

建筑结构设计示例丛书

钢筋混凝土特种楼梯

程文灏 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国铁道出版社

1990年·北京

建筑结构设计示例丛书

钢筋混凝土特种楼梯

程文灏 编著

 中国铁道出版社

1990年·北京

内 容 简 介

本书主要介绍钢筋混凝土悬挑式楼梯、螺旋式楼梯以及有中柱的盘旋楼梯的设计、计算和构造。本书是按照新修订的《混凝土设计规范》(GBJ10-89)及其他新修订的设计规范编写的。书中共有七个设计例题,其中有详细计算过程及施工详图。还附有计算楼梯内力的计算系数以及常用资料等。

本书可供建筑设计人员使用,亦可供有关专业大专院校师生及科研人员、施工人员参考。

建筑结构设计示例丛书

钢筋混凝土特种楼梯

程文瀛 编著

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 翁大厚 封面设计 翟达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 11.5 字数: 255 千

1990年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—6000册

ISBN7-113-00697-3/TU·159 定价: 5.00元

编 辑 说 明

在80年代末，我国建筑结构设计新规范的颁发和试行期间，我们拟编辑出版这套《建筑结构设计示例丛书》，希望有助于新规范的贯彻执行。

编写《丛书》所依据的规范是：《建筑结构设计统一标准》（GBJ 68-84）、《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》（GBJ 83-85）以及荷载、抗震和各种结构的新设计规范。

《丛书》将按常用构件（结构）分册出版，每本书只写一种构件（结构）。这样，既有利于将各该构件（结构）的设计和计算讲深讲透，又因每本书各自独立，便于读者选购。

此外，书中还结合示例，择其典型绘制施工图，包括必要的构造实例和施工注意事项。使读者能参照示例绘制施工图。

愿这套《丛书》能成为建筑结构设计人员按新规范做设计时有用的书。

《建筑结构设计示例丛书》

编辑委员会谨识

1989年

《建筑结构设计示例丛书》

编辑委员会

主任委员 丁祖堪

委员（以姓氏笔划为序）

王国周

王修国

钱义良

翁大厚

前 言

近几年，不少工程技术人员来访或来函询问有关特种楼梯结构设计的一些问题，为此将过去写的一些论文和材料进行整理，并补充了一些计算表格和例题，写成此书，希望能对读者有所帮助。

悬挑式楼梯、螺旋式楼梯以及有中柱的盘旋式楼梯都已经用得比较广泛，这里统称为特种楼梯，主要是指这些楼梯在设计、计算和构造方面与一般楼梯相比有着比较特殊的要求。

这是一本既有理论又很实际，既容易看懂又有所开拓的书。书中有七个设计例题，大都取自实际工程，与理论部分紧相呼应，例题中有详细的计算书和结构施工图。在讲述理论时，深入浅出，尽可能不涉及比较高深的数学、力学问题，致力于突出基本概念和几何形象，采用常用的结构力学方法来解决计算问题，使得一般工程技术人员容易接受。但是在这种通俗化的同时，也提出了目前在设计这些特种楼梯中所存在的一些问题，使得设计计算理论有所提高。

本书采用新的计量单位，并且是按新修订的《混凝土结构设计规范（GBJ10-89）》和《建筑结构设计统一标准（GBJ68-84）》进行编写的，限于篇幅，书中用到的这些新规范的计算公式和构造要求等，不再进行说明。

