

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2014年第1期 总第111期



中航工业洛阳光电设备研究所

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
主办单位 中国航空规划建设发展有限公司

内部资料 免费交流

中航工业洛阳电光设备研究所光电研发中心项目

· 项目简介

中航工业洛阳电光设备研究所光电研发中心项目（以下简称“光电研发中心项目”）位于历史文化名城洛阳市洛南新区南端，项目总体规划占地面积23万 m^2 ，用地依据功能分为南、北两区。一期南区已建设光电研发中心、1a号光电实验厂房、2号试验塔、门房共7.7万 m^2 （含地下建筑面积）。目前二期在建，建设内容主要包括北区的光电研发中心科研保障大楼、光电研发中心科研试制大楼、光电研发中心科研生产大楼及北门房，建筑面积共10.4万 m^2 。

· 设计理念

1. 城市历史文化

洛阳是我国的历史文化名城，历史悠久。因此，本方案从都城的文化历史入手，以中国最古老的《周礼·考工记》中营建都城的理论：“匠人营国，方九里，旁三门，国中九经九纬，经涂九轨。”为主要设计理念，将整个用地纵横划分为九部分，两个出入口与光电试验塔分别居于东、南、北三个方向的黄金分割点上。科研保障大楼、科研生产大楼、科研试制大楼沿空间序列展开，使现代建筑的设计理论与古代的都城规划手法在本方案的设计上取得了完美的统一。

2. 行业文化

洛阳光电研究所作为高科技人员的摇篮，它具有独特的学院特质，这是本方案中主要表现的一点，并以此为理念，同时结合研究所航空火控与光电专业的特色以及洛阳深厚的历史文化底蕴，进一步形成有规模、有气势、整体风格协调并且独特的学院式建筑群落。

· 建筑特色

本建设项目不仅要提供一个高效便捷的研发保障平台、明亮舒适的测试实验生产空间，还需将整个建筑群体纳入新区大环境之中，使之成为有机整体，并在建筑形体上体现其自身特殊的性格。在建筑单体设计前，进行了建筑群体的协调设计，通过统一的建筑语言、符号、秩序表达一致的建筑形象。具体通过以下三点协调设计：

1. 总体规划布局协调

内部车行道和景观隔离带将地块纵横划分，每组建筑物光电子产业自身属性特点需要表现出同中求异的建筑形象。结合用地界定条件，因地制宜，在充分满足工艺研发测试需求的前提下，将建筑有机整合，形成整体性的统一对外建筑形象，创造新时代高科技研发企业的崭新形象，传达中航工业企业文化精神。

2. 建筑风格协调

建筑造型力求方整，简单实用，通过规划，组合为一组群体建筑，统一的建筑立面、造型手法，一致的建筑外装修材料、色彩，从而形成整体的对外建筑形象。

3. 建筑色彩协调

基地内所有建筑物色彩统一设计为白色与深灰色组合的主调。在统一的灰色主调中，每栋建筑局部通过精心设计，画龙点睛，采用小面积的醒目色调，跃动明快，穿插活跃。主调庄重严谨而不失活泼元素，风格统一而富于变化。



公司召开2014年质量工作视频会议



3月3日，公司召开2014年质量工作视频会议。会议旨在更好地贯彻落实集团公司2014年质量工作会议和公司2014年工作会议精神，进一步深化质量管理，提高全价值链项目质量管理水平。公司领导、职能业务、专业技术、项目管理序列干部、成员单位领导及有关人员共240余人参加了会议。公司技术质量安全部部长刘子彦主持会议。

会议首先对2013年在项目实施和质量管理工作中的表现突出、对公司质量提升起推动作用并产生积极影响的个人和团队予以表彰。刘子彦宣读了公司2013年度质量先进个人、优秀质量工作者和质量先进团队获奖名单。随后对公司四个重大项目运行过程中出现的质量问题进行了深刻剖析，并就问题总结及采取的措施做了说明。

公司总工程师陆国杰以《完善制度建设 强化制度执行为公司战略落地提供质量保证》为题作了2014年质量工作报告，对公司2013年的质量工作进行了回顾总结，分析了当前的质量形势和存在的问题，部署了2014年质量工作的

重点，提出了2014年六项重点工作：一是围绕质量文化建设，进一步提升全员质量意识；二是持续改进质量管理体系，助推公司发展战略；三是进一步细化质量管理措施，完善质量考核激励机制；四是强化监督检查，稳步提升项目质量；五是进一步提升信息化管理水平，提高管理效率；六是加强技术质量管理队伍建设，提高管理水平。

公司总经理廉大为在会上发表了重要讲话。廉大为指出，公司目前质量形势依然严峻，近期出现的一些技术质量问题应引起深思。针对公司目前质量情况，廉大为提出四点要求：一是要狠抓技术线和项目管理线，落实项目总监制；二是进一步强化工艺和建筑两个主导专业的人才队伍建设，加强培训，尤其是要加强方法论的知识与实践及职责确认；三是进一步明确院总工程师的职责，强化总工程师的责任意识和岗位意识；四是采取多种措施，加大对课题研究的投入，营造公司学术氛围，发扬六十多年优秀文化积淀，重塑公司质量文化，推动公司持续健康发展。

2013年度质量先进团队



建筑院A1建筑工作室



623所上海EPC项目造价团队



中船重工703所中小型燃气轮机产业园建设项目设计团队



郑州东明路、政七街热源厂“煤改气”工程设计团队



中航雷达与电子设备研究院研发中心建设项目团队



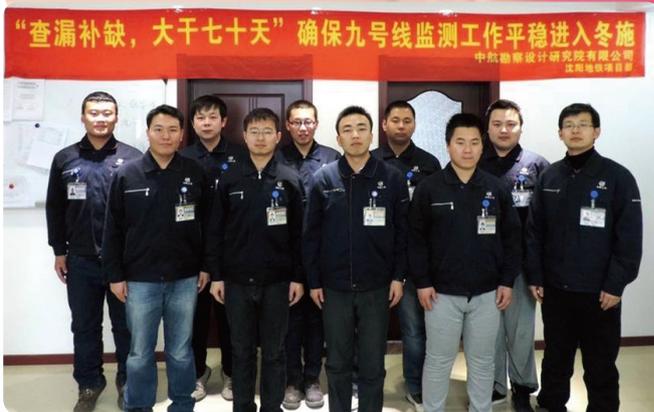
电子部38所大空间总装厂房项目设计团队



贵州某试车台项目团队



长春百克生物科技股份有限公司生物疫苗生产基地项目设计团队



沈阳地铁九号线工程第三方监测项目团队



湖南省工业园区发展规划和调区扩区可研咨询项目团队

2013年度质量先进个人



孟繁



刘俊龙



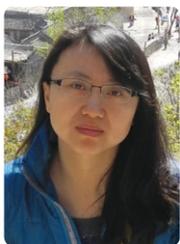
逯霞



丁蕾



吴坤



张琪



邹宏



张玲



林其静



俞美花



姚国华

2013年度质量优秀工作者



孟凡兵



谢哲明



李梅英



马浩林



王世忠



张俊杰



王静



孙英



邵山



徐侑

公司建立实行重大项目技术质量定期沟通机制

2014年初，公司建立并实行了重大项目技术质量定期沟通制，也叫例会制。此机制旨在更好落实公司技术线管理的新举措，解决公司当前快速发展过程中质量管理、项目质量中出现的问题，促进专业总师和各院总工程师之间的沟通，围绕质量管理和技术水平提升这两个核心分享讨论。例会由技术质量安全部负责组织召开，各专业总师、航空业务部的工艺总师以及各院总工程师参加座谈。

首次例会上，公司总工程师陆国杰出席并对专业总师及各院总工程师提出6项要求：一是着力打造专业队伍，专业总师要加强对其所在专业队伍的梳理工作；二是着力营造公司的学术氛围，努力创造“干技术比干管理光荣”的工作氛围；三是加强流程控制和质量管控，要着重将贯标和质量管理有机的结合起来；四是要求专业技术委员会、院技术委员会积极开展学术交流、将交流制度化并形成文字备案；五是建议院总工程师只负责技术质量管理，不要再管经营和生产；六是要求制定今年项目技术质量管理计划，报技术质量安全部备案。

最后，陆国杰指出，各专业总师和院总工程师要认真学习集团公司转发的“基于模型的系统工程方法”：在项目推动过程中，要认真分析客户需求，并严格执行“三标”体系；要基于重大项目进行技术创新，促进公司自身品牌的树立；要以通用性经验进行交流，起到对称、共享、借鉴的作用，推动公司持续健康发展。



中国勘察设计协会质量管理委员会主任委员陆国杰在中设协五届四次常务理事会议暨全国勘察设计同业协会秘书长工作会上作行业质量形势分析报告



3月4日，在中国勘察设计协会五届四次常务理事会议暨全国勘察设计同业协会秘书长工作会上，中设协质量管理委员会主任委员陆国杰作题为《质量为本、创新为魂、聚集力量、应对挑战》的行业质量形势分析报告，他从行业质量与质量管理现状、当前勘察设计行业质量管理面临的主要问题、未来勘察设计质量管理需要应对的新趋势和新问题、全行业开展质量管理创新的倡导和建议等几方面入手，阐明质量工作的重要性：工程勘察设计质量关系社会大众的百年大计，是工程勘察设计行业的生命，是工程勘察设计企业赢得市场、创造价值、树立信誉、塑造形象的基石。

中航建发长沙设计研究院有限公司：江湾纯水岸项目1#栋

建筑面积：9.09万m²

江湾纯水岸项目1#栋为长沙金霞开发建设有限公司投资开发的都市综合体。

项目地处江湾半岛C2地块，位于浏阳河北岸，西临浏阳河过江隧道及湘江世纪城，南与北辰三角洲隔江相望，北侧为已建高档住宅，东侧为城市污水处理站。

本项目由高为149.7m的35F商务写字楼和高为99.3m的26FSOHO公寓两栋塔楼组成，裙房为公寓配套及综合商业。空中景观平台架设于北塔顶部，与写字楼25F、26F相连接，设有公共观景平台和无边界泳池。

本项目在考虑到自身空间识别性和独立性的同时，尊重城市文脉的整体原则，预留出岳麓山和湘江橘子洲视线通道形成的双子塔布局，建筑造型力求简洁明了，现代感强，多边形建筑形体带来为丰富的光影变化，让建筑在不同的角度，不同的时间呈现不同的表情。建筑表皮轻盈，形态变化多端，犹如水上的两片轻舟。高空观景平台不但创造出开放的公共空间，同时也让建筑具有了独一无二的个性。



中国航空国际建设投资有限公司：西安未央印象城

建筑面积：28.7万m²



西安未央印象城项目是深圳中航建筑设计有限公司（中航建投子公司）为深国投商用置业有限公司设计的第26个商业地产项目。该项目位于西安市新行政中心所在地未央区。项目地块位于未央路与龙首路交汇处东北角，东距大明宫文化遗址公园约800m，西南临轨道交通枢纽，西北临近商业步行街，地理环境十分优越。项目是集商业、住宅、酒店及车库配套设施于一体的大型商住综合体，包括1栋高层酒店和8栋高层住宅，总建筑面积约28.7万m²，裙房为商业，酒店及住宅的总高度均为99.7m。项目毗邻古建区，消防审查严格，结构超限问题突出，容积率要求高，设计难度大。



中航建发市政工程设计研究院：北京首钢生物质能源项目

建筑面积：6.95万m²

该项目位于北京市门头沟区潭柘寺镇鲁家滩村，建设场地分为东区和西区，西区为生产区，由焚烧厂房、汽机及主控厂房、110kv升压站、水处理车间等厂房组成。总平面布置以满足工艺流程的高效合理运转为基础建设场地资源，利用通过控制场地开发强度，并采取适宜的资源利用技术，提高场地空间的利用效率和公共设施的资源共享。场地绿色植物采用防污、滞尘设计与配置，提供良好的生态效益和景观功能。建筑平面布局中垃圾车运输流线、参观流线、工作人员流线互不交叉、洁污分开、动静分开、营造良好的生产和工作环境。

建筑造型设计以“绿色、科技、安全”为基本出发点，如何将一个高度55m，长度175m的大方块改造成为主题新颖、一点即明，而又有美感，个性突出的工业厂房是本项目的技术难点。

本项目突出了“儿童乐园”的设计理念，主厂房用黑色石材、绿色太阳能板和金属弧三大体块的穿插变化，表现了基座的沉稳、绿化科技的主题、



顶墙结合富于变幻的体量，这样模糊的造型又与周边山体产生呼应完成了主厂房的三大主题。本项目为垃圾减量化、资源化、无害化处理及可再生能源焚烧发电的环境保护工程，在供热发电、炉渣利用及废水排放方面都达到国际先进水平，实现了垃圾处理的生态、循环和可再生利用。

北京首钢鲁家山垃圾分类处理焚烧发电项目这一优化首都生态环境、技术先进成熟的垃圾处理示范工程的建设，为首都增添了一座集环境保护、科普教育、绿色能源、生态旅游于一体的城市垃圾处理循环经济区，使北京市生活垃圾处理“增能力、调结构、促减量”目标有了突破性的进展。将极大提升北京市环境基础设施和公共服务水平，促进当地环保产业和生态旅游的发展。



中航建发市政工程设计研究院：南充垃圾焚烧发电工程

建筑面积：3.17万m²

南充市垃圾焚烧发电厂位于四川省南充市嘉陵区化学工业园区，建筑造型方面本质上是三个大体量厂房与周边若干个大小不等建筑的衔接问题。为了将其彼此衔接设计有一定的趣味性，减少传统对工业厂房建筑单调的感觉，我们采用了向“Super Flat”这一当代艺术潮流学习，造型试图抹平“娱乐”与“艺术”之间的界限，缩短两者距离，借用“俄罗斯方块”的设计理念，用凸凹变化的手法，增加空间构成的情趣感，减轻庞大建筑体量对周边环境的压迫感，

将周边小建筑与主体建筑彼此凹凸咬合，伸缩变化。在体块交界处以玻璃为过渡材料，既满足采光要求，又增强了虚实对比程度。

主厂房、汽机房、电控楼外墙面主要采用白色、黑色凸凹金属板和玻璃幕墙三种材料，着力实现“将建筑表现集中在表层，打破建筑中各层面构成和顺序的关系不再区分与强调建筑中的主与次，而将其共同排列后重新考虑”的设计理念，实现体量与材质的一体化设计。实现了远景构思赋形明确，中景建筑变化丰富，近景符合人性化尺寸的要求。



工艺专业

工艺专业召开2013年度总结及技术交流会

1月10日、1月14日两天，公司工艺专业技术委员会在学术报告厅组织召开了2013年度工艺专业总结及技术交流会。会议围绕“技术研发，打造工艺专家；项目管理，打造优秀总设计师”的主题，总结2013年工作，交流心得，并展望2014年工作。公司总工程师陆国杰出席本次交流会，并对工艺专业团队建设和发展提出了要求。

会上，执行总工艺师郭志海代表公司工艺专业技术委员会对本专业2013年度工作进行总结。在2013年，公司工艺专业人员在国防军工、航空民品、民航通航、民用工业的项目开发、规划咨询设计等领域共完成可行性研究报告140余项，初步设计50余项，以及施工图设计任务多项，完成各项产业咨询规划项目共计30余项，还参与了多项项目建议书和投标工作。在技术研发方面，共完成研发课题9项，业务建设12项，编制规定、标准、规范5项，专业技术奖项申报评选46项，学术论文发表35篇；在团队建设方面，顺利完成了公司统筹培训计划及各院工艺室组织的内部培训，多人获得国家和集团公司的表彰。随后，郭总对2014年的重点工作进行了部署。工艺专业技术委员会今年将继续完善项目分级管理措施和质量管控，进一步明确责任点，强化质量意识；开展技术创新，抓好业务建设、研发课题立项和验收，开展公司标准规范和规定的编制；做好有针对性的培训，全面提升工艺人员咨询设计能力和全价值链项目的服务水平。

规划专业

规划总图专业召开2013年度总结及技术交流会

1月21日，公司规划总图专业技术委员会组织召开了2013年度规划总图专业总结及技术交流会。本次交流会以“抓住机遇 知难而上 创新超越 重塑辉煌”为主题，突出多个分专业的交流与融合，学术交流从城乡规划、总图设计、航空产业规划、景观规划与设计、机场规划、机场场道设计等多个分专业层面交流了各项专题，展示了各单位规划总图专业一年来最新的研究成果及业务体会。

总规划师李守旭做总结发言时指出，2013年对于我们国家来说是不平凡的一年，十八届三中全会对我国的发展建设提出了全面深化改革讯息。在国家发展新型城镇化建设的背景下，规划总图专业应抓住发展机遇，跟上国家改革发展的节奏，切实加强专业水平提升。展望2014年，公司规划总图专业在注重业务专业化水平的提升的同时，应更加专注于各分专业间的整合，汇聚多专业的力量提升中航建发公司的业务核心竞争力，为公司新形式下的蓄力发展创造了更好的技术创新平台。

建筑专业

建筑专业召开2013年度总结及技术交流会

2月18日，公司建筑专业技术委员会组织全体建筑专业人员召开了2013年度工作总结及技术交流会。本次交流会的主题为“技术、管理两线发展，质量、创新共同提升。”在会上，执行总建筑师陈海风代表公司建筑专业技术委员会对本专业2013年度工作进行了总结，并对今年的重点工作进行了部署。

在2013年中，公司建筑项目多次获得国家级奖项，其中，贵阳奥林匹克体育中心主体育场工程（金奖）、中国国家话剧院剧场及办公楼工程（银奖）获得了建筑创作奖，中国航空工业成都飞机设计研究所新区项目、北京首钢生物质能源项目获得中国工业建筑年会工业建筑创作奖一等奖，中国航空无线电电子研究所紫竹新区项目、航天一院新一代运载火箭基地获二等奖，北京经济技术开发区7号供热厂项目、西安航空信息产业基地1号通用厂房获三等奖。这些奖项的获得，充分体现了公司建筑专业雄厚的实力。

结构专业

结构专业召开2013年度总结及技术交流会

1月9日，公司结构专业技术委员会组织召开了2013年度总结及技术交流会。本次交流会以“科研推广与重大项目介绍”为主题，公司结构专业技术委员会各位委员和各实体院全体结构人员均参与了本次交流会。在本次交流会上，来自各实体院的18位代表围绕会议主题做了技术交流报告，参会人员也就这些话题积极发表意见，并对一些关键技术问题进行了热烈的讨论。通过此次交流会，极大的促进了公司结构专业人员的学术交流和业务交流，对提升结构专业的总体业务水平也可以起到重要的作用。

给排水专业

给排水专业召开2013年度总结及技术交流会

1月8日，公司给排水专业技术委员会组织召开了2013年度总结及技术交流会，这次交流会的主题是“设计问题分析、经验交流、课题推广”。本次交流会的内容主要包括以下几个方面：一是性质较为特殊的工程设计经验介绍，二是今年刚刚结题的研发课题的推广介绍，三是对公司正在编制的国家标准和行业标准进行宣讲。在会上，给排水专业总师王锋对本专业2013年第三季度的施工图审查意见、设计回访、质量检

查等发现的问题进行深入剖析，并对给排水专业团队2013年的工作进行了回顾和总结，通过总结肯定了大家的业绩，也分析了工作中的不足，并提出改进的措施。会上还表彰了2013年度给排水专业在研发课题、业务建设、论文发表、专业交流、团队工作等方面作出突出贡献的人员。

暖通专业



暖通专业召开2013年度总结及技术交流会

1月10日，公司暖通专业技术委员会组织召开了2013年度总结及技术交流会。公司本部的全体暖通设计人员全部出席了本次会议。在会上，来自各实体院的14位暖通设计师做了主题发言，其中3个业务建设和4个研发课题的发言更彰显了本次会议主题——“效率与创新”。

在本次交流会中，现场问题及处理方法的讨论依然是一个重点，肖武总师的“火灾中暖通设计责任分析”的发言使与会者了解了火灾的细节与过程，董秀芳副总师详细解读了洁净厂房新规范，李晓谊副总师将暖通全国年会的精神带到了会场。发言者中还有刚刚工作二年的新人，他们通过本次交流活动展示了青春，锻炼了能力，提升了素质，为暖通专业延续着希望与活力。最后，暖通专业总师肖武进行了总结发言，并对新一年的暖通工作提出了设想。

动力专业

动力专业召开2013年度总结及技术交流会

1月9日，公司动力专业技术委员会在公司举行了动力专业2013年度总结及技术交流会。会议以“打造动力精品 助力建发腾飞”为主题，针对2013年动力专业工程中的多发问题进行了深入剖析。

会上，动力专业总师李纲首先通报了本专业最近发生的重大设计质量事故，从严格执行公司“设计项目分级管理办法”，严控设计中重大风险对大家进行教育，要求大家在今后设计中严禁超标、越级、跨专业设计，并确定2014年动力专业技术委员会工作的重点是规范作业标准，完善作业文件。随后，专业副总杨丽莉、专业技术委员会熊剑琼、邢志涛等委员分别介绍了相关规范及项目，交流中大家热烈讨论，认真发言，实现了很好的互动效果。最后，专业总师进行了总结发言，肯定了2013年动力专业的成绩，并对2014年动力专业的工作进行了总体布局。



电气专业

电气专业召开2013年度总结及技术交流会

1月15日，公司电气专业技术委员会组织召开了2013年度电气专业总结及技术交流会。本次会议以“质量与服务”为主题，来自各实体院的几位代表围绕会议主题，结合各院2013年度开展的研发课题、本单位核心技术及研发思路，以及设计回访中遇到的实际问题，分别代表本院做了技术交流报告，并对如何统一规范、提高效率、保证质量进行了深入的探讨。

会议最后，电气总师丁杰代表公司电气专业技术委员会从总体情况、技术质量管理、技术科研管理、团队建设等方面总结了2013年电气专业的工作，并围绕公司全价值链项目的管理模式做了2014年的工作计划。

工程造价专业

工程造价专业召开2013年度总结及技术交流会

1月8日，公司工程造价专业技术委员会组织召开了以“造价管理 造价控制”为主题的2013年度专业交流总结会，公司总部60余人参加了本次会议。本次交流会从EPC项目报价方法、重点项目过程控制、业务建设、规范使用四个方面全方位开展交流，共有一、二、三、四、六、九院的14位专业副总或业务骨干上台进行主题发言。通过交流，各院工程造价专业人员积极分享经验，热烈的交流探讨工作中常遇到的一些问题。

在本次交流会中，由于专业技术委员会提前进行了题目的策划，各位主讲人准备比较充分，交流过程中采用即时互动交流方式，使得交流更加实用，提高了交流的效果。交流结束后，专业总师王玉平简要梳理了本专业一年来的主要技术管理工作，同时提出了明年的主要技术发展方向。

政策标准信息

住房城乡建设部关于发布国家标准《火灾自动报警系统设计规范》的公告（第149号）

现批准《火灾自动报警系统设计规范》为国家标准，编号为GB50116-2013，自2014年5月1日起实施。其中，第3.1.6、3.1.7、3.4.1、3.4.4、3.4.6、4.1.1、4.1.3、4.1.4、4.1.6、4.8.1、4.8.4、4.8.5、4.8.7、4.8.12、6.5.2、6.7.1、6.7.5、6.8.2、6.8.3、10.1.1、11.2.2、11.2.5、12.1.11、12.2.3条为强制性条文，必须严格执行。原《火灾自动报警系统设计规范》GB50116-98同时废止。

住房城乡建设部关于发布国家标准《医药工艺用水系统设计规范》的公告（第150号）

现批准《医药工艺用水系统设计规范》为国家标准，编号为GB50913-2013，自2014年5月1日起实施。其中，第3.0.1、4.1.2、4.2.3、4.3.4（1）、4.3.7、4.4.2、4.4.4（3）、4.5.2、4.6.3、4.7.3、5.2.4、5.4.5、5.5.1、7.1.1条款（款）为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布国家标准《建筑地面设计规范》的公告（第152号）

现批准《建筑地面设计规范》为国家标准，编号为GB50037-2013，自2014年5月1日起实施。其中，第3.2.1、3.2.2、3.8.5、3.8.7条为强制性条文，必须严格执行。原标准《建筑地面设计规范》GB50037-96同时废止。

住房城乡建设部关于发布国家标准《装饰石材工厂设计规范》的公告（第154号）

现批准《装饰石材工厂设计规范》为国家标准，编号为GB50897-2013，自2014年5月1日起实施。其中，第11.4.1（1）、12.5.4、13.1.5、13.1.6条款（款）为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布行业标准《城市轨道交通结构安全保护技术规范》的公告（第158号）

现批准《装饰石材工厂设计规范》为国家标准，编号为GB50897-2013，自2014年5月1日起实施。其中，第11.4.1（1）、12.5.4、13.1.5、13.1.6条款（款）为强制性条文，必

须严格执行。

住房城乡建设部关于发布行业标准《城市居住区热环境设计标准》的公告（第159号）

现批准《城市居住区热环境设计标准》为行业标准，编号为JGJ286-2013，自2014年3月1日起实施。其中，第4.1.1、4.2.1条为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布行业产品标准《建筑用铝合金遮阳板》的公告（第169号）

现批准《建筑用铝合金遮阳板》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T416-2013，自2014年2月1日起实施。

住房城乡建设部关于发布行业标准《教育建筑电气设计规范》的公告（第173号）

现批准《教育建筑电气设计规范》为行业标准，编号为JGJ310-2013，自2014年4月1日起实施。其中，第4.3.3、5.2.4条为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布行业标准《建筑深基坑工程施工安全技术规范》的公告（第174号）

现批准《建筑深基坑工程施工安全技术规范》为行业标准，编号为JGJ311-2013，自2014年4月1日起实施。其中，第5.4.5条为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布行业标准《医疗建筑电气设计规范》的公告（第175号）

现批准《医疗建筑电气设计规范》为行业标准，编号为JGJ312-2013，自2014年4月1日起实施。其中，第7.1.2、9.3.1条为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布行业标准《建筑采光追逐镜施工技术规程》的公告（第179号）

现批准《建筑采光追逐镜施工技术规程》为行业标准，编号为JGJ/T295-2013，自2014年4月1日起实施。



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
主办单位 中国航空规划建设发展有限公司

顾问委员会

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

编辑委员会

主任 陆国杰
副主任 刘子彦
委员 (按姓氏笔画排序)
丁杰 卜国磊 马培贤
王玉平 王坚 王笃礼
王锋 朱丹 向立学
米敬明 陈丹湖 李中强
李守旭 李纲 肖武
杨杰 陈海风 张海飞
金来建 周桂 贺宏斌
唐永堃 郭志海 徐克利
徐晓东 黄春晖 傅绍辉
葛家琪 魏旗

总编 陆国杰
主编 陈海风
执行主编 王蕊
责任编辑 冯志军
出版 《航空工程建设》编辑部
地址 北京德外大街12号
邮编 100120
E-mail hkgcjs@avic-apc.com
印刷 北京盛世双龙印刷有限公司
电话 (010)62038235 62038276
传真 (010)62038297
封面 中航工业洛阳电光设备研究所光电研发中心项目

CONTENTS

目录 2014年第1期 总第111期

质量管理

- 02 完善制度建设 强化制度执行 为公司战略落地提供
质量保证——2014年质量工作报告 陆国杰

航空能力建设

- 05 脉动式飞机总装生产线工艺规划研究 周旭 徐学民
09 大型客机复合材料制造先进工艺设备选型分析
孟庆华 常春荣

研究与探讨

- 14 惯导系统装配调试厂房工艺设计分析 白雪燕 张国志
20 深圳宝安国际机场飞机噪声影响及其控制对策研究
刘孝峰 李廷锋
25 淋水式燃煤锅炉尾部烟气热回收研究 戴鹏飞 董秀芳
29 基于2013版清单计价规范的工程造价确定和控制体会
耿迪 陆焕玲

新兴产业咨询

- 34 智能化冷链物流运输集成方案探究 董磊 陈刚
38 东北地区资源型城市发展战略研究 王天璞 陈刚

工程设计

- 43 乌兰察布市虎山西环路仿古商业步行街规划设计 闫珊 屈健
48 屈曲约束支撑在高烈度地震区机库附楼中的应用
邢纪咏 张俊杰 赵伯友 朱丹
54 某多层框架结构厂房的加层改造设计及分析 闫天泽 邹宏
59 CFD技术在龙湖重庆时代天街后工二期一区项目中的应用
赵强 刘晓雨

完善制度建设 强化制度执行 为公司战略落地提供质量保证

——2014年质量工作报告

中航建发总工程师 陆国杰

同志们：
大家好！

今天，我们召开公司质量工作会议，目的是贯彻落实集团公司质量工作及公司年度工作会议精神，回顾与总结公司2013年质量工作，部署2014年重点任务。下面，我代表公司讲以下三个方面的内容。

1 2013年质量工作回顾

2013年我们紧紧围绕公司主营业务重点工作，创新管理理念，增强质量意识，扎实推进各项工作，进一步提升公司业务质量，为公司快速发展起到了保驾护航作用。下面对2013年质量工作重点进行一下回顾。

1.1 贯彻公司管理方针，遵守公司质量管理制度，为公司业务的全面完成提供了有效保障

一年来质量工作贯彻公司管理方针，严格遵守公司质量管理体系要求和各项规章制度，保障公司质量目标的实现。质量工作确保公司各项生产任务顺利完成，成品质量满足业主要求并追求卓越，为公司全年生产任务目标的实现打下了坚

实的基础。

1.2 改进质量管理体系，提升质量管理措施，为提高项目质量和管理水平打下坚实的基础

1) 结合公司业务发展的需要，持续改进“三标”体系

在公司内部开展完成了2013版“三标”管理体系的修订工作。组织完成共计77个体系文件的换版修编工作，进一步提升了质量管理水平。

2) 完成体系“内审”，顺利通过“外审”，并顺利获得中航设备公司“三标”体系认证子证书

通过强化监控体系的运行，顺利完成了“三标”管理体系内部审核，并通过了2013年度管理体系的外部审核，并在“三标”体系管理方面获得了较高的外部评价；完成中航设备公司“三标”体系的构建，并顺利获得“三标”体系认证子证书。

3) 强化项目质量管控

为提升质量保障能力，打造精品工程，落实技术质量责任，在“三标”管理体系的基础上，细化管控流程，明确岗位责任，提升考核办法，保障项目质量。

1.3 开展质量教育、培训工作，促进项目质量和管理水平提升

1) 开展质量剖析讲评活动

各专业技术委员会分期共举行了18次质量剖析讲评活动，关注典型问题，分析总结提高，促进了设计人员质量意识和技术水平的提高。组织开展项目现场质量管理技术培训与交流活动，增长现场质量管理知识，分析问题原因，交流管理经验，提升管理水平。

2) 开展管理体系及管理制度宣贯活动

进行2013版“三标”体系培训活动。组织相关部门对全套体系文件逐一进行讲解，加深对质量管理制度的理解，促进提升体系的执行力和执行效果。

1.4 强化监督检查及考核评价工作，有力保障了设计成品及实物质量

1) 开展设计成品质量检查、施工图外审问题统计分析

通过强化监督，将检查中发现的各类问题进行了及时整改，消除质量隐患，发布检查和分析通报，进行总结提高。对各实体院施工图外审情况进行分析统计，收集质量信息，掌握项目质量态势。

2) 开展总承包项目现场质量管理监督检查工作

发布“总承包项目现场质量和安全管理检查情况通报”，对查出的各种问题及时进行整改，从而消除隐患，达到保障项目质量的目的。

3) 加强对重大项目、A类项目的过程管控

2013年重点加强项目各关键环节的管控工作。对于重点项目，安排专业总师承担审定工作，以确保设计项目质量。

4) 开展质量评优活动

评选出2013年度“质量先进个人”、“优秀质量工作者”、“质量先进团队”，给予宣传和表彰。通过质量评优活动，树立质量先进标杆，促进全员质量意识提升，推动项目质量提高。

1.5 开展质量管理信息化技术提升，提高项目管理效率和水平

开展质量管理信息化手段提升工作。依据修订后的管理体系需求，及使用过程中发现的不适宜情况，对项目信息化管理平台进行持续优化，以提升项目质量管理信息化水平，提高管理效率和水平。

2 当前存在的问题

尽管在质量管理工作方面取得了一定的成绩，但是我们必须清醒认识当前行业发展的形势，必须正确认识我们在质量管理工作中存在的一些问题：

2.1 质量意识薄弱，熟视无睹现象普遍存在

在当前行业发展的特殊形势下，一些干部员工责任感缺失，质量意识模糊，对于一些常见病和多发病熟视无睹、麻木不仁，如管线碰撞返工、管线挡窗等。

从设计成品质量检查情况反映：消除了违反“强制性条文”问题的发生，但一般的“错漏碰缺及设计文件深度”等常见病和一般性质量问题仍然较多。

从施工图外审统计分析反映：违反强条问题得到杜绝，但II类问题单位工程平均数还较多，应引起我们高度重视。

2.2 漠视制度，责任不到位

质量管理制度我们已经制定了很多，如三标体系文件、质量管理办法、质量奖惩办法等等，但是对制度敬畏不够，有制度不执行等问题在三标体系的执行中较为突出。

对于项目设计，出现盲目的“快出活”思想，产生了质量“说起来重要，做起来次要，忙起来不要”的不正常现象。

总包项目现场的质量管控，前期策划工作针对性不强；对施工过程质量控制、材料进场检查验收等不到位、不及时；项目管理资料不规范等，这些都为工程质量带来了隐患。

在项目实际运作中依然存在为贯标而贯标的思想，导致管理体系规定的执行和项目实际运行之间还存在较大程度的“两张皮”现象。没有充分发挥管理体系的管控和保障功能，导致质量问题不断，甚至导致质量事故的发生。

