

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2015年第3期 总第119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 中国航空规划建设发展有限公司

内部资料 免费交流

青岛新机场航空城总体规划（战略、产业、空间、交通系列规划）

总规划用地面积：221平方公里

以“LEAN——精益航城”作为规划理念，从物流、生态、建设和运营等方面追求民航、产业、空间、交通等系统的高速与高效协同，提升青岛的全球竞争力，将青岛新机场航空城打造成世界航空大都市新的里程碑。

规划定位

将青岛新机场航空城定位于区域性国际航空枢纽、高端临空产业基地、自由贸易临空新区、现代化生态精益航城。在物流、生态、建设和理念等方面依托新机场的速度经济和流量经济而追求高效率和高效益。

创新规划

以“产业、交通、空间一体化协同研究”、“建设招商同步规划”、“模块化开发，减少市政投入”、“专用货运通道的设置”等为规划的创新点和重要支持。规划以“两港四区、双。水绕城、轴带相连、模块发展”为主要结构，构建城市空间的精益布局。

精益建设

规划将“模块式渐进开发”和“快速启动”作为建设开发的主要原则。在临空产业模块的开发上采用渐进式滚动开发模式，具有可持续、市场适应性强的特点。利用现状条件和以落实项目进行快速启动开发，以形成航空城形象和规模。

精益交通

规划“一环三横三纵”的高快速路网体系，以青银高速、204国道、机场高速、机场西高速路、沈海高速构成的机场外围快速交通环，加入T字形货运专用路，形成“一环三横三纵”的区域交通路网。

精益生态

重视机场落地前完整的大地景观的保护与开发。强化机场内部及周边地区城市景观节点及廊道的处理——重要节点和景观通廊的处理方式呼应城市特色及并体现其现代性。借鉴生态城市规划模型，考虑临空区圈层发展的特性，规划构建以空港为核心，以放射性交通干道为发展通廊，形成生态网络划分、功能组团环绕的总体布局。

精益运营

规划通过水源合理集约利用、绿色能源的开发与系统建设、智能化交通体系的建设、低碳建筑的设计引导、智能化的市政设施运行等维度实现精益航城高效运营。



关于开展2015年住房城乡建设系统“安全生产月”活动的通知

各省、自治区住房城乡建设厅，直辖市建委，新疆生产建设兵团建设局：

按照《国务院安委会办公室关于开展2015年全国“安全生产月”和“安全生产万里行”活动的通知》（安委办〔2015〕7号，以下简称《通知》）的统一部署，定于2015年6月在全国住房城乡建设系统开展以“加强安全法治、保障安全生产”为主题的“安全生产月”活动。现将有关事项通知如下：

一、认真组织部署，确保活动有效开展

各地住房城乡建设主管部门要以党的十八届三中、四中全会精神和习近平总书记、李克强总理关于安全生产工作的系列重要指示为指导，进一步增强做好安全生产工作的责任感和紧迫感，充分认识开展“安全生产月”活动的重要意义，按照《通知》要求，结合今年建筑安全生产工作的总体部署和本地区建筑安全生产工作实际，制定切实可行的“安全生产月”活动方案。要加强统筹领导、精心安排部署、科学组织实施，确保各项活动落到实处、取得实效。

二、加强贯彻落实，夯实安全生产工作基础

各地住房城乡建设主管部门要加强建筑安全生产相关法律法规、部门规章及规范性文件的贯彻落实工作，进一步夯实建筑安全生产工作的法治基础。要把新《安全生产法》、《建设工程安全生产管理条例》、《建筑施工企业主要负责人、项目负责人和专职安全生产管理人员安全生产管理规定》等法律法规和部门规章作为贯彻落实的重点，积极推动依法治安。深入贯彻落实《建筑施工安全生产标准化考评暂行办法》，进一步规范企业和项目安全生产标准化考评工作。加大对《房屋建筑和市政基础设施工程施工安全监督规定》、《房屋建筑和市政基础设施工程施工安全监督工作规程》的贯彻落实力度，明确监督工作职责，规范监督工作流程，提高建筑安全监管人员依法行政的能力和水平。

三、严格监督执法，落实建筑安全生产责任

各地住房城乡建设主管部门要深入开展全国工程质量治理两年行动监督执法检查及危险性较大的分部分项工程落实施工方案专项行动，加强对事故多发、频发的重点地区和企业的专项督查，加大对安全生产隐患的排查力度，严格监督执法，严厉依法打击安全生产违法违规行为，全面落实安全生产主体责任。要结合工程质量治理行动万里行活动，深入开展“六打六治”专题行等活动，对各地建筑安全生产管理工作和安全隐患进行暗查暗访，对存在的问题和隐患及时予以曝光，推动安全生产责任落实。

四、抓好宣传工作，营造良好安全生产环境

各地住房城乡建设主管部门要按照《通知》统一部署，在全行业组织开展习近平总书记安全生产重要论述和依法治安集中宣讲、“6.16”全国安全生产宣传咨询、建筑安全生产知识竞赛、安全事故警示教育等各类活动，有关负责同志要深入企业、深入工地，加强调查研究，大力宣传安全生产重大方针政策和法律法规，弘扬建筑安全文化，促使广大建筑企业及从业人员进一步牢固树立安全生产红线意识，增强安全法治观念。充分利用报纸、杂志、电视、网络等新闻媒体，加大“安全生产月”活动和典型案例的宣传报道力度，努力营造全社会关注建筑安全、自觉尊法守法的良好安全生产环境。

各省级住房城乡建设主管部门要对“安全生产月”活动开展情况及时总结，并将书面材料于7月6日前报送我部工程质量安全监管司。

中华人民共和国住房和城乡建设部安全生产管理委员会办公室

2015年5月22日

财政部 国土资源部 住房城乡建设部 中国人民银行 国家税务总局 银监会关于运用政府和社会资本合作模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理的通知

各省、自治区、直辖市、计划单列市财政厅（局）、国土资源厅（局）、住房城乡建设厅（委、局），中国人民银行上海总部、各分行、营业管理部、省会（首府）城市中心支行、副省级城市中心支行，各省、自治区、直辖市、计划单列市国家税务局、地方税务局、银监局，新疆生产建设兵团财务局、国土资源局、建设局：

为贯彻落实党的十八届三中全会精神，提高公共租赁住房供给效率，按照《财政部关于推广运用政府和社会资本合作模式有关问题的通知》（财金〔2014〕76号）和《财政部关于印发政府和社会资本合作模式操作指南（试行）的通知》（财金〔2014〕113号）有关要求，现就运用政府和社会资本合作模式（Public-Private Partnership）推进公共租赁住房投资建设和运营管理的有关事宜通知如下：

一、充分认识运用政府和社会资本合作模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理的重要意义

· 政策信息

政府和社会资本合作模式是政府与社会资本在公共服务领域建立的一种长期合作关系，通过这种合作和管理过程，可以更有效率地为社会提供公共服务。运用这种模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理，有利于转变政府职能，提升保障性住房资源配置效率；有利于消化库存商品住房，促进房地产市场平稳健康发展；有利于提升政府治理能力，改善住房保障服务。运用政府和社会资本合作模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理，作为一项政策创新和制度创新，对于稳增长、调结构、惠民生具有十分重要意义，各地要充分认识这项工作的重要性，积极有序开展试点工作。

二、运用政府和社会资本合作模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理的基本目标和原则

(一) 基本目标。通过运用政府和社会资本合作模式，发挥政府与社会资本各自优势，把政府的政策意图、住房保障目标和社会资本的运营效率结合起来，逐步建立“企业建房、居民租房、政府补贴、社会管理”的新型公共租赁住房投资建设和运营管理模式，有效提高公共租赁住房服务质量和效率。

(二) 基本原则。

1. 政府组织，社会参与。政府根据本地区公共租赁住房需求状况，制定公共租赁住房发展规划和年度计划，组织合适的公共租赁住房项目开展政府和社会资本合作试点，选择社会资本参与投资建设和运营管理公共租赁住房。

2. 权责清晰，各司其职。在公共租赁住房项目合同中，明确政府与社会资本的各自责任，按照合同约定承担相应的权利、义务、责任和风险。

3. 激励相容，提高效率。通过综合运用多种政策手段，建立动态调整的租金价格机制，确保社会资本具有稳定合理的投资回报；建立严格的绩效评价机制，对项目运作、住房保障服务质量和资金使用效率等进行综合考核评价，确保公共租赁住房项目建设运营达到预期效果。

三、公共租赁住房项目政府和社会资本合作模式和条件

(一) 公共租赁住房政府和社会资本合作项目的基本模式。运用政府和社会资本合作模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理，主要是政府选择社会资本组建公共租赁住房项目公司，项目公司与政府签订合同，负责承担设计、投资建设、运营、维护管理任务，在合同期内通过“承租人支付租金”及必要的“政府政策支持”获得合理投资回报，依法承担相应的风险；政府负责提供政策支持，定期调整公共租赁住房租金价格，加强公共租赁住房工程建设及运营维护质量监管。合同期满后，项目公司终结，并按合同约定作善后处理。政府对项目公司承担有限责任，不提供担保或承诺。

(二) 公共租赁住房政府和社会资本合作项目的基本条件。适合运用政府和社会资本合作模式的公共租赁住房项目应当同时具备以下条件：1. 已纳入住房保障规划和年度计划。2. 项目规划所在区域交通便利，学校、医院等公共基础设施配套齐全。3. 户型建筑面积符合公共租赁住房条件。户型建筑面积以40平方米左右的小户型为主，单套建筑面积控制在60平方米以内。4. 承租公共租赁住房的保障对象数量稳定。5. 保障对象按市场租金水平向项目公司缴纳住房租金。6. 政府按保障对象支付能力给予分档补贴及其他政策支持。7. 公共租赁住房运营期限不少于15年。

四、公共租赁住房政府和社会资本合作项目的适用范围

适用政府和社会资本合作模式的公共租赁住房项目主要包括：(一) 政府自建自管项目；(二) 政府收购的符合公共租赁住房条件的存量商品住房项目；(三) 符合公共租赁住房条件且手续完备、债务清晰的停工未完工程项目；(四) 以企业为主建设管理的公共租赁住房项目。

对于存量和在建的项目，特别是债务规模比较大的政府融资平台公司持有的公共租赁住房，应当在科学评估的基础上，采取招投标、拍卖、挂牌等法律法规规定的方式将公共租赁住房资产整体转让给项目公司，实行规范的政府和社会资本合作模式运作，转让收入优先用于偿还对应的存量政府债务；对于拟新建和收购的项目，从规划、设计、投资建设、运营、管理全过程均可按政府和社会资本合作模式运作。

五、规范运用政府和社会资本合作模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理

(一) 建立公共租赁住房政府和社会资本合作项目库。各地应认真梳理、科学甄别适合政府和社会资本合作模式的公共租赁住房项目，建立项目储备库。政府和社会资本合作的公共租赁住房项目由市县财政部门会同同级住房保障部门从存量和新增项目中筛选。

(二) 做好项目前期论证和准备工作。市县财政部门会同同级住房保障部门引入第三方中介机构和专家，对拟实施政府和社会资本合作的公共租赁住房项目进行必要性、可行性、经济性、合规性评估和物有所值评价，论证项目是否满足政府和社会资本合作项目的必要条件。在此基础上，财政部门应组织开展政府和社会资本合作项目财政承受能力论证工作，通过识别、测算项目的各项财政支出责任，科学评估项目实施对当前及今后年度财政支出的影响，为项目财政预算管理提供依据，以保障政府切实履行合同义务，有效防范和控制财政风险，促进项目可持续发展。

(三) 选择合作伙伴。按照《中华人民共和国政府采购法》、《财政部关于印发〈政府和社会资本合作项目政府采购管理办法〉的通知》(财库〔2014〕215号)等有关法律法规规定，综合考虑企业资质、经营业绩、技术和管理能力、资金实力、服务质量、信誉等因素，择优选择公共租赁住房项目合作伙伴。

(四) 筹组项目公司。按照“政府引导、企业主导、市场运作、利益分享、风险分担”的原则，由合作企业组建项目公司，具体负责公共租赁住房项目的设计、投资、建设、运营、维护和管理。

(五) 签订合作合同。合同的主要内容应当包括:公共租赁住房项目名称、建设规模、投资规模、资金筹集、合作期限、户型结构、运营期限、维修维护责任;住房保障服务的数量、质量和标准;公共租赁住房租金价格及调整机制;合同期满后项目移交的内容、方式、程序及验收标准,涉及资产处置的,应当事先约定政府与社会资本收益分享比例;建设和运营管理的风险分担机制;项目终止的条件、流程和终止补偿;违约责任;争议解决方式等内容。

(六) 建立监管和绩效评价机制。政府对公共租赁住房政府和社会资本合作项目运作、服务质量和资金使用效率等进行全过程监管和综合考核评价,认真把握和确定服务价格和项目收益指标,加强成本监审、考核评估、价格调整审核,引入第三方进行社会评价,评价结果向社会公示,并作为项目价格、政府补贴、合作期限等调整的依据。

六、构建政府支持政府和社会资本合作模式公共租赁住房的政策体系

(一) 财政政策。市县财政部门统筹运用各级政府安排用于公共租赁住房的资金,通过贷款贴息方式支持公共租赁住房政府和社会资本合作项目购建和运营管理,具体贴息办法按照财政部印发的《城镇保障性安居工程贷款贴息办法》(财综〔2014〕76号)规定执行。同时,根据公共租赁住房保障对象的支付能力给予分档补贴,重点对城镇低收入住房困难家庭发放租赁补贴,配合同级住房保障部门督促保障对象按照合同约定的市场租金水平向项目公司缴纳住房租金。对于试行公共租赁住房政府和社会资本合作项目试点的地区,中央财政不改变城镇保障性安居工程资金分配方式。

(二) 税费政策。对公共租赁住房建设按照国家现行有关规定免收各项行政事业性收费和政府性基金;落实现行有关公共租赁住房购建和运营管理税收优惠政策。

(三) 土地政策。一是新建公共租赁住房建设用地可以租赁方式取得,租金收入作为土地出让收入纳入政府性基金预算管理。二是对于新建公共租赁住房项目,以及使用划拨建设用地的存量公共租赁住房项目,经市县人民政府批准,政府可以土地作价入股方式注入项目公司,支持公共租赁住房政府和社会资本合作项目,不参与公共租赁住房经营期间收益分享,但拥有对资产的处置收益权。三是在新建公共租赁住房政府和社会资本合作项目中,可以规划建设一定比例建筑面积的配套商业服务设施用于出租和经营,以实现资金平衡并有合理盈利,但不得用于销售和转让。

(四) 收购政策。对于收购符合公共租赁住房条件的存量商品住房项目,按照政府搭桥、公司主导、双方自愿、保本不亏的原则确定收购价格;也可以按当地公共租赁住房建设成本及合理收益率确定收购价格。

(五) 融资政策。一是银行业金融机构要在房地产开发贷款大额下建立公共租赁住房开发贷款的明细核算,对公共租赁住房贷款单独核算、单独管理、单独考核,根据自身实际,在依法合规、风险可控的前提下,加大对政府和社会资本合作模式公共租赁住房试点项目的信贷支持力度。二是鼓励社保基金、保险资金等公共基金通过债权、股权等多种方式支持项目公司融资。三是支持项目公司发行企业债券,适当降低中长期企业债券的发行门槛。四是支持以未来收益覆盖融资本息的公共租赁住房资产发行房地产投资信托基金(REITs),探索建立以市场机制为基础、可持续的公共租赁住房投融资模式。

七、扎实做好政府和社会资本合作模式公共租赁住房项目实施工作

(一) 落实工作责任。财政部会同住房城乡建设部、国家税务总局等相关部门完善落实财税支持政策;国土资源部会同财政部完善落实土地供应支持政策;人民银行、银监会指导督促金融机构做好金融服务工作。地方各级财政、住房保障、国土、人民银行、银监会等部门,按照职责分工落实工作责任。同时,地方各级财政部门要会同住房保障部门结合本地区实际情况,制定政府和社会资本合作模式公共租赁住房项目试点方案,指导项目具体实施工作。

(二) 建立工作机制。各级财政、住房保障、国土、人民银行、银监会等部门,要建立政府和社会资本合作模式公共租赁住房部门联席会议,专门研究解决运用政府和社会资本合作模式推进公共租赁住房投资建设和运营管理过程中出现的问题,联席会议各部门要加强协作,密切配合,确保各项政策措施落到实处,规范开展政府和社会资本合作模式公共租赁住房项目试点。

(三) 开展项目试点。2015年,各地区应当抓紧组织开展政府和社会资本合作模式公共租赁住房项目试点工作,政府和社会资本合作模式公共租赁住房试点项目由市县财政部门会同同级住房保障部门筛选,报省级财政部门会同住房保障部门共同审核确认后实施。对于市县筛选的公共租赁住房项目,每省可选择一定数量的项目开展试点。对于拟实施的试点项目,省级财政部门应当会同住房保障部门将项目区位、投资规模、建筑面积和套数、合作方式、合作期限、资金来源等情况报财政部、住房城乡建设部备案。

中华人民共和国财政部
中华人民共和国国土资源部
中华人民共和国住房和城乡建设部
中国人民银行国家税务总局
中国银行业监督管理委员会
2015年4月21日

住房城乡建设部修改13项部门规章

日前，住房城乡建设部部长陈政高签署决定，对《房地产开发企业资质管理规定》等部门规章进行修改，并已开始施行。

此次修改根据为《公司法》，修改范围包括《房地产开发企业资质管理规定》、《市政公用事业特许经营管理办法》、《城市房屋白蚁防治管理规定》、《建设工程质量检测管理办法》、《工程造价咨询企业管理办法》、《工程建设项目招标代理机构资格认定办法》、《城市生活垃圾管理办法》、《工程监理企业资质管理规定》、《建设工程勘察设计资质管理规定》、《物业服务企业资质管理办法》、《城乡规划编制单位资质管理规定》、《房屋建筑和市政基础设施工程施工图设计文件审查管理办法》、《房地产估价机构管理办法》共13项部门规章。

全国工程质量治理两年行动第二期依法推进会上透露——今年将四方面推进“两年治理行动”

住房和城乡建设部建筑市场监管司副司长张毅日前在福州召开的全国工程质量治理两年行动第二期依法推进会上指出，今年是全国工程质量治理两年行动的关键之年，住建部将按照国务院有关指示和该项行动的总体部署，围绕打击转包、挂靠、违法分包等违法行为，从加大督导力度、严惩重罚各类违法行为、适时召开现场交流、加大曝光、宣传力度等四个方面，继续推进这项工作。

据张毅介绍，自去年10月开展全国工程质量治理两年行动以来，围绕保证工程质量这个目标，住建部开展了多项工作，一是制定了《建设工程施工转包违法分包等违法行为认定查处管理办法(试行)》及其《释疑》等一系列规范性文件；二是开展了建筑市场执法人员培训，建立了全国执法人员数据库；三是对各地转包、挂靠、违法分包等情况开展了专项督查。共检查了各地180个项目，对违法违规较为严重21个项目下发了建筑市场执法建议书；四是及时通报打击转包、挂靠、违法分包等违规行为的进展情况，对检查中发现的违法违规情况进行了通报和曝光；五是对七起质量安全事故进行了市场行为调查，结果显示，其中六起事故存在转包、挂靠等违法行为。

住房城乡建设部调研建筑产业现代化

5月15日，住房城乡建设部副部长易军赴辽宁省沈阳市调研建筑产业现代化工作，调研期间与沈阳市委书记曾维、市长潘利国交换了意见，并在沈阳市委副书记邢凯，沈阳市政府党组成员、副市级领导佟晶石陪同下，参观了第四届中国(沈阳)国际现代建筑产业博览会。本届博览会的主题是“转型升级与建筑产业现代化”，作为建筑产业化的国际化综合展示窗口，吸引了来自加拿大、德国、意大利等国40家协会和企业，国内20个省、市、自治区600多家龙头企业，本地100多家品牌企业参展。住房城乡建设部工程质量安全监管司、住房城乡建设部科技与产业化发展中心、沈阳市城乡建设委员会有关领导参加调研。

发改委发布一季度投资运行分析称我国基础设施投资提速

发改委4月29日发布的一季度投资运行分析文章称，2015年前两个月，全国新开工项目计划总投资同比下降1.8%，回落16.5个百分点，2011年5月份以来首次负增长。一季度新开工项目计划总投资增长6.1%，虽然增速仍同比下降6.5个百分点，但比1至2月回升7.9个百分点，扭转了前两个月负增长的趋势，为稳定投资增长奠定了较好基础。值得注意的是，在制造业和房地产投资增速持续下滑的情况下，官方着力推动的以基础设施项目为主的重大工程建设在一季度取得了积极进展。

中共中央、国务院要求加快推进生态文明建设强调大力推进绿色城镇化

到2020年，资源节约型和环境友好型社会建设取得重大进展，主体功能区布局基本形成，经济发展质量和效益显著提高，生态文明主流价值观在全社会得到推行，生态文明建设水平与全面建成小康社会目标相适应。这是中共中央、国务院日前印发的关于加快推进生态文明建设的意见中提出的。意见强调，要大力推进绿色城镇化。认真落实《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》，构建科学合理的城镇化宏观布局，严格控制特大城市规模，提高中小城市承载能力，促进大中小城市和小城镇协调发展。

全国两年行动监督执法检查启动

日前，全国工程质量治理两年行动监督执法检查启动，住房城乡建设部首批4个检查组分赴福建、广东等8省。

督察主要内容有：贯彻落实工程质量治理两年行动工作部署情况、落实五方主体项目负责人质量终身责任制情况、打击建筑施工转包违法分包行为情况；贯彻落实国家工程质量安全法律法规和规范性文件情况，开展工程质量安全监督执法检查情况，工程质量安全事故、质量问题及隐患查处情况等；工程项目质量安全保证体系建立情况及工程实体质量安全情况，重点检查施工企业对项目质量安全管理情况、地基基础和主体结构实体质量情况、模板支架和起重机械等安全管理情况等。

我国首部《建筑结构抗倒塌设计规范》颁布实施

为了进一步提高发生偶然事件时房屋建筑的抗倒塌能力，中国工程建设标准化协会(CECS)批准，由清华大学和中国建筑科学研究院共同负责编制的《建筑结构抗倒塌设计规范》(CECS 392:2014)将于2015年5月1日起开始实施。本规范以建筑结构倒塌案例、研究成果、工程实践以及现行国家标准相关规定为基础，对现行规范规程中尚无规定、但工程设计中确实需要的建筑结构抗倒塌设计内容，做了补充；对现行规范规程中建筑结构抗倒塌设计的原则规定，进行了具体延伸，提高了可操作性，便于在工程设计中应用。

推动绿色建材技术创新和规模化应用

绿色建材、绿色建筑、新型城镇化建设是节能减排的主战场，也是生态文明建设的重点领域。如何大力提升绿色建材和新型节能结构体系的创新能力和科技水平，有效支撑建筑节能、绿色建筑、建筑产业现代化和新型城镇化建设的发展需求，促进中国特色生态文明建设？生态为本、创新驱动，大力推进建材业尽快走上绿色化发展新路，引导绿色建材技术创新、成果转化和规模化推广应用。这是日前在济南召开的全国绿色建材技术交流与产品采购大会上的共同呼声。会议由住房城乡建设部科技与产业化发展中心和绿色建材产业技术创新战略联盟主办。

2015年中国建筑学类专业大学排名

本次大学评价共包含2751(去年2742)所中国高等院校。其中包括1200所(去年1155)中国大学(不含军事类院校和港澳台地区高校)：含重点大学131所(一流大学26所)，一般大学645所(去年621)，民办院校424所(去年403)；另外还对287所(去年298)独立学院和1264所(去年1289)普通公立专科院校进行了全面系统、客观公正的科学评价。

2015年中国建筑学类专业大学排名

排序	学校名称	水平
1	清华大学	★★★★★
2	同济大学	★★★★★
3	东南大学	★★★★★
4	天津大学	★★★★★
5	西安建筑科技大学	★★★★★
6	西南交通大学	★★★★★
7	北京交通大学	★★★★★
8	华南理工大学	★★★★★
9	哈尔滨工业大学	★★★★★
10	浙江大学	★★★★★
11	重庆大学	★★★★
12	大连理工大学	★★★★
13	华中科技大学	★★★★
14	武汉大学	★★★★
15	南京大学	★★★★
16	沈阳建筑大学	★★★★
17	山东建筑大学	★★★★
18	湖南大学	★★★★
19	中南大学	★★★★
20	长安大学	★★★★

亚太多国官员学者研讨 “一带一路”吸引更多基础设施投资

4月28日在广西南宁举行的“共建21世纪海上丝绸之路——加强投资合作，促进共同发展”研讨会上，来自柬埔寨、泰国、越南等国家的不少官员学者认为，中国提出的“一带一路”倡议将有力推进亚洲区域合作，并希望中国出资400亿美元成立的“丝路基金”能带动更多的投资进入沿线国家，推动基础设施建设，促进区域互联互通。业内人士认为，随着中国倡导的“一带一路”建设持续推进，亚太区域经济合作将进一步加强，并且为亚洲和世界经济带来新的机遇。

工艺专业

工艺专业组织技术协作小组开展厂区调研

为进一步落实公司《人才品牌体系建设方案》以及《人才成长指引》的要求，工艺专业成立了多个技术协作小组，打造在不同业务领域及专业领域做专、做精的技术人才及专业齐全的技术团队，打造以专业技术人才和团队为核心的公司技术品牌、项目品牌、企业品牌。结合公司2015年培训工作的总目标“战略落地、文化融合、人才成长、能力提升”和规划设计生产实践中遇到的新挑战、新要求，发动机燃油试验技术小组一行8人，在组长卜国磊总工艺师的带领下，于2015年5月7、8日前往501厂苏州园区、无锡614所进行了为期两天的现场调研和学习。

调研工作主题是针对燃油试验厂房的试验对象、工艺布局以及人流、物流、辅助配套需求等开展，对501厂苏州园区的试验厂房

以及无锡614所燃油试验厂房的工艺布局进行重点调研和分析。通过此次调研，燃油试验技术小组进一步优化和完善了燃油试验厂房的模块化设计方案，对正在进行的项目方案进行了优化处理，解决了敞开布局与工艺流程、绿色生产之间的矛盾。

“技术协作小组”机制是提升技术进步的重要举措，同时也是公司内部交流的平台，与外部交流的窗口。2015年工艺专业其他协作小组也制定了详细的计划，将分别开展学习交流工作。随着协作小组工作的不断深入开展，互通有无、集思广益，针对各技术领域专业方向，逐渐提炼、总结出专业化、标准化的技术方案，并形成一整套系统的设计标准，逐步锻炼一批各专业的骨干和团队，进一步提升工艺设计水平和公司在核心业务领域的竞争力。

规划专业

中航建发应邀参加成都世界机场城市大会 首席专家、总规划师李守旭做专题演讲

2015年5月13日~15日，由航空大都市理论创造者约翰·卡萨达教授主持的史上规模最大的世界机场城市大会在成都召开，不仅吸引了法国巴黎机场、加拿大埃德蒙顿国际机场、美国联邦航空管理局以及国内外数十个机场参加会议，更云集了全球民航界重量级人物。中航建发首席专家、总规划师李守旭作为大会应邀嘉宾，进行了《中国航空大都市的规划实践》专题演讲，并面向全球首次发布其原创的“精益航城”理念，将企业精益管理和航空大都市规划相结合进行跨领域的研究，获得了参会者的热烈讨论与咨询。

世界机场城市大会是全球民航界最具规模和影响力的会议之一。其旨在研讨机场与地区经济联动、临空产业推动机场所在城市经济发展的重要作用，为决策层和建设者提供一个交流、探讨的互动平台，是机场首席执行官、航空公司、经济开发机构、临空地产开发商、规划者以及相关机场商业等的顶级盛会。本届大会主题为“为推动临空经济，共筑航空大都市”，吸引全球近600名嘉宾参会。



.....



中航建发参加2015全国通用航空产业发展研讨会

业发展的政策诉求和建议，研讨推进通用飞机制造、机场及航空港建设、运营服务等三位一体统筹协调发展的政策措施，明确政策方向。

会议期间，国家工信部装备工业司副司长杨拴昌作了题为“我国通用航空产业发展情况及思考”的主题演讲，重点介绍了通用航空产业的内涵及意义、国内外通用航空产业发展现状，提出了“三位一体、两翼助力、部门协调、政策合力”的我国通航产业发展的思路。国家发改委高技术产业司副司长任志武认为，通用航空产业发展，不仅是航空产业的重要组成部分，也是促进产业结构升级和关系到现代化生活改善的重要增长点。民航局运输司副司长刘峰就我国通用航空产业发展现状、存在的突出问题、未来发展机遇及民航局的重点工作等方面分析了我国通用航空产业发展情况。

中航建发公司飞机工程设计院、民航工程设计院和规划咨询研究院参加了此次会议。

2015年4月24日，全国通用航空产业发展研讨会在广东珠海召开。会议由国家工业和信息化部、国家发展和改革委员会、中国民用航空局主办，旨在宣传介绍国家有关部委关于通用航空产业的现有政策，交流通用航空产业的发展情况，听取各个地方、企业有关通用航空产

中航建发总规划师李守旭作了题为《中国航空城规划实践探索》的主题演讲，系统介绍航空城整合规划思路以及整合规划在临空经济区和通航园区中的具体应用。中航建发规划咨询研究院产业规划研究所所长郭璟坤作了题为《通航运营发展预期下我国通航制造业面临的机遇与挑战》的演讲，重点分析了在通航运营与制造业联动发展下，通用航空制造业未来的发展方向及思考。我公司专家演讲受到与会代表的好评。会议期间，市场管理部与国家空管委、中航工业通飞、重庆两江新区等单位进行了深度交流。

电气专业

新版ETAP软件1/4期培训活动成功举办

4月23日下午，我司ETAP软件学习小组在清华大学ETAP实验室举办了本年度第一期培训活动，得到了来自各院电气室的近30位员工积极关注与参与。这是继去年11月举办ETAP软件升级交流会后，与新版软件的第一次实际接触。

作为功能全面的综合型电力及电气分析计算软件，ETAP为发、输、配和工业电力电气系统的规划、设计、模拟、分析、运行、控制、优化和自动化提供了全面的分析平台和解决方案，在各行业均有广泛的应用。而在我司各项实际工程中，电气设计师们应用此软件解决了多项技术难题和出具了多次计算报告书，得到了业界的权威认证和业主的广泛认可。通过ETAP软件技术工程师的讲解和演示，使培训的工程师了解到软件在暂态稳定性分析中可提供的仿真、计算、分析等支持工具，实际的上机操作又进一步加深了对分析软件的使用方法的掌握。

参与培训的工程师们对本次活动给予了很好的评价，得到了广泛的专业认同，并期待通过这种培训的方式能使更多的工程师们受益。后续将会开展更全面更贴合实际的培训活动，精彩不容错过，敬请期待。



给排水专业



给排水专业组织技术交流

2015年3月27日，给排水专业组织了给水管道应用技术交流。

由成都贝根管道有限责任公司的专业工程师为大家介绍了缩合式整体衬塑复合钢管、对焊式双面衬塑钢管、钢丝网骨架（聚乙烯）复合管等给水管道的技术特点、应用场所等。交流会上，大家就给水系统、循环冷却水系统埋地及明装管道的连接方式、防腐做法、塑料层防脱落的技术措施等问题进行了深入交流。

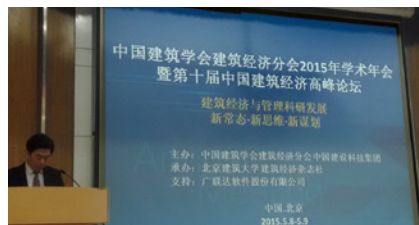
给排水专业邀请专家解读《消防给水及消火栓系统技术规范》

新版《消防给水及消火栓系统技术规范》已于2014年10月1日正式实施，为更好地理解、运用新规范，2015年4月22日，给排水专业邀请到规范的主要起草人赵世明先生，对此进行解读。

讲座过程中，赵总详细讲解了新旧规范内各项条款的区别，提醒大家在设计工作中需要注意的事项，特别是对压力开关、启泵控制等新要求下的设计应用，与大家进行了非常深入的讨论。赵总还就新规范的编制背景与条文背后主编方的意图，与《建筑设计防火规范》等其他规范的结合比较等，进行了相应的展开介绍。通过这次讲座，大家对消防设计有了更深的理解，对今后的设计工作有非常大的帮助。



工程造价专业



工程造价专业参加中国建筑学会建筑经济分会2015年学术年会

2015年5月8日~9日，工程造价专业技术委员会一行四人参加了在北京市举办的中国建筑学会建筑经济分会2015年学术年会暨第十届中国建筑经济高峰论坛。会上，7名行业内知名专家分别就建筑经济学科发展、人才培养、项目管理理论与实践、BIM等行业内热点问题阐述了自己的观点和研究成果。通过参会，增强了公司与行业的联系和沟通。

技术发展

公司启动第二届科技月活动

6月2日，随着集团公司“科技月”启动仪式的召开，我公司第二届科技月活动也拉开了序幕。6月的第一周，已组织各专业总（副）师、主任工程师等技术带头人进行了标准编写、专利挖掘、运用等知识、技巧培训。接下来，将陆续开展各专业内部的技术发展、行业发展的交流，设计新手段二维协同的研讨。同时，各实体院一把手结合自身业务与市场，从多角度畅谈技术创新，对公司科技工作改进提升具有重要价值，又在重视科技创新上起到模范带头作用。

海南生态软件园规划及建筑景观一体化设计

建设地点：海南

设计单位：中国航空规划建设发展有限公司
规划咨询研究院

建设情况：建成

规划用地面积：200公顷

本项目依托海南省本地现有企业资源，重点发展：公共应急信息服务及软件开发，旅游信息系统，信息安全系统，手机研发制造等产业。

项目定位：1、国家循环经济、节能减排政策实践区2、地区产业导向引领区3、海南智能岛建设技术依托区4、中电集团跨越发展战略支撑区

借力“生态海南”，搭建自主创新与信息化建设的对接平台，以信息化应用促进自主创新，带动园区的产业化发展，建立一个有特色的软件产业化园区。

本次规划从3000亩概念规划、景观规划做起，同时对分地块控制性详细规划、修建性详细规划及地块内单体建筑进行了深入设计。我公司从该项目总体规划、建筑设计到景观深化基本实现了全程跟踪，为园区的开发建设提供了全方位的服务。





爱飞客综合体 荆门航空新城概念规划

建设地点：湖北荆门

设计单位：中国航空规划建设发展有限公司
规划咨询研究院

建设情况：在建

规划用地面积：30平方公里

爱飞客综合体荆门航空新城位于湖北荆门漳河新区，临近漳水水库，规划总面积30平方公里，建设用地14.5平方公里。该项目是中航工业在全国布局50家爱飞客综合体的首家，也是全国首个通用航空综合体项目，具有标志性意义；荆门航空新城将在通用航空与创意经济融合，中航工业与地方合作，通用航空与新型城镇化发展做出重要探索，其建设对于中航工业爱飞客综合体全国布局和国内通用航空发展具有极强的示范作用，未来建设成为荆门的城市名片。

荆门航空新城以爱飞客俱乐部为龙头，以通用航空运营为依托、航空培训和航空运动体验为特色、通用航空器研发与制造为基础，集聚发展通用航空全产业链，打造引领全国通航产业及新型城镇化发展的“通用航空创意经济示范区”。

