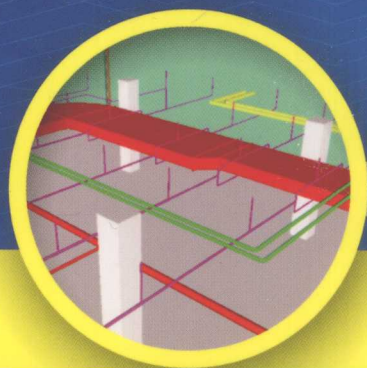


机电安装工程 BIM实例分析

JIDIAN ANZHUANG GONGCHENG
BIM SHILI FENXI

范文利 朱亮东 王传慧 ◎ 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机电安装工程 BIM 实例分析

范文利 朱亮东 王传慧 著



机械

机械工业出版社

本书以丰富的工程实例为基础,以 BIM 技术解决机电安装工程设计、施工中的实际问题为落脚点,旨在推动 BIM 技术在机电安装施工阶段的应用,有效提升个人和企业的 BIM 技术应用能力,推动建设工程的信息化进程。

全书共 11 章,以 BIM 技术在实际机电安装工程案例的实施过程为主线,系统地介绍了 BIM 技术在机电安装施工阶段的应用和需要注意的问题。主要内容包括: BIM 技术应用的准备及流程, BIM 技术在机电安装工程项目投标中的应用,在典型机电安装工程中基于 BIM 技术的深化设计方法,基于 BIM 的预制加工与综合支吊架技术,城市交通建设的热点——地铁站机电安装工程中的 BIM 技术应用。

本书内容丰富,案例详实,既可作为机电安装工程专业技术人员和管理人员,尤其是机电安装施工各阶段的专业人员、BIM 工程师及管理人员、BIM 咨询专业人员和建造师的参考书和继续教育培训教材,也可作为高等院校建筑类相关专业实践环节教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

机电安装工程 BIM 实例分析/范文利,朱亮东,王传慧著. —北京:机械工业出版社,2016.12

ISBN 978-7-111-55526-1

I. ①机… II. ①范… ②朱… ③王… III. ①机电设备-建筑安装
IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 287361 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:刘涛 责任编辑:刘涛 林辉 责任校对:张征

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京新华印刷有限公司印刷

2016 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9.25 印张·220 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-55526-1

定价:48.90 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:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

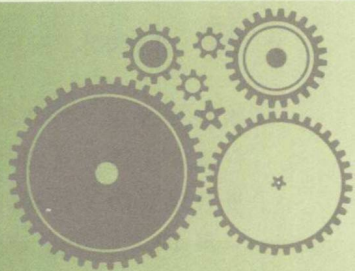
机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言



BIM 技术作为建筑业的一个新生事物,从最初的争议、质疑到逐步应用,到现在已经近 30 年了。随着计算机及信息技术的迅猛发展,BIM 技术的应用基础逐步建立起来,尤其是近十余年,BIM 技术的应用范围越来越广,成果也越来越丰富,其发展已呈井喷之势。

BIM 技术在我国建筑领域的应用也已经十多年了,通过不断推广与实践,人们逐步取得了共识:BIM 作为建筑业的发展趋势,已经并将继续引领建设领域的深刻变革,其不只是一个新技术、新方法,而是建筑业的新架构、新规则。我国住房和城乡建设部 2016 年 8 月颁布的《2016—2020 年建筑业信息化发展纲要》中,明确提出在“十三五”时期“全面提高建筑业信息化水平,着力增强 BIM、大数据、智能化、移动通讯、云计算、物联网等信息技术集成应用能力,建筑业数字化、网络化、智能化取得突破性进展。”

机电安装工程作为建设领域的一个重要分支,在 BIM 技术应用中逐步走在了整个建筑行业的前列,很多施工企业逐步认识到 BIM 技术的重要性,也希望在较短的时间内了解、掌握 BIM 技术,并将其应用到工程实践中。因此,作者通过经验总结,精心选择了多个不同类型的案例,对 BIM 技术在机电安装工程中的应用思路及方法进行了探讨。

本书以项目实例为基础,以 BIM 技术解决机电安装工程设计、施工中的实际问题为落脚点,以推动 BIM 技术在施工企业的应用为目的。

本书共 11 章,主要内容包括:

第 1 章介绍了如何理解 BIM 技术的定义,常用的 BIM 软件,目前在机电安装工程中应用 BIM 技术应当注意的问题。

第 2 章论述了施工企业应用 BIM 技术的流程及管理架构的设置,以及 BIM 技术在工程投标阶段中的应用。

第 3 章以某办公楼标准层机电安装工程为例,介绍了对于具体的工程项目,在进行 BIM 模型建立之前的准备工作及模型建立、深化设计、工程量统计的基本思路。

第 4 章通过三个典型的制冷机房案例,论述了制冷机房类项目中图纸分析、管线排布、管路构件、设备布置等主要问题的处理方法。

第 5 章以某公共建筑管廊区域综合管线分析为例,介绍了当机电系统复杂、管线密度较大的情况下,如何利用 BIM 调整管线排布满足业主对管廊区域标高的要求。

第 6 章通过某消防泵房的管线综合设计过程,介绍了对机电安装工程中相对复杂而有代表意义的泵房类项目应用 BIM 技术解决常见图纸设计缺陷,设备、管路排布困难等问题。

