

起重运输机械 及混凝土制品机械

同济大学 武汉建筑材料工业学院 编
南京工学院 重庆建筑工程学院



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社

本教材共分十二章。主要包括起重机械、连续运输机械、破碎与粉磨机械、混凝土搅拌机械和混凝土成型机械。对一些通用机械的类型、构造、工作原理及主要参数计算作了较详细的叙述；对混凝土搅拌机械和成型机械在工作原理及理论计算等方面则作了更多的论述，力求反映国内、外先进水平。

本教材为高等院校“建筑材料及制品”专业试用教材，亦可供从事混凝土制品工业的工程技术人员参考。

高等学校试用教材

起重运输机械及混凝土制品机械

同济大学 武汉建筑材料工业学院
南京工学院 重庆建筑工程学院 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：16 $\frac{3}{4}$ 字数：406 千字

1982年7月第一版 1982年7月第一次印刷

印数：1—5,800册 定价：1.75元

统一书号：15040·4279

前 言

本书是根据高等工科院校建筑工程材料及制品专业教材会议确定的“起重运输机械及混凝土制品机械”教材编写大纲编写的。主要内容为混凝土及硅酸盐制品厂中常用的起重运输及制品机械的工作原理、构造、主要参数的确定和计算方法等。

参加本书编写的高等院校和人员有：重庆建筑工程学院任世漫（第一章、第二章），武汉建筑材料工业学院倪进耀（第三章、第四章）；同济大学张贵溪（第五章、第六章、第七章、第八章、第十一章和第十二章）；南京工学院张寿庠（第九章、第十章）。本书由同济大学张贵溪和武汉建筑材料工业学院倪进耀担任主编，由南京工学院张寿庠担任主审。参加审稿的有：南京工学院孙宁、同济大学王建中、范敬国，哈尔滨建筑工程学院赵杰等，他们在审稿过程中做了大量工作。长沙建筑机械研究所禹抚寰、辽宁建筑工程学院刘国玉参加了终审会议，对本教材提出了许多意见。对以上同志我们在此表示衷心感谢。

由于我们水平有限，书中错误之处在所难免，恳切希望使用本书的同志们批评指正。

编 者

一九八二年元月

目 录

第一章 起重机械概述	1
第一节 起重机械的分类	1
第二节 起重机械的主要参数	2
第三节 起重机械的工作类型	3
第二章 起重机械的零部件	6
第一节 钢丝绳	6
第二节 滑轮及滑轮组	12
第三节 卷筒	15
第四节 吊钩、抓斗及夹钳	18
第五节 停止器及制动器	23
第六节 车轮与轨道	31
第三章 起重机械机构的组成及计算原理	36
第一节 起升机构	36
第二节 运行机构	49
第三节 旋转机构和变幅机构	67
第四章 起重机械	76
第一节 葫芦	76
第二节 桥式起重机	77
第三节 龙门起重机	82
第四节 塔式起重机	85
第五章 带式输送机	91
第一节 连续运输机械概述	91
第二节 带式输送机的分类、构造及布置形式	92
第三节 带式输送机的主要部件	94
第四节 带式输送机的选型计算	102
第六章 斗式提升机	111
第一节 概述	111
第二节 斗式提升机的主要部件	114
第三节 斗式提升机的选型计算	115
第七章 螺旋输送机	118
第一节 螺旋输送机的构造	118
第二节 螺旋输送机的计算	121
第八章 气力输送装置	126
第一节 概述	126
第二节 气力输送装置的主要部件	127

第三节	气力输送系统的计算	132
第四节	空气输送斜槽	136
第五节	脉冲气力输送简介	139
第九章	破碎机械	141
第一节	原材料的破碎与粉磨	141
第二节	颚式破碎机	143
第三节	锤式破碎机	149
第四节	反击式破碎机	152
第五节	辊式破碎机	156
第十章	粉磨机械	162
第一节	概述	162
第二节	球磨机	162
第三节	球磨机参数的确定	168
第四节	振动磨	171
第五节	自磨机	175
第十一章	搅拌机械	176
第一节	概述	176
第二节	自落式搅拌机	178
第三节	强制式搅拌机	191
第四节	混凝土运输车	201
第五节	摇摆盘式橡胶筒搅拌机简介	205
第十二章	成型机械	207
第一节	振动成型机械	207
第二节	离心成型机械	237
第三节	压制成型机械	245
第四节	其他形式的成型机械简介	256
附录	本书使用的国际制单位 (SI单位) 及与工程制单位的换算关系	262

第一章 起重机械概述

第一节 起重机械的分类

起重机械是现代工业企业中必不可少的设备，主要用于物品的装卸和搬运，因此它广泛地应用在国民经济的各个部门。由于使用条件和要求不同，起重机械的种类很多。为了能够方便地了解各种起重机的主要特性及其使用场合，通常根据结构特征与用途将它们分为简单起重机、升降机和通用起重机三类。

