

钢筋混凝土螺旋楼梯 结构计算手册

吴健生 何广民 编著



中国建筑工业出版社

TU229

W83

452509

钢筋混凝土螺旋楼梯

结构计算手册

吴健生 何广民 编著

中国建筑工业出版社

《京》新登字035号

本手册是以卡斯提梁诺(Castigliano)定理推出圆柱面螺旋线杆件空间刚度来求内力及变形的理论为基础,针对螺旋楼梯设计的需要,采用电子计算机算出的实用图表。

编制图表时,以梯段截面积,绕 x 、 y 、 z 三轴转动的惯性矩,梯段几何中心线半径等19个几何参数作为设计变量,计算出每层螺旋楼梯的梯段自重及梯段各截面的六种内力。设计时可直接按此选择截面,进而配筋并作构造处理。

图表中包括的截面厚度由200mm到450mm,截面宽度1000mm,梯段几何中心线设计半径则在2m到5m之间,组成25种组合,每种组合又有7种不同梯段上、下端支承情况,共175种不同情况。基本上可供一般螺旋楼梯设计应用。

本手册可供土建工程技术人员及大专学校师生参考使用。

DV56/21

钢筋混凝土螺旋楼梯 结构计算手册

吴健生 何广民 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 15¹/₄ 字数: 380千字

1987年4月第一版 1997年4月第六次印刷

印数: 44,181—47,680册 定价: 16.00元

ISBN 7-112-00738-0

TU·526 (5101)

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)

序 言

随着我国建筑事业的蓬勃发展,建筑形式也趋向于多样化。很多建筑中常需要建造各式各样的钢筋混凝土圆柱面螺旋形楼梯。这种螺旋形楼梯可以设在民用建筑的主要大厅中,起到利用空间及美化环境的作用;也可以设在不明显的地位,以求节约用地面积。这种楼梯的形式能给人们一种既方便又舒适的感觉。

以往,对螺旋形楼梯的计算,有一些简化方法。这些方法,均把楼梯两端的支承限制在较简单、相同的情况下(例如,均为固接)。这样,虽在计算上可以利用结构变形的对称性进行便于手算的简化计算。但是,这种计算常与实际情况不符;因而,计算得出的结果,也会与实际的受力情况出入很大,使设计人员对结构的安全度并不放心。同时,用这样的简化方法还不能计算出螺旋楼梯跨中区内的最大挠度,而这个挠度值又是确定楼梯刚度足够与否的非常重要的指标。只有知道挠跨比以后,才能选择出最经济而且安全的板厚,使结构工程师得以放心,也可使建筑师满意。

本手册编者在发表《圆柱面螺旋线杆件(螺旋楼梯)空间刚度、内力及变形的计算》一文前后,曾为三十多个实际工程做过计算,对该文作了实践检验。根据该文所介绍的方法及所编的程序,可以很快地算出七种支承组合情况的内力与变形(包括跨中区的挠度及挠度比)。这七种支承组合情况可以较完整地概括设计人员在工程中经常会遇到的实际情况。考虑要利用上述论文的程序进行计算,还得上机,所以作者以该文原理为依据,编制了本手册,供螺旋楼梯设计时直接使用。

编制本手册时,虽然尽可能考虑设法满足实际需要,但是,还不能把楼梯与周围结构的协同工作全部概括进来。因为实际工程中周围结构的布置各不相同,无法予以概括;如果一定要知道楼梯与周围结构的协同工作情况,只有将上文的程序经过加工后作为专用程序进行。

设计本手册的图表时,所有混凝土标号均按200号考虑,且针对长期变形对弹性模量 E 加以修正。如果使用者采用其它标号的混凝土,或又愿意考虑长期变形对 E 的影响,则可以根据不同的 E 值按比例修正图表中的变形值,即可照样使用;至于各处的内力可维持不动。另外,本手册的图表因开始编制的时间较早,故未将原用的公制单位改为法定单位制,只在书末附上两种单位的换算表。

作者的目的是力求为设计人员提供方便,但限于能力,难免有不足之处。对此,尚祈读者予以指正,以使手册趋于完善。

作者序于天津大学

1986年9月

目 录

序 言

一、编制说明.....	1
二、圆柱面螺旋线杆件（螺旋楼梯）经济截面设计选用表.....	5
三、圆柱面螺旋线杆件内力及变形选用表.....	10
四、内力图.....	23
附录： I .理论依据——〈圆柱面螺旋线杆件（螺旋楼梯）空间刚度、内力及变形的计算〉	232
II .工程常用量的单位换算表	244
参考文献	246

