

蘇聯機器製造百科全書

第九卷

第十七章 起重運輸設備概論

第十八章 起重機及其機構的基本計算

資料與公式

第十九章 起重機械的零件和主要部件

蘇聯機器製造百科全書編輯委員會編



機械工業出版社

目 次

第十七章 起重運輸設備概論 (基費爾 Л. Г. Кифер, 斯皮伐柯夫斯基 А. О. Спиваковский)

起重運輸設備的用途和種類	1	作為運輸對象的各種材料特性	2
起重運輸設備的一般性能	1	中俄名詞對照表	5
起重運輸設備按其用途與結構特徵的分類	1		

第十八章 起重機及其機構的基本計算資料與公式(基費爾)

升降機構的計算	1	起重機的改變幅度機構的計算	6
起重機及起重機行車的行動機構的計算	3	起重機穩定性的計算	6
繞立軸迴轉的機構(旋轉機構)的計算	4	起重機構的工作類型	7

第十九章 起重機械的零件和主要部件(伏羅比耶夫 Н. В. Воробьев, 克魯季柯夫 И. П. Крутиков)

起重機械的零件	1	搬重用具(攫具)	24
鋼絲繩索	1	攫具的用途和種類	24
鋼絲繩索用的滑輪	4	搬運整箱及整件物品用的攫具	24
鋼絲繩索用的滾筒	4	搬運填充材料用的攫具	26
起重鏈及牽引鏈	7	攫具的計算基礎	29
起重鏈及牽引鏈用的滑輪、滾筒及鏈輪	8	參考文獻	32
吊鉤及吊環	9	修正意見表	33
止動輪及制動器	13	中俄名詞對照表(第十八、十九章)	35
車輪及道軌	19		

第十九章 起重機械的零件和主要部件

起重機械的零件

鋼絲繩索

鋼絲繩索在起重機械中作為工作的機件，它是繞在起重機構的滾筒上或是繞過它所帶動的滑輪而工作的。利用吊鉤或特殊的‘標具’，而將欲舉起的重載懸掛在繩索上。鋼絲繩索也可以作為輔助機件，用來包綑整箱和整件的物品（綑縛並懸掛在吊鉤上）。

在構造方面，鋼絲繩索是按照斷面的形狀、捲繞的層次和方向、芯子的種類和數目等來分類。按照斷面的形狀可分為圓形繩索及扁平繩索；按照捲繞的層次可分為單繞的或螺旋式的繩索（直接由一層或數層鋼絲繞成）、雙重繞的或繩式的繩索（先由鋼絲繞成股，再由股繞成繩）和三重繞的或籠式的繩索（用雙重繞——即索式——的繩索作為股再繞成繩）；按照捲繞的方向可分為順繞繩索（由鋼絲繞成股的方向與由股繞成繩的方向一致）、交繞繩索（由鋼絲繞成股的方向與由股繞成繩的方向相反）和複繞繩索（相鄰的每兩股繞成相反方向）；按照芯子的種類可分為有機芯子（通常為苧麻、石棉芯子及鋼絲芯子的繩索；而按照芯子的數量又可分為單芯（位於中央）及多芯繩索。

在起重運輸機械製造中，大多數採用雙重繞（索式）的圓形繩索，用直徑相同的圓形鋼絲繞成（即所謂標準形繩索，如表 1 所示），或用直徑不同的圓形鋼絲繞成（即所謂複式繩索，如表 2 所示）。扁平形的繩索僅用在礦井的升降裝置中。用異形鋼絲與圓形鋼絲繞成的繩索也局限於用在架空繩索上，作為承載繩索。

在選擇繩索時，應該考慮：順繞繩索是具有表面比較平滑和柔軟較高等優點，但同時却有自行扭轉的毛病；因此，當重載直接懸掛在繩索自由下垂一端的情形，則不適宜使用這種繩索來起重。交繞繩索比較不易自行扭轉，但它的柔軟較低而且磨損較快。為了減少扭轉和延長繩索的壽命，有時用預先擰成螺旋線的鋼絲捲成股；為了使繩索具有較大的柔軟及彈性，鋼絲捲成股後，再圍着芯子繞成繩。芯子用苧麻、石棉（用在高溫下工作的繩索）或鋼絲（用在高溫下工作並且在滾筒捲上幾層的繩索）。同樣，在選擇繩索時，應該考慮：由直

徑相同的鋼絲所繞成的正常構造的繩索，在相鄰各層鋼絲的交接處的橫斷面上，發生很高的局部應力；為了這個原因，使用複式繩索是比較合適的。這種繩索的股是用各種不同直徑的鋼絲捲繞而成，可以把相鄰各層鋼絲的交接處分開，提高柔軟性，減少外層較粗的鋼絲受到磨損或機械損傷的危險，從而相應地延長了使用壽命。

由繩索所繞過的滑輪及滾筒的數目決定繩索的使用壽命，並且在很大程度上還決定於滑輪及滾筒的直徑和作用拉力的大小。在實際使用上，發現繩索的鋼絲照例是由材料的疲勞現象和受到磨損而毀壞的，而且當滾筒或滑輪的直徑 D_0 與繩索直徑 d_0 之比愈小時，這種損壞也就愈快。因此，為了保證繩索經久耐用，這個比值應按照起重機的種類、傳動方式及工作類型之不同，不得小於表 3 所列舉的數字。

鋼絲繩索按照破壞強度 S_{max} 之大小從表 1 及表 2 中選擇。 S_{max} 可由下式計算

$$S_{max} = S \cdot k \text{ 公斤}, \quad (1)$$

式中 S ——繩索拉力； k ——安全係數，按表 3 選定。

用作包綑貨物以掛在吊鉤上的鋼絲繩索，在計算時採用 $k=12$ ，並且應考慮繩索包綑貨物的段數、各段繩索與鉛垂線所成的角度。設 G ——重載的重量， m ——繩索段數， a ——各段繩索與鉛垂線所成的傾斜角，則每一段繩索所受的拉力為

$$S = \frac{1}{\cos a} \cdot \frac{G}{m} = \varphi \frac{G}{m} \text{ 公斤}, \quad (2)$$

式中 φ ——係數，由角度 a 的大小所定，見表 4。

若包綑繩（按照它的直徑）所受的拉力不得超過一預知量 S ，則最大起重量為

$$G_{max} \leq m \frac{S}{\varphi} \text{ 公斤}. \quad (3)$$

● 關於用異形鋼絲與圓形鋼絲繞成的螺旋式繩索或雙重繞繩索之論述，可參看本卷第三十章‘架空索道及繩索起重機’。

● 關於起重機械及機構的工作類型，可參看本卷第十章。

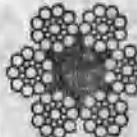
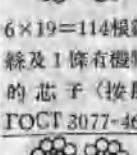
● 對於用在吊鉤、吊環或栓圈上及僅作懸掛貨物（不作包綑）用的繩繩繩索，取 $\varphi=6$ 。

表 1 鋼絲繩索(簡表)

繩索構造	繩索直徑 (公厘)	鋼絲直徑 (公厘)	全部鋼絲的截面積 (公厘 ²)	繩索單位長度的重量 (公斤/公尺)	鋼絲的拉力的計算強度極限 (公斤/公厘 ²)								
					130	140	150	160	170	180	190	200	
					繩索的破壞載荷 S_{max} (不超過此值) (公斤)								
	4.8	0.31	8	0.08	—	—	—	1090	1150	1220	1300	1360	
	6.2	0.4	14	0.13	—	—	1790	1910	2020	2140	2260	2380	
	7.7	0.5	22	0.20	—	2700	2800	3000	3180	3360	3550	3740	
	9.2	0.6	32	0.29	3540	3800	4070	4360	4620	4900	5160	5450	
	11.0	0.7	44	0.40	4850	5230	5600	5970	6350	6730	7100	7460	
	12.5	0.8	57	0.52	6300	6800	7250	7800	8200	8750	9200	9700	
	14.0	0.9	73	0.65	8100	8650	9250	9900	10500	11100	11800	12400	
	15.5	1.0	90	0.81	9950	10700	11400	12200	13000	13600	14500	15300	
	17.0	1.1	108	0.92	11900	12800	13800	14700	15500	16600	17400	18300	
	18.5	1.2	129	1.20	14300	15300	16400	17500	18600	19700	20800	21800	
	20.0	1.3	151	1.30	16700	17900	19300	20900	21800	23100	24400	—	
	21.5	1.4	176	1.60	19400	20700	22400	23900	25400	26700	28400	—	
	23.0	1.5	202	1.80	22800	24000	25700	27400	29300	30900	32600	—	
	25.0	1.6	229	2.10	25200	27300	29200	31100	33200	35400	37000	—	
	26.5	1.7	259	2.40	28600	30800	33000	35200	37400	39700	41800	—	
	28.0	1.8	290	2.60	32100	34350	37000	39400	42000	44400	46800	—	
	31.0	2.0	358	3.10	39500	53700	45600	48600	51700	54800	57800	—	
	34.0	2.2	433	3.80	47800	65000	55200	59000	62500	66300	—	—	
	37.0	2.4	516	4.60	57100	77500	65700	70000	74700	79000	—	—	
	40.0	2.6	605	5.40	67000	98700	77000	82300	87500	92700	—	—	
	8.8	0.4	28	0.24	—	—	3430	3360	3880	4100	4350	4580	
	11.0	0.5	44	0.38	—	5080	3560	5780	6150	6550	6850	7210	
	13.0	0.6	63	0.57	6700	7100	7760	8200	8770	9100	9840	10300	
	15.5	0.7	85	0.77	9100	9750	10500	11200	11900	12500	13300	14000	
	17.5	0.8	112	1.00	11900	12800	13700	14600	15600	16400	17500	18400	
	19.5	0.9	141	1.20	15000	16100	17300	18500	19700	20900	22000	23000	
	21.5	1.0	174	1.60	18500	20000	21400	22900	24300	25700	27100	28500	
	24.0	1.1	211	1.80	22400	24200	25900	27600	29300	31200	33500	34600	
	26.0	1.2	251	2.30	26700	28800	30800	32900	35000	37000	39000	41200	
	28.0	1.3	295	2.60	31400	33800	36200	38600	41000	43400	46000	—	
	30.0	1.4	342	3.10	36400	39300	42000	44800	47500	50500	53300	—	
	32.5	1.5	392	3.60	41700	45000	48200	51400	54600	58000	61000	—	
	34.5	1.6	446	4.10	47500	51200	54800	58500	62200	66000	69300	—	
	37.0	1.7	504	4.60	53600	57800	62000	66000	70500	74400	78500	—	
	39.0	1.8	565	5.10	60200	64900	69400	74000	78600	84000	88000	—	
	43.5	2.0	697	6.10	74400	80000	85700	92500	97500	103000	108500	—	
	47.5	2.2	844	7.40	89500	97000	102000	111000	117600	124500	—	—	
	52.0	2.4	1178	10.6	107000	116000	124000	132600	141000	149000	—	—	
	19.5	0.7	142	1.2	—	15700	16900	17900	18900	20000	—	—	
	22.0	0.8	184	1.6	—	20300	21700	23200	24600	26150	—	—	
	25.0	0.9	233	2.0	—	25800	27500	29500	31200	33200	—	—	
	28.0	1.0	287	2.6	—	31800	34200	36500	38700	40800	—	—	
	30.0	1.1	348	3.0	—	38500	41300	44000	46800	49500	—	—	
	33.5	1.2	414	3.8	—	45700	49200	52300	55800	58800	—	—	
	39.0	1.4	564	5.1	—	62500	67000	71100	75800	80000	—	—	
	44.5	1.6	735	6.8	—	81500	87500	93000	98900	103500	—	—	
	50.0	1.8	935	8.4	—	103500	111000	117800	125000	132500	—	—	