· 项目展示

航空大世界是中航工业依托新型创意产业发展的历史机遇，历时数年研发的航空主题体验娱乐项目。定位于功能板块多样、核心资源突出、文化产业延伸、城市配套完善的“游、居、业”合一的综合性旅游度假区。

项目选址位于阎良老城区北部荆山塬开发区，以及石川河两岸。策划以中国航空城、放飞航空梦为主题，策划了航空科技、文化、旅游三大主题，对应九大功能板块。规划以“一轴两带”作为空间规划结构，呼应了阎良的城市空间轴线。

航空大世界的建设将填补国内航空文化空白，打造中国航空文化朝圣地，紧握航空文化主线，以航空科技和航空旅游为引擎，凸显未来、新奇、时尚、科技、智趣、快乐、创意等主题价值，实现航空文化引领地方经济发展新模式。

航空大世界 概念性总体规划

建设地点：陕西阎良

设计单位：中国航空规划建设发展有限公司
规划咨询研究院

建设情况：在建

规划用地面积：800公顷





印尼万隆新城概念规划

建设地点：印尼万隆

设计单位：中国航空规划建设发展有限公司
规划咨询研究院

建设情况：在建

规划用地面积：66平方公里

为纪念万隆会议召开60周年，由中国、印尼合作开发建设万隆新城。项目定位为展示发展中国家“和平友谊、合作发展、联合自强、生态宜居”的未来的新舞台。新城拟容纳16万人，规划九大功能区，将成为发展中国家政治经济文化交往的聚集地。

住房城乡建设部关于发布国家标准《城市道路交通标志和标线设置规范》的公告

现批准《城市道路交通标志和标线设置规范》为国家标准，编号为GB51038-2015，自2015年12月1日起实施。其中，第3.1.1、4.1.6、12.9.6条为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布国家标准《公共建筑节能设计标准》的公告

现批准《公共建筑节能设计标准》为国家标准，编号为GB50189-2015，自2015年10月1日起实施。其中，第3.2.1、3.2.7、3.3.1、3.3.2、3.3.7、4.1.1、4.2.2、4.2.3、4.2.5、4.2.8、4.2.10、4.2.14、4.2.17、4.2.19、4.5.2、4.5.4、4.5.6条为强制性条文，必须严格执行。原《公共建筑节能设计标准》GB50189-2005同时废止。

住房城乡建设部关于发布国家标准《建筑地基基础工程施工规范》的公告

现批准《建筑地基基础工程施工规范》为国家标准，编号为GB51004-2015，自2015年11月1日起实施。其中，第5.5.8、5.11.4、6.1.3、6.9.8条为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布国家标准《绿色商店建筑评价标准》的公告

现批准《绿色商店建筑评价标准》为国家标准，编号为GB/T 51100-2015，自2015年12月1日起实施。

住房城乡建设部关于发布行业标准《车库建筑设计规范》的公告

现批准《车库建筑设计规范》为行业标准，编号为JGJ100-2015，自2015年12月1日起实施。其中，第3.1.7、4.2.8条为强制性条文，必须严格执行。原《汽车库建筑设计规范》JGJ100-98同时废止。

住房城乡建设部关于发布行业标准《建筑地基检测技术规范》的公告

现批准《建筑地基检测技术规范》为行业标准，编号为JGJ340-2015，自2015年12月1日起实施。其中，第5.1.5条为强制性条文，必须严格执行。

住房城乡建设部关于发布行业标准《交错桁架钢结构设计规程》的公告

现批准《交错桁架钢结构设计规程》为行业标准，编号为JGJ/T329-2015，自2015年12月1日起实施。

住房城乡建设部关于发布国家标准《城市综合管廊工程技术规范》的公告

现批准《城市综合管廊工程技术规范》为国家标准，编号为GB50838-2015，自2015年6月1日起实施。其中，第3.0.2、3.0.6、3.0.9、4.1.4、4.2.2、4.3.4、4.3.5、4.3.6、5.1.7、5.4.1、5.4.7、6.1.1、6.4.2、6.4.6、6.5.5、6.6.1、7.1.1、8.1.3条为强制性条文，必须严格执行。原《城市综合管廊工程技术规范》GB50838-2012同时废止。

住房城乡建设部关于发布行业标准《外墙饰面砖工程施工及验收规程》的公告

现批准《外墙饰面砖工程施工及验收规程》为行业标准，编号为JGJ126-2015，自2015年9月1日起实施。其中，第4.0.4、4.0.8、5.1.4条为强制性条文，必须严格执行。原《外墙饰面砖工程施工及验收规程》JGJ126-2000同时废止。

住房城乡建设部关于发布行业标准《喷泉水景工程技术规程》的公告

现批准《喷泉水景工程技术规程》为行业标准，编号为CJJ/T222-2015，自2015年10月1日起实施。

住房城乡建设部关于发布行业标准《民用建筑氡防治技术规程》的公告

现批准《民用建筑氡防治技术规程》为行业标准，编号为JGJ/T349-2015，自2015年10月1日起实施。

住房城乡建设部关于发布行业标准《建筑涂饰工程施工及验收规程》的公告

现批准《建筑涂饰工程施工及验收规程》为行业标准，编号为JGJ/T29-2015，自2015年11月1日起实施。原《建筑涂饰工程施工及验收规程》JGJ/T29-2003同时废止。



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 中国航空规划建设发展有限公司

顾问委员会

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

编辑委员会

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

总编 陆国杰
主编 陈海风
执行主编 王蕊
责任编辑 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 2015年6月
印数 1500册
电话 (010)62038276 62038235
传真 (010)62038297
封面 青岛新机场航空城总体规划

CONTENTS

目录 2015年第3期 总第119期

航空能力建设

- 02 精益航城——中国航空城规划理论与实践 李守旭
- 05 光整加工技术在航空发动机整体叶盘制造中的应用 杨阔 王少龙
- 10 登机桥及桥载设备工艺设计研究 孙博 梅宝兴
- 13 高架机库楼面等效均布活荷载取值设计 韩川 张俊杰

研究与探讨

- 17 某超限高层建筑大震弹塑性分析及抗震性能化设计 宋毛毛 马伯涛
- 24 复杂支承条件下屋盖网架支座刚度取值探讨 田苑 周青
- 29 建设项目变更费用控制研究 王媛 李梅英
- 33 立式真空联合电阻炉的组成及主要存在问题 高如超 殷志军
- 37 风洞中试验段升降系统的设计研究 刘晓娜 郗方 邢少波
- 41 基于实例的蒸汽管道设计问题探讨 张勇 邢志涛

新兴产业咨询

- 44 工业4.0及其对我国国防装备制造两化融合的启示 晋煜
- 48 绿色节能技术在中航投资大厦超高层中的应用 孟凡兵

工程设计

- 52 高烈度区某高层框架-剪力墙结构设计 李世成 王倩
- 56 空压站余热回收系统设计 张晓楠 赵磊
- 59 医药厂区总图布置 景飞云 肖炯
- 62 变频干扰的解决办法 孙庆峰 王威

精益航城 ——中国航空城规划理论与实践

李守旭 「规划」



0 速度时代的背景

全球一体化的今天，各国在世界范围内的贸易协作与产业分工已达到了一个前所未有的深度。1992年，美国北卡罗莱纳大学卡萨达教授提出了著名的“第五波理论”，即由空运引起的时间价值竞争优势，是继海运、河运、铁路、公路运输之后对区域经济发展的第五冲击波。由此，城市迎来了航空经济时代，机场被喻为驱动“国

家和地区经济增长的发动机”。

依托机场的全球通达性而带来的速度经济与流量经济是时间价值竞争的最大体现。航空运输、数字化、全球化等特质的产业在机场周边地区占据主导地位。机场成为城市发展的驱动力以及创造工作岗位和财富的源泉。在这一背景下，围绕机场而发展的临空经济区作为城市重要的对外门户，应积极利用机场的区位优势，参与全球经济体系中，吸引在全球范围内游动的资本与技术，并整合区域产业，培育自身的核心竞争力，成为连接区域与全球的战略支点，带动地区跨越式发展。

作者简介：李守旭，男，研究员，2001年毕业于清华大学城市规划专业，现就职于中航建发规划咨询研究院。

1 精益发展的要求

依托机场大力发展临空经济区进而带动区域发展,已成为各国和地区的共识,阿姆斯特丹的史基浦机场、迪拜国际机场、仁川国际机场、北京首都国际机场、上海虹桥及浦东机场等机场的临空经济区或航空城在全球不断崛起。随着临空经济区不断深入发展,目前临空经济早已不仅仅是机场和航空配套功能,越来越多的非机场传统产业在机场周边汇集,形成延展功能区块,为整个区域提供多方位的综合服务,逐渐成为颇具规模又各具特色的临空经济区。

但依托机场而存在的临空经济区在享受着因机场的速度优势而带来的便利时,更应注重自身运营的高效率,将高效与高速完美的融合,科学智慧的发展。这是由于临空经济的特殊性,临空产业发展与机场运作有着紧密的联系,不同临空关联度的产业在机场跑道周边的空间上表现为不同的布局区位选择。而跑道资源在空港内是珍贵而有限的,如果缺少前期的科学规划,在实际发展中由于用地条件限制,或由于地方发展的压力和招商的迫切性,先进驻的项目可能会占用过多的跑道岸线(指可与机场跑道直接相连接的临空用地沿机场跑道的长度),而造成机场临跑道岸线资源的浪费,进而影响临空产业的长远发展,导致难以挽回的损失。

随着经济水平的提升与环境意识的加强,集约与可持续发展已成为现今社会的共识。机场作为大型基础设施,必然将占用大量的土地资源、水资源及其他各种能源,也会对周围环境造成噪音、大气等污染。同时,机场面向于高端人群,要求更舒适、更安逸的环境体验。因此,临空经济区通过科学、智慧、精益的发展,能够集约利用机场周边土地,处理好城市空间拓展与重大基础设施和生态要素的关系,实现资源节约、环境友好、与周边社会区域的协同发展。

因此,如何根据不同产业对机场跑道需求程度对周边土地设置产业进驻门槛;如何科学、合理、有序的组织布局各项功能;如何分阶段、策略性的导入临空产业;如何提高货物物流效率;如何有效的整合航空、铁路和公路等多种交通运输方式……这些议题都对临空经济区提出了精益规划的发展要求。

2 精益航城概念

精益是“精益求精”,是指临空经济区在流通、生态、建设和理念等方面都依托机场的速度经济和流量经济而追求高效率和高效益,精益航城就是使临空经济依托机场能够最大限度的实现其价值与效率。精益(LEAN)航城由精益流通Logistics & lines、精益生态Ecology、精益建设Architecture、精益理念Notion四个核心策略构成,分别从物流体系构建、生态环境营造、港城融合发展、低碳运营管理四方面对临空经济区进行协同发展规划,达到高效运输、快捷通关、可持续性开发、提高经济效益、提供就业机会、提升地块价值、高密度混合、提供公共服务、具有地区特色、智能创新等城市效益。

L——精益流通(Logistics & lines)。

通过高效的海陆空多式联运体系打造综合交通枢纽。精益高效的物流体系是临空经济区参与全球竞争的有利条件,形成完善运输网络、稳定的区域腹地、智能的信息平台,提升临空经济区的物流运输效率。客流、商流、信息流、资金流在此汇聚交流,形成流通中枢。

E——精益生态(Ecology)。

通过区域生态安全格局建立、航城生态体系构建、绿色生态建筑建设等规划理念和技术手段,实现临空经济区可持续发展。

A——精益建设(Architecture)。

从城市建设与管理的角度上研究航城精益高效开发,包括精益的规模控制、高效的管理机构、合理的开发机制,多渠道的融资模式、创新的土地管理方式等。

N——精益理念(Notion)。

引入国际航城运营管理理念,运用精益的技术方法,建立智慧城市和精益产业园区,通过高瞻远瞩的领导智慧,实现产业、空间、交通、生态在航城全方位的融合,实现人、社会、环境的和谐发展。

3 精益航城规划策略

(1) 精益流通

航空城是围绕机场这一大型交通基础设施而形成的城市化地区,快速交通带来的速度竞争优势是价值所在,以机场为中心,客流、物流、

商流、信息流、资金流在此形成交通中枢。其中物流是临空经济区的核心职能，临空经济区的物流枢纽整合协调航空、铁路、陆路乃至水运等多种物流方式，通过高效的海陆空联运体系打造国际物流枢纽。对国际上典型临空经济区的发展历程进行研究，可发现其物流成功秘诀在于形成完善运输网络、稳定的区域腹地以及智能的信息平台。精益的物流策略结合临空经济区的自身条件，将这三者整合优化，最终实现精益物流的整体效益，成为辐射国际的物流枢纽。

一是要完善物流全产业链，打通物流从流通——加工——包装——上市的全产业链。依据不同的物流规模与需求，在机场周边布置集中的航空、公路、铁路货运站，大型物流园区，以及专业物流配送中心等物流设施，将物流链条由简单的货品分拨、管理延伸至生产流程的后期装配与上市包装，同时通过规划大型的展销活动设施推动产品的销售进程。在机场设置物流信息及管理中心，与区域主要产业园区合作设立海陆空联运物流站，提供一站式物流服务，以此优化物流渠道，减轻企业负担，提高物流效率，实现稳定的物流需求。

二是多式联运的无缝衔接，在政策和措施上保证货物运输流通的畅通无阻。物流运输途径多元化、转运衔接无缝化，物流网络体系化。积极争取第5航权，拓展航线的覆盖范围，争取发展综合保税区、自由贸易区等政策区。依托基础设施构建各型物流节点，优先建设直达周边大宗货物物流园区等区域级物流核心的快捷物流通道，引导优化区域物流结构。

(2) 精益生态

生态化发展是城市发展的必然趋势，在临空经济区的发展过程中要自始至终地贯彻这一思想。秉持可持续发展的规划理念，精益生态不仅关注生态环境的静态保护，更强调生态空间的多元复合利用与经济价值，营造地区的生态空间并挖掘其文化旅游价值。

一方面要有明确的空间保护和开发格局，建立生态网络，并进行详细的土地利用性质和开发强度控制。例如，要划定限建区或生态涵养区，严格控制用地开发，用生态边界的方式限定开发范围。临空经济区应综合考虑片区内的水源保护区和基本生态控制区，人口规模和基础设施承载力，划定发展成熟期的城市增长边界，并保证实

施效力。

另一方面要重视生态区域的价值，通过土地利用调整发挥其在景观、旅游、居住、都市农业等方面的作用。以田野农地、河流湖泊等作为生态基地，进行生态空间的建设，营造成为供人们休憩的郊野公园，或发展休闲式田园，在为居民提供健康运动、生态旅游以及主题度假等休闲功能的同时，也成为临空经济的一部分。

此外，还应对必须进行的开发建设活动进行控制，采用环境影响评估、开发影响费等方式提高开发准入门槛，将对环境破坏大的，高污染的行业排除在可开发范围外，鼓励利用低碳生态技术，最大限度减少对环境的影响。

(3) 精益建设

由于临空经济区的规划目标往往与现状条件相差甚远，基本上属于从零开始的建设，在开发建设中往往存在着城市建设用地与非建设用地的矛盾。临空经济区的开发对于整个城市的发展过程有十分重要的意义，要解决用地矛盾，就要在规划之初进行分析。科学估算临空经济区的规模，依循航空经济驱动城市的发展规律，实现临空区与城市共生的发展理念，就显得尤为重要。

临空经济区作为城市重点发展的区域，将成为主城人口和功能疏解及新的产业聚集的主要地区。因此，不能孤立的来考虑临空经济区的发展，而应综合考虑区域层面上临空区与周边产业园区的竞争协作关系，与周边园区错位竞争，一体化发展。

临空经济区的建设从起步到成熟是一个长期的发展过程，因而需要组建一个管理机构，来统一招商融资及管理，并制定合理的开发机制。对于开发行为，政府要进行开发评估，提高开发准入门槛，并应保证合理的功能配比，引导可持续开发。在起步阶段，供不应求的市场需求可能导致临空经济区不合理的开发量、不协调的功能配比和高强度使用土地，进而导致资源浪费和设施缺乏，造成生态环境破坏，生活品质下降，生产效率降低。北京首都机场临空经济区已经出现产业园区资源整合不够，酒店等商务设施缺乏等问题。

(4) 精益理念

精益理念是人类对未来理想生活的一种美好愿景，精益航城的建设，将会带来城市居民的全新体验。精益理念即以资源的高效利用和循环利用作为核心，以“减量化、再利用、资源化”为

原则，以低消耗、低排放、高效率为基本特征，倡导符合可持续发展理念的城市运营理念。

首先应具有高效运营的理念，以提供更安全、便捷、高效、绿色的精益航城整体规划、系统解决方案，更智能、高效、灵活的决策支持系统与公共管理服务手段，更便捷、高效、灵活的创新应用与公共服务运营模式。

其次要运用精益规划技术方法，建设智慧园区。倡导绿色基础设施、绿色建筑和建筑节能，推广低冲击开发模式，推行绿色城市基础设施，在交通、供水、供热、污水和垃圾处理诸方面采用节能减排新技术和经济激励政策，构建区域循环经济试点园区。积极扶持新能源、新材料、资源再生和环保产业，培育循环经济产业门类，挖掘新的产业和市场机会。

再者应具有精益发展的领导力。政府的职能也会因为移动互联网、物联网甚至是统一管理运营平台的出现逐渐转变成为公众服务的角色。因此精益航城真正要考验的是政府的决策智慧，并使其在社会管理的过程中逐步转化成服务型政府。

4 精益航城布局模式

为了最高效的利用机场跑道岸线资源，实现跑道资源共享与均好，根据产业与机场跑道联系的紧密程度，临空经济区的产业空间布局可分为长边邻跑道产业模块、短边邻跑道产业模块、局部邻跑道产业模块与间接邻跑道产业模块四类产业模块，每类产业模块涵盖不同项目类型。

随着各类模块与机场跑道的紧密程度不同，其产业与土地的匹配度也将随之变化，如长边邻跑道产业模块在实施中必须严格执行规划的产业类型，与其他产业零兼容，而间接邻跑道产业模块灵活度较大，在产业类型上只要符合“高精尖”等特点的产业皆可，地块则可布局其他高新产业。通过上述措施，保证临空经济区土地的集约、高效、科学的使用。

每个产业模块内部是复合型的，根据与跑道联系的紧密程度，将具有类似工艺流程的产业布局在相同产业模块里，满足快速启动、滚动开发、集聚发展和可持续发展的需求。模块内产业用地根据工艺流线布局，形成高效园区；生产性服务业布置于模块外围，既服务于内部产业，又可与其他产业模块共享。

在产业模块的开发上采用渐进式滚动开发模式，每个开发单元都涵盖不同的项目类型，根据模块的产业类型，并统一布局生活配套、公共服务及市政设施。每类模块产业的市政需求差异性较大，对其分别核算，避免浪费或不足。

5 小结

精益航城是可持续发展大背景下临空经济区的发展模式，这种模式并非仅仅基于整合规划理念提供的一种全新的城市规划模式，更是对流通效率提高，产业模式革新，生态环境营造，发展理念转变的一种重要发展战略。在此模式的应用过程中，需要充分考虑当地的经济水平、地域特点、产业优势、区域角色而形成特有的精益发展模式，我们应当看到这种模式不仅仅是为了解决城市规划的问题，更着眼于城市整体的发展战略。（本文系作者在成都国际航空城会议的发言概要）

光整加工技术在航空发动机整体叶盘制造中的应用

杨阔 王少龙 「工艺」

摘要: 整体叶盘是新一代航空发动机关键核心部件,光整加工技术是提高整体叶盘质量的关键技术,本文针对整体叶盘的典型特征,介绍常见光整加工技术,分析光整加工技术在整体叶盘制造中的应用,确定了自动化抛光技术的选择原则。对实现整体叶盘表面抛光的机械化和自动化具有一定的指导意义。

关键词: 整体叶盘;光整加工;振动光饰;磨粒流;数控磨削抛光

0 前言

整体叶盘是新一代航空发动机实现结构创新与技术跨越的核心部件,它的应用是发动机提高性能、简化结构、降低重量、减少故障率、提高耐久性与可靠性的重要举措^[1]。近年来,国内相关行业尝试的整体叶盘制造主要工艺包括:精密铸造、线性摩擦焊、五坐标数控铣削、电解加工、电火花加工等,其中五坐标数控铣削以其灵活快速、加工精度高等优点,成为整体叶盘制造的主要手段,实现了整体叶盘高效精密加工。

然而,由于整体叶盘的叶片为空间自由曲面,用球头铣刀进行铣削加工必然形成波峰波谷状刀痕(如图1所示),对整体叶盘质量和性能有直接影响,进而影响发动机性能和寿命。因此,整体叶盘在铣削加工后都会进行光整加工,以降低表面粗糙度,提高表面质量、增强疲劳强度和延长使用寿命。光整加工技术已成为航空发动机整体叶盘制造的关键技术,对该技术进行深入分析和研究具有重要意义。

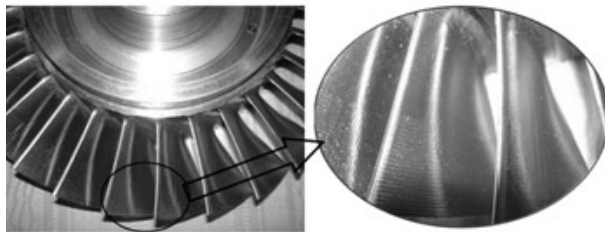


图1 铣削加工后的整体叶盘

1 整体叶盘特征分析

1.1 结构特征

整体叶盘通过将传统的轮盘结构和叶片设计成整体结构,省去榫头、榫槽和锁紧装置等传统连接方式,减少了零件数量,降低了结构重量。整体叶盘结构分为开式和闭式整体叶盘,叶片型面属于自由曲面。如图2所示,最具代表性的三种结构依次为:(a)开式整体叶盘——不带外轮毂;(b)闭式整体叶盘——带外轮毂;(c)大小叶片转子——大叶片间含有小叶片。由图可见,整体叶盘内、外轮毂为薄壁回转结构,盘体的外形和叶片外廓为锥面,叶片薄、弯扭大、叶展长,叶片与叶片之间的通道深而窄,叶片的进、排气边非常薄,最小厚度约为0.2mm。

作者简介:杨阔,男,助理工程师,2013年毕业于西北工业大学航空宇航制造工程专业,现就职于中航建发动力工程设计研究院。



(a)开式整体叶盘(b)闭式整体叶盘(c)大小叶片转子

图2 三种典型的整体叶盘结构

1.2 材料特征

整体叶盘因其使用环境的特殊性,要求选择的材料应能承受高温、高压和复杂载荷,同时具有重量轻、强度好、疲劳强度高、抗腐蚀和抗振性强等特点。因此,钛合金和高温合金等高强度材料在发动机叶盘的制造中扮演着重要的角色^[2]。

(1)钛合金

目前,钛合金因强度高、耐热性好、耐腐蚀等优点,在压气机与大涵道比的风扇上得到了广泛的应用。据统计,钛合金在TF39发动机中约占总重量的32%,CF6发动机中占27%,F101发动机中占20%。

(2)高温合金

在温度超过400℃的工况下,高温合金的持久强度极限、蠕变极限、热安定性和抗疲劳性依然保持较高的水平,在涡轮叶盘方面发挥了巨大的材料优势,成为另一种广泛应用于整体叶盘制造的材料。

1.3 工艺特征

整体叶盘结构复杂,叶片型面精度要求高,且多采用钛合金等难加工材料,可加工性差。由于整体叶盘的结构特点与材料特点,其抛光工艺难点主要有以下几点:

(1)结构复杂、开敞性差,可加工范围受制约

整体叶盘开敞性差,其叶片大多为薄壁曲面,由于气动性能的需要,叶片大多采用宽弦、大弯扭、大展长、稠密结构,使得叶盘的通道越来越窄,可加工范围受结构制约明显。

(2)材料属难加工材料,抛光加工难

钛合金和高温合金等材料属难加工材料,可加工性低,加工时塑性变形大,消耗的能量与其他材料相比要大许多。同时在加工过程中产生的热量很难向材料内部传导,致使加工区域温度高,极易在工件表面出现烧伤、裂纹等质量问题^[3]。

(3)表面质量要求高

目前,整体叶盘的可靠性要求越来越高,为

避免应力叠加引起的疲劳断裂,最终加工后的整体叶盘要求叶片型面不能有划痕和应力集中,如某型号整体叶盘抛光后的叶片表面质量为:表面粗糙度值不能高于 $0.4\mu\text{m}$,叶片前后缘轮廓度为 0.06mm ,叶片中部轮廓度为 0.08mm ,前后缘的位置度为 0.015mm ,中部为 0.08mm ^[4]。

为满足整体叶盘表面质量要求,应根据各种光整工艺的最终效果,合理选择加工方法,保证整体叶盘的使用可靠性。

2 光整加工技术介绍

目前,国内外针对复杂自由曲面类零件,主要通过人工抛光、振动光饰、磨粒流加工、数控磨削抛光等工艺进行光整加工。

人工抛光主要以手持磨料为抛光工具,依靠样板法等控制型面形状,达到抛光的目的。

振动光饰将一定比例的零件、磨料与抛光剂放入振动机中的筒形或碗型的开口容器内,通过特殊的装置使容器上下和左右振动,由于磨料各自形状、大小和重量均不同而产生相对摩擦,于是零件表面及周边的毛刺等粗糙部分被磨去、棱角变圆滑、表面的氧化层去除,达到抛光目的^[5]。

磨粒流加工采用半固态的有机高分子材料作为载体,将具有刮削作用的磨粒悬浮在其中,形成黏弹性磨料,在压力作用下流动的磨粒流介质挤擦流过工件表面从而实现对工件表面的光整加工。

数控磨削抛光以多轴联动数控机床为基础,以砂带/砂轮磨削机构为“刀具”,通过数控加工算法控制“刀具”运动轨迹,拟合工件自由曲面形状,达到抛光目的。

3 光整加工技术在整体叶盘制造中的应用

3.1 人工抛光

人工抛光主要采用油石+煤油去除整体叶盘表面的加工余量及刀痕,靠样板控制叶片截面形状,目前依然是国内航空制造企业叶片抛光的主要手段。

人工抛光相对灵活,加工范围大,可有效抛光叶片叶根与轮毂转接处等难加工位置。但人工抛光加工效率低(单件最长工时可达数十小时),去除量不均匀,表面精度低,波纹度大,易烧伤,质量不稳定。同时由于人工操作的不稳定性,很

难实现整体叶盘各叶片型面的一致性抛光，难以满足整体叶盘的使用要求。

3.2 振动光饰

振动光饰采用碗体无中心带岛柱的振动光饰机(如Rosler公司的R420DL)，设备具有激振频率高，垂直振幅低，定时改变振动方向等特点。将整体叶盘放入光饰机的碗形容器内，通过小颗粒棕刚玉或锆刚玉磨料与整体叶盘间的相对摩擦抛光整体叶盘。

振动光饰可一次加工整体叶盘的全部表面，加工范围大；加工过程中去除量均匀；加工力较小，不会产生加工变形。但是振动光饰改善波纹度能力有限，叶片叶根与轮盘外表面的转接圆弧上的铣刀痕迹去除不明显。

3.3 磨粒流抛光

磨粒流抛光主要靠磨料的流动对整体叶盘的叶片型面进行光整加工。加工时整体叶盘的叶片通道与专用夹具形成闭合的贯通型流场，通过磨料在贯通型流场里往复流动抛光整体叶盘。同时夹具的设计要采取可靠地间隔措施，以保护非加工部位，如图3所示。磨料由富有黏弹性的具有流变性能的半固态的载体作为基体，一般由硅树脂、碳氢化合物凝胶等组成；磨粒通常为碳化硅，还可根据被加工材料选择氧化铝、氮化硼等硬质颗粒。

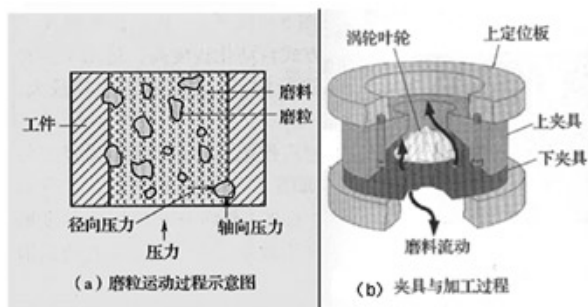


图3 磨粒流抛光整体叶盘

磨粒流可有效抛光整体叶盘的叶片通道，但需设计专用夹具以形成流场通道实现抛光。此外，磨粒流抛光可能对整体叶盘叶片进排气边造成损伤。

3.4 数控磨削抛光

数控磨削抛光整体叶盘采用传统五坐标铣削机床的形式，整机采用龙门式结构，运动形式为五轴联动。机床具有X，Y，Z三个直线伺服轴，

A，C两个旋转轴，可实现五轴联动功能。抛光刀具采用圆柱形抛光磨头。通过直纹面拟合逼近叶片型面的数控加工算法控制磨头轨迹，实现整体叶盘抛光^[6]。如图4所示。



图4 数控磨削抛光整体叶盘

数控抛光采用数控机床结构形式，多轴联动可控性好，加工精度高，加工效率较高。但数控磨削抛光加工范围受整体叶盘结构制约；加工过程中磨头与工件的相对磨削易产生加工热量；同时切削力较大，可能引起整体叶盘叶片变形。

4 整体叶盘光整加工工艺选择原则

由于人工抛光的种种缺陷与局限，整体叶盘表面抛光的机械化和自动化是发展的必然趋势。在几种自动化抛光整体叶盘技术的选择过程中，航空制造企业应根据整体叶盘的工艺特点、企业的经济环境和自动化抛光技术的成熟程度等因素进行分析，依据具体情况综合考虑，遵循以下原则：

(1)根据整体叶盘工艺特点选择合理的抛光技术
选择抛光技术时，应根据整体叶盘的结构特征、材料特征及工艺特征合理选择。

①根据结构特征选择抛光技术

开式整体叶盘结构相对简单，开敞性较好，而数控磨削抛光技术采用数控铣削的形式，抛光范围受整体叶盘结构制约比较明显，故数控磨削抛光技术适用于开式整体叶盘；闭式整体叶盘由于外轮毂的存在，自身形成了较为完整的贯通型流道，更适用磨粒流抛光技术；大小叶片转子整体叶盘结构复杂，开敞性差，同时不同尺寸叶片的存在使磨粒流抛光技术应用难度较高，采用振动光饰加工大小叶片转子整体叶盘更合理。

②根据材料特征选择抛光技术

针对航空发动机整体叶盘主要制造材料钛合金和高温合金，各自动化抛光技术主要通过调整工艺参数实现不同材料的光整加工。

振动光饰主要采用锆刚玉加工钛合金整体叶盘,光饰时间15小时左右;采用棕刚玉加工高温合金整体叶盘,光饰时间20小时左右。

磨粒流抛光钛合金整体叶盘主要采用碳化硅磨料,循环加工10~15次;采用氧化铝、立方氮化硼等磨料加工高温合金整体叶盘,循环加工15~20次。

数控抛光磨削主要采用碳化硅磨头加工钛合金整体叶盘,磨头相对线速度8~15m/s,磨削深度0.05~0.2mm,进给速度0.1~0.5m/min;采用氧化铝磨头加工高温合金整体叶盘,磨头相对线速度8~12m/s,磨削深度、进给速度与加工钛合金整体叶盘类似。

③根据工艺特征选择抛光技术

不同的自动化抛光技术所能达到的整体叶盘表面质量效果不同,振动光饰可将零件表面粗糙度由 $0.8\mu\text{m}$ 降至 $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$,磨粒流抛光可将零件表面粗糙度由 $1.6\mu\text{m}$ 降至 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$,数控磨削抛光可将零件表面粗糙度由 $1.6\mu\text{m}$ 降至 $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 。应根据整体叶盘的加工精度与加工余量等工艺特征进行选择。

(2)根据产品批量及设备投入等综合考虑性价比

整体叶盘产品纲领通常分为单件小批量生产和大批量生产。而各类自动化抛光技术的设备投入也各有侧重:振动光饰机主要以机体有效容积(加工范围)和振动频率区分设备价格;磨粒流抛光技术除设备投入外,不同型号整体叶盘需设计制造相对应的专用夹具;数控磨削抛光采用多轴联动数控机床,一次性投入较大。企业应根据产品批量及设备投入综合考虑。

(3)根据自动化抛光技术成熟度及应用状态选择

目前,国内航空制造企业主要采用振动光饰进行整体叶盘光整加工,但需要结合人工抛光以达到加工要求。磨粒流抛光整体叶盘技术在逐步应用和推广,并取得了一定的效果。数控磨削抛光整体叶盘技术则处于工程化应用探索阶段,高校与工厂联合研发的数控抛光工程样机已参与到工件试制过程中。企业应根据各类自动化抛光技术的成熟程度,结合自身需求,合理选择,规避风险。

5 结语

以振动光饰、磨粒流抛光、数控磨削抛光为代表的自动化抛光技术是航空发动机整体叶盘研

制和生产的重要技术,相对于传统加工方法,自动化抛光技术展现出了明显优势和广阔的应用前景。目前我国的航空发动机行业正处于发展的关键时刻,自动化抛光技术的发展和应用的提高航空发动机行业研制、生产的整体水平,促进行业的跨越式发展必将起到重要作用。

参考文献

- [1] 任军学,张定华,王增强,等.整体叶盘数控加工技术研究[J].航空学报,2004,25(2):205-208.
- [2] 刘长福,邓明.航空发动机结构分析[M].西安:西北工业大学出版社,2006.
- [3] 刘瑞杰,黄云,黄智等.基于钛合金砂带磨削的磨削率、表面质量及砂带寿命性能试验研究[J].设计与研究,2010,(1):18-21.
- [4] 张佳丽.发动机叶片五坐标数控抛光机总体设计与研究[D].硕士学位论文,西安:西北工业大学,2007.
- [5] 刘随建,吴伟东.整体叶盘叶片光饰抛光试验及发展应用探析[J].航空制造技术,2010,5:84-86.
- [6] 杨晓芳.整体叶盘多坐标数控抛光机及其控制技术研究[D].西安:西北工业大学硕士论文,2010.3.