一 编 制 说 明

1. 综 述

随着社会主义现代化建设的发展, 在一些大型公共建筑, 如车站或机场的候车(机)厅, 宾馆、图书馆、百货商场、剧院、展览中心等的人口大厅, 以及高层公寓的室外空间等, 均广泛地采用作为钢筋混凝土圆柱面螺旋线杆件的螺旋楼梯。这些螺旋楼梯造型新颖, 端庄大方, 深受用户喜爱。

但是, 螺旋楼梯是一种三维受力的空间结构, 设计时如果采用手算, 计算工作量很大, 且不易求得螺旋楼梯的跨中挠度, 计算的结果又有一定的近似性; 不仅耗费时间多, 还增加了设计的复杂性。有时, 常常由于某些支承情况, 受力十分复杂, 无法采用手算。

本手册是在《圆柱面螺旋线杆件(螺旋楼梯)空间刚度、内力及变形的计算》^①一文的基础上, 用专门编写的电子计算机设计程序, 针对不同的常用螺旋半径、不同的梯段截面和每层螺旋楼梯上、下端七种不同支承条件的25组共175种组合, 在截面经济合理的前提下, 作了高精度度的大量内力和变形计算, 编制了一整套设计图表, 以期使螺旋楼梯的结构计算工作图表化、系列化, 使设计人员从费时的巨大计算工作中解放出来。

2. 图表中梯段截面的设计参数

在本手册中, 螺旋楼梯取为一层螺旋, 而且螺旋的上、下端支承条件, 可以是嵌固、铰接或半铰接的(即在楼板平面内不能转动的一种铰支承)。

在编制螺旋楼梯经济截面设计图表的过程中, 以梯段截面积 AX , 绕 X 、 Y 、 Z 轴转动的惯性矩 AI_X 、 AI_Y 、 AI_Z , 梯段几何中心线半径 RA , 每弧度升高值 PI , 垂直荷载 Q , 扭矩 TMT , 精度要求 EP , 积分分段 NM , 角度 ANG , 混凝土弹性模量 E , 混凝土剪切模量 G 等19项几何参数作为设计变量, 按弹性阶段计算。

在满足变形限制(即跨中挠度限制)的原则下, 利用电子计算机求出每层螺旋楼梯的梯段自重及梯段各截面的六种内力: 轴向力 F_x 、剪力 F_y 、剪力 F_z 、扭矩 M_x 、弯矩 M_y 及弯矩 M_z 。在此基础上, 由设计人员根据工程需要和可能, 以及对梯段跨中变形限制的严格程度, 选择适用、经济的梯段截面, 再按此截面进行配筋, 并处理每层螺旋楼梯段上、下端与支承条件相符合的节点构造。

对于前述的19项设计变量, 本设计手册首先考虑的是梯段厚度与梯段几何中心线设计半径 RA 这两项几何参数的改变。当然, 编制计算图表时, 对于其它各项有关参数, 如截面

① 本文发表于“建筑结构学报”, 1981, 6(见附录)。

AX , 绕 X 、 Y 、 Z 轴转动的惯性矩 AI_X 、 AI_Y 、 AI_Z , 垂直荷载 Q (包括悬臂板重、螺旋楼梯梯段重, 栏杆重等), 扭外矩 TMT 等, 也根据上述两参数相应地作了改变, 然后作为专用的电算设计程序的输入数据, 输入计算机内进行计算。

关于螺旋楼梯截面设计图表的变形限制条件, 一般均以我国现行《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74)的规定为依据。通常, 考虑荷载长期作用后的钢筋混凝土屋盖, 楼盖及楼梯构件, 当跨度 $l > 9000\text{mm}$ 时, 最大挠度计算值不应超过 $l/300$ 。鉴于螺旋楼梯多采用在观瞻要求较高的现代化公共建筑中, 属于使用上对挠度要求较高的重要构件。所以, 将其允许挠度控制在小于 $l/400$ 的范围内是比较适宜的。

3. 图表中梯段截面设计的规律

本手册是在大量电算工作的基础上, 用内力图 and 挠曲变形表的形式来表现的。

对于首先改变的设计变量, 梯段截面厚度是在 200mm 到 450mm 的区间内变化 (截面宽度为 1000mm , 属不变的常量); 梯段几何中心线设计半径则在 2.0m 到 5.0m 的区间内变化。这样, 可以得到25种组合 (组), 每种组合 (组) 又可以各有7种不同的梯段上、下端支承情况, 即:

上、下端均为固定端 (嵌固), 见图1-1;

上、下端均为半铰端, 见图1-2;

上端为半铰端, 下端为固定端, 见图1-3;

上端为固定端, 下端为半铰端, 见图1-4;

上端为铰支端, 下端为固定端, 见图1-5;

