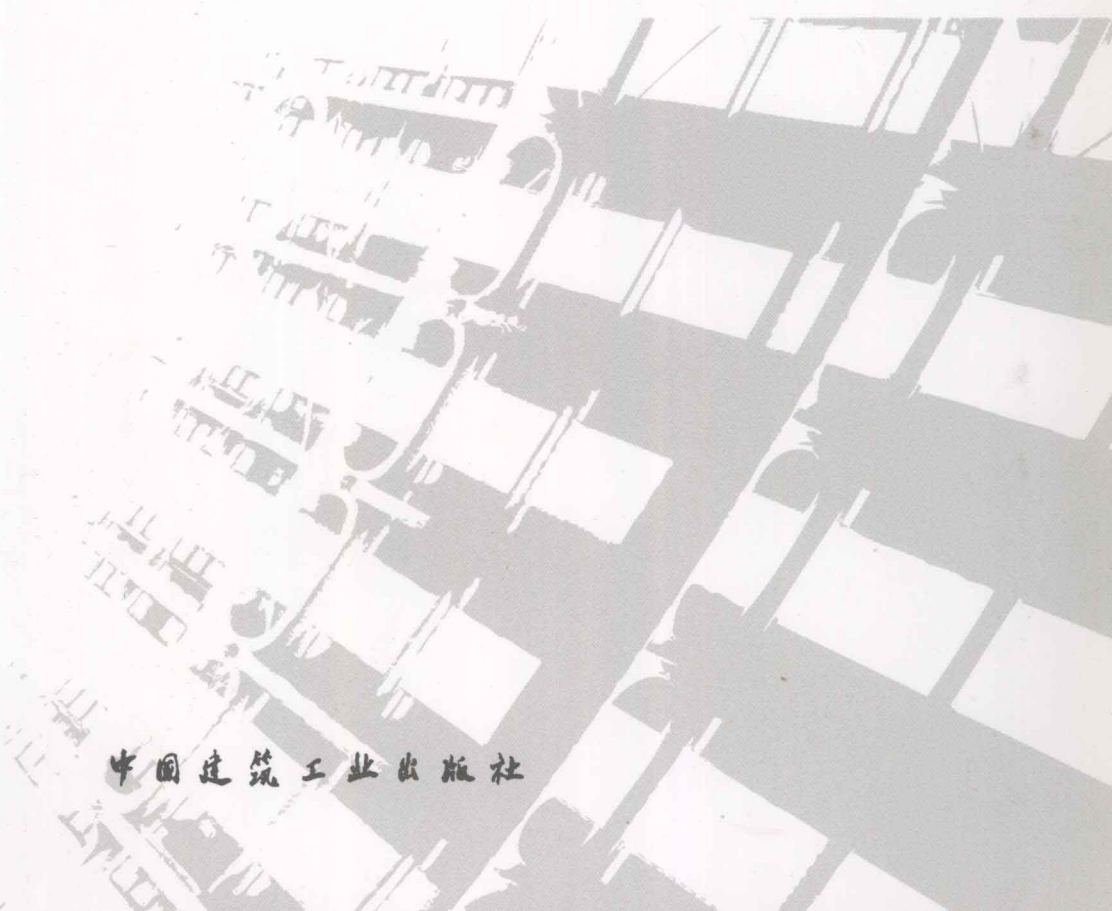




钢结构

工程项目管理

牛春雷 ● 编著



中国建筑工业出版社

钢结构工程项目管理

牛春雷 编著

中国建筑工业出版社

前 言

作为一个工程项目管理的从业人员，我一直想写一本关于钢结构方面的书。目前钢结构的书也有不少，其中许多是非常不错的，如钢结构协会编著的《建筑钢结构施工手册》，刘大海、杨翠如两位老师编著的《高楼钢结构设计》等，从钢结构专业技术来说，我是无论如何写不过他们的了，那么我的书该如何写，才能够对广大读者有所裨益呢。我想，我有一项优势是别人所没有的，那就是我全程参与了中央电视台新址工程主楼的建设工作，从项目的立项、可研、设计，乃至施工的整个过程，从2002年元旦开始，到现在已经九年有余。中央电视台新址工程主楼恐怕是目前国内外最为著名的钢结构建筑了，它独特的造型备受争议，而且体量庞大、技术复杂，两个双向倾斜 6° 的塔楼在空中大尺度悬挑，然后又呈三角形空间对接，违背了结构设计的一些基本规律，施工难度大。但有赖于我们中国人的聪明才智，这个楼的钢结构从2006年2月15日正式开始吊装以来，仅用了两年时间，到2008年3月26日，主楼的钢结构就封顶了，这不能不说是一个奇迹。这个工程从结构设计到施工都采用了许多的新技术新工艺，为钢结构工程学界也开创了一片新天地，设计方和施工方已就这个工程写了不少的文章，施工单位中建总公司还出了一本专著《中央电视台新台址主楼结构施工》。这个钢结构大楼的成功凝聚了太多人的心血，虽然不少人因为种种原因离开了，但他们的功绩不应被忘记。

在参与整个工程项目管理的工程中，我也学到了很多。不仅仅是技术上的，更重要的是管理的方法和经验。对项目的成功来说，技术固然重要，但更重要的是管理，不是单纯的管理，而是一种融合了工程技术与项目管理知识的管理。我想这应该就是我写作的方向，将项目的管理与钢结构工程的具体实践相结合，目前在这方面尝试的人并不多。我并不想仅仅来介绍中央电视台新址工程的项目管理，因为这个工程不管从技术上，还是管理上有许多经验都是不可复制的。我想从一个更广泛的角度来加以阐述，并且是经过了自我的提炼和思考，央视新址工程只是其中一个很典型的例子。

现在许多人进入工程项目管理这个领域，并有幸从事钢结构工程的项目管理，他们之前或者是做结构设计的，或者是搞结构施工的，再或是来自和结构工程完全不相干的技术领域，那么他们首先需要的是转换思维，将技术思维转换到管理思维上来，即考虑问题不再仅仅是单纯从技术角度，而是要拓展到项目管理的各个方面来，进度、造价、安全、质量等，要对工程项目管理的知识领域有全面的了解。我的理解是，搞项目管理，知识的广度比专、精度更为重要，项目管理更需要通才，而非专才。我在参加中央电视台新址工程项目管理之前，就从事过多年的结构设计工作，对这一转变过程深有感触，对转变过程中需要掌握的管理知识及如何将技术和管理融合起来也有了一定的体验，本书即是希望将自己多年来的体验总结出来，供那些有志于工程项目管理领域，并迫切需要拓展知识领域的工程师及管理者参考。本书虽然是写钢结构工程的项目管理，但实际内容要大大超出钢结构工程本身，因为谈论管理，仅仅针对钢结构本身是没法谈的，项目管理的方法论是针对工程总体的，而不仅仅是钢结构。所以，在每一个章节，都要先对方法论进行说明，然后再针对钢结构工程管理的说明进行说明，说明的重点在于理清概念，阐明各环节之间的逻辑关系，力求使读者对工程项目管理的全景有一个全盘的了解，然后再深入到具体的钢结构工程项目管理中去。

