

# 航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2016年第3期 总第125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

## 上海莱士新建项目

**建设地点：**上海 奉贤区

**设计单位：**中航规划医药院

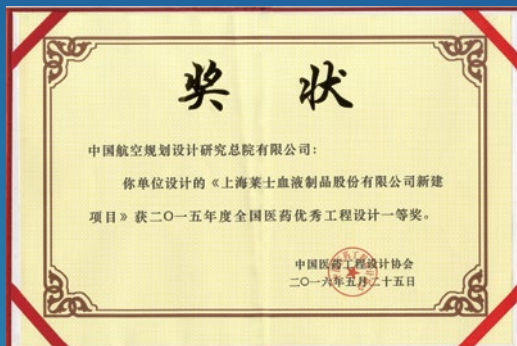
**建设情况：**在建

**用地面积：**7.8万m<sup>2</sup>

**建筑总面积：**7.9万m<sup>2</sup> (其中一期3.7万m<sup>2</sup>)

**获奖情况：**

- 1、获得2014年第四届中国建筑学会优秀给水排水设计一等奖；
- 2、获得2014年中国建筑学会优秀工业建筑设计三等奖；
- 3、获得2015年度航空工业优秀工程设计一等奖；
- 4、获得2015年度全国医药优秀工程设计一等奖。



**项目简介：**

上海莱士血液制品股份有限公司是中国第一家中外合资的血液制品大型生产企业。该项目是上海奉贤区新建生物制品项目，项目分二期工程建设，一期工程建筑面积3.7万m<sup>2</sup>，投资4.7亿元，血浆处理量将达到800吨/年，以满足新版GMP认证和欧盟CGMP要求，建设成行业内最有影响力的高新生物企业。

本项目是国内竞标项目，我院于2009年参加投标并中标，独立完成新区规划设计和一期工程的设计工作。2012年竣工验收，2013年通过新版GMP认证。

总体布局在满足工艺生产需求的前提下，通过厂前区、生产区和生产配套区三部分组合，将办公、车间、生产配套不同性质的建筑有机组合，形成整体。办公综合楼结合厂前区广场形成对外交流的窗口，是最具企业标志性的建筑物；按照工艺流程，将血制品车间和库房布置在厂区中部，与二车间有序地排列，形成生产区的核心；生产配套设施布置在西侧和北侧。绿化以点、线、面布置相结合，种植无花粉及无花絮类乔木、灌木、草坪、厂前区布置水池等，以创造新时代高科技生产厂区的崭新形象。

建筑整体定位为新时代生物制品行业的洁净建筑，其建筑形态呈现出古典、庄重、简洁、大方的造型特征。办公楼采用高低错落的建筑体块、透空架廊、醒目的陶土装饰板色彩等手法，以创造出企业自身的独特形象。生产区建筑体块方整，采用体形穿插的方式，以灰色为主调，通过材质、体块的对比，以凸显企业务实、稳重、和谐的高科技产业风格。

本工程建成后，已成为上海奉贤生物科技园区富有特色的标志性工业建筑，不仅反映了生物制品企业高科技生产的崭新形象，亦通过参与上海奉贤地区的基础建设，带动地方经济的发展，为企业带来巨大的经济效益和显著的社会效益。



## 国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》

近日，中共中央、国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》（以下简称《纲要》），《纲要》是落实十八届五中全会提出的创新发展理念的具体行动，是对创新驱动发展战略进行的顶层设计和系统谋划，明确了未来30多年创新驱动发展的目标、方向和重点任务，是新时期推进创新工作的纲领性文件。

《纲要》提出到2020年进入创新型国家行列、2030年跻身创新型国家前列、到2050年建成世界科技创新强国“三步走”目标。《纲要》指出实现创新驱动是一个系统性的变革，要按照“坚持双轮驱动、构建一个体系、推动六大转变”进行布局，构建新的发展动力系统。《纲要》部署了八大战略任务。一是推动产业技术体系创新，创造发展新优势；二是强化原始创新，增强源头供给；三是优化区域创新布局，打造区域经济增长极；四是深化军民融合，促进创新互动；五是壮大创新主体，引领创新发展；六是实施重大科技项目和工程，实现重点跨越；七是建设高水平人才队伍，筑牢创新根基；八是推动创新创业，激发全社会创造活力。（摘自“中国政府网”）

## 国务院常务会议部署：推动制造业与互联网深度融合 促进通用航空业发展

5月4日，国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，部署推动制造业与互联网深度融合，加快“中国制造”转型升级；部署促进通用航空业发展，以改革创新扩大有效内需。

会议指出，推动互联网与制造业深度融合，推进中国制造2025，是深化结构性改革尤其是供给侧结构性改革，发展新经济，加快“中国制造”提质增效升级的重要举措。为此，一要支持制造企业建设基于互联网的“双创”平台，鼓励地方依托国家新型工业化产业示范基地和国家级经济技术开发区等建设“双创”示范基地。深化工业云、大数据等应用，汇聚众智，促进协同研发和技术扩散。二要发展个性化定制、服务型制造等

新模式，开展智能生产系统解决方案试点示范。三要推动中小企业制造资源与互联网平台对接，打造制造、营销、物流等一体化新生态。四要放宽新产品、新业态市场准入，加大财税、金融、用地等政策扶持，鼓励电信企业对“双创”基地宽带接入进一步提速降费，支持金融机构利用“双创”平台提供一站式系统化金融服务，提高工业信息系统安全水平。（摘自《中国航空报》）

## 国务院：建筑投资项目报建审批减少23项

经李克强总理签批，国务院日前印发《清理规范投资项目报建审批事项实施方案》（以下简称《方案》），部署进一步简化、整合投资项目报建手续工作。《方案》指出，清理规范投资项目报建审批事项，既是推进简政放权、放管结合、优化服务改革的重要内容，也是打通投资项目开工前“最后一公里”、降低制度性交易成本、激发社会投资活力的重要举措。清理规范后的投资项目报建审批事项共42项，减少23项，精简比例35%。（摘自“筑龙新闻网”）

## 两部委发布通知实施制造业升级改造重大工程包

为做好制造业稳预期、稳信心、稳投资、稳增长工作，促进转型升级、提质增效，加快制造强国建设，近日国家发改委与工信部印发了《国家发展改革委、工业和信息化部关于实施制造业升级改造重大工程包的通知》（以下简称《通知》），组织实施制造业升级改造重大工程包，推动制造业迈向高端化、智能化、绿色化、服务化。

《通知》明确，要贯彻落实“十三五”规划纲要和《中国制造2025》，聚焦制造业高端化、智能化、绿色化、服务化，组织实施10大重点工程。具体包括智能化改造工程、基础能力提升工程、绿色制造推广工程、高端装备发展工程、关键新材料发展工程、航天航空能力建设工程、电子信息升级工程、质量和品牌提升工程、服务型制造转型工程、重大产业基地建设工程等重点工程。（摘自“工信部网站”）

## 携手推进智能制造 加强制造强国建设

5月11日,由中国工程院、工业和信息化部联合主办的2016智能制造国际会议在北京召开。会上,工业和信息化部部长苗圩做了题为《携手推进智能制造,加强制造强国建设》的主旨报告。苗圩指出,制造业是全球经济竞争制高点,智能制造已成为全球制造业发展的主要方向,应对新一轮科技革命和产业变革需要建设制造强国。“十三五”时期是我国制造业提质增效、由大变强的关键期。要围绕结构深度调整、振兴实体经济,深入实施《中国制造2025》,优化现代产业新体系,并对实施网络强国战略、拓展网络经济空间做出系统部署。(摘自“中国航空新闻网”)

包及违法分包界限、工程总承包企业义务和责任、工程总承包项目办理监管手续条件等关键环节明确了政策,提出了20条意见和措施。(摘自“中国勘察设计杂志”微信公众号)

## 工程造价“十三五”规划征求意见稿发布

住房城乡建设部标准定额司日前印发的《工程造价行业“十三五”规划(征求意见稿)》(以下简称《规划》)明确提出,到2020年,健全市场决定工程造价机制,与市场经济相适应的工程造价管理制度基本定型并完善;全行业总产值力争达到1500亿元,人均年产值突破40万元,打造20家可承担国际工程咨询业务、产值过10亿元的大型企业,100家可承担以造价管理为核心综合工程顾问业务、产值过亿元的大中型企业。

《规划》明确,要建立市场统一的计划规则,按照简明适应、传承和扬弃相结合的原则,制订《工程造价费用构成通则》,推进工程量清单计价与国际接轨,完善工程量清单项目划分规则。要以服务工程建设、城市建设的创新发展为目标,开展地下综合管廊、海绵城市、绿色建筑、低碳建筑及建筑产业现代化工程定额的编制。要加强对市场价格信息、造价指标、指数、工程案例信息等各类型、各专业造价信息的综合开发利用,丰富多元化信息服务种类。以BIM技术为基础,以企业数据库为支撑,建立工程项目造价管理信息系统。要通过建立“黑名单”制度,探索在市场准入和日常监管中实行差异化管理。加强与各部门、各行业实现信用奖惩联动,形成失信联防体系。明确执业主体责任,建立企业和人员的追责机制,建立工程造价咨询成果质量检查制度和信息公开制度。(摘自《中国建设报》)

## 财政部、国家发展改革委要求 ——多举措强化PPP监管

近日,财政部、国家发展改革委发布了关于进一步共同做好政府和社会资本合作(PPP)有关工作的通知,明确七大举措进一步推进政府和社会资本合作(PPP)工作,并明确强化监督管理,杜绝固定回报和变相融资安排。

通知要求各地扎实做好PPP项目前期工作,加强项目可行性研究,充分论证、科学决策,确保合理有效地提供公共产品和服务。项目决策后,选择条件成熟、适合采用PPP模式的项目,依法选择社会资本方,加快前期工作。(摘自“中国政府网”)

## 住建部发布《关于进一步推进工程总承包发展的若干意见》

为落实《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》,深化建设项目组织实施方式改革,推广工程总承包制,提升工程建设质量和效益,日前,住房城乡建设部出台了《关于进一步推进工程总承包发展的若干意见》(以下简称《若干意见》)。《若干意见》以问题为导向,针对工程总承包模式、工程总承包企业和项目经理基本条件、转

## 2016年国家建筑标准设计编制工作计划 70项标准图新编或修编

近日,住建部印发了2016年国家建筑标准设计编制工作计划,列出了共70项标准图的新编或修编计划,其中包括建筑产业现代化专项8项,综合管廊专项17项,海绵城市建设5项,涉及了建筑、结构、暖通、给排水、电气、道路、规划等各个专业。(摘自“住建部网站”)

## 住建部发布： 2015年建筑业发展统计分析

2015年全国建筑业基本情况：2015年，面对国内经济下行压力加大、投资增长乏力的复杂局面，建筑业深入贯彻落实党的十八大和十八届三中、四中、五中全会精神，全面深化改革，加快转型升级，积极推进建筑产业现代化，攻坚克难，开拓进取，整体发展稳中有进。全国建筑业企业（指具有资质等级的总承包和专业承包建筑业企业，不含劳务分包建筑业企业，下同）完成建筑业总产值180757.47亿元，增长2.29%；完成竣工产值110115.93亿元，增长9.33%；房屋施工面积达到124.26亿平方米，下降0.58%；房屋竣工面积达到42.08亿平方米，下降0.60%；签订合同额338001.42亿元，增长4.48%；实现利润6508亿元，增长1.57%。截至2015年底，全国有施工活动的建筑业企业80911个，减少0.28%；从业人数5003.40万人，增长10.28%；按建筑业总产值计算的劳动生产率为323733元/人，增长1.92%。（摘自《中国建设报》）

## 中航工业组织召开通航产业发展研讨会

5月24日，中航工业战略与资本部组织召开通航产业发展研讨会，总经理谭瑞松，副总经理李本正，总经济师陈元先出席了会议，总部有关部门和有关直属单位和部分通航企业代表参加了会议。参会人员就如何落实国家关于促进通航产业发展的指导意见进行了研讨，对中航工业通航产业的发展思路和举措提出了建议。

谭瑞松强调，在国家大力发展通航产业的背景下，中航工业一定要将通航制造产业作为使命任务，树立国际视野和市场意识，打造有竞争力的产品，做好产品销售；用开放的思路 and 模式充分吸引社会资源参与中航工业发展。以商业成功为前提，放宽管理权限、激活体制机制，鼓励各单位积极参与多种形式合资合作。中航工业将通过多种方式对重点产业产品进行支持。各单位要做好相关规划，对接国家指导意见，明确发展重点。（摘自《中国航空报》）

## 《中国通用航空发展报告2015》正式发布

最新一版的报告即《中国通用航空发展报告2015》进行了全面的改版和升级：在全面收录行业发展数据的基础上，增加通用航空各作业项目的分析；在航空器方面增加了公务机品牌与型号的数据、公务机性能数据、市场份额数据等方面的统计和分析；在通用航空企业运行安全方面增加了通用航空安全事故事件等级、通用航空安全事件发生阶段、通用航空不安全事件原因分布的分析等；在通用航空专业人才中增加飞行员、维修人员、相应培训机构和培训能力等方面的分析。

《中国通用航空发展报告2015》由中国航空运输协会通用航空分会整理编撰。报告全面总结了2015年度通用航空发展总体概况，反映通用航空各方面的实际情况，信息丰富、资料详实、数据准确。报告的原始数据，来自《中国民航统计年鉴》、《从统计看民航》、《适航审定部门年度报告》、《中国民航驾驶员发展年度报告》、《商业类通用和小型运输运行概况》、《适航与维修2015年专刊》、GAMA年度报告等。（摘自“中国航空新闻网”）

## 建筑节能向超低能耗迈进 产业规模将达千亿元级

据业内人士预计：到2020年，我国至少将建成5000个超低能耗建筑，建筑面积超过1亿平方米，产业规模将达到千亿元级，促进建筑规划、设计、施工、咨询、建材、设备行业的全面升级换代，使中国建筑节能工作逐步迈入超低能耗的4.0时代。

目前，我国建筑节能已成共识，以被动房为代表的超低能耗标准将成为建筑业推广的主流趋势。整体的社会环境、技术条件对节能的深度开展也十分有利。为此，建筑业需要集体发力，加快转变发展方式，并依托自身的科技进步和技术创新，积极探索符合本国国情的被动房标准。被动式超低能耗建筑必将在我国得到全面发展，并改变整个建筑业的现状。（摘自《中国建设报》）

## 国家发展改革委 工业和信息化部 关于实施制造业升级改造重大工程包的通知

发改产业〔2016〕1055号

国务院有关部门、直属机构，各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委、工业和信息化主管部门，（有关中央企业）：

按照党中央、国务院的部署，为做好制造业稳预期、稳信心、稳投资、稳增长工作，促进转型升级、提质增效，加快制造强国建设，国家发展改革委、工业和信息化部组织实施制造业升级改造重大工程包。经国务院同意，现将有关事项通知如下：

### 一、总体考虑

制造业是国民经济的主体，是科技创新的主战场。改革开放以来，我国制造业持续快速发展，有力地推动了工业化进程，显著增强了综合国力。但是，我国制造业大而不强、自主创新能力弱、生产方式比较粗放等问题仍然比较突出，转型升级任务十分艰巨，迫切需要组织实施升级改造重大工程包。

实施制造业升级改造重大工程包，要贯彻落实党的十八大，十八届三中、四中、五中全会精神和中央经济工作会议精神以及《中国制造2025》，坚持市场主导政府引导，聚焦国家战略需求，创新组织方式，加大支持力度；坚持立足当前着眼长远，在着力扩大总需求的同时，加快推进供给侧结构性改革；坚持创新驱动协调发展，统筹推进传统产业升级和新兴产业发展，推动制造业迈向高端化、智能化、绿色化、服务化。重大工程包实施周期为3年（2016-2018年）。

### 二、重大工程实施安排

#### （一）主要任务

通过实施重大工程包，力争通过3年努力，规模以上制造业增加值年均增长7%以上，企业技术改造投资年均增长15%左右，企业自主创新能力、工业新产品产值率明显提升，先进产能比重、资源能源利用效率、清洁生产和企业安全水平明显提高。

#### （二）实施方式

进一步创新项目组织和财政资金支持方式，鼓励社会资本参与重大工程建设，充分发挥行业骨干企业、科研院所、行业协会等单位的优势，针对不同类型项目特点，分别依托产业联盟、企业联合体、行业骨干企业组织实施。对具有较强外部性、公益性的项目，采用直接投资或投资补助等政策性方式支持；对具有营利性、竞争性的项目，利用专项建设基金和产业投资基金注资等市场化方式支持。

#### （三）重大工程

贯彻落实“十三五”规划纲要和《中国制造2025》，聚焦制造业高端化、智能化、绿色化、服务化，组织实施10大重点工程。

#### 1. 智能化改造工程

（1）数字化车间建设工程。基于安全可控关键技术装备，集成应用计算机辅助设计、制造、工艺规划等仿真技术，建立数据采集分析系统和制造执行系统（MES），提升研发制造全过程数字化管理水平。

（2）智能工厂示范工程。利用工业互联网、物联网、云计算、大数据等新一代信息技术，推进信息技术在制造业的深度融合应用，建立制造资源协同管理平台，实现生产、经营、管理和决策的智能优化。

(3) 验证体验中心建设工程。依托系统设计集成企业,联合制造、软件、互联网等企业建立协作机制,围绕设计制造全过程建立智能制造技术验证体验中心,完善数字化、网络化、智能化等技术验证体验环境,促进智能化系统的推广与普及。建设信息物理系统测试验证平台,推进基础共性标准、关键共性技术及行业解决方案的开发应用。

(4) 传感器及仪器仪表智能化升级工程。重点发展流程工业用温度、压力、流量、物位以及成分分析等高端传感器、变送器、智能仪器仪表和控制系统,离散工业用磁、光、电以及多参数复合传感器和质量检测系统。加快开发生产经营与制造资源数字化管控平台,并开展示范应用。着力突破科学仪器的微型化、稳定性、可靠性瓶颈,提升科学仪器质量和水平。

## 2. 基础能力提升工程

(1) 重点领域升级工程。围绕新兴产业发展重点领域和传统产业升级改造的重点装备与重大工程需求,着力突破国防和社会经济安全的瓶颈制约,遴选一批标志性核心基础零部件(元器件)、关键基础材料和先进基础工艺作为升级突破点。

(2) 重点产品示范应用工程。根据整机、主机升级改造需求,制定关键基础材料、核心基础零部件(元器件)、先进基础工艺研发生产计划,形成上下游互融共生、分工合作、利益共享的一体化组织新模式;开展关键基础材料、核心基础零部件(元器件)的首批次或跨领域应用,提高整机、主机自主化率。

(3) 产业技术基础体系建设工程。在新一代信息技术、高端装备制造、新材料、生物医药等领域,依托现有技术基础服务机构,培育和建设一批质量可靠性试验验证、计量检测、标准检验与检测、认证认可关键技术、产业信息、知识产权等基础支撑和公共服务平台。

(4) “隐形冠军”企业培育工程。完善市场环境和政策环境,实施重点领域“一揽子”突破行动及重点产品“一条龙”应用计划,重点扶持一批专注于细分领域的核心基础零部件(元器件)、关键基础材料和先进基础工艺专精特新企业,培育具有持续创新能力的“隐形冠军”。

(5) 军民融合发展工程。调动军民各方面资源,开展联合攻关,破解关键基础材料、核心基础零部件、先进基础工艺等制约瓶颈。建设军民结合公共服务体系,推动军民技术相互有效利用,加快军民结合产业化发展。

## 3. 绿色制造推广工程

(1) 生产过程清洁化工程。发展节能环保绿色装备,采用先进适用清洁生产工艺技术,开展钢铁、水泥、玻璃、陶瓷等行业升级改造,削减二氧化硫、氮氧化物、烟(粉)尘、氨氮等污染物。推动有色金属、化工、制浆造纸、皮革、铅酸蓄电池、发酵、印染、电镀等行业生产过程清洁化工艺技术改造,削减重金属、挥发性有机物、持久性有机物等非常规污染物。

(2) 能源利用高效低碳化工程。实施高耗能设备系统节能改造,提升工业锅炉(窑炉)、电机(水泵、风机、空压机)系统、变压器等通用设备运行能效。深入推进流程工业系统节能改造,推广原料优化、能源梯级利用、可循环、流程再造等系统优化工艺技术,普及中低品位余热余压发电、制冷、供热及循环利用。

(3) 水资源利用高效化工程。采用水系统平衡优化整体解决方案等节水技术,对化工、钢铁、造纸、印染、食品、医药等行业实施改造。采用电吸附、膜处理、海水淡化等技术,利用好城市中水、矿井水、高浓度盐水、海水等非常规水资源。

(4) 基础制造工艺绿色化工程。加快应用清洁铸造、锻压、焊接、表面处理、切削等加工工艺,推动传统基础制造工艺绿色化发展,降低能耗,节约原辅材料,减少废弃物排放。重点开发生物转化、高产低耗菌种、高效提取纯化等清洁生产技术,加强发酵类大宗原料药污染防治。采用基因工程、手性合成、酶促合成、生物转化等现代生物技术,改造原料药传统生产工艺。

(5) 工业资源综合利用工程。推广应用先进适用技术与装备,强化低品位难处理矿产资源、冶炼渣及尘泥、化工废渣、尾矿、煤电固废等综合利用。加快再生资源技术装备改造升级,提高废旧材料、废旧机电产品等资源利用率。

(6) 产业绿色协同发展工程。加强煤电、冶金、化工、建材等流程工业间的横向耦合生态链接,促进行业

融合；推进工业余热用于城镇供暖制冷、水泥窑协同处理生活垃圾、污泥和飞灰等，促进产城融合；利用工业余热发展设施农业、生态旅游，推进工业适用生物质能示范项目，促进产业融合。

#### 4. 高端装备发展工程

(1) 海洋工程装备及高技术船舶工程。重点开展半潜式钻井平台、钻井船、海洋调查船、多功能海洋工程船等主力装备的系列化设计研发，着力攻克关键技术，加强技术标准制定；开发立柱式平台、张力腿平台等装备，逐步提升研发设计建造能力。着力推进绿色智能运输船舶、高技术船舶、高端海洋工程装备示范应用，提升骨干船厂智能制造水平。重点发展船用动力、通讯导航以及钻井、动力定位、单点系泊、自动化控制、水下生产等系统，提升重大产品研发及试验检测能力。

(2) 先进轨道交通装备工程。重点开展高速动车组、城际动车组、城市轨道交通车辆整车技术平台和检验验证能力建设。推动轨道交通列车网络控制系统、牵引传动系统、施工专业装备等关键部件研制及工程化应用。

(3) 机器人提升工程。利用感知识别、环境建模、人工智能、人机协作等技术对机器人整机产品进行集成改造，提升机器人任务重构、偏差自适应调整的能力，满足柔性制造、生活服务等非结构化环境应用需求。

(4) 高性能医疗器械工程。推动高端彩色超声、数字化X射线机(DR)、核医学影像设备PET-CT及PET-MRI等高性能诊疗设备及关键零部件，高通量基因检测仪、全自动生化检测设备、五分类血细胞分析仪等体外诊断仪器与设备，以及新型药物冠脉支架、介入心脏瓣膜、新型骨科植入物等植介入产品产业化。建设高性能医疗器械应用示范中心，以及产学研医协同创新示范中心和公共服务平台，培育高端自主品牌。

(5) 高档数控机床工程。重点发展高速、精密、智能、复合、多轴联动的高档数控机床，突破高档数控装置、高性能功能部件瓶颈制约，加强应用技术研究，推进高档数控机床在航空航天、汽车等领域的示范应用。

(6) 现代农机装备工程。重点发展大马力动力换挡拖拉机、大喂入量谷物联合收割机等粮食作物装备，棉花、甘蔗等经济作物播种、收获和田间管理机械，突破先进农用发动机、驱动桥、变速箱等关键部件瓶颈制约，提升农机行业和骨干企业研发试验检测能力。

(7) 先进化工成套装备工程。支持芳烃联合生产装置，加压、连续热解和煤焦油分离技术装备，水煤浆气化、固定床加压气化和熔渣气化等技术装备，大型低温甲醇洗、低压甲醇合成、甲烷化反应器等技术装备，密闭式循环冷却系统、废水制浆等技术装备生产应用。

(8) 新材料专用装备自主化工程。组织新材料装备生产企业与材料生产企业开展联合攻关，重点发展金属材料、高性能纤维及其复合材料、先进半导体材料、人工晶体及器件等四大类材料加工制备，提升核心装备配套保障能力。

(9) 节能与新能源汽车工程。重点开发节能环保发动机、高效动力传动系统、电子控制系统及关键零部件，发展新能源汽车整车控制系统、插电式深度混合动力系统、高性能纯电驱动系统，推动新能源汽车车身和结构轻量化、先进动力电池及系统集成等。

(10) 轻纺高端装备制造工程。重点发展大型高效制浆造纸机械、智能化塑料加工机械、智能化缝制机械、液态食品高速灌装设备、绿色高效洗涤装备、多工位高精度笔头加工装备、生物基纤维生产装备、高效智能型纺织装备、高速智能型非织造布装备制造等。

#### 5. 关键新材料发展工程

(1) 先进金属材料发展工程。钢铁材料重点发展汽车用超高强钢，超超临界火电用钢，高端装备制造用模具钢，高性能船舶和海洋工程用钢，第三代核电关键装备用钢，高铁用大型高速齿轮钢、车辆轮对用钢，超高强大规模不锈钢棒材，高端取向硅钢等产品。有色金属材料重点发展大规模7000系铝合金加工材，大卷重钛带与高品质卷焊管，大规模高耐蚀钛合金管材，飞机发动机涡轮盘材料、飞机刹车系统模锻件，高性能高温合金棒材，高性能耐蚀铜管，超高纯稀有金属材料，高性能稀土功能材料产品。

(2) 先进有机材料发展工程。重点推动聚碳酸酯、己二腈、甲基丙烯酸甲酯、聚丁烯-1等高性能树脂，异戊橡胶及单体、丙烯酸酯橡胶、聚酯型热塑性弹性体等特种橡胶，光学级聚酯膜等功能性膜材料，高纯试剂等高端专用化学品，表面活性剂，生物基材料等产业化。



(3) 先进无机非金属材料发展工程。重点发展结构功能一体化绿色建材, 矿物功能材料, 耐烧蚀绝热保温材料, 精细陶瓷粉体及高性能陶瓷材料, 高性能玻璃基板、石英玻璃、光纤预制棒等玻璃材料。

(4) 先进复合材料发展工程。重点发展自修复、快速修补水泥基材料, 海水伴养混凝土材料和极端环境用水泥基材料, 纤维增强陶瓷基复合材料, 高性能玻璃纤维、碳化硅纤维、芳纶、T800级碳纤维及其增强树脂基复合材料, 无石棉复合密封摩擦材料, 产业用纺织材料、纸基新材料等。

(5) 前沿材料发展工程。围绕新材料技术与信息技术、纳米技术、智能技术等融合趋势, 重点发展3D打印材料、石墨烯、超材料等前沿材料, 加快创新成果转化与典型应用。

(6) 新材料支撑能力建设工程。建设国家新材料性能测试评价中心、材料基因技术研究平台等, 加快建立产业共性技术支撑体系。

## 6. 航天航空能力建设工程

(1) 重大支线飞机关键能力提升工程。以提升ARJ-21和“新舟”系列重大国产支线飞机研制水平和竞争力为目标, 重点围绕试验验证和客户服务等关键环节, 开展智能部装/总装生产线、批生产条件建设、铁鸟试验台架、综合航电模拟试验平台、驾驶舱模拟平台、全球客户服务体系、飞行模拟机、维修设施等设施建设和更新, 提高市场竞争力。

(2) 先进通用飞机能力建设工程。瞄准市场需求旺盛产品的升级换代, 重点推动运-12、AG600、AG300、小鹰500、直-15、AC313等一批通用飞机重点型号及发动机和综合航电、机电系统研制、试验验证和客户服务能力提升, 建立和完善协同设计、航空螺旋桨研发、航电/铁鸟实验室、水上飞机试飞、传动系统地面联合试验等设施平台, 加强批生产条件和全球客服及培训网络建设等。

(3) 民用飞机产业化发展能力提升工程。围绕航空企业国际合作的提质增效, 重点开展A350、A330、B737、B747-8、C系列及民用发动机和机载系统、生产线合作、大部件、结构件和分系统转包生产基础设施建设; 建设复合材料、机载系统等研发平台; 建立和完善制造创新中心, 加强有关产品预生产工艺制造和验证设备配置, 优化产品工艺验证体系等, 提高自主发展和配套水平。

(4) 导航基准站升级改造工程。开展导航定位基准站的升级改造, 推动政府涉及精密定位应用的基准站逐步过渡到北斗或北斗兼容系统, 采用基于国产核心芯片的接收机和国产软件系统, 并针对导航定位基准站建设、数据存储、信息传输存在安全隐患等问题, 实施安全防护改造, 保障国家地理信息安全。

(5) 商业航天产品发展工程。重点发展商业遥感卫星、通信卫星及运载火箭的研制生产线, 大幅提高商业航天的生产制造能力, 促进航天产业的市场化。重点推动遥感卫星、通信卫星地面系统的生产研制, 突破大型遥感接收天线、移动通信地面天线和国产数据处理软件的制造瓶颈, 促进航天产业市场化、规模化发展。

(6) 卫星应用创新支撑平台建设工程。充分利用空间基础设施卫星数据资源, 构建卫星综合应用体系和卫星数据产品生产线, 形成支撑多层次应用的空间信息服务中心、技术服务中心和应用服务中心网络体系。基于卫星遥感、卫星导航和卫星通信以及融合新一代信息技术, 开展典型行业、典型区域及国际化综合应用示范, 加强跨领域资源共享与信息综合服务能力, 促进卫星应用产业可持续发展。

## 7. 电子信息升级工程

(1) 集成电路重大生产力布局工程。重点发展12英寸先进制造代工生产线和12英寸存储芯片生产线, 大幅提升制造能力。大力发展特色制造工艺和化合物半导体器件, 重点支持12英寸、8英寸特色工艺生产线, 以及6英寸、8英寸化合物半导体器件生产线。提升集成电路设计业规模和水平, 增加有效供给; 配套发展封测业、关键装备和材料, 完善产业链和生态链。

(2) 新型平板显示工程。重点发展低温多晶硅(LTPS)、氧化物(Oxide)、有机发光半导体显示(AMOLED)等新一代显示量产技术, 建设高世代生产线; 发展玻璃基板、增亮膜、光刻胶、OLED蒸镀工艺单元设备部件、蒸镀设备自动化移栽系统等关键材料和设备领域, 增强自主配套能力; 推动关键共性技术联合开发和产业化示范; 布局量子点、柔性显示等前瞻技术领域。

(3) 智能硬件工程。推动面向医疗健康、生产制造、汽车驾驶、信息消费等多种需求的新型智能硬件产品

产业化，发展智能家居、数字电视、虚拟现实、智能终端、可穿戴设备、无人驾驶汽车等产品。

(4) 信息与网络设备工程。推进核心信息网络设备的产业化，发展高性能路由器和交换机、高端服务器、海量信息存储、SDN设备、云计算数据中心设备以及关键配套部件等。加快互联网（含工业互联网）安全防护产品发展。

(5) 电子基础产品工程。推动光纤预制棒、超低损耗光纤、高压直流继电器、宽带网络核心光电子芯片与器件等产品产业化；发展超小型片式元件、柔性印制电路板等产品，提高核心元器件保障能力；突破CMOS和MEMS传感器、智能光电传感器等瓶颈制约，提升智能化复合型高端传感器技术水平；加快新型汽车电子、电力电子产品产业化进程；配套发展关键材料、电子装备、测试仪器，夯实产业发展基础。

(6) 软件及信息服务创新工程（含物联网、云计算）。推动工业操作系统、中间件、数据库、研发设计软件、管理软件、工业控制软件及行业解决方案的产业化及应用；开展公共云计算服务基础平台和重点行业云应用服务能力建设，以及云计算关键产品产业化；发展物联网专业服务和增值服务、技术集成应用服务，建设物联网试点区域的重大应用示范工程项目，面向重点行业开展大数据应用示范。

(7) 信息领域骨干企业培育工程。围绕通信与网络、数字家电、新一代移动通信、高端服务器等重点领域，组织10家骨干企业自主选择未来3-5年内重点发展的方向（项目），瞄准关键领域，加大技术研发攻关力度，加强管理创新和机制创新，提升内生增长动力，增强综合竞争能力。

## 8. 质量和品牌提升工程

(1) 消费品品种丰富工程。利用现代信息技术，推进企业个性化定制、柔性化生产，满足消费者差异化需要。加快家电、家具、制鞋、五金、纺织、食品等领域生产线智能化改造，适应市场多样化需求。依托有实力的企业，针对工业消费品市场热点，加快研发、设计和制造，及时推出一批新产品。

(2) 消费品质量提升工程。开展战略性新材料与药品的研发、生产和应用示范，提高新材料和药品质量，增强自给保障能力。开展关键零部件自主研发、试验和制造，提高产品性能和稳定性。加快推动质量在线监测控制和产品全生命周期质量追溯能力建设，开展第三方检验检测机构能力建设，提高产品质量。瞄准国际标杆企业，优化工艺流程，加强上下游企业合作，尽快推出一批质量好、附加值高的精品。

(3) 品牌创建基础建设工程。推进产品设计创新中心建设，提高产品设计能力。开展行业共性关键技术攻关，加快突破制约瓶颈，推动行业创新发展。加强品牌企业智能仓储系统建设，提高仓储物流配送系统效率，满足市场及品牌发展需求。完善重点企业大数据平台，增强品牌创建支撑能力。开展重点行业、重点领域的品牌企业营销网络建设，扩大市场覆盖面，提高企业影响力。

## 9. 服务型制造转型工程

(1) 工业云服务提升工程。深化众包设计、云设计、协同设计等新型模式在企业的应用，聚焦设计环节，加强创新设计，推广个性化定制化服务。建立制造业企业与互联网企业信息和制造资源共享的工业云服务平台，推动网络化协同制造。

(2) 网络化协同制造工程。推动基于互联网的企业间研发设计、客户关系管理、供应链管理和营销服务等系统的横向集成，加强产业链上下游企业间设计、制造、商务和资源协同，实现产品开发的深度协同和市场需求的快速响应。

(3) 制造业服务化增值工程。推动制造企业和互联网企业建立具有自主知识产权的实时在线服务平台，开展远程终端设备数据信息实时回传、监控中心大数据智能分析，提升故障预警、远程维护、质量诊断、远程过程优化等在线服务功能。建立面向客户的全天候实时在线智能信息服务能力，实现基于互联网的产品动态升级和实时信息互动。

## 10. 重大产业基地建设工程

(1) 石化产业基地建设工程。重点建设上海漕泾、广东惠州、宁波镇海（舟山）、大连长兴岛（西中岛）、河北曹妃甸、江苏连云港、福建古雷等石化产业基地，推动炼化一体化、乙烯、芳烃（对二甲苯）项目和园区基础设施建设，提升高端化工新材料供给能力，促进石化产业绿色安全高效发展。

(2) 化工园区(基地)建设工程。加快省级及以上化工园区(基地)基础设施建设,提升园区(基地)产业承接能力,推动危险化学品生产企业搬迁改造。加快蒙西、蒙东、准东、伊犁、榆林、宁东、晋北等现代煤化工产业基地前期工作,有序建设煤制烯烃、芳烃(对二甲苯)、乙二醇等现代煤化工示范工程。