登机桥及桥载设备工艺设计研究

孙博 梅宝兴 [工艺]

摘要: 登机桥及桥载设备是服务于机场旅客的重要设施,本文主要是总结登机桥及桥载设备设计要点,使得登机桥及桥载设备在设计过程中有据可依。本文对登机桥及桥载设备进行了描述和分析,解释了航站楼、登机桥及飞机三者之间的关系,最后给出相关设计的技术要求和数据。

关键词: 登机桥; 机场; 航站楼; 桥载设备

1 登机桥的主要功能组成

登机桥分为固定桥与活动桥。固定桥(又称登机桥固定端或固定登机桥)是航站楼登机门向室外延伸的固定廊桥,其尽端与活动桥连接,固定桥与航站楼设计紧密相接,固定桥有土建形式和设备形式两种。活动桥(又称旅客登机桥)是实现飞机与机场航站楼之间的活动联接,供旅客上、下飞机通行的封闭通道。活动桥桥体一端与固定桥连接(此部分不可动),另一端与飞机舱门连接,旅客就是由此终端最终登机。活动桥的伸缩、旋转、移动有个固定的轴,就是临近固定端的圆形旋转平台。活动桥属于专用设备,由专业的登机桥生产厂家设计、制造并安装完成。

固定桥一般包括封闭的廊桥,连接场坪的楼梯和场坪层的电气用房。旅客在经过登机门检票后进入该廊桥再经旅客登机桥登机。连接固定桥与场坪的楼梯可以设在室内也可以设在室外,有两个用途,一是为了航站楼疏散用,二是为了高仓位或CIP旅客从场坪经此楼梯进入登机桥然后登机。反之,此类旅客到达后也可经此楼梯下至场坪,乘坐专门的摆渡车到专用通道或贵宾室休

息。此外,疏散楼梯设置还需与机场安保协调确定。一层电气用房或场坪设施的服务用房,在地下设有电缆井,给飞机提供电力支持的线路,如400Hz电源、PCA电源、旋转端动力用电、场坪高杆灯、泊位引导用电等都是从航站楼内通过固定桥接到位于旋转平台的接驳点,或从地下电缆井接入场坪。固定桥形式包括:单层单通道水平桥、单层双通道剪刀桥、双层双通道桥等,具体需与航站楼层数及旅客流程相结合。

活动桥分类,按结构形式可分为轮式、柱座式和其他特殊型式,其中轮式又分为旋转式和旋转伸缩式;按整桥运动(水平运动和升降运动)的传动方式,可分为液压式、机电式和液压-机电混合式;按活动通道侧板承载型式,可分为承载式和非承载式(通常用于玻璃桥)。

2 登机桥工艺设计要点

登机桥系统参数主要取决于航站楼规模及近机位机型,同时所有系统参数须符合并满足行业标准及规范。

(1) 固定通道设计参数

坡度 $\leq 10\%$;坡度计算方法为:(航站楼顶层地面标高+航站楼室内外高差-旋转平台标高)/固定通道长度。如室外地坪存在坡度,高度数值应进行相对核减。

作者简介:孙博,男,助理工程师,2010年毕业于澳门科技大学供应链管理专业,现就职于中航建发民航工程设计研究院。

固定通道长度过长会造成站坪资源的浪费,长度过短会影响固定通道的坡度,因此固定通道长度通常在35~45m之间。如航站楼层高较高,固定通道也可采用土建形式,设置扶梯或电梯,不受 $\leq 10\%$ 的坡度限制。

固定通道最低处应满足下方机场服务车道高度,服务车道高度通常在4~5.5m之间。

固定通道靠近航站楼一侧立柱,最远距航站楼外墙6~7m,也可与航站楼进行结构性搭接,省去航站楼一侧立柱。

(2) 旋转平台设计参数

作为连接固定通道与活动通道的纽带,登机桥旋转平台起到平衡固定通道与活动通道坡度的作用。其高度通常在4~4.5m之间。

(3) 活动通道设计参数

坡度 $\leq 10\%$;坡度计算方法为:(旋转平台地面标高-接机高度)/活动通道长度。如室外地坪存在坡度,高度数值应进行相对核减。

活动通道长度通常为16~25m之间,如活动通道悬挂桥载式飞机空调及桥载式飞机电源,其长度不得小于16m。

活动通道旋转角度 $0\sim 180^\circ$ 。

3 各类型飞机的接机高度

活动通道接机高度参考值:

C类机型:A319、A320、A321、B737-300~900ER等等。

2.59~3.47m(考虑B类机型一般不停靠近机位)

D类机型:A300、A310、B757、B767等等。

最大高度4.6m(接机高度应向下兼容一级,即要满足C类机型的接机要求)

E类机型:A330、A340、B747、B777、B787等。

最大高度5.36m(同样要满足D类机型的接机要求)

F类机型:主要指A380,其下舱门高5.1m,上舱门高约8m(要满足E类机型的接机要求)

4 登机桥子系统的划分

登机桥设备系统主要包括以下部分组成:固定通道、旋转平台、活动通道、接机平台、检修通道、升降行走系统、控制系统、轮位监控系统、安全保护装置、电气系统、登机桥空调系统。除此以

外,登机桥监控系统、桥载式飞机空调系统、桥载式飞机电源系统,通常进行单独的设备采购及招标,因此将这三个系统进行单独划分。

4.1 固定通道

固定通道连接在航站楼和登机桥旋转平台之间,由进、离港通道、甬道、支撑立柱、VIP服务通道和柔性连接等组成。

4.2 旋转平台

旋转平台的作用是连接固定通道和活动通道,同时避免将登机桥的载荷和震动传至固定通道。

4.3 活动通道

活动通道由两节或三节通道组成。内通道后端由立柱支撑,并与旋转平台柔性连接;外通道由升降立柱和轮架支撑,前端与接机平台连接。

4.4 接机平台

接机平台的设计需考虑所停靠之所有飞机类型的安全停靠及对旅客舒适性服务的要求。接机平台与外通道的前端相联接,并能左右旋转,实现以最合适的角度与飞机对接。

4.5 检修通道

检修通道包括检修门、检修平台、工作扶梯和登顶梯。

4.6 升降行走系统

升降行走系统由升降系统、行走系统、驱动系统等组成。

4.7 控制系统

登机桥控制系统采用PLC进行控制,实现远程运行状况监控,并预留符合国际标准的接口,主控设备通常采用模块组合,使维修、更换方便。

4.8 轮位监控系统

轮位监控系统主要在登机桥底部应装有一台室外防水型摄像机,将登机桥行走轮周围图像直接显示在控制台的显示器上,以便于操作人员观察登机桥行走轮周围的情况。

4.9 安全保护装置

登机桥安全保护装置为一种主动安全装置,保证登机桥各子系统在安全状态下运行。

4.10 电气系统

登机桥电气系统主要包括:电源供给系统、警示系统、照明系统。

4.11 登机桥空调系统

所有登机桥的固定通道、旋转平台、接机平

台的外部侧端设置登机桥用吸顶式冷暖分体式空调机，每个固定通道和活动通道分别设置两台，以保证对登机桥内部的温度控制要求。

4.12 登机桥监控系统

登机桥监控系统BBMS，是相对于登机桥设备主体的一个信息采集系统，基本功能是状态监视和信息采集。BBMS基于机场管理模式，以航班保障为主线，合理调配资源，实现用户对登机桥资源有效的控制，具体体现为利用计算机网络及管理软件实现对登机桥管理、分配、计费统计等一系列工作进行综合、完善、统一管理。

BBMS能满足航站楼所有登机桥的管理，使机场运营单位对旅客登机桥运行状况有监控功能、对工作人员实现调度功能、对收费数据有采集功能、实现各种登机桥运行报表的生成功能。

4.13 桥载式飞机空调系统

飞机地面空调机组是指为停靠在地的飞机提供经过过滤、加压、除湿以及降湿(或加热)的新鲜空气的空调设备。飞机空调在飞机停靠登机廊桥到飞机离开廊桥这段时间，为乘客和机组人员提供舒适的机舱环境。

由于飞机在机坪等待时使用APU会造成严重污染，出于节省能源、保护本国环境和地面人员健康等原因，飞机在机坪等待期间应尽量使用地面设备。飞机地面专用空调机作为一种重要的机场地面保障设备，当飞机在地面待飞(航前准备、航后检查等)过程中时，飞机地面专用空调机可以完全替代以航空燃油为动力的飞机自带APU空调系统，向客舱提供经过处理的洁净空气，在大幅降低航空燃油费用的同时也减少了对机场环境的污染。

4.14 桥载式飞机电源系统

桥载式飞机电源设备主要是400Hz飞机地面电源，又称GPU，用于飞机停放期间向飞机供电。意味着在飞机过站期间，不用启动飞机APU(辅助动力装置)便可为飞机提供电源。启用登机桥桥载电源设备(GPU)，可使过站航空器停止使用其机载辅助动力装置(APU)，既可以大幅度减少大气污染和降低噪音水平，又有利于保障地面人员健康，增加旅客的舒适度，还可以为航空公司节省大量的燃油成本和维修维护成本。

5 登机桥系统选型

登机桥系统可根据用户需求，在满足设计规

范的情况下进行不同配置的选则，提高系统整体的匹配性与经济性，主要可选项如下：

登机桥侧壁形式：彩钢板侧壁、玻璃侧壁等；

登机桥通道内径尺寸：净高度 $\geq 2100\text{mm}$ ，净宽度 $\geq 1500\text{mm}$ 、净高度 $\geq 2400\text{mm}$ ，净宽度 $\geq 2400\text{mm}$ 等；

内部装修标准的高低；

接机口内部尺寸：净高度 $\geq 2900\text{mm}$ ，净宽度 $\geq 3100\text{mm}$ 、净高度 $\geq 2700\text{mm}$ ，净宽度 $\geq 2900\text{mm}$ 等；

内部空调系统的选装；

登机桥监控系统范围：各子系统状态监视、各子系统信息采集，见表1、表2。

表1 各类型飞机桥载式飞机空调冷量大小统计表

设备机位	C、D类机位	E类机位	F类混合机位
飞机电源	1个	2个	4个
飞机空调	60冷吨	90冷吨	180冷吨

表2 各类型飞机桥载式飞机电源个数表

设备 机位	C、D类机位	E类机位	F类混合机位
登机桥活动端	1条	2条	3条

6 结束语

本文是通过对各机场登机桥及桥载设备资料进行整理，以及本人在设计过程中的经验总结，收集归纳了相关设计数据资料，使登机桥及桥载设备能够在设计标准化、系统化，同时能够融入机场整体设计中。

参考文献

- [1] 旅客登机桥，中华人民共和国民用航空行业标准MH/T6028—2003，中国。
- [2] 《解析机场登机桥》，作者：毛文清，2012。

高架机库楼面等效均布活荷载取值设计

韩川 张俊杰 「结构」

摘要: 飞机轮压等效活荷载取值是高架机库及架空地坪机库设计中亟待解决的问题。搜集并梳理了国内常见的大、中型飞机的轮组、轮压等数据;根据高架机库典型楼盖体系布置,用有限元软件模拟板、主次梁在最不利飞机轮压及单位均布荷载作用下产生的最大弯矩及剪力,按最大弯矩、剪力等值的原则,求得在不同梁板布置、机型下的高架机库楼面等效均布活荷载取值及主、次梁的荷载折减系数,并给出了使用建议。

关键词: 高架机库;架空地坪;双向板;飞机轮压;等效荷载

0 引言

随着我国经济的高速发展,城市土地资源供应越来越紧,很多新建机场选址在山区,只能通过削峰填谷的方式平整土地来获得机场建设所需用地。因此,机场的配套设施用地就有可能位于机场建设时尚未整平的低洼地带。某航空基地,其规划用地比机场跑道及停机坪低约12m。由于机库地坪需与机场停机坪衔接,在低洼地带建设机库就面临两种选择:1)填方方案,将场地填至机坪标高;2)高架机库方案,即采用下沉式建筑方案,将机库搬至与机坪标高一致的楼面。该基地机库通过方案比选,采用了更为经济的高架机库方案。

沿海软土地区浅层地表硬壳层下普遍存在着深厚的高度欠固结的淤泥质黏土,其承载力及变形指标均不能满足机库地坪的使用要求。对地坪地基进行处理费用高、施工周期长、质量难以把控,有时会使用将机库地坪支承在地坪桩上的架空地坪方案,飞机荷载通过架空地坪直接传递到桩基。

高架机库及架空地坪机库楼、地面的显著特点是承受的活荷载很大,除要考虑消防车的荷载外,尚应考虑飞机荷载。

对于容纳小型飞机的机库楼、地面,因小型飞机重量较小,与消防车荷载相比不起控制作

用,消防车的等效均布活荷载取值已有成熟的研究成果^[1]。

国内常见的大、中型飞机有:波音737、747、757、777、787,空客300、320、330、340。不同型号的飞机在飞机最大重量、轮组负荷、构成轮组的轮胎个数、轮胎着地面积等参数上均有差别,这些参数影响着等效均布荷载的取值。图1为常见的几种飞机轮组照片。

《建筑结构荷载规范》C0.6条规定:双向板的等效均布荷载可按与单向板相同的原则,按四边简支板的绝对最大弯矩等值来确定。满布均布荷载作用下的四边简支矩形板的最大弯矩及局部均布荷载作用下四边简支矩形板的最大弯矩可由相关设计手册^[1,2]查得,由此可求出不同飞机轮压下的等效均布活荷载。然而不同机型、轮组的轮胎数量、轮胎着地面积、轮组负荷等参数均有较大差别,致使查表方法工作量很大,而且尚未有相关文献规定在飞机等效均布活荷载作用下主、次梁相应的荷载折减系数。为此,针对不同型号的飞机、不同结构布置,确定飞机轮压等效活荷载取值,以供今后设计使用。

1 飞机型号及楼盖体系方案

九种常见的大、中型飞机型号中,每种型号的飞机根据配重等的不同,又细分了很多机型,如B737系列的B737-100、B737-200、...B737-900、

作者简介:韩川,男,助理工程师,2013年毕业于同济大学土木工程专业,现就职于中航建发民航工程设计研究院。



图1 常见飞机轮组(二轮、四轮、六轮)

B737-300、B737-800。这些机型的飞机轮距等参数大致相同,选择配重最大的机型来计算^[3-11]。

高架机库一层可用作汽车库、设备间等。可按汽车库考虑,确定典型的楼盖体系。较常见的两车位汽车库要求净柱距不小于4.8m,三车位汽车库要求净柱距不小于7.2m^[12]。同时,汽车纵向间距不小于5.3m,故分别取柱距为8.4×8.4m和6×6m^[13]。按长宽比1:1的双向板划分板区格,8.4m柱距板区格可分为8.4×8.4m、4.2×4.2m、2.8×2.8m三种情况;6m柱距板区格可分为6×6m、3×3m两种情况,见图2。

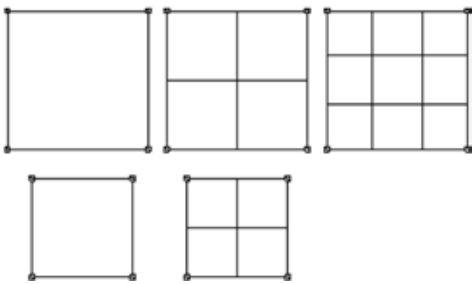


图2 典型梁板柱布置

2 板等效均布荷载的计算

2.1 模型及计算假定

双向板的内力计算方法,有线弹性分析法、塑性内力重分布法、塑性极限平衡法等^[14,15]。线弹性分析法是根据弹性薄板小挠度理论的假定进行的,将双向板视为各向同性体,假定板厚及挠度远比平面尺寸小。一般的工程设计均可采用线弹性分析法的结果,文献2、3也均以表格的形式提供了基于弹性假定的双向板内力备查数据。

根据荷载规范,按四边简支板的绝对最大弯矩等值原则来确定对应实际情况下的等效均布荷载值。

用有限元计算软件midas来建立三维模型。

采用板单元,建立单块板区格,基于弹性假定,材料选用C30混凝土(泊松比0.2)。以四边 $dx=dy=dz=0$ 的边界条件来模拟四边简支板。图3为B747飞机一个轮组的荷载及均布荷载作用在6×6m板跨上的计算模型。

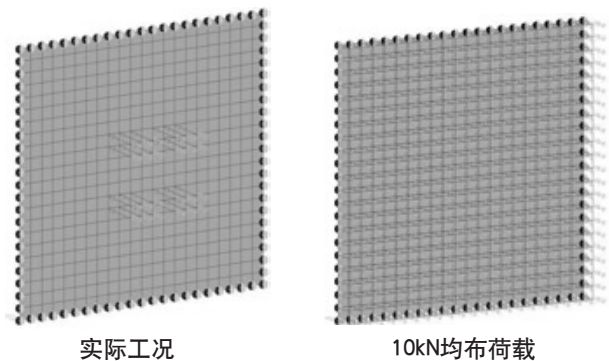


图3 B747飞机荷载及均布荷载作用在6×6m板跨上的计算模型

飞机轮压是以局部均布荷载的形式作用在板上,根据不同型号飞机的轮胎着地面积,以边长0.25~0.31m的区格划分双向板,将飞机轮压考虑1.05的动力系数,以几个集中荷载的形式平均作用在所覆盖区域的节点上,尽可能真实地模拟实际作用状态。

九种型号的飞机荷载工况,对应五种不同跨度的板区格,共计45个计算模型。分别计算10kN/m²均布荷载作用下的板最大弯矩M1及实际飞机荷载工况下板的最大弯矩M2,则10×M2/M1即为所求的等效均布活荷载。

图4为2.8m和6m板跨在10kN/m²均布荷载作用下的计算结果。由文献2可查得四边简支双向板在与模型相同板跨上作用相同均布荷载产生的最大弯矩,与计算结果一并列于表1。对比可知,二者非常接近,最大误差为1.39%。说明midas模型计算结果是可靠的,后续等效计算可使用模型计算数据。

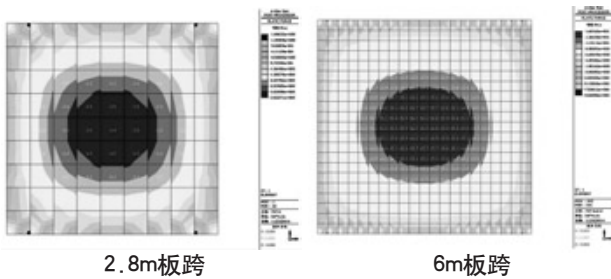


图4 均布荷载作用下的弯矩图

2.2 实际飞机轮压作用下板区格最大弯矩

对于所有机型与板跨, 实际飞机轮压作用下板区格的最大弯矩见表2。可以看出, 对于同一种机型, 板跨越大, 产生的最大弯矩越大; 而对于同一个板跨, 计算结果则与轮子排布与单轮轮压有关, 机轮排布越紧凑, 单轮轮压越大, 产生的最大弯矩越大。

2.3 等效均布荷载

假定 10kN/m^2 均布荷载作用下的板最大弯矩为 M_1 , 实际飞机荷载工况下板的最大弯矩为 M_2 , 则 $10 \times M_2/M_1$ 即为所求的等效均布活荷载。计算结果见表3。

实际飞机机轮着地尺寸、轮距参数与实际模型有一定误差, 在建模中, 尽可能地以接近真实情况的较小的着地尺寸、轮距来模拟真实情况, 使所得到的等效均布荷载偏于安全。在实际工程设计中, 机库楼面、地坪为双向板的连续区格, 应视轮组布置情况来确定是否考虑等效活荷载的不利布置。

按等效均布活荷载设计时, 亦应补充验算飞机轮对楼板的冲切作用。

3 主、次梁等效均布荷载折减系数的计算

等效均布荷载是按板的最大弯矩等值的原则求出的, 而实际飞机轮压作用下产生的主、次梁最大弯矩值会小于等效均布荷载作用下的主、次梁最大弯矩值。为了经济性考虑, 须规定主、次梁的等效均布活荷载折减系数。

根据荷载规范C.0.7, 可分别假定主梁、次梁为单跨简支梁, 按弯矩和剪力等效的原则来计算折减系数。

表1 计算结果与静力手册查表对比

10kN/m ² 均布荷载产生的最大弯矩(kN/m ²)	板跨(m)				
	2.8×2.8	3×3	4.2×4.2	6×6	8.4×8.4
模型计算值	3.5	4.0	7.9	16.0	31.3
静力手册查表	3.46	3.97	7.79	15.90	31.16
误差	1.14%	0.75%	1.39%	0.63%	0.45%

表2 实际飞机轮压作用下板区格最大弯矩

实际最大弯矩(kN.m/m)	板跨(m)				
	2.8×2.8	3×3	4.2×4.2	6×6	8.4×8.4
机型	2.8×2.8	3×3	4.2×4.2	6×6	8.4×8.4
B737	65.6	73.6	83.5	98.1	110.4
B747	75.5	82.0	121.0	153.4	219.2
B757	62.2	65.0	81.5	104.0	122.2
B777	62.0	69.3	122.3	181.2	237.2
B787	77.1	85.0	110.3	147.0	182.6
A300	64.5	71.0	100.6	125.7	152.5
A320	65.6	73.6	83.5	98.1	110.4
A330	62.2	70	91.7	132.2	165.4
A340	74.7	86.3	103.1	132.2	165.4

表3 等效均布荷载

等效均布荷载(kN/m ²)	板跨(m)				
	2.8×2.8	3×3	4.2×4.2	6×6	8.4×8.4
机型	2.8×2.8	3×3	4.2×4.2	6×6	8.4×8.4
B737	187.4	184.0	105.7	61.3	35.3
B747	215.7	205.0	153.2	95.9	70.0
B757	177.7	162.5	103.2	65.0	39.0
B777	177.1	173.3	154.8	113.3	75.8
B787	220.3	212.5	139.6	91.9	58.3
A300	184.3	177.5	127.3	78.6	48.9
A320	187.4	184.0	105.7	61.3	35.3
A330	177.7	175.0	116.1	82.6	52.8
A340	213.4	215.8	130.5	82.6	52.8

3.1 主梁折减系数

对于 $1\text{kN}/\text{m}^2$ 均布荷载产生的主梁最大跨中弯矩,当中间布有次梁时,板跨传力方向改变,部分荷载直接通过跨中次梁传给主梁,造成了主梁弯矩变大。次梁布置越密集,主梁的最大弯矩与无次梁的情况越接近。对于 $1\text{kN}/\text{m}^2$ 均布荷载产生的主梁最大剪力,仅与跨度有关,与中间有无次梁无关。

假定实际最大弯矩(剪力)为 M_1 , $1\text{kN}/\text{m}^2$ 均布荷载产生主梁最大弯矩(剪力)为 M_2 ,等效均布荷载为 q 如表3所示,则主梁折减系数= $M_1/M_2/q$,结果见表4。

3.2 次梁折减系数

次梁计算不考虑交叉梁系的影响。假定实际最大弯矩(剪力)为 M_1 , $1\text{kN}/\text{m}^2$ 均布荷载产生的主梁最大弯矩(剪力)为 M_2 ,等效均布荷载为 q 如表3所示,则次梁折减系数= $M_1/M_2/q$,结果见表5。

计算过程中因未考虑交叉梁系的影响,导致计算结果偏于保守。设计中次梁折减系数可直接按表5选用或根据经验进行折减。

4 结论

根据弹性薄板小挠度理论假定,采midas软件建模,得到 $2.8\times 2.8\text{m}$ 、 $3.0\times 3.0\text{m}$ 、 $4.2\times 4.2\text{m}$ 、 $6\times 6\text{m}$ 、 $8.4\times 8.4\text{m}$ 五种跨度的双向板在九种典型飞机轮压下的等效均布活荷载,求得双向板主、次梁在等效均布活荷载下的折减系数,解决了高架机

表5 次梁折减系数

次梁折减系数	板跨		
	2.8×2.8	3×3	4.2×4.2
机型			
B737	0.237	0.245	0.229
B747	0.556	0.583	0.427
B757	0.386	0.430	0.363
B777	0.944	0.902	0.589
B787	0.545	0.576	0.469
A300	0.518	0.546	0.409
A320	0.237	0.245	0.229
A330	0.682	0.681	0.570
A340	0.568	0.553	0.506

表4 主梁折减系数

主梁折减系数	板跨(m)				
	2.8×2.8	3×3	4.2×4.2	6×6	8.4×8.4
机型					
B737	0.066	0.112	0.103	0.507	0.471
B747	0.154	0.267	0.194	0.858	0.642
B757	0.107	0.197	0.166	0.740	0.660
B777	0.262	0.414	0.270	0.948	0.827
B787	0.151	0.264	0.212	0.917	0.772
A300	0.143	0.251	0.187	0.848	0.732
A320	0.066	0.112	0.103	0.507	0.471
A330	0.189	0.312	0.261	0.992	0.860
A340	0.157	0.253	0.232	0.992	0.860

库及架空地坪类机库的楼面活荷载取值问题。在工程设计中,可分别以面荷载的形式将板、主梁、次梁的等效均布活荷载输入计算模型,依次求出板、主梁、次梁的内力及配筋。一个飞机库可能会停放不同型号的机型,应根据机型条件及板跨,选取包络的等效均布荷载和主次梁折减系数进行设计。

参考文献

- [1] 陈基发,沙志国.建筑结构荷载设计手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [2] 姚谦,干钢等.建筑结构静力计算实用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [3] 737 Airplane Characteristics for Airport, Boeing Commercial Airplanes. October 2005.
- [4] 747 Airplane Characteristics for Airport, Boeing Commercial Airplanes. December 2012.
- [5] 757 Airplane Characteristics for Airport, Boeing Commercial Airplanes. June 1999.
- [6] 777 Airplane Characteristics for Airport, Boeing Commercial Airplanes. August 2009.
- [7] 787 Airplane Characteristics for Airport, Boeing Commercial Airplanes. July 2012.
- [8] A300-600 Airplane Characteristics for Airport Planning, Airbus S.A.S. 2002.
- [9] A320 Airplane Characteristics for Airport Planning, Airbus S.A.S. 2005.
- [10] A330 Airplane Characteristics for Airport Planning, Airbus S.A.S. 2005.
- [11] A340-200/-300 Airplane Characteristics for Airport Planning, Airbus S.A.S. 2005.
- [12] 05J927-1 汽车库(坡道式)建筑构造[S].北京:中国计划出版社,2007.
- [13] 金来建,秦道益,李庆云.隔墙荷载在双向板上的等效荷载取值[J].工业建筑,2006,36(9).
- [14] 鲁风勇,李卫国等.双向板弯矩实用计算方法研究[J].研究与设计,2007.01.013.
- [15] 郝淑英,刘秀英,张琪昌.钢筋混凝土双向板有限元分析[J].天津理工大学学报,2008,24(2).

某超限高层建筑大震弹塑性分析及抗震性能化设计

宋毛毛 马伯涛 「结构」

摘要: 以某超限高层连体结构为例,开展抗震性能化分析,评估结构大震下的整体抗震性能。利用有限元软件ABAQUS对结构进行大震弹塑性动力时程分析,研究判定罕遇地震下结构的抗震性能目标,对剪力墙、框架及楼板等结构构件进行损伤及应力状态评估,并对结构进行能量响应分析,分析结构在大震下的能量反应规律及塑性变形能的分布规律,全面评价了该超限高层结构的抗震性能,通过对结构构件性能水准的整体判定确定其是否达到抗震性能目标,并利用MIDAS BUILDING进行弹塑性分析复核,通过对比层间位移角、基底剪力等指标,两种软件的分析结果验证结构各项性能指标的可靠性。

关键词: 连体结构;大震弹塑性;ABAQUS;抗震性能化设计

0 引言

近年来,我国高层建筑不断朝着大型化、多功能化的方向发展,基于性能的抗震设计方法日趋完善。抗震性能化设计是根据预定的性能目标,综合考虑结构的荷载作用、构件反应及结构屈服机制等因素,将抗震设计由单一承载能力的目标设计转变为多重性能的目标设计。对超限高层建筑结构来说,由于其在结构规则性方面超出现行规范的适用范围,抗震设计缺少明确具体的目标和依据,抗震性能化设计显得尤为重要,设计者需要根据具体工程的超限情况,采取比规范要求更加有效的抗震措施^[1],以保证结构的抗震安全性能。

随着人们对震害的重视、地震波记录的增加和计算机分析技术的推广,动力弹塑性时程分析方法已经成为结构抗震性能分析不可或缺的一部分^[2]。本文利用ABAQUS及MIDAS BUILDING对某超限高层建筑进行大震弹塑性分析,对其进行抗震性能化设计,分析地震全过程中各个时刻

结构及构件的内力及变形状态,发现应力及塑性变形的集中部位,得到结构及构件的屈服和破坏的顺序,并对结构进行能量响应分析,分析结构在大震下的能量反应规律及塑性变形能的分布规律,从而判断结构的屈服机制、薄弱环节及可能的破坏形式^[3],对结构及构件在地震作用下的安全性进行有效评估。

1 结构复杂特征分析与性能目标研究

1.1 结构复杂特征分析

该工程为高层连体建筑,抗震设防类别为标准设防类(丙类),设防烈度7度(0.1g),设计地震分组为第三组,场地类别为Ⅲ类,结构设计使用年限为50年,建筑结构安全等级为二级。该建筑长121.80m,宽26.1m,柱网8.7×8.7m,地上25层,四层裙房,首层层高5.4m,2~4层层高4.6m,其余层高4m,结构总高度99.60m,结构三维有限元模型,见图1。主体部分两塔楼均采用钢筋混凝土框架剪力墙结构体系,两个塔楼在16~20层通过空间钢桁架连接起来,连体跨度为26m,高20m,连体区构件布置如图2所示。

根据《超限高层建筑工程抗震设防专项审查

作者简介:宋毛毛,女,助理工程师,2013年毕业于哈尔滨工业大学结构工程专业,现就职于中航建发工程技术研究院。

技术要点》的规定，结构一般规则性超限判定见表1，该工程具有三项一般不规则，且该结构具有高位连体和多塔，属严重不规则中复杂连接的超限高层建筑。

1.2 性能目标研究

为保证本工程在罕遇地震下的抗震性能，根据结构超限情况、设防烈度及场地条件等，确定罕遇地震下各结构构件的抗震性能目标^[3]，从而实现该超限高层结构大震下的抗震性能设计，罕遇地震下允许结构进入塑性，设定结构允许层间位移角为1/120，普通构件抗震性能水准为5，关键

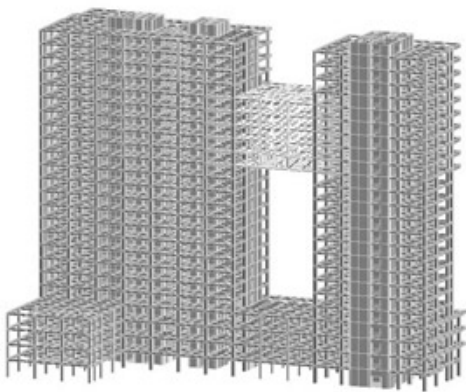
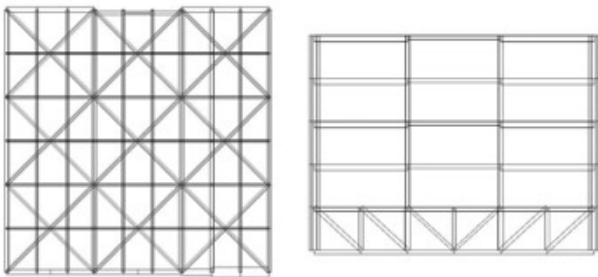


图1 结构三维模型



a) 连体区底层平面图

b) 连体区立面图

图2 连体区构件布置

表2 罕遇地震结构构件性能设计目标

结构构件		性能目标	结构构件		性能目标
剪力墙	底部加强区	满足性能水准4：允许局部拉应力屈服，正截面和受剪截面不屈服	混凝土框架	与连体区相连梁柱及角柱	满足性能水准4：允许局部拉应力屈服，正截面和受剪截面不屈服
	其他楼层	满足性能水准5：较多剪力墙屈服，受剪截面满足“剪压比”要求，允许连梁发生比较严重的破坏		普通框架梁柱	满足性能水准5：较多竖向构件屈服，受剪截面满足“剪压比”要求
楼板	连体区桁架的上下弦杆楼层	满足性能水准4：剪力墙周边区域和连体相邻的区域正截面和受剪截面不屈服	连体钢构件	连体底部两层的弦杆及顶部钢梁	满足性能水准4：正截面和受剪截面不屈服，满足竖向变形要求

表1 结构一般规则性超限判定

不规则类型	简要含义	超限判定
偏心布置	偏心率大于0.15或相邻层质心相差大于相应边长15%	超限
尺寸突变	竖向构件位置缩进大于25%，或外挑大于10%和4m，多塔	超限
承载力突变	相邻层受剪承载力变化大于80%	超限

构件的性能水准为4，结构构件大震性能目标要求见表2。

2 动力弹塑性时程分析

2.1 结构有限元模型校准

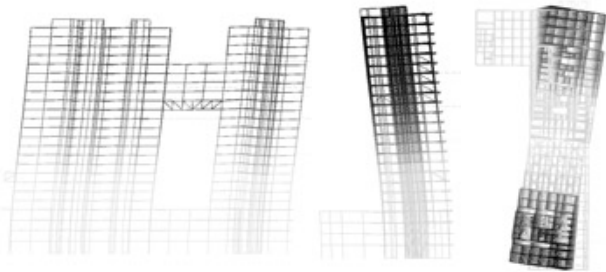
本文分别采用MIDAS BUILDING和ABAQUS两种有限元软件建立分析模型，进行结构大震弹塑性动力时程分析，为了验证模型的有效性与正确性，对比分析ABAQUS、MIDAS BUILDING及盈建科结构分析软件(YJK1.5.3.1)下的模型自重、自振特性及小震下的基底剪力，对比结果如表3所示，结构前三阶振型见图3，分析对比结果误差可控制在5%以内，模型均满足分析精确性要求。

2.2 地震波选取

根据《建筑结构抗震规范》(GB50011-2010)要求，动力时程分析时需选取一定数量的地震波进行，本文根据拟建场地的场地特性及结构的自振特性，经过对地震波进行谱分析并与规范谱进行对比，选取了两条天然波及一条人工波，分别为：天然波1(Tg=0.43s)；天然波2(Tg=0.44s)及安评报告提供的人工波(Tg=0.45s)，所选地震波谱与规范谱对比见图4所示，满足规范要求。考虑

表3 三种软件分析结果对比

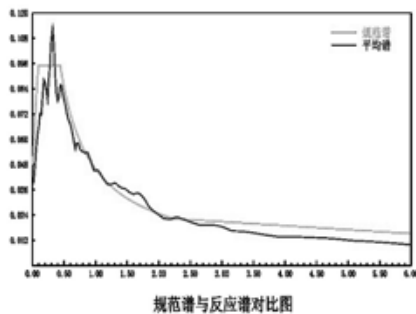
计算程序		盈建科	BUILDING(误差)	ABAQUS(误差)
总质量(t)		116353	112743(-3.1%)	113370(-2.6%)
自振周期(s)	T1	2.431	2.330(-4.1%)	2.400(-1.3%)
	T2	2.130	2.180(2.3%)	2.198(3.2%)
	T3	1.947	1.986(2.0%)	1.973(1.3%)
基底剪力(KN)	X向	30386.7	31050.4(2.2%)	30841.0(1.5%)
	Y向	26007.4	26733.8(2.8%)	26518.3(2.0%)



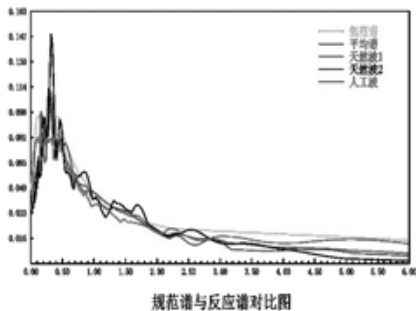
a) 第一振型 b) 第二振型 c) 第三振型

图3 结构前三阶振型

本结构为高位大跨度连体，分析时采用三向地震输入，主方向地震波峰值220Gal，地震波峰值比为1:0.85:0.65，加载时间为20s，并且根据规范要求采用该三组地震波分析结果的包络值来指导结构设计。



a) 三条波谱与规范谱对比



b) 平均谱与规范谱对比

图4 所选地震波谱与规范谱对比

2.3 弹塑性分析参数

利用ABAQUS进行动力弹塑性时程分析，有限元模型中钢材选用随动强化双线性模型，在循环荷载作用下，该模型可以考虑包辛格效应^[6]。混凝土采用塑性损伤本构模型，本构模型见图5所示，混凝土进入塑性状态伴随着刚度的降低，混凝土损伤由损伤因子表示，损伤因子由混凝土材料进入塑性状态的程度决定。已有研究结果建议，混凝土受压时，当损伤值在0~0.31范围时，混凝土处于受压微裂缝扩展阶段；损伤值在0.31~0.75范围内，混凝土的受压微裂缝扩展为可见的宏观裂缝；当损伤值大于0.75时，宏观裂缝开始逐步贯通，认为混凝土损伤失效^[4]。

