

A·B·維尔尼克著

大起重量桥式起重机

中国工业出版社

大起重量桥式起重机

A·B·维尔尼克著

陈绍传 过玉卿译

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国工业出版社

序

目前机器制造业、冶金业、采矿业、火电站及水电站等的重型设备的制造、安装和修理，以及这些设备的重达数百吨的部件和机构的装卸作业，不广泛采用大起重量起重机是不可能的。机器功率的增长，必然引起其重量的增大。例如功率125000千瓦的水轮机的工作叶轮，连同装配在一起的叶片，重量大约有400吨。这台水轮机的转轴重90吨。现代化的轧管机组穿孔机的机架重90吨以上。14立方米步行式挖掘机的转台重150吨以上。

各工业部门所用设备重量和轮廓尺寸的增大，迫使我们制造巨型大跨度罕见的起重机。目前苏联某些工厂已经生产了起升高度32米、起重量250吨、跨度34米的桥式起重机。但这还常常不能满足要求。某些零件或整装部件的轮廓尺寸和重量要求更大起重量的起重机，因此，常采用两台起重机成对工作来解决这个问题。例如，在卡霍夫斯克水电站便采用两台起重机（每台的起重量为250吨）来吊装重达414吨的发电机转子，重物、横梁与攫物装置的总重达480吨。

吊运如此重物的起重机的任务如此繁重，显然它们的部件和机构应该非常牢固、可靠，在工作中不发生故障。起重量由75吨到250吨、轻级和中级工作类型的标准和增高起升高度的这类起重机的主要尺寸和技术特性以及基本要求和它们的最大重量在ГОСТ6711-53已有规定。

大起重量起重机主要是在克拉斯诺雅尔斯克城西伯利亚重型机器制造厂设计和制造的。在拟定这类起重机的零件和部件的规格化原则时，全苏起重运输机械制造科学研究所曾给予工厂以极大的帮助。

本书基本上是根据西伯利亚重型机器制造厂的资料编写的。书中阐述了广泛通用的大起重量桥式起重机的构造及其设计基本原则。但应指出，在设计专用起重机时，由于它们的特点，不能完全采用这里叙述的设计原则、资料、设计和计算方法。为了更全面地介绍部件构造、材料的质量以及实际的工作条件，作者详细了在制造和装配时有严格技术要求的所有部件，同时也介绍了主要参数选择的程序、桥架和小车主要尺寸的确定方法及其强度计算，也引述了某些零件的具体验算程序。本书还叙述了电气设备与控制用电器、起重机电气部份的计算方法、干油集中润滑系统。书中注意到大起重量起重机的生产工艺，并具体叙述了最重要零件的工艺过程；扼要地讨论了大起重量起重机的装车和安装。

作者应向为以下各章提供材料的同志们表示谢意：如第四章的 И·П·郭瓦廖夫斯基工程师，第五章第2节的 М·С·查尔辛工程师及第五章第3节的 И·Ф·基塞列夫工程师以及 И·Т·萨福钦柯工程师和西伯利亚重型机器制造厂的所有积极参与本书编写的工程技术人员。

目

次

序

第一章 大起重量桥式起重机的 设计基本原则和所采用 的材料	1
1. 根据起重机用途和工作类型选 择结构	1
2. 结构可靠性和维护方便	3
3. 零件和部件结构工艺性	4
4. 材料	11
第二章 大起重量起重机的构造	16
1. 桥架金属结构	16
2. 起重机的运行机构	33
3. 小车	47
4. 制动器	76
5. 集中润滑	79
第三章 起重机机构和部件的 计算	89
1. 计算的一般程序	89
2. 小车部件和机构的计算	90
3. 起重机运行机构的计算	130
4. 桥架的计算	145
第四章 电气设备	166
1. 电动机	166
2. 控制设备	169
3. 起重机用电阻	174
4. 制动电磁铁	175
5. 终点开关	177
6. 起重机馈电装置	179
7. 电力线路图	183
第五章 制造起重机零件和部件	