为了方便设计，在书后列出了两端简支和两端固定螺旋式楼梯的内力计算系数表，以及常用的设计资料等。

在编写过程中，无锡市建筑设计院许元龙高级工程师、武汉市建筑设计院刘璧阶和商国镜工程师、南京市第一建筑公

目 录

基本符号	1
第一章 按空间构架法设计悬挑式楼梯	5
第一节 悬挑式楼梯概述	5
第二节 按空间构架法计算剪刀式楼梯	6
第三节 剪刀式楼梯的受力特点及截面设计	27
第四节 剪刀式楼梯按空间构架法的设计例题	34
第五节 对称直角式悬挑楼梯的计算	49
第六节 对称直角式悬挑楼梯的设计例题	57
第二章 按板的相互作用法设计悬挑式楼梯	73
第一节 基本原理	73
第二节 按板的相互作用法计算对称剪刀式楼梯	75
第三节 剪刀式楼梯按板的相互作用法设计例题 之一	86
第四节 剪刀式楼梯按板的相互作用法设计例题 之二	98
第三章 两端简支板式螺旋楼梯的设计	112
第一节 螺旋楼梯概述	112
第二节 两端简支板式螺旋楼梯的内力计算	121
第三节 两端简支板式螺旋楼梯的设计例题	131
第四章 两端固定板式螺旋楼梯的设计	142
第一节 基本体系和力法方程	142
第二节 力法方程的解和内力计算公式	144
第三节 两端固定板式螺旋楼梯的内力系数表	150
第四节 两端固定板式螺旋楼梯的内力计算	153

第五章	有中柱的盘旋楼梯	158
第一节	概述	158
第二节	中柱的弯矩计算和截面设计	159
第三节	有中柱的盘旋楼梯的设计例题	165
附录一	两端简支螺旋式楼梯内力系数表	171
附录二	两端固定对称螺旋楼梯内力系数表	208
附录三	混凝土和钢筋的设计强度	354
附录四	钢筋混凝土矩形和T形截面受弯构件强度计 算表	355
附录五	钢筋的计算截面面积及理论质量	357
参考文献		358

基 本 符 号

荷 载

G_1 ——平台板每 m^2 水平投影面积上的平均重力产生的永久荷载（恒荷载）的标准值，以 kN/m^2 计。

g_1 ——由作用在平台板上的永久荷载（恒荷载）的设计值产生的均布计算线荷载，以 kN/m^2 计。

Q_1 ——平台板每 m^2 水平投影面积上的可变荷载（活荷载）的标准值，以 kN/m^2 计。

p_1 ——由作用在平台板上的可变荷载（活荷载）的设计值产生的均布计算线荷载，以 kN/m 计。

G_2 ——上、下楼梯跑每 m^2 水平投影面积上的平均重力产生的永久荷载（恒荷载）的标准值，以 kN/m^2 计。

g_2 ——由作用在上、下楼梯跑上的永久荷载（恒荷载）的设计值产生的均布计算线荷载，以 kN/m 计。

Q_2 ——上、下楼梯跑每 m^2 水平投影面积上的可变荷载（活荷载）的标准值，以 kN/m^2 计。

p_2 ——由作用在上、下楼梯跑上的可变荷载（活荷载）的设计值产生的均布计算线荷载，以 kN/m 计。

Q ——板式螺旋楼梯每 m^2 水平投影面积上的可变荷载（活荷载）的标准值，以 kN/m^2 计。

q ——楼梯总的设计线荷载， $q = p + g$ 。

r ——作用在交线梁上的均布线荷载，或者在板式螺旋楼梯中表示楼梯宽度中心线的辐射半径。

- p ——有中柱的盘旋式楼梯，每一个踏步板上承受的总竖向荷载。
- m ——有中柱的盘旋式楼梯，中柱每单位长度上承受的外弯矩，以 $\text{kN}\cdot\text{m}$ 计；或者在板式螺旋楼梯中，表示计算系数 $m=R/r$ 。
- γ_G 、 γ_Q ——永久荷载、可变荷载的荷载分项系数， $\gamma_G=1.2$ ， $\gamma_Q=1.4$ 。

