

Book of Civil Engineering
Structural Design

土木工程 结构设计指导

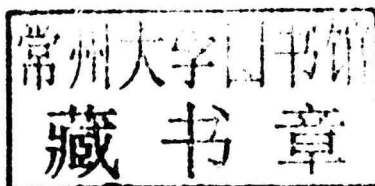
皮凤梅 杨洪渭 戎贤 王丽玫 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

土木工程 结构设计指导

皮凤梅 杨洪渭 戎贤 王丽玫 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以一个结构设计人员的角度,对当前结构设计人员面临的挑战和应该具备的品质进行了表述,对结构设计中的基本概念进行了深入的阐述,包括荷载和作用、建筑材料特性、刚度在结构设计中的应用和结构延性。本书以“基本概念——设计方法——设计实例——设计中常见问题”的模式对结构设计中常见的结构知识详细介绍,包括砌体结构、框架结构、框架—剪力墙结构、剪力墙结构、轻钢结构、排架厂房、钢屋架、地基基础、地基处理和楼梯的设计,并附有详细的实际工程图纸和算例。此外还介绍了工程设计现场服务内容及施工常遇质量问题的处理方法。

本书可作为土木工程类、工程管理类及建筑类等专业技术人员的参考用书,尤其适合刚参加工作的年轻工程师使用,也会对经验丰富的工程师们有所启迪和帮助,同时也可作为上述专业高等院校、成人教育、函授教育、网络教育学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程结构设计指导 / 皮凤梅等编著. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2012. 7
ISBN 978-7-5084-9990-1

I. ①土… II. ①皮… III. ①土木工程—工程结构—
结构设计 IV. ①TU318

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第159350号

书 名	土木工程结构设计指导
作 者	皮凤梅 杨洪渭 戎贤 王丽玫 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	210mm×285mm 16开本 32.25印张 1014千字 4插页
版 次	2012年7月第1版 2012年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	65.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

编写委员会

皮凤梅 杨洪渭 戎 贤 王丽玫 编著

参 编 人 员

(排名不分前后)

皮凤梅	廊坊师范学院
杨洪渭	铸鼎建设集团股份有限公司
戎 贤	河北工业大学
王丽玫	廊坊师范学院
陈海雨	中油管道建设工程有限公司
赵青山	河北拓为工程设计有限公司
张成斌	中国石油天然气管道工程有限公司
刘 晋	河北工业大学廊坊分院
颜 华	廊坊师范学院
贺 云	廊坊师范学院
李艳艳	河北工业大学
池 鑫	北京市建筑设计研究院
王玉良	荣盛建设工程有限公司
刘慧芳	廊坊市盛世华章建设工程设计有限公司
梅 黎	廊坊市建设局
刘会敏	华北油田公司华兴综合服务处

前 言

作为一个拥有多年施工、设计、教学、工程管理、图纸审查工作经验的结构工程师，不但接触过很多刚进入设计行业的年轻人，也带过很多届的毕业设计和毕业实习，突出的感觉就是普通高校专业教育与实际严重脱节，普通高校专业教育的实践环节滞后于生产实际，直接导致学生毕业之后无法立刻投入到工作中去，往往需要很长的时间才能独当一面。

对于即将参加土木工程结构设计工作的在校学生和刚参加工作的年轻结构工程师而言，面对的最大问题就是如何将学校学到的知识和实际工作联系起来，如何将自己的专业知识融会贯通、合理应用。为了让他们能够更快地融入到今后的工作中去，本书以产学研相结合的方式，汇集了教学、设计、施工和监管一线的相关人员的实践经验，结合工程实例，对土木工程结构设计中常见的结构形式给予了详细的介绍。

限于编者的水平和经验，书中难免有不妥之处，恳请读者和专家批评指正。

谨以此书献给依然奋斗在设计一线的同志们。

编者

2012年1月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 结构设计人员是什么样的人	1
第二节 结构设计人员应该具有的品质	4
第二章 结构设计概论	7
第一节 荷载和作用	7
第二节 建筑材料特性	19
第三节 刚度	31
第四节 延性	38
第三章 砌体结构设计	42
第一节 砌体结构基本构件	42
第二节 砌体结构布置方案	52
第三节 砌体结构计算	57
第四节 砌体结构设计实例	66
第五节 砌体结构构造措施	83
第六节 砌体结构设计中常见问题	87
第四章 框架结构设计	95
第一节 框架结构布置原则	95
第二节 框架结构设计方法	98
第三节 框架结构设计实例	107
第四节 框架结构设计参数的合理选取	145
第五节 框架结构设计中常见问题	161
第五章 剪力墙结构设计	166
第一节 剪力墙的分类及受力特点	166
第二节 剪力墙结构设计方法	168
第三节 剪力墙结构设计实例	178
第四节 剪力墙结构设计中常见问题	236
第六章 框架—剪力墙结构设计	240
第一节 框架—剪力墙结构的协同工作	240
第二节 框架—剪力墙结构铰接体系在水平荷载下的计算	243
第三节 框架—剪力墙结构设计实例	249
第四节 框架—剪力墙结构设计中常见问题	314

