



2011

执业资格考试丛书

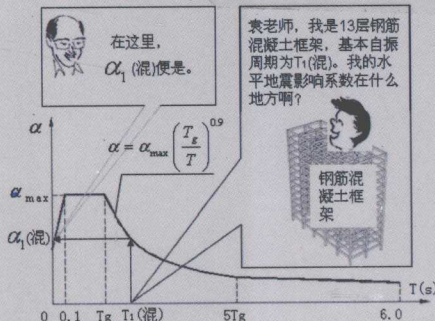
一级注册建筑师考试辅导教材

建筑结构快速通

袁树基 袁 静 编著



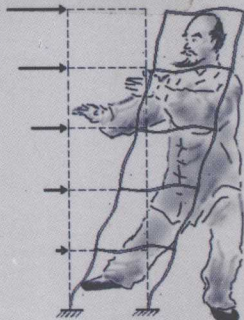
YZLI 0890092127



袁老师，我是13层钢筋
混凝土框架，基本自振
周期为 T_1 (混)。我的水
平地震影响系数在什
么地方啊？



钢筋混
凝土框
架



以柔克刚

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

一级注册建筑师考试辅导教材

建筑结构快速通

袁树基 袁 静 编著



YZLI 0890092127

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

一级注册建筑师考试辅导教材·建筑结构快速通/袁树基,袁静编著. —北京:中国建筑工业出版社, 2011.1

(执业资格考试丛书)

ISBN 978-7-112-12841-9

I. ①一… II. ①袁…②袁… III. ①建筑结构-建筑师-资格考核-自学参考资料 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 265016 号

针对建筑师考试的难点课程之一——建筑结构这部分内容,本书作者根据历年考题及考试大纲的要求,从结构概念入手,用通俗的语言将一些较难理解的概念说得比较明白,并特意配了一些插图,增加了本书的趣味性,使考生在充分理解这些概念的基础上能更加容易地掌握和解答相应考题。经过作者对一些考生的辅导,均证明了作者的这种讲解方法对考生应试是有很好效果的。本书内容全面,引用了最新规范的内容,讲解方式多样有趣。

本书是参加建筑师考试的考生必备参考书。

* * *

责任编辑:王梅 咸大庆

责任设计:董建平

责任校对:陈晶晶 刘钰

执业资格考试丛书
一级注册建筑师考试辅导教材
建筑结构快速通
袁树基 袁静 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
北京红光制版公司制版
世界知识印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:34 字数:828千字

2011年2月第一版 2011年2月第一次印刷

定价:69.00元

ISBN 978-7-112-12841-9

(20118)

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

近年来，我常和备考一级注册建筑师的考生们讨论如何作考前复习的问题。自 1983 年研究生毕业之以来，我一直在高校从事教学和结构设计工作。由于学习和工作的需要，我在中年之后参加并通过了多次国家级考试或测试：研究生入学考试，英、俄语出国人员考试，一级注册结构工程师测试，注册监理工程师考试（已停注）和注册岩土工程师考试。有感于自己多次参试的体会以及和考生们讨论时的感受，我邀请袁静一起写了这本书，希望通过它与更多的考生们进行交流。

考试大纲强调以定性理解为主。为了贯彻大纲的精神本书作了如下几方面的尝试：

1. 对力学比较难的“结构机动分析”一节，绕过十分抽象的自由度计算，用比较直观易懂的几何组成分析来判别结构是几何可变、还是静定、超静定以及超静定的次数。讲解的过程辅以较多的例题，例题和模拟试题的插图大都能形象地反映出解题的步骤和过程。

2. 对力学的另一个难点——超静定结构，则着重从结构变形的连续性来定性分析这类结构的受力，例题和模拟试题的插图大都能反映出结构变形和内力的对应关系。

3. 结构部分涉及的内容较多，为了增加些趣味性和便于定性理解难懂的结构问题，我运用拟人法作了些徒手画。由于直接做设计的缘故，我有不错的 CAD 二维绘图基础，但三维透视、Photoshop 和徒手画都是初学，让有半个画家之称的建筑师们见笑了。不过笑笑也好，我就是希望读者们在备考时能够轻松些。