(3) 钢铁基地建设工程。结合城市钢厂环保搬迁,进一步优化钢铁产业布局,在减量置换前提下,加快推进沿海重大精品钢铁基地建设。重点发展重大技术装备、重大工程所需的高端钢材产品。

(4) 船舶基地提升工程。结合城市船厂搬迁改造,调整提升环渤海湾、长江口和珠江口地区三大造船基地,大力发展高技术、高附加值船舶和海洋工程装备。

(5) 产业转移承接工程。推动电子信息、高端装备、汽车、建材、家电、纺织等行业向“一带一路”、长江经济带沿线地区转移,采用新工艺、新技术、新装备,提升转移企业生产技术水平,加快园区(基地)基础设施建设,增强产业承接能力,建设一批产业特色和优势突出、产业链协同高效、核心竞争力强、公共服务体系健全的新型工业化示范基地。

### 三、工作要求

根据升级改造重大工程建设需要,有关部门和地方要建立促进制造业升级改造的长效机制,进一步完善财政、税收、金融等政策体系,营造良好氛围,加快推进重大工程实施。

#### (一) 加大政策扶持力度

树立“政府买国货”的理念,通过政府首购、订购和购买服务等方式支持国内创新产品。切实落实研发费用加计扣除、固定资产加速折旧,以及首台(套)重大技术装备、新材料和关键零部件保险补偿等政策,鼓励企业加快设备更新。

#### (二) 强化技术标准引领

完善工业技术标准体系,在重点行业、重点领域开展工业产品安全、能效、环保和可靠性达标等改造行动,健全对企业技术改造的激励机制。尽快修订建筑标准,扩大优质钢材、铝材消费。发挥强制性能效标准作用,加快推广先进节能、节水、节材技术和工业产品绿色设计研发系统。

#### (三) 优化政府投资方式

加大国家资金支持力度,扩大专项建设基金支持规模,转变资金使用方式,采取产业投资基金等多种形式推动企业技术改造升级。针对不同领域、采取不同模式,统筹采用补助、贴息、奖励、资本金注入等方式,提升资金使用效益。鼓励地方设立专项资金支持企业技术改造升级。

#### (四) 创新金融支持政策

健全融资担保、风险补偿等激励机制,充分利用股权质押、知识产权质押、排污权质押、信用放款等创新产品,为企业技术改造提供信贷支持。鼓励银行加大不良贷款核销力度,扩大企业直接融资规模,鼓励符合条件的企业采取上市融资、债券融资、票据融资、融资租赁等方式募集资金。

#### (五) 完善投资项目管理

围绕制造业升级改造的要求,加强导向指引,利用国家重大建设项目库建立项目储备和滚动计划,积极引导社会资金、资源等要素的投向。统筹协调企业投资项目并联审批事项,简化前期手续,加强事中事后监管。研究推广对不需要新增建设用地的技术改造升级项目实行承诺备案管理制度。

国家发展改革委 工业和信息化部

2016年5月13日

## 百奥赛图(北京)生物工程有限公司 模式动物应用与产业化基地

建设地点：北京大兴

设计单位：中航规划医药院

建设情况：未建

用地面积：1.2万m<sup>2</sup>

建筑面积：3.5万m<sup>2</sup>

园区内的建筑单体简洁大方且不失现代感，统一的建筑立面、造型手法，一致的外装修材料、色彩，使园区拥有一个整体的对外建筑形象。

本设计采用虚实结合的手法，以白色和灰色涂料结合玻璃幕墙，金属遮阳构件构成建筑各单体，造型简洁流畅，与基地总体环境相吻合；在对建筑物的造型、风格进行控制的同时，对各建筑的细部也进行了精细化处理，使建筑物总体上简洁明快，同时细部处理又能令人回味；通过细部的处理表达建筑的文化和内涵。





## 康希诺疫苗生产基地项目

建设地点：天津

设计单位：中航规划医药院

建设情况：在建

用地面积：6.5万m<sup>2</sup>

总建筑面积：7.4万m<sup>2</sup>



总平面依据 GMP 规范、制药企业及项目自身特点，根据厂区的地理位置，地形、厂外公用工程和交通等具体条件，按照功能分区布置厂区内的建筑物、构筑物，使各功能分区间联系通畅、方便，人流、物流各行其道互不交叉。合理确定厂区通道宽度，使之符合防火、安全和卫生间距的要求，满足各种管线、道路、运输设施、竖向设计、绿化等布置要求。

建筑总体分区规划统筹设计，行政办公、研发及生活服务区位于地块西南角，利用建筑外形及景观绿化等形成企业的对外展示形象；库区位于地块北侧中央，临近地块西侧出入口，便于货物运输；生产车间围绕仓库布置，方便厂区内生产物流的运输；辅助生产区布置在地块西北把角处，既集中布置，又充分利用了项目地块。

总平面布置结合项目自身特点，考虑了地形、朝向、风向、防火、卫生及周围环境等要求，并本着节约用地的原则，结合建筑、工艺等专业的设计条件进行了总平面布置，厂区内绿化设计形成点、线、面、体结合的立体绿化系统。

该项目总体设计强调生态、技术、人文并重，将规划、景观、建筑三位一体，建筑风格以“现代大方、简洁明快”为主调，高度协调统一，强调建筑与整个基地的整体性。建筑造型方整，简单实用，通过规划设计，与原厂区组合为一组群体建筑，创造出具有现代制药企业特色的建筑形象和景观空间。

医药院还承接了本项目的工程管理总承包任务，迅速组建了专业的管理团队，充分发挥与医药工程设计无缝连接的规范化、精细化管理专长，将核心竞争能力、组织集成优势、创新优势与工程实践紧密结合，以“强管理、勇创新、增质效、育人才”的工程管理目标指导项目团队，将质量、进度、成本等要素的多元控制合理贯穿始终，提升了医药工程的专业品质。目前项目已进入主体结构施工阶段。

## 广东丹霞生物制药项目

建设地点：广东韶关  
设计单位：中航规划医药院  
建设情况：在建  
用地面积：27万m<sup>2</sup>  
建筑面积：3.3万m<sup>2</sup>





本项目结合企业总体发展思路、结合现代生产工艺布局，在充分满足工艺生产需求的前提下，通过办公区、生产区、生产辅助区等几个区位要素将不同性质的建筑有机地整合。

建筑立面、造型手法活泼而不失严谨，外观以灰色为主基调，融入橘红，做到与基地总体环境相吻合。对建筑细节进行精细处理，整体形象明快，表达出建筑的文化与内涵。

## 长春长生生物科技股份有限公司厂区

建设地点：吉林长春

设计单位：中航规划医药院

建设情况：在建

用地面积：7万 $m^2$

建筑面积：5.8万 $m^2$

## 河南双鹤华利药业有限公司迁建项目

建设地点：河南平顶山

设计单位：中航规划医药院

建设情况：未建

用地面积：13.3万m<sup>2</sup>

建筑面积：7.6万m<sup>2</sup>

本项目是国内最大的大容量注射剂生产基地，生产软袋、塑瓶、玻璃瓶等多品种多规格大容量注射剂，规划产能10亿瓶/年。

基地内所有建筑物色彩统一设计为灰白主调。建筑组团干净整洁。在统一的主调中，每栋建筑局部经过精心设计，画龙点睛，局部设有与双鹤公司主色相同的蓝绿色，在材料使用与色彩调和上，主次分明，虚实对比，统一而不失变化，一致又不显呆板。

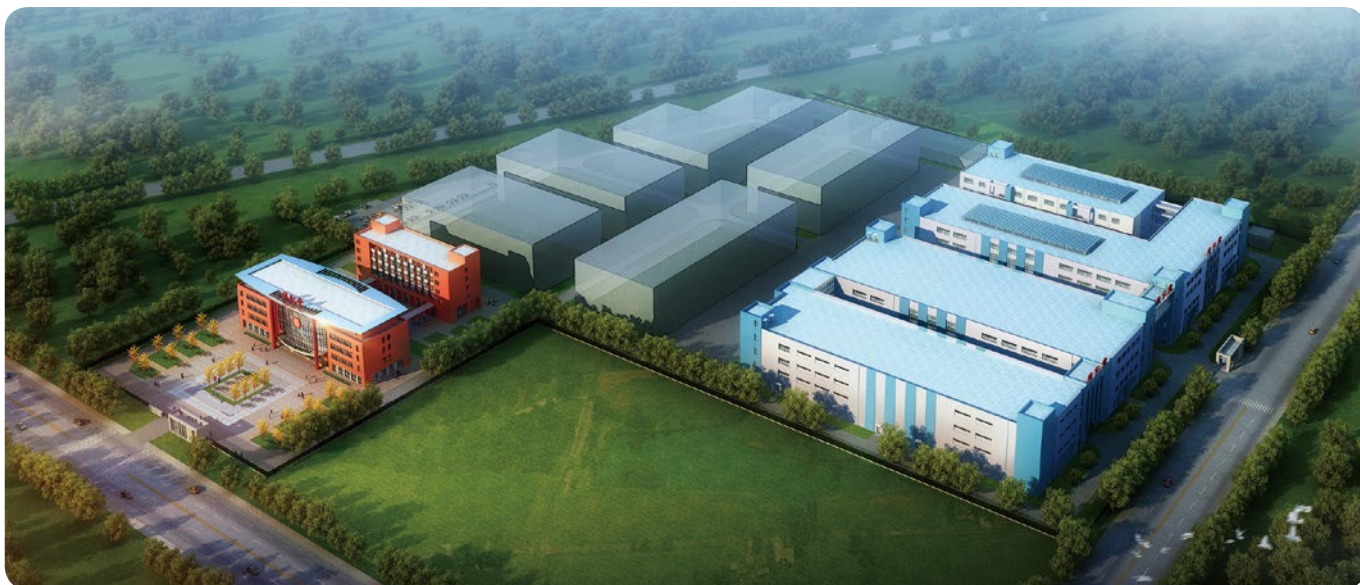
厂房造型从建筑自身功能特点出发，方整简单实用，通过规划，整合为一组群体建筑，模糊单体个性，统一的模数、建筑立面、造型手法，和谐的建筑外装修材料、色彩，从而形成整体的对外建筑形象。

立面以干净简洁的竖线条为基调，搭配使用玻璃和石

材，展现建筑的端庄典雅，建筑形态舒展；通透的玻璃连廊组织起办公、质检、餐厅和宿舍等不同使用功能。整个园区都在致力于为员工提供和谐高效的办公环境；展现企业追求创新，注重质量，稳步前进的专业气质。







## 北京同仁堂科技发展（唐山）有限公司 中药提取、液体制剂建设项目

建设地点：河北玉田

设计单位：中航规划医药院

建设情况：在建

规划总用地：180ha

用地面积：11.5万m<sup>2</sup>

总建筑面积：15.7万m<sup>2</sup>



北京同仁堂科技发展（唐山）有限公司中药提取、液体制剂建设项目是预防、治疗、诊断用医药制品和高科技产品生产的重要基地。基地规划采用先进的设计理念，满足新版GMP认证和参照欧盟GMP的要求下完成的生产自动化、管理网络化、资源集约化的国际一流的医药生产企业。规划设计强调生态、技术、人文并重，规划、景观、建筑三位一体，并在建筑形象上体现其自身独特的性格。

本项目采用新技术如下：

- （1）立体化垂直提取生产布局，将各生产工序由上至下布置在不同楼层，利用重力和工艺管道实现物料转运。
- （2）采用先进的出渣挤压车，实现出渣、挤压、出料自动化。
- （3）自动化存储系统，由机器人及传送装置和堆垛机完成自动化存储，实现仓库作业机械化和自动化。
- （4）计算机控制及条形码技术。借助于堆垛机的行驶速度和升降速度，可以快速、准确无误地完成货物的收发工作。

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》的公告

现批准《民用建筑可靠性鉴定标准》为国家标准，编号为GB50292-2015，自2016年8月1日起实施。其中，第5.2.2、5.2.3、5.3.2、5.3.3、5.4.2、5.4.3、5.5.2、5.5.3条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-1999同时废止。

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准《绿色医院建筑评价标准》的公告

现批准《绿色医院建筑评价标准》为国家标准，编号为GB/T51153-2015，自2016年8月1日起实施。

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准《数据中心基础设施施工及验收规范》的公告

现批准《数据中心基础设施施工及验收规范》为国家标准，编号为GB50462-2015，自2016年8月1日起实施。其中，第3.1.5、5.2.10、5.2.11、6.2.2条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《电子信息机房施工及验收规范》GB50462-2008同时废止。

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准《防灾避难场所设计规范》的公告

现批准《防灾避难场所设计规范》为国家标准，编号为GB51143-2015，自2016年8月1日起实施。其中，第3.2.2、3.2.3、3.2.4、5.2.4、5.5.1、5.5.2、5.5.3、7.2.6、7.3.1、7.3.2、7.3.3、7.3.4、8.2.5、8.3.3条为强制性条文，必须严格执行。

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》的公告

现批准《建筑电气工程施工质量验收规范》为国家标准，编号为GB50303-2015，自2016年8月1日起实施。其中，第3.1.5、3.1.7、6.1.1、10.1.1、11.1.1、12.1.2、13.1.1、13.1.5、14.1.1、15.1.1、18.1.1、18.1.5、19.1.1、19.1.6、20.1.3、23.1.1、24.1.3条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303-2002同时废止。

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》的公告

现批准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》为国家标准，编号为GB51022-2015，自2016年8月1日起实施。其中，第14.2.5条为强制性条文，必须严格执行。

## 住房和城乡建设部关于发布行业标准《建筑外墙外保温系统修缮标准》的公告

现批准《建筑外墙外保温系统修缮标准》为行业标准，编号为JGJ376-2015，自2016年5月1日起实施。其中，第7.1.2、7.1.5、7.1.6条为强制性条文，必须严格执行。

## 住房和城乡建设部关于发布行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》的公告

现批准《高层民用建筑钢结构技术规程》为行业标准，编号为JGJ99-2015，自2016年5月1日起实施。其中，第3.6.1、3.7.1、3.7.3、5.2.4、5.3.1、5.4.5、6.1.5、6.4.1、6.4.2、6.4.3、6.4.4、7.5.2、7.5.3、8.8.1条为强制性条文，必须严格执行。原《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-98同时废止。

## 住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》的公告

现批准《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T475-2015，自2016年4月1日起实施。

## 住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《室内外陶瓷墙地砖通用技术要求》的公告

现批准《室内外陶瓷墙地砖通用技术要求》为建筑工业行业产品标准，编号为JG/T484-2015，自2016年4月1日起实施。

## 住房和城乡建设部关于发布行业标准《垂直绿化工程技术规程》的公告

现批准《垂直绿化工程技术规程》为行业标准，编号为CJJ/T236-2015，自2016年5月1日起实施。



**主管单位** 中国航空工业集团公司  
**业务指导** 中国航空工业建设协会  
**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** hkqjcs@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6月  
**印数** 1500册  
**电话** (010)62038276 62038235  
**传真** (010)62038297  
**封面** 上海莱士新建项目

# CONTENTS

## 目录 2016年第3期 总第125期

### 航空能力建设

- 02 航空货运站规划布局设计研究 朱宇  
05 民营企业参与航空航天领域国防科技工业四种竞争力模式  
佟京昊 张媛  
08 中国飞机拆解市场前景预测分析 章力 闫慧  
12 三种楼盖体系在航站楼楼盖选型中的应用  
韦恒 赵伯友 邢纪咏

### 研究与探讨

- 17 多层悬挑转换结构设计探讨 程海永 崔巨宏 刘茵  
23 一次降温和二次降温系统用于配餐厂房中温车间的对比分析  
李倩 张海桥  
29 总承包项目的工程变更分类及控制措施 左欣 李利  
33 总承包项目招投标阶段的造价控制要点 孟宇 周雅飞  
38 总承包模式下造价审计工作重点研究  
李超 蒙春 房健  
41 生活垃圾焚烧烟气污染物分析及净化技术初探 洪博文 李纲  
44 生活垃圾焚烧发电厂《节能评估报告(节能专篇)》编制关键问题分析  
王海敏 安玉生 李纲

### 工程设计

- 48 大兴医药产业基地公园雨水资源景观化设计 殷丽燕  
56 浅谈某垃圾焚烧发电工程主变系统倒送电调试方案  
董俊峰 赵亮亮  
61 火工区电气设计 赵安 李冬

# 航空货运站规划布局设计研究

■ 朱宇 [工艺]

**摘要:** 航空货运站总体规划布局设计在航空货运站设计中是非常重要的一项内容,其是一个由相互关联、相互制约的众多因素构成的复杂系统。本文在对航空货运站功能模块及流程研究的基础上,通过对航空货运站特点分析找到了总体工艺布局设计的关键影响因素,并进行了典型航空货运站平面布局分析,为航空货运站总体规划布局设计提供系统方法和思路。

**关键词:** 航空货运站; 规划布局; 设计分析

航空货运是航空运输产业链中的重要组成部分,随着中国民航业的快速发展,航空货运已成为机场、航空公司利润增长的重要业务,2014年全国运输机场完成货邮吞吐量1356.08万吨。航空货运站是完成航空货运货物地面处理的设施,是一个由相互关联、相互制约的众多因素构成的复杂系统,航空货运站的总体规划布局设计需要从业务模式、工艺流程、物流关系、交通组织、限制因素等多方面综合考虑,具有一定的设计难度。

## 1 航空货运站功能及流程

### 1.1 航空货运站主要功能

航空货运站是一类以飞机为运输工具进行货物运输服务的集散站。它提供货物登记、转换货物形式、储存、运输等服务,完成货物进港、出港、中转等业务流程。主要包括6大功能:

#### (1) 装卸储存功能

航空货运站为货主、货运代理提供货物暂存、保管服务,保证货物安全,在货运站陆侧收取和发放货物,货运站内进行各种装卸搬运,在空侧、机坪进行货物装卸搬运作业。

#### (2) 货物检查功能

航空货运站对出港承运货物进行安全检查,对于进入空侧区域的人员进行安全检查,以满足航空器运输的安全要求;国际货物还需接受边防、海关、检疫等部门的检查和监管。

#### (3) 换装理货功能

散货形式货物与航空集装器形式货物之间的货物形式转换,这过程中还伴随着理货、分拣的功能。

#### (4) 单证及信息功能

航空货运站在货物处理的同时伴随着单证的流转,航空货运站也是各种信息集成、处理的集中环节,其运转需要信息管理系统的支持。

#### (5) 多式联运和运输代理功能

航空货运站除从事航空货物运输地面代理外,还可以与其他运输方式开展联合运输,充分

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。

发挥各种运输方式的特点和优势，逐步完善综合运输体系。

#### (6) 综合服务功能

航空货运站还提供与货运有关的服务，如报关、报检、保险、结算、金融等业务；还可为货运车辆提供停放、清洗、加油、检测和维修服务；为外来业务人员、司机提供休息、餐饮服务等。

### 1.2 航空货运站主要流程

出港普货首先进行登记、X光检查、称重、丈量外形尺寸和粘贴标签，国际出港货物须经海关联检抽检后清关放行，经过暂存，进入出港组合区进行组合、核重等作业，存储在集装货区或散货存储区。接受客机载货或全货机分类等待信号由拖车拖至机坪准备装机出港飞行。

进港普货由拖车拖至集装货物区登记、分类、进行暂存，然后转到进港分解区分解成散货，粘贴标签，送至散货区短期存储，国际进港货物须经海关监管和联检检查后清关放行，核重对单交付业主装运。

## 2 航空货运站特点及设计关键因素

### 2.1 航空货运站特点

#### (1) 货流量大，货物种类多

大型航空货运站年货物处理量在100万吨以上，高峰小时处理量约330吨，可见货物处理量大，货物流转的顺畅性要求更高，对设备设施的自动化程度要求也更高。

#### (2) 时效性要求高

航空货运的优势在于高效、快捷，近年来，铁路提速、高铁兴建、高速公路发展，作为现代化的航空货运也面临着巨大的挑战，航空运输95%以上的时间是花在地面处理服务上，所以航空货运站货物处理的时效性成为一个重要的因素。

#### (3) 功能模块联系紧密，流程复杂

以一个国际货运站为例，主要功能模块包括进港、出港、中转货站、陆侧停车场、站台停靠交接区、空侧编组待运场地、集装器存放区、危险品库、办公楼等，此外，还要考虑超大件通道、内部车辆加油及维修、营业厅等功能。

#### (4) 交通组织复杂

大型航空货运站货物流量大，是物流、人流集聚的空间，特别是陆侧交通流量大，强度高；货运区内主要由货物流程、单证流程形成的交通

流量，物流、人流交叉问题较为突出；由于有安防要求，陆侧、空侧交通隔离，在有业务联系的部位局部控制通行。由此可以看出，大型航空货运站交通组织复杂，保证交通顺畅运转是一个重要问题。

#### (5) 安全监管要求高

航空运输对于空防安全要求很高，空侧、陆侧需要严格分隔，所有货物均需进行X光机安检合格后才能装机运输，人员进入空侧要进行安检，货运站空侧场地与机坪通过飞行区隔离围网隔开。国际货运站还要满足海关、检疫等监管要求，需设无盲点的视频监控系统。安全要求与业务流程往往产生一些矛盾点，需要综合协调设计。

#### (6) 信息化重要性更为突出

航空货运站是一个实时处于运动状态的综合系统，要保证货物处理顺畅，各环节的信息及时、准确地传递到位是一个关键的问题，通过航空业务系统、货库管理系统、货运站控制系统、设备自动控制系统的信息集成，实现内部管理、资源调配、生产调度等功能，以及外部航空公司、货运代理、海关等的信息交流、查询、业务办理等功能。

### 2.2 关键影响因素分析

根据上述航空货运站的设计特点，在货物处理量、货物类型、功能组成等边界条件确定的情况下，对主要影响总体工艺布局的因素进行分析，以找出航空货运站的总体工艺布局设计的关键点。

#### (1) 航空货运站构型

根据不同的用地情况和空陆侧关系，不同的货物处理量、种类及货物形式，交接车辆类型和作业方式，确定货运站的进深、空陆侧交接长度、站台形式及停靠车位数量、空陆侧场地等。常用的如“一”型、“n”型、“U”型、“m”型、“L”型等，以及组合形式。

#### (2) 交通组织

交通组织是总体布局的一个非常重要的因素，其主要设计原则有：交通分离，不同种类、流向的车流、人流在空间、时间上分离，减少交通冲突；单向行驶，对于货运区内形式的车辆，尽量通过有效组织管理，实现单向车流，减少交叉，提高运行效率；交通连续，保证货运系统周转运送过程不产生交通方式上的间断；交通均



# 民营企业参与航空航天领域 国防科技工业四种竞争力模式

■ 佟京昊 张媛 [工艺]

**摘要:** 伴随我国军民融合工作的推进和相关制度建设的完善,越来越多的民营企业开始参与我国航空航天等国防科技工业领域从事涉军项目的研制、生产、配套工作。本文通过总结目前民营企业凭借自身优势参与航空航天领域可研生产的情况,将其归纳为四种竞争力模式:成本优势模式、投资优势模式、技术优势模式、集成优势模式。

**关键词:** 军民融合;民营企业;国防科技工业;航空航天

## 1 军民融合发展政策背景

2016年3月25日在习总书记主持的中共中央政治局会议上,明确将军民融合上升为国家战略,并指出这是“党中央从国家安全和发展战略全局出发作出的重大决策,是在全面建成小康社会进程中实现富国和强军统一的必由之路。”我国军民融合发展之路由来已久,但是首次被上升到国家战略的地位。过去,我国军民融合重点在于“军转民”,基本所有军工企业都从事或曾经从事过民品生产。但是军民融合还有另一个重要领域暨社会企业特别是民营企业参与国防军工行业的科研生产,俗称“民参军”。可以预见这一领域必将成为未来我国深化军民融合的重要组成部分。

早在2005年2月颁布的《国务院关于鼓励支持和引导个体私营等非公有制经济发展的若干意见》(国发〔2005〕3号)明确提出“允许非公有资本进入国防科技工业建设领域。坚持军民结

合、寓军于民的方针,发挥市场机制的作用,允许非公有制企业按有关规定参与军工科研生产任务的竞争以及军工企业的改组改制。鼓励非公有制企业参与军民两用高技术开发及其产业化。”正式开启了包括民营企业在内的各类非公企业参与国防工业建设的通道。随后几年,民营企业参与国防科技工业建设的各种顶层设计得以颁布,特别是2010年《国务院、中央军委关于建立和完善军民结合、寓军于民武器装备科研生产体系的若干意见》(国发〔2010〕37号)(以前简称国发37号文)的颁布,第一次明确我国武器装备科研体系建立具备“军民结合、寓军于民”的特点,并将之上升为国家目标和行为,大大激发了民营企业参与我国国防科技工业建设的热情。

自2010年5月10日起开始施行的武器装备科研生产许可证制度是我国军民结合、寓军于民建设装备科研生产体系的核心制度之一。该制度要求从事属于许可目录范围内科研生产活动的单位,必须申请并取得武器装备科研生产许可证。但民营企业取得武器装备科研生产许可证只是具备了在许可范围内承担武器装备科研和生产的资质,

作者简介:佟京昊,男,高级工程师,2007年毕业于北京理工大学工商管理专业,现就职于中航规划综合规划设计院。

是获得军品订货或者科研生产任务的必要条件，并不是充分条件，要承担军品任务还需获得与任务要求相对应的军工保密资格认证和国军标质量体系认证，并获得总装装备承制单位资格，此外最重要的是企业要靠自身实力在竞争中获得市场。

## 2 民营企业参与航空航天工业的四种模式

而航空航天装备研制领域既有一般武器装备生产的资本密集、技术密集、保密要求严、质量要求高的特点，作为工业技术最尖端的产品领域还有生产批量小、前沿技术多、产品集成度高、配套体系复杂、技术工艺先进、国际合作壁垒高等自身特点。总的来说，从事航空航天装备科研生产配套是对参与的民营企业工艺技术能力要求最高的行业领域，但是航空航天装备小批量、高价值的特点也能为掌握核心能力的民营企业带来良好的回报。

结合目前民营企业参与国防航空航天项目的实际情况和行业的发展特点与规律，可以总结出民营企业参与国防航空航天装备研制的四种模式，这四种模式可以被视作民营企业进入航空航天装备配套行业的四条途径，分别对应民营企业可能具备的四种优势，而同时也反映出民营企业参与国防航空航天项目的不同发展阶段和参与深度。

### (1) 成本优势模式

成本优势以及伴随成本优势的效率优势是我国民营经济得以迅速壮大的根本原因之一，也是目前民营企业从事军工配套项目最基础和最广泛的发展模式。基本每个航空航天主机企业周围都聚集了一批专门从事机械加工等低端配套为主的民营企业，这些民营企业很多并未取得武器生产许可证，只能从事模具加工等低端配套。部分具备规模的企业可以提供通用性比较强的货架产业，其中部分佼佼者通过取得武器装备生产许可证等认证，可以接受军工企业的对外协作委托，进行有针对性的配套工作。但是民营企业这种参与国防项目的发展模式主要依靠大型军工企业的溢出业务，不但很难提升配套层次，而且业务量缺乏保障。

### (2) 投资优势模式

由于我国型号发展体制等方面的因素，一般来说，航空航天企业在需要更新设备实现工艺提升等方面比较依赖国家技改技措方面的投资，

这就给一些在资本筹集效率方面部分大型民营企业深度介入国防科技工业提供了良好的机遇。部分列入总装武器装备配套名录的企业利用民营企业在资本筹集效率和运用灵活性等方面的优势，通过引进国外先进工艺设备，领先国有军工企业实现工艺能力提升，不但可以迅速介入军工项目配套任务，而且由于其弥补了国内工艺领域的空白，大大降低了国家管理部门支持国有军工企业技改技措的必要性，可以同时巩固配套领域地位，并优先发展先进工艺技术，逐步形成在工艺能力的核心优势。这方面的佼佼者有明日宇航工业股份公司，该公司在建设什邡生产基地短短两年期间，投资过十亿，迅速在精密机加能力方面占据国内领先地位，得以参与了大量军工项目研制工作。

### (3) 技术优势模式

由于航空航天涉及的技术领域非常广泛，特别是我国在材料等基础工业领域一直对高技术发展重视不够，与国际先进水平存有较大差距。部分民营企业可能在一些专项技术领域取得突破，获得国内技术领先地位，从而得以深度参与本领域国防项目工作。在我国型号牵引为主的国防科技工业体制的引领下，国家专业研究力量很难在所有基础科研领域同步推进，民营企业在这方面可以通过自行投入弥补国家科研投入的缺项，成为我国国防科研有益的补充力量。目前，在江苏省丹阳市，形成了以丹阳市精密合金厂为代表的数十家涉军民营企业的产业聚集区，这些企业业务领域基本集中在特种材料和由材料衍生的特种工艺领域，技术来源基本是通过与高校和科研院所合作，并与企业创新相结合的方式获得，也有少量企业通过跨国并购获得国外技术。但这些企业技术领域普遍比较单一，能实现规模效应和在技术领域能确立牢固核心竞争优势的企业还比较少，但其中佼佼者如恒神集团等解决了困扰我国军工行业发展的部分关键材料国产化问题。

### (4) 集成优势模式

如果有民营企业得以成功收购在国际上具有一定规模和技术优势的航空航天企业，则可能掌握这个企业的国际配套渠道和服务链条，从而利用其在国际航空航天领域的特殊地位具备系统集成优势。由于受国际大环境限制，我国国资军工企业很难获取这种能力。凭借这种集成优势暨利用控制国际配套链条所带来的系统集成能力优



势，民营企业不但可以深入参与国防工业项目，而且可能独立承担具有一定系统集成要求的项目。目前在国内正有越来越多的民营企业开展类似的收购与尝试。

### 3 总结

以上四种模式只是大体反映了民营企业目前和未来一段时间参与我国国防科技建设的主要模式，但是需要指出的是，这些模式之间的区分并非泾渭分明。在国际工艺发展设备化的大环境下，通过投资以更新设备可以成为企业取得工艺技术优势的捷径。而在科研技术领域取得优势也需要有大量的资金投入作为支持。即使是最终集成优势模式能够在国内出现，也只有依靠相关企业的资金和技术基础才能实现有效的收购和吸收，使集成优势得以发挥。另一方面，成本、资金、技术、集成能力也间接反映了我国民营企业参与国防科技工业的整体进步趋势和发展规律，可以被视作四个紧密联系又互有交叉的发展阶段。目前，除了有大量依托成本优势的小型企业为我国国防科技工业建设进行低端配套以外，已有部分民营企业，能够依靠资金和技术优势较深入的参与到国防科技工业建设当中，从发展阶段上介于资金与技术的过渡阶段，只有个别企业能完全取得某一特定技术领域的核心技术优势。

综合以上分析，可以看到，自“国发37号文”颁布以来，民营企业在航空航天装备研制领域参与的广度和深度不断拓展，很多企业能够有意识的通过积蓄和发展自身在资本和技术领域的相关优势而巩固本企业的核心能力，部分具备核心能力的企业已成为我国航空航天装备研制体系中重要的一环。

总结各地区经验，地方政府的引导、扶持和科学的规划制订有着重要的作用。国防科技工业过去一直是我国工业体系内一个较封闭的领域，有着自身的发展要求和特点，很多情况是未从事过本领域工作的私营企业所不了解的，而且作为资本、技术、人才多要素密集型产业航空航天装备产业本身也有着高风险的特点。解决这些问题，都需要地方政府有所作为，以目前民营航空航天产业聚集效应比较显著的丹阳为例，近几年，丹阳市政府一直将航空航天作为本地重要新兴产业加以扶持，积极为企业与国家和军队机

关、上级政府、高校院所进行沟通，争取试点地位、召开学术会议，创新产学研结合机制，并先后聘请北京航空航天大学和中国航空规划建设发展有限公司等专业机构编制本地区航空航天产业发展专项规划。对航空航天装备产业在本地的聚集发展起到了良好的引领作用。

另一方面，需要看到的是虽然我国非公企业参与国防科技工业的程度和广度都在不断加深，但仍有诸多体制性障碍需要攻克。例如，阻碍很多私营企业从源头参与重大科研项目的国有投资能否在私营企业形成国有资产及其管理问题，就尚需国家主管机关和各级国有资产管理部门通过针对性试点总结经验，梳理管理办法加以解决。与我国其他诸多领域一样，我国军民结合、寓军于民武器装备科研生产体系建设工作也已进入到改革的攻坚克难阶段。伴随新成绩的取得，新现象和新问题也层出不穷。对于这些现象和问题，只有持续跟踪、科学研究，通过不断深化体制机制改革，才能将我国军民融合战略不断推向深化，在保证我国武器装备发展需求的同时，带动产业发展和创新能力不断提升。

# 中国飞机拆解市场前景预测分析

■ 章力 闫慧 [工艺]

**摘要:** 飞机拆解作为航空产业的末端,在国外已逐渐发展成熟,它为老旧飞机提供了一个经济、环保的处理模式。本文先对飞机拆解产业进行描述,并对国内外飞机拆解产业现状进行分析,最后对我国飞机拆解市场前景做出预测分析。

**关键词:** 飞机拆解; 市场前景预测; 旧飞机处理

## 1 引言

近年来,全球航空产业已进入到高速发展期,根据相关行业报告,全球航空产业在未来很长一段时间内将继续保持强劲的增长势头。未来的20年,全球航空旅客周转量将以每年平均4.8%的速度递增。

在这种大背景下,中国的航空旅客周转量将以每年平均6.8%的速度增长,以中国为代表的新兴经济体国家的航空需求增长将高于全球的平均发展水平。

巨大的旅客增长量,必将带动国内民航机队规模的快速增长,根据波音公司的预测,未来20年,中国民航机队规模将是现有规模的3倍。

随着机队规模的不断增加,国内越来越多的航空公司也在加快对自己航空飞行器的更新换代,以尽快淘汰掉那些养护成本高、油耗高、舒适性及可靠性差的老旧机型。但是,大批的退役

飞机去向何处,成了一个棘手的问题。由此,在欧美等航空市场成熟地区出现了一个航空产业的末端——飞机拆解。

飞机拆解是将退役的老旧飞机进行拆解,获得具有高价值的发动机、起落架和零部件,作为航材再次供应到市场。国外成熟的飞机拆解产业链为我国的退役飞机处理提供了一个理想的参照模。国内外飞机拆解的现状如何,飞机拆解行业在中国的市场前景具体如何,本文将对以上问题做出具体分析。

## 2 飞机拆解产业现状及市场前景分析

### 2.1 飞机拆解产业概述

#### 2.1.1. 飞机拆解产业链

##### 1) 产业链流程

飞机拆解产业流程基本可以分为飞机寻源、拆解、航材销售和租赁三大方面。

飞机寻源简单来说,就是寻找并选择可供拆解的飞机,之后对飞机进行价值评估,并最终签订飞机交易合同的过程。在这之后,飞机就进入

作者简介:章力,男,助理工程师,2013年毕业于德国布伦瑞克工业大学机械工程专业,现就职于中航规划民航工程设计研究院。

了拆解阶段。飞机被拆解下的零部件和材料将被分别进行检查，对可用的飞机材料和经过适航认证的飞机零部件存储在航材库内，并进行估价，零部件最终会销售或租赁给各大航空公司和维修企业，飞机材料则会销售给金属冶炼及加工企业。

