。

(4) 弹性工作状态假定：结构按整体弹性工

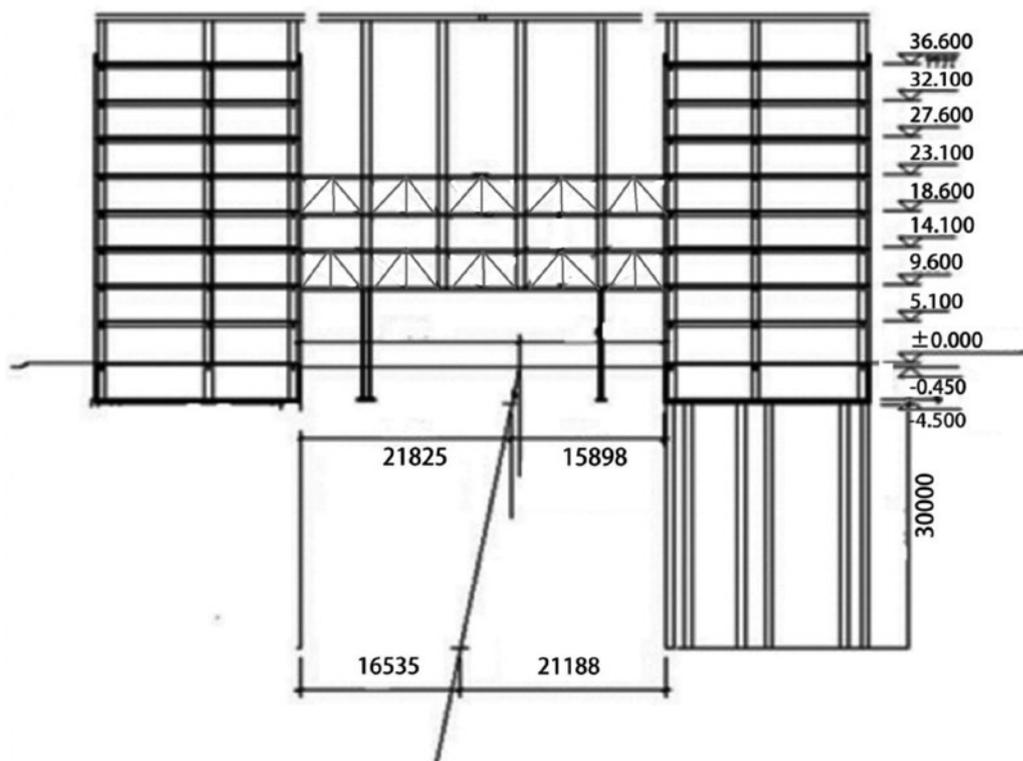


图2 基础布置示意图

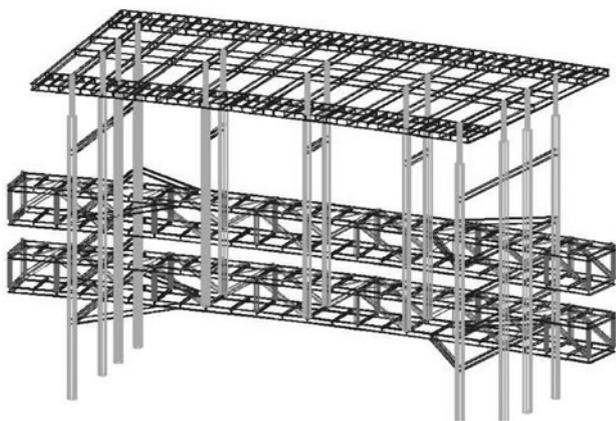


图3 连廊PKPM模型示意图

作状态考虑,内力和位移按弹性计算。

3.2 连廊PKPM有限元模型建立

连接两侧混凝土塔楼的钢结构连廊采用桁架结构体系,跨度为35.68m,宽度为3.9m,总高度为43m,主桁架两侧端部布置斜拉杆。

3.3 连廊MIDAS有限元模型建立

上部结构采用静定结构,采用简支梁跨越模型,连廊下净空留足富余,以适应地裂缝的可能变形,裂缝最大垂直位移量为200mm,模型建立完成后,考虑单独不均匀沉降对其作用,分析其变形和内力。

3.4 不均匀沉降下有限元分析

本文采用简单易行的固定支座模型法,将不均匀沉降值直接加到模型西侧四根支柱柱脚,取沉降值200mm。上部,连廊下净空留足富余,以适应地裂缝的可能变形,模型建立完成后,考虑

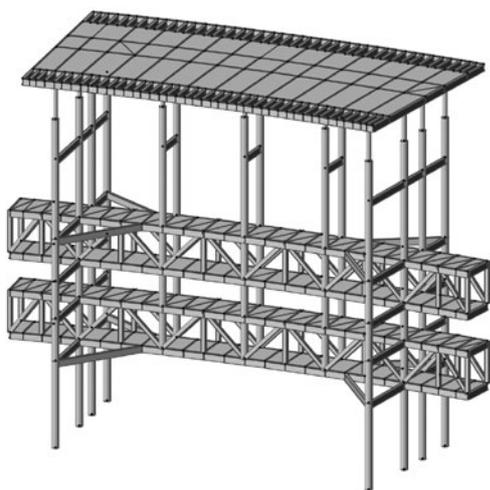


图4 连廊MIDAS模型示意图

单独不均匀沉降对其作用,分析其变形和内力。

边柱发生沉降时,分析其变形和内力,可观察到,边跨的剪力值最大,当边柱发生沉降时,边跨的梁是最容易发生破坏的。当沉降量变化时,柱子的轴力和剪力增量及增幅都比较大,为易受影响区。

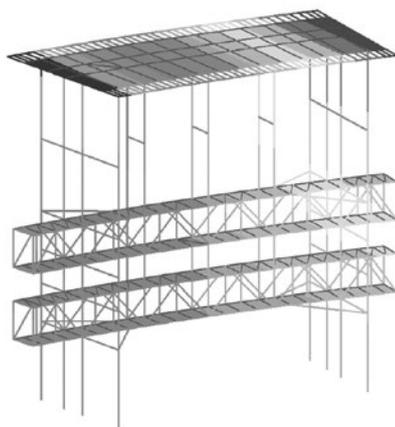


图5 不均匀沉降下连廊X向位移云图

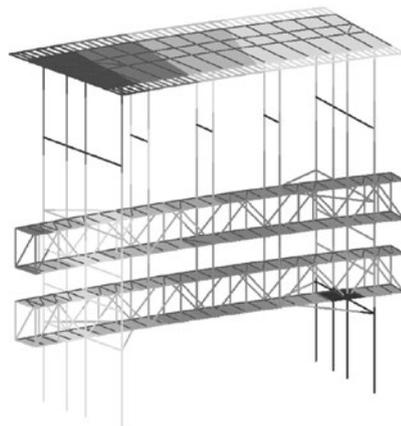


图6 不均匀沉降下连廊Y向位移云图

4 舒适度设计

本工程的连廊结构在设计过程中不仅需要对接结构的刚度和强度进行有效控制,还需要对振动舒适度进行分析。根据《城市人行天桥与人行地道技术规范》^[4]要求,上部结构的竖向自振频率不得小于3Hz。实验证明,人体比较舒适的频率范围为4~12Hz。经过计算分析,连廊第一竖向振频为

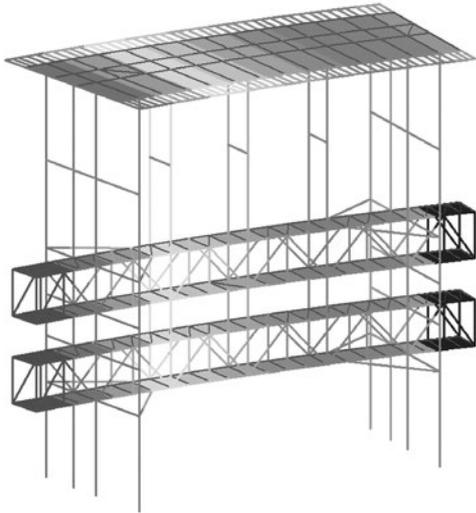


图7 不均匀沉降下连廊Z向位移云图

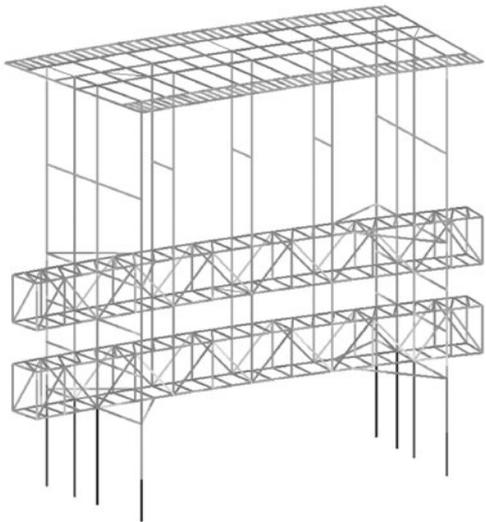


图8 不均匀沉降下连廊支柱有效应力云图

4.22Hz, 满足了规范对于舒适度的要求。

5 结语

西安正处于快速发展的时期, 研究跨地裂缝建筑物基础的破坏机制和地裂缝的影响距离, 对地裂缝带上建筑物的建设和土地资源的合理利用具有重要的实际价值和工程意义。西安某高新区钢桁架连廊, 上部结构采用简支跨越形式, 下部基础采用不同基础形式安全避让地裂缝, 同时设计纠偏方案, 采用抽砂法防止基础不均匀沉降。同时还应定期对地裂缝附近的大跨度钢桁架连廊

等其他结构进行沉降位移监测, 建议一年一次, 并对监测结果进行分析。地下水位的变化对地裂缝的影响较大, 建议相关政府职能部门采取措施, 通过立法或出台相关管理措施, 控制地裂缝附近抽取地下水。

参考文献

- [1] 陕西省建设厅. 西安地裂缝场地勘察与工程设计规范(DBJ61-6-2006)[S]. 2006.
- [2] 张家明. 西安地裂缝研究[M]. 西北大学出版社, 1992.
- [3] 彭建兵. 西安地裂缝灾害[M]. 科学出版社, 2012.
- [4] 中华人民共和国建设部. 城市人行天桥与人行地道技术规范(CJJ69-1995)[S]. 1995.

