



桥梁起重设计 计算与实务

主 编 陈伯兴 李继刚

副主编 陈 炜 范亦飞 陈 亮

中国建筑工业出版社

桥梁起重设计计算与实务

主 编：陈伯兴 李继刚

副主编：陈 炜 范亦飞 陈 亮

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁起重设计计算与实务/陈伯兴等主编. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2012. 1
ISBN 978-7-112-13819-7

I. ①桥… II. ①陈… III. ①桥梁施工-起重机械-工程计算 IV. ①TH21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 255287 号

本书主要讲述桥梁施工中的起重与吊装技术。书中先分类介绍常用运输与起重机具的技术性能和基本参数, 荷载的性质与计算方法; 后重点阐述了独脚拔杆、摇头拔杆、桅杆式起重机、汽车吊、浮吊、索道等桥梁安装中构件的计算方法与实例, 并介绍了现代桥梁利用挂篮悬臂浇筑中的计算; 而后讲述起重安全知识。此外, 介绍了七座桥梁安装中的吊装方案, 场地布置及吊装注意事项等内容。

本书供从事桥梁建设的技术人员和起重专业人员参考, 也可供高等学校桥隧专业师生学习参考。

* * *

责任编辑: 张伯熙 曾 威

责任设计: 赵明霞

责任校对: 党 蕾 关 键

桥梁起重设计计算与实务

主 编: 陈伯兴 李继刚

副主编: 陈 炜 范亦飞 陈 亮

*

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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 1/4 字数: 403 千字

2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-13819-7

(21490)

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)

本书编写委员会

主	编	陈伯兴	李继刚		
副	主	编	陈 炜	范亦飞	陈 亮
编委会成员		李 飞	颜书亮	唐东旭	
		沈米杰	马海艳	陈嘉炜	

前 言

桥梁建造的起重和运输是一项十分重要的工作，是桥梁施工中非常重要的施工工序，是桥梁施工中质量与安全的关键工艺，因为它关系到桥梁标准也涉及施工人员人身安全。

预制安装的桥梁有起吊、纵移、横移、落梁等工艺，需要重而大的机具设备，同时又是高空作业；对现代化悬臂浇筑与拼装的预应力桥梁往往需要挂篮施工，也是高空作业。因此桥梁技术人员要同起重专业人员密切配合，在江河上采取各种有效手段，及时、正确又安全地将各种起重设备和组件吊装都搬运到指定地点，并将之起重。桥梁施工中技术水平高低，施工机具配备的是否经济合理；吊装、搬运工作组织运筹得是否科学，制定措施和方案是否安全可靠，均关系到桥梁建设的全局，直接影响整个工程的安全、质量和进度。

为了适应桥梁建造快速发展和提高广大桥梁技术人员及起重专业人员技术水平的需要，我们在总结自己工作经验的基础上编写了这本《桥梁起重设计计算与实务》，以供桥梁施工技术人员和起重专业人员学习和参考。

本书由无锡城市学院高级工程师陈伯兴和无锡市设施管理处处长、高级工程师李继刚共同主编，无锡城市学院陈炜、范亦飞两位讲师及无锡市第三市政建设工程有限公司陈亮工程师副主编；无锡市三马市政建设工程有限公司李飞、颜书亮、沈未杰、马海艳；中科建筑公司唐东旭等同志参加编写有关章节内容。

由于我们经验和水平有限，书中难免有不妥之处，恳请同行和读者们批评指正。

2011年6月

于无锡

目 录

1 起重设计计算基本知识	1
1.1 绪论	1
1.1.1 力的概念	1
1.1.2 重心	3
1.2 索具设备计算	3
1.2.1 麻绳	3
1.2.2 钢丝绳	4
1.2.3 卸甲	5
1.2.4 花篮螺栓	5
1.2.5 吊索(千斤绳)	6
1.3 滑车与滑轮组计算	6
1.3.1 滑车	6
1.3.2 滑车组	10
1.4 钢丝绳、缆风、地锚设备计算	14
1.4.1 钢丝绳	14
1.4.2 缆风绳设计与选择	18
1.4.3 地锚设备	18
1.5 千斤顶与卷扬机计算	35
1.5.1 千斤顶	35
1.5.2 卷扬机及绞磨	39
2 各类起重机械计算	44
2.1 独脚拔杆设计	44
2.1.1 概述	44
2.1.2 独脚拔杆设计	45
2.2 木桅杆与钢管桅杆设计	50
2.2.1 木桅杆	50
2.2.2 钢管独脚拔杆	53
2.3 金属格构式独脚桅杆的设计	53
2.3.1 桅杆的受力分析	54
2.3.2 桅杆截面选择与验算	56
2.3.3 起重滑轮组钢丝绳及卷扬机的选择	61
2.3.4 缆风绳的计算	62
2.3.5 地锚	62
2.3.6 桅杆接头的强度计算	63

