



机电BIM 应用工程师教程

工业和信息化部教育与考试中心 编

BIM 应用工程师丛书

中国制造 2025 人才培养系列丛书

机电 BIM 应用工程师教程

工业和信息化部教育与考试中心 编

机械工业出版社

本书是建筑信息模型（BIM）专业技术技能培训考试（中级）的配套教材。全书共分为三部分，以 Autodesk Revit 2019 及 Bentley AECOsim Building Designer CE 为操作平台，有条理地根据实际项目流程，结合实际案例循序渐进地讲解项目准备、项目样板制作、机电族类制作、模型搭建以及出量、出图、管线综合优化等应用。

同时，本书配有课后练习，使学习者能更好地巩固所学知识，书中穿插有大量的技术要点，旨在让学习者快速掌握模型搭建技巧，帮助学习者快速入门。

本书不仅可以作为建筑信息模型（BIM）专业技术技能培训考试用书，还可作为机电专业 BIM 知识的初学者，以及从事建筑工程行业多年、想学习了解 BIM 技术、重新“充电”的工程技术人员的学习参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

机电 BIM 应用工程师教程 / 工业和信息化部教育与
考试中心编. —北京：机械工业出版社，2019.3
（BIM 应用工程师丛书. 中国制造 2025 人才培养系列丛书）
ISBN 978-7-111-61949-9

I. ①机… II. ①工… III. ①机电设备-建筑设计-
计算机辅助设计-应用软件-教材 IV. ①TU85-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 021933 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：李 莉 责任编辑：李 莉 王靖辉 饶雯婧
责任校对：王明欣 封面设计：鞠 杨
责任印制：张 博
北京铭成印刷有限公司印刷
2019 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·22 印张·581 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-61949-9
定价：88.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

丛书编委会

- 编委会主任：** 杨新新 上海益埃毕建筑科技有限公司
顾靖 上海国际旅游度假区工程建设有限公司
- 编委会副主任：** 袁帅 中铁十八局集团有限公司
郑玉洁 广西建筑信息模型（BIM）技术发展联盟
黄晓冬 福建省建筑信息模型技术应用联盟
向敏 天津市BIM技术创新联盟
车志军 四川省建设工程项目管理协会
张连红 中国职工国际旅行社总社
- 编委会委员：** 彭明 深圳市斯维尔科技股份有限公司
赵一中 北京中唐协同科技有限公司
线登洲 河北建工集团有限责任公司
罗逸锋 广西建筑信息模型（BIM）技术发展联盟
赵顺耐 BENTLEY软件（北京）有限公司
丁东山 中建钢构有限公司
廖益林 海南省海建科技股份有限公司
成月 广东天元建筑设计有限公司
胡定贵 天职工程咨询股份有限公司
张赛 上海城建建设实业集团
虞国明 杭州三才工程管理咨询有限公司
边海 中核工（沈阳）建筑工程设计有限公司
王杰 浙江大学
赵永生 聊城大学
丁晴 上海上咨建设工程咨询有限公司
王英 博源永正（天津）建筑科技有限公司
王金城 上海益埃毕建筑科技有限公司
侯佳伟 上海益埃毕建筑科技有限公司
何朝霞 安徽鼎信必慕信息技术有限公司
王大鹏 杭州金阁建筑设计咨询有限公司
郝斌 苏州金螳螂建筑装饰股份有限公司
崔满 上海建工集团股份有限公司
完颜健飞 中建七局第二建筑有限公司