註: 表中帶黑線右邊的破壞載荷數值, 只用於由光身的(沒有鍍鉻的)鋼絲製成的繩索。

表2 複式鋼絲繩索

繩索式樣	繩索構造	繩索直徑(公厘)	鋼絲直徑(公厘)			每部繩索的總長度(公尺)	每部繩索的總重量(公斤/公尺)	鋼絲的拉力的計算強度極限(公斤/公厘 ²)								
			中央鋼絲	第一層(內層)鋼絲	第二層(外層)鋼絲			130	140	150	160	170	180	190	200	
			繩索的破壞載荷 S _{max} (公斤)(不小於)													
威爾頓(Barrownton)複式繩索		8.8	0.6	0.6	0.65 0.5 0.8	—	30.9	0.27	—	3660	3930	4200	4450	4720	4980	5250
		10.0	0.7	0.7	0.6 0.9	—	44.4	0.45	—	5290	5660	6040	6420	6800	7160	7550
		11.5	0.8	0.8	0.65 1.0	—	56.0	0.56	—	6650	7120	7600	8100	8550	9050	9500
		13.5	0.9	0.9	0.7 1.1	—	69.0	0.69	—	8170	8800	9360	9950	10500	11100	11700
		14.5	1.0	1.0	0.8 1.2	—	85.3	0.86	—	10200	10900	11600	12300	13000	13800	14500
		16.0	1.1	1.1	0.9 1.3	—	104.0	1.00	—	12300	13200	14100	14900	15800	16700	17600
		17.5	1.2	1.2	1.0 1.4	—	123.0	1.10	—	14700	15700	16800	17800	18900	19900	—
		18.5	1.3	1.3	1.0 1.5	—	139.0	1.40	—	16600	17800	19000	20200	21300	22500	—
		20.0	1.4	1.4	1.1 1.6	—	163.0	1.60	—	19300	20700	22100	23500	24900	26200	—
		21.0	1.5	1.5	1.2 1.7	—	187.0	1.80	—	22300	23800	25400	27100	28600	30200	—
		22.5	1.6	1.6	1.3 1.8	—	214.0	1.90	—	25500	27200	29000	30800	32700	34500	—
		24.0	1.7	1.7	1.4 2.0	—	242.0	2.20	—	28800	30800	33000	35000	37100	39200	—
		26.5	1.8	1.8	1.4 2.2	—	275.0	2.70	—	32500	35200	37500	39800	42200	44500	—
		29.0	2.0	2.0	1.6 2.4	—	341.0	3.10	—	40600	43500	46500	49300	52100	—	—
		32.0	2.2	2.2	1.8 2.6	—	414.0	4.00	—	49200	52800	56200	59700	63300	—	—
		34.5	2.4	2.4	2.0 2.8	—	494.0	4.50	—	58800	63000	67100	71300	75600	—	—
		37.0	2.6	2.6	2.2 3.0	—	582.0	5.20	—	69200	74200	79060	84000	89000	—	—
		40.0	2.8	2.8	2.2 3.2	—	650.0	6.20	—	77400	82900	88400	93500	99400	—	—
		42.0	3.0	3.0	2.4	—	749.0	7.20	—	89000	95500	102000	108000	—	—	—
斯爾頓(Carl)複式繩索		10.0	0.95	0.40	0.80	—	39.9	0.38	4400	4740	5080	5420	5760	6100	6440	6770
		11.0	1.0	0.50	0.85	—	46.9	0.45	5180	5570	5970	6370	6760	7160	7570	7970
		12.0	1.20	0.55	0.95	—	57.8	0.55	6380	6860	7360	7850	8340	8850	9260	9780
		13.0	1.30	0.60	1.00	—	65.6	0.63	7230	7800	8350	8940	9450	10800	10500	—
		14.0	1.40	0.65	1.10	—	78.4	0.75	8670	9270	9960	10600	11300	12900	12700	—
		16.0	1.60	0.70	1.30	—	104.0	1.00	11500	12300	13200	14100	15000	13900	16700	—
		18.0	1.70	0.80	1.40	—	124.0	1.20	13700	14800	15800	16800	17900	18900	20000	—
		20.0	1.90	0.90	1.60	—	160.0	1.50	17700	19000	20400	21800	23100	24500	25800	—
		22.0	2.20	1.00	1.70	—	188.0	1.80	20700	22400	24000	25500	27100	28700	—	—
		24.0	2.40	1.10	1.90	—	231.0	2.20	25500	27400	29400	31300	33400	35300	—	—
6×19=114根鋼絲及1條繩芯子(按照GOST 3077-46)		26.0	2.60	1.20	2.00	—	252.0	2.50	28900	31200	33400	35600	37800	40100	—	—
		29.0	2.80	1.30	2.20	—	314.0	3.00	34700	37300	40000	42600	45400	48000	—	—
		31.0	3.00	1.40	2.40	—	370.0	3.50	40900	44000	47100	50300	53400	56500	—	—
		17.5	1.60	0.70	1.30	0.6	118.0	1.10	—	—	15000	16000	17000	18050	—	—
		20.0	1.70	0.80	1.40	0.7	142.0	1.50	—	—	18100	19300	20500	21700	—	—
		22.0	1.90	0.90	1.60	0.8	184.0	1.70	—	—	23400	25000	27400	28100	—	—
		24.5	2.20	1.00	1.70	0.9	218	1.90	—	—	27800	29600	32200	33300	—	—
		27.0	2.40	1.10	1.90	1.0	269	2.30	—	—	34200	36500	39600	41100	—	—
6×19=114根鋼絲及1條繩芯子7×7=49根(按照GOST 3081-46)		30.0	2.80	1.30	2.20	1.1	360	3.10	—	—	45900	49000	52800	55000	—	—
		32.5	3.00	1.40	2.40	1.2	425	3.70	—	—	54200	57700	62000	65000	—	—
		35.0	3.20	1.50	2.60	1.3	495	4.10	—	—	63000	67000	72300	—	—	—
		38.0	3.50	1.60	2.80	1.4	574	5.20	—	—	73000	78000	—	—	—	—

註: 1. 在“第二層(外層)鋼絲直徑”一欄中，分子及分母分別表示大根及小根鋼絲的直徑。

2. 表中粗黑線右邊的破壞載荷數值，只用於由光身的(沒有鍍鋅的)鋼絲製成的繩索。

表 3 根據起重機械的種類及工作類型來決定的，起重機械及機構用的滾筒及滑輪的最小許用直徑和鋼絲繩索的最小許用安全係數值

起重機械及機構的種類	傳動方式及工作類型		滾筒及滑輪的最小許用直徑①	最小許用安全係數 k
A.單臂鐵道起重機，單臂履帶起重機，單臂起重汽車（作起重機用的單鏈掘土機亦包括在內），建築工作及臨時工作用的起重機及升降機構	手 動	$D_6 \geq 16d_K$	4.5	
		機動 輕型	$D_6 \geq 16d_K$	5.0
		中型	$D_6 \geq 18d_K$	5.5
		重型及極重型	$D_6 \geq 20d_K$	6.0
B.所有其他型式的起重機及升降機構	手 動	$D_6 \geq 18d_K$	4.5	
		機動 輕型	$D_6 \geq 20d_K$	5.0
		中型	$D_6 \geq 25d_K$	5.5
		重型及極重型	$D_6 \geq 30d_K$	6.0
B.起重能力在一噸以下，安裝在各種行動機械（汽車、自駕行車等）上的絞車	手 動	$D_6 \geq 12d_K$	4.0	
C.挖斗起重機的機構②	機動	A類起重機	$D_6 \geq 20d_K$	5.0
		B類起重機	$D_6 \geq 30d_K$	5.0
D.吊車	機 動		$D_6 \geq 20d_K$	5.0
E.不帶乘務員的起重升降機	機動	用車滾筒絞車	$D_6 \geq 40d_K$	8.0
		用繩索帶動的滑輪	$D_6 \geq 40d_K$	10.0
F.帶有乘務員及旅客的起重升降機	機動	用單滾筒絞車	$D_6 \geq 40d_K$	9.0
		用繩索帶動的滑輪	$D_6 \geq 40d_K$	12.0

- ① 均衡滑輪的直徑可比工作滑輪或滾筒的直徑小40%。
 ② 用在A、B類起重機的挖斗上的滑輪，其直徑可用 $D_6 \geq 18d_K$ 。

表 4 式(2)中係數 Ψ 的數值

α°	0°	30°	45°	60°
Ψ	1.00	1.15	1.42	2.00

鋼絲繩索用的滑輪

滑輪用作支持繩索和引導繩索運動。滑輪用C4 15-32號生鐵或鑄鋼鑄造或(少數)用Cr.3及15號鋼料經輥壓、鍛造或焊接等方法製成。

為了使繩索可靠地繞在滑輪周緣上，因此規定了深的、精加工的、特殊側面的環形凹槽(表5)。為了更換方便和減少摩擦起見，可用鑄鐵的(抗摩擦的)或青銅的襯套壓入滑輪輪轂內；為着同一目的，滑輪是精確地安裝在滾動軸承上。滑輪輪轂與輪緣之間，是用帶剛性肋及有孔的圓盤或斷面為普通十字形的輪幅(在大直徑的滑輪)相連接。