对于工程项目的立项和可研阶段的管理，与钢结构的关系不大，市场上相关的书籍也很多，本书不再讨论。本书的内容即从设计阶段开始，希望能够对读者们有所帮助。

本书在写作过程中，得到了华东建筑设计研究院有限公司、北京远达国际工程管理咨询有限公司、中建集团央视项目部有关同志的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。由于作者水平所限，书中肯定有不足的地方，恳请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 项目的知识要点	1
1.2 钢结构工程的概念和特点	4
1.3 钢结构工程的规范和标准	7
第 2 章 设计阶段的项目管理	10
2.1 工程设计管理的方法论.....	10
2.2 钢结构工程的钢材选用.....	14
2.3 设计阶段的划分和各阶段的设计深度.....	23
2.4 方案设计阶段的工作重点.....	27
2.5 初步设计阶段的工作重点.....	27
2.6 施工图设计阶段的工作重点.....	63
第 3 章 钢结构工程的质量管理	64
3.1 质量管理的概述.....	64
3.2 钢材的质量控制.....	66
3.3 钢结构的深化设计.....	68
3.4 钢结构的加工制作.....	69
3.5 钢结构的安装.....	81
第 4 章 钢结构工程的进度管理	107
4.1 工程进度管理的概述	107
4.2 施工阶段钢结构工程的进度管理	109
第 5 章 钢结构施工的安全管理	119
5.1 钢结构施工安全管理的方法论	119
5.2 钢结构安全生产技术措施	120
第 6 章 钢结构工程的全过程造价管理	126
6.1 概述	126
6.2 设计阶段的造价管理	128
6.3 施工招标阶段的造价管理	130
6.4 施工阶段的造价管理	139
第 7 章 钢结构工程紧密相关的一些其他工程	144
7.1 防腐涂装工程	144
7.2 防火涂装工程	147
7.3 压型钢板复合楼板工程	150
参考文献	153

第1章 概述

1.1 项目管理知识要点

项目管理知识体系按照其组成元素可分为9个知识领域，见表1-1。

项目管理知识体系的构成

表 1-1

序号	项目管理知识体系构成		概念	说明
	分类	名称		
1	核心元素： 决定着项目的 可交付目标	范围管理	确保项目成功完成所需的全部工作，但又只包括必须完成的工作的各个过程。它主要关心的是确定与控制那些应该与不应该包括在项目之内的过程，来满足出资者以及利益相关者的目标。项目范围管理包括授权、范围规划、范围定义、范围变更管理和范围核实组成	设计文件是范围管理的核心，项目管理的前期工作以获得设计文件为目的，后期以将设计文件付诸实施为目的，见第2章
2		进度管理	包括使项目按时完成必须实施的各项过程。由活动定义、活动排序、活动持续时间估算、制定日历、编制进度计划和时间控制组成	具体见第4章
3		造价管理	包括使项目在批准的预算内完成的各项过程。由资源计划、成本估算、成本预算、现金流和成本控制组成	具体见第6章
4		质量管理	包括保证项目满足原先规定的各项要求所需的实施组织的活动。由确定需要的条件、质量计划、质量保证和质量控制组成	具体见第3章
5	非核心元素：提供了达到可交付目标的方法	采购管理	包括从项目团队外部购买或获得为完成工作所需的产品、服务或成果的过程。由采购计划、申请计划、申请、资源选取、合同监控和合同收尾组成	
6		人力资源管理	包括项目团队组建和管理的各个过程。由组织计划、人员获取和团队建设组成	
7		信息管理	包括项目信息合理收集以及发放的各项过程。由沟通计划、信息发放、项目会议、进度报告和管理收尾组成	
8		风险管理	包括识别、分析和响应过程的项目风险的各项过程。由风险识别、风险定量分析、风险响应和风险控制组成	
9		集成管理	将主要的项目管理流程（计划、实施和控制）集成在一起	

工程项目管理就是项目管理知识与工程技术相结合的一个过程，不管有意还是无意，系统还是不系统，我们在工程项目管理中都在使用项目的知识，而项目的知识也只有与具体的技术实践相结合，才能够发挥作用。项目的核心元素在后续的各个章节中将作专门的介绍，对于非核心元素，下面作一个简要的说明。

1. 人力资源管理

工程项目的管理团队包括业主（含项目管理公司）、设计、监理、施工单位（包括总承包商、分包商、材料供应商、系统集成商等）。业主是项目管理团队的核心，它决定项目管理的模式，并选择和确

定其他的团队成员。选择其他团队成员的办法主要是通过招标，各团队成员之间主要是合同关系。同时，业主对设计单位的主要设计人员、监理单位的总监以及施工单位的项目经理、总工等主要管理人员会提出相应的要求。业主的一个重要职责就是以合理的价格选择有能力、有信誉、有积极性的最合适的团队成员，这对项目的成功至关重要。各团队内部的人力资源管理由各团队自己负责，但同时也要对业主负责。

2. 风险管理

风险产生的原因，一是项目外部环境的千变万化，使风险难以被全部预料；二是项目自身的复杂性以及人的认识能力的局限性。

(1) 风险因素的识别，见表 1-2。

风险因素识别

表 1-2

类别	风险因素	具体因素
技术风险	设计	设计内容不全、设计有缺陷、设计错误或遗漏、规范使用不恰当、地质条件未考虑或有误、设计缺乏施工可行性、工艺设计未达到先进性指标、工艺流程不合理
	施工	施工工艺落后、施工技术和方案不合理、施工安全措施不当、应用新技术新方案失败、未考虑工程现场实际情况、操作安全性考虑不周等
其他因素	自然与环境	洪水、地震、水灾、台风、雷电等不可抗拒自然力，不明的水文气象条件，复杂的工程地质条件，恶劣的气候，施工对环境的影响等
	政治法律	法律和规章的变化、战争和骚乱、罢工、经济制裁和禁运等
	经济	通货膨胀、汇率变化、市场的动荡、社会各种摊派和征费等
	组织协调	业主和上级主管部门的协调，业主和设计方、施工方和监理方的协调，业主内部的组织协调等
	合同	合同条款遗漏、表达有误，合同类型选择不当，承发包模式选择不当，索赔管理不力，合同纠纷等
	人员	业主人员、设计人员、监理人员、工人、技术员、管理人员的素质（能力、效率、责任心、品德）
	材料	原材料、成品、半成品的供货不足或拖延，数量差错质量规格有问题，特殊材料和新材料的使用有问题，损耗超标和浪费等
	设备	设备供应不足、类型不配套、故障、安装失误、选型不当
	资金	资金筹措方式不合理、资金不到位、资金短缺

