

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2017年第2期 总第130期



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

内部资料 免费交流
准印证号：京内资准字9914-L0337号

深化重要领域和关键环节改革 以创新引领实体经济转型升级

3月5日，第十二届全国人民代表大会第五次会议在人民大会堂开幕。国务院总理李克强向大会作政府工作报告时指出，2016年，我国经济运行缓中趋稳、稳中向好。国内生产总值达到74.4万亿元，增长6.7%，名列世界前茅，对全球经济增长的贡献率超过30%。工业企业利润由上年下降2.3%转为增长8.5%，单位国内生产总值能耗下降5%，经济发展的质量和效益明显提高。改革开放深入推进。重要领域和关键环节改革取得突破性进展，供给侧结构性改革初见成效。经济结构加快调整。高技术产业、装备制造业实现较快增长。发展新动能不断增强。创新驱动发展战略深入实施。科技领域取得一批国际领先的重大成果。新兴产业蓬勃兴起，传统产业加快转型升级。

针对如何做好今年政府工作，李克强强调要把握好几个方面：一是贯彻稳中求进工作总基调，保持战略定力。二是坚持以推进供给侧结构性改革为主线。三是适度扩大总需求并提高有效性。四是依靠创新推动新旧动能转换和结构优化升级。五是着力解决人民群众普遍关心的突出问题。

大力改造提升传统产业。深入实施《中国制造2025》，加快大数据、云计算、物联网应用，以新技术新业态新模式，推动传统产业生产、管理和营销模式变革。把发展智能制造作为主攻方向，推进国家智能制造示范区、制造业创新中心建设，深入实施工业强基、重大装备专项工程，大力发展先进制造业，推动中国制造向中高端迈进。完善制造强国建设政策体系，以多种方式支持技术改造，促进传统产业焕发新的蓬勃生机。

（摘自《中国航空报》）

国务院关于落实《政府工作报告》重点工作部门分工的意见

为全面贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中、六中全会精神，深入贯彻落实中央经济工作会议精神和十二届全国人大五次会议通过的《政府工作报告》部署，做好今年政府工作，实现经济社会发展目标任务，国务院就《政府工作报告》确定的重点工作提出了部

门分工意见，部分意见如下：大力改造提升传统产业。深入实施《中国制造2025》，加快大数据、云计算、物联网应用，以新技术新业态、新模式，推动传统产业生产、管理和营销模式变革。把发展智能制造作为主攻方向，推进国家智能制造示范区、制造业创新中心建设，深入实施工业强基、重大装备专项工程，大力发展先进制造业，推动中国制造向中高端迈进。完善制造强国建设政策体系，以多种方式支持技术改造，促进传统产业焕发新的蓬勃生机。（工业和信息化部、国家发展改革委、科技部、财政部、人民银行、国务院国资委等按职责分工负责）（摘自“新华网”）

央行等五部门联合印发《关于金融支持制造强国建设的指导意见》

为贯彻落实党的十八大和十八届三中、四中、五中、六中全会精神，按照《中国制造2025》、《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》等文件要求，加强和改进对制造强国建设的金融支持和服务，日前人民银行、工业和信息化部、银监会、证监会、保监会联合印发了《关于金融支持制造强国建设的指导意见》。

《意见》指出，要高度重视和持续改进对“中国制造2025”的金融支持和服务，始终坚持问题导向，聚焦制造业发展的难点痛点，着力加强对制造业科技创新、转型升级的金融支持。要紧紧围绕“中国制造2025”重点领域和关键任务，改进和完善制造业的金融服务，促进制造业结构调整、转型升级、提质增效。

《意见》明确，要大力发展多层次资本市场，加强对制造业转型升级的资金支持。加快推进高技术制造业企业、先进制造业企业上市或挂牌融资，设计开发符合先进制造业和战略性新兴产业特点的创新债券品种，支持制造业领域信贷资产证券化。要发挥保险市场作用，积极开发促进制造业发展的保险产品，扩大保险资金对制造业领域投资。同时，要加强政策协调和组织保障，完善产业和金融部门的工作联动机制，加强沟通协调和双向信息共享。要探索完善多样化的信用风险分担机制，支持金融机构加大制造业领域的信贷投入。（摘自《第一财经日报》）

国务院新闻办公室就1-2月份国民经济运行情况举行发布会

3月14日,国务院新闻办公室在国务院新闻办新闻发布厅举行新闻发布会,请国家统计局新闻发言人、总经济师盛来运介绍2017年1-2月份国民经济运行情况。

- 一、工业生产加快,结构继续优化;
- 二、服务业较快增长,继续保持在景气区间;
- 三、固定资产投资增长稳中有升,民间投资增速加快;
- 四、房地产开发投资增速提高,土地购置面积增长由负转正;
- 五、市场销售基本稳定,消费升级类商品和网上零售持续较快增长;
- 六、居民消费价格涨幅收窄,工业生产者价格涨幅扩大;
- 七、进出口快速增长,机电产品出口增长较快。

(摘自“新华网”)

统计局发布统计公报: 全国建筑业增加值49522亿元

2月28日,国家统计局发布2016年国民经济和社会发展统计公报。经统计,2016年,全年国内生产总值744127亿元,比上年增长6.7%。

统计显示,去年全社会固定资产投资606466亿元,比上年增长7.9%,扣除价格因素,实际增长8.6%。其中,固定资产投资(不含农户)596501亿元,增长8.1%。基础设施投资118878亿元,增长17.4%,占固定资产投资(不含农户)的比重为19.9%。分区域看,东部地区投资249665亿元,比上年增长9.1%;中部地区投资156762亿元,增长12.0%;西部地区投资154054亿元,增长12.2%;东北地区投资30642亿元,下降23.5%。分行业看,建筑业投资额4577亿元,比上年下降6.5%;房地产业投资额135284亿元,比上年增长6.8%。从固定资产投资新增主要生产能力看,去年新建铁路投产里程3281公里,其中新建高速铁路1903公里;增、新建铁路复线投产里程3612公里;电气化铁路投产里程5899公里;新建公路里程324898公里,其中新建高速公路6745公里。(摘自《建筑时报》)

住建部: 工程质量安全三年提升行动启动

近日,住房城乡建设部决定用三年左右时间在全国开展工程质量安全提升行动,以更好落实以人民为中心的发展思想,进一步提升工程质量安全水平,确保人民群众生命财产安全,把人民放在更加突出的中心位置。在巩固工程质量治理两年行动成果的基础上,围绕“落实主体责任”和“强化政府监管”两个重点,提出了4项重点任务。一是落实主体责任。二是提升项目管理水平。三是提升技术创新能力。四是健全监督管理机制。

住房城乡建设部要求各地制订具体实施方案,在加强日常监督检查、抽查抽测的基础上,各市、县住房城乡建设主管部门每半年对本地区在建工程项目全面排查一次,各省、自治区、直辖市住房城乡建设主管部门每半年对本行政区域工程项目进行一次重点抽查和提升行动督导检查。住房城乡建设部每年组织一次全国督察,并定期通报各地进展情况。对工作突出、成效显著的单位、个人以及各级住房城乡建设主管部门要予以通报表扬。(摘自《中国建设报》)

工信部部长苗圩: 全面实施“中国制造2025” 着力振兴实体经济

日前,工业和信息化部党组书记、部长苗圩在《学习时报》上发表署名文章指出,制造业是实体经济的主体,是供给侧结构性改革的主战场。要牢固树立和贯彻落实新发展理念,坚持以供给侧结构性改革为主线,全面实施“中国制造2025”,加快振兴实体经济,为全面建成小康社会和实现中华民族伟大复兴的中国梦提供坚实支撑。

李克强总理在2017年政府工作报告中指出,“要大力实施‘中国制造2025’,提高实体经济竞争力”。苗圩认为,要牢牢把握振兴实体经济这一主要任务,践行新发展理念,加快推进供给侧结构性改革,着力提高供给质量和活力,实现制造业由大变强。一是推进智能制造,走创新驱动发展道路。二是实施“三品”战略,走以质取胜发展道路。三是发展绿色制造,走生态文明发展道路。四是加快结构调整,走开放协同发展道路。(摘自《学习时报》)

民航市场进一步开放 有综合甲级资质就可承接民航工程设计业务

日前，住建部、民航局联合发布通知，简化民航行业工程设计资质标准，进一步开放民航工程设计市场。民航工程设计资质和民航工程设计市场将发生如下变化：

一、具有工程设计综合甲级资质的企业，可以按照规定承担相应的民航行业工程设计业务。

二、取消原民航行业4项专业资质，即：机场总体规划工程；场道、目视助航工程；通信、导航、航管及航站楼弱电工程；供油工程。调整后，民航行业工程设计资质只保留行业甲级、乙级资质，不再设专业资质。下调原民航行业工程设计主要专业技术人员配备标准，即：行业甲级资质人员总数由61人下调至38人；行业乙级资质人员总数由38人下调至20人。

三、民航行业资质申请变化如下：乙级设计企业在申请甲级设计资质时，主导专业非注册人员的个人业绩，考核其作为专业技术负责人主持过中型以上项目不少于3项，不考核其大型项目不少于1项的要求。乙级设计企业在申请甲级设计资质时，企业业绩由2项4D机场调整为2项新建4C运输机场。（摘自“中国勘察设计公众号”）

2017中国航空航天信息化建设合作峰会在京召开

3月30日，由中国信息产业商会主办的“2017航空航天信息化建设合作峰会”在北京召开。此前，“航空航天信息化合作峰会”已连续举办了6届，本届峰会主题为“把握深度融合机遇、加快创新驱动变革”，旨在深入贯彻国家有关智能制造和“互联网+”战略，总结提炼两化深度融合经验和做法，加快新一代信息通信技术与航空航天产业深度融合，积极实施“互联网+”制造，引导企业加快互联网环境下的业务创新和组织变革，培育数据驱动、网络协同、精细管理等新型能力，推动产业转型升级和提质增效。

围绕峰会主题，来自航空航天与信息化服务领域的12位专家分别作了演讲。倪光南院士以“加快核心技术研发力度和市场化引导”为题，系统地阐述了我国如何从技术与市场等多方位发力、加快核心技术

研发、实现核心技术的自主可控的路线图。中国航空工业集团信息中心首席顾问宁振波的《智能制造的基础CPS的分类和分级》、航天科工集团北京航天智造科技发展有限公司总经理助理庄鑫的《中国特色的智慧云制造解决方案》与原空军装备研究院朱林院长的《关于网络信息体系几点认识》，分别从不同角度诠释了航空航天信息化领域当前的形势和任务。清华大学软件学院莫欣农教授与知名信息化服务企业专家代表们则结合各自专业领域的实际，阐述了“工业互联网”、“智慧军工”、“智能制造”等新一代信息技术为航空航天工业提供的解决方案。宁振波、庄鑫等数位专家还围绕本届大会主题进行了现场对话与互动，讨论并提炼了“务实”、“高效”、“资源共享”、“合作共赢”、“转型升级”等2017年度航空航天信息化主题词。（摘自“中国航空新闻网”）

“国家标准全文公开系统”正式上线运行

为进一步加快推进国家标准公开工作，满足社会各界便捷地查阅国家标准文本的迫切需求，“国家标准全文公开系统”于3月16日正式上线运行。

国务院标准化协调推进部际联席会议办公室印发《推进国家标准公开工作实施方案》后，国家标准委立即着手“国家标准公开系统”的软件研发，抓紧开展国家标准文本数据的梳理、汇集、加工工作，积极落实《实施方案》各项要求。

目前，所有强制性国家标准文本3470项和第一批推荐性国家标准文本3037项已经在该系统实现了公开，其他非采用国际（国外）标准的推荐性国家标准将在2017年底前陆续公开。今后，新批准发布国家标准将在发布后的20个工作日内及时公开，其中涉及采用国际（国外）标准的推荐性国家标准文本在遵守国际（国外）标准组织版权政策前提下进行公开。

该系统提供了国家标准的题录信息和全文在线阅读，具有“分类检索”、“热词搜索”等功能。任何企业和社会公众都可以通过国家标准委官方网站“国家标准全文公开系统”，或通过微信公众号“中国标准信息服务网”查阅国家标准文本。（摘自“中国国家标准化管理委员会”网站）

国务院办公厅关于促进建筑业持续健康发展的意见

国办发[2017]19号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

建筑业是国民经济的支柱产业。改革开放以来，我国建筑业快速发展，建造能力不断增强，产业规模不断扩大，吸纳了大量农村转移劳动力，带动了大量关联产业，对经济社会发展、城乡建设和民生改善作出了重要贡献。但也要看到，建筑业仍然大而不强，监管体制机制不健全、工程建设组织方式落后、建筑设计水平有待提高、质量安全事故时有发生、市场违法违规行为较多、企业核心竞争力不强、工人技能素质偏低等问题较为突出。为贯彻落实《中共中央 国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》，进一步深化建筑业“放管服”改革，加快产业升级，促进建筑业持续健康发展，为新型城镇化提供支撑，经国务院同意，现提出以下意见：

一、总体要求

全面贯彻党的十八大和十八届二中、三中、四中、五中全会以及中央经济工作会议、中央城镇化工作会议、中央城市工作会议精神，深入贯彻习近平总书记系列重要讲话精神和治国理政新理念新思想新战略，认真落实党中央、国务院决策部署，统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局，牢固树立和贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，坚持以推进供给侧结构性改革为主线，按照适用、经济、安全、绿色、美观的要求，深化建筑业“放管服”改革，完善监管体制机制，优化市场环境，提升工程质量安全水平，强化队伍建设，增强企业核心竞争力，促进建筑业持续健康发展，打造“中国建造”品牌。

二、深化建筑业简政放权改革

（一）优化资质资格管理。进一步简化工程建设企业资质类别和等级设置，减少不必要的资质认定。选择部分地区开展试点，对信用良好、具有相关专业技术能力、能够提供足额担保的企业，在其资质类别内放宽承揽业务范围限制，同时，加快完善信用体系、工程担保及个人执业资格等相关配套制度，加强事中事后监管。强化个人执业资格管理，明晰注册执业人员的权利、义务和责任，加大执业责任追究力度。有序发展个人执业事务所，推动建立个人执业保险制度。大力推行“互联网+政务服务”，实行“一站式”网上审批，进一步提高建筑领域行政审批效率。

（二）完善招标投标制度。加快修订《工程建设项目招标范围和规模标准规定》，缩小并严格界定必须进行招标的工程建设项目范围，放宽有关规模标准，防止工程建设项目实行招标“一刀切”。在民间投资的房屋建筑工程中，探索由建设单位自主决定发包方式。将依法必须招标的工程建设项目纳入统一的公共资源交易平台，遵循公平、公正、公开和诚信的原则，规范招标投标行为。进一步简化招标投标程序，尽快实现招标投标交易全过程电子化，推行网上异地评标。对依法通过竞争性谈判或单一来源方式确定供应商的政府采购工程建设项目，符合相应条件的应当颁发施工许可证。

三、完善工程建设组织模式

（三）加快推行工程总承包。装配式建筑原则上应采用工程总承包模式。政府投资工程应完善建设管

理模式，带头推行工程总承包。加快完善工程总承包相关的招标投标、施工许可、竣工验收等制度规定。按照总承包负总责的原则，落实工程总承包单位在工程质量安全、进度控制、成本管理等方面的责任。除以暂估价形式包括在工程总承包范围内且依法必须进行招标的项目外，工程总承包单位可以直接发包总承包合同中涵盖的其他专业业务。

（四）培育全过程工程咨询。鼓励投资咨询、勘察、设计、监理、招标代理、造价等企业采取联合经营、并购重组等方式发展全过程工程咨询，培育一批具有国际水平的全过程工程咨询企业。制定全过程工程咨询服务技术标准和合同范本。政府投资工程应带头推行全过程工程咨询，鼓励非政府投资工程委托全过程工程咨询服务。在民用建筑项目中，充分发挥建筑师的主导作用，鼓励提供全过程工程咨询服务。

四、加强工程质量安全管理

（五）严格落实工程质量责任。全面落实各方主体的工程质量责任，特别要强化建设单位的首要责任和勘察、设计、施工单位的主体责任。严格执行工程质量终身责任制，在建筑物明显部位设置永久性标牌，公示质量责任主体和主要责任人。对违反有关规定、造成工程质量事故的，依法给予责任单位停业整顿、降低资质等级、吊销资质证书等行政处罚并通过国家企业信用信息公示系统予以公示，给予注册执业人员暂停执业、吊销资格证书、一定时间直至终身不得进入行业等处罚。对发生工程质量事故造成损失的，要依法追究经济赔偿责任，情节严重的要追究有关单位和人员的法律责任。参与房地产开发的建筑业企业应依法合规经营，提高住宅品质。

（六）加强安全生产管理。全面落实安全生产责任，加强施工现场安全防护，特别要强化对深基坑、高支模、起重机械等危险性较大的分部分项工程的管理，以及对不良地质地区重大工程项目的风险评估或论证。推进信息技术与安全生产深度融合，加快建设建筑施工安全监管信息系统，通过信息化手段加强安全生产管理。建立健全全覆盖、多层次、经常性的安全生产培训制度，提升从业人员安全素质以及各方主体的本质安全水平。

（七）全面提高监管水平。完善工程质量安全法律法规和管理制度，健全企业负责、政府监管、社会监督的工程质量安全保障体系。强化政府对工程质量的监管，明确监管范围，落实监管责任，加大抽查抽测力度，重点加强对涉及公共安全的工程地基基础、主体结构等部位和竣工验收等环节的监督检查。加强工程质量监督队伍建设，监督机构履行职能所需经费由同级财政预算全额保障。政府可采取购买服务的方式，委托具备条件的社会力量进行工程质量监督检查。推进工程质量安全标准化管理，督促各方主体健全质量安全管控机制。强化对工程监理的监管，选择部分地区开展监理单位向政府报告质量监理情况的试点。加强工程质量检测机构管理，严厉打击出具虚假报告等行为。推动发展工程质量保险。

五、优化建筑市场环境

（八）建立统一开放市场。打破区域市场准入壁垒，取消各地区、各行业在法律、行政法规和国务院规定外对建筑业企业设置的不合理准入条件；严禁擅自设立或变相设立审批、备案事项，为建筑业企业提供公平市场环境。完善全国建筑市场监管公共服务平台，加快实现与全国信用信息共享平台和国家企业信用信息公示系统的数据共享交换。建立建筑市场主体黑名单制度，依法依规全面公开企业和个人信用记录，接受社会监督。

（九）加强承包履约管理。引导承包企业以银行保函或担保公司保函的形式，向建设单位提供履约担保。对采用常规通用技术标准的政府投资工程，在原则上实行最低价中标的同时，有效发挥履约担保的作用，防止恶意低价中标，确保工程投资不超预算。严厉查处转包和违法分包等行为。完善工程量清单计价体系和工程造价信息发布机制，形成统一的工程造价计价规则，合理确定和有效控制工程造价。

（十）规范工程价款结算。审计机关应依法加强对以政府投资为主的公共建设工程项目的审计监督，

建设单位不得将未完成审计作为延期工程结算、拖欠工程款的理由。未完成竣工结算的项目，有关部门不予办理产权登记。对长期拖欠工程款的单位不得批准新项目开工。严格执行工程预付款制度，及时按合同约定足额向承包单位支付预付款。通过工程款支付担保等经济、法律手段约束建设单位履约行为，预防拖欠工程款。

六、提高从业人员素质

(十一) 加快培养建筑人才。积极培育既有国际视野又有民族自信的建筑师队伍。加快培养熟悉国际规则的建筑业高级管理人才。大力推进校企合作，培养建筑业专业人才。加强工程现场管理人员和建筑工人的教育培训。健全建筑业职业技能标准体系，全面实施建筑业技术工人职业技能鉴定制度。发展一批建筑工人技能鉴定机构，开展建筑工人技能评价工作。通过制定施工现场技能工人基本配备标准、发布各个技能等级和工种的人工成本信息等方式，引导企业将工资分配向关键技术技能岗位倾斜。大力弘扬工匠精神，培养高素质建筑工人，到2020年建筑业中级工技能水平以上的建筑工人数量达到300万，2025年达到1000万。

(十二) 改革建筑用工制度。推动建筑业劳务企业转型，大力发展木工、电工、砌筑、钢筋制作等以作业为主的专业企业。以专业企业为建筑工人的主要载体，逐步实现建筑工人公司化、专业化管理。鼓励现有专业企业进一步做专做精，增强竞争力，推动形成一批以作业为主的建筑业专业企业。促进建筑业农民工向技术工人转型，着力稳定和扩大建筑业农民工就业创业。建立全国建筑工人管理服务信息平台，开展建筑工人实名制管理，记录建筑工人的身份信息、培训情况、职业技能、从业记录等信息，逐步实现全覆盖。

(十三) 保护工人合法权益。全面落实劳动合同制度，加大监察力度，督促施工单位与招用的建筑工人依法签订劳动合同，到2020年基本实现劳动合同全覆盖。健全工资支付保障制度，按照谁用工谁负责和总承包负总责的原则，落实企业工资支付责任，依法按月足额发放工人工资。将存在拖欠工资行为的企业列入黑名单，对其采取限制市场准入等惩戒措施，情节严重的降低资质等级。建立健全与建筑业相适应的社会保险参保缴费方式，大力推进建筑施工单位参加工伤保险。施工单位应履行社会责任，不断改善建筑工人的工作环境，提升职业健康水平，促进建筑工人稳定就业。

七、推进建筑产业现代化

(十四) 推广智能和装配式建筑。坚持标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用，推动建造方式创新，大力发展装配式混凝土和钢结构建筑，在具备条件的地方倡导发展现代木结构建筑，不断提高装配式建筑在新建建筑中的比例。力争用10年左右的时间，使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%。在新建建筑和既有建筑改造中推广普及智能化应用，完善智能化系统运行维护机制，实现建筑舒适安全、节能高效。

(十五) 提升建筑设计水平。建筑设计应体现地域特征、民族特点和时代风貌，突出建筑使用功能及节能、节水、节地、节材和环保等要求，提供功能适用、经济合理、安全可靠、技术先进、环境协调的建筑设计产品。健全适应建筑设计特点的招标投标制度，推行设计团队招标、设计方案招标等方式。促进国内外建筑设计企业公平竞争，培育有国际竞争力的建筑设计队伍。倡导开展建筑评论，促进建筑设计理念的融合和升华。

(十六) 加强技术研发应用。加快先进建造设备、智能设备的研发、制造和推广应用，提升各类施工机具的性能和效率，提高机械化施工程度。限制和淘汰落后、危险工艺工法，保障生产施工安全。积极支持建筑业科研工作，大幅提高技术创新对产业发展的贡献率。加快推进建筑信息模型(BIM)技术在规

划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用，实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理，为项目方案优化和科学决策提供依据，促进建筑业提质增效。

（十七）完善工程建设标准。整合精简强制性标准，适度提高安全、质量、性能、健康、节能等强制性指标要求，逐步提高标准水平。积极培育团体标准，鼓励具备相应能力的行业协会、产业联盟等主体共同制定满足市场和创新需要的标准，建立强制性标准与团体标准相结合的标准供给体制，增加标准有效供给。及时开展标准复审，加快标准修订，提高标准的时效性。加强科技研发与标准制定的信息沟通，建立全国工程建设标准专家委员会，为工程建设标准化工作提供技术支撑，提高标准的质量和水平。

八、加快建筑业企业“走出去”

（十八）加强中外标准衔接。积极开展中外标准对比研究，适应国际通行的标准内容结构、要素指标和相关术语，缩小中国标准与国外先进标准的技术差距。加大中国标准外文版翻译和宣传推广力度，以“一带一路”战略为引领，优先在对外投资、技术输出和援建工程项目中推广应用。积极参加国际标准认证、交流等活动，开展工程技术标准的双边合作。到2025年，实现工程建设国家标准全部有外文版。

（十九）提高对外承包能力。统筹协调建筑业“走出去”，充分发挥我国建筑业企业在高铁、公路、电力、港口、机场、油气长输管道、高层建筑等工程建设方面的比较优势，有目标、有重点、有组织地对外承包工程，参与“一带一路”建设。建筑业企业要加大对国际标准的研究力度，积极适应国际标准，加强对外承包工程质量、履约等方面管理，在援外住房等民生项目中发挥积极作用。鼓励大企业带动中小企业、沿海沿边地区企业合作“出海”，积极有序开拓国际市场，避免恶性竞争。引导对外承包工程企业向项目融资、设计咨询、后续运营维护管理等高附加值的领域有序拓展。推动企业提高属地化经营水平，实现与所在国家和地区互利共赢。

（二十）加大政策扶持力度。加强建筑业“走出去”相关主管部门间的沟通协调和信息共享。到2025年，与大部分“一带一路”沿线国家和地区签订双边工程建设合作备忘录，同时争取在双边自贸协定中纳入相关内容，推进建设领域执业资格国际互认。综合发挥各类金融工具的作用，重点支持对外经济合作中建筑领域的重大战略项目。借鉴国际通行的项目融资模式，按照风险可控、商业可持续原则，加大对建筑业“走出去”的金融支持力度。

各地区、各部门要高度重视深化建筑业改革工作，健全工作机制，明确任务分工，及时研究解决建筑业改革发展中的重大问题，完善相关政策，确保按期完成各项改革任务。加快推动修订建筑法、招标投标法等法律，完善相关法律法规。充分发挥协会商会熟悉行业、贴近企业的优势，及时反映企业诉求，反馈政策落实情况，发挥好规范行业秩序、建立从业人员行为准则、促进企业诚信经营等方面的自律作用。

国务院办公厅

2017年2月21日

• 项目展示

航空城整体规划合理，功能分区明确，流线简洁清晰，建筑整体规划，统一协调，在确定统一的风格和技术措施的基础上，进行各个单体建筑的规划和设计，使整个建筑具有高度的协调一致性。

建筑设计体现了地域性、企业的文化性和独一无二的可识别性。建筑立面及造型简约大气、风格统一。建筑立面以金属质感的大块平板和水平线条的条窗搭配的方式，以明显的虚实变化，突出建筑的体量感和工业建筑简洁明快的特点。配以附楼黄色的遮阳百页、厂房蓝色的门斗和竖向的蓝色装饰带，两种色调和设计元素之间相互映衬，使建筑具有鲜明的文化性和高度的可识别性。

建筑设计采用多种技术手段，通过建筑风环境的设

南昌航空城

建设地点：江西南昌

设计单位：航空工业规划飞机院

建设情况：在建

总用地面积：403ha

总建筑面积：85万m²

计、自然采光系统的设计、热环境的设计、防水系统的性能化设计等保证使用的合理性和可行性，使建筑成为绿色的建筑产品，使建筑生长于周围环境之中，成为生长于基地环境之中的、生态的、可持续发展的建筑。





建筑外饰面采用砖红色面砖，与商飞整体的建筑风格保持一致。设计取意“航空基石”，将建筑形体与功能布局、场地现状相融合的同时塑造了鲜明突出的建筑形象。建筑高低错落的形体是“基石”的抽象表达；内嵌的庭院使得建筑形体既分散又相互关联，形成一种内在张力，强化了建筑在园区中的统领地位。

中国商飞试飞中心祝桥基地试飞技术楼

建设地点：上海浦东

设计单位：航空工业规划飞机院

建设情况：在建

总用地面积：1.2万m²

总建筑面积：5.9万m²

中国科学院空间应用工程与技术中心代表了中国科学院在航天科技应用系统方面的总体管理和技术集成。该项目设计以“高效、绿色、模块化、弹性化”作为方案设计理念，将建筑与场地、环境整合思考，力求提供一个具有现代性、文化性和可持续性的现代实验办公场所。本项目的的设计借用了空间站中，“舱”的设计理念，首先，位于建筑物中部东侧七层和九层的开敞大空间以及南、北两楼部分房间采用了悬挑设计，在建筑物总体造型上突出成为建筑物的“舱”，其中有效载荷运控中心监视大厅等功能作为“核心舱”，其他科研单元作为“任务舱”。在主立面上，采用条窗设计，结合南侧的充分采光寓指地面空间站的太阳帆板。通过对周边建筑和现状环境的研究，运用现代的设计手法并汲取中国传统的“院”的概念，以“整合园区大环境，营造自身小环境”为设计目标，结合丰富的空间设计和景观设计，力求打造一个现代性、文化性、和可持续发展的建筑形态。

本项目的设计理念是通过现代化、专业化、高水平的科研设施建设，将其打造成为有效解决空间应用问题的“地面空间站”，助力“圆梦航天”。

中国科学院空间应用工程与技术中心 科研楼&试验楼

建设地点：北京海淀
设计单位：航空工业规划飞机院
建设情况：在建
面积规模：3.4万m²
科研楼：
总建筑面积：2.4万m²
占地面积：1740m²
试验楼：
总建筑面积：1.9万m²
占地面积：1740m²





空客天津A330宽体飞机完成和交付中心定制厂房项目的主要生产任务是接收完成装配并经测试的“绿色”飞机，向空客提供客舱内饰安装和飞机改装服务，包括飞机的客舱内饰安装、按客户需求改装、喷漆、称重等，并向空客（天津）交付中心有限公司移交经过完全组装的飞机。该项目位于天津滨海新区，与现有空客A320总装线厂区相邻。项目用地共由两部分组成，一部分为新建项目用地，大致呈不规则的五边形，拟新规划用地27万 m^2 ；另一部分为在原A320项目厂区内改扩建的项目，拟规划用地2.5万 m^2 。

空客天津A330宽体飞机定制厂房项目

建设地点：天津

设计单位：航空工业规划飞机院

建设情况：在建

规划用地：2.5万 m^2

建筑面积：6.5万 m^2

本项目总体布置充分考虑外界因素，使总体布局与周围环境相协调；合理划分功能分区，满足生产工艺流程，有利生产协作和管理；紧凑布局，以做到最大限度的利用土地，缩短物流线路和室外管线线路，使交通流线便捷、顺畅，达到节能、节省投资的目的；坚持可持续发展理念，合理预留发展用地，以满足今后发展的需要。

建筑造型设计体现外观与内部技术功能之间统一的效果：建筑造型为简洁、纯净的设计，整体协调呼应；建筑材质设计从风格、质感上给人以高科技工业化的强烈感受，金属材质的外墙面纯净细致，精致的遮阳百叶、通透玻璃幕墙及重点部位的石材饰面配合，形成丰富的立面效果，充分体现现代工业建筑的秩序感和高效性。

建筑立面采用多种手法来解决建筑体量过大的问题，在厂房的立面设计了竖向分隔，分解建筑体量，使厂房更具序列性。厂房通过虚实对比的处理手法，使单调的建筑立面生动起来；建筑附楼部分通过立面的减法，并采用虚透

某厂生产厂房及配套设项目

建设地点：四川成都

设计单位：航空工业规划飞机院

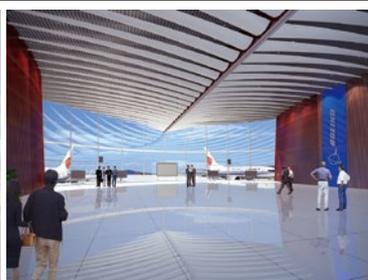
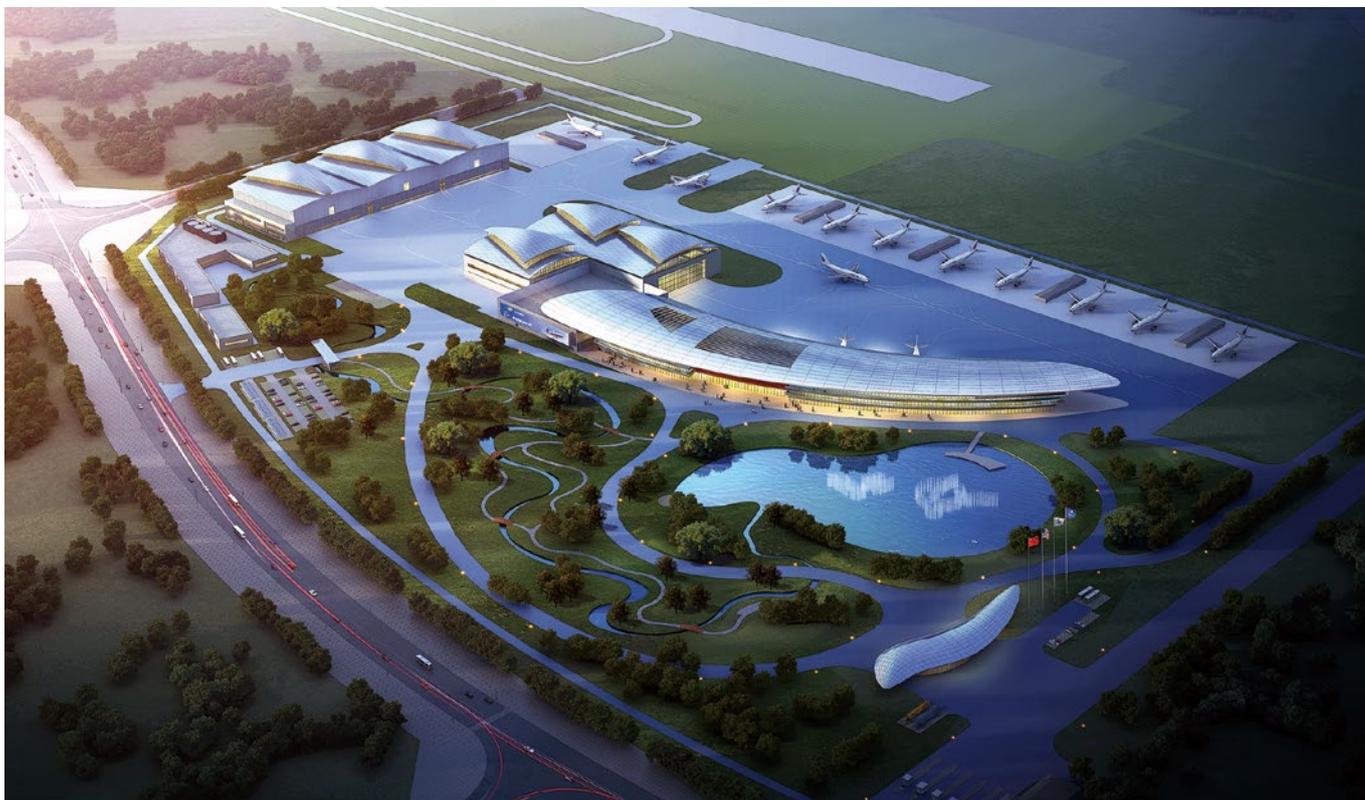
建设情况：在建

占地面积：21.8万 m^2

总建筑面积：9.7万 m^2

的柱廊将不同单元连接成一个整体，既体现了建筑的整体性又突出建筑单体的效果，设计简洁大方，增强了立面设计的整体性。建筑入口部分设计了突出建筑主体的玻璃幕墙和实体的雨篷，通过不同材料的使用和强烈的虚实对比来强化建筑主入口。根据建筑物的使用功能要求，以及建筑物所处的特定环境，建筑造型设计力求突出的是建筑的整体形象和品质。





波音737MAX飞机完工及交付中心定制厂房及配套设施建设项目是美国波音公司第一个设于美国之外的飞机交付中心。该项目用于波音737MAX飞机的接收、内饰安装、喷漆、试飞以及飞机交付等生产活动。

该项目包括交付中心、完工中心、喷漆机库等十余个建筑单体，其中的主要建筑单体将进行美国LEED认证评估。厂区建筑设计灵感来自于飞机机翼的工业设计形象。为体现波音的品牌形象及波音与商飞之间的历史性合作，建筑设计中结合各个建筑单体不同的使用功能，通过各建筑的空间体量组织、屋面轮廓整合、表皮材料统一，并与基地现场室外景观设计相融合，形成浑然一体、气势磅礴的园林式厂区形象。

波音737MAX飞机完工及交付中心定制厂房及配套设施建设项目

建设地点：浙江舟山

设计单位：航空工业规划飞机院

建设情况：设计中

总用地面积地：40.2万 m^2

总建筑面积：6.1万 m^2

住房和城乡建设部关于发布行业标准《静压桩施工技术规范》的公告

现批准《静压桩施工技术规范》为行业标准，编号为JGJ/T 394-2017，自2017年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《预应力混凝土路面工程技术规范》的公告