4. 在书中安排了对话的部分，通过这种方式来模拟课堂上师生之间的互动。对话的内容都是配合定性理解来编写。

书中的规范直接引文都用方框框住，粗体字为强制性条文，括号中的楷体字为作者加注，省略号表示与所描述概念无关、或超出大纲要求的规范内容。

为了便于读者做题时与书本的内容对照，所有插图、公式、表格、例题、对话都带有小节的编号，题解中的规范引文都标明在书中摘录的位置。

本书的内容选摘、章节段落的安排由我和袁静一起商定，对话中的学生部分由袁静构思编写，对话中的老师部分以及本书的其余部分由我完成。我的学生曹伟和潘杭峰帮助我们完成了部分模拟试题题目的文字和图形输入工作；写作过程中，中国建筑工业出版社王梅和咸大庆编审给了我们不少有益的启示，在此表示由衷的谢意！

本书即将脱稿时，新的抗震规范（2010 年版）正式实施了。为此我们对本书初稿做了大量修改。新规范对我们来说也有一个学习的过程，加上我们水平有限，错误和不足之处在所难免，希望读者批评指正。祝大家考试取得好成绩！

袁树基

2010 年 12 月 30 日

作者电子邮箱 yuanlaoshi_2010@163.com

目 录

力 学 篇

第 1 章 建筑力学	3
1.1 结构机动分析	3
1.1.1 概述	3
1.1.2 自由度和约束	4
1.1.3 几何组成分析	8
1.2 静定结构与超静定结构的区别	15
1.2.1 受力分析所需的条件不同	15
1.2.2 温度变化、制作误差、支座沉降等因素在静定结构中不会产生内力	18
1.2.3 温度变化、制造误差和支座位移等因素在超静定结构中可能会引起内力	19
1.2.4 工程结构应尽量采用超静定结构	22
1.3 静定结构的定性分析及计算	23
1.3.1 单跨梁内力的求解——由“取分离体”过渡到“不用取分离体”	23
1.3.2 弯矩图和剪力图的一般规律	25
1.3.3 桁架	32
1.3.4 静定刚架	38
1.3.5 三铰拱	45
1.4 超静定结构的定性分析及特定条件下的定量判别	48
1.4.1 结构变形的连续性	48
1.4.2 变形与内力图的关系	50
1.4.3 截面的几何特性	52
1.4.4 求解杆件变形的图形相乘法	59
1.4.5 超静定梁、柱的内力	64
1.4.6 连续梁可变荷载的不利布置	67
1.4.7 排架结构在水平荷载作用下,柱的剪力分配问题	69
1.4.8 框架结构在水平荷载作用下的定性分析	70
1.4.9 框架结构在竖向荷载作用下的定性分析	73
1.4.10 组合结构	75
1.4.11 可以按简支梁求解的超静定梁	76
1.4.12 温度变化、制造误差和地基变形在超静定结构产生内力时的内力图	77
1.5 应力分析	78
1.5.1 弯曲时的正应力	78
1.5.2 横力弯曲时的剪应力	81
1.5.3 拉弯或压弯构件的正应力	85
1.5.4 扭转应力简介	86