《机电BIM应用工程师教程》编委会

- 本书编委会主任：**张连红 中国职工国际旅行社总社
张妍妍 上海益埃毕建筑科技有限公司
- 本书编委副主任：**王加成 广东天元建筑设计有限公司
苏庆 杭州金阁建筑设计咨询有限公司
赵顺耐 BENTLEY 软件（北京）有限公司
杜宾 上海益埃毕建筑科技有限公司
- 本书编委：**钱洪亚 杭州金阁建筑设计咨询有限公司
孙杰 杭州金阁建筑设计咨询有限公司
梁梓伟 广东天元建筑设计有限公司
房鲁宁 广东天元建筑设计有限公司
黎焕光 广东天元建筑设计有限公司
李旭 上海益埃毕建筑科技有限公司
沈斌 新疆新建联项目管理咨询有限公司
董洪柱 济宁职业技术学院
赵万里 上海益埃毕建筑科技有限公司
李维娅 浙江绿城建筑科技有限公司
张涛 上海益埃毕建筑科技有限公司
左文星 新疆国运天成教育科技有限公司
晋强 新疆农业大学
马海涛 中国职工国际旅行社总社
龙建旭 贵州交通职业技术学院
蒋中海 上海益埃毕建筑科技有限公司
周波 上海益埃毕建筑科技有限公司
孙瑞 上海益埃毕建筑科技有限公司
赖溯欣 广西建工集团第三建筑工程有限责任公司
裴会俊 广西盛丰建设集团有限公司

出版说明

为增强建筑业信息化发展能力，优化建筑信息化发展环境，加快推动信息技术与建筑工程管理发展深度融合，工业和信息化部教育与考试中心聘任 BIM 专业技术技能项目工作组专家（工信教〔2017〕84号），成立了 BIM 项目中心（工信教〔2017〕85号），承担 BIM 专业技术技能项目推广与技术服务工作，并且发布了《建筑信息模型（BIM）应用工程师专业技术技能人才培养标准》（工信教〔2018〕18号）。该标准的发布为专业技术技能人才教育和培训提供了科学、规范的依据，其中对 BIM 人才岗位能力的具体要求标志着行业 BIM 人才专业技术技能评价标准的建立健全，这将有利于加快培养一支结构合理、素质优良的行业技术技能人才队伍。

基于以上工作，工业和信息化部教育与考试中心以《建筑信息模型（BIM）应用工程师专业技术技能人才培养标准》为依据，组织相关专家编写了本套 BIM 应用工程师丛书。本套丛书分初级、中级、高级。初级针对 BIM 入门人员，主要讲解 BIM 建模、BIM 基本理论；中级针对各行各业不同工作岗位的人员，主要培养运用 BIM 的技术技能；高级针对项目负责人、企业负责人，将 BIM 技术融入管理。本套丛书具有以下特点：

1. 整套丛书围绕《建筑信息模型（BIM）应用工程师专业技术技能人才培养标准》编写。要求明确，体系统一。
2. 为突出广泛性和实用性，编写人员涵盖建设单位、咨询企业、施工企业、设计单位、高等院校等。
3. 根据读者的基础不同，分适用层次编写。
4. 将理论知识与实际操作融为一体，理论知识以够用、实用为原则，重点培养操作能力和思维方法。

希望本套丛书的出版能够提升相关从业人员对 BIM 的认知和掌握程度，为培养市场需要的 BIM 技术人才、管理人才起到积极推动作用。

本丛书编委会


序

国务院办公厅在国办发〔2017〕19号文件中提出“加快推进建筑信息模型（BIM）技术在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用，实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理，为项目方案优化和科学决策提供依据，促进建筑业提质增效。”国家发展和改革委员会（发改办高技〔2016〕1918号文件）提出支撑开展“三维空间模型（BIM）及时空仿真建模”。同时，住建部、水利部、交通运输部等部委，铁路、电力等行业，以及各地房管局、造价站、质监局等均在大力推进 BIM 技术应用。建筑业信息化是建筑业发展战略的重要组成部分，也是建筑业发展方式、提质增效、节能减排的必然要求。

工业和信息化部教育与考试中心依据当前建筑行业信息化发展的实际情况，组织有关专家，根据 BIM 人才培养标准，编写了本套 BIM 应用工程师丛书。希望本套丛书能为我国 BIM 技术的发展添砖加瓦，为广大建筑业的从业者和 BIM 技术相关人员带来实质性的帮助。在此，也诚挚地感谢各位 BIM 专家对此丛书的研发、充实和提炼。

这不仅是一套 BIM 技术应用丛书，更是一笔能启迪建筑人适应信息化进步的精神财富，值得每一个建筑人去好好读一读！

住房和城乡建设部原总工程师



18/5/2018.