2.3 创新意识不够

在当前形势下，客户的要求越来越高，社会分工也越来越细。质量体系的核心是以顾客为关注焦点，我们的目标是让所有的顾客都能够100%满意。我们在进步，业主也在进步，业主的表现越来越专业，眼光也越来越高，甚至是放眼同行业及国内外技术和市场，业主希望我们能就他们关心的问题提供更专业的咨询，建造出更完善可靠的项目实物。当前，我们在这方面能力还有所欠缺，可能会

引起部分顾客的不满甚至投诉。在今后的发展中，我们必须在咨询、设计、建造等各阶段同时具备以质量为核心的服务意识，才能真正实现顾客满意的目标。我们必须有创新的思维，用互联网的思维开展工作，才能赢得客户，赢得市场。

3 2014年质量工作重点任务

2014年公司质量工作的总体要求是，深入贯彻集团质量工作会议及公司年度工作会议精神，紧密围绕公司整体工作部署，以完善制度建设、强化制度执行为主题，以优化管控模式为重点，持续提高咨询设计、工程总承包的品质保障能力，为实现公司全年目标提供坚实的质量保障。2014年主要做好以下六个方面的工作：

3.1 围绕质量文化建设，进一步提升全员质量意识

全员质量意识的提升是确保公司质量的基本保证，而质量文化的牵引是提高质量意识的基础。围绕质量文化建设，加强质量道德宣传，从道德层面激发员工对质量工作的认同感、责任感和荣辱感，培育与公司发展相一致的质量责任意识、忧患意识、服务意识、品牌意识及质量效益意识。积极组织开展项目团队质量分析交流，组织各类专题质量研讨，加强相关职能、业务部门的工作协同，强化各管理职能部门的质量意识。深入研究QC小组活动模式，以“质量月”活动为契机，探索开展QC小组活动，形成全员关注质量的氛围。大力宣传质量是企业发展的生命，质量工作应融合在全员日常工作中。开展质量评比活动，强化质量竞争意识，树立质量先进典型，进行表彰奖励，以点带面，形成人人争先的良好质量氛围。

3.2 持续改进质量管理体系，助推公司发展战略

开展2014版“三标”管理体系改进工作，并培训宣贯，加强体系文件的执行力，进一步减少管理文件规定和项目实际运行之间的“两张皮”现象。全面完成2014年度“三标”管理体系内审工作；监控体系运作，做好充分准备，顺利通过管理体系的外部监督审核。

3.3 进一步细化质量管理措施，完善质量考核激励机制

进一步推进公司本部与项目所在直属实体单位的管控融合，推进直属实体单位项目质量管控细则的建设。加强各院之间、总工程师和专业总

师之间质量管理方法和思路的交流沟通，全面提升质量管理能力与水平。探索质量与管理成本及薪酬挂钩的管理措施，推动工程项目质量问题零容忍观念。

3.4 强化监督检查，稳步提升项目质量

开展设计成品质量检查，特别注重做好对重大项目、技术较复杂、难度大的项目的监督检查工作，剖析问题产生的根源，提高项目质量水平。监控施工图质量状况，分析总结，提出纠正预防措施。开展各实体院之间项目质量互查工作，提升项目质量的同时，促进技术经验交流。对重要项目进行不定期检查，以便及时发现和解决问题，消除隐患，确保项目质量。

3.5 进一步提升信息化管理水平，提高管理效率

继续推动设计项目管理平台运行，进一步优化项目平台管理流程，提升项目质量管理信息化水平，提高管理效率。

3.6 加强技术质量管理队伍建设，提高管理水平

加强各级技术质量管理人员专业能力、知识结构和职业技能的培训，提升质量管理能力。加强直属实体单位质量管理队伍建设，开展质量成本研究工作。

同志们，当前公司正处于跨越发展的关键时期，今年业务发展将继续快速升级，充满机遇更充满挑战。我们必须肩负起保障公司全面发展的重任，要紧密围绕公司发展战略，服务公司业务市场，大力弘扬质量道德观，坚持用户至上，不断创新管理，为保障公司全面完成任务打造坚实的质量基础。

脉动式飞机总装生产线工艺规划研究

■ 周旭 徐学民 「工艺」

摘要: 随着数字化制造技术、自动化技术、先进信息技术和并行工程等技术和应用,脉动式生产线已成为飞机总装生产线的发展趋势之一。本文详细介绍了脉动式生产线的组成元素和特点,并以民用直升机为背景,分析脉动式生产线在实际中的应用以及工程建设中对厂房的影响,并且结合实际情况,提出了工程咨询设计思路。

关键词: 装配; 飞机总装; 脉动式生产线

0 引言

装配是航空企业制造过程中一个重要领域,占用了大量的制造时间和制造资源。据统计,航空企业中大约60%生产费用和产品生产制造总工时被用于航空产品的装配过程中。一般来说,飞机的总装配是把已制成的飞机结构部件(包括部分功能系统)进行对接,在机上进行各种功能装置和功能系统的安装、调整、试验及检测,使飞机成为具有飞行功能和实用功能的完整的整体。

随着数字化制造技术、自动化技术、先进信息技术和并行工程等技术和应用,飞机的总装生产线由传统的固定站式逐渐发展为流水线式,其中流水线式又包括站式、脉动(脉冲)式和移动式流水线。尤其是脉动式生产线在我国飞机主机厂的逐渐应用,给固定资产投资领域咨询设计带来了新的挑战^[1,2]。

1 飞机总装生产线

飞机总装生产线分为固定站式式和流水线

式,具体如下:

固定站式式通常是在一个工位上定点完成几乎全部的总装调试工作,即人员、物品、设备、工装等围绕着飞机转的整个总装流程,基本上全部依靠人工装配,所采用的工装主要是工作梯,生产管理以调度管理为主,人为因素很大,效率较低。此模式常用于新机研制或生产批量小的阶段。

流水生产方式起源于福特汽车公司。它是指工作地(设备)按劳动对象的工艺顺序排列,劳动对象按一定的工艺路线以规定的速度,流水似的经过所有工序的加工过程。飞机总装流水线,通常可分为站式、脉动(脉冲)式和移动式流水线。脉动式的飞机总装线是飞机在各工位之间流转,采用自动化的拖拉装置,如AGV小车,它将与飞机前起落架下方连接,并沿着既定的轨道,通过设定的信号导引,将飞机自动拖入下一个工位。但是,脉动式总装线在各个工位进行工作时,飞机保持静止不动,当完成该工位上所有的工序后,才启动自动牵引设备移动飞机,因此属于间断流水线。脉动式的飞机总装流水线,要求在整条生产线的厂房地面上铺设如地轨或电缆沟等,而各工位上装配所需的动力供应仍可采用地井的方式,或者通过地沟直接将动力管线接至工装上。此模式适用于批量生产阶段^[3]。

作者简介:周旭,男,助理工程师,2012年毕业于西北工业大学航空宇航制造工程专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

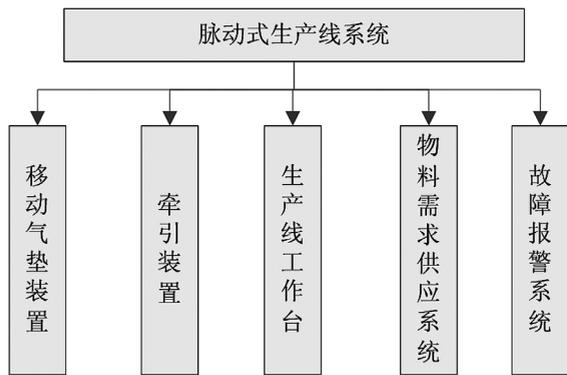


图1 脉动式生产线系统组成

2 国内外飞机总装生产线现状分析

上世纪，国外一些航空巨头投入大量资金在飞机自动化装配中，形成了自动化程度非常高的飞机总装移动式生产线。先进的制造技术和创新管理理念在提高飞机总装效率、减少总装出错率和保证飞机质量方面取得了巨大成就。

为了满足飞机快速生产的需求，进而降低装配成本，洛克希德马丁、波音和空客等飞机制造公司分别在F35、波音系列民机以及A380等飞机的总装生产线中，吸取了汽车行业流水生产线的理念，进行了装配生产线流程再造，并采用精益生产模式，将传统的批量装配生产方式变革为单件流拉动式生产方式，在总装中采用了移动生产方式，从而大大缩短了飞机总装配时间，降低了飞机制造的成本，提高了装配质量。例如，B737在1999年建成移动生产线后，总装时间由原来的22天减少到11天，工作流程产品存货降低50%，此生产线以每分钟2英寸(50.8mm)的稳定速度前行，最终将飞机装配时间减少到8天^[4]。

国内飞机的总装主要采用传统的的机位固定装配方式，部分制造厂采用了流动式总装生产线，主要有上飞ARJ总装生产线、西飞MA60总装生产线、西飞某型机脉动式总装生产线，天津A320总装生产线。引入流动式总装生产线对我国航空产品制造水平具有重要意义：

1) 飞机总装发展的必然趋势

随着我国低空的逐步开放，民用飞机的市场需求逐渐增大，民用航空将以市场需求为主导，产品投入市场的先后决定着一个企业的生存，故其研制周期对于型号的商业成功具有至关重要的

作用，只有按时交付才能赢得客户的青 并为公司带来利润。同时，民用飞机对于市场的准时供应也需要制造商有相对准确的制造周期。流动式总装生产线与站式式传统的总装生产线相比，其装配周期更为固定和可预测，能够满足市场化条件下的准时交付。而对于军品型号而言，其虽然受市场影响较小，但研制周期和装配周期依然决定了我军的装备技术水平。

2) 提高产品质量和生产效率

流动式总装生产线最大的优点就是提高产品质量和生产效率，在相同建设面积的条件下，同一时间内移动式总装生产线比站式式总装生产线能够生产出更多架次的飞机。

3 脉动式总装生产线工艺规划

3.1 脉动式生产线站位的划分

建立一条高效率的总装脉动生产线，首先应合理划分总装工位。由于民用飞机具有大批量生产的特点，为满足市场需求，提高总装调试的工作效率，需要将其工作内容划分至多个工位。工艺部门在进行总装工位数量的估算时，会结合总装厂的设备能力、工艺技术水平及工人的平均熟练程度，预计单架机总装阶段的生产周期，再根据产品的市场需求纲领估算出总装工位的数量。而进行各工位工作内容的分配时，除考虑总装流程的先后顺序外，还应使各工位的工作周期尽量平均，各工位的节拍保持基本一致，这样才能最大程度的提高总装线的生产效率。

站位数=市场需求纲领÷(250天÷装配周期)，其中250天为工人的年工作日。

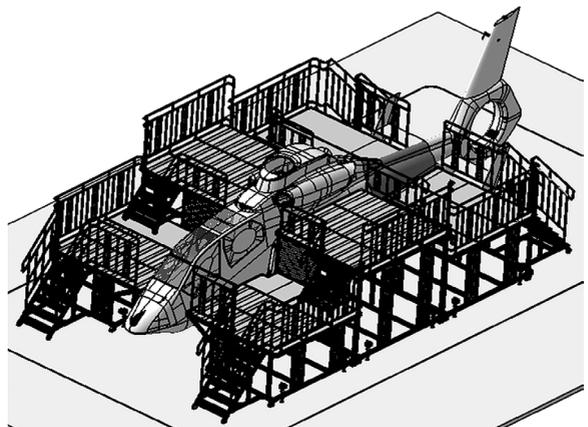


图2 作平台布置示意图

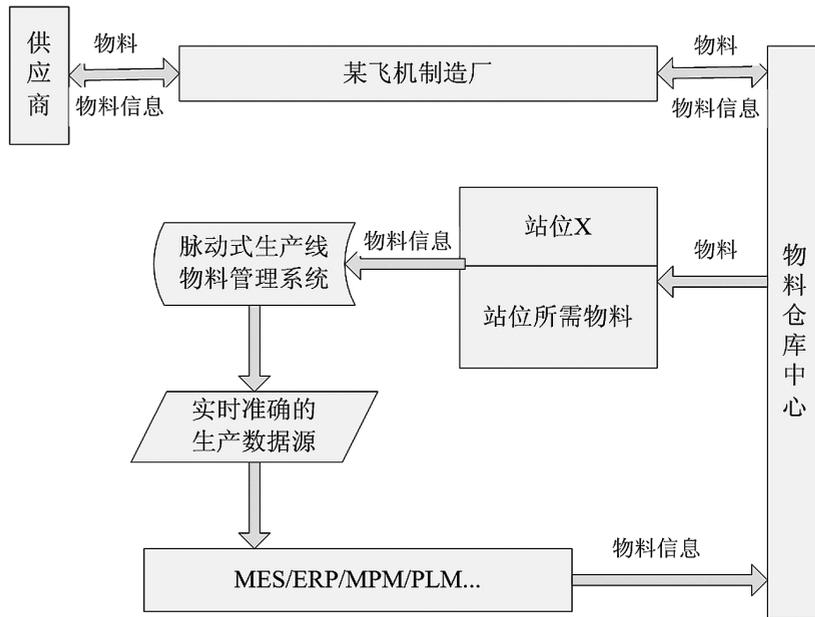


图3 脉动式生产线物料配送系统

3.2 脉动式生产线设施规划

脉动式生产线系统主要包括五部分组成，如图1所示。

移动气垫装置：主要是承载整架飞机，配合导引驱动系统，实现飞机在站位间的移动。

牵引装置：每架飞机配备一个牵引装置(即牵引车)，作为移动气垫装置在站位间移动的动力，目前国外飞机总装线上的牵引装置通常以AGV系统为基本元素。如受资金限制，也可在起落架安装后采用人工牵引的方式。

生产线工作台：主要用于飞机装配过程中的操作平台，飞机在站位间周转时，工作平台向两侧撤出，如图2所示。

物料需求供应系统：脉动式生产线每个站位的工作内容不同，从而对物料的需求也不同，为了保证装配工作的顺利进行，需按照生产计划将配套物料准时送达到工位，同时跟踪物料使用状态和产品生产过程并实时反馈，具体如图3所示。

故障报警系统：当移动生产线的任何一个环节出现故障时，系统及时报警，通知排故。

3.3 脉动式总装生产线对总装厂房工艺布置的影响分析

3.3.1 对主厂房布局的影响

1) 主厂房跨度和长度

脉冲式总装生产线常应用于飞机批产阶段。批

产阶段的工艺流程已相对成熟，生产线旁可不必考虑飞机整机的移动通道。其厂房跨度一般根据总装线的数量乘以飞机翼展(如对象为直升机则考虑旋翼长度)并加上总装线两边的物流通道宽度得出，而长度则一般根据飞机机长乘以每条生产线的工位数目再加上每个工位前后的物流通道宽度得出。在同等工位数量的情况下，相对于固定站位式的总装生产线厂房来说，流水线式总装线的厂房跨度会相对较小，但长度较长。也可采用U字型布置以减少厂房的长度，但厂房跨度会相应增加。

2) 厂房大门

厂房大门的开幅相对较大。在多条直列的流水线并列排布时，进出飞机的大门应考虑几条流水线上的飞机基本能够直出直进，即需考虑多架飞机的翼展(如对象为直升机则考虑旋翼长度)之和。而固定站位式的总装厂房大门则可只考虑单架机的翼展(如对象为直升机则考虑旋翼长度)。因此，设有多条脉动式生产线的总装厂房，其大门相对于固定站位模式的总装厂房来说开幅会较大。

3.3.2 对厂房设施的影响

1) 动力配套系统

脉动式总装线动力配套常采用地井或地坑，与固定站位式的总装线类似，但其配置会根据各站位工作内容的不同而有所差别。

2) 工装

一条脉动式总装线上每个工位所配置的工装设备及工作梯都是不同的。

3) 厂房地面

脉动式总装线的总装厂房地面通常设有设备基础、地轨、动力供给地沟等，而且地面荷载需要考虑各种较为复杂的装配平台和带有拖动装置的工装设备等。

4) 辅助面积

脉动式总装生产线的建立，必然带来总装过程中配套物流管理水平的提高，可减少物料处理的存货，提高仓库利用率，并且能够降低供货商

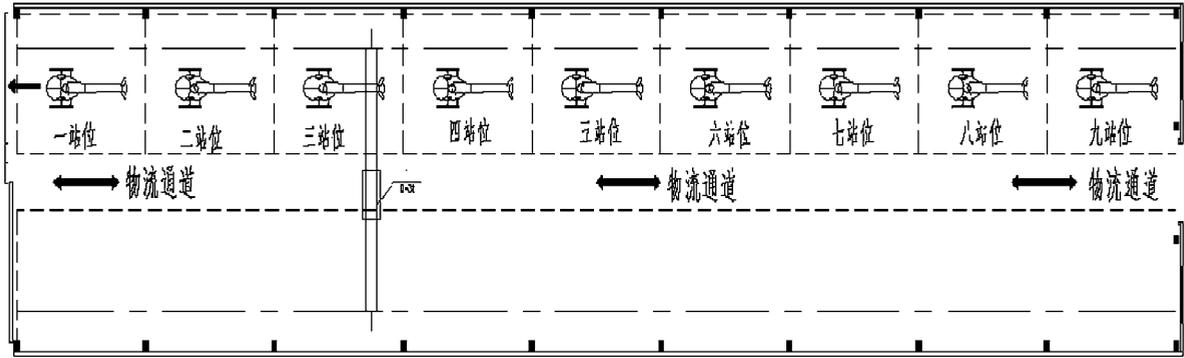


图4 脉动式生产线在厂房中的布局图

延迟到达货量，使生产劳动过程更具功效，更加智能化。一般采用集中实时供给的原则。

4 脉动式总装生产线应用案例分析

4.1 背景情况

江西直升机投资有限公司拟引进德国NEO系列飞机，市场预估年产100架份，飞机参数：机长约7m，机宽约2.5m，机高约2.8m。

4.2 站位的划分

以某民用直升机为例分析脉动式生产线。由于直升机年产100架，装配周期为22.5天/架，站位数量为 $100架 \div (250天 \div 22.5天) = 9$ 站位，站位内容和如下：

9站位：机上电缆敷设、导管安装、油箱安装、操纵系统安装、动力部件安装、机身系统尾梁对接、起落架安装等；8站位：电缆机上收头，液压系统清洗等；7站位：电缆机上导通绝缘检查、特设成品安装、液压系统清洗；6站位：机械动力部件安装调整；5站位：电气系统通电检查；4站位：仪表通电检查、无线电通电检查；3站位：操纵系统调整检查、液压系统功能试验；2站位：飞控系统通电检查、飞参系统通电检查；1站位：全机水平测量、总检。

4.3 总装厂房工艺布置

由于机长约7m，机宽约2.5m，机高约2.8m，工作梯宽1.5m，同时考虑一定的安全距离，每个站位的工作区为 10×7.5 m(长 \times 宽)，站位采用直线型布置，站位9~1从右到左依次布置，为考虑后续发展预留一条生产线，物流通道宽度为3m，故厂房长90m，跨度18m($7.5+7.5+3=18$)m，厂房下弦高8m(注：旋翼

不在总装厂房中安装)。

飞机在部装厂房已完成机体结构对接，用牵引车直接拖入总装厂房，生产线一端设整面厂房大门，全开后大门净宽18m，高7m。每个站位布置1个升降式电气源地井。具体布局如图4所示。

5 结论

文章对脉动式总装生产线的工位划分以及设施规划做了详细分析；论述了脉动式总装生产线对厂房工艺布局的影响以及工艺设计要点，主要包括厂房跨度、长度、大门尺寸、动力配套等方面；并以民用直升机为案例，分析了脉动式总装生产线的具体应用，并对总装厂房进行了工艺布置分析。本文的研究可以作为总装生产线论证的良好借鉴，为工程咨询设计提供服务，对于生产线的设计人员具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 孟俊涛,王仲奇,殷俊清. 飞机部件精准对接技术[J]. 机械制造,2008,46(528):42-44.
- [2] 许国康. 飞机总装移动生产线技术[J]. 航空制造技术,2008,(20):40-43.
- [3] 飞机数字化装配制造过程供应链管控的重要性. 航空制造技术,2010(23):101-103.
- [4] 李洋,桑龙. 浅谈飞机总装自动化装配生产线. 装备制造技术.

大型客机复合材料制造先进工艺设备选型分析

■ 孟庆华 常春荣 「工艺」

摘要: 复合材料制造技术是现代飞机制造工程的支柱技术之一,本文介绍了复合材料先进制造技术,论述了大型客机复合材料制造先进工艺设备的制造工艺、系统组成及对工程设计的影响。

关键词: 复合材料; 先进制造设备; 工艺分析

0 引言

先进树脂基复合材料是以有机高分子材料为基体、高性能连续纤维为增强材料、通过复合工艺制备而成,具有明显优于原组分性能的一类新型材料。先进树脂基复合材料以其优越的性能,已经广泛应用于航空工业,成为继铝、钢、钛之后,迅速发展起来的四大航空材料之一,其用量已经成为航空结构先进性的重要标志^[1-5]。波音B787飞机大量采用复合材料,达结构质量的50%,全机结构几乎均由复合材料制成,包括机身和机翼。空客研制的A350客机上使用复合材料达到52%。随着我国复合材料技术的发展,军机、民用飞机上也已大量使用复合材料。

1 航空复合材料先进制造技术概述

1.1 国际航空工业复合材料先进制造技术

复合材料在飞机上用量大、结构复杂、性能

要求高,使得复合材料制造技术成为现代飞机制造工程的支柱技术之一,也是使飞机能同时获得高结构效率和优良性能的基础制造技术之一。

传统制造技术已经严重制约复合材料技术的发展,难以满足复合材料特别是航空复合材料高性能、复杂结构、大产量的要求,因此对先进复合材料制造技术的研究已经深入开展,并取得了大量研究成果,广泛应用于复合材料生产中。国际上大型航空企业,如波音、空客、庞巴迪等,在复合材料生产中已经大量采用复合材料先进制造技术用于飞机的批量生产^[6],主要如下:

1) 数字化设计和模拟技术

数字化设计能够提高产品制造质量、加快产品研制进度、降低成本;数字化模拟技术,如铺层、浸渍、固化成形等工艺过程模型和人工智能模拟,能够大大提高自动化程度和制品合格率,减少出现废品。

2) 先进的自动化制造技术

自动化制造技术能显著提高复合材料零件的制造效率,已经广泛应用于复合材料制造领域,典型的如自动铺带技术、自动铺丝技术等。自动铺放技术彻底实现了复合材料飞机构件生产的机械化和自动化,生产效率较手工铺放提高几十

作者简介:孟庆华,男,助理工程师,2012年毕业于南京航空航天大学材料科学与工程专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

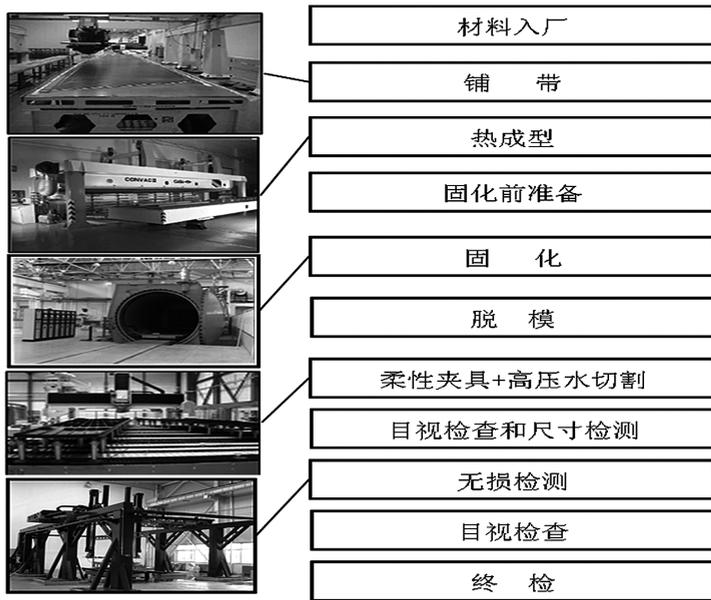


图1 大型客机复材厂房工艺布置图及工艺流程

倍，材料废品率则由25%下降到3%~5%，成型精度高，零件质量好，大幅度降低了制造成本^[7]。自动铺带技术和自动铺丝技术被认为是20世纪最后10年复合材料工业发展的一个里程碑。

3) 低成本制造技术

据统计复合材料的制造工艺成本占总成本的75%以上，随着复合材料的广泛应用，低成本复合材料技术已成为目前世界上复合材料研究领域的一个核心问题。20世纪90年代美国制定并实施了低成本复合材料计划CAI (Composites Affordability Initiative)，大力发展低成本复合材料制造技术。目前，应用较多的低成本制造技术如纤维缠绕和多维编织技术、树脂传递模塑(RTM)、树脂膜熔浸(RFI)等，其中RTM成型技术是一种新型的闭模成型技术，现已是一种世界公认的低成本制造技术，近年来发展较为迅速。

1.2 国内航空工业复合材料制造技术现状

我国航空工业复合材料制造技术长时间以来以传统的手工铺叠、加工、检测为主，最近十年各飞机制造厂陆续引进了自动化、数字化制造设备，开展利用先进设备进行复合材料制造的技术研究。但是由于对自动化、数字化、一体化制造技术的研究尚不成熟，特别是在制造大尺寸、高结构复杂度、高质量标准复合材料零件方面能力薄弱。复合材料零件制造质量、效率有待提高，

大量复材零件的生产仍以手工操作为主。

2 大型客机复合材料制造先进工艺特点分析

2.1 大型客机复合材料特点

国内在研的某大型客机是150座级中短航程商用运输机(以下简称“大型客机”)，满足安全、低成本、舒适、环保的综合要求，远远高于军用飞机并优于当前同类民用飞机的要求。结构轻量化和整体化的要求使得复合材料在大型客机上大量应用，中央翼、尾翼、后机身、机翼前后缘活动面及翼身整流罩和机头雷达罩等采用全复合材料结构，复合材料零件具有尺寸大、结构复杂、性能要求高等特点。

2.2 大型客机复合材料制造工艺特点

大型客机C形截面梁、长桁等复合材料零件对机构强度、质量要求较高，热隔膜成型制造技术能够有效保证零件性能要求；大型客机大尺寸、大曲率半径复合材料零件的制造，采用传统手工成型已经无法满足要求，需采用自动铺带、自动铺丝等自动铺放技术。大量复合材料零件为保证性能要求，需要一体化成型，需采用树脂传递模塑(RTM)技术。

为满足上述大量先进制造技术要求，需要引进大量先进工艺设备，此类先进设备具有大工作行程、高制造精度等特点。

2.3 先进复合材料制造设备对工艺设计的要求

为满足大型客机复合材料生产要求，在复材厂房设计过程中需详细分析产品，摸清工艺流程，了解先进设备的工作原理、组成、配套要求等。

大型客机的研制生产，大量先进工艺设备为国内首次引进，这些设备的系统组成、制造工艺、安装要求、配套条件等均与以往设备有较大不同，对复合材料厂房设计、工艺布置、设备安装、配套条件等提出了更高的要求。国内航空企业大多数以生产军机为主，小型民机为辅，复合材料厂房也主要是用于此类机型复材零件的生产，因此大型客机复合材料厂房工艺设计方面的工程经验不足。



图2 热隔膜成型设备



图3 自动铺带机

3 关键工艺设备选型及安装条件分析

结合大型客机复合材料厂房承担的任务，分析复合材料制造先进工艺设备的系统组成、制造工艺及对工程设计的影响。

大型客机中央翼、外翼、水平尾翼以及非气密舱门等零部件的一个显著特点就是尺寸大、结构负载、质量要求高。为满足大型客机复合材料零件研制生产要求，需采用大量先进设备，如热隔膜成型机、自动铺带机、自动铺丝机、RTM成型系统、大型热压罐、高压水切割机等。复合材料生产主要工艺流程如图1所示。

3.1 热隔膜成型机

热隔膜成型是将预浸料铺放后形成的坯料放置于模具上，通过特制隔膜的辅助作用，经过抽真空和加热等方法，将预浸料坯料压向模具，形成所需要的形状。热隔膜预成型具有成型过程中纤维不易滑动、不易产生皱褶的特殊功效，非常适用于加工大型飞机的C形截面梁及长桁。大型客机机翼壁板长桁、平尾外伸盒段梁、中央翼壁板长桁等均采用热隔膜成型技术。热隔膜成型机主要由加热箱体、工装预热库支架、主加热库支架、真空系统、空气处理系统、控制系统等组成。

大型客机研制引进的大型热隔膜成型机是在国内航空制造企业首次使用，购置于英国AIC公司，如图2所示。该设备加热箱体长约21m，宽约3m，高约4m，设备内部包括工装预热库支架和主加热库支架，为满足预热及成型需要，工装支架和预浸料支架需要沿固定轨道移动，导致整个设备工作区域占地面积约25m×16m。在净化间

内专门留出一个热隔膜间用于设备安装和运行，由于该设备的工装尺寸、重量较大，该房间内设3t吊车1台，房间高度抬高至12m；该设备有进风管、排风管共3条通往室外，与空气处理机相连，单条管道直径约1m，故室外空气处理机的布置需综合考虑空气处理器能力、风管穿行、厂房布置等因素。

3.2 自动铺带机

复合材料自动铺带设备采用有隔离衬纸的单向预浸带，利用多自由度的铺放头、切割头，根据设计将纤维预浸带自动选择铺层位置、自动定位、自动切割形状、自动铺放在工装表面，且自动压实。自动铺层具有表面平整、位置准确、精度高、无余量、速度快、质量稳定性高等优势，特别适用于曲率半径较大且变化较缓的大尺寸复合材料零件的铺叠成型，可实现大型复杂构件的自动化铺层。自动铺带效率是传统手工铺层的10倍以上。自动铺带机主要由龙门架、铺带头、预浸料存储器、控制系统等组成，如图3所示。

大型客机外翼壁板采用加筋壁板结构，机翼壁板尺寸约为17×3m，其最薄处厚度达到十几毫米，在连接区域厚度达到40mm，重约1000kg，是目前国内最大的复合材料制件，采用自动铺带设备进行铺叠成型。

目前，自动铺带技术已经在波音、空客等国际航空企业得到广泛应用，国内航空企业如沈飞、哈飞、西飞等主机厂也已经引进自动铺带设备，进行大型零件的铺叠成型，取得了较好的效果。大型客机研制新建复材厂房内安装的自动铺带机为美国辛辛那提公司生产，设备外扩尺寸达

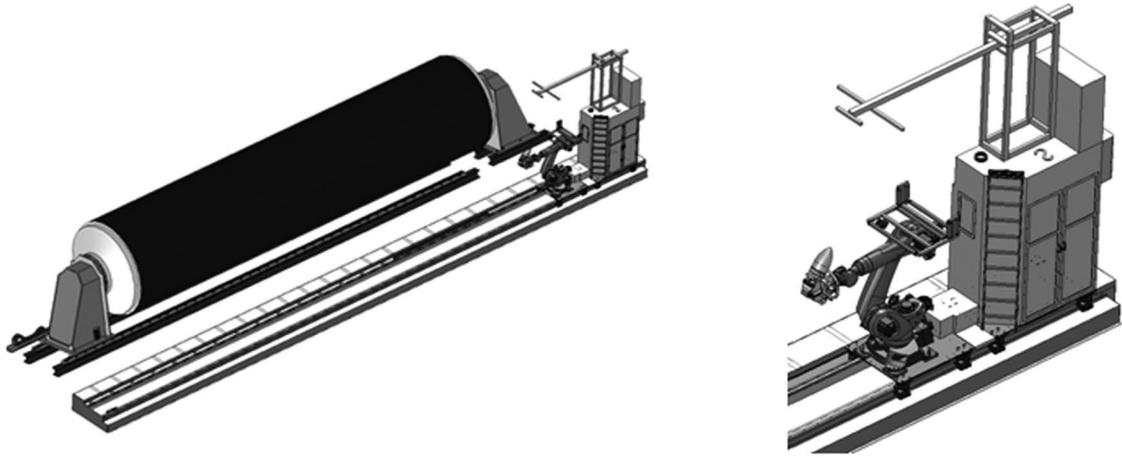


图4 自动铺丝机

32m×14m，占地面积大。自动铺带机基础部分预埋4条钢轨，单条轨道长度达31m。由于铺叠精度高，对设备基础要求较高，为保证轨道的平整度，防止灌浆时轨道下部存在空隙，轨道每隔一定距离在轨道上开洞，并通过在轨道周围浇注环氧灌浆料的方式解决空隙问题，保证了自动铺叠对轨道平整度的要求。

