

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2014年第2期 总第112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
主办单位 中国航空规划建设发展有限公司

内部资料 免费交流

总师总工深入交流 确定技术质量工作重点——公司近期三次技术质量例会主要内容

公司从2014年初起实行“技术质量例会”制，例会每两周召开一次，在近期召开的三次例会上，各院通报了重大项目技术质量运行情况，会议讨论了专业技术委员会2014年的工作思路，介绍了技术质量安全部2014年技术质量管控内容和本年度技术质量安全考核细则，为公司全年业务开展奠定了质量基础和制度保障。公司各专业总师、各院总工程师和技术质量安全部相关负责人参加了会议，公司总工程师陆国杰出席了会议。

会议针对各专业技术委员会2014年的工作思路、工作重点及推荐措施，以及技术质量安全部2014年技术质量管控内容和本年度技术质量安全考核细则等内容作了详细讲解和说明。会上，公司一至九院和技术院的院总工程师对各专业技术委员会汇报的内容交流了想法，围绕质量管控、新兴市场、协调生产和科研之间的资源分配、加强方案讨论、校审、会签、统一技术措施等方面与专业总师配合、完善激励机制和评价体系等问题分别进行发言。与会者针对“技术质量管控”提出建议，涉及BIM技术的推广、专业队伍的梳理、重大项目的风险辨识评估等内容，

还对本单位存在的问题进行梳理并作了详细的介绍。技术质量安全部刘子彦部长在发言中表示：专业技术委员会这个平台是最接近项目和实体院的平台，它的核心职能是统领公司的技术发展，因此，应该从公司角度提出一些具有前瞻性的技术发展方向，为公司的市场拓展和技术进步积累力量。

公司总工程师陆国杰作总结时强调：一是要求各专业技术委员会重新梳理培训计划，培训要突出技能培训和方法论，重点进行新技术的应用和新知识的推广，并注重质量水平的提升；二是强调结合不同平台组织技术创新活动，不拘泥于形式，努力营造公司学术氛围；三是进行各院、各专业队伍现状和存在问题的梳理，向下传递质量服务意识，建立公司质量文化氛围；四是要求各院消化、吸收、落实技术质量考核办法，认真履行考核要求，提升公司技术质量水平。最后，陆总强调公司2014年的两个重点是技术研发和质量管控，他希望各位总师、总工认真思考、积极落实，尽快建立适应各专业的培训体系和各院的分级管理实施细则，落实做好各项重点工作，全面提升公司技术质量和科研水平。



中航建发民航工程设计研究院：云南星耀昆明新机场通用航空运营基地 总建筑面积：4.1万m²



云南星耀通用航空有限公司昆明新机场通用航空运营基地（以下简称运营基地）位于昆明新机场西跑道南端，为该公司的通用航空运营服务提供必要的设施、场所。运营基地的设施建设内容包括：通用航空营业用房、机库、办公、停机坪、车库及广场、景观、绿化、边坡、空侧联络道等。该基地补充云南省昆明新机场目前通用航空运营(FBO运营)部分的空白，机场服务更完善、周全、舒适性，展示云南的完善服务和完美形象。

本次建设用地距离机场航站楼约450m，紧邻B4线，交通便捷。基地陆侧出入口可直接开向B4线。用地距离平行滑行道C仅

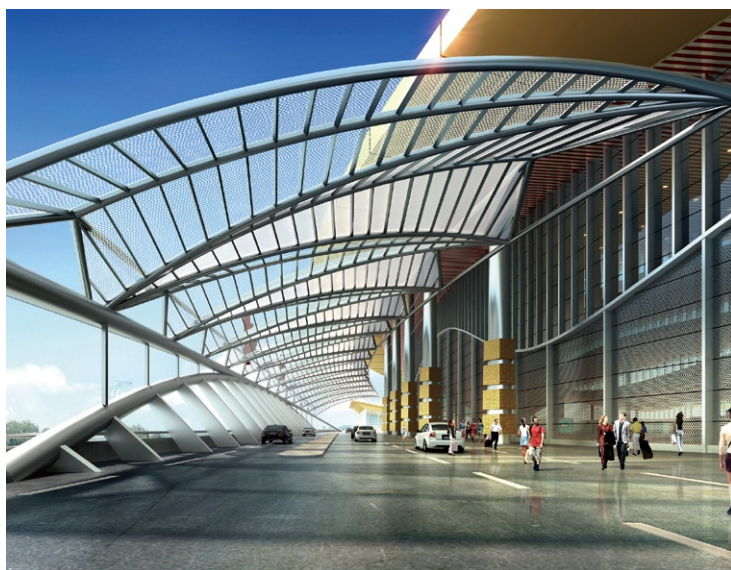
约87m，通过建设联络滑行道与机场跑滑系统便捷相连，用地与机场滑行道间存在较大的高差，约15m。建设区为高填方区。

建筑造型设计与机场航站楼呼应，取意高原雄鹰，以极具时代特征的曲面流线造型，采用曲线体现快速交通的动态流动特点，隐含航空产物的流线性特征，同时简洁流畅的形体又具备现代建筑强烈的整体性和造型感，保证良好的航站区景观形象。另外，在细节方面注重与机场空侧和陆侧的连接，注重景观规划设计，注重技术合理性是本设计的主要特点。目前该基地主体建筑结构封顶，预计在今年年底投入运营。

中航建发民航工程设计研究院：甘肃兰州中川机场二期航站楼改扩建工程

建筑面积：11万 m^2

本建筑设计创作的构思取意“金水龙源”，将甘肃深厚的黄河精神以及龙源文化气质蕴藏于航站楼造型、流线以及景观设计中，使兰州中川机场航站楼成为甘肃连接我国东西部乃至欧亚的重要门户形象



和交通枢纽，真正实现人文、绿色、经济以及可持续发展的科学发展。

本期航站楼按目标年2020设计，建筑面积约11万 m^2 ，满足旅客吞吐量1000万人、高峰小时飞机起降34架、高峰小时旅客3702人的使用要求。方案严格遵循预可研“一次设计，分期建设”的要求，对8.3万 m^2 航站楼整体设计，在此基础上航站楼一期6万 m^2 和二期2.3万 m^2 分期实施方案。

设计将金水龙源的文化气质贯穿航站楼内外，其人文理念与绿化、商业、交通流线巧妙结合形成动态文化主题系统，同时将甘肃粗犷有力，轻灵空透的地方气质通过建筑造型语言加以表现，最终实现传统文化和现代文明自然和谐的共生体。

针对甘肃地域特点提供策略，将绿色机场理念贯穿工程设计各专业，在降低运营成本、节能减排、环保集约、节省土地等方面采取有效措施。同时注重节能措施因地制宜，不改变交通建筑的功能特点。

改扩建后的甘肃兰州中川机场按照4D标准设计，兼顾4E标准的定位为未来甘肃综合交通长远发展奠定了基础，提升了兰州机场在全国机场体系中的地位和作用，同时为实现兰州融入全球经济与国际接轨奠定了坚实的基础。



中航建发民航工程设计研究院:广州新科宇航科技有限公司G1维修机库 总建筑面积: 1.6万m²



广州新科宇航科技有限公司G1维修机库位于广州白云国际机场东主跑道东侧,距离东跑道中心线约1065.4m左右。G1维修机库北侧为新建机坪,西侧为联邦快递转运中心,东侧为机场油库。该项目包括机库、门房两个建设单体。

机库由维修大厅、辅助车间及消防水池等组成。机库大厅结构为钢筋混凝土柱,钢网架屋盖。在机库大厅的南侧设置附楼,布置维修车间、仓库、办公用房等,为三层钢筋混凝土框架结构。机库大厅按2架B767-300并排停放设计,同时兼顾多种机型在大厅内的停放布置,机位布置采用头进式。在大厅两侧不影响飞机停放的位置布置有零散设备存储室和工卡间等辅助用房。

中航建发民航工程设计研究院:西南航空食品有限公司航空配餐服务工业厂房

建筑面积: 3.8万m²



该厂区由1号配餐楼, 2号办公与宿舍楼, 3号设备楼, 4号门房等单体组成。设计可满足近期生产能力5万份/日的要求是我国西南地区规模最大的航空配餐厂房项目。

本项目遵循功能决定形式的原则, 保证配餐楼功能需求和生产能力, 实现合理、顺畅的流程组织和清晰、明确的功能区分, 满足航空食品加工、储存、收发以及机舱服务内容的各项要求。

外部流程实现: 人、货分开——员工生活区、行政办公区与生产区相对分离; 进出分开——车辆和人员分别设置进出大门; 污洁分开——回收平台车与出港平台分别设在南北两侧, 避免交叉污染。

内部食品加工及非食品加工都采用直线式流程布局形式, 简洁、明确, 无交叉, 避免L型

和U型的布局方式。生产部分功能分区按库区、非食品操作区、食品加工区分别设在厂房的负一层、首层、二层, 避免污染。每层各个部门的空调以及洁净要求均随物流路线逐渐提高。为方便管理以及防止交叉污染。收发站台全部采用一层直通式, 可安全、快速的完成收发作业。

严格贯彻卫生标准, 遵循有关国际规范, 如《航空食品卫生指南》、HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)、国家规范《饮食建筑设计规范》等卫生要求, 从工艺、建筑、公用设施等方面确保食品生产的卫生要求。内部按照食品生产卫生要求划分为4类分区: 高洁净区、一般洁净区、非控制区、污染区。洁净分区清晰、明确。



规划专业

阿拉善通用航空产业园产业规划及空间概念性规划顺利通过会议评审



4月2日，阿拉善通用航空产业园产业规划及空间概念性规划评审汇报会在我公司召开。阿拉善盟盟长、副盟长、阿拉善盟行署、盟发改委、盟经信委等十位领导及甲方代表出席了会议。会议并邀请了北京航空航天大学、中国民航开发有限公司、首都机场公务及服务公司等专家出席。

听取项目汇报后，与会专家、领导就规划相关问题进行了研讨，并对规划给予充分肯定，认为规划定位高远、选址合理可行，规划发展的通航制造、运营、通航游客转运、通航旅游及休闲娱乐等产业内容丰富科学，可与阿拉善当地资源及历史文化有很好的契合，对阿拉善通用航空产业园未来发展具有较强的指导意义。会议一致通过了《阿拉善通用航空产业园产业规划及空间概念性规划》的评审。

厦门航空产业总体发展及布局规划顺利通过专家评审

《厦门航空产业总体发展及布局规划》（以下简称“规划”）是在中航工业与厦门市全面深化战略合作，以及厦门建设新机场、推动“美丽厦门”战略的背景下，规划咨询研究院承担的区域性行业总体发展规划。该规划于3月20日顺利通过专家评审。

本次完成的规划与厦门区域规划、新机场建设紧密衔接，符合厦门航空产业发展的实际需求，作为厦门航空产业发展的纲领性文件，将促进厦门经济社会转型发展。规划内容是对中航工业与厦门战略合作的具体落实，为2013年9月双方签署的《中航工业集团与厦门市政府进一步深化战略合作框架协议》提供了战略决策支撑，集团战略与资本部依据本规划对各业务板块在厦门的战略落实做出了行动部署。良好的项目成果和客户反馈树立了“中航建发”品牌形象，规划内容承接集团战略与地方投资计划，为公司咨询设计、工程建设等业务在厦门的开展提供了广泛的机会，发挥了高端咨询的龙头牵引作用。

结构专业

中航建发中标工信部博物馆文物展陈防震装备产业化项目

3月13日，工程技术研究院葛家琪工作室结合自身在结构隔震与消能减震方面的技术优势，与中航工程集成设备有限公司、高校及研究所组成联合团队，凭借在设计研发、加工生产方面的综合优势，完成申报答辩并以第一名的佳绩中标“博物馆文物展陈防震装置”项目。该项目是工业和信息化部、国家文物局联合提出的“2013年文物保护装备产业化及应用示范项目”五个方向之一。“文物保护装备产业化及应用示范项目”倡导利用科技和现代装备显著提升我国文物保护与利用水平，推动新型文物保护装备的产业化，实现我国文物保护事业的整体跃迁式发展。

为快速推动博物馆文物防震能力提升，国家文物局将博物馆防震检测与文物防震装备提升正式列入2014年改造计划，邀请我司编制了5家地震区的博物馆预防性防震保护方案（2014年全国共有6家博物馆计划开展防震改造），并于3月24日在上海召开的馆藏文物预防性保护技术交流会上，邀请我司向全国博物馆同仁作了题为《博物馆文物防震预防性保护方案》的讲解报告。目前，工程技术研究院葛家琪工作室已正式配合开展了雅安博物馆防震改造具体工作。

给排水专业

公司给排水专业组织召开《雨水控制与利用工程设计规范》培训交流会

为实现雨水资源化管理，减轻城市内涝，使北京市雨水控制与利用工程做到技术先进、经济合理、安全可靠，市规划委、市水务局组织编制了北京市地方标准《雨水控制与利用工程设计规范》DB11/685-2013，并于2014年2月1日正式实施。为加深公司给排水设计人员对规范条款的进一步理解，便于在设计中准确应用，4月15日，公司给排水专业特邀请该规范主要编制人，北京市建筑设计研究院有限公司专家郑克白来公司做了题为“北京市地方标准《雨水控制与利用工程设计规范》主要条款解读”的专题讲座，并就大家提出的一些疑问进行了交流。通过此次培训交流，极大地提升了公司给排水专业设计人员对规范的理解和运用能力。



暖通专业

公司组织人员参加第25届国际制冷展

4月9-11日,第25届国际制冷展在北京新国展举行,上千家国内外知名的制冷、通风、空调、供暖与冷冻企业参展。公司暖通、动力技术委员会组织了相关专业的人员五十多人集体前往展会参观学习。

在本次制冷展开幕之前,公司暖通专业技术委员会已经组织过大连三洋、江苏台佳等空调与制冷企业到公司来召开技术交流会,介绍了他们的最新成果,交流会上介绍的产品与技术在本次制冷展中均有实物展示,同时展会上又有多家企业发布了最新的绿色建筑节能产品与节能技术,如海尔、三菱、顿汉布什等。通过本项参观与学习,公司的专业设计人员直接接触到了最新的专业设备,还可以和厂家的技术人员现场讨论产品的原理与技术细节,平时只能在产品样本上查阅到的风量、风压、电量等等枯燥抽象的参数,在展会上都有了非常直观的感受,这些对今后的专业设计工作有很大的帮助。

展会期间还举行了多场技术讲座、专题讨论会与主题论坛。通过参加这些学术性的活动,公司暖通专业人员对技术发展前沿有了更多更深入的了解,从而提高公司暖通以及各相关专业的科研水平。

工程造价专业

公司工程造价专业组织人员到北京威派格公司参观学习

为了更好了解无负压供水设备的原理及市场价格,4月16日,公司工程造价专业一行14人在王玉平总师带领下来到北京威派格科技发展有限公司(下称威派格公司)参观学习。

威派格公司是无负压供水设备国家行业标准的主编单位。在威派格公司总部,该公司人员先给大家介绍了无负压供水设备原理以及设备所用材料、部件的品牌;接着介绍了无负压供水设备市场行情,威派格产品在中高档的定位以及公司经营的理念。听完介绍,下午一行人员参观并体验了威派格公司无负压供水设备的每个部件制造、加工、检测以及整体组装、调试等全过程。

通过这次参观学习,使公司技术人员对无负压供水设备组成以及市场价格情况有了更深的认识,同时对无负压供水设备安装也有了进一步的了解,大家收获颇多。



公司工程造价专业人员参加中国建筑经济高峰论坛



3月27-28日,中国建筑学会建筑经济分会暨第九届中国建筑经济高峰论坛在福州市举办。公司工程造价专业总师王玉平和专业副总师李利、李梅英、房健应邀参会。会上,几位专家以建筑信息技术及应用、合同价款调整中风险分摊原则、城市化问题探讨与未来展望等为主题做了主体发言,分享了在各自领域的最新研究成果。本次大会适逢第七届理事、委员换届大会,王玉平当选为建筑经济分会常务理事和工程造价专业委员会副主任委员,并担任第七届《建筑经济》(中文核心期刊、中国科技核心期刊等)编委会委员;李利、李梅英和房健当选为建筑经济分会理事和委员。这是工程公司造价专业总师团队第一次在建筑经济领域担任重要学术职务。

工程管理专业

公司工程管理专业人员参加EPC总承包管理及BIM研讨会

3月21日,公司工程管理专业技术委员会委派正在开展《BIM技术在工程实践中的探索与应用》课题研究的高级工程师、项目经理马跃参加了住房和城乡建设部政策研究中心主办的《EPC总承包项目整合管理暨以BIM为核心的信息化管理事务专题研讨会》,会议历时3天。主要分为EPC的整合管理和BIM信息化、工程总承包项目一体化管理事务及从合同管理角度解析工程总承包常见问题三个部分,每部分均由行业内资深专家讲师讲授,并与各方参会代表进行研讨交流。此次会议,除较系统全面的讲解了EPC总承包项目整合管理、合同管理等专业知识及相关案例外,对于以BIM为核心的信息化管理技术应用现状也作了部分介绍,可以预见以BIM为核心的信息化管理技术在项目管理领域所具有的广阔应用前景,颇有收获。

政策标准信息

住房和城乡建设部关于发布行业标准《城镇供热系统抢修技术规程》的公告（第180号）

现批准《城镇供热系统抢修技术规程》为行业标准，编号为CJJ203-2013，自2014年4月1日起实施。其中第3.1.4、3.4.4条为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》的公告（第193号）

现批准《建筑工程施工质量验收统一标准》为国家标准，编号为GB50300-2013，自2014年6月1日起实施。其中，第5.0.8、6.0.6条为强制性条文，必须严格执行。原《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300-2001同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑地面设计规范》的公告（第152号）

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

住房和城乡建设部关于发布国家标准《扩声系统工程施工规范》的公告（第197号）

现批准《扩声系统工程施工规范》为国家标准，编号为GB50949-2013，自2014年6月1日起实施。其中，第3.6.3、3.6.5条为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《体育场建筑声学技术规范》的公告（第198号）

现批准《体育场建筑声学技术规范》为国家标准，编号为GB/T50948-2013，自2014年6月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《单层防水卷材屋面工程技术规程》的公告（第218号）

现批准《单层防水卷材屋面工程技术规程》为行业标

准，编号为JGJ/T316-2013，自2014年6月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《防静电工程施工与质量验收规范》的公告（第233号）

现批准《防静电工程施工与质量验收规范》为国家标准，编号为GB50944-2013，自2014年6月1日起实施。其中，第3.0.7、12.1.3（1）、12.1.4、12.1.5、13.2.4条（款）为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《医药工程基本术语标准》的公告（第235号）

现批准《医药工程基本术语标准》为国家标准，编号为GB/T50902-2013，自2014年6月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《工业企业噪声控制设计规范》的公告（第237号）

现批准《工业企业噪声控制设计规范》为国家标准，编号为GB/T50087-2013，自2014年6月1日起实施。原国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GBJ87-85同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《医院洁净手术部建筑技术规范》的公告（第238号）

现批准《医院洁净手术部建筑技术规范》为国家标准，编号为GB50333-2013，自2014年6月1日起实施。其中，第7.2.2、7.2.5、7.2.7、7.3.7、8.1.14、8.3.5、9.2.3、11.1.3、11.1.6、12.0.1、12.0.4、13.3.3条为强制性条文，必须严格执行。原《医院洁净手术部建筑技术规范》GB50333-2002同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《城市对外交通规划规范》的公告（第242号）

现批准《城市对外交通规划规范》为国家标准，编号为GB50925-2013，自2014年6月1日起实施。其中，第5.4.1、8.3.1、8.3.2、8.3.3条为强制性条文，必须严格执行。



主管单位 中国航空工业集团公司
业务指导 中国航空工业建设协会
主办单位 中国航空规划建设发展有限公司

顾问委员会

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

编辑委员会

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

总编 陆国杰
主编 陈海风
执行主编 王蕊
责任编辑 冯志军
出版 《航空工程建设》编辑部
地址 北京德外大街12号
邮编 100120
E-mail hkgcjs@avic-apc.com
印刷 北京盛世双龙印刷有限公司
电话 (010)62038235 62038276
传真 (010)62038297
封面 长春生物医药产业化基地(一期)项目

CONTENTS

目录 2014年第2期 总第112期

航空能力建设

- 02 航空电子产品电装生产线工艺设计分析 刘路 于颖贤
07 航空发动机叶片精锻生产设备选型研究 张凯 赵衡龙

研究与探讨

- 11 固体制剂改造项目工艺布置 徐哲 伍雅欣
15 火炸药、弹药生产厂安全防护标准及措施 冯飞 李鸣
19 人致大跨楼盖振动舒适度分析及TMD减振控制
付仰强 张玲 王明珠
24 非单向流洁净室换气次数的计算 尹维友 董秀芳
27 北京地区主动式冷梁技术适用性研究 王梦蕾 赵磊 刘寒
30 工艺设备用制冷系统分析与改造方案探讨 曾凡成 李薇
33 火灾自动报警系统设计要点 吴冠男 刘静
37 基于变频器调节的工程设计问题研究 郭德智 苏碧萍
40 弹射塔弹射试验缓冲系统研究 李承凯 端木冰雷
43 基于总价合同模式下工程总承包项目造价控制的思考
葛小梅 李利
46 EPC总承包商两地管理模式中的现场签证管理 周杨 李中强

工程设计

- 49 项目设计中景观与总图的关系——以大兴北臧村镇居住区景观
设计为例 甘雨欣 张雪 夏永梅
53 中小型分售式高层写字楼设计——以大连钻石港湾南区
高层写字楼设计为例 高雅琦 钟燕
58 实腹钢梁混凝土柱结构在某总装厂房中的应用 滕菲 汤红军
59 某药厂高层工业建筑消防设计 刘旭 王艳

航空电子产品电装生产线工艺设计分析

■ 刘路 于颖贤 「工艺」

摘要: 本文论述了航空电子产品电装生产线的工艺流程、主要工艺设备、土建及公用工程的主要技术措施,提出了适合航空电子产品的电装生产线工艺设计需求,展望了航空电装生产线的发展趋势。

关键词: 航空电子产品; 电装生产线; 工艺分析

随着数字化电子技术的发展,航空电子设备逐步实现由模拟/机械式设备向数字/综合化设备的更新换代。航空电子设备生产过程中采用先进制造技术,可保持良好的工艺质量,达到提高航空电子设备可靠性和降低维修费用的目标。电子装配生产线做为航空电子产品生产的重要环节,其重要性不言而喻。

1 电装生产线工艺特点分析

航空电子设备中大量采用印制板组装件产品,印制板组装件的装配成为航空电子设备装配中的重要形式。印制板组装件的装配主要采用电装装配工艺,少部分采用机械装配。如工艺中的螺纹连接、铆接装配。根据其装配元件的不同,印制板组装件的装配又可分为:通孔元器件在印刷板上的装配和表面安装元器件在印刷板上的装配^[1]。

电装生产线是电子整机装配、电子线路板组装中常用的生产线。它由多段线体构成,每段线体由电机拖动,通过传动机构带动工作台(板)运动,实现流水作业。电装生产线上设置了自动移行机构、自动转行机构和各种机械手等。

航空电子产品电装生产线主要是针对航空电子产品的加工装配,集电路板、计算机模块等航空机载产品组装、焊接、检测及维修为一体的多功能生产线。典型的电装生产线工艺流程如图1所示。

随着航空机载电子产品的飞速发展,印制板由早期的分立通孔器件,逐步发展为中规模、大规模集成电路与部分小型化表贴器件,现已发展为超大规模集成电路,大范围使用表贴器件。根据各厂所产品的特点及生产能力,电装生产线主要分为插装生产线和表面贴装生产线两种。

目前,航空机载产品电装生产线的主要特点有以下几点:

- (1)多品种小批量,生产任务繁重;
- (2)电装对象种类多、工序长;
- (3)模块加工工艺难度大;
- (4)模板焊接质量检验困难;
- (5)系统构成复杂,有大量机箱布线和电缆制作工作量。

2 电装生产线工艺流程及主要设备

2.1 插装生产线

插装生产线主要工艺流程如下:

自动插件机→插装(手工、自动)→手工焊接→波峰焊接→检测→返修→清洗。

作者简介:刘路,女,助理工程师,2009年毕业于北京信息科技大学电子信息工程专业,现就职于中航建发电子工程设计研究院。

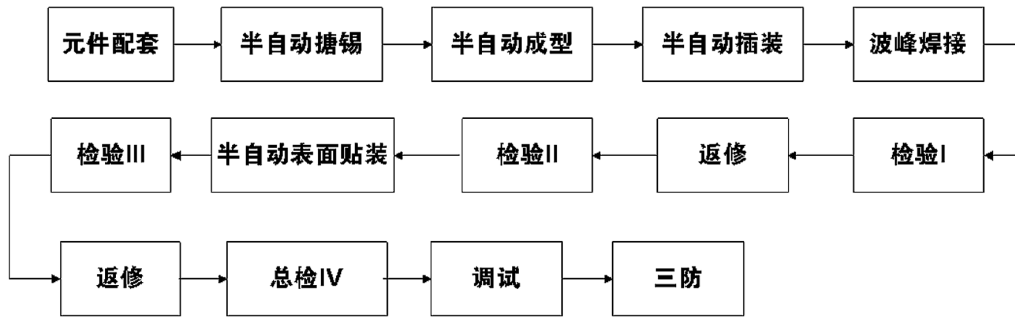


图1 电装生产线工艺流程图

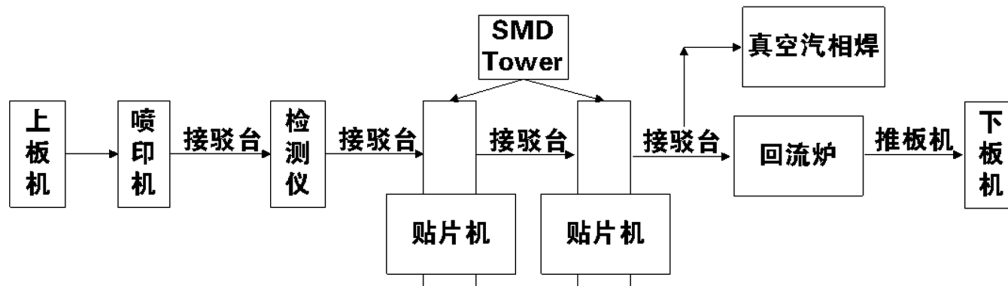


图2 主生产线工艺流程图

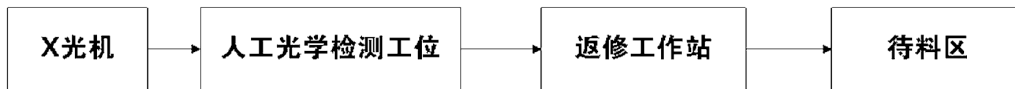


图3 检测生产线工艺流程图

主要工艺设备如下：

自动插件机：一种集机、电、气一体化的高精度自动化设备，一般厂所使用的自动插件机的插件速度约为1~2万件/h。

波峰焊：指将熔化的软钎焊料(铅锡合金)，经电动泵或电磁泵喷流成设计要求的焊料波峰，亦可通过向焊料池注入氮气来形成，使预先装有元器件的印制板通过焊料波峰，实现元器件焊端或引脚与印制板焊盘之间机械与电气连接的软钎焊。

2.2 表面贴装生产线

表面贴装生产线(SMT)主要包括主生产线、检测生产线及三防生产线。

2.2.1 主生产线

主生产线的工艺流程见图2，其主要工艺设备如下：

1) 锡膏喷印机

锡膏喷印机将要印刷的电路板固定在印刷定位台上，然后由印刷机的左右刮刀把锡膏或红胶通

过钢网漏印于对应焊盘，对漏印均匀的印制电路板(PCB)，通过传输台输入至贴片机进行自动贴片。

2) 贴片机

贴片机也称为贴装机或贴装设备，用于各类片式SMC / SMD贴装，是组成SMT组装系统或SMT生产线，决定系统组装效率和组装功能的核心和关键设备。

3) 回流焊炉

回流炉工艺是在机械传送机构的带动下，使已贴装有待焊元器件的PCB以设定速度通过设定温度工作区，采用外部热源，加温已经事先涂敷在PCB焊盘与被连接对象引脚或电极。

2.2.2 检测生产线

检测生产线主要用来对产品焊接后的缺陷及故障进行检查，其工艺流程见图3。

检测生产线的主要工艺设备是X光实时检测系统。X光检测系统能够捕捉实时的动态图像，还可以通过一系列先进的缺陷增强分析技术，能够

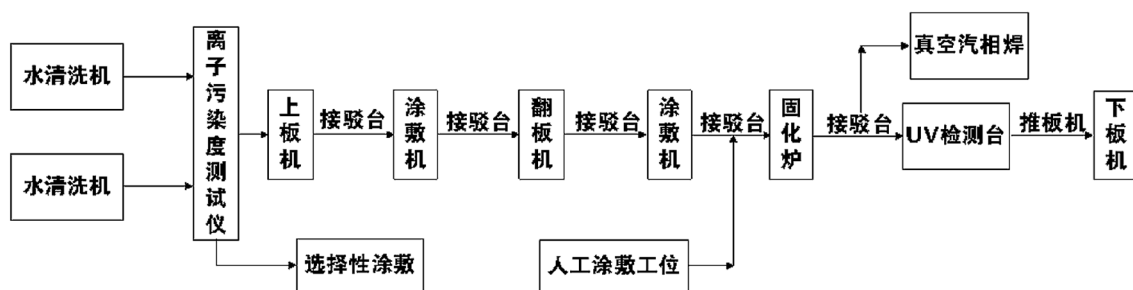


图4 维修生产线工艺流程图

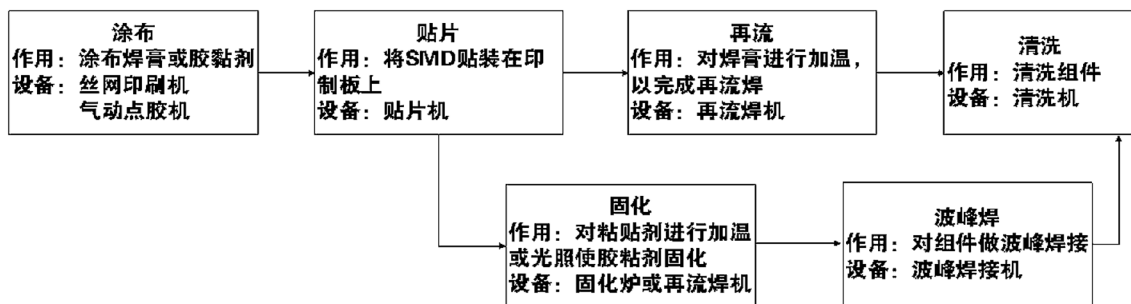


图5 电装生产线工艺流程图

强化检测部位与其它部位的图像对比，方便了对检测故障的判别，可以降低生产成本和提高产品质量。

2.2.3 维修生产线

维修生产线的主要功能是用来返修各种表面贴装元器件，拆除通孔元件和多管脚连接器，清洁焊盘，去除各类电子部件及PCB装配过程中的残留污染物等，其工艺流程见图4。

主要工艺设备如下：

1) 多功能电路返修系统

多功能电路返修系统可以避免传统返修台遇到的弊端，把返修设备对人的要求降到最低，既能够自动返修各种表面贴装元器件，也可以拆除通孔元件和多管脚连接器，同时也能够自动非接触式清洁焊盘。

2) 水清洗机系统

水清洗机系统是一个高效的清洗闭环系统，通过它可以祛除各类电子部件及PCB装配过程中的残留污染物，适合于中小批量的批次清洗，它由一个不锈钢内腔和带聚氨酯涂层防护材料的外腔组成。

3) 离子污染度测试仪

离子污染度测试仪用来对电路板或者焊接工

艺对线路板上造成的残留进行测试。

3 航空电子产品的电装生产线及工艺布置

航空电子产品多数印制板生产采用插装和表贴两种电装方式，一般都是先贴片(无脚，表面贴装)过完回流焊，再插件(有脚)，然后再过波峰机。其工艺流程如图5所示。

由于航空电子产品电装生产具有多品种、中小批量的特点，因此航空机载厂所适宜建设半自动搪锡、半自动成型、半自动插装、波峰焊接、返修(手工焊接)、半自动表面贴装、自动表面贴装、返修(表贴维修工作站)、半自动三防涂覆于一身的具有高度柔性的电装生产线。

对于小规模电装生产采用手工装配，中等规模电装生产采用半自动装配，大规模的电装生产采用自动装配。

3.1 航空电子产品电装生产线关键工艺分析

根据航空电子产品电装生产线的工艺流程，主要设置和监控工艺关键点如下：

1) 焊膏印刷

在SMT装联工艺技术中，印刷工艺是第一环节，也是极其重要的一个环节。在航空电子产品

的实际生产过程中, 60%~70%的焊接缺陷与印刷质量有关。目前广泛采用的印刷技术有非接触式印刷和接触式印刷, 印刷用网板分金属和尼龙丝两种, 刮刀材质分橡胶和金属两种。目前航空电子厂所多采用金属网板、金属刮刀、接触式印刷方式。此外, 决定印刷质量的因素还有: 印刷速度、刮刀压力、印刷脱模延时、印刷间隙等工艺参数。

2) SMD贴装

先进航空电子设备的突出特点是高速化、模块化、小型化和综合化, 超大规模集成电路、极高速集成电路等专用集成电路芯片是必选的关键元器件, 而这些器件的封装形式大都为QFP、PLCC、BGA等细脚间距表面组装器件, 因此表面贴装工艺技术是航空电子制造的关键技术。