2.4 摇头拔杆与摇头起重机设计	71
2.4.1 概述	71
2.4.2 摇头起重机的设计	72
2.4.3 各部件的设计	77
2.5 人字拔杆设计	92
2.5.1 概述	92
2.5.2 人字拔杆的计算与设计	93
2.6 悬臂桅杆设计	102
2.6.1 概述	102
2.6.2 设计与计算	102
2.7 浮吊计算	108
2.7.1 概述	108
2.7.2 浮吊计算	108
2.8 缆索起重设计	129
2.8.1 概述	129
2.8.2 缆索吊的组成	129
2.8.3 缆索吊装的设计	131
2.9 自行杆式起重机	172
2.9.1 概述	172
2.9.2 自行杆式起重机的具体性能	172
2.10 钢筋混凝土构件吊运及支撑	182
2.10.1 堆放及支撑	182
2.10.2 吊运	183
2.10.3 拱肋吊点及支撑	184
3 挂篮计算	185
3.1 概述	185
3.2 挂篮设计	185
3.2.1 挂篮设计原则	185
3.2.2 挂篮设计时的主要要求和条件	185
3.2.3 挂篮初拟方案的特点	185
3.2.4 最后确定方案	186
3.2.5 挂篮的结构设计	187
3.2.6 设计荷载	190
3.2.7 各主要部件计算	194
3.2.8 挂篮移动及浇筑混凝土的安全度	196
3.3 挂篮的使用	201
3.3.1 挂篮的运转试验	201
3.3.2 挂篮的施工工艺试验	204
3.3.3 挂篮的运行	205
3.3.4 挂篮的变形	205
3.3.5 克服箱梁裂缝的措施	205

4 起重安全知识	207
4.1 起重工作一般注意事项	207
4.2 拔杆和地锚注意事项	207
4.2.1 使用拔杆的注意事项	207
4.2.2 埋设地锚的注意事项	208
4.3 起重机械和绳索绑扎注意事项	208
4.3.1 起重机械的安全鉴定	208
4.3.2 使用起重机的安全要求	209
4.3.3 绑扎绳索的要求	211
4.4 运输作业的安全注意事项	212
4.4.1 运输工作中的一般要求	212
4.4.2 汽车运输安全注意事项	212
4.5 高空作业的安全注意事项	213
5 市政桥梁起重安装实例	214
5.1 市政桥梁起重安装实例一	214
5.1.1 结合无锡市实际情况,拟采用 250kN 胎汽吊	214
5.1.2 验算吊车位于空心板梁上梁的受力	215
5.2 市政桥梁起重安装实例二	217
5.2.1 钢铁管架桥吊装技术交底	217
5.2.2 钢铁管架桥吊装计算	218
5.3 市政桥梁起重安装实例三	221
5.3.1 概述	221
5.3.2 索具选择	221
5.4 市政桥梁起重安装实例四	223
5.4.1 工程概况	223
5.4.2 主要工程数量	225
5.4.3 吊装前的准备工作	225
5.4.4 吊装方案	226
5.4.5 组织机构	227
5.4.6 安装质量及安全保证措施	227
5.5 市政桥梁起重安装实例五	232
5.5.1 概述	232
5.5.2 施工方案	233
5.5.3 吊装计算	236
5.5.4 施工质量保证措施	237
5.5.5 施工安全措施	237
5.5.6 施工组织管理	238
5.5.7 机械使用量表	239
5.6 市政桥梁起重安装实例六	239
5.6.1 概述	239

