

起 重 机 手 册

第 一 卷

一般計算、材料、驅動裝置、金屬結構

[苏] A.И.杜克利斯基主編

过玉卿 藍 石譯



机 械 工 业 出 版 社

本手册分三卷出版，内容包括各种类型起重机的计算、结构组成、使用维护以及设计起重装置所必需的知識。

第一卷介绍：计算载荷、许用应力、起重机制造采用的材料、起重机的总体计算、起重机机构的驱动装置、起重机的金属结构及起重机轨道。

本手册供从事起重机设计、使用、研究的工程技术人员使用，也可供大专院校有关专业的学生使用。

本卷的編者

A. A. 阿南涅夫, M. M. 戈赫别尔格, A. И. 杜克利斯基,
A. Г. 兰格, B. C. 馬伊澤里, A. Г. 麦克列尔, B. Ф. 西罗斯基
A. И. Дукельского

СПРАВОЧНИК ПО КРАНАМ

A. A. Ананьев, M. M. Гохберг, A. И. Дукельский,
A. Г. Ланг, B. C. Майзель, A. Г. Меклер,
B. Ф. Сиротский
МАШГИЗ 1961

(根据苏联国立机器制造科技书籍出版社一九六一年版译出)

* * *

起重機手冊

第一卷

一般计算、材料、驱动装置、金属结构

[苏]A. И. 杜克利斯基主编

过玉卿 藍石译

*

机械工业出版社出版 (北京苏州胡同 141 号)

(北京市书刊出版业营业许可登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 850×1168¹/₃₂·印张 14¹⁰/₁₆·插页 4·字数 487 千字

1966年 3 月北京第一版·1966年 3 月北京第一次印刷

印数 0,001—5,100·定价(科六) 2.50 元

*

统一书号: 15033·3760

序 言

本手冊分三卷出版，它包括下列各篇：

第 一 卷

第一篇：材料、計算載荷、許用應力和起重機的總體計算。

第二篇：起重機機構的驅動裝置。

第三篇：金屬結構。

第 二 卷

第四篇：起重機機構的零件和部件。

第五篇：起重機機構。

第 三 卷

第六篇：起重機的性能和構造簡圖。

第七篇：起重機的技术使用和安裝。

由于起重機的类型很多，本手冊的資料采用綜合方式介紹，在機構和金屬結構的相應章節中，按照結構型的特征分類，而不按起重機的类型分類。

鑒于已有機械零件方面的大型手冊，因此對於起重機傳動裝置的零部件只作簡要敘述，但對取決於起重機工作特點的零部件計算給予了特殊重視。

關於起重機機構驅動裝置方面的知識，僅限於從事起重機設計和使用維護的工程技術人員所必需的資料。

金屬結構篇的重量數據只是綜合地引用，因為在起重機性能表中有詳細的指標（第六篇）。

因為至今還沒有規定統一的起重機金屬結構標準計算法，所以本手冊引用了目前實際應用的兩種計算法。

本手冊特別注意與計算載荷及安全系數有關的以及考慮起重設備工作特點的各種問題。同時，以分析法為計算的基礎，最具體地考慮影響零件和結

构的强度和耐久性的因素。

編写本手册时，曾利用起重机制造厂（特别是列宁格勒基洛夫起重运输设备工厂）产品设计科的經驗、高等工业学校、苏联起重运输机械制造科学研究所和苏联建筑和筑路机械制造科学研究所的研究成果以及在工业和运输业方面起重机使用的先进經驗。每卷里都给出苏联和外国参考文献的目录，在正文中用方括号作为参考文献的索引。

A. И. 杜克利斯基

目 次

序言

第一篇 材料、計算載荷、許用应力和起重机的 总体計算

第一章 材料的性能 (A. Г. 兰格)	1
1 金屬結構用鋼	1
2 金屬結構用輕合金	7
3 起重机构零件采用的金屬	9
4 非金屬材料	19
第二章 載荷	22
5 工作类型和載荷計算情况 (A. Г. 兰格)	22
6 重量載荷和工艺性載荷 (A. Г. 兰格)	26
7 風、雪和冰冻的載荷 (A. Г. 兰格)	27
8 由慣性力和鋼絲繩上的物品摆动引起的載荷 (A. И. 杜克 利斯基)	30
9 船舶顛簸引起的載荷 (A. Г. 兰格)	36
10 地震、温度效应和緩冲器冲击引起的載荷 (A. Г. 兰格)	39
11 安裝載荷和运输載荷 (A. Г. 兰格)	39
第三章 强度計算和耐久性計算的一般原理 (A. И. 杜 克利斯基)	42
12 强度計算	42
13 耐久性計算	43
14 安全系数	48
第四章 机构的强度計算和耐久性計算	49
15 机构各环节的載荷分配 (A. И. 杜克利斯基)	49
16 計算載荷和安全系数 (A. И. 杜克利斯基, A. Г. 兰格)	54
第五章 金屬结构的强度計算和耐久性計算 (M. M. 戈	