基于SAP2000弹性时程分析下的爆炸试验塔结构设计

■ 张宽 王蓓 张虎 冯知夏 李冬星 [结构]

摘要: 本文根据撒到夫斯基的爆炸冲击波压强经验公式及冲击波入射超压计算公式,得到某爆炸试验塔爆炸试验冲击波荷载时程曲线,并建立SAP2000计算分析模型。在此基础上利用Brondum—Nielsen关于等效膜特性平面内力理论得到爆炸试验塔混凝土厚壳单元的配筋值,并据此完成结构设计。

关键词: 爆炸试验塔; 爆炸荷载; 弹性时程分析; 混凝土厚壳单元

1 工程背景

爆炸塔系指研究爆炸现象和规律的密闭结构。在爆炸塔内部引爆炸药,通过X光扫描等技术手段分析炸药的爆炸性能和威力,得到炸药配比等相关工艺参数。爆炸塔要求能够长期承受连续多次爆炸试验时所产生的压力,结构不出现残余变形;尽量减少爆炸产生的噪音对周围环境的影响;控制爆炸产生的振动波不影响临近实验室的工作。

某爆炸塔设计药量为 $Q_1=10\text{KgTNT}$,根据国内外多年实践,爆炸塔平面尺寸宜按照下列要求确定:

爆炸塔半径:

$$R \geq 2.4\sqrt[3]{Q_1} = 2.4 \times \sqrt[3]{10} = 5.167\text{m}$$

爆炸塔体积:

$$V \geq 80 \times Q_1 = 80 \times 10 = 800\text{m}^3$$

选取结构布置参数:半径5.5m,下部圆柱状部分高5m,上部采用半球壳,爆炸塔总高度9m,总体积 876m^3 。爆心高度1.5m。在SAP2000中建立有限单元模型,爆炸塔混凝土壳体采用厚壳单元模拟。爆炸试验塔有限元计算模型见图1。

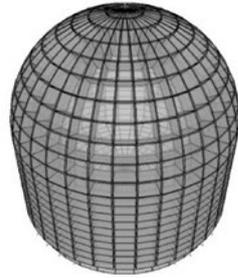


图1 爆炸试验塔有限元计算模型

2 炸药冲击波荷载峰值及时程曲线建立

根据相似理论量纲分析,可以得出空气中爆炸的球形装药集团形成的冲击波超压与炸药药量立方根和计算点至爆心的距离有关,萨道夫斯基提出了经验多项式公式:

$$\Delta P_r = \sum_{i=1}^n \alpha_i \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{k_i}$$

其中: α_i 为介质系数, k_i 为衰减系数。我国兵器工业部经大量试验,得到爆炸塔内空气冲击波对塔壁的入射波超压值计算公式:

$$\Delta P_r = 0.0755 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right) + 0.245 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^2 + 0.65 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^3$$

作者简介:张宽,男,高级工程师,2011年毕业于哈尔滨工业大学结构工程专业,现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

由于爆炸塔属于密闭结构，塔壁反射冲击波对塔壁的第一次反射波超压值为：

$$\Delta P_f = \Delta P_r(1 + \cos\varphi) + \frac{6\Delta P_r^2}{7 + \Delta P_r} \cos^2\varphi$$

式中： ΔP_r 、 ΔP_f ——入射、反射超压值 (0.1MPa)

φ ——冲击波入射角

R ——计算点至爆心的距离(m)

根据上述公式可以计算出每个单元的入射、反射超压值。表1为计算得出的爆炸塔内表面部分具有代表性区域入、反射超压值。

爆炸塔底板上的承受荷载按照塔底板总荷载等于塔顶竖向总荷载考虑，塔底板超压值为 0.1482 MPa。

根据大量实验结果，在较小空间内爆炸冲击波升压时间不到0.01ms，参照现行的人防设计规范，按无升压时间考虑，冲击波超压从峰值下降到因爆炸气体累积产生的空气超压时间按下式计算：

$$t_+ = \sqrt[6]{Q}\sqrt{R}$$

本工程中，为方便进行有限元分析和计算，取爆炸塔至爆心最远点的正压作用时间来建立整个爆炸塔冲击波荷载的时程曲线。这样是偏于保守的。正压时间为：

$$t_{+2} = \sqrt[6]{Q}\sqrt{R} = \sqrt[6]{10}\sqrt{9} = 4.39ms$$

因爆炸气体累积，爆炸塔在爆炸后短时间内存在超静压，超静压值为：

$$P_s = 2.3 \left(\frac{Q}{V}\right)^{0.72} = 2.3 \times \left(\frac{10}{876}\right)^{0.72} = 0.0918MPa$$

将上述所得爆炸冲击波反射超压值及超静

表1 部分区域爆炸冲击波超压值

单元位置	$\Delta H/m$	R/m	$\cos\varphi$	$\Delta P_r/MPa$	$\Delta P_f/MPa$
圆柱底	-1.000	5.590	0.984	0.1011	0.277
爆心处	0.000	5.500	1.000	0.1045	0.2906
圆柱顶	3.500	6.519	0.844	0.0740	0.1790
单元位置	/rad	R/m			
球壳底	0.000	6.519	0.844	0.0740	0.1790
球壳中	0.714	8.229	0.947	0.0476	0.1107
球壳顶	1.571	9.000	1.000	0.0405	0.0942

注： ΔH 为计算单元至爆心的垂直距离 (m)

R 为计算单元至爆心距离 (m)

θ 为计算单元法线与水平面夹角 (rad)

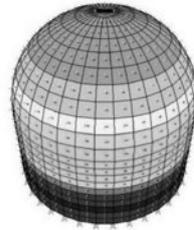


图2 归一化后模型爆炸冲击荷载

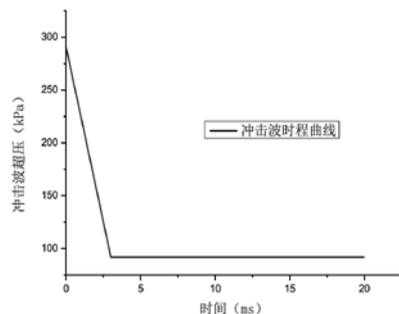


图3 本工程计算采用的时程曲线

压值以最大反射超压值为基准作归一化处理，即可得到每个方案的基准时程曲线。时程曲线持时参考抗震规范要求，约取10倍结构自振周期，即500ms。归一化后模型爆炸冲击荷载见图2，本工程计算采用的时程曲线见图3。

3 动力时程分析

3.1 结构动力特性

根据SAP2000分析结果，爆炸试验塔前三阶自振振型见表2。一~三阶振型见图4、5、6。

3.2 结构动力反应

在爆炸冲击波作用下的结构位移呈现周期性变化，本文主要观测半球壳顶点 (A)、半球壳底 (圆柱壳顶) (B)、爆心处 (C)、底板圆心处 (D) 位移，关注其最大位移。其主要数据见表3。

通过上述计算分析可以得出以下结论：爆炸试验塔结构的峰值反应发生于冲击荷载作用完成后，即结构须释放出足够的应变能以消耗冲击波作用赋予结构体系的动能。结构各个部位发生最

表2 爆炸塔结构前三阶振型

	T1(ms)	T2(ms)	T3(ms)
周期	42.14 平动 (10.07 3.32)	37.45 Z向平动	17.75 扭转

注：括号内数值为按塔壁柱壳和半球壳分别计算的各方案第一平动周期，前者为柱壳，后者为半球壳。



图4一阶振型

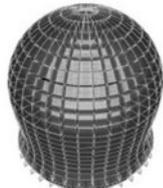


图5二阶振型



图6 三阶振型

表3 爆炸塔结构位移

观测点	Δ_{max}/mm	发生时间ms
球壳顶	0.13	12.5
球壳底	0.24	6.5
爆心处	0.15	5.5

注：A、B、C、D为前文所述观测点。

Δ_{max} 为观测点最大位移，对于A和D点指垂直竖向位移，对于B和C点指结构径向位移。

大反应的时间不一致，说明不能用统一的动力系数来描述爆炸试验塔的动力荷载。球壳顶Z向位移见图7，爆心处径向位移见图8。

3.3 结构内力

通过分析可知，爆炸试验塔结构壳体主要受力形式为环向受拉，这与概念分析相吻合。结构内力最大处处于柱壳上部与球壳结合处附近，而不是在爆心位置处。这是由于底板约束其临近柱壳的变形，使结构变形的峰值点上移。

4 结构设计

混凝土壳单元的配筋设计可以根据Brondum—Nielsen关于等效膜特性平面内力理论得到：

$$N_{i,i} = \frac{m_{i,i} + f_{i,i}db_i}{d_i}$$

$$N_{i,j} = \frac{m_{i,j} + f_{i,j}db_{max}}{d_{min}}$$

$$ND_i = N_{i,i} + ABS(N_{i,j})$$

$$A_{sti} = \frac{ND_i}{0.9f_y}$$

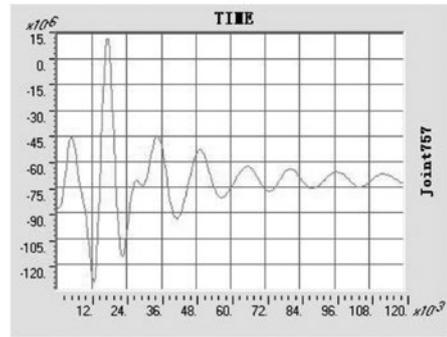


图7 球壳顶Z向位移

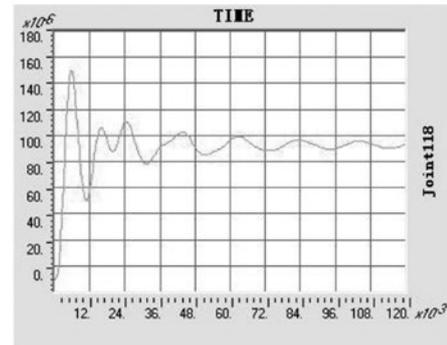


图8 爆心处径向位移

根据SA2000分析结果，我们可以得到其关键位置配筋计算结果，见表4。壳体环向内力(F11)包络图形见图9，壳体局部坐标2方向内力包络图形见图10。

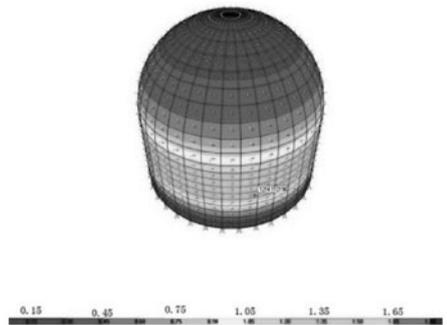


图9 壳体环向内力 (F11) 包络图形 (103kN/m)

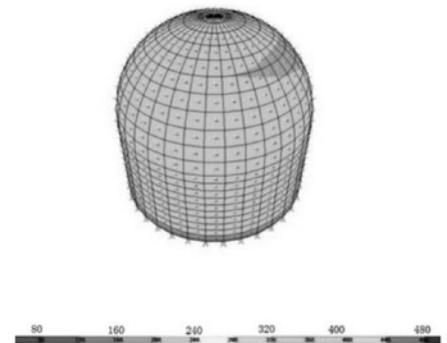


图10 壳体局部坐标2方向内力包络图形(kN/m)

表4 结构配筋计算结果

计算位置	拉力 (kN/m)	电算配筋/mm ² /m
球壳底	672	2350
最大处	1234	4675
爆心处	688	2432

表5 结构配筋信息

	配筋	面积/ mm ²	配筋率
柱壳环向	25@100	9800	1.22%
柱壳竖向	25@200	4900	0.61%
球壳	25@200	7350	0.92%

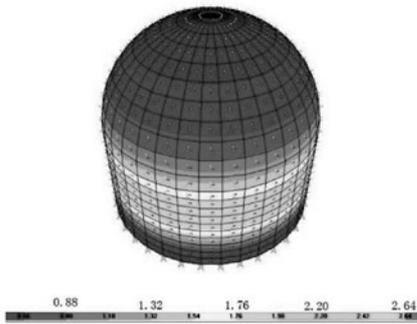


图11 壳体环向配筋Ast1包络图形 (1000mm²/m)

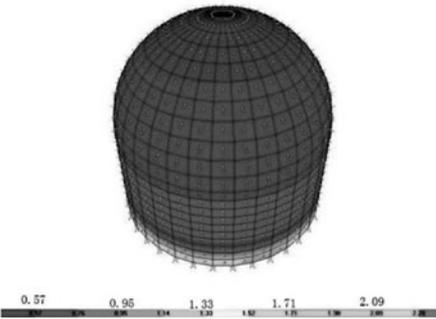


图12 壳体局部坐标2方向配筋Ast2包络图形

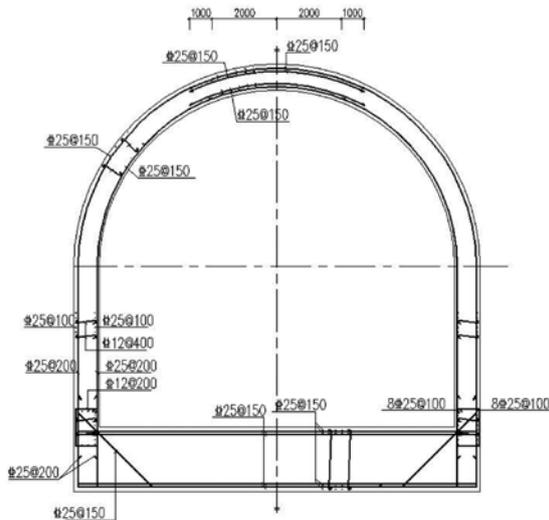


图13 爆炸塔结构配筋

按有限元分析计算结果配筋，钢筋应力在冲击波荷载作用下接近屈服强度，为保证安全，取安全系数为2，则配筋结果见表5。壳体环向配筋Ast1包络图形见图11，壳体局部坐标2方向配筋Ast2包络图形见图12，爆炸塔结构配筋见图13，爆炸塔门洞处配筋见图14。