5.6.2	安装前准备	240
5.6.3	施工机械	241
5.6.4	吊装方案	241
5.6.5	板梁安装日期	244
5.6.6	组织机构	244
5.6.7	质量控制措施	244
5.6.8	安全措施	245
5.7	市政桥梁起重安装实例七	246
5.7.1	概述	246
5.7.2	吊装方案	247
5.7.3	安全质量保证措施	248
参考文献		250

1 起重设计计算基本知识

1.1 绪 论

1.1.1 力的概念

在房屋建筑，桥梁工程建设中，设备、机具、器械的起重运输工作都离不开力学知识。起重机提升重物，卷扬机拖动重物，均须用力。

1. 力的定义

物体与物体间相互作用称为力。

2. 力的效果

使物体产生运动。

3. 力的三要素

- 1) 力的大小；
- 2) 力的方向；
- 3) 力的作用点。

4. 力的性质

- 1) 力的单位 (kN、kg、t)；
 - 2) 物体之间相互作用的力总是成对出现的；
 - 3) 结构的平衡是指作用在它上面的所有外力，使结构产生的位移运动效果的总和为零。
- #### 5. 力的分类 (作用在物体上的具体的力称为荷载)

- 1) 按作用时间来分：①永久力，物体本身自重，如桥结构自重；
②可变力，活动的，如车辆荷载，车道荷载、人群荷载。
- 2) 按受力情况分：①集中荷载力，荷载（力）集中于某一点；
②分布荷载力，荷载（力）平均分布在某一面或某一范围内。
- 3) 按内外分：①外力，其他物体或物体本身的重量给予物体的力；
②内力，物体内部抵抗外力所产生变形的力；
③应力，物体单位面积上的力。

6. 力的合成

- 1) 力的合成定义：将两个或两个以上的力合成为一个力，称为力的合成。

2) 力的合成法则

(1) 图解法

共线且共点之力如图 1-1-1 所示。

(2) 数解法

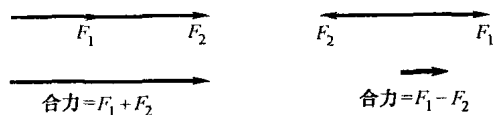


图 1-1-1 共线且共点之力

作用于一点，而互成一角度力，如图 1-1-2 所示。

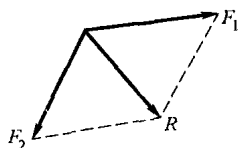


图 1-1-2 作用一点，
互成角度力

【方法一】：平行四边形法 } 用余弦定理来解
【方法二】：三角形法

【例题 1-1-1】 如图 1-1-3 中所示，使用滑轮组拖运暗底桥空心板。空心板支承于托板上，托板下用钢走棍，走棍下用枕木纵向排列。若空心板重为 120kN，拖动它时为 50kN，拖拉滑轮组出端拉力 S 为 9.5kN，滑轮组受力方向和滑轮组钢丝绳出端头方向互成 90° 夹角，试用数解法与图解法求其合力是多少？