荷 载 效 应

- M ——截面设计弯矩，使截面底边受拉的为正，反之为负。
- N ——截面设计轴向力，压为正，拉为负。
- V ——截面设计剪力。
- T ——截面设计扭矩。
- X ——赘余未知内力。
- M'_i ——按板的相互作用法计算悬挑式楼梯时，交线梁的附加正弯矩。
- M'_i 和 T' ——按板的相互作用法计算悬挑式楼梯时，上、下楼梯跑的附加弯矩和附加扭矩。
- H ——楼梯上、下支座的水平反力。
- $U_{0,u}$ ——悬挑式楼梯中，作用在0点的上楼梯跑的偏心拉力。
- $U_{0,d}$ ——悬挑式楼梯中，作用在0点的下楼梯跑的偏心压力。

材 料 指 标

- f_c ——混凝土抗压设计强度。
- f_{cm} ——混凝土弯曲抗压设计强度。

- f_c ——混凝土抗拉设计强度。
 f_y ——钢筋抗拉设计强度。
 f'_y ——钢筋抗压设计强度。
 E, G ——材料的弹性模量、剪切弹性模量。

应 力

σ ——正应力，压为正，拉为负。

几 何 参 数

- h ——楼层高度。
 b ——楼梯的计算宽度。
 b' ——在板式螺旋楼梯中，表示包括外挑部分在内的楼梯实际宽度，或者在悬挑式楼梯中，当平台板的宽度与上、下楼梯跑的宽度不相等时，表示平台板的宽度。
 t ——楼梯的板厚。
 u ——楼梯的踏步数。
 a ——楼梯的踏步高度， $a = h/u$ 。
 r_1, r_2 ——板式螺旋楼梯中，内、外侧边的幅射半径。
 α ——悬挑式或直角对称式楼梯的倾斜角。
 β ——螺旋式楼梯的水平旋转角。
 h_x ——螺旋式楼梯宽度中心线上任一点 x 离底平面的高度。
 θ ——从螺旋式楼梯底部算起至 x 点的水平旋转角。
 φ ——螺旋式楼梯的倾斜角；或者在有中柱的盘旋式楼梯中，表示每个踏步的弯矩 $\vec{M}$ 与 y 轴的夹角。
 e_0 ——螺旋楼梯中，外荷载的偏心距， $e_0 = R - r_0$ 。
 A ——截面面积，

A_s, A'_s ——受拉或受压钢筋截面面积。

I ——截面惯性矩。

I_r ——截面的径向惯性矩。

I_n ——截面的法向惯性矩。

I_t ——截面的抗扭惯性矩。

W_t ——截面的塑性抗扭抵抗矩。

计 算 系 数

K_1 ——矩形截面弹性抗扭惯性矩系数。

δ_{ik} ——力法计算中，由单位赘余未知内力 k 在赘余未知内力 i 方向上产生的位移。

Δ_{ik} ——力法计算中，由外荷载 q 在赘余未知内力 i 方向上产生的位移。

A_1, A_2 ——按空间构架法计算剪刀式楼梯时，赘余未知内力 X_1 的计算系数。

B_1, B_2 ——按空间构架法计算剪刀式楼梯时，赘余未知内力 X_2 的计算系数。

A_t, A_n, A_r ——分别为板式螺旋楼梯中的截面设计扭矩和弯矩的计算系数，即扭矩、法向弯矩和径向弯矩的内力计算系数。

B_r, B_n, B_t ——分别为板式螺旋楼梯中的截面径向设计剪力，法向设计剪力和设计轴向力的内力计算系数。

第一章 按空间构架法设计 悬挑式楼梯

第一节 悬挑式楼梯概述

钢筋混凝土悬挑式楼梯在本世纪50年代就已经广泛采用了，因为它没有柱和中间平台梁，所以建筑效果是比较好的（图1—1）。

这种楼梯可以是单跑的，两跑的或三跑的。两跑的悬挑式楼梯大致有两种：一种是上、下楼梯跑都在平台板的同一边，形如剪刀，习称剪刀式楼梯（图1—2a）；另一种是上、下楼梯跑分别在平台板的两相邻边，称为直角式悬挑楼梯（图1—2b）。通常，这两种楼梯大都做成对称的。