赫别尔格)	57
17 按照等效载荷和最大载荷的计算	57
18 按照主要载荷和附加载荷进行的计算	67
第六章 起重机的总体计算	73
19 起重机的生产率计算、运动速度和起重量的选择 (A. И. 杜克利斯基, В. Ф. 西罗斯基)	73
20 起重机的稳定性和平稳性 (A. Г. 兰格)	77
21 轨道行走装置的支点压力 (A. И. 杜克利斯基)	83
22 无轨行走装置的支点压力 (A. A. 阿南涅夫)	88
23 效率和摩擦系数 (A. Г. 兰格)	93

第二篇 起重机机构的驱动装置

第一章 电力驱动装置 (A. Г. 麦克列尔)	97
1 起重机的电力驱动装置	97
2 电动机的构造	97
3 三相交流电动机	100
4 直流电动机	131
5 选择电动机的一般原则	149
6 标准电路图	159
7 特种电路图	174
8 电器和特种电气设备	178
9 供电和电能分配	201
10 起重机的照明、信号、通讯和远距离观察	210
第二章 热力、液力、气力及人力驱动装置 (A. A. 阿南涅夫)	211
11 内燃机驱动装置	211
12 蒸汽驱动装置	223
13 液力及气力驱动装置	225
14 人力驱动装置	248
第三章 操纵装置	250
15 杠杆操纵	250

16 液力及气力操纵	253
第三篇 金属结构	
第一章 设计计算的基本指示 (M. M. 戈赫别尔格)	264
1 型材的品种与组成	264
2 连接、接头及支承部分	263
3 受轴向力金属结构构件的计算	284
4 受横向力金属结构构件的计算	297
第二章 桥架 (B. C. 马伊泽里)	320
5 桥式起重机的金属结构	320
6 装卸桥和龙门起重机的金属结构	337
第三章 门桁和塔 (M. M. 戈赫别尔格)	356
7 门座起重机的门桁	356
8 塔式起重机和锤形起重机的塔	368
9 缆索起重机的金属结构	376
第四章 起重臂、柱及桅杆 (M. M. 戈赫别尔格)	382
10 门座起重机及浮游起重机的起重臂和柱	382
11 塔式起重机和锤形起重机的起重臂和柱	397
12 动臂起重机及桅杆起重机的起重臂及桅杆	400
第五章 骨架、转台及行走架 (B. C. 马伊泽里)	404
13 动臂起重机的骨架及转台	404
14 行走架	408
第六章 司机室和机械室 (B. C. 马伊泽里)	415
15 司机室	415
16 机械室	421
第七章 起重机轨道 (B. C. 马伊泽里)	424
17 起重机梁	424
18 地面起重机轨道	431
参考文献	441
符号表(下角字用汉语拼音字母表示的)	451

第一篇 材料、計算載荷、許用 应力和起重机的总体計算

第一章 材料的性能

1 金屬結構用鋼

表1.1 起重機金屬結構用鋼

ГОСТ	牌 号	推 荐 采 用 范 围	价 格 为 Ст. 3кп 价 格的百分数
380-60 A組和B組	Ст. 0, МСт. 0 和 ВСт. 0	制造罩壳、司机室、墙板、护板、 鋪板以及其它用厚 3 mm 以下軋制鋼 板制成的构件	93
380-60 A組和B組	Ст. 2及 МСт. 2кп	用冷冲压、冷卷或冷弯法制成的 构件	115 100
380-60 A組和B 分組	Ст. 3кп及ВСт. 3кп (沸騰鋼)	除溫度在 -20° 以下时工作的以外, 全部輕級、中級和重級工作类型的起 重机焊接結構和鉚接結構	100
380-60 A組和B 分組	Ст. 3 及 ВСт. 3 (鎮靜鋼)	除溫度在 -40° 以下时工作的焊接 結構外, 全部焊接結構和鉚接結構	115 120
380-60 A組	Ст. 4 及 Ст. 4кп	不推荐采用, 它比 Ст. 3 鋼的可焊 性差, 延伸率低	115 100
6713-53	桥梁鋼 Ст. 3	对于鉚接結構无限制	135
	M16 C	对于焊接結構无限制及在特殊低溫 下 (-40° 以下) 工作的結構	160
5058-57	10XСНД(МС-1) 10XСНД(СХЛ-4) 15XСНД(СХЛ-1, НЛ-2)	对于鉚接結構无限制。对于焊接結 构建議設法减少应力集中	218 150
5058-57 1050-60	15XСНД 20	用于鋼管制成的焊接結構	—
5058-57	09Г 2 14Г 2	用于焊接結構和鉚接結構 (这类鋼 在起重機制造业中的应用迄未掌握)	—