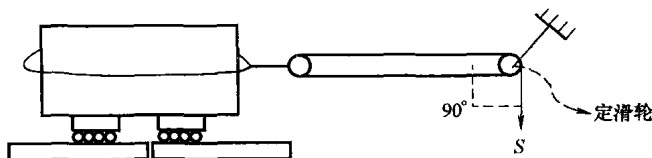


图 1-1-3 滑轮组拖运图

【解法一：数解法】——图 1-1-4

$Rt\triangle ABC$ 中：

$$AC = \sqrt{500^2 + 95^2} = 509\text{kN}$$

【解法二：图解法】——图 1-1-5

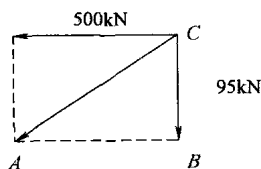


图 1-1-4 数解法

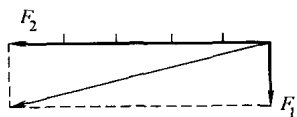


图 1-1-5 图解法

7. 力的分解

1) 定义：一个合力分解成两个或两个以上的分力称为力的分解。

2) 法则（分解成共点分力）：

(1) 图解——平行四边形及三角形法则。

(2) 数解——余弦定理或 $\delta = \frac{\theta}{n} \times \frac{1}{\sin\beta}$

8. 【例题 1-1-2】

已知：预制梁重 $Q=100\text{kN}$ ，起吊的千斤绳长为 9m 一对，两根单头分别系在预制梁预设耳环上，两耳环距离为 8m。

试求：AB 与 AC 两千斤绳上受到的力是多少？（图 1-1-6）

【解】 $\alpha = \arcsin \frac{8}{9} \therefore \alpha = 26^\circ 20'$

根据余弦定理：

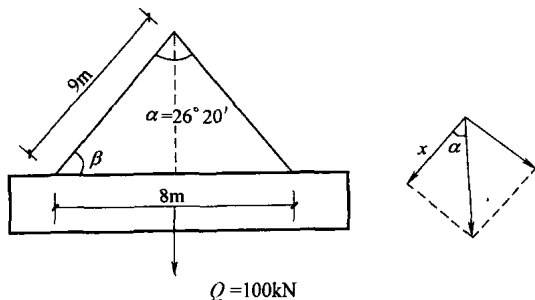


图 1-1-6 起吊计算图

$$\beta=180^{\circ}-2\alpha$$
$$100\text{kN}=x^2+x^2-2x\cdot x\cos\beta=2x^2(1-\cos\beta)$$

1.1.2 重心

在起重工作中，设备的翻身，钢丝绳受力的分配，组件的吊装都涉及物体的重心。

1. 重心是物体各部分重量的中心（合力的作用点就是重心）

2. 重心的求法

1) 规则形状的物体：

(1) 长方形重心在高度等于一半的平面对角线交点上；

(2) 长圆棒重心在长度一半的圆断面的圆心上；

(3) 三角形重心在三角形中线的交点上。

2) 不规则形状：应用材料力学中知识求之，这里不再讲述（略）。

3. 材料计算基本概念

1) 在起重与运输中，在分析力的大小后，可根据它来选用合适的工具和机具。而选用的物具须具备：

(1) 具有一定强度，受到荷载后不破坏；

(2) 具有一定刚度，有足够的抵抗变形的能力（也就是说保持在允许范围内）；

(3) 具有一定稳定性，保持原有形状平衡的能力。

2) 工具和机具都是由材料组成的，为保证有上述三要求（强度、刚度、稳定性），经常要对材料进行计算。

而强度是由安全应力来体现的： $\sigma=\frac{\text{极限应力}}{\text{安全系数(保险系数)}}$

$$\text{极限应力}=\frac{\text{破坏荷载}}{\text{面积}}$$

常用材料许用应力见表 1-1-1。

常用材料许用应力表 (Pa)

表 1-1-1

材料名称	抗拉	抗压	抗剪	抗弯
3 号钢	135	135	95	135
16 锰钢	185	185	120	185
顺纹松木	7.5	12	1.3	—
横纹松木	—	—	—	—

1.2 索具设备计算

起重机具的索具是指麻绳、钢丝绳、卸甲、花篮螺绳、千斤绳。

1.2.1 麻绳

1. 计算式。

$$P=\frac{S_b}{K}\leqslant[P] \tag{1-1}$$

容许应力 $[P]$ 值按表 1-2-1 取值, 而 K 值可按表 1-2-2 取值。

麻绳应力值表

表 1-2-1

名称	起重用(Pa)	绑扎(Pa)
白棕绳	0.1	0.05
麻绳	0.09	0.045

麻绳安全系数 K 值表

表 1-2-2

分类	K	分类	K
一般起吊	5	绑扎	10
缆风	6	吊人绳	14
千斤绳	6~10		

2. 经验公式

1) 允许拉力公式

$$\text{允许拉力} = 15 \times (\text{直径} - 5) \quad (1-2)$$

2) 应有五倍安全系数, 因此可用

$$p = 0.785d^2 \quad (1-3)$$

1.2.2 钢丝绳

国产标准钢丝绳常用规格为直径 6.2~83mm, 所用钢丝直径为 0.3~3mm, 抗拉强度为 14MPa、15.5MPa、17MPa、18.5MPa、20MPa 五个等级。

