

起重机

取物装置



上海科学技术文献出版社

起重机取物装置

[苏] A·A·沃依松 著
A·Φ·安德列也夫

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

*

[开本 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 368,000

1986年6月第1版 1986年6月第1次印刷

印数: 1—2,600

书号: 15192·458 定价: 2.75 元

《科技新书目》120-212

前 言

本书是苏联 А.А.沃依松 (А.А.Вайсзон) 和 А.Ф.安德列也夫 (А.Ф.Андреев) 所著, 系 1982 年出版, 它介绍了在工矿企业、港口装卸及建筑工地中使用的各类起重机的各种取物装置的结构形式、技术特性和系列规格, 阐述了各种起重设备的设计计算方法和适用的材料, 相当详细地介绍了各种遥控和自控设备在装置上的应用。本书系列相当齐全, 各部分又有一定的理论分析, 反映了苏联起重设备的现代水平, 对于我国从事有关矿山机械、港口装卸机械、铁路运输、建筑工程及一般工矿企业通用起重设备工作的技术人员、大专院校、中等专业学校及专业技工学校的教师和学生都有参考价值。

参加本书翻译的有: 周幽琴、吴天英、巴源、钟永祺、过定国、万国伟等同志, 由骆君涛同志和陈伟璋同志对全书进行了校对。在本书的翻译和校对过程中, 得到了胡宗麟同志和薛芳馨同志的指导和帮助。此外, 徐鸣和夏云同志协助参加了一定的具体工作, 在此一并致以谢意。

由于译者水平有限, 翻译不妥和错误之处在所难免, 敬请读者批评指正。

译 者

一九八五年一月

国际单位制(CU)与其它单位制及非体制单位的关系

数量的名称	国 际 单 位		俄 文 符 号	国际单位化为 非体制单位	非体制单位 化为国际单位
	名 称	符 号			
质 量	公斤, 千克	kg	КГ	1公斤=0.102公斤力·秒 ² /米	1公斤力·秒 ² /米=9.81公斤
力, 重力	牛(顿)	N	H	1 牛顿=1 公斤米/秒 ² =0.102 公斤力	1 公斤力=9.81 牛顿 1 吨力=9.81 千牛
转 动 惯 量	千克·米 ²	kg·m ²	КГ·М ²	1 公斤米 ² =0.102 公斤力·米·秒 ²	1 公斤力·米·秒 ² =9.81 公斤米 ²
压力, 应力 弹 性 模 量	帕斯卡	Pa	Па	1 帕斯卡 =0.102 公斤力/米 ² =1.02×10 ⁻⁵ 公斤力/秒·米 ²	1 公斤力/秒·米 ² =0.098 兆帕
功, 能	焦 耳	J	ДЖ	1 焦耳=0.102 公斤力·米	1 公斤力·米=9.81 焦耳
功 率	瓦 特	W	Вт	1 瓦特=1 焦耳/秒 =0.102 公斤力·米/秒	1 公斤力·米/秒 =9.81 瓦特
密 度	千克/米 ³	kg/m ³	КГ/М ³	1 公斤/米 ³ =1 克/升 =0.102 公斤力·秒 ² /米 ⁴	1 公斤力·秒 ² /米 ⁴ =9.81 公斤/米 ³
比 容	米 ³ /公斤	m ³ /kg	М ³ /КГ	1 米 ³ /公斤 =9.81 米 ⁴ /公斤力·秒 ²	1 米 ⁴ /公斤力·秒 ² =0.102 米 ³ /公斤

本手册中引用的全苏国家标准是根据 1982 年 1 月的规定。

目 录

1. 取物装置设计和计算的一般问题	1
1.1 取物装置的分类和一般特性	1
1.1.1 分类	1
1.1.2 起重机取物装置所装卸货物的特性	1
1.1.3 起重机取物装置的安全操作要求	4
1.1.4 可靠性和取物装置的强度计算	7
1.2 作用在取物装置上的载荷	11
1.2.1 一般特性	11
1.2.2 静载荷	11
1.2.3 起升机构工作时的动载荷	12
1.2.4 起重机运行时的动载荷	19
1.2.5 起重机旋转部分转动时的动载荷	22
1.2.6 计算载荷	24
1.3 取物装置的定位和稳位	25
1.3.1 定义	25
1.3.2 取物装置的旋转定位装置	25
1.3.3 取物装置的稳位装置	31
1.3.4 从动式稳定器	33
1.3.5 主动式稳定器	35
1.3.6 取物装置旋转运动的动力	36
2. 用于散粒状物料的取物装置	43
2.1 抓斗的分类和所抓取物料的特性	43
2.1.1 抓斗的分类	43
2.1.2 被抓取物料的特性	48
2.2 双颚板抓斗基本参数的计算	48
2.2.1 计算的一般根据	48
2.2.2 抓斗的几何尺寸	49
2.2.3 抓斗的质量	51
2.2.4 抓斗各构件间的相互作用力	51
2.2.5 闭合绳滑轮组的倍数	52
2.2.6 抓斗抓取能力的校核	53
2.3 双颚板抓斗构件的强度计算	58
2.3.1 受力参数	58
2.3.2 双颚板抓斗的构造型式和构件计算	60
2.3.3 对抓斗构造的要求	64
2.4 非标准型抓斗	66
2.4.1 单绳抓斗	66
2.4.2 驱动抓斗	66
2.4.3 多颚板抓斗	70
2.5. 抓斗在使用中的特性	71
3. 件货的机械式取物装置	78
3.1 绳索取物装置	78
3.1.1 定义及其分类	78
3.1.2 钢丝绳起重索	79
3.1.3 吊索钢丝绳分支的计算	82
3.1.4 起重链条吊索	83
3.1.5 环和吊索零件	84
3.1.6 吊索端部构件的计算	85
3.2 遥控的和自动操纵的绳索取物装置	90
3.2.1 遥控的和自动摘挂钩的取物装置	91
3.2.2 插销-绳索式取物装置	92
3.2.3 插销-绳索式机械取物装置	97
3.2.4 插销式取物装置	97
3.3 爪形支持式取物装置	101
3.2.1 分类及概况	101
3.3.2 爪子能绕水平轴转动的取物装置	102
3.3.3 爪子能绕垂直轴旋转的爪形取物装置	106

