

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2016年第2期 总第124期



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

内部资料 免费交流
准印证号：京内资准字9914-L0337号

北京阿苏卫循环经济产业园生活垃圾焚烧发电厂

建设地点：北京 昌平

设计单位：中航规划市政院

建设情况：在建

用地面积：84 508.8m²

总建筑面积：63 447.54m²

北京阿苏卫循环经济产业园生活垃圾焚烧发电厂位于北京市昌平区百善和小汤山镇交界处，垃圾焚烧发电厂东侧毗邻现有的北京阿苏卫生活填埋场，北接六环路，南至葫芦河，西侧为沙河机场专用路，日处理生活垃圾3000吨。

本设计综合考虑项目所在区位、功能等因素，旨在赋予建筑以现代工业、科技人文、绿色生态的品相和气质。设计对既有建筑工艺及功能需求进行整合，建筑形体尊重功能需求，设计手法简练，建筑形态体现出建筑功能的内在逻辑。

以梯形平面的竖向石墙和窄条玻璃幕墙为主题，加强了向上的动势，形成端庄大气具有工业感的建筑形态。虚实结合的竖向立面寓意生长和向上，契合建筑功能，增强了建筑挺拔而又不失精致的工业建筑特质。

沿建筑西侧二层结合参观主入口水平展开的参观走廊在竖向立面语言的衬托下显得轻盈，成为建筑主立面的点睛之笔。建筑形态简洁的设计语言和对称的端庄形态在西侧主要城市道路形成具有标志性的城市空间视觉焦点。



中国航空工业建设协会接受民政部2015年度社会组织评估考察

3月4日，中国航空工业建设协会接受了民政部中国社会



组织促进会委托的第三方评估机构的实地考察。考察组由中国社会

组织促进会副秘书长张树忠带队，协会副理事长杨俊峰、秘书长张忠良接待了前来考察的专家。依据《民政部关于开展2015年度社会组织评估工作的通知》的要求，协会AAA资质已届满，需要重新评估。评估分为两部分，一为报送材料：纸质材料和网上申报；二为现场实地查看。此次考察共派出八名专家，分成内部治理组、工作绩效组、财务组三个小组。专家们依据《协会商会评估指标》的要求，严肃认真地逐项一一审查。审查完毕后，第三方评估考察组向协会反馈了评估情况，并就发现的问题，双方进行了充分的交流和沟通。

此次实地评估考察工作，为协会全体工作人员提高工作管理水平提供了一个良好的学习机会，促进了协会在今后管理工作中不断制度化、规范化，促进协会管理工作迈上新台阶。

国防科工局加快推进国防科技工业标准化工作

3月31日，军工行业标准化技术委员会第一次会议在京召开。根据会议精神，2016年国防科工局将组织实施国防科技工业标准化“十三五”发展规划；加快军工行业标准清理整顿，优化军工行业标准体系；推动一批先进适用的军工行业标准转化为国家标准，提高军民标准通用化水平；加大中国航天和核领域标准“走出去”力度，并推动其他军工领域标准“走出去”；支持军工科研生产单位承担智能制造等领域国家标准制定。

国防科工局相关负责人表示，“十三五”期间，国防科技工业标准化工作将贯彻国务院深化标准化工作改革要求，落实国家标准化体系建设规划部署，坚持创新、协调、绿色、开放、共享发展理念，以保障武器装备建设和国家重大科技专项工程实施为首要任务，聚焦国防科技工业标准化工作突出问题，不断优化标准化体系，完善工作机制，强化实施监督，夯实发展基础，增强服务能力，提高国际化水平，为建设中国特色先进国防科技工业提供坚实的技术支撑。

《军用航空工业发展“十三五”规划》顺利通过专家评审

国防科工局委托中航工业规划牵头组织编制的《军用航空工业发展“十三五”规划》通过国防科工局科技委评审，与会专家和领导对规划给予了高度评价和充分肯定，认为该规划思路清晰、内容全面、重点突出，体现了“十三五”国防科技工业发展对创新驱动、军民融合、改革发展以及体系效能型能力建设模式等新要求，可全面指导军用航空工业发展“十三五”的发展。规划涉及装备、能力、科技、改革发展等多领域，是中航工业规划高端咨询业务在行业综合性规划的重大突破，再次凸显了其在高端咨询领域的品牌地位。

国防科工局印发《国防科技工业固定资产投资项目建设书编制规定》等规定

为进一步规范国防科技工业固定资产投资项目建设书、可行性研究报告、初步设计的编制工作，推动提高项目前期论证工作的质量和效率，由国家国防科技工业局研究制定的《国防科技工业固定资产投资项目建设书编制规定》、《国防科技工业固定资产投资项目可行性研究报告编制规定》、《国防科技工业固定资产投资项目初步设计编制规定》于近日发布。上述文件是军工投资建设项目论证、审批、实施和管理等工作的基础性规范文件，中航工业规划贺宏斌、郭志海、卜国磊、杨韧等同志受邀参与了上述文件的修订、宣贯及培训工作。本次修订工作专业性强，涉及面广，对军工核心能力建设影响深远。

中航工业董事会审议通过“十三五”发展规划议案

3月24日，中航工业第一届董事会第十九次会议在中航工业总部举行。会议由林左鸣董事长召集并主持，审议并原则通过了《关于中国航空工业集团公司“十三五”发展规划的议案》。会议责成战略与资本部根据各位董事相关意见将规划稿修订完善后正式下发执行。

规划指出，中航工业以强军报国为使命，以建设成为一家航空为本、相关多元、产融结合、具有国际竞争力的大型产业集团为目标，提质增效，多维创新，聚势发力，发展军航与防务、民用航空、工业制造和现代服务业四大业务，不断提升核心业务占比。中航工业在“十三五”期间将推进分类改革、压缩企业层级，并通过实施“聚焦工程”“智造计划”“深耕工程”等三大工程，实现产业聚焦、制造升级、国际拓展。（摘自“中国航空新闻网”）

国家发改委副主任林念修到中航工业调研

3月10日，国家发展和改革委员会副主任林念修一行来到中航工业，就中航工业民机产业发展和“十三五”重点工作等方面进行调研。中航工业董事长、党组书记林左鸣，副总经理、党组成员李本正接待了林念修一行，陪同参观中航工业展厅，并进行交流座谈。

林念修认真听取了汇报，对中航工业在重点型号研制、国防工业建设、民机产业发展等方面做出的成绩深感振奋鼓舞，并对“十三五”时期航空工业再创佳绩充满信心。他指出，“十三五”期间是中国经济关键转型期，也是中航工业至关重要的发展机遇期。林念修强调，航空工业是国家战略新兴产业，中航工业要勇于担当牵引国民经济转型升级的国家和主力军，贯彻落实“十三五”发展规划，在未来的五年持续做大、做强、做优中国航空工业，为祖国交上一份满意的答卷。（摘自《中国航空报》）

中航工业集团邀请两会代表委员谈通用航空业发展

3月8日，爱飞客“两会”之夜——“两会”代表、委员畅谈供给侧改革中的通航产业发展在北京举行。此次活动由中国航空工业集团公司和国务院国资委新闻中心主办，中航通用飞机有限责任公司承办。来自全国各地的近百名“两会”代表、委员与相关专家学者及有关地方政府领导集思广益，共同探讨供给侧改革中如何解决通用航空产业发展遇到的政策、金融、创新、合作等瓶颈问题，谋划加快“爱飞客”通用航空创意文化产业与地方经济融合发展方略，以期实现助推区域经济结构转型和引领我国通航产业发展的共赢局面。

中航工业集团公司董事长林左鸣表示，我国航空事业的发展，真正要跻身于世界先进行列之林，一定要形成一个群众性的事业，如果形不成群众性的事业，它就很难真正跻身于世界先进行业之林。针对目前中国通用航空“飞起来难、落下来难”等问题，林左鸣认为重要的问题是解决低空空域管理问题，并希望借助人大代表、政协委员向全社会呼吁，通用航空产业的发展是关系到我们民族兴衰、中华民族伟大复兴的根本性问题，应大力发展；同时，希望有越来越多的航空爱好者关注航空、享受航空、传播航空，为建设航空强国而共同努力，推动中国的通用航空真正发展起来。（摘自“中国航空新闻网”）

住房城乡建设部部署今年规划督察工作以改革思想树立规划权威

住房城乡建设部日前在海口召开2016年部派城乡规划督察员培训会。会议在总结2015年工作的同时，明确今年将按照相关文件要求和部领导指示精神，以改革的思想推动督察工作，树立规划权威。

会议明确今年将以改革的思想来推动督察工作：一是组织研究规划督察制度顶层设计，推进规划督察员制度改革试点；二是注重发挥督察组的整体作用，强化督察组组长组织协调的职责；三是针对城乡规划实施管理中的共性问题，在全国范围或重点地区开展专项督察，提高督察制度的震慑力；四是突出重点，强化规划刚性约束，树立规划权威。（摘自《中国建设报》）

两会：关于建筑行业的19大亮点

十二届全国人大四次会议3月5日上午开幕。在今年的政府工作报告中，有19项与住房城乡建设工作相关的内容。

一、2015年工作回顾

1、扩大有效投资，设立专项基金，加强水利、城镇棚户区和农村危房改造、中西部铁路和公路等薄弱环节建设。

2、深入推进简政放权、放管结合、优化服务改革。取消和下放311项行政审批事项，取消123项职业资格许可和认定事项，彻底终结了非行政许可审批。

3、营改增稳步实施，资源税从价计征范围扩大。

4、继续推动东、中、西、东北地区“四大板块”协调发展，重点推进“一带一路”建设、京津冀协同发展、长江经济带发展“三大战略”，在基础设施、产业布局、生态环保等方面实施一批重大工程。

5、城镇保障性安居工程住房基本建成772万套，棚户区住房改造开工601万套，农村危房改造432万户，一大批住房困难家庭圆了安居梦。

二、“十三五”时期主要目标任务和重大举措

6、推进新型城镇化和农业现代化，促进城乡区域协调发展。实现1亿左右农业转移人口和其他常住人口在城镇落户，完成约1亿人居住的棚户区和城中村改造，引导约1亿人在中西部地区就近城镇化。

7、以区域发展总体战略为基础，以“三大战略”为引领，形成沿海沿江沿线经济带为主的纵向横向经济轴带，培育一批辐射带动力强的城市群和增长极。加强重大基础设施建设。

8、完善住房保障体系，城镇棚户区住房改造2000万套。

三、2016年重点工作

9、全面实施营改增，从5月1日起，将试点范围扩大到建筑业、房地产业、金融业、生活服务业，并将所有企业新增不动产所含增值税纳入抵扣范围，确保所有行业税负只减不增。

10、壮大网络信息、智能家居、个性时尚等新兴消费；加快建设城市停车场和新能源汽车充电设施；加强旅游交通、景区景点、自驾车营地等设施建设。

11、今年要启动一批“十三五”规划重大项目。完成铁路投资8000亿元以上、公路投资1.65万亿元，再开工20项重大水利工程，建设水电核电、特高压输电、智能电网、油气管网、城市轨道交通等重大项目。中央预算内投资增加到5000亿元。

12、加快农业转移人口市民化。深化户籍制度改革，放宽城镇落户条件，建立健全“人地钱”挂钩政策。扩大新型城镇化综合试点范围。发展中西部地区中小城市和小城镇，容纳更多的农民工就近就业创业。

13、今年棚户区住房改造600万套，提高棚改货币化安置比例。完善支持居民住房合理消费的税收、信贷政策，适应住房刚性需求和改善性需求，因城施策化解房地产库存。建立租购并举的住房制度，把符合条件的外来人口逐步纳入公租房供应范围。

14、加强城市规划建设管理。增强城市规划的科学性、权威性、公开性，促进“多规合一”。

15、开工建设城市地下综合管廊2000公里以上。积极推广绿色建筑和建材，大力发展钢结构和装配式建筑，提高建筑工程标准和质量。打造智慧城市，改善人居环境，使人民群众生活得更安心、更省心、更舒心。

16、优化区域发展格局。深入推进“一带一路”建设，落实京津冀协同发展规划纲要，加快长江经济带发展。制定实施西部大开发“十三五”规划，实施新一轮东北地区等老工业基地振兴战略，出台促进中部地区崛起新十年规划，支持东部地区在体制创新、陆海统筹等方面率先突破。促进资源型地区经济转型升级。支持革命老区、民族地区、边疆地区、贫困地区发展。

17、加大农村基础设施建设力度，新建改建农村公路20万公里，具备条件的乡镇和建制村要加快通硬化路、通客车。建设美丽宜居乡村。继续推进贫困农户危房改造。

18、全面推进城镇污水处理设施建设与改造，加强农业面源污染和流域水环境综合治理。

19、支持推广节能环保先进技术装备，广泛开展合同能源管理和环境污染第三方治理。加大建筑节能改造力度，加快传统制造业绿色改造。开展全民节能、节水行动，推进垃圾分类处理，健全再生资源回收利用网络，把节能环保产业培育成我国发展的一大支柱产业。（摘自《中国建设报》）

北京南宫城市生活垃圾焚烧发电工程

建设地点：北京大兴

设计单位：中航规划市政院

建设情况：在建

用地面积：82 133m²

总建筑面积：29 608.1m²

该项目位于北京市大兴区赢海镇和青云店镇交界处，厂区西侧与南宫垃圾堆肥厂毗邻，设计日处理生活垃圾1000吨，年处理能力31万吨。该建筑设计以本身内在的主题为出发点，赋予地点积极的环保内涵，带动周边环境向良好的方向发展。设计师据此给该项目量身订做了“环保教育展览馆”的外观设计。

全厂的房屋建筑根据功能分区合理布置，各分区建筑平面布置原则：既满足生产使用要求，又满足办公和生活需要，并充分利用北方地理及气候条件；生产区和办公生活区的布置力求分区明确，布局合理，联系方便简捷。生活用房尽量合并建成综合楼，以方便使用；节约用地、满足绿化要求；建筑物尽量做到自然采光及自然通风。





广州市第三资源热力电厂项目位于广州市萝岗区九龙镇福山村，广州东部固体资源再生中心（萝岗福山循环经济产业园）园区内，日处理生活垃圾4500吨，是目前国内最大的生活垃圾焚烧发电厂。项目用地红线面积76728m²，总建筑面积约77119.91m²，按照“国际一流”的目标高标准设计建造，项目建成后将成为广州市重要的城市环卫设施、广东省青少年环保教育基地和重要的工业旅游示范项目。该项目建筑设计现代、质朴、整体感强，造型尺度体现岭南建筑风格，自身形象符合工业建筑审美观，建筑和周边环境和谐统一，呈现绿色、生态、自然的风格。设置了100m层高空环保观景平台，成为参观流线的延伸，观景平台上可鸟瞰园区全貌，为国内首例。

广州东部固体资源再生中心（萝岗福山循环经济产业园）生物质综合处理厂BOT特许经营项目，由中国航空规划设计研究总院有限公司与深圳市朗坤环

广州东部固体资源再生中心 第三资源热力电厂和生物质综合处理厂

建设地点：广东广州

设计单位：中航规划市政院

建设情况：在建

用地面积：160 328m²

总建筑面积：93 820m²

保有限公司联合体中标，厂址位于中航规划市政院已经中标、正在开工建设的广州市第三资源热力电厂南部，是广州东部固体资源再生中心最重要的一部分，建成后将与第三资源热力电厂共同组成目前世界上规模最大、种类最全的综合垃圾处理园区，也是中航市政院中标的首个大型园区类项目。建成后，将处理生物质废物2040吨/日，包括餐饮垃圾400吨/日，厨余垃圾600吨/日，粪便1000吨/日，病死禽畜40吨/日。

郑州市热力总公司系列热源厂

建设地点：河南郑州

设计单位：中航规划市政院

建设情况：建成

郑州市热力总公司东明路、政七街、二马路热源厂和航空港南区、北区供热厂，属于同一业主——郑州市热力总公司。为满足郑州市日益增长的热力需求，同时为减少燃煤锅炉中烟尘和烟气有害气体的排放，最大限度减少锅炉燃烧对大气环境的污染，改善环境质量，特规划、设计与改造了以上项目。

对于改造工程，需充分利用原有室内功能布局，找到燃煤工艺与燃气工艺的异同点，最大限度地减少墙体的拆除与封堵，做到经济与合理。对外立面的处理从整个园区环境出发，且兼顾室内功能。航空港南区与北区供热厂为新建工程，根据场地条件，总平面布置充分考虑各建、构筑物的使用要求及其之间的相互联系，本着因地制宜、生产工艺流程合理、功能分区明确、道路交通流畅、符合消防要求的原则，对工程建设区布局进行合理规划，绿化、美化厂区环境。对主体厂房采用比较沉稳灰色与白色金属幕墙，努力打造具有现代精神，经济、美观、实用性强的工业厂房。



郑州市热力总公司航空港北区供热厂



郑州市热力总公司东明路热源厂“煤改气”工程



郑州市热力总公司政七街热源厂“煤改气”工程



郑州市热力总公司二马路热源厂“煤改气”工程



郑州市热力总公司航空港南区供热厂



该项目位于赤峰市中心区域，其中一水厂位于赤峰市红山组团，贾家营子境内，为改扩建工程。四水厂位于松山组团北部，北一街与园林路交汇处，厂区占地46656m²。设计日供水规模15.4万m³。

厂区建筑整体造型简洁、现代，虚实变化得当。净水车间屋面设有采光侧天窗，室内生产空间宽敞、明亮，营造出十分舒适的生产及工作环境。主立面大面积实墙与局部玻璃幕墙形成强烈的虚实对比，结合建筑形式、色彩、材料的运用，展现了工业建筑所特有的气势与体量感。同时，突出墙面的玻璃幕墙既表现了建筑构件本身的美，又在立面上产生了强烈而丰富的阴影效果，整个立面处理简洁、现代又富有层次感。

赤峰市供水改扩建工程

建设地点：内蒙古赤峰
 设计单位：中航规划市政院
 建设情况：未建
 用地面积：67 645.23m²
 总建筑面积：12 597m²

「工艺专业」

工艺专业技术委员会组织召开2016年度第一次全体会议

2月23日，工艺专业技术委员会召开了2016年度第一次全体会议，公司总工程师陆国杰、各院主管工艺的副院长出席了会议。

工艺专业执行总工师卜国磊向工艺专业委员会汇报了去年的工作情况和今年的工作打算。各位委员结合工作实际，对如何做好工艺专业工作进行研究和讨论。公司总工程师陆国杰做了总结发言。陆总充分肯定了工艺专业工作取得的成绩，从微观、中观、宏观三个层面再次分析了工艺专业工作的价值。在微观层面，工艺专业要在传统生产线设施规划的基础上，提高生产线集成能力，为客户提供系统的、先进、符合时代发展要求的系统集成方案；在中观层面，要为客户做好企业的中长期发展规划，通过高质量的规划，赢得客户的长期信任，巩固市场、拓展领域；在宏观层面，要进一步做好高端咨询，引领市场和产业发展。航空业务部要进一步深化军工领域的咨询工作，做好参谋；八院要进一步开拓和做实产业规划；技术院要做好新形势下的技术研究和方法研究。工艺专业现有160余人，经过多年的沉淀和锻炼，人员结构趋于合理、素质水平明显提高。陆总也对工艺专业人员提出要求，进一步贯彻公司关于技术体系和技术领域的管理要求，要沉得下、坐得住，想得远、干得实，努力成为行业内知名的工艺技术专家。

「规划专业」

综规院副院长胡赵征受邀参加世界空港价值论坛

3月18日，“筑梦中国，引领未来——世界空港价值论坛”在北京丽晶酒店举行，多名业内专家、学者共同论道，公司综合规划研究院副院长胡赵征针对空港经济规划发言，为中国发展空港经济，尤其是京津冀如何联手打造首都新机场空港经济区出谋划策。

本次论坛由《新京报》主办，新空港孔雀城协办，《民用机场》杂志学术支持，旨在通过对空港经济发展的规划和实践的解读，探求北京新机场、新国门的经济政策和发展路径。梳理、细化北京新机场建设与京津冀协同发展的关联，并对未来人们生活做合理设想与规划。



「暖通专业」

公司总工程师与暖通技术委员会座谈

3月16日，公司总工程师陆国杰与暖通技术委员会进行了座谈，对十三五期间公司暖通专业的发展以及暖通人才队伍建设和技术质量工作征求了意见。

暖通技术委员会对公司近几年在技术质量管理方面出台的措施表示欢迎，认为对提高设计质量、加快人才培养、促进技术发展等起到了积极作用。尤其对专业领域进行划分，指定专人负责一个领域的发展这一措施具有可操作性，可以充分发挥专业总师的特长，使专业总师具有使命感、成就感，也使得专业人员有明确的技术方向，有利于专家人才的培养。在技术发展方面，与会者的意见普遍倾向于结合项目的技术创新，认为技术的先进性离不开与具体项目的结合，应使技术具有适用性，体现正确性，保证安全性。

最后，陆国杰对会议进行总结，在肯定暖通技术委员会工作成绩的同时，也对暖通专业提出了更高的要求，特别是在世界范围内提倡节能环保、低碳减排的历史机遇面前，暖通专业应该在技术的发展、掌握与应用方面发挥更多的作用。

「工程造价专业」

工程造价专业参加北京市2016年概算定额修编阶段工作评审会

3月25日，工程造价专业参加北京市2016年概算定额修编阶段工作评审会，会议由北京市建设工程造价管理处组织，公司工程造价专业总师王玉平和副总师李梅英作为评委参加，公司参与修编的负责人参加了会议。

会上，公司概算定额修编项目负责人介绍了公司近期概算定额修编工作内容、案例的选取情况、16概算与04概算的对比及其他需要说明的问题四个方面情况。评审专家针对定额案例选取及测算要求分别提出了相关要求和建设。北京市建设工程造价管理处陈主任听取工作汇报后，认为公司领导重视，组织得力，编制人员责任心强，定额编制质量较好，希望公司再接再厉，圆满完成最后的工作。



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

顾问委员会

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

编辑委员会

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

总编 陆国杰
 主编 陈海风
 执行主编 王蕊
 责任编辑 李楠
 出版 《航空工程建设》编辑部
 地址 北京德外大街12号
 邮编 100120
 E-mail hkgcjs@avic-apc.com
 印刷单位 北京奇麒麟印刷有限责任公司分公司
 发送对象 公司内部及本系统内部
 印刷日期 2016年4月
 印数 1500册
 电话 (010)62038276 62038235
 传真 (010)62038297
 封面 北京阿苏卫循环经济产业园生活垃圾焚烧发电厂

CONTENTS

目录 2016年第2期 总第124期

航空能力建设

- 02 “工业4.0”背景下我国航空制造能力建设思路探讨
 卜国磊 孙元亮
- 08 航空货运站仿真设计在AutoMod中的实现
 朱宇
- 11 关于国内通用航空机场建设的分析与总结
 孟祥龙 王勇传
- 15 机场飞行区智能周界安防系统设计探讨
 邱冬莉 魏旗

研究与探讨

- 20 生物制品生产企业实验动物房工艺布局设计分析
 李红
- 24 生态敏感性分析在旅游规划环境影响评价中的应用研究
 刘艳菊 朱洪利
- 30 航空工程EPC项目实施过程的费用控制分析
 王晓颖 李利
- 34 浅析EPC模式下航空项目投标控制要点
 胡娅 周雅飞
- 38 某药厂高层工业建筑给排水设计探讨
 刘琦 王艳
- 42 一种新型内置热泵CCHP-ORC系统纯工质的优选
 徐博睿 李纲

工程设计

- 47 浅谈乌兰察布市网球馆电气设计
 李维克 陈泽毅
- 53 乌兰察布市游泳馆、网球馆热身池部分钢屋盖结构设计
 李朝来 景辉
- 61 浅析某血液制品厂房洁净空调设计
 王淞 董秀芳

“工业4.0”背景下我国航空制造能力建设思路探讨

■ 卜国磊 孙元亮 [工艺]

摘要: “智能化”将是制造业的发展趋势,代表着国家工业水平的航空制造业必须积极应对智能制造所带来的机遇和挑战。本文通过分析智能制造的内涵及要求,提出了智能制造的体系框架模型;然后,以该模型为参照,分析了中国航空制造业的特点;最后,提出了“工业4.0”背景下实施航空工业智能制造能力建设的主要思路。

关键词: 智能制造;工业4.0;航空工业;能力建设

0 前言

制造业是一个国家生产力发展水平的重要体现,没有强大的制造业,就没有国家和民族的强盛。提升制造业的国际竞争力,是保障国家安全、建设世界强国的必由之路,是全面建成小康社会的重要保障。当前,随着新一代信息技术与制造业的发展与融合,全球的制造业正在掀起一股“智能化”浪潮:德国提出了“工业4.0”计划,美国也制定了重振制造业的若干政策(如先进制造伙伴计划、先进制造业国家战略计划等),英国发布了“英国制造2050”,法国提出要实施“新工业法国”,可以判断,智能化将是全球工业的发展趋势。我国也适时地提出了“以提质增效为中心,以推进智能制造为主攻方向,以满足经济社会发展和国防建设对重大技术装备的需求为目标”的《中国制造2025》,通过发展现代智能制造业,强化工艺基础能力,提高系统集成能力,实现制造业由大变强的历史跨越。这种基于智能化的制造业变革统称为“工业4.0”。

航空制造业是高端装备领域的典型行业,从需求确认到最终交付是一项十分复杂的系统工程^[1],具有制造精度高、多品种小批量和全球化的特征,

“工业4.0”将为航空制造带来新的解决方案,从设备、生产线到工厂等各层级的能力建设也将引发新的变革。如何在“工业4.0”背景下做好中国航空制造的能力建设,是推动航空制造智能化发展必须攻克的重要课题。本文通过对智能制造体系框架模型的分析,以及对我国航空制造业现状的总结,提出了“工业4.0”背景下我国航空工业实施智能制造能力建设的主要思路。

1 智能制造的体系框架模型

2.1 “工业4.0”的内涵

德国“工业4.0”认为第四次工业革命是信息物理系统(Cyber-Physical Systems,简称CPS)的时代^[2]。CPS能够实现环境感知,并深度融合计算、通信和控制能力,通过实物测量和数据分析,用交互、高效和实时的方式完成产品制造任务。CPS具有自适应性、自主性等特点,使无生命的工业原料、设备、设施等生产资料和生产环境,能够与虚拟现实世界的信息网络和以

作者简介:卜国磊,男,研究员,1997年毕业于西安交通大学机械制造专业,现就职于中航规划航空业务部。

数据为核心的产品模型之间相互感知、交流和控制,实现物流、信息流、价值流高度统一,形成具有感知、决策以及自动执行能力,设备、产品和信息之间能够全系统自我约束、自我反馈、自我管理的自律复杂组织体。

智能制造的本质是“智能”,是指机器或者系统具有拟人的自感知、自决策、自执行的能力,这也正是智能制造与数字化制造、自动化制造的根本区别。“工业4.0”共包含两个主题^[3]:一是智能工厂,是指以产品数字定义为基础,通过工业互联网或物联网,实现设备与设备、设备与零件、零件与零件、零件与产品之间的数据自主感知和反馈,完成从零件加工到产品装配的自适应系统;二是智能制造,也叫智能生产,是指智能化生产过程的实现。例如,生产计划的自动制定、智能物流的实现、人机界面的应用等。以此为基础,最终实现三方面的集成,即:通过物联网、信息技术的应用实现企业纵向集成,通过提升产业控制力实现横跨整个价值链的端到端集成,借助网络化实现价值链的横向集成。总之,“工业4.0”要求把技术的效能发挥到极致,深入到工业生产体系的细微单元,使生产组织实现对用户需求的最大自适应性。

2.2 能力建设的概念及要求

制造企业的能力是指支撑产品科研、生产、维修保障等环节的生产要素的总和,包括技术、设备设施、人力资源、组织(载体)等。一般来说,能力建设是指固定资产投资项目,直接服务于产品设计、技术研发、产品生产、服务保障等环节,其目标是增强企业各方面的竞争力。

航空行业涉及产品类型多,包括飞机、发动机、机载设备、成附件等,科研生产环节复杂,包括设计、试验、制造、应用和维修保障等。航空行业的能力建设必须遵循体系化的道路,从系统的角度出发梳理建设需求,找出薄弱环节和长远目标,进行相应投资建设。因此,梳理智能制造的体系框架,对明确智能化背景下能力建设的需求和导向具有重要意义。

2.3 智能制造的体系框架模型

通过分析智能制造的内涵,针对航空制造企业的特点,提出了智能制造的体系框架模型,如图1所示。整个智能制造的体系框架类似一个“房子”,房子的根基是包括产品数字化定义、工业互联网、精细化管理等在内的各项技术;房子的

主体是一个层次化的结构,包含了从智能设备到智能产业链的5个层级;立柱是指实现智能制造的重要支撑手段,包括标准规范化建设和安全可靠建设;而房梁则是系统集成技术,只有将各项关键技术进行集成才能实现制造的智能化;房顶则是智能制造的最终目标,包括降本增效、提高产品质量等。

(1) 智能制造的基础:产品数字化定义、工业互联网、精细化管理,以及与智能制造规划、实施、服务相关的各项技术

要实现智能制造,需要将现有生产过程及模式向着CPS系统的目标改造,这包括两个最主要的方面:一是基于产品数字化定义,实现加工、装配、质量检测等完整生产过程的数字化;二是要基于工业互联网/物联网等技术,实现对物理生产过程的数据采集及传输,构建能模拟真实场景的虚拟系统,以此来完成生产过程中的管理和决策工作。因此,智能制造的基础应该包括基于产品的数字化定义、工业互联网、精细化管理,以及其他相关技术,这些技术涵盖智能制造的规划、实施、服务等各个方面。

(2) 智能制造的主体层次结构

按照航空制造行业的一般特点,智能制造的主体可分为五个层次:

第一层是智能设备。智能化设备至少应当具备四个方面的特征:能实现加工/装配状态的自主感知;能实现与控制系统及其他实体的数据交换;具备精准执行能力;具有一定程度的自主决策和控制能力。

第二层是智能生产线。多个智能设备构成了智能化生产线,但是智能生产线却并不只是智能化设备的简单叠加。智能生产线能够基于工业互联网及物联网实现相关设备的数据采集、通信及交互能力;在此基础上,智能生产线应该能够实现对生产过程的智能监控与设备任务分配。而且,通过物联网等手段,智能生产线应能够感知各工位的物料需求,实现物料配送的准时化和自动化;此外,智能生产线还应具有质量在线检测与反馈功能。

第三层是智能车间。智能车间是一个小型的加工厂,包含多条生产线以及集成控制系统。智能车间应当具备对生产任务的优化和自主排产能力;具备对生产过程的状态实时监控能力,通过看板、信息系统实现生产过程透明化;在此基础

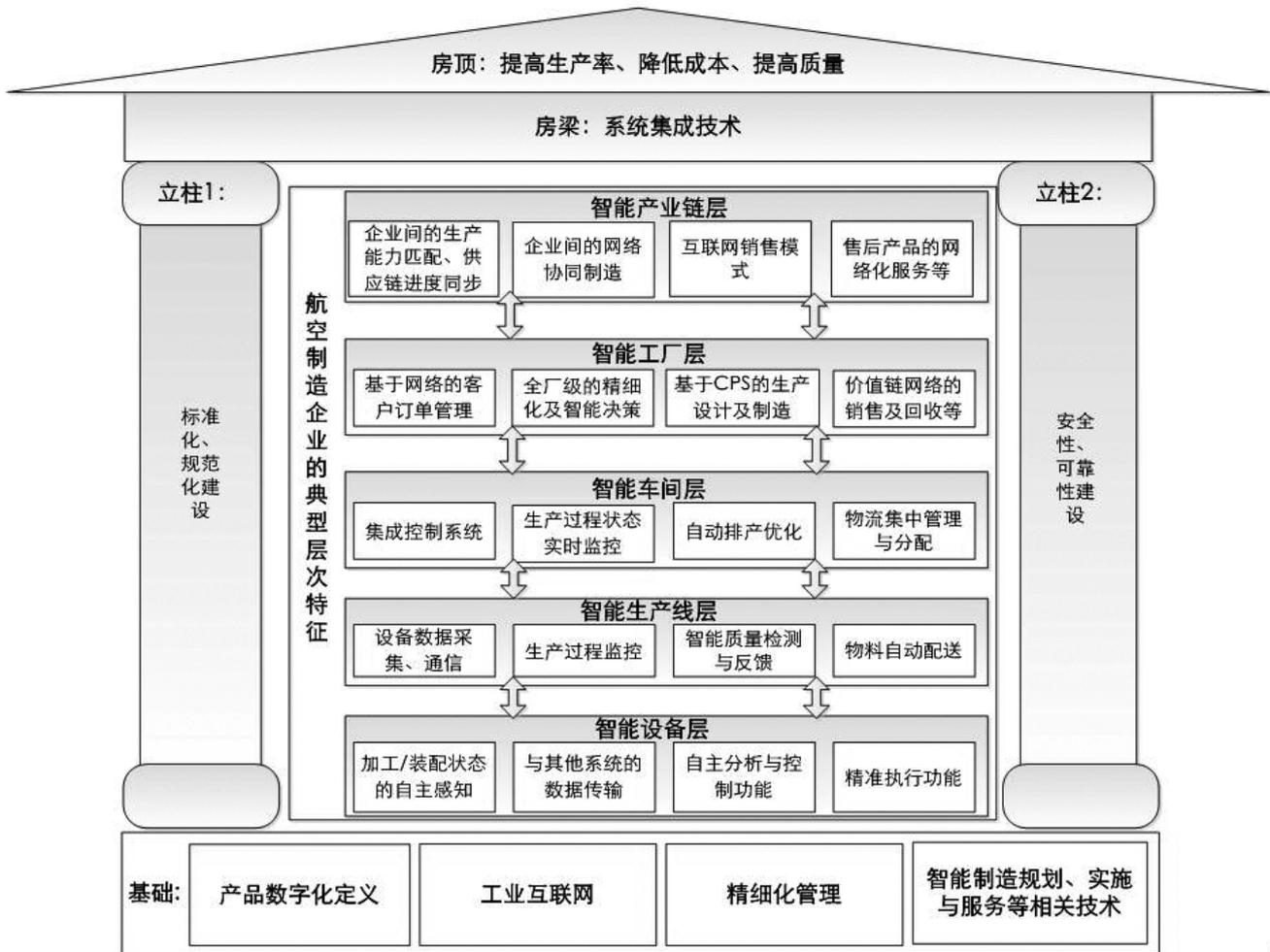


图1 智能制造的体系框架模型

上，能够实现物流集中管理与配送，能够进行各条生产线、车间仓储、支援办公室之间的资源协调，保证各条生产线生产能力均衡。

第四层是智能工厂。智能工厂是融合了多个技术的综合体，应当从客户订单、产品设计、生产制造、销售、服务、回收再利用等环节实现全方位的智能管理决策。智能工厂的典型功能特征包括：全厂级的精细化管理及智能决策。例如，各车间的任务分配、全厂物流的管理与分配等；基于网络的客户订单管理；基于CPS的生产设计及制造；基于价值链网络的销售及回收等。而且，智能工厂应追求产品生命周期的绿色化，包括利用环保材料、采用绿色工艺等。