1. 破断拉力求法

1) 一般均可查有关起重书籍中钢丝绳的破断拉力和破断拉力总和。

2) 计算公式:

$$S_{\text{破}} = n \cdot F_i \cdot \sigma_b \cdot \varphi (\text{精确式}) \quad (1-4)$$

式中 F_i ——每根钢丝绳的断面面积 mm^2 ;

n ——钢丝绳中钢丝总根数, $6 \times 19 = 114$;

σ_b ——钢丝绳抗拉强度 14~20MPa;

φ ——钢丝绳搓捻不均匀而引起的受载不均匀系数。

对于 $6 \times 19 + 1$ 时, $\varphi = 0.85$; $6 \times 37 + 1$ 时 $\varphi = 0.82$; $6 \times 61 + 1$ 时, $\varphi = 0.80$

$$S_{\text{破}} = \text{换算系数} \times \text{钢丝绳破断拉力总和} \quad (1-5)$$

【例题 1-2-1】 一根 $\Phi 17\text{mm}$ ($6 \times 19 + 1$) 钢丝绳的破断拉力为多少?

$$\begin{aligned} \text{【解】} \quad \because n \cdot F_i &= 6 \times 19 \times \frac{3.14 \times 1.1 \times 1.1}{4} = 114 \times \frac{3.14 \times 1.21}{4} = 114 \times 0.942 \\ &= 108.28 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

当取 15.5MPa 时, $n \cdot F_i \cdot \sigma_b = 108.28 \times 15.5 \times 0.85 = 143 \text{kN} > 142.5 \text{kN}$

当用 $42.8d^2$ 时 $= 42.8 \times 17 \times 17 = 12369.2 \text{kg} = 123.7 \text{kN}$

经验式: 抗拉强度为 14MPa 时, $S = 42.8d^2$; 抗拉强度为 15.5MPa 时, $S = 47.4d^2$ (有的用 $S = 50d^2$); 抗拉强度为 17MPa 时, $S = 52d^2$; 抗拉强度为 18.5MPa 时, $S = 56.5d^2$; 抗拉强度为 20MPa 时, $S = 61.2d^2$ 。

一般只需记住 17MPa 时, $S = 52d^2$ 即可; 其他的可根据抗拉强度情况进行推导。例

如：若为 15.5MPa，则 $S = \frac{15.5}{17} \times 52d^2 = 47.4d^2$ ；若为 20MPa，则 $S = \frac{20}{17} \times 52d^2 = 61.2d^2$ ；……

2. 钢丝绳的安全系数

为了弥补材料不均匀，外力不准确，计算不精确，以及考虑荷载性质、材料性质、施工作业安全等因素要采用安全系数。

安全系数值见表 1-2-3。

安全系数值

表 1-2-3

分 类	k 值
缆风绳及拖拉绳	3.5
手动起重设备	4.5
机动设备	5~6
无弯曲 } 千斤顶 有弯曲 }	6~7
	6~8
捆绑绳	8~10
用于载人升降机	k=14

3. 允许拉力

1) 精确式
$$[\sigma] = \frac{S_{\text{破}}}{K} \quad (1-6a)$$

2) 经验式
$$S \leq 9d^2 \text{ (五倍安全系数)} \quad (1-6b)$$

若用旧钢丝绳则求得的允许应力应根据钢丝绳新旧程度乘以 0.4~0.75。

1.2.3 卸甲

1) 允许拉力见表 1-2-4。

卸甲各种规格及允许吊重参数表

表 1-2-4

卸甲号码	0.2	0.3	0.5	0.9	1.4	2.1	2.7	3.3	4.1	4.9	6.8	9.0
负荷重量(kN)	2.0	3.3	5.0	9.3	14.5	21	27	33	41	49	68	90

2) 经验式

(1) 单用卸甲直径 d ，则

$$S_{\text{允}} = 3.5d^2 \quad (1-7a)$$

(2) 单用直环形弯环处直径 d' ，则

$$S_{\text{允}} = 6d'^2 \quad (1-7b)$$

(3) 既用直环形弯环处直径 d' ，又用销直径 d ，则

$$S_{\text{允}} = 6.4 \times \left(\frac{d+d'}{2} \right)^2 \quad (1-7c)$$

1.2.4 花篮螺栓

$$S_{\text{允}} = 2.5d^2 \text{ (} d \text{ 为螺杆直径)} \quad (1-8)$$

1.2.5 吊索 (千斤绳)