3) 再流焊

在实际生产过程中, 如果前两个工序发生质量问题, 可以进行返工, 而一旦经过再流焊后发现质量问题, 则较难弥补, 因此必须严格控制再流焊焊接工艺参数。

4) 电装检验关键工艺

目前航空大部分厂所引进了先进的SMT生产线, 但在焊接质量检测手段上至今仍是空白, 造成了先进生产设备与落后检测方式的不协调, 制约了产品质量的进一步提升, 因此选择和采用必要的自动光学检测设备(AOI)、自动X光检测设备(AXI)是十分必要的。

3.2 航空电子产品电装生产线工艺布置特点分析

电装生产线在工艺布置上主要考虑的是生产工艺流程, 结合相应厂房总体布局的人流及物流进行相应的设计, 具体工艺布置特点如下:

3.2.1 遵循工艺流程, 合理分类布局

根据各工序对生产环境、通风、消防等特殊要求, 进行严格分类并集中安排布置, 将有特殊要求需单独布置以外的工序布置在厂房的大空间内, 按先后顺序分区布置, 需设置防静电地面, 装配工位上设通风设备。另外在工艺布局上还应结合未来厂所产品的发展需要, 预留了一定的上升和发展空间; 对有特殊要求的工序需布置在单独的房间内, 例如对消防及环境有特殊要求的清洗间、三防涂覆间等。

设计中严格按照工艺流程来布局, 根据实际生产需求, 考虑一定预留合理分配各工序所需的面积, 保障生产过程中的流畅性和合理性。

3.2.2 统筹规划配套面积, 提高生产效率

在生产线工艺布局设计的过程中要充分考虑与电装生产线配套的检验区、维修区、原材料库房、成品库房、相应设计人员的工艺协调室以及材料临时存放点等面积。设计原则是在保证工艺流程清晰性和衔接性的前提下, 避免工序之间的相互交叉, 合理规划和调整生产物流, 使运输线路快捷有效, 提高生产效率。

3.2.3 分流设计, 合理利用空间

在工艺布局设计过程中, 依据工艺流程及厂房的总体布局, 充分考虑人流、物流路线, 在保证各工序环节路线最短的基础上最大限度的做到人流与物流的分流。

3.3 设施需求分析^[2]

电装生产线的建设中, 土建及公用工程等配套设施是非常重要的。由于航空机载产品电装生产线规模一般比较小, 其体量不适合单建一厂房。所以, 多数布置在装配厂房的中间层。

航空机载产品装配厂房一般包括环境可靠性试验、元器件筛选、电装生产线、三防、调试等主要内容。其中电装生产线适宜设置在中间层, 这样与联系紧密的元器件筛选、三防等物流最短。

下面主要对电装生产线土建及公用工程主要技术措施进行设计分析:

3.3.1 土建工程

航空电子产品装配厂房一般为多层工业厂房, 火灾危险性类别一般为丁戊类。执行《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)。

相关主要技术措施如下:

层高: 一般为4.5~5.4m。

地面: 一般设防静电环氧自流坪地面。

楼板荷重: 一般为4kN/m², 表贴生产线部分为6kN/m²。

根据使用的化学品种类及用量, 部分房间需设置为防爆房间。

3.3.2 给排水

电装生产线清洗工段需设自来水供应系统; 部分工艺设备对使用水要求较高, 设置去离子水系统; 相应设置地漏。

3.3.3 暖通

空调: 温度要求一般为18~28℃, 30%~70%。

通风: 生产过程中, 会产生焊药挥发物等有害物质, 需采取局部或全室通风换气措施, 使有害物质通过排风系统过滤后排至室外, 保证工人

的生产环境。

3.3.4 动力

电装生产线需设压缩空气。气质要求：干燥清洁，露点 -40°C 。

工作台设压缩空气吹嘴(载荷系数为0.07，压力为0.3~0.4MPa，用气系数为1，耗气量为 $0.18\text{m}^3/\text{min}$)；贴片机、丝网印刷机、点胶机、波峰焊、回流焊、检测设备等根据设备的要求(以载荷系数为0.1，压力为0.6~0.7MPa，用气系数为1，耗气量为 $0.18\text{m}^3/\text{min}$ 的居多)，提供压缩空气^[2]。

电装生产线所需的压缩空气可单独设置，也可统一设置。

3.3.5 电气

照明：按300Lx设计，灯具分区分片控制。

电源：一般设计220V、380V电源。

接地：一般设接地系统(包括安全接地和防静电接地)，接地电阻 $>1\Omega$ 。

特殊要求：防爆房间需用防爆灯具和插座等。

4 航空电装生产线发展趋势

4.1 柔性生产线发展

随着科学技术及型号任务的发展要求，对航空产品的功能与质量要求越来越高，产品更新换代的周期越来越短，产品的复杂程度也随之增高，传统的大批量生产方式受到了挑战。

为了同时提高制造工业的柔性和生产效率，使之在保证产品质量的前提下，缩短产品生产周期，降低产品成本，最终使中小批量生产能与大批量生产抗衡，柔性自动化系统便应运而生。

4.2 现代电子产品技术的应用

随着电子技术的发展，电子产品日益先进，因此，在航空电装生产线中将传统的生产线与现代电子产品相融合将成为未来的发展趋势。主要体现在以下几方面：

(1)可编程控制器(PLC)和触摸屏在电子装配生产线中的应用；

(2)网络在电装生产线上的应用；

(3)AOI检测系统在电装生产线上的应用；

(4)工业机器人的应用。

4.3 电装生产线设备发展趋势

目前，电装生产线的设备正向着高效、灵活、智能和环保等方向发展。

例如：全自动带有超视觉功能的高速型印刷机，印刷参数可用计算机数字化设置丝网和基板的标记，可用其视觉系统自动识别对准；采用智能服务系统及高分辨率线性编码器闭环系统的新型贴片机；具有独特的多喷口气流控制的再流焊炉以及智能化再流焊炉。

5 结论

由于航空电子产品电装生产具有多品种、中小批量的特点，因此航空机载厂所适宜建设半自动搪锡、半自动成型、半自动插装、波峰焊接、返修(手工焊接)、半自动表面贴装、自动表面贴装、返修(表贴维修工作站)、半自动三防涂覆于一身的具有高度柔性的电装生产线。

航空电子产品电装生产线在工艺布局上应严格遵循工艺流程，分类布局，统筹规划配套面积，人流、物流分开，合理利用空间，尽量避免工序间的相互交叉，最大限度做到路程最短，有效提高生产效率。

参考文献

[1] 丛选超. 航空制造工程手册—电子设备装备. 北京:航空工业出版社,1995.

[2] 统一技术措施(电子电气机载设备、空空导弹装配试验部分). 中国航空工业规划设计研究院,2008.

航空发动机叶片精锻生产设备选型研究

■ 张凯 赵衡龙 「工艺」

摘要: 综述了航空发动机锻造叶片生产现状,指出叶片精锻成形工艺为航空发动机叶片生产的必然趋势。以锻造设备为主,结合国内外航空企业生产现状对航空发动机叶片精锻生产用主锻设备、辅助设备进行了设备选型分析,得出国内航空企业叶片精锻设备在信息化、自动化水平方面与国外存在较大差距,为我国航空发动机叶片精锻生产设备的选型提供了参考。

关键词: 航空叶片; 精锻; 设备; 选型

0 引言

叶片是航空发动机的一种重要零件,它在航空发动机中起着能量转换的关键作用,是航空发动机的“心脏”^[1]。叶片还是航空发动机中用量最多的一类零件,一台现代航空发动机有数千件叶片,其中锻造叶片占80%,因此叶片锻造的生产量在锻造行业中是极为可观的^[2]。但是叶片锻造工艺性却很差,这一方面是因为叶片形状复杂,变截面,变弦长,有扭角,而且在同一截面上各部分厚度也是变化的,带冠叶片以及叶身带阻尼台叶片更是如此;另一方面则由于叶片工作条件恶劣,对原材料的要求高,所用材料一般为材质优、价格昂贵,但难变形的材料。叶片的形状和材质使叶片成形的复杂性和繁重性大大增加,这样便导致生产出来的叶片的机加工余量特别大,浪费人力、物力、财力,还延长了生产周期。

叶片的生产经历了从纯机加工到普通模锻加工,从小余量模锻加工到半精锻加工并向精锻迈进的阶段。精锻技术是在一般模锻基础上逐渐

发展起来的一种少无切削新工艺。与一般模锻相比,它能获得表面质量好,机械加工余量少、尺寸精度高的锻件,从而能提高材料的利用率,取消或部分取消切削加工工序,可以使金属流线沿零件轮廓合理分布,提高零件的承载能力^[3]。采用精锻工艺生产叶片,不仅可降低产品成本,提高产品质量和生产率,而且由于精锻后叶片叶身型面不需要在进行机械加工,保留了锻件的金属流线,使其疲劳性能、腐蚀性能优于机加工的叶片,提高了锻造叶片型面的质量可靠性,其经济效益十分显著^[4]。这也适应了绿色、清洁化生产的要求。因此,叶片精锻成形是目前叶片锻造生产的发展趋势^[5-6]。

1 国内外航空发动机叶片精锻成形工艺分析

目前,国外航空发动机叶片精锻件已占锻造叶片的80%~90%,主要采用有能量预选装置的螺旋压力机和大刚度机械压力机生产。以罗罗公司格拉斯哥叶片厂为代表的精锻叶片自动化生产线,具备了从备料、制坯、清理、表面防护、锻造、在线监测、清理、热处理、抛光等一体化柔性生产能力。

作者简介:张凯,男,助理工程师,2012年毕业于西北工业大学材料加工工程专业,现就职于中航建发动力工程设计研究院。

现阶段,国内航空发动机的叶片生产多沿用前苏联的锻造工艺,即进行大余量模锻及半精锻,材料利用率低、成本高、周期长,而且难以保证叶片质量,叶片精锻仅在个别工厂得到了工程化应用。

典型精锻叶片制造工艺流程基本如下:

原材料复验→下料→车外圆→标刻→超声波探伤→切断(定长)检验→涂防护涂层→加热→挤杆→除防护涂层→清理表面、抛修缺陷→腐蚀→检验→尺寸腐蚀→涂防护涂层→加热→头→除防护涂层→清理表面、抛修缺陷→腐蚀→检验→尺寸腐蚀→涂防护涂层→加热→预锻→除防护涂层→腐蚀→清理表面、抛修缺陷→腐蚀→检验→尺寸腐蚀→涂防护涂层→加热→终锻→切边→除防护涂层→抛修缺陷→腐蚀→检验→振动光饰→尺寸腐蚀→喷涂防护涂层→加热→校正→除防护涂层→分组及化铣→热处理→检测。

从工艺流程可以看出叶片精锻工艺非常复杂,每次锻压前后都必须对毛坯进行适当的辅助工序处理,为满足叶片化铣前均匀小余量的要求,必须配备适用于精锻的锻压设备以及与锻造工艺配套的完整的辅助设备才能满足最终的产品质量需求。因此,对叶片精锻设备进行合理选型,对提高我国航空发动机叶片的生产水平和技术经济效益有重大实用价值。

2 叶片锻压设备选择研究

叶片锻压设备包括制坯设备、终锻设备、切边设备。

2.1 制坯设备的选择

叶片制坯质量对后续精锻有重要影响,制坯方式一般有3种。一种是以叶根截面尺寸选择坯料,制坯时进行叶身拔长,叶根金属纤维保持平行状;第二种是以叶身截面尺寸选择坯料,制坯时进行叶根镦粗,叶根的金属纤维呈蒜头状;第三种是上述两者的结合,既对叶身部分拔长,又对叶根部分镦粗,该方式流程较长,但从金属纤维流线及产品强度考虑,较前两种方式都好。常用的制坯设备包括:

1) 挤杆、镦头曲轴压力机

适用于中、小叶片制坯,可以同时完成叶片预锻或终锻前的挤杆与镦头。由于该设备闭合高度的限制,长的、大的叶片一般不采用这种压力

机制坯。目前国内上海锻压机床厂等厂家可生产该类型偏心压力机。

2) 卧式锻造机(平锻机)

适用于中型叶片的镦头制坯,国内使用较为普遍。其模具由固定夹紧模、活动夹紧模以及冲头三部分组成。

根据模具的分模方向不同,分为垂直分模卧锻机和水平分模卧锻机两种。国内一重集团、天津锻压公司等厂家可生产此类型设备。

3) 数控径向锻造机

数控径向锻造机是常用的大型叶片制坯设备,广泛应用于国内外船舶企业,目前我国航空企业尚未应用。

2.2 叶片精锻主锻设备的选择

2.2.1 叶片锻压设备的选择原则

- (1)满足锻造变形所需要的载荷和能量;
- (2)满足锻造工艺所要求“时间”特性;
- (3)满足锻件所要求的精度。

2.2.2 主要的叶片锻压设备

目前用于叶片精锻生产的主锻设备主要有热模锻机械压力机和螺旋压力机。

1) 热模锻机械压力机

热模锻压力机是一种位移限定的设备,有固定的下死点和有限的行程。在精锻时需要用精密砧板,而砧板的厚度需要反复试验,增加了精锻的难度。因此,热模锻机械压力机常作为小余量叶片锻造的生产^[7]。

2) 电动螺旋压力机

电动螺旋压力机相比于热模锻机械压力机具有以下优势:

- (1)无下死点,不必调整模具高度,不会产生闷车现象;
- (2)打击能量可精确设置,成形精度高;
- (3)模具结构简单,换模容易,能方便的调整行程,回程位置准确。

基于以上优点,电动螺旋压力机被广泛的用来进行航空叶片的精密锻造。

国内航空企业除了引进国外电动螺旋压力机外还配备了部分国产设备,国外设备精度较高,每批锻件的均匀性较好,可满足叶片的精锻要求。国内的青岛青锻锻压机械有限公司等企业可生产8,000t以下的电动螺旋压力机,但国产电动螺旋压力机还存在一些问题,主要是打击力的选择与实际发生的力误差较大,对于航空精锻叶片的

表1 主要下料设备的特点与使用范围

设备	特点	适用范围
圆锯床	切口损耗大、切口端面平直, 质量好。	适用于有色金属坯料, 可作为主要下料设备。
带锯床	投资小、生产效率比圆锯床高, 切口损耗小, 切口端面平直, 质量好。	
车床	端面质量好, 尺寸精度高, 生产率低, 有切口损耗	若无特殊要求, 一般不予采用。
砂轮切割机	投资少, 生产率比较高, 切口损耗4~6mm, 砂轮片寿命低, 成本高, 噪声和粉尘大, 端面质量好, 尺寸精度高	适用于下料困难的金属, 如高温合金等。
精密剪切下料机	投资大, 由电子计算机控制下料, 精度高, 效率高, 切断面质量好, 无下料损耗。	适用于原材料昂贵、精度要求高、批量大的精密锻造生产。

生产还存在较大问题。

叶片锻压力的计算公式如下式所示:

$$P = 8(1 - 0.001D_{np}) \times \left(1.1 + \frac{20}{D_{np}}\right)^2 \times \left(1 + 0.1 \sqrt{\frac{L_n}{B_{ncp}}}\right) \times F_n \times \sigma_s$$

其中: P为锻压力;

D_{np} 为非圆形锻件换算直径, 其值为 $1.13\sqrt{F_n}$;

B_{ncp} 为叶片锻件在水平面上投影的最大平均宽度;

L_n 为叶片最大长度;

F_n 为锻件分模面的投影面积;

σ_s 为材料的屈服强度。

2.3 切边设备的选择

切边压力机采用切边冲床, 一般都采用国产设备。精锻叶片对冲床导向精度和刚度要求高, 应尽可能采用闭式单点冲床, 对于小叶片也可采用开式可倾冲床。

3 辅助设备选择

3.1 下料设备选择

包括锯床、车床、砂轮切割机等。其特点与使用范围见表1。

目前, 国内通常采用带锯床、砂轮切割机、车床作为叶片下料的主设备, 原材料损耗相对较高, 精密剪切下料机将成为将来精锻叶片下料设备的首选。

3.2 加热设备选择

包括箱式电炉、转底式加热炉等。

由于金属在高温状态下的活泼性较高, 易于与加热炉内各种气氛发生化学反应, 生产相应的化合物, 造成锻件质量降低甚至报废。因此, 精锻叶片加热炉最好选用带保护气氛的转底式加热

炉, 该种加热炉的加热制度好, 在加热过程中是不断缓慢旋转的, 从加热炉中取出一件坯料的同时, 再放入一件。通过设置炉底转速, 实现叶片随着炉底旋转一周时间恰好满足叶片坯料加热曲线要求。此外, 保护气氛还可以避免金属遭受氧化性气体的不良影响。

目前, 国内个别厂实现了主锻设备配备转底加热炉, 大部分厂仍存在主锻设备配套2~3台箱式电炉的情况。国内企业生产的转底炉最大炉膛尺寸未超过 $\phi 2,000\text{mm}$, 且炉膛温度均匀性只能达到 $\pm 10^\circ\text{C}$ 。

3.3 喷涂设备选择

包括手工喷涂和静电喷涂装置。静电喷涂装置采用自动悬链机械手喷涂方式, 提高了喷涂效率和润滑剂涂层的均匀性和一致性, 并减少了人工喷涂恶劣环境对人体的伤害。在国外, 静电喷涂装置已完全替代了传统的手工喷涂模式, 而国内航空企业仍以手工喷涂方式为主。

3.4 表面清理设备

包括抛丸机、吹砂机、砂轮机、砂带抛光机、无心磨床、滚筒光饰机及震动抛光机。

精锻叶片叶身打磨多采用砂轮机, 但砂轮机难以磨削叶片榫头、安装板连接处, 这也使得砂带抛光机应用较多。对于不锈钢叶片表面氧化皮的去除, 常采用抛丸机进行, 而对于铝合金叶片则采用吹砂机进行。

国外表面清理设备自动化水平较高, 自带的除尘设备除尘效果好, 能够布置在主锻厂房中, 大大缩短了物流运输距离。而国内表面清理设备对工人操作要求高, 工人劳动强度高, 生产现场环境恶劣, 不宜布置在主锻厂房。

3.5 腐蚀、化铣设备选择

包括自动化化铣线和人工操控化铣线。

自动化化铣线采用直线式排布,中轨行车作为运输工具,能够实现全自动控制,可以精确控制腐蚀时间,生产效率高。

目前,国外企业广泛采用自动化化铣设备。国内只有个别厂掌握精锻叶片化铣工艺,并实现了自动化化铣生产。

3.6 热处理设备选择

包括普通热处理设备、真空热处理设备。

由于空气中的氧气、氢气、氮气对钛合金容易造成氧化、氢脆和氮脆,因此,钛合金叶片必须采用真空炉进行热处理。其他材料叶片的热处理可采用普通热处理炉进行。

由于真空热处理设备价格较高,目前国内真空热处理设备数量不足。

3.7 检测设备选择

检测设备主要包括电感量仪、光学投影仪、三坐标测量机等。

电感量仪是一种电子检测仪器。它的优点是测量精度高,可达 $0.3\sim 1.0\mu\text{m}$ 、重复性好,重复测量误差可达 $0.1\mu\text{m}$;稳定性好,长期运行,显示器示数不会发生漂移;检测速度快,可以同时检测40个以上的尺寸和形位公差。

光学投影仪用于检查叶片型面形状、根块角度和横向位移,也可检查叶片型面余量大小及分布情况,以及模具型面的变化等。

三坐标测量机的检测精度较电感量仪更高,价格也较高,检测速度较慢。

国外叶片精锻检验,大量使用电感量仪,并与光学投影仪组成了检验流水线^[8]。此外,再利用三坐标测量机抽检3%的叶片,起到加强叶片质量控制的作用。国内精锻叶片检测已部分配备三坐标测量机、光学投影仪、电感量仪等设备,但还在使用样板卡尺测量的落后检测方式。

4 结论

通过对叶片精锻设备的选型分析可知,目前我国航空发动机叶片精锻生产中虽已补充和引进了部分国外先进的工艺设备和实验仪器,但与西方发达国家相比还存在较大差距,具体表现在以下几方面:

(1)现有主锻设备如4,000t、2,000t、1,600t曲柄压力机设备老旧,锻造精度低,且无自动化操作、自动化控制及数字化信息处理能力,无法

满足较高冶金质量及几何尺寸精度要求的新一代发动机叶片的高效、稳定生产;

(2)打磨清理等辅助设备陈旧,靠人工操作,工作环境差、劳动强度大、自动化水平低;

(3)热处理设备以普通热处理炉为主,真空热处理炉数量不足;

(4)喷涂玻璃润滑剂、化铣工艺落后,未能实现自动化生产线,导致叶片质量一致性差;

(5)检测设备相对落后,手工样板检测效率低、精度差,难以与自动控制系统、质量管理体系进行信息交流。

综上所述,在今后的精锻叶片生产中,电动螺旋压力机将成为航空发动机精锻叶片生产的主锻设备,自动化水平较高的打磨清理设备、静电喷涂生产线、自动化铣线将逐步替代传统的人工操作模式,真空热处理设备将逐步取代普通热处理设备,三坐标测量仪及光学投影仪等检测设备将成为检测设备的主流。通过设备自动化、信息化水平的提升,精锻叶片的外形尺寸、内部质量的一致性将得到更好的保证。

参考文献

- [1] 张志文. 叶片锻造[M]. 西安:西安交通大学出版社,1987.
- [2] 王乐安. 航空工业中的锻压技术及其发展[M]. 锻压技术,1994(1):57~61.
- [3] 杨振恒,陈镜清. 锻造工艺学[M]. 西安:西北工业大学出版社,1986.
- [4] 詹梅,刘郁丽,杨合. 航空叶片的精锻技术与模拟工艺[J]. 西安:重型机械,1999(6),1~3.
- [5] 钟杰,孟楚江,郭成. 叶片精密锻造技术的发展现状及其展望[J]. 锻压技术,2008,33(1),1~5.
- [6] 熊爱明,薛善坤,李晓丽. 叶片锻造技术的现状与发展趋势探讨[J]. 北京:机械科学与技术,2001,20(6),806~807.
- [7] 中国机械工程学会塑性工程学会主编. 锻压手册[M]. 机械工业出版社.
- [8] 王军. 航空发动机叶片三位轮廓测量方法研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2005.

固体制剂改造项目工艺布置

■ 徐哲 伍雅欣 「工艺」

摘要: 本文从固体制剂市场的现状和发展趋势出发,基于某固体制剂车间改造项目,针对固体制剂工艺生产流程,阐述了固体制剂生产车间改造工艺设计关键技术的应用。

关键词: 固体制剂; 改造; 工艺设计

1 概述

1.1 项目需求

医药产业被称为永不衰落的朝阳产业,是国内乃至全球发展最快的产业之一。统计表明,过去5年,我国医药工业总产值年均增长率23%,远远超过GDP的增速。随着经济的发展,人们收入水平的提高,人民健康意识的增强,医药产业肯定有广阔的发展空间,特别是国家建立全民医疗保险制度以来,由于政策的推动,整个市场的发展速度也越来越快。

固体制剂是我们日常生活中接触最多的一种口服制剂产品。常见的固体制剂有颗粒剂、片剂、胶囊剂等,在药物制剂中约占70%。由于剂型品种最为丰富、临床用药最为方便,固体制剂长期以来在国内外占据着用药主流剂型地位。在我国5,000多家医药制剂生产企业中,有固体制剂药物生产的厂家占到一半以上,可以说固体制剂是我国制药生产中的普遍剂型。

1.2 工艺设计要求

中国在药品质量管理与质量标准提升上也不断发力。在由国家药品监管部门发起和推动的新

一轮药品标准提升计划中,中国的药品质量正在缩小与国际市场主流产品的差距。2012年1月药监局发布关于加强《药品生产质量管理规范(2010年修订)》实施工作的通知;2012年2月药监局发布关于开展药品生产企业实施新修订药品GMP情况摸底调查做好分类指导工作的通知。新版药品GMP对企业生产药品全过程所需要的人员、厂房、设备、卫生等均提出了明确的要求。

最新版GMP的修订是根据我国药品生产安全现状,在全球经济一体化推进、药品监管法规和技术标准趋向全球统一的形势下进行的,有助于提升我国制药行业的生产和管理水平、推动医药行业更快更好地长远发展。新版GMP将“安全、有效、质量可控”的原则系统地融入到GMP中。依据新版GMP,固体制剂生产厂房的工艺设计要考虑以下因素:合理的厂房布局,生产工艺和设备的自动化,密闭的生产系统,设备容器的清洗和干燥,正确的气压气流分布等。

在市场与政策的双重引导下,国内医药企业不断的提升固体制剂生产技术水平。新生产方式、业务外包、全球化深化以及新产品研发周期缩短等等,都对固体制剂行业提出了更高的要求。近年来,新建、改扩建固体制剂生产厂房项目日渐增加。本文以某固体制剂车间改造项目为例,分析改造项目的工艺布局设计,希望对今后固体制剂厂房改造类项目有所帮助。

作者简介:徐哲,男,助理工程师,2012年毕业于天津大学化学工程专业,现就职于中航建发医药工程设计研究院。

表1 项目总体概况及相应的设计模式

	描述
产品种类	抗过敏、抗风湿、类风湿、抗高血压、心绞痛片剂、胶囊剂
产能	片剂8.5亿片/n; 胶囊0.75亿粒/n
厂房面积限制因素	4615m ² , 一层为水针车间及二层车间的公用工程辅助机房(动力站、制水、变电), 二层的人流、物流入口限定

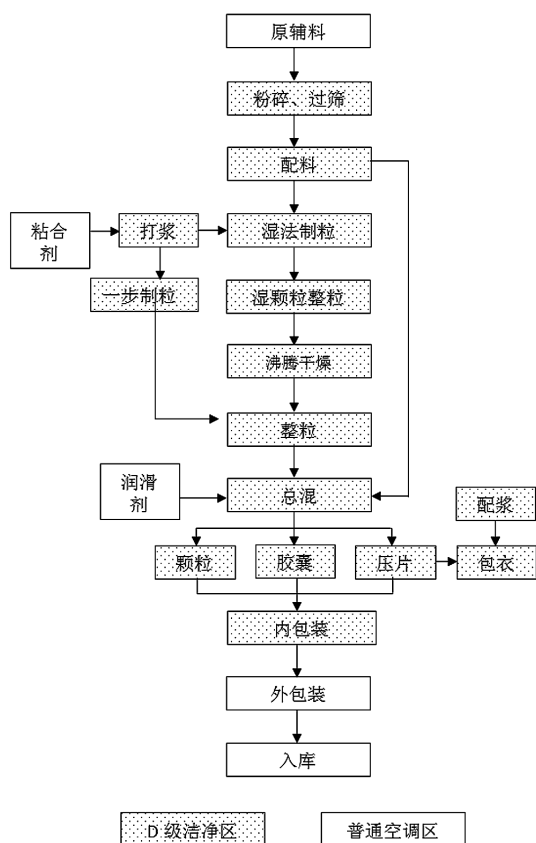


图1 固体制剂工艺生产流程框图

2 工艺流程与设备

2.1 工艺流程

固体制剂剂型包括片剂、胶囊剂和颗粒剂，它们生产前道工序相似，工艺生产流程见图1。首先将药物进行粉碎与过筛后才能加工成各种剂型。如将混合均匀的物料进行造粒、干燥后分装，即可得到颗粒剂；如将制备的颗粒压缩成形，可制备成片剂；如将混合的粉末或颗粒分装入胶囊中，可制备成胶囊剂等。

根据固体制剂的工艺流程可看出其生产的基本特点是对固体制剂生产过程中各阶段进行粉尘控制，以此防止不同产品之间的原辅料、中间体和成品的交叉污染，加强对人员的保护，同时防

止粉尘从各生产区逸出，污染其他生产区域。固体制剂生产其它的特点还有制粒、包衣工序的防爆，特殊产品个别工序的低湿、暗光源要求等。

2.2 工艺设备

固体制剂设备按照生产工艺流程，可分为：

(1)物料前处理设备：粉碎机、过筛机、称量系统。前处理区对物料进行粉碎、过筛、称量后，将物料分配到后期生产工序；

(2)主要生产设备：制粒机、混合机、压片机、胶囊填充剂、包衣机、包装线。将前处理好的物料进行制粒、整粒以及总混，制备成含有一定比例的固体颗粒。根据剂型的不同，分别采用压片机、胶囊填充机、颗粒分装机等将制备好的颗粒制成片剂、胶囊剂以及颗粒剂。部分片剂，还需使用包衣机对片剂进行包衣。制成的片剂、胶囊剂、颗粒剂，送至包装生产线进行包装；

(3)清洗设备：在线清洗机，全自动清洗站。

3 工艺布置

3.1 设计依据

本固体制剂改造项目设计依据见表1。

该项目固体制剂车间改造范围在原制剂厂房的二层南侧部分。厂房一层北侧为仓库，南侧为氨基酸车间以及整个厂房的公用工程辅助机房，但不含空调机房部分。厂房二层北侧为预留车间，南侧为固体制剂改造车间。该车间东西向长112.5m，南北向宽45m，柱网形式为(7.5m×15+7.5m×6)，采用钢筋混凝土结构。

3.2 项目特点

本次设计在原生产车间二层南侧固体制剂部分，在不改变原建筑的使用功能、建筑性质、耐火等级、防火分区、封闭楼梯间等条件的基础上，对内部生产工艺房间进行调整，改造面积4,615m²。要求设计满足新版GMP规范，同时参考FDA标准。

由于该改造项目是基于已建设的厂房进行

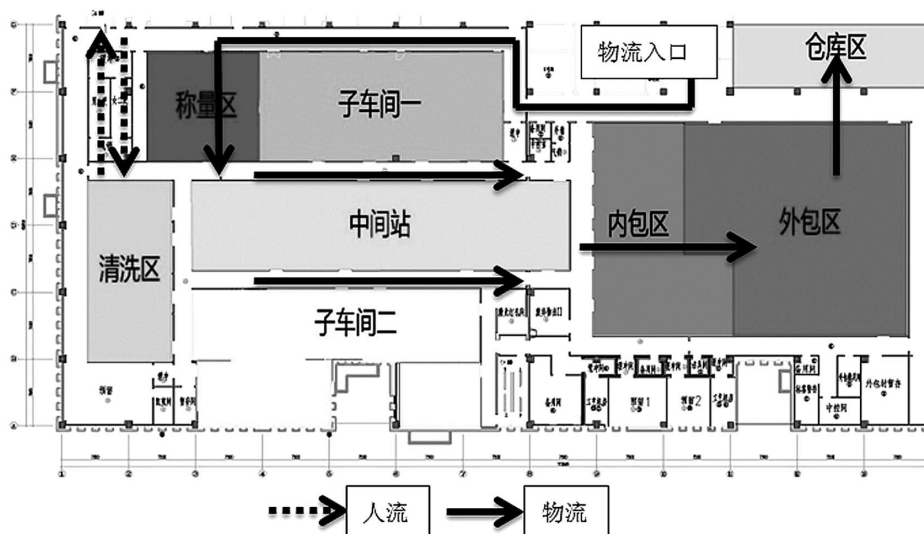


图2 车间工艺布置图

对原有车间进行重新设计、建设，具有较多的限制条件。包括：一层楼顶楼板已加固完毕、一层氨基酸车间已改造完毕并即将投入使用、一层仓储取样区风管铺设完毕、一层东南角存在大面积变电所；二层空调房间正在施工、一层风管及设备随意摆布在屋面上等厂房基础因素等。同时，由于该项目是改造项目，且车间在二层设置，人流、物流入口受到一层总人流、物流的限制。厂房的总更衣入口设置在一层车间的西北角位置，因此二层的人员须经一层西北角，换鞋完毕后上楼，在二层西北角人流入口就近更衣，进入洁净区。由于厂房的总物流仓库在一层北侧，二层与一层衔接的物流电梯在二层的北侧中间部分，因此二层车间的物流入口也已限定。

3.3 工艺布置

固体制剂项目，在按照工艺流程布置车间平面时，还应考虑以下因素：

(1)防爆。某些产品生产时，制粒、包衣工序需使用有机溶剂作为溶解剂。因此工艺布置时，同时考虑工艺生产流程与防爆工序，合理优化。

(2)防尘。固体制剂生产时，应对粉尘进行控制，避免污染、交叉污染，降低风险。

依据甲方提供的设计任务委托书，要求在车间设计满足多品种同时生产的同时，尽可能的降低多品种产品交叉污染的风险。综上所述，工艺布置采用相对独立的多车间设计模式。

此种模式，介于传统的单车间与完全独立的多车间两种模式之间，即相对独立的多车间布

置。此种设计模式是按产品的不同，将一个大固体制剂车间按区域分为两个子车间。子车间在一个大车间的不同区域，公用一个内包、外包生产线。大车间的总人流从西北角进入，物流从北侧中部的物流电梯进入车间的北侧物流口。车间内，南、北两侧各设置了一条子车间生产线，以中间站将两个子车间隔离成相对独立的生产单元。子车间公用统一物流入口，备料区位于大车间的西北角；统一的清洗区，位于大车间的西侧中部，满足两个子车间的使用方便同时，与一层制水站距离较近，降低成本。大车间内设置统一的内、外包装生产线，位于车间东侧，在满足两个子车间的生产需要的同时，满足一层变电所的安全需要。车间布置如图2。

这种主工序分开、辅助区域结合的设计模式既解决了多品种灵活的生产模式，避免了多产品在单车间中混杂生产带来的交叉污染，又节约了车间的面积和能耗。

设备机房的布置：针对改造车间的具体条件，本层不能解决空调机房的设置，同时考虑车间较狭长的特殊性，东西向长112.5m，南北向宽45m，空调机房如集中设置在一侧，则空调管线距离使用点较远，且各种管道在吊顶夹层中错综复杂。如集中设置在中间部分，则不便于工艺设备辅机的摆放，影响工艺流程的合理化。因此本设计采用在屋面设置空调机房的形式，分别在东、西两侧设置空调机房，既节省了二层生产区的面积，又满足了空调管线与生产区距离的合理搭

配,并解决了吊顶中综合管线错综复杂的问题。

工艺机房的布置:固体制剂生产的一个显著特点是与设备相应成套的辅机设备繁多。考虑洁净需求,一般,操作间只允许设置与操作有关的设备,辅助设备如:进风风机、排风风机、加热器、过滤器、除尘器、真空泵等可以布置在辅机间。由于本项目改造面积限制,制粒、包衣设备主机放置于洁净区的操作间,辅机间设置在非洁净区可以节省洁净区的面积,有利于设备维修并减少设备维护对洁净区内洁净度的影响。由于二层车间面积受限,因此设计将制粒、包衣工艺辅助机房与主机操作间等垂直布置,设置在屋面。这样增大了生产区的有效使用面积,同时,便于机房内的维修与摆放。

3.4 心得体会

1) 一个大车间、两个子车间布置

新版GMP第四十六条中提到:“应当综合考虑药品的特性、工艺和预定用途等因素,确定厂房、生产设施和设备多产品共用的可行性,并有相应评估报告”。较旧版GMP,新版GMP强调多品种共用可能给药品质量带来的风险,建立有效措施降低由此可能带来污染和交叉污染的风险。本设计通过一个大车间,两个子车间的设计理念,在考虑产品共用的同时,充分降低了不同产品之间的污染与交叉污染风险。

2) 采用密闭的生产联动线

新版GMP第四十七条提到:“确保有序的存放设备、物料、中间产品、待包装产品和成品,避免不同产品或物料的混淆、交叉污染,避免生产或质量控制操作发生遗漏或差错。”该改造项目在设计上,从制粒、总混、压片、包衣等关键工序均设计采用联动生产线,并引入统一IBC料斗(不需转料、加料、分料)进行物料转移以及生产投料。全过程密闭处理。在满足物料运输的同时,充分降低交叉污染的风险。采用全过程计算机网络条码管理,对物料在车间内转运的全过程进行监控,避免物料混淆,实现生产全过程控制。

3) 核心工艺设备

本设计中,在核心工艺生产(制粒、总混、包衣)等环节,采用国际一流的制药工艺设备,实现对物料的稳定性和安全性实现全方位的控制,降低污染、交叉污染风险。设备配套CIP系统,对罐体、管道、泵、过滤器等在无需人工拆开或打开的前提下,在预定的时间内,将一定温

度的清洁液通过密闭的管道流速对设备表面进行喷淋循环而达到清洗目的。

4) 称量间采用垂直层流设计

新版GMP第五十二条提到:“制剂的原辅料称量通常应当在专门设计的称量室内进行。”设计集中前处理区,同时称量间内配料工序在整体层流配料隔间下进行操作。工作区域中,整体层流罩内,吸取房间空气进行内循环,实现对保护区域中的粉尘进行控制,保证操作者呼吸区域的粉尘处于较低水平。粉尘随后被排放入自带过滤系统,定期进行清理。

4 结论

综上所述,根据固体制剂生产的工艺设计流程以及项目实际需求,结合改造项目实际施工、使用特点,充分考虑改造项目现有条件的制约因素,在固体制剂生产厂房与车间的工艺设计过程中,按照多层次、多方案的设计方法,将固体制剂生产的新技术、新理念应用在该固体制剂改造项目中。在设计过程中,引入国际一流设备,采用全程IBC料桶对物料的转运实施全程监控;设计采用具有国际一流工艺的制粒、包衣等核心设备,使设计满足新版GMP的要求。

同时,针对车间实际情况,应将清洗间、内外包装间等共用设备合理布局,以及将空调机房分开设置在屋面等,提高面积的有效使用以及共用工程的合理化,从而降低施工难度及成本,提升生产安全水平、优化生产流程。

参考文献

- [1] 中华人民共和国药典,2010.
- [2] 药品生产质量管理规范,2010.
- [3] 药品GMP指南,2011.
- [4] 2013—2017年中国医药行业深度调研及研究前景预测报告,2013年.
- [5] 中国制药业发展战略,2009.