第七章 排架结构设计	315
第一节 排架结构基本构件	315
第二节 排架结构设计方法	322
第三节 排架结构设计实例	333
第八章 门式刚架轻型房屋钢结构设计	345
第一节 门式刚架轻型房屋钢结构基本构件	345
第二节 门式刚架轻型房屋钢结构设计方法	346
第三节 计算模型和计算理论	348
第四节 门式刚架轻型房屋钢结构设计实例	357
第五节 门式刚架轻型房屋钢结构设计中常见问题	377
第九章 钢屋架设计	383
第一节 钢屋架基本形式及支撑布置	383
第二节 钢屋架结构设计方法	386
第三节 钢屋架结构设计实例	394
第十章 基础设计	409
第一节 地基计算	409
第二节 浅基础设计	418
第三节 基础设计实例	424
第四节 基础设计中常见问题	429
第十一章 地基处理设计	435
第一节 常见地基处理方法	435
第二节 地基处理设计方法	439
第三节 地基处理设计实例	450
第四节 地基处理构造措施	453
第五节 地基处理设计中常见问题	456
第十二章 楼梯设计	458
第一节 常见楼梯形式	458
第二节 楼梯设计方法	459
第三节 楼梯在主体结构计算中的简化方法	462
第四节 楼梯设计实例	463
第五节 楼梯构造措施	471
第六节 楼梯设计中常见问题	474
第十三章 施工现场服务概述	477
第一节 设计交底与图纸会审	477
第二节 验槽	478
第三节 基础工程验收	480
第四节 主体工程验收	481
第五节 竣工验收	482
第六节 关于变更及洽商	483

第十四章 施工常遇质量问题及处理措施	486
第一节 施工常遇质量问题	486
第二节 处理措施	490
附录 A 常用表格	496
附录 B 常用规范	502
附录 C 常用图集	503
参考文献	505

第一章 绪 论

第一节 结构设计人员是什么样的人

多年以前看过一本外国人写的关于结构静力计算的书，虽然记不得书名和作者了，但是这本书开篇的几句话却给我留下了极其深刻的印象，作者在开篇写道：“结构工程师是这样的一种人，他们在不知道确切荷载和作用的情况下，利用不知道确切属性的材料，按照极其不完美的理论，来保证建筑物的使用安全”。这段话非常精确地表述了作为一名结构设计人员所面对的挑战，我们试着详细论述一下这句话包含的深层次的内容。

一、知道建筑所承受的确切的荷载和作用吗

结构设计时常说，这个房间活荷载 2.0kN/m^2 ，那个房间活荷载 3.0kN/m^2 ，这是指这个房间内的地面上始终承受这么大的荷载吗？也常说结构承受的地震作用是多少多少，地震时地震作用真的就是这么多吗？钢筋混凝土随着里面钢筋的含钢量的变化，它的容重一直保持不变吗？如果仔细思考一下，就会发现精确地确定建筑承受的荷载和作用是不现实而且也不可能的，这就好比不可能去限定地面怎么运动，风如何去吹一样。同时也会发现，设计时所采用的荷载和作用的数值，并不是其最大值，而是综合考虑安全、经济等因素之后给出的荷载或作用代表值，它没有反映荷载作为随机过程而具有随时间变异的特性。

《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001) 3.1.2 条的条文说明中这样写道：“虽然任何荷载都具有不同性质的变异性，但在设计中，不可能直接引用反映荷载变异性的各种统计参数，通过复杂的概率运算进行具体设计。因此，在设计时，除了采用能便于设计者使用的设计表达式外，对荷载仍应赋予一个规定的量值，称为荷载代表值。荷载可根据不同的设计要求，规定不同的代表值，以使之能更确切地反映它在设计中的特点。本规范给出荷载的四种代表值：标准值、组合值、频遇值和准永久值，其中，频遇值是新增添的。荷载标准值是荷载的基本代表值，而其他代表值都可在标准值的基础上乘以相应的系数后得出”。

看完《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001) 和《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001) 这两本规范之后，可以很清醒地认识到，我们并不知道确切的荷载和作用，采用的只是概率统计意义上具有一定保证率的代表值。