五 结语

(1) 根据经验公式计算得到爆炸试验塔所受爆炸冲击波的入射超压、反射超压和爆炸后塔内超静压，以及无升压时间爆炸超压作用时间，可以建立爆炸试验塔内爆炸荷载的冲击荷载时程曲线。

(2) 在SAP2000中以厚壳单元建立爆炸试验塔有限元分析模型，进行爆炸冲击作用的弹性时程分析，根据分析结果利用Brondum—Nielsen关于等效膜特性平面内力理论计算得到混凝土厚壳单元配筋。

(3) 爆炸试验塔作为一种试验装置，其爆炸冲击荷载引起的周围附属建筑的振动非常显著，在未来研究中，可以考虑引进隔振支座系统进行减振设计。

参考文献

- [1] 胡八一,张亚军等.40kgTNT当量爆炸塔的等效静荷载计算 特种结构 Vol.28 No.6 9—11.
王泽溥.郑志良.爆炸及其防护,兵器工业出版社 2008.
- [2] 杨科之.杨秀敏等.抗内爆结构的等效荷载设计法.工程力学增刊 2003.

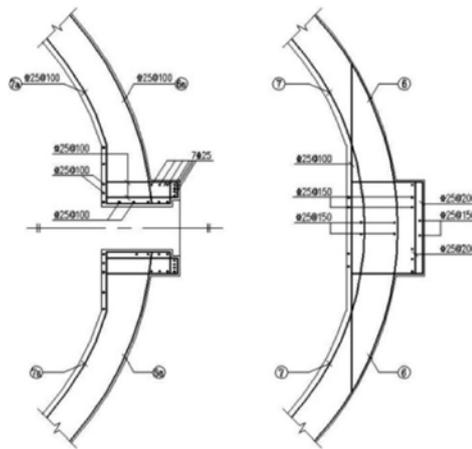


图14 爆炸塔门洞处配筋

初步设计概算在全过程投资控制中的作用研究

■ 王旭 [工程造价]

摘要: 随着我国市场经济的不断深化以及市场上各类投资活动对投资回报率率的追求,使得整体投资工作越来越受到人们的重视,对于建设项目的投资管控也受到了人们的更多关注,而在建设工程的设计阶段,其作为工程项目全过程投资控制工作中的重要环节,加强此阶段投资控制有着非常重要的现实意义。基于此,本文将着重分析探讨初步设计概算在全过程投资控制中的作用以及全过程投资控制措施,以期能为以后的实际工作起到一定的借鉴作用。

关键词: 设计概算;投资控制;现状;措施

1 初步设计概算的作用

建设项目的初步设计概算也就是我们所说的工程设计概算,是建设项目初步设计文件的重要组成部分;是确定建设项目投资规模的主要依据;是编制项目建设的依据;是后续建设工作的经济指导标杆;也是对施工图预算、投标报价的指导性文件,以及编制项目资金计划等的重要依据。所以说,在经过有关国家及政府部门批准之后的初步设计概算主要作用包括有:1)是国家实现对建设项目投资控制的主要依据;2)是对建设项目造价的确定以及对有关建设项目计划的编制依据;3)是签订建设项目合同的主要依据;4)是实现了对建设项目工程投资最高限额以及有效控制预算的主要依据;5)有了合理可行的初步设计

概算,就可以很好地保障建设项目的经济合理性;6)客观考核和评价建设项目工程的成本以及实际投资效果。

2 初步设计概算问题分析

2.1 投资方面的问题

从投资方来看,项目的业主在工程的设计阶段没有对投资控制有足够的重视。传统工程项目建设模式是设计阶段与施工阶段的工程投资控制相对分离,设计单位负责设计阶段的投资控制,业主负责施工阶段投资控制。由于传统管理模式的影响,在建设项目工程设计阶段,业主普遍忽视投资控制,而将精力集中在建设项目施工阶段的工程投资和造价控制,将大量的人力以及物力资源都放在施工图预算、竣工结算上。一旦完成设计图纸,“按图施工”是施工单位必须履行的原则,施工单位不会随意改变图纸,也没有时

作者简介:王旭,男,高级工程师,1997年7月毕业于天津大学投资经济专业,现就职于航空工业规划动力工程设计研究院。

间、精力以及义务冒着风险去考虑优化设计。到了按图施工的阶段就失去了在设计中优化,节约投资的机会。因此,要想有效地控制工程投资,投资方必须转变观念,把工作重点转移到设计阶段,在源头上控制工程投资。

2.2 设计方问题

从设计方来看,设计单位只承担设计的技术可行性以及安全风险,对于投资风险是不予以承担的。投资规模由业主确定,投资风险由业主承担,导致设计单位的设计普遍重视技术的先进性、可靠性,不太重视方案的经济性。过多的考虑安全系数,没有多方案的经济性比较,造成投资浪费,没有让技术和经济达到最佳的结合。设计师缺乏经济理念,设计理念或建筑标准相对较高,使设计的经济表现得不到充分体现,设计方案没有和甲方的经济利益密切相关。工程造价人员只是按图算量、实现对工程量的计算、以及定额的套用、费用的计取等工作,没有实现价值工程的功效,没有对设计的经济性进行反馈。

3 强化初步设计概算,有效控制投资

3.1 认真分析计算设计概算的各类费用

建设项目工程设计概算的组成结构比较复杂,针对建设项目的各个内容,工程造价计算要保证合理性,因为其直接影响建设项目工程设计概算的准确性。所以在编制建设项目概算的时候,要严格根据相关建设项目的图纸进行计算,与此同时,根据项目的特点和结构形式,还要综合考虑项目设计图纸以外的内容;正确掌握项目所在地的定额及取费规定,采用合理的材料价格,合理地确定好建设项目的施工措施,编制出合规合理的单位工程概算;另外,还要特别注意对其他费用以及预备费的确定。在建设项目各项费用的计算上要避免重叠和遗漏缺项,特别是建设项目其他费用要根据建设项目的实际特点,深入地分析区域特点,充分、准确、合理地实现对其的计算。

3.2 要做好设计概算的审查复核

(1) 对于设计概算审查要保证其准确性。正确的选择编制依据就能确定好建设项目工程设计概算编制的质量。从合法性、适用性以及时效性等三方面对其进行审查。也就是保证在符合国家和地方规定的基础上,必须经过授权批准,符合

国家的规定编制,没有得到有关批准不能对其进行使用;并且要按照国家现阶段实施的有关规定开展工作,要特别注意对政策法规的范围调整;最后对于有关依据的编制要注意其规定时效范围。

(2) 建设项目工程的概算审查深度。针对一些较为大中型的建设项目工程的概算文件,要审查其编制说明是否齐全完整;对于单项工程概算的重点要放在建设项目概算的合规性,保证其无误差;三级概算内容是否按照有关的规定范围,建设项目是否与批准的项目范围、具体内容相符合。

(3) 审查建设项目概算编制的完整性。首先是审查单位工程概算,单位工程概算是建设项目初步设计总概算的基础,是整个建设项目工程造价的重要组成部分。但就现阶段的实际来看,出于各种不同的原因,建设项目的初步设计概算错误还比较多,比如设计概算的工程量计算误差、定额选用错误、设备材料缺漏失误、取费文件失效等等。其次在具体的审查工作中,有关工作人员要严格的根据工程的设计图纸以及造价计算方法、取费标准等等,针对不同的专业实现对其计算、核对。对于图纸中标注的不清楚的内容,要及时地和设计单位及建设单位做好沟通,在充分了解他们的意愿之后按照有关价格信息和调价指数,对设计概算做出合理的调整。

3.3 注重初步设计阶段投资控制

建设项目初步设计概算,其限额设计要严格地根据有关批准的投资以及分解工程控制部门的专业要求,实现对建设项目概算和投资的一致性把控。对于建设项目初步设计阶段的工程设计,要严格的按照相关规模和质量标准开展。对可研批准的建设项目设计要根据工程投资分项指标,有效的控制好建设工程限额设计,提出节约投资的一些切实可行的措施。

实际工作中,为了最大化地落实有关投资控制指标,针对初步设计阶段的投资控制工作,可以运用限额设计方法,下达设计内容和相应投资的任务书。在工程的初步设计工作中,有关的设计人员要及时和造价人员做好沟通,在此基础上实现对设计内容的交底工作,主要包括有:建设的目标、设计原则以及实际投资限额等等,以此做出对各个方案的比对选择,来保证初步设计方案满足工程的实际需求,也不会超过投资限额。在这个过程中需要特别注意的是:造价人员要为设计人员提供准确的造价咨询,并且在完成此项

工作之后,要以此作为编制初步设计概算的基础,保证初步设计的投资限额,也为施工图阶段设计的有序进行铺平道路。

3.4 实现全寿命周期内工程投资控制

只有建立完善全寿命周期内工程造价的投资控制体系才能更好地保障项目建设的质量以及投资作用的发挥;使得全过程投资控制能够确保初始设计的科学合理。根据不同阶段的工作匹配不同的专业人员进行相关的专业操作,从而逐步完成不同阶段的经济核算和投资控制。初期的合理设计和准确设计概算是整个项目建设的基础,如果初期设计比较完善就能够有效减少后期建设过程中返工修改现象的发生,从而降低二次成本的投入,提高投资利用率。随后由专业人员对项目进行施工建设。通过专业人员的建设将项目的性能不断完善,实现建设项目的多种功能,这样才能减少对于施工时间以及施工材料的浪费。合理准确的设计概算就是整个项目实施全过程中投资控制的目标;明确目标,总体控制,分步实施。

4 结语

总而言之,经济社会的不断发展带动了各行各业的发展,而科技水平的不断提高也为经济发展起到了重要的推动作用。建设行业作为经济社会发展的关键行业,与国计民生和经济发展都息息相关,近年来我国建设行业也迎来巨大的发展契机,与此同时也迎来了更多的挑战,投资风险更是越来越高。在建设项目的过程中,设计阶段的投资控制更是项目建设全过程中的重要部分,这就要求我们在今后的工作中必须加强分析、研究、探讨和实施,做好初步设计概算的系统工作,使项目赢得更好的经济及社会效益。

参考文献

- [1] 詹永光. 简析如何做好初步设计概算编制[J]. 低碳世界, 2014, 05:132-133.
- [2] 张京南. 对初步设计概算中其他费用的把握[J]. 中国高新技术企业, 2009, 02:108-109.
- [3] 张鹏. 谈加强对初步设计概算的控制[J]. 山西建筑, 2012, 14:256-257.
- [4] 王玉娟. 关于初步设计概算中其他费用的把握[J]. 林业科技情报, 2010, 02:99-100.
- [5] 张秋菊. 浅谈初步设计概算的编制[J]. 山西建

筑, 2010, 33:257-258.

- [6] 宋蓉. 浅谈初步设计概算的编制[J]. 建筑与预算, 2013, 11:11-12.

