

建筑结构设计系列手册

# 建筑结构静力计算 实用手册

JIANZHU JIEGOU JINGLI JISUAN  
SHIYONG SHOUCHE

浙江大学

中国建筑工业出版社

■ 建筑结构设计系列手册 ■

# 建筑结构静力计算实用手册

浙 江 大 学

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构静力计算实用手册/浙江大学. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

(建筑设计系列手册)

ISBN 978-7-112-11076-6

I. 建… II. 浙… III. 建筑结构-结构静力学-结构计算-技术手册 IV. TU311.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 102172 号

本书是一本专供土木建筑结构静力计算应用的工具手册。内容不但包括建筑结构的梁、板、桁架、拱、刚架、排架等基本静力计算方法,也涉及一些具体结构或构件的受力分析计算,如井式梁、螺旋楼梯、悬挑式楼梯、地下室侧墙板、网架、薄壁杆件扭转计算,以及针对钢结构的梁、柱、板件的稳定计算。手册中除列有截面特性、梁变位计算的基本资料外,一般以列出各种计算公式和计算用表为主,并简明地介绍其计算方法和应用例题。对于一些具体结构或构件则着重介绍它的计算方法和例题的演算。为读者采用手算和计算机计算的方便,手册分别将常用数学公式,矩阵位移方程的基本内容、方程的求解和一些工程设计中的问题,以及考虑剪切变形杆件的剪应力分布不均匀系数等在附录中列出。本手册包括了结构静力学中的基本内容,可作为建筑结构计算和施工计算中的一种辅助工具和参考资料,供建筑结构设计与施工技术人员工作中应用,以及土建专业大、专院校师生教学参考。

\* \* \*

责任编辑:赵梦梅 黎 钟

责任设计:张政纲

责任校对:王金珠 兰曼利

建筑设计系列手册  
**建筑结构静力计算实用手册**  
浙 江 大 学

\*

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

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:39¼ 字数:974千字

2009年12月第一版 2009年12月第一次印刷

印数:1—6,000册 定价:98.00元

ISBN 978-7-112-11076-6  
(18325)

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)

# 《建筑结构静力计算实用手册》编写组成

主 审 董石麟

主 编 姚 谏

副主编 (按姓氏笔画排序)

干 钢 陈水福 李志飏

主编单位 浙江大学 浙江树人大学 浙江省建筑设计研究院

编写成员 (按姓氏笔画排序)

干 钢 陈水福 肖志斌 李志飏 沈 金 肖 南

陈 勇 应祖光 杨骊先 赵 阳 姚 谏 袁行飞

## 编写内容分工

编 号	章 节	主要编写人员
第 1 章	力学计算基本资料	姚谏
第 2 章	单跨梁	应祖光
第 3 章	连续梁	干钢、肖志斌
第 4 章	薄壁杆件扭转时的内力计算公式	应祖光
第 5 章	板	李志飏
第 6 章	普通桁架与空腹桁架	袁行飞、肖南 (空腹桁架)
第 7 章	拱	陈勇
第 8 章	等截面刚架内力分析	陈水福
第 9 章	单层刚架内力计算公式	陈水福
第 10 章	井式梁	沈金
第 11 章	排架	杨骊先
第 12 章	特种螺旋楼梯	沈金
第 13 章	网架	赵阳
第 14 章	杆与板的稳定性计算	姚谏
附录 A	常用数学计算资料	姚谏
附录 B	平面杆系计算结构力学部分内容介绍	袁行飞
附录 C	考虑剪切变形杆件的剪应力颁布不均匀系数 $k$	应祖光
附录 D	建筑结构水平地震作用计算——底部剪力法	李志飏

# 编写说明

本手册由中国建筑工业出版社组织策划，经浙江大学、浙江树人大学和浙江省建筑设计研究院三家单位的 12 位教授、研究员合作编写而成，历时两年整。编写中结合考虑当前有关建筑结构现状和发展的需要，以及实际工程应用情况，新增了一些内容，如：变截面悬臂梁的内力及挠度计算公式，二层地下室侧墙板的弯矩简化计算，空腹桁架的内力及变形计算，等截面抛物线拱的计算，刚架内力的二阶分析，特种楼梯的计算，网架的内力及变形计算，杆和板的稳定性计算，常用单元刚度矩阵，建筑结构水平地震作用计算方法，工程中常见边界条件的板的内力计算公式与用表，设计冷弯薄壁型钢结构等所需构件扭转性能方面的知识等。对于一些只属于建筑结构小构件的计算，以及工程中已应用不多的算法，则不予列入。