3.3 自动铺丝机

自动铺丝设备是在自动铺带加纤维缠绕基础上发展而来的，是将预浸丝束或窄的预浸带在几乎没有张力的情况下，按制件形状铺放纤维束，充分利用材料，无边角废料，节省了原材料；适于制造整体件，减少零件数目，节省了制造和装配成本；既适于制造机身蒙皮、导管等形状复杂的制件，也适于制造机翼水平安定面等大尺寸平面构件。自动铺丝机主要由铺丝机器人、丝束箱、工装支架、控制系统等组成，如图4所示。

大型客机复合材料机翼梁长17m，高0.8m，变厚度结构，最厚部分达到40mm，常规手工铺叠难以满足要求，采用自动铺丝机进行铺层。

自动铺丝机是航空工业复合材料制造领域高精尖设备，美欧部分国家一度禁止向中国航空企业销售该类设备，目前某研究所仅是从国外购买了1个铺丝头，自行制造了1台小型的铺丝机，国内航空企业均不具备大型自动铺丝能力。

大型客机研制从法国Coriolis公司购置大型自动铺丝机，最大铺放长度达20m，该设备为国内首次引进，能够满足大型客机机翼类大型零件的研制生产要求。由于自动铺丝机的铺丝头的铺放精

度、轨道平整度对零件制造精度影响较大，为保证设备精度，厂房条件特别是设备基础需能够保障设备安装的精度要求。为控制设备基础的沉降量、保障基础的平整度，新建复材厂房在自动铺丝机的布置区域进行了整体打桩处理。

3.4 树脂传递模塑(RTM)机

RTM技术是一种低成本复合材料制造技术，生产出的零件质量好，尺寸精度高并可净尺寸成型，适合用于大体积、高强度、中等产量的复杂结构复合材料零件的制造生产，RTM技术在航空航天领域得到广泛应用。

RTM工艺过程为：首先采用编织、针织、缝纫等技术制备纤维预制体，在模具内放置预制件，在压力注入或外加真空辅助条件下，液态、具有反应活性的低粘度树脂贯穿流动并充填闭合模具，排出气体同时浸润并浸渍干态纤维结构。在完成浸润浸渍后，树脂在模具内通过热引发交联反应完成固化，最终得到成型的制品，如图5所示。

目前，已经有多种形式的RTM，如真空辅助RTM (VARTM)、压缩RTM (CRTM)、树脂渗透模塑(SCRIMP)、真空辅助树脂注射(VARI)等十多种方法。其中VARI技术是RTM中一种新型的复合材料低成本、高性能成型技术，近年来在航空领域受到广泛的重视，该技术是在真空状态下，利用树脂的流动、渗透实现对纤维及其织物的浸渍，并在真空下固化的成型方法。大型客机平尾升降舵后缘、夹层壁板等零件采用VARI成型技术。

3.4.1 三维编织机

VARI技术首先需要将纤维编织成预制体，

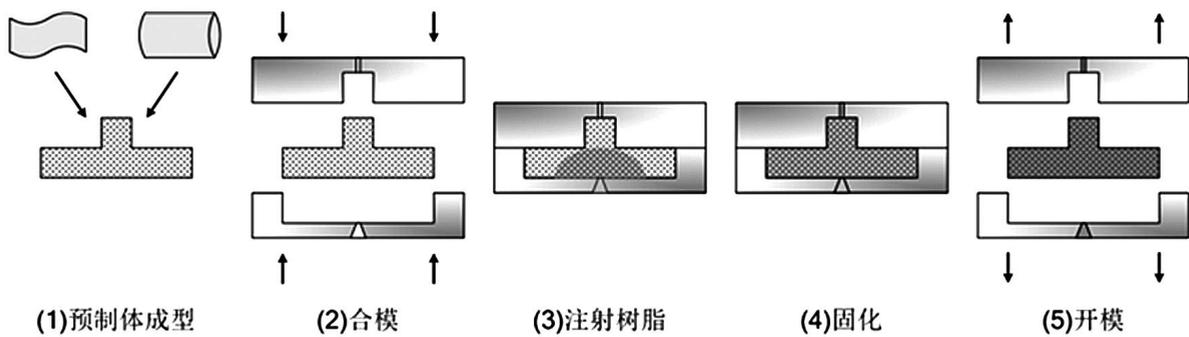


图5 RTM成型工艺示意图

预制体的编织需要采用自动缝合设备，一般大尺寸复杂零件需要采用三维自动缝合机进行三维编织。大型客机平尾升降舵后缘以及上下泡沫夹层壁板的缝合。这些缝合结构都具有一定曲率，需采用三维缝合设备。

3.4.2 成型设备

VARI技术成型系统主要包括储存罐、真空系统、调温系统、控制系统、模具及传输系统等组成，成型的工艺为：将缝合或编织的干纤维预成形件放在VARI成型系统的上下模具之间，合模后将树脂以一定的压力注入，VARI成型系统在一定温度和真空状态下，将零件固化成型，最后开模取出产品。

大型客机研制引进的VARI成型系统，将安装使用先进的三维缝合机进行预制体缝制，VARI成型系统用于零件的一体成型。三维缝合机布置于净化间内，靠近原材料存储间，便于预制体的制造；成型系统的大型烘箱安装于固化区内，靠近净化间以及脱模区，便于零件制造成型。

4 结论

选用自动化、数字化、一体化的先进制造设备，能够大幅提升制造零件的质量、性能、复杂度等，提高生产效率，对大型客机复合材料研制生产起到较大的促进作用。大型飞机关键工艺设备尺寸大、精度高，设备安装条件也应满足设备使用要求。

参考文献

[1] 陈绍杰. 复合材料技术与大飞机[J]. 航空学

报,2008,29(3):605-610.

[2] 刘代军,陈亚莉. 先进树脂基复合材料在航空工业中的应用[J]. 材料工程,2008,(11):194-198.

[3] 杜善义. 先进复合材料与航空航天[J]. 复合材料学报,2007,24(1):1-12.

[4] 杜善义. 复合材料和航空航天[J]. 复合材料学报,2008,22(1):1-7.

[5] 陈绍杰. 复合材料技术发展及其对我国航空工业的挑战[J]. 高科技纤维与应用,2010,35(1):1-7.

[6] 陈祥宝,张宝艳,邢丽英. 先进树脂基复合材料技术发展及应用现状[J]. 中国材料进展,2009,28(6):2-12.

[7] 肖军,李勇,李建龙. 自动铺带技术在大型航空复合材料结构中的应用[J]. 航空制造技术,2008(1):50.

惯导系统装配调试厂房工艺设计分析

■ 白雪燕 张国志 「工艺」

提 要: 文章主要介绍了航空惯导系统工艺特点以及装配调试所需的工艺设备,分析了惯导系统装配调试厂房工艺设计重点,从而指导惯导系统装配调试厂房的设计。

关键词: 惯导系统; 工艺特点; 厂房设计

1 惯导系统概述

惯性导航(Inertial Navigation System, INS, 以下简称惯导)就是利用惯性测量元件,测量载体相对于惯性空间的运动参数,并经计算后实施导航任务。它的工作原理是:由加速度计测量载体的加速度,并在给定运动初始条件下,由导航计算机算出载体的速度、距离和位置(经、纬度);由陀螺仪测量载体的角运动,并经转换、处理,输出载体的姿态和航向。从它的基本原理可以看出,一个完整的惯性导航系统应当包括加速度计、稳定平台、导航计算机、控制显示器^[1]。

1.1 惯性导航系统的优点

惯性导航系统的优点是:

- (1)自主性强,它可以不依赖任何外界系统的支持,单独进行导航;
- (2)不受环境、载体机动和无线电干扰的影响,可以连续输出包括基准在内的全部导航参数,实时导航数据更新率高;
- (3)具备很好的短期精度和稳定性。

1.2 惯性导航系统的分类

惯性导航系统可分为平台式和捷联式两类。

平台式惯导系统是以惯性导航平台为核心组成的惯性导航系统,它一般由惯性平台、计算机和控制显示器三个部件组成^[2]。其导航加速度计和陀螺都安装在机电导航平台上,加速度计输出的信息,送导航计算机,由其计算航行器位置、速度等导航信息及陀螺的施矩信息。

捷联惯导系统是将惯性器件陀螺仪、加速度计构成的惯性测量单元直接与载体固联,测量得到的载体角速度与线运动参数是沿载体固联的坐标轴上的分量。导航计算机通过计算“姿态矩阵”可以将加速度信息转换到惯性坐标系或当地地理坐标系,从而实现“数学平台”,然后再进行速度及位置计算。

平台式惯导系统和捷联惯导系统的主要区别是:前者有实体的物理平台,陀螺和加速度计置于陀螺稳定的平台上,该平台跟踪导航坐标系,以实现速度和位置解算,姿态数据直接取自于平台的环架;后者的陀螺和加速度计直接固连在载体上作为测量基准,它不在采用机电平台,惯性平台的功能由计算机来完成。

1.3 惯导系统发展趋势

惯导系统基于陀螺技术成熟度,其发展历程为:第一代液浮平台式惯导系统→第二代挠性平

作者简介:白雪燕,女,助理工程师,2009年毕业于北京理工大学工程力学专业,现就职于中航建发电子工程设计研究院。

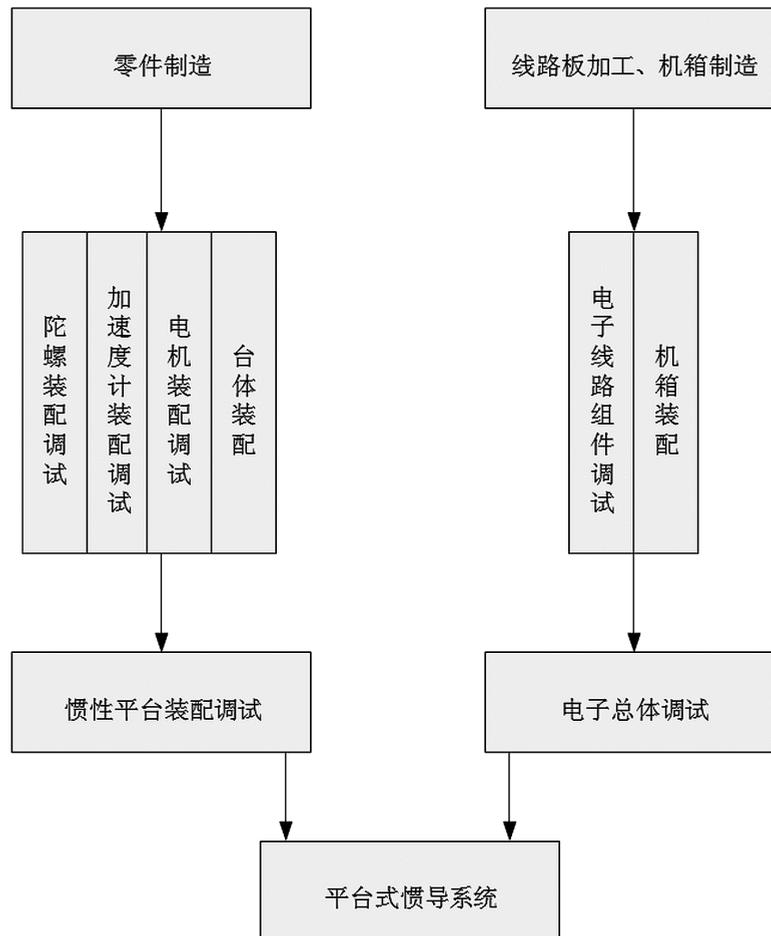


图1 平台式惯导系统总工艺流程

台式惯导系统→第三代光学捷联式惯导系统。目前国内已发展到激光捷联惯导系统阶段，未来将发展高精度光纤捷联惯导系统。

惯导系统发展总体发展趋势是精度高、可靠性高、体积小、重量轻以及免维护^[6]。

2 惯导系统工艺特点

2.1 平台式惯导系统

平台式惯导系统是高度复杂的机电一体化产品，工艺涉及精密机械加工，精密装配，电子装配与调试，微机械加工及系统集成调试等方面，生产过程涉及精密制造、陀螺仪、单晶硅挠性加速度计、惯性平台装调、平台惯导系统调试五个生产装调部分。挠性陀螺平台式惯导系统总工艺流程如图1所示。

平台式惯导系统装配调试中工艺技术难点：

(1)惯导系统调试工艺，包括姿态航向效应补偿、误差参数标定、环境适应性测试等；

(2)陀螺装配调试工艺，包括陀螺轴承清洗装配、陀螺电机装配、力矩器装配、信号器装配、惯性转子装配、陀螺总装、陀螺零位调整、与加速度有关项调整、充排气工艺、气压敏感调整等；

(3)加速度计装配调试工艺，包括摆组件精密粘接、传感器零位精密标定调整、力矩器精密定位装配、总装、调零、热磁补偿调整、充排气工艺、全温度范围重力场标定、快速性/大量程标定等；

(4)平台装配及调试工艺，包括摩擦力矩调整、平台调零、动静平衡、稳定回路调试、温控回路调试、平台性能测试等；

(5)导电环装配调试工艺，包括导电环粘接、接触压力调整等；

(6)力矩电机装配调试；

(7)高精度模拟电子线路调试工艺，包括量化

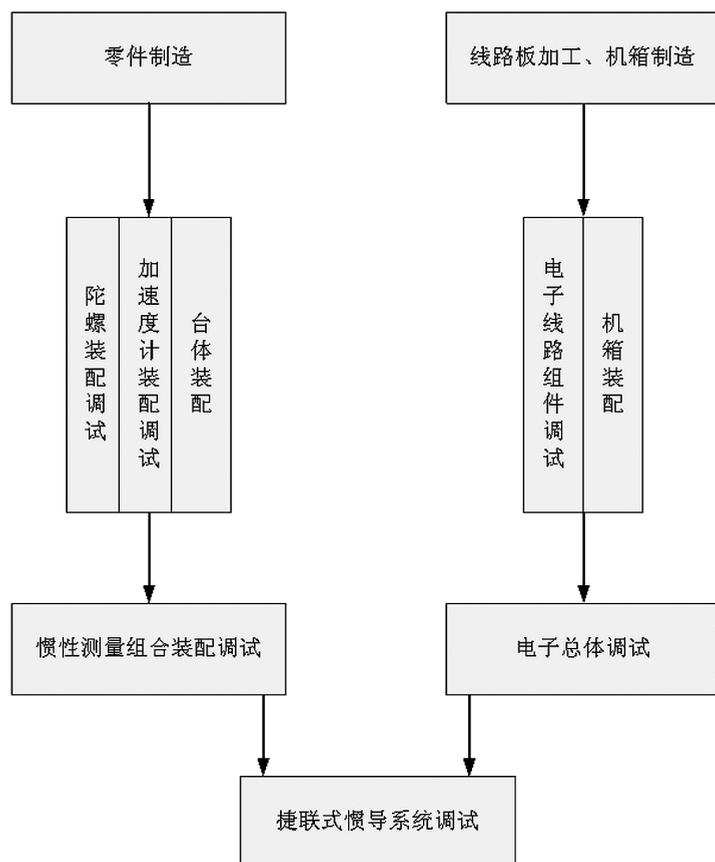


图2 捷联式惯导系统产品总工艺流程

器、恒流源和平台伺服电路等。

2.2 捷联式惯导系统

捷联式惯导系统也是复杂的机电一体化产品，它的生产工艺涉及精密机械加工，精密装配，电子装配与调试，微机械加工及系统集成调试等方面，生产过程涉及精密制造、陀螺仪、单晶硅挠性加速度计、捷联惯导系统调试等生产部分。挠性陀螺捷联式惯导系统产品总工艺流程如图2所示。

捷联式惯导系统装配调试中工艺技术难点：

(1)惯导系统调试工艺，包括误差参数标定、环境适应性测试等；

(2)挠性陀螺装配调试工艺，包括陀螺轴承清洗装配、陀螺电机装配、力矩器装配、信号器装配、惯性转子装配、陀螺总装、陀螺零位调整、与加速度有关项调整、充排气工艺、气压敏感调整等；

(3)加速度计装配调试工艺，包括摆组件精密粘接、传感器零位精密；

(4)标定调整、力矩器精密定位装配、总装、调零、热磁补偿调整、充排气工艺、全温度范围重力场标定、快速性/大量程标定等；

(5)高精度模拟电子线路调试工艺，包括量化器、陀螺力反馈电路等。

3 惯导系统产品装配调试所需设备

3.1 惯导部件联调设备

惯导部件联调设备是平台式惯导系统的粗调设备，主要用于完成系统功能粗测，硬件接口的正确性测试，系统通讯接口正确性检查等工作。其由计算机、模拟平台、非总线信号检测仪、总线信号检测仪、数字存储示波器、数据采集开关单元等组成。

3.2 惯导系统调试测试设备

该设备用于进行系统性能粗测、常温下误差参数标定和补偿，以及系统对准、导航性能等测试和系统通讯接口正确性检查等工作。其主要由

主控计算机、采集计算机、接口检测仪、数字采集开关单元、双轴手动转台等组成。

3.3 惯导系统环境及应力试验用测试设备

该设备配合系统进行高低温性能试验、综合应力筛选,综合应力性能试验使用,以及进行系统温度误差标。

3.4 惯导系统验收测试设备

该设备是进行系统交验收试验的标准设备,验收内容包括导航精度、姿态航向精度、系统工作流程、工作方式、总线通讯、非总线接口。主要由主控计算机、采集计算机、航空电子模拟器、转台、UPS电源组成。

3.5 GPS/GNSS同频转发器、便携式GPS/GNSS信号环境测试仪

该类设备主要用于系统调试和环境试验以及实验室GPS/GNSS信号的检测。GPS/GNSS同频转发器用于将GPS/GNSS信号由天线(安装在建筑物顶)引至给试验室中各工位。便携式GPS/GNSS信号环境测试仪用于检测惯导接收或GPS/GNSS同频转发器的故障。

3.6 电子部件综合测试设备

用于结构振动测试、环空通风及热场测试、飞机供电环境适应性测试、电磁兼容性测试、电子系统功能和可靠性测试。主要包括振动台、高低温箱、电磁兼容实验设备、仿真电源、电子部件通用测试系统等设备。

3.7 惯性测量组件综合测试设备

用于结构及减振测试、高低温、振动条件下的性能测试、低气压条件下性能测试、惯性传感器温度建模及补偿、惯性测量组件误差参数标定。主要包括振动台、高低温箱、低气压试验箱、惯性测量组件通用数据采集系统、激光角振动测试仪、高精度带温控转台等设备。

3.8 惯导系统试验设备

主要用于对准性能测试分析(动、静基座,空中)及导航性能测试分析(动态、静态、及各类环境条件下)。主要包括振动台、高低温箱、惯导试验车、飞行模拟台、动基座对准实验系统、惯导高动态试验系统等设备。

3.9 陀螺再平衡回路调试设备

陀螺再平衡回路调试设备是捷联惯导系统关键回路,陀螺再平衡回路的调试及性能测试设备,用于系统动态品质的调试和试验。主要由数字信号发生器、示波器、单轴摇摆台、直流稳压

电源、工控机组成。

4 航空惯导系统装配调试厂房工艺设计分析

航空惯导系统装配调试厂房的工艺设计在按照工艺生产流程仔细分析和合理布局的同时,还应结合未来产品的发展需要,充分考虑并预留了一定的上升和发展空间。具体工艺设计理念和特点分析如下。

4.1 科学布局、弹性发展

在综合分析惯导产品的研制、装调、试验的特点以及装配试验工艺流程的基础上,将作业划分为各功能模块区,可划分为装配调试区、试验区、批产区、环境试验区,各个功能模块区科学进行布局,可按照型号平行展开,使各功能区规模匹配、并按有序次序排列,通过产品物流通道将各个功能区紧密相连,以实现产品及内部各个工序之间的有机联系,而各个工序之间互不干扰。业务联系便捷,适应未来多种业务模式发展,易于拓展调整,实现弹性发展。

4.2 设计中应充分考虑抗微振设备多,精度要求高的特点

根据惯导系统产品自身抗振指标要求,大部分设备需设计抗微振基础,抗振级别高,如平台式惯导系统的装调抗振精度要求为重力加速度变化量小于 $3 \times 10^{-6}g$,其他产品装配调试的抗振精度要求重力加速度变化量均为小于 $3 \times 10^{-5}g$,为满足上述要求,因此在设计中需考虑以下几点:

(1)将所有抗防微振设备基础尽量远离柱基布置,并设置防振地沟,对个别设备还作了单独的基础作法设计,将抗振程度设计最大化;

(2)为了避免以上抗微振设备工作时相互之间影响,设备布置时应尽量具有一定间距,因此设计中应充分考虑厂房柱网尺寸;

(3)在设计中应充分考虑将抗振级别高的设备布置在相对远离三综合、振动台等环境试验设备以及水泵房等振源的位置,因此惯导系统装配调试厂房中环境试验设备最好集中布置,并且远离抗振级别要求高的设备;

(4)严格采取节能和降噪减振措施,所有管道均应实现柔性连接,从而在环保、环境、振动方面将保护措施做得更全面和合理化。

4.3 流程清晰,互不干扰,互相协调

在设计过程中,应严格保证入库及出库的流

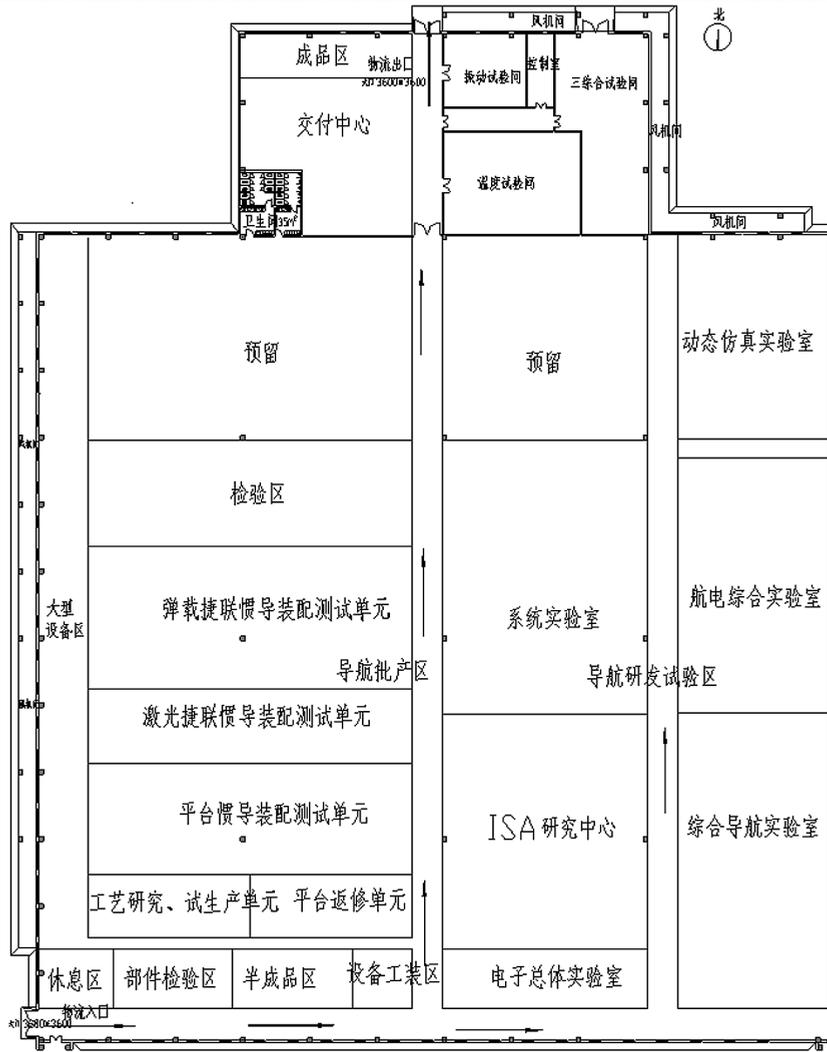


图3 惯导系统装配调试厂房工艺区划图

程清晰性和衔接性，避免产品间的相互交叉，合理规划和调整生产物流，使运输线路快捷有效，平面不交叉往返，提高半成品配送能力，降低产品成本。具体表现为应尽量在物流出入口处及靠近楼电梯并不影响工艺流程的地方设计齐套库房、交付中心及成品库房。

4.4 人流、物流分开按流线设计，充分考虑参观路线，展现核心形象实力

设计中应根据产品系统装配调试的总体生产工艺流程流线，仔细研究分析人流与物流路线分析设计，充分保证各工序环节路线最短的基础上，还注重厂房的参观路线设计，将厂房内具有重要代表性的设备设施布局在参观路线两侧，三者设计合一，按照总体最优理念设计。

4.5 以目标定规模，结合未来产品的发展需要，考虑一定的上升和发展空间

根据建设单位对厂房拟生产和发展产品的中长期发展目标来确定厂房规模，考虑到未来产品发展的不确定性因素，采用了预留厂房面积、留待二次设计的做法，以解决施工图设计往往返工的现象，有效保障了建设单位的利益，杜绝了重复投资建设。

5 案例分析

图3是航空某厂惯导系统装配调试厂房工艺区划图，本厂房与飞控系统装配调试厂房合并建设在一个厂房中，图3只节选了惯导系统装配调试

部分,该厂房火灾危险性等级按丁类设计,其中主厂房采用钢网架结构形式,根据工艺特点及流程,惯导系统装配调试部分主要划分为批产区(含平台惯导装配测试单元、激光捷联惯导装配测试单元、弹载捷联惯导装配测试单元等),研发试验区(含动态仿真实验室、航电综合实验室、综合导航实验室、系统实验室、ISA研究中心等),环境试验区(含振动试验间、三综合试验间和温度试验间等),交付中心,成品库等。

在设计过程中,工艺设计要点及对专业的特殊要求如下:

(1)为保证惯导产品及设备的抗微振要求,主要柱网采用 $27\text{m}\times 27\text{m}$,这样充分保障了设备安装间距及设备基础设置的要求,并且将产生振动的环境试验区布置于厂房最北侧区域;

(2)本次设计中,在厂房西侧设置物流入口,在厂房北端设置交付中心及成品库房,严格保证了入库及出库的流程清晰性和衔接性;

(3)将温控转台等带风机的设备布置于厂房西侧大型设备区内,并在厂房外搭建了室外风机室,这样既减少了噪音的影响,又不影响立面效果;

(4)振动试验间、三综合试验间和温度试验间的噪音较大,按隔音降噪设计,振动控制间设置观察窗;

(5)转台、带转台温箱等工艺设备设置了基础和隔振沟。隔振沟宽均为 200mm ,基础尺寸有 $1500\text{mm}\times 1500\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 、 $2500\text{mm}\times 2500\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 、 $1660\text{mm}\times 1420\text{mm}\times 2000\text{mm}$ (长 \times 宽 \times 深)几种;

(6)设置了GPS天线和引北基准,其中引北基准设置了基础,基础尺寸为 $500\text{mm}\times 600\text{mm}\times 1500\text{mm}$ (长 \times 宽 \times 深),隔振沟宽 100mm ;

(7)采用了地沟、埋管+检修井这几种配电方式。地沟宽 500mm ,深 500mm ,检修井长 400mm ,宽 400mm ,地沟除穿越走廊部分不设水泥盖板外,其余生产区域内的地沟均设活动盖板,遮盖后与地面齐平,设置了密封防水;

(8)部分工艺测试设备采用独立接地方式,其余的设备和仪器工作安全接地电阻 $\leq 1\Omega$;

(9)厂房采用集中空调方式,生产房间温度 $18\sim 28\text{℃}$,湿度不作要求;

(10)三综合试验设备和快高低温箱等设备配置

了冷却循环水,进口压力约 $0.2\sim 0.4\text{MPa}$,进水温度 $\leq 20\text{℃}$,出水温度 $\leq 28\text{℃}$,单台设备最大用水量约为 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。

6 结论

本论文论述分析了航空惯导系统装配调试厂房工艺特点以及应该注意的问题,为惯导系统装配试验厂房的设计提供了指导,但随着惯导系统产品的不断升级,对厂房设计要求也不断提高,需要我们不断学习和探讨。

参考文献

- [1] 郭秀中. 惯导系统陀螺仪理论[M]. 北京:国防工业出版社,1996:146~158.
- [2] 杨榜林. 军事装备试验学[M]. 北京:国防工业出版社,2002:78~90.
- [3] 邱立波. 光电惯性技术[M]. 北京:宇航出版社,1998:146~158.
- [4] 郭秀中. 惯导系统陀螺仪理论[M]. 北京:国防工业出版社,1996:25~31.
- [5] 张树侠,孙静编著. 捷联式惯性导航系统[M]. 北京:国防工业出版社,1992.
- [6] 周徐昌,沈建森. 惯性导航技术的发展及其应用[J]. 兵工自动,2006.