第 7 章以某地下车库机电安装工程为例,介绍了 BIM 的建立、管线调整的方法,及常见问题的处理原则。

第 8 章通过某商务中心设备层的 BIM 建立过程,探讨了各专业系统的排布原则,局部



区域如立管井、检修通道的处理方法，及客房标准间的管线排布问题。

第 9 章通过对某消防项目喷淋系统利用 BIM 技术进行预制加工的过程进行分析，论述了进行预制加工作业的工作流程、建模注意事项、模型数据导出等内容。

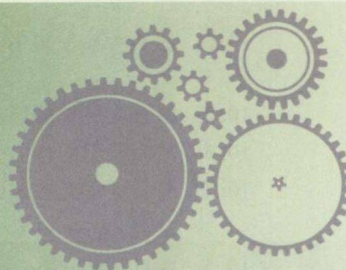
第 10 章以公用建筑机电安装项目中综合支吊架技术的应用，探讨了如何利用 BIM 实现综合支吊架的设计、排布、出加工图、材料统计等功能。

第 11 章通过某地铁站机电安装工程案例，论述了 BIM 技术在目前的工程热点——城市轨道交通项目中的典型应用，及针对地铁站点机电系统的特殊性，应采用的建模方法及系统排布原则。

本书的作者为山东建筑大学范文利，青岛世创工程软件有限公司朱亮东，济南职业学院王传慧。限于作者的水平，书中错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正，在此致以衷心的感谢。

作 者

目录



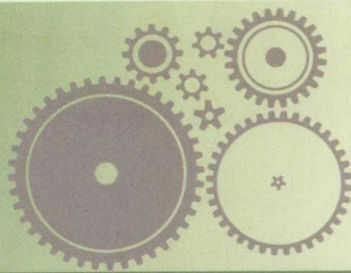
前言

第 1 章 绪论	1
1.1 BIM 技术简介	1
1.2 机电安装工程的特点	4
1.3 现阶段机电安装行业面临的主要问题	5
1.4 BIM 技术在机电安装工程应用中的两个方面	6
第 2 章 BIM 技术在机电安装行业中的应用分析	8
2.1 机电安装行业 BIM 应用现状分析	8
2.2 机电安装企业 BIM 应用过程分析	11
2.3 管理架构及 BIM 团队的建设	13
2.4 BIM 技术在机电安装工程项目投标中的应用	14
第 3 章 某办公楼标准层机电安装实例分析	22
3.1 项目概况	22
3.2 BIM 模型的搭建	22
3.3 基于 BIM 的管线综合与碰撞检测	34
3.4 BIM 应用总结	38
第 4 章 制冷机房设备安装及综合管线分析	41
4.1 项目概况	41
4.2 机房建模的关键点分析	42
4.3 机房模型的建立过程	50
4.4 制冷机房 BIM 应用总结	57
第 5 章 某公共建筑管廊区域综合管线分析	59
5.1 项目概况	59
5.2 BIM 建模思路	59
5.3 BIM 模型建立的过程	60
5.4 项目总结	67

第 6 章 某消防泵房 BIM 综合管线分析	68
6.1 项目概况	68
6.2 建模过程	68
6.3 消防泵房建模问题汇总	76
6.4 消防泵房 BIM 应用分析	80
6.5 项目总结	81
第 7 章 某地下车库机电安装工程案例分析	82
7.1 项目概况	82
7.2 建模关键点分析	82
7.3 模型的建立过程	83
7.4 管线综合排布及问题汇总	86
7.5 BIM 的应用点分析	90
7.6 项目总结	91
第 8 章 某商务中心设备层机电安装工程案例分析	92
8.1 项目概况	92
8.2 设备层建模思路	93
8.3 建模流程	96
8.4 施工现场综合应用	101
8.5 项目总结	103
第 9 章 某消防项目喷淋系统预制加工案例分析	104
9.1 项目概况	104
9.2 预制加工的特点及优势	104
9.3 建模流程及注意事项	105
9.4 预制加工资料提取	114
9.5 现场安装的问题汇总	115
9.6 项目总结	116
第 10 章 某公用建筑机电安装项目综合支吊架案例分析	117
10.1 项目概况	117



10.2	综合支吊架的特点	118	11.1	项目概况	128
10.3	吊架模型的建立	118	11.2	模型建立的思路	129
10.4	综合支吊架在该案例中的应用 总结	124	11.3	建模过程	129
10.5	项目总结	127	11.4	综合调整与应用	138
第 11 章	某地铁站机电安装项目案例 分析	128	11.5	应用点总结	140
			11.6	项目总结	140
			参考文献		141



第 1 章

绪 论

1.1 BIM 技术简介

1. BIM 概述

BIM——建筑信息模型 (Building Information Modeling), 是通过创建并利用数字模型对建筑项目进行设计、建造及运营管理的过程。

1975 年, “BIM 之父”美国乔治亚理工学院的 Charles Eastman 教授在其研究的课题 “Building Description System” 中提出 “a computer-based description of a building”, 以便于实现建筑工程的可视化和量化分析, 提高工程建设效率。这可以被视为最早提出的 BIM 相关概念。

随着社会的发展, 人们对建筑本身的功能性要求越来越高, 工程建设项目的规模、形态和内部系统越来越复杂, 高度复杂化的工程建设项目向传统的以二维制图为平台、以工程图为核心的设计和工程管理模式发出了挑战。

1) 对于越来越复杂的建设工程, 对于分专业设计的图纸, 没有高效的分析检查手段, 很难发现和协调海量设计资料中的 “错、漏、碰、缺” 问题。

2) 如何有效的保证从施工图到实际施工过程的信息传递、共享? 如何解决海量的设计资料带来的工程项目各参与方沟通交流与协调难度大、效率低下的问题?

