

结构软件 学且思

——以STAAD为例 魏亮 谢剑 李武君 编著

结构软件学思录

——以 STAAD 为例

魏 亮 谢 剑 李武君 编著



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书介绍了国际知名的结构分析设计软件 STAAD 的基本功能,通过一些简单的例题诠释了结构的基本概念,如弯曲变形、剪切变形、振型、剪力滞后等,语言通俗易懂,风格独到。

本书可作为刚参加工作的土建结构工程师特别是钢结构设计工程师的参考读物。

对于有意完善手中的软件、丰富其功能的工程师,本书也提供了一章内容介绍软件的二次开发。

对于那些已经带领一个设计团队的有经验的工程师,本书介绍的一些管理软件和思路将会帮助他们更轻松地管理团队,使得团队的合作更高效、更愉快。

本书也可供教学、科研和设计领域的相关科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

结构软件学且思:以 STAAD 为例/魏亮,谢剑,李
武君编著. — 天津:天津大学出版社,2015.10

ISBN 978-7-5618-5436-5

I. ①结… II. ①魏… ②谢… ③李… III. ①建筑结
构-结构分析-应用软件 IV. ①TU3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 237505 号

出版发行 天津大学出版社

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 天津泰宇印务有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 28.25

字 数 705 千

版 次 2015 年 12 月第 1 版

印 次 2015 年 12 月第 1 次

定 价 98.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

——献给不唯软件是瞻的
建筑结构工程师

编者的话

比之追求建筑体量的恢宏大气,建筑形态的风情各异,建筑结构工程师更加注重结构是否安全,尺度是否宜人,这正是真正的以人为本的考量。建筑师陈凯峰曾在天津大学出版社 2010 年 5 月出版的《泉州传统建筑文化概论》一书中,提出了建筑分物质形态、心物结合形态、意识形态三种形态,对应于建筑技术、建筑艺术、建筑文化。将建筑形态的划分概念,移就于结构工程师对结构软件的实践和思考,有异曲同工之妙。一如本书的作者魏亮、谢剑、李武君,“不唯软件是瞻”,删繁就简、大巧若拙,将 STAAD 软件抽丝剥茧之后,以一种极其通俗易懂的方式将软件的精髓展现给读者,同时,本书作者并不满足于“技术”层面的浅显诉求,希冀读者“学”然后有“思”,所“思”又各异,从而碰撞出学术、技术交流的火花,把“形而下”上升到了“形而上”。无论是想要学习软件操作的学生,还是从业多年想要梳理设计思路的工程师,都可以从本书中汲取营养,本书作者对读者所需予取予求,同时提供线上线下的交流平台,以飨读者,以资交互。



前言

自初中开了物理这门课,我和几位同学就喜欢到学校里那个宽敞的阅览室看几本趣味物理书。著名科普作家别莱利曼的《趣味物理学》¹(文后所列为2008年版,非当年的版本)以及类似的几本洋书的中译本(书名和作者都记不清了)最受我们欢迎,那可比“正襟危坐”的国家统编教材有趣多了。回想起来,真正让我对物理和数学产生兴趣的,还真是那几本貌似旁门左道的课外书。

“物理学”(physics)最初被译作“格物学”或是“格致学”(来自《礼记·大学》的八目:“格物”“致知”“诚意”“正心”“修身”“齐家”“治国”“平天下”),可能大多数人都感觉物理比数学更有意思,毕竟物理谈到的大多是实实在在的物的原理,比抽象的数学更容易感知。

等上了大学,开始学高等数学,感觉一下子就被一堆新概念包围,什么“导数”“偏导数”“二阶导数”“梯度”“傅里叶变换”“格林函数”,天兵神将蜂拥而至,那一堆堆公式,好不热闹。当时觉得迷迷糊糊的数学名词,在日后慢慢晓得其几何或物理含义后,已然变得不再那么深奥。顿悟或渐悟之后心里总是产生疑问:如果老师讲课时举几个形象的例子或者在教材里写清楚,不比只陈列那一堆号称严密却让大多数学生肃然起敬乃至望而却步的推导更容易被接受吗?为啥他就不去捅破那层窗户纸呢?

