

手把手教你 建筑设计

孙海林 编著

中国建筑工业出版社

手把手教你 建筑设计

孙海林 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

手把手教你建筑结构设计/孙海林编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

ISBN 978-7-112-10532-8

I. 手… II. 孙… III. 建筑结构—结构设计 IV. TU318

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 185140 号

本书为结构工程师入门指导书, 主要分为三篇, 准备篇、计算篇和施工图绘制篇。准备篇主要讲解如何看建筑施工图、AutoCAD 应用和 Excel、TSSD、理正等辅助软件等。计算篇主要介绍结构计算分析过程、讲解 PMCAD 建模和 SATWE 整体计算等。施工图绘制篇为读者展现施工图绘制的全过程, 主要包括制图规定、技术统一措施、结构基础、结构平面图、板配筋图和结构详图等。

本书适合刚从事结构设计工作的“新手”、结构工程专业高年级本科生及研究生学习使用, 也可供其他结构工程师参考。

* * *

责任编辑: 李天虹

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 刘 钰 王雪竹

手把手教你建筑结构设计

孙海林 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 字数: 420 千字

2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-10532-8

(17457)

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)

前言

混凝土结构设计是一项经验性很强的工作，以我个人的经验，刚参加工作从事结构设计需要一段很长的摸索过程，并且会出现比较多的错误。在我进入工作岗位的时候希望有一本入门的书，告诉读者如何去做结构设计，如何尽量避免走弯路，如何提高设计效率，这是本书写作的最初意图。

本书主要分为三篇，准备篇、计算篇和施工图绘制篇。

准备篇主要讲解如何看建筑施工图、AutoCAD 应用和 Excel、TSSD、理正等辅助软件等，着重介绍与结构设计相关的建筑施工图内容，介绍 AutoCAD 结构设计常用命令、快捷方式定制及结构设计过程使用的 LISP，介绍设计常用的辅助软件，帮助读者很快熟悉绘图工具，提高结构设计计算和绘图效率。

计算篇主要介绍结构计算分析过程、讲解 PMCAD 建模和 SATWE 整体计算等，详细介绍电算过程、方法和常见问题，并对电算结果进行分析。通过完整的例子帮助读者很快熟悉混凝土结构设计的计算方法、控制要点及注意的问题。

施工图绘制篇将为读者展现施工图绘制的全过程，手把手地教读者绘制混凝土结构施工图，本篇内容主要包括制图规定、技术统一措施、结构基础、结构平面图、板配筋图和结构详图等，对每一部分都给出详细讲解，给出基本概念、绘图要点和注意事项，并通过设计举例详细阐述施工图绘制要点及绘制施工图技巧。

本书致力于设计规范化和设计自动化，使读者能有更多时间进行思考，从而进行更加复杂的结构设计。通过本书的学习，可以用最短的时间了解结构设计，可以更加规范地进行结构设计，从而很快成为一个熟练的结构设计工程师。本书可供建筑结构设计人员（尤其是刚毕业的结构专业人员）和大专院校土建专业师生应用。

感谢中国建筑设计研究院霍文营、朱炳寅、王金祥、范重、陈文渊、陈富生等多位教授级高工以及李谦、石雷、贾文颖、高银鹰、王奇、王载、唐杰、许庆、王文字、杨苏等在写作过程中给予的指导和帮助；感谢清华大学的叶列平教授、江见鲸教授以及陆新征博士、冯鹏博士、姚卫国老师给予的大力支持；感谢北京大学张婧的支持和鼓励。

混凝土结构设计内容非常丰富，本书不能一一概全，只能选取部分进行讲解，由于编者的经验和水平限制，本书一定还存在不少缺点甚至错误，敬请读者提出批评和指正，以便及时改进。

目 录

第1章 绪言	1
1.1 如何迈向结构设计	1
1.2 设计院所技术管理程序	3
1.3 如何做好结构设计	3
1.4 常用软件介绍	12

准备篇

第2章 如何看建筑施工图	17
2.1 建筑施工图的组成部分	17
2.2 总平面图	19
2.3 建筑施工图的编排顺序	19
2.4 图纸目录与设计说明	20
2.5 建筑平面图	21
2.6 建筑立面图	27
2.7 建筑剖面图	30
2.8 建筑详图	32
2.9 门窗	36
2.10 建筑防火	36
2.11 建筑设备	37
第3章 AutoCAD 高级使用	38
3.1 提高绘图效率的建议	38
3.2 鼠标设置	40
3.3 快捷命令	40
3.4 结构绘图特殊命令介绍	44
3.5 编辑打印样式并出图	45
3.6 AutoLISP 应用	47
第4章 辅助软件——结构设计的利剑	57
4.1 Excel	57