1.6 模拟试题和题解	87
1.6.1 题目部分	87
1.6.2 题解部分	104

结 构 篇

第2章 抗震设计的基本知识	137
2.1 地震常识	137
2.1.1 地震的种类	137
2.1.2 地震术语	137
2.1.3 地震震级与地震烈度	138
2.1.4 抗震设防烈度	142
2.1.5 必须进行抗震设计的起始抗震设防烈度	142
2.2 抗震设防的三水准目标	142
2.3 抗震设防分类	143
2.3.1 概述	143
2.3.2 防灾救灾建筑的抗震设防分类	145
2.3.3 公共建筑和居住建筑的抗震设防分类	146
2.4 各抗震设防类别建筑的抗震设防标准	149
2.4.1 抗震设防标准	149
2.4.2 相关术语的解释	150
2.5 抗震设防三水准目标的实现：两阶段设计	152
2.5.1 第一阶段设计	152
2.5.2 第二阶段设计	154
2.6 场地的选择	155
2.6.1 《抗震规范》的规定	155
2.6.2 对抗震不利地段的难点——液化土	156
2.6.3 对抗震危险地段的难点——发震断裂带上可能发生地表位错的部位	160
2.7 建筑形体及其构件布置的规则性	161
2.7.1 规范的相关规定	161
2.7.2 防震缝	165
2.8 非结构构件	165
2.8.1 什么是非结构构件	165
2.8.2 非结构构件的抗震设计	166
2.9 地震作用计算及截面抗震验算简介	168
2.9.1 抗震设防烈度、设计基本地震加速度值的对应关系	169
2.9.2 设计特征周期——场地类别及设计地震分组	169
2.9.3 结构的自振周期——琴弦比喻	171
2.9.4 重力荷载代表值	174
2.9.5 水平地震影响系数、反应谱、计算水平地震作用的底部剪力法	174
2.9.6 竖向地震作用	182

2.9.7	截面抗震验算简介	183
2.10	隔震和消能减震设计	184
2.11	模拟试题和题解	186
2.11.1	题目部分	186
2.11.2	题解部分	193
第3章	建筑结构设计方法及荷载	199
3.1	设计方法	199
3.1.1	极限状态概述	199
3.1.2	极限状态设计表达式	204
3.2	荷载	208
3.2.1	荷载分类、设计基准期、荷载代表值（标准值、组合值、准永久值、频遇值） 及设计值	208
3.2.2	荷载组合	213
3.2.3	风荷载	215
3.2.4	楼面和屋面活荷载	223
3.2.5	永久荷载	227
3.3	模拟试题和题解	229
3.3.1	题目部分	229
3.3.2	题解部分	236
第4章	混凝土结构	241
4.1	概述	241
4.2	材料	242
4.2.1	钢筋	242
4.2.2	混凝土	245
4.3	受弯构件承载力的定性分析及简单计算	249
4.3.1	正截面承载力	249
4.3.2	斜截面承载力及抗剪计算	255
4.3.3	抗扭承载力简介	257
4.4	轴心受力构件的承载力	259
4.4.1	轴心受拉构件的承载力	259
4.4.2	轴心受压构件的承载力	259
4.5	偏心受力构件的承载力	262
4.5.1	偏心受拉构件	262
4.5.2	偏心受压构件	263
4.6	混凝土构件的变形及裂缝控制	265
4.6.1	受弯构件的变形	265
4.6.2	裂缝控制	267
4.7	预应力混凝土结构	269
4.7.1	钢筋的张拉方法	269
4.7.2	预应力钢筋的张拉控制应力及对材料性能的要求	272

4.7.3 预应力对构件的承载力有没有影响?	274
4.8 构造规定	275
4.8.1 伸缩缝	275
4.8.2 混凝土保护层	275
4.8.3 钢筋的锚固	276
4.8.4 钢筋的连接	277
4.9 楼盖结构	279
4.9.1 概述	279
4.9.2 四边支承矩形板的受力特点及设计方法	281
4.10 多层和高层建筑混凝土结构的抗震和非抗震设计	283
4.10.1 混凝土高层建筑的界定及主要结构形式	283
4.10.2 各类结构的最大适用高度和最大适用高宽比	283
4.10.3 结构的平面布置	286
4.10.4 抗震等级	289
4.10.5 框架结构	291
4.10.6 剪力墙结构	297
4.10.7 框架-剪力墙结构	300
4.10.8 框架-核心筒结构	303
4.10.9 筒中筒结构	305
4.10.10 复杂的高层建筑结构	306
4.10.11 防震缝	308
4.11 模拟试题和题解	309
4.11.1 题目部分	309
4.11.2 题解部分	332
第5章 钢结构	347
5.1 概述	347
5.2 钢材	348
5.2.1 钢结构对钢材力学性能的要求	348
5.2.2 影响钢材力学性能的因素	350
5.2.3 钢材的强度设计值	354
5.2.4 钢材产品的规格	355
5.3 连接	356
5.3.1 焊缝连接	356
5.3.2 紧固件连接	360
5.4 轴心受力构件	362
5.4.1 轴心受力构件的强度验算	362
5.4.2 轴心受压构件的整体稳定	363
5.4.3 轴心受压构件的局部稳定	366
5.4.4 构件的允许长细比 $[\lambda]$	367
5.5 受弯构件和压弯构件	368
5.5.1 受弯构件——梁的强度计算	368