(2) 风险的处理程序。工程项目管理的过程，就是一个不断应对风险、处理风险事故的过程。按照项目管理的理论，风险的处理程序分为如下几步：①识别项目风险；②风险分析和评估；③风险规划并制定应对策略；④策略的执行；⑤检查策略执行情况 and 效果。上述的处理步骤包括风险如何量化、如何应对，在许多项目管理书上都可以找到相应的说明，本书就不再赘述。

在工程项目管理过程中，绝大多数风险都是可以预见，并可以采取应对措施来加以解决的，之所以这些风险还会发生，造成损害，关键还是应对措施贯彻不力、执行过程中疏忽懈怠所导致的。应对风险的关键还是提高项目管理的工作质量。最突出的表现就是施工现场的安全风险，虽然制度齐全，三令五申，但火灾、人员坠落事故还是屡有发生。

对于风险的解决方式大概包括以下几种。

1) 回避风险：回避的方式包括放弃，或者采取其他的选择。一般要回避的风险都是我们在项目管理过程中明令禁止的行为或做法，如禁止在地震断裂带上建造房屋，禁止高空作业不系安全带，禁止在工地抽烟等。

2) 预防或减小风险：如果风险是不能回避的，则必须采取必要的措施预防或减少风险可能造成的损害。因为风险是无处不在的，这是我们在项目管理过程中主要的方式。如为了防止资金不到位，我们必须提前通过各种渠道筹措资金；为了防止出现安全事故，我们制定了各种安全措施、技术方案，并严格贯彻执行；为了防止出现设计问题，我们制定了设计文件的校对、审核乃至施工图审查的程序，

等等。

3) 风险非保险转移：项目的参与者包括业主、承包商、材料供应商、监理等，在项目实施的过程中，项目参与各方必须共担风险，业主通过招标及签订合同，将一些风险转移给承包商或供应商等。这是最常用的一种转移方式，如对于一年期以内的项目，业主通常在合同内要求承包商承担一定范围内的材料价格上涨风险；对于设备材料供货过程中的风险，通过合同转交给承包商来采购，就可以转移风险；对于施工安全，也是通过施工承包合同转移给承包商来承担，等等。

4) 工程保险：保险也是风险转移常用的一种形式，如购买建筑工程一切险、雇主责任险，等等。

5) 风险保留：对于某些风险，它必定会发生，虽然我们采取了种种措施，仍然无法彻底避免，这类的风险也不少，如工程变更导致的费用上涨、自然环境的影响、一些不可抗力事件等，在这种情况下，可以预留一部分风险金来应对风险。

尽管我们殚精竭虑，但人的认识是有限的，有些风险仍然是我们无法预料的，或者虽然采取了种种措施，但仍然无法避免，在这种情况下，我们必须作最坏的打算，做好应急预案，风险来了，积极应对，才能使我们的损失降到最低。

3. 沟通管理

包括项目信息合理收集以及发放的各项过程。由沟通计划、信息发放、项目会议、进度报告和管理收尾组成。关于沟通管理，应注意以下方面：

(1) 沟通的方式：在传统的会议、书面文件、传真、电话交流方式的基础上，在信息化的时代，新的交流方式使沟通更加方便、快捷。新的沟通方式包括 E-mail、ftp、MSN、QQ、视频电话等，某些项目还建立专用的电子信息平台来进行交流。

尽管有如上诸多的交流方式可以沟通信息，但只有书面文件才是正式的，一旦产生纠纷，一切均以书面文件为准。

(2) 沟通的制度：在项目起始阶段，要建立文件的分类、归档、收发、请示、审批等制度，另外还需建立会议制度，保密制度等。

(3) 信息储存和归档：对于工程文件来说，不仅实现沟通的功能，同时文件必须按照要求来归档。如果不按照要求来归档，项目是无法验收的，而且也不利于工程的后续使用。项目沟通过程中的文件种类繁多，如何整理和归档这些文件，应按照国家及地方的建筑工程资料管理规程来进行，如《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)、北京市地方标准《建筑工程资料管理规程》(DB11/T 695—2009)等。

4. 采购管理

包括从项目团队外部购买或获得为完成工作所需的产品、服务或成果的过程。由采购计划、申请计划、申请、资源选取、合同监控和合同收尾组成。

工程项目的采购是一项非常复杂的工作，采购内容多，工作量大，必须提前进行整体的规划，对每一项采购内容提出时间要求，避免漏项。采购的规划也是分阶段来进行的，在项目立项以后，应进行一次集中的规划，主要是设计及咨询服务的采购，在施工招标之前，也应进行一次集中的规划，主要是设备、材料及施工服务的采购。

采购的内容大致可以分为两类：一是设备或材料的采购，二是服务的采购，服务又包括技术咨询、施工、管理服务等。多数采购都是既包括设备材料，又包含技术、施工及管理服务，如施工招标，都是综合性的采购过程。

项目的采购主要是通过招标的方式来进行的。项目采购实质上的主体虽然都是业主，但在项目管理过程中，不同的项目管理模式中，项目采购的主体是有所变化的，或者是业主直接采购，或者是业主委托项目管理公司来采购，也或者是业主委托承包商来采购。

在项目管理的过程中，采购工作一直在进行，但有两次集中采购的过程，一是设计服务的采购，即设计招标；二是施工服务采购的过程，即施工招标。要做好采购工作，关键是两点：一是明确需求，二

是了解市场，其余则主要是程序性的工作。明确需求有两层意思，一是要明确采购什么，二是要对采购的项目有明确的要求。了解市场则需要了解潜在供应商的情况、行业的技术水平、供需状况，价格情况等。

对钢结构工程来说，要采购的主要材料包括钢材、防火涂料、防锈漆、螺栓、焊材等，要采购的服务包括深化设计技术服务、加工和安装的施工服务等。

5. 集成管理

集成管理是将主要的项目管理流程（计划、实施和控制）集成在一起，由项目管理不同阶段的一系列文件构成和实现的。包括：项目建议书、可行性研究报告、项目管理规划、施工组织总设计及监理规划、专项施工方案等。