第五层是智能产业链。产业链包含了具有上下游关联的各类生产、配套企业，智能产业链可以实现各企业的能力匹配，并保证供应链的同

步。随着互联网技术的提高及深化应用，整个产业链将会更加智能及优化：一是网络化的销售及服务模式将会有效提高企业销售和维修能力。例如，通过网络技术，企业可以实现售后产品的状态监测，从而提高售后服务效率；二是产业链中有竞争力的企业将会获得更大的竞争优势，从而更加强化自身的核心能力；此外，企业间的协同设计和制造也会更加方便。

(3) 智能制造的立柱：标准规范化及安全可靠性建设

对航空制造企业而言，实现智能制造的关键支撑手段包括两个最重要的方面，即标准规范化建设及安全可靠性建设。智能制造需要较高的工业基础，因为它是建立在优化的工艺及管理流程上的，通过对生产过程进行优化整合，并制定相应的标准化流程，才能够确保生产更加有序；而

且制造系统往往包含多个模块，不同模块间也需要标准的协调。因此，实施智能制造，必须加强标准化建设，制定出完备的标准化路线图。智能制造依赖基于大数据的分析、互联网、云计算、社会性网络服务等新一代信息技术，这对航空工业各种数据的安全性和可靠性提出了严重的挑战。因此，安全性和可靠性建设是关乎智能制造成功的关键，要确保生产设施和产品以及它们所包含数据的安全性，防止滥用和未经授权的获取。

(4) 智能制造的房梁：系统集成技术

系统集成技术是将各种单独的硬件技术与软件技术集成到一起，使各个分离的设备设施、功能和信息集成到一个协调的系统之中，使资源达到充分共享，实现集中、高效、管理的技术。目前，国内的单项关键技术大都有一定的基础，也一定程度地在工厂中进行了应用，但是系统集成技术一直是制约行业制造水平进一步提升的关键所在。因此，如何解决各种硬件、软件的技术集成，实现不同软硬件系统的互连和互操作，最终实现智能制造的各种功能需求是需要解决的关键问题。

(5) 智能制造的房顶：提高生产率、降低成本、提高质量

智能制造的最终目标是促进客户化订制要求下的生产率提升，同时降低成本、提高产品质量。在智能制造的基础、立柱、主体、房梁都建设好之后，实现这一目标是必然的事情。

2 中国航空制造业的特点

近年来，中国的航空工业发展迅速，在许多重点领域取得了重要成果，先进的航空制造技术进步明显。但是航空制造领域内的智能化基础相对薄弱，行业内各制造企业的生产力水平参差不齐，要实现人与人、人与机器、机器与机器、服务与服务之间的“纵向集成、横向集成、端到端集成”还存在许多问题。

(1) 工艺数字化应用相对普遍，但是各企业的应用程度不均衡，顶层规划欠缺详细需求分析

依靠国家持续的投入和企业自身的工艺革新，近年来航空企业工艺数字化有了不同程度的提升，然而行业顶层规划缺乏详细的需求分析，各企业的工艺数字化应用程度不均衡。例如，某主机企业通过持续的改造与投入，建立了所有数

控设备与企业信息系统的互联，可以实现工艺流程、加工指令的无纸化传递，加工状态的实时在线监测和反馈；然而某些配套企业则工艺数字化程度较低，无法实现设备与系统的互联，生产信息传递主要依靠二维图纸。即使在同一企业内部，不同车间的工艺数字化发展也不均衡，例如多数企业的工装生产车间在设备能力、工艺数字化建设方面全面落后于产品生产车间，反而在一定程度上制约了产品生产。

(2) 各企业对标准的贯彻和应用不统一，标准规范还需适应数字化发展

智能制造要求实施企业具有较高的标准化基础，然而目前国内航空制造行业在生产及管理方面的标准化、规范化不够，不适应数字化发展要求，现有生产管理的经验很难直接应用于智能制造系统的开发。一方面，标准体系缺乏系统性和完整性，工艺标准、管理标准的缺失使得车间生产管理混乱，大量依赖于管理者的经验，生产效率低；另一方面，各企业对已有标准的贯彻和应用并不统一。例如，对设备利用率等数据的统计标准各企业执行情况不一致，自产和外包产品采用的标准也不一致。

(3) 信息化程度较低，基础数据库建设不足，缺乏安全保障

行业内的信息化近年来一直是投资和建设的重点，但是依然存在不少的问题。一是工厂内信息化系统的建设和应用尚不完善，还有很多厂、所没有形成数字化设计、制造、仿真、管理的完整平台；二是各种信息系统集成较差，系统之间的数据不能充分共享，缺乏一体化的企业信息系统集成解决方案；三是基础数据库建设不足，设备数据、工艺数据、生产过程数据、管理数据、行业数据等都很缺乏，这也是实现智能制造时的障碍，因为智能制造需要在大数据分析技术的支撑下实现智能决策，基础数据的积累是先决条件。而且，对于航空产品的生产，各种信息化系统的建设和在安全和保密方面存在一定隐患，需要加强数据安全。

(4) 智能化基础薄弱，与智能制造相关的各项技术亟需攻克

与发达国家相比，目前行业内智能化基础相对薄弱。例如，从设备水平方面看，虽然航空制造企业的设备数控化率有所提高，但依然存在大量的传统设备；即使是数控设备，由于多种原因，各企业

内部设备配置的形式多样,设备采用的接口、控制系统不统一,给智能化改造增加了难度。

事实上,我国的航空制造业虽然发展较快,但是工业基础依然薄弱,很多关键工序依赖人工操作,自动化生产尚未普及,数字化建设也不完善;高水平生产线、先进的生产管理在行业内并不多见,生产效率和产能存在较大提升空间。因此,实施智能制造,必须针对行业内基础薄弱的现状,尽快攻克与智能制造规划、实施与服务等相关的各项技术。

(5) 技术集成能力较低,先进技术在生产线中应用的比例不高

航空制造业是典型的技术密集型产业,航空制造能力的提高不仅需要单项技术的突破,更重要的是实现各项先进技术的集成和应用能力。目前,国内航空制造行业已经有不少的先进单项硬件或软件技术,例如,智能加工中心、机器人焊接、部件及总装自动化定位技术^[4]等,然而集成能力的欠缺使得先进技术在生产线中的整体应用比例并不高。技术集成能力不足,就更不用谈人与人、人与机器、机器与机器、服务与服务之间的“纵向集成、横向集成、端到端集成”了。因此,专业技术的集成能力弱、先进技术的工程化应用不足也是限制航空智能制造的一个重要障碍。

3 航空工业的智能制造能力建设思路

从技术发展过程来看,德国“工业4.0”是在顺利完成“工业1.0”、“工业2.0”,基本完成“工业3.0”之后提出的发展战略,是自然的串联式发展。中国制造业整体尚处于“工业2.0”和“工业3.0”并行发展的阶段,必须走“工业2.0”补课、“工业3.0”普及、“工业4.0”示范的并联式发展道路,因而我国的任务就比德国实现“工业4.0”更加复杂、更加艰巨。中国的航空制造要实现智能化,必须结合自身现状,深入研究智能制造基础理论与技术,制定符合自己的“智能制造”之路,稳步推进,切忌盲目跟风,能力建设要成为推进航空智能制造的体系或平台。本文结合对行业现状的分析,提出了国内航空工业智能制造能力建设的思路,总结如下。

(1) 面向整个产业链,构建航空工业智能制造能力建设布局模型,加强基础设施建设

智能制造的最顶层是智能产业链,规划时

也必须最先考虑。因为智能制造实际是整个管理和组织结构的变革,实施智能制造,就必须放弃孤岛式的规划思路,把航空工业作为一个大的整体,综合考虑各工厂的信息互通、行业协作,进行全行业智能制造能力建设布局规划,加强面向智能化能力提升的基础设施建设。在规划中,应当定义智能制造的标准功能模型,用以指导建设过程,并作为考核、评价建设效果的基准;应当从产品对象的分解出发,定义各产品、部件、零件的智能制造实施步骤,规划各工厂的建设重点、目标,避免重复建设及投入;应当定义航空工业各工厂之间、航空工业与行业外其他产业链实体的互联及协作方式等。能力建设布局模型相当于为航空工业绘制了一幅完整的智能制造蓝图,各项能力建设必须围绕该蓝图,有条不紊、循序渐进地进行。

(2) 推进面向智能制造的标准化、规范化建设,加强安全可靠性研究

标准化建设是智能制造能否成功的关键,标准在推进智能化改造的过程中能起到规范和引领作用。应围绕智能制造建设目标,针对国内航空企业的特点,梳理工艺、管理、设备、网络建设等方面的标准,推进生产及管理的标准化和规范化。标准建设一是要符合数字化发展要求;二是企业之间标准协调、统一;三是各标准之间互为补充,满足智能制造全部需求。航空工业涉及国家安全,加强安全可靠性研究也显得尤为重要,必须确保智能制造系统的安全可控。德国“工业4.0”发展过程中,信息安全成为了德国国家安全的一部分,这一点也应该得到我们的充分认识。

(3) 分解关键技术,实现各项相关技术的突破,形成技术成果

智能制造是高度现代化的制造业,是信息化与工业化深度融合的工业,其实现需要众多关键技术做支撑,包括工业互联网、物联网技术,工业云计算及云制造,大数据及挖掘技术,嵌入式技术等等。智能制造系统的建设需要从工艺优化、设备升级、智能生产线软硬件设计、配套条件建设等角度出发,规划好需要哪些关键技术,并逐一克服,形成技术成果体系。

(4) 循序渐进,从智能生产线做起,逐渐向智能车间、智能工厂、智能产业链各层扩展

航空制造涉及面非常广,包括飞机、发动机、机载设备、成附件以及原材料配套等,行业

内不同产品的制造过程对应的工艺、管理基础参差不齐。发展航空智能制造,应从具有典型产品及稳定工艺的生产线做起,循序渐进,逐渐向智能车间、智能工厂、智能产业链各层扩展。当然,智能制造的建设要考虑建设成本与预期收益的平衡^[5],从技术可行性和经济可行性两方面综合判断,实现现有资源的最大化利用,使投入效费比更高。

4 结束语

本文首先分析了“工业4.0”的内涵及要求,提出了智能制造的体系框架模型;以该模型作为参照,分析了中国航空制造的特点;最后,提出了“工业4.0”背景下中国航空工业进行智能制造能力建设的主要思路。

“智能化”将是制造业的发展趋势。智能制造包含了智能设备、智能生产线、智能车间、智能工厂、智能产业链等层级,而这些内容的实施需要依靠众多关键软硬件技术做支撑,最终的目的是提高生产效率、降低成本、提高产品质量。目前,我国的工业基础相对较差,有很多的技术、管理问题需要改进,因此,对国内航空工业来说,通向“工业4.0”的道路将会充满挑战,现有的科研生产模式将不得不为了适应智能制造而进行改变和革新。在“工业4.0”背景下,我们必须做好航空制造的能力建设规划,并稳步实施,推动航空制造的智能化发展。

参考文献

- [1] 郑朔昉,赵亮. 工业4.0变革中的飞机研制模式探索[J]. 航空制造技术, 2014, (21):26-29.
- [2] 张曙. 工业4.0和智能制造[J]. 机械设计与工程, 2014, 43(8): 1-5.
- [3] 陶剑. 实践“工业4.0”的关键技术与思考[J]. 航空制造技术. 2014, (18): 41-43.
- [4] 王焱,王湘念. 智能制造的基础、组成及发展途径[J]. 航空制造技术, 2015, (13):32-37.
- [5] Eckart Frankenberger. Concurrent Design and Realization of Aircraft Production Flow Lines Process Challenges and Successful Design Methods [C]. International Conference on Engineering Design, 2007.8, Paris, France.pp1-11.

航空货运站仿真 设计在AutoMod中的实现

■ 朱宇 [工艺]

摘要: 航空货运站项目设计具有复杂性、多样性、动态性等特点,其中很多是系统性、离散性、随机性问题,采用传统的计算方法难以细致准确的反映实际操作运行情况,仿真技术正越来越多地被应用到这些领域。Automod是国际上应用广泛的仿真软件之一,可以实现三维仿真和数据分析的功能。本文主要研究AutoMod环境下的航空货运站仿真运行、结果分析与优化。

关键词: 航空; 货运站; 仿真; Automod

1 模型的仿真运行

1.1 模型的验证

在Automod搭建好模型后,检验模型是否正确非常关键,模型的正确性主要为输入数据的准确和模型搭建的可靠。输入数据的准确性需要进行大量的统计分析或实际设备的参数,并通过专业工程技术人员的确认。而模型搭建的可靠性,除了模型准确性,主要还是控制逻辑的准确性,这部分主要还是通过软件自带检查程序配合仿真人员完成的。

首先, Automod的程序编写程序,会自动检验语法错误。当出现错误时,在保存逻辑编写文件时,会自动报错,直到修改正确为止。在程序修改完成后,并没有发生自动报错后,这并不代表程序没有错误,还需要进一步验证。通常采用AutoRun中自带的检测模式,逐句运行模型语句,再结合实际讨论的运行模式对比,来检查是否出现错误。

运行程序模型,点击Run→Run model,进入AutoRun界面后,先运行认为足够长的时间,如果其中模型报错或停止,可以根据模型报错的信息,继续纠错。当模型运行足够长时间后,仍旧运行良好。则可以进行逐句逻辑检查,可以点击control窗口页面,Next Action即可逐句检测。

1.2 模块模型的独立运行

系统模型的仿真运行时通过Autorun来实现的。Autorun既可以运行模块模型,也可以运行整体系统模型。由于通常实际的设计工程规模都较大,为了提高效率,仿真模型可以采用整体模型分解为单元模块进行编写,采用并行工程的做法。当模块模型搭建完成后,再集成为一个整体模型。同时为了降低整体模型检验的复杂性,需要对模块模型进行独立运行。

1.3 系统模型的整体运行

当所有模块模型都已经搭建好后,即可进行模型的整合。Automod中是通过主模型中插入子模型来完成的。当所有模型插入后,需要在各子系统的逻辑程序中进行数据串接。其语法与子模块自身语法没有不同,都是令实体send to需要串接的进程。如果该进程(process)命名唯一,

作者简介: 朱宇,男,研究员,2000年毕业于天津大学焊接工艺及设备专业,现就职于中航规划民航工程设计研究院。

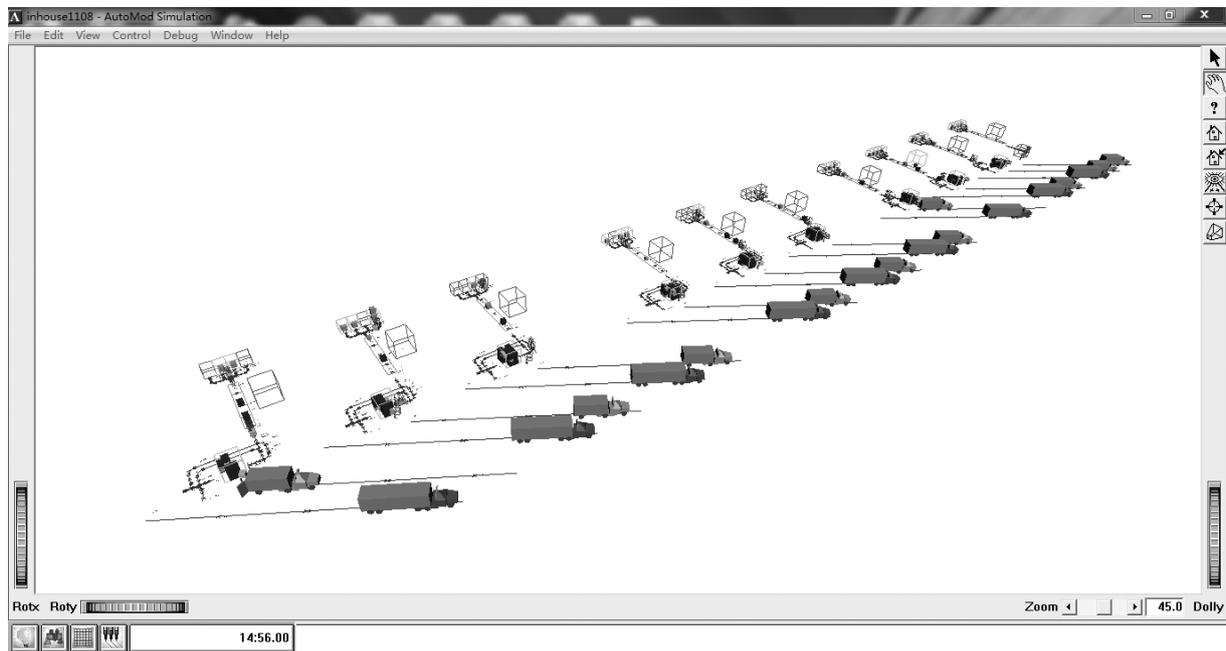


图1 收货码头处模块模型的独立运行

则系统自动识别。如不唯一，则需要在进程名称前，加入对应子系统的名称。

2 仿真结果分析与优化

2.1 仿真结果的分析

模型构建完毕，对模型检验、验证并运行得到输出数据后，要对这些输出数据进行分析，即仿真输出分析。仿真输入参数具有随机性，必然导致仿真输出结果也具有随机性，即每次仿真运行结果互不相同。一次仿真运行的结果不具有代表性，用其对系统方案的优劣进行评价是不可信的。为了降低这种随机性对仿真结果准确性的影响，要用统计学的方法对输出数据进行分析处理。

AutoStat模块是AutoStat软件包的统计分析工具，集运行管理、统计分析和试验设计的功能于一体。AutoStat能够自动运行仿真模型，并提供多种统计分析方法，方便进行实验设计。AutoStat提供的统计分析方法主要有如下七类：预热分析、单场景分析、单变量分析、多变量分析、敏感性分析、正交设计、优化分析。

应用AutoStat需要明确四个基本元素，分别为因素、响应、分析和运行。因素用来定义影响系统性能的输出参数，响应用来定义系统的输出变量，分析用来定义实验分析方法，当定义完成

因素、响应和分析之后，在运行选项卡中运行模型，或者运行其中的某些分析方法。

2.2 仿真分析后方案的优化分析

使用优化分析功能可以使AutoStat确定一组最佳的系统参数值。使用优化分析时，需要定义一组待优化的因素以及因素的取值范围，再定义模型的自适应函数。

某项目由仿真软件生成的设备效率表中可以得到货站组合区叉车的利用率均超过95%，而打板叉车的效率低于10%，同时通过收货区后部散货暂存缓冲变化图（图2）可以看到缓存的持续增加，其打板缓冲区没有缓存量，分析其主要原因，主要是由于在收货区后部至打板区的叉车配备策略需要调整，通过仿真软件的运行发现，当运输叉车用于长距离分货的过程中，缓冲货物不能及时运输至收货后对应的板台处，从而造成了上述问题。

通过上述分析，将运输叉车的配备策略作出调整，在收货区后部配备2台叉车用于货物转运，1台叉车负责短距离的对应打板台货物运输，另1台叉车负责长距离的分货运输，通过调整后输出的设备效率表及散货暂存区、组合打板区缓冲变化图表可以看出，打板叉车及TV车、ETV车效率有明显提升，输送叉车平均效率存在高低分配，散货暂存区、组合打板区缓冲呈波浪状，比较符合现实生产情况。

3 结论

仿真软件是设计工具，对于航空货运站仿真设计，最根本的还是要基于对于工艺流程、操作模式、系统组成、相关变量及参数体系等的掌

握，再通过仿真软件工具来实现仿真优化设计。在AutoMod软件中可以较好地完成航空货运站设计仿真运行，并输出仿真报告，从而辅助优化设计方案，能应用于实际项目设计中，有助于建立更为科学的航空货运站系统设计方法。

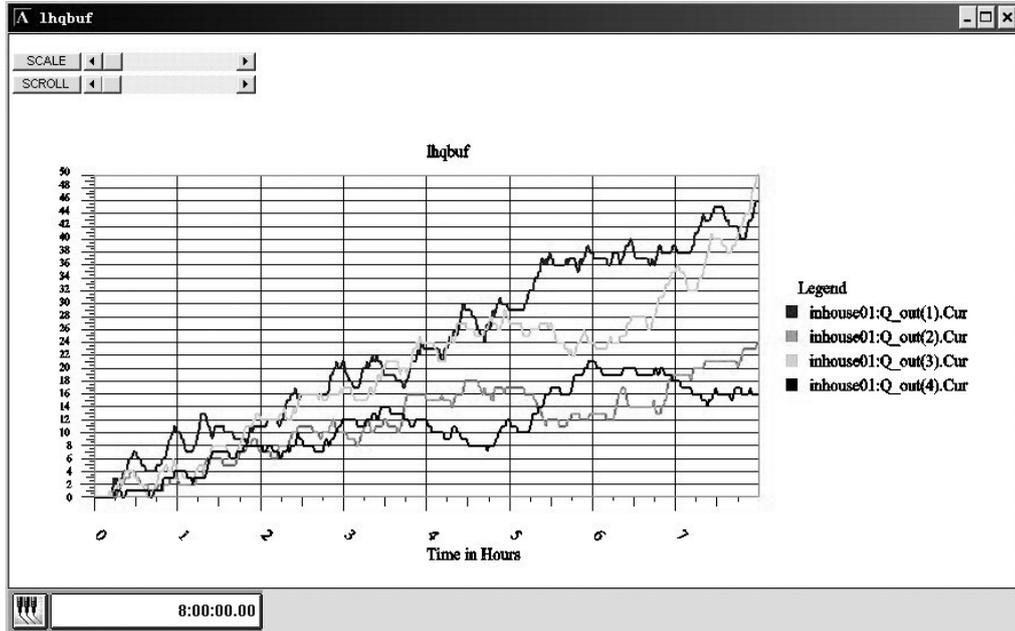


图2 某项目收货区后部散货暂存区缓冲变化

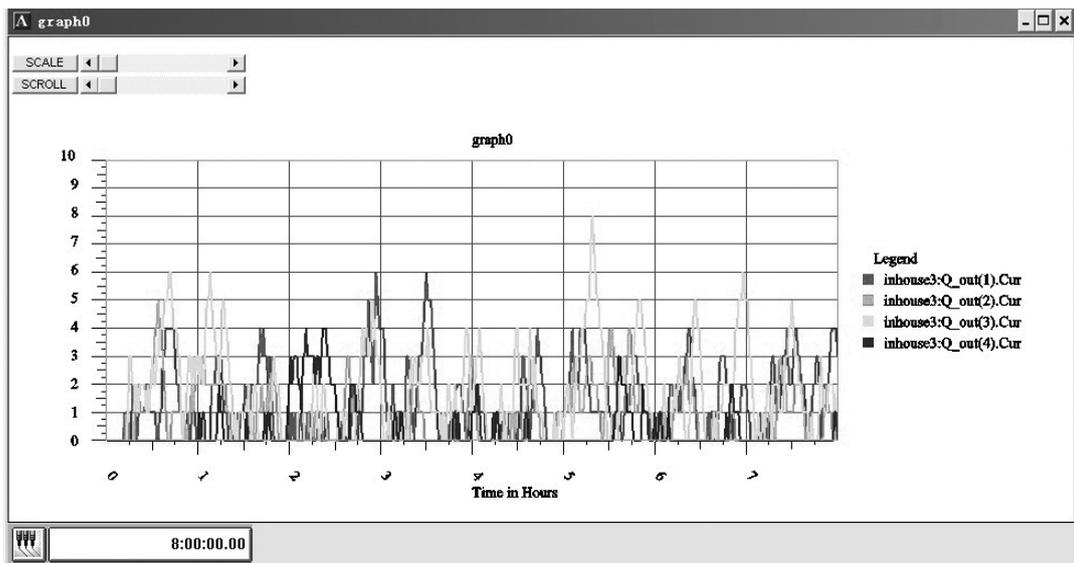


图3 调整后散货暂存区缓冲变化

关于国内通用航空机场建设的分析与总结

■ 孟祥龙 王勇传 [总图]

摘要: 本文系作者多年主持通用航空机场项目的经验总结。文中将通用机场项目的建设主体进行了划分,总结了不同建设主体下的项目运行特点。列举了国内通用机场项目的建设审批流程,提出了项目前期立项报批阶段的重点和难点。同时对通用机场的工程设计原则、设计内容以及投资估算作出了分析。

关键词: 通用机场; 建设; 分析; 总结

随着国内低空开放政策的深入,国内通用航空机场(简称通用机场)建设也将呈现出愈发火热的局面。如:根据《广西壮族自治区人民政府关于促进民航业发展的意见(桂政发)[2014]23号》,到2020年,广西将建成各类通用机场达200个,形成陆地固定翼通用机场、直升机机场、水上机场等多种模式共同发展,公益性与商业性相互补充的通用航空机场体系。如此大的建设需求,更需要项目管理方熟悉通用机场建设审批流程,掌握项目推进过程中的重点和难点,加强项目管理与协调,以确保项目能够顺利进行。

1 国内通用机场建设的主体分类及项目运行特点

根据通用机场咨询设计经验,通用机场项目投资建设主体有如下分类:

(1) 具有“通航开拓精神”的中小型民营企业与个人;

(2) 具有政府背景的投资公司及工业园区管委会;

(3) 各省市发改委综合交通管理部门;
(4) 海事、电力、特警等通航应用部门;
(5) 中航工业旗下通用飞机生产制造和运营企业;

(6) 国内“明星类”大型企业集团及汽车发动机生产制造企业;

针对不同类型的建设主体,通用机场项目在设计过程中会呈现出不同的特点:

中小型民营企业与个人推动的通用机场项目,相关咨询工作多数会集中在项目的前期论证阶段。因为通用机场项目立项需要市级甚至省级政府的大力支持,民营企业及个人需要调动大量的资源来完成项目。虽然中小型民营企业与个人可在项目前期进入通航市场,并委托具有资质的咨询设计单位编制通用机场的《选址论证报告》,但随着项目的深入,项目推进难度会持续增加,如果缺少了空军、地方政府及各职能部门强有力的支持,项目很容易下马,无法实现最终的工程建设。

具有政府背景的投资公司和产业园区管委会推动的通用机场项目,容易缺少充分地前期论证,项目的咨询设计工作多会围绕初步设计及施工图设计阶段展开。因为通航项目前期论证所需时间较长,为配合园区整体建设进度,容易出现

作者简介:孟祥龙,男,工程师,2009年毕业于长安大学道路与铁道工程专业,现就职于中航规划民航工程设计研究院。

施工图完成后再补充各种立项报批手续的违规操作。而且,通用机场进入产业园区后,将打乱原有的规划布局,违背园区规划原则,如不进行分析论证,将产生各种各样的问题。

各省、市发改委交通管理部门推动的通航项目多以课题研究为主,此类项目一般处在理论研究阶段,项目进展都比较顺利,对政策及理论的要求很高。目前,各省级发改委多处在对通用航空学习研究和通用机场及产业规划布局层面。

海事、电力、特警等通航应用部门推动的通用机场项目一般操作程序正规。但因相关手续复杂,项目持续时间一般较长。项目一般都是严格按照建设程序履行相关手续。

中航工业旗下通用航空生产制造和运营企业的通用机场项目一般项目程序及建设均较顺利。

国内“明星类”大型企业集团及汽车发动机生产制造企业,一般拥有雄厚的资金实力和各类资源,目标清晰明确,项目执行力强。“全面布局,抢占先机”是这些明星企业在通航市场加速发展的出发点。

2 通用航空机场建设程序

为规范国内通用机场建设,明确通用机场项目审批流程,民航及空军主管部门对国内通用机场建设项目提出了明确的审批流程。这其中民航系统的管理文件包括:

《新疆民航通用机场建设管理规定》;

《民航华北地区通用机场建设管理办法》(试行)(修订版);

《东北地区通用机场建设管理程序》;

《华东地区通用机场建设与使用许可管理暂行办法》;

《民航中南地区通用机场建设管理办法》(试行);

《民航西南地区通用机场建设管理暂行程序》;

《民航西北地区通用机场建设管理程序》(试行);

以上建设管理文件对通用机场均做了划分,根据不同类别的通用机场,提出了不同的建设管理程序。根据以上程序的相关要求,委托具有相应资质的咨询设计单位完成上报文件即可。

上报文件中最重要的是通用机场选址论证报

告,该报告编制过程中需要协调的政府管理部门众多,相关协调难度也最大,其中还包括与地区军区作战处和航管处等部门的协调与沟通。编制通用航空机场选址论证报告是通用航空机场建设过程中最基础、最重要的工作。如在选址论证过程中能将各种问题论证清晰透彻与空军能进行有效沟通,将大大提高场址的审批效率,而且对后续报告的编制也有很大的促进作用。

3 通用航空机场选址论证

一个好的通用机场场址,不仅能够有效地降低工程投资,还能够合理地避开军民航空域,明显地降低与空军及民航相关管理部门的协调难度,为项目的顺利审批奠定良好的基础。

3.1 选址工作涉及的部门

通用航空机场选址是一个十分综合而复杂的过程,选址过程中所需的大量基础性资料是评价场址条件的关键参数。基础性资料的获得会涉及到机场所在地的市(县)政府、城市规划和城市建设部门、交通部门、工程地质和水文地质部门、地震部门、气象部门、城市供水部门、文物保护及地质矿产部门、环境保护部门、供电部门、通讯部门、土地管理部门、当地军方主管部门等。综合各方资料,进行全方位的研究和判断才能得到一个合理的场址。因此,在选址论证过程中,机场建设单位需要做好充分的协调工作,向咨询设计单位提供场址选址所需的技术资料,保证选址工作的顺利进行。

3.2 影响场址的常见因素

在选址论证过程中,影响场址的因素很多,但以下因素经常成为制约场址成立与否的重要因素:

(1) 空中禁区、飞行限制区、军航使用空域

空中禁区严禁设立通用航空机场,在空中禁区周围地区设立通用航空机场时,要充分考虑通用航空器闯入空中禁区的风险。如在我国西南地区的边境旅游城市进行通用航空机场选址时,要充分保证拟选场址与国境线有足够的距离,以降低通用飞机误入他国领空的风险。

拟选场址周围的重要军事设施及军航空域条件是前期调研的重点。如机场应避免空军训练用的地面靶场等。以上信息均需通过与地区军区的沟通获得。

(2) 航空障碍物及场地建设条件

拟选场址附近经常会存在架空的高压输电线路、风电设备等。高压线铁塔的位置和高度、高压输电线路的电压、高压输电线路迁改成本等均需在资料收集过程中调查清楚。

因为通用航空机场建设及投资规模的限制，大规模迁改高压输电线路的方案并不可行。因此，选址时需要对高压输电线路进行合理地避让，使跑道与高压输电线路之间的相对位置关系满足机场安全运行的净空要求。

(3) 土地的性质

拟选场址应符合相关土地利用政策法规的要求。如耕地、林地利用限制以及荒地、劣地的开发鼓励性政策。

(4) 与城市关系

建设通用航空机场归根结底是要为城市及区域服务，因此场址与城市位置关系需合理，保证较好的服务半径的同时不会对城市发展产生影响。

4 通用航空机场设计

与民用运输机场不同，通用航空机场的投资规模相对较小。在保证机场安全运行的前提下，适当降低前期投资规模及运营成本，是通用航空机场能够生存、发展的重要因素。也是在当前大力培育中国通用航空市场，加快通用航空机场建设背景下，设计工程师需要考虑的重点。

4.1 主要设计规范

根据民航局《关于印发加快通用航空发展有关措施的通知》要求和《建设民航强国的战略构想》文件精神，为了规范通用航空机场的建设规模和运行设施，保证通用机场的安全适用性，民航局于2012年6月1日发布了民航行业标准《通用机场建设规范》（MH/T5026-2012）（以下简称规范）。

《规范》指出，“通用机场根据其对公众利益的影响程度分为以下三类：一类通用机场指具有10~29座航空器经营性载人飞行业务，或最高月起降量达到3000架次以上的通用机场；二类通用机场指具有5~9座航空器经营性载人飞行业务，或最高月起降量在600~3000架次之间的通用机场；三类通用机场为除一、二类外的通用机场。”针对不同种类的通用机场，《规范》提出了不同的建设标准。

结合2000年5月实施的《通用航空机场设备设

施》（GB/T 17836-1999），通用机场建设有了较为全面的指导性文件。

4.2 主要设计原则

(1) 因地制宜的原则。由于各地区对于通用机场建设管理的规定不同，因此在设计过程中首先要遵循因地制宜的原则。

(2) 保证飞行安全，满足必须的安全技术要求。

(3) 合理配置运行设施，满足功能需要。

(4) 设施规模及设施设备配置坚持合理、适用、客观实际的原则，以降低工程造价和运营成本，为通用航空发展创造良好环境。

(5) 科学规划，合理确定建设阶段，充分考虑发展空间。

(6) 供电、供水、供气、供油、有线通信、污水处理、固体废弃物处理、消防、救援等设施宜充分依靠城市公共设施。

通用机场建设受影响因素多，涉及面广，每一个机场的建设过程都是不可复制的。因此，机场设计过程需首先把握上述原则再根据具体问题进行深入分析，才能确保机场建设方案合理可行。以上原则也符合《规范》的核心思想，即在保障通用机场基本安全的前提下，逐步放松对通用机场的限制，降低其发展成本，以促进中国通用航空又好又快的发展。

4.3 主要设计内容

通用机场建设的主要内容包括：场道工程、助航灯光及机坪照明工程、航站区工程、航管工程、导航工程、通信工程、气象工程、供油工程、供电工程、消防救援工程、给排水工程、制冷、供热、燃气工程、机务维修工程、生产辅助设施及行政后勤设施。通用机场建设规模相对较小且根据其使用功能往往不建设航站楼。市政设施也要尽量依靠城市公共设施，以降低建设成本，避免重复建设，推动通用航空产业发展。

