

航空工程建设

AERO-INDUSTRY ENGINEERING CONSTRUCTION

2018年第1期 总第135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

新版《中国制造2025》重点领域技术创新路线图在京发布

1月26日,《中国制造2025》重点领域技术创新路线图(2017年版)发布会在北京召开。发布会重点对两年多来《中国制造2025》十大重点领域取得的主要进展、技术路线图修订的主要内容及未来几年的重点创新方向等进行了分析、解读。

2015年,国家制造强国建设战略咨询委员会组织相关领域的院士、专家,瞄准国家重大战略需求和未来产业发展制高点,编制并发布了《〈中国制造2025〉重点领域技术创新绿皮书——技术路线图》(2015年版),2017年新版是对2015年版的修订。2017年版的路线图沿用了2015年版技术路线图确定的十大重点领域及23个优先发展方向,并在原有基础上根据各个发展方向的具体情况,补充了关键材料和关键专用制造装备等内容。通过对2017年路线图的综合分析,预计到2025年十大领域的创新能力将上升一个台阶,可以基本摆脱核心技术主要依赖国外的局面。

《中国制造2025》是我国实施制造强国战略的第一个十年的行动纲领,发布实施两年多来,取得了积极进展和成效。这些进展和成绩的取得,进一步巩固了我国全球第一制造业大国的地位。当前,全球制造业发展趋势和格局正在发生深刻变化,技术迭代更新速度不断加快,产业发展和市场需求日新月异。为及时反映制造业发展的新动向、新情况、新问题,向各界提供与时俱进的参考和指引,战略咨询委于2017年初启动技术路线图的修订工作。参与本次修订工作的有400多位院士、专家,历时半年,形成2017年版技术路线图。

新版技术路线图是目前我国制造业领域中最具科学性、前瞻性、权威性的产业技术创新战略研究成果。全国人大常委会原副委员长、战略咨询委主任路甬祥表示,新版的技术路线图将继续发挥引领和指导作用,引导广大制造企业和科研教育等专业研究机构探索制造强国创新发展的重点方向和目标,引导市场和社会资源向中国制造的战略重点有效集聚,更可以成为政府和设计公共政策部门的重要参考。

(来源:中国航空报)

2018年经济工作路线图敲定

2017年12月18日至20日,中央经济工作会议在北京举行。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在会上发表重要讲话,总结党的十八大以来我国经济发展历程,分析当前经济形势,部署2018年经济工作。

会议指出,要围绕推动高质量发展,做好8项重点工作一是深化供给侧结构性改革。要推进中国制造向中国创造转变,中国速度向中国质量转变,制造大国向制造强国转变。二是,激发各类市场主体活力。要推动国有资本做强做优做大,完善国企改革方案;要支持民营企业发展,落实保护产权政策;全面实施并不断完善市场准入负面清单制度,破除歧视性限制和各种隐性障碍。三是实施乡村振兴战略。四是实施区域协调发展战略。京津冀协同发展要以疏解北京非首都功能为重点,高起点、高质量编制好雄安新区规划;推进长江经济带发展要以生态优先、绿色发展为引领;引导特色小镇健康发展。五是推动形成全面开放新格局。六是提高保障和改善民生水平。七是加快建立多主体供应、多渠道保障、租购并举的住房制度。保持房地产市场调控政策连续性和稳定性,分清中央和地方事权,实行差别化调控。八是加快推进生态文明建设。要实施好“十三五”规划确定的生态保护修复重大工程;启动大规模国土绿化行动;深入实施“水十条”,全面实施“土十条”。

(来源:中国勘察设计)

财政部公布2017年度全国PPP项目信息情况报告

“2017年度全国PPP项目信息情况报告”日前由财政部PPP中心发布。报告显示,截至2017年12月末,全国PPP综合信息平台收录到管理库和储备清单的PPP项目共有14424个,总投资额为18.2万亿元。其中,管理库项目7137个,储备清单项目7287个。

财政部PPP中心相关负责人表示,PPP改革推行4年以来,在深度和广度方面都得到了巨大的发展。在纠正不规范行为的同时,PPP改革坚持新发展理念,稳中

求进，推动供给侧结构性改革，防控财政金融风险，支持扶贫脱贫，开展污染防治，深入贯彻“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局。

从此次披露的情况来看，截至2017年12月末，第三批国家示范项目共计有697个，总投资额为1.8万亿元，落地597个，投资额为15303亿元、落地率85.7%。第一批22个示范项目自2016年末以来、第二批162个示范项目自2017年3月末以来已100%落地。第三批示范项目中落地项目413个，12月当月新增落地项目15个，落地率为80.5%。

在国家示范项目当中，市政工程类项目一直居于首位。在597个落地示范项目中，市政工程类267个，占44.7%；交通运输类62个，占10.4%；生态建设和环境保护类53个，占8.9%，上述三类数量季度环比分别增加11个、1个、2个，年度同比增加87个、25个、23个；其他各类共215个，占36.0%。

从民营企业参与的行业领域来看，民营、含民营及外资的联合体两类项目数合计280个、投资额4948亿元，分别占落地项目数、投资额的46.9%和32.3%。民企参与的行业领域有17个，其中，市政工程类占比最大，其余分别是，生态建设和环境保护、养老、水利建设、医疗卫生等。

(来源：建筑时报)

《建筑市场信用管理暂行办法》出台

近日，住建部印发了《建筑市场信用管理暂行办法》(以下简称《暂行办法》)。《暂行办法》针对建筑市场信用信息的采集和交换、公开和应用以及建筑市场主体“黑名单”等方面作了详细规定，自2018年1月1日起施行。

根据《暂行办法》，存在下列4种情形的将被列入建筑市场主体“黑名单”：一是利用虚假材料、以欺骗手段取得企业资质的；二是发生转包、出借资质，受到行政处罚的；三是发生重大及以上工程质量安全事故，或1年内累计发生2次及以上较大工程质量安全事故，或发生性质恶劣、危害性严重、社会影响大的较大工程质量安全事故，受到行政处罚的；四是经法院判决或仲裁机构裁决，认定为拖欠工程款，且拒不

履行生效法律文书确定的义务的。

《暂行办法》规定，各级住房城乡建设主管部门应当将列入建筑市场主体“黑名单”和拖欠农民工工资“黑名单”的建筑市场各方主体作为重点监管对象，在市场准入、资质资格管理、招标投标等方面依法给予限制。不得将列入建筑市场主体“黑名单”的建筑市场各方主体作为评优表彰、政策试点和项目扶持对象。可以将建筑市场主体“黑名单”通报有关部门，实施联合惩戒。

(来源：中国勘察设计)

住建部印发建筑施工安全监管共享数据试行标准

1月23日，住建部网站发布《住房城乡建设部办公厅关于印发全国建筑施工安全监管信息系统共享交换数据标准(试行)的通知》，随文附《全国建筑施工安全监管信息系统共享交换数据标准(试行)》(以下简称《标准》)。

《标准》指出，制定本标准的目的是，为了加快建立和完善全国建筑施工安全监管信息系统，积极推进安全生产监管信息化工程(一期)住房城乡建设部项目建设，促进各级住房城乡建设主管部门建筑施工安全监管信息共享和业务协同，提升全国建筑施工安全监管信息化水平。

《标准》主要包括了10方面的内容，分别为：1、适用范围；2、基本规定；3、建筑施工企业安全监管信息；4、建筑施工企业安全生产管理人员和建筑施工特种作业人员安全监管信息；5、建筑施工项目安全监管信息；6、建筑起重机械安全监管信息；7、建筑施工安全监管行政处罚信息；8、建筑施工安全监管机构及人员管理信息；9、标准指标解释；10、基础数据字典表。

《标准》指出，各省级住房城乡建设主管部门应当按照本标准规定，将全省相关数据进行归集，并实时动态交换至全国建筑施工安全监管信息系统，以便在全国范围内共享使用。

(来源：建筑时报)

50余份工程建设领域文件宣告失效

日前，住房城乡建设部官网发布了《关于宣布失效一批住房城乡建设部文件的公告》。公告称，住建部对该部门印发的文件进行了清理。经过清理，决定对95份住房城乡建设部文件宣布失效。其中，50多份文件涉及工程建设领域，这些文件不再作为工程建设领域行政管理依据。

根据文号，这些文件最早为1992年颁布，最晚是2016年颁布，大多已被新版文件取代。失效原因主要是以下几种情况：

一是文件有效期限已过，如《住房城乡建设部办公厅关于落实工程质量治理两年行动有关工作的通知（建办市函〔2014〕568号）》《住房城乡建设部办公厅关于开展2012年扩大农村危房改造试点任务落实情况检查的通知（建办村函〔2012〕634号）》等。

二是近年来我国工程建设领域快速发展，文件内容已跟不上行业发展的步伐，如《关于加快建筑业改革与发展的若干意见（建质〔2005〕119号）》《关于印发〈全国统一民用建筑设计周期定额（试行）〉的通知（建质〔2002〕174号）》等。

三是我国近年来推进“放管服”，对工程建设领域资质管理进行改革，取消了一批资质。相应的配套文件在资质取消后，不再具备法律效力。如《关于修订城市园林绿化企业资质标准的通知（建城〔2009〕157号）》。

（来源：建筑新网）

据统计，2017年全国固定资产投资（不含农户）631684亿元，比上年增长7.2%。基础设施投资（不含电力、热力、燃气及水生产和供应业）140005亿元，比上年增长19%，增速比1-11月份回落1.1个百分点。其中，水利管理业投资增长16.4%，增速回落0.6个百分点；公共设施管理业投资增长21.8%，增速回落1.5个百分点；道路运输业投资增长23.1%，增速回落1.5个百分点；铁路运输业投资同比下降0.1%，1-11月份为增长0.5%。

统计报告还公布了2017年全国房地产开发情况。全年全国房地产开发投资109799亿元，比上年增长7.0%，增速比上年加快0.1个百分点，其中住宅投资增长9.4%。2017年，房地产开发企业房屋施工面积781484万平方米，比上年增长3.0%，增速比1-11月份回落0.1个百分点。

（来源：建筑时报）

装配式建筑评价标准2月起实施

住房城乡建设部日前印发通知，批准《装配式建筑评价标准》（以下简称《装配式标准》）为国家标准，自2018年2月1日起实施。原国家标准《工业化建筑评价标准》同时废止。

据介绍，装配式建筑代表新一轮建筑业科技革命和产业变革方向，既是传统建筑业转型与建造方式的重大变革，也是推进供给侧结构性改革的重要举措，更是新型城镇化建设的有力支撑。近年来，我国在积极探索发展装配式建筑过程中，在技术规范与标准的顶层设计的支撑保障方面遇到了一些亟待解决的难题。这使得我国的相关标准与国际可持续发展的装配式建筑建造方式的先进标准相比还有很大差距。

为促进装配式建筑发展、规范装配式建筑评价，根据住房城乡建设部标准定额司“关于请开展《工业化建筑评价标准》修订工作的函”的要求，住房城乡建设部科技与产业化发展中心（住宅产业化促进中心）会同有关单位开展了装配式标准的编制工作。编制组开展了广泛的调查研究，认真分析了《工业化建筑评价标准》的实施情况，总结了实践经验，参考有关国家标准和国外先进标准相关内容，开展了多项专题研究，并在广泛征求意见的基础上，编制了《装配式标准》。

（来源：中国建设报）

2017年全国建筑业总产值达213954亿元 同比增长10.5%

1月18日，国家统计局公布了2017年全国经济运行情况。经初步核算，去年，全年国内生产总值827122亿元，按可比价格计算，比上年增长6.9%。备受业内人士关注的建筑业总产值数据也同时公布，2017年，全国建筑业总产值达213954亿元，同比增长10.5%。

统计数据显示，去年全国建筑业房屋施工面积为131.72亿平方米，同比增长4.2%；房屋新开工面积178654万平方米，增长7.0%，其中住宅新开工面积增长10.5%。施工项目计划总投资1311629亿元，比上年增长18.2%，增速比1-11月份回落0.5个百分点；新开工项目计划总投资519093亿元，增长6.2%，增速与1-11月份持平。

设计理念

(1) 在充分考虑现有各种现行标准、规范的同时, 兼顾国外先进设计理念及GMP生产未来发展, 使项目在实施的同时保证一定的前瞻性。

(2) 充分考虑到项目的实用性、可操作性、易维护性等方面因素, 本着合理、科学、实用和为业主节约造价、成本的原则, 满足项目要求。

(3) 充分考虑本项目的建设定位, 面向国际标准, 融合不同GMP的要求, 合理进行工艺区划, 充分考虑人物流的路径便捷, 生产工艺路线连续流畅, 生产组织合理。

(4) 满足现有生产需求的同时, 充分考虑到进一步扩产改造的可能, 采用模块化设计, 为今后的发展提供生产和公用工程等方面的扩产空间。

设计难点

以国内标杆、国际领先为目标, 建设符合中国2010版GMP及世卫WHO GMP标准的生物制剂生产车间。产业园产品种类多, 涵盖了菌苗、病毒苗、基因工程、单克隆抗体等多种生物产品。



长生云港生物制药产业园项目

建设地点：江苏连云港

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计中

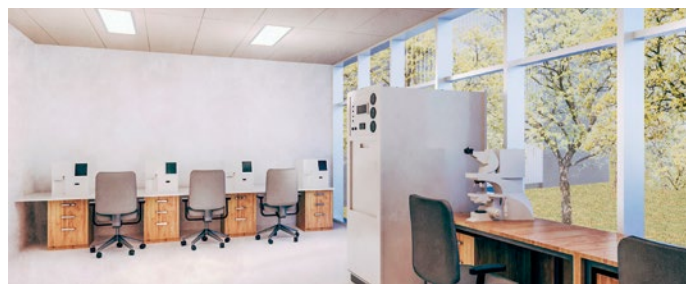
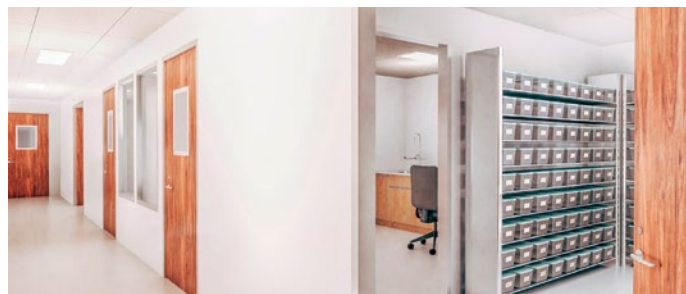
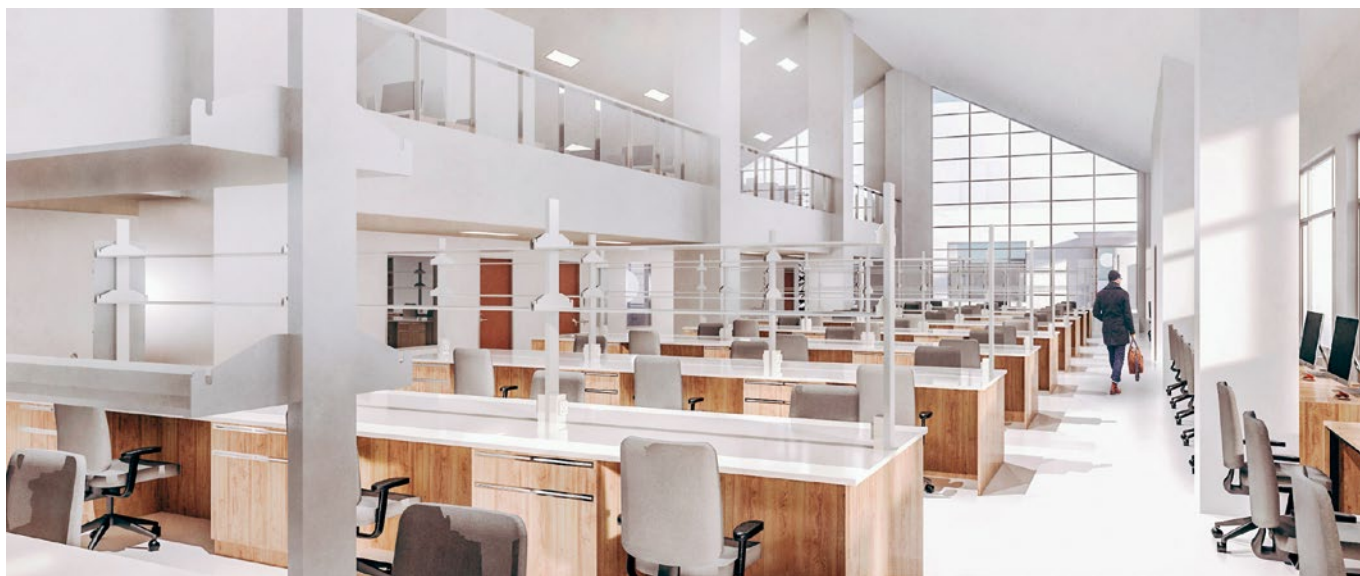
用地面积：13.5万m²

建筑面积：14.9万m²

设计亮点

该工程设计总体布局合理, 功能分区明确, 人、物流清洗, 工艺流程和选用设备均居国内同行业领先水平。通过设计全方位、立体化连廊实现了从原料、中间产品到成品全过程密闭化运输, 减少在厂区暴露的风险。工艺布置方面, 每个车间采用模块化布局, 4个原液车间两两对称设计。公用工程机房与辅助区分别设在南北两侧, 核心区居中。一方面使洁净区更加紧凑, 另一方面减少了公用工程管线距离。该设计起到了提高效率、改善工作环境、节约能源的综合效益。设计采用生产管理区理念, 设置生产区外环走廊, 保护生产区, 降低污染风险。制剂楼与仓库集中在中心, 两侧分别设置4个原液车间, 功能集中化管理, 提高利用率。同时, 物料运输距离最短。建筑设计新颖美观, 一、二期结合巧妙, 体现出有高科技生产厂房的特色。





设计亮点

(1) 安全健康

实验室的空气不再循环到建筑的其他房间。通过流程优化，规避实验过程中人、物流产生交叉反复、交叉污染，可有效提升实验效率，实验区分设人、物流入口。

(2) 人性化设计

人性化设计尽量利用实验建筑中的空间，提供给实验人员会面及交流机会，包括休息室、会议室、楼梯空间、共享实验室设备空间、公共服务空间等。开放实验室及开放办公区采用玻璃隔断避免人员压抑感，使工作人员心情愉悦，放飞思想，极大提高人员积极性、创造性。

(3) 舒适性设计

实验室内部实验台及设备布置充分考虑人体工功效学，保证人员进行实验时的舒适性。

(4) 公用工程载体系统设计

实验室采用天花式供给系统，实验台水电气等公用工程由功能柱统一供给，满足实验台自由、多变的组合要求，又整体整洁美观。

北京华益健康药物研究中心项目全球健康药物研发中心项目

建设地点：北京海淀

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计完成，在建

总建筑面积：约0.56万m²

该项目是生产血液透析机和血液透析粉的医疗产业生产基地的规划及建筑设计，总体布局上分为东侧生活区和西侧生产区两部分。东侧生活区为办公、住宿和食堂，生产区为生产车间和仓库。

“形式秩序之下的场所精神”是该设计过程中谨守的准则和努力达成的方向。方案的功能属性是生产医疗器械产业园区，设计师希望赋予厂区一种干净，优雅，安定，可信赖的氛围感受。并将此定为方案设计的核心原则，这既符合项目的产业性质，又符合追求本体秩序的现代主义精神，为此，在方案设计过程中，相对于思维发散，更多是需要采取克制。一切不相关的手法、语

迈凌医疗秦皇岛生产基地项目

建设地点：河北秦皇岛

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计中

总建筑面积：5.4万m²

言、装修都通通去掉。白色、竖线条、实体墙面、空间变化，成为该项目的主要视觉元素。

该项目荣获2017年度航空工业规划建筑方案工业建筑类一等奖。





设计亮点

(1) 垂直布局

固体制剂车间打破原有平层布局模式，采用垂直布局，物料垂直传送，节约人力和能耗；整个物流简捷，按照工艺流程单向流动，降低了固体制剂生产中大宗物料运输路径。

(2) 标准化、模块化

固体制剂车间布局采用标准化、模块化理念，以适应企业逐步扩大产能和根据市场调节产能的需求，有效降低企业运行的能耗。

(3) 环形参观走廊

参观流线的规划遵循路线短捷、通道宽畅，不交叉，不逆流，不重复，不漏看的基本原则，整体上采用环形路线，人员呈单向流动，沿线生产区采用通透式设计，使生产过程一览无余，造成强烈的视觉冲击。

(4) 自动化、密闭化设备

选用国内外先进的自动化生产设备，力争实现现场管理、关键

扬子江药业集团江苏海寿保健食品有限公司产业园项目

建设地点：江苏泰州

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计完成，待建

用地面积：11.8万 m^2

总建筑面积：约3.8万 m^2

流程控制的无人化，既节省了人力成本，也避免了人员对产品的污染风险。

物料运输采用提升或真空上料以及IBC密闭料桶转运技术，大大抑制了粉尘的产生，既降低了交叉污染的风险，又保护了人员的健康。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《轻轨交通设计标准》的公告

现批准《轻轨交通设计标准》为国家标准，编号为GB/T51263-2017，自2018年5月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《环境卫生技术规范》的公告

现批准《环境卫生技术规范》为国家标准，编号为GB51260-2017，自2018年5月1日起实施。本规范全部条文为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《机械工厂年时基数设计标准》的公告

现批准《机械工厂年时基数设计标准》为国家标准，编号为GB/T51266-2017，自2018年5月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《城市基础地理信息系统技术标准》的公告

现批准《城市基础地理信息系统技术标准》为行业标准，编号为CJJ/T100-2017，自2018年6月1日起实施。原行业标准《城市基础地理信息系统技术规范》CJJ100-2004同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《装配式住宅建筑设计标准》的公告

现批准《装配式住宅建筑设计标准》为行业标准，编号为JGJ/T398-2017，自2018年6月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《绿色照明检测及评价标准》的公告

现批准《绿色照明检测及评价标准》为国家标准，编号为GB/T51268-2017，自2018年5月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《预制双层不锈钢烟道及烟囱》的公告

现批准《预制双层不锈钢烟道及烟囱》为城镇建设行业产品标准，编号为CJ/T288-2017，自2018年5月1日起实施。原《预制双层不锈钢烟道及烟囱》CJ/T288-2008同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《物联网应用支撑平台工程技术标准》的公告

现批准《物联网应用支撑平台工程技术标准》为国家标准，编号为GB/T51243-2017，自2018年8月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑防烟排烟系统技术标准》的公告

现批准《建筑防烟排烟系统技术标准》为国家标准，编号为GB51251-2017，自2018年8月1日起实施。其中，第3.1.2、3.1.5(2、3)、3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.3.1、3.3.7、3.3.11、3.4.1、4.4.1、4.4.2、4.4.7、4.4.10、4.5.1、4.5.2、4.6.1、5.1.2、5.1.3、5.2.2、8.1.1条(款)为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《木结构设计标准》的公告

现批准《木结构设计标准》为国家标准，编号为GB50005-2017，自2018年8月1日起实施。其中，第3.1.3、3.1.12、4.1.6、4.1.14、4.3.1、4.3.4、4.3.6、7.4.11、7.7.1、11.2.9条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《木结构设计规范》GB50005-2003同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《建筑工程大模板技术标准》的公告

现批准《建筑工程大模板技术标准》为行业标准，编号为JGJ/T74-2017，自2018年6月1日起实施。原行业标准《建筑工程大模板技术规程》JGJ74-2003同时废止。

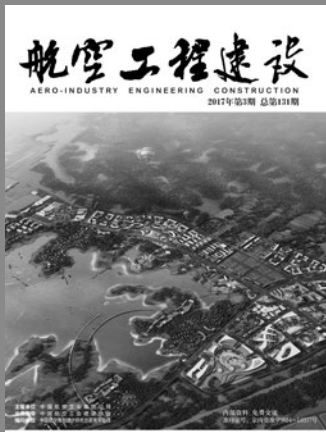
住房和城乡建设部关于发布行业标准《既有社区绿色化改造技术标准》的公告

现批准《既有社区绿色化改造技术标准》为行业标准，编号为JGJ/T425-2017，自2018年6月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《钢结构设计标准》的公告

现批准《钢结构设计标准》为国家标准，编号为GB50017-2017，自2018年7月1日起实施。其中，第4.3.2、4.4.1、4.4.3、4.4.4、4.4.5、4.4.6、18.3.3条为强制性条文，必须严格执行。原《钢结构设计规范》GB50017-2003同时废止。

(来源“国家工程建设标准化信息网”)



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

顾问委员会

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

编辑委员会

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

总编 沈金龙
主编 陈海风
执行主编 王蕊
责任编辑 李楠
出版 《航空工程建设》编辑部
地址 北京德外大街12号
邮编 100120
E-mail hkgcjs@avic-apc.com
印刷单位 北京奇麒麟印刷有限责任公司分公司
发送对象 公司内部及本系统内部
印刷日期 2018年2月
印数 1500册
电话 (010)62038276 62038235
传真 (010)62038297
封面 安徽智飞龙科马生物制药有限公司生物制药产业园一期项目

CONTENTS

目录 2018年第1期 总第135期

航空能力建设

- 02 基于智能排产的生产设备核算方法研究 张波
 06 基于Plant Simulation的航空复合材料生产线工艺布局仿真建模及评估研究 崔晶 李慧
 12 航空发动机用聚酰亚胺树脂基复合材料衬套研究进展 王云飞 张朋 刘刚 肇研 包建文

研究与探讨

- 19 我国生物医药产业园区建设研究 曹雁林
 25 工程总承包项目招标控制价编制研究——基于项目合规性视角 王玉平
 32 南昌某预应力管桩沉桩问题及处理 汤红军 张虎 金来建
 36 基于大数据工程造价估算扩大清单法研究 孟繁 樊自力 王立君
 43 基于中美规范的混凝土预埋件抗剪设计对比及有限元分析 郭鹭 贾洁
 48 AOT光催化灭菌设备在建筑给排水中的应用 张宏扬 李力军
 51 某技术综合楼给排水及消防设计难点分析及体会 李鹏杰
 56 热力站无人值守自动化控制系统 金晓婷 王世忠

工程设计

- 59 某严寒地区综合医院感染病房楼通风空调供暖设计 常文权 孟凡兵

新版《中国制造2025》重点领域技术创新路线图在京发布

1月26日,《中国制造2025》重点领域技术创新路线图(2017年版)发布会在北京召开。发布会重点对两年多来《中国制造2025》十大重点领域取得的主要进展、技术路线图修订的主要内容及未来几年的重点创新方向等进行了分析、解读。

2015年,国家制造强国建设战略咨询委员会组织相关领域的院士、专家,瞄准国家重大战略需求和未来产业发展制高点,编制并发布了《〈中国制造2025〉重点领域技术创新绿皮书——技术路线图》(2015年版),2017年新版是对2015年版的修订。2017年版的路线图沿用了2015年版技术路线图确定的十大重点领域及23个优先发展方向,并在原有基础上根据各个发展方向的具体情况,补充了关键材料和关键专用制造装备等内容。通过对2017年路线图的综合分析,预计到2025年十大领域的创新能力将上升一个台阶,可以基本摆脱核心技术主要依赖国外的局面。

《中国制造2025》是我国实施制造强国战略的第一个十年的行动纲领,发布实施两年多来,取得了积极进展和成效。这些进展和成绩的取得,进一步巩固了我国全球第一制造业大国的地位。当前,全球制造业发展趋势和格局正在发生深刻变化,技术迭代更新速度不断加快,产业发展和市场需求日新月异。为及时反映制造业发展的新动向、新情况、新问题,向各界提供与时俱进的参考和指引,战略咨询委于2017年初启动技术路线图的修订工作。参与本次修订工作的有400多位院士、专家,历时半年,形成2017年版技术路线图。

新版技术路线图是目前我国制造业领域中最具科学性、前瞻性、权威性的产业技术创新战略研究成果。全国人大常委会原副委员长、战略咨询委主任路甬祥表示,新版的技术路线图将继续发挥引领和指导作用,引导广大制造企业和科研教育等专业研究机构探索制造强国创新发展的重点方向和目标,引导市场和社会资源向中国制造的战略重点有效集聚,更可以成为政府和设计公共政策部门的重要参考。

(来源:中国航空报)

2018年经济工作路线图敲定

2017年12月18日至20日,中央经济工作会议在北京举行。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在会上发表重要讲话,总结党的十八大以来我国经济发展历程,分析当前经济形势,部署2018年经济工作。

会议指出,要围绕推动高质量发展,做好8项重点工作一是深化供给侧结构性改革。要推进中国制造向中国创造转变,中国速度向中国质量转变,制造大国向制造强国转变。二是,激发各类市场主体活力。要推动国有资本做强做优做大,完善国企改革方案;要支持民营企业发展,落实保护产权政策;全面实施并不断完善市场准入负面清单制度,破除歧视性限制和各种隐性障碍。三是实施乡村振兴战略。四是实施区域协调发展战略。京津冀协同发展要以疏解北京非首都功能为重点,高起点、高质量编制好雄安新区规划;推进长江经济带发展要以生态优先、绿色发展为引领;引导特色小镇健康发展。五是推动形成全面开放新格局。六是提高保障和改善民生水平。七是加快建立多主体供应、多渠道保障、租购并举的住房制度。保持房地产市场调控政策连续性和稳定性,分清中央和地方事权,实行差别化调控。八是加快推进生态文明建设。要实施好“十三五”规划确定的生态保护修复重大工程;启动大规模国土绿化行动;深入实施“水十条”,全面实施“土十条”。

(来源:中国勘察设计)

财政部公布2017年度全国PPP项目信息情况报告

“2017年度全国PPP项目信息情况报告”日前由财政部PPP中心发布。报告显示,截至2017年12月末,全国PPP综合信息平台收录到管理库和储备清单的PPP项目共有14424个,总投资额为18.2万亿元。其中,管理库项目7137个,储备清单项目7287个。

财政部PPP中心相关负责人表示,PPP改革推行4年以来,在深度和广度方面都得到了巨大的发展。在纠正不规范行为的同时,PPP改革坚持新发展理念,稳中

求进，推动供给侧结构性改革，防控财政金融风险，支持扶贫脱贫，开展污染防治，深入贯彻“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局。

从此次披露的情况来看，截至2017年12月末，第三批国家示范项目共计有697个，总投资额为1.8万亿元，落地597个，投资额为15303亿元、落地率85.7%。第一批22个示范项目自2016年末以来、第二批162个示范项目自2017年3月末以来已100%落地。第三批示范项目中落地项目413个，12月当月新增落地项目15个，落地率为80.5%。

在国家示范项目当中，市政工程类项目一直居于首位。在597个落地示范项目中，市政工程类267个，占44.7%；交通运输类62个，占10.4%；生态建设和环境保护类53个，占8.9%，上述三类数量季度环比分别增加11个、1个、2个，年度同比增加87个、25个、23个；其他各类共215个，占36.0%。

从民营企业参与的行业领域来看，民营、含民营及外资的联合体两类项目数合计280个、投资额4948亿元，分别占落地项目数、投资额的46.9%和32.3%。民企参与的行业领域有17个，其中，市政工程类占比最大，其余分别是，生态建设和环境保护、养老、水利建设、医疗卫生等。

(来源：建筑时报)

《建筑市场信用管理暂行办法》出台

近日，住建部印发了《建筑市场信用管理暂行办法》(以下简称《暂行办法》)。《暂行办法》针对建筑市场信用信息的采集和交换、公开和应用以及建筑市场主体“黑名单”等方面作了详细规定，自2018年1月1日起施行。

根据《暂行办法》，存在下列4种情形的将被列入建筑市场主体“黑名单”：一是利用虚假材料、以欺骗手段取得企业资质的；二是发生转包、出借资质，受到行政处罚的；三是发生重大及以上工程质量安全事故，或1年内累计发生2次及以上较大工程质量安全事故，或发生性质恶劣、危害性严重、社会影响大的较大工程质量安全事故，受到行政处罚的；四是经法院判决或仲裁机构裁决，认定为拖欠工程款，且拒不

履行生效法律文书确定的义务的。

《暂行办法》规定，各级住房城乡建设主管部门应当将列入建筑市场主体“黑名单”和拖欠农民工工资“黑名单”的建筑市场各方主体作为重点监管对象，在市场准入、资质资格管理、招标投标等方面依法给予限制。不得将列入建筑市场主体“黑名单”的建筑市场各方主体作为评优表彰、政策试点和项目扶持对象。可以将建筑市场主体“黑名单”通报有关部门，实施联合惩戒。

(来源：中国勘察设计)

住建部印发建筑施工安全监管共享数据试行标准

1月23日，住建部网站发布《住房城乡建设部办公厅关于印发全国建筑施工安全监管信息系统共享交换数据标准(试行)的通知》，随文附《全国建筑施工安全监管信息系统共享交换数据标准(试行)》(以下简称《标准》)。

《标准》指出，制定本标准的目的是，为了加快建立和完善全国建筑施工安全监管信息系统，积极推进安全生产监管信息化工程(一期)住房城乡建设部项目建设，促进各级住房城乡建设主管部门建筑施工安全监管信息共享和业务协同，提升全国建筑施工安全监管信息化水平。

《标准》主要包括了10方面的内容，分别为：1、适用范围；2、基本规定；3、建筑施工企业安全监管信息；4、建筑施工企业安全生产管理人员和建筑施工特种作业人员安全监管信息；5、建筑施工项目安全监管信息；6、建筑起重机械安全监管信息；7、建筑施工安全监管行政处罚信息；8、建筑施工安全监管机构及人员管理信息；9、标准指标解释；10、基础数据字典表。

《标准》指出，各省级住房城乡建设主管部门应当按照本标准规定，将全省相关数据进行归集，并实时动态交换至全国建筑施工安全监管信息系统，以便在全国范围内共享使用。

(来源：建筑时报)

50余份工程建设领域文件宣告失效

日前，住房城乡建设部官网发布了《关于宣布失效一批住房城乡建设部文件的公告》。公告称，住建部对该部门印发的文件进行了清理。经过清理，决定对95份住房城乡建设部文件宣布失效。其中，50多份文件涉及工程建设领域，这些文件不再作为工程建设领域行政管理依据。

根据文号，这些文件最早为1992年颁布，最晚是2016年颁布，大多已被新版文件取代。失效原因主要是以下几种情况：

一是文件有效期限已过，如《住房城乡建设部办公厅关于落实工程质量治理两年行动有关工作的通知（建办市函〔2014〕568号）》《住房城乡建设部办公厅关于开展2012年扩大农村危房改造试点任务落实情况检查的通知（建办村函〔2012〕634号）》等。

二是近年来我国工程建设领域快速发展，文件内容已跟不上行业发展的步伐，如《关于加快建筑业改革与发展的若干意见（建质〔2005〕119号）》《关于印发〈全国统一民用建筑设计周期定额（试行）〉的通知（建质〔2002〕174号）》等。

三是我国近年来推进“放管服”，对工程建设领域资质管理进行改革，取消了一批资质。相应的配套文件在资质取消后，不再具备法律效力。如《关于修订城市园林绿化企业资质标准的通知（建城〔2009〕157号）》。

（来源：建筑新网）

据统计，2017年全国固定资产投资（不含农户）631684亿元，比上年增长7.2%。基础设施投资（不含电力、热力、燃气及水生产和供应业）140005亿元，比上年增长19%，增速比1-11月份回落1.1个百分点。其中，水利管理业投资增长16.4%，增速回落0.6个百分点；公共设施管理业投资增长21.8%，增速回落1.5个百分点；道路运输业投资增长23.1%，增速回落1.5个百分点；铁路运输业投资同比下降0.1%，1-11月份为增长0.5%。

统计报告还公布了2017年全国房地产开发情况。全年全国房地产开发投资109799亿元，比上年增长7.0%，增速比上年加快0.1个百分点，其中住宅投资增长9.4%。2017年，房地产开发企业房屋施工面积781484万平方米，比上年增长3.0%，增速比1-11月份回落0.1个百分点。

（来源：建筑时报）

装配式建筑评价标准2月起实施

住房城乡建设部日前印发通知，批准《装配式建筑评价标准》（以下简称《装配式标准》）为国家标准，自2018年2月1日起实施。原国家标准《工业化建筑评价标准》同时废止。