二、知道建筑所用材料的确切属性吗

常用的建筑材料主要有钢材和钢筋、混凝土、砌体三种，在这三种材料中，一般来讲砌体的强度最低，偏差最大，混凝土次之，钢材和钢筋最好。但是做结构试验我们就会发现，同样强度等级的钢筋，不同的钢筋通过拉拔试验，强度值是不一样的，有时相差还比较多。同样在压混凝土标准试块时，同一批次、同一材料、相同养护条件下的试块，强度也不一样，有时也会相差很多。至于说砌体材料，由于块体材料、砌筑砂浆、砌筑工艺、内部缺陷等因素的影响，强度差别更为明显。

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 4.1.1 条规定：“混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值是指按标准方法制作养护的边长为 150mm 的立方体试件，在规定龄期用标准试验方法测得的，具有 95% 保证率的抗压强度值。” 4.2.2 条规定：“钢筋的强度标

准值应具有不小于 95% 的保证率”。从《砌体结构设计规范》（GB 50010—2010）第 3 章的条文说明中可以看出，砌体强度同样是基于概率统计及分析得出。

由于建筑材料不均匀的特性，在结构设计中无法取得并使用材料的确切属性，不光建筑材料的强度不是其真实的强度，建筑材料的其他特性，比如弹性模量、线膨胀系数、泊松比、应力—应变曲线、恢复力模型等参数都是采用给定的代表值，建筑材料的属性同建筑所承受的荷载和作用一样，同样存在着超出其安全取值的可能。

三、所采用的设计理论是否完善吗

这是一个很有颠覆性的问题，我们的设计的基础是否正确，这似乎关系到计算是否有继续存在的意义。先思考以下四点。

1. 目前常用的计算方法

我们目前常用的计算方法中，从结构整体分析一直到杆件内力的求得始终是采用弹性理论，但是计算构件配筋及应力时，采用的却是弹塑性理论，换句话说就是目前的结构设计时结构整体分析未考虑杆件弹塑性变形的影响。但在结构受力过程中，结构杆件不可能始终在弹性范围工作，结构杆件局部进入塑性后必然会引起结构刚度、荷载和作用分配模式的一系列改变，但是在实际结构设计中，无法考虑这部分的影响。

2. 结构设计中的简化

由于计算手段和计算能力的限制，在将实际的建筑转化为计算模型的过程中引入了大量的简化，比如：

（1）不考虑上部结构与基础的共同工作。实际上上部结构的荷载和刚度影响了下部基础的变形，下部基础的变形同样在上部结构中产生附加应力，但是限于计算能力和计算手段，目前大部分结构计算程序不考虑此部分影响。

（2）未考虑现浇楼板与梁的共同作用。在结构计算模型中，梁截面是按照矩形截面输入的，但是在实际施工中，现浇楼板与框架梁、连梁均浇筑为一个整体，现浇楼板作为梁的翼缘，共同受力。结构设计时为考虑此部分影响，引入了一个“中梁刚度放大系数”的参数，对梁的刚度进行调整，但是由于楼板跨度、厚度、梁截面的千差万别，这个参数只是定性，没能定量地反映现浇楼板对梁刚度的放大。同时这仅仅是考虑对梁刚度的放大，并未考虑到对梁承载力的影响，尤其是抗震设计时，由于现浇楼板的存在，框架梁承载力提高，这使得“强柱弱梁”这一设计原则变得很难实现。

（3）未考虑填充墙的影响。无论是轻质混凝土砌块填充墙还是空心砖砌体填充墙的加入，结构的受力性能都会发生改变，尤其是对刚度较小的框架结构影响更大，整个结构的质量、刚度、自振周期以及整体变形和位移较纯框架结构都会有较大的不同，而在现有设计方法中往往都没有考虑这些不利影响，只是把填充墙作为一种均布荷载输入到结构计算软件中，并简单地用周期折减来考虑填充墙对框架结构的影响。这样的简化是很不合理的，也是很很不安全的。

在结构设计中，这样的简化还有很多，简化的原因都是这些因素只能定性地分析而无法精确地进行定量分析，这样的状况还会持续很长时间。

3. 参数的选取

在结构设计过程中经常会选取一些参数，这些参数中，大部分数值让人觉得没有道理，至少是没有严密的理论基础，往往是工程经验上所采用的数值。比如《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）6.2.5 条规定对框架结构中的柱剪力进行放大，一级、二级、三级、四级时分别取 1.5、1.3、1.2、1.1，那么这些取值为什么不是 1.6、1.4、1.3、1.2，能不能是 1.4、1.2、1.1、1.05 呢？《砌体结构设计规范》（GB 50003—2001）3.2.3 条第 3 款，当砌体砂浆为水泥砂浆时，强度表中数值要乘以折减系数 0.9，那么这个取值为什么不是 0.8，能不能是 0.95 呢？《钢结构设计规范》（GB 50017—2003）3.4.2 条第 1 款，当单面连接的角钢按轴心受力计算强度和连接时，强度设计值要乘

以折减系数 0.85, 那么这个取值为什么不是 0.8, 能不能是 0.9 呢?