深圳宝安国际机场飞机噪声影响及其控制对策研究

■ 刘孝峰 李廷锋 「环评」

摘要: 以深圳宝安国际机场改扩建工程为例,通过现状监测并结合预测模型评价了改扩建前机场飞机噪声对周边区域的影响程度及范围。根据该机场扩建后2020年的机型组合、飞行架次、起降方向等设计参数,利用模型预测了机场扩建后的噪声影响范围、程度及受影响人数,将改扩建后2020年预测值与扩建前的现状值对比可知,机场扩建后加剧了周边区域的噪声影响程度。针对机场扩建后带来的噪声影响加剧问题,结合机场周围敏感点规模、分布、性质、建筑物结构及用地规划要求,从飞行程序优化、噪声敏感目标保护以及机场周边土地利用规划控制等方面提出了控制和缓解飞机噪声污染的对策。

关键词: 机场; 飞机噪声; 影响预测; 噪声控制

随着国民经济的快速发展、城市化进程的不断加快、人民生活水平的日渐提高,航空运输已成为旅行、交通的一个重要方式,其发展态势已致国内部分机场运输能力临近饱和,多数大型机场目前正在着手改扩建工作^[1]。在《中国民用航空发展第十二个五年规划》中,涉及到的改扩建机场共100多座,占规划新建、迁建和改扩建机场总数的近60%。然而,机场的快速发展给交通运输带来巨大便利的同时,其噪声污染也日趋加剧。对于改扩建机场,飞机噪声影响则更为突出。因此,机场改扩建如何能有效的处理好噪声扰民问题是其工程建设环境可行性的关键。本文以深圳宝安国际机场改扩建工程为例,据此提出了适用于缓解该机场改扩建后噪声污染的防治对策。

1 机场概况

1.1 机场现状

深圳宝安国际机场在深圳市区西偏北方向,深圳市宝安区,飞行区技术标准等级为4E,现有

一条3400m×45m跑道。

深圳宝安国际机场通航以来,运营的国内航空公司有国航、西北、西南、东方、南方、北方、新疆、云南、厦门、深圳、海南、上海、四川、山东等多家航空公司,开通的国内航线有150多条,国际航线9条。2013年旅客吞吐量达到3,226.84万人次,全年货邮吞吐量达91.36万t,全年飞机起降共25.75万架次,从深圳宝安国际机场十多年来的发展轨迹不难看出,在区域航空环境竞争日趋激烈,基础设施建设相对滞后,可利用土地资源短缺,空域环境条件并不理想的情况下,机场已近饱和状态。

1.2 改扩建工程简介

深圳机场的一条跑道容量已接近饱和容量,在随后的时间内,由于跑道容量不足引起的延误和机场服务水平的下降难以避免,机场的整体容量、服务水平和发展势头将会受制于此。因此,应尽快修建第二条跑道,以满足当地航空客、货源的实际需求。目前正在现有跑道西侧新建长3,800m、宽60m的第二跑道,两条跑道中心线间距为1,600m,新建长3,800m、宽25m的平行滑行道,设置4条快速出口滑行道和2条端联络滑行道。改扩建工程与现有工程位置关系示意图1。

作者简介:刘孝峰,男,助理工程师,2009年毕业于河北科技大学环境工程专业,现就职于中航建发规划咨询研究院。

表1 2013年全年不同航向起飞离场比例

起降方向	跑道	跑道的起降比例	飞行方向	飞行航向	比例
由南向北	33	45%	起飞	A	7.5%
				B	85.2%
				C	5.1%
				D	2.2%
			降落		100
由北向南	15	55%	起飞	A	7.9%
				B	83.1%
				C	6.1%
				D	2.9%
			降落		100

表2 2013年不同时间段的飞行架次比例表

时间段	7:00-19:00	19:00-22:00	22:00-7:00
起飞比例%	68.49	16.92	14.59
降落比例%	56.34	18.60	25.06

2 声环境现状评价

2.1 监测点位及方法

根据《环境影响评价技术导则——声导则》(HJ 2.4-2009)^[2]及《环境影响评价技术导则——民用机场建设工程》(HJ/T 87-2002)^[3]中“对于改扩建工程,监测点布设在跑道两端3km(大型机场可适当扩大)和跑道两侧各500m范围内的重要敏感目标以及近台布设监测点”的原则,本评价在机场现有跑道周围共布监测点7个。监测内容为单架飞机起飞、降落时的最大A声级L_{Amax}及噪声持续时间,并计算出单架飞机起降时作用在监测点的有效感觉噪声级LEPN。监测方法按《机场周围飞机噪声测量方法》(GB 9661-88)^[4]中相关规定执行。

2.2 飞机飞行数据

深圳宝安国际机场2013年旅客吞吐量达到3,226.84万人次,全年货邮吞吐量达91.36万t,全年飞机起降共25.75万架次,全年不同航向起飞、离场比例见表1。由表1可知,该机场起飞及降落主要在15号跑道。全年平均每天不同时间段的飞行架次比例见表2,由表2可知机场飞机起降多处于昼间时段。

2.3 现状评价结果

根据区域地形图及现场调查结果可知,现有跑道噪声影响调查范围(跑道两端各8km,跑道两侧各2km的矩形范围)内共有噪声敏感目标71处,其中村庄41处,学校、医院、敬老院共计30处。

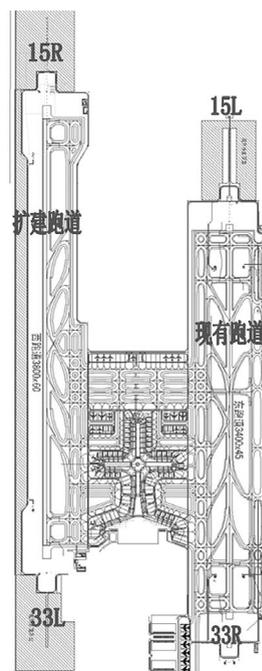


图1 改扩建工程与现有工程位置关系示意图

现状声环境质量评价采用现状监测与模型预测相结合的方法,得出各敏感目标噪声值,绘制了现状飞机噪声等值线图,见图2。

本文计算了不同声级下已有建筑的占地面积及影响的人口数,并同时分析了跑道周边居住建筑占地面积和可能影响的居民数。依据1:10000地图分析得到的不同声级下的建筑占地面积,由统计可知现状条件下,WECPNL>80dB,75~80dB,70~75dB的已有建筑面积分别为16.95万m²,74.85万m²和93.39万m²;影响人口数分别为682人、4,331人和5,774人。按《机场周围飞机噪声环境标准》(GB 9660-88)二类区域标准75dB评价,有5,013人居住在超标的区域内。可以看出,在现状情况下,由于机场飞行量较多,机场飞机噪声已经影响了一部分人的正常生活。



图2 深圳宝安国际机场飞机噪声现状(2013年)等值线图

表3 2020年航空业务量预测结果

序号	项目	类型	2020年
1	年旅客吞吐量(万人次)	国内	4230
		国际	270
		合计	4500
2	年货运吞吐量(万t)		200
3	年客机起降架次(次)	国内	314403
		国际	19227
		合计	333630
4	年货机起降架次(次)		12846
5	高峰小时起降架次(次)	国内	81
		国际	6
		合计	87
6	高峰小时旅客人数(人)	国内	11844
		国际	918
		合计	12762
7	航站楼总面积(万m ²)	国内	41
		国际	4
		合计	45

表4 2020年深圳宝安机场规划机型分类表

类别	机型	加权平均座位数
B类	CRJ-200、D328、ERJ145	50
C类	ARJ、B737、A319、A320、A321	140
D类	A310-300、B767-200、B767-300、A300	260
E类	B747-200、B747-400、B777、A340、A331	350
F类	A380	550

第二条跑道的飞机噪声主要影响海域。

2) 敏感点飞机噪声影响评价

(1)居民点：在41个居民敏感点中，其代表性点的WECPNL超过75dB的敏感点有8个，75~80dB内的影响人口数为5,079人，大于80dB的人口数总共为1,099人。

(2)学校：2020年，14所学校、医院、敬老院等敏感点中有11个超标，超标量为0.3~9.3dB，影响人数为13,346人。

3) 不同声级范围内人数的变化情况

相对于2013年，2020年70~75dB范围内的人口数增加了4,896人，75~85dB范围内增加了2,448人，大于85dB范围内增加了417人，合计受机场扩建后噪声影响的总人数增加了7,761人。由此可知，2020年机场扩建后由于飞行量的增加，导致受飞机噪声影响人数有了较明显增加。具体情况见表9。

3 本次改扩建的噪声影响预测及其防治对策

3.1 噪声影响预测

3.1.1 目标年概况

以2020年为目标，根据改扩建工程可研报告，2020年客机飞行量为333,630架次，货机飞行量12,846架次，合计346,476架次，日均949.25架次，详见表3。2020年机型组合、昼夜飞行架次比例及不同方向起降比例分别见表4~7。

3.1.2 目标年与现状对比情况

1) 不同声级影响的范围

根据2020年机场机型组合、飞行架次、起降方向等预测参数，计算出2020年该机场周边区域不同声级下的影响范围，见表8，并与现状噪声影响进行比较，飞机噪声等值线见图3。

由表8可知，改扩建工程投入运营后，随着机场航空业务量的不断增长，噪声影响逐渐加剧，影响范围比现状有较大幅度的增加，但由于新建跑道位于海上，其飞机起降对原居民影响不大，

3.2 噪声防治对策

根据该机场2020年机场拟采取的飞行程序、预测架次、起降方向等数据，结合机场周围敏感点规模、分布、性质、建筑物结构及用地规划要求，评价认为该机场应采取以下措施：

3.2.1 优化飞行程序

在跑道位置与平面布局确定以后，飞行程序的安排和确定是降低飞机噪声影响的重要因素。本机场飞行程序优化可从以下几个方面进行：

(1) 优化起降航线，避免从居民点上空飞越；



图3 2020年飞机噪声(优化前飞行程序)等值线图

表5 2020年深圳宝安国际机场预测机型比例

年份	类别	机型比例					小计	加权平均座位数
		B	C	D	E	F		
2020	国内	0.00%	87.34%	2.00%	10.56%	0.10%	100.0%	165
	国际	0.00%	71.01%	6.11%	22.58%	0.30%	100.0%	196

表6 2020年机场昼夜飞行架次比例

时间段	7:00-19:00	19:00-22:00	22:00-7:00
起飞比例%	68.49	16.92	14.59
降落比例%	56.34	18.60	25.06

表7 不同航向的比例

方向	方向比例%	跑道	飞行状态	航向	航向比例%
由南向北	45	33R	起飞	A	0.5
				B	12.5
				C	40
		33L	降落	D	22
					25
由北向南	55	15L	起飞	A	17.5
				B	2.5
				C	2.5
		15R	降落	D	2.5
					75
由北向南	55	15L	降落	A	0.5
				B	14.5
				C	60
		15R	起飞		25
				A	17.5
				B	2.5
15R	降落	C	5		
			75		

(2)建立优先跑道,从减少飞机噪声影响人群的目的出发,建议降落的优先跑道为15L和33R,起飞优先使用15R和33L跑道;

(3)调整15L和15R的起飞程序,使15R跑道西偏15°直线爬升,改15L跑道东偏15°为直线爬升,可明显减少对机场东侧敏感点的影响;

(4)采用消音爬升程序,如目前北京首都国际机场执行该消音起飞程序^[5],本机场亦可根据实际情况设计相应的消音爬升程序。

飞行程序优化后的等值线见图4,飞行程序优化后减轻了对机场东侧敏感点的影响。

3.2.2 保护现有敏感目标

对现有敏感目标,根据其噪声超标情况分别采用以下措施:

(1)对 L_{WECPN} 大于80dB的范围内住宅和 L_{WECPN} 75dB以上学校等敏感点采取搬迁或功能置换措施;

(2)对于 L_{WECPN} 位于75~80dB内的村镇居民住宅和 L_{WECPN} 位于70~75dB的学校采取隔声措施^[6]。

3.2.3 协调有关部门做好机场周围土地使用规划

为避免或减少飞机噪声的影响,当地政府应限制机场附近村庄、学校等声敏感建筑物向航线下区域发展。在 $WECPNL$ 为70dB等值线范围内不应建设噪声敏感建筑物;如需建设时,应根据飞机噪声影响情况提出相应的控制措施。

3.2.4 其它

结合原国家环保总局环函(2004)163号《关于机场周围区域噪声环境标准有关条目解释的复函》有关内容和国外对机场噪声控制的经验, $WECPNL$ 在70dB以下,任何建筑均可建设;70~75dB范围内的区域和居住建筑是相容的,但必须采取隔声措施,建筑物的插入损失应达到20dB;大于75dB的区域,居住建筑已不相容,一般不应建设居住建筑,如果为已有建筑,应采取隔声措施,插入损失应达到25~35dB。由于插入损失大于35dB的隔声窗,目前尚有实施的困难,因此建议大于80dB的居住用房和大于75dB的学校应予以拆迁另行选址重建,75~80dB(学校70~75dB)之间的过渡地区可采用隔声措施。



图4 2020年飞机噪声(优化后飞程序)等值线图

表8 2020年与2013年不同声级(WECPNL)下的面积比较(km²)

年份	WECPNL声级范围 dB				
	>70	>75	>80	>85	>90
2013年	53.188	23.695	10.293	4.239	1.834
2020年	100.131	51.695	21.508	8.631	3.682
增量	46.943	28.0	11.215	4.392	1.848

表9 2020年和现状飞机噪声的影响比较(万m²、人)

年份	WECPNL声级范围(dB)					
	>80		75~80		70~75	
	面积	人口数	面积	人口数	面积	人口数
2013年村庄	16.95	682	74.85	4331	93.39	5774
2013年学校	0	0	/	2843	/	5035
合计	16.95	682	/	7174	/	10809
2020年村庄	27.12	1099	87.7	5079	102.02	6902
2020年学校	0	0	/	4543	/	8803
合计	27.12	1099	87.7	9622	102.02	15705
变化量	10.17	417	12.85	2448	8.63	4896

4 结语

目前,国内各大型机场周边居民、学校等敏感保护目标受飞机噪声影响较为普遍。就本机场扩建而言,现状噪声超标与原机场建设后周边土地未得到合理规划和有效控制有关,特别是前文提到的多处敏感点,其多建于机场运行之后,从规划选址角度来看,显然有失科学性。

机场扩建后,其噪声影响加剧是显而易见的,控制其影响需机场运营单位及地方政府共同努力。对于机场运营单位,应选择噪声低的机型,优化飞行程序,从源头上降低噪声影响。地方政府规划部门应该与机场规划部门一起,合理制定并严格执行机场周边用地规划乃是防治飞机噪声扰民的关键所在;其次,对机场周边的现有敏感建筑物,应结合土地利用规划实施搬迁,用地性质调整为对噪声不敏感的工业仓储功能;最后,对短时间无法迁出的噪声敏感目标,应实施

被动保护,这是一种过渡手段,条件具备时亦应逐步迁出。

参考文献

- [1] 牟全君. 我国民用机场建设运营的突出环境保护问题及解决对策[J]. 北方环境, 2012, 24: 116-120.
- [2] 环境保护部. 环境影响评价技术导则——声环境(HJ2.4-2009)[S], 2009.
- [3] 原国家环境保护总局, 中国民用航空总局. 环境影响评价技术导则——民用机场建设工程(HJ/T87-2002)[S], 2002.
- [4] GB 9661-88 机场周围飞机噪声测量方法[S], 1988.
- [5] 徐志胜, 吴军, 曾庆华等. 大型国际机场规划中飞机噪声影响分析[J]. 声学技术, 2007, 26: 691-695.
- [6] 赵仁兴, 张宏, 杜鹃等. 机场飞机噪声控制对策研究[J]. 噪声与振动控制, 2007, S1: 334-345.

淋水式燃煤锅炉尾部烟气热回收研究

■ 戴鹏飞 董秀芳 「动力」

摘要: 当今燃煤锅炉的排烟温度一般在120℃以上,含硫量高的煤种锅炉的排烟温度可能更高。利用特制的热回收系统将烟气的温度降低到60~70℃排放,可以回收大量显热和潜热。将这部分余热加以利用既可实现节能减排,也有利于环保。针对燃煤锅炉排烟的特点,提出了一种燃煤锅炉排烟烟气热回收系统,它的特点是水与烟气直接接触换热。它分两段换热过程:第一段是利用板式换热器换热,第二段是利用热泵系统换热,回收的余热最终送到热网回水。以此来减少锅炉燃料使用量,对系统进行水力和热力计算并做了经济性分析。本文的研究成果为改进燃煤锅炉排烟系统,提高锅炉热效率提供了参考。

关键词: 燃煤锅炉; 排烟温度; 余热回收; 板式换热器; 第一类吸收式热泵

0 引言

能源短缺资源耗尽是当今世界各国亟待解决的重大问题,因为能源而发生的国与国的争端甚至战争也不在少数。解决技术难题,提高能源利用率,节约能源才能做到真正的经济社会可持续发展。据文献记载,一般锅炉排烟烟气温度每升高15~20℃,其热效率会降低大约1%,反之排烟温度降低15~20℃,其热效率会升高大约1%^[1]。中国工业余热回收设备有:热管换热器、冷凝式锅炉、辐射式换热器、热媒式换热器、回转式换热器、预热器、省煤器等^[2]。这些设备在工业工程中得到了较为普遍的运用,节能效果显著。热泵系统可以从各种低品位能源中提取热能,而且十分经济,能够应用在工业、商业和住宅等领域。随着能源的紧缺,采用热泵系统成为势在必行的节能和提高能源利用率的方法^[3-5]。

针对燃煤锅炉排烟温度高,造成大量的排烟热损失的现状,设计一套锅炉排烟烟气热回收系统,采用烟气与水直接接触的淋水换热方式对烟气进行热回收。

1 燃煤锅炉排烟烟气热回收可行性分析

采暖系统在实际运行时大多数情况下并不是按照设计供回水温度运行,由于采暖系统实际运行时所需负荷大多数情况下都小于设计负荷,我国的采暖系统多采用质调节。

选取哈尔滨地区SHW29-1.25/130/70-H型锅炉,燃料为褐煤。29MW锅炉的设计供回水温度130/70℃,计算相对供暖热负荷比与实际供回水温度的关系如图1和图2。

由图1、图2可知,锅炉按照设计供回水温度130/70℃在整个采暖季中热网实际回水温度低于60℃的持续天数大约为109天,在整个采暖季此锅炉超过一大半时间热水回水的温度是低于60℃的。在热网回水温度较低的情况下可以充分利用排烟烟气的余热来升高回水温度,减少燃煤量,达到节能减排的目的。

作者简介:戴鹏飞,男,助理工程师,2012年毕业于哈尔滨工业大学供热、供燃气、通风及空调工程专业,现就职于中航建发医药工程设计研究院。

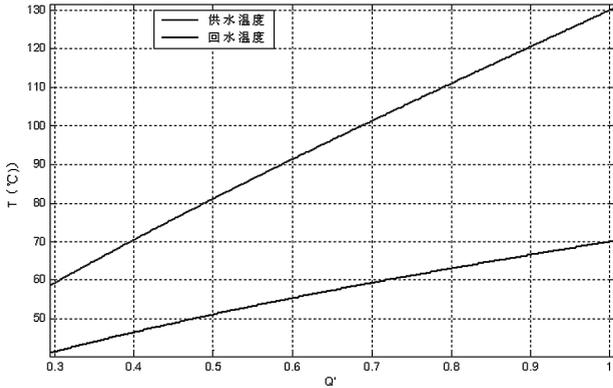


图1 热网质调节的供回水温度与相对热负荷比的关系

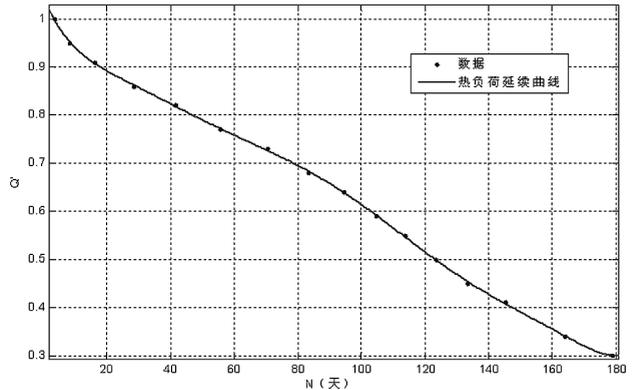
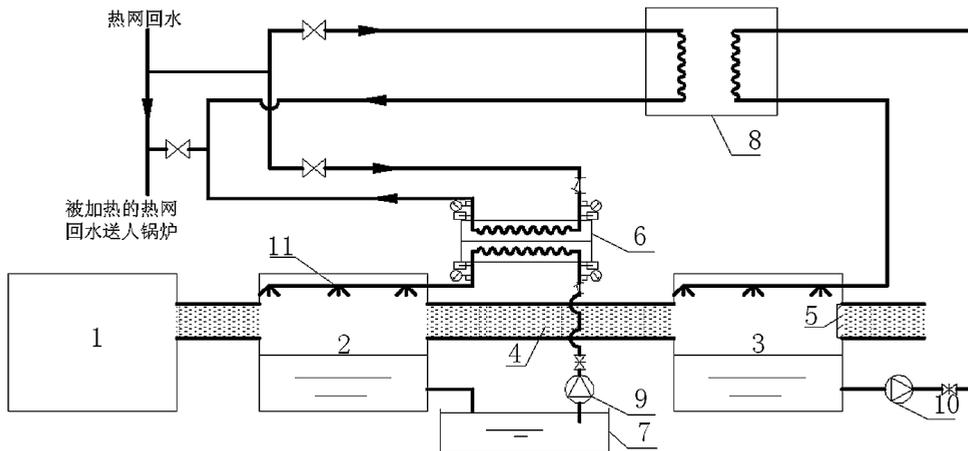


图2 不同相对热负荷比对应的采暖热负荷延续天数



图注：1—除尘器；2—第一段淋水换热室；3—第二段淋水换热室；4—排烟风管；5—挡水板；6—板式换热器；7—沉降池；8—热泵系统；9、10—循环水泵；11—喷头

图3 燃煤锅炉烟气热回收原则性系统简图

2 燃煤锅炉烟气热回收系统

2.1 系统的工作原理

本文设计的燃煤锅炉烟气热回收系统如图3。锅炉排烟烟气经除尘器1进入第一段淋水换热室2经过一段较短风管（两个淋水室距离很近）进入第二段淋水换热室3，最后经过挡水板5对烟气除湿排放。

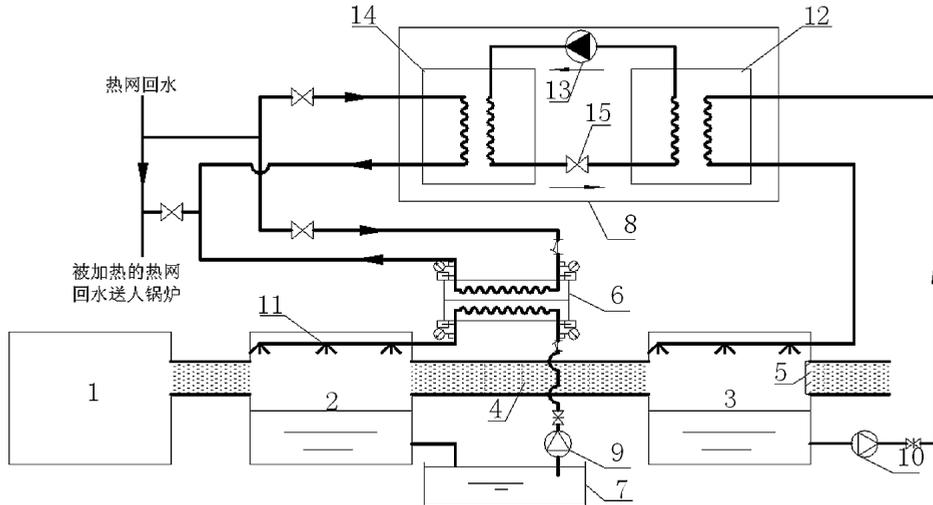
热回收过程一共分两部分。第一部分是水经循环水泵9加压再经过板式换热器6和不锈钢喷头11到达第一段淋水换热室，与烟气直接接触换热。喷淋水在淋水室中存水量不高，第一段淋水换热室地面有一定坡度，水靠重力流到沉降池7，以除去杂质。第一段淋水换热室同时达到除尘脱硫的作用。热网回水通过板式换热器6换热，得到的水送至锅炉继续加热。第二部分是水经循环水泵10加压再经过热泵系统8和不锈钢喷头11到达第

二段淋水换热室3，由于烟气温度的在第一段淋水换热室中已经降低，第二段淋水换热室得到的水温度不会很高，而且第二段的循环水温度低于烟气中水蒸气的露点温度，可以获得大量潜热。因此将得到的水作为热泵系统8的低温热源，加热热网回水，然后送至锅炉。这两部分换过程，进入板式换热器或者热泵系统的热网回水量应根据实际情况通过阀门控制。

2.2 换热系统中换热设备材质分析

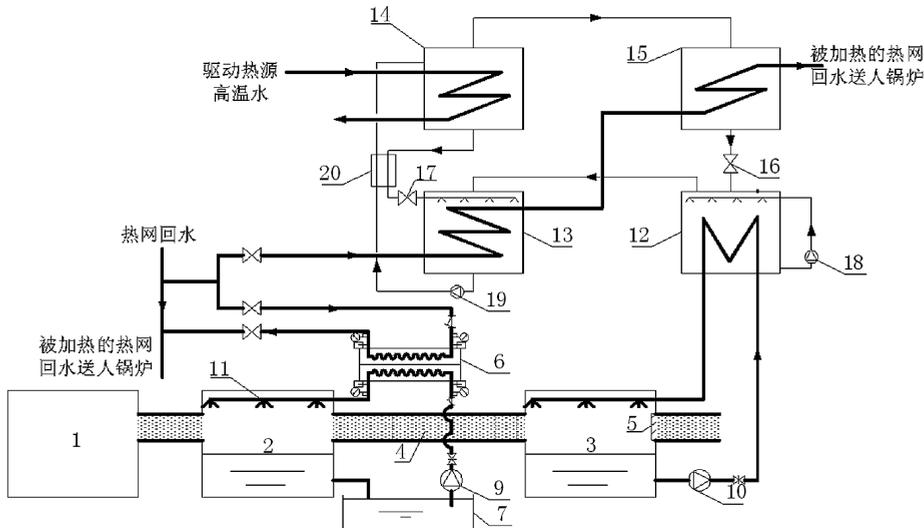
换热器的材质必须慎重选择。一般板式换热器的材质有不锈钢、镍、SM0254、钼、哈氏合金、石墨、钛及钛钒。从它的应用范围来看，不锈钢包括AISI304、316、316L材质适用于净水、河川水、矿物质、食用油等；SM0254跟钼材质适用于稀硫酸、无机水溶液，钛及钛钒材质适用于海水、盐水。

本文涉及到的板式换热器及热泵系统中的



图注：1~11同图3；12—蒸发器；13—压缩机；14—冷凝器；15—节流阀

图4 汽压缩式热泵方案回收系统简图



图注：1~11同图3；12蒸发器；13—吸收器；14—发生器；15—冷凝器；16—节流阀；
17—溶液阀；18—工质泵；19—溶液泵；20—溶液热交换器

图5 采用第一类吸收式热泵方案的热回收系统简图

蒸发器部分都要接触到与烟气直接接触换热的循环水，烟气经除尘器除尘后还会有少量杂质和硫化物，两段淋水室换热系统中的水都是循环的，烟气中的硫化物与水反应成为硫酸，因此要考虑到酸腐蚀的问题。如果没有硫酸形成可以把循环水看作净水或者河川水，换热器材质选择普通的304即可。循环水中硫酸浓度未知，有人认为换热器用不锈钢316L材质可以胜任，其价格约为700~1000元/m²。

钛及钛合金材质具有较高的耐腐蚀性能，使用寿命长，适用于此处板式换热器材质，其价格

较高，综合比较本文换热器材质选用钛合金。

2.3 蒸汽压缩式热泵供暖(方案一)

采用蒸汽压缩式热泵方案的原则性系统如图4。方案二热网回水分别进入板式换热器6和蒸汽压缩式热泵8的冷凝器，被加热后一起送入锅炉继续加热。第一段淋水换热室得到的较高温度的水经循环水泵9加压克服管道、不锈钢喷头11和板式换热器6的阻力与热网回水换热。第二段淋水换热室得到的低温水进入热泵系统8的蒸发器，通过蒸汽压缩式热泵循环将热量经冷凝器14传给热网回水。由于蒸发器12直接接触烟气与水直接接触的

低温循环水,循环水中存在硫酸,蒸发器的材质也应该选择耐酸腐蚀的金属。此方案使用蒸汽压缩式热泵,需要用电能作为驱动能源,COP一般为3~4.5,但是该方案使用高品质的电能且耗电量比较大,运行费用会比较高。

2.4 第一类吸收式热泵供暖(方案二)

第一类吸收式热泵的COP在1.5~1.7之间。可以利用较低温度的废热源,将20~50℃的水升温至50~100℃。利用锅炉产生的热水作为驱动热源,又有大量低温热源,通过吸收式热泵将锅炉回水加热的方案节能效果显著。如图5所示,前文得出热网回水的温度在整个采暖季有很大一部分时间温度是低于55℃的,热网回水一部分先进入板式换热器6被加热再送入锅炉加热。热网回水另一部分先进入吸收式热泵的吸收器13,获得浓溶液吸收工质蒸汽变成稀溶液过程放出的热量,再进入冷凝器15,获得高压工质蒸汽冷凝放出的热量,最后送入锅炉继续加热。通过此方案不需要高品位的电能,可以回收烟气中大量的热量,减少燃料的消耗。符合我国当前节能减排政策。

蒸汽压缩式热泵的制热系数虽然高于第一类吸收式热泵的,但是压缩式热泵用的高品质二次能源电能,而吸收式热泵利用的是一次能源,当都折合成为一次能源下的制热系数,蒸汽压缩式热泵的制热系数是低于吸收式热泵的。通过一次能源利用率及可靠性分析可知第一类吸收式热泵方案好于蒸汽压缩式热泵方案。

3 第一段热回收系统设计计算

计算不同型号燃煤锅炉排烟烟气能够回收的热量,根据已知的烟气量合理确定两个换热室的结构尺寸,对喷嘴板式换热器进行了选型,最后对整个热回收系统进行水力计算,确定了两个循环水泵的扬程和各段管道的管径。根据模型热回收系统的计算结果,锅炉理论可回收约5%左右热量。其中吸收式热泵的COP约为1.7。

4 热回收系统的经济性分析

对热回收系统通过三种经济评价指标做了经济性分析,首先对三种经济性评价指标做了介绍;然后对热回收系统的初投资、运行费用及热回收系统的收益做了分析,最后对不用型号锅炉

的热回收系统分别进行了费用年值分析、寿命周期费用LCC分析和动态投资回收期分析。根据经济性分析得出结论:方案一优于方案二,方案一的不同型号锅炉热回收系统的动态投资回收期如下:64MW锅炉热回收系统3.74年,29MW锅炉热回收系统5.65年。动态投资回收期均小于热回收系统的寿命周期,方案一是可行的,热回收系统不仅仅有经济效益,还有巨大的社会效益和环境效益。

5 结论

本文主要得出以下结论:

(1)利用提到的排烟烟气余热回收装置来升高回水温度,减少燃煤量,达到节能减排的目的是可行的;

(2)热回收系统可以进行设计计算,对热泵系统可编写计算程序来进行热力计算;

(3)计算得到64MW和29MW锅炉在整个采暖期应用热回收系统比没有热回收系统供暖系统分别节能2.6%、2.71%。

参考文献

- [1] 仝庆居,王学敏. 锅炉烟气余热回收利用技术[J]. 科技创新导报,2009(18).
- [2] 朱龚星,郭航. 余热回收技术发展现状与节能评价指标[J]. 北京制冷学会2010年论文集·制冷空调.
- [3] K.J. Chua,S.K. Chou,W.M. Yang. Advances in heat pump systems: A review. Applied Energy. Volume 87, Issue 12, December 2010, Pages 3611~3624.
- [4] Y. Lkamoto, Market Trends and Forecast of Electric Driven Lfeat Pump in Asia/Japan.
- [5] 车得福,刘艳华. 烟气热能梯级利用[M]. 化学工业出版社,2006:131~133.