编排上主要以结构构件的静力计算划分章节，并使章节标题尽量与其内容贴切，一些相关的常用数学公式、有限元法的刚度矩阵等则只精简地在附录中列出。引用的公式、数表等都经过详细的推导和编排。为突出实用，手册中列入了较多的例题，并使例题尽量与现行相关规范相联系，以便工程人员应用。

本手册由十四章加四个附录组成。第 1 章主要介绍截面几何特性的计算公式和计算梁变形的两种方法，并给出常用情况的计算用表。

第 2 章介绍各种工程常用单跨梁内力计算公式与用表，包括变截面悬臂梁、圆弧梁、简支吊车梁等。

第 3 章主要介绍等截面与变截面连续梁的常规计算方法，并根据设计的实际需要，针对能简化为连续梁的二层地下室侧墙板，给出了不同层高比、不同墙厚比的内力计算图表。

第 4 章介绍薄壁杆件扭转时的内力与截面几何特性计算公式，以及纯扭转的内力和荷载偏离截面剪心时的扭转内力计算图表。

第 5 章基于弹性薄板小挠度理论，给出圆形板、环形板内力变形计算用表、计算公式，以及矩形板在多种支承条件和荷载作用方式下的内力计算用表；最后提供了按极限平衡法分析四边支承弹塑性板的相关计算用表，以及均布荷载作用下的邻边固支、邻边自由矩形板的内力计算用表等；另外特别编写了两个例题，用以说明本章计算用表的具体应用。

第 6 章提供桁架结构的内力和变位的计算公式与用表，专门编写了一个十二节间芬克式屋架计算例题、以及空腹桁架的内力与变形计算和例题。

第 7 章主要介绍拱的计算公式与用表，包括超静定圆弧拱、超静定变截面与等截面的抛物线拱，都由力法方程推导得到。同时，选择了一个两铰拱跨中作用集中力的例子，对载变位进行了定量分析。对拱的计算原理也进行了概括叙述。

第 8 章介绍超静定等截面刚架的内力计算常用方法，主要包括力矩分配法、无剪力分配法、分层计算法和反弯点法，对每种方法均结合算例给出具体的计算步骤及计算要点，并专门加入了考虑轴向力侧移影响的二阶分析方法及相应算例。对于计算较为冗繁且目前

较少应用的迭代计算方法等则未予列入。

第9章以列表形式给出了9种单层等截面刚架和一种单跨变截面加腋杆门式刚架在不同荷载作用下的内力计算公式。

第10章主要列出井式梁内力计算公式以及计算例题。

第11章较全面地列出不同跨数、不同跨高的排架计算公式。对于过于繁复的排架,如不等高四跨排架、荷载形式过于复杂的低跨数排架则不予列入。为了帮助读者更好地运用本章所列的计算公式,以解决实际设计问题,特别编写了单跨和两跨等高排架厂房的计算例题,以及两跨不等高排架的计算例题。

排架设计在目前仍比较经常碰到,对其解析中的文字说明,力求概念清晰,运用方便,对有些特殊荷载作用下的栏目还加了注解。

第12章内容为螺旋楼梯和悬挑式楼梯的计算。螺旋楼梯计算主要包括两端铰支和两端固支螺旋楼梯的计算方法两个部分。悬挑式楼梯的计算主要介绍采用板的相互作用法分析悬挑式楼梯的设计方法。

第13章主要介绍网架结构分析中应用最广、适合计算机分析的精确计算方法——空间桁架位移法,还介绍了适合手算并具有良好的精度的下弦内力法、交叉梁系差分法和拟夹层板法,对各种方法给出其计算步骤、主要计算图表、计算公式,并附有算例。

第14章主要介绍钢结构中常用构件(包括轴心受压构件、梁和压弯构件)及其组成板件的稳定性计算原理、规范计算公式以及计算例题。

附录A列出了常用数学公式(包括代数、平面三角、双曲线函数、微分、积分、函数展开式和矩阵及其运算方法)、立体图形的面积及体积计算公式以及常用常数值和常用单位与法定计量单位之间的换算。