## 2) 飞机拆解的三种模式

### (1) 拆解后销毁模式 (见图1)

飞机制造商Boeing公司和Airbus公司专门制定过飞机拆解流程，拆下的零部件如发动机、起落架、部分电子附件和系统附件分为不可用状态或可用状态。只有将拆下的飞机零部件恢复到可用状态，并经过适航认证才能允许出售或进行租赁活动。一些受法规限制的材料如各种油液、轮胎、安防设备、电子件需按法规要求限制性回收。为防止非法零部件流入商用航空流域，报废的零件及拆解后的机体需做物理性破坏。

### (2) “飞机坟场模式” (见图2)

一些国家和公司也有将飞机拆除可以利用的部分后弃置的，即所谓的“飞机坟场”模式。



图1 飞机拆解后销毁模式



图2 “飞机坟场模式”

### (3) 暂存模式

介于“拆解后销毁模式”与“坟场模式”之间的一种是暂存模式。具体做法是：航空公司出于经济性的考虑，将飞机暂时退出现役，拆除一些可用于周转的部件后，将飞机封存，待出现可以再使用的条件和环境时，或国家战争征用时，安装上拆除的部件，再次投入使用。

## 2.1.2 飞机拆解产业特点

### 1) 绿色环保

整个飞机在清空燃油、液压油、滑油后，整体不具有危险物质；整个拆解过程没有高危作业，没有有毒、有害施工步骤；拆解过程不产生有毒、有害物质；拆解完毕后废弃材料少。

### 2) 投资回报率高

飞机以及零部件都是高价值产品，如果按照平均每架旧飞机交易价格在1000万美元计算，每年交易15架飞机，则年资金交易量就在1.5亿美元，假设短期回报率15%，净回报则在2000万美元左右。

## 2.2 国外拆解市场现状分析

### 2.2.1 国外飞机拆解产业区域分布

全世界目前飞机拆解行业规模发展迅速，拆解产业链也发展成熟。据统计，目前全球共有约40家企业从事飞机拆解与回收业务，其中约80%的企业设立在美国，美国目前已成为世界飞机拆解行业的主要区域。美国之外，欧洲是世界第二大飞机拆解产业基地，其中，英国、德国、法国、荷兰、西班牙、卢森堡及意大利等国也都有较为成熟的飞机拆解企业。此外，在南非、日本、阿联酋等国家，也有零星的飞机拆解企业。

众多飞机拆解企业中，比较著名的有美国的GA Telesis、GECAS Asset Management Service、CAVU Aerospace 等公司。

### 2.2.2 国外飞机拆解市场产业现状

据统计, 2014年全球范围内可回收、拆解的飞机已超过1000架, 飞机拆解行业每年约有76亿美元的收益, 并且这个数字在不断增长。

目前, 全球航空业的庞大机队规模已经支撑起五大飞机拆解巨头, 其中美国GA公司10年来已累计拆解200多架飞机, 5000多台发动机; 空客公司的飞机回收与维护部 (Tarmac Aerosave) 在2010年拆掉了10架飞机, 在这其中不乏竞争对手的产品, 在2011年其一共拆解12架飞机, 随后几年的拆解量每年增长到20~30架; 法国的飞机拆卸和回收中心——沙托鲁航空中心每年拆解10~12架飞机, 而且这一数字将会越来越大。

旧飞机在交易时按整机估价, 飞机残值低。而在理论上, 一架飞机有大约90%的零部件或材料能被回收再利用, “拆飞机”无疑是一门有着巨大潜力的生意。飞机拆分后, 很多零部件仍具有很高的实用价值。通常, 二手航空零部件的价格是新部件的60%左右。在国际航空市场, 循环使用二手零部件是普遍模式, 汉莎航空、国泰航空等国际领先的大型航空公司都在使用二手零部件。如发动机及零部件、APU、起落架、各系统的控制和执行部件、电子部件等。这些高价值的零部件, 按适航要求经过特定的检查和修理, 可作为合格的航材再次进行使用。相对于新航材, 其性价比在航材供应市场具有很高的竞争性。在旧飞机交易环节, 一架B737飞机整机的成交价在500万美元左右, 飞机拆解后仅两台CFM56—3C发动机目前的市场租赁价可达168万美金/年, 两台发动机的租金在3年内即可收回飞机的购买费用。再加上其他的零部件, 以租赁或出售方式加以利用, 在3年内就可以获得较大的收益。

## 2.3 国内拆解市场现状及前景预测

### 2.3.1 国内拆解市场现状

近20年来, 我国在航空客、货运的爆发式增长带动下, 大到飞机整机的研发制造, 小到航空食品的加工配送, 整个航空产业链都得到了极大发展。但是, 整个航空产业的末端——飞机拆解, 截止目前国内没有一家真正意义上的飞机拆解企业, 几乎所有退役飞机全部退回原厂处理。因此目前国内飞机拆解市场还处于空白阶段。

### 2.3.2 国内飞机拆解市场前景分析

根据近10多年来国内各大航空公司飞机引入量的数据统计, 对未来10年飞机拆解市场进行预测。近10多年各家航空公司飞机引进数量统计见表1。

表1 航空公司飞机引进数量统计表

飞机引入量 年份	国航	东航	南航	上海航空	四川航空	深圳航空	海南航空	新华航空	总计
2001	4	12	8	5	1	1	-1	3	33
2002	-1	22	4	4	-1	6	16	2	53
2003	14	8	10	2	5	4	-12	3	33
2004	21	15	22	9	4	4	4	2	81
2005	24	22	-1	4	5	7	3	4	68
2006	31	8	53	8	3	10	25	-3	135
2007	15	19	32	4	6	10	-22	-4	60
2008	22	19	-2	7	4	19	10	16	95
2009	18	16	37	6	6	10	13	4	110
2010	22	16	47	6	8	11	1	4	115
2011	27	13	32	-12	9	9	13	-2	89
2012	19	30	47	-1	10	10	6	2	123
2013	15	38	53	9	8	15	11	3	152

自2000年以来, 国内民航飞机引入总量趋势见图3。

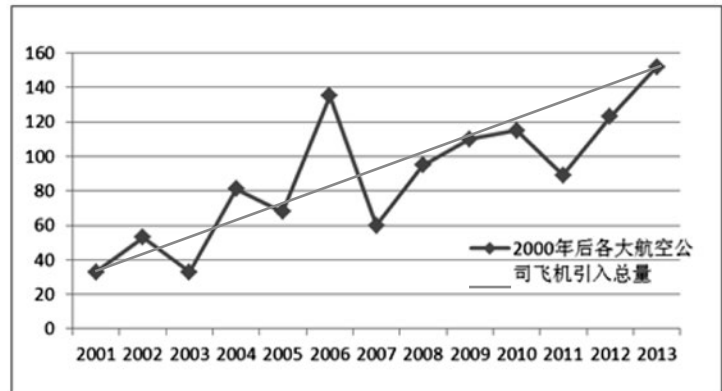


图3 2000年后国内各大航空公司飞机引总入量

表2 未来10年国内民航市场预计可拆解的飞机数量表

年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
可拆解飞机的数量 (架)	40	46	53	61	70	80	91	103	117	132	151

由表1可以看出,2001年我国民航业飞机引入总量不足40架,2013年飞机引入量已接近160架。采用线性法进行推测,我国飞机的引入量每年约以13.5%的数量递增,这还仅仅是我国部分航空公司的统计数据。随着我国民航事业的迅速发展,更多的中小航空公司不断涌入民航市场,这个数字还将逐年增加。

民航客机的寿命一般是25~30年,但飞机到达一定使用年限后就会产生维护费用高、油耗高、运营成本高、可靠性差等问题,因此国内航空公司处于航空运行成本经济性和运行安全性的考虑,一般在飞机使用15~20年后逐步将旧飞机退役或转为货运使用或者依据市场需求继续租赁。国内航空公司在旧飞机处置计划发布后,都希望尽快将老旧飞机进行处理,以减少经营成本和运行的安全压力。据相关机构统计,每年约有一半的旧飞机转为货运使用,剩下的飞机则可进行拆解,将所拆零部件作为航材流入二手航空器材市场。

按照以上分析,在我国若按照飞机使用15年后进行退役计算,并结合2000年时我国民航运输机队规模已达660架这一情况,可保守推测在2015年中国内地市场上应有不少于80架的大型民用飞机到达退役年限。其中退役飞机的50%可做拆解计算,则2015年中国市场可拆解的飞机数量约为40架,并且这个数字将以每年13.5%的速度递增。

按照以上预测,则未来10年国内民航市场可拆解的飞机数量预计见表2。

据统计,2010年末我国民航运输类飞机的总量为1639架,同时由表2计算可知,2015~2025年中国市场可拆解飞机944架,即11年间将拆解的飞机数量占符合拆解条件飞机总数的57%左右,预测数据合理。

### 3 结论

目前我国飞机拆解产业还处于空白阶段,未来10年中国飞机拆解市场将以每年13.5%的速度增长,到2025年,可拆解飞机规模可达150架左右,飞机拆解市场潜力巨大。飞机拆解产业绿色环保,回报率高,不仅为退役飞机提供经济环保的处理模式,更为我国相关航空产业的发展注入了一针强心剂,必将成为我国航空领域的新兴行业。

#### 参考文献

- [1] 中国民用航空局发展计划司. 2001~2013国内航空公司飞机一览表. 从统计看民航. 2001~2013.

# 三种楼盖体系 在航站楼楼盖选型中的应用

■ 韦恒 赵伯友 邢纪咏 (结构)

**摘要:** 航站楼楼盖选型是影响航站楼工程经济性的重要因素之一,而国内在此方面的研究较少。本文介绍了航站楼楼盖选型的控制因素,对比了主次梁楼盖体系、空心楼盖体系及预应力楼盖体系运用于航站楼楼盖中的优点及缺点,重点考察了不同楼盖体系的结构经济性;综合航站楼选型的各个控制因素,预应力楼盖体系是最优的方案。

**关键词:** 楼盖选型;航站楼;预应力楼盖体系

## 0 引言

航站楼工程的体量巨大,航站楼楼盖选型是结构整体经济指标优劣的重要因素之一。航站楼楼盖有以下特点:①平面复杂;②柱网尺寸大,结构高度限制高;③楼板大开洞;④对大型设备固定的能力要求高;⑤超长混凝土结构;⑥适应后期改造能力需求大。

根据航站楼楼盖体系特点,可考虑的方案有:①主次梁楼盖体系(包含井字梁楼盖体系、密肋楼盖体系等);②空心楼盖体系(包含刚性支撑空心楼盖体系、柱支撑空心楼盖体系、预应力空心楼盖体系等);③预应力楼盖体系(包含预应力平板无梁

楼盖体系、无次梁预应力梁板楼盖体系等)。表1统计了国内部分已施或在施的大型航站楼楼盖选型,可知大部分规模体量巨大的航站楼楼盖中均施加了预应力。

表1 我国国内部分大型航站楼楼盖选型实例

项目	建筑面积/m <sup>2</sup>	楼盖体系
珠海机场候机楼	90000	无次梁预应力梁板体系
成都双流国际机场T2航站楼	72220	主次梁体系*
首都国际机场T3航站楼	986000	主次梁体系*
青岛新机场航站楼	450000	预应力主次梁
武汉新机场航站楼	370000	预应力主次梁
石家庄机场T2航站楼	72000	主次梁体系*
南宁吴圩国际机场新航站楼	180000	主次梁体系*
鄂尔多斯机场新航站楼	100000	预应力主次梁体系
南京禄口国际机场T2航站楼	230000	预应力主次梁体系
杭州萧山国际机场航站楼	90899	主次梁体系
贵阳龙洞堡机场新航站楼	110000	主次梁体系*
深圳宝安国际机场T3航站楼	451000	主次梁体系*
合肥新桥国际机场航站楼	125000	预应力主梁+井字楼盖
大连机场扩建航站楼	71000	主次梁体系*

注:\*表示梁或板中施加预应力解决混凝土结构超长的问

作者简介:韦恒,男,助理工程师,2014年毕业于同济大学土木工程专业,现就职于中航规划民航工程设计研究院。

## 1 楼盖体系对比

针对上文所述的三种楼盖体系，表2对比了其分别运用于航站楼楼盖中的优点及缺点。

表2 三种楼盖体系的优点及缺点

楼盖体系	优点	缺点
主次梁楼盖体系	a. 设计、施工经验丰富，技术成熟 b. 适应开洞、后期改造及固定大型设备能力强	a. 随着柱网尺寸增大经济性变差 b. 另需采取措施解决混凝土结构超长问题，进一步降低经济性
空心楼盖体系	a. 结构自重轻，经济性好 b. 增加楼层净高 c. 隔热、隔音性能好	a. 施工质量难以把控 b. 适应后期改造及固定大型设备能力差 c. 另需采取措施解决混凝土结构超长问题
预应力楼盖体系	a. 充分利用材料性能，结构经济性较好 b. 不需另外增加投入解决混凝土结构超长问题 c. 固定大型设备能力强	a. 后期加固改造费用高

## 2 算例对比

以无锡硕放机场二期航站楼扩建工程中C2区指廊为算例，分别考虑航站楼采用三种不同楼盖体系的经济指标。航站楼C2区指廊，长96.0m，宽36.0m，柱网为12m×12m，宽度方向（Y向）上各有6.0m的悬挑；计算时考虑楼板的附加恒载（不包含板自重）为2.2kN/m<sup>2</sup>，活载为3.5kN/m<sup>2</sup>。算例对比中，三种体系的框架抗震等级均为三级，框架柱截面为：

700×700（方柱）、D800（圆柱），单位以毫米计。

### 2.1 方案一（主次梁楼盖体系）

主次梁楼盖体系中梁、板采用C30混凝土。单位以毫米计，框架梁截面为：600×800（h）、

650×1100（h）、650×1400/800

（h）；次梁截面为350×700（h）；

楼板厚度为120。采用SATWE程序计算分析，以折算厚度表示单位面积的

楼盖（包含梁和板）混凝土用量，以

含钢量表示单位面积的楼盖用钢量，

可得出折算厚度为360mm，含钢量为

69.94kg/m<sup>2</sup>。主次梁楼盖体系结构

平面示意图见图1。

平面示意图见图1。

### 2.2 方案二（空心楼盖体系）

采用盈建科建筑设计软件

计算了刚性支撑空心楼盖方案（空

心楼盖体系结构布置图见图2），空

心楼盖梁、板均采用C30混凝土。模

型特征及经济指标见表3，空心楼盖

方案折算厚度为234mm，含钢量为

41.42 kg/m<sup>2</sup>。

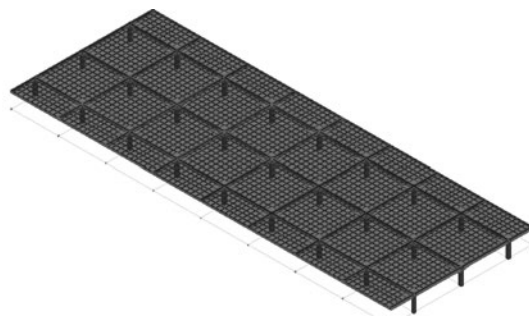


图2 空心楼盖体系结构布置图

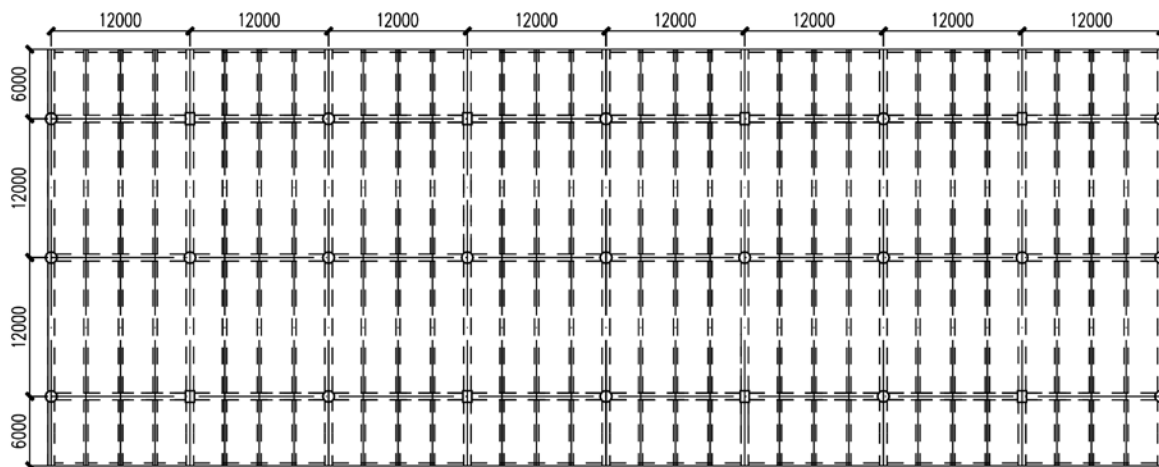


图1 主次梁楼盖体系结构平面示意图

表3 空心楼盖模型特征及经济指标

空心楼盖类型	刚性支撑	备注
空心楼板厚度 (mm)	300	
空心率 (百分比)	58%	
楼板结构高度 (mm)	900	框架梁截面 450×900 (h)
混凝土用量 (m <sup>3</sup> )	723.15	不含框架柱工程量
钢筋用量 (kg/m <sup>2</sup> )	41.42	面筋0.61kg/m <sup>2</sup>

### 2.3 方案三（预应力楼盖体系）

方案三采用现浇预应力混凝土框架结构，框架梁间不设次梁，楼板采用无粘结预应力大板，框架梁采用有粘结预应力梁。设计预应力楼板时，分别沿X向及Y向取1m板宽，以框架梁为支座按照多跨连续梁计算板中所需的预应力；设计预应力梁时，按照跨中弯矩相等的原则，将楼板传导到梁上的三角形分布荷载折算为均布荷载，以

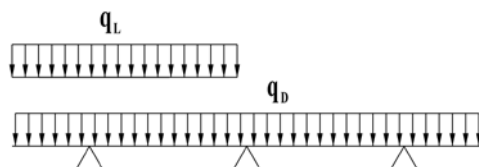


图5 楼盖Y向板（梁）计算模型

框架柱为支座按照多跨连续梁计算梁中所需的预应力。利用荷载平衡法，考虑施加在板（梁）中的预应力抵消全部的恒载，计算所需的预拉力，并确定预应力筋及普通钢筋的布置。其中，预应力筋采用1×7-15.2-1860预应力钢绞线，普通受力钢筋采用III级钢，混凝土标号为C40。预应力楼盖体系结构平面示意图见图3，楼盖X、Y向板（梁）计算模型见图4、图5。

经过试算，最终确定预应力混凝土楼板厚度（ $h=240\text{mm}$ ）以及预应力筋的布置形式（见图6）。每米板宽内，X向及Y向板内预应力筋数量均为7；此时，预应力混凝土板内产生的预应力能抵消全部恒载，同时满足受压区高度、承载力、张拉阶段各截面正应力及施工阶段反拱验算；与板的计算方式类似，综合预应力筋数量，截面受

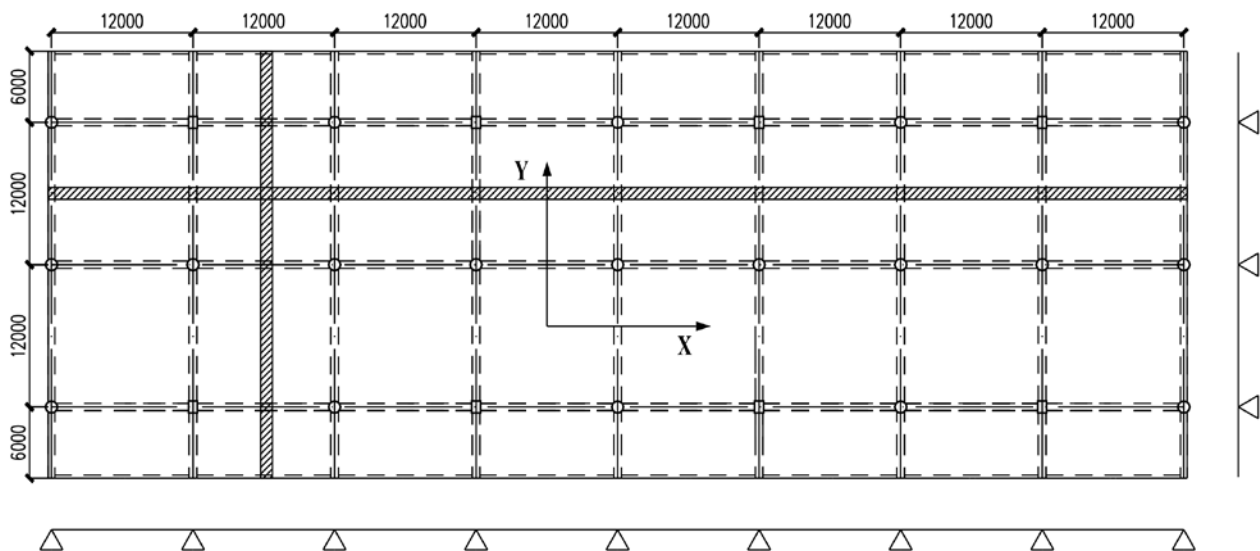


图3 预应力楼盖体系结构平面示意图

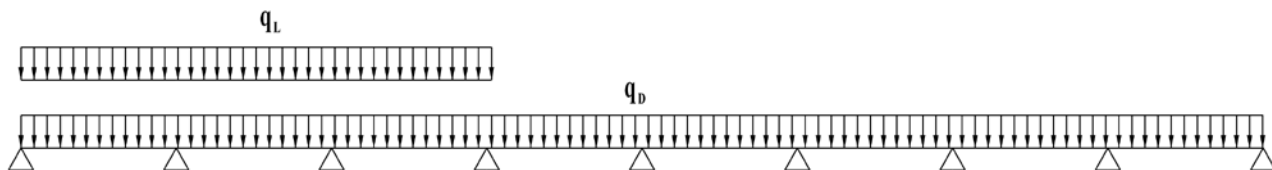
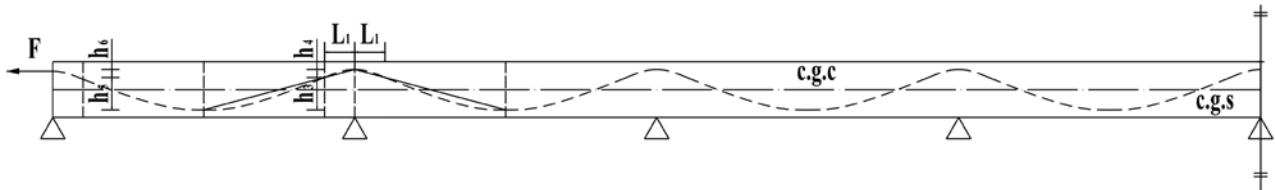
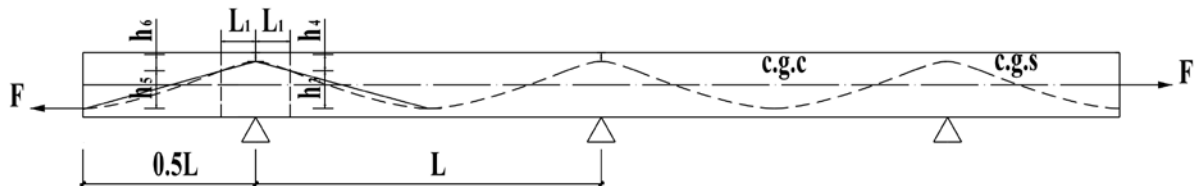


图4 楼盖X向板（梁）计算模型





(a) X向 (板:  $h_3=136\text{mm}$ ,  $h_4=34\text{mm}$ ,  $h_5=115.6\text{mm}$ ,  $h_6=28.9\text{mm}$ ;  
梁:  $h_3=624\text{mm}$ ,  $h_4=156\text{mm}$ ,  $h_5=468\text{mm}$ ,  $h_6=117\text{mm}$ )



(b) Y向 (板:  $h_3=136\text{mm}$ ,  $h_4=34\text{mm}$ ,  $h_5=115.6\text{mm}$ ,  $h_6=28.9\text{mm}$ ;  
梁:  $h_3=624\text{mm}$ ,  $h_4=156\text{mm}$ ,  $h_5=468\text{mm}$ ,  $h_6=117\text{mm}$ )

图6 板(梁)最终实际预应力筋布置形式

压区高度、承载力要求及张拉阶段构件的边缘应力,并考虑预应力度、受拉钢筋按非预应力钢筋抗拉强度设计值换算的配筋率等限值要求,确定了最终的框架梁截面以及理想预应力筋布置形式。最终X向及Y向的框架梁截面为 $600 \times 900$  (h),梁内预应力筋布置形式如图6,每根梁内的预应力筋数量为17。

最终可得预应力楼盖方案的折算厚度为 $310\text{mm}$ ,含钢量为 $47.05\text{kg}/\text{m}^2$ ,其中普通钢筋含钢量为 $27.95\text{kg}/\text{m}^2$ ,预应力钢筋含钢量为 $19.10\text{kg}/\text{m}^2$ 。

#### 2.4 三种方案对比

针对无锡航站楼C2区指廊,表4对比了相同柱距( $12\text{m} \times 12\text{m}$ )、相同附加恒活条件下不同楼盖体系占用结构高度及经济指标,可知:

(1) 空心楼盖体系通过增加楼板厚度同时增设空腔减轻自重的方式解决刚度问题及强度问题,折算厚度最小,自重最小,因而消耗混凝土及钢筋最小,经济指标最好;

(2) 预应力楼盖体系通过施加预应力解决梁和板的刚度问题,使得板在没有次梁支承的情况下能够跨越较大的跨度,同时也减小了框架梁的截面,折算厚度较小,自重相对主次梁楼盖较

表4 三种方案对比

方案	结构高度 (mm)	折算厚度 (mm)	含钢量 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
主次梁楼盖体系	1400	360	69.94
空心楼盖体系	900	234	41.42
预应力楼盖体系	900	310	47.05 (普通钢筋: 27.95; 预应力钢筋: 19.10)

小,从而获得较好的经济性;

(3) 主次梁楼盖体系需要靠增大主次梁截面高度的方法解决大跨度下的刚度问题,这样反过来增加了自重,导致结构很大一部分材料用于抵抗自重,折算厚度最大,自重最大,因而楼盖经济性最差,同时占用了最高的结构高度。

### 3 结论

(1) 楼盖结构选型应结合功能需求、经济成

本、施工速度、当地市场的成功建造经验以及在整个建筑生命周期内,地面固定家具和设备的能力(对于航站楼尤为重要)及对后期改造的适应性等因素综合考虑。

(2) 综合对比主次梁楼盖体系、空心楼盖体系及预应力楼盖体系在航站楼楼盖中的运用,可知:

a) 虽然主次梁楼盖体系设计施工技术成熟、经验丰富,适应各种开洞、设备固定及后期改造,但这种形式对于柱距较大的情况经济性差,结构高度高,而且航站楼常常需要解决混凝土结构超长的问题,如前文表1所示,通常在梁板中布置直线预应力筋施加预应力解决,这样进一步降低了该种体系的经济性;

b) 将直线预应力筋布置形式改为抛物线,采用预应力楼盖体系,充分发挥高强材料的特性,不但节约混凝土与钢材,减小结构高度,而且能解决混凝土结构超长带来的问题,对于体量巨大的航站楼,综合经济性好;但预应力楼盖体系施工、楼板上开洞或后期改造需要专业队伍配合,施工技术未普及,后期加固改造的成本较大。

c) 单纯从经济性考虑,空心楼盖体系是三种体系里最好的,但由于国内空心楼盖的施工并未专业化,导致施工质量参差不齐,空心楼盖的运用受到限制;同时作为航站楼楼盖时,由于楼板内大量存在空腔,空心楼盖固定大型设备及适应后期改造能力差,若这两个问题在未来能够有效解决,空心楼盖不失为一种好的航站楼楼盖体系。

### 参考文献

- [1] 林同炎. 预应力混凝土结构设计(第三版)[M]. 中国铁道出版社, 1983.
- [2] 翟传明, 谭军, 徐国华, 刘远华. 典型大跨预应力混凝土楼盖设计方案分析[J]. 建筑结构, 2009, 39(增刊): 515-518.
- [3] 周建龙, 方义庆, 包联进, 江晓峰等. 某大型会展中心大跨度楼盖结构体系比选[J]. 建筑结构, 2013, 43(增刊): 1-5.
- [4] JGJ140-2004. 预应力混凝土结构抗震设计规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [5] JGJ92-2004. 无粘结预应力混凝土结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [6] GB50010-2010. 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [7] 刘永颐, 王逸, 宋玉锁, 谢理. 12×12m柱网预应力混凝土大平板、框架新结构[J]. 建筑结构学报, 1996, 17(1): 14-19.
- [8] 崔博, 徐皎. 北京科技会展中心预应力板柱结构设计分析[J]. 建筑结构, 2013, 32(3): 47-49.
- [9] 冯健, 吕志涛, 吴志彬, 韩重庆等. 超长混凝土结构的研究与应用[J]. 建筑结构学报, 2001, 22(6): 14-19.
- [10] 陈平友, 肖克艰, 陈志强, 王立维等. 成都双流机场T2航站楼超长结构中预应力的应用[J]. 建筑结构, 2010, 40(9): 11-13.

# 多层悬挑转换结构设计探讨

■ 程海永 崔巨宏 刘茵 [结构]

**摘要:** 多层悬挑结构容易引起悬挑区域楼盖竖向刚度差, 自振频率低等问题。本文以某档案馆为例, 对多层悬挑结构转换方案进行了对比分析及优化, 补充了基于人群荷载效应的楼盖竖向振动加速度时程分析, 并对各组合下桁架杆件利用率进行了研究, 最后对类似结构提出了相关建议以供参考。

**关键词:** 悬挑桁架; 方案优化; 舒适度

## 0 引言

近年来, 随着建筑结构设计、施工技术的进步, 多层悬挑结构越来越多, 长悬挑结构多用于体育馆、火车站等大型公建, 也有部分应用于普通办公, 如深圳证券交易所新大、CCTV新大楼等, 多层悬挑结构由于其自身特点可能引起部分楼盖竖向刚度较弱, 竖向自震频率低等特点。本文以某档案馆为例, 研究了多层悬挑转换桁架结构设计中需注意的相关问题。

## 1 工程概述

某档案馆为多层框架结构, 通过结构缝分为南北侧两个结构单元, 本文主要介绍南侧结构单元。此单元平面形状为矩形, 首层尺寸为 $58.8 \times 55.4\text{m}$ , 柱网尺寸为 $8.4 \times 8.4\text{m}$ 。二~四层西侧悬挑 $8.4\text{m}$ , 南侧悬挑 $3.4\text{m}$ 。地上四层, 地下一层, 地上各层层高分别为 $8\text{m}$ 、 $6\text{m}$ 、 $4\text{m}$ 及 $4\text{m}$ ,

主屋面结构高度为 $22\text{m}$ , 建筑女儿墙顶高度为 $25.8\text{m}$ , 主要功能为展厅及办公。根据建筑效果要求, 局部构件无落地条件需结构转换。综合考虑建筑布局及结构特点后本项目采用的转换方案为: 南侧悬挑部分在首层顶布置型钢混凝土梁转换; 西侧悬挑部分在出屋面设置悬挑桁架转换方案。本文主要介绍悬挑转换桁架部分结构设计, 主要结构模型见图1, 典型楼层平面布置图见图2。

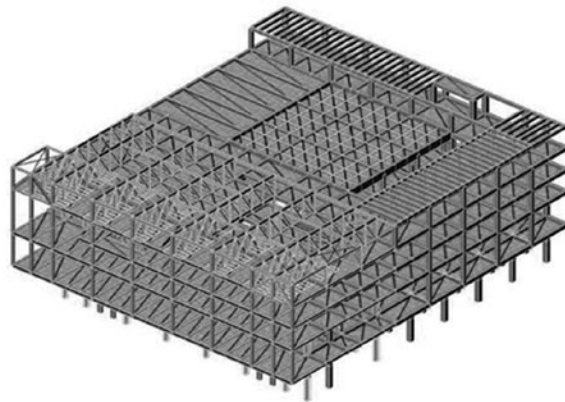


图1 工程结构模型三维图

作者简介: 程海永, 男, 助理工程师, 2008年毕业于武汉大学结构专业, 现就职于中航规划建筑设计研究院。

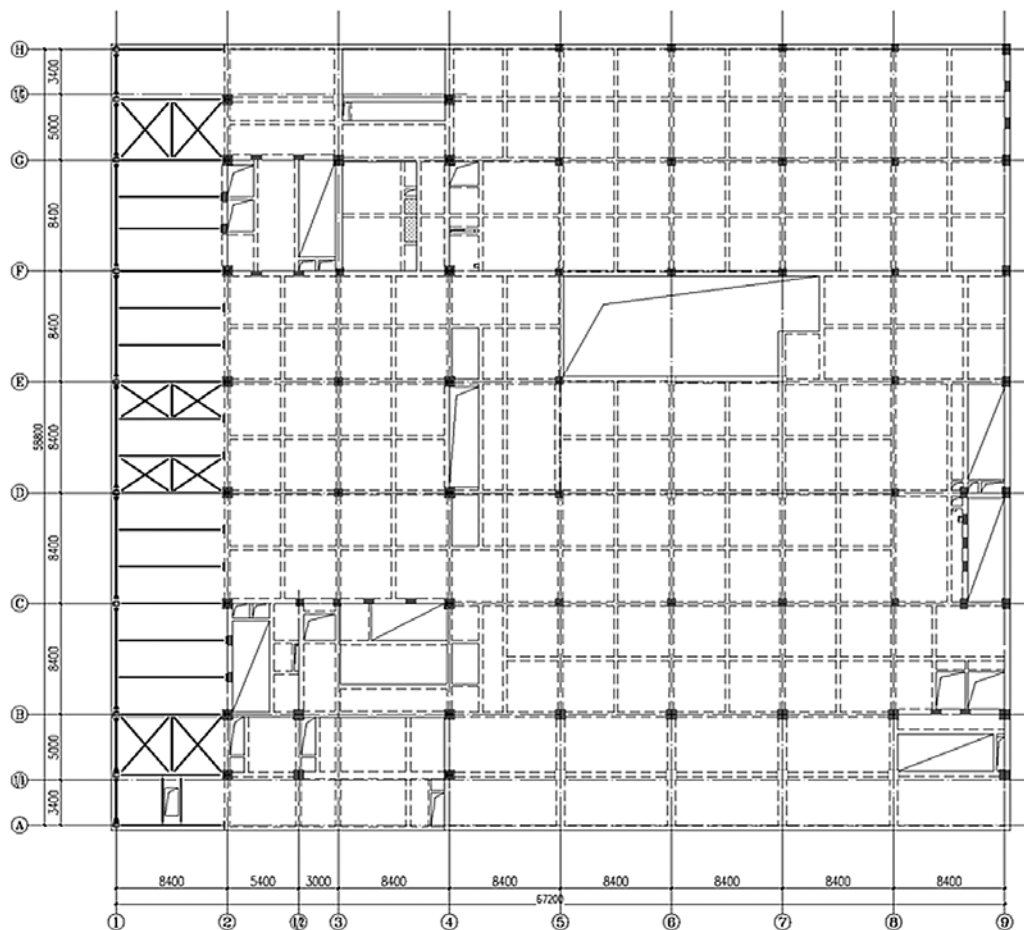


图2 二层平面布置图

## 2 悬挑桁架转换结构方案优化

### 2.1 结构体系介绍

悬挑桁架同时承担三层楼面及屋面传递来的荷载，需要同时满足强度及刚度的要求。在出屋面共设置8榀主悬挑桁架，每榀悬挑8.4m，向跨内延伸16.8m。由于在罕遇地震下屋面板可能会发生受压破坏的情况，在承载力设计时不考虑下弦楼板贡献，按纯钢结构计算；而在进行频率及舒适度计算时考虑楼板的组合作用，按组合截面计算。