3) 项目越来越复杂, 现有的基于经验模型工程量统计方式不够精确, 造价预算偏差大, 项目工期和实际成本难以控制。

4) 项目建设过程中, 工程变更频繁, 造成后期运营和维护 (运维) 过程中因为设计图不能正确反映实际的材料、设备安装使用情况, 导致运维效率低、管理难度大。

工程技术人员发现, 建筑业传统的信息沟通基础——基于二维平台的图纸资料, 已经不能满足越来越复杂的建筑过程的需要。随着计算机技术的飞速发展, 信息化、数字化技术向各个行业逐步渗透, 以工程数字模型为核心的全新设计和管理模式逐步走入人们的视野, 这也是 BIM 技术得以提出并快速推广的基础。

自从 BIM 概念的提出到现在, 一直有不同的研究机构及组织试图对 BIM 做出准确的定义, 但是, 由于 BIM 技术出现的时间尚短, 其内涵和外延正处于不断发展中, 其定义也随着相关技术的发展而不断变化。因此, 目前人们对 BIM 的定义和解释有多种多样的版本, 没有形成完整、统一的理解。相对来说, 美国建筑科学研究院 (National Institute of Building



Science) 对 BIM 的定义得到了大家的普遍认可, 该定义如下所述:

BIM 是对一个设施(工程项目)的物理和功能特性的数字表示形式; BIM 也是一个共享的知识资源, 这个资源里包含了项目从最初的概念到被拆除的整个生命周期的信息, 而这些信息对设施的建造和运营过程中的决策提供了一个可靠的基础。

2. BIM 的内涵

美国建筑科学研究院对 BIM 的定义主要从以下几个方面描述了 BIM 的主要内涵:

1) BIM 是一个设施(建设项目)的数字化表达, 内容不仅包括设施的几何信息还包括其物理信息和功能信息, 其本质是一个反映建设项目信息的数据库。

2) BIM 的目的是为建设项目各参与方的决策提供一个可靠的基础, 各参与方共建, 并共享这个知识资源。

3) 这个知识资源是动态变化的, 从最初的概念设计到设施拆除的整个生命周期内, 其内容不断充实、修改和更新。

在理解这个定义的时候, 可以从以下几个角度分析:

(1) BIM 的基础是建筑 作为建筑项目的数字化表达, BIM 中的信息是按照建筑设计、施工、运营的基本元素来定义和存放的。例如, 建筑专业的门、窗、墙, 结构专业的梁、板、柱, 机电专业的空调、水泵、管道和配电箱(桥架)等。

(2) BIM 的灵魂是信息 BIM 的信息是和建筑元素(建筑物的构件或部件)相关联, 并随着建筑本身的生命周期而变化, 是以实时、动态的形式存在的。各参与方可以于项目的不同时期在 BIM 模型中插入、提取、更新和共享信息来协同作业, 进行决策。

(3) BIM 的结果是模型 该模型是三维造型与相关信息数据的集成, 其具有以下几个特征:

1) 可视化。“所见即所得”, 该模型是建立在三维设计基础上的, 模型本身可视, 项目设计、优化、建造等过程可视。各参与方可以在此基础上进行更好的沟通、讨论与决策。

2) 协调性。解决项目中的各专业设计信息“错、漏、碰、缺”等问题, 如机电与土建冲突, 预留预埋缺失或尺寸不对等情况。各专业在同一模型基础上进行协调、检查、综合, 减少设计冲突及工程变更。

3) 模拟性。利用该模型及相关信息, 可以利用不同的专业分析软件, 进行抗震、能效、紧急疏散、日照、风环境和热环境等模拟分析, 包括 4D(三维加项目发展时间)的模拟, 5D(4D 加造价信息)的模拟, 并在此基础上对设计、施工、运维等过程进行优化。

4) 可出图性。项目进行中的各类图纸文档, 均可以从模型中产生, 如建筑设计图、施工平面图、施工剖面图、综合管线图、预留预埋图、碰撞检查报告等。因为不同的图纸均来自同一个模型, 可以有效地避免设计方案不统一、信息遗漏等问题。而且一旦模型建立, 出图的效率很高, 可以根据需要从不同角度、不同剖面、不同系统、不同区域等快速出图。

(4) BIM 的工具是软件 BIM 作为对工程设施实体与功能特性的信息集成与处理, 主要工具是各种软件。BIM 技术覆盖了从工程设施的概念设计到拆除的整个生命周期, 这个过程分为不同阶段, 如可行性研究、概念设计、投资模型分析、建筑设计、机电系统设计、功能分析、招投标、土建施工、机电安装施工、装饰装修、运维管理等, 不同阶段的目的是功能要求区别很大, 所以对于 BIM 技术来说, 其功能不是一个软件能涵盖的, 甚至不是一类软件能完成的。



3. 常用 BIM 软件

目前, 比较常用的 BIM 软件有以下几类:

(1) 方案设计软件 目前主要的 BIM 方案软件有 Onuma Planning System 和 Affinity 等。其主要功能是把业主的设计要求转化成基于几何形体的建筑方案, 用于业主和设计师之间的沟通和方案论证。

(2) BIM 核心建模软件 其主要功能是建筑项目中各主要系统的模型构建, 通常分为建筑、结构、机电三个部分。这些软件是 BIM 技术的基础, 也是进行 BIM 工作最常应用的软件。目前, 在国际市场上, 有一定影响力和市场份额的 BIM 核心建模软件有十几种, 代表性的有以下几种:

1) Autodesk 公司的 Revit 软件。包括建筑、结构和机电系列, 在民用建筑市场中, 因为其 AutoCAD 软件具有较高的占有率, 考虑到操作习惯和数据资料的继承性问题, 使其具有相当不错的市场表现, 在国内民用建筑市场中占据领先地位。

2) Bentley 公司的建筑、结构和设备系列软件。相对而言, Bentley 产品在工厂设计(石油、化工、电力、医药等)和基础设施(道路、桥梁、市政、水利等)领域有较大的优势。

3) Graphisoft 公司的 ArchiCAD 系列软件。该软件在建筑专业上的设计能力强大, 也是最早的一个具有市场影响力的 BIM 核心建模软件。但是其专注于建筑专业, 在国内与设计院全专业的体制不太适应, 市场拓展受到一定的局限。

4) Dassault 公司的 CATIA 是目前最高端的机械设计制造软件, 在航空、航天、汽车等领域具有接近垄断的市场地位, Digital Project 是 Gehry Technology 公司在 CATIA 基础上开发的一个面向工程建设行业的二次开发软件, 无论是对复杂形体还是超大规模建筑其建模能力、表现能力和信息管理能力都比其他建筑类软件有较大优势。

(3) 专业分析软件 其主要功能为使用 BIM 模型的信息对项目进行不同专业角度的分析。通常有抗震、紧急疏散、日照、风环境、热工、景观、噪声等, 主要有 IES、ETABS、GreenBuildingStudio、STAAD、Robot 等国外软件以及 PKPM 等国内软件。

(4) 模型综合软件 主要功能是将不同软件中建立的不同系统的模型整合到一起, 进行碰撞检测, 综合优化。常见的有 Autodesk Navisworks、Bentley Projectwise Navigator、Solibri Model Checker 和国内的鲁班软件等。

(5) 造价管理与概预算软件 其主要功能是利用 BIM 模型提供的信息进行概预算、工程量统计和造价分析。国外的此类软件有 Innovaya 和 Solibri 等, 鲁班、广联达软件是国内 BIM 概预算与造价管理类软件的代表。

当然, 还有其他很多类型的 BIM 软件, 如结构分析、可视化、运营服务等, 这里就不再一一介绍了。

很多资料中将机电安装工程行业应用的 BIM 软件称为 MEP 软件 (Mechanical Electrical & Plumbing), 即机械、电气、管道三个专业的英文缩写, 也就是工程行业常说的水电风专业。目前在国内市场上常见的 MEP 软件有以下几种:

1) Autodesk 公司的 Revit MEP。

2) Bentley 公司的 Building Electrical Systems。

3) Graphisoft 公司的 MEP Modeler。



4) 国产软件如鸿业 MEP, 天正、浩辰等公司开发的相关软件。

5) MagiCAD, 起源于芬兰, 目前属于广联达公司旗下的 MEP 软件。

在住房和城乡建设部颁布的《2016-2020 年建筑业信息化发展纲要》中, 进一步指出在“十三五”时期, “全面提高建筑业信息化水平, 着力增强 BIM、大数据、智能化、移动通讯、云计算、物联网等信息技术集成应用能力, 建筑业数字化、网络化、智能化取得突破性进展。”“在工程项目设计中, 普及应用 BIM 进行设计方案的性能和功能模拟分析、优化、绘图、审查, 以及成果交付和可视化沟通, 提高设计质量。”“推广基于 BIM 的协同设计, 开展多专业间的数据共享和协同, 优化设计流程, 提高设计质量和效率。研究开发基于 BIM 的集成设计系统及协同工作系统, 实现建筑、结构、水暖电等专业的信息集成与共享。”“研究制定工程总承包项目基于 BIM 的多参与方成果交付标准, 实现从设计、施工到运行维护阶段的数字化交付和全生命周期信息共享。”“建立设计成果数字化交付、审查及存档系统, 推进基于二维图的、探索基于 BIM 的数字化成果交付、审查和存档管理。开展白图代蓝图和数字化审图试点、示范工作。完善工程竣工备案管理信息系统, 探索基于 BIM 的工程竣工备案模式。”

该纲要在建筑业勘察、设计、施工、交付、运维、审查、存档等方面对 BIM 技术的应用都提出了具体的建议及要求, 可以预测在未来几年, 国内 BIM 技术的应用将进入快车道。

1.2 机电安装工程的特点

机电安装工程包括一般工业和公共、民用建设项目的设备、线路、管道的安装, 35kV 及以下变配电站工程, 非标准钢构件的制作、安装。工程内容包括锅炉、通风空调、管道、制冷、电气、仪表、电机、压缩机机组和广播电影、电视播控等设备。

机电安装工程作为建筑工程的一个重要分支, 具有以下几个特点:

(1) 覆盖的范围宽 随着社会的发展, 工业化程度的加深, 机电安装工程的重要性越来越高, 已经涉及社会生产生活的各个方面, 通常分为设备安装、电气工程、管道工程、自动化仪表工程、防腐工程、绝热工程、工业炉窑砌筑 7 个分部, 涉及一般工业、民用、公用建设工程的机电安装工程、净化工程、动力站安装工程、起重设备安装工程、轻纺工业建设工程、工业窑炉安装工程、电子工程、环保工程、体育场馆工程、机械与汽车制造工程、森林工业建设工程及其他相关专业机电安装工程 12 个类别。