悬挑式楼梯的上楼梯跑是悬挂在上部楼层结构上的，所以必须把上楼梯跑的纵向主钢筋可靠地锚固在上部楼层结构中，这是设计时特别要注意的。为此，通常在楼梯与楼层相接处设置梯口支承梁，并且在该处的楼板采用现浇钢筋混凝土板。

目前，悬挑式楼梯的计算方法主要有空间构架法和板的相互作用法两种。计算方法不同，截面配筋和构造也不同。这两种计算方法在我国工程设计中都采用，实际效果都好。国外的一些试验和研究表明，后一种方法更符合实际。

本章介绍空间构架法，下一章介绍板的相互作用法。

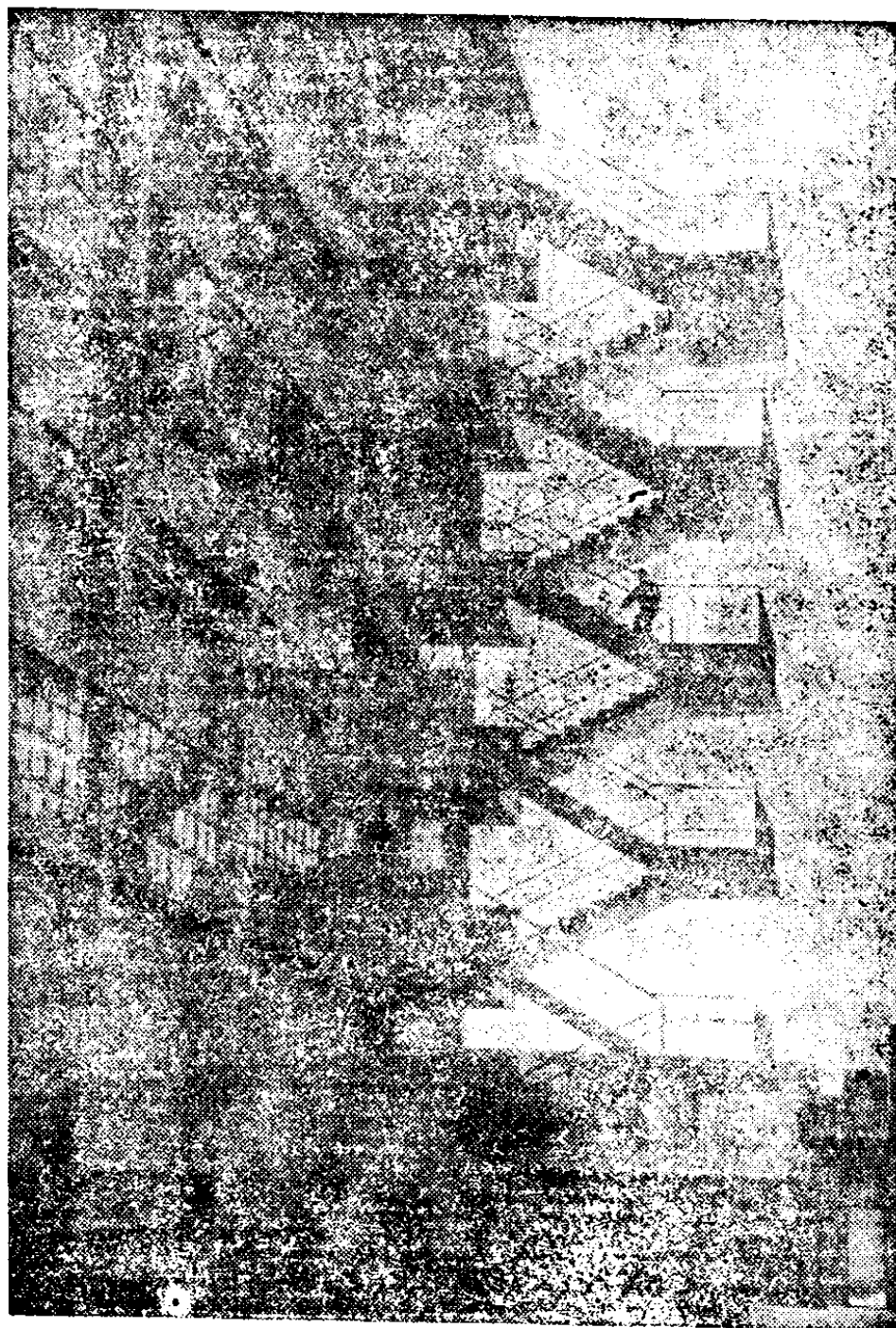


图 1—1 无锡市体委训练房悬挑式楼梯

第二节 按空间构架法计算剪刀式楼梯

一、计算简图和力法方程

由图 1—3 知，对称剪刀式楼梯的主要几何参数是：

l ——楼梯跑的跨度； b ——楼梯跑的宽度，通常也等于平台板挑出的长度； c ——上、下楼梯跑内侧边的水平距

离； h ——上、下楼梯跑的高度； α ——上、下楼梯跑与水平面间的倾斜角； t ——上、下楼梯跑的梯板厚度。