回想起来,学生时代的我们,有想不明白的问题时,更愿意请教身边“悟道”较早的同学而非老师——同学更知道你哪里不知道,而老师通常纳闷:这么简单的道理,为什么学生就不理解呢?台湾的侯捷(侯捷为侯俊杰先生的笔名)先生在其《深入浅出MFC》²的序言里写道,有一种软件名曰“version control”(注:版本控制,本书“20 建筑设计管理”一章有介绍),用来记录程序开发过程中的各个版本,以应不时之需,可以随时反省、检查、回顾过去努力的轨迹。遗憾的是人的大脑没有“version control”的能力。学习过程中的彷徨犹豫、挫折困顿,在日积月累的渐悟或刹那之间的顿悟之后,仿佛都成了遥远模糊的回忆;而屡扑屡起、大惑不解的地方,学成之后看起来则是那么“理所当然”。

大学里最让大家头疼的大概首推线性代数。上了二十来年学,感觉自己的数学理解能力不算很差,咋这线性代数就学得这么让人郁闷呢?当年试图在学校图书馆里寻找通俗版本的线性代数,一直未果。直到学习了结构动力学,我才顿悟,原来线性代数不仅仅在考试混学分以及考研时有用,那些稀奇古怪的抽象的“秩”啊、“特征值”啊、“特征向量”啊、“二次型”啊,是有其物理或几何含义的。

再后来才知道有这么一种说法,世上有那么两种数学书:第一种是你看了第一页就不想看了³;第二种是你看了第一行就不想看了。我找到的那些线性代数教材,都属于这两种,怪

不得看着头疼呢。很多人希望看到“第三种”数学书：你看了第一页就不想放下，甚至像看武侠小说一样，纵然通宵达旦、废寝忘食也乐在其中，看完第一集赶紧去借第二集。

解脱之味不独饮，开心之果不独证。如果您想通过学习结构动力学来重新认识线性代数，不妨来看看本书中的“14 删繁就简三秋树，提纲挈领振型图”那一章。

近些年，房子一跃成为众多家庭的第一大件。几次大地震造成了惨重的伤亡，故而老百姓对住房的要求不再仅满足于遮风挡雨，更希望住得安全踏实。这就要求结构工程师深入学习结构动力学以及地震工程学，以便给好扎个小辫子或者留个小胡子、纵然生的好皮囊却对力学概念几乎空白一片的所谓的建筑师们讲讲地震的可怕，讲讲他们稀奇古怪的方案可能在地震中化为废墟。可是大部头的结构动力学教材和地震工程学教材常常令结构工程师自己都头大眼花腿发颤。以己之昏昏，如何能使建筑师之昭昭？

如果大部头的结构动力学教材或者地震工程学教材是白花花的大米饭或者香喷喷的大馒头或者黄灿灿的窝窝头，那么本书就是清粥、小菜和小酒——只吃大米饭、白馍、窝头固然可以填饱肚子，但是如果能嘬一口清粥、就一盘小菜、咂几口小酒，那这饭吃起来才够香。

如果虽然饥饿，但是看着“大米饭”或者“大馒头”还是没有食欲，也许本书便是那开胃的小咸菜。

如果已经硬生生咽下了“大米饭”或者“大馒头”却难以消之化之，也许本书正是那消食的大山楂丸。

本书跟您读过的国内的传统的技术书有些不同，书中所引用和推导的公式不是很多，公式中最多也就用到积分的概念，没有一个微分方程，大部分的章节并不艰深，完全可以在乘坐地铁、公交车或者在等待火车时阅读。

如果您通过本书，对 STAAD 这个软件有了更多、更深入的了解，摸着了学习 STAAD 或者其他结构分析软件的门道，那我们感到很高兴，说明我们对 STAAD 帮助文件的编辑和整理功夫没白费。

如果您看过本书，重新找出了尘封已久的材料力学、结构力学教材，开始梳理所谓的建筑结构概念设计的思路，那我们写本书的真实目的被您看穿了。

如果您边看本书，边读大部头的结构动力学教材或者地震工程学教材时，发现原来并不是那么难懂的话，那我们很欣慰，说明帮助读者搞清楚一些力学的道理不一定非得仰仗严谨的公式。