基于2013版清单计价规范的工程造价确定和控制体会

■ 耿迪 陆焕玲 「工程造价」

摘要: 新清单计价规范主要是依据03版计价规范和08版计价规范发展而来的,与前两版计价规范相比,在工程造价确定与控制方面有较大的改进,特别是在造价管理精细化、合同价款调整和风险分担等方面提出了具体的要求,为适应我国工程投资体制和建设管理体制的改革需要提供了有力的保障。

关键词: 工程量清单; 计价模式; 造价确定与控制

1 新清单计价规范出台对工程造价确定和控制的意義

为了适应我国建设工程管理体制的改革以及建设市场发展的需要,规范建设工程各方面的计价行为,进一步深化工程造价管理模式的改革,2003年2月17日,国家建设部以第119号公告发布了国家标准《建设工程工程量清单计价规范》(GB 50500-2003)(以下简称“03规范”)。“03规范”的实施,是我国工程造价管理改革的一个里程碑,标志着我国工程造价管理改革进入了实质性阶段,由传统“量价合一”的计划模式向“量价分离”的市场模式转变。但是“03规范”主要侧重于工程招投标中的工程量清单计价,对工程合同签订、工程计量与价款调整、索赔和竣工结算等方面缺乏相应的规定。为此,原建设部标准定额司从2006年开始,组织有关单位对“03规范”的正文部分进行修订。2008年7月9日,住房城乡建设部以第63号公告,发布了《建设工程工程量清单计价规范》GB500-2008。

“08规范”对工程实施阶段的计价行为起到了良好的作用,但是随着建设市场的发展需要,

“08规范”在项目实施的过程中还是存在一定的弊端。所以,2013年7月1日,国家住房城乡建设部批准并开始实施《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500-2013(以下简称“新清单计价规范”)。“新清单计价规范”全面总结了“03规范”实施10年以来的经验,针对存在的问题,对“08”规范进行全面修订后,确立了工程计价标准体系,扩大了计价计量规范的适用范围,深化了工程造价运行机制的改革,强化了工程计价计量的强制性规定,注重了与施工合同的衔接,明确了工程计价风险分担的范围,完善了招标控制价制度,确定了施工全过程计价控制与工程结算的原则。推行新清单计价规范是为了适应我们工程投资体制和建设管理体制的改革需要,同时也为工程量清单编制的准确性和造价控制的合理性提供了有力的保障。

2 新清单计价规范在工程造价确定和控制方面的优势

新清单计价规范与前两版计价规范相比,增加了大量的正文规范、工程的计量规范和条文说

作者简介:耿迪,女,助理工程师,2011年毕业于英国利兹大学工程项目管理专业,现就职于中航建发建筑设计研究院。

明,致力解决工程项目中实际存在的问题。在实际工作中,由于招标投标阶段是整个工程项目的重要组成部分之一,需要编制人员根据新清单的要求准确的编制工程量清单并进行组价,从而保证工程造价的准确性,为后期合理而有效的控制工程造价奠定良好的基础。新清单计价规范存在一定的优势,对工程造价确定和控制方面发挥着重要的作用,其优势主要表现在以下几个方面:

(1)专业划分更加精细,涵盖阶段得到拓展,使用范围更加扩大,即在“08规范”的基础上,将原来的六个专业重新精细化调整为现在的九个专业,特别是把计量和计价两部分按实际规定分开,从而形成了329条规定;

(2)明确提出了招标控制价、投标价、签约合同价和竣工结算价的不同概念,完善了建设过程中工程造价的价格形势;

(3)增强了造价与合同的契合度,尤其细化了合同价款调整与支付的规定,将造价与合同管理高度统一起来;

(4)贯彻了工程造价精细化、科学化管理的新理念,在“08规范”基础上对于工程项目全过程的价款管理进行了约定,对重大的现实问题,强化了清单的操作性能;

(5)责任划分更加清晰,对发包人提供的材料(甲供材料)、承包人提供的材料(乙供材料)等处理方式做了明确说明,增加计价风险的说明,明确计价风险内容,对工程变更引起工程量清单项目“量变导致价变”的价款调整,也明确给出了调整的计算方式;

(6)对承发包双方的风险做了彻底清晰的界定,明确了各方责任,例如法规、政策性变化的风险需完全由业主承担,技术管理风险完全由承包商承担,市场物价波动风险需双方共同分担,不可抗力风险则各自损失各自承担;

(7)将措施清单项目明确划分为单价项目和总价项目,便于分别计价;

(8)将合同价款调整部分划分了14个子项,并分3章对工程计量与工程价款支付进行了详细规定,并特别做了可操作性的规定,这14个子项分别为暂列金额、法律、政策变化、工程变更、项目特征不符、工程量清单漏项缺项、工程量偏差、计日工、现场签证、物价变化、暂估价、不可抗力风险、提前竣工、误工赔偿和索赔。

3 新清单计价规范对工程造价的确定和控制分析

在实际工作中,新清单计价规范的出台与应用能够准确的确定工程造价并进行合理的控制,从而有效的解决和避免了在工作中采用“08规范”未能解决的问题。例如,报价不平衡、清单项不够精细化以及风险分担范围不明确等问题。下面将列举个别实际工作案例,结合“08规范”与新清单计价规范的理论内容分别对问题进行详细的阐述。

3.1 新清单计价规范对不平衡报价的影响

“08规范”在实际应用中存在投标报价不平衡的问题,导致这个问题的根本原因是计量计价存在一定的弊端。下面以某项目箱式通风机安装为例,风量 $15,000\text{m}^3/\text{h}$,压力 300Pa ,功率 4kW ,电压 380V ,依据“08规范”和新清单计价规范分别分析如下,具体见表1和表2。

从表1可以看出,“08规范”中一个清单项下包含多个子目,每个子目含量的变动都会影响整个清单项的综合单价的波动。正因为这个弊端的存在,个别施工单位在投标的工程中会对一些子目的含量有所改变,如表1所示,一台风机的支吊架含量应为 169kg ,施工单位会将其投标含量改为 280kg ;软管的含量应为 1.5m^2 ,施工单位的投标软管含量却为 2.5m^2 ,这些做法的最终目的是为了整个清单项的综合单价。由于投标文件中的综合单价是不可变的,所以导致在结算中,造价人员需按照施工单位所报的偏高综合单价进行结算,失去了对工程造价的控制,从而出现报价不平衡。

但是,从表2可以清晰看出,新清单计价规范的清单描述变为多项,每项清单都有一个独立的综合单价,在表1中只能作为子目的部分在新清单中都有独立的清单项,从而促使整个清单项目包括工程量和综合单价都是清晰完整的。由于结算中要求工程量和综合单价需经过双方核对后确定,所以运用新清单计价规范列项更容易帮助双方清楚、准确的核对各清单项的工程量和综合单价,从而确保工程造价的准确性,同时在后期结算工作避免了报价不平衡的问题,为工程造价控制提供了有力的保障。

3.2 新清单计价规范对造价管理精细化的体现

在实际工作中,由于使用“08规范”编制的

表1 采用“08规范”编制清单项(省计量单位、工程量)

项目编码	项目名称	项目特征
030901002	通风机	1.箱式风机安装(自带减震台座及减震器)CB-500D 2.风量:15,000m ³ /h;压力:300Pa;功率:4kW,380V 3.支吊架制作安装及除锈、刷防锈漆两遍、调和漆两遍 4.弹性吊装 5.硅纤钛金不燃A1级复合软管2个
	6-96	风机箱安装 吊装 风量(20,000m ³ /h以内) 设备 箱式风机CB-500D;风量15,000m ³ /h,压力300Pa,功率4kW
	1-132	软管接头制作安装 软管接头 硅玻钛布
	10-25	型钢刷漆 防锈漆 第一遍
	10-26	型钢刷漆 防锈漆 第二遍
	10-27	型钢刷漆 调合漆 第一遍
	10-28	型钢刷漆 调合漆 第二遍
	6-71	风机支吊架制作安装 风机型号(7#以内)

表2 采用新清单位价规范编制清单项(省计量单位、工程量)

项目编码	项目名称	项目特征
030108006	其他风机	箱式风机吊装(自带减震台座及减震器)CB-500D风量15,000m ³ /h;功率4kW 余压329Pa;649转/分
	1-105	风机箱安装 台座安装风量20,000m ³ /h以内
	补充设备	箱式风机CB-500D;风量15,000m ³ /h,压力300Pa,功率4kW
030703019	柔性接口	硅酸 金软管接头制作安装
	5-14	软管接头制作安装 软管接头 硅玻钛布
	补充主材	硅玻钛布
031201003	金属结构刷油	人工除轻锈 型钢及一般钢结构,表面刷防锈漆两遍、调和漆两遍
	2-61	金属结构刷油 防锈漆 第一遍
	2-62	金属结构刷油 防锈漆 第二遍
	2-71	金属结构刷油 调合漆 第一遍
	2-72	金属结构刷油 调合漆 第二遍
030307005	设备支架制作安装	1.风机支吊架制作安装 2.钢制 3.支架每组重169kg
	6-43	设备支架制作安装 每个支架重量200kg以内

表3 采用“08规范”编制清单项(省计量单位、工程量)

项目编码	项目名称	项目特征
030902001	碳钢通风管道制作安装	1.镀锌钢板圆形风管制作安装 直径1000mm以内 厚0.75mm 2.法兰连接 3.风管法兰、支吊架制作安装及人工除轻锈、刷防锈漆两遍、调和漆两遍 4.风管外包30mm厚离心铝箔玻璃棉板(A级不燃),导热系数0.033~0.036w/m ² ·K,容重为48kg/m ³ ,外敷特强防腐浅色亚光面层 5.贴面要求:水汽渗透率≤1.15ng/N·S,耐破强度≥4.9kg/cm ²
	1-16	镀锌钢板圆形风管制作(δ=1.2mm以内咬口) 直径(1000mm内) 主材 镀锌钢板0.75mm
	1-75	镀锌钢板圆形风管安装(δ=1.2mm以内 咬口)直径(1000mm内)
	10-25	型钢刷漆 防锈漆 第一遍
	10-26	型钢刷漆 防锈漆 第二遍
	10-27	型钢刷漆 调合漆 第一遍
	10-28	型钢刷漆 调合漆 第二遍
	10-54	通风管道保温 铝箔玻璃棉 保温厚度(30mm)
	1-129*	通风管道检测 漏光法检测

清单项不够精细化,导致承包方和发包方在结算过程中易扯皮。下面以某项目排烟镀锌钢板圆形风管制作安装为例,风管板材厚度为0.75mm,直径1,000mm,依据“08规范”和新清单位价规范分别举例如下,具体见表3和表4。

“08规范”中的通风管道保温部分没有独立的清单项,项目在使用“08规范”后如表3所示,保温部分是包含在风管制作安装这个总的清单项里,不能单独提出准确的风管总保温量,所以在保温工程的采购和施工过程中经常发生扯皮现

表4 采用新清单计价规范编制清单项(省计量单位、工程量)

项目编码	项目名称	项目特征
030702001	碳钢通风管道	镀锌钢圆矩形风管制作安装 $\delta=0.75\text{mm}$ 直径1000mm 法兰连接 风管法兰、支吊架制作安装
	2-9	钢板圆形风管制作($\delta=1.2\text{mm}$ 以内、咬口) 直径1000mm以内
		主材 镀锌钢板0.75
	2-45	钢板圆形风管安装($\delta=1.2\text{mm}$ 以内、咬口) 直径1000mm以内
031201003	金属结构刷油	人工除轻锈 型钢及一般钢结构, 表面刷防锈漆两遍、调和漆两遍
	2-61	金属结构刷油 防锈漆 第一遍
	2-62	金属结构刷油 防锈漆 第二遍
	2-71	金属结构刷油 调合漆 第一遍
	2-72	金属结构刷油 调合漆 第二遍
030704002	风管漏光试验	风管漏光试验
	2-105	通风管道检测 漏光法检测
030702009	弯头导流叶片	弯头导流叶片 1000×800
	2-85	弯头导流叶片制作组装 直径1000mm以内
		主材 镀锌钢板0.75
030702010	风管检查孔	风管检查孔 周长1000mm以内
	2-89	风管检查孔制作组装 周长1000mm以内
030702011	温度、风量测定孔	温度、风量测定孔制作安装
	2-92	温度、风量测定孔
031208003	通风管道绝热	排烟通风管道 铝箔玻璃棉保温(A级不燃)导热系数为0.033~0.036/m, 容重为48kg/m ³ 外敷特强防腐浅色亚光面层 贴面要求: 水汽渗透率 $\leq 1.15\text{ng}/\text{N}\cdot\text{S}$ 耐破强度 $\geq 4.9\text{kg}/\text{cm}^2$ 保温厚度30mm
	4-145	通风管道绝热 玻璃棉制品绝热 厚度30mm
		主材 铝箔玻璃棉板
031208005	法兰绝热	风管法兰 铝箔玻璃棉保温(A级不燃)导热系数为0.033~0.036/m 容重为48kg/m ³ 外敷特强防腐浅色亚光面层 贴面要求: 水汽渗透率 $\leq 1.15\text{ng}/\text{N}\cdot\text{S}$ 耐破强度 $\geq 4.9\text{kg}/\text{cm}^2$ 保温厚度30mm
	4-158	法兰绝热 玻璃棉制品绝热 厚度30mm
		主材 铝箔玻璃棉板

象,为后期保温部分的结算增加了难度。

然而,新清单计价规范的使用则避免了此问题。如表4所示,新清单计价规范列项与“08规范”清单列项相比更精细化,特别是风管保温和法兰保温都有独立的清单项,编制人员只需在编制过程中准确的计入保温材料使用的总工程量和单价,就能准确的计算保温材料部分工程造价;若施工过程中要求某个保温部分单独提出保温工程量,那么编制人员可以随时准确的从清单中提出工程量和综合单价,以便及时、准确的控制工程造价,也为后期的结算奠定了良好的基础。

3.3 新清单计价规范对风险分担的约定

在工作中,经常因为各种原因或失误而引发不同形式的工程类风险,例如特征描述不符、工程量有偏差或者物价波动等,这些因素会影响工程造价的准确性,致使整个工程项目在实际发生时,工程造价失去控制或项目存在一定风险;同

时,由于没有明确的风险承担合同约定,导致发包方和承包方在风险发生时互推责任,工程造价失去控制。然而,新清单规范明确了不同风险分担范围及承担责任人,更贴近合同,更能确保工程造价的准确性及合理控制的有效性,从而降低或避免风险在实际工程中的发生率。下面将对新清单计价规范如何通过约定来明确风险分担范围和责任做进一步的分析:

1) 特征描述不符导致的风险

“08规范”规定,若施工过程中出现施工图纸(含设计变更)与工程量清单项目特征描述不符的,发包方和承包方应按新的项目特征确定相应工程量清单项目的综合单价,但是实际施工过程中由于清单描述不清,经常引起争议,致使发包人和承包人都愿意担任风险。新清单计价规范规定承包人应按照发包人提供的设计图纸实施合同工程,若在合同履行期间,出现设计图纸(含设计变

更)与招标工程量清单任一项目的特征描述不符,且该变化引起该项目的工程造价增减变化,应按照实际施工的项目特征重新确定相应工程量清单项目的综合单价,调整合同价款。

由此可见,新清单计价规范对项目特征描述不符的规定较“08规范”更细致更贴近合同,即发包人在招标工程量清单中对项目特征的描述应被认为是准确和全面的,承包商应按照图纸施工。若施工图纸与项目特征描述不符,业主应承担该风险导致的损失。在施工完成后,承发包双方应按照实际施工的项目特征据实结算,从而保证工程造价的准确性。

2) 工程量偏差导致的风险

“08规范”规定工程量偏差对工程量清单项目的综合单价会产生影响,调整综合单价应按照合同中约定进行调整;若合同未作约定,按照以下原则调整:

(1)当工程量清单变化幅度在10%以内时,综合单价不作调整,执行原有综合单价;

(2)当工程量清单变化幅度在10%以外时,影响分部分项工程费超过0.1%,其综合单价及对应的措施费均作调整。调整方法由承包人对增加或减少后剩余的工程量提出综合单价和措施项目费,经发包人确认后调整。

在实际工作中,由于编制人员粗心大意或者其他的因素,经常出现工程量偏差,由于“08规范”只明确工程量偏差的幅度范围,没有明确风险发生的具体承担责任人,所以在结算过程中双方易扯皮。新清单计价规范规定,对于任一招标工程量清单项目,如果因本条规定的工程量偏差和的工程变更等原因导致工程量偏差超过15%,调整的原则为:当工程量增加15%以上时,其增加部分的工程量的综合单价应予调低;当工程量减少15%以上时,减少后剩余部分的工程量的综合单价应予调高。

由此可见,新清单计价规范不但明确了工程量偏差的幅度范围为 $\pm 15\%$,还明确了风险承担的具体责任人,即工程量据实计量,业主承担工程量偏差 $\pm 15\%$ 以外引起的价款调整风险,承包商承担 $\pm 15\%$ 以内的风险。这些具体的误差范围和明确的风险承担责任人完美的体现了新清单的优势,即能够准确的约定工程造价中出现的各种工程量偏差并对其做出约定和调整,从而保证工程造价的准确性,也为后期工程造价的控制提供了有力

的依据。

3) 物价波动类导致的风险

现今市场经济飞速发展,物价波动幅度变化不一,从而为整个建材市场埋下了潜在的风险。

“08规范”规定若施工期内市场价格波动超出一定幅度时,应按合同约定调整工程价款;合同没有约定或约定不明确的,应按省级或行业建设主管部门或其授权的工程造价管理机构的规定调整。但是,“08规范”中缺少对物价波动类风险范围及幅度的具体约定。新清单计价规范规定,承包人采购材料和工程设备的,应在合同中约定主要材料、工程设备价格变化的范围或幅度,如没有约定,则材料、工程设备单价变化超过5%,超过部分的价格应按照价格指数调整法或造价信息差额调整法计算调整材料、工程设备费。

由此可见,新清单计价规范更贴近合同,并对物价波动类风险的范围及幅度做了具体的约定,将引起价款调整的材料、工程设备单价变化幅度具体约定为5%。其中约定风险分担的幅度为“发包人应承担5%以外的材料价格风险,10%以外的施工机械使用费的风险;承包人可承担5%以内的材料价格风险,10%以内的施工机械使用费的风险”。

综上所述,新清单计价规范中明确强调的价差调整幅度范围在实际工作中能够帮助造价人员及时、准确的确定工程造价并进行合理控制。

4 结论

新清单计价规范更准确的计算造价,同时更便于过程的控制,尤其是针对我国工程造价管理实践中的热点和难点问题,创造性地提出了适合我国建筑市场的诸多做法。加强对新规范的理解和实践,将对提高工程造价管理的专业化水平、规范工程建设参与各方的计价行为、推进和完善造价机制的建设、促进精细化造价管理、建立和谐有序的建设市场具有重要意义。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准 GB 50500-2013 建设工程计价计量规范辅导教材. 北京:中国计划出版社,2013.4.

智能化冷链物流运输集成方案探究

■ 董磊 陈刚 「工艺」

摘要: 我国冷链物流产业发展迅速, 初具市场规模, 目前面临产业内部转型升级和提高服务质量的机遇。智能化技术发展逐渐成熟, 在冷链物流运输的应用可以全面提升其运输效率, 促进要素快速流动。综合分析车联网与冷链物流的结合点, 提出智能化冷链物流运输集成方案。

关键词: 智能化; 冷链物流; 集成方案

0 引言

近几年中国经济稳健发展, 物流业总体规模快速增长, 物流服务水平显著提高, 一批传统运输、仓储、货代企业实行功能整合和服务延伸, 向现代物流企业转型。冷链物流作为物流运输的重要分支, 正呈现快速发展的态势, 冷藏基础设施条件逐步完善, 物流技术设备更新换代, 物流信息化建设出现突破性进展。智能化技术应用作为冷链物流产业未来的发展方向之一, 将显著提升我国冷链物流产品和服务的质量和竞争力。

1 我国冷链物流运输现状与需求

1.1 我国冷链物流经过数年产业积累, 初具市场规模

我国的冷链物流最早产生于20世纪50年代的肉食品外贸出口。近年来, 随着城乡居民生活水平的提高和人们消费习惯的改变, 国内的消费者对速冻食品、乳制品、冷饮、果蔬及花卉的需求正在呈现快速增长, 冷链物流行业日渐趋热, 随着市场需求的增大而不断发展。

与此同时, 我国冷链硬件设施也呈现快速增长态势。截止2012年底, 全国31个省市自治区共

有冷库约9.85万座, 冷藏总量首度超过2,500万t, 同比增长11.3%, 其中新增冷库容量约260万t^[1]。上海开始建设中国最大的冷库、青岛开始建设我国最大的单体冷库、郑州已规划经济开发区内的冷链物流园区。此外, 我国目前冷藏车的数量也在急速增加, 随着企业供应链竞争性意识的加强, 冷藏车的增长速度还会加快。据专家预测, 随着中国经济的高速发展以及消费者消费品质的日益提高, 未来10年内, 我国的冷藏车年均增长将达到28%以上, 冷藏库年均增长30%以上。

1.2 冷链物流发展存在众多制约因素, 造成严重损失

我国的冷链物流业尚处于初级阶段, 还未形成体系, 发展存在众多制约因素。行业服务标准、企业从业标准缺失, 物流成本高, 非冷藏车进行冷链物流服务业务, 企业之间经常发生恶性价格竞争, 处于低层次的竞争状况。行业缺乏上下游的整体规划和整合, 技术标准缺位, 冷链物流与食品生产、加工、流通、销售难以配套, 冷链物流与货物信息不对称等一系列问题, 同样制约了冷链物流的快速发展。

由于冷链物流市场不发达, 冷冻食品、果蔬等在运输过程中经常出现冷链“断链”的情况。根据中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会公布的数据, 我国果蔬流通腐蚀率达20%~30%、肉类达12%、水产品达15%, 而国外农副产品的流通环节损耗率只有5%~6%, 我国每年因冷链问题

作者简介: 董磊, 男, 助理工程师, 2012年毕业于中国民航大学产业经济学专业, 现就职于中航建发规划咨询研究院。

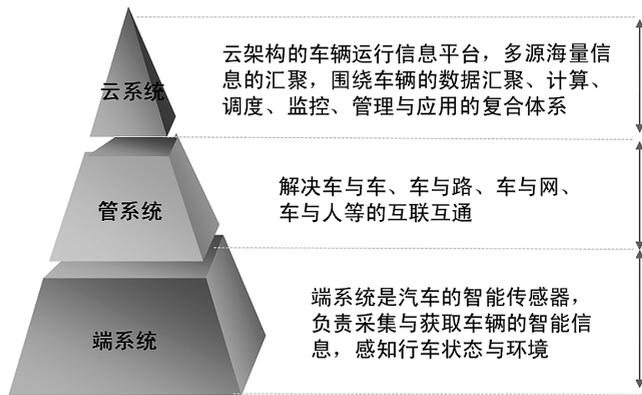


图1 车联网“端管云”三层体系

造成约有1,200万t水果、1.3亿t蔬菜的浪费，损失高达1,000亿元^[2]。

1.3 冷链物流亟需提升运输效率，应用车联网成有效手段

为了降低冷链物流行业损失率，提升企业竞争力，几乎所有的冷链物流企业均意识到，不断提升服务质量和水平，提高客户满意度，才能促进行业的健康发展。在实际操作过程中，一些企业开始关注冷链物流的配送及时率和损失率，通过企业内部考核指标，提高及时率，降低损失率，而汽车智能化技术是提高这些考核指标的有效手段。

车联网技术作为智能化在汽车领域的应用，是将众多先进的IT技术有机地运用于整个交通运输管理体系，从网络层面看，车联网系统是一个“端管云”三层体系^[3]，见图1。其中，卫星定位系统（GPS）、RFID技术、温度控制系统、电子定货系统（EOS）、电子车载地图等技术在冷链物流运输过程中的应用，可以降低冷链物流管理成本，提高运输效率，增加客户满意度。

1.4 智能化冷链物流有望成为国家下一阶段的经济增长极

第三次科技革命在诸多领域掀起一场信息控制技术革命，科学技术在推动生产力的发展方面起着越来越重要的作用。物联网技术作为第三次科技革命的发展重点之一，将任何物品与互联网连接起来，进行信息的交换和通讯，最合适在物流行业进行应用，发展智能化冷链物流既具有科技创新，又能够促进要素的快速流动，促进经济的发展，有望成为国家下一阶段的经济增长极。

2 智能化冷链物流运输集成方案提出

综合冷链物流行业现状与需求，通过长期跟踪分析冷链物流行业，发现该行业面临内部结构优化升级、运输效率亟待提升的新机遇，而电子信息技术在该行业的应用，能够实现这些方面的全面提升。以此为依据，笔者提出智能化冷链物流运输集成方案系统构想，系统化解决了冷链物流运输存在的众多问题，实现了实时保温、全程动态监控、货物销售库存信息反馈等目标，具备系统性、前瞻性。

发展智能化冷链物流运输，具备精确化、智能化、实时监控的特点。优势具体体现在两方面：第一，将车联网融入冷链物流，能够保障运输过程的温度和湿度，提高运输效率，降低运输成本；第二，集成系统以集团公司为推广对象，集合集团公司众多优势资源，形成强有力的产品竞争力。

3 智能化冷链物流运输集成方案系统建立

3.1 系统搭建

冷链物流运输是一条从温度敏感性产品采购到冷库储存，到冷藏车运输，再到批发站冷库，再到超市冷柜，再到消费者冰箱的完整产业链。

智能化冷链物流运输集成方案以冷链物流产业链为核心，在产业链各环节融入车联网“端管云”三层体系技术，实现冷链物流运输全程智能化管理，从而提高冷链物流运输效率和安全可靠性。其中，在冷链物流产业链中，冷藏车运输是产业链核心环节，冷藏车运输途中的温度控制尤为关键。具体模型见图2。

在资本运作方面，冷藏车、冷库等冷藏设施设备可以采用融资租赁的方式，作为本项目的资本运作方式。

3.2 系统功能解析

智能化冷链物流运输集成方案以冷链物流为载体，以车联网为技术支撑，在链条各环节通过加入车联网技术，提高运作效率。在车联网云系统层级建立综合管理信息化平台，是整个系统的“大脑”，负责指挥管理各项资源和设备，统筹运作冷链物流智能化运输。在管系统层级建立冷链物流监测系统，实时监控车载温度和湿度，据

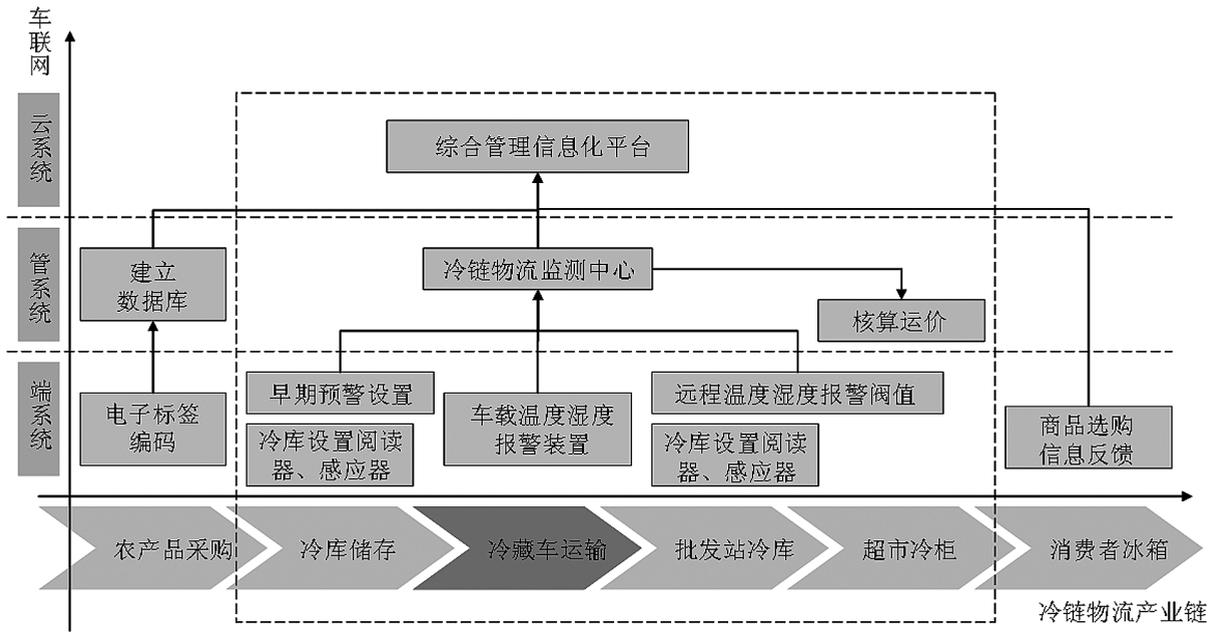


图2 智能化冷链物流运输集成方案系统构想

此核算运价，并建立数据库。在端系统层级需要在产业链各环节建立众多硬件设施，在农产品采购与加工环节进行电子标记编码，在冷库储存环节设置冷库阅读器和感应器，在冷藏车上安装车载温度湿度报警装置，在终端环节设置商品采购信息反馈装置。智能化冷链物流运输系统具体功能如下：

1) 采购与加工环节

在原材料采购环节，需要进行电子标记编码，将编码扫描信息建立数据库，通过电子标签，能够对产品在整个生产加工过程进行连续的监控，包括产品的温度、湿度以及相应的操作人员，全部录入数据库的数据，将数据库信息输入综合管理信息化平台，实时监控冷链物流运输过程，确定事故的责任归属。

2) 冷库储存环节

冷库储存管理是冷链物流运输的重要组成部分。在冷库出入口处安装阅读器，无需人工操作，在货物出入库移动操作时进行信息扫描，可以远距离动态的一次性识别多个标签，大大节省出入库作业时间，提高作业效率。在冷库地面设置感应秤，可以感知到冷库内生鲜品数量的变化，为合理地控制库存创造条件。在产品进入冷藏车运输环节之前，安装早期预警设置，并建立应急预案，对早期封箱、产品刚出发时发现的问题，启动早期预警流程，提高冷链物流应急处理

的效率。

3) 冷藏车运输环节

冷藏车运输是冷链物流运输的核心组成。车联网技术在冷链物流运输过程中的应用，可以极大地提高产品运输效率。冷藏车纳入车联网，利用RFID温度湿度标签可以实时保持车厢内的温度和湿度，实现车载产品的动态感知，动态监控在途产品的质量与安全。车联网可以动态掌握各冷库库存情况，以及在途运输量情况，为冷链物流运输科学管理提供决策参考，从而从根本上提高运输的合理性，实现冷链物流的有效流通。

4) 终端市场环节

通过车联网技术，带RFID标签的商品被顾客选购的信息，实时传到综合管理信息化平台。当超市、商店等零售商的商品数量低于安全存货量时，系统能自动向供应商发出补货请求，库存补给可以智能化地触发；当产品即将达到或超过有效期时，系统能自动向超市、商店等零售商发出促销或撤下货架的要求。此环节还有核算运价的功能，冷链物流监测中心根据温度报表，根据冷藏车内的温度核算运价。

3.3 系统应用

智能化冷链物流运输集成方案适用对象是一个区域范围，进行全产业链运作。该方案的实施可以在区域系统化建设、管理冷链物流设施设备，提升整个区域的冷链物流运输效率，降低冷



图3 重庆四级冷链物流节点布局

链物流“断链”发生率。目前，重庆市正在进行逐步实现全市范围冷链物流全覆盖。

2013年6月，重庆市计划打造中国西部农产品冷链物流中心，明确提出要建设四级冷链物流节点，见图3，将冷链物流与城镇化同步推进，实现农产品和冷链物流的“无缝衔接”，计划到2015年，重庆市冷库总规模将达70万t，到2020年，重庆将基本建成国家级冷链物流枢纽。冷链物流产业链上的各大企业纷纷看中重庆市冷链物流产业的巨大商机，计划在重庆投资设厂^[4]。

重庆主城区作为冷链物流一级节点，建立综合管理信息化平台，负责系统调度所有冷链物流设施设备，管理整个区域的资源；在万州、黔江和涪陵三个二级节点建立冷链物流检测中心，实时监控各片区冷链物流运输情况，将信息汇总上报给一级节点，为一级节点决策提供参考；在三级、四级节点安装冷链物流智能化设备，按照上级指令执行任务，是智能化管理冷链物流方案的具体落实。

4 未来展望

智能化冷链物流运输集成方案作为物流服务新模式，可以集合企业内部众多资源和设备优势，通过有机结合，为冷链物流需求方提供一站式物流服务产品。此外，运营该模式的企业，还可以作为冷链物流第三方，针对拥有制冷设备、

冷藏车等硬件基础的需求方，为这些群体提供智能化冷链物流运输方案。“一站式物流服务产品+冷链物流运输方案”两种产品，可以满足不同冷链物流需求方，具有广泛的推广价值。

智能化冷链物流运输集成方案作为全新的资源有机结合思路，适合集团型公司率先运用，这类公司涉及多种产业领域，具备技术集成的先天优势。借该方案打造示范型工程，提供一站式冷链物流服务产品，在冷链物流行业形成标杆，建立行业标准，成为行业的领头羊。智能化集成思路以提供某一服务为目标，以该服务提供商为核心，其他厂商为配套，进行集团内部资源和设备的有机结合，充分发挥各自优势，打造集团型公司的核心竞争力。

参考文献

- [1] 张松. 我国冷链物流现状问题分析[J]. 管理观察, 2013(18).
- [2] 毋庆刚. 我国冷链物流发展现状与对策研究[J]. 现代物流, 2011(02).
- [3] 陈献周. 车联网技术的研究[J]. 电脑知识与技术, 2013(01).
- [4] 重庆建四级冷链体系 冷链企业入渝抢商机[EB/OL]. 中国冷链产业网, 2013-7-17.