- 1) 作用: 绑扎物件以便起吊。
- 2) 吊索用于: 连接吊钩, 吊环或用在定滑轮, 卷扬机上。
- 3) 拉力计算

吊索不仅与设备重量及根数有关, 且与吊索与水平面上的夹角大小 (若夹角大, 内力小; 反之, 夹角小, 内力大) 有关。

公式可用

$$S = \frac{\varphi}{n} \cdot \frac{1}{\sin\beta} \leq \left[\frac{P}{k} \right] \quad (1-9a)$$

式中 S ——一根吊索上受到拉力;

φ ——所吊设备重量, kN 或 N;

n ——吊索根数;

β ——吊索与水平面夹角, 一般在 $45^\circ \sim 60^\circ$, 不得小于 30° ;

P ——钢丝绳破断拉力;

k ——安全系数。

或

$$S = \frac{\varphi}{n} \cdot \frac{1}{\cos\beta} \leq \left[\frac{P}{k} \right] \quad (1-9b)$$

式中 β ——吊索与顶面夹角;

k ——安全系数。

1.3 滑车与滑轮组计算

1.3.1 滑车

滑车也叫葫芦。可以省力, 亦可以改变力的方向, 是起重机和拔杆中的主要组成部分。

1. 滑车的种类

- 1) 按制作材料分: 钢滑车与木滑车。
- 2) 按滑轮的多少分: 单门 (一个滑轮), 双门 (两个滑轮) 和多门。
- 3) 按轮和轴接触情况分: 滚动轴承与滑动轴承。
- 4) 按连接件结构形式分: 吊钩型, 链环型, 吊环型, 吊梁型。
- 5) 按滑车夹板分: 开口滑车, 闭口滑车。
- 6) 按滑车使用方式分: 定滑车, 动滑车。

2. 定滑车

定滑车的轴是固定在不动机架上的, 它只改变绳索 (或钢索) 的方向 (即改变用力的方向), 由于在轴承中间的摩擦和钢丝的刚性, 因此拉力比起吊物件的重量要大, 因而它不省力。