5.5.2	受弯构件——梁的整体稳定	369
5.5.3	受弯构件——梁的局部稳定	372
5.5.4	吊车梁的疲劳问题	373
5.5.5	钢与混凝土组合梁	374
5.5.6	压弯构件简介	375
5.5.7	柱脚的防护	376
5.6	多层和高层钢结构的抗震和非抗震设计	376
5.6.1	各类钢结构多、高层建筑的适用高度	376
5.6.2	各类多、高层钢结构建筑的高宽比限制	378
5.6.3	2010 版《建筑抗震设计规范》对多、高层钢结构的抗震等级的划分	379
5.6.4	防震缝	380
5.6.5	竖向支撑	380
5.6.6	水平支撑	382
5.6.7	柱截面形式	382
5.6.8	钢框架结构抗震构造措施	382
5.7	模拟试题和题解	385
5.7.1	题目部分	385
5.7.2	题解部分	394
第 6 章	砌体结构	399
6.1	概述	399
6.2	材料	399
6.2.1	块体和砂浆的强度等级	399
6.2.2	砌体的力学性能及计算指标	400
6.3	受压构件	404
6.3.1	静力计算时的刚性方案、弹性方案和刚弹性方案	404
6.3.2	刚性方案多层房屋的外墙可以不考虑风荷载影响的情况	405
6.3.3	墙和柱的高厚比	406
6.3.4	无筋受压构件计算简介	409
6.4	一般构造要求	410
6.4.1	对材料的要求	410
6.4.2	承重的独立砖柱截面、毛石墙截面和毛料石柱截面的最小尺寸	411
6.4.3	防止局部受压破坏的措施	411
6.4.4	在砌体中留槽洞及埋设管道的规定	412
6.4.5	防止或减轻墙体开裂的主要措施	412
6.5	圈梁、过梁、墙梁及挑梁	415
6.5.1	圈梁	415
6.5.2	过梁	415
6.5.3	墙梁	416
6.5.4	挑梁	420
6.6	配筋砖砌体构件简介	421
6.6.1	网状配筋砖砌体构件	421

6.6.2	砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层的组合砌体构件	421
6.6.3	砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	422
6.7	砌体结构构件抗震设计	422
6.7.1	多层房屋的总高度、层数和层高的限制	422
6.7.2	多层砌体房屋总高度与总宽度的最大比值限制	424
6.7.3	房屋抗震横墙的最大间距	424
6.7.4	砌体墙段的局部尺寸限值	426
6.7.5	多层砌体房屋的建筑布置和结构体系	426
6.7.6	底部框架-抗震墙房屋的结构布置	427
6.7.7	多层砖砌体房屋抗震构造措施	428
6.7.8	底部框架-抗震墙房屋抗震构造措施	430
6.7.9	配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋	431
6.7.10	生土房屋和石砌体房屋的层数和高度限制	434
6.8	模拟试题和题解	434
6.8.1	题目部分	434
6.8.2	题解部分	444
第7章	地基与基础	450
7.1	土的物理性质及工程分类	450
7.1.1	土的生成	450
7.1.2	土的结构	450
7.1.3	土的三相组成	451
7.1.4	土的物理性质指标	453
7.1.5	黏性土的缩限、塑限、液限、塑性指数和液性指数	455
7.1.6	岩土的分类	456
7.2	地基的强度与变形	458
7.2.1	概述	458
7.2.2	土体的抗剪强度	458
7.2.3	土的压缩系数 α 和压缩模量 E_s	460
7.2.4	地基变形的原因及计算深度	461
7.2.5	建筑物的地基变形控制	462
7.3	地基基础设计的基本规定	463
7.3.1	地基基础设计等级	463
7.3.2	与地基基础设计等级相应的设计要求	464
7.4	基础设计	465
7.4.1	基础的埋置深度	465
7.4.2	地基承载力验算	466
7.4.3	无筋扩展基础	469
7.4.4	扩展基础	471
7.4.5	柱下条形基础	473
7.4.6	高层建筑的筏形基础和箱形基础	474
7.4.7	桩基础	476

