

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2018年第2期 总第136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

智能光伏产业发展行动计划发布 住房城乡建设部牵头开展智能光伏建筑 及城镇应用示范

近日，工业和信息化部、住房城乡建设部、国家能源局等6部门联合发布《智能光伏产业发展行动计划（2018~2020年）》。计划分为5个方面、17项工作，其中住房城乡建设部牵头开展智能光伏建筑及城镇应用示范。

光伏产业是基于半导体技术和新能源需求而兴起的朝阳产业，是未来全球先进产业竞争的制高点。为进一步提升我国光伏产业发展质量和效率，加快培育新产品新业态新动能，实现光伏智能创新驱动和持续健康发展，支持清洁能源智能升级及应用，6部门联合制订计划。

计划提出，要以推进供给侧结构性改革为主线，以构建智能光伏产业生态体系为目标，坚持市场主导、政府引导，坚持创新驱动、产用融合，坚持协同施策、分步推进，加快提升光伏产业智能制造水平，推动互联网、大数据、人工智能等与光伏产业深度融合，鼓励特色行业智能光伏应用，促进我国光伏产业迈向全球价值链的中高端。

按照计划，到2020年，智能光伏工厂建设成效显著，行业自动化、信息化、智能化取得明显进展；智能制造技术与装备实现突破，支撑光伏智能制造的软件和装备等竞争力显著提升；智能光伏产品供应能力增强并形成品牌效应，“走出去”步伐加快；智能光伏系统建设与运维水平提升并在多领域大规模应用，形成一批具有竞争力的解决方案供应商；智能光伏产业发展环境不断优化，人才队伍基本建立，标准体系、检测认证平台等不断完善。

在住房城乡建设部牵头的开展智能光伏建筑及城镇应用示范工作中，计划明确提出，在有条件的城镇建筑屋顶（政府建筑、公共建筑、商业建筑、厂矿建筑、设施建筑等），采取“政府引导、企业自愿、金融支持、社会参与”的方式，或引入社会资本出租屋

顶、EMC节能服务合同管理等多种商业模式，建设独立的“就地消纳”分布式建筑屋顶光伏电站和建筑光伏一体化电站，促进分布式光伏应用发展。

在光照资源优良、电网接入消纳条件好的城镇和农村地区，结合新型城镇化建设、旧城镇改造、新农村建设、易地搬迁等渠道，统筹推进居民屋顶智能光伏应用，形成若干光伏小镇、光伏新村。积极在有条件的农村地区小型建筑、独立农舍推广“光伏取代燃煤取暖”技术应用。

计划要求，中央各有关部门要建立统筹协调工作机制，密切协作配合，探索体制机制创新，共同研究解决行动计划落实中遇到的重大问题，推动行动计划顺利实施。结合自身职责确定年度工作目标，确保行动计划各项任务措施落实到位。各地工业和信息化、住房城乡建设等主管部门要高度重视智能光伏产业发展，因地制宜制订实施方案，建立地方协调工作机制，明确各部门资源投入，积极形成合力，联合开展试点示范，科学组织实施。

此外在加大资金投入方面，要发挥光伏产业市场化运营充分特点，支持建立智能光伏领域产业发展基金，探索政府和社会资本合作（PPP）模式，形成合作、开放、创新氛围，通过市场机制引导多方资本促进智能光伏产业发展。充分利用中央财政相关专项资金、地方财政资金等渠道，推动相关资源集约化整合和精准投放，加大对智能光伏产业扶持力度。

（信息来源：中国建设报）

增值税改革继续深化 建筑业税率降低1个百分点

国务院总理李克强3月28日主持召开国务院常务会议，确定深化增值税改革的措施，进一步减轻市场主体税负；决定设立国家融资担保基金，推动缓解小微企业和“三农”等融资难题；听取国务院机构改革

进展情况汇报，确保机构重置、职能调整按时到位；讨论通过《国务院工作规则（修订草案）》。

会议指出，过去5年通过实施营改增累计减税2.1万亿元。按照党中央、国务院部署，为进一步完善税制，支持制造业、小微企业等实体经济发展，持续为市场主体减负，会议决定，从2018年5月1日起，一是将制造业等行业增值税税率从17%降至16%，将交通运输、建筑、基础电信服务等行业及农产品等货物的增值税税率从11%降至10%，预计全年可减税2400亿元；二是统一增值税小规模纳税人标准，将工业企业和商业企业小规模纳税人的年销售额标准由50万元和80万元上调至500万元，并在一定期限内允许已登记为一般纳税人的企业转登记为小规模纳税人，让更多企业享受按较低征收率计税的优惠；三是对装备制造等先进制造业、研发等现代服务业符合条件的企业和电网企业在一定时期内未抵扣完的进项税额予以一次性退还。

实施上述3项措施，全年将减轻市场主体税负超过4000亿元，内外资企业都将同等受益。

按照《政府工作报告》关于扩展普惠金融业务、更好服务实体经济的部署，会议决定，由中央财政发起、联合有意愿的金融机构共同设立国家融资担保基金，首期募资不低于600亿元，采取股权投资、再担保等形式支持各省（区、市）开展融资担保业务，带动各方资金扶持小微企业、“三农”和创业创新。

同时，强化社会信用体系建设。基金按照“政府支持、市场运作、保本微利、管控风险”的原则，以市场化方式决策、经营。初步测算，今后3年基金累计可支持相关担保贷款5000亿元左右，约占现有全国融资担保业务的1/4，着力缓解小微企业、“三农”等普惠领域融资难、融资贵，支持发展战略性新兴产业。

会议指出，国务院机构改革是国务院今年的一件大事。国务院已成立专项协调小组，有关工作正积极稳妥推进。

会议要求，要把思想和行动统一到党中央决策部署上来，把深化机构改革同“放管服”结合起来，着

力转变和优化政府职能。坚持权责一致，做到日常管理尽责到位、应对突发事件相互补位，形成工作合力，决不允许出现管理“死角”，确保国务院机构改革与经济社会发展工作平稳有序、协同推进，确保完成全年发展主要目标任务。

会议通过《国务院工作规则（修订草案）》，决定提请国务院第一次全体会议审议。

（来源：新华社）

为装配式住宅建筑检测立标准 6种情况要进行第三方检测

为了规范装配式住宅建筑的检测方法，控制装配式住宅建筑工程质量，提升检测结果的可靠性，日前，住房和城乡建设部向社会公开《装配式住宅建筑检测技术标准（征求意见稿）》（以下简称“意见稿”），广纳各方意见。

2016年，国务院印发的《关于大力发展装配式建筑的指导意见》指出，发展装配式建筑是建造方式的重大变革，是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措，有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产率和质量安全水平，有利于促进建筑业与信息化工业化深度融合、培育新产业新动能、推动化解过剩产能。目前，我国装配式住宅建筑发展较快，结构体系多样，预制部品部件在现场装配工作量大，不少构件之间连接靠人工操作，人为因素对工程质量影响大，一旦操作不当，将形成极大的安全隐患，尤其是对高层住宅建筑，其破坏后果更为严重。为了保证装配式住宅建筑的健康、稳定发展，在建设过程中运用检测手段控制装配式住宅建筑工程质量，是非常重要的和必要的。

意见稿共有9章，除总则、术语、基本规定外，还对装配式混凝土结构检测、装配式钢结构检测、装配

式木结构检测、外围护系统检测、设备与管线系统检测、内装系统检测进行了规定。

根据意见稿，该标准主要适用于装配式住宅建筑的安装施工与竣工验收阶段，安装施工阶段从预制部品部件进场算起。

装配式住宅建筑安装施工与竣工验收阶段应对涉及主体结构工程质量的材料、构件以及连接等进行检测，当仅由静力性能检测无法进行损伤识别和缺陷诊断时，宜对结构进行动力测试。

当遇到下列情况之一时，要对装配式住宅建筑进行第三方检测：涉及主体结构工程质量的材料、构件以及连接的检验数量不足；材料与部品部件的驻厂检验或进场检验缺失，或对其检验结果存在争议；对施工质量的抽样检测结果达不到设计要求或施工验收规范要求；对施工质量有争议；发生工程质量事故，需要分析事故原因；相关法规、标准、合同等要求进行第三方检测。

住房和城乡建设部标准定额司要求，各方应于5月17日前，将意见和建议反馈至第一起草单位浙江省建筑设计研究院。

（信息来源：中国建设报）

发改委：飞机制造行业今年将取消外资股比限制

今年是改革开放40周年。习近平总书记在博鳌论坛上的重要讲话，宣布了扩大开放重大举措，展示了新时代我国对外开放的新愿景、新蓝图，受到国内外高度评价和广泛关注。

为贯彻落实习近平总书记讲话精神，国家发展改革委同各有关部门抓紧研究落实具体措施，通过制定新的外商投资负面清单，使对外开放的重大举措尽快落地。新的外商投资负面清单是我国大幅度放宽

外商投资准入的重要文件，今年上半年将尽早公布实施。新的负面清单包括分别适用于全国和自贸试验区的两张负面清单，自贸试验区的负面清单比全国的负面清单开放力度将更大。新的负面清单除了包括已经宣布的金融、汽车等行业开放措施外，还将在能源、资源、基础设施、交通运输、商贸流通、专业服务 etc 市场高度关注领域推出一系列开放措施。新的负面清单除了将公布2018年的开放措施外，还将公布未来几年的开放措施，这将给予相关行业一定过渡期，同时大大增强开放的可预期性。

当前，我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，亟需我们在重大开放问题上取得突破。这些年市场监管机制不断完善，法律法规更加健全，也为高水平开放奠定了制度基础。我们相信，通过这次修订外商投资负面清单，新一轮开放将有力促进深层次改革、高质量发展，促进产业竞争和资源优化配置，激发更大市场活力，推动形成全面开放新格局。

习近平总书记在博鳌论坛上宣布了我扩大制造业开放的重大举措。制造业开放是我国开放最早的领域，也是市场竞争最充分的领域。40年改革开放实践证明，在一定发展基础上，只有开放才能充分激发市场活力，只有开放才能倒逼企业创新，只有开放才能集聚国内外资源。

目前我国制造业已基本开放，下一步扩大开放的方向很明确，就是要实现全面开放。新的外商投资负面清单将把制造业开放作为一项重点。比如，汽车行业将分类型实行过渡期开放，2018年取消专用车、新能源汽车外资股比限制；2020年取消商用车外资股比限制；2022年取消乘用车外资股比限制，同时取消合资企业不超过两家的限制。通过5年过渡期，汽车行业将全部取消限制。又如，船舶行业2018年将取消外资股比限制，包括设计、制造、修理各环节。再如，飞机制造行业2018年将取消外资股比限制，包括干线飞机、支线飞机、通用飞机、直升机、无人机、浮空器等各类型。

（来源：中华人民共和国发展和改革委员会）

亳州市三十二中包括初中部和高中部，共102个班，其中初中部48个班，高中部54个班。本方案设计含初中部、高中部教学楼、综合楼，体育馆及食堂建筑一座，男女生宿舍楼各一组，体育运动场地按标准设置，规划可满足102班的教学内容。

设计亮点

场地规划根据场地的现状，结合地形特点，在整体规划设计中注重功能分区、景观、建筑三位一体的整体化校园设计手法，旨在创造一个建筑联系紧密、风格协调统一的校园教学生活环境，同时注重营造开阔便捷的交往集散空间，体现学校奋发向上、朝气蓬勃的环境特点。

设计原则

最高效率原则

本项目规划布局考虑到学生在校园内完成教学任务和活动所运动的水平距离最短。

多样化原则

本项目规划布局结合建筑空间效果，充分考虑师生的活动与学习交流需求，设置功能、形式及配置的多样化的开放空间，有利于满足校园的基本功能校园开放空间需要交通、集会、运动等多种功能，有利于满足师生不同心理

亳州市第三十二中学学校项目

建设地点：安徽省亳州市

设计单位：航空工业规划建筑设计研究院

建设情况：在建

用地面积：10.5ha

建筑面积：9.5万m²

需求化，有利于强化教学环境氛围生机勃勃、生动的校园景观设计可以激发学生的学习兴趣，强化教育氛围。

突出校园文化特色

学校既要满足教学、工作、学习、生活的物质功能，更要满足增进师生交流、激发灵感、创造智慧、提高修养，陶冶情操的精神功能。本项目规划通过结合各功能区设置多样化的开放空间，发掘突出校园文化特色的精神空间。教学区主入口求知广场，利用千人报告厅屋顶设置室外剧场，丰富校园环境，突出校园形象，为校园文化活动提供多功能场地。次入口处的校训广场，运用雕塑、廊柱、浮雕、标牌等环境小品，结合富有特色的植物来强化校园文化气息，提供环境优雅的室外学习交流场所，突出校园环境文化特色。体育馆南侧的室外创意展示区为校园文化创意的宣传与推广，提供个性化展示空间，充分挖掘校园文化内涵。





本项目位于吉林省珲春市，是中国唯一地处中、俄、朝三国交界的国际化边境窗口城市。项目主要建设内容包括大剧院、多功能剧场、驻场艺术团和文化馆。大剧院为中型准甲等剧场，以演出话剧、戏剧、歌舞剧以及综合文艺演出为主，可适应多种表演艺术形式的需要。多功能剧场满足小型演出、时装表演等使用要求。

设计亮点

建筑设计表现少数民族朝鲜族的艺术特色，建筑形态上结合朝鲜族最富有代表性的传统象帽舞形象，采用象帽的造型，线条流畅的长长飘带在舞者周围画出各种光辉耀眼的美妙彩环，提取传统民族艺术特色的观赏及审美价值，体现朝鲜族能歌善舞的民族气息和民俗文

化。三个建筑体量整合为一个连贯的整体，实现多个文化空间的连续交融，打造一个温和的连续性和线性的层次感强化的视觉冲击。

珲春市国际大剧院及文化馆建设项目

建设地点：吉林省珲春市

设计单位：航空工业规划建筑设计研究院

建设情况：设计中

用地面积：3.55万m²

建筑面积：3.1万m²

项目建设主要内容包括500座游泳馆、3000座体育馆、2300平方米滑冰场地、全民健身中心、体育运动学校、区级剧院、图书馆、文化馆、非物质文化遗产保护中心等；建筑西侧设下沉式广场，地下一层临下沉广场一侧用于全民健身和非物质文化遗产保护中心的人员疏散，地下二、三层主要功能为停车场、非物质文化遗产展示中心、设备用房和库房。

设计亮点

集约化

体育文化中心功能多样，应以综合体的形式整合功能，形成功能和业态的相互支撑、互补，发挥多功能综合体的优势和效率。集约化设计集中利用土地，满足室内空间的使用需求，同时满足室外场地的使用需求，高效能的利用土地。

开放式

体育文化中心旨在服务社会、造福于民，摒弃封闭和

门头沟体育文化中心项目

建设地点：北京市

设计单位：航空工业规划建筑设计研究院

建设情况：设计中

用地面积：6.73ha

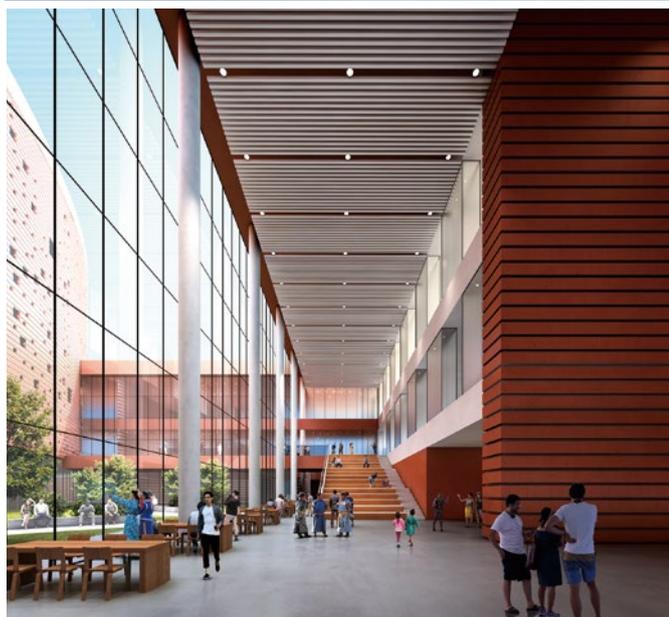
建筑面积：约1.2万m²

单一，增强建筑的参与度和体验感，塑造具有凝聚力的城市场所。增加室外、半室外交流空间，提高体育文化中心与市民间的互动性。

人性化设计

从使用功能和流线角度体现人性化设计，建筑以综合体的形式呈现，单个功能区有独立的出入口，方便管理和人员使用。流线尽量简洁、清晰，便于个功能分区间的联系。





设计亮点

锡林郭勒乌兰牧骑艺术宫方案以“草原琴韵”为理念，设计提取乌兰牧骑一词“红色嫩芽”的含义，形成贯穿建筑形体和环境景观的形态逻辑。以现代的设计手法表达出乌兰牧骑根植草原、放眼世界的民族气韵和文化视野。

锡林郭勒乌兰牧骑艺术宫项目

建设地点：内蒙古自治区锡林浩特市
 设计单位：航空工业规划建筑设计研究院
 建设情况：设计中
 用地面积：5万 m^2
 建筑面积：4.626万 m^2

设计亮点

项目用地周边无城市建设区，有自然的山村。用地内东部和中部有大片的耕地和种植茶叶的坡地，西南部滨水区域有大量的橡胶树林。用地范围内的陡坡和凹地等复杂地形较多，地势西高东低，总高差42米。

在充分研究探讨用地条件后，形成“善用平、巧用坡”，“少砍树、多留地”，“借山势、临水意”，“按地形、放功能”的设计策略，总体规划上因形就势，建筑布局自然灵活、疏密有致，形成“一轴、两带、中核心”的规划主线。设计强调建筑与原有地貌和自然景观的和谐共处，注重对原有地貌、植被的保护，避免土方上的大挖大填，力求打造富有地方特色的、保有场所原生记忆的特色化现代大学校园。

各异的建筑风格都是在一定历史条件、文化背景下与当地特有的气候气象、自然地貌的结合，注重遮阳、通

云南省民航学院项目

建设地点：云南省德宏州芒市

设计单位：航空工业规划建筑设计研究院

建设情况：设计中

用地面积：1008亩

建筑面积：32.9万m²

风、结合地势，这些亚热带山地建筑的特点是本次建筑设计应考虑的重点。设计采用立面挑檐、木色遮阳格栅、底层架空、屋顶花园、开敞阳台等措施。考虑到现代民航学院应有的气质与开放性，校园内大部分建筑较为现代简约，在生活区建筑与校园的景观设计中更多反应地域文化和民族特色。





肇庆保利国防公园项目是我国第一个以国防为主题的公园，是保利集团倾情打造的主题公园产品，现处于景观规划设计阶段。项目位于肇庆市国家高新区军民融合小镇的最北端，共分为三期建设，包含国防公园、校外教育、军训拓展、轻度假和水公园五大旅游板块。设计以“爱国、爱家、爱健康”三条轴线为支撑，既是对于军民融合战略的贯彻落实，也是对于爱国主义教育的校外补充。

设计亮点

景观设计依托地块本身的山水构架，延续周边现有的机理，主景湖面与南侧水库相连，在地势高的建设用

地区域进行集中建设，在地势低洼的库容区用地采取生态、低影响的开发策略，在满足活动功能的同时将对场地的生态影响降到最低。

肇庆保利国防公园景观规划项目

建设地点：广东省肇庆市

设计单位：航空工业规划建筑设计研究院

建设情况：设计中

用地面积：3200亩

住房和城乡建设部关于发布国家标准《城市道路工程技术规范》的公告

现批准《城市道路工程技术规范》为国家标准，编号为GB51286-2018，自2018年9月1日起实施。本规范全部条文为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑装饰装修工程质量验收标准》的公告

现批准《建筑装饰装修工程质量验收标准》为国家标准，编号为GB50210-2018，自2018年9月1日起实施。其中，第3.1.4、6.1.11、6.1.12、7.1.12、11.1.12条为强制性条文，必须严格执行。原《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB50210-2001同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《烟气脱硫工艺设计标准》的公告

现批准《烟气脱硫工艺设计标准》为国家标准，编号为GB51284-2018，自2018年9月1日起实施。其中，第3.6.8、9.1.4、10.8.4、13.6.4、13.8.4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《建筑合同能源管理节能效果评价标准》的公告

现批准《建筑合同能源管理节能效果评价标准》为国家标准，编号为GB/T51285-2018，自2018年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《城市道路工程技术规范》的公告

现批准《城市道路工程技术规范》为国家标准，编号为GB51286-2018，自2018年9月1日起实施。本规范全部条文为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》的公告

现批准《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》为国家标准，编号为GB/T50355-2018，自2018年9月1日起实施。原国家标准《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》GB/T50355-2005同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《城市轨道交通综合监控系统工程技术标准》的公告

现批准《城市轨道交通综合监控系统工程技术标准》为国家标准，编号为GB/T50636-2018，自2018年9月1日起实施。原国家标准《城市轨道交通综合监控系统工程设计规范》GB50636-2010和《城市轨道交通综合监控系统工程施工和质量验收规范》GB/T50732-2011同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《工程泥沙设计标准》的公告

现批准《工程泥沙设计标准》为国家标准，编号为GB/T51280-2018，自2018年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》的公告

现批准《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》为国家标准，编号为GB/T50355-2018，自2018年9月1日起实施。原国家标准《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》GB/T50355-2005同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑设计防火规范》局部修订的公告

现批准《建筑设计防火规范》GB50016-2014局部修订的条文，自2018年10月1日起实施。其中，第5.1.3A、5.4.4(1、2、3、4)、5.4.4B、5.5.8、5.5.13、5.5.15、5.5.17、6.2.2、6.7.4A、7.3.1、7.3.5(2、3、4)、8.2.1、8.3.4、8.4.1、10.1.5、10.3.2、11.0.4、11.0.7(2、3、4)条(款)为强制性条文，必须严格执行。经此次修改的原条文同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《建筑用相变材料热可靠性测试方法》的公告

现批准《建筑用相变材料热可靠性测试方法》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T534-2018，自2018年11月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《建筑室内装修用环氧接缝胶》的公告

现批准《建筑室内装修用环氧接缝胶》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T542-2018，自2018年11月1日起实施。

(来源“国家工程建设标准化信息网”)



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

顾问委员会

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

编辑委员会

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

总编 沈金龙
 主编 陈海风
 执行主编 王蕊
 责任编辑 范蕊
 出版 《航空工程建设》编辑部
 地址 北京德外大街12号
 邮编 100120
 E-mail hkqjcs@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 2018年04月
 印数 1500册
 电话 (010)62038276 62038235
 传真 (010)62038297
 封面 唐山金融中心项目

CONTENTS

目录 2018年第2期 总第136期

航空能力建设

- 02 基于CFD的掺混引射器气动性能分析 曹海峰 李雪峰 赵龙
 08 机库附楼建设形式对工艺的影响
 杨益嘉 赵景怡 郑应平
 12 航空发动机热试车试验系统软件的采集控制设计
 罗汉 刘兵 李炎华 周剑 樊祺
 16 基于ASAM ODS的发动机试验数据库管理模型设计
 牟维明 刘兵 周剑
 20 航空景观的设计语言
 ——荆门爱飞客小镇航空极客公园景观设计实践 殷丽燕

研究与探讨

- 26 民航建设项目设计概算编制问题及应对措施 亢良兆 李锐娟
 29 垃圾焚烧项目投资决策阶段造价控制研究 孙丽莹 韩爱华
 33 浅埋暗挖施工方案及造价指标分析 赵智兴 韩爱华
 37 结构抗震设计研究——以内蒙古美术馆为例
 徐瑞 金来建 樊钦鑫 徐志坚
 43 基于航空公司视角的我国航空货运市场分析 董磊
 47 雨水控制与利用技术在新机场海绵城市建设中的应用
 闫夷 陈洁如

工程设计

- 51 某工程节能改造分析 祖春洋 肖武
 56 暖通空调通风系统设计——以某国际机场公务机楼改造工程为例
 李建民 张海桥
 61 厦门某办公楼暖通设计工程 刘雪源 肖武

基于CFD的掺混引射器气动性能分析

■ 曹海峰 李雪峰 赵龙 [工艺]

摘要: 本文所分析研究的掺混引射器主要应用于发动机进气加温装置,根据发动机热试车时所需的进气流量、进气温度及其温度场要求对掺混引射器气动结构进行设计,并在此基础上根据发动机的使用工况,通过数值模拟研究手段对掺混引射器“热态”、“冷态”工作状态下的流场性能进行分析研究,为掺混引射器气动设计及性能评定提供了参考。

关键词: 掺混引射器; 进气加温; 数值模拟; 气动设计

0 引言

在发动机的研制过程中,需要进行大量的热试车考核,热试车中获取的各项数据是发动机设计、改进和定型最有说服力的依据^[1]。而掺混引射器作为发动机进气加温装置的重要组成部分之一,其主要作用是将热气与冷气进行掺混使加温装置出口温度场均匀性满足发动机入口温度场要求^[2],本文通过数值模拟研究手段对掺混引射器“热态”、“冷态”工作状态下的流场性能进行了分析研究。

1 掺混引射器三维模型

掺混引射器主要由引射筒及12个圆柱型掺混器组成,而每一个掺混器又由筒体(图1中黄色部分)及开孔扩压段(图1中红色部分)组成。当进行“热态”试验时,热流通过开孔扩压段排出到引射筒中,实现冷气与热气掺混的目的;当进行“冷态”试验时,掺混器热流出口关闭,发动机抽气将外界空气吸入引射筒内。

考虑到结构化网格划分的可行性,在对数值计算模型的构造中基本保留了掺混引射器所有几何特征,对管内流动部分进行一定简化,由于开孔数量很大不利于网格划分,因此在数值计算过程中,采用多孔介质边界条件对其进行替代,图1给出了掺混引射器模型示意图。

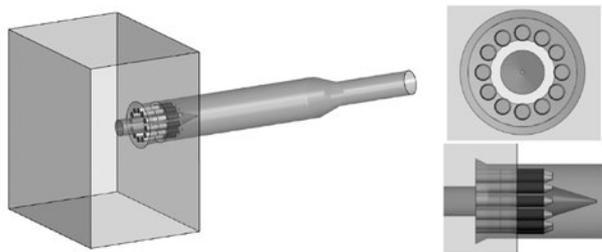


图1 掺混引射器三维模型示意图

2 ICEM网格划分

本研究中采用商用软件ICEM对模型网格进行划分,采用结构化网格,掺混引射器流场网格量约为500万,同时,为了能够更加准确地捕获整个掺混引射器流场流动结构,对掺混器及中心筒体壁面

作者简介:曹海峰,男,助理工程师,2016年毕业于南京航空航天大学动力工程专业,现就职于航空工业规划设备工程设计研究院。

进行了加密处理,边界层网格厚度为15mm,壁面增长率为1.5,图2给出了掺混引射器流场网格模型示意图。

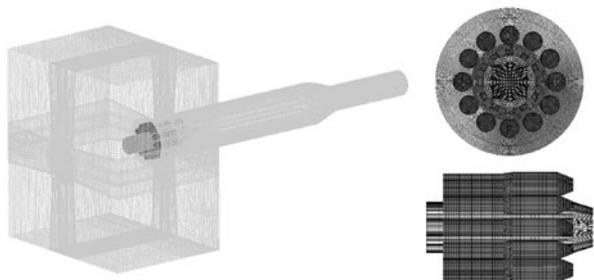


图2 掺混引射器流场网格模型示意图

3 数值模拟方法及边界条件

运用FLUENT软件对掺混引射器流场进行三维数值模拟,无粘对流通量采用基于MUSCL插值的Roe格式进行离散,粘性通量采用二阶中心差分格式进行离散,时间推进采用点隐式方法。湍流模型采用 $k-\epsilon$ 模型,同样使用二阶格式离散,分子粘性系数采用Sutherland公式计算。计算中采用了流量进口、压力进口、压力出口及无滑移绝热固壁边界条件,方程的离散均选择二阶迎风格式。计算收敛的标准为:各残差指标下降到 10^{-6} 以下且不再变化,进出口流量的相对误差在 10^{-5} 以下。

根据设计条件及流体力学基本公式推算,给定掺混引射器“冷态”、“热态”两工作状态下的进排气参数,如表1、2所示。

表1 “热态”工作状态下掺混引射器进排气参数

名称	类型	流量 (kg/s)	总压 (Pa)	静压 (Pa)	总温 (K)	多孔介质厚度 (m)	阻力模数
IN1~IN12	Mass-flow-inlet	2.33	none	88000	673	none	none
FAR	Pressure-inlet	none	88000	88000	288	none	none
OUT	Pressure-outlet	60	none	86920	none	none	none
PO	Porous-jump	none	none	none	none	0.014	2000

表2 “冷态”工作状态下掺混引射器进排气参数

名称	类型	流量 (kg/s)	总压 (Pa)	静压 (Pa)	总温 (K)	多孔介质厚度 (m)	阻力模数
IN1~IN12	Wall	none	none	none	none	none	none
FAR	Pressure-inlet	none	88000	88000	288	none	none
OUT	Pressure-outlet	60	none	86920	none	none	none
PO	Porous-jump	none	none	none	none	0.014	2000

4 计算结果分析

4.1 “热态”工况

图3给出了“热态”工况下掺混引射器流场结构示意图,如图中所示,冷气由外界被引射至引射筒内,通过掺混器与热气进行掺混,掺混后气流能够稳定通畅地从引射筒排出,并且引射气流沿顺流方向流动并未出现返流及分离的现象。

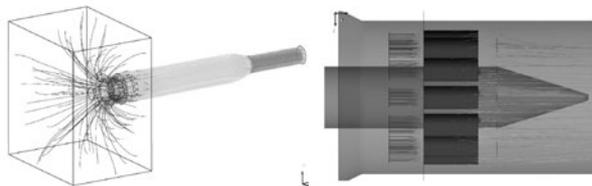


图3 “热态”工况下掺混引射器流场结构示意图

图4给出了“热态”工况下掺混引射器中心对称面上速度分布云图,如图中所示,掺混引射器中心对称面处速度分布较为均匀,开孔扩压段后出现一定分离区,这是由于热流从开孔扩压段流出后流动通道扩张。引射筒内部掺混气速度分布较为均匀,经过收缩段后掺混气速度增加,收缩段后的直管段内掺混气速度分布仍比较均匀。

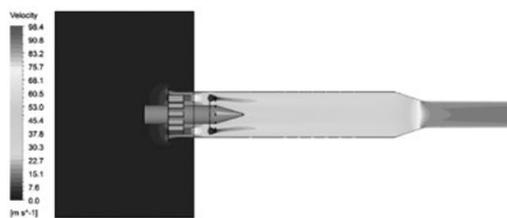


图4 掺混引射器中心对称面上速度分布云图

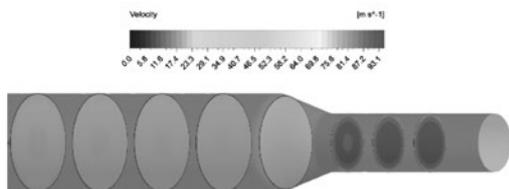


图5 掺混引射器内部速度分布云图

图5给出了掺混器内部速度分布云图，如图中所示，在掺混引射器前部高速气流集中在引射筒中心处，随着掺混气不断流动，各截面处速度不均匀度逐渐下降，掺混效果逐渐提高。

图6、7分别给出了“热态”工况下掺混引射器中心对称面及各截面处温度分布云图，如图中所示，在掺混引射器前部，低温区主要集中在掺混引射器中心处，这是由于掺混引射器几何特征使冷气在引射筒前部中心处形成涡流区，在该处冷气与热气无法进行有效的掺混，但随着掺混气不断沿流向移动，涡流区逐渐消失，低温区不断被改善，各截面处温度不均匀性不断下降，掺混效果不断提高。

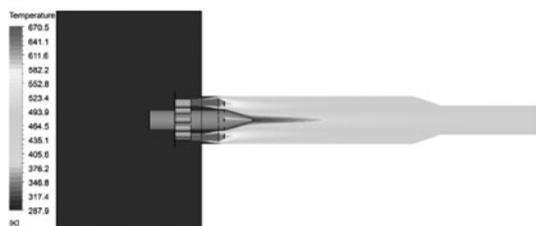


图6 掺混引射器中心对称面处温度分布云图

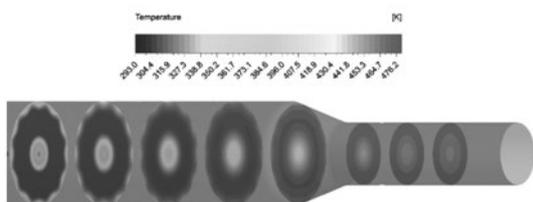


图7 掺混引射器内部温度分布云图

图8、9分别给出了掺混引射器出口截面位置温度分布云图及对称线上温度分布规律，如图8中所示，出口截面处最高温度与最低温度相差9.8K，其中低温区集中在截面中心处。从图9中能够发现，两条对称线Line1、Line2上温度分布规律及数值基本相同，因此不难得到出口截面处温度分布沿中心周向对称。根据出口温度不均匀度公式 $TDI = (T_{max} - T_{min}) / T_{av}$ 计算，掺混引射器出

