

2006 版

新编煤矿机电设备

选型设计及故障 诊断实用手册

中国煤炭工业出版社

TD6-62

G-858

3

2006 版
**新编煤矿机电设备选型
设计及故障诊断实用手册**

第三卷

主编：顾文卿（中国矿业大学）

中国煤炭工业出版社

第十四篇



煤矿提升运输 机械设备选型设计

第一章 矿井提升机的工作原理及结构

第一节 缠绕式提升机

一、单绳缠绕式提升机的工作原理及结构

单绳缠绕式提升机只有一根钢丝绳与提升容器相连。钢丝绳的一端固定在提升机卷筒上,另一端绕过天轮与提升机连接,当卷筒由电动机拖动以不同方向转动时,钢丝绳在卷筒上缠绕或放出,实现容器的提升和下放。

单绳缠绕式提升机按其卷筒个数,可分为单卷筒提升机和双卷筒提升机。单卷筒提升机一般用于产量较小的斜井或开凿井筒时作单钩提升,但不便于调节绳长。为此,有的制造厂家将单卷筒制成可分离的两部分:一部分与主轴固接,另一部分通过调绳离合器与主轴相连,两部分可以相对转动,使得调绳方便。

双卷筒提升机在我国矿山应用最多,一般用于双钩提升。卷筒之一与主轴固接,称为固定卷筒(死卷筒);另一卷筒滑装在主轴上,通过调绳离合器与主轴联接,称为游动卷筒(活卷筒)。打开调绳离合器时,两卷筒可以相对转动,以便调节绳长或改变提升水平。

国产单绳缠绕式提升机有两个系列:JT 系列,卷筒直径为 0.8 ~ 1.6m,主要用于井下,一般称为矿用绞车,有防爆及不防爆两种;JK 系列,卷筒直径为 2 ~ 5m,属大型矿井提升机,主要用于立井提升。表 1-1 列出了 JK 系列的主要技术参数。

图 1-1 是 JK 系列提升机外形图,位于右侧固定卷筒的右轮毂与轴采用静配合无键联接,左侧的游动卷筒通过调绳离合器与主轴联接。卷筒采用全焊接结构。

卷筒外边一般设有刻制绳槽的木衬,以引导钢丝绳规则排列,减少绳的磨损,并在一定范围内增加筒壳的强度和刚度。木衬厚度不小于 2 倍钢丝绳直径,宽度在 100mm 左

表1-1 JK 系列提升机规格参数表

机器型号	卷 筒				钢丝绳 最大静 张力 /kN	钢丝绳 最大静 张力差 /kN	最大钢 丝绳直径 /mm	提升高度			减速器 速比	减速器 扭矩 /kN·m	电动机 转速(不 大于) /r·min ⁻¹	提升速度 (不大于) /m·s ⁻¹	卷筒 中心 高 /mm	机器旋转部分 总重量 (不大于)(不包 括电动机)/kg	机器部分总质 量(不大于)(不 包括电动机和 电控)/t
	个数	直径 /m	宽度 /m	两卷筒 中心距 /mm				一层 /m	二层 /m	三层 /m							
JK-2/20 JK-2/30	1	2	1.5		60	60	24.5	290	610	950	20 30	50/75	1000	5	650	5900 6800	23
JK-2.5/20 JK-2.5/30	1	2.5	2		90	90	31	400	810	1290	20 30	75/115	750	5	650	13700 14200	37
JK/3/20	1	3	2.2		130	130	37	460	960	1500	20	120/180	750	6			
2JK-2/11.5 2JK-2/20 2JK-2/30	2	2	1	1130	60	40	24.5	170	380	600	11.5 20 30	50/75	1000	6.5	650	7400 9700 8700	27
2JK-2.5/11.5 2JK-2/20 2JK-2/30	2	2.5	1.2	1350	90	55	31	220	500	790	11.5 20 30	75/115	750	8.5		11300 12300 13600	37
2JK-3/11.5 2JK-3/20 2JK-3/30	2	3	1.5	1640	130	80	37	290	650	1000	11.5 20 30	120/180	750	10		18100 19200 19300	53
2JK-3.5/11.5 2JK-3.5/20	2	3.5	1.7	1840	170	115	43	340	750		11.5 20	200/300	750	12	700	23500/28500 24600	74 74/95
2JK-4/11.5 2JK-4/20	2	4	2.1	2260	210	140	47.5	450	930		11.5 20		600	12	700		
2JK-5/11.5	2	5	2.3	2460	260	180	52	570			11.5		900	14	700		