附录B对平面杆系计算结构力学部分内容进行了介绍,并列出了杆、梁单元刚度矩阵。

附录C列出了考虑剪切变形杆件的剪应力分布不均匀系数 $k$ 的计算公式,给出了常见截面的 $k$ 值计算用表,并尽量扩大计算用表的范围。

附录D介绍了计算建筑结构水平地震作用的底部剪力法及其适用范围,并结合例题说明该方法的具体应用。

本手册由姚谏负责组织分工编写。第1、14章和附录A由姚谏编写;第2、4章和附录C由应祖光编写;第3章由干钢和肖志斌编写(邵剑文绘制了第3章全部插图,尹雄完成了部分表格制作);第5章和附录D由李志飏编写;第6章中的普通桁架和附录B由袁行飞编写,第6章中空腹桁架的内力及变形计算由肖南编写;第7章由陈勇编写;第8和9章由陈水福编写;第10和12章由沈金编写;第11章由杨骊先编写;第13章由赵阳编写。

校审工作分两步进行。首先划分内容由干钢(第1、6、8、9章和附录D)、姚谏(第2~5章和附录C)、陈水福(第7、10~12章)和李志飏(第13、14章和附录A、B)分头校审,然后由姚谏汇总、统稿送中国工程院院士董石麟教授总校审。

本书读者对象为建筑结构设计及施工技术人员,也可供大、中专院校土建专业师生参考。

编委会

2009年6月于西子湖畔

# 目 录

<b>第 1 章 力学计算基本资料</b> .....	1
1.1 截面的几何特性 .....	1
1.1.1 截面几何特性的计算公式 .....	1
1.1.2 常用截面的几何特性表 .....	3
1.2 计算梁变位用表 .....	6
1.2.1 图形相乘法 .....	6
1.2.2 虚梁反力表 .....	10
<b>参考文献</b> .....	13
<b>第 2 章 单跨梁</b> .....	14
2.1 概述 .....	14
2.1.1 符号说明 .....	14
2.1.2 单跨静定梁 .....	14
2.1.3 单跨超静定梁 .....	16
2.2 单跨梁的内力及变位计算公式 .....	20
2.2.1 悬臂梁 .....	20
2.2.2 简支梁 .....	25
2.2.3 一端简支另一端固定梁 .....	35
2.2.4 两端固定梁 .....	42
2.2.5 伸臂梁 .....	48
2.3 单跨梁的内力系数 .....	50
2.3.1 简支梁的弯矩及剪力系数 .....	50
2.3.2 梁的固端弯矩系数 .....	51
2.4 其他形式的单跨梁 .....	56
2.4.1 变截面悬臂梁的内力及挠度计算公式 .....	56
2.4.2 圆弧梁的内力计算公式 .....	57
2.4.3 简支吊车梁的内力计算公式及系数 .....	62
2.4.4 下撑式组合梁的内力系数 .....	65
<b>参考文献</b> .....	66
<b>第 3 章 连续梁</b> .....	67
3.1 概述 .....	67
3.2 弯矩分配法 .....	67
3.2.1 一般弯矩分配法 .....	67
3.2.2 矩形截面直线加腋梁的形常数及载常数 .....	72

3.2.3 弯矩一次分配法 .....	76
3.3 三弯矩方程式 .....	79
3.4 等截面连续梁的计算系数 .....	82
3.4.1 等跨梁在常用荷载作用下的内力及挠度系数 .....	82
3.4.2 不等跨梁在均布荷载作用下的内力系数 .....	92
3.4.3 等跨等截面连续梁支座弯矩计算公式 .....	94
3.4.4 不等跨等截面连续梁支座弯矩计算公式 .....	95
3.5 梁跨内弯矩与挠度的计算用表 .....	96
3.5.1 梁跨内最大弯矩计算公式 .....	96
3.5.2 梁跨内最大弯矩处横座标 $x_0$ 的计算公式 .....	98
3.5.3 梁在均布荷载作用下的跨内最大弯矩系数 $n$ .....	99
3.5.4 梁在均布荷载作用下的最大挠度值 .....	100
3.6 连续梁其他计算用表 .....	101
3.6.1 各种荷载化成具有相同支座弯矩的等效均布荷载 .....	101
3.6.2 等跨梁在支座沉陷时的支座弯矩系数 .....	103
3.6.3 等跨梁弯矩及剪力影响线的纵标值 .....	104
3.6.4 不等两跨、对称不等三至四跨梁弯矩影响线纵标值 .....	106
3.7 二层地下室侧墙板的弯矩简化计算用表 .....	107
3.7.1 概述 .....	107
3.7.2 三角形分布荷载作用下的弯矩计算系数 .....	108
3.7.3 矩形分布荷载作用下的弯矩计算系数 .....	117
3.7.4 底层均布荷载作用下的弯矩计算系数 .....	118
3.7.5 算例 .....	119
参考文献 .....	120
<b>第4章 薄壁杆件扭转时的内力计算公式</b> .....	<b>121</b>
4.1 符号说明 .....	121
4.2 自由扭转 .....	122
4.2.1 纯扭转的内力 .....	122
4.2.2 荷载偏离截面剪心时的扭转内力 .....	123
4.2.3 截面的抗扭特性 .....	124
4.3 约束扭转 .....	126
4.3.1 单跨薄壁梁受约束扭转时的内力计算公式 .....	126
4.3.2 截面的扇性几何特性 .....	130
参考文献 .....	132
<b>第5章 板</b> .....	<b>133</b>
5.1 轴对称荷载作用下的圆形板和环形板 .....	133
5.1.1 概述 .....	133