滑輪直徑要根據繩索直徑從表3中選用。滑輪凹槽的截面尺寸，按蘇聯重型機器製造人民委員會(HKTM)所規定的標準列於表5中。

鋼絲繩索用的滾筒

纏繞起重繩索用的滾筒，製成圓柱形、圓錐形或曲線形的表面。

圓柱形滾筒應用最普遍。滾筒表面有螺旋槽(凹溝)，用以引導纏繞繩索，並可避免剛繞上滾筒的繩索和已繞好的繩索發生摩擦(圖1及圖2)。在某些情

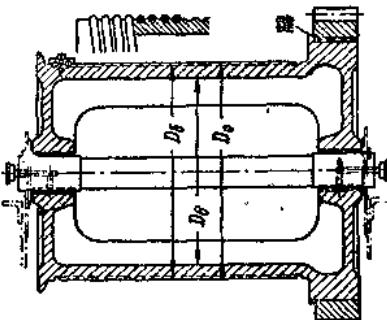


圖1 套在不轉動的軸樞上，可以自由旋轉而帶有繞鋼絲繩索的螺旋槽的滾筒。

● 圖2所示的滾筒，具有左右兩組螺旋槽，可以將雙滑車的兩段繩索同時捲起。

況下，滾筒的圓柱形工作表面亦有做成平滑的，但具有高的側緣，可以繞上數層繩索（圖3）。這種平滑面的滾筒在纏繞繩索時，由於繩和滾筒接觸處具有很高的單位壓力，而且剛繞上滾筒的繩索和已繞好的繩索不可避免地要互相摩擦，因此使繩索受到很大的磨損。

當繩索捲在滾筒上的不同鬆緊度而使張力有很大變化，並在必須保持扭轉力矩數值大概不變時，可採用圓錐形或曲線形的滾筒（例如，當起重高度很大——數以百公尺計——時，或者，當綫起很重的轉臂或起重機臂時）。

滾筒可以用生鐵或鋼料鑄造，或用鋼板鉚接而成；後一種方法的構造比較簡單而輕，也比較便宜。

表 5 鋼絲繩索滑輪的尺寸（按蘇聯重型機器製造人民委員會 1943 年所規定的標準）

繩索直徑 d_x	滑輪凹槽尺寸（公厘）										滑輪直徑 D_6 （公厘）					
	a	b	c	e	h	l	r	r_1	r_2	r_3	r_4	$D_6 \approx 16d_x$	$D_6 \approx 18d_x$	$D_6 \approx 20d_x$	$D_6 \approx 25d_x$	$D_6 \approx 30d_x$
4.8	22	15	5	0.5	12.5	8	4.0	2.5	2.0	8	6	80	100	100	130	150
6.2	22	15	5	0.5	12.5	8	4.0	2.5	2.0	8	6	100	130	130	150	200
8.8	28	20	6	1.0	15.0	8	5.0	3.0	2.5	9	6	150	150	200	250	250
11.0	40	30	7	1.0	25.0	10	8.5	4.0	3.0	12	8	200	200	250	300	350
13.0	40	30	7	1.0	25.0	10	8.5	4.0	3.0	12	8	200	250	250	350	400
15.5	40	30	7	1.0	25.0	10	8.5	4.0	3.0	12	8	250	300	300	400	450
19.5	55	40	10	1.5	30.0	15	12.0	5.0	5.0	17	10	300	350	400	500	600
24.0	65	50	10	1.5	37.5	18	14.5	5.0	5.0	20	15	400	450	500	650	750
28.0	80	60	12	2.0	45.0	20	17.0	6.0	7.0	25	15	450	500	550	700	850
34.5	90	70	15	2.0	55.0	22	20.0	7.0	8.0	28	20	550	650	700	850	1000
39.0	110	85	18	2.5	65.0	22	25.0	9.0	10.0	40	30	650	700	800	1000	1200

根據扭轉力矩傳動方法的不同，滾筒可分為兩類：一類是裝在軸軸上而與主動齒輪分開（圖3），另一類是套在軸軸上而與齒輪連在一起。滾筒與齒輪的連接是用螺栓，如圖4所示，或者將滾筒壓入齒輪內而用鍵來連接，如圖1所示。

第二類滾筒可以套在不轉動的軸軸上自由迴轉，或者固定在軸軸上一起迴轉。

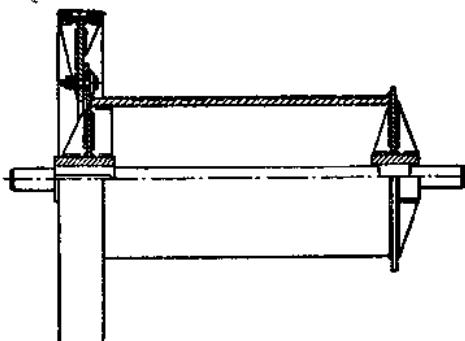


圖 4 鋼接結構的滾筒，用螺栓與齒輪相連接。

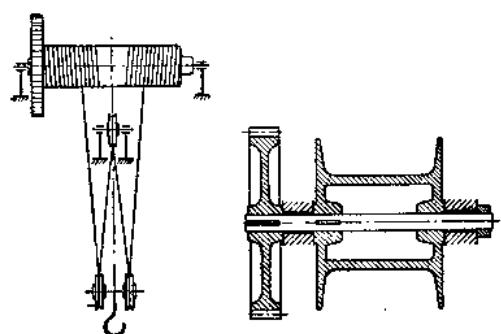


圖 3 裝在軸軸上，具有平滑圓柱形表面及可以繞上數層繩索用的高側緣滾筒。

圖 2 雙滑車滾筒的螺紋槽位置圖。

上面所述的第一種情形的軸軸直徑可以用小一些（因為在工作時軸軸的應力不是交變的），但是襯套的檢修比較困難，當磨損以後更換也不容易。第二種情形的軸承襯套則檢修容易和更換方便，這是它在使用上的優點。

繩索固定在滾筒上的方法必須十分可靠，並且當繩索磨損時能够很方便地迅速更換。具有較高柔性的繩索可用楔來固定，如圖5,a 及 6 所示；對於比較剛性

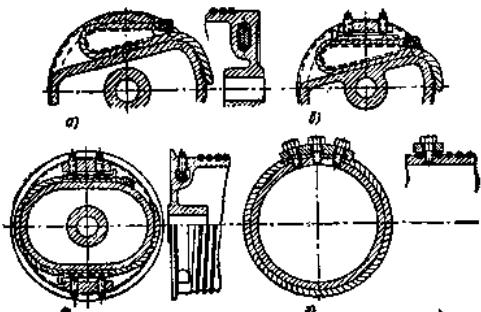


圖 5 繩索固定在滾筒上的各種方法。

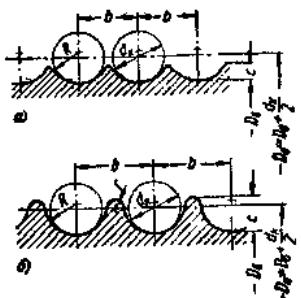
的繩索，則用固定螺釘（如圖 5, b）或壓板與螺釘的裝置（如圖 5, c）來固定。

固定方法的計算是根據繩索所受的最大張力。

滾筒直徑的確定像確定滑輪直徑一樣：根據起重機構的種類、工作類型和傳動方式，按照已經決定的繩索直徑 d_K 從表 3 選定。

表 6 所列是滾筒螺旋槽（淺槽及深槽）的各部尺寸。深槽滾筒的長度要增大許多，但繩索在工作時得到比較有利的條件，特別是在繩繞繩索有較大的脫離螺旋紋線方向的可能性時。

表 6 鋼絲繩索滾筒的凹槽尺寸
(按照 MTM 的標準)



繩索直徑 d_K	R	標準凹槽(a)		深槽(b)		
		b	c	b	c	r
4.8	3.5	7	2	9	4.5	1.0
6.2	4.0	8	2	11	5.5	1.5
8.8	5.0	11	3	13	6.5	1.5
11.0	7.0	13	3	17	8.5	1.5
13.0	8.0	15	4	19	9.5	1.5
15.5	9.0	17	5	22	11.0	2.0
19.5	11.5	22	5	27	13.5	2.0
24.0	13.5	27	6	31	16.0	2.5
28.0	15.5	31	8	36	18.0	2.5
34.5	19.0	38	10	41	22.0	3.0
39.0	21.0	42	12	50	24.5	3.5

只繞一層繩索的滾筒，螺旋槽部分的長度可由下式計算

$$l = (n + n_{san})b = \left(\frac{L}{\pi D_0} + n_{san} \right) b \text{ 公尺}, \quad (4)$$

式中 n —繞在滾筒上的繩索的圈數； b —螺旋槽的節距，根據凹槽的深度可從表 6 查得； L —繞在滾筒上的繩索的長度（公尺）； D_0 —從繩索中心線量度的滾筒直徑（公尺）； $n_{san} \geq 1.2$ —繩索的儲備圈數，要使得當捲具在最低位置時，繩索末端的固定件也不承受負荷。

繞有多層繩索的滾筒，其長度可由下式計算

$$l = \left(\frac{L}{\pi(D_0 z + d_K z^2)} + n_{san} \right) \frac{b'}{\varphi} \text{ 公尺}, \quad (5)$$

式中 d_K —繩索直徑（公分）； z —繩索所繞的層數； b' —繩索繞成的螺旋線的節距； $\varphi = 0.9$ —繩索各圈之間距離不均勻分佈的修正係數。

在初步計算時，滾筒壁厚 δ 可由下式決定

$$\delta = 0.02D_0 + (0.6 \sim 1.0) \text{ 公分}. \quad (6)$$

在較準確的計算中，要考慮滾筒壁發生扭轉、彎曲及壓縮的複雜應力。設 D_0 —從繩索中心線量度的滾筒直徑（公分）； D_δ —滾筒內徑（公分）； D_0 —從凹槽底部量度的滾筒直徑（公分）（見圖 1）； l_0 —軸承之間的滾筒長度（公分）； S —繩索所受的最大張力（公斤）； a —繩索繞在滾筒上的段數，則扭轉應力為

$$\tau = \frac{M_{kp}}{W} = \frac{a \cdot S \cdot D_0}{2} \cdot \frac{D_\delta}{0.2(D_0^4 - D_\delta^4)} \text{ 公斤/公分}^2; \quad (7)$$

彎曲應力為

$$\sigma_{bs} = \frac{M_{bs}}{W} = \frac{a \cdot S \cdot l_0}{4} \cdot \frac{D_\delta}{0.1(D_0^4 - D_\delta^4)} \text{ 公斤/公分}^2; \quad (8)$$

又壓縮應力為

$$\sigma_{cm} = \frac{S}{\delta b} \text{ 公斤/公分}^2 \quad (9)$$

壓縮應力不能超過表 7 中所列舉的 σ_{con} 數值。

表 7 滾筒壁的許用壓縮應力數值

材料	C415-32	鑄鋼	Cr.3
σ_{con} （公斤/公分 ² ）	800	1000	1100

當滾筒壁的直徑 $D_\delta \geq 1200$ 公厘及長度 $l_0 \geq 1000$ 公厘時，必須按穩定條件驗算滾筒壁（見第 1 卷第 2 冊）。