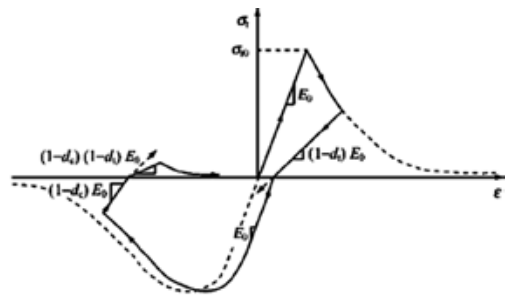


图5 混凝土本构模型

弹塑性时程分析采用Rayleigh阻尼，阻尼比取5%，分析时采用纤维单元模拟框架梁柱、连体桁架等结构构件，楼板、剪力墙、连梁等构件采用分层壳单元模拟，模型中真实考虑各构件的实际配筋，因ABAQUS显式求解模块不支持梁单元中内嵌rebar形式钢筋，梁柱单元钢筋均通过截面面积相等的钢梁单元等效模拟^[7]。

3 ABAQUS动力弹塑性分析结果研究

以上文所选的三条地震动时程曲线作为输入，利用ABAQUS对结构进行大震下的动力弹塑性时程分析，得到结构地震下的动力响应，采用三组地震波分析结果的包络来指导结构设计。

3.1 结构整体性能

由图6可知,天然波1作用下结构两个方向弹塑性层间位移角最大值分别为1/158和1/162,天然波2作用下最大层间位移角分别为1/147和1/156,人工地震动下两个方向最大层间位移角分别为1/145和1/161,取三条波层间位移角包络结果为1/145与1/156,满足设定的罕遇地震下层间位移角1/120的抗震性能限制要求。

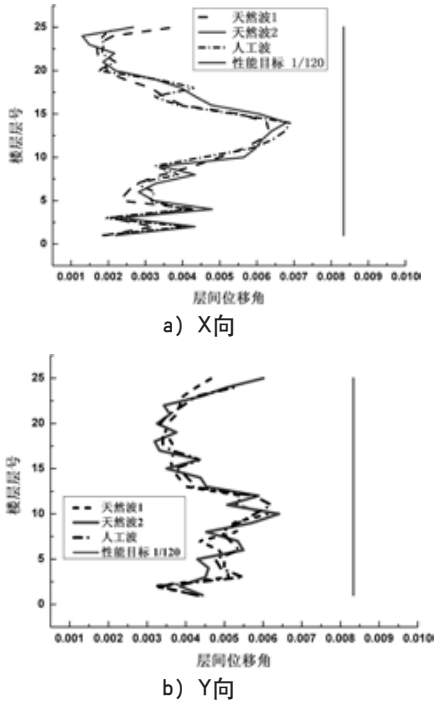


图6 弹塑性层间位移角

3.2 能量响应分析

在结构的弹性分析中,假定地震输入能量是由结构黏滞阻尼耗散,而结构进入塑性状态后,构件的非线性损伤将消耗大部分地震能量,且塑性变形不可恢复,在罕遇地震下,塑性变形能用来描述地震作用下结构在非线性能,地震输入的能量在结构中的耗散与结构地震响应和构件的非线性状态直接相关^[9]。

本结构中地震输入总能量与各种能量耗散随时间的变化情况如图7所示,分析可知,在罕遇地震作用下,前期结构进入塑性阶段尚浅,因此塑性耗能较小,10s后结构塑性耗能逐渐增加,说明结构中不断有构件进入塑性变形状态,地震输入能量依靠结构的塑性耗能和阻尼耗能来耗散,随着时间的增加,塑性消耗能量(含塑性应变能和损伤耗能)与阻尼耗能逐渐增加,后期趋于稳定。图

8为剪力墙及连梁损伤耗能相对大小,分析可知,连梁的塑性耗能占结构总体塑性耗能的绝大部分,达到85%以上,可见大震下连梁发挥了耗能构件的作用,消耗了大部分地震能量。

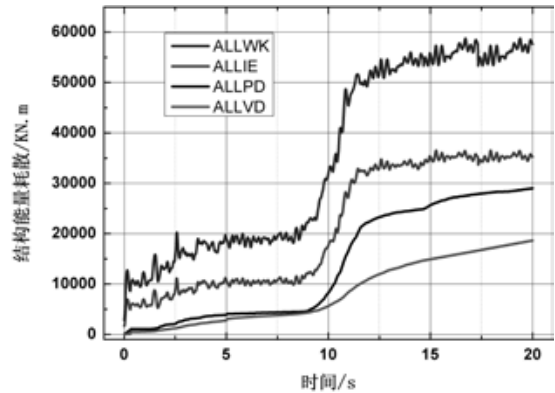


图7 结构能量耗散历程

(注: ALLIE为结构内能, ALLPD为结构塑性耗能, ALLVD为结构粘性耗散能, ALLWK为结构输入能)

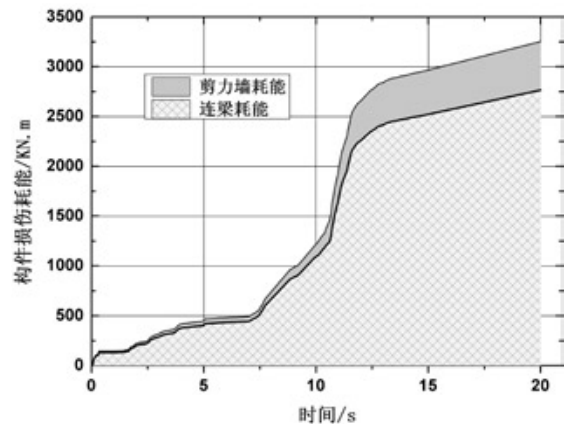


图8 剪力墙及连梁损伤耗能

3.3 剪力墙及连梁响应

罕遇地震下,剪力墙及连梁损伤及应力分布,见图9,分析可知:

在地震波输入过程中, $t=6\text{s}$ 时部分连梁开始出现损伤,此时剪力墙墙肢部分完好,随着地震作用时间的增加,连梁损伤逐渐扩散累计,最终结构大部分连梁均出现明显损伤,多数进入塑性状态,部分区域损伤因子达到0.75以上,而剪力墙墙肢损伤较小,说明在罕遇地震作用下,连梁首先屈服消耗地震能量,形成了“强墙肢弱连梁”机制,在强震作用下按照预期耗能机制有效地耗散地震输入能量,同时可控制墙肢损伤的发展,使结构能够更好地抵御强震作用,符合屈服耗能的抗震工程学概念^[5]。

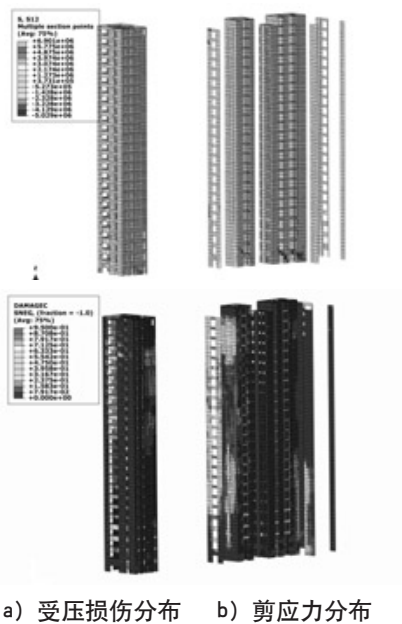


图9 剪力墙损伤及剪应力分布

在 $t=10s$ 时,剪力墙墙肢出现轻微损伤,损伤因子较小,约为0.3左右,最终结构中大部分混凝土剪力墙体损伤相对较轻,与连体区域相连单片剪力墙损伤较明显,设计时应予以加强;剪力墙墙体剪应力水平整体较小,部分底部加强区连梁两端剪力墙剪应力较大,此处混凝土采用C60,抗剪承载力为 $0.15f_{ck}=0.15 \times 38.5=5.775\text{MPa}$,除局部区域剪力墙剪应力未超过限制,表明剪力墙未发生剪切破坏,在罕遇地震下受剪截面满足“剪压比”要求,满足大震下的性能目标。

3.4 框架梁柱分析

罕遇地震下框架结构塑性应变及应力分布如图10所示,分析可知,除局部区域,框架均未出现塑性,拉压应力均小于拉压强度标准值,满足极限承载力设计要求,大震作用下,框架结构未进入塑性,表明框架能形成结构的第2道防线,保证结构在大震作用下的整体延性。

3.5 连体结构分析

本结构连体区与两塔楼为刚性连接,连体采用钢桁架结构,钢桁架各弦杆伸入两边塔楼各一跨形成钢骨混凝土梁,与连体相连柱为钢骨混凝土柱,连体区域塑性应变及应力分布如图11所示,连体两侧与塔楼相接处梁柱塑性应变及应力分布,见图12。

刚性连体结构连接两个塔楼,并协调两塔楼的共同变形,为了保证连体结构在大震下的可靠性,同时考虑与连体区域相连梁柱构件的大震

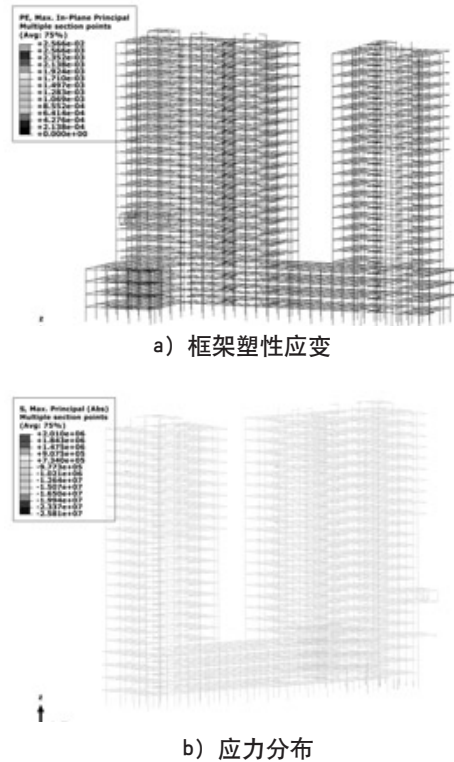


图10 混凝土框架塑性应变及应力分布

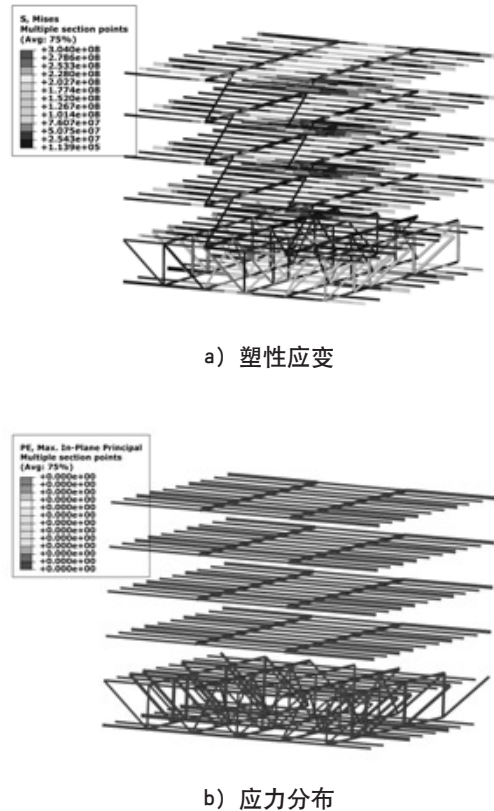


图11 连体区域塑性应变及应力分布

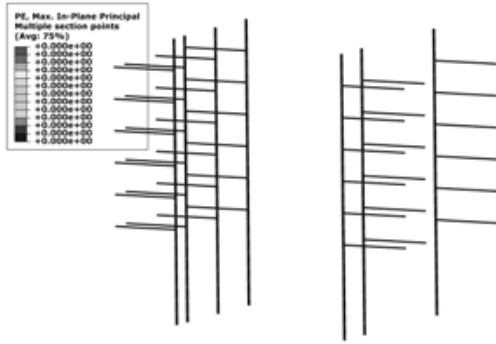


图12 连体两侧梁柱塑性应变

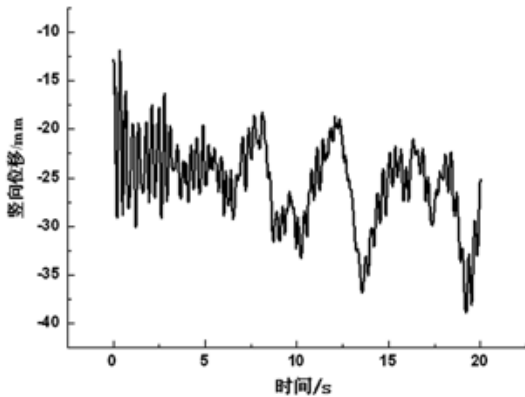


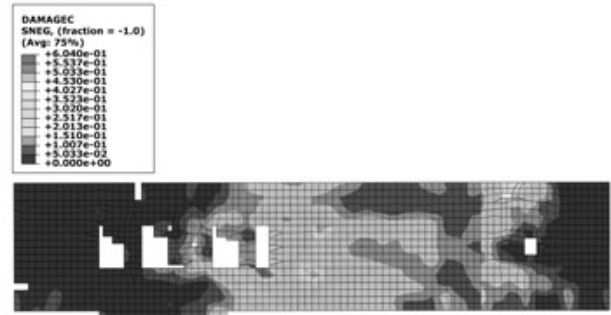
图13 连体区域底部竖向位移

性能目标,对连体区域设定了大震不屈服的性能设计目标。大震作用下连体钢结构整体应力水平较小,底部桁架区及与主体部位连接区域应力较大,但未出现屈服,满足大震下性能目标要求。连体区底竖向位移时程曲线如图13所示,最大竖向变形为38.9mm,连体区域跨度为26.1m, $38.9\text{mm}/26100\text{mm}=1/668$,满足规范竖向变形的要求。

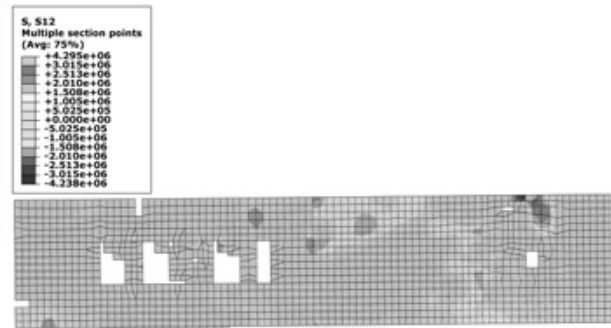
3.6 关键楼板分析

为保证大震作用下地震剪力的顺利传递,需保证结构电梯井筒附近、连体区域等关键部位的楼板不发生剪切破坏,两塔楼内部楼板允许发生局部剪切破坏,连体区域底层楼板(15层)损伤及剪应力分布,见图14。

由楼板损伤分布可知,大震下大部分楼板区域损伤因子小于0.5,局部区域如板洞边缘损伤相对较大,但基本小于0.6;连体区域底层楼板应力水平整体较低,大部分楼板剪应力小于 $0.15 \times f_{ck} = 0.15 \times 20.1 = 3.015\text{MPa}$ (混凝土强度C30),部分连体区与剪力墙相交处,楼板应力相对较大,设计时可通过构造措施加强,楼板最大剪应



a) 楼板损伤分布



b) 楼板剪应力分布

图14 连体区域底层楼板应力分布

力约为4.2MPa,只出现在楼板边缘,能保证地震剪力顺利传递,楼板整体满足大震下的性能目标。

4 MIDAS BUILDING大震校核

为了验证大震下结构ABAQUS弹塑性分析结果的精确性,本文采用MIDAS BUILDING进行大震时程分析验证,ABAQUS与MIDAS BUILDING分析结构弹塑性层间位移角最大值对比如表4所示,两种软件分析结果误差均小于5%,罕遇地震下结构最大层间位移角均满足设定的罕遇地震下层间位移角1/120的限制要求。

罕遇地震下,结构基底剪力时程曲线如图15所示,两个方向基底剪力最大值分别为103731KN和81084KN,是多遇地震基底剪力的3~5倍。结构在罕遇地震作用下两方向基底剪力大多为多遇地震作用下的4.5倍左右,由于大震峰值加速度是小震的6.28倍,可知大震作用下弹塑性反应与大震作用下弹性反应相比,由于塑性耗能,基底剪力有减小的趋势,两种软件分析的罕遇地震作用下结构基底剪力响应也基本一致。

表4 弹塑性层间位移角对比

	X向			Y向		
	ABAQUS	BUILDING	误差	ABAQUS	BUILDING	误差
天然波1	1/158	1/153	3.26%	1/162	1/160	1.23%
天然波2	1/147	1/141	4.08%	1/156	1/151	3.21%
人工波	1/145	1/142	2.07%	1/161	1/155	3.73%

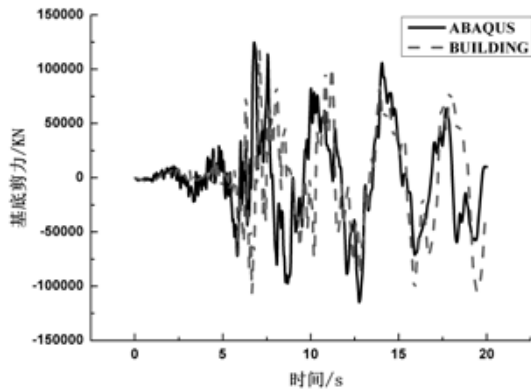


图15 大震结构基底剪力时程曲线

5 结论

本文针对某多项超限的高层结构，分析其在罕遇地震作用下各构件的动力弹塑性响应，作为结构抗震性能水准的设计指标。通过对比分析ABAQUS与MIDAS BUILDING有限元分析模型在大震作用下的层间位移角、基底剪力等动力响应，验证了结构模型的准确性，从而保证抗震性能设计的可靠性；

1)对结构进行大震作用下弹塑性时程分析，结构两个方向层间位移角最大值分别为1/147和1/151，满足性能目标设定的1/120限制要求，结构具有足够的抗震承载力和抗侧刚度；

2)地震输入能量依靠结构的塑性耗能和阻尼耗能耗散，随着时间的增加，塑性消耗能量与阻尼耗能逐渐增加，连梁的塑性耗能占结构总体塑性耗能的85%以上，大震下连梁发挥了耗能构件的作用，消耗了大部分地震能量；

3)结构中连梁出现明显损伤，大部分区域损伤因子达到0.75以上，关键部位剪力墙有轻微的损伤，从构件的塑性耗能比例及损伤情况分析，连梁的非线性耗能占到85%以上，说明在罕遇地震作用下，连梁首先出现塑性铰，符合“强墙肢弱连梁”的屈服机制；结构各关键构件及节点的应力水平平均小于强度标准值，大震作用下处于不

屈服状态，满足预定的抗震性能目标的要求；

4)连体区域底层楼板大震下大部分区域损伤因子小于0.5，局部区域如板洞边缘损伤相对较大，连体区域底层楼板应力水平整体较低，部分连体区与剪力墙相交处，楼板应力相对较大，但都满足屈服承载力设计，能保证地震剪力顺利传递，楼板整体满足大震下的性能目标。

参考文献

- [1] GB 5011—2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [2] 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, 2011.
- [3] 建质[2010]109号 超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [4] 李作华. 高层钢筋混凝土结构损伤模型及地震损伤描述[D]. 哈尔滨工业大学, 2009.
- [5] 刘鑫, 刘伟庆, 王曙光等. 不同弹塑性分析软件在超限高层建筑抗震性能分析中的联合应用研究[J]. 建筑结构学报, 2013, 34(11): 11—16.
- [6] Zhou Y Y, Shen W, Zhao F H, et al. ABAQUS Dynamic Elasto-Plastic Analysis in Earthquake-Resistant Structure Design[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 438: 1494—1497.
- [7] 韩小雷, 周新显, 季静等. 基于构件性能的钢筋混凝土结构抗震评估方法研究[J]. 建筑结构学报, 2014, 35(4): 177—182.
- [8] Bertero R D. Performance-based seismic engineering: the need for a reliable conceptual comprehensive approach[J]. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 2002, 31(3): 627—652.
- [9] 徐培福, 戴国莹. 超限高层建筑结构基于性能抗震设计的研究 [J]. 土木工程学报, 2005, 38(1): 1—10.

复杂支承条件下屋盖网架支座刚度取值探讨

田苑 周青 「结构」

摘要: 网架支承结构平面不规则, 竖向构件不连续时, 为复杂支承边界条件支承刚度难以精确模拟。本文以兰州体育学院1号教学训练馆为工程背景, 分别采用D值法及考虑柱各层差异的S值法计算得到的网架支座刚度设计屋盖网架侧移刚度, 并与上、下部整体协同分析结果进行对比, 探讨复杂支承条件下网架支座刚度取值方法。

关键词: D值法; 侧移刚度; 约束; 橡胶支座

1 引言

网架通常与下部结构分开设计, 支座刚度的取值对网架设计具有重要的影响。网架设计过程中, 根据支承框架柱刚度和网架支座形式将屋盖网架边界条件处理为弹性刚度输入程序设计网架, 用设计结果建立整体模型进一步校核。在复杂支承条件下, 屋盖网架传力关系复杂, 支承刚度往往难以精确模拟, 由于边界模拟错误造成的工程事故并不鲜见。造成边界输入条件估算不准确的原因有: (1)下部结构为复杂支承边界, 支承框架柱刚度难以估计准确; (2)结构网架平面不规则, 支承框架柱两个方向的刚度不易估计准确。

本文以兰州体育学院1号教学训练馆为工程背景, 探讨复杂支承条件下, 网架支座刚度取值方法。

2 工程概况

1号教学训练馆由主训练馆及沿主训练馆北侧贴建的附属用房组成, 见图1。平面上由于跑

道的设置局部有突出, 突出尺寸30.00m, 突出率21.55%, 突出部位长宽比1.78。主训练馆平面尺寸139.20m×67.20m, 共二层, 二层为室内训练馆, 跨度67.20m, 为大跨度屋盖。

综合考虑工期要求、技术经济指标及当地的施工技术水平。大跨度屋盖采用空间网架结构, 屋盖周边上弦支承, 屋盖采用正放四角锥网架, 网格尺寸4.2×4.2m, 屋盖厚度3.5m。由于二层沿网架支承边局部设置附属用房, 造成网架支座在某一方向, 部分应按伸臂柱考虑, 部分应按框架柱考虑, 为复杂支承边界条件。

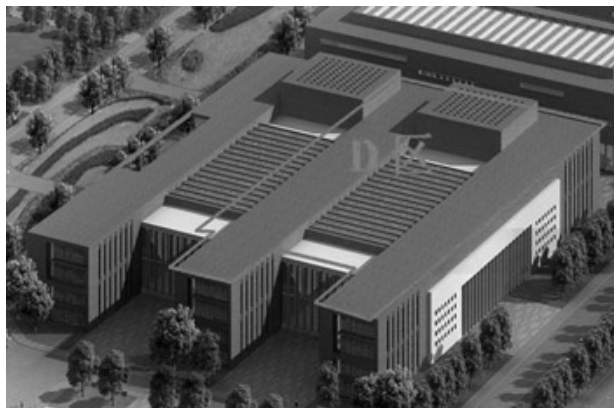


图1 1号教学训练馆

作者简介: 田苑, 女, 助理工程师, 2013年毕业于中国航空规划建设发展有限公司结构工程专业, 现就职于中航建发民航工程设计研究院。

3 支座刚度计算

框架柱的侧移刚度采用D值法^[1-3]进行计算。根据规则框架柱侧移刚度计算的基本假定，计算框架柱侧移刚度D值，其中假定上下层柱线刚度相同；根据文献^[4]，计算考虑各层柱差异的框架柱侧移刚度S值；建立有限元二维模型，计算参照刚度；对两种方法计算得到的侧移刚度与参照刚度进行对比，见表1。网架支承柱分布图见图2。

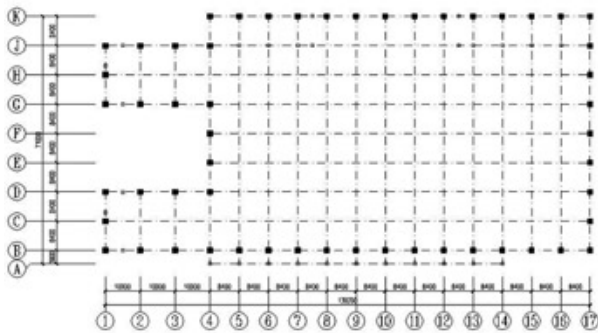
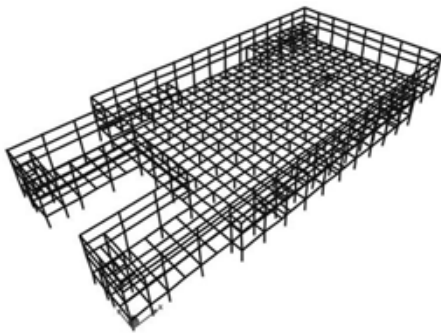


图2 网架支承柱分布图

3.1 理论背景

选取13轴YZ平面框架为典型剖面见图3，分别计算并对比B、K轴柱各层侧移刚度。对于Y方向，当在i轴交j轴柱顶施加力F时， $J_{min} \sim J_{max}$ 轴柱柱顶由梁板在Y向连接，忽略梁轴向变形， $J_{min} \sim J_{max}$ 轴柱顶位移相同，k层柱顶侧移：

$$u_{ijk} = \frac{F}{\sum_{j=J_{min}}^{J_{max}} D_{ijk}}$$

柱顶侧移

$$u = \sum_{k=1}^4 (F / \sum_{j=J_{min}}^{J_{max}} D_{ijk}) = F / D_{ij}$$

因此，柱Y方向侧移刚度

$$D_{ijy} = \frac{1}{\sum_{k=1}^4 (1 / \sum_{j=J_{min}}^{J_{max}} D_{ijk})} (S_{ijy} \text{ 同理})$$

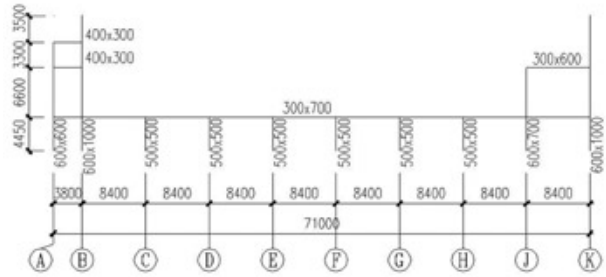


图3 典型剖面(13轴YZ平面)梁柱分布图

同理，柱X方向侧移刚度

$$D_{ijx} = \frac{1}{\sum_{k=1}^4 (1 / \sum_{j=J_{min}}^{J_{max}} D_{ijk})} (S_{ijx} \text{ 同理})$$

(1)D值法

根据框架柱D值计算模型见图4，计算框架柱侧移刚度D值，为简化计算，做如下基本假定：

- ①所计算的柱与该柱上下相邻柱的弦转角 ϕ 及线刚度ic均一致，所计算的柱与该柱相邻各梁梁端的转角 θ 一致；
- ②不考虑面外梁柱对侧移刚度影响，所计算的

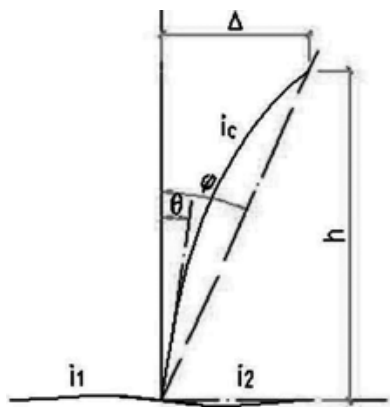
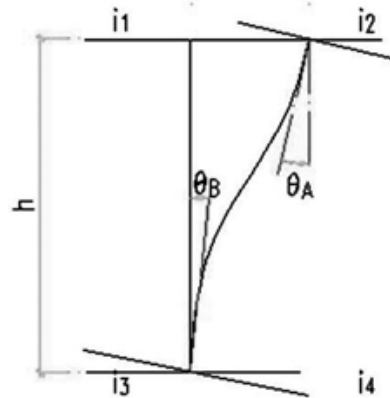


图4 框架柱侧移刚度D值(上)及伸臂框架柱D值(下)计算模型

柱相连各梁平面外抗剪面积为0, 平面外惯性矩为0;

③ 不考虑柱轴力对侧移刚度的影响, 忽略P-△效应。

框架柱侧移刚度D值法表示为:

$$D_{ijk} = \alpha \frac{12K_{cijk}}{H_{ijk}^2}$$

其中, i 表示 x 向轴号(1, 2, 3, ...), j 表示 Y 向轴号(A, B, C, ...), k 表示层号(1, 2, 3, ...); 为 k 层柱线刚度; 为 k 层层高; 柱位于底层时, $a_{\text{底层}} = (0.5 + \bar{K}) / (2 + \bar{K})$, $\bar{K}_{\text{底层}} = \sum K_{bijk} / K_{cijk}$, 柱位于非底层时 $\bar{K}_{\text{一般层}} = \sum (K_{bijk} / K_{bij(k-1)}) / 2K_{cijk}$, $a_{\text{一般层}} = \bar{K} / (2 + \bar{K})$; 柱线刚度 $K_{cijk} = EI_{cijk} / H_{ijk}$, 梁线刚度 $K_{bijk} = EI_{bijk} / L_{ijk}$, 考虑到楼板作用, 有楼板处边梁 $I_b = 1.5EI_b / L$, 中梁 $I_b = 2EI_b / L$, 无楼板处梁 $I_b = EI_b / L$ 。

计算平面内柱顶无梁时, 柱为伸臂柱(计算平面内柱顶无梁连接), 侧移值 $\Delta = \theta h + \frac{3EI}{H_{ijk}^3} F$, 考虑到伸臂计算长度达到下部柱计算长度2倍以上, 忽略柱梁转动的影响, 取 $D_{ijk} = \frac{3K_{cijk}}{H_{ijk}^2}$ 。计算各层侧移刚度D值见表1。

(2) 考虑柱各层差异的侧移刚度S值

根据文献^[4], 侧移刚度S值计算模型见图5所示, 为了简化计算, 做如下基本假定:

① 梁端转角数值相等且方向相同(θ), 梁转动对柱形成约束力偶 m ;

② 不考虑面外梁柱对侧移刚度影响, 所计算的柱相连各梁平面外抗剪面积为0, 平面外惯性矩为0;

③ 不考虑柱轴力对侧移刚度的影响, 忽略P-△效应。

框架柱侧移刚度S值法表示为:

$$S_{ijk} = \beta \frac{K_{cijk}}{H_{ijk}^2}$$

其中,

$$\beta = \frac{12(r_1 r_2 + r_1 + r_2)}{r_1 r_2 + 4(r_1 + r_2) + 12}$$

$$r_1 = \frac{6(i_1 + i_2)}{i_c + i_{c1}}$$

$$r_2 = \frac{6(i_3 + i_4)}{i_c + i_{c2}}$$

图5中 i_c 计算柱线刚度, i_1 、 i_2 分别为计算柱上端梁线刚度, i_3 、 i_4 分别为计算柱下端梁线刚度, i_{c1} 、 i_{c2} 分别为计算柱上端、下端柱线刚度。典型剖面B、D轴柱侧移刚度值计算见表1。

(3) 有限元对比分析

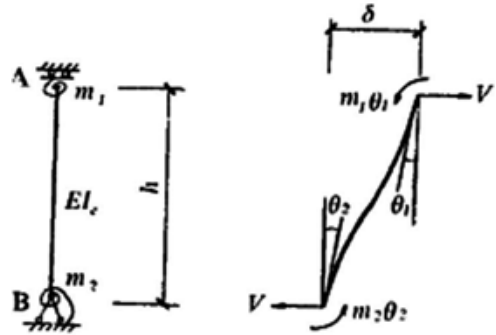
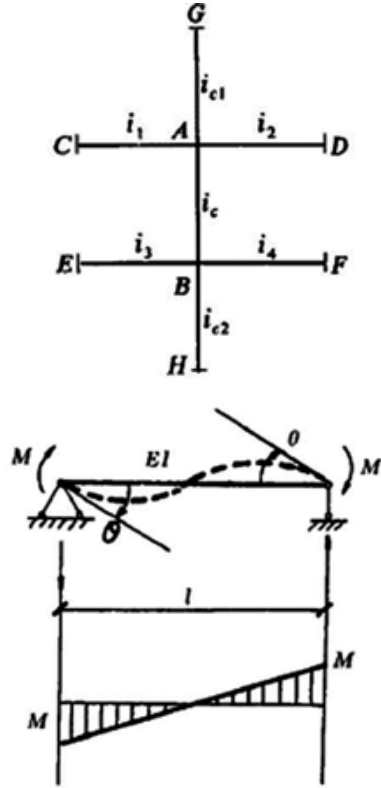


图5 框架柱侧移刚度S值计算模型

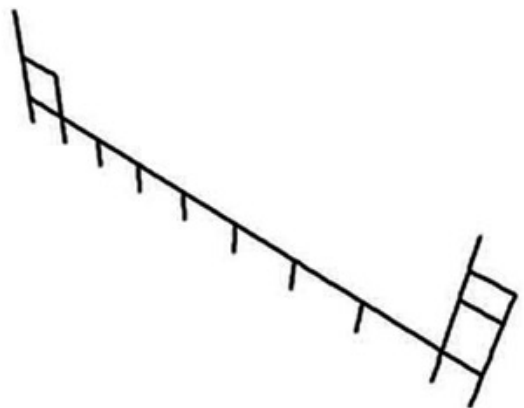


图6 典型截面有限元计算模型

表1 侧移刚度值对比表

		第k层柱端位移 (mm)	第k层柱端相对位 移 (mm)	第k层柱刚度 (kN/mm)	D _k 值 (kN/mm)	S _k 值 (kN/mm)
B轴	层号k=1	0.004	0.004	242.8	295.6	272.0
	层号k=2	0.091	0.087	11.5	17.3	10.5
	层号k=3	0.162	0.071	14.1	14.1	19.5
	层号k=4	0.251	0.089	11.2	105.0	3.1
	总刚度			4.0	7.1	2.1
K轴	层号k=1	0.007	0.007	148.4	228.8	272.0
	层号k=2	0.096	0.089	11.2	13.3	13.6
	层号k=3	0.329	0.233	4.3	13.9	2.0
	总刚度			3.0	6.6	1.8

表2 框架结构支座柱侧移刚度表(单位: kN/m)

点号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
位置	1-B	1-C	1-D	1-G	1-H	1-J	2-B	2-D	2-G
X向	80092	17092	28263	27942	17140	30931	80092	28263	27942
Y向	15223	15223	15223	18650	18650	18650	13047	14399	14999
点号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
位置	2-J	3-B	3-D	3-G	3-J	4-B	4-D	4-E	4-F
X向	30931	80092	28263	27942	30931	80092	28263	1162	1162
Y向	14999	5154	5154	5154	5154	6581	19782	19782	19782
点号	19	20	21	22	23	24	25	26	27
位置	4-G	4J	4-K	5-B	5-K	6-B	6-K	7-B	7-K
X向	27942	30931	54387	80092	54387	80092	54387	80092	54387
Y向	19782	26798	26798	6862	6736	6867	7878	7072	6702
点号	28	29	30	31	32	33	34	35	36
位置	8-B	8-K	9-B	9-K	10-B	10-K	11-B	11-K	12-B
X向	80092	54387	80092	54387	80092	54387	80092	54387	80092
Y向	7072	2259	7072	2259	7072	2259	7072	2259	7074
点号	37	38	39	40	41	42	43	44	45
位置	12-K	13-B	13-K	14-B	14-K	15-B	15-K	16-B	16-K
X向	54387	80092	54387	80092	54387	80092	54387	80092	54387
Y向	2259	7072	6593	5618	6922	2256	8187	2255	6882
点号	46	47	48	49	50	51	52	53	54
位置	17-B	17-C	17-D	17-E	17-F	17-G	17-H	17-J	17-K
X向	80092	2198	2204	2201	2201	2202	2200	41587	54387
Y向	26580	26580	26580	26580	26580	26580	26580	26580	26580