前 言

本书作为建筑信息模型（BIM）专业技术技能培训考试（中级）的配套教材之一，使用的软件版本为 Autodesk Revit 2019 和 Bentley AECOsım Building Designer CE。

全书分为三个部分。第一部分为机电 BIM 概述，介绍相关概念、BIM 应用架构及机电 BIM 应用流程。第二部分为 Autodesk Revit 案例实操及应用，以一个项目为案例，从项目介绍开始，之后是项目准备，通用项目样板的设置，暖通、给水排水、电气三个专业样板文件的设置和模型的创建，最后是管道的碰撞检测、出图等应用。第三部分讲解了如何使用 Bentley 软件进行机电 BIM 的相关工作，从通用操作讲起，为后期建筑设备类和建筑电气类对象创建与修改奠定基础，最后讲解数据管理、报表输出及图纸输出。

本书每章后面都有课后练习，可供读者检测自己的学习情况。本书为方便读者学习，还配套提供了书中需要用到的附件，读者可使用附件随书进行操作。习题答案和附件可登录 <http://s.cmpedu.com/2019/0/9/BIMfujian.zip> 下载或扫描以下二维码下载，咨询电话：010 - 88379375。

由于时间紧张，书中难免存在疏漏和不妥之处，还望各位读者不吝赐教，以期再版时改正。

编 者



目 录

出版说明

序

前 言

第一部分 机电 BIM 概述

第一章 机电概述 / 002

第一节 机电工程 / 002

第二节 建筑机电行业的发展概述 / 004

课后练习 / 005

第二章 BIM 应用架构 / 006

第一节 BIM 技术在机电中的应用要求 / 006

第二节 项目组织架构与分工职责 / 008

第三节 BIM 技术应用文件管理 / 011

课后练习 / 013

第三章 机电 BIM 应用流程 / 014

第一节 设计阶段 BIM 应用流程 / 014

第二节 施工阶段 BIM 应用流程 / 016

课后练习 / 021

第二部分 Autodesk Revit 案例实操及应用

第四章 案例项目 / 024

第一节 案例项目概况 / 024

第二节 设计要求 / 024

第五章 项目准备 / 031

第一节 BIM 设计实施导则 / 031

第二节 BIM 设计协同原则 / 049

课后练习 / 060

第六章 通用项目样板的设置 / 062

第一节 项目组织设置 / 062

第二节 样式设置 / 067

第三节 视图与图纸的相关设置 / 072

第四节 常用注释设置 / 083

第五节 构件准备 / 089

课后练习 / 107

第七章 暖通样板文件的设置 / 109

第一节 机械设置 / 109

第二节 系统设置 / 112

第三节 过滤器 / 123

课后练习 / 131

第八章 暖通模型 / 132

第一节 创建建模视图 / 132

第二节 专业计算 / 133

第三节 设计建模 / 144

课后练习 / 155

第九章 给排水样板文件的设置 / 157

第一节 机械设置 / 157

第二节 管道系统设置 / 158

第三节 管道类型设置 / 160

第四节 过滤器 / 161

课后练习 / 164

第十章 给水排水模型 / 166

第一节 创建各楼层的视图 / 166

第二节 管道绘制及修改 / 167

第三节 管道计算及应用 / 172

第四节 管路附件添加 / 173

第五节 管道系统检查 / 174

第六节 预留洞口提资与其他专业互提条件 / 176

课后练习 / 176

第十一章 电气样板文件的设置 / 178

第一节 电气设置 / 178

第二节 过滤器 / 186

课后练习 / 189

第十二章 电气模型 / 191

第一节 创建建模视图 / 191

第二节 配电系统 / 191

第三节 照明系统 / 196

- 第四节 弱电系统和火警系统 / 200
- 第五节 水暖专业提资电气专业 / 200
- 课后练习 / 206

第十三章 管道碰撞检测及优化 / 208

- 第一节 碰撞检测 / 208
- 第二节 管道优化调整 / 209
- 第三节 管道综合排布及支吊架布置 / 213
- 课后练习 / 222

第十四章 图纸出图与表达 / 224

- 第一节 出图视图创建 / 224
- 第二节 出图样板制作 / 225
- 第三节 出图视图整理 / 230
- 第四节 明细表 / 242
- 第五节 图纸创建 / 245
- 第六节 图纸输出 / 245
- 课后练习 / 249