在纏繞多層繩索的情形中，滾筒壁的應力增加很多，這是因為各層繩索（最內一層除外）受到額外負荷的緣故。這一種考慮變形在內的滾筒壁的應力的情形，可用下式計算 [4]

$$\sigma_{cm} = \frac{S}{\delta b} A \text{ 公斤/公分}^2, \quad (10)$$

式中 A —係數，決定於繩索所繞的層數、繩索的橫截面積 F_K （公分²）、繩索的彈性模數 $E_K \approx 800,000 \sim 1,000,000$ 公斤/公分²，在繩圈一個節距長度的滾筒壁

● 只是當滾筒直徑很小而長度很大時，扭轉和彎曲應力在實際上才相當可觀。

● 例如圖 2 的雙滑車，繩索有兩段繞在滾筒上；此時， $a = 2$ 。——譯者

橫截面面積 $F_6 = 68$ 公分² 及滾筒的彈性模數 E_6 (公斤/公分²) 等，由一個包括所有上列各因素的影響的係數—— λ 來計算，這個係數等於

$$\lambda = \frac{E_6 F_6}{E_6 F_6}$$

係數 A 的數值可從表 8 的算式求得。

表 8 根據繩索繞在滾筒上的層數來決定的方程式(10)中的係數 A 的數值

繩索所繞的層數	數 值
1	1
2	$1 + \frac{1}{1+\lambda}$
3	$1 + \frac{2+3\lambda}{(1+\lambda)(1+2\lambda)}$
4	$1 + \frac{3+12\lambda+11\lambda^2}{(1+\lambda)(1+2\lambda)(1+3\lambda)}$
5	$1 + \frac{4+30\lambda+70\lambda^2+50\lambda^3}{(1+\lambda)(1+2\lambda)(1+3\lambda)(1+4\lambda)}$

起重鏈及牽引鏈

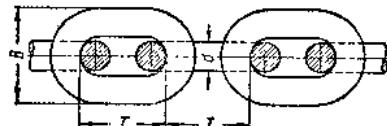
起重及運輸機械所用的鏈條可分為起重鏈和牽引鏈兩種，前者用作吊運重物，後者用作傳送牽引力。按其基本構造的特點又可分為鉗接鏈（具有用圓鋼條接成的長圓形的鏈環）、簡單疊板關節鏈、滾套鏈及滾套滾子鏈、塊狀鏈和特種鏈。

鉗接鏈用作起重機械的起重機件，用作綑繩的工具以包綑和懸掛用吊鈎吊起的物品，以及很少用作連續運輸機械的牽引件。它是由許多長圓形的鏈環所組成。這些鏈環是用輥軋的圓鋼條經鍛接或電鉗的方法製成；並且相鄰環節的平面互相垂直，這樣可使鏈條在各方面都能曲折。按照鏈環的尺寸，鉗接鏈可分為短環鏈（若鏈環節距 $T < 3d$ ，式中 d 為鏈環鋼條的直徑）及長環鏈（若 $T \geq 3d$ ）兩種；按照製造的準確度又可分為標準鏈（與節距 T 的名義尺寸相差在 $\pm 0.03d$ 範圍以內，與寬度 B 的名義尺寸相差在 $\pm 0.05d$ 範圍以內）及非標準鏈（與節距及寬度的名義尺寸相差在 $\pm 0.1d$ 範圍以內）。非標準的短環鏈繞在手動和機動（用於低起重速度的情形下）的起重機構的滾筒上工作；標準鏈則大多數用於手動起重機構的鏈輪上。

製造鉗接鏈所用的鋼料按 ГОСТ 924-41。Ст.3號鋼料可以應用，電鉗製造的鏈條可用 Ст.2 號鋼。鏈條製成以後需要經過退火手續。

表 9 所列是鉗接的起重鏈及牽引鏈的尺寸、理論上的重量和破壞載荷。

表 9 鉗接的起重鏈及牽引鏈的尺寸、載荷及重量(按照 ГОСТ 2319-43)



鏈環尺寸(公厘)			破壞載荷 S_{max} (公斤)	理論上的單位長度重量 (公斤/公尺)
鋼條直徑 d	節距 T	寬度 B		
5	19	17	0.64	0.50
6	19	21	1.00	0.80
7	21	24	1.50	1.20
8	23	27	2.20	1.50
9.5	27	32	3.10	2.00
11	31	36	4.40	2.70
13	36	43	6.60	3.90
16	44	53	10.20	6.00
18	50	58	12.80	7.30
20	56	66	16.00	9.20
23	64	76	21.00	12.00
26	72	84	26.60	15.00
28	78	91	31.20	17.40
30	84	98	35.60	20.00
32	91	104	41.00	22.10
35	98	114	46.40	27.50
38	106	123	54.80	32.50
41	114	133	63.60	39.00

鉗接鏈在使用以前要經過破壞及拉伸試驗。破壞試驗時，從每 50 公尺長的鏈條取出一個試樣（有 5 個鏈環的一段鏈條）。在破壞試驗得到滿意的結果後，再以鏈條的全長作拉伸試驗（為了檢查所有鏈環的鉗接質量），這時所用的試驗載荷為破壞載荷的一半。若達到或尚未達到試驗載荷時，鏈條即被拉斷，那麼，這一鏈條即作爲廢品。

選擇鉗接鏈和選擇鋼絲繩相似，都是按照破壞載荷 S_{max} 的大小來選定； S_{max} 可由下式確定

$$S_{max} = S_k \text{ 公斤}, \quad (11)$$

式中 S ——鏈條的實際工作載荷； k ——安全係數，可根據鏈條的種類及傳動方式從表 10 中選定。

表 10

鏈條種類及工 作特點	起重機 構的傳 動方式	滾筒或滑輪的最 小許用直徑；鏈條經 輪的最少齒數	最小許用 安全係數 k
在滾筒及滑輪上工 作的：標準的及非 標準的鉗接鏈	手 動	$D_6 \geq 20d$	3
	機 動	$D_6 \geq 30d$	6
在鏈輪上工作的標 準鉗接鏈	手 動	$z \geq 5$	4.5
	機 動		8

註：包綑貨物用的、標準的及非標準的鉗接鏈，採用安全係數 $k=6$ 。用在吊鈎、吊環或栓圈上及僅作懸吊貨物但不作包綑用的細繩鏈，安全係數可降低至 $k=5$ 。

用同一表選定最小許用的鏈環鋼條直徑 d 與滾筒或滑輪直徑 D_d 的比例。

疊板關節鏈——起重及牽引用，按照 ГОСТ 191-41 及 ГОСТ 588-41 製造（參看第 2 卷原書 395~401 頁）。

塊狀鏈用在運輸機械上作為牽引機件。在這類鏈條中，可拆式塊狀鏈的應用最廣。

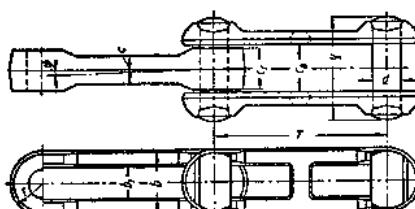
所有這種式樣的鏈條都是由兩種衝壓製成的鋼鏈環——可拆環（外環）及整體環（內環）——所組成。在鏈

環的關節處只有銷軸與內環間發生滑動，這裏具有足夠大的摩擦面。由於銷軸是自由地放在內環之內，而內環與外環之間又存在着相當大的間隙，所以相鄰的鏈環對於鏈條的縱長方向中心線可能發生 $2\sim3^\circ$ 的角度偏差。

表 11 所列是可拆式塊狀鏈的主要尺寸。

屬於特種鏈的有：帶有萬向關節的鏈條、用鋼絲繩索做成鏈環的鏈條及其他等等。

表 11 可拆式塊狀牽引鏈（鏈環是衝製的）的主要尺寸及重量（按照 ГОСТ 589-41）



鏈節 T (公厘)	破壞 載荷 (公斤)	最大的 許用工 作載荷 (公斤)	兩外板 間的距 離 C_B (公厘)	內環頭 部厚度 C_2 (公厘)	內環 厚度 C (公厘)	內環頭部 的外半徑 r (公厘)	鏈條 寬度 b (公厘)	內環的 內寬 b_1 (公厘)	銷軸 直徑 d (公厘)	銷軸 長度 g (公厘)	在關節中心線平 面上鏈環可轉的 角度 Ψ	鏈條的單位 長度重量 (公斤/公尺)
100	12500	1250	27.5	25	16	18.0	36	18	16	58	$2^\circ 35'$	4.9
160	25000	2500	39.5	36	20	26.5	53	27	24	83	$2^\circ 45'$	9.0

牽引鏈按照最大的牽引力來選擇。此力應不超過鏈條的許用工作載荷。

起齒鏈及牽引鏈用的滑輪。

滾筒及鏈輪

鏈條繞過方向滑輪而繞在滾筒上或與齒狀驅動滑輪（鏈輪）的齒相嚙合而工作。

鉗接鏈用的方向滑輪通常是用生鐵鑄造，用以改變鏈條運動的方向。滑輪的工作面做成凹槽的形狀，如圖 6, a 所示。滑輪直徑的大小要根據鏈環鋼條的直徑、鏈條種類及傳動方式從表 10 中選擇。

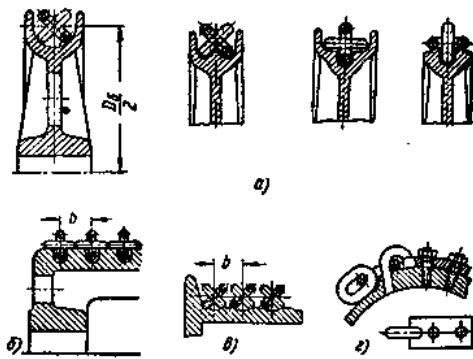


圖 6 鉗接鏈用的滑輪及滾筒的側面圖。

鉗接鏈用的滾筒也是用生鐵鑄造，通常在表面上有螺旋線的凹槽以便安放鏈條的鏈環（圖 6, b 及 c）。為了纏繞鏈條在滾筒上時使鏈環能順利地進入凹槽和放下鏈條時能順利地離開滾筒，凹槽的寬度必須比鏈環鋼條大 $2\sim3$ 公厘左右。設 B 為鏈環的寬度，則圖 6, b 所示螺旋槽的節距為

$$b = B + (3\sim6) \text{ 公厘。} \quad (12a)$$

圖 6, b 滾筒側面的螺旋槽的節距為

$$b = (B - d) \cos 45^\circ + d + 5 \text{ 公厘。} \quad (13)$$

滾筒直徑和滑輪直徑同樣由表 10 的比例來決定。滾筒的長度為

$$l = (n + n_{san}) b = \left(\frac{L}{\pi D_d} + n_{san} \right) b \text{ 公尺,} \quad (14)$$