### 2.2 荷载及地震作用

楼盖恒载： $2.4\text{kN/m}^2$ ；活载：进行承载力设计时，展厅 $3.5\text{kN/m}^2$ ；办公 $2\text{kN/m}^2$ ；空调机房 $7\text{kN/m}^2$ ；进行自振频率计算时，按等效重力荷载： $q_1=0.55\text{kN/m}^2$ 。温度荷载：出屋面部分钢结构考虑热辐射效应，按照浅色表面有效系数0.7，最终确认温度荷载为温升47度，温降33度<sup>[2]</sup>。地震作用：抗震设防烈度为7度，设计基本地震加

速度 $0.1g$ ，场地类别为II类，设计地震分组为第一组。设计时同时考虑水平及竖向地震。

### 2.3 结构方案优化

为了找到相对合理、经济的结构体系，现对以下四种方案进行研究并加以比较。方案1结构布置见图3，桁架计算高度为3m，桁架杆件均位于屋面板以上；方案2桁架计算高度为4m，由于女儿墙高度限制，故下弦杆件设于屋面板下，上弦及腹杆位于屋面板以上女儿墙顶标高以下，结构布置见图4；方案3在方案1的基础上增加跨中钢骨柱连接见图3；方案4在方案2基础上增加跨中钢骨柱连接见图4。方案1及方案3的优点在于钢桁架施工方便，构造简单，减少屋面漏水隐患。

方案2及方案4的优点在于充分利用建筑高度，增强结构刚度，为减少漏水隐患需在桁架腹杆根部设置混凝土柱墩找坡排水，必要时焊接防水钢板。方案1及方案3的优点在于取消顶部中柱，有利于建筑功能布局，特别是对于顶部屋顶

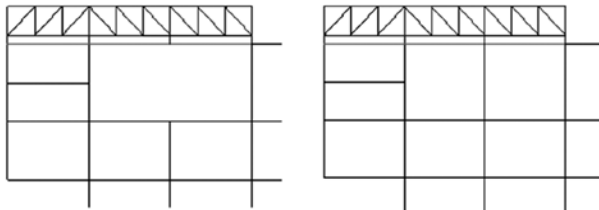


图3 方案1布置图

方案3布置图

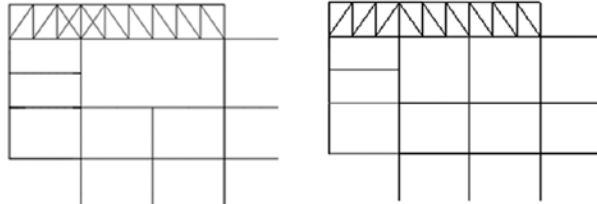


图4 方案2布置图

方案4布置图

庭院, 空调机房等房间。所有方案均在桁架上弦横向、纵向及竖向平面两端设置交叉撑以加强结构整体性。悬挑桁架主要构件截面为: 上/下弦  $H600 \times 400 \times 30 \times 30 \sim H600 \times 250 \times 16 \times 16$  腹杆  $H300 \times 400 \times 20 \times 20 \sim H300 \times 250 \times 14 \times 14$ 。基于以上方案在MidasGen中建立整体模型, 得到各方案主要结果见表1。

表1 不同结构方案主要结果对比

	竖向 振动频率	构件最大 应力比
方案1	2.75	1.58
方案2	3.10	1.30
方案3	2.79	1.57
方案4	3.12	1.30

由表1结果可知, 增加桁架高度对增强悬挑区域楼盖竖向刚度及降低杆件截面应力比均有利; 而增加跨内支座对提高楼盖竖向刚度及减小杆件截面作用有限。对比方案2及方案4桁架支座处框柱最大拉力发现, 增加跨内支座并不能减小边柱及内柱拉力, 同时增加了跨内支座处中柱受拉情况。故本工程放弃采用方案4, 而基于方案2进行深化。现选取单榀典型桁架底部框柱最大拉力结果见表2。

表2 桁架支座处框柱最大拉力结果

	吊柱	边柱	中柱	内柱
方案2	2198	517	-	162
方案4	2185	541	588	214

在方案2的基础将悬挑端支座附近两跨由单向支撑调整为交叉支撑。调整后的桁架布置见图5, 构件截面最大应力比降为0.88。

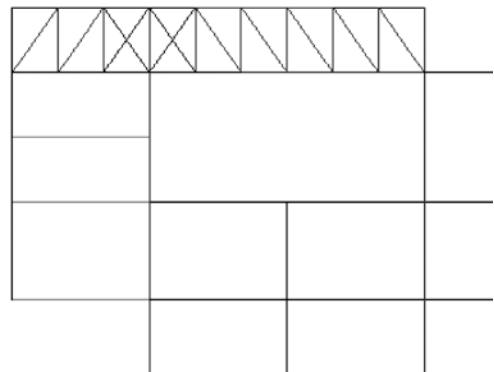


图5 桁架构件布置图

### 3 悬挑结构楼盖舒适度分析

《高层建筑混凝土结构技术规程》要求楼盖结构的竖向振动频率不宜小于3, 本工程竖向振动频率略大于规范要求, 为了研究此种结构楼盖舒适度情况, 为以后设计提供参考, 现补充竖向振动加速度时程分析。

#### 3.1 人群荷载模拟

单人连续步行激励荷载按照AISC规范公式取值  $Fp(t)$ :

$$Fp(t) = G \left[ 1 + \sum_{i=1}^3 \alpha_i \sin(2\pi f_s t - \phi_i) \right]$$

式中  $G$  为单个行人自重, 取  $0.75 \text{ kN}$ ;  $\alpha_i$  为动力因子,  $\alpha_i = 0.4 + 0.25(f_s - 2)$ ;  $\alpha_2 = \alpha_3 = 0.1$ ;  $f_s$  为步行频率, 取  $2.0 \text{ Hz}$ ;  $\phi_1 = 0$ ,  $\phi_2 = \phi_3 = \pi/2$ 。单人连续步行激励荷载函数曲线见图6。

### 3.2 群密度等效

由于每个人步行频率不同，人群对楼盖的作用并非按照人数简单叠加，通常认为n个人数的人群荷载可折算为 $Np$ 个步调一致的人产生的荷载，两者的比率称为同步概率 $P_s$ <sup>[3]</sup>。

$$P_s = Np / n$$

参考《建筑设计防火规范》展厅部分人群密度 $d$ 按 $0.75 \text{人}/\text{m}^2$ 考虑，属行人密度较为密集的情况，偏安全地取同步概率为 $0.2$ <sup>[3]</sup>。本项目选取人群可能比较密集的二层展厅区域结构刚度相对较弱的部位施加人行荷载 $P$ ，不考虑非悬挑区域加载的有利作用。人群荷载加载范围见图7。

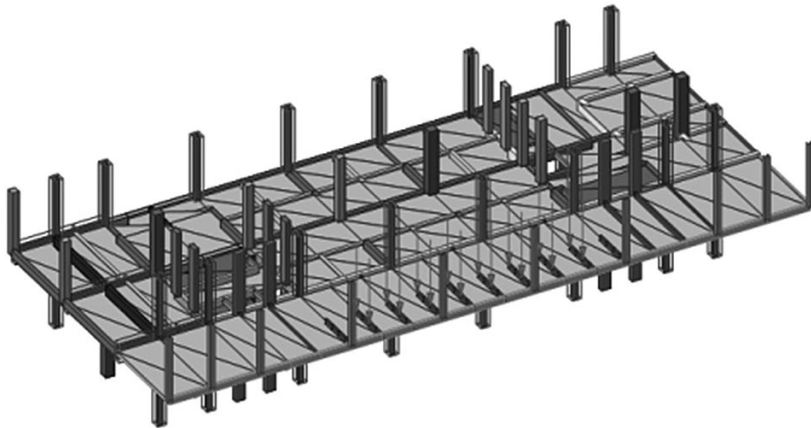


图7 人群荷载加载图

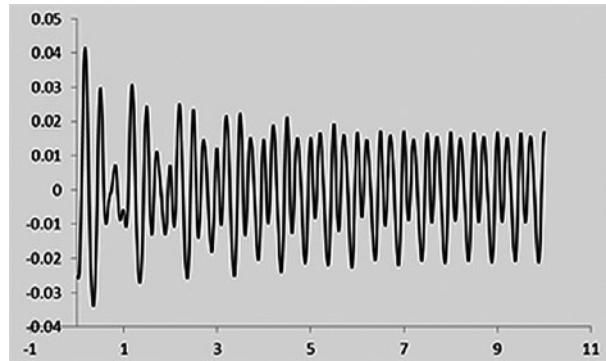


图8 楼板悬挑端部加速度响应曲线

$$P = P_s \times A \times d$$

在给定的人群荷载激励下楼板加速度响应曲线见图8。悬挑端部峰值加速度约 $42 \text{mm}/\text{s}^2$ ，小于规范要求的 $50 \text{mm}/\text{s}^2$ 。

### 4 悬挑桁架构件设计

悬挑桁架与框架柱的连接为关键节点，为保证内力传递的直接性，采用桁架腹杆等截面埋入混凝土框架柱形成钢骨柱的形式，典型钢桁架与钢骨柱大样图见图9。

为了研究桁架杆件在各内力组合下杆件的利

为了研究桁架杆件在各内力组合下杆件的利

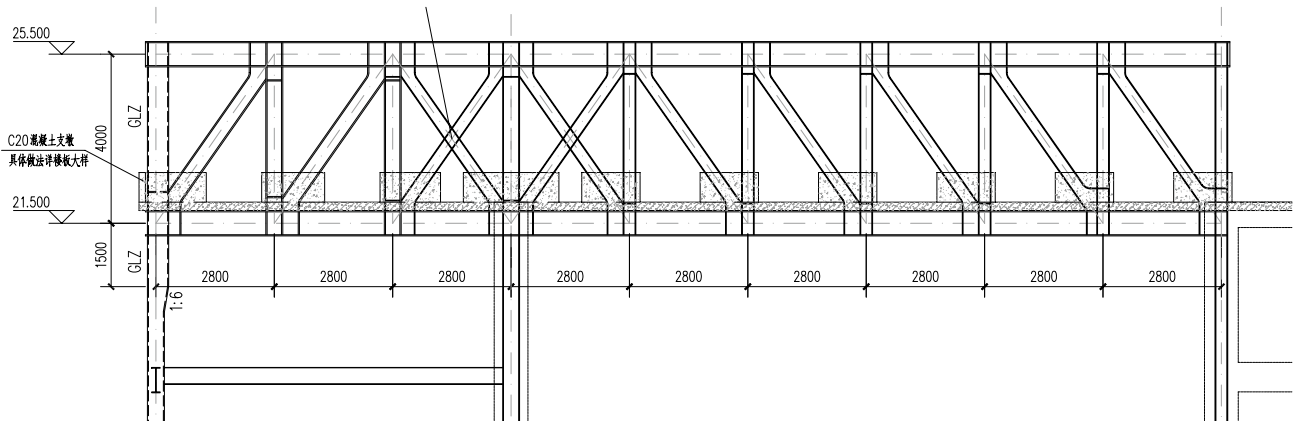


图9 典型桁架与钢骨柱连接大样

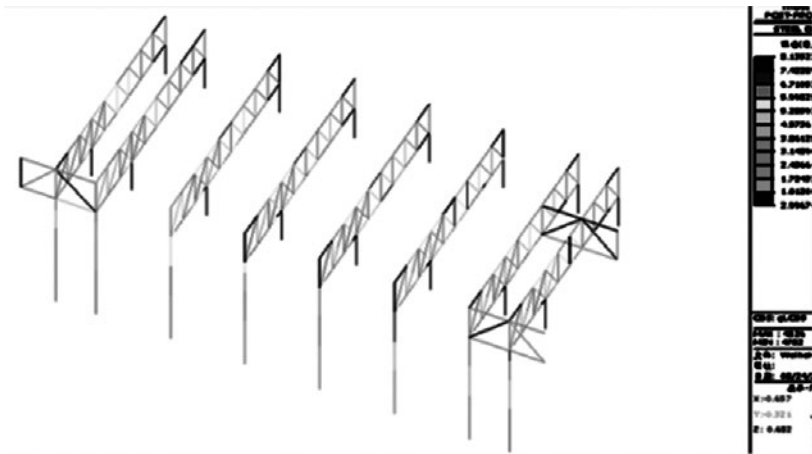


图10 重力荷载组合下桁架杆件应力比

表3 各组合下悬挑桁架杆件最大应力比

—	构件最大应力比	备注
重力荷载组合	0.83	1.35D+0.98L
水平地震组合	0.74	1.2D+0.6L-1.3Ex-0.5Ez+0.28Wy1
竖向地震组合	0.73	1.2D+0.6L-1.3Ez-0.5Ex+0.28Wx1
仅考虑竖向地震组合	0.89	1.2D+0.6L-1.3Ez+0.28Wx1
温度荷载组合	0.88	1.35D+0.98L+0.84Wx1+0.84T(+)

用率，为杆件截面设计提供参考，列出各组合下构件最大利用率及杆件应力比分布规律。

由表3及图10结果可知，对于本工程中的多层悬挑桁架，在多遇地震下，同时考虑水平及竖向地震作用组合对构件截面承载力验算不起控制作用，控制组合为仅考虑竖向地震作用组合（根据抗规5.4.3仅考虑竖向地震作用时，结构构件抗震承载力调整系数均应采用1.0）。悬挑桁架根部下

弦杆属于压弯构件，截面应力比最大，其他杆件应力比逐渐减小。

由于悬挑结构重要性，为提高悬挑部位刚度，增加关键构件承载力及安全储备，本项目采取了以下措施。

(1) 同建筑协商将部分悬挑区域砌体填充墙优化为轻质隔断以减轻结构自重。

(2) 根据《抗规》3.4.4.2条将多遇地震作用下悬挑部分传给屋顶桁架内力乘以2.0的增大系数。

(3) 将悬挑桁架及与之相连的钢骨柱抗震等级提高一级。

(4) 桁架悬挑端下弦杆屋面板下设置交叉支撑，以防止受压屈曲。

(5) 悬挑桁架与钢骨柱连接节点采用下弦贯通的形式。

(6) 桁架下弦所在的屋面板适当加强：板厚150mm，配置双向钢筋网，每层配筋率为0.26%。

(7) 补充钢桁架在中震作用下悬挑桁架杆件计算，杆件最大应力比为0.87。

(8) 钢骨柱按中震不屈服进行承载力设计。

## 5 悬挑结构挠度及变形差控制

本项目西侧采用悬挑桁架转换，南侧采用型钢混凝土梁转换，为防相邻部分刚度差引起建筑外墙开裂，造成外墙破坏，需控制悬挑结构挠度及相邻部位变形差。标准组合下悬挑区域结构变形见图11。

(1) 吊柱节点：最大位移44mm，扣除起拱16mm (1/500)。最大挠度为28/(8400×2)=1/600，满足要求。

(2) 相邻吊柱节点：吊柱相邻节点最大变形差为10mm，相邻节点挠度为10/8400=1/840，满足要求。

(3) 吊柱节点A与混凝土梁相邻节点B<sup>[4]</sup>：混凝土梁考虑荷载长期作用挠度为20.5mm钢柱节点最大变形为44mm，扣除起拱16mm (1/500)，最终变形为28mm。钢柱与型钢混凝土梁相邻

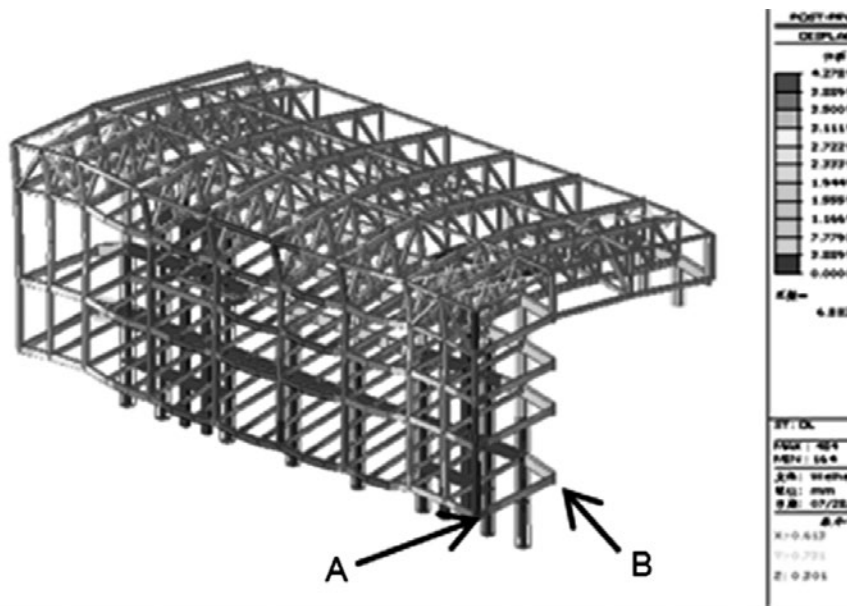


图11悬挑部位变形图

节点最大变形差为7.5mm，相邻节点挠度为7.5/8400=1/1100，满足要求。

## 6 结论

本文通过对某档案馆多层悬挑结构设计，得到以下结论可供相关项目参考：

(1) 悬挑区域应采取减少自重措施：如在次要部位采用轻质隔断代替砌体填充墙、尽可能减少布置机房、卫生间等荷载较重的功能用房等。

(2) 本工程通过方案优化充分利用建筑高度，减少内部钢骨柱支座，既节约了结构造价又提高了建筑布局舒适性。

(3) 本工程应用整体模型求得悬挑部位楼盖竖向振动频率为3.10Hz，根据《组合楼板设计与施工规范》5.5.8条文说明对于悬挑梁采用计算公式  $f_n = 18 / \sqrt{\Delta_j + \Delta_g}$  时应进行修正，但规范并未给出修正公式，本工程按此公式求得自振频率为3.46。为了研究此种结构楼盖舒适度情况，本文补充了加速度时程分析。

(4) 悬挑结构关键构件及与之相连的主体结构构件抗震等级宜提高一级，多遇地震下悬挑部分传递给转换构件的内力应乘以2.0的增大系数，并适当采取提高抗震承载力的措施。

(5) 转换桁架所在楼面或屋面宜采取适当的

加强构造措施。

(6) 为防止围护结构由于结构刚度差而引起开裂，应控制相邻节点的变形差，本项目按照1/500控制。

## 参考文献

- [1] 傅学怡. 实用高层建筑结构设计(第二版). 中国建筑工业出版社, 2010: 681-683.
- [2] 全国民用建筑工程设计技术措施(2009) 结构(结构体系). 中国计划出版社, 2009: 附录G.
- [3] 张志强, 马斐, 李爱群等. 大跨钢结构楼盖

人群荷载相应分析[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2011, 27(3): 517-523.

[4] 宋晓红, 金来建等. 钢筋混凝土复杂悬挑结构的挠度控制. 技15研-8: 2015.



# 一次降温和二次降温系统 用于配餐厂房中温车间的对比分析

■ 李倩 张海桥 [暖通]

**摘要:** 为保证房间温度不大于 $16^{\circ}\text{C}$ 的严格要求,配餐厂房中温车间的空调系统设计一般采用一次+二次降温系统的方式。现如今,中温房间的工艺要求温度有所升高,提高为不大于 $18^{\circ}\text{C}$ ,理论上中温车间的空调系统可以采用一次降温系统形式。本文利用DEST软件对某航食配餐厂房进行全年负荷分析及能耗模拟,在此基础上讨论了采用一次降温系统实现配餐厂房内中温车间温度要求的可行性,并进一步分析了在不同影响条件下采用传统二次降温系统和一次降温系统之间的优劣。

**关键词:** 航食配餐;一次降温系统;负荷分析;能耗模拟;DEST

## 1 引言

在近十年民航业高速发展的大形势下,航空配餐行业的规模也在快速膨胀:各主、支线机场、各大航空公司等均急迫的拓展其航食配餐业务,进而推进了近年来航空配餐厂房的高速建设。航空配餐厂房的主要功能是为各航空公司提供机上餐食。为保证航空食品安全,航空配餐厂房内生产过程中的各方面都需进行严格控制,其中温度是一个关键控制点<sup>[1]</sup>,故航空配餐厂房内的暖通空调系统也具有一定的复杂性和特殊性<sup>[2]</sup>。

早期普遍认可的配餐厂房暖通空调设计中,食品的主要生产及摆放区等中温车间,除全年必须保证正压和一定的洁净要求外,其室内温度全年

均要求保证在 $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (至少应小于 $16^{\circ}\text{C}$ )<sup>[3]</sup>。此类车间空调系统的传统设计方法为一次+二次降温法,即利用基础冷源(冷源多为集中冷水机组提供的 $7/12^{\circ}\text{C}$ 水,末端采用全空气系统)进行一次降温后,再采用蒸发温度较低的直膨式中温冷机进行二次降温,此方案下文简称为“方案A”。而近几年随着航空配餐厂房建设、运行数量的增多,国内航食公司的生产运营经验也日益丰富。在综合考虑生产成本、产品质量等多方因素下,越来越多供给常规航食的配餐厂房通过合理控制食品在车间的滞留时间等方式,将对此类中温车间的温度要求降低为:全年不高于 $22^{\circ}\text{C}$ ,一般以 $16^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$ 为宜<sup>[1,4]</sup>。基于此,方案A中低蒸发温度的二次降温设备理论上已不是必选项。而通过加大盘管排数、加大送风量,仅利用一次降温系统来解决中温车间的空调需求也成为一种可能,此方案下文简称为“方案B”。

作者简介:李倩,女,助理工程师,2014年毕业于天津大学供热、通风、供燃气与空调工程专业,现就职于中航规划民航工程设计研究院。

相比于方案A,因为方案B会减少整套中温制冷机组及其末端,故会明显降低空调系统的初投资。但方案B将中温房间的空调需求和厂房中大部分的普通空调需求统一并至一套基础冷源中,这样可能会导致全年中个别时段出现较低的负荷率,从而出现冷机无法运行的情况。为了定量的分析中温车间采用方案B的可行性及其能耗情况,下文将针对某具体案例进行能耗模拟分析,从而得出结论。

## 2 实际案例分析

### 2.1 方案A、B的定性分析

通过定性分析,上述两种方案各具优缺点,可见表1。

表1 两种方案的优缺点对比表

空调方案	优点	缺点
方案A 一次+二次降温系统	1、二次降温设备控制方便、使用灵活 2、二次降温系统蒸发温度低,末端风机耗能少 3、冷水系统的水泵能耗相对小	1、二次降温设备的制冷能效比低 2、一、二次降温设备的整体集控逻辑复杂,不易实现 3、初投资增加
方案B 一次降温系统	1、减少了二次降温设备的投资 2、控制逻辑单一、便于实现 3、制冷设备集中、统一,利于实现冷机的高能效	1、空调末端的风机、水泵能耗较大 2、基础冷机需延长供冷时间,灵活性不足

但由于项目规模、气候条件、负荷比例以及业主的宽容度等等多方面因素的不同,针对上述两种方案很难仅定性的做出比选,须针对具体项目进行全年的负荷、能耗分析才可得到定量的分析,进而确定合理的方案。为了便于定量分析上述中温车间的空调方案,下文以成都某配餐厂房为例,利用DEST能耗模拟软件对该案例建模,并进行负荷和能耗分析。

### 2.2 模型的建立及输入条件的确定

#### 2.2.1 模型的建立

该配餐楼建设于成都市,总建筑面积29117m<sup>2</sup>,地上局部三层。图1为根据建筑图纸在DEST模型中建立的该厂房的立体模型图。

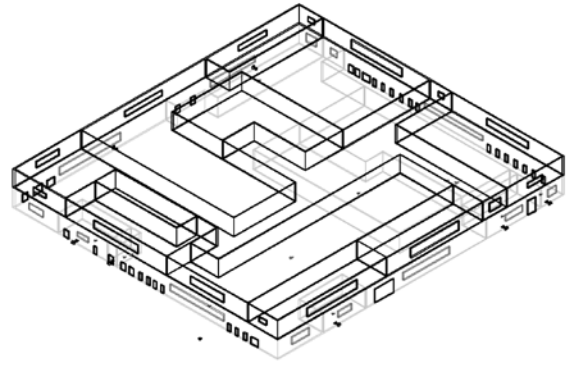


图1 配餐厂房的DEST立体模型图

#### 2.2.2 模型的输入条件

##### (1) 气象参数

在模拟计算中,选择成都市的逐时室外气象参数<sup>[5]</sup>。

##### (2) 建筑物的围护结构热工参数

围护结构的各项热工参数输入见表2。

##### (3) 室内设计参数及热扰参数

配餐厂房内主要功能房间的室内设计参数见表3(各空调房间的供热工况不在本文讨论范围),配餐厂房内主要功能房间的室内热扰见表4。

表2 配餐厂房的围护结构热工参数表

围护结构	窗墙比	传热系数 (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	遮阳系数 Sc
屋顶	—	0.75	—
外墙	—	0.95	—
内墙	—	1.66	—
外窗(东向)	0.13	2.70	0.7
外窗(西向)	0.15	2.70	0.6
外窗(南向)	0.20	2.70	0.7
外窗(北向)	0.13	2.70	0.7

表3 主要功能房间的室内设计参数

房间名称	供冷季	
	温度(℃)	相对湿度(%)
发送平台、收货平台等	≤27	≤70
保洁室	≤27	≤70
办公室、休息室、调度室等	≤26	≤70
肉、禽、水产初加工间	≤20	≤70
热厨房、清洗间、烘烤间等	≤28	≤80
日本厨房	≤27	≤70
裱花间、各类摆盘间等	≤18	≤75
蔬菜、水果消毒间等	≤18	≤75

表4 主要功能房间的室内热扰输入

房间名称	新风量 (m <sup>3</sup> /h*人)	特殊通风要求 (次/h)	人员密度 (人/m <sup>2</sup> )	灯光负荷 (W/m <sup>2</sup> )	设备及其他发热 (W/m <sup>2</sup> )
机供品配备、服务用品配备、保洁室	30	—	0.05	11	20
各类平台	30	—	0.1	11	5
办公室、休息室、调度室	30	—	0.12	11	20
热厨房、清洗间、烘烤间	—	根据工艺设备 确定通风量	0.05	11	40
肉类、禽类、水产类粗加工、清真初加工间	—	8次/h	0.1	18	20
裱花间、各类摆盘间等	30	—	0.05	20	20
餐具存放间、蔬菜清洗存放间、		1~2次/h	0.02	18	30
更衣间	16	—	0.3	11	5

#### (4) 作息模式

厂区内车间类房间的设备、人员、照明等作息见图2，办公类房间作息见图3。

#### (5) 供冷系统运行时间

根据不同类房间的不同空调需求，供冷系统的运行时间设定见表5。

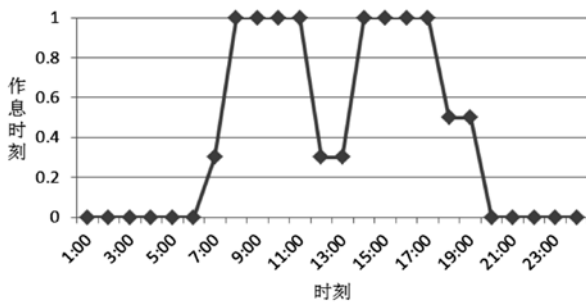


图2 车间类房间的作息

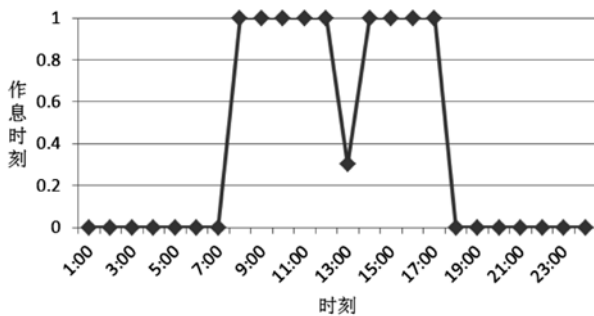


图3 办公类房间的作息

表5 供冷系统的运行时间设定

	年运行时间	日运行时间
舒适性空调房间	5月1日~10月30日	8:00~18:00
中温空调房间	全年	7:00~21:00

#### 2.3 负荷特性分析

通过DEST软件的建模及计算，该配餐厂房的全年逐时冷负荷曲线见图4，中温房间的全年负荷及其负荷占比曲线见图5。

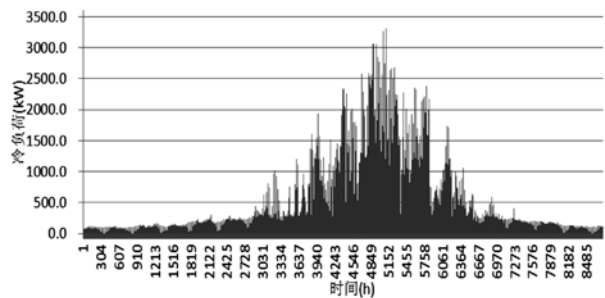


图4 建筑全年逐时冷负荷曲线图

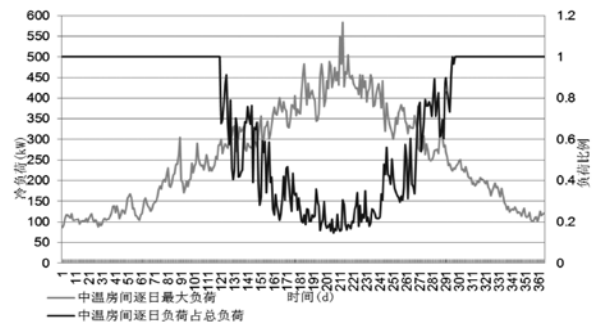


图5 中温房间逐日负荷及其占总负荷比例曲线图

图4、图5反映了整个配餐厂房及其中温车间的全年负荷变化情况，由于厂房内的舒适性空调房间仅需夏季供冷，中温类车间需全年供冷（详见本文表5），故全楼的总负荷值在夏季明显高凸，其他季节整体普遍偏低。夏季，中温房间的负荷占总负荷比例较低，大部分时间都维持在20%~55%的区间内；进入过渡季和冬季后，总冷

负荷明显降低，全楼只有中温类车间持续存在冷负荷，故其负荷占比为1。

如果中温车间的供冷采用方案B，则必须考虑冷机的配置方案是否能满足过渡季和冬季时中温车间的低负荷率问题。图6为中温车间在过渡季和冬季中逐日最大负荷占冷机装载冷量的比例曲线图，其占比基本维持在2.5%~9%的区间内。若再考虑每天逐时的负荷波动，则仅通过调整冷机配置来实现中温车间全年的温度高保证率是很难且不合理的。

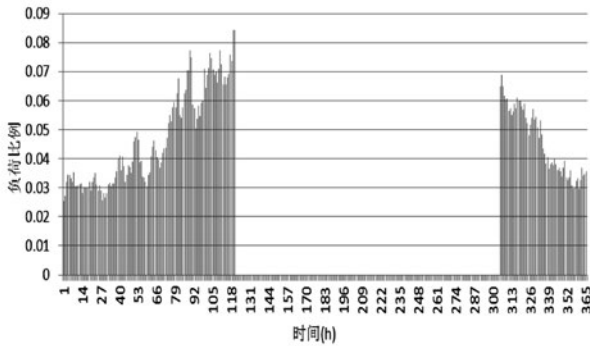


图6 中温车间逐日负荷占冷机装载量的比例曲线图

然而，中温车间采用的是可实现全新风运行的全空气系统，在过渡季和冬季其采用通风解决室内持续冷负荷的能力很强。故笔者对DEST模拟输出的原数据进行二次计算和统计整理，得出了在过渡季和冬季中采用全新风无法解决室内冷负荷的小时数分布。图7为过渡季和冬季中温车间无法采用通风解决室内冷负荷的小时数统计。

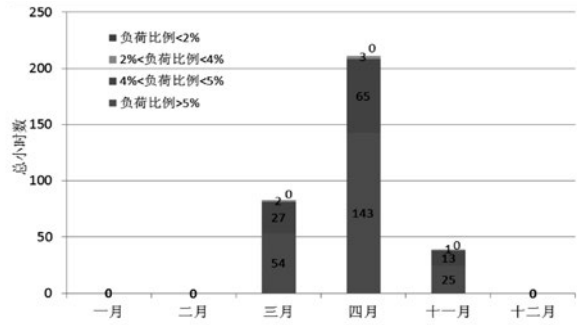


图7 过渡季和冬季中温车间无法采用通风解决室内冷负荷的小时数分布图

由图7可看出，过渡季和冬季中一月、二月、十二月利用中温车间的组空系统全新风运行可解决所有室内冷负荷。而三、四、十一月中，均存在一定的时间依靠全新风仍无法解决室内冷负荷的情况，即三、四、十一月为真正意义上冷机需为中温车间延长供冷的时间。根据延长供冷时间内的冷负荷占比情况可知绝大部分时间的负荷超过冷机装载量的4%，故完全可通过采用3台同型号冷机或“2大+1小”的冷机配置方案来解决其低负荷率的情况。此外，通过数据整理，上述出现极低负荷率的时段多为生产低峰时段。

综上所述针对此案例，采用方案B解决中温车间的全年供冷是完全可行的。

## 2.4 能耗对比及分析

### 2.4.1 中温车间采用方案A

采用二次降温系统解决中温房间的供冷问题是以往惯常的设计方案。该方案中，基础冷机的

表6 方案A空调系统能耗汇总表

月份	冷机能耗	冷冻水泵能耗	冷却水泵能耗	冷却塔风机能耗	组空(含排风机)系统能耗	风盘+新风系统能耗	二次降温系统能耗	空调系统总能耗
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	0.0	0.0	0.0	0.0	2578.6	0.0	0.00	2578.6
2	0.0	0.0	0.0	0.0	5624.1	0.0	824.91	6449.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	9042.0	0.0	16827.02	25869.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	7276.7	0.0	28079.03	35355.8
5	23887.8	9866.6	10052.0	3829.8	25462.4	52710.8	30184.45	155993.7
6	51091.3	15886.2	16184.8	6166.4	27053.8	59379.8	34360.02	210122.3
7	133834.0	25824.0	26309.3	10023.9	27053.8	64125.0	37246.69	324416.8
8	121639.7	24043.1	24494.9	9332.6	27053.8	63868.5	36717.70	307150.3
9	39917.2	15245.1	15531.6	5917.5	27053.8	60021.0	32709.25	196395.4
10	13883.7	6767.7	6894.9	2626.9	24871.0	27830.3	29959.82	112834.3
11	0.0	0.0	0.0	0.0	11519.6	0.0	15199.64	26719.3
12	0.0	0.0	0.0	0.0	4803.2	0.0	0.00	4803.2
全年汇总	384253.6	97632.6	99467.4	37897.2	199392.9	327935.3	248108.56	1408687.6

供冷时间根据舒适性空调系统的运行时间设定,夏季负荷高峰时段和过渡季则采用独立的二次降温设备进行调峰和补充。二次降温设备的容量根据夏季削峰负荷和过渡季冷负荷的大者选取。基础冷源选择3台额定制冷量1282kW制冷量的常规水冷机组,冷水温度为7/12℃。按照上述方式设定模型的空调方案,经模拟计算后得出该方案下配餐厂房整个空调系统的全年能耗。按照月份整理统计后,得出空调系统能耗汇总表和空调系统各项能耗在各月的柱形图,分别见表6和图8。