据介绍，装配式建筑代表新一轮建筑业科技革命和产业变革方向，既是传统建筑业转型与建造方式的重大变革，也是推进供给侧结构性改革的重要举措，更是新型城镇化建设的有力支撑。近年来，我国在积极探索发展装配式建筑过程中，在技术规范与标准的顶层设计的支撑保障方面遇到了一些亟待解决的难题。这使得我国的相关标准与国际可持续发展的装配式建筑建造方式的先进标准相比还有很大差距。

为促进装配式建筑发展、规范装配式建筑评价，根据住房城乡建设部标准定额司“关于请开展《工业化建筑评价标准》修订工作的函”的要求，住房城乡建设部科技与产业化发展中心（住宅产业化促进中心）会同有关单位开展了装配式标准的编制工作。编制组开展了广泛的调查研究，认真分析了《工业化建筑评价标准》的实施情况，总结了实践经验，参考有关国家标准和国外先进标准相关内容，开展了多项专题研究，并在广泛征求意见的基础上，编制了《装配式标准》。

（来源：中国建设报）

2017年全国建筑业总产值达213954亿元 同比增长10.5%

1月18日，国家统计局公布了2017年全国经济运行情况。经初步核算，去年，全年国内生产总值827122亿元，按可比价格计算，比上年增长6.9%。备受业内人士关注的建筑业总产值数据也同时公布，2017年，全国建筑业总产值达213954亿元，同比增长10.5%。

统计数据显示，去年全国建筑业房屋施工面积为131.72亿平方米，同比增长4.2%；房屋新开工面积178654万平方米，增长7.0%，其中住宅新开工面积增长10.5%。施工项目计划总投资1311629亿元，比上年增长18.2%，增速比1-11月份回落0.5个百分点；新开工项目计划总投资519093亿元，增长6.2%，增速与1-11月份持平。

设计理念

(1) 在充分考虑现有各种现行标准、规范的同时, 兼顾国外先进设计理念及GMP生产未来发展, 使项目在实施的同时保证一定的前瞻性。

(2) 充分考虑到项目的实用性、可操作性、易维护性等方面因素, 本着合理、科学、实用和为业主节约造价、成本的原则, 满足项目要求。

(3) 充分考虑本项目的建设定位, 面向国际标准, 融合不同GMP的要求, 合理进行工艺区划, 充分考虑人物流的路径便捷, 生产工艺路线连续流畅, 生产组织合理。

(4) 满足现有生产需求的同时, 充分考虑到进一步扩产改造的可能, 采用模块化设计, 为今后的发展提供生产和公用工程等方面的扩产空间。

设计难点

以国内标杆、国际领先为目标, 建设符合中国2010版GMP及世卫WHO GMP标准的生物制剂生产车间。产业园产品种类多, 涵盖了菌苗、病毒苗、基因工程、单克隆抗体等多种生物产品。



长生云港生物制药产业园项目

建设地点：江苏连云港

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计中

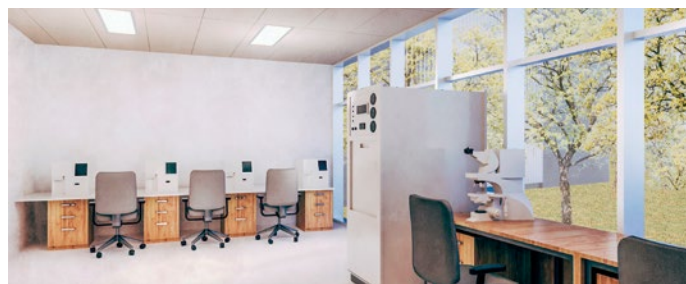
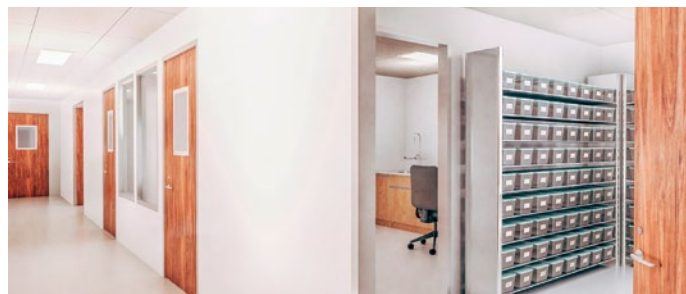
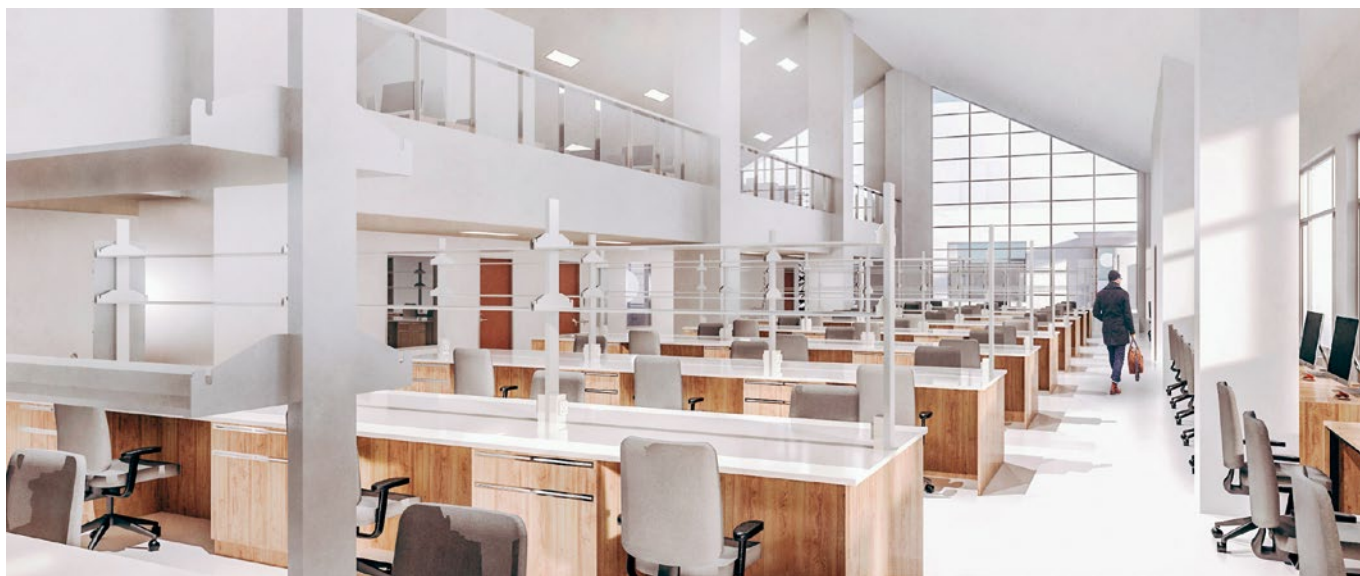
用地面积：13.5万m²

建筑面积：14.9万m²

设计亮点

该工程设计总体布局合理, 功能分区明确, 人、物流清洗, 工艺流程和选用设备均居国内同行业领先水平。通过设计全方位、立体化连廊实现了从原料、中间产品到成品全过程密闭化运输, 减少在厂区暴露的风险。工艺布置方面, 每个车间采用模块化布局, 4个原液车间两两对称设计。公用工程机房与辅助区分别设在南北两侧, 核心区居中。一方面使洁净区更加紧凑, 另一方面减少了公用工程管线距离。该设计起到了提高效率、改善工作环境、节约能源的综合效益。设计采用生产管理区理念, 设置生产区外环走廊, 保护生产区, 降低污染风险。制剂楼与仓库集中在中心, 两侧分别设置4个原液车间, 功能集中化管理, 提高利用率。同时, 物料运输距离最短。建筑设计新颖美观, 一、二期结合巧妙, 体现出有高科技生产厂房的特色。





设计亮点

(1) 安全健康

实验室的空气不再循环到建筑的其他房间。通过流程优化，规避实验过程中人、物流产生交叉反复、交叉污染，可有效提升实验效率，实验区分设人、物流入口。

(2) 人性化设计

人性化设计尽量利用实验建筑中的空间，提供给实验人员会面及交流机会，包括休息室、会议室、楼梯空间、共享实验室设备空间、公共服务空间等。开放实验室及开放办公区采用玻璃隔断避免人员压抑感，使工作人员心情愉悦，放飞思想，极大提高人员积极性、创造性。

(3) 舒适性设计

实验室内部实验台及设备布置充分考虑人体工功效学，保证人员进行实验时的舒适性。

(4) 公用工程载体系统设计

实验室采用天花式供给系统，实验台水电气等公用工程由功能柱统一供给，满足实验台自由、多变的组合要求，又整体整洁美观。

北京华益健康药物研究中心项目全球健康药物研发中心项目

建设地点：北京海淀

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计完成，在建

总建筑面积：约0.56万m²

该项目是生产血液透析机和血液透析粉的医疗产业生产基地的规划及建筑设计，总体布局上分为东侧生活区和西侧生产区两部分。东侧生活区为办公、住宿和食堂，生产区为生产车间和仓库。

“形式秩序之下的场所精神”是该设计过程中谨守的准则和努力达成的方向。方案的功能属性是生产医疗器械产业园区，设计师希望赋予厂区一种干净，优雅，安定，可信赖的氛围感受。并将此定为方案设计的核心原则，这既符合项目的产业性质，又符合追求本体秩序的现代主义精神，为此，在方案设计过程中，相对于思维发散，更多是需要采取克制。一切不相关的手法、语

迈凌医疗秦皇岛生产基地项目

建设地点：河北秦皇岛

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计中

总建筑面积：5.4万m²

言、装修都通通去掉。白色、竖线条、实体墙面、空间变化，成为该项目的主要视觉元素。

该项目荣获2017年度航空工业规划建筑方案工业建筑类一等奖。





设计亮点

(1) 垂直布局

固体制剂车间打破原有平层布局模式，采用垂直布局，物料垂直传送，节约人力和能耗；整个物流简捷，按照工艺流程单向流动，降低了固体制剂生产中大宗物料运输路径。

(2) 标准化、模块化

固体制剂车间布局采用标准化、模块化理念，以适应企业逐步扩大产能和根据市场调节产能的需求，有效降低企业运行的能耗。

(3) 环形参观走廊

参观流线的规划遵循路线短捷、通道宽畅，不交叉，不逆流，不重复，不漏看的基本原则，整体上采用环形路线，人员呈单向流动，沿线生产区采用通透式设计，使生产过程一览无余，造成强烈的视觉冲击。

(4) 自动化、密闭化设备

选用国内外先进的自动化生产设备，力争实现现场管理、关键

扬子江药业集团江苏海寿保健食品有限公司产业园项目

建设地点：江苏泰州

设计单位：航空工业规划医药院

建设情况：设计完成，待建

用地面积：11.8万 m^2

总建筑面积：约3.8万 m^2

流程控制的无人化，既节省了人力成本，也避免了人员对产品的污染风险。

物料运输采用提升或真空上料以及IBC密闭料桶转运技术，大大抑制了粉尘的产生，既降低了交叉污染的风险，又保护了人员的健康。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《轻轨交通设计标准》的公告

现批准《轻轨交通设计标准》为国家标准，编号为GB/T51263-2017，自2018年5月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《环境卫生技术规范》的公告

现批准《环境卫生技术规范》为国家标准，编号为GB51260-2017，自2018年5月1日起实施。本规范全部条文为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《机械工厂年时基数设计标准》的公告

现批准《机械工厂年时基数设计标准》为国家标准，编号为GB/T51266-2017，自2018年5月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《城市基础地理信息系统技术标准》的公告

现批准《城市基础地理信息系统技术标准》为行业标准，编号为CJJ/T100-2017，自2018年6月1日起实施。原行业标准《城市基础地理信息系统技术规范》CJJ100-2004同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《装配式住宅建筑设计标准》的公告

现批准《装配式住宅建筑设计标准》为行业标准，编号为JGJ/T398-2017，自2018年6月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《绿色照明检测及评价标准》的公告

现批准《绿色照明检测及评价标准》为国家标准，编号为GB/T51268-2017，自2018年5月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布行业产品标准《预制双层不锈钢烟道及烟囱》的公告

现批准《预制双层不锈钢烟道及烟囱》为城镇建设行业产品标准，编号为CJ/T288-2017，自2018年5月1日起实施。原《预制双层不锈钢烟道及烟囱》CJ/T288-2008同时废止。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《物联网应用支撑平台工程技术标准》的公告

现批准《物联网应用支撑平台工程技术标准》为国家标准，编号为GB/T51243-2017，自2018年8月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑防烟排烟系统技术标准》的公告

现批准《建筑防烟排烟系统技术标准》为国家标准，编号为GB51251-2017，自2018年8月1日起实施。其中，第3.1.2、3.1.5(2、3)、3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.3.1、3.3.7、3.3.11、3.4.1、4.4.1、4.4.2、4.4.7、4.4.10、4.5.1、4.5.2、4.6.1、5.1.2、5.1.3、5.2.2、8.1.1条(款)为强制性条文，必须严格执行。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《木结构设计标准》的公告

现批准《木结构设计标准》为国家标准，编号为GB50005-2017，自2018年8月1日起实施。其中，第3.1.3、3.1.12、4.1.6、4.1.14、4.3.1、4.3.4、4.3.6、7.4.11、7.7.1、11.2.9条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《木结构设计规范》GB50005-2003同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《建筑工程大模板技术标准》的公告

现批准《建筑工程大模板技术标准》为行业标准，编号为JGJ/T74-2017，自2018年6月1日起实施。原行业标准《建筑工程大模板技术规程》JGJ74-2003同时废止。

住房和城乡建设部关于发布行业标准《既有社区绿色化改造技术标准》的公告

现批准《既有社区绿色化改造技术标准》为行业标准，编号为JGJ/T425-2017，自2018年6月1日起实施。

住房和城乡建设部关于发布国家标准《钢结构设计标准》的公告

现批准《钢结构设计标准》为国家标准，编号为GB50017-2017，自2018年7月1日起实施。其中，第4.3.2、4.4.1、4.4.3、4.4.4、4.4.5、4.4.6、18.3.3条为强制性条文，必须严格执行。原《钢结构设计规范》GB50017-2003同时废止。

(来源“国家工程建设标准化信息网”)

基于智能排产的生产设备核算方法研究

■ 张波 [工艺]

摘要: 为提高生产线设计的质量,尤其是关键设备数量核算的精度,本文提出了基于智能排产的核算方法,并对其关键技术和实现路径进行了分析。与传统的基于设备年时基数和可用系数的估算方法相比,这种方法可以细致地考虑各种约束和随机情况,借助计算机模拟仿真实现对复杂情况的精确分析,因而有望得到更加准确可靠、科学合理的量化结果。

关键词: 智能排产; 生产线设计; 设备核算; 关键技术

0 背景

生产设备数量核算是生产线工艺设计的重点之一。传统的基于设备年时基数和可用系数的估算方法虽然实施简便,但是未能充分考虑实际生产过程中约束条件(例如:原材料、设备、刀具、夹具的可用性)和各种意外情况(例如:设备故障、紧急插单、季节波动等)。智能排产利用计算机技术,在企业的生产资源限制下,以某种最优化方式(例如:交付周期最短、设备负载最均衡、生产成本最低等)来分配这些资源,满足产品的生产需要。因此,在生产线设计过程中,引入智能排产技术有利于更加细致地考虑各种生产资源约束和随机情况,借助计算机模拟仿真实现对复杂情况的精确分析,从而更加科学地核算设备数量是否满足生产实际需求。

智能排产是一个学术界和工业界都很关注问题,甚至许多MES软件都内嵌了相应的模块。然而,由于生产实际要求和约束条件千差万别,很

多“通用型”的智能排产软件都不能很好地满足用户个性化的需求。在很多情况下,依然需要根据用户特定的需要和实际情况实行深度的定制开发。对于生产线设计单位而言,面对千变万化的设计任务,有必要积极开展相关研究,培养相关能力,力求做到“随机应变”。

1 基于智能排产的生产设备核算方法研究思路

生产实际要求和约束条件的千变万化导致智能排产问题具有很强的多变性,然而从其组合优化的本质属性来看,其求解的方法却是相对有限并存在通用性的。掌握这些通用的算法可以为解决各类智能排产问题提供必要和高效的思路和方法。为此,可以从组合优化的经典原型问题出发,探求常见经典算法的思想精髓、适用范围、求解速度和解的质量,然后结合企业典型生产场景提出相应的排产算法,并通过实际工程应用加以验证和应用,对实际的设备数量进行校核。

其中原型问题选取著名的旅行推销商(TSP)问题,即旅行推销商要不重复地遍历给定的一组城市并返回到出发点,在已知两两城市之间距离的情况下,如何安排路径使得总路径最短。作为组合优

作者简介:张波,男,高级工程师,2006年毕业于北京航空航天大学机械制造先进工艺与装备专业,现就职于航空工业规划技术院。

化算法研究中的经典题目，TSP问题受到了广泛的关注，众多学者提出了多种求解方法，其中包括：暴力搜索、动态规划、分支界定、线性规划、排斥链、禁忌搜索、模拟退火、遗传算法……。TSP问题为展现这些算法的思想精髓提供了一个统一的平台，并为算法效能的横向比较提供了统一的标尺。因此，利用TSP问题来学习上述各种优化算法，有望收到事半功倍的效果。

不同的组合优化算法在适用范围、求解速度和解的质量等方面必然存在着差异，对于企业不同的应用场景需要选择、组合、创造新的智能排产算法，实现从一般到特殊的转变。在此，需要广泛、深入地了解企业的生产资源现状、生产组织方式和现实的生产需求和困难，并将它们转化为用数学语言描述的约束条件和优化目标。例如，最大可用设备数量（生产资源现状）、批量生产或单件流（生产组织方式）、设备故障率（生产困难）、生产周期最短（优化目标）等。对于初步开展此类工作的生产线设计单位而言，可以先从2~3种典型的应用场景入手，积累经验。未来更多的应用需求通常可以通过对典型应用场景的简单修改或扩充来加以满足。

对于生产设备数量核算而言，关注的不是如何对一两个具体的生产任务包进行智能排产，而要从统计学的角度来构建“典型任务包”。通过对典型任务包中各种任务情况的智能排产结果进行统计分析，然后根据指定的满足概率确定最低的设备数量要求。例如，对于瓶颈生产资源的基于智能排产的生产设备核算，需要考虑并发生产需求的时间分布概率，在此基础之上确定在特定的生产周期（比如一年）内如果以95%的概率完成生产任务，各种生产设备分别需要多少台套。通用的算法框架见图1。

2 关键技术难点及解决方案

开展基于智能排产的生产设备核算研究可能遇到以下技术难点：

(1) 高效智能排产算法的构建。高效智能排产算法的构建是此项工作的核心内容，其难度主要在于组合优化问题自身由于组合情况增加而可能带来的巨大运算量，这可能导致计算机存储空间不足，或者计算时间超出实际应用所能忍耐的最大限度。

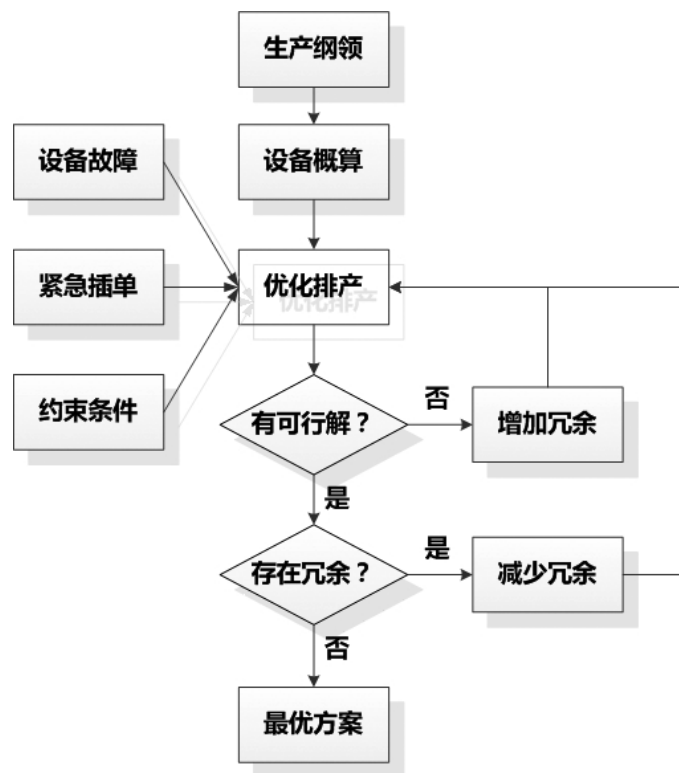


图1 基于优化排产的设备数量核算通用算法框架

存储需求方面：如果在TSP问题中简单地探求50个城市的排列顺序，需要考察的情况为 $49!/2 = 3.04 \times 10^{62}$ 种^[1]，假设存储一种排列需要50个字节（顺序排列），那么总的存储需求为 1.52×10^{64} 字节！据称人类自文明诞生到2003年以来产生的信息大概也只有5EB（ 5×10^{18} 字节）^[2]。显然，这样的存储需求已经远远超出了目前人类所有IT设备的存储能力的总和。

计算时间方面：以TSP问题为例，尽管该问题已经提出了几十年，当城市节点的数量较多时，求解的时间依然是一个天文数字。Cook等人2005年、2006年的研究表明^[3]，如果采用十分先进的Concorde TSP Solver来求解33810个城市节点的TSP问题，需要15.7个CPU·年；如果求解85900个城市节点的TSP问题，需要136个CPU·年。即便采取多CPU并行处理技术，10000个CPU同时处理也分别需要13.75和119小时。对于任何一家企业而言，这样的计算时间根本是无法想象的。

(2) 典型任务包的构建。典型任务包的构建是实现此项研究目标的必要手段，其难度主要在于如何根据大量离散的数据构建合理的、具有典型代表性的样本，以尽可能小的样本容量最大限度地真实反映生产线实际运行状态，以减少模拟仿真的运行次数，从而提高整体速度和实用性。

企业在生产过程中随时面临着各种各样的随机突发情况，其中包括但不限于：关键设备故障、操作工人请假、停电/停水、紧急插单、原材料供应不及时、配套厂家拖期……。此外，国内的许多企业还常常受到批次和年度生产计划的影响，全年生产不均衡，呈现出一定的“季节性波动”。各种突发事件的概率分布是不同的，而季节性波动又给多种随机性中引入了趋势性。

常用的蒙特卡洛随机试验方法可以较好地模拟多变量多参数的随机过程，但是这种方法过度依赖随机产生的大样本（通常数以万计），对于本身求解时间较长的排产算法而言，无疑是雪上加霜。

针对上述技术难点，可以采取以下措施加以解决：

(1) 探求高效率的近似解法以降低对存储空间的需求，尽可能缩短求解时间。面对无比庞大的组合数，必须摒弃通过遍历所有组合情况来寻找最优解的常规思路。为此，必须放弃对精

确解的苛求，现实地寻找近似解。实际上，对于绝大多数组合优化问题而言，虽然最优解（即精确解）只有一个或为数不多的几个，其近最优解（即近似解）通常会有很多，而后者往往较容易获得，并且与最优解的差距并不明显。对于工程实际应用而言，在绝大多数的情况下，这种差距的意义更是微不足道。

面对庞大的组合情况，近似算法摒弃了逐个搜索最优解的努力，转而采取“撒大网，顺藤摸瓜”的策略。具体地说，此类算法通常先在解空间中随机地产生一些可行解，然后再从这些可行解中筛选出比较优良的解，通过对可行解试探性地修改并进行多次反复地迭代，来逐步逼近最优解。目前学术界已经开发出了许多种近似解法，其中包括但不限于^[4]：模拟退火（Simulated Annealing）、禁忌搜索（Tabu Search）、排斥链（Ejection Chains）、遗传算法（Genetic Algorithm）、神经网络（Neural Network）、混合蛙跳算法（Shuffled Frog Leaping）、群体智能算法（Swarm Intelligence）等。上述算法已经被成功地应用于许多实际问题，取得了良好的效果。我们需要在深入了解它们思想精髓的基础之上，结合实际工程需要，灵活地加以运用，开发出适用的具体算法。

(2) 通过概率分解的方法构建小样本的典型任务包。除了尽可能提高排产算法的运行效率，提高设备核算速度的重要途径就是尽可能减少需要检验的典型任务包的样本容量。在合理、清晰地定义“生产任务完成概率”的概念的基础之上，分别确定任务完成的标准并对各种可能发生的情况进行基于概率的合理组合，有望大大减少典型任务包的样本容量。例如，对于特定设备组合下的任务按时完成概率考察时，可以尝试进行如下定义：

任务按时完成概率 = Σ （任务完成情况得分 x 各种对应情况发生的概率），其中：

任务完成情况得分 = 1（按时完成）或0（未能按时完成）。

需要考虑的各种情况包括：生产周期占比（任务包周期/1年）、故障组合（各设备都不发生故障、只有1台设备发生故障、只有2台设备发生故障、……）、插单情况（插单任务包出现的概率）。

在考虑各种情况发生的概率时，可以只考虑

那些相对而言出现概率较高情况。例如，假设只有5台设备，每台设备在任务包周期内的发生故障的概率都只有1%（“0”代表无故障发生，“1”代表有故障发生），那么对于以95%任务按时完成概率为目标的核算而言，通常只需要考虑出现概率较大的前6种情况即可（即各设备都不发生故障，以及分别只有1台设备发生故障）。它们覆盖了99.90%的故障发生情况。有关典型任务包的设计，可以借鉴统计学中的实验设计技术，Antony等人的研究^[5]为大幅度减少测试样本数量提供了有益的参考。

（3）通过递进筛选的方式减少模拟仿真的次数。即分步考虑计划任务、紧急插单和设备故障等多种情况，及时排除不需要考虑的设备组合情况。具体而言，就是沿着“计划任务→计划任务+紧急插单→计划任务+紧急插单+设备故障→……”排产难度依次加大的顺序来分步地考察现有的设备组合是否满足要求。如果发现当前的设备组合情况已经不能满足指定的生产任务完成概率（比如95%），就不再进一步考察后续的情况，而是立刻根据需要增加需要的设备，达到指定的生产任务完成概率后再进一步考虑更加困难和复杂的情况。

3 总结与展望

智能化制造对生产线设计企业提出了更高的技术要求，传统的估算方法已经不能很好地满足设计需求。基于智能排产的生产线设备核算方法将各种生产资源约束和随机情况纳入考虑，为提高生产线设计水平和质量提供了新的思路和手段。由于种种原因，相关方法研究在国内尚未充分展开。随着智能制造思想和理念在国内的推广，该项研究有望得到广泛的重视。其研究成果不仅可以提高生产线设计的水平，还将推动企业运营管理水平的进一步提高。

参考文献

- [1] William J. Cook. In Pursuit of the Traveling Salesman: Mathematics at the Limits of Computation [M]. Princeton University Press, 2012.
- [2] Frank J. Oehlhorst. Big Data Analytics [M]. John Wiley & Sons, Ltd, 2012.
- [3] David L. Applegate, Rober E. Bixby, Vasek Chvatal,

et al. The Traveling Salesman Problem: A Computational Study [M]. Princeton University Press, 2006.

[4] Jacek Blazewicz, Klaus H. Ecker, et al. Scheduling Computer and Manufacturing Processes [M]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, 2001.

[5] Jiju Antony. Design of Experiments for Engineers and Scientists [M]. Elsevier, 2014.

基于Plant Simulation的航空复合材料 生产线工艺布局仿真建模及评估研究

■ 崔晶 李慧 (工艺)

摘要: 本文研究航空复合材料生产线工艺布局仿真评估技术,建立复合材料工艺流程及生产线布局的数字化模型,以航空复合材料数字化生产线实际项目为依托,完成复合材料生产线工艺布局仿真建模和模拟实验,通过仿真技术量化分析、论证复合材料生产线的工艺布局方案,从而指导复合材料生产线的规划设计及运营。

关键词: 航空复合材料生产线; 生产线布局; 仿真建模; 评估

0 引言

经过数十年发展,在航空制造领域,复合材料已实现了从非承力构件、次承力构件到主承力构件的应用。国外军机、直升机、无人机上复合材料用量早已达到或超过50%,新一代大型客机上复合材料的用量也超过50%,通用航空领域小型飞机复合材料用量更高,部分机型达到了结构重量的90%。我国航空工业复合材料技术经过数十年的发展,已经掌握了大量先进复合材料零件制造技术,复合材料的垂直安定面、水平尾翼、方向舵、前机身等构件已在多种型号飞机上使用。随着复合材料产量需求的增加,复合材料生产厂房的建设需求也快速增长。其中,复合材料厂房的工艺布局对于业主方的产品产量、产品质量、运营成本起着至关重要的作用。企业的设施布局是否合理,物流是否顺畅有序直接影响着企业的生产效率和生产成本。工艺仿真研究是设施布局的一项重要环节。生产线工艺建模和仿真技术是对生产线进行分析、实验、诊断、评价的最经济、

最安全的一种方法,尤其在分析复杂程度高的生产系统时,它几乎是唯一的途径。通过工艺仿真量化分析、论证复合材料生产线的工艺方案设计,解决工艺布局不合理、生产节拍不稳定的问题,指导复合材料生产线的设计及运行,从而促进工艺参数稳定,提升产品质量和生产效率,降低企业生产成本,提升航空复合材料制造的核心竞争力。

1 工艺布局评估方法

工艺布局即工厂布局,它是根据企业的经营目标和生产纲领,在已确定的空间场所内,按照从材料的接收、零件和产品的制造、装配,到成品的包装、发运的全过程,将人员、设备、物料等形成的经济活动单元所需要的空间作最适当的分配和最有效的组合,以便获得最大的生产经济效益。

工艺布局评估方法很多,常用的包括单项指标比较评价法、综合指标比较评价法等。单项指标比较评价是指多个方案中的某些指标基本相同时,只有某项主要指标不同时,则可比较该项主要指标的优劣情况而取舍方案。比如,当方案的技术水平基本相同时,则可进行方案的经济比较,根据经济效益高低来评价方案的优劣。当经

作者简介:崔晶,女,工程师,2013年毕业于北京航空航天大学管理科学与工程专业,现就职于航空工业规划技术研究院。

济效益基本相同时,在技术先进性方面差别较大时,则应根据技术水平的高低评价方案的高低^[1]。在综合指标比较评价法的评价指标体系中,有的是定性指标,有的是定量指标,而且定量指标的计量单位又多不相同。因此,在综合指标比较评价时,对定性指标应划分满足程度等级,对定量指标也应划分数量级别,以便专家评审时,按规定标准,针对不同指标具体打分。同时,由于各种指标对方案的重要程度不完全相同,因此,还应对各指标规定其加权值,以便汇总得到最终结论。综合指标比较评价法包含优缺点比较法和加权因素比较法^[2]。

传统的工艺布局比选/评估方法,以往采用的是静态公式计算前述的各项评价指标,对于产能、设备利用率等指标尚能有大致把握,但对于在制品库存量、灵敏度分析等,常用的静态方法则无法奏效了,这就是离散事件仿真技术发挥优势的地方。伴随着仿真技术的出现与迅速发展,将仿真技术应用于企业的设施规划与设计、分析和验证,可以动态模拟产品的生产制造流程,不消耗任何真实制造资源,预测制造系统状态,从而可以做出前瞻性的决策和优化实施方案,因而被广泛应用于复杂制造系统的设计、调度和规划中,对于提高设施布置水平、生产线效率具有重要的意义。已经有众多研究者利用仿真工具研究设施规划问题,肖吉军^[3]讨论了在生产物流系统规划中利用Witness软件进行仿真的方法,进行方案优选,并通过设置参数达到优化生产过程的目的。谢磊^[4]利用Em-Plant对船舶建造流程进行了建模与仿真,对提高造船效率、提高资源平衡进行了具有一定意义的研究。肖超^[5]以汽车变速器装配线为研究对象,用SLP理论和Em-plant仿真相结合的方法进行变速器装配线规划。通过以上研究可以看出,离散事件仿真技术是获得工艺布局方案评价指标的有效手段,能够全面的从技术角度评价工艺布局方案的优劣。

2 基于Plant Simulation的复合材料生产线工艺布局仿真建模方法

目前,制造系统应用中具有代表性的仿真软件主要有Witness、Arena、Flexim、Plant

Simulation等。Plant Simulation是用C++实现的关于生产、物流和工程的仿真软件,是面向对象的、图形化的、集成的建模、仿真工具,是一类典型的离散事件仿真软件工具。由于Plant Simulation支持层次化、参数化建模,具有面向对象、可编程控制等特点,因此本文采用其进行仿真建模^[6]。

航空复合材料零件加工过程中,除了零件的流动,还存在模具的流转,且不同典型件的加工路线及所需模具不同,若使用机床设备之间的固定连接,则非常不利于控制零件/模具的流动方向,费时费力,且容易出错。为提高仿真建模的效率,这里采用软件提供的SimTalk语言编写Method的方法构建仿真模型,模型中的基本对象见图1。

基于仿真模型的基本对象建模,首先读入并设置所需表单,包含零件列表、零件工时信息表、设备表,模具相关信息表等;其次根据表单信息进行模型的创建,在各加工区域中添加Plant Simulation库元件表示工艺设备及暂存区,并通过连接线或吊车进行逻辑连接;接着对模型工艺设备、暂存区等的加工时间及容量大小等进行设置,并对其进入进出策略进行适当调整,使其更符合需求;然后经过适当人工调整,建模初步完成;最后经过测试无误后,则布设AGV运输系统进行连接各区域。

在仿真模型中,物料由零件源Source_Part产生,然后根据零件工时信息表按照其工艺流程先后经过各个加工设备,最终到达成品存放区;模具由源Source_Mould产生,然后按照模具工时信息表(见图2)中的工艺流程,通过准备工作、与零件合并、随零件流转、最终与零件分离回到模具库。其中,对于多台同型设备的任务分配按等概率进行。

此外,为实时观察各设备的运行情况,监视在制品库存和自动统计最终产量,另外建立了生

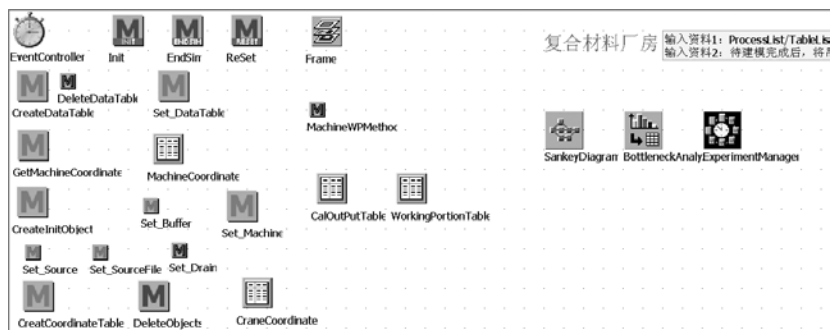


图1 仿真模型中的基本对象

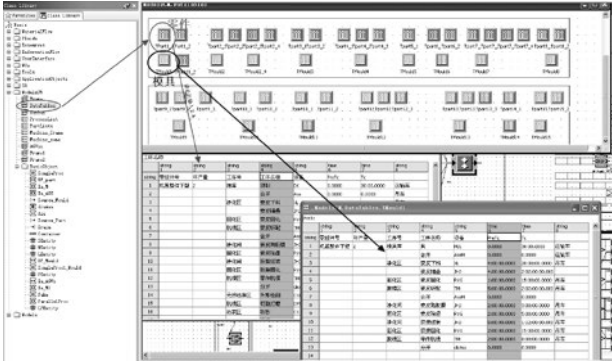


图2 模具工时信息表

产监视看板模块，展示各设备的负荷情况、各单元的在制品数量以及产量情况等，见图3。在开启动画模式进行仿真运行时，可以从各个加工区的显示面板上观察到加工设备的实时效率状态，类似于数字化工厂的生产线实时监控系统。

3 基于PlantSimulation的某企业复合材料厂房工艺布局仿真评估案例

3.1 项目概况

某厂欲新建5.5万m²复材厂房，地块比较方正。地块周边环境为，北边数控厂，南边总装厂，西边动力站，东边有食堂。该厂主要负责主要生产军机型号产品，产品以层压结构件、复杂结构件为主。生产属于多品种、小批量的生产。通过开发的标准化表单零件信息表采集数据，并对零件按尺寸大小进行归类，得到该厂目前主要生产的典型产品列表，多为航空预浸料热压固化零件，包含大型零件6类，中型零件11类，小型零件3类。对以上典型零件搜集工序流程图和工艺工时信息。