式中 D_d —— 滾筒直徑（公尺）； L —— 鏈在滾筒上的鏈條的長度（公尺）； n —— 鏈條繞在滾筒上的圈數； $n_{san} \geq 1.5$ —— 備備圈數； b —— 螺旋槽的節距（公厘）。

圖 6, c 表示用一耳環將鏈條末端固定在滾筒上的方法。標準鉗接鏈用的鏈輪（主動的齒狀滑輪）（圖 7）可以傳遞運動到鏈條上。鏈輪和滾筒的作用不同：並不將鏈條捲在表面上，而是在工作時，鏈輪的齒將受力一面的鏈環抓起而又將不受力一面的鏈環放下。在鉛垂

平面內的鏈環是自由地放在鏈輪上的圓環形凹槽中，與鏈輪中心平行的鏈環則放在一特殊的凹坑內。由於輪齒(相鄰兩凹坑之間的凸出部分)的作用，將牽引力傳給這些鏈環。鏈輪通常是放在一個特殊的罩中，可以導正鏈條的運動方向，並消除鏈條從側面滑脫的可能性。

鏈輪節圓(在凹坑中的鏈環橫截面中心所在之圓)的半徑由下式計算

$$R_s = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{T}{\sin \frac{90^\circ}{z}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos \frac{90^\circ}{z}}\right)^2} \text{ 公厘,} \quad (15)$$

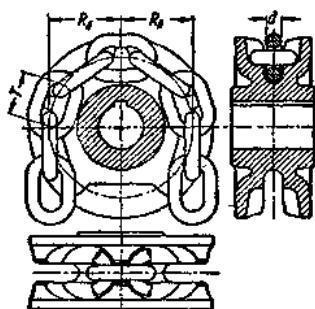


圖 7 標準鉤接鏈的鏈輪。

式中 T —鏈的節距(公厘); z —星輪齒數; d —鏈環鋼條的直徑(公厘)。

鏈輪的最少齒數可用 $z=5 \sim 6$ 。當 $z \geq 8$ 及 $d \leq 16$ 公厘時，用下式計算鏈輪的半徑亦可足夠準確

$$R_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{T}{\sin \frac{90^\circ}{z}} \text{ 公厘.} \quad (16)$$

起重的臺板鏈輪用的鏈輪由鋼料製成，輪齒是銑製的。最少的齒數用8。當齒數不多時，鏈輪則與軸鑄成整體。為了保證工作時的安全，可將鏈輪安置在方向罩中。

鏈輪輪齒的結構，可參看第2卷原書397~400頁。

吊鉤及吊環

起重吊鉤用在起重機上吊掛物品，吊鉤直接連於繩索上，或者掛在滑車軛上。

吊鉤用3號及15號鋼料鑄製或用衝製的鋼板疊合而成。按照鍋爐管理規範，鑄鐵吊鉤禁止使用。

鑄製的吊鉤分為單鉤和雙鉤兩種，用在起重能力大的機構上，其各部主要尺寸列於表12中。臺板式吊鉤也同樣分為這兩種(表13)，也用在起重能力很大的

機構上(在35噸以上)。這種吊鉤大多數用來吊運鑄工起重機的傾注斗。

為了預防掛在吊鉤上的繩索或鏈條隨意脫落，有時將吊鉤的口部用壓製的保險片封閉(圖8)；這種裝置也可防止吊鉤偶然鉤着一些靠近起重機工作地點的靜止物體。

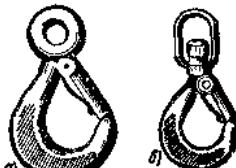


圖 8 帶有保險片的吊鉤。

當吊運一些特別重的物品時(在100噸以上)，就要改用吊環(栓環)。吊環可以是整件鑄製的(用整塊金屬鑄成)，如圖9,a所示，或是鉸鏈式的(由單獨部分併合而成)，如圖9,b所示。

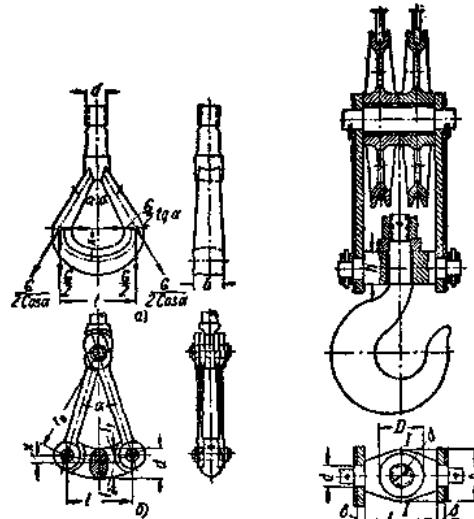


圖 9 起重吊環：

a) 整件鑄製的；b) 鉸鏈式的。

圖10 短鉤用的懸架。

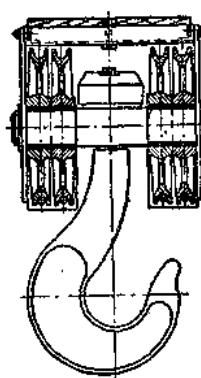
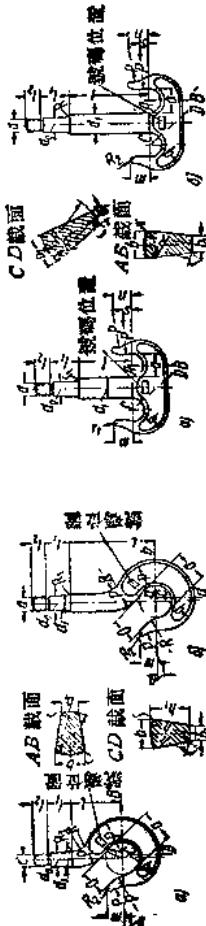


圖11 加長鉤用的懸架。

為了能懸掛在撓性機件上，吊鉤和吊環必須帶有眼圈或在上部的(圓柱形)桿狀部分做成螺紋。在後一種情形中，可用螺母將桿部固定在懸架橫樑上。橫樑本身與滑車軛分開而穿入滑車軛的孔中(如圖10所示，當用短鉤時)，或是將軸加長，兼作滑輪的軸(如圖11所示，當用加長鉤時)。