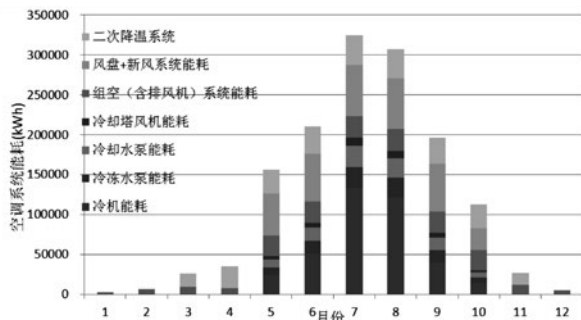


图8 方案A空调系统能耗各分项汇总柱型图

由表6和图8可看出,7月份的能耗总量为全年的峰值,达324416.8kWh。全年总能耗为1408687.6kWh,此方案的单位空调面积能耗值为66.08 kWh/年×m<sup>2</sup>。

#### 2.4.2 中温车间采用方案B

采用一次降温系统解决中温房间的空调需

求,冷源选择3台额定制冷量1346kW制冷量的常规水冷机组,冷水温度为7/12℃。供冷季时段设定和空调末端的作息按本文表5设置,经模拟计算后得出该方案下配餐厂房整个空调系统的全年能耗。按照月份整理统计后,得出空调系统能耗汇总表和空调系统各项能耗在各月的柱形图,分别见表7和图9。

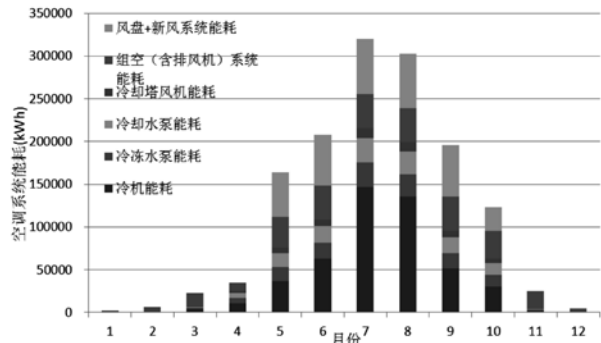


图9 方案B空调系统能耗各分项汇总柱型图

由表7和图9可看出,7月份的能耗总量为全年的峰值,达319639.1kWh。全年总能耗为1404730.2kWh,单位空调面积能耗值为65.90kWh/年×m<sup>2</sup>。

#### 2.4.3 对比和分析

方案B的制冷设备只采用高效的一次基础冷源,没有使用蒸发温度低、相对制冷效率低的二次降温设备,故其在冷源系统上更为节能。相对于方案A,其在冷源系统上节能8.7%。但方案B针

表7 方案B空调系统能耗汇总表

月份	冷机能耗	冷冻水泵能耗	冷却水泵能耗	冷却塔风机能耗	组空(含排风机)系统能耗	风盘+新风系统能耗	空调系统总能耗
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	0.0	0.0	0.0	0.0	2579.0	0.0	2579.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	5286.2	0.0	5286.2
3	3646.5	1683.6	1229.4	656.0	12486.7	0.0	19702.1
4	10812.9	6003.0	6141.0	2105.3	10224.0	0.0	35286.2
5	36477.3	16060.0	17024.1	5847.4	35944.0	52710.8	164063.6
6	63068.3	18631.3	19138.2	7259.7	40315.5	59379.8	207792.7
7	146841.0	28283.6	29053.2	11020.7	40315.5	64125.0	319639.1
8	135071.5	26375.6	27093.2	10277.2	40315.5	63868.5	303001.6
9	50955.1	18294.6	18792.3	7128.5	40315.5	60021.0	195507.0
10	30189.3	13451.3	13871.6	5020.6	32572.5	27830.3	122935.5
11	1966.6	935.3	960.8	364.4	19907.2	0.0	24134.3
12	0.0	0.0	0.0	0.0	4803.1	0.0	4803.1
全年汇总	479028.5	129718.2	133303.8	49679.8	285064.6	327935.3	1404730.2

对中温房间仅采用7/12℃冷水处理，导致组空末端的循环风量偏高，风机的能耗较大，故水涨船高下，全年的总能耗方案B并未体现明显优势。模拟计算数据表明，方案B的全年能耗仅比方案A节省3957.4kWh，仅为全年能耗的0.28%。两种方案的全年能耗对比图见图10。

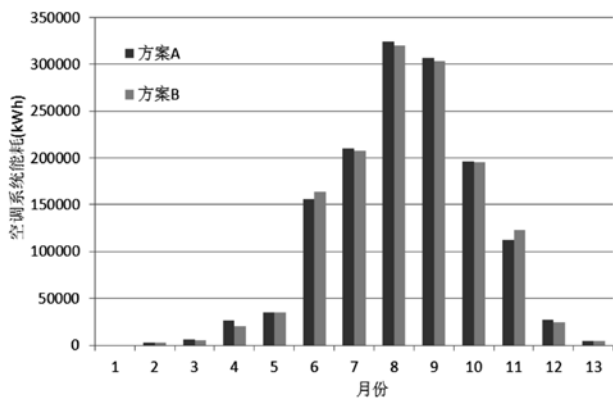


图10 两种方案的空调系统能耗对比图

由图10可知在能耗方面，两种方案没有明显的优劣。但是以往通常采用的方案A其初投资较高，而且在施工过程中增加了一整套设备的安装和调试，相比于方案B有明显劣势。此外，方案A在夏季中需要两种不同蒸发温度的空调设备共同运行，其运行控制较为复杂，不易实现。事实上在以往的项目经验中常出现二次降温设备一旦开启室温明显下降，导致一次降温设备的回风温度下降，水阀进一步关小，从而最终导致一次降温系统的实际供冷量趋于最小化，背离了设计初衷。故综上所述，在此案例模拟计算结果的基础上，方案B综合更优。

### 3 影响因素的分析

前文中以某一案例进行模拟分析得出了方案B相对具有一定的优势。但在不同项目中，项目建设规模、中温车间的负荷比例、项目所在地的气象参数等各不相同，故而会产生不同的结果，需具体项目具体分析。在上述的配餐厂房模型基础上，笔者尝试调整上述几个主要因素（每次仅改变一种因素）进行试算后，得出几种影响因素的影响趋势，见表8。

### 4 结论

结合近年来配餐厂房的工艺条件变化以及

表8 各因素的影响趋势

因素	影响趋势
建设规模	随着厂房建设规模的变大，风机能耗增长相对最明显。方案B的整体能耗相对增加，过渡季优势下降明显，方案A更优。如果仍采用方案B应考虑组空系统的变频运行。
中温车间负荷比例	随着负荷比例的增加，冷机能耗的增长相对最明显。方案B的整体能耗相对降低，其供冷系统优势明显。反之，负荷比例若下降较多，方案B则会出现低负荷率时间的增加，导致方案B无法在全年范围内有效保证工艺要求。
项目所在地	通过试算全国各地带典型城市后得出，夏季与过渡季室外焓值差异较大的地区方案B优势更加明显，如寒冷地区等。

以往设计方案存在的一些问题，笔者提出了将配餐厂房内中温车间的空调解决方案回归“一次降温”（即方案B）的设想。通过对某一实际案例的全年负荷分析和能耗模拟，得出采用一次降温系统解决此类中温车间的空调需求，是可行且具有一定的优势的，为同行提供一定的技术参考。但需要注意的是，这一结论受到诸如项目规模、气象条件、中温负荷比例等多方面因素影响，而并非普适的结论。在实际项目设计中，设计者应充分考虑项目本身的特点进行定量分析，从而确定最终的设计方案。

### 参考文献

- [1] 李笋, 刘烁. 航空配餐楼的物流特点及设计要点 [J]. 物流技术与应用, 2014, 7: 129-133.
- [2] 倪先茂, 冯旭, 刘玉东. 某航空食品配餐服务中心空调、通风系统设计 [J]. 制冷与空调, 2005, 1: 45-46.
- [3] 张莉, 范强, 徐伟. 航空配餐楼暖通设计 [J]. 暖通空调 HV&AC, 2005, 35(1): 77-78
- [4] 张竞竞, 郑应平, 刘烁. 危害分析和关键控制点在航空配餐楼设计中的应用 [J]. 工业建筑, 2015, 45(3): 190-191
- [5] 中国气象局气象信息中心气象资料室, 清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.

# 总承包项目的 工程变更分类及控制措施

■ 左欣 李利 [工程造价]

**摘要:** 工程变更管理是工程项目管理的重点领域之一,工程变更是影响工程造价的主要因素之一。尤其是EPC总承包项目,由于其工程建设周期长、外界条件多变、技术复杂等特点,在项目实施过程中,工程变更不可避免,是承包商遇到的主要风险之一。实践证明,工程变更金额一般占工程结算价的10%以上,多则达20%~30%,甚至更多。因此,承包商对工程变更的成功管理有利于控制项目风险、保障工程成本、工期和自身利益。本文介绍了EPC总承包模式下工程变更的分类及特点,并分别针对工程变更产生的原因提出了相应的控制措施,以降低工程变更对EPC总承包项目工程造价的影响。

**关键词:** EPC总承包;工程变更;控制措施

## 0 绪论

当前,我国建筑市场环境日趋复杂化,EPC模式作为建设项目组织实施的新模式,逐渐在我国建设项目中开始尝试应用。2003年2月,建设部颁发的《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》30号文件,该“指导意见”把工程总承包模式在我国工程建设领域中的应用推动到了一定的高度<sup>[1]</sup>。

EPC模式以其可以充分发挥设计的主导作用,提高工程质量、降低工程造价、缩短建设周期等优势,能够在满足总承包商进行自行决策时,合理地获得收益,同时也要求其对所承接项目全权负责,它将使总承包商面临机遇和挑战并存的新环境。为了使总承包商的风险最小化、利益最大化,做好EPC总承包项目的费用控制尤为重要,而工程变更作为影响工程造价的主要因素之一,了解工程变更的分类及产生的原因,对症

下药地采取不同的控制措施,能够更好地满足于EPC总承包项目的管理。

## 1 EPC总承包项目模式简介

EPC是英文Engineering(设计)、Procurement(采购)、Construction(施工)的缩写。该模式是指一个总承包商或者承包商联合体与业主签订承揽合同,并按合同约定对整个工程项目的设计、采购、施工、试运行(试车)等工作进行承包,实现各阶段工作合理交叉与紧密融合,并对工程的安全、质量、进度、造价全面负责,工程验收合格后向业主移交,业主或业主代表管理工程实施。

## 2 EPC总承包项目模式下工程变更的分类

工程变更是指在工程实施过程中由于工程项目自身的性质和特点、设计图纸的深度或不可预见的自然因素与环境情况的变化,对第三方的干预和要求,或合同双方当事人处于对工程进展有

作者简介:左欣,女,助理工程师,2011年毕业于北京建筑工程学院无机非金属材料专业,现就职于中航规划飞机工程设计研究院。

利着想,对合同中部分工程项目进展形式、工程数量、工程质量要求及标准等方面的变更<sup>[2]</sup>。

按变更发生的原因分为以下4种情况:一是业主的新要求所发生的工程变更;二是由EPC承包商为了弥补设计缺陷、调整施工方案或优化设计等而发生的变更;三是分包商针对业主或总承包商提出的变更索赔;四是设计、采购、实施过程中的一些实际情况,如现场施工条件无法达到要求,或发生不可预见因素等主客观因素,影响项目实施而发生的变更。

### 2.1 业主方引起的工程变更

因业主的新要求所发生的工程变更,主要包括:推迟提交业主应提交的项目;工作范围变更;改变工程的使用功能;调整装修档次;设备品牌的变更;计划调整;加快施工或赶工;工程暂停;有歧义或项目冲突的合同条款;合同终止等。上述内容中对工作范围变更是最普遍和常见的,通常表现为工作范围的增减,这方面业主的随意性很大,应该是EPC总承包项目变更控制的主要对象。

### 2.2 EPC总承包商引起的工程变更

EPC承包商为了弥补设计缺陷、调整施工方案或优化设计等而发生的变更,其涉及对合同有利和不利两方面。一般包括:设计、材料设备、未能按计划开工、施工措施方案、分包商履行合同的失败等,而设计变更和施工措施、方案是最易发生变更的方面。

### 2.3 分包商提出的工程变更

分包商提出的工程变更主要来自于前期业主或总承包单位提供条件的不确定性。例如:现场施工条件、地勘资料、图纸设计深度不够、各分包施工界面的划分等。

### 2.4 其他方引起的工程变更

其他方引起的工程变更一般包括以下内容:不可预见的工地地质条件及其他自然条件的改变;管理机构的变更;工程所在国的法律变动;劳动纠纷等,当这些发生时EPC承包商应根据合同条款的规定向业主提出变更申请。

## 3 EPC总承包项目工程变更的特点

### 3.1 方案阶段投标,发生变更的机率大

EPC总承包项目较一般工程项目更容易发生变更且变更情况更复杂。这主要是因为EPC总承

包合同从招标到签合同,对EPC总承包商来说大都时间非常紧迫,对潜在承包商来说能从业主那里获得的资料可能非常少,没有任何图纸和现成的方案,只有进度和建设成果要求。直到中标签订EPC总承包合同时总承包商也只有一个简单的建设方案和粗略的实施计划,还没有完整详细的设计图,也没有较详细的工程造价计算依据。这不仅使得EPC总承包合同在签订时甲乙双方都要冒很大的风险,而且这种在前期资料缺少情况下签订的合同不可避免在日后设计施工过程中会有各种可能导致工程变更的事件发生。

### 3.2 除业主确认的变更外,签约合同价不予调整

无论业主还是EPC总承包商都会非常慎重对待工程变更的发生。EPC总承包合同一般采用固定总价合同的形式,除业主确认的工程变更、价格调整和索赔款项外,签约合同价是不做调整的。业主不希望导致调增总包价的变更出现,而EPC总承包商在面对一个个可能发生的工程变更时也要先考虑好怎样变更才能尽量做到双赢。

### 3.3 由于承包商原因导致的变更,费用自行承担

EPC总承包项目中并非所有的变更都能影响项目结算时的总包价。变更按照是否影响总包价可分为能改变总包价的变更和不改变总包价的变更。例如,业主在施工过程中发现前面的某些设计不完善或者有了更佳的设计方案,想修改,在业主批准变更的情况下,若产生更多成本,都由EPC总承包商承担,不涉及总包价的改变;同样,如果该变更在不影响交付工程成果质量和工期前提下能为总承包方节约成本,业主也不因此减少总包价。但如果业主为了提高项目的质量标准而改变EPC总承包合同中约定的施工材料材质要求或者提出压缩工期等在合同约定外的要求,EPC总承包商就可以要求在总包价上增加结算工程价款<sup>[3]</sup>。

## 4 针对EPC总承包项目工程变更产生原因而采取的控制措施

### 4.1 针对业主引起的工程变更而采取的控制措施

业主提出的工程变更通常是工程范围变化,主要表现为新增工程,分为附加工程及额外工程。针对此类变更:

#### (1) 准确定义EPC工作范围

EPC总承包单位应提高合同条款中关于工



程范围约定文字的严谨性,把合同中的工作范围描述尽可能做到全面和准确,避免出现错误和遗漏,与业主理解有偏差的地方应及时与其进行沟通,并将沟通意见约束在合同中,避免或减少在工程建设过程中发生不必要的合同变更。其项目管理人员也应充分了解合同中的工作范围,出现非合同工作范围内又可能做的事情提前以书面方式告知建设方,将问题暴露在前面。

### (2) 适当约束业主不必要的变更

关于工程变更业主通常有很强的随意性,作为EPC总承包商应对其随意性进行适当地约束,第一时间做好方案比选和费用估算的工作,在变更前就将可能产生的费用变化告知业主,使其增加对变更产生的必要性进行深度的思考。

### (3) 提高费用控制工程师专业水平

作为EPC总承包项目的费用控制工程师应努力提高自己的专业水平及职业操守,根据合同文件及变更内容进行正确的经济核算,如材料设备的性能价格比值、不同方案的经济性比较等,并向EPC项目负责人提出是否需要变更的参考意见或更经济的做法建议,为决策者提供依据,体现技术与经济的有机统一。另一方面,也应合理运用合同、定额等文件进行有效的经济索赔,为EPC总承包商争取最大的利益。

案例一:上海某EPC总承包项目中的办公楼、倒班楼等4个房号,原设计图纸中外幕墙为铝塑板材料,项目建设过程中,业主调研本地区同类建筑后发现铝塑板幕墙会存在漏水的风险,并且该项目临海,平时风力较大,铝塑板外墙存在一定的不稳定性,故提出将外幕墙材料变更为铝板。我方作为该项目的EPC总承包单位,在得知业主的需求后,第一时间对变更可能发生的费用进行了估算,变更费用为200万元左右。考虑到该项目投资紧张,我方设计人员提出可以将铝塑板材料更改为同价位的50厚金属复合岩棉板,既能解决外幕墙问题,又不会增加费用。业主经过审查,最终采纳了我方的建议,并对我方的专业素养给予了很高的评价。

## 4.2 针对EPC总承包商引起的工程变更而采取的措施

EPC总承包商提出的变更主要分为两大类:设计变更和施工方案变更,其又可分为对自己有利和不利两方面。

### (1) 减少设计缺陷变更

一般EPC总承包商的主体为设计院,有资料

显示,在初步设计、技术设计、施工图设计3个阶段影响造价的可能性为90%,而项目实施过程中影响造价的可能性仅为10%。由此可以看出设计工作的好坏直接关系到项目经济效益和社会效益。

而在工程实践中最常见的EPC合同条件是:

“如果在承包商文件中发现有错误、遗漏、含糊、不一致、不适当或其他缺陷,尽管根据本条做出任何同意或批准,承包商仍应自费对这些缺陷和其带来的工程问题进行改正。”承包商引起的设计错误进而导致设计变更,由此发生的费用、工期变化应由承包商自行承担。常见的设计缺陷引起的变更有:因图纸存在缺陷发出的变更通知书,因设计错误需要增加新的图纸或设计变更说明发出的补充通知书,因有误的工程地质勘察资料而导致的改动等。

为了规避此条的风险,作为EPC总承包项目的设计院应避免出现为了赶进度压缩设计周期,让设计提前出图或边出图边干等欲速则不达的现象,造成后期整改工作量大,费用超支。反之则应该提高设计深度、改善设计质量,将设计变更降到最低。在前期设计阶段各专业设计人员和费用控制人员密切配合,对多个设计方案进行技术、经济、效果的比选,力求在投资最少的情况下,实现技术上的先进。

案例二:陕西阎良某EPC总承包项目在设计图纸中双扇防火门的尺寸为 $2.1\text{m} \times 2.4\text{m}$ ,现场25樘防火门均已安装完成,而后在消防验收时发现《公消评[2013]70号》文件中明确规定了“洞口尺寸规格超过2123的双扇防火门及洞口尺寸超过1023的单扇防火门产品属于超大规格防火门。实践证明,该类产品在设计、结构、关键原材料及生产工艺等方面的要求远高于常用规格的防火门产品,且在生产过程中极易出现耐火性能重复性差、质量不稳定等问题。但是,由于产品检验工作、工厂质量保证能力核查工作不规范等原因,导致部分存在质量缺陷的产品获得证书。为严格执行消防产品质量管理和监督要求,保证防火门产品质量,经请示,我中心决定将于近期开展超大规格防火门证书有效性重新确认工作”。

实际消防验收时供应商、分包商、业主均不愿进行重新确认工作,并且重新确认的时间周期比较长,最终为了验收的顺利进行,我方对25樘超大规格的防火门进行了拆除,改装成 $2.1\text{m} \times 2.3\text{m}$ 标准尺寸的防火门。拆改增加费用将

近20万元，并且此项费用为我方设计原因导致消防验收不能通过，故拆改费用为我方自行承担，既延误了验收、延长了工期，又降低了项目的承包利润。

(2) 减少不合理的施工方案变更，适当鼓励施工方案优化变更

EPC总承包合同履行过程中，施工方案变更存在于工程施工的全过程。不利方面主要是由于承包商没有充分了解现场施工环境及条件，制定的施工组织方案不够科学、合理。或因设计专业施工人员技术水平不高，使得施工方案不能落实，而发生变更。

为了避免发生此类变更，承包商应重视施工组织方案设计，充分考虑项目实际情况及自身专业条件，在施工组织、工艺流程、机械设备、施工方案及安全保证等方面完善施工方案，做到施工组织方案设计的科学、合理、适用、有效。

无法避免地出现此类变更后，费用控制工程师应加强对项目的跟踪管理，对方案变更产生的情况进行细致的调查研究，充分了解现场施工情况，合理对变更产生的费用进行计算，尽可能地降低利润损失。

有利方面主要表现为如果在不影响项目成果质量和工期的前提下，因引进新技术、新设备等能优化设计、完善施工组织方案等，进而达到节约成本的措施应给予支持。

#### 4.3 针对分包商提出的工程变更而采取的措施

作为EPC总承包商应严格控制分包商产生的工程变更索赔。

##### (1) 与分包商签订固定总价合同

一方面，与分包商签订的施工合同采用固定总价合同，在招标或签订合同时，应尽可能齐全地提供地质资料、工程图纸、现场照片等前期条件。另外，可将与业主的合同条件反馈到与分包商的合同中，并明确规定除业主或EPC总承包商确认的变更外，其总价合同不予调整。

##### (2) 严格审查分包商的变更索赔

对待分包商提出的工程变更索赔，应严格按照合同约定进行审查，避免其不以事实为依据，乱套定额以多计算费用的现象发生。其中如有业主原因产生的变更索赔及时提交给业主，形成对业主的索赔，为费用解决创造条件。

#### 4.4 针对其他方产生的工程变更而采取的措施

其他方引起的工程变更一般具有一定的不

可预见及不可确定性。如在施工期遇到了政策、规范等的调整，或特殊的地质条件，EPC总承包商应第一时间对所遇问题进行有效处理，并将解决方案报送业主审批。施工过程中要留好方案图纸、会议纪要、施工照片等资料，以便结算时进行造价调整。

案例三：上海某EPC总承包项目，室外道路的路基施工期为7、8月份，恰逢中国南方的雨季，阴雨绵绵更加重了上海地基土的软弱，施工中发现原设计方案中的300mm厚山皮石换填根本不能满足实际需要，故我方作为EPC总承包单位提出了地基换填变更申请，经与EPC总承包商的设计工程师沟通后决定增加700mm厚的建材石块换填层，并经现场试验后确定该方案可行。故将此“变更申请表”上报业主，经建设方审查通过后，再由监理工程师发布指令实施并进一步商谈变更价格。

## 5 结论

EPC总承包商应充分认识到工程变更对EPC总承包项目费用控制的影响，并充分发挥其设计、采购、施工合理交叉、深度优化方案的优势，EPC项目管理团队要善于总结造成失误和变更的原因，防止和避免今后不必要的工程变更，时刻要以保证工期、控制投资和质量管理等管理目标，严格控制工程变更的发生，优化工程变更的发生流程，重视项目合同条款的完善，合理进行工程变更的索赔，最终保证项目按时、保质的顺利完成，并为EPC总承包商赢得预期的利润。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部.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号文件).
- [2] 李冬霞 工程量清单计价模式下工程变更控制研究.
- [3] 杜树宇 浅议EPC项目中总承包方的工程变更管理.

# 总承包项目招投标阶段的 造价控制要点

■ 孟宇 周雅飞 (工程造价)

**摘要:** 在当前全国大力推行工程总承包模式,且总承包模式广泛受到业主认可的背景下,为了深入研究工程总承包模式下的造价控制,本文从工程总承包商的角度,运用工程招标实例,详细分析了EPC模式下招投标过程中造价控制的方法和要点,总结了EPC项目招投标阶段造价管理工作的经验;从造价人员自身及与相关专业配合等方面提出了提高EPC项目招投标阶段造价控制效果的合理化建议,对合理有效地提高总承包项目的造价控制具有借鉴意义。

**关键词:** 工程总承包; 造价管理; 招投标

## 0 绪论

近年来,国家全面倡导建立统一开放的建筑市场体系,中华人民共和国住房和城乡建设部在“建市[2014] 92号”文中指出“建立统一开放的建筑市场体系”、“加大工程总承包推行力度,倡导工程建设项目采用工程总承包模式,鼓励有实力的工程设计和施工企业开展工程总承包业务”。

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。工程总承包企业按照

合同约定对工程项目的质量、进度、造价、安全等向业主负责。工程总承包企业可依法将所承包工程中的部分工作发包给具有相应资质的分包企业;分包企业按照分包合同的约定对总承包企业负责。目前,国内建设项目普遍面临着质量要求高、工期短、造价控制严格、安全高度重视的形势,工程总承包企业承担着较大的风险。为实现自身的预期盈利目标,工程总承包企业在招投标阶段的造价控制工作起着极为重要的作用,需要及时地总结积累项目经验。

## 1 EPC项目招投标阶段造价管理工作内容

某总承包项目(以下简称A项目)由一栋喷漆厂房和室外工程组成,项目采用EPC总承包模

作者简介:孟宇,女,助理工程师,2011年河北工业大学土木工程专业,现就职于中航规划飞机工程设计院。

式。目前已与建设单位完成了EPC合同的签订工作,逐步进入了采购施工阶段,对分包商和供货商的招标工作正在按计划推进。分包商主要有外线分包、钢结构分包、地基处理分包、室外道路分包等;供货商有商品混凝土供应商和钢材供应商等。笔者借鉴该项目对EPC项目招投标阶段造价管理工作的主要内容和注意事项进行了认真的研究和总结。

### 1.1 EPC项目的主要特点

通常情况下,EPC项目的业主只负责整体的、原则的、目标的管理和控制,介入具体组织实施的程度较浅,项目大部分的设计风险、管理风险、采购风险转移给了工程总承包方。工程总承包商承担更多的责任和更大的风险,但是可以较大程度地发挥主观能动性,充分调用雄厚的设计实力、丰富的管理经验和优惠的供货渠道,为业主和自身创造更大的效益。

### 1.2 EPC项目招投标阶段造价管理工作的主要内容

招标投标是指工程、货物或服务的购买人(即招标方)依照一定程序将其采购对象的数量、规格以及交货条件等信息公开,以吸引满足条件的承包商、供应商(即投标方)参与竞争性出价,购买人在此基础上选择合适的承包商、供应商完成购买任务的一种市场交易行为。此行为对购买人而言是招标,它是购买人向潜在承包商、供应商发出购买的要约邀请;对承包商、供应商而言是投标,是承包商、供应商响应要约邀请而向购买人发出满足购买要求的邀约,招标人向符合招标条件的投标人发出中标通知书则是招标人对中标人的承诺。

招标和投标是同一种市场交易行为的两个方面,交易双方具有特定的权利和义务,并受法律的保护,以保证交易双方在付出一定成本的基础上能够获得应有的收益,否则它将不能作为一种正当的市场交易行为而长期存在。<sup>[1]</sup>

在EPC总承包模式中,总承包商是一个项目的核心主体,其涉及的招投标工作主要分为两个阶段。一个阶段是工程总承包企业对建设方的投标工作,另一阶段为工程总承包企业对各施工分包单位、供货商的招标工作。

#### 1.2.1 工程总承包企业投标阶段的造价管理工作

在EPC项目的投标过程中,为了增加中标几率,工程总承包企业需要具备严格控制项目造价的能力。只有具备了成本优势,总承包企业才

能在激烈的市场竞争中胜出。在此阶段,造价人员需要与设计人员保持及时有效地沟通,为设计人员的各项设计方案提供造价专业方面的支撑数据,配合设计在有限的投标时间内做出合理的方案选择。在设计方案最终定稿以后,造价人员还需要尽快核算出项目的成本造价、预期盈利等数据,完成商务标的编制工作。

工程总承包方在承接项目时往往是总价合同,即“除合同另有约定外,承包人应视为已取得工程有关风险、意外事件和其他情况的全部必要资料,并预见工程所有困难和费用。”总承包商需完成总承包范围内的全部工作内容,原来由业主承担的诸多风险(设计、采购、施工等)转移到了工程总承包方身上。而且,国内的建设方在激烈的建设市场领域一般处于强势地位,往往会将一些“霸王条款”强加给工程总承包方。这种情况下,对风险的预估就显得极为重要,投标时需要尽可能地把各种因素考虑周全,对这些风险因素给予合理的报价考虑。

在确保投标报价保持竞争力的前提下,还要积极利用招标文件中的付款、索赔等条款,采取有针对性的报价,为项目结算扩大营收创造有利条件。

#### 1.2.2 工程总承包企业招标阶段的造价管理工作

EPC模式下,工程总承包企业对各施工分包单位和供货商(以下统称分包单位)的招标工作是极为重要的一个环节,是工程总承包企业造价控制的关键阶段,如果事前控制工作得当,会产生风险转移、减小甚至消除的效果,起着“节流”的重要作用;如果事前控制工作出现疏漏,将会对项目的进度、质量、工期、安全、造价等各方面造成不可挽回的损失。

在此阶段,造价人员的工作是极其重要的,需要做好以下工作:

(一)配合项目管理人员完成采购策划方案的编制工作。项目管理人员需要根据项目的设计特点、使用功能、地理位置、工期以及面临的采购市场形式等因素,制定科学合理的采购策划方案。在此阶段,造价人员需要为提供采购策划方案对应的费用分解数据,直到最终的采购策划方案定稿,以确保采购策划方案在造价层面处于合理规范的水平。编制采购策划书时可以遵循以下原则:

1、合理划分分包,专业分包不宜过细,也不

宜过于简单。合理划分专业分包可以充分利用更优质的资源、减少总承包商的管理工作，但是划分分包要根据项目的实际情况合理划分。若将一个小型项目划分过细则会出现采购管理成本急剧提升，对于采购包之间的工序配合、责任划分、进度控制也会带来诸多麻烦；同理，若将一个较大项目仅仅分给一家或少数几家分包单位，这样虽然减少了管理工作，但对于项目总体的造价控制是不利的，不能充分调配社会上优质的施工资源。

2、各采购包之间应易于划分界面，分清责任范围，减少施工过程中出现推诿扯皮的情况。比如某厂的物流库房项目将屋面板作为一个单独的采购包，但是屋面上还有很多采光天窗，这些天窗被划到主体施工的采购包中。由于招标文件未能将施工界面描述详尽，天窗部位的图纸在实际施工中又产生了比较大的设计变更，再加上分包单位投标时对天窗的清单项进行了不平衡报价，天窗和屋面的交界面便出现了极为复杂的扯皮情况了。

(二) 配合项目管理人员完成招标文件的编制工作。编制招标文件是对分包单位招标过程中的一项极为重要的工作。实际招标过程中往往迫于时间紧迫、事项繁多，很多项目管理人员会选择其他相似项目的招标文件作为模板进行修改编制。通过这种方式可以避免不必要的重复工作，提高效率，促进招标文件编制工作的标准化和流水线化；但这样也容易使招标文件存在疏漏或与招标项目不匹配的情况，所以需要认真仔细的斟酌研究招标文件的各项条款，尤其是专用条款部分。造价人员则需要特别关注招标文件的工程款支付、变更调价、结算审计等约定条款及暂列金额、指定材料设备品牌表、甲控乙供材料设备表和专业工程暂估价表等与造价密切相关的说明。

(三) 配合项目管理人员完成施工合同的编制工作。施工合同主要是将招标文件的各项约定条款以合同的形式明确下来，拟定施工合同时确保招标文件的各项约定条款（尤其是专用条款）完整地体现在合同条款中。如果出现了招投标时间段内，还有其他需要明确约定的事项，也应及时在合同中补充说明，减少后续扯皮事项。

(四) 编制高质量的清单控制价。这是对各分包单位进行招标的工作过程中极其重要的一个环节，集中地反应了造价人员的工作态度、理论基础、专业经验等方面的综合素养。一份高质

量的清单控制价能避免很多与分包单位扯皮的事项，为项目的造价控制、进度控制、质量控制和安全控制等工作增加了一道保障。为了保证清单控制价的质量，造价人员需要落实好以下工作：

1、熟悉掌握图纸内容，清单项编制力求不重项、不漏项、合理合规，便于实际使用。正确理解设计意图是编制一份高质量清单的前提，在清单编制过程中要力求正确掌握设计意图。EPC的工期普遍比较紧张，设计图纸也难免会出现表达不清甚至错误的地方，造价人员编制清单时可以起到校对设计图纸的作用，对于图纸设计不清、前后矛盾甚至不合理的地方，要及时与设计沟通，明确或者调整设计图纸，减少分包单位施工过程中利用图纸不明确、设计变更等因素进行索赔的机会。清单项设置应尽可能地考虑后续施工过程中进度款支付、产值确认和造价控制等工作的便利，也要尽力保证竣工结算工作处于受控状态。

2、项目特征描述需要尽可能准确详尽。项目特征是指构成分部分项工程量清单项目、措施项目自身价值的本质特征。由于工程量清单的项目特征决定了工程实体的实质内容，直接决定了工程实体的自身价值，并且是投标报价组价的直接依据，编制清单控制价时应严格把握项目特征的描述。造价人员可以利用工程量清单将一些待定的风险转移出去。例如A项目在招标时铝塑板幕墙的次檩条不能深化设计，造价人员在项目特征中增加“次檩条由施工方深化设计，由设计确认后方可施工，报价时综合考虑此项费用”。

3、合理使用暂估价。暂估价为“招标人在工程量清单中提供的用于支付必然发生但暂时不能确定价格的材料、工程设备的单价及专业工程的金额。”EPC总承包商比建设单位拥有更多的施工资源、社会资源与合同经验，在对分包单位招标时应利用自身优势合理设置暂估价，完善合同条款降低自身风险。暂估价的设置应注意以下几个方面：

(1) 合理设置暂估项目，不易过多。对于只要明确规格型号、质量要求或者增加其他一些必要参数就能控制质量的材料设备就尽量不要设置暂估价，如电线电缆、灯具、卫生洁具、管材等。对需要进行二次设计的项目，尽量提前进行深化设计，将其一并编入分部分项清单中，通过招标的方式进行充分竞价。

(2) 设置合理的暂估价格。对于个别没能提

前完成二次设计的专业分包工程, 发包人也应尽量明确该项目的主材、质量、档次的要求, 有条件的要对相关项目材料进行认真的市场调研、专业预算, 以便设置合理的暂估价格, 避免中标价和最后实际结算价出现大的偏差。

4、清单控制价要与招标文件匹配一致。招标文件中会包含很多关于双方责任义务的条款, 这些条款往往会对清单控制价产生很大的影响; 尤其是招标文件中的指定材料设备品牌, 更是直接决定着工程项目的档次和造价。编制清单控制价时, 要注意与招标文件的各项条款和指定材料品牌相匹配, 避免出现疏漏等情况。例如, A项目在编制招标文件时, 要求分包单位为自己提供一定数量的办公用房和办公家具等事项, 在清单控制价编制时就专门在措施费中单独列项, 并适当考虑了一些费用。如果不单独列项的话, 就给分包单位留下了扯皮的机会; 一旦出现索赔情况, 工程总承包单位可能会在工期、造价等方面付出更大的代价。

#### 5、重视清标工作

清标工作是对造价人员项目整体性把控、多方面知识的考验。清标工作应包括下列内容:

- (1) 对招标文件的实质性响应;
- (2) 错漏项分析;
- (3) 分部分项工程量清单综合单价的合理性分析;
- (4) 措施项目清单的完整性和合理性分析;
- (5) 其他项目清单项目完整性和合理性分析;
- (6) 不平衡报价的分析;
- (7) 暂列金额、暂估价正确性复核;
- (8) 总价与合同价的算数性复核及修正建议;
- (9) 其他应分析和澄清的问题。

其中, 消除不平衡报价时清标的一项重要工作, 可以在招标文件中采取“取特殊单价与平均价对比、认定、纠偏”的措施来加以控制, 具体为: “特殊单价”为中标方分部分项清单各项综合单价, “平均价”为各投标方综合单价的算术平均值, 将此二值相减后的数值与“平均价”相除, 形成的比值在“±20%以外”并且该子目占分部分项清单合计“1%以上”的认定为不平衡报价项, 并依据中标总价不变的原则让中标方进行价格纠偏。

一般情况下, 通过严格的清标工作可以大幅度地减少施工单位不平衡报价的机会, 降低签证、

变更对竣工结算控制的不确定性影响。

## 2 提高EPC项目招投标阶段造价控制效果的建议

### (一) 造价人员提高自身专业积累

造价人员是贯穿EPC项目全过程的经手人, 串联了设计人员和现场管理人员的多个工作环节。造价人员需要与时俱进, 使自身知识储备和经验积累及时地更新换代。

1、造价人员需要更多地深入现场, 加强与现场专业工程师的配合, 掌握项目全过程的动态变化, 做好项目的动态投资控制。

2、对材料、设备及部分施工工艺的市场价格做到更深入的了解, 扩充知识面, 尽可能地掌握运输距离、发票类型、付款方式等复杂因素对价格的影响, 并引导项目所有参与人员形成积累谈判数据和有效价格信息的习惯, 逐步构建更加详细完备并且实时更新的价格数据库和各种指标库。

3、加强对以往接触不多、经验数据较少的施工工艺及第三方检测费用的学习。比如地基处理、施工降排水、大体积混凝土浇筑、高支架模等工程以及桩基检测、钢结构检测等费用。

4、作为全过程的参与者, 造价人员还应努力发挥自身的专业优势, 为项目设计、采购、管理提供正确的决策依据。

### (二) 设计人员强化造价意识

在传统的设计、施工分别发包模式下, 设计人员只负责设计, 在设计过程中往往更关注工程的使用功能、档次美观等方面, 而对经济因素考虑较少, 对造价关注不足。在EPC总承包模式下, 只有设计与施工深度交叉, 同施工人员和各相关部门建立密切合作的“团队”, 才能减少因自身原因引起的设计变更, 保证项目的预期利润。这就要求设计人员有较强的经济观念、竞争意识。设计人员要多“下工地”多搞“现场设计”, 积累工程实际经验, 避免闭门造车的情况, 还要和造价人员多互动多沟通, 关注施工, 关注造价。

项目投标前期, 设计人员需及时与造价及现场管理商定施工图中深化设计部分(综合管线支吊架、自控系统、视频会议等)、特殊措施项目部分(如深基坑的支护方案、高架支模等)费用的处理方式, 避免出现报价漏项等情况。

目前许多分包单位会采取低报价高索赔的策略,通过设计变更将“不利”变为“有利”<sup>[2]</sup>。这需要设计人员尽量保证在对分包单位招标阶段所提供的设计图纸的完善性和可实施性,减少专业之间图纸打架等情况,严格控制出现设计变更的情况,降低费用控制的风险。无法避免出现变更时,要在保证业主及工艺使用要求的前提下力求造价的较低方案。

### (三) 现场管理人员强化造价管控意识

EPC项目要求现场管理人员具备更全面的工程项目管理经验,拥有更敏感的造价意识,掌握更深入的造价知识,能及时地为设计和造价专业人员提供现场实际情况,并及时与相关人员沟通工程管理过程中遇到的设计、造价等方面的问题和经验,加强整个团队的现场配合意识。

现场管理人员要具备强化编制招标文件和拟定采购施工合同的水平。工程总承包企业编制的投标文件是对建设方的招标文件的响应,在保证中标几率的前提下,要努力发掘招标文件条款中的“开口”部分及疏漏内容,编制有针对性的投标文件条款,尽可能地为自身留有余地,为日后的索赔工作创造有利的位置,将自身风险降到最低。

对于业主提出的变更及可调EPC合同价款的签证,及时留存现场证据,并取得业主的书面批准,作为后续调整EPC合同价款的依据,也作为为编制分包单位的清单控制价的参照依据。

## 3 结论

目前,EPC项目市场竞争日益激烈,工程总承包企业需要努力提高设计能力、强化施工管理水平、建立优惠高效的采购渠道,并且需要各环节的协同配合才能确保自身的盈利水平。EPC项目的招投标工作是整个项目进展中极为关键的一项工作,也是造价管理控制工作的主战场。总承包企业参与投标时,造价人员需要为各项设计方案提供造价数据支持,协助设计人员选出最优设计方案,并编制相应的投标报价文件,在保证自身合理利润的前提下,提高项目的中标几率。总承包企业进行招标时,造价人员需要协助现场管理人员完成采购策划、招标文件、采购施工合同等文件的编制,最重要的是要编制一份高质量的清单控制价,尽可能地减少分包单位后续的扯皮

事项,使项目造价处于可控状态。

## 参考文献

- [1] 建设工程招投标规范化研究.
- [2] 李建将 王将军.总价合同条件下变更工程的计价.建筑经济.2012(4).