火炸药、弹药生产厂安全防护标准及措施

■ 冯飞 李鸣 「总图」

摘要: 火炸药、弹药自身的危险性,决定了其生产企业的高风险,通过采取技术手段和安全措施,以达到安全可控及风险可接受,是尤为重要的。本文根据一些工程实例论述了火炸药、弹药科研生产建筑的内外外部距离要求及相应安全防护的要求及防护措施。

关键词: 火炸药及弹药; 外部距离; 内部距离; 安全防护

1 概述

为了安全生产、合理规划、科学管理,在建设火炸药、弹药工厂时,工厂整体对厂外各类现有设施以及规划设施的影响应作充分考虑。同时工厂规划应满足以下基本条件:

(1)工厂的选址应满足城市规划及安全规范的安全要求,与城市工业企业、市政公用设施、公路铁路、村庄及居民点的相互关系合理,符合安全规范要求;

(2)厂内各分区之间,各工房之间在符合工艺流程的前提下符合安全规范要求。

2 外部距离

外部距离是指火药、炸药、弹药及火工品的生产或贮存有危险品的建筑物及外部各类目标之间,在规定的破坏标准下,所需的最小距离。外部距离所包含的目标一般包括本厂的住宅区、零散住户、村庄及乡镇、市政及社会公用设施、企事业单位及城市等。本厂的行政办公等人员密集

场所及工厂各区与区之间也应按外部距离计算。

而对于危险品生产区的外部距离来说,以建筑物的危险等级及药量为主要依据,外部距离控制范围直接影响厂区外部影响范围,对新建厂区外部搬迁、影响范围的分析,对厂区建设的可行性有直接影响。图1是外部距离示意图,图中标明了厂区内某假定厂区(工房计算药量均为5tTNT)对厂外各类设施的控制半径要求。

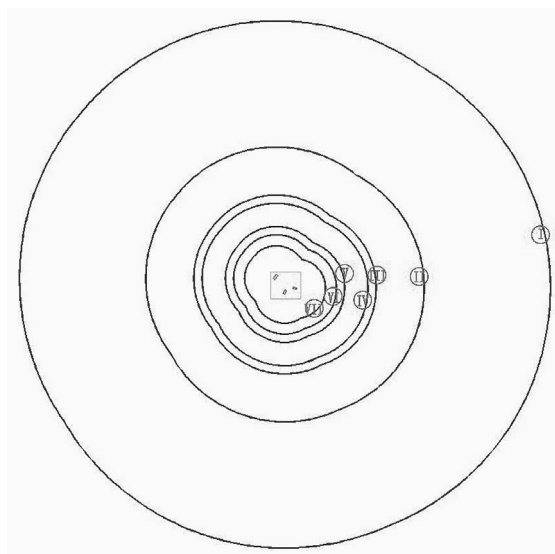


图1 外部距离示意图

作者简介:冯飞,男,助理工程师,2009年毕业于西安建筑科技大学交通工程专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

表1 图示厂区外部距离一览表

类别	I	II	III	IV	V	VI	VII
距离(m)	210	290	350	520	580	930	1850

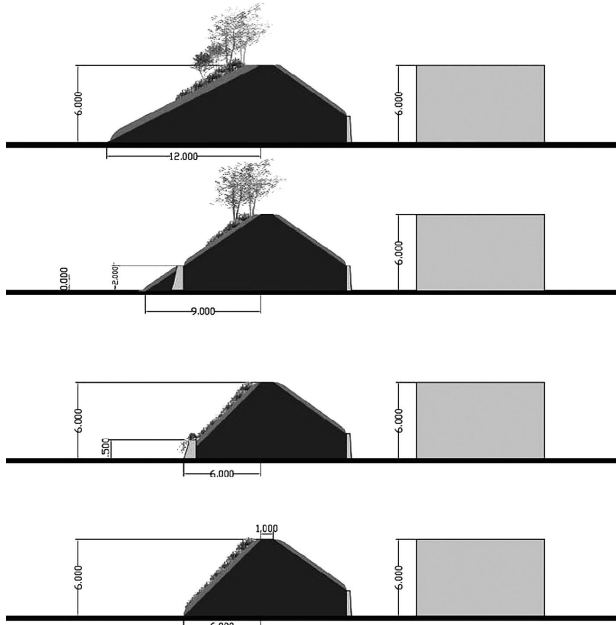


图2 设计中四种坡度对比

在图1中, (I)表示人口大于10万人的城市市区规划边缘不得在此范围内; (II)表示人口小于等于10万人的城镇区规划边缘, 不属于本厂的110千伏区域变电站围墙不得在此范围内; (III)表示本厂住宅区边缘, 职工总数大于500人的工厂企业围墙不得在此范围内; (IV)表示村庄边缘, 职工总数50~500人的工厂企业围墙, 有摘挂作业的铁路中间站站界及建筑物边缘不得在此范围内; (V)表示零散住户边缘, 本厂独立的机加生产区, 危险品总仓库区靶场区的建筑物边缘, 职工总数小于50人的工厂企业围墙, 无摘挂作业的铁路中间站站界及建筑物边缘, 220千伏架空输电线路不得在此范围内; (VI)表示国家铁路线, 二级以上公路, 通航的河流航道, 不属于本厂的110千伏架空输电线路不得在此范围内; (VII)表示非本厂的工厂铁路支线, 三级公路不得在此范围内^[1]。具体数值见表1。

3 内部距离

内部距离是指危险品生产区、总仓库区、试验场及销毁场等区内各建筑之间在规定的破坏标准条件下, 所需的最小距离。

影响工房及危险场地内部距离的因素很多, 主要有工房及场地的危险等级、总平面布局、有无防护屏障等。对于危险工房与辅助生产及服务性建(构)筑物, 如锅炉房、变电站或变电所、高位水池、以及车库办公楼等公共建筑的内部距离, 应严格按相关规范认真核实。内部距离的核算直接影响厂区内各个工房的安全, 并且还会左右总平面布局方案。

4 安全防护

防护体系包括距离和防护屏障, 防护屏障对于建筑外部而言主要包括人员掩蔽场所和防护屏障。其中人员掩蔽场所主要用来保护人员、设备和炸药的安全, 防护屏障主要包括钢筋混凝土挡墙、夯土防护墙、防护土堤等。以下结合某化工厂项目简单介绍防护土堤的设计要求:

4.1 防护土堤构造型式

防护土堤构造要求顶宽不小于1m, 底宽按土壤性质确定, 其边坡应保持稳定, 一般砂质土为1:1.5, 黏砂为1:1.75, 施工时分层夯实。防护土堤的构造尺寸应根据建设用地规模、总图布局、土石方工程大小、景观要求等因素综合考虑。某化工厂工程设计中, 因用地紧张, 总图布局紧凑, 为减少土堤占地范围, 并减少土堤用土量, 土堤边坡坡度采用1:1放坡。采取方式为在土壤中加入一部分石灰以提高边坡率。防护土堤内侧设置高度为2.0m的钢筋混凝土挡土墙, 使土堤主体靠近危险工房, 加大了防护土堤的防护效果, 同时也减少了防护土堤的占地范围, 有利于建筑物和土堤之间的排水和防护土堤的稳定性。由于项目位于南方多雨地区, 为了维护土堤边坡稳定, 避免被雨水冲刷侵蚀, 土堤边坡种植草皮。

图2为设计过程中做的防护土堤外边坡的四种坡度对比: 四种方案土堤内边坡均为1:1, 坡脚设2m高钢筋混凝土挡土墙, 外边坡作不同坡度对比, 从上到下土堤外侧坡度分别为: 1:2、1:1.5、1:1(外设挡墙)、1:1。从上图看出, 土堤边坡坡度小, 边坡稳定性好, 也有利于景观绿化软化土堤, 便于营造厂区景观效果, 缺点是用

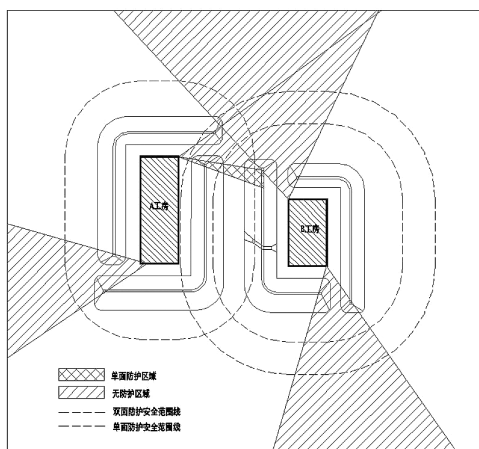


图3 A、B工房安全距离关系

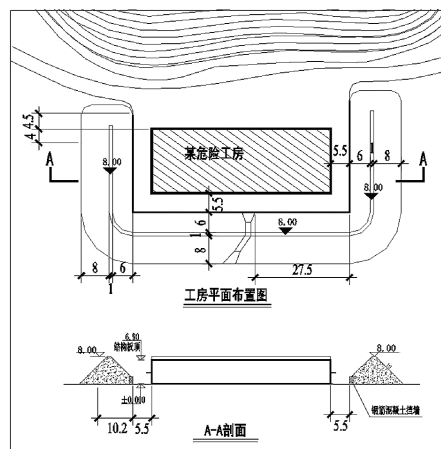


图4 某危险工房平面布置、剖面图

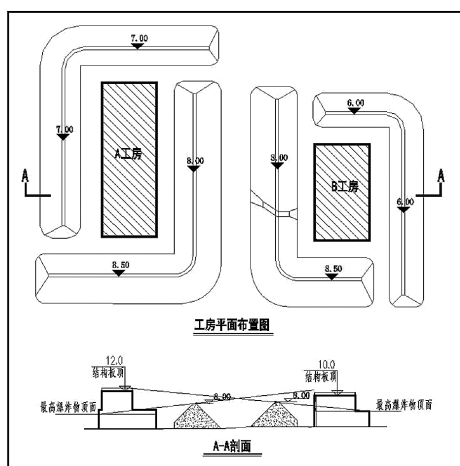


图5 A、B工房安全距离在竖向上的关系

地范围大，土堤土方工程量大；土堤边坡度大，边坡稳定性差，施工难度大，优点是土堤占地范围小，土方工程量小。四种土堤型式各有优缺点，实际中，根据总平面布置实际情况可灵活选用。

4.2 防护土堤在平面上的防护

图3反映了A、B工房安全距离在平面上的关系，图中阴影部分分别反映了两工房防护土堤无作用范围，不同填充样式分别为土堤的无防护区域和单面防护区域。在平面关系上，处于无防护区域的工房在与上述工房核算安全距离时应按相应乘以相应系数进行核算。

在总平面布置时，除在布置时避免两建筑在土堤无作用范围内相对外，也可以在开口处设置钢筋混凝土通行隧道，根据实际情况形成全围合或半围合防护土堤。

4.3 防护土堤在竖向上的防护

对于如图4所示某A1级危险工房，建筑檐口

高度6.9m，土堤设计高度为8.0m，土堤高出建筑檐口高度1.1m，建筑右上方土堤利用自然山体。

图5反映了A、B工房安全距离在竖向上的关系。A、B工房均为有不同高度的A1级建筑，建筑高度较高，其中A工房最高部分结构板顶高度为12.0m，B工房最高部分结构板顶高度为10.0m。防护土堤若要高出建筑檐口高度1m会造成土堤断面宽大，不利于节约用地和土石方工程量。此类建筑防护土堤可采取高出最高爆炸物顶面1m的方法来核算，如图5。核算方法为A工房最高爆炸物顶面与工房左侧外墙交点与土围堤外侧顶点连线向B工房延伸，延伸线高于B工房左侧屋檐口1m即可。最终确定得的防护土堤高度A、B工房相邻一侧均为8.0m。特别说明的是，图中防护土堤实现了防护土堤在竖向上的防护作用，满足防护要求。特别需要指出的是，图5土堤四周高度不同，是为分别核算四周土堤竖向关系的结果，减少了土堤工程量，节省投资。

若土堤高度高于最高爆炸物顶面1m，但与相邻工房不能满足上述核算时，防护土堤对相邻工房就应是无防护效果，这是因为防护屏障仅高出最高爆炸物顶面1m，还有一部分建筑物暴露在屏障上方，一旦发生爆炸事故，该部分直接受到爆炸空气冲击波超压及飞散物作用，因此在核算量建筑物安全距离时，该建筑物应按无防护计算。

在危险工房总图布置中，靠近山体布置的危险工房，当利用开挖山坡兼做防护屏障时，大药量工房25m、小药量15m范围内针叶树或竹林应完全清除。边坡处理时，针对风化岩石等以钢筋围锚为主；对于土质边坡，根据其土质及边坡高度，确定所需的护坡工程，采取相应的工程措

表2 受冲击破超压影响的建筑物破坏等级划分表

破坏等级	1	2	3	4	5	6	7
名称	基本无破坏	次轻度破坏	轻度破坏	中等破坏	次严重破坏	严重破坏	完全破坏
超压 Δp	<0.02	$0.02\sim 0.09$	$0.09\sim 0.25$	$0.25\sim 0.40$	$0.40\sim 0.55$	$0.55\sim 0.76$	>0.76

表3 受冲击破超压影响的建筑物破坏等级划分表

编号	药量(kg)	相邻工房	距离R(m)	Δp	破坏等级
1	500	B01	50	0.259	4级
		B02	49	0.269	4级
2	500	B03	46	0.306	4级
3	300	B04	54	0.16	3级
4	200	B05	57	0.124	3级
5	1000	B06	57	0.313	4级
6	600	B07	54	0.25	3级

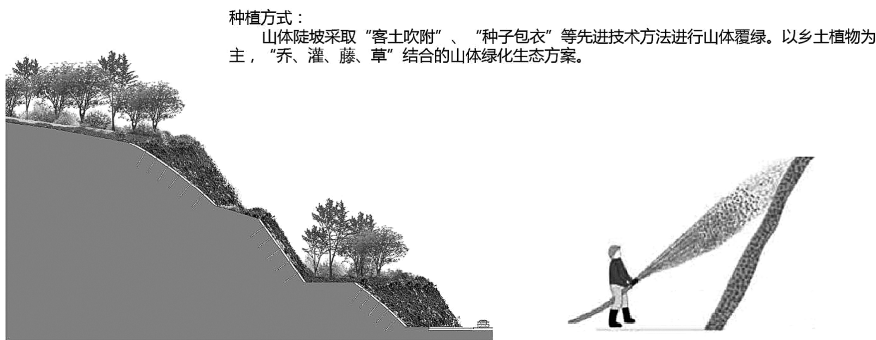


图6 工房山体覆绿示意图

施,以山体覆绿为主,防止山体滑坡及水土流失,见图6。从安全角度考虑,护坡禁止使用片石或块石砌筑。

5 冲击波超压与破坏等级

在研究所及院校工程设计中执行“小药量规范”时,其破坏标准按三级(轻度破坏)至四级(中等破坏)及三—四的破坏程度。而“安全规范”其破坏标准是按四级(中等破坏)至五级(次严重破坏)及四—五的破坏程度。因此,在确定采用院校研究所的破坏标准,其内部距离应按小药量规范执行。实际项目中,遇到大小药量工房混合布置的情况,核定建筑物的破坏标准就变得尤为重要了。受冲击破超压影响的建筑物破坏等级划分见表2。

兵器五院在平地及山地进行试验得出的,平地爆点有防护土堤,药量在300~40000kg时,爆炸空气冲击波峰值超压的计算公式为:

$$\Delta p = 0.23\left(\frac{\sqrt[3]{W}}{R}\right) + 7.73\left(\frac{\sqrt[3]{W}}{R}\right)^2 + 6.81\left(\frac{\sqrt[3]{W}}{R}\right)^3 \text{ kg/cm}^2$$

其中, $3 \leq \frac{\sqrt[3]{W}}{R} \leq 18$ 。

根据表2及计算公式,得出的某项目冲击波超压与破坏等级计算表,见表3。

6 结语

本文主要介绍了火炸药、弹药生产厂区内、外部距离计算的基本方法及其防护的措施和要求。由于此类项目的特殊性,合理的总平面布局、精确地内外部距离核算以及防护措施的设计规划变得尤为重要。

参考文献

- [1] 爆炸及其防护——火炸药、弹药企业事故爆炸效应及防护条件设置的基本要求. 兵器工业出版社,2008.
- [2] DOD6055、09-STD 美国国防部—弹药和火炸药安全标准.
- [3] 火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范,兵总质[1990]2号.
- [4] 中国兵器工业总公司. WJ2470-97 小量火药、炸药及其制品危险性建筑设计安全规范.

人致大跨楼盖振动舒适度分析及TMD减振控制

■ 付仰强 张玲 王明珠 「结构」

摘要: 通过对某体育场馆大跨楼盖的舒适度分析与减振设计,建立了适用于本工程的人行荷载激励模型,对TMD装置进行参数优化并实现了大跨楼盖的竖向加速度控制。分析结果表明,TMD减振装置布置后,人致激励下大跨楼盖竖向加速度可以满足预期的舒适度标准要求。

关键词: 调谐质量阻尼器; 舒适度分析; 减振控制

0 引言

近年来,随着经济建设与文化发展的需要,轻质、高强建筑材料及新型结构体系的普及使得大跨度楼盖在体育场馆、会展中心、大型候机(车)厅等公共建筑中的应用日益广泛,人致振动作用下结构的振动响应及舒适度问题也愈发突出。

传统楼盖设计,为了防止过大的人致振动响应,一般采用将结构自振频率与人致激励频带相隔离的方法^[1-3]。频率隔离法虽较为简单,易于工程应用,但该法设计的楼盖偏于保守,经济性较差,无法考虑楼盖各阶模态质量、阻尼特性,难以有效准确地评价楼盖振动舒适度性能。鉴于减振效果显著、易于实现、经济性好的优点,调谐质量阻尼器越来越多的用于人行天桥、大跨楼盖结构的竖向振动舒适度控制^[4-6]。

本文基于实际的工程应用,对可能造成结构过大动力响应的人致激励进行了系统研究,对某运动场地大跨楼盖在人致激励下的振动舒适度进行了分析,提出了基于TMD的减振控制方案,通过分析对大跨楼盖的舒适度控制给出了一些有益

的工程建议。

1 工程概况

本工程建筑功能为体育场馆,内部设有风雨操场、室内运动场地及附属用房,地下两层,地上两层,其中地下两层为核5级常5级人防,建筑总面积11,647m²,建筑总高为18.0m。建筑外立面采用生动活泼、大小不等的圆形玻璃窗,建筑效果如图1所示。为满足建筑外立面效果,结构地上部分外围墙体采用开圆洞的钢筋混凝土墙,由于洞口错位严重,无法满足规范抗震措施要求,故实际设计中,按照考虑开洞墙体与不考虑开洞墙体两种情况分别设计,取包络结果对结构进行承载力设计。



图1 建筑效果图

作者简介:付仰强,男,助理工程师,2012年毕业于北京工业大学结构工程专业,现就职于中航建发技术研究院。

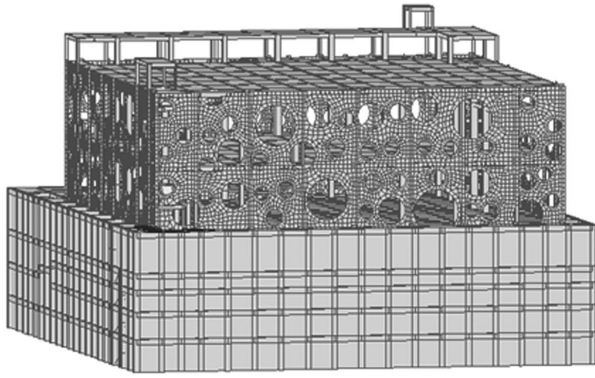


图2 结构有限元模型

结构体系地下部分采用钢筋混凝土框架结构,主要承重结构柱采用钢骨混凝土柱。地下二层为5级人防,柱距12.0m×12.0m,地下一层为游泳馆,游泳馆楼顶(即±0.00楼板)为大跨度竖向混凝土预应力井字梁楼盖,梁跨36.0×36.0m,混凝土梁高1600mm。地上部分为两层大跨度运动场地,一层层高6.90m,二层层高8.10m,均采用钢筋混凝土楼板-钢梁组合楼盖,楼盖跨度为36.0m×36.0m,结构模型如图2所示,初步分析,大跨楼盖基频落入人致振动频带范围内,需要进行舒适度专项论证。

2 舒适度分析要素

从振动传播的全过程来看,运动场地舒适度问题本质上是人致激励在场地楼盖内传播并产生过大动力响应,由此,振动舒适度分析涉及舒适度评价标准、人致激励、振动传播(楼盖动力特性)三个要素。

2.1 舒适度标准

《建筑工程容许振动标准》(GB 50868—2013)中,定义人体舒适性为人体在所暴露的振动环境主观状态良好、身体或心理上并没有感到困扰或不安的程度。考虑到人员对于振动的感受与激励特性、结构动力特性、激励持续时间、振动环境及人员的主观状态均有关系,舒适度评价标准不能一概而论。具体到本工程,建筑使用工程为体育场馆,荷载激励主要为节奏性运动(包括同步行走、比赛及混合使用),振动环境偏于杂,人员对于振动的敏感度相对安静环境有所降低,考虑到不同的荷载激励工况,结合相关规范标准,采用楼板振动峰值加速度限值标准如表1所示。

表1 舒适度限值标准

激励工况	峰值加速度(m/s ²)
同步行走	0.20
比赛	0.30
混合使用	0.15

2.2 人致激励

本工程的建筑使用功能为体育场馆,人致激励以节奏性运动为主,人员质量取值60kg,考虑单人行走、同步行走、同步快走、正常比赛、混合使用5个激励工况。

1) 单人行走

单人行走荷载模型采用Baumann K. Bachmann H.提出的基于一个行人一步的时程荷载函数,考虑了人员的重量及步行速度的影响,实际加载过程中,按照移动荷载进行加载,行走路线沿着结构第一阶模态振动形状的波腹方向。

2) 连续行走

行走激励采用IABSE(International Association for Bridge and Structural Engineering)的建议模型,即

$$F_p(t) = G + \Delta G_1 \sin(2\pi f_s t) + \Delta G_2 \sin(4\pi f_s t - \Phi_2) + \Delta G_3 (6\pi f_s t - \Phi_3)$$

式中:G为人员重量; $\Delta G_2 = \Delta G_3 = 0.1G$; $\Phi_2 = \Phi_3 = \pi/2$; 同步行走 $f_s = 2.0 \text{ Hz}$, $\Delta G_1 = 0.4G$; 同步快走 $f_s = 2.4 \text{ Hz}$, $\Delta G_1 = 0.5G$ 。

3) 节奏性运动

节奏性运动的人员数量一般较多,与人员行走荷载有较大差异,采用基于人员数量的等效均布荷载反应其对楼盖振动的影响^[7]。忽略静荷载的影响,则节奏性运动荷载函数^[8]简化为:

$$P(t) = \omega_p \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cos(2\pi f_{s_i} t)$$

式中: ω_p 为人员等效均布荷载,运动场地比赛工况取为 1.5 kN/m^2 ,混合使用工况取为 0.6 kN/m^2 ; α 为考虑第*i*阶荷载频率的分量权重系数,本工程取 $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.4$, $\alpha_3 = 0.2$; f_{s_i} 为结合大跨结构动力特性及已有数据确定的荷载激励频率。

2.3 楼盖动力特性

为了考虑开圆洞的钢筋混凝土外墙的刚度对大跨度楼盖边界的影响,本文分别建立整体结构

表2 大跨楼盖前六阶竖向振动模态

模态号	频率(Hz)
1	2.641
2	4.765
3	5.311
4	6.443
5	8.912
6	9.474

模型、含混凝土外墙的单层大跨楼盖模型(楼盖上下剪力墙、框架柱的远端固结)、不含混凝土外墙的单层大跨楼盖模型,对比动力分析结果表明,不含混凝土外墙的单层大跨楼盖模型各阶模态频率与前两个模型的结果相差不大,可控制在5%以内,分析原因有两点:①钢筋混凝土外墙开设了较多的圆形洞口,整体刚度较小;②大跨楼盖的直接边界为结构内部的框架柱,而不是钢筋混凝土外墙,直接采用楼盖上下框架柱远端固结可以满足动力分析对于边界条件的精度要求。为了提高计算效率,采用不含混凝土外墙的单层楼盖模型进行计算,结构阻尼比取0.02,动力特性分析结果如表2所示。

3 TMD减振分析与舒适度评价

3.1 TMD参数优化

TMD系统与主体结构的理论模型可简化为如图3所示,则整体系统的运动学方程如公式(1)~(3)所示,式中,分别为主体结构、TMD系统的外界激励作用,

$$m_1 \ddot{x}_1(t) + c_1 \dot{x}_1(t) + k_1 x_1(t) = c_2 \dot{z}(t) + k_2 z(t) + f(t) \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{z}(t) + c_2 \dot{z}(t) + k_2 z(t) = -m_2 \ddot{x}_1(t) + g(t) \quad (2)$$

$$z(t) = x_2(t) - x_1(t) \quad (3)$$

对于体育场馆等运动场地,外部激励以场地楼板上的人员节奏性运动为主,则有

$$f(t) = P_0 e^{i\omega t}, g(t) = 0 \quad (4)$$

引入传递函数,令

$$x_1(t) = H_1(\omega) P_0 e^{i\omega t}, x_2(t) = H_2(\omega) P_0 e^{i\omega t} \quad (5)$$

将式(4)及(5)带入上述运动学方程(1)~(3),整理得到:

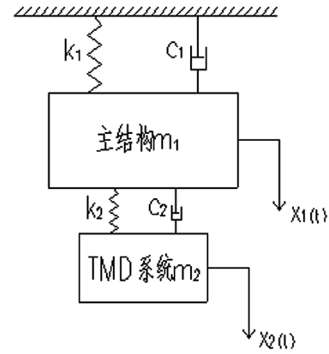


图3 TMD与主体结构理论模型

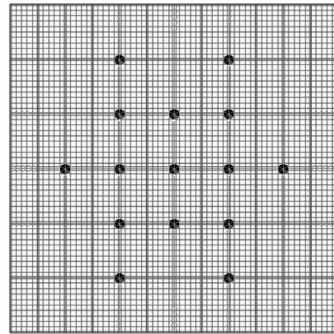


图4 TMD装置位置示意图(图中黑点为TMD装置位置)

$$H_1(\omega) = \frac{-m_2 \omega^2 + c_2 \omega i + k_2}{(-m_2 \omega^2 + c_2 \omega i + k_2)[-m_1 \omega^2 + (c_1 + c_2) \omega i + k_1 + k_2] - (c_2 \omega i + k_2)^2}$$

$$H_2(\omega) = \frac{c_2 \omega i + k_2}{(-m_2 \omega^2 + c_2 \omega i + k_2)[-m_1 \omega^2 + (c_1 + c_2) \omega i + k_1 + k_2] - (c_2 \omega i + k_2)^2}$$

假定强迫频率比 $h = \omega / \omega_1$, 频率比 $f = \omega_2 / \omega_1$, 质量比 $\mu = m_2 / m_1$, 主结构阻尼比 $\zeta_1 = c_1 / 2m_1 \omega_1$, TMD系统阻尼比 $\zeta_2 = c_2 / 2m_2 \omega_2$, 带入上式, 整理得到:

$$H_1(\omega) = \frac{f^2 - h^2 + 2\zeta_2 h f i}{k_1 [\mu h^2 f^2 - (h^2 - f^2)(1 - h^2) - 2\zeta_2 f h (h^2 + \mu h^2 - 1) i]} \quad (6)$$

$$H_2(\omega) = \frac{\mu f^2 + 2\zeta_2 h f i}{k_1 [\mu h^2 f^2 - (h^2 - f^2)(1 - h^2) - 2\zeta_2 f h (h^2 + \mu h^2 - 1) i]} \quad (7)$$

将、带入公式(5), 得到:

$$Ra = \left(\frac{\ddot{x}_1}{\omega_1^2 x_{1,st}} \right)_{\max} = h^2 \frac{f^2 - h^2 + 2\zeta_2 h f i}{|\mu h^2 f^2 - (h^2 - f^2)(1 - h^2) - 2\zeta_2 f h (h^2 + \mu h^2 - 1) i|}$$

$$= \frac{h^2 \sqrt{(h^2 - f^2)^2 + (2\zeta_2 f h)^2}}{\sqrt{[(h^2 - f^2)(1 - h^2) - \mu h^2 f^2 - 4\zeta_2 \zeta_2 f h^2]^2 + [2\zeta_2 h f (1 - h^2 - \mu h^2) + 2\zeta_1 h (f^2 - h^2)]^2}}$$

结合舒适度评价标准,以楼盖结构的加速度响应最小为优化目标,对加速度响应动力放大系数Ra进行优化。本工程中,取强迫频率比 $h=1.0$;考虑减振效率、结构局部承载力及建筑使用功能要求,确定TMD总质量比为3%,据此得到最优频率比为0.98,最优阻尼比取10%。

表3 TMD参数表

TMD装置	调谐频率(Hz)	质量(t)	阻尼系数(kN*s/m)
TMD1	2.641	2.0	6.588
TMD2	2.641	1.0	3.279

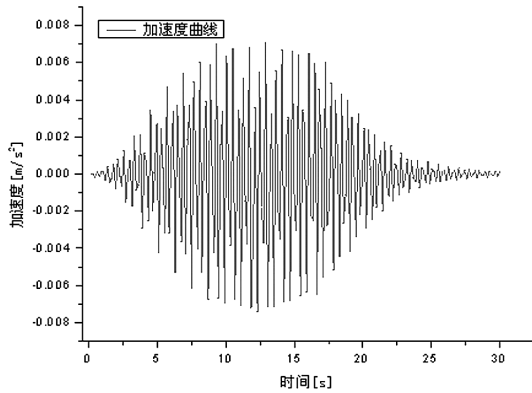


图5 单人行走工况

3.2 TMD布置方案

以室内运动场地为例，综合考率了减振效率、结构局部承载能力、建筑使用工程需求等因素，经过方案的比选优化，确定TMD减振装置的布置方案如图4所示，最终确定TMD参数如表3所示，其中9套TMD1布置于场地中央的主梁节点处，6套TMD2沿场地周边主梁节点处布置。本工程中两层运动场地总计采用30套TMD减振装置，每层15套。