的工艺过程	193
1. 焊接	193
2. 铸造	201
3. 热处理	208
4. 机械加工	211
5. 修整缺陷的方法	220
6. 装配	223
第六章 在铁路敞车上载运超限 的起重机部件	230
1. 选择平车的数目及型式	231
2. 求货物重心的座标	233
3. 货物的迎风面积	234
4. 决定货物在直线轨道上的限 界	234
5. 决定在半径 $R=350$ 米弯道上 货物的限界	235
6. 确定货物在运行时承受的作 用力	237
7. 固定	239
8. 沉重货物的装车	245
第七章 起重机的安装	247
1. 安装前的准备	247
2. 在地面进行的金属结构、机构 及电气设备安装工作	252
3. 将起重机提升和安装到起重机 轨道上	254
4. 在工作地点安装起重机	259
5. 起重机的试验	261
附录	262
参考文献	268

第一章 大起重量桥式起重机的設計

基本原則和所采用的材料

桥式起重机可靠而經久地工作，在很大程度上取决于怎样按照它所服务的主要生产工艺过程来正确地选择它的基本参数和特性。因此，无论是选择桥式起重机，或是設計桥式起重机，都必须充份了解起重机的用途，以及在何种条件下进行工作。下面叙述在設計和制造大起重量桥式起重机时应该遵守的几点基本条件。

1. 根据起重机用途和工作类型选择結構

在着手設計起重机以前，应该完全清楚地了解它的用途，并且首先确定它的工作类型。起重机的工作类型取决于：

- a) 机构的年及昼夜利用率；
- б) 相对接合延續時間 (ΠВ%)；
- в) 周围环境的平均溫度；
- г) 起重机机构的負荷。

設計起重机时，必須遵守国家采矿技术監察委员会法規的全部要求，以及有关起重机設計和制造的国家标准，首先是ГОСТ 6771-53“起重量 75~250 吨的通用电动桥式起重机的主要尺寸和参数”及ГОСТ 7131-54“桥式起重机的技术条件”。

国家采矿技术監察委员会法規規定；全部机械設備、电气設備以及鋼絲繩都应该标示按照表 1 确定的額定工作类型。

表 1 起重机按工作类型及使用条件分类表
(根据国家采矿技术監察委员会的法規)

工作类型	年利用系数即一年中的工作天数除以 365	昼夜利用系数即一昼夜內的工作小时数除以 24	相对接合延續時間 ΠВ%	周围环境的平均溫度
輕級 "Л"	0.25	0.33	15	25
中級 "С"	0.5	0.67	25	25
重級 "Т"	0.75	0.67	40	25
极重級 "BT"	1.0	1.0	40	45

表 1 所列用以划分起重机工作类型的數據是按起重机的主起升机构鑑别的；至于起重机的其余机构也可以选择为其它的工作类型。考虑起重机机构（电动机）为間歇工作的，相对接合延續時間可按下式确定：

$$\Pi В \% = \frac{\sum t}{10}$$

式中 Σt ——在每10分钟循环内的机构总工作时间(分)。

其所以以10分钟(不超过)作为循环时间来确定 $\Pi B\%$ ，是因为起重机的电气设备按重复短暂工作类型考虑，也就是说按工作时期和休息时期相互交替来考虑，通常不用在额定载荷下持续工作。

任何一个用以划分起重机工作类型数据的改变，并不意味着该起重机就换成另一种工作类型。这可由表2 [20] 中的数据显著地说明。

表2 不同工作类型起重机机构的容许利用率

额定工作 类型	平均容许利用率				机构名称及起重机用途	
	载荷利 用率 K_{zp}	时间利用率		$\Pi B\%$		周围环 境的温 度 $^{\circ}C$
		一年的 K_z	一昼夜 的 K_c			
輕級(Л)	1.0	不經常的		15	25	
	0.75	很少工作				
	0.5	0.25	0.33			
	0.25	0.5	0.67			
	0.1	1.0	1.0			
中級(С)	1.0	0.1	0.67	15	25	
	0.75	0.5	0.33	25		
	0.5	0.5	0.67	25		
	0.25	1.0	1.0	40		
	0.1	1.0	1.0	60		

注: $K_{zp} = \frac{\text{平均载荷}}{\text{额定载荷}}$ (按工作班计算);

$$K_z = \frac{\text{工作天数}}{365 \text{天}}; K_c = \frac{\text{工作小时数}}{24 \text{小时}}; \Pi B = \frac{t_{\text{工作}}}{t_{\text{工作}} + t_{\text{休息}}} \times 100\%$$