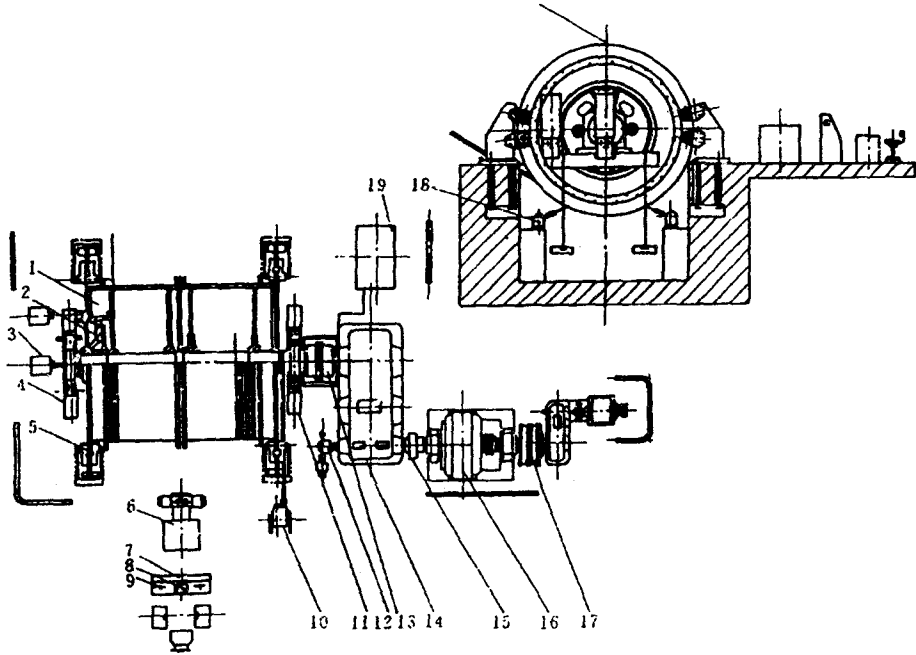


图 1-1 提升机外形图

- 1——主轴装置;2——径向齿块离合器;3——多水平深度指示器传动装置;4——左轴承梁;5——盘形制动器;
6——液压站;7——操纵台;8——粗针指示器;9——精针指示器;10——牌坊式深度指示器;11——右轴承梁;
12——测速发电机;13、15——联轴器;14——减速器;16——电动机;17——微拖装置;
18——锁紧器;19——润滑站

右。装配木衬时,应使其与筒壳接触良好,接触不均匀会使筒壳应力分布不均。由于更换木衬费工费时费料,因此近年生产的提升机有的采用加厚筒壳,直接在筒壳上车槽,称为带绳槽卷筒。

单层缠绕时,卷筒表面刻螺旋绳槽;多层缠绕时刻环形平行绳槽。多层缠绕时若采用螺旋绳槽,在缠偶数层时,绳圈螺旋方向改变,卷筒每转一周钢丝绳发生两次跳跃式移动,如图 1-2(a)。多层缠绕采用环形平行绳槽时,卷筒每转一周,绳槽过渡只发生一次冲击(图 1-2(b)),可以相对减少钢丝绳的卡咬现象。

多层缠绕钢丝绳磨损最严重的部分是相邻两层过渡处,此处绳圈与挡绳板间形成一楔形段,钢丝绳在拉力作用下,挤入或拉出楔形段会产生咬绳现象。在层间过渡处设置合理的几何形状过渡楔块,可以引导钢丝绳顺利完成层间过渡,减少咬绳。