5.1.2	符号说明	133
5.1.3	计算用表	134
5.1.4	计算公式	143
5.2	均匀分布和三角形分布荷载作用下的矩形板	151
5.2.1	概述	151
5.2.2	符号说明	152
5.2.3	计算用表	152
5.2.4	连续板的实用计算方法	179
5.3	按极限平衡法计算四边支承弹塑性板	183
5.3.1	计算假定	183
5.3.2	计算公式	183
5.3.3	计算用表	185
	参考文献	198
<b>第6章</b>	<b>普通桁架与空腹桁架</b>	<b>199</b>
6.1	概述	199
6.2	普通桁架	199
6.2.1	桁架变位的计算	199
6.2.2	桁架次应力的计算	200
6.2.3	桁架杆件的长度及内力系数	201
6.2.4	桁架算例	228
6.3	空腹桁架的内力及变形计算	231
6.3.1	说明	231
6.3.2	刚度等代计算公式	231
6.3.3	变形计算公式	233
6.3.4	最大刚度时的桁架高度计算公式	233
6.3.5	上、下弦杆及竖腹杆弯矩、剪力和轴力计算	234
	参考文献	236
<b>第7章</b>	<b>拱</b>	<b>237</b>
7.1	概述	237
7.1.1	拱的类型	237
7.1.2	符号规定	237
7.2	拱的计算方法	238
7.2.1	求解静定三铰拱的解析方法及内力计算	238
7.2.2	求解超静定两铰拱的解析方法	240
7.2.3	求解超静定无铰拱的解析方法	242
7.2.4	超静定拱的反力及内力计算方法	244
7.2.5	轴向变形的影响	244

7.3	任意外形对称三铰拱 .....	246
7.4	超静定圆弧拱 .....	248
7.4.1	圆弧拱拱轴几何数据 .....	248
7.4.2	相关计算理论与系数 .....	249
7.4.3	各种荷载作用下的赘余力计算公式 .....	251
7.5	超静定变截面抛物线拱 .....	257
7.5.1	抛物线拱拱轴几何数据及截面变化规律 .....	258
7.5.2	相关计算理论与系数 .....	259
7.5.3	两铰变截面抛物线拱在各种荷载作用下的计算公式 .....	260
7.5.4	无铰抛物线拱在各种荷载作用下的计算公式 .....	262
7.6	超静定等截面抛物线拱 .....	264
7.6.1	两铰等截面抛物线拱相关计算理论及系数 .....	265
7.6.2	对称无铰抛物线拱 .....	272
	参考文献 .....	282
<b>第8章</b>	<b>等截面刚架内力分析 .....</b>	<b>283</b>
8.1	概述 .....	283
8.1.1	刚架内力分析方法 .....	283
8.1.2	符号说明 .....	283
8.2	用力矩分配法计算刚架 .....	283
8.2.1	无侧移刚架的计算 .....	283
8.2.2	单跨对称矩形刚架在水平节点荷载作用下的计算 .....	285
8.3	用近似法计算刚架 .....	289
8.3.1	竖向荷载作用下多跨多层刚架的分层计算 .....	289
8.3.2	水平荷载作用下多跨多层刚架的反弯点法计算 .....	291
8.4	刚架内力的二阶分析 .....	293
8.4.1	基本概念 .....	293
8.4.2	分析方法 .....	294
	参考文献 .....	299
<b>第9章</b>	<b>单层刚架内力计算公式 .....</b>	<b>300</b>
9.1	等截面刚架的内力计算公式 .....	300
9.1.1	“ $\lrcorner$ ”形刚架 .....	300
9.1.2	“ $\sqcap$ ”形刚架 .....	303
9.1.3	“ $\sqsupset$ ”形刚架 .....	307
9.1.4	“ $\frown$ ”形刚架 .....	312
9.1.5	“ $\cap$ ”形刚架 .....	316
9.1.6	“ $\cap$ ”形刚架(横梁为二次抛物线形) .....	320
9.1.7	“ $\square$ ”形刚架 .....	324

