



建筑工程简明计算手册丛书

结构吊装 工程计算手册

JIEGOU DIAOZHANG
GONGCHENG JISUAN SHOUCHE

主编 梁敦维

山西科学技术出版社

SHANXI SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

· 建筑工程简明计算手册丛书 ·

结构吊装工程 计算手册

主编 梁敦维

参编 谢珍兰 倪文胜 梁丽焰

山西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构吊装工程计算手册 / 梁敦维主编. —太原: 山西科学技术出版社, 2006. 1

(建筑工程简明计算手册丛书)

ISBN 7-5377-2593-4

I. 结... II. 梁... III. 结构吊装—工程计算—技术手册

IV. TU758.15-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 125528 号

·建筑工程简明计算手册丛书·

结构吊装工程计算手册

梁敦维 主编

*

山西科学技术出版社出版 (太原建设南路 15 号)

新华书店经销 太原兴晋科技印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 4.875 字数: 144 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月太原第 1 次印刷

印数: 1-3000 册

*

ISBN 7-5377-2593-4

T·403 定价: 15.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与印厂联系调换。

前 言

《建筑工程简明计算手册丛书》是从建筑工程施工现场工程技术人员及技术操作人员实际工作需要出发，本着简明、实用、够用和好用的原则，紧扣现行标准、规范和规程，经优化筛选，将施工现场最常用、最基本的施工计算汇编成册，便于工程技术人员及技术操作人员查阅使用。

丛书包括《土方与地基基础工程计算手册》、《混凝土工程计算手册》、《结构吊装工程计算手册》、《建筑施工组织设计计算手册》、《建筑工程预算计算手册》等五本。

《结构吊装工程计算手册》编入了结构吊装工程施工常用的计算资料，内容包括：吊装索具设备、起重运输机械、混凝土结构吊装、钢结构零件和部件的加工与连接、钢结构安装等。

本书内容精炼，是建筑工程施工的常用工具书，在进行施工准备、编制施工方案、处理技术问题、制定安全技术措施、对工程质量和操作安全进行有效控制等各项计算工作中应用广泛。

目 录

一、吊装索具设备	(1)
(一) 吊装绳索计算	(1)
(二) 吊装工具计算	(7)
(三) 滑车、滑车组计算	(15)
(四) 卷扬机计算	(20)
(五) 地锚计算	(24)
二、起重运输机械	(32)
(一) 履带起重机计算	(32)
(二) 塔式起重机计算	(42)
(三) 独脚拔杆计算	(52)
(四) 人字拔杆计算	(70)
(五) 运输车辆计算	(72)
三、混凝土结构吊装	(75)
(一) 吊装构件的平面布置	(75)
(二) 预制构件结构性能检验	(78)
(三) 混凝土柱吊装计算	(82)
(四) 混凝土屋架吊装计算	(91)
(五) 混凝土梁、板吊装计算	(102)

四、钢结构零、部件的加工和连接	(105)
(一) 型钢质量计算	(105)
(二) 钢零件及钢部件加工计算	(108)
(三) 钢结构的焊接连接计算	(114)
(四) 紧固件连接计算	(124)
 五、钢结构安装	 (131)
(一) 钢结构堆放场地面积计算	(131)
(二) 钢桁架安装稳定性验算	(132)
(三) 钢塔桅结构整体吊装计算	(136)
(四) 钢网架安装计算	(144)

一、吊装索具设备

(一) 吊装绳索计算

1. 白棕绳容许拉力计算

白棕绳是用剑麻茎纤维搓成线,线搓成股,再将股拧成绳,可分为三股、四股和九股三种,又可分为浸油和不浸油两类。一般用于起吊轻型构件(如钢支撑)和作为受力不大的缆风绳、溜绳等。白棕绳的容许拉力按下式计算:

$$[F_s] = \frac{F_s}{K} \quad (1-1)$$

式中 $[F_s]$ ——白棕绳的容许拉力(kN);