EPC模式下工程总承包企业 招标采购管理要点分析

■ 廖洁 [工程管理]

摘要: 近年来, EPC模式作为国家政府推行和市场倡导的一种工程承包模式, 国家或政府也出台了一系列的指导性文件, 具有工程勘察、设计或施工总承包资质的企业可以在其资质等级许可的工程项目范围内开展工程总承包业务。因此, 很多企业从单纯的从事设计业务或者单纯的从事施工业务的单一业务类型的企业转变成从事工程总承包的企业, 此类企业需要从单一业务类型转变为工程全过程(包括整个建设工程的设计、采购和施工)的业务, 对所承包的建设工程的质量、安全、进度、造价等全面负责, 此模式下各个环节对项目目标的实现发挥着重要的作用, 采购作为项目执行过程中的重要工作, 它能否经济有效地进行, 不仅影响着项目成本, 而且也关系着项目的预期效益能否充分发挥。本文从采购入手, 浅议工程总承包企业采购管理要点及重点, 旨在与行业同仁共同探讨, 共同促进工程总承包业务的发展。

关键词: EPC模式; 工程总承包企业; 采购管理

EPC模式作为在长期的国际工程实践中形成并逐渐发展和成熟起来的与国际接轨的承发包模式, 一方面克服了传统承发包模式完全忽视设计、采购与施工的内在联系及其截然割裂开来的诸多弊端; 另一方面也充分满足了建设单位期望获得成本、工期、风险的确切性以及工程项目成功建设的强烈愿望和需求, 正越来越多地受到国内建设单位的青睐。

EPC模式(又称交钥匙模式), 是设计-采购-施工(Engineering, Procurement and Construct)一体化的承发包模式, 是一种包括设计、设备采购、施工、安装和调试, 直至竣工移交的总承包模式。其首先由建设单位作为业主将建设工程发包给总承包单位, 然后由工程总承包单位承揽整个建设工程的设计、采购和施工, 并对所承包的建设工程的质量、安全、工期、造价

等全面负责, 最终向建设单位提交一个符合合同约定、满足使用功能、具备使用条件并经竣工验收合格的建设工程的承发包模式。此模式下各个环节对项目目标的实现发挥着重要的作用, 采购作为项目执行过程中的重要环节, 它能否经济有效地进行, 不仅影响着项目成本, 而且也关系着项目的预期效益能否充分发挥。本文从工程总承包企业采购业务入手, 浅议工程总承包企业采购管理要点及重点。

1 将采购纳入设计过程

在工程建设的过程中, 设计阶段对工程总投资的影响达到了80%以上, 经济合理的设计能有效降低工程总投资, 对项目投入使用后的长期经济效益的影响更是无法估量。因此, 在早期设计过程中, 让有经验的施工方特别是专业的工程分包商参与进来, 可以给设计提供以往类似项目的

作者简介: 廖洁, 女, 高级工程师, 2011年毕业于中国地震局工程力学研究所防灾减灾工程及防护工程专业, 现就职于航空工业规划技术质量安全部。

施工经验和遇到的施工问题时的解决办法，将相关信息提前反馈给设计方，能达到减少设计修改和反复的效果。同时，将材料设备供应商参与设计过程，设计与供应商共同分析性能、技术参数等，强化采购与设计的协调、控制，有效获得协同效应，在满足性能指标情况下，将多项的设计成同一规格型号的材料设备，不仅节约设计时间，采购时也可发挥集中采购的规模效应。

2 注重采购策划及其指导性

凡事预则立，不预则废，同样一份合理可行的采购策划将对项目的执行实施起着非常重要的作用。采购策划的内容除了人员及组织策划外，应涉及到项目采购包的划分原则及划分，工作内容及范围，采购包类别，投资控制目标，相应的采购方式，组织形式，采购的交易平台等内容。

采购包的划分应符合国家法律法规规定及总承包项目合同约定，应遵循法律法规依据项目特点，本着有利于项目管理，有利于投资控制，有利于项目建设的原则，合理划分，不缺项不漏项。分解项目投资控制目标应不超过项目投资控制目标，采购方式、组织形式及采购交易平台的确定应符合国家规定及项目批复要求。

采购策划完成后，实施时应依据策划执行，充分发挥策划在实施过程中的指导作用。如果实施中发生与策划不一致时，应分析由于改变对原策划中其他内容造成的变更影响并及时调整策划。

3 严格控制采购文件及合同文件的质量

采购文件及和合同文件编制的是否规范、准确，直接影响整个采购项目进度等目标实现，同时采购文件（包括招标文件、询价文件等）、合同文件的质量是采购工作过程中的重点及难点。

对于采购文件及合同文件，重在编制质量，除了采购经理及相关采购人员参与编制外，设计人员尤其应参与编制，负责技术参数、性能指标等内容。编制完成后，应组织相关部门进行评审，编制及评审尤其应关注以下内容：文件的相关约定是否符合国家法律法规规定（如招投标时间间隔是否合规，要求的供方资格条件是否满足国家规定及项目实施要求等）；文件中关于招

范围工作内容的描述是否准确完整；评标办法是否合理可行是否符合项目特征（合法性，这是评分标准设置的最基本要求，如设置某省内业绩为加分项等明显与法律法规相违背的评分标准；政策性，即评标标准要体现招标项目目标，对节能环保产品、国货等，要在评分因素中合理设置分值并给予加分；针对性，即紧扣标书内容，标书中未作要求的事项不得作为评分的关键内容；普遍性，即完成某类项目一般企业均拥有的资质证书、认证等）；合同条款内容是否符合国家法律法规及公司企业要求、内容是否完整，意思表达是否清晰，风险是否合理控制等。

4 集中采购及合理的供应商的选择

采购管理应基于长期的降低采购成本的理念出发，在项目的采购管理中贯穿“集中采购”及“供应商管理”的思想，即多项目同类物资及设备合并采购发挥采购的规模效应。这样既可通过规模效应吸引供应商的长期合作以获得可靠的货源供应和质量保证，又可在时间长短和购买批量上获得采购价格的优势，对于降低项目采购成本及提高采购效率有很大的好处。

集中采购具体做法可以为：1)与供应商建立战略伙伴关系，本着与供应商“利益共享、风险共担”的原则，互惠互利达到双赢宗旨，根据物资类别及目录与不同供应商签订框架协议，框架协议约定一定时间内的一定规则的定价机制，当企业出现此类物资或设备时，按照框架协议进行组价签订合同。2)多项目同类物资合并采购分别供货，通过统计企业内部多个项目的采购需求，将同类物资或设备合并采购一次采购分别供货，既能达到采购的规模效应又能一定程度节约人工成本等。

选择供应商的方式：供应商的选择是采购管理的重要组成部分，也是核心问题之一。项目采购应本着“公平竞争”的原则，深入理解所需产品的属性特性及供应商的企业的规模、操作模式，产品品质及售后服务、配合意识等，对于符合资格条件的供应商给予均等的竞争机会和参与选择被选择的机会。对于选择供应商的方式，按照国家的规定可采用公开招标、邀请招标、询价、单一来源谈判、竞争性谈判等方式，同时根据不同采购类别分包及物资设备可采用不同的采

购方式,采取公开招标的方式可以利用供应商之间的竞争来压低价格,帮助采购方以最低价格取得符合要求的工程或货物;邀请招标可在建立了一定信任及了解基础上有选择性邀请参与投标的单位,有助于项目挑选一定专长的供应商;询价方式周期及程序较为简单,可在紧急采购时采取的应急响应;竞争性谈判对于金额较小的常规物资设备采购,邀请三家以上的供应商进行谈判,能在一定程度上降低价格;单一来源谈判针对特定的只能由唯一供应商提供的时,如项目采用专有技术时。企业在制定供应商的选择方式时应在基本上符合国家法律法规规定,又能在一定程度具有符合企业管理特点及实施的灵活性。

5 合理的供应商管理

供应商的管理包括供应商进入企业合格供方库的准入、日常管理及合作过后评价制度。对供应商进入合格供方库进行准入评价,准入标准可针对不同类别供应商分别制定;对供应商信息进行日常常规维护管理,包括供应商信息维护等;对供应商合作过程的行为,可包括质量、进度、安全、工程管理及配合、造价结算等方面进行评价管理。

供应商的管理要建立绩效管理、不良记录管理、动态考核机制及量化的供应商行为绩效指标,以评价供应商的优劣并据此对供应商进行分类分等级管理(根据情况分为战略供应商及一般供应商等类别)及衡量与供应商的后续合作的重要依据,如:增大或减少供应份额、延长或缩短合作时间等,对供应商以激励和奖惩。这样在一定程度上能促使供应商持续改善供货行为,保证优质及时的供货,从而有效提高工作效率,降低项目采购总成本。

6 建立采购管理的全流程概念

工程总承包企业采购管理中,应该关注统筹全公司所有项目采购成本降低,此举也是对总成本的控制,而不是单一的针对某一采购货物或服务的价格,获得了低价的采购物品固然是成本的降低,但获得优质的服务、及时快速的供货、可靠的货源保证等也无疑是获得了成本上的利益;同时,降低采购成本不仅指降低采购项目本身的

成本,还要考虑相关方面的利益,成本就像在U形管中的水银,压缩这边的成本,那边的成本就增加,单独降低某项成本而不顾及其他方面的反应,这种成本降低是不会体现在项目的利润之中的。所以,需要建立全流程成本的概念以监控整个项目采购管理总成本的控制和降低,并保证采购与设计、施工相辅相成,打通全流程,保证总承包项目一次投料试车成功,最终生产出合格产品。

EPC模式下工程总承包企业项目采购管理对其总承包工程的质量、进度和费用三大控制将产生较大影响,而且也往往是企业原来单纯的设计或施工企业所不熟悉或不重视的领域,企业从思想观念上提高对采购管理的重视程度,建立全流程采购管理概念,注重采购提前纳入至设计过程中,采购策划,严格采购管理过程,推行集中采购,达到项目预期目标。

参考文献

- [1] 邱小平,徐玖平.项目采购管理[D].经济管理出版社,2007-1-1.
- [2] 吴芳,胡季英.工程项目采购管理[D].建筑工程出版社,2008-9-1.

城市综合管廊火灾自动报警系统设计探讨

■ 孙静 [电气]

摘要: 城市综合管廊也称共同沟,是指在城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道。本文结合城市综合管廊各舱室的特点,从火警探测器、手动报警按钮、消防电话、防火门监控、电气火灾监控、消防联动的设置等各方面对综合管廊火灾自动报警系统进行论述。文中指出:含有高压电力电缆的舱室及其设备间应设置火灾自动报警系统,燃气舱仅设置可燃气体报警系统,综合管廊不必设置消防广播系统。

关键词: 综合管廊;火灾自动报警系统;消防联动;电气火灾监控;燃气报警

1 引言

1.1 综合管廊概述

城市综合管廊也称共同沟,是指在城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道。彻底改变以往各个管道各自建设、各自管理的局面,实施统一规划、统一设计、统一建设和统一管理。城市综合管廊的建设是逐步消除城市“马路拉链”、“空中蜘蛛网”等问题的重大惠民工程,可以提高城市综合承载能力,合理开发利用地下空间,提升新型城镇化发展质量,打造经济发展新动力。

针对国内目前长期存在的城市地下基础设施落后的现状情况,国家相关部门先后颁布了《国务院关于加强城市基础设施建设意见》国发[2013

36号],《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理指导意见 国办发[2014]27号》,对城市地下综合管廊的规划设计及管理提出了总体工作要求,要求稳步推进城市地下综合管廊的建设。综合管廊内通常涵盖给水、中水、电力电缆、通讯电缆、燃气、污水管线,一旦发生火灾,对居民的生产、生活带来极大地不便,甚至会造成重大的经济损失,因此,综合管廊的消防安全十分重要。

综合管廊工程火灾自动报警系统设计主要依据的规范包括:《城市综合管廊工程技术规范》GB50838-2015、《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013。

1.2 工程概况

某市综合管廊工程共9条路段,总长约21.8km,每个防火区间长度不超过约200m,相邻防火分区通过常闭型防火门进行防火分隔。该管廊工程干线设电力舱、市政舱、燃气舱,支线设市政舱、燃气舱,断面见图1。通过综合管廊项