主轴是承受所有外部载荷,并将此载荷经主轴传给地基的主要承力部件。主轴承支撑主轴,并承受机器旋转部件的轴向及径向负荷,一般采用滑动轴承。

提升机采用中硬齿面平行轴减速器或行星齿轮减速器。行星齿轮减速器传动体积

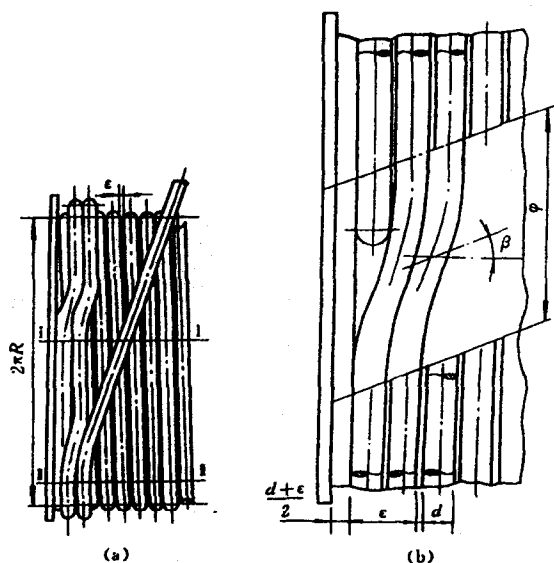


图 1-2 双层缠绕钢丝绳圈的过渡

(a) 双层缠绕时钢丝绳的两次过渡; (b) 环状绳槽

小、质量轻、效率高,与同等能力平行轴齿轮减速器相比,质量约为后者的 30% ~ 40%,效率提高约 5%。目前广泛应用于矿井提升机上。

双卷筒提升机都装有调绳离合器,离合器的作用是使活卷筒与主轴连接或脱开,以便调节绳长时,使两卷筒能相对转动。

调绳离合器有三种基本类型:蜗轮蜗杆离合器、摩擦离合器和齿轮离合器。应用较多的是齿轮离合器。

蜗轮蜗杆离合器调绳操作笨重,劳动强度大,操作时间长,一般需要 20 ~ 30min,曾在旧系列卷筒直径为 3m 以下的提升机上应用。

摩擦离合器的优点是可以无级调绳,但超载时安全可靠差,结构也较复杂,只在早期的提升机上采用过。

国产 JK 系列提升机曾采用过轴向移动齿轮离合器(图 1-3),三个调绳油缸沿圆周布置,相当于三个销子将齿轮与活卷筒左支轮(轮毂)联接在一起。正常运动时外齿轮与固定在活卷筒上的内齿轮啮合,活卷筒随主轴一起转动。调绳时油缸通入高压油,在油压作用下外齿轮随油缸一起轴向移动(活塞不动)与内齿轮脱开,活卷筒与主轴分离。

轴向移动离合器的缺点是对齿稍困难,需反复几次才能对上,一般调绳一次需用 10 ~ 15min。为了提高调绳速度,JK 系列提升机已改用径向齿块式调绳离合器(图 1-4)。内齿圈固定在活卷筒的辐板上,径向齿块 2 通过滑动轂 4 的带动与内齿圈啮合或脱