5 通用机场项目投资估算

一般通用机场的飞行区主要建设内容及估算单价见表1。

如图1所示，某通用机场，其飞行区跑道长度800m，宽30m。设有与跑道长度等长的停机坪，行区技术指标为1B，采用目视飞行无新建导航设施。航站区设有1500m²航管综合楼、相关生产辅助设施

表1 飞行区建设内容及估算表(人民币)

序号	建设内容		估算价格	序号	建设内容		估算价格
1	跑道		300元/m ²	9	飞行区围界		600元/m
2	联络道		300元/m ²	10	飞行区消防		320万元
3	停机坪		300元/m ²	11	场地平整	填方	参考当地价格
4	道肩及防吹坪		150元/m ²	12		挖方	参考当地价格
5	排水沟	暗沟	2000元/m	13	机坪照明		35万元
6		砼明沟	1900元/m	14	安防系统		200万元
7		片石明沟	1000元/m	15	航管通信气象工程		500万元
8		巡场路		260元/m ²			

注：表1仅供估算时使用，估算时还需结合当地价格情况。

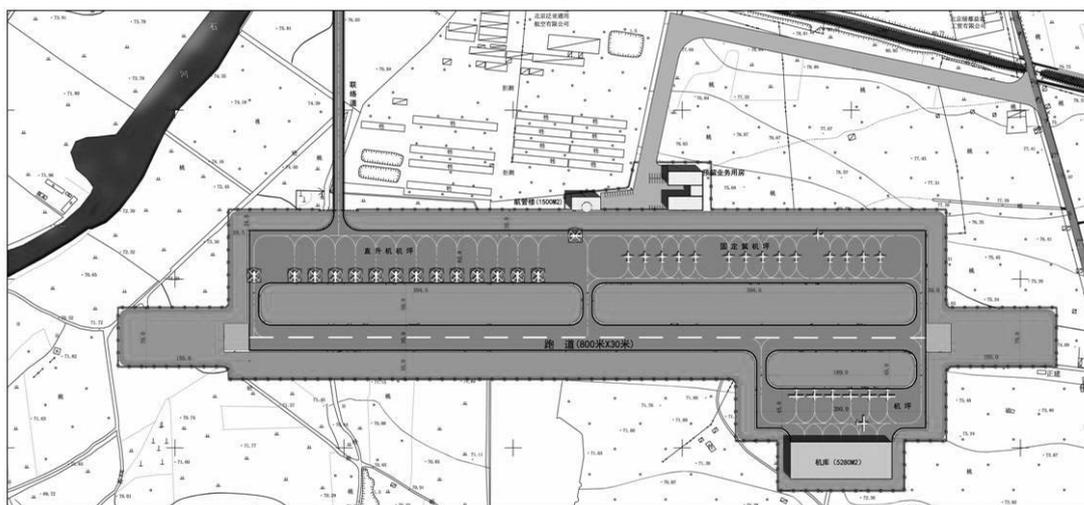


图1 某通航机场项目总平面布置图

用房、维修机库等。在不包含拆迁及土地购置费用的前提下，项目投资约为8500万元人民币。

6 结论

通用机场是通用航空产业发展的重要依托，没有完善的通用机场网络就无法实现通用航空产业的跨越式发展。在通用机场前期建设审批阶段，要充分了解各地区民航及空军管理部门对该区通用机场建设审批流程的相关规定，尽可能早地与空军及民航系统进行协调和沟通。要充分认识到选址论证工作的重要性和其中的难点，根据

不同的特点充分准备，以提高通用机场前期审批效率。

在通用机场建设过程中，要合理规划通用机场的规模，尽量节约土地资源，利用市政现有配套设施，尽量降低项目投资，避免重复建设。

机场飞行区智能周界安防系统设计探讨

■ 邱冬莉 魏旗 [电气]

摘要: 本文通过对国内某机场飞行区周界安防系统设计方案的分析,阐述了新一代智能化周界安防系统的构成及应用,重点分析了该智能化周界安防系统组成的各子系统,其中包括:基于物联网的MEMS振动入侵报警系统、移动目标雷达探测及热成像扫描系统、安防视频监控系统及广播报警系统。通过各子系统的网络融合,实现了飞行区周界智能化监控的目标。

关键词: 飞行区周界安防; 物联网; 移动目标雷达探测; 智能化

1 引言

一直以来,民航机场的安全防范主要分为两部分,航站区安防监控系统和飞行区周界安防系统。随着民航机场的吞吐量、起降飞机数量的增加,机场跑道和机坪的面积也逐渐扩大,为保证机场空防和地面人员的安全,飞行区周界安防系统作为第一道防线,作用十分重要。

传统的周界安防主要包括红外对射、泄露电缆、振动光缆(电缆)等技术,但这些传统技术普遍存在误报率较高、安全性差等缺点,随着现代计算机技术、通信技术的快速发展及物联网概念的问世,使得多元化、智能化的周界安防系统应运而生,这种系统采用多技术协同探测、融合算法、根据气象数据智能分析、结合视频联动、广播报警等,功能丰富,可靠性强,已经在国内外多个大型机场得到了验证。本文选取国内某国际机场作为案例背景,对飞行区智能周界安防系统进行分析探讨。

2 机场飞行区智能周界安防系统设计

2.1 系统总体方案

飞行区智能周界安防系统采用现代多媒体技术及数字化监控技术结合形成先进的数字化、智能化、网络化周界安防系统,通过统一的通信网络平台和管理软件将中央监控室设备与各子系统设备联网,实现由监控中心对全系统进行信息集成的自动化管理。子系统包括:基于物联网的MEMS(Micro-Electro-Mechanical System,微机电系统)振动入侵报警系统、移动目标雷达探测及热成像扫描系统、视频监控系统及广播报警系统。周界安防系统框架图组成见图1。

根据飞行区不同区域的地理环境特点和人员行动特点,采用多种检测手段和复合技术实现安防监控应用。在环境复杂的航站楼、货运库、维修机库围界上,围界较为曲折多变,容易受车辆、人员影响,入侵防御以点防为主,需选用成本低、灵敏度精度高、智能化集成的MEMS振动探测系统结构,在金属围界和部分实体墙上安装围栏探测器和砖墙探测器。在空旷的跑道围界区域,防护区广阔平坦,可选用可靠性高、能够有效减少工作人员排查设备故障次数的移动目标探

作者简介:邱冬莉,女,助理工程师,2014年毕业于北京理工大学信息与通信工程专业,现就职于中航规划民航工程设计研究院。

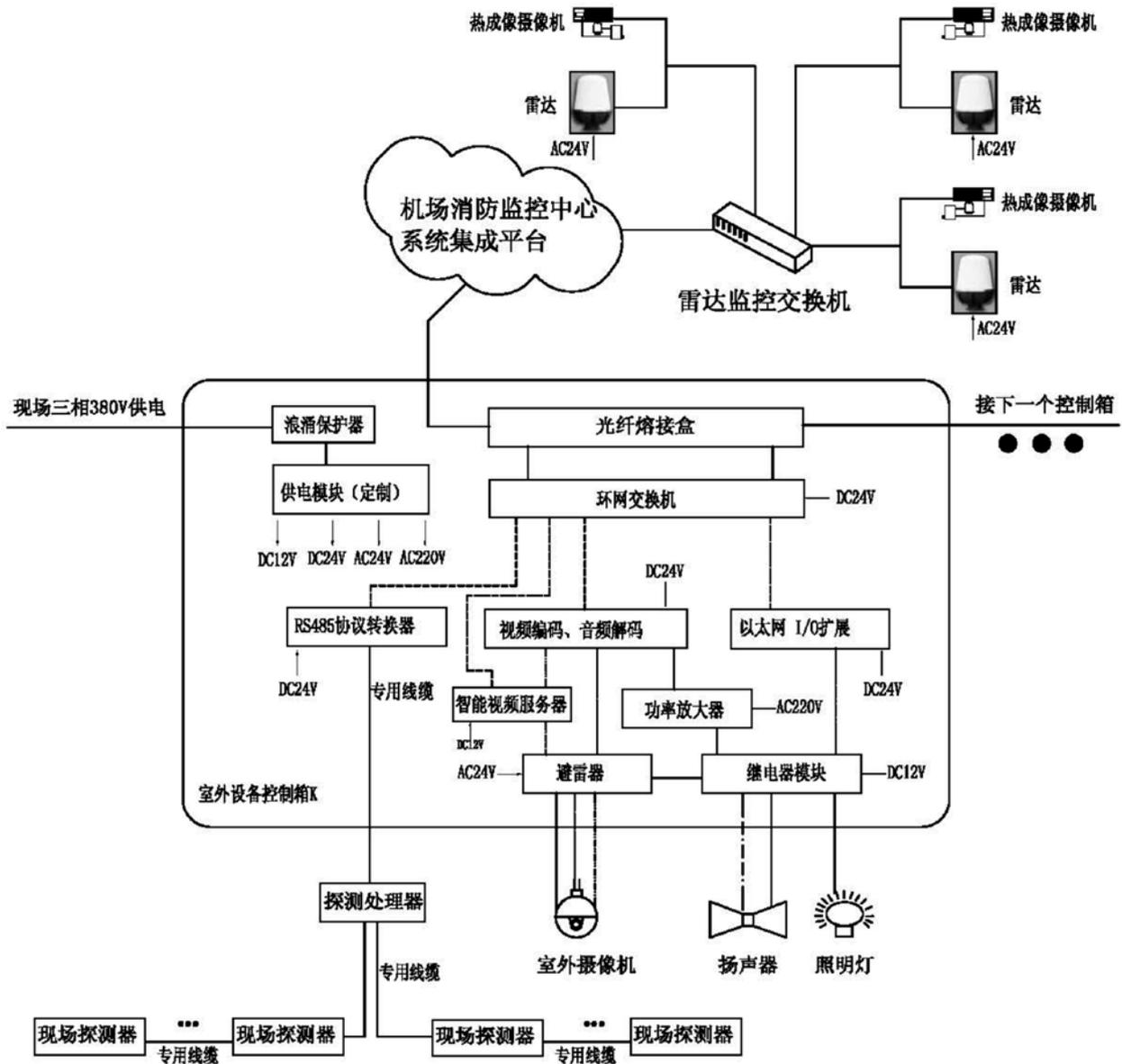


图1 飞行区智能周界安防系统框架图

测雷达。飞行区围界上按一定距离安装日夜转换固定式数字彩色摄像机和日夜转一体化球型彩色摄像机，在雷达附近安装热成像及超视距彩色摄像机对入侵目标进行跟踪。沿着围界布置广播扬声器，实时语音告警。通过四个系统的集成达到实时监控不法分子的入侵，及时警告进入周界附近的人员，以避免对机场内设施造成破坏和人员的伤害。

2.2 系统设计

1) MEMS振动入侵报警系统

基于物联网技术的MEMS振动入侵报警系统

主要包括前端探测和后台服务器两部分。多个部署在围界上的前端探测器连接到一个区域融合控制器，后者通过以太网连接到后台服务器，气象采集设备同样通过以太网连接到后台服务器。系统后台服务器负责接收前端探测器的报警数据，接收气象数据，分析设备的故障信息，对报警数据和气象信息等数据进行融合，判断是否报警，并给出报警结果。采用物联网技术，能够将机场基础设施和IP网络设施结合起来管理，一方面是机场、道路和建筑物的安防需求，一方面是数据中心和网络的应用，两者的结合大大节省人工成

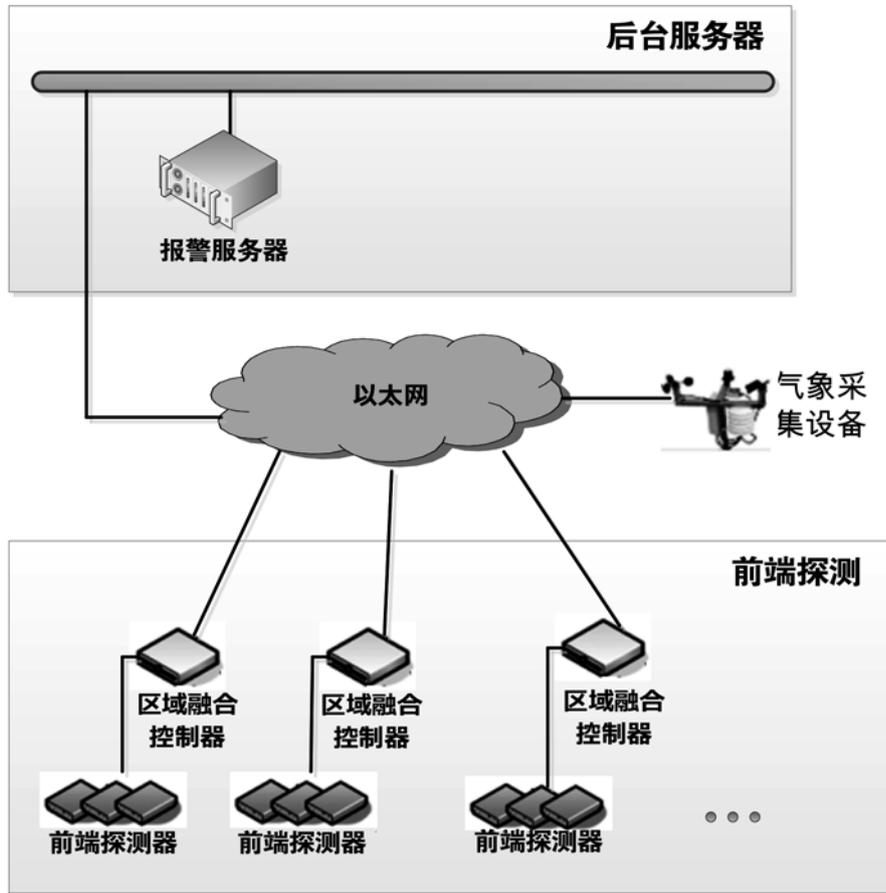


图2 MEMS振动入侵报警系统框图

安装在墙砖上的砖墙探测器。探测器使用MEMS传感器采集和识别围界振动信号，与传统的传感器相比，采用微电子和微机械加工技术制造出来的MEMS传感器具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性高、易于集成和实现智能化的特点。将探测器安装在每个围栏立柱上，入侵报警定位精度可达3m。每个探测器都是独立的报警单元，所有报警单元组成全围界振动状态的实时状态监控系统。当某个探测器内部发生故障，不会导致总线故障，而节点故障状态会在后台软件及时更新。当线缆短路时系统会发出防区故障报警信号，通信线缆被剪断时，则系统可精确定位线缆被破坏点。前端探测器的这些特征，大大节约了机场复杂区域围界安防的成本，提高了精度，具有

较高性价比。围栏探测器安装示意图见图3，墙砖探测器安装示意图见图4。

本，也促进了机场管理迈向智能化。MEMS振动入侵报警系统框图见图2。

前端探测分为安装在围栏上的围栏探测器和

后台服务器上运行防入侵智能报警软件，接

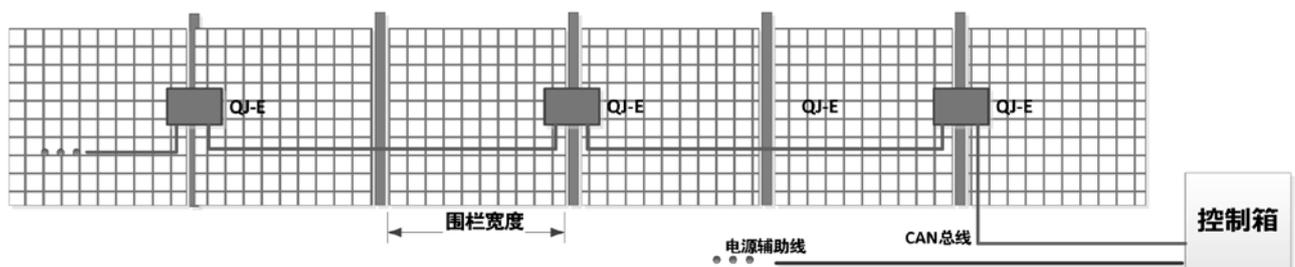


图3 围栏探测器安装示意图

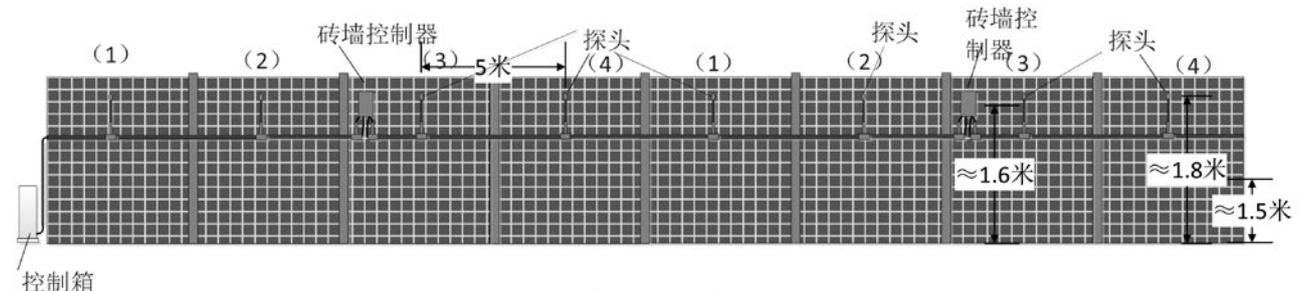


图4 墙砖探测器安装示意图

收前端探测器数据并输出报警结果。系统软件采用智能区域融合算法,通过接收和处理所有探测器的现场信息数据。最大限度地排除飞行区周边车辆振动、无意触碰等干扰。为了有效减少机场附近极端天气带来的干扰,探测器利用空间和时间算法对区域内探测器数据融合,同时还借助风速风向等传感器感知的数据进行数据融合,自动调整报警检测的特征参数。

2) 移动目标雷达探测及热成像扫描系统

移动目标雷达探测及热成像扫描系统由系统服务器、前端雷达组成。系统服务器接收到雷达的报警信号,经过处理后直接发送命令给热成像及超视距彩色摄像机,对可疑目标进行实时跟踪。移动目标雷达安装示意图见图5。



图5 移动目标雷达安装示意图

移动目标雷达探测系统采用RVS (Radar Video Surveillance, 雷达视频监控) 技术,对人员有效探测距离为1000m,对车辆的有效探测距离为1454m。机场飞行区跑道测的空旷围界长度约为5.5km,根据有效探测距离,平均布置三台雷达即可有效进行防范。该雷达工作频段为76-77GHz,属毫米波雷达,发射功率最大为15毫瓦,扫描频率 $216^{\circ}/s$,最小安全距离为0.36m。

经有关机场使用部门测试,该雷达设备在运行期间,对机场盲降系统、航班正常起降和空管通讯无影响。

RVS技术采用扫描式探测,其覆盖的范围能同时探测不少于10个的入侵目标,且雷达覆盖范围内的10个入侵目标可连续、不间断、不干扰地追踪显示。雷达覆盖范围内的摄像机除了能进行基本的复核外,同时可以对入侵者入侵后的轨迹进行连续式追踪,或者多目标间的切换追踪。用户可以选择主要追踪目标,但是随动摄像机对主要目标进行追踪的同时,其他入侵目标不会因摄像机的数量问题而在地图上丢失目标。

机场飞行区空旷区域面积广,距离机场安防管理监控中心较远,天气变幻多样,采用高性能、高分辨率、极低误报率(24小时内仅有一次误报)的雷达探测技术,可大大减少管理人员排查故障的工作量,而且准确性不会因为天气、光照或是其他环境因素的改变而变化;不受小动物引发的虚假警报影响,能够定位和跟踪围栏外闯入者,并且可识别其攀越围栏;当中间没有阻挡物时,该雷达还能探测相邻的陆域或是水域的情况。

3) 安防视频监控系统

入侵报警系统需要与视频进行联动,在报警发生时自动切换报警防区的视频监控图像,并显示在大屏幕上,进行报警后的视频复核。因此在机场飞行区围界的围栏和围墙处每隔约100m设置一台720P日夜转换固定式数字彩色摄像机,采用追尾跟踪和入侵报警联动控制对企图跨越周界围栏或围墙的行为进行监控。利用照明灯光补充达到24小时实时监控的功能。并每隔约500m设置1080P日夜转一体化球型彩色摄像机一台,用于对闯入者的继续跟踪。在机场飞行区随雷达设置热成像及超视距彩色摄像机,摄像机可通过雷达控制跟踪入侵目标,实现实时监控。

前端数字摄像机通过光纤网络将视频信息传输至机场安防监控中心进行视频显示和处理。由于使用IP摄像机,视频信号无需编码器和解码器,直接将数字视频信号传输至视频服务器,如发生非法入侵,则会在安防监控中心屏幕上显示报警图像,同时联动前端带云台摄像机转到相应报警预置位,并在安防监控中心电视墙上显示。安防视频监控系统框图见图6。

4) 广播报警系统

广播预警系统的主要作用是对入侵行为进

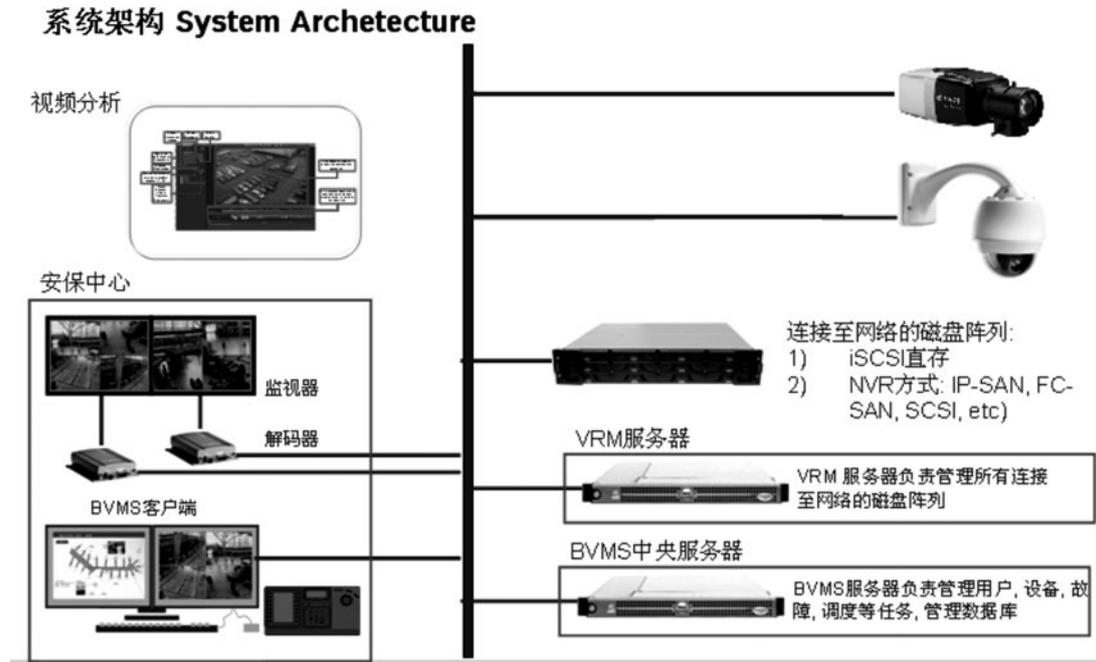


图6 安防视频监控系统框图

行阻止, 机场围界的广播同时具有信息发布及广播讲话等功能。根据机场围界每个区域不同内容播放要求, 系统采用IP数字智能音频广播系统, 可对任意一个区域、多个区域、全部区域进行广播。各个区域可播放不同内容, 也可多路同时播放不同的内容。系统配备IP寻呼话筒, 进行人工喊话。

当确认有人正在非法进入禁区时, 安防报警处理系统通过协议联动广播系统, 告知广播系统报警防区信息。广播系统主机自动打开报警语音, 将语音或人工广播通过音频网络适配器传输至报警分区现场。同时控制打开相关区域的功率放大器和分区控制器, 进行自动广播。音源为事先录制好的警示语, 当报警事件处理完后, 可通过围界报警管理主机在管理中心手动关闭广播。

如果没有报警, 视频监控弹出可疑现象, 中控室可通过广播管理主机, 手动打开防区广播, 打开相应的扬声器通路, 中央控制室内人员通过话筒对外直接喊话。

3 结束语

无论从全球趋势还是我国经济结构转型的角度看, 我国经济社会对民航机场的需求都处于上升时期, 因此, 我国有着巨大的飞行区周界安防

市场, 随着通信技术和微电子技术的成熟, 新一代的飞行区周界安防系统使得设备间直接通信、交互、协作, 达到安全防范过程更加全面, 必定会得到大规模的推广和应用。未来的飞行区周界安防, 将会朝着网络化、数字化、智能化及多种手段相结合的方向发展, 将会把周界安防系统建设到一个新的水平。

参考文献

- [1] 梁宏意. 谈机场飞行区周界安防系统设计[J]. 工程建设与设计, 2011, 11: 75-78.
- [2] 曹学明, 王喜富, 刘海迅. 基于物联网的机场周界安防系统设计[J]. 物流技术, 2010, 19: 66-68.
- [3] 王鹏. 明察秋毫: 基于物联网技术的智能安防[J]. 中国数字电视, 2012, 05: 28-33.
- [4] 林建海, 陆开. 基于物联网的浦东机场飞行区围界防入侵系统应用[J]. 华东科技, 2012, 07: 69-70.

生物制品生产企业实验动物房 工艺布局设计分析

■ 李红 [工艺]

摘要: 本文通过对实验动物房设计实践中部分内容的总结,论述了实验动物房的生产和实验情况,归纳了实验动物、实验动物环境的分类,提出了实验动物房工艺设计中的需要重点考虑的工艺区划、人物流向、走廊布置三个方面,提出了在设计中需注意的问题,提出了探讨性建议;扼要介绍了动物房中涉及的特殊设备和需要考虑的其他专业问题。

关键词: 实验动物; 工艺布局; 走廊形式

0 引言

根据《中华人民共和国药典》2010版规定,生物制药企业实验动物主要用于生物制品的热源、异常毒性检查,以及部分注射剂和生物制品的升压和降压物质检查。另外,在一些生物制品生产中,常常要用实验动物的组织或器官来提取产品,实验动物以用于生产和质量控制为目的。因此,生物制品生产企业在建设过程中就应根据企业今后的生产情况设计建设与生产相适应的实验动物房,以满足生产或检验需要。

1 实验动物设施的综述

1.1 环境条件的分类

(1) 普通环境

该环境设施符合动物居住的基本要求,不能完全控制传染因子,适用于饲养教学等用途的普通级实验动物。

(2) 屏障环境

该环境设施适用于饲养清洁实验动物及无特定病原体实验动物,该环境严格控制人员、物品和环境空气的进出。

(3) 隔离环境

该环境设施采用无菌隔离装置以保存无菌或无外来污染动物。隔离装置内的空气、饲料、水、垫料和设备均为无菌,动物和物料的动态传递须经特殊的传递系统,该系统既能保证与环境的绝对隔离,又能满足转运动物时保持内环境一致。该环境设施适用于饲养无特定病原体、悉生及无菌实验动物。

1.2 洁净等级的划分

《实验动物设施建筑技术规范》(GB 50447-2008)中明确了实验动物采用的洁净等级有:洁净度5级、洁净度7级、洁净度8级。

通过比较,实验动物设施洁净度7级与医药洁净区空气洁净度C级区相近,尘粒数控制要求略低于C级区,所以在实验动物房设计时,可以采用实验动物设施洁净度的划分标准,也可以参照医药洁净区空气洁净度要求设计。

作者简介:李红,女,工程师,2008年毕业于圣彼得堡化学药物大学药理学系,现就职于中航规划医药工程院。

2 实验动物房的平面布局

2.1 平面布局的基本因素

设计人员进行实验动物设施设计时，首先要确定的就是平面布局和走廊形式。设计前应从以下方面考虑：动物生产区和实验区之间的动物流向；洁净区与污染区之间的联系；人员、动物、清洁笼具和物品各自的流线；废弃物、动物尸体和需清洗的笼具的流线。

设计时应遵循以下几个基本原则：

(1) 实验动物生产区与动物实验区分开，各成独立系统。

(2) 不同品种品系的实验动物要独立生产，不可放在一个房间内混养，以免交叉干扰。对环境造成较大影响的动物，如犬、猴会制造巨大噪声，应作特别处理。

(3) 洁净设施布局设计时，应保证人员、物品和空气的单向移动，以避免交叉污染，这是最为重要的基本要求。

(4) 设施布局要方便日常工作和实验操作，并有足够的空间放置所需物品。

(5) 物品净化的管理区设在洁净区外，并以适合容量的双扉脉动真空灭菌器做为屏障通道。不耐高温、高压和其他的物品通过时则由高密度紫外灯式传递窗做为屏障通道。

2.2 人、物流的基本流向

人物流向是实验动物房设计需要重点考虑的方面，一般而言，人员流向为：门厅 → 普通更衣 → 更洁净服 → 进入洁净区。货物流向为：货厅 → 缓冲间或者灭菌柜 → 进入洁净区。动物流向：接收间 → 检疫观察室缓冲间 → 进入洁净区。

需要说明的是，一般而言，这三方面采用不同的入口进入动物房，以实现人物分流；但是对于动物的生产和实验在同一座楼里的情况，实验区所使用的动物主要是由生产区提供的，形成一个内部供应体系，对外采购量非常少，所以可以不设置专门的动物入口，首次的动物提供从货物入口进入。

2.3 常用走廊形式及其评价

平面布局是污染控制思路的体现，不同的控制思路，强调的控制重点不同，使得人物流线和洁污流线布置也不同。常用的实验动物设施的布局各式各样，叫法也多种多样，但就走廊形式而言，可分为单走廊型和双走廊型，下面分别做介绍，图中部分功能房间省略，主体区域是动物生产或实验室，重点放在笼具的流线上，并从污染控制的角度进行评价。

2.3.1 单走廊型

常见的单走廊型布局见图1。

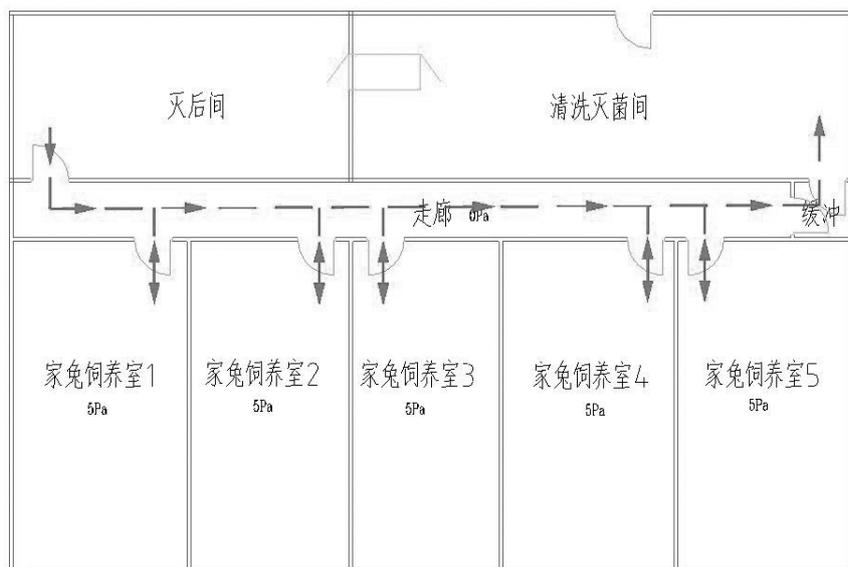


图1 单走廊型布置图

图中箭头表示的是笼具的传送路线，并未标出人员、动物和物品的进出区域和流线。由图中可以看出，单走廊型中所有动物房间的的门均设在唯一的走廊上，人员、物品、动物、笼具均有此门进出。清洗前后的笼具均由同一走廊传送，也由同一走廊进出房间。

单走廊型布局的最突出的优点就是能有效利用空间，洁净区只有一条走廊，大大减小了所需通道的面积，这使得房间面积可用面积变大。而且布局简洁、流线明确，符合工作人员的行走习惯。适合于动物规模较小、流向简单的动物设施。

2.3.2 双走廊型

常见的双走廊型布局有如下两种形式：单侧双走廊型布局和双侧双走廊型布局（见图2）。

双走廊型布局中动物房在两独立的走廊上各设一扇门，一条用来运走需清洗的笼具。另一条用来运来清洗过的笼具，即“污物走廊”和“洁净走廊”。笼具的路线均是单向的：笼具由清洗区的清洁侧出来，经过洁净走廊，送到各个房间，污浊的笼具由房间出来，经污物走廊，进入清洗区的污物侧。单侧双走廊型布局和双侧双走廊型布局的差别在于前者需要考虑房间长宽比例，否则形状过于狭长，房间不适合使用，后者

在总面积相同的情况下，一般房间数目较多，房间的长宽比例比较容易协调，二者在环境控制上并没有实质区别。

双走廊型的布局之所以在国内外得到广泛的应用是因为最主要的优势就是污染控制更有效和方便，因为它避免了清洁物品和笼具与废弃物、污浊的笼具混在同一走廊上，大大降低了交叉污染的风险。同时，双走廊型还方便了人流、物流。

双走廊型的布局在控制流向和污染优于单走廊型，是比较理想的走廊形式。但它的造价高，因此我们需要对双走廊型的经济性和空间有效利用率之间的关系做进一步的研究。就我国目前的国情而言，大型动物设施的数量在不断增加，在满足空间有效利用率的前提下，为了更有效地控制污染，所以采用双走廊型的居多。

3 实验动物环境设备的选择与配置

实验动物环境中的设备是满足实验动物环境长期安全、稳定运行的支撑条件，是保证实验动物质量及动物实验结果准确性的重要因素之一。随着其环境分类的细化以及控制要求的进一步提高，环境设备的种类、规格越来越多，而且针

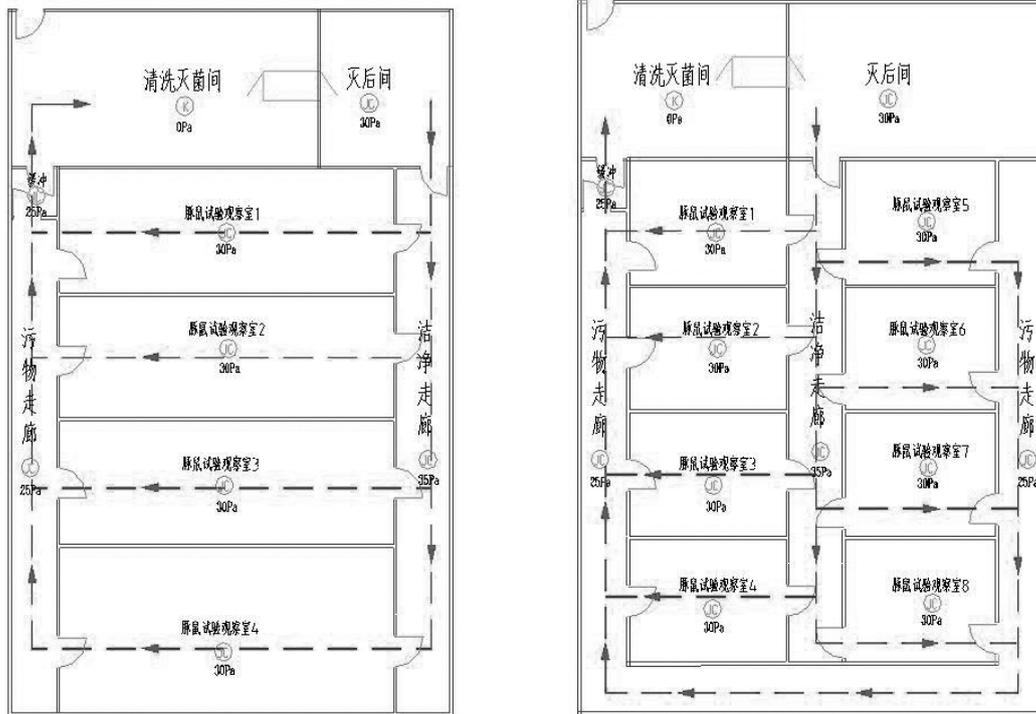


图2 双走廊型布置图

对性较强, 级别不同、大小不同、实验目的不同的动物所使用的设备均有区别, 设备的选择与配置对空气洁净度、室内气流组织以及污染控制均有着较大的影响。除了传统的笼架、消毒灭菌柜等, 对于某些特殊要求的实验动物设施(比如感染实验区), 近年来出现一些专用的、有针对性的设备, 在这里做一个扼要的介绍。

3.1 独立通风动物生产笼(IVC)

该装置是根据国外技术开发的一种新型的动物生产笼具, 由各部分组成送风系统、排气系统、笼架、鼠盒耳个鼠盒均有单独的送风口和排气口。盒盖设有带过滤的出气孔, 方便鼠盒的搬运, 另设有饮水瓶和饲料盒, 换饲料换水无需打开鼠盒。自采用一套空调系统, 新、排风管连接到每个生产架, 自带新、排风接头, 使得动物生产笼内的环境控制变得十分简单, 并与室内环境状态无太大关系, 主要用于感染实验区动物的观察, 也可以适用于特殊条件下实验动物的饲养。

3.2 隔离器

隔离器主要用于动物实验, 空气经高效过滤以后送入隔离器, 形成与外界隔离的无微生物的环境, 可以防止在实验过程中外界环境的污染, 有效保护隔离器里的动物; 也可以防止实验本身对于外界环境的危害, 保护操作人员与操作环境的安全。

4 结论

综上所述, 实验动物房设计过程中应综合考虑内外环境对实验动物的影响, 既要满足实验动物生产和实验要求, 同时要满足各种规范要求, 特别注意以下两点:

(1) 在设计中要认真分析实验动物房的污染控制思路与相应的平面布局(人流、物流和房间的功能设置)。从功能上应合理分区满足区域功能要求, 理清人员、货物、动物流向, 使之合理有序, 互不干扰; 合理布置单双走廊, 既提高面积利用率又控制污染风险;

(2) 深入了解独立通风动物生产笼(IVC)、隔离器等新型设备的功能原理, 明确他们的适用范围和使用要求, 恰当利用, 使之发挥最大的作用, 有效保护动物的生产、实验环境。

参考文献

- [1] 《实验动物设施建筑技术规范》(GB 50447-2008).
- [2] 实验动物学 湖南科学技术出版社 2001年 陈主初 吴端生.
- [3] 浅谈实验动物房的设计 高志刚 医药工程设计杂志 2003年第6期.
- [4] 大型实验动物房的环境控制 何婧.
- [5] 制药厂实验动物房的设计探讨 吴明德 安徽医药 2005年第四期.