7.5	软弱地基	480
7.5.1	软弱地基的利用	480
7.5.2	软弱地基的处理	481
7.5.3	沉降缝	482
7.5.4	砌体承重结构房屋防止不均匀沉降的措施	483
7.5.5	大面积地面荷载	483
7.6	地基的冻胀性及应对措施	483
7.6.1	地基的冻胀性	483
7.6.2	防冻害措施	484
7.7	土压力、挡土墙和基坑工程	484
7.7.1	土压力	484
7.7.2	重力式挡土墙	486
7.7.3	基坑工程	486
7.8	地基及基础可不进行抗震验算的情况	489
7.8.1	可不进行抗震验算的天然地基及基础	489
7.8.2	可不进行抗震验算的桩基	489
7.9	模拟试题和题解	489
7.9.1	题目部分	489
7.9.2	题解部分	500
第8章	其他结构体系及结构制图	505
8.1	木结构	505
8.1.1	木材	505
8.1.2	若干计算规定	508
8.1.3	构造要求	509
8.1.4	木结构防火	510
8.1.5	木结构的防潮通风措施	511
8.2	大跨度结构	512
8.2.1	平板网架结构	512
8.2.2	悬索结构	515
8.3	建筑结构制图	518
8.4	模拟试题和题解	525
8.4.1	题目部分	525
8.4.2	题解部分	530
	参考文献	533

力 学 篇

考试大纲对力学部分的要求是：对结构力学有基本了解，对常见荷载、常见建筑结构形式的受力特点有清晰概念，能定性识别杆系结构在不同荷载下的内力图、变形形式及简单计算。

第1章 建筑力学

1.1 结构机动分析

1.1.1 概述

建筑结构必须是几何不变的，否则结构不能保持稳定。图 1.1.1-1 (a) 所示结构是一个几何可变结构，在其左上角施加一个轻微的干扰，它就会一垮到底。若在它对角线上加一根杆（图 1.1.1-1b）情况便大为改观，可用来承受荷载，是几何不变的。

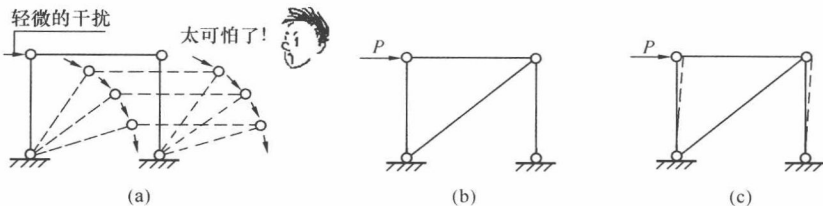


图 1.1.1-1 几何可变结构与几何不变结构

(a) 几何可变结构的机构运动；(b) 几何不变结构；(c) 几何不变结构的正常变形

注意到图 1.1.1-1 (a) 的结构在倒塌过程中各杆件的材料还未来得及发生变形，说倒就倒、一塌到底、十分可怕，因此几何可变结构是绝对不能采用的。这里“几何可变”是指杆件材料在没有发生任何变形（像刚体一样）的情况下，结构几何形状也会改变，发生类似于机构（机械构件）那样的运动。反之，“几何不变”是指杆件材料没有发生任何变形时，结构几何形状不会改变（图 1.1.1-1b）。实际上几何不变的结构在荷载作用下是会产生微小位移的，如图 1.1.1-1 (c) 虚线所示，但这种位移是杆件材料变形引起的、正常的，和“几何可变”不是同一概念。我们最关心的是结构会不会出现图 1.1.1-1 (a) 那样危险的机构运动，因此对绝大多数结构来说，在判别体系的几何可变性时，是把杆件当作刚体、把结构当作机构、看看这个机构会不会动起来进行分析的，这样的方法叫做结构机动分析。