一、简单起重机

简单起重机是构造简单、一般只具有一个起升机构的起重机。属于这一类的有千斤顶、葫芦、卷扬机等。又称为简易起重设备。

二、升降机

升降机是主要有升降机构的一种固定升降装置。升降机可分为载人及载货的两类。

三、通用起重机

通用起重机是能在垂直及水平方向输送物品，使物品能在一个立体空间的范围内进行转运的起重机。属于这一类的起重机又可分为桥式类型及旋转类型的起重机。

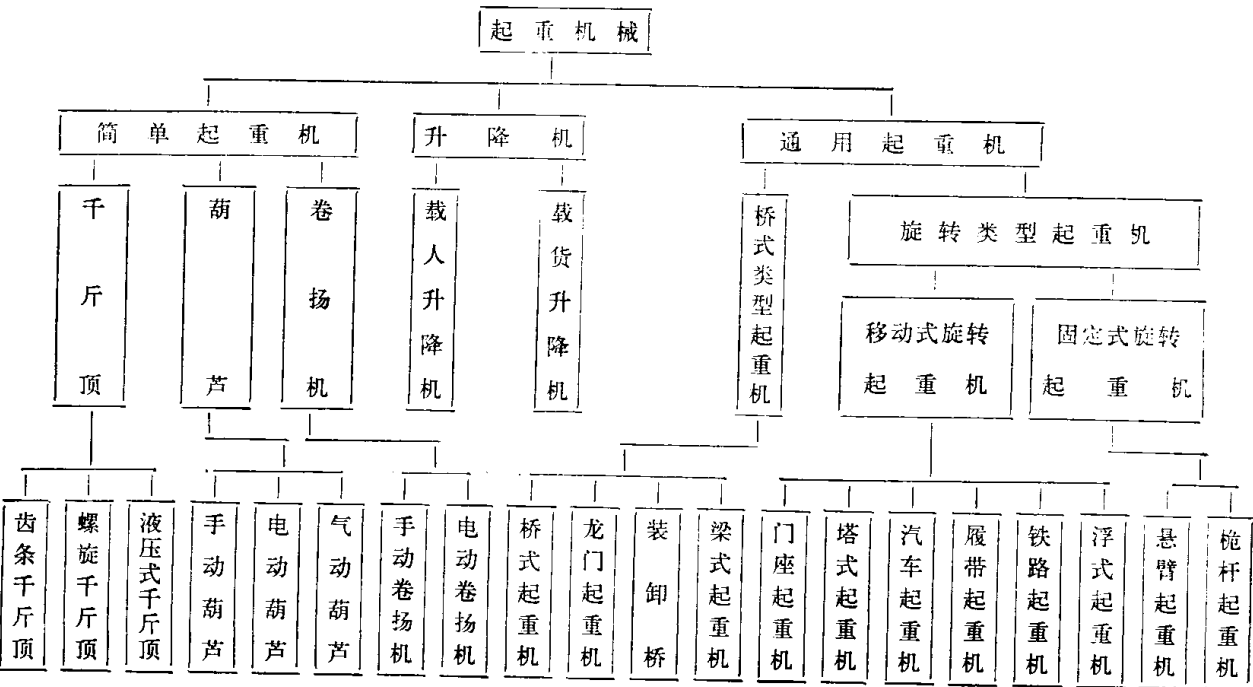
桥式类型起重机包括桥式起重机、龙门起重机、装卸桥等。

旋转类型起重机（又称为臂架类型起重机）。包括固定式旋转起重机及移动式旋转起重机。

起重机械较详细的分类见表1-1。

起重机械的分类

表 1-1



第二节 起重机械的主要参数

起重机械的主要参数有：起重量、跨度、幅度、起重力矩、起升高度、各机构的工作速度等。此外，生产率、外形尺寸、起重机重量等也是起重机械的重要参数。

一、起重量 (Q)

起重量就是起重机正常工作时所允许的起吊重量。单位为吨力。起重量不包括吊钩、吊环之类吊具的重量，但它包括抓斗、起重电磁铁之类吊具的重量在内。

起重量大的起重机通常有两套起升机构，一套为主起升机构（或主钩），另一套为副起升机构（或副钩），主钩起重量常为副钩起重量的3~5倍，主、副钩起重量以分数表示。例如15/3，表示主钩起重量为15吨力，副钩起重量为3吨力。

能改变幅度的起重机，其起重量随幅度改变而变化。例如塔式起重机，其起重量是指最小幅度时允许的最大起重量。

一般起重机起重量的确定与吊运物品种类有关。在具体选择与使用起重机时，对吊运成件物品的起重机，其起重量按吊运物品的最大重量确定。对于特别重的物品，为了避免起重机起重量取得太大，也可采用两台起重机协同吊运。用以吊运散状物料的起重机，其起重量则根据生产率的要求来确定。

二、跨距 (L) 及幅度 (R)

桥式类型起重机的跨距就是大车轨距（见图1-1 a））。单位为米。跨距是表示桥式类型起重机工作范围的一个指标。桥式起重机的跨距根据厂房或料场的跨度来决定。龙门起重机的跨距由工作需要及场地决定。

幅度就是旋转起重机的旋转轴线到取物装置中心线的水平距离（见图1-1 b））。起重机的幅度有可变和不可变两种。幅度可变的起重机以幅度变动范围的最大值表示。起重机的幅度是表示旋转类型起重机工作范围的一个指标，按产品也已制订了标准。对非标准起重机通常根据工作要求确定。

三、起重力矩 (M)

起重力矩是最大起重量和最小幅度的乘积，也可用最大幅度和最小起重量的乘积表示。单位为吨力·米。起重力矩是旋转类型起重机实际工作能力的重要指标，常用来评定起重机的起重性能的等级。

四、起升高度 (H)