3.3.4 秤杆式取物装置·····	108	3.8.4 楔块式取物装置·····	154
3.3.5 爪形取物装置的计算·····	112	3.8.5 用于混凝土和钢筋混凝土制品的 楔块式取物装置的结构型式和 特性·····	156
3.4 集装箱吊具·····	116	3.9 取物承梁·····	157
3.4.1 集装箱特点·····	116	3.9.1 分类及主要要求·····	157
3.4.2 集装箱吊具的参数·····	116	3.9.2 系吊和起升金属结构和钢筋混 凝土结构的承梁结构·····	158
3.4.3 通用集装箱的吊具·····	119	3.9.3 用于系挂和起吊工艺装备的承 梁·····	161
3.4.4 国外集装箱吊具·····	123	3.9.4 用两台起重机搬运货物的承梁··	164
3.4.5 中吨位集装箱吊具·····	124	3.9.5 承梁的计算·····	167
3.5 钳式取物装置·····	125	4 成件货物的吸附式取物装置 ···	170
3.5.1 分类与用途·····	125	4.1 电磁和磁力取物装置·····	170
3.5.2 钳式取物装置·····	127	4.1.1 起重电磁铁·····	170
3.5.3 杠杆摩擦式自动夹紧取物装置··	130	4.1.2 起重电磁铁的技术参数·····	174
3.5.4 绳索-杠杆式自动夹紧取物装 置·····	133	4.1.3 非标准起重电磁铁·····	175
3.5.5 摩擦式自动夹紧取物装置的计 算·····	133	4.1.4 带有安全防护装置的起重电磁 铁·····	175
3.5.6 夹紧式取物装置的夹取件的结 构及其与货物接触时的压力·····	136	4.1.5 起重电磁铁的计算·····	176
3.6 自动操纵的夹紧式取物装置·····	137	4.1.6 磁力取物装置·····	179
3.6.1 一般特性·····	137	4.2 真空取物装置·····	180
3.6.2 带有四行程式夹取件定位机构 的取物装置·····	138	4.2.1 定义与分类·····	180
3.6.3 定位机构的计算·····	140	4.2.2 独立真空取物横梁·····	182
3.6.4 带有四行程式定位机构的取物 装置的技术特性·····	141	4.2.3 国外真空取物横梁·····	186
3.6.5 用于金属卷材的取物装置·····	141	4.2.4 真空泵设备装在起重机上的真 空取物横梁·····	191
3.7 带有机械驱动装置的夹紧式取物 装置·····	145	4.3 真空吸盘·····	195
3.7.1 带有绳索驱动装置的取物装置··	145	4.3.1 真空吸盘的密封·····	195
3.7.2 带有电力机械驱动装置的取物 装置·····	146	4.3.2 吸取平表面制品的真空吸盘····	198
3.7.3 带有液压驱动装置的取物装置··	147	4.3.3 用于曲面制品的真空取物吸盘··	200
3.7.4 带有气力驱动装置的取物装置··	149	4.3.4 真空电磁取物装置·····	202
3.8 偏心凸轮式和楔块式取物装置·····	150	4.3.5 真空取物装置的形式·····	203
3.8.1 偏心凸轮式取物装置的结构组 成和特点·····	150	4.3.6 真空取物吸盘基本起重能力的 确定·····	204
3.8.2 国外偏心凸轮式取物装置的结 构和参数·····	151	4.3.7 在提升和运输货物时, 真空取 物装置上的作用力·····	207
3.8.3 偏心凸轮式取物装置的计算·····	153	4.4 取物装置的真空设备·····	211

4.4.1 产生真空的真空泵和影响其选择的主要因素.....	211	数的选择.....	218
4.4.2 真空容器.....	214	4.5 无泵的真空取物装置.....	221
4.4.3 操纵和控制仪器.....	215	4.5.1 定义和分类.....	221
4.4.4 真空系统的连接部件.....	217	4.5.2 薄膜-活塞式真空取物装置	222
4.4.5 真空系统的计算和真空设备参		4.5.3 无泵取物装置的计算.....	225

1. 取物装置设计和计算的一般问题

1.1 取物装置的分类和一般特性

1.1.1 分类

一般的起重机通常配备有吊钩，而吊钩是安装在起重滑轮组的活动夹套上，搬运货物时是由系结在上面的柔性绳索直接将货物挂在吊钩上，或通过专用的取物装置间接地吊起货物。专用取物装置则以支托的方式（即货物支承在取物装置的工作构件上）、钳夹的方式（即由取物装置的工作构件夹紧货物，并依靠摩擦力来支持货物）或吊挂的方式（即取物装置依靠电磁或真空吸力来支持货物）来完成取物作业。

专用取物装置应该与货物特性相适应。由于货物的参数、质量、形状、外形尺寸以及刚性（抵抗由外部压力和重力引起变形的能力）等都可可在一定范围内变化，因此，取物装置的结构形式是多种多样的。

由挂钩工人或起重机司机将货物与专用取物装置相联结。例如由挂钩工人把取物装置的吊钩套在货物的突出部位上或由起重机司机将取物装置降到货物上或放到货物下方。

货物的抓取可以是全自动的，即取物动作仅靠取物装置自己的上、下运动来完成，也可以是遥控的，即由起重机司机操纵专用装置来完成这一过程。

取物装置根据操纵方法可分为手控的、自控的和遥控的；而根据旋转方式又可分为自由旋转的和强制（驱动）旋转的。自由旋转是指在挂钩工人推动下和在惯性力或风力的作用下，取物装置和吊钩一起在止推轴承上作自由转动。强制旋转是指由专门的驱动机构来使之旋转，这种驱动机构安装在取物装置或吊钩夹套上。