口位置处温度不均匀度TDI为2.11%。

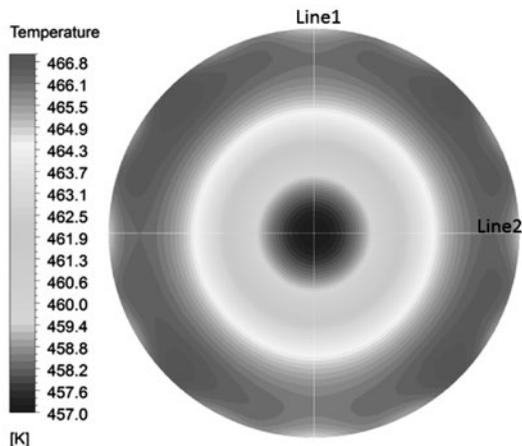


图8 掺混引射器出口截面温度分布云图

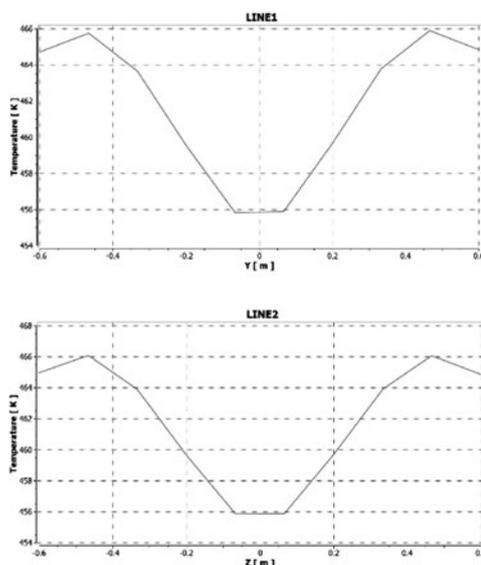


图9 出口截面对称线上温度分布规律

图10、11分别给出了出口截面位置速度分布云图及对称线上速度分布规律，考虑到速度边界层的存在会对该截面处速度不均匀度的计算产生较大影响，因此，去除边界层后，发现掺混引射器出口位置截面最大速度为88.3m/s，最低速度为82.8m/s，平均速度为87.2m/s。根据速度不均匀度计算公式 $VDI = (V_{max} - V_{min}) / V_{av}$ 计算得出，出口截面位置速度不均匀度VDI为6.3%。

4.2 “冷态”工况

图12给出了“冷态”工况下，掺混引射器流场结构示意图，如图中所示，在“冷态”工况下，

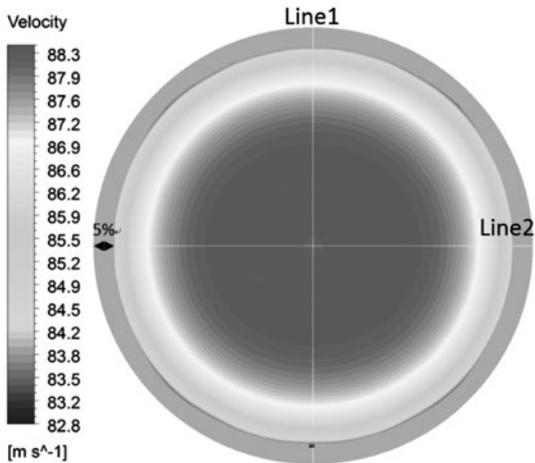


图10 掺混引射器出口截面速度分布云图

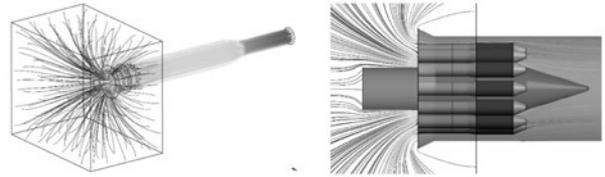


图12 冷态工况下掺混引射器流场结构示意图

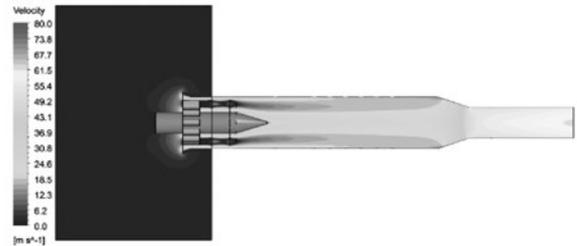


图13 掺混引射器中心对称面上速度分布云图

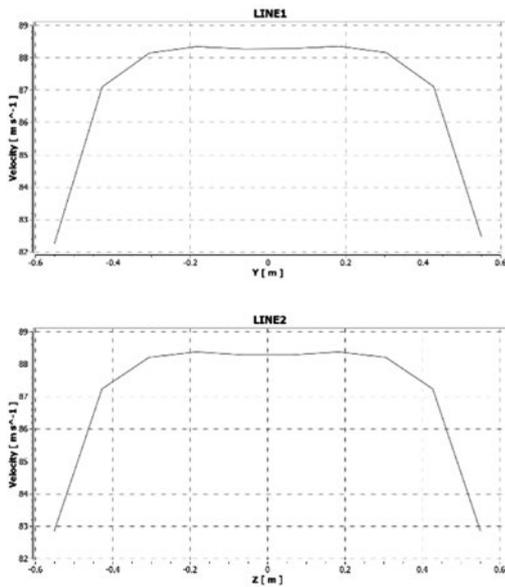


图11 出口截面对称线上速度分布规律

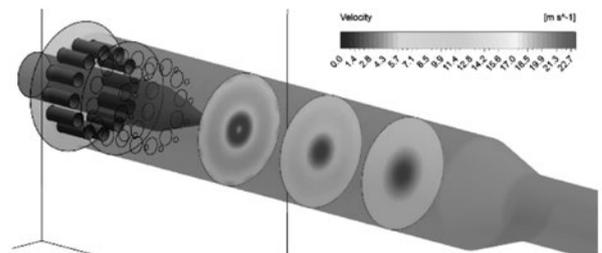


图14 掺混引射器内部速度分布云图

发动机吸入的空气仍能较为均匀的通过掺混引射器试验设备流出。在图中并未发现明显的分离区，在“冷态”工况下，掺混引射器对发动机入口流场均匀性影响较小。

图13、14分别给出了掺混引射器中心对称面上及内部速度分布云图，从图中能够发现，由于在“冷态”工作状态下，掺混器内热流出口关闭，因此在掺混器内部形成低速涡流区，但该涡流区稳定在掺混器筒体内部，并未对引射筒内部流场产生影响；另外，由于掺混器结构的影响，冷气经过掺混器后，在掺混器后部产生一环形低速区（如图14所示），但随着冷气不断发展，该低速区消失，引射

筒后部各截面形成了“中心高，周向低”的速度分布规律。

图15、16分别给出了掺混引射器中心对称面上及内部静压分布云图，如图中所示，掺混引射器内部静压分布较为均匀，经过收缩段后，掺混气速度增加，静压下降。

表3给出了1、2截面处总、静压参数。由于外场总压为88000Pa，经过掺混引射器后总压下降为87546.4Pa，因此冷气经过掺混器后总压损失为453.6Pa，截面1与截面2之间总压差为123.9Pa，

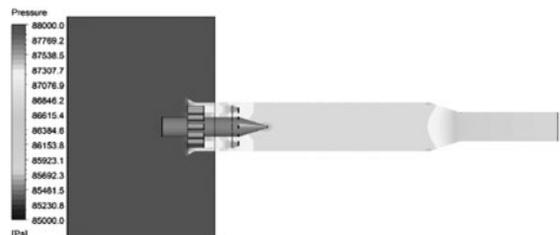


图15 掺混引射器中心对称面上静压分布云图

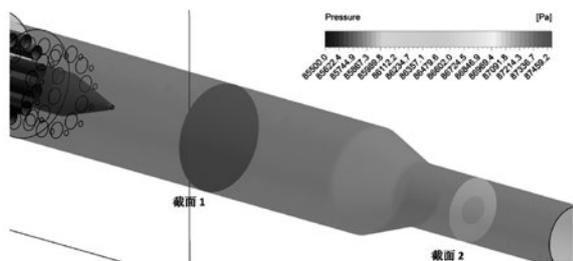


图16 掺混引射器内部静压分布云图

因此冷气经过收缩段总压损失为123.9Pa。综上所述可知，冷气经过掺混引射器试验设备后，总压损失为577.5Pa。

表3 截面1、2位置处总静压参数

	总压 (Pa)	静压 (Pa)
截面1	87546.4	87364.4
截面2	87422.5	85949.2

图17、18分给出了掺混引射器出口静压分布云图及对称线上压力分布规律，从图中能够明显的看出，出口截面位置静压分布规律为沿截面中心周向对称，且该截面上静压最大值为85952.2Pa，静压最小值为85946.2，根据出口压力不均匀度公式 $PDI = (P_{max} - P_{min}) / P_{av}$ 计算，掺混引射器出口截面位置静压不均匀度为0.007%。

图19、20分别给出了冷态工作状态下掺混引射器出口速度分布图及对称线上速度分布规律，从图中能够发现相对高速区集中在掺混引射器出口

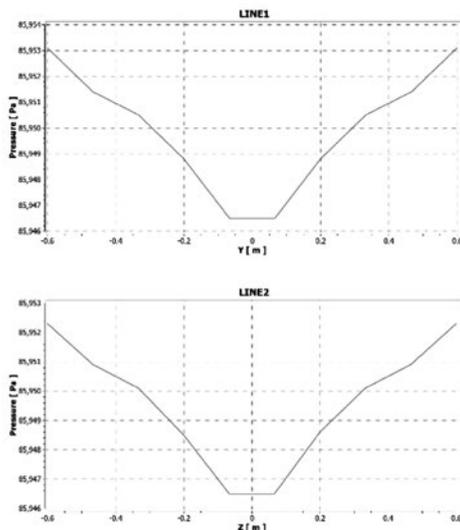


图18 出口截面对称线上压力分布规律

中心处。另外考虑到速度边界层的存在会对该截面处速度不均匀度的计算产生较大影响，因此，去除边界层后，发现掺混引射器出口位置截面最大速度为56.1m/s，最低速度为51.4m/s，平均速度为53.6m/s。根据速度不均匀度计算公式 $VDI = (V_{max} - V_{min}) / V_{av}$ 计算得出，出口截面位置速度不均匀度为8.8%。

表4给出了“热态”、“冷态”工况下，掺混引射器总体性能参数，从表中能够发现掺混引射器在“冷态”、“热态”工况下，性能参数差异较大，其主要原因是由于“热态”工况下掺混引射器内部

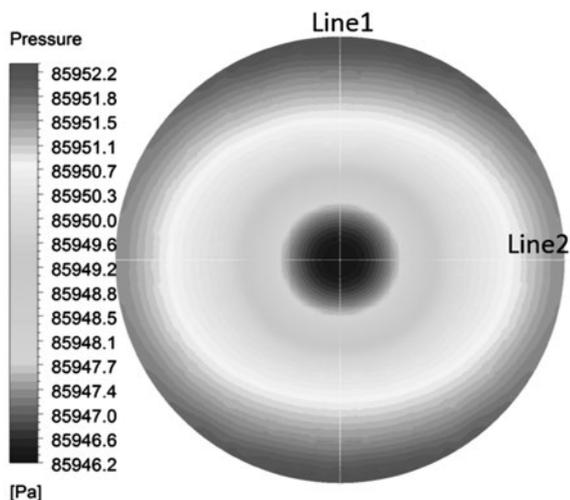


图17 掺混引射器出口截面压力分布云图

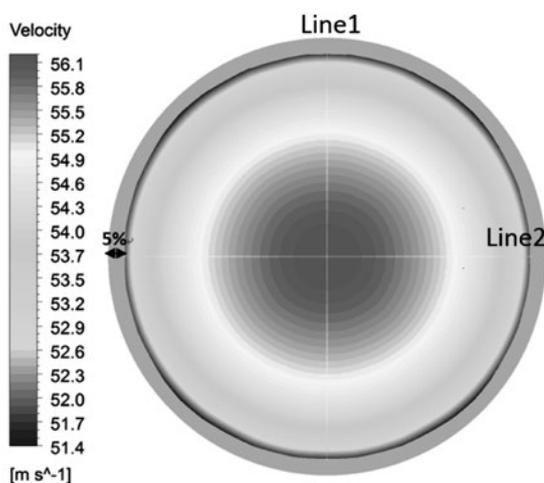


图19 掺混引射器出口截面速度分布云图

表4 “热态”、“冷态”工况下, 掺混引射器总体性能参数

名称	“热态”工况	“冷态”工况
掺混引射器流量	60kg/s	60kg/s
掺混引射器出口总压	87320 Pa	87422.5 Pa
掺混引射器出口静压	84921 Pa	85924.9 Pa
掺混引射器筒体内平均速度	30.1 m/s	18.4 m/s
掺混引射器出口平均速度	87.2 m/s	53.4 m/s
掺混引射器出口平均温度	464.0 K	288.0K
掺混引射器出口压力不均匀度	0.001%	0.007%
掺混引射器出口速度不均匀度	6.3%	8.8%
掺混引射器出口温度不均匀度	2.11%	—

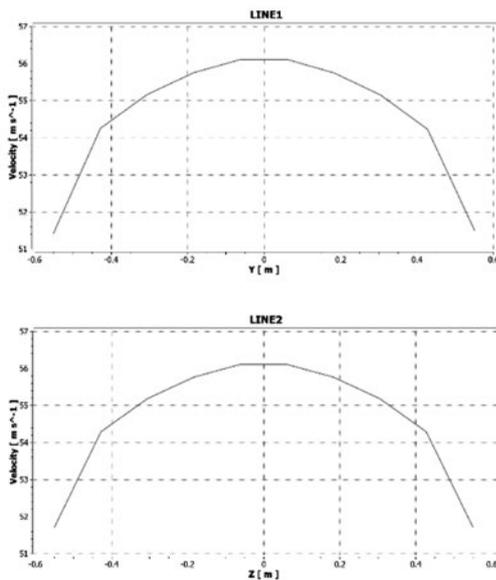


图20 出口截面对称线上速度分布规律

流场平均温度相比“冷态”工况下高170K左右, 当保证掺混引射器出口流量一定时, 两工况引射筒内部流速差异较大, 但两工况下掺混引射器出口流场均匀性差异很小, 并且均能满足国军标GJB 241A-2010^[3]中相关规定。

5 结论

1. 热态工况下, 掺混引射器出口平均温度为464.0K, 出口温度不均匀度为2.11%, 出口平均速度为87.2m/s, 出口速度不均匀度为6.3%, 满足国军标相关技术要求。

2. 冷态工况下, 掺混引射器出口平均速度为

53.4m/s, 速度不均匀度为8.8%, 出口平均静压为85949.2Pa, 出口静压不均匀度为0.007%, 总压损失为577.5Pa, 对发动机进口流场影响较小。

参考文献

- [1] 徐峰, 张少博, 陈海峰. 发动机热试车数据测量误差分析及处理方法[J]. 火箭推进, 2012.
- [2] 陈益林. 航空发动机试车工艺[M]: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [3] 航空涡轮喷气和涡轮风扇发动机通用规范, GJB241A-2010.

机库附楼建设形式对工艺的影响

■ 杨益嘉 赵景怡 郑应平 [工艺]

摘要: 机库附楼作为飞机维修的重要场所,其建设形式关乎机库的工艺组织模式,对整个飞机维修的进程有很大影响。本文从大厅和附楼的距离、大厅设备共享、消防疏散、防爆泄爆等方面分析了“一”型、“Π”型和“T”型三种附楼建设形式对工艺的影响,为今后的机库项目分析提供了参考。

关键词: 飞机维修;附楼;工艺

0 引言

当前国内民用航空市场急速扩张,航空公司的飞机维修需求将大幅上升,中国航空维修业将迎来巨大机遇。提高维修工作效率,控制维修成本正被越来越多的航空公司和第三方维修公司所重视。

机库附楼作为机库大厅的辅助用房,主要用于飞机在各级别检修过程中离位件的存放、维护和维修工作,以及作为现场工作人员的办公、休息、培训场地。据统计,附楼的维修工作占飞机总维修量的70%左右,附楼的布置形式对飞机维修工艺有着至关重要的影响,直接影响航空公司或者第三方飞机维修公司的运营效率和效益。

作者简介:杨益嘉,女,助理工程师,2016年毕业于西北工业大学航空宇航制造专业,就职于中航建设民航工程设计研究院。

1 机库附楼典型建设形式

机库附楼的典型建设形式归纳起来有三种:“一”型附楼、“Π”型附楼(“┌”型、“└”型附楼和“Π”型附楼原理相同)和“T”型附楼。现就这三种附楼形式的特点进行简要分析。

1.1 “一”型附楼

“一”型附楼形式归整,附楼位于机库大厅后方,车间布置较集中,物流和人员路线呈扇形放射状。在此建设形式下,机库大厅和附楼之间的物流方向相对简单,减少了运输和行走路线的交叉情况。若附楼体量较大,附楼进深会相应增加,容易出现通风采光较差的暗间(无窗户直接朝室外的房间)。由于附楼和机坪的距离较远,至少是机库大厅进深的长度,如果维修工作经常在机坪上完成时,维修人员行走距离较远,响应不够迅速,造成一定的时间浪费。

如果维修工作在机库大厅和附楼中较多时,人员和物流距离较短。因此,“一”型附楼较航线机库来说,更适合维修等级较高的机库。

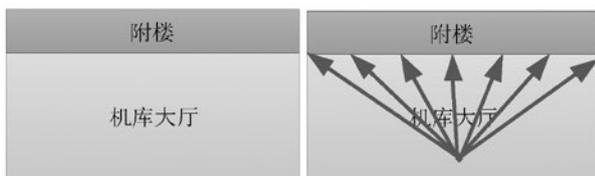


图1 “一”型附楼示意图

1.2 “Π”型附楼

“Π”型附楼包围机库大厅(单侧或双侧),附楼和室外接触边是三种附楼形式中最长的,优点是附楼中靠外窗的房间较多,减少了暗间数量,通风采光更好。在此建设形式下,车间布置相对分散,左右侧附楼之间的交互受到一定限制,大厅维修人员和物流运输往左右两侧附楼进行时,容易出现路线穿过机位的情况,不利于管理且增加了飞机和人员、物件的碰撞风险。此类附楼也有临机坪侧的区域,如果有维修工作需要在机坪上进行,可将维修人员待命区布置在靠机坪侧,缩短人员和飞机之间的距离,达到快速响应的效果。就临机坪侧这一特点而言,“Π”型附楼较维修等级较高的机库来说,更适合航线机库。



图2 “Π”型附楼示意图

1.3 “T”型附楼



图3 “T”型附楼示意图

“T”型附楼的特点是部分附楼夹在两个机库大厅中部,中部附楼的存在提高了车间的集中性,人员和物流路线呈双扇形向中后部靠拢,运输和行走路线交叉的情况属于中等。该附楼形式的优点是中部附楼可以同时承担两侧机库的维修工作,通用

型车间或者库房可以置于中部附楼,相对于“Π”型附楼缩短了物流距离;缺点是中部附楼低于机库大厅属于暗间,自然采光只能借用机库大厅,工作人员长期感受较差,需要采取更多的通风采光措施。“T”型附楼有临机坪侧,布局上可以满足工作人员快速到达机坪。

附楼的形式各有特点,在机库项目中以上三种形式被广泛的采用。其中,“一”型附楼和“Π”型附楼在国内是最常见的,采用“一”型附楼有国航成都1号大修机库、天津海特维修基地3号机库、深圳航空三机位机库等,采用“Π”型附楼的有东航西安维修机库、厦航福州维修机库、南航汕头维修机库等,“T”型附楼在国外机库项目中应用较多,如AA航机库、美联航肯尼迪机场机库、虎航机库等。

2 附楼建设形式对工艺的影响

附楼建设形式与维修工艺紧密相连,是影响飞机维修效率的重要因素。通过上节对“一”型、“Π”型和“T”型三种附楼形式特点的分析,现就这三种类型在大厅和附楼的距离、大厅设备共享、消防疏散、防爆泄爆方面对工艺的影响进行详细分析。

2.1 大厅和附楼的距离

距离是影响维修效率的重要因素之一,直接影响运营效益。在实际维修过程中,人员行走和运输路线任意性较大,运输物品的重量差异较大,运输工具种类繁多。为使计算可行,可认为当三个附楼形式同时纳入一个计算模型时,由任意性带来的偏差可以抵消,忽略不计。对模型见要约定如下:

- 1) 将实际路线简化为直线进行计算;
- 2) 将附楼分为三个模块,以机库大厅中心为起点,每个附楼模块中心为终点,两点之间的直线距离作为运输距离,三个模块的平均值作为该附楼形式的运输距离;
- 3) 不考虑运输工具和所运物品重量带来的差异性;
- 4) 认为三个附楼形式的机库尺寸和附楼占地面积是相同的,机库跨度 K ,进深 L ,附楼占地面积 S ;
- 5) 认为楼层高度带来的运输距离是一样的,互相抵消;

三种附楼形式运输路线示意图4~图6,相

应计算表达式见右侧。

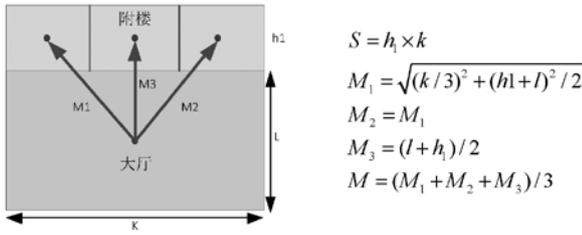


图4 “T”型附楼运输路线示意图

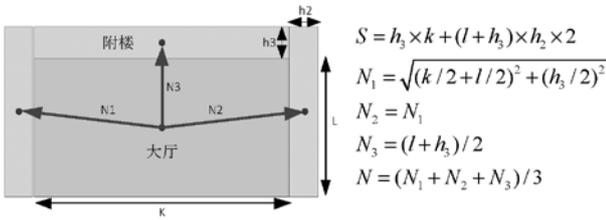


图5 “Π”型附楼运输路线示意图

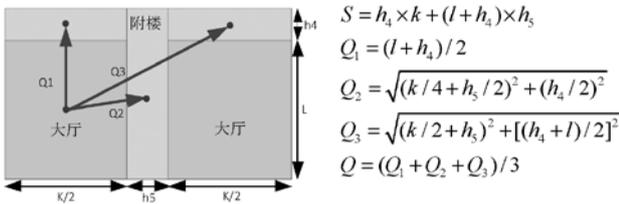


图6 “Π”型附楼运输路线示意图

其中，M、N、Q分别为“一”型、“Π”型和“T”型三种附楼对应的平均运输距离， $h_1 \sim h_5$ 是三个模型中附楼尺寸的参数，根据实际情况中附楼合理的尺寸，变化范围： $[8, 55]$ ，且受同一组参数及规模约束。在实际的机库设计项目中，机库和附楼规模是项目初期就明确的，本节计算中，以之前成熟项目中的三组机库数据作为输入条件： $S_1 = 7872\text{m}^2$ ， $k_1 = 155\text{m}$ ， $L_1 = 80\text{m}$ ； $S_2 = 12580\text{m}^2$ ， $k_2 = 164\text{m}$ ， $L_2 = 100\text{m}$ ； $S_3 = 5876\text{m}^2$ ， $k_3 = 119\text{m}$ ， $L_3 = 80\text{m}$ 。M、N、Q在这三组输入条件下对应的函数图象如下：

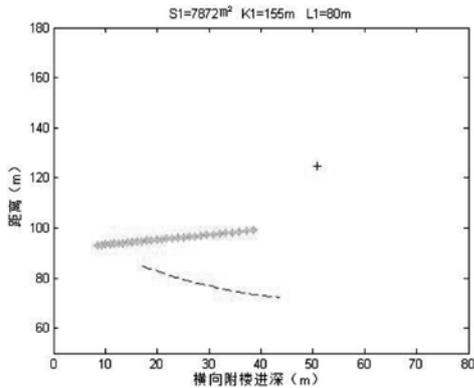


图7 $S_1 = 7872\text{m}^2$ ， $k_1 = 155\text{m}$ ， $L_1 = 80\text{m}$ 对应的距离图象

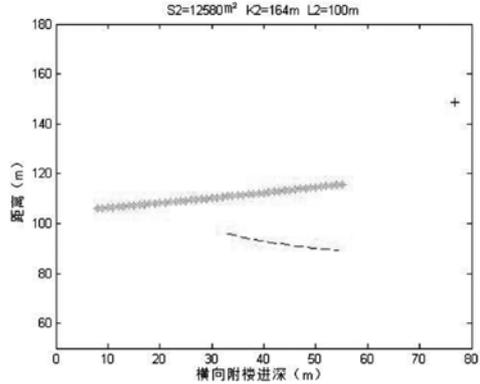


图8 $S_2 = 12580\text{m}^2$ ， $k_2 = 164\text{m}$ ， $L_2 = 100\text{m}$ 对应的距离图象

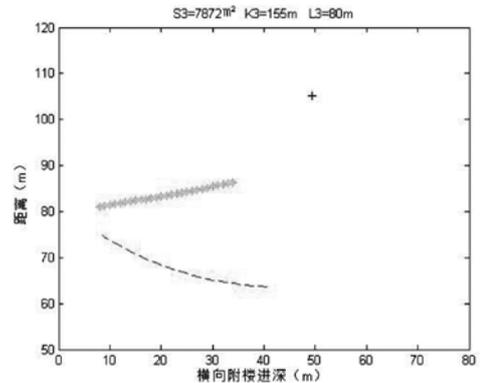


图9 $S_3 = 5876\text{m}^2$ ， $k_3 = 119\text{m}$ ， $L_3 = 80\text{m}$ 对应的距离图象

为了方便计算，模型中设置了一部分合理假设，因此数据和实际距离有差距，但可作为一个基本的衡量指标。就这三组数据而言，运输距离从远至近排位是：“一” > “Π” > “T”，“T”型附楼才是物流距离最短的形式。在今后的机库项目分析过程中，设计者可对距离合理的量化，作为一个方案比选的要害。

2.2 大厅设备共享

机库大厅内的主要设备有上部起重机、地面/悬挂式修理坞、升降平台、地井等，其中，起重机、修理坞、升降平台都是有轨运行设备，可沿轨道在大厅中移动服务于不同机位。

“一”型和“Π”型大厅通透，为设备共享提供了可能性。“T”型中部附楼的出现，限制了大厅内有轨设备移动的范围，从一定程度上降低了设备共享的可行性。对设施使用频率不高但是有设备需求的维修工作，如果中部附楼限制了相应设备的工作范围，会增加相应的设备购置费用，若设备是悬挂式，增加设备数量还会增加屋盖荷载，提高结构投资。如果使用方对设备使用频率很高，要求设备只能在附近机位切换甚至是按照机位配置，则

设备共享无太大意义，附楼的形式对设备共享不会有太大影响。

2.3 消防疏散

根据《建筑设计防火规范》，附楼通常的疏散距离是 $\leq 60\text{m}$ ，且不同防火分区不宜借区疏散。

“一”型和“Π”型附楼进深通常不会超过 55m ，基本不会因为疏散通道的存在影响附楼内车间布局，限制附楼维修工艺流程。从应用上来看，

“T”型附楼通常是将通用的、涉及大件维修的大车间布置在其中，维修中心尽量向中部靠拢，减少同类车间的数量，降低相同设施设备的购置费的同时更利于管理。从建设形式上看，“T”型附楼长端被夹于两个机库之间，疏散通道和路线会限制中部附楼的布局，尤其是长度在 80m 以上的，可能需要采取设置专用疏散通道、取消车间隔墙、室内区域部分划分到室外等措施以满足疏散距离要求，保障人员安全。这些疏散措施反映到附楼的工艺布局上，会降低工艺布局的完整性，并且造成一定的面积浪费，影响了中部附楼作为兼顾两侧大厅维修工作的核心效应，并且会带来一些管理上的麻烦。

2.4 防爆泄爆

附楼某些维修车间，如复合材料车间、喷漆车间等，其维修过程中的某些工序需要使用清洗剂、油品、稀释剂等化工品，使用过程中散发的味道、挥发的气雾等不仅影响工作人员的身体健康，且有些化工品是甲乙类火灾危险性物品，当使用量超过《建筑设计防火规范》中规定的最大允许量时，该房间必须设置为防爆房间。

“一”型和“Π”型附楼靠外墙侧的部分较多，尤其是“Π”型附楼，同等建筑规模下外墙边长度是三种附楼类型里面最长的，泄爆条件最好。“T”型中部附楼长边被夹在机库中间，短边作为唯一的外间区域，设置防爆房间会使得中部附楼本自然通风条件更差，因此“T”型中部附楼没有良好的泄爆条件。为了解决防爆泄爆问题，通常有两种办法，一种是控制甲乙类化工品的用量在规范中最大允许量之内，该房间可不设置为防爆房间，但限制化工品用量等同于限制同一时段的维修量，影响维修整体效率；另一种是该类车间不设置在中部附楼，设置在横向附楼外侧，可满足房间的泄爆要求，按照正常维修工艺流程使用化工品，但此举可能会带来的负面影响是增加运输距离，降低车间之间的交互效率，从一定程度上影响了整体维修效率。

3 结论

本文针对“一”型、“Π”型和“T”型三种附楼形式的特点，研究了不同附楼形式在大厅和附楼的距离、大厅设备共享、消防疏散、防爆泄爆等方面对机库工艺的影响，为今后的机库设计工作奠定了一定理论基础。

附楼建设形式受多方面因素影响，不仅和上文中提到的工艺因素有关，和结构形式、建筑造型、使用方的维修习惯、维修理念等因素都息息相关，从方案伊始到形成最合理的机库方案是一个多方协作的结果。附楼形式除了国内普遍的“一”型、“Π”型之外，国外常用的“T”型附楼也为设计者提供了一个新的思路，值得设计者在今后的工作中进一步研究。

参考文献

- [1] 《建筑设计防火规范》GB 50016—2014.
- [2] 《飞机库设计防火规范》GB 50284—2008.