生态敏感性分析在旅游规划环境影响评价中的应用研究

■ 刘艳菊 朱洪利 [规划]

摘要: 作为土地资源评价方法之一的生态敏感性分析正逐渐地成为区域生态环境质量评价、生态功能区划和生态城市规划的依据。但到目前为止,将生态敏感性分析应用到旅游规划环境影响评价中的案例尚为数不多。本文以山西蟒河猕猴国家级自然保护区生态旅游区总体规划为例,通过选择有区域代表性的生态因子,采用因子空间叠加的技术方法对旅游区生态环境开展生态敏感性分级,综合分析和评价旅游规划的潜在环境影响,从而有助于完善旅游规划设施的开发规模和空间布局,减缓旅游开发的不利环境影响。

关键词: 生态敏感性分析; 旅游规划; 环境影响评价

1 前言

战略环境影响评价是对政策、规划或计划及其替代方案可能产生的环境影响进行系统、持续的综合评价过程,并把评价结果应用于负有公共责任的决策中,确保全面整合与环境、经济和社会相关的考虑因素。2003年9月实施的《环境影响评价法》以法律的形式明确规定,包括旅游规划在内的10类专项规划必须开展战略环境影响评价,2009年10月实施的《规划环境影响评价条例》进一步明确了旅游专项规划环评的重点评价内容。然而,我国目前战略环评仍处于不断探索阶段,对旅游规划环评的研究尚且不多,没有建立起成熟的评价模式和健全的评价体系用以指导旅游规划环评工作的顺利开展,与之相关的导则和应用研究也有待于不断充实和完善。本文选择在旅游规划环评中引入生态敏感性分析方法,以期通过对旅游区生态环境要素的提取分析和空间叠加,综合分析和探讨旅游规划方案在规模、布局等方面的合理性和可行性,并借此完善旅游规划环评的技术方法,推动旅游规划环评的

实践,有效保护旅游区生态环境质量和旅游资源。

2 旅游规划环评中生态敏感性分析的内涵

2.1 生态敏感性分析的定义

生态敏感性分析结果其实质反映的是旅游区生态系统对旅游开发的敏感程度及可接受程度。当受到人类活动影响时,容易产生生态环境问题主要是敏感性高的区域,其开发活动可接受程度相应较低。因此,在开展旅游规划环评时,旅游区开发强度应与生态敏感性高低成反比,敏感性高的地方,开发强度则应较低,其开发规模应予以控制,保护力度应相应提高。

2.2 生态敏感性分析的原则

2.2.1 生态优先原则

旅游区的生态系统有其相对的脆弱性,不合理的开发和利用会导致其生态系统的破坏。在生态敏感性分析中全面落实生态优先的原则要求,并实现长期与短期、绝对与相对、整体与局部等多方面体现生态优先。

2.2.2 突出重点原则

旅游规划环评中的生态敏感性分析必须在全面系统分析的基础上,综合考虑规划区地形地貌、

作者简介:刘艳菊,女,高级工程师,2010年毕业于北京师范大学人口、资源与环境经济专业,现就职于中航规划综合规划研究院。

保护物种及生境、资源禀赋及生态环境现状,选择规划实施后可能引发生态环境问题的重点因子作为参评因子,同时结合分析结果,对重点规划景区、重点规划项目、重点保护对象及重点环境敏感目标制定有针对性的调控与影响减缓措施。

2.3 生态敏感性分析的作用与地位

旅游规划环评中生态敏感性分析的应用主要包括三方面。其一是判断规划景区在发展目标和定位上是否与规划区的生态环境和旅游资源价值相符合;其二是分析旅游规划的开发强度是否与区域的生态环境特征相协调;其三是分析规划旅游景区及旅游项目在空间布局上的合理性。简单地说,即分别针对旅游规划定位、规模和布局展开。

2.3.1 判断规划目标与定位

旅游规划总体目标与定位及各规划景区目标和定位指导着具体规划项目的开展与实施,在旅游规划环评中处于指导性地位。生态敏感性分析可以成为形成决策的重要技术方法,决定相关的开发活动如何与两个或更多的生态环境因素联系起来,通过两者的结合从而筛选出最佳的发展模式,并以此判断规划方案中规划区的发展目标及定位是否具有合理性。

2.3.2 控制规划用地开发规模

生态敏感性分析可以通过多角度多因素地综合分析和判断规划用地的生态属性,确定规划区的生态环境敏感性分布,从而制定合理的土地开发强度和规模,保证规划区内不同生态环境条件的土地被有效地利用,实现旅游区经济的良性增长和资源的永续利用。

2.3.3 优化规划用地布局

作为土地评价方法之一的生态敏感性分析,可以有效确定规划区开发的限制因子及资源的最优配置方式,判断各旅游规划对象空间分布格局是否合理,并作为规划方案布局优化调整的基础,对用地布局不合理的旅游规划提出相应的改进建议,确保规划旅游地的空间布局与潜在的环境保护目标协调一致,推动旅游区经济、社会、环境的协调发展。

2.4 旅游规划环评中生态敏感性分析的技术方法

目前最常用的生态敏感性分析方法是因子加权评分法。其基本步骤可归纳为:(1)首先将评价区域按照一定的相似度划分若干土地单元;

(2)确定规划的土地单元及土地单元中所涉及的主要生态因子;(3)调查每个生态因子在土地单元中的实际状况及分布,绘制单因子图,并根据其

对规划的土地利用方式进行分级评分;(4)确定各个生态因子的权重;(5)对各土地单元进行加权求和,得到其综合得分。一般分数越高,表示适宜性越高;(6)绘制多因子综合图,并由此制定或评价规划方案。

3 案例分析

3.1 规划区概况

规划的生态旅游区位于山西省晋城市境内的山西阳城蟒河猕猴国家级自然保护区内,处于山西省东南部晋豫两省交界处。自然保护区总面积 55.73km^2 ,其中核心区面积 33.98km^2 ,缓冲区面积 4.19km^2 ,实验区面积 17.56km^2 。保护区重点保护对象是:珍稀濒危物种(主要为猕猴)和野生动植物栖息繁衍的生态环境。

3.2 规划概要

规划的生态旅游区所有建设项目全部安排在保护区实验区内,规划面积 3.87km^2 ,占实验区总面积(17.56km^2)的22%,占保护区总面积(55.73km^2)的7%。

规划区的总体布局与空间结构划为七大旅游景区:蟒源生态旅游景区、西峡探险健身景区(西入口区)、北麓登山攀岩景区(北入口区)、后庄科普教育园区(也称后庄珍稀树木园)、黄龙庙避暑山庄景区、钙化型峡谷景观区、窟窿山度假村景区。同时,此次旅游总体规划涉及旅游景点规划、旅游步道规划、旅游宾馆、商店和配套规划、综合治理水利设施规划、停车场规划及电力、给排水规划等专项规划。

3.3 旅游开发的生态敏感性分析

3.3.1 自然保护型敏感性分析

规划区自然环境现状的差异极大地影响着区域生态系统对人类活动的反应能力。自然条件较好的地区,生态系统的结构较复杂,系统的自调控能力较强,能较好地适应外在条件的变化,生态环境敏感性较弱;自然条件较差的地区,生态系统对外来影响的自调控能力弱,生态环境敏感性较强。在此根据规划区的研究重点和实际情况,结合收集到的资料和数据,从中筛选出与规划区生态环境保护最密切相关的因子作为敏感性分析的评价指标,如表1所示。

通过对规划区DEM数据的提取与分析,分别绘制参评指标的单因子分级图,并对其空间叠加得

表1 规划区自然保护型敏感性分析评价指标及分级标准

目标层A	准则层B	指标层C	分级标准	分值	权重
自然保护型敏感性分析A ₁	水土流失B ₁	坡度C ₁	>35	7	0.133
			25-35	5	
			15-25	3	
			<15	1	
		地形起伏度C ₂	>300	7	0.133
			100-300	5	
			50-100	3	
			<0-50	1	
		与水体的距(米)C ₃	<50	7	0.067
			50-100	4	
			>100	1	
		土壤类型C ₄	山地棕壤>1500	7	0.067
		山地褐土800-1000	4		
		冲积土<800	1		
	生境影响B ₂	物种栖息地C ₅	国家一级保护物种	7	0.3
			国家二级保护物种	5	
			其他国家与省级保护物种	3	
			无保护物种	1	
与缓冲区边界的距离(米)C ₆		<200	7	0.3	
		200-500	5		
	500-800	3			
	>800	1			

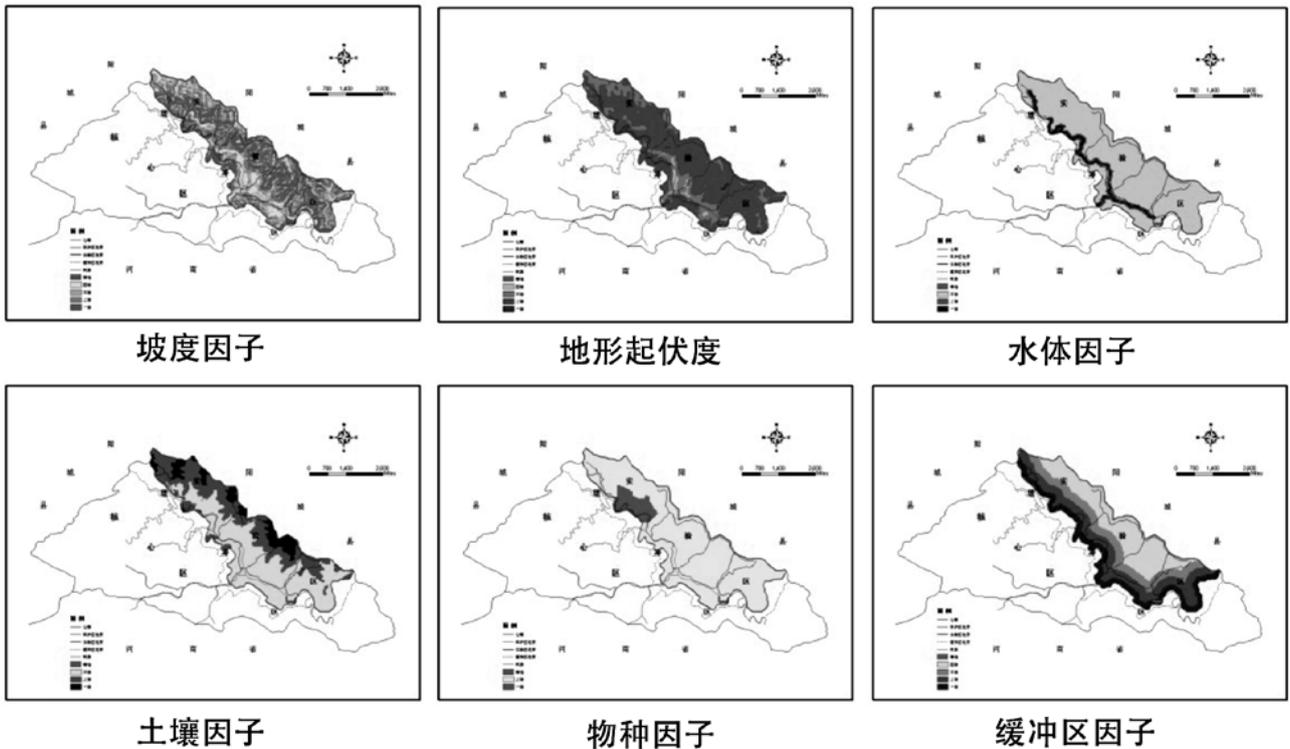


图1 规划区自然保护型敏感性分析单因子分级示意图

到蟒河生态旅游区自然保护型生态敏感性分析图(如图1、图2所示)。

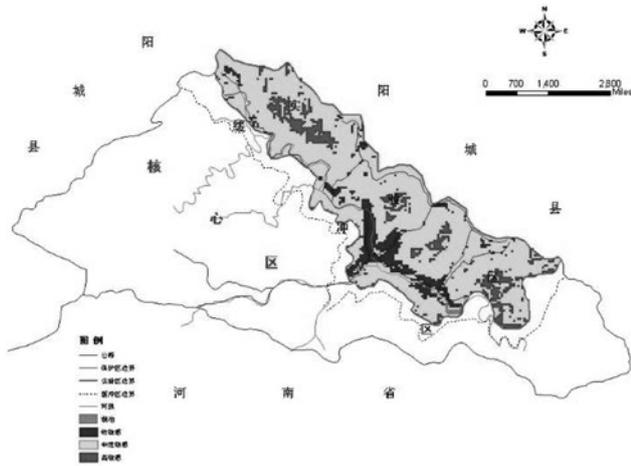


图2 蟒河生态旅游区自然保护型生态敏感性分析示意图

3.2.2 用地限制型敏感性分析

根据研究重点与客观条件,从众多的因素中选择对评价地区开发建设限制最大的关键性因素作为调研对象,从规划区自然地理、景观格局及交通状况三个准则层面选择用地限制型分析评价指标并予以分级量化,参评指标如表2所示。

同理,以规划区DEM数据和土地利用类型图

为分析基础,分别绘制参评指标的单因子分级图,并对其空间叠加得到蟒河生态旅游区用地限制型生态敏感性分析图(如图3、图4所示)。

3.2.3 规划区生态敏感性综合分析

结合两种类型敏感性分析,将自然保护型敏感性分析结果作为限制因子与用地限制型敏感性分析进行叠加,根据生态优先原则确定规划区不同区域的开发性质和强度。如表3、图5所示。

表3 旅游区生态敏感性综合分析

敏感性类型	用地限制型			
	高限制	中度限制	低限制	
自然保护型	高敏感	禁止开发	禁止开发	禁止开发
	中度敏感	限制开发	适度开发	保护开发
	低敏感	限制开发	保护开发	优先开发

一级——禁止开发区域:生态环境敏感性高的区域,该区生态脆弱性与不可逆变化敏感性较高,应作为重点生态环境保护区域,规划设计以封山保护为主,仅供观测研究,禁绝一般性开发利用,旅游利用只宜远处观赏。区内不再增设旅游景点和旅游项目,对于已有景点和项目近期可保留,但应合理控制其旅游人口并及时开展生态修复,远

表2 规划区用地限制型敏感性分析评价指标及分级标准

目标层A	准则层B	指标层C	分级标准	分值	权重
用地限制型 敏感性分析 A ₁	自然地理B ₁	土地利用现状C ₁	林地、水域	7	0.25
			耕地和草地	5	
			居住用地	3	
			未利用地	1	
		坡度C ₂	>25	7	0.25
			15-25	5	
			10-15	3	
			<10	1	
	景观格局B ₂	与水体的距离(米)C ₃	> 500	7	0.125
			300-500	5	
			100-300	3	
			< 100	1	
		与景点的距离C ₄	< 100	7	0.125
			100-200	5	
			200-300	3	
			> 300	1	
交通状况B ₃	与道路的距离(米)C ₅	>300	7	0.25	
		200-300	5		
		100-200	3		
		<100	1		

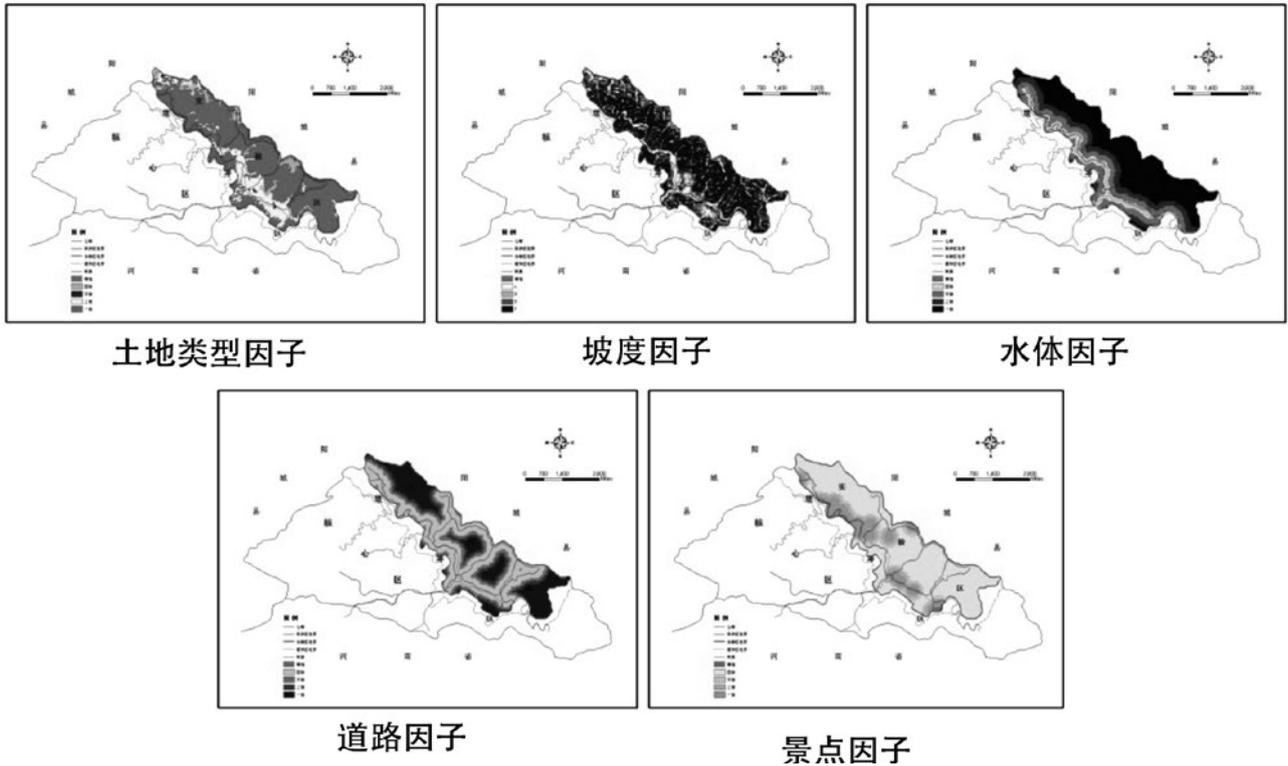


图3 规划区用地限制型敏感性分析单因子分级示意图

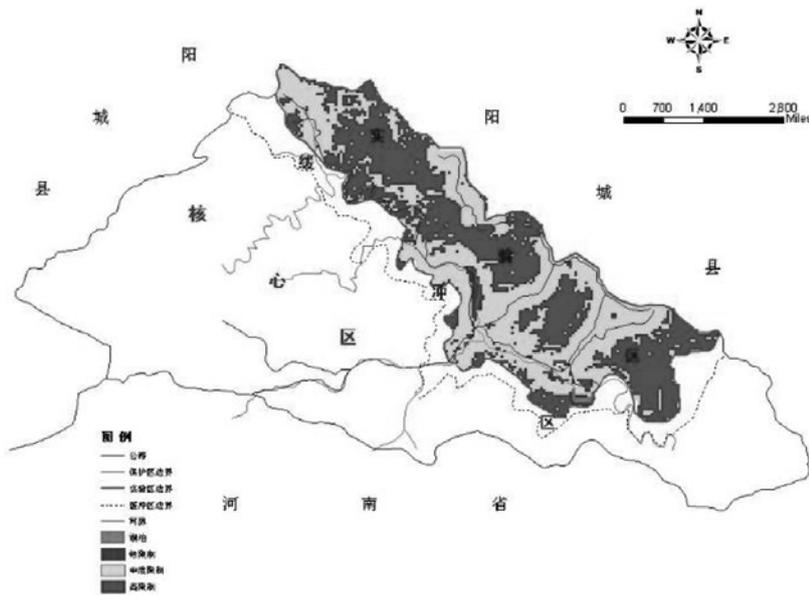


图4 蟒河生态旅游区用地限制型生态敏感性分析示意图

期建议拆除。

二级——限制开发区域：对于高用地限制的区域（除生态高敏感区外），开发条件是其主要开发限制因素，应此主要应对其旅游开发强度进行限制，选择小规模的自然景观改造的旅游项目，接收轻微的分散旅游活动。

三级——适度开发区域：适度开发区域主要为中度敏感和限制区域。所谓适度，一是合理控制工程项目建设密度、强度和范围，二是适度控制旅游人口规模。

四级——保护开发区域：保护开发区域内限制性相对较低，是优先开发区域之外的主要旅游开发考虑地段。但区内开发建设仍以生态保护为重点，旅游开发和旅游区运营过程中应时刻关注对自然生态的影响和破坏，不新建污染性或破坏性旅游项目，并适时定期地开展区内生态环境修复，对环境影响较大的旅游项目

应及时整改或关停。

五级——优先开发区域：区内生态环境和建设条件均较好，应作为旅游开发的优先考虑范围。

3.2.4 规划方案分析结论及优化调整建议

根据规划区生态敏感性综合分析结果，对旅游规划景区功能定位、旅游项目及基础设施等开发

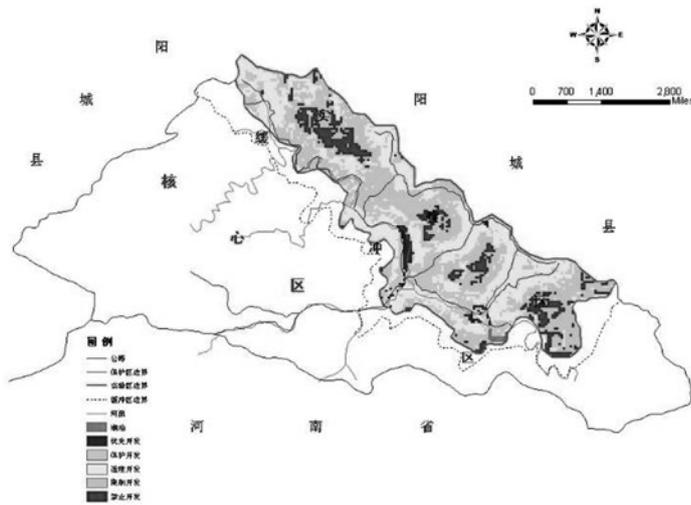


图5 蟒河生态旅游区生态敏感性综合分析示意图

表4 蟒河生态旅游区规划方案优化调整建议

调整要素	规划优化与调整建议
布局	建议适当调整蟒源生态旅游景区东北部及北麓攀岩登山景区南部规划边界； 建议整合修缮莲花峰—出水洞—水帘洞—养心池—翡翠池—观猴台主游道，减少新建支道，尽量控制步行道宽度范围； 建议猴王洞—前沟路段避开工程敏感用地； 建议将后河背停车场移至生态科普教育园内或他处非敏感地段；
规模	建议减少蟒源生态旅游景区及窟窿山度假村景区拦水坝围堰建设数量，并开展河流生态系统影响论证； 建议蟒源生态景区和北麓登山攀岩景区内不做较大规模工程改造，仅对原景点和设施进行修缮和增饰；
定位	建议将窟窿山水上游乐景区定位为以静态项目为主的水上观光区，不设置大规模的动态游乐项目，原规划居住功能迁至区外。

建设时序、规模和布局展开合理性和可行性分析，并为规划方案的优化调整提供翔实的依据。

基于对蟒河生态旅游区生态敏感性分析及对规划方案中旅游景区和旅游项目的论证，对《山西蟒河国家级自然保护区生态旅游区总体规划》规划内容提出以下优化调整建议（见表4），以此指导规划区可持续开发、管理和保护。

4 结语

旅游区生态敏感性分析的目的是更好地协调自然资源的开发和保护，既不同于一般的城市生态敏感性分析，也不同于针对某一单一的生态环境问题而展开的敏感性分析。通过科学地将生态敏感性分析应用到旅游规划环评中，能够行之有效地为评价旅游规划中景区规划、旅游项目规划、旅游附属设施规划等在功能定位、布局、规模上的合理性和可行性提供客观依据，从而更好地服务于规划方案综合论证和优化调整等核心内容，对于完善旅游规划战略环境影响评价和保护我国旅游资源有着重要的现实和指导意义。

参考文献

- [1] 王春菊, 汤小华, 郑达贤, 陈文惠. GIS支持下的土壤侵蚀敏感性评价研究[J]. 水土保持通报. 2005, 25(1): 68-74.
- [2] 明庆忠, 邱骥扬. 旅游地规划空间组织的理论研究[J]. 云南师范大学学报. 2006, 38(3): 137-143.
- [3] 王建春, 任丽军. 旅游景区开发规划环境影响评价研究[J]. 山东师范大学学报. 2008, 23(1): 87-90.
- [4] 基于GIS的万泉河流域生态敏感性分析[J]. 中国农学通报. 2012, 28(10): 69-73.
- [5] 张伟, 王家卓等. 基于GIS的山地城市生态敏感性分析研究[J]. 水土保持研究. 2013, 20(3): 44-47.
- [6] 基于CLUE-S与生态敏感性分析的土地利用生态效应动态模拟分析[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(6): 1296-1302.

航空工程EPC项目实施过程的费用控制分析

■ 王晓颖 李利 (工程造价)

摘要: EPC模式下, 总承包能够将自身的设计优势、技术优势、管理经验优势综合应用在项目中, 在实现质量、进度、费用和HSE目标的同时获取更大的利润空间。因此费用控制决定着总承包商盈利水平和项目费用目标的实现。本文从分析航空工程EPC项目费用控制的特殊性和必要性入手, 以期探讨出EPC项目在实施过程中设计、招标采购、施工三阶段的费用控制策略。

关键词: 航空工程; EPC工程总承包; 费用控制

0 引言

随着建筑业工程总承包模式的蓬勃发展, EPC模式在航空工程建设中也得到大力推广。总承包商在依托自身综合优势, 充分利用人力、物力、财力的同时, 也承担着质量、进度、费用和HSE的风险。EPC合同的签订, 也就意味着实施过程费用控制的开始。费用控制的成败决定着EPC总承包商盈利还是亏损, 决定着项目费用目标能否实现。本文结合笔者的航空项目现场工作经验, 对航空工程EPC项目实施过程中的费用控制策略进行探讨分析。

1 EPC工程总承包模式和费用控制的含义

1.1 EPC工程总承包模式的含义

建设部《关于培育发展工程总承包和工程项目管理企业的指导意见》(建市【2003】30号文)对工程总承包下了定义: 工程总承包是指从事工程总承包的企业受业主委托, 按照合同约定对工程项目的勘察、设计、采购、施工、试运行(竣工验收)等实行全过程或若干阶段的承包。EPC总承包模式是工程项目总承包模式的一种形式。设计—

采购—施工总承包(Engineering—Procurement—Construction, 简称EPC), 是指工程总承包企业按照合同约定, 承担工程项目的设计、采购、施工和试运行服务等工作, 并对承包工程的质量、安全、工期和造价全面负责^[1]。EPC合同通常采取总价合同计价模式, 即除合同约定的原因外, 合同价不作调整, 超出合同价的费用由总承包商承担。

1.2 费用控制的含义

费用控制是指在项目进展过程中, 不断进行计划值与实际值的比较, 发现偏差, 分析偏差产生的原因, 及时采取纠偏措施^[2]。费用控制不是单纯的节省投资, 而是在确保工程质量、进度、健康、安全、环境目标的前提下, 对项目的现金流、资金平衡、费用偏差进行计量、监控、分析和纠偏, 以实现项目既定的成本目标, 提高工程的经济效益和社会效益。

2 航空工程EPC项目费用控制的特殊性和必要性

2.1 费用控制的特殊性

与传统意义上的工程项目相比, 航空工程EPC项目的费用控制具有以下特点:

(1) 规模大

航空工程项目的建设规模通常较大, 主要体现在: 建设面积大、投资规模大以及建设周期长。

作者简介: 王晓颖, 女, 助理工程师, 2014年毕业于天津大学工程管理专业, 现就职于中航规划飞机工程设计研究院。

以笔者工作过的某航空项目为例,该项目投资约100亿元,建筑面积86万 m^2 ,建设周期分成三期。目前北区一期已经进入验收交付阶段,北区二期正处于建设当中,南区一期已启动。其费用控制规模可见一斑。

(2) 技术性强

航空工程项目因其建成后发挥的生产能力专业性较强,故而对费用控制的技术性提出了更高要求。

首先,项目设计图纸多采用专业技术性做法。如特种工艺设备间的地面面层和设备基础面层的造价往往较高且主材种类不常见,清单编制人员需清晰描述项目特征,套取多种定额子目准确组价,深入市场查询主材价格。

其次,项目配套的设备材料较为特殊。航空工程项目中,非标设备并不少见,编制招标控制价时,市场询价时厂家难以像常规设备那样直接报价,往往需要花费时间计算,因此原本紧迫的编制时间无形中缩短。同理,特种材料的询价也往往颇费周章。此外,特种设备材料通常不由分包商采购供应,一旦发生设计变更,即需针对该类设备材料开展认质认价:首先施工单位申报不少于三家厂家品牌的询价资料,然后参与建设的各方各部门进行开会讨论,最后组织市场调研。流程之复杂致使认质认价的周期较长。

再次,在建设过程中,业主提出的工艺需求变化频繁,设计变更数量较大,补充签订的合同和协议较多。例如,某栋号厂房的立体库地面已施工,业主要求修改地面做法,该设计变更中需要计算拆除已施工部分以及增加新做法的费用。与此同时,该栋号新增44个工艺设备基础,并签订设备基础合同。诸如此类的变更对现场费用管理的技术水平提出了更高的要求。

(3) 涉及内容广

航空工程EPC总承包的内容涉及到设计、采购、施工各阶段。如某航空项目EPC总承包的范围是:厂房及室外工程的设计、采购、施工、调试、竣工试验、竣工验收及质保期内保修工作,含吊车和成品地井等全部建安设备的采购、安装、调试及验收取证等全部内容。整个项目的实施过程从设计到验收的费用控制内容广泛,需要沟通协调的人员范围较大,内容之繁杂可视为一个费用控制系统工程。这对费用控制工程师的综合协调管理能力无疑是更大的挑战。

2.2 费用控制的必要性

航空工程EPC项目费用控制的意义重大而深远。从项目角度而言,直接决定工程总承包项目的三大目标之一——成本目标的实现;从公司层面来讲,费用控制是公司项目的核心要素,反映其项目管理能力的高低,影响整个公司的盈利水平。