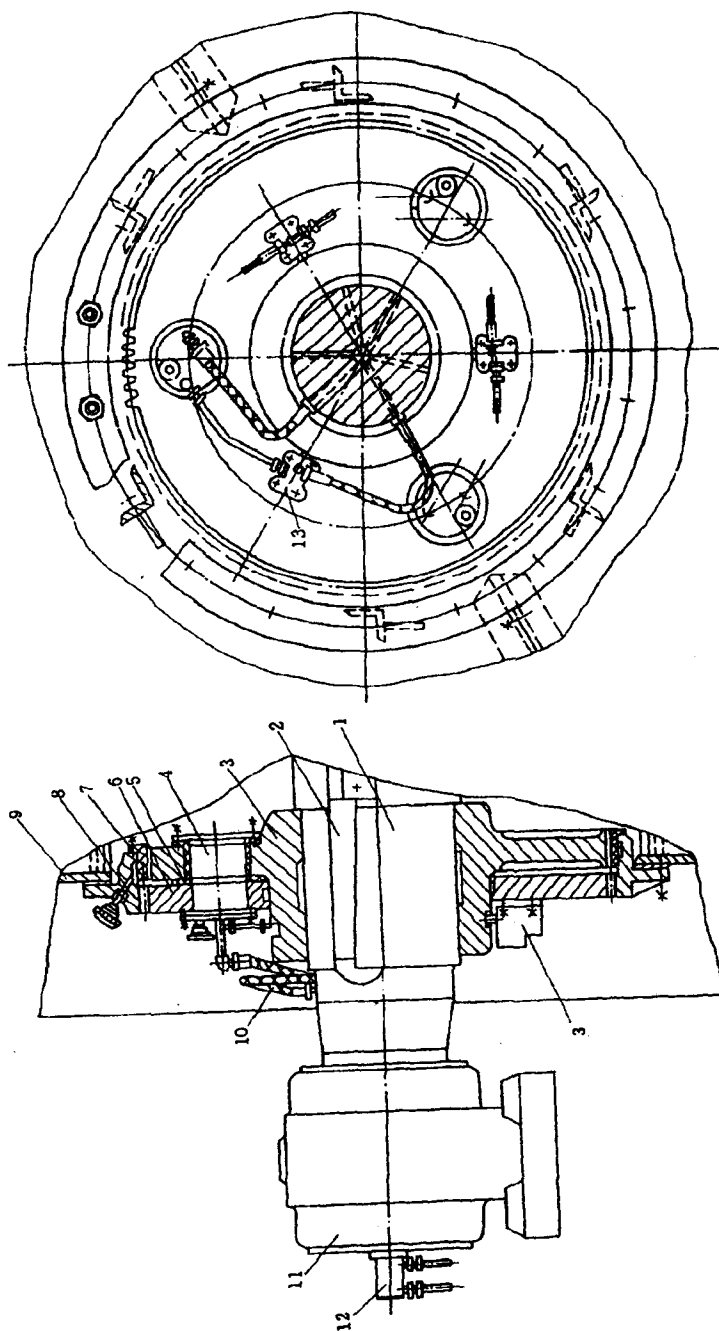


图 2-3 轴向移动齿轮离合器

- 1——主轴;2——键;3——轮毂;4——油缸;5——橡胶缓冲垫;6——齿轮;7——尼龙瓦;
8——内齿轮;9——卷筒轮辐;10——油管;11——轴承座;12——密封头;13——闭锁阀