F_s ——白棕绳的破断拉力(kN),常用白棕绳的规格及破断拉力见

表 1-1,旧绳取新绳的 40% ~ 50%;

K ——白棕绳的安全系数,按表 1-2 取用。

白棕绳的容许拉力也可按以下经验式计算:

$$[F_s] = d(\text{mm}) \times d(\text{mm}) \div 0.2(\text{N}) \quad (1-2)$$

式中 d ——白棕绳直径。

白棕绳技术性能

表 1-1

直径 (mm)	圆周 (mm)	每卷重量 (长 250m) (kg)	破断拉力 (kN)	直径 (mm)	圆周 (mm)	每卷重量 (长 250m) (kg)	破断拉力 (kN)
6	19	6.5	2.00	22	69	70	18.5
8	25	10.5	3.25	25	79	90	24.00
11	35	17	5.75	29	91	120	26.00
13	41	23.5	8.00	33	103	165	29.00
14	44	32	9.50	38	119	200	35.00
16	50	41	11.50	41	129	250	37.50
19	60	52.5	13.00	44	138	290	45.00
20	63	60	16.00	51	160	330	60.00

白棕绳安全系数

表 1-2

麻绳的用途	使用程度	安全系数值 K
一般吊装	新绳	3
	旧绳	6
作缆风绳	新绳	6
	旧绳	12
作捆绑吊索或重要的起重吊装		8 ~ 10

2. 钢丝绳

钢丝绳是吊装中的主要绳索,由六束绳股和一根麻芯捻成,常用的有 6×19 (6 股 19 丝)、 6×37 (6 股 37 丝)两种。 6×19 钢丝绳可作缆风绳和吊索; 6×37 钢丝绳用作吊索或穿滑车组。常用钢丝绳的主要数据见表 1-3。

常用钢丝绳的主要数据

表 1-3

直径		钢丝绳总 断面积	参考 重量	钢丝绳公称抗拉强度(N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
				钢丝绳破断拉力总和				
(mm)		(mm ²)	(kg/100m)	(kN) 不小于				

6 × 19 钢丝绳的主要数据

6.2	0.4	14.32	13.53	20.0	22.1	24.3	26.4	28.6
7.7	0.5	22.37	21.14	31.3	34.6	38.0	41.3	44.7
9.3	0.6	32.22	30.45	45.1	49.9	54.7	59.6	64.4
11.0	0.7	43.85	41.44	61.3	67.9	74.5	81.1	87.7
12.5	0.8	57.27	54.12	80.1	88.7	97.3	105.5	114.5
14.0	0.9	72.49	68.50	101.0	112.0	123.0	134.0	144.5
15.5	1.0	89.49	84.57	125.0	138.5	152.0	165.5	178.5
17.0	1.1	103.28	102.3	151.5	167.5	184.0	200.0	216.5
18.5	1.2	128.87	121.8	180.0	199.5	219.0	238.0	257.5

续 表

直径		钢丝绳总 断面积	参考 重量	钢丝绳公称抗拉强度(N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
				钢丝绳破断拉力总和				
(mm)		(mm ²)	(kg/100m)	(kN) 不小于				
20.0	1.3	151.24	142.9	211.5	234.0	257.0	279.5	302.0
21.5	1.4	175.40	165.8	245.5	271.5	298.0	324.0	350.5
23.0	1.5	201.35	190.3	281.5	312.0	342.0	372.0	402.5
24.5	1.6	229.09	216.5	320.5	355.0	389.0	423.5	458.0
26.0	1.7	258.63	244.4	362.0	400.5	439.5	478.0	517.0
28.0	1.8	289.95	274.0	405.5	449.0	492.5	536.0	579.5
31.0	2.0	357.96	338.3	501.0	554.5	608.5	662.0	715.5
34.0	2.2	433.13	409.3	306.0	671.0	736.0	801.0	
37.0	2.4	515.46	487.1	721.5	798.5	876.0	953.5	
40.0	2.6	604.95	571.7	846.5	937.5	1025.0	1115.0	
43.0	2.8	701.60	663.0	982.0	1085.0	1190.0	1295.0	
46.0	3.0	805.41	761.1	1125.0	1245.0	1365.0	1490.0	