2.2.1 设计阶段费用控制的必要性

设计资料表明,在基础设计阶段,影响项目投资的可能性为95%~5%;在技术设计阶段,可能性为75%~35%;在施工图设计阶段,可能性则为35%~5%^[3]。因此,在设计阶段介入费用控制无疑可以提高节约EPC项目投资的可行性。工程总承包项目合同无论在哪个设计阶段签订,费用控制的介入都是愈早愈好。有文献提到,在施工图的设计中,70%~80%左右的工程费用是通过设计确定的^[4]。所以设计人员要提高成本意识,在符合国家规范和业主需求的前提下,提高设计方案的性价比。

2.2.2 招标采购阶段费用控制的必要性

航空工程EPC项目通常需要通过招标进行采购。分包招标是确定项目成本最重要的一环,随着分包价格的确立,总承包90%以上的成本也随之形成^[5]。招采阶段的招标策划方案是否合理、选择的分包实力如何、合同约定条款是否严密关系到项目费用管理的难易程度。此外,航空工程EPC项目的设备费用在项目总造价中占比较大,费用管理对象主要为空压机、消防风机、起重机、离心式冷水机组、纯水制备系统、污水处理系统、变配电设备、水泵、空调、锅炉、电梯、灯具等,费用控制效果较为明显。综上,该阶段常被视为费用控制的关键点之一。

2.2.3 施工阶段费用控制的必要性

施工阶段的费用控制重点主要体现在变更洽商、索赔、资料管理、竣工结算等。虽然与设计 and 采购相比,通常该阶段可节省费用范围较小。但项目实施过程各阶段各方面遗留的疑难杂症和风险都会在这个阶段暴露和引发。该阶段费用控制不仅要严格按照合同约定和协调程序执行,还要科学有效的预测风险,进而转移风险。

3 航空工程EPC项目费用控制策略

综合航空工程EPC项目费用控制的特殊性和必要性,可以在EPC总承包实施过程中的三个阶段,有目的性、针对性的采取策略进行管理。

3.1 设计阶段的费用控制策略

3.1.1 限额设计

限额设计是依据设计任务书批准的投资估算来控制初步设计,按照已批准的初步设计总概算来控制施工图设计^[6]。限额设计的管理是动态的,即按上一阶段批准的投资额度对下一阶段的设计工作进行控制管理,也就是要克服通常所说的“三超”现象,即概算不超过投资估算,施工图预算不超过设计概算,竣工结算不超过施工图预算^[7]。对航空工程EPC项目来说,“三超”意味着利润的缩水甚至亏损。采用限额设计进行费用控制,设计各专业在满足合同要求的前提下,设计出突破分配给自己专业投资限额的图纸,并且通过专业间沟通协调,避免自身原因造成的设计变更。采用限额设计可以使设计人员在考虑技术可行性的同时,也考虑选用的方案、主材和设备对工程造价的影响,从而在项目实施初期就能有效的把造价控制在合理的范围内。

3.1.2 优化设计方案

EPC总承包模式中,设计人员有了更大的发挥的空间,可以在满足合同要求、保证功能和质量的前提下优化设计方案,应用新技术、新设备提高建设效率,优化施工流程。该阶段费用控制主要是通过与设计人员的沟通合作,发现和把握项目的费用控制点。对于控制点的方案进行多方案比较和设计优化,选择既满足合同要求又节省费用的方案,最大程度地提高预期利润。例如某航空项目在屋面天窗的设计过程中,原方案为三角形天窗,经设计人员优化后改为平天窗方案,减小了钢龙骨、岩棉和封堵的用量,在满足采光等功能的前提下,每平方米投影面积的造价大大降低了。对于天窗面积大的厂房而言,新方案带来的收益非常可观。

3.1.3 精细化设计

与管理型承包模式相比,EPC总承包模式对设计人员的要求更高。EPC总承包合同是一定程度上的总价合同,因此迫切需要设计人员实行精细化设计,以提高设计图纸的可施工性和设计做法的经济性。一方面,需要设计人员加强与业主和工艺专业沟通,深度了解业主需求,减少设计变更;另一方面,加大图纸的设计深度。例如,对于某航空项目,管理型承包模式下,墙面次檩条、精装修、管道支架等通常由分包商进行二次深化设计,总包图纸上无节点详图。而EPC模式中,费用控制人员主动与设计人员沟通,要求增加相应的深化图纸,有效提高了分包合同招标控制价编制的准确性。

此外,提高设计图纸质量,避免各专业管线“打架”,减少设计缺陷、漏项,这些措施都能够有效的减少设计变更和返工,进而节省工程费用。

3.2 招标采购阶段的费用控制策略

3.2.1 合理招标策划

招标策划是否合理直接影响费用控制的难易程度。招标策划过程中的标段划分、采购包策划是制定费用控制目标的基础。将EPC合同价根据划分好的标段和采购包分解形成单位费用控制目标,操作起来更加具体化,更有针对性。若标段和采购包策划合理,可以实现流水施工,减少施工干扰造成的窝工、机械停滞;此外,采购包数量也需综合平衡后再确定。采购包过多,会加大总承包的协调工作量,增加管理成本和管理风险;采购包过少,会因分包收取高额管理费用而降低总承包商的利润。因此只有综合平衡才能实现利润的最大化。

3.2.2 合理招标分包

招标过程中,第一要合理确定分包招标控制价。控制价偏低在实施过程中容易引起合同双方纠纷,影响工程质量和进度,增加索赔机率;控制价偏高会导致中标价偏高,不利于控制投资;第二要合理选择评标办法。评标办法一般分为合理低价法和综合评分法两大类。评标办法要考虑价格和投标人实力等多方面因素。资质好、业绩优良、信誉好、有资金实力、管理能力强的分包单位通常履约能力较强,有利于EPC项目管理。因此要根据分包合同特点合理选用评标办法;第三要注意分包合同条款的严谨性,对进度、质量、HSE等合同条款的设置尽量与总承包合同中的要求一致,特别注意明确工程范围、与其他合同包的分界面。

3.2.3 集中采购

航空工程EPC项目采购规模较大。以设备为例,可以利用设备采购数量多、客户关系稳定的优势,与知名分包商建立长期战略伙伴关系,将同一批、有共同特性的设备打包进行集中采购,如某航空北区一期通过招标采购和设备供应厂家建立了良好的合作关系,在二期设备采购时,将同时间施工栋号的多联式空调系统和空调末端设备打包,将风机、冷却塔及配套设备打包,进行招标采购。这种采购策略不仅可以缩短招标时间,节约人力物力,还可以与分包商实现共赢,通过规模效益来实现项目成本的降低。

3.3 施工阶段的费用控制策略

3.3.1 强化变更洽商管理

变更洽商包括设计变更和现场签证。设计变

更是施工阶段完善补充设计的重要手段, 签证是结算时费用增减的重要依据。对于EPC项目, 变更洽商对工程进度和费用的影响很大, 因此一方面要严格控制, 不得任意增减设计内容, 严格执行设计变更审批程序和现场签证程序; 另一方面要加强费用索赔管理: 对于业主原因引起的变更洽商, 要在合同规定时效内与业主沟通索赔意向, 搜集索赔资料, 在业主确认后开展工作; 对于分包原因引起的索赔, 要及时有力的反索赔。

3.3.2 强化资料管理

工程资料是竣工验收和结算的必备条件。EPC模式下, 总承包商是工程资料收集整理的主要组织者和执行者, 从建设开始就要建立完善的资料管理制度, 将资料管理贯穿项目管理的全过程。要配备专门的人员, 按照项目信息管理的要求及时整理, 将纸质版和电子版留档。工程资料包括合同资料、设计资料、施工过程资料、验收资料、变更洽商纪录、认质认价资料等。这些资料都是结算的依据, 所以要确保其全面性、真实性、完整性、及时性、有效性。

EPC总承包项目规模较大, 传统的资料管理方式已经无法满足。为保证费用控制的精度, 可在资料管理中应用信息技术。一方面, 方便费用控制部门与其他部门之间信息共享, 提高沟通效率; 另一方面, 信息系统可将整个费用控制过程记录下来, 方便日后查看。通过信息化实现资料规范化、标准化管理是适应现代化项目管理的必由之路。

3.3.3 竣工结算

传统的建设模式中存在“建设过程决定成本, 结算决定利润的事实”的经典论断^[7]。在EPC总承包模式下, 设计、采购阶段也决定利润, 但结算要将过程费用进行归纳整理、与业主和分包商确定最终的结算金额, 是项目费用管理工作的成果, 对项目的经济效益有一定的影响。由于EPC总承包为总价包干合同, 故与业主的结算相对简单, 而与分包的结算就较复杂, 与分包商谈判在所难免。费用控制人员要保证资料的完整性, 深入现场全面掌握工程动态, 认真审核结算价的人材机、措施费、其他项目费和取费, 特别注意追加工程的费用。

4 结语

本文以费用控制工程师的视角, 结合航空项目的实际工作经验, 探讨分析了航空工程EPC项目

实施过程中的费用控制。文章首先结合行业和项目承包模式的特点, 分析航空工程EPC项目费用控制的特殊性和必要性; 其次结合现场工作经验, 从设计、招标采购、施工三阶段着手, 力求探索出可行性强的费用控制策略。

航空工程EPC项目费用控制贯穿项目实施各阶段的始终。只有EPC总承包商提高了设计、采购、施工各阶段间的协调能力, 费用控制能力才能真正提升。因此, 工程总承包商要不断为实现设计、采购、施工的一体化而努力, 为航空工程总承包模式的可持续发展做出应有的贡献。

参考文献:

- [1] 陆惠民等. 工程项目管理(第2版)[M], 南京: 东南大学出版社, 2010-1.
- [2] 季永华, 吴九明. 费用控制(第2版)[M], 北京: 人民交通出版社, 2007-8.
- [3] 李智高. 对工程总承包项目费用控制的探讨[J]. 经营管理, 2008, (6).
- [4] 任长能. 价值工程理论在工程设计中的应用[J]. 建筑经济, 2004, (3).
- [5] 宋本雷. 关于EPC总承包工程费用控制的要点探讨[J]. 项目管理, 2013, (5).
- [6] 彭辉. 关于建设项目工程造价的有效控制[J]. 建筑管理现代化, 2003, (3).
- [7] 全国造价工程师执业资格考试培训教材编写委员会. 工程造价的计价与控制[M], 北京: 中国计划出版社, 2006.

浅析EPC模式下 航空项目投标控制要点

■ 胡娅 周雅飞 [工程造价]

摘要: 本文以EPC模式下航空项目投标阶段为切入点,通过相关文献与工程实例分析,找出该模式下总承包商此阶段设计控制和造价控制两个关键点,再分别进一步研究其控制要点,提出合理有效的建议,为总承包商在EPC模式下投标阶段进行有效控制提供借鉴。

关键词: 造价控制;设计质量;限额设计;EPC投标

0 引言

航空项目具有投资规模较大,专业技术要求较高,管理难度较大等特点,业主为了有效的缩短建设期,避免工程实施过程中的不确定性带来的风险,更倾向于采用接近固定总价的合同——EPC总承包合同模式。EPC (Engineering Procurement Construction) 是指承包商受业主委托,按照合同约定对建设工程项目的设计、采购、施工、试运行等实行全过程或若干阶段的承包,通常公司在总价合同条件下,对其所承包的工程的质量、安全、费用和进度进行负责。在此模式下,总承包商调价机会较小,变更洽商等风险较大,其投标方案就显得尤为重要,所以本文探讨EPC模式下航空项目投标控制要点具有重要的实践意义。

1 EPC模式下投标控制的重要性及关键点分析

1.1 EPC模式下投标控制的重要性

EPC模式下的航空项目,大部分情况下不需要等工程设计完成后再开始选择施工单位,当业主的建设意图确定后,即可委托给EPC单位来实施,从而由EPC承包商根据合同要求,围绕建设工程定

位,以质量、安全和成本为目标,以进度为主线自行组织工程的设计、采购和施工工作。在大多数情况下,EPC总承包商均是采用初步设计及概算投资进行投标方案编制,并根据概算投资签订总承包合同,通常为总价合同,之后工程造价可调机会很小。

根据相关文献研究显示,初步设计阶段影响工程造价的可能性为75%~95%;在施工图设计阶段,影响工程造价的可能性为25%~35%;而到了施工阶段,影响工程造价的可能性仅为10%。

综上所述,在EPC模式下总承包商对投标阶段进行有效控制,对项目盈利至关重要,若出现大差错,在施工图设计阶段与施工阶段扭转的概率很小。

1.2 EPC模式下投标控制的关键点

EPC模式中设计工作所交付的设计产品是影响业主投资回收成功与否的关键。虽然设计费用在工程总承包中的比重很小,但初步设计概算是根据设计所确定的工作量进行编制的,此模式下非业主原因的技术变更基本不能索赔,工程量的变动或设计技术要求的提高将对EPC总承包工程效益产生很大的影响。

EPC模式投标阶段,总承包合同基本是在此阶段根据总承包商概算总投资来确定的,这就要求概算投资编制的准确性、预见性和可比性。在设计条件无法细化的情况下,尽可能地从工程特点、工程位置、类似已建工程资料、建设期涨价因素等方

作者简介:胡娅,女,助理工程师,2011年毕业于天津理工大学工程造价专业,现就职于中航规划飞机工程研究院。

面着手,计算出贴近实际造价的投资,在为承包商留有利润空间的同时,又要为业主全盘考虑投资的经济性,从而确定出承包商和业主都满意的工程投资。

综上所述,EPC模式下投标控制的关键点可大体归纳为设计控制、造价控制两个关键点。

2 投标阶段设计控制要点分析

2.1 全面了解业主意图与场地情况,避免大规模变更

案例一:某机场EPC项目,建设内容主要为飞机跑道及停机坪等室外工程,因业主原因未进行地勘,总承包商投标方案是参考业主提供的建设用地周边地块地勘报告进行编制,由于地下情况未知,存在较大风险。总承包商中标后实地踏勘发现现场水域高程比业主提供的高了4m,由于本项目场地在水库旁且分布大量鱼塘,地基处理需块石回填场内水库及鱼塘,高程增高直接造成本项目石块换填增加20万方,投资增加约1500万元,占项目投资的7.65%,由于招标文件规定为总价合同及业主投资限制等原因,合同金额不允许调整,此项费用的增加只能总承包商自行消化,严重影响总承包商经济效益。

根据案例分析:EPC模式下的航空项目,设计变更风险基本由总承包商承担,案例一水域高程变化引起的投资增加占总投资额7.65%,可见大规模变更对整个项目的影响之巨大。航空项目业主所发布的招标文件、技术要求、地质资料等有可能不够全面,这就要求总承包商设计者,在整合与判断业主提供的信息后,及时与业主进行书面沟通,争取全面了解业主意图与正确的场地情况,从而避免大规模变更,造成总承包商严重的经济损失。

2.2 推行限额设计,培养成本控制意识

案例二:某航空厂房EPC项目,建筑面积约10000m²,业主招标文件项目投资控制约为4750元/m²,总承包商根据业主招标文件要求,编制的初步设计投标方案初稿概算约为5900元/m²。此情况下,总承包商设计者多次深入了解业主招标文件要求后,进行了如下方案调整:1)优化屋面及墙面檩条布置;2)优化地坪板厚度及配筋、优化楼板配筋;3)优化桩基及桩承台布置;4)优化厂房地面做法;5)细化装修规格;6)优化自控系统;7)优化电力监控系统;8)优化自动感应系统等,最终总承包商在投标截止日前,定

稿初步设计投标方案概算约为4700元/m²,保证了该项目的顺利中标。

根据案例分析:EPC模式下的项目总承包商应根据招标文件相关要求制定总体投资控制目标,设计者在总体投资限制基础上制定出合理的设计方案,这需要设计人员进行实际调查分析,但在很多的工程项目中,设计者的设计方式过于保守陈旧,注重的是安全可靠,对于经济上的合理性恰恰忽略了,案例二超投资后再进行多次设计优化,既增加了设计者负担,又造成造价人员工作的重复,总承包商全程处于被动状态,影响EPC项目的投标进程与经济效益。所以EPC模式下的航空项目推行限额设计非常必要,限额设计主要是指按照投资或造价的限额进行满足技术要求的设计,但在项目实施经验不足,设计人员水平所限,原始资料积累不充分,或难以达到限额设计的条件时,应采用多种设计方案经济性比较的方式进行成本控制。这就要求设计者拥有成本控制意识,与工程的预算人员密切配合,把工程的设计方案和预算方案科学结合,对于多个备选方案进行比较筛选,达到有效控制和降低成本的目的。

2.3 确保工程设计质量,提高工程设计深度

案例三:某机场EPC项目,建设内容主要为飞机跑道及停机坪室外工程。总承包商在招分包的阶段,设计者才发现跑道两侧标高有相关民航强条规范,此项变更提高了跑道两边区域标高,增加土方工程量约40万方,费用增加约800万;总承包商与分包议价谈判过程中,设计者再次发现民航相关规范关于跑道道床填料最小强度也有强条要求,投标阶段道床填料地基处理方案为夯实路基,其强度达不到规范要求,还需进行掺灰处理或者碎石换填处理,由于工期要求紧迫,最终只能选择碎石换填处理,该项增加碎石工作量约7万方,此项造成费用增加约530万;

案例四:某航空厂房EPC项目,承包商在编制投标方案时,天窗部分设计深度不够,该部分最终采取估算金额进行投标。施工过程中因项目房号较多,工期较紧,为节约时间,总承包商采用委托深化设计单位进行设计,本单位设计者进行确认后施工的方式推进。由于深化质量不过关,多次修改延长周期,严重影响了天窗的采购工作,此项目地处雨水丰富的南方,天窗工程为屋面封顶极为重要的一项工作,不封顶室内装修无法进行,业主工艺设备无法进场安装,天窗深化设计总体影响工期大

约6个月左右，总承包商不仅损失了资金，还影响了自身信誉。

根据案例分析：EPC项目投标周期均比较紧张，需要设计者在紧迫的时间把控全局，确保不违反技术标准及规定强条，满足业主需求，案例三增加投资占总投资额的7.35%，由此可看出，违反规范强条引起的投资增加金额之巨大。案例四造成了严重的工期延后，总承包商需承担赔付责任，所以该模式下设计者应该提高投标方案的设计深度，尽量避免因为后期深化设计影响正常工期。EPC模式下，航空项目对设计质量的要求更高，对设计深度的要求更细。总承包商投标方案的设计质量是决定工程质量与投标报价准确性的主要因素，是决定工程项目成败的关键。所以在EPC项目投标阶段，设计者应确保工程设计质量，提高设计方案的合理性，切实提高各阶段设计文件的深度，确保设计文件的合理性、准确性、适用性。

3 投标阶段造价控制要点分析

3.1 加强与设计者的沟通，全面了解项目所在地市场价格

案例五：某航空厂房EPC项目，总承包商土建专业造价人员在编制EPC投标报价时，及时与建筑、结构设计者进行了如下沟通：1) 天窗未设计，造价人员发现问题及时告知设计者，设计者咨询合作天窗施工单位意见，对天窗进行了深化设计，保证了天窗价格的基本合理性；2) 辅楼外墙板建筑说明为70厚金属光泽饰面岩棉复合板，剖面图内为100厚金属光泽饰面岩棉复合板，发现问题后与设计沟通，最终统一为100厚，避免了设计图纸出现前后矛盾，从而影响报价的准确性；3) 辅楼与厂房隔墙内墙面约960m²做未设计，厂房内房中房外墙面及屋面做法未设计，屋面天沟做法无详图等，上述问题反馈给设计，设计进行了修正，避免了设计图纸出现遗漏，从而造成投标报价的漏项。

案例六：某机场项目，土石方工程约120万方，外购石块约55万方，6000能级左右地基处理约40万平，抗折混凝土约6万方，上述项目单价的轻微变动对整个项目的投资均有较大影响，其单价的确定显得尤为重要。投标阶段总承包商相关人员多次深入项目所在地，针对上述工程量较大项进行了调研，全面掌握了该地区实际土方劳务分包价格、

地基强夯分包价格、石块与抗折混凝土供应价格等，为造价人员准确的编制该项目的投标报价提供了非常重要的信息。

根据案例分析：总承包商造价人员在编制EPC投标报价过程中，应及时与设计者进行有效沟通，让设计者在设计时有一个良好的动态把握，及时修改设计缺陷，降低事后设计变更的可能性，达到成本控制的最优化。从案例六可看出，总承包商在编制投标报价时全面了解项目所在地市场价格，能很大程度上保证其投标报价的合理性、准确性，从而更好的进行成本控制。

3.2 保证编制准确性、预见性与可比性

近年来材料费、人工费上涨，建材市场变动频繁。总承包单位在承接总承包业务时对该情况应保持高度重视，在合同签订时采取有效措施，对此情形涉及风险程度范围、调差原则方法、支付方式等内容予以明确，以保护承包方合理经济利益。这些细节处理不当会给项目实施带来巨大成本压力，且严重影响工程进度。

大多数情况下，航空项目业主在编制EPC招标文件时还未最终选定工艺设备，也未将该部分设置为暂估价。在此情况下，总承包商在编制投标报价时，无法确定工业厂房内的设备基础工程量，如若承包商对于工艺设备特别是大型设备基础土建部分经验不足，往往投标时出现费用预估不够造成该部分亏损情况出现，所以总承包商应参考已实施的类似功能厂房工艺设备基础，进行编制投标报价，尽量保证该笔费用的相对准确性。

EPC总承包通常采用接近固定总价的合同，总承包商通常是不能因为费用变化而进行调价的，总承包商承担风险较大，因此在投标报价阶段，保证报价编制的准确性非常重要。为了降低承包商在项目上的风险，承包商必须提前对项目进行全方面的分析，做好风险预测，分析出可能遇到的投资风险并寻求解决办法，排除潜在风险给承包商带来过大的损失。总承包商还需在投标报价确认前，根据项目积累资料，与类似项目进行对比，使投标报价具有一定可比性，一定程度上避免大失误。

3.3 注意不同地域的造价特点

因项目所处地域不同，建筑结构特点也会有差异，如以西北地区项目与南方地区的项目为例，相应的工程造价会存如下表所示差异。西北地区与南方地区建筑结构特点及造价差异见表1。

案例七：某机场项目，需碎石工程量约60万

表1 西北地区与南方地区建筑结构特点及造价差异

工作内容	西北地区	南方地区
砌体工程	采用烧结粘土砖较多，价格低廉	多采用灰砂砖、页岩砖和混凝土砌块，价格相比粘土砖要贵
基坑支护工程	基坑开挖较为方便，维护费用少，且工期缩短，摊销材料和机械周转较快，各项措施费比例较低，且地基土较为稳定，基础尺寸相对小，有利于节约混凝土和钢筋费用	基坑维护、降排水等措施费较高，同时导致工期延长，机械等周转周期变长，费用相应增加，且地基土较多软弱层，基础尺寸相对较大，土层经常需要采用各种加强措施，有时局部甚至需要采用桩基础来加强承载力，费用较高
防水工程		雨水丰富，屋面及墙体防水排水设置要求较北方高，该部分费用较多
暖通工程	多采用集中供暖的形式，设置暖气片，造价相对较低	多采用中央空调来采暖和降温，造价相对较高
措施费用	冬季施工部分费用应充分考虑	雨季施工部分费用应充分考虑

方，总承包商在投标报价编制过程中，造价人员发现该市信息价碎石价格为58元/m³左右，与其相邻城市碎石价格均在100/m³左右，从而引起重视。调研发现该地区石矿资源丰富，采石场数量多，碎石产量大，从而价格相对较低。但是，该市在此项目投标期间，由于政府原因，大量采石场关闭，造成碎石供应量骤减，从而导致价格一定上涨，荆门市定额站每季度发布一期信息价，所以信息价未能及时反应实际情况，掌握了实际情况与依据后，承包商最终投标报价碎石价格约75/m³，避免了一项巨大材料价格变动的风险。

根据地区差异与案例分析：EPC总承包商在编制投标报价过程中，应充分考虑项目地域区别，以降低报价漏项风险，充分了解项目所在地市场价格，实地考察，以降低材料价格风险，保证投标报价的合理性。

4 结论

EPC工程承包模式有其自身的优越性，在航空项目建设中有着很重要的地位，受到广泛的普及和应用，总承包商投标阶段的设计控制与造价控制是其项目承包管理的重要环节，是企业实现利润目标的关键。本人项目经验有限，本文尚有未尽之处，希望本文能起到抛石引玉的作用，引起总承包商对EPC项目投标阶段设计控制与造价控制的重视，提醒造价人员投标阶段费用控制的重要性，提醒设计者不要再局限于设计本位主义范围，而是把

成本控制融合到设计方案之中，充分发挥龙头作用，为企业带来积极全面的影响，使承包商取得最优的经济效益。

参考文献

- [1] 沙励 官嫣嫣.EPC 模式下的设计增值体现.价值工程.2015 (10) .
- [2] 陈玲 郑敏杰 赵宏凯.EPC总承包工业项目造价控制分析.科技与企业.2015 (6) .
- [3] 董小军 叶燕萍.EPC总承包管理模式下的工程设计管理探析.大坝与安全.2015 (4) .
- [4] 柯运生. EPC模式下项目成本控制的关键环节分析.财经界.2015 (2) .

某药厂高层工业建筑给排水设计探讨

■ 刘琦 王艳 [给排水]

摘要: 本文以某药厂高层工业建筑给排水设计为例,介绍了医药工业建筑的消防系统设计,并根据新规范的要求,对室内、外消火栓系统设计流量,报警水位,消防水泵的启动方式进行了探讨。

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;节能设计措施

1 工程概况

该药厂位于北京,其中主厂房总建筑面积约4.2万 m^2 ,地上约3.5万 m^2 ,地下约0.6万 m^2 ,室外地坪至屋面面层高度29.30m和23.30m;本厂房分位A、B、C三个区域,A区为高架仓库,B区为高层生产用房,C区为质检楼;A区为一层、B区为地上四层(局部五层)、C区为地上北侧七层(局部八层),地上南侧五层(局部六层),其中B、C地下一层相连,平时为地下停车场,战时为人防物资库;建筑类别为丙类高层工业建筑。

2 消防设计

主厂房建筑高度大于24m,为丙类高层工业建筑,设置室内、外消火栓系统、自动喷水灭火系统和建筑灭火器。

2.1 消火栓系统设计

本建筑按丙类高层工业建筑设计,根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB50974-2014)第3.3.2条规定,室外消防水量45L/S,火灾延续时间3h。由于市政引入管为一根DN200的给水管,因此将室外消火栓水量贮存在消防水池

内。从本建筑地下一层的消防泵房分别引出两根DN200室外消火栓给水管,供给厂区室外消火栓系统供水。根据规范《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB50974-2014)第4.3.7规定,储存室外消防用水的消防水池应设置取水口,且吸水高度不大于6m,本工程设置两个DN200的室外取水口。

室内消火栓流量根据《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB50974-2014)第3.5.2条规定,A区高架仓库高度大于24m为丙类高架库,设计室内消火栓流量为40L/S;B区高层生产厂房设计室内消火栓流量为30L/S;C区高层质检楼设计室内消火栓流量为30L/S;且根据规范中第3.5.3条规定,当建筑物室内设有自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统或固定消防炮灭火系统等一种或两种以上自动水灭火系统全保护时,高层建筑当高度不超过50m且室内消火栓设计流量超过20 L/s时,其室内消火栓设计流量可按本规范表3.5.2减少5L/S。最终确定本建筑室内消火栓流量为35L/S。系统在室外设有3套DN150的SQX150型地下式消防水泵接合器,与室外消火栓系统相连,每个水泵接合器流量为15L/S。

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》(GB50074-2001 2005版)设计,本建筑在地下室报警阀间内集中设置5套预作用报警阀组,4套湿

作者简介:刘琦,男,助理工程师,2008年北京建筑工程学院环境工程专业,现就职于中航规划医药工程研究院。

式自报警阀组。每套报警阀组负责的喷头数不超过800个,报警阀组前设环状供水管网。在每个报警阀组的供水最不利点处设置末端试水装置;其他防火分区与楼层在供水最不利点处装设试水阀。

在B区厂房地下一层至四层设置预作用自动喷水灭火系统,在A区高架库、C区质检楼设置湿式自动喷水灭火系统。系统在室外设有8套DN150的SQX150型地下式消防水泵接合器,与室外自动喷水灭火系统管网相连,每个水泵接合器流量为15L/S。自动喷水灭火系统设计参数详见表1。

表1 自动喷水灭火系统设计参数表

作用场所	A高架库	B厂房	C检验中心
系统类型	湿式系统	预作用系统	湿式系统
危险等级	仓库危险II级	中危险II级	中危险II级
净空(储物)高度(m)	-	≤8.0	≤8.0
喷水强度(L/min·m ²)	15	8	8
作用面积(m ²)	280	160	160
喷头流量系数	115	80	80
喷头动作温度(°C)	68	68	68
最不利喷头出口压力(MPa)	0.10	0.10	0.10
系统流量(L/s)	115	26.81	30.51
持续喷水时间(h)	2.0	1.0	1.0

地下一层消防泵房内设3台自动喷水灭火系统泵,XBD(HW)10/70,参数为Q=70L/S,H=100m,N=160KW(两用一备),满足本建筑设计要求。

B区一至四层、C区一层至七层设置减压孔板,减压孔板孔径计算方法采用《自动喷水灭火系统设计规范》(GB50074-2001 2005版)第9.3.3条计算,

$$H_k = \xi \frac{V_k^2}{2g}$$

式中 H_k —减压孔板的水头损失 (10⁻²MPa)

V_k —减压孔板后管道内水的平均流速 (m/s)

ξ —加压孔板的局部阻力系数

地下一层减压孔板计算:干管管径为DN150,孔板减压值46.1m,干管流量26.81L/S,令 $K=(d/D)^2$,当 $K=0.08$ 时, $\xi=392.16$,此时通过减压孔板的实际水头损失为44.1m,接近孔板减压值,求得减压孔板的孔径为 $d=42\text{mm}$ 。同理求出其余需要减压层的孔板孔径,详见表2。

表2 减压孔板孔径/mm

B			C		
设置位置	干管管径	孔板规格	设置位置	干管管径	孔板规格
地下一层	DN150	φ42	一层	DN150	φ47
一层	DN150	φ45	二层	DN150	φ47
二层	DN150	φ47	三层	DN150	φ50
三层	DN150	φ52	四层	DN150	φ50
四层	DN150	φ56	五层	DN150	φ52
			六层	DN150	φ56

2.3 屋面消防水箱

B区屋面设屋顶消防水箱间,内设消防水箱一座,贮存火灾初期消防用水量,有效容积为18m³,《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB50974-2014)第5.2.6.2条规定,高位消防水箱的最低有效水位应根据防止旋流器的淹没深度确定,当采用防止旋流器时不应小于150mm的保护高度,本工程依据规范要求消防水箱内的旋流防止器。

消防水箱间内设有消火栓系统和自喷系统用增压稳压设备各一套,每套稳压泵参数:Q=10.80m³/h,H=40m,N=1.5Kw(一用一备),消防增压稳压设备供水能力为3L/s,气压罐有效容积300L。消火栓及自动喷淋系统稳压泵启泵压力0.15MPa,消火栓及自动喷淋系统稳压泵停泵压力0.23MPa。

2.4 消防水池及水泵房

各消防系统用水标准及水量详见表3,本建筑消防需水量为1700m³,水池的有效容积能满足本建筑的消防用水要求。由于医药厂房的消防水池水量较大,本次设计消防水池考虑了兼作动力专业水蓄冷水池用,因此在本建筑地下一层设置的消防水池有效容积为2570m³,同时动力专业的水泵设有消防水量不作他用的技术措施。

表3 消防系统用水标准及水量

消防系统	供水流量 (L/s)	供水时间 (min)	供水量 (m ³)
室外消火栓系统	45	180	486
室内消火栓系统	35	180	378
自动喷水灭火系统	115	120	828
合计			1692
厂区消防水池容积			1700

消防水位在《消防给水及消火栓系统技术规范》图示15S909中对《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB50974-2014)第4.3.9条规定进行了说明和解释,并且作为强制性条文执行,本次设计消防水池设置了低于正常水位50mm时的报警液位。详见图1。

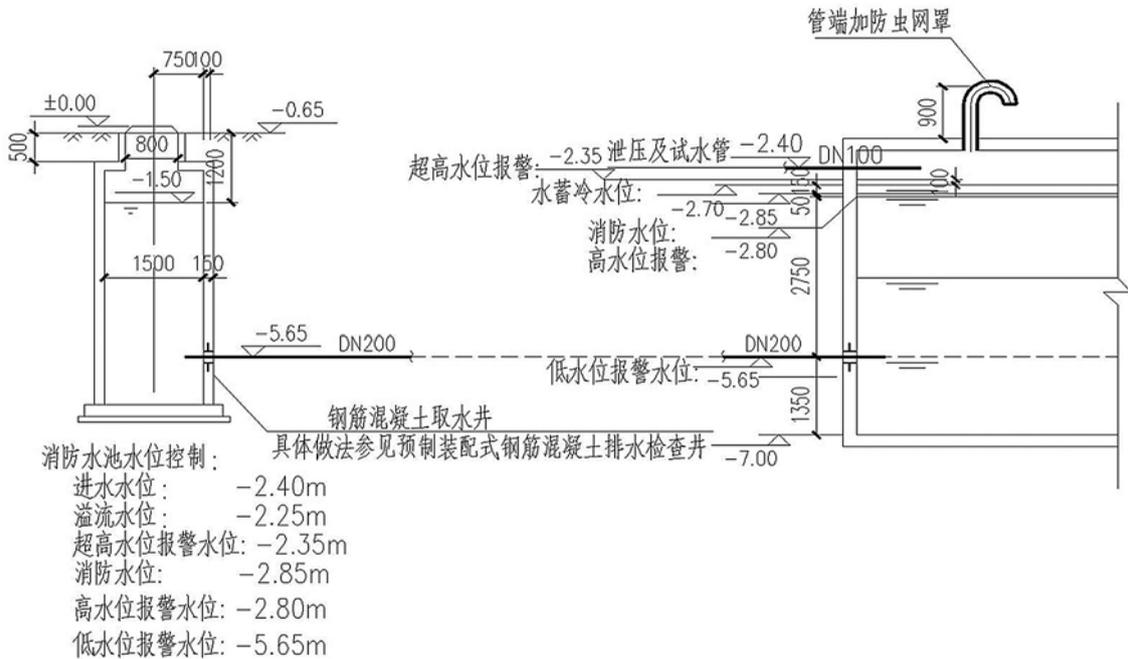


图1 消防水池水位示意图

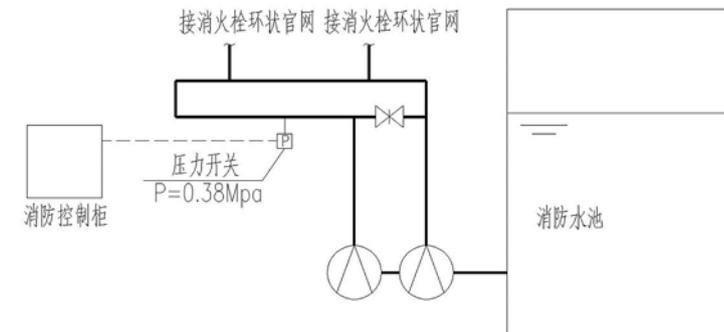


图2 消防水泵启动控制

《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB50974-2014)第11.0.4条规定,消防水泵应由消防水泵出水干管上设置的压力开关、高位消防水箱出水管上的流量开关,或报警阀压力开关等开关信号直接自动启动消防水泵。新消火栓规范新增消防水泵启动要求,因此本工程消火栓水泵的启动由水泵出水干管上的压力开关自动启动,压力开关设定启动压力值为 $P=0.38\text{Mpa}$;详见图2。

3 节能设计措施

我国经济快速增长,各项建设任务取得重大的成就,但也付出了巨大的资源和环境被破坏的

代价,这两者之间的矛盾日益尖锐,为积极响应国家节能减排的号召,本工程采取两项节能设计措施。

首先,利用工业余热作为配套员工宿舍淋浴热水的热源,工业蒸汽作为辅助热源。

在本建筑一层B区设置制水间,内设多效蒸馏水机。多效蒸馏水机在制备注射用水时,需要通过工业蒸汽加热对纯化水进行汽化,被分离的纯蒸汽通过冷却水冷却降温后,制出合格的注射用水。

冷却水降温，将多余的热能通过冷却塔散发至空气中，这部分能源得不到有效的利用，本工程通入市政自来水对多效蒸馏水机进行降温，自来水进行热交换后可作为配套宿舍工程的淋浴热水。

制水间热水通过水泵加压至宿舍楼屋面的换热间，热水存入热水箱中进行存储并使用。当制水间内的热水无法满足热水箱内的水温及水位要求时，通过水箱内的液位传感器及管道系统上的温度传感器，控制阀门启闭，将辅助热源工业蒸汽切换至屋顶的换热机组，提供宿舍楼热水系统所需热量。

其次，本工程的特点是消防水池水量较大，可兼作为水蓄冷技术进行节能设计。

水蓄冷作为备用冷源，增加了空调系统的可靠性，节能方面，水蓄冷可节省制冷用电10%以上。每年能为用户节省中央空调年运行费用，还可实现大温差送水和应急制冷。水蓄冷技术的特点不仅在于能源节约上，还保证了消防水池的水质。

为此，消防水池要进行相应的改造及技术措施：为保障蓄冷效果，消防水池外贴80厚聚氨酯发泡保温板。

为满足消火栓规范要求，动力专业循环水系统的水泵要设有消防水量不作他用的技术措施；与动力专业配合，预留水池相关管线的套管预留工作。

4 设计体会

由于2014年10月1日住建部颁布了《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014），2015年8月1日出版了15S909《消防给水及消火栓系统技术规范》图示，这对工程设计中的消防系统提出了更高的要求。本建筑按照新的消火栓规范及图集选取了室内消火栓流量、室外消火栓流量，新规范及图集明确了消防水池的报警水位，消防水泵的启动方式。

目前在我国建筑能耗占总能源的27%以上，《中华人民共和国节约能源法》指出“节约资源是我国的基本国策”，国家实施节约与开发并举，把节约放在首位的能源发展战略。因此建筑节能化作为我国发展经济，破解产业发展与环境容纳难题的首要任务。在技术条件允许的前提下，本工程采取了相关的节能技术措施，对现有的能源进行充分的利用，既满足国家对绿色建筑

的规划又取得了巨大的经济效益。

参考文献

- [1] 消防给水及消火栓系统技术规范GB50974-2014 中国计划出版社.
- [2] 自动喷水灭火系统设计规范2005年版GB50084-2001 中国计划出版社.
- [3] 建筑给排水排水设计手册（第二册）中国建筑出版社，2008.