4.2	理正	65
4.3	TSSD（探索者）	69

计算篇

第5章	结构计算分析过程	79
5.1	结构建模步骤	79
5.2	建筑结构计算步骤及控制点	82
5.3	计算结果判断	83
第6章	SATWE 补充参数	86
6.1	总信息	86
6.2	风荷载信息	89
6.3	地震信息	90
6.4	活荷载信息	92
6.5	调整信息	93
6.6	设计信息	95
6.7	配筋信息	96
6.8	荷载组合	97
6.9	地下室信息	98
6.10	SATWE 计算参数	98
第7章	框架结构建模	101
7.1	框架结构概述	101
7.2	建模准备	102
7.3	PMCAD 建模	108
7.4	SATWE 前处理	120
7.5	结构内力配筋计算	122
7.6	SATWE 后处理及计算主要过程	122
第8章	剪力墙和框剪结构建模	128
8.1	剪力墙设计概述	128
8.2	建模准备	130
8.3	PMCAD 建模	131
8.4	SATWE 分析与设计参数	134
8.5	SATWE 后处理及计算主要过程	136
8.6	框架-剪力墙结构	140

施工图绘制篇

第9章	结构施工图设计综述	145
9.1	结构施工图包括内容	145

9.2	结构施工图主要规定	146
9.3	结构设计总说明	147
9.4	统一技术措施	148
第 10 章	结构平面图	153
10.1	绘制结构平面图要点	153
10.2	结构平面图校对原则	156
10.3	结构平面图常出现的问题	157
第 11 章	地基基础设计	158
11.1	基础计算	158
11.2	独立基础	163
11.3	桩基础	172
11.4	筏基	185
第 12 章	板施工图	194
12.1	单向板和双向板的划分	194
12.2	板计算方法	196
12.3	板构造要求	198
12.4	楼面荷载计算	199
12.5	板设计	200
12.6	注意事项	207
第 13 章	结构详图	209
13.1	梁配筋图	209
13.2	柱详图	219
13.3	剪力墙详图	227
13.4	楼梯	241
第 14 章	设计后续部分	247
14.1	校对审核出图	247
14.2	图纸归档	247
14.3	计算书主要整理内容	247
14.4	施工配合	249
附录 A	总说明举例	251
附录 B	一级注册结构工程师专业考试复习建议	259

第1章 绪 言

1.1 如何迈向结构设计

1.1.1 学校专业知识与工程实践的差异

学校专业知识与工程实践存在差异。如果以前没有做过结构设计，没有画过施工图，即使有很好的专业基础知识，当面对设计时依然会感到茫然，不知道如何下手，这是因为结构设计有很强的实践性。

学校里面更注重基本概念和基础知识的培养，为我们提供了一个很好的知识平台，无论理论力学、结构力学抑或是专业课混凝土结构、基础工程等，这些都是结构设计的基础。但结构设计除了要有很好的基础知识外，还要你熟悉结构规范、了解结构构造并能用施工图很好地表达出设计意图，学校里对结构构造基本上不讲解或者讲解得很少，但这些都

在结构设计中却非常重要，因此从某种程度上阻碍了新手迅速进入结构设计。

虽然在学校里很多同学也做过大课程设计，有些毕业设计就是绘制施工图，但与做实际工程存在区别，因此踏入工作岗位之后，首先需要熟悉规范和图集，争取尽快熟悉结构设计，进入结构设计角色。

1.1.2 设计流程

一个建筑项目的设计周期一般划分为建筑方案设计、初步设计、施工图设计三个阶段。

1.1.2.1 建筑方案设计

建筑方案设计一般由设计说明书、设计图纸、投资估算、透视图等四部分组成，一些大型或重要的建筑，根据工程的需要做建筑模型。建筑方案设计一般应包括总平面、建筑、结构、给水排水、电气、采暖通风及空调、动力和投资估算等专业，除总平面和建筑专业应绘制图纸外，其他专业以设计说明简述设计内容，但当仅以设计说明还难以表达设计意图时，可以用设计简图进行表示。

在建筑方案设计阶段结构工程师应当主动介入或参与，把握总体，要根据建筑的重要性、建筑所在地的抗震设防烈度、建筑的高度和层数来基本确定建筑的结构形式（例如框架结构、框架-剪力墙结构、剪力墙结构、筒体结构、混合结构等）。确定方案时，要根据各种结构形式的适用范围和特点来选择最佳结构形式，要注意规范中对于各种结构形式

的界定和工程具体情况,清楚各种结构形式的极限适用范围,使得结构方案尽量满足建筑要求,并考虑合理性和经济性。

1.1.2.2 初步设计

建筑项目的下一个阶段是初步设计,根据设计任务书编制初步设计文件,由于工期限制或者其他原因,有些工程没有初步设计阶段,直接进行施工图设计。初步设计由设计说明书(包括设计总说明和各专业的设计说明书)、设计图纸、主要设备及材料表和工程概算书等四部分内容组成。初步设计阶段的图纸应符合已审定的建筑设计方案并能据以进行施工图设计以及行施工准备。在初步设计阶段,各专业应对本专业内容的设计方案或重大技术问题的解决方案进行综合技术经济分析,论证技术上的适用性、可靠性和经济上的合理性,并将其主要内容写进本专业初步设计说明书中。设计总负责人对工程项目的总体设计在设计总说明中予以论述。