另外有些结构，例如大跨度结构中的索网等柔性结构体系，它们几何形状的稳定性的依靠索的预拉力来保证的。设想一下：图 1.1.1-2 所示索网结构的索如果没有绷紧（即没有预拉力），那它就像渔网一样，谈不上有什么稳定的几何形状了。柔性结构体系将在悬索结构

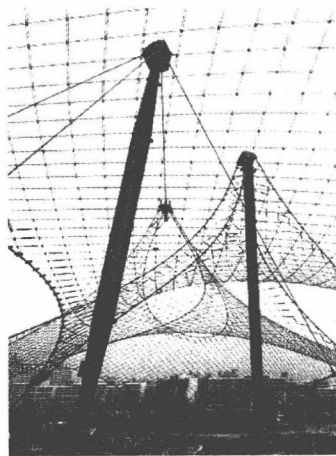


图 1.1.1-2 索网结构，若无预拉力就像渔网一样

一节中介绍。现在回到本节的主题——结构机动分析。

结构机动分析一般分两步进行：

① 首先求解结构的计算自由度 W ，若 $W > 0$ ，则结构是几何可变量；若 $W \leq 0$ ，则结构满足几何不变的必要条件，但不够充分，还须进行下一步。

② 对结构进行几何组成分析，看看杆件和约束的布置是否合理、能否满足几何不变的充分条件，若不满足则结构仍是几何可变的；若满足则结构就是几何不变的了。对于后者，如果第①步求出的计算自由度 $W = 0$ ，结构则为没有多余约束的几何不变体系；如果 $W < 0$ ，结构则为有多余约束的几何不变体系。

当结构不是很复杂时（考题属于此类），可以跳过比较抽象的第①步而直接进入比较直观的第②步。大纲强调定性分析，故我们仅讨论结构的几何组成。

1.1.2 自由度和约束

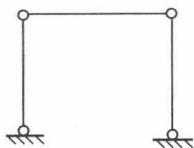
尽管我们没有打算讲解自由度和约束数的计算，但仍需要了解它们的概念，因为这是结构几何组成分析的基础。

1. 自由度

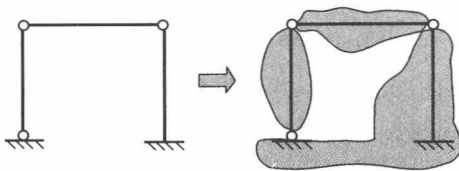
自由度是体系运动时可以独立变化的几何参数的个数。前面说过，结构机动分析时需把杆件视为刚体，若将刚体画成任意形状的刚片，会给分析工作带来许多方便，见下例。

【例 1.1.2-1】对附图所示结构的“几何组成分析”，下列哪项正确？（ ）

- (A) 几何可变量体系 (B) 有多余联系的几何不变体系
(C) 瞬变体系 (D) 无多余联系的几何不变体系



【例 1.1.2-1】 题目附图



【例 1.1.2-1】 题解附图

题解：可以把右边柱看成是基础向上的延伸，两者合起来作为一块刚片；再把左边柱和横梁也各看成一块刚片，这个结构就成为一个“三刚片用不在一条直线上的三铰两两相连”的体系（见题解附图）。根据稍后要讲到的三刚片规则，它属于无多余约束的几何不变体。

说明：题目中的“联系”与“约束”同义。

答案：D。



小波和小静：袁老师，刚片是变形虫，对吗？

袁老师：不对，变形虫是会变形的，但刚片不会变形。刚片的形状是为了适应代替没有多余约束的几何不变体的需要，既然它代替的是几何不变体，所以不会变形，它也因此被称之为刚片。



对话 1.1.2-1 刚片是用来代替没有多余约束的几何不变体

既然刚片那么有用，我们就先讨论一下它的自由度。图 1.1.2-1 (a) 表示一个无约束的刚片在做自由运动，原始位置用实线表示，运动后的位置用虚线表示。可以看出这刚片沿 x 轴方向自由地平移了 Δx ，这是它的第一个自由度；刚片又沿 y 轴方向自由地平移了 Δy ，这是它的第二个自由度；刚片还转动了 $\Delta\phi$ ，这是它的第三个自由度。这两个平移 Δy 、 Δx 和一个转动 $\Delta\phi$ 都是相互独立的，故一个刚片有三个自由度。