使用sap2000建立YZ平面二维计算模型,见图6,分别在B、K柱端施加单位力,测得各层柱端水平位移,与理论计算值对比,见表1。

由表1可以得出, D值与S值基本一致, D值各层与实测值更为接近, 同时, 顶层柱侧移刚度D

值及S值与实测侧移刚度差异较大, 并且D值大于二维模型实测值, 由于刚度大于实际值对设计有利。因此, 按照传统D值法计算侧移刚度计算的方法, 得到各柱x向、y向侧移刚度, 见表2。

3.2 网架分析及整体协同分析模型

通过sap2000计算分析软件,分别建立网架模型和整体模型,见图7。其中,整体模型钢网架部分与网架模型一致,混凝土框架部分与理论计算模型一致,两模型分析中采用如下设定:

(1)钢网架杆件均释放杆端弯矩和扭矩,整体模型网架部分与混凝土框架之间采用铰接形式连接;

(2)网架模型支座刚度输入理论计算刚度数值,见表2;整体模型柱脚采用刚结;

(3)两模型均只计算钢网架所受活荷载。

通过分别计算两模型活载工况下网架支承点的反力,对比理论计算柱的侧移刚度与软件有限元计算柱刚度的区别,见图7。

3.3 理论计算与有限元计算刚度对比

为了避免材料属性等因素的干扰,采用活载工况网架反力进行对比,通过网架模型支撑点反力与整体模型支撑点内力对比,评价网架输入刚度的合理性。

活载工况下,分别计算整体模型软件计算网架支承点反力、理论计算支承柱(设置为网架1)侧移刚度下网架反力。同时,将理论计算支承柱做修改,设置为网架2,设置沿边缘切向约束为铰接,即刚度无限大,作为对比方案。分析得到三

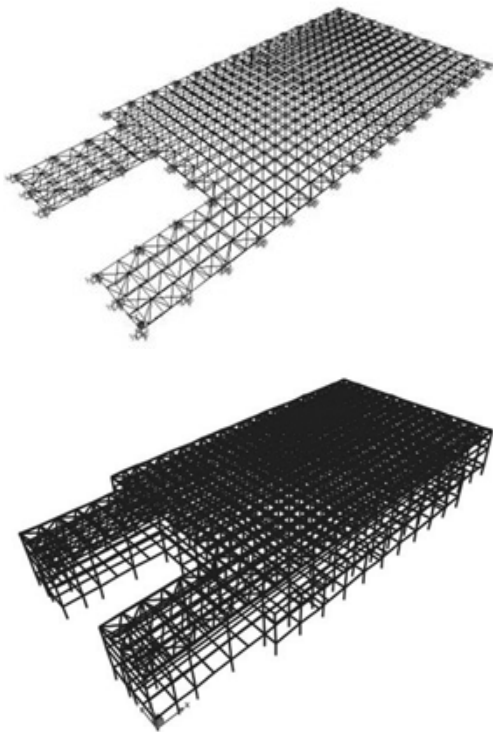


图7 网架模型(上)及整体模型(下)

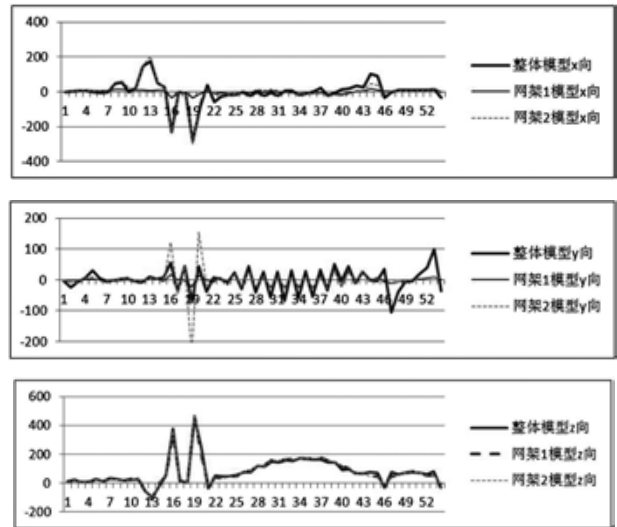


图8 网架支座反力对比图

个模型网架的支承反力,分别对支承点反力的X、Y、Z方向分力进行对比,见图8。其中,纵坐标为反力值(单位:kN),横坐标为支承点编号。

从图中可以看出,活载工况下,Z向反力基本一致,网架1在X、Y向在平面形状突变的位置(16号、19号点等)的支承力与整体模型相比偏小,网架2与实际情况更加相符;网架1和网架2在跨向支承反力基本一致,大部分反力值略小于整体模型情况,理论值应在设计中适当加大,因此,网架2方法适用于网架刚度设计。

4 结论

通过对不规则网架设计中支承点侧移刚度的计算方法对比分析,提出计算方法,为设计提供依据。不规则网架结构设计中,对于下部框架结构可使用D值法结合排架柱计算方法计算支承点侧移刚度;对于形状突变位置,应将平行于边缘线方向设置为铰接,即侧移刚度无限大。

参考文献

- [1] 中国建筑科学研究院等主编,高层建筑结构设计,科学出版社,1982.
- [2] 多层及高层房屋结构设计编写组编,多层及高层房屋结构设计,上海科学技术出版社,1979.
- [3] 龙驭球、包世华主编,结构力学,人民教育出版社,1982.
- [4] 梁启智,梁平,框架柱的侧移刚度,华南理工大学学报,第23卷第1期,1995年1月.

建设项目变更费用控制研究

王媛 李梅英 「工程造价」

摘要: 项目变更是建设项目管理的重要内容,是影响建设项目造价控制的关键因素。本文结合某工程中的项目变更,详细分析项目变更的分类、处理原则和控制造价的具体措施,强调加强项目管理,全过程、全方位的实施工程造价的动态控制。

关键词: 项目变更;费用;控制

1 序言

成本控制是工程建设项目控制的主要目标之一,现阶段我国工程项目建设过程中,结算费用往往高于概算或招标控制价,其中很大一部分原因是由于项目变更。成功的项目变更管理不仅有助于成本目标的实现,还有利于确保工期、安全、进度等目标。因此,对项目变更影响因素和项目变更控制方法进行研究显得十分重要。项目变更的目的是为了达到预期设计意图及确保施工质量,由于建筑产品的特有属性以及各种主客观因素的影响,对任何一个建设项目而言,项目变更是不可避免的。因此,加强建设项目的变更管理研究具有重要的理论意义和实践价值。

2 项目变更的分类

从变更的表现形式来分,施工过程中发生的变更主要有二类:设计变更和工程洽商。

(1)设计变更:是指设计单位对原施工图纸和设计文件中所表达的设计标准状态的改变和修改,变更形式包括发出设计变更通知单和设计图纸的替换;一项工程的施工图纸,由于受各种条

件、因素的限制,往往会存在某些不足,这就需要在施工过程中加以修改、完善,所以要通过图纸会审及设计变更通知单等形式进行实现。

(2)工程洽商:是根据现场情况对施工内容所做出的补充、完善、修改、优化、做法确认;例如施工单位在施工过程中发现的设计与施工现场的地形、地貌、地质结构等情况不一致,以及涉及拆改工程量、额外的零工或材料二次搬运等内容均以工程洽商的形式实现变更。

3 项目变更的原则

(1)凡涉及可行性研究报告、计划任务书的主要内容的变更,须经原审批机关批准。

(2)凡涉及初步设计的主要内容的变更,须经原审批机关批准。

(3)施工图设计经施工图审查后,如遇特殊情况需对审查过的主要内容进行修改时,必须重新报请原施工图审查单位批准后实施。

(4)设计变更文件在发放前必须经设计单位各级校、审及总设计师或工程设计主持人签署。

(5)项目变更内容实施前必须估算由于变更所引起的增减费用。

(6)签字齐全:设计变更需设计、建设单位、监理、施工方签字,工程洽商如不涉及设计则建设单位、监理、施工方签字后方可计入结算。

作者简介:王媛,女,助理工程师,2010年毕业于北京林业大学园林专业,现就职于中航建发民动力工程设计研究院。

4 项目变更的控制方法

对项目变更的控制涉及设计施工全过程。

4.1 提高设计质量——事前控制

一份高质量的施工图纸是减少项目变更的重要基础。施工图质量高,项目建设过程中发生变更洽商的可能性就小,反之,图纸质量较低,就会导致建设过程中通过变更洽商弥补设计的漏洞,导致投资失控。控制设计图纸质量的方法包括:

(1)编制项目统一技术措施,确保建设项目整体的匹配性。如多个建筑物外装修的统一协调,屋面防水、内装修等施工做法的统一性等。在以往的项目中曾经发现,由于项目没有统一技术措施,一个厂区的不同的建筑物分别有几个设计师设计,各设计师对自己的建筑物分别进行立面及装饰设计,施工阶段发现外立面需要整体协调,导致变更洽商出现。

(2)加强项目校对审核,减少“错漏碰缺”的出现。设计的图纸中存在的缺陷和漏项,会直接影响项目的使用,如专业管线布置在建筑布置为门窗的地方,造成管线改道;设备专业的设备需群控而未给电气专业发条件造成控制无法实现;工艺设备基础未设计到位,造成二次施工,增加施工难度、给排水中雨水管的电伴热电气专业未考虑控制箱;土建专业精装修风口的位置与暖通专业风口位置不对应等。诸如此类问题就是实施过程增加费用的源头。

(3)设计师应与建设单位充分沟通,了解建设单位需求,使项目极大程度满足使用要求。如对业主的需求未了解到位,实施过程中增加办公室、改变装修做法甚至改变厂房的使用功能会导致费用大幅增加。

(4)设计师需充分了解当地建筑材料的供应量、特性,避免选用产品当地无法采购导致变更的出现。

(5)施工前期做好施工图交底。其目的是对施工单位和监理单位正确贯彻设计意图,使其加深对设计图纸特点、难点、疑点的理解,掌握关键工程质量的要求,尽早提出图纸问题,解决问题,确保项目变更及工程洽商的减少。

4.2 提高工程量清单的编制质量

聘请具有专业资质的咨询公司编制清单及招标控制价,因为根据规范要求,招标人编制的清单如与图纸不符、错误、描述不清、或丢漏项,

由此带来的费用增加均由建设单位负责,因此提高工程量清单的编制质量对项目变更的控制显得尤为重要。

首先,熟悉《建筑工程量清单计价规范》内容,避免重、漏项。在工程量计算过程中,应做到不重项、漏项,因为重项、漏项会加大项目变更费用的风险,使工程造价难以控制,除了要熟悉各清单项目的工程内容外,还应仔细区分清单中分部分项费用、措施项目费用、其他项目费用和规费、税金等各项费用的组成、内容,避免重复计算。

其次,准确描述项目特征,特征描述不清楚是目前工程量清单编制中比较典型的问题,应引起清单编制人员的重视,因为特征描述不清容易引起理解上的差异,造成工程洽商增多。为以保证投标人准确报价,避免工程洽商费用增加,应认真校核工程量清单,工程量清单编制完成后,除编制人要反复校核外,还必须要有其他人审核。

4.3 规范合同管理

对招标文件及合同条款中涉及变更的价款要描述清晰,可操作性要强,避免歧义。尽量完善招标文件及施工合同条款,防止在招标阶段埋下隐患。如合同中需按如下条款约定:

(1)合同中已有和用于变更工程的价格,按合同已有的价格变更合同价款。按《建设工程工程量清单计价规范》规定,“由于工程量清单的工程数量有误或设计变更引起的工程量增减,属合同约定幅度以内的,其应执行原有的综合单价;属合同约定幅度以外的,其增加部分的工程量或减少后剩下部分的工程量的综合单价由承包人提出,经发包人确认后,作为计算的依据。”

(2)合同中只有类似于变更工程的价格,可以参照类似价格变更合同价款。

(3)合同中没有使用或类似于变更工程的价格,由施工单位提出适当的变更价格,经建设单位确认后方可执行。

4.4 规范施工管理,减少施工阶段不必要的变更

(1)各标段管理人员及时沟通协调,定期召开碰头会。在同一园区内部有多个施工单位同时施工或同一项目上有多个标段共同施工时,要注意各施工单位、各标段之间的衔接,要做到各自的工作内容、工作范围不重不漏,避免增加不必要的项目变更及费用。做到各标段之间界面清晰、施工顺序合理,避免不必要的拆改或因为管理不善,职责不清

带来的变更发生时,如某房号,总包通风空调设计已全部到位,根据业主要求,部分房间需要精装修,风口需按照精装方案调整,现场管理人员未了解精装施工进度,精装修队伍进场时精装房间风管风口已按原施工图施工完成,从而带来巨大的拆改工作量,增加费用较多。

(2)现场工程师要熟悉施工合同,对合同中明确规定了不予变更签证的,不能擅自变更签证。工程洽商,力求做到所签证内容、工程量与现场变更情况一致。

(3)签署变更单需清晰描述事件,变更单应有图文资料,其要求与现设计相同,以满足施工需要,并填写“变更通知单”,详细叙述变更理由(建设单位原因、施工单位原因、现场施工原因、设计单位原因等因素)、变更方案(附上修改图纸或施工方案)、如有可能做多方案必选。变更单中将责任方明确,特别是针对隐蔽工程或拆改等事后无法核实的内容工程量需签认准确,变更单顺序编号,签字齐全,避免施工单位对于减项变更不予申报或变更事件重复申报。项目变更都应该有建设单位的盖章及签字,涉及到设计变更还应该由设计人员盖章和签字后才能生效,不得“先上车后买票”。例如某房号的管道埋地部分,设计考虑的是普通土质的管道埋地做法,而施工现场土质松软多为淤泥,遵照设计做法有可能发生管道沉降造成不必要的损失,因此施工单位未经设计允许擅自修改施工方案并且施工完毕,现场工程师也并没有按照正规流程监督管理现场,以致造成结算时的扯皮。紧急事件的口头变更需及时转化为书面变更,否则无效。

(4)所有变更必须在承包合同文件的约束下进行,任何变更均不能使原承包合同失效;工程变更应及时、正确处理,避免引起工程纠纷和争议。

施工单位应该加强自己的施工管理水平。遵循合理及时的原则固然重要,还要切实掌握项目变更的程序要求。如在发生重大的设计变更或出现不可预见的情况时,对新的施工方案、措施等项目费用应及时与建设单位或现场管理人员沟通,得到签字确认后,再进行变更。在未得到建设单位书面确认前,不要自行施工造成既成事实,以免带来不必要的麻烦。施工单位必须重视项目变更,不能想当然,更不能搞歪门邪道,牟取不当利益。

竣工结算时现场管理人员需与造价人员密切

沟通,针对变更内容进行梳理,配合造价人员按照规范的计算规则核定变更的数量及价格。分清变更原因,剔除施工单位因提高工效或施工便利提出的变更费用。

4.5 建立严格的项目变更控制程序

严格项目变更实施流程,并遵循先评估、先计算后实施的原则,以便对变更洽商的需求合理性和价格进行控制。下面以某项目为例介绍设计变更的流程。

(1)建设单位原因造成的变更包括工艺专业设计变更引起的费用变动(见图1)和其他专业设计变更引起的费用变动(见图2)。

(2)由设计自身原因造成的变更(含材料代换及与设计相关现场洽商变更)包括工艺专业设计变更引起的费用变动(见图3)和其他专业设计变更引起的费用变动(见图4)。

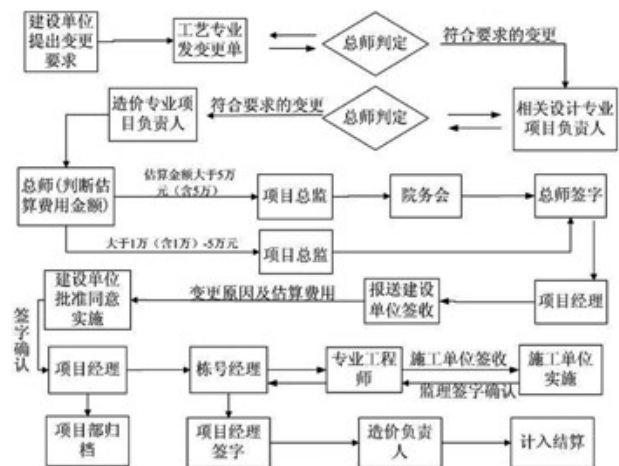


图1 工艺专业设计变更引起的费用变动

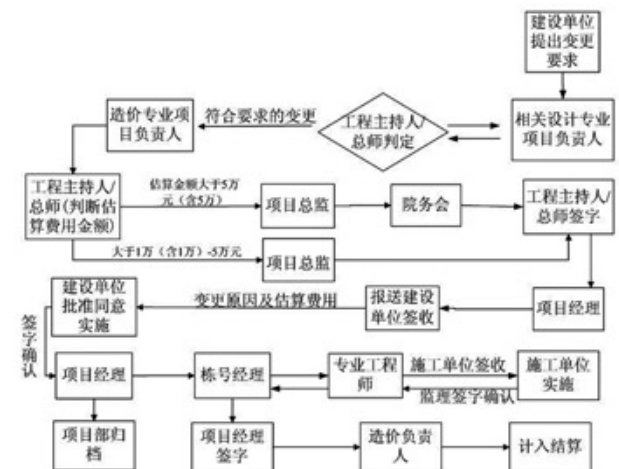


图2 其他专业设计变更引起的费用变动

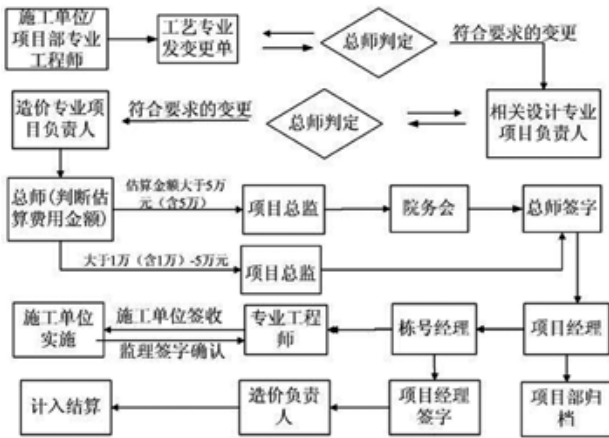


图3 工艺专业设计变更引起的费用变动

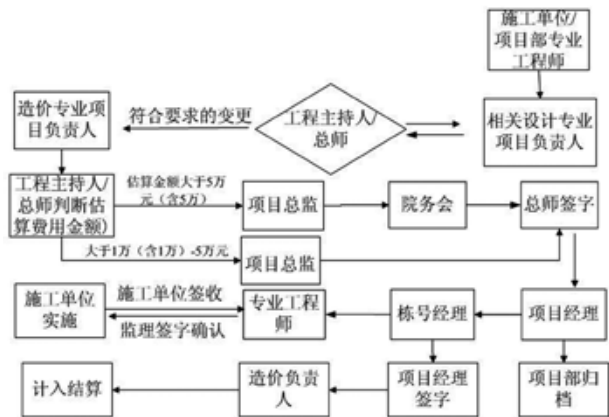


图4 其他专业设计变更引起的费用变动

此应加大对项目变更的全过程、全方位的管理。

在设计阶段提高设计图纸质量，在招标及合同签订阶段明确招标文件中合同条款与变更相关的具体调整方法，在施工过程中规范变更的实际管理，同时还要建立“先算帐后审批”的变更审批流程和项目整体变更的目标及控制措施。通过一整套项目变更控制的“组合拳”，实现对项目变更费用的控制。

参考文献

[1] 方俊,舒立新.建设项目工程变更的分类与控制.广东技术师范学院学报,2004.
 [2] 《建设工程工程量清单计价规范》(GB50500-20013),20013.
 [3] 徐曦,张亚瑞.谈项目实施阶段工程变更价款的管理.建筑经济,2000.

从图可知，提出项目变更、分析项目变更、执行项目变更是控制项目变更的三大要素。由建设单位原因引起的项目变更要通过总师判定变动是否合理，原因是否清晰，相关专业是否齐全后由造价专业估算费用金额，费用金额由总师签字、项目经理报送建设单位，经建设单位批准，同意实施(签字确认)后执行实施项目变更流程；由设计单位原因引起的项目变更同样要通过总师判定变动是否合理，原因是否清晰，相关专业是否齐全后由造价专业估算费用金额，费用金额由总师签字后执行实施项目变更流程。通过严格地管理程序对项目的变更实施控制。

5 结束语

项目变更管理是一项非常重要的造价管理内容，其对建设阶段的造价管理具有显著影响，因

立式真空联合电阻炉的组成 及主要存在问题

高如超 殷志军 「设备」

摘要: 立式真空联合电阻炉是主要用于不锈钢、高强度钢等材料的真空油淬、气淬的热处理设备。本文阐述了该设备的主要组成,分析了该设备在提升和传动机构的动密封、淬火转移时间等方面存在的问题。

关键词: 真空加热室;中间室;淬火槽;动密封;淬火转移时间

0 引言

真空电阻炉是炉内压力低于大气压力,利用电阻元件作为热源,对炉内工件进行加热、熔化和除气等工艺处理的热处理设备。真空电阻炉按真空度分低真空(105Pa~102Pa)、中真空(102Pa~10⁻¹Pa)、高真空(10⁻¹Pa~10⁻⁵Pa)、超高真空(<10⁻⁵Pa);按工作温度分为低温炉(~650℃)、中温炉(650℃~1000℃)、高温炉(1000℃及以上);按加热方式分为外热式真空炉和内热式真空炉;按机构形式分为立式真空炉和卧式真空炉。本文对立式真空联合电阻炉的主要组成进行了阐述,详细介绍了真空加热室、中间室、淬火油槽、气冷槽、真空系统的组成及作用,并分析了该设备在提升和传动机构的动密封、淬火转移时间等方面存在的问题。

1 设备主要组成

设备主要由真空加热室,中间室,淬火油槽,气冷槽(装料槽),槽体运行车及升降装置,真空系统,冷却水管路系统,外部冷却供水系

统,氮气系统等组成。设备的主要工艺过程,见图1。

1.1 真空加热室

真空加热室是真空电阻炉的主要部件之一,真空电阻炉的加热、保温等生产工艺过程都是在真空加热室内完成的,炉内的热交换过程主要是辐射传热,热传导和对流所占的比重很小。其由筒体、椭圆形封头、金属隔热屏、钼带加热器、隔热隔气阀及开启机构、提升机构等组成。真空加热室主要技术参数,见表1。

筒体及椭圆形封头均为双层壳体,中间为冷却水套,对加热室的内层壳体进行冷却。

在炉壳和钼带加热器之间设置金属隔热屏的作用是减少电热元件的热损失。金属隔热屏采用多层金属屏结构,根据炉温要求(最高使用温度为1100℃),金属屏取7层,第一、二层选用钼板,其它各层用不锈钢板制作。金属隔热屏结构,见图2。

钼带加热器的功率考虑了工件的吸热,吊具的热损失,通过多层隔热屏的热损失,水冷电极的热损失,隔热屏至炉壳间因存在热桥而引起的热损失,热电偶引出管及真空管道的热损失。

隔热隔气阀是真空加热室的门,由椭圆形双层水冷封头、底部隔热屏、底部钼带加热器、水平移动及垂直升降机构及方形壳体等部件组成。

作者简介:高如超,男,助理工程师,2013年毕业于中南大学设备专业,现就职于中航建发航空设备设计研究院。

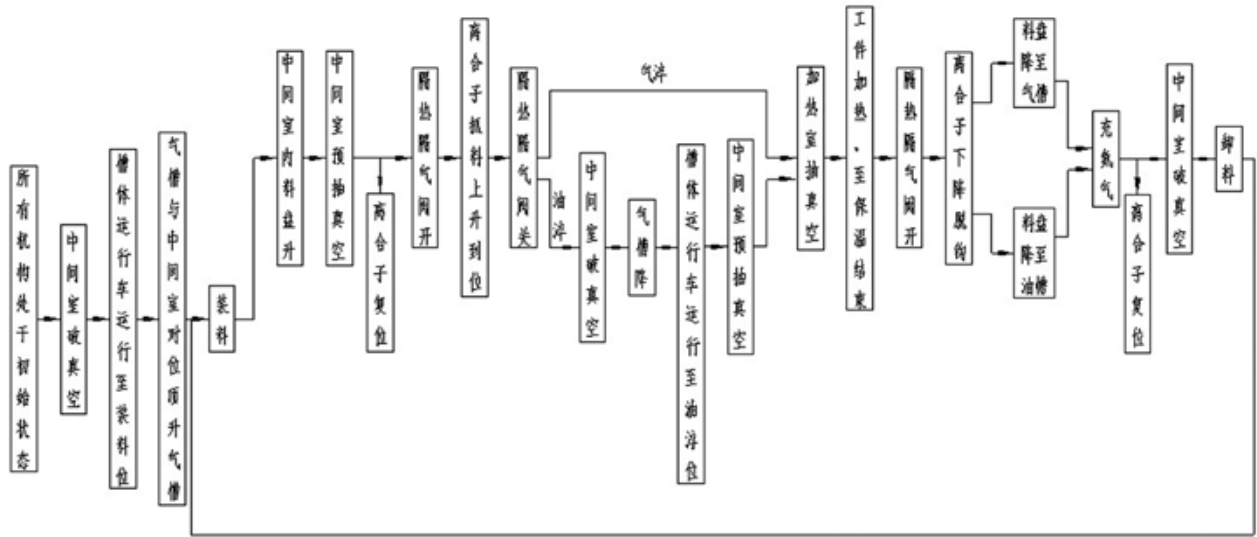


图1 立式真空联合电阻炉工艺流程简图

表1 真空加热室主要技术参数

序号	项目	单位	数量
1	有效工作区尺寸	mm × mm	Φ1200 × 3000
2	工作温度	℃	700~1050
3	最高使用温度	℃	1100
4	升温速率(空载室温升至1050℃)	min	≤80
5	工作真空度	Pa	1.33 × 10 ⁻¹
6	极限真空度	Pa	1.33 × 10 ⁻²
7	抽空时间(加热室抽至工作真空度)	min	50
8	压升率	Pa/h	≤0.67
9	温度均匀性	℃	≤±10
10	加热器总功率	kW	~650
11	控温精度	℃	±1
12	分区控温	区	5
13	接线形式	---	Δ
14	淬火转移时间	s	≤25(从真空加热室吊具下降开始算起)
15	提升机构驱动	电机减速机、变频调速	
16	均匀性检测方式	测温黑匣子或测温热电偶	

隔热隔气阀有开启和关闭两个工位。隔热隔气阀和水平移动及垂直升降机构设在方形壳体腔室内，此腔室上端与真空加热室相接，下端与中间室相接。水平移动及垂直升降机构在真空环境下工作。隔热隔气阀的水平移动及垂直升降机构由电机、减速机、运行小车、传动链条和螺旋升降

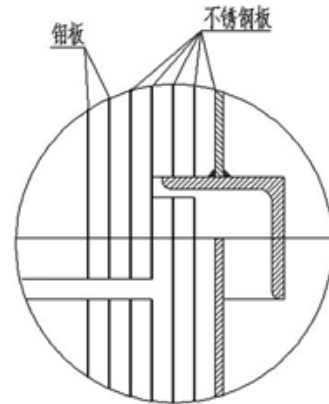


图2 多层金属隔热屏结构示意图

机构等组成。电机、减速机置于壳体腔室外，传动轴由壳体腔室外伸入腔室内，轴孔处密封用真空炉专用的动密封结构实现。

提升机构起到在真空加热室和中间室之间转移工件的作用，由电机、减速机、制动器、链条、链轮、吊具等组成。电机变频控制，链条采用板式链，板式链炉外部分做封闭链盒。驱动电机、减速机、制动器等置于炉外，传动轴由室外伸入室内，轴孔处密封用真空炉专用的动密封结构实现。

1.2 中间室

中间室是在工件的淬火转移过程中起过渡作用的腔室，中间室的存在，防止了工件在油淬过程中产生的油烟对真空加热室的污染。由筒体、对接装置、卷扬机构等组成。在中间室的筒体上设有观察孔，并配有监控器和光源，以观察吊具在中间室

内的脱钩情况。中间室主要技术参数见表2。

中间室筒体为双层壳体，中间为冷却水腔。筒体上下端焊有连接法兰，上端法兰与隔热隔气阀方形壳体下法兰连接，下端法兰与油槽或气冷槽相连。

卷扬机构的作用是，装料时，将气冷槽内的工件转移到中间室；淬火时，将工件从中间室移入淬火油槽(气冷槽)。卷扬机构驱动电机、减速机、制动器、钢丝绳、料盘等组成，驱动电机、减速机、制动器等置于炉外，传动轴由室外伸入室内，轴孔处密封同样采用真空炉专用的动密封结构。

1.3 淬火油槽

淬火油槽的作用是对真空加热后的工件进行真空油淬。油槽安装在槽体运行车上，由槽体、加热装置、搅拌装置等组成。淬火油槽的主要技术参数见表3。

槽体由槽子壳体、顶升座、安装座、吊具支撑等组成。槽子壳体采用不锈钢板卷制焊接而成。壳体上做连接法兰，与中间室对接。槽体外壁设置有安装座，使槽体安装于运行车上；还设置了顶升座，升降装置可以通过顶升或下拉顶升座，使槽体升起与中间室对接，或使槽体下降脱离中间室。槽口内沿圆周方向设置吊具支撑，用于放置带料离合母。

表2 中间室主要技术参数

序号	项目	单位	数量
1	有效工作区尺寸	mm × mm	Φ1200 × 3000
2	工作真空度	Pa	1.33
3	极限真空度	Pa	1.33×10^{-1}
4	抽空时间(中间室抽至工作真空度)	min	50

表3 淬火油槽主要技术参数

序号	项目	单位	数量
1	有效工作区尺寸	mm × mm	Φ1200 × 3000
2	淬火油量	m ³	19
3	淬火油的工作温度	℃	20~70
4	加热功率	kW	96kW
5	加热器	—	管状加热器
6	淬火液搅拌形式	—	磁力泵

油槽加热装置由多支管状加热器组成，管状加热器沿圆周均匀布置，安装于槽口处，加热管沿槽壁向下放置。加热装置的作用是对淬火油进行加热，防止淬火油的温度低于20℃。

搅拌装置由磁力泵和循环管路组成，其作用是，在淬火过程中，对淬火油进行搅拌，增强工件与淬火油之间的换热。

1.4 气冷槽

气冷槽(装料槽)对真空加热后的工件进行真空气淬，同时也起到装料槽的作用。同样安装在槽体运行车上，由槽体、翅片换热器、循环搅拌装置等组成。气冷槽的主要技术参数见表4。

气冷槽槽体结构与油槽槽体结构相同。

循环搅拌装置由真空专用电机、离心式通风机转子、导流筒等组成。真空专用电机安装在槽体外的底部法兰上，离心通风机转子安装于槽内底部。

翅片换热器的换热形式是气—水换热。换热器与循环搅拌装置结合，通过强制循环充入的氮气对工件进行冷却。

1.5 真空系统

真空系统包括主真空系统和辅真空系统。主真空系统由单级油封旋片泵、罗茨泵、油扩散泵

表4 淬火油槽主要技术参数

序号	项目	单位	数量
1	有效工作区尺寸	mm × mm	Φ1200 × 3000
2	槽内容积	m ³	~21
3	换热器形式	—	水—气翅片换热器
4	氮气条件	MPa	0.4~0.6
5	气淬时氮气充气要求	—	5秒内充至(0.4~0.67) × 10 ⁵ Pa
6	氮气耗量	Nm ³ /min	85
7	气体搅拌形式	—	风机叶轮搅拌，电机采用真空专用电机
8	气体循环量	m ³ /h	30000

等组成,可实现50min内将真空加热室内的真空度抽至 1.33×10^{-2} Pa。辅真空系统由单级油封旋片泵和双级罗茨泵组成,可实现50min内将中间室内的真空度抽至 1.33×10^{-1} Pa。

2 主要存在问题探讨

2.1 动密封

在各类真空设备中,经常需要将外部的各类运动传递到真空容器中,传递的运动形式通常有以下几种:1、传动轴的传动;2、传动轴的往复直线运动;3、传动轴的摆动。在真空油淬热处理设备中,加热室内提升机构传动轴轴孔处,隔热隔气阀水平移动传动轴轴孔处,隔热隔气阀垂直升降传动轴轴孔处,中间室卷扬机构传动轴轴孔处,传递的运动形式均属于第一类,需要采用动密封机构。传统的动密封结构如图3所示。

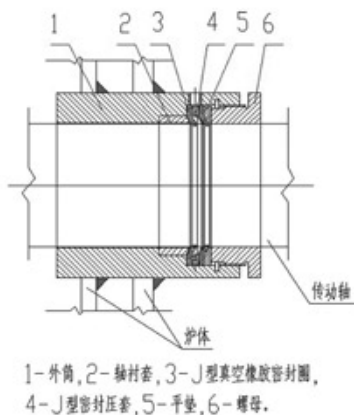


图3 动密封结构示意图

传统的动密封结构由连接筒、轴衬套、J型真空橡胶密封圈、J型密封压套、平垫、螺帽等组成。在旋转过程中,传动轴与真空橡胶密封圈摩擦生热,J型密封圈受热收缩(拉伸状态下的橡胶受热收缩),从而摩擦生热—收缩—冷却—膨胀—摩擦生热,不断恶性循环,加速了J型真空橡胶密封圈的磨损。由于真空密封圈不易拆卸,现场多通过在传动轴与动密封外筒连接处频繁涂真空密封油来保证设备的密封。

2.2 淬火转移时间

根据超高强度钢的热处理标准XPS规定,淬火槽应尽量靠近真空加热室,淬火转移时间不应

超过25s。本设备的淬火转移是从隔热隔气阀开到工件入油的整个过程,各动作包括隔热隔气阀下降到位,隔热隔气阀开到位,真空加热室提升机构下降至中间室,吊具离合器与离合母脱钩并上升至隔热隔气阀上部,隔热隔气阀关到位,隔热隔气阀顶升到位,中间室提升机构下降至油槽。

由于本设备尺寸大,隔热隔气阀水平移动的行程为2800mm,真空加热室提升机构下降的行程为6600mm,中间室提升机构下降的行程为3900mm,各行程均较长,同时,为保证离合器与离合母的顺利脱离,脱钩过程缓慢。为缩短淬火转移时间需增大水平移动和下降的速度,需要用足够大扭矩的减速机,来克服工件下降过程中产生的冲击,导致驱动机构庞大,但由于脱钩时间占据比重较大,仍无法将淬火转移时间控制在25s以内。主要解决方案(1)改善吊具(离合器、离合母)的结构,缩短脱钩时间所占据的比重;(2)电气调试时,在不影响淬火工艺的前提下,将各动作设置为交互进行。

3 小结

大型立式真空联合电炉,设备体积大,组成部件多,结构复杂,且在真空状态下工作,导致传动机构复杂。本文对该设备的各组成部件及其作用进行概述,并讨论了在提升和传动机构的动密封、淬火转移时间方面存在的问题及解决方法。并且,真空加热室壳体厚度,中间室壳体厚度,淬火油槽、气冷槽壳体单、双层的设置,钼带加热器功率的设定及钼带的布置都有待进一步讨论。

参考文献

- [1] 王秉铨. 工业炉设计手册(第2版)[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] 道达安. 真空设计手册(第3版)[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.