对于结构工程师而言,在初步设计阶段,要了解工程所在地区的地震基本烈度和工程水文地质情况,要特别注意有无特殊的地质条件,如软弱地基、抗震不利地段等,是否要进行必要的地基处理,要了解是否对结构设计有特殊要求。

结构工程师在这个阶段要进行结构选型,确定合理的计算方法,估算主要构件的截面,进行结构整体计算,确定基本结构形式和构件尺寸,根据不同结构形式的特点和要求来布置结构的承重体系和受力构件,确定地基处理和基础形式,并合理设置伸缩缝、沉降缝、防震缝等,主要的技术问题尽量在初步设计中予以考虑和解决。对复杂的建筑或构筑物进行结构方案比较,以便确定合理经济的结构方案。

结构初步设计阶段的图纸只需要表达主要的截面尺寸,如梁柱截面、剪力墙厚度等,必要时画辅助剖面图,不需要画特别深入的平面图以及梁柱配筋等详图。

1.1.2.3 施工图设计

施工图设计是根据已批准的初步设计或设计方案而编制的可供进行施工和安装的设计文件。施工图设计内容以图纸为主,应包括封面、图纸目录、设计说明、图纸、工程预算等。设计文件要求齐全、完整,内容、深度应符合规定,文字说明、图纸要准确清晰,整个设计文件应经过严格的校审,经各级设计人员签字后,方能提出。

在施工图设计阶段,结构工程师要对结构进行详细计算,包括与建筑、水、暖、电等其他专业沟通,确定结构特殊处理的部位,将结构主要构件的截面尺寸给各专业,并根据计算结果确定构件布置、构件配筋,确定合理的结构构造措施,用结构语言表达在图纸上,图纸表达的内容首先要符合结构计算的要求,同时还要符合规范中的构造要求,最后还要考虑施工的可操作性。

综上,与建筑设计流程相同,结构设计大体可以分为三个阶段,结构方案阶段、结构计算阶段和施工图设计阶段。

结构方案阶段:要进行调研,强调概念设计,总揽全局,整体把握,必要的时候进行结构计算。

结构计算阶段:确定结构设计方案,选取合理的设计参数,配合其他专业(建筑、水、暖、电等)进行结构建模,输入设计参数,进行结构计算与模型调整,修改不合理参数,重新计算,对结构计算结果的合理性与可靠性进行分析。

施工图设计阶段:将设计内容和计算内容表达成图纸。

1.2 设计院所技术管理程序

结构设计一般过程：设计—校对—审核—审定。设计前先沟通交底，出图前“三校两审”，最后审定出图。设计后图纸严格归档管理，设计流程中以内部工作联系单的形式规范管理，最后图纸“设计”、“校对”、“审核”、“审定”都必须签字。

一般设计院主要的技术管理程序有：

1. 在设计过程中，严格技术流程管理，过程控制要求实时性和规范化，确保各控制过程落实到位。图纸首先要自校，要求交校对的图纸必须切实经过设计人认真自校，并在交校对的图纸上签字；对质量问题突出的图纸，校对人可将其退回设计人，要求重新自校修改后，再次交校对。各校对、审核、审定人在图纸修改完成后应对修改后的图纸进行复核，切实落实修改情况。

2. 落实会审、会签制度。在设计过程中，还需要和其他专业配合，会审、会签是搞好专业配合、解决矛盾、消灭差错的重要一环。

3. 控制作废文件。在设计过程中，要及时更新有效版本和有效计算机软件目录，控制作废文件，对作废文件应及时进行作废标识或收回，防止设计时采用作废的标准、规范、规程、计算机软件等，出现设计错误。