作者简介:孙静,女,工程师,2010年毕业于哈尔滨工业大学电气工程专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

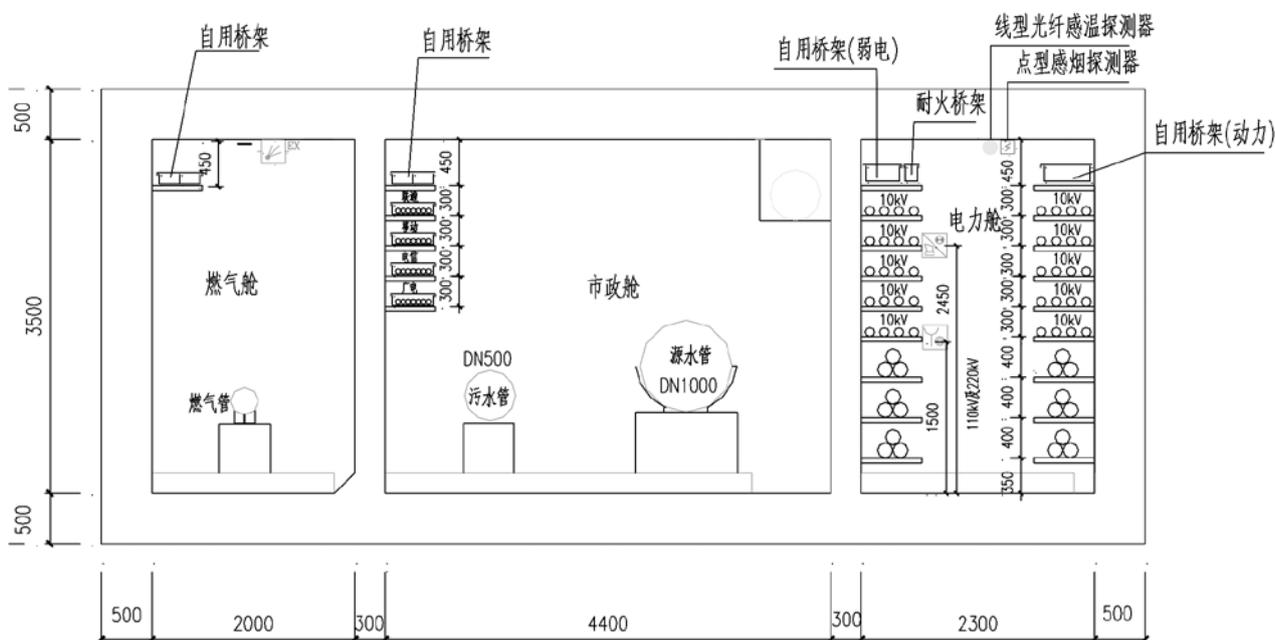


图1 综合管廊干线标准横断面图

目的实施, 最终实现给水、中水、电力电缆、通讯电缆、燃气、污水管线入廊。

2 某管廊工程火灾自动报警系统设计

2.1 设计方案

本工程按照集中报警系统设计, 在该地下综合管廊控制中心设消防控制室, 内设一套火灾报警图形显示装置和一台火灾报警控制台, 控制台内设火灾报警及消防联动控制主机。对整个综合管廊的火灾信号和消防设备进行监视和控制。

干线综合管廊市政舱内不含高压电缆, 仅包括通信管线(包括联动、移动、电信、广电)及低压自用电力电缆, 因此干线综合管廊市政舱不设火灾自动报警系统。根据《城市综合管廊工程技术规范》, 燃气舱不设火灾自动报警系统。支线综合管廊不设电力舱, 仅包括燃气舱、市政舱, 市政舱内包含10kV电力电缆, 因此支线综合管廊市政舱设火灾自动报警系统。

在电力舱、电力舱风机间、支线市政舱、支线市政舱风机间、电力舱出入口等处设火灾自动报警系统。各段管廊作为集中报警系统的一部分, 采用区域报警系统, 1个报警区域不超过3个防火区

间, 每10个防火区间设1台火灾报警控制柜(含火灾报警控制器、感温光纤测温主机、防火门监控器、消防电话主机、工业网络交换机、联动电源), 布置在本段就地设备间(与风机间合用)内, 负责10个防火区间的火灾监视、报警及联动。

在燃气舱设置可燃气体报警系统, 在所有舱室设置防火门监控系统。

各段管廊的火灾报警控制柜, 经工业环网交换机由单模光纤接入主干火灾报警通讯网络, 将所有信号通过网络上传至消防控制室上位机。各段管廊的火灾报警控制柜集成火灾报警控制器、消防电话主机、感温光纤测温主机、防火门监控器、联动电源、工业环网交换机。火警柜落地安装, 防火等级为IP65。

2.2 火灾自动报警系统设置

火灾报警系统总线上设置总线短路隔离器, 每只总线短路隔离器保护的火灾探测器、手动火灾报警按钮和模块等消防设备的总数不超过32点; 总线穿越防火分区时, 在穿越处设置总线短路隔离器。一台火灾报警控制器所连接的设备总数和地址总数不超过3200点, 其中每一个回路所连接的设备总数不超过200点, 并留有不少于额定容量10%的余量。

2.3 手动报警按钮及警报设置

在电力舱及支线市政舱每个防火区间出入口、通风口、舱室内设置手动报警按钮（带消防对讲电话插口）、声光报警器。手动报警按钮及声光报警器可安装在电力桥架上，安装高度分别为1.5m及2.5m左右。在标准段电力舱室每个防火分区内，距防火墙2m左右各设置1组手动报警按钮及声光报警器，舱室内部其它位置按50m间距布置。在确认火灾后火灾自动报警系统能同时启动所有火灾声光报警器。

2.4 火灾探测器的选择及设置

综合管廊火灾探测器主要采用点型感烟探测器、线型感温光纤探测器。

1) 点型感烟火灾探测器

点型智能感烟火灾探测器内置单片机，具有现场参数采集能力，并能实时处理，同时向火警控制器传递正常、火警信号，并可向控制器上报现场浓度的数据。每个智能感烟探测器占用控制器一个节点地址，采用电子编码方式编码，操作方便；抗干扰能力强，可靠性高；结构设计无污染，抗潮湿。

在管廊电力舱舱室顶部、电力舱各防火区间风机间、投料口夹层、出入口顶部设置点型感烟探测器，通过火警总线接入管廊火灾自动报警系统，探测器与灯具的水平净距应大于0.2m。

2) 光纤感温火灾探测器

线型光纤感温探测器以光纤拉曼技术为基础，结合了高频脉冲激光、光波复用、光时域反射、高频信号采集及微弱信号处理等先进技术，广泛用于电缆隧道、综合管廊等长距离的火灾探测。光纤感温火灾探测器主要由光纤主机、探测光缆组成。其中，光纤主机负责光纤信号处理、报警和参数设置等，探测光缆负责现场的温度采集。光纤主机可通过RS485等通讯接口与火灾报警控制器相连。其功能主要包括：在显示屏上可以直观显示被检测部位的具体位置及名称，进线实时连续的温度检测和火灾报警，并可准确定位。可以根据现场的报警要求，调整报警阈值，系统具有自诊断功能，可快速判定光纤或光缆故障。

在电力舱及设置火灾自动报警的支线市政舱舱室顶部设置线型光纤感温光缆探测器，探测器采用钢索吊装，与灯具的水平净距应大于0.2m。

每个光纤测温主机管理10个防火区间，选择2通道、不小于2km的设备即可满足要求。

2.5 消防电话的设置

本工程内设置有紧急电话网络，为独立的消防通信系统。

在每个火灾报警控制柜内设置消防电话主机，在管廊内就地设备间、变电站设置消防专用电话分机，挂墙明装，H=1.5m。消防专用电话分机固定安装在明显且便于使用的部位，有明显标识。

消防控制室设置可直接报警的外线电话。

2.6 防火门监控系统

所有舱室的防火门均设置监控系统。本工程管廊防火分区防火门均为常闭型防火门，每个火灾报警区域设置1台防火门监控器，布置在该报警区域的火灾控制柜内。防火门监控器用于显示并控制防火门开启、关闭状态，对防火门处于非正常打开的状态给出报警提示，使其恢复到正常工作状态，确保防火门功能完好，并上传防火门状态信息至消防联动控制器。

2.7 电气火灾监控系统

电气火灾监控系统属于先期预警系统，与传统火灾自动报警系统不同的是，电气火灾监控系统早起报警为了避免损失。《城市综合管廊工程技术规范》6.6条规定，应对综合管廊内的电力电缆设置电气火灾监控系统，此处的电力电缆指的进入管廊舱室的市政电力电缆。

综合管廊电力电缆的电气火灾监控可采用感温电缆。感温电缆分为不可恢复式和可恢复式两种类型。本工程采用可恢复式，可恢复感温电缆火灾探测器由微机调制器、感温电缆、终端处理器三部分组成。探测器具有定温报警功能，特别适应于电缆隧道内的动力电缆及控制电缆的火警早期预报。可恢复感温电缆火灾探测器具有结构稳定、抗干扰性和抗拉性能强，在安全温度范围内探测器报警后不损坏感温电缆，感温电缆可重复使用。

在10KV及以下电力电缆每层支架上敷设一根感温电缆，采用S型敷设。对110kV及220kV电力电缆，采用品字形捆扎敷设的电缆上，沿电力电缆走向每回路敷设一根感温光缆。感温电缆作为电气火灾探测器接入火警控制器。

2.8 消防联动控制

消防联动控制器应能按设定的控制逻辑向相关的受控设备发出联动控制信号，并接受相关设备的联动反馈信号。各受控设备接口的特性参数应与消防联动控制器发出的联动控制信号相匹

配。需要火灾报警系统联动控制的消防设备，其联动触发信号应采用两个独立的报警触发装置报警信号的“与”逻辑组合。

1) 排风机的控制

当同一防火分区内任两只火灾探测器或任一只火灾探测器和手动火灾报警按钮发出报警信号时，联动触发火灾报警控制器关闭着火分区及同舱室相邻防火分区通风机及防火阀。

2) 超细干粉自动灭火系统控制

悬挂式超细干粉灭火装置同时具有电控自动启动、电控手动启动、定温启动三种方式。

电控自动控制：将与灭火装置相连接的气体灭火控制盘设置于“自动”位置时，灭火装置处于自动控制状态。当任一防火分区发生火灾时，火灾报警控制器接收到任一只感烟火灾探测器或任一只感温火灾探测器发出报警信号时，启动该防火分区的火灾声光报警器；当火灾报警控制器接收同一防火分区内任一只感烟火灾探测器与任一只感温火灾探测器发出报警信号时，火灾报警控制器联动气体灭火控制器，延时至设定的时间（30s）后启动灭火装置释放超细干粉灭火剂灭火。气体灭火控制盘同时启动本防护区外的指示灭火剂喷放的火灾声光报警器（带有声光警报的气体释放灯，气体灭火装置配套）。气体灭火控制盘信号反馈器向消防联动控制器反馈灭火剂释放信号。

手动控制：防护区发生火灾时，按下该防护区门外（或气体灭火控制盘）上的启动按钮，即可启动灭火装置灭火，气体灭火控制盘同时启动本防护区外的指示灭火剂喷放的火灾声光报警器（带有声光警报的气体释放灯，气体灭火装置配套）。气体灭火控制盘信号反馈器向消防联动控制器反馈灭火剂释放信号。

定温启动：防护区发生火灾，使环境温度上升至灭火装置设定的公称动作温度（设定68℃）时，无论火灾报警控制器是否动作，灭火装置也自动启动释放超细干粉灭火剂灭火。由专用模块向气体灭火控制盘反馈火灾启动信号。由气体灭火控制盘完成规定的报警、联动动作。