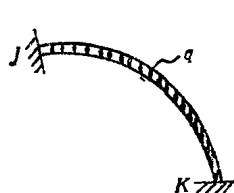


图 1-1

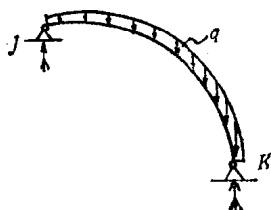


图 1-2

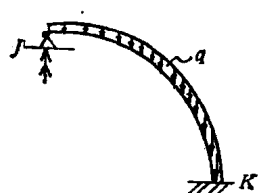


图 1-3

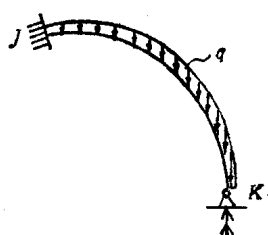


图 1-4

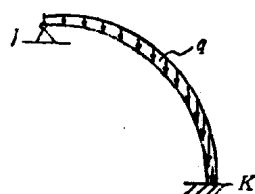


图 1-5

上端为固定端，下端为铰支端，见图1-6；
上端为半铰端，下端为铰支端，见图1-7。

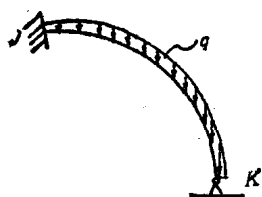


图 1-6

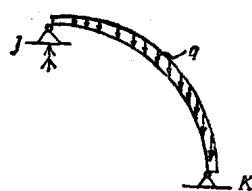


图 1-7

注：J 为梯段上端；K 为梯段下端

综合起来，总共计算了175种不同的情况，编制了相应的三维内力图212张和反映梯段跨中最大挠度的变形选用表25张。由于跨中挠度的限制，凡挠跨比大于 $1/400$ 的，在图表中均标以“*”号，未标以“*”号的，均为一定条件下的经济截面和支承形式，可按工程需要和对挠跨比的限制条件，供设计人员选用。

从限制梯段的跨中挠曲变形来看，在前述 7 种支承情况中：

1) 上、下端均为固定端的情况最有利。这种情况的挠跨比最小可达 $1/21314$ (相应的设计截面 $1000\text{mm} \times 300\text{mm}$ (H)、梯段几何中心线半径 $RA = 2.00\text{m}$)；

2) 上端为固定端，下端为半铰端，或上端为半铰端，下端为固定端这二种情况次之，其挠跨比最小可达 $1/13005$ ，相应的截面与半径同 1)；

这两种情况的挠度绝对值均不足 1mm ，跨中挠曲变形几乎可以忽略不计。因此，这两种情况常为设计人员选用。

3) 上端为半铰端，下端为铰支端的情况最为不利。这种情况的挠跨比最大者达 $1/42$ ，挠度绝对值为 320.81mm (相应的设计截面 $1000\text{mm} \times 250\text{mm}$ (H)，梯段几何中心线半径 $RA = 5.00\text{m}$)；

4) 上、下端均为半铰端的情况也是不利的，其挠跨比最大者达 $1/73$ ，挠度绝对值为 184.38mm ，相应的截面与半径同 3)；

以上两种不利情况在编制经济截面设计图表时，常常由于无实用价值而被标以“*”号。

关于梯段截面形状如图1-8所示。

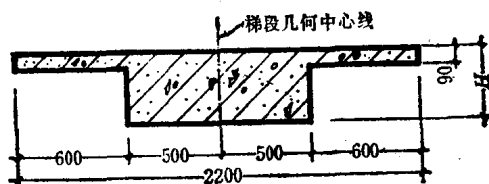


图 1-8

在计算截面积 A_X 、对 X 轴的惯性矩 I_{IX} 、对 y 轴的惯性矩 I_{IY} 、对 Z 轴的惯性矩 I_{IZ} 等几项设计变量时,截面悬挑部分未予计入。

5) 图表内所列较合理的螺旋楼梯梯段自重(不包括截面的悬挑部分)最大者为15.166 t,相应的截面为1000mm×450mm(H),梯段几何中心线半径 $RA=5.00$ m,梯段水平夹角 140° ,梯段几何中心线展开长度13.481m,最小者为3.837t,相应的截面为1000mm×200mm(H),梯段几何中心线半径 $RA=2.00$ m,梯段中心线展开长度7.673m。究竟选择多大的梯段自重,要根据工程需要,按既定的截面尺寸和半径 RA ,以及梯段展开长度 l 来确定。

4. 实 例

某工程入口大厅平面尺寸为12m×12m,大厅净空高度为4.65m,试设计合适的螺旋楼梯。

解: 1) 根据大厅平面尺寸,确定螺旋楼梯几何中心线半径为 $RA=3.5$ m;