风洞中试验段升降系统的设计研究

刘晓娜 鄒方 邢少波 「设备」

摘要: 升降系统是试验段进行安装时的重要辅助系统,本文通过分析试验段的安装工艺,确定应用液压传动实现对试验段的升降控制,针对如何实现多个液压缸的同步运动,提高升降系统的平稳性,从液压控制系统及液压缸安装结构方面分别进行了设计研究,提出了相应措施,并对液压缸安装架进行了有限元分析,确保安装架的安全使用。

关键词: 试验段;升降;液压系统;同步;有限元分析

1 引言

本论文基于2.4m连续式跨声速风洞设计建造项目,该风洞为单回流、变密度、连续式跨声速风洞,试验段外形尺寸为 $9.6\text{m} \times 6.2\text{m} \times 7.2\text{m}$,内截面尺寸为 $2.4\text{m} \times 2.4\text{m}$ 。为同时满足常规测力测压、颤振、TPS、流动显示等多种不同类型的试验要求,试验段需频繁更换,为提高更换效率、减轻工作强度,试验段的安装过程要求自动化程度较高。其中升降系统是试验段进行安装时的重要辅助系统,可将试验段顶起、下放,配合试验段行走轮完成换向动作。如何使升降系统提高平稳性、安全性及有效性,是本文研究的重点。

2 试验段安装工艺分析

试验段、支撑平台均位于风洞驻室内,试验段、升降系统安装在支撑平台上。试验段底部设有四组可转向行走轮组,在驻室外装配完成后由电机驱动轮组沿轨道行驶进入驻室。试验段首先沿径向

轨道行驶通过驻室大门,行驶至支撑平台上,到位后,由升降系统将其顶起,行走轮组完成转向,升降系统将其下放,然后试验段沿轴向轨道行驶到安装位置,然后进行定位,完成安装。

试验段参数:质量 $m=300\text{t}$,底部用于配合升降系统的顶点位置设为四点,轴向间距 8150mm ,径向间距 3000mm ,需将试验段顶起位移为 100mm ,顶起、下放时间均不超过 30s 。升降系统要求运行平稳,匀加速启动到匀速运动,再匀减速制动,分别在 25s 内完成 100mm 的行程,其运动速度图见图1。

由图1可得试验段启动、制动加速度 $a=1\text{mm/s}^2$,匀速运动阶段速度 $v=5\text{mm/s}$ 。

当试验段处于顶起过程的启动阶段及下落过程的制动阶段,升降系统所输出的顶升力最大为 F_{max} ,不考虑摩擦阻力,其值如下计算:

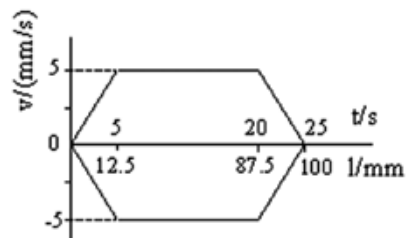


图1 试验段运动速度图

作者简介:刘晓娜,女,助理工程师,2014年毕业于北京工业大学结构设计专业,现就职于中航工程集成设备有限公司。

$$F_{\max}=mg+ma \quad (1)$$

将已知参数值代入上式, 可得

$$F_{\max}=3000300N$$

惯性负载 $ma=300N$, 其值相对于试验段自重很小, 可见惯性负载对升降系统的冲击影响较小。

3 升降系统设计

3.1 传动方式的选择

传动方式主要有电传动、气压传动及液压传动。电传动可采用电机加减速器(如蜗轮蜗杆减速器)实现升降运动, 该方式具有速度快、控制精度高等优点, 但功率质量比较小; 气压传动具有系统维护简单, 但运动速度的稳定性差、总推力一般不可能很大; 液压传动工作比较平稳, 在同等的功率下, 液压传动比电传动装置体积小、重量轻、结构紧凑, 但在工作过程中会产生较多的能量损失^[1]。

由(1)式所得升降系统输出的最大顶升力 $F_{\max}=3000300N \approx 300t$, 则试验段平均每个顶点位置所需最大顶升力约为 $75t$, 为防止在偏载情况下出现事故, 取安全系数 $S=2$, 升降系统对各个顶点所能输出的最大顶升力取为 $150t$ 。经比较, 最大顶升力同为 $150t$ 的蜗轮蜗杆减速器(参考POWER JACKS螺旋升降机)的体积大约为液压缸(参考长江液压)体积的3倍。

综上所述, 结合该升降系统工作参数, 从经济性及实用性的角度考虑, 并保证运行过程稳定可靠, 本系统采用液压传动。由液压缸完成试验段的顶起、下放, 在支撑平台上对应试验段的顶点位置分别安装一个液压缸, 共计四个, 每个液压缸最大输出力为 $150t$ 。

3.2 液压控制系统设计

本文设计了一套利用位置信号控制液压缸流量的液压顶升系统, 控制每个液压缸的流量使各个液压缸运动速度一致, 液压原理图如图2所示, 四个液压缸并联, 当三位四通换向阀右位S1得电时, 四个液压缸无杆腔进油, 有杆腔出油, 试验段被顶起; 当该阀左位S2得电时, 四个液压缸有杆腔进油, 无杆腔出油, 试验段下落。为了提高四个液压缸的动作同步精度, 保证升降系统的平稳性、安全性, 避免试验段顶起、下放过程中出现卡死、倾覆等安全事故, 主要采取了以下措施:

(1)采用直线位移传感器、比例式流量阀实

现闭环控制四个液压缸分别配置一个直线位移传感器及比例式流量阀, 比例式流量阀安装在液压缸的无杆腔管路上。试验段顶起、下放过程中利用直线位移传感器实时检测各个液压缸活塞杆位移, 各位移信号反馈给各自对应的比例式流量阀, 比例式流量阀根据位移信号与给定值的差值, 按比例、连续的调节各个液压缸无杆腔管路的流量, 实现以下控制目的:

①使各液压缸活塞杆运动的速度一致, 从而实现四个液压缸运动的同步性;

②在顶起、下放过程中的不同运动阶段(启动、匀速运动、制动)控制缸以特定速度运行;

③当试验段运动中, 若某一位移传感器反馈出对应的活塞杆不再移动时, 且经短时调节比例式流量阀, 该位移传感器检测值仍无变化, 三位四通换向阀立即回中位, 保护试验段不发生倾覆事故。

(2)采用平衡回路

选用FD平衡阀安装在公用管路中^[2], 使回油路上存在一定背压。当三位四通换向阀S1得电时, 液压油经过平衡阀起单向阀作用, 液压缸顶起试验段。当三位四通换向阀S2得电时, 液压缸活塞杆带动试验段下落, 平衡阀维持无杆腔在一定的压力条件下卸荷, 避免失压下落酿成事故。

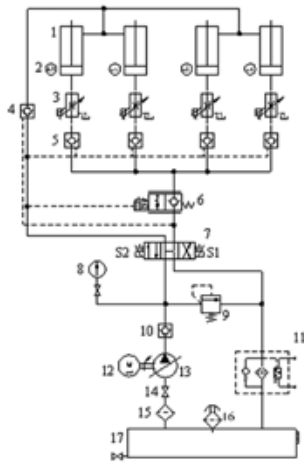
(3)采用外泄式液控单向阀

为了使四个液压缸活塞杆能够同时开始下落动作, 在每个液压缸的无杆腔管路上分别安装一个外泄式液控单向阀^[2], 其控制压力设定值要小于平衡阀开启压力值, 在平衡阀的单向阀反向打开前, 各个液压缸的液控单向阀均能反向打开, 并使各液压缸无杆腔压力相等。

(4)采用中位机能为H型的三位四通换向阀

启动初期换向阀处于中位, 用于液压泵预热, 待液压泵工作稳定后, 换向阀再进行换位控制液压缸动作。液压缸活塞杆到位后换向阀回中位, 确保各外泄式液控单向阀及FD平衡阀的导通油路泄压, 各单向阀立即关闭, 双向锁紧液压缸位置, 不会因外力作用而移动。

此外, 液压泵选用单向变量液压泵, 配合比例式流量阀, 满足液压缸流量需求。该液压泵供油主路上的单向阀用于防止顶升过程中由于载荷突然增大等故障造成的液压油回流^[3]。通过溢流阀设定系统的最大工作压力, 以保证整个系统的工作安全。



1—液压缸；2—直线位移传感器；3—比例式流量阀；4、5—外泄式液控单向阀；6—FD平衡阀；7—三位四通换向阀；8—压力表；9—溢流阀；10—单向阀；11—回油过滤器；12—电机；13—液压泵；14—截止阀；15—进油过滤器；16—注油口；17—油箱

图2 升降系统液压原理图

3.3 液压缸安装架结构设计

液压缸在长江液压公司定制，液压缸的安装架焊接在支撑平台上，支撑平台整体采用桁梁结构，每两个液压缸安装在一个安装架上，如图3所示。试验段顶起、下落过程中，为防止偏载荷对液压缸的损坏，保证工作安全，结构设计方面采取了以下措施，如图4中A-A视图：

(1) 液压缸活塞杆伸出端安装球状顶件，使其与试验段的顶起位置为球面接触；

(2) 为液压缸活塞杆加设导向装置，提高其抗偏载能力。

为保证安装架的强度及刚度，在液压缸安装孔及导向装置安装孔周围布置了多条加强筋板，该部分放大图如图4所示。本系统用于检测活塞杆位置的直线位移传感器选用激光位移传感器，并配有感光板，安装位置如图4中A-A视图。

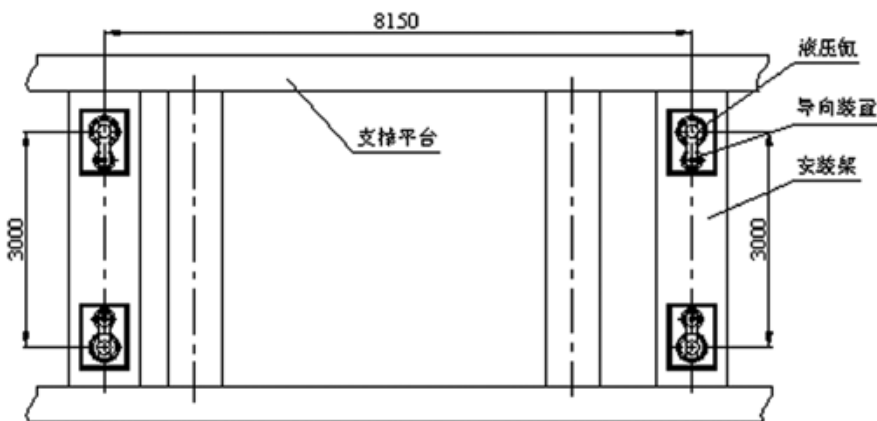


图3 液压缸安装布置图

4 安装架有限元计算

安装架采用碳素结构钢板材焊接，材质Q235B，板材除液压缸安装板厚度为60mm，其余厚度均为30mm，其屈服极限 $\delta_s=225\text{MPa}$ 。为了验证液压缸安装架的强度及刚度是否满足设计要求，可将安装架从支撑平台中分离出来进行局部分析，利用CAE软件对安装架进行三维建模，并进行有限元计算。

边界条件及载荷工况：安装架两端焊接在支撑平台上，可将边界条件近似设为两端固定；利用软件的面分割功能，在安装架上分割出与液压缸的接触面，在两个接触面上按照安装架受力最严峻工况加载，分别加载150t，以均布载荷的形式加在接触面上；并施加垂直向下的重力加速度($g=9800\text{mm/s}^2$)，实现安装架自身重力的施加，边界条件及载荷设置如图5所示。

划分网格并运行计算得应力云图及位移云图如图6所示，应力云图显示当两液压缸均输出150t的顶升力时，安装架所产生的最大应力 $\delta_{\max}=114.4\text{MPa}$ ，发生在液压缸安装孔的加强筋板上，位于筋板与安装孔下边界的结合处，如图7所示，两固定端应力较大；位移云图显示安装架最大位移量约为0.4mm，发生在安装架中部。此处安装架相当于一个两端固定梁，两端部附近受到集中力，因此应力云图与位移云图显示的应力、位移分布规律均符合实际情况，证明了本次计算有限元模型的正确性。

安全系数取为 $S=1.5$ ，得许用应力 $[\delta]=\delta_s/1.5=150\text{MPa}$ ， $[\delta]>\delta_{\max}$ ，所以安装架强度能够满足安全使用要求；最大变形量为0.4mm，亦满足刚度要求，因此安装架整体能够满足安全工作要求。

5 小结

本文通过分析试验段的安装工艺，根据实际工况确定试验段升降系统采用液压传动，从液压系统设计及结构设计方面采用多种措施，提高升降系统的平稳性、安全性。利用激光位移传感器与比例式流量阀实现液压系统闭环控制，提高多液压缸

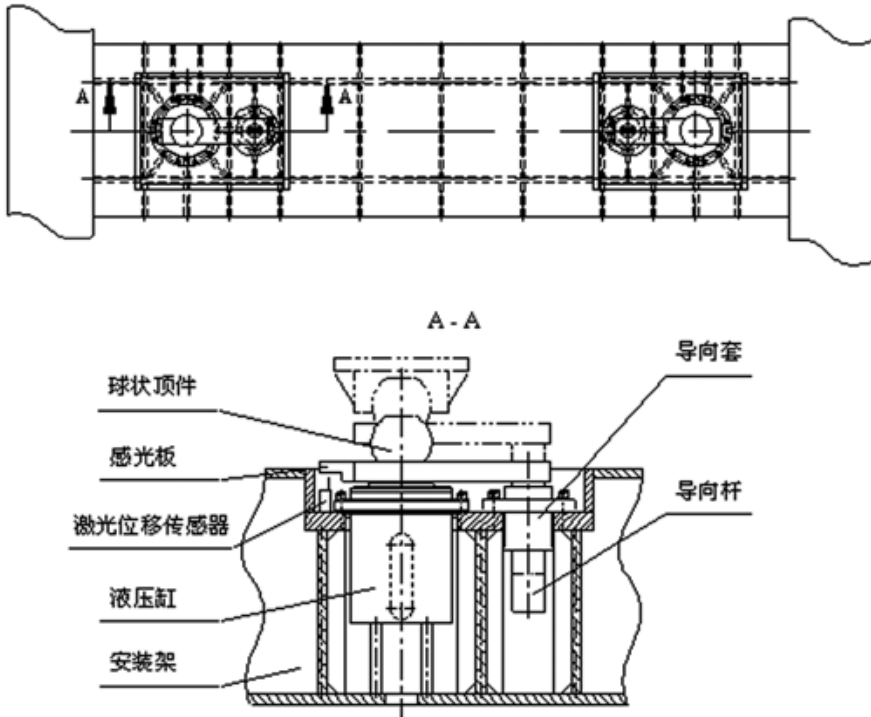


图4 液压缸安装结构图

同步控制精度；采用平衡回路、外泄式液控单向阀等加强系统稳定性及安全性。结构设计方面，在液压缸活塞杆伸出端安装球状顶件及导向装置，加强系统安全。本系统处于设计完成阶段，将在以后安装调试、使用中根据现场问题进一步完善。

参考文献

- [1] 章宏甲,黄谊,王积伟. 液压与气压传动 [M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 张雅琴,张祝新. 关于平衡阀和平衡回路[J]. 机械工程师,2006.1:132-133.
- [3] 鲁鼎. 多液压缸同步控制技术的研究[D]. 江苏科技大学,2013.

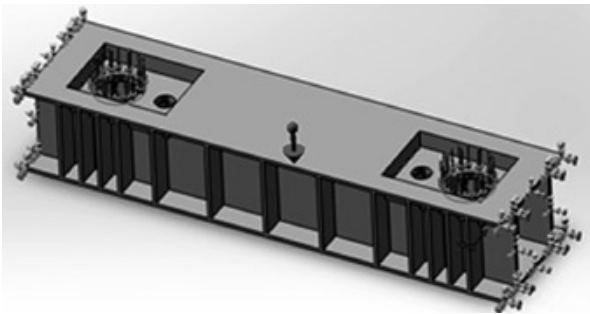
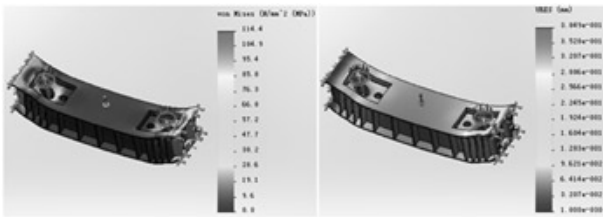


图5 安装架有限元模型



安装架应力云图 安装架位移云图

图6 安装架应力及位移云图

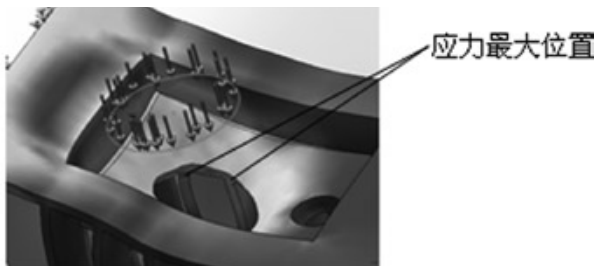


图7 安装架最大应力发生位置

基于实例的蒸汽管道设计问题探讨

张勇 邢志涛 「动力」

摘要: 本文对某项目蒸汽系统的管道设计计算进行了简单叙述,并应用AutoPIPE应力计算软件对管道进行了应力校核计算。同时在二维设计图纸的基础上采用BIM技术对项目进行了建模,协调了蒸汽管道和其它专业管道的碰撞问题,总结出室内蒸汽管道设计时需注意的问题及应用AutoPIPE应力分析软件和BIM软件的流程和方法。

关键词: 管道流阻;管道应力;碰撞检查;BIM技术

1 概论

某制药工程项目动力专业设计内容为生产楼分包装车间一层改造区域(改造面积为1615m²)和原液车间二层改造区域(改造面积为2713m²)的蒸汽管道系统。

本项目蒸汽由市政外线引入生产楼新增蒸汽分配室,计量后经减压阀组将0.6MPa蒸汽减压至0.4MPa,再经分汽缸分四路接出,其中一路在空调机房设置减压阀组减压至0.2MPa,供空调加热和加湿用,其余在设备处自行减压后供各用气点。

2 蒸汽管道流阻计算

2.1 管径计算

蒸汽属于实际气体,不能采用理想状态方程计算,目前采用质量流量与密度的算法,即查出所要计算的蒸汽密度 ρ ,设定初始设计流速 ω ,采用公式(1)得到管道内径 d ,根据内径选用适合的管道规格并对管道进行强度计算,对满足要求的管道计算其实际平均流速。

$$d = 594.5\sqrt{qm / (\rho\omega)} \quad (1)$$

本项目为常年运行的饱和蒸汽管道,一般建议设计流速取15 m/s~25m/s作为初始设计流速,按式(1)计算得到内径 d 后,根据管径重新选取流速。

蒸汽流速的选取遵守管径大时取大值,反之取小值。另外,流速的选择还要考虑年运行时间,年运行时间长者取小值,反之取大值。建议DN100或以下的管径假定流速取15m/s, DN100—DN200之间的管道假定流速取25m/s。

2.2 流阻计算

管道总阻力损失包含沿程阻力损失、局部阻力损失两部分,其中沿程阻力和局部阻力考虑1.15的安全裕度。其中沿程阻力损失采用公式(2)计算。

$$\Delta p_f = 1.15 \left[\frac{\rho\omega^2}{2} \left(\frac{10^3\lambda}{d} \right) \right] \quad (\text{Pa/m}) \quad (2)$$

其中管道摩擦阻力系数 λ 与管道绝对粗糙度、内径及雷诺数等相关,可通过手册查到,普通工业蒸汽管道选用无缝钢管,绝对粗糙度取0.2mm,纯蒸汽管道选用不锈钢管,绝对粗糙度取0.05mm。

下面以0.4MPa的饱和蒸汽蒸汽为例,假设管道为无缝钢管,在不同流速的阻力情况。

(1)当流速为15m/s时,沿程阻力见下表1。

(2)当流速为25m/s时,沿程阻力见下表2。

作者简介:张勇,男,助理工程师,2012年毕业于北京工业大学热能工程专业,现就职于中航建发医药工程设计研究院。

表1 沿程阻力-1

管径 (外径×壁厚)	18×3	25×3	32×3	38×3	45×3	57×3.5	73×3.5	89×4
蒸汽流量 (kg/h)	16.3	40.9	76.5	115.9	172.1	283	493	742.6
沿程阻力 (Pa/m)	1206	689	467	351	269	196	149	107
管径 (外径×壁厚)	108×4	133×4	159×4.5	219×6	273×7	325×8		
蒸汽流量 (kg/h)	1131.9	1768.6	2546.7	4850	7592.8	10807.3		
沿程阻力 (Pa/m)	81	61	49	33	25	20		

表2 沿程阻力-2

管径 (外径×壁厚)	18×3	25×3	32×3	38×3	45×3	57×3.5	73×3.5	89×4
蒸汽流量 (kg/h)	27.2	68.1	127.5	193.2	286.9	471.6	821.7	1237.7
沿程阻力 (Pa/m)	3349	1913	1298	974	748	545	413	296
管径 (外径×壁厚)	108×4	133×4	159×4.5	219×6	273×7	325×8		
蒸汽流量 (kg/h)	1886.5	2947.6	4244.5	8083.3	12654.6	18012.2		
沿程阻力 (Pa/m)	224.4	170	135	91	69	55		

对比以上两表,在0.4MPa饱和蒸汽状态下, DN50~DN100的主管或支干管以及DN50以下支管等的流速可采用15m/s, DN100~DN200的主管或支干管的流速可取25m/s。

3 蒸汽管道应力计算

本项目采用AutoPIPE管道应力计算软件对蒸汽管道进行计算。

管道应力分析的原则是保证管道在设计条件下具有足够的柔性及强度,防止管道因热胀冷缩、管道支承或端点附加位移造成应力超标。

首先需完成管道安装图,图中管道支架的最大跨距参照下表进行设置:

然后采用AutoPIPE管道应力计算软件进行建模,在建模过程中应注意以下几点:

(1)正确选择计算标准。根据设计文件的管道类型选择相应的管道标准,本项目选用ASME B31.3工艺管道标准,其满足我国国标。

(2)正确设置管段标识。设置管段特性标识符时,应体现管道介质类型,避免不同介质的管道共用同一标识符。

(3)合理选择计算管道坐标系。由于本软件建

模时仅有X轴、Y轴和Z轴三个坐标,而没有角度的概念,因此为减少模型难度,轴向选择应使二维图纸管线尽可能多的出现在三个轴向方向上。

(4)正确输入膨胀节数据。在管段中插入膨胀节时,需先计算并选定膨胀节,确定膨胀节布置尺寸,而后在模型中插入管段、膨胀节等并按照样本对膨胀节尺寸、刚度、重量及压力面积等进行设置,注意不要勾选“将偏移应用到系列所有管点”。

(5)冷紧的选取。对于材料在非蠕变条件下工作的管道,冷紧比(即冷紧值与全补偿量的比值)取0.5。对冷紧有效系数,热态取2/3,冷态取1。与敏感设备相连的管道以及对连接转动设备的管道,不宜采用冷紧。

(6)管道支吊架摩擦系数的选取。滑动支架和滚动支架的摩擦系数根据接触部位的材质区分,其中钢对钢的摩擦系数为0.3,在模型中设置支架时输入,支架的间隙应根据支吊架样本设置。

(7)设备连接点的处理。在建模过程中,建议对设备连接处按照固定座进行设置。

建模完成后,对模型进行一致性检查,无误后设置静力分析组,进行静力分析,输出管道应力计算报告书。查阅报告书,看分析结果是否有

表3 支架跨距参照表

管径 (公称直径)	20	25	32	40	50	65	80	100
保温管道 (m)	1.5	1.8	2.0	2.4	3.2	3.9	4.6	5.3
管径 (公称直径)	125	150	200	250	300	350	400	450
保温管道 (m)	6.1	7.0	8.8	9.6	10.6	11.6	12	15

应力超标点,有应力超标点时,需查找最大应力节点,返回模型,重新进行调整修改(包括改变管道走向、插入自然补偿或补偿器、选用弹性支吊架等),然后重新分析,直至报告结果符合规范为止。最后把分析报告结果进行整理,将支架受力结果反馈给结构专业。

4 管道碰撞检查

本项目引入BIM技术协调动力专业管道和其它管道的碰撞问题,在完成二维图纸的基础上,采用Revit 2014软件对项目进行建模。

BIM设计在设计阶段充分考虑了施工阶段可能出现的问题,在设计过程中需要不同专业协作,提高设计质量。

各专业在BIM设计之前需要进行如下操作:

(1)正确布置建筑及结构轴网。取得建筑、结构专业向各专业提供的建筑轴网及柱网图,便于设备及管道布置和定位。

(2)正确设置管道类型参数。按照设计文件中管道遵循的规范添加管道的材质及尺寸,在管道类型中建立项目需要的管道类型,并在管道系统类型中建立项目所需的系统。注意管道类型需要在建模前建立完成,否则后期修改工作量巨大。

(3)收集或自建族库。收集或自建项目所需设备、管道阀门及管道附件族库,要求族在建模时,参考样本修改族参数可以达到设计要求。

(4)正确设置样本文件。建立本专业的样本文件,包括项目所需族、设置(如单位、线样式、线宽、视图和视图比例等)。便于提高后期项目设计效率。

(5)简化并压缩二维图纸。对已有二维图纸进行处理,删除图纸中不必要的部分(如柱、设备图块等),减少文件存储大小,便于BIM设计时链接快捷。

(6)约定建模基点。与建筑及结构专业在轴网及柱网图上约定建模基点且此基点在设计过程中保持不变。

(7)正确设置中心文件。在共享主机内建立本专业中心文件,并在各自电脑内建立本地文件,建模过程中不断更新中心文件便于各专业协作链接采用,使各专业设计与对图同时进行。

各专业BIM设计过程中,管线综合设计易遵照以下原则:

(1)大管优先。空调通风管道、排风管道以及排水管道等占据空间较大,建模时优先布置。

(2)有压管道避让无压管道。无压管道靠重力排水,必须保持一定的坡度。

(3)金属管道避让非金属管道。

(4)电气管线避热避水。

(5)同管径时消防水管避让冷冻水管。

在进行管道综合协调时应重视如下问题:

(1)各专业建模建立的基点不同,造成文件合并困难。建议以建筑模型为准,链接采用原点插入。

(2)部分专业链接CAD图纸后,未将其与建模模型的轴网对齐,造成其模型建立之初就和其它专业存在偏差。

(3)部分管道布置不合理,没考虑其它专业管道安装空间,后期修改困难。

(4)由于空间布置问题,部分坡度管道存在较大高差。

经过合理计算、应力分析和吊顶内管道碰撞检查后,本项目减少了后期配合的工作量,有利于施工单位工作开展,基本达到了设计模型和施工模型的融合。

5 注意事项

蒸汽系统在制药工程动力专业设计内容中占很大比重,在设计过程中运用相关软件进行分析和设计的同时,以下几点同样不可忽视:

(1)室内蒸汽管道设计时,应尽量采用自然补偿,不建议采用波纹补偿器,不仅增加投资,而且额外增加结构专业设计工作,且施工中现场处理使管道改动后,可能有安全隐患。

(2)异径管在受力分析时,是应力集中点,尤其是管径差异很大时,应力集中更为明显,因此,选用此类附件应尤其注意。

(3)BIM建模设计时,需提前约定专业分层、分区布置。管道布置时,需考虑其它管道的安装空间,否则调整困难,影响设计周期。

工业4.0及其对我国国防装备制造 两化融合的启示

晋煜 [工艺]

摘要: 本文通过对德国工业4.0战略背景及其内涵的解读,指出其与我国两化融合战略在本质上高度契合;继而根据我国国防装备制造业两化融合的发展现状与不足,从工业4.0的理念出发,提出其对我国新时期国防装备制造业两化融合深度发展的若干启示。

关键词: 工业4.0;两化融合;国防装备制造业

1 工业4.0战略背景及其内涵

国际金融危机以后,欧美等发达国家开始反思以往大规模离岸外包和制造业空心化对本国创新能力的损害和创新生态系统的破坏,意识到新经济增长必须依靠实体创新而非“去工业化”和过度金融化。在此背景下,欧美各国纷纷推出“新经济战略”和“再工业化战略”,旨在转变以往的经济增长模式,重新重视和回归以先进制造业为代表的实体经济,通过扩大和优化政府投资、加快智能制造的技术创新等,以数字制造技术和新能源技术等高新技术为依托,发展先进制造业和新兴产业,以之引领产业升级和经济发展。其中德国提出的“工业4.0”战略,在全球工业领域引起了极大关注。

“工业4.0”于2011年提出的初衷是通过物联

网等新技术的应用提高德国制造业水平,它在德国被看作是继18世纪60年代至19世纪后期通过蒸汽机实现工厂机械化的“工业1.0”、19世纪后半期至20世纪初采用电力实现产品批量生产新模式的“工业2.0”、始于20世纪70年代并延续至今的电子信息技术驱动制造过程不断提高自动化程度的“工业3.0”之后的又一次工业革命。德国学术界和产业界认为,未来若干年,人类将迎来以虚拟—实体系统(Cyber-Physical System, CPS,又译为信息物理系统)为核心,以生产高度数字化、网络化、智能化为标志的第四次工业革命。2013年“工业4.0”被有关政府部门纳入《高技术战略2020》的十大未来项目中,随后首个德国工业4.0标准化路线图问世,标志着这一战略在国家层面步入实施。德国领导人多次强调,德国想要继续保持工业强国地位,必须实现以数字化工业生产为基本内涵的“工业4.0”。目前德国正致力于设立“工业4.0”标准并积极向欧洲乃至全球推行。

德国的“工业4.0”项目的重点是“智能工厂”和“智能生产”,智能工厂重点研究智能化

作者简介:晋煜,男,高级工程师,1995年毕业于南昌航空工业学院金属腐蚀与防护专业,现就职于中航建发规划咨询研究院。

生产系统及过程，以及基于数据的网络化分布式生产设施的实现；智能生产主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互动以及3D技术在工业生产过程中的应用等。

“工业4.0”强调在生产要素高度灵活配置条件下大规模生产高度个性化产品，实现以物联网、大数据、3D打印等数字化技术为基础的“智能制造”，通过现代信息技术与制造业的融合、制造与服务的融合来提升复杂产品的制造能力以及制造业快速满足消费者个性化需求能力，建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品与服务的生产模式。在这种模式下，传统的行业界限将模糊甚至消失，产业链分工和价值链重心将被重新整合，继而催生新的业务领域和商业模式创新。

2 工业4.0与我国两化融合战略高度契合

我国“以信息化带动工业化、以工业化促进信息化”、促进工业技术和信息技术相融合的两化融合发展战略，为信息化时代我国工业的转型升级指明了方向。2011年4月，我国工信部、科技部、财政部等五部委发布《关于加快推进信息化与工业化深度融合的若干意见》，工信部主持起草制定的《工业企业信息化与工业化融合评估国家标准》及《信息化与工业化融合管理体系》，将工业企业的两化融合划分为单项应用、系统集成、协同创新等几个阶段，其中协同创新阶段的目标，就是通过互联网及各项信息技术的深入应用，实现工业企业产业链的信息协同、资源协同、业务协同和市场协同，最终实现智能生产和柔性制造。

具体而言，就是在产品研发设计方面，除了应用信息技术提高设计效率，还要综合应用计算机技术、网络通信技术、控制技术、大数据、物联网和传感技术，使装备成为信息物理融合系统的一部分；在经营管理中充分运用信息技术实现企业纵向和横向集成，实现管理模式和业务流程的创新，提高经营决策的科学性；在生产制造方面实现智能制造、绿色制造，提高生产的柔性，提高信息资源的利用，向物联网、智慧企业、智慧产业迈进。

“工业4.0”在本质上仍是工业化和信息化的深度融合，被称为“德意志的两化融合”，是具备传统制造业竞争优势的德国在新技术不断涌现

的信息化时代因时制宜，应对劳动力紧缺等自身问题和国际竞争挑战的一种战略，其实质是充分应用信息技术改造传统工业，实现以技术创新引领工业升级，在以先进制造业为重要表现的全球竞争中赢得先机。可以看出，我国和德国处于制造业的不同发展阶段，而我国两化融合战略尤其是协同创新阶段的目标，本质上是和工业4.0的内涵高度契合的。

3 我国国防装备制造业两化融合发展现状与不足

两化深度融合是促进和提高国防装备制造业“三效”（效率、效益、效果）、“三力”（生产力、创新力、竞争力）、“三降”（降低成本、降低能耗、降低物耗）的重要工具，是支撑国防装备制造业自主创新、实现“小核心、大协作”、提高资源配置效率、促进优势产业链和军民融合区域特色产业集群形成的主要手段，其发展趋势表现为集成化、协同化和服务化：

集成化——从重点支持产品设计制造向支持产品全生命周期管理发展；从进行企业内业务集成向跨地区、跨企业、跨行业甚至跨国界的全球业务集成拓展；

协同化——“小核心、大协作”和更高的资源配置效率要求通过信息协同、资源协同、业务协同和市场协同，实现跨行业协同、军民协同、产业协同、企业协同；

服务化——以公共服务平台为基础，采用一对多的服务方式，提供制造业信息化的应用服务，支持企业的业务过程、实现企业间的信息和业务集成。

近年来，随着互联网、数字化技术的快速发展，通过两化融合战略的实施和推动，与传统机械加工制造模式相比，我国国防装备制造业在产品的设计、工艺规划设计与管理、零件制造、装配、产品检测、物料配送与供应链管理、售后服务等产品全生命周期的各环节都发生了革命性的改进，企业生产效率和产品质量水平得以大大提升。

以航空装备制造为例，其产品设计经历了从二维手工制图到全三维数字化产品定义，从串行设计到面向制造的并行协调设计的演进；产品协调逐步从模线——样板——标准样件的模拟量

协调过渡到全三维数字量协调模式；工艺设计逐步从二维离散式手工编制向基于知识的全三维结构化自动工艺设计方向演进，工艺仿真技术的应用打破了“设计—制造—评价”和“实物验证”这一传统模式，突破了传统二维装配工艺设计需要实物验证、周期长、效率低的瓶颈，工艺、工装的有效协同确保了在设计阶段即可消除潜在的装配冲突与缺陷，确保了设计阶段的产品可制造性与可维护性，实现了真正意义上的数字化并行工程；在零件制造方面，机械加工已实现依据产品三维设计模型快速编程和仿真，部分车间建立了车间物联网，依据设备的使用情况和需求自动排产；铸造、锻造、热处理及表面处理工艺也开始进入自动控制、数字量数据传递时代；钣金成型技术由手工成型逐步向柔性多点模精确成型发展，应用仿真技术可以提前预判零件的成型工艺性，采用回弹补偿技术，降低零件返修率，缩短零件制造周期30%以上；复合材料制造从按样板手工铺叠发展到按三维模型数控下料、自动铺叠；飞机装配模式逐步从大型复杂刚性工装“一对一”手工装配模式逐步向自动化系统“一对多”柔性装配模式发展等；物料配送和供应链管理发生了根本性变化，例如标准件配送和采购逐步由“干一备三”的大批量库存、年终盘点、手工计数领用的传统模式向标准件自动拣选、按需采购、零库存或适度备货的模式转变等等。

与此同时，我们也应看到，与世界发达国家相比，我国以航空装备制造为代表的国防装备制造业的数字化、网络化、智能化程度还存在不小差距，主要表现在：

(1)尚未建立起符合国防装备制造特点的、行之有效的信息化行业标准、专业标准、系统标准、认证标准；

(2)国防装备制造的关键重要数字化加工设备关键零部件、核心基础部件及软件主要依赖进口；

(3)信息化应用主要停留在单元技术或集成技术的初级应用，信息化孤岛现象严重，离设计制造全面集成和经营管理一体化还有很大距离；

(4)公共服务平台建设尚处在初创发展阶段，难以对包括众多民口企业在内的国防装备制造体系起到有效支撑作用，需进一步培育、壮大和支持面向国防装备制造业的公共服务平台和专业化服务能力；

(5)具有自主知识产权的国防装备制造业软件产品研发与产业化面临较大挑战，产品兼容性、集成性、适应性、稳定性差，尚不完全具备集成平台与综合系统的开发能力；

(6)国防装备制造信息化建设总体投入力度小，具备信息、IT、科技和管理知识的综合性信息化人才匮乏。

4 工业4.0对我国国防装备制造两化融合的启示

工业4.0战略与我国的两化深度融合有若干相通之处，关注、认识、学习和借鉴工业4.0的理念，对破解我国国防装备制造业两化融合深入发展面临的阶段性矛盾，促进国防装备制造业转型升级与提质增效具有重要的现实意义。通过对德国工业4.0战略的分析解读，结合我国国防装备制造信息化发展现状，我们认为，目前我国国防装备制造业的两化深度融合发展，要深入研究、重点解决以下问题：

(1)建立国防装备制造的信息化标准管理体系

标准是行业的通用语言，是跨越企业边界进行分工协作的基础，也是连通“信息孤岛”的桥梁和信息化成败的关键。在市场化条件下，围绕型号任务和制造项目建立国防装备制造的统一的信息化标准管理体系，制定两化融合共同基础标准，统一IT架构，是国防装备制造企业协同、行业协同乃至跨行业协同和军民融合深度发展的必然要求。在现阶段，应由国家有关部门牵头，会同产业界、学术界，尽快制定国防装备制造的信息化协同专项基础标准和管理体系标准，搭建参照架构，以引导相关企业的纳标、贯标和信息化协同工作。

(2)保障国防装备制造两化融合的信息安全

国防装备制造涉及国家秘密，信息安全和保密问题是不可逾越的红线。在物联网、大数据、云计算等新技术应用环境下，在推进高端制造装备数字化、智能化、网络化，使装备成为虚拟—实体融合系统(CPS)的有机部分并有效推进协同化的同时，应强化高速互联专用网络建设，建立连接跨地区、跨行业的国防装备制造供需双方，涵盖市场需求和技术信息等的专用保密网络和数据信息传输通道，防止敏感数据信息泄露、确保关键信息安全需要。

(3)突破关键核心元器件和软件工程化应用等技术瓶颈

用于数据采集的传感器件和高端数字化设备控制系统软件是国防装备制造信息化建设的重要物质基础,也是制约我国国防装备制造乃至制造业信息化创新发展的一大瓶颈,有必要加大投入,凝聚力量,在政府引导下,依靠市场机制推动官产学研用社会化大协作,争取获得技术突破,促进相关科研成果转化为现实生产力,缩短原理样机和工程化应用的周期,尽快摆脱对外依赖,实现自给自足。

(4)建立国防装备制造信息化专业人才培养渠道

工业4.0的核心在于人机关系的深刻变革。我国装备制造信息化高端适用专业人才严重匮乏,已成为阻碍两化深度融合发展的障碍。应加大高技能人才队伍建设力度,建立国防装备制造信息化专业人才培养渠道,抓紧培养急需紧缺的相关专业技术人才和经济管理人才,充分发挥企业、科研院所、高校、职业院校和其他培训机构的平台作用,形成良好的创新人才培养模式,建立起校企联合培养人才的长效机制,同时加强海外高层次人才和国外智力的引进工作,尽快和国际先进模式接轨,为国防装备制造信息化发展提供人力支撑。

(5)加强国际技术合作和交流,构建跨国产业技术联盟

德国等发达国家拥有先进装备制造业产业技术和效率优势,而我国拥有较大的产品、技术市场需求和较低的人力成本,两者处于制造业发展的不同阶段,国际合作互补性较强。我国应积极拓展和强化与德国等先进国家的技术合作和交流,构建产业技术联盟,加强创新合作机制建设,设立跨国技术合作研发中心,加大基础研究和技术创新研究投入,共享研发成果,推动我国装备制造两化融合向更高阶段迈进。

参考文献

- [1] 陈志文.“工业4.0”在德国:从概念走向现实[J].世界科学,2014(5):6-13.
- [2] 杜品圣.智能工厂——德国推进工业4.0战略的第一步(上)[J].自动化博览,2014(1):22-25.
- [3] 宋大晓,韩龙宝,龙舟.德国工业4.0对国防科技工业信息化建设的若干启示[J].中国军转

民,2015(2):66-67.