开,滑动轂由传动油缸 6 的活塞杆推动。当压力油进入合上腔时,推动活塞杆使齿块与内齿圈啮合,通过内齿圈与齿块的啮合传递扭矩。

径向齿块式调绳离合器对齿方便、调绳时间短、结构简单、能传递较大扭矩,但所能调节绳长的数值受离合器齿数限制,设计时必须满足最小调绳距离的要求。

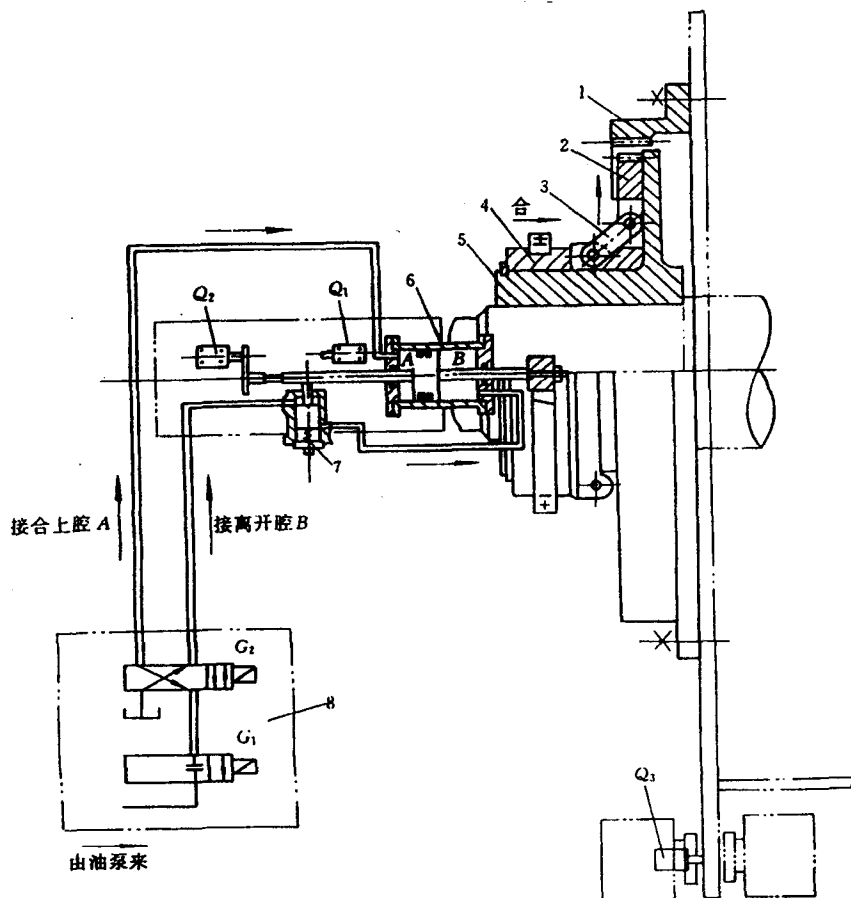


图 1-4 径向齿块离合器传动示意图

- 1——内齿圈;2——外齿块;3——连板;4——滑动轂;5——轮毂;
6——油缸;7——联锁阀;8——液压站; Q_1 、 Q_2 、 Q_3 ——行程开关

二、多绳缠绕式提升机

多绳缠绕式提升机用两根以上的钢丝绳与提升容器相连,卷筒用附加挡板分隔开,每根钢丝绳在各自的分段上作多层缠绕,利用平衡悬挂装置调节钢丝绳间的张力平衡。与单绳缠绕式提升机相比,其绳径、卷筒直径、宽度均相应减少。

单绳缠绕式提升机不适于深井、大载荷提升。多绳摩擦提升在井深超过 1400 ~ 1500m 时,其主绳的使用寿命急剧下降,尾绳事故率增加。多绳缠绕式提升机不用尾绳,克服了深井提升时尾绳带来的问题,适合于深井及大载荷条件。其缺点是机体较大、消耗功率大。

多绳缠绕式提升机曾采用三种不同的结构布置形式(如图 1-5 所示):同轴直线布

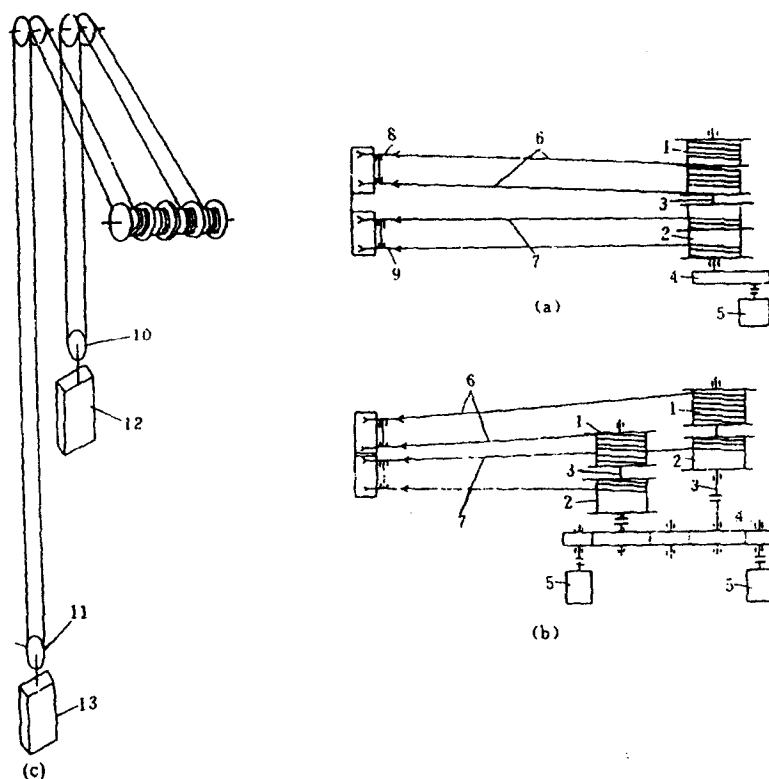


图 1-5 多绳缠绕系统布置示意图

(a) 同轴式; (b) 前后轴式; (c) 直联式

1——活动筒; 2——固定卷筒; 3——主轴; 4——减速器; 5——电动机;

6——上出绳; 7——下出绳; 8, 9——双槽天轮; 10, 11——平衡补偿装置; 12, 13——提升容器

置、前后排列齿轮传动式、直联电动机分别拖动式。在浅井、斜井大提升量不宜采用摩擦提升机,单绳缠绕式又不能满足要求时,可以采用多绳缠绕式提升机。

三、防爆绞车

在有煤尘、瓦斯和高瓦斯矿井,必须采用防爆型绞车作为井下提升运输设备。防爆绞车的机械部分,如主轴装置、制动系统等基本采用 JT 系列绞车结构。防爆问题集中在

调速方式上。目前国产防爆绞车根据调速方式不同大体分为四类:电器控制调速防爆绞车、全液压调速防爆绞车、液力耦合器防爆绞车、行星差动调速防爆绞车。其中,全液压防爆绞车简化了电器控制系统,且具有良好的调速性能,操作简便,结构紧凑,但整机效率低。目前国内外均较多采用液压防爆绞车。