2. 约束 (考题有时称联系)

(1) 链杆约束 (对照图 1.1.2-1)

如果在图 (a) 所示刚片 A 点加一根水平链杆 (即两端铰接的直杆)，刚片就只能沿 y 向平移和绕 A 点转动，失去了沿 x 向平移的自由度，见图 (b)；要是在 A 点再加一根竖向链杆，刚片又将失去沿 y 向平移的自由度，只能绕 A 点转动了，见图 (c)；然后，若在 B 点加一根竖向链杆，刚片便将失去最后一个转动自由度，此时的刚片就不能动了，变成我们所希望得到的几何不变体，见图 (d)。可见每增加一根链杆，刚片就会失去一个自由度；反之，每减少一根链杆，刚片就会增加一个自由度，因此一根链杆相当于一个约束。再仔细观察图 (d)，并把可以随意画的刚片画得细长一些，你就会发现它正是我们非常熟悉的一根斜放的简支梁。将上述过程自图 (d) 反推回去，不难看出刚片只要少一个约束，它就是可以运动的。因此可得出简支梁是无多余约束的几何不变体的结论。

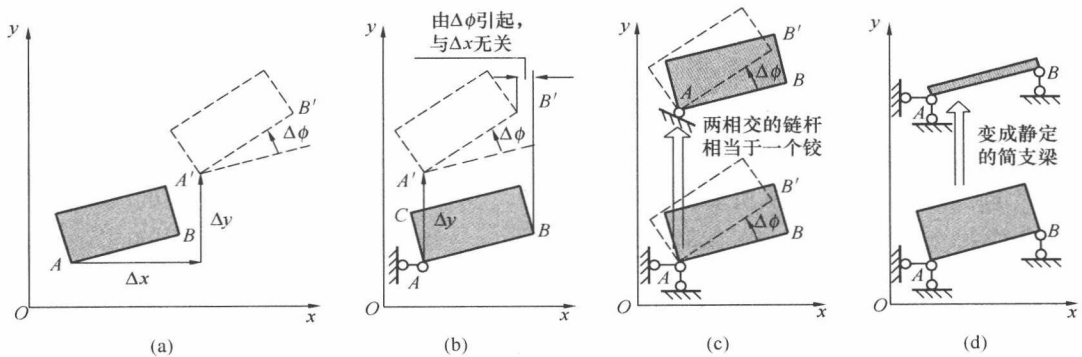


图 1.1.2-1 自由度及约束

(a) 无约束的刚片运动；(b) 失去 x 向自由度；(c) 失去 y 向自由度；(d) 失去转动自由度

也许有人要问： A 点处水平链杆加上后， B 点不是照样可以逆 x 向移到 B' 处吗？没错，但这是一个点由于刚片转动了 $\Delta\phi$ 引起的位移，它没有包含刚片 x 向平移的成分。同理， A 点处竖向链杆加上后， B 点顺 y 向移到 B' 点也是由于刚片转动了 $\Delta\phi$ 引起的，不含刚片 y 向平移的成分。

(2) 铰约束和不动铰支座

比较图 1.1.2-1 (c) 的上图和下图，不难发现它们在 A 点的两种约束效果是一样的，即两根相交链杆约束 (下图) 或一个铰约束 (上图)，都使得刚片只能转动而不能沿 x 和 y 方向平移，失去两个自由度。这说明一个铰和两根相交链杆是可以互相代替的，每增加一个铰，刚片就会失去两个自由度；反之，每减少一个铰，刚片就会增加两个自由度。因此一个铰相当于两个约束。如果这个铰是和基础连在一起的，则称为“不动铰支座”。

(3) 刚性约束和固定端支座 (对照图 1.1.2-2)

