

KEY TECHNOLOGIES  
AND ENGINEERING APPLICATIONS  
OF SMART CONSTRUCTION

智慧建造  
关键技术与工程应用

李久林 等著

中国建筑工业出版社

# 智慧建造

关键技术与工程应用

李久林 等著

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

智慧建造关键技术与工程应用 / 李久林等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017.12  
ISBN 978-7-112-21533-1

I. ①智… II. ①李… III. ①智能化建筑—研究  
IV. ①TU18

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第284620号

本书系统总结了我国大型建筑工程数字化建造的实践经验, 构建新兴信息技术与先进工程建设技术高度融合的智慧建造概念体系、技术体系、评价体系, 并在各示范工程中应用示范, 形成相关实施指南。另精练介绍了槐房再生水厂工程、长沙梅溪湖国际文化艺术中心工程、北京新机构工程、跨永定河特大桥工程等大型工程项目的智慧建造技术应用实践, 为读者提供实例介绍。

责任编辑: 刘江 赵晓菲 朱晓瑜  
责任校对: 芦欣甜

## 智慧建造关键技术与工程应用

李久林 等著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)  
各地新华书店、建筑书店经销  
北京锋尚制版有限公司制版  
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 25 字数: 554千字

2017年12月第一版 2017年12月第一次印刷

定价: 70.00元

ISBN 978-7-112-21533-1

(31174)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

( 邮政编码 100037 )

## 编写委员会

总 顾 问：陈代华 郭延红 郑 江

顾 问：储昭武 彭成均 张晋勋 吴继华 刘月明 姚自然

主 编：李久林

副 主 编：温爱东 张建平 马智亮

编写人员：(按姓氏笔画排序)

弓俊青	马辰飞	王 勇	王叶红	王亚婧	田 军
田佩龙	冯 硕	刘 鹏	刘长宇	刘金兴	刘京城
刘奎生	刘震国	闫桂兰	关云峰	汤洪彬	苏李渊
李 承	李 烨	李明奎	李建华	李洪兵	杨国良
肖杨平	何辉斌	汪家继	张 勇	张云翼	张文超
张东东	张仕睿	张振宇	陈利敏	林 力	林佳瑞
孟 涛	孟文博	胡振中	段先军	段劲松	费 恺
聂 鑫	顾银鑫	郭利佳	陶慕轩	崔 彦	寇志强
董锐哲	蒋 军	蒋 勇	谢敬革	雷素素	窦 一

建筑业是国民经济的支柱产业。改革开放以来，我国建筑业快速发展，建造能力不断增强，产业规模不断扩大，对经济社会发展、城乡建设和民生改善作出了重要贡献。然而，在工程建造过程中仍然存在着科技含量相对较低、管理相对粗放、能耗相对较高的问题。目前，在我国经济全面深化改革的浪潮中，建筑产业作为典型的传统行业，在政策、经济、社会、技术等因素的共同推动下也将迎来重大变革。

“十三五”期间，随着建筑业全面深化改革步伐不断加大，迫切需要利用以信息技术为代表的现代科技手段，实现中国建筑产业转型升级与跨越式发展。2017年2月21日，国务院办公厅正式发布了《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），明确提出推进建筑产业现代化，推广智能建筑，推动建造方式创新，提高建筑产品的品质。

在互联网+时代，随着建筑施工行业对信息化建设的探索不断深入，越来越多的信息技术手段集成应用改变了传统的建造方式，使工程建造更加智慧化。“智慧建造”应运而生，它是建立在高度的信息化、工业化和社会化基础上的一种信息融合、全面物联、协同运作、激励创新的工程建造模式，是BIM、物联网、大数据等信息技术与先进建造技术的有机融合，顺应了时代和社会的发展需求，体现了建筑业的创新变革。

李久林是“智慧建造”概念的提出者及倡导者之一，拥有完整的理论知识与丰富的工程实践经验，已经出版《智慧建造理论与实践》、《大型施工总承包工程BIM技术研究与应用》等专著。在此基础上，结合近几年工程实践，其团队进一步总结提升编著了《智慧建造关键技术与工程应用》一书，系统地总结完善了智慧建造理论体系，收集剖析槐房再生水厂、北京新机场、长沙梅溪湖等大型工程智慧建造实践案例，为建筑业推广智慧建造提供了系统性的理论和实践指导。