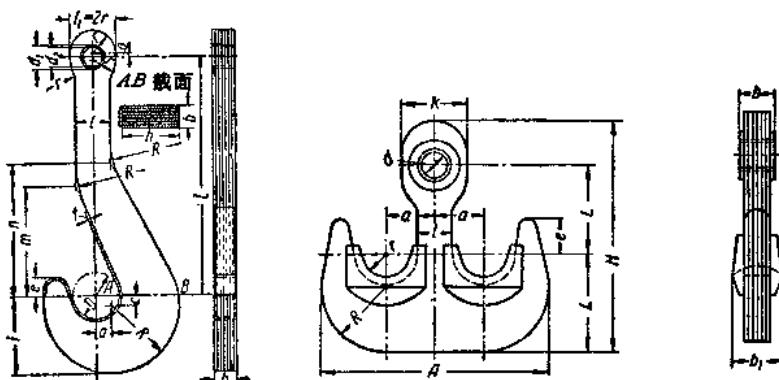
為了保證吊鉤或吊環在負載時易於轉動，可採用如圖12

表112 鋼製的單鉤及雙鉤



吊鉤種類 起重量 (噸)	吊鉤 尺寸 d	各部尺寸(公厘)										估量 上的重量 (公斤)														
		b	b_1	b_2	d_0	d	d_1	h	h_1	h_2	L_1	L_2	$短鉤$	$加長鉤$	t	m	n	σ	ρ	q	r	R	R_1	R_2	R_3	S
手動機構用 的單鉤 (按照 OCT 2023-40)	0.25 0.50 1.00 2.00 3.00 5.00 7.50	30 35 45 50 60 80 90	18 24 32 50 60 80 90	12 16 22 28 34 40 50	6 8 11 14 17 20 25	12 16 20 32 40 48 60	16 20 25 32 40 50 60	23 30 32 50 60 80 90	19 24 24 48 60 125 145	45 55 75 100 125 145 160	— — — — — — —	17 24 34 45 55 65 75	— — — — — — —	13 17 21 26 30 40 45	20 25 30 35 45 55 65	24 25 30 35 40 50 65	32 39 51 60 66 73 80	3 3 4 6 6 8 8	15 18 23 26 30 37 45	2.5 3.5 4.0 5.0 5.5 7.5 9	— — — — — — —	0.25 0.40 1.20 2.00 3.50 4.00 12.00	— — — — — — —	— — — — — — —		
機動機構用 的單鉤 (按照 OCT 2023-40)	0.50 1.00 1.50 2.00 3.00 5.00 7.50 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 40.00 50.00 75.00	40 50 60 70 80 95 110 130 150 175 200 225 250 275 300 330	22 28 35 45 55 65 75 90 105 120 135 150 175 195 215 240 270 300 330	9 11 14 18 22 26 30 36 42 54 62 70 78 86 92 105 120 135 150 170 180 190 210 235 250 275 300 325 350 375 400 425 450 475 500 525 550 575 600 625 650 675 700 725 750 775 800 825 850 875 900 925 950 975 1000 1025 1050 1075 1100 1125 1150 1175 1200 1225 1250 1275 1300 1325 1350 1375 1400 1425 1450 1475 1500 1525 1550 1575 1600 1625 1650 1675 1700 1725 1750 1775 1800 1825 1850 1875 1900 1925 1950 1975 2000 2025 2050 2075 2100 2125 2150 2175 2200 2225 2250 2275 2300 2325 2350 2375 2400 2425 2450 2475 2500 2525 2550 2575 2600 2625 2650 2675 2700 2725 2750 2775 2800 2825 2850 2875 2900 2925 2950 2975 3000 3025 3050 3075 3100 3125 3150 3175 3200 3225 3250 3275 3300 3325 3350 3375 3400 3425 3450 3475 3500 3525 3550 3575 3600 3625 3650 3675 3700 3725 3750 3775 3800 3825 3850 3875 3900 3925 3950 3975 4000 4025 4050 4075 4100 4125 4150 4175 4200 4225 4250 4275 4300 4325 4350 4375 4400 4425 4450 4475 4500 4525 4550 4575 4600 4625 4650 4675 4700 4725 4750 4775 4800 4825 4850 4875 4900 4925 4950 4975 5000 5025 5050 5075 5100 5125 5150 5175 5200 5225 5250 5275 5300 5325 5350 5375 5400 5425 5450 5475 5500 5525 5550 5575 5600 5625 5650 5675 5700 5725 5750 5775 5800 5825 5850 5875 5900 5925 5950 5975 6000 6025 6050 6075 6100 6125 6150 6175 6200 6225 6250 6275 6300 6325 6350 6375 6400 6425 6450 6475 6500 6525 6550 6575 6600 6625 6650 6675 6700 6725 6750 6775 6800 6825 6850 6875 6900 6925 6950 6975 7000 7025 7050 7075 7100 7125 7150 7175 7200 7225 7250 7275 7300 7325 7350 7375 7400 7425 7450 7475 7500 7525 7550 7575 7600 7625 7650 7675 7700 7725 7750 7775 7800 7825 7850 7875 7900 7925 7950 7975 8000 8025 8050 8075 8100 8125 8150 8175 8200 8225 8250 8275 8300 8325 8350 8375 8400 8425 8450 8475 8500 8525 8550 8575 8600 8625 8650 8675 8700 8725 8750 8775 8800 8825 8850 8875 8900 8925 8950 8975 9000 9025 9050 9075 9100 9125 9150 9175 9200 9225 9250 9275 9300 9325 9350 9375 9400 9425 9450 9475 9500 9525 9550 9575 9600 9625 9650 9675 9700 9725 9750 9775 9800 9825 9850 9875 9900 9925 9950 9975 10000 10025 10050 10075 10100 10125 10150 10175 10200 10225 10250 10275 10300 10325 10350 10375 10400 10425 10450 10475 10500 10525 10550 10575 10600 10625 10650 10675 10700 10725 10750 10775 10800 10825 10850 10875 10900 10925 10950 10975 11000 11025 11050 11075 11100 11125 11150 11175 11200 11225 11250 11275 11300 11325 11350 11375 11400 11425 11450 11475 11500 11525 11550 11575 11600 11625 11650 11675 11700 11725 11750 11775 11800 11825 11850 11875 11900 11925 11950 11975 12000 12025 12050 12075 12100 12125 12150 12175 12200 12225 12250 12275 12300 12325 12350 12375 12400 12425 12450 12475 12500 12525 12550 12575 12600 12625 12650 12675 12700 12725 12750 12775 12800 12825 12850 12875 12900 12925 12950 12975 13000 13025 13050 13075 13100 13125 13150 13175 13200 13225 13250 13275 13300 13325 13350 13375 13400 13425 13450 13475 13500 13525 13550 13575 13600 13625 13650 13675 13700 13725 13750 13775 13800 13825 13850 13875 13900 13925 13950 13975 14000 14025 14050 14075 14100 14125 14150 14175 14200 14225 14250 14275 14300 14325 14350 14375 14400 14425 14450 14475 14500 14525 14550 14575 14600 14625 14650 14675 14700 14725 14750 14775 14800 14825 14850 14875 14900 14925 14950 14975 15000 15025 15050 15075 15100 15125 15150 15175 15200 15225 15250 15275 15300 15325 15350 15375 15400 15425 15450 15475 15500 15525 15550 15575 15600 15625 15650 15675 15700 15725 15750 15775 15800 15825 15850 15875 15900 15925 15950 15975 16000 16025 16050 16075 16100 16125 16150 16175 16200 16225 16250 16275 16300 16325 16350 16375 16400 16425 16450 16475 16500 16525 16550 16575 16600 16625 16650 16675 16700 16725 16750 16775 16800 16825 16850 16875 16900 16925 16950 16975 17000 17025 17050 17075 17100 17125 17150 17175 17200 17225 17250 17275 17300 17325 17350 17375 17400 17425 17450 17475 17500 17525 17550 17575 17600 17625 17650 17675 17700 17725 17750 17775 17800 17825 17850 17875 17900 17925 17950 17975 18000 18025 18050 18075 18100 18125 18150 18175 18200 18225 18250 18275 18300 18325 18350 18375 18400 18425 18450 18475 18500 18525 18550 18575 18600 18625 18650 18675 18700 18725 18750 18775 18800 18825 18850 18875 18900 18925 18950 18975 19000 19025 19050 19075 19100 19125 19150 19175 19200 19225 19250 19275 19300 19325 19350 19375 19400 19425 19450 19475 19500 19525 19550 19575 19600 19625 19650 19675 19700 19725 19750 19775 19800 19825 19850 19875 19900 19925 19950 19975 20000 20025 20050 20075 20100 20125 20150 20175 20200 20225 20250 20275 20300 20325 20350 20375 20400 20425 20450 20475 20500 20525 20550 20575 20600 20625 20650 20675 20700 20725 20750 20775 20800 20825 20850 20875 20900 20925 20950 20975 21000 21025 21050 21075 21100 21125 21150 21175 21200 21225 21250 21275 21300 21325 21350 21375 21400 21425 21450 21475 21500 21525 21550 21575 21600 21625 21650 21675 21700 21725 21750 21775 21800 21825 21850 21875 21900 21925 21950 21975 22000 22025 22050 22075 22100 22125 22150 22175 22200 22225 22250 22275 22300 22325 22350 22375 22400 22425 22450 22475 22500 22525 22550 22575 22600 22625 22650 22675 22700 22725 22750 22775 22800 22825 22850 22875 22900 22925 22950 22975 23000 23025 23050 23075 23100 23125 23150 23175 23200 23225 23250 23275 23300 23325 23350 23375 23400 23425 23450 23475 23500 23525 23550 23575 23600 23625 23650 23675 23700 23725 23750 23775 23800 23825 23850 23875 23900 23925 23950 23975 24000 24025 24050 24075 24100 24125 24150 24175 24200 24225 24250 24275 24300 24325 24350 24375 24400 24425 24450 24475 24500 24525 24550 24575 24600 24625 24650 24675 24700 24725 24750 24775 24800 24825 24850 24875 24900 24925 24950 24975 25000 25025 25050 25075 25100 25125 25150 25175 25200 25225 25250 25275 25300 25325 25350 25375 25400 25425 25450 25475 25500 25525 25550 25575 25600 25625 25650 25675 25700 25725 25750 25775 25800 25825 25850 25875 25900 25925 25950 25975 26000 26025 26050 26075 26100 26125 26150 26175 26200 26225 26250 26275 26300 26325 26350 26375 26400 26425 26450 26475 26500 26525 26550 26575 26600 26625 26650 26675 26700 26725 26750 26775 26800 26825 26850 26875 26900 26925 26950 26975 27000 27025 27050 27075 27100 27125 27150 27175 27200 27225 27250 27275 27300 27325 27350 27375 27400 27425 27450 27475 27500 27525 27550 27575 27600 27625 27650 27675 27700 27725 27750 27775 27800 27825 27850 27875 27900 27925 27950 27975 28000 28025 28050 28075 28100 28125 28150 28175 28200 28225 28250 28275 28300 28325 28350 28375 28400 28425 28450 28475 28500 28525 28550 28575 28600 28625 28650 28675 28700 28725 28750 28775 28800 28825 28850 28875 28900 28925 28950 28975 29000 29025 29050 29075 29100 29125 29150 29175 29200 29225 29250 29275 29300 29325 29350 29375 29400 29425 29450 29475 29500 29525 29550 29575 29600 29625 29650 29675 29700 29725 29750 29775 29800 29825 29850 29875 29900 29925 29950 29975 30000 30025 30050 30075 30100 30125 30150 30175 30200 30225 30250 30275 30300 30325 30350 30375 30400 30425 30450 30475 30500 30525 30550 30575 30600 30625 30650 30675 30700 30725 30750 30775 30800 30825 30850 30875 30900 30925 30950 30975 31000 31025 31050 31075 31100 31125 31150 31175 31200 31225 31250 31275 31300 31325 31350 31375 31400 31425 31450 31475 31500 31525 31550 31575 31600 31625 31650 31675 31700 31725 31750 31775 31800 31825 31850 31875 31900 31925 31950 31975 32000 32025 32050 32075 32100 32125 32150 32175 32200 32225 32250 32275 32300 32325 32350 32375 32400 32425 32450 32475 32500 32525 32550 32575 32600 32625 32650 32675 32700 32725 32750 32775 32800 32825 32850 32875 32900 32925 32950 32975 33000 33025 33050 33075 33100 33125 33150 33175 33200 33225 33250 33275 33300 33325 33350 33375 33400 33425 33450 33475 33500 33525 33550 33575 33600 33625 33650 33675 33700 33725 33750 33775 33800 33825 33850 33875 33900 33925 33950 33975 34000 34025 34050 34075 34100 34125 34150 34175 34200 34225 34250 34275 34300 34325 34350 34375 34400 34425 34450 34475 34500 34525 34550 34575 34600 34625 34650 34675 34700 34725 34750 34775 34800 34825 34850 34875 34900 34925 34950 34975 35000 35025 35050 35075 35100 35125 35150 35175 35200 35225 35250 35275 35300 35325 35350 35375 35400 35425 35450 35475 35500 35525 35550 35575 35600 35625 35650 35675 35700 35725 35750 35775 35800 35825 35850 35875 35900 35925 35950 35975 36000 36025 36050 36075 36100 3612																						

表13 叠板式單鉤及雙鉤



吊鉤 種類	吊鉤 起重 能力 (噸)	各部尺寸(公厘)																		吊鉤 重量 (公斤)			
		a	A	b	b ₁	c	d	d ₁	D	e	f	h	H	i	k	l	L	m	n	o	r	R	
單鉤	37.5	80	—	140	—	25	120	135	260	120	20	340	—	435	—	180	1750	700	770	25	120	800	768
	62.5	115	—	168	—	35	160	180	305	150	26	460	—	560	—	250	2100	800	950	30	160	1000	1551
	87.5	140	—	196	—	70	180	200	390	160	26	540	—	695	—	300	2100	970	1100	40	200	1000	2378
	12.5	150	—	210	—	70	200	220	430	175	26	650	—	805	—	350	2400	1050	1225	50	225	1200	3485
	150.0	240	—	210	—	70	220	250	430	200	26	840	—	915	—	425	2500	1150	1500	60	265	1400	4758
	175.0	240	—	240	—	70	230	260	470	220	26	840	—	935	—	426	2800	1150	1500	70	265	1400	5770
	300.0	375	1300	170	275	—	160	—	—	200	—	—	1300	550	380	200	500	—	—	—	125	375	1138
雙鉤	400.0	315	1400	200	300	—	180	—	—	200	—	—	1400	600	420	230	540	—	—	—	150	385	1550
	450.0	350	1500	220	320	—	200	—	—	200	—	—	1500	650	450	250	575	—	—	—	175	400	1941
	500.0	375	1600	220	320	—	220	—	—	250	—	—	1650	700	500	300	650	—	—	—	175	425	2285
	600.0	400	1800	220	320	—	220	—	—	300	—	—	1800	800	550	300	665	—	—	—	200	500	3025
	700.0	450	2000	240	340	—	250	—	—	300	—	—	2100	900	650	350	800	—	—	—	225	550	4028
	800.0	475	2250	260	360	—	300	—	—	350	—	—	2300	1000	720	400	865	—	—	—	225	550	5683
	900.0	550	2600	260	360	—	320	—	—	400	—	—	2500	1050	750	500	1000	—	—	—	250	750	6442