起重机的起升高度是指起升物品的有效高度，也就是起重机取物装置上下极限位置之间的距离（吊钩以钩口中心为准，抓斗以最低点

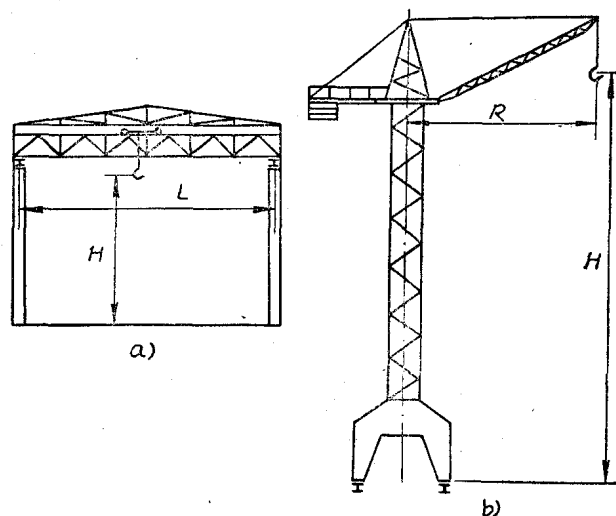


图 1-1 起重机跨距、幅度、起升高度示意图
a) 桥式起重机； b) 塔式起重机

为准,如图1-1a)、b)所示)。单位为米。选择起重机的起升高度时应根据起升物品的最大尺寸,吊具所占的高度以及需要越过的障碍物的高度等因素来确定。

五、工作速度(v)

起重机各机构的工作速度应根据起重机的工作性质来确定。

装卸工作常常希望生产率高,宜取较高的额定工作速度。例如门座起重机的起升速度可达60米/分以上。装卸桥小车运行速度可达200米/分以上。安装工作常常需要工作平稳、准确,则还需具有微动的工作速度,一般用途的起重机则取中等速度进行工作,这样可使驱动功率不致太大。

起重机工作速度的选择也与起重量有关。当起吊大型沉重物品时,应保证工作平稳,工作速度宜取低速。

六、生产率(P)

生产率是起重机装卸和吊运物品的能力的综合指标。生产率不仅决定于起重机本身的技术性能,还与吊运物品的种类、工作条件、生产组织及司机熟练程度等因素有关。

起重机吊运成件物品的生产率为:

$$P=nQ_{\text{平}}(\text{吨力/时})$$

起重机吊运散状物料的生产率为:

$$P=n \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi(\text{吨力/时})$$

式中 n ——每小时吊运物品的循环数;

$Q_{\text{平}}$ ——每次吊运物品的平均重量(吨力);

$$Q_{\text{平}}=\psi(Q-Q_0)$$

Q ——额定起重量(吨力);

Q_0 ——索具等的重量(吨力);

ψ ——满载率(或称填充系数);

V ——抓斗额定容积(米³);

γ ——散状物料的容重(吨力/米³)。

七、外形尺寸及重量

起重机的外形尺寸及重量也是起重机的重要参数。它与起重机的运转、安装及建筑物有密切关系。起重机各部分的外形尺寸应符合运输条件的要求,大型部件应进行适当的分段,厂房建筑应考虑起重机的尺寸及安装要求。

第三节 起重机械的工作类型

一、起重机械工作类型的划分

起重机械的工作类型(或称工作制度)是表示起重机械工作繁重程度的重要参数。起重机械工作的繁重程度对起重机械的金属结构和零部件的强度、刚度、稳定性、疲劳、磨损等有很大的影响,与动力装置和操纵设备的发热情况也密切相关。因此,划分起重机械的工作类型,对于合理地设计和选用起重机械是十分重要的。

起重机械的工作繁重程度是以起重机各机构载荷的满载程度以及时间上的利用程度来表示的。一台起重机各机构的工作情况是不同的,故其工作类型也不相同。通常以主起升

机构的工作类型表示整个起重机及其金属结构的工作类型。

根据我国生产实践，对机械驱动的起重机机构，按照机构载荷率和工作忙闲程度划分成以下四种工作类型：轻级、中级、重级和特重级（见表1-2）。

起重机机构工作类型的分类 表 1-2

机构载荷率	工 作 忙 闲 程 度		
	轻 闲	中 等	繁 忙
	工作时间短、停歇时间长 $t_{总}<500$ (小时/年)	不规则、间断工作 $t_{总}=500\sim2000$ (小时/年)	接近连续、循环工作 $t_{总}>2000$ (小时/年)
小	轻 级	轻 级	中 级
中	轻 级	中 级	重 级
大	中 级	重 级	特 重 级

二、确定起重机械工作类型的方法

为了合理地确定起重机及其机构的工作类型，首先应对起重机的服务对象、工作条件进行调查研究，然后按下列步骤进行分析和计算。

（一）确定机构载荷率

对于起升机构和非平衡变幅机构，机构载荷率主要是根据起重量的利用程度来决定的，可直接按表1-3确定。

机构载荷率的划分 表 1-3

机构载荷率类型	机 构		
	起 升 机 构	非平衡变幅机构	旋转、运行、平衡变幅机构
小	一般吊轻载，偶尔吊额定载荷	非工作性变幅，工作性变幅（大部带轻载，很少带满载变幅）	$\frac{t_{起}}{t_{工}}<0.15$
中	吊各种大小载荷，但经常吊相当于 $\frac{1}{4}\sim\frac{1}{2}$ 的额定载荷	工作性变幅（带各种大小载荷变幅）	$\frac{t_{起}}{t_{工}}0.15\sim0.25$
大	经常吊接近额定载荷	—	$\frac{t_{起}}{t_{工}}>0.25$

- 注：1. 非平衡变幅：臂架在变幅过程中物品的重心和臂架系统的重心有升降变化，或虽然物品重心沿水平线移动，但平衡重与臂架系统的合成重心有升降变化。
2. 平衡变幅：臂架在变幅过程中平衡重与臂架系统的合成重心没有升降变化（沿水平线或接近水平线移动）且物品重心也沿水平线移动。
3. $t_{工}$ 为机构开动一次的平均工作时间。