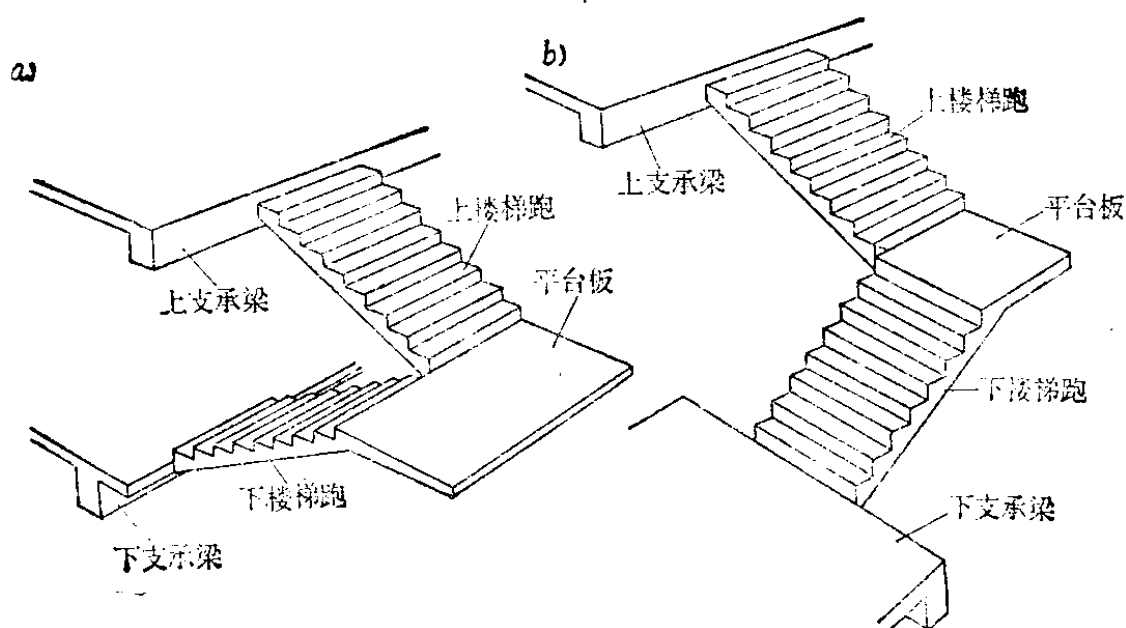


图 1—2 两跑的悬挑式楼梯
a) 剪刀式楼梯；b) 直角式悬挑楼梯

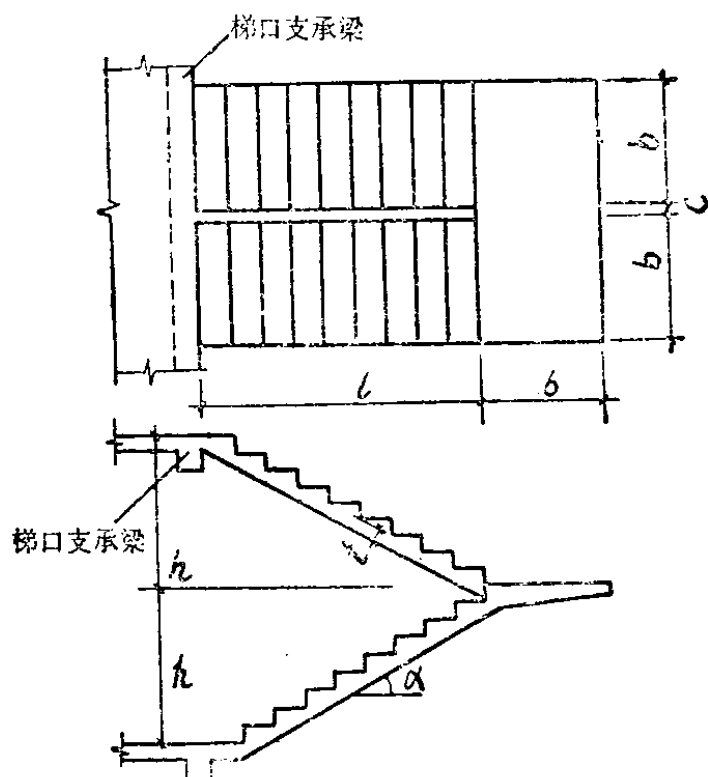


图 1—3 对称剪刀式楼梯示意图

现在来讨论按空间构架法计算剪刀式楼梯的计算简图。

设作用在上、下楼梯跑上的均布线荷载都是 q_2 ，作用在平台板上的均布线荷载是 q_1 ，则楼梯的实际计算图式如图1—4a。平台板均布线荷载 q_1 对整个楼梯的作用可以分为两部分：第一部分，在上、下楼梯跑与平台板的交线处虚设固定端（图1—4b），这样， q_1 只对平台板产生内力，而不对上、下楼梯跑产生内力。显然，这时固定端的反力为

$$\bar{M} = \frac{1}{2} q_1 b^2, \quad \bar{V} = q_1 b \quad (1-1)$$

因为固定端是假想的，为了恢复到实际情况，就应撤消它，在上、下楼梯跑的交线上施加反向的 $\bar{M}$ 、 $\bar{V}$ （图1—4c），这就是 q_1 对整个楼梯作用的第二部分。

因此，整个楼梯的计算图式就成为两个计算图式的相加，即图1—4b加图1—4c。

对于图1—4b，可按悬臂板计算。对于图1—4c，即在 q_2 和交线处 $\bar{M}$ 、 $\bar{V}$ 的共同作用下的计算则如下述。

1954年，弗切斯坦纳（Fuchsteiner）在文献[1]中提出，可以在内力计算中近似地忽略平台板的转角部分，并把上、下楼梯跑的梯板^①都用一根经过它们形心的直线杆件来代替。这样，对于图1—4c的计算图式就简化为由线性杆件组成的空间构架，如图1—5中粗黑线所表示的。

当上、下支座都是固定端时，因为是空间构架，每个固定端都有六个支座反力——三个力和三个力矩，所以是六次超静定结构。但是，由于结构是对称的，因此在对称荷载作用下，在对称点处，也就是在平台板的BC截面上只存在两个内力：水平剪力 V_B 和弯矩 X_2 （图1—6a）。可见，这时

①与普通板式楼梯一样，不计踏步的结构作用，以下把上、下楼梯跑的梯板简称为上、下楼梯跑。