(2) 涉及的专业多 即使不考虑如石化、电力、通信等行业的机电安装工程的特殊性, 仅仅分析一般民用、公用建设项目中的机电安装工程设计、施工过程, 都会发现随着人们对建筑物的功能性要求越来越高, 电气、暖通、空调、给水排水、安防、通信、建筑智能化等专业集成于机电安装工程范畴, 各专业之间的沟通与协作对工程设计、施工和后期的运维有极大的影响。

(3) 劳动力与技术密集 不论涉及多少专业系统, 机电安装工程的目的是将这些系统科学合理的集成在同一座建筑物中, 并保证它们能够可靠、有效的运行。因为受到施工空间的限制, 安装过程通常无法使用大型施工设备, 难以实现自动化生产, 施工过程存在大量的体力劳动。近几年, 随着人工成本的快速增加, 减员增效成为各施工企业非常关心的问题。各专业系统又有不同的施工、检测、验收标准, 存在较强的技术壁垒, 设计、施工过程



中需要配备不同的专业技术人员, 相关人员的技术水平与工程经验对最终效果影响很大。

(4) 施工局限多, 工程变更更多 机电安装工程不像土建工程那样专业单一, 施工空间宽裕, 而是专业繁杂, 各专业系统共用同一个建筑空间, 各专业之间, 专业与土建之间相互关联, 相互影响。设计院提供的设计资料很难做到完善和详尽, 很多情况下需要施工企业根据现场情况协调处理。“错、漏、碰、缺”等问题难以避免, 设计、施工方案多易其稿, 工程变更、返工等现象频繁。

(5) 施工管理及协调难度大 以上特点决定了在机电安装工程设计与施工过程中, 各专业之间、项目相关方如业主、设计方、施工方之间的沟通与协调对工程的顺利进行有重要影响。很多工程延误工期、成本超支, 最终效果不尽如人意的主要原因不是施工企业技术能力差, 物资、人员投入不足, 而是管理不力, 各相关方沟通协调效率低所导致。

综上所述, 机电安装工程的特征是“空间上分道”“时间上有序”, 属于典型的并行工程。

1.3 现阶段机电安装行业面临的主要问题

随着我国经济发展, 大规模基础设施建设与城市化进程的不断加快, 建筑物的功能性要求也越来越高。建筑工程施工技术从传统的粗放型逐步向严谨、精密型过渡, 而实现其功能性的主要部分——机电系统安装施工, 更是面临严峻的挑战。

1) 电气、暖通、空调、给排水、安防、通信等专业集成度, 复杂性越来越高, 在设计和施工阶段各专业之间的协调与配合越来越重要, 也越来越困难。目前, 机电系统的设计方式还是各专业基于二维平台进行本专业系统的设计, 然后集成在一起, 在二维平台上进行综合排布, 深化设计。随着建筑空间中的设备、管线密度的增加, 这种方式很难解决各专业“错、漏、碰、缺”等问题, 设计图的精细度达不到指导现场施工的要求, 很多情况下, 需要施工企业根据现场情况灵活处理, 工程变更、返工现象频繁, 工程质量受施工企业的经验影响很大。

2) 同专业内设备品种、品牌、型号越来越复杂, 面临种类繁多, 更新频繁的各种设备, 设计施工资料难以做到准确完备。建筑机电产品市场非常庞大, 受地方保护主义的影响, 我国建筑机电产品市场很不规范, 市场中充斥着各种不同型号、不同类型和不同规格的机电设备, 一些机电设备的运行参数、型号和规格比较混乱, 施工标准和安装要求也缺乏一致性。并且各生产企业出于市场竞争和报价策略的要求, 产品型号更新频繁, 给机电系统的设计和安装带来很大困扰。

3) 如何实时地与土建、装修专业进行配合, 合理地利用安装空间, 一直是困扰行业的一个难点。在施工顺序上, 机电安装工程在土建工程之后, 装饰装修工程之前。但是, 建筑物作为一个整体, 最终效果取决于各参与方的配合。土建的预留预埋是机电设备安装的基础, 机电系统的管线综合及设备排布对后期的装饰装修又有很大的影响。如何在有限的工期内, 各方进行及时有效的沟通与配合, 这是影响最终工程质量的关键问题之一。

4) 在制订施工方案, 优化安装工艺, 工程量统计方面缺乏有效的手段, 过于依赖经验, 施工效率难以提高。传统施工方式, 施工企业技术及管理人员在理解设计院提供的图纸资料基础上, 制订施工方案, 面对大量的图纸资料, 希望参与工程的每位技术人员都能准确



深入地理解设计方案,是不现实的。至于设计院图纸中的问题,往往要等到施工过程中才能发现,此时再变更设计、追加投资,会延误工期。对于一些复杂节点,通常是在施工现场根据现实情况,制订安装工艺,是否可行?是否最优?无法预演。传统的预算量,是基于算量模型进行统计,只是在工程基础参数的基础上根据经验估算的量,无法反映施工现场的真实情况,很难用于施工中的物料管理。而最终的实际工程量只能在工程结束后才能精确统计出来,无法用于工程方案优化决策。

5) 技术人员与现场施工管理人员的技术交底越来越困难。对于一些复杂节点,设计人员利用专业软件和手段给出了设计方案,但有的节点对施工工艺要求非常严格,稍有违反,就会影响施工效果。如何让现场的施工及管理人员深入了解设计意图,把握施工中的关键问题?基于二维图的设计资料及文字说明往往让人觉得力不从心。