支托式和夹紧式取物装置的运动构件，采用电力、液压、气力等方法进行驱动，而有些简单的取物装置，如偏心块式的取物装置则采用人力驱动。在抓斗起重机的起升机构钢丝绳上挂有颌斗（抓斗），用以抓取被装卸的物料，并运送到卸货地点。

通用的吊钩起重机配备有通用的吊索，或者其它类型的取物装置。而专用的起重机则配备有与货种（如液态金属、热钢锭等）相适应的专用取物装置。起重机取物装置的分类见表1-1。

通用的吊钩起重机配备有通用的吊索，或者其它类型的取物装置。

而专用的起重机则配备有与货种（如液态金属、热钢锭等）相适应的专用取物装置。

起重机取物装置的分类见表1-1。

表 1-1 起重机取物装置的一般分类

特 性	取 物 装 置			
	抓 斗	吊索、爪形的、集装箱专用的	钳式的、摩擦型的、偏心块的、楔形的	真空式的、电磁式的、磁力式的
货 种	散 货	件 货		
取 货 方 式	抓 取	支托、提吊	夹 紧	吸 引
运 动	垂 直 移 动	垂直移动、相对于垂直轴的自由转动或强制转动		
取物构件的驱动	绳索、气力、电力、机械、液压	人力、电力机械、液压、气力		真空吸力、电力、磁力
抓取和卸下货物的操作	手控、遥控	手控、遥控、半自控和自控		手控、遥控

注：取物装置的悬挂方式可以是挠性的或刚性的。

1.1.2 起重机取物装置所装卸货物的特性

取物装置（一般用抓斗）装卸的散货，按

表 1-2 散货的物理机械性能参数

物料(货物)	堆积密度(t/m³)	起始滑移阻力(附着力)(Pa)	系 数		动态密实度
			摩 擦		
			内 部	对 钢	
磷灰石粉末	1.6~1.7	50	0.6	0.58	—
石膏粉	1.2~1.4	—	0.58~0.82	0.61~0.78	—
细碎石膏块	1.2~1.4	—	0.58~0.8	0.61~0.78	1.14~1.52
干燥的大块粘土	1~1.8	—	0.8~1	0.75~1	—
干燥的氧化铝粉末	1~1.05	10~80	0.54~0.56	0.42~0.54	0.42~0.54
砂砾	1.6~1.9	—	0.49~1	0.58~1	1.12~1.34
干燥地下土	1.1~1.6	—	0.55~1	0.75~1	—
型砂	0.8~1.3	300	0.58~0.73	0.46~0.71	1.13~1.34
干燥的谷粒	0.77	170	—	0.58	—
干燥的灰	0.4~0.7	420	0.84~1.2	0.60~0.85	1.05~1.08
中等块状石灰石	1.4~2.2	到 100	0.57~1.26	0.56~1	1.09~1.18
石灰	0.7~1.5	—	—	0.35~0.6	—
雪花石膏和粗块岩石	1.5~2.2	200	0.75	0.58~0.84	—
砖(耐火、防水)	—	—	0.55~0.66	—	—
中块焦炭	0.48~0.53	220	0.52~1.19	0.47~0.53	—
	—	60~150	0.52~1.12	0.55~0.95	1.17~1.23
干燥粉末状白烟灰	0.95~1.2	—	0.81	0.6~0.8	—
霞石	1.1~1.26	100~200	0.6~0.85	0.3~0.68	1.12~1.19
木屑(锯末)	0.16~0.32	30~360	0.6~1.5	0.39~0.85	1.29~1.4
砂:					
干砂	1.4~2.05	100	0.57~0.84	0.32~0.8	1.16~1.29
湿砂	1.3	1000	0.75	0.57	1.14~1.38
煤屑	0.6~0.7	—	—	0.32~0.72	—
矿石:					
中小型铁矿	1.8~2.5	300	0.57~0.86	0.57~0.84	—
钨矿	2.7~3.5	—	—	—	—
糖	—	—	1.19	0.85~1	—
硝石	—	—	0.78~0.84	—	—
培烧苏打	0.4~1.25	到 100	0.71~1.02	0.3~0.4	1.08~1.17
食盐石	0.72~1.85	—	0.57~1.02	0.49~1.2	1.1~1.14
风干的泥炭	0.35~0.5	500	0.62~1.19	0.27~0.7	—
硬煤:					
干的	0.6~0.8	到 100	0.51~1	0.29~0.84	1.2~1.28
湿的	1.02	1000	0.55	0.47	—
粉末磷钙石	—	—	—	0.3	1.21
水泥	1~1.3	到 150	0.5~0.84	0.3~0.65	1.15~1.19
熔渣(矿渣)	0.6~1	—	0.56~1	0.4~1.1	—
鹅卵石	1.5~1.7	—	—	0.74	—

颗粒度(颗粒尺寸、单位毫米)的组成可分为:

尘状	小于0.05	小块	10~60
粉末	0.05~0.5	中块	60~160
细粒	0.5~2	大块	160~320
粗粒	2~10	特大块	大于320

确定物料的颗粒度时,应按下式计算:

$$a_k = \sqrt[3]{a_1 a_2 a_3}$$

式中 a_1 、 a_2 、 a_3 是指在三次测定中所得出的颗粒尺寸。

统货物料取 $a_{k \max}/a_{k \min} > 2.5$ 。分选物料取 $a_{k \max}/a_{k \min} < 2.5$ 。

散货是按其物理机械参数来区分特性的,这些参数随着物料种类的不同,数值上有很大差别(见表1-2)。对于某些物料,没有给出所有的参数。

根据外形和质量把件货分为三类:

1) 质量大,外形尺寸大的单件货物,如各种机器设备或其它设备。这类货物的搬运不是经常的,只是在装卸和安装过程中才需要搬运。这类货物可以置于一个外形很大的箱子中运送。而有些设备,如电动机、减速器等,可以在它上面装上一个吊环螺丝或起吊搭子,再用通用吊索把这种设备挂到起重机的吊钩上。