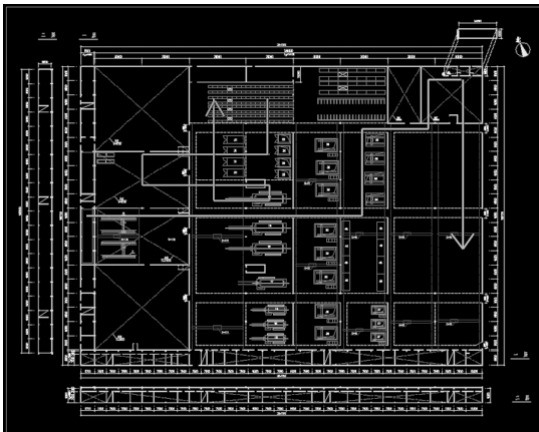


图4 初步方案一

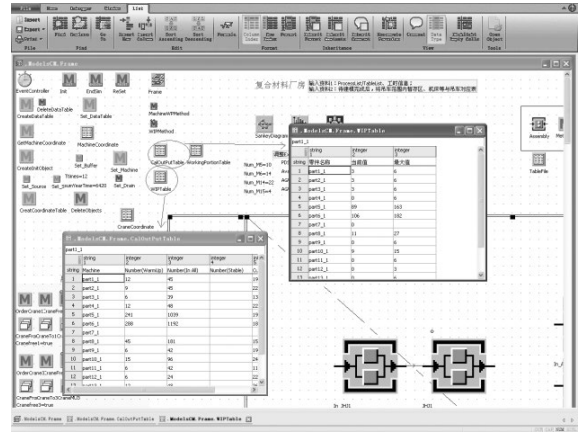


图3 设备的负荷情况、各单元的在制品数量

根据对典型产品的工艺分析，该厂房的功能区主要包括手工铺叠区、自动铺叠区、热压罐区、烘箱区、机加区、手工切割区、无损检测区、喷漆区、吹砂喷铝区、装配区。考虑到产品种类多，模具数量和种类较大，因此设置模具库方便模具存储。

3.2 厂房布局方案图初步分析

根据产品生产工艺流程顺流的原则，布置了2版初步方案图，见图4、图5。

初步方案一中，（1）产品物流在大流程上呈现一字形，工艺流程较为顺流。（2）模具物流主要集中在区域左上角。由于该厂生产的复材产品中部分产品的尺寸较大，配套模具的尺寸大、重量重，加上历史留存模具需要存储，若所有模具均放置在模具库中，可能会存在模具存放区域面积不足的问题。（3）吹沙喷铝间位于东北角处，污染较大，而东面是食堂位置，可能会对道路上大量的人流有不好影响。（4）固化区位于厂房中间位置，作为散热源，最好尽量与其东面紧邻的

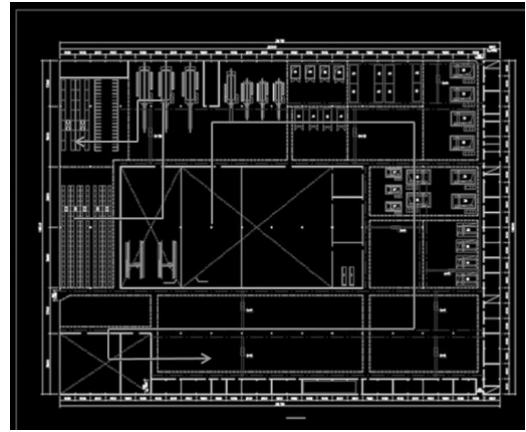


图5 初步方案二

机加设备有隔离，同时动力管线需要从地下走线进行布置。

初步方案二中，(1)产品物流在大流程上呈现回字形，工艺流程顺流。(2)厂房考虑到将部件装配区纳入厂房中，因此再南方区域分割出一长条形装配区，装配完的部件产品可以直接拉到总装厂进行总装，距离路程较短。(3)净化间位于厂房中间区域，由于该厂很多零部件的铺叠工序仍是手工铺叠，需要铺叠台进行工作，因此铺叠间面积是制约净化间能力的重要因素，净化间面积需要核算。同时将蜂窝芯加工间、下料间又割出净化间的一部分面积。(4)冻库、蜂窝芯库等原材料库房位于厂房屋东南区，其运送到蜂窝芯加工间、下料间需要穿过或越过装配区，造成物料运输较为不便。

3.3 仿真建模及假设

航空复合材料零件加工过程中，除了零件的流动，还存在模具的流转，且不同典型件的加工路线及所需模具不同。这里采用PlantSimulation软件进行仿真模型，模具和零件使用不同模块控制。

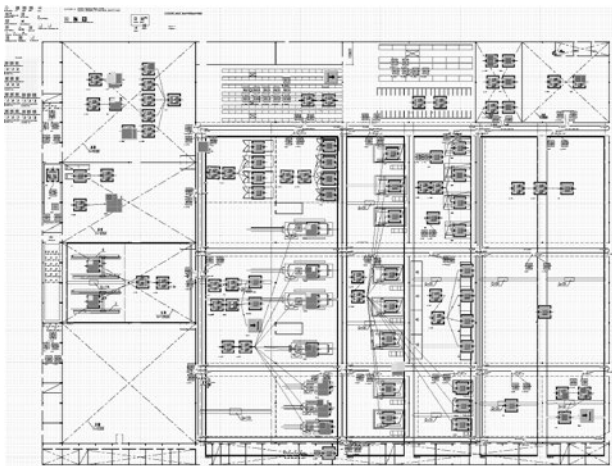


图6 初步方案一的仿真模型图

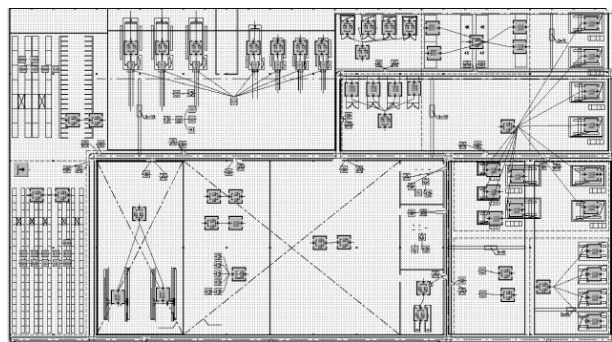


图7 初步方案二的仿真模型图

仿真输入为典型零件数量表、典型零件加工工序表(含模具)、典型零件工序工时表、工艺设备表、初步方案图等。建立的仿真模型见图6、图7。

就本项目而言，仿真主要解决两方面问题：

①优化，通过在不同参数下的仿真运行，实现工艺设备台套数、模具数量、运输设备数量等的优化；②比选，从物流量、设备占用率等方面定量分析比较，实现工艺布置方案的优选。在本项目的仿真中，有如下假设条件：

(1) 仿真模型中设备年时基数按照5350小时计算，仿真运算考虑准备时间对最终结果的影响；

(2) 对于冻库、蜂窝芯库、材料库、半成品库、脱模设备、喷漆设备、吹砂、喷铝设备等依靠人力或未明确给出设备数量的设备均按生产能力足够计算；

(3) 由于没有各产品的具体交付规定，仅有年产量要求，因此生产排程问题简化为将产品分若干个批次投产；

(4) 仿真过程中需求产量按预计生产纲领计算，零件数量由典型零件数量表、零件组成表及典型零件工序表共同确定，部分零件中由其他辅助复材产品组成，如XX产品组成包括蒙皮2张、蜂窝夹心、肋3个梁、肋等，若其工序流程中不包含复材梁、肋的制造过程，则需在单制梁、肋的数量上进行扩充。

(5) 热压罐由于缺少组合进罐数据资料，仿真中只能将热压罐设置为同时可容纳5个零件，且大型零件只能进大罐；

(6) 仿真过程中，发现当下料机按照所给工时加工时，其前暂存区堆积大量零件，严重影响后续工序进行，从复材厂了解到下料是一个非常快的过程，基本不可能构成瓶颈，因此这里将下料机生产能力适量扩大，认为其生产能力足够。

3.4 仿真实验结果分析

对2版初步方案图进行了仿真建模和实验评估，分别对设备利用率、物流情况、模具数量等进行了模拟实验。

3.4.1 模具数量对比

模具是复材零件生产中的重要工具，同时模具制造价值较高。由于蒙皮、加筋壁板、以及内外副桁肋零件的年产量特别大，因此单独的对以上3类零件的模具数量进行仿真实验。按照蒙皮、加筋壁板、桁肋零件制造时均以完成生产纲领要求为目标。经实验，得到两版初步方案图的结果见表1。

表1 仿真结果—模具数量

	蒙皮	加筋壁板	桁肋
方案一	10	14	22
方案二	11	15	24

表2 铺叠台数量仿真结果

	铺叠台数量
方案一	17
方案二	16

3.4.2 手工铺叠台数量核算

净化间是铺叠工序的重要，其面积大小将对铺叠能力产生影响。根据调研得知，蒙皮、壁板类等大型形状较为规则的零件可使用自动铺带机进行铺叠，而小型零件或者形状不规则的产品通常使用手工铺叠的方式进行。在仿真实验中，定义大中型零件的蒙皮壁板使用自动铺带机进行铺叠，小型件及辅助零件梁、肋等使用手工铺叠。默认一个铺叠台一次只能完成一件产品，以完成年内生产产量为目标，通过多次实验，得到两版初步方案图的铺叠台数量见表2。

3.4.3 设备利用率对比

设备利用率是生产线利用情况的重要指标，本通过多次仿真实验对重要设备的设备利用率进行分析。其中对热压罐的设置，由于没有获取到组合进罐的规律，仿真中设定为一罐同时可容纳5个零件，且大型零件只能进大罐，热压罐能力充足。

通过对比可以发现：两版方案的设备占用率差别不大，有区别的在于：下料、手工铺叠、吹沙、喷铝（方案二略高），热压罐、装配（方案一略高）。手工铺叠、无损检测、固化，仍是生产加工设备占用率较大的工序。

3.4.4 物流距离及能流图

物流是影响厂房生产运营的重要因素，通过仿真实验对物流运输距离进行测算，方案一物流运输距离约为38438km，方案二物流运输距离约为78200km，由于方案一为直线型

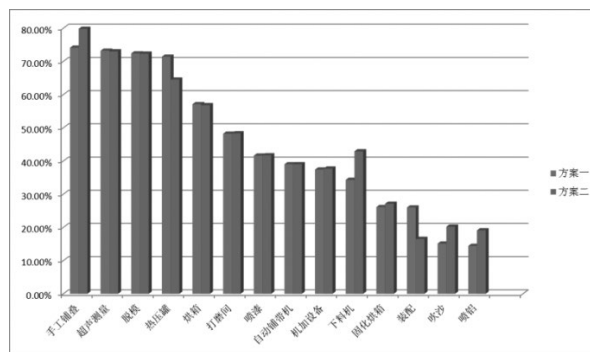


图8 设备占用率柱形图

布局，所以在物流运输上距离占据较大优势。

图4和图5给出了两版初步方案的能流图，经分析，可以发现两版初步方案图，物流量大的部分集中在①模具库到净化间；②原材料库到净化间；③净化间到固化区；④机加、切割打磨、无损区域间；⑤无损到装配区。因此，在布局时，将物流量较大的区域集中布置，或者利用区域空余位置作为暂存区，可有效物流运输距离。

方案一比方案二的物流运输距离短的多，原因可能有以下几方面：

- I. 方案一为直线型布局，在物流运输上距离比回型布置的方案二占据较大优势。
- II. 方案二中原材料库、冻库、半成品库均离净化间的位置较远，前期物流运输距离较大。
- III. 方案二装配区位于地块最南端，离其上步工序使用的打磨设备较远；仿真过程中装配区设

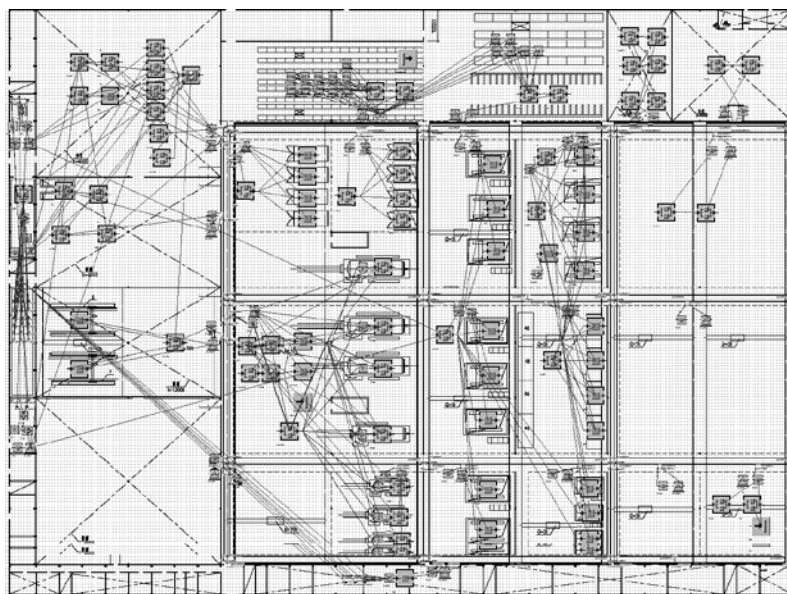


图9 初步方案一能流图

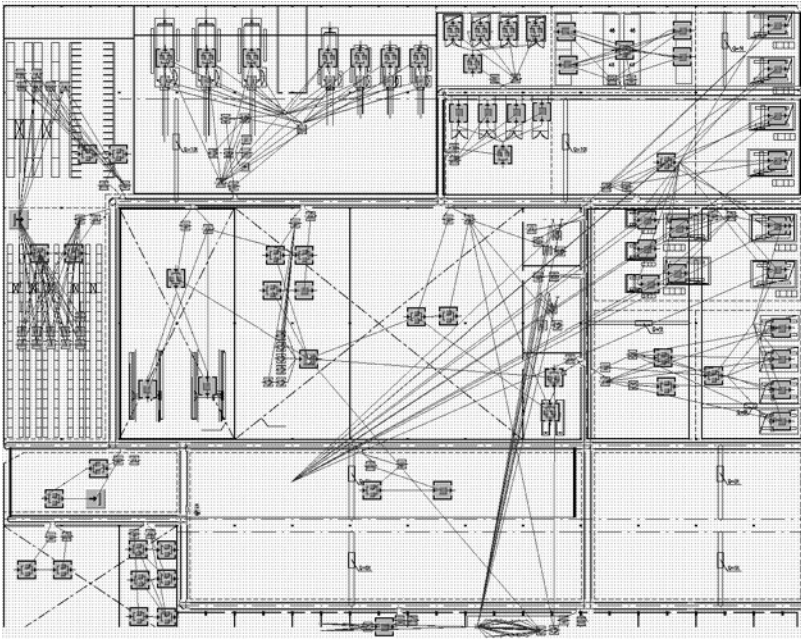


图10 初步方案二能流图

备位置的选取在正中间，离机加设备、打磨设备较远，这也可能导致较大的物流量。

4 结论

复合材料厂房的工艺布局对于业主方的产品产量、产品质量、运营成本起着至关重要的作用。生产线工艺建模和仿真技术是对生产线进行分析、实验、诊断、评价的最经济、最安全的一种方法。本文研究航空复合材料智能生产线工艺仿真建模技术，建立复合材料生产线工艺流程及布局的数字化模型，以航空复合材料智能制造生产线的实际项目为依托，完成复合材料生产线布局工艺仿真建模及模拟实验，通过仿真评估量化分析、论证和比较复合材料生产线的工艺方案设计，从而指导航空复合材料生产线的设计及运行。

参考文献

- [1] 齐二石, 田青, 宋宁华. 物流系统规划设计方法综述[J]. 天津大学学报, 2003, 5(3): 225-228.
- [2] 马汉武. 设施规划与物流系统设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005
- [3] 肖吉军, 李军. Witness仿真在企业生产物流系统规划中的应用[C]. 全国第十届企业信息化与工业工程学术年会论集. 2006: 116-118.
- [4] 谢磊. 基于Em-Plant的船舶建造流程建模与

仿真[D]. 上海交通大学, 2009.

[5] 肖超, 陈书宏. 基于SLP和Em-plant的变速器装配线规划研究[J]. 工程设计学报. 2010, Vol.17(6): 430-434.

[6] 施於人, 邓易元, 蒋维. eM-Plant仿真技术教程[M]. 北京: 科学出版社, 2009

航空发动机用聚酰亚胺树脂基复合材料衬套研究进展

■ 王云飞 张朋 刘刚 肇研 包建文 [工艺]

摘要: 本文综述了航空发动机用聚酰亚胺树脂基复合材料衬套的特性及其研究进展与应用现状,重点介绍了石墨填充复合材料衬套、纤维编织增强复合材料衬套及短切纤维增强复合材料衬套的制备技术、性能特点与应用发展,指出低成本、连续化生产、耐高温及长使用寿命是未来航空发动机聚酰亚胺树脂基复合材料衬套及其材料体系的主要发展方向。

关键词: 航空发动机;聚酰亚胺;复合材料;衬套

近年来高性能航空发动机技术迅速发展,为进一步改善航空发动机性能,国外在航空发动机上越来越多地采用树脂基复合材料取代金属材料以达到轻量化的目的^[1,2]。其中聚酰亚胺树脂基复合材料由于其优异的耐热性能,在航空发动机和空天飞机上得到广泛应用^[3,4]。

航空发动机衬套是聚酰亚胺树脂基复合材料在发动机上应用较为成熟的部位之一^[5]。衬套是起衬垫、减磨作用的环套,其摩擦因数小、耐磨性能好,可以减少轴磨损,而且衬套磨损到一定程度还可以进行更换。发动机可调叶片衬套是航空发动机衬套的典型应用,是用于航空发动机高压压气机可调叶片装配的关键部件,可起到减磨、保护叶片轴的作用,由于服役环境苛刻,因此要求所选材料具有耐高温(260~400℃)、自润滑、耐磨损、耐腐蚀及长使用寿命等性能^[6-8],同时不能磨损叶片转轴与机匣装配孔,是保证发动机稳定工作的关键材料。

尽管衬套结构尺寸较小,但是单台发动机的衬套用量多达上百件,采用聚酰亚胺复合材料衬套替代金属衬套能够起到较好的减重效果,同时

减磨效果更优、耐久性更好,因此被广泛应用于军用与民用航空发动机。国外针对航空发动机用聚酰亚胺复合材料衬套的研究始于20世纪60年代末^[9],经过40多年的研究与发展,聚酰亚胺复合材料衬套形成了多种材料体系,主要包括石墨填充复合材料衬套、纤维编织复合材料衬套、短切纤维复合材料衬套等类型^[10,11],见表1。

1 石墨填充线性聚酰亚胺复合材料衬套

石墨填充线性聚酰亚胺复合材料是最早应用于航空发动机衬套的材料体系,始于20世纪60年代末,以耐热性能最优的均苯结构线性聚酰亚胺为树脂基体,并以石墨作为自润滑功能填料,具有优异的耐热、润滑、耐磨等性能。以均苯四甲酸酐(PMDA)和4,4-二氨基二苯醚(4,4-ODA)为单体缩聚而成的PMDA-ODA型聚酰亚胺树脂,其分子结构及合成过程如图1所示,分子结构刚性大、分子链规整、对称性好,其聚集态结构呈半晶态,因此耐热性能优异^[12]。图2为这种材料典型的DMA曲线,在室温至450℃范围内未出现明显的玻璃化转变(储能模量曲线没有明显转变),因此其短期使用温度可达450℃以上。但这类材料的热膨胀系数较大,高温下尺寸稳定性

作者简介:王云飞,男,工程师,2015年毕业于北京航空航天大学材料工程专业,现就职于航空工业规划动力工程设计研究院。

较差。此外，这类材料生产工艺过程较为复杂^[13-16]，需要特殊的成型及处理工艺，因此制造成本较高；且整个生产过程涉及树脂合成、模塑粉制

备、板材或棒材成型、衬套零件的机械加工等多道关键工序，难以实现连续化大批量生产，这也成为限制其推广应用的主要原因。

表1 聚酰亚胺复合材料衬套分类

Category	Reinforced material	Resin matrix
Graphite filled composite bushing	Graphite	Thermoplastic polyimide
Braid composite bushing	Braided fiber	Thermoplastic polyimide Thermosetting polyimide
Chopped fiber composite bushing	Chopped fiber	Thermosetting polyimide

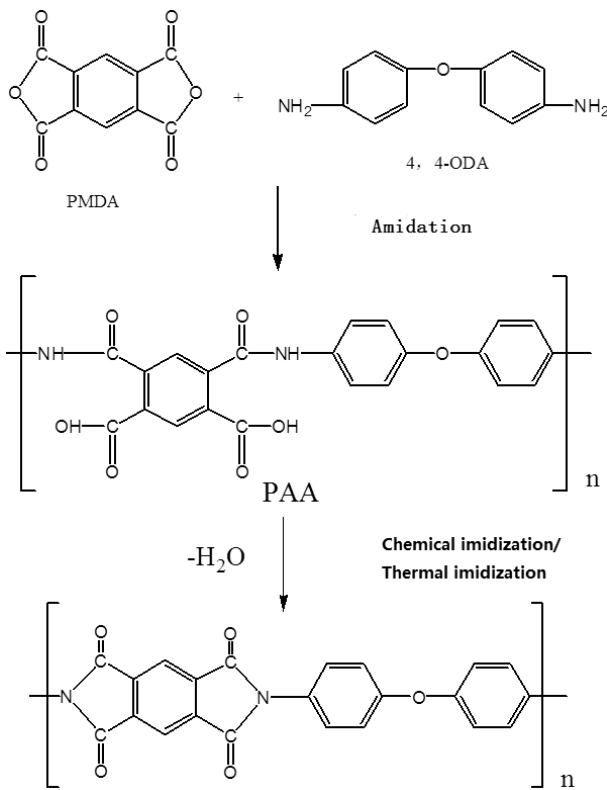


图1 线性聚酰亚胺分子结构及合成反应过程^[17]

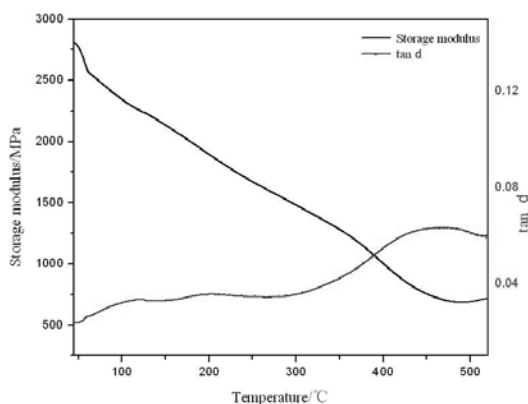


图2 SP-21的DMA曲线

国外开展石墨填充聚酰亚胺复合材料研究的机构及生产厂商众多，主要包括DuPont（美国）、Maverick（美国）、Saint-Gobain（法国）、Boedeker Plastics（美国）等。其中杜邦公司最早开展相关研究工作，其开发的Vespel SP系列产品是石墨填充聚酰亚胺复合材料的代表性产品，其长期使用温度为260℃，短期使用温度最高可达450℃以上^[18]，通过在PMDA-ODA型聚酰亚胺树脂中添加不同的功能填料，采用热等静压和挤出成型技术建立了Vespel SP系列产品（见表2），其中应用于发动机衬套的主要包括SP-21，SP-22等牌号，已成功用于CFM56，GE-90，GP-7000等先进航空发动机上^[19-21]。DuPont Vespel系列主要衬套材料的物理与力学性能见表3。

此外，美国Maverick公司也是复合材料衬套的主要生产商之一，其石墨填充线性聚酰亚胺复合材料牌号为Maverick Superimide T-115，同样采用PMDA-ODA型聚酰亚胺树脂为基体，以石墨为自润滑填料。Superimide T-115具有良好的自润滑性能、低的摩擦因数及良好的热稳定性，长期使用温度为316℃，能够符合ASTM D-6456及GE A50TF146 CLASS B标准，其主要性能见表4，多应用于发动机静子叶片（Variable Stator Vane, VSV）衬套。

而国内有关聚酰亚胺衬套及其材料的研究则起步相对较晚，20世纪90年代中后期，上海市合成树脂研究所开始了石墨填充聚酰亚胺复合材料衬套材料及工艺技术的研究工作，突破了国外同类聚酰亚胺树脂（PMDA-ODA）的合成、成型等关键技术，成功开发了耐高温、自润滑聚酰亚胺材料，其RATTEM（雷泰）系列包括YS-10，YS-20，YS-260，YS-30等产品，包括棒材、管材及烧结零件。它们可分别在180~280℃长期使

表2 DuPont™ Vespel®系列主要衬套材料的组成及性能特点^[22]

Brand	Mass fraction of graphite/%	Performance feature
SP-21	15%	Increased wear resistance and low friction
SP-22	40%	Low thermal expansion and dimensional stability

表3 DuPont™ Vespel®系列主要衬套材料的物理与力学性能^[22]

Brand	Tensile strength /MPa		Elongation /%		Flexural strength /MPa		Flexural modulus /MPa	
	23℃	260℃	23℃	260℃	23℃	260℃	23℃	260℃
SP-21	65.5	37.9	4.5	3.0	110.3	62	3792	2551
SP-22	51.7	23.4	3.0	2.0	89.6	44.8	4826	2758
Brand	Compression modulus at 23℃/MPa		Notched impact strength/J.m-1		Coefficient of friction at 23℃		Wear rate (PV=25000, In/1000)	
SP-21	2895		42.7		0.24		0.09	
SP-22	3275				0.2		0.06	
Brand	Coefficient of thermal expansion / (10-6K-1)				Density/(g.cm-3)		Loss on ignition/%	
SP-21	49				1.51		49	
SP-22	38				1.65			

表4 Superimide® T-115的主要性能^[23]

Property	Temperature	Value	Test method
Tensile strength/MPa	RT	69.64	ASTM D638
Tensile modulus/GPa	RT	4.48	ASTM D638
Elongation/%	RT	6.1	ASTM D638
Tensile strength/MPa	260℃	35.85	ASTM D638
Elongation/%	260℃	2.3	ASTM D638
Compression modulus/GPa	RT	2.14	ASTM D695
Compression modulus/GPa	260℃	1.72	ASTM D695
Density/ g.cm-3	RT	1.48	ASTM D792
Coefficient of friction	RT-371℃	0.2	
Tg/℃	RT-399℃	391	
Coefficient of thermal expansion/10-6K-1	RT to 232℃	42	ASTM E831

用,短期使用温度可达450℃,具有良好的力学性能、热稳定性和抗氧化性,同时具有低导热、摩擦因数和高耐磨性。系列产品主要物理与力学性能见表5,其中采用YS10-021自润滑衬套材料制造的发动机衬套已经应用于国产航空发动机,并且经过应用考核验证,目前已经能够形成小批量供应。

2 纤维编织增强聚酰亚胺树脂基复合材料衬套

随着发动机性能的不不断提升,更高推重比的发动机对所用材料的耐热性能、耐久性、可靠性等提出了更高的要求^[25],DuPont公司率先开发了纤维编织增强聚酰亚胺树脂基复合材料衬套商业化产品。这种衬套由管状碳纤维编织体增强热固性聚酰亚胺树脂制成,其制造流程为:首先将连续纤维编织成管状编织体,然后在压力或者真空下采用聚酰亚胺树脂浸渍编织体,随后放入空气循环炉中进行亚胺化。将得到的预成型体裁剪加工后放入金属模具中,在高温高压下模压成型。由于编织碳纤维的增强作用,纤维编织增强聚酰亚胺复合材料衬套的力学性能优异,耐久性好;热固性聚酰亚胺树脂基体耐热性能好^[26-29],使用温度最高可达360~370℃,同时具有低的摩擦因数^[30-32];并且与石墨填充线性聚酰亚胺复合材料

衬套相比,具有极低的线膨胀系数,尺寸稳定性显著提高,碳纤维编织增强聚酰亚胺树脂基复合材料衬套代表了目前衬套材料的最先进水平,并且随着高性能聚酰亚胺树脂基体的不断开发与应用,其耐热性与力学性能不断提高^[33-35]。但碳纤维编织成本高、衬套制造工艺复杂,由此导致复合材料衬套的制造成本较高,加之衬套的制造工艺不连续,纤维编织复合材料衬套的应用受到极大制约。

目前已有多家研究机构开展了纤维编织增强聚酰亚胺复合材料衬套的研究^[22,36-38],其中主要包括DuPont(美国),Maverick(美国),Foundry Service & Supplies, Inc等。DuPont公司的纤维增强聚酰亚胺复合材料衬套产品为DuPont™Vespel[®]CP系列,主要包括Vespel[®]CP-8000, Vespel[®]CP-8001和Vespel[®]CP-8002等牌号产品,该系列衬套产品具有优异的力学性能、尺寸稳定性、韧性性能、耐热性、自润滑性能及耐磨损性能,其主要性能见表6。

美国Maverick公司也是纤维增强复合材料衬套的生产商之一。其生产的连续纤维编织增强衬套商品牌号为MVK-19,耐温达到了371℃,具有良好的耐高温性能和摩擦磨损性能,并且树脂基体不含有MDA(4,4'-二氨基二苯甲烷)等毒性成分,其主要性能见表7。

表5 RATEM[®]系列产品的的主要物理与力学性能^[24]

Brand	Constitution	Impact strength/ (kJ·m ⁻²)	Gravity/ (g·cm ⁻³)	Thermal expansion coefficient/ (10 ⁻⁶ ·℃ ⁻¹)	Coefficient of friction
YS10-021	YS10,15% graphite	25	1.50	50	0.15
YS20-023	YS20,10% graphite	100			0.10-0.30
YS-280	Imide copolymer, 15% graphite	15	1.49-1.51	38	0.29
YS-330-1	Imide copolymer, 15wt% graphite	19.6	1.49-1.51	34	0.30
YS-330-2	Imide copolymer, 40% graphite	7	1.64-1.68		0.19
YS-380-1	Imide copolymer, 5% graphite	15	1.44-1.47		

表6 DuPont™ Vespel[®] CP系列复合材料衬套主要性能^[22]

Vespel [®] CP	Tg/℃	Thermal expansion coefficient /(10 ⁻⁶ ·℃ ⁻¹)	Specific gravity /(g·cm ⁻³)	Mass loss rate*/%
CP-8000	360	8.3	1.52	3.0 (357℃)
CP-8001	349	8.3	1.54	6.2 (357℃)
CP-8002	330	7.2	1.47	2.6 (327℃)

表7 Maverick MVK-19的主要性能^[23]

Property	Temperature	Value	Test method
Tensile strength/MPa	RT	117.2	ASTM D3039
Tensile modulus/GPa	RT	13.79	ASTM D3039
Elongation/%	RT	3.0	ASTM D3039
Compressive strength/MPa	RT	242	ASTM D695
Compression modulus/GPa	RT	5.17	ASTM D695
Density/ g·cm ⁻³	RT	1.65	ASTM D792
Tg/℃	RT to 399℃	385	ASTM E1640
Coefficient of thermal expansion/10 ⁻⁶ K ⁻¹	RT to 232℃	1.5	ASTM E831
Coefficient of friction	RT to 371℃	0.19	ASTM G99
Mass loss rate/% (100h, 0.48MPa)	371℃	2.5	E50TF534

纤维编织增强复合材料静子叶片衬套的应用十分广泛，美国的GE公司就是这种复合材料衬套应用量最大的厂商之一，此外还有Allision, Pratt & Whitney, Rolls & Royce, SNECMA等公司也都应用了这种复合材料衬套。图3所示为Rolls & Royce(罗-罗公司)的BR710发动机高压压气机的静止叶片衬套，即采用DoPont公司的Vespel CP-8000材料制成。虽然编织复合材料衬套的应用十分广泛，但是成型工艺繁琐、制造成本较高是其一直存在的最大问题。

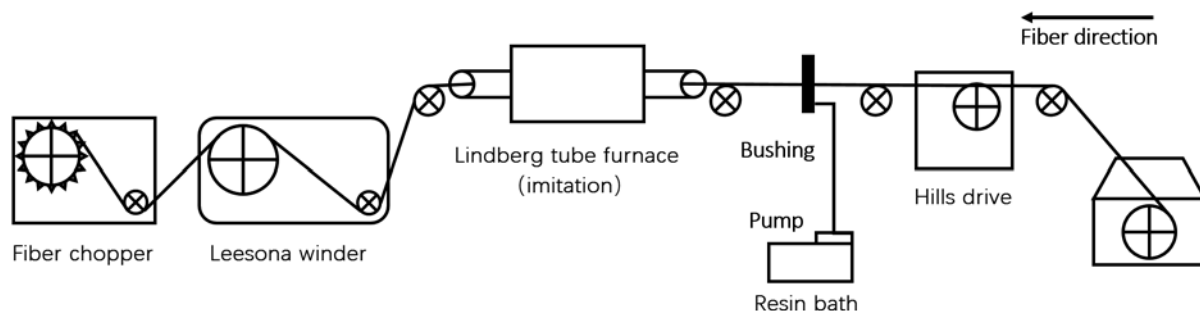
国内方面，目前虽已开展纤维编织增强聚酰亚胺复合材料衬套的研究，但尚未形成相应的材料体系，并未进行产业化及应用。北京航空制造

图3 BR710发动机静止叶片衬套^[22]

工程研究所采用KL-SRE无碱玻璃纤维编织管及自研的聚酰亚胺树脂(BMP316)溶液制备了航空发动机用玻璃纤维增强聚酰亚胺复合材料衬套，并研究了衬套的轴向压缩性能^[37]，但该研究并未形成规模应用。

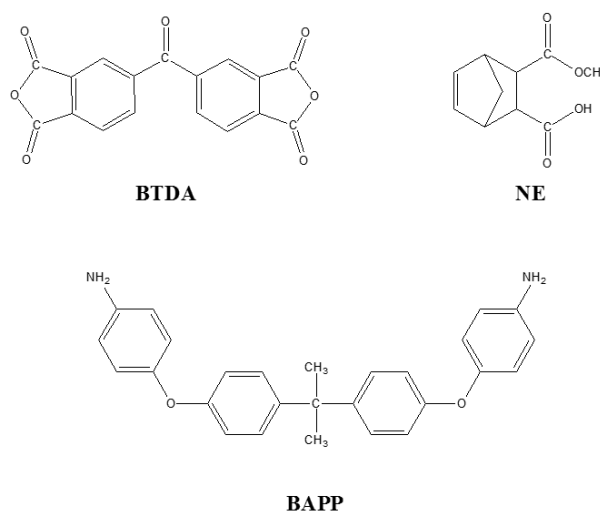
3 短切纤维增强聚酰亚胺衬套

尽管石墨填充线性聚酰亚胺复合材料衬套及纤维编织增强聚酰亚胺复合材料衬套技术相对比较成熟^[39-41]，产品性能优异，但是两种衬套均存在制造工艺复杂且不连续等问题，导致复合材料衬套的制造成本高，并且不适合大规模生产，限制了其广泛应用；因此短切纤维增强聚酰亚胺复合材料衬套得到了人们的重视并进行了相应的开发^[25]，它以热固性聚酰亚胺为基体，短切纤维为增强体^[42-44]，将短切纤维预浸料经模压成型制备而成。由于不需要编织碳纤维，短切纤维预浸料可以由连续化的生产过程制造以取代复杂的制造工艺从而达到低成本的目的，连续化短切纤维预浸料制造工艺流程见图4。

图4 短切纤维预浸料制备流程图^[25]

除了制造工艺上的低成本化，短切纤维增强聚酰亚胺复合材料衬套还使用低成本聚酰亚胺树脂作为基体来降低聚酰亚胺复合材料衬套的制造成本。目前广泛使用的耐高温聚酰亚胺树脂PMR-15成本较高^[45-49]，因此不少研究机构相继开发了PMR-15的低成本替代树脂^[50,51]。其中美国NASA Lewis中心Vannucci等^[52]研制了AMB-21聚酰亚胺树脂作为PMR-15的替代材料。合成AMB-21聚酰亚胺树脂的单体结构见图5，采用BAPP（2，2-双-4-苯氧基-4-苯基丙烷作为二胺单体代替PMR-15使用的MDA，从而规避了MDA的毒性并降低了树脂的合成成本，并且具有良好的成型加工性能；但其缺点是所制备的树脂基复合材料的玻璃化转变温度较低，在一定程度上限制了其在高温环境下的使用；因此Maverick公司针对短切纤维复合材料衬套性能要求进行了改良以提高树脂的T_g及热稳定性。改良后的树脂为AMB-17XLD及AMB-TPD，均采用PPD（对苯二胺），DAP（2,6-二氨基吡啶）及BAPP混合二酐进行合成反应。其中AMB-17XLD中PPD，DAP及BAPP的摩尔比为3:1:6；AMB-TPD中PPD，DAP及BAPP的摩尔比为3:3:14。改进后的树脂基体的耐热性能基本接近PMR-15的水平，同时具有低毒性、低成本的优点；但是短切纤维增强复合材料衬套也存在一些缺点，例如短切纤维的加工性能较差，这使得衬套的成型比较困难。更长的纤维可以得到更好的力学性能，但是成型却更困难，这使得衬套的强度与加工性能需要加以权衡；此外，由于树脂纤维界面暴露相对较多，在同一树脂体系下，短切纤维衬套的热失重较纤维编织衬套高^[25]。

美国Maverick公司与U.S. Composites公司合作采用AMB-17XLD树脂由连续化生产工艺制得短切纤维预浸料，再由NHBB（New Hampshire

图5 AMB-21单体结构^[52]

Ball Bearing) 公司成型制造短切纤维增强复合材料发动机衬套，衬套孔隙率低，表面质量好，经过300℃的后固化后具有较高的玻璃化转变温度以及与PMR-15衬套相近的热失重（见表8）。NHBB公司目前是GEAE（GE Aircraft Engines）公司可调静子叶片衬套（纤维编织复合材料衬套）的供应商之一。

此外，美国Foundry Service & Supplies公司也开展了短切纤维增强聚酰亚胺耐高温自润滑复合材料的研究，并且已经产品化，商品名为Fibercomp，为短切纤维增强、石墨粉料填充聚酰亚胺复合材料，长期使用温度达到316℃，短期使用温度达到454℃，可以制成棒材、管材或者加工成零件，其主要性能见表9。

4 结束语

经过几十年的研究积累和发展，国外聚酰亚胺复合材料衬套在航空发动机上的应用已经比较

表8 AMB-17XLD与PMR-15复合材料衬套性能对比^[25]

Resin	T _g (TMA) /°C	Mass loss rate*/%
AMB-17XLD	367	8.8
AMB-17XLD (chopped fiber)	313	9.1
PMR-15	398	7.2

表9 Fibercomp复合材料的主要性能^[53]

Temperature /°C	Tensile strength /MPa	Tensile modulus /GPa	Compressive strength/MPa	Specific gravity/(g·cm ⁻³)	Coefficient of friction
23	82.74	15.86	248.22	1.5	0.1-0.2
260	55.16	11.03	172.28		

成熟,并且形成了石墨填充复合材料衬套、纤维编织增强复合材料衬套、短切纤维增强复合材料衬套等多种衬套及其材料体系,长期使用温度可涵盖260℃~371℃:1)石墨填充线性聚酰亚胺复合材料衬套技术成熟,耐热性能优异,但其尺寸稳定性差、成本高、工艺复杂等缺点难以解决,限制了其广泛应用;2)纤维编织增强复合材料衬套不仅耐热性能较高,同时具有优异的尺寸稳定性及良好的使用寿命,是目前最先进的衬套材料,并且随着树脂基体的开发和应用,衬套性能会不断提高,但其缺点是成本较高,工艺复杂难以连续化生产;3)短切纤维增强复合材料衬套可以连续化生产,制造成本低,但是其耐热性能较前两者衬套低,加工性能也较差。

随着先进航空发动机的高速发展,聚酰亚胺复合材料衬套逐步呈现低成本、高耐热、长使用寿命的发展趋势,因此纤维编织增强复合材料衬套及短切纤维增强复合材料衬套将是未来重要的发展方向。而国内航空发动机衬套材料与国外的技术水平尚有较大差距,聚酰亚胺复合材料衬套尚需逐步完善各体系材料的基础研究,重点关注复合材料衬套用低成本耐高温聚酰亚胺树脂基体的合成制备、不同聚酰亚胺复合材料衬套的成型工艺方法及原理等基础研究领域,同时还应注重后续衬套零件考核验证技术的同步发展,为聚酰亚胺复合材料的广泛应用奠定技术基础。

参考文献

- [1] 王增强. 高性能航空发动机制造技术及其发展趋势[J]. 航空制造技术, 2007, (1): 52-55.
 [2] WANG Z Q. High performance aeroengine

manufacturing technology and development trend[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2007, (1): 52-55.