第三部分 Bentley AECOsim 案例实操及应用

第十五章 Bentley BIM 解决方案及工作流程 / 252

- 第一节 Bentley BIM 解决方案 / 252
- 第二节 Bentley BIM 设计流程 / 256
- 第三节 学习资源 / 260
- 课后练习 / 261

第十六章 AECOsim Building Designer 通用操作 / 263

- 第一节 启动 AECOsim BD / 263
- 第二节 AECOsim BD 操作界面 / 264

- 第三节 内容组织与参考 / 266
- 第四节 标准库管理 / 270
- 第五节 三维建模环境 / 270
- 第六节 楼层管理及轴网 / 272
- 第七节 对象创建与修改 / 278
- 课后练习 / 282

第十七章 建筑设备类对象创建与修改 / 283

- 第一节 通用原则 / 284
- 第二节 管线类对象布置原则 / 285
- 第三节 附件类对象布置原则 / 287
- 第四节 节点类对象布置原则 / 288
- 第五节 管线系统连接与修改 / 289
- 课后练习 / 292

第十八章 建筑电气类对象创建与修改 / 294

- 第一节 电气模块架构 / 294
- 第二节 电气模块工作流程 / 299
- 第三节 电气对象放置与修改 / 301
- 第四节 电缆统计 / 311
- 第五节 电气对象库的定义 / 315
- 课后练习 / 319

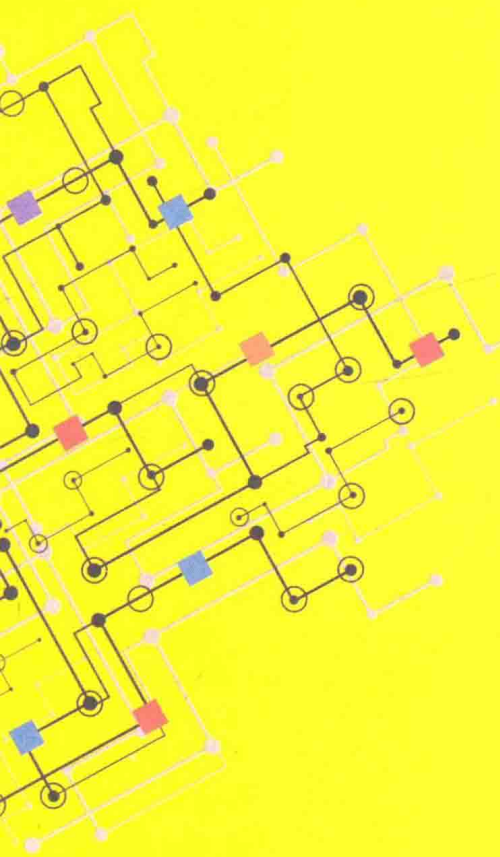
第十九章 数据管理与报表输出 / 320

- 第一节 数据报表 / 320
- 第二节 统计工程量 / 322
- 课后练习 / 325

第二十章 图纸输出 / 326

- 课后练习 / 340

参考文献 / 342



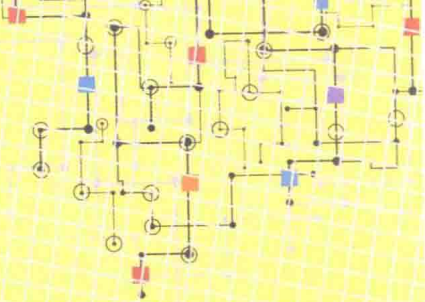
第一部分 机电 BIM 概述

第一章 机电概述

第二章 BIM 应用架构

第三章 机电 BIM 应用流程

PART 01



第一章 机电概述

第一节 机电工程

一、机电工程概述

1. 机电工程的概念

机电工程是指按照一定的工艺和方法,将不同规格、型号、性能、材质的设备、管路、线路等有机组合起来满足使用功能要求的工程。设备是指各类机械设备、静置设备、电气设备、自动化控制仪表和智能化设备等。管路是指按等级使用要求,将各类不同型号、规格、材质的管道与管件、附件组合形成的系统。线路是指按等级使用要求,将各类不同型号、规格、材质的电线电缆与组件、附件组合形成的系统。