# 总承包模式下 造价审计工作重点研究

■ 李超 蒙春 房健 [工程造价]

**摘要:** 总承包模式是指总承包商受业主委托,按照合同的约定对工程建设项目的的设计、采购、施工、试运行等全过程的承包。在此模式下,EPC总承包商需要接受业主聘请的第三方造价审计。本文从EPC总承包商的视角出发,结合实际项目案例,分析总结EPC总承包模式下造价审计关注重点,并提出总承包商应该采取措施进行主动控制,对EPC总承包商面对造价审计工作提供一些参考和借鉴。

**关键词:** EPC总承包; 造价审计; 总承包商

## 0 引言

近年来,在国家政策的推动下,EPC总承包模式已成为国内建筑市场的发展趋势。2014年住房城乡建设部发布了《关于推进建筑业发展和改革的若干意见》(建市[2014]92号)文件明确了要“加大工程总承包推行力度”。因此,越来越多的传统设计院开始转型做工程公司,推广EPC模式进行总承包。作为EPC总承包商要为业主提供设计、采购、施工等服务。此外,在EPC模式下,业主一般会聘请第三方造价审计出具结算审计报告。因此,EPC总承包商首先要总结研究第三方造价审计人员一般关注的重点内容,这样才能有的放矢地进行主动控制和投资管理。

笔者根据在项目现场工作经历,结合造价审计工作经验,分析并总结造价审计人员一般关注重点以及总承包商如何进行主动控制,以便在接受审计的监督、检查、审核时,避免出现较大争议,最终结算能够客观反映项目造价。

## 1 工程造价审计中审计人员关注重点

由于工程项目建设的参与方众多,建设的工期较长,投资数额较大,因此工程造价审计人员不仅是审核造价,还会关注资料的完整性;关注设计变更、洽商、签证等合理性和签字的完整性;关注合同的执行情况等。

作为总承包商最好是能够全面控制各个环节,尽量避免出现问题或者漏洞。但是再全面的管理也肯定会百密一疏,EPC总承包商还是要先分析总结出工程造价审计一般关注的重点,这样才能有利于总承包商针对重点进行主动控制和投资管理,提高总承包商的造价管理效率,避免审计发现问题后再采取措施进行被动控制。

### 1.1 审计关注现场签证的合规性

#### 1.1.1 关注现场签证的内容描述是否完整、准确

审计人员除了关注现场签证保存是否完整,各方签字是否齐全外,还会重点关注签证描述内容完整、准确性。经常出现现场签证的内容描述不清,用词不规范导致无法准确核算出所需费用的情况。

例如,某签证中记录挖土石方 $120\text{m}^3$ ,没详细描述到底是土方还是石方或者是土、石方各占多

作者简介:李超,男,助理工程师,2011年毕业于天津理工大学工程管理专业,现就职于中航规划纪检监察审计部。



少，也不写明是人工挖土还是机械挖土。这种签证肯定容易引起争议。

### 1.1.2 关注签证中工程量确认的原则

签证中工程量的确认原则是如果图纸中能够准确计算的就不需要进行现场签量；如果无法通过图纸核算的则需要在签证中确认工程量。EPC总承包商现场管理人员由于造价专业知识不足，不了解造价工程量确认的原则，容易盲目在签证单上签字。

例如，某签证单上记录拆除三层砌体隔墙，用工数量10工日，各方都签字确认。最后施工单位上报费用时，按图纸核算的工程量，套用的拆除定额，而审计按照签证中确认的人工工日量核算造价。关于工程量的确认原则发生争议。

### 1.1.3 关注签证办理的及时性

EPC总承包商由于相关意识不足，导致不能及时办理签证，陷入结算时审计不予计算的窘境，而结算时补办签证的做法，往往由于难以确认当时的具体情况，甲方经办人员一般会拒绝签字。这也会给总承包商带来经济损失。

## 1.2 审计关注变更、洽商的合规性

### 1.2.1 关注变更、洽商是否漏报

变更、洽商同样关注描述的完整性、严谨性，这与现场签证要求类似，这里就不再赘述。审计重点关注是否漏报、瞒报核减的变更、洽商。如果出现未上报核减的变更、洽商则会影响EPC总承包商与审计人员的互信，不利于造价审计工作顺利进行。

### 1.2.2 关注变更、洽商的计价原则

变更、洽商的计价原则是合同文件中已有适用于变更工作的价格或费率，按照合同文件已有的价格或费率对变更工作进行计价；合同文件中只有类似于变更工作的价格，则可采用合同文件中的价格作为基础对变更工作进行计价；合同文件中没有适用或类似于变更工作的价格，由承包人或发包人提出适当的变更价格，经对方确认后执行。

造价审计人员会严格按照上述原则进行审核。例如，某变更单记录幕墙保温材料变更为岩棉板，审计找到投标中有岩棉板的材料价格，因此变更费用按照原投标的价格确定，但其实两者岩棉的容重不同所以价格差距较大。EPC总承包商忽略了变更、洽商的计价原则，没有认真核对投标价中岩棉的容重，这就给结算造成了不利影

响，容易引发争议。

### 1.3 审计关注是否进行暂估价认价

招标清单中列明的暂估价，审计重点关注EPC总承包商是否在施工过程中及时认价。如果在结算中上报认价资料，审计会依据结算时的询价结果进行认价。

例如，某项目地砖为暂估价，审计结算时按照当时价格进行认价，但地砖当时是国庆期间采购的，供应商货物运进北京会相对麻烦，因此地砖价格相对较高。由于没有在施工过程中及时认价，对结算也造成了一定影响。

### 1.4 审计关注合同条款，寻求索赔

造价审计是业主聘请的第三方专业审核机构，审计人员会仔细研究合同条款，争取找到施工单位违约的情况，以便发起索赔或者针对施工方提出的索赔进行反索赔，从而增加自己在争议问题谈判的筹码。

例如，审计经常关注合同约定的工期问题；合同约定上报相关变更洽商的时效性，各种资料、单据上业主、监理工程师、总包等各方签字盖章是否齐全。

## 2 EPC总承包商应采取的控制措施

总结和研究第三方审计关注的重点，目的是为了EPC总承包商能够提高思想意识，加强主动控制。以下归纳和梳理了几点控制措施，以提高总承包商的投资管理效率。

### 2.1 EPC总承包商要加强工程现场签证管理工作

签证往往由总承包商的现场工程师根据实际情况填写签证单并提交监理、业主等各方签字确认。而现场工程师不参与后期关于签证是否造成工程造价变化的核算。但签证的内容又是造价人员核算价格的依据。

这就要求总承包商的现场工程师不断提高自身业务水平，严谨、客观、详细准确地描述签证内容，能够有效地减少各方的纠纷，避免审计提出猜测和疑问；及时与造价管理人员沟通、讨论签证中涉及费用问题的描述，增强经济意识，避免审计发现漏洞导致结算利益受损；造价人员也要提醒施工人员及时办理现场签证，对签字齐全、内容完整的签证单进行编号归档，必要时还可进行拍照留证，以便作为结算依据提供给审计人员。

## 2.2 总承包商要加强变更、洽商的管理工作

### 2.2.1 总承包商要如实上报核减的变更、洽商

作为EPC总承包商，要及时梳理所发生的变更、洽商，造价管理人员要及时上报应该核减工程造价的变更、洽商。这种做法是为了真实反映项目造价情况，增加与审计人员的互信。

### 2.2.2 总承包商要熟悉变更、洽商计价原则

变更、洽商对工程造价的影响也不容忽视，EPC总承包要按照计价原则梳理变更、洽商。注意原投标价中相同或类似材料、设备的价格，并重点核实变更材料与原投标材料参数的区别。同时要注意积累询价时供应商需要的主材参数。

作为EPC总承包商的造价管理人员，首先要对变更、洽商中的主材价格敏感，所谓敏感即对影响价格的因素要做到心中有数。要清楚地意识到哪些参数是必须写到变更、洽商单中的，哪些是对价格影响不大的参数，也就是可以不描述的或不详细描述；这样才能避免出现前面案例中提到的上报的变更、洽商被审计人员找到原清单有相同材料从而不调整价格的情况出现。

### 2.3 暂估价要及时认价

EPC总承包商要及时上报暂估价认价单。如上述案例提到国庆期间采购地砖等特殊情况，一定及时上报认价资料，且要详细描述当时的具体情况，这样如果业主施工中签字确认了价格，结算也不会出现案例中的争议。

### 2.4 严格按照合同约定办事，注意搜集业主违约证据

合同是约束建设工程项目各相关方的纲领性文件，总承包商遇到的有关工程造价的问题都应该按照合同的约定来解决。处理索赔问题更是如此。因为审计正是依据合同的约定提出的权利主张。所以，总承包商必须对合同条款有较深刻、透彻的把握，才能在应对索赔时保护自身合法权益。此外，也能提升自身的管理水平。

总承包商在施工过程中往往注重及时上报增加费用的变更、洽商，容易忽略合同中关于工期、上报时限等一些约定，这就给了审计提出索赔的机会。因此总承包商一是要研究合同条款，对其中的缺陷进行主动控制和防御，争取事前采取有效措施，尽量减少和避免给审计抓住漏洞的机会。二是要留心搜集业主的一些违约证据，以便在审计提出总包商的一些违约事项后增加自己谈判的筹码。例如要求自己的资料员在发文本上记录上报需要审批的材料日期，如若业主未遵照

合同约定在规定时间内回复意见，审计再提一些我们违约的情形时，也有证据进行反索赔，从而巧妙地化解一些争议。

## 3 结论

EPC项目的总承包商要研究总结第三方造价审计人员一般关注的事项，并提高主动控制的意识，按照上述的控制措施进行强化并不断总结完善。相信能够对EPC总承包商面对第三方造价审计工作提供一些参考和借鉴。

### 参考文献

- [1] 闫文静. 建设项目施工阶段工程造价审计研究[D]. 西北农林科技大学. 2014.5.
- [2] 董元晨. 造价审计角度下的工程现场签证管理研究解析[J]. 建筑经济. 2014.10.

# 生活垃圾焚烧烟气污染物分析及净化技术初探

■ 洪博文 李纲 [动力]

**摘要:** 生活垃圾焚烧处理过程中烟气污染物分析是生活垃圾焚烧发电厂烟气处理工艺设计的基础, 如何选择合理的净化技术是生活垃圾焚烧发电厂成功的重要一环。本文阐述了垃圾焚烧处理烟气的重要性, 并针对焚烧烟气中的各有害成分及其产生原因进行分析, 还对烟气净化处理方法进行了探讨, 最后给出了针对我国生活垃圾焚烧行业的几点建议。

**关键词:** 垃圾焚烧; 环境污染; 烟气净化; 城市生活垃圾

## 1 前言

伴随着我国城镇化进程地推进, 城市生活垃圾数量与日激增。自“十一五”以来, 我国城市生活垃圾年产量达1.5亿吨, 人均垃圾产生量为1.2kg/d, 并且这一数据以8%~10%的速度递增<sup>[1]</sup>。我国城市迅速发展, 特别在东南部经济发达、人口稠密的地区, 生活垃圾填埋场的场地选择越来越困难, 现已经形成了垃圾包围城市的状况。如不及时处理, 今后的城市将完全被垃圾包围。

我国城市生活垃圾处理起步较晚, 基础设施较差, 大量的垃圾造成了大气、土壤和水体污染, 严重威胁到了城镇居民身体健康, 很大程度上制约了城镇化发展的进程。处理城镇垃圾, 解决垃圾所产生的生态污染和城市空间分配问题已刻不容缓。

垃圾处理方式主要有卫生填埋、堆肥法和焚烧法等, 其中, 焚烧法能使垃圾体积减少约90%, 重量减少70%~80%。除此之外, 焚烧还可以杀死所有的病原微生物和寄生虫卵, 产生的热能可以回收利用。城市垃圾焚烧处理是垃圾处理最主要的方法之一, 与堆肥法和卫生填埋法相比具有一系列优点, 特别是对于特殊垃圾如医疗垃圾、生物化学垃圾、危险废弃物等焚烧法具有更大的优势。在发达

国家, 垃圾焚烧处理法所占比例一般为20%~40%左右, 而日本则达到79%<sup>[2]</sup>。但是, 焚烧法烟气含有多种危害公共安全的大气污染物, 易引起严重的二次污染。因此, 垃圾焚烧废气污染的防治和净化效果对垃圾焚烧的发展具有很大的影响。

## 2 焚烧烟气污染物

生活垃圾焚烧一般排烟温度介于850~1100℃之间, 进行烟气废热回收后一般还有230~300℃。垃圾焚烧的污染物种类繁多, 气固液三态均存在, 主要可以分为几类:

### 2.1 酸性气态污染物

主要有HCl、Cl<sub>2</sub>、HF、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>等, HCl和Cl<sub>2</sub>主要是垃圾中含氯的有机物和塑料(如PVC等)燃烧产生的; 同时垃圾中的无机氯化物(如NaCl等)与其他物质反应也会生成HCl和Cl<sub>2</sub>。

焚烧气中的NO<sub>x</sub>有两种来源: 空气中的N<sub>2</sub>在高温下被氧化产生热氮型NO<sub>x</sub>, 焚烧温度越高, 产生的NO<sub>x</sub>就越多; 垃圾中含氮物质被氧化产生燃料型NO<sub>x</sub>, 由该途径产生的NO<sub>x</sub>量取决于垃圾中含氮物的多少。

HF主要由含氟塑料燃烧产生; SO<sub>2</sub>主要是由含硫物质在高温下氧化产生, 含量相对较低。

### 2.2 颗粒物和重金属

生活垃圾焚烧过程中会产生大量的细小颗粒

作者简介: 洪博文, 男, 助理工程师, 2014年哈尔滨工业大学动力工程及工程热物理专业, 现就职于中航规划市政工程设计院。

物。细小颗粒物中会含有Cr、Cu、Ni、Pb、Zn、Mn、Sb、Cd、Se等重金属，其中，对人体危害大的重金属如Cr、Cd、Ni、Pb、Se等主要集中在小于 $3\ \mu\text{m}$ 的颗粒物中<sup>[3]</sup>。颗粒物的粒径越小越容易进入肺泡，危害也就越大。重金属包括惰性金属盐类和金属氧化物，如铅、铬、镉、汞、砷、金属的气化物（如汞蒸气）等。

### 2.3 不完全燃烧污染产物

生活垃圾不完全燃烧时会产生CO、C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>、醇、酮、有机酸、含氯化合物和二噁英(PCDDs/PCDFs)等污染物，还会形成含有大量的碳粒、焦油和粉尘的黑烟，特别是在有氯和金属存在的条件下，有机物燃烧均会产生二噁英。二噁英是目前已知的毒性最大的污染物之一，它包括多氯代二苯并噁英(PCDDs)和多氯代二苯并呋喃(FS)两个系列的化合物，分别有75和135个异构体，都是强致癌物质。有研究表明250~350℃是最易生成二噁英的温度范围<sup>[4]</sup>。

## 3 焚烧烟气污染物的控制

### 3.1 烟气中污染物产生的控制

控制垃圾焚烧良好的工况，应使垃圾中可燃成分充分燃烧，是减少和防止污染物产生最有效的方法。

控制和减少HCl、Cl<sub>2</sub>、CO、C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>和二噁英等产生量的具体方法有：①通过垃圾分类收集和回收利用，控制和避免含有二噁英的物质和含氯高的物质进入焚烧炉，从源头上减少污染物的产生；②保持焚烧温度 $\geq 800\text{℃}$ ，垃圾焚烧停留时间不少于2s；③维持炉膛内良好的传质条件，供氧量要充足，焚烧气与空气混合要充分；④将烟气快速降温至300℃以下，防止二噁英的再度合成。

但是，有研究表明NO<sub>x</sub>生成量最大的温度区间是600~800℃<sup>[5]</sup>，可以采取焚烧温度在800~1200℃之间，以减少热氮型NO<sub>x</sub>的产生。要减少NO<sub>x</sub>的产生还需要降低O<sub>2</sub>的浓度、空气量小于理论比和缩短垃圾在高温区的停留时间，这与减少CO、C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>和二噁英产生的措施是相矛盾的。然而，在实际运行中，应在保证垃圾可燃组分充分燃烧的基础上，再兼顾NO<sub>x</sub>的产生。为了解决上述矛盾，国外目前采用在烟气处理系统中增加脱硝装置。另外，美国大气技术研究所IGT(Institute of Gas Technology)正在研究炉内脱氮技术，利用碳氢类物质与NO<sub>x</sub>进行

直接的氧化还原反应，生成无害的氮气<sup>[6]</sup>，这一理论有待研究，尚无法应用于实际生产中。

### 3.2 烟气中污染物末端的净化控制

由于前端受燃烧等各方面制约的影响，无法严格控制污染物产生，因此燃烧后的烟气净化技术仍然成为目前焚烧尾气处理的主要方法。

#### 3.2.1 颗粒物的净化

颗粒物的去除主要利用除尘器。除尘器的种类很多，如旋风除尘器、静电除尘器、袋式除尘器、惯性除尘器等。

由于焚烧烟气中的颗粒物细小，惯性除尘器和旋风除尘器对细小颗粒物的去除效果很差，因此不能作为主要的除尘装置，仅用于预除尘。袋式除尘器的除尘效率均大于99%，对小于 $0.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒也有很高的捕集效率，是目前应用最广泛的颗粒物控制设备。在GB18485-2014《生活垃圾焚烧污染控制标准》中明确规定生活垃圾焚烧炉除尘装置必须采用布袋除尘器。布袋除尘器不仅能够过滤大量的烟尘，而且对吸附在颗粒物上的重金属和二噁英等也有很好的脱除作用，脱酸未反应的碱性药剂也能被吸附在滤袋上，尾气通过再次和酸性气体反应达到二次除酸性气体的作用。

#### 3.2.2 气态污染物的净化

##### (1) HCl、HF和SO<sub>x</sub>的去除

去除方法有三种，基本原理相同，即利用Ca(OH)<sub>2</sub>、NaOH等碱性物质，通过酸碱中和反应或沉淀作用净化HCl、HF和SO<sub>x</sub>等酸性气态污染物。湿式洗涤法利用碱液(如Ca(OH)<sub>2</sub>、NaOH溶液等)对焚烧气进行洗涤，不仅可以去除HCl和SO<sub>x</sub>等污染物，同时可以去除部分颗粒物和重金属。相对于干法，污染物的去除率较高，工作稳定性高，可以承受气体污染负荷的波动；湿式洗涤法会产生废水，在环评要求零排放的大环境下，采用这种方法产生废水的去向是一个亟待解决的问题。

干法是将Ca(OH)<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>等干式吸收剂粉末喷入炉内或烟道内，净化气态污染物。相对湿法，干法无需废水处理设施，投资较少，设备的腐蚀较小，初始投资小但是后期运营成本相对较大。但该方法最大的缺点是污染物的去除率低，面对越来越高的环保要求，一般大型的垃圾焚烧厂很少采用这类方法。

半干法是利用碱液与酸性气态污染物进行化学反应形成固态物质而达到净化目的的一种方法，一般设置在除尘器之前。优点是投资低、工艺简洁、

不产生废水、脱硫效率高,目前技术已比较成熟。半干法由于结合了湿法和干法的部分优点,在大型的城市垃圾焚烧厂中得到了广泛的应用和认可。

#### (2) NO<sub>x</sub>的去除

借鉴燃煤电厂的去除氮氧化物的经验,垃圾焚烧发电厂NO<sub>x</sub>控制工艺主要有选择性催化还原法(SCR)和选择性非催化还原法(SNCR)。其中,SCR在催化剂的作用下,通过加入氨(NH<sub>3</sub>)可以将NO<sub>x</sub>转化为氮气(N<sub>2</sub>)和水(H<sub>2</sub>O),技术成熟,但是投资较大。SNCR法去除不用催化剂,基本反应和SCR大体相同,但是所需的温度较高(900℃~1200℃),脱硫效率也相比SCR较低。目前,NO<sub>x</sub>去除仍然是尾气净化技术中一个研究的重点。

#### (3) 二噁英去除

二噁英的去除有间接破坏法和直接破坏法。间接破坏法首先利用活性炭或活性焦固定床层对二噁英进行吸附、浓集,然后将二噁英进行催化氧化分解成CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、HF和HCl。而后者是对焚烧气直接进行催化氧化分解,将二噁英氧化分解成CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、HF和HCl。目前应用较多的是间接破坏法。

## 4 结束语

如何建立可持续的城市生活垃圾焚烧系统不仅围绕在“技术”层面,还会受到周围诸多因素的影响,诸如垃圾成分、垃圾分类程度、污染物排放量的科学性和透明性、法律法规健全度、操作人员的职业修养等。城市生活垃圾处理的当务之急不仅是寻求最优的技术方案,更重要的是加强社会对环保的意识。

无论从经济效益和环保效益的角度分析,还是从垃圾焚烧及尾气的综合净化角度讲,生活垃圾焚烧技术都有较高的可行性。针对我国当今的处理现状,对我国城市生活垃圾焚烧资源化利用提出以下几点建议:

#### (1) 加大垃圾分类收集和回收利用力度

目前,我国经济水平处于上升阶段,垃圾管理体制尚不健全,导致很多城市的垃圾发热量在地域上和空间上都存在较大差异。建议小区发展进行垃圾分类化收集,一方面实现垃圾中资源化废品的二次利用,另一方面也能提高焚烧垃圾的品质,提高焚烧效率和稳定性。

#### (2) 加快焚烧技术引进吸收及关键设备国产

化进程

国内焚烧设备及尾气净化大都依靠国外先进技术及装备,目前对技术的消化吸收程度较低,缺乏相关的自主知识产权,导致投资巨大,亟需加大研发投入,加快设备国产化进程,实现城市生活垃圾廉价无害化处理。

#### (3) 扶持具有自主知识产权的垃圾焚烧尾气净化技术

日本的经验提示我们,对环保行业和污染控制的投资不仅不会影响经济的发展,反而会消除总量控制可能带来的负面影响,并且极大地促进环保产业的发展。近年来,我国加快对垃圾焚烧尾气净化技术的自主研发工作,同时取得了一系列的成绩,从政策上应给予必要的扶持,同时实施垃圾焚烧尾气净化技术的标准和规范,引入市场竞争机制,引导本国的技术朝着更快方向发展,促进尾气净化技术国产化、工程化、产业化推广,从而推动垃圾焚烧行业的发展。

#### (4) 健全法律法规标准建设和污染物监测监督水平

进一步规范城市生活垃圾处理标准,健全相关法律法规,依法完善生活垃圾处理信息报告和污染防治信息公开制度,加强对污染物的透明化、正规化,科学普及人们对于城市生活垃圾的正确认识,快速、有效地向社会大众公布运行情况,加强管理,以确保我国的生活垃圾行业向着健康、稳定、可持续的方向迈进。

## 参考文献

- [1] 杨晓敏,刘爽,小城镇土地利用与社会经济发展研究[J].科技创新导报,2007(31).
- [2] 毛志伟,韩冰,艾学勇.垃圾焚烧炉尾气净化技术的研究与实践[J].水泥科技,2002,(4):5-9.
- [3] 张金成等.垃圾焚烧二次污染物的形成与控制技术.环境保护,2001(5):17-18.
- [4] 区毅.垃圾焚烧处理的二噁英污染与控制[J].黑龙江环境通报,2000,24(4):41-42.
- [5] 蔡明招,等.城市有机垃圾焚烧废气中氮氧化物生成特性的研究[J].四川环境,2000,19(4):23-25.
- [6] 褚衍洋,徐迪民,叶柏祥.城市垃圾焚烧尾气污染的控制[J].重庆环境科学,2003,25(11):184-186.

# 生活垃圾焚烧发电厂《节能评估报告（节能专篇）》编制关键问题分析

■ 王海敏 安玉生 李纲 [动力]

**摘要:** 节能专篇报告是各级发改委特定项目立项、申报、核准的前置性条件,只有通过节能评估评审同意,才能进行后续的报建工作。《北京市固定资产投资项目节能评估和审查工作指南》对节能专篇的编制进行了详细规定,在《指南》的指导下,本文对垃圾焚烧发电厂项目节能专篇的关键问题进行了分析,并提供了日处理1000吨生活垃圾焚烧发电项目的各项计算数据。

**关键词:** 节能评估;碳排放;二氧化碳排放;综合能耗

## 0 前言

节能评估简称“能评”,是固定资产投资项目节能评估和审查的简称,是指通过对建设项目进行分析,核算该项目各种能源的消费结构和消费量,核算主要用能设备的能源利用状况,核算该项目单位产品和单位产值能源效率指标和经济指标,评价该项目的用能合理性和先进性的一种评价方法。按照要求,对于年综合能源消费量2000吨标准煤以上的固定资产投资项目,应单独编制节能评估报告书。

《北京市固定资产投资项目节能评估和审查(含碳评价)工作指南》(以下简称为《指南》)是由北京市发改委资环处(气候处)编制的针对节能评估的导则性文件,市内项目能评文件编制均应按《指南》执行。考虑到《指南》中介绍垃圾焚烧发电项目的针对性内容较少,本文通过对北京市某区生活垃圾焚烧发电项目节能专篇进行梳理,分析总结出此类项目节能专篇的关键问题及解决方法。

作者简介:王海敏,女,助理工程师,2014年毕业于中国科学院理化技术研究所动力工程及工程热物理专业,现就职于中航规划市政工程设计研究院。

## 1 项目基本情况

项目选址位于北京市,日处理垃圾量1000吨(2×500吨/日焚烧线),配套相应的焚烧炉烟气净化系统、余热利用系统、炉渣综合利用系统、发电及污水处理系统等。烟气排放达到欧盟标准;厂区污水全部处理后回用,达到零排放;炉渣进行制砖综合利用(注:上述边界条件对能耗会有影响)。

本项目能评报告主要包括:

- (1) 厂区所有一次能源及二次能源的能耗总量折合的标准煤量。
- (2) 厂区边界范围内排放的二氧化碳总量及单位面积、单位投资、单位发电量所排放的二氧化碳量。
- (3) 各设备采用的节能措施。
- (4) 建筑物节能措施及绿色建筑评价。

## 2 项目所在地能源供应条件

- (1) 本项目利用生活垃圾发电并提供厂区内采暖热源,日处理原生垃圾1000吨。
- (2) 辅助燃油用于焚烧炉启停以及辅助燃烧

使用, 每年消耗轻柴油120吨。

(3) 冬季采暖供热及职工生活用热, 由自建的垃圾焚烧发电厂供应。

(4) 生产用电、空调供冷、动力设备、照明、办公用电等均优先采用自发电力, 城市电力作为能源备用和补充。

(5) 职工餐厅生活用气采用罐装液化石油气。

(6) 生产用水由城关污水处理厂提供再生中水, 园区附近有生活用水水源; 根据环保要求, 厂区生产废水、生活污水经处理达标后全部回用。

### 3 项目能耗计算

能耗计算主要是计算全厂耗能折合的标准煤量。综合能耗的计算范围包括用能单位生产活动中实际消耗的各种能源, 包括主要生产系统、辅助生产系统和附属生产系统用能以及用作原料的能源。对于垃圾焚烧发电厂该项主要包括厂区红线内各项设备耗电(《指南》中规定一般厂用电占总发电量的20~30%), 厨房使用的液化石油气耗能, 起停炉及辅助燃烧时的燃油或燃气耗能, 以及各个照明及插座的耗能等。此外若有外购的电力或者热力能源, 也要计入该项。

需要注意的是, 由于北京地区对污染物排放的要求较高, 尤其是NO<sub>x</sub>的排放要达到100mg/Nm<sup>3</sup>以下(国标要求降到250mg/Nm<sup>3</sup>以下即可), 因此本项目比常规的京外项目要多增加一套SCR系统, 该系统需消耗主蒸汽, 会降低发电量, 此外配套的尿素溶液制备系统等需要耗电从而增加厂用电量。此外由于选址的原因, 该项目的污水没有出口, 因此需要完全净化后回用于厂区, 增加的各类泵及净化系统均需耗电。综上本项目能耗较其他不需SCR系统和“零排放”项目的耗电会相应增大。

#### (1) 设备耗能计算

全厂设备年耗电量 =  $\Sigma$ [设备功率(kW) × 设备数量(台数) × 日运行时间(h/d) × 年运行天数(d/a) × 负荷系数]

年耗折标煤量 (tce/a) = 各设备年用电量(kW · h/a) × 折标系数(kgce/kw · h) × 10<sup>-3</sup>

上述包括全厂所有耗能设备用电量。计算时应应对设备分类考虑, 要考虑到各设备的经常使用系数。并且应注意引风机, 一、二次风机等大功率设备计算厂用电时要使用轴功率, 而非设备

功率。

#### (2) 液化石油气耗能计算

液化石油气主要用于职工餐厅, 用气指标一般为2000MJ/(人 · 年), 液化石油气低位热值为50.179MJ/kg, 则:

年耗气量(t/a) = (人均用气指标 × 人数 × 10<sup>-3</sup>) / 液化石油气低位热值(MJ/kg)

折标煤量(t/a) = 耗气量 × 折标煤系数 (tce/t)

#### (3) 柴油耗能计算

全厂柴油消耗处共两部分: 焚烧炉启、停、助燃以及运输车辆耗油。

柴油消耗折合年耗标煤量 (tce/a) = 年耗柴油量(t/a) × 折标煤系数 (tce/t)

应当注意的是, 柴油和天然气都是用于启停炉及辅助燃烧时使用, 应根据项目地理位置及现场情况选择合适的能源。该项目由于厂区附近没有市政燃气管线, 故选择轻柴油作为辅助燃料。各能源耗量见表1。

表1 各类能源耗量

能源名称	消耗量	备注
柴油	120t/a	启停炉及辅助燃烧时使用
液化石油气	人数 × 2000MJ/人 · 年	用于职工餐厅等
电力	3567.56万Kw · h/年	厂用设备用电

#### (4) 照明及插座耗能计算

照明及插座年标煤量(tce/a) = (照明用电量(kW · h/a) + 插座用电量(kW · h/a)) × 电力折标煤系数(kgce/kw · h) × 10<sup>-3</sup>

应当注意, 计算照明和插座时也应考虑同时系数的影响。

《指南》中对各项能源的折标准煤系数均进行了明确规定, 其中与垃圾焚烧发电工程相关的各类能源的折标煤系数见表2。

表2 几种能源的折标准煤系数及参考二氧化碳排放因子

能源名称	参考折标准煤系数	参考二氧化碳排放因子
柴油	1.4571tce/百万千焦	3.1451
液化石油气	1.7143tce/百万千焦	2.9240
电力	0.1229kgce/(kw · h)	6.04