3) 非消防电源控制

在管廊电力舱各防火区间动力配电箱的非消防用照明、电力总开关上设分励脱扣器附件，由相应火灾报警控制器火灾确认后，根据需要断开本防火区间及相关区域非消防电源。

4) 应急照明系统控制

消防应急照明和疏散指示系统由消防联动控制器联动应急照明配电箱实现。在确认火灾后，由发生火灾的报警区域开始，顺序启动全部疏散通道的消防应急照明和疏散指示系统，系统全部投入应急状态的启动时间不大于5s。

5) 门禁及防火门监控联动

消防联动控制器具有打开疏散通道上由门禁系统控制的门的功能。

防火门监控器可显示并控制防火门开启、关闭状态，对防火门处于非正常打开的状态给出报警提示，使其恢复到正常工作状态，确保防火门功能完好，并接受防火门状态信息。

3 燃气报警系统设计

燃气舱设置可燃气体探测报警系统，在每个就地设备间设置1台燃气报警箱，管理两个防火分区的可燃气体报警。

在燃气舱舱室顶部、人员出入口、通风口、投料口等舱室内最高点气体易于聚集处和燃气管道上的分段阀门等位置设天然气探测器，接入可燃气体报警控制器内。可燃气体探测器在舱室顶部设置时，安装高度在顶棚下0.3m；在阀门上方设置时，距阀（组）1m。舱室内沿线天然气探测器设置间隔约12m。

天然气浓度达到爆炸下限的20%时报警，系统接到报警信号作声光报警并联动事故防火分区及相邻防火分区的轴流风机，当浓度达到爆炸下限值的25%时切断该燃气管道支路两端的天然气进气管道电磁阀。

燃气管道舱内设置的报警系统设备选型、安装、接线技术要求应符合《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB50058-2014有关爆炸性气体环境2区的防爆规定，电气设备保护级别为Ga、Gb或Gc，电气设备类别为ⅡA、ⅡB或ⅡC，电气设备温度组别T1，使用的设备温度级别为T1~T6。一般厂家的防爆产品类别标示为Gb d ⅡC T6，满足燃气管道舱室环境的要求。

4 设计探讨

综合管廊工程具有结构复杂、防火要求严格等特点，在火灾自动报警系统设计过程中，应充分了解工程的特点、各个断面、检修口、投料口

的设置，对给排水、暖通、建筑等各专业意图了解，以做好消防联动系统设计。

1) 管廊内是否需要设置广播

综合管廊为集中报警系统，依据《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013 4.8.7条规定，“集中报警系统和控制中心报警系统应设置消防应急广播”。但是，综合管廊为非公共场所，平时只有少量工作人员进行巡检工作，当有紧急情况时火灾警报器可以满足需要，所以管廊内可不设消防应急广播，此点在《城市综合管廊工程技术规范》GB50838-2015中有明确交代。

监控中心一般为地上独立的建筑物，可根据需要设置应急广播。

2) 火警电源

火灾自动报警系统应设置交流电源和蓄电池备用电源，交流电源采用消防电源，备用电源采用火灾报警控制器自带蓄电池，蓄电池容量应能保证火灾自动报警及联动系统在火灾状态同时工作负荷条件下连续工作3h以上。

依据《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013 10.1.4 规定，火灾自动报警系统主

电源不应设置剩余电流动作保护和过负荷保护装置。火警双电源箱、火警控制盘、可燃气体报警控制盘、气体灭火控制器、电气火灾监控器、感温光纤测温主机、可燃气体报警控制器等电源，可采用单磁脱扣的断路器，过载只报警。

3) 市政舱是否设置火灾报警系统

按照《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838-2015 7.5.7条规定，应在含电力电缆的舱室设置火灾自动报警系统，管廊内的电力电缆包括市政电力电缆和自用电力电缆，规范并未明确此处的电力电缆指的哪部分。笔者认为，此处的动力电缆可按照市政电力电缆理解，市政舱若没有市政电力电缆，可以不设火灾自动报警系统。但存在管廊支线时应注意，当舱室减少（如三舱变两舱，取消电力舱），部分电力电缆进市政舱，此时电力舱应设火灾自动报警系统。

此外，除国标外，设计时应遵守各地地方标准。如《贵州省城市综合管廊建设技术导则（试行）》中5.1.4条明确规定，容纳10kV及以上电力电缆的舱室应设置火灾自动报警系统。

4) 消防设备外壳防护等级

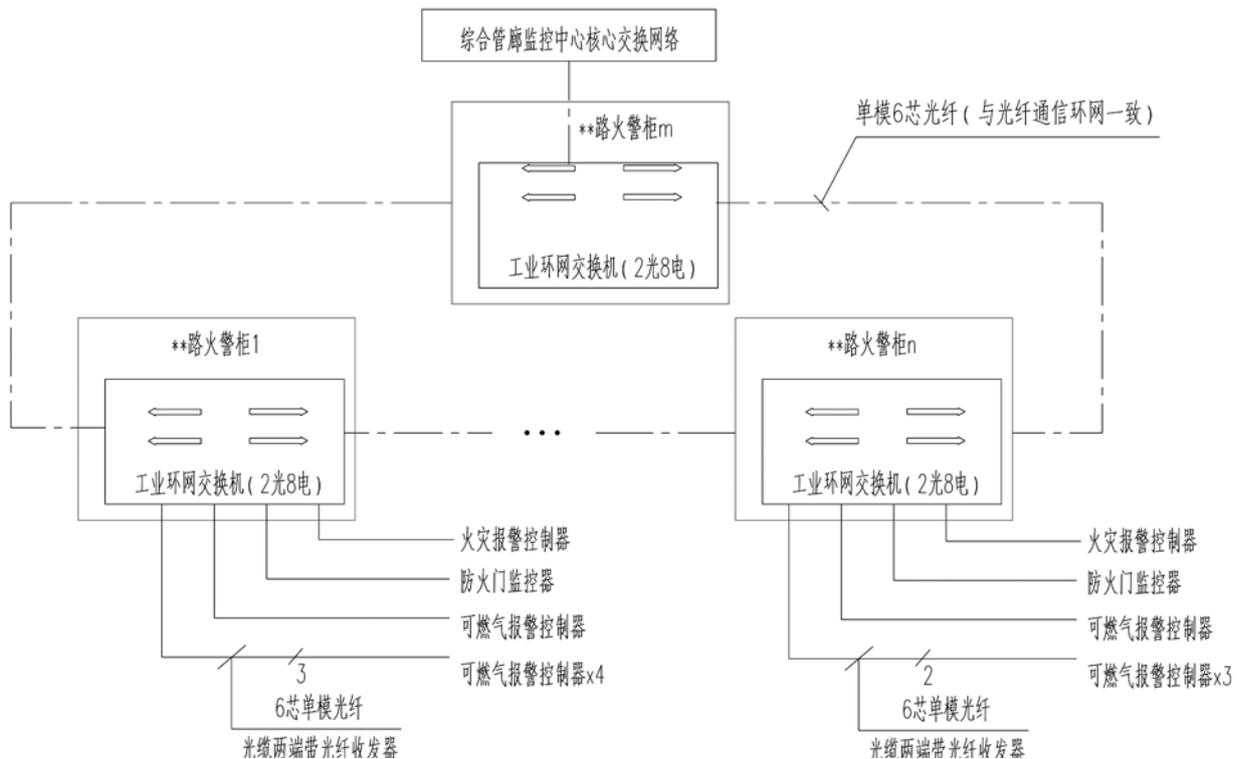


图2 火灾自动报警及燃气报警传输网络系统图

城市综合管廊内电气设备防护等级应适应地下环境的使用要求,应采取防水防潮措施,防护等级不应低于IP54。综合管廊内报警设备防护等级不宜低于IP65。因此,在选择报警设备时,应核实各类产品的防护等级,尤其是点型感烟探测器、手动报警按钮、声光报警器、模块箱等。由于点型感烟探测器的工作原理决定了它的防护等级不能达到IP65,在综合管廊的环境下,笔者认为可以适当可以降低防护等级的要求。对于各类控制器,如可燃气体报警控制器、防火门监控器、火灾报警控制器等,可以通过组柜或箱的方式,来满足防护等级的需求。

5) 火警传输网络

火警总线的传输距离一般为1200m以内,线型感温光纤一般为2km、3km或更长,可燃气体报警总线传输距离在400m内,综合以上因素考虑,可以把相邻的10个防火分区划为一个报警区域,在中间区域设置1台区域火警控制柜。当综合管廊含多条路段时,每条路段宜单独划分报警区域,根据需要设置一个或多个区域火灾报警控制柜,通过工业环网将各个区域火灾报警控制柜联结起来,统一上传至消防控制室。

可燃气体报警控制器每2个防火分区在中间位置设置1台,图2为火灾自动报警及燃气报警审书网络系统图,可通过工业环网交换机及工业环网将火警数据传至综合管廊消防监控中心。

5 结束语

含高压电力电缆的舱室应设火灾自动报警系统,入舱的市政电力电缆设置感温电缆进行电气火灾探测,燃气舱应设可燃气体报警系统,所有舱室的常闭防火门设置防火门监控系统。城市综合管廊火灾报警系统的设计,应按照防火分区进行火警系统规划,再根据《火灾自动报警系统设计规范》、《城市综合管廊工程技术规范》等相关规范的要求进行设计,满足各专业、各系统的控制要求。

参考文献

- [1] 上海市市长工程设计研究总院有限公司.主编.GB 50838-2015城市综合管廊工程技术规范[S].中国计划出版社.
- [2] 公安部天津消防研究所.主编.GB50016-

- 2014 建筑设计防火规范[S].中国计划出版社
- [3] 公安部沈阳消防研究所.主编.GB50116-2013 火灾自动报警系统设计规范[S].中国计划出版社.

节能技术在某绿色建筑中的应用

■ 孟凡兵 安玉双 乔卫来 隗珊珊 [暖通]

摘要: 立足建筑环境与能源应用,以安全、可靠为基本原则,以绿色节能与环保为主导理念,从分析本建筑内部环境、外部环境、能源应用基本点出发,以满足不同区域功能使用需求为主线,注重投资、可实施性、运行调试、收益等综合因素,从冷源到末端,从控制到调节的各个环节,始终贯穿“四适原则”,实现节能环保。

关键词: 节能;调适;运行

0 引言

绿色节能技术名目繁多,诸如:地源热泵、冷热电三联供、温湿度独立控制、地道风、新风热回收等等,但不同区域的资源利用方式和适宜性存在较大差异,不能盲目采用,应具体分析合理使用。

空调节能不是新技术、新设备的罗列,更不是节能概念的引入与节能亮点的闪现。空调节能应注重其节能技术应用的合理性,四适原则更能体现空调用能的合理性。四适原则即:适值,按需确定能源品种,防止高值低用;适量,提高能源转换效率,降低绝对消耗量;适时,提高用能系统的自动监测和控制水平,实现“只在需要时供给”;适处,提高设计和规划的精细程度,确保只向有需求处供给。

在当前全球共同关注绿色、节能、环保环境下,设计实施工程中,充分理解分析给本工程的内部和外部环境条件与需求,贯穿“四适原则”,避免工程在设备、材料、运行等资源的浪费,以全生命周期看待工程能效的始末。

1 工程概况

该建筑位于北京,用途为办公,总建筑面积约4万多 m^2 ,为高层建筑,见图1。设计目标理念要达到国家三星级绿色建筑设计及运行标识;该项目竣工并投入使用,目前已取得三星级设计标识,正在积极准备运行标识。

本建筑作为对外经营、交流的窗口,建筑本身应成为绿色节能环保的典范。因此在项目设计、实施过程中始终坚持以“绿色建筑”和“节能减排”的理念。



图1 建筑效果图

作者简介:孟凡兵,男,研究员,1998年毕业于哈尔滨建筑大学暖通专业,现就职于航空工业规划建筑设计研究院。

2 “点”到“线”