杨振宁说过：学一个东西不仅是要学到一些知识，学到技术上的特别的方法，更重要的是要对它的意义有一些了解，有一些欣赏，假如一个人在学了量子力学以后，他不觉得其中有的东西是重要的，有的东西是美妙的，有的东西是值得跟别人辩论得面红耳赤而不放手的，那么他对这个东西并没有学进去，而只是学了很多可以参加考试得到好分数的知识，这不是真正做学问的精神，他没有把问题里面基本的价值掌握住³。

希望这本书能帮助您体会到结构力学和结构动力学以及哲学中某些东西的重要和美妙。

每本书就像一条地震波，每条地震波包含了不同的频谱。不同的读者，由于阅历不同，会产生不同的反应。即便是同一位读者，随着时间的变化，再次拿起同一本书时，也会有不同的体会。同声相应，同气相求，没有哪条地震波可以搞倒所有房子，没有哪本书可以让所有读者满意。“做天难做四月天，蚕要温和麦要寒；行人望晴农望雨，采茶娘子望阴天。”

有人说，只要一本书中能有一点点内容可以让读者感觉有所收获，那这本书就还算有点

价值。也希望各位读者能对本书有如此宽容之心。

“胸中元自有丘壑,盏里何妨对圣贤。”——与诸君共勉。

建议、意见、认同、不满、期望,都可以到 QQ 群 30787198 里一吐为快。

辛卯年(2011 年)夏至 初稿于北京

2008 年金融危机时有一些空闲,开始只是写写 STAAD 的基本功能介绍,后来逐渐揉入一些简单的基本概念和例题,统一另外两位作者的文字风格;从初稿相继被 20 多家出版社拒掉,到 2 年前通过 QQ 校友群偶识天津大学出版社赵宏志老师并顺利签约天津大学出版社,6 年间需要:

首先感谢党和国家。

感谢家人的支持。

感谢武际可老师欣然为拙作题写书名。

感谢编辑姜凯的辛勤劳动。

感谢 Bentley 公司^①的孙立夫先生提供了 STAAD 软件学习视频。

感谢河北潘臻、安徽徐松波等网友提供的一些资料。

感谢“中华钢结构论坛”袁鑫总舵主为本书开辟了专栏“结构软件学且思”^②。

感谢王江、孙勇提供的千人 QQ 群。

感谢很多认识的朋友、未曾谋面的网友的贡献,没有大家的帮助、鼓励及鞭策,就没有这本书的诞生,在此一并致谢!

感谢所有教过俺的老师,他/她们是:刘凤华、朱老师、尹老师、冯翠芝、韩老师、曹淑敏、马梅贞、贾友玉、贾友宾、吴兆家、杜秀芳、刘伟、张铁英、赵鑫、陈加芬、尹玉柱、苗陶华、张君成、袁景清、王志言、马承生、李建民、赵菊一、汪老师、武金波、萧龙翔、赵树绵、张蕴美、佟振勋、毕继红、吴智眉、康谷贻、侯朝胜、岳树信、王成华、李志国、潘延东、王成博、丁红岩、张晋元、丁阳、远方、孙天杰、孙秀明、沈士芳、陈冬丽、李鹏程、李永录、楼梦麟、罗奇峰、朱慈勉、陈以一、李杰、李国强等。

感谢母校山东潍坊第一中学,让俺有机会在初中和高中就能在阅览室接触到那么多有趣的课外读物。

2012 年签约天津大学出版社,直到 2014 年底才交出稿件,蹉跎到 2015 年冬天正式出版,也正好赶上母校天津大学 120 周年华诞,算是献给母校的一份寿礼!