3.3 分析结果

分别对原结构楼盖(以下称为未控结构)、安装有TMD装置的楼盖(以下称为减振结构)进行人行激励下的动力时程分析，分析结果表明：

(1)单人行走工况下，步行激励沿着结构第一阶模态的波腹方向施加，得到结构模态位移最大值点的加速度时程如图5所示，加速度最大值为 0.0072m/s^2 ，可以满足舒适度限值要求。

(2)连续行走工况。正常行走工况下，安装TMD装置后，结构的振动响应(如图6)最大降低38.46%，可以满足预定的舒适度标准；激励停止后，减振结构的振动响应衰减的更快。

快速行走工况下，由于激励频率接近结构基频，产生了较为明显的共振响应，如图7所示，未控结构的最大加速度接近 0.8m/s^2 ，远超出预定的舒适度标准；增设TMD减振装置后，结构竖向加速度响应减小至 0.20m/s^2 以下，相比较未控结构降低了75%以上，减振效果明显，减振后结构竖向振动加速度可以满足舒适度标准要求。

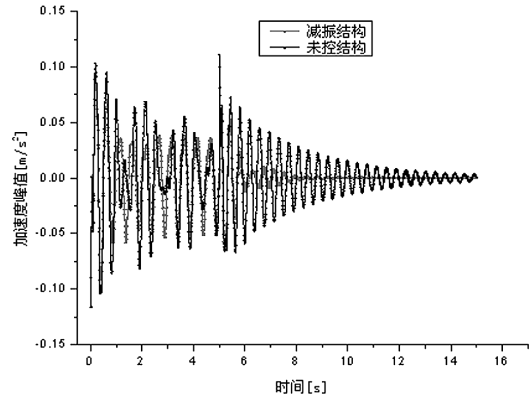


图6 正常行走

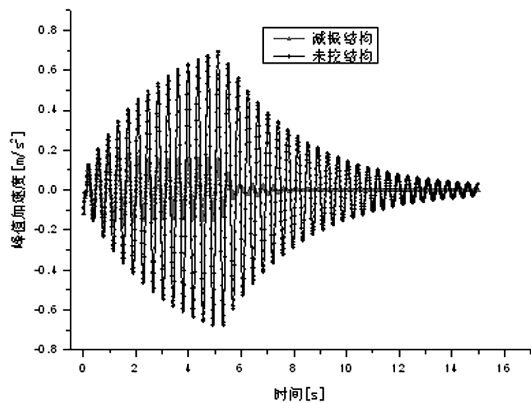


图7 快速行走

(3)比赛工况。考虑两种比赛工况：比赛工况(一)为比赛人员同时以结构基频连续跳跃；比赛工况(二)激励模型为按照前文的节奏运动函数构建，按照频率分量权重系数考虑结构的前三阶振动频率。计算分析可以发现：

比赛工况(一)结构加速度响应如图8所示，由于激励频率与结构基频重合，该激励下出现了明显的共振响应，减振前加速度峰值几近 1.5m/s^2 ，减振后结构加速度峰值降至 0.25m/s^2 ，减振前后竖向加速度最大降低82.14%。减振后，该工况下结构竖向加速度满足预期的舒适度标准要求。

比赛工况(二)结构加速度响应如图9所示，减振前后的竖向加速度最大降低约77%，减振后加速度峰值约为 0.05m/s^2 ，可以满足预期的舒适度标准要求。

(4)混合使用工况。混合使用工况考虑比赛荷载、人员同步行走荷载同时存在的情况，结构加速度响应如图10所示，与单工况荷载相比较，由于不同荷载激励之间存在相互影响，减振前后的加速度响应均有所减小；减振后，结构加速度响

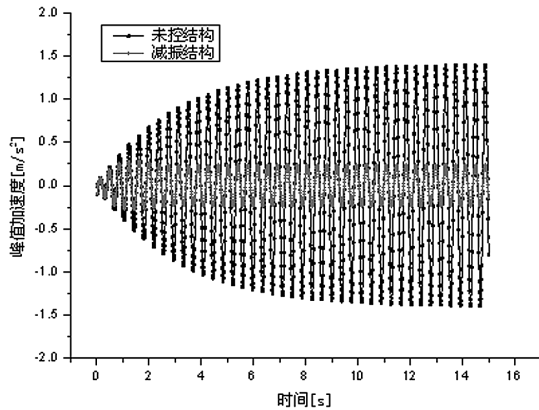


图8 比赛工况(一)

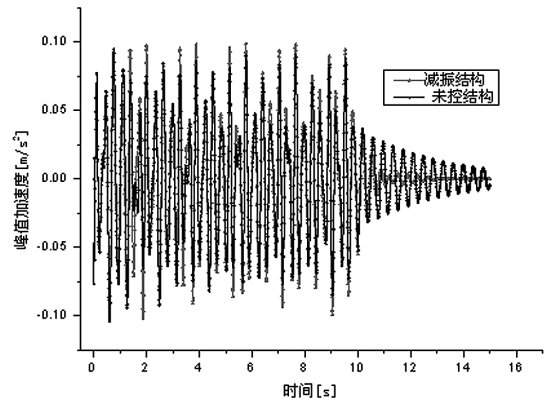


图10 混合使用工况

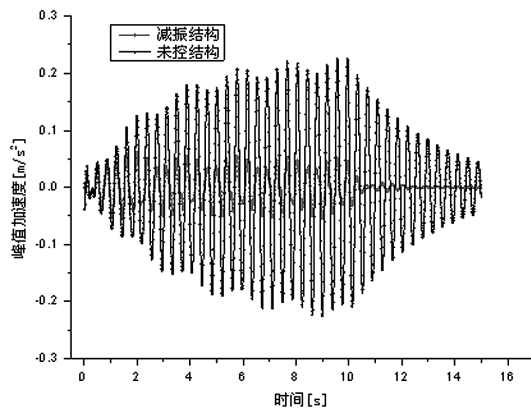


图9 比赛工况二

应最大降低约20%，当激励停止，减振结构的加速度响应衰减的更快。

4 结论

通过对某体育馆运动场地的减振分析与设计，构建了适用于本工程的人行荷载激励模型，给出了针对本工程的舒适度标准，对TMD装置进行参数优化后实现了大跨楼盖的竖向加速度控制。通过以上内容，可以得到如下结论：

(1)本工程采用TMD减振装置后，结构竖向加速度响应可以满足预期的舒适度标准要求；

(2)楼盖动力特性准确评价对于舒适度控制影响较大，在楼盖结构频率设计阶段估算时，应考虑木龙骨、木地板的铺设以及下层吊顶、空调设备等附加质量的增加对楼盖竖向振动频率的影响，并按实际情况考虑活荷载；

(3)考虑到实际活荷载及实际边界与理论模型并不完全一致，TMD减振装置的刚度与阻尼参数现场可调更为有利；

(4)楼盖结构的舒适度设计时，应注重概念设计和加强构造措施，并结合现场实测采用相应措施，不能过度依赖理论计算结果；

(5)国内建筑设计对于楼板振动带来的舒适度问题尚无统一的评价标准，应综合考虑振源特性、振动环境及人的状态等因素，对不同活动状态和建筑使用类别采用适宜工程需要的振动加速度限值。

参考文献

- [1] 孙利民, 闫兴飞. 人行桥人行激励振动及设计方法[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2004, 32(008): 996~999.
- [2] Bachmann H. Vibration problems in structures: practical guidelines. Birkh user, 1995.
- [3] JGJ 3-2010 高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [4] 吕西林, 丁鲲, 施卫星等. 上海世博文化中心TMD减轻人致振动分析与实测研究[J]. 振动与冲击, 2012, 31(2): 32~37.
- [5] 徐培基, 尹学军, 高星亮等. TMD振动控制在登机廊桥上的应用研究[J]. 工程力学, 2012, 29(3): 192~198.
- [6] 李爱群, 陈鑫, 张志强. 大跨楼盖结构减振设计与分析[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(6): 160~170.
- [7] ALLEN D E, RAINER J H, PERNICA G. Vibration criteria for assembly occupancies[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 1985, 12(3): 617~623.
- [8] 姜宇, 黄键, 吕佐超. 楼盖体系振动舒适度设计[M]. 北京: 科学出版社, 2012.

非单向流洁净室换气次数的计算

■ 尹维友 董秀芳 「暖通」

摘要: 分析了目前确定洁净室换气次数的常用方法并指出了这些方法的不足之处,同时提出了理论计算洁净室换气次数的新数学模型,进一步将新的数学模型与以往的数学模型进行了对比。新的数学模型包含了更多的参数和变量,这使得新的数学模型计算得出的换气次数更科学,更全面,更有说服力。结果表明考虑所有的参数和变量完全可以把洁净室的换气次数降到最小,从而有效的降低了洁净室的能耗。

关键词: 换气次数; 洁净室; 非单向流

洁净室是指悬浮粒子的浓度受控,其建造和使用方式使得进入、产生、滞留于室内的颗粒物最少;室内的其他参数,比如温度、湿度、气压按需要受控。也就是说不论外界的空气条件如何变化,洁净室内都能具有维持原先所设定的洁净度、温湿度及压力等的特性。洁净室可以分为工业洁净室和生物洁净室。目前,洁净室在医药与医学行业、化妆品行业、半导体行业、食品行业以及生物工程行业等得到了广泛的应用。然而随着洁净室的广泛应用,洁净室的高能耗问题越来越引起人们的关注。为了维持洁净室内较低的颗粒物浓度,设计人员通常通过提高换气次数来实现,而对于相同空间的这种建筑使得洁净室的能耗是普通建筑的能耗的50倍左右^[1]。现在洁净室的换气次数大致范围为15~600次/h,而普通建筑的换气次数大致范围为6~25次/h。洁净室的换气次数不仅是满足热、湿负荷的需要,更重要的是稀释和去除室内颗粒物从而达到降低室内颗粒物浓度的目的。较大的换气次数虽然能满足洁净室洁净级别的要求,但是却造成了巨大的能源浪费,给国家和企业造成沉重的能源负担和经济负

担。随着我国经济的飞速发展,大量的工业洁净室和生物洁净室相继建立,洁净室面积呈现飞跃增长,洁净室节能已迫在眉睫,而洁净室节能的关键是减少送风量,即减少换气次数。本文重点讨论了洁净室换气次数的新计算方法,并对新的计算方法的变量灵敏性和节能性进行了分析。

1 目前洁净室设计中确定换气次数的计算方法及不足

目前,洁净室设计中广泛采用以下三种计算方法来确定换气次数。

第一种计算方法是各个标准推荐的换气次数建议值,这些标准包括: IEST (美国环境科学与技术学会) 推荐的建议值, ISO (国际标准化组织) 推荐的建议值, GB50073 推荐的建议值等。这些标准中推荐的不同级别换气次数如表1所示。然而,这些标准仅仅是从过去工程经验角度考虑的,只是建议了满足洁净室级别所需要的换气次数,没有考虑不同情况下实际问题的需要,并且忽略了许多关键性因素的定量分析,如室内颗粒物的产生率,颗粒物的表面沉降率,通过送风进入室内的颗粒物的浓度,通过回风和排风带走的室内颗粒物等。这种计算方法确定的换气次数使其偏离于实际值,很多情况下换气次数很高

作者简介: 尹维友,男,助理工程师,2012年毕业于天津大学供热、供燃气通风与空调工程专业,现就职于中航建发医药工程设计研究院。

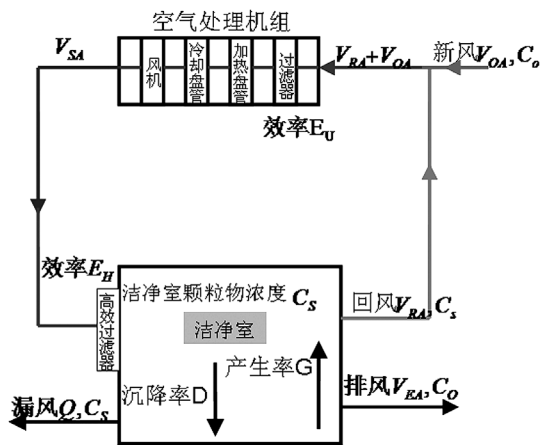


图1 洁净室基本气流循环模型

但洁净室的洁净度并没有明显提高。究其原因就是因为没有考虑实际问题的需要而盲目地参考标准的建议值。

第二种计算方法是根据一些专家或学者推荐的经验换气次数计算公式来确定换气次数^[2,3]。同样，这种方法也考虑了一些简单可测的因素，忽略了大量决定性因素，使得洁净室的换气次数与实际值偏差较大。

第三种计算方法是一些有经验的设计人员根据以往的设计经验来确定洁净室的换气次数^[4-6]。采用这种计算方法时设计人员往往只考虑建筑物的体形系数、洁净级别等。这种计算方法虽然也能满足洁净级别，但具有一定的盲目性，忽略了不同洁净室之间的差别，当洁净级别不能满足洁净度要求时，设计人员又试图通过提高换气次数来满足洁净级别，结果造成洁净室换气次数的偏大，造成洁净室的能耗增大。

现有的确定洁净室换气次数的计算方法都是仅仅从洁净级别的角度来确定洁净室的换气次数，上述三种计算方法不同程度的忽略了一些关键性的变量，如室内颗粒物的产生率，颗粒物的表面沉降率，送风进入室内的颗粒物，回风去除的室内的颗粒物和排风带走的室内颗粒物等等。从而造成无论是各个标准对换气次数的建议值或是根据经验公式而得到的计算值都会使洁净室的换气次数偏大，而工程实践中已经证明小的换气次数同样能够满足洁净室的洁净级别^[7]。基于这种情况，迫切需要一种更科学全面的方法来确定洁净室的换气次数。科学的换气次数计算方法，应

包括所有的影响洁净室洁净度的变量，应全面反应洁净室空气不同变量和参数动态变化。随着科技的发展，一些原来不能测量的变量如颗粒物的沉降率等已经可以测量，并且可以定量的加以计算，这就为全面科学的洁净室换气次数计算方法提供了一种可能。

2 确定洁净室的换气次数的计算模型

新的计算模型中应该包括所有的影响洁净室洁净级别的关键性参数和变量，以至于在洁净室设计中完全可以通过计算这些关键性的参数和变量来科学的确定洁净室的换气次数。

洁净室的基本气流循环模型如图1所示。在图1中， V —洁净室体积， m^3 ； V_{OA} —新鲜空气体积流量， m^3/h ； V_{SA} —送风的体积流量， m^3/h ； V_{EA} —排风的体积流量， m^3/h ； V_{RA} —回风的体积流量， m^3/h ； Q —漏风的体积流量， m^3/h ； C_S —洁净室内颗粒物的浓度， $个/m^3$ ； C_O —新鲜空气颗粒物的浓度， $个/m^3$ ； E_U —空气处理机组中过滤器的总效率； E_H —高效过滤器的效率； G —洁净室内颗粒物的产生率（整个洁净室的平均值）， $个/m^3/h$ ； D —洁净室内颗粒物的表面沉降率， $个/m^3/h$ ； T —时间， h ； C_{ST} — t 时刻洁净室内颗粒物的浓度（洁净度）， $个/m^3$ ； C_{SO} —起始时刻洁净室内颗粒物的浓度， $个/m^3$ ； m —是新风百分比，反映了送入洁净室室内的总风量中新风的百分比； r —是回风百分比，反映了送入洁净室室内的总风量中回风的百分比； θ —沉降下来的颗粒物占产生的颗粒物的百分比。

根据此洁净室的基本气流模型，由颗粒物的质量平衡方程得到换气次数的计算公式，计算公式推导如下：

在 dt 时间内，洁净室内颗粒物的改变量=送风导致的颗粒物的增加量+洁净室内颗粒物的产生量-回风带走的颗粒物的质量-排风带走的颗粒物的质量-漏风带走的颗粒物的质量（当洁净室为负压时，符号为+）-洁净室内颗粒物的沉降量，经推导得：

$$C_{ST} = \left[\frac{(1-E_U) \times (1-E) \times m + \frac{G-D}{C_O \times n}}{m + (E_U + E - E_U \times E) \times (1-m)} \right] \times C_O \quad (1)$$

3 灵敏度分析与节能性分析

新的模型中包含了许多以前模型中没有的关键性变量,这些关键的变量对洁净室内颗粒物的浓度都有影响。为了研究这些关键性的变量对洁净度的影响,需要进行变量的敏感性分析^[8]。

通过分析和计算,可以看出换气次数对洁净室内颗粒物的浓度 C_{ST} 影响最大,也就是说换气次数是最关键性的变量,室外新风浓度影响最小。这是典型的洁净室的参数值得出的结果,洁净室的设计人员和使用人员可以通过使用自己的洁净室的参数值分析这些变量的相对重要性。在洁净室设计、运行、使用过程中控制主要参数可以达到事半功倍的效果。

现以洁净室ISO6级为例进一步说明新数学模型的节能性。洁净室ISO6级规定洁净室的洁净度为 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 的悬浮颗粒数不超过 $35200\text{个}/\text{m}^3$ 。对于新的数学模型公式(1),当 $m=15\%$, $E_U=95\%$, $E=99.97\%$, $\theta=15\%$, $C_{ST}=17600\text{个}/\text{m}^3$ (取洁净室ISO6级洁净度下限的一半), $C_O=10^9\text{个}/\text{m}^3$ ($\geq 0.5\mu\text{m}$ 的颗粒物)代入公式:

$$\left| \frac{d(C_{ST})}{d(n)} \right| = \left[\frac{(1-\theta) \times G}{m + (E_U + E - E_U \times E) \times (1-m)} \right] \times \frac{1}{n^2}$$

得换气次数为:

$$n = \frac{G \times 0.85}{C_{ST} - 2.25 \times 10^6 \times C_O}$$

当洁净室内颗粒物的产生率 G ($\text{个}/\text{m}^3/\text{h}$, $\geq 0.5\mu\text{m}$ 的颗粒物)不相同则对应的换气次数见表1。

表1 不同颗粒物的产生率对应的换气次数

G	10000	50000	100000	500000	1000000
n(次/h)	0.5	3	5	24	48

洁净室ISO6级对洁净室换气次数的建议值为 $70\sim 160\text{次}/\text{h}$ (ISO标准),而新模型中即使是室内颗粒物的产生率达到 $106\text{个}/\text{m}^3/\text{h}$ ($\geq 0.5\mu\text{m}$ 的颗粒物),换气次数仅为 $48\text{次}/\text{h}$ 即可满足洁净室ISO6级的洁净级别。而事实上现在洁净室运行过程中,由于采取严格的技术措施,如员工穿洁净服、员工定期清洁洁净室、设置吹淋室等措施,洁净室 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 的颗粒物的产生率远远低于 $106\text{个}/\text{m}^3/\text{h}$ ($\geq 0.5\mu\text{m}$ 的颗粒物),也就是说在洁净室中使用小的换气次数完全可以达到洁净级别的要

求。因此小的换气次数同样能够满足洁净室洁净级别的要求,没有必要盲目的加大换气次数带来不必要的能量浪费。

4 结论

新的模型不仅包含换气次数,还包括所有关键性的变量,例如颗粒物的产生率,颗粒物的沉降率等,这些变量都不同程度的影响洁净室的洁净级别。为了维持同样的洁净级别,更多的变量要比仅仅使用换气次数来满足洁净级别具有更多的选择性,改变这些变量要比使用换气次数更划算,更科学。通过合理的计算这些变量,完全可以使洁净室的换气次数的降到最小,使洁净室的能耗减少。对于不同的洁净室,这些变量的影响程度是不一样的,通过对变量进行灵敏度分析可以找出关键性的变量,这些关键性的变量对洁净室的洁净度影响最大,控制这些关键性变量比靠提高换气次数来满足洁净度更有效,更节能。

参考文献

- [1] Wei Sun. Conserving fan energy in cleanrooms[J]. ASHRAE Journal, 2008, 50(7): 36~38.
- [2] Morrison, P. W. Environmental Control in Electronic Manufacturing[M]. New York: Western Electric Company, 1973.
- [3] 许钟麟. 空气洁净技术原理[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] 那恺. 某电子厂房改造项目中的几个问题[J]. 暖通空调, 2008, 38(8): 115~116.
- [5] 蔡志明. 药厂洁净空调设计研究[J]. 天津城建学院学报, 1998, 4(2): 41~44.
- [6] 张海飞. 制药厂空调设计常见问题分析与解决办法[J]. 医药工程设计, 2006, 27(4): 35~38.
- [7] 严德隆. 洁净室HVAC系统节能及其进展[J]. 洁净与空调技术, 2004, (4): 19~22.
- [8] 王爱民, 王勖成. 采用传递函数法进行过程优化的灵敏度分析[J]. 清华大学学报, 2000, 40(4): 58~61.

北京地区主动式冷梁技术适用性研究

■ 王梦雷 赵磊 刘寒 「暖通」

摘要: 主动式冷梁作为一项节能先进的空调技术,在中国的发展尚处于初步阶段。根据主动式冷梁系统的运行原理特点,提出反映其性能的两个评价指标;并对北京地区办公建筑采用常规冷却除湿主动式冷梁空调系统的夏季逐时工况进行计算分析,得出对于舒适性空调可满足室内温湿度要求;对于工艺性空调,在系统设计选型时,应进行逐时计算,根据最不利情况选择确定。同时对于性能评价指标的分析计算显示,此系统在北京地区采用时系统效能均保持了较高水平,并能充分体现其节能优势。

关键词: 主动式冷梁; 冷却除湿; 性能参数

0 引言

不论是AGBC LEED认证将主动式冷梁技术做为加分项目,还是美国能源部将其列为当今和未来在经济上最有优势的15项暖通空调节能技术之一,都证明了主动式冷梁广泛的应用前景和良好的发展态势。主动式冷梁空调技术在国外的研究已经趋于成熟,在很多高品质的建筑中也得到了成功的运用,而在我国尚处于起步阶段。

本文根据主动式冷梁系统的运行原理特点,提出两个反映其性能的评价指标。通过对主动式冷梁系统评价指标的计算,探讨其在北京地区的适用情况。

1 评价指标介绍

主动式冷梁是一种带新风诱导的气水换热末端装置(见图1)。工作原理为经除湿降温处理后的新风(一次风)经喷嘴送入冷梁腔体,高速喷射在箱体内部形成局部负压,从而诱导室内空气进入冷梁,经冷梁内部换热器的冷却后与新风混合,

自冷梁两侧送风口贴附送入室内。冷梁系统主要包括水系统和风系统两部分,水系统是指冷梁设备冷水盘管对诱导风进行等湿降温的部分,风系统是指室外新风(一次风)经机组的除湿降温后通入冷梁腔体的部分。对于不承担湿负荷的水系统而言,风系统担负室内的全部湿负荷。根据其工作原理及特点,本文从两方面对其适用性进行计算分析。

1.1 水侧供冷能力

经诱导作用进入冷梁腔体的室内回风掠过冷盘管被冷却后带入室内的冷量在此定义为冷梁的水侧供冷能力。其大小由供水参数、供水量、诱

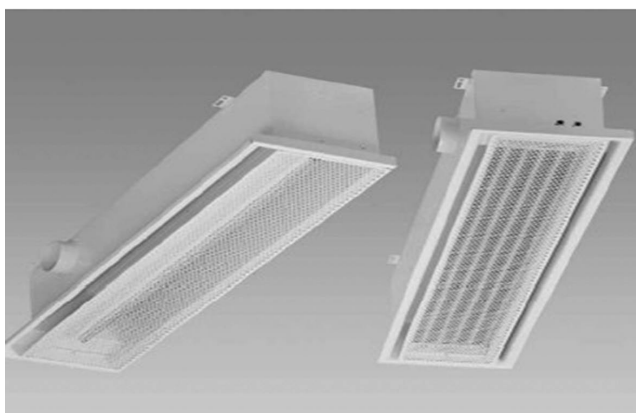


图1 主动式冷梁

作者简介:王梦雷,女,助理工程师,2012年毕业于天津大学供热、供燃气通风与空调工程专业,现就职于中航建发电子工程设计研究院。

导风量、室内空气参数以及冷梁结构形式共同决定。水侧供冷能力的大小直接反映了主动式冷梁设备本身的性能,欧洲暖通空调协会标准中推荐的主动式冷梁水侧供冷能力一般为250W/m(最大350W/m)。本文水侧供冷能力值根据室内总显热负荷与新风承担的显热负荷之差进行计算,具体计算公式如下:

$$Q_{ACB}=Q_n-Q_{DOAS}=Q_n-C_p\rho V(t_n-t) \quad (1)$$

其中, Q_n 和 t_n 分别为室内总显热负荷与室内空气温度; Q_{ACB} 和 Q_{DOAS} 分别为主动式冷梁和一次风所承担的显热负荷; C_p 、 ρ 、 t 和 V 分别为主动式冷梁一次风的比热容、密度、温度和体积。

1.2 水侧供冷量与风侧供冷量之比

主动式冷梁冷媒温度较传统空调系统高,夏季为16℃以上,一方面提高了冷水机组的能效比,同时也为低温的地面水、地下水等自然冷源的利用提供了可能性。所以通常认为辐射供冷空调系统比传统空调系统节能大概30%。因此对于主动式冷梁系统,增加水侧所承担的负荷比例可以更好的发挥其节能优势。将主动式冷梁水侧供冷量与风侧供冷量之比在本文中简称为 m ,该值主要反映了主动式冷梁系统的节能效果, m 值计算方法如下:

$$m=Q_{ACB}/Q_{DOAS}=Q_{ACB}/(Q_n-C_p\rho V(t_n-t)) \quad (2)$$

2 研究方法介绍

选取一间长宽高尺寸为10m×6m×3.5m的办公室作为典型建筑进行研究。外墙传热系数为0.49W/(m²·℃),面积35m²,窗墙面积比0.3;外窗传热系数2.71W/(m²·℃)。室内得热部分按《公共建筑节能设计标准》取人员、照明以及办公设备分别为6m²/人、11W/m²和16W/m²计算,新风量30m³/(h·人)。不考虑温差传热。

2.1 除湿能力判断方法介绍

根据选型计算,本文选择常规6排JW20-4表面式冷却器,根据《空气调节设计手册》确定其它参数:表冷器管内冷水流速选择1.5m/s;表冷器迎风面风速选择2m/s;供水温度为7℃。

$$W=G*(d-d_n) \quad (3)$$

其中, W 为室内散湿量, G 为新风量, d_n 为室内空气含湿量, d 为新风含湿量。

主动式冷梁系统空气处理过程如图2所示,由于室内的湿负荷由一次风系统全部承担,故设计

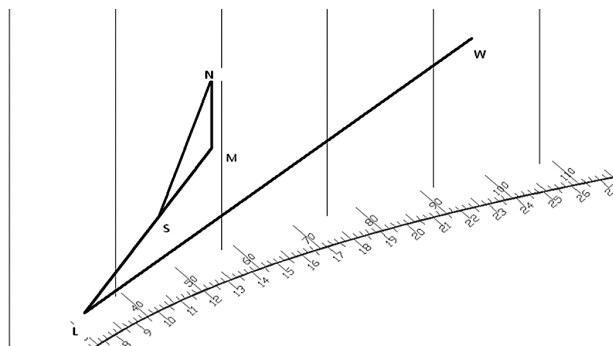


图2 主动式冷梁系统空气处理过程示意图

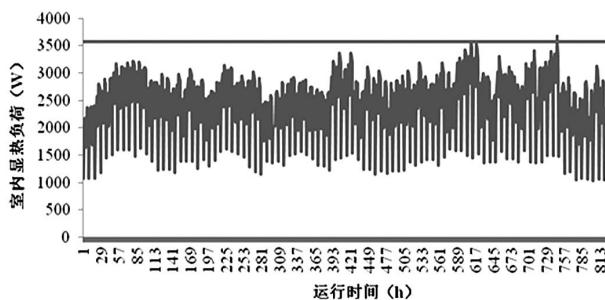


图3 模拟室内逐时显热负荷结果

状态下,一次风经表冷器的冷却除湿后的含湿量 d_l 不应高于满足室内除湿要求的送风目标含湿量 d_o ,其中 d 由公式(3)计算得出;但当室外参数发生变化导致表冷器处理过程变化,此时冷却除湿后的含湿量 d_l 是否满足承担室内湿负荷的重任,需要进行校核计算。

2.2 评价指标计算

根据上述方法得到经处理后的一次风状态参数,同时结合模型建筑的室内负荷计算结果,根据计算公式可对各评价指标进行计算和分析。

3 主动式冷梁系统适用性研究

室外温度选用北京地区夏季空调季室外逐时气象参数,其中空调季的时间确定为6月15日至9月15日(即3960~6192h)。室内温度选用夏季计算干球温度26℃,相对湿度60%。设备选型结果为JW20-4型6排表面式冷却器。设计工况,经计算冷梁系统性能参数分别为:水侧供冷能力39.92W/m²;水侧和风侧的供冷能力之比2.03。

3.1 逐时负荷计算

笔者采用TRNSYS软件对模型建筑夏季逐时冷负荷进行模拟计算。最终输出的建筑室内逐时显热负荷结果见图3所示,直线表示北京地区模型建筑

室内设计显热负荷值3577.5W,对比模拟的逐时结果,室内逐时显热负荷模拟最大值为3669.66W,两者相差2.5%,证明了模拟的准确性。

3.2 主动式冷梁逐时性能参数的分析计算

实际运行中室外环境温度逐时变化,一次风系统采用最小新风量运行能否始终满足要求,下面进行校核计算。

笔者对北京干球温度和湿球温度两项指标的分布情况进行了统计,据统计结果,95%的夏季干球温度分布在20~35℃区间;99%的湿球温度分布在15~30℃区间。对湿球温度分别取15~29℃的20个温度值,在相应湿球温度下,采用常规冷却除湿,利用电算表格计算得到一次风采用最小新风量恰好可满足系统要求的室外干球温度值,这些室外参数点分布如图4。

将各临界工况连起来拟合得到一个临界工况曲线,曲线将北京地区夏季逐时气象数据散点图分割成两部分,临界线以下的区域,即湿球温度满足 $y > -0.0129x^2 + 1.4129x - 4.8785$ 时(自变量为干球温度),设计条件下的主动式冷梁一次风系统可以满足系统的除湿要求,随着室外气象的变化可以通过调节表冷器的冷冻水状态进行调节。而临界曲线以上的区域,即湿球温度满足 $y \leq -0.0129x^2 + 1.4129x - 4.8785$ 时,设计条件下主动式冷梁的一次风系统不能满足系统的除湿要求,需增加系统除湿能力。

统计后得出,夏季空调运行中设计条件满足86.24%时间的工况运行,剩下13.76%的工况,设计条件不能将室外新风处理到目标含湿量的状态。不满足的时间基本均集中在7、8月份。经进一步计算,不满足工况下,经空调系统处理,室内相对湿度均低于66.3%,对于舒适性空调此状态仍已满足室内湿度要求;对于工艺性空调,建议在系统设计选型时,进行逐时计算,根据最不利工况选择增大新风系统冷水流量、温度;选择溶液除湿等方式改善系统和设备的设计选择。

冷梁水侧和风侧制冷能力之比是体现主动式冷梁系统效能的重要参数,m值越大表示水侧供冷能力越大,越能够冷梁的节能性和舒适性,主动式冷梁系统的效能越高。运行工况下,水侧和风侧的供冷能力之比最大值集中在1.3~1.6的区间范围内,其中大于1的工况,即水侧供冷能力大于风侧的工况占92%以上,表示冷梁系统的效能一直处于较高水平。

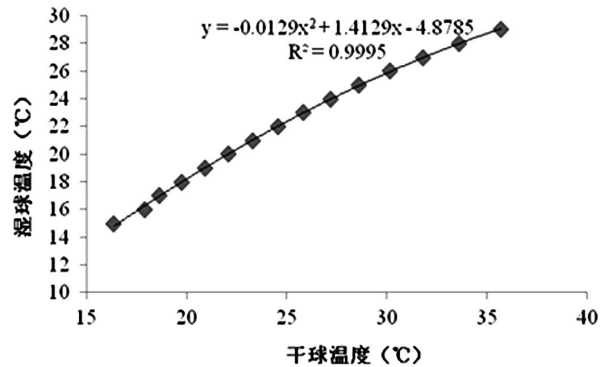


图4 临界曲线图

4 结论

(1)本文对北京地区办公建筑采用冷却除湿主动式冷梁空调系统夏季逐时工况进行计算分析。经统计分析拟合出划分系统除湿能力的室外气象参数临界曲线。得到夏季存在13.76%的工况,设计条件不能满足实际除湿要求。在不满足的工况下,经空调系统处理,室内相对湿度均低于66.3%,对于舒适性空调已满足室内湿度要求;对于工艺性空调,建议在系统设计选型时,进行逐时计算,根据最不利工况选择增大新风系统冷水流量、温度;或选择溶液除湿等方式改善系统和设备的设计选择。

(2)对于水侧供冷能力和水侧与风侧供冷能力之比两参数的计算分析,夏季逐时运行结果基本低于设计值,运行时数最多的工况区间是水侧供冷能力值占设计值的60%~70%,水侧和风侧供冷能力之比(m值)为1.3~1.6,系统效能均保持较高水平,并能充分体现其节能优势。

参考文献

- [1] 王子介. 低温辐射供暖与辐射供冷[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 孟莹. 辐射供冷方式的特性及运行控制策略分析[D]. 河北:河北工程大学城市建设学院,2008.
- [3] 王晋生. 水冷式表冷器传热研究(2):以等价干工况为理论基础的实验方法[J]. 暖通空调,2001,31(02):25~27.
- [4] 宋应乾,龙惟定. 冷梁技术在办公建筑中的应用与设计[J]. 暖通空调,2010,40(11):52~56.