现批准《预应力混凝土路面工程技术规范》为国家标准，编号为GB50422-2017，自2017年10月1日起实施。其中，第3.0.5、4.2.5、4.3.1条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《预应力混凝土路面工程技术规范》GB50422-2007，同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《城镇燃气工程智能化技术规范》的公告

现批准《城镇燃气工程智能化技术规范》为行业标准，编号为CJJ/T 268-2017，自2017年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《工程中空玻璃微珠保温隔热材料》的公告

现批准《工程中空玻璃微珠保温隔热材料》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T 517-2017，自2017年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《建筑外墙涂料通用技术要求》的公告

现批准《建筑外墙涂料通用技术要求》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T 512-2017，自2017年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《酚醛泡沫板薄抹灰外墙外保温系统材料》的公告

现批准《酚醛泡沫板薄抹灰外墙外保温系统材料》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T 515-2017，自2017年9月1日起实施

住房和城乡建设部关于发布行业标准《贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术规程》的公告

现批准《贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术规程》为行业标准，编号为JGJ/T 136-2017，自2017年9月1日起实施。原《贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术规程》JGJ/T 136-2001同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《乡村道路工程技术规范》的公告

现批准《乡村道路工程技术规范》为国家标准，编号为GB/T 51224-2017，自2017年10月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《通风管道技术规程》的公告

现批准《通风管道技术规程》为行业标准，编号为JGJ/T 141-2017，自2017年9月1日起实施。原《通风管道技术规程》JGJ/T 141-2004同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》的公告

现批准《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》为国家标准，编号为GB50404-2017，自2017年10月1日起实施。其中，第3.0.14、3.0.15条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB50404-2007，同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《钢边框保温隔热轻型板》的公告

现批准《钢边框保温隔热轻型板》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T 513-2017，自2017年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《现浇X形桩复合地基技术规程》的公告

现批准《现浇X形桩复合地基技术规程》为行业标准，编号为JGJ/T 402-2017，自2017年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《建筑震后应急评估和修复技术规程》的公告

现批准《建筑震后应急评估和修复技术规程》为行业标准，编号为JGJ/T 415-2017，自2017年9月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《城市综合地下管线信息系统技术规范》的公告

现批准《城市综合地下管线信息系统技术规范》为行业标准，编号为CJJ/T 269-2017，自2017年9月1日起实施。

(来源“国家工程建设标准化信息网”)



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

顾问委员会

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

编辑委员会

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

总编 陆国杰
 主编 陈海风
 执行主编 王蕊
 责任编辑 李楠
 出版 《航空工程建设》编辑部
 地址 北京德外大街12号
 邮编 100120
 E-mail hkgcjs@avic-apc.com
 印刷单位 北京奇麒麟印刷有限责任公司分公司
 发送对象 公司内部及本系统内部
 印刷日期 2017年4月
 印数 1500册
 电话 (010)62038276 62038235
 传真 (010)62038297
 封面 中国商飞浦东总装制造中心建设项目

CONTENTS

目录 2017年第2期 总第130期

航空能力建设

- 02 WBS-RBS在飞机固定资产投资项目风险分析中的应用
 赵娜 余璐
- 04 大都市卫星城通航产业功能及其定位研究
 ——以启东市江海产业园通航基地规划为例
 岳南
- 09 变加速度微重力落管实验方案工艺设计
 徐雨生 端木兵雷 张明哲

研究与探讨

- 17 细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂车间工艺设计特点分析
 李红 杨勇 张瑞超
- 20 血液制品生产厂房设计特点
 杨勇 董秀芳 邢志涛
- 26 高烈度区框架—双筒结构连接楼板应力分析
 王毅 冯知夏 王倩 孙占军
- 30 养老地产建筑智能化设计研究分析
 吴迪 赵芃
- 33 提高工程设计概算编制质量方法探讨
 王旭
- 35 BIM技术在工程造价管理中的应用研究
 陈文昭
- 37 典型空压机余热回收分析及应用
 王博 赵洁
- 42 海绵城市建设中需要注意的问题
 张宏扬 李力军
- 45 常用安全阀选用与计算方法分析
 于建国 安玉生
- 48 LED照明在试车台厂房中的应用
 王舒 王宏伟

工程设计

- 54 某承力地板沉降过大的加固处理
 张广英 汤小军 冯知夏 王蓓
- 58 带夹层大跨度楼屋面框架结构设计
 贾雨萌 景辉

WBS-RBS在飞机固定资产投资项目 风险分析中的应用

■ 赵娜 余璐 [工艺]

摘要: 飞机固定资产投资项目工程复杂、投资大,需对项目进行必要的风险分析。本文将WBS-RBS相结合,应用于飞机固定资产投资项目风险管理中,对项目实施过程中可能出现的风险进行详细分析,以保证项目的顺利完成。

关键词: 风险分析;工作分解结构(WBS);风险分解结构(RBS)

0 引言

飞机固定资产投资项目是一个复杂的系统工程。项目建设周期较长,风险因素较多,且各风险所产生的后果影响程度也不相同。在进行项目决策时,需对风险进行有选择的分析,以保证项目顺利实施。因此飞机固定资产投资项目管理中开展风险分析非常重要。

1 相关概念

1.1 风险^[1]

风险是未来变化偏离预期的可能性以及其对目标产生影响的大小。其特征是:①风险是中性的,既可能产生不利影响,也可能带来有力影响;②风险的大小与变动发生的可能性有关,也与变动发生后对项目影响的大小有关。一般投资项目决策分析与评价主要侧重分析、评价风险带来的不利影

响。本文考虑的风险也是指的不利影响。

风险可通过两个变量描述,包括事件发生的概率、事件发生后对项目目标的影响,风险与这两个变量正相关。

1.2 WBS-RBS原理

WBS(work breakdown structure,工作分解结构)是指将项目任务逐层分解到最小工作单元,形成WBS树形。RBS(risk breakdown structure,风险分解结构)是对项目风险进行分解,列成风险类型并排列成树形。考虑到二者都是以项目目标作为导向,因此将WBS树形与RBS树形结合,构成WBS-RBS矩阵,并通过逐一耦合,判断各工作单元风险是否存在。具体步骤如下^[2]:

第1步,建立WBS分解树形图。根据项目实施过程以及该过程中各项工作之间的内部关系,将项目从上而下逐层分解,直到将项目分解为适合的工作单元。

第2步,建立RBS分解树形图。将整个项目过程中可能存在的风险因素参照WBS分解结构逐层向下延伸,直到将风险因素分解为各类属性的风险。

第3步,构建WBS-RBS风险分析矩阵。将

作者简介:赵娜,女,高级工程师,2009年毕业于西北工业大学控制理论与控制工程专业,现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

WBS和RBS分解出的最小子项目相结合,构造矩阵。在该矩阵中,每个元素 α_{ij} 代表了i工作单元是否存在j风险类型。

第4步,风险分析。对WBS-RBS风险分析矩阵进行风险估计和评价。通过对矩阵中的风险进行分析可明确在项目实施的寿命周期内所需关注的风险,同时采取相应的应对措施。

2 飞机固定资产投资项目风险分析

考虑到飞机固定资产投资项目整个过程工程量较大,按项目实施过程对项目进行分解,包括前期阶段、实施阶段、验收阶段等^[3,4],本文仅选取飞机固定资产投资项目中前期阶段进行说明,用WBS-RBS法来进行项目风险分析。

2.1 对项目前期阶段进行WBS分解

项目前期阶段可以分解为建议书阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段。在这三个阶段中,又可细分为编制建议书、上报建议书、评估或审查、批复建议书、编制可行性研究报告、获得环评等审查意见、上报可行性研究报告、批复可行性研究报告、编制初步设计报告、获得消防等审查意见、上报初步设计报告、批复初步设计报告等阶段^[3,4]。

2.2 对项目前期阶段进行RBS分解

飞机固定资产投资项目周期长、项目复杂,项目风险类别多,主要包括政治风险、经济风险、自然风险、技术风险、管理风险、其他风险等。本文结合飞机固定资产投资项目工作实际,对项目开展过程中的典型风险源进行分析,主要考虑政治风险、技术风险和管理风险。这三类风险在项目实际开展过程中又可细分,其中政治风险包括项目实施过程中各种政策变化、相关法律法规以及设备采购国关系变化等,技术风险可细分为技术变更风险、供应商变更风险、建设单位需求变更风险、决策风险,管理风险可细分为协调风险、工程管理风险、资金管理风险、合同管理风险^[3]。

2.3 建立WBS-RBS矩阵

以分解得到的最小工作单元作为行向量,以风险分解得到的最细化风险为列向量,建立WBS-RBS矩阵。对矩阵各个元素的行列坐标进行相关性分析^[5],如果不相关,即耦合不产生风险因素,用“0”表示;如果相关,则用“1”表示。

2.4 风险分析

对WBS-RBS风险分析矩阵中元素为1的位置进行风险分析。按照风险(R)与事件发生的概率(P)、事件发生后对项目目标的影响(I)正相关考虑风险大小。通过分析发现,本项目前期阶段建设单位需求变化、技术设计变更、供应商变更这三个风险较大,在项目开展过程中需重点关注。

3 结论

本文通过WBS-RBS法对飞机固定资产投资项目进行风险分析,利用WBS和RBS耦合的方式,快速识别出项目实施过程中存在的风险,并通过风险估计和评价,进而作出相应的风险应对。在实际工作中WBS、RBS结构更复杂,WBS-RBS矩阵维度较大,需根据实际情况确定适宜的WBS-RBS矩阵维度。该方法在实际工程管理中具有较强的借鉴意义。通过该方法确定项目风险后,可为管理者提供风险管理和监督的依据,保障固定资产投资项目的顺利开展。

参考文献

- [1] 全国注册咨询工程师(投资)资格考试参考教材编写委员会.项目决策分析与评价[M].北京:中国计划出版社,2012:420-433.
- [2] 薛瑶,刘永强,戴玮,方圆.WBS-RBS法在水利工程全过程管理中的风险识别[J].中国农村水利水电,2014,第2期,71-73.
- [3] 吕建华.航天军工企业固定资产投资项目风险形成与评价研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [4] 王少辉.科研机构军工固定资产投资项目风险分析与控制研究[D].北京:中国科学院大学,2015.
- [5] 张春秀.基于WBS-RBS的民机研制项目风险管理[J].项目管理技术,2014,12(4),98-103.

大都市卫星城通航产业 功能及其定位研究

——以启东市江海产业园通航基地规划为例

■ 岳南 [规划]

摘要: 通航产业在大都市发展势头迅猛,然而由于空域、产业布局、机场等发展要素限制,通航产业功能有外溢倾向,这对于卫星城发展通航产业、服务大都市通航需求,都存在巨大的发展机遇。卫星城能否健康、可持续的发展,通航产业要对产业功能及其定位进行合理规划。本文从启东案例出发,探讨大都市卫星城通航产业功能定位的研究,指导卫星城通航产业健康、可持续发展。

关键词: 卫星城;通航产业;功能;定位

1 项目背景

启东江海产业园位于启东市东部沿海区域,临近上海、南京、苏州等发达城市,地方经济发展强劲,是《江苏沿海地区发展规划》及《长江三角洲地区区域规划》两大国家战略叠加之地,西至临海高等级公路,东滨黄海,北至蒿枝港、南至塘芦港,区位优势独特。产业园总规划面积39km²,由“一个中心、两大片区”构成。一个中心是现代服务业中心,两大片区分别为北部的新兴产业片区和南部的通用航空产业片区。由启东市人民政府、江苏省沿海开发集团有限公司、上海市城市建设投资开发总公司共同投资开发建设。

作者简介:岳南,男,工程师,2014年毕业于北京航空航天大学工业工程专业,现就职于航空工业规划综合规划研究院。

表1 江海产业园通航基地SWOT分析表

| | |
|------|--|
| 优势-S | S1:长三角地区经济基础优越 S2:江海产业园区位优势明显 S3:区域与行业优厚政策叠加 S5:土地资源丰富,空域情况良好 |
| 劣势-W | W1:产业发展基础条件有待完善 W2:低空空域使用尚需协调 W3:缺少专业人才力量 |
| 机会-O | O1:通用航空产业在我国将迎来迅猛发展 O2:长三角地区一体化发展提供重大发展机遇 O3:产业转型升级的要求迫切 |
| 威胁-T | T1:通航产业发展存在不确定性 T2:周边未来产业发展竞争激烈 T3:潜在市场需求转化为现实市场效益需大力开发 |

2 发展条件分析

我们通过SWOT分析法来确定启东自身的竞争优势、竞争劣势、机会和威胁，见表1。

通过上述分析，我们认为江海产业园在腹地经济环境、园区区位条件、园区开发模式等方面具有明显的比较优势，外部环境中宏观政策与发展趋势均利于通用航空产业的发展，但由于启东

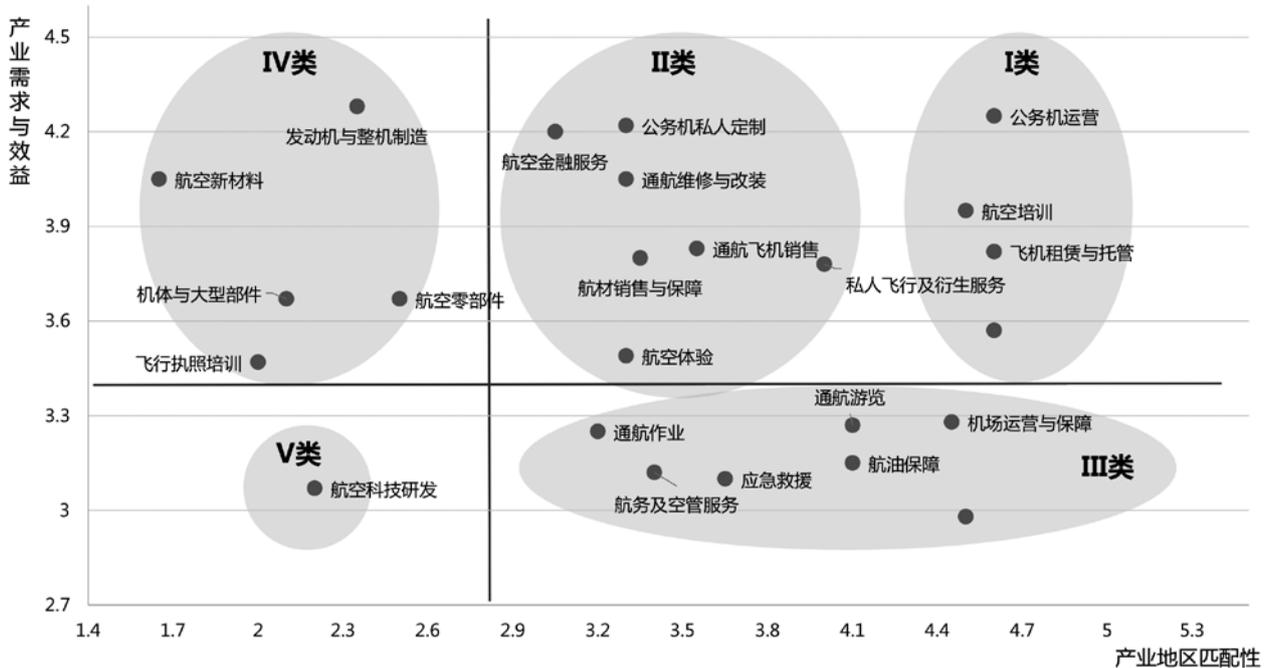


图1 通航产业发展与投资方向性评价结果

表2 通航产业内容及投资方向判断表

| 业务类型 | 产业特点 | 主要产业门类 | 投资方向性判断 |
|------|---------------------------|---|---------------------|
| I类 | 地区匹配性好 比较优势明显，产业需求与效益好 | 公务机运营 航空培训 飞机租赁与托管 机库与地面设备租赁 | 可作为主体发展和龙头发展产业进行引进 |
| II类 | 比较发展优势一般、产业需求与效益好 | 通航飞机销售 通航俱乐部与私人飞行 公务机私人定制与内饰改装 通航维修与改装 航材销售与保障 航空金融服务 航空体验等高端休闲 | 在风险可控范围内，着力发展 |
| III类 | 地区匹配性一般、产业需求与效益一般 | 空中游览 通航作业 应急救援 海事作业 航油、航务及机场地面保障 | 主要是公益类和保障类业务，大力扶植发展 |
| IV类 | 产业基础较差、产业需求与效益较好 | 发动机、整机制造 机体及大部件制造 航空材料 航空零部件及转包生产 | 在确定相关优质项目和资源条件下审慎发展 |
| V类 | 产业基础较差、产业经济效益不明显 | 航空科技研发 | 不建议作为发展内容主体 |

自身产业基础的薄弱、周边产业发展的竞争态势已初步形成，因此在发展过程中应充分利用自身腹地经济、区位、港口等优势，形成错位发展、统筹兼顾、项目引领等发展策略。

3 产业功能选择

3.1 产业选择及产业发展层次

由于通航产业涉及的产业部门众多，因此需要对产业投资的内容进行方向性评价，评价从两个维度展开：维度一：市场需求和经济效益；维度二：产业与江海自身条件的匹配性。通航产业发展与投资方向性评价结果见图1。

根据以上分析，各类产业内容的产业特点，以及投资方向型判断见表2。

3.2 主导产业发展前景评价

通过产业发展方向的选择，确定了江海产业园通航基地以发展现代通航服务业为主的通航产业综合体系。为此，从通航总价值链占比、技术壁垒和资本壁垒比较分析，以及综合经济带动作用三个方面，对通航服务业的发展前景做进一步评价分析。

(1) 通航服务业在通航价值链的占比

通航产业链上的主要价值节点包括前端的研发与工业制造，以及后端的通航运营服务相关产业。根据美国联邦航空局FAA等国际著名航空业

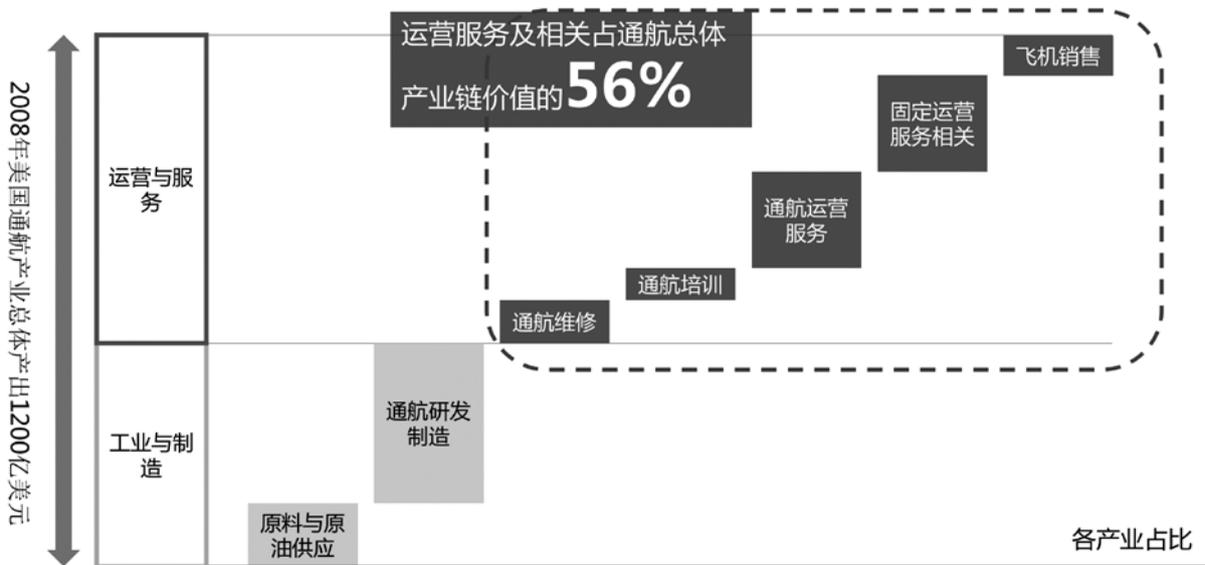


图2 美国通航相关产业在通航价值链中的占比

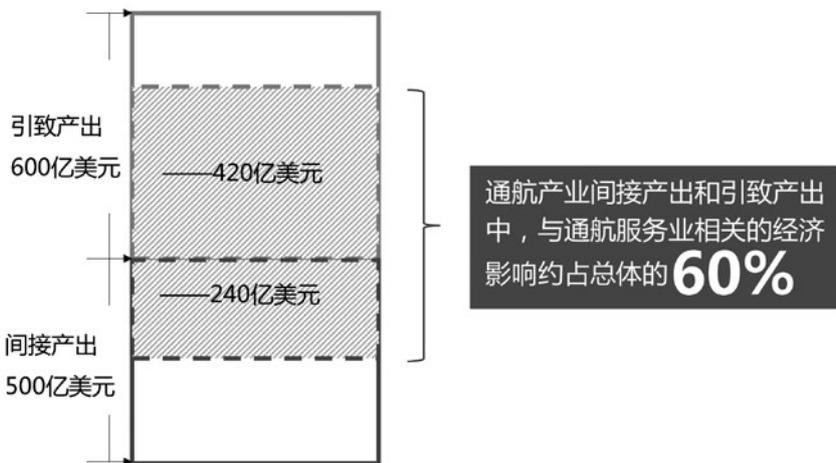


图3 美国通航服务业产生的间接经济影响

咨询机构的综合研究成果，通航运营服务及相关的产业产出，占到了通航价值链总体规模的56%，所以，超过通航产业一半的总体价值是由通航维修、培训、运营、FBO服务、销售、航油服务等业务类型创造提供的。美国通航相关产业在通航价值链中的占比见图2。

(2) 通航服务业经济带动作用评价

根据国际通用航空制造



图4 通航相关产业进入壁垒分析

表3 江海产业园通航基地产业发展要点

| | 立足点 | 产业内容 | 发展要点 | 发展定位 |
|---|-----------|-----------|--------------------------------------|------|
| 1 | 立足沪启一体化 | 通航高端服务业 | 公务机运营与托管 飞行培训 通用飞机销售 通航金融服务 | 重点发展 |
| 2 | 立足高端受众需求 | 通航娱乐服务业 | 通航俱乐部与私人飞行 水陆两栖飞机运营 航空运动装备自制套材 | |
| 3 | 立足沿海与周边需求 | 通航作业与应急救援 | 通航沿海作业及农林作业 应急救援及城市管理 | 大力扶植 |
| 4 | 立足完善通航基础 | 通航综合保障服务 | 通航维修与改装 航油航材 FSS试点 | 保障支撑 |
| 5 | 立足开发整体效益 | 文化商务配套开发 | 航空会展总部及航空文化 延伸配套产业 | |

协会GAMA和美国国际航空协会NASAO发布的通航产业经济影响报告，美国通用航空带动了近500亿美元的间接产出，其中近240亿美元的间接产出是与通航服务业直接相关而产生的，占到总体通航经济影响的60%，产出带动的产业类型包括国民

经济中重要的健康服务、批发零售、保险金融、创意文化、教育出版等。

(3) 通航相关产业进入壁垒比较分析

江海产业园通航基地发展通航产业，将面临着技术、资本、政府和行业规制等行业壁垒。

其中，航空研发与制造产业的技术和资本壁垒最高；通航运营涉及到飞机、机场、人才的使用，需要大量的资本支撑，资本壁垒较高；通航维修等必要的保障服务，其技术壁垒依然明显。涉及到飞机核心部件研发制造，以及私人飞行等产业门类，其政府和行业规制较为严格。

3.3 结论

通过以上分析可以看出，通航服务业不仅在整体通航价值链中贡献了超过50%的直接经济产出，在国民经济的总体带动作用中起到了决定性的作用，通航服务业的进入壁垒总体小于通航研发制造等产业类型。为此，江海产业园通航基地发展通航现代服务业的方向选择较为准确，产业进入壁垒较低，发展市场前景良好。

4 江海产业园通航基地发展定位——华东高端通航现代服务业发展示范基地

江海产业园通航基地主要服务范围覆盖上海及华东地区，发挥区位和基础优势，集聚高附加值产业、高端人才、优势资本、先进开发机制等发展资源要素，以通用航空现代服务业为主要发展方向和特征，成为中国通航产业园高端先进可持续发展的样板和典范，使江海产业园通航基地成为沪启共荣、区域增长的新兴引擎。

5 产业发展内容与重点

为抢抓长三角一体化和江苏沿海开放的历史机遇，积极推进城市经济社会的快速发展，江海产业园应充分发挥区位优势，依托区域已有产业基础，与沿海、沿江的其他产业区形成产业互补、良性互动，从“五个立足”拓展园区产业方向，建设华东高端通航现代服务业发展示范基地。江海产业园通航基地产业发展要见表3。

在“五个立足”产业发展总体框架中，以通航高端服务业以及娱乐服务也为重点发展产业方向，通航作业和应急救援为大力扶植产业方向，通航综合保障服务以及文化商务配套是整个通航基地的运营保障支撑产业。

6 结语

卫星城的产业功能对卫星城的发展是至关重

要的，合理的产业定位是建设和开发卫星城的基本前提。本文针对启东特有的资源条件，综合通用航空产业，对江海通航产业园区进行了初步探索，项目主要借助通航基地资源平台，发挥区域要素资源优势，汇聚通航相关产业资源，对卫星城的通航产业功能及其定位提供借鉴。

变加速度微重力落管实验方案 工艺设计

■ 徐雨生 端木兵雷 张明哲 [工艺]

摘要: 随着世界各国航天事业的不断发展,进行太空探索变得越来越频繁,对航天器材料在微重力环境中的燃烧特性要求也随之提升。由于太空作业的特殊性,研究和开发一种在地面环境对微重力环境下的材料燃烧特征进行模拟的实验装置具有十分重要的研究和应用的价值。基于此,本文设计了一套变加速度微重力落管实验方案,该方案区别于传统微重力实验设施,除了自由落体运动外,还可以模拟材料在不同加速度下的实验燃烧状态,从而为航天材料的研发设计提供更丰富的数据支撑。除此之外,考虑到该套方案的科研教学用途,引入以先进型不间断电源(AUPS)作为供电方案的直线电机驱动系统,并通过优化实验设计、操作、检修工艺流程,实现微重力实验模拟的高重复性需求。

关键词: 微重力;直线电机;AUPS;高重复性

0 引言

发展载人航天,建立空间站,开发利用外层空间,探索深层空间等计划是我国21世纪初期科学发展的重要战略目标之一。其中,材料防火设计是载人航天器设计和运行中必须妥善解决的重要问题。为有效预防载人航天器舱内火灾的发生,首先要掌握航天器材料在微重力环境中的防火特性,并以此为基础建立材料选用和使用规范。处于微重力状态下的材料燃烧过程由于自然对流现象的消失,燃烧特性明显不同于地面重力实验状态。因此为完善火灾检测和控制流程,必须在微重力环境中开展材料着火、火焰传播以及熄灭特性的研究。所以,开展微重力环境模拟实验是对燃烧类设备的工作性能分析和评估的有效手段。

微重力模拟实验有多种途径,常用的有落塔(井)、做抛物线飞行的飞机、探空火箭、空间实验室、航天飞机以及空间站等设施,由于这些

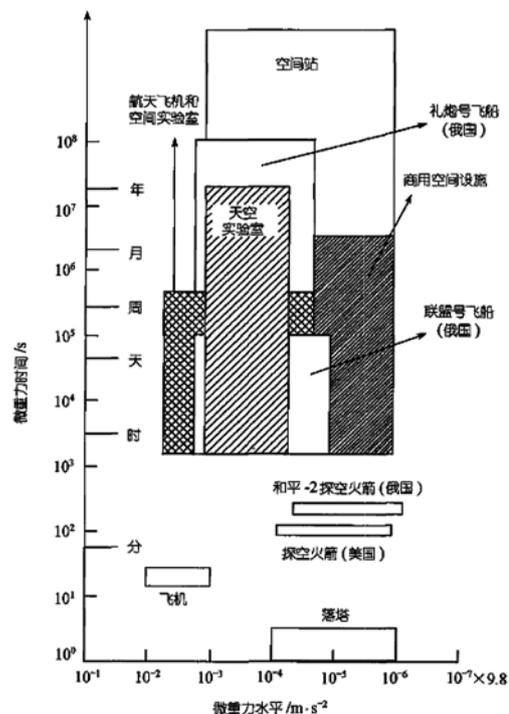


图1 微重力实验设施特征时间和微重力水平对比

设施的特点和应用范围不同,微重力特征时间和微重力水平也不尽相同,对比关系见图1。

作者简介:徐雨生,男,助理工程师,2015年毕业于北京航空航天大学航空宇航推进理论与工程专业,现就职于中航工程集成设备有限公司。

本文基于国内外现有微重力模拟技术,结合某高校燃烧能源中心的微重力模拟实验需求,着重从工艺需求、技术创新、设备方案及布局等方面因素研究变加速度微重力模拟(落管)实验的工艺设计方案。

1 实验工艺需求分析

1.1 实验基本要求

本项目建设单位是某高校燃烧能源中心,建设地点位于某现有实验楼内。通过对实验楼内的一处通风管道的改造,来完成高精度微重力落塔实验的模拟过程,实验楼现状见图2。实验相关参数及任务要求如下:

- (1) 现有通风管道尺寸约为1m(长)×1m(宽)×50m(高)
- (2) 要求自由落体微重力水平达到 $10e-3g$
- (3) 为丰富燃烧实验状态,除自由落体外,增加最大加速度5g的加速实验任务
- (4) 为确保测量仪器安全,制动过程最大过载加速度控制在50g以内
- (5) 实验系统可搭载实验件重量约300kg
- (6) 要求实验系统具备高重复性,满足每天多次实验任务需求

1.2 实验方案难点分析

根据上述实验特点和任务要求,对相关的难点分析如下:

- (1) 空间狭小,紧凑布局

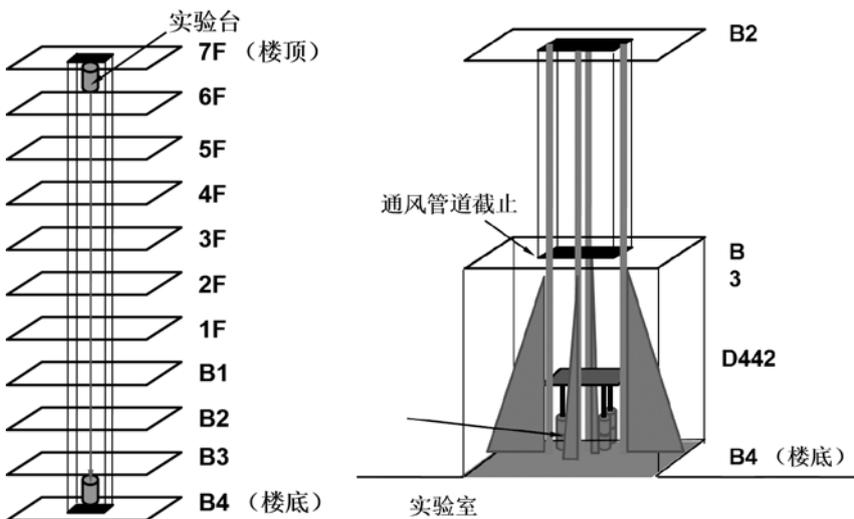


图2 实验楼现状示意图

截至目前,国内外的微重力模拟实验大都根据实验需求设计实验场所,因此现有的微重力落塔实验空间可充分考虑实验的安装检修需求等。

本方案恰好相反,需要根据实验需求和空间限制条件来设计实验方案。显而易见,实验系统及相关配套设备均要安装在通风管道内,除了实验过程,整个实验系统的施工、安装、调试、检修等过程也要在此狭小空间内完成,这对施工工艺流程、实验工艺流程和工艺方案均提出了较高的要求。

(2) 增设变加速度实验任务

国内外的微重力设施的研究对象均是完全失重状态下的实验状态。在本方案中,为观察不同加速度下的材料燃烧性能,微重力模拟设施要完成最大加速度5g的加速实验,这就要求实验系统中需要新增一套精准控制的动力装置,进一步给管道内的工艺设备布局提出了更高的要求。

(3) 制动过程高可靠性

整个实验系统在实验过程中,下落速度最高超过28m/s,系统动能很大,考虑到安装空间和人员安全,要求制动系统具备较高的制动性、可靠性和检修便利性。

(4) 实验的高重复性

目前国内外的微重力模拟实验为达到较高的微重力水平和微重力时长,实验设备系统庞大、操作工艺流程复杂,在增加实验模拟精度的同时也大大增加了实验周期。但是本实验方案主要用于科研教学用途,在实验可重复性方面要求较

高,也就是除了操作便利外,两次实验之间的时间间隔也要尽可能短,才能满足每天多次的实验需求。这就需要对现有模拟实验技术进行进一步创新。

(5) 其他问题

由于实验空间小,运动阻力大,为准确控制实验姿态,轨道系统必不可少,且安装精度要求很高。但是现有厂房管道的混凝土结构存在沉降、振动等客观因素,因此整个实验系统不能借助混凝土结构安装固定,需要设计一套自承力方案;由于通风管道的半封闭特征,设计过程中需要考虑实验系统的安装、运行和

检修便利性等。

由于以上问题，在通风管道这种狭小空间内要实现变加速度微重力模拟实验任务，这就要求从工艺布局、设备选型、施工检修便利和经济性等多角度出发，全面分析变加速度微重力落管实验方案的可行性。

2 国内外研究现状

在众多微重力模拟设施中，落塔/井实验虽然微重力时间短，但具有微重力水平高、费用低、可使用高精度测量仪器、人为干预性高等显著优点，使得落塔/井成为进行微重力科学实验最主要的设施。

早在20世纪60年代，随着美国载人航天计划的实施，NASA在Glenn研究中心建立一座名为“零重力研究设施”的大型落井设施，该设施深入地下155m，能提供5.18s的微重力时间，微重力水平达 $10e-5 \sim 10e-6g$ ，最大过载65g；同时建造的还有一座30m高的简易落塔，能提供2.2s的微重力时间，微重力水平达 $10e-4g$ 。

随着世界范围内空间计划和微重力科学的快速发展，日本于90年代初建了世界上最大的落井设施（JAMIC），该落井深入地下710m，能提供10s的微重力时间，微重力水平达 $10e-4g$ ，减速过载小于10g；同一时间，德国在Bremen也建立了一座落塔，塔高146m，能提供4.7s的微重力时间，微重力水平达 $10e-5 \sim 10e-6g$ ，峰值过载50g。

我国在863计划的支持和安排下于2003年建成



图3 国家实验室百米落塔图

了国家微重力实验室——百米落塔，塔高116m，可提供3.5s的微重力时长，微重力水平达 $10e-5g$ ，平均减速过载控制在10g左右，该落塔采用了多项先进技术，同时经费投资也远低于国外同水平落塔。百米落塔舱体结构及外形见图3。

目前，国内外微重力落塔设施的重点是微重力水平和微重力时长，在变加速度实验和高重复性方面没有很高的要求，本文则主要从这两方面出发，考虑实际教学科研需求，研究变加速度下的微重力模拟实验设计方案。

3 微重力实验方案概述

本次建设的落塔实验一方面要实现较高精度的微重力模拟水平，另一方面要实现自由落体和变加速度两种工作状态下的实验需求，同时还要保证实验的高重复性，以满足教学及科研类实验的需求。

国内外先进落塔/井实验系统诸如德国BREMEN塔、日本JAMIC塔和国家实验室百米落塔等多采用双层套舱抽真空的方案来提高微重力水平。但是抽真空系统在实验前要进行一系列密封、抽真空流程，实验后还要充入干空气，流程复杂耗时长，难以满足教学类实验的高重复性等需求。

在本方案中，基于现有风管的空间尺寸，综合考虑高重复性和两种工作状态的切换需求，为最大限度达到较高微重力实验水平，拟采用直线电机驱动+实验套舱的方案来完成微重力模拟实验。

3.1 总体布置方案

微重力落塔实验的总体布置方案见图4，实验系统主要由以下几部分组成：实验系统、防坠制动系统和相关配套系统等。

该方案主要原理是利用直线电机的加速和控制能力，驱动实验系统完成自由落体和变加速度实验。

在自由落体阶段，电机驱动系统和实验外舱保持一定间隙跟随实验舱下落（通过位移感应器反馈控制），由于实验舱系统为封闭结构，实验舱受到的空气阻力较小，可满足微重力水平需求，实验完成后，直线电机带动外舱逐渐减速，完成减速回收过程；