图纸设计是建筑的关键节点和因素，但设计的思想不仅仅停留在设计阶段“点”的纸面上，对于绿色节能设计更是不能仅停留在绿色标识上。

绿色节能最终体现在运行实效，绿色设计、绿色建筑、绿色建造均是投资过程，实现绿色运行，才会将绿色设计、绿色技术的特点发挥，形成长期累积的节能、绿色效应。因此，设计是一条完整的“线”。当仅停留在一点上时，结果往往是“事倍功半”。

同样，质量是产品的生命线，既然是“线”，那就要贯穿于始和终以及中间环节的全过程。

3 本项目的节能技术特点

盘点本专业的技术特点，有如下技术措施：

- 1) 一次泵主机变流量系统实现“所供即所需”；
- 2) 末端盘管内、外分区设置；
- 3) 新风系统按南、北朝向分设系统；
- 4) 大厅地板辐射采暖；
- 5) 空调采用双风机系统；
- 6) 新风设置热回收系统；
- 7) 自然通风的利用；
- 8) 二氧化碳浓度、一氧化碳浓度探测；
- 9) 冷量、热量的计量与分析；
- 10) 风机盘管的网络化控制；
- 11) 冬季防冻保护措施；
- 12) 空调系统PM2.5有效处理；
- 13) 特殊区域双系统的设置。

3.1 一次泵主机变流量系统实现“所供即所需”

冷源在空调总能耗和投资中占有很大比例，因此冷源的形式与选择非常关键，本项目主冷源采用了高效的水冷冷水机组，为变频离心式冷水机组，单台机组输出冷量调节范围为15~100%，通过变频技术解决了15~50%范围内容量调节的喘振和低效问题。主机冷冻水量可在30%~100%之间调节。

本空调水系统采用了一次泵主机变流量系统形式。同一次泵主机定流量和二次泵变流量系统相比具有如下优点：

- 1) 同一次泵定流量系统相比，末端负荷侧流量变小时，冷水机组和水泵也会随着变小，最大

限度的降低了系统的能耗；

- 2) 同二次泵变流量系统相比，一次泵变流量省去了一次泵（定速泵），节省了初投资，节省机房面积；

- 3) 消除了一次泵定流量和二次泵系统的“低温差综合症”，使冷水机组高效运行；运行费用较小，比二次泵节省6%~12%，比一次泵定流量省20%~30%；

同样，冬季供暖的水系统，采用了变频水泵，根据末端实际需求，自动调节输出频率，避免大马拉小车。

值得注意的是，变频水泵并非将普通水泵加设一个变频控制器，应是采用变频电机的水泵。

3.2 末端系统分区的设置

标准层大开间办公区其进深较大，风机盘管按照内、外分区布置，新风机组提供的新风送至内区；在夏季，内、外区风机盘管、新风机组全部处于供冷状态运行；在冬季，外区风机盘管供热运行，内区当温度超过舒适温度时，关闭风机盘管，通过新风机组将室外新风处理到舒适温度送入室内对内区进行降温，起到节能运行的作用。

明装区域的空调管道和风管，采用了外观平滑硬质防护措施。水管保温后外包铝板保护，起到压紧保温，避免开胶从而造成冷凝水滴漏，同时起到美观作用。明装区域的风管采用了双面彩钢钢板，内夹离心玻璃棉风管，美观点滑，易于清扫卫生，见图2。

3.3 新风系统按南、北朝向分设系统

南北朝向，在不同的季节存在不同的冷热需求，尤其是过度季节，受太阳辐射影响，南侧出现冷需求，而北侧则无需供冷。

为避免过渡季节冷机运行造成能量浪费，通过新风降温，南、北侧新风系统分区设置，解决南北侧差异。



图2 明装管道和盘管

为解决机组过多，机房占用面积过大问题，新风机房隔层设置，每台机组上下负担多层。

3.4 大厅地板辐射采暖

一层入口大厅空间较高，且冬季有外门冷风侵入，容易产生较大温度梯度，结合此特点，设置了低温热水地板辐射采暖系统。供暖时室内垂直温度梯度小，舒适度得到提高，而且，围护结构上部的热损失减少，室内没有明露的散热设备，不仅不占建筑面积与空间，且便于布置家具和悬挂窗帘，也不会污染（熏黑）墙面。供暖效果优于对流供暖。

由于有辐射强度和温度的综合利用，供暖负荷可减少约15%左右，提高舒适性的同时又减少了能耗。

3.5 空调双风机系统

餐厅、报告厅等人员较多房间采用的是全空气空调系统，系统采用双风机双变频形式，可根据室内外参数变化，对机组送、回风机变频调节，满足室内温湿度要求，最大限度合理利用室外自然空气条件；在室外空气焓值低于室内空气设定焓值时（过渡季节），可实现一次风系统全新风工况运行，减少冷机运行时间；餐厅厨房位于办公楼的地下区域，通过调频可有效控制餐厅负压，避免餐味串入办公区域。

3.6 新风设置热回收系统

标准层办公室采用风机盘管和新风系统，新风系统设有转轮热回收装置，它能够利用室内排风对室外新风进行预热或预冷（全热交换）处理后再排出室外，全热回收效率>60%。

3.7 自然通风的利用

根据建筑竖向布局和中庭的设置，通过自然通风模拟分析，在外墙合适设置了电动开启窗，能够实现冬、夏、过渡季的自然通风控制。冬、夏季将电动开启窗关闭，形成无风的小环境，减少了冷风侵入的需要消耗的热量，过渡季节根据气候条件电动开启窗户，加强了自然通风换气，改善空气质量，延缓了制冷机供冷的开机时间。

3.8 二氧化碳浓度、一氧化碳浓度探测

餐厅、报告厅、敞开办公等区域的人员比较密集，容易产生较多CO₂，室内设有空气质量CO₂浓度监测，其与空调机组新风阀或新风机连锁，当浓度超过设定值时调大新风量，满足人员需求。

为了降低地下停车场平时排风系统的能耗，

系统的开启由设置在室内的CO₂浓度自动控制。车库每个防火分区均设有两台排风机，可以分级调节运行。

3.9 冷量、热量的计量与分析

制冷站和换热站内设置了远程冷热计量系统，为了进一步降低系统的运行能耗，增强节能意识，针对办公楼的使用计费，空调水系统分回路或分支路设置了区域冷、热计量表，对各个部门空调计费管理，并纳入整个建筑物能耗计量分析系统。

3.10 风机盘管网络化温度控制

公共区域、办公室、会议室等房间的风机盘管采用网络化温度控制器，此控制器不但具有普通温控器的控制功能，可以就地控制，还可以通过网络接入中控，从而实现远程集中的定时启停及温度、风速的设定功能，管理方便，最大限度的达到节能的目的；

3.11 冬季防冻保护装置

在北方地区，空调采用大量新风时，受盘管内水流缓慢或新风阀关闭不严的影响冬季空调机组盘管冻裂时有发生。鉴于此况，为报告厅、餐厅、大厅、厨房服务的空调或新风机组设有防冻保护装置的预热段。当冬季室外温度很低时、夜间或非工作时段，通过检测预热段处温度，自动启闭预热电动阀；采用风机盘管的房间，风机盘管温控器具有防冻功能，要求盘管的风机停运时，温度低于5度时能自动开启二通阀，高于10度时自动关闭。

3.12 空调系统PM2.5有效处理

本建筑地处北京城区，现阶段该地区的空气质量越来越让人担忧，阴霾天气经常出现，对人体造成伤害。建筑物内PM2.5浓度问题日益受到关注。本项目针对防治PM2.5颗粒物污染问题进行充分考虑，组合式空调系统和新风系统采用了初效过滤和双极板静电除尘过滤系统，并设有室内、外颗粒物浓度实时监测装置，使室内PM2.5等颗粒物浓度得到了有效控制。

3.13 特殊区域设置双系统

在建筑物中存在一些特殊区域，如会议层、高区办公等，其在周末或晚上加班有空调需求，为避免因局部极少区域空调需求而开启大型制冷机，在这些特殊区域，采用了双系统空调，即：房间设置风机盘管的同时，另设一套独立冷热源多联机空调系统，灵活运行，节能方便。

4 室内空气品质的保障措施

采用全空气系统的区域，通过组合式空调机组的各个功能段体的有机结合运行调配，以及新、回的比例，可以容易的控制室内空气品质达标。对于采用新风加风机盘管的区域，新风运行与PM2.5控制需根据工况和室外气候条件适时调节。

新风担负了六个功能：

- 1) 保持室内新风需求，避免CO₂浓度超标；
- 2) 在过渡季节和冬末冬初时段，为室内降温，节能运行。
- 3) 新风PM2.5净化处理，降低室内PM2.5浓度。
- 4) 调节室内、外空气压差，避免冬季烟囱效应致使冷风侵入严重。
- 5) 进行排风热回收，冬、夏季节能。
- 6) 冬季加湿、夏季新风除湿。

新风运行策略：

在冬、夏季，根据室内温度，调节新风送风温度，南、北侧新风、高区和低区新风送风温度应区别对待，根据需求设定送风温度自动调节加热或冷却水阀。

当室外空气质量较差时，运行时需关闭排风机和转轮热回收器，保持室内正压，避免脏空气渗入室内，有效遏制PM2.5颗粒物。

过度季和仅开启送风机时，关闭热回收转轮。

当冬季较冷，首层冷风渗透和侵入较大时，开启送风机，适当减少排风机开启台数，缓解冷风渗透。

5 调适不足及反思

本工程在调适方面存在一定的欠缺。系统运行的好坏、能效得实现，调适非常重要。工程竣工只是随告一段落，在调适方面存在欠缺，这也是现阶段国内建筑的一个通病。因此需进一步加强，不能待出现问题之后再补偿。

调适并非调试，设备调试和系统调适有着天壤之别，运行节能实效很大程度上关系到系统调适上，调适是极其重要的环节，能量转移实现所供给所需，适时、适值、适地、适量，能够根据工况的变化实时纠偏供给、达到节能运行。然而调适环节在哪？

空调设备商通过研发投入、技术创新，在不

断提高设备的能效，提升产品的竞争力，满足节能标准门槛，但其效能的体现要融入到系统运行调试中。现场调试大多停留在设备试运行上，设计意图是否实现停留在纸面上，验收单多为设备运转正常。更有甚者设备当时运转正常，过一段时间就不正常了，责任推在设备上。

发达国家建筑节能非常注重建筑系统的维护和管理，都有一个commissioning的重要环节，但由于我国历史的原因，至今我们仍然没有一个commissioning的建筑维护环节，即：一个完善的调适环节。

因此，绿色节能设计+绿色节能设备≠绿色节能。绿色建筑仅仅“绿色设计”是不够的，应注重调适和运行，实现绿色节能实际收效。

锂离子电池生产厂房管线综合深化设计

■ 熊进华 赵凯峰 [暖通]

摘要: 锂离子电池生产厂房为高大空间,机电管线繁多复杂,洁净区域多,吊顶高度变化,自动化程度高。本项目在施工前通过BIM技术深化设计,对管线进行了综合排布,解决了管线碰撞,减少了施工中不必要的返工,从而达到工程对标高及施工质量的高要求。

关键词: BIM技术; 管线综合; 优化设计

0 引言

本项目锂离子电池生产厂区有3个主厂房和J01, J02, J03。J01建筑面积21730m²,建筑高度22.5m,地上两层,一层6.5m。J02建筑面积48538m²,建筑高度为23.9m,一、二层6.3m,三至五层3.7m。J03建筑面积约32894m²,建筑高度为15.35m,地上两层6.6m。本项目工艺复杂,单个厂房面积大,空间高大各区域吊顶高度变化多样,洁净区域面积大并且各区域洁净等级不一样。吊顶上方空间机电管线繁多复杂,包括电气各种强弱电桥架,防排烟风管,普通空调系统,洁净空调系统,工艺送排风系统,消防系统,给排水系统,纯水系统,工艺循环水系统,各种动力管线等等,在出图时间紧张的情况下,二维施工图很难保证各个系统不交叉,如果在施工前不合理分配各系统空间,在现场施工中必定造成管线布置方面的冲突,无法保证吊顶高度及检修的要求,可能造成大量的窝工和返工。