天机玄奥先贤究,
津门立雪几春秋。
大道至简返璞真,
学海无涯乐为舟。

甲午年(2014 年)冬 改于北京
魏 亮

^① <http://www.bentley.com/zh-CN>

^② <http://okok.org/forum/forumdisplay.php?fid=10030>

目 录

第1篇 工欲善其事,必先利其器

1 缘起	(1)
1.1 为什么攒这本书	(1)
1.2 章节编排	(2)
1.3 这本书适合谁	(3)
1.4 读书建议	(3)
1.5 阅读前的必要基础——勿在浮沙筑高台	(4)
1.6 摆布软件还是被软件摆布——练拳不练功,到老一场空	(4)
2 如何看待建筑结构软件	(6)
2.1 软件大佬们如是说	(6)
2.1.1 钱令希	(6)
2.1.2 Edward L. Wilson	(6)
2.1.3 Leroy Z. Emkin	(7)
2.2 高校老师忠告	(8)
2.2.1 金宝桢(1907—1968)	(8)
2.2.2 龙驭球(1926—)	(9)
2.2.3 张蕴美	(9)
2.2.4 单建(1946—)	(10)
2.2.5 朱慈勉(1947—)	(10)
2.3 前辈建筑师、结构工程师语录	(11)
2.3.1 Eduardo Torroja(1899—1961)	(11)
2.3.2 Louis I. Khan(1901—1974)	(11)
2.3.3 Mario Salvadori(1907—1997)	(11)
2.3.4 林同炎(1912—2003)	(11)
2.3.5 Bruno Thurlimann(1923—2008)	(12)
2.3.6 容柏生(1930—)	(12)
2.3.7 Farzad Naeim	(12)
2.4 结构软件是结构工程师的鸦片和香烟	(13)
2.4.1 鸦片——曾是田里一枝花	(13)
2.4.2 医家也曾选中它	(13)
2.4.3 如今臭名为毒品	(13)
2.4.4 谁在变	(14)
2.4.5 结构工程师健康自测题——测测中毒深不深	(14)
2.5 选择什么样的香烟——选择之难	(15)
2.6 练武的几种境界	(16)

2.7 使用结构分析软件的四境界	(16)
2.7.1 器	(16)
2.7.2 术与技	(16)
2.7.3 法	(17)
2.7.4 道	(18)
3 管窥各种软件的文件组成	(20)
3.1 DLL 是什么文件	(20)
3.1.1 动态链接库是啥	(21)
3.1.2 采用动态链接库的好处	(21)
3.2 软件整容软件	(22)
3.3 软件 DNA 鉴定工具——Dependency Walker、ViewAPI	(25)
3.4 代码分析利器——Doxygen	(26)
3.5 版本控制软件	(28)
4 STAAD 前世今生	(30)
4.1 STAAD 发展简史	(30)
4.2 Bentley 公司简介	(31)
4.3 Bentley 的集成结构模型 ISM	(31)
4.4 STAAD 功能模块概览	(32)
5 从一个简单模型入手	(34)
5.1 色艺俱佳——初识 STAAD 真面目	(34)
5.2 一个简单例题	(35)
5.2.1 步骤一:运行 STAAD,进行初始设置	(35)
5.2.2 步骤二:设置轴网信息	(36)
5.2.3 步骤三:布置截面、定义支座	(37)
5.2.4 步骤四:布置楼板	(41)
5.2.5 步骤五:定义荷载工况	(44)
5.2.6 运行分析,查看结果	(49)
5.2.7 步骤六:按中国规范设计	(55)
5.2.8 按美国规范设计	(60)
5.2.9 按其他国家规范设计	(60)
5.3 STAAD 自带的例题概览	(60)
6 STAAD 软件功能问与答	(69)
6.1 授人以鱼不如授人以渔——如何利用软件的帮助文件	(69)
6.2 STAAD 中整体坐标系(Global Coordinate)的定义	(72)
6.3 STAAD 中局部坐标系(Local Coordinate)的定义	(72)
6.4 STAAD 中的梁(BEAM)	(73)
6.5 软件设置相关问题	(73)
6.5.1 吾未见好德如好色者也——界面的重要性	(73)
6.5.2 如何设置荷载以及内力、位移的显示比例	(75)
6.6 结构建模常见问题之一——几何信息	(75)