表3 日处理1000吨的垃圾焚烧发电项目能评报告计算结果

项目能耗指标表									
能源消耗种类	年总耗量	折标系数	年标准煤量	年总CO <sub>2</sub> 排放量	单位垃圾综合能耗	单位投资能耗	单位产品(发电)		
							实物消耗量	折标准煤	二氧化碳排放量
	(GJ) (10 <sup>4</sup> kWh) (吨)(吨)	(tce/GJ) (tce/10 <sup>4</sup> kWh) (tce/吨) (tce/吨)	(tce)	(吨)	(kgce/吨)	(kgce/万元)	(MJ/MWh) (kWh/MWh) (kg/MWh) (kg/MWh)	(kgce/MWh)	(kgCO <sub>2</sub> /MWh)
年耗热力	11074.90	0.0341	377.65	1218.24	1.13	3.97	102.63	3.50	11.29
年耗电力	3659.64	1.229	4497.70	22104.22	13.51	47.25	339.15	41.68	204.85
年耗柴油	200.00	1.4571	291.42	629.02	0.88	3.06	1.85	2.70	5.83
年耗液化石油气	4.65	1.7143	7.97	13.60	0.02	0.08	0.07	0.07	0.13
总计			5174.74	23965.08	15.54	54.36		47.96	222.09
市政自来水(万m <sup>3</sup> )	0.34								
市政中水(万m <sup>3</sup> )	25.37								
年自发电力(万kWh)	10790.70								
年外送电力(万kWh)	7131.06								
年自产热力(GJ)	11074.90471								
年外送热力(GJ)	0.00								
年自用热力(GJ)	11074.90								
年处理垃圾(万吨)	33.30								
建筑面积(m <sup>2</sup> )	33820.00								
总投资额(万元)	95189								

按上述计算最终可得全厂年总能耗的折标煤耗量,此外能评中还应计算单位垃圾能耗,单位投资能耗、单位发电量能耗,可用全厂年综合能耗分别除以年总垃圾处理量、项目总投资、年总发电量得出。本项目的计算结果列于表3中。

#### 4 项目二氧化碳排放计算

碳排放的评估边界为:项目单位边界内固定

设施的二氧化碳直接排放以及固定设施电力、热力消耗的二氧化碳间接排放。直接排放是指在项目单位边界内工业锅炉等固定设施消耗的各种化石燃料燃烧过程中排放的二氧化碳。在本目中包括液化石油气及柴油燃烧的二氧化碳排放,不包括垃圾焚烧产生的二氧化碳排放。间接排放是指在项目单位边界内固定设施电力和热力(蒸汽、热水)消耗所对应的电力或热力生产活动产生的二氧化碳排放。项目投入运营后的年碳排放总量



为直接排放和间接排放之和。分别计算如下：

(1) 直接排放按下式计算：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_{i=1} A_i F_i$$

$E_{\text{燃烧}}$ 是化石燃料燃烧二氧化碳年排放量，单位为吨二氧化碳(tCO<sub>2</sub>/a)；

$A_i$ 是化石燃料燃烧活动水平数据，是工业锅炉等固定设施所燃烧的第*i*种化石燃料的热量，单位为太焦(TJ/a) 具体计算见《指南》p66；

$F_i$ 是第*i*种燃料的排放因子，单位为吨二氧化碳/太焦(tCO<sub>2</sub>/TJ)；

$i$ 是化石燃料类型。

(2) 间接排放包括电力、耗能工质（以电计）和蒸汽热力。计算如下：

$$E_{\text{电和热}} = D_{\text{电力}} \times f_{\text{电力}} + D_{\text{热力}} \times f_{\text{热力}}$$

$E_{\text{电和热}}$ 是净购入使用的电力、热力（如蒸汽、热水）所对应的生产活动的CO<sub>2</sub>排放量，单位为吨二氧化碳(tCO<sub>2</sub>/a)；

$D_{\text{电力}}$ 是项目净购入的电力消耗量，单位为兆瓦时(MWh/a)；

$D_{\text{热力}}$ 是项目净购入的热力消耗量，单位为吉焦(GJ/a)；

$f_{\text{电力}}$ 是电力的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳/兆瓦时(tCO<sub>2</sub>/MWh)。暂用0.604 tCO<sub>2</sub>/MWh；

$f_{\text{热力}}$ 是热力（如蒸汽）的二氧化碳排放因子，单位为吨二氧化碳/吉焦(tCO<sub>2</sub>/GJ)。暂用0.11 tCO<sub>2</sub>/GJ。

用年总CO<sub>2</sub>排放量除以年发电量即可得单位发电量的二氧化碳排放量。

## 5 日处理垃圾量1000吨项目的能评经验数据

按照以上的分析计算方法，可计算出节能评估报告所需的主要能耗指标及其他主要经济指标，数据见表3。

需要注意的是，烟气处理是否采用SCR，园区污水是否“零排放”，是否有对外供热均会影响项目的节能专篇计算结果，要具体项目具体分析，上表结果是日处理1000吨规模的焚烧发电厂采用“SCR+污水零排放+无对外供热”配置的能

评计算结果。

## 6 结论与建议

生活垃圾焚烧发电项目利用垃圾焚烧处理的余热发电，本身就是一个节能、环保工程。在节能评估报告编制过程中，通过多种方案计算比选，如果在工艺方面采用具有国际先进水平，热效率较高的生活垃圾焚烧炉、余热锅炉，以及发电效率较高的汽轮发电机组等主设备，在辅助设备及生活器具上优先选择节能、节水型设备和器具，同时建筑设计上满足《绿色建筑评价标准》中一星级标准，就很容易达到项目节能评估相关指标的要求。

### 参考文献

- [1] 国家节能中心，国家发改委资源节约和环境保护司. 固定资产投资项目节能评估和审查工作指南. 中国市场出版社，2014.
- [2] 北京市发展改革委资环处（气候处）. 北京市固定资产投资项目节能评估和审查（含碳评价）工作指南》（2014年版）. 27-35，62-74.

# 大兴医药产业基地 公园雨水资源景观化设计

■ 殷丽燕 [规划]

**摘要:** 雨水资源收集利用逐渐成为缓解中国众多城市水资源问题的有效手段,但传统城市水体空间常将水利工程的功能性与景观设计美化功能割裂。本文试图通过“渗、滞、排、蓄”的景观工程技术手段,对雨水安全利用进行量化计算,以北京大兴生物医药产业基地公园设计为例,使景观系统兼具水利功能,构建雨水景观化利用系统,以解决区域雨洪安全,保证区域生态系统的健康、可持续发展。

**关键词:** 雨水收集利用;景观化;雨洪安全

## 1 雨水资源景观化设计背景

水资源是城市发展的命脉。北京是一个严重缺水的城市,既面临着季节性水源不足的问题,又同时存在着城市化引发的雨水安全问题。2012年7月北京的洪灾使得人们意识到雨水的治理与循环利用的紧迫性。

城市雨水资源化作为防洪和缓解水资源危机的措施正逐渐被采用。城市雨水资源化是指:“通过工程性和非工程性措施,分散实施,就地拦蓄、储存、下渗、回灌、调蓄和利用,以最大、最优利用雨水资源为主。”<sup>[1]</sup>雨水资源化有利于补充地下水、改善区域环境和降低热岛效应。

由于水利工程的功能有限,汛期时雨量大而集中,市政排水系统压力巨大,洪涝灾害频繁发生。如果能够通过景观技术手段,将水体融于自然环境体系,设计上兼顾水利工程的防洪减灾功能,就能形成雨洪和景观水系一体化,为市民提供安全美观、可持续发展的休闲娱乐空间。

## 2 雨水资源与景观系统和谐构建策略

水利工程的功能性与景观设计的美化功能结

合是本文的核心,从“加强资源利用、控制径流污染、确保防汛安全、提升公共空间”的总体思路出发,将基地内水文和自然系统合理组织,结合城市水环境的视觉效果和空间布置,将水融于自然环境体系,紧密与景观结合,实现切实可行的可持续性发展。

### 2.1 雨水资源景观化利用的流程与处理方法

利用雨水首先要考虑增加雨水的入渗量,加强水土保持能力。当降雨强度大于雨水入渗能力时,则通过“排”和“滞”的处理方法沉淀、过滤、净化雨水。当暴雨出现,雨水量超过“排、滞”设施容量时,则汇集至蓄水池或湖体中,形成景观化的水体空间。

雨水资源景观化利用四个阶段的流程如下:  
渗→滞→排→蓄

每个阶段需要根据雨量、雨质要求,运用相应的景观设计手法进行设计。

#### 2.1.1 渗

“渗”是增强下垫面的入渗能力,减少径流系数的措施。增加雨水入渗,不仅能减轻市政排水系统压力,还能降低市政排水系统污染负荷。景观常通过设置绿地、透水铺装、渗沟、渗井等来实现这一目标。

##### 2.1.1.1 绿地

绿地是最好的雨水渗透层,不仅渗透能力强,而且植物的根茎对雨水中杂物能起到一定的净

作者简介:殷丽燕,女,高级工程师,2005年毕业于荷兰瓦格宁根大学景观建筑专业,现就职于中航规划综合规划院。

化作用。

#### 2.1.1.2 铺装

路面、广场铺装采用透水材料，增加地面透水性。渗水能力强的面层可以考虑：植草格、嵌草砖、透水砖、透水混凝土等；垫层为砂或砾石。铺装材料和形式的多样化提升了景观的视觉效果。

#### 2.1.1.3 渗沟(井)

道路、广场边界设置碎石填充的渗沟(井)，具有去除径流中杂质、增加雨水入渗目的。汛期时，部分雨水直接入渗补充地下水，多余雨水经过滤砂床，进入地下蓄水池。

#### 2.1.2 滞

“滞”则以降低暴雨径流速度、延长滞留时间为目标，可以采用的景观设计手法有下凹式绿地、植草台地等。

##### 2.1.2.1 下凹式绿地

“合理降低绿地高程、选中较耐淹的草种，就可以使绿地尽可能多地滞蓄汛期雨水”<sup>[2]</sup>，通过营造微地形或将路缘石改造为下凹植栽带，使雨水下渗效率提高。种植可采用本土耐短期淹没的植被。

##### 2.1.2.2 植草台地

径流通过植草台地沉淀、植物根系过滤、吸收及生物降解等作用，污染量降低，达到控制污染的目的。植草台地在无水时还可充当散步、野餐或运动场地。

#### 2.1.3 排

“排”是利用或营造场地高差，重新梳理引导水流。场地周边道路、广场的雨水通过明暗沟渠、渗沟进行汇集，绿地中雨水通过植草台地逐步过渡到溪流，最终汇集到湖区。

##### 2.1.3.1 明沟

地表明沟结合城市水景构成人工景观的一部分。前提是尽量减少高耗水景观，节约珍贵的水资源。

##### 2.1.3.1 暗沟

渗管和涵洞的设置使水系顺畅联通。

#### 2.1.4 蓄

“蓄”是通过集中或分散的方式增加滞洪空间，延长滞洪时间。

##### 2.1.4.1 集中调蓄

结合城市天然湖泊、河道和洼地建立景观水体空间，使它们在暴雨中充当淹没区。通过多样化的地形设计和本土化植被的合理配植，营造季相变化丰富的无水、少水和丰水景观效果并适应不同季节的生态需求。地下蓄水池是收集雨水的钢筋混凝土

土构筑物，与渗沟相连，结合竖向、用水点等条件设置。对雨水收集、过滤、沉淀、消毒，使水质达到旱季绿化浇灌、水体补充的要求。

##### 2.1.4.2 分散调蓄

将雨水集蓄区化整为零，与景观结合建立分散雨水处理设施，充分利用雨水收集的集聚效应。

## 2.2 雨水资源景观化利用的量化计算

雨水利用不仅要有方法的论证还需要量化数据支持，才能科学地确定水体规模、深度和形态。

### 2.2.1 雨水供给量

根据本地降水量、范围内建筑屋面面积、道路面积和景观汇水面积来设计。雨水收集量计算公式为： $V = \varnothing H A a \beta$ 。（ $V$ ：可以收集的雨水量， $\varnothing$ ：径流系数， $H$ ：降雨量， $A$ ：径流面积， $a$ ：季节折减系数， $\beta$ ：初期雨水弃流系数。）其中，径流系数的确定与下垫面入渗系数密切相关，可参考《室外排水设计规范》；季节折减系数则根据土壤的透水率计算。

### 2.2.2 景观补水量

主要包括水体蒸发量和渗入量两部分：水体蒸发量的数值呈明显的季节性不同，北京地区以8~11月份为最多，月均约105~109mm；渗入量则根据土壤渗透系数等条件计算水体渗漏耗损量。原生土壤渗透系数为 $0.01\text{m}^2/\text{d}^{[3]}$ ，可以计算出水体渗入量。

### 2.2.3 水量平衡

经过供水量和补水量计算，能够计算出雨水供给量是否能满足景观需求。水量平衡分析的公式如下： $\Sigma$ 输入量- $\Sigma$ 输出量= $\Delta$ 水量差，其中： $\Sigma$ 输入量=汇集雨水量+补水量， $\Sigma$ 输出量=蒸发量+渗入量。

### 2.2.4 雨水存储容量设计

根据水量平衡计算，调整合理的雨水存储容量，包含地下调蓄池、地表水泡、河、湖等空间。考虑到经济成本和整体性的问题，设计容积不应盲目增大，应以“安全、经济”为基本原则。

## 2.3 水质控制

由于道路、空气中存在大量杂物和有害物质，控制初期雨水是雨水利用系统和城市径流污染控制的重要措施。增设初期雨水弃流装置可以有效去除径流中大部分污染物，保障整个系统顺畅运行。

此外，前文提到的利用植物、土壤、高差等方式进行的雨水沉淀、植物根系过滤吸收及生物降解等作用，也能使径流水质得到净化，达到控制污染的目的。

### 3 雨水资源景观化设计实践

生物医药产业基地位于北京南部大兴区南六环和京开高速公路相交的西南角，生物医药产业基地公园占地面积约24ha，处于整个生物医药基地东西向规划绿轴上。场地原为零散村落和果园，竖向低于周边道路，东端为场地最低点，低于周边1.5m。经过场地踏勘及资料分析，设计目标随着设计的推进被逐步制定为：1)解决区域雨洪安全；2)营造区域生态系统健康可持续发展；3)提升城市综合公共空间；4)体现生物医药产业特点。

#### 3.1 水系规划

景观设计提炼“生命简史”为理念与生物医药文化相契合，根据地块自西向东划分为：生命起源、生命律动、生命华彩及生命展望四个主题区（见图1）。

整个景观体系犹如一本医药史书，将医药人文、历史、科技等元素按照医药发展线索、贯穿整个简史，形成中央绿化景观带。四个不同主题区的篇章自成体系形成不同特色的主题公园。

各主题区的水系突破了单一的线形景观水形

态，利用场地西高东低的高差，自西向东布置了不同类型的水景，由“涌泉”过渡到“溪流”，进而形成“水泡”，最终汇集为“湖体”（见图2）。构成一个完整连通、变化丰富的水景观体系。同时，这样的水系规划也为雨水资源的收集利用提供了渗→滞→排→蓄的合理空间。生物医药产业基地公园水体形态意象图见图3至图6。

由于用地周边没有可用于补充的自然水源，且场地内土质为渗透性强的砂壤土，因此，采用雨水资源补充景观用水，且将水利工程的功能性与景观系统和谐构建是本次景观设计的重点。

在设计初期，探究场地内雨水走向，遵循水系自西向东流淌的自然通道，结合景观设置微地形和低凹地。通过土方平衡，营造了一系列蓄水空间和起伏地形，在公园与周边城市群间形成一条生态过滤带和景观界面（见图7、图8）。

#### 3.2 水量平衡

大兴地区属温带季风性气候，多年平均降雨量为595mm，降水季节分布不均衡，以6~8月份为最多，可收集利用的雨水总量为全年的70%，这

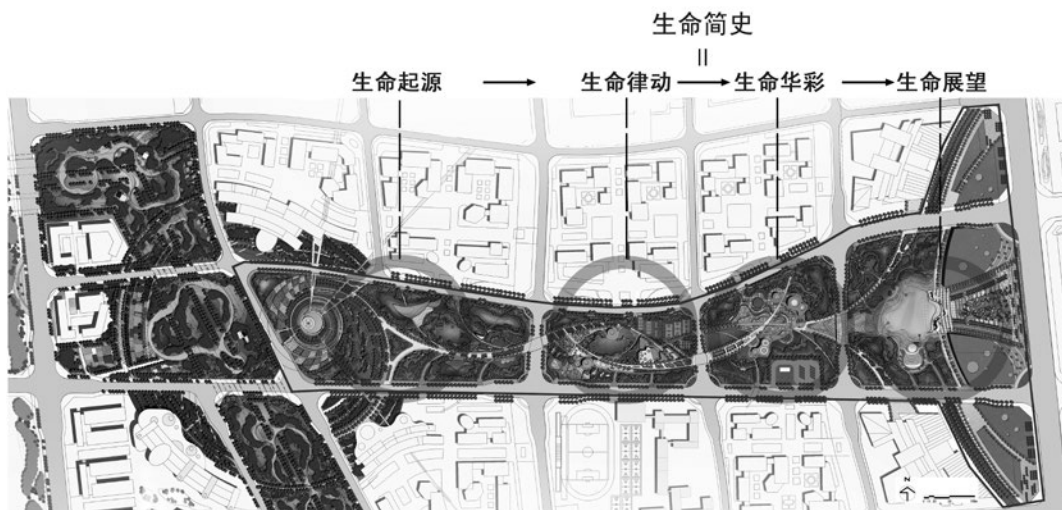


图1 生物医药产业基地规划理念阐释



图2 生物医药产业基地公园水体形态平面图：涌泉→溪流→湿地→湖体

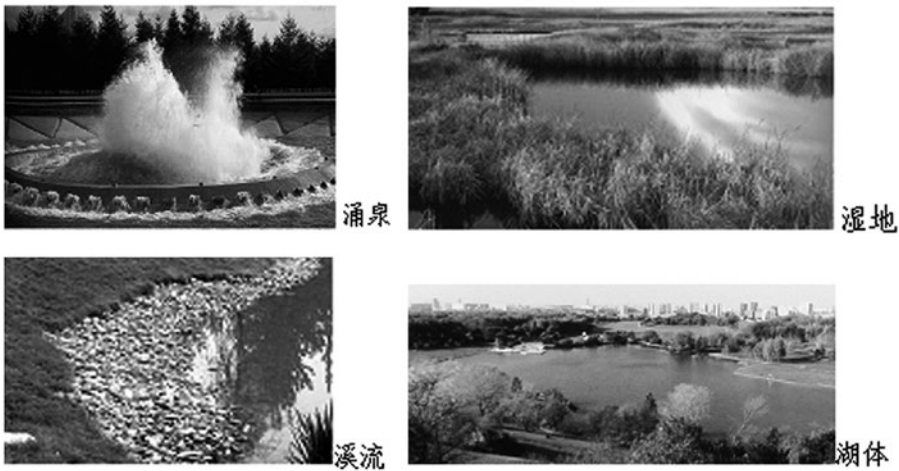


图3-6 生物医药产业基地公园水体形态意象图

些雨水可以充分利用形成景观水面。北京地区各月降水量见表1。

计算各地块雨水收集量，公式： $V = \phi H A a \beta$ ，  
 为径流系数取0.45；H为降雨量；A为径流面积；a为季节折减系数取0.85； $\beta$ 为初期雨水弃流系数取0.87。大兴生物医药产业基地公园分区降水收集量见表2。



图7 生物医药产业基地公园总平面图



图8 生物医药产业基地公园效果图

表1 北京地区各月降水量 单位 (mm)

时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水量	3	6	9	22	36	74	179	177	53	23	8	2

表2 分区降水收集量 单位 (m<sup>3</sup>)

分区 雨水收集量	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
生命起源区 (径流面积74248m <sup>2</sup> )	64	148	222	541	886	1821	4406	4357	1305	566	197	49
生命韵律区 (径流面积32052m <sup>2</sup> )	28	64	96	234	383	786	1902	1881	563	244	85	21
生命华彩区 (径流面积34345m <sup>2</sup> )	44	101	151	370	605	1244	3009	2976	891	387	135	33
生命展望区 (径流面积71985m <sup>2</sup> )	48	110	166	405	664	1364	3300	3263	977	424	147	37

表3 分区蒸发量 单位 (m<sup>3</sup>)

分区 蒸发量	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
生命起源区 (设计 水面积6000m <sup>2</sup> ,水深0.6m)	139	199	355	515	651	629	628	640	548	430	277	187
生命韵律区 (设计 水面积2500m <sup>2</sup> ,水深0.6m)	58	83	148	215	271	262	262	267	228	179	115	78
生命华彩区 (设计 水面积2000m <sup>2</sup> ,水深0.6m)	62	89	158	229	289	279	278	285	243	191	123	83
生命展望区 (设计水 面积6000m <sup>2</sup> ,水深1.0m)	123	177	315	457	579	559	558	569	487	383	246	167

为使景观水面既能充分利用雨水资源又能避免补充大量水资源造成损耗,经过综合比较,本方案设计水面得出合理值,并分别计算其蒸发量见表3。

根据0.01m<sup>2</sup>/d的原生土壤渗透系数和总设计水面积1.62hm<sup>2</sup>计算得出,若不做防水,渗入量高达4.6万m<sup>3</sup>/年,已超过了雨水总收集量(4.17万m<sup>3</sup>/年)。因此,需要在湖区局部设防水湖底,以满足景观湖储存水体和保证视觉效果的需要。此外,在每个主题区根据汇水面积设置一个存储量为300m<sup>3</sup>的地下调蓄池,可总共蓄水1200m<sup>3</sup>。

本方案采用防水毯作为湖底防水材料,其渗透系数为6×10<sup>-9</sup>cm/秒左右,计算出渗漏量仅为40m<sup>3</sup>/年。其他区域水体渗透量为2.92万m<sup>3</sup>/年。基地内水体总渗透量为2.924万m<sup>3</sup>/年。

根据水量平衡公式算得:水量差=汇集雨水量(4.17万m<sup>3</sup>/年)-蒸发量(1.31万m<sup>3</sup>/年)-渗入量(2.924万m<sup>3</sup>/年)=-0.064万m<sup>3</sup>/年。理论上每年仅需对景观湖进行少量补水。

### 3.3 水质控制

由于场地内用地以绿化为主,收集雨水水质较好,设计中通过简单的生物或物理过滤达到净化目的,仅对周边道路的雨水进行初期弃流控制。

#### 3.3.1 生物过滤

本次设计注重植物的种类搭配和立体化层次搭配,用地边缘采用高大乔木、中层灌木、低层草坪地被相结合的种植方式。多层次、密致的植被不仅能形成安静的围合空间,植物的根茎还对周边用地汇集的雨水也起到了良好的过滤作用。

滨水地区则采用浅水植物或短期耐水湿本土植被,一方面可以净化水体,另一方面植物的叶子遮盖水面可以减少蒸发量。

#### 3.3.2 物理过滤

##### (1) 下凹式绿地

景观设计通过营造微地形,形成下凹面以汇集雨水,提高植物的过滤功能。种植可采用本土耐短期淹没的植被如:野菊、芦苇、茅、荻、蓼等。

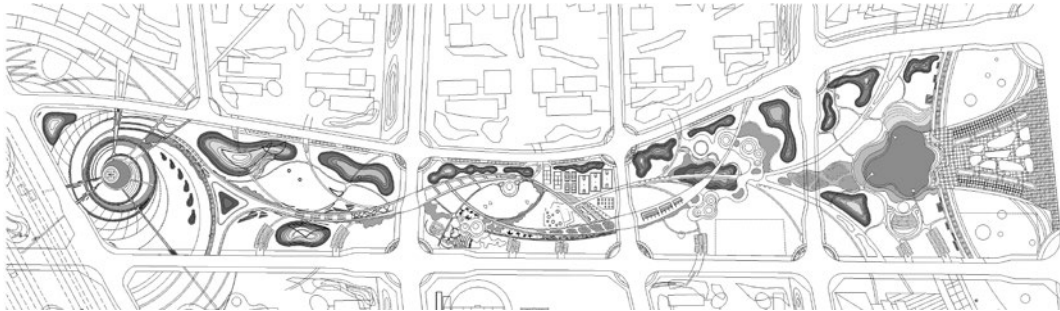


图9 生物医药产业基地公园微地形及汇水区平面布置图

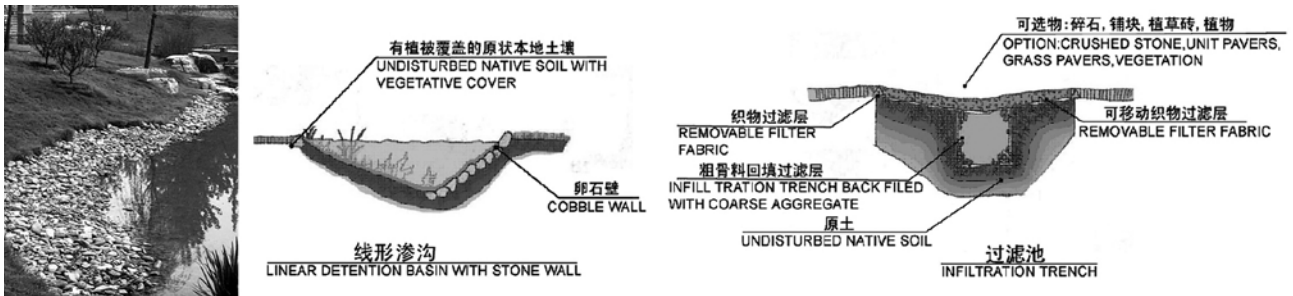


图10 生物医药产业基地旱溪及地下过滤池意象

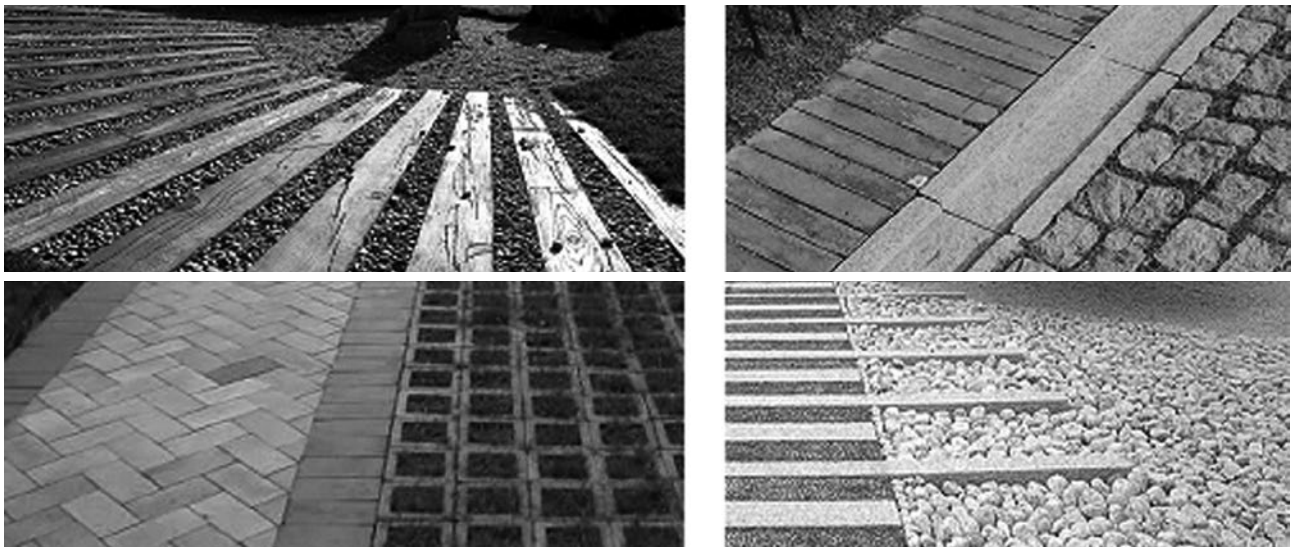


图11 生物医药产业基地公园铺装材质

生物医药产业基地公园微地形及汇水区平面布置图见图9。

(2) 种植台地

在生命起源区和华彩主题区设计种植台地。通过植物根系过滤、沉淀、吸收及生物降解等作用，延长了雨水入渗时间、降低了水体内污染物质含量，达到控制污染的目的。在无水时节，台地可以做活动场地。

(3) 旱溪及地下过滤池（见图10）

沿生物医药基地道路及广场边缘设置了碎石

填充的旱溪（功能同渗沟），具有去除径流中杂质、增加雨水入渗目的（见图11）。汛期时，部分雨水直接入渗补充地下水，多余雨水经过滤砂床，进入地下过滤池。

3.3.3 雨水弃流系统

本方案对周边道路雨水进行初期雨水弃流控制。初期雨水弃流系统由初期弃流、过滤井、调蓄池构成。降雨量未达6mm标准时，雨水被弃流，经过滤井、调蓄池调蓄后排入污水系统；当降雨量超过6mm标准的雨水则汇入雨水管网，部分雨水

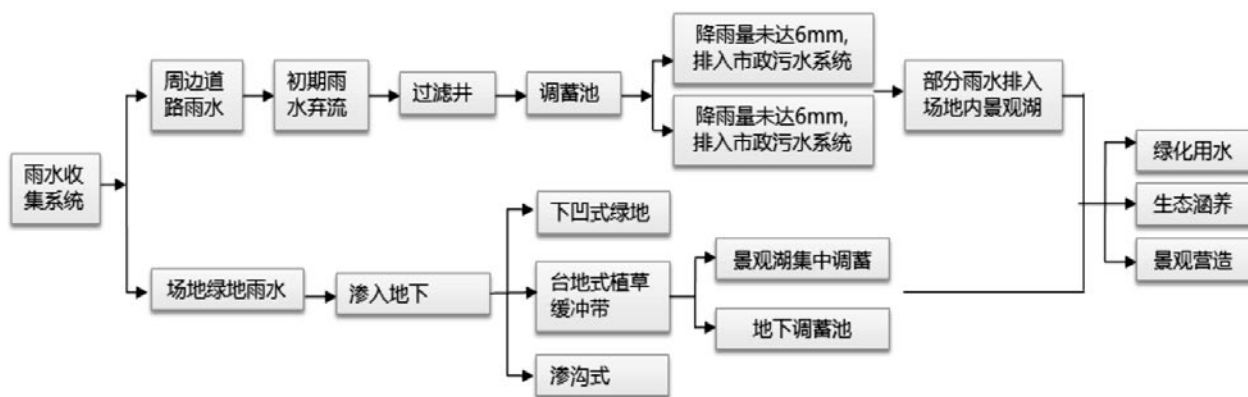


图12 水质控制流程图



图13, 14 种植台地意象图

排入用地内景观水系。雨水排入处位于生命华彩主题区，在这里种植大面积芦苇、鸢尾、千屈菜、菖蒲、鸢尾或短期耐湿植被，通过生物净化功能提高水体质量（见图12）。

### 3.4 生物医药基地公园的雨水资源景观化应用

生物医药基地公园是景观要素与雨水收集系统形成的一系列城市公共滨水空间的组合。雨水收集系统的“渗、滞、排、蓄”设施以各种景观形式和手法自然地融入到景观空间中。

#### 3.4.1 渗

##### (1) 透水铺装

为了增加公园内可透水、透气面积，园内人行路、广场铺装采用了透水材料。充分利用雨、雪降水，增大地表相对湿度，补充园区地下水资源，发挥透水性路基的“蓄水池”功能。透水材料的使用改善了园区地表植物和土壤微生物的生存条件和调整生态平衡。能够减轻降雨季节道路排水系统的负担，明显降低暴雨对园区水体的污染。

##### (2) 旱溪渗沟

沿广场边缘及园路单侧设置了碎石旱溪，既

起到排渗雨水的作用也形成溪流自然的野趣景观。

##### (3) 种植台地（见图13、14）

在生命起源主题区围绕柱阵喷泉节点，结合场地竖向，由内向外设置层层抬高的草坪地被台地，雨水流经台地延长了入渗时间，多出的雨水经简单的沉淀处理后汇集到喷泉池中。

在生命华彩主题区中部，结合康养设施设计了一片近4000m<sup>2</sup>的香薰园。香薰园被设计为高低错落的台地，台地上分区种植具有闻香功能的植物，置身其中不仅具有保健的疗效，还在无形之中还具备了雨水渗透功能（见图15、16）。

#### 3.4.2 滞

结合竖向条件和景观功能设置2~3m高地形引导水流，通过下凹0.6~1m的绿地滞留雨水。不仅在雨季能够形成小水面和湿地景观还充分考虑了乡土耐湿植被群落的设计，使得景观层次更加细腻。

#### 3.4.3 排

根据场地西高东低的竖向条件，遵循水系自西向东流淌的自然通道，设计安排地形，引导水流向景观湖面汇集。





图15、图16 生物医药产业基生命起源区和华彩主题区种植台地

#### (1) 园路设计

园路设计尽量平行于场地等高线,不仅减少土方挖掘量,还能有效减少了雨水对路面的横向冲刷。对于大量雨水径流穿越路面的区域,可以采用汀步或面层下设通水管道的方式予以解决。

#### (2) 道牙设计

将园路、广场的道牙设计为平道牙,使得铺装面接收的雨水能够顺畅流入绿地,避免突起的道牙对雨水径流进行阻隔。

#### 3.4.4 蓄

本项目通过在每个主题区设置地下蓄水池和集中的景观湖进行雨水调蓄。

##### (1) 景观湖

结合场地东部—生命展望区原有洼地建立景观湖,丰水季水维持高位运行,水深1.2~1.5m;枯水季水面需要进行适当的人工补水,使水面维持在0.6m。

景观湖驳岸设置湿生植物净水台地、亲水平台、植物浅滩湿地和局部硬质台阶入水。通过多样化的驳岸设计和本土化植被的合理配植,营造季相变化丰富的无水、少水和丰水景观效果并适应不同季节的生态需求。同时营造多层次的滨水景观空间,满足人们的亲水要求。

##### (2) 地下蓄水池

在每个主题区用地内竖向最低点设一个雨水存储量为300m<sup>3</sup>的地下蓄水池,与渗沟相连。对雨水过滤、沉淀、消毒,以便在旱季为绿化浇灌、水体补充提供水源。

## 4 结语

与很多项目不同,本项目没有依托周边天然水体系统,而是以雨洪安全解决和区域生态可持续发展为途径的城市综合公园,是在高强度人工环境下的人与自然和谐共生的尝试。虽然由于资金限制问题,本项目最终没有实施,但本文探讨了将自然雨水资源与景观系统相互和谐、综合利用的方法,并提出“增加生物多样性”“保护乡土植被”等理念。为正在建设的大兴生物医药基地区域的雨洪安全和雨水资源景观化提供了整体、完善的保全与措施。

#### 参考文献

- [1] 杨文哲,陈淑芬,张克峰等.抑制城市内涝的有效措施:雨水资源化[G].中国人口.资源与环境,2011年第21卷,第3期.
- [2] 赵廷红,牛争鸣.实现城市雨水资源化的基本途径[J].中国给水排水2001年第10期.
- [3] 出版者不详.关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约(国际湿地公约)》[C].上海市湿地利用和保护研讨会论文集.上海,2002.