机电工程涵盖的专业工程技术多、涉及的专业面广、学科跨度大、技术复杂、工艺严格、关键工序多,还涉及技术、工艺、材料的创新与应用,因此,技术管理是机电工程的核心内容。本书主要介绍 BIM 在建筑机电工程中的应用。

2. 机电工程的分类

机电工程通常分为工业机电工程和建筑机电工程两大类。

工业机电工程包括通用工业设备安装工程、专用工业设备安装工程、管道工程、电气装置安装工程、自动化仪表安装工程、设备及管道防腐蚀工程、设备及管道绝热工程、工业炉砌筑工程、输变配电工程等。

建筑机电工程分为建筑给水排水及供暖工程、建筑电气工程、建筑通风与空调工程、建筑智能化工程、电梯工程五个分部工程。

1) 建筑给水排水及供暖工程:包括室内给水、室内排水、室内热水供应系统、卫生器具安装、室内供暖系统、室外给水管网、室外排水管网、室外供热管网、建筑中水系统及游泳池系统、供热锅炉及辅助设备。

2) 建筑电气工程:包括室外电气、变配电、供电干线、电气动力、电气照明、备用电源和不间断电源、防雷及接地。

3) 建筑通风与空调工程:包括送排风系统、防排烟系统、防尘系统、空调系统、净化空调系统、制冷设备系统、空调水系统。

4) 建筑智能化工程:包括通信网络系统、办公自动化系统、建筑设备监控系统、火灾报警及消防联动系统、安全防范系统、综合布线系统、智能化集成系统、电源与接地、环境(空间环境、

空调环境、照明环境、电磁环境)、住宅(小区)智能化系统。

5) 电梯工程:包括曳引式电梯、液压式电梯、自动扶梯、自动人行道工程。

二、建筑机电工程的实施程序

建筑机电工程要确保建成后能满足建筑物预期功能的需要,给人们提供一个合适的生活或工作环境。建筑机电工程项目实施分为策划决策、勘察设计、施工准备、项目施工、竣工验收五个阶段。

1. 策划决策阶段

在策划决策阶段,建设单位应明确整个工程的隶属关系、工程实施的目的及作用、工程的服务对象、建筑周边环境等,再根据自身的经济状况,制订机电工程的级别,选用材料等级,选用设计、施工单位的级别等。例如,一栋办公楼的机电工程,建设单位应首先明确其使用功能,其建筑设计对建筑机电是否有所要求,整个建筑的光线、照明、温度、交通、通信、供热、供暖、往来人员的流动情况、楼宇管控等因素都要在筹划阶段给予周全的考虑。在必要时甲方应请专家对此项目做详细的论证,以免在工程施工时有不必要的损失或决策性的错误。

2. 勘察设计阶段

勘察设计阶段一般是按照方案设计、扩初设计、施工图设计的顺序,将设计文件逐步深化和细化,形成工程建成后的实际范本,满足设备采购、非标设备的制作、材料采购、施工图预算的编制等的需要,同时还要增加安装详图、各类设备表、所有回路编号等。机电各专业不但要完成自己专业的设计,还要确保满足和实施其他专业提出的要求。

3. 施工准备阶段

施工准备阶段是指机电工程开工前必须完成的准备工作。施工人员在进入现场前必须进行严格的安全、质量、技术教育,通过培训,让进入现场的每一个施工人员都要树立起良好的质量、安全意识;熟悉与图纸相关的标准、规范,对重点部位、工序要通过综合深化设计来指导施工;根据现场实际情况组织作业班组,划分工作面,确定技术标准和工艺流程,安排施工进度以及设备、材料进场计划等。

4. 项目施工阶段

建筑机电工程的施工阶段是最关键的一个阶段,也是花费时间最长的一个阶段。各个专业通常是同时安装、交叉施工,各个工种需要相互配合、协调施工面、相互创造施工条件。机电安装工程要依据生产工艺流程及各类动力站(变配电所、热力站、泵房)的投运顺序来总体安排进度计划、按部就班地进行施工。