4. 提倡机算。能使用计算机程序完成的计算工作，尽量使用计算机完成，但要注意控制参数，以减少计算错误和校对工作量。

1.3 如何做好结构设计

图 1.1 给出了一个建筑结构的简单示意，可以了解一下结构的大体。

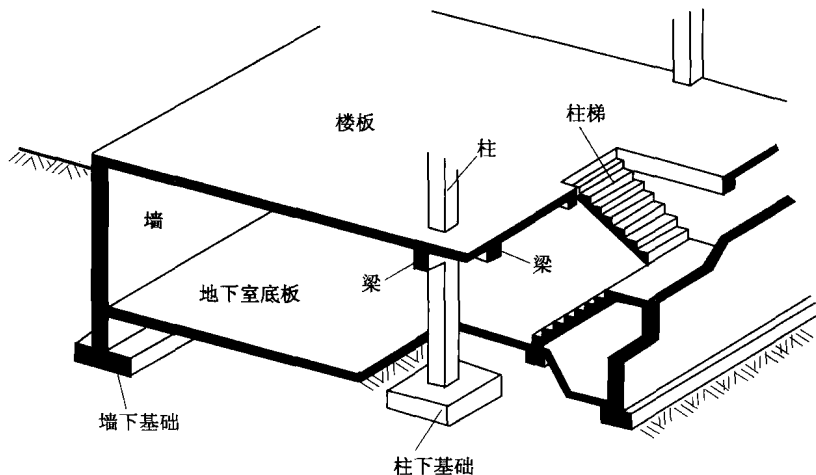


图 1.1 建筑结构简单示意

关于做好结构设计，本书引用清华大学建筑设计研究院刘凤阁总工总结的五条：

◇ 熟悉各类结构体系，把握总体结构方案；

- ◇ 全面理解规范精神，准确执行规范条文；
- ◇ 切实掌握力学概念，合理利用结构特性；
- ◇ 正确建立计算模型，认真分析电算结果；
- ◇ 准确表达设计意图，力求保证施工质量。

本书在此基础上再加一条：

重视结构概念设计，熟悉材料构造做法。

1. 熟悉各类结构体系，把握总体结构方案

作为结构设计人员，必须对各种结构体系都有明确的概念，知道它的传力途径、受力特点、适用范围、计算方法、经济特性等，这些是刚参加工作的结构工程师比较缺乏的。如对结构变形，要理解框架结构是剪切型，剪力墙结构是弯曲型，框架-剪力墙则是两者协同工作，这些基本概念要理解清楚。对特殊的结构形式有清晰的概念，如超高形加强层的变形特性及使用，它与抗震概念设计有无矛盾之处，加强层的位置及数量，加强层的形式等。

常用的结构体系有：框架结构、框架-剪力墙结构、剪力墙结构、框支剪力墙结构、筒体结构、悬挂结构和巨型结构等，目前采用最多的是前五种结构。设计中到底采用何种结构，要经过方案比较确定，这主要看拟建建筑物的高度、用途、施工、条件和经济比较等。一般而言，结构设计一旦确定结构体系，就决定了项目的抗震性能、经济指标等是否合理等。

如果拟建建筑物为住宅，高度又比较高，那么自然会选择剪力墙结构，因为居住建筑要有足够多的隔墙；当建筑物的底部需要设商店和大开间的门厅、餐厅等时，往往采用框支-剪力墙结构；拟建建筑物为高层办公楼或公寓，当高度不太高时，宜采用框架-剪力墙结构；当高度较高时宜采用外框架内核心筒结构；再高时则最好采用筒中筒结构，即采用外框架筒和内核心筒结构。

具体采用什么形式需要对建筑和结构体系有比较好的了解。结构工程师必须对各种结构体系的变形特性及适用范围有清晰的概念，对各种结构形式有准确的受力判断，才能很好地进行设计。比如，同样的高层剪力墙结构住宅，不同的人会布置出不同的方案，有些人会布置很多的剪力墙，有些人会布置较少的剪力墙，有些人会适当地开结构洞……当不满足侧移要求时，结构概念清楚的人，知道如何更合理地进行调整，而概念不清楚的人则是哪里欠调哪里，最后往往调整不好。

在进行结构设计时，还要注意平面布置合理，根据建筑平面准确合理地确定结构布置是大板还是小板，是双向梁还是单向梁等，对各种布置的适用范围，造价高低有比较清晰的了解。

关于结构体系，需要多阅读相关的书籍及专题知识，并多学多问，多向有经验的工程师学习。

2. 全面理解规范精神，准确执行规范条文

结构设计的准则和依据就是各种规范和标准图集。在学习和运用规范的过程中，多动脑筋，善于分析，全面理解，准确执行，不可死搬硬套，迷信盲从。对规范条文的准确把握也就是对工程理解的准确把握。

混凝土结构设计中常用的规范有：

《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2008年版)，以下简称《荷规》；

《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)(2008 年版), 以下简称《抗规》;

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002), 以下简称《混规》;

《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002), 以下简称《高规》;

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002), 以下简称《地基规范》;

《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008), 以下简称《桩规》。

在同一工程中要使用多种规范, 一个工程确定了结构形式后, 首先要根据《建筑结构可靠度设计统一标准》来确定建筑的可靠度和重要性; 然后再根据《中国地震动参数区划图》、《建筑抗震设防分类标准》、《抗规》确定建筑在抗震设防方面的规定和要求, 然后根据《荷规》来确定荷载, 如果是混凝土结构要遵循《混规》规定, 如果是高层还要遵循《高规》规定, 涉及钢筋部分的要遵循《钢筋焊接及验收规程》和《钢筋机械连接通用技术规程》的规定; 在基础设计要遵循《地基规范》的规定, 最后施工图绘制时要符合《建筑结构制图标准》的要求。