这些参数同样也是因为这些因素只能定性的分析而无法精确地进行定量分析, 为了保证规范和这种设计方法具有可操作性, 通过对既有工程的研究和分析或者通过试设计, 总结出经验公式, 计算及确定出这些参数的取值。

4. 结构静力弹塑性分析

结构静力弹塑性分析 (也称 Pushover 分析) 将非线性静力计算结果和弹性分析谱结合起来, 用静力分析的方法来预测结构在地震作用下的动力反应和抗震性能, 它作为抗震性能分析的方法之一, 得到了广泛的研究和应用。

但是这种分析方法是基于以下两个假设:

(1) 实际结构的地震反应与某一等效单自由度体系的反应相关, 也就是说结构的地震反应由某一振型起主要控制作用 (一般认为是结构第一振型), 其他振型的影响可以忽略。

(2) 在分析过程中, 不论结构变形大小, 分析所假定的结构沿高度方向的形状向量都保持不变。

以上两个假设在理论上讲是不严密的, 并且这种方法也无法考虑地震作用持续时间、能量耗散、结构阻尼、材料的动态性能、承载力衰减等影响因素, 也难以反映实际结构在地震作用下大量不确定因素的影响。同时, 这种方法对于二维不规则结构分析还有不小的难度, 对于三维结构以及如何考虑两个方向的扭转效应等都还需要进一步研究。

以上的四点只是抛砖引玉, 仔细思考一下就会发现, 由于不确定的因素太多, 目前的结构设计理论并不如物理学上的力学定理那样严密, 还是很不完美的, 同时还要考虑设计方法的易用性和可操作性, 结构设计所用规范的制订更多的是基于工程经验及结构试验的结果。规范及计算方法的可操作性是规范制订的一个重要的考虑因素, 一个计算方法或者理论不管它的计算理论如何严密, 计算结果如何精确, 和实际如何地吻合, 如果它的计算过于繁琐或需要太复杂和高深的专业知识, 那么它的应用就会受到限制。结构设计的主体是人, 辅助设计的工具是计算机, 如果计算方法或者理论所需要的能力超出了人或计算机的能力, 那么这种计算方法或者理论注定得不到广泛应用。比如弹塑性时程分析是一种直接基于结构动力方程的数值方法, 可以得到结构在地震作用下各时刻各个质点的位移、速度、加速度和构件的内力, 给出开裂和屈服的顺序, 发现应力和变形集中的部位, 获得结构的弹塑性变形和延性要求, 进而判明结构的屈服机制、薄弱环节和可能的破坏类型, 还可以反映地面运动的方向、特性和持续时间的影响, 也可以考虑结构的各种复杂非线性因素以及分块阻尼等问题。这种方法很好很先进, 但是由于这种设计方法的复杂性及计算量的巨大, 只能在特殊的重要的复杂结构或者大跨度结构中采用, 想象一下如果一栋住宅楼需要数十名具有很高素质的结构设计人员辛勤工作半年甚至更长时间才能完成它的结构设计的话, 我们就会知道它是不可能被大范围采用。复杂永远是工程界的天敌, 做工程更需要的是在有限精度上的简单、高效。

四、要保证建筑物的使用安全

这里所说的安全不是指绝对的安全, 不是指什么情况下结构都不会破坏, 这里说的安全指的是在适用的条件下, 考虑经济因素的安全。结构设计时需要反复考虑的就是适用、安全、经济之间的平衡, 为了经济而不考虑安全是不对的, 但同时过分追求安全而忽略适用和经济因素也是不正确的。

适用性是一栋建筑物存在的意义, 试想一下, 由于使用功能的要求, 需要建造一个 $200\text{m} \times 300\text{m}$ 的大空间存放飞机, 结构设计人员说: “对不起, 我们只能做出来 $80\text{m} \times 80\text{m}$ 的”, 那我们还会建造 $80\text{m} \times 80\text{m}$ 的建筑吗, 当然不会, 因为无法达成使用条件的建筑是没有建造的意义的。

我们会为了所有建筑的安全而不计代价吗? 答案是当然不会, 经济因素始终是制约着建筑安全指标的一个关键因素, 由于新建建筑的数量巨大, 建筑安全指标的一小部分提高都会引起建筑总体造价的巨大增长。新中国成立初期, 社会经济总量较少, 当时的建筑形式及安全指标就较低, 随着社会的发展, 经济实力的提高, 建筑安全指标也随着逐渐的提高, 这集中体现在历次规范的修改上, 每一次