综上所述,随着机电安装工程的复杂性、精密性逐步提高,各专业、参与方基于二维图的沟通与协调方式越来越不能满足工程需要。“工欲善其事,必先利其器”,BIM 技术作为一个新的平台,从技术到管理对建筑业的传统模式进行着逐步变革。机电安装工程由于其本身的特点,在这场建筑业的变革中走在了前列。

1.4 BIM 技术在机电安装工程应用中的两个方面

在国内机电安装工程领域,BIM 技术的应用已经成为了热点,很多专家、咨询公司和软件企业也在不遗余力地进行宣传和推广。一些相关书籍和论文把 BIM 技术在机电安装工程中的应用点进行深入挖掘,总结归纳出的应用点多达数十处,也有专家和学者致力于推广 BIM 技术在建筑领域全过程、全方位的应用。但是,从目前的实际情况来看,BIM 技术在机电安装工程领域的大多数应用集中在投标和施工两方面。

1.4.1 投标

目前,很多项目甲方在招标阶段就明确提出该项目应用 BIM 技术的要求,虽然侧重点不尽相同,但是总结下来无非是以下几个方面:展示投标方 BIM 建模能力,方案深化设计能力,工程量统计及成本控制能力,利用 BIM 进行项目进度管理的能力,安装工序的模拟等。

在投标应用阶段,因为投标时间的限制,BIM 模型很难做到详尽和完善。通常情况下,可以针对投标要求,利用有限的时间把项目的核心点展示出来就可以了。例如,项目重点区域(如泵房、管廊等部分的管线排布),关键节点的工序的模拟,不同方案的对比分析等。同时可以利用一些 BIM 软件的 5D 平台把部分区域的 5D 应用展示出来。

在投标中,通常在技术标的分项,BIM 技术的应用分值占相当大的比例,一般为 5~10 分。BIM 在投标应用时的难点是时间紧、任务重。投标方应将重点放在 BIM 模型效果的展示上,如果对投标方案有视频动画要求的,可以考虑将 BIM 模型导入 3DMAX 等艺术设计类软件进行后期处理。本书第 2 章详细讨论了 BIM 技术在投标过程中的应用流程。

1.4.2 施工

从相关案例来看,BIM 技术在机电安装工程施工过程中的应用应重点关注以下几个问题:



1. BIM 模型建立的依据

施工企业在建立机电 BIM 模型时信息的获取方式有三个：

首先是设计院提供的 BIM 模型。设计院在设计后期阶段或者设计结束后，利用自己的 BIM 人员，已经设计了 BIM 模型，但是目前设计院做的机电专业 BIM 模型，绝大多数很难直接用来指导施工，其作用更多的是为了设计方案的校核。设计院建立的 BIM 模型如果用来指导施工，需要对模型进行深入调整，这个过程是比较繁琐的，甚至还不如施工企业自己重新建模。

第二个是算量模型。目前很多软件企业都在开发基于机电专业算量模型的深化功能，希望能把算量模型直接导入 BIM 软件中进行转化生成 BIM 模型，但是尚未推出成熟的软件。因为算量模型只是利用模型来统计投标量的，相对来说信息含量太少，算量软件本身就有一定的局限性，所以这个思路目前还不是很成熟。

第三个是设计院提供的二维设计图和设计说明。目前绝大多数设计院机电系统出图依旧是二维图。所以大部分施工企业建立 BIM 模型都是以设计院的二维图资料为依据。机电专业直接进行三维设计出图还不是很成熟。

2. BIM 的建模时机

利用设计院的二维图进行建模，首先要考虑的是建模开始的时间，最好的时间点是项目中标后就开始准备，很多项目在这个时期图纸资料还不完备，但是最晚不要晚于土建的动工时间，否则一些预留预埋的问题就很难处理。其次是不同时期建模深度的把握，这是很关键的，机电系统的 BIM 模型很少有一次到位的，是靠初步模型建立后，多次调整修改逐步完成的，模型的可调整性很重要。第三是建模软件的选择，BIM 技术不是指的某个软件，或某类软件。具体选择什么软件，要根据项目实际情况、施工企业的现有资料及设计人员的习惯。

3. BIM 模型的初步应用

建立 BIM 模型后，可以在其基础上完成深化设计，进行管线综合、碰撞检测和系统优化，出指导施工的平面图和剖面图，与土建方进行配合，出预留预埋图；也可以阶段性地进行材料统计，进行物料管理。这些问题将在本书后面章节中陆续介绍。

4. BIM 的深入应用

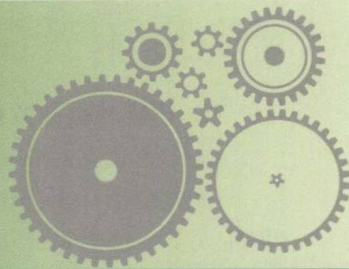
目前 BIM 在机电安装工程中的深入应用主要有三个点：

1) 可以利用模型进行预制加工，如管道的工厂化预制和综合支吊架的加工应用。对于企业来说，这个功能可以从部分系统逐步扩展到整体系统，从特定项目的应用循序渐进到多数项目。关于这个问题，本书的第 9 章、第 10 章有较详细的介绍。

2) 系统校核。这个功能目前成功应用的案例不多，但是实际上是很有价值的，特别是目前设计院在设计时往往是设备选型偏大，如果能够利用 BIM 模型对系统重新校核，可以优化设计方案，让设备选型更合理，符合绿色节能要求。