2) 截面在设计选用表2-1中,选定梯段截面尺寸为1000mm×250mm,垂直荷载 $q=3.105$ t/m(包括:悬臂板重0.63t/m、梯段自重1.325t/m、栏杆重0.05t/m、活荷载1.1t/m)、混凝土标号200号及梯段水平夹角 140° ;(梯段自重为估计值)。

3) 由内力及变形选用表3-1中选定上、下端的合理支承形式为上端半铰端(与二层楼盖连接),下端固定端(与梯段基础连接),因而查得跨中最大挠度值为12.08mm,挠跨比为 $l/894 < l/400$ 。

4) 由第25页内力图(一) $NBOU=3$ 即可查得梯段各截面的三维内力:轴向力 F_x 、剪力 F_y 、剪力 F_z 、扭矩 M_x 、弯矩 M_y 及弯矩 M_z 。其内力图如第25页所示,内力符号见图1-9;跨中选用数据即为第10页表3-1内力及变形选用表中第3栏(上端固定、下端半铰支承型式)内的数据。

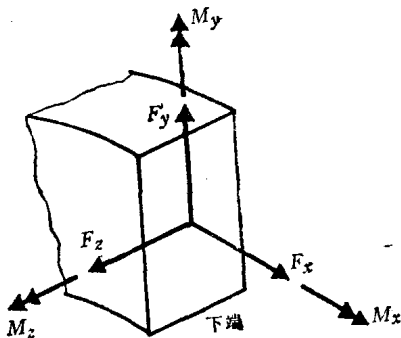


图 1-9 (图中内力符号,以图中所示方向为正,反之为负)

5) 最后,根据三维内力图中给出的内力值、混凝土标号及给定的梯段截面尺寸进行配筋,并绘制出梯段上、下端节点构造详图。

二、圆柱面螺旋线杆件（螺旋楼梯）

经济截面设计选用表

表 2-1

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯段几何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠 跨 比		三维内力图		
							表号	页次	图 号	页次	
(一)	100×25(H)	3.50	1.90	3.105	200号	上端固定端	下端固定端	3-1	10	NBOU=1	23
						上端半铰端	下端半铰端	3-1	10	NBOU=2	24
						上端半铰端	下端固定端	3-1	10	NBOU=3	25
						上端固定端	下端半铰端	3-1	10	NBOU=4	26
						上端铰支端	下端固定端	3-1	10	NBOU=5	27
						上端固定端	下端铰支端	3-1	10	NBOU=6	28
						上端半铰端	下端铰支端	3-1	10	NBOU=7	29
(二)	100×30(H)	3.50	1.90	3.370		上端固定端	下端固定端	3-2	11	NBOU=1	30
						上端半铰端	下端半铰端	3-2	11	NBOU=2	31
						上端半铰端	下端固定端	3-2	11	NBOU=3	32
						上端固定端	下端半铰端	3-2	11	NBOU=4	33
						上端铰支端	下端固定端	3-2	11	NBOU=5	34
						上端固定端	下端铰支端	3-2	11	NBOU=6	35
						上端半铰端	下端铰支端	3-2	11	NBOU=7	36
(三)	100×32(H)	3.50	1.90	3.476		上端固定端	下端固定端	3-3	11	NBOU=1	37
						上端半铰端	下端半铰端	3-3	11	NBOU=2	38
						上端半铰端	下端固定端	3-3	11	NBOU=3	39
						上端固定端	下端半铰端	3-3	11	NBOU=4	40
						上端铰支端	下端固定端	3-3	11	NBOU=5	41
						上端固定端	下端铰支端	3-3	11	NBOU=6	42
						上端半铰端	下端铰支端	3-3	11	NBOU=7	43

表 2-2

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯段几何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠 跨 比		三维内力图		
							表号	页次	图 号	页次	
(四)	100×30(H)	3.00	1.90	3.370	200号	上端固定端	下端固定端	3-4	12	NBOU=1	44
						上端半铰端	下端半铰端	3-4	12	NBOU=2	45
						上端半铰端	下端固定端	3-4	12	NBOU=3	46
						上端固定端	下端半铰端	3-4	12	NBOU=4	47
						上端铰支端	下端固定端	3-4	12	NBOU=5	48
						上端固定端	下端铰支端	3-4	12	NBOU=6	49
						上端半铰端	下端铰支端	3-4	12	NBOU=7	50
(五)	100×30(H)	2.50	1.90	3.370		上端固定端	下端固定端	3-5	12	NBOU=1	51
						上端半铰端	下端半铰端	3-5	12	NBOU=2	52
						上端半铰端	下端固定端	3-5	12	NBOU=3	53
						上端固定端	下端半铰端	3-5	12	NBOU=4	54
						上端铰支端	下端固定端	3-5	12	NBOU=5	55
						上端固定端	下端铰支端	3-5	12	NBOU=6	56
						上端半铰端	下端铰支端	3-5	12	NBOU=7	57
(六)	100×30(H)	2.00	1.90	3.370		上端固定端	下端固定端	3-6	13	NBOU=1	58
						上端半铰端	下端半铰端	3-6	13	NBOU=2	59
						上端半铰端	下端固定端	3-6	13	NBOU=3	60
						上端固定端	下端半铰端	3-6	13	NBOU=4	61
						上端铰支端	下端固定端	3-6	13	NBOU=5	62
						上端固定端	下端铰支端	3-6	13	NBOU=6	63
						上端半铰端	下端铰支端	3-6	13	NBOU=7	64