[3] 包建文, 陈祥宝. 发动机用耐高温聚酰亚胺树脂基复合材料的研究进展[J]. 航空材料学报, 2012, 32(6): 1-13.

[4] BAO J W, CHEN X B. Advance in high temperature polyimide resin matrix composites for aeroengine[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2012, 32(6): 1-13.

[5] 陈祥宝. 高性能树脂基体[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999.

[6] CHEN X B. High-performance Resin Matrix[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1999.

[7] Krishnamachari P, Lou J Z, Sankar J, et al. Characterization of fourth-generation high-temperature discontinuous fiber molding compounds[J]. International Journal of Polymer Analysis and Characterization, 2009, 14(7): 588-599.

[8] DEXTER H B, DAVIS, J G Jr. Graphite/Polyimide Composites [J]. British Journal of Psychiatry the Journal of Mental Science, 1979, 143(AUG): 301-303.

[9] TAMAI S, KUROKI T, SHIBUYA A, et al. Synthesis and characterization of thermally stable semicrystalline polyimide based on 3, 4'-oxydianiline and 3, 3', 4, 4'-biphenyltetracarboxylic dianhydride[J]. Polymer, 2001, 42(6): 2373-2378.

[10] ABADIE M J M, VOYTEKUNAS V Y, RUSANOV A L. State of the art organic matrices for high-performance composites: a review[J]. Iranian Polymer Journal, 2006, 15(1): 65-77.

以下省略

我国生物医药产业园区建设研究

■ 曹雁林 [工艺]

摘要: 本文通过生物医药产业链分析,归纳我国众多生物医药园区建设类型,通过不同类型园区建设,分析其所需资源要素支撑,引入园区平台概念,聚集行业发展所需资源,加快生物医药各类园区发展,对今后开拓生物医药园区规划咨询具有指导与借鉴意义。

关键词: 科技创新园区;小试/中试平台;生物医药产业链

生物医药产业“十二五”期间确立为我国七大战略性新兴产业之一,现在已成为中国经济结构转型升级的重要推动力。生物医药开发区、基地和园区扮演终端职能角色,既是行业企业的管理者、也是引路者,更是服务者。园区对行业的发展起到举足轻重的作用,提升园区的综合服务力和竞争力,成为迫在眉睫的问题。

1 生物医药园区概况

生物医药园区是伴随开发区的发展而逐步发展的。据不完全统计,目前我国有各类生物医药园区(包括已建立和正在筹建的)100多个。其中,经过国家有关部门或地方政府批准的省级以上生物医药园区50多个。2005年来,国家发改委共建设了四批22个国家生物产业基地,即首批(2005年):石家庄、长春、深圳;第二批(2006年):长沙、广州、上海、北京;第三批(2007年):青岛、武汉、成都、昆明、重庆;第四批(2008年):哈尔滨、德州、泰州、郑州、通化、南宁、西安、天津、南昌、杭州。园区产业覆盖生物制药、化学合成药、中药、生物制剂、保健品、生物技术育种、微生物农药等领域。根据我国生物医药产业带的分布情况,地理位置上按照集聚特征可以分为珠三角地区、长三

角地区和环渤海地区三个生物医药科技产业带。

现有生物医药园区可以分为两种类型,一是在现有国家高新技术开发区或经济技术开发区内设立的生物医药园区,占36%;二是单独建设生物医药园区,占64%。生物医药园区由中央有关部门、地方省政府、市级以下政府机构批准的分别占28%、44%和28%。除上海、深圳、长春、湖南浏阳等地一些大城市的医药园区形成较强实力外,大多数园区发展资金匮乏、技术创新能力较弱、规模企业少、具有市场优势的高技术产品少,远未形成专业化分工的产业集聚和联动效应。全国主要生物医药园区(基地)的地域分布见表1。

总结我国已经建成或正在建设中的生物医药园区,根据国家发改委的统计信息,具有四个显著建设特点:

一是园区建设主体企业化,投资结构多元化。我国生物医药园区的管理体制,市场主导型的比例为23%,政府与市场结合型管理的比例为25%,反映出社会投资参与生物产业、科技成果孵化的积极性,在财政资金投入不断减少的情况下,风险投资、企业债券、私人投资以及外资均对园区发展产生了重要作用。

二是园区发展专业化,具有现代生物技术产业的特征。统计的生物医药园区既有综合型园区也有专业型园区,涉及生物制药、中药、化学合成药、农业育种、基因工程等领域,园内单位不仅有规范的公司制企业,也有科研单位、高等院校和金融机构等。大约三分之一的园区具有以

作者简介:曹雁林,男,工程师,2010年毕业于中国民航大学经济管理专业,现就职于航空工业规划综合规划院。

表1 全国主要生物医药园区(基地)的地域分布

地域	数量	园区名称
东北	4	长春高新区生物医药园、吉林通化医药城、哈尔滨利民医药科技园区、辽宁大连生物医药园区
华北	10	中关村生命科技园、北京经济技术开发区、北京大兴生物医药基地、天津国家生物医药国际创新园、石家庄中国药都、呼和浩特医药产业基地、济宁生物技术产业基地、禹城生物技术产业基地、济南国家生物工程与新医药产业基地、淄博生物医药产业基地
华东	15	上海张江高科技园区、南京生物医药科技工业园、江苏无锡生命科学园、江苏连云港新医药产业基地、苏州高新区生物医药孵化器、吴中生物医药产业基地、常州市“三药”科技产业基地、浦口生物医药产业基地、泰州医药高新技术产业园、南通启东生物医药产业基地、杭州生物医药科技创业园、兰溪天然药物产业基地、新昌医药产业基地、合肥生命科学产业园、淮南生物医药工业园
华中	3	葛店生物技术与新医药产业基地(中国药谷)、湖南浏阳生物医药园、郑州生物医药园区
西北	5	西安高新技术产业开发区生物医药产业基地、陕西九州生物医药科技园、宝鸡生物医药园区、兰州西北生物医药产业基地、新疆天山“药谷”
西南	5	四川成都高新区(四川“药谷”)、绵阳高新区、重庆市高新区生物科技园、云南中华生物谷(昆明现代医药产业园)、贵阳医药工业园(贵阳“药谷”)
华南	6	海口“药谷”、广州国家生物医药产业基地、深圳医药产业园区、顺德生物医药产业基地、广州海洋生物技术特色产业基地、玉林国际中药港
合计	48	——

基因工程为主体的生物技术产业，具有一批了解世界生命科学发展前沿和产业发展动向的人才队伍，同时为形成园区文化和科研氛围，大约五分之一的园区都吸引了一批国家级科研机构在园区内开展科学研究或进行成果转化等。

三是具有明确的规划目标和清晰的发展思路。统计的生物医药园区，大多数都有发展规划，都有相对明确产业发展目标，并将重点放在吸引具有发展潜力的高技术企业、国内外大型企业、优秀科研团队上，同时给予相应的优惠政策。

四是以现有开发区为核心，采取虚拟园区，促进专业化分工的生物医药产业发展。为进一步促进现有开发区继续做强做大，向专业化、特色化发展，生物医药成为信息产业之后的首选重要投资领域，园区形式出现了不以地理集聚为标志的多样化发展特点，这些特点在北京、上海、深圳、石家庄等地的生物与新医药产业化基地发展中体现得较为突出。

2 园区分类及建设资源需求

国内生物医药园区众多，不同的园区其在生物医药领域的侧重点不同，不同类型的园区对所需的资源需求有较大差异。依据生物医药产业

链、产业发展阶段的划分，结合生物新药研发上市流程，将国内众多生物医药园区划分为四大类：科技创新型园区、研发外包型园区、科技孵化型园区、生产制造型园区。不同生物医药园区类型划分见图1。

2.1 科技创新型园区

科技创新型园区主要以生物医药科技创新为主，处于生物医药产业链上游基础研究、药物发现阶段，因此，科技创新型园区主要需要生物园区科技创新平台支撑。

从生物医药科技创新园区承担的科技创新、新药药物发现的功能出发，依据对张江生物医药、苏州纳米生物园等的园区建设研究，提出生物科技创新型园区主要建设资源需求，见表2。

2.2 研发外包型园区

研发服务外包(CRO)即为主要从事早期药物发现、临床前研究、各期临床试验、药物基因组学、I-III期临床、临床文件、政策法规咨询、信息到生产和包装、推广、市场、产品发布和销售支持、药物经济学、商业咨询及药效追踪等一系列服务机构。

生物研发外包型园区主要指以从事生物研发外包服务为主的园区，国内如无锡生物医药研发外包园、无锡(惠山)科技园等园区，此类园区

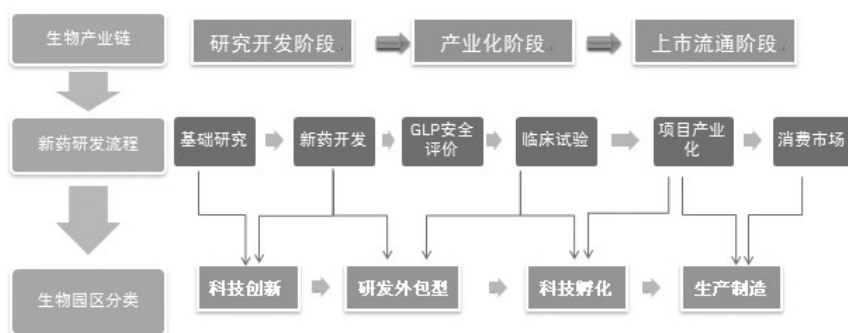


图1 不同生物医药园区类型划分

主要需要以研发服务外包资源为支撑，从事生物研发外包服务，见表3。

2.3 科技孵化型园区

中试生产是药物从实验室过渡到工业生产中必不可少的重要环节，科技孵化型园区主要建设中试技术平台服务于新药项目孵化。目前，中试人才在全世界都比较缺乏，在我国更是缺乏，因为生物技术药需要具备多学科的知识，多方面的

实践经验，如生物工程方面的知识、制剂方面的知识、质量控制方面的知识等。

中试技术的主要任务是：

①考核实验室和小试提供的初步的合成工艺路线，在工艺条件设备、原材料等方面是否有特殊要求，是否合乎于工业生产；

②验证实验室和小试提供的初步合成路线是否成熟合理，主要经济技术指标是否接近生产要求；

③在中试放大研究过程中，进一步考核和完善工艺路线，对每一反应步骤和单元操作，均应取得基本稳定的数据；

④根据中试研究资料制定或修订中间体和成品的质量标准，以及分析鉴定方法；

⑤制备的中间体及成品的批次一般不少于三

表2 生物医药科技创新园区主要资源需求

名称	功能	内容	
科技创新资源	药物发现	发现新药	发现新的有治疗性的潜在药物
	专业技术服务	特定领域服务	如抗体感染药物平台、新型疫苗开发技术平台
	生物专业基础研究	生物基础研究	从事药物研发中的基础科学和应用科学研究，如重组蛋白、基因、药物靶向技术等。
	创新药物筛选	药物筛选	高通量、大规模的药物筛选，加速生物新药物发现
公共技术服务资源	药物研发信息	药物研发数据库	药物研发的数据服务
	药物分析测试	新药的的分析测试	初步判断新药的疗效、有效成分等

表3 生物医药研发外包型园区主要资源需求

名称	功能	内容	
公共服务	仪器设备共享	降低中小企业成本	大型关键设备园区共享
	公共检验检测	公共服务	对中小企业提供的药物公共分析测试服务
	专业技术服务	生物某一领域专业服务平台	如抗体公共服务平台、基因公共服务平台。
	临床前药物安全评价平台 (GLP)	药物安全性评价	药物开发阶段的安全性评价
	动物试验	药理、疗效检测	各类动物试验测试，评定药物的安全性。
	临床试验	药物临床	确定药物的安全性和治疗效果
	生物产品专利服务	专利信息服务	新药专利咨询、新药研发信息咨询等

批, 以便积累数据, 完善中试生产资料;

⑥根据原材料、动力的消耗和工时等初步进行经济技术指标的核算, 提出产品生产的成本;

⑦对各步物料进行初步规划, 提出回收利用和三废处理的措施。

生物医药科技孵化型园区主要资源需求见表4。

2.4 生产制造型园区

以生物医药产品生产制造为主的生物园区, 其平台主要侧重于生产制造环节, 如提供中试孵化平台、生物医药标准厂房、CMO代工生产线等平台支撑内容。

(1) 生物医药标准厂房 (GMP)

生物医药产品从新药研发到药品的批量生产需要很长时间, 如果等新药项目拿到新药注册, 再开始建设批生产厂房, 从项目选址、项目建设、项目生产设备安装、GMP生产认证等环节, 需要3年以上时间。因此, 大部分生物医药园区为加速新项目入驻, 会围绕生物医药行业厂房的特点, 提供一定的标准化生产厂房, 为中小企业加快实现项目投产, 缩短建设周期提供便利。

(2) CMO代工生产线

CMO即指生物医药合同生产组织, CMO代工生产线主要为中小型研发企业提供产品试生产/生产, 以造出小批量药品, 供新药临床试验、药品注册使用, 主要是衔接药品小批量生产与放大生产环节 (大规模批量生产环节), 为中小型企业提供一个过渡阶段的选择, 见表5。

3 以产业平台为核心聚焦园区建设资源的必要性

从生物医药产业园区建设培育角度分析, 国内发成较好的生物医药园区, 其平台对园区内企业发展具有重要支撑作用。

3.1 生物医药园区平台可以整合社会各种资源, 提高园区行业竞争能力

生物医药的开发是一个系统工程, 从上游的研制、中试开发、新药申请、生产及市场运作都受到严格的法律法规限制, 各个阶段都需要一定专业人才、科研设备等软硬件支持才能完成。生物医药园区各种平台可以有效整合这方面的资源, 将生物医药专业科研资源、技术资源、资本资源及信息资源整合在一起, 并协调、匹配资源的应用, 为园区生物医药行业发展提供强有力的平台资源支撑。

3.2 生物医药各类平台科研大大降低园区企业创新风险

一个产品从研制到走向市场需要1~3亿美元, 即使在我国也需要5000万元以上, 这对于中小企业而言, 无疑是个较大资金投入。园区专业科研中试平台可以有效降低企业创新风险, 依托平台拥有的实验中心、场地、专利服务等软硬件共享资源, 大大降低创业者及投资者的投资风险, 提供了中小企业成活率。

北京生物医药中试孵化平台运作经验证明,

表4 生物医药科技孵化型园区主要资源需求

名称	功能	内容
公共服务	科技孵化型园区主要以项目产业化为主, 也需要一定的仪器设备共享平台、公共检验检测服务平台。	
小试/中试	产品小试	产品样品的试制
	中试放大生产	生物工程中试车间
		某类研发药物的小型生产线, 生物医药主要是发酵、分离和纯化。
		某类研发药物的中试生产线,

表5 生物医药生产制造型园区主要资源需求

名称	功能	内容
生物医药制造	CMO代工生产线	提供样品试制
	生物医药标准厂房 (GMP)	提供标准厂房
		按照生物医药发酵、分离、纯化等工艺环节建设代工生产线
		生物医药标准厂房, 加速项目入驻
综合服务	园区综合服务	园区商业和生物配套
	物流配套服务	物流支撑
		物业服务、商业服务
		第三方物流配送服务

风险投资与中试孵化平台联合进行,入区企业投资的风险可降低10倍以上,项目失败的风险降低50%以上。举例说明,一个投资者独立完成从研发到上市的药品开发过程约需要5000~7000万元人民币,而进入中试孵化平台大约需要500~700万元人民币。这部分费用包括:固定资产采取租用约需要60~120万元,其他开发费用约需要500~600万元人民币,而且流动资金是阶段性投入,随时可因项目进展情况调整。

3.3 生物医药平台可以加速科技成果转化,缩短新药上市周期

企业依托园区生物各类平台,为园区企业集中提供人才、信息、技术、资本、专利等各种综合软硬件服务,可以有效的加速企业、科研院所生物科技成果产业化进程,实现科研成果快速推向市场。北京生物医药中试孵化平台研究表明,进驻服务平台企业与未入中试孵化平台企业相比,大大缩短生物医药科研成果转化周期,产品从研发到生产销售的周期从原来的7~9年缩短至3~6年。

总得来说,对于我国生物医药企业而言,完善的外部支撑条件将可能是决定其存在、发展的核心因素;而对于生物医药园区而言,能向企业提供恰当、完善的平台支撑,则可能成为其聚集企业,形成规模的主要核心优势。

4 以产业平台助力生物医药产业园区发展

4.1 科技创新型平台

这类平台主要围绕生物医药行业基础研究展开,这一阶段的主要工作内容是发现对人体有一定疗效作用的新型药物。

这一阶段所需要平台支撑主要有四大方向:

①药物发现;②药物研发信息;③创新药物筛选;④生物专业基础研究(蛋白质组学、基因工程、疫苗等基础研究)。

建设方式:科技创新平台大多属于生物医药领域某个专业方向的平台,这类平台大多由国家省市级以上政府支持建成,一般依托国家重点实验室、生物医药行业高等院校等科研院所所在生物医药园区联合共建。在体制运作机制方面一般由科研院所负责日常运作。

建设内容:在政府支持下,有科研院所投资建设科研创新大楼,并以此科研大楼为依托,围绕药物发现、药物筛选环节建设科技创新平台。

同时,从药物发现、药物筛选角度配备仪器设备、实验动物,并建立科技文献资源数据库,保持追踪专业领域科技创新能力。如先导化合物发现与优化中心、药物发现与设计中心、药物筛选中心、药效学评价平台。

服务内容:提供新药发现研究、新药开发研究、药效评价研究和安全性评价研究等方面的综合服务。平台具体为企业提供服务包括:(1)药学研究、药效测定、毒性分析、动物试验等技术服务及其他各类检测服务;(2)开展企业科技人员培训服务,接受专业培训和咨询服务。

4.2 公共技术服务平台

这类平台主要服务于研发外包服务园区,围绕生物医药行业基础研究到项目孵化环节展开,提供药物分析测试、新药安全评价、有效成分筛选等服务内容。

建设方式:公共服务平台一般由园区开发公司投资建设公共技术服务平台,开发公司以招商引资的形式引入公共技术服务运作平台公司,或者由开发区管委会与地方政府(科委)联合共建,科委提供财政资金对平台设备方面提供资金支持。

建设内容:争取当地政府(科委)政策支持,购买支持园区产业发展的大型关键设备,为园区提供检测分析、药物安全性评价、动物试验等内容,由平台公司负责日常运作。(1)公共科研技术服务大楼;(2)争取当地政府科技资金补贴,购买大型生物检测分析设备;(3)与大型医药合作,共建某类药品临床实验室(GCP);(4)模式动物实验室;(5)GLP安全评价平台;(6)依托新药研发服务平台,建设专利文献技术服务平台。

服务内容:主要依托公共技术服务平台、专业技术服务平台、动物试验平台、临床试验平台等提供生物新药开发相关的基础设施条件、技术开发、技术服务、人员培训等公共服务。

4.3 小试/中试平台

新药进入药效安全测试阶段,需要进行小批量试制以及部分放大生产阶段。

建设方式:中试技术平台多为股份制,政府一次性投入后不可能一直扶持下去,投入后要靠中试平台公司自身经营。

建设内容:发达国家在新药的小试、中试、批量生产的投入比例为1:10:100,而我国即使在最发达的上海投入的比例为1:1.03:10.05,

在生物医药的中试方面投入明显不足。面向生物医药单克隆抗体药物、新一代疫苗等必须采用哺乳动物细胞大规模表达的生物药，可建设具有中试规模的生物药生产线及制剂线，包括细胞培养与蛋白分离纯化生产线；微生物培养与蛋白分离纯化生产线，制剂线包括制冻干粉针和小容量注射剂生产线。

服务内容：GMP中试研发生产平台兼具生物药工艺研发和中试生产能力，可为国内外生物药项目提供中试生产外包服务。（1）细胞库的建立；（2）为生物药和注射剂的生产工艺研发、质量标准确定提供服务；（3）制剂研发、临床前药理、药效学、毒理、药代所需的样品；（4）临床批文审批所需的三批报检样品；（5）承接生产级别生物药生产服务外包，获得GMP认证。

4.4 生产制造平台

新药进入扩大生产或者接近扩大生产阶段，研发企业需要新的生产线进行规模化生产。

建设方式：园区开发公司按照生物医药行业特点，结合GMP要求投资建设一定规模的生物医药标准厂房。园区向中小企业提供生物医药标准厂房经营租赁或者直接出售给企业。

建设内容：生产制造型园区主要从加速园区建设角度，建设两类平台内容：生物医药标准厂房、CMO代工生产线。

生物医药标准厂房建设建议：（1）执行GMP洁净厂房标准；（2）标准厂房设备的安装应符合要求，包括设备间距、工艺流程的合理性等。消防设计要合理，并保证符合消防安全要求。厂房内包括加工区、产品存放区、原料存放区、休息区等，且配电、照明等动力柜要符合安全要求。（3）平面布置有利于环境净化，避免交叉污染等要求；（4）考虑危险品库的存放，且动物房的设置应符合国家医药管理局《实验动物管理办法》规定，并有专用的排污和空调设施。

生物医药CMO代工生产线建设建议：（1）建议选择生产线投资规模较大、行业前景较好的产业建设CMO代工生产线，如抗体药物。（2）面向优质企业开展政策性试点，鼓励园区中小企业借助已有企业生产线从事产品生产。

服务内容：（1）生物医药标准厂房。按照生物行业特点提供厂房租赁或出售等多种形式服务，同时，园区开发公司针对优质项目，采用多种经营方式，以土地、厂房产权形式入股项目。

（2）CMO代工生产线。主要提供生物产品合同代工生产服务，依托CMO代工生产线承接研发、中试、产业化需求。

注意的问题：（1）符合国土资发[2004]232号工业项目建设用地控制指标（试行），医药制造业 ≥ 0.6 的指标。（2）CMO代工生产线建议建设符合美国FDA、中国SFDA、欧洲EMEA技术要求的代工生产线。

4.5 综合服务平台

主要为入园企业提供综合服务，如金融、物业、工商注册等配套服务。

建设方式：综合服务平台一般主要有园区开发公司负责建设，如金融服务、工商注册、物业管理等业务一般由园区负责，但是如商务住宿、餐饮服务等一般由园区负责招商引入，提供园区生活配套服务。

建设内容：（1）生物医药贸易物流平台。园区建设一定的仓储、配送等物流设施，满足生物医药企业对物流的基本需求。（2）园区综合服务平台。由园区开发公司建设园区综合服务中心，引入政府职能部门、金融服务部门。

服务内容：（1）生活配套服务，超市、医疗、餐饮等（2）商务服务配套，如商务酒店、会议中心、娱乐休闲中心等（3）园区综合服务：代办企业工商注册、（4）金融风险投资机构：园区协调引入金融服务机构，结合生物医药行业特点、项目处于新药阶段、市场前景等提供金融风险服务。

5 结语

综上所述，生物医药园区平台对生物医药产业集聚、园区建设发展具有重要意义，通过对生物医药园区平台的研究，结合生物医药产业链，系统提出生物医药各类平台需求与平台建设内容，对生物医药园区及其他类型园区的规划咨询有重要指导与借鉴意义。

参考文献

- [1] 田雪：《科技园区创新平台构建研究》，黑龙江人民出版社，2014年版。
- [2] 徐顽强 刘毅，《中国高科技园区创新平台建设》，人民出版社，2015年版。
- [3] 王帅 陈玉文，我国生物医药产业园的发展现状及对策[J]. 中国药事[J]. 2012(06).

工程总承包项目招标控制价编制研究

——基于项目合规性视角

■ 王玉平 (工程造价)

摘要: 本文从国有资金建设项目实施的合规性角度,通过对政策文件的梳理,对工程总承包项目招标控制价编制的必要性进行了分析,指出目前阶段招标控制价编制呈现“三个缺少”特点和面临的困境,总结了控制价编制需要考虑的内容,提出了投资限额法、详细估算法、综合估算法的招标控制价的编制方法,并进行了分析。

关键词: 工程总承包; 招标控制价; 编制; 合规性

工程总承包模式是国际通行的建设项目组织实施方式。1984年,国务院颁发《关于改革建筑业和基本建设管理体制若干问题的暂行规定》,提出要成立工程承包公司,推行与国际接轨的工程建设全过程总承包组织模式。但是,由于缺乏相关配套政策和具体措施,工程总承包模式推进缓慢,2016年国家相关政策密集出台(见表1),大力推动了建设领域工程总承包模式的发展。为落实上述文件精神,全国多个省市陆续发布了推进工程总承包发展的若干属地化落地措施,涉及工程总承包单位资质、项目发包阶段、工程总承包再发包、项目经理资质等诸多方面,这些属地化措施对于工程总承包模式的发展起到极大的推进作用。

随着国家及地方关于工程总承包相关文件的颁布实施,政府投资项目和国有资金为主的项目率先采用工程总承包模式,但因工程总承包的计价还没有统一规范的做法,给项目招标控制价的编制带来困难。招标控制价是通过招标发包方式选择工程总承包企业的重要计价文件,对控制项目投资和合理选择总承包单位起着至关重要的

作用。但对于如何编制招标控制价,目前尚没有统一的规定,也暂未形成行业的规范做法。本文基于国有资金投资的建设项目,从项目合规性出发,通过对国家、行业、地方政策文件的梳理,总结分析工程总承包项目招标控制价的编制特点、依据,并提出相应的编制方法。

1 工程总承包项目招标控制价编制必要性分析

1.1 招标控制价的作用分析

招标控制价是招标人在工程招标时能接受的投标人报价的最高限价,超过该价格的,招标人不予接受,将被判定为废标,因此,招标人通过编制并在招标文件中公布招标控制价,可以有效控制投资。同时,招标控制价也可以防止投标人围标,无限制地哄抬标价,给招标人造成损失。

当然,从建筑市场角度分析,公布招标控制价有利于引导投标方投标报价,避免投标方无标底情况下的无序竞争。

1.2 从政策角度分析工程总承包项目招标控制价编制的必要性

针对招标控制价编制和建设项目投资控制管理及建设实施,国家、地区出台了一些规定、规范,见表2。

作者简介:王玉平,男,研究员,1988年毕业于郑州航空工业管理学院基本建设技术经济专业,现就职于航空工业规划技术质量安全部。

表1 国家层面的工程总承包政策

序号	文件	发布时间	关于推进工程总承包的主要规定
1	中共中央国务院印发《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》(中发〔2016〕6号)	2016年2月6日	四、提升城市建设水平。“……深化建设项目组织实施方式改革,推广工程总承包制”。
2	住房和城乡建设部发布《关于进一步推进工程总承包发展的若干意见》(建市[2016]93号)	2016年5月20日	一条(三)款:优先采用工程总承包模式。建设单位在选择建设项目组织实施方式时,应当本着质量可靠、效率优先的原则,优先采用工程总承包模式。政府投资项目和装配式建筑应当积极采用工程总承包模式
3	国务院办公厅《关于促进建筑业持续健康发展的意见》(国办发〔2017〕19号)	2017年2月21日	三、完善工程建设组织模式。(三)加快推行工程总承包。装配式建筑原则上应采用工程总承包模式。政府投资工程应完善建设管理模式,带头推行工程总承包。

表2 规定、规范汇总

序号	文件	发布时间	关于投资控制/招标控制价的主要规定
1	《中央预算内直接投资项目管理办法》(财政部7号令)	2014年1月29日	第二十一条“……经批准的初步设计及投资概算应当作为项目建设实施和控制投资的依据”。
2	国家发展改革委关于印发《中央预算内直接投资项目概算管理暂行办法》的通知”(发改投资〔2015〕482号)	2015年3月15日	第二条……国家发展改革委核定概算且安排部分投资的,原则上超支不补,如超概算,由项目主管部门自行核定调整并处理。第五条经核定的概算应作为项目建设实施和控制投资的依据。项目主管部门、项目单位和设计单位、监理单位等参建单位应当加强项目投资全过程管理,确保项目总投资控制在概算以内。
3	《建筑工程施工发包与承包计价管理办法》(建设部令第16号)	2013年12月11日	第六条“……国有资金投资的建筑工程招标的,应当设有最高投标限价;非国有资金投资的建筑工程招标的,可以设有最高投标限价或者招标标底。”
4	《工程量清单计价规范》(GB 50500-2013)	2012年12月25日	5.1.1条规定:“国有资金投资的建设工程招标,招标人必须编制招标控制价。”本条为强制性条文,必须执行
5	关于发布《上海市工程总承包试点项目管理办法》的通知(沪建建管〔2016〕1151号)	2016年12月19日	第十三条“……(六)建设单位应当在招标文件中明确最高投标限价。”
6	《湖南省房屋建筑和市政基础设施工程总承包招标投标活动管理规定》	2017年5月3日	(四)招标文件应当以经批复同意的可行性研究报告、方案设计(或初步设计)的投资估算或工程概算作为招标控制价。

从以上国家及地方关于项目投资管理及招标控制价编制的规定、规范分析,针对工程总承包项目招标是否必须编制以及如何编制招标控制价,国家和行业目前尚未出台具体规定,但是通过对国有资金建设项目相关管理制度、规范及上海市、湖南省工程总承包项目管理办法分析,工程总承包项目招标发包阶段应编制招标控制价。

2 工程总承包招标控制价编制呈现的特点

与常规的施工总承包招标控制价编制相比,工程总承包招标控制价编制呈现出三个“缺少”的特点,从这三个特点也可以看出目前阶段工程总承包项目招标控制价编制存在的困难。

2.1 缺少配套的费用划分及计价办法

基于项目合规性考虑,国有资金建设项目招标控制价一般应根据国家或行业、地区的相关文件规定进行编制。

目前国家和行业层面尚未发布与工程总承包招标控制价编制配套的费用划分办法和各类费用参考计算依据。住建部于2017年9月份发布《建设项目工程总承包费用计算方法参考》的征求意见稿,但目前未见正式文件的出台。由于国家或行业尚未正式出台相关支持文件,导致国有资金建设项目招标控制价编制缺少规范的计算依据,各建设单位或造价咨询单位只能根据自己的理解和经验编制招标控制价,从而使招标控制价的编制存在着政策风险。2017年12月,浙江省出台了地方性的工程总承包项目招标控制价费用划分标准及计价依据,为地区工程总承包项目招标控制价编制提供了参考依据。

2.2 缺少造价指标数据库支持

住建部“93号文”提出建设单位可以根据项目特点,在可行性研究、方案设计或者初步设计完成后,按照确定的建设规模、建设标准、投资限额、工程质量和进度要求等进行工程总承包项目发包,各地工程总承包推进意见中大部分沿用上述的三个发包阶段。因此工程总承包招标控制价需要在上述三个阶段进行编制。

按照目前我国咨询设计文件编制深度规定,可行性研究报告和方案设计阶段难以准确地提供项目工程量信息,需要编制人员根据项目规模及各专业设计方案并结合类似项目造价指标编制项目投资估算,估算指标尤其是建筑工程费估算指

标没有国家或行业、地区的统一规定。由于缺乏统一的造价指标数据库支持,同一项目由不同人员编制的招标控制价可能存在较大差距,其准确性和客观性受到较大制约。

初步设计阶段,根据初步设计资料可以核算主要工程量并套用相关的定额资料计算造价,但其工程量仅是实体工程的主要的工程量,难以计算细化的次要工程量和占造价5%~15%的措施费的工程量,造价人员在此阶段只能根据经验进行估算。因此,即使在项目信息相对明晰的初步设计阶段,其部分造价计算仍需要采用估算方法进行编制。

2.3 缺少适合的编制人员

由于上述两个特点,对现阶段招标控制价编制人员提出了更高的要求,需要编制者具有较高的专业素质和职业能力,需要具备复合性的知识结构。一方面编制者需要通过三个阶段有限的显性工程资料,结合自身的经验对隐性资料进行推测、分析、估算;同时基于工程总承包项目一般采用的总价合同的特点,编制者需要结合项目的特点、招标人要求、招标文件及其中的合同条件,对项目建设过程中的风险因素进行分析,估算相应的风险费用。目前阶段,满足以上要求的人员相对较少。