航空发动机热试车试验系统软件的采集控制设计

■ 罗汉 刘兵 李炎华 周剑 樊祺 [电气]

摘要: 航空发动机热试车试验是在地面试车台模拟进气加温和燃油加温情况下进行试车,用于验证发动机及其附件在模拟高速飞行条件下的运转可靠性,属于航空发动机长期试车考核的重要组成部分。航空发动机热试车试验系统包括待试发动机系统、进气加温系统、燃油加温系统、电气控制系统、软件测试系统等。软件测试系统用于完成航空发动机热试车试验过程中数据的采集、显示、分析、存储、回放、图形化浏览、配置管理、报表打印,以及进气加温、燃油加温等控制功能。

关键词: 航空发动机;热试车;测控系统;软件设计

0 引言

航空发动机作为飞机的“心脏”,是整个飞行系统的动力中枢,需要在高温、高压、高速旋转的条件下长期反复工作。航空发动机被比作“皇冠上的明珠”,不仅因为其整体结构精密复杂,而且对可靠性、耐久性要求严格,其研制生产集中了现代工业各种最尖端的技术、最先进的成果,是世界上公认的核心技术门槛超高的行业。为提高航空发动机的安全性、可靠性,尽可能避免设计、制造缺陷暴露在使用阶段,其研制、生产、维修过程中都需要进行大量的各类型试验,以达到确定性能、质量合格、故障定位等目标。航空发动机热试车试验是在地面试车台模拟进气加温和燃油加温情况下进行试车,用于验证发动机及其附件在模拟高速飞行条件下的运转可靠性,属于航空发动机长期试车考核的重要组成部分。

作者简介:罗汉,男,助理工程师,2015年毕业于北京航空航天大学控制科学与工程专业,就职于中航工程集成设备有限公司。

1 系统概述

航空发动机热试车试验系统包括待试发动机系统、进气加温系统、燃油加温系统、电气控制系统、软件测试系统等。

进气加温系统包括加温发动机及支架、引射段、混合段、稳定段、密封段、进气道、进气调节蝶阀、排气调节蝶阀和旁通管路等。

燃油加温系统为待试发动机提供热燃油并满足燃油温度在发动机不同状态下可快速调整的功能,包括燃油加温罐、吹风系统、热燃油管路系统。

燃油加温罐提供恒温燃油(温度可设),采用两路并联形式,每路设置一个加温油罐,试车前预热油温至设定温度;每个加温油罐由罐体,电加热器,搅拌器和电机、安全阀、管路等组成。

吹风系统用于燃油加温罐工作时,对燃油加温罐的电加热器柜进行吹风干燥,吹除挥发的油气等,防止发生火灾事故。该系统主要由空气压缩机、空气干燥机、过滤器、开关阀、管路等组成。

热燃油管路系统由过滤器、质量流量计、三通比例调节阀、燃油防火电动开关、手阀、管路等

组成。加温路燃油通过三通阀与冷路燃油混合达到精确控制油温的目的，三通阀设置在台架顶部平台上，以实现快速控制发动机进口油温。

电气控制系统由加温发动机的起动机控制、进排气蝶阀调节控制、燃油加温与燃油温度调节控制等组成。

软件测试系统用于完成航空发动机热试车试验过程中数据的采集、显示、分析、存储、回放、图形化浏览、配置管理、报表打印，以及进气加温、燃油加温等界面控制功能。

2 软件架构

航空发动机热试车软件系统包括上位机系统、下位机系统（采集服务器）和数据库服务器系统，如图1所示。上位机系统主要用于接收下位机系统（采集服务器）采集的试验数据，并根据从数据库服务器系统获取相应的配置，按照航空发动机试验的要求，对试验数据进行分析处理，将试验记录和结果保存至数据库服务器中。上位机系统还包括人机交互的功能，满足试验过程中用户的操作要求。下位机系统（采集服务器）主要完成试验数据采集的功能，系统先从数据库服务器系统获取相应的配置，对数据采集通道进行配置，完成数据采集任务。数据库服务器系统是航空发动机热试车系统所有数据服务的中心，同时，系统提供了试验过程配置数据库管理功能和试验记录管理功能。

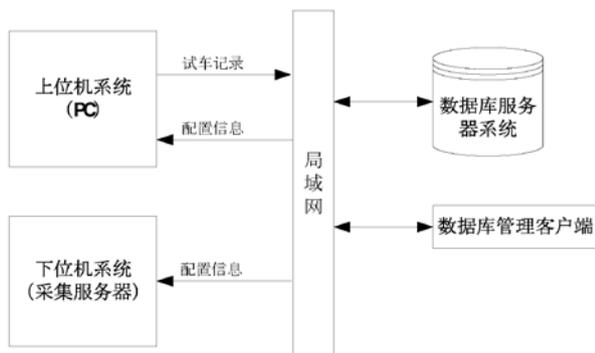


图1 软件架构

3 软件设计

ETEST航空发动机热试车软件系统采用LabVIEW、C#等编程语言进行开发，数据库使用Microsoft SQL Server 2008。本软件按功能划分为数据采集与存储功能、屏幕参数配置功能、通

道校验功能、试车步骤执行功能、历史记录查看功能、试车记录单查询功能、文件转换功能、系统参数配置和查看功能，以及用户管理功能，软件所使用数据统一通过航空发动机综合数据平台数据库进行集中管理及数据交互，如图2所示。

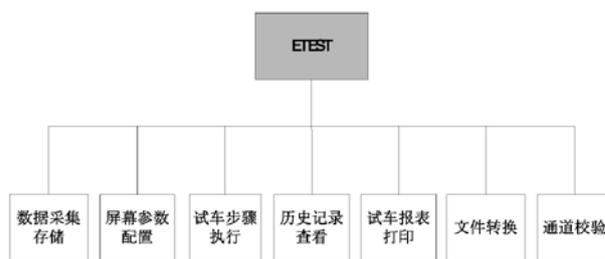


图2 软件功能

3.1 数据库管理

数据库管理主要是通过航空发动机试验数据管理客户端实现，如图3所示。该客户端为管理该数据库提供友好的用户界面，试验配置信息及试验记录都保存在同一数据库中。

系统功能分为两部分，一是为发动机试验软件提供配置管理工具，方便用户配置试车过程及管理配置信息。二是管理试车产生的步骤数据记录、报警记录、性能计算记录等，提供查看检索、统计分析、导出报表等功能。

序号	名称	位置	类型	工程范围	小数位	硬件地址	传感器描述	信号范围
1	温度1		模拟...	0.0~1000.0℃	1	I-NI SCXI-1102 19	热电阻	0.0~1000.0℃
2	温度2		模拟...	0.0~1000.0℃	1	I-NI SCXI-1102 18	热电阻	0.0~1000.0℃
3	温度3		模拟...	0.0~1000.0℃	1	I-NI SCXI-1102 17	热电阻	0.0~1000.0℃
4	压力1		模拟...	-1.000~1.000kPa	3	I-NI SCXI-1102B 31		0.004~0.020kPa
5	压力2		模拟...	-25.000~0.000kPa	3	I-NI SCXI-1102B 30		0.004~0.020kPa
6	压力3		模拟...	-100.00~0.00kPa	2	I-NI SCXI-1102B 29		0.00~0.10kPa

图3 数据管理客户端

3.2 数采下位机软件

数采下位机软件主要完成试验数据采集的功能，如图4。软件启动后首先检查与数据库服务器的连接，若无法连接到数据库服务器，将会弹出提示对话框。数据库服务器连接正常后，软件将开始连接测量仪器，并开始执行系统自检程序。下位机系统自检功能主要是检查与各测量仪器的连接性和仪器本身的自检。自检结束后，所有仪器全部正常且通过自检，软件将直接进行采集程序。按下软件主界面上的采集按钮，即可开始数据采集。当有客户端连接到下位机软件时，下位机就会自动向该客户端发送测量数据，同时

界面上的发送指示灯将变亮。



图4 下位机软件

3.3 数采上位机软件

数采上位机软件用于接收下位机软件采集的试验数据，并根据从数据库服务器系统获取相应的配置，按照航空发动机热试车的要求，对试验数据进行分析处理，将试验记录和结果保存至数据库服务器中，主要功能包括用户登录管理、屏幕参数配置、通道校验、试车步骤执行、历史记录查看、试车报表、数据回放、文件转换等。

系统根据用户输入的用户名和密码，确定当前操作者的权限和使用功能，只有通过身份验证才能运行系统。系统目的为了防止用户直接操作数据库，同时也为了提供其他程序与数据库的交互，查看事件记录及报警记录，负责身份及密码的管理、配置并生成其他程序可读的ini文件，将用户的配置信息录入数据库。

通道校验程序首先调用数据采集存储程序并进入通道校验模式，该程序的身份验证和自检利用数据采集存储程序的身份验证和系统自检，同时该程序在启动时还应检测通道校验数据是否到期并提示用户，在通道校验界面用户可以选择多项式拟合的阶数，缺省为线性拟合。

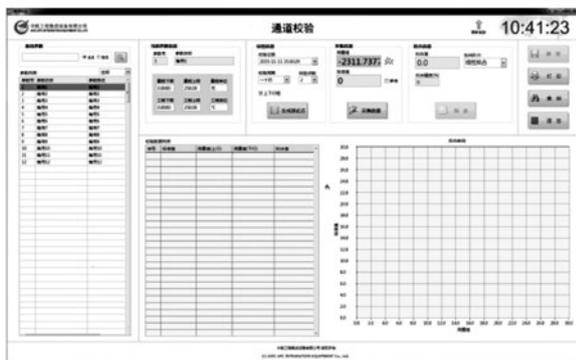


图5 通道校验

屏幕参数配置程序从数据库服务器中读取所有显示通道，用户可以根据各个屏幕（主屏、步骤屏、参数屏）控件位置的布置，自定义屏幕控件所要配置的显示通道。同时，也可以根据屏幕控件位置调整、修改、删除其所配置的显示通道。

试车步骤执行程序执行后需要试车人员选择本次试车的发动机型号和发动机号，从数据服务器读入包括：数据通道总数（测量通道+计算通道，波形曲线显示的通道数量及通道号，所有试车工艺和其所对应的试车步骤及说明信息，报警通道的相关信息等参数。进入试车主界面后实时接收通过数据采集程序发过来的数据包。在试车主界面可以选择需执行的试车工艺，程序根据试车工艺的选择导入该试车工艺下试车步骤。用户可以在试车过程中进行事件记录操作，将试车时间、试车内容、试车数据、执行的试车步骤写入到数据库，生成试车报表。



图6 试车步骤执行

为方便用户使用试车数据，文件转换程序利用文件转换器将试车过程中产生的TDMS格式试车数据记录文件将其转换为*.bin格式通用二进制文件。



图7 文件转换

历史记录查看程序直接打开存好的历史数据文件。用户选择需查看的TDMS数据文件，在不退

出程序的情况下用户可以重新选择新的要查看的文件。用户可以从历史数据保存的通道中选择通道，以示波方式显示通道的数据波形。用户可以设定每个波形的颜色，线型，比例，增量。用户可以对波形进行缩放，平移。用户可以在图上看到波形点对应的时间点。波形图的横轴应当显示时间。显示时间精确到每一数据点的时间。示波通道数可由用户设定，在一个页面上，最多要能同时显示20条曲线。

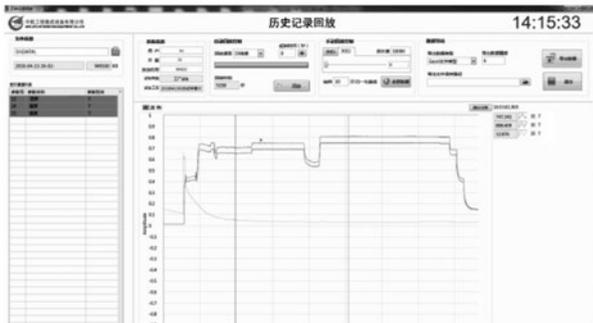


图8 历史记录回放

3.4 触摸屏控制软件

触摸屏控制软件用于控制待试发动机的起动机和状态转换，加温发动机的起动机和状态转换，以及进排气蝶阀开度控制和燃油加温控制。如图9所示，触摸屏控制软件具有录屏和锁屏功能，点击试车界面的录屏按钮，开始对试车过程进行录屏，记录试车人员操作流程。点击试车界面的锁屏按钮，屏幕锁住，防止误操作，解锁过程为鼠标左键长点解锁按钮或者左键点击解锁按钮并下滑。

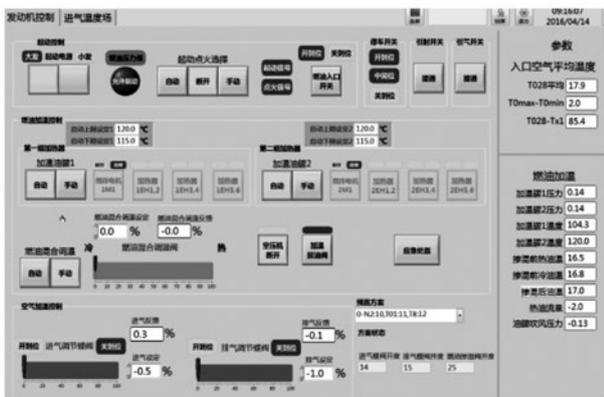


图9 触摸屏控制

航空发动机热试车试验过程中最关注的是进气温度场的变化，在触摸屏控制软件中通过选项卡切换可以实时查看数据显示和报警。

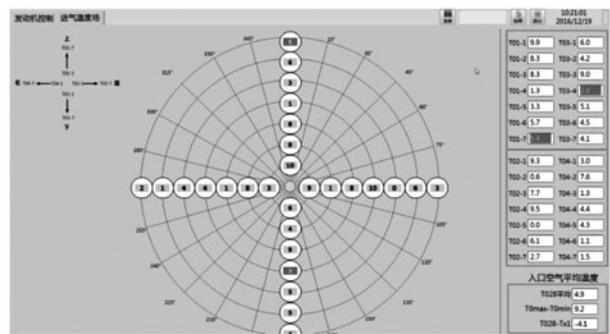


图10 进气温度场

4 总结

航空发动机热试车软件系统采用分布式网络结构，通过多台计算机同时工作完成数据的采集、显示、处理、存盘，试车过程的控制、超限报警，试车记录单的生成以及事后的数据分析处理等多项功能，在某研究所地面试车台某型航空发动机热试车试验中得到了很好的应用。试验结果表明该软件系统平台功能完善，运行稳定可靠，操作界面友好，人机交互变得简单实用。不仅满足科研试验的要求，为试验数据记录存储分析提供了有效保障，而且极大地提高了试车人员的工作效率。

参考文献

- [1] 杜建红、乔黎、孙朝辉、王立清，试车台标准化测控系统设计与实现，测控技术，V33，2014。
- [2] 杨福刚，航空发动机试车台测试技术发展构建，2011年航空试验测试技术学术交流会，2011。
- [3] 曹阳、李文峰、陈震宇、乔黎，航空发动机试验数据采集分析系统设计与实现，航空发动机，V23，2010。

基于ASAM ODS的发动机 试验数据库管理模型设计

■ 牟维明 刘兵 周剑 [电气]

摘要: ASAM ODS是自动化与测量系统标准协会推出的开放式数据存储标准,多年来证明能够有效管理灵活多变、结构各异的汽车试验数据。以此模型为基础,结合发动机试验特点,设计了通用发动机试验数据模型。此模型能够将不同发动机型号、不同类型试验数据整合在统一平台下,保证试验数据的完整性及可追溯性,并提供对试验过程管理、生产质量管理的有效支持。数据库系统使用SQLServer2008。客户端采用Visual Studio 2010集成环境。开发语言使用C#、C++混合开发。

关键词: ASAM ODS; 发动机; 试验管理

发动机是飞机上最重要的组成部分,也是最为精密复杂的部件。发动机的研制、生产、维修过程中都需要进行大量的各类型试验,以达到确定性、生产质量控制、故障定位等目标。在我国,航空发动机研制、生产、维修往往由不同厂家/研究所负责,各个单位之间,甚至单位内部不同试车台之间的数据结构及存储管理千差万别,这种情况使得数据顺畅交流难以实现,无法形成发动机全生命周期的数据链,阻碍了行业信息化发展的脚步。

建立统一、规范、完整的航空试验数据模型,能够把试验环境、试验过程、试验数据、设备状态等所有试验相关信息完整保存下来,保证数据的完整性和可追溯性,提供足够的深度。

统一的数据模型还能够为各试验单元提供坚

实的交流基础,将一个个“信息孤岛”连结成数据的河流。使得各生产/研发单位的信息系统能够无缝对接,在第一时间将最新的试验信息反馈到包括研发、生产、维修单位的整个数据链条中,并进一步提供前所未有的全局视野。质量管理人员、研发人员、成本控制人员都能够从中获取各自所需的数据,从而提炼成为知识,促进整个产业的发展。

1 需求分析

航空发动机试验具有专业性强、试验类型多和数据复杂等特点。因部件、试验目的和发动机类型等方面的不同,航空发动机试验数据结构也有所不同。对于同类型的发动机,虽然不同型号的参数定义相同,但对数据范围、精度要求的却不一定相同。试验数据的多样性和复杂性给数据库系统的设

作者简介:牟维明,男,助理工程师,2010年毕业于辽宁工业大学软件工程专业,现就职于中航工程集成设备有限公司。

计带来了许多困难。

经研究分析，航空发动机试验大体上可分为两类：研究类和生产类。

研究类试验具有试验参数不固定、设备使用较灵活、试验流程多变、单次试验数据量较少等特点。这类而对过程规范、质量管理等要求较少，往往没有流程和参数指标上的硬性规定。其目的往往是测试某一项性能改进效果或尝试故障定位。对于这类试验，试验管理系统必须能够满足灵活多变的要求，而无须关注流程管理、质量管理等。

生产类试验的试验参数、试验流程、使用的设备乃至人员都相对固定，其目的往往是依据标准流程检测发动机质量是否合格、性能是否达标。因此生产类试验对试验流程的每个步骤、参数要达到的指标都有严格要求。这类试验持续时间也往往较长，单次无间断试验可达数百小时。对于这类试验，试验管理系统必须提供对流程管理和质量管理的支持，尽量简化操作步骤，确保数据的完整性和可追溯性。

在发动机的研发阶段（由各研究所完成），主要是第一类试验，在定型后的批量生产阶段（由各生产厂完成），则主要是第二类试验。而在维修阶段（维修厂、生产厂），则两类试验比例相当。为了保证在发动机全生命周期能够形成通畅的数据链条，能够同时支持两大类试验的要求的通用数据库必不可少，而其中最关键的是通用数据模型的构建。

2 通用数据模型

2.1 ASAM ODS简介

ASAM (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems) 表示“自动化及测量系统标准化协会”，ODS(Open Data Services)表示“开放式数据服务”。“自动化与测量系统标准协会”于1998年在德国斯图加特正式成立，其前身是德国汽车工业标准化工作组（1991），其领导成员包括克莱斯勒、保时捷、宝马、大众汽车、奥迪、沃尔沃等。到2005年为止，全世界超过20%的汽车制造商成为其会员。

ASAM ODS是ASAM标准系列的一部分，其目标是建立整个行业的数据规范，今天，ASAM ODS已经成为汽车行业的国际性开放式数据服务标准。ASAM标准虽然是在汽车行业发展起来的，但

其所针对的问题和解决思路对于航空发动机试验管理同样具有一定启发性。

ASAM ODS包括数据模型、应用程序接口、物理存储规范、转换格式四部分。这里借鉴了ODS的数据模型，并根据航空发动机试验特点重新设计了程序接口及物理存储结构。



图1 ASAM ODS标准的组成元素

2.2 数据模型

ASAM ODS标准模型具有很强的模型扩展能力，并能保证遵循该标准的各数据模型应用能够无缝交互。根据对多家发动机研究所及生产厂、维修厂对数个型号发动机试验要求研究，设计了如下图2的通用数据模型，该模型在ASAM ODS标准试验数据模型的基础上增加了方案管理层及多个质量管理模块。

数据模型包含公共信息、试验管理和质量管理三大部分。

公共信息包括：发动机型号信息、发动机及附件基本信息、试验部件信息、试验设备基本信息、人员基本信息等。

试验管理部分分为方案层和记录层，包括试验类型信息、试验参数、试验设备、试验流程、试验人员、试验数据、性能分析数据、试验结果、试验报表等。对试验过程信息，该模型以发动机型号和试验类型为两层组织模式，将相关信息作为试验包，方便管理。对于重复性较高的生产类试验，不会因试验方案大量重复而造成数据冗余。用户可以将以往试验过程包作为模板，整体复制过来，构建新试验。

质量管理部分包括发动机管理和设备管理两部分。发动机管理包括发动机拆装单及拆装记录、发动机定期检查单及定检记录、发动机状态时间记录、发动机故障记录等；设备管理包括设备拆装单及拆装记录、设备检查单及检查记录、

设备故障记录等。

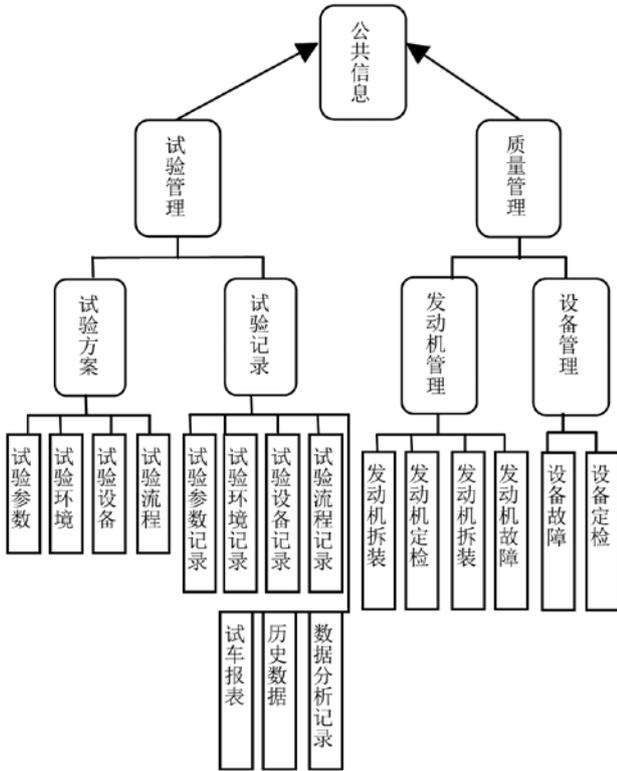


图2 数据模型基本结构示意图

2.3 标准接口

为了方便各种语言开发的试车软件使用配置数据和导入试车记录，开发了访问数据库的标准接口。接口采用DLL形式嵌入试车软件，试车软件及其他数据库应用开发人员无需了解数据库结构和操作方法，通过接口提供的函数获取所需数据即可。接口库使用C++ 编写，方便为各类编程语言调用。

表1 部分关键接口表

接口模块	简要说明
IEngineService	发动机管理接口
ISolutionService	试车方案管理接口
ITestSequenceService	试车流程管理接口
IRecordService	试车记录包管理接口
IEquipmentService	设备管理接口

3 数据库在某发动机生产-维修厂的应用

应某航空发动机厂要求，在对其数据管理需求充分调研后，设计开发了基于通用数据库模型的

厂级试验管理系统。系统由数据库服务器、试验过程管理子系统、试验数据管理子系统、质量管理子系统组成。

3.1 系统开发平台

系统以SQL Server 2008作为数据库管理器。系统软件采用C/S结构，基于Visual Studio 2010开发平台，使用面向对象编程语言c#，DotNetFramework 4.0及DevExpress控件包开发数据处理服务及用户界面。

3.2 系统硬件结构

系统部署示意图如图3所示，由一个工厂级试验数据库服务器和多个数据客户端组成。系统各部分都接入局域网。根据角色将用户分为试车工作人员、发动机管理质量人员、工艺人员、设备管理人员、厂级管理者等几个用户群，分别为其配置不同的客户端功能。研发人员也可调用标准接口直接访问数据库服务器，开发自己的数据应用程序。

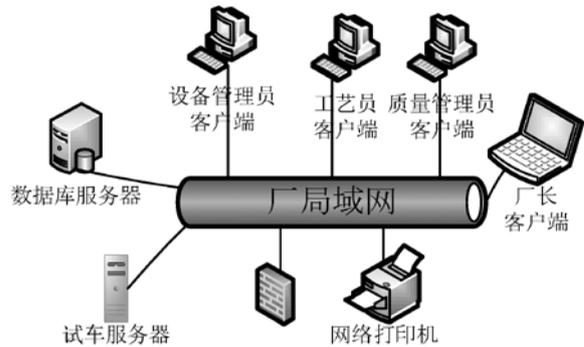


图3 系统部署图

3.3 主要功能

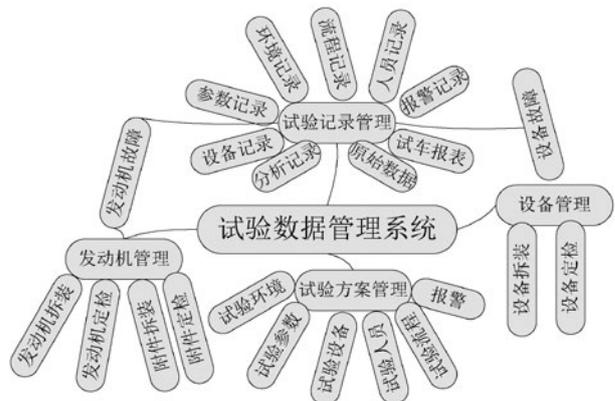


图3 软件系统主要功能模块

3.3.1 发动机管理

按树状结构管理发动机相关信息，发动机型号为最顶层信息，每台发动机以一个数据包的形式呈现相关信息。从试车数据库中自动获取发动机号、装上时间等基本信息，由发动机管理人员补充完整。提供发动机电子安装单、电子定检单功能，方便建立发动机常规维护档案。提供故障录入、查询、统计功能。并提供在发动机所有相关信息中模糊检索功能。

3.3.2 试验方案管理

试验方案是以发动机型号作为索引的试验计划包，一个计划包包含ASAM ODS标准模型中列出的所有试验相关信息，如环境、人员、流程、设备等，还加入了预设报警、预设实时分析等功能。工艺人员设计好试验方案后，下发给车台试车。标准试验方案可以反复使用。

3.3.3 试验记录管理

试验记录包是试验方案的一次执行记录，包含方案中所有计划项的执行情况，还包含试验原始数据、报警记录、分析结果数据等。该模块还提供试车报表动态生成功能，方便工厂流程管理。

3.3.4 设备管理

设备管理模块面向由专业设备维护人员，接到试验方案后，设备管理人员根据测量参数为试验配置设备。该模块还提供设备定期维护提醒、电子安装单、电子检查单功能，记录设备日常维护状况。

4 总结

航空发动机试验数据库能将各类型发动机试验及相关信息积累到同一平台下，能够拓宽发动机试验各环节间信息流通渠道，为发动机全生命周期的整体质量管理、统计分析、成本控制、数据挖掘提供良好平台。

经在某发动机厂应用后取得良好效果，能够支持多类型试验管理，并提供质量管理、统计分析等数据服务，为生产单位的信息化作出了贡献。通用数据模型在未来应用中还将进一步完善，提供更加完整周到的数据服务。

参考文献

- [1] 陈震宇, 樊丁, 数据融合技术在航空发动机试验中的应用, 测控技术, TP3 TG5, 2006.
- [2] 王雅, 王治苏, 开放式数据服务标准——

ASAM ODS介绍, 2012年航空试验测试技术学术交流会, TP3 G22, 2012.

[3] 杨福刚, 航空发动机试车台测试技术发展构建, 2011年航空试验测试技术学术交流会, 11, 2011.

[4] 曹阳, 李文峰, 陈震, 乔黎, 航空发动机试验数据采集分析系统设计与实现, 航空发动机, V26 V23, 2010.

航空景观的设计语言

——荆门爱飞客小镇航空极客公园景观设计实践

■ 殷丽燕 [规划]

摘要: 时代对速度经济的追求促进了航空产业飞速发展,航空类景观规划应运而生,然而由于其在国内起步较晚,设计实践存在空白。为了对航空景观的形式及内涵进一步探索,文章将景观和语言进行类比,从景观设计语言的角度出发,构建出适合航空类景观使用的语言要素、语法规则和关键语境。结合荆门爱飞客航空极客公园景观规划设计案例进行实践,营造出能够“彰显时代精神、传承航空文脉、体现地方特色”的具有公共性、艺术性及可持续性的景观空间。本文将对我国迅速发展的航空特色产业特色城镇的景观规划设计和建设具有一定的参考借鉴意义。

关键词: 航空景观;设计语言;景观设计;爱飞客

1 航空景观的设计语言

1.1 景观

不同时代、不同学科都对景观做出过解读。然而,无论怎样解读,景观都是根植于场地与人的联系之中,它有两条线索:即实与虚,实是指自然形体之实,虚是人本文化之虚。景观并不是一个简单的空间、一幅静止的构图。在景观表层之下,它有更深层的语境,在视觉感受之外,带给人更多的是景观所揭示的联系,是文化、价值、审美等方面有目的的引导和塑造。

1.2 景观的语言

1998年麻省理工大学安妮·惠斯顿·斯本教授出版了《景观的语言》。斯本明确了景观是语言,有语言的所有特征。“它包含着话语中的单词和构成一形状图案、结构、材料、形态和功能。所有景观都由这些组成,如同单词的含义一

样,景观组成的含义是潜在的,只存在上下文中才能显示。”^[1]

景观的设计语言是一种艺术表现语言,是自然语言与人类语言叠合的产物^[2]。它是由形状、结构、材料等专业符号构成具有象征意义的新物象。这些新物象构成的空间体系如同景观语言是由语素、语法、语用和修辞等方面构建景观语言系统一样具有规则,能够表达情感、产生互动。景观叙事与语言叙事是相通的,既要求认识、表现世界,同时又要求引导、改善、甚至改变世界。

1.3 航空景观语言

随着国家对航空产业的推进,一系列政策和管理措施相继出台,中国航空产业迎来了历史良机和发展空间:近年机场在运营规模和建设数量两方面呈现出“双增长”;以爱飞客为代表的通用航空综合体全国布局,荆门爱飞客通用航空创意经济示范区已初具规模;集航空、体育、低空旅游为一体、面向大众的航空飞行营地逐渐受到市场的青睐;各类陆续推出的航展、表演更显示出国家的科

作者简介:殷丽燕,女,高级工程师,2005年毕业于荷兰瓦格宁根大学空间规划专业,现就职于航空工业规划综合规划设计研究院。

技工业和综合国力……航空产业的发展使得航空景观应运而生。

航空景观的形式和空间必须考虑到功能、环境、使用对象、造价等多方面因素。同时,景观又属于艺术范畴,需要借助美学修养和欣赏水平。这就决定了景观的多元性、复杂性和多层次的认知。本文试图将航空景观中各式各样的航空元素和线索,在航空主题下共存于一个统一、有序的整体之中,通过航空景观的语言要素、语法规则、关键词语及修辞学等探寻它的形成规律。

1.4 航空景观语素

航空景观语素是组成航空景观的所有元素,像单个字词一样。它们可以是航空典型语素,如:爱飞客综合体、航空小镇、飞行营地、机场、跑道、金属材料等;也可以是航空非典型语素,如:山、水、道路、植被等。根据设计需求,将航空景观语素分为以下六类:

A 背景与意义:项目推动实施的背景与意义

B 定位及方向:上位规划对本项目的定位及发展方向

C 周边及场所:项目周边条件及本底条件

D 材料及形式:场地内现状景观元素及肌理

E 线索及内容:项目相关航空线索及资料挖掘

这些航空景观语素独自使用则关系松散甚至毫无意义,但像语言一样通过上下文构成关系时,它们或交织、或叠加、或平行,通过合理的组织便可以融于一体。

1.5 航空景观语法

航空景观语法是将复杂变化的景观语素进行上下文的梳理、组合,使景观语素合乎逻辑地构成航空景观的法则。虽然设计过程中,设计者通过特有的表现手法将具有感性成份的构思、情感和意图灌注其中,但仍然需要遵循以下规则:

A 功能为先

航空景观设计具有完善设施、营造空间、美化环境等功能。其中,功能完备是评价航空景观设计成功的重要指标。航空景观有别于其他景观之处主要在于航空器种类繁多,除去翼展、高度等参数大小不一外,性能差距极大,对展示、飞行场地要求不尽相同:如,航空运动类景观需要具备与具体项目相匹配的机场跑道、开阔平整的起飞与着陆场地、具备有经空中交通管制部门批准的飞行空域,甚至有些如热气球、系留气球类项目需要在场地内设置系留装置,并在周边设置安全警戒线,配备地

空通信设备等。除了航空运动功能外,航空特色餐饮、航空运动、表演、休闲、科普等功能空间也要合理配置,并通过顺畅的游戏设计维系空间的互动性,同时兼顾形式美学要求,带给人们美的享受,营造出舒适宜人的体验空间。

B 文化内涵

场地缺少了文脉也就缺少了精髓,设计者需要认真体察场地的内质并充分揭示场地人文及物理特征,挖掘并展现真正的场所精神。适当保留和利用场地现状语素、延续场地文脉,使场地素材更加丰富并耐人寻味。在航空主题和故事线索下构建与航空相关的场景,形成人们心目中认同的形象,达成深厚的共识,同时产生意义深远的航空文化。以当今社会的时代特征、现代景观设计的需求为根本,尊重社会的进步与科技的发展,创造出与当今社会同步发展的景观形式。将场地设计为一部展示自然、人文、历史的景观作品,充分反映出设计者对场地的深刻理解。

C 地域特色

如同语言中的方言,景观设计语言需要结合自然环境、航空产业特色、地域文化、气候特点及场地的风、水、地质、植被等元素进行设计并融入到本土文化中。在设计中保护和利用地方材料和物种,强调地方在产业、人文、价值体现等方面的独特之处。在航空主题下从地域特征中寻找设计的语素和规则,只有注重地域特色才能使景观实用、经济、长久且具有可识别性。

D 尺度宏大

航空景观空间尺度为多重的,但以“超大型”为特点,长长的跑道、庞大的飞行器、宏大的空间都超越了人们熟悉的场景。虽然超大的结构和空间打造了场地独特的形象和可识别性,但同时还需要考虑近人尺度的感受,尺度拿捏、材料选取、色彩表达等细节设计都需要体现人本关怀。此外,航空高空视角将大地景观观赏效果发挥得淋漓尽致,通过土地、岩石、水、花田甚至小品、构筑来塑造改变场地视觉景观,带给观赏者壮观、震撼的别样体验。

E 生态融入

航空产业的发展体现了人类科技的进步,但也因为它的发展破坏了诸多芳草鲜美的原生场地。在设计过程中,设计者应该尽量尊重场地上的景观特征和生态过程,通过最小干预将场地个性展现出来。不对场地进行大的改变和破坏,而是根据场地

自身的条件适宜地决定增减景观语素，从而表达出对自然的尊重和生态负责的态度。根据场地资源与环境状态选择适当的建设方式，形成符合自身的生态可持续发展思路。

1.6 航空景观语用

航空景观语用是在航空主题特定的线索和环境下，创造各类景观语素和语法与具体航空文化含义的合理关系，并通过赋予航空景观语素感情和寓意，塑造出有意义的形式及文脉去表达观点及设计主题。

航空主题框架是航空景观设计的灵魂，统领并贯穿整个设计始终。丰富的景观语素都是依附于主题框架上的嵌块。设计者通过对以上语素的调研和合理取舍，采用有规可循的语法，塑造出一系列有内涵和价值的景观。