3. 动滑车

在实际工作中, 总希望能够以较小的力来起吊较大的载重, 这就需要动滑车。

动滑车的轴和支架是随着重物在空中移动而移动的。因而它能省力, 但不能改变力的方向, 只能向上向下移动。

由于起重物的重量被 n 根钢索（或绳索）共同承担，因此每根钢索（或绳索上）的拉力 P 为：

$$P = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{Q}{n} \quad (1-10a)$$

式中 Q ——重物重量（kg 或 t）；

P ——每根绳上拉力；

η ——滑车的效率，用绳索 $\eta=0.90$ ，钢索 $\eta=0.96$ ；

n ——钢索的根数。

式（1-10a）亦可以改写成

$$P = \beta \cdot \frac{Q}{n} \quad (1-10b)$$

从此式可以看出， β 与有效钢索绳数（滑车组的滑轮数），转向滑轮数，滑车的轴承衬套等因素有关。根据一般起重工作的实际计算要求，建议用下式估算 β 值。

对于有青铜衬套的

$$\beta = 1 + \frac{3}{100}k$$

对于无衬套的

$$\beta = 1 + \frac{5}{100}k$$

式中 k = 有效绳索 + 转向滑轮数。

具有不同转轮数的多种滑轮组的系数 k （表 1-3-1）

不同转轮数的多种滑轮组的系数 k

表 1-3-1

滑轮组的工作线数	滑轮组的转轮数	导 轮 数						
		0	1	2	3	4	5	6
1	0	1.00	0.96	0.92	0.88	0.85	0.82	0.78
2	1	1.96	1.88	1.81	1.73	1.66	1.60	1.53
3	2	2.88	2.76	2.65	2.55	2.44	2.35	2.26
4	3	3.77	3.62	3.47	3.33	3.20	3.07	2.95
5	4	4.62	4.44	4.26	4.09	3.92	3.77	3.61
6	5	5.43	5.21	5.00	4.80	4.61	4.43	4.15
7	6	6.21	5.96	5.72	5.49	5.27	5.06	4.86
8	7	6.97	6.69	6.42	6.17	5.92	5.68	5.45
9	8	7.69	7.38	7.09	6.80	6.53	6.27	6.02
10	9	8.38	8.04	7.72	7.41	7.12	6.83	6.56
11	10	9.04	8.68	8.33	8.00	7.68	7.37	7.08
12	11	9.68	9.29	8.92	8.56	8.22	7.89	7.58
13	12	10.29	9.88	9.48	9.10	8.74	8.39	8.05
14	13	10.88	10.44	10.03	9.63	9.24	8.87	8.52

注：1. 每个转轮的工作效率为 0.96；

2. 定滑轮中用以引出钢索的转轮称为导轮。

4. 滑车的计算示例

【例题 1-3-1】 已有三轮滑车（无衬套的）起重能力为 150kN，要把重量为 130kN 的重物吊起，如图 1-3-1 所示。试选择手摇绞车和钢丝绳直径。

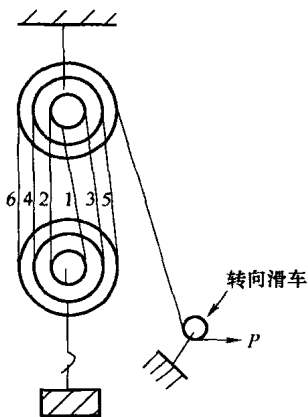


图 1-3-1 三轮滑车起重图

【解】 $\because$ 有绳数为 6，转向滑车为 1；故 $K=6+1=7$

又 $\because$ 无衬套， $\therefore \beta=1+\frac{5}{100}k=1+\frac{5}{100}\times 7=1.35$

$\therefore$ 拉力 $P=\beta \frac{Q}{n}=1.35\times \frac{130}{6}=29.3\text{kN}$

因此绞车的起重能力应为 30kN 以上。

在选择钢丝绳的直径时，30kN 可看作是安全拉力，若取安全系数 $k=4.5$ ，则钢丝绳的破断拉力为 $4.5\times 30=135\text{kN}$ 。查人民铁路出版社《铁路施工技术手册》可选用 $6\times 19+1$ 钢索，直径选用 $\Phi 17$ 或 $\Phi 17.5\text{mm}$ ($6\times 37+1$) 的，因为当 $\Phi=17.5\text{mm}$ 的钢索极限强度在 1.5MPa 时钢索的破断拉力为 138kN，因此是适宜的；当 $\Phi=17.5\text{mm}$ 的钢索极限强度在 1.5MPa 的钢索 ($6\times 37+1$) 的破断拉力为 137kN，

因此也是适宜的。

注：当缺乏破断拉力资料时，也可根据钢丝绳的经验估算 ($P=52d^2$)。

5. 滑车的允许荷载

1) 滑车的允许荷载，根据滑轮和轴的直径确定。一般滑车上均有标明，使用时应根据其标定的数值选用，不能超过。

2) 滑车的允许荷载（经验公式）：

$$\text{滑车的安全拉力} = \text{滑轮直径}^2 \div 16 \quad (1-11)$$

3) 常用钢滑车的允许荷载（表 1-3-2）。

常用钢滑车的允许荷载

表 1-3-2

滑轮直径 (mm)	允许荷载(kN)								使用钢丝直径(mm)	
	单轮	双轮	三轮	四轮	五轮	六轮	七轮	八轮	适用	最大
70	5	10							5.7	7.7
85	10	20	30						7.7	11
115	20	30	50	80					11	14
135	30	50	80	100					12.5	15.5
165	50	80	100	160	200				15.5	18.5
185		100	160	200		320			17	20
210	80		200		320				20	23.5
245	100	160		320		500			23.5	25
280		200			500		800		26.5	28
320	160			500		800		1000	30.5	32.5
360	200				800	1000		1400	32.5	35

4) 多门滑车的允许荷载：双门滑车的允许荷载为同直径单门滑车允许荷载 2 倍；三门滑车的允许荷载为同直径单门滑车允许荷载 3 倍……；多门滑车的允许荷载就是它的各