对于旋转、运行及平衡变幅机构，机构载荷率主要是根据机构的平均起动时间 $t_{起}$ 与机构开动一次的平均工作时间 $t_{工}$ 之比值决定的。该比值可根据同类起重机在相同或近似工作条件下的实践经验来确定，也可通过简略计算确定：

$$t_{工}=t_{起}+t_{稳}+t_{制} \tag{1-1}$$

式中 $t_{起}$ ——机构的平均起动时间（秒）；
 $t_{稳}$ ——机构的稳定运转时间（秒）；
 $t_{制}$ ——机构的平均制动时间（秒）。

对于起升、变幅和运行机构

$$t_{\Sigma} = \frac{L - \frac{1}{2}V(t_{\text{起}} + t_{\text{制}})}{V} \text{ (秒)} \quad (1-2)$$

式中 L ——机构的平均工作行程(米);
 V ——机构的额定工作速度(米/秒)。

对于旋转机构

$$t_{\Sigma} = \frac{\beta - 3n(t_{\text{起}} + t_{\text{制}})}{6n} \text{ (秒)} \quad (1-3)$$

式中 β ——起重机的平均旋转角度(度);
 n ——起重机的额定旋转速度(转/分);

求得 $\frac{t_{\text{起}}}{t_{\text{I}}}$ 值后, 按表1-3确定机构载荷率类型。

(二) 确定机构工作忙闲程度

机构工作忙闲程度的主要指标是机构一年的总工作时数 t_{Σ} :

$$t_{\Sigma} = T_{\Sigma} \cdot JC \text{ (时/年)} \quad (1-4)$$

式中 T_{Σ} ——起重机一年工作总时数(时/年), 应根据起重机的具体使用条件决定;
 JC ——机构接电持续率。

$$JC = \frac{t}{T} 100 \times \% \quad (1-5)$$

式中 t ——起重机的一个工作循环中的总运转时间(秒);
 T ——起重机一个工作循环的总时间(系指起重机开始提升某一重物到开始提升下一重物为止的时间)(秒)。

按式(1-4)求得 t_{Σ} 值后, 由表1-2确定机构工作忙闲程度。

在一般情况下, 机构的接电持续率 JC 值与机构的工作类型有大致对应的关系, 见表1-4。

机构接电持续率 JC 值

表 1-4

工 作 类 型	轻 级	中 级	重 级	特 重 级
JC 值%	15	25	40	60

注: 按规定只有当 T 不大于10(分), 按式(1-5)所计算的 JC 值才有意义。机构的 JC 值不一定等于电动机的 JC 值。

(三) 确定机构工作类型

根据已确定的机构载荷率和机构工作忙闲程度, 按表1-2即可确定机构的工作类型。

为了简便起见, 亦可利用起重机机构工作类型的实例资料(查有关手册), 根据起重机的型式和用途, 直接确定起重机及其机构的工作类型。

第二章 起重机械的零部件

一般起重机械的机械部分是由起升、运行、变幅、旋转四种机构组成。由于它们的共同作用,使起重机械能够服务于一定的空间。在这四种机构中,起升机构是各种起重机械的组成中不可缺少的部分,没有这一部分就不能成为起重机械。运行、变幅及旋转机构的作用则是扩大起重机械的服务范围。根据用途不同,一台起重机可以具有这三种机构,也可以只有其中一、二种,或者三种都没有。

起升机构通常由挠性构件(钢丝绳及链条),挠性构件支承装置(滑轮及卷筒),取物装置(吊钩、抓斗及夹钳等),停止及制动装置(停止器及制动器)以及传动装置和驱动装置等组成。

本章将讲述这些装置中的主要零部件以及运行机构常用的车轮、轨道等零部件的构造、选用和计算。

第一节 钢 丝 绳

钢丝绳是起重机械中最常用的挠性构件,它具有强度高,卷绕性好,自重轻,运行平稳适于高速,工作可靠不易骤然断裂等优点。因此,在起重机械中钢丝绳常作起升物品或捆扎物品之用。

一、钢丝绳的材料

钢丝绳是由一定数量的钢丝按螺旋方向绕成股,再由多股围绕着绳芯拧成绳。

钢丝绳的钢丝一般采用含碳量为0.5~0.8%的优质碳钢制成,钢丝的抗拉强度在 $140 \times 10^7 \sim 200 \times 10^7$ 帕范围内。起重机上以选用 $(155 \sim 185) \times 10^7$ 帕的为宜。钢丝分为光面钢丝和镀锌钢丝。光面钢丝应用较多,镀锌钢丝防腐蚀性较强,可用于潮湿环境。

钢丝绳的绳芯材料有以下几种:有机芯(麻芯、棉芯)、石棉芯、金属芯。有机芯钢丝绳具有较好的挠性及弹性,但承受横向压力差,耐高温性能差。在制绳时有机芯浸透油脂后再拧成绳,这样可润滑钢丝。石棉芯钢丝绳的主要优点是可在高温环境下工作,其它性能与有机芯相似。以软钢作为绳芯的钢丝绳,可承受高温及较高的横向压力的作用,但挠性较差。

二、钢丝绳的构造及型式

起重机上常用的钢丝绳按其构造从股内相邻层钢丝的接触状态可分为点接触钢丝绳和线接触钢丝绳。

点接触钢丝绳中的钢丝直径相同,为使绳股的外形轮廓保持圆形,股中各层钢丝采用的节距不同,层与层的钢丝呈点接触。这种点接触钢丝绳由于局部应力大,加速了钢丝的磨损,降低了使用寿命,但制造较方便,成本较低。在起重机械中常用的点接触钢丝绳的断面型式如图2-1a)所示,规格性能见表2-1及表2-2。

线接触钢丝绳中的钢丝直径不同,每股中各层钢丝的节距相等,相互呈线接触。这种

6×19股钢丝绳(GB1102-74)