东北地区资源型城市发展策略研究

■ 王天璞 陈刚 「规划」

摘要: 本文首先对东北地区振兴规划进行解读,指出东北地区资源型城市的现状与存在问题,参考国际上资源型城市发展的经验,对东北地区资源型城市发展进行SWOT分析,在此基础上提出六大策略建议。

关键词: 东北地区; 资源型城市; 发展战略

1 研究背景

东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江三省,是我国重要的老工业基地和商品粮生产基地。近年来,由于多方面的原因,东北地区经济出现了诸多问题,如矿业城市资源枯竭、大规模国有企业职工下岗、大量农产品积压、地方财政包袱大、地区经济增长乏力和产业竞争力下降等等^[1]。党的十六大报告明确提出:“支持东北地区等老工业基地加快调整和改造,支持以资源开采为主的城市和地区发展接续产业”,重点扶持东北地区进行振兴老工业基地建设。而在十八大报告中也指出了加快资源型城市转型这一要求。

2007年8月,国务院正式批准了《东北地区振兴规划》,在规划中把蒙东地区纳入到规划范围,以便于统筹兼顾,协调发展。在《东北地区振兴规划》中,拟采取加快改革开放步伐、加快结构调整与升级、加快区域合作进程、加快资源枯竭型城市经济转型、加快建设资源节约型环境友好型社会、加快发展教育卫生文化体育等社会事业的若干重大举措经过10~15年的努力,将东北地区建设成经济体制较为完善、产业结构比较合理、城乡区域发展相对协调、资源型城市良性发展、社会和谐、综合经济发展水平较高的重要经济增长区域,实现东北地区的全面振兴^[2]。

资源型城市作为整个东北地区重工业的基础性城市,对于新中国的建设做出了不可磨灭的贡献,而由于现在资源型城市大多面临着资源枯竭的一般性困境和体制转型期间带来的制度性困境的双重困境,导致资源型城市的经济转型问题成为了东北老工业地区振兴政策的重点和难点。资源型城市发展问题的解决,不仅有利于东北地区的振兴发展,更是党和国家对于建设和谐社会,实现社会主义现代化建设的必然要求。

2 东北地区资源型城市发展的现状和问题

2.1 东北地区资源型城市发展的现状

资源型城市是因自然资源的开采而兴起或发展壮大,且资源型产业在工业中占有较大份额的城市,这里所指的自然资源大部分为矿产资源,也包括森林资源^[3]。资源型城市可以进一步划分为矿产资源城市和森林工业城市,矿产资源城市又可以进一步划分为金属矿产资源城市(如鞍山)、非金属矿产资源城市(如蛟河)和能源矿产资源城市(如大庆)。我国共有资源型城市118个,而辽宁、吉林、黑龙江三省共有资源型城市30个(见表1),占全国的1/4以上^[1]。

从发展阶段来看,资源型城市又可以分为成长期、鼎盛期和衰退期三个阶段类型,东北地区的资源型城市,由于其建设期较早和建设期时资源无偿划拨的体制性因素,绝大多数已经过了鼎盛期而走入了衰退期。这正是东北地区资源型城

作者简介:王天璞,女,助理工程师,2012年毕业于英国华威大学工学院,现就职于中航建发规划咨询研究院。

表1 东北资源型城市的地区分布^[4]

省份	城市数量	城市名称
辽宁	7	抚顺、本溪、阜新、盘锦、葫芦岛、铁法、北票
吉林	10	辽源、白山、敦化、珲春、桦甸、蛟河、松原、舒兰、临江、和龙
黑龙江	13	鸡西、鹤岗、双鸭山、七台河、大庆、伊春、五大连池、铁力、尚志、海林、穆棱、宁安、虎林

表2 东北资源型城市设市时间与经济结构

城市名称	设市时间	行业产值比重 (1985)	行业产值比重 (2002)	行业就业比重 (2000)	国有经济比重 (2000)
阜新(煤炭)	1940	22.34%	18.29%	29.9%	80.1%
大庆(石油)	1979	94.18%	94.15%	25.0%	91.6%
伊春(林业)	1957	41.74%	23.57%	49.0%	70.1%

市现阶段面临严重问题的重要原因之一^[5]。

资源型城市的经济结构较为单一。东北地区的资源型城市长期依靠资源性产业，而没有形成较为成熟和完善的工业体系，虽然城市化水平较高，但并没能成功地推进工业化的升级，资源开发与城市形成了“一荣俱荣、一损俱损”的关系，表2中通过对于阜新、大庆和伊春三个城市的若干指标比较可以说明这个问题。无论是从就业比重还是从产值比重来看，基本上初级的资源采掘业占据了很大一部分内容，并且绝大多数城市这种情况从改革开放初期一直保持到2000年以后。从所有制结构来讲，资源型城市的国有经济比重都极高，这固然是由于整个国家能源战略的结果，然而这也使得东北地区资源型城市由于体制原因带来了重大的经济困境。

资源型城市的城市功能不完善。由于资源型城市的建设都具有突发性，基本都是由于矿的存在才设市以便于开矿，因此，城市的生产功能强于其他功能导致整个城市的其他产业，尤其是第三产业的功能弱化。而“哪里有矿，哪里就有城”的主导思想必然会导致一种城市功能布局的“嵌入”式结构，使得城市不能形成一种体系完整、功能完善的分区，而是布局分散，环境恶劣，既不能形成经济上的集聚效应，又不能形成在环境上的赏心悦目。这对于城市的发展和人民的生活都是极其不利的，而在资源枯竭的时候，这种不利则会更加明显。

资源型城市的城矿关系不明晰。这是由于复杂的历史原因和体制原因造成的，由于东北地区资源型城市的建设往往是上世纪50-60年代计划经济的产物，而绝大多数城市都拥有一个直接向

中央相关单位负责的矿务局或矿物公司，他们作为一个典型的单位体制国有企业，除了履行生产任务之外，一定要肩负起来整个职工及其家属的福利、教育、医疗、文化等等服务活动；然而，作为一个城市，资源型城市拥有一个向省政府负责的市政府，作为市政府除了要履行公共服务之外，还要肩负起来促进城市或者地区的生产发展和经济增长的义务，这使得有两个相互掣肘的功能主体^[6]。这两个主体，实际上并不能导致更好地对市政基础设施和公共服务的管理，而使得市政重复建设，效率低下。而国企传统的效率低、冗员堆积等等问题，在资源型城市也得以强化，使得整个东北地区的资源型城市处于一种严重的低效率状态，竞争力低下。

2.2 东北地区资源型城市发展存在的主要问题

2007年的国务院38号文件指出，全国重要的资源型城市面对的问题主要有：经济结构失衡、失业和贫困人口较多、接续替代产业乏力、生态环境破坏严重、维护社会稳定压力较大等。时任总理温家宝指出，解决资源枯竭型城市存在的贫困、失业与环境问题是落实科学发展观、构建和谐社会的一项重要而不可忽视的任务^[7]。作为我国重要的老工业基地，东北地区资源型城市发展存在的问题有与其他地区共性的地方，也有其特有的历史、体制等问题，概括来讲，可从产业、人员、政府和环境四方面来进行分析。

1) 老产业资源枯竭，新产业后劲不足

矿产资源是非可再生资源，而随着资源型城市的发展和和之相关的资源型产业的发展，资源枯竭是必然的。大庆油田的可采储量只剩下了30%，而伊春林场的林木蓄积在2003年年底已经比

鼎盛时期下降了55%，实际上已经有无木可伐的危险。而由前面的分析我们可以知道，多年来单一的产业结构和所有制结构，使得在资源枯竭之后，靠资源吃饭的资源形成没有能力培育出有竞争力的接替产业，城市的配套产业也没有能力对于这种衰落的资源型产业起到缓冲作用，这使得一旦矿竭，城衰在所难免。

2) 人员素质低下，转型难度极大

资源型城市的就业结构单一，由于资源型城市的从业人员大多是以相关资源型产业的开采为主，受教育水平低，劳动技能单一，适应变化的经济情况的能力差，转移到其他产业的难度极大。无论是已经下岗的失业人口，还是尚未下岗但是已经停发工资的隐性失业人口，他们的生活都陷入了极度贫困的境地。例如，辽宁著名的煤城阜新2003年处于最低生活保障线以下的人口已经接近30万人^[8]。与此同时，东北地区虽然教育水平在全国处于一流水平，然而资源型城市由于其单一的结构和落后的思想，人力资源极低，不仅仅人力资源不足，结构性缺失的情况也是很严重的，缺少采掘业之外的新型产业和高新技术产业人才，使得城市转型的难度极大。

3) 政府财政困难，社会矛盾严重

资源型城市的转型需要政府的财政支持，而由于资源的无偿划拨和全民所有制经济的遗留问题，政府财政面临着严重的不足。一方面，资源型产业本身的附加值低，而政府为了稳定物价对于资源本身采取了扭曲其价格的政策使得资源型城市本身利益外流；另一方面，由于矿业公司大多属于中央直属型企业，使得地方上得到的利益更少，用于基础设施提升以及人员转型培训的基本资金不足，而近年来资源的枯竭和国企的经营困境加重了这种情况。同时，大量的失业人口由于得不到政府的扶持和帮助，难免会产生不安定因素，造成很多社会问题，而国企转型所带来的利益分配问题，使得社会矛盾日趋严重。

除此之外，资源型城市的环境问题十分突出。例如黑龙江省伊春市市区85万人口分布于市区总面积约为19,600km²的15个区，人口密度仅为43人/km²；而大庆市的森林覆盖率只有9%左右，草原退化、盐碱化和沙化的面积已经占了整个市区面积的84%，严重破坏了生态平衡^[9]。这种严重的环境问题使得高新技术产业和旅游业的发展受到严重的限制。

3 东北地区资源型城市发展的战略

3.1 国际上资源型城市发展的经验

资源型城市不是中国特有的，作为工业化进程的必要产物，资源枯竭及其带来的一系列问题是所有资源型城市都要面对的，在国际上的工业化国家对于资源型城市的发展有一些成功的经验，是值得借鉴的。

德国的多特蒙德是鲁尔区的重要城市之一，20世纪60年代以来，虽然采取了巨额补贴，但由于煤矿枯竭，采掘成本极高，失去了自己原有的竞争力。1987年多特蒙德的失业率高达17%，而政府主导的一系列政策使得多特蒙德的经济成功转型，政府的主要政策有：(1)创新导向地方经济政策，促进研发机构和高科技企业落户；(2)促进就业政策，运用来自欧洲和本国社会的基金为小企业和创业者提供方便；(3)工业用地再生政策，收购土地低价转让给新企业，并对基础设施进行改造；(4)重整当地的钢铁工业政策，调整产品结构促进产品多元化。这些政策使得多特蒙德已经打破了原有的围绕钢铁的联合企业综合体第三产业迅速发展而成功转型^[10,11]。

美国的匹兹堡是重要的钢铁工业城市，20世纪80年代开始，匹兹堡的钢铁工业和机械工业失去了竞争力，失业率最高时曾经一度达到了15%。匹兹堡依靠当地的两所大学，成功地城市转型提供动力，其中匹兹堡大学培养了大量的服务业人才；而著名的卡耐基梅隆大学培养了大量的计算机人才，这使得匹兹堡由一个工业城市成为了一个以服务业和计算机软件业为主的综合性城市，度过了危机^[10]。

3.2 东北地区资源型城市发展的SWOT分析

由西方国家资源型城市转型经验不难发现，资源型城市成功转型的可能性是存在的，当然可能要经历一个漫长的转型过程。然而，东北地区的资源型城市作为一个有着我国特有因素和困难的群体，在发展的过程中是否也拥有着同样的条件进行转型，是否能够在不久的将来成功地获得新生，它们的优势何在，劣势何在，又存在什么样的机遇和挑战呢，具体分析如下(见表3)。

优势：东北地区资源型城市继承了东北老工业基地所共有的优点，东北地区建国初期的30年一直处于领先地位，除了东北地区有着良好的自然资源之外，也带来了较好的人力资本条件，吉

表3 东北地区资源型城市发展的SWOT分析

	内部因素	外部因素
正向因素	多年积累的教育基础和工业基础设施	党中央对于东北地区和资源型城市发展的重视
负向因素	沉重的历史和体制包袱，严重的环境危机	对于物质资本和人力资本缺乏竞争力

林省的成人识字率为96.11%，位居全国之冠，辽宁和黑龙江两省的也居于全国前列，这说明东北地区有着较为良好的基础教育，除此之外，众多的“211工程”大学和科研院所也为整个东北地区的高新技术知识扩散提供了较好的机遇和条件。

劣势：东北地区背着沉重的历史和体制包袱，由于计划经济体制以及国有经济的痼疾使得东北地区资源型城市的软环境和软实力大大降低，这使得开发新产业和吸引新企业转移的能力和意愿都大大下降，而资源型城市特有的环境危机也使得高新技术产业的发展难度加大。

机遇：东北地区是新中国重要的工业和农业产业基地，改革开放多年来倾斜的区域政策造成的后果已引起了党中央的高度重视，2003年开始的“振兴东北老工业基地”政策和2007年批准的《东北地区振兴规划》，都强调了区域统筹和体制创新。而2007年国务院38号文件中提到了对于传统的资源型城市要重点扶持、政策倾斜，这是东北地区资源型城市难得的机遇。

挑战：由东南沿海地区向内陆的产业转移已经开始，而东北地区和西部地区甚至东南亚的越南、柬埔寨等国相比，由于体制的痼疾以及对于过去高福利企业的怀念，缺乏竞争力；同时与其它地区相比，对于人才缺乏吸引力，这使得物质资本和人力资本的空间选择都不具有竞争力。

总之，东北地区资源型城市的发展要发挥优势、避开劣势、抓住机遇、迎接挑战，争取能够用较少的成本成功地实现转型，实现东北地区的可持续发展。

3.3 东北地区资源型城市发展战略的建议

对于资源型城市来说，存在着固有的建设—繁荣—衰退—转型振兴或消亡的生命周期，从国际上的经验来看，有如多特蒙德和匹兹堡等振兴的例子，而如顿涅茨克（乌克兰）这样失败的例子更是比比皆是，我们应当以正面的振兴为导向，避免犯反面的消亡的例子所犯过的错误，快速振兴、理性振兴、和谐振兴。

在此基础上，笔者认为通过对于规划管理、财政投入、产业结构、企业发展、职工就业、环

境保护这六个方面的统筹规划和管理，坚持科学发展观和建设和谐社会的基本思想，可以有效地促进东北地区资源型城市的发展，促进科学振兴、理性振兴、和谐振兴的实现。

1) 建立协同机制，统筹规划管理

体制问题是困扰东北地区资源型城市发展的重要因素，因此在规划过程中要尽量避免这种层叠冗员的情况存在。为了解决这一问题，要坚持精简管理机构，建立一个统筹所有30个资源型城市的规划管理机构，并通过这个机构对于东北地区的所有资源型城市进行统筹管理，规划制定之后，先在2~3个问题严重、影响深远、规模较大的城市进行试点，然后在总结经验教训的基础上进行推广。对于现在尚处于成熟期的资源型城市（如松原市、大庆市等），应在统筹管理的前提下早做规划，提前解决枯竭期之后出现的问题。

2) 加大财政投入，改善城市条件

从多特蒙德的例子可以看出，资源型城市仅仅依靠城市本身的力量，是难以解决自己问题的。政府必须对东北资源型城市进行补偿性的财政支持，一方面对于国企亏损所亏欠的债务采取一次性减免和支付，增加对于国企失业职工社会保障体系的投入，另一方面要加强对城市基础设施建设、环境整治、教育与培训等方面的资金投入，提高资源型城市的面貌，增加整个城市对于竞争的硬实力和软实力，为整个城市的转型打下坚实的基础。

3) 调整现有结构，培育替代产业

对于现有的经营状况尚可的企业，规范管理，建立资源开发补偿机制，明确责任主体，拉长产业链，鼓励发展上下游产业，拉长产业链条。对于现有的资源枯竭企业，要提供咨询服务，帮助其选好产业续接的方向，发展多元化产业，有关部门在进行重大产业项目布局时，要有意识地向资源枯竭型城市倾斜。无论是在调整产业结构还是在培育新产业的过程中，都要注意加大科技的投入，提高产品的科技附加值，以求无论是资源型产业还是续接替代产业都在国内国际市场上有竞争力。

4) 鼓励中小企业, 承接产业转移

一个城市功能的完整离不开第三产业的发展和中企业的发展, 一方面, 政府要加大对于当地群众经济意识和企业家精神的培养, 创造优惠的土地条件、财政条件、贷款条件帮助其进行创业, 另一方面, 要注意抓住承接东南沿海地区甚至国外进行的新一轮制造业产业转移的机会, 创造良好的投资条件进行招商引资, 对于前来投资的制造业企业给予适当的优惠条件, 提高当地的投资条件, 以求对于地方的经济发展注入新的活力点, 以促进城市经济功能的完善化。

5) 关注民生问题, 妥善解决就业

努力提高和改善东北地区资源型城市居民的素质, 通过培训、教育等方式扩展下岗职工的技能多样化, 以与企业多样化、产业多样化的大方向相适应, 解决该地区大学生“毕业即失业”的问题, 基于其可塑性强、潜力大的特点, 通过财政支持对其进行教育培养, 优先解决他们的就业问题; 另一方面要改善民生, 积极推进棚户区改造政策, 这是关系到整个资源型城市市民生活的大问题, 在这个问题上一定要做到公平、公正、公开, 妥善解决, 尽量避免不透明、不利于群众的情况发生, 并适当对于市民予以补贴。努力促成既改造了落后的城市面貌, 又可以提高居民的居住环境的效果, 使居民切实感到实惠。

6) 整治预防并举, 促建两型城市

建设资源节约型、环境友好型社会是十二五规划提出的迫切任务, 东北地区资源型城市在发展的过程中也要注意对于资源节约和环境保护的重视。对于现在仍然生产的成熟矿区, 要明确责任, 对不符合环境保护要求的生产状况进行整治; 对于已经枯竭的矿区, 要建立专项基金, 由专门的部门负责进行整治, 有关部门在建设退耕还林、生态保育项目时要适当向资源型城市进行倾斜; 对于新发现的矿区或者老矿区新配套的工厂, 要贯彻企业是生态环境保护的责任主体这一思想, 坚持谁污染谁治理的政策, 推广清洁的生产机制, 增加生产过程的科技含量, 并对可能出现的不规范生产要进行切实有效的预防。

4 总结与展望

东北地区资源型城市的衰落问题是所有工业化国家由早期向中期过渡时必然出现的问题^[12],

只有通过其它国家成功经验的借鉴, 并结合自己特定国家、特定地区、特定阶段的分析, 才能提出切实有效的战略, 帮助区域走出困境, 实现科学振兴、理性振兴、和谐振兴。

总而言之, 资源型城市的发展问题是振兴东北老工业基地进程中的重点和难点, 是一个值得各级政府重视并集中力量解决的问题。在全国一盘棋、东北一盘棋政策的指引下, 进行区域统筹是资源型城市乃至整个老工业基地振兴的必要条件^[13]。而当结合了体制问题和资源型城市问题的东北地区资源型城市实现转型后, 将会给全国甚至全世界的类似区域、类似城市留下榜样。

参考文献

- [1] 王洛林, 魏后凯. 东北地区经济振兴战略与政策[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2006.
- [2] 国务院振兴东北办. 东北地区振兴规划[R], 2007.
- [3] 金凤君, 陆大道. 东北老工业基地振兴与资源型城市发展[J]. 科技导报, 2004(10).
- [4] 鲍振东等. 2007年中国东北地区发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2008.
- [5] 许豫东, 孙威, 樊杰. 我国矿产资源枯竭型城市可持续发展战略研究[J]. 矿业研究与开发, 2004(6).
- [6] 孙淼, 丁四保. 我国资源型城市衰退的体制原因分析[J]. 经济地理, 2005, 25(2).
- [7] 中华人民共和国国务院. 国务院关于促进资源型城市可持续发展的若干意见[R]. 国发[2007]38号.
- [8] 李雨瞳. 东北地区资源型城市就业问题与分析[J]. 人口学刊, 2007(2).
- [9] 宋晓维, 吕玉明. 我国资源型城市面临的问题和对策[J]. 当代经济研究, 2002(4).
- [10] 钱勇. 国外资源型城市产业转型的实践、理论与启示[J]. 财经问题研究, 2005(12).
- [11] 焦华富, 韩世军, 路建涛. 德国鲁尔工矿城市经济结构的转变[J]. 经济地理, 1997(6).
- [12] 李健. 资源型城市转型的理论分析[J]. 城市问题, 2008(3).
- [13] 国家发展与改革委员会. 中国国民经济和社会发展“十一五”规划[R], 2005.

乌兰察布市虎山西环路仿古商业步行街规划设计

■ 闫珊 屈健 「建筑」

摘要: 本文介绍了乌兰察布虎山西环路仿古商业步行街的规划及建筑设计,阐述了仿古商业步行街的设计原则及街道设计手法,如街道空间尺度的把握及外部广场的引入,强调了街与景观街道的互为因借的关系,并且还介绍了该项目的功能分布、交通流线组织,以及地方民居的建筑风格特征。还论述了仿古建筑与基地的相适性以及仿古建筑在新时代背景下的价值取向。

关键词: 商业步行街; 仿古建筑; 外部空间; 广场

1 工程概况

乌兰察布市虎山西环路商业街位于虎山西环路东侧,项目用地呈“一”字形。项目北接虎山西街,南接泉山北路,基地由北到南有18m高差。用地东临老虎山绿色生态区,绿植葱郁,环境优美,历史文化内涵丰厚。

虎山西环路商业街整体规划业态以休闲娱乐、餐饮服务为主,规划有名品购物、高档餐饮、时尚酒吧、桑拿SPA、艺术画廊等。商业街建设占地面积为28,600m²,总建筑面积约为68,000m²,建筑层数为1~3层,沿街长度约为790m。项目建成后将是乌兰察布市一个高档休闲娱乐、文化交流的集聚场所。



图1 基地卫星图

作者简介: 闫珊,女,助理工程师,2012年毕业于天津大学建筑设计及理论专业,现就职于中航建发建筑设计研究院。



图2 空间结构分析图



图3 景观分析图

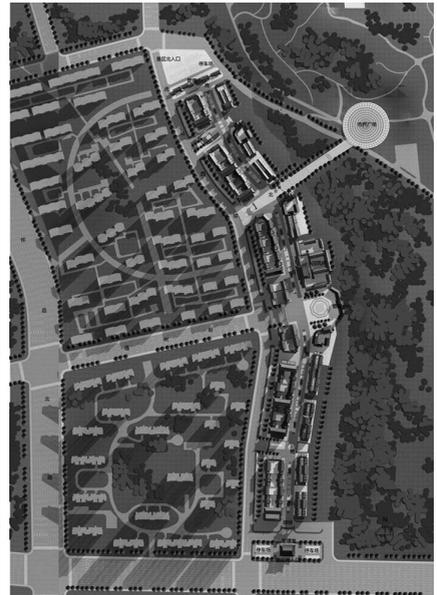


图4 商业街规划总平面图

2 设计背景

本项目位于内蒙古乌兰察布市集宁区。乌兰察布市区域地理位置优越，交通便利，是联接东北、华北、西北三大经济圈的交通枢纽。其特殊的地理位置形成了城市内部多元的建筑风格。

乌兰察布在历史上是晋商“走西口”的主要目的地之一。晋商的活动不仅打通了中原腹地与内蒙古草原的经济文化通道，带动了这一地区的繁荣和发展，也使山西文化在乌兰察布地区留下了深深的烙印。

虎山生态公园位于乌兰察布市集宁区老城区的中心地带，因其人文历史和园林风景成为乌兰察布市集宁区一处著名的风景区。规划的虎山西环路商业步行街未来将是乌兰察布市老虎山生态公园的重要组成部分，它以老虎山生态公园景观为基础，以集宁战役纪念馆、革命烈士纪念碑、冯玉祥将军纪念馆等历史胜迹为依托，以发展旅游观光商业为目标，努力为市民及游客提供一处追忆历史、休闲娱乐等功能为一体的综合性商业群(见图1)。

3 功能定位

乌兰察布市虎山西环路文化商业街总体布局以创造高端商业氛围为目标，营建与市民互动的体验性场所，并提供有特色、高品位旅游、购

物、休闲、餐饮等配套服务设施，满足不同年龄层次、不同需求的使用者，为市民提供一个有特色的“城市客厅”。

通过对场地用地适宜性和使用人群的分析，将乌兰察布市虎山西环路文化商业街整体规划分成四个功能，分别为：餐饮购物娱乐、市民文化活动、高档会所休闲、配套服务。整体规划调整条街道的多变的和谐美、整体美，旨在表达古诗中“山外青山楼外楼”、“一城繁华半城烟，多少世人醉里仙”的城市群体之美。

4 规划构思

本项目规划布局上强调与老虎山生态公园的联系，因地制宜创造富于地域特色的商业街形态。未来建成后，大量的城市人流将主要从通州街及虎山西环路南北端进入基地，所以设计时在通州街与虎山西环路的交叉口对景处设计了城市市民广场，形成了商业街的景观中心，使通州街成为了一条面向市民的城市文化体验轴，商业街自身为一条商业发展带，二者与商业步行街上的小广场共同构成了“一轴一带多中心”的规划格局(见图2)。其规划强调了与生态公园的联系。在南北方向上，商业街顺应地形自然断开，留出若干视线通廊，使商业街与老虎山公园在视觉上联系紧密，这种互为因借的处理方法即对景、借景手法，在中国古典园林中普遍运用，所谓“巧于



图5 商业街鸟瞰效果图

因借”，它使得街道空间更富于特色，丰富街景变化和空间层次，从而形成地域特色(见图3)^[1]。

5 规划布局

根据商业定位不同，商业街规划采用“集中分区、穿插布置”的原则，将商业街分为精品街和餐饮街。以通州街对景为景观轴，将商业街分为南北两段。其中商业南街为精品一条街，业态为名品售卖、地方特产、古玩字画、艺术精品等；商业北街为休闲餐饮一条街，业态为酒店住宿、高档餐馆、地方小吃、私人会所等。

本方案沿南北向街道设计商业街主体建筑，店铺布置在商业街中路东西两侧，东侧建筑以二层为主，由10段建筑组成；西侧建筑以三层为主，由7段建筑组成(见图4)。

商业街三个节点结合商业特点和使用要求分别设计特色建筑和景观小品：南街节点面向泉山北路，设计以魁星阁为中心的景观性建筑物，结合停车场设计，布置交通广场，用于文化、特色展览和商业街办公用房，作为商业街的地标性建筑物，是商业街的旅游路线起点(见图5)。中街对应通州街，作为景区南北街的分界点，布置商业街最大的市民广场，结合地方特色，布置戏台和小型演出场地，用于商业演出和周围市民休闲娱乐，为商业街聚集人气(见图6)。

北街节点位于商业街北端，作为旅游线路的终点，设置集中停车场和日常管理用房，设置邮电、储蓄、快递等各项个性化服务设施，使得商业街的服务体系更加完善。迎风阁是整个商业街



图6 通州街入口牌楼效果图



图7 迎风阁效果图



图8 迎风阁夜景鸟瞰图

体量和面积最大的一个商业建筑。它位于市民广场的东北角。建筑以二层为主，局部一层。主要功能为住宿及餐饮，临街部分为商铺。迎风阁由三十间标准间和三个豪华套间及两个茶室、一个餐厅组成。设计通过高度错落的体量以及合院的穿插等手法的运用，使之具有山西民居的建筑特点。同时，在色彩、屋面的处理上也体现出了古建的韵味(见图7和图8)。

为了减少车流对于商业街的影响，交通设计以“人车分流、个性化管理”为设计理念，道



图9 百姓戏台效果图



图10 市民广场效果图

路性质定义为步行商业街。规划中将主要的机动车交通组织在虎山西环路上。人流可通过在商业街南、中、北三个交通节点布置的停车场，方便到达商业街。同时沿虎山西环路布置为各商户服务的专用停车位。商业街西侧设置了八个出入口，与虎山西环路相连，方便到达商业街各处。

未来运营时的日常管理模式将为“统一运营、机动车限时段通行”，以方便商户进出货物、日常运作和消防。

6 建筑设计

建筑体型和外观设计从构思、布局到立面处理，自然而然地形成了一种古色古香的中式商业建筑风格。首先在街巷的空间格局上，街巷有分有合有曲有折，建筑院落组合进退有致；在建筑设计上，通过高低错落的体量、合院的穿插、虚

实对比的空间、幽雅沉静的色彩综合体现中国古代建筑之美。重新整合了青砖、琉璃瓦、舒展平远的坡屋顶、牌楼、冲天柱、砖雕、山水画等元素，用现代构造方式反映古建筑的风格特点—气魄宏伟、严整开朗、简洁明快，给人庄重、大方的印象。其次在建筑材料及造型上，清水原色，质朴无华，所形成的建筑形态敦实厚重，又虚实相间；最后在建筑构件上，用有山西地方特色的构件如砖雕、砖饰、花格窗等。在设计时主要考虑了以下几点：

1) 体现街巷外部空间特色，强调线性“街”的空间特征

为形成富有情趣的街巷空间，设计时首先着重处理街的高宽比例，即临街的建筑高度与步行街宽度之比。根据城市外部空间设计的有关理论及经验总结，规划时将街的高宽

比定为 $H/D=1:1\sim 1:1.5$ 之间，建筑临街高度为13m，则街道宽度为18m。这个比例过高会使街巷空间失去围合感而显得过于空旷，影响商业氛围的形成；过低则会使街巷感觉过于压迫^[2]。其次，设计时建筑之间保持一定的错落，使得街面宽窄不一，做到有宽有窄，有收有放。这样就形成了空间的趣味性，使其更富于变化。再次，在街道局部放大设计一些趣味空间，如喷泉、戏台、过街楼等，增强商业街空间的变化和趣味。

2) 街巷中引进若干主题广场，为外部空间注入活力

通过一系列小广场的引入丰富了商业街外部空间，线性的街巷空间与点状的若干主题的广场停留空间相结合，打破了街巷的单调感，使外部空间更富有节奏感，使之有收有放。规划中设计了不同主题的广场：喷泉广场、戏曲广场、牌楼



图11 商业街效果图

广场等，它们产生了多种的行为模式，给外部空间注入了生命，使商业街成为一处充满了人情活力、具有魅力的城市空间(见图9和图10)。

3) 商业建筑性与景观要素相辅相成

在着重处理建筑布局和形式的同时，我们认为其外部空间界面也对整体空间气氛起着不可或缺的作用。如街道地面铺装的材料、色彩和铺装形式，我们选用了青条石、弹石和青砖相间的细腻的处理方式。在广场、街巷中留有大树树池，以体现其时间的沧桑，并配有人性尺度的内蒙、山西民俗青铜雕塑，还有匾额、旗帜、店幌、彩灯等，通过统一设计来丰富街巷空间，融合在商业环境当中，使之更有文化韵味，不同活动又相互渗透，形成特有的商业氛围(见图11)^[3]。

4) 强调建筑的功能性和通用性

规划设计中不拘泥于古代建筑的形制，在所有建筑的内部摒弃了古代的木屋架体系，代之砖混结构以及仿古塑钢门窗以适应现代功能和防火、抗震等建筑、结构规范要求。

7 景观设计

景观设计以尊重现状、尊重环境为设计理念，充分利用“老虎山”风景区丰富的旅游资源，形成旅游、休闲、消费“三位一体”的建筑群体。方案设计了若干景观节点和视线轴面向老虎山得天独厚的旅游资源，通过建筑高度和体型变化，将老虎山的葱葱绿意作为商业街的背景自

然呈现，让人在休闲游览的同时亲近到大自然的魅力。景观规划力求与建筑布局相得益彰，主要景观节点以风水五行“水木相生”、太极八卦为设计理念，营造幽静、高雅的园林格调，并且以雕刻、雕塑、绘画等表现手法展示乌兰察布的文化，诠释历史典故，再现乌兰察布历史场景，反映其历史渊源，形成以展现历史传统文化特色为主的园林空间。而象征“风生水起”的景观，也为商业街带来无限生机和源源财富。

8 结语

本方案规划设计通过整合城市旅游资源，进行景观、资源的二次开发，使得建筑、环境融为一体，终将为乌兰察布市的城市产业发展创造新的发展契机。

参考文献

- [1] (日)芦原信义. 外部空间设计(M). 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
- [2] 彭一刚. 传统村镇聚落景观分析(M). 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.
- [3] 张建民, 李锦生等. 山西古村镇(M). 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

屈曲约束支撑在高烈度地震区机库附楼中的应用

■ 邢纪咏 张俊杰 赵伯友 朱丹 「结构」

摘要: 结合海航海口基地2#飞机维修库附楼结构设计,介绍了屈曲约束支撑在机库附楼中的应用。经过方案比选,研究了框架结构在高烈度地震区采用屈曲约束支撑技术的优点,对屈曲约束支撑的布置、构件的计算连接、节点设计、经济性能进行了分析比较与总结。

关键词: 高烈度区; 屈曲约束支撑; 构件计算; 节点设计

0 引言

支撑是框架结构体系的重要抗侧力构件,与传统普通钢支撑不同,屈曲约束支撑是一种在受拉和受压情况下都能达到屈服的耗能支撑构件,改善了传统钢支撑在受压时发生屈曲的缺点,其基本构成见图1,同时还具备施工简单,湿作业量小,安装方便,施工工期短等优点^[1],本文结合海航海口基地2#飞机维修库附楼结构设计,介绍了框架结构在高烈度地震区采用屈曲约束支撑技术的优点,将其与普通框架结构、普通支撑—框架结构做了简单的比较。

1 工程概况

海航海口基地2#飞机维修

库位于海南省海口市美兰区灵山镇海航美兰基地内,处于海口市东南面,坐北朝南。维修机库由机库大厅及沿机库大厅山墙全长贴建的附楼组成,二者设防震缝分开,具体见图2。

该项目总建筑面积30,344m²,其中附楼建筑面积16,690m²(含地下室),建筑物总轴线尺寸153m×122.6m,附楼为钢筋混凝土框架结构,地上3层,局部地下1层,设防震缝分为三个区,维

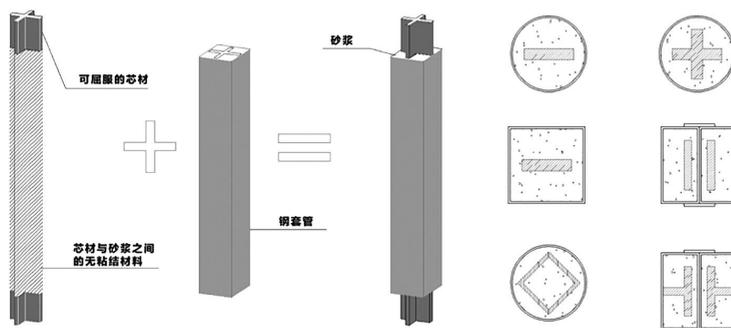


图1 屈曲约束支撑的基本构成

作者简介: 邢纪咏,男,助理工程师,2009年毕业于哈尔滨工业大学土木工程专业,现就职于中航建发民航工程设计研究院。



图2 维修机库附楼效果图

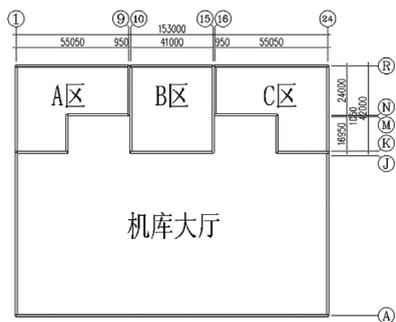


图3 建筑平面分区图

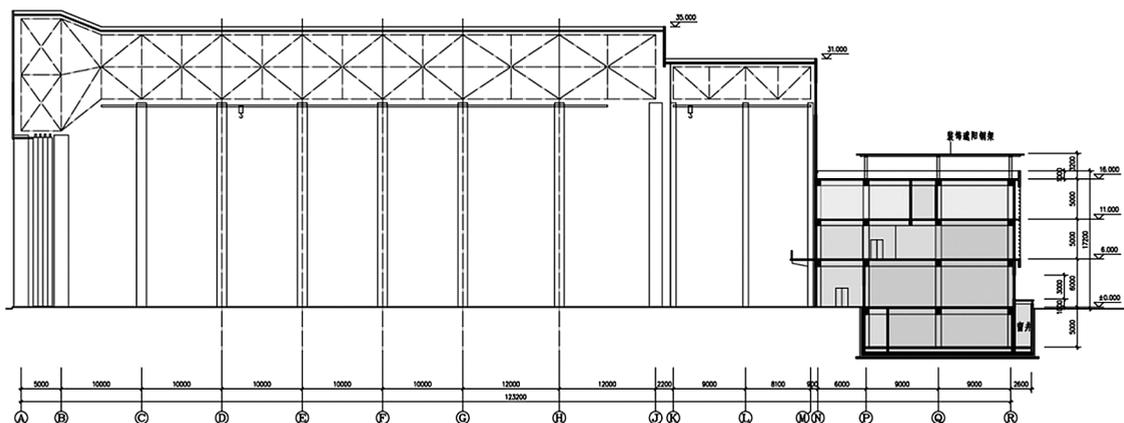


图4 建筑剖面图

修机库平面分区图和建筑剖面图，见图3和图4。

本工程结构使用年限为50年，抗震设防烈度为8度（0.3g），设计地震分组为第一组，场地类别为Ⅱ类，场地特征周期为0.35s，抗震设防类别为丙类，结构安全等级为二级。基本风压 0.75kN/m^2 ，地面粗糙度为A类。