每种工程建设标准均有该标准的适用范围的界定, 标准内容针对适用范围内的工程项目设计提出最基本的技术要求。各工程建设标准之间存在对同类或相似技术措施要求和相关参数等内容有差异, 甚至矛盾的情况。即使是不矛盾的条文, 不同设计人员对标准规范内容理解和使用上也存在差异。

《抗规》规定抗震墙结构、部分框支抗震墙中落地剪力墙当一、二级抗震时底部加强部位及相邻的上一层均应按要求设置约束边缘构件; 但对于一般抗震墙结构(除部分框支墙外)当满足墙肢轴压比限值界线值时可按规定设置构造边缘构件; 《高规》规定底部加强区都要设置约束边缘构件, 《抗规》和《高规》要求不同。对于构造边缘构件, 虽然《抗规》、《混规》和《高规》都规定了配筋要求, 但三本规范并不完全一致。

对于规范, 需要工程师深入学习掌握理解其本意, 才能更好地做结构设计。英国的雷诺曾经说过: “现今的设计虽由规范规程所制约, 但仍需运用人的思维和判断力去理解其内容, 抓住其中的实质含意, 而不要仅仅满足于条文中的允许最低限值。” 只有正确理解规范的来龙去脉, 才能更好地把握规范, 才能在合适的时候突破规范。

3. 切实掌握力学概念, 合理利用结构特性

在建筑结构中, 竖向荷载一般按照“板→梁(先次梁后主梁)→柱(墙)→基础→地基”这样的路径进行传递; 而水平荷载的传递就不这么简单, 它是通过结构的整体平衡和变形协调来完成荷载的传递。

结构设计中常用的三个公式: 几何变形条件(平截面假定)、本构关系(在大多数条件下符合虎克定律)、力的平衡, 这三个概念对于结构设计非常重要。对于理解受弯构件、压弯构件以及预应力钢筋混凝土、钢-混凝土组合梁等计算都非常重要, 掌握了这三个概念, 规范中的很多公式就很容易理解, 并且能方便记住。

对于力的平衡, 在结构计算分析时要特别注意, 这是结构计算正确与否的前提。比如在计算筏板配筋用倒楼盖计算是否考虑筏板自重, 是否用平衡原则来调整误差, 如何进行调整。在计算结构基础时候, 由于结构基础在地下水位以下, 有些人在考虑常规的地基反力后还考虑水浮力的作用, 实际上由力学平衡可知, 在水浮力作用下, 地基反力已经变小, 水浮力和地基反力之和与上部结构重量相等, 如图 1.2 所示。如果结构概念清楚的话, 就不会犯错误。

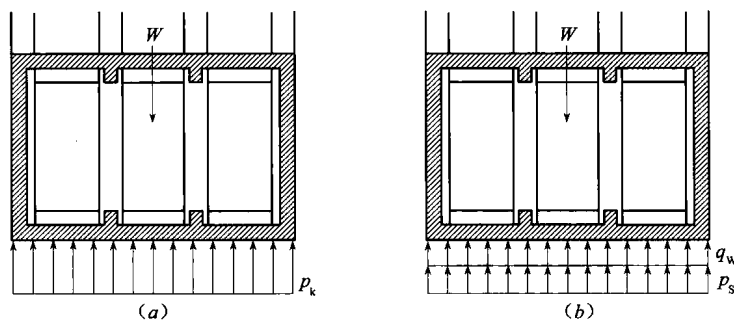


图 1.2 地基反力与上部荷载作用图

(a) 地基反力与上部荷载平衡示意图；(b) 地基反力和水浮力共同与上部荷载平衡示意图

力学是结构设计的基本基础，对力的概念、传力途径、基本计算公式等应掌握，要熟悉结构力学的理论和各种材料的结构和构件的计算方法，记住常用公式。比如挠度计算方法，对悬臂梁、简支梁挠度的计算方法，清华大学的袁驷教授总结了几个口诀：

3 8 48 5384

悬臂 简支

集中 均布 集中 均布

简单而言就是 384 85 384，这样记忆就比较简单了。

对于悬臂梁，端部集中荷载 P ：

$$\delta = \frac{1}{3EI} PL^3$$

对于悬臂梁，均布荷载：

$$\delta = \frac{1}{8EI} qL^4$$

简支梁，跨中集中荷载

$$\delta = \frac{1}{48EI} PL^3$$

简支梁，均布荷载

$$\delta = \frac{5}{384EI} qL^4$$

力对结构作用的规律也要理解清楚，图 1.3 给出了连续框架计算结果，图 1.4 给出了连续梁的计算结果，由此可以看出，在跨距相同和受力相同时，边跨跨中和第二跨支座受力都比中间支座和跨中大，因此在内力检查和检查配筋时可以用这条原则判断配筋和荷载输入是否准确。检查配筋的时候你可以大体溜两眼，如果跨距相同，荷载没有什么变化，中间各跨支座及跨中配筋应该大体相同，如果配筋偏小，要注意是否填错；如果配筋偏大，看是不是该部分荷载较大或者梁截面有变化等，或者是否跨度增加。