一种新型内置热泵CCHP-ORC系统 纯工质的优选

■ 徐博睿 李纲 [动力]

摘要: 内置热泵的有机朗肯循环三联供系统可以通过调节阀门, 按需灵活实现热电联供和冷电联供模式之间的切换, 在电力供应较少而中低温热能资源丰富的场合具有明显的优势。本文对该系统进行了热力学分析, 并建立一个系统模型。分别计算采用12种纯工质的系统在热电联供运行模式下, 不同蒸发温度时的净输出功、性能系数、经济热效率、火用效率等性能参数, 将使用不同工质的系统性能进行对比。结果表明: 在热电联供运行模式下, 使用干工质和湿工质时系统运行存在明显差异; 对12种纯工质进行优选, 得出R245ca和R141b等工质净输出功和发电效率较高, R717在性能系数和经济热效率等方面表现出明显优势, R141b和R717等具有较高的火用效率。

关键词: 余热回收; 热电联产; 火用效率; 工质优选

0 绪论

我国工业生产能源利用率相对偏低, 很多工业流程中存在工业余热的排放和浪费。近年来, 人们对工业生产过程中的节能重视程度不断提高, 对于工业高温余热的回收工作已有很大的成效。但是, 高温余热回收利用过程之后, 仍有温度较高的热量排出。这部分热量范围很广, 数量也很大, 可以取之加以利用的场所也很多。在过去由于技术的限制性导致这部分热量大多直接排出被浪费, 现在这部分能量的利用也得到了很多的关注。发展中低温热能的利用技术, 是解决能源与环境问题的重要手段之一。

有机朗肯循环 (Organic Rankine Cycle, ORC), 是指在传统朗肯循环中采用有机工质, 将低品位热能 (一般指低于200℃热源, 例如: 太

阳热能、工业余热、地热等) 转化成动力或电能的低温热能利用技术^[1]。

热泵技术是一种新型的清洁高效的供热和空调技术。与传统的锅炉供暖相比, 热泵一般使用少量电能, 产生大量的热量, 减少了一次能源的使用和污染物的排放^[2]。

冷热电三联供系统是实现能源梯级利用, 提高能源利用率的主要发展方向和实现形式^[3]。在ORC循环中加入热泵系统, 通过调节阀门, 可以很好地满足用户的供电、供热和供冷需求, 实现对中低温热能的最大限度的利用。

本文以一种新型的内置热泵的CCHP-ORC系统为研究对象, 在前人工作的基础上, 对其进行研究和改进。主要内容如下: 对使用纯工质的内置热泵CCHP-ORC系统进行系统结构和热力学参数的分析, 选取系统评价指标; 建立一个系统模型, 结合实验对该系统选取多种工质, 在改变蒸发温度的条件下, 对比不同工质的系统性能指标, 得出适合该系统的最优工质。

作者简介: 徐博睿, 男, 助理工程师, 2015年天津大学动力工程专业, 现就职于中航规划市政工程院。

1 内置热泵的CCHP-ORC系统介绍

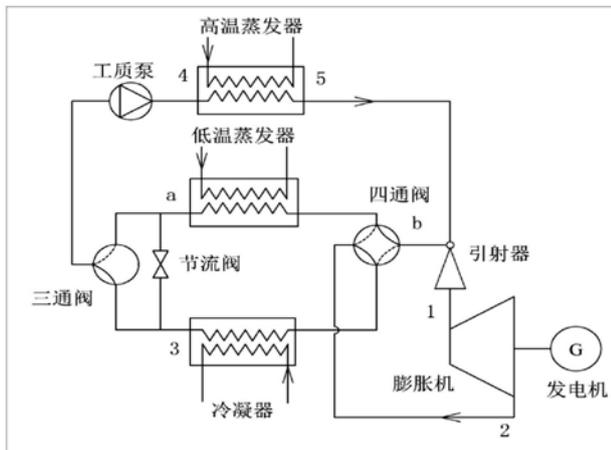
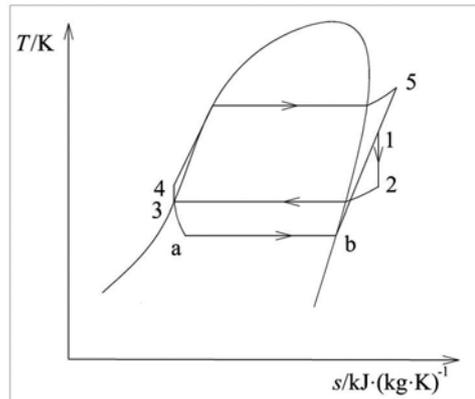


图1 使用纯工质的内置热泵CCHP-ORC系统

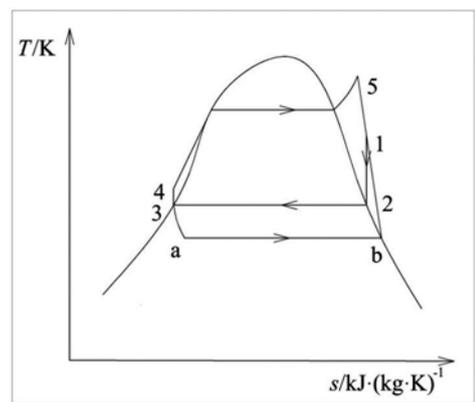
内置热泵的CCHP-ORC(Combined Cooling, Heat and Power-ORC)的系统构成如图1, 主要设备由高温蒸发器、引射器、膨胀机、冷凝器、低温蒸发器、节流阀、循环泵和三通阀及四通阀组成。如图1所示, 该系统包含两个相对独立的子系统, 即热泵循环的热量系统和有机朗肯循环的动力系统。两种循环系统在引射器处交汇, 在冷凝器后分离。

系统在热电联供(CHP, Combined Heat and Power)模式下工作的系统流程如下: 由引射器放出的工质进入膨胀机做功, 然后进入冷凝器。被完全冷凝后的工质分为两部分, 其中的一部分进入热量循环, 通过节流阀降压后, 进入低温蒸发器吸热, 蒸发为低温低压蒸汽, 然后通过四通阀进入引射器。另一部分工质进入动力循环, 经过三通阀和工质泵, 增压后进入高温蒸发器吸热蒸发, 成为高温高压蒸汽, 而后进入引射器。在引射器中, 高温高压蒸汽对低温低压蒸汽进行引射, 最后汇成一股流体进入膨胀机做功。传统机械蒸发冷却式热泵系统的压缩机的压缩过程由引射器的引射过程代替, 内置热泵的CCHP-ORC系统中热泵循环的运行由高温蒸发器输入的热量驱动。

系统的热力学循环过程如图2, 在热电联供(CHP)的运行模式下, 1-2为工质在膨胀机中的绝热膨胀过程, 2-3为冷凝器中的等压放热过程, 3-4为工质泵加压过程, 4-5为高温蒸发器中的等压吸热过程, 3-a为绝热节流过程, a-b为在低温蒸发器中的等压吸热过程, 最后由5点处的高温高压蒸汽引射b点处的低温低压蒸汽, 引射后状态为



a 干工质系统流程T-s图



b 湿工质系统流程T-s图

图2 纯工质内置热泵CCHP-ORC系统热力学循环T-s图

1点。图1和图2中状态点的序号为一一对应关系。

当引射器的引射系数为0时, 系统运行模式与典型有机朗肯循环系统一致, 此时系统为纯发电系统。当系统输出电量为0时, 输出热量值达到最大, 此时系统运行模式类似于喷射式热泵循环, 此时为纯制热系统。通过调整三通阀及四通阀, 将低温蒸发器和冷凝器的功能互换, 即可将系统转变为冷电联供(CCP, Combined Cooling and Power)运行模式。

2 CCHP-ORC系统热力计算

通过以上系统流程分析可知, 确定了系统与外部的接口——各个换热器中工质的参数, 即可通过已知的热力学过程, 分析得出系统工质流量和各状态点的参数, 进一步可以得出系统冷、热、电的输入和输出并对系统性能进行评价。

为了使计算结果更具代表性及普遍意义, 并简化计算过程, 对此模型做出如下理想化假设:

对时间、地理位置等会影响总输出功率的因素忽略不计；假设系统是处于稳定流动状态的理想循环；管道的沿程压力损失和局部压力损失以及摩擦阻力均忽略不计；在过程分析中，将工质在膨胀机里膨胀做工和工质泵中的升压简化为等熵过程，并在计算中考虑膨胀机和工质泵的效率进行修正；系统各部分与外部环境的换热损失忽略不计。

2.1 系统热力参数计算

系统引射系数^[5-7]：

$$u = q_y / q_g \quad (2-1)$$

其中， q_g 为工作流体流量，即高温蒸发器工质流量； q_y 为引射流体流量，即低温蒸发器工质流量。

引射器出口1点处比焓值：

$$h_1 = (h_5 + uh_b) / (1 + u) \quad (2-2)$$

h_5 为高温蒸发器出口工质比焓， h_b 为低温蒸发器出口工质比焓。

系统输入热量，即高温蒸发器吸热量：

$$Q_l = q_g(h_5 - h_4) \quad (2-3)$$

h_4 为工质泵出口工质比焓。

膨胀机输出功：

$$W_e = q_g(1 + u)(h_1 - h_2)\eta_e \quad (2-4)$$

h_2 为膨胀机出口处工质比焓， η_e 为膨胀机效率，此处取0.75。

工质泵耗功：

$$W_p = q_g(h_3 - h_4) / \eta_p \quad (2-5)$$

h_3 和 h_4 分别为工质泵进出口处工质比焓， η_p 为工质泵效率，此处取0.68。

系统总输出功：

$$W_{net} = W_e - W_p \quad (2-6)$$

CHP模式下，系统制热量：

$$Q_{hl} = q_g(1 + u)(h_2 - h_3) \quad (2-7)$$

2.2 系统评价指标的选取和计算

CCHP-ORC系统的输入能量为高温蒸发器的吸热量，输出能量有冷、热和电。而本文所述的系统较为适合于低温热能资源丰富，而电力较为紧缺的地区。发电效率可以衡量系统吸收一定热量时，向外界输出电能的能力。系统的发电效率为：

$$\eta_{power} = W_{net} / Q_l \quad (2-8)$$

系统的能源利用率可以用热利用效率来衡量，ORC系统一般使用热效率来表示热利用效率，而热泵或制冷系统常采用性能系数描述其热力性能。由于内置热泵的CCHP-ORC系统的热利

用效率可能会大于1，在本文中系统输出能量和输入热量的比值定义为“性能系数”（Coefficient of Performance, COP），表示其热利用效率。CCHP-ORC的性能系数表示为：

$$\eta_T = (W_{net} + Q_c + Q_h) / Q_l \quad (2-9)$$

其中， Q_l 为系统高温蒸发器系热量， W_{net} 表示系统输出功， Q_c 和 Q_h 分别表示系统的制冷量和制热量。

性能系数虽然通过热力学第一定律对热能在数量上的有效利用程度进行了分析，但不能说明冷、热、电三种能量在品质上的差异。因此，还需要用热力学第二定律的理论，对系统进行火用分析。CCHP-ORC系统的火用效率可以表示为：

$$\eta_{ex} = (W_{net} + E_c + E_h) / E_l \quad (2-10)$$

其中， E_l 、 E_c 、 E_h 分别为系统高温蒸发器吸收热量火用值、系统制冷量火用值、系统制热量火用值^[20]：

$$E_l = (1 - T_0 / T_s) Q_l \quad (2-11)$$

$$E_c = (T_0 / T_c - 1) Q_c \quad (2-12)$$

$$E_h = (1 - T_0 / T_h) Q_h \quad (2-13)$$

其中， T_0 为环境温度， T_s 为热源地热水口温度， T_c 为载冷流体温度， T_h 为载热流体温度。在换热过程中，流体温度发生变化时，计算温度取换热器进出口平均值。

不同性质的能量，其经济地位是不同的。性能系数虽然能反映能量的利用情况，但是没有体现出冷、热和电三种能量在经济性上的差异。而经济热效率可以从这个角度对系统进行评价。系统的经济效率为：

$$\eta_{ec} = (W_{net} + \alpha Q_c + \beta Q_h) / Q_l \quad (2-14)$$

其中， α 和 β 分别为同样计量单位下，供冷和供暖价格与电价的比值，此处取 $\alpha = 0.8$ ， $\beta = 0.5$ ^[8]。

3 系统工质优选

本文以一个虚拟的系统 and 工况为例，以系统的蒸发温度为变量，计算CHP模式下，引射系数为0.2时，系统的净输出功、性能系数、火用效率和经济热效率。该系统工况初始参数设定如下：

(1) 系统热源为95℃的地热水，流量为40t/h(11.11kg/s)，高温蒸发器的蒸发温度的变化区间为65℃~87℃，高温蒸发器窄点在蒸发段开始点，

设定窄点温差为 5°C ，蒸发温度计算步长为 0.5°C ；

(2)在CHP模式下，为了进行供暖或提供生活热水，需要有较高的冷凝温度，以加热供暖循环水或生活热水，冷凝器中冷凝温度设定为 50°C ，将冷却水加热到 45°C 。低温蒸发器需从外界环境（空气、水或土壤）吸热，假定环境温度为 -5°C ，低温蒸发器蒸发温度设定为 -10°C ；

(3)内置热泵的CCHP-ORC系统，其中包含有机朗肯循环和热泵循环的热力过程，所以本文在选择工质时，对工质的干湿性不作要求，同时会注意计算结果中干湿工质的差异。

近年来，在有机朗肯循环系统工质优选的研究中，对工质的选择标准不尽相同，以单一热力学参数作为评价标准，具有片面性；而制定多目标综合的评价指标时，对不同的性能评价指标同样存在标准侧重的选择问题。就目前的研究状况而言，仍然很难找到能够满足所有要求的优良工质。综合考虑工质各方面的特性，筛选出一部分适合的纯工质，表1为部分工质的一些基本物性和环境特性参数。本文将对使用不同工质的系统，在不同蒸发温度下的各项评价指标进行对比，对工质进行优选。本部分内容仅从热力学循环的角度进行研究，对于具体传热问题不作考虑。

表1 部分工质的基本特性参数

工质	三相点温度 T_b $^{\circ}\text{C}$	临界温度 T_c $^{\circ}\text{C}$	临界压力 P_c MPa	ODP	GWP	干湿性
R123	27.8	183.8	3.66	0.012	120	干
R124	-12	122.3	3.62	0.026	620	干
R141b	32	204.2	4.25	0.086	700	干
R142b	-9	137.2	4.12	0.043	2400	干
R152a	-24	113.3	4.52	0	124	湿
R245ca	--	178.5	3.86	0	560	干
R245fa	14.9	154.1	3.64	0	950	干
R600	-0.5	152.0	3.80	0	20	干
R600a	-11.7	134.7	3.64	0	20	干
R236ea	--141.1	3.53	3.53	0	710	干
R134a	-26.22	101	4.099	0	420	湿
R717	-33.43	-132.5	11.3	0	0	湿

在热电联供模式下，使用所选工质的系统的各个评价指标随蒸发温度的变化趋势对比如图3至图6所示。

如图3所示，系统的净输出功率随着蒸发温度的升高先增大后减小，各种工质的变化趋势较为一致，均在 77°C 到 79°C 之间达到最大值。其中，R245ca、R141b和R123等工质净输出功率较高，而所选的三种湿工质R134a、R152a和R717的净输出功率较低。

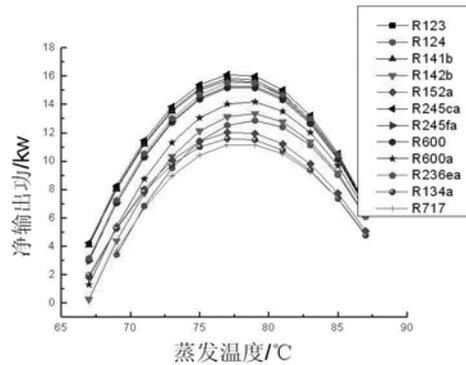


图3 CHP模式下净输出功率随蒸发温度变化趋势

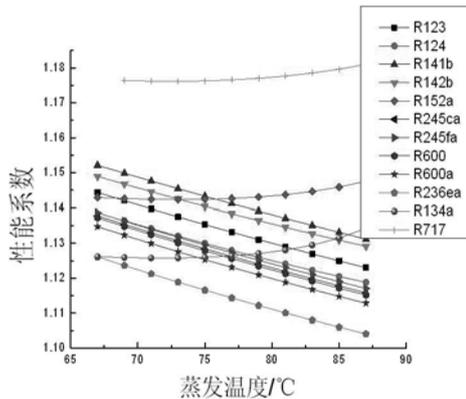


图4 CHP模式下性能系数随蒸发温度变化趋势

图4表明干湿工质在系统性能系数随蒸发温度的变化趋势明显不同。三种湿工质的性能系数随着蒸发温度的升高呈上升趋势，而所有干工质都呈下降趋势。输出功率占整体输出能量的比例升高，会使输出功率和热的总量相对于总吸热量下降。

图5显示，所有工质的经济热效率都随蒸发温度的提高而上升。这是由于在考虑了能量经济价值的因素，使热量输出所占权重降低后，性能系数呈下降趋势的干工质，表示经济性收益的分子的下降速率小于表示系统输入能量的吸热量的下降速率。

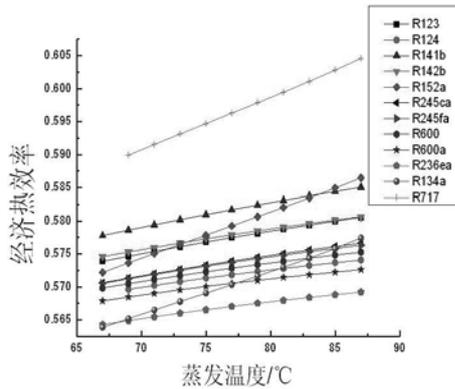


图5 CHP模式下经济热效率随蒸发温度变化趋势

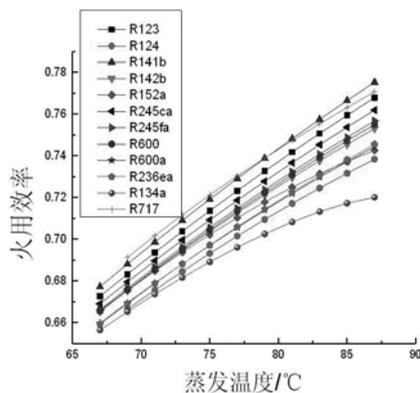


图6 CHP模式下火用效率随蒸发温度变化趋势

由图4和图5可知,湿工质的性能系数和经济热效率的上升趋势都较干工质明显, R717的性能系数和经济热效率都较高,在干工质中, R141b、R142b和R123的性能系数和经济热效率较高。

如图6所示,在蒸发温度的变化区间里,所有工质的火用效率都随蒸发温度的升高呈上升趋势。其中R141b、R717、R123和R245ca的火用效率较高。

4 结论

本文介绍了一种新型的内置热泵的CCHP-ORC系统的结构和热力过程,对其热力参数的计算进行了分析,并相对于系统性能的各个评价指标优选了工质,得出了以下重要结论:

(1) 在研究的蒸发温度变化范围内,系统的净输出功率随蒸发温度的升高先增大后减小,存在最大值。

(2) 在系统高温蒸发器蒸发温度的影响下,

不同的评价指标存在不同的趋势,所以在对实际系统进行评价时应根据需求选择合适的评价指标或选取合适的权重进行多目标分析。

(3) R245ca和R141b等工质的系统净输出功率较高, R717在性能系数,和经济热效率等方面表现出明显优势, R141b和R717等具有较高的火用效率。

(4) 在进行工质选择时,应先确定较为侧重系统的动力输出还是冷、热输出,并根据蒸发温度选取合适的干工质或湿工质。

参考文献

- [1] 褚静娴. 低温地热发电ORC工质与系统经济性优化研究[D]. 天津大学, 2009.
- [2] 张学镭, 陈海平. 回收循环水余热的热泵供热系统热力性能分析[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(8): 1-8.
- [3] 方箐, 杨昭, 陈轶光. 燃气机热泵冷热电三联供系统热经济学分析[J]. 热能动力工程, 2009, 24(5): 597-602.
- [4] R. F. Babus'Haq, S. D. Probert, M. J. Shilston. The total energy approach: Evolution of combined heat and power for district heating and/or cooling. Applied Energy. 1986, 25(2): 97~166.
- [5] 杨瑞昌, 鲁钟琪, 施德强, 等. 引射器与带有引射器的回路流动特性计算方法[J]. 工程热物理学报, 1996, 17(1): 54-58.
- [6] 郑彬. 低温热源喷射式发电制冷复合循环理论与实验研究[D]. 上海交通大学, 2011.
- [7] 赵翠翠. 应用于有机朗肯循环喷射器的热力学分析[D]. 天津大学, 2012.
- [8] 杨承, 杨泽亮, 蔡睿贤. 基于全工况性能的冷热电联产系统效率指标比较[J]. 电机工程学报. 2008, 28(2): 8~13.

浅谈乌兰察布市网球馆电气设计

■ 李维克 陈泽毅 [电气]

摘要: 随着国内大型体育赛事高清转播不断的增多,高质量的场馆照明及供配电系统对于高清转播十分重要。本文经CalcuLuX Area照明设计软件计算后,合理进行了场馆照明灯具的布置以及场馆照明光源的选择从而使高清转播达到最优画质,同时采用赛时柴油发电机与市电相结合的供配电系统形式使场馆照明供配电系统可靠性提高。

关键词: 网球馆;场馆照明设计;灯光控制;场馆照明供配电系统

1 工程简介及供电方案

1.1 项目概况

乌兰察布市网球馆定位为承接第18届内蒙古自治区运动会,同时满足赛后作为群众健身场地的使用。建筑面积10569m²。建筑地上二层,局部设置夹层。建筑最高点高度为22.05m。网球馆建筑等级为丙级,可容纳491座(含普通坐席458座,普通无障碍座席及陪护各2座,贵宾席31座),乌兰察布市网球馆效果图见图1。

1.2 负荷分级

根据JGJ 16-2008《民用建筑电气设计规范》(2008年版),附录A:特级及甲级体育场(馆)及游泳馆中非比赛用电、乙级及以下体育建筑比赛用电为二级负荷;本网球馆建筑等级为丙级,故本项目中比赛厅、主席台、贵宾室、计时记分装置、场馆照明用电为二级负荷。

1.3 市政电源

根据国家现行规范要求、城区电力公司的咨询结果以及以往乌兰察布项目设计经验,本项目电源来自市政电网,为双路10kV电源供电,但其中第二路10kV电源为多用户共用,很不稳定。

1.4 内部电源

在本建筑内设置柴油发电机房,以保证消防负荷用电,该柴油发电机房内安装1台额定电压为230/400V、600kW柴油发电机组;设置1m³的日用油箱。将应急电源供电至变电所的应急母线段。柴油发电机组与市电之间进行切换,并设电气、机械连锁。

1.5 赛时电源

根据建筑条件及平时场馆使用情况本设计采用举办重大比赛时临时租用柴油发电机组,停靠在高10kV变电所较近的室外地面,并在此处设置断路器箱,临时租用的柴油发电机组与该断路器箱相连,断路器箱与变电所赛时低压母线相连。

1.6 变电所设置

根据负荷计算,在网球馆一层设置10kV总配变电所,变压器安装容量为2X800kVA。

2 场馆照明设计

2.1 场馆照明等级确定

依据GB 50034-2013《建筑照明设计标准》、JGJ 153-2007《体育场馆照明设计及检测标准》、国际单项体育联合会总会(GAISF)的照明标准,《体育照明设计手册》等针对各类体育运动项目给出的相关照明标准和指标,网球馆照度标准值见表1。

作者简介:李维克,男,助理工程师,2011年7月毕业于西北工业大学自动化学院测控技术与仪器专业,现就职于中航规划建筑设计研究院。

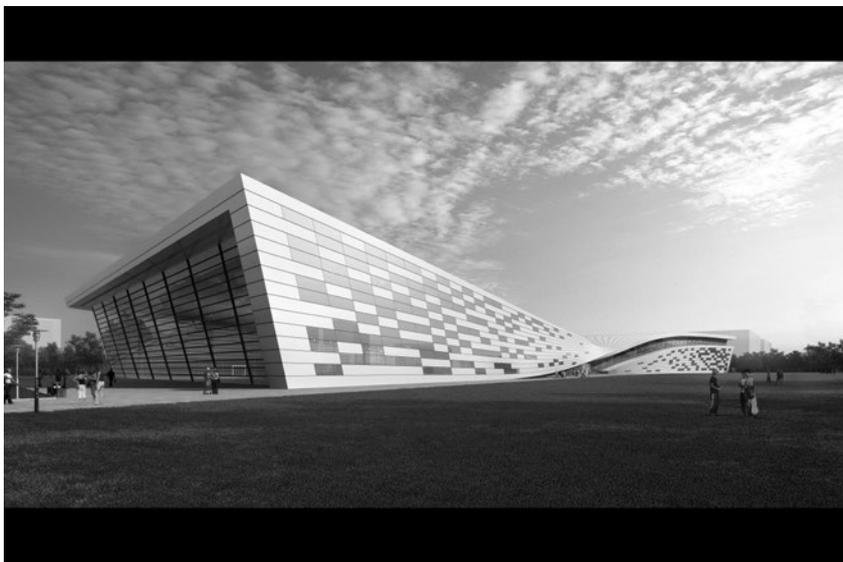


图1 乌兰察布市网球馆效果图

结构形式上网球馆比赛大厅最大柱跨47.7m, 采用为双下弦单榀桁架+稳定索, 桁架间平面外支撑为交叉拉索, 钢桁架上弦采用H型钢。

根据JGJ153-2007《体育场馆照明设计及检测标准》第6.3.3条对灯具安装设置的要求: 网球馆灯具宜平行布置于赛场边线两侧, 布置总长度不应小于36m; 同时根据建筑专业以及体育工艺条件: 预赛时4片场地同时进行比赛, 淘汰赛按中央两片场地同时进行比赛; 经CalcuLuX Area照明设计软件进行计算后, 马道具具体布置设置如下:

根据赛事委员会要求: 本场馆进行淘汰赛时需进行高清转播, 同时根据体育工艺建议: 高清转播需要至少1400lx照度要求以保证转播画面质量, 故本项目预赛照明按照Ⅲ级设计, 淘汰赛照明按照Ⅴ级设计。

2.2 场馆照明马道设置

网球馆比赛大厅赛时可布置4片网球场, 场地尺寸40.6m(南北向) × 80.2m(东西向), 预赛时同时使用4片场地进行比赛, 淘汰赛时使用中间两片场地。

(1)在网球馆4片场地两侧上空桁架间次梁上吊装6条南北向马道, 安装高度16m, 比赛照明灯具安装于马道上, 便于调整灯具角度使比赛场地灯光叠加以达到规定照度, 节省灯具安装数量;

(2)在南侧观众席上空桁架上安装一条东西向马道, 安装高度16m, 上部安装观众席照明及场馆应急照明灯具, 同时此马道将南北向6条马道连通, 便于电缆走线及后期灯具维护。

2.3 场馆照明灯具设置

为确保体育馆运动场地的照明效果, 提高彩

表1 网球场地的照明标准值

等级	使用功能	照度 (lx)			照度均匀度						光源		眩光指数 GR
		E _h	E _{vmai}	E _{vauX}	U _h		U _{vmai}		U _{vauX}		R _a	T _{cp} (K)	
					U ₁	U ₂	U ₁	U ₂	U ₁	U ₂			
I	训练和娱乐活动	300	-	-	-	0.5	-	-	-	-	≥65	-	≤35
II	业余比赛、专业训练	500/300	-	-	0.4/0.3	0.6/0.5	-	-	-	-	≥65	≥4000	≤30
III	专业比赛	750/500	-	-	0.5/0.4	0.7/0.6	-	-	-	-	≥65	≥4000	≤30
IV	TV转播国家、国际比赛	-	1000/750	750/500	0.6/0.5	0.7/0.6	0.4/0.3	0.6/0.5	0.3/0.3	0.5/0.4	≥80	≥4000	≤30
V	TV转播重大国际比赛	-	1400/1000	1400/1000	0.6/0.5	0.8/0.7	0.5/0.3	0.7/0.5	0.3/0.3	0.5/0.4	≥90	≥5500	≤30

电转播的颜色还原性，本设计4片场地场馆照明共采用126套1000W金属卤化物投光灯，沿东西向马

道布灯及观众席上空马道布灯。具体配置见表2所示，预赛及淘汰赛时所需灯具数量见表3所示。

表2 灯具图例及配置表

灯具代码	灯具图例	光源类型	数量	功率	光通量
A		窄光束金属卤化物投光灯	14	1000W	90000lm
B		宽光束金属卤化物投光灯	112	1000W	90000lm

表3 预赛、淘汰赛灯具数量

模式	场景	灯具数量		
		A	B	共计
1	淘汰赛照明	4	80	84
2	预赛照明	10	51	61

经计算及检测，淘汰赛照明模式下比赛照明照度值为1375lx；预赛照明模式下比赛照明照度值为876lx；符合规范要求。相应的比赛照明灯具布置如图2所示。

2.4 场馆照明供配电系统

大型体育赛事直播如市电骤停会造成照明出现中断的情况，由于金卤灯的特性：熄灭后再次点亮往往需要10~30min不等，长时间中断照明会产生如下后果：

- (1) 会使观众情绪混乱产生踩踏事故；
- (2) 影响比赛结果，因为体育赛事本身具有不可重复性，运动员的竞技状态甚至会因为一次短暂暂停产生影响；
- (3) 本体育场馆由于需承接2018年内蒙自治区第十四届运动会比赛，中断照明会造成不好的政治及社会影响。

为避免此类情况发生需要一套安全可靠的照明供配电系统来保障。由于乌兰察布市本地特殊情况，双路市电中第二路电源为多用户共用，很不稳定，故仅靠双路市电互为备用难以保证场馆照明的可靠性，为解决此问题，本项目采用如下设计：