第二节 多绳摩擦式提升机

随着矿井开采深度和产量的增加,缠绕式提升机卷筒直径和宽度要求越来越大,提升机显得越加笨重。1877年戈培提出将钢丝绳搭在摩擦轮上,利用摩擦力传动钢丝绳用以升降容器,这种提升方式称为摩擦提升。摩擦提升由于不存在容绳问题。摩擦轮宽度下降很多,多绳摩擦提升机是由多根钢丝绳代替一根钢丝绳与容器连接(如图1-6所示),每根绳的直径变小,摩擦轮的直径也随之减小。

多绳摩擦提升与单绳缠绕式提升相比,其主要优点是:

(1)在钢丝绳的安全系数、材料强度、总截面积相同的情况下,多绳摩擦提升每根钢丝绳的直径较细,为单绳缠绕式提升钢丝绳直径的 $1/\sqrt{n}$,即

$$d_M = \frac{d}{\sqrt{n}}$$

式中 d_M 、 d ——分别为多绳摩擦式提升及单绳缠绕式提升钢丝绳的直径;

n ——多绳摩擦提升机同时工作钢丝绳数目。

(2)多绳摩擦提升机主导轮直径较单绳缠绕式提升机卷筒直径小,

$$D_M = \frac{D}{\sqrt{n}}$$

式中 D_M 、 D ——分别为多绳摩擦提升机主导轮及单绳缠绕提升机卷筒直径。

(3)整个提升机尺寸减小、重量减轻,同时电动机容量和能耗也相应减小。

(4)主导轮直径减小,可以使用较高转速电动机和较轻重量减速器。

(5)数根钢丝绳同时承受提升载荷,安全性较高。

(6)采用偶数根钢丝绳,且捻向为左右捻各半,消除了提升容器在提升过程中的转动,减少了罐道对容器罐耳的摩擦阻力。

摩擦提升机有塔式和落地式两种。塔式布置紧凑省地,可省去天轮,全部载荷垂直

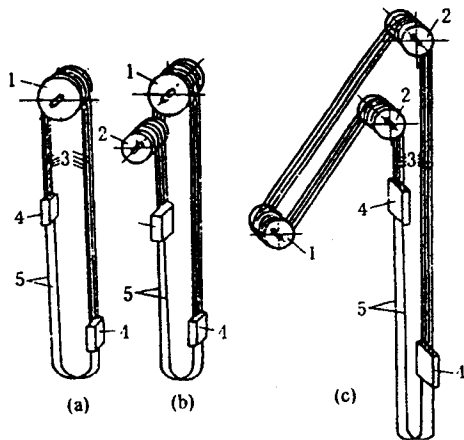


图 1-6 多绳摩擦提升示意图

1——摩擦轮;2——导向轮;
3——钢丝绳;4——提升容器;5——尾绳

向下,井塔稳定性好,钢丝绳不裸露在雨雪之中;缺点是井塔造价高,抗地震能力不如落地式。我国生产的多绳摩擦提升机主要有 JKM 系列、JKD 及 JKMD 系列、JKMX 及 JK-MXI) 系列,其技术规格分别列于表 1-2、表 1-3、表 1-4 中。

表 1-2 JKM 型多绳摩擦式

机 器 型 号	主导轮 直径	导向轮 直径	钢丝绳最大 静张力	钢丝绳 最大静 张力差	钢丝绳最大 直 径 /mm		最大提升 速 度 /m · s ⁻¹	减 速 器			
								速 比	扭 矩		质量 /t
									最大	额定	
	/m		kN		有导轮	无导轮			/kN · m		
JKM—1.85/4(I)	1.85		204	60		23	9.7	7.35 10.5 11.5	115	75	12
JKM—1.85/4(II)	1.85		204	60		23	9.7	7.35 10.5 11.5	118	78.5	14.6
JKM—2/4(I)	2		244	60		25	10.5	7.35 10.5 11.5	115	75	12
JKM—2/4(II)	2		244	60		25	10.5	7.35 10.5 11.5	118	78.5	14.6