1.2 钢结构工程的概念和特点

1.2.1 钢结构与钢-混凝土混合结构

简单说来，钢结构分为轻钢结构和重钢结构两种。轻钢结构主要包括以网架和网壳为代表的大跨度空间结构，广泛应用于体育场馆、会展中心、航站楼、候车大厅和工业厂房等，以及以门式刚架、轻钢框架、轻钢屋架为代表的各类轻钢结构，广泛应用于工业厂房、各种仓库、商业建筑、多层钢结构住宅等。重钢结构主要是指高层建筑钢结构，重钢结构一般具有钢材厚度大、钢材强度高、焊接工艺复杂及焊接工作量大等特点。本书着重对重钢结构的高层建筑进行介绍。

从目前情况来看，高层建筑的结构形式主要分为三种：钢筋混凝土结构体系、钢与混凝土的组合结构体系、纯钢结构体系。在 20 世纪 90 年代之前，我国的高层建筑较少，钢结构的高层建筑就更少，因为钢结构的用钢量大，造价较高，设计及施工技术比较复杂，配套轻质材料不全等原因，那时期的高层建筑以钢筋混凝土结构体系为主。但进入 20 世纪 90 年代以后，钢材的产量和力学性能不断提高，施工技术也不断成熟，钢结构工程的综合效益也得到了很大的提高，尤其是超高层的建筑，钢结构更具有钢筋混凝土结构无法比拟的优势，因而在 20 世纪末和 21 世纪初，钢结构工程得到了飞速的发展。表 1-3 列出了近 10 年来，国内有代表性的高层钢结构建筑。

国内有代表性的高层钢结构建筑

表 1-3

序号	建筑名称	高度 (m)	建筑面积 (m ²)	层数 (地上/ 地下)	用钢量 (t)	建造年份	地点	抗震设 防烈度	结构体系
1	深圳地王商业大厦	383.95	14.97 万	69/3	2.45 万	钢结构安装工期：1994 年 5 月～1995 年 6 月； 总工期：1993～1996 年； 钢结构标准层安装 9d4 层	深圳市	7 度	框筒，内筒为劲性混凝土柱及剪力墙核心筒，外围为钢框架
2	北京国贸中心二期工程	156	9.6 万	39/3	0.7 万	钢结构安装：1998 年 3 月～1998 年 9 月	北京	8 度	框筒，内筒为钢筋混凝土核心筒，外围为钢框架
3	上海 21 世纪大厦	183.75	10 万	49/3	0.67 万	钢结构安装合同工期：437d	上海	7 度	框筒，内筒为钢筋混凝土核心筒，外围为钢框架及支撑
4	上海环球金融中心	492	38.16 万	101/3	5.23 万	2003 年复工，2008 年 8 月竣工，2007 年 9 月钢结构封顶	上海	7 度	劲性混凝土核心筒，周边为由巨型柱，带状桁架和巨型斜撑共同组成的巨型结构

续表

序号	建筑名称	高度 (m)	建筑面积 (m ²)	层数 (地上/ 地下)	用钢量 (t)	建造年份	地点	抗震设 防烈度	结构体系
5	北京银泰中心北塔楼	249.9	10.8 万	62/4	2 万	项目工期: 2003 年 6 月~2007 年 9 月; 钢结构: 2004~2006 年	北京	8 度	由核心区框架和外圈框架组成的钢框架体系
6	中国中央电视台主楼	237	47 万	51/3	12.8 万	钢结构: 2006 年 2 月~2008 年 4 月; 最快 6 天一层	北京	8 度	钢框架内筒刚度很弱, 只承受部分竖向荷载, 水平荷载和竖向荷载主要由柱、梁及斜撑共同形成的空间网状钢结构体系承担
7	上海金茂大厦	420.5	29 万	88/3	1.8 万	1994 年 5 月~1999 年 3 月	上海	7 度	内筒为劲性钢筋混凝土核心筒, 外筒为巨型结构
8	北京电视中心	236.4	19.8 万	42/3	3.8 万	钢结构安装: 2004 年 5 月~2005 年 7 月	北京	8 度	巨型钢框架体系, 巨型柱由钢柱、钢梁和型钢支撑组成; 巨型柱之间用巨型钢桁架梁相连
9	北京国贸中心三期工程	330	54 万	74/4	5 万多	钢结构安装: 2006 年 7 月~2007 年 10 月	北京	8 度	筒中筒结构体系, 外筒为劲性混凝土框架筒体, 内筒为型钢混凝土筒体

从上述工程实例来看, 在目前的高层建筑中钢结构得到了越来越广泛的使用, 而且值得注意的一点是, 纯钢结构的体系越来越少, 由钢-混凝土形成的混合结构体系成为目前高层建筑的主流。这是由于钢-混凝土混合结构既具有全钢结构自重轻、施工速度快的特点, 又在造价方面低于全钢结构, 应该说混合结构兼有钢和混凝土结构的优点, 是一种优化的结构类型。

钢-混凝土混合结构体系总的来说, 大体可分为两类:

第一类是钢筋混凝土核心筒+外围钢框架的体系, 这也是目前一般高层建筑中使用较多的结构体系, 是一种基本的体系, 如上海 21 世纪大厦, 见图 1-1。

这类结构体系充分利用钢筋混凝土核心筒侧向刚度大的优点来承担水平力, 在楼层比较高的情况下, 核心筒墙体内可能设置一定量的型钢骨架。外围的钢框架则主要承担竖向荷载, 有些工程根据结构内力分析和侧移计算结果, 在结构顶层和每隔若干层的楼层内, 设置若干道由核心筒外伸的纵、横向刚臂(伸臂桁架)及与之配套的外圈带状桁架。

第二类体系是在第一类体系的基础上发展起来的, 以适用于层数很多的超高层建筑。这类体系内筒为钢筋混凝土或型钢混凝土核心筒, 外围结构为密柱钢框架筒或巨型结构, 如上海金茂大厦, 其平面图如图 1-2 所示。

这种体系一般均需要在结构顶层和每隔若干层的楼层内, 设置若干道由核心筒外伸的纵、横向刚臂(伸臂桁架)及与之配套的外圈带状桁架。

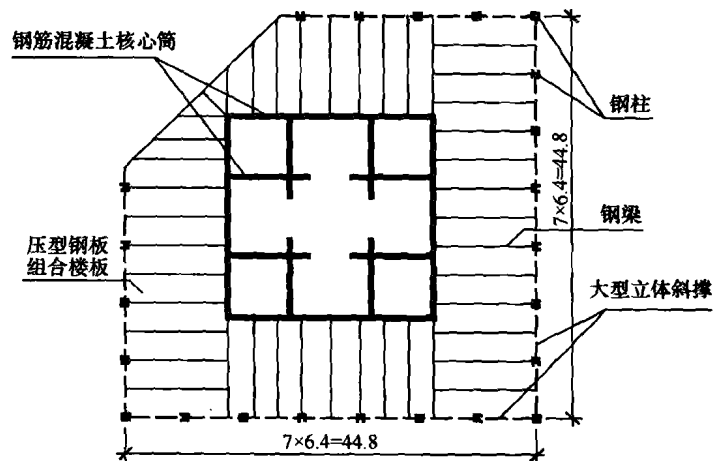


图 1-1 上海 21 世纪大厦标准层平面图 (单位: m)