6.6.1	如何修改单位	(75)
6.6.2	如何显示或隐掉任意两点间的距离	(76)
6.6.3	如何合并几个点	(76)
6.6.4	如何生成坡屋顶	(76)
6.6.5	如何修改层高、柱距	(76)
6.6.6	如何显示杆件的起始端和末端、杆件编号、杆件、杆件局部坐标系以及杆件两端的约束情况	(76)
6.6.7	如何将一根杆件分成几份	(79)
6.6.8	如何调转杆件的起末点	(80)
6.6.9	如何将几根杆件合并为一根	(80)
6.6.10	如何在两根杆件交叉处生成节点	(81)
6.6.11	如何使两根共面的杆件相交(类似于 AutoCAD 的 extend 命令)	(81)
6.6.12	如何给不同截面的杆件指定不同的颜色	(82)
6.6.13	如何只显示模型中的一部分结构	(83)
6.6.14	如何查询某节点、某杆件、某板单元、某面单元、某体单元的信息等	(84)
6.6.15	如何在屏幕上以提示条的方式显示节点、杆件、板、面的信息	(85)
6.6.16	如何显示节点、杆件、块体的编号以及如何调整编号的字体和颜色	(87)
6.6.17	什么时候需要对节点、杆件、板单元、块体单元进行重新编号	(88)
6.6.18	如何对节点、杆件、板单元、块体单元重新编号	(88)
6.6.19	如何将多个模型合并为一个模型	(90)
6.6.20	如何显示板单元(Plate Element)的局部坐标系	(91)
6.6.21	如何反转有限单元的局部坐标系	(91)
6.6.22	如何进行过滤选择	(91)
6.6.23	STAAD 提供的选择点、杆、板、面、块的快捷方式	(92)
6.6.24	MESH 命令	(93)
6.7	结构建模常见问题之二——约束信息	(93)
6.7.1	如何设置杆端的约束情况	(93)
6.7.2	如何设置柱脚的约束情况	(95)
6.7.3	如何设置斜向支座	(96)
6.7.4	如何模拟土弹簧支座	(96)
6.8	结构建模常见问题之三——截面库与自定义截面	(97)
6.8.1	如何查看标准型钢库中的型钢名称和截面特性	(97)
6.8.2	如何查看或修改截面库中截面的参数	(100)
6.8.3	如何定义和修改用户自定义截面库	(100)
6.8.4	如何估选型钢的截面	(102)
6.9	结构建模常见问题之四——荷载	(104)
6.9.1	如何修改荷载信息	(104)
6.9.2	荷载组合的设定	(105)
6.9.3	按中国规范定义反应谱曲线	(107)
6.9.4	如何输入多条反应谱	(108)

6.10 结构建模常见问题之五——其他问题	(110)
6.10.1 如何创建组	(110)
6.10.2 只拉构件、只压构件、桁架构件如何定义	(110)
6.10.3 如何设置和显示主从节点	(111)
6.10.4 如何把 WPS 表格软件或 Excel 中的数据导入 STAAD 中	(113)
6.10.5 STAAD 的备份管理器	(114)
6.11 内力分析及后处理常见问题	(115)
6.11.1 如何给不同的振型设置不同的阻尼比	(115)
6.11.2 如何找出 Multi-structure、孤立节点、重叠杆件等	(116)
6.11.3 如何查看振型	(117)
6.11.4 如何设定所求振型数的多寡	(121)
6.11.5 如何只显示部分节点、杆件或单元的分析结果	(121)
6.11.6 如何显示各种工况下的节点位移	(122)
6.11.7 如何显示杆端的剪力、弯矩图以及相应的值	(122)
6.11.8 如何只显示支座反力中的某几项	(122)
6.11.9 如何以图形方式直观显示某根杆件在某种工况下的内力	(122)
6.11.10 如何修改“后处理”页面中内力表格、应力表格、位移表格等计算结果的单位	(122)
6.11.11 如何对一些分析结果进行排列	(123)
6.11.12 如何只输出某些荷载作用下的计算结果	(124)
6.11.13 如何显示一根梁中部某截面处的内力	(125)
6.11.14 如何显示梁中部的挠度	(126)
6.11.15 如何输出楼层的层间位移	(126)
6.11.16 如何统计材料用量	(126)
6.12 结构设计常见问题	(128)
6.12.1 使用 STAAD 进行构件优化的小结与实例	(128)
6.12.2 如何查看杆件设计结果	(130)
7 STAAD 常用命令详解	(132)
7.1 STAAD 命令流与 STRUDL 以及 MIT(麻省理工学院)的渊源	(132)
7.2 知面更要知心——命令流方式建模的一些优点	(134)
7.2.1 便于快速比较模型修改前后的差异	(134)
7.2.2 便于存档	(136)
7.2.3 多种方案可以共存于一个文件中	(137)
7.2.4 各参数的来历可写在模型文件的注释中	(137)
7.3 STAAD 的命令文本编辑器及命令格式简介	(138)
7.3.1 注释的写法	(138)
7.3.2 如何快速将多行命令注释掉或把注释去除	(138)
7.3.3 说明书中,命令中的下画线的含义	(139)
7.3.4 大括号、方括号和圆括号的意义	(140)
7.3.5 多个数据段的写法	(140)