9.1.8	“□”形刚架	329
9.1.9	“○”形刚架	332
9.2	变截面门式刚架的内力计算公式	335
9.2.1	对称双铰门式刚架	335
9.2.2	对称无铰门式刚架	339
9.2.3	一端加腋梁的形常数及载常数	344
	<b>参考文献</b>	354
<b>第 10 章</b>	<b>井式梁</b>	355
10.1	概述	355
10.2	说明	355
10.3	正交正放井式梁的最大弯矩及剪力系数	356
10.4	正交斜放井式梁的最大弯矩及剪力系数	364
10.5	算例	369
	<b>参考文献</b>	370
<b>第 11 章</b>	<b>排架</b>	371
11.1	概述	371
11.2	计算要点	372
11.3	柱位移计算公式	373
11.3.1	概述	373
11.3.2	公式应用说明	373
11.3.3	计算公式	374
11.4	等高排架计算	386
11.4.1	概述	386
11.4.2	公式应用说明	386
11.4.3	计算公式	387
11.4.4	算例	392
11.5	不等高排架计算	401
11.5.1	概述	401
11.5.2	公式应用说明	401
11.5.3	计算公式	402
11.5.4	算例	412
	<b>参考文献</b>	420
<b>第 12 章</b>	<b>特种楼梯</b>	421
12.1	螺旋楼梯	421
12.1.1	概述	421
12.1.2	两端铰支螺旋楼梯内力计算	421

12.1.3	两端固支螺旋楼梯内力计算 .....	424
12.2	悬挑式楼梯 .....	430
12.2.1	概述 .....	430
12.2.2	板相互作用法计算悬挑式楼梯 .....	431
	参考文献 .....	439
<b>第13章</b>	<b>网架</b> .....	<b>441</b>
13.1	概述 .....	441
13.1.1	网架结构的一般计算原则 .....	441
13.1.2	网架结构计算方法概述 .....	441
13.2	空间桁架位移法 .....	442
13.2.1	概述 .....	442
13.2.2	计算步骤 .....	442
13.2.3	计算机分析方法简介 .....	445
13.3	下弦内力法 .....	445
13.3.1	下弦内力的基本方程 .....	445
13.3.2	杆件内力计算 .....	447
13.3.3	挠度计算 .....	448
13.3.4	矩形平面网架的内力、挠度计算用表 .....	449
13.3.5	算例 .....	455
13.4	交叉梁系差分法 .....	459
13.4.1	网架结构的差分表达式 .....	459
13.4.2	边界条件处理 .....	460
13.4.3	计算步骤 .....	462
13.4.4	差分法节点挠度系数表 .....	463
13.4.5	算例 .....	481
13.5	拟夹层板法 .....	487
13.5.1	拟夹层板的刚度计算公式 .....	487
13.5.2	拟夹层板的基本方程式及其求解 .....	487
13.5.3	拟夹层板内力、挠度计算用表 .....	488
13.5.4	网架变刚度时的挠度修正 .....	494
13.5.5	由拟夹层板内力求网架杆件内力的计算公式 .....	494
13.5.6	计算步骤 .....	496
13.5.7	算例 .....	497
	参考文献 .....	501
<b>第14章</b>	<b>杆与板的稳定性计算</b> .....	<b>502</b>
14.1	概述 .....	502
14.2	轴心受压构件 .....	503