变加速度实验阶段，将实验舱与实验外舱绑

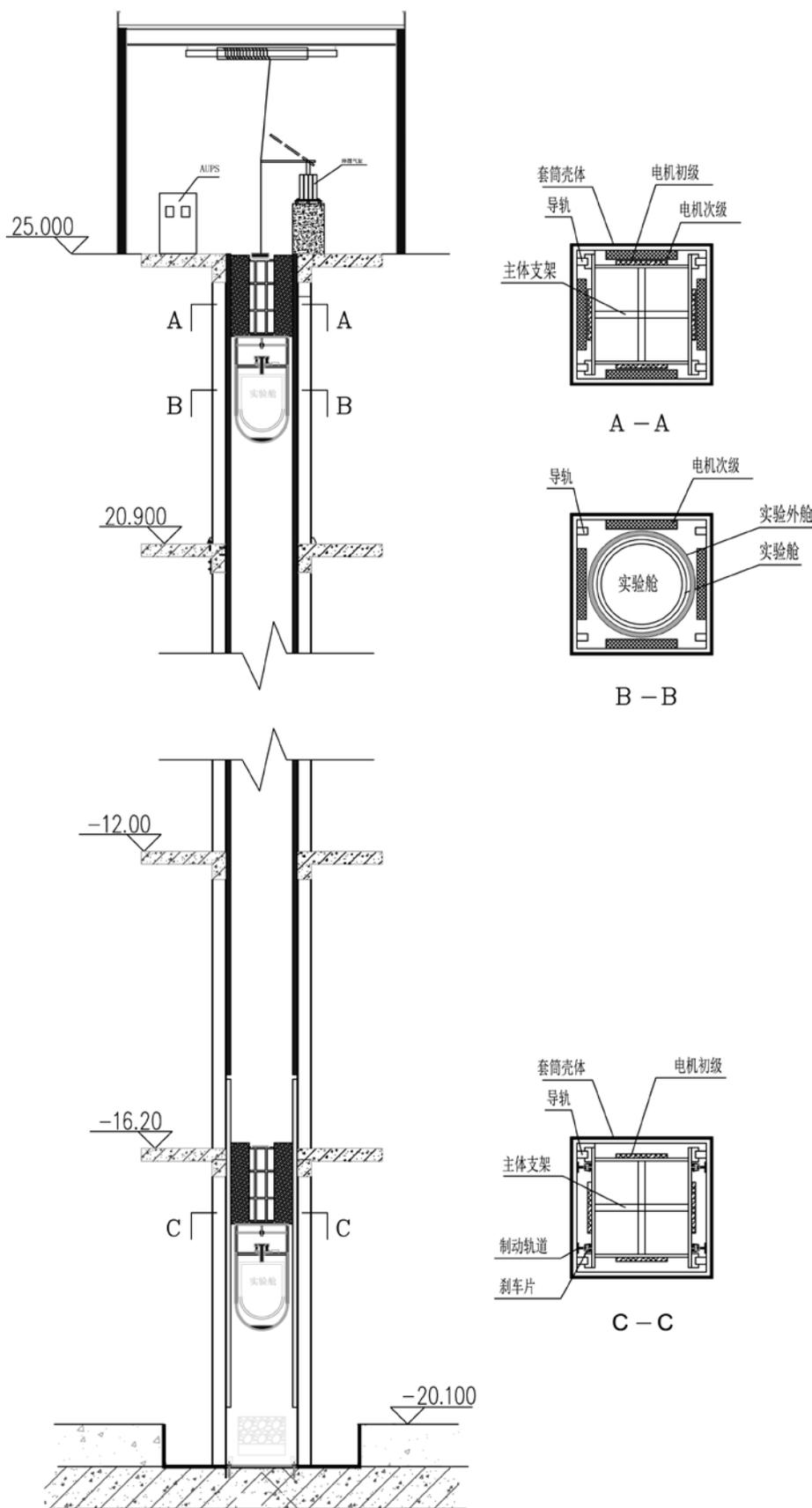


图4 总体方案示意图

定,通过电机驱动系统带动整个实验系统进行变加速度实验。为降低直线电机负载的同时有效地控制了实验舱的运动惯性,采用循环加减速方案,实验舱最大运动速度控制在 $20/s$ 以内,在减速阶段可直接通过直线电机进行制动。

以下分别介绍各系统组成及功能。

3.2 工艺系统组成

3.2.1 实验系统

实验系统由电机驱动系统和套舱结构组成,主要功能是在现有通风管道内实现自由落体实验和变加速度实验的实验控制及模拟过程。

3.2.1.1 电机驱动系统

电机驱动系统主要由直线电机及其配电系统组成,主要功能是在下落过程中给实验系统提供相应的驱动力和制动力。

直线电机可以看做由旋转电机沿径向剖开展平而成,两者结构形式见图5。与旋转电机的工作原理相同,直线电机初、次级能够产生相对运动也是由于气隙磁场的作用,不同的是旋转电机产生的是旋转磁场,而直线电机中为行波磁场,输入电能通过行波磁场转化为电磁推力,从而驱动直线电机的初级和次级产生相对运动。

制动过程采用电机反极制动的方案,采用铝复合次级的直线电机的速度推力特性见图6。

本方案中,直线电机包括初级、次级、导轨、传感器和、电机驱动及控制系统(含电网反馈系统)。按照

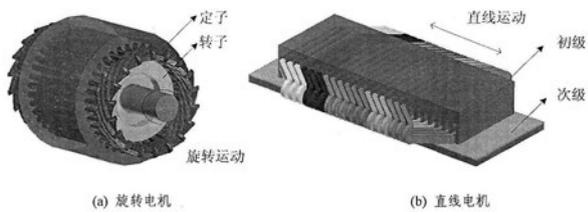


图5 旋转电机与直线电机结构示意图

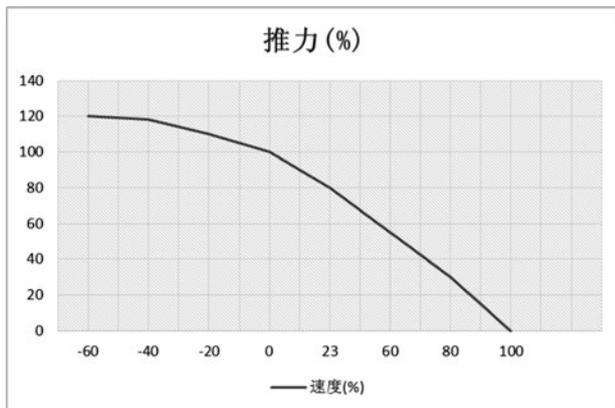


图6 铝复合次级直线电机速度/推力曲线

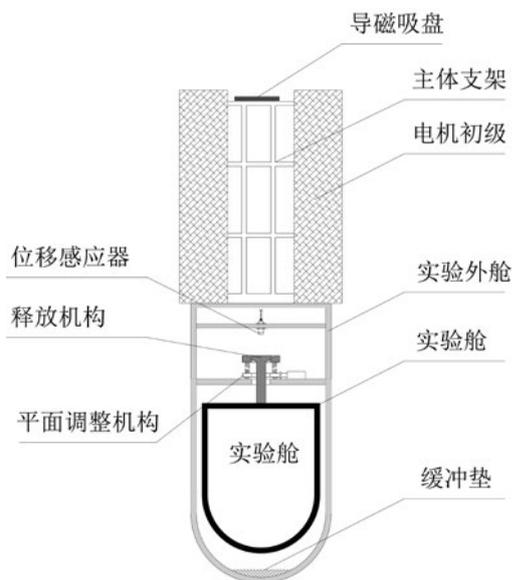


图7 套舱结构示意图

实验系统800kg、最大5g加速度、最大速度20m/s的实验需求，经核算，需要电机运动体（电机初级）718kg，电机最大输出力为81kN，最大输出功率为1.6MW。

3.2.1.2 套舱结构

套舱结构见图7，主要包括实验舱、实验外舱、释放系统和缓冲垫等。

实验舱主要用于安装固定实验件和必要的监控、测量设备。

实验外舱与电机初级通过支架固定，实验过程中，通过滑套导轨系统保证电机初次级间隙，从而保证下落过程中直线电机驱动力的平稳传递。

释放系统包括释放机构、平面调整机构和位移传感器。在自由落体过程中，通过控制内外舱的轴向距离保证内舱的独立性，从而保证较高微重力水平。

缓冲垫则是起到一定的缓冲作用，防止制动瞬间内外舱的刚性碰撞。

3.2.2 防坠制动系统

本方案主要通过直线电机的反向制动力对实验系统进行减速，为确保人员及设备安全，另外增设安全防坠制动系统。防坠制动系统由机械制动和防护平台两部分组成。

3.2.2.1 机械制动

减速段内采用刹车片制动方案，刹车段长度5m，增设四组由气缸驱动的刹车片，制动结构见图8。

当实验系统以一定速度进入坠落制动段时，直线电机此时不再工作，附在主体支架上的摩擦块与安装在套管内的刹车片组成摩擦副，在下落过程中，通过气缸推动摩擦块来增加两者间的摩擦力，直到完全制动；制动完成后，再通过气缸释放摩擦块，使实验系统与刹车片分离，再用卷

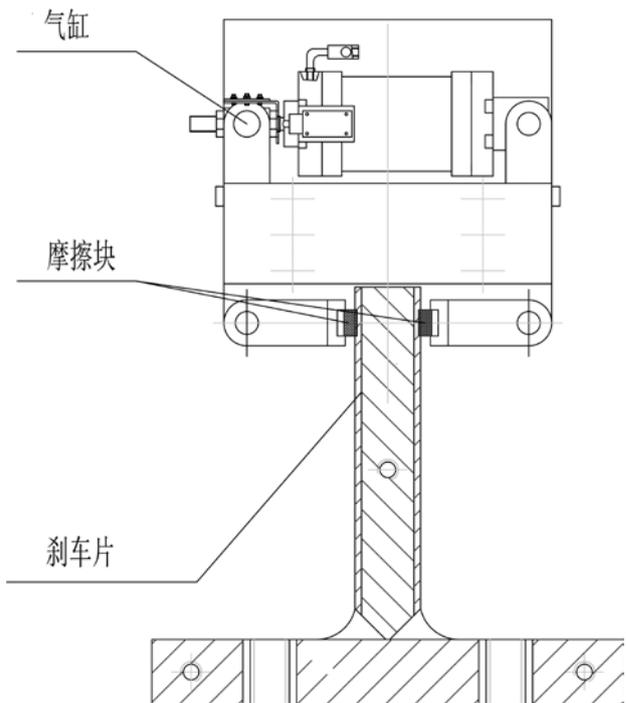


图8 机械制动原理图

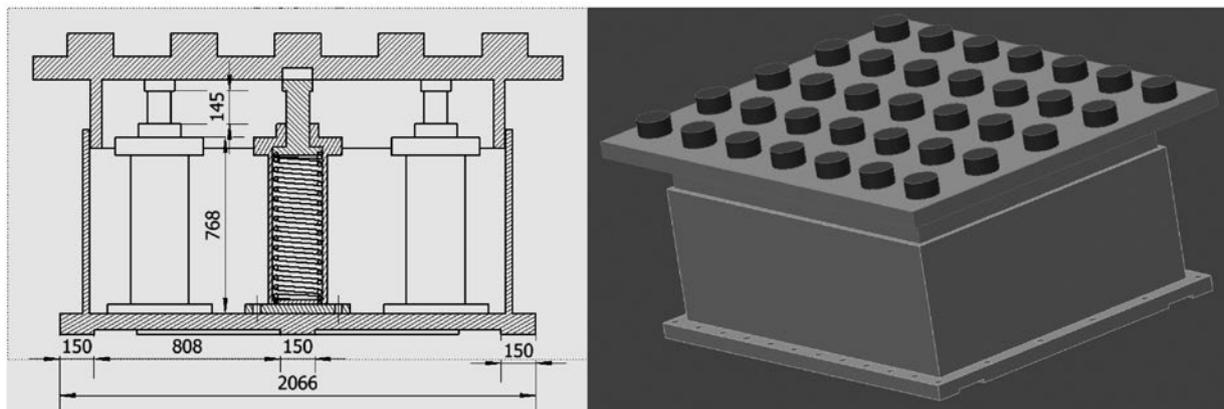


图9 缓冲试验台结构图

扬机把实验系统提升至屋面房间内。

3.2.2.2 防护平台

该防护平台作为最后一道防护保障，对低速下的实验舱系统进行最终的制动保护。

本文综合聚氨酯缓冲器和弹簧的优点，将两者相结合，平台上面使用聚氨酯缓冲器，减少滑车对试验台台面的直接冲击，平台内部选用呈对角线分布的5个弹簧缓冲器作为主要缓冲装置，以减少低速缓冲冲击。防护平台的具体结构见图9。

3.2.3 配套系统

实验配套系统主要为实验提供安装、运行和检修空间，主要分为设备配套和土建配套。

3.2.3.1 设备配套

本方案对套管及固定在上方的轨道的准直度要求较高，为了避免房屋基础沉降和刚度不足等问题，同时考虑最大限度地利用现有空间，拆除现有通风管道，新增矩形钢板套管作为实验通道和承力结构。矩形套管尺寸为 $1 \times 1 \times 50\text{m}$ ，壁厚 $10 \sim 15\text{mm}$ ，其中每隔一层设置法兰（高 100mm ）一处。

通过顶层板顶、底层基础和各层圈梁、立柱来承受竖向载荷，其中套管沿轴向分布多个法兰用于径向固定，环筋固定在每层的圈梁或立柱上，防止运动过程中的失稳。另外套管外沿轴向分布若干垂直肋板，增加套管刚性，防止共振变形等现象。

3.2.3.2 土建配套

在土建方面，要求在屋面检修房间内设置起重量不低于 3T 的吊车，采用吊钩+电磁吸盘的双吊点方式。为满足实验系统功能需求设置配电柜、变频器、安装检修平台等；为满足人员工作需求，需要单独设计空调、暖气、生活用水等基本生活设施。

3.3 关键技术难点及分析

3.3.1 释放过程的稳定性

悬吊、释放性能的好坏决定了试验落舱的微重力水平，是微重力落塔试验能否成功的关键技术。

释放过程需要解决的问题有：

(1) 释放过程释放机构对实验舱的“力”的初始干扰问题；

(2) 释放机构对实验舱初始姿态的影响问题。落舱释放时的弹性变形效应。落舱在悬吊状态时，由于重力的作用使落舱产生弹性变形，当释放时重力作用消失，结构储存的变形能量释放并转化为动能产生振动，对落舱下落造成干扰。

NASA采用的悬吊螺栓结构和高强度挂线机构，这种方案需要对外舱开孔，不利于本方案微重力水平的控制；国外还采用一种“琴弦”悬吊、释放方式，即用钢丝悬吊试验落舱，释放时快速将钢丝切断使落舱下落。这种方式虽然简单可靠，但安装操作不方便，且在切断钢丝时产生

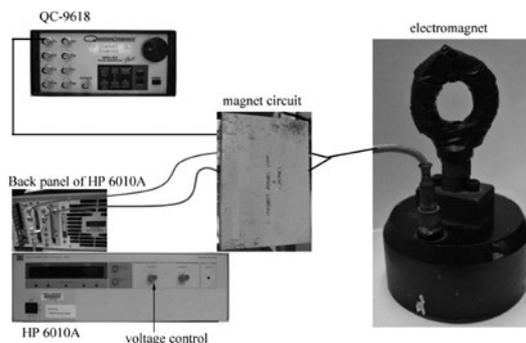


Fig. 2.25. Illustration of the connections between the devices involved with activation and deactivation of the electromagnet for package release.

图10 电磁吸盘系统组成

的冲击力会干扰落舱的微重力水平，同时落舱的释放过程不可调节。

结合上述问题，本方案拟采用电磁吸附-释放装置，系统布局见图10，吸附-释放装置的主体结构为电磁吸盘。电磁吸盘的工作原理是内部线圈通电时产生磁力，经过导磁面板，将接触在面板表面的航标紧紧吸住。线圈断电时，磁力消失实现退磁。该方案释放过程内外舱同步性高、可靠性好，并且只需要在充磁和消磁过程的1~2秒内使用电能，工作中无需使用任何能源。

3.3.2 电机驱动系统的配电问题

从上文的计算分析得知，直线电机工作状态下最大输出功率达1.6MW，实验楼现有的供电条件远达不到使用需求。常用的解决方案是新增变电站，但是校园一般采用市政供电，无法提供足够大的容量来满足实验的需求，而且相关高压变电设备及线路铺设在现有条件下也难以实现。

根据微重力模拟实验时间短（微重力时间不

超过5s）、功率大的特点，本方案决定采用先进型不间断电源（AUPS）进行作为储能装置为直线电机进行供电，AUPS的供电原理见图11，实验流程为：实验开始前，晶闸管导通，实验系统使用市电；微重力实验开始时，启动设备，晶闸管关断，逆变器释放储能元件的能量，为直线电机提供短时的能量；实验结束后，晶闸管导通，实验系统恢复市电运行。此时AUPS开始通过整流回路为储能元件充电，为下次实验做准备。当储能元件充电完成后，AUPS进入睡眠状态。

本方案中采用超级电容作为AUPS的储能部件，为满足实验过程1.6MW、5~6s的直线电机工作需求，按照AUPS功耗50KW，一次放电时间10s设计，每次给AUPS充电约10min即可满足一次实验需求。因此，AUPS在解决短时大容量供电问题的同时，也保证了实验高重复性需求。

AUPS的设备主体见图12，由功率柜、储能柜和控制柜组成。设备主要特点有：输出电压稳

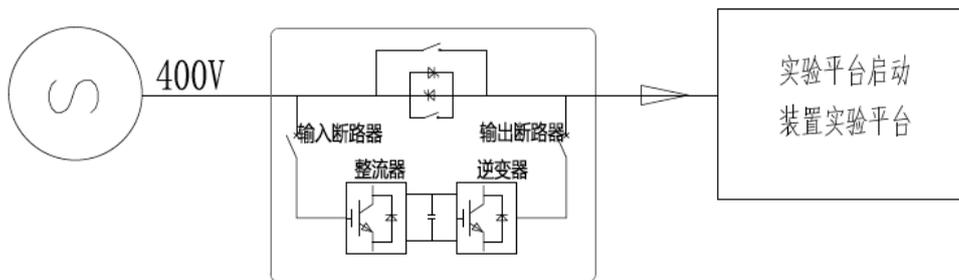


图11 先进型不间断电源工作原理

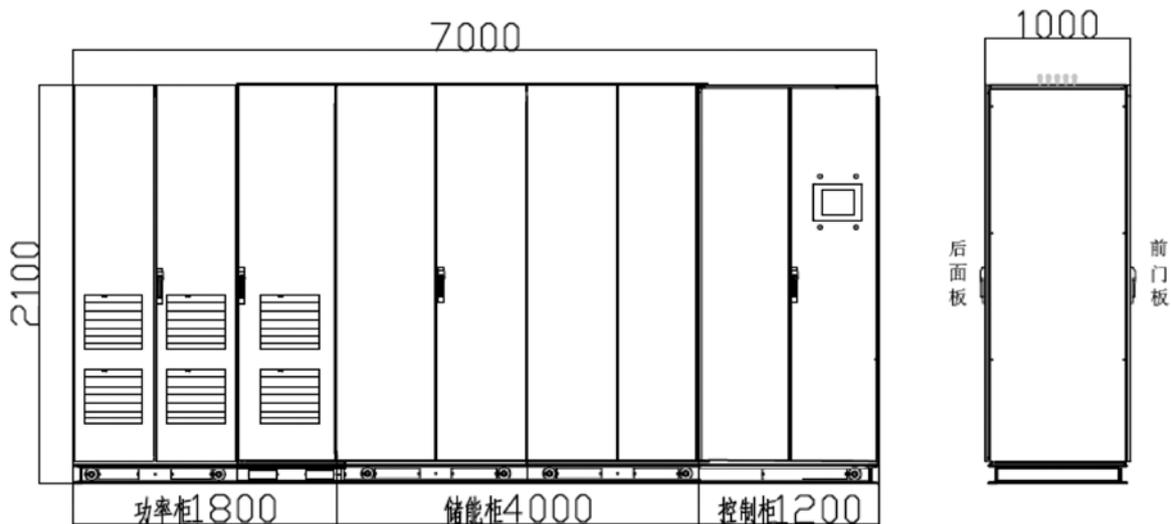


图12 AUPS的设备主体示意图

定、无波动闪变现象；自身能耗低、无需强制散热；储能器自耗低、运行成本低；设备免维护、寿命长等。可以看出，AUPS是解决短时大容量供电问题的一种经济有效方案，尤其是短时超大容量终端实验设备，可有效解决本方案直线电机的供电问题。

4 结论

本文主要研究变加速度下的微重力模拟实验方案，相比较国内外同类实验方案，本方案有以下优越性：

(1) 高重复性，提升实验效率

国内外为了提升微重力水平，多采用套舱抽真空方案，在每次实验前要进行一系列密封、抽真空流程，实验后还要充入干空气，流程复杂耗时长。在减速回收阶段，美国NASA LeEC零重力研究中心和德国BREMEN落塔均利用实验舱表面与膨化聚乙烯小球的摩擦来减速制动；还有种采用气袋回收装置，实验舱落在充气的气袋上，气袋受到冲击后放气减压使实验舱减速。这两种减速方案在实验前后均需要大量时间对减速装置进行归位，影响了实验效率。

本设施从释放到制动过程采用电磁控制，并采用先进型不间断电源作为直线电机的短时供电方案，提升了微重力实验设施的循环工作效率，可以满足教学类实验的高重复性需求。

(2) 多状态模拟，丰富实验内容

本方案借助直线电机对实验运行和制动过程的控制技术，首次引入了变加速度模拟实验功能，相较于国内外现有微重力模拟设施，增加了不同加速度下对燃烧实验状态的研究分析能力。

(3) 多级制动，增加可靠性

本方案中，为了保证实验系统和人员安全，对实验系统采用多级减速制动方案。首先是直线电机反向制动，相比较传统的制动方案，减速过载加速度可控且平稳，避免了瞬时过大减速过载；其次，防止直线电机制动过程控制不及时，增加机械制动方案，通过刹车片制动方案进行制动；最后，如果机械制动后实验系统仍未完全制动，则通过聚氨酯弹簧缓冲器作为缓冲平台，保证实验舱体不受冲击的情况下平稳制动。可以看出，本方案同时采用了电磁、机械、材料阻尼三种方式进行减速制动，相较于国内外现有减速制

动技术，制动方式丰富、可靠，最大程度上保证了制动的可靠性。

从综合性能上来看，本套微重力模拟实验技术水平先进、创新度高，首次引入了变加速度模拟功能，并解决了微重力实验高重复性使用需求，从一定程度上代表了地面微重力模拟技术发展的方向，为航天器材料在微重力环境中的燃烧特性研究提供了理论参考。

参考文献

- [1] Thorben K nemann, Ulrich Kaczmarczik, Andreas Alois Gierse, etc. Concept for a Next-Generation Drop Tower System. Advances in Space Research January 2015.
- [2] MG Wei, L Q Tian, Z H Chi, S X Wan, W R Hu. Recent Progress in NMLC Drop Tower[C]. Proceedings of 2nd China-Germany Workshop on Microgravity Science. China: Dun huang, .2002.
- [3] 杨平,六自由度微重力模拟实验平台的研究[D].南京航空航天大学,2014.
- [4] 张孝谦,袁龙根,吴文东,田兰桥,姚康庄.国家微重力实验室百米落塔实验设施的几项关键技术[J].中国科学E辑:工程科学材料科学,2005.
- [5] 刘春辉.微重力落塔实验设备[J].强度与环境,1993.
- [6] 韦明显,万士昕,姚康庄,解京昌.国家微重力实验室落塔及微重力实验研究[J].载人航天,2007
- [7] 王思明.基于PLC的微重力落塔落舱电磁控制系统[J].自动化与仪器仪表,2005.
- [8] 夏成明,董威等.微重力落塔电磁悬吊、释放技术研究[J].真空与低温,2002.
- [9] 王利.现代直线电机关键控制技术及其应用研究[D].浙江大学.2012
- [10] 肖勇.电容储能AUPS与传统电池储能UPS性能对比研究[J].中国高新技术企业,2016.

细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂 车间工艺设计特点分析

■ 李红 杨勇 张瑞超 [工艺]

摘要: 细胞毒性抗肿瘤药物指在生物学方面具有危害性影响的药物, 冻干制剂是指用冷冻干燥法制得的注射用无菌粉末。本文首先介绍了无菌冻干制剂和细胞毒性抗肿瘤药物的特点, 然后梳理了该产品生产工艺流程, 对上述指标对比分析, 在此基础上依据产品特性, 进行细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂车间工艺设计特点分析。分析结果表明, 该类制剂在无菌生产工艺、生物安全防护、环境控制的无菌保证水平要求很高, 应最大限度降低产品污染风险。

关键词: 细胞毒性抗肿瘤药物; 无菌冻干制剂; 工艺设计特点

0 引言

冻干制剂是指用冷冻干燥法制得的注射用无菌粉末。冷冻干燥(简称冻干)是指将被干燥含水物料冷冻到其共晶点温度以下, 凝结为固体后, 在适当的真空度下逐渐升温, 利用水的升华性能使冰直接升华为水蒸气, 再利用真空系统中的冷凝器将水蒸气冷凝, 使物料低温脱水而达到干燥目的的一种技术。冻干制剂的优点是: 1) 避免药品因高热而分解变质, 如产品中的蛋白质不致变性; 2) 所得产品质地疏松, 加水后迅速溶解恢复原要药性; 3) 含水量低, 一般在1~3%范围内, 同时干燥在真空中进行, 顾不易氧化, 有利于产品长期贮存; 4) 产品中的微粉物质比用其他方法生产少, 污染机会相对减少; 5) 产品剂量准确, 外观优良。所以, 凡是在常温下不稳定的药物, 如干扰素、辅酶A及血液制品等, 均需制成冻干制剂。

细胞毒性抗肿瘤药物一般在生物学方面具有危害性影响, 可通过皮肤接触或吸入等方式造成包括生殖系统、泌尿、肝肾系统的毒害, 还有致畸或损害生育功能。由于其在人体内作用强度大, 刺激性强, 在发挥治疗作用的同时, 也同时影响了正常细胞的生长繁殖。

1 无菌冻干制剂生产工艺流程

无菌冻干制剂生产工艺流程如下: 原辅料分别经过浓配、过滤、稀配、除菌过滤等工序, 等待分装。检验合格的包装材料(西林瓶)经灭菌瓶、洗瓶、烘瓶(灭菌)传至灌装间, 灌装操作在A级层流保护下进行。灌装完成后先进行半加塞, 再冷冻干燥, 产品在A级层流下进出冻干机, 以保证产品质量, 冻干后进行全压塞, 再进行轧盖, 轧盖工序完成后, 进行灯检、包装工序。对于细胞毒性抗肿瘤药物, 考虑在轧盖后增加瓶壁清洗工序。

1.1 配制工序

配制过程通常分为浓配、过滤、稀配, 这是我国目前普遍采取的配液方式。浓配工序主要是加活性炭进行脱色和除热原; 稀配工序主要负责控制药物含量、除微粒等。药液配好后, 进行半成品测定, 检测pH值、含量、色泽等, 符合规定后, 方可进行滤过灌装。配制系统多采取封闭式液体配制循环机组, 机组主要由配液罐、输送泵、过滤器及各种管道、阀门等组成, 可进行连续配制过滤。

1.2 灌装工序

灌装是将滤过经检查合格的药液, 定量灌装到容器中, 并进行半压塞, 然后在A级保护下转运

作者简介: 李红, 女, 高级工程师, 2008年毕业于圣彼得堡化学药物大学药学专业, 现就职于航空工业规划医药工程设计研究院。

至冻干机内的过程。对于无菌冻干制剂，由于无法对半成品进行灭菌处理，该类灌装操作必须在B级区背景下的A级区内进行，并且考虑到无菌生产工艺的特殊性，物料转移一般均需要防污染措施（如，A级保护）。灌装工序是制剂生产的重要环节，要严格控制生产区的洁净度，防止细菌粉尘的污染，通常采用可在位清洗和消毒的灌装机完

冻，将冷凝器降温，抽真空；待真空度达到一定数值后（通常应达到0.1mbar以上的真空度），即可对冻干箱内制品进行加热；待制品内水分基本干完后进行第二步加温，这时可迅速使制品上升到规定的最高温度，进行解析干燥（二次干燥）；根据要求进行真空压塞或充氮压塞。压塞完毕后放气，直至达到大气压后出箱。

冻干工艺对环境的要求：1) B级背景下的A级：产品的灌装、半加塞，冻干过程中制品处于未完全密封状态下的转运，直接接触药品的包装材料、器具灭菌后的装配、存放以及处于未完全密封状态下的转运。2) B级：冻干过程中制品处于未完全密封状态下的产品置于完全密封容器内的转运。直接接触药品的包装材料、器具灭菌后处于密封容器内的转运和存放。

1.4 轧盖工序

轧盖的目的是轧紧瓶颈处已压的胶塞，从而保证产品在长时间内的完整性和无菌性。2010版GMP无菌药品附录第十三条中增加了对于非最终灭菌产品轧盖的局部环境要求。轧盖操作可以使用“无菌轧盖”工艺——在B级背景下的A级中进行，也可以使用“洁净轧盖”工艺——C级或D级背景下的A级送风环境中进行。压塞的完整性控制的程度越高，对轧盖环境的依赖程度就越低。

1.5 瓶壁清洗工序

与其他无菌冻干制剂相比，瓶壁清洗是考虑到细胞毒性抗肿瘤药物的特殊性增加的工序，主要是为了将可能附粘在西林瓶外壁的生物活性物质清洗干净，避免对操作环境和操作人员的不良影响。将轧盖后的西林瓶先用纯化水淋洗，再用压缩空气吹干，控制将生物活性物带到外包装区域。

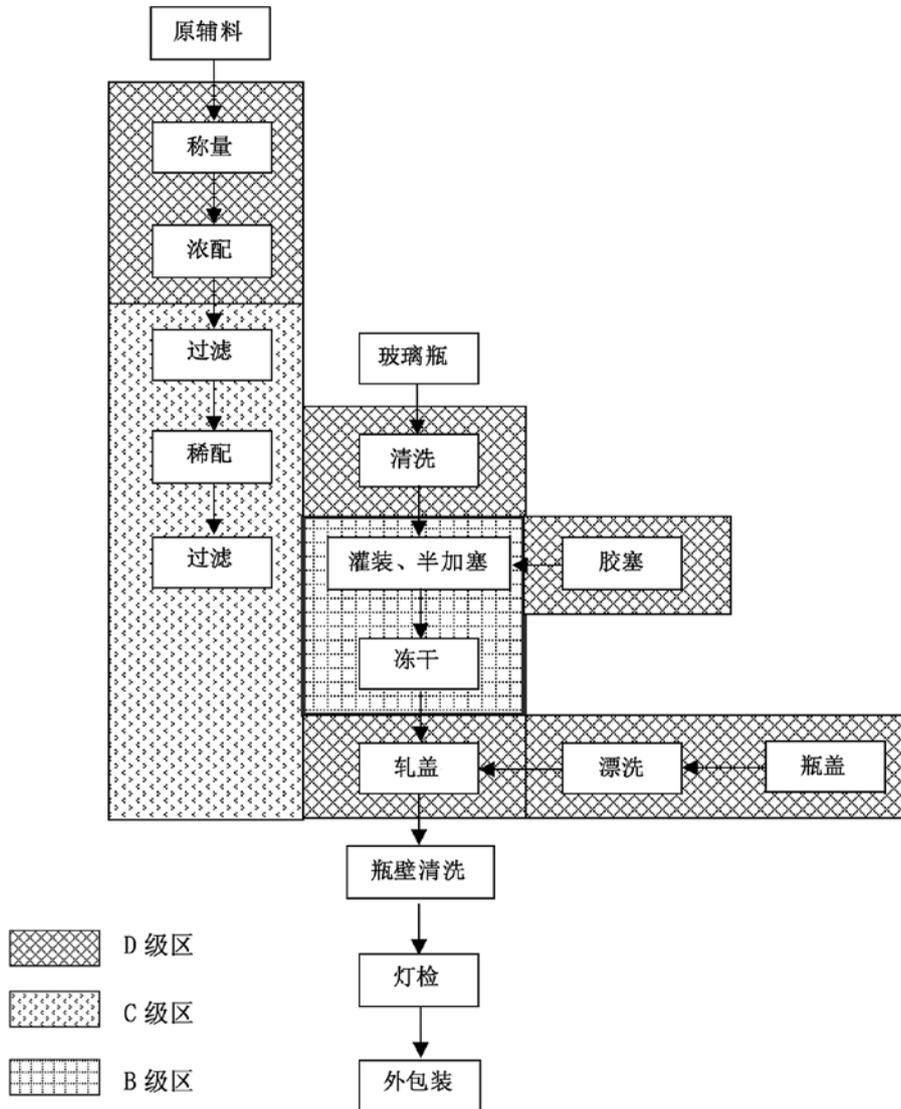


图1 细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂生产工艺流程图

成整个灌装过程。细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂生产工艺流程图见图1。

对于冻干制剂，需经瓶清洗、灌装、半压塞完成整个灌装过程，主要涉及的设备有胶塞清洗机、洗瓶机、灌装机等。

1.3 冻干工序

将制品放入冻干机内，依次进行制品的预

1.6 灯检、包装工序

轧盖后的半成品进入灯检工序,对冻干产品的轧盖质量,瓶有无裂纹,装量均匀、萎缩、异物,是否结焦等进行检查。对于不合格产品,标明品名、规格、批号等放在指定区域,检查合格的产品进入外包工序,分别进行封膜、装箱、印字、检验合格后入库保存。

2 细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂车间工艺设计特点

根据这类产品特性,细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂车间的工艺布置需要考虑无菌工艺与生物安全两方面的因素,一般要求有单独的车间生产,避免交叉污染;单独的排风系统;既避免生产线上的交叉污染、还要避免其排出的风,不要污染别的生产线等,根据我院的设计经验,总结出以下几点工艺设计特点,共同交流:

2.1 B级区人流采用回更、退更更衣模式

传统工艺布置时,人员进出洁净区通过同一个更衣净化通道,生产人员进入洁净区并工作一段时间,会有某些生产物料和活性微生物吸附在洁净服表面,同时,人体也会产生一些脱落物;在人员通过同一个更衣净化通道退出洁净区时,如果与进入洁净区的人员相遇,退出人员脱衣时可能产生,影响进入人员衣物的洁净度。

为避免交叉污染,建议以后在进行工艺布置时应采用回更或退更的更衣模式;半成品配制和分装冻干等B+A级高风险有毒区域布置退更,人员进入时与退出时的更衣净化通道完全分开,人员进入时通过缓冲、套洁净服进入,退出时通过缓冲、退更(脱套服)退出。回更、退更更衣模式能够最大限度地减小更衣程序所造成的交叉污染,同时保证非活性区域不受到活性区域的影响。

2.2 物料采用单向流模式

进行细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂生产车间的工艺布置时,建议采用物料单向流的布置理念,从而避免交叉污染,同时保证生物安全。

物料单向流即生产车间物料流向实现单向流动。传统工艺布置的物料进入和废弃物运出为同一个物流出入口,并且清洗灭菌工序布置在生产区内,待清洗器具与清洗灭菌后的器具流线交错,交叉污染风险高。按物料单向流的理念,物料进出口应该分开,设置单独的进入通道和退出通道,进入