[4] 丁纯,李君扬.德国“工业4.0”:内容、动因与前景及其启示[J].德国研究,2014(4):49-64.

[5] 郭洪杰.中国航空制造离工业4.0有多远?[N].中国航空报,2014-07-17.

绿色节能技术在中航投资大厦超高层中的应用

孟凡兵「暖通」

摘要: 以绿色节能与环保为主导理念,结合超高层建筑物的地理环境和结构特点,以满足不同功能使用需求为主线,兼顾投资、运行、回收等综合效益,从冷源到末端,从控制到调节的各个环节,充分利用空调领域的节能环保技术,诸如变频技术、自由冷却、能换回收、变风量技术,实现操作性强节能环保系统。

关键词: 节能;自由冷却;变风量

0 引言

面对能源危机和环境变迁,低碳排放,绿色节能是当今建筑领域的主题。中国宣布2020年减排目标,碳排放下降40~50%。在具体的每一个工程项目中,如何因地制宜、积极采用节能环保技术,是每位设计者的绿色使命。

中航投资大厦是中航工业集团在北京的一个重要的财富标志性建筑,作为对外交流的窗口,建筑本身应成为绿色节能环保的典范。

绿色节能技术名目繁多,但不同区域的资源利用方式和适宜性存在较大差异,不能盲目采用,应具体分析合理使用。

1 概况

中航投资大厦位于朝阳区崔各庄乡大望京村、望京2号地中的626地块。总建筑面积为13.648万 m^2 ,地上43层、建筑面积约为9.148万 m^2 ,地下五层、建筑面积约4.5万 m^2 ,为建筑高度

220m的超高层5A甲级写字楼。商业主要为写字楼配套商业,见图1。

本项目地下主要包括地下车库(地下四层局部和地下五层局部含战时六级物资库及二等人员掩蔽所)、员工餐厅、商业和设备用房等;地上包括大堂、银行、餐饮、高级办公和普通办公、会议等功能,分为裙房、塔楼的低区、中区和高区,共设置2个避难层。



图1 中航投资大厦效果图

作者简介:孟凡兵,男,研究员,1998年毕业于哈尔滨建筑大学暖通专业,现就职于中航建发建筑设计研究院。

2 设计目标理念

工程建设要达到国家绿色二星设计、运营标识；LEED-CS金级认证标识。在项目设计中坚持以“绿色建筑”和“节能减排”为设计思想，定位为甲级5A写字楼，把项目打造成中航工业集团在北京的一个重要的财富标志性项目。

3 冷、热源

3.1 建筑物冷、热负荷

(1)总冷负荷为12500KW。冷负荷指标：(总建筑面积)：91w/m²。

(2)总热负荷：9000KW。热负荷指标：(总建筑面积)：65w/m²。

3.2 空调热源

(1)本建筑空调、采暖用热水采用市政热力管网间接供热，一次热水引市政外网，总换热站位于地下4层的动力站内。总站内设两组套一次板式换热机组，一套供低区，二次水温60/50℃。一套供中、高区，二次水温95/65℃，二次供至第一避难层，通过二次板换机组置换出60/50℃的热水供

中、高区。中高区二次板换机组分别设置。

(2)换热机组自带温度和流量自动控制系统，每台机组均自带BA接口，采用变流量运行。

3.3 空调主要冷源

空调主要冷源采用水冷式冷水机组，机组置于地下4层的制冷站内。采用三大一小的机组匹配方式，即：3台离心式冷水机组，1000RT/台，电压为10KV；1台螺杆式冷水机组，500RT/台，电压为380KV。如图2所示。

一次冷冻水温设计为6/11°。空调冷冻水系统采用泵闭式循环系统，冷冻循环水泵与主机对应设置，结合机组的冷冻水可变流量特性，一次泵设置变频控制器，在保证主机最小流量的范围内，通过自控系统，系统流量根据末端负荷变化，变流量运行，最大限度减少输送能耗，提高制冷系统综合能效比。总供回水管之间设压差控制旁通阀。

冷却水系统设置小球清洗装置，以清除冷水机组换热器的结垢，提高化热效率，采用循环水旁流处理器，以保证冷却水质。

冷却塔置于裙楼屋面室外通风良好处，其中两台冷却塔冬季设置房冻设施，在初冬、冬季

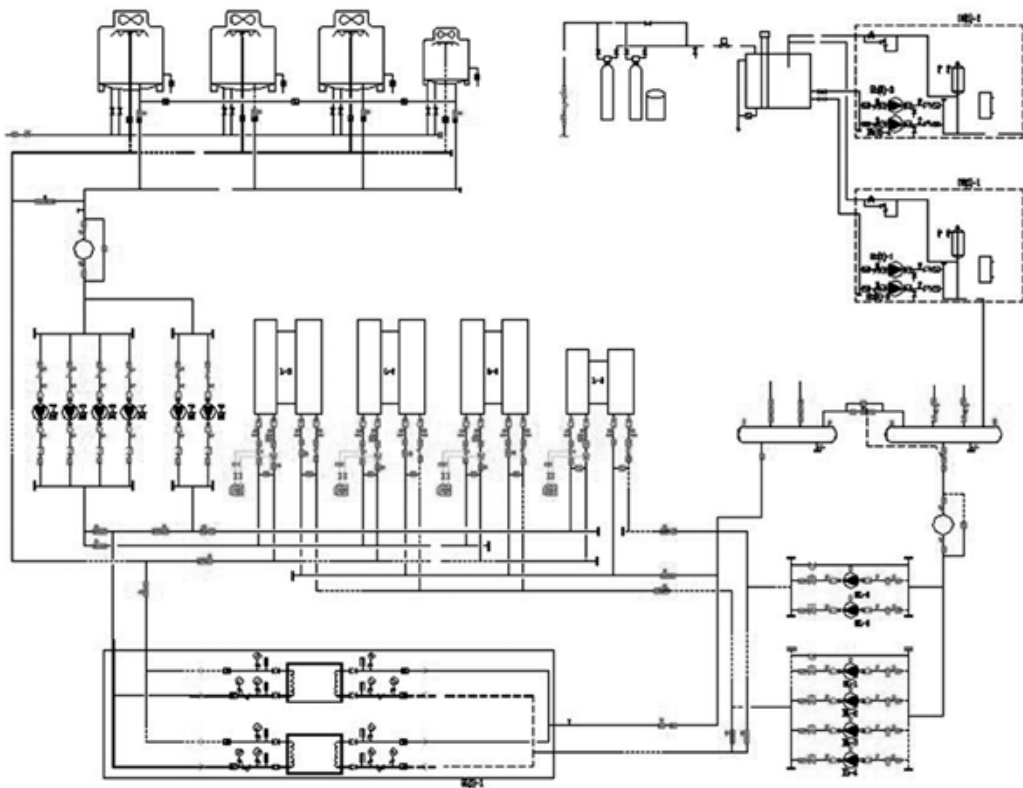


图2 制冷站原理图

和冬末可提供冷却水供冷。制冷站房内设置冷却水板换机组，置换出冷水直接供空调末端系统使用，实现免费区冷，最大限度减少开启冷机时段，节能运行。

3.4 租户冷却水系统

内区设备计算冷负荷为2100KW，含电梯机房，网络机房、配电房、弱电间、金融机构设备等负荷。

设置24小时租户冷却水循环系统，为各类设备机房等提供24小时冷却水。根据压力分布需求，中、高区设置一套闭式冷却塔。置于塔楼屋面，低区设置一套闭式冷却系统，置于裙楼屋面。有恒温恒湿要求的重要站房等亦通过本循环冷却水将热量带走，满足常年运行需要。

24小时租户冷却水循环系统设置变频控制装置，采用变流量运行，可根据租户需求用水量自动调节，实现节能运行，冬季采取相应防冻措施。

4 供热系统设计

(1)局部区域如一层入口大厅、高区行政办公等设置地板辐射采暖系统，冬季辅助空调热风供热。

(2)低区采用风机盘管或集中空调热风供热。

(3)中、高区采用VAV系统区域的供热如下：在周边外区吊顶内设置风机动力型再热盘管，满足冬季外区供热需要和夜间值班供热。当内外区均出现供热需求时，VAV空调机组可切换至供热。

(4)供热系统按照建筑分区，以避难层为界分高、中、低三个区：

①低区供热换热机组置于地下室动力站房内，由市政一次热水置换出二次侧为60/50°的热水，地下室和低区采用二次水；低区系统工作压力小于1.2MPa。

②中区供热换热机组置于避难层1层，由动力站提供的95/65°的二次热水进行换热，置换出60/50°热水为中区服务；中区系统工作压力小于1.2MPa。

③高区供热换热机组置于避难层1层(避免热水接力换热，减少换热损失)。由动力站提供的95/65°的二次热水进行换热，置换出60/50°热水为高区服务；高区系统的末端设备工作压力小于1.2MP，换热机组二次侧工作压力小于2.0MPa。

5 空调水系统设计

(1)空调水系统为闭式循环系统，采用四管制。

(2)按照建筑分区，以两个避难层为界，空调水系统分高、中、低三个区，

①低区直接采用冷冻机提供的6/11°的一次冷冻水，为地下室和低区服务；低区系统工作压力小于1.2MPa。

②中区冷冻水换热机组置于避难层1层，由动力站提供的6/11°一次冷冻水进行换热，置换出7/12°冷冻水为中区服务；中区系统工作压力小于1.2MPa。

③高区冷冻水换热机组置于避难层1层，(避免冷冻水接力换热，减少换热损失。)由动力站提供的6/11°一次冷冻水进行换热，置换出7/12°的冷冻水为高区服务；高区系统的末端设备工作压力小于1.2MP，换热机组二次侧工作压力小于2.0MPa。

(3)负荷侧的空调机组、新风机组冷(热)水出口设置动态平衡电动调节阀，风机盘管设电动两通阀，风机盘管水系统支路设置自力式压差平衡阀。

6 空调风系统设计

(1)中庭、入口大厅、多功能厅等大空间区域空调系统采用低速风道全空气系统，全空气系统均采用双风机系统，过渡季可实现100%全新风运行。减少冷机运行时间。

(2)低区：办公室的等小空间区域采用四管制风机盘管加独立新风的系统，有利于减少新风机房面积，减少低区吊顶内占用空间，从而提供更大的使用空间。新风机组为全热回收新风机组，设置初效、高压静电中效过滤器，加湿器采用湿膜循环水加湿器。

(3)中区和高区

①空中大堂采用定风量全空气系统。可实现最小新风~50%的新风调节。

②中、高区办公区采用全空气变风量空调系统，有利于提高空气品质。可实现最小新风~50%的新风调节。新风、排风集中通过竖井从避难层引入引出，在避难层设置集中的热回收机组，热回收机组风机采用变频控制，通过风道静压控制送排风量。

③变风量空调系统采用单风道型，每层设置

两台空调机组，分别为西南朝向和东北朝向服务。

④内区采用单风道变风量末端装置，外区采用并联风机动力型变风量末端装置，带再热盘管。末端装置均采用压力无关型。

⑤变风量系统风量调节采用定静压法，系统静压点设置在离空调机组出口约1/3处的主风管上。

⑥新风系统集中设置在避难1层、避难2层和屋面，机组带冷、热盘管和热回收装置，新风处理到室内状态等焓线。风机采用变频运行，根据送风机内风压自动调节送、排风量。为减少井道面积，新风最大比例取总送风量的50%，新风分别从中高区的井道两端送、排，减少送、排风阻力的同时，节剩井道面积。

(4)高区部分行政办公层采用风冷型多联式空调(热泵)系统加新风热回收系统，冬季采用地板辐射供热。运行灵活方便。

(5)新风设置热回装置，额定热回收效率不小于60%。节能运行。

(6)地下档案库房、网络机房等有湿度要求的机房采用冷却水型机房专用空调。

7 系统的控制与计量

(1)本工程空调、通风自动控制系统采用直接数字DDC控制系统，控制系统软件功能包括：设备优化启停、台数控制、各控制点状态显示、动态图形显示等。除少数就地使用的风机、卫生间排气扇、分体空调器等以外，其他大部分设备可以在中控室进行远距离启停。

(2)制冷站设置机房群控系统，通过计算机集中控制实现最大限度的节约能源和运行费用，群控系统预留远程控制接口，可接入BA远程监控。

(3)独立冷热源的空调系统自带控制系统，预留BA接口，实现远程监控，分体空调除外。

(4)空调冷热水系统均设置冷热计量装置，动力站设置总冷、热计量，每个区域设置分表，数据能够远传至中控制。

8 小结

针对二星级和LEED-CS目标，结合本工程的实际情况和绿色建筑条款，本专业所能采取的技术措施小结如下：

(1)地下空间的利用：将动力站房置于地下4层，节省地上空间。

(2)结合离心机的冷冻水可变流量特性，一次泵设置变频控制器，在保证主机最小流量的范围内，通过自控系统，系统流量根据末端负荷变化，变流量运行，最大限度减少输送能耗，提高制冷系统综合能效比。节省运行费用。

(3)二次冷、热水泵均为变频水泵，可随末端负荷变化自动调节。

(4)设置冷却塔自由冷却，在初冬、冬季和冬末可提供冷却水供冷。实现免费取冷，最大限度减少开启冷机时段，节能运行。

(5)大空间区域全空气空调先采用双风机系统的设计，可以实现过渡季节全新风运行，避免或少开主机。排风设置热回收。

(6)中、高区VAV空调系统，变频运行，可最大限度实现新风调节运行。

(7)当建筑物处于部分冷热负荷时，末端能够有效调节，避免集中空调一开就开的不合理运行方式。

(8)设置24小时租户冷却水循环系统设置变频控制装置，采用变流量运行，可根据租户需求用水量自动调节。

(9)空调、通风设有自动控制系统，最大限度实现节能运行。

(10)冷热源按系统进行计量。

(11)空气质量检测：人员密集区域设置二氧化碳检测，并与新风阀连锁。

高烈度区某高层框架—剪力墙结构设计

李世成 王倩 「结构」

摘要: 本文介绍了高烈度区某高层框架—剪力墙结构的设计过程,针对其平面不规则、地震作用大、存在长悬挑构件的特点,从概念设计、整体计算、悬挑构件设计、节点核心区验算、楼盖选型等方面逐一展开,对值得注意的问题进行了分析和研究,以期对类似结构的设计有一定的借鉴。

关键词: 概念设计;悬挑构件;节点核心区;楼盖选型

1 概述

1.1 工程概况

本工程为某科研办公楼,总建筑面积约 36014m^2 ,一层地下室,地上分为塔楼和裙房两部分,设防震缝分开。主要功能为科研、办公、公寓及配套服务等。建筑设计理念为叠放的两本书,效果图,见图1。

塔楼高度为 64.5m ,地上16层,顶层有局部出屋面设备间,首层和标准层平面如图2所示。首层和16层层高为 5m ,2~3层层高为 4.5m ,4~8层和15层层高为 3.9m ,9~14层层高为 3.6m 。基本柱网为 $8.7\text{m}(7.5\text{m})\times 8.4\text{m}$ 。

结构设计使用年限为50年,建筑安全等级为二级,抗震设防类别为标准设防类(丙类)。拟建场地抗震设防烈度为8度(0.20g),设计地震分组为第一组,建筑场地类别为III类。根据场地地震安全评价报告,多遇地震影响系数最大值 $\alpha_{\text{max}}=0.17$ (规范为 0.16),特征周期 $T_g=0.50\text{s}$ (规范为 0.45s)。基本风压为 $0.45\text{kN}/\text{m}^2$,地面粗糙度为B类,基本雪压为 $0.40\text{kN}/\text{m}^2$ 。

1.2 概念设计

由于建筑功能要求,建筑物中部设有交通核区域,平面有局部突出和凹进,见图2。其结构平



图1 建筑效果图

面规则性指标如表1所示。由表1看出,本工程有一项指标超标,属于平面不规则结构。

由于建筑高度超过 40m ,框架结构已不满足规范要求,因此必须加剪力墙。根据建筑布局,在楼梯间、电梯间布置剪力墙较为合理,这样既不影响使用功能,又能保证墙体沿竖向的连续性。

所以,根据规范和建筑功能要求,采用了框架+剪力墙的体系,但是由于剪力墙的布置形成筒体,亦可认为是框架+核心筒体系。但最终本方案结构体系定为框架—剪力墙结构体系,原因在于典型的框架—核心筒结构应该如图2中阴影部分所示,本结构多了几跨突出的框架,不属于严格意义上的框架—核心筒体系,并且按照框架—剪力墙体系进行结构计算,其抗震构造措施相对较低,更加经济合理。

作者简介:李世成,男,助理工程师,2013年毕业于同济大学结构工程专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

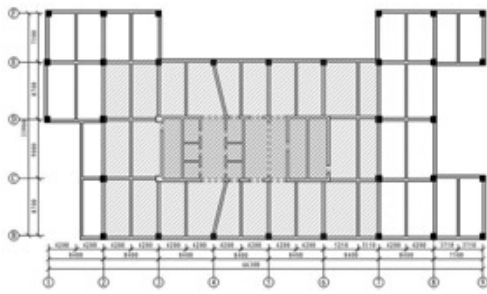


图2a 首层平面图(1~3层)

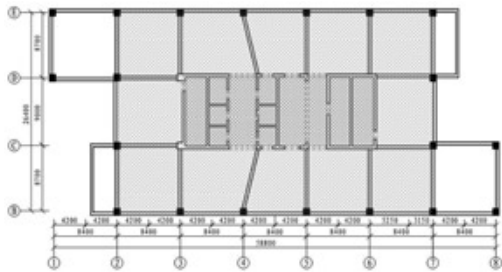


图2b 标准层平面图(4~16层)

表1 结构平面规则性指标

类别	1~3层	4~16层	规范限值
长宽比L/B	1.96	2.23	≤5.0
突出部分之比	l/Bmax	0.26	≤0.30
	l/b	1.16	≤1.5

2 结构整体计算

塔楼采用钢筋混凝土框架-剪力墙结构，剪力墙厚度为400mm、300mm、200mm，框架柱截面尺寸由800mm×900mm往上递减为700mm×800mm，框架边梁截面尺寸为400mm×800mm(b×h)，框架中梁截面尺寸为400mm×650mm(b×h)。墙、柱混凝土强度等级为C60~C40，梁、板混凝土强度等级为C35，钢筋采用HRB400。剪力墙和框架的抗震等级均为一级。

本工程采用中国建筑科学研究院编制的多高层建筑结构空间有限元软件SATWE计算(计算模型见图3)，嵌固端取为地下室顶板。分析时采用考虑扭转耦联振动影响的振型分解反应谱法并考虑偶然偏心的影响。结构整体指标计算结果见表2，均满足规范要求。整体结构计算模型见图3。

需要指出的是，本工程结构基本周期处于反应谱下降段($T_g \sim 5T_g$ ，如图4所示)，地震作用会比一般8度区III类场地建筑增大。

经计算，其基本周期地震影响系数增大约

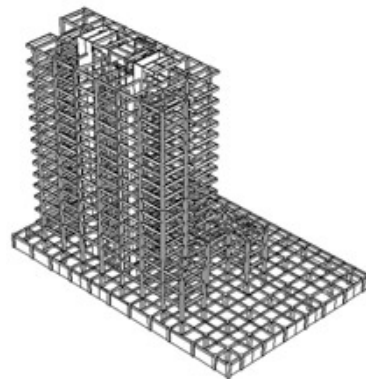


图3 整体结构计算模型

表2 结构整体指标

模型	塔楼	规范限值
周期(s)	T1-Y	1.3856
	T2-X	1.3458
	T3-R	1.2403
扭平周期比		0.895
地震作用下最大层间位移角	X	1/1061(8F)
	Y	1/971(13F)
规定水平力下扭转位移比	X	1.13
	Y	1.39
剪重比(%)	X	6.37
	Y	6.33
刚重比(%)	X	10.38
	Y	9.08
底部框架承担的倾覆弯矩(%)	X	20.07
	Y	16.62

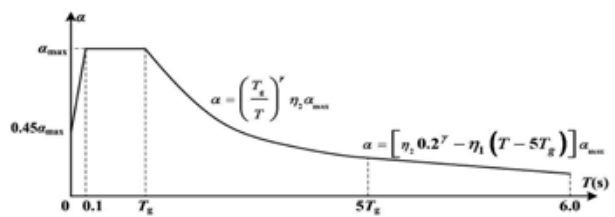


图4 规范反应谱

16.8%，基底剪力增大约13.2%，梁柱配筋亦应增大。

框架-剪力墙结构的计算模型较为敏感，整体计算指标如扭平周期比、扭转位移比一般较难满足规范要求，因此在设计过程中，建议剪力墙的布置尽量使结构的质量中心和刚度中心重合，另外尽量减少在剪力墙角部布置墙洞和板洞，亦可以对连梁采取不同的刚度折减系数，这些方法都可以使整体指标大为改善。

3 悬挑构件设计

本工程存在悬挑部分,其悬挑长度为3.4m(>2m),根据《高规》4.3.2条,应考虑其竖向地震作用,并按照包含竖向地震作用组合在内的弯矩包络值进行配筋设计。

由于悬挑跨度小于5m,根据《高规》4.3.15条,可采用简化方法计算竖向地震作用,即将悬挑部分的重力荷载代表值乘以竖向地震作用系数作为竖向地震标准值进行荷载组合,见图5。

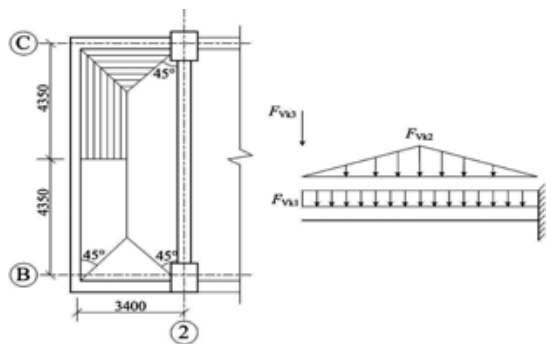


图5 竖向地震作用计算简图

对于悬挑梁而言,其重力荷载代表值的计算简图如图5所示,可分为三部分,梁自重及其上墙体自重(G_{E1})、所承担的板自重及活载(G_{E2})、所承担的封边梁自重及其上墙体自重(G_{E3})。故:

$$F_{vki} = \alpha_v G_{Ei} \quad (i=1,2,3)$$

其中, α_v 为竖向地震作用系数,取0.1。

得到竖向地震作用后,可计算出梁端弯矩标准值 M_{Evk} , 然后根据《高规》5.6.3、5.6.4条,计算出考虑地震作用组合的梁端弯矩设计值 M_1 。将 M_1 与 PKPM 计算的梁端弯矩包络值比较,取较大值配筋。

以第9层悬挑梁为例说明以上计算过程。悬挑梁的尺寸为400mm×850mm,所承担的楼板面积为图5阴影部分的面积。楼面恒载为6.8 kN/m²,活载为2.0kN/m²。悬挑梁上的墙体荷载为10.4 kN/m,悬挑板封边梁截面尺寸为300×850,其上墙体荷载为7.3kN/m。

故悬挑梁的竖向地震作用标准值:

$$F_{vk1} = \alpha_v G_{E1} = (0.4 \times 0.85 \times 25 + 10.4) \times 0.1 = 1.9\text{kN/m}$$

$$F_{vk2} = \alpha_v G_{E2} = (6.8 + 0.5 \times 2) \times 1.65 \times 0.1 = 1.3\text{kN/m}$$

$$F_{vk3} = \alpha_v G_{E3} = [(6.8 + 0.5 \times 2) \times 5.65 + (0.3 \times 0.85 \times 25 + 7.3) \times 4.35] \times 0.1 = 10.3\text{kN}$$

悬挑梁端由竖向地震作用引起的弯矩标准值:

$$M_{Evk} = 0.5 \times 1.9 \times 3.42 + 0.25 \times 1.3 \times 3.42 + 10.3 \times 3.4 = 49.8\text{kN} \cdot \text{m}$$

根据PKPM计算结果,梁端弯矩标准值见表3。

表3 PKPM计算结果

荷载类别		数值(kN·m)
恒载		507.4
活载		42.8
风荷载	X	0
	Y	4.2
地震	X	-22.3
	Y	35.7
	竖向	49.8

根据《高规》5.6.3、5.6.4条,考虑竖向地震的组合弯矩设计值为:

$$M_1 = 1.2 \times (507.4 + 0.5 \times 42.8) + 0.2 \times 1.4 \times 4.2 + 0.5 \times 35.7 + 1.3 \times 49.8 = 718.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

而不考虑地震作用组合的弯矩设计包络值为:

$$M_2 = 1.35 \times 507.4 + 1.4 \times 0.7 \times 42.8 = 726.9 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_1$$

经逐一计算,考虑地震作用组合的弯矩设计值 M_1 均不起控制作用,按电算结果配筋即可。

4 节点核心区抗剪验算

由于梁柱节点处框架梁、框架柱的混凝土标号最多相差5级,并且框架梁偏心设置,因此需要补充验算节点核心区的抗剪承载力。

梁柱节点处混凝土的强度应根据梁板、柱的混凝土强度等级折算,国外规范对此有过规定,本工程计算时采用的公式如下:

$$\text{对于中柱} \quad f_{ce} = 0.25 f_{cc} + 1.05 f_{cs} \leq f_{cc}$$

对于边柱分两种:

$$\text{无梁楼板} \quad f_{ce} = 0.45 f_{cc} + 0.68 f_{cs} \leq f_{cc}$$

$$\text{有梁楼板} \quad f_{ce} = 0.05 f_{cc} + 1.32 f_{cs} \leq f_{cc}$$

$$\text{对于角柱} \quad f_{ce} = 0.38 f_{cc} + 0.66 f_{cs} \leq f_{cc}$$

式中, f_{ce} ——梁柱节点处混凝土折算强度;

f_{cc} ——柱的混凝土强度;

f_{cs} ——楼板(梁)的混凝土强度。

得到梁柱节点处混凝土的折算强度后,根据《混规》11.6节的有关规定便可验算节点核心区的抗剪承载力。其中,节点核心区的剪力 V_j 和相应的节点上柱底部的轴向力 N_j 均可从PKPM的计算结果文件中得到。

以第九层边柱节点为例(2轴与C轴相交处)来说明以上计算过程,柱截面尺寸为700mm×800mm,节点梁柱布置见图6。

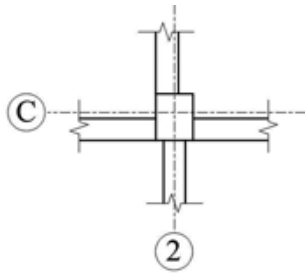


图6 梁柱布置图

柱混凝土强度等级为C50，梁、板混凝土强度等级为C35，则节点核芯区混凝土折算强度等级：

$f_{ce} = 0.05 f_{cc} + 1.32 f_{cs} = 0.05 \times 50 + 1.32 \times 35 = 48.7 \text{ MPa}$ ，可按C45混凝土取值。X方向验算：

根据《抗规》附录D计算如下：

$$M_{bl} = 1.2 \times (507.4 + 0.5 \times 42.8) + 0.2 \times 1.4 \times 4.2 + 0.5 \times 35.7 + 1.3 \times 49.8 = 718.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{br} = 1.2 \times (-179.3 - 0.5 \times 11.1) + 0.2 \times 1.4 \times 22.9 + 1.3 \times 522.1 = 463.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

故取 $\Sigma M_{bx} = 1182 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$V_{jx} = \frac{\eta_{jb} \sum M_b}{h_{b0} - a'_s} (1 - \frac{h_{b0} - a'_s}{H_c - h_b}) = 2090 \text{ kN}$$

$N = 6620 \text{ kN} > 0.5 f_c A = 0.5 \times 21.1 \times 700 \times 800 = 5908 \text{ kN}$ ，取 $N = 5908 \text{ kN}$

节点核芯区有效验算宽度：

$$b_j = \min\{b_c, 0.5(b_b + b_c) + 0.25h_c - e\} = \min\{800, 0.5(400 + 800) + 0.25 \times 700 - 200\} = \min\{800, 575\} = 575 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{\gamma_{RE}} (0.30 \eta_j f_c b_j h_j) = 2997 \text{ kN} > V_{jx} \text{ 满足。}$$

$$V_{jx} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (1. \eta_j f_t b_j h_j + 0.05 \eta_j N \frac{b_j}{b_c} + f_{yv} A_{svjx} \frac{h_{b0} - a'_s}{s})$$

解得 $A_{svjx} \geq 335.6 \text{ mm}^2$ 。

由于X方向需计入竖向地震作用，故其节点核芯区剪力 V_{jx} 不能直接采用软件计算结果，而Y向则不存在这个问题，可以直接采用软件结果，计算过程与X向类似，本文略去。

经计算，发现节点核芯区的箍筋配筋量与计算结果相差较大。因此，在以后的工程中，尤其是节点处梁偏心设置的情况，不能忽视核芯区箍筋的验算。

5 楼盖选型

本项目甲方对结构经济性有较多关注，因此我们对楼盖结构进行了必选，主要是对大板方案和主次梁方案进行比较。应该说，从结构安全角度讲，两种

方案都能满足规范要求，但大板方案可以提高室内净空高度，提升建筑品质，施工也较简便；主次梁方案虽没有这些优势，但造价可能会相对低廉。为全面比较两者优劣，我们建了两个模型进行对比，见图7。

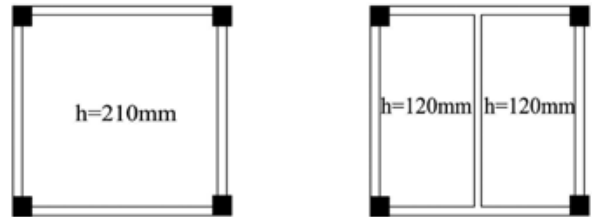


图7 方案对比

如图7所示，大板方案的板厚取为210mm；主次梁方案沿Y向在跨中布置次梁，次梁截面为300mm×600mm(b×h)，板厚120mm。经过计算，两种方案梁板的每平方米混凝土用量及钢筋用量见表4。从表中可以看出，主次梁方案更加经济。

另外，计算结果显示主次梁方案的结构整体刚度略大，层间位移角比大板方案小3%左右。根据建筑条件，塔楼9~14层不做吊顶，因此建筑倾向于在这些楼层做大板。

综合以上各方面因素，最终方案为除9~14层做大板外，其余楼层均做主次梁。

表4 材料用量对比

	大板方案	主次梁方案
砼用量(m ³ /m ²)	0.23	0.18
钢筋用量(t/m ²)	28.12	26.31

6 结语

本工程多遇地震影响系数最大值 $\alpha_{max} = 0.17$ ，特征周期 $T_g = 0.50s$ ，地震作用较常规8度区III类场地建筑更大，而且存在大跨度悬挑结构，结构设计有一定复杂性。在设计中，要注重初期概念设计，计算过程中对重要构件和关键节点应进行手算复核，同时施工图设计中要注意建筑造型和专业条件。只有这样，才能使结构设计真正满足规范规定和业主要求。

参考文献

- [1] GB50011-2010 建筑抗震设计规范.
- [2] GB50010-2010 混凝土结构设计规范.
- [3] JGJ3-2010 高层建筑混凝土结构技术规程.
- [4] 建筑结构专业技术措施. 中国建筑工业出版社, 2007.