# 浅谈某垃圾焚烧发电工程 主变系统倒送电调试方案

■ 董俊峰 赵亮亮 [电气]

**摘要:** 随着我国城市化进程,城市生活垃圾日益增多,为解决大量生活垃圾,近年来国内生活垃圾焚烧发电工程呈井喷式发展。本文主要介绍国内某垃圾焚烧发电工程主变系统倒送电调试方案,为同类项目提供帮助和借鉴。主变系统倒送电调试过程涉及范围广、参与人员多、操作过程复杂,并且是垃圾焚烧发电工程试运行的前提与保证。因此需根据电厂的实际情况,制定严谨的倒送电调试方案,以保证主变系统倒送电过程安全、有序地进行,进而保证垃圾焚烧发电工程试运行顺利进行。

**关键词:** 垃圾焚烧;倒送电;安全措施

## 0 引言

“倒送电”就是反送电过程。电厂送电是将电厂发出的电向系统送电,“倒送电”就是从系统向电厂供电。

出现倒送电主要有三个原因,其一,电厂基建过程中,施工电源容量较小,一般为1600kVA左右,后期工程进行单体和整体调试的用电量达20000kVA。这时施工电源容量无法满足要求,就需要系统通过送电线路、电厂的主变压器将电倒送过来;其二,电厂发电之前,电厂的辅助设备需要系统倒送电获得电源,为发电并网提供条件;其三,电厂在大修时,发电机处于不发电的状态,同样需要倒送电,解决电厂检修电源的问题。下面结合国内某垃圾焚烧发电工程主变系统倒送电调试过程对倒送电调试目的、调试步骤以

及安全措施等进行介绍。

## 1 工程概况

该生活垃圾焚烧发电工程总装机容量为2台15MW汽轮发电机组。厂内设110kV配电装置,采用单母线接线,110kV电压出线1回,对端接入某110kV变电站110kV备用间隔。同时从另一变电站引1回10kV线路作为电厂的保安电源,当110kV并网线故障时保证电厂的安全停机。

厂用电装设6台1600kVA  $10.5 \pm 2 \times 2.5/0.4$ kV 低压厂用变压器,其中1台变压器,接在10kV备用母线上,作为其他5台低压厂用工作变压器的明备用。电气主接线见图1。

## 2 倒送电调试目的

为满足生活垃圾焚烧发电工程机组分部试运要求及为分部试运提供可靠的电源,确保送电

作者简介:董俊峰,男,助理工程师,2010年毕业于西南民族大学电气工程及其自动化专业,现就职于中航规划市政工程设计研究院。

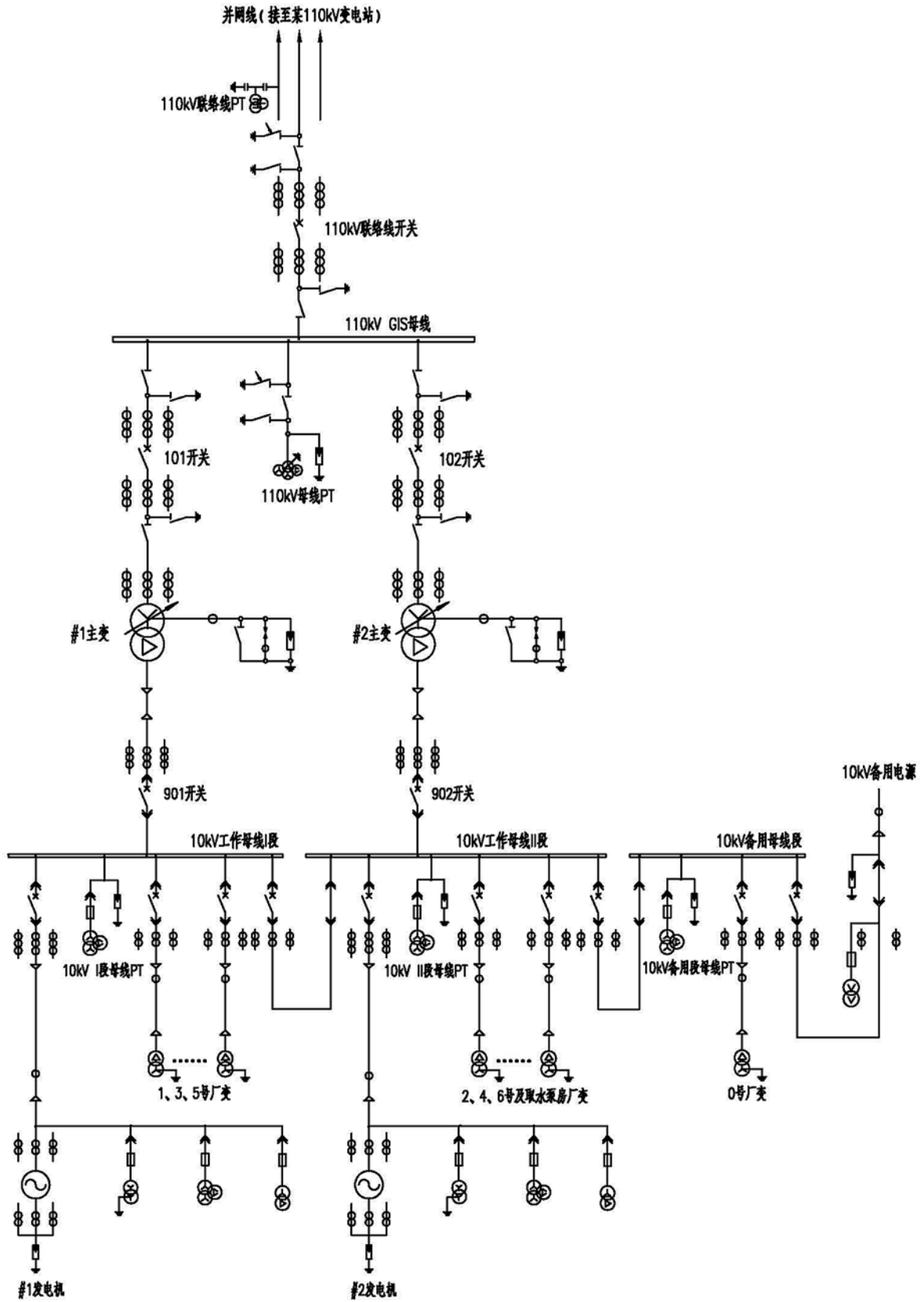


图1 某垃圾焚烧发电厂电气主接线图

过程安全、有序、高质量地完成，通过倒送电调试：完成对主变在额定电压下的冲击试验，考验主变继电保护装置躲避励磁涌流的能力；完成检查110kV母线、电压互感器、避雷器、10kV I、II段工作电源进线、各厂变在额定条件下运行情况；完成对10kV母线 I、II段与备用段母线之间的核相、400V各段母线与400V备用电源之间的核相；完成厂用电切换试验，检查厂用电备自投/切换装置工作情况，为垃圾焚烧电厂整套启动作准备工作。

### 3 倒送电调试前应具备条件及检查内容

(1) 110kV线路保护联调已完成，线路倒送电申请已获供电局批准。

(2) 通过电力建设工程质量监督中心站的监督检查与验收。

(3) 110kV母线、#1、#2主变、10kV I段、II段、备用段母线、厂用电系统倒送电方案经审核已予批准。

(4) 建设方有明确的设备带电后管理方式、有明确的管理部门及有完整工作团队。

(5) 倒送电范围内受电有关的一、二次电气设备的安装接线全部结束，并经工程验收合格，施工技术记录、验收签证齐全，二次接线图完整，接地网接地电阻合格，所有与受电无关的物件及建筑垃圾清理干净，受电期间，所有与受电无关的人员应撤离受电现场。

(6) 倒送电系统内所有一次设备的试验工作结束，并符合交接试验标准的要求，试验记录齐全。

(7) 倒送电系统内所有继电保护装置及测量表计、变送器、非电量继电器均按部颁规程校验，已按整定单整定合格，并能正常投用，所有压板在正确位置。

(8) 倒送电系统内所有保护、控制、信号等回路经二次通电，回路试操作，动作正确，符合设计要求，已经验收合格。

(9) 直流系统可以正常投用。

(10) 倒送电系统的电气后台及远控装置调试结束，能正常操作。

(11) 与倒送电有关的一、二次设备应有与系统图一致的运行编号，相色正确，并按规定刷漆完毕，所有设备与图纸设计相符，仪表和保护出口压板，应有名称和用途标志。

(12) 带电及准备带电的设备，应挂上相应的标示牌、警告牌设置临时遮栏，应加锁的均应锁上。

(13) 倒送电范围内的土建及建筑装饰工程已完成，并经质量检验部门验收合格，道路应畅通，照明通风具备投用条件，所有沟道盖板全部盖好。

(14) 倒送电范围内的设备、场所按规定配齐足够的消防器材。

(15) 相应的设备运行规程记录，报表应齐备，配备合格的运行人员进行操作、值班。

(16) 倒送电前检查受电范围内设备在冷备用状态。

## 4 倒送电范围及调试步骤

### 4.1 倒送电范围

110kV联络线受电；110kV母线受电；#1主变冲击受电；#2主变冲击受电；10kV I段母线受电；10kV II段母线受电；10KV备用段受电。

### 4.2 倒送电调试步骤

#### 4.2.1 110kV联络线、110kV母线、#1主变及10kV I段母线受电步骤

(1) 检查110kV联络线、110kV母线相位、相色与#1主变高压侧一致。

(2) 检查10kV I段母线相位、相色与#1主变低压侧一致。

(3) 检查110kV联络线、110kV母线系统、#1主变、#2主变、10kV I段系统、10kV II段系统、10kV备用段系统设备均在冷备用状态。

(4) 检查110kV联络线线路PT、110kV母线及其所属PT绝缘合格；#1主变及#1主变高低压侧母线及电缆绝缘合格。

(5) 汇报调度本侧受电范围内设备已全部转至冷备用，具备冲击条件，投入110kV联络线线路PT。联系调度合上110kV联络线对侧开关，对110kV联络线进行冲击，正常后，对110kV联络线PT进行检查，并检查电压正确，检查有关设备正常后汇报调度。110kV联络线进行冲击两次后，110kV联络线对侧开关拉开。

(6) 接到调度命令110kV联络线对侧开关已拉开，把110kV联络线进线本侧开关转为热备用时，投入110kV母线PT，然后将110kV联络线本侧开关转运行，汇报调度。

(7) 接到调度110kV联络线已进行第三次冲击(110kV母线第一次冲击受电)通知后,对110kV母线及PT进行检查,并检查PT二次电压相位、相序正确。检查110kV母线PT与110kV联络线PT二次电压正确一致,检查正常后汇报调度。对110kV联络线冲击共进行三次,最后一次冲击正常后,不要拉开,联系调度值班员保持线路充电运行。

(8) 拉开110kV联络线本侧开关,间隔5分钟后合上110kV联络线本侧开关对110kV母线进行第二次冲击,共冲击3次,每次间隔5分钟。最后一次冲击前,将#1主变高压侧101开关转热备用。

(9) 检查#1主变保护已按调度命令正确投入。

(10) 合上#1主变110kV侧101开关对#1主变进行冲击,检查#1主变及有关设备正常。#1主变第一次冲击正常后静止10分钟,检查运行正常后拉开#1主变高压侧101开关。

(11) 对#1主变进行冲击5次,以后每次间隔5分钟,录取#1主变冲击波形,最后一次冲击正常后保持运行。最后一次冲击前,将#1主变低压侧开关901开关转热备用。

(12) 合上#1主变低压侧901开关对10KV I段母线进行冲击,检查正常后拉开#1主变低压侧901开关。

(13) 对10KV I段母线共进行3次冲击,每次间隔5分钟。

(14) 110kV联络线、110kV母线分别受电后,进行110kV联络线、110kV母线PT二次核相。

#### 4.2.2 #2主变及10KV II段母线受电步骤

(1) 检查110kV母线相位、相色与#2主变高压侧一致。

(2) 检查10kV II段母线相位、相色与#2主变低压侧一致。

(3) 检查#2主变及#2主变高低压侧母线及电缆绝缘合格。

(4) 检查#2主变保护已按调度命令正确投入。

(5) 将#2主变高压侧102开关转热备用。

(6) 合上#2主变110kV侧102开关对#2主变进行冲击,检查#2主变及有关设备正常。#2主变第一次冲击正常后静止10分钟,检查运行正常后拉开#2主变高压侧102开关。

(7) 对#2主变进行冲击5次,以后每次间隔5分钟,录取#2主变冲击波形,最后一次冲击正

常后保持运行。最后一次冲击前,将#2主变低压侧902开关转热备用。

(8) 合上#2主变低压侧902开关对10KV II段母线进行冲击,检查正常后拉开#2主变低压侧902开关。

(9) 对10KV II段母线共进行3次冲击,每次间隔5分钟。

#### 4.2.3 10kV I段母线、10kV II段母线、10kV备用段母线受电后进行核相

(1) 进行10kV I段、10kV II段、10kV备用段母线PT在异电源下的二次核相,检查各母线PT相序、相位是否正确。

(2) 进行10kV I段、10kV II段、10kV备用段母线在异电源下的一次核相,检查各母线相序、相位是否正确。

(3) 受电结束,根据调度命令确定设备运行状态,并将不带电设备转至冷备用或检修状态,悬挂相应警告牌。

## 5 调试质量目标及验评标准

在变压器、母线受电及冲击试验时,应做到PT二次回路不短路并且电压正常,相序正确,各段相位正确,核相结果正确;各电气开关操作灵活,动作正常,故障时能及时动作;所有表计指示灵活、正确;变压器运行内部无杂音;变压器冷却装置能正常投运;所有继电保护动作应正确等。

## 6 安全措施

为了确保倒送电调试过程中人员及设备的安全,预防倒送电过程出现误操作、触电、电弧烧伤等危害,制定如下安全措施:

(1) 倒送电范围内的各类设备应设警戒绳,开关室、继保室需加锁的均应锁上。倒送电前检查所有刀闸均应在断开位置,所有开关均在分闸位置。

(2) 所有带电的电气设备任何人不得擅自扳动开关和按钮。

(3) 升压站、高低压开关室、控制室严禁无关人员入内。

(4) 在试验接线等工作中,必须注意CT回路不得开路、PT回路不得短路。

(5) 严禁带负荷操作任何隔离刀闸。

(6) 受电设备与非受电设备之间, 应有明显可靠的安全隔离设施, 确认非带电系统无串电的可能, 并应设警告标志。

(7) 开关第一次带电操作时, 应用远控操作, 不得在就地操作。

(8) 对一次设备充电时, 现场应有专职人员监视和检查, 发现异常必须停止试验, 待查明原因及处理后才能继续进行试验。

(9) 倒送电结束后, 要拆除所有临时外接仪表小线, 使接线恢复正常, 改动的设备要恢复正常。完善后, 安装公司与电厂签订设备代保管协议, 符合条件后将有关运行区域和设备交生产单位代保管。

(10) 倒送电结束后, 110kV系统、#1、#2主变及有关设备应根据调度命令确定设备的运行状态, 以后送电由值长按调度规定正常操作。10kV、400V系统的有关设备的运行方式, 根据电厂调试的需要确定, 并作好安全措施。

(11) 参加受电人员应有明确分工, 服从统一管理, 操作命令应由指挥统一发布, 操作人员按程序操作, 并有专人监护操作。

(12) 受电前应有详细的操作程序并经受电领导小组批准后执行;

## 7 结论

综上所述, 主变系统倒送电调试过程涉及范围广、参与人员多、操作过程复杂, 因此需要根据电厂的实际情况, 制定严谨的倒送电调试方案。同时, 应认真分析操作过程中存在的危险源, 制定出切实可行的安全措施, 实施过程中严格按照倒送电调试方案进行操作, 才能保证倒送电调试过程的顺利完成。

### 参考文献

- [1] 《火力发电厂建设工程启动试运及验收规程》 [DL/T 5437-2009].
- [2] 《火电工程启动调试规定》 建质[1996]40号.
- [3] 《火电工程调整运行质量检验及评定标准》 建质[1996]111号.
- [4] 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》 [GB50150-2006].
- [5] 《电业安全工作规程(发电厂和变电所电气部分)》 [DL408-2005].

[6] 《电力建设施工质量验收及评定规程》 [DL/T 5210.3-2009].

[7] 《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》 [GB50147-2010].

[8] 《电气装置安装盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》 [GB50171-2012].

[9] 戈东方. 电力工程电气设计手册: 电气一次部分. 中国电力出版社. 1989.

[10] 姚春球. 发电厂电气部分. 中国电力出版社. 2007.

[11] 刘世雄. 浅谈神华榆林分公司自备电厂厂用电倒送电方案. 电气工程及自动化. 2015.

# 火工区电气设计

■ 赵安 李冬 [电气]

**摘要:** 火工区电气设计主要包含弹药、引信等火工品工厂的电气设计。本文主要介绍火工区的变配电设计、电气设备选型、危险场所的线路敷设及防雷接地系统。通过工程实例的介绍,引起设计者的注意,预防事故发生,减少事故损失。

**关键词:** 变电所;电气设备的选型;线路敷设;防雷接地

## 0 引言

本文对火工品厂房电气设计进行介绍。火工品厂房按危险场所可以划分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类。本文主要针对Ⅱ类和Ⅲ类危险场所进行介绍。设计内容包括:变电所设计、电力配电系统、照明系统、防雷、接地系统及相关弱电设计。

## 1 危险场所的划分

根据《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》第2.1.1条:火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂中建筑物的危险等级划分为A1、A2、A3、B、C1、C2、D七级。A1级、A2级、A3级建筑物统称为A级建筑物,C1级、C2级建筑物统称为C级建筑物。

第12.1.1条规定:危险场所分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类,其中:Ⅰ类危险场所:常或长期存在能形成爆炸危险且危险程度较大的火药、炸药及其粉尘的工作间;Ⅱ类危险场所:有时可能存在能形成爆炸危险的火药、炸药及其粉尘的工作间;Ⅲ类危险场所:存在能形成火灾危险而爆炸危险性极小的火药、炸药、氧化剂及其粉尘的工作间,在生产过程中火药、炸药处在水中或酸中作业的场所。

本项目含Ⅱ类危险场所和Ⅲ类危险场所。

## 2 供电电源的设置

### 2.1 变电所的设置

根据《20kV及以下变电所设计规范》GB 50053-2013第2.0.1条规定:变电所的所址应根据下列要求,经技术经济等因素综合分析和比较后确定:

- (1) 宜接近负荷中心;
- (2) 宜接近电源侧;
- (3) 应方便进出线;
- (4) 应方便设备运输;
- (5) 不应设在有剧烈振动或高温的场所;
- (6) 不宜设在多尘或有腐蚀性物质的场所,当无法远离时,不应设在污染源盛行风向的下风侧,或应采取有效的防护措施;
- (7) 不应设在厕所、浴室、厨房或其他经常积水场所的正下方处,也不宜设在与上述场所相贴邻的地方,当贴邻时,相邻的隔墙应做无结露的防水处理;
- (8) 当与有爆炸或火灾危险的建筑物毗邻时,变电所的所址应符合现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058的有关规定;
- (9) 不应设在地势低洼和可能积水的场所;
- (10) 不宜设在对防电磁干扰有较高要求的设备机房的正上方、正下方或与其贴邻的场所;

作者简介:赵安,男,助理工程师,2007年毕业于重庆大学电气工程及其自动化专业,现就职于中航规划电子工程设计研究院。

当需要设在上述场所时，应采取防电磁干扰的措施。

《20kV及以下变电所设计规范》要求爆炸或火灾危险环境场所变电所的设置需依据《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》，但上述规范GB 50058-2014版适用于生产、加工、处理、转运或贮存过程中出现或可能出现爆炸危险环境的新建、扩建和改建工程的厂房，且设计规范中已明确不适用于：制造、使用或贮存火药、炸药和起爆药、引信及火工品生产等环境。

故需依据《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》第12.6.1条规定：在危险品生产区或总仓库区内，独立式车间变电所宜是户内式的；第12.6.2条规定：车间变、配电所不应附建于A级、C1级建筑物，可附建于B级、C2级或D级建筑物，但应符合下列条件：

- (1) 变、配电所应是户内式的；
- (2) 变压器室及高、低压配备室的门窗应设在外墙，门应向室外开启；
- (3) 与变、配电所无关的管线不应通过变、配电所。

由上述规定可知：存放火工品的爆炸危险场所除A级、C1级建筑物外，可设置变电所，但根据工艺条件：本项目弹药装配测试厂房及弹药包装厂房危险等级为C1级建筑物，不应设置车间变电所。

本项目变电所从经济性考虑宜设置在弹药装配测试厂房或附近；但结合厂房性质及《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》要求：弹药装配测试厂房不能设置变电所，如果就近设置室外箱变，一旦发生爆炸事故，故障面波及太

大。故本厂区10/0.4kV车间变电所设置在远离危险场所的辅助配套用房。室外电缆通过埋地的敷设方式为各个厂房提供220/380V低压电源。

## 2.2 配电箱及配电间的设置

根据《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》第12.1.1条规定：

- (1) 各类危险场所的电气设计，应从安全可靠、经济合理、维护方便出发，首先考虑将电气设备和线路，特别是正常运行时发生火花或产生高温的电气设备，布置在危险场所以外；
- (2) 在危险场所内应根据危险场所的类别，选用适当类型的电气设备，其外壳表面温度不应超过120℃；
- (3) 危险场所的电气设备应在布置上使其免受机械损伤，并应符合防腐、防潮等各种不同环境条件的要求；
- (4) 在危险场所内的电气设备，如有过负载的可能性时，应装设过负载保护装置；
- (5) 在生产时严禁工作人员入内的危险生产间，其生产用电设备的控制按钮应安装在生产间的门外，并应与门连锁，只有在门被关闭后，用电设备才能起动。

第12.6.3条规定：电气室(例如配电室、电机室或电源室等)可附建于各级危险性建筑物内，并在室内安装非防爆电气设备，但需满足相关规定。

存放火药、炸药、弹药、引信及火工品的建筑物不适于在在危险区域内就近设置配电箱，不仅会带来发生爆炸事故的隐患，对设备防护等级的要求也很高。故将配电箱集中设置在非危险场所，为方便管理及后期维护，在非危险场所设置配电间，将配电箱集中置于配电间内，详见图1。

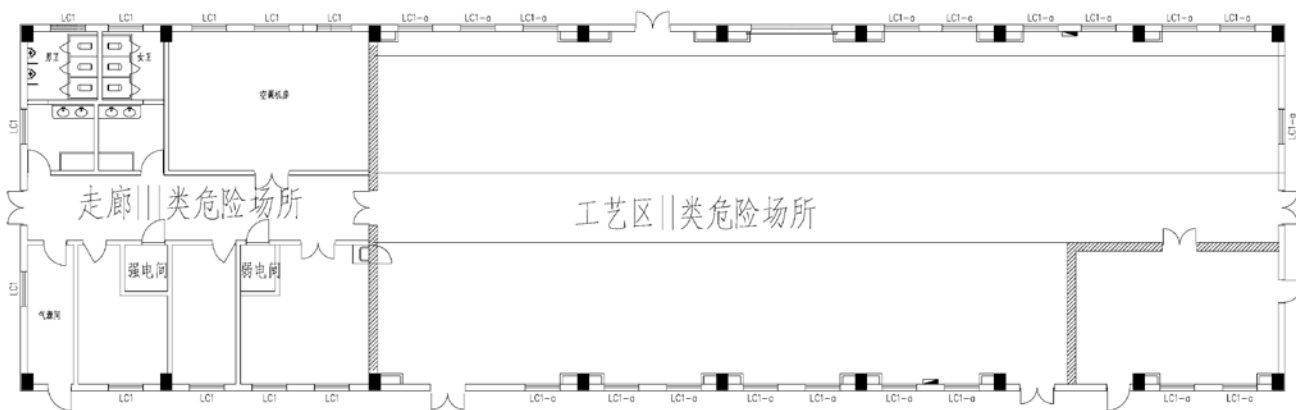


图1 非危险场所配电间设置



### 3 电气设备的选型

根据《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》第12.2.3条规定：Ⅱ类危险场所的电气设备的选型应符合下述要求：

(1) 电气设备应采用密闭防爆型、Ⅱ类隔爆型B级、正压型、充油型、本质安全型、增安型(仅限于灯具及控制按钮)；插座还应满足在断电后，插销才能插入或拔出的要求；

(2) 门灯、安装在室外墙上的开关和控制按钮等，应采用IP54级防水防尘型(或相当的防水防尘型)。

第12.2.4条规定：Ⅲ类危险场所的电气设备应采用IP54级防水防尘型，或相当的防水防尘型。电动机可采用封闭型鼠笼感应电动机。

故图1中，工艺区电气设备采用隔爆型，走廊电气设备采用密闭型，卫生间及室外电气设备采用防水防尘型，室内其他场所电气设备无特殊要求。

本厂房电气设备中，照明灯具发热量较大，在选择时需要注意满足外壳表面温度不应超过120℃，本建筑主厂房选择金属卤化物光源，经与设备商咨询，满足表面温度要求的灯具最大功率为150W。

### 4 室内线路敷设

火药、炸药、弹药、引信及火工品厂房属于爆炸危险性建筑，厂房线路在敷设过程中需要注意以下几个方面：

(1) 在各类危险场所，严禁使用绝缘电线明敷或穿塑料管敷设；

(2) 在各类危险场所，低压电力、照明或控制线路采用的绝缘电线或电缆的额定电压必须不低于工作电压，且不应低于500V，零线的绝缘额定电压与相线的相同，并应在同一钢管或护套内敷设，通讯线路用的电线或电缆的绝缘强度不应低于工作电压，且其绝缘耐压试验电压不应低于500V；

(3) 各类危险场所使用的电缆宜为干绝缘电缆，除照明分支路外，电缆不应有分支或中间接头。电缆敷设以明敷为宜(例如敷设在支架上或电缆桥架上)。在有机械损伤可能的部位应加以保护(例如穿在钢管内)。尽量不要将电缆敷在电缆沟内，如必须敷设在电缆沟内时，应能防止水或危险物质进入沟内。在过墙处应设隔板并以洞孔严密堵塞；

(4) 电线穿钢管敷设的线路，在进入隔爆型电气设备时，应装设隔离密封装置，但如果电气

设备的接线盒已自带密封装置时，则不必另加装隔离密封装置；

(5) 敷设电气线路的沟道、电缆或钢管在穿过不同场所的墙或楼板时，其洞孔应用非燃烧性材料严密堵塞；

(6) 穿电线敷设用的钢管应采用公称口径不小于15mm的水煤气输送钢管，钢管间的连接采用螺纹连接，螺纹的啮合应是严密的，连接螺纹不应少于6扣，在有剧烈振动场所，还应有防松装置。

(7) 电气线路宜在爆炸危险性较小的环境或远离释放源的地方敷设。

## 5 防雷接地

### 5.1 设计依据

《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》中对于防雷和接地无特殊要求，防雷措施需符合国家现行的《建筑物防雷设计规范》的规定。但对于各建筑物的防雷类别的认定需参照附录五。根据附录五可知：本项目均需按第一类防雷建筑物设防。

### 5.2 防直击雷措施

根据《建筑物防雷设计规范》第4.2.1条知：一类防雷应装设独立接闪杆或架空接闪线或网。根据条文解释，要求外部防雷装置完全与被保护的建筑物脱离，由于本项目建筑物宽约15m，长约60m，采用避雷针塔不易设防，故采用避雷线塔作为防直击雷的保护措施。

#### 5.2.1 避雷线塔的选择

结合国家标准图集D501-1~4：《防雷与接地安装》本项目参照GFW系列钢结构避雷线塔设计。结合总图专业布局，线塔跨度初步选择40m~120m。根据《建筑物防雷设计规范》续表5.2.1：接闪器选择最小截面50mm<sup>2</sup>，每股线直径1.7mm的热镀锌钢绞线作为避雷线。

#### 5.2.2 避雷线塔基础位置

根据《建筑物防雷设计规范》第4.2.1条知：独立架空接闪线的支柱及其接地装置与被保护及与其有联系的管道、电缆等金属物之间的间隔距离需按相关公式计算，且不得小于3m；第4.2.1条第8款规定：独立接闪杆、架空接闪线或架空接闪网应设独立的接地装置，每一引下线的冲击接地电阻不宜大于10Ω。

根据式(4.2.1-3)： $S_{c1} \geq 0.4R_1$

其中： $S_{e1}$ —基础外沿至管道的距离(m)；

$R_i$ —独立接闪杆、架空接闪线或架空接闪网的冲击接地电阻( $\Omega$ )；

当冲击接地电阻按 $10\Omega$ 考虑时， $S_{e1} \geq 4m$ 。但总图专业无法保障4m间距，故按 $S_{e1} \geq 3m$ 考虑，此时 $R_i = S_{e1}/0.4 = 7.5\Omega$ 。

### 5.2.3 接闪器防直击雷范围（见图2、图3）

#### (1) 接闪器高度

架空接闪线至屋面和各种突出屋面的风帽、放散管等物体之间的间隔距离，应按下列公式计算，且不应小于3m：

当 $(h + \frac{l}{2}) < 5R_i$ 时：

$$S_{a2} \geq 0.2R_i + 0.03(h + \frac{l}{2})$$

当 $(h + \frac{l}{2}) \geq 5R_i$ 时：

$$S_{a2} \geq 0.05R_i + 0.06(h + \frac{l}{2})$$

式中： $S_{a2}$ —接闪线至被保护物在空气中的间隔距离(m)

$h$ —接闪线的支柱高度(m)

$l$ —接闪线的水平长度(m)

$$h + \frac{l}{2} = 30 + \frac{120}{2} = 90 \geq 5R_i = 5 \times 7.5 = 37.5$$

$$\text{故 } S_{a2} \geq 0.05R_i + 0.06(h + \frac{l}{2}) = 5.775m$$

根据第一类防雷滚球范围： $5.775 \leq S_{a2} < 30$

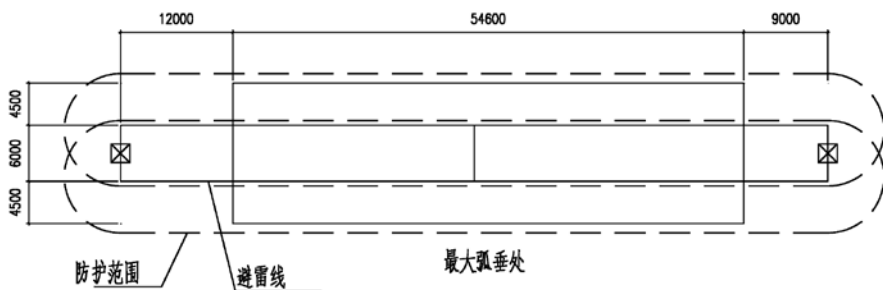


图2 接闪线防护范围1

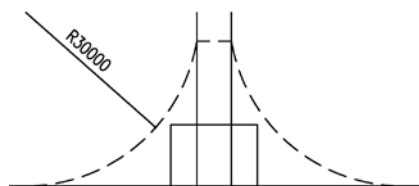


图3 接闪线防护范围2

通过滚球法确定接闪器保护范围，均按第一类防雷建筑物设计，滚球半径为30m。在建筑物两

端设置30m高双线接闪线塔，臂长各3m。以上作为设计输入依据交由避雷线塔专业厂家进行深化设计和实施。

### 5.3 防感应雷措施

《建筑物防雷设计规范》第4.2.2条要求：建筑物内的设备、管道、构架、电缆金属外皮、钢屋架、钢窗等较大金属物和突出屋面的放散管、风管等金属物，均应接到放闪电感应的接地装置上。且金属屋面周边每隔18m~24m应采用引下线接地一次。现场浇灌或用预制构件组成的钢筋混凝土屋面，其钢筋网的交叉点应绑扎或焊接，并应每隔18m~24m采用引下线接地一次。结合厂房柱距：长度方向6m、宽度方向7.5m两种规格，沿厂房屋面设置15m×18m的金属网格，每15m或18m沿柱子设置一处引下线。

### 5.4 防闪电电涌侵入措施

本建筑物室外线缆全程埋地引入，故不考虑架空线相关防护措施；建筑物高度小于30m，可不考虑防侧击雷措施。故除按相关规定采用电涌保护器、满足接地电阻要求外，沿建筑物散水外设置一圈热镀锌接地扁钢，且与建筑物基础接地电气连通。作为《建筑物防雷设计规范》第4.2.3条：“室外低压配电线路应全线采用电缆直接埋地敷设，在入户处将电缆的金属外皮、钢管接到等电位连接带或防闪电感应的接地装置上。”

## 6 结束语

本文结合工程实际对火工品厂房电气设计进行介绍，火药、炸药、弹药、引信及火工品存在爆炸危险，在设计过程中尤其需要引起设计的注意，必须认真贯彻“安全第一、预防为主”的方针，

预防事故发生，减少事故损失。

### 参考文献

- [1] 《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》。
- [2] 《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010。
- [3] 《20kV及以下变电所设计规范》GB 50053-2013。
- [4] 《供配电系统设计规范》GB50052-2009。

## 中国航空规划设计研究总院有限公司 医药工程设计研究院

改革开放30年来，中国航空规划建设发展有限公司着力拓展民用领域，在医药工程设计方面形成了自己的特色，拥有了一支专业设计队伍——中航规划医药工程设计研究院。

我院以先进的设计和优质的服务为依托，形成了以制药工艺为龙头，以航空工业洁净空调技术为后盾，规划、建筑、结构、建筑设备、电气、弱电、自控、技经、工程管理等专业配套齐全的工程服务体系。

我院主营业务涉及生物制药、药物制剂、研发和中试实验室、中成药、原料药、医疗器械、保健品、食品、化妆品及医院等多个领域，主营业务范围涵盖规划咨询、项目建议书、可行性研究、方案设计、初步设计、施工图设计、工程预算编制、工程管理、工程监理、工程总承包等固定资产投资活动全过程。

自七十年代后期我院开始医药工程设计，按中国GMP标准、世界卫生组织WHO GMP标准、欧盟GMP标准及美国FDA标准，已经设计完成医药工程项目500余项，其中包括一大批代表我国医药领域先进水平的工程项目，如华润医药股份北京产业园、北京天坛生物疫苗产业基地、上海生物制品研究所奉贤产业基地、北京同仁堂股份有限公司亦庄生产基地等项目。众多项目获得广大业主的好评，所有项目均通过GMP认证。

近年来，我院与法国Boccard工程公司、日本脏器工程公司、丹麦NNE工程公司、美国HDR工程公司、澳大利亚Kenelds工程公司、瑞士Advens AG公司等多家国际知名医药设计公司及工程公司进行了设计合作，完成了多项符合美国FDA、欧盟及WHO GMP标准的医药工程项目，建立了良好的合作伙伴关系。

我院推行以设计为龙头的工程总承包和项目管理业务，依托设计优势，把服务延伸到建造、采购、试运行全过程，为顾客提供项目建设的全价值链服务。目前，公司已完成北大药业新药研发基地的设计、项目管理和监理业务，北京赛科药业有限公司固体新型药物制剂cGMP改造工程的设计、采购、建造的总承包业务。

面对不同的设计项目，不同的业主，不同的场所环境，我们都会去寻求并提出最具挑战性的设计方案，全力为业主服务。中航规划医药工程设计研究院秉承“以顾客为中心”的经营服务理念，在帮助顾客成功的过程中，与顾客共同营造互利双赢的和谐关系。



2016年第3期（总第125期）  
2016年6月出版



上海莱士新建项目