表 2-3

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯 段 几 何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠 跨 比		三维内力图		
							表号	页次	图 号	页次	
(七)	100×25(H)	3.00	1.90	3.105	200号	上端固定端	下端固定端	3-7	13	NBOU=1	65
						上端半铰端	下端半铰端	3-7	13	NBOU=2	66
						上端半铰端	下端固定端	3-7	13	NBOU=3	67
						上端固定端	下端半铰端	3-7	13	NBOU=4	68
						上端铰支端	下端固定端	3-7	13	NBOU=5	69
						上端固定端	下端铰支端	3-7	13	NBOU=6	70
						上端半铰端	下端铰支端	3-7	13	NBOU=7	71
(八)	100×25(H)	2.50	1.90	3.105		上端固定端	下端固定端	3-8	14	NBOU=1	72
						上端半铰端	下端半铰端	3-8	14	NBOU=2	73
						上端半铰端	下端固定端	3-8	14	NBOU=3	74
						上端固定端	下端半铰端	3-8	14	NBOU=4	75
						上端铰支端	下端固定端	3-8	14	NBOU=5	76
						上端固定端	下端铰支端	3-8	14	NBOU=6	77
						上端半铰端	下端铰支端	3-8	14	NBOU=7	78
(九)	100×25(H)	2.00	1.90	3.105		上端固定端	下端固定端	3-9	14	NBOU=1	79
						上端半铰端	下端半铰端	3-9	14	NBOU=2	80
						上端半铰端	下端固定端	3-9	14	NBOU=3	81
						上端固定端	下端半铰端	3-9	14	NBOU=4	82
						上端铰支端	下端固定端	3-9	14	NBOU=5	83
						上端固定端	下端铰支端	3-9	14	NBOU=6	84
						上端半铰端	下端铰支端	3-9	14	NBOU=7	85

表 2-4

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯 段 几 何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠 跨 比		三 维 内 力 图		
							表号	页次	图 号	页次	
(十)	100×20(H)	3.00	1.90	2.840	200号	上端固定端	下端固定端	3-10	15	NBOU=1	86
						上端半铰端	下端半铰端	3-10	15	NBOU=2	87
						上端半铰端	下端固定端	3-10	15	NBOU=3	88
						上端固定端	下端半铰端	3-10	15	NBOU=4	89
						上端铰支端	下端固定端	3-10	15	NBOU=5	90
						上端固定端	下端铰支端	3-10	15	NBOU=6	91
						上端半铰端	下端铰支端	3-10	15	NBOU=7	92
(十一)	100×20(H)	2.50	1.90	2.840		上端固定端	下端固定端	3-11	15	NBOU=1	93
						上端半铰端	下端半铰端	3-11	15	NBOU=2	94
						上端半铰端	下端固定端	3-11	15	NBOU=3	95
						上端固定端	下端半铰端	3-11	15	NBOU=4	96
						上端铰支端	下端固定端	3-11	15	NBOU=5	97
						上端固定端	下端铰支端	3-11	15	NBOU=6	98
						上端半铰端	下端铰支端	3-11	15	NBOU=7	99
(十二)	100×20(H)	2.00	1.90	2.840		上端固定端	下端固定端	3-12	16	NBOU=1	100
						上端半铰端	下端半铰端	3-12	16	NBOU=2	101
						上端半铰端	下端固定端	3-12	16	NBOU=3	102
						上端固定端	下端半铰端	3-12	16	NBOU=4	103
						上端铰支端	下端固定端	3-12	16	NBOU=5	104
						上端固定端	下端铰支端	3-12	16	NBOU=6	105
						上端半铰端	下端铰支端	3-12	16	NBOU=7	106