在钢-混凝土混合结构体系中, 还开始大量采用型钢混凝土构件 (或称为劲性混凝土构件), 这类构件是在钢筋混凝土构件内埋设钢结构构件而形成的一种复合构件, 包括型钢混凝土柱、型钢混凝土梁等, 在某些高层建筑中, 也在钢筋混凝土核心筒剪力墙内设置型钢骨架或钢板, 形成型钢混凝土剪力墙或钢板剪力墙等, 目前在国内最为知名的超高层建筑中, 如中央电视台新址工程、上海金茂大厦、上海环球金融中心、北京国贸三期工程等, 均大量采用了型钢混凝土构件。图 1-3 中所示为一些在实际工程中采用的型钢混凝土构件。

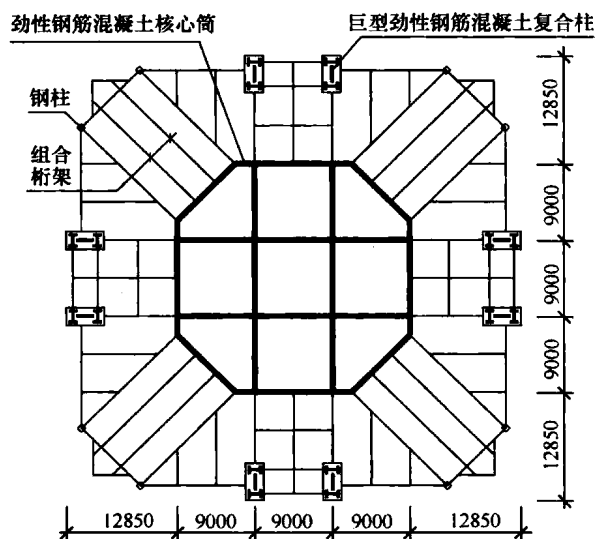


图 1-2 上海金茂大厦标准层平面图

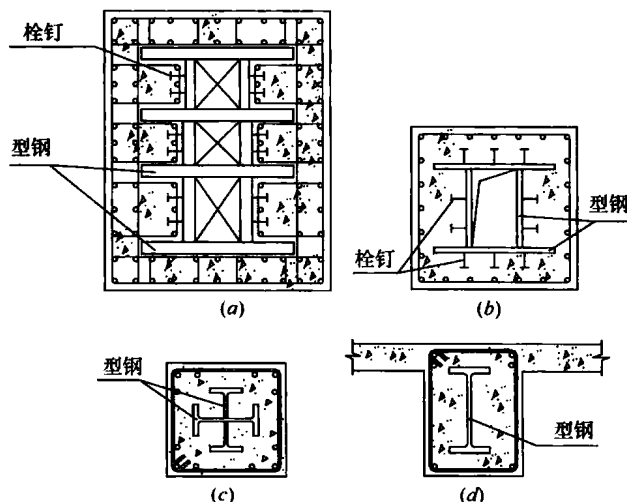


图 1-3 型钢混凝土构件截面

(a) 型钢混凝土柱截面 1; (b) 型钢混凝土柱截面 2;
(c) 型钢混凝土柱截面 3; (d) 型钢混凝土梁截面

型钢混凝土构件相对于普通的钢筋混凝土构件而言, 有诸多优点, 一是可以有效地提高构件的承载力, 减小截面面积, 在承载力相同的情况下, 截面面积可以减小一半; 同时, 型钢混凝土构件的延性比普通钢筋混凝土构件也有了较大的提高; 另外, 由于型钢混凝土构件有较厚的混凝土保护层, 因而其耐火性能和防腐性能均高于钢结构; 从施工的角度来看, 型钢混凝土中的型钢, 与压型钢板一起, 在混凝土未浇筑之前即已形成具有相当承载力的钢骨架, 以及模板支架和操作平台, 可用于进行其上若干层楼板的平行施工, 因而施工速度仅稍慢于全钢结构。

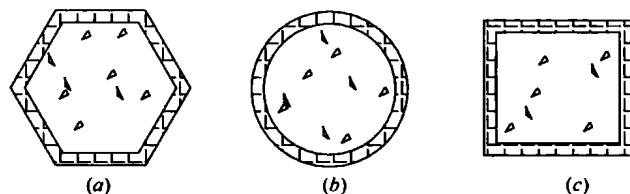


图 1-4 钢管混凝土柱截面形式

另一种常用的钢-混凝土组合构件是钢管混凝土柱。钢管混凝土由于能够同时提高钢材和混凝土的性能并方便施工而成为研究和应用的热点。按截面形式的不同, 钢管混凝土可以分为圆钢管混凝土、方钢管混凝土和多边形钢管混凝土等。如图 1-4 所示。

目前, 我国高层建筑中圆钢管混凝土柱的应用实例较多, 也有部分采用矩形截面的钢管混凝土柱。与圆钢管混凝土柱相比, 方钢管混凝土柱在轴压作用下的约束效果降低, 但相对于圆钢管混凝土柱, 其截面惯性矩更大, 因此在弯压作用下具有更好的性能。同时, 这种截面形式制作比较简单, 尤其是节点处与梁的连接构造比较易于处理, 因而在国外应用较多, 在国内的应用也呈上升趋势。对于六边形等多边形钢管混凝土, 其工作状态介于两者之间。目前, 钢管混凝土柱与泵送混凝土、逆作法、顶管法施工技术相结合, 在我国超高层建筑及桥梁建设中已取得了相当多的成果。

1.2.2 钢结构与钢-混凝土混合结构的综合效益

钢结构工程的结构造价要明显高于钢筋混凝土工程, 一般来说, 纯钢结构的造价, 约为钢筋混凝土

结构造价的两倍。除了对某些超高层建筑在技术上必须采用钢结构体系以外,对于那些既可以采用钢结构,也可以采用钢筋混凝土结构或钢-混凝土组合结构的项目,项目管理者在结构选型时则会面临多种选择。如果单纯从造价来看,钢结构肯定是不利的,但如果考虑到结构性能、有效使用面积、工期、使用灵活性等多种因素,钢结构仍然是非常有竞争力的选择。为了使最终的决策达到最优化,则要求项目管理者在结构选型阶段,必须对各种结构选型从技术、造价、工期等各方面进行综合考虑,最终选定一个最优的结构体系。