所示的滾珠軸承裝置。如吊鉤的眼圈太輕而不能使空載的吊鉤自由落下時，可以加添一些附加重量。吊鉤和吊環(栓圈)的強度可計算其危險斷面應力以檢驗。

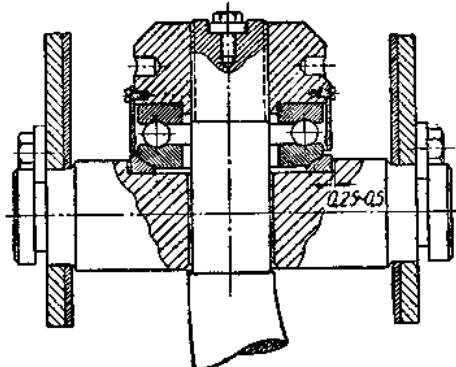


圖12 吊鉤在橫樑上的固定裝置。

設 C ——吊鉤或吊環的名義載荷(計算載荷)(公斤)， F_{AB} ——計算的截面面積(公分²)， r_0 ——沒有變形的吊鉤或沒有變形的吊環的中性軸線的曲率半徑(公分)， l_1 及 l_2 ——自最外層至截面重心的距離(公分)，則

單鉤(圖 13, a)的危險截面 ab 的拉應力及壓縮應力為

$$\sigma_p = \frac{G}{c F_{AB}} \cdot \frac{l_1}{r_0 - l_1} \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2 \quad (17)$$

及 $\sigma_{c*} = \frac{G}{c F_{AB}} \cdot \frac{l_2}{r_0 + l_2} \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2$ ，
(18)

式中 c ——係數，按照截面形狀的不同，用表 14 中的公式計算。同樣，截面 $C-D$ 的拉應力及壓縮應力根據載荷 $\frac{G}{2}$ (公斤)來驗算。這個截面的剪切應力可用下式驗算

$$\tau_{cp} = \frac{G}{2 F_{CD}} \leq 750 \text{ 公斤/公分}^2 \quad (19)$$

吊鉤螺紋部分的應力為

$$\sigma_p = \frac{4G}{\pi d_{bh}^2} \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2, \quad (20)$$

式中 d_{bh} ——螺紋內直徑。

螺母高度可按螺紋的許用單位壓力驗算

$$H = \frac{4GS}{\pi(d^2 - d_{bh}^2)\sigma_{bh}} \text{ 公分}, \quad (21)$$

● 按照鍋爐管理規範，當 $Q \geq 3$ 噸時，必須採用滾珠軸承裝置。

表14 式(17)、(18)、(23)~(26)中係數 c 的值

截面形狀	各符號所代表的意義	計算公式
梯形	b_1 及 b_2 —梯形截面的上底及下底的長度(公分); h —梯形截面的高度(公分)	$c = \frac{2r_0}{(b_1+b_2)h} \left\{ \left[b_2 + \frac{b_1-b_2}{h} (l_2+r) \right] \ln \frac{r_0+l_2}{r_0-l_1} - (b_1-b_2) \right\} - 1$
方形	h —方形截面各邊的長度(公分)	$c = \frac{1}{3} \left(\frac{h}{2r_0} \right)^2 + \frac{1}{5} \left(\frac{h}{2r_0} \right)^4 + \frac{1}{7} \left(\frac{h}{2r_0} \right)^6$
圓形或 橢圓形	d —圓的直徑或橢圓的長軸	$c = \frac{1}{4} \left(\frac{d}{2r_0} \right)^2 + \frac{1}{8} \left(\frac{d}{2r_0} \right)^4 + \frac{5}{64} \left(\frac{d}{2r_0} \right)^6$

式中 S —螺紋節距; d —螺紋桿部外徑(公分); σ_{cs} =150~250公斤/公分²—螺紋許用壓損應力。

疊板式吊鉤在眼圈處(見表13)的應力為

$$\sigma_p = \frac{G}{b(l_1-d)} \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2, \quad (22)$$

雙鉤(圖13, b)危險截面A-B的拉應力及壓縮應力用下列兩式計算

$$\sigma_p = \frac{2}{3} \cdot \frac{G}{F_{AB}} \cdot \frac{\sin(\alpha \times \beta)}{\cos \alpha} \left[1 - \frac{0.5a+l_1}{r_0} \left(1 - \frac{1}{c} \cdot \frac{l_1}{r_0-l_1} \right) \right] \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2; \quad (23)$$

$$\sigma_{cs} = \frac{2}{3} \cdot \frac{G}{F_{AB}} \cdot \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos \alpha} \left[1 - \frac{0.5a-l_1}{r_0} \left(1 + \frac{1}{c} \cdot \frac{l_1}{r_0-l_1} \right) \right] \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2, \quad (24)$$

式中 a —吊鉤口部尺寸(公分); c —係數, 從表14的公式算得; $\alpha \approx 45^\circ$ —鋼絲繩索或鏈條與鉛垂線所成的斜角; β —鉛垂線與危險截面所成的角度。

經過吊鉤口部中心截面C-D(即當 $\beta=0$ 時)的拉應力及壓縮應力為

$$\sigma_p = \frac{2}{3} \cdot \frac{G}{F_{CD}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left[1 - \frac{0.5a+l'_1}{r_0} \left(1 - \frac{1}{c} \cdot \frac{l'_1}{r_0-l'_1} \right) \right] \quad (25)$$

$$\text{及 } \sigma_{cs} = \frac{2}{3} \cdot \frac{G}{F_{CD}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left[1 - \frac{0.5a+l'_1}{r_0} \left(1 + \frac{1}{c} \cdot \frac{l'_1}{r_0-l'_1} \right) \right]. \quad (26)$$

除此以外, 截面C-D還須按照許用剪切應力 $\tau = \frac{2}{3} G$ 公斤/公分²來驗算所受的剪力 $T = \frac{2}{3} G$ 公斤。

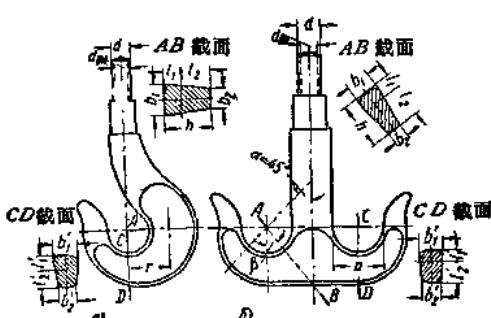


圖13 鍛製的單鉤及雙鉤的計算簡圖。

對於圖9, a 所示的整件鍛製的吊環(栓環)來說, 直桿部分的應力, 也如吊鉤一樣, 用式(22)計算。斜桿部分的應力則為

$$\sigma_p = \frac{G}{2F_{cost}} \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2, \quad (27)$$

式中 a —斜桿與鉛垂線所成的角度; F —桿的最小截面面積(公分²)。吊環橫桿的彎曲應力為

$$\sigma_{us} = \frac{M_{us}}{W} + \frac{G \operatorname{tg} a}{2F}$$

$$= \frac{\frac{G}{2} \left(\frac{l}{2} + x \operatorname{tg} a \right)}{W} + \frac{G \operatorname{tg} a}{2F} \leq 1200 \text{ 公斤/公分}^2, \quad (28)$$

式中 M_{us} —彎曲力矩(公斤·公分); W —截面係數(公分³), l —吊環跨距(按中性軸線度量)(公分); x —自中性軸線至載荷作用的中心(公分)。

圖9, b 所示的鍛鏈式吊環, 其橫桿的應力可按公式計算; 斜桿(拉桿)只按簡單拉伸計算; 而鍛鏈則要按彎曲及剪切計算。

$$\sigma_{us} = \frac{G \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{2F_{AB}} + \frac{\frac{Gl}{2} + \frac{G}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} x}{F_{AB} r_0} \times 1 + \frac{1}{c} \cdot \frac{l_1}{r_0-l_1} \leq 1200 \text{ 公斤/公分}^2. \quad (29)$$

對於吊鉤或吊環的懸架(見圖10)來說, 可用下式驗算橫桿危險截面1-1的應力

$$\sigma_{us} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{Q(l+\delta)}{4}}{\frac{(b-d)h^2}{6}} \leq 1200 \text{ 公斤/公分}^2; \quad (30)$$

橫桿軸的直徑為

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{0.1\sigma_{us}}} = \sqrt[3]{\frac{\frac{Q\delta}{4}}{0.1\sigma_{us}}} \text{ 公分.} \quad (31)$$

軸的壓損應力為

$$\sigma = \frac{G}{2d_1\delta} \leq 200 \sim 250 \text{ 公斤/公分}^2 \quad (32)$$

在滑車輥孔處的拉應力為

$$\sigma_p = \frac{G}{2(b-d)\delta} \leq 1000 \text{ 公斤/公分}^2 \quad (33)$$

止動輪及制動器

止動輪

表 15 棘齒的構造與各部尺寸和掣爪的各部尺寸

公 尺						
m	t	h	a	h_1	α_1	h
6	18.25	4.5	6	6	4	4.5
8	25.13	6.0	8	8	4	6.0
10	31.42	7.5	10	10	5	7.5
12	37.70	9.0	12	12	6	9.0
14	43.98	10.5	14	14	8	10.5
16	50.27	12.0	16	14	8	12.0
18	56.55	13.5	18	16	12	13.5
20	62.83	15.0	20	18	12	15.0
22	69.12	16.5	22	20	14	16.5
24	75.40	18.0	24	20	14	18.0
26	81.68	19.5	26	22	14	19.5
30	94.2	22.5	30	22	16	22.5

註：1. 棘輪齒數 $z=6 \sim 8$ 。

2. 所有棘輪和掣爪所用的圓角半徑： $r=1.5$ 公厘； $r_1=2$ 公厘。

設 M_k ——棘輪軸所受的扭轉力矩(公斤·公分)； P ——圓周力(公斤)； D ——齒頂圓直徑(公分)；

b ——齒寬(公分)； m ——棘輪模數(公分)； $\psi = \frac{b}{m}$ ，對於外面噏合的棘輪，其模數為

$$m = 1.8 \sqrt[3]{\frac{M_k P}{z \cdot \psi \cdot R_b}} \text{ 公分}, \quad (34)$$