6×37 钢丝绳的主要数据

8.7	0.4	27.88	26.21	39.0	43.2	47.3	51.5	55.7
11.0	0.5	43.57	40.96	60.9	67.5	74.0	80.6	87.1
13.0	0.6	62.74	58.98	87.8	97.2	106.5	116.0	125.0
15.0	0.7	85.39	80.57	119.5	132.0	145.0	157.5	170.5
17.5	0.8	111.53	104.8	156.0	172.5	189.5	206.0	223.0
19.5	0.9	141.16	132.7	197.5	213.5	239.5	261.0	282.0
21.5	1.0	174.27	163.3	243.5	270.0	296.0	322.0	348.5
24.0	1.1	210.87	198.2	295.0	326.5	358.0	390.0	421.5
26.0	1.2	250.95	235.9	351.0	388.5	426.5	464.0	501.5

续 表

直径		钢丝绳总 断面积	参考 重量	钢丝绳公称抗拉强度 (N/mm ²)				
钢丝绳	钢丝			1400	1550	1700	1850	2000
				钢丝绳破断拉力总和				
(mm)		(mm ²)	(kg/100m)	(kN) 不小于				
28.0	1.3	294.52	276.8	412.0	456.5	500.5	544.5	589.0
30.0	1.4	341.57	321.1	478.0	529.0	580.5	631.5	683.0
32.5	1.5	392.11	368.6	548.5	607.5	666.5	725.0	784.0
34.5	1.6	446.13	419.4	624.5	691.5	758.0	825.0	892.0
36.5	1.7	503.64	473.4	705.0	780.5	856.0	931.5	1005.0
39.0	1.8	564.63	530.8	790.0	875.0	959.5	1040.0	1125.0
43.0	2.0	697.08	655.3	975.5	1080.0	1185.0	1285.0	1390.0
47.5	2.2	843.47	792.9	1180.0	1305.0	1430.0	1560.0	
52.0	2.4	1003.90	943.6	1405.0	1555.0	1705.0	1855.0	
56.0	2.6	1178.07	1107.4	1645.0	1825.0	2000.0	2175.0	
60.5	2.8	1366.28	1234.3	1910.0	2115.0	2320.0	2525.0	
65.0	3.0	1568.43	1474.3	2195.0	2430.0	2665.0	2900.0	

注:表中粗线左侧的数据适用于光面或镀锌钢丝绳,右侧的数据只适用于光面钢丝绳。

(1) 钢丝绳容许拉力按下式计算:

$$[F_g] = \frac{\alpha F_g}{K} \quad (1-3)$$

式中 $[F_g]$ ——钢丝绳的容许拉力(kN);

F_g ——钢丝绳的钢丝绳破断拉力总和(kN),见表1-3;

α ——考虑钢丝绳之间荷载不均匀系数,对6×19、6×37钢丝绳, α 分别取0.85和0.82;

K ——钢丝绳使用安全系数,按表1-4取用。

F_g 可从表1-3查得,或近似地按下式计算:

$$F_g = 0.5d^2 \quad (1-4)$$

式中 d ——钢丝绳直径(mm)。

钢丝绳安全系数

表 1-4

钢丝绳的用途	安全系数 K
缆风绳及拖拉绳	3.5
用于滑车时:手动的	4.5
机动的	5~6
作吊索:无绕曲时	6~7
有绕曲时	6~8
作地锚绳	5~6
作捆绑吊索	8~10
用于载人升降机	14

(2) 钢丝绳在承受拉伸和弯曲时复合应力按下式计算:

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{d_0}{D} \cdot E \leq [\sigma] \quad (1-5)$$

式中 σ ——钢丝绳承受拉伸和弯曲的复合应力(N/mm²);