总之，该书理论体系完整、应用案例丰富，相信本书的出版发行将为我国智慧建造模式的发展，起到重要的推动作用。

清华大学土木工程系教授，清华大学未来城镇与基础设施研究院院长，清华大学学术委员会副主任，中国钢结构协会专家委员会主任，中国工程院院士

2017.12.12 于清华园

目前,我国正在进行着世界上最大规模的工程建设,随着 BIM、物联网、移动互联网、云计算、大数据等信息技术的研究与应用,智慧建造已经成为广大学者的共识。就现阶段而言,智慧建造在关键技术、评价体系以及产业模式等方面仍存在着一些需要解决的问题。

北京城建集团是我国最早倡导智慧建造的先行者,积极开展智慧建造技术科学研究与工程应用,取得了丰硕的成果,极大地推进了智慧建造事业的快速健康发展。2014年5月,由北京城建集团牵头,联合业内多家大型企事业单位共同成立了“中国城市科学研究会数字城市专业委员会智慧建造学组”,搭建了全国首个智慧建造学术交流平台;2015年6月,由北京城建集团牵头,联合清华大学、北京排水集团、北京市市政设计研究总院共同承担了北京市科技计划课题——《大型建筑工程智慧建造与运维关键技术研究与应用示范》;2015年7月,出版了国内首部智慧建造专著——《智慧建造理论与实践》,阐述了智慧建造理论、描绘了智慧建造发展蓝图,这是我国首个系统研究智慧建造的科研课题;同时,集团注重工程实践集成应用,先后在国家体育场、昆明新机场、北京英特宜家购物中心、北京新机场、北京槐房再生水厂、长沙梅溪湖文化艺术中心、长安街西延跨永定河特大桥等大型工程中集成应用。

在多年科研与实践的基础上,团队成员总结编写了此专著,以期更进一步推进智慧建造的发展。本专著的编写人员既有多年从事智慧建造相关研究的专家学者,也有长年奋斗在工程一线的高级技术人员。具体编著分工如下:第1章由李久林、陈利敏、王勇、田军编写;第2章由张建平、林佳瑞、张云翼编写;第3章由马智亮、张东东、李洪兵、李承、蒋军编写;第4章由温爱东、冯硕、王亚婧、谢敬革编写,第5章由刘奎生、段劲松、刘震国、弓俊青、郭利佳、李明奎、窦一、孟涛编写;第6章第1、2、3、4节由胡振中、田佩龙编写,第5节由蒋勇、张文超、李焯编写;第7章由刘京城、苏李渊编写;第8章由李建华、段

先军、雷素素、刘金兴编写；第9章第1、3、4、5节由杨国良、寇志强、何辉斌、刘长宇、崔彦、张振宇、张勇、肖杨平、张仕睿编写，第2节由陶慕轩、董锐哲、聂鑫、汪家继、刘鹏、马辰飞编写；第10章由费恺、汤洪彬、王叶红、顾银鑫编写；第11章由关云峰、闫桂兰、孟文博、林力编写。全书由李久林、陈利敏统稿，全书由李久林审定。

本书在编写和审核的过程中，得到了有关专家和业内同行的大力支持和帮助，在此编者表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者给予指正。



# 目录

## 第1章

### 建筑工程智慧建造理论体系

1.1	工程建造的发展历程	002
1.1.1	数字化建造阶段	002
1.1.2	信息化建造阶段	002
1.1.3	智慧建造阶段	003
1.2	智慧建造的概念体系	003
1.2.1	广义智慧建造	003
1.2.2	狭义智慧建造	004
1.3	智慧建造的支撑技术	005
1.4	智慧建造的建造技术	007
1.5	建筑信息物理交互技术	011
1.5.1	定义	011
1.5.2	系统的特点	011
1.5.3	系统架构及功能	012
1.5.4	研究与应用	013
1.6	智慧工地	014
1.6.1	背景及意义	014
1.6.2	研究应用现状	016
1.6.3	智慧工地管理平台	022
1.6.4	存在问题及发展趋势	029