2) 质量大、外形尺寸大的大宗货物,如金属的或混凝土的建筑制品(柱、板、桁架、梁、砌块),重型金属型钢(轧制板、梁),大型机器零、部件和木料等。这类货物通常采用专用的取物装置将其挂到起重机的吊钩上。

3) 质量小、外形尺寸小的大宗货物,如小型的机器零件、包装货件(箱、束、袋、桶、卷等等)以及小型的建筑零件。这类物件在用起重机搬运前,必须先装入集装箱,或者在货盘上成组,或者用网格成组,然后再用取物装置将其挂到起重机吊钩上。下面列出一些大宗件货的大致数据^[9,10]。

成组的锯木

质量(t)	2.5	3*	5	10	20
长度(m)	6	3*	6.5	6.5	6.5
宽度(m)	0.8	1.2*	1.2	1.8	2.7
高度(m)	0.85	1.3*	1.3	1.5	2.4

* 指枕木

金属板叠

质量(t)	0.8	3.2	5
长度(m)	0.5~0.8	0.4~2.5	2~6
宽度(m)	0.3~0.5	0.5~1	0.5~1.2
高度(m)	0.3	0.2	0.2

质量(t)	5	5	10
长度(m)	2.1~5.5	2~6	2~6
宽度(m)	1.2~2	1.8~3	1.8~3
高度(m)	0.5	0.3	0.6

纸卷

纸	糊墙纸	报纸和出版纸	纸板
质量(t)	达0.6	达0.6	0.5~1.5
直径(m)	0.5~0.75	0.8~0.9	0.8~1.2
长度(m)	0.6~0.7	0.32~0.75	1~2.1

成组的建筑板材

质量(t)	0.5	1	1
长(m)	0.6~1.2	0.8~2.1	1.2~3.6
宽(m)	0.3~1.2	0.35~0.4	1.6~2
高(m)	1	0.75	0.9

注:给出的是板材侧面朝下时的尺寸

钢筋混凝土桩

质量(t)	0.3	0.61	0.72	1.39	2.74	5.28	6.45
长(m)	3	6	3	6	12	13	14
边、刀宽(m)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

条形基础用钢筋混凝土底座

质量(t)	1.07	1.43	1.58	1.82	2.18
长(m)	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
宽(m)	0.6	0.8	1	1.2	1.4
高(m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

质量(t)	2.53	2.55	2.96	3.55	4.45
长(m)	2.38	1.18	1.18	1.18	1.18
宽(m)	1.6	2	2.4	2.8	3.2
高(m)	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5

桶

桶	滚压金属桶			木质桶		
装货后的质量(kg)	125	280	325	165	400	500
直径 (mm)	469	614	676	515	625	740
高 (mm)	690	862	927	670	770	770
容积 (m ³)	0.1	0.2	0.275	0.1	0.12	0.25

袋装物品

质量(kg)	120	75	50	40	50
长 (mm)	1050	900	625	870	950
宽 (mm)	700	500	415	670	560
货物	糖	面粉	水泥	石棉	碱
	(半成品)	(米)	(化学制品)		

包

质量(kg)	225	510	50	100
长 (mm)	960	1390	800	1100
宽 (mm)	780	1080	800	720
货物	棉花	棉花残料	棉絮	亚麻
质量(kg)	190	120	113	200
长 (mm)	1250	800	800	1200
宽 (mm)	450	700	600	700
货物	黄麻	羊毛	橡胶	纸张

各种木材的密度列于表 1-3。

表 1-3 各种木材的密度(t/m³)

木 材 种 类	状 态			新砍伐
	风 干	半 干	湿	
	回 潮 率 到			
	18%	32%	45%	
云杉、冷杉	0.45	0.5	0.55	0.8
松树	0.5	0.55	0.6	0.8
桦树、落叶松	0.6	0.65	0.7	0.9
橡树、山毛榉、千金榆	0.7	0.75	0.8	1

1.1.3 起重机取物装置的安全操作要求

作为起重机组成部分的取物装置和可以更换的或挂于吊钩上的取物装置都必须符合《苏联国家矿山技术监督局有关起重机建造和安全使用的规定》，取物装置的构造和各个构件的强度都必须保证其使用的安全性^[11]。

某些大批生产的典型取物装置(如吊钩、吊索等)的各项参数(包括形状、尺寸、材料等)都已经标准化，并列于全苏国家标准

ГОСТ 内。一些用得不很普遍的取物装置，则根据全苏行业标准 OCT 或研究单位和制造企业所规定的技术条件进行单件或小批生产。在全苏行业标准(OCT)和技术条件(TY)中应该指明和规定取物装置在构造和强度方面的规范要求。

设计研究单位、生产制造单位和使用单位必须保证取物装置的质量和相应的规范要求。现将这些主要的规范要求归纳如下：

作为起重机固定设备的取物装置和可卸下的取物装置，在投入使用之前都应进行全面的检验。可卸下的取物装置在未经过技术检验之前，不允许使用。凡报废的和没有标记和铭牌的取物装置均不得放置在生产现场。

作为起重机组成部分的取物装置、可更换的专用取物装置或作为备用件的悬挂式取物装置，其工作类型必须与起重机的起升机构的工作类型相适应。

非专用的取物装置作为一种悬挂设备必须符合重型工作的要求。

取物装置(如抓斗和电磁吸盘)应符合重型工作类型和特重型工作类型的使用要求。在相应的起重机使用说明书中应指明它们的使用条件。

大量生产的取物装置在构造、用材和制造工艺方面都应符合现行全苏国家标准。如果没有这种标准，则应符合全苏行业标准和有关部门的技术条件。

以下规范适用于起重钩。当载荷超过 30 kN 时，吊钩必须装在吊钩夹套横梁或具有同等功能的其它部件内的滚动轴承上，并且应该用螺纹连接来阻止它的垂向位移。螺纹连接采用制动板来防止螺母从吊钩头部自行松开。不允许采用销钉、开口销和紧定螺钉来固定螺母。在使用没有保险锁扣的吊钩时，只允许在它上面套挂取物装置的挠性构件，以排除它们从钩嘴上滑落的可能性。