的物料暂存、清洗、灭菌、使用与污物退出的路线尽量不碰面,避免交叉污染的风险。

2.3 隔离技术的使用设计

隔离器(RABS)一般有两种类型:无菌用途和生物安全式的。在细胞毒性抗肿瘤药物冻干车间使用的是兼有无菌用途的和生物安全功能的隔离器,作用是防止隔离器内有毒物料释放到隔离器外。该设备通常在正压下运行,有额外的安全措施(例如负压锁),在人员操作的附件,需考虑增加附件的人员保护设备。其中在灌装工序一般采用开放式隔离器(O-RABS),在冻干和轧盖工序一般采用封闭式隔离器(C-RABS),因为一般情况下产品在液体状态下对环境影响的可能性小于产品在粉末状态下,所以冻干及后续工序使用封闭式隔离器(C-RABS)。操作者与A级无菌核心工艺相隔离,具体方式如屏风带有手套箱。无菌生产的时候,操作人员只能通过在灌装机关键部位设计的手套箱进入,防止人员直接干扰无菌敞口区域带来污染的风险。

2.4 废水和排风的处理

灌装区和冻干区的B+A级区域都是有毒区,在生产过程和清洗过程中必定会产生含有活度的废水,为保障生物安全,防止有毒区的活毒随污水逸出有毒区,设置废液灭活间,将每个有毒区的排水管道分别接入废液灭活间的灭活罐,经灭菌处理后方可同其他废水排入厂区污水处理站进行后续处理。排风经过高效过滤后排出,避免将生物活性物质散播到空气中去。

3 结论

细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂对无菌生产工艺、生物安全防护、环境控制的无菌保证水平要求很高,对冻干制剂车间的设计应严格按照规范要求,最大限度降低产品污染风险。本文结合以往项目设计经验,以2010版GMP规范为依据,对细胞毒性抗肿瘤药物无菌冻干制剂车间的设计理念进行了分析研究,与大家共同探讨。

参考文献

- [1]《药品生产质量管理规范》,2010修订。
- [2]《中华人民共和国药典》,2015年版,第四部。
- [3]《药品GMP指南》(国家食品药品监督管理局药品认证管理中心主编)。

血液制品生产厂房 设计特点

■ 杨勇 董秀芳 邢志涛 [工艺]

摘要: 血液制品主要用于医疗急救、战伤抢救以及某些特定疾病的预防和治疗上,具有其他药品不可替代的重要作用,属于国家战略性资源。本文结合我公司多个工程设计实践,在符合GMP法规前提下,从血液制品生产流程入手,分析血液制品的工艺和工程设计特点,提出血液制品在工艺流程采用可靠灭活工艺,设计做到灭活前后分区严格分开;在多产品同区域生产的高风险区域严格按照国际先进的人、物“单向流”的模式设计,避免交叉污染;对于物料反应、转移采用密闭、自动化的罐、管系统,其它操作采用先进设备以提高生产效率和质量安全;工程设计在满足工艺需求的前提下满足节能、安全的要求等。

关键词: 血液制品;工艺设计;厂房设计

0 引言

血液制品的产品主要包括:人血白蛋白、免疫球蛋白和凝血因子(又称小制品)三大类产品。血液制品是采用人血浆进行多次分离纯化而得,由于个体人血液中可能携带病毒,因此在生产过程中将其检测出或灭活去除掉就极为重要。我国的2010版GMP规范和附录4,对于血液制品工程设计从原料血浆的检测、生产过程中对于病毒灭活或去除、分装等都提出了严格的要求。

本文结合我公司以往设计的多个血液制品工程,总结血液制品工程在工艺设计和工程设计方面的特殊要求。

1 产能设计

目前国际上的血液制品生产企业剩下不到20家,总的年投浆量在30000吨,几家大企业年投浆规模在1000吨以上,大部分能够分离出20多种产品。排名前5位的企业有CSL贝林、百特、基立福、奥克特珐玛及拜耳,占据了全球血液制品市场份额的80%~85%,行业垄断格局非常明显。我国现有血液制品企业32家,生产规模普遍偏小,大部分企业年投浆量在100吨左右,少数企业年投血浆300~600吨左右,能够分离4~11种产品,无论从投浆量和血浆利用上均远低于国际水平^[1]。

我公司设计的血液制品企业的投浆规模大概可以分为两类:其中9家工厂年设计投浆量为400~600吨,3家工厂年设计投浆量为700~1000吨。从设计产能上到达国际水平。以前大部分企

作者简介:杨勇,男,高级工程师,2000年毕业于华东理工大学制药工程专业,现就职于航空工业规划医药工程设计研究院。

表1 血制品的分类

| 名称 | 子类 | 适应症 |
|-------|------------------------------|---|
| 人血白蛋白 | | 主要用于纠正因大手术、创伤、器官移植等引起的急性血容量减少；处理大面积烧伤、呼吸窘迫等引起的体液水、电解质和胶体平衡失调，以防止和控制休克；用于体外循环等 |
| 免疫球蛋白 | 人免疫球蛋白 特种免疫球蛋白 静注免疫球蛋白 | 用于某些病毒性传染病，如甲型肝炎和麻疹等疾病的预防与正常人免疫球蛋白相比，具有预防效果更可靠的优点 增强机体免疫力，免疫蛋白缺乏等，使用时有很好的大剂量静脉注射耐受性，加之在生产过程中增加了病毒灭活步骤提高安全性，临床适应症不断增多 |
| 凝血因子 | 纤维蛋白原 Ⅷ因子 凝血酶原复合物 | 纤维蛋白原缺乏症，异常性纤维蛋白血症 用于治疗甲型血友病 含有第Ⅱ、Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ四种凝血因子，用于先天性第Ⅸ因子缺乏的乙型血友病、先天性第Ⅶ、Ⅹ因子缺乏症、肝病等获得性多种凝血因子缺乏的出血性疾病，Ⅷ因子抑制的甲型血友病 |

业对于凝血因子类产品从设计上考虑不够充分，仅可以考虑4~6种产品功能，近年来各公司对于凝血因子类产品的设计越来越重视，不但设计专门的凝血因子类生产功能区域，有的甚至设计专门的凝血因子类产品的生产厂房。

2 工艺生产特点

2.1 血液制品产品分析

血液制品是从原料血浆中分离纯化出来的多种特殊功能性蛋白，血浆中含有几百种蛋白，其中

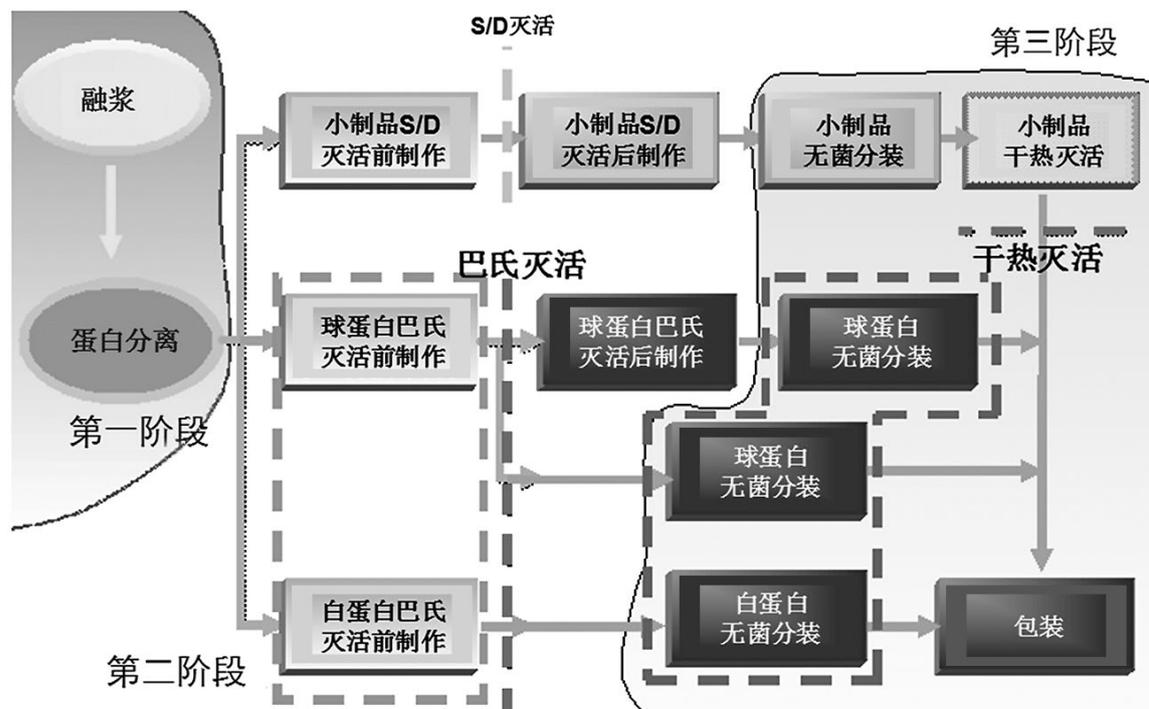


图1 血液制品的生产工艺流程

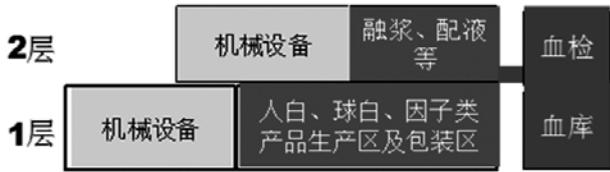


图2 血液制品生产厂房的整体布置方式一



图3 血液制品生产厂房的整体布置方式二

含量比较多的是人血白蛋白、球蛋白,其余为微量蛋白。国内目前主要生产人血白蛋白、球蛋白、凝血酶原复合物(PCC)、FVIII因子、纤维蛋白原和纤维蛋白胶等产品,随着人民生活水平的提高和

这些产品临床应用的扩大,使血液制品呈现供不应求的局面^[2]。血制品的分类见表1。

2.2 血液制品生产流程

多数血液制品生产工艺主要还是采用Cohn6低温乙醇沉淀分离+卧式压滤法、柱层析纯化、超滤纯化、无菌分装方法,Cohn法经过几十年的发展生产技术趋于完善,成为经典的蛋白分离制作方法,柱层析纯化和超滤纯化的技术优势是能得到更安全、更纯的产品,同时能实现大规模生产,无菌分装生产是产品质量的安全保障。

具体生产流程从血浆融浆算起到包装完成,最多的工艺步骤有20多步,最少的也有10多步,从工程设计上可以浓缩理解为图1模式。三大类产品均涉及到病毒灭活工艺,其中白蛋白采用巴氏灭活,球蛋白采用巴氏灭活或低PH孵放灭活+纳米过滤方式,凝血因子生产工艺采用S/D灭活和干热两种灭活方式。

根据2010版GMP要求,灭活前后的区域需要

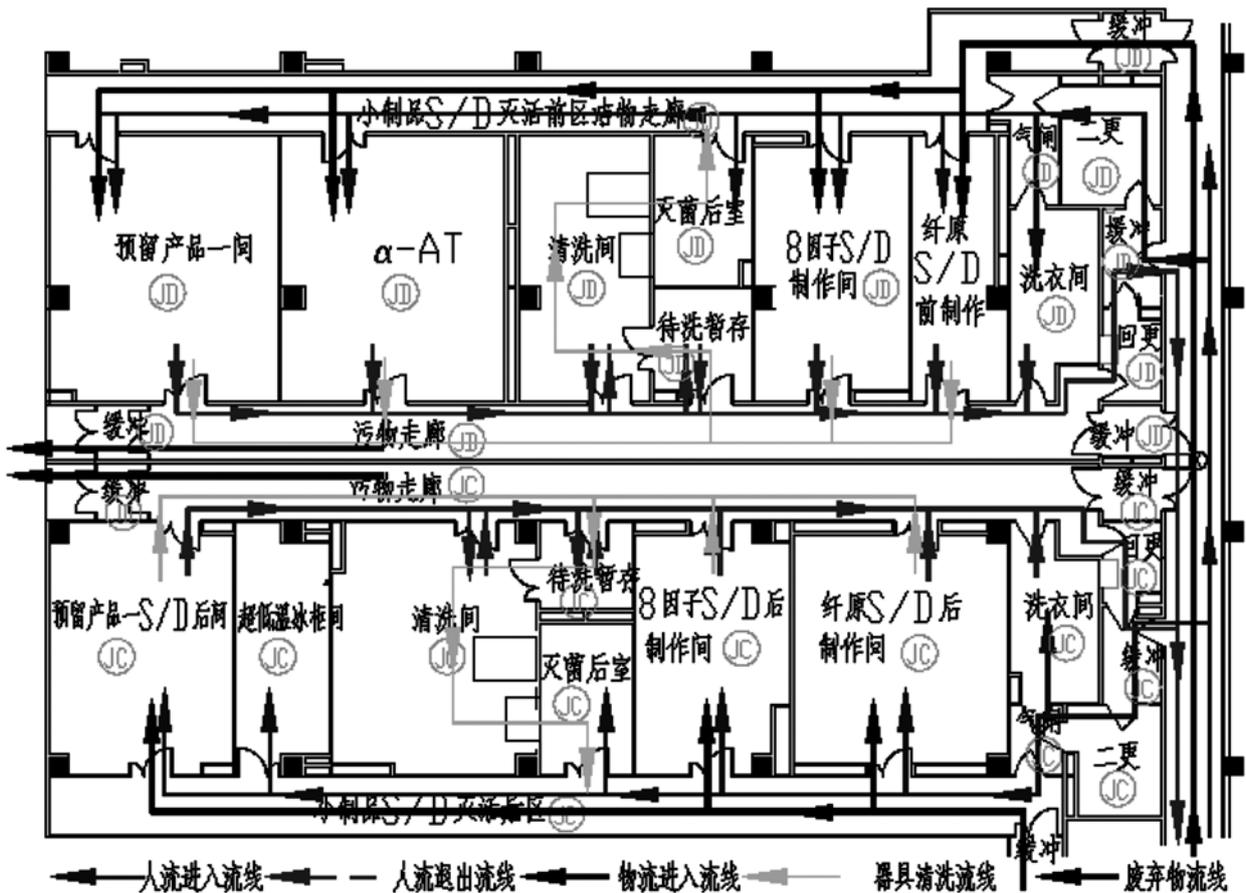


图4 凝血因子S/D灭活前后布置



图5 蛋白反应罐和卧式压滤工艺设备

分开设置，凝血因子产品S/D灭活属于不完全灭活，因此凝血因子产品的S/D灭活后的精制和分装生产应同白蛋白和免疫球蛋白巴氏灭活后的精制和分装生产分开，此外GMP要求融浆区单独设置^[3]。不同灭活程度见图1，不同颜色的生产工序应该严格区分在不同区域内进行。

2.3 血液制品工艺布置

血液制品的工艺布置设计应根据GMP要求和生产流程的需求，合理进行工艺布局，避免生产流线交叉，努力做到物流流线最短。

整体布置设计：方式一，考虑为局部二层模式建设厂房。二层集中设置融浆、配液、空调等功能，一层设置为蛋白分离、人血白蛋白和球蛋白的精制、分包装、凝血因子的S/D灭活前后的制作和分装及制水站房和制冷站房等。考虑血液制品车间面积大，空调系统多，输送距离远等，因此在整体设计上考虑把空调机组放在二层，由空调机组直接对工艺区提供空调，以保证路径最短（见图2）。方式二，整体二层模式建设厂房，二层集中设置融浆、配液、凝血因子的灭活前、后制作、凝血因子的分装和包装及空调机房等，

一层设置为蛋白分离、人血白蛋白和球蛋白的精制、分包装及制水站房和制冷站房等。同时应考虑血浆库和生产连接的便利性（见图3）。

各功能区的工艺布置：应严格按照2010版GMP规范对血液制品工艺布置的特殊要求，各功能区需要单独设置人物进出，工艺布置要求制品在病毒灭活前与病毒灭活后的房间严格分开，空气净化应分别设计^[3]。由于凝血因子类产品的S/D灭活为不完全灭活，其产品S/D灭活前后生产工序彻底分开外要求S/D灭活后精制区域及分装生产线设置为单独区域。

按照血液制品的生产流程可以将血液制品的生产过程划分为：融浆生产区、蛋白分离区、人白和球白精制生产区、球白的灭活后精制区、人白和球白分装区、凝血因子S/D灭活前制作区、凝血因子S/D灭活后制作区、凝血因子分装区、集中的包装区等，共计9个大类的生产区。工艺布置采用单元化、模块化设计的设计方式。各区块衔接流畅，并满足工艺路线最短，人物流路线合理，避免交叉污染，兼顾参观需要。对于融浆、凝血因子产品灭活前后区域、白蛋白和免疫球蛋白

白灭活前精制区这些高风险区域，可采用国际上的人、物“单向流”的模式设计，以避免交叉污染。图4是我公司所设计项目的凝血因子产品所采用的“单向流”布局模式。

2.4 血液制品工艺设备

液制品生产的关键工序关键设备对于生产产能和质量制约性强。蛋白分离工序是各种组分沉淀分离的工序，而不同组分沉淀分离的多少和质量对于后序的生产至关重要；灭活工序是产品质量安全的重要保障；分装工序是新版GMP要求最严格的工序，要求分装环境达到B+A 级别要求^[3]。

(1) 蛋白分离工序设备

血液制品的蛋白分离工序目前国内外先进的分离工艺是低温乙醇卧式压滤法。该方法操作方便，分离效果好，收率高。主要工艺设备为密闭化的蛋白反应罐、管路系统和卧式压滤机，蛋白反应罐采用不锈钢反应罐，带自称重、液位和温度控制。压滤设备选则主要以批压滤物料量、压滤制作的时间和最大压滤收集沉淀量考虑，选择压滤机。图5为蛋白反应罐及卧式压滤设备。

(2) 灭活工序关键设备

由于血液当中可能含有多种病毒，因此其灭活方式对于产品的安全性非常关键。具体项目设计中白蛋白和免疫球蛋白均可采用当前公认最好的巴斯德灭活法，即白蛋白和球蛋白溶液加热至60℃，10小时，可以有效杀灭HBV、HCV、HIV等病毒。凝血因子产品生产采用S/D灭活+干热灭活方式，两种互补的灭活方式来保障其灭活的安全效果^[4]。

巴氏灭活和S/D灭后均采用自动控温、自动记录的设备控制反应罐内物料，实现其在恒温状态下灭活。

(3) 超滤工序设备

超滤是膜分离技术之一，超滤截留的溶质微粒是分子量在1000~1000000Dalton之间的高分子，溶液中的蛋白质、多糖、核酸等生物大分子均可被适当的超滤膜截留，水、无机盐及其它小分子溶质则可通过超滤膜滤出。血液制品的白蛋白、免疫球蛋白和Ⅷ因子是利用超滤技术进行精制提纯，去除水、无机盐及其它小分子溶质。

(4) 分装工序关键设备

血液制品属于无菌产品，新版GMP的附录1无菌药品对于无菌产品有非常严格的要求，分装工序、冻干工序要求在B+A级别区域内完成。因

为分装过程也是风险最高的工序，目前血液制品项目多采用带RABS系统分装线设备来完成分装和带自动进出料系统的冻干设备完成冻干。这种生产方式能有效降低人员对分装、冻干过程的干扰。实现分装、冻干工序的A级要求。

3 工程设计特点

3.1 空调系统划分的特殊要求

根据新版GMP的要求，血浆融浆区域、组分分离区域以及病毒灭活后生产区域应当彼此分开，各区域应当有独立的空气净化系统，因此空调系统按照工艺平面分区的要求严格分开。空调系统配有消毒工况和值班工况，采用变频、节能、低噪空调系统^[5]。

3.2 低温洁净系统设计

血液制品的生产部分工序需要在2~8℃低温环境洁净环境下进行，需要特殊的低温冷媒。由于空调送风低于0℃，需考虑换热盘管的融霜措施。由于房间温度比较低，所以房间内湿度容易超标，在设计上我们会考虑在空调机组内增加转轮除湿设备来去除房间内的湿量。低温空调机组需要特殊定制，加大翅片间距，空调机组结构板保温层增厚。送回风管应采用不锈钢板制作，保温层加厚。

3.3 防爆净化系统的设计

对于有防爆要求的房间，根据规范的要求一般采用直流系统，空调新风机组和排风机组之间采用乙二醇能量回收系统。防爆空调系统的风机、电动机、风阀等设备或活动部件均采取有效、可靠的防爆措施，设置事故排风系统并与浓度报警连锁。

3.4 低温冷媒的设计

根据血液制品的生产特殊要求，设计有：-25~-30℃乙二醇系统；-15~-20℃乙二醇系统；-5~0℃乙二醇系统。考虑工艺生产的过程中的降温、加热、排空等要求，并且考虑蓄冷等，考虑冷媒系统为开式系统，设计有足够冷媒水箱满足生产。不同温度冷媒用于满足适合的降温要求，冷媒水箱蓄冷及制冷机组采用多机头方式，满足不同负荷需求以减少能耗。

3.5 低温冷库的设计

低温的冷库的地面，位于一层时，在设计时需考虑防冻胀措施，一层地面抬高，下面设置自

然通风的地垄墙或预埋通风钢管。层高较高的低温库，应在设置库板中间的梁、支撑的处考虑减少冷桥损失。低温冷库外应设置低温缓冲间。低温冷库冷风机数量多，如采用电融霜单台和总融霜功率会偏大，从节能角度，低温高架库应采用热氟融霜。

3.6 冷源冬季运行的保障措施

空调冷源和工艺冷源均为全年使用，为了保证冷却水进制冷机组的温度满足制冷机启动的温度要求，需要在冷却塔积水盘设置加热措施或在冷却水供回水管之间设置旁通管，保证在冬季停机后冷机能顺利启动。

3.7 注射水系统设计

注射水系统采用高温循环，末端降温，血液制品生产过程需要使用的注射水，根据GMP的要求，工程采用高温循环，末端使用点降温的模式。在使用时才将注射水降低至使用温度，满足节能要求。

根据生产区域分系统，根据生产的工艺用水峰谷的情况和生产用水时间段情况分系统，减少能耗。

3.8 供电可靠性保障措施

血液制品项目用电负荷大，应在厂房内设置变电所。净化空调系统风机的变频调速装置会引起系统较大含量的谐波，应尽量在靠近设备处设置净化空调系统的变频调速装置，以减少线路因谐波引起的过热。

血液制品生产的产品价值大，因此关键的工艺设备、核心区域的空调送风、低温冷库、低温冷媒等不允许在关键生产阶段或产品保存阶段出现故障，需要考虑设置柴油发电机，以确保不间断供电。

4 结语

(1) 血液制品本身有潜在病毒传播风险，需要安全的病毒灭活，并必须防止灭活前后的制品交叉污染，在工艺流程上采用可靠灭活工艺，车间设计做到灭活前后分区严格分开。

(2) 血液制品的融浆区域、凝血因子产品灭活前、后区域、白蛋白和免疫球蛋白巴氏灭活前精制区，属于多产品同区域同时制作的高风险区域，人、物易交叉污染。在这些区域可考虑按照国际先进的人、物“单向流”的模式设计，最大限度避免交叉污染。

(3) 血液制品的生产过程需要低温洁净、低温冷媒，部分工序使用大量乙醇等；工程设计在满足工艺需求的前提下满足节能、安全的要求。

参考文献

- [1] 中国血液制品行业发展现状分析与市场前景预测报告(2015—2020)，中国产业调研网。
- [2] 周耀东，血液制品生产工艺特点及生产车间平面规划设计[J]，甘肃科技，2008年，24(3):116—119。
- [3] 《药品生产质量管理规范》(2010修订)，附录4[S]。
- [4] 浦奕奕，低温乙醇法在人血白蛋白工业化生产中的应用[J]，考试周刊，2008，3:236—237。
- [5] 董秀芳，血液制品厂房空调设计分析与探讨[J]，空调制冷，2009，39:215—219。

高烈度区框架—双筒结构连接楼板应力分析

■ 王毅 冯知夏 王倩 孙占军 [结构]

摘要: 地震荷载作用下, 框架—双筒结构间的连接楼板协调两筒变形, 应按弹性板进行精细化分析。本文结合工程实例, 对框架—双筒结构间连接楼板提出四种不同的布置方案, 通过计算分析, 比较不同布置方案的楼板剪应力大小, 结构整体计算指标的不同, 并对此楼板进行抗震性能化设计。

关键词: 框架—双筒结构; 连接楼板; 性能化设计

0 引言

随着城市化的发展, 高层建筑的结构形式日益多样化, 而框架—核心筒结构被广泛应用于高层建筑中^[2]。当结构内筒偏置、或长宽比较大时, 常采用框架—双筒结构。水平地震荷载作用下, 框架—双筒结构间的楼板连接两筒体, 传递地震力, 协调两筒体变形, 因此有必要对此连接楼板按弹性板进行精细化分析剪应力^[1]。本文结合某一工程实例, 对高烈度区框架—双筒结构间连接楼板提出四种不同的布置方案, 采用PMSAP软件进行计算分析比较。

1 工程概况

本工程位于西安地区, 主塔楼结构高度为99m, 地上25层, 地下2层, 塔楼长度52.2m, 1~4层宽度为34.8m, 4层以上宽度收进为26.1m, 层高1~4层为4m, 5~25层为3.9m。结构体系采用框架—双筒形式, 标准层筒体及外框柱平面布置如图1所示, 筒体居中布置。

结构设计使用年限为50年, 安全等级为二级, 抗震设防分类为丙类。本地区抗震设防烈度为8度, 设计基本地震加速度为0.20g, 为高烈度区, 设计地震分组为第一组, 建筑场地类别为II

类。多遇地震下特征周期为0.35s, 水平地震影响系数最大值0.16; 设防地震下特征周期0.35s, 水平地震影响系数最大值0.45; 罕遇地震下特征周期0.4s, 水平地震影响系数最大值0.9。地上结构剪力墙抗震等级为一级, 框架抗震等级为一级。风荷载取50年一遇基本风压 0.4kN/m^2 , 地面粗糙类别为B类。

2 框架—双筒结构间连接楼板不同布置方案

本工程中大核心筒尺寸为 $30.6\text{m} \times 9.9\text{m}$, 如图2所示, 长宽比较大, 采用双筒结构布置, 两筒体间通过混凝土梁、板连接。双筒间距离9.9m, 如图2中阴影部分。地震作用下, 双筒间连接楼板协调两双筒变形, 传递双筒间的力偶产生较大的平面剪力, 《高规》9.2.7中提出“双筒间楼板宜按弹性板细化分析”^[1]。本文针对这种框架—双筒结构间连接楼板提出了不同的四种结构布置方案, 分析比较了其对整体结构计算指标的影响及各层楼板剪应力的的大小。分析采用了中国建筑科学研究院三维有限元分析软件PMSAP, 图1中阴影区域的楼板均定义为弹性楼板, 对双筒间的连接楼板(如图2阴影区域)采用不同布置方案, 精确计算此部位楼板剪应力^{[3][4]}。

以下为四种不同的连接楼板布置方案:

方案一: 如图2, 双筒间设大板, 楼板厚设为200mm;

作者简介: 王毅, 男, 工程师, 2011年毕业于浙江大学结构工程专业, 现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

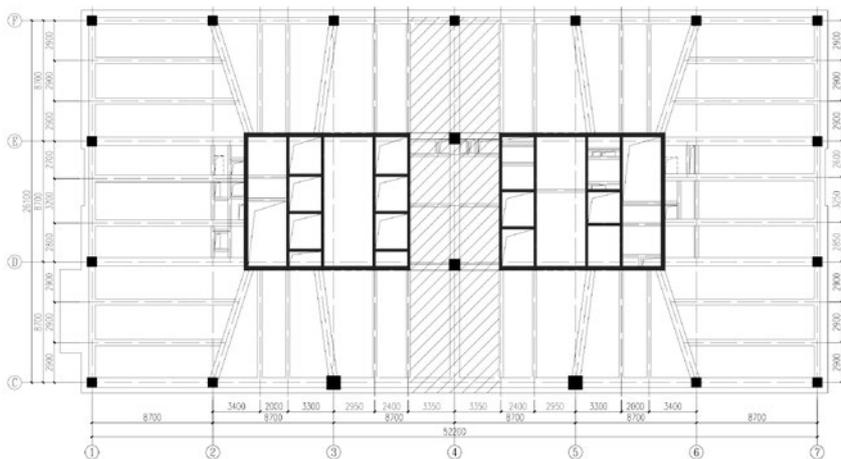


图1 结构标准层平面图

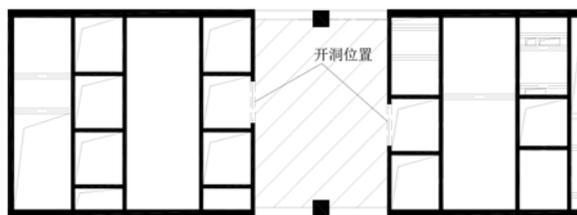


图2 双筒平面图

方案二：同方案一，楼板厚改为140mm；

方案三：如图2，双筒间设置整块楼板，楼板厚设为140mm，在双筒间楼板两侧剪力墙开设洞口，洞口如图二；

方案四：双筒间设大板，楼板厚设为140mm，计算地震作用时考虑与X向45°和135°两个方向地震力。

3 结构整体指标的分析比较

表1为不同结构布置方案下结构整体指标的比较。各方案下整体结构第一振型均为Y向，第二振型为X向，两方向振动特性较为接近，扭转周期比均小于0.9，这也说明本工程采用双筒方案的合理性。从方案一到方案二，双筒间连接楼板变薄，连接变弱，结构X向振动周期及最大层间位移角变大。同方案二相比，方案三在楼板两侧剪力墙开设洞口后，结构X、Y向刚度变差，振动周期变大。方案四中考虑了与X向成45°和135°两个斜交方向的地震作用，结构的基底剪力、最

大剪重比较前几种方案变化较大。可见，方案一~方案三中两双筒间连接楼板刚度变化对结构整体指标影响很小，方案四中，斜向地震作用下，与X向成45°和135°两方向刚度趋于均匀，但基底剪力均小于或接近于前三种方案，因此，结构最不利地震作用方向还是X、Y两正交方向。

4 小震作用下楼板剪应力的分析比较

表2为不同结构布置方案在X和Y向小震作用下双筒间楼板最大剪应力的比较，因塔楼在1层处开设大洞口，双筒间连接楼板不完整，每种方法计算得到的1层处双筒间楼板剪应力都是最大的，故表中未计入1层处楼板剪应力。楼板的弹性容许剪应力按 $0.15\beta_c f_c / \gamma_{RE}$ 考虑^[3]，塔楼楼板混凝土强度等级1~14层为C40，对应容许剪应力为3370kPa，14层以上则改为C35，对应容许剪应力为2947kPa。从表中可以看出，小震作用计算下楼板的最大剪应力均未超过弹性容许剪应力。最大剪应力都在结构底层，Y向地震作用时楼板剪应力较X向地震作用大，楼板厚度减小时，对应最大剪应力加大。在楼板两侧剪力墙开洞时，结构整体刚度减弱，X、Y向剪应力明显增大。考虑与X向成45°和135°两个方向的地震作用时，两方向刚度接近，楼板剪应力也接近。

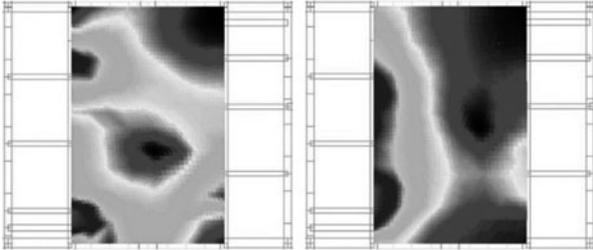
图3为第2层的双筒间楼板在不同方案下的剪应力云图分布。方案四考虑与X向成45°和135°

表1 不同结构方案整体指标比较

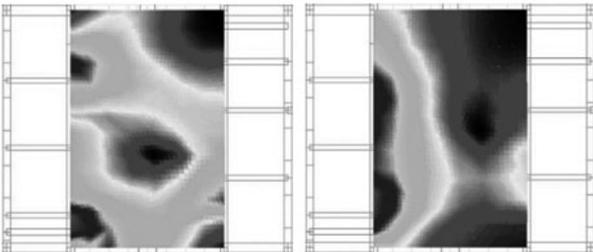
| | | 方案一 | 方案二 | 方案三 | 方案四 |
|---------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 周期/s | T1 | 2.558 (Y) | 2.553 (Y) | 2.555 (Y) | 2.553 (Y) |
| | T2 | 2.286 (X) | 2.304 (X) | 2.305 (X) | 2.304 (X) |
| | T3 | 2.009 | 2.010 | 2.014 | 2.010 |
| 扭转周期比 | Tt/T1 | 0.7853 | 0.7873 | 0.7882 | 0.7873 |
| 基底剪力/kN | X向 | 19587 | 19521 | 19502 | 19518 |
| | Y向 | 20807 | 20740 | 20670 | 19550 |
| 底层剪重比 | X向 | 3.21% | 3.21% | 3.21% | 3.21% |
| | Y向 | 3.41% | 3.41% | 3.40% | 3.21% |
| 最大层间位移角 | X向 | 1/1136 | 1/1119 | 1/1117 | 1/1010 |
| | Y向 | 1/890 | 1/893 | 1/892 | 1/998 |
| 最大扭转位移比 | X向 | 1.141 | 1.140 | 1.140 | 1.336 |
| | Y向 | 1.238 | 1.239 | 1.239 | 1.305 |

表2 不同结构方案楼层最大剪应力比较 (KPa)

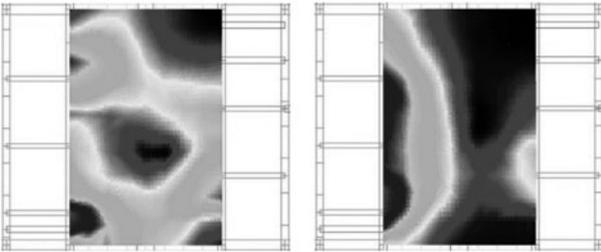
| | | 方案一 | 方案二 | 方案三 | 方案四 |
|---------------|---|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 最大剪应力 (层号) | X | 76.5 (4) | 88.0 (4) | 93.8 (2) | 243.9 (2) |
| | Y | 270.3 (2) | 296 (2) | 549.0 (2) | 249.5 (2) |



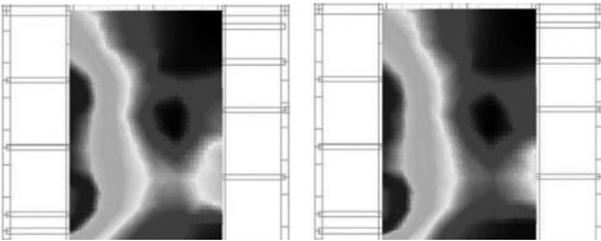
方案一2层楼板X、Y向地震作用剪应力分布



方案二2层楼板X、Y向地震作用剪应力分布



方案三2层楼板X、Y向地震作用剪应力分布



方案四2层楼板X、Y向地震作用剪应力分布

图3 第2层楼板在不同方案下的剪应力云图分布

两个方向的地震作用，此两方向的楼板剪应力分布接近。其余三个方案应力云图接近，X向地震作用下，楼板仅有右上角部和右下小角部剪应力较小，Y向地震作用下，楼板右半部分剪应力均较

小。两个方向地震作用下，楼板都是在左侧支座位置剪应力最大，跨中位置剪应力最小。

图4为不同结构布置方案在X和Y地震作用下楼层剪应力沿楼层的分布情况，同样在比较中，未计入开大洞的1层楼板的剪应力。X向地震作用下，低层剪应力最大，随楼层增高，楼板剪应力逐渐减小，在最后几个楼层，剪应力会陡增；这与地震作用下，楼层底部地震作用大，顶部地震作用放大的理论吻合。14层左右剪应力的突变，是因为板混凝土等级降低。随楼板厚的减薄，楼板剪应力相应增大，方案二剪应力大于方案一；方案三、四较其它方案剪应力明显大。Y向地震作用与X地震作用相似，但方案三的剪应力为最大，方案四剪应力并没有加大。可见，在双核心筒间楼板两侧剪力墙开设洞口时，对楼板约束变差，楼板不能很好协调两侧双核心筒的整体变形，楼板剪应力也明显变大。