回顾前面的分析，当第三根链杆加上去、刚片总共失去三个自由度之后，就不能动，成为简支梁刚片了，见图 (a)。利用刚片几何形状可以任意画的性质，可以将简支梁刚片画成一块悬臂柱刚片，见图 (b)。由于后者是由前者通过对刚片形状的不同画法得到的，并没有实质上的改变，故与简支梁一样，悬臂柱也是无多余约束的几何不变体。“不能动”的约束就是“刚性约束”，图 (b) 中三根比较靠近的链杆就可以视为悬臂柱端部的一个刚性约束。值得注意的是这三根链杆（包括延长线）不得交于一点，且不得相互平行，其中的道理在稍后的“两刚片规则”中会有详细讲解。

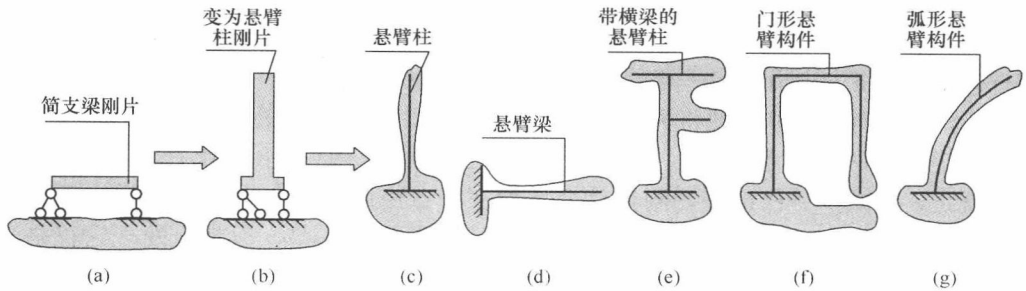


图 1.1.2-2 有固定端约束的静定结构：悬臂柱刚片及各种悬臂构件

上面说的“不能动”是指被刚性约束连接的两块刚片之间不能作相对的运动。如果其中的一块刚片是不会动的基础（例如图 a 和图 b），则另一块也不会产生相对于地球的运动，此时的刚性约束称“固定端支座”。图 1.1.2-2 (c) ~ (g) 是几何组成分析时常用到的有固定端的悬臂构件，从机动分析的角度看，它们和悬臂柱刚片无实质性的区别，都是无多余约束的几何不变体，而且都可以把它们看成是基础部分的延伸。它们的固定端表达方式比三链杆者更为简单，因而也更为常用。图 1.1.2-2 所示的无多余约束的几何不变体，都包含了不会动的基础刚片，亦称之为“静定结构”。相应的，如果结构为有多余约束的几何不变体（包含基础刚片），则称之为“超静定结构”，多余约束数就是超静定次数。“静定”和“超静定”问题将在 1.2 节讲述。

(4) 刚结点（对照图 1.1.2-3）

如果被刚性约束连接的两块刚片都是杆件，则这样的刚性约束称“刚结点”，见图 (a)。刚结点也可用图 (b) 的简易方法标注、甚至不标，因为连续杆件的每一处都可视为刚结点。

综上所述，每增加一个固定端（或刚结点），刚片就会失去三个自由度；反之，每减少一个固定端（或刚结点），刚片就会增加三个自由度，因此一个固定端（或刚结点）相

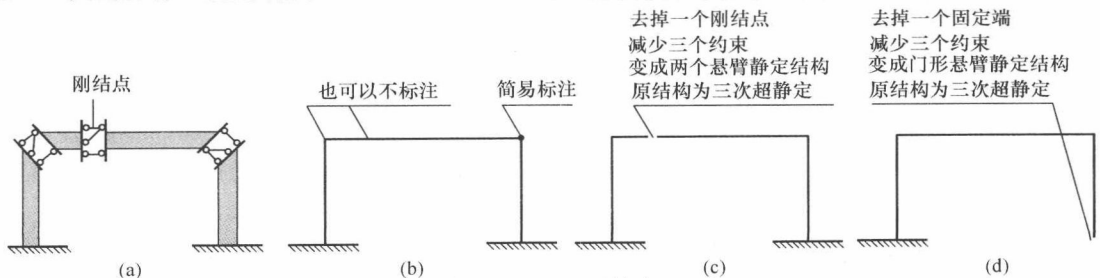


图 1.1.2-3 刚结点