7.3.6 “TO”“BY”“LIST”的含义	(141)
7.3.7 STAAD 命令区分大小写吗	(141)
7.4 STAAD 部分命令释义及应用举例	(141)
7.4.1 笛卡儿坐标系(Cartesian Coordinates)和柱坐标系(Cylindrical Coordinates)	(142)
7.4.2 Joint Coordinate——节点坐标	(144)
7.4.3 Member Incidence——杆件关联号	(145)
7.4.4 Member Release——杆端约束	(145)
7.4.5 Print 相关命令	(146)
7.4.6 Master Slave——主从节点	(147)
7.4.7 REPEAT	(147)
7.5 应用举例	(149)
7.5.1 矩形板	(149)
7.5.2 矩形水池命令建模剖析(直角坐标系)	(150)
7.5.3 规则框架命令建模剖析(直角坐标系)	(153)
7.5.4 管状物、锥状物建模举例(柱坐标系)	(154)
7.5.5 十行命令生成螺旋楼梯轴线	(160)
7.5.6 快速生成空间桁架的杆件	(161)
7.5.7 十行命令生成锅盖状结构	(163)
7.6 STAAD 命令列表	(163)
7.7 两个小测验题	(166)
7.7.1 别被软件骗了	(166)
7.7.2 软件自动优化靠谱儿吗	(166)
8 一个好汉三个帮——与 STAAD 接力的软件	(168)
8.1 FrameWorks Plus	(168)
8.1.1 如何将 FrameWorks Plus 模型导入 STAAD	(168)
8.1.2 创建截面映射表	(168)
8.1.3 导出为 STAAD 模型文件	(169)
8.1.4 将 STAAD 模型导入 FrameWorks Plus	(170)
8.2 世纪旗云多格水池有限元软件	(171)
8.3 钢结构模型的世界语——SDNF 格式简介	(172)
8.3.1 国内常用结构设计相关软件的输入、输出格式	(173)
8.3.2 Packet 00 - Title Packet	(174)
8.3.3 Packet 10 - Linear Member Packet (直杆)	(175)
9 结构软件质量评判及软件测试	(181)
9.1 为什么要测试软件——所有软件都有缺陷	(181)
9.2 什么是“Bug”	(181)
9.3 工具的功与过	(182)
9.4 如何评判建筑软件的品质——所谓的鉴定会靠谱儿吗	(183)
9.5 做人要厚道,做软件也是——看看洋软件是咋控制质量的	(184)

9.5.1	STAAD 提供的验证例题	(184)
9.5.2	GTSTRUDL 的测试例题	(184)
9.6	定性测试举例	(187)
9.7	定量测试举例	(189)
9.7.1	简支梁振型计算	(189)
9.7.2	平面框架顶点位移算例	(191)
9.7.3	剪力墙侧向刚度算例	(191)
9.7.4	板的挠度跟啥有关	(191)
9.8	把把脉:国产软件的质量为什么真的这么“软”	(192)
9.8.1	北大力学系袁明武教授的分析	(192)
9.8.2	笔者看法	(193)
9.8.3	给有志于投身软件开发的年轻同志的忠告	(196)
9.9	冷眼看中国软件行业	(197)
9.9.1	致软件开发商——做事先做人	(197)
9.9.2	写给软件用户	(198)
9.9.3	给致力于盗版事业的同志——盗亦有道,多行不义必自毙	(199)
9.9.4	思考	(199)