5 连接楼板抗震性能设计

在地震作用下，框架—双筒结构中双筒体变形不同步，有相对错动趋势，其间的连接楼板协调两筒体变形，保证结构整体性。因此我们对

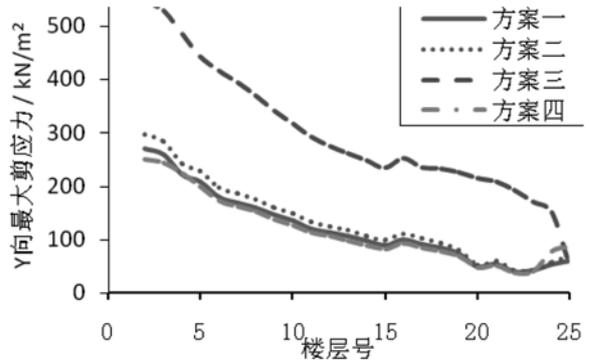
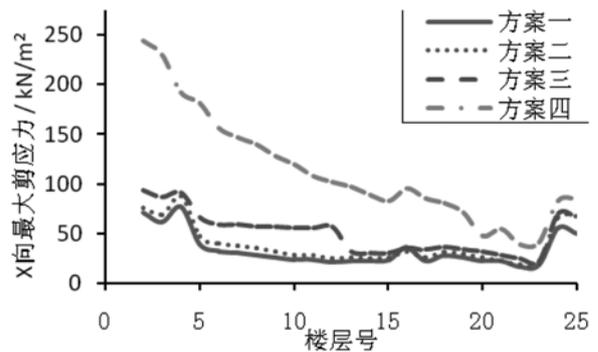


图4 不同方案X、Y向地震作用下各楼层楼板剪应力比较

表3 不同结构方案中震、大震楼板最大剪应力 (KPa)

| | | | 方案一 | 方案二 | 方案三 | 方案四 | 容许剪应力 (混凝土等级) |
|--------------|--------|---|------------|------------|------------|------------|--------------------------|
| 中震最大剪应力 (层号) | 比例系数法 | X | 215.1 (4) | 247.5 (4) | 263.8 (2) | 685.9 (2) | 3370 (C40) 2947 (C35) |
| | | Y | 760.1 (2) | 832.4 (2) | 1543.8 (2) | 701.6 (2) | |
| | 等效中震计算 | X | 215.2 (4) | 247.4 (4) | 263.6 (2) | 660.9 (2) | |
| | | Y | 760.2 (2) | 832.5 (2) | 1543.9 (2) | 665.3 (2) | |
| 大震最大剪应力 (层号) | 比例系数法 | X | 430.4 (4) | 495.0 (4) | 527.7 (2) | 1372.0 (2) | 4020 (C40) 3510 (C35) |
| | | Y | 1520.5 (2) | 1665.0 (2) | 3088.2 (2) | 1403.5 (2) | |
| | 等效大震计算 | X | 438.5 (4) | 531.4 (4) | 523.5 (2) | 1341.5 (2) | |
| | | Y | 1464.5 (2) | 1605.0 (2) | 2978.6 (2) | 1302.1 (2) | |

双筒间楼板设定的抗震性能目标定为：在小震、中震下弹性，大震下不屈服，即小震、中震下楼板受到的剪应力应小于材料设计值、大震下楼板受到的剪应力小于材料强度标准值。中震、大震下楼板剪应力可采用比例系数法和软件等效中震、大震计算。比例系数法即用小震下的计算结果乘以放大倍数，这种方法计算简洁，在工程中应用较多^[3]。对应于本工程抗震设防烈度为8度（0.2g），中震较小震作用的放大系数为2.812，大震较小震作用的放大系数为5.625。表3为采用比例放大系数法和软件等效中震、大震计算得到的不同结构方案中震、大震楼层的最大剪应力。楼板的弹性容许剪应力计算方法同上文为 $0.15\beta_c f_c / \gamma_{RE}$ 。楼板的大震容许剪应力计算采用材料强度标准值，计算公式为 $0.15\beta_c f_{ck}$ ，C40强度混凝土对应容许剪应力为 4020kN/m^2 ，C35强度混凝土对应容许剪应力为 3510kN/m^2 。从表3可看出中震大震作用下，比例系数法与等效中震、大震计算法得出的楼板最大剪应力值接近，且均小于相应的混凝土容许剪应力，这也证明了比例系数法的可靠性；大震作用下，最大的剪应力为方案三中的2层Y向剪应力，小于对应的容许剪应力，表明在楼板两侧剪力墙开设洞口，对连接楼板约束变差。结合前文的小震分析可以看出，无论是在小震、中震作用下，还是大震作用下，不同的结构方案下双筒间楼板最大剪应力均小于容许剪应力，即此楼板可满足设定的抗震性能目标。

6 结论

本文以某框架—双筒结构体系为例，对等高对称双筒间的连接楼板采用不同的四种布置方案，精细化比较分析此连接楼板在小震、中震、大震作用下的剪应力，及楼板不同布置方案对结

构整体计算指标的影响，可得出以下结论：

(1) 框架—双筒间的连接楼板最大剪应力一般出现在楼层的底部和顶部几层，这是因为楼层底部地震作用大，楼层较高处地震作用放大的影响，在工程设计中，这些楼层的连接楼板应加强配筋。

(2) 在框架—双筒间楼板两侧剪力墙开设洞口时，对连接楼板约束变差，楼板剪应力会显著增大。实际工程中应根据计算结果楼板配筋适当加大，或避免在双筒间楼板两侧剪力墙开设洞口。

(3) 框架—双筒间的连接楼板采用不同板厚等不同的结构布置方案时，对整体结构的计算指标影响并不大，且连接楼板剪应力变化也不大，在小震、中震、大震作用下的最大剪应力均小于容许剪应力，满足楼板设定的抗震性能目标。因此在实际工程设计中，并不需要对双筒间的连接楼板刻意加厚，仅在局部加强配筋即可。

上文中工程实例结构高度为99m，双筒体高度相同，当结构高度大于此高度或双筒体高度不同时，框架—双筒间的连接楼板受力有待进一步分析研究。

参考文献

- [1] JGJ3-2010 高层建筑混凝土结构技术规程[S].北京：中国建筑工业出版社,2010.
- [2] 徐培福，傅学怡等.复杂高层建筑结构设计[M].北京：中国建筑工业出版社，2005.
- [3] 于海博，陆道渊等.大连小平岛超高层假日公寓连接部位的设计[J].建筑结构，2009.第39卷增刊：258-261.
- [4] 哈敏强，陆益鸣等.上海保利广场结构设计[J].建筑科学.2011.27（1）：88-92.

养老地产建筑智能化设计研究分析

■ 吴迪 赵芃 [电气]

摘要: 养老地产建筑指的是服务老年人养老的建筑,应基于老年人心理及生理需求而设计,为老年人提供安全、舒适的居住环境。本文就新时期养老系统智能化设计展开研究,在分析我国未来养老地产需求基础上得出未来我国养老地产具有一定发展潜力的结果,并就智能化养老建筑系统必要性展开分析,最后就智能养老系统的构建展开研究,保证养老建筑有效运行。

关键词: 养老地产; 建筑; 智能化

0 引言

当前我国大多数养老建筑均是上个世纪70年代后期的旧住宅改造而来,这些建筑在结构稳定性方面没有问题,但建筑内部设施较为陈旧,功能区域不足,无法满足老年用户实际需求,随着老年人数越来越多,我国养老建筑面临的压力越来越大。基于此在设计新养老地产时需要提升养老建筑智能化,满足老年人实际需求,促进社会和谐发展。

1 我国养老地产发展前景

从2011年到2015年,我国60岁以上老年人由原先的1.78亿增长至2.20亿,每年新增老年人接近900万,老年人在总人口比重由原先的13%增加至16%,平均每年增加6%。按照此发展趋势预计30年后我国60岁以上的老年人将达到4.5亿左右,老龄化趋势不断明显。人口老龄化进程将伴随空巢化、家庭小型化等情况发展,并会出现一些社会转型矛盾,对社区养老服务需求不断提升。可以预见的未来数十年内我国老年人口必将成为社会人口重要组成部分,预计2030年我国老年人口将在现有基础上翻一番。

由以上分析可见,养老地产在我国未来具有一定潜力。相较于普通地产,养老地产很少被人们提及,二者存在一定差异。养老地产兼顾市场和服务两方面,越来越多相关企业逐步进军居家养老市场。当前我国国内养老经营模式主要有租赁、出售、租售结合三种。房地产行业主要以经济

最大化为主,由于租赁方式资金回收周期较长,因此未来该种方式将会被逐渐放弃,仅一些政府机关通过此种方式为当前社会老年人提供公益住所,开发商会选择直接出售方式在最短时间内回收资金,其模式与普通房产开发相一致。开发商经济来源不仅仅包括房产出售所得资金,还包括预期相关的物业设置带来的经济效益,相当一部分老年公寓采用租售结合开发模式。

我国养老地产起步较晚,当前该市场仍旧属于起步阶段,国人已经逐渐意识到养老公寓重要性。从经济利益角度来看,以老年人为主要顾客群体的养老地产具有较大潜力及一定挖掘空间。虽然我国养老地产仍处于发展阶段,但未来强大市场需求必将促进未来养老地产快速发展,因此养老地产在我国具有一定发展潜力。并将在未来成为我国社会经济重要增长点之一。基于此需,结合养老建筑设计需求,在进行新时期养老院建筑过程中加强智能化设计分析,促进未来养老事业和谐发展。

2 养老建筑的智能化系统

2.1 养老建筑的智能化系统概述

养老建筑的智能化系统主要是在传统养老建筑的基础上将远程控制技术与网络信息技术相结合,将传统电气部分设计为智能化系统,例如安全防护系统、综合信息推送服务、远程控制数字交换系统、环境自动调节系统等。

2.2 养老建筑的智能化系统建设必要性

养老建筑的智能化系统是未来养老地产建设发展方向,根据现有养老建筑技术及未来发展方向,在进行养老建筑设计过程中需要从智能化方向入手,本文就智能化养老系统建设必要性几个方面展开分析:

作者简介: 吴迪,男,助理工程师,2012年毕业于北京建筑工程学院电气工程及其自动化专业,现就职于航空工业规划动力工程设计研究院。

2.2.1 社会资源较为分散

从现状来看,我国社会经济发展导致社会资源较为分散,政府部门可制定相关法律及相关政策,履行公共服务职能,集中社会政治资源。但在实际履行过程中难以将各种资源有效利用起来,即使建有专门的养老院也难以对老年人提供较为完善的养老服务。

从本质上来说养老服务涉及到老年人家庭、社区、医疗等各个服务单元,受政府模块化分割影响导致社会组织发展存在重重障碍,且受到老年人传统思想束缚导致养老服务资源无法被有效集中,由此导致传统养老院系统无法有效运转,存在人力、物力等方面不足。

2.2.2 老龄化问题日益严重

前文已经提到,我国在未来二三十年内老龄化问题会进一步加剧,养老建筑数量必将在未来进一步提升。若通过传统方式为老年人提供服务需要大量人力、物力,未来社会人力资源需求不足,所以需要采用智能化系统取代传统人力服务方式,在进行养老建筑设计过程中采用智能化设计可有效降低所需人力资源,从根本上降低社会流动资源需求,由此可见智能化养老系统是未来养老院发展必然趋势。

2.2.3 现有养老地产模式与老年人实际需求不符

从现有社会模式来看,子女离开父母在外工作或组建家庭后与父母分居两地的比例逐渐增加。现有养老院系统无法满足老年人实际需求。通过智能化系统可为老年人提供较为全面的服务,满足老年人多种需求,为未来社会和谐发展奠定基础。

3 新时期养老地产建筑智能化设计应用

3.1 智能家居系统

智能家居系统主要服务于老年人日常生活,老年人属于弱势群体,在设计养老建筑过程中需要考虑其生活各个方面,智能家居系统就需要结合老年人实际生活需求结合环境因素,让老年人可享受到便利服务。

3.1.1 智能化遮阳系统

智能化遮阳系统是一项贴近老人实际生活需求而研发出的可根据养老建筑朝向、气候、时间、位置等多方面因素进行自动调节促进遮阳设施伸缩舒展及升降,为老年人提供较为便利的阳光生活环境。例如在夏日通过智能化遮阳系统阻挡阳光进入室内,冬季将阳光引入室内,并可根据老年人身体状况进行人

工调节,为老年人提供冬暖夏凉的生活环境。

3.1.2 智能新风系统

老人体质较差,若空气环境较为污浊将不利于老年人日常新陈代谢,因此需要时刻保持清新空气环境。通过智能新风系统可有效改善室内空气环境。智能新风系统可根据环境因素进行适时调节,对环境空气进行温湿度管控,过滤雾霾。例如冬季气温较低,房间门窗紧闭,空气流通性较差,此时智能新风系统便可发挥其作用,进行房间内空气净化,并保证室内空气温度维持在老年人较为舒适范围。管理人员可通过智能新风系统的远程控制装置设定参数,系统进入自动运行状态并通过自我调节维持在稳定范围内。也可根据不同老人实际需求进行人工调节,保证老年人在清新、干净、温湿度适宜的环境中生活。

3.1.3 智能门窗控制系统

老年人行动不便,对关门、关窗、拉窗帘等事项存在操作不便等问题,因此可通过智能门窗系统控制门窗开关。设计智能门窗控制系统可通过遥控器进行控制,也可进行语音控制。遥控装置最好在老年人极易触碰到的位置,例如床边,这样老年人可躺在床上进行门窗开关控制。其次门窗控制系统可结合室内灯光控制,确保室内光线为老年人最适应情况,从而满足不同老年人需求。

3.1.4 智能照明系统

智能照明系统主要是通过预先设定参数实现对老年人生活环境照明情况的有效切换,为老年人提供方便舒适的生活环境,智能照明系统包括自动控制和人工控制两种控制方式,系统在预先设定参数情况下进行切换,并实现在不同场景的不同光线切换。老年人也可通过遥控设备以及控制面板实现对生活环境照明光线控制。

3.2 智能监控系统

智能监控系统主要对老年人生活起居进行实时监测,在发现问题时由系统自动调节,并在问题较为严重时向控制中心工作人员反馈情况。智能监控系统建立在计算机网络技术和通信技术基础上,其组成部分包括监测部分、数据传输部分、数据存储部分、控制中心。首先由工作人员将现有看护信息(包含所有老年人生活起居信息)录入系统作为比对样本,之后通过信息采集系统(主要是连接在老年人身上的智能终端,如腕表等)实时采集老年人各项身体机能信息,并将采集信息与数据库标准健康系统进行比对,当发现数据出现异

常时则将相关数据发送至控制中心。其次通过智能卫生间等监测系统对老人的粪便进行实时监测,当发现粪便出现异常时则由工作人员制定应对措施,帮助老年人恢复健康。通过智能监控系统实现对老年人身体状况实时监测,避免因人为疏忽导致老年人健康装状况出现异常却未被察觉的情况。

3.3 安全报警系统

安全报警系统主要应对出现的各种安全事件,主要包括消防系统、安全技术防范系统等。

(1) 消防系统主要指通过烟雾报警器等设备感应室内状况,并结合图像监控进行信息采集,消防系统主要组成部分包括传感器、探测器、传输装置、控制中心等,并结合闭路监控系统实现人机结合监测方式。当出现火灾等情况时便会触发报警装置,提醒相关人员及时疏散,系统通过网络与当地消防中心相连,并通知管理人员及时作出处理。当火灾达到一定强度后天花板部位自动灭火喷嘴便会启动喷水,控制火势。其次对于煤气泄露等情况可通过相似原理进行反馈,保证老年人生活环境安全性。

(2) 安全技术防范系统主要由监测系统和控制中心实现。出入口应安装出入口控制系统,只有获得相应权限后方可进入相应区域。管理中心人员将工作人员和老年人面部信息传输至系统,并通过监测系统进行识别。由安装在养老中心的摄像装置对内部人员进行实时监测,若有外部人员进入时首先需经过管理人员同意后将信息录入系统方可入内,并在离开后消除信息。对整个养老社区进行无死角实时监测,出现问题后及时调取录像信息。

3.4 智能语音识别系统

管理中心人员将工作人员和老年人语音信息传输至系统,并通过语音识别系统进行识别,从而实现老年人语音控制。可通过语音控制的环节包括厨房、卫生间、轮椅等各种智能设备,其次管理人员可将老年人生活情况输入系统便于及时提醒老年人在适当时间进行适当事件,例如老年人服用药物时间及服用品种数量等进行实时提醒,或者提醒老年人生活中其他事项。

3.5 智能保健系统

养老地产不仅需要照顾到老年人生活起居,还需保证其拥有良好的身心条件,满足老年人不同身心需求。因此在进行智能养老建筑设计过程中需要根据老年人实际情况设计不同智能保健系统类型。在养老建筑内部提供智能心理服务和智能生理服务。智能心理服务主要有终端计算机网络机器人和老年人进行沟通交流。老年人大多需要与人进行

内心交流,因此可通过智能机器人形式模仿人类交流方式为老年人排解内心忧郁。其次还可根据实际状况提供身体保健服务,例如各种智能按摩机器以及智能诊断机器,根据老年人身体情况做出针对性诊断,并通过按摩等方式促进老年人身心放松。

3.6 智能巡检系统

养老社区的医护人员需要每日对所有老人进行数次巡检,往返于老年人房间不仅对老年人生活造成一定影响,还会影响医护人员巡检效率。基于此可在设计智能建筑过程中加入智能巡检系统,将所有老人房间与医护中心通过可视装置连接起来,医护人员可在指定时间与老人展开交流,就老人生活状况、身体状况等展开询问,并定期到老人房间进行面对面沟通交流,并就身体实际情况进行检查。其次医护人员还可通过智能巡检系统与老人展开群聊,尤其在健康专题培训时可通过医护中心与所有老年人房间同时开通视频聊天,以远程教育形式向所有老年人讲授相关知识,老年人也可根据实际情况向医护人员提问,并就老年人常见问题展开探讨。通过智能巡检系统不仅可提升医生巡检效率,在不打扰老人生活环境基础上确保老人日常身体状况维护,还可通过该系统实现老人与医护人员“面对面”沟通,并就相关问题展开研究,是保障老年人身体健康的重要基础系统。

4 结束语

由于社会的发展,老年人对养老地产建筑的环境及服务提出了更高的要求,因此在满足老年人日常生活的基础上,还要增加人性化及科学性的设计。本文通过对养老地产建筑智能化系统概念的阐述,通过构建智能家居系统、智能监控系统、安全报警系统、智能语音系统、智能保健系统、智能巡检系统,提高老年人居住的舒适度及安全性,为智能养老建筑设计提供参考。

参考文献

- [1] 刘丽.钟宁.新常态下我国养老模式探析[J].江西广播电视大学学报,2015.
- [2] 彭涛.城市空巢家庭居住需求及社区老年居住适应性研究[D].西南交通大学,2014.
- [3] 王继文.养老住宅智能化系统的研究与设计[D].西安建筑科技大学,2014.
- [4] 任少朋.基于智能居家养老模式下的现代适老化住宅建筑设计研究[D].河北工程大学,2015.

提高工程设计概算编制质量方法探讨

■ 王旭 [工程造价]

摘要: 本文主要针对提高工程设计概算编制质量方法进行探讨。首先介绍了为何要对工程设计概算编制质量进行提高,明确了提高工程设计概算编制质量的重要性。随后分析了影响了工程设计概算编制质量的因素,最后对提高工程设计概算编制质量方法进行了介绍和阐述。

关键词: 工程设计;概算编制;质量;方法;提高

作为工程设计和质量控制的组成部分,工程概算的作用是极其重要的。准确、标准的设计概算对于工程造价的控制和确认影响非常大。但是在现今的大多数工程项目中,还存在许多关于工程设计概算编制方面的问题,概算编制质量也不高。因此,必须要研究提高工程设计概算编制质量的方法。

1 提高工程设计概算编制质量的重要性

首先,应该明了在工程建设中,工程造价是贯穿了整个工程项目建设全过程的。在决策阶段已经确定了项目之后,就要开始对工程建设和投资进行设计和控制。设计费通常在整个工程投资中占比很少,甚至大多数时候都只占了百分之一。但是工程设计对工程项目的整体影响却非常巨大。在正确决策的基础上,它可以决定工程造价中将近百分之八十的工作。因此,如何进行设计就变得尤为关键和重要。设计概算是设计工作的重要组成部分,它在可研估算之后,是对估算内容的具体化;它在清单控制价之前,是对施工图设计的价值定位,对工程造价起着中间支撑的作用。初步设计应依靠初步设计的工程建设规

模、产品方案、生产工艺、技术设施等内容进行设计,依照设计说明和设计图纸编制设计概算。设计概算的编制内容非常复杂,包括涉及到编制期设备材料的价格、利率、汇率等因素,国家政策的变化,还受到很多业主变更、设计变更等诸多不定因素的影响。除此之外,还有关于设计概算的内容方面,每个工程都会进行单项工程综合概算的编制,还有工程其他费用及预备费等一系列费用的计算。同时,设计概算也是控制建设项目投资以及对建设项目投资计划确定的依据。因此,必须要提高工程设计概算编制的质量,才能够提高整个项目投资控制的质量。

2 影响工程设计概算编制质量的因素分析

在工程设计概算编制的过程中,有许多的影响因素:首先,对项目情况了解不足影响概算编制质量。在实际工作中,通常是由设计人员先依据设计委托对项目现场进行调查,然后对设计方案进行选择,再进行设计,概算人员对工程现场和当地情况实际上了解得非常少,会影响概算编制的质量。再者,设计周期的影响。建设工程的周期并不是固定不变的,会有很多原因对其形成影响,导致工程周期缩短。而工程周期的缩短,就会致使设计时间跟着缩短。概算编制人员能够在很短的时间内进行概算编制,根本没有足够

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

的时间对项目进行细致的了解。这样的状况下,概算人员没有办法对各种影响因素进行综合考虑,最终也将无法保证概算的质量。第三,设计深度的影响。概算的编制依据设计图纸和设计说明,如果设计深度不够,也直接影响到概算编制的深度和质量。第四,概算编制人员自身素质需要不断提高,对现行定额的理解程度,对现行市场价的掌握,对国家政策法规的了解,都将影响概算的编制质量。

随着社会科学科技的日益发展,在工程施工方面也有了更多的新技术和新工艺被运用,工程设计要把新技术和新工艺融入进图纸和说明,设计概算中要有费用和造价的体现。概算编制人员不与时俱进,就不能编制出高质量的设计概算。

3 提高工程设计概算编制质量方法

提高工程设计概算编制质量的方法主要有以下几点:

第一,加强概算编制人员的职业道德素养,加强对新技术和新工艺的学习和了解,提高他们对工程设计概算编制的重视程度。要从源头提高编制人员对概算编制的重视,并定期进行专业技能培训,改变为了编制而编制的想法。让其在概算编制设计之前就对工程项目现场进行了解和实地调查,必须做到按照国家标准以及实际情况进行概算编制。同时还应该规避不必要的经验主义,不能够对现成的指标进行直接套用,改变以往不良习惯。除此之外,概算人员还应该在概算指标基础上建立起系统和智能化的造价资料检索数据库。让编制计算和设计概算能够自动进行索引和质量辨别。对超标的项目加强关注,提高工程设计概算编制质量。

第二,进一步了解项目设计意图,熟悉设计图纸,并深入项目现场进行资料收集。概算编制人员首先要明确的一点是,资料是片面的,只有进入现场探索和观察才能够得到准确的信息。因此,不能对设计人员提供的资料过于依靠,甚至全凭资料就开始进行概算编制。为了能够准确进行概算编制,概算编制人员应该深入到项目现场对地形测量图以及工程勘察报告等资料进行收集和研究。并且在这个基础背景下对相关的图纸内容进行仔细研究和理解,包括图纸和图纸之间、图纸和设计说明之间的关系等方面。除了能够知

晓建设项目真实情况,还能够对工程设计中的错漏和不足进行及时处理,规避不必要的设计漏项,也避免了对设计的后期变更。

第三、概算编制人员和设计人员的沟通也是非常重要的。如果要详细、准确进行编制设计概算,少不了和设计人员的充分沟通。只有了解了他们的需求,并且及时针对有关部门发布的价格调整信息进行数据调整,并考虑到建设期的价格变化等相关问题,才能够对设计概算进行及时修正和调整,概算编制出最符合该项施工项目的设计概算。

第四、加强项目信息和数据的积累,建设造价指标库,使设计概算的编制有横向比较,竖向连接的方法和渠道。建设地点、结构形式、建设内容、使用用途、投资水平、管理方式等设计条件,使得不同的设计概算既有可参考性,又必须体现本项目的自身特点。

第五、注重项目所在地造价政策文件及价格信息的收集和分析,使设计概算符合当地规定,符合工程实际情况。

4 结语

设计概算在工程项目中是非常重要的一部分,可以影响到后期大部分的工程造价。同时,它也是作为项目投资计划确定的主要内容存在的。假如在设计概算时就产生了纰漏,在后期的施工过程就会引起一系列的连锁反应,加大不必要的麻烦。只有提高设计概算编制质量,才能够做好设计项目的管理,才能够做好整个工程项目的建设。

BIM技术 在工程造价管理中的应用研究

■ 陈文昭 [工程造价]

摘要: BIM是目前工程设计中比较新兴的技术,能够大大提高工作效率和管理质量。本文分析了国内工程造价管理过程中存在的障碍,介绍了BIM技术的原理和基本功能,并从设计、招投标、施工、竣工检验这几个阶段入手,研究了BIM技术在工程造价管理中的具体应用方法。

关键词: BIM技术;工程造价管理;应用研究

不论何种工程,从设计、施工到竣工等阶段,都离不开造价管理。在整个工程中,造价管理是极为重要的部分。因此,采用先进的管理技术,对工程造价进行精细化、信息化管理,是工程造价的必然发展趋势。而BIM技术可以为造价管理提供有力支撑,在显著提高管理效率的同时还有利于降低成本,增加经济效益。因此,研究BIM技术在工程造价管理中的应用,具有十分重要的意义。

1 国内工程造价管理过程中存在的障碍

1.1 工程造价管理模式和市场联系不足

在社会经济体制转变的进程中,我国政府为了加强针对工程造价的宏观调控,在工程造价方面采取了静态和动态融合管理的模式。该模式的含义是,各地区的主管部门采取统一定额,发布能够体现当地平均水平的信息价,并施以费率管理,并不定期地公开有关造价的调整系数,进而拟定工程造价。这一方式虽然能帮助我国社会尽快走出计划经济体制,但在市场经济体制不断完善的过程中,仍然具有十分明显的计划特征,在

一定程度上阻碍了国内工程造价管理的发展。

1.2 造价数据具有显著的延迟性

在大多数工程建设招投标中,使用的计价方法多是清单计价法,主要依据经审核的施工图纸和国家清单规范。由于现阶段设计周期一般都较短,修改多,业主的需求不断变化,使得施工图纸的版本越来越多,这样就给工程量的计量带来很大困难。这是清单计价中最耗时和最容易出错的地方,使得造价数据难以符合工程实际,难以适应目前的市场发展情况。

1.3 造价数据不易实现高效共享

在过去的造价管理工作中,通常要对工程的造价数据需要进行阶段性的分析。因此,不得不把造价数据拆分开来,再进行加工处理。而工程造价管理工作人员难以将其所掌握的全部数据和其余造价人员共享,使之无法和其他造价人员开展协作工作。比如,在对工程造价进行多项比对和核算时,需要财务部门、采购部门等的数据与协作。但由于部门存在不同的设置,导致部门之间无法开展有效沟通,进而影响了数据之间的转换,使造价管理效率降低。

2 BIM技术的原理和基本功能

BIM的全称是“Building Information

作者简介:陈文昭,女,高级工程师,1997年7月毕业于天津大学投资经济专业,现就职于航空工业规划医药工程设计研究院。

Modeling”，即“建筑信息模型”，是整合整个建筑信息的三维数字化新技术，是支持工程信息管理的最强大的工具之一。由于BIM可以将设计、加工、建造、项目管理等所有工程信息整合在统一的数据库中，所以它可以提供一个平台，保证从设计、施工到运营的协调工作，使基于三维平台的精细化管理成为可能。BIM技术事实上就是建设项目功能及特点的数据呈现，能够实现项目信息的资源共享，也能为项目在全寿命周期中的各种决策提供依据和参考。在项目的各个阶段中，参与管理的人员可以利用BIM系统录入、提取、查询、更新及共享所有数据信息，借此反馈各项业务和职责，对决策起到支撑作用，进而实现协同作业的目标，提高工程设计管理的效率与质量。该技术克服了以往的工程造价管理中，依靠工程蓝图进行各个工程部分的造价估算模式，采用数字三维图像的形式将工程设计方案、设计说明等表现出来，极大地提高了造价的精准度。BIM的功能是利用虚拟形式模拟现实项目，并把所有信息输入三维建筑模型，进行信息化管理，从而为整个建筑项目决策提供重要依据。

3 BIM技术在工程造价管理过程中的具体应用方法

3.1 设计阶段中BIM技术的应用

设计阶段是工程造价管理的初始阶段。在这一环节中运用BIM技术，能够改良设计方案，使设计质量获得进一步提升。管理人员可利用BIM技术在工程项目中建造相应的数据库，并调取工程项目单位以往的造价指标与信息数据，借此估算出全部项目完工所需要耗费的材料、机械设备、人力资源等，以确保造价管理人员可以精确进行投资估算，制定限额设计的数据，从而提升工程设计的经济准确度，提高投资的利用率。

3.2 招标阶段中BIM技术的应用

在工程招投标环节中，负责招标方要编制招标控制价，由于施工图的变化，计量和组价要进行多次。在大多数情况下，由于造价管理人员水平参差不齐，且计算方式和准则也存在差异，通常多次计算会得到不同的结果。如果利用BIM技术进行工程造价管理，施工图纸完成，计量工作的绝大部分已告完成，则招标方就能够通过资料库中项目的具体信息制作出准确的清单，从而有

效规避错算、漏算等问题。

3.3 施工阶段中BIM技术的应用

在工程施工阶段的图纸会审时，利用BIM的数据库，能够把多个部门的数据全部整合起来，再实施多维碰撞检测，进而预料到施工时可能存在的问题，以尽量避免这类问题造成的经济损失。另外，BIM技术还能在既有的3D模型中添加成本与时间等要素，借此形成5D—BIM模型。造价管理人员可以将该模型作为基准，调控施工进度和款项支付进度，并随时核查工程款项支付状况。另外，也可以利用BIM技术控制材料用量，制定材料价格和限额，从而达到控制成本的目的。

3.4 竣工检验阶段中BIM技术的应用

工程完工时，需要进行竣工结算。这一阶段中，如果使用原来的二维图纸，就必须综合工程量，改变工程单。这样一来不但增加了许多工作量，且计算也十分复杂，容易出错。因此，在这一阶段可使用BIM技术，利用该技术的三维可视化功能，从三个维度分别计算工程状况，并拆分、汇总所有的材料消耗量及造价数据，从而完成快速而精确的计算对比。

4 结语

造价管理在工程中属于极为关键的环节，涉及到设计、施工技术及工艺、设备、材料等多种因素的选择和应用，能对工程的完成效率和质量产生直接影响。有关人员要抓住BIM在设计、招投标、施工、竣工检验等几个关键环节中的运用，对其进行深入研究，争取扩大应用范围，不断提高造价管理的水平。

典型空压机余热回收分析及应用

■ 王博 赵洁 [给排水]

摘要: 空压机通过输入电能进行能量转化,产生高温高压空气,以满足工艺流程中对气源的需求。空压机具有良好的调节性能,但同时产生大量能耗损失,导致余热余能浪费的现象。本文在阐述几种典型空压机工作原理的基础上,以是否改动其原有本体结构为前提,对空压机相应的余热回收技术进行分析与对比。研究表明,空压机的余热回收技术有益于设备运行,同时推进实现节能减排,可广泛用于煤炭、纺织、医药等各个行业,节能空间大。

关键词: 空压机;一次余热回收;二次余热回收;余热回收应用

0 引言

压缩空气安全无公害,输送方便,在工业领域有着广泛的应用,可以用于气动加压、风动设备、气力吹扫等。空压机是利用电能将空气压缩使之成为一种动力源的设备,具有良好的调节性能,可以源源不断的提供具有一定压力的压缩空气以满足工艺设备需求。但是空压机多常年运行,产生大量压缩热,消耗大量能源,故节能的潜力很大。

空压机在产生高温高压空气的同时,伴随着大量的热量,此部分热量大多排至空气中造成了能量浪费。余热即是空压机在生产高压空气过程中随之产生的多余热量。余热回收就是通过换热器等合适的手段将空气压缩过程中产生的热量回收用来加热空气或水,典型的使用如辅助采暖、生活热水、锅炉补水预热等。

目前对于空压机余热回收的节能技术研究有很多,主要发展为两个方面:对空压机内部结构

油路/气路改造,进行余热回收;不改动空压机本体结构,直接对水冷/风冷管路进行改造。本文基于以上两种类型的余热回收技术,对常见的空压机余热回收方式进行分析与对比,并阐述了其应用情况。

1 典型空压机内部改造后余热回收分析

1.1 喷油螺杆型空压机余热回收

喷油螺杆式空压机目前市场占有率较高。空压机内的油有压缩热、密封和润滑的作用。油气混合物由排气口排出,经过油气分离系统后,其中的油路进入油冷却器,高温油被冷却后重新喷入主机进行工作;气路进入空气冷却器进行冷却,直到高温压缩空气降低到可接受程度^[1]。根据相应技术资料,油冷却器的散热量为主要损失,故此类型空压机常见的余热回收系统的热量主要来源于高温油。

空压机本体结构经改造后可采用一次换热余热回收和二次换热余热回收。

(1) 一次换热余热回收

对空压机的出油管路进行改造,将高温油

作者简介:王博,女,助理工程师,2015年毕业于哈尔滨工业大学市政工程专业,现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

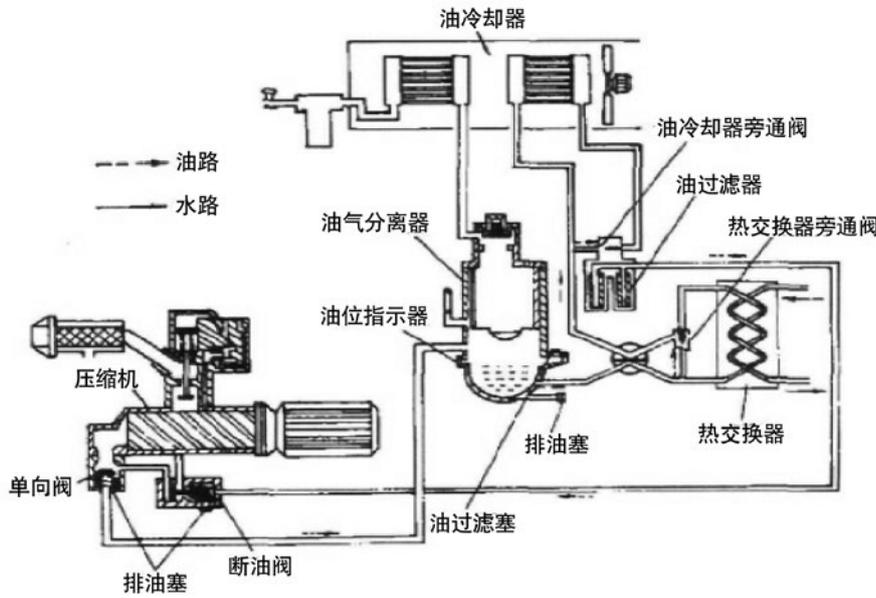


图1 喷油螺杆式空压机一次余热回收流程图

引入一热交换器，并设置旁通阀，实时分配进入热交换器和旁通管的油量。这种改造方式在保证回油温度的同时，热交换器水侧的冷水与高温油进行热交换，被加热后的热水可用于生活热水、空调采暖等^[2]。此种系统的特点为设备少，高换热率，但是需要选择材质较好的余热改造装置，并且需要定期清洗。一次换热余热回收系统流程图见图1。

(2) 二次换热余热回收系统

空压机内的油气混合物进入油气分离器后分离成高温油和高温气两路，高温气进入冷却塔后供厂房使用，高温油经过冷却后再次使用。若不采用余热回收系统，高温油直接由冷却塔进行冷却。加入余热回收系统后，高温油首先由余热回收系统进行冷却，通过换热过程得到的热水进入蓄热水箱，提供厂房供热水需要。当高温油通过余热回收系统不能降温达到合理温度时，由冷却塔组成的冷却系统再对高温油进行冷却。由两个冷却系统对油进行冷却，油温的控制更加稳定，保证了空压机工作的高效稳定，同时也实现了主机节能^[3]。