单纯从造价来看,对一个建筑工程项目而言,上部结构造价约占整个结构造价的 $2/3$;而结构造价约占整个建安工程(包括结构、室内外装修和机电)造价的 $1/3$;建安工程造价又约占一个工程项目总投资(含土地、拆迁、设计、管理费等)的 $1/2$,据此,上部结构造价约占工程总投资的 $1/9$ 左右。上述是一个比较笼统的估计,目的是使项目管理者对结构工程的费用有一个大致的估计。由于每个工程的具体情况不同,市场行情也是变化很大,如近年来钢材的价格上涨幅度很大,也造成钢结构的造价不断上扬。必须根据项目的具体情况和当时的市场行情具体分析。

在造价的因素之外,项目管理者还应该考虑钢结构的综合效益,这些综合因素包括结构自重、工期、使用面积的增加、使用的灵活性等,以下将分别予以说明:

1. 结构自重

钢结构高楼的自重明显要轻于钢筋混凝土高楼的自重,前者比后者减轻自重约 30% 以上。

结构自重减轻,地震作用变小,使构件的内力减小,构件的截面也随之减小;同时,由于自重减轻,也可以使基础的造价得到降低。

2. 工期

钢结构由于工厂化程度高,施工速度大大快于钢筋混凝土结构,一般的钢结构高楼,每 $4d$ 即可完成一层的安装,若采用螺栓连接的话,时间还可以进一步缩短,而钢筋混凝土结构高楼,由于混凝土凝固的技术间歇时间必须保证,则至少 $6d$ 才能施工完成一层,如果支模和绑扎钢筋的工作比较复杂的话,时间还会进一步延长。简单推算的话,一栋 50 层的高楼,采用钢结构的话,工期可缩短三个月。工期缩短,可提前投入使用,创造效益,同时还可以节省贷款利息,这也是项目管理者最为关注的。

3. 使用面积的增加

由于钢结构强度高,钢柱截面的外轮廓面积比钢筋混凝土柱的截面积大为减少,据不完全统计,钢柱和钢筋混凝土柱的结构面积差距约占总建筑面积的 3% 左右。以 8 万 m^2 的高楼为例,若采用钢结构,可增加有效使用面积 $2400m^2$ 。

4. 增加使用的灵活性

由于钢结构强度大,钢梁的跨度可以显著增加,因而柱网的尺寸可以随之加大,这样就增加了建筑布置的灵活性;在柱网尺寸一定的情况下,钢梁的高度可以低于混凝土梁,同时,钢梁容许腹板开洞,用于穿越机电管道,否则机电管道只能布置在梁下,这样可以有效地增加室内净空。

1.3 钢结构工程的规范和标准

表 1-4~表 1-6 为钢结构工程的一些主要规范,分别为设计规范、材料规范和施工及验收规范,供参考。其中,GB 为国家标准;YB 为冶金行业标准;JGJ 为建筑工程行业标准;CECS 为中国标准化协会标准。

钢结构工程的设计规范

表 1-4

序号	名 称	编 号
1	钢结构设计规范	GB 50017--2003
2	钢骨混凝土结构技术规程	YB 9082--2006

续表

序号	名 称	编 号
3	钢管混凝土结构设计与施工规程	CECS 28 : 90
4	高层民用建筑设计防火规范 (2005 版)	GB 50045—1995
5	空间网格结构技术规程	JGJ 7—2010
6	预应力钢结构技术规程	CECS 212 : 2006
7	多、高层民用建筑钢结构节点构造详图	01SG519、01 (04) SG519
8	钢-混凝土组合楼盖结构设计与施工规程	YBJ 238—1992
9	型钢混凝土组合结构技术规程	JGJ 138—2001
10	冷弯薄壁型钢结构技术规范	GB 50018—2002

钢结构工程的材料规范

表 1-5

序号	名 称	编 号
1	碳素结构钢	GB/T 700—2006
2	低合金高强度结构钢	GB/T 1591—2008
3	高层建筑结构用钢板	YB 4104—2000
4	碳钢焊条	GB/T 5117—1995
5	低合金钢焊条	GB/T 5118—1995
6	气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝	GB/T 8110—2008
7	熔化焊用钢丝	GB/T 14957—1994
8	埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂	GB/T 12470—2003
9	厚度方向性能钢板	GB/T 5313—2010
10	一般工程用铸造碳钢件	GB/T 11352—2009
11	耐候结构钢	GB/T 4171—2008
12	热轧 H 型钢和剖分 T 型钢	GB/T 11263—2010
13	碳钢药芯焊丝	GB/T 10045—2001
14	低合金钢药芯焊丝	GB/T 17493—2008
15	埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂	GB/T 5293—1999
16	溶解乙炔	GB 6819—2004
17	钢结构防火涂料	GB 14907—2002
18	钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件	GB/T 1231—2006
19	六角头螺栓 C 级	GB/T 5780—2000
20	钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副	GB/T 3632—2008
21	电弧螺柱焊用圆柱头焊钉	GB/T 10433—2002

钢结构工程的施工及验收规范

表 1-6

序号	名 称	编 号
1	高层民用建筑钢结构技术规程 (正修订)	JGJ 99—1998
2	钢结构工程施工质量验收规范	GB 50205—2001
3	建筑钢结构焊接技术规程	JGJ 81—2002
4	钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程	JGJ 82—1991
5	钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级	GB/T 11345—1989
6	金属熔化焊焊接接头射线照相	GB/T 3323—2005

续表

序号	名 称	编 号
7	涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级	GB 8923—1988
8	钢结构防火涂料应用技术规范	CECS 24 : 90
9	无损检测 磁粉检测 第 1 部分：总则	GB/T 15822.1—2005
10	塔桅钢结构工程施工质量验收规程	CECS 80 : 2006
11	建筑防腐蚀工程施工及验收规范	GB 50212—2002

由于规范和标准始终处于不断的修订和更新过程中，读者在采用某个规范和标准之前，一定要查阅该规范和标准的最新版本。

第 2 章 设计阶段的项目管理

设计工作可以看做是整个工程项目的子项目，也是最为重要的一个子项目，它不仅决定着后续的项目招标投标工作及施工工作能否顺利开展，也决定着项目的造价能否得到有效控制。可以这么说，要做项目管理，请先从设计管理开始。设计管理也可以说是项目范围管理的核心，项目的前期管理以取得设计文件为核心，项目施工阶段的管理则把设计文件变成现实列为最终目标。设计文件直接定义了项目实施的范围。