F ——钢丝绳承受的综合计算荷载(kN);

A ——钢丝绳钢丝截面积总和(mm²);

d_0 ——单根钢丝的直径(mm);

D ——滑轮或卷筒槽底的直径(mm);

E ——钢丝绳的弹性模量(N/mm²),可取

7.84×10^4 N/mm²;

$[\sigma]$ ——钢丝绳的容许拉应力(N/mm²)。

(3) 在起重吊装作业中,钢丝绳应防止冲击荷载(如紧急刹车等)作用,冲击荷载对设备和钢丝绳均有损害,冲击荷载可按式计算(图 1-1):

$$F_s = Q \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2EAh}{QL}} \right) \quad (1-6)$$

式中 F_s ——冲击荷载(N);

Q ——静荷载(N);

E ——钢丝绳的弹性模量(N/mm²);

A ——钢丝绳截面积(mm²);

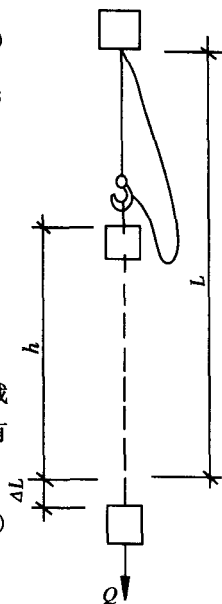


图 1-1 冲击荷载
计算简图

h ——落下高度(mm);

L ——钢丝绳的悬挂长度(mm)。

3. 吊索(千斤)

吊索有环状吊索(又称万能吊索或闭式吊索)和8股头吊索(又称轻便吊索或开式吊索)两种(图1-2)。

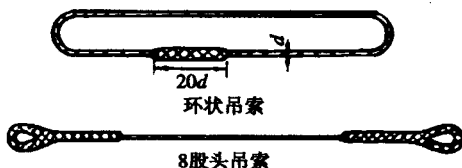


图1-2 吊索

吊索是用钢丝绳做成的,钢丝绳的容许拉力即为吊索的容许拉力。在工作中,吊索拉力不应超过其容许拉力。

吊索拉力取决于所吊构件的重量及吊索的水平夹角,水平夹角应不小于 30° ,一般为 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。在知道构件重量和水平夹角后,两支吊索的拉力可按表1-5计算求得。

两支吊索的拉力计算表

表1-5

简 图	夹角 α	吊索拉力 F	水平压力 H
	25°	$1.18G$	$1.07G$
	30°	$1.00G$	$0.87G$
	35°	$0.87G$	$0.71G$
	40°	$0.78G$	$0.60G$
	45°	$0.71G$	$0.50G$
	50°	$0.65G$	$0.42G$
	55°	$0.61G$	$0.35G$
	60°	$0.58G$	$0.29G$
	65°	$0.56G$	$0.24G$
	70°	$0.53G$	$0.18G$

注: G ——构件重力。

当采用如图 1-3 所示的四支等长的吊索起吊构件时,每支吊索的拉力可用下式计算:

$$F = \frac{G}{4\cos\beta} \quad (1-7)$$

式中 F ——一根吊索的拉力(kN);
 G ——构件重力(kN);
 β ——吊索与垂直线的夹角(°)。

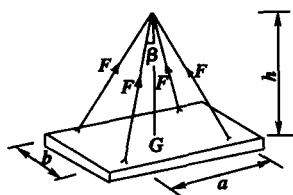


图 1-3 四支等长吊索拉力计算简图

如果已知构件吊环的相互位置和起重机吊钩至构件上表面的距离,则

$$\cos\beta = \frac{2h}{\sqrt{a^2 + b^2 + 4h^2}} \quad (1-8)$$

由式 1-7、1-8 推得
$$F = \frac{\sqrt{a^2 + b^2 + 4h^2}}{8h} \cdot G \quad (1-9)$$

式中 a ——构件上纵向两吊环的距离(m);
 b ——构件上横向两吊环的距离(m);
 h ——起重机吊钩至构件上表面的距离(m)。

(二) 吊装工具计算

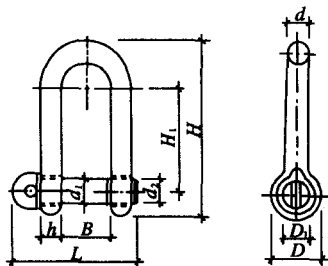
1. 卡环(卸甲、卸扣)