輕級工作类型的大起重量桥式起重机的特征是不常负载(尤其是以最大载荷)、速度低、时间利用系数低和相对接合延长时间少。这类起重机用于没有必要紧张工作，但是要求确切而平稳移动载荷的场合。它主要用于轧钢车间、水电站和水电站的机器房，以及设备的安装和修理。有时候，这类起重机成对地用来安装大型部件。图1所示为安装水力发电机转子时，两台起重机成对工作的例子。

中級工作类型的大起重量桥式起重机的特征是；与輕級工作类型相比，无论按时间或是按起重量，利用情况都比较紧张，起升和运行的速度较高，相对接合延长时间亦较长。这类起重机用于要求高生产率的情况下。如造船厂、机械制造厂和电机制造厂的机械、装配和锻压车间，以及冶金工厂的轧钢车间，为了修理与安装，都必须用到它们。

大起重量桥式起重机制成标准起升高度的(起重量75吨、100吨和125吨的起重机为20米；150吨的为24米；200吨的为19米；250吨的为16米)和非标准(增高的)起升高度的(起重量75吨、100吨及125吨的起重机为30米；150吨

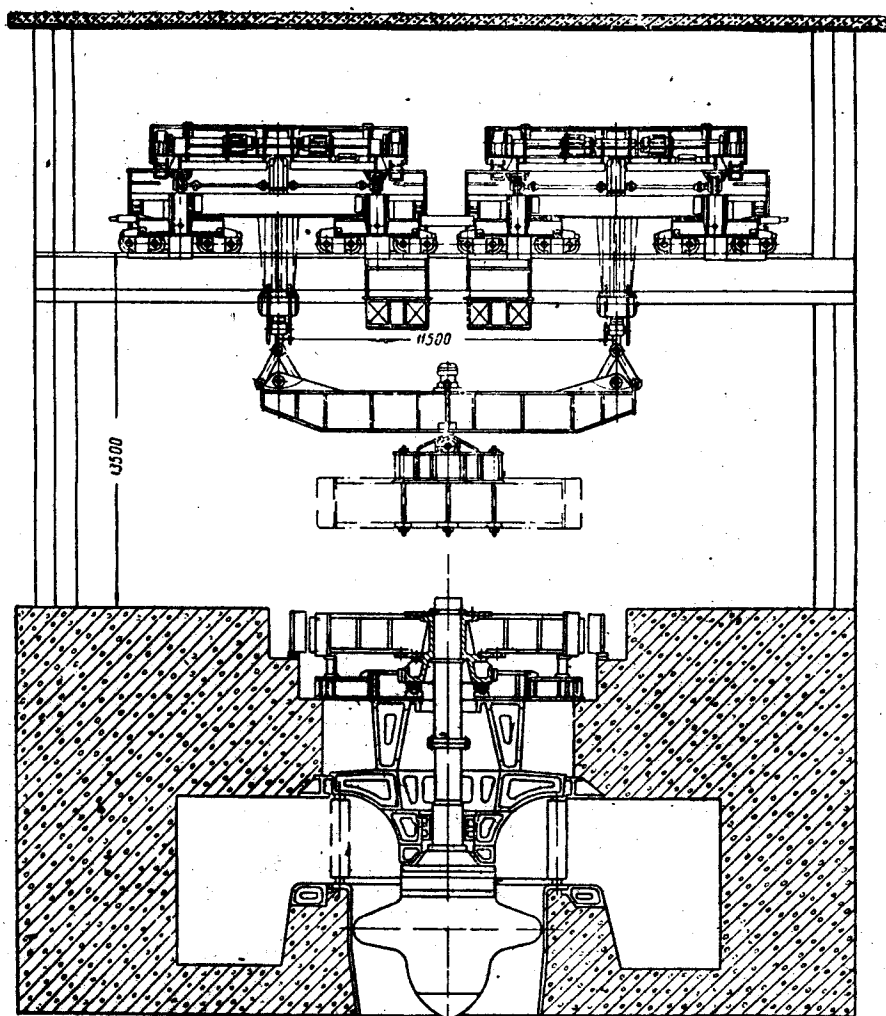


图 1 两台起重机成对吊装大型重物示意图

的、200 吨的及 250 吨的为 32 米^①)。

增高起升高度的起重机，电气设备一次連續工作持續時間超过 10 分钟的循环，应以連續工作的延續時間作为划分起重机工作类型的准則。当电动机以額定功率一次連續工作的持續時間在 30 分钟以下，起重机属于輕級工作类型；从 30 到 60 分钟的，属于中級工作类型。