在主题框架基础上，合理地采用模仿、抽象、创新等手法塑造场地文脉，它是由表及里，由浅入深的转化，实现寄托设计者感情、表达航空发展历程和文化内涵的过程。其中，模仿是指对航空器等与航空主题相关的实物外型模拟，使它与原事物产生联系，引起人们视觉、想象和情感的共鸣，常用雕塑或历史场景再现等方式来表达；抽象和创新则是将航空元素最具有特征的部分经提炼加工形成的“片段”或“符号”来表达主题意境；塑造文脉即打造航空文化脉络，设计者通过图像、语言等方式产生航空文化承启关系，影响并形成场地的景观特征。

1.7 航空景观修辞

建成的航空景观可以像语言一样具有修辞色彩。强调、修饰、隐喻、反复、夸张等手法就像景观设计的修辞，使空间和场景更加丰富感人。例如，整齐的树阵应用反复手法形成了工业几何化的秩序感；夸张的形态或鲜艳的色彩使得构筑物被强调成为观赏者视觉的焦点；通过曲折的线型比拟事物的发展历程，令人们产生联想达到预期的意境空间；破旧的机械零件涂以美丽的色彩就被修饰为充满诗意的雕塑……

2 荆门爱飞客航空极客公园景观设计实践

2016年3月荆门爱飞客航空极客公园景观设计项目启动，它是全国首家“爱飞客”品牌的创意综合体的第一个实施项目。建成的爱飞客航空极客公园与周边航空综合体、商住办公及机场核心区等区

域联动发展，不仅为周边项目提供开敞的室外航空体验空间，还承担着商业整合集聚人气与疏散避难场所的作用。

在极客公园景观设计过程中，设计者试图将航空产业与荆门当地漳河新区、爱飞客综合体、特种飞行器研究所、航空文化乃至场地良好的自然滨水、绿地等条件建立起良好的可持续发展、共同生长的关系。

2.1 航空极客公园典型语素

荆门极客公园位于漳河新区爱飞客航空小镇东部，是爱飞客小镇的门户和形象展示窗口。它北临爱飞客大道，东西两侧分别为游艇社区和飞行社区，南部紧邻漳河水库，场地依自然条件形成大小不一的四个半岛，总长1.5km，占地面积约40ha。

场地的景观语素极为丰富，既涉及航空产业在荆门地区的战略布局和多元的社会关系，同时还涉及复杂的竖向条件和良好的自然本底。整个公园场地由北向南呈自然草坡入水。水库景色优美，但景色稍显单一。场地内散布着十几栋民居，并有大量的橘林、鱼塘和片状银杏、松林，场地南侧为宽窄不一的滨水岸线，最宽处达200m。场地北侧紧邻爱飞客大道，各岛仅有一条现状路与爱飞客大道衔接。场地竖向变化较大，东侧低于爱飞客大道1~3m，形成凹地和水塘。西侧高于爱飞客大道3~7m，在爱飞客大道两侧形成陡壁，行走在爱飞客大道上，空间压迫感强。

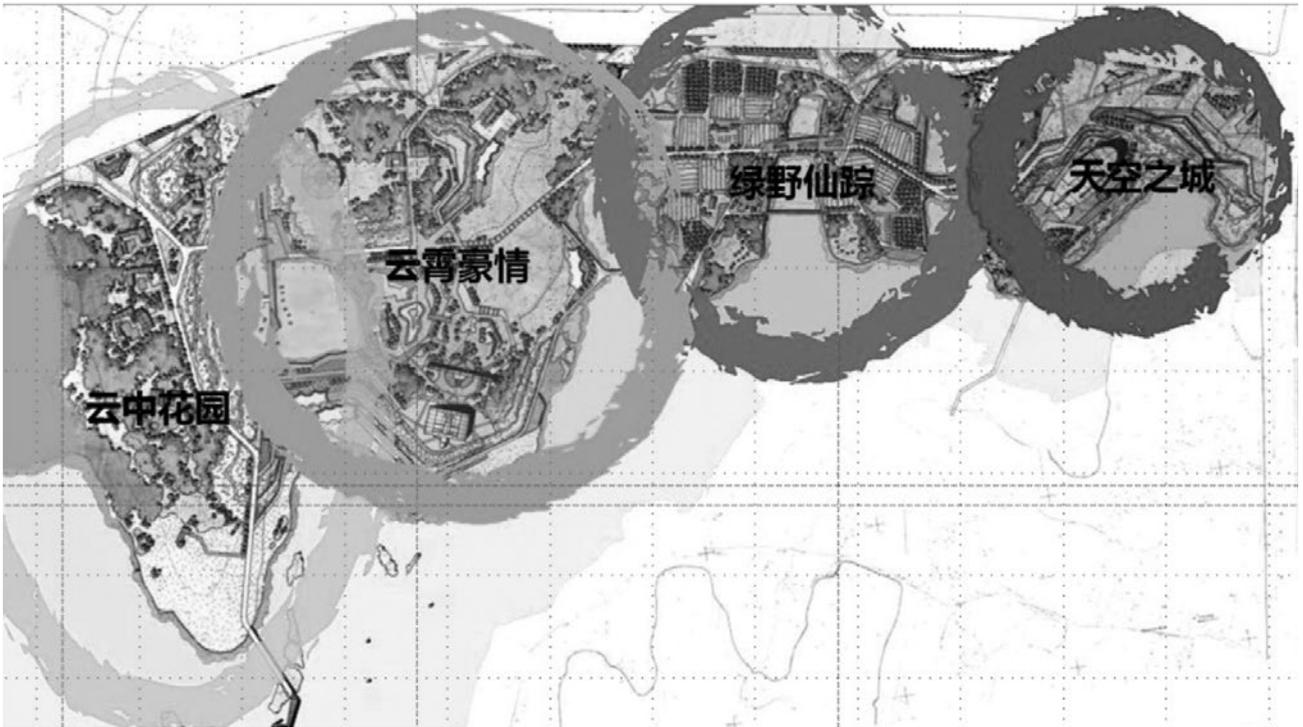
荆门地区航空资源丰富，爱飞客小镇是全国首个将通用航空产业、新型城镇化、文化创意休闲融为一体的大型综合体项目。由2015年开始，每年一届的爱飞客飞行大会吸引了大量的航空爱好者和游客。此外，新建的荆门支线机场和航空产业园距离场地仅3km，更为重要的是具有55年历史的特种飞行器研究所（简称特飞所）也坐落于荆门，它造就了中国航空史的传奇：特飞所研制出我国第一架大型水上反潜巡逻机、第一艘大型载人充氦飞艇、第一架水陆两用飞机、第一架实用型地效飞机……填补了中国航空史上一个又一个空白。

2.2 航空极客公园语法特征

荆门地区特定的航空资源和场地内特定的自然资源、物候条件将决定景观设计语法。场地被自然形成的半岛划分为四个空间，同时“北临大道、中间狭长、南滨水畔”的特征，使得场地自然产生了三条流线贯穿全园。设计者将场地的空间宏大、元

素复杂、竖向丰富的场地梳理整合为“三线四区”的结构。因形就势的场地空间和原生植被、水文、

气候等特点形成了整个公园的地缘性语法，将丰富多元的景观语素组成一个层层递进的空间序列。



极客公园分区图



极客公园流线图

北部飞行之旅：

飞行之旅北临爱飞客大道，长1.5km，是重要的城市界面。它承担着航空文化宣传、展示和航空科普教育的功能。公园边界放弃了高大封闭的围墙，利用规则的花池叠水和自然花溪形式，不露痕迹地围合公园、阻隔人流，并保证了视觉上的通透。这道隐形的围墙塑造了公园开放、透明的特性，向城市渗透着航空文化，同时满足了未来公园运营管理的需求。飞行之旅游线空间采用了富有变化的折线造型，曲折硬朗的铺装肌理、折线型的钢板和毛石挡墙隐喻了人类航空梦想的艰辛曲折发展过程。材料多采用表面锈蚀的钢板和粗糙的毛石，这些材料不仅体现了航空工业的硬化特点也模拟了金属和石材自然演化的过程。

1.5km宏大的航空文化长廊自东向西被细分为启梦区、寻梦区、追梦区、逐梦区、圆梦区和创梦区六部分，表现了人类不懈进行飞天的探索与尝试的艰难历程。以时间作为线索展示了自然飞行生物、古代四大飞行器、早期飞行器、现代真机及模型、未来飞机、科技墙等地方特色语素。设计考虑了近人尺度的设计，材料以金属为主但加上毛石、混凝土、玻璃等材料形成变化和对比，并增加木质座椅、主题雕塑、凉亭、水体等展现了细腻的人文关怀。

中部炫动之旅：

炫动之旅具有航空互动体验、娱乐休闲功能，它连接了特飞所产品展示区、飞艇咖啡厅、户外拓展区、无人机赛场地、航空体验乐园、热气球体验场地和航空客栈等重要节点。其中的无人机场地为专业赛事场地，设置了南北向200m长硬质跑道，并保证端净空50m范围内无障碍空域。场地现状的部分民居被保留改造成为航模手工坊和配套用房。热气球场地为约1000m²的方正空间，场地内设置了两个系留点。炫动之旅不仅是航空爱好者竞技、观演的欢乐之旅，也是大众游客快乐享受、真实体验的游线，它将各景观节点完整联接并维系了各功能空间的互动。

南部悦水之旅：

为了保留场地南部滨水的原生环境，悦水之旅保留了原有漫长的岸线。结合场地良好的植被群落，打造出一条长达1.7km蜿蜒曲折的亲水游线。悦水之旅东侧起始于特飞所产品展示区，西侧经滨水飞碟餐厅和灯光水秀场，自然过渡到阳光沙滩区，在夏日炎炎的湖北地区，沙滩将成为消暑的首

选之地。阳光沙滩西南端设置高达18m的灯塔，成为全园至高点和悦水之旅的收尾。

漳河水库水位变化高差近10m，为了防止水位变化带来的视觉影响，结合栈道梳理现状生态植物群落，菖蒲、沙草、千屈菜、芦苇等构成了丰富的湿地系统，展现了自然美丽的原生景色。



极客公园栈道景观

2.3 航空极客公园语用详析

航空极客公园以航空文化为灵魂，以极客体验为特色，通过“天空之城”、“绿野仙踪”、“云霄豪情”和“云中花园”四个从属于航空主题的次主题来进行讲述、展示、强化航空主题。

天空之城次主题区：

天空之城次主题区位于漳河大道和爱飞客大道的交叉口，是整个爱飞客航空小镇的门户节点，担负着入区提示、品牌形象展示与宣传的作用，具有重要的景观地位。中航工业LOGO标识和80m跨度模拟飞行轨迹的莫比乌斯环雕塑强调了公园的航空特徵。结合具有场地航空特色的典型语素，如烘托水上飞机水轰五真机的涌泉水池组合、地效飞机、系留气球、海鸥300、飞艇咖啡厅、雕刻着特飞所功绩的锈钢展墙、飞人雕塑……一向人们传达出具有荆门特色的中国航空产业发展的欣欣向荣和对未来发展的期望。

绿野仙踪次主题区：

绿野仙踪次主题区是公园自然条件最优良的区域。这里的自然肌理被保留下来并通过保留道路、建筑和橘林来还原场地记忆。设计弱化了人工的痕迹，户外拓展设施只是自然的点缀。这里是自然天性绽放的区域、是拥抱自然的场所：成行成列的橘林、幽静的苇塘、连绵的长满野生花草的浅滩……这里可以垂钓、采摘，感受收获的喜悦；可



天空之城次主题区景观



水轰五涌泉水池组合景观

以追蜂捕蝶，细致观察昆虫的飞行奥秘；也可以在露营地支一顶帐篷，橘林间系一张吊床，沉浸在树叶与虫鸣的和弦中，这里是人与自然和谐相处，亲密接触的净土。

云霄豪情次主题区：

云霄豪情次主题区位于极客公园中部，用地开阔，景色优美，这里被打造成极客公园最活跃的区域。航空专业比赛场地、航空体验乐园、现代飞行器展示区和飞碟餐厅都集中在这里。专业无人机场、热气球体验场结合定期组织的航空赛事，不仅吸引了更多爱好者的热情，更令游客激发出对航空运动的喜爱。为使航空主题更为突出，大众更易于参与，航空体验乐园内设置了大量与航空有关的游乐设施：飞行轨迹造型的摩天轮可以俯瞰园区的美景，同时它引人注目的造型和体量完善了公园的天际线，使漳水库北岸景观轮廓更加丰富。翼飞冲天、勇攀天梯等集知识性、科学性、趣味性为一体的设施让人们获得了与众不同的航空娱乐体验，享受冲上云霄的激情。蛟龙600水上餐厅是蛟龙600真机与建筑浑然一体设计而成，餐厅的里外装饰、

构件甚至餐饮都能找到飞行元素的影子，点点滴滴渗透出航空文化。

云中花园次主题区：

云中花园次主题区是展现未来与创新的区域，保留北侧大片橘林和结构良好的民居，将民居加入航空元素，改造成高端航空主题客栈，营造出密林云端的优美环境。岛中部种植大面积花海，结合现状地形塑造极具欣赏性的大地景观。花海南侧与阳光沙滩相接。绿树、花海、航空客栈、沙滩等景观语素将云中花园妆点成一处唯美、梦幻的航空未来世界。

3 结语

荆门航空极客公园从景观设计语言角度出发，根据场地特质，探索和实践了景观语素、语法和语用在航空类景观设计中的应用。这个实践是航空工业文化在时代语境中全新尝试的第一步。这一步不仅以合理的景观语素和语法向人们娓娓讲述着自己的故事，还结合了场地的自然地域和社会语境，形成了地缘、业缘及志缘等不同社会团体间的集体记忆。

参考文献

- [1] Spiro A W. The Language of Landscape [M]. New Haven, Conn: Yale University Press, 1998.
- [2] 俞孔坚. 景观的含义[J]. 时代建筑, 2002 (1): 14-17

民航建设项目设计概算编制问题及应对措施

■ 亢良兆 李锐娟 [工程造价]

摘要: 民航建设项目设计概算在初步设计文件中占据重要地位, 很大程度影响初步设计的报审及批复。阐述民航建设项目设计概算编制流程, 分析其设计概算编制过程中存在的问题, 探讨此类问题对设计概算编制效率、成果的不良影响, 并提出系列应对措施。

关键词: 民航建设项目; 设计概算; 技经

1 引言

完整的民航建设项目设计概算要经过编制、校对、汇总、校审等阶段, 每一阶段的质量都紧密影响最终成果。在这些阶段中, 常常会出现设计专业发给技经专业的设计概算工程量条件存在质量问题、各方人员沟通存在障碍、设计概算与初步设计文件不一致、设计概算管理流程不完备等问题, 这些问题能否有效解决, 对民航建设项目设计概算成果至关重要。

2 民航建设项目设计概算编制的流程

民航建设项目设计概算, 技经人员的主要沟通主体有设计人员、业主、评审专家、审批部门、造价咨询公司、民航咨询公司, 如图1所示。首先, 设计人员向技经人员发出设计概算工程量条件, 技经人员完成民航建设项目设计概算并交付业主; 然后, 业主会组织第三方造价咨询公司编制概算, 看是否与设计院编制的设计概算有较大出入, 继而让设计院与造价咨询公司对设计概

算进行交流沟通并修正设计概算; 最后, 由民航咨询公司组织民航建设项目设计概算评审会, 参会的评审专家对设计概算进行评审并提出修改意见, 设计院将修改后的设计概算成果及修改回复交由民航咨询公司, 让评审专家对回复意见进行审核, 继而确定最终版设计概算。

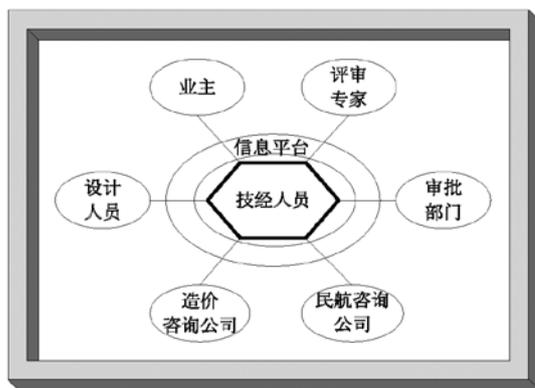


图1 设计概算技经人员的沟通主体

3 民航建设项目设计概算编制存在的问题

3.1 设计概算工程量条件存在质量问题

民航建设项目设计概算编制的开端是接收各个设计专业发出的设计概算工程量条件, 如果设

作者简介: 亢良兆, 女, 助理工程师, 2016年毕业于北京交通大学工程与项目管理专业, 现就职于中航建设民航工程设计研究院。

设计概算工程量条件存在质量问题，源头上就影响了概算文本的质量。目前设计概算工程量条件存在未标准化、未统一化等现象，每个设计专业发出的条件质量参差不齐，如工程量存在量级错误，工程做法不具体，如构件只写图集号未选标准做法等。同时，项目初步设计留给设计专业的时间相对充裕，对于技经部门，一般只留了相对较少的时间去完成设计概算，所以如果设计人员发出的设计概算工程量条件相对完善，将会极大程度地减少技经人员时间浪费，更高效地完成设计概算编制。

3.2 设计概算和初步设计文件不一致

民航建设项目总投资的确定，需要经过多轮反复修改，先确定工程规模、方案、标准，据此核算造价，如项目总造价与项目批复或业主要求有差距，需要再根据确定的投资，调整工程规模、方案、标准，最终通过调整，得到较为合理的工程规模、方案和投资。不断调整、修改的过程，往往会出现概算总表、单位工程概算表与初步设计文件不一致，由于初步设计文件是设计概算编制的主要依据来源，设计概算文件和初设文件前后矛盾不利于通过民航建设项目设计概算审查。

3.3 设计概算编制存在沟通障碍

民航建设项目设计概算编制工作，涉及一系列的沟通主体，主体间的沟通不畅，会导致设计概算编制无法顺利进行。技经人员对设计人员的设计意图没有充分理解，报价不够准确；业主作为项目的主要决策者，部分技经人员碍于压力盲目听从业主，不根据规范而是全部按照业主的意见来修改，最终初步设计概算无法通过初步设计审查^[1]；初步设计评审时，技经人员与专家沟通不全面，最终的概算修改结果很难令专家满意，继而带来一系列的返工工作；项目审批单位作为项目的审批方，会要求技经人员按照审批部门规范来调整概算，技经人员与审批单位对概算调整沟通不畅通，会延迟项目批复时间，影响业主方的正常开工。

3.4 设计概算管理流程不完备

民航建设项目设计概算需要经过编制、校对、汇总、校对、校审等阶段，但是参与设计概算编制的技经人员并没有完全履行各流程任务，如直接从编制跨到汇总，没有校对、校审，最后交由项目负责人，使得设计概算的质量无法完全保证。设计概算没有经过校对流程，经验不足的技经人员对造价指标把握不准会造成报价过高或偏低，不看图纸缺乏全盘考虑很容易缺项漏项，另外缺乏校对人员对编

制人员编制的单位工程概算表的校对，编制人员的能力很难得到提升^[2]。设计概算没有经过校审流程，部分技经负责人未按照最新文件取费，使用作废的政策文件，导致投资计算出现错误，同时没有校审人员对技经负责人编制的总概算表进行校审，技经负责人无法纠正其错误，同时其总概算表的编制能力也很难有所提高^[3]。

4 民航建设项目设计概算应对措施

4.1 标准化设计概算工程量条件

技经人员接收的设计概算工程量条件，来自于工艺、建筑、结构、安装等设计专业，如图2所示，每个设计专业应该形成各自专业的设计概算工程量条件标准。土建投资占据总项目投资比例相对较高，所以涉及土建投资的建筑和结构专业提工程量时，应仔细核对是否存在量级错误，同时每个构件做法应该详细列出；安装专业所发出的设备材料表应按照单项工程划分，如有特殊设备或材料，可以补充备注，并标明品牌。同时应严格按流程操作，设计人员应将所有条件完整发送给技经人员，包括设计概算工程量条件及图纸。

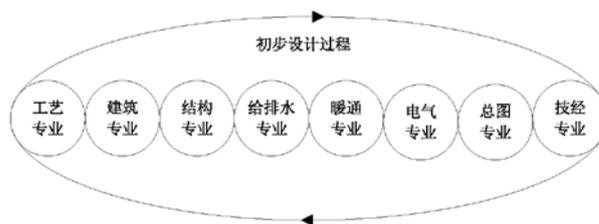


图2 初步设计涉及专业

4.2 保证设计概算和初步设计文件一致

民航建设项目设计概算和初步设计文件一致，需要双向保证。一方面，设计人员发送设计概算工程量条件给技经人员，技经人员需跟设计人员确认其发出的设计概算工程量条件是最终版条件。另一方面，技经人员将汇总完的总概算表发送给设计人员，设计人员也应确认初步设计文本中的设备材料表、建筑面积、工程量等跟总概算表一致。双向保证的过程需要项目总师来协调，项目总师，即协调所有设计专业和技经专业的总负责人，一定要对该项目可研报告理解到位，才能保证各个设计专业设计的项目不缺项，最终保证投资不漏项，因为在不考虑价格上涨因素的前提下，初设规模应严格控制在可研规模内。做

好项目总师、设计人员、技经人员三者之间的沟通工作,有利于保证设计概算和初步设计文件一致,顺利通过民航建设项目设计概算评审。

4.3 协调设计概算沟通工作

民航建设项目设计概算的完成涉及很多主体,包括设计人员、业主、评审专家、审批部门、造价咨询公司、民航咨询公司等,各主体间沟通的畅通有利于概算编制的完成。设计人员、造价咨询公司的沟通工作相对简单,技经人员可以对设计人员发出的设计概算工程量条件有疑惑的地方与其进行讨论,在与造价咨询公司沟通时,对自己在概算编制过程中存在的系列问题查缺补漏。项目评审会,一般是民航咨询公司组织专家进行项目评审,民航咨询公司作为中间方,协调设计单位与专家之间的工作,技经人员可以把自己的概算编制思路与专家进行交流,对概算编制过程中存在的错误进行修正整改,并将修改后的概算文本交予民航咨询公司。与业主的沟通就相对有些复杂,因为业主不是专业从事概算编制的人员,对概算总表的列项、价格把握并不是很准确,这时候技经人员就需要抓住主要矛盾,将当前工作最主要的任务与业主进行沟通,如由于价格上涨导致项目设计概算投资超过可研投资,此时便需要跟业主商量削减项目规模;如项目二类费用是否已经发生,需要跟业主进行确认等。与审批部门的沟通也是相对困难的,因为作为项目审批单位,对概算总表列项中的每一个细项都会严格审查,技经人员需要做的就是认真配合审批单位工作,使得概算编制成果符合审批单位要求。

4.4 加强设计概算编制阶段流程管理

完整的民航建设项目设计概算编制包括四个阶段,即设计阶段(水、暖、电、土建技经人员编制概算^[4])、校对阶段(水、暖、电、土建技经人员校对概算)、汇总阶段(技经负责人汇总水、暖、电、土建概算)、校审阶段(具备校审资质的人员校审概算)。设计概算编制的三维监管模式如图3所示,旨在通过三个维度来实现各阶段目标。第一个维度是“自我控制维”,是指每个技经设计人员对设计阶段目标的自我行为控制。即参与此项目概算编制的技经设计人员应根据地方定额编制单位工程概算表,不缺项漏项,按照最新信息价调整人材机价格,采用地方取费标准,保证概算编制的有效性、准确性,确保概算编制质量。第二个维度是“执行监管维”,是指每个技经校对人员对校对阶段目标所进行的旁观校

对控制^[5]。技经校对人员往往经验较为丰富,对项目造价指标信息掌握比较全面,可以发现技经设计人员在编制过程中出现的相关问题,查缺补漏。第三个维度是“控制监管维”,是指校审人员对技经负责人编制的汇总资料所进行的审查。技经校审人员具备校审资质,参与项目校多,对设计概算投资把握较为准确,可以对校对后的成果进行再一轮的审查,以及对总概算表中的问题予以指出。

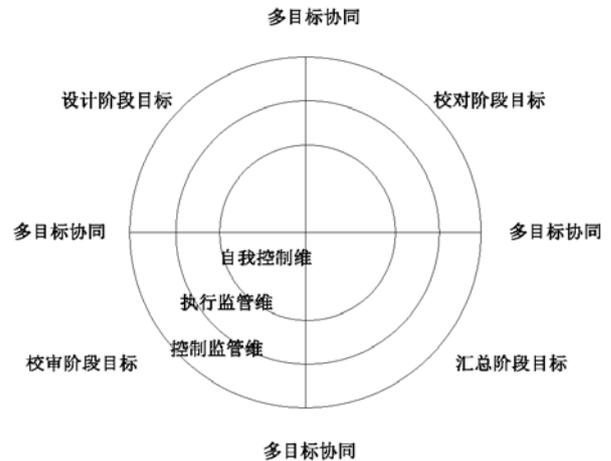


图3 设计概算编制三维监管模式

5 结语

本文就民航建设项目设计概算进行了分析,介绍了民航建设项目设计概算编制存在的问题,并提出了相应的应对措施。通过措施的实行,可以极大地提高民航建设项目设计概算编制效率,避免不必要时间的浪费,保证民航建设项目设计概算编制的质量,使得民航建设项目设计概算编制工作朝着更加健康、有秩序的方向发展。

参考文献

- [1] 王旭.初步设计概算在全过程投资控制中的作用研究[J].工程建设与设计,2017(18):180-181.
- [2] 范雪琴.建筑工程造价超概算原因及控制措施[J].山西建筑,2017,43(17):208-210.
- [3] 徐思盼,李天一.建设工程设计概算编制质量的影响因素分析[J].科技展望,2016,26(16):25.
- [4] 孙秀英.水电暖工程概算管理问题及对策探究[J].住宅与房地产,2016(03):96.
- [5] 梁艳.全面概算视角下的工程概算管理与策略探讨[J].经济研究导刊,2017(09):76-77.

垃圾焚烧项目投资决策阶段 造价控制研究

■ 孙丽莹 韩爱华 [工程造价]

摘要: 垃圾焚烧项目基于良好的环境效益和社会效益,项目规模数量在持续扩张,投资决策作为项目全过程造价管理最重要的阶段,对垃圾焚烧项目投资控制具有重要影响。基于此,本文以投资决策阶段为研究视角,通过识别和分析该阶段对于项目造价的影响因素,在逐一分析垃圾焚烧项目造价的重要影响因素后,对各因素间及对投资估算的具体影响效应进行分析,从而为项目的造价控制提供合理化建议。

关键词: 垃圾焚烧;投资估算;影响因素;造价控制

0 引言

由于城镇化快速发展,城镇生活垃圾产生量激增,原有垃圾处理能力相对不足,一些城市、县、乡面临“垃圾围城”的困境。根据《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》及相关文件的要求,全国各地都在积极筹建垃圾焚烧发电厂,经验表明,垃圾焚烧处理具有污染物排放量低、无害化程度高、节约土地、垃圾减量化和资源化利用效果好等显著优点,具有良好的环境效益和社会效益。

根据国务院印发的《“十三五”生态环境保护规划》要求,“十三五”大中型城市将重点发展生活垃圾焚烧发电技术,鼓励区域共建共享焚烧处理设施。到2020年,垃圾焚烧处理率将达到40%,垃圾焚烧发电行业新增市场规模将近千亿。因此,在确保合理使用目的得以顺利实现的前提下,如何科学有效的对垃圾焚烧项目的造价进行控制,减少投入,对于各级政府和投资者来说具有重要意义。

而投资决策阶段作为项目全过程管理造价的最重要的阶段,通常对整个项目造价的影响在90%以上。本文以投资决策阶段为研究视角,通过识别和分析该阶段对于项目造价的影响因素,对各因素间及对投资估算的具体影响效应进行分析,从而为项目的造价控制提供合理化建议。

1 投资决策阶段造价控制目标

作为垃圾焚烧项目造价控制关键阶段之一,投资决策阶段的工作主要包括以下几个方面:做好可行性研究,规范项目标准,核定项目规模,选定项目场址和明确技术与设备,最终形成投资估算作为垃圾焚烧项目造价控制的主要依据。投资决策阶段的造价控制目标,就是要确保投资估算要达到相应的准确度,如果投资估算脱离实际情况,是不可能起到真正控制整个工程造价的作用的,也无法对垃圾焚烧项目的造价发挥指导性作用。

2 垃圾焚烧项目投资估算费用构成

在我国目前造价管理体系下,垃圾焚烧项目

作者简介:孙丽莹,女,助理工程师,2016年毕业于天津大学工业工程专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

属于生产性建设工程项目，其估算总投资包括建设投资、建设期利息和铺底流动资金。如表1所示。

表1 垃圾焚烧项目估算总投资构成表

项目名称	内容	备注
一、建设投资		
(一) 工程费用	建筑工程费	
	设备及工器具购置费	
	安装工程费	
(二) 工程建设其他费用	建设场地费	
	建设管理费	
	建设项目前期工作咨询费	
	研究试验费	
	勘察设计费	
	环境影响咨询服务费	
	劳动安全卫生评审费	
	场地准备及临时设施费	
	工程保险费	
	特殊设备安全监督检查费	
	生产准备及开办费	
	联合试运转费	
	专利及专有技术使用费	
	招标代理服务费等	
	施工图审查费	
	市政公用设施费	
	引用技术和进口设备项目的其他费用	
(三) 预备费	基本预备费	
	涨价预备费	
二、建设期利息		
三、铺底流动资金		

2.1 建设投资

建设投资包括工程费用（含建筑工程费、安装工程费、设备及工器具购置费）、工程建设其他费用、预备费。一般来讲，对于垃圾焚烧项目，建安工程费约占估算总投资的40%~50%，设备及工器具购置费约占30%~40%，相较于其他项目而言，设备购置费所占比重较大。按照专业不同，工

程费用又可划分为机电设备安装工程费用（包括垃圾接收、储存与输送系统、垃圾焚烧系统、烟气处理系统等相关系统的费用）和建筑工程费用（包括主厂房、渗沥液处理车间、综合楼等费用），对于部分垃圾焚烧项目，还需要考虑厂外配套投资部分，包括配套电力接入系统工程费用、配套道路工程费用、配套给排水工程费用。

2.2 建设期利息

指工程建设周期内用于工程项目建设的贷款，并在建设期内应按期归还的贷款利息支出。

2.3 铺底流动资金

指按确保经营性项目后期生产经营正常进展，按照规定应列入项目总资金的一定比例的流动资金。

3 投资决策阶段造价影响因素分析

在投资决策阶段，对垃圾焚烧项目造价的重要影响因素进一步分析，将对项目造价产生影响的因素统一纳入影响因素体系中。根据该因素在因素体系中的具体影响效应，分为基础因素和非基础因素。基础因素是指不受因素体系中其他因素的影响，且对其他因素产生影响的因素，即在体系中具有基础性地位；非基础因素是指受到体系中其他因素影响的因素。

3.1 基础性因素

在基础性因素中，又根据该因素是否可控，划分为客观因素和主观因素。客观因素主要是指客观上存在、不以投资决策者的意志为转移、不由投资决策者决定的因素。主观因素主要是指投资决策者可以决定或部分决定的因素。

3.1.1 客观因素：建设规模

对于垃圾焚烧项目，建设规模是基础性的因素，主要取决于项目所在地周边城市发展水平和辐射范围内人口数量。建设规模是否合理，关系着垃圾焚烧项目的最终成败以及后期运营的经济效益，同时决定着项目本身造价合理与否。

3.1.2 主观因素：厂址选择、建设标准

(1) 厂址选择：垃圾焚烧项目厂址选择不同于常规工程项目，不仅要考虑项目所在地对项目实施的影响，同时也要考虑项目实施对周围环境的影响。在投资决策阶段，决策者通常需要从几个备选厂址中自主决定最终厂址。选址主要遵循以下两个基本原则：一是靠近垃圾堆放地点及原材料、燃料供应地，减少

运输成本，并降低厂外配套工程造价；二是尽量远离居民生活区的原则，避免二次污染。

(2) 建设标准：在投资决策阶段，决策者综合考虑项目所在地自然和社会经济环境的影响，确定垃圾焚烧项目的建设标准，如建设欧盟92标准还是建设欧盟2000标准等。建设标准是影响工程造价高低的重要因素之一，将会直接影响垃圾焚烧项目的设备选型和工艺评选。建设标准定的过高，会脱离实际，增加造价，造成投资的浪费；定的过低，又会影响技术进步，影响投资效益。

3.2 非基础性因素

非基础因素是指受到体系中其他因素影响的因素，具体包括以下因素：

(1) 设备选型：垃圾焚烧项目设备选型主要指垃圾焚烧炉炉型、余热锅炉蒸汽参数及型式的选择等。设备选型主要受到建设规模和建设标准因素的影响，决策者要结合实际需求，确定相关主要的设备的参数及型式，通过综合考虑不同型号设备的购置成本和运营期维修成本，来判别采用国内还是国外的设备。