工艺设备用制冷系统分析与改造方案探讨

■ 曾凡成 李薇 「动力」

摘要: 本文首先介绍了工业设备用冷的特点,分析工业用水冷螺杆机组制冷各系统的设计注意事项。并就天津某工业厂房制冷系统的改造方案,讨论了工程中工艺用制冷系统应注意的地方,供设计时做参考。

关键词: 工业制冷; 制冷系统; 冷却塔供冷; 节能运行

0 前言

本文中提到的工业制冷系统指的是工艺生产过程中为某个设备或某部分生产线提供冷却的冷水系统,工艺设备所需冷水有以下几个特点。

(1)温度要求。工艺设备冷冻所需水温要求范围比较广,从 -30°C 到 30°C 都有可能。进出口温差也大同小异,常见供冷水温度在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间;

(2)水质要求高。为了保护高精度生产工艺设备,系统对冷水系统水质要求一般很高,甚至要求到纯净水级别。

(3)单个设备冷负荷较小。冷水只为其中某个流程的某个工艺设备提供冷水,单个设备用冷量一般不大,几十到几千千瓦均有可能。

(4)供冷设备全年运行。工业生产全年不间断,有全年供冷需求,只有在设备检修期才不需要冷水。

基于以上特点,常规工艺设备小型制冷系统为水冷螺杆机组的较多。

1 制冷系统的特点

1.1 冷却水系统

冷却水系统用于冷水机组中水冷冷凝器、吸

收式冷水机组中冷凝器和吸收器等设备中;通过冷却水系统将工业设备中的吸取的热量和消耗的功释放到环境中。常用冷却水系统的水源有:地表水、地下水、海水、自来水等。使用最广泛的为机械通风冷却塔循环系统^[1]。

冷却水系统中冷却塔和冷水机组通常设置相同的台数,共用供、回水干管。通常在系统中设置水箱,增加系统水容量,避免水泵气蚀并且是有效地防冻措施。为了保证冬季及过渡季节的运行,通常设置较大冷却水箱,在过渡季节和冬季是可作为蓄冷设备使用。

冷却水系统设计过程中,与水箱或者回水管的旁通可以有效地解决供水干管的放空,并且可以保证冷却水系统进水温度不会过低而影响冷水机组的运行。

寒冷地区冬季运行的冷却塔,应有防冻技术措施,除了设置辅助水箱之外,辅助电加热或蒸汽加热、冷却水侧使用乙二醇水溶液都是比较有效地措施。同时,寒冷地区过渡季与冬季使用冷却水直接供冷也是较常使用的供冷系统;冷却塔可以直接供冷,也可以增设换热器间接供冷;有资料显示,北京地区使用冷却塔直接供冷,当供冷温度为 13°C 时,最大节能率可以达到 20.6% ^[2]。

1.2 冷水系统

冷水系统的功能是输配冷量,以满足末端生产设备的负荷需求,为此设计中冷水系统的形式

作者简介:曾凡成,男,助理工程师,2012年毕业于哈尔滨工业大学供热、供燃气通风与空调工程专业,现就职于中航建发电子工程设计研究院。

比较重要。常规有单级泵定、变流量系统；双级泵系统；混合式水系统。工业用冷水常常为一对一系统，单级泵定流量系统为常规系统。

由于工艺生产设备的存在，设备水头损失较大，冷水泵选择过程中需考虑满足设备入口要求，同时不超过设备承压。需要相关设计人员对管道损失做详细的计算。

工艺设备对水质要求较高，应对水系统中水处理和水质的管理引起足够的重视。常规水过滤有Y型管道过滤器，直通式除污器，螺旋除渣器等；闭式系统需设置软化水补水系统，并且保证设备停止运行时，系统中充满水，防止因为系统停止运行产生腐蚀；开式系统需设置防垢、防腐蚀、防水藻等一系列措施。

1.3 冷水机组

工业设备用所需冷水温度相对空调用冷水较高，冷水机组高温运行。与常规运行模式相比，高温运行冷水机组压缩机处于小压缩比工况下运行，冷水出口温度升高的同时，机组功率、制冷量均随之增加。冷水出口温度每提升1℃，制冷量增幅3.0%~4.0%，功率增幅为0.45%~0.9%，COP增幅为2.4%~4.0%。

2 工程实例

2.1 设计方案

该工程为天津某厂房工业用冷冻水为两台工艺设备快速冷却。供回水温度25℃/30℃，平均耗水量分别为12m³/h和20m³/h，最大耗水量分别为30m³/h和50m³/h；供水设备入口压力0.25MPa。

根据工艺条件，设备耗冷量260.5kW，全部由距离用冷工艺设备间70m的制冷设备间提供。系统设置两套150kW水冷冷水机组。系统夏季采用水冷冷水机组和闭式冷却塔为工艺设备降温，冷水循环温度为15/20℃，冷却塔进出口温度37/32℃，湿球温度28℃。过渡季节与冬季使用密闭式冷却塔为工艺设备降温。

2.2 现场问题及改造方案

该方案可满足实际工艺条件提出的设备用冷需求，但由于条件的准确

性及到场设备的调整，实际项目建设试运行过程中，系统出现多个问题。

(1)冷却水系统中，冷却塔冬季存在管道冻裂的情况；现场安装冷却塔为某品牌闭式冷却塔，塔内管道未设置放空，无法满足系统冬季运行，积水导致冬季管道冻裂。

(2)工艺设备内部透明管道出现锈色；工人现场调试设备过程中直接使用未经系统清洗，直接使用自来水为设备降温，导致管道杂质积累，在管道水流放空之后，空气进入出现锈蚀。

(3)冷冻水系统进入设备端水压过大，用冷设备前安全阀超压。系统设置冷水泵扬程过大。达到了工艺条件要求设备进口压力0.25MPa，但是超过设备承压0.3MPa。

问题一，建议甲方改造或者更换冷却塔，保证塔可以放空并且冬季可以正常运行；问题二，建议管道系统中增加螺旋除渣器、量子环等水处理设备，改造过程中使用软化水冲洗管道，严格按照相关施工验收规范操作。

对于问题三，提出以下三个修改方案：

方案一：设备前端入口处增设减压阀组。将末端设备前入口水压调节到所需压力。优点是修改方案简单，对系统改动最小；缺点是系统将水压提升以后又降低，自身运行存在浪费，经济性不足；现场安装减压阀组位置比较紧张，方案可行性不够。

方案二：更换冷水系统循环泵，降低泵扬程。该方案优点是运行费用较方案一低，缺点是

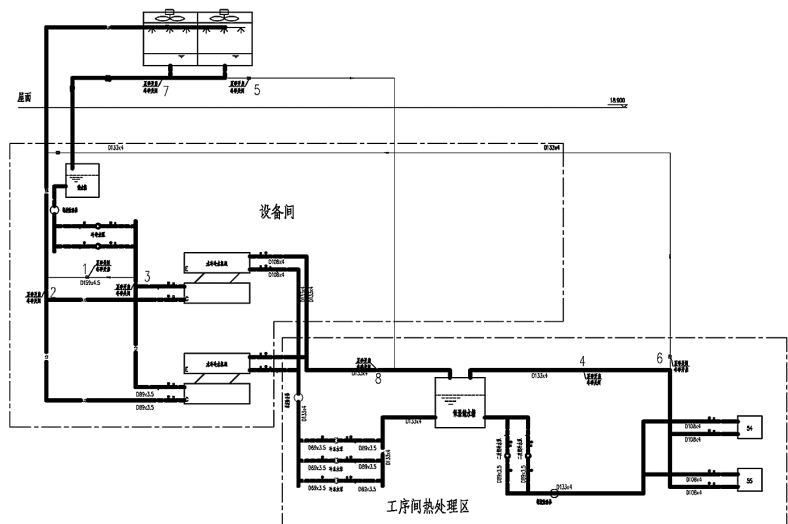


图1 改造后系统夏季运行原理图

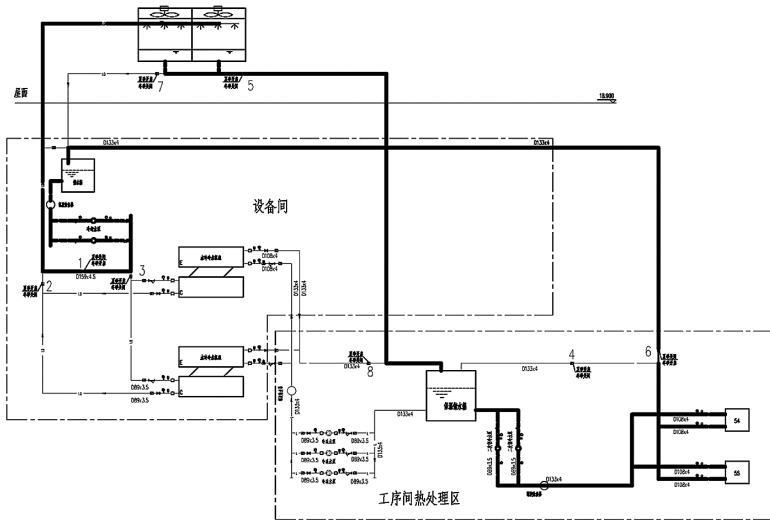


图2 改造后系统节能运行原理图

更换循环泵费用较高，原有三台冷水机组报废，设备回收期增加，方案具有一定可行性。

方案三：厂房工艺区增设二次水箱及二次循环泵，机房冷冻水泵调整到二次水箱侧，原冷冻水箱改为冷却水箱，冷却水系统改为开式系统。

该方案缺点是对原有方案系统改造很大，增设冷冻水箱，二次泵相关费用较大；优点是改造后系统运行稳定，二次泵与用冷设备一一对应，流量及扬程均满足设备需求；设置二次保温水箱作为冷量储存设备，减少开启冷机的时间，增加系统冷量调节能力，保证工艺用冷量需求。

由于到场设备发生变化，已到场其中一台设备实际用冷需求：单台设备进水压强 $0.2\sim 0.25\text{MPa}$ ，不超过 0.3MPa ；进水温度 $10\sim 30^\circ\text{C}$ ；水量 $\geq 36\text{m}^3/\text{h}$ 。超过系统初始设计量。原方案制冷量不足，方案一、二只能满足设备使用压力，无法满足冷水使用量。所以针对问题三，本项目采取方案三。

2.3 改造后方案的运行模式

夏季工况下，冷水机组提前开启，将保温水箱内水冷却，二次冷水泵为系统供冷水，可以满足设备用冷量，如图1。

冬季运行时，优先使用冷冻水箱冷水，冷冻水箱温度大于 20°C 之后开启冷水机组；冷却水侧先开冷却水部分旁通管，使用冷却水箱冷水冷却，冷却水箱水温大于 30°C 以后，关闭旁通阀，开启冷却塔风机，通过冷却塔冷却。

系统中增加二次侧与冷却水侧的旁通管道，增加过渡季节与冬季的节能运行模式。该模式下

冷却塔直接供冷，冷水箱与冷却水箱合并为冷水箱。工艺设备冷水回水送入冷却水箱，冷却水泵将冷却水箱送到冷却塔后，冷却塔回水送入冷冻水箱，然后由二次泵将冷水送入设备供冷。通过调整水泵运行时间保证冷冻水箱与冷却水箱的水量平衡，如图2。

冷却塔供冷模式有效减少冷水机组及一次侧水泵运行的电力消耗，改造后系统运行总耗电量 123.4kW ，相对原系统耗电增加 9.78% ，节能运行模式下，耗电量仅仅为 27.4kW ，节省了 75.6% 的耗电量。

通过自然冷却为设备降温，同时将冷却水箱和冷冻水箱综合利用，可以满足工艺设备冬季极端使用情况下的冷

量需求。

3 结语

工艺设备用冷水系统虽然在整个工艺设备中占比例不大，其重要性不能忽视，该系统的合理与否直接影响产品质量，有时出现很小的问题都可能导致产品报废，甚至会造成整个厂区的生产停止，工业制冷在满足供冷需求的同时还需要保证系统供冷的持续性，稳定性机用冷负荷变化等一系列要求。

工业制冷系统是为了满足工艺需求，根据工艺条件变化比较大，在充分考虑设备投资、运行成本、操作性等因素的前提下，与工艺人员及工业设备厂家的沟通才是决定系统设计成败的关键。

参考文献

- [1] 马最良. 民用建筑空调设计[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [2] 王红艳. 高温螺杆式冷水机组及其试验研究[J]. 暖通空调,2011.
- [3] 杨琦. 循环冷却水系统的节能与冷却塔供冷技术[J]. 建筑给排水,2008.
- [4] 王翔. 冷却塔供冷系统设计方法[J]. 暖通空调,2009.

火灾自动报警系统设计要点

■ 吴冠男 刘静 「电气」

摘要: 火灾自动报警系统能否正常有效的运行,直接关系到建筑物的消防安全。本文从工业厂房的火灾自动报警系统设计角度出发,总结了影响设计质量的有关因素,并具体分析了火灾自动报警系统设计中设备选型及系统布线等要点。

关键字: 火灾自动报警; 火灾探测器; 系统布线

随着经济发展的突飞猛进,民用、商用和工业生产领域的工程建设也随之增多,为了防止造成重大人员伤亡和财产损失的恶性火灾事故的发生,设计人员需要根据建筑特点及其生产工艺情况设计一个合理稳定的火灾自动报警及消防联动系统。火灾自动报警作为其核心以及消防联动的前提,不仅仅在民用、商用建筑中占有极其重要的地位,在环境相对更复杂的工业厂房中更显得尤为重要。工业厂房因其产业类型不同及工艺流程不同,易导致火灾发生的危险点和防火防爆的控制点也各不相同。发生火灾事故时不仅损失大、伤亡大、影响大而且火灾引发爆炸的可能性也非常大,这就需要设计人员在设计工业厂房时更加精心考虑各种影响火灾自动报警系统的因素以保证火警消防系统的稳定运行。

1 火灾自动报警与消防联动系统的原理

当建筑物内某一区域有着火危险或发生火灾时,对环境

变化(如烟雾、光线、温度、红外线等)反应灵敏的各类火灾探测器就会将检测到的信息以电信号或开关信号的形式立即送到控制室。控制器把收到的信息和正常状态进行对比,一旦确定有着火危险或发生火灾时,就立即发送两路信号:一路指令声光显示动作,发出报警信号,并显示烟雾浓度、火灾现场地址、记录时间等;另外一路会指令火情现场执行器,联动消防设备进行灭火。同时,对与火情现场相邻的其他区域发出报警信号,并显示火情区域。点亮所有应急灯,指示疏散线路,基本原理图如图1所示。

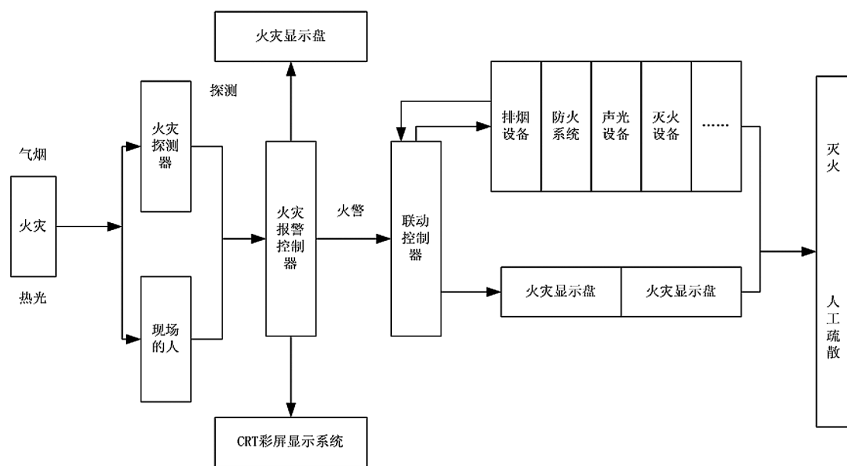


图1 火灾自动报警与消防联动系统原理图

作者简介: 吴冠男,男,助理工程师,2012年毕业于北京建筑工程学院自动控制理论与控制工程专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

由图1可以看出,系统由火灾自动报警系统和消防联动系统两大部分组成。火灾自动报警系统主要由火灾探测器、信号传输线路以及自动报警装置组成。其中,火灾探测器作为整个火灾自动报警系统的检测元件;探测系统布线则成为整个火灾自动报警系统的神经传输中枢;火灾报警控制器是接受信号和发出命令的核心部件,由此可以看出任何一部分功能出现问题整个系统的都将不能正常运行。

2 火灾自动报警系统的设计要点

理想的火灾自动报警系统是在人们可预测或者不可预测的事故发生时都能准确及时的探测出真实的火灾,完成其既定的功能,并能长期稳定的运行。但是在实际应用中,由于设计人员在设计过程中对于环境因素、设备因素、线路因素及其它因素的考虑疏忽,使得火灾信号的漏报、误报或错报的情况也时有发生。下图总结了在火灾自动报警系统设计中影响设计质量的几大因素,如图2所示。

环境条件的干扰对火灾自动报警系统的稳定运行有重要影响,如高温、高热及高湿等自然环境的干扰;易腐蚀、结冰、污染的建筑环境的干扰;电磁、高频、静电等外部强电场的干扰,这些都是需要在设计中加以考虑的。同时,探测器选型、联动方式及某些系统缺陷也会成为影响设计质量的设备因素。而在综合考虑环境与设备因素的基础上,线路因素也是一个重要影响环节。导线的选型、截面选择以及敷设方式,设备的电源供电以及是否存在短路、超负荷等问题,都影响着整体的设计质量并进一步影响整个火灾自动报警系统是否能达到应有的效果。

2.1 火灾自动报警探测器选择

在设计中,首先需考虑的问题就是如何选择合适的火灾探测器和如何设计火灾自动报警系统的布线系统。

在系统的初期设计阶段,首先需要设计人员分析建筑环境,根据不同的环境选择不同的设备,设备的选型是否合理将直接影响火灾自动报警系统的整体性能。其中,最直接影响系统性能的应该是对各种信号具有探测功能的火灾探测器。目前,火警系统中应用的火灾探测器种类非常多,常用的大致有以下几种^[1]。

2.1.1 感烟式火灾探测器

感烟型探测器能及时探测火灾初期燃烧时产生的烟粒子浓度或气溶胶,应用也最为广泛,使用率约占所有火灾探测器中的95%以上。按照火灾探测器的结构和防护范围分为点型、线型和吸气型三大类。

烟粒子或气溶胶可改变光线强度,减小探测器电离室的离子电流,使空气电容器的介电常数发生变化,或使半导体的某些性质产生改变。因此点型感烟探测器又可分为离子型、光电型、电容型和半导体等类型。其中光电型探测器还可根据烟雾遮挡减小光通量和烟雾对光的散射分为减光型和散光型。

线型火灾探测器能够响应某一连续线路周围的火灾参数,可分为红外光束型和激光型。其中,红外光束线型探测器由红外光束发射器和接收器组成,二者间的红外光束构成连续线路;激光型感烟探测器是由激光发射机和激光接收器组成,其方向性和亮度特征等都非常好。

吸气型火灾探测器等同于空气采样式感烟探测器,是采用分布在现场的采样管网主动对保护区域的空气进行采样分析来进行火灾判断的。吸气型感烟火灾探测器具有超高灵敏度的特性,适合应用在洁净环境中。例如空调回风口适于使用吸气式感烟火灾探测器,而不适用点型探测器。但是非洁净环境下不应使用吸气式感烟火灾探测器,否则探测器的高灵敏度会引发误报,甚至堵塞吸气孔和过滤网,造成探测器失效。

2.1.2 感温式火灾探测器

温度异常、升温速率和温差变化,是感温火灾探测器的主要响应因素。感温火灾探测器可分为定温型—温度达到或超过预定值时响应;差温型—升温速率超过预定值时响应;差定温—兼

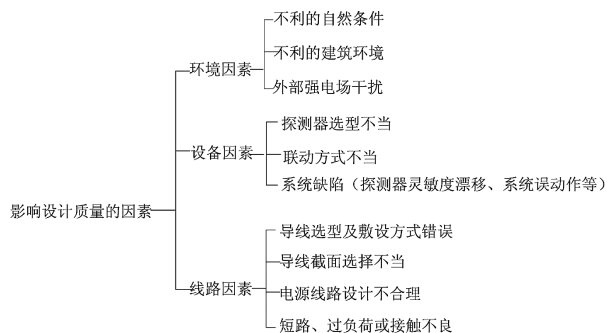


图2 影响火灾自动报警设计质量的因素

有定温、差温两种功能。由于采用不同的敏感元件,点型感温火灾探测器又可分为热敏电阻型、热电偶型、双金属片型、易熔金属型、膜盒型和半导体型等多种类型。

当某些区域环境温度达到或超过规定值时,线型感温火灾探测器的可熔绝缘物熔化短路并进行报警。缆式线型感温探测器是由一条电缆(同轴电缆或二芯电缆或四芯电缆)构成的连续线路;可广泛应用于电厂、变电所、油库、石化工厂、飞机库、仓库等场所。空气管型差温火灾探测器,其线路由一条连续的不锈钢管或铜管构成,常应用于电缆桥架、电缆夹层、电缆地道等处。

在有较强电磁场影响的场所,宜采用吸气式感烟探测器或线型光纤感温探测器,不宜采用点型光电感烟火灾探测器。对于温度变化较大,常处于高温或低温环境下的场所则不适用感温火灾探测器。需要设计人员根据具体情况具体分析。

2.1.3 感光式火灾探测器

感光火灾探测器,也被称为火焰探测器。当发生火灾时,探测器对火焰辐射出的红外、紫外光线能产生响应,主要分为红外火焰型和紫外火焰型两类。其中,红外火焰探测器能对任何一种含碳物质燃烧时产生的火焰做出反应,对一般光源或红外辐射没有反应。紫外火焰探测器使用于对微小火焰进行探测的场合。

此类探测器适用于火情发展猛烈并伴有火焰辐射和少量烟、热的场所,如含有易燃易爆材料的房间、炼油裂化厂、油料间、油封间、油化间、漆料间等,具有可燃液体的场所使用隔爆型三波段火焰探测器。但在有直接或间接阳光、其他光源照射的场所,使用火焰探测器会致其失效。

2.1.4 可燃气体探测器

这类探测器主要用于易燃易爆场合中探测可燃气体的浓度,一般调整在爆炸下限浓度的25%时动作报警^[1]。根据传感元件的不同分为铂丝型、光电型、气敏半导体型和固体介质型等几种。

可燃气体探测器目前主要用于溶剂暂存间、过滤车间、压气机间、燃料气存储间和燃油电厂等存在可燃气体的场所,在建筑防爆房间内采用隔爆型可燃气体探测器。

2.1.5 复合式火灾探测器

复合式火灾探测器能同时响应两种以上的火灾参数,主要类型有感温感烟型、感温感光型、感烟感光型等。复合式火灾探测器能使用于多种

火灾发生的情况,能更有效地探测火情。

设计人员应根据火灾特点、安装环境、生产工艺流程、建筑结构等选择适当的火灾探测器,以应对各种不利的环境变化。

2.2 火灾自动报警系统布线

火灾报警探测器探测到的信号是否准确及时的传输到控制器,联动设备能否接受到控制器发出的命令这都需要一个良好的布线系统,因此在设计时,系统导线线缆的选择也是至关重要的。

2.2.1 火灾自动报警系统传输线路选择

根据现行设计规范,火灾自动报警系统的传输线路和50V以下供电的控制线路应采用绝缘耐压等级不低于交流250V的铜芯绝缘导线或铜芯电缆;采用交流220/380V的供电和控制线路应采用绝缘耐压等级不低于交流500V的铜芯绝缘导线或铜芯电缆^[2]。

火灾自动报警系统选择的导线(线缆)必须具备耐火(NH)或阻燃(ZR)功能,耐火电缆与阻燃电缆的主要区别是:耐火电缆在火灾发生时,火焰燃烧的情况下可以保持一定时间的正常供电,阻燃电缆就不具备耐火电缆这样的特性,阻燃电缆在火灾发生的情况下,虽被烧断不能运行但可以阻止火势蔓延,从而保护其他设备。但是当发生火灾时,具有控制、监视、导引及报警功能的系统供电回路必须维持正常工作,因此耐火电缆在现代建筑中起着重要的作用。通常耐火电缆主要使用在应急电源至用户消防设备,火灾自动报警设备,通风排烟设备等供电回路。

目前,火灾自动报警系统常用的导线有ZR/NH-BV聚氯乙烯绝缘铜芯导线,ZR/NH-RVS铜芯导体聚氯乙烯绝缘绞合软线,ZR/NH-KVV聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯控制电缆。以上几种导线护套均采用聚氯乙烯,其造价相对低廉,但在高温下的燃烧过程中会释放出氯化氢、氯气和其他有毒气体。在建设投资相对充足的情况下,可用交联聚乙烯进行替代,这样一旦发生线缆燃烧散发出的是二氧化碳和水,能进一步的保证人员安全。

下面以 1.0mm^2 的阻燃防火类RVS多股线缆和BV单股线缆为例进行分析。BV1.0线在常温下阻值为 $18.1\Omega/\text{km}$,RVS1.0线在常温下阻值为 $19.5\Omega/\text{km}$ 。BV线阻值明显较小,更便于信号传输。但综合考虑BV线硬度较大,在管内敷设时不易穿线和弯折,且压接于火灾报警设备的接线

表1 铜芯绝缘导线和铜芯电缆的线芯最小截面面积(mm²)

类别	线芯最小截面面积	备注
穿管敷设的绝缘导线	1.00	
线槽内敷设的绝缘导线	0.75	
多芯电缆	0.50	
由探测器到区域报警器	0.75	多股铜芯耐火线
由区域报警器到区集中报警器	1.00	单股铜芯线
水流指示器控制线	1.00	
湿式报警阀及信号阀	1.00	
排烟防火电源线	1.50	控制线>1.00
电动卷门帘电源线	2.50	控制线>1.50
消火栓箱控制按钮线	1.50	

端子时易产生松动,导致接触不良,从而影响系统稳定。另外设计时存在以越粗越好的想法进行线缆选型的情况,未考虑火灾报警设备接线端子通常只可容纳1.5mm²的最大线径截面,过粗的线缆也易造成接线时松动接触不良。所以在设计火灾报警信号线时,因信号线路传输电流相对较小,可在机械强度满足的情况下从小选择,一般选用1.0mm²RVS阻燃双绞线,如火警信号线,火警电话线,控制电缆采用KVV线,例如在火灾自动报警系统中的自动喷水系统控制线,消火栓启泵线,排烟风机控制线,可燃气体报警线通常采用NH-KVV。依据现行《火灾自动报警设计规范》,火灾自动报警系统中各类传输线路的线芯截面选择,在满足自动报警装置技术条件的要求前提下,还应满足机械强度方面的要求^[2]。火警系统中铜芯绝缘导线、铜芯电缆线芯的最小截面面积不应小于表1的规定。

火灾自动报警系统必须长期通电,用电设备必须采用单独回路,为保证系统正常稳定的运行,需要给各模块提供一定的电压。现今火灾自动报警系统的传输线路随建筑物不断扩大而不断增加,由控制中心引出的直流24V报警系统电源线路衰减较大。当系统联动正压送风口、排烟口等瞬间动作电流大的受控设备时,电压降瞬间增大,负载一侧的电压降低,可能发生系统失控的情况。负载一侧电压计算见如下公式:

$$U_1 = IZ_1 = \frac{U}{Z_1 + Z_2} Z_1$$

式中: Z_1 表示负载阻抗, Z_2 表示线路阻抗, I 表示线路电流, U 表示变压器输出电压, U_1 表示负载一侧电压。

在负载阻抗 Z_1 不变的前提下,提高变压器输出电压 U 及减少线路阻抗 Z_2 是提高负载一侧电

压 U_1 的有效方式;但若仅考虑减少线路阻抗 Z_2 ,在正压送风口、排烟口等受控设备负载瞬间吸合时,由于负载阻抗 Z_1 较小, U_1 负载一侧电压仍然较小。此时以采用6mm²铜芯导线在150m距离下传输的情况为例,3个排烟口同时吸合经计算会导致负载一侧直流电压仅为18V,直接造成火灾自动报警系统出现故障。从另一方面来说,单独增大电源导线截面对于建设成本控制也并不经济。可以考虑的解决办法之一是在各防火分区内的接线箱处增设应急直流电源箱,经消防控制中心引出符合防火措施要求的交流220V电源至各接线箱处。这样既增加了系统的可靠性,也使得负载一侧电压得到稳定保证。

2.2.2 火灾自动报警系统线路敷设

在火灾自动报警系统布线选择合理的基础上,其敷设方式也将影响整个系统的性能。在敷设线路时应注意:最好穿管埋墙暗敷;墙体内部敷线时,与可燃物保持有足够安全距离处穿管敷设;导线成束安装时,应该使用耐高温导线,且固定在密封线槽内^[3]。另外,火警系统电缆应避免敷设于长期高温的环境中,防止破坏电缆的绝缘层,使电缆短路而导致火灾。

3 结论

为保证整个建筑的质量,首先应该保证设计质量。消防安全问题更是设计中的重中之重,火灾自动报警系统作为火情发生时联动其它消防控制系统的先决条件,其完善稳定与否与消防安全问题息息相关。本文从设备选型及系统布线等方面具体分析了火灾自动报警系统的设计要点,综合考虑了各种影响因素,为工业厂房的火警消防系统设计提供参考。

参考文献

- [1] 郭圣红. 论火灾探测器的分类[J]. 智能建筑,2008,(7).
- [2] 中华人民共和国公安部. GB 50116-2008 火灾自动报警系统设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,1999.
- [3] 李惠友,吉有,崔东泽. 火灾自动报警系统导线敷设施工[J]. 科技信息,2007,(7).