与其他专业配合时要严格控制标高,保证管沟的纵坡要求和管底标高要求;严格按照设计图纸布置所有预埋件、洞口,确保预埋件、洞口数量、规格、位置与设计要求一致,外露面的外形线形正确、顺畅、光洁、美观。

安装完毕后要进行调试和试运行,综合检验各个工序的施工质量,同时发现机电设备在设计、制造方面存在的缺陷,以便做最后的调整和修理。

5. 竣工验收阶段

承包单位进行工程竣工自检,监理单位进行竣工预验收并签署意见后,由建设单位组织竣工验收,交付工程。

第二节 建筑机电行业的发展概述

一、建筑机电行业

1. 概念

建筑机电行业是建筑业的一个细分行业，其包括电气安装、管道和设备安装以及其他建筑安装业三个细分行业，具体是指建筑物主体工程竣工后，建筑物内各种设备的安装活动，以及施工中的线路铺设和管道安装活动。从涵盖范围来说，建筑机电行业是围绕着建筑机电工程从事管理、设计、施工、设备生产、商业服务、科研、教育、外贸等经营业务活动的新型的综合行业。

2. 建筑机电行业的特点

1) 设备制造的继续。建筑机电设备依附于建筑物本体，无法在工厂内组装成完整的设备，需将部件运抵现场进行组装和调整并进行测试，电梯就是典型的例子。

2) 散件装置的组合。被安装的工程设备，每件都在工厂制造成具有独立功能的单体，包括动设备和静设备，运抵现场后安装就位固定，再将各单体间联系的管道、线缆及控制系统连接起来，使之具有工艺需要的功能。

3) 制作与安装的结合。房屋建筑安装工程中通风与空调工程和非标准金属结构工程均需对建筑物实体进行测绘后才能制作精准，使安装方便正确。

4) 特有的长途沿线作业。主要是长途的输水、输油、输气以及其他物料输送（如矿粉、煤灰）管路和长途输电线路（包括架空线路和埋地电缆线路），同时还包括途中的各类站点。

二、机电行业的发展历程及发展方向

1. 机电行业的发展历程

机电行业是随着科学的发展而不断发展的。传统机电设备是以机械技术和电气技术应用为主要设备，虽然传统的机电设备也能实现自动化，但是自动化程度低、功能有限、耗材多、能耗大、设备的工作效率低、性能水平不高。

为了提高机电设备的自动化程度和性能，从 20 世纪 60 年代开始，人们将机械技术与电子技术结合，出现了许多性能优良的机电产品和机电设备。到了 20 世纪 70、80 年代，微电子技术获得了惊人的发展，这时人们自觉、主动地利用微电子技术的成果，开发新的机电产品或设备，使得机电产品或设备成为集机械技术、控制技术、计算机与信息技术等为一体的全新技术产品，到了 20 世纪 90 年代，机电一体化技术迅速发展，机电一体化产品或设备已经渗透到了国民经济和社会生活的各个领域。进入 21 世纪，尤其是近几年人工智能的发展，机电设备开始进入智能化时代。

2. 建筑机电行业的发展方向

1) 工业化。参照国际上建筑安装业的发展过程，当国内生产总值达到人均 1000 ~ 3000 美元后，开发新型的机电安装的结构体系、实现工厂化生产，就成为克服传统安装业生产方式缺陷、促进安装业又好又快发展的主要途径。目前，安装业工业化结构体系在国外建筑安装领域的应用已相当成熟，尤其在发达国家，管线综合和施工图深化设计、管线工厂化预制已经覆盖了大部分建筑机电工程，在建筑安装市场中的占有率高达 70% 以上。世界建筑安装业发展的大趋势告诉我