(2) 工艺评选：垃圾焚烧项目工艺评选主要指焚烧线配置、汽轮发电机组配置、凝汽器冷却方式选择、烟气净化处理系统配置等。工艺评选同样受到建设规模和建设标准因素的影响，决策者要根据自身方案设计和能力，选取最适用和最经济的工艺方案，争取以最小的消耗取得最理想的经济效果，把造价控制的理念渗透到设计方案和施工措施里去。

(3) 厂外配套：垃圾焚烧项目厂外配套工程包括配套电力接入系统工程、配套供排水、道路和土石方工程等。厂外配套工程造价主要受到厂址选择的影响。因此，在进行厂址选择时，应充分考虑到对厂外配套的电力、给排水及道路等工程造价的影响，选择最优的厂址。

(4) 地基处理：鉴于垃圾焚烧项目大多选址在远离城市的地区，同时出于社会和经济效益最大化的考虑，项目越来越多的利用不良土质，这就使得地基处理成为影响垃圾焚烧项目造价的重要因

素之一。作为垃圾焚烧项目施工基础环节的地基处理，其方案选择的好坏直接影响整个工程的成本以及垃圾焚烧项目的质量和使用寿命。

4 投资决策阶段造价影响因素间的影响效应分析

在逐一分析垃圾焚烧项目的造价的重要影响因素后，对各因素间及对投资估算的具体影响效应进行分析，影响效应如图1所示。在基础性因素和非基础性因素间的影响效应方面，建设规模和建设标准同时对工艺评选及设备选型两个因素产生影响，厂址选择则同时影响地基处理和厂外配套两个因素。在非基础性因素好投资估算的影响效应方面，建筑工程费主要受工艺评选和地基处理的影响，安装工程费主要受工艺评选和设备选型的影响，设备及工器具购置费主要受工艺评选和设备选型的影响，厂外配套投资则受厂外配套的影响。在基础性因素与投资估算的影响效应方面，基础性因素除通过非基础性因素间接影响投资估算外，还对投资估算各项指标产生直接性影响。

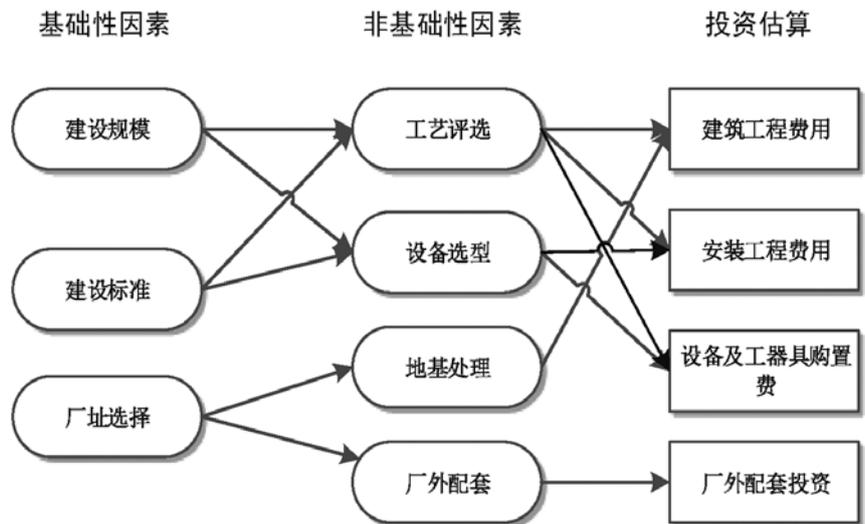


图1 影响效益分析

5 投资决策阶段造价控制相关建议

5.1 做好投资估算

垃圾焚烧项目决策阶段的投资估算，是项目

进行投资决策的重要依据。投资估算的是否准确,将对项目准备阶段的初步设计概算和施工图预算产生直接的影响。若投资估算脱离实际,则无法对后阶段的投资进行控制,更无法真正控制整个工程的最终造价。因此,投资决策者需要高度重视投资估算工作,保证投资估算的严肃性与公正性,并确保投资估算不带有任何倾向性。

5.2 关注主观因素的能动性

对于上文提到的基础性因素中的主观因素,决策者可以根据自身情况进行比选,具有一定的主观能动性。在建设标准方面,决策者要根据实际的功能需求,综合考虑各方面因素,选择使整体造价最优化的方案。在厂址选择方面,决策者要避免选择地基处理复杂、造价偏高,或远离电力接入系统和给排水管网的厂址,避免由于上述因素而造成相关成本的增加。

5.3 重视财务评价工作

在投资决策阶段,财务评价作为垃圾焚烧项目的重要工作内容,对于加强固定资产投资的宏观调控,提高投资决策的科学化水平,引导和促进各类资源合理配置,优化投资结构,减少和规避投资风险,充分发挥投资效益,具有重要的作用。鉴于此,决策者应委托有相应资质的工程咨询机构进行完善而准确的财务评价,对垃圾焚烧项目的整体效益进行详细的评判,从而做出最优的投资决策。

5.4 兼顾经济效益和社会效益

决策者做进行方案比选时,一方面要关注对工程造价的影响,最大程度的降低工程造价;同时,也要兼顾项目整体的经济效益和社会效益。一味的追求降低工程造价,反而可能导致项目无法取得良好的经济效益和社会效益。在经济效益方面,如建设标准、厂址选择等方面,除需要考虑对造价的影响外,也要同时考虑对运营期收益可能造成的影响,厂址距离居民区太远可能会增加运营期的相关运输成本,距离过近又会导致环境影响评价不能达标等问题,而建设标准可能会影响运营维护成本和运营效率。在社会效益方面,需要关注可能对环境产生的影响。

5.5 做好全过程的投资控制工作

要想让垃圾焚烧项目的投资得到合理控制,不仅需要做好投资决策阶段的造价控制工作,更需要将投资控制工作延续到项目的全生命周期。在扎实做好投资估算,确保达到规定深度的基础上,随着项目的不断开展,所需资料的不断完善,要进一

步的确定合理的概算基础资料,力求垃圾焚烧发电厂设计概算准确、公正;同时,认真编制好施工图预算。最后,严格把好项目的竣工结算关,确保项目投资最终得到有效控制。

6 结束语

综上所述,要做好垃圾焚烧项目投资决策阶段的造价控制,要以投资估算为主要依据和最终落脚点,认真梳理影响投资决策阶段造价控制的主要基础性因素和非基础性因素,并细致分析各因素间及对投资估算的影响效应。在此基础上,不仅要关注主观因素的能动性,还要兼顾项目整体的经济效益和社会效益,确保投资决策者做出最优化的决策方案。

参考文献

- [1] 吴恒雄. 浅谈垃圾焚烧发电厂项目的投资控制手段. 广州建筑, 2009.
- [2] 李岩. 浅谈生活垃圾焚烧发电项目全过程造价控制. 有色冶金节能, 2011.
- [3] 常晓燕. 建筑工程造价影响因素分析及降低工程造价措施. 建筑科学, 2014.

浅埋暗挖施工方案及造价指标分析

■ 赵智兴 韩爱华 [工程造价]

摘要: 随着城市化进程加快,众多地下工程建设都需在城镇已建成地上物或交通主干道周边及地下进行,为了避免影响地上建构物的日常使用及拆除恢复,可采取很多施工工法,如盾构法、浅埋暗挖法、顶管工程、建设城市综合管廊等。本文就浅埋暗挖法的施工及造价指标,做简要分析说明。

关键词: 浅埋暗挖; 造价指标

1 浅埋暗挖法定义及特点

浅埋暗挖法是在距离地表较近的地下进行各种类型地下洞室暗挖施工的一种方法。在城镇软弱围岩地层中,在浅埋条件下修建地下工程,以改造地质条件为前提,以控制地表沉降为重点,以格栅(或其他钢结构)和喷锚作为初期支护手段,按照18字原则进行施工,称之为浅埋暗挖法。

浅埋暗挖的优点:结构形式灵活多变,对地面建筑、道路和地下管线影响不大,拆迁占地少,扰民少,污染城市环境少等。缺点:施工速度慢,喷射混凝土粉尘多,劳动强度大,机械化程度不高,以及高水位地层结构防水比较困难等。

浅埋暗挖法对比盾构法及明挖法,各种工法的特点如下:

表1 浅埋暗挖法、盾构法及明挖法特点对比

工法	浅埋暗挖法	盾构法	明(盖)挖法
地质条件	需处理地下水	各种地层	各种地层
地面拆迁	小	小	大
地下管线	无需拆迁	无需拆迁	需拆迁
断面尺寸	各种断面	特定断面	各种断面
施工现场	较小	一般	大
进度	开工快,总工期偏慢	前期慢,总工期一般	总工期快
振动噪音	小	小	大
防水	有一定难度	有一定难度	较易

作者简介:赵智兴,男,助理工程师,2013年毕业于北京交通大学土木工程专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

2 施工工艺

2.1 浅埋暗挖法施工步骤

施工准备——超前小导管布设——注浆——土方开挖——格栅架立——钢筋网片、连接筋——喷射混凝土——防水施工——二次衬砌。(见图1)

2.2 18字方针

浅埋暗挖法的核心技术被概括为18字方针:“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”。在暗挖施工作业时根据地质情况制定相应的开挖步骤和支护措施,严格根据量测数据确定支护参数,保证暗挖作业和周边环境的安全。

管超前:开挖拱部土体自稳能力差,自立时间短,土体凌空后极易坍塌,采用超前支护的各种手段主要提高土体的稳定性,控制下沉,防止围岩松弛和坍塌。

严注浆:导管超前支护后,立即进行压注水泥浆或其他化学浆液,填充围岩空隙,使隧道周围形成一个具有一定强度的壳体,以增强围岩的自稳能力,确保开挖过程中的安全,注浆布孔范围详见图2。

短开挖:一次注浆,一次开挖或多次开挖,土体暴露时间越长,进尺越大,土体坍塌的危险就越大,所以一定要严格限制进尺的长度。在施工中可采取预留核心土,目的除减少开挖时间外,预留的土体还可以平衡掌子面的土体,防止滑塌。

强支护:在松散地层中施工,大量土体的重力会直接作用于初期支护结构上,初期支护必须十分牢固,具有较大的刚度,以控制初期结构的变

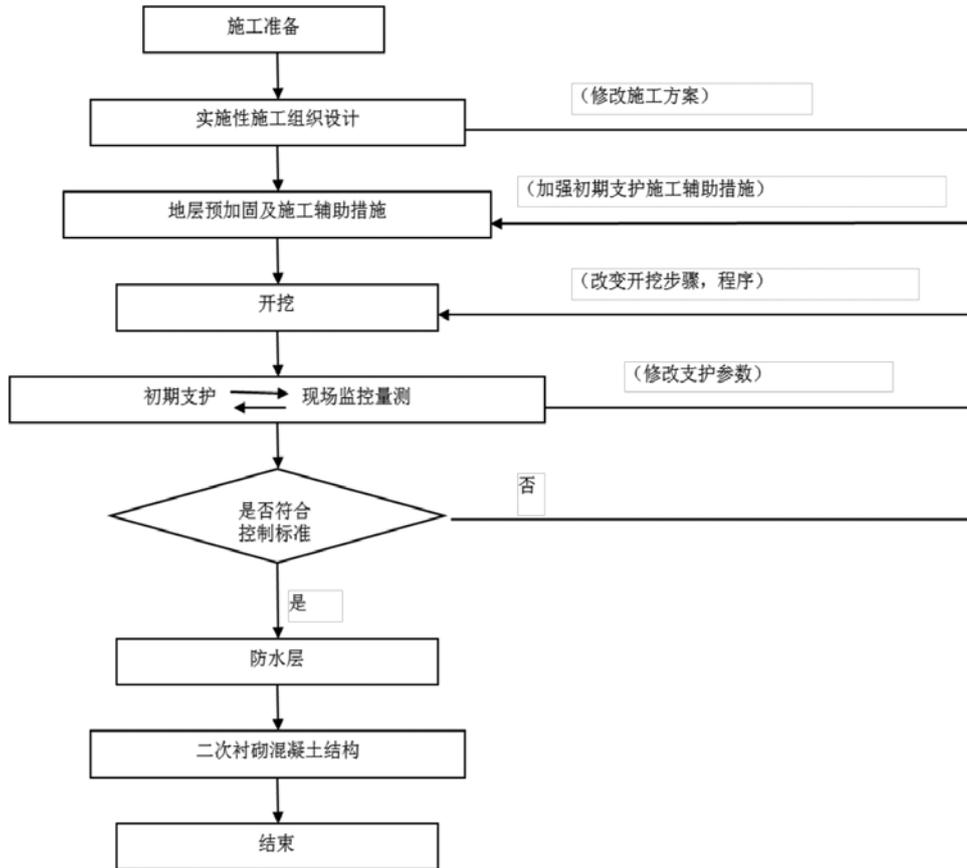


图1 浅埋暗挖法工艺流程图

形，保证结构的稳定。

快封闭：在台阶法施工中，如上台阶未封闭成环，变形速度较快，为有效控制围岩松弛，必须及时采用临时仰拱或使支护体系成环。

勤量测：结构的受力最终都表现为变形，可以说，没有变形（微观的），结构就没有受力。按照规定频率对规定部位进行监测，掌握施工动态，调整施工参数并设置各部位的变形警戒值，是浅埋暗挖法施工成败的关键。

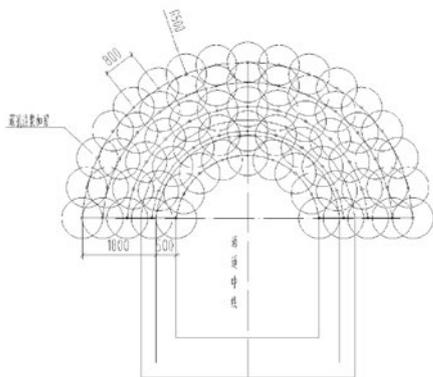


图2 隧道剖面深孔注浆布孔图

3 竖井简介

城市地铁或市政工程隧道浅埋于道路下方，为此必须在地面向下开挖竖井方能开辟工作面。而城市道路无开挖竖井条件，则必须根据具体工程所处的条件，在隧道一侧开挖竖井，再从竖井底向隧道方向开挖横通道，由横通道再开辟进入主隧道的工作面。竖井一般采用复合式衬砌结构，如工程完工后废弃可采用支护结构（必要时加作防水层）。竖井由地面而下，初期支护采用逆筑法施工，其工艺流程图及具体做法详见图3、图4所示。

4 造价指标分析

4.1 浅埋暗挖隧道估算指标

造价构成：隧道造价主要由土方、小导管及注浆、外衬喷射混凝土及钢筋、二衬钢筋混凝土、防水层、措施等组成，经分析，各分部分项造价比例如图5：

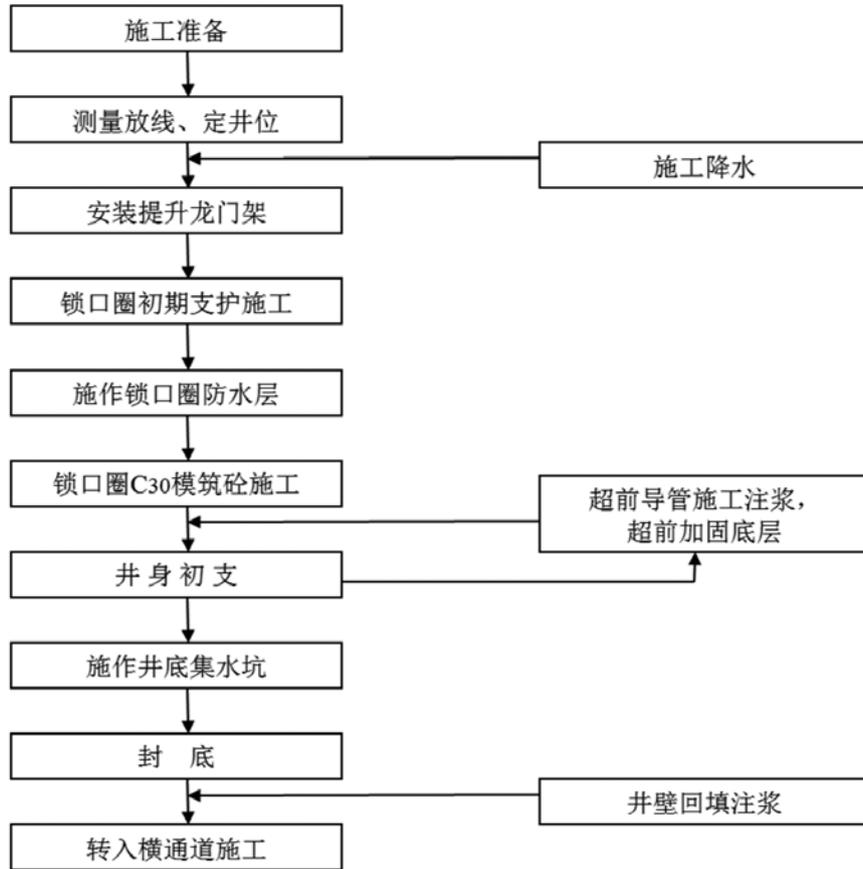


图3 竖井施工工序流程

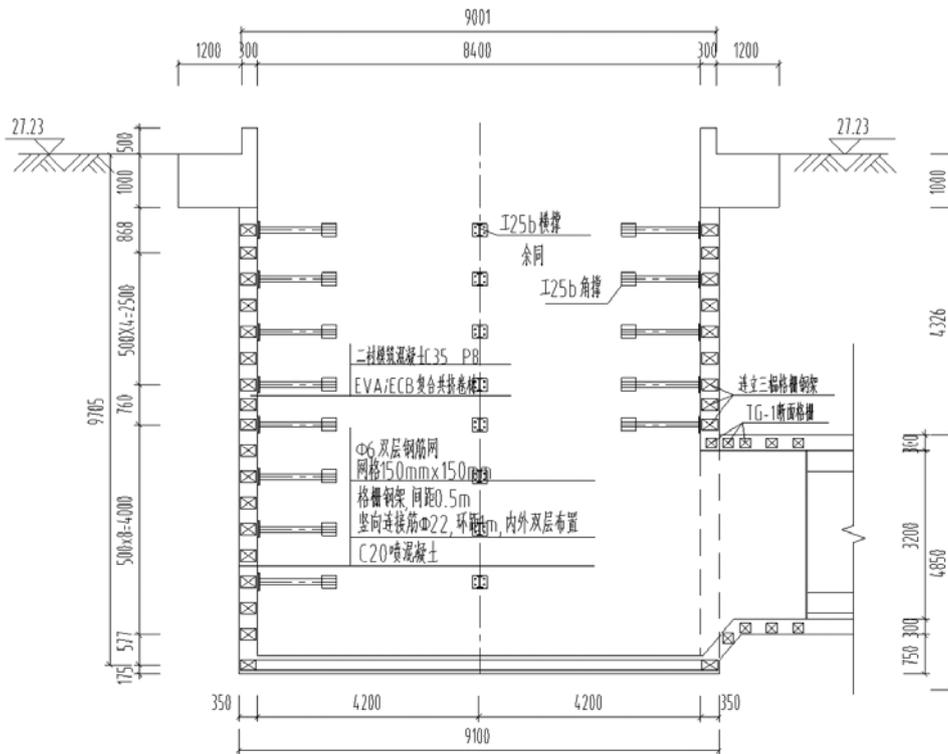


图4 竖井剖面布置图

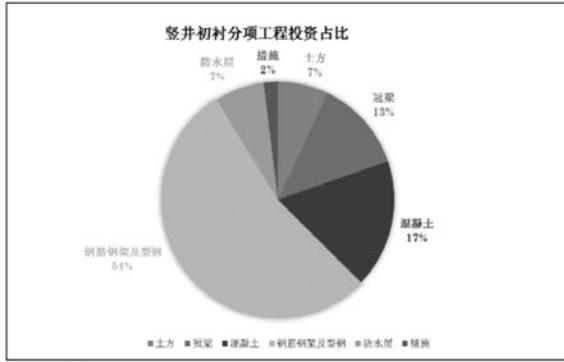


图5

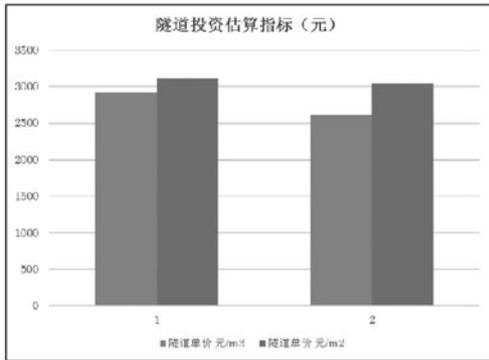


图6

估算指标：影响隧道造价最主要的因素为钢筋混凝土结构，其工程量主要与隧道尺寸有关，因此本次分析了隧道挖方体积单方指标（元/m³）和隧道外围面积单方指标（元/m²）。

扣除最高与最低值后平均估算指标为2770元/m³和3079元/m²，不同尺寸隧道指标如图6。

4.2 浅埋暗挖竖井估算指标

造价构成：竖井造价主要由土方、冠梁、喷射混凝土、钢筋钢架及型钢、防水层、措施等组成，经分析，各分部分项造价比例如图7。

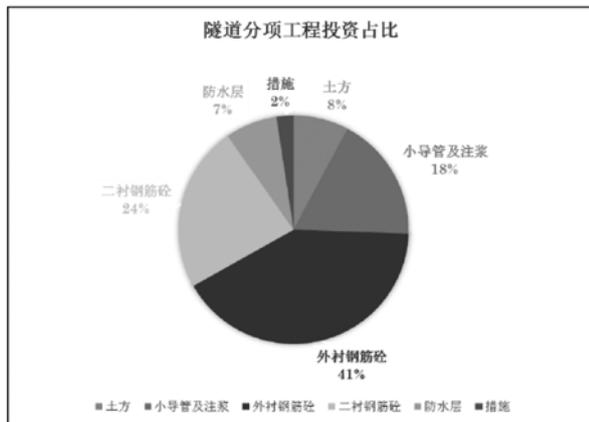


图7

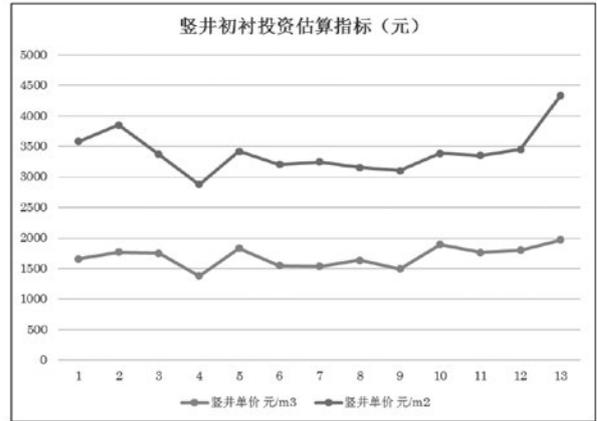


图8

估算指标：影响竖井造价最主要的因素为钢筋混凝土结构，其工程量主要与竖井尺寸有关，因此本次分析了竖井挖方体积单方指标（元/m³）和竖井外表面面积单方指标（元/m²）。

扣除最高与最低值后平均估算指标为1700元/m³和3380元/m²，不同尺寸竖井指标如图8。

5 结论

本文对浅埋暗挖施工工艺进行简要介绍，通过具体工程实例及造价数据分析，分别对竖井初衬及暗挖隧道的主要投资构成及指标得出如下结论：

浅埋暗挖隧道造价主要为外衬钢筋砼、二衬钢筋砼、小导管及注浆，占总造价80%左右，隧道挖方体积单方指标（元/m³）和隧道外围面积单方指标（元/m²）分别为2770元/m³和3079元/m²。

竖井初衬造价主要为初衬钢筋钢架及型钢、混凝土，占总造价80%左右，竖井挖方体积单方指标（元/m³）和竖井外表面面积单方指标（元/m²）分别为1700元/m³和3380元/m²。

参考文献：

- [1] 王梦恕. 地下工程浅埋暗挖技术通论. 安徽教育出版社出版, 2004.
- [2] 刘迪. 分析浅埋暗挖地铁隧道施工技术. 《江西建材》2017年第10期.
- [3] 吕波. 浅谈城市地下结构浅埋暗挖法施工技术. 《天津市政工程》2009年第2期.

结构抗震设计研究

——以内蒙古美术馆为例

■ 徐瑞 金来建 樊钦鑫 徐志坚 [结构]

摘要: 内蒙古美术馆是一个有多个不规则项、使用功能要求高的复杂超限高层建筑。采用PMSAP和MIDAS Gen软件进行结构在多遇地震作用下的反应谱整体分析,并采用弹性时程分析法对其进行补充;针对穿层柱,分别建立含夹层的模型和不含夹层的模型来考察夹层对穿层柱地震剪力的影响;对结构主要构件进行了中震、大震等效弹性分析,同时对连梁、框架柱、核心筒剪力墙进行了罕遇地震下动力弹塑性时程分析,并在复杂连接区域采取在框架柱、核心筒内增设钢管、提高核心筒底部加强区配筋率等措施来提高构件延性。结果表明,本工程结构具有足够的抗震能力和抗倒塌能力,能够满足抗震设防要求。

关键词: 超限高层结构;抗震设计;性能化设计

1 工程概况

内蒙古美术馆位于呼和浩特市新华东街南侧,由展示区、藏品库房区、公众休闲活动区、公共教育区、内部办公区、创作区、地下汽车库及配套用房等组成。建设用地面积约4.2万 m^2 ,总建筑面积约3.6万 m^2 ,其中地上建筑面积约2万 m^2 ,地下建筑面积约5600 m^2 。地上4层(局部有夹层),局部地下1层;建筑高度为30~44m,属于大型博物馆,建筑效果图如图1所示,平面图如图2所示。



图1 建筑效果图

2 结构设计

2.1 地上结构设计

综合考虑建筑平立面布置、经济性、施工技术及工期要求,采用带有局部钢结构的框架-剪力墙混合结构体系。在主要楼、电梯井处设置混凝土剪力墙,柱网尺寸为8.0m \times 7.5m,局部尺寸为15.0m \times 16.0m,1~3层层高分别为6m,10m,9m。剪力墙厚度为500,400mm,主要混凝土框架柱截面为800 \times 800mm,1000 \times 800mm,框架梁截面为400 \times 800mm,400 \times 1200mm,典型现浇混凝土楼板厚度为130mm,180mm,在受力较大的剪力墙、框架柱中设置型钢,提高其延性。

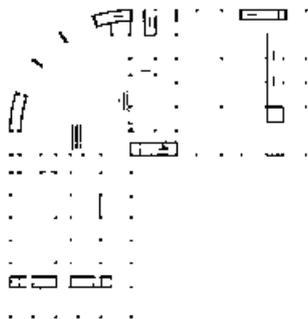


图2 内蒙古美术馆平面图

作者简介:徐瑞,女,研究员,1999年毕业于西北工业大学结构专业,现就职于航空工业规划建筑设计研究院。

2.2 地基基础设计

根据拟建场地的工程地质条件,勘察场地地处呼包断陷盆地东北部,地貌属于大青山南麓山前冲洪积平原。场地地形较平坦,地势东北略高,西南较低。场地内无液化土层,不存在不良地质作用,无地质灾害分布,属稳定场地。场地抗浮水位为-10.4m,地下土对混凝土有微腐蚀性。

本工程地基基础设计等级为乙级,基础形式:带地下室部分的基础形式为独立柱基础、条形基础+防水板;非地下室部分的基础形式为设短柱的独立柱基础、条形基础。地基为天然地基,基础持力层均为○3层砾砂,承载力特征值 f_{ak} 为270kPa。地基变形满足规范要求,相邻柱基础的沉降差小于 $0.002L$ (L 为柱距),柱基础的最大沉降量约为28mm。

2.3 主要设计参数

本工程设计使用年限为50年,建筑结构安全等级为二级,建筑抗震设防类别为乙类,地基基础设计等级为乙级。抗震设防烈度为8度,设计基本地震加速度为 $0.20g$,设计地震分组为第一组,建筑场地类别为II类。本工程在验算多遇地震时取安评报告^[1]参数,在验算设防地震和罕遇地震时取《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)^[2](简称抗规)参数。抗规及安评报告的水平地震动参数见表1。

表1 水平地震动参数

地震水准	抗规反应谱(阻尼比为0.045)					
	$A_{max}/(cm/s^2)$	α_{max}	T_g	γ	η_1	η_2
小震	70	0.16	0.35	0.9088	0.0209	1.03
中震	200	0.45	0.35	0.9088	0.0209	1.03
大震	400	0.9	0.4	0.9088	0.0209	1.03
地震水准	安评报告(阻尼比为0.05)					
	$A_{max}/(cm/s^2)$	α_{max}	T_g	γ	β_m	
小震	74	0.18	0.40	0.9	2.5	
中震	214	0.53	0.50	0.9	2.5	
大震	393	0.98	.070	0.9	2.5	

注: A_{max} 为地震加速度时程的最大值; α_{max} 为地震影响系数最大值; η_1 为直线下降段的下降斜率调整系数; η_2 为阻尼调整系数; γ 为衰减指数; T_g 为特征周期。

2.4 超限情况

根据内蒙古自治区建设厅《内蒙古自治区超限高层建筑工程界定规定》及住建部《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点》^[3]的规定,本工程存在以下超限情况:1)单向偶然偏心的地震作用下,3层结构X向位移比为1.255,Y向位移比

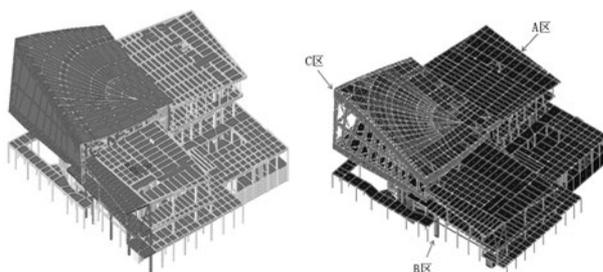
为1.273,大于1.2小于1.4,属平面扭转不规则;2)本工程平面为L形,平面凹进的一侧尺寸约为相应投影方向总尺寸的50%,大于30%,属平面凹凸不规则;3)本工程6,16m楼面开大洞,开洞面积大于楼层总面积的30%,属楼板局部不连续;4)本工程入口大厅有大悬挑,8.9,11.9m处有穿层柱,局部夹层和错层处有错层柱和错层剪力墙。

综合考虑抗震设防类别、设防烈度、场地条件、结构超限程度等因素,确定本项目主体结构抗震性能目标为C级。剪力墙、框架抗震等级为一级,复杂连接区域的框架、剪力墙抗震等级为特一级。

3 多遇地震分析

3.1 多遇地震下的弹性分析

采用PMSAP和MIDAS Gen软件进行结构在多遇地震作用下的反应谱整体分析,整体模型见图3(a),两种软件主要计算结果对比见表2。由表2知,两种软件的计算结果基本一致,证明计算结果是可靠的。从结构周期和层间位移角来看,结构水平刚度较大,但首层位移比大于1.2。



(a) 整体模型 (b) 分区域模型

图3 计算模型示意图

表2 两种软件主要计算结果对比

指标		MIDAS Gen	PMSAP
首层剪重比/%	X向	7.18	7.41
	Y向	7.65	7.81
周期/s	T_1	0.7231 (X向)	0.717 (X向)
	T_2	0.6801 (Y向)	0.663 (Y向)
	T_3	0.5847 (扭转)	0.606 (扭转)
首层剪力/kN	X向	62393	64588.2
	Y向	66528	68327.6
最大层间位移角	X向	1/995	1/1111
	Y向	1/1174	1/1231
首层位移比	X向	1.255	1.254
	Y向	1.273	1.215

由于整体结构中A区、B区与C区(图3(b))连接较弱,为防止地震作用下连接薄弱的位置发生严

重破坏造成3个区域单独受力,采用PMSAP软件对3个区域分别进行多遇地震下主要构件(核心筒、框架柱、框架梁)的补充设计,确保即使结构在连接薄弱的位置发生破坏也能保证各区域的安全。

3.2 弹性时程补充分析

采用内蒙古地震工程研究勘察院提供的1条人工波对结构进行弹性时程分析,并采用PMSAP软件内置的II类场地、特征周期 $T_g=0.40s$ 的2条天然波进行补充计算。3条地震波持续时间分别为24, 40, 40s,均大于结构基本周期的5倍,峰值加速度最大值为74gal。时程分析法与反应谱法得到基底剪力及层间位移角分析结果分别见表3, 4。

表3 基底剪力分析结果

地震波	时程法基底剪力/ kN		时程法基底剪力/反应谱基 底剪力	
	X向	Y向	X向	Y向
人工波	58511	69093	0.90.6	0.101.1
天然波1	63060	63671	0.97.6	0.93.1
天然波2	53068	50443	0.82.1	0.73.8
平均值	58213	61069	0.90.1	0.89.3
反应谱值	64610	68359	—	—