14.2.1	截面形式 .....	503
14.2.2	理想压杆的屈曲临界荷载 .....	503
14.2.3	规范公式 .....	505
14.2.4	算例 .....	510
14.3	梁 .....	512
14.3.1	理想梁的弹性弯扭屈曲临界弯矩 .....	512
14.3.2	规范公式 .....	514
14.3.3	非规范规定情况下梁弹性屈曲的整体稳定性系数 $\varphi_b$ .....	517
14.3.4	简支梁的端部构造 .....	518
14.3.5	算例 .....	518
14.4	压弯构件 .....	521
14.4.1	概述 .....	521
14.4.2	单向压弯构件稳定性计算原理 .....	522
14.4.3	规范公式 .....	524
14.4.4	算例 .....	527
14.5	板件 .....	533
14.5.1	局部稳定性 .....	533
14.5.2	理想情况下的屈曲临界应力 .....	533
14.5.3	规范公式 .....	535
14.5.4	算例 .....	543
	<b>参考文献</b> .....	549
	<b>附录 A 常用数学计算资料</b> .....	550
A1	常用数学公式 .....	550
A1.1	代数 .....	550
A1.2	平面三角 .....	551
A1.3	双曲线函数 .....	552
A1.4	微分 .....	553
A1.5	积分 .....	554
A1.6	函数展开式 .....	555
A1.7	矩阵 .....	556
A2	立体图形的面积及体积计算公式 .....	561
A3	常用常数值和常用单位与法定计量单位之间的换算 .....	564
	<b>附录 B 平面杆系计算结构力学部分内容介绍</b> .....	567
B1	推导矩阵位移法方程的基本约定 .....	567
B1.1	符号 .....	567
B1.2	局部坐标系与总体坐标系 .....	568
B1.3	力和位移的正负号约定 .....	568

B2	结构刚度矩阵与节点力列向量 .....	568
B2.1	局部坐标系下的单元刚度矩阵 .....	568
B2.2	坐标变换矩阵 .....	570
B2.3	总体坐标系下的单元刚度矩阵 .....	570
B2.4	结构的总刚度矩阵 .....	571
B2.5	杆件的位移列向量与节点力列向量 .....	576
B2.6	等效节点力 .....	577
B2.7	作用于结构的总外力列向量 .....	577
B3	矩阵位移法方程及方程的求解 .....	578
B3.1	矩阵位移法方程 .....	578
B3.2	矩阵位移法方程的求解 .....	579
B4	杆端力及截面内力 .....	579
B5	常用单元刚度矩阵 .....	580
B6	工程设计中的一些问题 .....	580
B6.1	变截面杆件与考虑剪切变形的杆件 .....	580
B6.2	主从节点关系与带刚域的杆件 .....	587
B6.3	杆件间的连接 .....	589
B6.4	支座沉降与限制节点位移 .....	591
B6.5	弹性支座 .....	592
	<b>参考文献</b> .....	593
<b>附录 C</b>	<b>考虑剪切变形杆件的剪应力分布不均匀系数 <math>k</math></b> .....	594
C1	概述 .....	594
C2	计算公式 .....	594
C2.1	T形、任意工字形、任意十字形截面的计算图形 .....	594
C2.2	有关参数 .....	594
C2.3	$k$ 值的计算 .....	595
C3	计算用表 .....	596
C3.1	T形截面的 $k$ 值表 .....	596
C3.2	对称工字形截面的 $k$ 值表 .....	597
C3.3	不对称工字形截面的 $k$ 值表 (1) .....	598
C3.4	不对称工字形截面的 $k$ 值表 (2) .....	601
C3.5	对称十字形截面的 $k$ 值表 .....	604
C3.6	不对称十字形截面的 $k$ 值表 .....	605
	<b>参考文献</b> .....	608
<b>附录 D</b>	<b>建筑结构水平地震作用计算——底部剪力法</b> .....	609
D1	一般规定 .....	609
D2	底部剪力法的计算方法 .....	609
D3	算例 .....	610
	<b>参考文献</b> .....	611

# 第 1 章 力学计算基本资料

## 1.1 截面的几何特性

### 1.1.1 截面几何特性的计算公式

#### 1. 截面惯性矩的计算公式

(1) 截面对任一轴的惯性矩:

截面对任一轴的惯性矩等于各微面积  $dA$  与其至该轴距离平方的乘积之总和 (图 1.1-1), 即

$$\left. \begin{aligned} I_x &= \int_A y^2 dA \\ I_y &= \int_A x^2 dA \end{aligned} \right\} \quad (1.1-1)$$

(2) 截面对  $x$  轴和  $y$  轴的惯性积:

截面对  $x$  轴和  $y$  轴的惯性积等于各微面积  $dA$  与其分别至  $x$  轴和  $y$  轴距离的乘积之总和 (图 1.1-1), 即

$$I_{xy} = \int_A xy dA \quad (1.1-2)$$

(3) 惯性矩和惯性积的平行移轴公式

设一面积为  $A$  的任意形状截面如图 1.1-2 所示,  $C$  点为截面的形心,  $x_c$  轴和  $y_c$  轴为截面的形心轴。截面对平行于形心轴  $x_c$  轴和  $y_c$  轴而相距  $a$  和  $b$  的  $x$  轴和  $y$  轴的惯性矩和惯性积分别为