规范修改，建筑结构的的安全度都会有所提高，建筑结构的造价也会有相应的提高。建筑安全度不会脱离社会经济承受能力这个基础。

用一个不是很恰当但是很形象的比喻来形容适用、安全、经济之间的关系，那就是适用就好比一个人的头皮，安全是头发，经济是头发的数量。“皮之不存、毛将焉附”，头发稀少好像也不甚健康美观。可以看出，结构设计人员所追求的安全，是在与适用性、经济性之间平衡之后的一种相对的安全。

所以说结构工程师是这样的一种人，他们在不知道确切的荷载和作用的情况下（利用统计资料和概率理论，综合各种因素，针对不同情况采用不同的荷载和作用代表值），在不知道所用材料确切属性的情况下（利用大量的实验数据和概率理论，提出各种材料在不同计算目的下强度及其他特性的代表值，并且用产品出厂检验、施工现场检验等手段加以保证），在设计理论极其不完善的情况下（利用大量的实际工程经验和实验数据，总结并不断完善了一套简单可行的，以当前现行结构规范为底线，以简单的结构计算为参考的设计方法），来保证建筑物的（在满足适用的条件下，考虑了经济因素的情况下的适当的）使用安全。

第二节 结构设计人员应该具有的品质

由于建筑结构设计的复杂性和不确定性，一个合格的结构设计人员除了应该具有相应的专业知识以外，还应该具有以下优秀品质。

一、要有责任心

责任心是指对事情能敢于负责、主动负责的态度。一说起责任心，很多人认为非常容易达到，但实际上目前的结构设计人员，尤其是现在刚毕业进入设计行业的同志，并没有足够的责任心来完成好设计任务。这主要表现在两个方面，一是有的设计人员对结构设计充满了恐惧，在害怕楼塌了的心理阴影下极力增加荷载取值，选用设计参数偏严，没有理由地放大构件截面及配筋，造成了极大浪费；二是有的设计人员得过且过，粗心大意，对自己的计算模型及施工图纸不进行仔细核对，漏洞百出，造成很多安全隐患甚至直接导致工程出现问题，给建设单位造成重大的经济损失。

在结构设计中，有的人仔细考虑结构方案，反复调整结构布置，在付出较多劳动的同时得到了合理的结构性能和结构造价；而有的人粗略地提出结构方案后，结构布置只要能满足规范最低要求即可，不管建设单位投资如何，不管最终结构安全性能怎样，在有可能造成浪费和结构安全性降低的前提下使自己很快地完成设计任务。有的人踏实工作，积极思考，对结构新材料、新工艺、新理论不断进行摸索，努力提高自己的业务水平；而有的人常把“我不会”、“我不敢”、“我没做过”这样的话挂在嘴边，墨守成规，不思进取。有的人细致严谨，把整个结构方案、计算模型、施工图纸整个串联起来形成一个整体，能保证三者相互一致，对各种简化或者偏差做到心中有数，在施工图中进行相应调整；而有的人得过且过，粗心大意，结构模型和实际不符，结构施工图纸与结构计算模型不符，发现过建筑方案调整增加一层，而结构设计人员为图省事，不重新进行计算，直接在施工图上修改的情况，也发现过“图在模先”的情况。有的人考虑周到，在设计过程中深入考虑施工因素，在施工图纸中避免出现无法施工或者施工困难的情况，同时对施工过程中形成的薄弱环节在设计过程中予以加强；而有的人不管不顾，一味蛮干，经常用“规范安全余量很大”、“材料强度余量很大”、“荷载不会达到设计值那么多”等不科学的结论安慰自己，造成结构设计及施工中一个又一个安全隐患。

一个人的责任心如何，决定着他在工作中的态度，决定着其工作的好坏和成败。有了责任心，才会认真地思考，勤奋地工作，细致踏实，实事求是；才会按时、按质、按量完成任务，圆满解决问题；才能主动处理好分内与分外的相关工作，从事业出发，以工作为重，有人监督与无人监督都能主动承担责任而不推卸责任。每一名合格的结构设计人员都应该有充足的责任心，在结构设计中尽心尽

力而为，要牢记自己的设计成果会被用于真正的施工，自己的设计成果决定了建设单位数量巨大的投资有没有被浪费，决定了使用方得没得到应有的使用功能和安全水平。

二、要善于思考

由于结构设计的影响因素很多，以“确定作用”——“建立模型”——“效应计算”——“结果判断”——“特殊分析”——“施工图绘制”为顺序，整个结构设计过程中以相关专业基础知识为基础，应用了大量的假设、简化，在各个参数的选取、计算结果合理性的判定时也需要考虑它们之间的相互影响和取舍，这是一个大量思考的过程，一个合格的结构设计人员一定是一个善于思考、勤于思考的人。