空压站余热回收系统设计

张晓楠 赵磊 「动力」

摘要: 空压站是耗能大户,其运行时的有效功率仅占其总电功率的15%~25%左右,其它部分50%以上的能源可以一定条件下回收利用。本文从空压站设计角度对空压站的余热回收进行了论述,并结合工程设计实例对空压站的余热回收进行了技术经济分析,可短期内回收成本,达到节能减排的目的。

关键词: 空压站;余热回收;节能;可行性

1 前言

能源的高效利用关系到国家的可持续发展,关系到环境的综合治理,关系到企业的成本控制。随着科技的发展,很多以前无法解决的能源控制方法,现在得以实现,很多以前不受重视的节能措施,现在备受青睐。空压机的余热回收利用就是其中的一例。

本文将对空压站余热回收利用的优缺点进行简单分析,并以实际某工程空压站余热回收系统为例,简述此系统的设计流程。

2 空压站余热回收系统简介

空压机占据工厂能源消耗中的很大比例。以铸造厂为例,空压机的耗电量约占整个厂区耗电量的20%~30%左右。压缩空气系统的节能对整个厂区的节能意义重大。

以螺杆空压机为例,其运行时的有效功率约占其总电功率的15%~25%左右,有效功率之外的损耗主要以热的形式散发到外界。当前的空压机余热利用,主要是依靠热能转换装置,将空压机

的余热转化为热水,供应区域内各单位的采暖、生活热水或进行其他用途。

3 空压机余热利用的优缺点

3.1 空压机余热利用的优点

(1)节约能源,运行成本低。空压机余热利用属于对废弃能源的重新利用,其消耗能源仅为循环泵所需电能,运行成本较低。

(2)对空压机本身降温,提高空压机使用寿命。

(3)热量制备不受环境影响。

3.2 空压机余热利用的缺点

(1)余热回收品位低。空压机余热回收系统所产生的热水温度大都在40℃~70℃左右。

(2)回收热量与空压机的运行工况有关,且最低符合很难预测,故收回热量不稳定。

(3)需要增加初期投资,包括余热回收装置及相关管路。

(4)余热回收装置中的换热器部分要求设备质量高,不然换热器故障(泄漏)会对空压机本体产生损害。

4 空压站余热回收设计实例

4.1 项目简介

本项目为某公司30万吨铸件产业化基地项目

作者简介:张晓楠,女,助理工程师,2010年毕业于天津大学热能与动力工程专业,现就职于中航建发电子工程研究院。

一期工程的空压站，建设地点位于黑龙江省齐齐哈尔市；空压站为厂区单独建筑物。

本项目工艺用压缩空气平均用气量：153.8m³/min，设备入口工作压力为0.6MPa，三班运行。

空压站负荷计算

$$Q_2 = \sum Q_0 \times K \times (1 + \phi_1 + \phi_2 + \phi_3)$$

式中：Q₂——空压站负荷，m³/min；

$\sum Q_0$ ——用气设备理论平均耗量总和，153.8m³/min；

K₁——压缩空气消耗不平衡系数，取1.1；

ϕ_1 ——管道漏损系数，取0.05；

ϕ_2 ——用气设备磨损增耗系数，取0.10；

ϕ_3 ——未预见的消耗量系数，取0.05。

计算得：Q₂=203m³/min。

注：因现代空压设备和管道较先进，根据实际工程经验，负荷计算时系数均选取较小。

4.2 洗浴用热负荷计算

$$Q_j = \sum Q \times K$$

式中：Q_j——热能回收系统热负荷，即总传热量，kW；

$\sum Q$ ——水专业提洗浴最大热负荷，1100kW；

K——管网热损失系数，取1.05。

计算得：Q_j=1155kW。

根据以上计算结果，共选用6台空压机，其中SRC-330DSW型水冷喷油螺杆空气压缩机，共5台，4用1备，单台空气压缩机额定排气量：40m³/min，额定排气压力：0.8MPa，电功率250kW/台；SRC-380DSW-VB型变频水冷喷油螺杆空气压缩机1台，连续调节运行，单台空气压缩机最大排气量：45m³/min，额定排气压力：0.8MPa，电功率280kW/台。HRS-COMP-300A型热交换器(空压机热能回收系统)6台(5用1备)，每台热交换器的出热量为对应空压机功率的60%，故空压机热能回收系统的总出热量为768kW，根据以上计算的水专业洗浴最大热负荷1155kW，空压站满负荷运行1.5倍洗浴时间即可满足需求，其他时段的热量由屋顶的冷却塔排出。当空压机低负荷运行时，由水专业的电热水器作为辅助热源满足洗浴用热水的需求。

4.3 热水箱选型计算

$$V = 1.05 \times 3.6 \times \frac{Q_j}{c_{2/2} - c_{1/1}} \times h$$

式中：G——洗浴用水量，t；

Q_j——洗浴用热量，水专业提供，1155kW；

t₂——水箱出水温度，取60℃；

t₁——水箱进水温度，取4℃；

c₁、c₂——水温在t₁、t₂时的比热容，c₁ ≈ c₂ ≈ 4.186kJ/(kg·℃)；

h——洗浴时间，取2h；

1.05——管网漏损系数。

计算得：G=38.6t/h。

V = 1.2G = 46.4t

根据以上计算结果，选用2台热水箱，每台30m³，一用一备。

空压站一层布置空压机、热交换机及辅助设备，热水箱布置在二层。

图1为空压机热回收系统图及热水加压供水系统图。

5 空压站余热回收系统的简单经济分析

本项目已正式投产使用。根据建设方的反馈信息，空压站余热回收系统在80%的情况下能够保证本厂的洗浴用热。下面将节能量和静态投资回收期两方面进行简单技术经济分析。

5.1 节能量

厂区洗浴分三班，一二班为最大班，洗浴用热1155kW，时间为2h；三班最小班，洗浴用热为最大班的50%，时间为1h。故每天洗浴用热为18711MJ/d，空压站余热回收系统可保证14968.8MJ/d。按年工作日251天计算，标煤热量29307kJ/kg，每年可节省热量折标煤量128.2t。

5.2 静态投资回收期分析

分析只考虑热回收设备和当地电价，不涉及方案比较。

$$A \times n = Q \times h \div \eta \times C \times D \times t$$

式中，A——单台设备初投资，25×104元/台；

n——为设备台数，6台；

Q——洗浴用热，1155kW；

h——每天洗浴用时，相当于4.5h/天；

η——电热器效率，取90%；

C——黑龙江工业用电基本价，0.936元/度；

D——年工作日，251天/年；

t——项目静态投资回收期，年。

计算得，t=1.1年，故，本空压站余热回收系统投产约两年后可收回成本。

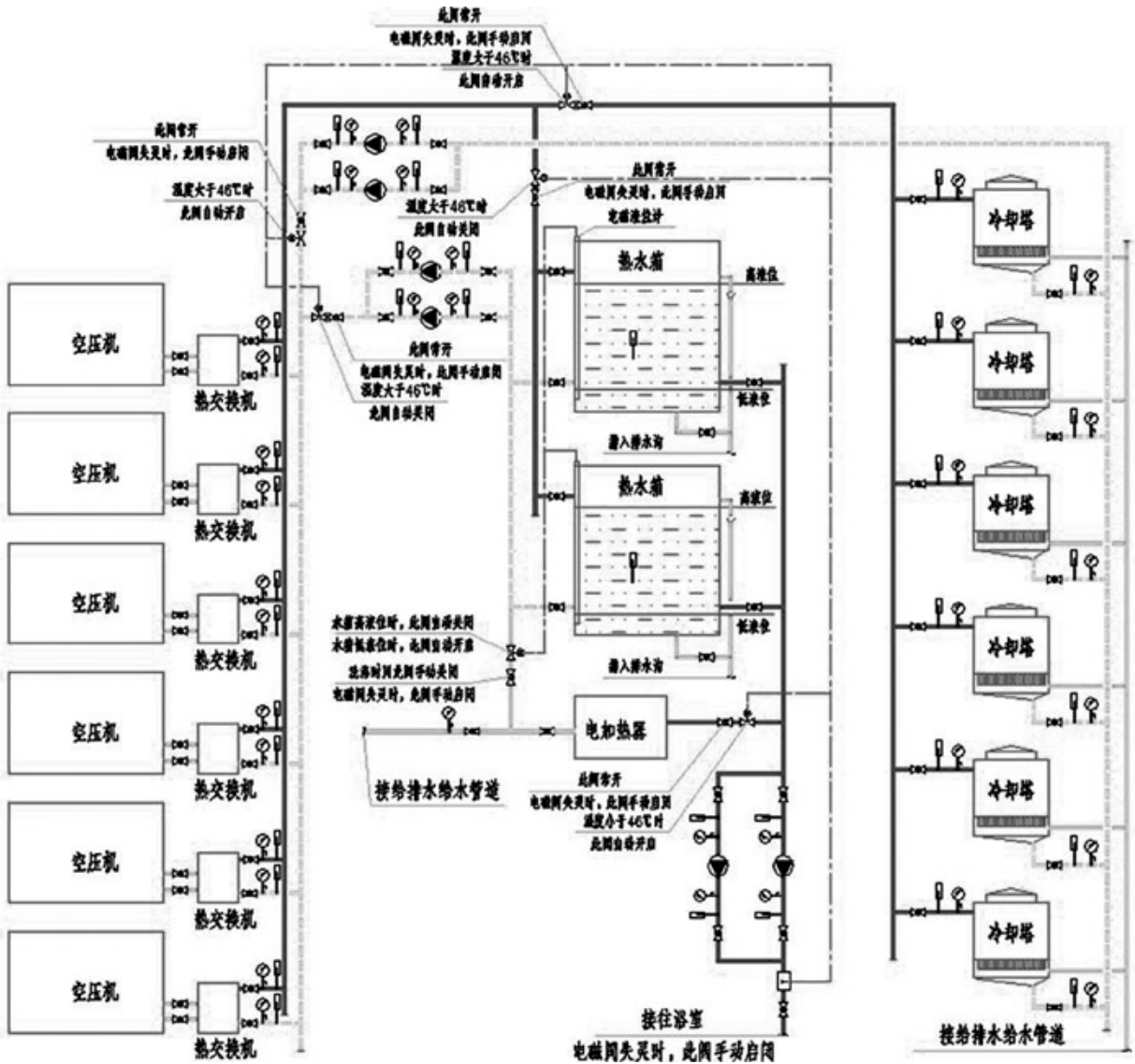


图1 空压机热回收系统图及热水加压供水系统图

6 结论

根据以上工程实例的技术经济分析,可以看出:空压站余热回收系统相对简单,主要设备热交换器相当于油水换热器,结构简单便于维护,系统整体节能效果显著,短期内即可收回投资,在中大型空压站有较高的应用价值。

参考文献

[1] GB50029-2014 《压缩空气站设计规范》。
 [2] 动力管道手册.北京:机械工业出版社,2006.1.
 [3] 《空压站余热回收问题分析》.中船第九设计研究院工程有限公司,常鹏涛,2006。

[4] 《浅议喷油螺杆空压机的余热回收与利用》.东风设计研究院有限公司,王林,2010。
 [5] 《空压机余热回收节能系统在煤矿的应用》.河南神火集团有限公司,韩元伟、梁磊,2011。
 [6] 《螺杆式空压机余热回收技术的应用及节能效益分析》.无锡市节能监察中心,王少波,2012。

医药厂区总图布置

景飞云 肖炯 「总图」

摘要: 基于医药生产在生产、仓储、物流等方面的特殊性,医药厂区对总图布置有较高的要求;本文以某药厂为例对医药厂区的总图布置进行分析,从功能分区、交通组织、绿化等方面进行探讨,总结医药厂区总图布置的特点。

关键词: 医药厂区;功能分区;交通组织;绿化

随着工业经济的发展,城市人口的增长,人们保健意识的提高,医药市场的需求越来越大,医药厂区的建设逐渐增多。近年来,国家对医药厂区的建设、改造等都提出了明确的指令性要求。GMP中对医药厂区的厂房布局、厂区环境及配套设施等做出了明确的规定和要求。一个现代化的医药厂区,在保证生产的同时应该具有合理的功能分区,完善的交通组织以及优美的绿化环境。

1 医药厂区布置的原则

医药厂区布置首先根据生产规模和生产工艺的要求,结合厂区的地理位置,地形、地质、厂外公用工程和交通等具体条件,按照原料、辅料进厂到成品出厂整个生产工艺过程,按照功能分区布置厂区内的建筑物、构筑物。合理确定厂区通道宽度,使之符合防火、安全和卫生间距的要求,满足各种管线、道路、运输设施、竖向设计、绿化等布置要求。不同的厂址条件、医药生产性质,其总图布置的方法是不同的。但总的应遵循“功能分区合理、交通组织便利、厂容绿化美观”的原则进行布置。

1.1 合理的功能分区

医药厂区总图布置根据生产、仓储、管理、生活功能等要求一般分为生产区、仓储区、办公及生活区。生产区是厂区的核心,由主要生产区、辅助生产区和公用设施区组成;仓储区主要负责生产原料的临时堆放和成品的储存;办公区是医药厂区管理控制的中心;生活区是医药厂区的辅助组成部分,近年因国家对土地规划性质要求趋严,一般已不布置在厂区内。

1.2 便利的交通组织

医药厂区应组织好物流与人流流线,物流的布置以缩短原料、成品的搬运距离为原则,目的在于减少物料的搬运量,避免重复交叉搬运,有效地降低物流成本,提高运行效益和保障安全;人流流线的组织应在满足生产管理与生活便利的基础上,使流线短捷,尽量减少与货流的交叉。

1.3 厂区绿化

医药厂区绿化设计应该根据功能分区和洁净度要求的不同进行分别绿化,办公区人流比较密集,应考虑重点绿化;生产区、仓储区根据生产性质、产品类别,应合理选择植物类别及绿化美化措施。

1.4 洁净生产的特殊要求

医药企业绝大部分设有洁净生产区。洁净生产区应设在大气含尘和有害气体浓度较低、自然

作者简介:景飞云,男,助理工程师,2010年毕业于西安建筑科技大学,现就职于中航建发医药设计研究院。

环境较好的区域；应远离铁路、码头、飞机场、交通要道以及散发大量粉尘和有害气体的工厂、贮仓、堆场等有严重空气污染、振动或噪声干扰的区域。如不能远离严重空气污染源时，则应位于最大频率风向上风侧，或全年最小频率风向向下风侧。另外还应布置在厂区内环境清洁、人流、物流不穿越或少穿越的地段。

2 实例分析

本文论述的某药厂随着企业的快速发展，目前的生产厂区已不利于企业的未来发展，因此计划建设新的生产基地，以扩大生产规模、提高产品质量，按更高的标准来进行生产及管理。

项目基地选址用地规整，呈四边形，地块东西长约240m，南北宽约173m。地块周边市政道路均已建成投入使用，市政管线齐备，可满足生产需求。

2.1 总平面布置

根据生产的工艺流程、功能分区、环境保护、防火、安全、卫生、经营管理等要求，结合场地外部条件和交通运输方式，通过方案比选后确定以下总平面布置，如图1。

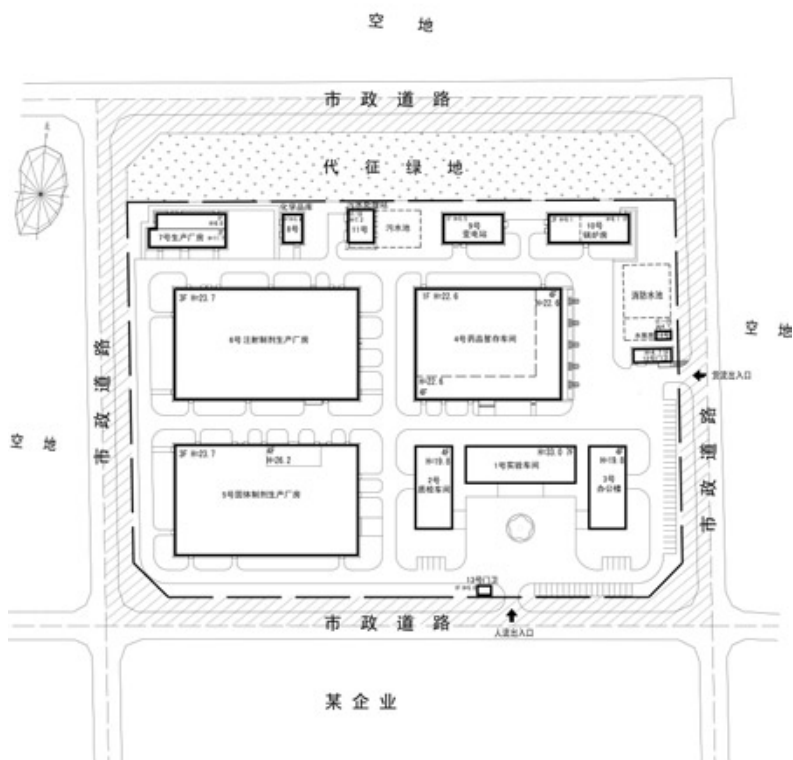


图1 厂区总平面布置图

2.2 厂区布置分析

(1) 功能分区

厂区分为办公质检区、生产区、辅助生产及动力公用设施区、仓储区4个功能分区。

办公质检区布置在地块东南部，面向城市市政道路，布置管理、科研、质检为主要功能的1号实验车间、2号质检车间和3号办公楼，三座建筑外观风格统一，组合集中布置，既节约建设用地，又便于展示企业形象。科研办公楼正前方为由花岗岩铺就的礼仪性景观广场，布置名贵花灌木，美化环境，赋予现代城市的特征，使之与周边和城市环境相协调。

生产区布置在地块西部，由南向北依次布置5号固体制剂生产厂房，6号注射制剂生产厂房。两个厂房造型方整，简单实用，采用统一的建筑立面、造型手法，一致的建筑外装修材料、色彩，从而形成整体的对外建筑形象。给人以完美的群体建筑组合艺术感观。

仓储区4号药品暂存车间布置在地块东侧，办公质检区北侧，结合厂区东侧物流主入口，设置开阔室外地坪，作为室外堆场，便于货物运输。

辅助生产及动力公用设施区布置在地块北侧，临近北侧用地红线的狭长地带内，由东向西依次排开，布置有7号生产厂房、8号化学品库、11号污水处理站、9号变电站及10号锅炉房。动力公用设施区靠近厂房及仓库，缩短了室外公用工程路由，降低了能源损耗，节约了投资。

总平面布置中各功能分区明确，生产流程通顺短捷、运输简便、管线最短，为工厂创造了安全、良好的生产条件和管理环境，确保了药品产品质量，提高了企业的经济效益。为企业创造了良好的生产与生活环境。

(2) 交通组织

医药厂区人流与物流应尽量减少交叉，使二者之间的相互干扰降到最低。该医药厂区人流出入口设置在基地的东南侧，紧邻市政道路，与科研办公区相呼应。在厂前区设置机动车停车位，方便员工上下班通勤。员工从南侧的市政道路进入厂区，办公、科研等工作人员直接由厂前广场进入

各自工作的大楼；一线工作人员分别从4号车间的北侧门厅、5号厂房的东侧门厅、6号厂房的东南侧门厅进入一层工作区域，通过电梯进入二三层工作区域。

主要货流出入口设置在基地的东侧，靠近运量较大的仓储区，且紧邻东侧市政道路。厂区所需的原辅料、包装材料等从东侧货流出入口运入，在4号药品暂存车间东侧的卸货区进行接收作业，将运入的原辅料、包装材料入库进行保存；同时根据5号及6号厂房的生产需求，将原辅料、包装材料分发至相应的厂房。5号固体制剂生产厂房的原辅料集中从东北侧货厅进入，二层及以上经电梯运送；包装后的成品从相邻的物流出口运至4号暂存车间；6号注射制剂生产厂房原辅料、包装材料集中从东北侧货厅进入，二层及以上经电梯运送；包装后的成品从西北侧物流出口运至4号暂存车间。运到4号暂存车间的成品通过发放作业区使药品装车，然后运出厂区，发往全国各地。该医药厂区物流运输线路顺畅、短捷，原辅料及成品减少了迂回折返，减短了运距，降低了费用，提高了企业的经济效益。厂区人物物流线图如图2。

(3) 绿化布置

制药厂区内绿化以点、线、面相结合的方式布置。在办公区重点绿化，布置名贵花灌木，美化环境，赋予现代城市的特征；而厂区内内部则沿主要道路两侧布置绿化带。建筑物周围应根据经济实用的原则，采用多种形式进行绿化，种植无花粉、无花絮乔木、灌木，部分种植草坪，使厂区坐落于绿地之中，创造一个外部环境清新、空间舒畅的工作环境。

(4) 洁净厂房的考虑

5号、6号厂房为洁净厂房，根据洁净厂房对环境的要求，总图布置中将厂房布置在全年最小频率风向的下风侧，厂房周边进行绿植以降低大气中的粉尘和悬浮颗粒；厂内道路选用城市型沥青混凝土道路，可以减少厂区道路发尘量，使环境卫生整洁且便于维修养护。满足了药品生产对周围环境的较高要求，有利于保证药品产品质量。

3 结语

医药工业厂区由于行业的特殊要求必然会与其他行业厂区布置有所区别。总平面布置设计方面既有一般工厂的共性，又有医药生产所带来的对功能分区、环境洁净、交通流线等较高要求的特性。医药厂区总图设计应该做到技术先进、节约用地、节约能源、保护环境、布置合理、生产安全、方便管理，保证产品质量，满足人民用药安全和健康所需，从而提高工程建设经济效益、社会效益和环境效益。

参考文献

- [1] 雷明. 工业企业总平面设计. 陕西科学技术出版社, 1998.
- [2] GB50187-2012 工业企业总平面设计规范.

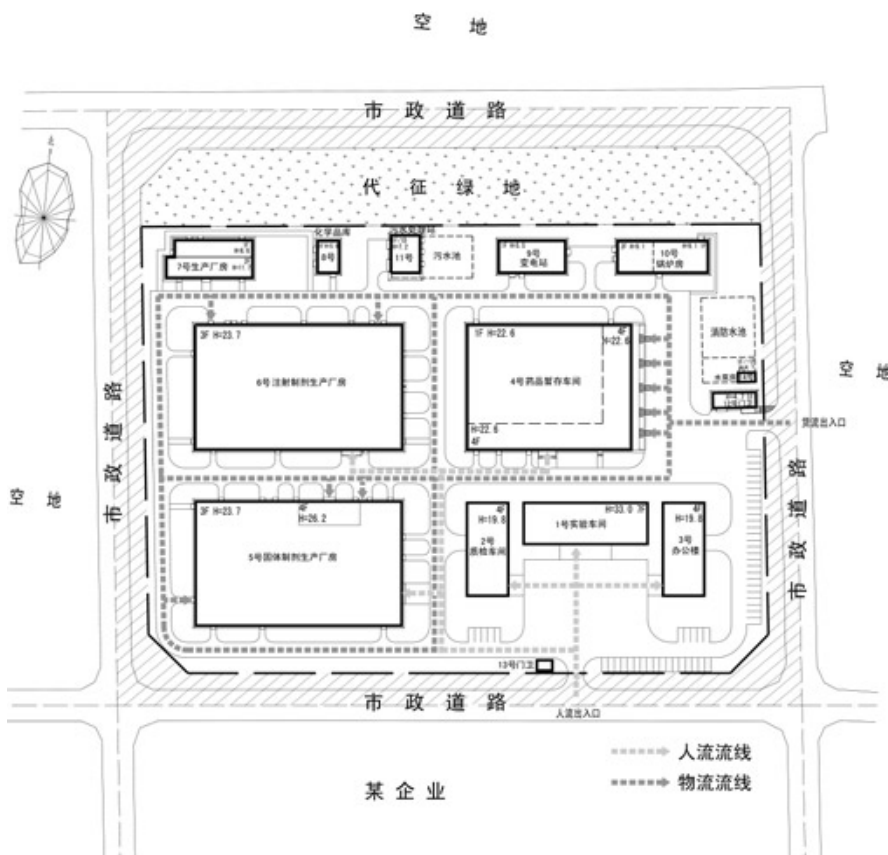


图2 厂区人物物流线图

变频干扰的解决办法

孙庆峰 王威 「电气」

摘要: 本文在变频器广泛应用时带来了电磁干扰、电网电能质量下降、电压畸变等一系列问题的背景下,通过分析变频干扰产生的原因、含有变频器的系统设计和产生变频干扰后的现场处理等问题,总结出变频干扰的解决办法。

关键词: 变频器;电磁干扰;控制设计;现场调试

0 引言

近年来,随着信息技术、电力电子技术、电机驱动技术的不断发展,变频器性能的不不断提高,其应用范围也越来越广。变频器在性能和可靠性不断完善的同时,也带来了日益严重的电磁干扰问题,在安装调试和日常运行中经常遇到变频器干扰问题,造成设备误动作,使控制系统不能正常运行,而且这一类问题不易被发现,且原因查找起来也比较困难,所以采用变频器的控制系统设计之初就要全面的考虑电磁干扰问题,现场施工中也需要按照相应的EMC规范进行。通过查阅一些资料,结合自己的一些工作经验,浅谈下变频器干扰的来源,传播方式以及一些针对实际应用中遇到干扰问题的设计和调试时不同情况下的干扰处理。

作者简介:孙庆峰,男,助理工程师,2007年毕业于天津大学自动化专业,现就职于中航工程集成设备有限公司。

1 变频干扰的产生

变频器主要由整流电路,逆变电路,大容量电容和控制电路组成。而其中的整流电路和逆变电路由电力电子器件组成,这些电力电子器件具有非线性,在变频器运行时,驱动IGBT或可控硅的高速导通与关断,产生高频谐波,这也是变频器电磁干扰产生的主要原因。而且这种干扰是双向性的,既对供电电网的电能质量造成影响,造成电网电压的畸变率增高,影响其他设备的供电,也会对下游设备造成影响,引起其他控制信号的失真,造成控制的不可靠性。

2 含有变频器的系统设计

变频干扰的处理上可以从干扰源,传播途径和干扰防护上等方面进行,相应的设计中我们也需要从这几方面进行考虑。

2.1 干扰源:变频器

在此类系统设计时需要在电网侧加入进线电

抗器和输出侧加入负载电抗器。加装进线电抗器后将大大降低各谐波的含量，提高电网的功率因数，保证变频器及其它负载的安全运行，确保其它设备不受谐波干扰影响。加装负载电抗器可以钝化变频器输出电压（开关频率）的陡度，减少逆变器中的功率元件的扰动和冲击。而且该电抗器在负载合闸瞬间能够有效地抑制回路涌流，保护回路中的变频器装置及其它元器件免受过电流冲击。加入电抗器控制原理图如图1所示。

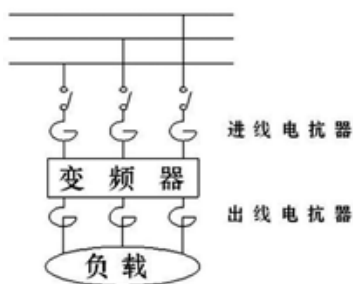


图1 系统加入电抗器控制原理图

此方法在消除干扰方面从源头上进行谐波的消除和控制，能够有效的解决谐波干扰电网和其他设备的问题，但是成本相对较高，在大功率变频实际使用中一般采用进线电抗器，负载侧采用信号屏蔽的方法。当变频功率较小，设备间距离较远时，此项可根据实际状况进行忽略。

2.2 传播途径：传输电缆

传输电缆在大功率变频器，长距离输送时，一般采用普通电缆，变频干扰由电抗器进行控制。小功率变频器时，可采用变频专用电缆，或是采用符合屏蔽要求的屏蔽电缆，用以将变频干扰的信号控制在电缆之内，避免对其他设备造成空间电磁干扰。变频电缆的剖面图见图2，当然无论采用哪种电缆，变频器与设备侧的接地端子都需要通过传输电缆进行接通。

2.3 干扰防护：其他低电压小功率信号或设备

此种方法也是在实际生产中最常用的，可对低压弱电信号进行有针对性的隔离屏蔽，以保证采集或控制信号传输的真实可靠。

信号线的干扰主要是来自空间的电磁辐射，有差模干扰和共模干扰两种。差模干扰是指叠加在测量信号线上的干扰信号，这种干扰大多是频率较高的交变信号，其来源一般是耦合干扰，可在输入回路接滤波器进行抑制。共模干扰是指信号线上共

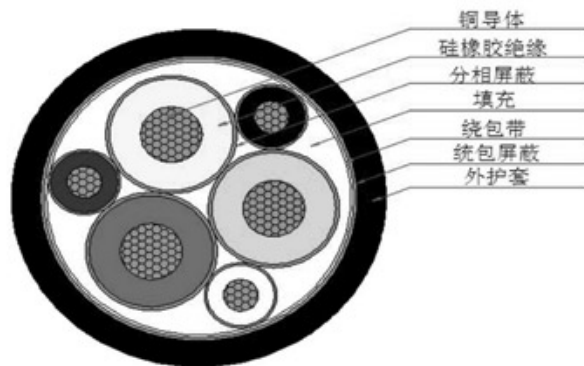


图2 变频电缆剖面图

有的干扰信号，一般是由被测信号的接地端与控制系统的接地端存在一定的电位差引起的，一般采用输入线采用绞合线，因其感应互相抵消，能降低共模干扰，因此可在设计中采用如下办法进行处理。

(1)模拟信号电缆近端接地，可有效解决差模干扰问题。高频数字信号，采用屏蔽双绞线，双端接终端电阻并接地，可有效解决共模干扰问题，但是无论哪种方法，都需要尽量将信号线与变频动力线进行隔开处理，可采用两根预埋管路或分隔线槽的方法，保证两者间足够的抗干扰距离，信号线和动力线的间距见表1。

(2)采用进线滤波和隔离模块的方式，通过源端信号的有效隔离，将干扰的高次谐波滤掉，以达到去除干扰，保证有效信号传输的目的。

(3)能够采用电流的信号尽量采用电流信号传输，可有效的防止变频干扰对低压信号的影响，也可将控制信号传输电压改为AC220V。

3 产生变频干扰后的现场处理

施工方在按照设计要求进行施工时，由于设计关于变频干扰的表述不到位或是施工的不规范都会造成干扰消除或屏蔽的不彻底，为调试工作留下了隐患，当调试过程中出现变频启动出现的不受控现象，应考虑为变频干扰，此时需要按照相应的处理方法进行查验、排除，对干扰部分进行修正。具体做法可根据下列步骤依次进行。

(1)检查设备与变频器的接地端子是否连接完好，电网进线接地是否已接通。

(2)采用屏蔽线的模拟信号电缆是否已经实现近端接地，选用的屏蔽电缆是否符合规格，现场常用屏蔽电缆可参照表2进行选择。采用双绞线屏蔽电缆的数字信号是否采用双端终端电阻并接地。

表1 信号线和动力线的间距

类别	与综合布线接近状况	最小净距 (mm)
380V电力电缆 < 2Kv · A	与缆线平行敷设	130
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	70
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	10
380V电力电缆 2~5Kv · A	与缆线平行敷设	300
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	150
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	80
380V电力电缆 > 5Kv · A	与缆线平行敷设	600
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	300
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	150

表2 常用屏蔽电缆参数

屏蔽结构	干扰衰减比	屏蔽效果 (dB)	备注
铜网 (密度85%)	103:1	40.3	电缆的可挠性好, 适合近距离使用
铜带迭卷 (密度90%)	376:1	51.5	带有焊药, 易接地, 通用性好
铝聚酯树脂带迭卷	6610:1	76.4	应使用电缆沟, 抗干扰效果最好

(3)可以在调试时将变频器PWM(Pulse Width Modulation)载波系数这一参数数值进行降低, 控制干扰源的电磁谐波强度, 减弱干扰。

(4)对于易受干扰的低压直流信号可引入滤波电容的方式, 滤除高频信号。

(5)对于干扰严重的模拟低压的开关量信号, 在现场情况允许并征得原设计人员同意的情况下, 更改为AC220V或电流信号, 用以消除电磁干扰的影响。

4 结束语

随着变频器在各行各业中使用量的不断增加, 变频干扰的处理也得到越来越多更多的关注, 所以这就要求我们在最初的设计阶段就要将可能出现的干扰做好相应的消除和保护措施, 将干扰问题消灭在萌芽状态, 以减少调试的周期和难度。如果设计中未预料或是施工问题, 也可在调试使用过程中进行有效的补救。

参考文献

- [1] 中国航空工业规划设计研究院 组编 工业与民用配电设计手册 中国电力出版社.
- [2] GB 50311-2000 建筑与建筑群综合布线系统工程设计规范.
- [3] GB 50217-2007 电力工程电缆设计规范.
- [4] 袁贤才 变频器干扰问题案例分析及其处理 中达电通公司成都机电业务处.
- [5] 王少亮 变频器在应用中产生的干扰及对策探析 西北民族大学电气工程学院.

中航建发规划咨询研究院简介

规划咨询研究院是中国航空规划建设发展有限公司（简称“中航建发”）下属的专业化实体院，设有城市规划、产业发展规划、环境规划与评价、临空新城规划、建筑与景观整合设计、环境专篇等专业所室及临空新城、通用航空、产业新城、创意产业四大研究中心，是国内从事航空相关规划研究的大型专业化单位，也是国内规划咨询最有权威的研究机构之一。

规划咨询研究院专注于高端咨询业务，业务范围涵盖航空和非航空类的行业规划、产业空间发展规划、企业发展战略、政府决策支持等方面的研究，专长于城乡规划与设计、临空经济区发展规划、通航产业规划、工业与科技创新园区规划、环境规划与评价、建筑景观一体化设计、旅游规划等，以及项目申请报告、项目建议书、可行性研究、投资机会研究等。

规划咨询研究院在国内咨询单位中创新性提出“整合规划”的工作理念。即将产业规划、环境规划、空间规划、交通规划、景观设计等多专业在统一的框架内使各要素系统化、有序化、整合化，从而提供最适宜的顶层发展战略和实施逻辑。

规划咨询研究院专业资质完备齐全，企业管理体系完善，项目质量高度保障，将以权威的专业性、丰富的规划与设计经验、优秀的服务品质，为客户提供可操作性强的高品质规划咨询成果及服务体验。

联系方式

地址：北京市西城区德外大街12号

邮编：100120

网址：www.avic-apc.com.cn

邮箱：apc2010@yeah.com

电话：(86) 010-62038300

传真：(86) 010-62038620

微信公众号：中航规划



中航规划



2015年第3期（总第119期）
2015年06月出版
准印证号：京内资准字9914-L0337号



青岛新机场航空城总体规划（战略、产业、空间、交通系列规划）