每个吊钩上都应带有符合全苏国家标准

表 1-4 在一个捻绕节距长度上内断丝数的报废标准

强度计算 安全系数	钢 丝 绳 结 构		
	$6 \times 19(1+9+9)+1$ 绳纤维芯 ГОСТ3077-80	$6 \times 37(1+6+15+15)+1$ 绳纤维芯 ГОСТ3079-80	$18 \times 19(1+6+6/6)+1$ 绳纤维芯 ГОСТ3088-80
6	12	22	36
大于 6 到 7	14	26	38
7 以上	16	30	40

注：1. 复合型钢丝绳的报废标准与表 1-4 第一栏。即 $6 \times 19(1+9+9)+1$ o. c. 相同，但在计算断丝数时，断一根细钢丝算作 1，断一根粗钢丝则作 1.7 计算。

2. 表中未列出的结构型式的钢丝绳采用与表列股数和丝数最接近的钢丝绳的数据，并乘以股外层丝数的比值余数。

所规定的标志，对专用吊钩必须备有证书，说明吊钩的厂号、起重量和制作材料等。

在进行技术检验时应指明吊钩和它的吊架零件的技术状况。钩嘴部分的磨损程度不得超过原截面高度的 10%，用于吊运熔化金属及液体矿渣的吊钩和它的吊架零件的技术状况应由工厂实验室用物理检测的方法进行检查，每年不得少于一次。检查时应确定自由锻造和模锻吊钩的螺纹部分有没有裂缝，叠片式吊钩的叉子的螺纹部分及吊钩与叉子或横梁的连接轴上有没有裂缝。

吊索可以是闭式的，也可以是开式的。开式的吊索有单分肢吊索和多分肢吊索之分，在分肢的自由端上装有挂钩。各支肢间成 90° 角时的起重量，被认为是吊索的额定起重量。用于提取某种特定货物的特种用途的吊索，应给出对应于各分肢间夹角的相应起重量。多分肢吊索在结构上应保证各分肢的张力相等。四分肢吊索的分肢张力 S 取决于它对垂直线的倾斜角 α 的大小。当货物重量为 Q_r 时， $S=0.25 Q_r \cdot m$ 。当 α 分别为 0° 、 30° 、 45° 时，式中 m 分别为 1、1.15、1.42。

计算用钢丝绳制作的吊索时，吊索的分肢张力相对于钢丝绳的整体破断拉力的强度安全系数不小于 6。吊索的钢丝绳是否报废应根据一个捻绕节距长度内的断丝数或钢丝绳表面的磨损、腐蚀程度来决定。交绕钢丝绳根据一个捻绕节距长度内断丝数的报废标准（见表 1-4）。

吊索钢丝绳根据表面磨损和腐蚀程度的报废标准列于下表：

表面磨损和腐蚀使钢丝

直径缩小%时 10 15 20 25 30 或更大

根据表 1-4 所列出的标

准在一个捻绕节距内的

断丝率为%时 85 75 70 60 50

注：1. 对磨损的测定应在磨损最厉害的区段用千分卡进行测量。

2. 吊索钢丝绳发现有断股时，不允许再继续使用。

制作吊索的钢丝绳必须符合全苏国家标准 ГОСТ3241-66《钢丝绳技术要求》的规定，并由制造厂签发符合此要求的技术合格证，或在生产吊索的现场进行取样检验。与环、钩以及其它零件相连接的钢丝绳环头，采用套环的结构形式，钢丝绳一端绕过套环后用编结、绳卡或其它经过考验的方法加以固定。

编结时，各股穿过钢丝绳的次数必须是：当钢丝绳直径在 15 mm 以下时，不得少于四次；当钢丝绳直径为 15~28 mm 时，不得少于五次；当钢丝绳直径为 28~60 mm 时，不得少于六次。并且各股应以其半数钢丝来进行最后一次穿扎，也允许以钢丝绳的半数绳股来作最后一次穿扎。采用绳卡时，应通过计算来决定所用绳卡的数量，但不得少于三个。绳卡的分布间距和钢丝绳自由端距最后一个绳卡的距离不得小于钢丝绳直径的六倍。

用以制造吊索或网络的绳索，除钢丝绳外，还允许用麻绳、棉绳以及合成纤维绳。这些绳索必须符合并满足全苏国家标准

ГОСТ483-75《麻绳》,ГОСТ1088-71《西沙儿麻绳》以及ГОСТ10293-77《卡普龙绳技术条件》所规定的要求。

由上述绳索制成的吊索,其计算方法与钢丝绳吊索的计算方法相同,但安全系数不得小于8。麻绳和棉绳的环头编结必须有不少于两次的全穿扎和不少于两次的半穿扎,而且必须把环头缠裹好。

在链式吊索中,链必须符合全苏国家标准ГОСТ2319-70《标准强度圆环载重链和牵引链》、ГОСТ228-65《焊接锚链、零件和接头、尺寸和技术要求》ГОСТ6348-71《铸造锚链、零件和接头、尺寸和技术要求》所规定的要求。链环有横撑杆和没有横撑杆的锚链均可使用。

用于制造吊索的链条必须有制造厂颁发的有关它的试验和符合全苏国家标准等方面的合格证。如无合格证则必须在产地或在使用现场通过试验来确定其是否合格。

链条的联结允许通过电焊或锻接焊嵌入新的链环或者用专用的联结环来实现。链条联结之后必须进行试验。由链条制造的吊索必须根据分支中的张力进行强度计算,分支张力相对于链条破断载荷的强度安全系数不得小于5。

挂于起重机吊钩上的可卸下的取物装置(卡具、爪等),必须根据经过批准的技术文件进行制造。进行焊接加工时,在技术文件中必须就焊接方法和质量控制方法加以说明。可卸下的取物装置必须有商标或牢固固定在它上面的名牌,名牌上需标明工厂编号、起重量和试验日期。