表 2-5

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯段几何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠 跨 比		三维内力图		
							表号	页次	图 号	页次	
(十三)	100×40(H)	4.00	1.90	3.900	200号	上端固定端	下端固定端	3-13	16	NBOU=1	107
						上端半铰端	下端半铰端	3-13	16	NBOU=2	108
						上端半铰端	下端固定端	3-13	16	NBOU=3	109
						上端固定端	下端半铰端	3-13	16	NBOU=4	110
						上端铰支端	下端固定端	3-13	16	NBOU=5	111
						上端固定端	下端铰支端	3-13	16	NBOU=6	112
						上端半铰端	下端铰支端	3-13	16	NBOU=7	113
(十四)	100×35(H)	4.00	1.90	3.635	200号	上端固定端	下端固定端	3-14	17	NBOU=1	114
						上端半铰端	下端半铰端	3-14	17	NBOU=2	115
						上端半铰端	下端固定端	3-14	17	NBOU=3	116
						上端固定端	下端半铰端	3-14	17	NBOU=4	117
						上端铰支端	下端固定端	3-14	17	NBOU=5	118
						上端固定端	下端铰支端	3-14	17	NBOU=6	119
						上端半铰端	下端铰支端	3-14	17	NBOU=7	120
(十五)	100×30(H)	4.00	1.90	3.370	200号	上端固定端	下端固定端	3-15	17	NBOU=1	121
						上端半铰端	下端半铰端	3-15	17	NBOU=2	122
						上端半铰端	下端固定端	3-15	17	NBOU=3	123
						上端固定端	下端半铰端	3-15	17	NBOU=4	124
						上端铰支端	下端固定端	3-15	17	NBOU=5	125
						上端固定端	下端铰支端	3-15	17	NBOU=6	126
						上端半铰端	下端铰支端	3-15	17	NBOU=7	127

表 2-6

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯段几何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠跨比		三维内力图		
							表号	页次	图 号	页次	
(十六)	100×25(H)	4.00	1.90	3.105	200号	上端固定端	下端固定端	3-16	18	NBOU=1	128
						上端半铰端	下端半铰端	3-16	18	NBOU=2	129
						上端半铰端	下端固定端	3-16	18	NBOU=3	130
						上端固定端	下端半铰端	3-16	18	NBOU=4	131
						上端铰支端	下端固定端	3-16	18	NBOU=5	132
						上端固定端	下端铰支端	3-16	18	NBOU=6	133
						上端半铰端	下端铰支端	3-16	18	NBOU=7	134
(十七)	100×40(H)	4.50	1.90	3.900	200号	上端固定端	下端固定端	3-17	18	NBOU=1	135
						上端半铰端	下端半铰端	3-17	18	NBOU=2	136
						上端半铰端	下端固定端	3-17	18	NBOU=3	138
						上端固定端	下端半铰端	3-17	18	NBOU=4	139
						上端铰支端	下端固定端	3-17	18	NBOU=5	140
						上端固定端	下端铰支端	3-17	18	NBOU=6	141
						上端半铰端	下端铰支端	3-17	18	NBOU=7	142
(十八)	100×35(H)	4.50	1.90	3.635	200号	上端固定端	下端固定端	3-18	19	NBOU=1	144
						上端半铰端	下端半铰端	3-18	19	NBOU=2	145
						上端半铰端	下端固定端	3-18	19	NBOU=3	147
						上端固定端	下端半铰端	3-18	19	NBOU=4	148
						上端铰支端	下端固定端	3-18	19	NBOU=5	149
						上端固定端	下端铰支端	3-18	19	NBOU=6	150
						上端半铰端	下端铰支端	3-18	19	NBOU=7	151

表 2-7

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯段几何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠 跨 比		三 维 内 力 图		
							表号	页次	图 号	页次	
(十九)	100×30(H)	4.50	1.90	3.370	200号	上端固定端	下端固定端	3-19	19	NBOU=1	153
						上端半铰端	下端半铰端	3-19	19	NBOU=2	154
						上端半铰端	下端固定端	3-19	19	NBOU=3	155
						上端固定端	下端半铰端	3-19	19	NBOU=4	156
						上端铰支端	下端固定端	3-19	19	NBOU=5	157
						上端固定端	下端铰支端	3-19	19	NBOU=6	158
						上端半铰端	下端铰支端	3-19	19	NBOU=7	159
(二十)	100×25(H)	4.50	1.90	3.105		上端固定端	下端固定端	3-20	20	NBOU=1	161
						上端半铰端	下端半铰端	3-20	20	NBOU=2	162
						上端半铰端	下端固定端	3-20	20	NBOU=3	163
						上端固定端	下端半铰端	3-20	20	NBOU=4	164
						上端铰支端	下端固定端	3-20	20	NBOU=5	165
						上端固定端	下端铰支端	3-20	20	NBOU=6	166
						上端半铰端	下端铰支端	3-20	20	NBOU=7	167
(二十一)	100×45(H)	5.00	1.90	4.165		上端固定端	下端固定端	3-21	20	NBOU=1	169
						上端半铰端	下端半铰端	3-21	20	NBOU=2	170
						上端半铰端	下端固定端	3-21	20	NBOU=3	172
						上端固定端	下端半铰端	3-21	20	NBOU=4	174
						上端铰支端	下端固定端	3-21	20	NBOU=5	176
						上端固定端	下端铰支端	3-21	20	NBOU=6	178
						上端半铰端	下端铰支端	3-21	20	NBOU=7	180