最后举一个框架边梁（图 1.5）的例子，次梁搭在边框梁上，实际结构中次梁在支座处会承受一定弯矩，框架主梁就会受扭。在结构计算分析时，有时候会将次梁在框架边梁处点铰接，则计算结果框架边梁不会受扭，有些工程师也不点铰接。实际结构中应该存在一定的扭矩作用，但由于现浇楼板的整体作用，框架边梁受扭不是那么明显，在实际结构分析时要进行合理处理。

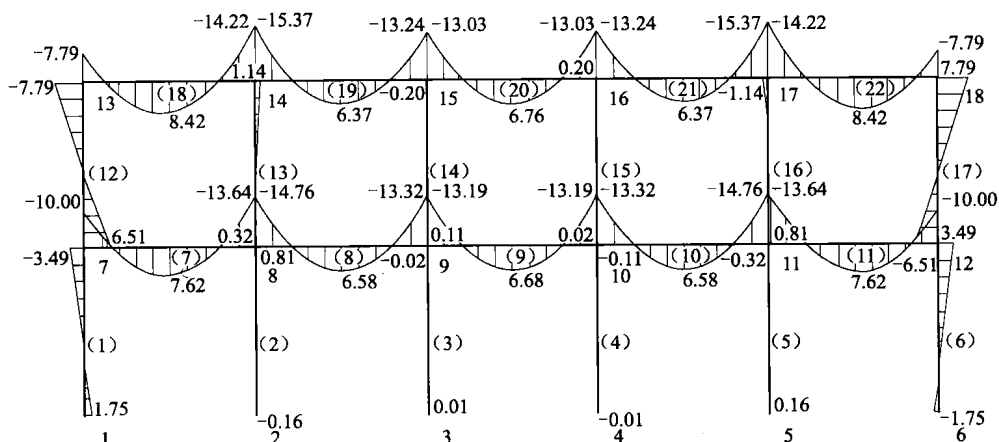


图 1.3 框架内力计算结果

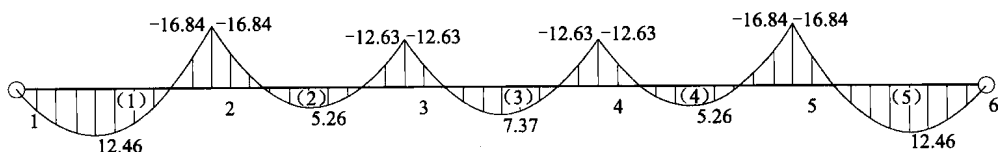


图 1.4 连续梁计算结果

4. 正确建立计算模型，认真分析电算结果

计算机的发展和普及提高了设计效率和计算精度，但由此带来的负面效应却不能忽视。现阶段国内设计常采用 SATWE 等一体化设计程序，设计人员应用时只需简单输入平面、荷载、计算参数，就能得到配筋结果。好多工程师对程序的基本理论、基本假定、应用范围和限制条件等不熟悉，在实际分析中，经常发现同样的结构，几个人分别计算会有不同的结果，而且有时差别很大，这必须引起注意。

结构计算一般包括建立计算模型、导荷载、力学计算、结果分析、构件验算等五部分，其中正确地建立计算模型和认真地分析计算结果是非常重要的环节。国外的很多设计事务所只用计算机进行分项的内力分析，工程师判断后，再用手算进行最不利组合的内力计算和构件配筋（很多时候采用公司内部程序，采用 Excel 编写的程序），而不用程序一体化计算结果。这样能更好地理解结构概念并对结果进行合理判断，但这种做法任务量很大。

不论采用哪种方式，为了更好地进行结构设计，工程师都应该注意以下几点：

- 理解所使用软件的编制原理，注意软件的使用范围；
- 建立计算模型时正确输入结构布置、构件尺寸及其材料的力学指标，并确定合理的连接和约束条件，符合结构实际工作状况的计算模型、简图；
- 正确输入结构的设计荷载；
- 输入符合规范规定的各项总体信息和设计参数，选择正确的计算参数；

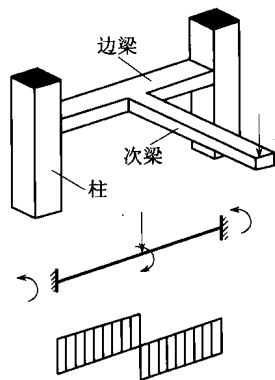


图 1.5 框架边梁

- 对计算结果要经过合理的判断后再设计，不能盲目采用；
- 除了结构整体计算需要用程序电算之外，一些关键构件，要通过结构概念及相应手算结果复核。

这部分内容在本书后面章节中会有更加详细的介绍。

5. 准确表达设计意图，力求保证施工质量

“图纸是工程师的语言”，建筑结构设计成果一般通过建筑结构施工图表达。设计图纸应该能够以最简洁的图纸充分表达设计意图，以最简洁通顺的文字写出明白无误、没有歧义的文字说明，并且能很容易地让施工人员接受理解，便于施工人员使用，具体绘图原则和注意事项将在后面章节详细介绍。