基于变频器调节的工程设计问题研究

■ 郭德智 苏碧萍 「电气」

摘要: 本文对普通电动机和变频电动机的区别进行介绍,分析两种电动机的变频调速范围及适用环境,根据实际设计中所遇到的情况,列举交流电动机变频调速时的一些工程问题,对这些问题进行分析并提出解决方案。

关键词: 交流异步电动机; 变频电动机; 变频调速

0 引言

1888年,特斯拉发明交流电后,交流电动机的应用得到了飞速的发展,应用领域十分广泛,如数控机床、加工中心、风机等方向。随着变频器和变频风电动的发展,各领域中得到了大量使用,不仅能够满足控制要求及不同工况下的工作需要,还能达到节能的效果,对如今提倡节能减排设计起着很重要的作用。

在工程设计应用中,经常遇到普通电机与变频电机配电的问题。有时由于使用者对于两种电机之间的区别不清楚,只是为实现功能而选取不恰当的电动机,不仅给电气专业设计人员带来错误的设计条件,同时也会造成工程上的资金浪费。所以对普通电动机与变频电动机之间区别的了解十分重要。

1 普通电机与变频电机的区别

首先普通电机的设计针对恒频恒压的工作环境,主要考虑的性能参数是过载能力、启动性能、效率以及功率因数。而变频电机由于临界转

差率反比于电源频率,可以在临界转差率接近1时直接启动,因此过载能力和启动性能不是其主要考虑因素,变频电机主要考虑的因素是电动机对非正弦波电源的适应能力。

而变频器对电机的影响主要有以下几方面:

1.1 电机的效率与温升

高次谐波会引起电动机定子的铜耗、转子铜耗、铁耗以及附加的损耗增加,其中转子的铜耗最为突出。因此电动机是以接近基波频率所对应的同步转速旋转的,因此,高次谐波电压以较大的转差切割转子导电后,便会产生很大的转子损耗,并且还需考虑因集肤相应而产生的附加铜耗。这些能耗会加大电动机的发热量,降低输出功率。若将变频器适用于普通三相异步电机,并接入非正弦电源中,其温升会提高20%左右。

1.2 电动机绝缘强度

目前中小型变频器多采用PWM的控制方式。其载波率大约是几千至几万赫兹,从而电动机定子需要承受很大的电压,所以电动机绕组匝间绝缘要求十分苛刻。变频器产生的矩形斩波冲击电压会对电动机对地绝缘构成影响,加速电动机对地绝缘的老化速度。

1.3 谐波电磁噪声与震动

普通电机在使用变频器供电的情况下,由于电磁、机械以及通风等因素的影响,使得电动机引起震动和噪音的增大。变频电源中的各次谐波

作者简介:郭德智,男,助理工程师,2012年毕业于东北林业大学检测技术与自动化装置专业,现就职于中航建发动力工程设计研究院。

与电动机电磁部分的固有空间谐波相互干扰,从而产生电磁激振力。当电磁力波的频率与电动机的固有振动频率相近时,就会产生共振现象,加大噪声。由于电动机工作频率范围广,转速变化范围大,各种电磁力波的频率不易避开电动机的固有振动频率。

1.4 电动机对频繁启动、制动的适应能力

由于采用变频器供电,电动机能够在低频、低压状态下以无冲击电流的方式启动,并可利用变频器提供的制动方式进行制动,实现频繁启动和制动。因此电动机的机械系统与电磁系统处于循环交变力的作用下,加速电动机机械结构的疲劳与绝缘结构的老化。

1.5 低转速时的冷却问题

三相异步电机的阻抗不够理想,在电源频率较低时,电源中高次谐波所引起的损耗很大。普通电动机在低转速时,冷却风量与转速的三次方成比例减小,冷却效果变差,温度上升明显增加,不能很好实现恒转矩输出。

普通电动机与变频电动机的区别还有散热风扇的选配。

普通电动机的散热风扇是与电动机的转子同轴的,通过电动机转动带动风扇从而给电动机自身进行散热的。当普通电动机配用变频调速时,由于电动机自身转速下降,带动的散热风扇不能很好起到散热作用,使得电动机自身热量无法被散去,影响电动机的正常使用。

变频电动机选用独立的风扇对电动机进行散热。风扇一直由独立的50HZ电源供电工作,不会受电动机变频而影响风扇的散热效果,能够很好的保护电动机的正常工作。

2 变频调速的条件

由于普通异步电动机随着频率的下降,电动机转矩转速变化很大,电动机的机械特性变得很软,过载能力变得很差。当频率在20Hz以下时,普通异步电动机的效率非常低,电机的发热量很大,由于散热风扇由电动机转子带动,散热效果也变得很差,致使温升过高。一般工程中,也有选用普通异步电动机与变频器配合的使用情况。但对电动机本身有特殊要求,并且变频调速有一定的范围。

普通电动机的变频调速范围:

S2可在20~60Hz范围内长时间运行;
S4可在25~75Hz范围内长时间运行;
S6可在30~80Hz范围内长时间运行;
S8可在35~100Hz范围内长时间运行。

普通电动机在调速中,受所选电动机类别的限制,调速范围一般是特定的,并且还会受工作时间的限制。普通电动机在调速过程中,不建议超过额定转速,超速运转会造成轴承损坏,破坏电动机的机械性能。

而变频电动机自身机械特点,能很好配合变频器进行速度调节,一般其可调范围在0.1~130Hz范围内,一些特定的变频电动机还能在更高的频率下工作,并且由于变频电动机的散热风扇是独立的,不会因电动机调速而影响制冷效果。

3 选用电动机变频时应注意的问题

在工程设计中,一些厂家为了节约投资,会选用普通电机进行调速,而不选用变频电动机。工程调速过程一般多为降速调节,在设计中会遇到一些问题。

3.1 电动机的选择

设计中,电动机的选择很重要,对整个系统的搭建起着决定性作用。如选用普通电动机进行调速时,需根据工作时转速的调整范围选用合适的异步电动机,并对变频器设定变频范围。如选用变频电动机进行调速时,则需考虑工程造价的问题。

3.2 控制条件(反馈量)

根据所给条件,能够得到一些控制量,如温度、流量、压力等。若选用变频电动机,则可通过传感器检测的控制量,传送至变频器进行自动调节,并且能够形成闭环调节,系统稳定性高,系统能够通过检测值与目标值的差距进行自动调节。若选用普通电动机调节,一般会设定几个调速段运行,再根据检测信号,进行调节,一般此类系统多为开环控制系统,根据检测值的与目标值的比较,对普通风机进行定量调节,系统稳定性一般。

3.3 配合问题

在选用变频器时的设计深度问题。变频器为电机厂家选配还是由设计者进行设计。由电机厂家配套时,变频器的安装位置则需考虑,若为厂

家自带变频控制箱,设计时则考虑配电至变频控制箱即可;若为厂家自带变频器,则还需考虑接触器配合问题,及接触器与变频器的摆放位置问题。电机厂家不自带变频器时,在设计中需要了解所选用的电机型号,及工作范围,选取恰当的变频器及接触器,并依据控制条件,对其进行控制系统搭建及多地控制的设计。

并且在配电过程中,若选用普通电动机时,由于散热风扇与电动机转子同轴,带动风扇转动进行电动机自身散热;若选用变频电动机时,还需考虑风扇的电源问题。可在变频器前段线路引一回路加断路器的形式对风扇进行配电。

在目前的设计工作中,已经遇到了此类问题,如:由于其他专业的不了解电动机调速情况,未对电气专业设计人员提出变频器设计,或厂家自带变频器却要求电气设计人员对变频器进行选配,而造成工程施工时缺少或过多购买变频器。还有在工程施工时,变频器没有控制箱而独立放置于电机旁边。由于各专业对普通电动机与变频电动机的不了解,选用变频电动机而提出普通电动机控制配电,在现场工程施工时,发现独立风扇没有电源的情况。

作为电气专业的设计人员,在针对功率较大、配电距离较远、控制繁琐的电动机时,通常建议选用变频器。因为变频器具有以下优点:

(1)启动环节:能够控制电动机的启动电流,能增加电动机的使用寿命;降低电力线路的电压波动,保护电力线路的稳定性,避免一些用电设备的工作异常现象;启动功率降低,远低于普通工频电动机的启动功率。

(2)手动调节功能;变频器可根据季节或几种工作模式,设定几种特定的工作频率,并设置手动调节选项。用户可以根据环境变化或工作需要选用特定的模式,对电动机进行定速调节,从而实现具体的功能。

(3)控制更精确、系统更稳定:之前也介绍了,变频器与传感器相结合,是能够实现闭环稳定调节的。根据测量的反馈信号与电动机转速信号相结合,控制电动机的转速。

举例说明:

风机系统在工程应用中,选用变频器对风机进行控制。按季节分类,对风机进行调节,设定3档风量按钮,操作人员能够根据不同环境进行手动定档式调节。若配合传感器,一般会有温度传

感器对进风口温度进行测量,压差传感器对风机筛网通风状况进行测量。当温度传感器测量的温度值高于设定的目标值时,可将测得的温度值传送至变频器,变频器通过控制单元计算分析给出最合理的输出量调节电动机转动,并且通过速度传感器将速度反馈至变频器,对电动机转速进行精细调节。由压差传感器测得的过滤网前后端压差,可以分析出过滤网的堵塞情况,当堵塞严重时,可将电动机停止运行,及时提醒工作人员进行清理。

选用变频器的主要优势还有就是能够达到节约电能的要求。针对目前设计中的节能要求,在工程设计中,需要根据工程情况及客户的要求,合理选用变频器。已达到设计合理、功能完善、节能减排。

4 结论

通过对普通电动机和变频电动机的分析,了解普通电动机和变频电动机在变频调速时各自所适合的工作环境。根据设计中,遇到的工程问题进行解析,明确各种状况下的设计内容及设计方向。根据对普通电动机和变频电动机变频调速的了解,电气专业设计人员能够为以后工程设计中的设计条件理解及各专业间的沟通起到很好的协调作用,避免设计冗余和工程浪费。

参考文献

- [1] 任光楠. 三相交流异步电机的调速与控制. 产业与科技论坛,2013(12).
- [2] 张剑杰,王树林. 三相异步电动机变频调速的实现. 矿山机械,2014,01,60~61.
- [3] 杜旭. 变频器的工作原理和控制方法. 科技资讯,2006,NO.24,32.
- [4] 陈小马,高三平. 浅谈普通异步电机与变频电机. 有色冶金节能,2010(8),30~31.

弹射塔弹射试验缓冲系统研究

■ 李承凯 端木冰雷 「设备」

摘要: 本文结合不利姿态弹射塔弹射试验,主要介绍了该缓冲系统的工艺流程,缓冲止动的原理,参数计算以及设备配置情况。为本次工程提供了有效的研究方向和解决措施。

关键词: 本弹性绳; 缓冲; 棘轮齿条机构

1 缓冲系统方案的选择

1.1 项目背景

滑车总质量4,800kg,沿着两根垂直钢轨从1,200m高度处作自由落体运动,其下行速度最大达32m/s时,对其进行制动,制动有效行程距离为30m时,实现速度为零。

本次试验所选用的缓冲系统是特种弹性绳组装的机构,主要应用于火箭弹射车、人体蹦极等设施上。其弹性绳材料实行化工标准胶乳胶丝HG/T2889-2011;材料的特点为:内层为乳胶丝,共五股,外层为丙纶丝。本次弹性绳的选型要素有:直径为20mm;最大拉断力为1t;最大弹性拉力800kg;拉伸弹性绳拉伸80万次,最大有效拉伸率为100%。

1.2 缓冲系统工艺流程

(1)将存放于储藏室的试验弹性绳用回收小车运输到塔体下的试验区域,并将其一端连接在提升横梁上,随着提升卷扬机提升,弹性绳从回收小车释放,弹性绳的一端同防撞框架相连接。

(2)将止动弹簧机构的弹簧机械压缩卡住,防撞框架通过后释放。提升卷扬机将提升横梁提升至95m的高度即(第二十层);由安装在塔体上部的横梁锁紧机构把缸头一块插入提升横梁的槽

内,从而锁定提升横梁,完成弹性绳缓冲系统的试验准备工作。

(3)塔体将试验滑车下放至释放试验高度,控制释放脱离锁,使试验滑车作自由落体运动,试验滑车达到试验速度后,撞击防撞框架并在下落过程中拉伸弹性绳,产生反抗弹性力,实现试验滑车减速缓冲过程,在到达止动弹簧板机构时,弹簧板阻止试验滑车和防撞框架回弹,弹性绳达到最大拉伸力。

(4)提升卷扬机将提升横梁提升小段高度,缩回横梁锁紧机构的缸头。释放提升卷扬机的拉力,使提升横梁下降,使弹性绳弹性力逐渐减少直至消除处于自由状态。

(5)将自由状态的弹性绳一端与弹性绳回收小车的卷筒相连,在弹性绳继续向下释放的同时,回收小车卷筒将弹性绳回收到卷筒上,卸下弹性绳与横梁的另一端接头,最后将弹性绳收回。

(6)塔体卷扬机将连接好的试验滑车下放至塔底地面的盖板车上,试验操作人员全部撤离,至此试验程序全部完成。

1.3 弹性绳缓冲系统计算验证

本文所选用弹性绳作为缓冲系统方案的主要依据在于它具有弹性恢复好、定伸应力大、试验周期短、资金少等优点。根据本次试验的边界条件,在选用弹性绳作为缓冲系统方案,对其进行能量计算、缓冲轨迹计算、安全计算。

根据已知条件:到达刹车地点时,小车质量

作者简介:李承凯,男,助理工程师,2009年毕业于昆明理工大学设备专业,现就职于中航建发设备工程设计研究院。

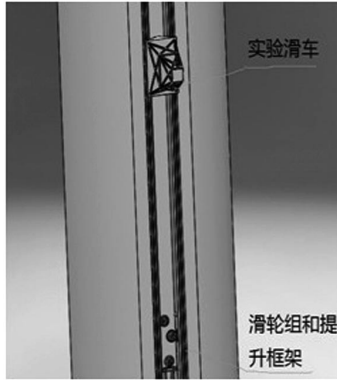


图1 实验滑车

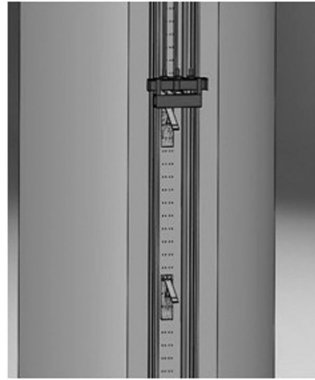


图2 防撞滑车



图3 棘爪齿条机构

5t, 速度32m/s;根据能量守恒,以刹车停止点作为系统高度的水平面:

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh1 = \sum_{i=1}^n 1/2(FI)\lambda = mgh2;$$

$$Fi=16/3mg; Fi=2.67e^5N。$$

由于本次所选的弹力绳其设计弹性范围定伸长量在100%,所以可视弹性系数为定值。即在最大伸长量的时候 $K=Fi/\lambda=8.9 \times 10^3N/M$ 。根数计算, $n=Fi/800kg=33.4$ 根。因此,拟用40根。

建立数学模型:根据经典物理的牛顿第二定律: $f=am$, 蹦极问题的数学模型^[1]为 $mx''=mg+b(x)-a1x'-a2x'(x/\lceil x \rceil)$ 。其中k为弹力绳弹性系数,对落体位置影响为:

$$b(x)=\begin{cases} -kx & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$

式中: m为物体质量, g为重力加速度, x为物体位置(低于桥梁以下30m为正值,反之为负值),第三项为空气阻力,第四项为弹力绳的阻力^[2]。

使用Solid work motion分析软件模拟弹力力—重力速度场:边界条件为30m,施加32m/s速度。弹性系数为 $k=9n/mm$;重力系数 $g=9.8m/s^2$ 。

1.4 弹性绳试验论证

根据本次试验所提出的边界条件:在车间完成了0~400kg的弹性拉伸试验,经过数据搜集和如下公式计算得出:

$$\text{拉伸率} \delta = \frac{(L_2 - L)}{L} 100\%;$$

$$\text{弹性系数} K = \frac{G}{L_2 - l};$$

$$\text{弹性绳定伸应力} \sigma = \frac{4G}{\pi D^2};$$

$$\text{定伸长比} \varepsilon = \frac{L_3 - l}{l} 100\%。$$

结论:其0~400kg的试验数据验证了上文的仿真计算结果弹性系数变化曲线图。

2 缓冲系统试验布局

本次试验主要部分包括:试验滑车、提升横梁、防撞框架、止动弹簧板机构、提升卷扬机、横梁锁紧机构、弹性绳安装等7大部分。具体见图1和图2。其试验过程按照上文所提到的工艺流程来实施。

3 棘轮—齿条止动机构设计

棘轮止动机构分为单向和双向。单向的棘轮齿有不对称梯形齿、三角形、弧形等等。双向的有对称梯形、对称矩形等等。双向的适用于载荷较小、连续型的场合,本次试验的载荷较大。且其载荷属于不连续的。所以选择单向双动不对称梯形齿条棘爪机构。

所以本次方案采用多棘爪—齿条棘轮止动机构。在上升干涉阶段,采用拉拔棘爪轴,错过干涉位置后,再复位。具体见图3。

3.1 棘轮齿条设计

选择标准:采用多齿数,减少冲击,安装多棘爪, m模数。

$$\text{棘轮圆周力} P = \frac{2Mn}{D}; \text{棘轮直径} D = Zm; \text{顶圆}$$

$Da = mz$; 齿高 $H = 0.75m$; 齿顶厚 $A = m$; 齿轮宽 $B = \phi$ mm。

棘轮模数按齿弯曲确定:

$$m = 1.75 \sqrt[3]{\frac{Mn}{Z\psi m\sigma_{wp}}} \quad (\text{方程1})$$

式中： $m=p/\pi$ ； $m=6,8,10,14,16,18,20\cdots 30$ ； P 为周节，mm。 M_n 为棘轮轴所受扭矩； Z 为齿数，见机械手册表8-1-118； $\Psi m=b/m$ ，齿度系数见机械手册表^[2]8-1-118。 σ_{wp} 为许用弯曲应力，mpa，见机械手册表8-1-119。

棘轮模数按齿挤压确定：

$$m \geq \sqrt{\frac{2M_n}{Z\Psi m P_p}} \quad (\text{方程2})$$

式中： P_p 为许用单位线应力，mm，见机械手册表8-1-119。

由于手册所介绍的都为圆形的齿轮计算方法， t 为棘齿间距； $t=\theta R$ ， R 无限大，则 θ 趋向于 0° ，即上述的公式可以应用。

设厚度为 R ，圆周力 $P=300\text{kn}$ ， $M_n=P*R$ ，较大的载荷，模数越大越好。利用受弯曲应力公式解方程： $M_n=3 \times 10^5 R$ ； $\Psi m=2$ ； $\sigma_{wp}=120$ 。

解方程后：

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 6.8 \ 10 \dots 30 \\ z = 20, 30 \\ \frac{m^3}{1.75^3} 2Z \times 120 = 3 \times 10^5 R \end{array} \right.$$

未知数为 R, m 。假设法：若 $Z=30$ ， $m=30$ ，则 $R=81$ ，利用数学方法之最优化解方法，计算受

挤压状态下的 $m \geq \sqrt{\frac{2M_n}{Z\Psi m P_p}}$ 得出：

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 30, Z = 20; R \leq 72 \\ m = 30, Z = 30; R \leq 108 \end{array} \right.$$

所以选择 $Z=30$ ，厚度 $R=81\text{mm}$ 。

根据机械手册确定各项参数 $m=30$ ； $P=94.25$ ；齿根高度 $h=22.5$ ；齿顶厚度 $a=30$ ；齿宽 $B=60$ ； $\theta=55^\circ \sim 60^\circ$ 。材料45钢，调质，硬度45~50HRC。

3.2 棘爪设计

1) 棘爪长度

棘爪长度 $L=2P=188.5$ ，直头型的棘爪按偏伸压缩计算：

$$\sigma_w = \frac{M_w}{W} + \frac{P}{F} \leq \sigma_{wp} \quad (\text{方程三})$$

式中： M_w 为弯矩， $N \cdot \text{mm}$ ； $W = \frac{b\delta^2}{6}$ 为棘

爪的危险断面的截面模数， mm^3 ； b_1 为棘爪宽度，

一般比棘轮齿宽度宽2~3mm； δ 为棘爪危险断面的厚度； $F=b_1\delta$ 为棘爪的危险断面的面积， σ_{wp} 为棘爪的材料的许用弯曲应力，为120mpa。

按照棘齿已经设计的参数 $m=30$ ，所以查阅机械设计手册8-1-120，棘爪爪高 $h_1=25$ ；倒角 $r=2$ ；棘爪端部楔角 $\theta=58^\circ$ ；棘爪宽度 $b_1=b+2=62\text{mm}$ 。解方程利用方程三以及其他约束条件，求解最优化解。

$$\left\{ \begin{array}{l} 120b\delta^2 - p\delta - 6pe \geq 0 \\ e > h_1 + \frac{d_1}{2} \\ e > 0; h > 0 \end{array} \right. \text{，通过解方程组的跟，}$$

得出 $\delta=0$ ； $\delta=4$ ；根据曲线得出

根据计算： $e=25$ ， $\delta=21$ ； $e=30$ ， $\delta=32$ ； $e=33$ ， $\delta=40$ 。

经过分析比较，所以 e 大于42.5， $e=50$ ； $\delta=70$ 。

根据4个棘爪分担的设计，所以危险界面高度为17.5，即可实现多棘爪一齿条棘轮机构的止动过程。

2) 棘爪轴的强度计算

$$d_1 = 2.2 \sqrt[3]{\frac{P}{\sigma_{wp}} \left(\frac{1}{2} b_1 + b_2 \right)}$$

d_1 为棘轮轴的实心直径； $b_1=62\text{mm}$ ， $b_2=5\text{mm}$ ；解出后， $d_1=98.59$ 。所以选择 $d_1=100\text{mm}$ 。所以由四个棘爪分担，则 $d_1=25\text{mm}$ 。

以上为多棘爪一齿条止动机构的全部参数。

结论：该棘爪一齿条机构能够满足系统的止动要求。

4 结论

综上所述，该缓冲系统方案具有实施相对安全可靠，价格较低廉，实施周期较短的特点。

参考文献

- [1] 安卫钢. 蹦极过程的计算机仿真. 中北大学, TP391.9.
- [2] 机械设计手册(第二卷)第8篇——起重运输机械零部件.

基于总价合同模式下工程总承包项目 造价控制的思考

■ 葛小梅 李利 「技经」

摘要: 本文在工程总承包商的视角下,运用工程实例,分析总价合同模式下造价控制中暴露的问题,提出了该模式下控制造价的建议;对合理有效地控制总承包项目的造价具有借鉴意义。

关键词: 总价合同;工程总承包;造价控制

0 引言

施工合同因计价方式的不同,可分为总价合同、单价合同和成本加酬金合同。采用总价合同,建设单位易于控制投资,所以对于技术不是很复杂的建设项目,总价合同备受业主青睐;但采用总价合同,总承包单位的风险较大。所以探讨在总价合同模式下工程总承包项目的造价控制,具有重要的实践意义。

1 案例描述

某总承包项目,建筑面积8,306m²,现已完成施工图设计。招标文件中规定采用总价计价方式。电气专业包括变配电系统、电力照明系统、PLC自控系统、防雷接地系统,其中PLC自控系统只有控制原理图,需要二次深化设计;弱电专业包括火警系统、智能化系统。

1.1 投标总报价的确定

由于投标总报价包含PLC自控部分,且投标准备期时间有限,某投标单位设计人员在原理图的基础上进行了深化设计,造价人员利用初步深化设计图纸,并凭借已积累的经验数据,确定了PLC自控系统的造价。最终该单位(下文统称A单位)成功中标。

中标后,A单位将机电安装进行分包,招标划项将电气专业划分为五个分包:变配电、机电安装1(包括电力照明、防雷接地)、机电安装2(包括空调配电、封闭母线槽安装、智能化系统安装)、PLC自控系统和火警系统。甲供设备包括变压器、高低压柜、低压配电箱柜。

1.2 造价控制过程中暴露的问题

1.2.1 深化设计中存在的问题

招标文件中PLC自控仅提供了控制原理图,A单位设计人员深化设计后,造价人员确定自控系统投标报价为150万元。A单位利用PLC自控原理图进行邀请招标,开标后四家投标单位报价均远高于A单位当初向业主的报价。对比分析发现,差异主要体现在温湿度传感器。总承包商投标时采用非防爆温湿度传感器,中标后进行分包,而各

作者简介:葛小梅,女,助理工程师,2012年毕业于西安建筑科技大学工程经济与管理专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

投标单位均采用防爆式温湿度传感器。

进一步分析,风管式温湿度传感器(量程: $-20^{\circ}\sim 80^{\circ}$)和水管式温湿度传感器(量程: $0^{\circ}\sim 120^{\circ}$)安装区域为防爆区域,设计人员没有意识到这个问题,采用了常规传感器,造价人员也没有发现此问题,按照常规温湿度传感器计价。通过市场询价可知,西门子的温度传感器(量程: $-20^{\circ}\sim 80^{\circ}$)单价1,600元左右;而防爆型温度传感器(维萨拉和罗卓尼克),满足量程要求的防爆型温度传感器(防爆等级: ExiaIICT4;温度范围: $-40^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$;湿度范围: $0\sim 100\%$ RH)市场价在22,000元左右。由此可知,温湿度传感器单价相差2万元左右,该系统中温湿度传感器共计59个,仅此一项主材价差额达120万元。最终,总承包商采用经评审的最低投标价法确定中标单价,中标价248万元。然而,由于深化设计图纸中的缺陷或问题,这一问题属于总承包商自身承担的风险。

1.2.2 确定材料、设备品牌中存在的问题

该项目火警系统指定三个品牌:海湾、利达和盛赛尔,造价人员按照常用品牌海湾进行预算编制。在一次与业主交流的过程中,业主提出对原有厂房进行改造,希望将拟建项目的火警控制主机进行扩容。通过进一步沟通得知,原有厂房火警系统的设备采用的品牌是盛赛尔。由于与业主的沟通交流,将火警品牌及时调整为盛赛尔,保证了设备接口的顺利对接;避免了“因多个项目品牌不一致,难以实现对接”。

这个案例再一次向我们敲响了警钟,在确定品牌时,一定要加强与业主沟通,是否有已建项目,是否有长期合作的厂家,避免后期出现因品牌变化导致费用的增加。

1.2.3 划分多个分包界面中存在的问题

A单位将电气划分五个包,除PLC自控系统,其他四个分包采用工程量清单招标。由于招标文件中个别工作范围的界限比较模糊,评标时发现投标单位针对界定比较模糊的清单项采用不平衡报价。为避免后期出现扯皮现象,A单位在确定中标单位后,针对界定不明晰的工作内容和界面采用补充协议明确分包的界限划分。所以在针对多个工作包招标时应尽可能将招标范围、投标人报价应包含的工作内容、费用项目在招标文件中一一明确,避免产生歧义。采用工程量清单招标时,应明确施工图纸与工程量清单内容不一致时的处理办法。

2 改善总承包造价控制的建议

2.1 提高设计质量,降低总承包商风险

总价承包的项目在投标时必须降低由于设计深度不够所造成的报价失误,尤其是业主采用初步设计文件招标,由此造成的损失需由总承包商自己承担。

即使有施工图,深化设计也是不可避免的,例如综合管线支吊架、自控系统、视频会议等,还有一些措施项目,如深基坑的支护方案、高架支模等。总承包商在设计中出现的设计失误或者设计缺陷属于自身风险,为此所做的设计变更不能向业主进行索赔。例如案例中防爆型温湿度传感器,此类设计错误所造成的损失则由总承包商承担。所以,必须在确保项目功能和质量的前提下,通过加强设计管理,提高设计质量,减少由于总承包商自身的原因引起的设计变更,从项目的设计“源头”降低总承包商的风险,达到控制工程造价的目的。

2.2 鼓励设计人员关注施工、造价

随着建筑市场的日趋成熟,阶段性总承包也向上、下游延伸,EPC总承包模式也正在逐渐发展壮大。

在传统的设计、施工分别发包模式下,设计人员只负责设计,在设计过程中往往更关注工程的使用功能,而对经济因素考虑较少,对造价关注较少^[1]。在总承包模式下,只有设计与施工深度交叉,同施工人员和各相关部门建立密切合作的“团队”,才能减少因自身原因引起的设计变更,保证项目的预期利润。这就要求设计人员有较强的经济观念、竞争意识。因此,设计人员不但要经常“下工地”或搞“现场设计”,还要和造价人员多交流,关注施工,关注造价。

2.3 造价人员不断提高自身素质

工程总承包项目不同于一般的管理总包,对造价人员也提出了更高的要求。

造价人员在正确计量工程量的基础上,要不断学习国家行业有关法律、法规、政策文件、定额标准,向设计人员学习先进的工艺技术,工艺方案,了解新出现的材料、设备的性能、价格,及时掌握国内外市场信息、建立单位内部造价信息网,建立数据库和各种指标库。造价人员要改变以往被动地接受设计人员提供的设计文件进行量、价的统计,而是主动为设计人员提供信息,

当好参谋,使设计与造价形成有机整体,能动地影响工程设计、控制造价。这样才能达到运用所学知识灵活解决各种实际问题、控制造价。

2.4 加强合同管理

合同是执行工程、解决争议,进行索赔和反索赔的最高准则和依据^[2]。

工程总承包合同包括两大类:总承包商与业主签订的合同和总承包商与各分包商签订的合同。合同管理要重视合同的谈判和签订,注重签约前的合同审查和复核,包括承包商与主业的责任范围之间的明确界限划分;充分理解招标文件;明确落实业主要求,尤其是材料、设备的品牌档次,已有项目的材料、设备品牌,并形成文件成果,避免后期因品牌变化给总承包商造成损失;各个分包合同界限的划分和工程变更费用补偿的规定等,并将答疑、承诺等形成会议纪要或书面文件,保证合同内容的完整性以及合同的顺利履行,利于工程结算,避免不可预见项目及费用的发生。同时,良好的合同管理可合理地将总承包风险转移。

2.5 有效控制现场变更和签证管理

由于设计图纸的遗漏和现场情况的千变万化,设计变更和现场签证是不可避免的。

目前,许多施工单位会采取低报价高索赔的策略,通过设计变更将“不利”变为“有利”^[3]。在总承包项目中必须严格控制变更,降低费用控制的风险。总承包单位可通过严格的设计变更签证审批程序,加强对设计变更工程量及内容的审核监督,改变过去先施工后结算的程序,可由造价工程师先确认变更价格再施工,要求造价人员树立风险意识,这样才能在施工过程中对合同价的变化做到心中有数。对于业主提出的变更,除了履行总承包商内部的审批手续外,务必取得业主的书面批准,并且在该项变更实施后,及时作为当期工程进度款同期申报,争取及早获得相应的补偿,避免因人员变动或市场变化等因素造成的难以弥补的损失,为工程费用控制带来不必要的风险。

2.6 注重竣工阶段资料积累、分析

在工程施工中,总承包商的费用控制人员应经常深入施工现场,收集工程的有关资料,及时掌握现场施工动态,及时将设计变更、工程签证、隐蔽工程验收等情况记入台帐,并为最终的工程总结算提供依据。

同时,充分利用已完工程的资料补充、完善单位内部造价信息网、数据库和各种指标库。每完成一个项目都要对该项目进行纵向分析比较,同时和同类型项目进行横向比较,积累工程造价资料为后续总承包项目造价控制做好准备。

3 结论

总价合同工程总承包项目的造价控制是一个系统工程,不仅涉及设计、采购、施工,还涉及材料、设备供应商和施工分包商的合理选择等众多方面。造价控制贯穿着工程总承包项目管理的全过程,由于各种因素的交叉复杂,为加强项目各阶段造价合理有效地控制,总承包商应重视深化设计造价确定;鼓励设计人员、造价人员多沟通、相互学习;加强合同管理;完善指标库;使工程造价控制与设计 and 施工相互渗透,才能真正实现控制项目造价,为更好地实践工程总承包项目奠定基础。

参考文献

- [1] 徐芳,陆瑾. 总承包模式下的工程造价管理. 建材世界,2013(4).
- [2] 胡莉. 造价工程师在EPC总承包项目费用管理的作用. 现代经济信息,2009(4)
- [3] 李建将,王将军. 总价合同条件下变更工程的计价. 建筑经济,2012(4).

EPC总承包商两地管理模式中的现场签证管理

■ 周杨 李中强 「工程管理」

摘要: 签证管理是工程项目现场管理的重要工作之一。本文主要从引发签证的各种原因出发,分析EPC总承包商在采用两地管理模式下所面临的签证管理难点,探讨如何采取有效措施开展现场签证管理工作。

关键词: EPC; 总承包商; 两地管理; 签证管理

0 引言

上世纪80年代开始,我国工程领域开始尝试采用总承包模式进行工程项目建设。起初以施工总承包模式为主,随后,出台了一系列方针、政策鼓励设计院转型为总承包商,开展工程总承包业务。在这样的大环境下,国内诸多设计院开始涉足工程总承包市场并转型为总承包商,这样以来,便能够充分凭借自身技术优势,发挥设计的主导作用,有效地控制工程成本,提升了总承包企业的整体技术和管理水平。但在现场施工管理的很多方面,他们仍经验不足,往往忽视施工过程中工程签证的管理,给项目费用过程控制和工程结算等工作带来很多问题。

不同类型的项目、不同的项目运作模式,签证管理的手段和方法差异很大。本文主要讨论由设计院转型的EPC总承包商在两地管理模式下,如何有效地进行现场签证管理。

1 签证管理的重要性

签证涉及工程、费用、质量等各环节,尤其在费用管理方面,在大多时候被视为工程结算的依据,是提出索赔的有利证据之一。总承包商可

以利用签证来维护利益,同时,工程参建其他方也能够通过它向总承包商进行索赔。在工程建设中,由于各种原因引起的签证而调增的费用,可能占工程竣工结算比例的5%~10%,甚至在某些项目中所占比例可能更高。由此可见,签证管理对于总承包商现场管理的重要性。

2 引发签证的原因

EPC工程实施过程中,工程参建各方都可能引起签证事件。因此,可从EPC项目参建各方入手,分析工程签证产生的原因。

如业主下达的赶工、停工等指令;业主使用的变化;业主提供的施工用水、电、气、道路等设施不能正常使用,造成现场窝工、停工;业主提供的设计输入资料有问题;不具备交付条件的工程提前使用等。再如总包方下达的各类引起工程费用、工期、质量等改变的指令;设计变更、设计错误、设计缺陷等引起的现场修改;设计优化;各合同中工作界限约定的界限不明;现场施工组织协调不到位;对未经验收的隐蔽工程进行下一步施工等。

3 总承包商现场签证管理的主要难点

在现场管理中,参建各方均不同程度地将签证作为利益的载体。作为总承包方,在现场签

作者简介:周杨,男,助理工程师,2005年毕业于哈尔滨工业大学土木工程专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

证管理的过程中，要作为承上启下的中间环节，处理好与业主、监理、供货商、施工分包单位的关系，承担各方沟通的桥梁；要全面推进工程进展，保障工程质量；要在合理成本下完成项目。在这些复杂的情形下，总承包商要完成合同工作，维护自身利益，现场签证管理难度非常大。

3.1 两地管理，签证管理授权难度大

签证的结果要反应到工程实体上，现场是签证实施的地方，是签证管理的重要关口。两地管理模式下，本部管理人员和现场管理人员均有签证签字权限。但现场管理人员授权过大，会造成本部管理失控；授权过小，分包单位会认为现场管理人员没有决定权，造成现场管理人员管理分包单位困难；授权过细，会影响签证管理的灵活性，同时，业主也会认为管理不合理，影响现场工程进度。而这些情况都会引起现场管理人员工作碰壁，产生消极情绪等。

3.2 签证处理时间长，影响现场施工管理效果

两地管理签证的最大决定权还是在本部，大部分签证需要本部人员确认。由于本部处理签证的流程更为复杂、相对不够灵活，签证审批流程长，不可避免地会影响现场相关部分的施工进度。另外，业主、监理单位对于总承包商提出的签证请求，经常采用各种措施拖延处理。分包单位更是寻找签证时机，如果总包商不及时解决，分包单位更会紧盯不放，以诸多理由阻碍其他工作，也影响了现场管理人员在分包单位的执行力。

3.3 传统的费用控制模式制约签证管理的时效性

总承包管理模式在我国正处于推广发展期，很多业主单位、总承包企业配套的管理制度还不够健全，在费用管理方面还采用传统的费用控制模式，工程过程中产生的费用相关问题在工程实施阶段大部分还是采用确认事实的模式，费用确认经常留到工程结算阶段解决。现在的总承包工程，大部分都是“三边”工程，工期紧、任务重，在设计、采购、施工等各环节均不可避免的出现签证问题，且签证可能涉及的金额较高。而如果在实施期间，对金额较大的签证不及时处理，一段时间累积后的金额会更大，必然会对总包承包方、分包单位的资金产生很大影响，同时，也不利于业主单位和总承包商费用管理。因为这些签证在过程中没有得到很好地解决，管理人员尤其是高层管理人员无法动态的掌握项目费用变化，费用管理会比较被动。

3.4 现场管理人员费用管理水平参差不齐

工程现场管理，更多的侧重于技术管理、质量管理、安全管理等环节。因此，在配备现场人员时，要考虑配备人员的技术背景，对费用管理、合同管理、商务管理等能力应要求较高。而因工程行业本身是薄利行业，如果配备具有技术、费用等能力全面的现场管理人员，成本因素是总承包商不得不面对的一大问题。因此，经常会出现现场管理人员费用管理水平参差不齐。正是由于这个原因，不可避免的会造成一些签证出现与合同背离、技术处理方案不合理等情况发生，给项目运作和最终结算带来很多麻烦。