3) 与项目管理平台结合，进行局部或者全进程的进度模拟和成本控制应用。目前来看，这个功能的落地应用还需要一段时间。因为它更多涉及的是管理方面的问题，是多部门协作才能完成的。

从上面的介绍可以看出，无论哪个方面的应用，建立合格的 BIM 模型都是基础，所以本书针对不同类型的项目，将如何建立 BIM 模型、如何调整优化、如何细化模型以达到 BIM 技术应用的基本要求为重点进行介绍。



第 2 章

BIM技术在机电安装行业中的应用分析

对于 BIM 技术,业内的工程技术人员普遍认为,它是信息技术与互联网思维在建筑业的体现,是对建筑业传统的生产模式和管理模式的一场革命。在技术层面,其影响力不亚于从手工绘图到计算机绘图的转变。作为一个新生事物,BIM 技术在我国建筑市场的应用已经十多年了,随着 BIM 相关软件的功能快速增强,通过政府及行业协会的不断推广,其应用逐渐深入,尤其是近几年,更呈现出不断加速的趋势。在建筑行业的各个领域,BIM 已然成为热点话题。但是,目前国内机电安装行业 BIM 技术应用的具体情况如何?相关企业怎样寻找合适的切入点?如何根据企业自身的特点建立自己的 BIM 团队?本章根据作者的工作经验及体会,对这些问题做初步的探讨。

2.1 机电安装行业 BIM 应用现状分析

随着 BIM 技术的应用逐步推广,通过对许多案例进行分析总结,作者认为比较理想的 BIM 应用流程是:①设计方以建筑信息模型入手,通过建立和完善模型的方式完成设计,并且直接从模型中得到施工方所需的施工图及资料;②施工方利用模型及施工图指导施工,并对模型添加具体的设备信息,根据施工过程将模型进一步细化;③工程完工时将形成的竣工模型和建筑实体一并交付给业主,业主利用该模型进行运维管理。但是,目前国内大部分机电安装工程项目中,设计院还是以二维设计为主,施工企业利用二维设计图再进行建模,通过建立的 BIM 模型进行管线综合、碰撞检测,在实际施工前发现设计中的问题,进行方案调整,利用优化后的模型出施工图,指导施工。

虽然很多设计院已经开始尝试土建部分直接从三维设计入手,特别是在民用建筑领域,利用土建模型直接出图,提高了设计效率。但是在机电系统设计领域,目前设计方直接进行三维设计的还很少,有很多大的设计院也在做这方面的尝试,但真正应用的案例不是很多。

三维建模在机电系统设计方面没有被大规模的推广,是因为机电专业有自己的特点,与建筑专业不同,虽然建筑专业体量较大,但内容相对简单,涉及面窄,方案得到甲方认可就可以实施。机电专业包含内容庞杂,电气、暖通、空调、给排水、安防、通信等专业集成度高,各专业相互影响,管线综合的过程需多方协调,方案调整、变更频繁。目前设计院进行机电系统设计时也做管线综合,但还是在二维图的基础上进行,即使有的设计院开始进行基于 BIM 技术三维模型的管线综合,但受设计时间的限制,其方案也难以真正用于指导施工。并且设计院付出的工作量会成倍增加。所以在机电系统设计方面,虽然有的设计院开始进行



基于 BIM 技术的设计方式试点，但是通常局限在个别专业，或者是以 BIM 中心的形式对初始设计做后期处理。

在机电安装领域，BIM 技术在甲方、设计单位、施工单位和设备材料供应商这些环节的应用中，现阶段应用最深入的是施工企业。原因是设计院提供的机电系统设计图通常精细程度不足，很多问题在施工过程中才能发现，因为“错、漏、碰、缺”等问题造成返工和材料浪费的情况非常多，施工成本增加，工期难以保证。所以施工企业急需一种有效的方法来解决这个问题，实践证明 BIM 技术对解决这个问题非常有效，尤其是对于复杂项目或特殊区域效果突出，所以施工企业应用 BIM 技术的积极性很高。

从机电安装领域实施比较成功的案例来看，BIM 技术对甲方更有益处，利用 BIM 不仅可以优化设计方案，节省成本，同时能够更有效地保证工期。目前，国内大型企业，如万达集团、华润集团等，都有自己的 BIM 团队，要求每个建设项目都要进行 BIM 应用。万科集团在利用 BIM 技术进行住宅产业化方面走在了国内前列，目前，很多项目在投标阶段开始要求参与投标的总包企业应用 BIM 技术。随着 BIM 软件的功能日趋完善，应用环境逐渐成熟，BIM 技术的应用前景会越来越好。