第2篇 练拳不练功,到老一场空

10	把烦琐交给计算机,我们留下创造力?	(200)
10.1	费米问题——芝加哥有多少钢琴调音师	(200)
10.2	我们离总工还有多远	(201)
10.2.1	圆钢管直径多粗比较合适	(201)
10.2.2	简支工字形钢梁的跨宽比多少为宜	(202)
10.2.3	工字形钢梁的最小高度如何估算	(202)
10.3	这年头,手算还有必要吗	(203)
10.4	键盘代替笔杆子的后果——手写时代渐行渐远,数字时代提笔忘字	(204)
10.5	君子性非异,善假于物也——物极必反,过犹不及	(204)
11	斜撑——结构侧向刚度的骨干分子	(205)
11.1	说文解字——撑与檣	(205)
11.2	在建厂房、脚手架垮塌事故分析——忽视斜撑的惨痛教训	(205)
11.2.1	国内钢结构倒塌事故实例	(206)
11.2.2	澳洲预制墙板施工过程中 Prop 斜撑的应用	(207)
11.3	预备知识	(209)
11.3.1	等截面直杆的形常数(Shape Constant)	(209)
11.3.2	郑玄-胡克定律	(210)
11.4	单跨单层平面框架中斜撑对侧向刚度的贡献	(210)
11.4.1	算例数据	(211)
11.4.2	单层单跨无斜撑平面框架侧向刚度区间的快速估算	(211)
11.4.3	单层单跨有斜撑平面框架侧向刚度的估算	(213)

11.4.4	单层单跨有斜撑平面框架与无斜撑平面框架侧向刚度的比值	(214)
11.4.5	斜撑角度多少最有效	(217)
11.4.6	提示:别让节点板成为薄弱环节	(218)
11.4.7	电算结果与手算结果的比较	(218)
11.4.8	小结——靠斜撑还是靠刚接柱脚来提供侧向刚度	(220)
11.4.9	哪个软件算的用钢量更省	(221)
11.4.10	门式刚架倒塌事故分析	(221)
11.4.11	关于所谓的“强支撑”和“弱支撑”	(222)
11.5	思考:平面简化计算的功与过	(226)
11.6	各地带斜撑的建筑一瞥	(227)
11.6.1	大连	(227)
11.6.2	南京	(227)
11.6.3	中国香港	(227)
11.6.4	美国	(228)
11.6.5	英国	(229)
11.6.6	日本	(230)
11.6.7	新西兰基督城	(233)
11.6.8	阿拉伯塔(迪拜帆船酒店)	(233)
11.7	斜撑在地震或振动台上的表现	(234)
11.7.1	1994年北岭地震中的几个斜撑	(234)
11.7.2	1995年日本阪神地震中的几个斜撑	(236)
11.7.3	日本 E-Defense 振动台的一个实验	(239)
11.7.4	2008年汶川地震中的几个斜撑	(240)
11.7.5	美日 38 个框撑结构在往复加载下的足尺实验	(242)
11.8	我们身边的斜撑——装修公司常备工具	(244)
11.8.1	带立面斜撑的板凳	(244)
11.8.2	木制人字梯里的“大梁”	(244)
11.9	中国的建筑师为什么不喜欢斜撑	(245)
11.10	附:一道简单得不能再简单的结构力学题目	(245)
11.10.1	单层单跨平面框架的顶点水平位移的精确解	(245)
11.10.2	力法求弯矩图	(245)
11.10.3	图乘法求顶点位移	(246)
11.10.4	结构力学中的“见肝之病,知肝传脾,当先实脾”	(248)
11.10.5	简单例题的大用处	(249)
11.11	思考题:24 m 跨厂房如何优化	(249)
11.12	思考题:楼板对侧向刚度有何影响	(249)
12	彻底搞清弯曲变形和剪切变形	(251)
12.1	框架(框撑)结构的弯曲变形和剪切变形的估算——转个角度看高楼	(251)
12.1.1	预备知识	(251)