起重机金屬結構的主要（計算的）構件應採用平爐鋼。如果在冶煉過程中能保證化學成分不低於平爐鋼，機械性能也不低於平爐鋼（鹼性的轉爐爐衬、氧氣吹風等），也容許採用轉爐鋼。

在按照ГОСТ 380-60 А組訂購Ст. 3 кп和Ст. 3時，在上述ГОСТ標準相應第11項中，應要求彎曲試驗、屈服限、化學成分和沖擊韌性的補充保證。

ГОСТ 5058-57的鋼15XCHД在屈服限較小時，應避免高含鎳量。

表1.2 鉚釘和螺栓的材料、電焊條、電焊絲和焊劑
(根據基洛夫起重運輸設備工廠的資料)

連接構件的鋼號	鉚釘材料的鋼號	承受剪切和拉伸的連接螺栓和螺母的材料牌號	高強度預緊螺栓、螺母和墊圈的材料牌號	焊接種類	
				手工焊	自動焊和半自動焊
Ст. 0				Э42或Э34 ГОСТ 2523-51	—
Ст. 3кп			40 X ГОСТ 4543-48	Э42 ГОСТ 2523-51	08或08A ГОСТ 2246-54
Ст. 3	Ст. 3 ГОСТ 449-41	Ст. 3及Ст. 4 ГОСТ 535-58			ОСЦ-45 АН-348 ФЦ-9
ВСт. 3				—	—
橋梁鋼 Ст. 3				—	—
M16 C			螺母及螺栓淬火到硬度HIB = 297 ~ 302, 墊圈到硬度HIB = 268 ~ 285	Э42A ГОСТ 2523-51	08或082ГA ГОСТ 2246-54 AH-348A 或ОЦ-45
10XCHД 10XCHД 15XCHД	10Г2СД (МК)或09Г2	15XCHД ГОСТ 5058-57		Э50A ГОСТ 2523-51	—

表1.3 金属结构采用的碳素钢的机械性能和化学成分

ГОСТ	钢号	按照轧制件厚度分级的①的 最小屈服限, kg/mm ²			拉伸强度限, kg/mm ²	延 伸 率, %		在下列温度时按供 应状态的最小冲击 韧性, kgm/mm ²	拉伸对称循 环耐久限②, kg/mm ²		
		1	2	3		δ ₁₀	δ ₅			+20°	-20°
										+20°	-20°
	Ст. 0	—	—	—	≥32	18	22	—	—		
	Ст. 2	22	20	19	34~42	26	31	—	—		
380-60	Ст. 3кп	24	22	21	38~47	23~21	27~25	—	12.6		
	Ст. 3	24	23	22	38~47	23~21	27~25	7④10⑤	12.6		
	Ст. 4	26	25	24	42~52	21~19	25~23	8⑤	—		
	桥梁钢										
6713-53	Ст. 3	24	24	24	38	22	26	7④10⑤	3.5④4⑤		
	M16C	23	23	23	38	22	26	—	3.5④4⑤		

- ① 第1级, 厚度在15mm (包括15mm) 以下的异形钢材,
厚度由4mm到20mm (包括20mm) 的钢板;
第2级, 厚度由15mm到20mm (包括20mm) 的异形钢材,
厚度由20mm到40mm (包括40mm) 的钢板;
第3级, 厚度在20mm以上的异形钢材,
厚度由40mm到60mm (包括60mm) 的钢板。

(續)

ГОСТ	鋼 号	元 素 含 量, % ^③					P		S
		C	Si	Mn	不 大 于				
380-60	Ст. 0	≤0.23/≤0.14	—	—	0.070/0.090	0.060/0.070			
	Ст. 2	0.09~0.15/—	≤0.07/—	0.25~0.50/—	0.045/—	0.055/—			
	Ст. 3 ^{кп}	0.14~0.22/≤0.12	≤0.07/≤0.07	0.30~0.60/0.25~0.55	0.045/0.080	0.055/0.060			
	Ст. 3	0.14~0.22/≤0.12	0.12~0.30/0.12~0.35	0.40~0.65/0.25~0.55	0.045/0.080	0.055/0.060			
	Ст. 4	0.18~0.27/0.12~0.20	0.12~0.30/0.12~0.35	0.40~0.70/0.35~0.55	0.045/0.080	0.055/0.060			
6713-53	橋梁鋼								
	Ст. 3	0.14~0.22	0.15~0.30	0.40~0.65	0.050	0.045			
	M16C	0.12~0.20	0.12~0.25	0.40~0.70	0.040	0.040			