表 2-1

直 径 (毫米)		钢 丝 总断面积 (毫米 ²)	参考重量 (牛/100米)	*钢 丝 绳 公 称 抗 拉 强 度 (帕)				
钢 丝 绳	钢 丝			140×10 ⁷	155×10 ⁷	170×10 ⁷	185×10 ⁷	200×10 ⁷
				钢丝绳破断拉力总和(不小于)(牛)				
6.2	0.4	14.32	135.3	20000	22100	24300	26400	28600
7.7	0.5	22.37	211.4	31300	34600	38000	41300	44700
9.3	0.6	32.22	304.5	45100	49900	54700	59600	64400
11.0	0.7	43.85	414.4	61300	67900	74500	81100	87700
12.5	0.8	57.27	541.2	80100	88700	97300	105500	114500
14.0	0.9	72.49	685.0	101000	112000	123000	134000	144500
15.5	1.0	89.49	845.7	125000	138500	152000	165500	178500
17.0	1.1	108.28	1023	151500	167500	184000	200000	216500
18.5	1.2	128.87	1218	180000	199500	219000	238000	257500
20.0	1.3	151.24	1429	211500	234000	257000	279500	302000
21.5	1.4	175.40	1658	245500	271500	298000	324000	350500
23.0	1.5	201.35	1903	281500	312000	342000	372000	402500
24.5	1.6	229.09	2165	320500	355000	389000	423500	458000
26.0	1.7	258.63	2444	362000	400500	439500	478000	517000
28.0	1.8	289.95	2740	405500	449000	492500	536000	579500

- * 1.粗线左侧——光面或镀锌钢丝绳；粗线右侧——光面钢丝绳(以下各表同)。
 2.根据国际单位制与工程单位制的换算关系1公斤力=9.80665牛。在目前国际单位制与工程单位制允许并用的情况下，许多标准及手册尚未改用国际单位制，为便于查考及学习计算，本表格以及本书以后各表格中的数据均暂按1公斤力≈10牛换算。
 3.本书基本上采用了国际单位制，但由于我国多数机械的主参数仍为工程单位制，为与其保持一致，故有些地方仍采用工程单位制。

6×37股钢丝绳(GB1102-74)

表 2-2

直 径 (毫米)		钢 丝	参考重量	钢 丝 绳 公 称 抗 拉 强 度 (帕)				
钢 丝 绳	钢 丝	总断面积 (毫米 ²)		140×10 ⁷	155×10 ⁷	170×10 ⁷	185×10 ⁷	200×10 ⁷
				钢丝绳破断拉力总和(不小于)(牛)				
8.7	0.4	27.88	262.1	39000	43200	47300	51500	55700
11.0	0.5	43.57	409.6	60900	67500	74000	80600	87100
13.0	0.6	62.74	589.8	87800	97200	106500	116000	125000
15.0	0.7	85.39	802.7	119500	13200	145000	157500	170500
17.5	0.8	111.52	1048	156000	172500	189500	206000	223000
19.5	0.9	141.16	1327	197500	218500	239500	261000	282000
21.5	1.0	174.27	1638	243500	270000	296000	322000	348500
24.0	1.1	210.87	1982	295000	326500	358000	390000	421500
26.0	1.2	250.95	2359	351000	388500	426500	464000	501500
28.0	1.3	294.52	2768	412000	456500	500500	544500	589000
30.0	1.4	341.57	3211	478000	529000	580500	631500	683000
32.5	1.5	392.11	3686	548500	607500	666500	725000	784000
34.5	1.6	446.13	4194	624500	691500	758000	825000	892000
36.5	1.7	503.64	4734	705000	780500	856000	931500	1005000
39.0	1.8	564.63	5308	790000	875000	959500	1040000	1125000

钢丝绳的局部应力较小，使用寿命较长，比普通点接触钢丝绳要高1~2倍。由于采用了粗细钢丝的组合，结构紧密，使得绳断面中有效金属面积大，与点接触钢丝绳相比，在承受相同载荷作用时，可采用较小的直径，抗疲劳性能也好些。起重机械常用的线接触钢丝绳为W型（粗细式或瓦灵吞式）及X型（外粗式或西尔式），其断面型式如图2-1b）、c）所示，规格性能见表2-3及表2-4。

线接触钢丝绳6X（19）型（GB 1102-74）

表 2-3

直 径（毫米）					钢丝 总断 面积 (毫米 ²)	参 考 重 量 (牛/100米)	钢丝绳公称抗拉强度(帕)				
钢丝绳	钢 丝						140×10 ⁷	155×10 ⁷	170×10 ⁷	185×10 ⁷	200×10 ⁷
	中心	第一层	第二层	金属 绳芯			钢丝绳破断拉力总和(不小于)(牛)				
8.8	0.8	0.4	0.7	—	30.57	284.3	42700	47300	51900	56500	61100
11.0	1.0	0.5	0.85	0.4	45.93	427.1	64300	71100	78000	84900	91800
13.0	1.2	0.6	1.05	0.5	68.78	639.7	96200	100500	116500	127000	137500
15.0	1.4	0.7	1.2	0.55	91.04	846.7	127000	141000	154500	168000	182000
17.5	1.6	0.8	1.4	0.65	122.27	1137	171000	189500	207500	226000	244500
19.5	1.8	0.9	1.6	0.75	158.11	1470	221000	245000	268500	292500	316000
21.5	2.0	1.0	1.75	0.8	191.05	1777	267000	296000	324500	353000	382000
23.5	2.2	1.1	1.9	0.9	227.12	2112	317500	352000	386000	420000	454000
26.0	2.4	1.2	2.1	1.0	275.11	2559	385000	426000	467500	508500	
28.5	2.6	1.3	2.3	1.1	327.72	3048	458500	507500	557000	606000	
30.5	2.8	1.4	2.5	1.5	384.95	3580	538500	596500	654000	712000	
32.5	3.0	1.5	2.6	1.25	424.32	3946	594000	657500	721000	784500	
34.5	3.2	1.6	2.8	1.3	489.09	4549	684500	758000	831000	904500	
37.0	3.5	1.7	3.0	1.4	561.71	5224	786000	870500	954500	1035000	