3.5 人员更迭流失，难以保证现场签证管理的连续性

工程市场的项目形态，决定项目团队的临时性。项目完成后，项目人员就要进行遣散。加之各企业待遇水平不一，都导致了工程市场人员流动性强。但对于一个项目来说，人员流动性大对项目会产生很大不利影响。签证管理是一项连续性工作，如若人员更迭，签证管理就必然要进行交接，过程中难免产生信息丢失、失真等问题，较难保证签证管理的连续性。

3.6 与业主的签证管理难

总承包模式下，业主认为工程所有工作都是总承包应该完成，有问题总承包商应该解决，因此，关于工期、费用等这些签证不应该由业主承担。另外，因设计由总承包商负责，当出现与业主初期想法不一致或和其习惯等不一致的情况时，业主会提出要求，必然会产生设计变更与签证等。而对于此类问题，业主经常归为设计问题，要求总承包商进行整改，整改的费用由总承包商承担。因此，总承包商通常会考虑业主要求，关注总包合同进度款支付进度、项目结算等各环节的利益情况，在签证管理过程中，就可能做出部分取舍，换取其他方面的利益。因此，如何能够确保自身最大利益进行取舍，也成为了总承包商签证管理的难点。

4 总承包商签证管理的措施

4.1 将签证管理纳入风险管理中

签证产生后，就会涉及工程费用、工期、质量等方面，对项目造成影响。因此，引发签证的事件在本质上是工程的风险因素，应该将签证管理作为项目风险管理的一部分，采用风险管理的

方法进行签证管理。

首先对引发签证的事件进行识别,形成签证事件登记册。随后对签证事件进行分析,尽量量化指标进行分析、评估签证事件对工程费用、工期、质量等问题产生的影响,制定出签证事件的应对方案或策略,跟踪可能产生签证事件的环节,采取措施提前预防。如果预防不成功,当相同或类似签证事件发生时,总承包商现场签证管理人员还可应用成熟方案或策略应对。如遇到未识别的签证事件,可以建立此类事件的应急预案,待处理后加入签证事件登记册,为项目和企业积累数据。

4.2 建立项目授权矩阵,明确签证管理的授权

签证管理引入风险管理模型后,签证管理授权问题可以借助签证事件登记册和对签证事件分析评估的结果来解决。首先,总承包商通过签证事件登记册和对签证事件分析评估的结果对签证事件进行分类和划分管理等级,再由项目经理或其他有授权权力的人员针对不同等级签证事件进行授权,本部被临时派遣到现场人员或现场相关人员获得授权后,针对具体的签证事件进行管理。这样,能够有效地避免授权不明造成的影响。现场签证管理应当以现场为主,本部管理团队拥有最终裁定权。

4.3 建立有效的管理监督制度

有效的管理监督制度,能更好地促进签证管理。为了避免本部、现场签证权力失衡,首先总承包商要建立现场签证内部会签制度,要总承包商相关的技术人员对签证涉及的技术、管理、商务等内容进行确认,然后商定解决方案,并争得被授权人认可后,会签人在会签意见上签字,随后被授权人在签证单上签字。如果会签人员意见无法协商不一致,应整理相关资料后,报本部裁定,待本部出具意见后,由现场被授权人签字。

另外,还要建立监督机制,成立监督小组,主要成员由本部管理人员组成,必要时可以邀请其他部分人员参与,定期对现场发生的签证进行检查,以进一步保证签证的质量。

4.4 要坚持签证管理的公平公正原则

总承包商在进行签证管理时,要强化签证管理人员的职业道德素养。在签证事件发生时,要能及时反映,调查签证事件的原因,然后根据合同、行业规范等合同合理处理问题,不能违背规则乱签证。对分包单位要有理有据,不可一味强

势不讲理;对业主、监理要不卑不亢据理力争,不能无底线退让。要建立签证管理的公信力,确保公平公正地解决问题,更好地促进签证管理。

4.5 要利用合同等手段应对签证风险

签证事件虽多,但有经验的承包商还是能预见到很多签证事件。工程参建方都能理解签证是不可回避的问题。既然这样,总承包商在与各方签订合同时,应该尽量约定能够预见的签证处理方案,如在与业主签订的合同中可约定,由于工期紧张,总承包商没有足够事件考察业主提供的地勘资料的准确性,业主需要对地勘资料的准确性负责;如果工程实际施工过程中,局部出现地质条件变化,业主应该承担由此造成的地基处理费用等;在与分包商签订的合同中可约定,分包商在报价时要考虑可能的工程的风险因素对工程造成影响,根据自身经验合理报价,这些费用在合同执行的过程中不再考虑等。也即采用总价包干方式也要留有一定特殊情形的开口余地,否则会造成报价过高,反倒不利用费用控制。这样,在合同签订阶段,减少一些常见因素造成的签证工作,让有限的人力投入到其他的工作中去,提高管理效率。

4.6 建立综合性现场管理团队

总承包商现场管理团队多以技术型人员为主,尤其是施工技术人员,人员构成较为单一。另外,现场施工管理人员流动性较强,人员水平、做事风格不一,不一定能够完全融入本公司的企业氛围,这些对签证管理都较为不利。因此,总承包商要着力培养具有自身企业风格的现场管理人员,这样才能更有利于现场签证管理。这些人员培养要从设计人员、合同管理人员、费用控制人员入手,这样才能人员结构合理,保证团队的稳定。

5 结语

签证管理只是总承包商管理工作中的一方面,但它不是独立于其他管理工作而存在的。它体现了总承包的综合管理能力,在工程总承包市场普遍利润较薄、竞争日趋激烈的环境下,总承包必需把握好签证管理工作,才能更好地促进费用控制工作的开展,有效地减少和降低工程运作的风险,最终在工程市场中博得一席之地。

项目设计中景观与总图的关系 ——以大兴北臧村镇居住区景观设计为例

■ 甘雨欣 张雪 夏永梅 「景观规划」

摘要: 景观与总图两专业的矛盾在行业内普遍存在。本文从分析两专业特点入手,找出矛盾产生的原因,系统的分析矛盾的具体内容及不良影响。最后得出解决矛盾的方法。并以大兴北臧村镇居住区设计项目为例,阐述两专业的矛盾点,及矛盾化解的方式。为日后设计项目的整体把握、分工协调及进度安排等工作提供参考。
关键词: 景观; 总图; 矛盾; 专业流程; 专业内容

在以建筑为工程主体的建设项目中,由于景观专业与总图专业的专业性质、出发点及介入时间的不同,会产生矛盾,进而导致投资估算误差、工期延误、景观效果难以保证等问题,影响建设工程的品质。

1 专业特点

1.1 专业内容差异

景观设计是营造绿化空间,进行人性化场地设计的过程。在一定的地域范围内,运用园林艺术和工程技术手段,通过地形塑造、种植树木花草,营造建筑和布置园路等途径来创造生活、游憩境域。具体工作包括总平面布置、竖向设计、构筑物及小品设计、种植设计、景观水电设计^[1]。

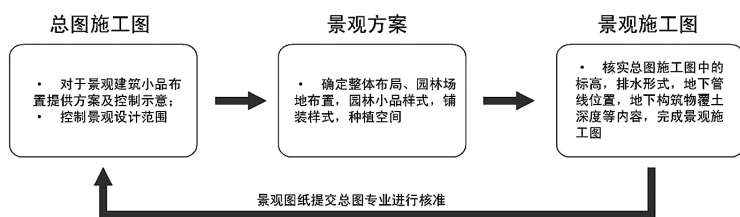
总图设计是在有限的用地范围内,合理布置交通、生产运输流线,保证工艺流程合理,兼顾生产、运输及生活需求,减少用地面积,节省建设投资。具体工作是结合场地的自然条件,合理地确定建筑物、交通运输、工程管线、绿化美化等设施的

空间位置,使其成为空间和时间上良好的衔接,在费用上节省经济,在环境上舒适安全的有机整体^[2]。具体工作内容包括用地总平面布置、场地竖向设计、交通运输线路设计、绿化布置、管线综合设计^[3]。

由此看出,景观专业与总图专业共同完成室外工程建设,有很多相似的设计类别,如平面布置、竖向设计等,但两专业的思维模式、出发点、设计目的及具体设计内容差别较大(如表1),专业差异是造成矛盾的根本原因。

1.2 工作流程

景观专业与总图专业均有概念方案设计、初步设计以及施工图设计,设计深度相同。在同一个项目中,景观专业处于下游,介入项目的时间比总图专业晚,在总图划定的绿地范围内进行设计,存在绿地零碎化、设计局限多、造价控制严等情况。两专业合作流程如图1所示。



作者简介: 甘雨欣,女,助理工程师,2012年毕业于北京林业大学园林学院风景园林专业,现就职于中航建发规划咨询研究院。

图1 现状专业合作流程示意图

表1 景观与总图两专业差异比较

专业不同点	总图专业	景观专业
思维模式	科学性为主导, 统筹安排各专业需求, 功能布局合理, 符合规范指标要求。	美学、生态学为主导, 注重人视觉效果及心理感受。
出发点	满足建成环境的使用需求, 节约用地。	满足审美需求, 尺度人性化, 与周围环境相融合。
设计目的	创造安全、合理、高效, 流畅的室外空间。	美化环境, 创造宜人舒适的绿化空间。
具体设计内容	在建筑散水线外, 用地红线内的区域布置各场地要素。	总图中绿地范围内进行园林设计, 以及屋顶花园设计, 垂直绿化。
	场地、道路竖向标高及排水方向。	园林场地标高, 绿地等高线。
	地下各管线的综合排布。	园林水电管线布置。 园林建筑、铺装、小品的详细设计。

2 两专业矛盾的内容及影响

2.1 景观专业设计条件受限, 影响建成效果

众所周知, 一个建设项目的顺利运作并达到预期效果, 需要总图合理的功能规划, 及景观的锦上添花。但现实中, 专业的配合关系往往会变成从属关系, 景观专业处于被动地位, 理想中的设计意图会因为各种原因而改变。

在设计阶段, 景观设计受限于建筑形式、道路线形、绿地划分、竖向标高、室外附属设施、地下管线埋深、地下构筑物覆土深度及管线预留口等。不能完全表达设计意图。

在施工阶段, 景观施工图完成时间晚于总图施工图是客观事实, 景观对于总图提出的优化意见(如路网调整, 新建广场等), 会因施工已完成而无法实现。如果双方能够及时反馈意见, 沟通及时, 建成效果能有一定程度的提高。

2.2 专业分工不明确, 影响项目进展

《民用建筑工程总平面初步设计、施工图设计深度图样》中, 第4.2.10条指出: 当绿化或景观环境另行委托设计时, 可根据需要绘制绿化及建筑小品的示意性和控制性布置图^[3]。不清晰的专业界定易产生相互依赖和设计重复。

在图纸阶段, 以下方面易出现设计漏项: 室外台阶及无障碍通道形式及构造设计、路缘石及人行道铺装设计、道路绿化带照明设计、停车场铺装及水电设计、围墙及入口设计。以下方面易出现设计重复: 道路线形与场地布置、停车场布局调整、边坡美化及竖向改造、挡土墙构造做法、场地内现存自然水系改造及护坡处理、道路绿化带与人行道尺寸调整。

设计漏项或重复会造成图纸修改, 也会造成投资误差。重复设计部分的工程造价易导致多余

的成本核算。反之, 设计漏项的问题也会造成成本计算误差, 有损业主及总承包商的利益。

在施工阶段, 由于景观施工进场晚, 可调整范围大, 施工中产生的问题多数是由景观专业进行“收尾”, 多次变更施工图, 后续工作繁琐, 专业负担重, 施工中发生的变更也会人工、材料成本增加的不利情况。理想的情况是, 各方密切配合, 主动承担设计责任, 在保证工程按时按质完成的共同目标下做好本职工作。

3 案例分析——以大兴北臧村镇居住区景观设计为例

3.1 项目概况

项目地块位于大兴区北臧村镇罗奇营村区域内, 在南六环路北侧、芦求路与兴良路交叉路口东北角。在大兴新城规划中, 项目地块位于新城核心区西南部的居住商服区, 北侧为京南高尔夫球场, 南侧为大兴生物医药基地, 东侧为万亩湿地公园, 总用地面积31.19万m², 规划绿地面积为12.18万m²。

3.2 景观设计概况

景观设计遵循了“生态—绿社区、生活—新街坊”的设计理念, 根据本项目的位置、使用人群、建设条件、管理维护等特点, 景观设计在突出现代感的同时从本土风情出发, 融入了体现中国本土元素和符号, 传承了中国文化脉络, 从“空间”、“色彩”、“社区符号”着手打造出具有现代感, 富有人文关怀和本土情怀的景观。

3.3 总图设计与景观设计的矛盾体现

3.3.1 停车场与活动场地布置

该小区为当地回迁房, 以地面停车为主, 未设计地下车库。停车场占据了多半室外场地, 总



图2 园林化布置的停车场

图提供的设计底图中, 停车场分布松散, 致使室外活动空间分布零散, 难以形成适宜居民使用的户外休闲场地。

景观专业进行设计时, 首先通过日照分析, 得出日照条件较好, 适宜布置休闲场地的区域。之后根据分析结果调整停车位与活动空间的位置, 将停车位布置在日照条件差的区域, 适当扩大活动空间面积。同时, 对停车场进行优化, 在车位间空隙尽量多的种植绿篱, 乔木, 增加小区绿化量(见图2)。

最后, 合理分布的室外场地, 园林化处理且车位足够的停车场使小区成为功能和形式相融合的整体(见图3、图4)。

3.3.2 室外附属设施占据活动场地

总图中部分公共设施(如变电站)的位置在日照分析中日照时间长的位置。景观专业试图改变这些设施的位置, 充分利用日照条件好的地方设计场地。但由于与总图协调未果, 公共设施位置未做调整。若提早进行日照分析, 景观专业可向总图专业提出公共设施布置的要求, 小区内的活动场地会更加舒适。

3.4 小结

在北臧村景观设计项目, 两专业合作有成功之处, 也有遗憾的地方。在整个设计建设环节中, 业主的支持至关重要, 不仅能够接受景观提出的总图修改意见, 并能在关键时刻协调各专业矛盾、把控项目进展, 保证建设品质。

4 解决矛盾的方式

4.1 调整景观专业介入项目的时间, 提升景观效果

在工业类项目中, 景观在总图施工图完成



图3 室外场地建成效果(一)



图4 室外场地建成效果(二)

后开始设计, 虽然这种配合方式反复修改少, 但景观建设投资因建筑及设备的成本增加而逐步降低, 设计方案会逐步简化为厂区道路绿化、人行道铺装设计, 建成效果不理想。

为解决以上问题, 笔者有以下建议: 项目规划阶段, 景观与总图专业共同参与, 对地块性质, 生产运输需求有一定了解, 其他专业对景观设计稍加重视。便于在后期, 景观专业能更加从容进行设计, 尽可能的多创造舒适宜人的室外空间, 提升景观效果。

4.2 调整单向式的专业流程

现状模式: 景观专业单方面接受总图提出的条件, 并随总图的修改而修改。

建议模式: 为解决景观专业被动的工作状态, 可将工作模式调整为双向互动式。景观专业能够给总图提出合理的优化建议, 两专业的特长得到最大发挥, 达到最理想的设计效果(见图5)。

4.3 明确景观专业与总图专业的分工

前文所提及的专业设计漏项或重复的内容,

表2 部分设计内容划分

设计内容	总图专业	景观专业
道路线形与场地布置	●	◎提建议
停车场布局	●	◎提建议
停车场铺装及水电	◎结构层设计	●
室外台阶、无障碍通道	●	◎面层设计
路缘石及人行道铺装	◎结构层设计	●
道路绿化带及人行道尺寸调整	●	◎提建议
道路绿化带水电	◎提建议	●
围墙及出入口设计	◎确定位置	●
挡土墙构造做法	◎确定位置及建议高度	●
边坡美化	●	◎面层设计
现状自然水系改造及护坡处理	◎提建议	●

注：●为负责设计，◎为辅助设计

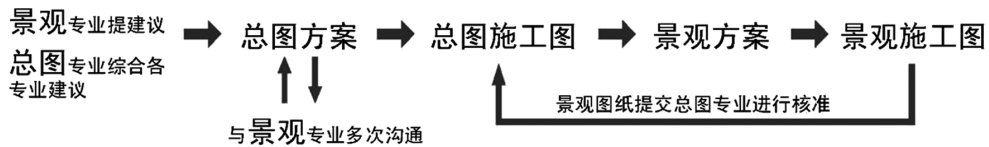


图5 建议采用的两专业的合作流程

建议采用下表的界定的进行责任划分(见表2)。

4.4 加强两专业设计人员的相互了解

近年来，业主对项目要求不仅仅满足于对功能的需求，适合的尺度设计、舒适的环境、宜人的空间等越来越被重视。所以，专业间的相互了解有利于高效协作，达到更好合作的目的。就景观与总图两专业而言，景观方案要顾及到防火间距，管线埋深等各项规范，不能为了观赏效果而随意布置。而总图方案能更加完善，使室外环境中各要素构成兼顾功能与观赏的有机整体。

其次，针对相互推脱的问题，两专业人员更应该提高责任心，主动解决自己专业的图纸问题，并相互了解设计内容和范畴，沟通工作时有理有据。

5 结语

2011年，风景园林专业被评为一级学科，专业内容日渐综合，涵盖规划、工程、园林植物配植、环境生态、文化艺术、地学、社会学等。在实际项目中，从单一的绿化设计，转变为规划、建筑、景观集成化设计模式，覆盖面日渐广泛，成为项目设计的重要环节。

景观专业与总图专业存在差异，两专业性质不同，工作流程不够完善，专业间不够了解，导致矛盾的产生。

通过提前景观专业介入项目时间，调整单向式配合流程，明确两专业分工，以及增加两专业人员相互了解等方式，化解两专业之间矛盾。在日后的专业配合中，可参考本文建议，探寻更理想的合作模式，从而创造出功能与形式相协调，生产与生活均适宜的室外环境。

参考文献

- [1] 吴进朴. 总图设计理论研究及其应用[D]. 西安建筑科技大学, 2010.
- [2] 国家建筑标准设计图集. 建筑场地园林景观设计深度及图样[M]. 中国计划出版社, 2006.
- [3] 国家建筑标准设计图集. 民用建筑工程总平面初步设计、施工图设计深度图样[M]. 中国计划出版社, 2006.

中小型分售式高层写字楼设计

——以大连钻石港湾南区高层写字楼设计为例

■ 高雅琦 钟燕 「建筑」

摘要: 本文以100m限高以下,标准层面积2,000m²以内的中小型分售式高层写字楼为研究对象,探讨在决策者开发商的利益最大化前提下,如何有效控制并优化项目策略、概念,并提出方案设计阶段在体量合理性、平面组织经济性、立面可识别性等方面的设计方法及要点,以积累相应市场化办公建筑设计的有效经验。

关键词: 高层写字楼; 垂直交通组织; 水平流线组织; 核心筒; 可识别性

0 前言

国内办公建筑大致可分为政府办公建筑,企业自用办公建筑,市场化办公建筑以及半居住等新型办公建筑。后两者多为由开发商投资并介入主导,随后进入房地产市场。中小型分售式高层写字楼项目即属此类。开发商作为项目的决策者,其建设目的往往趋于利益最大化,由此影响着项目概念,建筑体量的合理性、平面组织的经济性等设计成果。

大连钻石港湾项目位于西岗区黑咀子码头,总建筑面积约72.6万m²,物业类型包括高档住宅、公寓、别墅型酒店、会所、商业、办公及配套设施等(见图1)。高层写字楼地上建筑面积约5万m²,建筑高度99.6m。作为开发商投资建设的地产项目,大连写字楼在设计中首先需满足业主的产品定位需求,在设计过程中通过推敲建筑体量的合理性,公共区域交通组织的经济性,平面布局的灵活性,以期协助业主实现项目利润最大化;同时在立面造型设计中需体现项目的地标性

作用,凸显价值感,增加亮点和卖点。

1 建筑体量的确定

项目中建筑体量的确定参照经济性的考量,对周围环境的影响(结合日照计算),并综合场地用地条件及建筑形体的优化等原则,进行推敲确定。可参照以下三点:①按照《民用建筑设计通则》(以下简称《通则》)中规定的建筑高度100m作高层及超高层建筑的临界值,因此中小型写字楼高度一般均低于100m;②在《高层民用建筑

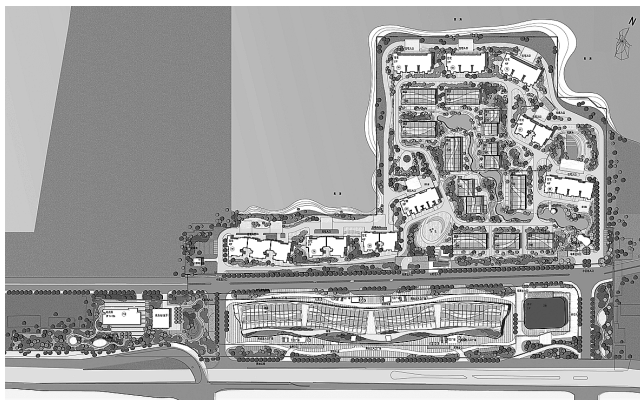


图1 大连钻石港湾总平面图

作者简介:高雅琦,女,助理工程师,2012年毕业于北京大学建筑学研究中心建筑设计及其理论专业,现就职于中航建发建筑设计研究院。

表1 电梯配置数量参数表

建筑类别	标准	数量				额定速度(m/s)
		经济级	常用级	舒适级	豪华级	
办公楼 (1000kg/台)	按建筑面积	5000m ² /台	<5000m ² /台	4000m ² /台	<3000m ² /台	1.00、1.75、2.00、 2.50、3.00、4.00 (5.00、6.00适用于 超高层建筑)
	按办公有效 使用面积	3000m ² /台	2500m ² /台	2000m ² /台	<1800m ² /台	
	按人数	300人/台	250人/台	200人/台	150人/台	

注：本表电梯台数不包括消防和服务电梯。

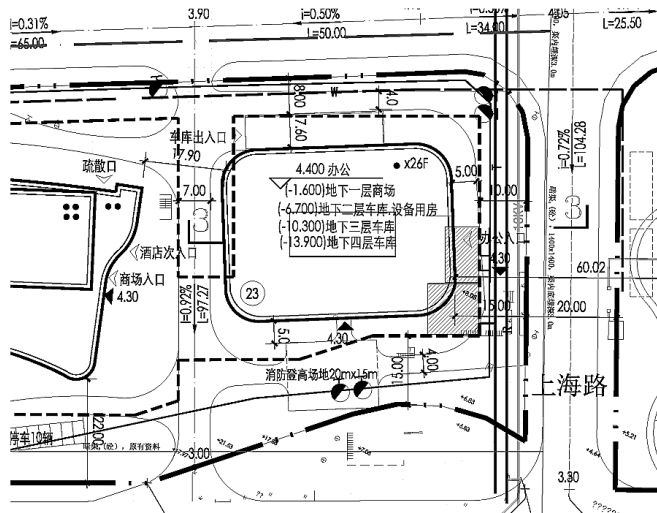


图2 大连高层写字楼总平面图

设计防火规范》中，规定一个设有自动灭火系统的防火分区应小于2,000m²；③对于100m以下(25层左右)单核心筒高层建筑，平面近似方形或长方形，若单层面积过大，则形体将显得较低矮敦实，从审美角度也多被否定。

大连写字楼综合用地条件，最终将标准层面积定为1,923m²，地上共26层，首层层高6m，其余标准层层高3.6m。层高设定较为经济，以期在控制项目成本的前提下，尽量满足中小型分户办公空间的使用需求(见图2)。

基于以上对于中小型高层写字楼高度、单层面积的界定，笔者对于已建成及即将施工的多个相似案例的进行了调研，以期归纳出此类高层写字楼的垂直交通配置及水平流线的设计模式，形成大连项目的公共交通组织方案。

2 垂直交通配置

2.1 电梯数量确定

高层写字楼的功能构成一般需要多个数量的

电梯分组来实现垂直方向的人员分流，数量庞大的电梯系统在有限的核心筒布局中占有主导地位，因此电梯方案几乎决定着核心筒的总体布局。根据《办公建筑设计规范》中对于电梯数量配置的规定，具体见表1，可大致核算出所需电梯数。

笔者对所调研项目的电梯数量进行了计算分析，见表2，从中可看出除了三里屯SOHO和CBD万达广场A座此类较为高档的写字楼，电梯配置按舒适级4,000m²/台的标准设计，其余各项目均为参照经济级5,000m²/台的标准设计的，且均略小于电梯的核定数目：同方科技广场电梯核定数为9.36台，实际配置5台；清华科技园科技大厦核定数目7.37台，实际配置6台；证大立方大厦核定配置6.85台，实际配置6台；

建外SOHO第一大道A座核定配置9.1台，实际配置9台。当然也有例外，如在安邦保险后援团项目中，由于甲方对于办公档次及舒适性的需求较高，电梯数量为10台，大于核算出的9.1台，可见电梯数量的配置与项目的定位密不可分。再者，我们应注意到，根据表中竣工年代不难看出，电梯数量的配置整体呈逐步增长的趋势。

对于大连高层写字楼，其地上总建筑面积约5万m²，据计算，并综合实际经验，最终决定设置8台客梯及2台消防电梯(兼做货梯及服务用梯)。

2.2 电梯分区的确定

对档次要求较高的写字楼或全部采用高速电梯，如同方科技大厦和安邦保险2~4座的电梯组分别采用2.5m/s和2m/s的高速电梯，以达到较好的竖向交通运输能力。目前梯速超过2.5m/s的电梯多为进口，高速、超高速电梯造价昂贵，使系统投资大幅提高。相比之下，分段分区的方式优势明显，其不但可提高运率，同时能降低系统造价。低区部分的电梯减少了总行程，可选择梯速相对较低且价格较低的电梯，更为经济；高区部

表2 案例指标综合比较表

数据参数 项目名称	建筑高度(m)	地上层数	层高(m)	标准层面积(m ²)	客梯数量(台)	电梯配置标准(m ² /台)	客梯分区数目	消防梯数量(台)	电梯垂直分区数量	分区形式(不含商业裙房)	竣工时间
同方科技广场	<100	26	3.6	1800	5	5000		1	2		2002
清华科技园科技大厦A座	<100	25	3.8	1474	6	5000	低区3台 高区3台	1	2	低区1~16层 高区17~25层	2005
三里屯SOHO写字楼B座	97	28	3.5	1162	6	4000	低区3台 高区3台	1	2	低区6~18层 高区19~28层	2010
三里屯SOHO写字楼D座	97	28	3.6	1162	6	4000	低区3台 高区3台	1	2	低区6~18层 高区19~28层	2010
CBD万达广场东座	<100	23	4.0	1640	7	4000	低区3台 高区4台	2	2	低区8~16层 高区17~23层	2006
建外SOHO第一大道A座	99.9	28	3.5	1750	9	5000	低区4台 高区5台	2	2	低区3~15层 高区16~28层	2004
证大立方大厦	91	21	3.6	1630	6	5000		1	1		2007
唐山金融中心A座	95	23	4.0	1704	7	5000		2	1		施工图设计
安邦保险燕郊后援项目2~4座	97.5	25	4.0	1991	10	5000		2	1		施工图设计
大连钻石港湾高层办公	98.4	26	3.6	1923	8	5000	低区4台 高区4台	2	2	低区1~13层 高区14~26层	方案深化设计

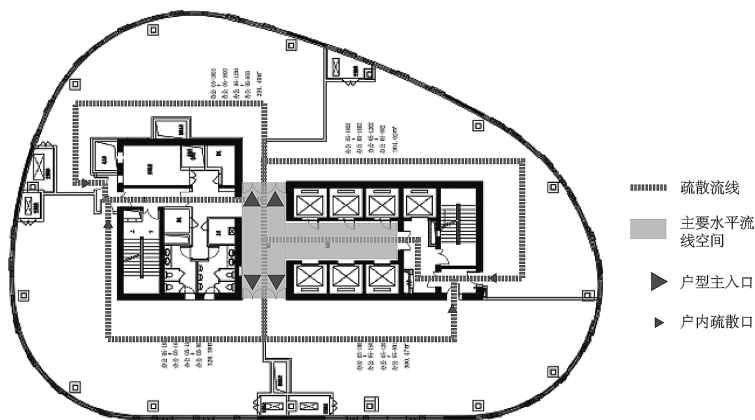


图3 三里屯SOHO写字楼D座标准层的“丁”字型水平流线关系

分则拥有了较长段的快速通行区，有利于发挥高区的速梯优势，从而更为高效。高区楼层可充分利用低区电梯井道建筑面积，实现利润最大化。

分区应考虑对应每组电梯合理分配各区的人数，一般经验是将8~12层划分为一个区。参照表2中的统计结果，低区楼层数一般不小于高区楼层数，如清华科技园科技大厦、三里屯SOHO B座、CBD万达广场A座的低区楼层数比高区分别多了8、3和2，而其余项目则高低区层数相等。对于大连写字楼而言，其2~26层的运营模式均为分售式办公，在使用功能性质方面较为单一，所以使用人数理论上相对均等，遂确定以2~14层为低区，15~26层为高区的高低区均等的方式进行分区。

随着设计的深入，电梯方案应通过电梯设计顾问公司或供应商专业软件进行模拟计算，逐步调整并确定电梯的数量、荷载、速度和分区，以达到在运营效果和土建造价相协调的结果。

3 水平流线组织

水平交通流线指核心筒内各空间的走道及联系筒外办公空间的走道，还包括通往核心筒内辅助空间、设备空间的走道。它是引导乘客从电梯厅到达办公空间及其他场所的水平联系路线。对于电梯数量相对较少的中小型写字楼电梯厅的平面布局，以“日”字型、“工”字型，“十”字型和“丁”字型为主要组织方式。

“十”字型和“丁”字型的布局方式较为少见，其多与特定的项目地块和平面形式相结合。如三里屯SOHO项目中，单层面积较小，分户数目及形式相对固定。由电梯厅出来连接一条走廊的“丁”字型方式最为节省空间。户内另一疏散门直接朝向短小的疏散走道开启，布局紧凑(见图3)。

“十”字型则是由前者演变而来，当平面变得比较狭长时，电梯组增加，电梯厅横向延伸，与疏散走道垂直形成“十”字型。其优缺点也与前者相似：空间紧凑，但布局形式相对固定。

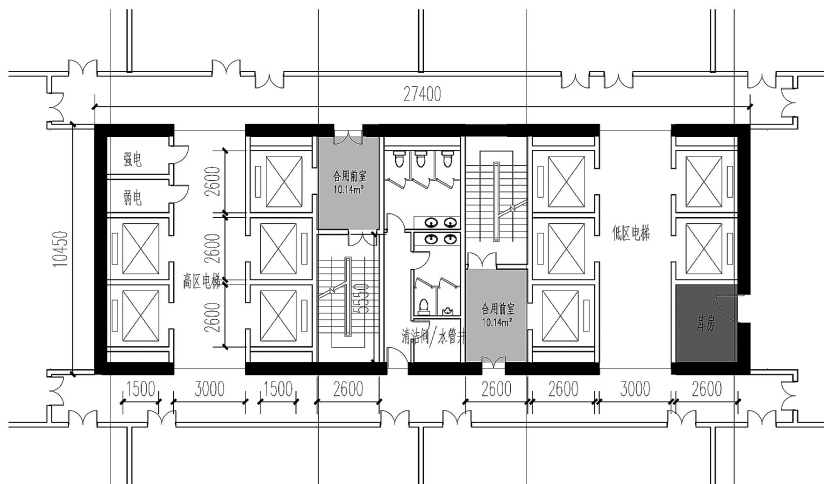


图4 大连写字楼方案A核心筒平面

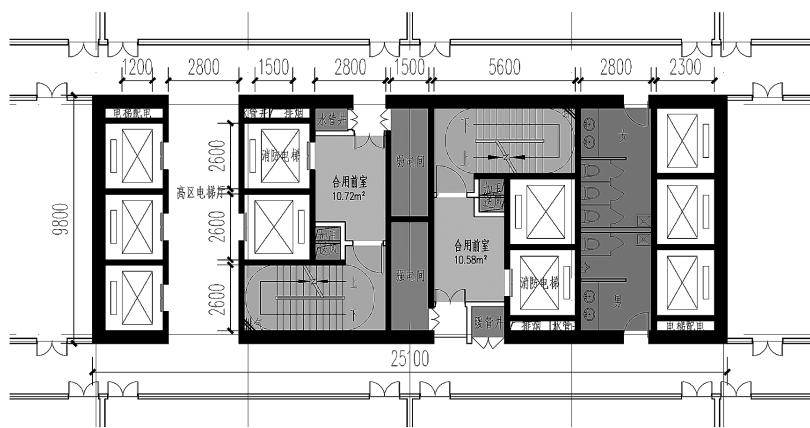


图5 大连写字楼方案B核心筒平面

“日”字型与“工”字型则较为常见。“日”字型即指在核心筒外布置环形走廊，其优点即大尺度办公空间的划分灵活，不受门洞开口的限制，且疏散距离短而流畅；而缺点也显而易见，即交通面积过大建筑使用率低，对后期运营租售的营销带来不利的影响。

与“日”字型比较，“工”字型方式减去了与电梯厅平行的两条走道，交通面积减少，提高了实际使用率；但弊端即出现了袋形走道尽端的房间门，满足疏散的条件变得苛刻，同时大开间办公在划分成200m²左右的小户型(这也是多数中小型写字楼的出售模式)后，位于标准层四角的户型若要开启两个相隔5m的疏散门则较为困难。