2.1 工程设计管理的方法论

2.1.1 设计方的组成

建筑工程的工程设计方是一个综合的概念。从项目的前期阶段到工程的施工阶段，都会不断有新的设计方参加进来，共同完成工程项目的设计工作。设计方的组成主要有：

(1) 主设计方：即业主通过方案招标选定的设计方。不仅提供工程主体的建筑、结构、机电设计等，同时还要提供设计综合、协调、施工配合等相关的服务。

(2) 工艺设计方：为工程项目提供特定使用功能的专业设计及相关的服务，如电视台项目需要电视工艺设计方；剧场项目则需要剧场工艺设计方；酒店项目则需要酒店工艺设计方。工艺设计的专业性较强，往往是主设计方所欠缺的。

(3) 深化设计（二次设计）方：某些特殊工程，如钢结构、幕墙、弱电、改造工程等，通用的设计规则通常不能表达达到施工的深度，需要对施工图进行深化设计，以满足施工安装、材料准备、预算等的需要。深化设计方一般由施工承包商或系统集成商构成。深化设计是在主设计方提供的施工图的基础上进行，其深化设计须报主设计方审核批准，才可以交付施工。

(4) 市政设计单位：按照行业内习惯做法，电力、热力、网络通信等专业的大市政配套工程应由具备相应资质的市政设计单位来设计。

(5) 专业的设计顾问：在大型的工程项目中，还存在大量的专业设计顾问，如厨房、标识、景观、装修等，提供专业的设计咨询服务。

2.1.2 设计工作参与各方之间的关系

从图 2-1 的设计关系简单示意也可以看出，这些设计方和业主是一种工作隶属关系，参与设计的各方一般都是由业主分别委托的（业主有时也会将某些专业设计顾问交给主设计方来委托），而图中虚线则表示一种双向的协调配合关系。在设计关系的协调之中，主设计方处于中心地位。主设计方还要对自身的多项专业设计进行协调。因此，主设计方的项目管理工作，特别是协调管理工作，是关系到项目成功的一个非常重要的因素。在施工阶段，主设计方虽然不是主体，但也是施工的支持者和重要的监督和协调者。

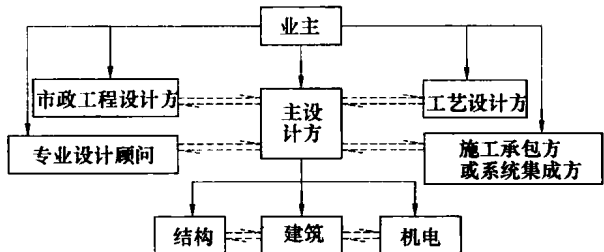


图 2-1 工程项目设计关系图

有些情况下，主设计方并不是一个单一的设计主体，而是由两家或以上的设计主体构成。这是由

于,目前国内很多大型项目采用国际招标的模式,建筑方案往往由国外的设计公司中标。若由国外公司承担全过程的设计,费用很高,而且,国外公司往往不具备国内的施工图设计资质,对国内的设计规范也并不了解。这种情况下,需引入一家或多家国内设计单位进行设计协作,共同完成全过程的设计工作。在这种情况下,国内外的设计方一般有三种合作模式。第一种选择是:国外设计方仅仅完成方案阶段的设计,或称买断方案的方式,其余的初步设计和施工图设计由国内设计方来完成,业主和国内、国外设计方分别签订合同。第二种选择是:由国外设计方作为设计总承包,业主和设计总承包共同选定国内设计方和其他的设计顾问;业主只和设计总承包签订合同,其他设计方均和设计总承包签订设计合同。第三种选择是:由业主来选定国外和国内设计方,由业主分别和国内及国外设计方签订设计合同,国内外的设计方之间签订工作协议,设计工作按照设计阶段划分给国内外设计方;国外设计方一般承担方案设计阶段的工作任务,或方案阶段加上初步设计阶段,国内设计方则承担初步阶段加上施工图阶段,或仅仅承担施工图设计阶段的设计任务,国内外的设计方在自己负担的设计阶段内为主,在对方负责的设计阶段内为辅,双方在整个设计过程中一起工作,以保证设计工作的连续性。

以上的各种模式各有优缺点,必须结合项目的实际情况加以考虑选用。

2.1.3 范围管理——设计管理的工作内容

工程设计分为方案设计、初步设计和施工图设计三个阶段。在每个设计阶段,除了专业设计本身以外,设计工作内容还包括设计协调和服务。设计服务不仅仅局限在设计阶段,还应包括施工阶段和竣工阶段的设计服务工作。业主方应尽可能全面地将设计工作内容委托给设计方。表 2-1 及表 2-2 列出了结构设计工作(含钢结构)的各项工作内容。

设计阶段的设计管理工作内容

表 2-1

序号	设计管理工作内容	说 明
1	与其他设计工种相协调,制订详细的设计工作进度计划	由业主和设计方共同承担
2	结构(含钢结构)的方案设计	由设计方承担
3	初步设计阶段的结构(含钢结构)设计	由设计方承担
4	抗震设防专项报审前与审查主管部门进行协商(若有)	由业主牵头,设计方共同参与
5	准备初步设计图纸和文件	由设计方承担
6	抗震设防专项报审	由业主牵头,设计方共同参与
7	在审查会上对初步设计进行说明	由设计方承担
8	对初步设计进行修改和完善	由设计方承担
9	在批准的初步设计的基础上进行扩展研究,确定施工图设计方案	由设计方承担
10	结构(含钢结构)的施工图设计	由设计方承担
11	施工图设计报审前与施工图审查主管部门进行协商	由业主牵头,设计方共同参与
12	准备施工图设计图纸及文件	由设计方承担
13	施工图设计文件报审	由业主牵头,设计方共同参与
14	在审查会上对施工图设计进行说明	由设计方承担
15	对施工图设计进行修改和完善	由设计方承担

施工阶段及竣工阶段的设计管理工作

表 2-2

序号	设计管理工作内容	说 明
1	施工图技术交底和答疑	设计方的责任
2	钢结构深化图纸的设计	由业主另行委托其他单位承担
3	钢结构深化设计图纸的审查批准	设计方的责任
4	施工过程中的技术支持	设计方的责任

续表

序号	设计管理工作内容	说 明
5	参加工地会议	施工过程中, 有大量的工地会议, 如监理例会、技术协调会等需要设计方参加
6	施工质量定期检查和控制	对工程质量, 设计方应进行定期检查, 看是否满足设计的要求和意图, 提出意见
7	设计变更和工程洽商的处理	设计方的责任
8	工程初步验收	设计方应参加工程的初步验收, 以发现工程中存在的问题, 以便施工方在竣工验收前进行调改
9	工程试运行	设计方应参与这项工程, 在过程中给予技术配合
10	工程竣工验收	竣工验收由业主牵头, 设计方应参加
11	工程竣工图的编制	钢结构的竣工图应包括施工图和深化图两部分, 设计方或施工方完成竣工图
12	编制竣工报告	设计方应负责设计部分的竣工报告