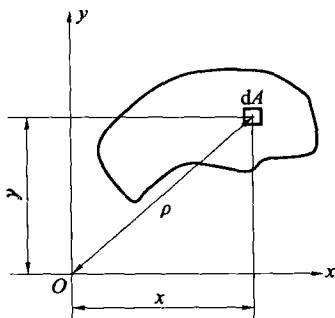


图 1.1-1

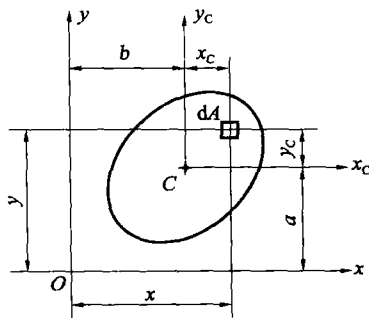


图 1.1-2

$$\left. \begin{aligned} I_x &= I_{x_c} + a^2 A \\ I_y &= I_{y_c} + b^2 A \\ I_{xy} &= I_{x_c y_c} + abA \end{aligned} \right\} \quad (1.1-3)$$

式中,  $I_{x_c}$ 、 $I_{y_c}$  和  $I_{x_c y_c}$  分别是截面对于形心轴的惯性矩和惯性积。

#### (4) 惯性矩和惯性积的转轴公式

设一面积为  $A$  的任意形状截面如图 1.1-3 所示。截面对于通过其上任意一点  $O$  的两坐标轴  $x$ 、 $y$  的惯性矩和惯性积为  $I_x$ 、 $I_y$  和  $I_{xy}$ 。若坐标轴  $x$ 、 $y$  绕  $O$  点旋转  $\alpha$  角 ( $\alpha$  角以逆时针向旋转为正) 至  $x_1$ 、 $y_1$  位置, 则该截面对于新坐标轴  $x_1$ 、 $y_1$  惯性矩和惯性积分别为

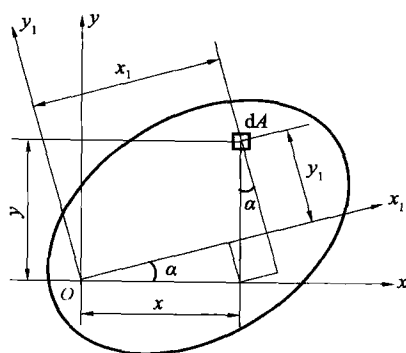


图 1.1-3

$$\left. \begin{aligned} I_{x_1} &= \frac{I_x + I_y}{2} + \frac{I_x - I_y}{2} \cos 2\alpha - I_{xy} \sin 2\alpha \\ I_{y_1} &= \frac{I_x + I_y}{2} - \frac{I_x - I_y}{2} \cos 2\alpha + I_{xy} \sin 2\alpha \\ I_{x_1 y_1} &= \frac{I_x - I_y}{2} \sin 2\alpha + I_{xy} \cos 2\alpha \end{aligned} \right\} \quad (1.1-4)$$

由公式 (1.1-4) 中的前两式相加, 可得到如下结论: 截面对于通过同一点的任意一对相互垂直的坐标轴的两惯性矩之和为一常数。

#### (5) 截面的形心主惯性轴和形心主惯性矩

参阅图 1.1-3 所示, 当坐标轴  $x$ 、 $y$  旋转到一特定的角度  $\alpha = \alpha_0$  时, 使截面对于新坐标轴  $x_0$ 、 $y_0$  的惯性积等于零, 则这对坐标轴称为主惯性轴。截面对主惯性轴的惯性矩称为主惯性矩。若这对主惯性轴的交点与截面的形心重合, 这对坐标轴就称为形心主惯性轴。截面对形心主惯性轴的惯性矩就称为形心主惯性矩。形心主惯性轴的方位角  $\alpha_0$  和形心主惯性矩分别按下列公式计算:

$$\tan 2\alpha_0 = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} \quad (1.1-5)$$

$$\left. \begin{aligned} I_{x_0} &= \frac{I_x + I_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(I_x - I_y)^2 + 4I_{xy}^2} \\ I_{y_0} &= \frac{I_x + I_y}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(I_x - I_y)^2 + 4I_{xy}^2} \end{aligned} \right\} \quad (1.1-6)$$