二次换热余热回收系统是在一次换热的基础上加入了软化水系统。接入软化水系统以后，从压缩主机出来的高温油、气先与软化水进行换热，通过换热过程获得的高温软化水再和供给

用热点使用的水进行换热。二次换热余热系统流程图见图2。

该系统换热器不容易结垢，更好地保证了换热器的换热效率；容易实现自动控制；防止油水混合污染末端用水，提高了用水质量和可靠性，但是设备初期投资高是其主要缺点。

螺杆式空压机余热回收系统分类根据螺杆式空压机的冷却方式的不同，其热回收系统一般分为风冷型空压机余热回收系统和水冷型空压机余热回收系统。

厂家大多数采用水冷系统对压缩机进行冷却，加上水冷型空压机余热回收系统回收热量稳定，对压缩机冷却效果更好，因此水冷型空压机余热回收系统的改造应用更广泛。

1.2 无油螺杆型空压机余热回收

无油螺杆空压机没有油的冷却作用，使得压缩过程更偏离等温压缩，所以大部分的功率都可转化成压缩空气的压缩热，故常出现无油螺杆空压机排气温度过高的现象。相对于喷油螺杆空压机，无油螺杆空压机更具有余热回收的潜能。

无油螺杆空压机，对室外空气进行压缩后，得到高温高压的压缩空气。为了保证空压机设备的正常运行，一般都是采用带冷却塔的开式水冷冷却系统对高温压缩空气和高温润滑油进行冷却，这种传统的做法是通过冷却塔把多余的热量排放

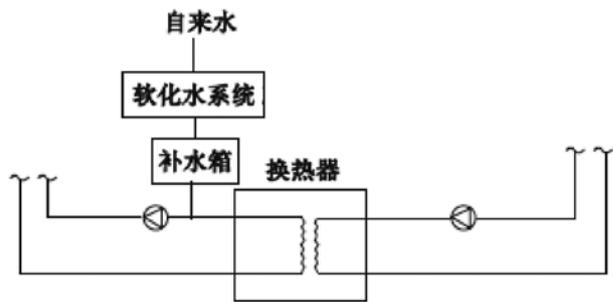


图2 二次换热余热回收流程图

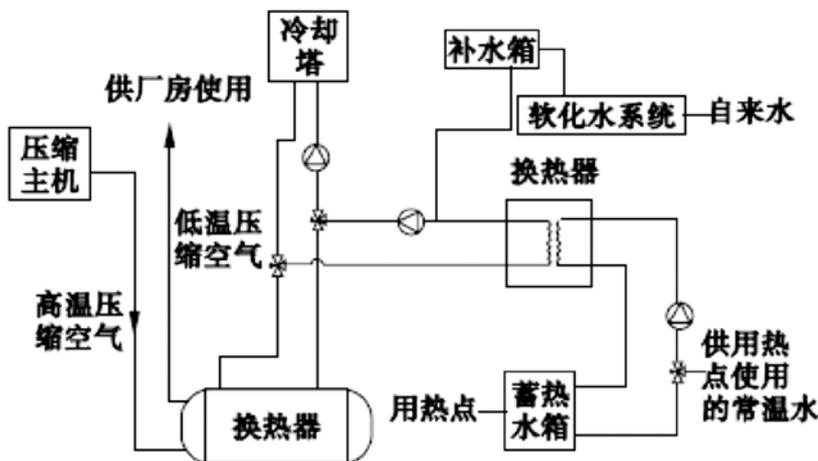


图3 无油螺杆空压机二次换热余热回收系统

到大气中去，浪费了资源同时带来废热污染^[4]。如果将这一部分热能回收，用于用户的热热水供应等，将会大大降低工程的能源消耗，从而实现低碳和环保。

影响无油螺杆空压机余热回收的主要因素有：排气温度、润滑油温度以及排气量等等，无油螺杆空压机的热回收系统回收热量主要来源于高温压缩空气。具体过程是在不改变空压机原有工作状态的前提下，将之前通过开式冷却塔的冷却系统换成余热回收系统，通过余热回收系统对高温油气进行冷却^[5]。由于无油螺杆空压机一次换热余热回收系统结垢十分严重，因此二次换热余热回收系统的应用更加广泛。

二次换热余热回收系统：室外空气经过过滤后进入压缩主机进行压缩，得到高温压缩空气。无余热回收系统时，高温压缩空气与经冷却塔降温后的冷却水进行换热，达到适宜温度后供厂房使用。加入余热回收系统后，根据具体需要，高温压缩空气先和余热回收系统中的换热器进行换热，以满足余热回收系统的使用要求；当用热点使用的水不足以带走高温压缩空气达到既定温度散失的热量时，带开式冷却塔的冷却系统再运行，把多余的热量散失到大气中。这样由两个冷却系统对高温压缩空气进行冷却，保证了工作效率又减少了能耗^[6]。但是余热回收系统中的换热器换热温差大，且压缩空气温度过高，使得换

热器结垢较重，很大程度上影响换热效率，需要经常进行清洗。无油螺杆空压机二次换热余热回收系统见图3。

无油螺杆空压机二次换热余热回收系统也是在一次换热余热回收系统的基础上加入软化水循环系统，由此，高温压缩空气和软化水换热，在换热温差较大的情况下，运行过程中也不会出现结垢严重的现象。这样可以获得更高温度的软化热水，用于厂房淋浴等热水使用，整体提高了热回收换热效率^[7]。

2 空压机其他余热回收途径分析

热泵技术是一项新型节能技术，其基本原理是基于逆卡诺循环进行能量转移，通过消耗一定的辅助能量（如电能）驱动压缩机，使制冷剂在换热系统内循环，达到从低温热源吸收热量，向高温热源释放热量的目的。压缩机运行做功消耗了部分能量，使不断循环的制冷剂在低温端和高温端产生不同的变化状态和不同的效果，即蒸发吸热和冷凝放热。该系统达到了一机两用的目的。当循环的目的是给高温热源供应热量时，可用作供热采暖设备；若为了从低温热源取走热量时，又可用作制冷降温设备。采用热泵技术是实现空气压缩机废热利用的最佳方案。

在不改动空压机本体结构的情况下，可以直接对水冷/风冷管路进行改造升级，设计以热泵为核心的余热回收系统工艺方案，提取出循环冷却水的热量与空压机的余热，用以加热生活洗浴用水。



图4 原有空压机组冷却方案流程图

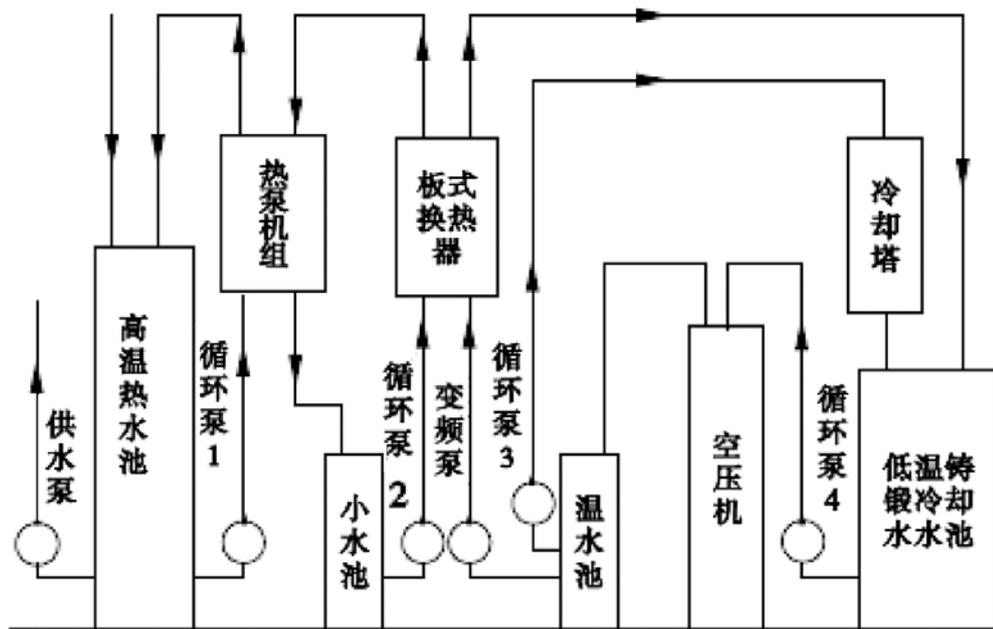


图5 以热泵为核心的余热回收方案示意图

循环水中热能流失，造成能源的巨大浪费、污染环境，同时冷却塔的运行还二次消耗能源。但是即使取热后供热温度也不高，不能被直接利用，所以水源的余热回收需使用热泵取热。热泵将其低品质热能提取出来，并交换到热能存储系统的水箱中，吸收热后的水作为日常洗浴用水，既节约资源，又解决了循环水冷却难题。

将冷却水作为

2.1 风冷型空压机余热回收:

在众多已建及新建的工业生产用房项目中，一般都配有空气压缩机以制备生产用压缩空气。大部分空气压缩机为风冷型号，即使在冬季，也需要输入室外冷空气以冷却空气压缩机，带走空压机的热量，以高温热风的形式排出室外，这部分热量是直接损耗的。与此同时，部分生产车间在冬季需要配备采暖系统，以维持一定的生产所需温度，此部分也需要消耗一部分的能量^[8]。

对于空气冷却系统，压缩机冷却产生的大量低温热气流可以通过相应热泵机组取热，直接用作办公采暖或热交换器的预热。

2.2 水冷型空压机余热回收:

对于喷油螺杆机、无油螺杆机等空压机而言，可以不改动其本体结构，直接对冷却水管路进行改造实现余热回收。

工业生产中循环水的冷却方式多依靠冷却塔。冷却水泵作为循环增压配套设备，抽取冷水池中的水，经空压机换热后，水温升高，输送到温水池。循环泵为水循环提供动力，保证系统内水流量的稳定^[9]。温水在冷却塔中与流动的空气冷交换产生水蒸气，水蒸气蒸发散热带走生产中的余热，待冷凝成液态水后再次流入冷水池，如此往复循环，示意图见图4。

热源，经过循环泵进入空压机，空压机传递热量传给循环水，水温升高后通过板式换热器与内换热循环系统进行热量交换，热量转移到热泵机组热源端的内循环水，通过内循环水热量间接传递给热泵机组。热泵本身产生的热量和热源端提取的热量全部传递给热泵冷源端的冷水，冷水在循环过程中经热泵再次加热温度不断增加，流入高温热水池供使用，能满足日常洗浴 $50^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 的水温要求^[9]。取热后的循环水温度降低，流入低温水池，再进行空压机、热泵的取热，如此不断循环。方案流程示意图见图5。

冷却水的温度每增减 5°C 都会影响空压机的功率，因此冷却水的温度调节要尽可能供应低温的冷却水，以此提升空压机的工况，达到高产气量。通过在空压机冷却水出水管路上加装二次泵把冷却水引入水源热泵主机，通过水源热泵机组就可以制取 $50 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 的热水供生活、生产工艺用。

3 空压机余热回收应用

空压机产出的压缩空气具有易储存、易控制、流动性好及安全环保等特点，因此成为工业领域中应用最广泛的动力源之一，被广泛地应用

于电力、纺织、化工、烟草、制药电子、冶金及机械制造等许多领域。

压缩空气是煤矿生产的一种重要动力源,空气压缩机供风是煤矿的主要耗电设备之一。螺杆式空压机机房温度过高容易使空压机产气率下降,而且加快设备磨损、润滑油变质等。若把空压机的余热加以循环利用,既可节省电耗,降低空压机运行成本,又可改善工作环境^[10]。空压余热回收用作矿内热水供应,投资省,见效快,是一种新型高效节能环保的供热系统。

大型纺织染整企业拥有浆纱、织造、色织后整理等一条龙生产线,其中织造工序所用生产设备均为喷气织机。喷气织机在运行过程中需要消耗大量的高压空气,公司在色织布后整理生产过程中又大量使用60℃以上的热水,这些热水通过外购蒸汽加热得到,成本较高。现在对空压机内部水路进行改造,采用二次换热系统,被加热的水在蓄热水箱处储存,再输送到热网处利用外购蒸汽加温到设定温度,然后投入到色织后整理生产中使用,从而达到既减少蒸汽的加热量,又减少蒸汽消耗的目的^[11]。另外,当热量被回收利用后,水冷却器的负荷大大降低。

炼油厂内新鲜水作为空压机的冷却水时,由于冷却系统为全封闭式和半封闭式,水质基本未被污染,可建立水池作为冷却水回收收集。增加提升泵后,回收的冷却水可一路去动力车间,经软化后用作锅炉供水,另一路去换热站作为补充用水。

食品饮料、半导体和医药化学等行业在生产过程中用到大量的反渗透纯水。当春季、秋季和冬季水的温度低于要求温度时,需投入设备、消耗燃料为水升温。回收空压机的余热用来生产纯水,不但可以减少燃料的消耗,甚至可以减少加热设备的投入成本。

随着时代的进步,节能、环保、低碳将是全人类追求的永恒主题,更是企业参与全球竞争的强有力手段之一。空压机的节能空间巨大,如果利用新型的能量回收工艺技术将大大降低企业的能源消耗,真正意义上实现低碳减排。

参考文献

- [1] 赵新红. 浅谈几种典型空压机的余热回收[J]. 上海节能, 2013, (8): 32-33.
[2] 张霞, 邹江等. 螺杆空气压缩机热能回收的

原理及利用[J]. 机械制造, 2015, 44(5): 73-74.

[3] 王林. 浅议喷油螺杆空压机的余热回收与利用[J]. 绿色建筑, 2013, (6): 64-65.

[4] 王晓露. 无油螺杆空气压缩机热回收系统的研究与开发[J]. 通用机械, 2011, (9): 101.

[5] 邓泽民, 罗景辉, 程艳. 螺杆式空压机热回收方式及其系统分析[J]. 节能, 2015, (6): 9-11.

[6] 叶聿漳. 空压机热能回收器的应用[J]. 能源与环境, 2012, (6): 30-31.

[7] 谢健. 一种空压机余热回收系统研究与实现[D]. 北京: 北方工业大学控制工程专业, 2011.

[8] 杨好强. 空压机余热回收在采暖系统上的应用[J]. 矿业装备, 2014, (1): 106-107.

[9] 杜辉, 张金磊. 水源余热回收系统工艺方案设计及分析[J]. 节能, 2014, (10): 74-76.

[10] 王春, 肖涌洪. 矿用空压机余热高效回收利用技术与应用[J]. 煤炭科学与技术, 2015, 43(1): 142-144.

[11] 生兆昆, 陆振乾, 蒋可伦等. 纺织厂空压机热能回收改造实践[J]. 上海纺织科技, 2010, 38(12): 21-22.

海绵城市建设中需要注意的问题

■ 张宏扬 李力军 [给排水]

摘要: 随着城市建设和城市用水模式的发展,对城市水资源的统筹管理规划和对降水的收集利用的需求已经变得越来越急迫。海绵城市概念的提出,对城市水资源综合利用、城市资源低影响开发、雨水外排总量控制等问题的解决提供了有效方法。本文从海绵城市建设的主要技术特点出发,分析了在海绵城市建设过程中各个环节可能对社会民生等产生的问题,并给出避免衍生问题出现的思路或方法,为海绵城市的建设提供理论支持。

关键词: 关键词: 海绵城市; 城市建设; 问题

近些年来,随着城镇化的推进,城市资源的缺乏问题再度成为热点。而城市的用水问题,在几十年的发展中并没有得到有效解决。一方面,城市的水源在逐渐减少,可利用水量整体呈现减少趋势;另一方面,城市对水资源的不合理利用和对水资源的污染,也加剧了“城市缺水”这一老生常谈的问题。与此同时,城镇化的推进,使得城市不透水面层逐渐增加,雨水对地下水的补充作用在逐渐被弱化,而在强降雨条件下,我国城市依旧存在内涝问题,使得不被利用的雨水对城市造成威胁。“海绵城市”概念的提出,对上述问题提供了有效的解决方案,因此,近几年来逐渐被我国城市建设所推广。而海绵城市建设的大规模推广过程中,除了要实现解决城市内涝、雨水调蓄综合利用、“增加”城市可利用水资源等目标之外,也要注意建设过程中对社会和民生等产生的影响,力求能够在建设过程中具有较好的社会民生影响,真正的成为从立意、规划,到建设、使用全过程低影响工程。

作者简介:张宏扬,男,助理工程师,2016年毕业于清华大学环境科学与工程专业,现就职于航空工业规划建筑设计研究院。

1 海绵城市的内涵和解读

海绵城市是指城市能够像海绵一样,在应对自然变化过程中能够具有“收放”功能,在降雨时能够吸水、净水、蓄水,为城市储备水资源,在需要时,能够将水资源释放,补充城市用水。因此,海绵城市建设要求城市系统能吸收,能渗透,能涵养,能净化,能释放,实现对降水的弹性控制^[1]。

国际上对海绵城市建设以及雨水管理应用系统建设的先例开展较早,例如上世纪八十年代美国以雨水花园为基础提出的LID设计理念、英国的可持续排水系统(Sustainable Drainage Systems, SuDS),以及澳大利亚的水敏感城市设计(Water Sensitive Urban Design, WSUD)等。不同国家针对雨水排放、储蓄和利用具有不同的表达,而海绵城市则是融合了不同国家语境而总结出的具有中国特色的城市雨水管理理念^[2]。在具体情况下,海绵城市要能够解决城市合流制溢流污染,能够控制初期雨水污染,削减雨水径流,并且能够储存水资源、补充城市地下水。海

海绵城市建设，应当遵循生态优先原则，将人工措施与城市原有自然途径进行有机结合，在保证城市排水防涝安全的前提下最大限度地实现雨水在本城市区域内存储、净化、渗透，加强生态保护，促进水资源综合利用^[3]。

2 海绵城市建设中所需要注意的问题

从海绵城市建设的内涵中可以看出，海绵城市建设能够控制水资源污染，具有较强的经济价值和社会效益，而从长远来讲，也具有较好的生态意义。但海绵城市在建设过程中，应当针对不同阶段和不同功能，与社会日常需求和生活结合起来，避免出现阶段性新问题。

2.1 海绵城市建设前

对城市进行原有设施的调查、登记、改造等，每一个过程都是一个综合阶段，不能简单地理解为铺设管道、改造管路系统。因此，在建设和规划前期，一定要对城市范围内的已有的可利用开发的场地、水环境、区域生态圈等进行详细调查，以避免设计的重复性。海绵城市建设是城市建设的一部分，而城市建设最直接的目的是满足城市居民生产生活对城市的需求。因此，海绵城市建设前，应当对城市功能进行详细定位，对城市民生诉求进行全面了解，进而对海绵城市建设做出综合规划，在遵循规范的前提下，既能够满足海绵城市建设的初衷，又能够最大限度地增加城市功能，进一步满足城市居民的需求，最终形成“一城一特色”的发展模式。

2.2 海绵城市建设过程中

在海绵城市建设过程中，具有六大要素，分别是渗、蓄、滞、净、用、排^[3]。而此六项要素，基本也是海绵城市的技术核心。在六项技术措施实现过程中，都应当注意其社会影响。

“渗”的提出是基于城市下垫面过硬和不透水层过多提出的。海绵城市利用多种形式的渗透方法，主要是改变各种路面、地面铺装材料，改造屋顶绿化，调整绿地竖向，从源头将雨水留下来然后“渗”下去，同时海绵城市建设也将屋顶屋面雨水进行收集。在路面、地面材料的铺设过程中，会引出一个新型材料的环境友好型和社会友好型问题。在这里，因为针对的是下渗问题，因此往往容易忽略掉路面本身所应有的强度、硬度，以及颜色、形状等是否与周边环境协调，是

否符合社区、城区功能要求等问题。此外，材料使用寿命和施工周期等要素也比较重要，一旦材料寿命降低或者施工周期较长，则容易影响城市内部交通、居民正常生活等。这些，在试点初期，应当给与足够的重视，进行测试或者评估。

“蓄”主要是在尊重自然地貌的前提下，对降水进行调蓄，既能够对雨水径流进行错峰，又能够对雨水进行贮存。当下海绵城市蓄水环节设计要结合当地关于雨洪控制设计规范和绿色建筑评价标准。根据现有技术，总体主要有塑料模块蓄水和地下蓄水池蓄水。无论是塑料模块蓄水还是地下蓄水池蓄水，都需要占用地下空间、地下施工和地下设施维护等几个环节。对于占用地下空间问题，应当与城市建设进行评估，对于是否占用地下空间过大、容积大小以及是否存在溢出等问题进行统筹安排，以防止对城市基本功能产生不利影响；地下施工技术已经比较成熟，而地下设施维护在所难免，应当合理设置地下设施位置，当对设施维修维护时，应当尽可能减少对居民正常生活和出行的影响。同时，应当在建设过程中做好事故预案。

“滞”是防止降雨时发生城市内涝的主要措施之一，通过滞，可以延缓形成径流高峰，其方式主要是修建“雨水花园”、生态滞留地、渗透池以及人工湿地等。如今，在一些城市，绿化带和绿植公园等已经较多，应当尽量将开发这些地段和功能区对于“滞”的贡献潜力。在一些较大城市，用地紧张已经成为一个不争的事实，因此，最大限度地开发已有绿植场所的功能，不盲目单纯为“滞水”大规模修建绿地，既是城市发展需要，也是不拿资源换资源的环境友好型的一种表现。此外，可以根据城市地形，在原有设施和场所的基础上，改造地面、景观设施的造型和数量，以此来增强滞水功能。在一些拥有水上设施的城市，可以充分利用水上设施和场所的功能，对径流进行调蓄。

“净”是使得地表径流成为可利用水资源的一个核心环节。海绵城市建设中，无论是在居住区还是在工业区、公共区，经常用到的主要雨水净化系统分为土壤渗滤净化、人工湿地净化、生物处理三个环节。对于土壤净化来讲，最关注的问题可能就是土壤的承载力问题。城市土壤对降水经过一段时间的过滤，会寄存比较多的“污染物”，而“污染物”如果不能及时得到降

解, 会严重影响土壤的承载力, 甚至会污染土壤, 使土壤成为污染源。因此, 应当注意对土壤机构和功能进行评估和综合设计, 避免出现土壤污染和降水二次污染的问题。对于人工湿地的净化作用, 需要关注的一个问题是设施的持久应用问题。除了人工湿地在非净化时段的综合利用之外, 与人工湿地配套水泵、处理设施、上下游接洽等问题都需要进行合理设计, 避免能源、设施的浪费。生物处理是对经前两步处理水的深度处理, 在此, 由于生物处理需要的技术难度较高, 并且处于水量不稳定状态, 因此可以考虑采用易于集成化、设备化、易操作化的技术。此外, 城市不同功能区的地表径流水质也不同, 应当合理设计, 对居民区、工业区、市政公用区的不同水质的水分开收集和净化, 降低净化成本和难度。

对海绵“释放”出的水进行综合利用, 是海绵城市建设的目的之一。在这里, 要注意两个问题: 一是水质问题, 二是市场问题。必须保证水质, 才能够使得雨水综合利用变为现实。因此, 采取何种净化设施、净化成本、分类利用以及循环使用等问题必须充分考虑, 这既是技术问题, 也是社会民生问题; 对于市场问题, 需要解决的是如何使居民、企业、单位采用“海绵水”作为景观用水、喷洒用水以及其他用水的问题。因此, 在建设过程中应当充分给予考虑, 包括给出经济的、政策的建议等等。

“排”水, 是海绵城市建设的最后一个环节, 这一环节只要是指对无法承载或者不需要的降水进行疏通或者收集后排出到河道。通常, 通过修建管道与自然河流共同作用来完成。海绵城市排水需要将传统的雨水排放设施进行融合, 避免重复建设。此外, 排放过程中也应当增加可调控性, 避免由于不可控而影响其它环节的正常工作。

2.3 海绵城市建设完成后

海绵城市建设是一项综合性较强的建设, 因此, 在建成后应当实时进行跟踪和监测, 了解海绵工程对城市功能的补充潜力、不完备之处、阻碍之处以及可改进优化之处, 比较不同城市海绵工程的差异, 及时总结, 并根据城市的发展, 不断进行完善。

3 结语

2014年由住房和城乡建设部印发《海绵城市

建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》后, 特别是2015年海绵城市建设试点城市名单公布后, 我国的海绵城市建设正在全面展开, 中央也给予了高度重视和大力支持。在全面展开工程建设的同时, 更应当全面调研、综合规划、合理布局, 使得我国的海绵城市建设取得圆满成功。

参考文献

- [1] 胡灿伟. “海绵城市”重构城市水生态[J]. 生态经济, 2015, 31(7):11.
- [2] 廖朝轩, 高爱国, 黄恩浩. 国外雨水管理对我国海绵城市建设的启示[J]. 水资源保护, 2016, 32(1):42-46.
- [3] 车伍, 赵杨, 李俊奇, 等. 海绵城市建设指南解读之基本概念与综合目标[J]. 中国给水排水, 2015, 30(8):1-5.

常用安全阀选用与计算方法分析

■ 于建国 安玉生 [动力]

摘要: 安全阀是安全泄放装置的一种,在意外发生时可以起到保护压力系统的作用。安全阀的合理选型对整个压力系统的保护有至关重要的作用,本文阐述了安全阀的定义、作用、分类,详细介绍了锅炉房设计中常用安全阀的选型及计算,列举了锅炉房设计中经常遇到的工程实例进行计算并选型,最后提出常用安全阀选型的注意事项。通过对安全阀的合理选型,使得安全阀运行可靠,防止安全事故的发生。同时,在安全阀满足使用的要求下,节省了材料,避免了不必要的浪费。

关键词: 安全阀;选型;选型实例

1 安全阀的定义

安全阀是保护压力系统,防止意外发生的安全保护装置。当压力容器、压力管道和其他压力设备等压力系统中的工作介质超过规定数值,阀门的启闭件自动打开并开始排放压力介质,以防止压力继续升高,当排放至压力低于规定值后,启闭件自动关闭,保证系统安全运行,这一类对压力系统起保护作用的阀门称为安全阀。

安全阀一般是按照结构形式或启闭件开启高度进行分类的^[1]。按照结构形式,安全阀可以分为重锤式、脉冲式、先导式、弹簧式;按照启闭件开启高度分类,安全阀可以分为微启式和全启式,其中微启式安全阀开启高度在 $\frac{1}{40} \sim \frac{1}{20}$ 喉部直径的范围内,全启式安全阀大于等于 $\frac{1}{4}$ 喉部直径。

2 安全阀的选型

安全阀的选型主要涉及两个方面的问题。一方面是压力系统的工作条件,包括工作介质的性质、工作压力、工作温度、允许超压限度、必需排量等;另一方面是阀门本身的材质和结构形式^[2]。总的原则是根据系统内介质的特性选用阀门的材质和结构形式;根据系统的工作压力计算得出安全阀的压力启闭范围;根据系统的工作温度选出安全阀的使用温度;根据系统安全排放量计算安全阀喉部面积或直径。动力管道上使用的大多数为弹簧式安全阀。

2.1 安全阀的工作温度

由系统的工作温度确定安全阀的工作温度。

2.2 安全阀的公称压力

在选用安全阀时,应根据阀门材料、工作温度和最大允许工作压力按照标准GB/T12224-2015《钢制阀门 技术条件》中压力-温度额定值表确定阀门的公称压力。

作者简介:于建国,男,助理工程师,2014年毕业于辽宁科技大学热能工程专业,现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

2.3 安全阀的工作压力级

选用安全阀时,应根据所需开启压力值确定阀门的工作压力级。

1) 根据系统的工作压力 p_w ,确定安全阀的开启压力 p_z ,取 $p_z \leq (1.1 \sim 1.05) p_w$;当 $p_z < 0.18 \text{ MPa}$ 时,可适量提高 p_z 相对于 p_w 的比值;

2) 取系统的设计压力 p 等于或稍大于开启压力 p_z ,即 $p \geq p_z$;

2.4 安全阀的额定排放量

安全阀的通径应根据安全阀排气量来确定,安全阀的排气量大于并尽可能接近系统必需排量。安全阀的额定排放量计算如下^[3]:

(1) 介质为气体

临界条件即 $\frac{P_o}{P_d} \leq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$ 时,排放量 W_s 为:

$$W_s = 7.6 \times 10^{-2} CKP_d A \sqrt{\frac{M}{ZT}}$$

亚临界条件即 $\frac{P_o}{P_d} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$ 时,排放量 W_s 为:

$$W_s = 55.85 KP_d A \sqrt{\frac{M}{ZT} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_o}{P_d}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_o}{P_d}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}}$$

(2) 介质为液体

$$W_s = 5.1 KA \sqrt{\rho \Delta p}$$

(3) 介质为饱和蒸汽

饱和蒸汽中蒸汽含量应不小于98%,过热度不大于11℃。

当 $P_d \leq 10 \text{ MPa}$ 时, $W_s = 5.25 KP_d A$

当 $10 \text{ MPa} < P_d \leq 22 \text{ MPa}$ 时,

$$W_s = 5.25 KP_d A \left(229.2 \frac{190.6 P_d - 6895}{190.6 P_d - 7315} \right)$$

3 常用安全阀计算选型实例

经常涉及到的常用安全阀选型的压力系统有蒸汽系统、热水系统和压缩空气系统。

3.1 工程实例一

4台25吨蒸汽锅炉房系统中的分气缸,直径

1m,长度6.1m,工作压力1.4MPa,温度350℃。

选用步骤:

阀体材料:考虑到温度为350℃,为了使用安全,选用优质碳素钢;

公称压力:根据优质碳素钢和蒸汽的压力温度,阀门公称压力 $PN=2.5 \text{ MPa}$;

连接形式:为了便于阀门装卸和维护,应采用法兰连接;

阀门类别与型号:选用全启式弹簧安全阀。

$$W_s = \frac{H}{q} = \frac{2.52 \times 10^8}{1946.6} \text{ kg/h} = 1.29 \times 10^5 \text{ kg/h}$$

$$A = \frac{W_s}{5.25 KP_d} = \frac{1.29 \times 10^5}{5.25 \times 0.6 (1.03 \times 1.4 + 0.1)} \text{ mm}^2$$

$$= 2.66 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$d_o = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.66 \times 10^4}{3.14}} \text{ mm} = 184.26 \text{ mm}$$

选用安全阀型号为A48Y-25C(带散热器),DN300($d_o=200 \text{ mm}$)。

3.2 工程实例二

换热站热水供热系统,供暖负荷1370kW,安全阀开启压力0.32MPa,系统工作压力0.66MPa,温度60℃。选用步骤:

阀体材料:选用碳素钢;

公称压力:根据碳素钢和热水的压力温度,阀门公称压力 $PN=1.6 \text{ MPa}$;

连接形式:为了便于阀门装卸和维护,应采用法兰连接;

阀门类别与型号:选用微启式弹簧安全阀。

$$W_s = 0.003605 \frac{\alpha H}{S.G C_{pl}} = 0.003605 \times$$

$$\frac{0.00207 \times 4.932 \times 10^6}{1 \times 4.185} \text{ kg/h} = 8.79 \text{ kg/h}$$

$$A = \frac{W_s}{5.1K \sqrt{\rho \Delta p}} = \frac{8.79}{5.1 \times 0.4 \times (1.2 \times 0.32 + 0.1)} \text{ mm}^2$$

$$= 8.91 \text{ mm}^2$$

$$d_v = \sqrt{\frac{20A}{\pi}} = \sqrt{\frac{20 \times 8.91}{3.14}} \text{ mm} = 7.5 \text{ mm}$$

选用安全阀型号为A47Y-16C（平面型），DN25（ $d_v = 25\text{mm}$ ）。

3.3 工程实例三

某项目压缩空气罐，气体工作压力0.75MPa，温度25℃进口管径为DN80，管内流速10m/s。选用步骤：

阀体材料：选用碳素钢；

公称压力：根据碳素钢和压缩空气的压力温度，阀门公称压力PN=1.6MPa；

连接形式：为了便于阀门装卸和维护，应采用法兰连接；

阀门类别与型号：选用全启式弹簧安全阀

$$\begin{aligned} W_s &= 2.83 \times 10^{-3} \rho v d^2 \\ &= 2.83 \times 10^{-3} \times 9.3528 \times 10 \times 89^2 \text{ kg/h} \\ &= 2.10 \times 10^3 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\frac{p_o}{p_d} = \frac{0.75}{0.825} = 1.1 > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{2}{1.4+1}\right)^{\frac{1.4}{1.4-1}} = 0.528$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{W_s}{55.85 K p_d \sqrt{\frac{M}{ZT} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_o}{P_d}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_o}{P_d}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}}} \\ &= \frac{2.10 \times 10^3}{55.85 \times 0.9 \times 0.825 \sqrt{\frac{29}{1.0 \times 298} \sqrt{1.4-1} \left[\left(\frac{0.75}{0.825}\right)^{\frac{2}{1.4}} - \left(\frac{0.75}{0.825}\right)^{\frac{1.4+1}{1.4}} \right]}}} \text{ mm}^2 \\ &= 1.872 \times 10^3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$d_o = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.872 \times 10^3}{3.14}} \text{ mm} = 48.83 \text{ mm}$$

选用安全阀型号为A48Y-16C，DN80（ $d_o = 65\text{mm}$ ）。

4 常用安全阀选用的注意事项

(1) 弹簧式安全阀有封闭式和不封闭式两种，一般易燃、易爆或有毒介质选用封闭式；蒸汽或者惰性气体等可选用不封闭式。

(2) 排放气体或蒸汽时，一般选用全启式安全阀，全启式安全阀排量大，能迅速排放并且有良好的回座能力；排放介质为液体时，可选用微启式安全阀，微启式安全阀结构简单，采购和维修成本低。

(3) 排放气体或蒸汽时，全启式安全阀应选用带有扳手的，这样便于检查启闭件的灵敏度^[4]。

(4) 带散热器的安全阀。用于介质温度较高高压系统，以便降低弹簧腔室内的温度。一般封闭式安全阀介质温度高于300℃或者开放式安全阀介质温度高于350℃时，应选用带有散热器的安全阀。

参考文献

- [1] 刘学来等著.城市供热工程[M].北京: 中国电力出版社, 2009.
- [2] 孙晓霞等著.实用阀门技术问答[M].北京: 中国标准出版社, 2000.
- [3] GB/T 12241-2005《安全阀一般要求》[S]. 中华人民共和国国家标准, 2005.
- [4] GB/T 12243-2005《弹簧直接载荷式安全阀》[S]. 中华人民共和国国家标准, 2005.