2 本工程附楼特点

本工程附楼具有以下特点：

(1)体量较大、层高较高、平面不规则：附楼全长153m，沿机库大厅山墙全长贴建，基本柱网 $8\text{m} \times 9\text{m}$ ，建筑总高度16.200m(室外地坪至屋面板顶高度)，首层层高6m，二、三层层高5m，局部地下室层高5m，由防震缝分为三个区，平面呈E形分布，平面不规则；

(2)工艺用房荷载大、空间使用要求高：首层和二层为工艺用房，主要为生产车间和航材库，详见图5和图6，楼面荷载要求按 10kN/m^2 考虑，同时为了方便物流运输，禁止在一层、二层生产车间和航材库内部布置抗震墙。

3 结构选型和方案比较

鉴于以上附楼结构特点，本工程在设计初期选取了以下三种方案进行比较：

方案一：纯混凝土框架结构(以下简称“纯框架结构”)；

方案二：普通支撑+混凝土框架结构(以下简称“普通支撑框架结构”)；

方案三：屈曲约束支撑+混凝土框架结构(以下简称“屈曲约束支撑框架结构”)。

三种方案主要计算指标对比见表1(注：仅选取A区模型进行分析对比)。

通过表1中三种方案计算结果比较，纯框架结构与屈曲约束支撑框架结构第一平动振型周期基本一致，屈曲约束支撑框架结构的第一扭转振型周期与第一平动振型周期之比明显减小，弹性层间位移角也相对较小，可见两种结构抗侧总刚度基本相同，屈曲约束支撑框架结构刚度分布更均匀，抗扭转变形能力更突出。此外，采用屈曲约束支撑的框架结构由框架柱承担的楼层剪力明显减小(见图7，注：由于建筑使用功能要求，三层办

表1 三种方案工程量及结构特性指标对比

	纯框架结构	普通支撑框架结构	屈曲约束支撑框架结构
周期(s)	T1=0.6010 T2=0.5775 T3=0.5371	T1=0.4490 T2=0.4354 T3=0.3471	T1=0.5755 T2=0.5598 T3=0.4404
T3/T1	0.894	0.773	0.765
位移	X向地震: 1/665 Y向地震: 1/576 X双向地震作用: 1/654 Y双向地震作用: 1/570 弹性位移角限值: 1/550	X向地震: 1/599 Y向地震: 1/604 X双向地震作用: 1/598 Y双向地震作用: 1/582 弹性位移角限值: 1/580	X向地震: 1/601 Y向地震: 1/614 X双向地震作用: 1/598 Y双向地震作用: 1/586 弹性位移角限值: 1/550
地震倾覆力矩百分比(按刚度分配)	3层框架: 100% 2层框架: 100% 1层框架: 100%	3层框架: 100% 2层框架: 46.1%; 普通支撑: 53.9% 1层框架: 42.1%; 普通支撑: 57.9%	3层框架: 100% 2层框架: 56.6%; 屈曲约束支撑: 43.4% 1层框架: 51.7%; 屈曲约束支撑: 48.3%
主要构件截面	框架柱: 900×900; 框架梁: 500×900	框架柱: 800×800; 框架梁: 500×900	框架柱: 750×750; 框架梁: 350×750
混凝土用量(m ³)	1905.28	1833.05	1612.07
钢筋用量(t)	280.9	250.4	240.5

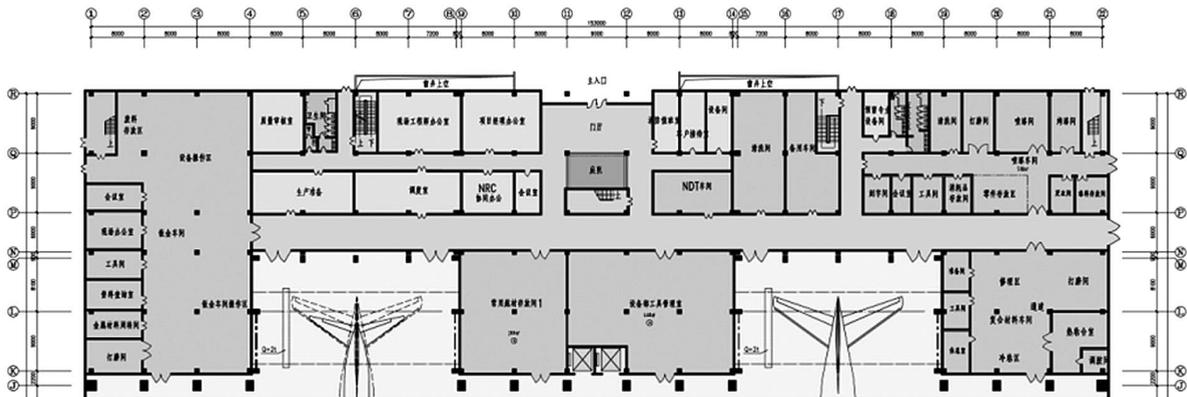


图5 一层平面图

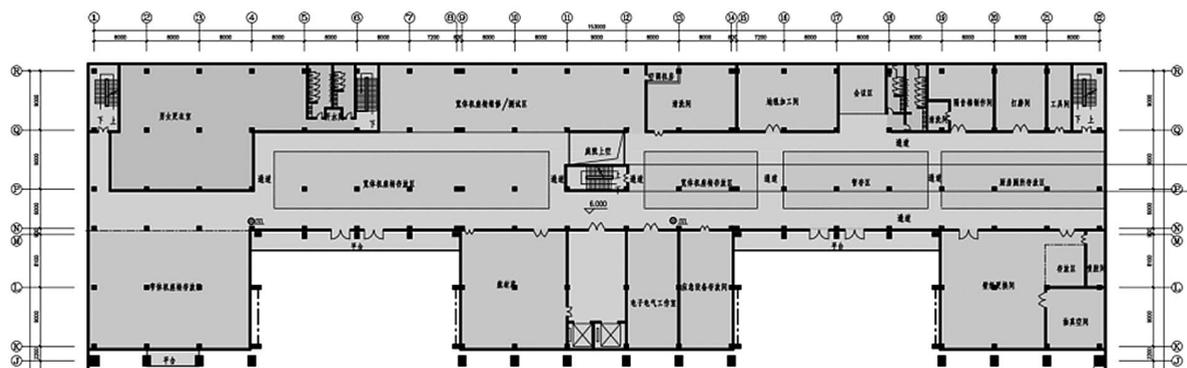


图6 二层平面图

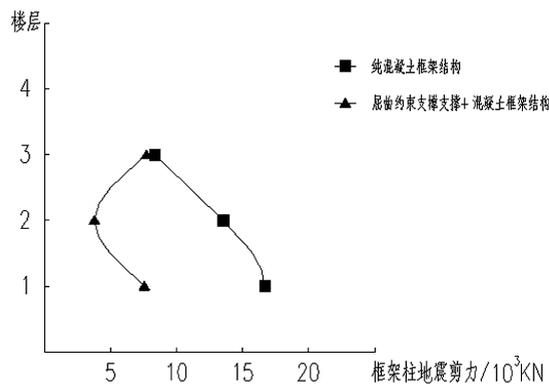


图7 框架柱楼层剪力

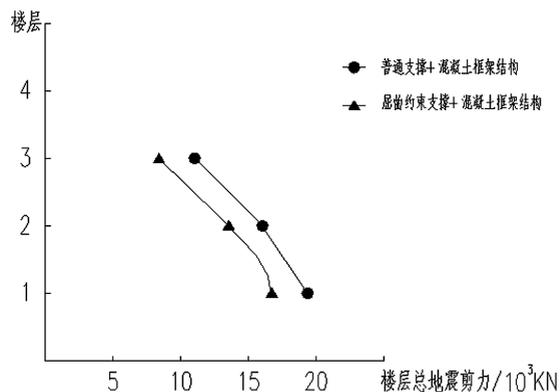


图8 框架楼层剪力

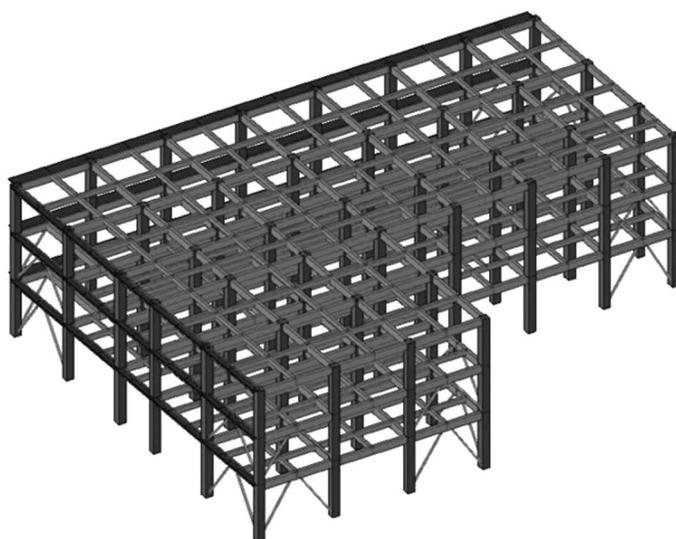


图9 屈曲约束支撑布置图

公区不允许布置屈曲约束支撑，故三层框架柱承担的楼层剪力没有降低)，故可供设计者选择的框架梁、柱截面更加灵活，更能满足工艺与建筑对建筑功能多样化、智能化需要，且更具经济性。

普通支撑框架结构基本周期X向0.4490s，Y向0.4354s，而屈曲约束支撑框架结构基本周期X向0.5718s，Y向0.5552s；根据反应谱理论，只要结构周期大于场地特征周期，那么随着结构自振周期的加长，其地震响应力有很大的减小，地震层间剪力也相应减小，详见图8。由于一般情况下我们采用振型叠加方法，屈曲约束支撑方案的各阶周期都有加长，所以地震力有所减小，减小幅度可达15%左右^[2]。

另外，在静力荷载和多遇地震作用下，普通

支撑框架结构为了同时满足支撑不屈服与更为严格的弹性位移角限值要求，支撑截面面积也显著增加，结构刚度增大，使得地震作用下结构吸收的地震力也显著增大，因而屈曲约束支撑框架结构整体造价低于普通支撑框架结构。

在中震与罕遇地震作用下，普通支撑会受压屈服，而屈曲会使受压承载力降低，从而限制了支撑作为抗侧力构件的耗能能力，且地震后结构修复较为困难，支撑的刚度得不到完全的发挥，屈曲约束支撑则恰恰相反，作为第一道抗震设防防线，率先进入屈服耗能，将结构的振动能量转化为热能消散掉，使得主体结构的梁柱处于弹性工作状态，从而可以大大提高结构在大震下的抗倒塌能力。

表2 Q235屈曲约束支撑产品技术参数表

支撑长度 (m)	设计承载力 N_b (kN)	屈服承载力 N_{by} (kN)	极限承载力 N_{bu} (kN)	外观尺寸(mm)		节点板厚度 (mm)	焊接连接等效截面 面积(mm ²)
				b	h		
2~3	2250	2500	4687.5	300	300	50	11845
3~5				300	300	50	11558
5~8				400	400	40	11279
8~12				450	450	30	11167
2~3	2700	3000	5626	300	300	55	14192
3~5				300	300	55	13854
5~8				400	400	40	13515
8~12				450	450	40	13410
2~3	3150	3500	6562.5	300	300	60	16539
3~5				300	300	60	16149
5~8				400	400	40	15749
8~12				500	500	35	15617

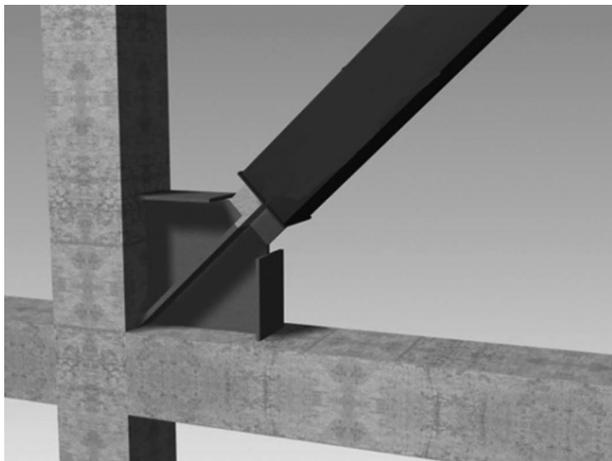


图10 屈曲约束支撑焊接节点示意图

4 屈曲约束支撑的应用与设计布置

4.1 支撑形式与布置原则

在抗震区，普通支撑主要有三种设置形式：单斜杆、V形(倒V形，即人字形)、X形。对屈曲约束支撑而言，X形布置时因为屈曲约束支撑中部截面较大，布置难以实现，因而屈曲约束支撑宜采用单斜杆和V形或人字形布置^[3]。

本附楼在布置屈曲约束支撑时考虑到工艺与建筑基于使用功能要求，禁止在一层、二层航材库及生产用房内部布置支撑，三层办公区不允许

布置屈曲约束支撑，故屈曲约束支撑仅能在地震内力较大、层间位移角较大的一层与二层角部竖向连续布置；同时基于附楼柱网主要为8m×9m，层高为5m或6m，为充分发挥屈曲约束支撑的耗能作用使支承与柱夹角在45°~60°之间，确定采用人字形布置形式。此外，出于结构整体受力的要求，为了避免布置不当，导致结构扭转或产生薄弱部位，本工程屈曲约束支撑沿结构的两个主轴方向分别设置，平面上均匀对称。本附楼屈曲约束支撑布置如图9。

4.2 构件验算与节点设计

根据每根支撑的等效截面面积、拟采用的芯板钢材等级、支撑估算长度及拟采用节点连接方式，查阅屈曲约束支撑生产厂家的设计手册和技术手册，计算每根屈曲约束支撑的设计承载力。得到屈曲约束支撑的设计承载力后，提取支撑在各荷载组合下最大内力，并与支撑设计承载力进行对比，如各荷载组合下最大内力小于支撑设计承载力，则满足要求。

本工程经构件验算后，支撑最大设计内力为3,047kN，钢号Q235，等效截面面积14,049mm²，支撑长度7.4m，拟采用焊接连接，故根据表2选出外观为矩形，尺寸为400mm×400mm，屈服承载力不低于3,500kN的屈曲约束支撑。

在节点设计过程中,本工程分别考虑了螺栓连接与焊接连接两种方案进行比较,为保证与屈曲约束支撑相连节点在罕遇地震下不发生滑移,与屈曲约束支撑相连的节点承载力应大于屈曲约束支撑的极限承载力。当采用螺栓连接时,其高强度摩擦型锚栓数量可由下式计算确定:

$$n \geq 1.1N_{bu} / 0.9n_f \mu P \quad (1)$$

式中, N_{bu} 为屈曲约束支撑极限承载力。

计算得出采用高强螺栓M24数量为36个,所需锚栓数量过多,导致节点所需节点板连接段较长,施工较困难,而且造成浪费,故本工程采用焊接连接,焊接连接承载力满足下式:

$$N_f \geq 1.1N_{bu} \quad (2)$$

焊接连接节点示意图见图10。

4.3 设计中应注意的一些问题

在设计中,应注意以下问题:

(1)对于丙类建筑,无论采用普通支撑框架结构还是屈曲约束支撑框架结构,与其相连的框架梁、框架柱均应提高一个抗震等级,其他框架部分仍按照原结构抗震等级进行设计;

(2)当采用屈曲约束支撑的框架结构进行基础设计时,与屈曲约束支撑相连的框架柱,由于X、Y向地震作用标准内力显著增大,地震作用效应标准组合有可能起控制作用,故需进行基础抗震承载力验算。

5 结论

本文主要得出以下结论:

(1)在高烈度设防区,结构是由地震力组合控制的前提下,采用加设屈曲约束支撑的耗能框架结构能够有效地减小梁柱截面尺寸,降低工程造价,优化结构的层间位移角等抗震控制参数,且在抗震设防时利用屈曲约束支撑滞回特性优良的特点,提高了主体结构的抗震性能;

(2)屈曲约束支撑应布置在能最大限度发挥其耗能作用的部位,同时不影响建筑功能与布置,并满足结构整体受力的要求。屈曲约束支撑可以依照以下原则进行布置,在此基础上尽量减少使用屈曲约束支撑以获得最高的经济性:总体布局上,沿结构的两个主轴方向应分别设置,平面均匀对称、竖向连续,避免布置不当导致结构扭转

或存在薄弱部位;为充分发挥屈曲约束支撑的作用,耗能型屈曲约束支撑与柱的夹角宜大于 45° ,一般可在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 之间;屈曲约束支撑宜优先布置在地震作用下内力较大、层间位移较大的楼层;

(3)对于承载力较大的屈曲约束支撑,如节点采用螺栓连接,所需的螺栓数量比较多,使得节点所需连接段较长,此时节点可采用焊接连接。

参考文献

- [1] 孔祥雄,罗开海,程绍革. 含有屈曲约束支撑平面框架的抗震性能试验研究. 建筑结构,2010,40(10):7-10.
- [2] 罗开海. 屈曲约束支撑体系设计方法. 建筑结构,2011,41(11):98-102.
- [3] 周云. 防屈曲耗能支撑结构设计与应用. 北京:中国建筑工业出版社,2007.

某多层框架结构厂房的加层改造设计 & 分析

■ 闫天泽 邹宏 「结构」

摘要: 轻钢结构加层在既有建筑物加层改造中应用日益广泛, 本文以一个多层框架结构的厂房为例, 介绍该厂房进行轻钢结构加层改造的设计过程, 首先进行加固方案选择和比较, 并进行加层结构的计算和加层后结构的抗震鉴定, 对连接节点采取特殊的处理方法。本文评估了结构后续使用年限对结构的抗震加固工程量的影响, 并采用PKPM软件对加层后结构在设防烈度地震作用下结构的动力特性和影响因素进行了分析。

关键词: 轻钢结构; 加层; 抗震鉴定; 加固改造

0 引言

随着我国社会经济的发展、城市化和工业化进程的加快, 社会对城市建设面积的需求也快速上涨, 城市建设用地日趋紧张, 许多既有建筑物逐渐不能适应使用功能的扩展和变化。在此形势下, 建筑业一方面通过大量的新建建筑物来分担压力; 另一方面, 通过对既有建筑物的改造, 使之能够满足使用者对建筑面积的需求^[1]。加层改造是目前较为常见的一种改造形式, 相较新建建筑物和其他形式的改造, 加层改造具备以下几方面优点: (1) 可以提供相同的建筑面积而不需要建设用地, 并且耗费较少的材料和人工, 具备较优的经济性; (2) 基本没有土方开挖、产生极少的建筑垃圾, 具备较好的社会效应; (3) 在施工期间并不影响原有建筑物的使用, 具备较好的效益性。因此加层改造是一种有效可行的改造方式, 值得深

入研究和推广。

由于轻型钢结构具有自重轻、作业面小、施工快捷等优点, 近年来, 加层改造中广泛使用轻型钢结构作为加层的结构形式^[2], 本文以一个多层混凝土框架结构的轻钢结构厂房加层改造设计为例, 介绍加层改造设计的思路和分析成果, 以供类似工程参考。

1 工程概况

某厂房位于北京市, 建于2002年, 建筑面积8,195.5m², 为地上2层(局部4层)钢筋混凝土框架结构, 采用钢筋混凝土独立柱基础, 现浇混凝土楼、屋盖板。厂房总长度83.5m, 宽45.35m, 结构屋面高度12.90m, 局部出屋面高度20.70m; 主要柱网尺寸为8m×7.2m、8m×8m; 1~2层层高为6.50m, 3层高为4.00m, 4层高为3.70m。

现由于甲方扩大生产, 需增加约2,000m²的使用面积, 根据实际情况, 选择在原结构主要屋面和局部塔楼屋面增设两个加层。原结构平面布置图及新增刚架平面布置图见图1和图2。

作者简介: 闫天泽, 男, 助理工程师, 2012年毕业于哈尔滨工业大学结构工程专业, 现就职于中航建发医药工程设计研究院。

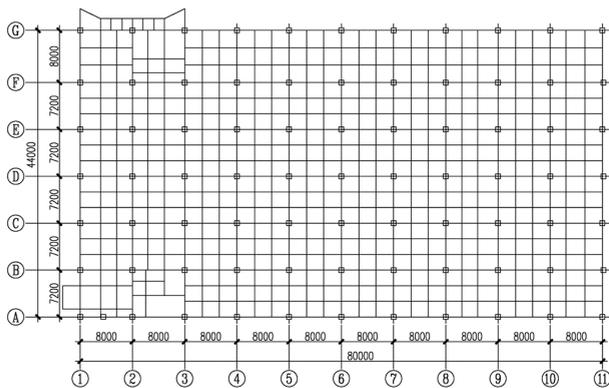


图1 原结构平面布置图

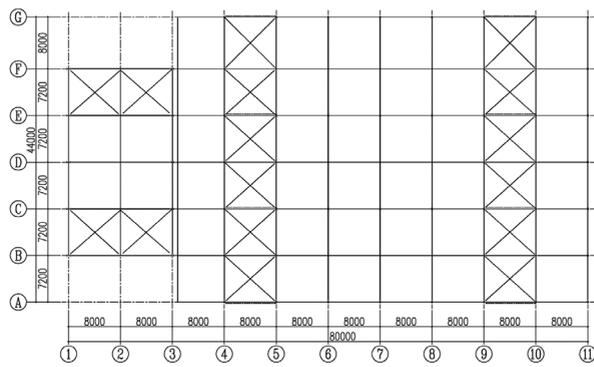


图2 新增刚架平面布置图

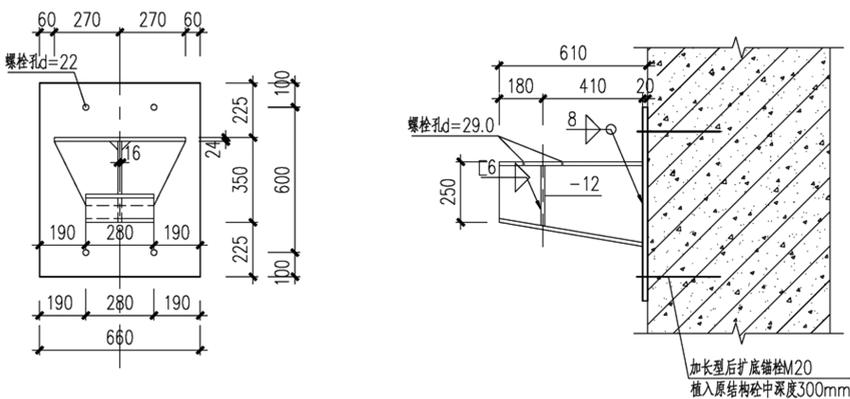


图3 牛腿做法

2 加层方案及节点处理

2.1 加层方案的确定

本工程进行加层改造时的主要思路是在不影响使用功能的前提下减少工程量、降低造价。因此在进行加层结构方案确定阶段，应明确以下几个原则：(1)新增结构加层所引起的荷载变化应尽量在原下部结构荷载设计值范围内，应选择自重较小的结构形式，同时去除在建筑物的后续使用阶段中已属不必要的荷载作用；(2)新增结构的传力途径应简洁、明确，在传力过程中应尽量直接通过框架柱而非梁、板，从而减少下部结构的加固量；(3)新增结构的结构布置应充分考虑原建筑物既有情况，力求不改变原结构的结构布置，不影响未改造部分的使用功能。

根据新增加层的建筑使用要求，可确定加层结构特点为：(1)加层高度较高(建筑专业要求钢梁下净高5m)；(2)屋面吊挂管线较少；(3)屋面无较重设备。新增结构在竖向上主要承受屋面自重及活荷载(雪荷载)。可供选择的加层方

案有钢框架、门式刚架。相较而言，仅作为结构屋面时，门式刚架相比钢框架自重较轻，用钢量更小，且结构节点较少、较简单，施工更加快捷。拟增层下部结构屋面平整，柱网规则，屋面无重要工艺设备(局部有冷却塔，改造过程中迁移至它处)，也具备刚架的支承条件。

因此，最终加层结构形式选用门式刚架，其中门式刚架1(建于原结构大部屋面)柱高5m，门式钢柱采用焊接工字钢截面H(300~550)×250×8×12，钢梁截面H(250~500)×200×8×10；门式刚架2(建于原结构局部塔楼屋面)钢柱截面H(300~550)×250×8×12，钢梁截面H(250~500)×200×8×10。在门式刚架1的端跨设两列柱间支撑及水平支撑，传递水平方向的荷载作用。

2.2 节点处理

由于增层后原结构屋面变为新工艺房间楼面，在改造过程中将原建筑屋面做法(永久荷载标准值：6.3kN/m²)去除，改为建筑普通楼面做法(永久荷载标准值：4.3kN/m²)，屋面设计活荷载2.0kN/m²，这样屋面荷载值总量基本保持不变，可以减小加层对框架柱及地基基础的影响。

门式刚架柱大部分落在原结构混凝土框架柱顶，但由于原结构有局部出屋面塔楼，而门式刚架轮廓正与塔楼边相接，由于此处原结构框架柱升至塔楼顶标高，造成新增结构与局部出屋面塔楼相接的边榫刚架柱无法落在原结构框架柱柱

表1 2001版抗震规范与2010版抗震规范、2009版抗震鉴定标准的差异(结构内力组合值的调整)

规范版本	框架柱	框架梁	节点核心区
2001版抗震设计规范	框架柱端弯矩增大系数1.2 底层柱下端截面组合的弯矩设计值增大系数1.25 角柱内力组合值增大系数: >1.1 柱剪力增大系数: 1.2	梁端剪力增大系数1.2	强节点系数1.2
2010版抗震设计规范	框架柱端弯矩增大系数1.5 底层柱下端截面组合的弯矩设计值增大系数1.5 角柱内力组合值增大系数: >1.1 柱剪力增大系数: 1.3	梁端剪力增大系数1.2	强节点系数1.35
抗震鉴定标准(A类建筑)	构件组合内力值不做调整	构件组合内力值不做调整	构件组合内力值不做调整
抗震鉴定标准(B类建筑)	框架柱端弯矩不进行调整 底层柱下端截面组合的弯矩设计值增大系数1.25 角柱内力组合值不进行调整 柱剪力增大系数: 1.1	梁端剪力增大系数1.2	强节点系数1.35

顶。解决此问题的一种方案是将门式刚架柱贴在塔楼柱边,立于下部结构框架梁上;另一种解决方案是在塔楼柱侧增设牛腿,将牛腿作为门式刚架梁的支座。由于柱底集中力较大,为了避免下部框架梁承载力不足而引起的加固,选择在柱侧增设牛腿做法,牛腿与原结构柱之间通过后锚固连接。连接处的后锚固连接传递剪力至框架柱,见图3。

对于后锚固连接中采用何种形式进行抗剪的问题上,现行《混凝土结构加固设计规范》GB 50367-2006与《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145-2004存在一些差异。

在《混凝土结构加固设计规范》第12.2.1条中规定:植筋仅承受轴向力,且仅允许按充分利用钢材强度的计算模式进行设计。由此条可以确定,仅依靠植筋不能承受截面切向的剪力作用;而在《混凝土结构后锚固技术规程》第4.1.4条中提到,满足锚固深度要求的化学植筋及螺杆,可应用于抗震设防烈度不大于8度之受拉、边缘受剪、拉剪复合受力之结构构件及非结构构件的后锚固连接。在化学植筋是否能够承受剪力的问题上,两本规范的阐述有所不同。在《混凝土结构加固设计规范》第13.1.4条中,建议地震区承重结构中采用锚栓应采用加长型后扩底锚栓,且仅允许用于设防烈度不高于8度、建于I、II类场地上的建筑物;而《混凝土结构后锚固技术规程》中没有对后扩底锚栓作为抗剪的后锚固连接的限制。因此最终牛腿与原结构框架柱间采用后扩底

表2 经计算后结构需进行加固的竖向抗侧力构件

结构后续使用年限	框架柱
30年	无需加固
40年	一层框架柱9根、二层框架柱9根。
50年	一层框架柱13根、二层框架柱基本均需要加固。

锚栓进行连接。

3 抗震鉴定

在确定加层方案并初步进行结构设计之后,依据《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023-2009(以下简称“鉴定标准”)的规定,本工程属于在使用阶段中变更使用功能、进行改造的建筑,应进行抗震鉴定。该厂房抗震设防分类为丙类建筑,抗震设防烈度为8度。

由于该厂房建设时间为2002年,根据鉴定标准第1.0.4条,在2001年以后建造的现有建筑,后续使用年限宜采用50年(简称C类建筑);在上世纪90年代建造的现有建筑,后续使用年限不宜少于40年(简称B类建筑),条件许可应采用50年。因此,该厂房按后续使用年限50年进行抗震鉴定。

首先通过回弹法对厂房的混凝土强度进行检测,并钻取混凝土芯样对回弹检测结果进行修正,经检测,该厂房混凝土强度满足原设计要求。同时对主要结构构件的钢筋配置、抗震构造

表3 结构弹性变形指标

	第一振型周期 (混凝土结构)	第二振型周期 (混凝土结构)	位移比/方向/相应层	X向最大层间位 移角-相应层	Y向最大层间位 移角-相应层
未加层结构	0.94s(Y向)	0.82s(X向)	1.01 /X向/2层 1.26 /Y向/2层	1/666-2层	1/639-2层
加层结构(仅输入 刚架柱底力, 阻 尼比0.05)	0.94s(Y向)	0.81s(X向)	1.08/X向/4层 1.08/Y向/4层	1/646-2层	1/631-2层
加层后结构(阻尼 比0.04)	0.8s(X向)	0.66s(Y向)	1.04/X向/3层 1.28/Y向/3层	1/599-3层	1/518-3层
加层后结构(阻尼 比0.05)	0.8s(X向)	0.66s(Y向)	1.05/X向/3层 1.26/Y向/3层	1/635-3层	1/553-3层

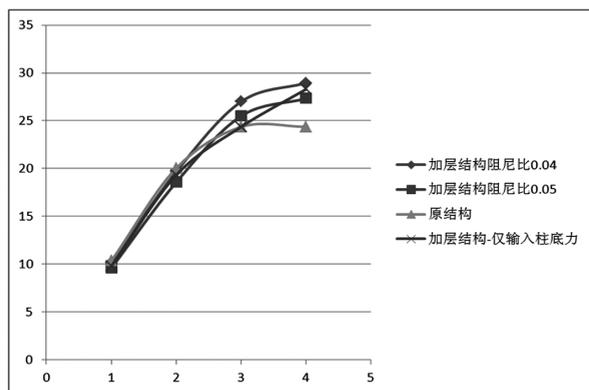


图4 结构弹性变形曲线-X向

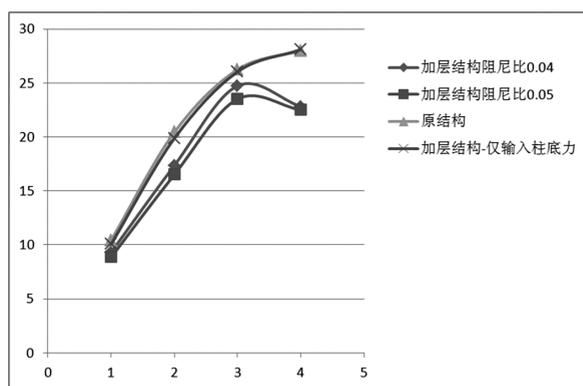


图5 结构弹性变形曲线-Y向

措施进行了抽检, 抽检结果满足原设计要求。

根据鉴定标准第1.0.5条^[3], C类建筑应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的要求进行地震作用计算和截面抗震验算。由于该厂房进行结构设计时采用的规范版本为2001版规范, 在混凝土结构的抗震设计上与现行规范有较大差异(见表1)。