在本项目中，由于甲方对分户面积限定比较严格，单户面积需在150m²，同时基于地块平面形状呈近方形的现状，考虑到甲方对经济利益最大

化的要求，选择了“工”字型方式布局方式，将交通面积尽量压缩到极限。

4 核心筒布局的确定

核心筒的布置方式多基于防火分区的设计和人员负荷的规划，2,000m²以下单一防火分区的标准层一般只需2部疏散楼梯较为均匀地布置在核心筒当中，并附带相应的防烟前室和正压送风系统，即可满足疏散条件。同时，将疏散梯的前室与消防电梯前室合一，在剩余空间内再配置机电管井，使空间利用最大化。

在大连写字楼设计的初始阶段，形成了多个核心筒布局方案，其中以方案A最为成熟(见图4)。其根据井道尺寸大小(参照《全国民用建筑工程设计技术措施》关于电梯主要技术参数的表9.2.4，2.6m的井道宽度及深度基本可以满足正常载客电梯的尺寸要求)、合用前室的面积规定以及候梯厅深度的规定，确定了核心筒进深和两组电梯厅的面宽，之后在中间插入公共卫生间，在剩余空间内布置机电管井，形成了相对较为紧凑的方案A。其使用率可达到相对较高的78.71%。但同时我们注意到其有两点遗憾：①公共卫生间占据了核心筒内相当比例的空间；②多余的井道空间被转化为库房，面积浪费。于是在方案A的基础上形成了最终方案B。

在方案B中，有两点优化：①疏散梯被顺向放置，巧妙的利用了富余的井道空间，同时按梯段设计限值控制梯段长度及平台深度，且与机电专业沟通确定了最小的设备间、送风井道、排烟井道尺寸，由此保证了核心筒面宽方向的最小以及剩余空间的充分利用。②在低区，将公共卫生间布置在暂且不被使用的高区电梯厅处，反之亦然。由此公共空间由方案A的410m²减小为385m²，使用率则提升至80.01%(见图5)，设计得

在方案B中，有两点优化：①疏散梯被顺向放置，巧妙的利用了富余的井道空间，同时按梯段设计限值控制梯段长度及平台深度，且与机电专业沟通确定了最小的设备间、送风井道、排烟井道尺寸，由此保证了核心筒面宽方向的最小以及剩余空间的充分利用。②在低区，将公共卫生间布置在暂且不被使用的高区电梯厅处，反之亦然。由此公共空间由方案A的410m²减小为385m²，使用率则提升至80.01%(见图5)，设计得

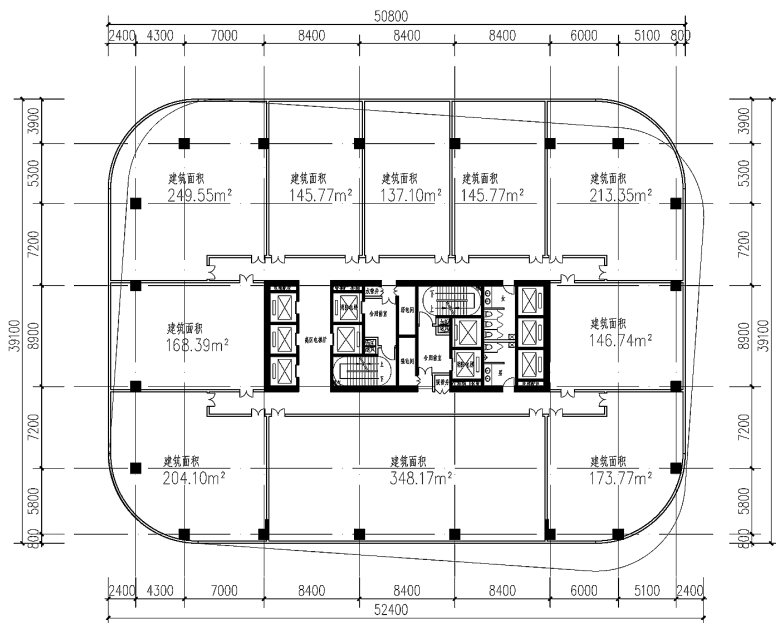


图6 大连高层写字楼方案最终平面



图7 大连写字楼东立面人视效果图

到有效优化,并最终形成了大连写字楼方案的标准层平面(见图6)。

5 可识别性立面形制的探索

在立面设计方面,大连钻石港湾地块北向伸入海湾,拥有稀缺的一线海景资源。因此海浪作为写字楼立面设计的原型被转化为横向延展的水平线条,使白色线条与大面积通透玻璃之间形成强烈反差;同时平面四角抹成弧形,增加形体的流线感,弱化棱角感。

再者,由于建筑单层面积相对较大(可参照表2),整体体量略显低矮,因此在形体处理上,将三至四层作为一个体量单元水平错动布置,以消解建筑的敦实感(见图7)。通过虚实、光影等基本语言表达建筑自身纯净之美,营造出具有可识别性海滨建筑的鲜明形象。

6 结语

在大连南区高层写字楼项目中,开发商作为投资者,对项目拥有高度的掌控力。由于其开发模式定位为分户分售予小业主,因此利润最大化则不可避免成为项目设计的重要目标,贯穿于设计过程的始终。作为面对市场的建筑师,我们无法否认对于迎合业主要求的做法,但在尽可能

贴近决策者构想的前提下,为最终的使用者创造最大的使用价值,才是我们在设计中所真正依循的宗旨及准则。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部. GB 50352-2005 民用建筑设计通则. 中国建筑工业出版社,2005.
- [2] 中华人民共和国建设部. GB 50045-95 高层民用建筑设计防火规范(2005年版). 中国计划出版社,2005.
- [3] 中国建筑标准设计研究院. 13J404. 电梯自动扶梯 自动人行道,2013.
- [4] 中华人民共和国建设部. JGJ 67-2006 办公建筑设计规范. 中国计划出版社,2006.
- [5] 中国建筑标准设计研究院. 全国民用建筑工程设计技术措施——规划·建筑·景观. 中国计划出版社,2010.
- [6] 建筑设计资料集编委会. 建筑设计资料集(四). 中国建筑工业出版社,1994.
- [7] 蒂森克虏伯(Thyssen Krupp)公司电梯配置设计手册.

实腹钢梁混凝土柱结构在某总装厂房中的应用

■ 滕菲 汤红军 「结构」

摘要: 实腹钢梁混凝土柱结构受力性能良好、经济性较好,广泛的应用于工业厂房。本文结合某总装厂房项目,通过方案比选体现了该结构形式的经济性,探讨了实腹钢梁混凝土柱结构在计算中的模型建立、计算参数的选取。

关键词: 混凝土柱钢梁排架; 计算参数; 结构经济性

0 引言

轻钢结构随着国际发展潮流,生产工业化程度不断提高,成本的不断降低而广泛应用于工业厂房结构中。常见的轻钢结构形式有门式刚架、排架、网架等,混凝土柱钢梁结构以其平面布置灵活、外形简洁优美、施工方便、经济性突出等特点,在工业厂房的设计中得到了广泛的应用。由于混凝土柱钢梁结构在现行规范中没有明确其设计方法和构造要求,本文结合工程实例,探讨了此类结构的分析要点,并从经济性角度评价此类结构的适用性^[1]。

1 项目概况

本工程为某总装厂房,建筑效果如图1所示。建筑物由装配大厅和二层附楼组成,其中C~G轴为装配大厅区域。装配大厅平面尺寸72m×104m,跨度4×18m,进深

104m,柱距为8.0m,主厂房控制下弦最低点标高为8.0m,C~G轴各轴之间设置一台1t悬挂吊车,吊车跨度14m,最大轮压11.2t。

拟建场地抗震设防烈度6度,设计基本地震加速度值0.05g,设计地震分组为第一组。场地土类别为II类。结构抗震设防类别为标准设防类。结构安全等级为二级。基本风压值为0.35kN/m²,地面粗糙度为B类;基本雪压值为0.35kN/m²。

结构设计中,主厂房钢结构构件均采用采用Q235B钢,钢筋混凝土排架柱采用C30混凝土,钢筋采用HRB400级。根据建筑屋面作法及专业条件,屋面恒荷载为0.6kN/m²,活荷载0.5kN/m²。



图1 某总装厂房效果图图

作者简介:滕菲,女,助理工程师,2012年毕业于天津大学结构工程专业,现就职于中航建发飞机工程设计研究院。

表1 结构主要构件工程造价比较(钢用量: kg/m²; 混凝土用量: m³/m²)

工程量	屋盖钢结构	钢柱/混凝土	屋面支撑	屋面檩条	墙面檩条	单位用钢量 (kg/m ²)	合计单位面积 造价(元/m ²)
方案一	9.4	8.2/—	4.0	6.2	3.3	31.1	248
方案二	8.8	—/0.02				22.3	178
方案三	7.7	—/0.02	4.8	21.0		160	
方案四	13	—/0.02	—	3.6		19.9	199

注: 屋面支撑含压杆; 用钢量未计入柱间支撑。

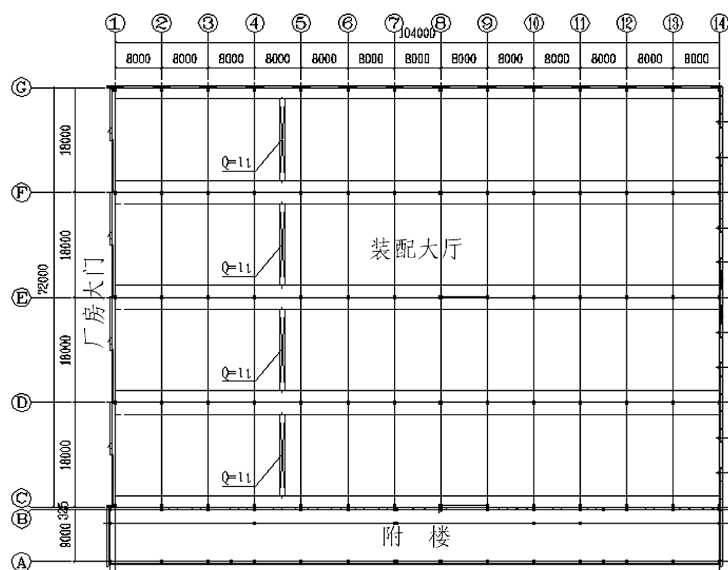


图2 某总装厂房平面布置图

2 结构方案比选

结构方案的制定对于整个工业项目的设计过程非常重要, 根据甲方需求, 确定厂房方案时要兼顾厂房建筑的美观和工程经济性, 而主厂房可以选用多种结构形式, 因此结构形式将直接决定工程造价。为此, 对装配大厅进行了以下四种结构形式的分析比选。

方案一: 门式刚架。计算中取刚架柱脚约束条件为铰接, 钢梁截面为H(600~400)×250×6×12, H(400~700)×250×6×12, 钢柱截面为H(300~800)×300×10×14。

方案二: 混凝土柱与实腹钢梁相结合, 柱脚刚接, 钢梁与混凝土柱顶按铰接考虑。钢梁截面为H(600~400)×250×6×12, H(400~700)×250×6×12, 混凝土柱截面为□400×600。

方案三: 混凝土柱与梯型钢屋架, 根据荷载条件, 梯型钢屋架选用05G515《轻型屋面梯型钢屋架》型号GWJ18-5A, 屋架厚度2.4m, 混凝土柱

截面为□400×600。

方案四: 混凝土柱与网架。屋盖采用正放抽空四角锥网架结构, 螺栓球节点, 基本网格4m×4.5m, 网架下弦8.0m。下部支承柱采用现浇钢筋混凝土柱□400×600。

通过对四种结构的计算, 统计了主要构件的工程量, 并对各方案单位面积的工程造价进行了比较, 详见表1。根据技经专业提供的工程单价数据, 钢筋混凝土柱2,000元/m³(完工后报价), 钢结构8,000元/t, 钢网架10,000元/t。基础混凝土工程造价统一按14.5元/m²计, 不计入表。

通过表1可以看出, 从用钢量上比较, 方案一用量最大, 方案四最节省, 方案二与方案三用量相近;

从单位造价上, 方案二与方案三最节省, 方案四次之, 方案一造价最高。因此从经济型的角度, 从方案二~四中择优。本工程限制钢梁最低点为8.0m, 网架对厂房空间占用较大, 且杆件多造成凌乱的视觉效果; 屋架虽然造价最低, 但也存在占用空间的问题。因厂房屋面最终采用四连跨双坡形式, 坡度3%, 综合考虑, 主体钢结构采用混凝土柱钢梁方案, 钢构件为工厂加工保证制作质量, 而且施工方便快捷, 不仅保证了主体钢结构的施工质量, 也节省了工期。

3 主体结构计算参数及控制指标的探讨

实腹钢梁混凝土柱结构属于排架结构, 本工程采用PKPM STS钢结构计算设计软件进行单榀计算。下面对计算模型的边界选取及主要控制参数进行探讨。

3.1 结构模型

梁与柱的连接大体可分为刚性、半刚性及

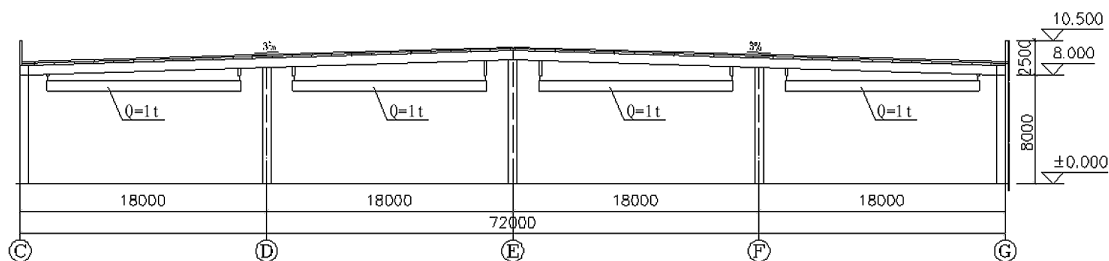


图3 某总装厂房立面示意图

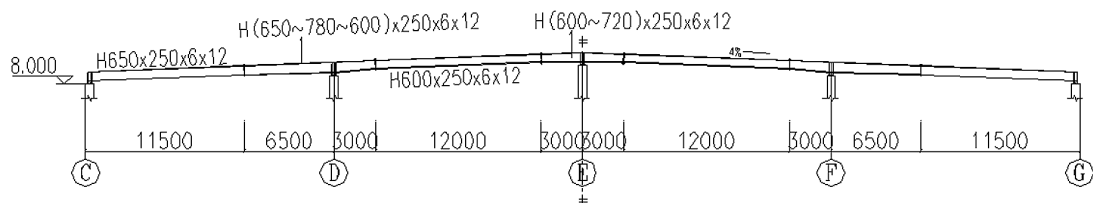


图4 某总装厂房钢梁布置图

铰接连接。对于实腹钢梁混凝土柱排架，混凝土抗压性能好，为脆性材料；钢材延性好，材料特性表现为弹性。如果采用刚接节点会减小梁的弯矩，但设计和施工均较复杂，且外力作用下很容易松动和破坏^[2]。

与屋面结构采用屋架的传统排架不同，实腹钢梁的刚度有限，钢梁的变形会对混凝土柱顶产生水平推力，进而使混凝土柱脚弯矩增加。从经济角度考虑，铰接连接时柱不受弯矩影响，柱的断面配筋较钢筋混凝土框架柱小很多。因此，本工程设计梁采用连续梁模型，连续梁于柱上采取筒支铰接连接，混凝土柱柱脚与基础刚接。

钢梁的拼接点对结构的设计与施工起到关键作用，根据钢梁的弯矩分布，应将钢梁拼接点设置在零弯矩点附近，并应避免吊车悬挂点，同时考虑到屋面支撑和系杆施工的便利，将屋脊处的钢梁底做平，钢梁设置及截面如图4所示。混凝土支承柱选用□400×600。

3.2 计算结果分析

1) 钢梁变形控制

实腹钢梁混凝土柱结构中钢梁正常使用状况下的挠度取值是目前争议比较大的问题。GB 50017—2003附录A.1节主要从观瞻角度，给出楼(屋)盖主梁受弯构件挠度限值为1/400，《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS102:2002^[3](以下简称《门刚规程》)则主要从变形对屋面坡度的改变值和挠跨比两各指标同时限制了受弯构件变形：①构件挠度产生的屋面坡度改变值不应大于

坡度设计值的1/3；②有悬挂起重机的门式刚架斜梁，构件挠度限值为1/400。

本厂房采用的轻型屋面体系对钢梁挠度不是非常敏感，又由于混凝土柱钢梁结构中，柱对梁的约束较刚架弱，因此，参照《门刚规程》，钢梁的挠度控制可比1/400适当放松。结构设计中取挠跨比限值为1/240。计算结果表明，边跨钢梁的挠度较中间跨大，在恒、活、吊车竖向力作用下的最大竖向位移为44.5mm，挠跨比为44.5/18000=1/400，可以认为钢梁的挠跨比是满足规范要求的。

2) 钢梁板件高厚比

板件的宽厚比，是保证厂房延性的关键指标，也是影响单位面积用钢量的关键指标。根据《建筑抗震设计规范》^[4]第9.2.14条，对于轻型屋面盖厂房，塑性耗能区板件的宽厚比限值可根据其承载力的高低按性能目标确定，塑性耗能区以外的板件可按《钢结构设计规范》^[5]弹性设计阶段的板件宽厚比控制，即对于无局部压应力的钢梁(一般梁)，当 $h_0/t_w > 80\sqrt{235/f_y}$ 时，应配置加劲肋。而该腹板高厚比临界条件是依据腹板在纯剪状态时的临界应力 $\tau_{cr} \geq f_{vy}$ (钢材的剪切屈服强度)得出来的。但实际工程中钢梁抗剪强度常很小，不是控制梁截面尺寸的条件^[6]。因此《抗规》及《钢规》对于轻钢结构板件宽厚比的要求过严了。

参考欧、日、美等国家的抗震设计规范，根据实际工程的计算分析发现，可按照“高延性、低弹性承载力”和“低延性、高弹性承载力”的

表2 钢梁典型部位弯矩计算结果

位置	截面	弯矩计算值(kN·m)		
		M _恒	M _活	M _{SE}
跨中	H650×250×6×12	135.2	131.1	0.1
端部	H780×250×6×12	211.7	172.1	0.1

表3 不同屋面荷载条件下柱底弯矩

	屋面荷载(kN/m ²)					
	恒载	活载	恒载	活载	恒载	活载
	0.6	0.5	0.8	0.5	1.2	0.5
柱底弯矩(kN·m)	89		95.2		108.5	
柱底弯矩增量=(M _n -M _{n-1})/M _{n-1}	—		7%		14%	

抗震思路来确定板件的宽厚比，其中，当构件的强度和稳定的承载力均满足高承载力(两倍多遇地震作用下的承载力)时，以下式表达：

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} 2S_E \leq R / \gamma_{RE}$$

由于本厂房采用轻型钢屋盖，可参照《门刚规程》的钢梁高厚比控制指标，即：

$$h_w / t_w \leq 250 \sqrt{235 / f_y}$$

因此，设计依据《门刚规程》，在STS程序中，钢梁按照“低延性、高弹性承载力”，同时满足两倍多遇地震作用下的承载力进行计算，既满足弹性设计要求，又可实现梁截面的经济性。

设计钢梁最大截面为H(650~780~600)×250×6×12，钢梁腹板最大高厚比为 $h_w / t_w = 126 \leq 250$ ，满足构件高厚比要求。为考察钢梁的承载力是否满足抗震要求，本文选取弯矩最大的跨中及端部两处截面，对钢梁在恒载、活载及地震作用下的弯矩进行了统计与分析，详见表2。

从表2可看出，地震作用下的梁弯矩值远小于恒载、活载作用下的数值，本厂房结构内力不受地震力控制。根据(式1)，对梁的抗弯承载力进行校核：

跨中截面：

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} 2S_E = 1.2 \times (135.2 + 0.5 \times 131.1) + 2 \times 0.1 = 241.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$R / \gamma_{RE} = W_x \cdot f_y / \gamma_{RE} = 2256292 \times 215 / 0.75 = 646.8 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} 2S_E < R / \gamma_{RE}$$

端部截面：

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} 2S_E = 1.2 \times (211.7 + 0.5 \times 172.1) + 2 \times 0.1 = 297.95 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$R = W_x \cdot f_y / \gamma_{RE} = 2822688 \times 215 / 0.75 = 809.2 \text{ kN} \cdot \text{m},$$

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} 2S_E < R / \gamma_{RE}$$

计算截面均满足式(1)，说明钢梁具有高弹性抗弯承载力，满足《抗规》的弹性设计要求。

3.3 钢梁轴力对柱底弯矩的影响

由于斜钢梁的轴力不可忽略，直接影响柱底弯矩的大小，进而影响柱截面配筋量。为考察柱顶水平推力对柱底弯矩的影响程度，本文比较了3种不同屋面荷载条件下，柱底的弯矩变化情况，计算结果详见表3。

从表3可以看出，随着屋面荷载的增大，柱底弯矩越大，钢梁对柱的推力作用越明显。对于本工程而言，柱底弯矩较小，实腹钢梁混凝土柱这种结构形式是适用的。

4 结论

混凝土柱钢梁排架结构体型简单、制作及施工方便，经济性好，适用于厂房结构。结构分析与设计中，轻钢屋面结构的构件宽厚比可按轻钢结构控制，同时满足弹性设计要求，实现经济合理的结构设计。钢梁在节点处对混凝土柱的水平推力作用不可忽略，钢梁与柱顶采用铰接连接是合理的连接方式。

参考文献

- [1] 贾远林, 朱莹. 混凝土柱轻钢屋面厂房分析及设计. 工业建筑, 2012(10).
- [2] 蔡益燕, 陈友泉. 混凝土柱顶上钢斜梁拱的设计与施工问题. 钢结构, 2009(10).
- [3] CECS 102:2002 门式刚架轻型房屋钢结构技术规程.
- [4] GB 50011-2010 建筑抗震设计规范.
- [5] GB 50017-2003 钢结构设计规范.
- [6] 曹平周. 不设加劲肋的钢梁腹板高厚比限值研究. 钢结构, 1999(1).

某药厂高层工业建筑消防设计

■ 刘旭 王艳 「给排水」

摘要: 本文对某药厂高层工业建筑消防设计进行了探讨。表述了本建筑室内外消火栓系统,自动喷水灭火系统,气体灭火系统设计及建筑灭火器的配置情况;并对本建筑地下二层设置的消防水池及消防水泵房进行了论述。

关键词: 药厂高层工业建筑; 消火栓灭火系统; 自动喷水灭火系统; 气体灭火系统

1 工程概况

该药厂高层工业建筑位于北京亦庄医药生产基地,总建筑面积 $37,897\text{m}^2$,地上建筑面积 $26,857\text{m}^2$,地下建筑面积 $11,040\text{m}^2$,建筑占地 $2,749\text{m}^2$;室外地坪至屋面面层高度 49.1m ;地下二层,地上十一层(局部十二层),为丙类高层工业建筑,主要用于试验及辅助办公。本工程水源为市政自来水,园区周围供水管网成环状布置,从市政管网引入一根DN200的给水管,市政压力 0.18MPa ,水质符合生活饮用水卫生标准。

2 消防设计

本工程建筑高度不大于 50m ,为丙类高层工业建筑,设有室内外消火栓系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统、建筑灭火器。

2.1 消火栓灭火系统

本工程水源为市政自来水,从市政引入一根DN200的给水管,市政压力 0.18MPa 。本建筑按丙类高层工业建筑设计,室外消防水量 40L/s ,火灾延续时间 3h 。沿建筑周围敷设DN200环状消防给水管网,环状管网上设置室外地下式消火栓,

间距不大于 120m ,据道路边不大于 2m ,距建筑物外墙不小于 5m ,距消防水泵接合器的距离不大于 40m 。本建筑地下二层消防泵房单独设置室内外合用消火栓水泵。

根据《建筑设计防火规范》(GB 50016-2006)第8.4.1条^[1], $24\text{m}<h\leq 50\text{m}$,室内消火栓系统用水量为 25L/s ,火灾延续时间 3h 。消火栓的布置保证室内任何一处均有2支水枪同时到达。

室内消火栓采用临时高压给水系统。地下二层消防水泵房内设置两台XBD70-90-HY型消火栓泵(流量 $Q=0\sim 70\text{L/s}$,扬程 $H=90\text{m}$, $N=90\text{kW}$)两台,一用一备。系统设有2套DN150的SQX150型地下式消防水泵接合器,与室外消防管网相连,水泵接合器流量为 15L/s 。本建筑由地下二层消防水泵房引出2根管径DN150的消防管道,消火栓系统水平干管与竖向立管构成环状管网,消防水箱出水管与十一层水平干管相连。平时系统消防水量和水压由厂区消火栓泵供给。地下二层至地上五层采用减压稳压消火栓,栓口压力控制在 $0.25\sim 0.35\text{MPa}$ 。

2.2 自动喷水灭火系统

本建筑按《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084-2001)(2005年版)^[2]设计。除网络及电话机房及不宜用水扑救的场所外,均设置自动喷水灭火系统。本工程共设7套湿式自动喷水灭火系统及1套预作用自动喷水灭火系统。由

作者简介:刘旭,男,助理工程师,2012年毕业于北京工业大学环境科学与工程专业,现就职于中航建发医药工程设计研究院。

表1 减压孔板孔径/mm

设置位置	干管管径	孔板规格	设置位置	干管管径	孔板规格
5F	DN150	Ø58	设备层	DN100	——
4F	DN150	Ø56	11F	DN150	——
3F	DN150	Ø54	10F	DN150	——
2F	DN150	Ø52	9F	DN150	Ø77
1F	DN150	Ø51	8F	DN150	Ø69
-1F	DN150	Ø50	7F	DN150	Ø64
-2F	DN150	Ø50	6F	DN150	Ø61

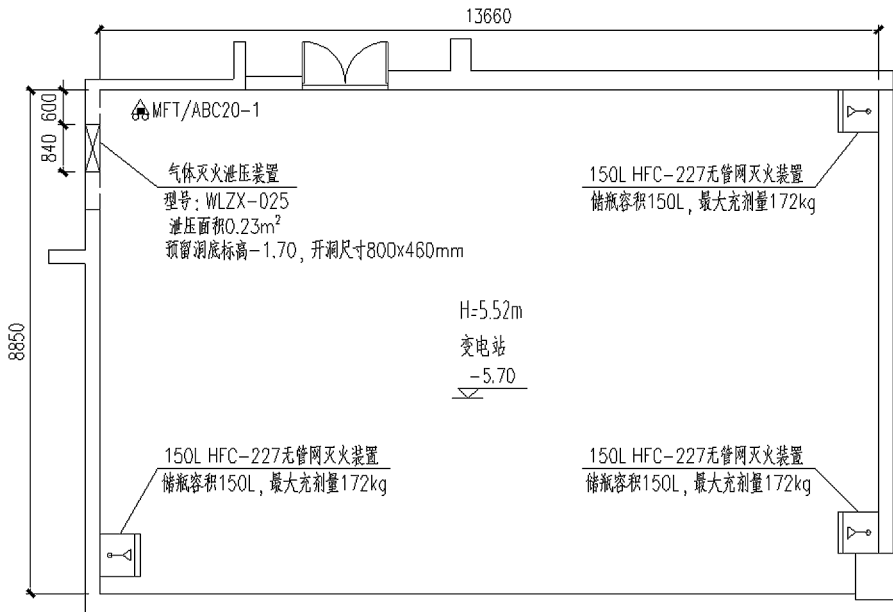


图1 气体灭火系统设置场所示意图

10—单位换算值 (kPa/mH₂O);

V—水流通过孔板后的流速(m/s);

g—重力加速度 (m/s²);

ξ 值从下式求得:

$$\xi = [1.75(D^2/d^2) (1.1-d^2/D^2)/(1.175-d^2/D^2)-1]^2$$

其中: D—给水管直径(mm);

d—孔板的孔径 (mm)。

一层减压孔板计算: 干管直径为 DN150mm, 孔板减压值 41.4m, 干管

于地下室未做采暖, 考虑防冻要求, 在地下一层设1套预作用自动喷水灭火系统。湿式系统属中危险II级, 喷水强度 8L/min·m², 作用面积 160m², 设计流量 37.7L/s。地下二层消防泵房内设3台自喷系统泵, 型号为 XBD50-100-HY, Q=0~50L/s, H=100m, N=75kW(二用一备), 能满足本建筑设计要求。最不利喷头出口压力不小于 0.05~0.10Mpa。系统设有3套 DN150 的 SQX150 型地下式消防水泵接合器, 与室外自动水管网相连, 每个水泵接合器流量为 15L/s。

从地下二层到地上九层每层设置减压孔板, 减压孔板孔径计算方法参照《建筑给水排水设计手册》第二版(上册)^[3]中的下列公式:

$$H = 10 \cdot x \frac{V^2}{2g}$$

式中: H—水流通过孔板的水头损失值 (kPa);

流量 37.7L/s, 令 K=(d/D)², 当 K=0.115 时, ξ=176.7, 此时水流通过孔板的实际水头损失值为 40.18m, 接近孔板减压值, 进而求得孔板的孔径 d=51mm。同样的方法求得其他需要减压层的减压孔板孔径。减压孔板孔径计算值见表1。

2.3 屋面消防水箱间

本建筑屋顶水箱间内设消防水箱一座, 贮存火灾初期消防贮水量 18m³, 在水箱间内设计一套室内消火栓系统消防增压稳压设备(型号 ZW(L)-I-X-10, (包括泵: 25LGW3-10×5, N=1.5kW, 配罐: SQL800×0.6), 及一套自喷系统消防增压稳压设备(型号 ZW(L)-I-Z-10, (包括泵: 25LGW3-10×4, N=1.5kW, 配罐: SQL800×0.6)。

2.4 气体灭火系统

依据《气体灭火系统设计规范》(GB 50370-2005)^[4]在本建筑中变电站及网络机房设置七氟丙烷气体灭火系统, 见图1。采用无管网全淹没灭

表3 消防系统用水标准及水量

编号	1	2	3	4
消防系统	室外消火栓系统	室内消火栓系统	自动喷水灭火系统	合计
供给强度/(L/min·m ²)			6	
作用面积/(m ²)			160	
供水流量/(L/s)	40	25	38	103
供水时间/(min)	180	180	60	
供水量/(m ³)	432	270	137	839

表2 七氟丙烷气体灭火系统防护区设计参数

防护区	变电站	网络机房
防护区体积/(m ³)	677	477
设计浓度/(%)	9	8
喷放时间/(s)	9	8
灭火剂设计用量/(kg)	481	302
泄压口面积/(m ²)	0.23	0.16
泄压口尺寸/(mm)	800×460	800×460
泄压口数量/(个)	1	1

火方式，即在规定的时间内，喷射一定浓度的药剂，使其均匀地充满整个保护区，能将任一位置的火灾扑灭。

变电站灭火剂用量依据《气体灭火系统设计规范》(GB 50370-2005)^[4]第3.3.4条计算：房高5.52m，长13.66m，宽8.85m。取C1=9%；保护空间实际容积V=5.52×13.66×8.85=667m³；依据3.3.14-1计算公式：

$$W=K \cdot V \cdot S \cdot C1 / (100 - C1)$$

$$S=0.1269+0.000513 \cdot T, K=1, T=20^{\circ}\text{C},$$

可计算出变电站灭火剂用量W=481kg。

根据公式，设计喷放时间取9s， $Q_x=481/9=53.4\text{kg/s}$ ， $P_f=1200\text{Pa}$ ，求得 $F_x=0.23\text{m}^2$ 。根据规范第3.2.7条，防护区七氟丙烷泄压口应位于防护区净高的2/3以上，因此预留洞底标高为-1.70m，泄压口尺寸取840mm×450mm。同样的方法可计算得网络机房里气体灭火系统的设计参数，见表2。

2.5 建筑灭火器设置

依据《建筑灭火器配置设计规范》(GB 50140-2005)第3.1.2条与第3.2.1条^[5]规定，本建筑灭火器配置按A类火灾中危险级设计，保护距离20m。在本建筑内以一个楼层或一个防火分区为计算单元，每个消火栓箱处设置2具MF/ABC4手提式磷酸铵盐干粉灭火器；电梯机房、弱电间及配电间分别设置2具MF/ABC4手提式磷酸铵盐干粉灭火器；在地下变电所及配变电间各设置推车式MFT/ABC20磷酸铵盐干粉灭火器。

2.6 消防水池

各消防系统用水标准及水量见表3。

从表3得知，本建筑设计消防需水量为839m³，由于设置在本建筑地下二层的消防水池有效容积为1,350m³，因此水池有效容积能满足本建筑的消防用水要求。

2.7 其它

依据《建筑设计防火规范》(GB 50016-2006)第7.4.10条的要求，消防电梯的井底设置2800×2700×2500(h)集水坑，坑内设置潜水排污泵两台，一用一备，型号：80WQ-50-22-5.5。由于地下一层未设采暖，对敷设在车库入口处的管道设置电伴热设施。

3 结论

该药厂高层工业建筑位于北京亦庄医药生产基地，与其他药厂相比，建筑高度较高，面积较大，且消防系统种类多，系统复杂，设计有一定难度。而且很多细节都要考虑清楚，如管井的位置、大小；由于管路种类较多，各类管道的走向也要考虑清楚，尽量避免碰撞与翻折。

参考文献

- [1] GB 50016-2006 建筑设计防火规范.
- [2] GB 50084-2001 自动喷水灭火系统设计规范(2005年版).
- [3] 建筑给水排水设计手册(第二版). 中国建筑出版社,2008.
- [4] GB 50370-2005 气体灭火系统设计规范.
- [5] GB 50140-2005 建筑灭火器配置设计规范.

2014年第2期（总第112期）
2014年04月出版
准印证号：京内资准字9913-L0337号



长春生物医药产业化基地（一期）项目