线接触钢丝绳6W（19）型（GB1102-74）

表 2-4

直 径 (毫米)						钢 丝 总断面积 (毫米 ²)	参考重量 (牛/100米)	钢丝绳公称抗拉强度(帕)				
钢 丝 绳	钢 丝				金属 绳芯			140×10 ⁷	155×10 ⁷	170×10 ⁷	185×10 ⁷	200×10 ⁷
	中心	第一层	第 二 层					钢丝绳破断拉力总和(不小于)(牛)				
			大的	小的								
8.0	0.6	0.55	0.6	0.45	—	26.14	243.1	36500	40500	44000	48000	52000
9.2	0.7	0.65	0.7	0.5	—	35.16	327.0	49200	54400	59700	65000	70300
11.0	0.8	0.75	0.8	0.6	0.4	47.17	438.7	66000	73100	80100	87200	94300
12.0	0.9	0.85	0.9	0.65	0.45	59.06	549.3	82600	91500	100000	109000	118000
13.5	1.0	0.95	1.0	0.75	0.5	74.37	691.6	104000	115000	126000	137500	148500
14.5	1.1	1.05	1.1	0.8	0.55	89.14	829.0	124500	138000	151500	164500	178000
16.0	1.2	1.15	1.2	0.9	0.6	107.74	1002	150500	166500	183000	199000	215000
17.5	1.3	1.25	1.3	1.0	0.65	128.14	1192	179000	198500	217500	237000	256000
19.0	1.4	1.35	1.4	1.05	0.7	147.28	1370	206000	228000	250000	272000	294500
20.0	1.5	1.4	1.5	1.1	0.75	163.77	1523	229000	253500	278000	302500	327500
21.5	1.6	1.5	1.6	1.2	0.8	188.68	1755	264000	292000	320500	349000	377000
22.5	1.7	1.6	1.7	1.25	0.85	211.79	1970	296500	328000	360000	391500	423500
24.0	1.8	1.7	1.8	1.35	0.9	240.00	2232	336000	372000	408000	444000	480000
25.5	1.9	1.8	1.9	1.4	0.95	265.97	2474	372000	412000	452000	492000	531500
27.0	2.0	1.9	2.0	1.5	1.0	297.48	2767	416000	461000	505500	550000	594500

钢丝绳按股的捻制方向可分为左向捻（图2-2a）、b）、c）及右向捻（图2-2d）、e）、f））。

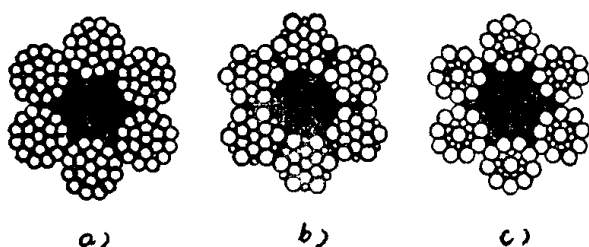


图 2-1 6×19股钢丝绳及W型、X型
钢丝绳断面型式

a)点接触钢丝绳；b)W型线接触钢丝绳；c)X型
线接触钢丝绳

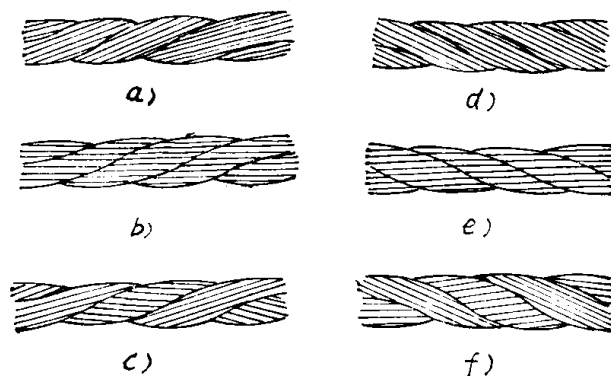


图 2-2 钢丝绳的捻制外形

a)左同向捻；b)左交互捻；c)左混合捻；d)右
同向捻；e)右交互捻；f)右混合捻

钢丝绳按股的捻制外形可分为三种。钢丝绳捻制时，如钢丝绕成股和由股拧成绳的方向相反，称为交互捻（图2-2b）、e））。这种绳由于股与绳的扭转趋势相反，故不易松散和扭转，因而在起重机械中应用较多。其缺点是挠性较差，由于表面不平滑而易于磨损。

当钢丝绕成股和由股拧成绳的方向相同时，称为同向捻（图2-2a）、d））。同向捻钢丝绳的挠性较好，表面光滑不易磨损，但容易松散和扭转打结。故常用于经常保持张紧的地方（如牵引小车的运行牵引绳）以及有刚性导轨导行（如电梯）或在扭力能互相抵消的场合（如双联卷筒中采用松散方向相反的两根钢丝绳）。不宜用作自由端悬吊物品的起升绳。

近年来有很多工厂采用预变形工艺生产同向捻钢丝绳。这种钢丝绳在制成之前预先将钢丝及钢丝股制成钢丝绳中的螺旋形状，成绳之后残余内应力极小，挠性好，不松散。这种预变形同向捻钢丝绳，既保留了普通同向捻钢丝绳的优点，又克服了它的缺点，改善了钢丝绳的使用性能。