机 器 型 号	主导轮 直径	导向轮 直径	钢丝绳最大 静张力	钢丝绳最大静 张力差	钢丝绳最大 直 径 /mm		最大提升 速 度 /m · s ⁻¹	减 速 器			
								速 比	扭 矩		质量 /t
					有导轮	无导轮			最大	额定	
	/m		kN						/kN · m		
JKM—2.25/4(I)	2.25	2	201/244	60		28	11.8	7.35 10.5 11.5	115	75	12
JKM—2.25/4(II)	2.25	2	201/244	60		28	11.8	7.35 10.5 11.5	115	75	12
JKM—2.8/4(I)	2.8	2.5	300	90	28		11.8	7.35 10.5 11.5	190	133	17.2
JKM—2.8/4(II)	2.8	2.5	300	95	28		11.8	7.35 10.5 11.5	230 /420	140 /250	22
JKM—3.25/4(I)	3.25	3	450	140	32.5		12	7.35 10.5 11.5	390	225	23
JKM—3.25/4(II)	3.25	3	450	140	32.5		12	7.35 10.5 11.5	420	250	22
JKM—2.8/6(I)	2.8	2.5	529	150	28		14.75	7.35 10.5 11.5	390	225	23
JKM—2.8/6(II)	2.8	2.5	529	150	28		14.75	7.35 10.5 11.5	420	250	22
JKM—2.8/6(III)	2.8	2.5	529	150	28		14.7				
JKM—4/4(I)	4	3	600	180	39.5		14	7.35 10.5 11.5	570	380	35
JKM—4/4(II)	4	3	600	180	39.5		14	10.5 11.88	680	402.5	39
JKM—3.5/6(I)	3.5	3	800	230	35		13	10.5 11.88	680	402.5	39
JKM—3.5/6(III)	3.5	3	800	230	35		14				

提升机参数规格

电动机功率/kW					最大 不可 拆件 质量	机器 总质 量	最大不可拆件外形 尺寸(长×宽×高)	变化质量 (不计入 电机和 导向轮)	导向 轮变 位质 量	电 控 配 套	
最大允许功率计算值				最大 转数 /r· min ⁻¹							传 动 方 式
电动机转数/r·min ⁻¹											
365	490	590	750			/t	/mm	/t	/t		
	525 400 350	630 460 430	800 570 550	750	单电机	6.17	29.3	1910×2460×2640	5.37 7.00 7.47	交 流 电 控 金 属 电 阻 加 动 力 制 动 、 微 拖 、 低 频	
	525 400 330	630 460 430	800 570 550	750	单电机	6.96	34	2257×2460×2460	7.78 8.85 8.91		
	600 425 400	700 500 460	900 630 570	750	单电机	6.37	29.5	1910×2590×2590	5.58 6.66 7.08		
	600 425 400	700 500 450	900 630 570	750	单电机	7.16	34	2275×2590×2590	7.33 8.01 8.30		
	630 425 390	800 520 480	1000 700 600	750	单电机	7.14	30.3	1910×2800×2800	5.40 6.25 6.58		1.36
	630 425 400	800 520 480	1000 700 600	750	单电机	7.93	25.4	2275×2800×2800	6.78 7.31 7.55		1.36
800 600 500	1000 720 630	1250 900 800	1150 1000	750	单电机	13.1	48.9 49.1 49.2	2210×3700×3700	9.31 10.98 11.53		2.38
800/900 580/640 500/640	1150/1250 800/850 720/800	1300/1500 1000/1000 800/1000	1200/1400 1150/1260	750	单电机 双电机	13.6	54.9 54.6 54.7	2705×3700×3700	13.82/14.91 15.01/17.35 15.49/18.31	2.38	直 流 电 控 发 电 机 — 电 动 机 组 、 电 机 、 扩 大 机 励 磁
	2050 1450 1300	1800 1600	2150 2000	750	单电机	18.3	64.4 64.9 65	2645×3780×3780	12.06 13.60 14.08	3.06	
	2000 1460 1400	1700 1600	2300 2000	750	双电机	18.6	64.4 64.1 64.2	3195×3780×3780	15.26 17.05 17.65	3.06	
	2000 1300 1260	2300 1600 1500	3000 2150 1900	750	单电机	19.8	66.7 67.1 67.3	3070×3340×3340	17.19 13.36 16.18	3.40	
	1000 1400 2260	2400 1700 1600	3000 2300 2000	750	双电机	22.6	71.7 71.4 71.5	3615×3340×3340	17.33 19.71 20.67	3.40	
2800	2800	2800	2800		单机 直联	22.6	46.3	3615×3340×3340	8.66	3.40	
	3000 2050 1900	2500 2300	2900	750	单电机	26.2	82.3 83.5 83.5	2705×4520×4520	16.55 17.58 18.05	2.01	
	2300 2000	2850 2500	3200	750	双电机	29.3	94.7 95.3	3435×4520×4520	21.87 22.19	2.01	
				750	双电机					2.52	
3500	3500	3500	3500		单机 直联	28.6	55.6	3875×3960×3960	11.40	2.52	