2. 結構可靠性和維護方便

起重机在滿足下列基本条件下，可以保證可靠地工作：a) 仔細計算起重机的

① 所列出的数字系指主鉤的起升高度；副鉤的起升高度在所有情況下皆增大 2 米。

所有承载零件和部件，计算时，不仅考虑基本的静力和动力载荷，还要考虑附加的静力及动力载荷；б) 选择能保证起重机在长期使用中可靠地工作、能按照零件要求形状制造出没有内外缺陷并具有最小残余应力的材料；в) 采用组裝结构；浸在油池内工作的閉式齿輪传动；按照使用期限选用滚动軸承；采用补偿齿輪联轴节；集中潤滑摩擦部件和其他结构系統；г) 在起重机桥架和小車架上所有机构部件的布置，应保证在使用过程中便于检查和維護；д) 起重机部件和零件结构的工艺性，即应采用可能得到較高制造质量的工艺过程。例如，在设计桥架主梁时，規定必須采用能得到比手工焊接較高焊缝质量的自动焊接^①，优质鑄铁的卷筒结构在金属模中鑄造，使卷筒得到較高的耐磨性、强度和几何尺寸精度（特别是壁厚）。

3. 零件和部件结构工艺性

起重机零件及部件的工艺性基本上取决于在指定的生产規模及装备条件下能否采用現代高生产率制造方法以及是否适合經濟原則。

起重机部件和零件结构的高度工艺性，可用下列方法获得：

1) 广泛采用自动焊接；为此，必須使金属结构特别适合于采用这种先进的高生产率的方法。

2) 将零件或个别构件的最后成形工序放在准备車間，即应采用机器造型、金属模鑄造、薄壳模鑄造和模鍛等。例如，制动器瓦块鑄衬石棉带的表面，以前要经过机械加工，目前由于采用金属模鑄造，使这个零件不必经过机械加工就可得到足够光洁的鑄造表面。走輪和滑輪一类的零件，由于采用薄壳模鑄造，就大大地減少了机械加工量。采用定尺軋材也是一个例子：即桥架主梁的水平板（叫做盖板）采用齐边寬扁鋼制造，可以省去主梁纵向边缘的机械加工。

3) 尽量減少需要人工进行的調整工序和类似的工序。结构应保证能用机械来完成所有的或几乎是所有的制造工序。

4) 仔細按工艺性研究结构，可以查明和消除各种过多的工艺条件。例如对表面光洁度和加工精度的不适当的过高的要求，以及与保证强度有关的某些要求（例如在沒有特别必要的时候为逐个試驗选择試样）。

5) 零件及部件的規格化。

如果我们采用单件生产来制造大批不同的零件，則上面所列举的提高结构工艺性的方法并不能收到什么效果。大起重量的起重机有很多不同的型式和尺寸（ГОСТ 6711-53 規定有 168 种型式尺寸，当需要制造直流电工作的起重机时，此数量还要加倍），使零件分組制造和小批生产的唯一方法是規格化，也就是使各种起重机采用相同的部件和零件。

西伯利亚重型机器制造厂于 1951~1953 年进行了起重机零件及部件结构广泛

^① 特别是在西伯利亚重型机器制造厂里起重机桥架主梁 68% 的焊缝是采用自动焊接的。

規格化的工作。這樣就能在較短時間內提高起重機產量到2.5~3倍，同時顯著地改善了起重機的製造質量。

為了規格化的目的，將通用大起重量起重機的所有品種分為三組：a) 主鉤起重量75、100及125噸，包括標準的及增高起升高度的各種跨度、工作類型、電流類型的起重機；б) 主鉤起重量150、200及250噸，包括具有標準起升高度（相應地為24米、19米、16米以下）的各種跨度、工作類型及電流類型的起重機；в) 主鉤起重量150、200及250噸，包括具有增高起升高度（32米以下）的各種跨度、工作類型及電流類型的起重機。