由表1可以看出, 相比2001版抗震规范, 2010版抗震规范对框架结构截面抗震验算提出了更严格的要求^[4]。若按后续使用年限50年(C类建筑)进行抗震鉴定, 作为按2001版抗震规范设计的本工程结构可靠度将有较大不足(对框架柱影响尤大)。从表中可以看出, 按抗震鉴定标准, 对B类建筑的地震作用计算按标准附录D执行, 相较现行抗震规范地震作用的调整系数有所降低。按C类建筑进行初步试算后, 底层框架柱计算配筋值普遍高于实配值, 需要进行抗震加固, 而且加固工程量较大, 会影响一层正常的生产作业。而按B类建筑试算后, 结构所需加固量大大减少(见表2)。经与甲方商议, 为减少加固工程量, 降低成本, 将结构

后续使用年限降为40年。

4 加层后抗震分析

在进行加层后, 实际上并没有改变下部结构的结构形式。作为框架结构, 下部结构仍应满足“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防目标, 仍应具备设防地震作用下足够的抗震承载力和变形性能。

由于轻钢结构和下部混凝土结构在材料特性和结构形式的差异, 经过加层改造后整体结构实际成为钢-混凝土混合结构, 上部结构较柔, 下部结构刚度较大, 存在竖向上刚度的突变, 成为竖向不规则的结构。同时加层结构向下传递了新增结构自重及活荷载, 改变了结构的重量分布。由于结构在几何布置上的不规则、材料组成上的不统一, 很难直接评估在增加上部轻钢加层之后下部结构在设防烈度地震作用下的抗震性能。轻钢加层对下部混凝土结构的影响有以下几方面:

(1)结构阻尼比的变化;

- (2)结构几何形式的变化;
- (3)结构整体质量和质量分布的变化。

本文通过比较原结构与加层后结构在地震作用下在弹性动力特性上的区别,评估新增加层对结构的影响。

4.1 混合结构的阻尼比

当结构由两种或两种以上不同特性的材料组成时,确定整体结构阻尼矩阵的做法一般有以下几种。

- (1)直接分别输入近似值,加入到整体结构矩阵中去;
- (2)以结构中具有不同阻尼比构件的刚度为权重算出的整体结构阻尼比;
- (3)通过瑞雷阻尼法确定;
- (4)通过折算应变能、动能的能量法计算结构阻尼比^[5]。

结构阻尼比的取值直接影响结构的动力特性和地震感应,然而在规范中对于轻钢加层形成的混合结构阻尼比如何取值并没有明确的规定,在《高层混凝土结构技术规程》第11章中规定,混合结构在多遇地震作用下阻尼比可取为0.04;在《建筑抗震设计规范》9.2.5条中规定,单层钢结构厂房阻尼比可依据0.045~0.05;但其规定的混合结构与本文中的加层结构有所不同。本文分别输入结构阻尼比0.04、0.05得到分析结果。

4.2 结构抗震分析

结构设计地震分组为第一组,Ⅲ类场地土,根据抗震规范表5.1.4-2,特征周期取0.45s,水平地震最大影响系数0.16,结构阻尼比分别取0.04、0.05;计算软件采用中国建筑科学研究院的PKPM程序中PMSAP模块,采用振型分解反应谱法计算,得到结构弹性变形指标见表3,结构弹性变形曲线见图4和图5。

4.3 分析结果

由表3可以分析,在加层之后,发生最大层间位移的楼层实际上移(由2层转至3层),从屋面层转移至局部塔楼,可以推断,在地震作用下,由于刚度的突变产生的鞭梢效应引起地震能量集中在加层结构,也影响到了出屋面结构。

地震反应加层结构原结构的变形曲线为明显的剪切型变形,下部层间变形大,向上逐渐减小;而加层之后,由于下一层层间位移的增大,结构变形曲线趋向均匀的线性。

定义结构不同阻尼比后计算后得到的各项变

形指标差异不大,按阻尼比0.04计算时,结构层间位移角相对较大。

5 结论

通过以上分析可得出以下几点结论:

- (1)在适当条件下,轻钢结构能够满足结构加层改造的要求,经过合理设计后可以充分发挥其优势,以达到安全、经济、适用的目标;
- (2)对于设计时采用规范与现行规范不同的既有建筑物,提高加层改造经济性、降低工程造价的关键是减少下部结构的加固量。通过对比现行抗震鉴定标准与抗震规范中有关规定,结构的后续使用年限会对此类结构的抗震鉴定结果产生很大的影响;
- (3)经过比较在设防烈度地震作用下加层结构的分析结果,加层后在地震作用下结构的变形有明显变化,轻钢加层下一层结构层间位移增大,结构由原框架结构明显的剪切型变形变化为变形较均匀的曲线;阻尼比分别取0.04、0.05计算时,结构的变形曲线基本相同,主要变形指标差异值在10%以内。当加层结构同时有局部出屋面塔楼时,应评估加层对塔楼的影响。

参考文献

- [1] 高剑平,王茜. 我国既有房屋加层改造工程实践和研究现状[J]. 华东交通大学学报,2004,21(4):6-9.
- [2] 马宏,董军. 轻钢结构体系在旧房增层改造中的应用与发展[J]. 南京建筑工程学院学报,2001.
- [3] 建筑抗震鉴定标准 GB 50023-2009[S]. 北京,中国建筑工业出版社,2009.
- [4] 建筑抗震设计规范 GB 50011-2010[S]. 北京,中国建筑工业出版社,2010.
- [5] 谢静静,马路,杨勇. 关于轻钢加层结构阻尼比确定方法的探讨[J]. 山西建筑,2010,36(3):83-84.

CFD技术在龙湖重庆时代天街后工二期一区项目中的应用

■ 赵强 刘晓雨 「暖通」

摘要: 建筑物理分析作为BIM中的一个分支逐渐被建筑和规划设计工作者重视,已经成为绿色建筑设计过程中不可或缺的重要环节。通过以建筑物理分析中室内环境分析为主题,并以龙湖重庆时代天街后工二期一区工程项目为依托,详细地介绍了如何在设计阶段通过CFD软件对热、风环境进行可视化模拟分析,提出优化方案,解决项目中的实际问题。

关键词: 建筑信息模型; 建筑物理分析; CFD; 室内环境模拟

1 研究背景

1.1 背景概述

CFD(Computational Fluid Dynamics, 计算流体动力学)诞生于二战前后,是随着高速电子计算机产生而出现,研究流体运动规律的“第三种方法”。CFD最早应用于航空航天领域,经过数十年迅速发展,现已在汽车、能源动力、化工、船舶和工业加工等领域广泛应用,CFD研究和应用表现出明显的学科交叉性。

1974年,丹麦的尼尔森(P.V.Nielsen)首次将CFD用于暖通空调工程领域,对通风房间内的空气流动进行模拟。随后的20多年,CFD技术在建筑设计中的研究和应用凸显出可视化、协调性、模拟性、优化和可出图性五大特点,发展为BIM(Building Information Modeling, 建筑信息模型)的重要一员,成为广大建筑师和暖通设计师分析工程,尤其是绿色建筑问题的有力工具。

根据麦劳格—希尔建筑信息公司2008年市场调研,3/4的BIM用户处于绿色建筑项目实施的中等水平,也就是说经验越丰富的BIM用户,往往

比其他人更多地参与绿色项目。随着《中国绿色建筑评价标准》的颁布实施和后续的激励引导,市场和政策的双重导向加速了人们对建筑可持续发展重要性的认识和认知程度,国内主流发展商和投资者热捧生态和绿色建筑概念,以CFD为代表的BIM技术适用人群、实际案例和软件研发迅速发展和扩大^[1]。

1.2 CFD工具在建筑设计阶段应用的现状

CFD基本原理是利用数值求解控制流体流动的微分方程,得出流体流动的流场在连续区域上的离散分布,从而近似模拟流体流动情况,其中以Fluent、AnsysCFX、PHononics(Parabolic Hyperbolic Or Elliptic Numerical Integration Code Series)、Star—CCM等最为成功^[2]。

建筑物的能耗和舒适性在不考虑后期运营的因素下,完全取决于各专业设计师在设计阶段是否将建筑使用舒适度的多种影响因素都考虑在内。例如:在社区规划设计时,建筑物的布置对小区公共空间和室内自然通风的影响,住区内的垃圾站的气味如何排除等;在设计大型单体建筑时,由于高层建筑对风环境影响很大,往往会形成尾流效应,角落效应等,在夏季如果气流不畅,往往会产生闷热的感觉,带来强烈的不适感;在布置开窗位置或者内部空调设备通风口

作者简介:赵强,男,助理工程师,2009年毕业于大连海洋大学建筑环境与设备工程专业,现就职于中航建发技术质量安全部网信中心。

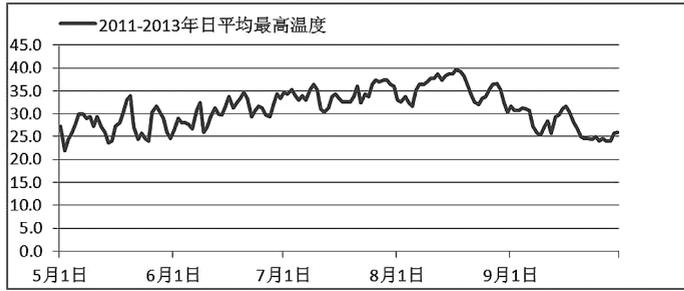


图1 2011—2013年平均气温(数据来源:中国气象局)

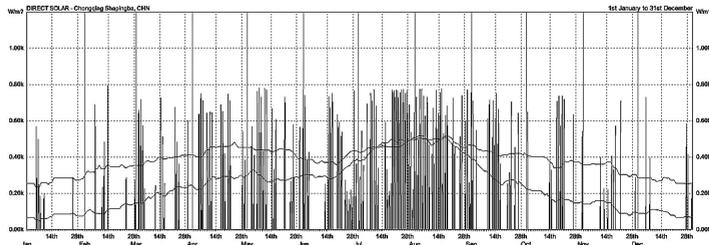


图2 典型气象年太阳辐射统计资料(数据来源:中国热环境分析专用气象数据集)

时,如何才能做到气流组织合理,保持室内空气新鲜度或者保证主要功能空间的空调使用效率。对于这些问题,设计师往往无法通过经验去评估,如何在短周期、低费用的情况下获得直观的经验结果,就需通过CFD软件进行模拟评估,获得比试验或者实测更具视觉化和直观性的分析结果。但是由于目前国内设计行业没有固定标准,CFD软件在设计阶段的方案设计和绿色设计仍时各自为营。部分设计院开始认识到这些辅助设计的软件已经成为建筑设计行业的大势所趋,所以在一些项目中尝试与咨询公司配合完成整个前期设计的分析与修改。但是如何将建筑物理分析的概念真正贯穿到建筑全寿命阶段,还需要行业工作者的努力。

本文通过龙湖重庆时代天街后工二期一区项目,在与各专业设计师在设计前期方案的配合阶段,探讨如何应用CFD软件,通过信息化和直观化的分析,寻找实际问题并提出解决方案。

2 研究概况

2.1 项目概况

龙湖重庆时代天街后工二期一区项目建设基地位于大坪片区,地处主城区的几何中心,与解放碑互为犄角。地块北邻大石路,南接长江路,周边配套完善,交通便利,企事业单位众多,电信

及相关产业发达。基地基础设施较完善,已具备建筑施工条件。

该项目规划总建筑面积:24.5万 m^2 ,其中地上:9.87万 m^2 ,地下:14.6万 m^2 。地上五层为商业建筑,地下五层为车库及相关设备用房。

2.2 模拟目的

本项目作为大型公共建筑,不仅有人员、设备和照明等大量内热源,同时屋顶设计了大面积的天窗,夏季大量辐射可直接进入室内给空调系统带来一定的压力。因此,需要通过动态仿真手段对中庭进行全方位模拟,找出可能存在的问题及位置,并给出改进建议。

2.3 模拟的技术路线

(1)检验最不利条件(夏季)下,中庭商业街的舒适度、气流组织是否满足要求,并找出可能出现的问题;

(2)考察最不利条件下,中庭的实际遮阳效果,并分析其遮阳潜力;

(3)结合室内舒适度、遮阳及采光分析的结果给出遮阳、天窗及室内气流组织建议,以充分提高中庭的舒适度。

2.4 计算参数

2.4.1 气象参数

基于2011—2013年重庆实测气温数据确定这三年夏季平均温度最高的一周(8月14日—8月20日,见图1),基于典型气象年辐射数据确定重庆气温最高周(8月14—20日)中的最高辐射发生日期和时刻,即8月16日13时(见图2),作为模拟的日期和时刻。通过分析可发现气温最高一周也是辐射集中的时间段。其时,室外干球温度:38.7℃;直射太阳辐射强度:776W/ m^2 ;散射太阳辐射强度:378W/ m^2 。

2.4.2 模拟区域参数

中庭模拟范围:—3F~5F,面积约26万 m^2 ;

中庭夏季空调室内设计温度:26℃;

中庭空调系统:主要为风机盘管系统,与书城相连的中庭部分为风机盘管+新风系统,与中庭相邻的店铺中未设置回风系统,均通过中庭进行排风;

空调送风计算参数:空调送风温度15℃;

中庭各层主要风机设备统计见表1所示。

中庭太阳辐射得热量由ECOTECH模拟计算

表1 中庭各层主要风机设备统计表

楼层	风机编号	个数	风量
-3	06-3H	28	1020
-2	06-3H	55	1020
	C/D	22	789
	BV/D	9	2444
-1	C/D	36	789
	06-3H	52	1020
	YAH3.0B	9	3000
1	06-3H	58	1020
	YAH0.3B	6	3000
2	08-3H	42	1360
	08-AS	10	1360
3	08-3H	34	1360
	08-AS	61	1360
4	08-3H	75	1360
	08-AH	40	1080
	07-3H	2	1170
	YAH02B	8	2000
5	08-AH短	118	1080
	YAH02B	5	2000

表2 中庭区域热量来源统计

密度	人员 (p/m ²)	人员发热量 (w/p)	设备 (w/m ²)	照明 (w/m ²)
发热量	0.25	75	20	30

提供, 屋顶传热系数: $0.58W/(m^2 \cdot ^\circ C)$, 天窗传热系数: $2.4W/(m^2 \cdot ^\circ C)$, 天窗遮阳系数: 0.4。

备注:

(1)数据来源于甲方及设计院提供的施工图;

(2)模拟中以夏季为最不利条件, 根据计算, 通过传导散失的热量, 尚不足人员发热量的15%(77,721W), 再加上照明和设备散热量, 经过计算, 中庭区域需要供冷, 其冷负荷为夏季的61%(67W/m²)左右。风机盘管设备冬季的供热量高于夏季的供冷量, 如果夏季能满足温度要求, 冬季也能达到要求。故本次分析以夏季最不利条件为基准进行。

3 模拟结果

3.1 温度分布

-3F温度分布见图3: 南侧平均温度在25℃左右, 北侧平均温度在25.5℃左右, 达到了设计温度要求, 且分布相对较为均匀。

-2F温度分布见图4: 除书城外其他人行区域平均温度在24.8℃左右, 书城人行区平均温度为24.5℃左右, 书城中间部位由于侧送集中温度平

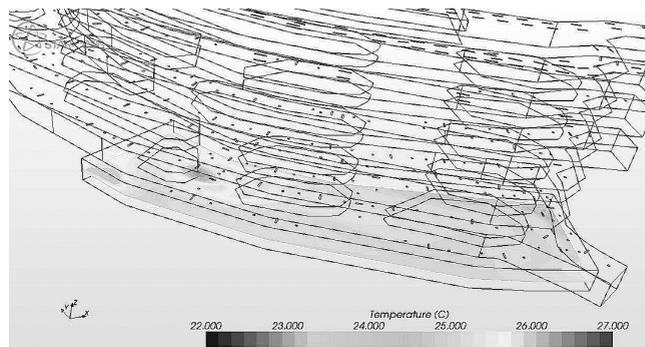


图3 -3F温度分布模拟图

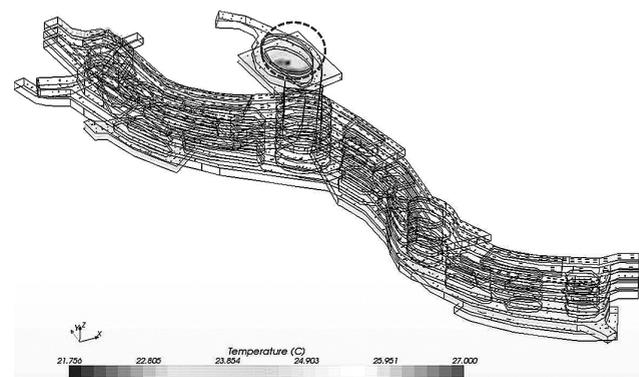


图4 -2F温度分布模拟图

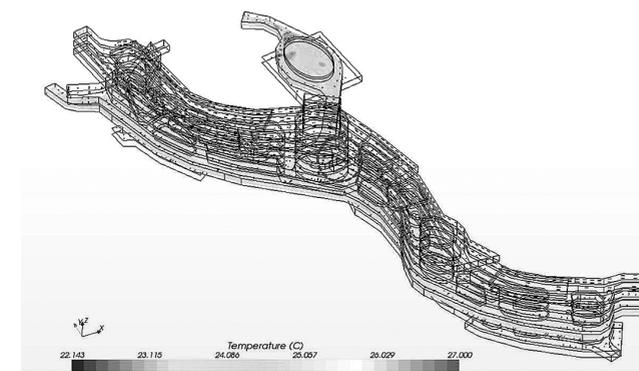


图5 -1F温度分布模拟图

均值在22℃左右, 从舒适度角度来分析, 书城部分的温差达到2℃以上, 建议实际运行时可通过温控减少侧送新风量以控制温度。

-1F温度分布见图5: 人行区平均温度在25℃左右, 书城部分由于风量较大, 因此平均温度在24℃左右, 实际运行中可通过温控措施控制新风送风量, 在控制温度的同时减少运行能耗。圆圈区域温度局部达到26.5℃, 可考虑增加风口/风量或考虑降低此位置照明功率密度。

1F温度分布见图6: 人行区域平均温度在25℃左右, 除北侧入口局部区域外, 温度分布较为均

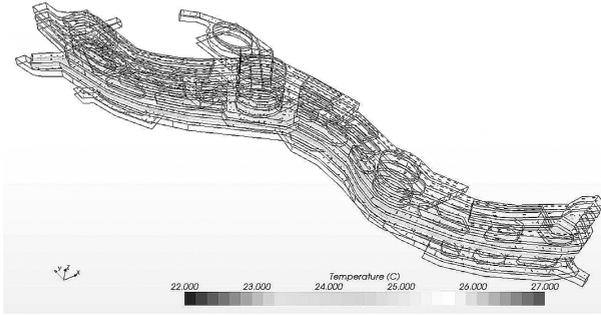


图6 1F温度分布模拟图

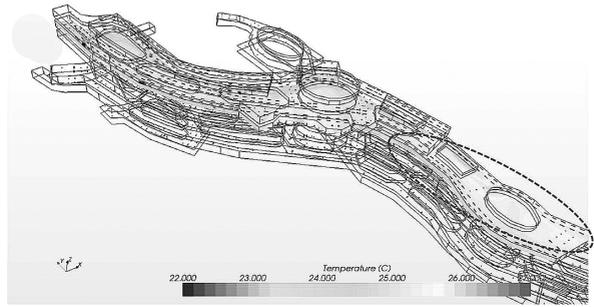


图9 4F温度分布模拟图

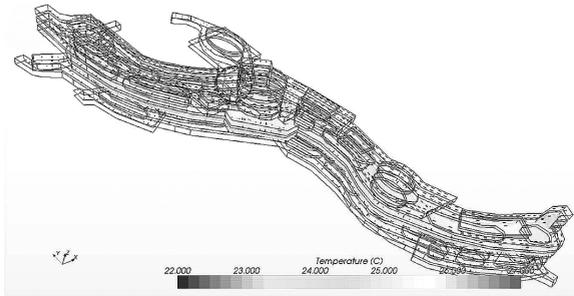


图7 2F温度分布模拟图

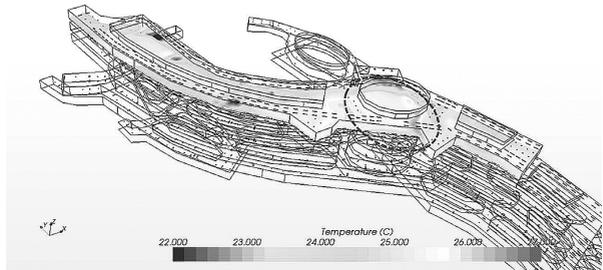


图10 5F温度分布模拟图

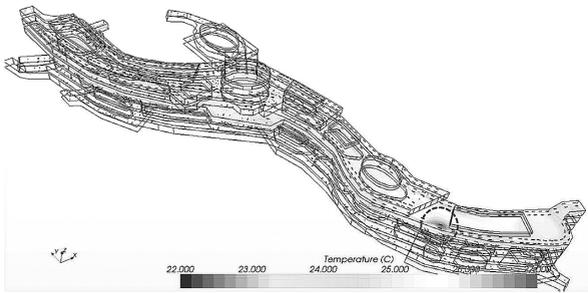


图8 3F温度分布模拟图

匀。北侧入口局部温度稍低，可通过温控减少送风量，从而控制附近区域温度。

2F温度分布见图7：平均温度在25℃左右，整体温度分布较为均匀，但中间中庭（圆圈所示）区域温度稍高，为26.5℃，可考虑增加风口/风量或考虑此位置降低照明功率密度。

3F温度分布见图8：平均温度在24.7℃左右，其中中庭部位比人行区稍高。另外，局部位置圆圈所示温度达到26.7℃左右，可考虑增加风口/风量或考虑此位置降低照明功率密度。

4F温度分布见图9：人行区平均温度在23~24℃左右，其中南侧明显高于北侧1℃左右，这是由于南侧（圆圈所示）使用的08-AH风机风量低于北侧的08-3H三分之一。建议南侧可适当布置热源相对小的百货，北侧布置餐饮等热源较大的类型。同时，中庭部分明显高于人行区，在

25.6℃左右。

5F温度分布见图10：人行区平均温度在24.5℃左右，其中圆形中庭附近由于烟囱效应，局部区域温度稍高，在26~27℃左右，可考虑增加风口/风量或考虑此位置降低照明功率密度。

通过图11和图12的五层送风流线分析可发现，冷空气从中庭向下运动，趋于均匀扩散到3F区域。这也证明，4、5F增加冷量后可以弥补其它层冷量的不足。

各天窗温度分布情况见图13：红圈所示的5个中庭中，由于气流流动不畅（最低风速低于0.3m/s），局部温度达到35℃以上，尤其是2-2中庭，温度最高，达到43℃，因此此部分中庭天窗应可开启，以利于空气流通。

纵剖面温度分布情况见图14：从中庭剖面温度分布来看，整体温度较为均匀，主要是由于4、5层的供冷量较大，达到200~300w/m²，而其他各层的供冷量维持在70~120w/m²，因此通过内部的烟囱效应，四五层的冷空气可相对均匀的扩散于各层，导致温差相对不明显。

同时依旧可发现，局部天窗过热的现象。

3.2 压力分布

纵剖面压力分布情况见图15：从中庭剖面压力分布来看，室内压力从低到高呈线性梯度分布，因此4~5层开窗通风可获得相对更良好的效

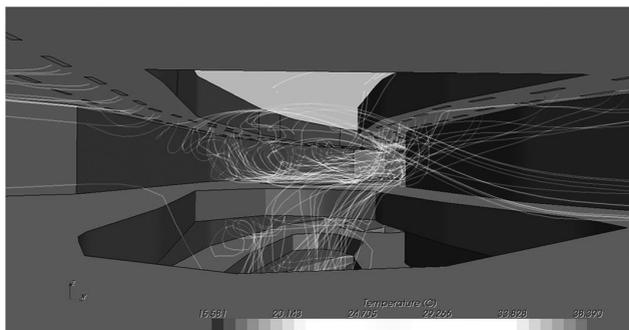


图11 5F送风流线分析(a)

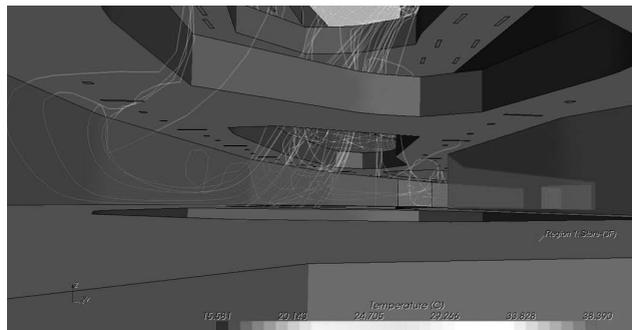


图12 5F送风流线分析(b)

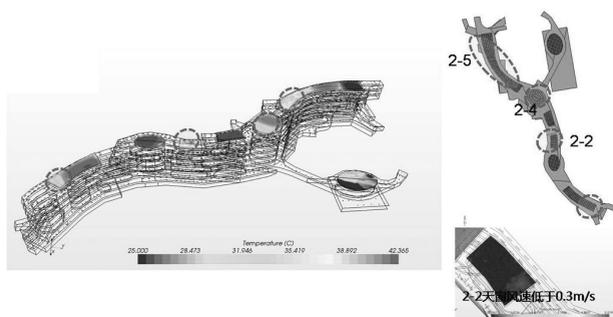


图13 各天窗温度分布示意图

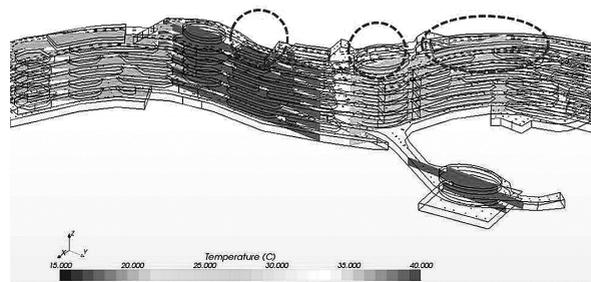


图14 纵剖面温度分布示意图

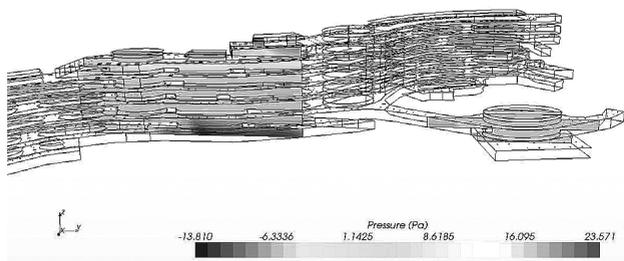


图15 纵剖面压力分布示意图

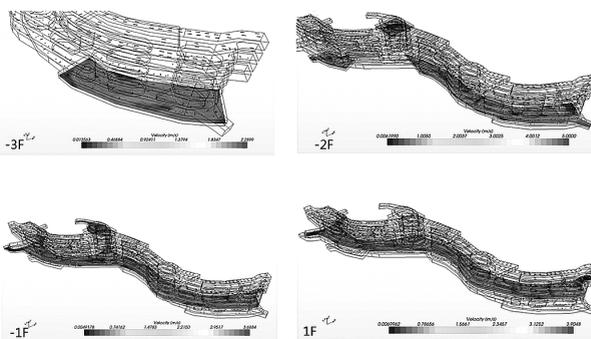


图16 -3~1F速度分布示意图

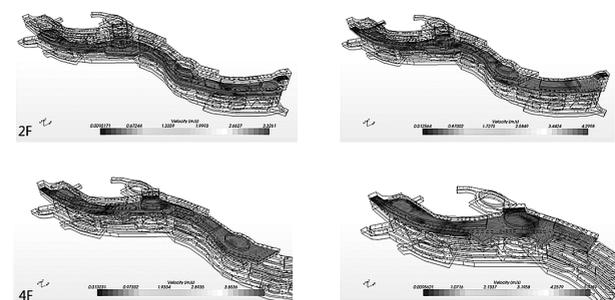


图17 2~5F速度分布示意图

果。同时地下部分楼层具有负压区，导致部分通往楼梯间的口有倒流现象。

3.3 速度分布

-3F~5F各层速度分布见图16和图17：由于未设有专门的排风系统，因此各层出口位置的风速均相对较高，平均在1.8~3.5m/s左右，属于

中等偏高水平，尚在正常范围内，要克服上述问题，建议可适当考虑增加部分有组织排风系统，或增加对外开口面积，包括增加开口数量、面积及开启天窗。

4 模拟结果综述

4.1 模拟结论

(1)室内人行区域温度场分布总体较为均匀，基本控制在设计温度范围内，但局部天窗温度有达到40℃以上。

(2)由于4、5层的供冷量达到200~300W/m²，相对其它楼层高1倍以上见表3，由于4、5层冷空气下沉，气流均匀流散至各层，相对于其它楼层有冷量补给作用，因此整个建筑内未有明显的温

表3 各层模拟计算结果

楼层	风机编号	个数	风量(m ³)	总冷量(W/m ²)	单位冷量(W/m ²)	总热量(W/m ²)	单位热量(W/m ²)
-3	06-3H	15	1020	55.72	48.79	86.11	75.40
-2	06-3H侧送下回	13	1020	395.89	96.62	611.84	149.32
	06-3H	55	1020				
	C/D	22	789				
	BV/D	9	2444				
-1	C/D	36	789	394.91	73.12	610.32	113.00
	06-3H	52	1020				
	YAH3.0B	9	3000				
1	06-3H	58	1020	280.99	71.90	434.25	111.12
	YAH0.3B	6	3000				
2	08-3H	42	1360	257.53	71.86	398.01	111.05
	08-AS	10	1360				
3	08-3H	34	1360	470.50	124.47	727.13	192.36
	08-AS	61	1360				
4	08-3H	75	1360	595.55	280.52	920.39	433.53
	08-AH短	40	1080				
	07-3H	2	1170				
	YAH02B	8	2000				
5	08-AH短	112	1080	500.50	235.75	773.50	364.35
	08-AH长	6	1080				
	YAH02B	5	2000				

度分层现象；

(3)天窗在最热时间段遮阳效果不明显，导致中庭部位相对温度要高于附近区域，应改善遮阳效果；

(4)由于按照设备的最大供冷量进行模拟，因此当出现非常极端情况（例如人员密度超过设计密度）下，未有足够的冗余量，因此针对太阳辐射应进一步加以控制；

(5)由于取消了回风设置，室内压力较大，导致部分室内人行区域的速度场分布不均匀，部分楼层的出口部位风速偏大(2~4m/s)。

4.2 原因分析

根据供冷(热)量计算，各层的供冷量以4、5层最高，可达到280W/m²，超出冷负荷(107W/m²)两倍以上，而其余各层的供冷量则基本保持在与负荷持平或更低的水平上。因此，虽然供冷不均匀，但通过空气的浮升力作用，整个中庭的气温相对较为均衡。

5 结论

CFD对于建筑设计起着重要作用，基于计算流体力学的模拟计算软件，可以给我们提供很多用以预测的分析手段，使我们直观地感受可能出现的气流状况，从而为改进建筑设计提供了良好的参考^[3]。

CFD软件恰好可以通过电脑模拟的手段，对

影响人体舒适度的各种因素进行模拟并可视化输出计算结果供设计师分析，设计师可以在设计阶段及时发现问题，以此为根据对各专业之间提出要求，并互相配合进行优化。

在本项目中，通过CFD技术对于项目空间的气流组织设计及其与空调负荷计算的关系研究，将求解的速度场和温度场等形象、直观的表示了出来，甚至便于非专业人士的理解。并通过模拟发现许多了诸多设计问题，例如：局部温度过高、气流组织不畅等等。我们根据模拟的结果的及时给出了整改措施。使得项目整体设计的更加完备和合理化。

如今，CFD的后处理不仅能显示静态的速度、温度场图片，而且能够显示流场的流线或轨迹动画，非常形象生动。从而指导暖通设计师合理布置建筑物的进、排风口，从而达到完善暖通设计的目的。

参考文献

- [1] 任玉新,陈海昕. 计算流体力学基础[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [2] 何关培. BIM与BIM相关软件[J]. 土木工程信息技术,2010(04).
- [3] 李京阳,吴彬. CFD技术在建筑和规划设计中的应用. 生态城市与绿色建筑,2012.

中航建发电子工程设计研究院简介

中航建发电子工程设计研究院（以下简称：四院）是中航建发旗下一个多专业、具有全价值服务能力的综合设计研究院。

现有各类工程技术人员160余人。涵盖总体规划、军工工艺、建筑、结构、给排水、暖通、动力、强电、弱电、技经、项目管理、工程管理等专业。

四院在航空机载系统工程、航天空间器、战略/战术导弹、航天电子、兵器工程、电子工程以及大型计算数据中心、民用建筑等领域具有较强的技术实力和设计经验，在航空机载工程、民用建筑等方面具有很强的项目管理及工程总承包经验。

四院战略定位强化高端咨询能力，坚持规划牵引、源头创造，着力做好项目规划前期、军工能力建设规划等工作，提升对上级部门的决策支撑能力，掌握行业发展方向，为后续市场开发提供方向指引。



2014年第1期（总第111期）
2014年02月出版
准印证号：京内资准字9913-L0337号



中航工业洛阳电光设备研究所光电研发中心项目