有关制造可卸下取物装置的资料应该记入登记簿内。如起重量、性能、制造该装置所依据的技术文件的编号,还包括所使用的材料、产品的质量检查结果和试验结果等方面的合格证。

抓斗就其结构组成而言,应该是一种不会自动张开的机构。它在作业时对于某种物

料的实际抓取量应该通过在刚堆好的货堆水平面上进行试抓和称量来确定。

每台抓斗必须有表明制造厂、产品的工厂编号、质量和容积,以及物料的允许抓取量的表牌。抓斗作为独立的产品进行生产,它是与起重机分开,单独供应的,因此,必须附有证书,以表明起重机典型证书所规定的全部数据^[11]。

一切类型的取物装置,在制造厂造好后或在修理站修理后,都必须进行技术检验。就是对它进行检查和超过额定起重量1.25倍的载荷试验。

直接装备在起重机上的取物装置在使用时要与起重机一起检验。可卸下的取物装置必须由用户进行定期的检查。

横梁——每六个月检查一次;

钳形取物器和其它机械取物器——每月检查一次;

吊索——每十天检查一次;

难得使用的可卸下的取物装置——在交付使用之前要作检查。

在使用现场必须给可卸下的取物装置一个单独的编号,并把它登入企业或车间的起重机和可卸下的取物装置的登记簿内,在登记簿内还应记入使用取物装置时所发生的一切故障。

为确保作业的安全和方便,当产品(货物)没有专门的吊挂装置(如活扣、吊环、轴颈等)时,必须在它的产品说明书中说明正确的吊挂方法,在安装、拆卸和修理时,用起重机起吊的机器零部件的包扎方法,以及有关正确使用取物装置的方法。

说明吊挂方法和取物装置使用方法的图表必须张贴在生产工地的现场,必要时应发给每个挂钩工人。

在起重机证书中应该给出下列资料:

吊钩——全苏国家标准所规定的技术条件,参数,吊钩牌号,与起重机起升机构工作类型相应的、吊钩的额定起重量,吊钩的制造厂。

抓斗——抓斗预定装卸的物料种类、物料最大抓取量、抓斗的质量、制造厂名及工厂编号。

起重电磁铁——电磁铁的类型和质量、在装卸切屑、生铁块、铁屑、钢锭、钢板等物品时的起重量、制造厂、出厂号。

其它取物构件——类型和技术特性、起重量、质量、制造厂、工厂编号。

1.1.4 可靠性和取物装置的强度计算

取物装置的使用期限取决于其结构情况及使用强度。只有主要的承载构件才规定使用期限。而某些零件(如钳口、轴衬等)则在使用过程中需要更换。依靠增加主要零件和易损零件的尺寸来提高使用期限,会使取物装置的质量和成本增加,但可以减少运行开支。使用期限有一个最佳区,在此区内总耗资最小(图 1-1)。只有进行相应的技术经济核算才能确定最佳区的界限。可以对类似的取物装置在使用过程中所取得的经验资料进行分析来修正这种核算,以提高核算的精确性。鉴于取物装置的结构多种多样,又缺乏有关它们工作能力方面的统计资料,故通常总是要利用理论的计算结果。在实际结构中,即使在最佳区范围内,也不可避免地发生故障。取物装置的可靠性取决于它的使用强度。

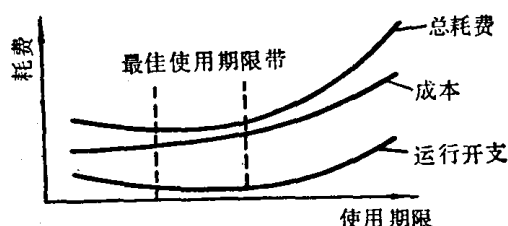


图 1-1 取物装置最佳使用期限的区域

故障可能是由于取物装置构件的损坏和违章操作而突然发生,也可能是由于未及时更换易损零件而造成,当然,后者较少见。

故障的分类、故障的记录以及为清除故障所耗费的时间定额,这些都为改进取物装

置的结构提供了原始依据。

取物装置的使用期限取决于它的使用强度,而使用强度可根据起重机起升机构的使用类型来确定。有各式各样的文件在技术上对使用类型作了规定,如苏联国家矿山技术监督局的标准,全苏起重运输机械研究所的技术参考资料,经互会标准 PC5138-75,国际标准化组织 HCO(ISO)第 4301 号文件所规定的标准,欧洲机械搬运协会的规范 ФЭМ (F. E. M)等,这些文件所引用的资料虽然彼此相近,但并不完全一致。根据苏联国家矿山技术监督局的标准,起重机起升机构工作类型的评定按表 1-5。

根据苏联国家矿山技术监督局的标准,

表 1-5 按苏联国家矿山技术监督局标准的起重机起升机构工作技术规范

机构平均允许利用率	工 作 类 型			
	轻	中	重	特重
按起重量, K_{rp}	0.25~1	0.75	0.75~1	1
按时间:				
一年期间, K_r	不规则	0.5	1	1
一昼夜期间, K_0	工作少	0.33	0.66	1
JC (电气装备接电持续率), %	15~25	15~60	25~60	40~60
每小时接通次数 (一班内的平均值)	60	120	240	300~600

表 1-6 按苏联重型机械制造部全苏起重运输机械研究所规定的起重机构载荷等级数据

载荷等级	载荷变动系数 K_Q	工作时的载荷状态
H 0.5	0.5 和 0.5 以下	小载荷和很少处于额定载荷状态
H 0.63	超过 0.5 到 0.63	在 0.33 额定载荷以下和较少处于额定载荷状态
H 0.8	超过 0.63 到 0.8	从 0.33 到 0.67 额定载荷和经常处于额定载荷状态
H 1.0	超过 0.8 到 1	接近于额定载荷状态

注: 载荷变动系数

$$K_Q = \sqrt[3]{\frac{\sum \left(\frac{Q_i}{Q_{HOM}} \right)^3 t_i}{\sum t_i}}$$

式中: Q_i —— t_i 时期中的起重量;

Q_{HOM} ——额定起重量;