6. 重视结构概念设计，熟悉材料构造做法

随着计算机结构分析软件的广泛应用和普及，人们对结构计算软件的依赖性也越来越大，有时甚至过分地相信计算机软件。但计算机软件有它的局限性、适用性和近似性：计算理论近似假定、结构模型化误差、非结构构件对结构刚度的影响、结构的实际阻尼……很多影响因素目前还无法给出准确的模型描述，只能靠概念和经验判断。在结构设计时要重视结构概念设计，运用结构概念设计从整体上把握结构的各项性能，概念设计是设计的核心和灵魂，它统领结构设计的全过程。

概念设计不以精确的力学分析、生搬硬套的规范条文为依据，而是由我们对工程进行概括分析，概念设计包括安全度、力学、材料、荷载、地震、施工等许多概念，概念设计要求我们融合这些概念，在结构方案设计、结构构件布置、计算简图抽象、计算结果处理中进行正确判断。

比如预应力钢筋混凝土的概念：由于混凝土抗裂性能差，通过张拉预应力筋在结构施加预压应力的方法，来提高结构的抗裂性能。当构件承受由外荷载产生的拉力时，首先抵消混凝土中已有的预压力，然后随荷载增加，才能使混凝土受拉而后出现裂缝，因而延迟了构件裂缝的出现和开展。通过对预应力钢筋混凝土概念的理解，你就会理解预应力筋实际上力的概念，并且是平衡的力，你就不会对预应力钢筋混凝土产生那么大的畏惧，然后你就会慢慢理解平衡荷载、次弯矩的概念。

作为结构工程师，应该熟悉常用结构施工和制造的过程和方法，知道怎样进行设计不但结构合理而且便于施工，刚出校门的工程师往往只重视结构计算而忽视结构构造。为此，结构工程师平时要注意多收集资料，学习各种构造做法，并注意不同地区习惯做法，平时可以多翻一下标准图集。

(1) 构件概念设计

结构分析是确定在给定荷载下结构中产生的内力和变形，以便使结构设计得合理并能检查现有结构的安全状况，包括承载能力极限状态设计（承受设计荷载而不致出现结构或结构构件的破坏）和正常使用极限状态设计（结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的规定）。

对于一般的构件设计，要满足结构承载力、刚度及稳定性，这也是设计中遵循的原则。承载力是指构件所能承受的最大内力；刚度是指构件抵抗变形的能力。对于刚度，要理解其中的要点，比如对于梁，相同面积条件下，调整高度比宽度能更多地提高刚度，从而更有效地控制挠度。

对于稳定, 举个简单的例子, 受压的细长杆当压力不太大时, 杆可以保持原来直线形状的平衡; 而当压力增加并超过一定限度时, 杆就不能继续保持直线形状, 而突然变成弯曲形状破坏, 这种现象称为失稳。

对于钢结构设计, 稳定是非常重要的一个方面。混凝土结构相对判断较少, 对于柱、墙等受压构件, 必须保证稳定性, 规范在计算的时候已经考虑了相关因素。通过对稳定的简单理解, 你能更好地理解柱计算长度等。

(2) 抗震概念设计

我国抗震设计的基本要求——两阶段, 三水准等。

两阶段: 第一阶段设计是抗震承载力验算和相应的构造措施, 以满足第一水准的设防目标, 并满足第二水准的损坏可修目标; 对于大多数结构, 可只进行第一阶段设计, 而通过概念设计和抗震构造措施, 使结构具有足够的延性, 以满足第三水准的设防目标。对于有特殊要求的建筑、地震时易倒塌的结构及有明显薄弱层的不规则结构, 除了进行第一阶段设计外, 还应进行第二阶段验算, 验算结构薄弱部位的弹塑性层间变形, 采取相应的抗震构造措施, 防止结构倒塌, 以满足第三水准的设防目标。

三水准: “小震不坏, 中震可修, 大震不倒”。

合理的抗震结构应当是:

- ◇ 结构应具备必要的抗震承载力, 良好的变形能力和消耗地震能量的能力, 在大震作用下, 部分结构构件破坏, 通过延性耗散地震能量, 避免结构倒塌。
- ◇ 具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径。
- ◇ 对可能出现的薄弱部位, 应采取措施提高抗震能力。
- ◇ 应避免因部分结构或构件的破坏而导致整个结构丧失抗震能力或对重力荷载的承载能力; 避免因局部削弱或突变形成薄弱部位, 产生过大的应力集中或塑性变形集中。
- ◇ 结构在两个主轴方向的动力特性宜接近。
- ◇ 在地震作用下节点的承载力应大于相连构件的承载力。当构件屈服、刚度退化时, 节点应能保持承载力和刚度不变。