LED照明在试车台厂房中的应用

■ 王舒 王宏伟 [电气]

摘要: 本文根据航空发动机试车台厂房的照明特点,将常用的传统金卤灯光源及灯具和LED新型节能灯具应用于试车间照明进行比较,从照明质量、节能效果和节能收益等角度分析LED应用于试车台厂房照明的可行性。

关键词: LED; 航空发动机试车台厂房; 试车间照明

0 引言

目前在航空发动机试车台厂房的照明设计中,大多选用传统照明光源及灯具,主要考虑能够满足基本的照明功能,但是距离绿色照明还存在着一定差距。在发动机试车厂房合理的应用LED照明,对提高试验人员的工作效率,实现节能减排,及提高经济效益都有着巨大的意义。某航空发动机试车台如图1所示。



图1 航空发动机试车台

作者简介:王舒,女,助理工程师,2010年毕业于哈尔滨工程大学自动化专业,现就职于中航工程集成设备有限公司。

1 LED照明的技术介绍

1.1 LED发光原理

LED(Light-Emitting diode),即发光二极管,是一种可将电能转化为光能的半导体固态发光器件。它是以LED芯片作为发光材料,芯片中的PN结通过正向导电电压导致电子和空穴发生复合从而发射出光子。LED芯片发光原理见图2。



图2 LED芯片发光原理

不同材料制造的LED芯片能产生不同能量的光子,而光子的能量决定发出光的波长,能量越大,波长越短;波长决定发出光的颜色,不同材料的LED光源可以产生不同颜色的光,根据这一因素,LED照明广泛应用于商场、酒店、写字楼等(见图3)。

1.2 LED光源的特点

(1) 节能环保: 功耗低,电光功率转换率



图3 LED应用在民用建筑

高；LED是用无毒材料制造，不含铅汞等有毒元素。

(2) 寿命长：与普通节能灯相比，LED是固态冷光源，不存在灯丝发光易烧、热沉积、光衰等缺点；其使用寿命可达到5万到10万小时，比传统光源寿命长5倍以上；固态封装，抗震性强于传统光源。

(3) 光效高：发光效率高，目前照明市场上的LED光源平均光效可达到80~120lm/W。

(4) 安全可靠：LED光源的驱动电压低，其灯具发热量比传统照明灯具低，可安全触摸。

(5) 色彩丰富：LED光源可利用三基色原理通过计算机技术形成不同光色组合。

(6) 智能化：可以通过计算机技术对光源的亮度、颜色、角度、发光时间等进行智能控制。

(7) 光谱全部集中在可见光频段，没有红外、紫外光谱；显色性好， $R_a=70\sim 95$ 。

LED光源被称为第四代照明光源和绿色照明光源，具有节能环保、光效高、寿命长、色彩丰富、抗震性佳、安全可靠、智能控制等优点。随着节约能源、保护环境、发展绿色照明产品的呼声越来越高，LED光源已经在民用建筑得到广泛应用，并逐步进入到工业照明领域，且其优势越来越明显。

2 试车台厂房的照明要求

2.1 试车台厂房照明的基本要求

航空试车台厂房是根据发动机工艺技术要求而设定的重要发动机试验基地，根据厂房各区域的不同功能和工作特点决定了试车台照明的基本要求，其基本要求是：

(1) 根据发动机试车厂房的工艺特性，厂房

照明需保证足够的亮度，从而满足提高工效和安全生产的需要。

(2) 按照工作场所的不同，保证照明质量，比如操纵间属于工作人员密集且长期停留的场所，需要保证照明均匀度高，色温舒适，显色指数高；试车间是发动机试验场所，其照明应保证眩光小。

(3) 灯具寿命长，安全可靠，散热性好，减少维护工作量，节约成本。

(4) 高效节能，环保，提高经济效益。

2.2 试车间的照明要求

试车台厂房的主要工作场所包括试车间、工艺设备间、燃油间、操纵间、数采间等，其中试车间是发动机进行试验作业的重要场所，其照明要求更为关键。试车间在做试验时，整个试车间墙壁震动剧烈；工作人员在操纵间通过观察窗或监控摄像头来观察发动机的工作状态；试车过程中由进气塔至排气塔会形成高速气流，导致试车间尘埃较多；特殊天气如雨季会使试车间内空气湿度较大。

由于试车间工作区域有试车台架、升降平台等，试车过程中要保证试车台架及发动机上都具有一定的照度值。因此，试车间选择壁灯安装在试车间侧墙，灯具布置需保证发动机工作区域的照度要求，便于试车人员观察发动机状态。这样不仅能满足工作区域所需要的照度，也避免了亮度分布不均匀影响视觉效果，又能够节省电能。

根据以上特点，试车间照明需选用防震、防眩光，且防护等级高的壁灯作为主要照明灯具，目前常用的试车间照明灯具一般选用抗震性较好的金属卤化物灯。金卤灯的优点是光效高，性能稳定，显色性好，但是金卤灯应用在试车间照明却存在诸多问题：(1) 金卤灯是汞和稀有金属的卤化物在混合蒸气中产生电弧放电发光的放电灯，会挥发汞类有毒元素，不环保；(2) 金卤灯在试车环境中抗震性较差，寿命短，维护成本较高，即使采用抗震性较好的进口金卤灯，也要面临造价昂贵的问题；(3) 金卤灯的启动时间长，关闭后再启动不能立刻点亮灯具。

由于以上问题，在试车间这种重要场所能否采用新型光源LED代替传统光源金卤灯，我们通过是否满足照度要求、灯具性能的比较、节能环保及经济性等多方面分析LED应用于试车台厂房的可行性。

3 LED应用于试车台厂房的可行性分析

3.1 试车间发动机区域照明计算

选用某品牌LED灯具，外观及具体技术参数表见图4、表1。

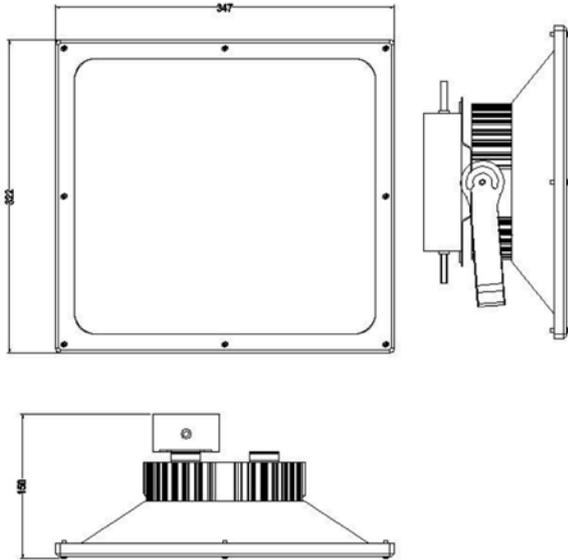


图4 某品牌LED灯具外观尺寸

表1 LED灯具技术参数

| 序号 | 参数名称 | 单位 | 数值 |
|----|------|------|----------|
| 1 | 额定电压 | V | 220AC |
| 2 | 额定功率 | W | 50W |
| 3 | 光源 | 功率 | W 50 |
| | | 光通量 | lm 6300 |
| | | 色温 | K 5000 |
| | | 显色指数 | Ra 70 |
| | | 平均寿命 | h 100000 |
| 4 | 外形尺寸 | 长 | 347 |
| | | 宽 | mm 150 |
| | | 高 | 322 |
| 5 | 防护等级 | 灯具外壳 | IP65 |
| | | 驱动电源 | IP67 |

以某厂房试车台为例，由于试车间灯具主要用于发动机工作区域的侧面照明，那么可以根据发动机长度、高度和升降平台引射筒的尺寸，确定试车间立面面积M，即侧墙面积，约为20m（长）×10m（高）=200m²。

通过利用系数法计算出满足试车间发动机工作区域照度的灯具个数。由于LED光源与灯具为一体，利用系数U难以估算，所以目前对于LED的照度计算还没有简单的计算公式。传统光源的照明灯具一般采用利用系数法，LED灯具可以参考利用系数法公式进行照度计算。

利用系数法计算平均照度的基本公式为：

$$N = \frac{E_{av} A}{\phi U K} \quad \text{-----公式1}$$

$$E_{av} = \frac{N \phi U K}{A} \quad \text{-----公式2}$$

E_{av} ---工作面上的平均照度，lx；

ϕ ---光源光通量，lm；

N ---光源数量；

U ---利用系数；

A ---工作面面积；

K ---灯具的维护系数，一般房间取 $K=0.7$ ，试车间取 $K=0.6$ 。

计算灯具数量时，根据工艺要求确定试车间发动机工作区域平均照度及单个LED灯具的光通量，通过公式可以计算出满足照度的LED灯具数量 N ，并将灯具均匀分布于试车间发动机工作区域的两个立面侧墙上。

3.2 试车间发动机区域灯具布置

灯具布置时，考虑固定人行平台，观察窗位置，人员安全需要，第一排灯具安装高度距地不低于2.5m，第二排灯具距离固定平台不低于2.5m，第三排灯具高度根据第二排和上部台架位置确定，且酌情可以调整。

灯具布置时，配合工艺、设备专业，需避开固定平台支架、钢爬梯、观察窗、隔声门等，灯具布置完毕后，各面视图见图5、图6。

3.3 试车间发动机区域照度分布

试车间发动机工作区域见图7中内框所示。

发动机工作区域面各点位照度值可以通过照度计算软件模拟得到，由于无法表示出空间各点

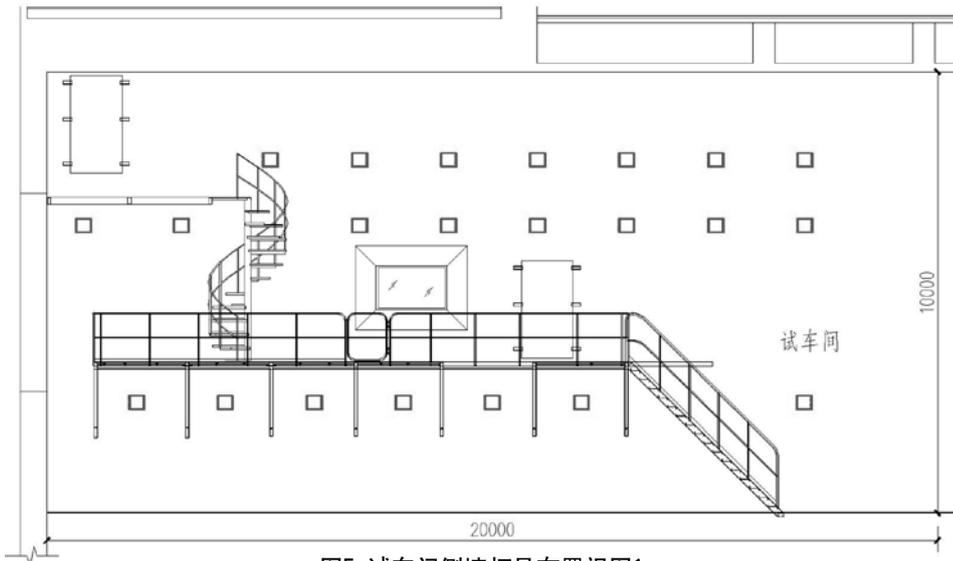


图5 试车间侧墙灯具布置视图1

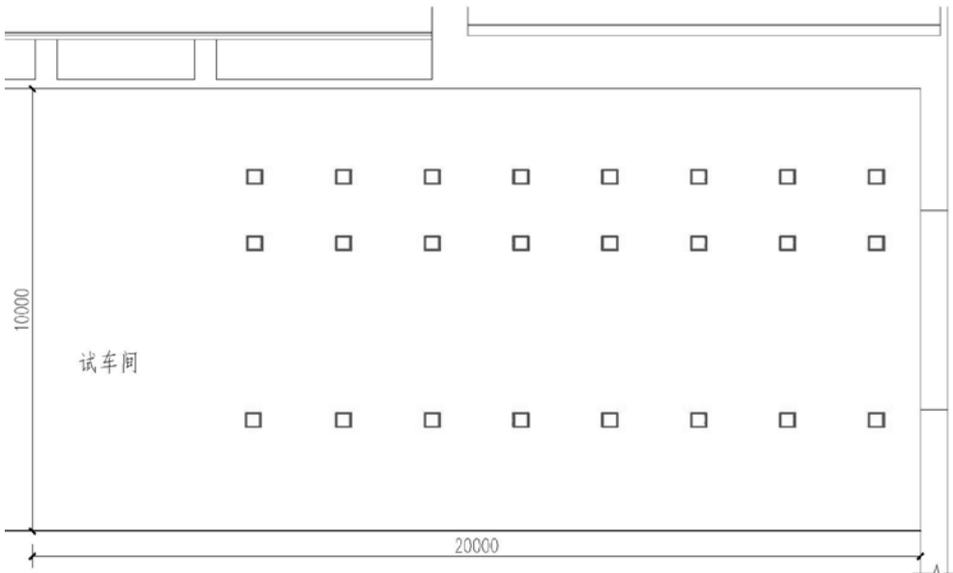


图6 试车间侧墙灯具布置视图2

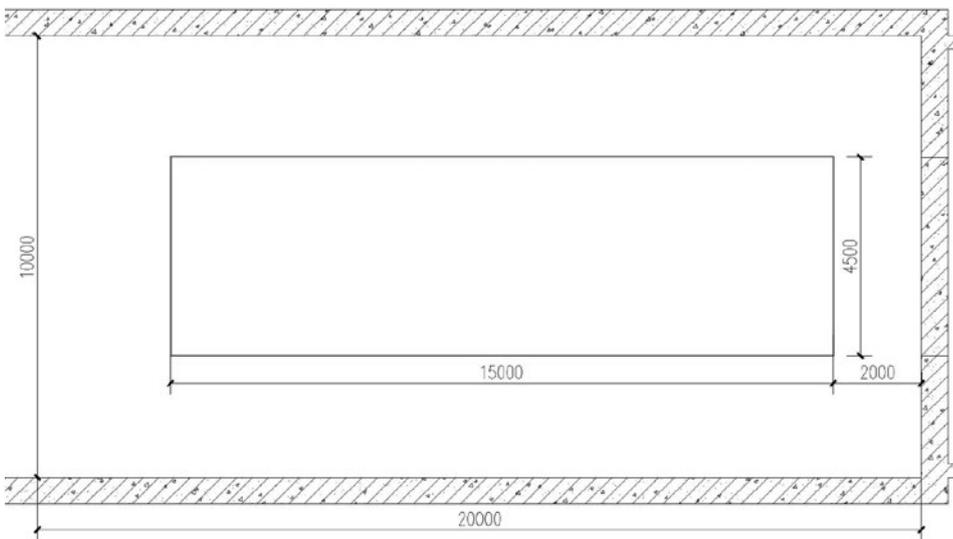


图7 发动机工作区域平面图

的照度值，本例中以地面照度为例，见图8、图9和图10。

3.4 LED与金卤灯性能比较

由于试车台的特殊环境，试车间照明一般采用抗震性较好的进口金卤灯，下面通过表2进行对比说明进口金卤灯与LED灯具的性能差异：

通过上表可以总结出，相较于传统灯具金卤灯，LED灯具具有一定优势：首先LED节能省电效果显著；LED更加环保，在使用时不会像金卤灯散发出铅汞等有毒气体；LED可立即启动和再启动，多次开关不会有普通带电极放电灯中的光衰退现象，而传统金卤灯启动需要2分钟以上，且这段时间耗电量非常大；LED光源的发光芯片及驱动电源是固态封装，不会因试车间做试验时墙壁频繁剧烈的震动而受到损害，所以抗震性和防腐性均优于金卤灯，后期维护费用也比金卤灯节约。

通过比较可以看出，用LED灯代替金卤灯应用于试车台厂房照明是有一定优势并且可行的。

4 目前LED存在的问题

4.1 眩光问题

LED产生眩光主要原因是发光角度小，出光集中，方向性强，这使得LED强光向同一方向照射时，会导致局部光线过强，形成极端的亮度

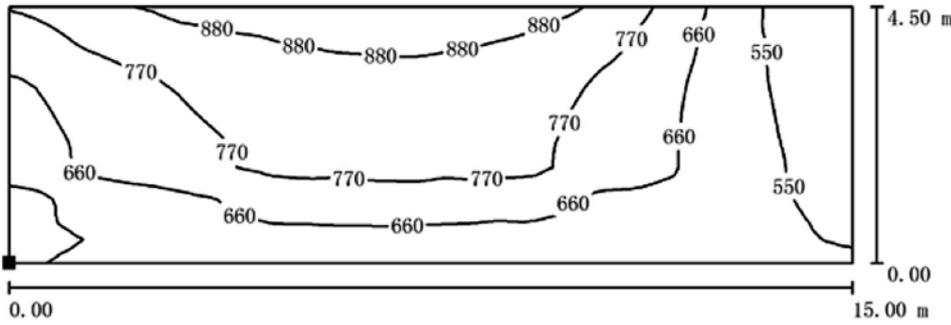


图8 工作区域地面照度图

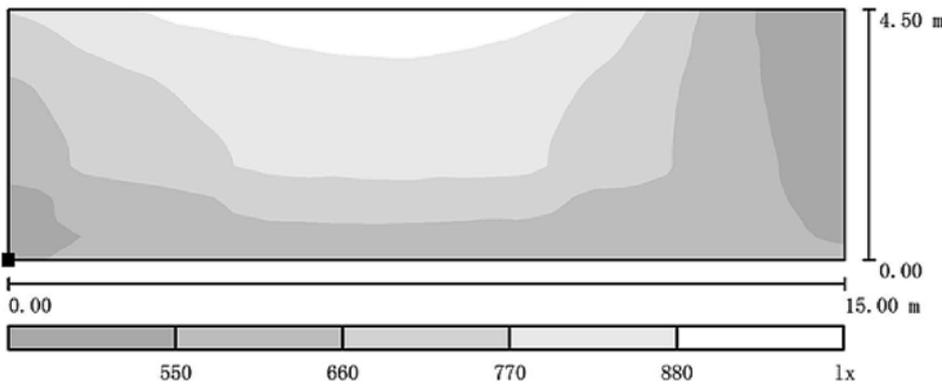


图9 工作区域地面灰阶照度图

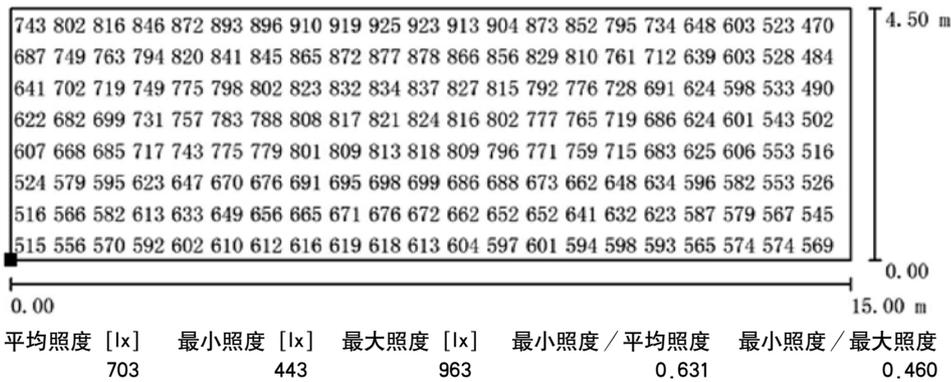


图10 工作区域地面各点照度图

对比, 这会引起使用人员的不舒适感或视功能降低。由于试车间的照明灯具是安装在侧墙上, 所以眩光问题更加明显。

解决LED眩光问题可以从两方面入手, 一种方法是采用光线完全经过反射出光的灯具, 这样可以很好地解决眩光问题; 第二种方法是选用高漫反射的柔光玻璃制作的灯具外罩。

虽然这些方法可以解决眩光问题, 但同时导致灯具光效降低, 所以为满足市场需求, 还需要挖掘更适合的LED灯罩材质, 可以满足低眩光、

高光效的要求。

4.2 散热问题

在电压作用下, LED光源中输入的电能只有约30%能量由电子与空穴复合发生电能转化为光能, 约70%未发生复合的能量则转化为热能。这部分热能会导致LED芯片结温迅速上升。随着节温升高, LED光源的光效下降、光衰加快, 所以散热是制约LED照明应用的重要因素, 目前得到的光源寿命的数据都是在实验室条件下得出的, 在实际照明应用中, 散热不好直接导致LED灯具的寿命缩短。

解决散热问题可以通过选用高效、低热阻的LED光源芯片, 或增加良好的二次散热装置两种办法来解决, 其中增加二次散热装置是目前最常用的解决方式, 如:

- (1) 利用铝散热鳍片作为灯具外壳的一部分增加散热面积;
- (2) 灯具外罩采用导热塑料壳, 增加导热、散热能力;
- (3) 导热管散热技术,

将热量从LED芯片导出到散热鳍片;

- (4) 灯壳内部用长寿高效风扇散热。

4.3 重量问题

由于LED为解决散热问题需添加散热机构, 导致灯具比其他传统光源的灯具要重很多。

目前市场中对灯的重量问题没有特别好的解决办法, 原因是LED灯既要兼顾散热, 又要考虑散热材料的重量问题, 这是个两难的决定, 只能找它们的平衡点。所以目前选购LED灯要同时考虑散热和重量, 尽量选用可靠品牌的LED灯。

表2 LED与金卤灯性能比较

| 光源种类 | 进口金卤灯 | LED灯 | 备注 |
|------------------|--------|--------|-----------------------------------|
| 额定功率 (W) | 175 | 50 | |
| 光通量 (lm) | 14000 | 6300 | |
| 灯具光效 (lm/W) | 80 | 126 | |
| 发动机工作区域灯具数量(个) | 39 | 45 | |
| 发动机工作区域平均照度 (lx) | 715 | 703 | |
| 总功率 (W) | 6825 | 2250 | |
| 每天用电量 (度) | 34.1 | 11.3 | 每天工作5小时 |
| 每年用电量 (度) | 8559 | 2811 | 1年工作日按251天计算 |
| 每年电费 (元) | 5991 | 1968 | 工业用电0.7元/度 |
| 灯具价格 (元) | 9000/个 | 3500/个 | 目前市场价格 |
| 灯具总价 (元) | 351000 | 157500 | |
| 光源寿命 (h) | 10000 | 100000 | 考虑灯具驱动电源的能耗和寿命, 实际LED灯具寿命达不到10万小时 |

4.4 其他

(1) LED光源的光效高, 这导致其色温偏高;

(2) 由于LED光源是多灯珠封装, 其发光颜色的一致性目前还难以控制得很好, 即使同一批次生产的LED光源, 也不能保证颜色一致;

(3) 虽然LED光源寿命长, 但灯具寿命受驱动电源寿命限制。除做成传统光源形状的方式外, 一般LED无法更换光源, 当出故障时, 整套灯具都需要更换。

5 结论

在节能与环保被日渐重视的背景下, LED照明技术条件已日趋成熟, 半导体比传统光源在多项因素上也更具优势。现在LED光效越来越高, 而且随着技术的不断成熟, LED存在的问题逐渐被解决, 成本也在不断降低。LED在解决满足厂房照明亮度需求和可靠性的基础上, 将会成为工厂照明的首选光源。相较于LED在民用建筑中的广泛应用, 用LED进行工厂照明是一个较新的领域, 目前还没有专门针对LED工厂照明的相关标准的制定, 所以日后对LED工厂灯功能性照明标准的制定我们要继续进行探讨和研究。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑照明设计标准 (GB50034-2013) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 航空发动机试车台设计规范 (GB50454-2008) [S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
- [3] 王文君, 张丹. LED照明技术发展现状及未来趋势[C]. 南京: 2015年中国照明论坛, 2015.
- [4] 李江, 马传豹, 何涛, 王璐. 大功率LED在厂房照明中的应用分析 [J]. 照明工程学报, 2011, 22 (3) .

某承力地板沉降过大的加固处理

■ 张广英 汤小军 冯知夏 王蓓 [结构]

摘要: 上海某厂房内的大型承力地板位于软土地基上,地基采用水泥土搅拌桩处理,设备安装时发现承力地板沉降及差异沉降过大,影响使用。本文通过分析沉降及差异沉降产生的原因,结合承力地板本身结构特点,采用锚杆静压桩加固地基和基础,控制了承力地板的后续沉降,取得较好效果。

关键词: 软土地基; 承力地板; 沉降; 加固处理; 锚杆静压桩

1 工程地质条件

表1 土层物理力学性质参数表

| 层号 | 土名 | 层底标高 (层厚) (m) | 含水量 (%) | 重度 kN/m ³ | 孔隙比 | 地基承载力设计值 (KPa) | 压缩模量 Es(MPa) |
|----------------|-----------|------------------|------------|-------------------------|------|-------------------|-----------------|
| ① ₁ | 素填土 | 1.97(3.0) | | | | | |
| ② | 灰黄色粉质粘土 | 1.07(0.9) | 37.2 | 18 | 1.05 | 80 | 3.99 |
| ③ | 灰色淤泥质粉质粘土 | -8.13(9.2) | 41.1 | 17.6 | 1.14 | 55 | 3.61 |
| ④ | 淤泥质粘土 | -17.53(9.4) | 49.7 | 16.8 | 1.40 | 60 | 2.41 |
| ⑤ | 粉质粘土 | -41.13(23.6) | 34.8 | 18 | 1.00 | | 4.99 |
| ⑦ ₁ | 砂质粉土 | -43.53(2.4) | 22.8 | 19.4 | 0.68 | | 13.74 |
| ⑦ ₂ | 粉砂 | 未钻穿 | 23.8 | 19.1 | 0.71 | | 15.24 |

本项目位于上海市浦东新区,场地周围无重要建筑物,周边相对较为空旷,地势较平坦。自然地坪绝对标高为4.93m~5.18m。本工程室内设计地坪标高±0.00标高相当于绝对标高5m。

本工程位于长江三角洲入海口东南前缘,地貌类型属滨海平原地貌。根据地勘报告,拟建场地在勘察深度55.3m范围内揭露的地基土均属第四纪全新世及晚更新世沉积物,主要由粘性土、粉性土及砂土组成。场地地基土按成因类型、形成时代、结构特征、工程性质自上而下可分为7层。各土层的物理力学性质见表1。

厂区内浅层地下水主要为孔隙潜水,高水位时可取设计室外地坪下0.5m,低水位时可取设计

室外地坪下1.5m。地下水对混凝土有微腐蚀性;在干湿交替的状态下对钢筋混凝土结构中的钢筋有中腐蚀性,对钢结构有中腐蚀性。

2 工程概况

本厂房为试验厂房,试验大厅内的设有承力地板。承力地板平面尺寸长30.8m,宽为18m,承力地板平面及剖面见图1、图2。

作者简介:张广英,女,研究员,1989年毕业于西北工业大学工业与民用建筑专业,现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

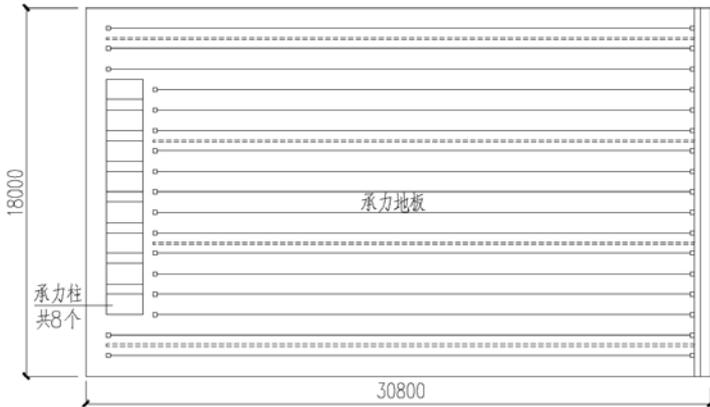


图1 承力地板平面图

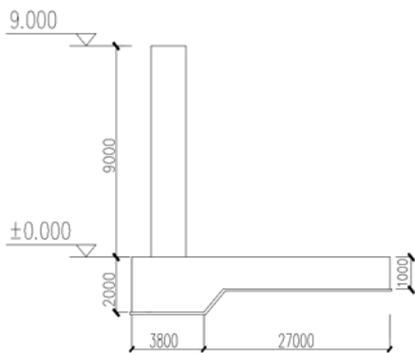


图2 承力地板剖面图

2.1 地基处理设计方案

承力地板底下有填土及淤泥质土层，局部夹杂暗浜。土层含水量较高、压缩性高、土的渗透系数低，天然地基承载力及变形均不满足该承力地板的使用要求，必须进行地基处理。

施工图设计中承力地板地基采用水泥土搅拌桩进行处理，桩型为 $\phi 700@500$ 双头桩，长短桩交叉布置，其中长桩19m、短桩8m，长轴间距2m、短轴间距1.3m。承力地板南侧搅拌桩桩顶标高为-2.4m，上部结构为2m厚承力地板、8根承力柱和上部贯通连梁；其余区域搅拌桩桩顶标高为-1.4m，上部结构为1m厚承力地板。

设计要求处理后的地基承载力设计值不小于100kPa，工后沉降不大于70mm，差异沉降不大于1‰。水泥土搅拌桩做法见图3、图4。

2.2 不均匀沉降数据

水泥土搅拌桩于2012年2月开始施工，3月全部施工完成，历时40天。2012年4月，静载试验表明复合地基极限承载力231kPa。承力地板施工：2012年6月~11月。

2013年1月25日，现场反馈承力柱一端沉降

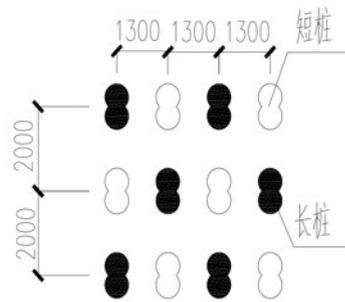


图3 水泥土搅拌桩平面布置示意

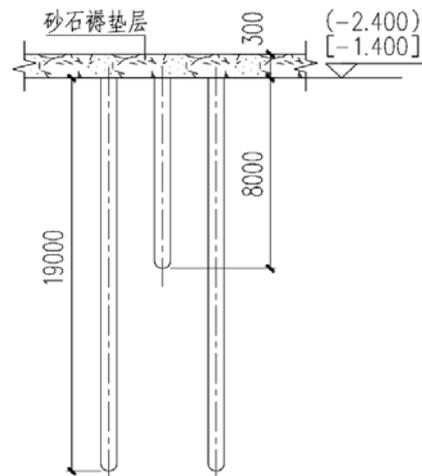


图4 水泥土搅拌桩剖面示意

为66mm、另一端沉降为3mm，沉降差63mm，倾斜率2‰。2013年5月29日，设备基础南端最大沉降已达91mm，南北两端沉降差约70mm，倾斜率2.31‰。从沉降观测数据可见其沉降仍未稳定，沉降量与差异沉降均与设计要求有较大的偏差，需对该承力地板下的地基进行加固处理。

3 沉降原因分析

(1) 由于承力地板南侧和西侧下卧层存在填土及暗浜，设计要求搅拌桩施工前应将填土、暗浜挖除，再用素土分层换填压实。实际施工中未完全清除，导致水泥土搅拌桩在有暗浜处的质量有缺陷。

(2) 水泥土搅拌桩复合地基上部检测虽符合设计要求，但由于未做钻芯取样，不能完整反映搅拌桩深部质量是否满足。19m长的水泥土搅拌桩施工难度很大（地面起算搅拌桩底标高已达

21m)，对施工质量要求很严，本工程采用二喷三搅的施工工艺，一旦施工质量控制不到位或深部水泥喷量不足，导致深部淤泥质土扰动较大、强度及压缩模量反而有所降低并需很长时间恢复，深部搅拌桩的质量就不易达到设计要求，从而导致承载力地板沉降偏大。

(3) 承载力地板南端基础底板加厚及承载力柱自重较大，造成承载力地板的荷载分布不均，这是产生差异沉降的主要因素。

4 承载力地板地基加固处理方案

4.1 处理目标

鉴于本承载力地板上的试验一般采用“悬臂梁”的试验方式，在保障承载力地板平整度的条件下，其不均匀沉降可由试验工装的调整予以适当弱化。最终根据工艺使用要求，本次加固处理应使该承载力地板的沉降趋于稳定，在试验期间承载力地板不再出现明显下沉或不均匀沉降继续增大。

4.2 加固处理方案

针对近海软土地基，可采用的加固方法很多，如锚杆静压桩、钻孔灌注桩及堆载预压法等。钻孔灌注桩在已建厂房内施工环境较差、泥浆排放困难，灌注桩施工扰动可能加剧承载力地板南端的沉降；堆载预压如何合理考虑已施工的水泥土搅拌桩的影响不好确定，承载力地板范围内的排水通道过长，施工工期不好把握；锚杆静压桩对施工空间要求较低，施工时无噪音、振动，不污染环境，对地基土扰动小，可利用地板自重解决压桩反力问题，是一种有效的基础加固方式。

经调研现场具备锚杆静压桩施工操作空间、且现有技术手段可以解决2m厚承载力地板的开孔问题。最终采用锚杆静压桩方案：在承载力柱两侧地板下补设锚杆静压桩，以减少承载力柱区域的基础沉降量，并使得承载力地板的沉降趋于稳定。

4.3 加固方法

采用边长350mm×350mm锚杆静压桩，均匀布置在南端承载力柱两侧的承载力地板下，桩距约2m，桩长34m，桩端持力层为⑤层粉质粘土，单

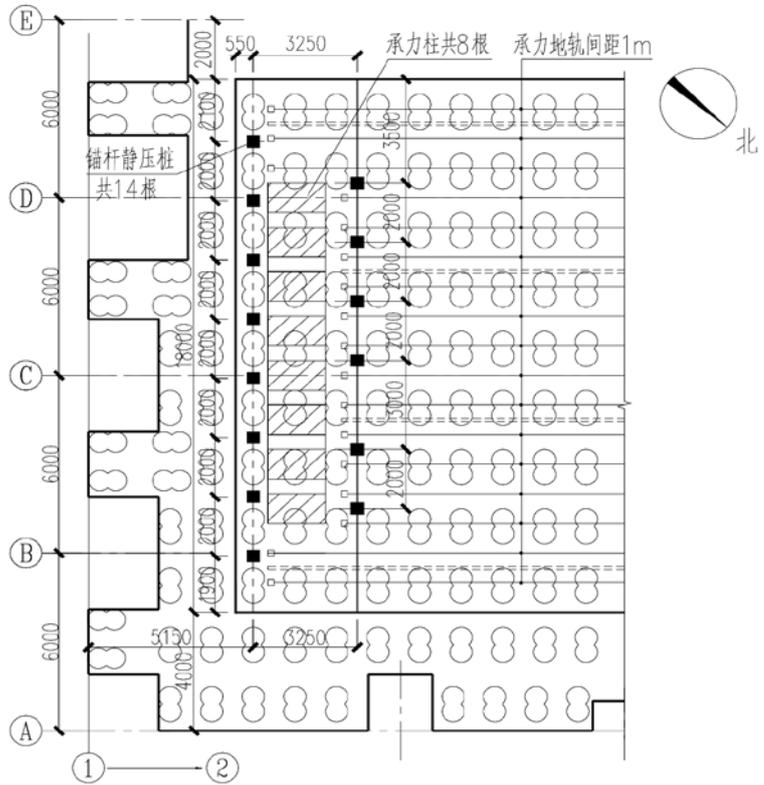


图5 承载力地板补桩平面图

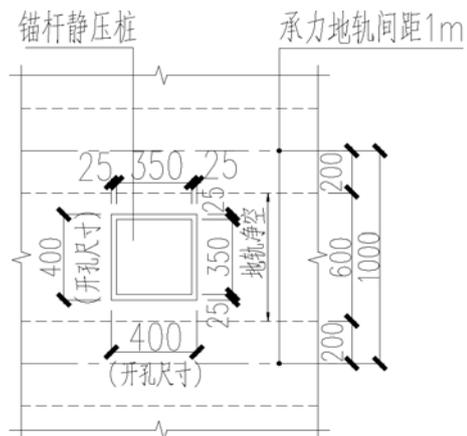


图6 开孔平面示意图

桩承载力设计值900KN，共14根，详见桩位布置图5。布桩综合考虑了减沉效果、承载力地轨净间距、搅拌桩桩距、施工可行性、工期、费用等因素，整个锚杆静压桩加固施工周期约1个月，费用共计46万元。

施工顺序：采用专用机械设备在承载力地板上开上小下大的喇叭孔→在水泥土搅拌桩深度范围内打引桩孔→静力压桩→检测桩身完整性→封桩帽。

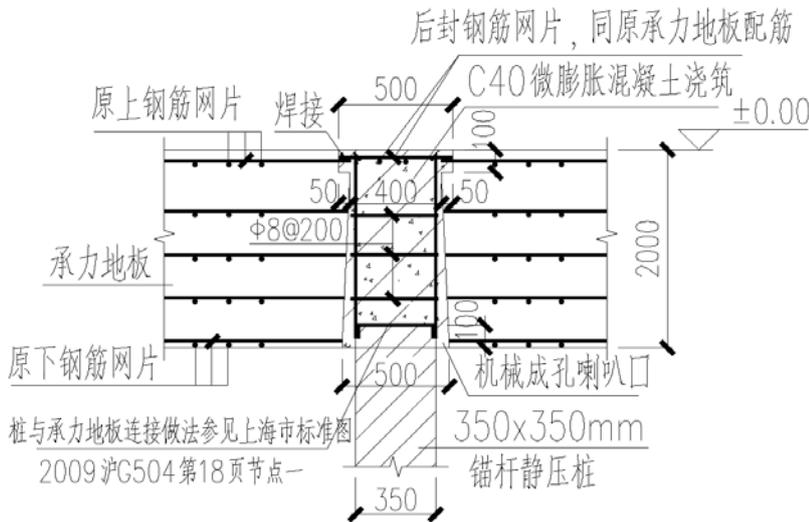


图7 锚杆静压桩与承力地板连接构造示意图 (平行地轨方向)

施工的关键难点在于需在2m厚的承力地板上开孔。开孔尺寸：上口400mm×400mm，下口400mm×500mm。经核算承力地轨型钢骨架之间的净空600mm，满足开孔要求。为有效避让型钢骨架，在顺轨方向采用喇叭孔，垂直轨道方向为直口，锚杆静压桩与承力地板连接详图见图6、图7。

5 加固后效果

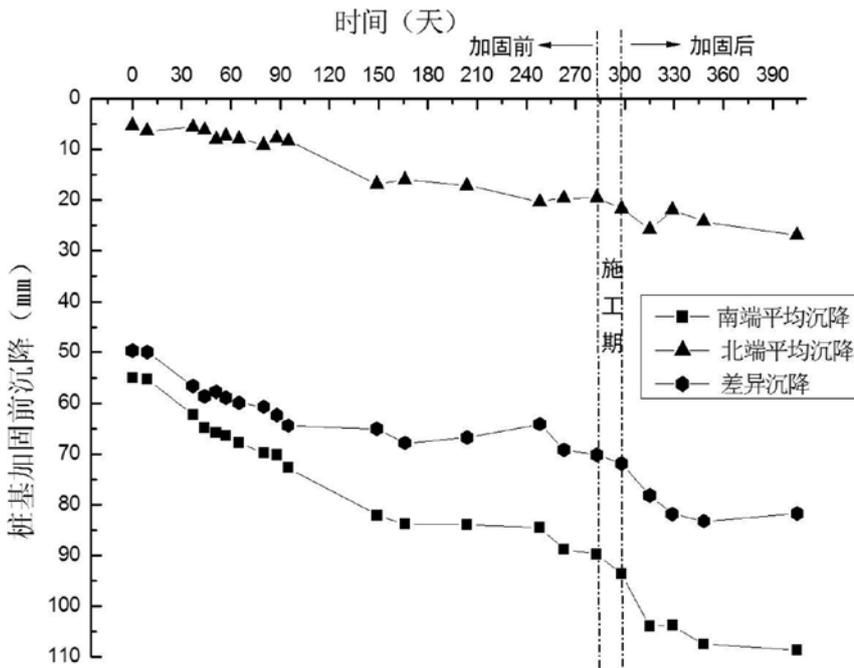


图8 承力地板加固前、后沉降曲线

承力地板南北端的沉降从地板施工完毕即开始沉降观测，有关加固前后的沉降曲线见图8。

从上述沉降曲线图可以看出，加固前，即地板施工后285天以内南北端差异沉降较大；经锚杆静压桩加固处理后（即到地板施工后345天）测得的沉降结果表明南北端沉降及差异沉降均趋于稳定，这说明采用锚杆静压桩加固承力柱部位地基基础，很好控制了设备基础的后续沉降。

6 结论

- 1) 采用水泥土搅拌桩处理深厚软土地基（深度超过20m），要慎用。
- 2) 采用锚杆静压桩对沉降未趋稳定的设备基础进行加固处理，具有施工设备简单，操作灵活，可在狭小空间进行压桩作业，且在压桩封桩后能很快阻止设备基础的继续沉降，效果明显。

参考文献

- [1] 地基处理技术规范(DG/TJ08-40-2010). 上海市工程建设规范, 2010.
- [2] 地基基础设计规范(DGJ08-11-2010). 上海市工程建设规范, 2010.
- [3] 地基基础设计规范条文说明(DGJ08-11-2010). 上海市工程建设规范, 2010.
- [4] 建筑桩基技术规范(JGJ 94-2008). 中国建筑工业出版社, 2008.
- [5] 建筑桩基检测技术规范(JGJ 106-2003). 中国建筑工业出版社, 2003.