$\sum t_i$ ——取其等于一个小时的总时期。

使用类型取决于起升机构在起重量方面和时间方面的利用程度(如表 1-5)。根据苏联重型机械制造部全苏起重运输机械研究所的技术参考资料,使用类型取决于载荷等级和利用等级(如表 1-6~1-8)。根据经互会 CЭБ,国际标准化组织和欧洲机械搬运协会 ΦЭМ 的标准,确定工作类型的方法大致相同。根据重型机械制造部的技术参考资料,机构载荷等级的评定,按表 1-6。

苏联重型工业机械部技术参考资料的标准与苏联矿山技术监督局的标准相比,矿山

技术监督局考虑了近几年来在使用起重机方面所积累的经验,且把使用类型分得更细,这就有可能根据起重机的具体载荷情况更正确地确定其工作类型,这对估算起重机构件的耐久性是非常重要的。

对成批生产的起重机建议采用苏联矿山技术监督局的标准来确定其使用类型。

表 1-7 是根据重型机械制造部全苏起重运输机械研究所的资料而得的机构利用等级的评定。

表 1-7 机构利用等级技术数据

参 数	利 用 等 级							
	M0.5 M1	M2	M4	M8	M16	M32	M63	M125
平均的机构运转时间率	小于 0.1	0.1	0.16	0.25	0.4	0.63	超过 0.63	超过 0.63
每昼夜平均工作时间(h)	0.25;0.5	1	2	4	8	16	超过 16	超过 16
每昼夜的利用系数	0.02	0.04	0.08	0.16	0.33	0.66	超过 0.66	超过 0.66
最大工作时数(×10 ³)	1	2	4	8	16	32	63	125

表 1-8 起重机械使用技术规范

载 荷 等 级 (按表 1-6)	利 用 等 级(按 表 1-7)								
	M0.5	M1	M2	M4	M8	M16	M32	M63	M125
H0.5	1	1	2	3	4	5	6	7	8
H0.63	1	2	3	4	5	6	7	8	8
H0.8	2	3	4	5	6	7	8	8	8
H1.0	3	4	5	6	7	8	8	8	8

表 1-8 为根据重型机械制造部全苏起重运输机械研究所参考资料而得的起重机械使用类型的评定。

经互会 PC5138-75 建议根据载荷等级(见表 1-9)和利用等级(见表 1-10)来确定工作类型。现将利用等级的评定引用如下:

利用等级	昼夜平均工作时间(h)	利用等级	昼夜平均工作时间(h)
A ₁	1 以下	A ₄	4~8
A ₂	1~2	A ₅	8~16
A ₃	2~4	A ₆	大于 16

表 1-11 给出了根据不同标准所确定的工作类型与苏联矿山技术监督局标准所确定的工作类型的对比。

表 1-9 根据 PC5138-75 载荷等级的评定

载荷等级	载荷率 K _p	工 作
B ₁	0.5 以下	少量载荷下难得工作
B ₂	0.5~0.63	中等载荷和较少在额定载荷下工作
B ₃	0.63~0.8	接近于额定载荷下工作
B ₄	大于 0.8	主要在额定载荷下工作

表 1-10 根据 PC5138-75 工作类型的评定

载荷等级	利 用 等 级					
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
B ₁	1	1	2	3	4	5
B ₂	1	2	3	4	5	6
B ₃	2	3	4	5	6	6
B ₄	3	4	5	6	6	6

根据矿山技术监督局的规定,为适应任意工作类型而生产的取物装置必须满足重型工作类型的要求,相应于其他标准的相当工作类型列于表 1-11 内。

表 1-11 根据不同标准划分的起重机起升机构工作类型级别对照表

标准文件	工作类型			
苏联矿山技术监督局规范	轻	中	重	特重
苏联重型机械制造部全苏起重运输机械研究所的参考资料	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8
经互会 PC5138-75 的建议	1, 2, 3	4	5	6

按表 1-7 利用等级为 M8 时,它的使用情况取决于下列参数: $JC=0.25$, 使用期限内最大工作时数为 $8 \cdot 10^3$ 。

在此种情况下使用的时间期限

$$T = 8000 / 0.25 = 32000 \text{ h}$$

或在一班制工作条件下

$$T = 32000 / (254.8) \approx 16 \text{ a}$$

起升循环次数 Z 取决于循环周期 t_H

$$Z = T / t_H$$

关于起升循环次数的计算资料列于下方:

起升循环周期(min)

起升循环次数:	1	2	3	4	5	6
在使用时间期限内($\times 10^3$)	1920	960	640	480	384	320
平均每一个使用小时内	60	30	20	15	12	10

起升循环周期(min)

起升循环次数:	7	8	9	10	15
在使用时间期限内($\times 10^3$)	274	240	223	192	128
平均每一个使用小时内	8.6	7.5	7	6	4

循环周期取决于荷重的起升速度和起升高度,这对每台起重机来说有它各自的值。在计算可卸下的取物装置的耐久性时,可以取起升循环的平均周期等于 6 分钟,那么在使用期限内的循环次数 $N_H = 320 \times 10^3$,而对不可卸下的取物装置可以取 $N_H = 640 \times 10^3$ 。当计算在装卸作业中紧张使用的取物装置(例

如抓斗)时,应该取小的循环周期,其值约等于 1 分钟,那么在使用期限内的循环次数 $N_H \approx 1920 \times 10^3$ 。

欧洲机械搬运协会标准对各种利用等级规定了荷重起升工作循环次数的设定值。对于相当于重型使用类型的 C 级,在整个使用期限内的循环次数 $N_H = 0.63 \times 10^6$,这个值相当于循环周期 3 分钟,也就是说每小时为 20 个循环,这与上述数据是相吻合的。

两种载荷组合下(两种受载状态下)构件的强度计算:

1. 工作状态的最大载荷,即考虑动力系数后的额定载荷。

2. 工作状态的等效载荷。

由于取物装置是在单一的受载形式——重力载荷作用下,按低频脉动循环进行工作,因此允许用应力法计算其构件是合理而可行的,其安全系数如下:

$$n = \sigma_{\text{доп}} / \sigma_{\text{расч}} = \tau_{\text{доп}} / \tau_{\text{расч}}$$