3 编制单位选择

按照国家政策要求,业主可自行或委托第三方编制招标控制价。但鉴于工程总承包招标控制价编制的困难,除非业主具有相关专业人员和能力可自行编制,原则上还是应该委托具有类似业绩的第三方造价咨询单位编制。

业主在选择编制单位时,应重点考察编制单位类似项目业绩、人员资质和能力。类似业绩主要是针对工程总承包项目招标控制价编制的业绩,人员的资质和能力包括应具备建设项目全过程造价管理控制的能力,应精通估算、概算、预算、结算编制,熟悉招投标知识,熟悉工程总承包合同知识。

4 招标控制价编制依据

完善的编制依据是工程总承包项目招标控制价编制的基础。控制价编制前,应收集以下编制

依据内容:

4.1 项目前期批复资料

包括项目批复的可行性研究报告及估算、方案设计资料及估算、初步设计资料及概算。

4.2 建设场地状况

包括项目水文、地勘、地形资料,场地自然地坪标高;建设场地上待拆除的建筑物、构筑物及地上线路、地下管线,需要移位的地上、地下管线;业主提供的现场三通一平情况及水、电、暖、动力、电话、电讯等市政设施位置及容量。

4.3 招标文件及合同条款内容

招标文件中与招标控制价编制相关的资料,具体包括:

(1) 建设项目的室内、室外、场外工程的具体情况;

(2) 招标范围内的工程内容;

(3) 承包人的工作内容,如勘察、设计、采购、工程建设;

(4) 需要承担的工程建设其他费用类别,即按照目前定额规定不包括在定额价格体系内,但招标文件要求承包人负担的费用的种类、范围;

(5) 项目质量要求、建设工期要求;

(6) 项目的安全文明施工要求及招标人对现场安全文明施工特殊要求,如对于施工场地的维护、道路的使用等;

(7) 依据合同条件确认的应由承包人承担的风险范围;

(8) 合同付款条件;

(9) 工程保险、保函类别及数额;

(10) 不可抗力约定条款;

(11) 业主要求提供的现场办公生活设施及规模、标准;业主为项目监理单位提供的办公生活设施及规模、标准;

(12) 设备材料品牌、参数要求;

(13) 其他的业主要求及合同要求。

4.4 相同/类似项目造价资料

业主已建成或市场上与招标项目相同/类似项目的估算、概算、预算、结算资料,包括其建设时间、建设地点、建设标准、具体方案;设备材料采购价格资料。

4.5 可参考的行业规范、计价依据

(1) 国家、行业、项目所在地工程费用计价办法、依据;

(2) 可参考的行业收费标准;

(3) 属地性质的工程建设其他费用收费标准。

4.6 市场价格资料

(1) 项目所在地发行的工程造价信息资料,包括人工、材料、设备、施工机械信息价资料;造价指标及主要材料价格趋势分析;

(2) 项目所在地的工程建设市场竞争状况;

4.7 项目所在地非常规的风险

是否存在扰民、民扰问题及相应的补助/补偿标准。

4.8 其他需要的资料

5 编制方法

目前我国尚未出台工程总承包项目招标控制价编制规定,因此,招标控制价编制方法没有统一的规定要求。作者结合自身多年从事工程总承包项目全过程造价管理实践,基于国有资金项目管理特点及合规性要求,提出投资限额法、详细估算法、综合估算法三种招标控制价的编制方法。

5.1 投资限额法

(1) 计算方法

投资限额法是指按照招标文件中确定的工程范围和费用范围,对批复的可行性研究、方案设计的投资估算或初步设计概算进行分解,将招标的工程范围和费用范围内批复的建筑工程费、设备购置费、安装工程费、工程建设其他费用进行汇总,结合招标文件确定的承包人的风险范围和内容,采用风险系数进行调节,最终取得项目的招标控制价的方法。采用本法编制的招标控制价具体见以下公式(1):

$$P=P_1 \times (1+\alpha)+P_2 \times (1+\beta)+P_3+P_4 \quad (1)$$

其中:

P ——招标控制价;

P_1 ——批复的招标范围内工程费用,包括室内工程、室外工程、厂外工程费用,按照费用类别可以划分为建筑工程费、设备购置费、安装工程费;

P_2 ——批复的承包范围内工程建设其他费用;

P_3 ——招标文件要求的业主及监理单位的现场临时设施的费用;

P_4 ——专业工程暂估价、暂列金额估算费用,此项数额根据招标文件规定确认;

α ——工程费用调整系数;

β ——工程建设其他费用调整系数。

工程费用调整系数 α 的选择应根据招标文件要求承包人承担的风险范围、内容、市场状况等因素综合确定。从业主投资管理的角度,需要根据项目特点预留部分费用,以用于建设过程中业主方面提出的变更洽商和政策性调整等按照规定应由业主承担的费用。因此,系数 α 一般应为小于预备费费率的系数。在条件允许时,也可以针对不同的单项工程或费用类别,分别设定不同的 α 系数。

工程建设其他费用调整系数 β 应结合工程建设其他费用的市场价、项目复杂程度综合确定。

P_3 费用相对工程费用较小,可以根据招标文件中的要求及工程量进行较为详细和准确的估算。

P_4 费用根据招标文件规定计列。

(2) 采用投资限额法的约束条件

由于投资限额法主要以批复的项目投资为依据编制招标控制价,因此采用此方法的前提是项目批复的投资比较准确。批复的投资比较准确,以此编制的控制价也会比较合理,从而保障项目的顺利实施,否则,如果批复的投资不足,将对项目的实施造成较大影响。

目前阶段,我国建设项目可行性研究报告、初步设计编制质量参差不齐,应该说大部分的项目通过层层评审把关,其质量得到了保障。但我们也应该看到,项目审批中存在着可行性报告演变为“可批性报告”和国有资金“切蛋糕”划分项目的现象;另外也存在着深度达不到要求,投资估算和设计概算编制质量不高现象。

批复投资不准确导致两个方面的问题:一是批复投资较为宽裕,总承包单位藉此获取较高的超过正常收益的承包利润,造成一定程度上的投资浪费;二是批复的投资与项目方案不匹配,批复投资不足,按照批复投资编制的招标控制价相对较低,导致总承包单位风险加大,甚至出现亏损,可能会对项目的建设质量和工期造成影响。

因此,采用投资限额法编制控制价需要对批复投资的准确性进行辨别。

5.2 详细估算法

详细估算法是指编制人根据项目可行性研究报告(包括估算)、方案设计(包括估算)或初步设计(包括设计概算),结合本文所述的编制依据,通过逐项详细估算项目的建筑工程费、设备购置费、安装工程费、工程建设其他费用、业主及监理单位的临时设施费等费用,从而计算招

标控制价的方法。上述各项费用中已经包括招标文件要求的应由承包商承担的风险费用。详细估算法招标控制价计算见公式(2):

$$P=C_1+C_2+C_3+C_4+C_5 \quad (2)$$

其中:

P ——招标控制价;

C_1 ——按照招标范围估算的工程费用,包括室内工程、室外工程、厂外工程费用;

C_2 ——按照招标范围估算的工程建设其他费用;

C_3 ——招标文件要求的业主及监理单位的现场临时设施费用;

C_4 ——专业工程暂估价、暂列金额费用估算费用;

C_5 ——工程总承包管理费,是指“工程总承包企业组织勘察设计、设备购置、建筑安装施工及经营管理所需的费用以及对工程总承包管理应获的利润。内容包括总承包管理人员的工资、办公费、差旅交通费、工具用具使用费、保险费、税金、其他费用及利润等”^[1]。

(1) C_1 工程费用的估算

C_1 工程费用的估算包括静态费用、动态费用和 risk 费用三部分。

静态费用估算。静态费用采用类似项目估算指标法进行编制,在类似项目估算指标的基础上,结合招标项目的方案、建设时间、建设地点、建设标准等情况,对其进行造价影响因素调整。初步设计阶段静态费用的估算以批复的概算为依据,结合招标文件中约定的建设标准、建设时间等调整因素进行编制。

动态费用估算。动态费用是指投标截止日至项目竣工验收的项目建设期间,由于市场因素导致人工、材料、施工机械、设备价格调整而产生的工程成本的调整,且招标人在合同中约定合同总价不予调整的费用部分。动态费用需要结合招标文件中合同调价条款中明确的调价内容、调整办法,并结合市场情况进行预测估算。

风险费用估算。风险费用估算包括对招标文件之合同条款中的显性和隐性的风险因素的估算。

(2) C_2 工程建设其他费用

参照国家、行业、地区计费规定并结合市场状况,对招标范围内涉及的勘察费、设计费、施工图设计文件审查费、招标代理服务费费用进行估算。

(3) C_3 现场临时设施费用

根据招标文件中要求投标人提供的业主和监理单位的现场临时设施工作量清单,结合市场询价进行编制。

(4) C₄专业工程暂估价、暂列金额费用

按照招标文件中列出的专业工程暂估价项目及费用编制,专业工程暂估价应为包括增值税的含税价格。招标文件中包括暂列金额的,也一并按照招标文件规定计列。

(5) C₅工程总承包管理费

工程总承包管理费包括总部项目管理费和现场项目管理费^[2],应参照招标项目总承包管理内容、范围、复杂程度、深度、工期并结合市场因素综合确定。目前,国家、行业或协会层面尚无工程总承包管理费的计费规定。基于对大力推进工程总承包模式的需要,有必要在此对工程总承包管理费做相对深入的分析探讨。

住建部《建设项目工程总承包费用计算方法参考》(征求意见稿)中将“财建〔2016〕504号文”中项目建设管理费的计费依据作为工程总承包管理费的计费依据,作者感觉二者相差较大。一是“项目建设管理费是指项目建设单位从项目筹建之日起至办理竣工财务决算之日止发生的管理性质的支出”,没有包括利润、税金等与工程总承包单位匹配的费用;二是项目管理费内容中“包括:不在原单位发工资的工作人员工资及……和其他管理性质开支”,建设单位参与项目管理的各项费用直接计入单位的成本,不包括在项目建设管理费中,但是对于工程总承包单位,其参与管理的所有人员的费用均应通过工程总承包管理费获得补偿。基于以上两点理由,本人认为不应将“财建〔2016〕504号文”的项目建设管理费等同于工程总承包管理费。

由于工程总承包管理的成本主要为人员费用、办公费用、差旅费用等费用,其中人员费用占据主要部分,因此可通过测算项目管理人员的人工时和人工全成本单价方法进行估算人员成本,加上一定系数的公司管理费、利润、税金,构成工程总承包管理费。杨三超^[3]等三人通过建立项目全过程人力资源和费用模型,提出了1.53%~5.05%的计费标准。但由于其模型中采用的工程项目管理人员0.5万元月平均工资与实际相差较大,其得到的计费标准具有较大的偏差,但其测算模型具有一定的参考价值。

基于以上分析,招标控制价编制阶段应合理

估算工程总承包管理费,同时也建议行业尽快出台工程总承包管理费的计算办法及费率。

(6) 详细估算法结果分析

当采用详细估算法编制的招标控制价大于项目批复的投资估算或设计概算时,基于国有资金投资建设项目投资控制的需要,应组织对项目招标条件和招标控制价的分析。首先,分析项目的建设标准,确认招标要求的标准是否超过批复的建设标准,超过批复的标准时,按照批复的标准进行对招标控制价进行调整;招标要求的标准不超过批复的标准,或经过调整仍不能满足要求时,则需要重新调整建设方案或建设规模,或必要时对可行性研究报告、方案设计或初步设计进行调整并报批,以便依据调整后的可行性研究报告、方案设计、初步设计资料编制的招标控制价控制在批复的投资估算或设计概算内。

(7) 采用详细估算法的约束条件

详细估算法要求根据项目规模、范围、建设方案、建设标准、招标文件、合同条件等条件详细计算项目的各项费用,因此,从项目角度来讲,需要较为详细的项目方案设计、设备材料选型、建设标准、场地状况等基础资料,从编制者角度来讲,需要编制人拥有与拟建项目类似的各类造价数据库支持,以及对各类政策文件的准确把握。只有具备足够细致的项目资料和造价指标数据、文件资料,采用此方法编制的招标控制价才能更加可信、更加准确,否则,其可信度会大大折扣。

5.3 综合估算法

综合估算法是根据项目特点及涉及的费用特点,不同费用分别采用以上两种方法之一进行编制,并汇总控制价的方法。一般情况下,对于项目批复的工程建设其他费用部分可以采用投资限额法编制,即计入招标控制价中的本部分费用不超过批复的费用;工程费用部分可以根据项目资料情况,并结合工程造价指标,分别采用详细估算或投资限额法进行估算。

5.4 三种方法的对比分析

基于对以上三种方法的分析,可以得出其优缺点见表3。

5.5 编制方法的选择

选择招标控制价编制方法时,应重点考虑项目批复的可研估算、方案估算、设计概算编制质量,同时结合项目前期资料完善性、招标周期等因素综合考虑。批复的可研估算、方案估算、

设计概算编制质量较高的，应首先选用投资限额法，反之，应重点考虑采用详细估算法。前期资料较为完善，招标人需求明确的项目，在招标周期允许的情况下，应优先选用详细估算法。对于大部分无法做出准确判断的项目，可采用综合估算法编制，即根据费用类别或项目内容，分别选择适用的编制方法。

6 结论

为提高建设项目组织实施效率，国家大力提倡国有资金的建设项目采用工程总承包模式。但由于相关政策和措施没有配套到位，导致工程总承包模式的推广普及还受到诸多方面的制约。本文从国有资金建设项目实施的合规性角度，通过对政策文件的梳理，对招标控制价编制的必要性进行了分析，并结合招标控制价编制得出以下结论：

(1) 指出目前招标控制价编制面临的“三个缺少”的特点和困境；

(2) 提出了建设单位应选择合适的造价咨询单位进行编制，并提出重点关注的方面；

(3) 总结了招标控制价的编制依据；

(4) 重点提出了投资限额法、详细估算法、综合估算法三种招标控制价的编制方法，给出三种方法的适用条件，并且对三种方法的优缺点进行了对比分析。

随着咨询成果质量终身责任制的推行，项目可行性研究报告、方案设计、初步设计质量必将逐

步提高，项目批复的投资估算、设计概算的准确性也将大大提高，在此基础上，采用投资限额法编制招标控制价的方法将会得到越来越广泛地应用。

同时作者也认识到，详细估算法依赖于类似工程造价指标，缺少类似项目造价指标数据库就无法编制招标控制价。因此，建议从国家或行业协会、学会角度，积极促进工程造价数据库的建立和发展。

参考文献

- [1] 浙江省工程总承包计价规则（试行）。
- [2] EPC项目费用估算方法与应用实例 P132 陈六方 顾祥柏。
- [3] 关于工程项目管理服务取费的探讨 杨三超，赵利，宁兰 《工程管理学报》 2010年第24卷第1期。

表3 三种编制方法的优缺点对比

编制方法	优点	缺点
投资限额法	满足项目投资控制需要； 编制工作量较小； 编制周期短；	控制价准确性受批复投资准确性影响较大；
详细估算法	与项目方案匹配性较好；	工作量较大； 编制周期较长； 编制方法的客观性难以判断； 较难获得准确的估算编制资料。
综合估算法	综合了上述两种方法的优点；	避免了上述两种方法的缺点；

南昌某预应力管桩沉桩问题及处理

■ 汤红军 张虎 金来建 [结构]

摘要: 预应力高强混凝土管桩(简称PHC桩)在穿越砂层过程中容易出现无法沉桩至设计标高以及桩头破裂、桩身断裂等问题。本文结合南昌某工程实例分析产生此类问题的原因,探讨了地基处理及桩基施工产生的挤土效应对单桩极限承载力的影响,对今后类似工程的设计和施工提供参考与借鉴。

关键词: PHC桩;挤土效应;单桩竖向极限承载力;地基处理

0 引言

PHC桩也称预应力高强混凝土管桩,是采用先张法预应力工艺和离心成型方法制成的一种空心圆柱型预制管桩,具有质量稳定、施工快、承载力高、价格低、对环境影响小和穿透能力强等优点,目前被广泛应用于建筑地基工程中。PHC桩施工过程中不确定因素较多,地层条件对施工质量的影响不容忽视,尤其是一些特殊地层能够造成桩身损坏从而对工程质量造成不良影响。本文结合具体工程实例,总结了在穿越密实砂层出现的问题,提出了相应解决措施。

1 工程概况

1.1 地质情况

拟建工程位于江西省南昌市麻丘镇广安村,东侧约1km有赣江支流流经。场地大部分为稻田,场地四角均有水塘分布。勘察揭露深度范围内的地层表层为耕土,其下为一般第四纪全新统的粉质粘土、淤泥、砂土、碎石土。

地勘报告土层剖面显示,该土层分布较复杂,砂层中夹杂着粉质粘土,且土层厚度变化

较,局部土层缺失。受地层分布影响,拟建场地内潜水具有不同承压性,主要含水层为②2细砂层及以下各透水性地层,以大气降水、河流补给和地下径流为主要补给方式。场地历年最高地下水位及近3~5年最高地下水位接近自然地面,年变化幅度为1.0~2.0m。主要土层情况见表1。

1.2 工程情况

本工程为南昌航空城某部件装配厂房,分为主厂房和配套用房两部分,主厂房采用钢网架+混凝土柱结构形式,配套用房采用钢筋混凝土框架。考虑场地实际情况和施工周期,本工程基础采用PHC桩,桩径500mm,壁厚125mm,AB型,桩长根据地质情况分为18m,20m,22m及24m四种,十字形桩靴。桩基持力层为⑧层中砂,桩基承载力特征值为1000kN。PHC桩采用锤击方式沉桩,落锤重量6T,冲程2m。由于厂房地坪使用荷载较大,工艺设备对地坪不均匀沉降控制严,整块地坪均采用了强夯置换进行了地基处理,施工时置换墩全部避开基础,处理后地基承载力不小于120kPa,压缩模量不小于6Mpa。

2 沉桩过程中出现的问题及原因分析

本工程于2016年3月开始桩基施工,施工过程中出现的主要问题如下:

(1) 大面积基桩不能达到设计标高。本工程

作者简介:汤红军,男,高级工程师,2004年毕业于清华大学结构工程专业,现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

表1 土层分布表

土层序号	土层名称	状态
①	耕土	松散~稍密, 软塑
①1	淤泥	流塑
②	粉质粘土	可塑~硬塑
②1	粉质粘土	可塑~硬塑
②2	细砂	松散, 饱和
③	细砂	松散~稍密, 饱和
③1	粗砂	松散~稍密, 饱和
③2	中砂	松散~稍密, 饱和
④	粉质粘土	可塑~硬塑, 局部软塑
⑤	中砂	稍密~中密, 局部松散
⑤1	粗砂	稍密~中密, 饱和
⑤2	细砂	松散~稍密, 饱和
⑥	粉质粘土	可塑~硬塑, 局部软塑
⑦	细砂	稍密~中密, 饱和
⑧	中砂	中密, 饱和
⑧1	粉质粘土	可塑
⑨	粗砂	中密, 饱和
⑩	砾砂	中密, 饱和

设计基桩共715根, 桩长分为18m, 20m, 22m及24m四种, 最后实际基桩施工情况见表2。

从表2可以看出, 实际桩长达不到设计标高的

表2 实际桩长入土长度

设计桩长	根数	未达到设计桩长根数	实际桩长分布
18m	186	45	12.4~17.5m
20m	253	189	13.6~18.6m
22m	246	199	14.3~18.5m
24m	30	30	17.2~18.9m
总计	715	463	

所占比例为64.7%, 桩端在细砂层、上层中砂层甚至粘土层均有分布。施工时达不到设计标高的绝大多数桩的贯入度均不大于20mm/阵, 满足收锤标准。原因分析如下: 1) 地质情况复杂, 地质勘察未能准确反映土层实际情况。根据地质勘察报告, 在土层分布中存在两个中砂层(局部为粗砂层), 大部分区域的两个砂层之间存在一层粉质粘土, 地质勘察报告建议桩端持力层穿过粘土层到达下部的中砂层, 即⑧层中砂作为持力层。实际土层局部没有夹层, 即⑤层中砂以下全部是砂层土, 难以穿越。部分中砂层中部分区域有圆砾石存在, 也对桩基施工存在一定的影响; 2) 强夯置换地基处理对场地的影响。桩基施工前整片场地已进行了强夯置换地基处理, 土体进行了挤密, 导致桩身难以达到设计标高。3) 桩基施工顺序的影响。为了加快施工进度, 施工单位按照从中间到两边的顺序进行施工, 未进行跳打, 施工过程中对土体进行了挤密, 导致桩基难以达到设计标高。

(2) 桩位、桩身偏斜。施工单位现场反馈, 桩位、桩身偏斜数量较多, 但大多数满足《建筑桩基技术规范》相关要求。原因分析如下: 1) 施工时, 送桩器与桩身不在同一轴线上导致桩身偏斜; 2) 多桩承台桩间距太小, 邻桩施工时挤压土体, 导致桩身偏斜; 3) 两节桩施工时, 接桩时上下桩不在同一轴线上, 锤击施工时导致桩位偏移。

(3) 出现少量断桩。桩身在施工过程中, 由于桩身偏移, 在锤击荷载作用下桩身出现较大弯曲, 超过桩身抗弯能力, 导致桩身断裂。本次施工共出现断桩4根, 原因分析如下: 1) 桩身在制作过程中弯曲程度超过规定值; 2) 桩身偏斜后未经矫正直接进行锤击施工, 导致桩身断裂。

(4) 出现部分桩头破碎。桩基施工时锤击大部分能力作用在桩身上, 桩头部分应力最大, 对于难以穿越的砂土层, 锤击次数越多, 桩身或桩头破坏的概率最大。

3 处理方法

随着桩基施工的进行, 达不到设计标高的桩的数量越来越多, 如何按实际桩长确定桩基承载力是设计首要考虑的问题。《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)规定, 确定单桩竖向极限承载力的方法有两种: 一是静载试验法,

根据试验结果判定；二是经验参数法，根据岩石的物理力学指标与承载力之间的经验关系计算确定。考虑到场地土层的复杂性、项目投资和施工进度，无法对未达到设计标高的基桩全部进行静载试验，也无法对未达到设计标高的桩基全部进行补桩，施工现场反馈局部补桩也难达到设计标高。根据地质勘察报告提供的端阻力和侧阻力，根据实际桩长按经验公式计算出的承载力均未达到设计要求。为了保证主体结构安全，节省投资，并为后续施工提供依据，设计尝试采取如下措施：

(1) 根据贯入度估算桩基承载力特征值。前苏联格尔谢万诺夫打桩公式是根据“锤击能量等于克服土的阻力，桩与土之间的弹塑性变形和消耗有害阻力的能量之和”的规律导出。该计算公式如下：

$$e = \frac{nAQH}{KR_a(KR_a + nA)} \times \frac{Q + 0.2q}{Q + q} \quad (1)$$

其中， R_a 为桩承载力特征值； n 为桩与桩垫材料有关系数，混凝土桩用木垫， $n=0.15$ ； K 为安全系数，永久性建筑取2.0； A 为桩截面面积(cm^2)； H 为锤击高度(cm)； E 为桩锤的锤击能力($\text{kN}\cdot\text{cm}$)； e 为打桩最后阶段平均每锤的贯入度(mm)； Q 为桩锤冲击部分的重量(kN)； q 为桩、桩帽、桩锤的非冲击部分重量(kN)；

根据公式(1)，落锤重量 $Q=60\text{kN}$ ，锤击高度 $H=200\text{cm}$ ，平均贯入度 $2\text{mm}/\text{击}$ （即 $20\text{mm}/\text{阵}$ ），可以估算竖向承载力特征值 $R_a=428\text{kN}$ ，远小于设计承载力特征值；现场对未达到设计标高

表3 基桩检测表

设计桩长	有效桩长	单桩承载力特征值	对应检测沉降量
20m	18.3m	1000KN	4.03mm
20m	18.55m	1000KN	5.37mm
18m	17.15m	1000KN	4.97mm

的基桩进行静载荷试验，检测结果见表3。根据表3可以看出，未达到设计标高的单桩竖向承载力特征值均达到了设计所需的1000kN，远大于格尔谢万诺夫打桩公式计算值。

(2) 对土层密实度进行原位检测。桩的承载力由端阻力和侧阻力两部分组成，土的密实度是影响端阻力和侧阻力的主要因素之一，桩基施工时场地土层密实情况与勘察时相比变化较大，如何考虑强夯置换地基处理和桩基施工的挤土效应对桩基承载力的影响是首要考虑的问题。经与施工、勘察单位协商，对于实际桩长与设计标高相差较大的区域重新进行地层密实度测试，测试深度15m，检测结果对比表4。

从表4可以看出，经过地基处理和桩基施工的挤土效应，砂土的标贯试验锤击数较勘察期间大幅提高，桩基侧阻和端阻值也大幅提高，选取15m桩长按经验公式(2)进行单桩竖向极限承载力计算：

表4 原位测试对比表

土层编号	土层名称	修正锤击数标准值		侧阻 q_{sik} (kPa)		端阻 q_{pk} (kPa)	
		勘察期间	检测期间	勘察期间	检测期间	勘察期间	检测期间
①	耕土	—	—	0	20	—	—
①1	素填土	—	15.7	—	30	—	—
②	粉质粘土	—	16	45	50	—	—
②1	粉质粘土	—	—	40	45	—	—
③	细砂	8	24.3	20	40	—	3800
④	中砂	10	30.9	35	45	3000	5500
④1	粗砂	8	—	50	60	4500	6500

$$Q_{uk} = Q_{uk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (2)$$

按勘察报告计算出单桩竖向极限承载力 $Q_1=1070\text{kN}$ ，按原位测试结果计算出极限承载力 $Q_2=1486\text{kN}$ 。对应承载力特征值 $R_1=535\text{kN}$ ， $R_2=743\text{kN}$ ， $R_2/R_1=1.389$ 。可以看出，经过地基处理和桩基施工对土体挤密的影响，单桩承载力特征值提高了38.9%。

(3) 按原位检测结果重新对基础进行了复算，95%以上桩基承载力满足设计要求。对于单桩竖向承载力特征值未达到设计要求的，设计采取以下措施：1) 对于承载力大于设计值80%以上的桩基，适当扩大承台面积，考虑承台下土层承担部分竖向荷载；2) 对于承载力小于设计值80%或不具备扩大承台的桩基，现场进行补桩，此类桩基所占比例不到1%；3) 对于同一承台上桩长相差较大、桩端落在不同土层的情况，承台之间设置拉梁，加强基础的整体性。同时在该承台对应支承柱设置沉降观测点，后续继续进行观测。

(4) 对于桩身断裂，桩头破裂的桩基，进行补桩处理。同时为防止后续施工出现类似问题，要求施工单位在进行桩基施工时在桩头增加缓冲垫，仔细检查桩帽与桩的接触面的平整度，不符合规范规定的不得使用，或经过修补合格后才能使用。

(5) 沉桩过程中建议施工单位采用跳打，防止土体挤密影响沉桩质量。

(6) 由于场地内砂层较厚，当桩端持力层为中密及以上砂土时，以贯入度控制为主，桩端标高为辅，贯入度控制值建议取20~30mm/阵。

4 结论

通过对南昌某工程PHC管桩沉桩问题进行分析，可以得出以下结论：

1) 经过强夯置换处理过的地基，土的挤密效果极大提高桩基承载力，建议勘察单位重新进行原位密实度检测，设计应根据检测结果修正单桩承载力特征值，重新进行基础设计。

2) 贯入度是受土层、桩长、施工方法等影响较大，基于格尔谢万诺夫打桩公式是动力打桩经验公式，对于经过强夯置换地基处理过的砂土，根据施工贯入度反推桩基承载力特征值误差较大，应进行修正。

3) 对于实际单桩承载力特征值达不到设计要求的桩基础，建议采取增大承台面积、增加基础梁或补桩等措施，保证主体结构安全。

参考文献

- [1] 成建强, 张书杰, 王智. PHC桩沉设过程中桩身破损原因分析及施工对策. 水运工程, 2014, Vol.9(495), 177-180.
- [2] 马俊莲, 王贵明. PHC管桩在工程中的质量通病分析与控制. 山西建筑, 2012, Vol.38(31): 63-64.
- [3] 陈平辉. 不同地质条件下PHC管桩沉桩问题分析. 福建建筑, 2013, Vol.182(2013): 78-79.
- [4] 秦建军. 浅谈桩挤土效应对锤击PHC桩竖向极限承载力的影响. 广西城镇建设, 2010, Vol.35(3): 97-101.

基于大数据工程造价估算 扩大清单法研究

■ 孟繁 樊自力 王立君 (工程造价)

摘要: 互联网大数据的发展、应用为社会的进步带来了机会。本文通过国内工程估算现状和国外工程造价管理模式调查,提出基于已完项目大数据进行扩大清单法估算的思路。估算采用要量价分离,重点解决量的问题。建立工程造价大数据云平台实现已完项目清单共享,大数据建设重点要确定造价用量指标与技术特征对应性,造价按技术特征系统切割,通过拟建项目与已完项目大数据库相似性匹配,提取已完项目工程量指标,做拟建项目扩大清单法估算。改进的工程估算将对推进行业公平、公正、效率起到积极的作用。

关键词: 估算;大数据;技术特征;扩大清单法

1 引言

互联网大数据给社会发展带来了巨大的改变。在大趋势下,建立国家工程造价数据库,发布指标指数,提升造价信息服务。推行工程造价全过程咨询服务,势在必行^[1]。投资决策阶段对项目造价的影响达70~90%。项目建议书、预可行性研究、可行性研究、方案设计阶段,投资估算是投资决策的基础^[2]。决策阶段的成本控制是事前控制,编制高质量的项目投资估算,使其能够较准确地估算出项目成本,成为项目投资决策的可靠依据,并在项目开发建设中真正起到控制项目总投资的作用。本文提出通过建立国家工程造价大数据体系,做扩大清单法的估算思路,以取得前期决策事半功倍效果。

2 现状及问题

通过造价估算的现状和问题分析,找到解决问题的突破点。

作者简介:孟繁,女,研究员,1999年毕业于哈尔滨工程大学建筑工程专业,现就职于航空工业规划建筑设计研究院。

2.1 估算现状揭示

目前,造价管理存在“概算超估算”、“预算超概算”及“结算超预算”的三超现象屡见不鲜;估算和预算脱节,“两张皮”现状。有的地方政府采取先审概算再批可研估算;因为可研估算内容不详尽,有的地方政府审批概算时要求概算与可研估算对比,造成时间、人力、物力较大浪费,可以看出以上问题是估算方案较粗,精细化造价管理势在必行。

2.2 现行估算方法

现有估算方法包括生产能力指数法、系数估算法、比例估算法、混合法、指标估算法^[2]。其中指标估算法可以细化到单位工程估算,套用规模相当、结构形式和建筑标准相适应的投资估算指标或类似工程造价资料估算指标。这里可以引出两个问题,一是投资估算指标有时效性,另外每个建筑本来就有唯一性,有自己的建筑特征,什么才是“类似”不明确。不解决这样的问题,数据再被利用时指导性作用不大。

2.3 国外计价与造价管理比较

(1) 国外工程计价方法差异

从统一计价规则、有无统一定额、是否运用价值工程比较我国和英国、美国、日本现状差

异,见表1(其中“-”部分使用,“√”普及,“×”不适用)。

表1 发达国家计价规则

国家	统一计价规则	统一定额	价值工程
英国	√	×	-
美国	×	×	√
日本	√	√	-
中国	√	√	-

国外工程造价计价模式主要有以英国为代表的“工料测量体系”、以美国为代表的“造价工程管理体系”及以日本为代表的“工程积算制度”3类^[3]。英国、美国、日本工程计价的主要特点:

英国工程造价的计价依据是统一的工程量计算规则、工程建设标准、工程造价信息。英国的工程造价计价的特点是使用了工料测量师以及实行量价分离。

美国的工程造价计价建立在价值工程基础上,建筑合同文本中必须包括使用价值工程技术的条款。另外,美国已经建立了一套成熟的建筑信息分类体系,有代表性的包括UNIFORMAT II、MasterFormat、OmniClass。

日本的工程造价使用的是一套独特的量价分离计价模式。

可以看出量价分离做估算是发达国家采用的主要形式。

(2) 国外造价管理体系要点简介

全寿命周期工程造价管理在西方被广为采用,并得到世界银行等国际金融组织的推崇。它特别注重建设项目的前期、设计和实施阶段工程造价的管理与决策,尤其前期决策阶段是成本控制的关键。

美国对于工程造价计价的标准不由政府部门组织制订,而是由各地各大型的工程咨询公司制定,各地咨询机构根据本地区的具体特点,制订单位面积的消耗量和基价,作为所管辖项目的造价估算的标准。美国联邦政府、州政府和地方政府根据各自积累的工程造价资料,并参考各工程咨询公司有关造价的资料,对管辖的政府工程项目制订相应的计价标准,作为项目费用估算的依据^[4]。

英国工程造价管理体系中没有统一的定额,只有英国皇家特许测量师学会(RICS)于1922年出版了第一版的《建筑工程工程量计算规则》(SMM),

在英联邦国家中广泛使用。RICS是独立于业主和承包商的组织,有着很大的权限,业主在拟建工程时,一般均要请工料测量师进行可行性研究,投资估算,招标文件编制,设计阶段及施工阶段的投资控制。

通过国外造价管理体系我们可以看出,国际项目重视决策阶段的成本控制,并且单位面积消耗量指标是解决问题的关键。

3 大数据估算解决方案

现今已建立起来的一些工程造价信息库,往往只是一些原始数据的采集和积累,还没有进行系统性深度加工处理,信息利用率普遍较低,其信息有待进一步开发和利用。

本节讨论基于已完项目清单大数据做估算的新思路,需根据技术特征对已完项目清单分解,通过拟建项目特征与已完项目特征相似性对比,提取已完项目分系统指标量,进行系统性、扩大清单形式估算方法。

3.1 量价分离,先量后价

量价分离解决造价动态性、时效性,即先量后价。量是指工程指标量,即单位消耗量。不是总的工程量,它和项目技术特性相对应,如何确定工程指标量是本文后面重点阐述的内容。

因使用者和使用阶段不同,工程单价体现不同使用层次、不同渠道来源。在已完项目完整清单中包含了清单综合价(清单定额组价、清单直接价)、市场价、品牌档次价、企业合同价等信息。可以将这些价格通过信息共享直接用到估算价格中(见表2)。

表2 估算中可采用的价格形式

估算阶段	估算价格形式
用于 审批	清单综合价(建筑标准+市场平均)
用于 第三方复核	
用于 EPC报价	企业合同价

3.2 借用已完项目分系统的指标量

估算阶段量可以参考已完项目的指标量得到,也可以根据方案模型得到。估算阶段的工程量体现与技术特征的匹配性。

(1) 建立在扩大清单的估算树状系统

工程量清单不仅作为一种市场定价形式，而且清单的另外两个特性可以运用到估算中。首先我国分部分项工程量清单按五级编码设置，结合分部、分项工程项目的划分，由粗到细、由整体到局部逐层设置，便于逐级核对。我们可以利用清单编码的这个层级特性，把估算做成扩大的清单，使建议书、可研、初步设计、预算形成由粗到细的一条线的全寿命周期成本分析思路。编码由少到多，形成树状系统，可集合，可扩展。同时便于查询、核对，分析偏差。其次，通过项目分系统，清单工程量具有工程量指标的特性、和技术切块的系统相一致性。图1表示依据清单放大形式树状系统模式做估算的结构。

英国工程量清单中的工程量部分与我国的分部分项工程量清单接近，只是项目的分类划分不一样。SMM7将工程项目划分成23类，根据施工材料、工艺、工种、位置等属性进行分类。在这方面我们的清单体系划分是分部、分项体系，在划分上还要考虑一些技术系统性的影响。为便于估算分系统利用已完清单数据的对应性，需把已完清单数据根据技术系统性思路做划分、切割，还需注意的几个问题：