卡环用于吊索与吊索或吊索与构件之间的连接,由弯环与销子两部分组成。

常用卡环的主要规格和安全荷重可查表 1-6 取用。

常用卡环规格及安全荷重

表 1-6



型号	使用负荷		D	H	H ₁	L	d	d ₁	d ₂	B	重量
	(N)	(kg)	(mm)								
0.2	2450	250	16	49	35	34	6	8.5	M8	12	0.04
0.4	3920	400	20	63	45	44	8	10.5	M10	18	0.09
0.6	5880	600	24	72	50	53	10	12.5	M12	20	0.16
0.9	8820	900	30	87	60	64	12	16.5	M16	24	0.30
1.2	12250	1250	35	102	70	73	14	18.5	M18	28	0.46
1.7	17150	1750	40	116	80	83	16	21	M20	32	0.69
2.1	20580	2100	45	132	90	98	20	25	M22	36	1.00
2.7	26950	2750	50	147	100	109	22	29	M27	40	1.54
3.5	34300	3500	60	164	110	122	24	33	M30	45	2.20
4.5	44100	4500	68	182	120	137	28	37	M36	54	3.21
6.0	58800	6000	75	200	135	158	32	41	M39	60	4.57
7.5	73500	7500	80	226	150	175	36	46	M42	68	6.20
9.5	93100	9500	90	255	170	193	40	51	M48	75	8.63
11.0	107800	1100	100	285	190	216	45	56	M52	80	12.03
14.0	137200	1400	110	318	215	236	48	59	M56	90	15.58
17.5	171500	1750	120	345	235	254	50	66	M64	100	19.35
21.0	205800	2100	130	375	250	288	60	71	M68	110	27.83

在施工现场作业中,卡环的容许荷载,可根据卡环的销子直径按以下近似式计算:

$$[F_K] = (35 \sim 40) d^2 \quad (1-10)$$

式中 $[F_K]$ ——卡环的容许荷载(N);

d ——卡环销子的直径(mm)。

2. 钢丝绳夹(绳卡、轧头)

钢丝绳夹用于绳端固定或连接。按其结构形式分为马鞍式、抱合式、骑马式等。

(1) 马鞍式、抱合式绳夹数量可按下式计算:

$$n_1 = \frac{P}{2T(f_1 - f_2)K} = 1.667 \frac{P}{2T} \quad (1-11)$$

(2) 骑马式绳夹数量, 设钢丝绳与钢丝绳之间的摩擦系数近似为零, 则其数量可按下式计算:

$$n_2 = \frac{P}{2Tf_2} = 2.5 \frac{P}{T} \quad (1-12)$$

式中 n_1 ——马鞍式、抱合式绳卡需用数量(个);

P ——钢丝绳上所受综合计算荷载(kN);

T ——拧紧绳卡螺帽时, 螺栓所受的力(N), 可从表 1-7 查得;

f_1 ——钢丝绳与钢丝绳的摩擦系数, 一般取 $f_1 = 0.4$;

f_2 ——钢丝绳与绳卡夹箍的摩擦系数, 一般取 $f_2 = 0.2$;

n_2 ——骑马式绳卡需用数量(个);

K ——折减系数, 取 $K = 3$ 。

钢丝绳卡数量和间距也可按表 1-8 参考使用。

拧紧绳卡螺帽时螺栓受的力

表 1-7

螺栓直径 (mm)	螺纹外的断面 计算面积 (cm ²)	螺栓上 所受力 (N)	螺栓直径 (mm)	螺纹外的断面 计算面积 (cm ²)	螺栓上 所受力 (N)
9.5	0.44	3920	22.2	2.72	34300
12.7	0.78	7350	25.4	3.57	45080
15.8	1.31	15190	28.4	4.49	56840
19.0	1.96	24500	31.8	5.77	73500