式中: $\sigma_{\text{доп}}$ $\tau_{\text{доп}}$ ——所用材料的极限应力,取决于材料的机械性能。(如强度极限或抗拉强度 σ_B , 屈服极限 σ_T , 对称循环疲劳极限 σ_{-1} 和脉动循环疲劳极限 σ_0 等) $\sigma_{\text{расч}}$ 、 $\tau_{\text{расч}}$ ——取物装置构件中的计算正应力和计算剪应力。

拉伸屈服极限 $\sigma_{T.p}$ 、弯曲屈服极限 $\sigma_{T.H}$ 和扭转屈服极限 $\tau_{T.K}$ 之间存在着如下比值关系:

弯曲条件下

$$\text{碳素钢 } \sigma_{T.H} = 1.2 \sigma_{T.p}$$

$$\text{合金钢 } \sigma_{T.H} = \sigma_{T.p}$$

扭转条件下

$$\text{碳素钢和合金钢 } \tau_{T.K} = 0.6 \sigma_{T.p}$$

强度极限和疲劳极限之间的关系如下:

弯曲条件下

*: 用于安装工作,循环周期长的建筑起重机(即塔式、履带式和其他型式的起重机)在使用期限内的工作小时数可减少一半,即减少到 4000 小时,但由于它的起升机构的接电持续率很小,故取物装置的使用时间期限并不会降低。

碳素钢 $\sigma_{-1} \approx 0.43 \sigma_B$;

$$\sigma_0 \approx 0.7 \sigma_B \leq \sigma_T$$

合金钢 $\sigma_{-1} \approx 0.43 \sigma_B$;

$$\sigma_0 \approx 0.66 \sigma_B \leq \sigma_T$$

拉伸条件下

碳素钢 $\sigma_{-1} \approx 0.38 \sigma_B$;

$$\sigma_0 \approx 0.63 \sigma_B \leq \sigma_T$$

合金钢 $\sigma_{-1} \approx 0.38 \sigma_B$;

$$\sigma_0 \approx 0.58 \sigma_B \leq \sigma_T$$

扭转条件下

碳素钢 $\tau_{-1} \approx 0.22 \sigma_B$;

$$\tau_0 \approx 0.36 \sigma_B \leq \tau_T$$

合金钢 $\tau_{-1} \approx 0.22 \sigma_B$;

$$\tau_0 \approx 0.34 \sigma_B \leq \tau_T$$

强度安全系数可按式确定:

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$$

式中: n_1 ——表示取物装置重要性的系数
(对于抓斗, $n_1 = 1.2$; 对于其他类型的取物器, $n_1 = 1.3$);

n_2 ——取决于工作类型的载荷系数
(对于取物装置应取 $n_2 = 1.3$);

n_3 ——考虑材料内部缺陷影响的材料不均匀性系数 (对于铸件 $n_3 = 1.3$; 对于锻件和轧制件 $n_3 = 1.1$)。

根据第 I 类载荷状态计算时:

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_T; \quad \tau_{\text{доп}} = \tau_{T \cdot K}$$

根据第 II 类载荷状态计算, 循环次数任意大时:

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{rK}$$

式中: σ_{rK} ——考虑循环不对称系数 r 条件下的长期疲劳极限。

$$\sigma_{rK} = \frac{2 \sigma_{-1}}{(1-r)K + (1+r)\beta}$$

式中: $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$; K ——有效应力集中系数 (对横向孔、轴上零件配合处、轴的沟槽, 当沟槽的半径对轴的直径之比为 0.02 时、键槽和花键槽, $K = 2$; 对轴上装配滚动轴承处 $K = 3$; 对取物装置的焊接构件 $K = 2.5$);

β ——材料敏感系数, $\beta = 2 \sigma_{-1} / \sigma_0 - 1$ (对碳素钢 $\beta \approx 0.2$; 对合金钢 $\beta \approx 0.3$)

在有限的载荷循环次数下:

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{rK, \text{огр}} = \sigma_{rK} \sqrt[m]{N_6 / N}$$

式中: N_6 ——载荷基本循环次数 ($N_6 \approx 10^7$);

N ——使用期限内的计算循环次数;

m ——疲劳曲线的指数。

在脉动载荷 ($r = 0$) 下, 长期疲劳极限为

$$\sigma'_{rK} = 2 \sigma_0 / (K + \beta)$$

在脉动载荷有限循环条件下

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{2 \sigma_0}{K + \beta} \sqrt[m]{\frac{N_6}{N}}$$

计算取物装置构件疲劳强度时的等效载荷为

$$Q_{\text{экв}} = Q_{\text{ном}} \sqrt[m]{\sum \left[\left(\frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{ном}}} \right)^m \frac{Z_i}{\sum Z_i} \right]} \\ = Q_{\text{ном}} K_{\text{экв}}$$

式中: $Q_{\text{ном}}$ ——额定载荷;

$Q_{\text{факт}}$ ——作用次数为 Z_i 的某大小值的实际载荷;

$\sum Z_i$ ——各种大小值载荷的总循环次数;

m ——疲劳强度曲线的指数 (对于机械零件 $m = 8 \sim 9$; 对于取物装置的金属结构件 $m = 4 \sim 6$; 对于计算接触强度的零件 $m = 3$)。

工作循环由两个时间上大约相等的半周期组成, 即荷重作直线提升和直线运移运动的工作行程和空载返回行程。当取物装置重量比货物重量轻时, 可以认为返回行程是在空载的情况下完成的。当取物装置重量比货物重量重时 (例如抓斗), 它的重量就是返回行程时的计算载荷。图 1-2a) 为轻重量取物装置 (约为货物重量的 0.1 倍) 的载荷图, 图 1-2b) 为大重量取物装置的载荷图。起动时间可取为循环时间的 0.016 倍。

用于各种不同作业的取物装置的等效载荷系数可从以下的设想来确定: 对重量小的取物装置, 相应于图 1-2, 应取 0.312 循环时