① 对于房屋建筑与装饰单位工程还需细分出

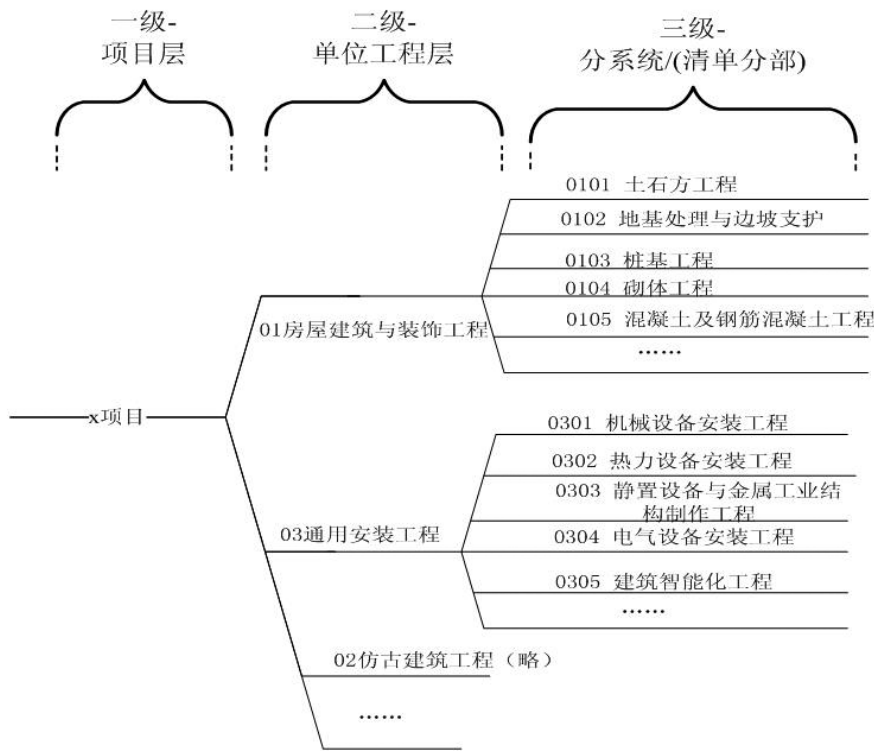


图1 扩大清单估算树状系统

内装饰和外装饰；地上结构和地下结构要分开。

② 通用安装工程需要细分。例如已完项目通风空调工程还要再细分为空调水冷和新风两个系统，而现行的清单体系是按设备、管道来划分，不是一个完整的从源头到末端的系统。即一个空调水冷系统包含冷机、风盘、风口、风管、给水、回水、冷凝管道及阀门制作、安装，检测试验。新风系统包含组合式空调机组，风口、风管及相应的阀门制作、安装，检测试验。

③ 对于特殊工程要体现其领域特点的单位工程划分。例如电网工程可以划分为变电工程、线路工程、通信工程、换流站工程、直流线路工程以及农网工程等^[5]。

(2) 补充清单树状系统的技术特征

对已完项目清单进行技术系统性切割后，还需对已完项目清单树状系统中补充指标含量与技术特征。补充技术特征是为拟建项目估算与已完项目数据的“类似性”特征查找、匹配，这个特征分解到项目系统。补充指标含量是为拟建项目估算与已完项目系统特征匹配后，借用已完项目系统工程量指标。已完项目系统数据库体现技术特征与指标含量直接的对应关系（见表3）。

以上估算系统划分根据工作经验和研发课题，

例如幕墙造价与技术相关性研究^[6]，地基处理造价与技术相关性研究^[7]，钢结构研发课题，超高层住宅造价研发课题，从表3还需注意两个问题：

通过研究，得到技术系统分解，确定造价指标单位。数据库项目需统一划分的界面及标准。

(3) 指标含量和指标单位

对于千差万别的建筑，需要对各个系统进行分解，分解的原则是技术对造价的影响。解决“类似性”问题需明确系统特征对应的指标单位。

Σ 拟建项目分系统估算工程量 = Σ (“类似”分系统的指标含量 * 拟建项目分

表3 清单数据库分系统, 添加指标含量与特征示例

一级 (项目层)	二级 (单位工程层)	三级 (系统层)	指标 含量	特征1	特征2	特征3	特征4	特征n	指标单位
*已完项目				地区	建筑功能	结构形式	地上层数	……	
	土建			地区	建筑类别	结构形式	地上层数	……	
		土方		土质	地势	挖土深度	运距		实算量
		桩基*	0.12	建筑类型	土质	桩基类型	桩长	……	建筑面积指标
		地上结构	0.36	建筑类型	抗震等级	主要结构形式	建筑层高	……	地上建筑面积指标
		地下结构	0.9	土质	埋深	地下水水位	人防等级	……	地下面积
	内装饰			使用性质	装修面积比例	标准			范围、标准
		精装修		使用性质	装修面积比例	标准			范围、标准
		普通装修		使用性质	装修面积比例	标准			范围、标准
	外装修			装修面积比例	标准				地上面积指标
		涂料		装修面积比例	标准				地上面积指标
		石材		装修面积比例	标准				地上面积指标
	给排水								
		给水		建筑类型	给水点数	管道材料			系统分布范围面积指标/点指标
		热水		建筑类型	给水点数				系统分布范围面积指标/点指标
		中水		建筑类型	给水点数				系统分布范围面积指标/点指标
	以下略								

系统指标单位数量) (公式1)

以下通过案例对公式1进行解释。

案例1: 北京拟建高层住宅(无地下室)地上建筑面积 10000m^2 , 北京某已完高层住宅(无地下室)“类似”地上结构分系统砼指标含量是 $0.38\text{m}^3/\text{m}^2$, 每地上面积是指标单位, 则拟建项目地上分系统砼估算量为 $0.38\text{m}^3/\text{m}^2 \times 10000\text{m}^2 = 3800\text{m}^3$ 。

案例2: 北京拟建办公楼地下车库分系统建筑面积 10000m^2 , 北京某已完办公楼“类似”地下车库分部砼用量指标是 $0.9\text{m}^3/\text{m}^2$, 每地下面积是

指标单位, 则拟建项目地下分系统砼估算量为 $0.9\text{m}^3/\text{m}^2 \times 10000\text{m}^2 = 9000\text{m}^3$ 。

指标单位不一定是建筑面积, 案例2中的指标单位是每地下建筑面积, 指标单位数量就是地下建筑面积, $0.9\text{m}^3/\text{m}^2$ 的含义就是每平方米地下建筑面积砼用量是 0.9m^3 。案例2将地下部分单独作为一个独立于地上造价分解的部分, 是因为实际研究发现地上和地下的指标不能合并, 地上和地下的技术影响因素不同, 地上主要技术因素是使用功能及荷载, 地下室是否有人防, 人防等级, 地下水、

地基承载力和上部荷载影响。指标单位不完全是建筑面积，具有和技术的相关性，指标单位需要经研究，通过国家统一发布的标准。

(4) 系统特征查找相似性的模糊匹配方法

确定了估算的树状系统，对已完项目清单数据进行技术特征和指标含量补充，还需通过拟建项目分系统特征与已完项目分系统特征相似性模糊比对，求拟建项目分系统工程量。需要如下三个步骤（见图2）。

第一步，求拟建项目和已完项目分系统隶属度。

隶属度设有论域 u 中有模糊集合 $\overline{s_i}, U = \overline{s_{i1}}, \overline{s_{i2}}, \dots, \overline{s_{im}}, \overline{s_{im}}$ 模糊集合表示第 i 个典型工程分系统的模糊集合， $S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im}$ 表示 m 个特征因素，用 $U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{im}$ 表示第 i 个典型工程分系统在每个特征因素下的相似程度，即隶属度。

$$\overline{s_i} = \left\{ \frac{U_{i1}}{S_{i1}}, \frac{U_{i2}}{S_{i2}}, \dots, \frac{U_{im}}{S_{im}} \right\} \quad (\text{公式2})$$

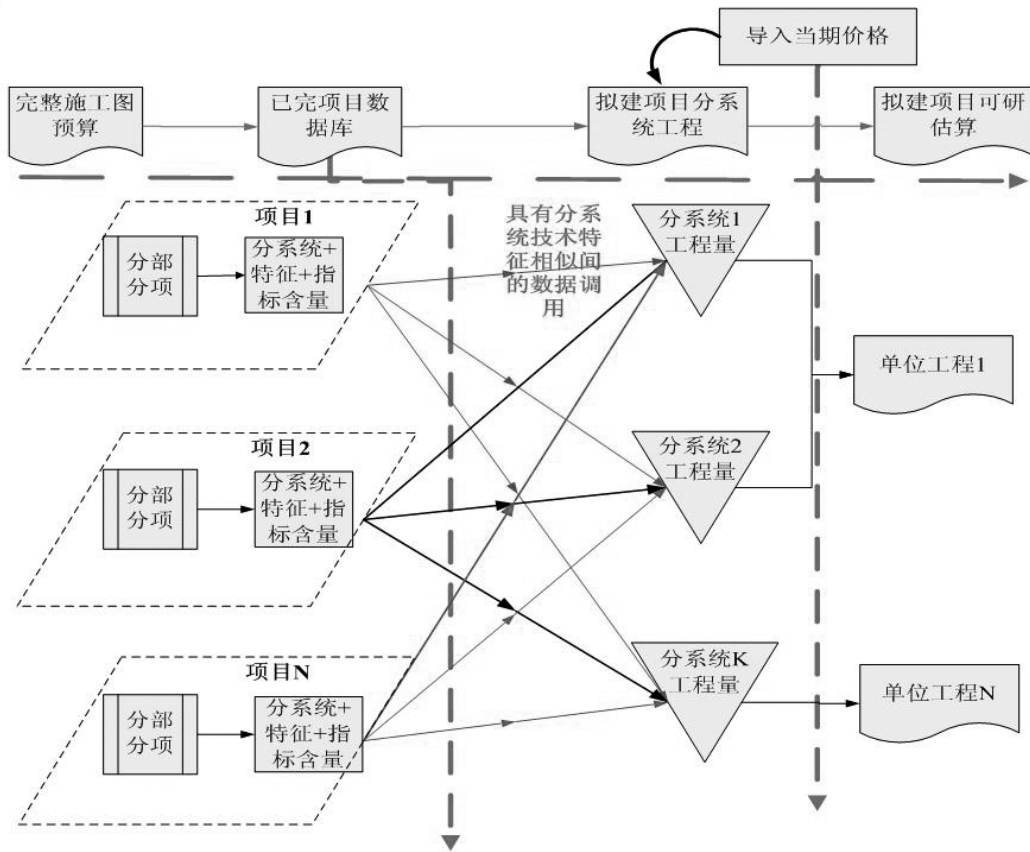


图2 拟建项目分系统与已完项目分系统特征匹配，提取已完项目指标含量做估算流程

s_0 表示拟建项目分系统的隶属度。

第二步，求拟建项目分系统与各类已完项目工程分系统的相似程度—接近度。

求相似程度的定量方法有海明距离、贴进度、关联度以及相接近度。海明距离和贴进度均衡量特征的位置关系，认为两者同等重要，所以用两者乘积合并得出接近度^[8] T'_{s_0, s_i} ：

$$T'_{s_0, s_i} = \frac{1}{2} [d(S_0, S_i) + \overline{s}(S_0, S_i)] \quad (\text{公式3})$$

第三步，取靠前三个相似度的已完项目分系

统工程量指标，叠加得到拟建项目分系统工程量指标 L_0 。

$$L_0 = \lambda (L_1 T'_{s_0, s_1} + L_2 T'_{s_0, s_2} (1 - T'_{s_0, s_1}) + L_3 T'_{s_0, s_3} (1 - T'_{s_0, s_1}) (1 - 2T'_{s_0, s_2}) + 1/3 (L_1 + L_2 + L_3) (1 - T'_{s_0, s_1}) (1 - 2T'_{s_0, s_2}) (1 - T'_{s_0, s_3})) \quad (\text{公式4})$$

取靠前三个相似度的已完项目分系统工程指标 L_1, L_2, L_3 ， λ 为调整系数

$$\lambda = 1 + 1/m [1.8 \times (\frac{s_0}{s_1} - 1) + 0.8 \times (\frac{s_0}{s_2} - 1) + 0.4 \times (\frac{s_0}{s_3} - 1)] \quad (\text{公式5})$$

m 为项目分系统模糊集合中特征元素的个数。

通过以上三个步骤得到拟建项目分系统工程量指标 L_0 ，再按公式1，计算拟建项目分系统估算工程量。

3.3 模型实算是大数据指标量的补充

(1) 分系统模型实算量

估算阶段，因设计深度原因我们借助已完项目特征指标含量进行拟建项目工程量估算，但有些量可以根据方案模型直接得到。以建筑装饰工程为例，土方量、基坑支护工程量、保温防水量、外装饰工程量可以通过方案阶段的模型得到。

①土方量是可以根据已知地下室面积及埋深、土质，根据建筑场地情况及可确定的放坡还是基坑支护方案，确定土方量。

②基坑支护量根据周边建筑条件、土质条件、挖深确定基坑支护方案，最终得到不同方案基坑支护面积工程量。

③保温防水可以根据屋面面积、地下室面积、地下室侧壁面积、地下室外露顶部面积、外墙保温防水部分面积确定工程量。

外装饰工程量可以根据设计方案模型得到不同做法的工程量。

(2) 拟建项目实际与已完项目经验相结合计算措施费

在英国工程量清单计价中，因为投标人所报单价已包括了措施费用，所以只要用单价乘以调整的工程量就可以对工程造价进行调整，合同纠纷少^[9]。我国措施费是独立于分部分项工程，估算可以利用已完项目清单大数据中类似特征措施费单价，同时也要结合拟建项目具体情况，如场地、地域、气候、建筑特性、建设周期、施工工艺等特征，进行拟建项目分系统措施费计算。表4中将估算措施费分为按比例计算、按面积计算、按估算量计算及按实际量计算等四类。

4 大数据估算管理流程及网络建设

伴随着全球信息化的高速发展，要想取得更好的发展并同世界接轨，相关政府部门应该加大信息化平台资源的共享，实现建筑行业的工程造价信息的管理模式，提高资源的有效利用，逐步提高信息化管理水平。

上面重点解决了通过拟建项目与已完项目分解系统的技术特征匹配，借用已完项目指标量做

表4 估算中的措施费计算

措施费分类	估算工程量 计算方式	单价计算方式
安全文明施工费、冬雨季施工费	按比例	
垂直运输、脚手架、超高	按建筑面积	已完项目清单综合单价
模板	按估算工程量	已完项目清单综合单价及特殊情况可调整
其他：降水、扰民、赶工、场地狭小	按实际情况计算	

扩大清单法估算。本节重点解决如何建立大数据数据库构架、管理流程及网络。

4.1 估算数据库构架

工程造价数据的完整性和准确性直接影响着造价的可靠性和可再利用性，分析结论的正确性。已完项目清单预算要注意两方面，第一保证项目完整性，包含总包、分包、变更洽商、甲供材料设备，剃掉来回拆改的重复工程量内容。其次将这些文件不是按照工程分包界面而是按照估算的划分方法，分解为单位工程（二级）、分系统工程（三级），最终形成完整已完项目预算清单预算大数据。

已完项目工程清单预算大数据进行有效分解后形成的数据仓库应包含以下几部分内容：

项目分解到分系统工程（三级），包含特征、指标含量等数据；

清单特征综合单价、设备材料价格及品牌等数据；

措施分系统量、价及技术方案等数据；

工程其他费分解及占工程直接费比例、依据文件等数据。

4.2 大数据估算管理流程

所构建的工程造价数据库能够实现：为审批部门提供建设布局的决策信息；通过国家有关部门发布全面、系统性工程数据标准、规范已完项目建设管理单位提供的工程信息。为拟建项目建设单位提供准确的需求信息；采用第三方中介咨询单位对数据审核，本文提出的工程大数据仓储下的造价数据管理流程如图3所示，体现信息链条从规定数据模式到数据上传、审核、提取运用，再审核、批准的流程。使工程造价大数据具有不同

使用者的层次性、不同设计阶段的阶段性、先编后审数据来源的可靠性。

4.3 大数据云平台建设

大数据云平台要打破区域限制，建设国家统一的建设工程大数据云平台，便于政府、咨询单位、建设方的使用。

另外，传输数据包括造价软件文件及相应的建筑模型，提取已完项目数据库按系统特征划分的有用信息。如何将BIM“建筑信息模型”，(Building Information Modeling) 技术应用于造价管理过程，是当前国内学术界和相关企业研究的热点问题。BIM具有建筑信息特征。但从上文分析，我们用BIM技术解决造价分析问题还需完善、补充建筑分类体系，建筑特征标准，建立特征与造价的关系，查找特征指标含量^[10]。

5 结束语

通过已完项目预算大数据的管理流程设计及运用，使拟建项目在决策阶段工程估算更接近实际，更能体现行业公平、公正健康发展；更加准确的估算利于在决策阶段的方案比较，提升建筑行业设计的综合水平；估算扩大清单法利于国际上EPC总承包报价，推进建筑行业国际化的延伸，同时也是概算清单法^[11]清单应用的前延，是推进全过程造价管理的技术创新，技术创新也会来的更加优化、适合市场竞争的流程创新。

形成国家建筑大数据标准化是关键，包含造价数据数据的分级分系统切割的界面、代码、特征、指标单位等，同时需要一系列的研究做支

撑。建筑大数据的形成还有很长一段路要走，这只是万里长征的第一步。希望行业同仁共同努力，有关部门重视，共同推进行业技术进步、优化管理流程的改革。

参考文献

- [1] 住房城乡建设部关于推进建筑业发展和改革的若干意见, 建市[2014]92号.
- [2] 建设项目投资估算编审规程, CECA/GE 1-2007.
- [3] 乔欢欢, 翟慧娟, 吴焕苗, 国内外工程造价计价模式对比研究及对我国电力工程计价改革的启示[J], 华北电力, 第40卷第4期2012年4月.
- [4] 王普. 国内外工程造价管理模式之比较[J], 彭城职业大学学报, 2004年4月.
- [5] 刘宏志, 屠庆波, 韩延峰. 大数据环境下的电网工程造价分析管控体系研究[J], 华东电力, 第42卷第12期2014年12月.
- [6] 孟繁. 幕墙风荷载与框架式玻璃幕墙龙骨用量及造价分析[J], 中国勘察设计, 2011年第8期.
- [7] 孟繁, 张俊杰, 郝利平, 钱海静. 管桩造价指标影响因素分析[J], 工程建设与设计, 2013年第1期.
- [8] 龙丽. 模糊类比法在工程造价估算中的应用[J], 价值工程, 2008年第7期.
- [9] 可淑玲. 英国工程造价计价对我国的启示[J], 建筑经济, 2014年第7期(总第381期).
- [10] 张树捷. BIM在工程造价管理中的应用研究, 建筑经济 [J], 2012年第2期(总第352期).
- [11] 孟繁, 樊自力, 江南. 浅谈用工程量清单计价方法编制概算的思路与建议 [J], 建筑经济, 2010.12.

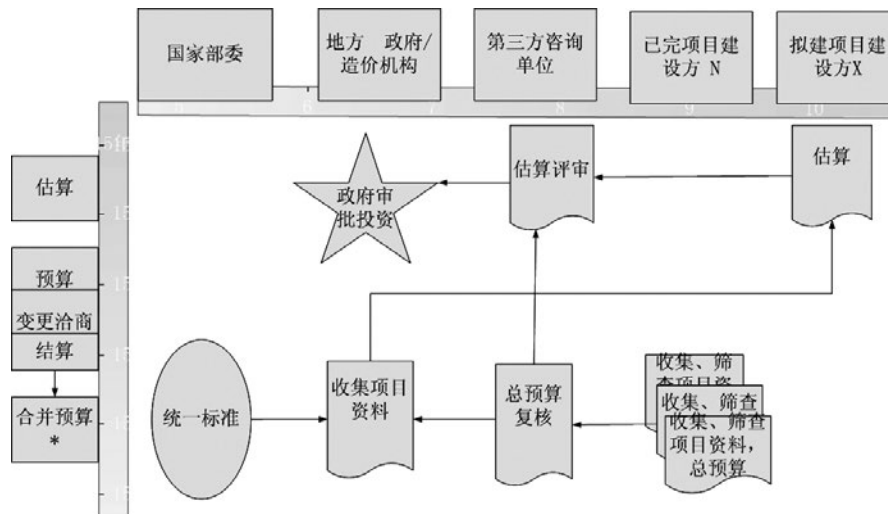


图3 大数据估算管理流程

基于中美规范的混凝土预埋件抗剪设计对比及有限元分析

■ 郭馨 贾洁 [结构]

摘要: 预埋件是建筑结构中的重要组成部分,其中受剪预埋件的应用最为普遍,研究预埋件的受剪性能不仅可以为设计者提供设计方法,也是研究预埋件复合受力状态的基础。为研究中美规范中预埋件抗剪设计的差异,本文分别介绍了两国规范的设计方法,并通过具体算例和有限元建模对两种方法进行了对比分析。

关键词: 预埋件;受剪承载力;中美规范;有限元分析

预埋件是以混凝土为基体,预先埋置在混凝土中用来连接外部构件或设备的受力构件,是工业建筑设计中的重要部分。

受剪预埋件在钢筋混凝土结构中的应用最为普遍,研究预埋件的受剪性能,不仅在于提出预埋件的抗剪强度计算方法及其构造措施,也是研究预埋件复合受力状态下性能的基础。然而中美两国规范对预埋件的设计理论及计算公式存在明显差异。本文将《混凝土结构设计规范》GB50010-2010^[1](以下简称为“中国规范”)抗剪预埋件的设计方法与《美国房屋建筑混凝土结构规范》ACI318-14^[2](以下简称为“美国规范”)进行对比,并辅之以有限元模型加以论证,进一步揭示中美规范预埋件设计方法的异同,供设计人员参考。

1 中美规范的理论依据

中国规范抗剪预埋件公式来源于混凝土的局

部承压理论^[3],该理论认为预埋件受到的剪力由三部分承担:大部分剪力由混凝土基体对锚筋的局部承压力 F_1 承受,其余剪力由锚板与混凝土之间的摩擦力 F_2 以及混凝土基体对锚板底边的承压力 F_3 承受,最终的破坏形式为预埋件的锚筋在混凝土反力作用下形成了两个塑性铰而导致破坏。我国规范以局部承压理论为基础,通过大量的试验数据回归出公式中的一系列参数,并进行了合理的简化和假定,推导出计算公式,同时把试验的一些限定条件通过构造措施的形式来规定。设计人员通过公式直接计算出抗剪锚筋所需的最小总截面面积,从而确定锚筋的直径和数量,再通过构造要求进行埋件设计。

美国规范的设计方法来源于CCD法^[4](Concrete Capacity Design),针对预埋件中的受剪锚栓,根据不同的边界条件和受力情况,具体分成了锚栓破坏、混凝土崩裂破坏以及混凝土剪撬破坏三种破坏模式,基于这三种模式,美国规范分别给出预埋件的抗剪承载力公式,并取三种计算的最小值作为最终值。

理论依据的不同就导致了中美规范在设计方法和计算公式上存在差异,本文将为此做出具体对比分析。

作者简介:郭馨,男,助理工程师,2015年毕业于天津大学土木工程专业,现就读于中国航空规划设计研究总院有限公司。

2 中国规范抗剪预埋件设计方法

中国规范给出了锚筋总截面面积的计算公式 9.7.2-1~9.7.2-6, 对于仅承受剪力的预埋件, 其锚筋的总截面面积 A_s 计算公式如下:

$$A_s \geq \frac{v}{a_r a_v f_y} \quad (1)$$

$$a_v = (4.0 - 0.08d) \sqrt{\frac{f_c}{f_y}} \quad (2)$$

当 a_v 大于0.7时, 取0.7; a_r 为锚筋层数的影响系数, 当预埋件的锚筋按等间距布置时: 两层取1.0; 三层取0.9; 四层取0.85。

规范还在9.7.4条中规定了预埋件设计应满足的构造要求: 预埋件锚筋中心至锚板边缘的距离不应小于 $2d$ 和 20 mm ; 预埋件的位置应使锚筋位于构件外层主筋的内侧; 受力直锚筋的直径不宜小于 8 mm , 且不宜大于 25 mm ; 受剪预埋件锚筋间距 b 及 b_1 不应大于 300 mm , 且 b_1 不应小于 $6d$ 和 70 mm ; 锚筋至构件边缘的距离 c_1 不应小于 $6d$ 和 70 mm , b 、 c 均不应小于 $3d$ 和 45 mm 。

3 美国规范ACI318-14抗剪预埋件设计方法

受剪预埋件在美国规范的定义即预埋在混凝土中的锚栓的性能, 其中规定预埋锚栓的承载力是由钢锚栓(包括锚栓和埋件板)和混凝土共同决定的, 两者之一发生破坏都会导致预埋件的破坏, 混凝土的承载力又取决于受剪锚栓的混凝土抗崩裂强度和受剪锚栓的混凝土抗剪撬强度的较小值。

3.1 受剪锚栓的钢材强度

受剪的单根锚栓或群锚的名义强度应不超过如下公式的计算值:

$$V_{sa} = n A_{se} f_{uta} \quad (3)$$

其中 n 为群锚中的锚栓个数, f_{uta} 取不大于 $1.9 f_{ya}$ 和 125000 psi (862 N/mm^2)中的较小值。可以看出, 锚栓的受剪承载力计算与钢结构规范的规定一致。

3.2 受剪锚栓的混凝土抗崩裂强度

3.2.1 单个锚栓或群锚受剪时的混凝土名义抗崩裂强度 V_{cb} 和 V_{cbg} 应不超过:

对于垂直于边缘作用在一个单个锚栓上的剪力:

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \gamma_{ec, v} \gamma_{ed, v} \gamma_{c, v} V_b \quad (4)$$

对于垂直于边缘作用在一组群锚上的剪力:

$$V_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \gamma_{ec, v} \gamma_{ed, v} \gamma_{c, v} V_b \quad (5)$$

对于平行于边缘的剪力, V_{cb} 或 V_{cbg} 应允许取为从式(4)和式(5)确定的剪力值的2倍。此时, 将平行于边缘的剪力值假定为式中垂直于边缘的剪力值, 并取 $\gamma_{ed, v}$ 等于1.0。

对于位于角部的锚栓, 混凝土名义抗崩裂强度应对每边确定, 并使用其中的较小值。

系数 $\gamma_{ec, v}$ 、 $\gamma_{ed, v}$ 和 $\gamma_{c, v}$ 分别在美国规范中第D.6.2.5条、第D.6.2.6条和第D.6.2.7条中定义。 V_b 为单个锚栓的混凝土基本抗崩裂强度, A_{vc} 为单个锚栓或一组群锚在混凝土构件边缘破坏面的投影面积, A_{vco} 为较大构件中单根锚栓的最大投影面积, A_{vc} 应不超过 $n A_{vco}$, 其中 n 为群锚中锚栓的个数。 A_{vc} 、 A_{vco} 的具体定义见图1。

3.2.2 单个锚栓在已开裂混凝土中受剪时混凝土的基本抗崩裂强度 V_b 应不超过:

$$V_b = 7 \left(\frac{l_e}{d_o} \right)^{0.2} \sqrt{d_o} \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (6)$$

其中 l_e 为受剪锚栓的荷载挤压长度, 任何情况下 l_e 均不应超过 $8d_o$ 。

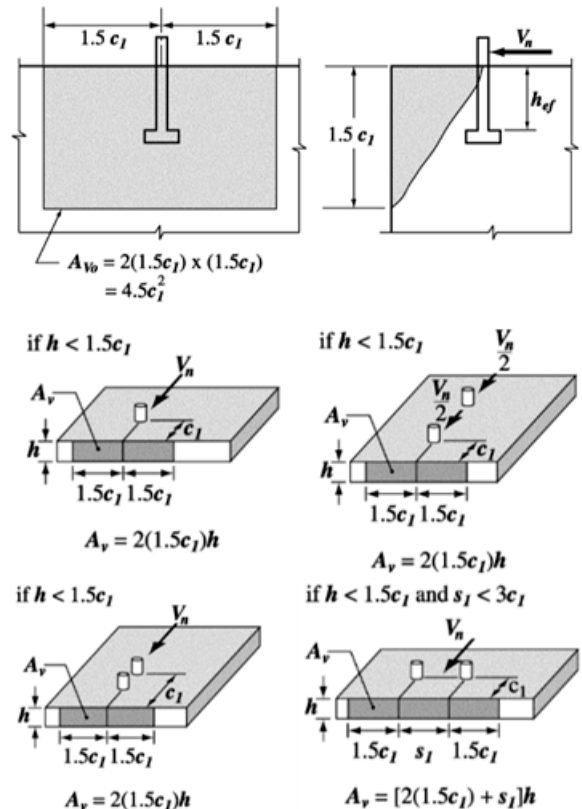


图1 锚栓投影面积以及 A_{vc} 、 A_{vco} 的计算

3.3 受剪锚栓的混凝土抗剪撬强度

名义抗剪撬强度 V_{cp} 或 V_{cpg} 应不超过:

对于单个锚栓:

$$V_{cp} = k_{cp} N_{cb} \quad (7)$$

对于群锚:

$$V_{cpg} = k_{cp} N_{cbg} \quad (8)$$

对于 $h_{ef} < 2.5 \text{ in. (63.5 mm)}$ 的情况, 取 $k_{cp} = 1.0$; 对于 $h_{ef} \geq 2.5 \text{ in. (63.5 mm)}$ 的情况, 取 $k_{cp} = 2.0$; N_{cb} 、 N_{cbg} 为单个受拉锚栓或一组受拉群锚的混凝土名义抗崩裂强度。

4 中美规范抗剪预埋件设计方法对比

对于中国规范, 计算公式较为简单, 构造明确, 设计者应用比较方便。但由于公式来源于大量试验数据的回归, 没有对应的力学和物理意义, 设计者无法判断预埋件的破坏形态, 也无法对预埋件的设计进行概念判断。

美国规范公式中, 预埋件锚栓与混凝土的受力状态清晰明确, 特别是混凝土的崩裂破坏, 对混凝土的破坏面做出了详细定义。与中国规范相比, 美国规范对预埋件构造上的限制相对较少, 设计人员可以通过计算决定取何种构造。笔者通过一些具体的算例发现, 美国规范更强调混凝土边界条件的影响。另外, 在计算焊接在钢板上的锚栓时, 在满足钢板最小厚度的前提下, 将钢板假定为刚性, 认为混凝土的破坏面由最远一排锚栓所决定。

5 抗剪预埋件算例

为了直观比较中美规范设计方法的差异, 本文列举了一系列混凝土预埋件抗剪承载力的计算实例, 并利用ABAQUS有限元软件进行建模计算, 将分析结果与两国规范的计算结果做进一步对比。

例: 材料参数如下所述: 构件采用C30混凝土, $f_c = 1.43 \text{ N/mm}^2$ (鉴于两国规范混凝土与钢筋强度取值方法不同, 按美国规范计算时应对材料进行强度换算, 对应美国规范 $f'_c = 3959 \text{ psi}$), 锚筋采用HRB400级钢筋, $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$ (对应美国规范 $f_{uta} = 78300 \text{ psi}$)。构件尺寸: $t = 0.6d$, $L_a = 15d$, 其他构件尺寸见图2、表1。

第一组算例(M-1~M-6)为 $\Phi 10$ 锚

筋预埋件, 改变混凝土边界条件; 第二组算例(M-7~M-12)依次增加锚筋直径; 第三组算例(M-13~M-19)为 $\Phi 25$ 锚筋预埋件, 改变混凝土边界条件; 两国规范公式的计算结果见表1。

分析比较上述算例M-1~M-6可知, 当锚筋直径较小时, 在满足构造要求的情况下, 中国规范算得的预埋件抗剪设计值小于美国规范, 当不满足构造要求时, 中国规范计算结果便大于美国规范的计算值, 可见, 虽然中国规范公式中没有考虑混凝土的破坏面, 但是通过构造规定可以确保预埋件破坏之前不会产生混凝土崩裂破坏。按美国规范计算时, 破坏模式主要为混凝土崩裂破坏, 但随着剪力方向混凝土边缘尺寸 c_1 及构件尺寸的增加, 最后形成锚栓破坏。因此, 混凝土边界条件对预埋件抗剪承载力是有影响的。算例M-7~M-12依次加大锚筋直径, 在恰好满足构造要求的前提下, 预埋件的破坏模式全部为混凝土崩裂破坏, 锚筋直径较大时($d = 20、22、25 \text{ mm}$), 相较于美国规范, 按中国规范计算的承载力略低。经笔者研究, 这与规范课题组根据试验结果推导公式时, 将锚筋直径—抗剪强度关系曲线简化成直线有关。分析第三组算例, 增大剪力方向混凝土的边缘尺寸 c_1 并同时增加构件尺寸, 按照美国规范, 当锚板的刚度足够时, 可以获得较大的预埋件抗剪承载力, 直至锚栓先于混凝土破坏。

为了进一步对比两国规范计算结果的差异, 笔者利用ABAQUS有限元程序[5]对算例M-3进行了建模分析, 其中混凝土采用C3D8R实体单元, 本构采用塑性损伤模型, 锚筋采用B31梁单元, 本构采用理想二折线模型, 锚筋和混凝土构件采用Embedded Region约束, 锚板和构件采用库伦摩擦约束, 模型情况和分析结果见图3、图4。

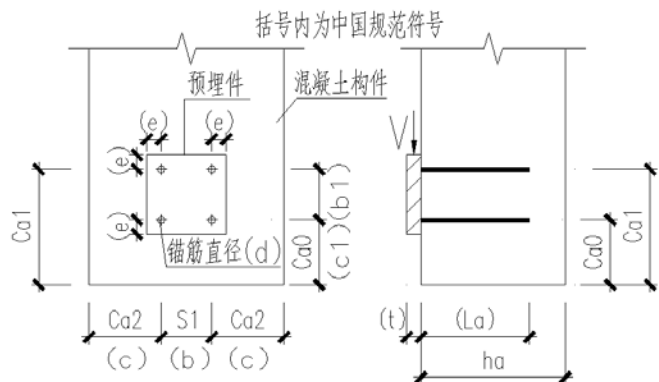


图2 构件及预埋件尺寸

表1 抗剪预埋件计算结果对比

算例	构件尺寸(mm)							中国规范 (kN)		美国规范 (kN)		
	d	ha	Ca0 (c1)	Ca1	(b1)	Ca2 (c)	S1 (b)	构造要求	剪力设计值V	锚栓破坏V1	混凝土崩裂V2	破坏模式
M-1	10	200	50	100	50	150	60	不满足	72.2	110.1	52.0	混凝土崩裂
M-2	10	200	60	120	60	180	60	不满足	72.2	110.1	66.5	混凝土崩裂
M-3	10	210	70	140	70	200	70	满足	72.2	110.1	79.2	混凝土崩裂
M-4	10	360	90	180	90	220	90	满足	72.2	110.1	97.0	混凝土崩裂
M-5	10	440	110	220	110	240	110	满足	72.2	110.1	116.4	锚栓破坏
M-6	10	520	130	260	130	260	130	满足	72.2	110.1	136.3	锚栓破坏
M-7	14	252	84	168	84	252	84	满足	127.3	215.9	130.3	混凝土崩裂
M-8	16	288	96	192	96	288	96	满足	157.1	282.0	170.3	混凝土崩裂
M-9	18	324	108	216	108	324	108	满足	187.1	356.9	215.4	混凝土崩裂
M-10	20	360	120	240	120	360	120	满足	216.6	440.6	266.0	混凝土崩裂
M-11	22	396	132	264	132	396	132	满足	244.6	533.2	321.9	混凝土崩裂
M-12	25	450	150	300	150	450	150	满足	282.0	688.5	415.6	混凝土崩裂
M-13	25	330	110	220	110	330	110	不满足	282.0	688.5	261.0	混凝土崩裂
M-14	25	390	130	260	130	390	130	不满足	282.0	688.5	335.4	混凝土崩裂
M-15	25	450	150	300	150	450	150	满足	282.0	688.5	415.6	混凝土崩裂
M-16	25	510	170	340	170	510	170	满足	282.0	688.5	501.5	混凝土崩裂
M-17	25	570	190	380	190	570	190	满足	282.0	688.5	592.5	混凝土崩裂
M-18	25	630	210	420	210	630	210	满足	282.0	688.5	688.6	锚栓破坏
M-19	25	690	230	460	230	690	230	满足	282.0	688.5	789.2	锚栓破坏