① 刚度

在建筑物设计中, 恰如其分地确定建筑物刚度是非常重要的, 结构宜具有合理的刚度和承载力分布, 刚柔相济: 刚度大, 结构自振周期短, 地震作用大, 材料浪费; 刚度小, 结构自振周期大, 结构过柔, 产生过大变形, 影响承载力和稳定性。

当建筑物位于地震区时, 由刚度所决定的结构自振周期还要避开场地的振动卓越周期, 以避免共振, 造成建筑物倒塌; 另外结构刚度还要满足舒适度的要求。

② 合理的破坏机制

对于框架结构, 首先在梁端产生塑性铰, 消耗地震能量, 产生塑性铰后, 结构刚度下降, 计算简图发生变化, 地震作用减小; 如继续强震作用, 则在部分柱底出现塑性铰。主要采取的措施是将梁固端弯矩进行调幅, 从而实现强柱弱梁。

对于剪力墙结构, 结构刚度一般很大, 在底部易出现塑性铰, 在剪力墙结构设计时要注意提高其延性; 当为联肢剪力墙结构时, 首先在连梁中出现塑性铰, 吸收地震能量, 同时建筑物刚度减少, 地震作用减小, 如继续强震作用, 会导致联肢墙部出现塑性铰。主要

采取的措施是：在剪力墙的端部以及墙与墙交叉处设置暗柱。

对于框架-剪力墙，结构刚度介于框架和剪力墙之间，框架结构刚度比较小，设计重点在于延性，保证结构有良好的延性和变形能力，剪力墙部分主要是强度设计，包括抗弯和抗剪强度设计，同时也要保证剪力墙有良好的延性。

图 1.6 给出了框架结构、剪力墙结构和联肢剪力墙结构的理想破坏机制。

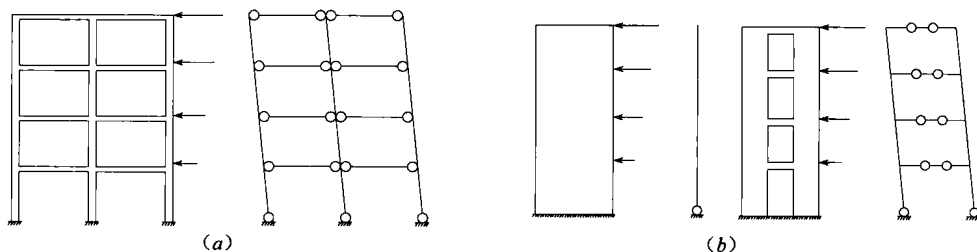


图 1.6 框架结构、剪力墙结构和联肢剪力墙结构的理想破坏机制

③ 延性设计

在结构设计中要进行延性设计，并布置多道防线。延性包括材料，截面构件和结构的延性。结构延性一般用延性系数表示，它表示结构极限变形（位移，转角，曲率）与屈服变形的比值，也可以分别用位移延性系数，转角延性系数等来表示。该比值越大，结构的延性越好。混凝土是脆性材料，其延性系数只有 1~2，钢筋是很好的延性材料，钢筋混凝土延性主要是靠钢筋的延性来实现的。

提高钢筋混凝土柱的延性，主要有以下措施：

- ◇ 合适的梁截面尺寸，以获得适宜的配筋率，避免梁受拉钢筋过多或出现超筋，使受压区混凝土先被压碎或剪切破坏。规范规定截面相对受压区高度，对于一级抗震应不大于 0.25，对于二、三级抗震应不大于 0.35，且受拉钢筋配筋率不大于 2.5%。
- ◇ 加密区箍筋不仅可提高梁的抗剪强度，防止剪切脆性破坏，还可加强对混凝土的约束和避免受压纵向钢筋产生屈服，改善梁的延性。

提高钢筋混凝土柱的延性，主要有以下措施：

- ◇ 控制钢筋混凝土柱的轴压比；
- ◇ 尽量避免短柱，长柱的延性比短柱好；
- ◇ 柱箍筋的加密，采用复合箍筋对改善柱的延性有好处，可以增强对混凝土的约束。

提高钢筋混凝土剪力墙的延性，采取以下措施：

- ◇ 控制钢筋混凝土剪力墙的高宽比，使其大于 2，这样的剪力墙其受力性能接近于悬臂梁；
- ◇ 尽量采用有边缘构件的剪力墙，而且边缘构件的受力钢筋要有很好的锚固；
- ◇ 尽可能采用联肢剪力墙，它可以大大提高剪力墙的延性；
- ◇ 当剪力墙很宽时，适当在剪力墙中有规则地开结构洞。

(3) 伸缩缝、沉降缝和防震缝

结构上的作用分为两类，一类是直接作用，施加在结构上，并使结构内部产生内力效应的集中或分布力，称之为荷载；另一类是间接作用，由于某种原因使结构产生约束和位移，从而使结构内部产生了内力效应，一般称之为作用。