- (1) 举办重大比赛时临时租用柴油发电机组；

在10kV配变电所低压侧设赛时母线段，向比赛场地照明、计时记分装置、新闻发布、电视转播等赛时负荷供电；

(2) 设置两个场地灯光互投柜，两个互投柜各为50%的场地照明供电。重大比赛时，50%的场馆灯光由赛时母线段作为主电源、市电作为备用电源供电；另50%的场馆灯光由市电作为主电源、赛时母线段作为备用电源供电，方案如图3、图4所示。

这种设计的特点在于场馆照明源头采用三种电源供电以保证任何情突发状况均可帮正50%的场馆照明，电源分别为：市政电源1、市政电源2、赛时柴油发电机。进行重大比赛前启动赛时柴油发电机为赛时母线段供电，将双电源切换装置切换至赛事柴油发电机端，当出现市政电源1、市政电源2均无法正常供电或赛时柴油机组本身出现故障时，均可依然保证存在50%的场馆照明灯具正常工作，使场馆内照度依旧保持III级标准，可以保证比赛继续进行，仅影响转播的画面质量，待市政电源或柴油机修复后可正常进行转播。

2.5 场馆照明供控制

在网球馆中部设置灯光控制室，能有效观察主席台、比赛场地和观众席上空的全部灯光，控制台通过分布式智能照明控制总线将运动场地照

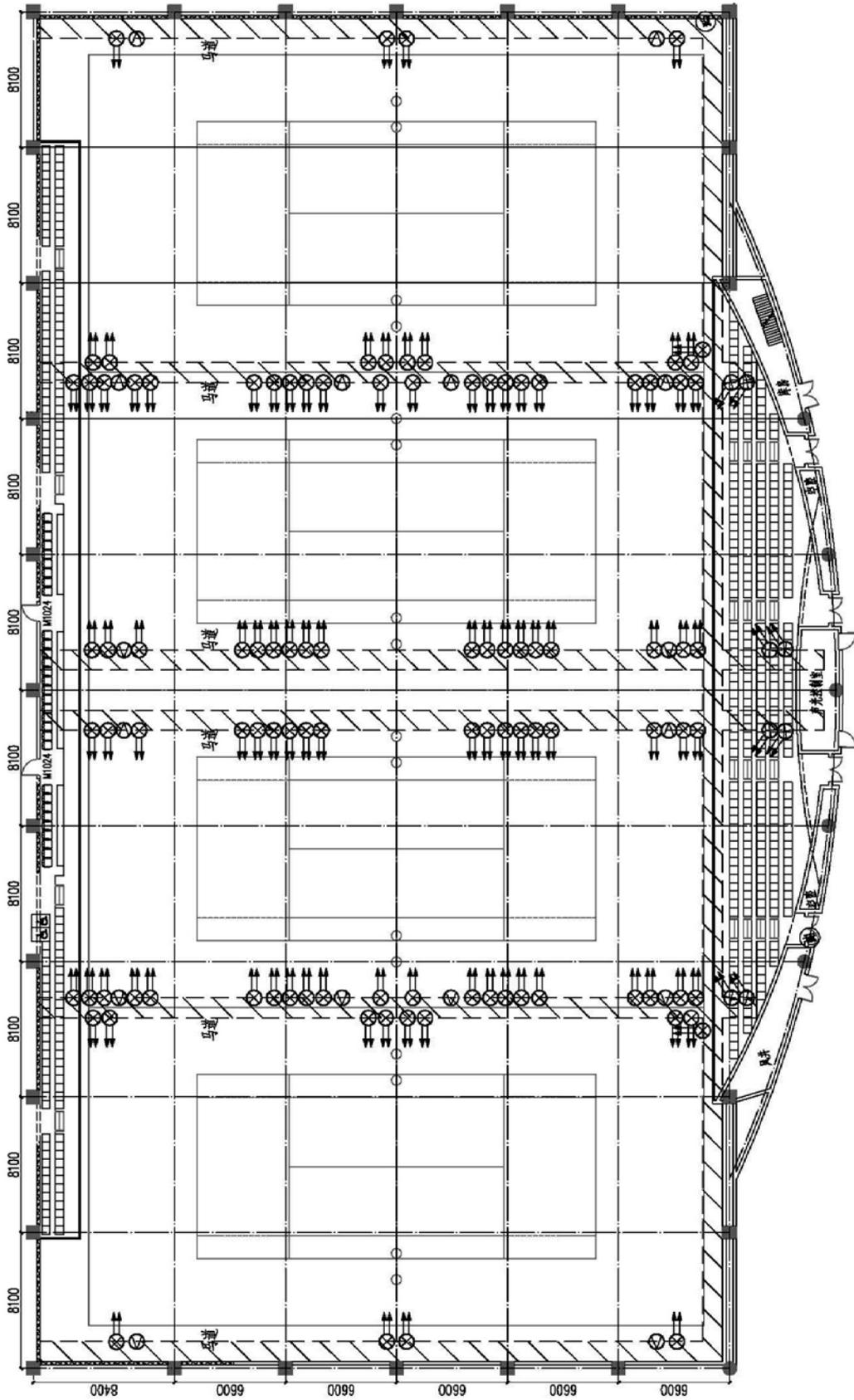


图2 场馆照明灯具及马道布置图

明连成网络，同时采用单独回路为每套灯具进行供电，实现单灯单控，以保证照明的灵活性；预置多种亮灯模式：TV转播重大国际比赛，TV转播国家、国际比赛，无转播专业比赛，业余比赛、专业训练，训练和娱乐活动，清扫，满足不同使用功能要求。每回路装设坏灯检测装置，在控制室能实时监测灯光实际工况。

3 结语

通过本项目，笔者总结出以下网球馆照明供电设计要求及体会：

(1)市政电源可能不稳定的情况下采用双市电、柴油机配合的方式为场馆照明供电可有效的提高照明的可靠性，保障比赛的顺利进行；

(2)根据网球馆场地的使用功能及赛时转播需求，确定照明等级，同时了解场地的建筑结构形式以确定照明马道的安装位置及方式；

(3)正确的选择光源及灯具类型，合理的安装灯具，保证照度满足规定要求的同时能带来更好

的电视转播效果；

(4)场馆照明采取单灯单控，在提供给各类体育运动的照明方案时带来灵活性和规范性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部《建筑照明设计标准》GB 50034—2013.
- [2] 中国建筑科学研究院《体育场馆照明设计及检测标准》JGJ 153—2007.
- [3] 李炳华，董青《体育照明设计手册》. 北京：中国电力出版社，2009.
- [4] 李炳华，王玉卿《现代体育场馆照明指南》. 北京：中国电力出版社，2004.
- [5] 北京照明协会照明设计专业委员会《照明设计手册》（第二版）. 北京：中国电力出版社，2006.
- [6] 中国航空工业规划设计研究院《工业与民用配电设计手册》（第三版）. 北京：中国电力出版社，2005.

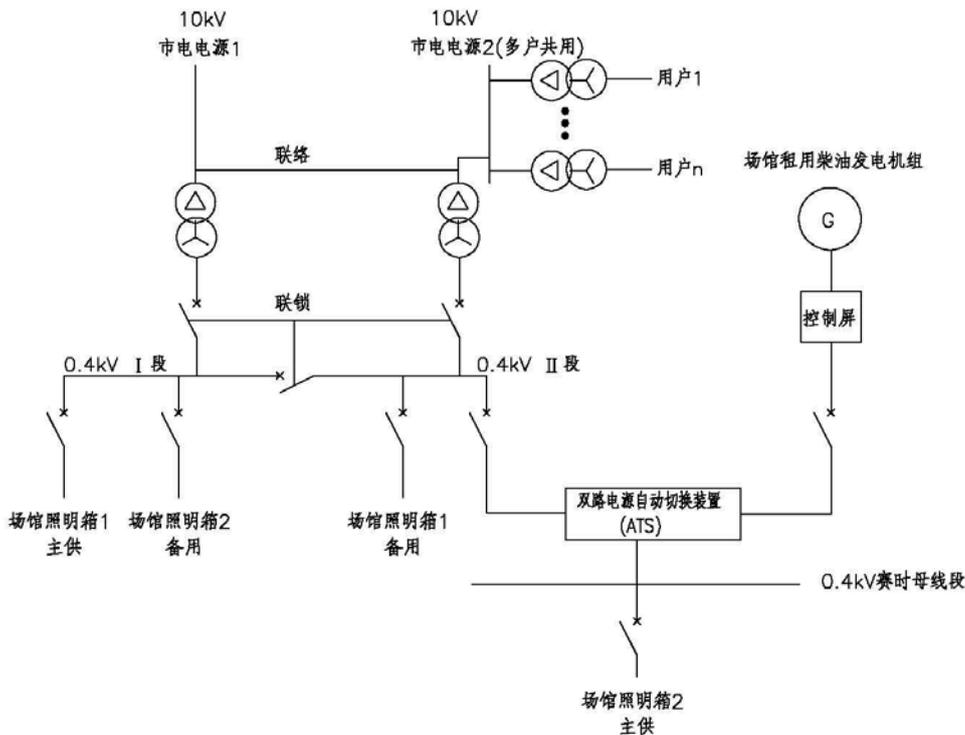


图3 低压供电方案图一

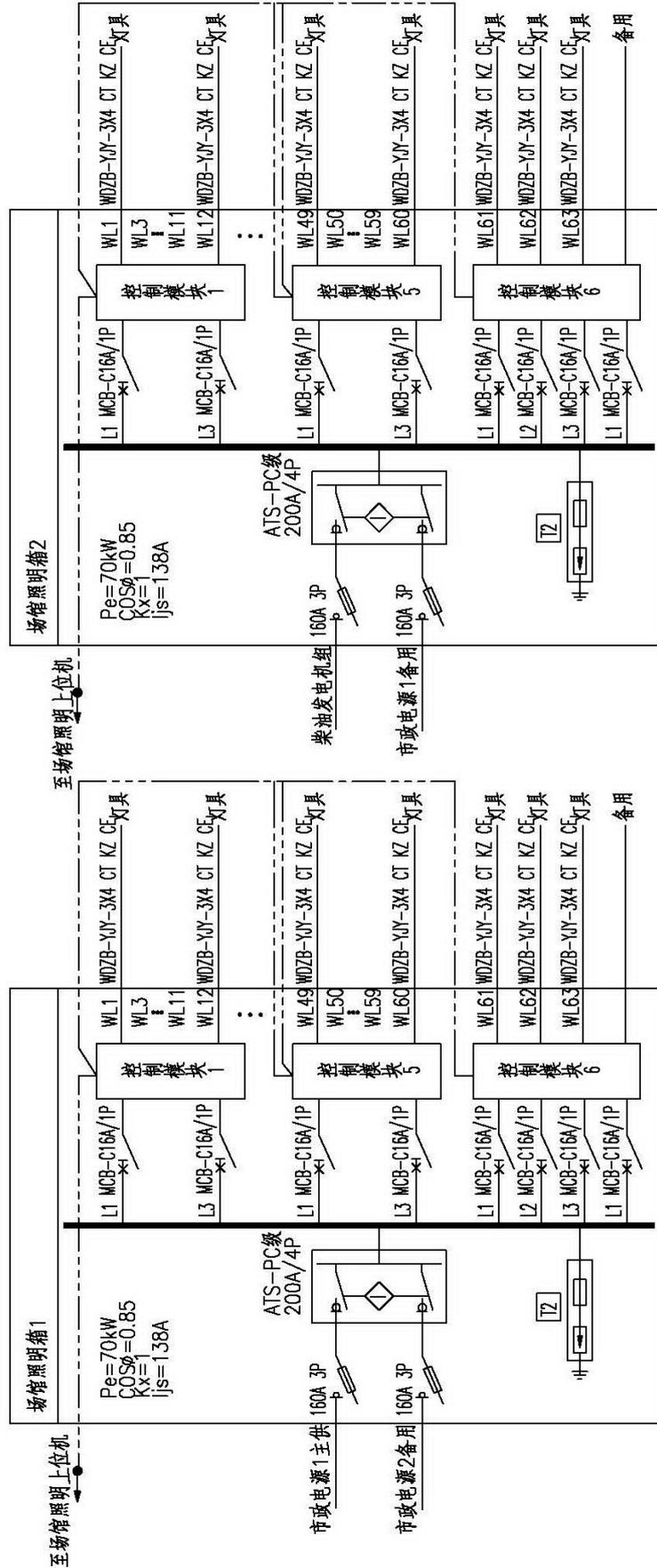


图4 低压供电方案图二

乌兰察布市游泳馆、网球馆热身池部分钢屋盖结构设计

■ 李朝来 景辉 [结构]

摘要: 乌兰察布市游泳馆、网球馆热身池为上部钢屋盖与下部混凝土主体结构连为整体的混合结构,上部钢结构屋盖建筑造型复杂,采用大跨度的钢桁架结构,本文主要介绍了热身池大跨度钢屋盖的结构选型、计算模型及结果分析。

关键词: 钢屋盖; 桁架; 结构选型; 计算模型

1 工程概况

乌兰察布市游泳馆、网球馆建筑主体由游泳馆、网球馆组成,工程总建筑面积24990m²。该项目设计理念为展翅,设计用几条流畅的曲线将网球馆与游泳馆相连接,仿佛一对丰满的羽翼,展翅准备高飞翱翔。建筑体量上,采用了两头高中间低的设计体量,既保证了游泳馆和网球馆的比赛高度要求,同时又压低了中心大厅、热身池的建筑高度,达到了建筑节能环保的设计要求。建筑效果图见图1。

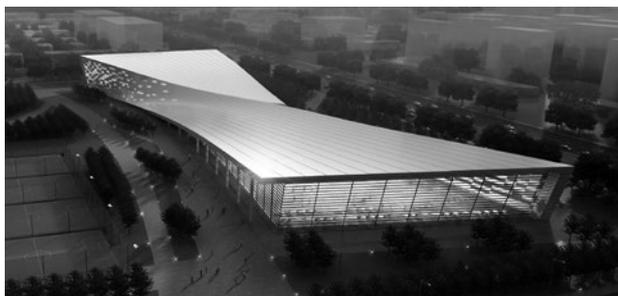


图1 建筑效果图

建筑物东西长度约270m,南北宽度约80m,通过设置永久性结构缝将其分为3个独立的抗震单

元。自西向东分别为:网球馆、游泳馆热身池、游泳馆比赛池,各单体长度80~90m。本文主要介绍1/14~1/25轴游泳馆热身池部分钢屋盖结构设计。

游泳馆热身池位于建筑中部,地上局部2层,建筑最高点为17.15m。下部主体采用钢筋混凝土框架结构,屋面为钢结构轻质屋面。热身池钢结构屋面建筑造型复杂,为一个扭转的蝴蝶结,整个屋面呈流线型,屋盖最大跨度41.2m,北侧最大悬挑长度14.8m。热身池单元建筑平面图和剖面图分别见图2、图3。

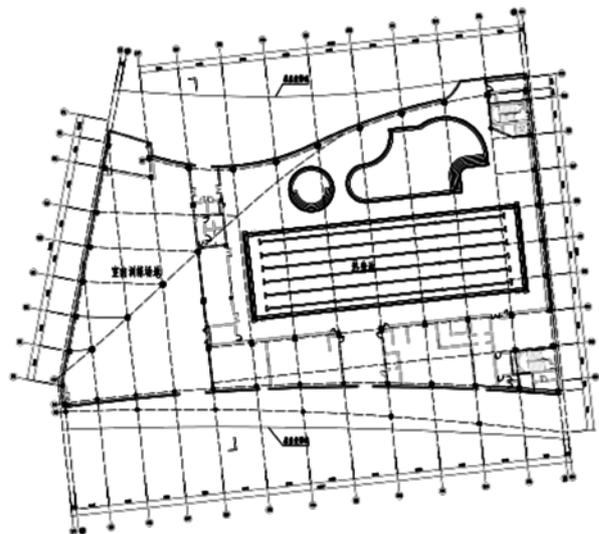


图2 热身池单元建筑平面图

作者简介:李朝来,男,助理工程师,2014年毕业于哈尔滨工业大学结构工程专业,现就职于中航规划建筑设计院。

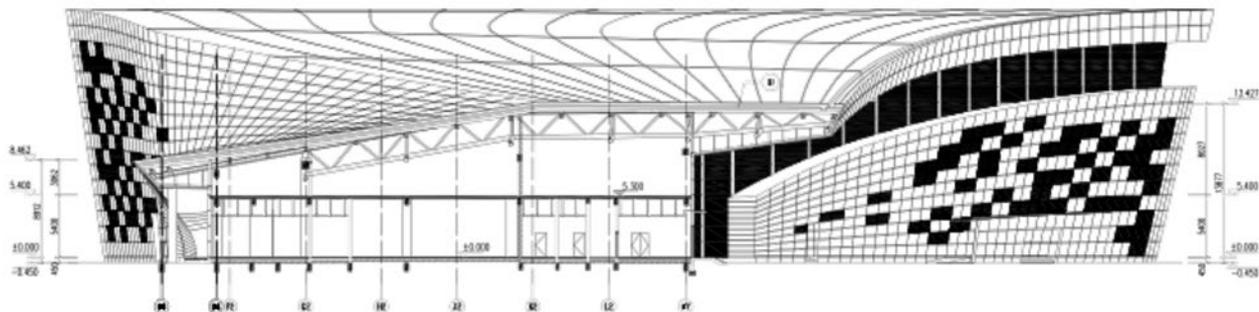


图3 热身池单元建筑剖面图

2 荷载作用

主体结构设计使用年限50年，安全等级二级，抗震设防类别为标准设防类，结构重要性系数为1.0。

2.1 恒载与活载

屋面恒荷载和活荷载标准值如表1所示。考虑钢结构连接节点以及焊缝重量，自重系数取1.1。此外，屋面活荷载与雪荷载不同时发生，两者取大值^[1]。基本雪压取50年重现期雪压为0.35kN/m²，由于屋面为不规则扭转平面，考虑局部凹屋面范围内积雪荷载较大，积雪分布系数 μ_r 取2.0，此部分活荷载取雪荷载标准值 $0.35 \times 2 = 0.7 \text{ kN/m}^2$ 。

2.2 风荷载

根据《建筑结构荷载规范》（GB50009—2012），本工程主体结构取50年一遇基本风压0.6kN/m²，屋面钢结构取100年一遇基本风压0.7kN/m²，场地粗糙度B类。由于整个结构形体的复杂性，考虑轻型屋盖本身对风作用力比较敏感，风荷载是影响结构的主要因素，其取值的准确性直接关系到结构的可靠度和经济合理性，因此，对本工程进行了风洞试验。

风洞试验报告给出了8个代表性不利风向角的等效静力风压系数，分别为0°、45°、90°、135°、180°、225°、270°和315°，风向角定义见图4。风洞试验报告提供的等效静力风压系数，相当于规范中风振系数 β_z 、风荷载体型

表1 屋盖恒荷载和活荷载标准值

	荷载情况	取值
恒荷载	屋面建筑做法	1.3kN/m ²
	悬挑屋面建筑做法	2.0kN/m ²
	马道（局部）	2.5kN/m
活荷载	消防水管（局部）	1.0kN/m
	不上人屋面活荷载	0.5kN/m ²
	屋面积雪（局部）	0.7kN/m ²

系数 μ_s 、风压高度系数 μ_z 三个系数的乘积，再乘以设计所用基本风压即为风荷载标准值。试验结果表明，绝大多数情况下热身池单元屋面板的风压为负值，说明屋盖结构在风荷载作用下以上吸效应为主，尤其悬挑部分风吸荷载较大（悬挑部分为上下表面叠加的结果）；仅在90°和270°风向角情况下，处于建筑中部下凹的屋面板存在下压风的情况，且下压风系数与上吸风系数相比较小。设计选取0°、90°、180°、270°四个最不利风向角的风荷载分别与其他荷载进行组合计算，四个方向的等效静力风压系数见图5。

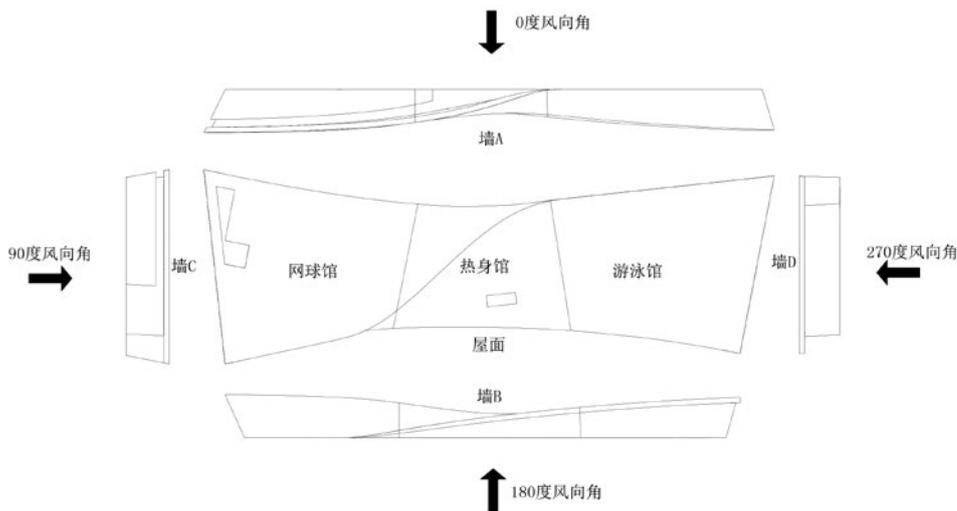


图4 风洞试验风向角定义

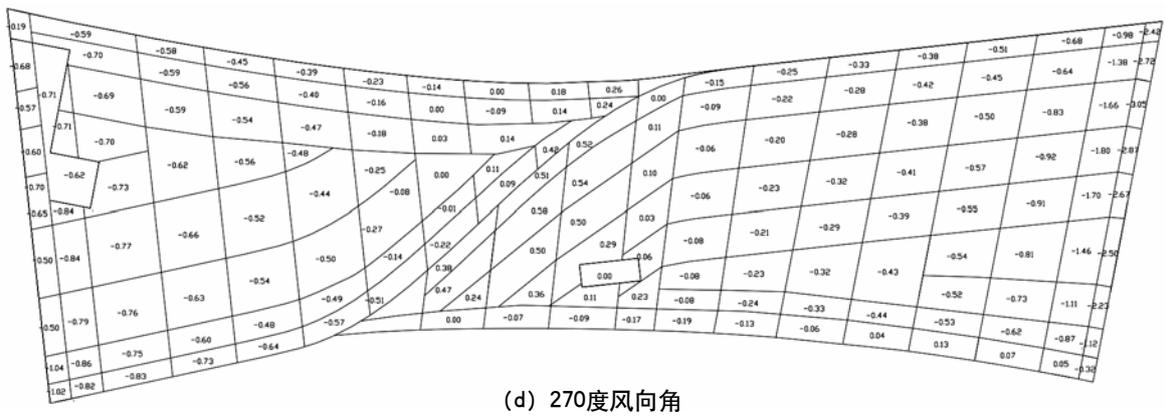
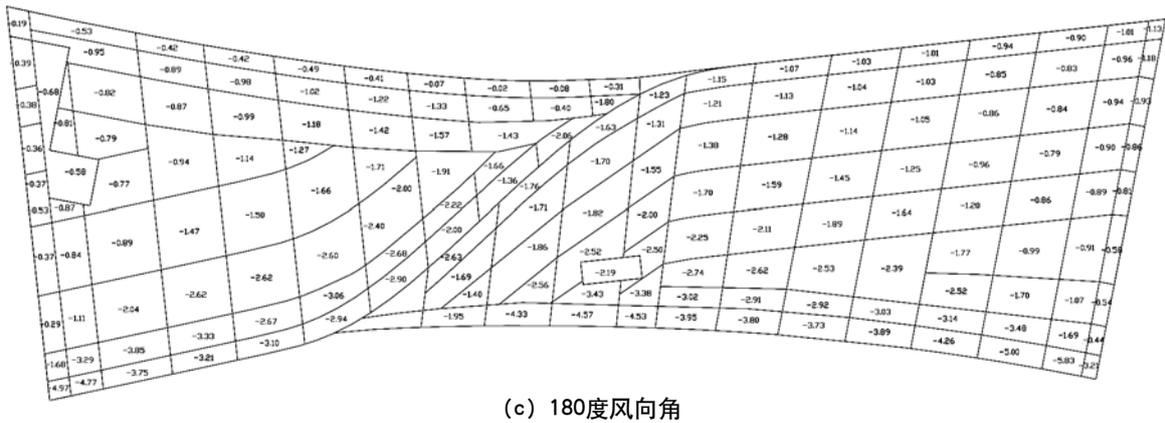
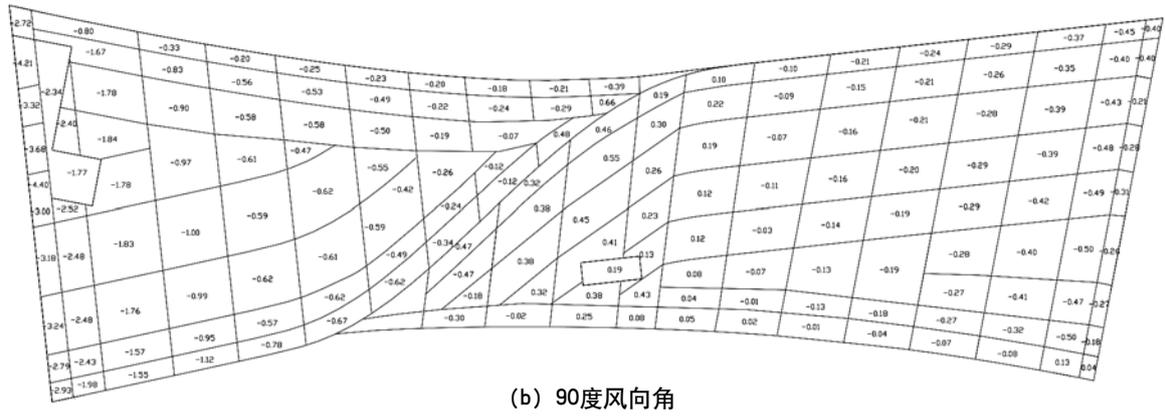
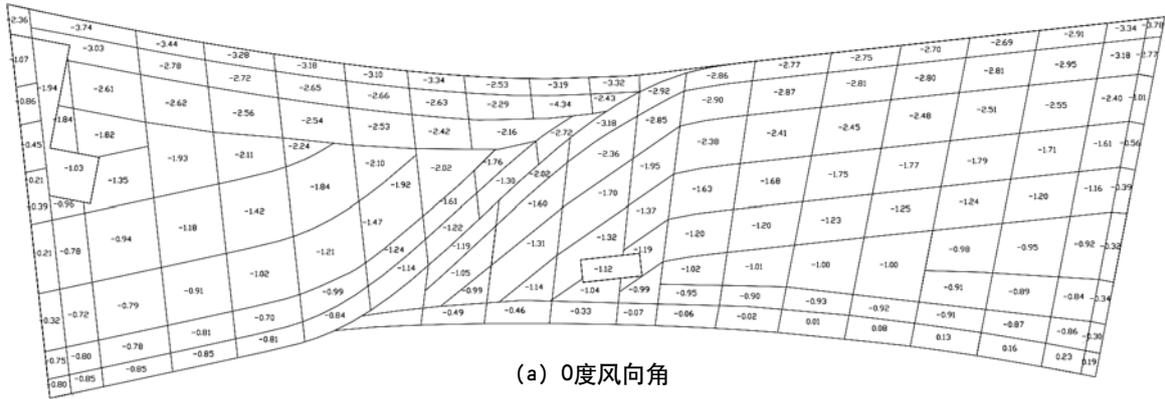


图5 屋面等效静风压系数

2.3 温度作用

根据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012), 乌兰察布市50年重现期的月平均最高气温为30℃, 最低气温为-25℃。由当地气温统计数据及施工进度安排, 合拢温度取值5~10℃。对于室外部分, 升温 $30-5=25$ ℃, 降温 $10-(-25)=35$ ℃; 对于室内部分, 最低气温-5℃, 最高25℃, 升温 $25-5=20$ ℃, 降温 $10-(-5)=15$ ℃。考虑室内钢结构在施工初期有可能暴露, 综上所述, 室内钢结构取值±25℃, 室外钢结构取值±35℃。

2.4 地震作用

建筑抗震设防烈度为7度, 设计基本地震加速度值为0.1g, 设计地震分组为第二组, 建筑场地类别为Ⅱ类, 特征周期为0.4s, 阻尼比取0.04。此外, 本工程虽然是7度区丙类设防, 但考虑到屋面存在大跨度、大悬挑及平面不规则等特点, 对结构进行竖向地震作用计算。按照规范要求, 采用竖向振型分解反应谱方法, 竖向地震影响系数取水平地震影响系数的65%, 特征周期按设计第一组采用^[2]。

3 屋盖结构形式

3.1 结构选型

本工程存在平面不规则、空间曲面造型及不规则柱网支承等特点。从屋盖建筑造型来看, 桁架结构和网架结构都适用于奇特结构外形的建筑设计, 但桁架结构造型更加灵活, 尤其对于不规则曲线形状比网架结构更有优势, 结构外观简洁, 纵横分明, 具有流畅的视觉效果; 从结构受力来看, 网架结构倾向用于较规整的正方形或圆形屋面, 而当建筑尺寸具有较大长宽比, 外形为明显椭圆或矩形时, 桁架结构更适合^[3,4]。根据本工程建筑尺寸和柱网支承条件, 以及建筑师希望屋顶具有简洁的室内效果, 最终北侧大跨空间及大悬挑屋盖采用桁架结构体系, 南侧柱距小于20m的屋盖部分采用普通H型钢梁。主桁架沿短跨方向布置, 与悬挑桁架组成连续桁架, 为屋盖的主要受力构件; 次桁架与主桁架正交布置, 可以有效减小主桁架弦杆面外计算长度, 承担主桁架平面外的水平荷载, 加强结构的整体性^[5]。

3.2 桁架形式

为便于屋面布置次檩条, 降低屋面建筑做法高度, 桁架上弦和钢梁均采用热轧H型钢, 桁架下

弦及腹杆采用热轧无缝钢管。圆管截面的管桁架具有节点构造简单、刚度大、几何特征好、施工简单、有利于防锈与维护等优点^[6]。采用杆件直接焊接的管节点, 同一榀的上、下弦杆(主管)贯通, 腹杆端部进行相贯线加工后直接焊接在主管上, 由于腹杆端部约束弯矩不大, 计算分析时假设所有的腹杆均为铰接, 为二力杆, 各杆件的中心线在节点处交于一点。

桁架结构包括平面桁架和立体桁架, 与平面桁架相比, 立体桁架的稳定性和工作性能都有所提高和改善, 但仍属于单向受力结构, 其平面外刚度和稳定性较差, 屋面支撑体系必不可少。本工程在确定主桁架形式时, 以25轴最大跨41.2m进行单榀桁架试算, 对两种桁架进行了对比分析。平面桁架随建筑造型为倾斜的平行四边形, 桁架的腹杆采用K形节点布置, 立体桁架采用三角形立体桁架, 腹杆采用KK形节点布置, 斜腹杆与弦杆夹角控制在35°~55°, 这样的布置方式不仅节省材料、方便节点连接, 同时便于设备管线和马道的布置, 桁架形式示意图见图6。立体桁架高度可取跨度的1/12~1/16^[7]。进行单桁架试算时, 立体桁架高度分别取2.5m和2.8m, 平面桁架高度分别取2.2m、2.5m和2.8m, 在使用荷载工况下应力比限值0.8, 其刚度及用钢量对比结果见表2。

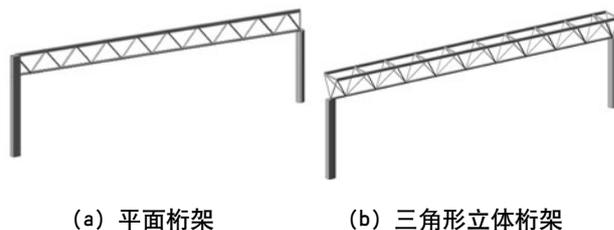


图6 桁架形式示意图

计算结果显示, 桁架高度越高, 竖向刚度越大, 挠度越小。由于平面桁架一端采用桁架固接支承连接方式, 在相同桁架高度条件下, 平面桁架的竖向位移小于立体桁架, 对提高桁架竖向刚度作用明显, 但由于固接端弯矩作用, 端部附近弦杆轴力会发生变号, 设计中应留意。《钢结构设计规范》(GB50017-2003)规定在使用荷载作用下的挠度限值为1/400, 2.5m高平面桁架和2.8m高立体桁架均满足刚度要求, 并且挠度相同, 但平面桁架用钢量可节省25%, 且平面桁架高度更低, 立体桁架构造更复杂, 因此桁架形式选择2.5m高平面桁架。

表2 不同桁架高度的刚度及用钢量对比结果

振型	无支撑	有支撑
第一振型	T1=0.5714s	T1=0.5194s
第二振型	T2=0.5142s	T2=0.5109s
第三振型	T3=0.4741s	T3=0.4660s

18轴通高隔墙将建筑分为室内训练场和热身池两个区域，改变桁架高度不会引起视觉上的突变，由于左侧区域桁架跨度明显减小，最大跨度32.3m，并且此区域建筑高度较低，降低桁架高度符合建筑需求，因此18轴及其左侧桁架高度取2.2m，右侧热身池上空桁架高度取2.5m。悬挑桁架为变截面桁架，端部高度根据建筑要求取1.5m。次桁架同为平面桁架，根据主桁架分格间距8.8m布置一道，桁架高度随主桁架高度。

3.3 设置支撑

根据结构的振型分析，发现结构的第一振型X向平动变形主要集中在一榀次桁架处，说明结构刚度分布不均，屋盖整体性较弱。为改善结构的振型，在热身池两侧各布置一道水平支撑，两种方案的前3阶振型见表3。两种方案结构的前两阶振型均为平动，第三阶振型为扭转。对比发现，加入支撑

后屋盖的刚度和整体性得到提高，尤其第一振型X向刚度增大明显，屋盖整体变形均匀，通过支撑使水平力能尽快更均匀地传递到结构支座，结构受力改善。

最终，屋盖桁架结构体系由10榀主桁架、5榀次桁架和1榀封边桁架组成，并增加2道水平支撑，除了布置次桁架的位置，主桁架上弦节点用钢梁连接，其可作为上弦的侧向固定点，减小上弦杆平面外长细比，同时兼作屋面主檩条，屋盖平面布置图见图7。