以经常提到的概念设计为例，所谓的概念设计就是运用清晰的结构概念，不经数值计算，依据整体结构体系与分体系之间的力学关系、结构破坏机理、震害、实验现象和工程经验所获得的基本设计原则和设计思想，对结构及计算结果进行正确的分析，并考虑结构实际受力状况与计算假设间的差异，对结构和构造进行设计，使建筑物受力更合理、安全、协调。概念设计主要从两个方面对结构设计进行宏观控制，一是在方案设计满足建筑要求的前提下，从宏观的角度考虑结构整体性及主要分体的相互协调关系，确定总体设计方案；二是在理论设计过程中综合考虑工程条件、计算理论、材料性能等各种因素对计算结果的影响，判断理论设计的准确性，并对一些工程中难以作出精确理性分析或在规范中难以规定的问题，根据实际经验采用一些结构构造措施进行处理。换句话说，概念设计是运用人的判断和思维能力，从宏观解决结构设计的基本问题、概念设计是一种思路，是一种定性的设计，它不以精确的力学分析、生搬硬套的规范条文为依据，而是对工程进行概括性的分析，制定设计目标，采取相应结构措施。具体到设计过程，就是根据特定的建筑空间和地理条件，结合建筑的功能要求，考虑结构安全、适用、经济、美观、施工方便等各种因素后，确定结构的总体方案，按照结构的破坏机理和破坏过程，灵活且能有意识地利用整体结构体系与基本杆件间的力学特性与关系、设计准则、工程现场实时的资源条件，全面合理地解决结构设计的基本问题。既要注意到总体布置的大原则，又要顾及到关键部位的细节，从根本上提高结构的可靠度。概念设计的目的是力求使设计方案安全、可靠、经济、合理，是一个优化的过程，是一个不断思考的过程，结构设计同样也是。

三、不盲目信从

由于未能将学校所学专业知识和实际工程紧密联系起来，未能将专业知识融会贯通，刚从事结构设计的同志往往会盲目信从，一是偏信结构计算软件，二是偏信网络上或者实际中前辈们的经验。

随着计算机结构分析软件的广泛应用和普及，它使人们摆脱了过去必须进行的大量手工计算，使得采用空间模型的结构计算方法成为可能，使结构设计人员的工作效率得到大幅度的提高。但与此同时，结构设计人员，尤其是刚刚从事结构设计行业的同志，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软件，提出了“用它就要相信它”的观点。我们需要清醒认识的是，结构计算软件只是一种程序，它只能将输入的数据按照预先指定的方法和方式转化为输出的结果，错误的输入不会得到正确的结果，由于软件也有其适用的条件，超出其使用条件的输入，也不会得到正确的结果。曾经有一位结构设计人员，设计一栋办公楼时，将由变形缝分隔的两个部分一起输入到模型内，在并没有做任何调整及特殊指定的情况下，由计算机辅助完成了结构计算及施工图绘制。未特殊指定时，程序默认此模型只有一个刚心和质心，但实际上这两部分应该各自拥有独立的刚心和质心，如此计算下来结构周期的大小、地震作用的大小及分配方式都是错误的。由此可见，当我们运用计算软件来进行辅助设计时首先要明确软件的适用条件、正确的使用方法，然后在保证模型正确简化的基础上将数据正确输入，最后一定要运用专业知识对计算结果的正确性进行判断。并且，由于目前的结构计算软件总是存在着一定的局限性、适用性和近似性，应该从整体上来把握和控制结构体系的各项性能，应从明确的结构概念出发来分析和处理，从而确保结构的安全性。结构工程师应对基本假定、力

学模型及其适用范围有所了解，并应对计算结果进行分析判断，确认其正确合理、有效后方可用于工程设计。

对于刚参加工作的同志而言，网络上或者实际中前辈们的经验往往是其唯一能够获得的技术支持，盲听盲信，但是由于他们水平的参差不齐或者对事物的认识深度不同，经验往往具有局限性和相对性。对于刚参加工作的同志，应该根据具体的工程实际，结合自己的专业知识，对这些经验和建议进行分析，认真思考，切忌盲听盲信。