表 1-3 JKD、JKMD 型绳摩擦提升机技术性能表

序号	机器型号	主导轮 直径 /m	钢丝绳 根数 根	钢丝绳最 大静张力 /10 ⁴ N	钢丝绳最 大静张力差 /10 ⁴ N	钢丝绳最大直径		钢丝绳 间距 /mm	最大提 升速度 /m·s ⁻¹	导向轮 (天轮) 直径 /m	机器总 重(不 包括电 器) /t	备注
						有导向轮	无导 向轮					
						/mm						
1	JKD-1.85×4	1.85	4	22	6.5		23	200	7.78		17.4	发展 发展 发展 <

注：* 分子表示有导向轮时，分母表示无导向轮时。

表 1-4 JKMX、JKMXD 小型摩擦轮提升机系列参数表

型 号	主导轮 直径 /m	钢绳根数 /根	钢绳直径 /mm	钢绳最大静张力/kN		钢绳最大 静张力差 /kN	最大提升 高度 /m	最小提升 高度 /m	最大提升 速度 /m·s ⁻¹
				钢绳公称抗拉强度/MPa					
				1550	1700				
JKMX—0.85×4	0.85	4	9	24		5	1000	100	5
JKMX—0.85×6		6		36		7.5			
JKMX—1×4	1	4	11		44	10	1000	100	5
JKMX—1×6		6			66	15			
JKMX—1.3×4	1.3	4	15		84	20	1000	100	5
JKMXD—1.3×4			13		62	15			
JKMX—1.6×4	1.6	4	19.5		138	25	1000	100	5
JKMXD—1.6×4			15		84	20			

一、工作原理

多绳摩擦式提升机其工作原理不同于缠绕式提升机,它是依靠钢丝绳与摩擦衬垫之间的摩擦传递动力,其摩擦力对多绳摩擦式提升机的正常可靠运行有着极为重要的影响。

如图 1-7 所示,根据挠性体摩擦传动的欧拉公式,在临界状态下,摩擦轮两侧钢丝绳张力的极限比值为:

$$F_1/F_2 = e^{\mu\alpha}$$

式中 F_1 、 F_2 ——分别为重载及空载侧钢丝绳张力;

e ——自然对数的底, $e = 2.71828$;

μ ——钢丝绳与衬垫之间的摩擦系数,通常取 $\mu = 0.2$;

α ——钢丝绳在摩擦轮上围包角的弧度值。

当两侧钢丝绳的实际张力比 F_1/F_2 的值大于 $e^{\mu\alpha}$ 值时,钢丝绳与摩擦轮之间将发生相对滑动。为了避免这种滑动,两侧实际张力比不能达到其极限值,而应当留有一定的安全余度。

由上式可得: $F_1 - F_2 = F_2(e^{\mu\alpha} - 1)$,该式是临界状态下两侧钢丝绳张力差极限值表达式。若引入防滑安全系数,则有

$$\sigma(F_1 - F_2) = F_2(e^{\mu\alpha} - 1) \quad (1-2)$$

或者

$$\sigma = \frac{F_2(e^{\mu\alpha} - 1)}{F_1 - F_2}$$

式中 σ ——防滑安全系数。

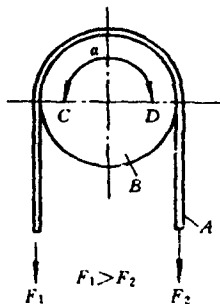


图 1-7 摩擦提升传动原理图

如果 F_1 和 F_2 仅计入静力,则得到静防滑安全系数 σ_j ;如果 F_1 和 F_2 考虑了惯性力,