## 第2章

### 基于云技术的建筑工程全生命期 BIM 集成管理应用

2.1	面向建筑全生命期的 BIM 实施模式研究	032
-----	----------------------	-----

2.1.1	建筑全生命期管理 .....	032
2.1.2	建筑工程管理模式分析 .....	033
2.1.3	全生命期各阶段 BIM 建模与交付 .....	035
2.2	基于云计算的 BIM 数据整合与共享 .....	037
2.2.1	基于云的 BIM 集成与管理平台架构 .....	037
2.2.2	基于 IFC 的 BIM 模型结构 .....	038
2.2.3	基于 HBase 的 BIM 数据存储 .....	041
2.2.4	基于 IFC 的 BIM 数据集成与共享 .....	042
2.3	面向建筑全生命期 BIM 集成与应用管理实践 .....	044
2.3.1	系统部署 .....	044
2.3.2	数据准备 .....	045
2.3.3	数据互用与管理 .....	047
2.3.4	数据集成 .....	048

### 第3章

#### 集成项目交付模式应用

3.1	集成项目交付模式概述 .....	052
3.1.1	国外 IPD 项目法律架构 .....	052
3.1.2	国外 IPD 项目流程 .....	053
3.1.3	国外 IPD 项目实施方法 .....	054
3.2	集成项目交付模式实施模型与标准 .....	058
3.2.1	组织架构 .....	059
3.2.2	工作流程 .....	059
3.2.3	信息 .....	060
3.2.4	信息传递 .....	060
3.2.5	协同工作 .....	063
3.2.6	交流 .....	064
3.3	基于 BIM 的集成项目交付协同工作平台 .....	066
3.3.1	平台架构 .....	066
3.3.2	平台功能 .....	067

3.4 集成项目交付模式的试用.....	073
3.4.1 试用过程 .....	074
3.4.2 试用评价 .....	083

## 第4章

### 槐房再生水厂智慧设计实践

4.1 工程概况.....	086
4.1.1 工程总体情况.....	086
4.1.2 地下空间概况.....	088
4.1.3 湿地工程概况.....	088
4.2 智慧设计实践 .....	089
4.2.1 热水解消化污泥板框脱水性能研究 .....	089
4.2.2 基于BIM的水厂智能设计.....	096
4.2.3 基于BioWin的污水处理工艺仿真.....	113

## 第5章

### 槐房再生水厂智慧施工实践

5.1 基于物联网的施工综合管控 .....	124
5.2 基于计算机模拟的跳仓法施工 .....	132
5.2.1 应用概况 .....	132
5.2.2 基于有限元分析的混凝土浇筑仿真 .....	132
5.2.3 混凝土浇筑与养护期间的温度、应力模拟结果与分析.....	135
5.3 混凝土温度与应力变化监测系统研究与应用 .....	139
5.3.1 自动化监测意义.....	139
5.3.2 自动化监测原理.....	139
5.3.3 温度与应变监测硬件与软件.....	141
5.3.4 传感器安装布设与保护 .....	142
5.3.5 监测应用效果分析 .....	146

## 第6章

### 槐房再生水厂智慧辅助运维管理实践

6.1	BIM 信息集成交付与应用	150
6.1.1	BIM 信息集成交付实践	150
6.1.2	BIM 信息集成应用实践	153
6.2	基于 BIM 与物联网的水质水量监控和分析	155
6.2.1	关键技术方法	155
6.2.2	实践应用	160
6.3	基于 BIM 和物联网的环境监控与预警	166
6.4	基于 BIM 和物联网的综合运维管理系统开发	169
6.4.1	需求分析	169
6.4.2	系统架构设计	171
6.4.3	系统功能设计	176
6.4.4	系统数据库设计	180
6.4.5	系统实现	182
6.5	基于 BioWIN 辅助工艺运行调控	182
6.5.1	模型模拟过程	183
6.5.2	模型建立	184
6.5.3	数据调研及参数确定	184
6.5.4	模型校准	186
6.5.5	模型验证	186
6.5.6	运行调控	188

## 第7章

### 长沙梅溪湖国际文化艺术中心智慧建造实践

7.1	工程简介	192
7.1.1	工程概况	192
7.1.2	智慧建造策划	195
7.2	基于云平台协同化和 BIM 参数化的深化设计	196
7.2.1	基于云平台协同的深化设计	196
7.2.2	基于 BIM 的参数化深化设计	197