四、要习惯接受新事物

由于我们所从事的行业的理论基础还很不完备，还在不断地进行相关研究；结构形式在前人的基础上始终在持续创新，不断会有新的结构形式出现；材料科学的蓬勃发展，新型建筑材料不断涌现。这就决定了作为结构设计人员，必须习惯接受新事物，也要敢于尝试新事物。有的设计人员现在还抱着 20 世纪 70 年代的料仓计算手册不放，将其引为至宝，完全不知道目前的计算手段已经可以较为精确地进行分析计算，而沿用老式的简化计算方法；有的设计人员将轻钢结构、短肢剪力墙结构、复合地基、型钢混凝土等相对较为新型的结构形式完全排除在自己的专业知识体系之外，只在自己熟悉的范围内进行设计，知识没有更新、相互不能借鉴、框框不敢突破，这样的设计人员注定会被淘汰。有的设计人员在结构设计中还在坚持采用 HPB235、HRB335 级钢筋，不理睬国家节能减排的政策，不理睬建设单位合理减少投资的要求，完全没有看到 HRB400 乃至 HRB500 级高强钢筋的优点，而最新的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 中已经取消了 HPB235 级钢筋，希望能对他们有所警醒。

只有不断接受新事物、新知识、新观念，才能目光远大，思维灵活，才能对发展变化的事物作出正确地分析判断，才能真正成为一名合格的结构设计人员。

第二章 结构设计概论

在结构设计中，有着四个非常重要的基本概念，分别是荷载和作用、建筑材料特性、刚度、延性。首先，结构所受的荷载和作用是结构设计的前提，不能明确结构所受的荷载和作用，结构设计就无从谈起；其次，建筑材料的特性是结构设计的根本，建筑材料的特性决定了其计算方法、构造措施及做法，不对建筑材料进行深入的研究，就不能保证结构的安全；第三，刚度是结构内力计算的基础，不管是竖向荷载在水平受力构件（如梁、板）内的分配，还是水平荷载在竖向受力构件（如柱、剪力墙）内的分配，无一不和构件的刚度有关，简单地说就是“荷载和作用按刚度分配”，不知道构件刚度，就不能求解出构件中的内力，结构设计就无法进行；第四，延性则是当前保证结构抗震性能的主要手段，“小震不坏，中震可修，大震不倒”是目前抗震设防的三个标准，其中依靠结构抗力抵抗的只是小震，中震和大震则需要结构拥有足够的延性，在变形及局部破坏的过程中对地震能量进行耗散，由此可见，足够的延性对结构的抗震性能具有决定性的意义。以下分别对这四个基本概念进行简单的论述。

第一节 荷载和作用

一、结构上的荷载

结构上的荷载分为下列三类：

- (1) 永久荷载。如结构自重、土压力、预应力等。
- (2) 可变荷载。如楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等。
- (3) 偶然荷载。如爆炸力、撞击力等。

建筑结构设计时，对不同荷载应采用不同的代表值。

对永久荷载应采用标准值作为代表值。

对可变荷载应根据设计要求，采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值。

对偶然荷载应按建筑结构使用的特点确定其代表值。

二、荷载组合

建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载（效应）组合，并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

对于承载能力极限状态，应按荷载效应的基本组合或偶然组合进行荷载（效应）组合。

$$\gamma_0 S \leq R \quad (2-1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数；

S ——荷载效应组合的设计值；

R ——结构构件抗力的设计值。

对于基本组合，荷载效应组合的设计值 S 应从下列组合值中取最不利值确定：

1. 由可变荷载效应控制的组合

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} S_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{QiK}$$
 (2-2)

式中 γ_G ——永久荷载的分项系数；
 γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数，其中 γ_{Q1} 为可变荷载 Q_1 的分项系数；
 S_{GK} ——按永久荷载标准值 G_K 计算的荷载效应值；
 S_{QiK} ——按可变荷载标准值 Q_{Ki} 计算的荷载效应值，其中 S_{Q1K} 为诸可变荷载效应中起控制作用者；
 ψ_{ci} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数；
 n ——参与组合的可变荷载数。

2. 由永久荷载效应控制的组合

$$S = \gamma_G S_{GK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{QiK}$$
 (2-3)

3. 基本组合的荷载分项系数

(1) 永久荷载的分项系数。

- 1) 当其效应对结构不利时：
对由可变荷载效应控制的组合，应取 1.2；
对由永久荷载效应控制的组合，应取 1.35。
2) 当其效应对结构有利时：
一般情况下应取 1.0；
对结构的倾覆、滑移或漂浮验算，应取 0.9。