表 2-8

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯 段 几 何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂直荷载 q (t/m)	混凝土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠 跨 比		三维内力图		
							表号	页次	图 号	页次	
(二十二)	100×40(H)	5.00	1.90	3.900	200号	上端固定端	下端固定端	3-22	21	NBOU=1	182
						上端半铰端	下端半铰端	3-22	21	NBOU=2	183
						上端半铰端	下端固定端	3-22	21	NBOU=3	185
						上端固定端	下端半铰端	3-22	21	NBOU=4	187
						上端铰支端	下端固定端	3-22	21	NBOU=5	189
						上端固定端	下端铰支端	3-22	21	NBOU=6	191
						上端半铰端	下端铰支端	3-22	21	NBOU=7	193
(二十三)	100×35(H)	5.00	1.90	3.635		上端固定端	下端固定端	3-23	21	NBOU=1	195
						上端半铰端	下端半铰端	3-23	21	NBOU=2	196
						上端半铰端	下端固定端	3-23	21	NBOU=3	198
						上端固定端	下端半铰端	3-23	21	NBOU=4	200
						上端铰支端	下端固定端	3-23	21	NBOU=5	202
						上端固定端	下端铰支端	3-23	21	NBOU=6	204
						上端半铰端	下端铰支端	3-23	21	NBOU=7	206
(二十四)	100×30(H)	5.00	1.90	3.370		上端固定端	下端固定端	3-24	22	NBOU=1	208
						上端半铰端	下端半铰端	3-24	22	NBOU=2	209
						上端半铰端	下端固定端	3-24	22	NBOU=3	211
						上端固定端	下端半铰端	3-24	22	NBOU=4	213
						上端铰支端	下端固定端	3-24	22	NBOU=5	215
						上端固定端	下端铰支端	3-24	22	NBOU=6	217
						上端半铰端	下端铰支端	3-24	22	NBOU=7	219

表 2-9

组 号	设计截面 (不包括悬挑部分) (cm ²)	梯 段 几 何 中心线半径 RA (m)	梯段每弧 度升高值 (m/rad)	垂 直 荷 载 q (t/m)	混 凝 土 标 号	上、下端支承情况	变形值及 挠跨比		三维内力图		
							表号	页次	图 号	页次	
(二十五)	108×25H	5.00	1.90	3.105	200号	上端固定端	下端固定端	3-25	22	NBOU=1	221
						上端半铰端	下端半铰端	3-25	22	NBOU=2	222
						上端半铰端	下端固定端	3-25	22	NBOU=3	224
						上端固定端	下端半铰端	3-25	22	NBOU=4	225
						上端铰支端	下端固定端	3-25	22	NBOU=5	226
						上端固定端	下端铰支端	3-25	22	NBOU=6	228
						上端半铰端	下端铰支端	3-25	22	NBOU=7	230

三、圆柱面螺旋线杆件内力及变形选用表

表 3-1

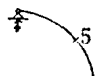
支承型式	简 图	跨 中 截 面 内 力						跨 中 变 形	
		轴力 N , (t)	剪力 N , (t)	剪力 N , (t)	扭矩 M , (t-m)	弯矩 M , (t-m)	弯矩 M , (t-m)	挠度 f (mm)	挠跨比
上下端固定		0.000	0.000	-7.791	0.000	0.000	2.510	6.31	1/1712
上下端为半铰		0.000	0.000	-9.053	0.000	0.000	17.814	43.49	1/248 *
上端半铰 下端固定 (本书实例数据)		2.372	3.148	-9.244	-0.879	-7.201	4.111	12.08	1/894
上端固定 下端半铰		-2.372	-3.148	-9.244	0.879	7.201	4.111	12.08	1/894
上端铰支 下端固定		5.918	3.404	-9.596	6.110	-14.712	1.417	17.1	1/632
上端固定 下端铰支		-5.918	-3.404	-9.596	-6.110	14.712	1.417	17.1	1/632
上端半铰 下端铰支		-4.897	0.516	-9.053	-15.532	14.893	17.814	66.76	1/162 *