带夹层大跨度楼屋面框架结构设计

■ 贾雨萌 景辉 [结构]

摘要: 本文介绍了驻马店市综合体建设项目-科技馆工程框架结构设计过程中,对于错层、开大洞以及通高柱等结构不规则,采取相应措施进行构造加强,关键部位进行补充计算,并得出相应结论。对大跨度钢桁架进行方案对比,并对关键节点进行有限元计算分析。

关键词: 错层; 楼板开大洞; 通高柱; 桁架方案对比

1 概述

1.1 工程概况

本项目建设地点位于河南省驻马店市驿城区,项目主要功能为十三香公园,科技馆,青少年宫,项目共划分为5个单独的抗震单元,各单元之间设置抗震缝。本文主要介绍科技馆部分结构设计。

科技馆主体采用钢筋混凝土框架结构。主要柱网为 $9\text{m} \times 11\text{m}$,建筑高度为 33m ,地下一层,层高 5.6m ,地上五层,首层层高 6m ,二至四层层高为 9m ,层间均设置夹层。主要楼层功能为展厅,夹层做办公室及教室使用。

本项目存在结构不规则项,层间均设置夹层,楼面及屋面楼板有大开洞,二层局部错层大于梁高。三、四层及屋面存在 $27\text{m} \times 33\text{m}$ 局部大跨度空间,采用双向钢桁架结构形式,桁架上布置 130mm 厚钢筋桁架楼承板。图1、2分别以四层和四层夹层为例,示意平面布置及桁架位置。

1.2 设计依据

主体结构的使用年限为50年,抗震设防类别

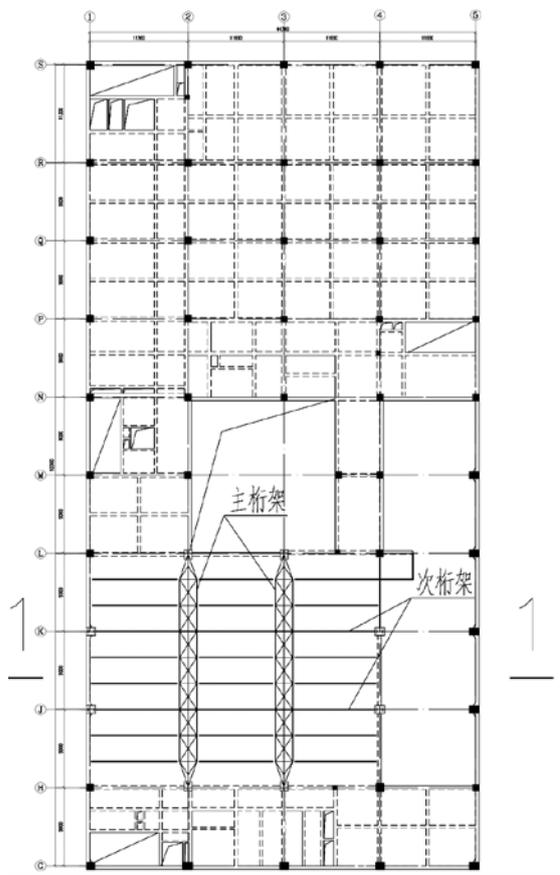


图1 四层平面布置

作者简介: 贾雨萌,女,助理工程师,2015年毕业于天津大学结构工程专业,现就职于航空工业规划建筑设计研究院。

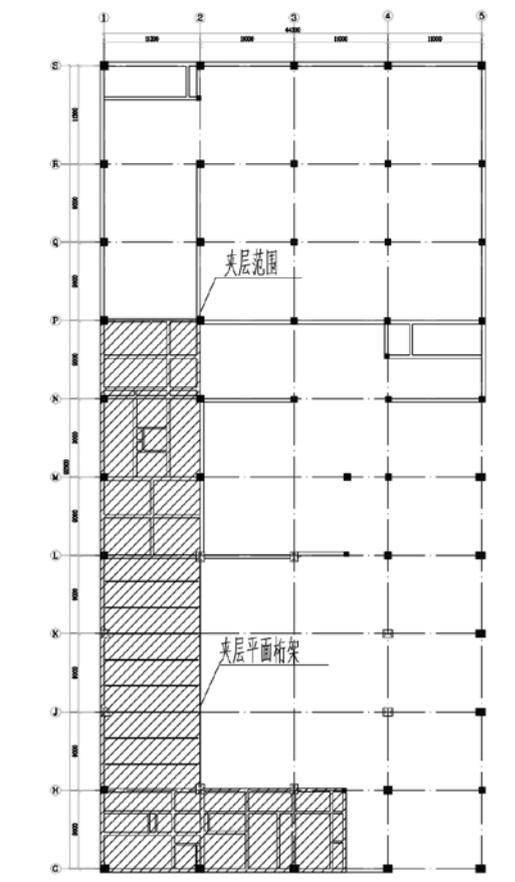


图2 四层夹层平面布置

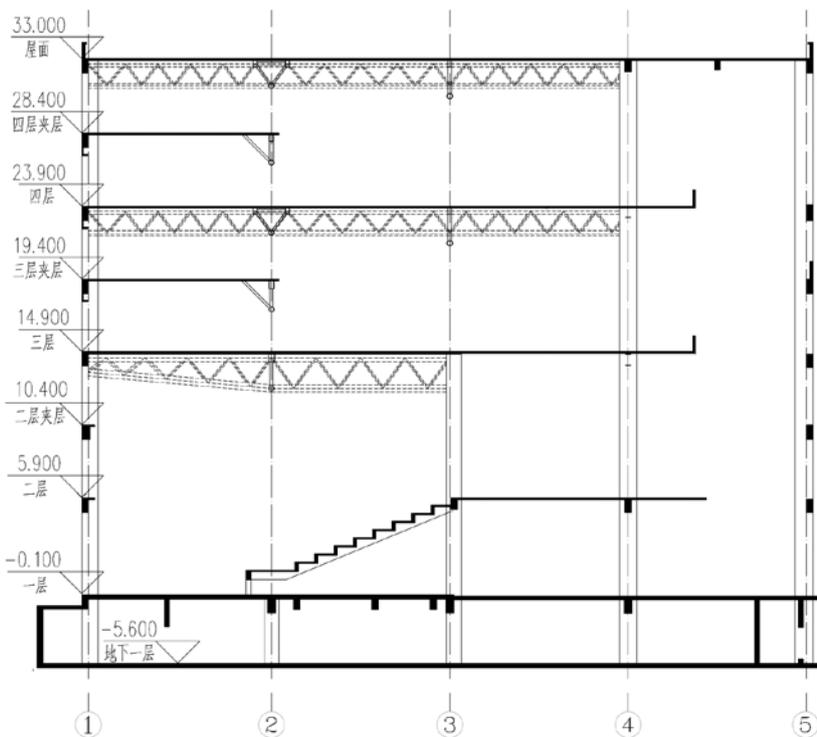


图3 1-1剖面图及层高

乙类，建筑结构安全等级为一级，结构重要性系数1.1。抗震设防烈度6度（0.05g），设计地震分组第一组，场地类别III类，场地特征周期0.45s（罕遇地震0.50s），框架抗震等级二级。基本风压 $0.4\text{kN}/\text{m}^2$ ，地面粗糙度类别为B类。当地月最低气温 -8°C ，最高 36°C ，合拢温度 $10\sim 19^\circ\text{C}$ 。室外温度作用标准值：升温 26°C ，降温 27°C ，室内温度作用标准值：升温 20°C ，降温 15°C 。

2 结构计算

2.1 结构整体计算指标

本项目采用PKPM2010V2.2SATWE和Midas Gen进行结构计算，PKPM模型中，桁架按刚度相等原则使用工字型钢梁进行模拟。上部结构嵌固于地下室顶板，Midas模型中未输入地下室。结构整体计算模型见图4，图5。各项计算指标及规范限值见表1，计算结果均满足规范要求。

2.2 结构不规则项及解决措施

(1) 错层

二层楼板处错层大于梁高，二层标准结构标高 5.900m ，北侧餐厅及厨房位置结构标高 7.400m 。

由于楼板错层，错层处柱子形成短柱，使其受力集中，不利于抗震。因此对于错层处框架柱（图6中圆圈部位的柱），抗震等级提高一级，提高后抗震等级为一级，箍筋在全柱段加密配置。错层处框架柱的截面承载力按照设防烈度地震（中震）作用下弹性要求进行设计，读取SATWE考虑中震弹性的结果对柱进行配筋。

(2) 楼板不连续

二至四层楼板均存在楼板不连续，图7中 $L=44.3\text{m}$ ， $a_1=12\text{m}$ ， $a_2=5.5\text{m}$ ， $a_1+a_2<0.5L$ ，有效宽度小于50%。

楼板有较大开洞时，被洞口划开的各部分之间连接较为薄弱，按照《高规》JGJ3-2010 3.4.8条采取加厚楼板、配双层双向钢筋网的措施，将楼板加

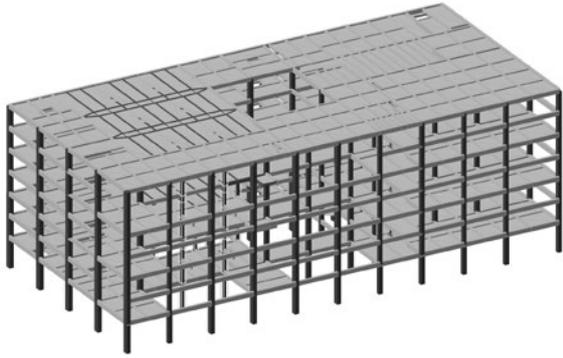


图4 MIDAS计算模型

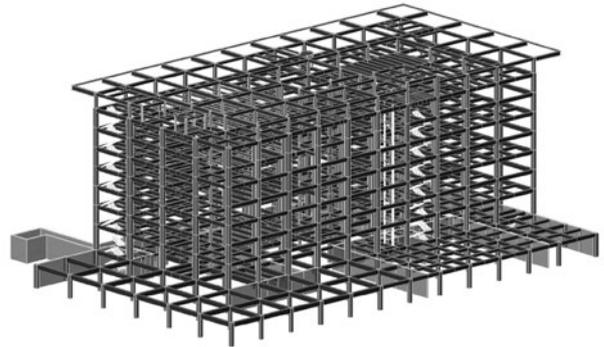


图5 PKPM计算模型

表1 SATWE与Midas Gen计算指标

| 整体指标 | | SATWE结果 | MIDAS结果 | 规范限值 |
|----------------------------|------|---------|---------|---------------|
| 周期(s) | T1 | 1.789 | 1.752 | — |
| | T2 | 1.619 | 1.596 | |
| | T3 | 1.532 | 1.538 | |
| T3/T1 | | 0.856 | 0.878 | ≤0.9 |
| 最大层间位移角 | X向地震 | 1/1201 | 1/985 | ≤1/550 |
| | Y向地震 | 1/1370 | 1/1075 | |
| 位移比 | X向地震 | 1.19 | 1.20 | ≤1.20 |
| | Y向地震 | 1.09 | 1.11 | |
| 最小侧向刚度比(与上层70%或上三层80%较小比值) | X | 1.27 | 1.27 | ≥1.00 |
| | Y | 1.31 | 1.30 | |
| 最小剪重比 | X | 0.0158 | 0.020 | 0.008 |
| | Y | 0.0169 | 0.022 | |
| 最小刚重比 | X | 16.16 | — | ≤20应该考虑重力二阶效应 |
| | Y | 19.14 | — | |
| 楼层抗剪承载力比值 | X | 1.05 | — | ≥0.8 |
| | Y | 1.03 | — | |

厚至140mm, 其余楼板为120mm。

采用MIDAS板单元计算被削弱板带在中震弹性作用下的拉应力, 并假设楼板最大主拉应力由钢筋承担, 由此计算双层双向钢筋网配筋量。被削弱处楼板应力如图8, 以图8画圈处楼板为例, 最大楼板拉应力为7.9N/mm², 钢筋等级HRB400。按公式1进行楼板钢筋的计算。所需配筋为上下钢筋网14@100, 配筋率1.09%。由板应力云图可见, 板洞周围板带应力也有所增大, 增大范围约为5m, 设计时将板洞周围配筋率提高, 且配置双层双向钢筋网。

$$\sigma = \frac{f_y A_s}{\gamma_{RE} h_s} \quad (\text{公式1})$$

(3) 夹层, 通高柱。

夹层仅局部有少量楼板, 楼盖整体性较差, 因此在PKPM中考虑了将夹层作为质量与相邻层并层两种计算模型, 其位移计算结果如表2。计算结果满足《高规》JGJ3-2010 3.4.3条及5.5.1条要求。

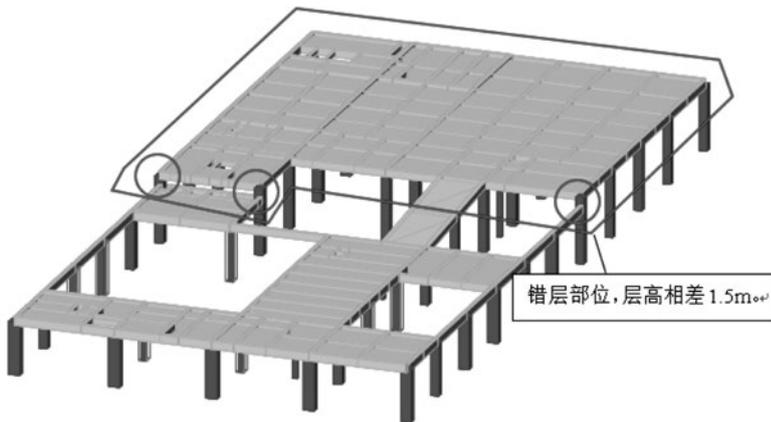


图6 5.900m结构模型

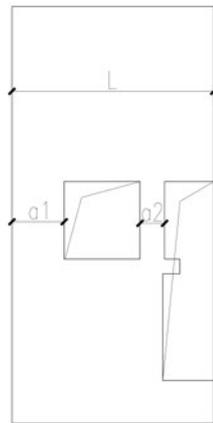


图7 楼板开洞尺寸示意

通高柱导致局部长短柱共用。此时, 柱子除了计算长度不同外, 在整体分析中所承担的地震剪力也发生变化, 应考虑地震中出现短柱先破坏随后地震剪力转由长柱承担的可能, 因此, 通高柱按照中震弹性进行设计, 并按照周围短柱剪

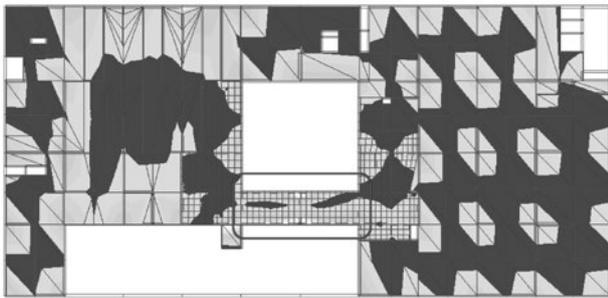


图8 三层楼板应力图

表2 夹层与相邻层并层位移计算结果

| 参数 | | SATWE (夹层并层) | 限值 |
|-------------------|------|--------------|-------|
| 最大层间位移角 | X向地震 | 1/967 (3层) | 1/550 |
| | Y向地震 | 1/1081 (3层) | 1/550 |
| 位移比 (考虑5%偶然偏心) | X向地震 | 1.20 (3层) | ≤1.20 |
| | Y向地震 | 1.05 (5层) | ≤1.20 |

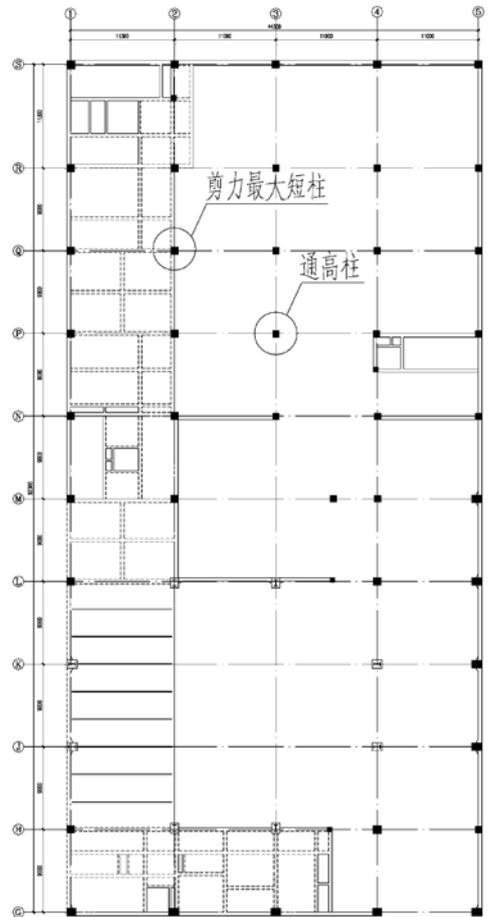


图9 19.400m夹层结构

力复核其配筋。

以14.900m~23.900m一个通高柱(图9圆圈部分)为例,选取其周围剪力最大的短柱在中震作用下的内力标准值(表3),按弹性设计要求(公式2)对通高柱进行抗剪承载力复核。

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{*Ehk} \leq R_k / \gamma_{RE} \quad (\text{公式2})$$

表3 通高柱抗剪承载力复核

| 短柱剪力标准值 | | X方向 (kN) | Y方向 (kN) |
|--|------|----------|----------|
| | 恒载 | 49.8 | -7.8 |
| | 活载 | 3.9 | 11.8 |
| | X向地震 | 349.6 | 16.3 |
| | Y向地震 | -41.3 | -337.7 |
| $\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{*Ehk}$ | | 516.6 | -442.4 |
| R_k / γ_{RE} | | 963.1 | 963.1 |

短柱剪力设计值: $V_x = 1.2 \times (49.8 + 0.5 \times 3.9) + 1.3 \times 349.6 = 516.6 \text{ kN}$

$V_y = 1.2 \times (-7.8 + 0.5 \times 11.8) + 1.3 \times -337.7 = -442.4 \text{ kN}$

通高柱尺寸 700×700 , 两方向配四肢箍筋 $8@100$, 按照《高规》JGJ3-2010中公式6.2.8-2计算得出其抗剪承载力:

$$\left(\frac{1.05}{\lambda+1} f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 + 0.056 N \right) / \gamma_{RE} = \frac{1}{0.8} \left(\frac{1.05}{3+1} \times 1.43 \times 700 \times 665 + 360 \times \frac{201}{100} \times 665 + 0.056 \times 0.3 \times 14.3 \times 700^2 \right) = 963.1 \text{ kN}$$

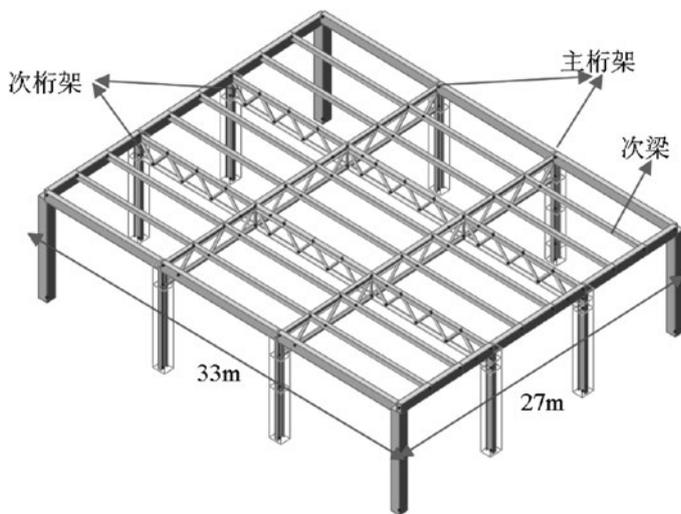
由表3中计算结果所示,原通高柱配筋满足公式2要求。本工程中通高柱计算长度是短柱的两倍,计算得出的地震水平剪力仅为周围短柱剪力的1/3~1/2,且轴力也较小,因此对于通高柱,不应完全按照程序计算所需进行设计,设计时通高柱截面不宜太小,箍筋可按照短柱计算配筋量配置。

4 桁架设计

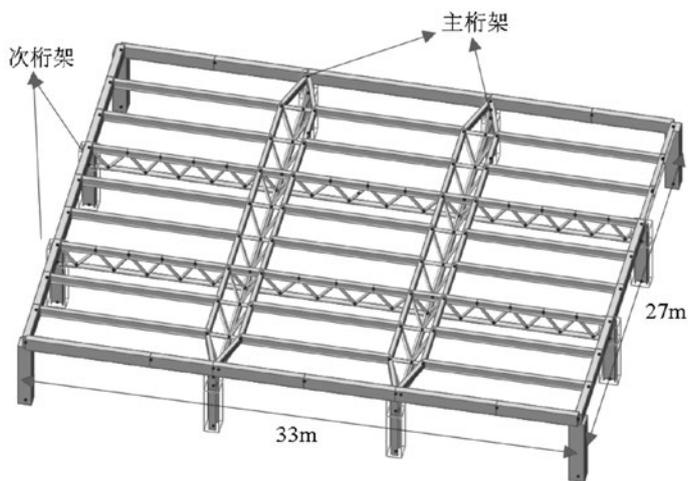
建筑四层及屋面存在27m×33m大跨楼屋面，采用双向桁架形式，沿27m短跨方向布置主桁架，33m方向布置次桁架，桁架两端与型钢混凝土柱内钢筋连接。次梁垂直于主桁架布置，间距3m。大跨度楼面下有贯通的走廊，需限制桁架高度。因此进行两种桁架形式的方案比选。

(1) 主桁架为平面桁架：

为方便在桁架上布置组合楼板，桁架上弦采用热轧H型钢。腹杆采用热轧无缝钢管，下弦采用焊接圆钢管，桁架腹杆选用K形节点，桁架布置如图10(a)。



(a) 主桁架为平面桁架



(b) 主桁架为立体桁架
图10 4层平面桁架布置

表4 不同桁架形式高度及用钢量对比

| 主桁架形式 | 桁架高度(m) | 挠度(mm) | 挠度/跨度 | 单层用钢量(t) |
|-------|---------|--------|-------|----------|
| 平面桁架 | 1.700 | 54 | 1/574 | 77.8 |
| 立体桁架 | 1.350 | 64 | 1/550 | 76.4 |

(2) 主桁架为立体桁架

立体桁架上弦采用矩形钢管，腹杆采用热轧无缝钢管，下弦采用焊接圆钢管，桁架腹杆选用KK形节点，桁架布置如图10(b)。端支座处桁架上弦在节点收进相交于一点，然后与钢筋焊接连接。

分别对两种桁架形式进行计算，展厅恒载取 6.5kN/m^2 (含楼板自重)，活载 4kN/m^2 ，桁架承载力计算时不考虑组合楼板的有利作用。计算时控制杆件应力比不大于0.9。两种桁架形式计算结果的各项参数如表4。表中挠度值为恒+活荷载工况下的楼面最大竖向位移。

控制杆件应力比不超过0.9的情况下，立体桁架高度相较于平面桁架可减小0.350m，高跨比仅为1/20。两种桁架形式的用钢量相近，挠度均满足《钢结构设计规范》GB50017-2003中规定的1/400的要求。从经济性和建筑使用功能上来说，立体桁架可以显著降低结构高度，但会增加桁架与钢筋柱连接节点的难度。与建筑师共同协调，最终采用主桁架为立体桁架的结构形式。

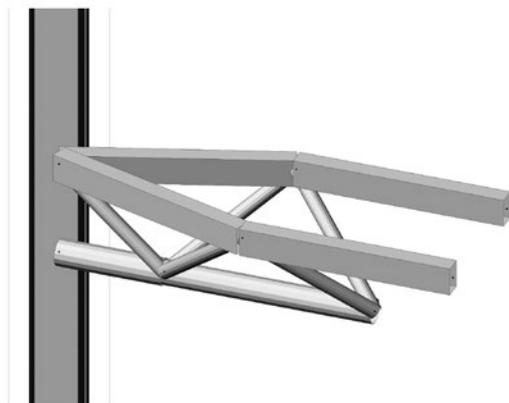


图11 立体桁架与钢筋柱连接节点

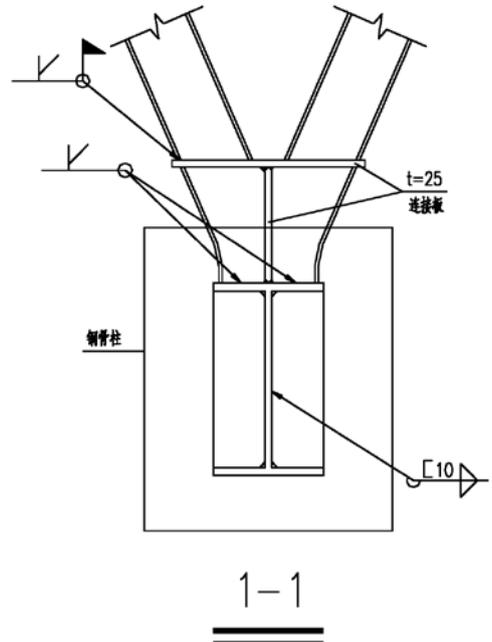
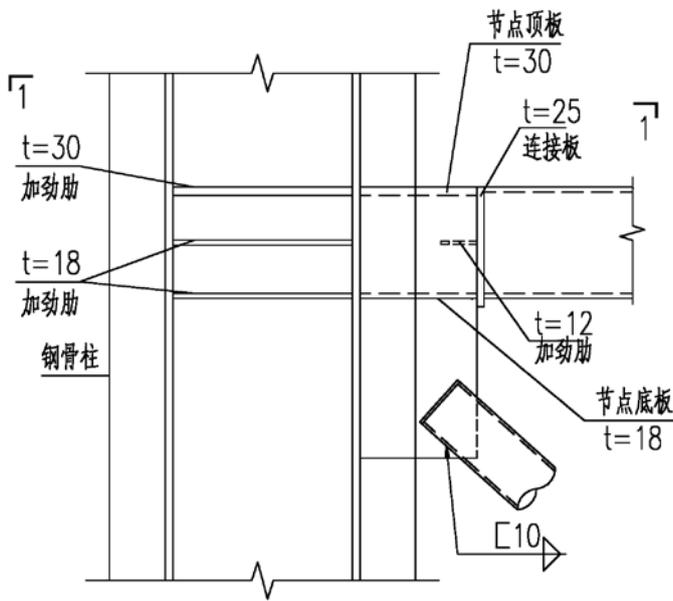


图12 节点做法

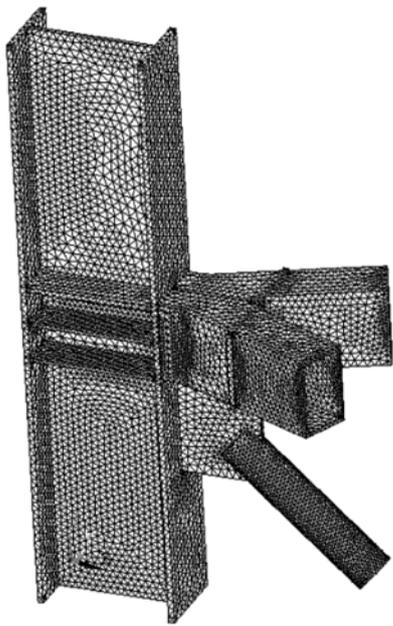
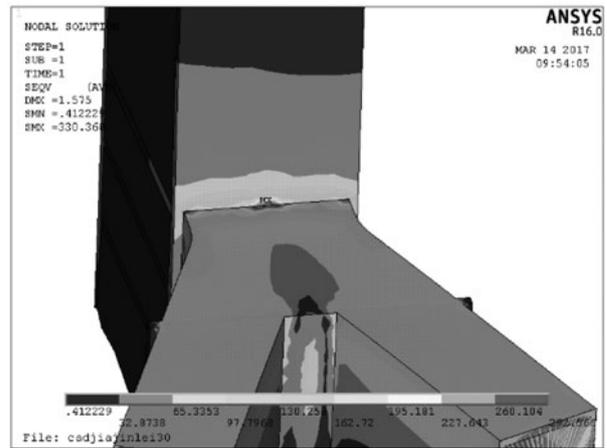
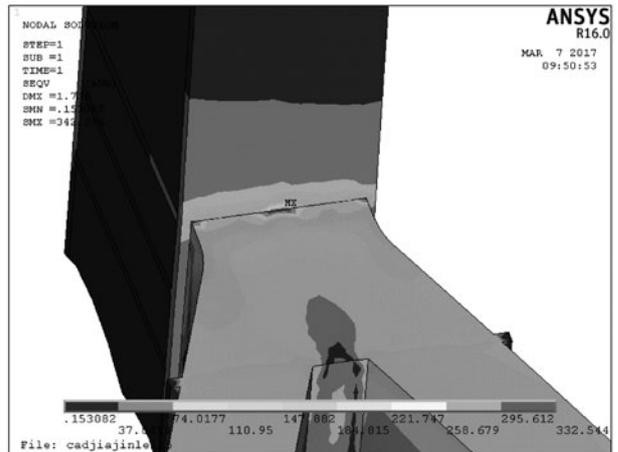


图13 节点网格划分



(a) 上节点板t=25mm节点应力



(b) 上节点板t=30mm节点应力

图14 节点应力云图

5 钢结构节点设计

立体桁架与钢管柱连接节点较为关键，且节点形式复杂，杆件受力较大，节点形式如图11。计算时，上弦的两根方钢管交于钢管柱形心。节点处采用变截面焊接箱型牛腿将两个上弦过渡连

接到钢骨。腹杆通过连接钢板与钢骨连接，做法见图12。节点受力较复杂，因此采用ANSYS 16.0分析此节点的受力状态。

5.1 分析模型

Q345钢材采用三折线应力应变模型，屈服强度取标准值345Mpa，极限强度取区间均值560 Mpa，弹性模量 $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ，泊松比0.3。荷载取Midas Gen计算所得内力值，选取荷载组合①1.35恒+1.4×0.7活，②1.2恒+1.4活，③1.2恒+1.4活+1.4×0.7温度，④1.2×(1.0恒+0.5活)+1.3(1.0) X向地震，⑤1.2×(1.0恒+0.5活)+1.3(1.0) Y向地震作用下的杆件内力作为节点分析时节点荷载。计算模型不考虑钢骨柱混凝土的作用，由钢骨直接承担节点力。约束柱上下两端节点自由度，模拟层间桁架节点。节点采用soild92单元模拟，单元形状为四面体。

5.2 计算结果

与钢骨连接处牛腿上节点板由于上弦轴拉应力以及弯矩共同作用，拉应力较大。上节点板最窄处截面面积按照与两箱型上弦盖板截面面积之和相等设计，求得 $t=25\text{mm}$ 。图14显示的是节点的米赛斯 (Von Mises) 应力云图，计算结果显示，若上节点板厚度 $t=25\text{mm}$ ，最大应力为332MPa，虽未达到屈服，但应力较大。此节点为关键节点，将上节点板厚度增加1.2倍，取上节点板厚度为30mm，此时上节点板最大应力292Mpa，考虑刚骨柱外混凝土起到一定有利作用，节点应具有一定的安全储备，满足设计要求。

6 结论

(1) 经SATWE和Midas Gen两个软件计算对比，本工程各项设计指标均满足要求，结构设计合理。

(2) 对于楼板开大洞周边板带应增加配筋率，对于削弱较多板带，宜按照地震作用下板的应力计算所需配筋。

(3) 对于通高柱，设计时其截面尺寸不宜过小，应按照周围短柱的剪力复核其配筋。

(4) 对于上部荷载较大的桁架，采用端部与柱刚接的立体桁架，可有效减小桁架高度，且节省用钢量。

(5) 钢结构节点设计时，为保证关键节点安全，连接板厚度可取1.2倍杆件壁厚。

参考文献

- [1] GB 50009—2012 建筑结构荷载规范[s]. 北京：中国建筑工业出版社，2012.
- [2] GB50011—2010 建筑抗震设计规范（2016年版）[s]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
- [3] JGJ 3—2010 高层建筑混凝土结构技术规程[s]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
- [4] GB50017—2003 钢结构设计规范[s]. 北京：中国计划出版社，2003.
- [5] 谢靖中，李国强，屠成松. 错层结构的几点分析[J].建筑科学，2001.
- [6] 李星荣，魏才昂，秦斌. 钢结构连接节点设计手册（第三版）.北京：中国建筑工业出版社，2014.

2017年第2期（总第130期）
2017年4月出版



中国商飞浦东总装制造中心建设项目