7.3	基于数控技术的数字化加工	202
7.3.1	钢结构数字化加工	202
7.3.2	屋面幕墙 GRC 数字化加工	203
7.4	基于数字建造技术的集成化施工	207
7.4.1	钢结构施工	207
7.4.2	屋面幕墙施工	211
7.4.3	精装修施工	216
7.5	基于项目级大数据的信息化运维	217
7.5.1	模型信息移交	217
7.5.2	屋面幕墙 GRC 运维	218
7.6	智慧建造实践总结	219
7.6.1	社会效益	219
7.6.2	经济效益	220

## 第 8 章

### 北京新机场智慧建造实践

8.1	工程概况	222
8.2	智慧工地集成管理平台	222
8.2.1	可视化数据展现	222
8.2.2	集成导航	226
8.2.3	数据管理	226
8.2.4	系统管理	226
8.3	劳务实名制一卡通系统	228
8.3.1	现场部署标准化	228
8.3.2	业务管理标准化	229
8.4	塔吊安全监控管理系统	232
8.4.1	塔机安全监控系统构成	232
8.4.2	塔吊监控系统实现的主要功能及原理	235
8.5	新机场视频监控系统	239
8.5.1	视频监控系统建设目的	240
8.5.2	视频监控系统总体设计	240
8.5.3	硬件部署说明	244

8.5.4 视频监控系统功能 .....	245
8.6 智慧建造实践总结 .....	249

## 第9章

### 跨永定河特大桥智慧建造实践

9.1 工程概况 .....	252
9.1.1 工程概况 .....	252
9.1.2 工程难点 .....	254
9.2 BIM 协作与深化设计 .....	258
9.2.1 基于 BIM 的设计施工协同深化 .....	258
9.2.2 基于 BIM 技术的定位架深化 .....	259
9.2.3 基于 BIM 的支架深化设计 .....	262
9.2.4 基于 BIM 技术的吊耳深化 .....	276
9.3 数字仿真技术 .....	291
9.3.1 基于 BIM 技术的吊装仿真 .....	291
9.3.2 三维扫描的曲板验收 .....	296
9.4 智能管理 .....	299
9.4.1 基于 BIM 的施工管理 .....	299
9.4.2 施工监控 .....	306
9.5 智慧建造实践总结 .....	307

## 第10章

### 基于 BIM 的千佛阁重建工程实践

10.1 工程概况 .....	310
10.2 BIM 技术应用背景 .....	310
10.3 基于 BIM 的设计施工 .....	311
10.3.1 BIM 技术应用内容 .....	312
10.3.2 BIM 技术采用的软件 .....	313
10.3.3 BIM 数据制造过程 .....	313
10.3.4 BIM 技术应用的主要成果 .....	316

10.4	施工现场管控	322
10.4.1	施工现场管控方式	322
10.4.2	进度计划安排	322
10.4.3	深化设计阶段解决问题	322
10.4.4	施工阶段解决的问题	323
10.4.5	工艺模型解决的问题	324
10.5	辅助维护	324
10.6	BIM 技术的应用效益	325
10.6.1	经济效益	325
10.6.2	节能环保效益	325
10.6.3	社会效益	325

## 第 11 章

### 基于 BIM 平台的建筑室内空气环境单元式控制

11.1	智能新风系统研究	328
11.1.1	现状	329
11.1.2	新风系统	331
11.1.3	智能家居	333
11.2	智能新风系统设计理念	335
11.2.1	执行机构设计理念	335
11.2.2	净化新风机的研发	336
11.2.3	人机界面设计理念	336
11.2.4	后台服务管理系统设计理念	337
11.2.5	控制策略	338
11.3	智能新风系统控制核心技术	338
11.3.1	净化技术	338
11.3.2	热交换技术	340
11.3.3	智能新风控制系统控制技术	341
11.3.4	基于 BIM 平台维护管理	342
11.3.5	空气质量检测传感器及接口技术	343
11.4	智能新风系统设计依据	345
11.4.1	设计依据和要求	345

11.4.2	施工与安装.....	352
11.4.3	系统调试与验收.....	354
11.4.4	工程规范标准要求.....	356
11.5	工程案例分折.....	357
11.5.1	背景介绍.....	357
11.5.2	样板间设计及运行效果测试.....	358
11.6	智慧建造总结.....	366
11.6.1	主编标准和图集.....	366
11.6.2	智能新风系统技术.....	366
附录	模型交付精度要求.....	368
	参考文献.....	376



## 第1章



# 建筑工程智慧建造 理论体系