在每一組中，有一種起重機是基本型式，而所有其餘的都是參照它設計出來的。儘可能不採用任何非規定基本型式的部件和零件。所以在同一組的各種起重機彼此差別非常之小，而且差別只存在於足以降低自重或具有其它足夠充份的條件之下。在不同組的起重機中，也是盡量利用相同的零件和部件。下面幾點理由是建立通用大起重量起重機部件和零件規格化的基礎：

I、起升機構零件的尺寸決定於作用在鋼絲繩上的力及鋼絲繩纏繞到卷筒上的速度。因此，不同的起升機構能否廣泛採用相同部件和零件，取決於不同起重量的小車利用同樣的鋼絲繩的可能性。所有起重機的主起升機構採用32毫米直徑的鋼絲繩，副起升機構採用16毫米及18.5毫米直徑的鋼絲繩。對於不同起重量的起重機可以利用不同的載荷懸掛方案來採用相同的鋼絲繩。例如在起重量75噸的起重機上用8分支鋼絲繩懸掛載荷，在100噸起重機上一12分支，在200噸起重機上一16分支。同時載荷起升速度也相應地改變。利用這個原則，就能提供不同技術特性的起重機主起升和副起升機構的減速器、聯軸節、制動器、軸承、滑輪及其他部件和零件廣泛規格化的可能性。

II、起重機橋架及小車運行機構零件的尺寸取決於走輪的直徑，走輪的直徑又取決於輪壓及小車或起重機的運行速度。因此在這類機構中，採用相同零件和部件的程度，取決於不同的運行機構利用相同走輪的可能性。

上述起重機的所有小車運行機構都採用600毫米直徑一種型式尺寸的走輪；所有起重機的運行機構都採用兩種型式尺寸的走輪：用於軌道頭寬100毫米和120毫米的，但是具有700毫米相同的直徑。改變運行機構減速器的傳動比可得不同的運行速度。這時僅改變減速器的齒輪，所有其他零件，其中包括鑄造的減速器箱體和蓋仍舊不變。對於輕級工作類型的起重機，當需要得到較大的傳動比時，可以在電動機與主減速器之間裝置一個附加的減速器。這樣可對式樣很不相同的運行機構的減速器、聯軸節、軸承箱、平衡梁、傳動軸及其軸承、制動器及其它部件和零件有可能進行規格化。

III、小車車架金屬結構的部件和構件的尺寸和外形取決於起重量及機構在車架上的布置方案。因此，為了使在同一組起重機範圍內不同起重量的小車具有相同的車架，車架上的機構布置必須採用統一的方案。這也要求機構本身的零件實現規格化。不同起重量的小車採用完全相同的車架會引起過多的不適當的金屬消耗，這可

用下面的方法解决：每一组起重机的小車車架全部几何尺寸（承载构件的厚度除外）可以做成完全相同；而承载构件（垂直的和水平的鋼板）的厚度可以根据起重重量取不同的值。

IV、桥架金属结构的构件尺寸及外形，取决于起重机的起重量和跨度以及起重机运行机构的方案。因此对于所有型式起重机的运行机构都采用一种方案；起重重量150吨以下的起重机装置一套机构，对于较大起重量的起重机则用两套相同机构安装在桥架两边。应当指出，从減輕重量的观点看，这种解决办法不是最好的。所有起重机的主梁都可以采用两种盖板寬度，这样就可以省去加工边缘，采用寬度为800及900毫米的齐边扁鋼来制造。垂直的腹板，根据梁的高度，采用四种尺寸：1680、1980、2180毫米和当起重量为200吨及200吨以上、跨度大于31米时—2580毫

米。在此起重重量范围内的所有跨度的起重机桥架纵向主梁的主要构件、横梁（端梁）以及在同组起重机范围内所有跨度和起重重量桥架的走台、扶梯、滑綫支柱、托架和其它輔助装置都可以规格化起来。