② 帶軋制硬皮的光滑試件。

③ 分子的數值指平爐鋼，分母的數值指轉爐鋼。

④ 橫軋的鋼板。

⑤ 縱軋的异形鋼材。

⑥ 僅對 BCт. 3 鋼板而言。

表1.4 金屬結構採用的、符合ГОСТ 1058-57的低合金鋼的機械性能和化學成分

牌 号	軋制厚度 mm	拉伸機械性能(不小于)		拉伸對稱 循環耐久 限 ^① kg/mm ²	元 素 含 量								
		強度限 kg/mm ²	屈服限 kg/mm ²		延 伸 率 $\delta_{10}(\%)$	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S
												不 大 于	
10XГЧД (MC-1)	4~32	54	40	16	19	0.12 ~1.10	0.80 ~1.20	0.30 ~0.50	1.00 ~1.30	0.30 ~0.50	0.040	0.040	
	33~40	51	37	15									
10XГЧД (CXJI-4)	4~32	54	40	16	19	0.12 ~1.10	0.50 ~0.80	0.60 ~0.90	0.50 ~0.80	0.40 ~0.65	0.040	0.040	
	33~40	51	37	15									
15XГЧД (CXJI-1, HJI-2)	4~32	52	35	18	17	0.12 ~0.18	0.40 ~0.70	0.40 ~0.90	0.30 ~0.60	0.20 ~0.40	0.040	0.040	
09Г 2	4~10	46	31	18	—	0.12 ~0.40	1.40 ~1.80	0.30	0.30	0.30	0.040	0.040	
	11~24	45	30										
	25~30	44	30										
14Г 2	4~10	48	34	18	—	0.12 ~0.18	1.20 ~1.60	0.30	0.30	0.30	0.040	0.040	
	11~20	47	33										

① 帶軋制硬皮的光滑試件。

表1.5 英國標準金屬結構用鋼的機械性能〔32〕

標準號	鋼的用途	厚度 mm	拉伸機械性能			附 注
			強度限	屈服限	延伸率	
			kg/mm ²	kg/mm ²	$\delta_{10}(\%)$	
B. S. 15	焊接結構 和鉚接結構	≤20	43.4~	23.7	16	類似ГОСТ 380-60的鋼Ст. 3, 但塑性較低
		>20	51.2	22.9	20	
B. S. 548	鉚接結構	由6至30	58.4~ 66.7	35.7	18	類似ГОСТ 380-60的鋼Ст. 3, 但塑性較低
B. S. 968	焊接結構		51.2~ 66.7	29.5~ 35.7	—	接近于 鋼15XCHД

表1.6 德國標準DIN1622金屬結構用鋼的機械性能

牌 號	名 稱	強 度 限 kg/mm ²	延 伸 率 $\delta_{10}(\%)$	可 焊 性
St. 34.22A	制管鋼板	34~45	20	—
St. 37.22	建築鋼板	37~45	40	僅用于不重要構件
St. 37.22	I號建築鋼板	37~45	20	用于受力構件
St. 42.22	II號建築鋼板	42~50	20	用于特別重要構件
St. 50.22	高強度鋼板	50~60	16	
St. 60.22		60~70	12	
St. 70.22		70~80	10	

附注：指標适用于厚度不小于5 mm的鋼板。

2 金屬結構用輕合金

应用最广泛的輕合金是鋁合金。

鋁合金和鋼比較具有下列特点:

- 1) 除鋁合金与其它金屬接触处 (此时鋁合金是阳极) 易受腐蝕外, 鋁合金不易受腐蝕;
- 2) 有較高的綫膨脹系数, 几乎比鋼高一倍;
- 3) 彈性模数比鋼約低三分之二;
- 4) 鋁合金的冲击韌性在低温时不降低;
- 5) 鋁合金应在保护气体介质中进行焊接;
- 6) 确定鋁合金耐久限的循环基数比鋼的大很多。

表1.7 建筑結構采用的鋁合金[145]