表4 层间位移角分析结果

地震波	时程法最大层间位 移角		反应谱法最大层 间位移角		规范限值
	X向	Y向	X向	Y向	
人工波	1/1238	1/1234	1/1111	1/1231	1/800
天然波1	1/1612	1/1898	1/1111	1/1231	1/800
天然波2	1/1796	1/1800	1/1111	1/1231	1/800
最大值	1/1238	1/1047	1/1111	1/1231	1/800

由表3, 4可知,由时程分析法计算得到3条地震波作用下结构X, Y向的基底剪力与反应谱法基底剪力的比值均大于规范限值0.65, 3条地震波作用下基底剪力平均值与反应谱法基底剪力的比值亦大于规范限值0.80,满足规范要求;时程分析法和反应谱法得到的最大层间位移角均小于规范限值1/800。

本项目在抗震设计时采用振型分解反应谱法,但是参考表3中人工波Y向基底剪力,将Y向地震作用放大1.02倍。

3.3 考察斜向杆件对周边核心筒的影响

悬挑钢结构为减小悬挑跨度设置了斜杆,如图4, 5所示。为了考察斜杆对周边核心筒的影响,进行了有斜杆和无斜杆水平地震作用的对比分析。

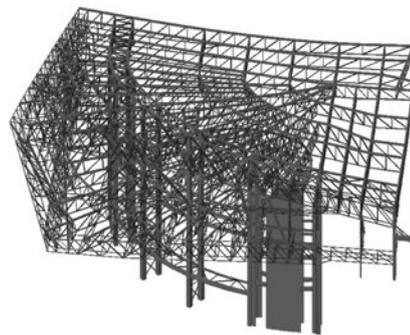


图4 悬挑钢结构布置图

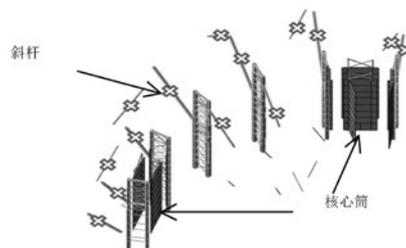


图5 斜杆、格构柱和核心筒的布置

经分析,悬挑结构的斜杆在多遇地震作用下,因杆件长细比较大、截面较小、不与抗侧力构件直接连接,所以承担的水平地震作用不大;斜杆对周边核心筒地震剪力的分配影响较小,可以忽略;格构柱在地震作用下轴力变化较大,原因是由于斜向杆件分担的水平地震作用传递给格构柱,使其内力增加。

3.4 局部穿层柱验算

本工程由于8.9, 11.9m有夹层,形成了大量的穿层柱。分别建立含夹层的模型和不含夹层的模型来考察夹层对穿层柱地震剪力的影响。选取其中的4根穿层柱进行地震剪力对比分析,结果见表5。

表5 穿层柱地震剪力对比分析

柱号		含夹层模型 地震剪力/ kN	不含夹层模 型地震剪力/ kN	含夹层模型地 震剪力/不含 夹层模型地震 剪力
		柱1	X向	157
	Y向	130	303	2.33
柱2	X向	252	325	1.29
	Y向	204	242	1.19
柱3	X向	130	165	1.27
	Y向	84	98	1.17
柱4	X向	81	170	2.10
	Y向	54	103	1.90

由表5可以看出,不含夹层的模型中穿层柱的地震剪力明显增大,增大幅度约为对应的含夹层模型中地震剪力的1.2~2.3倍。分析原因是由于含夹层模型产生大量的长度较大、刚度较小的穿层柱,其分配到的地震作用偏小,达不到框架二道防线的作。在极端大震作用下,核心筒及夹层柱进入塑性并导致结构内力重分布,会造成穿层柱受力增大,易发生破坏。故应采用不含夹层的模型对含夹层的模型进行补充设计,提高穿层柱的承载能力。

4 结构中震、大震等效弹性分析

4.1 悬挑钢结构关键构件的中震、大震分析

在设防烈度地震作用下,尤其是在竖向地震作用下,悬挑钢结构的悬挑根部、斜杆、格构柱等关键构件受力较大,破坏较为严重,需进行中震和大震下的性能化设计,使其满足中震弹性、大震不屈服的性能目标。图6, 7为悬挑钢结构关键构件在中震、大震作用下的应力云图。

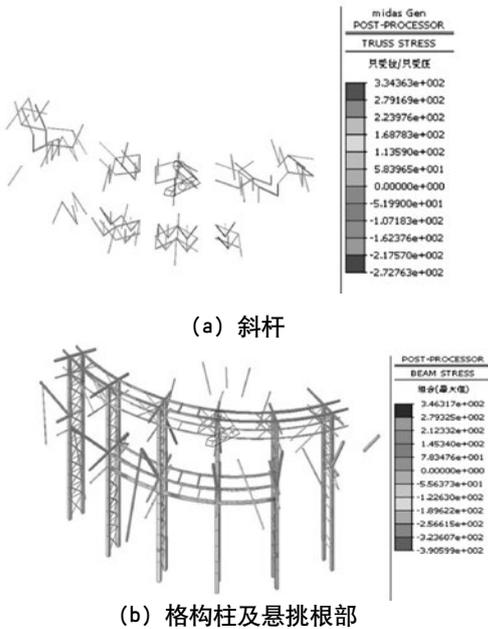
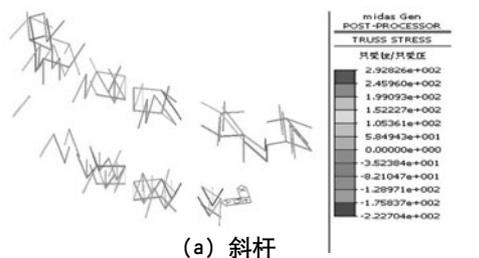
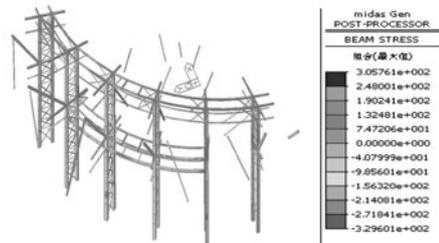


图6 悬挑钢结构中震作用下应力云图/(N/mm²)



(a) 斜杆



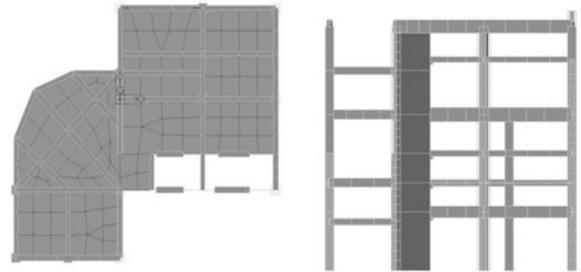
(b) 格构柱及悬挑根部

图7 悬挑钢结构大震作用下应力云图/(N/mm²)

由图6, 7可以看出,悬挑钢结构关键构件的应力比满足中震弹性、大震不屈服的性能要求。

4.2 复杂区域核心筒、框架柱中震验算

主体连接位置(图8)的剪力墙、框架柱、楼板的受力情况较为复杂,存在细脖、错层、短柱、短墙等抗震不利的结构构件,需要满足中震作用下核心筒、框架柱拉、压、弯不屈服,抗剪弹性的性能目标。



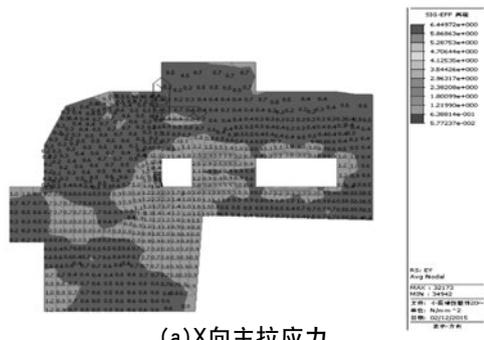
(a) 平面图 (b) 剖面图

图8 复杂受力区域

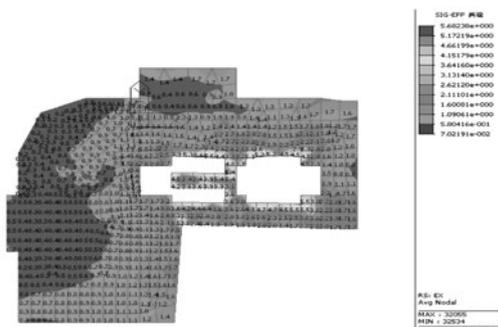
经计算分析,采取以下措施提高复杂受力区域内结构构件抗震性能:将该区域内核心筒、框架柱的抗震等级提高一级至特一级;提高核心筒底部加强区配筋率至1.0%以上,其余部分不低于0.5%;框架柱箍筋全高加密;核心筒及框架柱内设置钢骨。

4.3 楼板性能化设计

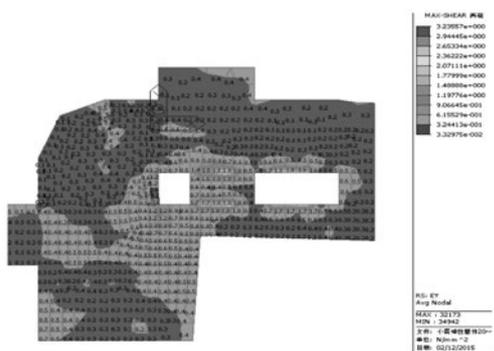
采用MIDAS Gen软件对6, 16m楼板连接薄弱部位进行中震作用下的应力分析,限于篇幅,本文只给出16m处楼板连接薄弱部位的应力云图,如图9所示。



(a) X向主拉应力



(b) Y向主拉应力



(c) 主剪应力

图9 16m处楼板连接薄弱部位应力云图/(N/mm²)

经分析, 采用地震作用和竖向荷载组合的主拉应力进行楼板配筋, 楼面最大主剪应力由楼板承担, 并验算楼板的厚度。楼板厚180mm, 设置上、下双层钢筋网12@100, 楼板配筋率为1.25%; 核心筒附近受力较大位置, 设置上、下双层钢筋网14@100, 楼板配筋率为1.7%。

5 罕遇地震下结构动力弹塑性时程分析

本工程结构动力弹塑性时程分析采用2条天然波 ($T_g=0.45s$) 和1条人工波, 分别进行主次双向地震作用计算, 主次方向地震作用比值为1:0.85。地震波持续时间大约为30s。加速度峰值按抗规取 $400cm/s^2$ 。

5.1 连梁的抗震性能

在罕遇地震作用下, 3条地震波作用下最不利连梁损伤状态见图10。从图10可以看出, 连梁损伤范围较广、程度较为严重, 且以弯曲屈服为主, 起到了屈服耗能的作用, 个别损伤较为严重的连梁可以采用双连梁等措施来改善。

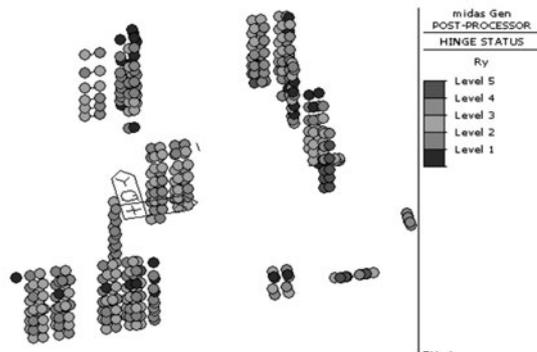


图10 连梁损伤状态

5.2 框架柱的抗震性能

通过多遇地震和设防烈度地震设计, 在受力较大的框架柱 (复杂区域的框架柱, 核心筒端柱) 内设置了钢骨提高其延性。在罕遇地震作用下最不利框架柱塑性变形程度见图11。

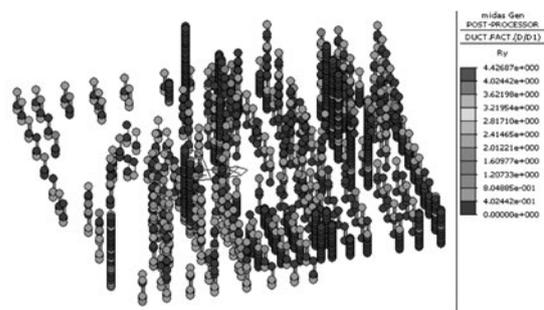


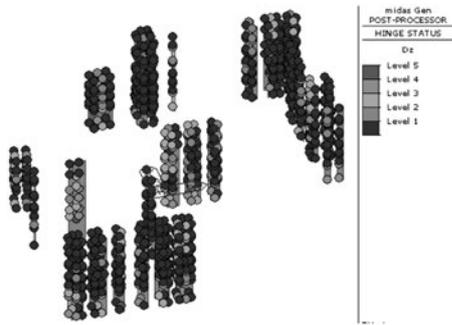
图11 框架柱塑性变形程度

从图11可以看出, 在罕遇地震作用下, 采用美国联邦紧急事务管理署FEMA356“建筑抗震修复预标准及其说明”^[4]所提供的结构构件弹塑性变形可接受限值作为评判依据, 大部分框架柱在大震下仍处于弹性阶段, 个别与剪力墙相连的框架柱进入塑性, 塑性变形程度基本都小于2, 构件塑性状态评价处于使用极限状态下, 二道防线具备一定的承载能力。

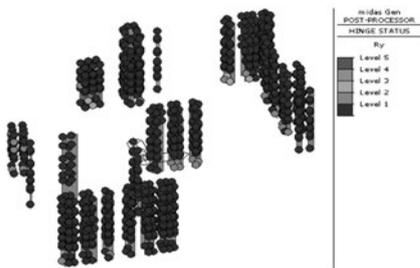
5.3 核心筒剪力墙的抗震性能

在罕遇地震作用下, 最不利剪力墙损伤状态见图12。从图12可以看出, 总体上, 剪力墙损伤不是很严重, 大部分处于弹性状态, 结构第一道防线具备足够的承载能力。对比图12 (a), (b) 可以看出剪力墙的剪切损伤大于弯曲拉压损伤, 为改善剪力墙剪切损伤程度, 在复杂连接区域及剪切损伤较重处设置型钢钢骨。核心筒剪力墙弯曲拉压损伤多位于底部加强区域, 为保证底部加强区剪力墙的

延性，计算中提高其竖向钢筋配筋率到2%，以满足其充分发展塑性保证生命安全的性能化目标。



(a) 剪力墙剪切屈服状态



(b) 剪力墙受弯屈服状态

图12 剪力墙损伤状态

5.4 关键节点的抗震性能

基于本工程杆件交汇数量多、交角小、制作复杂、承载力大的特点，有16个关键节点采用铸钢节点。对其进行了大震作用下的有限元分析和节点试验，结果表明这些节点均满足大震不屈服的承载力要求。

5.5 小结

结构构件的抗震性能满足罕遇地震作用下不倒塌的抗震设计目标，综合整体与构件性能指标认为该结构满足“大震不倒”的设防目标。

6 结语

对于内蒙古美术馆这样建筑造型复杂、使用功能要求高的多项指标超限结构，应该对结构在各个设防水准地震作用下的受力进行详细的计算分析，并针对关键部位进行性能化设计，使结构抗震设计安全合理。

参考文献

- [1] 中国航空规划建设发展有限公司，内蒙古自治区美术馆超限工程抗震设防专项审查报告[R]. 呼和浩特，2015.
- [2] 建筑抗震设计规范：GB 50011—2010 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部，超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点[R]. 北京，2015.
- [4] FEMA “NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings” [R]. FEMA-273, Washington D.C., 1997.

基于航空公司视角的我国航空货运市场分析

■ 董磊 [工艺]

摘要: 在世界航空货运市场持续低迷的大环境下,我国航空货运市场却平稳增长,市场规模越来越大,国内外货运航空公司纷纷抢滩登陆,竞争环境异常激烈。本文以货运航空公司为视角,通过全面收集和整理我国货运航空公司的有关数据,对全国航空货运市场进行深度剖析,以直观反应我国的航空货运市场现状,找出制约我国航空货运市场的瓶颈,并对未来市场发展趋势进行预判。

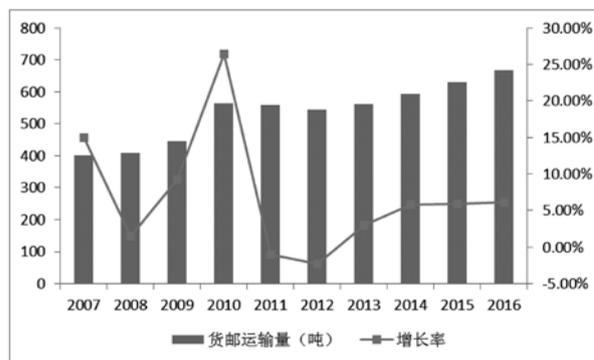
关键词: 货运航空公司;竞争格局;全货机

随着天空开放、第五航权开放、地方政府对航空货运支持等众多利好政策的实施,近年来我国航空货运市场得到平稳发展,市场规模越来越大,受到国内外货运航空公司的青睐,市场竞争格局基本形成。

1 我国航空货运市场发展现状

自2007年至2016年的10年间,我国航空货运市场得到平稳发展,货邮运输量年均增长7%,自2011年受欧洲主权债务危机、国内通货膨胀、以及全球航空货运市场疲软等诸多因素影响,我国航空货运市场增速大幅下滑,至今处于缓慢增长阶段。2016年,全行业完成货邮运输量668.0万吨,比上年增长6.2%。其中,国内航线完成货邮运输量474.8万吨,比上年增长7.3%,国际航线完成货邮运输量193.2万吨,比上年增长3.4%。

在全球货运市场整体疲软的环境下,我国市场成为国际货运航空公司纷纷争抢的对象,如FEDEX、UPS、DHL、TNT、德国汉莎航空、卢森堡货运航空、大韩航空、香港国泰、日本货运航空、全日空、新加坡航空等40多家国外货运航空公司已在我国开展航空货运物流业务。与此同时,我国本土货运航空公司也在不断壮大规模,市场竞争格局基本形成,截止2017年4月,我国共有10家本土货运航空公司,全行业拥有并运营157架全货机飞机。



2007—2016年我国航空货邮运输量增长情况

2 基于航空公司视角的竞争格局分析

按照公司设立主体和运营模式的不同,本文将划分为三大类,第一类为航空公司旗下的货运航空公司,这类公司主要采用全货机、客机辅舱两种运输方式,由于这类公司隶属于航空集团,而集团拥有丰富的客运航线网络和大量的客机辅舱资源,因此,在我国承担了大部分的航空货运量。第二类为快递公司自营的货运航空公司,这类公司拥有充足的快递货源支持,是未来市场发展的主力,主要采用全货机进行航空货物运输,兼顾卡车、铁路等其它运输方式;第三类为其他企业创建的货运航空公司。

2.1 航空公司旗下的货运航空公司

截至2016年底,我国本土企业主要有中国国际货运航空公司、中国货运航空有限公司、中国南

作者简介:董磊,男,工程师,2012年毕业于中国民航大学产业经济学专业,现就职于航空工业规划综合规划设计研究院。

方航空货运部、扬子江快运航空公司、长龙航空公司。国外货运航空公司在我国运营的主要有香港国泰航空、大韩航空、德国汉莎货运航空、全日空、新加坡航空、韩亚航空等。

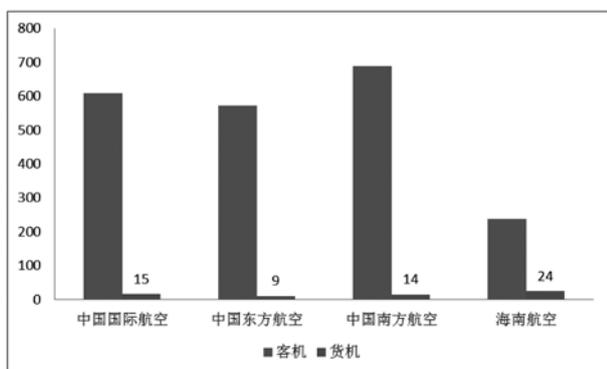
(1) 占据绝对市场份额

近年来，我国航空货邮运输量前四位一直属于国航集团、东航集团、南航集团和海航集团，处于寡头垄断地位。2016年，四大航空集团合计完成货邮运输量556.11万吨，占据全行业总额的86%，处于寡头垄断地位。其中，中航集团完成货邮运输量176.91万吨，东航集团完成货邮运输量139.5万吨，南航集团完成货邮运输量161.3万吨，海航集团完成货邮运输量78.4万吨。

根据各航空公司2016年年度报表，2016年中国国际航空、南方航空和东方航空的货邮运输收入分别达到83.05亿元、71.91亿元和59.48亿元，在国内已经处于领先地位。但是，与国际货运航空公司相比，国泰航空、汉莎航空货邮运输收入分别为140亿元、160亿元，我国航空公司的货邮运输收入仍旧偏小。

(2) 以客机辅舱为主运输方式

我国四大航空公司的客货机机队数量庞大，中国国际航空、南方航空和东方航空的机队规模分别达到了623架次、702架次和581架次，与国际其他航空公司相比，也具有绝对优势。但是，我国四大航空公司的全货机数量相对偏小，除了海南航空拥有24架全货机外，其他三大航空公司的机队仅有10—15架次。从我国“客机多、货机少”的现状可知，航空公司主要采用客机辅舱来开展货运业务。



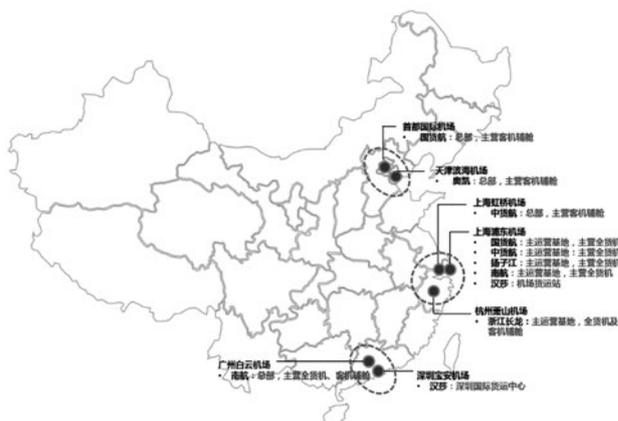
货运航空公司机队规模对比 (单位: 架次)

(3) 以三大经济圈为主力市场

我国货运航空公司的主运营基地和总部集中分布在京津冀、长三角和珠三角地区。京津冀地区以首都国际机场、天津滨海国际机场为主，长三角地区以上海虹桥、上海浦东和杭州萧山机场为主，珠三角地区以广州白云和深圳宝安机场为主。其

中，国货航的总部设在北京，以上海为货机主运营基地；中货航的总部设立于上海虹桥国际机场，并同时在上海浦东国际机场设有基地；南航货运部设立广州、上海双枢纽。

国际货运航空公司在中国市场开拓方面，以股权收购、货运设施建设、航线开辟方式为主。其中，国泰航空和新加坡航空均采用参股方式进入中国，2011年国泰航空参股国货航，国泰航空持有25%的股权及24%的经济权益，2010年12月新货航收购中货航16%的股份；货运设施建设方面，汉莎货运投资建设了上海浦东国际机场货运站，与深圳机场共同成立深圳国际货运中心等。



航空公司旗下货运航空公司在我国的战略布局

2.2 快递公司自营的货运航空公司

截至2016年年末，国内快递公司中，仅顺丰速运、EMS和圆通速递三家成立了货运航空公司，拥有独立航空运输能力。国际快递公司中，在我国运营的主要有FEDEX、UPS、DHL、TNT等，其中，2016年5月TNT被FEDEX收购，因此国际快递企业变为三大巨头。

从目前国内快递企业自建航空货运公司竞争格局看，顺丰速运自建的航空货运公司已经成为我国最大的航空货运公司，超越了国内四大航空公司，与其他两家自建货运航空公司相比，已经处于领先的地位。但是，与“三大国际”快递企业相比，我国三家自建航空货运公司的快递企业规模和国际化程度规模较小，在国际航空快递的竞争格局中面临巨大的竞争压力和挑战，主要表现在市场份额、机队规模、覆盖范围等方面不具有竞争力，与之相比相差甚远。

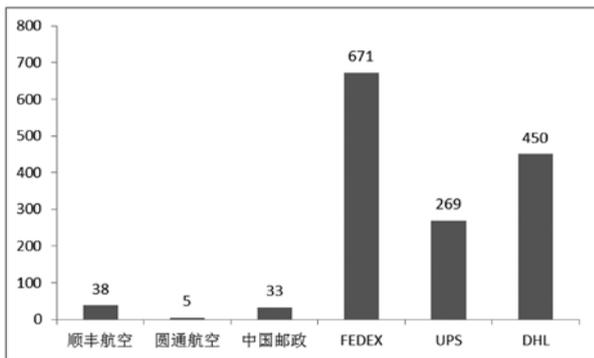
(1) 市场份额尚显不足

顺丰航空、圆通航空和邮政航空三家快递公司设立的货运航空公司市场份额较小。2015年，三

家企业的货邮运输量仅为37.99万吨，在全国的市场占比仅为6.04%。根据各快递企业的2016年年度报告，顺丰速运和中国邮政公司2016年的营业收入已分别达574亿元、426亿元，主要以快递业务为主，但是，相比国际快递巨头而言，我国营业规模差距仍比较明显，特别是在国际市场方面，我国快递企业缺乏竞争力。

(2) 全货机数量有绝对优势

截止2017年4月，顺丰航空、邮政航空拥有全货机机队规模分别为38架、33架，排名所有货运航空公司前两位，相对比航空公司旗下的货运航空公司，全货机机队数量占有绝对优势。但是，与国际快递巨头相比，差距仍旧十分巨大，机型也主要以中短程全货机为主，不利于开辟洲际航线，未来我国快递企业要在国际航空物流市场立足，还需继续夯实基础。



货运航空公司机队规模对比 (单位: 架次)

(3) 运力集中在长三角和珠三角

从全国布局情况看，国内外快递型货运航空公司聚焦于长三角和珠三角市场，其中，长三角地区以上海浦东、南京禄口、杭州萧山机场为运营基地，珠三角地区以广州、深圳和香港为运营基地。其中，顺丰航空构建了以深圳、杭州为双枢纽，构建辐射全国的航线网络，计划2017年在鄂州建设全货机机场，作为顺丰航空的运营基地；圆通航空以萧山国际机场作为行政总部及主运营基地，计划2017年在浙江嘉兴建成圆通全球航空智慧城；中国邮政以南京为集散中心，上海、武汉为辅助中心。

国际快递公司在中国市场开拓方面，FEDEX总部设在上海，操作中心位于北京、上海、广州和深圳等四个口岸，在广州白云机场建立亚太转运中心，杭州萧山国际机场建立国内转运中心；UPS建立了上海国际转运中心和深圳亚太转运中心；DHL在香港设立了亚洲货运中心，在上海建设北亚枢纽。

2.3 其他

与以上两大类货运航空公司相比，该类公司优



快递公司自营货运航空公司在我国的战略布局

势相对较少，既没有航空公司所拥有的客机辅舱运力和客运航线，也没有快递公司所拥有的充足货源和纵向一体化服务。这类企业业务类型相对单一，主要是为其他航空公司提供国内外航空货邮运输业务及相关服务业。在我国这类航空公司数量偏少，截至2016年年末，我国本土企业仅有友和道通航空公司和龙浩航空公司，而龙浩航空公司在2016年11月刚获得经营许可证，还没有开展货运业务。国外航空公司在我国运营的主要有卢森堡货运航空公司等。

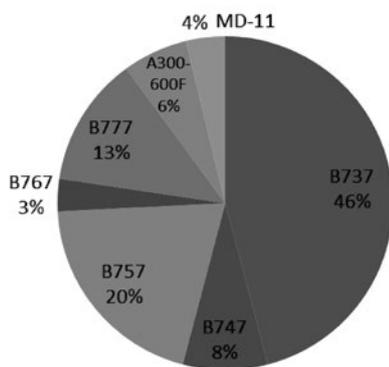
3 我国航空货运市场发展面临的瓶颈

3.1 机队规模整体偏少，机型相对老旧

截止2016年底，国际三大快递公司FEDEX、UPS和DHL拥有的全货机数量分别为671架、269架和450架。而我国民航货运市场的全货机数量总共才157架，从机队规模上远无法与国际上的货运航空公司相比。从飞机机型来看，我国的全货机机型主要有波音B737-300F、B737-400F、B747-200、B757-200F、B767-300F、B777-200和空客A300-600F等，主要以中小商载和中短程机型为主，运力主要集中于亚太市场和我国本土市场。由于我国全货机主要来自客机改货机，大部分属于老龄飞机，面临故障多发、性能衰减、成本增加和风险加大等不利因素，同时受到国际经济发展不稳定和油价持续走高的影响，我国航空货运成本持续偏高，不利于市场的可持续发展。因此，未来货运航空公司更新飞机机型结构、增加中远程飞机迫在眉睫。

3.2 业务类型相对单一，服务理念落后

我国本土的货运航空公司主要扮演者航空货邮承运人的角色，担负的是机场到机场的航空货



我国全货机飞机机型结构分析图

物运输及机场的货站处理服务, 承运普通货物、鲜活易腐货物、急件、邮件、特种货物等, 运输的产品和服务都局限于航空物流服务链的单一环节, 已经无法满足现阶段市场竞争的要求。而国

外的货运航空公司更加注重货运服务质量, 提供全价值链的服务内容, 因此, 在强占市场货源和向价值链两端拓展方面均具有比较优势。这也迫使我国货运航空公司必须改变经营理念和服务意识, 实现航空货运承运人向航空物流集成商的转变, 满足消费者“门到门”的物流服务需求。

3.3 服务范围以国内为主, 缺乏国际竞争力

目前, 我国本土货运航空公司在国内和国际市场方面呈现“冰火两重天”的局面。国内市场方面, 我国本土货运航空公司占据主导地位, 运输能力和航线网络均已经形成规模, 具备与国际货运航空公司一较高下的能力。但是, 在国内至国际市场方面, 由于我国本土货运航空公司在国际货运航线开辟和国际市场培育方面均存在不足, 而国际货运航空公司利用全球化的航线网络和庞大的机队规模, 已经占据了大部分市场份额, 因此, 我国本土企业强占国际市场份额的难度很大, 国际市场表现差强人意。

4 我国航空货运市场的发展趋势判断

4.1 机队规模和运力快速提升

最近几年我国全货机机队规模增长迅速, 已经从2013年的100架次增长到2016年底的157架次, 年均增速高达17%, 按照历年平均速度估算, 预计2025年我国民航全货机市场将达到550架次。同时, 我国的货运航空公司在增加航空货运运力时, 主要有两个选择方案, 一个是购置全新货机, 一个是选择将客机改装为货机。目前, 波音和空客公司在产的全新货机型号共有4种, 分别为中型宽体货机空客A330-200F和波音767-300F, 以及大型宽体货机波音747-8F和波音777F, 这类飞机负载量更高、航程更远、吨公里成本更低, 未来是我国全

货机飞机更新换代的主要方向。

4.2 业务类型趋于纵向一体化

根据业务和市场需求, 货运航空公司、快递物流企业的业务界限越来越模糊, 纵向整合航空物流产业链成为行业发展新趋势, 通过兼并重组和业务整合, 可以使市场各主体拥有运营所需的所有资源和条件, 包括客户、渠道、货源、网络、货站、空中和地面运输等, 均实现全方位覆盖与衔接, 这不仅有利于他们在市场中抢占先机, 更有利于在后续的竞争中持续盈利, 尽可能降低物流总成本, 为顾客提供更好的服务。具体而言, 货运航空公司通过设立物流企业, 提供门到门全流程物流服务, 进军快速增长的快递行业, 可以强占市场货源, 利用多元化经营服务, 增加企业赢利点。快递物流企业通过设立货运航空公司, 开展货运航空运输服务, 可以提高物流效率和安全性, 降低服务成本, 实现价值最大化。

随着各市场主体纵向整合产业链, 加速向价值链其他环节延伸, 航空物流市场将进入群雄争霸的时代。在货运航空公司成立快递物流企业的同时, 快递企业也在加速筹备自己的航空公司, 可以预计, 未来三到五年我国将看到更多企业的倒闭和兼并重组。

4.3 市场重心逐步向中西部转移

目前, 我国大部分货运航空公司的主运营基地集中布局在长三角和珠三角地区。随着国家西部大开发战略和中部崛起战略的实施, 以及东部地区企业经营成本的不断升高, 大量的电子制造企业由东部沿海城市陆续向中西部内陆地区转移, 如富士康总装生产线由深圳转至郑州, 三星电子在西安咸阳新区建立闪存芯片生产基地, 惠普在重庆建立笔记本生产基地等, 为郑州新郑机场、西安咸阳机场和重庆两江机场货邮吞吐量的快速增长提供了大量货源支持。未来随着顺丰、圆通陆续在成都投资建设航空货运枢纽, 我国航空货运市场的重心将继续向中西部地区转移。

参考文献

- [1] 中国民航局, 《2016年民航行业发展统计公报》, 2016.5
- [2] 中国民航局, 《从统计看民航2016》, 中国民航出版社, 2016.12
- [3] 赵清, 中国货运航空有限公司发展战略研究. 硕士学位论文. 复旦大学. 2012.
- [4] 魏然, 张力. 中国航空物流发展现状与趋势, 价格月刊, 2017-4.