注：各组算例中，按美国规范计算的混凝土抗剪强度远高于其他两项破坏强度，故将其忽略。

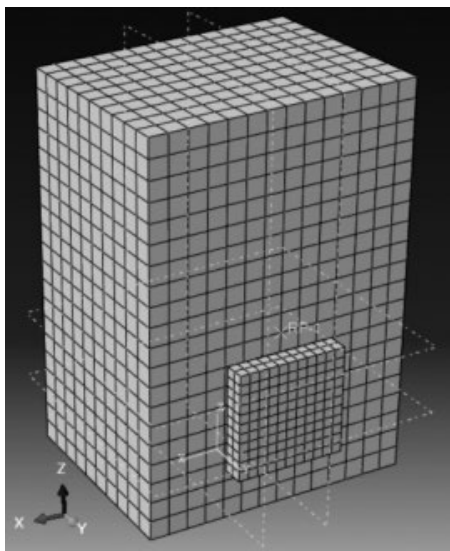


图3 有限元模型

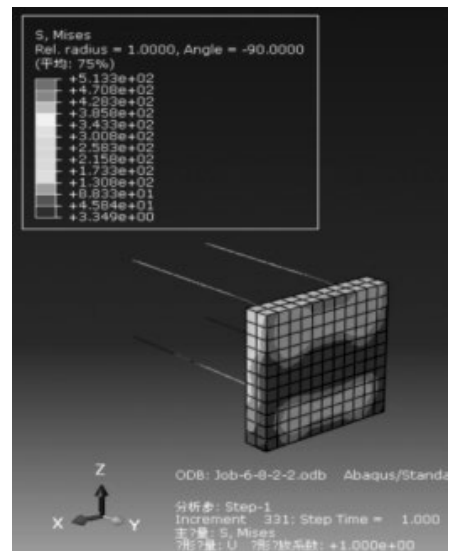


图4 预埋件应力

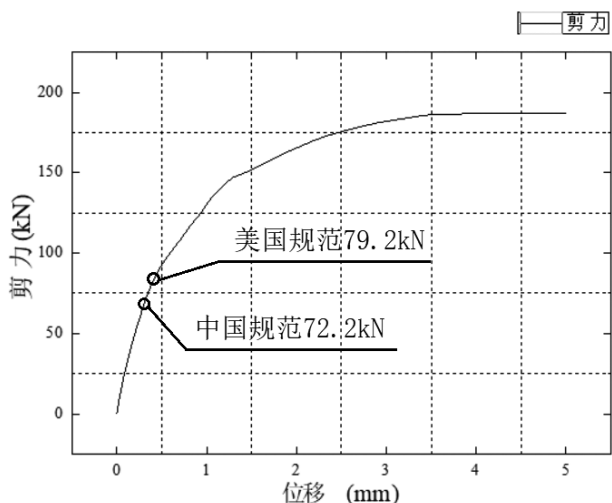


图5 剪力—位移曲线

经计算,预埋件的剪力—位移曲线如图5所示,其最大加载的剪力为186 kN,对应的位移约3.5 mm,此时锚筋均已屈服。可以看出,相较有限元结果,采用两国规范方法算出的抗剪强度设计值均处于加载曲线的弹性阶段。

6 结语

本文对中美两国规范中受剪预埋件的设计方法进行分析比较,得出的主要结论如下所述:

中国规范抗剪预埋件的设计公式简单,设计者应用非常方便。虽然公式中没有明确定义混凝土的破坏模式,但通过构造手段可以保证混凝土不先于预埋件破坏。

美国规范将受剪预埋件的破坏模式概括成三种定义,使得预埋件中锚栓与混凝土的受力状态清晰明确,对混凝土破坏面的定义十分详细,突出了混凝土边界条件的作用。同时构造要求较少,设计人员自行掌握预埋件的构造。

对大直径锚筋预埋件,按中国规范计算的承载力值比按美国规范计算值略低。

当计算焊接在钢板上的锚栓时,美国规范简单地将钢板假定为刚性,认为混凝土崩裂的破坏面由最远一排锚栓决定,设计人员需要关注锚板的刚性假定是否成立。

与ABAQUS有限元分析得出的极限抗剪强度相比,按两国规范计算的预埋件抗剪承载力值均处于荷载—位移曲线的弹性阶段。

参考文献

- [1] GB50010—2010 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [2] ACI318—14 Building Code Requirements for Structural Concrete[S]. ACI Committee 318, 2014.
- [3] 殷芝霖, 李玉温. 钢筋混凝土结构中预埋件的设计方法[J]. 国家机械工业委员会设计研究院, 1988(4): 42—51.
- [4] Eligehausen, R. and Balogh, T. "Behavior of Fasteners Loaded in Tension in Cracked Reinforced Concrete," ACI Structural Journal, V. 92, No. 3, May—June 1995, pp365—379.
- [5] 石亦平, 周玉蓉. ABAQUS有限元分析实例详解[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

AOT光催化灭菌设备在建筑给排水中的应用

■ 张宏扬 李力军 [给排水]

摘要: 杀菌消毒在水处理工艺中是一个必不可少的环节。而在建筑给排水中,也时常用到灭菌设备。光催化技术因其独特的优势,逐渐得到应用。本文介绍了AOT光催化灭菌设备在建筑给排水中的应用,并对设计中应用AOT时可能遇到的问题进行初探。

关键词: 建筑给排水;光催化灭菌;设计

近些年来,针对AOT技术的研究逐渐增多,光催化技术在水处理领域逐渐得到应用和推广,应用光催化原理集成的水处理设备设施在建筑给排水中的应用逐渐增多。对于AOT设备适用条件,以及在设计和应用中应注意的问题,本文进行了简要介绍。

1 光催化原理及其优势

1.1 光催化原理

AOT光催化设施金属网上的纳米级TiO₂在紫外灯的照射下,可以产生游离电子及空穴,利用空穴的氧化和电子的还原能力,产生氧化能力极强的自由基(活性羟基、超氧根离子、-COOH、H₂O₂等),这些自由基在水中会对微生物进行撞击,夺取细胞结构的一个氢原子,破坏其结构使其分解达到杀菌的目的^[1,2]。

1.2 AOT光催化设备优势

应用AOT光催化技术制成的灭菌设备,具有

其独特的优势。

(1) 无二次污染。因为灭菌原理是产生活性极强的自由基,而自由基在水中的寿命极短,因此不改变水的化学性质,不会产生二次污染,同时,使用安全,不会对人体产生危害。

(2) 灭菌效率高。有研究表明^[3],当接触时间为2.0s时,细菌总数的灭活率为99.5%,异养菌的灭活率为98.4%,军团菌的灭活率为100%。

(3) 设备易于安装,操作简单,维护方便。

使用过程中不产生污染和腐蚀,设备使用寿命长。

2 AOT光催化灭菌设备的主要应用条件

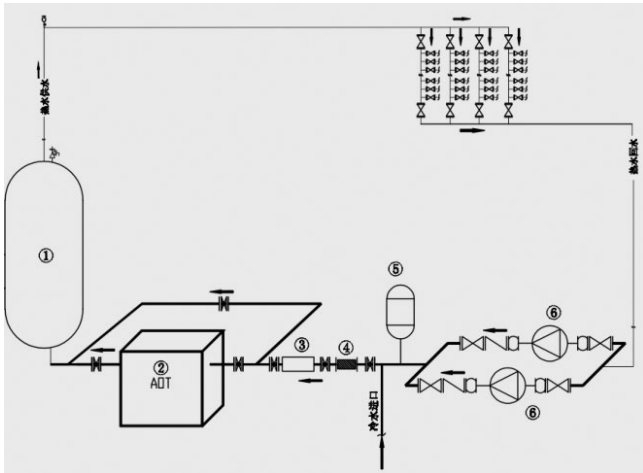
2.1 应用于建筑生活热水系统

(1) 容积式换热器热水供应水处理系统,应用条件见图1。安装位置为冷水进口、热水回水主管道。

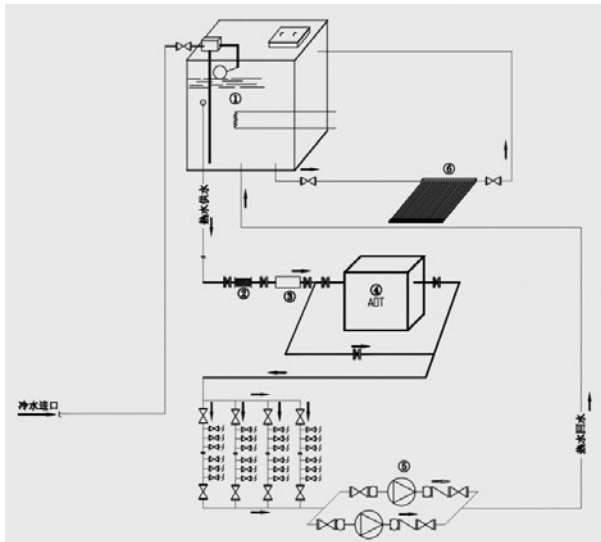
(2) 太阳能热水供应水处理系统,应用条件见图2。安装位置为热水供水主管道。

(3) 热泵机组热水供应水处理系统,应用条件见图3。安装位置为热水供水主管道,热媒介质可以为空气源、水源、地热等多种形式。

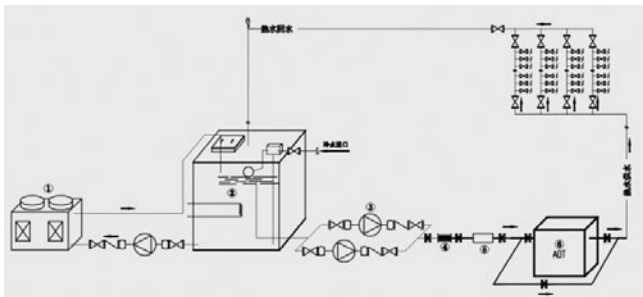
作者简介:张宏扬,男,助理工程师,2016年毕业于清华大学环境科学与工程专业,现就职于航空工业规划建筑设计院。



①容积式换热器 ②AOT光催化灭菌设备 ③电子除垢仪 ④Y型过滤器 ⑤水锤消除器 ⑥热水循环泵
图1 容积式换热器热水供水处理系统



①储热水箱 ②Y型过滤器 ③电子除垢仪 ④AOT光催化灭菌设备 ⑤热水循环泵 ⑥太阳能系统
图2 太阳能热水供水处理系统



①热泵机组 ②储热水箱 ③热水循环泵 ④Y型过滤器 ⑤电子除垢仪 ⑥AOT光催化灭菌设备
图3 热泵机组热水供水处理系统

2.2 应用于二次供水系统

(1) 水箱供水水处理系统，应用条件见图4。安装位置为水箱出水主管。

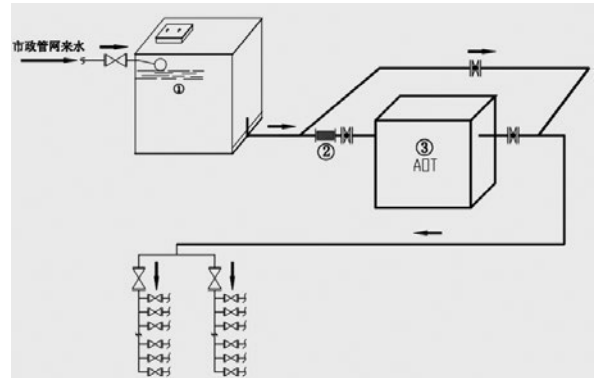
(2) 气压供水水处理系统，应用条件见图5。安装位置为气压给水主管。

(3) 无负压供水水处理系统，应用条件见图6。安装位置为无负压给水主管。

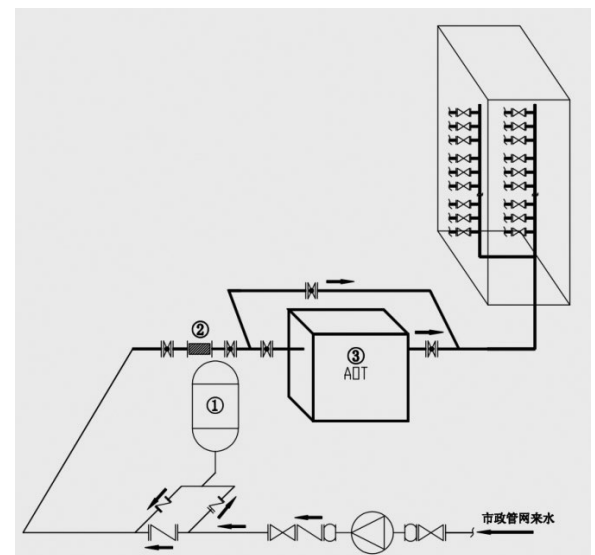
2.3 应用于冷却塔循环冷却水系统

(1) 冷却塔水槽内循环处理系统，应用条件见图7。该系统的循环流量根据冷却塔循环冷却水系统的总容水量确定。

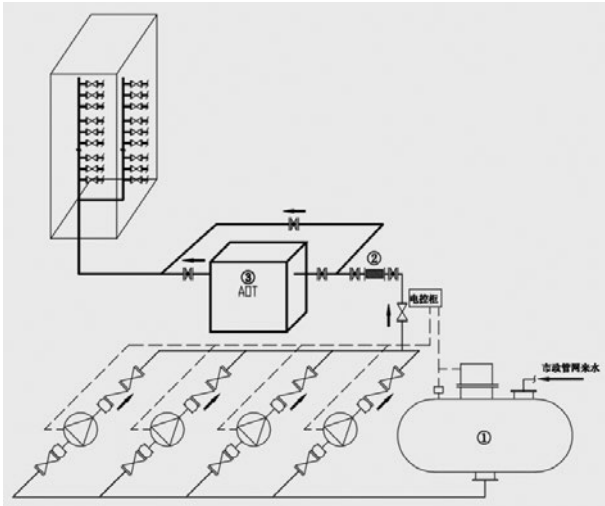
(2) 冷却塔循环主管道旁流处理系统，应用条件见图8。该系统流量根据循环冷却水系统的10%循环水量确定。



①水箱 ②Y型过滤器 ③AOT光催化灭菌设备
图4 水箱供水水处理系统

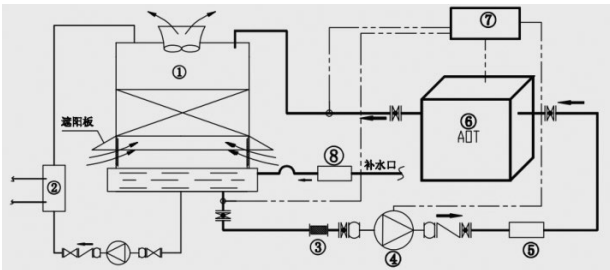


①气压罐 ②Y型过滤器 ③AOT光催化灭菌设备
图5 气压供水水处理系统



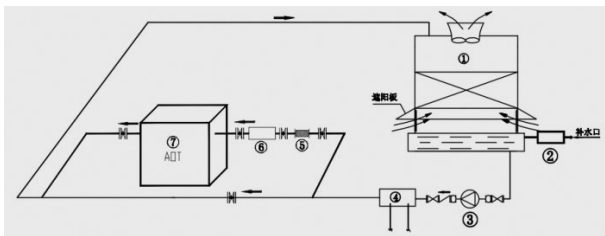
①无负压罐 ②Y型过滤器 ③AOT光催化灭菌设备

图6 无负压供水水处理系统



①冷却塔 ②制冷机组 ③Y型过滤器 ④AOT循环泵 ⑤电子除垢仪 ⑥AOT光催化灭菌设备 ⑦电控柜 ⑧除垢加药器

图7 冷却塔水槽内循环处理系统



①冷却塔 ②除垢加药器 ③循环泵 ④制冷机组 ⑤Y型过滤器 ⑥电子除垢仪 ⑦AOT光催化灭菌设备

图8 冷却塔水槽内循环处理系统

3 AOT光催化灭菌设备在建筑给排水安装使用中的问题

该设备因为具有较强的集成性，因此使用起来较为方便。不过，在应用中也应当注意以下几方面的问题。一是设备需要操作空间，因此，在设备进出口两面需要预留不小于0.8m的操作空间；而上方需要留有大于1.2m的检修空间。二

是与其他很多给排水附件类似，需要在设备前后安装阀门，以便在维修和保养时切断水流。三是为了避免系统过热，当水处理系统较长时间不使用时，应当关闭。四是关于紫外灯的寿命，一般情况下，设备连续运行约9000小时应当更换紫外灯。五是设备禁止无水运行。六是由于自由基寿命较短，因此AOT没有持续杀菌消毒作用，因此在设计和应用中应当注意防止水后续污染不发生。七是关于设备的清洗和清理。设备的反应器内壁、石英套管等部件应当定期检查清洗，清洗时先用弱酸擦拭，然后再用柔软干布擦拭干净。

4 结语

AOT光催化灭菌设备在建筑给排水中的应用逐渐推广，而不同厂商、地区使用的设备各有特色，应当在设计和使用中灵活融合各型号、厂商不同产品的特点加以改进，推动建筑给排水研究和工程的不断发展。

参考文献

- [1] 王秀杰,刘卉娟. 紫外线与AOT技术对微生物灭活效果研究[J]. 建筑给水排水, 2015, 3(6):104-105.
- [2] 王秀杰,靳艳涛. AOT光催化水体光催化技术的发展及灭菌原理介绍[J]. 建筑给水排水, 2015, 3(3):92-94.
- [3] 杨帆,李星,赵镔. 建筑给水系统中UV/TiO₂消毒技术的微生物灭活效果研究[J]. 建筑给水排水, 2015, 3(4):70-73.

某技术综合楼给排水及消防设计 难点分析及体会

■ 李鹏杰 [给排水]

摘要: 在建筑给排水设计中技术综合楼因建筑构造复杂、对美观性要求高, 为了达到设计合理优化的目的, 往往需要配合建筑和其他专业不断修改和调整设计思路。本文以给排水设计为主题, 从设计的角度对某技术综合楼给排水设计中的难点和问题进行分析, 同时提出优化设计思路, 总结设计经验。

关键词: 技术综合楼; 给水排水; 自喷计算; 立管布置; EPC

0 绪论

随着经济的快速发展, 越来越多的高层建筑出现, 尤其是综合类的高层建筑。而综合类的建筑在设计过程中不仅要满足建筑的使用要求而且还要特别注重建筑的美观性。为了达到美观的要求, 设备专业管线和设备的隐蔽性设计尤为重要。另外, 综合类建筑设计因其功能区多样, 建筑造型多变, 在给排水设计中不仅要考虑本专业的的设计条件, 还要综合考虑其它专业条件, 从而使工程设计整体达到最优。

本文以某技术综合楼为例, 总结了设计过程中遇到的立管布置、建筑局部特殊构造下自喷喷头布置容易出现的问题以及自喷计算中遇到的问题, 并提出了优化设计的思路以及结合自己在南昌320项目部现场的心得总结了EPC模式下设计思路的转变, 为今后项目设计尤其是EPC项目设计提供参考。

1 项目概况

本项目建筑占地面积1963m², 总建筑面积

8888m²。地上7层, 建筑高31.65m, 为二类高层办公建筑。主要功能区有: 会议办公、电子档案室、文件档案室、机房、变电站。

本项目设置有以下给水排水及消防系统: 室内生活给水系统; 室内排水系统; 屋面雨水排水系统; 消火栓给水系统、自动喷水灭火系统、气体灭火系统及建筑灭火器等。

2 给排水设计问题及难点

2.1 给排水及消防立管布置

本项目中建筑构造复杂, 不同层布局差异大, 中心回字型中庭的设计和每层开敞式办公区及办公区与走廊之间玻璃隔断的设计为给排水及消防立管的布置带了很多不便。一方面设计时要考虑立管布置从给排水专业角度尽可能优化合理, 另一方面还要考虑建筑的美观性和精装修的要求。

为了达到建筑整体设计的合理, 本次设计中除了纳入管井的给排水及消防立管外, 大部分消火栓立管的布置经过了多次和建筑专业协商调整, 最终达到一个合理的设计。该项目设计的另一个难点在于不同层的建筑平面布置不同, 敞开区会议室里面可利用的柱子靠近外边的玻璃幕墙, 而且立管做在办公室里面柱子旁边不美观。

以二层敞开区会议室附近的消火栓布置为

作者简介: 李鹏杰, 男, 工程师, 2014年毕业于哈尔滨工业大学环境科学与工程专业, 现就职于航空工业规划飞机工程设计研究院。

例,见图1、2。图中所示为二层给水排水及消防平面图,按照《消防给水及消火栓系统技术规范》GB50025-2014的要求,该处需设置消火栓。平面图可以看出柱子F在电梯厅处,此处无法设置消火栓立管;柱子E、D处设置立管不便于隐蔽处理,并且与上层立管位置不对应,需在二层拐弯;柱子A、B、C处在会议室中间,立管设在此处会导致柱子精装修尺寸增大,不仅浪费空间而且很不美观;最终将消火栓和立管做在一起,放在消火栓龕(专门为消火栓结合玻璃隔断而设计的隐蔽做法)里,不仅解决了消火栓及其立管布置的困难,而且美观,同时也节约了很多空间。

2.2 自喷喷头的布置

本项目中有两个大中庭,净空高度均超过了12m,根据《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2001(2005年版)5.0.1A条规定不具备设置自喷的要求;另外该中庭无可燃物存放,无人员停留,仅为人员通道,故未设自喷喷头。此外三、四层和五、六层还有各有一个小的休息区,净空高度为7m,需要设置自喷喷头。以三、四层为例,见图3、4。由于三、四层该处上下层平面不同,该处喷头布置需要分层布置,该处往往容易忽略底层喷头的布置。

2.3 自喷计算

由于初次设计自喷系统,在设计初期对规范和自喷系统的设计计算经验不足,设计计算过

程遇到很多困惑和问题。

问题一:自喷管道管径取值的问题;在设计过程,一开始根据《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2001(2005年版)中8.07规定对自喷管网管径进行取值,计算后却发现所需入口压力偏大;问题二:最不利作用面积内喷头布置疏密的问题;设计中往往需要根据建筑吊顶精装修要求增加喷头数,但是增加过多会影响设计参数。比如导致计算流量偏大。

2.3.1 自喷管管径如何取值

根据《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2001(2005年版)中8.07规定,轻危险级、中危险级场所中配水支管、配水管控制的标准喷头数,不应超过表1的值,

本建筑自喷火灾危险等级为中危险级I级,按照表2-1中危险级的标准对选取的最不利 160m^2 (实际 161m^2)作用面积内的自喷管道进行赋值,并用兆龙消防计算软件进行计算,计算图见图5。按照上图管径赋值运用兆龙消防计算软件计算,计算得到的结果见表2。

从表中的计算结果可以看出,平均喷水强度及最不利点压力均满足规范要求,但是扬程太大,如果按此管道赋值设计,则会导致消防泵的扬程太大。

由此看出按《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2001(2005年版)中8.07规定值赋值可能

导致自喷干管管径偏小,从而使管道水力损失增大,导致所需扬程偏高;为了进一步验证上述结论,对干管的赋值适当放大,见图6。按照上图管径赋值然后运用兆龙消防计算软件计算,计算得到的结果见表3。

显然在两种不同的管径赋值下,设计的基本参数虽然都能满足规范要求,但是由此看出按照《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2001

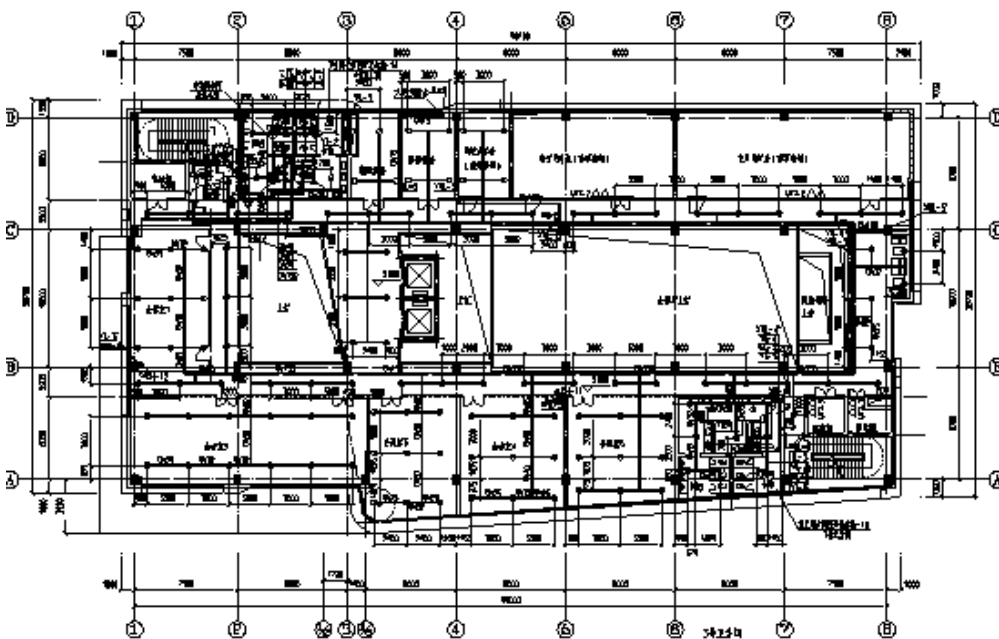


图1 二层给水排水及消防平面图

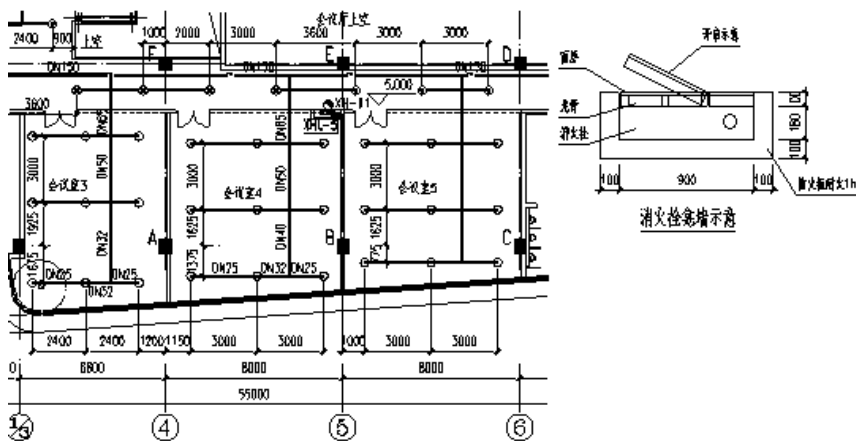


图2 二层给水排水及消防平面图局部

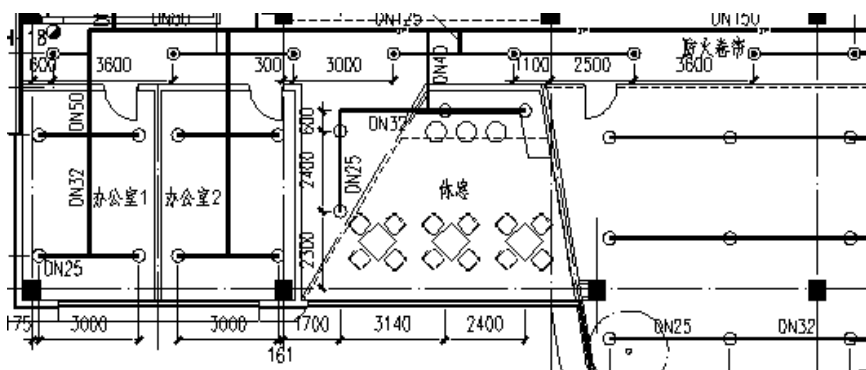


图3 三层给水排水及消防平面图局部

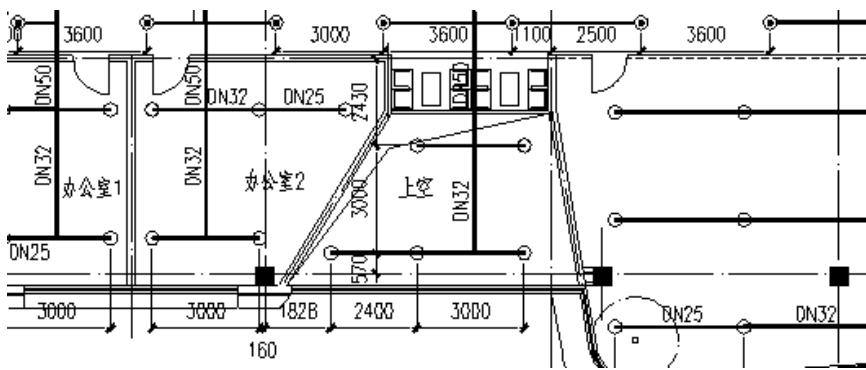


图4 四层给水排水及消防平面图局部

(2005年版)中8.07规定值赋值会导致计算扬程大大增加,相应会导致自喷消防水泵的扬程增加很多,显然是不经济不合理的。

2.3.2 自喷喷头布置疏密对计算的影响

在工程设计过程中,喷头的排列布置不仅要严格按照规范要求进行,在满足规范要求的前提下,还要根据精装修的要求,对喷头位置进行调整。有时候调整会使喷头之间的距离或到墙的距离增加。为了满足规范要求,解决办法往往有两种,

一种是不增加喷头数量,协调各专业吊顶条件使喷头的布置满足规范要求;另一种是增加喷头的数量来达到规范的要求。第一种一般来说不会对计算产生很大的影响;第二种从直观上来看,增加喷头个数会因为喷头个数的增加导致投资的增加,但是在用兆龙软件计算的过程中却发现不仅是喷头增加的问题,喷头个数的增加可能会导致自喷水量的增加,使得设计参数偏大,不仅不经济,而且如果在重新排完喷头没有重新通过计算去核算扬程,可能导致设计出现扬程不够或喷头流量偏小的问题。

以本设计为例,建筑吊顶排列中使喷头距离大于3.60m,无法满足规范要求。由于最不利层的房间精装修排列规律一致,为了满足规范要求,考虑各个房间增加一排喷头来满足规范要求,然后重新计算。增加喷头数量后的计算图见图7。运用兆龙消防软件进行计算,计算结果见表4。

与表3相比,扬程相差不多的情况下,流量增大,相比增加了33.6%,相应的干管配管管径增大一级。因此在设计过程中为了控制项目投资,在自喷设计中要严格控制配管管径和喷头布置,在前后设计变化较大的情况下,不能凭感觉走,要重新计算,避免出现设计失误。

3 优化设计

3.1 管线布置的优化

在设计开始阶段,要充分考虑管道布置,尤其是立管的布置。一般情况下,立管应靠柱、墙角布置,必要时需要建筑专业配合做相应的隐蔽处理,如本设计中将消火栓及立管和玻璃隔断结合做成整体来处理。对于管线综合复杂的部分可以考虑运用BIM建立可视化直观模型,通过管

表1 轻危险级、中危险级场所中配水支管、配水管控制的标准喷头数

公称管径 (mm)	控制的标准喷头数 (只)	
	轻危险级	中危险级
25	1	1
32	3	3
40	5	4
50	10	8
65	18	12
80	48	32
100	—	64

表2 按自喷规范赋值的计算结果

扬程 (m)	流量 (L/s)	最不利点压力 (kPa)	作用面积内喷头的平均喷水强度 L/(min m ²)
40.0	19.47	50.55	7.3

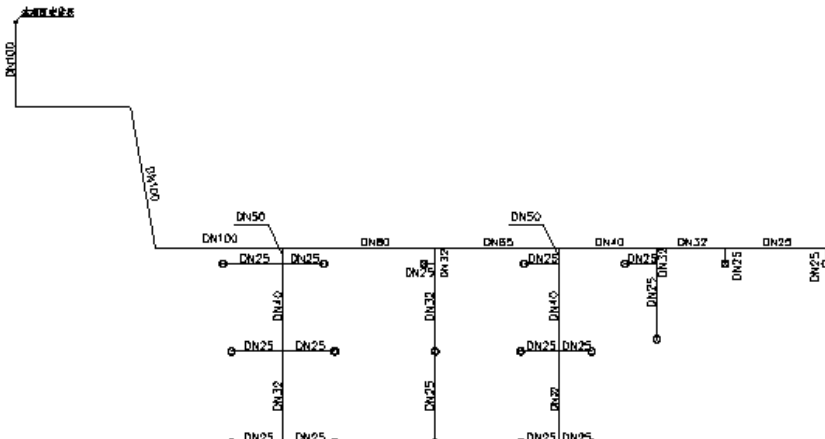


图6 适当放大主干管径后的自喷计算管径

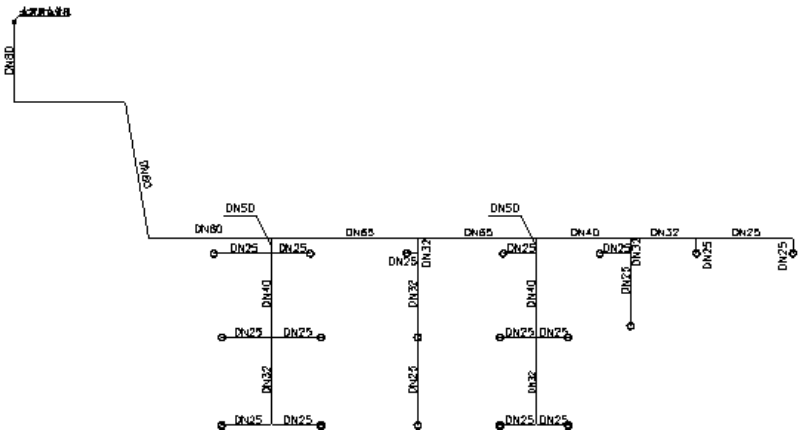


图5 按自喷规范赋值的自喷计算管径

表3 适当放大主干管径后的计算结果

扬程 (m)	流量 (L/s)	最不利点压力 (kPa)	作用面积内喷头的平均喷水强度 L/(min m ²)
20.46	19.06	50.01	7.15

道碰撞检查及时调整管线碰撞, 优化管线设计, 降低后期服务成本和工程施工返工次数; 此外, 对于局部管线设备布置较为复杂的地方, 尤其是综合管线的布置, 通过BIM建立可视化模型很好地调整了设计并为后期指导现场施工提供便利。

3.2 EPC模式下设计思路的转变

目前随着公司EPC项目的增多, 作为一名设计人员, 不仅要做好设计, 而且要做好整个项目。作为一名给排水设计人员, 通过在项目部某项目现场学习, 发现很多平时设计中存在的问题, 而这些问题恰恰是我们做一个项目时应该避免的, 从而使自己的设计尽可能少出问题。有了现场服务的经历, 在本技术综合楼的设计过程中,

主要着重从以下几个方面把控和提高自己的设计质量:

(1) 对自己提给其他专业的条件, 出图之前抽出时间主动去对图, 确保自己的条件已经被实现;

(2) 对于自己设计范围内的设备, 除了考虑设备的技术参数满足设计以外, 还要考虑和校核设备的尺寸, 避免后期出现比如由于图纸中设备没有考虑和表达尺寸导致招标产品满足设计参数却无法安装的问题;

(3) 在本项目设计过程中积极和其他专业设计师之间紧密配合, 积极沟通。在确定本专业方案时, 从工程整体大局出发, 考虑其他专业的设计, 保证工程的整体设计合理性。通过沟通和对图, 发现本专业设备和其他专业的设备的位置冲突、管道打架等, 将这些问题解决在施工图阶段, 避免后期现场施工时出现问题。

(4) 对于设计标准, 不仅考虑了规范要求, 而且积极和业主沟通, 在征得业主意见后再结合设计规范本身设计。比如本设计过程

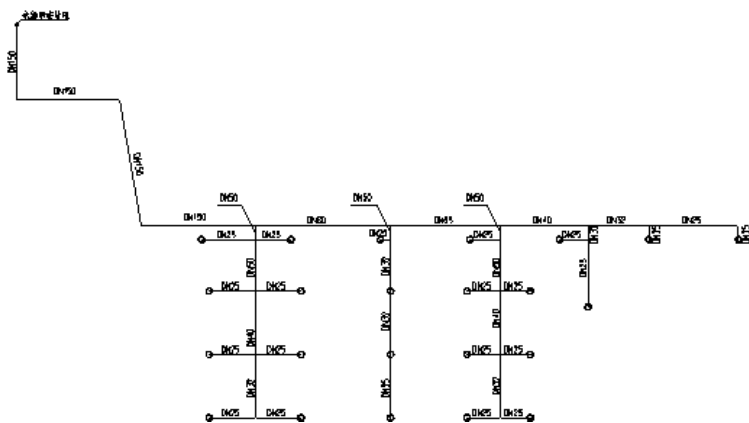


图7 喷头增加后的自喷计算管径

表4 喷头增加后的计算结果

扬程 (m)	流量 (L/s)	最不利点压力 (kPa)	作用面积内喷头的 平均喷水强度 L/(min m ²)
20.04	25.46	50.01	9.55

中，由于业主对档案馆重要等级的定性达不到设气体灭火的要求，对于设不设气体灭火，我们前后多次和业主沟通，最后业主在考虑安全性的情况下，同意做气体灭火，并以函件形式加以记录，从而避免了将来业主不承认此部分设计的问题。