式中,  $I_x$ 、 $I_y$  和  $I_{xy}$  为截面对于通过其形心的某一对轴的惯性矩和惯性积。

截面对于通过任意一点的主惯性轴的主惯性矩之值, 就是通过该点所有轴的惯性矩中的极大值  $I_{\max}$  和极小值  $I_{\min}$ 。例如上述公式 (1.1-6) 中,  $I_{x_0}$  就是  $I_{\max}$ , 而  $I_{y_0}$  则为  $I_{\min}$ 。

#### (6) 组合截面的惯性矩

组合截面对于某坐标轴的惯性矩等于其各组成部分对于同一坐标轴的惯性矩之和。设截面是由  $n$  个部分组成, 则组合截面对于  $x$ 、 $y$  两轴的惯性矩分别

$$I_x = \sum_{i=1}^n I_{x_i}, \quad I_y = \sum_{i=1}^n I_{y_i} \quad (1.1-7)$$



式中,  $I_{xi}$  和  $I_{yi}$  分别为组合截面中组成部分  $i$  对于  $x$  轴和  $y$  轴的惯性矩。

### (7) 截面的极惯性矩

截面对任一点  $O$  的极惯性矩  $I_0$ , 等于各微面积  $dA$  与其至该点距离平方的乘积之总和 (图 1.1-1), 且等于截面对以  $O$  点为原点的任意两正交坐标轴  $x$ 、 $y$  的惯性矩之和, 即

$$I_0 = \int_A \rho^2 dA = I_x + I_y \quad (1.1-8)$$

式中,  $\rho$  是微面积  $dA$  至  $O$  点距离 (图 1.1-1)。

因截面对通过同一点的任意一对相互垂直的坐标轴的两惯性矩之和为一常数, 故当坐标轴绕该点旋转时,  $I_0$  保持为一个常数。

### 2. 截面回转半径的计算公式

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}, \quad i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (1.1-9)$$

式中,  $i_x$  和  $I_x$  分别是截面对于  $x$  轴的回转半径 (或称惯性半径) 和惯性矩;  $i_y$  和  $I_y$  分别是截面对于  $y$  轴的回转半径和惯性矩;  $A$  是截面面积。

### 3. 截面模量的计算公式

$$W_{x_1} = \frac{I_x}{y_1}, \quad W_{x_2} = \frac{I_x}{y_2} \quad (1.1-10)$$

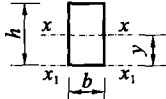
式中,  $W_{x_1}$  和  $W_{x_2}$  分别是对于截面上边缘和下边缘的截面模量;  $y_1$  和  $y_2$  分别是  $x$  轴至截面上边缘和下边缘的距离。

## 1.1.2 常用截面的几何特性表

建筑结构常用截面的几何特性计算公式见表 1.1-1,  $x$  轴和  $y$  轴是截面的形心轴。其中, 矩形截面和等腰梯形截面是两种最基本的截面, 除圆、椭圆及其相关截面外, 表 1.1-1 中其他截面的计算公式都是由这两种基本截面的计算公式并利用惯性矩的平行移轴公式 (1.1-3) 导出的。例如翼缘内侧带斜坡的“工字形截面-2”的惯性矩  $I_x$  和  $I_y$  计算公式, 就是直接由矩形截面和等腰梯形截面的惯性矩计算公式得出的: (1) 对  $x$  轴, 由宽为  $b$ 、高为  $h$  的矩形截面惯性矩减去 2 个等腰梯形截面 (每一个梯形截面的高为  $b'$ 、上下底边分别为  $h_0$  和  $h_w$ ) 得到; (2) 对  $y$  轴, 由 2 个矩形截面 (一个矩形截面的宽为  $2t$ 、高为  $b$ , 另一个矩形截面的宽为  $h_0$ 、高为  $t_w$ ) 与 2 个等腰梯形截面 (每一个梯形截面的高为  $(h_w - h_0)/2$ 、上下底边分别为  $t_w$  和  $b$ ) 的惯性矩之和得出。

常用截面的几何特性

表 1.1-1

截面简图	截面积 $A$	图示形心轴至边缘距离 ( $x, y$ )	对图示轴线的惯性矩 $I$ 、回转半径 $i$
矩形截面 	$bh$	$y = \frac{h}{2}$	$I_x = \frac{bh^3}{12}, i_x = \frac{\sqrt{3}}{6}h = 0.289h$ $I_y = \frac{bh^3}{3}, i_y = \frac{\sqrt{3}}{3}h = 0.577h$