雨水控制与利用技术 在新机场海绵城市建设中的应用

■ 闫爽 陈洁如 [给排水]

摘要: 本文主要论述给排水专业在北京新机场某基地项目设计中通过采取设置下凹式绿地、透水铺装、屋顶花园和雨水散排接合及雨水调蓄池等雨水控制与利用措施,涵养地下水、有效降低雨水径流系数、削减外排雨水洪峰流量,缓解市政管道排水压力,助力打造绿色生态、清洁环保的海绵新机场。

关键词: 海绵城市;低影响开发雨水系统;径流系数;雨水调蓄池

1 引言

海绵城市的定义是:城市像海绵一样,在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”,下雨时吸水、蓄水、渗水、净水,需要时将蓄存的水“释放”并加以利用。习总书记多次强调:在提升城市排水系统时要优先考虑把有限的雨水留下来,优先考虑更多利用自然力量排水,建设自然积存、自然渗透、自然净化的“海绵城市”。特别是北京新机场的建设,要打造“海绵机场”的理念。要尊重自然、顺应自然、保护自然,坚持绿水青山就是金山银山。

2 项目概况

该项目位于北京新机场,主要功能为飞机机务维修基地维修机库、航材库及职工生活区,占地面积161173.64m²,规划设计硬化面积141462m²、透水铺装率76.8%、下凹绿地率50.5%。

3 雨水控制与利用措施

雨水控制与利用核心思想是通过低影响开发的雨水系统构建、地上地下蓄排接合的方式,从而达到控制径流总量,降低径流系数的目的。本项目中,雨水控制与利用主要可采用:下凹式绿地、透水铺装、屋顶花园和雨水散排接合、雨水调蓄池。

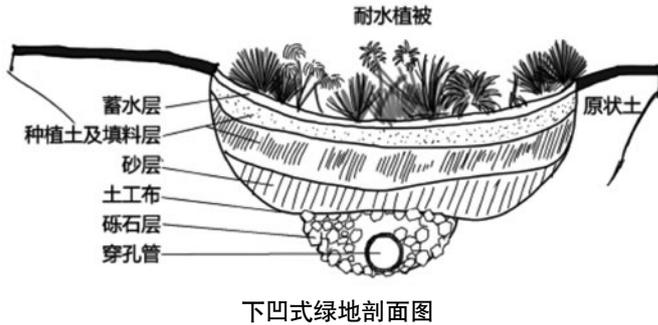
4 雨水控制措施在新机场的设计与应用

4.1 下凹式绿地

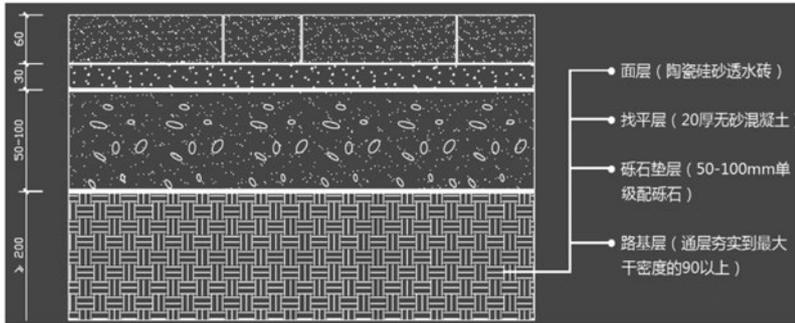
下凹式绿地是一种高程低于周围路面的公共绿地,其理念是利用开放空间承接和贮存雨水,达到减少径流外排的作用,一般来说下凹式绿地对下凹深度有一定要求,而且其土质多未经改良。与植被浅沟的“线状”相比其主要是“面”能够承接更多的雨水。

下凹式绿地是在绿地建设时,使绿地高程低于周围地面一定的高程,以利于周边雨水径流的汇入,可以临时蓄积雨水,遇到暴雨的时候,即使一时来不及渗透,也可以积蓄近10cm雨水,然后慢慢渗入地下,涵养地下水。

作者简介:闫爽,女,助理工程师,2013年毕业于北京工业大学给排水工程专业,现就职于中国航空国际建设投资有限公司民航工程设计研究院。



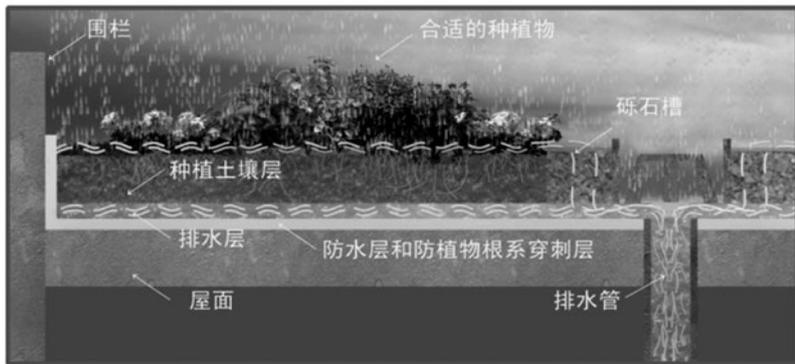
下凹式绿地剖面图



透水铺装图示



雨水立管散排实例



屋顶花园示意图



透水铺装图示

大，因此有需要在本地块做雨水调蓄池的措施。

4.2 透水铺装

透水道路采用生态透水砼(混凝土)铺装，能够使雨水迅速渗入地表，有效地补充地下水，缓解城市热岛效应，可以平衡城市生态系统。透水地面还能通透“地气”，使地面冬暖夏凉，雨季透水，冬季化雪，可以增加城市居住的舒适度。

4.3 屋顶花园和雨水散排接合

屋顶绿化可以有效缓解雨水屋面排水流量，减少排水管道压力；雨水散排可以促进雨水入渗，削减市政雨水排水流量。

4.4 雨水调蓄池设计

根据2014年版《室外排水设计规范》要求，新建、扩建、改建项目建设后雨水径流量不大于建设前雨水径流量。由于本地块原为农村及农田，雨水径流系数小，在基地建成后雨水径流系数将增

5 径流总量控制成果

5.1 设计参数

1) 项目用地面积参数详见下表：

项目	用地面积	硬化面积	绿化面积	透水铺装面积	下凹式绿地面积
	(m ²)				
指标	161173.64	141462	11975	7737	5988

注：下凹式绿地面积不少于50%的绿化面积

2) 给排水设计标准及暴雨强度公式
北京地区设计暴雨强度公式：

$$q = \frac{2001(1+0.811lgP)}{(t+8)^{0.711}} \quad (L/s \cdot ha)$$

式中:

q——设计暴雨强度, L/s.ha;

t——降雨历时, min;

P——设计重现期, 取值5a。

5.2 雨水设计计算

1) 雨水调蓄池容积

根据《北京市规划委员会关于加强雨水利用工程规划管理有关事项的通知》规定: 硬化面积达10000m²以上的非居住区项目, 应配建雨水调蓄设施, 具体配建标准为: 每万平米硬化面积配建不小于500m³的雨水调蓄池设施。

因此, 本地块需建设调蓄设施, 总容积为:

$$V = \frac{141462}{10000} \times 500 = 7073.1 \quad (\text{m}^3)$$

雨水调蓄设施容积计算详见下表:

硬化面积 (m ²)	雨水调蓄池 (m ³)	下凹式绿地面积		雨水调蓄总容积 (m ³)
		下凹式绿地容积 (m ³)	可调蓄容积 (m ³)	
141462	7073.1	299	6774.1	7073.1

注: 下凹式绿地下凹深度达到15cm, 作为雨水调蓄措施, 调蓄雨水深度为5cm, 可调蓄雨水容积为299m³。

由于该地块与其他地块为统一区片式管理模式, 根据该区域海绵城市整体规划书已为本地块分配雨水调蓄容积3550m³, 因此本地块雨水调蓄池有效容积按照3550m³计算。

2) 雨水综合径流系数的计算

编号	下垫面种类	雨水径流系数 ψ	面积 (m ²)
1	硬屋面、沥青屋面、未铺石子的屋面	0.9	141462
2	透水铺装	0.40	7737
3	绿地	0.15	11975

$$\psi_0 = \frac{\sum(F_1 \times \psi_1) + \sum(F_2 \times \psi_2) + \sum(F_3 \times \psi_3)}{S} = 0.82$$

式中:

ψ_0 ——综合径流系数

F_1 、 F_2 、 F_3 ——汇水面积, m²

S——建设用地面积, m²

3) 外排雨水径流总量

$$W = 10 \psi_{zc} h_y F - \text{调蓄设施总容积}$$

其中:

W——径流总量, m³;

ψ_{zc} ——雨量综合径流系数;

h_y ——2h设计降雨量, mm;

F——汇水面积, ha。

$$\text{因此, } W = 10 \times 0.82 \times 63.46 \times 161173.64 \div 1000 - 3550 = 4837\text{m}^3$$

表1 各降雨历时雨水量计算

历时	各时段降雨厚度	场地径流流量	累计径流量	场地外排水流量	累积外排水量
min	mm	L/s	m ³	L/s	m ³
5	2.03	893	268	0	0
10	4.26	1877	831	0	0
15	6.27	2763	1660	0	0
20	13.44	5923	3437	0	0
25	7.17	3160	4385	2783	835
30	3.71	1633	4875	1633	1325
35	2.77	1220	5241	1220	1691
40	3.45	1520	5697	1520	2147
45	1.44	633	5887	633	2337
50	2.13	940	6169	940	2619
55	1.6	707	6381	707	2831
60	1.47	647	6575	647	3025
65	1.37	603	6756	603	3206
70	1.17	517	6911	517	3361
75	1.49	657	7108	657	3558
80	2.04	897	7377	897	3827
85	0.85	377	7490	377	3940
90	0.88	387	7606	387	4056
95	0.95	417	7731	417	4181
100	0.88	390	7848	390	4298
105	0.99	437	7979	437	4429
110	0.82	360	8087	360	4537
115	1.17	517	8242	517	4692
120	1.11	487	8388	487	4838
合计	63.46				

4) 外排雨水峰值流量

由上表可知, 场地外排雨水峰值流量出现在25min, 为2783L/s; 降雨峰值流量出现在第20min, 为5923L/s。

$$\text{削峰率} = \frac{\text{外排雨水峰值流量}}{\text{场地径流峰值流量}} = \frac{2783}{5923} = 47\%$$

$$\text{降雨峰值流量} = 10 \times h_{20\text{min}} \times \psi \times F \times 1000 / 5 / 60$$

5) 外排雨水流量径流系数

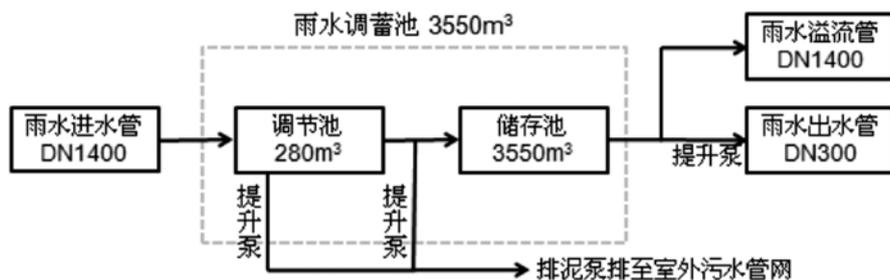
$$\psi_{zm} = \frac{\text{外排雨水峰值流量}}{\text{降雨峰值流量}} = \frac{2783}{7221.76} = 0.39$$

因此, 通过在厂区设置雨水调蓄池、透水铺装及下凹式绿地等海绵城市措施, 可以使厂区雨水

径流系数从0.82降至0.39。

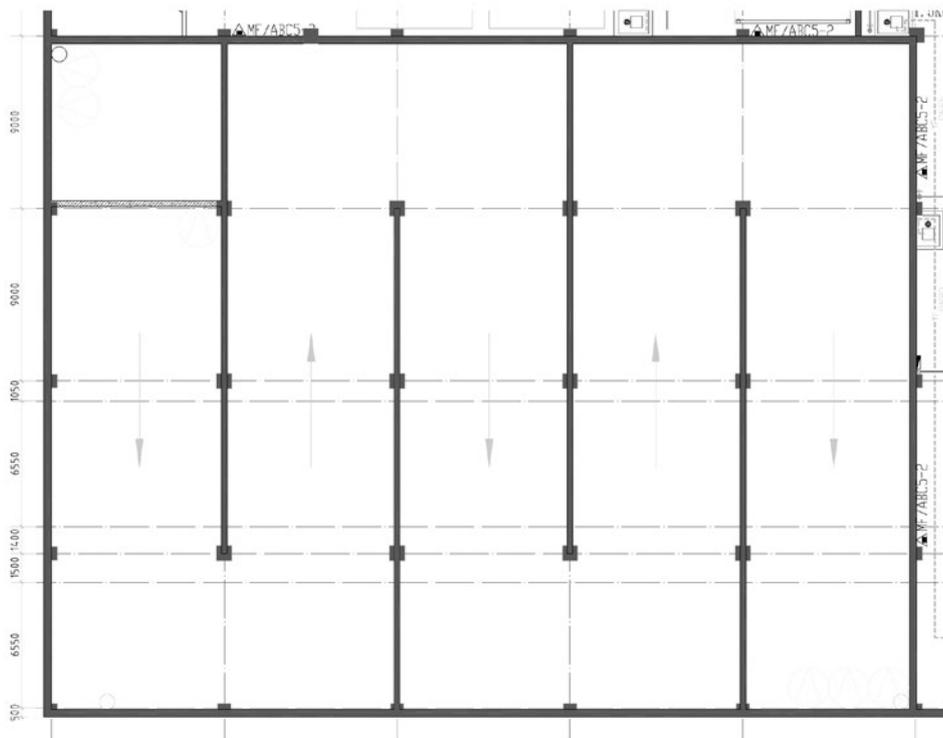
5.3 工艺流程

在厂区地下设置有效容积为3550m³的雨水调蓄池，本工程及地块内的雨水经收集后排入雨水干管。先排入雨水调蓄池削峰后，从调蓄池接出DN1400溢流雨水管，最终排入维修区西侧规划2600×2400的市政雨水箱涵。雨水调蓄池工艺流程图详见下图：



雨水调蓄池流程图

为保证12小时后排空雨水量，设置雨水提升泵站，雨水泵站内设置三台电动离心泵（Q=50l/s，H=20m，N=18.5KW），两用一备，用于排空雨水。由于本地块已有再生水利用，考虑北京降雨的气候特点，雨水池仅考虑调蓄功能。雨水调蓄池平面图详见下图：



雨水调蓄池平面图

6 结束语

雨水调蓄的方法有多种，其中采用自然调蓄最接近自然，但是在具有大规模硬化面积的工业区块，由于规划目的的局限，造成平均径流系数的增大，区域径流量的增大。由于下凹式绿地、透水铺装和屋顶花园在大区域的规划中工业区占比较低，但是根据国家海绵城市的建设要求，小区域的调蓄控制了暴雨时径流量与地面污染物的峰值，降低市政管道的建设规模，提供小区域设防能力，缓解内涝危险。

由于本项目有机场提供的中水回用，因此未进行雨水回用，经测算，雨水回用成本远远低于中水成本。不到中水回用的1/5，因此，在其他的项目中，可以把雨水回用的概念植入其中。总之，随着国内各个城市纷纷出台各自的海绵城市规划设计规范、导则，建设海绵城市的要求已在中国大量普及，特别是代表城市公共设施的机场建设项目。在国家政策和民心所向的大背景下，雨水控制与利用技术将会大有可为。

【参考文献】

- [1] 《室外排水设计规范》 GB50014-2006 (2016年版)
- [2] 《雨水控制与利用工程设计规范》 DB11/685-2013
- [3] 《北京市规划委员会关于加强雨水利用工程规划管理有关事项的通知》

某工程节能改造分析

■ 祖春洋 肖武 [暖通]

摘要: 本文结合具体工程案例进行节能改造分析,结合工程进行耗能分析、确定节能改造范围、针对各构件制定改造方案并引入能源管理系统、节能影响评价,为后续相关工程开展节能改造提供了借鉴。

关键词: 建筑节能改造;能源管理系统;能耗分析

0 项目简介

本项目为某公司改造装修工程,建设地点北京,总建筑面积约2万 m^2 ,地上部分5层(局部6层),地下1层。根据2014年、2015年运行耗电情况,大楼未达到北京市公共建筑能耗限额及相关要求。根据北京市《民用建筑节能管理办法》的规定:既有大型公共建筑不符合民用建筑节能强制性标准的,在进行改建、扩建时,应当同时进行能耗分项计量监控设施和用能系统节能改造。大楼进行装修时必须同步进行节能改造。此次节能改造主要对该建筑的外窗、照明系统、空调系统进行节能改造,新增能源管理系统,降低项目整体能耗水平。

改造的总体目标是以安全适用为原则,根据技术经济性评价确定节能改造范围及实施范围,节能改造与装修改造同步进行;在完成既有办公楼的鉴定、加固以及装修、消防、给排水、采暖、空调、强弱电的综合配套改造的基础上,考虑业主方冬季采暖、夏季空调、室内舒适度的需求,最大限度地挖掘节能空

间,谋求降低运行能耗水平和维护费用。

1 节能诊断分析

1.1 能耗分析

本工程当前主要能耗类型为水、电、燃气。大楼冬季采用散热器采暖,热源为设置在地下室锅炉提供;夏季采用风机盘管+新风的空调形式,冷源为设置在地下室2台890KW的螺杆水冷冷水机组,部分房间设置分体空调;大楼主要耗水为卫生间用水及清洁用水,大楼共设置10个男女厕所。大楼主要耗电系统有:照明系统、空调系统、采暖系统、办公电器及少量其他设备。通过对办公大楼夏季空调系统、电气、照明系统和运营维护体系进行节能分析,各系统都存在较大的节能空间。

1.2 节能诊断改造表

对大楼各系统进行运行分析,节能技术经济性比较,初步确定节能改造范围为:①围护结构的改造,更换外窗;②采用LED灯具取代传统灯具;③空调系统全部改造为VRV系统;④新增能源管理系统,提高能源管理水平。具体节能诊断及改造方案见表1。

作者简介:祖春洋,女,助理工程师,2016年毕业于哈尔滨工业大学流体力学(暖通方向)专业,现就职于中航建投民航工程设计研究院。

表1 节能诊断改造表

序号	专业系统	改造对象	存在的问题
1	围护结构	外窗	传热系数不满足《公共建筑节能设计标准》中相关内容。
2	照明系统	照明系统	采用传统T8、T5灯具，安装功率185.38kW，光效低，能耗大，寿命短。与节能型光源相比较，每年多消耗电力。
3	暖通系统	空调系统	空调末端管道存在不同程度的锈蚀；保温存在破损和包裹不严，存在滴水现象；风机盘管使用年久，卫生条件差；风机盘管控制简单，无温控阀仅设有三速风量开关。
4	能源管理系统	能源分项计量/自动控制	未设置能源管理系统，未采用分项计量系统，不能及时高效监控能源使用消耗情况。未对空调系统和锅炉供暖系统进行监控管理，产生能耗浪费，管理手段低下。

表2 节能改造方案一览表

序号	改造对象	改造内容	节能效果
1	外窗	2500m ² 外窗更换为断桥铝双层中空平开窗，外窗传热系数降低至2.5w/(m ² .k)	年节省能源费用37.21万元
2	照明系统	采用LED节能灯具，增加光感\人感控制系统	节省用电25.88万度/年，综合节省费用28.47万元/年
3	空调系统	制冷主机和末端的风机盘管系统全部更换为多联式空调系统。	年节省运行费用86万元
4	新增能源管理系统	增设能源管理系统，实现能耗集中控制、分项计量	提高管理水平和运行效率。节约能源费用16.55万元

此次综合节能改造主要进行照明系统、围护结构、空调系统节能改造，增加自控系统及能源管理系统。总体概括如表2所示。

2 改造方案

2.1 围护结构节能改造

外窗为单层铝合金外窗(2731m²)。传热系数为6.4w/(m².℃)，更换为断桥铝双层中空平开窗，外窗传热系数降低至2.5w/(m².℃)，渗透风量由2.45m³/(h.m)(23w/m)降低到1.72m³/(h.m)(16w/m)。改造完成后外窗保温性能满足现行国家规范标准、北京市地方标准，降低大楼在供冷季和供暖季维护结构负荷，节省运行费用。

夏季室内空调温度按25℃计算，夏季空气调节计算温度33.2℃，夏季按120天运行，每天运行12小时，全年负荷系数按0.6计算，空调综合能耗比按3.3计算。改造前(后)夏季冷负荷=外窗面积×传热系数×(夏季空调计算温度-室内温度)×每天运行时间×运行天数×负荷系数；改造前(后)夏季耗电量=改造前(后)夏季冷负荷/空调综合能耗比；年

节省电量=改造前耗电量-改造后耗电量；节能率=年节省电量/改造前年耗电量；年节省费用=年节省电量×1.1。冬季室内温度按20℃计算，冬季采暖计算温度-9℃，冬季按120天运行，每天运行24小时，负荷系数按0.6计算，锅炉综合利用系数按0.8计算，天然气热值按35.88MJ/m³计算。改造前(后)冬季基本热负荷=外窗面积×传热系数×(冬季采暖计算温度-室内温度)×每天运行时间×运行天数×负荷系数；改造前(后)冬季渗透热负荷=窗缝隙×每米渗透负荷×每天运行时间×运行天数；改造前(后)冬季总热负荷=改造前(后)冬季基本热负荷+改造前(后)冬季渗透热负荷；改造前(后)冬季耗气量=改造前(后)冬季总热负荷/锅炉综合利用系数/天然气热值；年节省用气量=改造前冬季耗气量-改造后冬季耗气量；节能率=年节省用气量/改造前年耗气量；年节省费用=年节省用气量×天然气单价。改造完成后外窗节能计算表见表3。

经分析改造后年节电2.29万kWh，折标煤7.58tce/a；年节约用气9.38万m³，折标煤113.9tce/a，年总折标煤121.48tce/a。项目实施后CO₂减排量为222.27t/a，按照每节约1kg标准煤减排SO₂0.016kg计算，SO₂减排量为1.94t/a。年节

表3 外窗节能计算表

节能量计算表 (夏季)	传热系数 (W/m ² .℃)	夏季冷负荷 (MJ)	夏季耗电量 (KW.h)	年运行费用 (元)
改造前	6.4	445791.5	37524.5	41277.0
改造后	2.5	174137.3	14658.0	16123.8
节能量	3.9	271654.2	22866.5	25153.2
节能量计算表 (冬季)	传热系数 (W/m ² .℃)	冬季基本热负荷 (MJ)	天然气用量 (m ³)	天然气费用 (元)
改造前	6.4	3153159.3	197978.9	732521.8
改造后	2.5	1231702.8	104217.0	385602.6
节能量	3.9	1921456.4	93761.9	346919.2

省费用37.21万元。

2.2 照明系统节能改造

本项目节能改造范围为大楼全部照明灯具及光源。节能改造主要是用低能耗、长寿命、绿色环保、用当前最先进的LED制造工艺和技术制造的LED灯(属第四代光源)替换现有的照明灯,达到或超过现有照明光源的照度要求。LED光源主要特性如下:

- ①光效率较高:LED灯的光效65~120lm/W;
- ②节能:根据实测数据表明,LED灯比普通同

类灯在照度相近的情况下节电达50%~70%以上;

③显色性好,其显色指数Ra=65~95,除白炽灯能到95外,其他的气体放电灯显色指数均Ra≤85;

④寿命长:依据国家产品标准,荧光灯的常规寿命为3000h,LED灯的实际使用寿命不小于50000h。LED灯具没有易碎部件,非正常报废率很小,维护费用极低;

⑤绿色环保:无频闪,不会造成眼睛疲劳,有效保护视力健康,特别适合在厂房、办公室、医院、学校等场所使用。LED灯具的废弃物可回收,没有污染,不含有汞、铅成分。

按本楼改造面积20000m²计算。传统灯具

按规范要求,照明功率密度按照7W/m²计算,则改造前安装功率为144.19kW。

按年运行250天,每天12小时计算:

改造前照明灯具年耗电量=灯具数量×功率×每天照明时间×照明天数。即:144.19×12×250=432570KM.h。改造后照明能耗如表4。

改造后照明灯具年耗电量=LED节能灯具数量×功率×每天照明时间×照明天数

年节电量=改造前年耗电量-改造后年耗电量

表4 照明能耗计算表

名称	功率 (w)	数量 (套)	照明时间 (h)	年共作天数	年耗电量 (KW.h)	年运行费用 (元)
LED灯	5	806	12	250	12090	13299
LED灯	9	9	12	250	243	267.3
LED灯带	10	118	12	250	3540	3894
LED射灯	5	12	12	250	180	198
办公用LED灯	15	73	12	250	3285	3613.5
办公用直管LED灯	2*15	552	12	250	49680	54648
办公用直管LED灯	2*21	528	12	250	66528	73180.8
防水防尘LED灯	5	227	12	250	3405	3745.5
房间LED灯	18	12	12	250	648	712.8
会议室LED灯	5	36	12	250	540	594
健身区直管LED灯	15	77	12	250	3465	3811.5
无紫外光节能灯具	28	123	12	250	10332	11365.2
应急LED灯	18	35	12	250	1890	2079
应急LED灯	5	234	12	250	3510	3861
应急直管LED灯	15	27	12	250	1215	1336.5
走道LED灯	2*5	80	12	250	2400	2640
走道LED灯	5	718	12	250	10770	11847
合计					173721	191093.1

即：432570-173721=258849KW.h

节能率=年节电量/改造前年耗电量

即：(258849/432570) × 100%=59.84%

年节省电费=年节电量 × 1.1元 (电费为1.1元/KW.h)

即：258849 × 1.1 = 284733.9元 = 28.47万元

综上本次改造年节省用电25.88万度，折合年节省标煤85.40tce，减少能源费用28.47万元。

2.3 空调系统节能改造

改造前建筑物整体采用集中空调，系统形式为风机盘管系统，无独立新风，无空调控制系统；空调系统早上7:00开机，21:00停机。主机于2000年后安装，末端风机盘管已运行15年之久。空调末端管道存在不同程度的锈蚀；保温存在破损和包裹不严，存在滴水现象；风机盘管使用年久，卫生条件差；风机盘管控制简单，无温控阀，仅设有三速风量开关。本次改造对制冷主机和末端的风机盘管系统全部更换，基于此况，为运行管理方便，减少维护，达到较好的节能效益，最终确定采用灵活方便且节能效益显著的多联式空调系统。

改造前制冷主机2台，功率175KW；冷冻水泵、冷却水泵分别两台，功率22KW，冷却塔2台，功率7.5KW。按照每天运行14小时，全年运行120天，负荷系数为0.6。

改造前空调全年耗电量 = (制冷主机功率 × 数量 + 水泵功率 × 数量 + 冷却塔功率 × 数量) × 每天运行时间 × 运行天数 × 负荷系数。

(175 × 2 + 22 × 4 + 7.5 × 2) × 14 × 120 × 0.6 =

456624KW.h。由于VRV空调系统灵活方便、可独立运行，故将年制冷天数分为工作日天数86天、非工作日天数34天，将工作日运行时间分为上班时间9小时、加班时间5小时。其中工作日上午时间及非工作日负荷系数取0.5、工作日加班时间负荷系数取0.2、非工作日每天运行时间取8h。改造后空调耗电量412040KW.h。

改造后空调年耗电量 = 不同规格设备数量 × 功率 × 工作日上班时间 × 工作日天数 × 工作日上午时间负荷系

数 + 不同规格设备数量 × 功率 × 工作日加班时间 × 工作日天数 × 工作日加班时间负荷系数 + 不同规格设备数量 × 功率 × 非工作日运行时间 × 非工作日天数 × 非工作日负荷系数

年节电量 = 改造前年耗电量 - 改造后年耗电量

即：456624 - 412040 = 44584KW.h

节能率 = 年节电量 / 改造前年耗电量

即：(44584 / 456624) × 100% = 9.8%

年节省电费 = 年节电量 × 1.1元 (电费为1.1元/KW.h)

即：44584 × 1.1 = 85999.8 = 4.9万元

经分析，本次改造年节省用电4.46万度，折合年节省标煤14.71tce，CO₂减排量为26.94t/a，按照每节约1kg标准煤减排SO₂ 0.016kg 计算，SO₂减排量为0.24t/a。减少能源费用4.9万元。

2.4 能源管理系统

建立能源管理系统，对大楼的用水、用电、用气进行计量，对锅炉、水泵等重要设备进行能效监测，提供优化控制方案。为节能降耗提供直观科学的依据，为企业查找能源消耗的源头，分析能源消耗原因，提出节能优化方案，实施能源预算管理，提高企业能源管理水平，降低运营成本。相关能源管理示意图如图1所示。

能源管理系统促进了节能运行和节能管理，提高能源管理智能化水平，降低人工劳动强度，减少运营人员数量，可大幅节约人工费用。通过能源管理系统在线运行，年节省电量9.89万KW.h，折标煤32.64tce，年节省水量1307.02t，

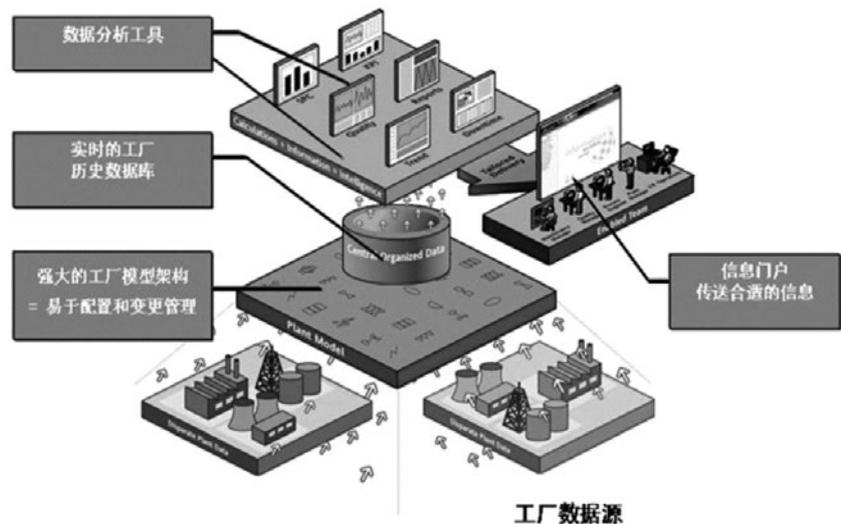


图1 能源管理系统示意图

表5 节能改造收益一览表

序号	节能改造项目	节省标煤 (吨/年)	减少CO ₂ 排放量 (吨、年)	节能改造收益 (万元/年)
1	围护结构	121.48	222.27	37.21
2	绿色照明系统改造	85.4	156.3	28.47
3	空调系统改造	14.71	26.94	4.9
4	增设能源管理系统	60	109.8	16.55
总计		281.59	515.3	87.13

表6 节能改造技术及措施一览表

序号	改造对象	节能技术	节能措施
1	外窗	采用传热系数较小的断桥铝双层中空平开窗	2500m ² 外窗更换为断桥铝双层中空平开窗，外窗传热系数降低至2.5w/(m ² .k)
2	照明系统	采用国家规定的绿色节能灯具	采用LED节能灯具，增加光感/人感控制系统
3	空调系统	采用灵活、方便的多联机系统	采用运行费用低的VRV系统，具有节能效益
4	新增能源管理系统	系统控制及模式识别故障诊断技术	增设能源管理系统，实现能源集中管理、分项计量

折标煤11.21tce，年节省燃气量1.33万m³，折标煤16.15tce，年总节省耗能量60tce，可降低整个建筑运行总能耗的5%~8%，年节省运行费用16.55万元。

3 节能影响评价

3.1 能耗分析

通过节能改造可节约能源费用87.13万元。每年可实现节约标煤281.59吨。节能改造收益如下表表5所示。

本项目在技术上可行，经济上合理，建设条件优越、节能效果明显、符合国家1-3和北京市政府4的环保要求和企业发展规划，具体采用的节能改造技术及措施见表6。

4 结论

建筑离不开能源，尤其是现代化建筑，更是能源消耗大户。在国民经济各部门中，建筑业能源消耗占总能耗比例很大，其中，空调能耗占建筑能耗的50%~60%。节约能源势在必行。从建筑物本体节能，到系统的合理选择、相关节能技术的应用，以