3.3 节水节能

随着资源的日趋减少，人们对节水节能也越来越关心，建筑设计节能节水是人类节约资源举措中举足轻重的一项内容。本项目采取的主要节水节能技术措施有：

(1) 给水系统采用无负压供水设备，充分利用市政管网压力，从而减小了水泵扬程，达到节能的目的；

(2) 此外本项目给水设计中对于入口压力大于0.2MPa的管段增加减压阀，避免因压力过高导致的水资源浪费；

(3) 采用节水型卫生器具，减少末端的超压、超量出流，从而达到节水的目的。

4 结论

当代建筑功能逐渐多样化，使用标准越来越高，技术越来越先进，这就要求设计工程师应在知识结构的深度和广度上不断扩展。首先，要夯实本专业的理论基础功底。扎实的理论功底是好的

设计的基本保证，如此才能在众多选择中挑出最优方案。其次，对相关专业知识也应该有一定程度的了解，只有如此才能保证与其他专业配合顺畅，才能在交流中发现问题，解决问题。此外，随着建筑行业信息化进程的加快，BIM设计将是建筑工程设计工作的发展方向，必将随着应用推广而不断完善和成熟，BIM技术在优化和提高给排水设计质量中扮演的角色也将越来越重。优秀的蓝图设计是产生一项优秀工程的基础，在设计过程中不

能局限于规范和图纸，而是要有自己的思想和对工程实际的解读，同时不断尝试使用BIM等新技术，这样才能使工程设计跟上时代的步伐。

对于综合类建筑的设计，通过本技术综合楼的设计，主要的心得有：

(1) 对于构造复杂的综合类的建筑，给排水和自喷立管尽量归纳至专用管井内，消火栓立管应结合规范和建筑形式尽可能使其布置位置隐蔽；必要时可以和建筑商量对立管通过建筑特殊构造隐蔽处理。

(2) 综合建筑中自喷喷头的布置在局部特殊构造中，如本项目中的小中厅的喷头布置容易将喷头布置到一个平面而忽略了底层的喷头布置。

(3) 自喷管径的赋值应该计算确定，按照规范取值会导致扬程偏大。

(4) 自喷喷头的布置不能随便根据建筑吊顶要求增加或减少，要通过计算使布置合规合理。

(5) 设计过程中要加强各专业的协调和沟通，减少设计错误；此外还要从业主的需求角度考虑设计，将业主的需求和规范结合。

(6) 建筑给排水设计中还要考虑节水节能，尽可能采用节水技能技术和设备。

参考文献

- [1] GB50015—2003 (2009年版)，建筑给水排水设计规范。
- [2] GB50084—2001 (2005年版)，自动喷水灭火系统设计规范。
- [3] GB50016—2014，建筑设计防火规范。
- [4] GB50370—2005，气体灭火系统设计规范。
- [5] GB50025—2014，消防给水及消火栓系统技术规范。

热力站无人值守自动化控制系统

■ 金晓婷 王世忠 [电气]

摘要: 以近两年设计的某热力公司供热用户所建热力站为背景, 主要介绍了热力站无人值守自动化控制系统的构成, 利用该系统来管理热力站, 使热力站能够安全、经济、稳定、高效的运行, 同时达到了提高公司生产管理水平和降低能耗的目的。

关键词: 无人值守; 自动化控制系统; 热力站

0 引言

随着集中供热事业的快速发展, 为了提高供热系统的供热能力, 减少污染物的排放, 使整个供热系统能够安全、经济、稳定的运行, 实现热力站无人值守自动化控制系统势在必行。目前某热力公司供热用户所建的热力站大部分已实施无人值守自动化控制系统改造。改造的目的是从根本上将热力站原有的“有人值守”运行方式改为“无人值守、定期巡检”的运行方式, 减少了维护人员, 从一定程度上将热能按需分配, 最大限度的降低能耗, 实现了某热力公司监控中心对热力管网的统一指挥和调控能力, 使的热力站能够安全、经济、稳定、高效的运行。

1 控制系统的结构设计

该系统由监控中心管理系统、各热力站与监控中心的通讯联系、热力站自动控制系统构成。即热力站各个监测参数进入PLC, 通过CDMA 3G通讯网络, 将全部参数上传至某热力公司监控中心, 实现热力站设备的监视、操作、控制。网络结构示意图见图1。

2 监控中心管理系统

监控中心设置服务器、交换机、操作员站、打印机等硬件设备及监控管理软件系统。主要是对无人值守热力站的实时监视、管理和控制。其主要功能包括以下几个方面:

(1) 能在监控中心监视热力站实时参数、设备运行状况及工作时间等;

(2) 能在监控中心实现远程的控制操作, 如泵的远程切换、泵的远程启停及远程控制阀开度等操作;

(3) 能在监控中心实现现场控制器的远程维护, 修改控制策略、报警参数等;

(4) 能在监控中心对控制系统实现故障诊断、报警处理、历史数据存贮和检索、变量趋势记录、打印报表等功能。

3 热力站与监控中心的通讯联系

本系统数据上传采用某热力公司提供的小流量电信CDMA卡, 在地下站没有信号需供热用户经光纤及电缆将3G路由器引至地面以保证通讯的畅通。该系统在传输速率、准确性方面都得到了某热力公司的认可。

作者简介: 金晓婷, 女, 助理工程师, 2012年毕业于陕西科技大学过程装备与控制工程专业, 现就职于航空工业规划市政工程设计研究院。

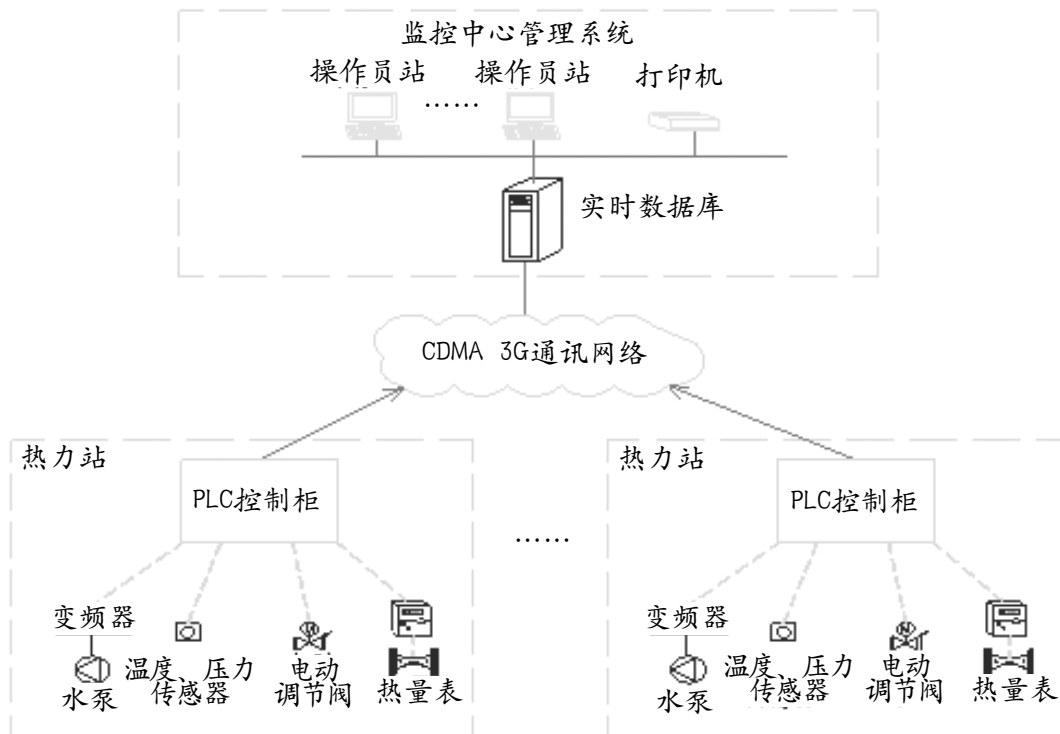


图1 网络结构示意图

4 热力站自动控制系统

热力站控制系统依据“远程给定 + 本地自动化”原则，实现独立完成远程/本地设定控制策略下本站的闭环控制功能；各控制回路设手/自动切换，正常情况下实现全自动无人值守控制，必要时切换至手动状态由人工手动操作（就地操作）。

4.1 热工自动化水平

为了提高生产管理水平和降低能耗，使热力站在安全、经济状态下运行，热力站设置一套PLC控制系统，主要控制功能包括：

(1) 完成数据的采集和处理、就地显示、自动控制、参数存储、实时通讯、故障报警等功能。在正常情况下，能够独立控制本热力站自动运行。在联网情况下，可以接受热网监控系统的指令运行。

(2) 符合确定的各系统的控制策略，工况转换分析和边界条件、控制点设计参数、监控点及连锁环节。

(3) 可配接多种通讯设备，实现有线、无线通讯。

(4) 来电自启：PLC控制系统在送电后，控制器自动开始运行，自检后自动按顺序启动。

(5) 巡检按钮：为了满足无人值守的情况下对系统的按期检查，PLC控制系统设置巡检按钮并向上位发巡检人员工号以方便上位对巡检情况进行记录。

(6) 闪光报警器：当系统中有任何报警发生的时候，控制柜上的闪光报警器都会闪动，一方面提醒巡检人员注意，另一方面也方便在报警发生的时候操作人员通过视频画面对报警情况进行确认。

4.2 报警内容

本控制系统采用以LCD报警为主的报警方式。分散控制系统的所有输入、输出和中间变量的计算值都可作为数据采集系统的报警源。控制系统功能范围内的全部报警项目能在LCD上显示和在打印机上打印。在启停过程中，应抑制虚假报警信号。热力站内主要报警内容包括：门禁系统的报警、热力站内漏水报警、泵的故障报警、停电报警、水箱水位过高报警、变频器故障报警、泵的电机电流超限报警、软水器出口硬度高报警、电动阀门故障报警、一次水供回水超温报

警、一次水回水超压报警、二次水供水超温报警、二次水供水超压报警等。

4.3 控制策略及连锁保护功能

4.3.1 控制、调节内容

(1) 补水泵控制：采用变频器控制补水泵恒压连续补水，根据回水总管的压力变化，控制补水泵自动启停。

(2) 循环水泵控制：根据设定的二次网供回水压差设定值自动调节循环泵变频器的频率，改变循环泵转速，保持二次网供回水压差恒定。

(3) 热力站二次侧供水温度控制：根据室外温度的变化和当地供热负荷曲线，决定二次侧的供水温度或供回水平均温度。控制器输出信号调节电动调节阀的开度，从而改变一次侧的流量，实现二次侧供水温度的质调节和一次侧流量的量调节。

4.3.2 连锁和保护

(1) 开机自检：二次侧回水压力设定一个低限保护值（在控制器操作面板上可以调整此值），当二次侧压力没有达到此值时，不能启动循环泵而只能开启补水系统补水，待达到设定值后方可启动循环泵。

(2) 软化水箱高低水位与进水电磁阀连锁以维持水箱液位在一定范围内。

(3) 根据采暖系统二次侧回水压力控制泄压电磁阀开启和关闭。

(4) 断电保护：当停电后现场控制器自动关闭电动调节阀，切断热源，控制器及变频器自动复位并使各种设定参数和运行状态参数保持原断电前设置，同时发出报警。

(5) 超温保护：一次水回水温度超过设定值时，立即关闭一次水回水管上锁闭阀并报警；一次水供水温度超过设定值时，立即关闭一次水供水管上锁闭阀并报警。

(6) 当循环泵或补水泵电流过载、振动过大时，控制终端发出报警，可切换备用泵投入运行。

5 结束语

通过以上设计，热力站实现了全自动无人值守运行、集中监视及控制，大量减少了维护人员，也对某热力公司提高管理水平、提高经济效益、降低了能耗和确保安全运行起到了重要作用。

参考文献

- [1] CJJ34—2010 城镇供热管网设计规范[s].
- [2] 潘晓峰. 热力站自动控制系统的设计与实现[J]. 控制系统, 2011, (06): 33—35.

某严寒地区综合医院感染病房楼通风空调供暖设计

■ 常文权 孟凡兵 [暖通]

摘要: 本文以寒冷地区某综合医院感染病房楼为例, 简要阐述了通风空调供暖系统设计, 针对感染病房的工艺特点介绍了具体设计要点, 包括感染病房楼医疗工艺要求, 清洁区, 半污染区, 污染区通风空调、气流组织及排风处理方法及空调供暖设计方法等。

关键词: 综合医院; 感染病房楼; 正负压; 气流流向

0 引言

随着人们生活水平的不断提高, 社会老龄化的日趋严重, 及医疗卫生事业的蓬勃发展; 现代化医疗建筑呈现出更加注重安全性、多功能综合化、严格预防交叉传染的发展趋势。继“非典”及“禽流感”等传染性较强的疾病给我国带来灾害过后, 国家医学研究越来越重视一些容易引起大面积死亡的传染病, 为了保护广大人民的生命安全, 国家近些年大力开展综合医院建设, 一些大的综合医院项目相继上马, 单体感染病房楼也随之成为标准综合医院的标配。本文以某综合性医院感染病房楼为例展开论述。

1 工程概况

该医院位于内蒙古通辽市, 属于严寒地区, 是一个综合医院, 工程主要包括医疗区、后勤保障区、教学科研行政办公区三大功能区, 其中医疗区由医疗综合楼、感染病房楼, 医疗综合楼包括门诊、医技、病房三大功能, 通过医疗主街将三大功能紧密联系; 医疗区感染病房楼在院区东北角独立设置。感染病房楼为单体建筑, 建筑类别为多层建筑, 共三层; 建筑面积5000余 m^2 , 建筑高度约为13m。

作者简介: 常文权, 男, 助理工程师, 2013年毕业于北京建筑大学暖通专业, 现就职于航空工业规划建筑设计研究院。

2 建筑平面及医疗工艺流程布置

2.1 感染病房楼总平面位置设计

根据感染病房楼可能产生交叉感染的特性, 因此本感染病房楼采用了独立单体建筑。如图1所示, 该楼距离医疗主体建筑保持了一定距离且避开了医疗主体建筑的上下风向, 位于通风效果良好的地方, 该楼远离院区人口稠密区且有独立的出入口; 这样不仅有助于保证隔离效果, 而且由于空气环境区域好, 有助于患者康复, 笔者认为感染病房楼在院区选址位置建筑环境与能源应用专业参与非常重要, 能够使整体院区整体布局更为合理。

2.2 感染病房楼单体建筑平面布置及医疗工艺流程

传染病房楼的规划、设计必须重视人流、物流的科学合理安排, 针对不同的使用功能房间和不同的传染渠道采取相对应的隔离措施。

传染病房楼的医务人员与病患者必须使用不同通道。医务人员使用医务人员工作走廊(清洁区)及病区内走廊(半清洁(污染)区), 医务人员进出工作区必须经过强制卫生通过室, 也就是说要经过一次更衣、淋浴、二次更衣才能进入工作区, 反之亦须经过相同的步骤。医务人员由病区走廊进入病房需经缓冲过渡间, 缓冲间内设置自动流水洗手设施。这种布置也有利于保证气流组织是由半清洁(污染)区向病区(污染区)流动。传染病病房楼首层设置相关传染病门诊, 本项目感染病房门诊主要设置肝炎门诊、肠道门诊及发热门诊, 为

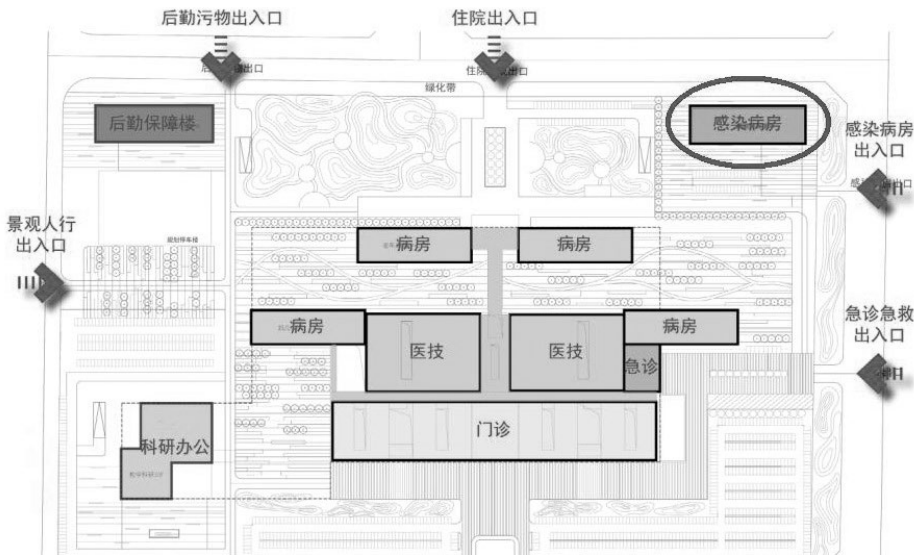


图1 医院平面布置

防止交叉感染，三类门诊均设置独立进出口，病人不能随意穿越各个门诊，消化道感染病房和呼吸道感染病房分别于二三层进行垂直分区，二层设疑似患者病房，如果兼有呼吸系统和消化系统病房，疑似病房在二层，确诊病房在顶层，消化系统传染病房在二层，呼吸系统病房在顶层，这样可以尽量减少病者之间的交叉感染。本项目感染病房楼平面布置及流程见图2、3。

4 设计参数的确定

4.1 室外设计参数

室外参数参考了当地历年30年所统计参数，其中风向参数是通风设计设计时要参考的主要因素之一。该地区冬季风速较大，以西北风为主，因此排风口尽量布置在下风向。

4.2 室内主要房间设计参数

室内主要房间设计参数见表1。

5 通风空调系统

5.1 感染病房楼的空调系统及冷热源

本项目感染病房楼主要采用两管制风机盘管加独立新风系统，根据该楼的气压控制原则总排风量大于总送风量，夏季风机盘管负荷为房间围护结构产生的逐时冷负荷综合最大值，及新排风负压差渗透风量产生的冷负荷之和；感染楼夏季所需要冷机提供的冷量为房间围护结构产生的逐时冷负荷综合最大值、新风冷负荷及新排风负压差渗透风量产

生的冷负荷之和。

空调冷热水管均接自院区，空调冷冻水供回水采用大温差的方式，温度为6/13℃，减少输送能耗；冷冻水由园区制冷机房提供；空调热水供回水温度为60/45℃，比常规温差大5℃，过渡季节由园区内锅炉房换热站提供，冬季由市政热网经换热后提供，空调冷凝水应集中收集至污物存放间等房间经过集中处理后排放。

DR房间由于设备常

年发热量为15Kw，而且在内区，采用一台22.4Kw的独立变频多联机系统保证房间内全年供冷。

负压隔离病房采用独立式全新风直流式系统，在屋顶设置排风机及直接膨胀式新风机组，机组设置亚高效过滤段。

5.2 感染病房楼的新排风系统

5.2.1 感染病房楼新排风量的确定

清洁办公区新风量为每人50m³/h；非呼吸道传染病的门诊、医技用房及病房新风量为3次/h换气，污染区房间保持负压，每房间排风量不小于送风量150m³/h。呼吸道传染病的门诊、医技用房及病房新风量为6次/h换气，清洁区每个房间送风量不小于排风量150m³/h，污染区每个房间排风量不小于送风量150m³/h，病房独立卫生间排风取10次/h换气计算。

负压隔离病房采用全新风直流式空调系统。每个病房新风量为12次/h换气。负压隔离病房与其相邻、相通的缓冲间、走廊压差，保持不小于5Pa的负压差，排风量根据缝隙法及换气次数法综合确定：本项目负压隔离病房建筑平面布置见图4。

(1) 缝隙法

计算公式 $Q=a \times \Sigma (q \times L)$

式中：Q—维持洁净室压差值所需压差风量(m³/h)；

a—安全系数，可取1.1—1.2；

q—单位结构长度缝隙的渗漏风；量m³/(h×m)见表2；

L—围护结构的缝隙长度(m)；

表2为围护结构单位长度缝隙的漏风量(m³/

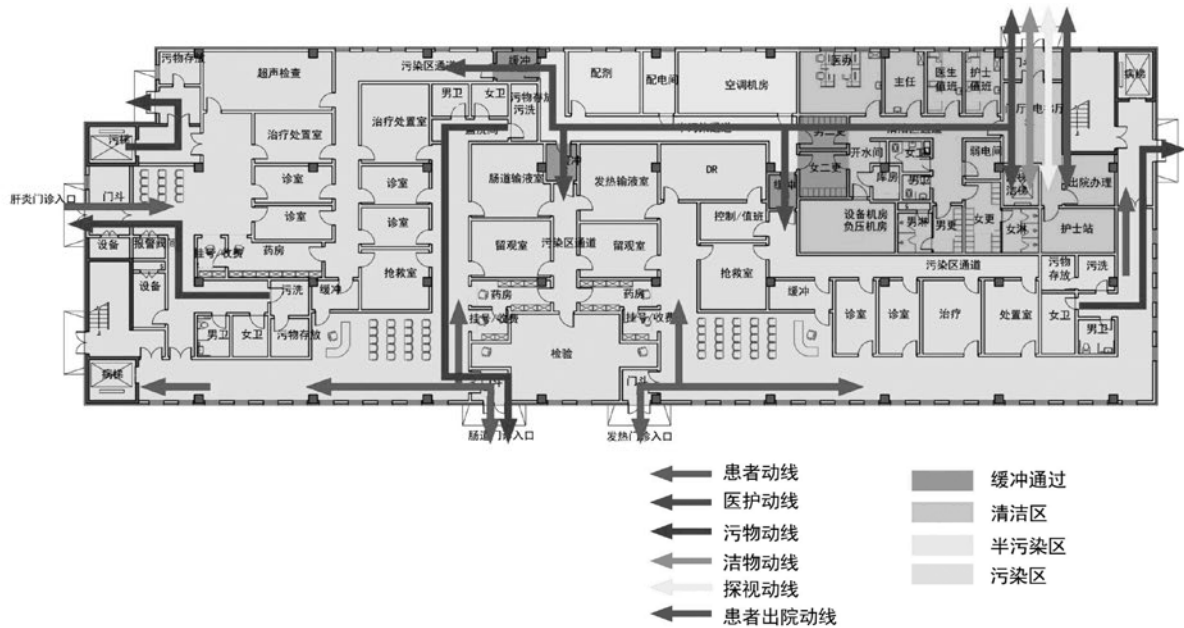


图2 一层平面布置图

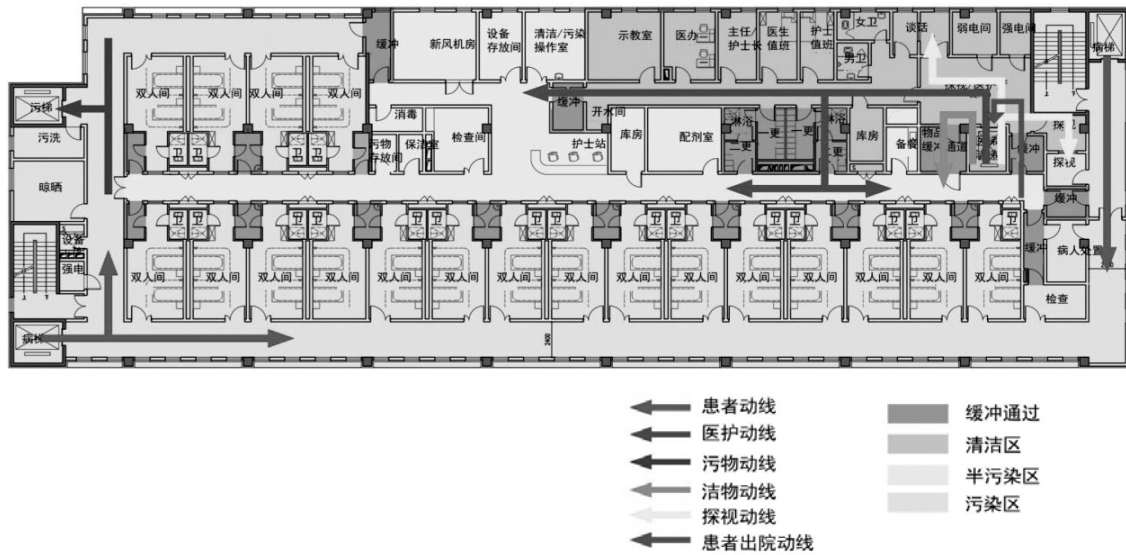


图3 二、三层平面布置图

(h × m)；

根据以上条件可得： $Q_1 = 1.2 \times [(1 \times 3 + 1.3 \times 2) \times 3.5 + (0.8 \times 2 + 2.2 \times 2) \times 17] = 145.92 \text{ m}^3/\text{h}$

(2) 换气次数法

压差为5Pa时，取1-2次/h换气：

$Q_2 = 18.12 \times 3.9 \times 2 = 141.34 \text{ m}^3/\text{h}$

由于考虑到建筑气密性较差，为保证5Pa负压应选择较大排风量，即本项目负压隔离病房排风量不小于送风量150m³/h。

病房污染区病人、病人走廊只设置独立排风系统，二层非呼吸道病房区病人、病人走廊排风

量按3次/h换气，三层呼吸道病房区病人、病人走廊排风量按6次/h换气。

5.2.2 感染病房楼新排风气流流向及压差控制

感染病房楼属于新排风控制要求较为严格的区域。感染病房楼要设置机械通风系统，且在清洁区、半污染区、污染区送排风系统应按区域独立设置；且机械送排风系统应使楼内的空气压力从清洁区至半污染区至污染区依次降低，清洁区为正压区，污染区为负压区，清洁区的送风量大于排风量，污染区的排风量应大于送风量。设计时要保证气流组织应形成从清洁区到半污染区到

表1 室内主要房间设计参数

房间名称	夏季空调		冬季供暖		噪声 dB(A)
	干球温度(℃)	相对湿度(%)	干球温度(℃)	相对湿度(%)	
非呼吸道感染病房	26	≤60	20	≥40	≤40
呼吸道感染病房	26	≤60	20	≥40	≤40
负压隔离病房	26	≤60	20	≥40	≤40
诊室	26	≤60	20	≥40	≤45
留观室	26	≤60	20	≥40	≤45
治疗处置室	26	≤60	20	≥40	≤45
候诊室	26	≤50	20	≥40	≤50
DR室(数字影像室)	26	≤60	20	≥40	≤55
各种实验室	26	≤55	20	≥45	≤55
药房	26	≤50	20	≥40	≤50
办公室	26	≤60	20	≥40	≤45

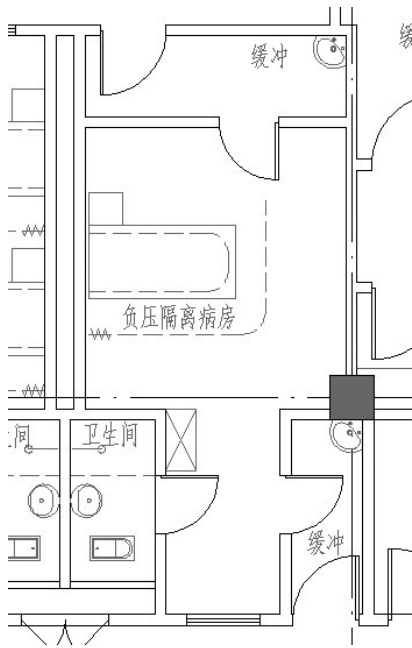


图4 负压隔离病房

污染区有序的压力梯度，通过送排风量控制系统气流组织压差流向。

压差控制的主要目的在于防止污染物由污染区扩散到清洁区，使洁污区域之间形成合理气流且定向流动，通过调节送风量、回风量、排风量之间的差值来实现，除与清洁区相通的缓冲走廊保持10Pa正压外，其余房间均为负压。负压程度由高到低依次为负压病房、半污染区走廊、缓冲

间、医护走廊、医生办公室。笔者认为以整个负压病房区作为污染受控隔离对象，在此基础上进行压差控制，更有利于防止污染物的扩散。有压差要求的相邻场所，在相通的门口目测高度安装微压差计。

房间的压力靠设在病房出口处墙上的压力传感器来控制，可以控制送风量，也可以同时控制送风量和排风量。同时还要设置报警装置连接到本单元的护士站，在房间压力失控时提醒医护人员。要求较高的房间，必要时应设置控制负压的回风口。感染病房平面分区示意图5。

如图5所示，感染病房楼室内空气流向应为：清洁办公区→医护走廊区→感染病房区。办公区为清洁区，应保持正压，送排风设计为只送不排（仅卫生间设置局部排风）；医护人员通过洗消缓冲间后进入半污染区，图中医护走廊及附属医护用房区为半污染区，半污染区应保持微正压，理论上设计为送风量与排风量相等，感染病房区为负压区域，感染病房设计的送风量小于排风量，病人走廊只设排风系统。为防止交叉感染，各区均设置独立设置送排风系统。这样设计使整个感染楼由于负压差而产生有序的定向流，按一定压力梯度，经清洁区、半污染区、污染区，延至屋面经有效过滤、消毒后由排风机排放至室外。可以有效控制传染病菌的扩散及保障医护人员免受感染。

表2 围护结构单位长度缝隙的漏风量

门窗形式	非密闭门	密闭门	单层密闭固定钢窗	单层开启式密闭钢窗	传递窗	壁板
压差 (Pa)						
5	17	4	0.7	3.5	2	0.3
10	24	6	1	4.5	3	0.6

5.2.3 感染病房楼新排风系统

为了防止传染病区内不同病房病人的交叉感染，应采用避免交叉感染的空调系统形式和合理的系统布置方式。本项目为了保证病区的压力梯度，采用定风量空调系统。感染病房楼每层设置一个新风机房，其中一层新风机房中一台新风机组负担整栋楼的医护人员办公区清洁区新风，另外一台新风机组负担一层门诊区的新风；为防止不同门诊区交叉感染，一层三个不同的感染门诊区分别独立设置排风系统；二三层均设置两台新风机组，一台负担半污染区新风，另外一台负担污染区新风；每层设置三套独立排风系统，分别负责半污染区排风，污染区病房排风和污染区病人走廊排风；病房区卫生间排风结合病房排风统一排出。新风均在本层取风，排风均延至屋顶经过中效过滤器及活性炭过滤器处理后排出。

5.2.4 感染病房楼气流组织

清洁区医护人员办公室采用上送上回的气流组织方式。首层半污染区肠道及肝炎门诊诊室采用上送上回的气流组织方式；发热呼吸道门诊诊室为更好的抑制飞沫传染，采用上送下回的气流组织方式。二三层污染区感染病房内采用上送下回方式。

感染病房房间内气流组织的目的是减少未受传染的访问者或医护人员受到感染的机会，要求达到有效的空气混合、稀释作用和最大限度的排

出病原微生物，并且应尽量避免出现死区、气流停滞和送排风短路等情况；同时还要考虑为病人提供舒适的休息环境，为医护人员提供健康的工作环境。

本项目感染病房内采用上送下侧回的气流组织，室内送风先经过医护人员再流向患者最后由排风口排出，形成定向合理的气流流动，保证病人呼出的污染物快速有效地排除。本项目缓冲间设置送风口，病房风口设于病床边医护人员站位顶棚处，病房区域内送风口均设置手动调节装置；由于排风速度场消失较快，采用散流器送风定向流效果不好，双层百叶送风口具有较大的送风自由度，通过调整百叶角度，可以形成较为理想的定向流，所以本项目感染病房楼内采用双层百叶送风口。回风口集中于两床之间距地面0.1m高处布置，这样空气压力梯度由缓冲间→病房入口→医护人员站位处→病人→回风口，有利于控制感染传播。

为了防止同一个病区不同病房间的空气交叉污染。防止当通风系统因各种原因停止运行时，风管联通各个房间直通管道由于风压热压等作用有可能病房之间的空气流动产生传染；同时，为满足当个别房间需要消毒要求单独密闭的需求；在病房支风管处设置电动密闭阀门，以防止各房间空气交叉污染，而且可以单独房间独立关断，进行房间消毒。病房内风管及风口设置详见图6。



图5 感染病房楼平面分区

6 供暖系统

本综合医院在严寒地区，感染病房楼冬季采用散热器采暖，散热器供回水温差为80/60℃；采暖系统底部管路及阀件工作压力为0.80MPa。由于医疗工艺的要求，实际运行时，感染病房的冬季新排风系统、新排风量、压差流程应与夏季一致。

由于感染病房楼所需排风量大于新风量，冬季计算采暖负荷时，应采用建筑外围护散热产生的负荷与新排风负压渗透风量所产生的负荷之和计算，而不是采用常规的冷风渗透量与围护结构产生热负荷之和计算。

计算感染病房楼冬季总热负荷时，应该同时计算采暖负荷及冬季新风负荷之和。

与普通病房楼不同，感染病房楼里各种病原体的病人来回穿梭，风幕吹出的高速空气会加快空气中细菌、病毒的传播和扩散，因此本设计不在感染病房楼进出口处设置热风幕。

7 小结

综合医院感染病房楼通风气流导向和压差控制非常重要。洁污分开和防止交叉感染是控制的目的，要达到这一目的除了在平面布置上考虑外，各区域间保持一定的压差是必要的措施。要根据

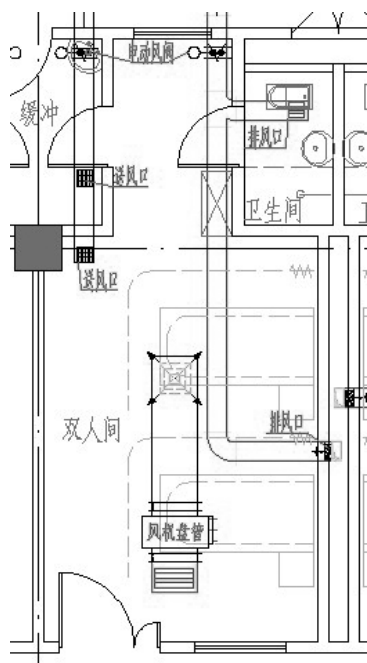


图6 病房风管布置

医疗工艺分区，设计合理的送排风系统，可有效避免交叉感染并为全过程的“隔离”创造条件。

合理的设计送排风压差控制，可使病房区处于一种负压状态，使空气按一定的负压梯度从低污染区向高污染区定向流动，形成有序的定向空气流。

通过合理布置风口，一方面用流动的洁净气流保护在床边工作的医护人员；另一方面确保病房及污染区处于一种高效的动态隔离，使病区内受污染的空气不能泄漏到清洁区域。

由于感染病房楼属于负压病房楼，在设计室内风机盘管及散热器选型计算时，应注意负荷计算方法与常规建筑不同，设计者应考虑建筑物风量平衡，建筑物的机械排风所产生的强制渗透风量的负荷也应计算在室内空调及采暖设备所承担的负荷之中。另，感染病房楼为更好的阻止病菌迅速传播，主要出入口的外门一般不宜设置空气幕，严寒地区开启频繁的外门避免过多的冷风侵入，采用门斗解决。

参考文献

- [1] 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012.
- [2] 《综合医院设计规范》GB51039-2014.
- [3] 《传染病医院建筑设计规范》GB50849-2014.
- [4] 《洁净厂房设计规范》GB50073-2013.
- [5] 呼吸道传染病医院空调通风设计的特殊性 李著.
- [6] 中山医院门急诊综合楼空调设计(暖通空调) 陆燕 胡仰者2005.3.
- [7] 惠州市大亚湾人民医院传染病楼空调设计(广东建材) 王娜 郭宇 吴小卫2009.7.
- [8] 负压隔离病房的隔离通风分析设计 胡及惠.
- [9] 绵阳某医院传染病大楼通风空调设计(暖通空调) 韩如冰王红 2006.5.
- [10] 传染性隔离病房的空调通风系统(黑龙江纺织) 吴鹏 2010.3.
- [11] 某医院负压隔离病房区空调设计(暖通空调) 向小强 2012.12.

2018年第1期（总第135期）
2018年02月出版



安徽智飞龙科马生物制药有限公司生物制药产业园一期项目