们：我国已到了加快推进机电安装工业化的重要历史时期，唯有通过机电安装工业化，才能彻底告别高能耗、高污染、低效率、低效益的传统建筑安装业。

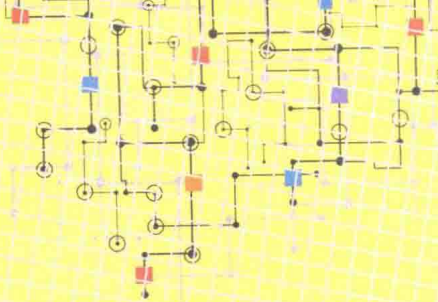
2) 信息化。信息化建设是振兴安装业、提升安装业水平的有效措施。信息化在多个领域都日新月异地快速发展，对以劳务密集性为特征的建筑业来说，是一个很大的冲击。改变传统的管理方式，推进信息化建设是唯一出路。当前加快 BIM 技术推广应用已经刻不容缓，它既是项目深化设计的必然要求，也是企业实力的全面展现。尤其是要以工厂化预制、工业化施工的思路指导安装企业的转型升级，充分运用 BIM 技术与工厂化制作紧密结合，这对于提高工程质量、降低人工成本、减少现场人员、提升安全系数、实现文明生产、便于维护保养有着极为重要的意义。

3) 绿色化。传统安装只注重按合同、图纸和技术要求、项目计划及项目预算完成项目各项目目标，只关心质量、安全、工期和成本，未能充分采取切实有效的行动做到保护环境、节约资源，只是短期节约了施工成本。绿色安装在短期内可能会提升施工成本，但是从长远的社会、环境以及经济效益来看，其效果显著。绿色安装是在施工的每一个环节，积极寻找成本消耗的降低切入点，通过节能降耗为企业工程创优获取更大的利益。

4) 多元化。传统机电安装行业科技含量不高，市场壁垒低，多数安装企业都能进入市场竞争中，导致了市场竞争白热化以及恶性低价竞争等不规范行为的产生，并不断蚕食机电行业等绩优企业的竞争优势。主动求变，转变发展方式，从一切有利于促进企业长远发展的角度思考问题，不断调整业务结构，延伸产业链，减少企业在低端项目中的竞争，在设备运行维护、备品备件、贸易等行业和领域，逐步成长为主业突出、产业链完整、产品多元化的综合型企业，实现规模和效益、速度和质量的协调健康发展。

课后练习

- 在机电工程的分类中，下列不属于建筑机电工程的分部工程的是 ()。
 - 建筑给水排水及采暖工程
 - 建筑电气工程
 - 建筑装饰装修工程
 - 建筑通风与空调工程
- 机电工程涵盖的专业工程技术多、涉及的专业面广、学科跨度大、技术复杂、工艺严格、关键工序多，还涉及技术、工艺、材料的创新与应用，因此，() 是机电工程的核心内容。
 - 设计
 - 安装调试
 - 运行维护
 - 技术管理
- 建筑机电工程项目建设的实施阶段工作不包括 ()。
 - 可行性研究报告
 - 勘察设计
 - 安装施工
 - 竣工验收
- 建筑机电工程最关键的阶段是 ()。
 - 策划阶段
 - 设计阶段
 - 施工阶段
 - 调试阶段
- 下列不属于建筑机电行业的发展方向的是 ()。
 - 工业化
 - 信息化
 - 绿色化
 - 自动化
- 下列不属于建筑机电行业的特点的是 ()。
 - 设备制造的继续
 - 散件装置的组合
 - 整体性的特点
 - 制作与安装的组合



第二章 BIM 应用架构

第一节 BIM 技术在机电中的应用要求

一、机电 BIM 技术全过程应用内容

1. 建筑性能模拟分析

建筑性能模拟分析主要在机电初步设计、施工图设计阶段应用。在初步设计阶段，帮助设计师确定合理的机电设备布局及系统方案，例如通过能耗模拟分析对比不同空调系统方案的优劣，选择高效合理的空调系统形式。在施工图设计阶段，用于验证设计方案的合理性，并优化设计方案，例如通过室内空调气流组织模拟分析，优化送回风口的位置及气流参数，使室内空间的舒适性和系统的节能性达到最佳平衡；通过对火灾烟气和人员疏散的模拟分析，验证建筑消防设计的安全性。