及加强管理水平，同互联网+技术结合应用。全方位多角度注意节能，才可能取得良好效果。同时建筑节能又可以得到良好的环境收益。符合国家可持续发展的要求。

参考文献

- [1] GB50189-2015,公共建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2015
- [2] GB50411-2014,建筑节能工程施工质量验收规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2014
- [3] JG/T448-2014,既有采暖居住建筑节能改造能效测评方法[S].北京:中国标准出版社,2015
- [4] DB11/687-2015,北京市公共建筑节能设计标准[S].北京,2015

暖通空调通风系统设计

——以某国际机场公务机楼改造工程为例

■ 李建民 张海桥 [暖通]

摘要: 本文介绍了位于云南省某公务机楼改造工程暖通设计,从通风、空调系统等方面详细介绍该项目的相关设计,针对局部高大空间大厅,通过数值模拟计算分析本次设计气流组织效果,旨在为航站楼暖通设计提供参考,从而能够更好的指导今后的相关设计。

关键词: 航站楼;空调系统;通风系统;数值模拟

1 引言

中国是世界上发展速度最快、建设规模最大的机场建设大国。特别是近年来国际提出了“一带一路”的战略思想,给民航机场发展创造了新机遇。机场航站楼是民用机场建筑群中的标志性建筑物,它代表着机场以及机场所在城市和地区的形象,是城市和地区的空中门户。航站楼为旅客提供办理值机、候机、出发和到达等服务的重要设施,其空间大、高度高,是一种规模宏大、系统繁多、功能复杂、设施完善、技术先进的重要特殊交通建筑类型^[1]。因此如何选择更为合适的空调设计方案以及更为高效的气流组织成为新建机场改扩建机场设计过程中考虑的重要问题^[2]。目前国内的相关设计还比较少,典型的有文献^[2-6]。本文从通风、空调系统等方面介绍了位于昆明长水国际机场西侧的公务机楼改造工程的暖通设计。针对贵宾大厅进行气流组织数值模拟,对CFD模拟得到的室内空气的

温度场、速度场进行分析,为今后该类航站楼空调系统设计提供必要的参考和依据。

2 项目概况

本航站楼位于云南省,建筑总面积为47282m²,建筑高度38.8m,地下一层,地上七层。

改造后公务机楼分为A区公务机、B区配餐服务区、C区高级公务机三个区,平面示意图如图1所示。A、C区首层、二层主要功能为进出港大厅、餐饮、会议、多功能厅、联检大厅以及行李交运厅等。三层在机库大厅做房中房,房间上部为闷顶,主要功能为公务机贵宾室、卫生间、服务间、会议室以及业务办公等配套设施,A、C区总建筑面积为10787m²,建筑高度为38.8m。B区一层主要功能为专用礼仪大厅、多功能厅、会议室、通道、厨房。二层主要功能为会议室、业务用房。三层主要功能为元首厅。四~六层主要功能为办公。七层主要功能为遥控指挥中心。B区总建筑面积为20094m²,建筑高度38.0m。

作者简介:李建民,男,助理工程师,2015年毕业于天津大学供热、供燃气通风及空调工程专业,现就职于中航建投民航工程设计研究院。

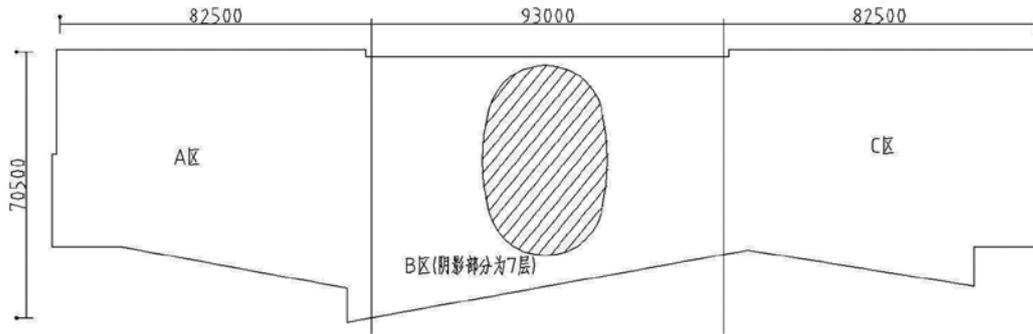


图1 航站楼平面示意图

3 室内外设计参数

3.1 室外空气计算参数

冬季空调室外计算温度	0.9℃
冬季供暖室外计算温度	3.6℃
冬季通风室外计算温度	8.1℃
室外极端最高温度	30.4℃
室外极端最低温度	-7.8℃
夏季通风室外计算温度	23.0℃
夏季空调室外计算干球温度	26.2℃
夏季空调室外计算湿球温度	20.0℃
夏季空调室外计算日平均温度	22.4℃
夏季平均风速	1.8m/s
冬季平均风速	2.2m/s
夏季大气压力	808.2hPa
冬季大气压力	811.9hPa

3.2 室内空气设计参数

室内设计参数严格按照GB50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》及GB50189-2015《公共建筑节能设计标准》的要求取值见表1。

4 通风空调设计

4.1 空调系统冷热负荷

公务机楼A区：
空调热负荷（含新风）：848kW，空调面积冷指标：114W/m²。

公务机楼B区：
空调冷负荷（含新风）：783kW，空调面积冷指标：101W/m²。
空调热负荷（含新风）：680kW，空调面积冷指标：88W/m²。

高级公务机楼C区：
空调冷负荷（含新风）：654kW，空调面积冷指标：87W/m²。
空调热负荷（含新风）：848kW，空调面积冷指标：113W/m²。

4.2 通风系统设计

本建筑通风系统为一般性通风系统和防爆性通风系统，具体设计如下：

地下车库、消防泵房、粗加工间、清洗间以及设备用房等设置机械排风、自然补风通风系统，以

表1 室内设计参数

房间名称	温度 (℃)		相对湿度 %	新风量 m ³ /h*p	风速 m/s	噪声 dB(A)
	夏季	冬季				
元首厅	≤24	≥24	≤60	≥50	≤0.20	≤40
政务休息室	≤24	≥24	≤60	≥50	≤0.20	≤40
贵宾厅	≤25	≥20	≤60	≥30	≤0.20	≤45
办公室	≤26	≥20	≤60	≥30	≤0.20	≤45
会议室	≤25	≥20	≤60	≥14	≤0.20	≤45
客房	≤25	≥20	≤60	≥30	≤0.20	≤45
餐厅	≤26	≥18	≤60	≥25	≤0.20	≤45
大厅	≤26	≥18	≤60	≥10	≤0.20	≤50

改善室内环境,通风量按照换气次数法计算。

变电站设计机械排风、机械补风的通风系统,以排除房间内设备发热量,兼做灾后通风系统。通风换气量按设备发热量计算。由温度开关控制风机启停。

厨房内工艺布置了排烟罩,本专业结合工艺设备设计局部机械排风、机械补风的通风系统。排风量根据工艺条件确定,补风量为排风量的90%。所排灶具污浊空气经静电式油烟过滤器净化后高排至大气,静电式油烟过滤器净化效率大于85%。厨房内部分厨具设备为燃气设备,房间有燃气供应,存在可燃气体泄漏的可能性。故该房间设计独立机械排风、机械补风事故通风系统。

餐厅内设计机械送风、机械排风的通风系统,用以改善室内环境。

元首厅、政务休息室、贵宾室、办公室、会议室以及客房等房间均设计满足规范要求的通风系统,为室内人员提供新鲜空气。外区房间采用机械送风、自然排风的形式。内区房间采用机械送风、机械排风的形式。新风量设计满足GB50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》及GB50189-2015《公共建筑节能设计标准》中对人员最小新风量的要求。

公共卫生间、服务间均设计机械排风、自然补风的通风系统,以排除室内异味。

公务机楼A、C区闷顶区域采用自然通风形式,可开启电动高窗面积不小于该区域面积的2%。

4.3 空调系统设计

航站楼空调面积大,各区域房间高度相差较大,使用情况各部相同,因此合理的确定空调方案十分重要。设计时与土建专业人员密切配合,根据建筑平面布置、建筑净高度、建筑结构、使用功能和使用时间等特点,各区域采用了不同的空调系统形式。

公务机楼A、C区行李交运通道、进出港大厅及候机大厅区域使用时间长,空间大,人员流动量大。设计采用低风速变风量全空气空调系统,空调设备采用直膨式组合空气处理机组,室外机放置于室外地面。其中行李交运通道面积约760m²,选用一台风量为30000mm³/h的组合式空气处理机组。进出港大厅面积约1320m³,选用一台风量为50000 m³/h的组合式空气处理机组。候机大厅面积约930m²,选用一台风量为40000mm³/h的组合式空气处理机组。

组合式空气处理机组由混合段、初中效过滤段、表冷段(加热段)、送风机段等组成。夏(冬)

季节时,室外新风与室内回风按一定比例混合经过滤、降温(加热)处理后送至被调房间;过渡季节全新风工况运行,并根据室内负荷变化调整新风量及排风量,来满足人员舒适性要求。结合室内吊顶精装修要求,空调气流组织采用可变条形散流器顶部送风、单层百叶集中下回风的方式,送风口采用温感型,可根据送风温度自动调节送风口角度。

元首厅、政务休息室、贵宾厅、多功能厅、会议室、办公室及客房等房间使用时间不一致,利用率低,房间面积小,人员数量稳定,建筑整体布局上比较分散。上述房间采用变频多联式空调机加新风的空调系统,以方便灵活使用的要求。室内机采用中静压风管暗藏式,室内送风形式结合建筑室内装修风格采用侧送或顶送,风口采用温控型可变条形散流器,可根据送风温度自动调节送风。空调室外机置于室外特定区域内。根据房间不同特点,新风风口采取了两种送风方式。在元首厅、多功能厅、贵宾厅等较大房间有单独新风风口条件的,均单设新风风口,在过渡季可单独开启新风机组送新风。其他小房间由于面积小,在设置了多联分体空调室内机送、回风口的情况下,布置新风风口比较困难,将新风管接在出风端风管处,共用送风口。

根据弱电专业要求,消防控制室、弱电间、信息机房、远控中心设计独立24小时运行的舒适型空调系统。空调设备采用变频多联式空调机组,室外机预留备用机组位置。

5 气流组织数值模拟

5.1 几何模型

本建筑行李交运通道、进出港大厅及候机大厅等区域面积均在1000m²左右,层高都在9m以上,属于高大空间。空调的气流组织直接影响到空调效果。所以本论文最后部分针对上述大空间区域的气流组织进行数值模拟研究。本文将研究对象选取为A区三层公务机贵宾大厅,该区域是上述区域跨度最大,高度最高区域。

A区三层公务机贵宾大厅长49m、宽22.5m、高9m,局部为采光设置采光膜天窗,高10m。此区域如前所述,采用全空气空调系统,空调机组风量为40000m³/h,为保证空调效果,气流组织为上送下回。由于采光膜天窗不允许布置风管,所以送风口只布置在房间层高9m区域范围内,风口采用温控可变条缝形风口,大小为1500×150,共30个,回

风口布置在角落走廊，采用单层百叶风口，距地面0.3m。具体模型示意图如图2所示。

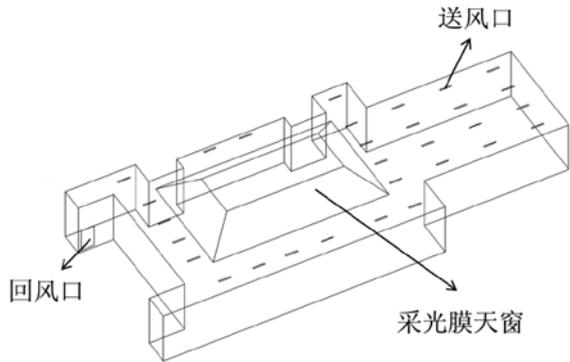


图2 研究对象模型示意图

5.2 边界条件

本次模拟送风口采用速度进口 (Velocity-inlet) 边界条件，回风口采用出风口 (Outflow) 边界条件。采用指定湍流强度和水力半径的方法对送风、回风口进行湍流条件设定。水力直径根据不同尺寸风口计算确定，送风口速度大小为1.65m/s，送风温度通过一次回风夏季过程计算为20.3℃。模型采用标准K-ε模型。

5.3 结果分析

图3为距地面1.5m高人员活动区处横截面速度场分布，图4为采光膜天窗中心横向纵截面速度场分布。从图4中可以看出，气流在大厅高度方向上形成若干漩涡，使空间内气流充分混合。采光膜天窗并没有因为没有布置风口形成气流死区。人员活

动区内速度大小经统计平均速度为0.17m/s，符合GB50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》规定供冷工况人员长期逗留区风速小于等于0.25m/s的规定。

图5为距地面1.5m高人员活动区处横截面温度云图，图6为采光膜天窗中心横向纵截面温度云图。从图中可以看出由于气流的充分混合，温度在高度方向上没有分层现象。人员活动区内温度经统计平均温度为22.5℃，比设计温度低2.5℃左右，满足设计要求。

综上所述，针对A区公务机贵宾厅空调系统在夏季工况下室内气流组织数值模拟分析表明，本设计空调系统气流组织满足规范要求，采用上送下回送风方式可以获得很好的气流组织效果。

6 结论

认真总结航站楼暖通空调设计和运行使用经验是非常有必要的，经过航站楼工程设计，有以下几点体会：

- 1) 确定空调方案时，须认真分析建筑结构特点，与建筑形式密切配合，采用多种设计思路。
- 2) 受多种因素影响，航站楼人员密度变化较大，确定人数时，应根据不同规模、地区以及功能综合考虑空调效果和节能。
- 3) 对空间跨度大，房间层高高的房间，不论是从有效保证室内温度、系统运行可靠性，一定要充分考虑冬季室内外温差特点，在设计时根据具体

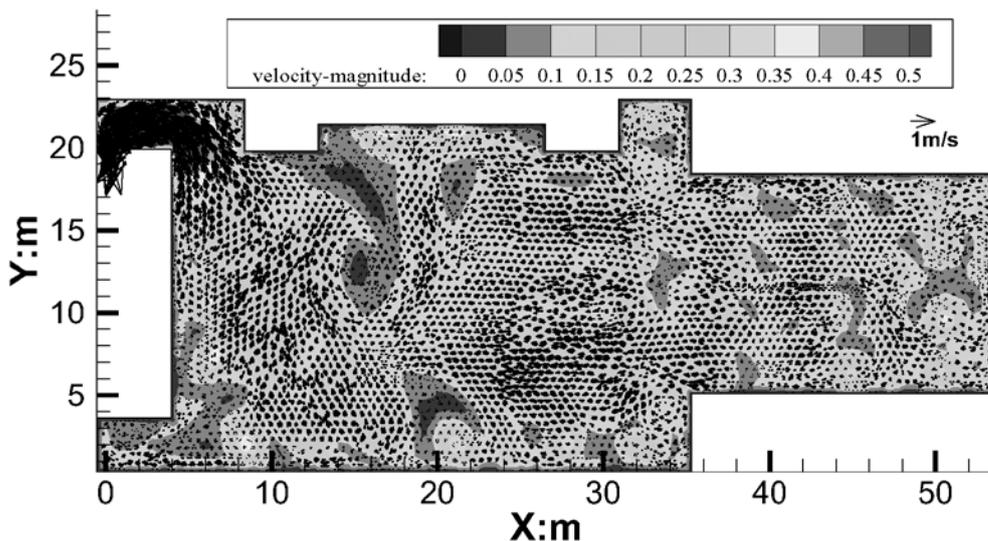


图3 横截面速度场

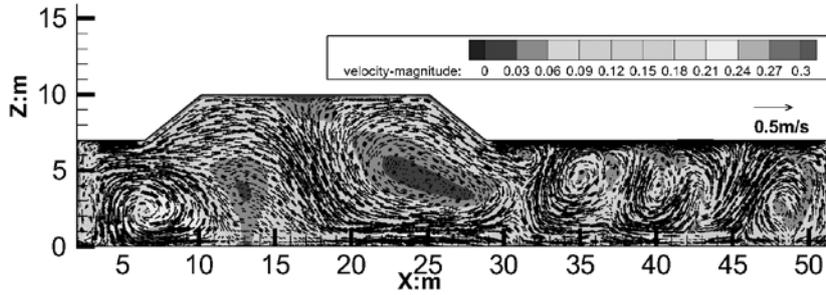


图4 纵截面速度场

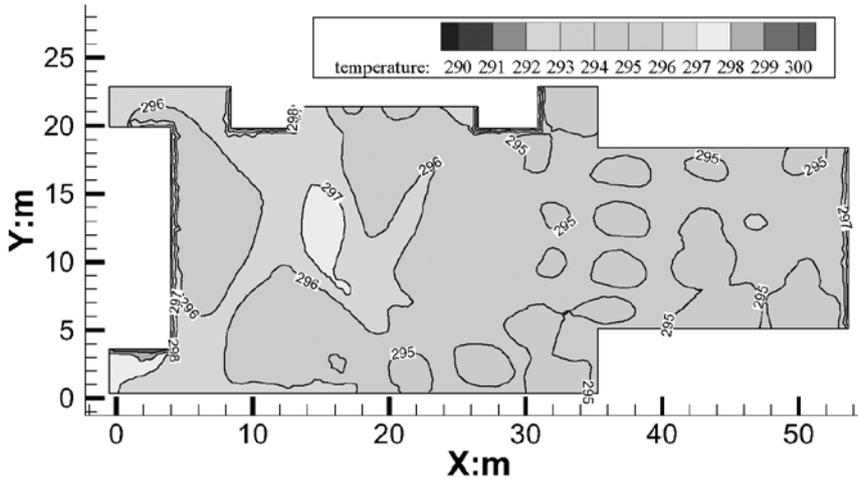


图5 横截面温度场

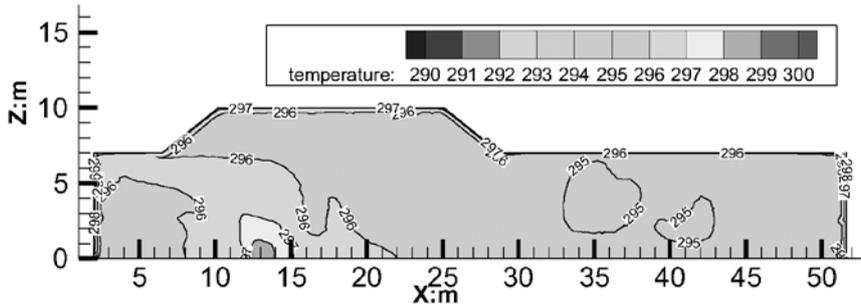


图6 纵截面温度场

条件,采取合理的气流组织型式。

4) 有效的气流组织模拟工具应用到设计中是有必要的。

参考文献

[1] 罗奕臻, 宣永梅. 国内机场航站楼空调系统初探 [J]. 制冷, 2013, 32(4): 63-66.
 [2] 黄凡, 杨麦年, 吴洋洋. 浅谈机场航站楼空调系统机能设计与运行管理[J]. 建筑热能通风空调, 2017, 36(7): 40-43.

[2] 王钊. 珠海机场航站楼空调设计[J]. 制冷空调, 1997, 25(5): 67-70.
 [3] 陈家源. 厦门机场新候机楼的空调系统设计[J]. 洁净与空调技术, 2002, (1): 61-68.
 [4] 刘汉华, 刘妮. 南昌昌北机场航站楼空调通风设计[J]. 暖通空调, 2003, 33(6): 70-72
 [5] 刘汗华. 西藏拉萨贡嘎机场航站楼空调设计[J]. 建筑热能通风空调. 2004, 23(1): 52-55.
 [6] 牛晓阳. 深圳机场航站楼改扩建工程的空调设计[J]. 暖通空调, 2008. 38(5): 48-50.

厦门某办公楼暖通设计工程

■ 刘雪源 肖武 [暖通]

摘要: 通过对采用温湿度独立控制系统的厦门某办公楼暖通设计的总结,分析出对于该类工程中温湿度独立控制系统设计方面的特点。其中增加外窗的遮阳措施或优化玻璃幕墙自身的遮阳性能、西向房间需增加冷梁等辅助供冷措施对温湿度独立控制系统的设计很重要;另外蓄冷措施对新风系统的冷凝热耗电量具有很好的节能性。

关键词: 温湿度独立控制;新风;金属辐射吊顶;冷梁

1 引言

温湿度独立控制系统优点很多,例如:舒适度高,节能,新风量标准高等。随着国内业主对空调系统的要求越来越高,上述温湿度独立控制系统的优点恰好契合了业主的需求,所以温湿度独立控制系统在工程设计领域开始被大量应用。虽然该系统优点多,但在工程设计实例中的短板也很明显,例如:造价高,对围护结构的要求高,对新风系统的除湿能力要求高等。

因采用高温冷冻水,使得传热温差较小,所以温湿度独立控制系统采用的吊顶辐射板的能力十分有限,毛细管辐射板平均供冷能力大约为 $80\text{W}/\text{m}^2$,金属辐射板平均供冷能力大约为 $60\text{W}/\text{m}^2$ 。

针对上述温湿度独立控制系统的优点与短板,笔者通过现有论文和工程设计实例,将该系统的设计要点进行归纳总结。

2 项目概况

办公楼为多层民用建筑,设计使用年限为50年,地上建筑物耐火等级为二级,地下建筑物耐火等级为一级,屋面防水等级为I级。建筑占地面

积约为 6000m^2 ,总建筑面积约为 34000m^2 ,地下一层,地上五层。本建筑主要用于办公、会议、接待、培训、餐厅、活动等。屋面为屋顶花园。

3 室内设计参数

表1 室内设计参数

房间类型	设计温度 ($^{\circ}\text{C}$)	设计 相对湿度 (%)	系统末端形式
办公、会议	≤ 25	≤ 50	辐射板+新风
门厅、餐厅	≤ 27	≤ 70	风机盘管+新风
活动大厅	≤ 28	≤ 70	全空气

4 空调系统

4.1 冷源

办公楼冷源由基地内消防水池蓄冷提供,供回水温度为 $14/20^{\circ}\text{C}$ 。消防水池在波峰电价的昼间放冷,在波谷电价的夜间蓄冷。蓄冷设备为制冷站的冷水机组。消防水池的单个放冷量可满足办公楼两个昼间空调所需冷负荷。

相关研究表明,辐射板表面温度与室内露点温度差保持 2°C ,就可以达到防结露的目的,同时能充分发挥辐射吊顶的供冷能力^[1]。室内设计参数为 $24^{\circ}\text{C}/50\%$ 时,室内露点温度为 13.9°C 。辐射板的水

作者简介:刘雪源,男,助理工程师,2013年毕业于北京建筑大学热能动力工程专业,现就职于中航建设民航工程设计研究院。

系统设置混水装置，使供回水温为16/20℃。

4.2 空调形式

根据业主需求及房间功能选用不同的空调形式。

4.2.1 办公、会议类房间

此类房间采用辐射板+新风的系统形式。

4.2.2 门厅、餐厅类房间

此类房间人员不会长期停留，对空调舒适性要求不高，最终选用了风机盘管+新风的系统形式。

4.2.3 活动大厅类房间

此类房间，空间高大、人员密度大且变化频繁，最终选用了全空气的系统形式。

下面围绕办公、会议类型房间即采用辐射板+新风系统形式的房间进行分析。

4.3 围护结构的优化

办公楼围护结构以玻璃幕为主，各项围护结构参数满足现行《公共建筑节能设计标准》限值要求。但由于大面积的玻璃幕墙带来了巨大的辐射热负荷，经过初步负荷计算得出外区房间冷指标很大。

为了降低房间的得热量，采取了两种优化措施。第一，采用氟碳喷涂隔热金属型材多腔密封(6较低透光Low-E+12A+1.52PVB+6透明)玻璃幕墙，传热系数 $2.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{k}^{[2]}$ ，局部采用铝板幕墙。第二，室内均设置遮阳帘。

4.4 辐射板比选（显热解决方案）

辐射板大致可分为两类：金属辐射板和毛细管辐射板。两者的特点如表2所示。

根据这两种辐射板的特点，经业主对投资的确认，本工程选用了金属辐射板的空调形式。

辐射板和新风系统的设置，使得大部分内区房间和非西向外区房间均能满足供冷需求。但西向外区房间的冷负荷比较大，各别房间含新风冷指标约 $200\text{W}/\text{m}^2$ ，而金属辐射板辐射能力有限，所以出现了吊顶布满辐射板后仍不满足房间所需冷负荷的情况，所以除辐射板外，通常会增加辅助系统。

4.5 辅助空调系统

根据业主需求，在保持房间吊顶整体化的特点，满足不设置带末端动力源类设备等因素的前提下，通过在房间中设置主动式冷梁的方式来提高房间的制冷量。

冷梁是一种干式的换热装置，铜管内通过高温冷水，空气从铜管和肋片间流通。冷梁与辐射板一



图1 金属辐射板布置效果



图2 毛细管辐射板布置效果



图3 采用毛细管辐射板的墙面龟裂

表2 辐射板的特点

产品类型	优点	缺点
金属辐射板	管路不易堵塞、美观、无噪声	初投资较高、单位面积制冷量小
毛细管辐射板	初投资低、单位面积制冷量大、无噪声	管路易堵塞、容易发生墙面龟裂

样，只承担室内的显热负荷，不承担湿负荷，由于冷梁采用高温冷水，供水温度一般为16℃，较常规的空调系统，冷水机组的能效更高，有利于节能。同时，由于冷梁结构紧凑，安装空间小，与辐射板相比，单位面积的换热量比冷吊顶4倍左右。

冷梁又分为主动式冷梁和被动式冷梁。主动式冷梁是由外部强制送入空气，一般将新风送入冷梁，在冷梁内部形成对流，增加空气与盘管间的换热。主动式冷梁由外壳、喷嘴、新风连接管、盘管、面板等组成。其空气处理过程为：新风以一定的风速经喷嘴喷出，进入到冷梁中，同时诱导吸入室内二次风，二次风通过换热盘管，冷却或加热后与一次风混合送入室内。被动式冷梁无一次空气诱导，仅依靠自然对流换热，因此主动式冷梁比被动式冷梁的换热量更大^[4]。

将主动式冷梁布置于房间外围靠近玻璃幕墙侧，新风接入主动式冷梁。采用此种方式来满足室内所需冷负荷。

4.6 新风系统的比选（潜热和湿负荷解决方案）

温湿度独立控制空调系统中，新风系统的设置



图4 主动式冷梁与金属辐射板结合布置效果

尤为重要。目前比较成熟的新风系统有三大类：转轮除湿溶液除湿和冷凝除湿。三者特点如表3所示。

表3 新风系统的特点

类型	优点	缺点
转轮除湿	除湿效果好	需要高温热源再生、体积较大
溶液除湿	节能、除湿效果好	有腐蚀风险、体积较大
冷凝除湿	除湿效果较好、无腐蚀风险、体积较小	需要低温除湿

根据这三类新风系统的特点、现有能源形式，选用了冷凝除湿的新风系统形式。

这种冷凝除湿的新风机组由预冷段、直膨表冷段以及冷凝再热段组成，其工作原理如图5所示。

室外高温高湿的新风经过采用14/20℃高温冷水的预冷段初步冷却降温、除湿，再经过直膨表冷段进行深度降温、除湿。此时的新风已经被处理到低温、低湿的状态，如若直接送入室内则会引起风口结露现象。所以新风不可最大温差送风，还需再经过冷凝器加热后送入室内。根据研究表明，送风状态点的绝对含湿量控制在约8g/kg，既能满足除湿的要求又能达到相对节能的目的^[5]。

将低温、低湿的新风再热到所需送风状态点后，还有一部分冷凝热需要冷却。这部分冷凝热的排放可以通过两种方式来实现，水冷和风冷。

风冷需要设置多个小型室外机，可结合屋顶花园的景观设计进行隐藏，但风冷的能效比很低，此处不再做成本对比。常规冷却水水冷，在屋面设置冷却塔需要占据一部分面积，而业主对屋顶花园面积需求很大；高温冷冻水水冷，无室外机，运行效率高，但采用高品位能来解决冷凝热，看似不节能。下面通过冷源制备成本和运行成本来比较常规冷却水水冷和高温冷冻水水冷两种冷却方式的总成本。

办公楼的常规使用时间是8:00~20:00。计算高温冷水的制备成本、不同冷却介质对新风设备效率的影响。

综合对比，方案1较方案2总体节约0.1296元/kW。

综合以上两方面，最终选择了采用高温冷冻水来解决新风设备的冷凝热。

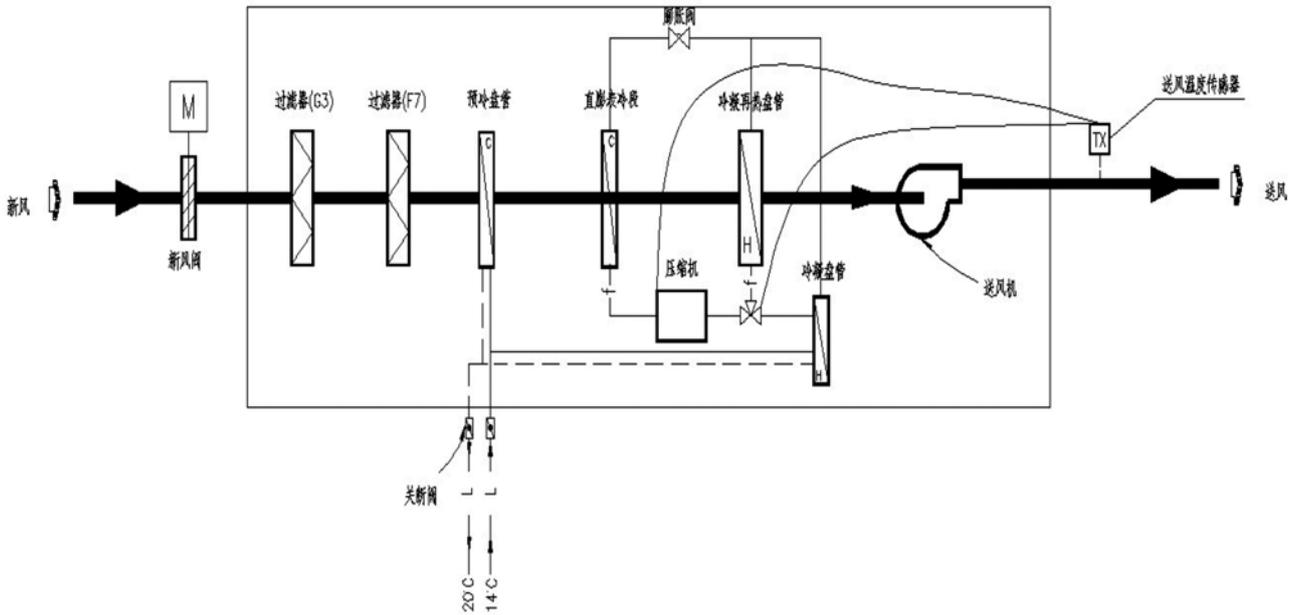


图5 新风机组工作原理

表4 福建厦门电业局现行销售电价表

用电分类	用电阶段	电度电价	备注
普通工业用电	平	0.6400	7:00~8:30; 11:30~14:30; 17:30~19:30; 21:00~23:00
	尖峰	1.0761	19:00~21:00
	峰	0.9515	8:30~11:30; 14:30~17:30
	谷	0.3285	23:00~次日7:00

注：数据来自国家电网<http://www.sgcc.com.cn/>；福建省电力公司<http://www.fj.sgcc.com.cn/>。

5 结论

玻璃幕大量应用的建筑物所需冷负荷很大，在温湿度独立控制系统的设计中必须增加外窗的遮阳措施或优化玻璃幕墙自身的遮阳性能。

各别外区房间，尤其西向房间需要采用冷梁等辅助辐射板供冷才能满足房间冷负荷需求。

温湿度独立控制系统中，新风系统起到湿度控制的主要功能。当采用本项目中自带冷源的冷凝热除湿新风机组时，若项目同时具有蓄冷措施时，使用高温冷冻水来消除新风系统的冷凝热要比风冷和常规冷却塔来消除冷凝热的方式更节能。

表5 方案比较

方案	冷却介质	制备成本	运行成本	
			峰电	尖峰电
方案1	14/20°C 高温冷冻水	0.0482元/ kW	0.1004元/ kW	0.1135元/ kW
方案2	32/37°C 常规冷却水	0元/kW	0.1838元/ kW	0.2079元/ kW

参考文献

- [1] 唐凯,张旭,周畅等. 辐射吊顶+ 置换通风系统夏季运行性能实验研究[J]. 暖通空调,2011,41(8).
- [2] 《全国民用建筑工程设计技术措施—节能专篇(建筑)》建质【2006】227号.
- [3] 于奔. 浅谈毛细管网空调系统[J]. 企业导报,2012,14:277.
- [4] 姚国梁. 金属辐射吊顶空调系统设计探讨[J]. 空调制冷,2015,45.
- [5] 王建奎,陆麟,曾宪纯. 温湿度独立控制系统中最小新风量计算方法研究[J]. 暖通空调,2010,40(1).

2018年第2期（总第136期）
2018年4月出版



唐山金融中心项目