(2) 可变荷载的分项系数。

- 一般情况下应取 1.4；
对标准值大于 4kN/m² 的工业房屋楼面结构活荷载应取 1.3。

对于偶然组合，荷载效应组合的设计值宜按下列规定确定：偶然荷载的代表值不乘分项系数；与偶然荷载同时出现的其他荷载可根据观测资料和工程经验采用适当的代表值。

民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数见表 2-1。

表 2-1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

项次	类 别	标准值 (kN/m ²)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	(1) 住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园			0.5	0.4
	(2) 教室、试验室、阅览室、会议室、医院门诊室	2.0	0.7	0.6	0.5
2	食堂、餐厅、一般资料档案室	2.5	0.7	0.6	0.5
3	(1) 礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台	3.0	0.7	0.5	0.3
	(2) 公共洗衣房	3.0	0.7	0.6	0.5
4	(1) 商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室	3.5	0.7	0.6	0.5
	(2) 无固定座位的看台	3.5	0.7	0.5	0.3
5	(1) 健身房、演出舞台	4.0	0.7	0.6	0.5
	(2) 舞厅	4.0	0.7	0.6	0.3
6	(1) 书库、档案库、贮藏室	5.0	0.9	0.9	0.8
	(2) 密集柜书库	12.0			
7	通风机房、电梯机房	7.0	0.9	0.9	0.8

续表

项次	类 别	标准值 (kN/m ²)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
8	汽车通道及停车库:				
	(1) 单向板楼盖 (板跨不小于 2m)				
	客车	4.0	0.7	0.7	0.6
	消防车	35.0	0.7	0.7	0.6
	(2) 双向板楼盖和无梁楼盖 (柱网尺寸不小于 6m×6m)				
9	厨房:				
	(1) 一般的	2.0	0.7	0.6	0.5
10	(2) 餐厅的	4.0	0.7	0.7	0.7
	浴室、厕所、盥洗室:				
11	(1) 第 1 项中的民用建筑	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2) 其他民用建筑	2.5	0.7	0.6	0.5
12	走廊、门厅、楼梯:				
	(1) 宿舍、旅馆、医院病房托儿所、幼儿园、住宅	2.0	0.7	0.5	0.4
	(2) 办公楼、教室、餐厅、医院门诊部	2.5	0.7	0.6	0.5
	(3) 消防疏散楼梯, 其他民用建筑	3.5	0.7	0.5	0.3
12	阳台:				
	(1) 一般情况	2.5			
	(2) 当人群有可能密集时	3.5	0.7	0.6	0.5

- 注 1. 本表所给各项活荷载适用于一般使用条件, 当使用荷载较大或情况特殊时, 应按实际情况采用。
2. 第 6 项书库活荷载当书架高度大于 2m 时, 书库活荷载尚应按每米书架高度不小于 2.5kN/m² 确定。
3. 第 8 项中的客车活荷载只适用于停放载人数少于 9 人的客车; 消防车活荷载是适用于满载总重为 300kN 的大型车辆; 当不符合本表的要求时, 应将车轮的局部荷载按结构效应的等效原则, 换算为等效均布荷载。
4. 第 11 项楼梯活荷载, 对预制楼梯踏步平板, 尚应按 1.5kN 集中荷载验算。
5. 本表各项荷载不包括隔墙自重和二次装修荷载。对固定隔墙的自重应按恒荷载考虑, 当隔墙位置可灵活自由布置时, 非固定隔墙的自重应取每延米长墙重 (kN/m) 的 1/3 作为楼面活荷载的附加值 (kN/m²) 计入, 附加值不小于 1.0kN/m²。

设计楼面梁、墙、柱及基础时, 表 2-1 中的楼面活荷载标准值在下列情况下应乘以规定的折减系数。

4. 设计楼面梁时的折减系数

- (1) 第 1 (1) 项当楼面梁从属面积超过 25m² 时, 应取 0.9。
- (2) 第 1 (2) ~7 项当楼面梁从属面积超过 50m² 时应取 0.9。
- (3) 第 8 项对单向板楼盖的次梁和槽形板的纵肋应取 0.8; 对单向板楼盖的主梁应取 0.6; 对双向板楼盖的梁应取 0.8。
- (4) 第 9~12 项应采用与所属房屋类别相同的折减系数。

5. 设计墙、柱和基础时的折减系数

- (1) 第 1 (1) 项应按表 2-2 规定采用。
- (2) 第 1 (2) ~7 项应采用与其楼面梁相同的折减系数。
- (3) 第 8 项对单向板楼盖应取 0.5; 对双向板楼盖和无梁楼盖应取 0.8。
- (4) 第 9~12 项应采用与所属房屋类别相同的折减系数。

注: 楼面梁的从属面积应按梁两侧各延伸二分之一梁间距的范围内的实际面积确定。

表 2-2 活荷载按楼层的折减系数

墙、柱、基础计算截面以上的层数	1	2~3	4~5	6~8	9~20	>20
计算截面以上各楼层活荷载总和的折减系数	1.00 (0.90)	0.85	0.70	0.65	0.60	0.55

注 当楼面梁的从属面积超过 25m² 时, 应采用括号内的系数。