钢丝绳夹接使用绳夹数量和间距

表 1-8

钢丝绳直径(mm)	7~8	19~27	28~37	38~44	45~60
绳夹数量(个)	3	4	5	6	7
绳夹间距(mm)	100~150	150~200	200~250	250~300	300~400

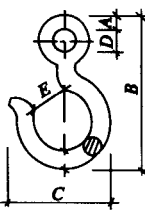
注:绳夹压头应在钢丝绳长头的一边,绳夹间距不应小于钢丝绳直径的 6 倍。

3. 吊钩

吊钩是吊装时钩挂吊索或构件吊环的工具,常用优质碳素钢锻造后退火制成。吊装作业常用带环单吊钩,其主要规格见表 1-9。

带环单吊钩的主要规格及安全荷重

表 1-9

带环吊钩 简 图	容 许 起重量 (t)	尺 寸 (mm)						重量 (kg)	钢丝绳 适用直径 (mm)
		A	B	C	D	E	F		
	0.5	7	114	73	19	19	19	0.34	6
	0.75	9	133	86	22	25	25	0.45	6
	1	10	146	98	25	29	27	0.79	8
	1.5	12	171	109	32	32	35	1.25	10
	2	13	191	121	35	35	37	1.54	11
	2.5	15	216	140	38	38	41	2.04	13
	3	16	232	152	41	41	48	2.90	14
	3.75	18	257	171	44	48	51	3.86	16
	4.5	19	282	193	51	51	54	5.00	18
	6	22	330	206	57	54	64	7.40	19
	7.5	24	356	227	64	57	70	9.76	22
	10	27	394	255	70	64	79	12.30	25
	12	33	419	279	76	72	89	15.20	29
	14	34	456	308	83	83	95	19.10	32

单吊钩承载力计算,应验算三个截面(即吊钩螺杆部分、水平截面和垂直截面)的强度(图1-4);

(1)吊钩螺杆部分截面验算,如图1-4中1-1截面,吊钩螺杆部分可按受拉构件由下式计算:

$$\sigma_t = \frac{F}{A_1} \leq [\sigma_t] \quad (1-13)$$

式中 σ_t ——吊钩螺杆部分的拉应力(N/mm²);

F ——吊钩所承担的起重力(N);

A_1 ——螺杆扣除螺纹后的净截面面积, $A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$ (mm²);

d_1 ——螺杆扣除螺纹后的直径(mm);

$[\sigma_t]$ ——钢材容许受拉应力,取 50N/mm²。

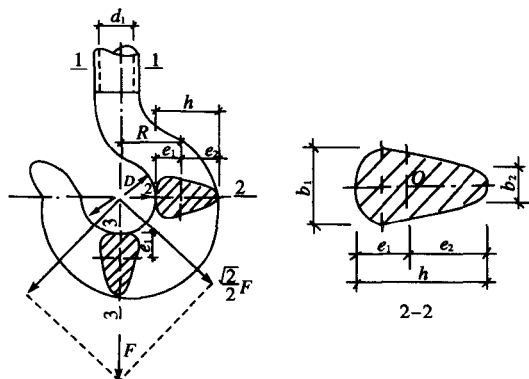


图1-4 吊钩构造与验算简图

(2)吊钩水平截面验算,如图1-4中2-2截面,该截面受到偏心荷载的作用,在截面内侧的K点产生最大拉应力 σ_c (N/mm²),可按下式计算:

$$\sigma_c = \frac{F}{A_2} + \frac{M_x}{\gamma_x W_x} \leq [\sigma_c] \quad (1-14)$$

式中 F ——吊钩所承担的起重力(N);

A_2 ——验算2-2截面的截面积(mm²);