在项目实施前,为了达到合理布置管线的目的,传统方式是使用二维软件(如CAD)绘制机电综合图纸,并辅以局部的剖面图的方式来解决机电管线综合的问题。由于传统的管线综合存在先天的局限性,不能完全保证其管线布局的合理性。本工程采用了目前较新的BIM技术,大幅度提高管线综合的效率。BIM技术,即将施工的建

筑和机电设备管线进行三维建模,并采用BIM技术中具有可视化模型及碰撞检测功能,对现有信息模型进行碰撞检查,直观地发现管线综合中的问题,及时调整,从而减少了施工中不必要的返工,提高了施工安装的一次成功率,从而达到工程对标高及施工质量的高要求。

1 深化设计

1.1 基本步骤

(1) 制定深化设计计划,成立深化小组

根据项目大小和专业情况,本工程项目深化设计小组按区域分工进行,确定参加人数共5名,明确每人分工,制定进度计划。

(2) 收集并熟悉图纸

收集建筑、结构、机电各专业以及装修图纸的最新电子版本。

熟悉各个系统管线的走向,管径大小,图纸设计标高、现场的建筑和结构情况、装修图纸要求等内容。

(3) 预先排布管线

对照各专业平面图纸,找出管线密集、管线交叉较多的部位,将这些部位作为综合管线排布的重点,尽量多提出几套方案,进行方案比较,然后集体讨论,确定最优方案,并绘制简单的剖面图建模减少碰撞。

(4) 建模,管线碰撞

先建立土建模型,然后再进行各专业管线建模,再根据各专业要求及净高要求进行管线碰

作者简介:熊进华,女,工程师,2006年7月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电子工程设计研究院。

撞，进行合理调整、避让。

(5) 出图并按图施工

对于完成的整个BIM模型，导出为三维DWF格式文件及各专业各系统平面图及剖面图提供给现场或者根据现场需要再提供一些复杂部分的透视图及剖面图。设计人员还需到现场进行技术交底，施工人员则需严格按照图纸进行施工，先上后下，先里后外。

1.2 排布原则

本项目是在各专业出了施工图后，运用专业的BIM软件Revit对土建及机电各专业进行的翻模，各专业按分区域分层分系统绘制，各系统编号保持与施工图原专业一致，最终管线综合管线图纸与原施工图各种标识统一，方便阅图。

(1) 方便施工 在管线的空间排布时，在满足管线相对位置、间距及标高的前提下，尽量将其布置在便于施工的位置。

(2) 减少材料成本 由于工艺要求房间吊顶高度不一样，因而管线的标高也随着吊顶变化，在考虑空间排布、施工难度及满足功能的前提下尽量减少标高变化，从而减少材料投入。

(3) 预留后增管线位置 考虑到功能的增加或变更，可能要增加相应管线，因而在满足管线间距的情况下尽量预留空间，如后期工艺调整出现导热油管线等。

(4) 留出检修空间 在建筑物运行中，对管线的维护和维修不可避免，因而须留出通道和适当的操作空间，切不可存在不可到达的死角。

(5) 考虑末端设备 综合排布时要考虑灯具、风口及喷头末端设备的安装位置和安装空间。

(6) 厂房内管道一般沿墙或柱子架空敷设，高度以不妨碍同行、吊车运行、开关门、工艺流程运行及便于检修为原则，做到不挡窗户，立管宜从干、支管上方或侧面引出，接设备的支管，一般采用埋地敷设。

(7) 本工程按管线的属性分类分层排布，遵守管线避让原则，上喷布置在最顶层，风管布置在上喷下面；由于高度限制，风管分二到三层排布，排烟管在下面；接着布置电缆桥架；空调水管、动力管道及下喷布置在最下方。

1.3 BIM三维绘图，碰撞检测

本工程运用revit2016建模，土建模型建立之后，运用revit链接，进行机电各专业建模，设备管线根据通风、给排水管、消防、电缆桥架、动力等设置不同颜色以便区分。所有模型建立后，各个类别之间运行碰撞检测，根据检测报告逐一调整碰撞点，将模型中所有交叉的地方协调解决完成。

以电池生产厂房一层为例，走廊内管道是最集中的部位，层高6.3m，梁下净高5.45m，走道

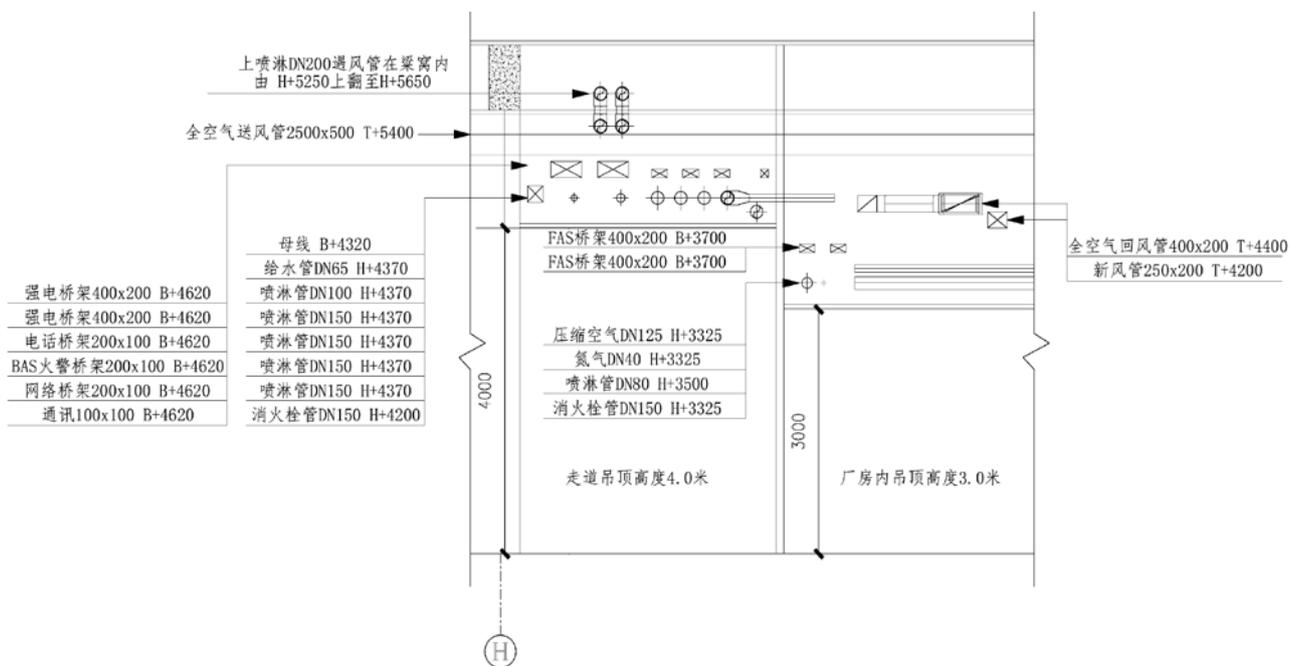


图1 走道剖面图

宽3.3m,开始吊顶高度要求3m,后来由于工艺调整提高到4m,这给管线排布带来了很大的困难,开始所有主管线均排布在走道上空,最终考虑排布的原则及检修要求,把部分弱电桥架及动力管道移至生产厂房满足了设计标准达到了吊顶高度要求。走道剖面图见图1,走道管线三维视图见图2。

1.4 支吊架

本项目生产厂房四周为走道,各系统主管道集中布置在走道上空,走道平直且长,这给走道内使用综合共用支吊架提供了有利条件,统一设计,统一选型,统一布置,走道的管线排布整齐美观。厂房走道内综合支架现场施工图见如3。

2 现场施工

虽然在施工前对机电管线进行了BIM三维排布,但是在施工过程中现场的实际情况会出现与预计不同的情况发生,因此需要对施工过程进行控制管理协调密切配合各专业施工单位成立专门的配合对接人根据各专业的现场实际情况、进度情况来协调处理各项事宜。

工程中管线最多的部位在公共走道及进出机房这些部位,集中了各专业管线具有代表性是管线综合施工的重点难点部位,各专业施工单位、班组应该严格按事先布置的合理流程施工。在本专业完成后及时通知下个施工单位、班组做到施工过程环环相扣密切配合。

3 几点建议

(1) 由于施工图设计时各专业与结构设计的结合工作缺乏统一协调,管线综合后工程现场增加了很多二次吊挂支架,产生了一些额外费用的同时还影响了厂房的美观。因此施工图设计时,空管设计人员参与进来将管线综合图纸中管线密集部位标识出来,引起结构专业的重视,准确预

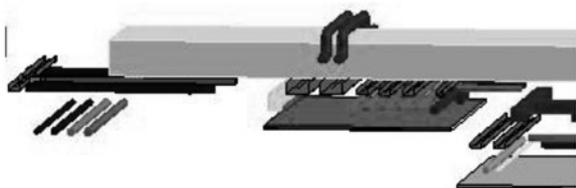


图2 走道管线三维视图



图3 厂房走道内综合支架现场施工图

留吊挂荷载。

(2) 本项目在进行管线综合后发现部分厂房有存在空间利用率不高的问题,设计不够均衡,有些空间很富裕,有些空间则很紧张。因此设计中可以将工艺设备的空间模型纳入到方案设计中,比较准确的确定建筑层高和各个工艺房间面积的大小,解决空间浪费和房间面积大小不合适等问题。

(3) 本项目高架库内管线变动较多。由于货架需要厂家深化设计,对设备管线造成很大影响,风管和消防水管由于与货架位置冲突而返工整改。因此对于这些可能调整比较大的地方,管线设计最好在货架安装完成之后深化设计了再进行施工,避免出现返工。

4 结论

本工程通过BIM 技术进行机电安装管线对管线空间综合排布和综合支架的设计,以及施工与设计的紧密结合,使各管线在空间上得到统一排布,避免了管线交叉和无序,不仅增加美观且为日后运行维修增加了便利。因此对于大型复杂的工业项目,采用BIM技术进行三维管线综合设计具有明显的优势及意义。

参考文献

- [1] 谢会学.大型电子厂房专业管线综合布排深化设计与施工.建筑技术,2013年2月,第44卷第2期.
- [2] 纪凡荣.BIM 技术在某项目管线综合中的应用.施工技术,2013年第42卷第3期.

中国航空规划设计研究总院有限公司 市政工程设计研究院简介

市政工程设计研究院（以下简称“市政院”），是航空工业规划的直属实体单位，专注于城市市政公用行业，主要从事固体废弃物处理、能源供应、市政水务、环境治理等项目的工程咨询、设计和总承包业务。目前项目已遍布全国，并积极拓展海外市场。

市政院拥有完善高效的专业设置和高水平的人才队伍，全院共150余人，现设动力、建筑、结构、给排水、电气与自控、工程造价、咨询七个专业室与综合管理、财务管理、技术质量安全、经营管理、生产管理、工程管理六个职能管理部门，以及西安、普宁、吉林等多个工程项目部。

市政院以市场为导向，始终坚持打造企业核心竞争力。细化专业分工，优化资源配置，注重技术创新，努力为客户提供高效、高附加值的工程咨询、设计和总承包服务。

以“规划梦想，共创辉煌”为理念，市政院已打造出一支有远见、负责任、高执行力的团队，在为客户创造价值的同时，成就自身品牌实力。



2017年第5期（总第133期）
2017年10月出版



郑州（东部）环保能源工程