当钢丝绳中一半钢丝股与另一半钢丝股中的钢丝绕制方向相反时，称为混合捻（图2-2c）、f））。这种绳的使用性能介于上述两种钢丝绳之间。由于制造较难，在起重机械中应用较少。

三、钢丝绳的选择计算

钢丝绳工作时，绳内产生的应力是复杂的，提升载荷或牵引物品时产生拉应力；绕过滑轮或卷筒时产生弯曲应力；钢丝之间有挤压应力；钢丝对轮面的接触应力；钢丝绳捻制后产生的扭应力等。这些应力对绳的综合作用与钢丝或股的数目和直径，捻制方向，绳芯材料等因素有关，很难进行精确计算。因此在实际工作中，选用钢丝绳常根据钢丝绳工作时所受的最大静拉力 S_{max} 来确定钢丝绳的直径。

$$S_{破} \geq n \cdot S_{max} \quad (\text{牛}) \quad (2-1)$$

式中 n ——安全系数，见表2-5；

$S_{破}$ ——钢丝绳的破断拉力（牛）

$$S_{破} = \varphi \cdot S_{丝股} \quad (\text{牛}) \quad (2-2)$$

式中 φ ——折减系数，对结构型式为6×19，6X(19)，6W(19)，等的钢丝绳： $\varphi =$

钢丝绳计算中的系数n与e之值

表 2-5

钢 丝 绳 用 途			n	e
起升和变幅用	手 动		4.0	18
	机 动	轻 级	5.0	20
		中 级	5.5	25
		重 级、特 重 级	6.0	30~35
抓 斗 用	双绳抓斗(双电动机分别驱动)		6.0	30~40
	双绳抓斗(单电动机集中驱动)		5.0	30~40

0.85；对 6×37 钢丝绳： $\varphi=0.82$

$S_{\text{丝破}}$ ——钢丝破断拉力的总和（牛），见表2-1～表2-4。

为了保证钢丝绳的使用寿命，应同时控制滑轮及卷筒的直径。

$$D_0 \geq e \cdot d \text{ (毫米)} \tag{2-3}$$

式中 D_0 ——滑轮或卷筒的名义直径（毫米），按钢丝绳中心计算；

e ——系数，见表2-5；

d ——钢丝绳的直径（毫米）。

四、钢丝绳的使用

钢丝绳的实际使用经验表明，在正常工作条件下，钢丝绳突然破断的情况是很少的，破坏通常是逐步发生的。随着使用时间增加，外层钢丝由于磨损与疲劳而逐渐断裂，当断丝数目达到一定值后，如继续使用，就有整根钢丝绳破断的可能。为了保证使用的安全性，当钢丝绳中一个节距内的破断钢丝达到一定百分数时（交互捻钢丝绳为10%，同向捻钢丝绳为5%），即应报废。例如 6×19=114 丝的交互捻钢丝绳，当一个节距内的断丝数达12丝时，则应报废。对于钢丝直径不同的钢丝绳，粗丝每根按1.7根计算。此外，当有一股折断或外层钢丝磨损达钢丝直径的40%时，不论断丝多少都应报废。如外层钢丝磨损较严重，但尚低于钢丝直径的40%时，应根据磨损的程度适当降低报废的断丝数标准，见表2-6。

钢丝绳报废断丝标准的折减

表 2-6

钢丝直径磨损%	10	15	20	25	30	40
报废断丝标准折减%	85	75	70	60	50	报废

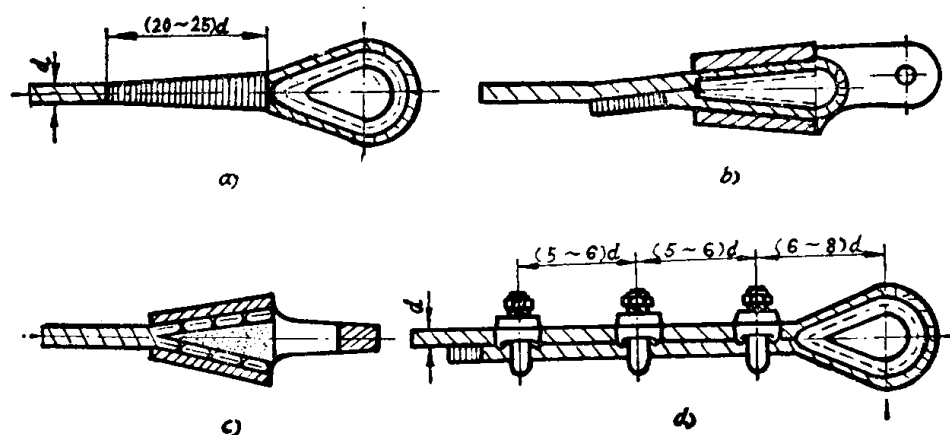
为了延长钢丝绳的使用寿命，除应根据使用场合恰当选用其构造型式，并按静力计算确定钢丝绳的直径外，还应在可能条件下选用较大的滑轮及卷筒直径。滑轮槽的尺寸与材料对于钢丝绳的使用寿命也有很大影响。滑轮槽半径太大使钢丝绳与滑轮槽接触面积减小，太小又会卡紧钢丝绳，由于钢丝绳绕过滑轮时要产生横向变形，故滑轮槽半径应稍大于钢丝绳半径，常取的轮槽半径为 $R \approx (0.54 \sim 0.6)d$ ，钢丝绳直径小时 R 取大些。滑轮及卷筒的材料太硬，对钢丝绳的磨损大，但材料太软，滑轮及卷筒又容易磨损，而且磨损落