2. 虚拟仿真漫游

虚拟仿真漫游在方案设计、初步设计、施工图设计、施工准备、施工实施阶段均有应用。在方案设计阶段，有助于设计师等相关人员进行方案预览和比选；在初步设计阶段，能进一步检查设备布置的匹配性、可行性、美观性以及干管排布的合理性；在施工图设计阶段，可以预览设计成果，帮助设计师分析、优化空间布置等；在施工准备阶段，有助于进行虚拟进度和实际进度的对比，从而合理控制工期、优化安装进度安排；在施工实施阶段，有助于模拟重要节点的施工方案和安装流程，从而优化施工方案和安装流程。

3. 碰撞检测

在综合模型中检查管线之间是否符合综合原则，在机电管线综合的基础上对保温、操作空间、检修空间等进行软硬件碰撞检测，检查是否符合相关技术规格，对碰撞检测结果及时进行调整。通过碰撞检测，可以提前发现机电不同专业之间的冲突点，专业分包人员可以提前进行沟通并解决问题，管理人员可以将更多的精力投入到各专业的协调管理分包及其他工作中，提高施工质量和建筑项目的品质。

4. 综合支吊架的设计与应用

根据 BIM 综合管线模型进行综合支吊架的设计，在满足各专业规范、现场施工要求的基础上，做到简洁美观，能承受各专业管线的静荷载及动荷载的安全性要求，节省材料，优化制作工艺，进行大批量工厂化生产。

5. 与土建预留预埋配合

通过综合深化设计,确定预留预埋孔洞的位置,如现场已施工则复核孔洞的位置,及时调整管线走向;随项目施工进度配合确定二次结构和预留预埋孔洞的位置;对现场预留预埋工作中产生的误差要及时调整管线消除误差。

6. 三维可视化交底及指导施工

通过 BIM 软件优化后,整个项目的设计情况已实现三维可视,针对管道及设备布置复杂的地方,要采用三维图纸或视频进行交底,指导现场按照设计进行施工。使用三维模型的可视化功能,能够直观地把模型和实际的工程相比较,发现项目中实际与理论的差距以及不合理性,既直接又方便。

二、机电 BIM 应用方案

BIM 技术应用模式根据阶段不同,一般分为以下两种:

1) 全生命周期应用:方案设计、初步设计、施工图设计、施工准备、施工实施、运维的全生命周期 BIM 技术应用。

2) 阶段性应用:上述提及的某一阶段的 BIM 应用。

在确定 BIM 应用模式后,项目应当编制 BIM 应用方案,通过 BIM 应用方案更好地协同各参与方,发挥 BIM 技术优势,并使工程设计和施工的错误降低到最小,控制投资,按时优质地完成项目建设和实施运维管理。

1. 基于全生命周期应用模式下的方案

1) 详细描述全生命周期 BIM 应用的实施目标和实施方案;详细定义建立应用后的评估方式和数据化指标,进而对采用 BIM 后项目在节约成本、提升效率、缩短施工周期、降低返工等多方面进行论证。

2) 详细定义全生命周期 BIM 应用的实施组织方式和管理组织架构,定义管理组织架构中的主要角色和岗位职责。

3) 详细定义不同应用阶段的 BIM 主要实施方,定义不同阶段的 BIM 应用项和应用项具体内容,以及基于 BIM 技术的协同方法和数据传递的统一格式。

4) 详细定义不同阶段应用项的交付成果、交付成果的管理与更新以及数据安全的管理,说明成果交付时间及其要求,定义模型深度和数据格式以及文件的命名方式和原则。

5) 详细定义 BIM 建模、应用和协同管理的软件选型,以及相应的硬件配置。

2. 基于阶段性 BIM 应用模式下的方案

1) 详细定义所处的应用阶段和 BIM 主要实施方。

2) 详细定义阶段性 BIM 应用的实施组织方式和管理组织架构,定义管理组织架构中的主要角色和岗位职责。

3) 详细定义该阶段的 BIM 应用项和定义应用项的具体内容。

4) 详细定义 BIM 应用项的模型深度,定义交付成果的管理与更新以及数据安全的管理,定义交付成果的数据格式。

5) 详细定义 BIM 建模、应用和协同管理的软件选型,以及相应的硬件配置。