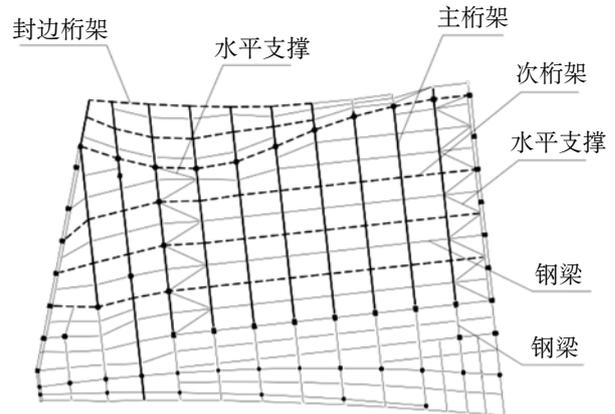
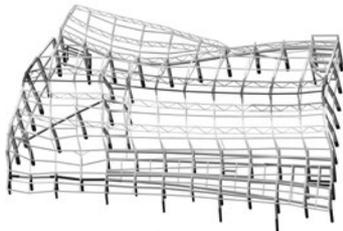
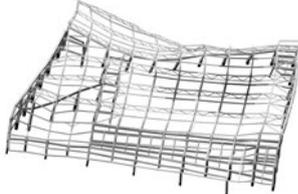
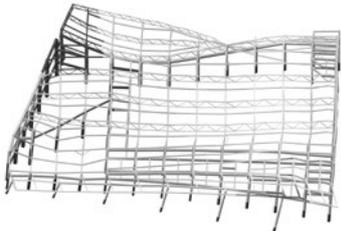
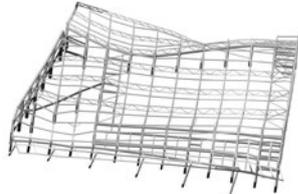
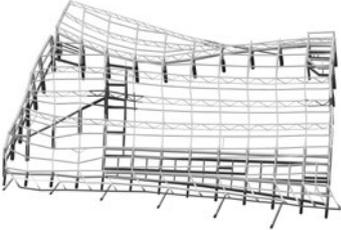
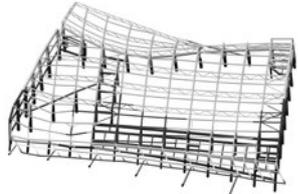


图7 屋盖平面布置图

表3 前3阶振型对比分析

振型	无支撑	有支撑
第一振型	 <p>T1=0.5714s</p>	 <p>T1=0.5194s</p>
第二振型	 <p>T2=0.5142s</p>	 <p>T2=0.5109s</p>
第三振型	 <p>T3=0.4741s</p>	 <p>T3=0.4660s</p>

4 计算模型及分析结果

4.1 结构计算模型

本工程应用MIDAS GEN软件建立屋盖钢结构与下部混凝土结构整体计算模型,进行整体结构上下部共同工作计算分析,以此计入下部结构对屋盖钢结构设计的影响,同时可准确计算屋盖钢结构对下部混凝土主体结构的内力影响。屋盖桁架弦杆和钢梁用梁单元模拟,桁架腹杆用桁架单元模拟,由于屋面为轻型屋面,不考虑其对桁架上弦和钢梁的约束作用,计算模型中用虚面代替,仅用于施加荷载。柱顶支座为铰接,横向布置的钢次梁两端铰接。

4.2 屋盖强度计算

根据规范,对多种荷载进行组合计算,钢结构构件应力比控制在0.85以内。计算结果显示,小震作用对本钢结构工程不起控制作用,但为保证工程抗震安全,大跨度钢结构的支座及与之相连的桁架杆件等关键构件,设计时考虑中震弹性补充计算,应力比控制在0.9以内。

4.3 屋盖刚度计算

根据《钢结构设计规范》(GB50017-2003)和《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010),钢结构屋盖在使用荷载(恒+活)组合作用下的挠度限值为1/400,在重力荷载代表值和多遇竖向地震作用标准值下的组合挠度限值为1/250^[2,8]。计算结果显示钢屋盖的竖向位移变形由使用荷

载控制(见图8),最大竖向变形位于屋盖中间位置,变形值为59mm,该跨跨度39.5m,竖向挠度为1/669(<1/400);北侧悬挑桁架最大竖向位移39mm,悬挑长度12.7m,竖向挠度为1/326(<1/200);东南角悬挑钢梁最大竖向位移36mm,悬挑长度9m,竖向挠度为1/250(<1/200),均满足规范要求。

4.4 振型分析

对结构进行动力特性分析,由于钢结构屋盖为大跨度轻型屋盖,取前100阶振型进行分析,以保证振型参与质量达到90%以上。由结构整体三维模型的反应谱分析得出,结构前两阶振型为平动,第三阶振型为扭转,单榀桁架未出现平面外的局部振型,周期比小于0.9,前3阶结构振型见表3。

4.5 单榀桁架验算

除了整体分析模型外,还对大跨度桁架结构进行单榀补充计算,以确保其承载力和刚度。选取24轴跨度40.7m的ZHJ-2和20轴带外伸悬挑桁架的ZHJ-6两榀主桁架分别进行单榀验算,其最大应力比均在0.85以内。在使用荷载组合作用下,单榀桁架的竖向变形值见图9。ZHJ-2和ZHJ-6的跨中最大竖向变形分别为86mm和32mm,较整体模型分别增大了59.3%和6.7%,竖向挠度为1/473和1/1033,满足规范要求,说明主桁架具有足够的承载力和刚度,确保即使在极端灾难情况下次桁架部分失效,结构也不致发生连续失稳和倒塌。根据单榀模型和整体模型计算结果对比分析可知,由于缺少空间协同作用,单榀桁架的刚度较整体模型减小,变形增大;此外,单榀模型中ZHJ-2竖向位移增幅较ZHJ-6明显增大,同时结合使用荷载作用下屋盖的整体竖向变形,说明竖向荷载根据屋盖的竖向刚度沿两个方向传递,以短跨方向主桁架受力为主,次桁架除了承担主桁架平面外的水平荷载外,在端部范围内还分担部分竖向荷载,增大屋盖的整体刚度。

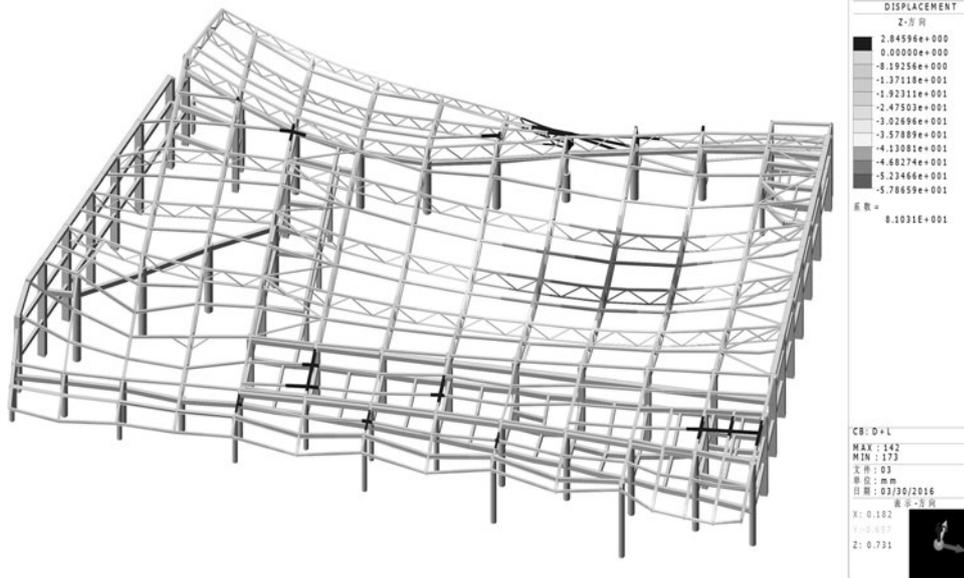


图8 竖向位移变形图



ZHJ-2竖向位移变形



ZHJ-6竖向位移变形

图9 单榀桁架竖向位移变形图



的关键部位，支座受力取中震弹性作用下的荷载组合。由于柱顶铰接，支座节点受竖向力、水平力以及水平力产生的附加弯矩作用。对于支座与混凝土柱的连接，无论采用锚栓还是锚筋连接方式，竖向压力起有利作用，水平剪力及其产生的附加弯矩起不利作用。此外，由于轻型屋盖自重轻、风荷载风吸效应明显，在0.9恒+1.4风荷载工况下，大部分屋盖支座存在拉力的情况，最大支座拉力166kN。计算支座与混凝土柱的连接时，取水平力最大的荷载组合和拉力最大的荷载组合两种工况分别进行验算。对于存在拉力的混凝土柱，需进行裂缝验算，最大裂缝宽度限值0.2mm。

本工程钢结构节点种类较多，本文主要介绍主桁架两种支座节点做法。由于主桁架南端采用桁架固接形式，柱顶剪力大，支座采取下插钢管的做法，支座拉力由栓钉传给钢筋混凝土柱，做法示意图见图11。桁架北端为支承板支座形式，与混凝土柱采用预埋件锚筋连接，做法示意图见图12。

4.6 桁架节点承载力验算

直接焊接钢管结构中，主管和支管的轴心内力设计值不应超过杆件的自身承载力设计值，同时，支管的轴心内力设计值亦不应超过节点承载力设计值。计算结果显示，由于主桁架支座附近剪力较大，相应斜腹杆轴力较大，存在部分K形节点承载力不足的情况。此外，在靠近次桁架端部位置，主次桁架相交下弦存在X形节点承载力不足的情况。对于节点承载力不足的节点，采用外贴瓦形板使弦杆壁局部加厚，具体做法见图10。

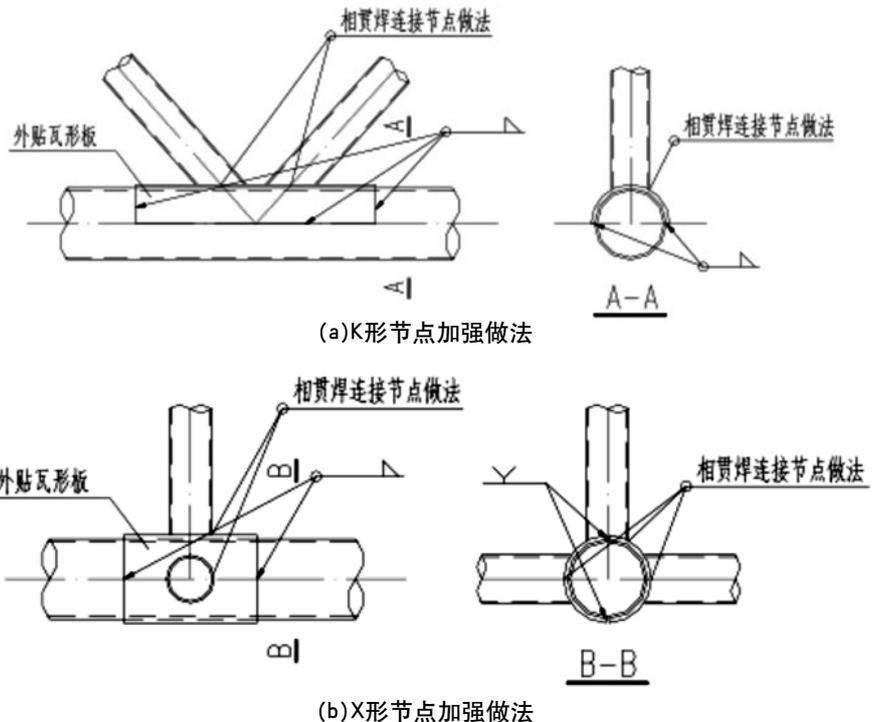


图10 桁架节点承载力加强措施

5 支座节点设计

支座节点是结构设计中

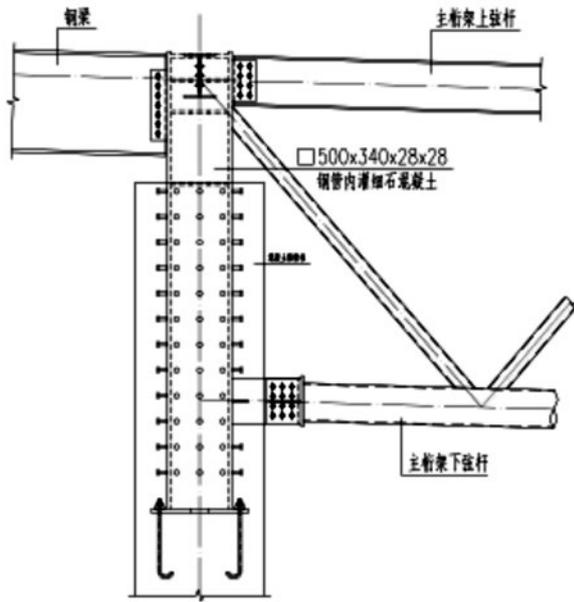


图11 支座节点做法示意图一

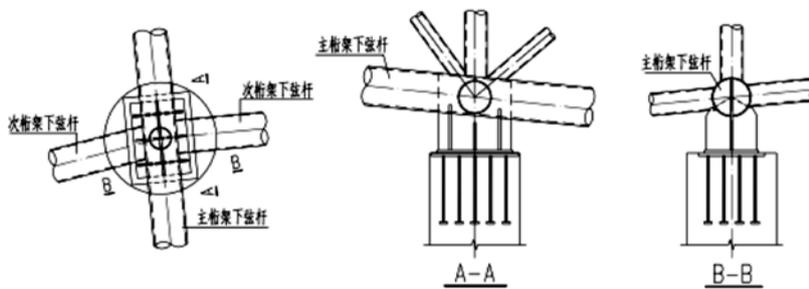


图12 支座节点做法示意图二

6 材料统计

由于本工程中桁架为主要受力构件，而且采用双向桁架（一主一次）设计，桁架构件大量处于多向应力状态，焊接部位也非常多，应对钢材提出冲击韧性要求，因此桁架构件采用Q345C钢材，其余钢梁采用Q345B钢材。在不考虑节点构造和屋面次檩条情况下，经计算统计，屋盖用钢量见表4。

表4 屋盖用钢量统计

屋盖区域	总用钢量 (t)	屋盖面积 (m)	单位用钢量 (kg/m ²)
大跨桁架结构区域	213.54	3761	56.8
南侧钢梁屋盖区域	93.4	1695	55.1
合计	306.94	5456	56.3

7 结论

(1) 本工程基于现行设计规范及一系列针对性特殊要求，强度、刚度等设计指标均满足要求，并具有良好的技术经济性，结构设计合理。

(2) 桁架端部支承连接方式对桁架竖向刚度影响明显，采用端部固接支承连接方式的平面桁架可比同等高度的立体桁架竖向刚度更大，对于跨度不是很大、屋面荷载较小的轻型屋面，采用平面桁架比较经济适用。

(3) 设置水平支撑可以提高屋盖的刚度和整体性，是改善结构振型的一种有效手段。

(4) 轻型屋盖对风作用力比较敏感，当风吸效应较大时，桁架杆件受力会发生变号，支座产生拉力，设计中应加以注意。

参考文献

- [1] GB50009—2012 建筑结构荷载规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2012.
- [2] GB50011—2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
- [3] 白龙. 大跨度屋盖结构的几种选型对比和改进[D]. 大连理工大学，2014.
- [4] 汤剑，丁世涛，孙忠国. 大跨度正交平面桁架钢屋盖设计优化与分析[J]. 建筑施工，2015,11:1319-1321.
- [5] 《钢结构设计手册》编辑委员会. 钢结构设计手册（第三版）[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2004.
- [6] 王亚曼，景辉. 盘锦市游泳馆钢屋盖结构设计[A]. 《建筑结构》杂志社，2014:4.
- [7] JGJ 7—2010 空间网格结构技术规程[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.
- [8] GB50017—2003 钢结构设计规范[S]. 北京：中国计划出版社，2003.

浅析某血液制品厂房洁净空调设计

■ 王淞 董秀芳 [暖通]

摘要: 以某血液制品车间为例,结合新疆地区独特的气候特点阐述了血液制品洁净空调系统的设计方法与原则;通过对洁净系统划分、空气处理过程、自动控制等方面对项目中的应该注意的问题进行对比分析;对血液制品洁净区的设计优化提供一定的工程应用价值。

关键词: 血液制品; 洁净空调系统; 低温空调; 局部百级区

0 引言

血液制品 (Blood Biologics or Blood Products) 是生物制品 (包括疫苗、血液和生物制剂) 中的重要一类,由健康人血浆或经特异免疫的人血浆进行融化,经蛋白分离、提纯或由重组 DNA 技术制成的血浆白蛋白、球蛋白组分。

血液制品生产工艺十分复杂,存在固有的安全风险因子。新版 GMP 背景下生产企业对生产工艺和产品质量标准有严苛的要求,目前蛋白分离采用的方法为低温乙醇卧式压滤法,满足低温环境是生产工艺的核心。本文结合工程实例对血液制品厂房洁净空调系统的特殊性进行设计分析,并探讨了血液制品厂房洁净空调在设计方面应注意的问题。

1 工程概况

本工程为新疆某生物工程有限公司血液制品生产厂房,厂房为单层医药工业厂房,一层层高为 6.9m,总建筑面积约为 12000m²,生产火灾危险类别为丙类;该项目主要生产人血白蛋白、球蛋白及小制品产品。

厂房空调系统冷源由本厂房北侧制冷机房提供:其中温度为 -5℃/-10℃ 的乙二醇制冷剂供应

温度 2~8℃ 低温空调系统,温度为 7℃/12℃ 的冷水供应常温洁净空调系统;热源为来自厂区锅炉房的 95/70℃ 热水;空调系统加湿为蒸汽加湿,蒸汽来自厂区锅炉房。

2 洁净空调系统设计

2.1 空调设计参数

2.1.1 室外设计参数

该血液制品医药厂房位于新疆乌鲁木齐地区,属于严寒地区,其气候特点为气候干燥、夏季炎热、空气中水蒸气含量较低,夏季室外空气焓值不高。该地区夏季空气调节室外计算干球温度为 33.5℃,室外计算湿球温度为 18.2℃。

2.1.2 洁净空调系统的划分

根据《医药工业洁净厂房设计规范》及血液制品的生产工艺流程特殊温湿度的特点和要求,确保血液制品的生产环境、空气品质,防止交叉污染,将不同洁净级别的空调系统划分开;根据以下原则划分洁净空调系统:

- 1) 将生物制品灭活前的人流与物流分开;
- 2) 将不同品种的生物制品的生产流程分开;
- 3) 合理的工艺布局,按照室内的温湿度及洁净度进行系统划分;

因此,将该血液制品厂房的空调洁净系统划分为常温洁净空调系统与低温洁净空调系统两类。洁净空调系统室内设计参数如表 1 所示。

作者简介:王淞,男,助理工程师,2013年毕业于沈阳建筑大学供热供燃气、通风及空调工程专业,现就职于中航规划医药工程设计研究院。

表1 洁净空调系统室内设计参数

区域	洁净级别	温度/℃		相对湿度/%	
		夏季	冬季	夏季	冬季
主要洁净控制区	B级	22±2	20±2	45~60	45~60
	C级	22±2	20±2	45~60	45~60
	D级	24±2	20±2	45~65	45~65
低温洁净控制区	C级	2~8	2~8	<70	<70
	D级	2~8	2~8	<70	<70

2.2 洁净空调风量计算

2.2.1 新风量及送风量的确定

1) 洁净室的新鲜空气量应取下列两项中的最大值。

a. 补偿室内排风量和系统漏风及保持室内正压值所需新鲜空气量之和；

b. 保证供给室内每人每小时的新鲜空气量不小于40m³。

2) 洁净室的送风量应取下列三项中的最大值。

a. 满足空气洁净度等级要求的送风量；

b. 根据热、湿负荷计算确定的送风量；

c. 上述满足要求的新风量。

2.2.2 压差风量的确定

洁净区室内正压设计按GMP要求，洁净区与非洁净区之间、相邻不同级别房间之间的压差不小于10Pa，相同洁净度等级不同功能区域（操作间）之间保持适当的压差梯度。本项目中压差风量采用换气次数法确定：当洁净室的压差值为5Pa时，压差风量相应的换气次数为1~2次/h，当洁净室的压差值为10Pa时，压差风量相应的换气次数为2~4/h。考虑到洁净室压差风量与围护结构及维持的压差有关，在选择换气次数，对于气密性差的房间可以取上限，对于气密性的房间可以取下限。

2.3 洁净空调方案的确定与分析

2.3.1 常温洁净空调系统

本厂房常温洁净空调采用一次回风全空气系统，该系统构成及自控较为简单，同时对洁净室内的温湿度有很好的控制。非干燥地区夏季工况：首先将回风与经初效过滤的新风混合，通常情况下混合后的空气C通过表冷处理至露点L，经过再热处理到送风状态点S，空气处理过程见图1。本项目混合后的空气C经过等湿表冷处理至S'，经过等温加湿处理到送风状态点S，空气处理过程（见图2）不需要经过再热。

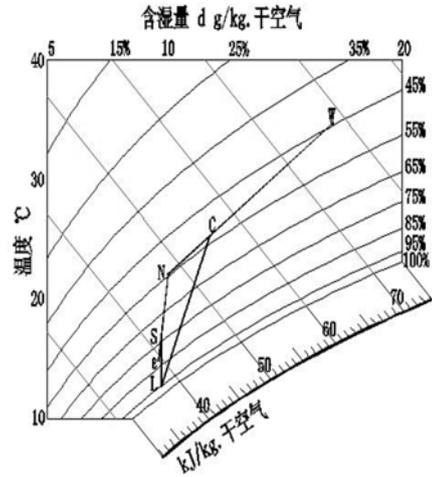


图1 非干燥地区一次回风系统焓湿图

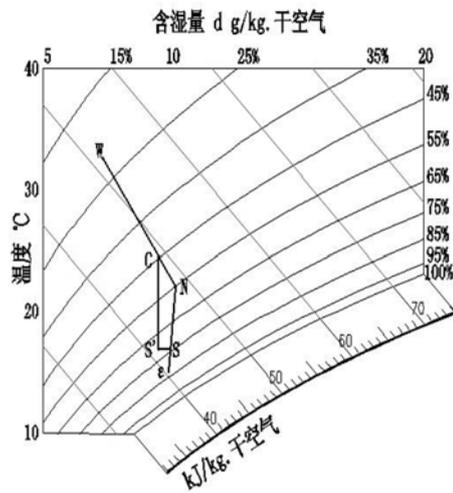


图2新疆地区一次回风系统焓湿图

冬季工况：新风经过预加热处理到W'，混合后的空气C经过加热加湿处理到送风状态点S，空气处理过程如图3所示。最后经中效、高效过滤器过滤后送入室内；空气的处理过程为：新风→初效过滤→预热→与回风混合→表冷→加热→蒸汽加湿→中效过滤→送风机→高效过滤→室内。

2.3.2 低温洁净空调系统（2~8℃）

1) 冷媒的要求

血液制品的生产工序需要在低温环境下进行，本厂房2~8℃间、球白超滤间、人白超滤间、8因子精制间及其附属房间的室内要求是：2≤t≤8℃，湿度≤70%。根据实际工艺生产的要求，工艺房间温度通常希望按下限温度运行；设定房间室内设计温度为2℃，相对湿度70%，采用的冷媒为-5~-10℃的25%乙二醇溶液。

2) 系统空气处理

空调系统采用组合式空气处理机组设置2个可切换表冷器的低温空调箱系统,采用压入式送风(如图4);系统设置2个表冷器用于融霜时切换,并设计融霜盘管,表冷段后面再设加热段。表冷器的冷媒采用低温乙二醇水溶液,由室内温湿度传感器控制乙二醇水溶液管路上电动阀的开度,室内温度传感器控制表冷器冷媒管和再热盘管热水管上电动阀的开度,系统的控制方法与常温空调系统基本一致,不过增加了表冷器的融霜切换,根据固定时间自动切换融霜。值得注意的是,电动阀的材质要乙二醇水溶液介质来选择。

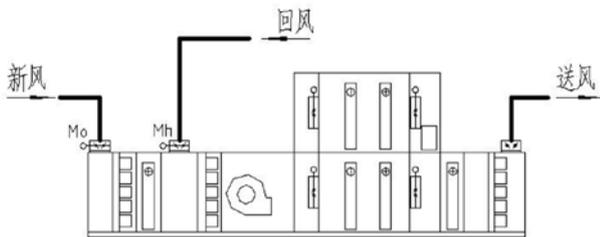


图4 低温空调箱系统

新风和回风混合C经表冷器处理到露点L,经再热处理到送风状态点S送入室内, h-d图上绘制空气处理过程时(如图5)没有标示风机等的温升,但在确定送风状态点时考虑了这部分温升空气。

3) 低温空调的结霜与融霜

低温净化空调的制冷系统关键环节是要解决好表冷器结霜与融霜的问题。

低温洁净空调系统,制冷系统正常运行时表冷器表面温度远低于空气的露点温度,空气中的水分析出而凝结在管壁上。当管壁温度低于0℃时水露则凝结成霜。霜层的热导率很低,热阻很大,结霜越厚蒸发器的制冷效果就越差,霜层过厚将使蒸发器换热条件下降,造成制冷系统的制冷量下降,耗电量增加。

医药低温洁净空调系统的融霜主要方式为电融霜与热盘管融霜;本厂房普通低温洁净空调系统(2~8℃)属于非防爆区,采用电融霜方式;防爆区域洁净空调系统采用电融霜方式存在安全隐患,所以防爆区域低温洁净系统需要采用热盘管融霜方式。

2.3.3 局部百级洁净室

根据制药GMP对生产厂房环境控制的要求,

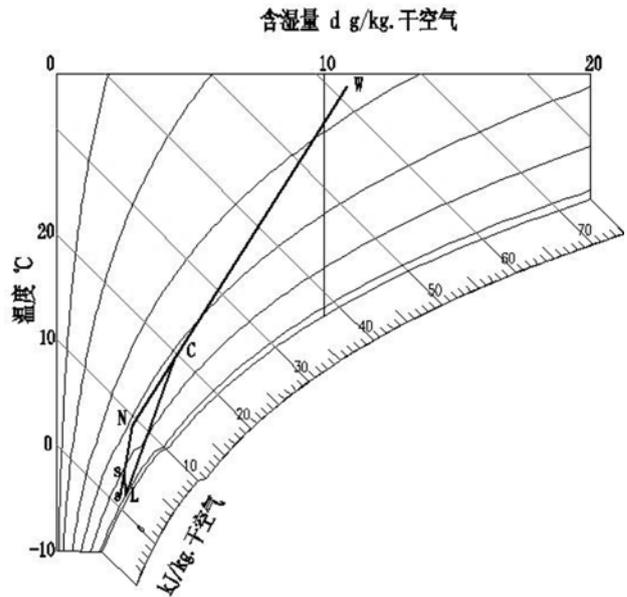


图5 低温系统一次回风系统焓湿图

往往在B级洁净区内布置局部A级区^[3],采用单向流操作台(罩)维持该区的环境状态,单向流系统在其工作区域必须均匀送风,风速为0.36~0.54m/s(指导值)。即灌装操作可选择在B级背景下的A级送风环境中进行(图6)。

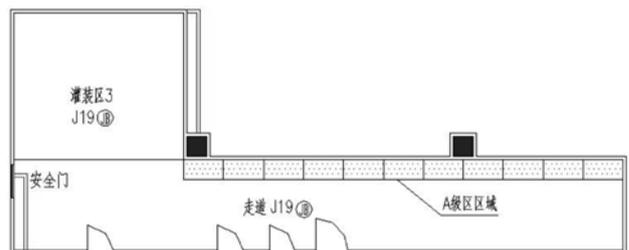


图6 B+A区域的平面布置图

局部百级单向流洁净区在制药业中常采用风机过滤单元(简称FFU)顶部送风单侧下回风或者采用吊装循环机组+满布高效风口的形式来减少A级区与室内周围环境的温差^[4]。本厂房灌装区的A级区设计时,采用吊装循环机组+满布高效风口进行循环送风(如图7),风机箱增设表冷盘管,从空调机房接入7℃/12℃冷冻水,实现降低A级区温度的目的;本次A级区面风速按0.5m/s综合考虑,灌装区A级区循环风量为16000m³/h。

值得注意的是:当采用FFU或吊装循环机组的方式时,由于这些设备均有较高的发热量,若不注意,可能造成A级区内温度过高的问题,所以必须在设计时把这部分热量考虑在内;条件允许时尽

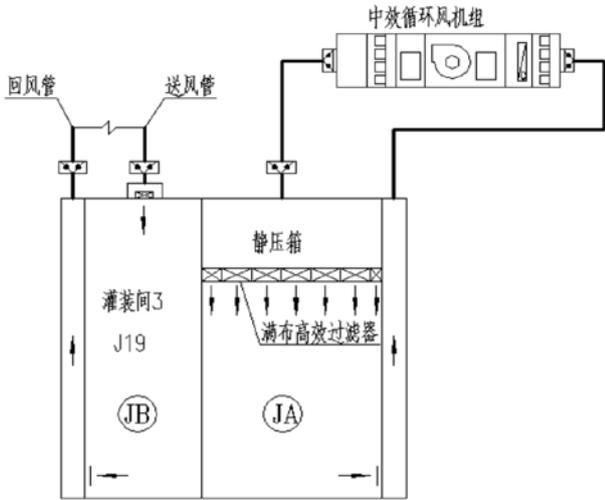


图7百级洁净区吊装循环机组+满布高效风口

量采用吊装循环机组来满足A级区要求，由于循环风量大，B+A区域的空调系统必须考虑到房间大小能否满足回风夹墙大小及夹层间距所需的空间。

2.3.4 气流组织设计

B级、C级、D级洁净区气流组织设计为乱流型，主要采用上送侧下回的方式，并使产生湿热的区域处于下风侧。送风经高效过滤器带扩散板进行均匀顶送，回风（或排风）经房间内的回风夹墙，通过双层百叶回风口回到组合式空调器或者排至室外。

2.3.5 洁净系统消毒

本工程为血液制品生产区域，采用臭氧灭菌的消毒方式；在空调机房设置臭氧消毒器，将其连接至洁净空调系统的送风管道中，对洁净区进行消毒；由于臭氧具有氧化性，风口及风管都需采取一定的防氧化措施；同时每套空调洁净系统需设置消毒排风机，风量为系统送风量的一半，迅速排除刺鼻气体恢复生产。

3 洁净空调系统控制

3.1 压差控制

根据药厂工艺的特殊要求，洁净室的压差通过控制房间送风量、回风量、排风量的方式来实现，各系统的送风、回风与排风系统的启闭应连锁，正压洁净室连锁，开启时先开启送回风，关闭时先关闭排风。负压洁净室的连锁顺序与正压洁净室相反。

3.2 温湿度控制

温度控制调节表冷器电动两通阀及加热电动两通阀的开度，湿度控制调节加湿电动两通阀的开

度，同时当新风经过预热后的温度 $<5^{\circ}\text{C}$ 时，进行防冻报警，并开大加热电动阀。

洁净空调机组的新风、总送风及排风管处均设置了与风机联动的电动密闭阀。当风机停止运行时风阀自动关闭，防止室外风倒灌，保证室内空气不被污染。

3.3 噪音控制

洁净系统对噪音要求较高，由于洁净空调系统全压在2000Pa左右，产生的噪音及振动相对较大，噪音的控制尤为重要；本工程将洁净空调机组集中设置于一层空调机房，设计时尽量管路顺畅，使用低阻阀件，风管风速均控制在6m/s左右，在送、回风总管上均设置微穿孔板消声器，同时保证风管的保温层厚度应满足低温工况下的50mm要求（难燃B1级）。

4 结论

1) 血液制品厂房洁净空调系统的划分应该严格执行国家GMP规范。同时新疆地区气候干旱，夏热冬冷，空调系统的设计必须充分利用当地的气候特点才能做到最有效的节能。

2) 洁净室的气流组织是否合理关乎能否实现洁净区域的洁净级别。B级、C级、D级洁净区气流组织设计为乱流型，主要采用上送侧下回的方式，并使产生湿热的区域处于下风侧。

3) 局部百级洁净区的系统设计在条件允许时尽量采用吊装循环机组+满布高效风口的方式；B+A区域的空调系统必须考虑到房间大小能否满足回风夹墙大小及夹层间距所需的空间。

4) 低温净化空调系统满足工艺房间温度要求的同时，关键环节是要解决好表冷器结霜与融霜的问题。

参考文献

- [1] GB 50073-2013. 洁净厂房设计规范[S]
- [2] 许钟麟，沈晋明著. 空气洁净技术应用. 中国建筑工业出版社，1989.
- [3] 许钟麟著. 药厂洁净室设计、运行与GMP 认证. 同济大学出版社，2002.
- [4] 中国医药工程设计协会. 医药工业洁净厂房设计规范.GB 50457-2008.
- [5] 董秀芳，肖武. 高大洁净厂房分层净化CFD模拟与节能性分析[J]. 暖通空调, 2012.

中国航空规划设计研究总院有限公司 市政工程设计研究院

市政工程设计研究院（以下简称“市政院”），是中航工业规划的直属实体单位，专注于城市市政公用行业，主要从事固体废弃物处理、能源供应、市政水务、节能减排等项目的工程咨询、设计和工程总承包业务。目前项目已遍布全国，并积极拓展海外市场。

市政院拥有完善合理的专业设置和高水平的人才队伍，全院共130余人，现设动力、建筑、结构、给排水、电气与自控、工程造价六个专业室与综合管理、财务管理、技术质量安全、经营管理、生产管理、工程管理六个职能部门，以及西安、哈尔滨、太原等多个工程项目部。

市政院以市场为导向，始终坚持打造企业核心竞争力。细化专业分工，优化资源配置，注重技术创新，努力为客户提供高效、高附加值的工程咨询、设计和工程总承包服务。

以“规划梦想，建设辉煌”为理念，市政院已打造出一支有远见、负责任、高执行力的团队，在为客户创造价值的同时，成就自身品牌实力。



2016年第2期（总第124期）
2016年4月出版



北京阿苏卫循环经济产业园生活垃圾焚烧发电厂