为了延长钢丝绳的使用寿命, 在使用中应尽量减少弯折次数, 并且尽量避免反向弯折, 因为反向弯折加剧钢丝绳的疲劳, 其对强度的影响较同向弯折成倍增加。

钢丝绳在使用中必须与其它零件联接，其绳端固定的方法很多。图2-3a)所示为捆扎联接法(编织法)，此法是将钢丝绳绕过套环后用细钢丝捆扎。这种方法对直径不太大的钢丝绳效果较好，联接处的强度约为自身强度的75~90%；图2-3b)所示为楔块联接法(楔形套筒固定法)，此法是将钢丝绳绕过楔块，利用楔块在套筒内的锁紧作用使钢丝绳固定。联接处的强度约为钢丝绳自身强度的75~85%；图2-3c)所示为锥形套联接法(锥形套筒固定法)，此法是将钢丝绳的一端松散后切去绳芯，把头部钢丝弯成小钩，装入锥形套后罐入铅或锌液，凝固后即成。这种方法的联接强度高，与自身强度大致相同，但施工复杂；图2-3d)所示的是将钢丝绳绕过套环后用绳卡固定的方法(绳卡固定法)。此法简单，应用较多。用绳卡固定时，绳卡数量应不少于三个，其间距也应适当，而且绳卡底板应扣在钢丝绳的工作段上，U形螺栓扣在钢丝绳的尾段上。联接处的强度约为自身强度的80~90%，如绳卡装反，则联接处的强度降低到75%，甚至更低。

钢丝绳	结构型式	钢丝绳直径	公称抗拉强度	韧性号	表面情况	捻制方法	标准号
				钢丝绳韧性好—特 钢丝绳韧性较好—I 钢丝绳韧性一般—II	光面钢丝—光 镀锌钢丝： 用于严重腐蚀条件—甲镀 用于一般腐蚀条件—乙镀	右交互捻—右交互捻 左交互捻—左交互捻 右同向捻—右同向捻 左同向捻—左同向捻	

钢丝绳 6×37-15-170-特-甲镀-右同GB1102-74。



11

第二节 滑轮及滑轮组

一、滑轮

起重机械中常用滑轮来改变钢丝绳的运动方向及平衡钢丝绳分支的拉力，也常使用由若干滑轮所组成的滑轮组，以达到省力或增速的目的。

滑轮通常采用铸铁或铸钢制造，铸铁滑轮绳槽的硬度低，对钢丝绳磨损小，但脆性较大且强度较低，使用时易引起轮缘破裂，不宜在强烈振动的情况下使用，常用于工作类型为中、轻级的起重机中。铸钢滑轮的强度和冲击韧性都较好，适用于工作类型为重级及特重级的起重机中。大型滑轮最好采用低碳钢焊接而成，因为焊接滑轮与铸钢滑轮的性能相似，但重量可大大减轻。

较小的滑轮可制成实心圆盘形，较大的滑轮可在轮毂和轮缘间加4~6个加强筋，筋与筋之间可做成有适当尺寸的圆形孔或扇形孔，以减轻重量。更大的滑轮可制成带有若干个椭圆断面或十字形断面的轮辐。焊接滑轮的轮辐可用型钢或钢管制成。

滑轮通常支承在固定的心轴上，简单的滑轮可用滑动轴承。滑动轴承的尺寸根据比压力决定。大多数起重机滑轮都采用滚动轴承，滚动轴承的效率较高，装配维修方便，滚动轴承的大小根据钢丝绳对轴承产生的压力选用。

滑轮的绳槽应使钢丝绳顺利通过，既不卡住钢丝绳，又要使钢丝绳与绳槽接触面积尽可能大，并保证钢丝绳能相对滑轮平面偏离一定的角度而不致与绳槽边缘摩擦。滑轮的轮缘（包括绳槽）尺寸已有标准规定，可查有关手册。

滑轮的直径大小对于钢丝绳的使用寿命有很大影响。增大滑轮直径可减小钢丝绳的弯曲应力，同时随着滑轮直径增大，在钢丝绳对滑轮包角不变的情况下，钢丝绳与滑轮的接触长度增大，这就减小了钢丝绳与滑轮之间的挤压应力，经验证明，这种挤压疲劳对于钢丝的断折起了决定性的作用。因此，为了保证钢丝绳有足够的使用寿命，滑轮直径不应小于允许的最小值，见式（2-3）。

二、滑轮组

（一）滑轮组的种类

滑轮组是由绕有钢丝绳的若干定滑轮及动滑轮所组成的系统。按其功用可分为：省力滑轮组与增速滑轮组。起重机械常用省力滑轮组（图2-4），通过它可用较小的拉力起升重的物品。增速滑轮组（图2-5），用于液力与气力驱动的起升机构中，可使油缸或气缸的行程缩短。

滑轮组又可分为单联滑轮组与双联滑轮组。单联滑轮组绕入卷筒的钢丝绳为一根。其绕出形式有两种：一种是钢丝绳由动滑轮绕出（图2-6a），这种单联滑轮组的缺点是钢丝绳绕入卷筒时，物品在上升的同时还有水平移动，引起物品摆动。另一种是钢丝绳由定滑轮绕出（图2-6b），这种滑轮组常用于臂架类型起重机，由于臂架端部有定滑轮导向，所以当卷筒收、放钢丝绳时，吊钩及起重物品并不作水平移动。双联滑轮组是由两个单联滑轮组并联而成（图2-7）。由于绕入卷筒上的钢丝绳分支数为二根，所以物品升降时，没有水平移动。在双联滑轮组中装有平衡滑轮，用来调整滑轮组中左右两边钢丝绳的长度和拉力。