表 3-2

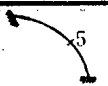
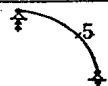
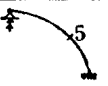
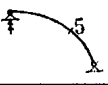
支承型式	简 图	跨 中 截 面 内 力						跨 中 变 形	
		轴力 N_x (t)	剪力 N_y (t)	剪力 N_z (t)	扭矩 M_x (t-m)	弯矩 M_y (t-m)	弯矩 M_z (t-m)	挠度 f (mm)	挠跨比
上下端固定		0.000	0.000	-7.414	0.000	0.000	3.618	4.56	1/2369
上下端为半铰		0.000	0.000	-9.913	0.000	0.000	19.194	25.77	1/419
上端半铰 下端固定		1.108	3.279	-9.178	-1.120	-5.920	5.606	9.65	1/1119
上端固定 下端半铰		-1.018	-3.279	-9.178	1.120	5.920	5.606	7.45	1/1450
上端铰支 下端固定		6.372	3.408	-9.431	7.934	-12.055	2.571	15.03	1/718
上端固定 下端铰支		-6.372	-3.408	-9.431	-7.934	12.055	2.571	10.36	1/1042
上端半铰 下端铰支		-7.784	0.916	-9.913	-17.663	10.729	19.194	38.22	1/282 *

表 3-3

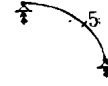
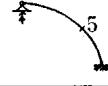
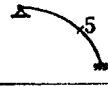
支承型式	简 图	跨 中 截 面 内 力						跨 中 变 形	
		轴力 N_x (t)	剪力 N_y (t)	剪力 N_z (t)	扭矩 M_x (t-m)	弯矩 M_y (t-m)	弯矩 M_z (t-m)	挠度 f (mm)	挠跨比
上下端固定		0.000	0.000	-7.006	0.000	0.000	4.705	3.99	1/2708
上下端为半铰		0.000	0.000	-10.599	0.000	0.000	20.855	19.63	1/550
上端半铰 下端固定		-0.140	3.465	-9.036	-1.123	-5.346	7.068	7.25	1/1490
上端固定 下端半铰		0.140	-3.465	-9.036	1.123	5.346	7.068	7.25	1/1490
上端铰支 下端固定		6.310	3.528	-9.138	9.193	-10.265	3.778	10.84	1/997
上端固定 下端铰支		-6.310	-3.528	-9.138	-9.193	10.265	3.778	10.84	1/997
上端半铰 下端铰支		-9.771	1.150	-10.599	-19.279	8.138	20.855	30.93	1/349 *

表 3-4

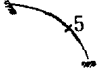
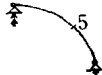
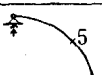
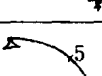
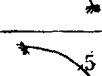
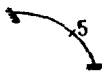
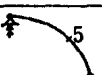
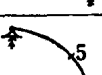
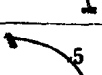
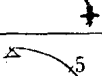
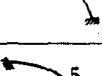
支承型式	简 图	跨 中 截 面 内 力						跨 中 变 形	
		轴力 N_x (t)	剪力 N_y (t)	剪力 N_z (t)	扭矩 M_x (t-m)	弯矩 M_y (t-m)	弯矩 M_z (t-m)	挠度 f (mm)	挠跨比
上下端固定		0.000	0.000	-5.993	0.000	0.000	2.324	2.22	1/4370
上下端为半铰		0.000	0.000	-7.364	0.000	0.000	13.969	13.76	1/705
上端半铰 下端固定		1.093	2.699	-7.208	-0.741	-4.402	3.695	4.80	1/2021
上端固定 下端半铰		-1.093	-2.699	-7.208	0.741	4.402	3.695	3.64	1/2665
上端铰支 下端固定		4.394	2.862	-7.427	5.430	-9.092	1.610	7.29	1/1331
上端固定 下端铰支		-4.394	-2.862	-7.427	-5.430	9.092	1.610	4.96	1/1956
上端半铰 下端铰支		-4.674	0.583	-7.364	-12.259	8.314	13.969	19.95	1/486

表 3-5

支承型式	简 图	跨 中 截 面 内 力						跨 中 变 形	
		轴力 N_x (t)	剪力 N_y (t)	剪力 N_z (t)	扭矩 M_x (t-m)	弯矩 M_y (t-m)	弯矩 M_z (t-m)	挠度 f (mm)	挠跨比
上下端固定		0.000	0.000	-4.593	0.000	0.000	1.358	0.96	1/9012
上下端为半铰		0.000	0.000	-5.239	0.000	0.000	9.498	6.84	1/1302
上端半铰 下端固定		0.831	2.110	-5.375	-0.435	-3.150	2.232	2.13	1/4061
上端固定 下端半铰		-0.831	-2.110	-5.375	0.435	3.150	2.232	1.58	1/5475
上端铰支 下端固定		2.643	2.282	-5.536	3.566	-6.424	0.895	3.15	1/2746
上端固定 下端铰支		-2.643	-2.282	-5.536	-3.566	6.424	0.895	2.11	1/4100
上端半铰 下端铰支		-2.455	0.319	-5.239	-7.972	5.761	9.498	9.36	1/924