12.1.2	单跨多层平面框撑结构顶点水平位移(水平均布力)	(252)
12.1.3	单跨多层平面框撑结构中点水平位移(顶部集中力)	(263)
12.1.4	单跨多层无斜撑平面框架顶点水平位移(水平均布力)	(266)
12.1.5	单跨多层平面框架顶点水平位移估算小结	(272)
12.1.6	双跨多层平面框撑结构顶点水平位移(水平均布力)	(273)
12.1.7	多跨多层平面框架顶点水平位移(水平均布力)	(277)
12.1.8	思考题:怎样布置斜撑最有效	(280)
12.1.9	思考题:哪个桁架更“扎壮”	(281)
12.1.10	思考题:几种悬挑方案各有什么优劣	(281)
12.1.11	思考题:厂房侧墙上的斜撑的布置有何讲究	(281)
12.2	剪力墙——混凝土结构抗侧刚度的中坚	(281)
12.3	见山是山,见山不是山,见山还是山——浅谈弯曲变形与剪切变形	(283)
13	己所不能,己所不欲,勿施于楼	(284)
13.1	建筑设计的原则	(284)
13.1.1	罗马人维特鲁威	(284)
13.1.2	林徽因(1904—1955)	(284)
13.1.3	国务院、建设部	(284)
13.1.4	Pier Luigi Nervi	(284)
13.1.5	吕志涛	(285)
13.1.6	沈祖炎——建筑以造型为出发点,是一种纯粹的形式主义	(285)
13.1.7	江欢成——结构工程师在建筑设计中的责任和贡献	(285)
13.1.8	龚自珍	(286)
13.2	将心比心,将身比楼——帮建筑师体验力	(286)
13.2.1	扎马步(地盆功)	(287)
13.2.2	金鸡独立	(288)
13.2.3	二指禅、高跟鞋、踩高跷与底框结构	(288)
13.2.4	铁板桥	(291)
14	删繁就简三秋树,提纲挈领振型图	(292)
14.1	特色菜、特产、特务、特权、特殊	(292)
14.2	透过现象看本质、抓特征	(293)
14.2.1	泱泱大国,中国人民银行几多钱?——总理智慧	(293)
14.2.2	滔滔长江,问江上几多船舸?——高僧超然	(293)
14.2.3	花花世界,问世间几多众生?——童言犀利	(293)
14.3	振型(模态)的物理意义	(293)
14.3.1	一个不严格但形象易懂的例子——五十六个民族五十六朵花	(296)
14.3.2	振型坐标(Coordinate)	(296)
14.3.3	振型的正交(Orthogonality)——对牛弹琴,鸡与鸭讲	(297)
14.3.4	振型的激发	(297)
14.3.5	振型的测量与“八观六验”和“六戚四隐”	(297)
14.4	由感性认识跃进到理性认识——振型的数学意义	(297)

14.4.1 数学是什么	(297)
14.4.2 关于数学的两个笑话	(298)
14.4.3 振型 (Mode Shape) 在数学家那里叫什么	(298)
14.4.4 特征向量的几何意义	(299)
14.4.5 生活中的特征值和特征向量	(300)
14.5 矩阵特征值求解方法	(302)
14.5.1 特征值求解方法极简史	(302)
14.5.2 矩阵特征值和特征向量求解工具	(303)
14.5.3 算例描述	(303)
14.5.4 手算方法 (柔度法)	(304)
14.5.5 Vianello-Stodola 方法求振型近似值	(305)
14.5.6 利用“云算子”网站提供的功能求特征值、特征向量	(308)
14.5.7 逆向量迭代法 (Inverse Power Method)	(309)
14.5.8 转换矩阵的几何含义	(309)
14.5.9 更多算例	(311)
14.5.10 思考:建筑物上的设备对自振频率有没有影响	(312)
14.5.11 思考	(312)
14.6 STAAD 中求振型的两个命令	(312)
14.6.1 CALCULATE RAYLEIGH	(313)
14.6.2 MODAL CALCULATION	(315)
14.6.3 梁的分段数目对梁的自振周期计算结果有影响吗	(317)
14.6.4 梁上的质量块对梁的自振周期有影响吗	(318)
14.6.5 梁上站人对梁的自振周期有影响吗	(320)
14.7 思考: Vianello-Stodola 法和 STAAD 求算振型的结果的比较	(324)
14.8 从理性再到感性——快速估出振型的方向和模样	(324)
14.8.1 模糊未必不靠谱	(324)
14.8.2 预备知识	(325)
14.8.3 从能量的角度看振型——从瑞利法求振型谈起	(325)
14.8.4 梁上的质量块对梁的自振频率有多大影响	(328)
14.8.5 疾风知劲草——谚语中体现的力学本质	(330)
14.8.6 思考题	(330)
14.9 生活中我们如何应用振型	(330)
14.9.1 对振型的感知	(330)
14.9.2 跟修车师傅学结构动力学	(332)
14.9.3 给房子“把把脉”	(333)
14.9.4 结构的振型和频率如何测量	(334)
14.10 文学描述赛过数学描述的例子	(334)
14.10.1 濒湖脉学, 凭脉辨病	(335)
14.10.2 相面与特征脸 (Eigen Face)	(335)
14.10.3 地震前兆	(335)