內面噏合的棘輪，其模數為

$$m = 1.1 \sqrt[3]{\frac{M_k P}{z \cdot \psi \cdot R_b}} \text{ 公分}. \quad (35)$$

棘齒齒面所受的壓力為

$$P = \frac{2M_k}{D_b} \leq \sigma_{\text{on}} \text{ 公斤/公分}, \quad (36)$$

式中 σ_{on} ——許用單位壓力，可根據棘輪的材料從表 16 選定。

掣爪的危險截面 $a-a$ 及 $j-j$ (圖 14)的應力，可

止動輪——棘輪、摩擦輪及滾輪——用來將已舉起的重載支持在任何一個高度上。止動輪裝置在起重機構的各軸中之一軸上。

棘輪止動輪為外面噏合(用直式或倒式掣爪)(如圖 14)或為內面噏合(如圖 15)。棘輪輪齒和掣爪的構造及各部尺寸如表 15 所列。

表 16

棘 輪 材 料	鑄 鐵	鑄 鋼	3 及 4 級 鋼 鋼
$\psi = \frac{b}{m}$	1.5~3.5	1.5~3.5	1.0~1..
齒面的許用單位壓力 σ (公斤/公分)	100	300	300
棘齒的許用彎曲應力 R_b (公斤/公分 ²)	300	900	1000

若棘爪套筒的寬度為 b_1 公分, P 力作用的力臂為 $l_1 = \frac{b_1}{2} + a$ 公分(圖 14), 則棘爪軸的直徑可用下式求得

$$d = 2.2 \sqrt[3]{\frac{P}{R_b} \left(\frac{b_1}{2} + a \right)} \text{ 公分}, \quad (38)$$

式中 R_b —許用彎曲應力, 棘爪的材料用 3 或 4 號鋼, 可按表 16 選定。

摩擦止動輪僅和制動器一起使用, 其優點是工作平穩安靜, 而缺點是傳送很大的力給與棘爪(偏心輪)的軸和輪樞。

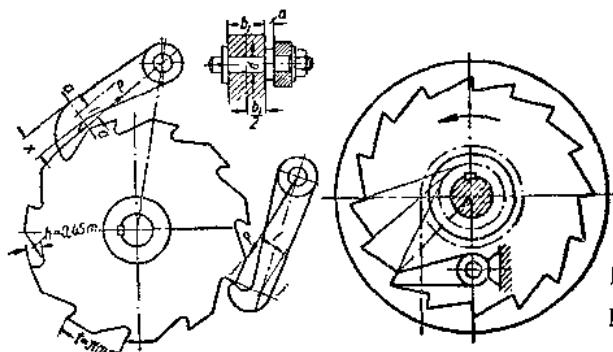


圖14 外面嚙合的棘輪。

圖15 內面嚙合的棘輪。

在起重運輸機械的結構中, 圖 16 所示帶有楔形輪緣及楔形掣爪(偏心輪)的摩擦止動輪是最廣泛應用的(但終究是有限制的)。和這一類止動輪的其他各種構造式樣比較, 這種式樣的止動輪施於掣爪軸的壓力是降低了一些。

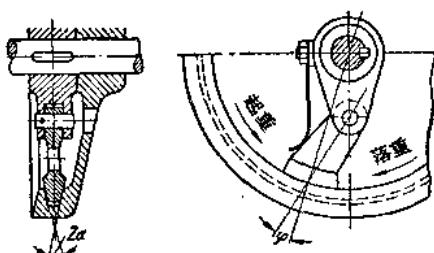


圖16 楔形摩擦止動輪。

為了能將掣爪楔住不動, 就要在楔形輪盤轉動時的法向壓力及摩擦力的合力必須能夠拉住掣爪, 並使之滿足下面的條件

$$\varphi \leq \rho,$$

式中 $\rho = \arctg \mu$ —摩擦角, $\mu \approx 0.1$ —摩擦係數。楔角可用 $2\alpha \approx 45 \sim 50^\circ$; 角 φ 的平均值用 15° 。為了避免作用力施於止動輪的單方面, 最好採用一對掣爪, 使它們的位置各在一直徑的兩端; 因為要承受由掣爪的壓力所產生的載荷, 楔形槽的圓盤要加添一些筋。掣爪

軸所受的壓力為

$$P_1 = \frac{P}{\tan \varphi} \text{ 公斤}, \quad (39)$$

式中 P —圓周力(公斤)。

圖 17 所示的滾子止動輪應用最為廣泛。這種止動輪利用滾子來使轉動停止。滾子 1 是放在盤 2 和盤 3 之間的楔形坑中, 和滾子式聯軸器所用的相像(參看第 2 卷原書 563 頁)。

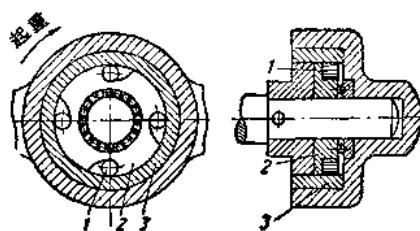


圖17 滾子止動輪。

滾子的材料為經過滲碳及淬火的 15 號鋼, 或用山X15號鋼經淬火後達到硬度 $H_c = 56 \sim 62$ 。許用壓損應力 $\sigma \leq 15000$ 公斤/公分²。

制動器

制動器用作支持已經舉起的重載, 調節落重的速度和在起重機行動或轉動時吸收運動物體的能量。

按照功用的不同, 制動器可分為止動的、落重的及聯合的。按照制動的原理, 又可分為手動及電動操縱(塊式、帶式、圓錐式、圓盤式及多盤式)和自動操縱(重矩式及離心式)兩類。

塊式制動器利用一個或兩個制動塊來制動, 可以在外面或內面接觸。

單塊制動器在制動時, 制動輪盤的軸受到彎曲的力; 這種制動器照例是不用於起重運輸機械的結構上。同理, 內接的雙塊制動器也很少(在起重汽車、載重拖拉機、自動行車等方面)應用。

外接的雙塊制動器——彈簧式(利用彈簧關閉)及重臂式(利用重量關閉)應用最為廣泛。這種制動器的開啓是用電磁鐵(長距的及短距的)或用一套槓桿操縱的機構。

長距電磁鐵的塊式制動器(圖 18), 電磁鐵是和其他機件分開安裝的; 這種連桿機構具有較大的傳動比、較多的鉸鏈接頭和不夠剛性的槓桿結構。這種制動器具有下述一系列的缺點: 在鉸鏈接頭處形成很大的和

- 制動塊用木料或鑄鐵製造。為了減少磨損和提高摩擦係數, 新式制動塊的結構都是用一層石棉裝在工作表面上。

很難調整的間隙，並且鬆開制動器的動作也很緩慢。

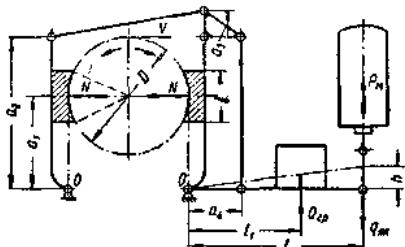


圖18 重臂式雙塊制動器的計算簡圖。

短距電磁鐵的雙塊制動器(表 17)比較完善，通常

將電磁鐵裝在制動器的槓桿上。這種制動器的鉸鏈接頭比較少，而且和長距電磁鐵的制動器不同：它能保證工作可靠和經久耐用，制動時迅速而平穩。

設 D —制動輪盤的直徑(公分)， M —在制動時制動輪軸所承受的扭轉力矩(公斤·公分)，則計算的制動力矩為

$$M_T = \beta M \text{ 公斤·公分} \quad (40)$$

式中 $\beta = 1.75 \sim 2.5$ —安全係數。制動力矩的計算，可參看第十八章‘起重機及其機構的基本計算資料與公式’。

表17 帶有短距電磁鐵的全蘇起重運輸機械製造科學研究所
(ВНИИПТМАШ)雙塊制動器的基本特性

電流	制動輪盤直徑 D (公厘)	制動器的電磁鐵		制動塊的觀片與制動輪盤間的最小間隙 (公厘)	制動器各部尺寸			制動器重量 (公斤)	
		最 小 拉 力 $M_{T\max}$ (公斤)	電 磁 鐵 移 動 距 離 (公厘)		L	B	H		
交流	100	2	4	5.0	0.2	300	115	260	12
	150	7	8	8.0	0.3	390	135	340	20
	200	15	16	9.0	0.5	500	145	420	55
	300	50	39	14.0	0.6	700	220	500	95
	400	110	65	25.0	0.9	1030	300	780	260
	500	200	95	30.0	1.0	1200	300	940	320
直流	100	2	50	1.3	0.2	310	150	260	12
	150	7	130	1.8	0.3	400	210	340	40
	200	15	200	2.0	0.5	480	270	420	65
	300	50	430	2.3	0.6	690	350	600	120
	400	110	710	2.8	0.9	850	435	710	210
	500	200	1030	3.0	1.0	1040	500	850	280

作用在制動輪盤的圓周力為

$$P = \frac{2M_T}{D} \text{ 公斤。} \quad (41)$$

每一制動塊施於輪盤上的壓力，是根據該制動塊所在槓桿的擺動軸的位置而定；也就是每一制動塊所受的圓周力並不相等。為了減少制動器軸的彎曲，必須盡可能地減少兩制動塊壓力間的差異。

重臂式制動器(圖 18)兩槓桿的擺動軸間的距離為 D ，兩制動塊所受的壓力等於

$$N = \frac{P}{2\mu} \text{ 公斤，} \quad (42)$$

式中 μ —摩擦係數，從表 18 取用。

制動器連桿機構的傳動比為

$$i = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \cdot \frac{\alpha_3}{\alpha_4} \cdot \frac{\alpha_4}{l} \quad (43)$$

電磁鐵的拉力為(當制動器槓桿的效率 $\eta = 0.9 \sim 0.95$ 時)

$$P_m = N \cdot i \cdot \frac{1}{\eta} \text{ 公斤} \quad (44)$$

電磁鐵電樞所拉動的距離為

$$h = 1.1 \times 2\lambda \cdot \frac{1}{i} = \frac{2.2\lambda}{i} \text{ 公厘，} \quad (45)$$

式中 $\lambda = (0.5 \sim 1.5)$ 公厘——輪盤與制動塊間的徑向間隙。

制動重量的大小為(當電磁鐵的電樞的重量為 g_m