目前 BIM 技术在机电安装行业的应用可以归纳为图 2-1 所示的几点。

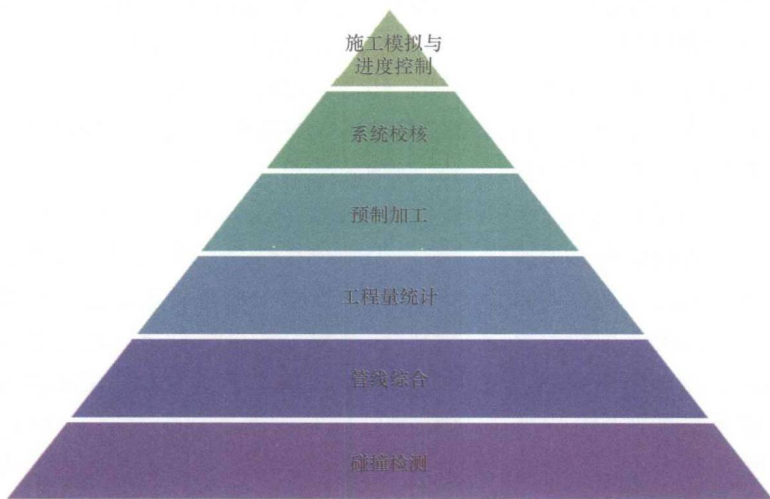


图 2-1 BIM 技术在机电安装行业的应用

其中，碰撞检测、管线综合与系统校核是模型建立过程中的应用，工程量统计、预制加工和施工模拟与进度控制是模型建立完成后的应用。

(1) 碰撞检测 在常用的 BIM 软件中，碰撞检测是必备的功能，设计人员可以设定不同的碰撞规则。在机电系统建模过程中，机电各专业系统与土建模型之间，机电系统汇总后各专业之间分别进行碰撞检测，生成碰撞检测报告，为设计人员进行模型调整提供支持，这是 BIM 模型最基础的应用。

(2) 管线综合 管线综合应用的效果和设计人员的经验有很大关系。BIM 软件好学，但项目经验积累需要较长的时间，管线综合不仅要考虑本专业的排布问题，还要考虑各专业之间的相互影响，施工工艺的可行性，以及与前期的土建和后期的装修配合，这样多方面相互协调才能得出合理、可行的管线综合方案。



(3) 工程量统计 工程量统计就是把 BIM 中的工程量提取出来, 如果按照竣工模型统计设备、管线、阀门等部件的数量是非常准确的, 因为竣工模型中的信息是实际工程结果的反映。但是要注意预算量、BIM 提取量与实际用量的区别。预算量是利用预算软件根据初期设计方案统计出来的工程量, 只是初步的估值, 通常是用来投标的, 和实际用量是有差别的。受算量模型精确度的影响, 概预算软件在进行预算量计算前, 先要根据工程基础数据建立一个算量模型, 在算量模型的基础上进行计算, 但这个模型信息相对较少, 并不能反映实际施工情况。例如, 管线的具体走向等信息。所以, 预算量必然与实际用量存在差距。而 BIM 提取量是基于经过深化设计后的 BIM 模型计算得出的, 该模型的功能就是为了指导施工, 现场施工的效果理论上就是要达到 BIM 模型的效果, 所以 BIM 提取量是最接近现场实际用量的, 只是有的 BIM 软件在统计工程量时和算量软件的算法有所不同, 应用的时候要予以注意。

很多工程师会问一个问题, 就是直接利用算量模型深化得到 BIM 模型可以吗? 答案是否定的。因为算量模型的信息含量和 BIM 模型差距很大, 受算量软件的功能限制, 算量模型包含的信息非常有限, 在此基础上即使深化也很难达到 BIM 模型所需要的效果。而对于 BIM 技术来说, 工程量统计只是其模型应用的一个环节而已。所以目前有的软件厂家已经推出将 BIM 导入算量软件, 利用算量软件的算法相对准确的优点, 在算量软件中计算工程量, 这是一个很好的思路, 但是用户在应用的时候要考虑 BIM 模型进入算量软件后的识别度问题。

(4) 预制加工 预制加工就是利用 BIM 模型得到管线等元件的生产加工图, 工厂化预制, 然后进行现场组装, 减少或避免现场加工环节, 不仅生产效率高、安装简便、有利于提高安装质量, 同时也符合绿色施工的要求, 是今后机电安装工程发展的必然趋势。本书第 9 章针对预制加工在机电安装工程中的应用有详细的介绍。

(5) 系统校核 系统校核功能对 BIM 模型中构件所关联的物理及功能信息精确度要求很高, 系统内零部件的相关信息要准确可靠, 否则校核结果就失去了参考价值。施工企业应用系统校核功能的目的之一是针对设计院初始设计资料中的设备选型进行校核, 因为设计院在进行初始设计时, 设备选型通常是依据经验和通用公式进行计算, 此时机电各系统的管线具体走向尚未确定, 计算误差难以避免。而施工企业基于管线综合、碰撞检测后的模型进行系统校核, 其真实度很高, 计算结果相对精确可信。当然, 理想状态是 BIM 技术的应用从设计开始, 设计院利用 BIM 技术进行设计时必然需要计算, 方案确定后, 校核是必需的, 那么设备选型的精确度就会有本质的提高。系统校核对机电系统后期的调试运营也很有价值, 利用风管、水力等校核计算的结果, 可以得到最不利环路、系统薄弱点、阀门的开度等信息, 这样有利于后期的调试、维护。目前系统校核功能应用还不是很普遍, 这与该功能对模型精细度要求较高有关, 也受当前 BIM 软件的功能限制。但是从成功的案例来看, 应用效果是非常好的。

(6) 施工模拟与进度控制 施工模拟与进度控制是利用 BIM 模型按照施工顺序将施工过程动态展示出来。目前在大部分项目中, 这个功能的实际应用效果不是很好。很多项目还停留在做成三维动画, 用于投标和项目成果汇报, 用来演示。施工模拟和进度控制功能的真正落地必须和项目实际施工过程相结合, 与现场管理相结合, 虽然广联达的 5D 平台能够把时间和成本融入 BIM 模型, 但如果只是按照计划进度所做的施工模拟, 不与实际施工过程相结合, 得到的只是一个理想过程, 无法达到用于实际施工进度控制的要求。但是施工模拟在某些复杂节点上对于优化安装工序是很有价值的, 针对某些复杂区域, 可以利用模型动态