合 金 牌 号		AB	Д16		AMr	AMr6T ^①
应 用 范 围		鉚 接 結 构			焊 接 結 构	
按 ГОСТ 4784-49的 化学成分 (%)	Cu	0.2~0.6	3.8~4.9		—	—
	Mg	0.45~0.90	1.2~1.8		0~2.8	6.0
	Mn	0.15~0.35	0.3~0.9		2.~0.35 ^②	0.6
	Si	0.5~1.2	—		0.15 —	—
軋 材 种 类	所有尺寸 的型鋼	5~10 mm 厚的型鋼	厚度≥ 20mm 的型鋼	鋼 板		
热 处 理	淬 火 及 人工时效	淬 火 及 人工时效	淬 火 及 人工时效	退 火		
合 金 代 号	AB-T1	Д16-T	Д16-T1	AMr-M	AMr6T-M	
强度限, kg/mm ²	33	44	48	19	32	
屈服限, kg/mm ²	28	31	40	8	16	
延伸率, %	12	13	7	23	15	
彈性模数, kg/mm ² :						
第一种	7100	7150	7150	7000	7000	
第二种	2700	2700	2700	2700	2700	
比重, t/m ³	2.7	2.8	2.8	2.67	2.67	
綫膨脹系数, 1/度	23 × 10 ⁻⁶	22 × 10 ⁻⁶	22 × 10 ⁻⁶	24 × 10 ⁻⁶	24 × 10 ⁻⁶	
相对于鋼Cr. 3的价格百分数	約1150	1030~1950 ^③		約1200		

① ГОСТ 沒有規定这种合金的化学成分。

② 可用路代替錳, 数值相同。

③ 与型鋼的型式和厚度(厚度增加, 价格降低)有关。

表1.8 英国[32]和美国[187]起重机金屬結構采用的鋁合金

合 金 牌 号		AW10 (英国)	AW15 (英国)		5083① (美国)
应 用 范 围		铆 接 结 构			焊接結構
化学成分, %	Mg	0.5~1.2	1.2		4.45
	Mn	—	1.0		0.75
	Si	0.8~1.3	1.5		—
	Cu	—	3.5~4.8		—
热 处 理		淬 火 人工时效	淬 火 自然时效	淬 火 人工时效	—
拉伸强度限, kg/mm ²		27.9	34.1~38.8	43.4~49.6	28.2~31②
弹性限, kg/mm ²		23.3	18.6~23.3	35.7~43.4	—
屈服限, kg/mm ²		—	—	—	12.65~21.8②
长50mm試件的延伸率, %		10	15	8	16~12②
比重, t/m ³		2.72	2.72		2.66
弹性模数, kg/cm ²		0.705 × 10 ⁶	0.705 × 10 ⁶		0.725 × 10 ⁶
布氏硬度		90	115	135	—
依氏冲击强度, kg/mm ²		7	16	6	—
单剪强度限, kg/mm ²		21.7	26.4	29.4	—
挤压强度限, kg/mm ²		55.8	80.6	93.0	—
耐久限, kg/mm ²	当 2 × 10 ⁶ 循环时	±13.6	±21.3	±21.7	—
	当 5 × 10 ⁸ 循环时	—	—	—	10.55~16.2②

① 焊接连接的机械性能:

$$\sigma_b = 26.2 \sim 29.6 \text{ kg/mm}^2; \sigma_T = 12 \sim 14.8 \text{ kg/mm}^2; \delta_{50\text{mm}} = 15\%$$

② 决定于热处理。

3 起重机构零件采用的金属

表1.9 机构零件(锻件、轧制件、冲压件)用钢

牌号	用途 (示例)	可焊性	热处理	锻件或轧制件截面 mm	机械性能				来源	附注
					屈服强度 ^② kg/mm ²	延伸率 δ_5 %	收缩率	硬度 HB		
ГОСТ Cr. 0 380-60	由厚3mm以下的钢板制造的机构罩壳; 止推衬套、环、垫圈、减速器及轴承的堵盖以及小承受大载荷的其它零件	良好	—	—	32	—	22	—	—	代用品: Cr. 2, Cr. 3кп, Cr. 3, ГОСТ 380-60
Cr. 3кп 380-60	锻造的轴承和盖, 焊接的衬套, 凸台, 外购的螺栓、螺母和垫圈, 套用钢板冲压的螺母、套环、焊接的卷筒、滑輪	良好	—	≤40 40~100 100~250	38~47	24 22 21	27~25	7~9	110~130	代用品: Cr. 3, ГОСТ 380-60; 鋼20, ГОСТ 1050-60
Cr. 3, 380-60 (镇静钢)	板钩、吊钩悬具的颧板 and 叉子, 焊接罐和卷筒	良好	—	≤40 40~100 100~250	38~47	24 23 22	27~25	7~10	110~130	代用品: 鋼20, ГОСТ 1050-60