2.1.4 质量管理——关于设计深度的讨论

设计工作的质量体现在设计文件的完整性、正确性以及设计深度三个方面。其中, 设计深度是需要重点管理的一个方面。《建筑工程设计文件编制深度规定》(2008年版) 只是一个通用的规定, 每个项目应根据项目的实际情况, 对设计深度的要求进行明确和细化。

尤其是对于钢结构、幕墙和弱电工程等需要二次设计的专业, 对于主设计方施工图应达到的设计深度, 应结合设计深度的规定和工程实际的情况, 提出具体的要求。原则上施工图深度应满足编制招标文件、有效控制造价、编制深化设计文件的要求, 并满足结构施工预留、预埋的要求。以上是原则要求, 每个项目应根据工程的具体情况加以明确。

另外, 在设计深度中需要注意的是: 必须要重视初步设计的深度。初步设计重点在于解决重大的技术方案问题, 复核确定各专业的基礎设计参数, 为后续的施工图设计打下坚实基础。

对结构专业而言, 初步设计阶段着重解决结构选型的问题。除了建筑体形的要求, 结构工程师还要综合考虑结构安全、造价、施工可建性、材料等因素。只有结构选型的工作做得比较深入全面, 后续的结构设计工作才能能够在一個稳固、合理的基础上快速前进。因此这也是项目管理者必须给予重点关注的地方, 应要求结构设计师提出多种结构选型的方案, 必要时可邀请行业内的专家帮助优化。最终设计方应提供结构选型的报告, 对各个结构方案的平立面布置、受力合理性、施工可建性和造价等有比较详细的分析, 并在此基础上, 确定最优化的结构体系。

对于机电专业来说, 初步设计阶段则着重解决系统设计和主要设备选型、机电主干管线的布置和综合、管道井的布置等问题。

对于工程造价管理来说, 初步设计阶段是造价控制最为重要的一个阶段, 工程造价的80%以上在初步设计阶段都可以确定下来。造价的控制应结合技术方案的探讨来进行, 必要时可采用限额设计的方法。

2.1.5 进度管理——设计工作本身的进度管理及其对总体工程进度的影响

设计工作本身的进度管理相对比较简单, 在签订设计合同时, 已根据整体工程的进度确定了设计进度计划, 并据此进行设计进度控制。但在设计进度控制的过程中, 最困难的因素是政府审批对设计进度的影响, 项目管理者须重点加以考虑和解决。

设计工作对整体工程进度的影响, 很多项目管理者往往并没有清晰的认识。但实际上, 设计阶段的

工作对工程进度的影响最大，可以说是决定性的。设计阶段的各项决策和设计工作的质量都将对工程的进度产生深远的影响。也只有在设计阶段，才能够最大限度地让项目管理者实现对工程进度的主动控制。一旦进入施工阶段，项目管理者对进度的控制就已经很有限了。所以，做好设计工作是工程进度控制的前提。

下面将结合钢结构工程的特点对设计阶段进度控制的重点工作进行说明。

(1) 设计需求的完善和稳定：设计需求是设计工作的基础，建设单位的设计需求应是经过了充分的论证和研究后确定下来的，不应轻易作出调整，尤其在施工阶段，任何设计需求的调整带来的都是相关专业一系列的设计变更，对现场进度的影响是非常明显的。尽管大家都明白这个道理，但在实际工程中，因建设单位设计需求的变更而造成的进度拖延还是比比皆是。

(2) 设计方案的选择：现在很多工程项目都采用方案招标的方式来确定建筑方案。每个项目管理者都想把自己的楼盖得漂亮一点，在建筑方案上追求新、奇、特，甚至有些建筑的体型突破结构受力的基本要求。这样的建筑方案必然要付出进度和造价上的代价。

(3) 设计文件的质量：设计文件必须完整、正确，设计深度满足施工要求，这是保证工程进度的一个必要条件，但在实际工程中，设计文件中的问题却很多，最容易出问题的地方是专业配合，由于各专业之间配合不到位，出现不少的设计问题，导致大量的设计变更，对进度的影响也是很明显的。应通过有效的手段来保证设计方加强设计管理，提高设计师的责任心和配合意识。必要时，可引入适度的设计索赔来保证设计文件的质量。

(4) 施工可建性的问题：这也是项目管理者容易忽略的问题，建筑方案再漂亮，毕竟也只是一幅画，必须通过工程技术将他们变成现实。可建性的问题对常规的建筑并不突出，但对一些体型特殊，超规超限的建筑则必须加以研究，探讨其技术和经济的可行性，研讨的结果并不一定推翻建筑方案，但对其进行优化调整，对加快速度也是非常有利的。以钢结构为例：

1) 钢材选用：应尽量避免钢材的品种规格太多，或采用一些不常用的品种或规格，造成材料的采购困难，工期加长。

2) 构件加工：应尽量采用定型的产品，如工字钢、H型钢等，若不能采用定型产品，设计方在构件和节点设计时，应充分考虑制作的难度和可行性，必要时应征询加工厂家的意见。

3) 安装：对于钢结构安装方案，在设计阶段也应该有比较深入的考虑，不同的安装方案往往对结构内力造成不同的影响，同时对工期也有显著的影响。

2.1.6 沟通管理——关于设计的协调问题

对于一个复杂的建筑工程项目而言，如何做到在众多设计方以及各种专业之间的信息畅通、协作良好。

首先，在项目设计开始之前，业主就应该和主设计方一起，明确各设计方之间的设计接口和工作范围，并体现到各合同技术文件中。明确的分工和设计接口定义，是保证协调和沟通效率的前提，可以有效避免互相推诿、关键点失控等情况的出现。譬如主设计方和工艺设计方之间，各个专业都存在设计接口的问题，对建筑装修专业来说，主设计方一般完成室内的粗装修设计（垫层及找平层），工艺设计方或精装设计方来完成后续的精装修设计；对结构专业来说，主设计方一般完成主体结构设计和预留预埋设计，后续的二次结构都由其他设计方来完成等。每个工程项目都应该根据工程的具体情况加以详细定义。

其次，业主和主设计方，在设计工作开始之前，要制定出缜密的设计工作总体计划。设计工作的计划应纳入到工程项目的总体计划中来考虑，满足工程招标和施工进度要求，同时要考虑各设计方的具体能力。

第三，要建立清晰的工作流程和沟通机制，包括：①建立主设计方与其他各设计方之间的设计资料提供及深化设计审批的流程；②建立设计变更和工程洽商的处理流程；③建立主设计方内部各专业之间