表3、4和5列出了西伯利亚重型机器厂的綜合資料，这些資料說明了大起重重量起重机部件和零件规格化的范围 and 方向。

V、最小的重量；起重机经历了漫长的发展和完善的阶段，在这期间，设计师們不间断地、卓著成效地为合理利用金属而努力。

但是，在保持起重机机构通用，并采用标准鋼絲绳的条件下，通过采用更精确的計算方法，选择更合理的承载断面，以及由于采用金

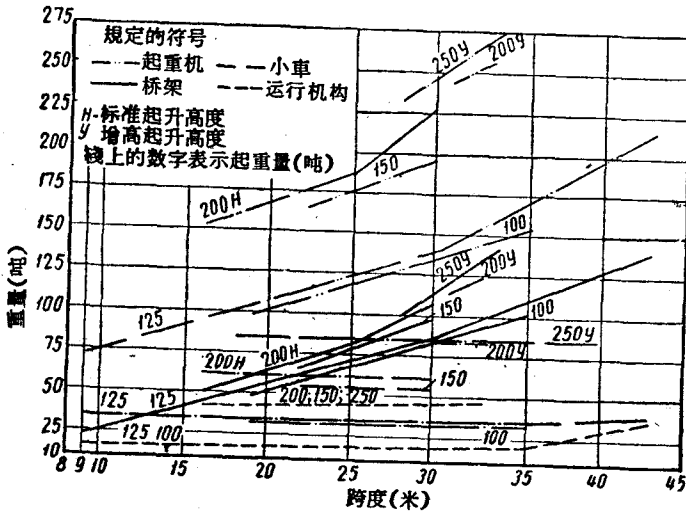


图 2 起重机主要部件的重量与跨度的关系

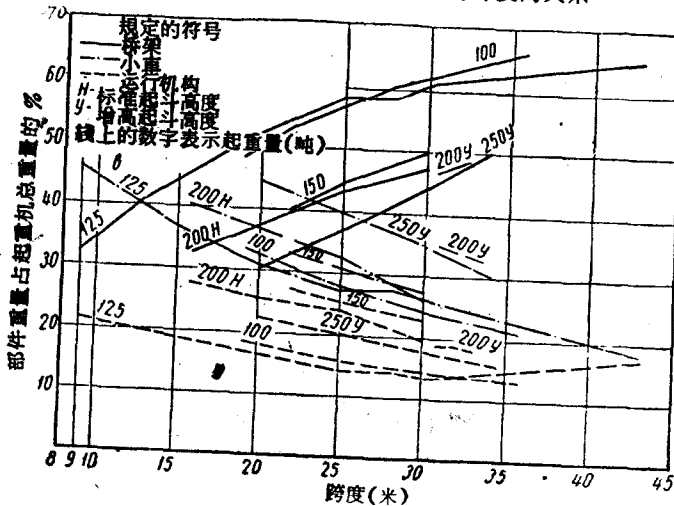


图 3 起重机部件的比重

表 3 由起重機零件及部件广泛规格化确定的大型重量起重机的主要零件的基本尺寸

零件名称及单位	起重量 (吨)		輕級工作类型 IIIB=15%		中級工作类型 IIIB=25%	
	标准起升高度	增高的起升高度	标准起升高度	增高的起升高度	标准起升高度	增高的起升高度
	75 100 125 150 200 250	75 100 125 150 200 250	75 100 125 150 200 250	75 100 125 150 200 250	75 100 125 150 200 250	75 100 125 150 200 250
主起升机构鋼絲繩直徑 (毫米).....	32					
主起升机构卷筒直徑 (毫米).....	1000					
副起升鋼絲繩直徑 (毫米).....	16	18.5	16	18.5	16	18.5
副起升机构卷筒直徑 (毫米).....	500	600	500	600	500	600
小車軌距 (毫米).....	4400	5500	5600	6700	4400	5500
小車軌道	Kp-100					
起重機走輪直徑 (毫米).....	700					
小車走輪直徑 (毫米).....	600					
主起升机构滑輪直徑 (毫米).....	170	220	170	220	170	220
主起升机构滑輪直徑 (毫米).....	800 和 1000					
副起升机构滑輪直徑 (毫米).....	500					
主梁垂直腹板高度 (毫米).....	參看表 11					
主梁水平蓋板寬度 (毫米).....	800 (在个别情况下—900)					
起重機走輪數量 (个).....	8	16	8	16	8	16
小車走輪數量 (个).....	4	8	4	8	4	8
主起升机构鋼絲繩的分支數	8	12	16	20	24	8
副起升机构鋼絲繩的分支數	8	12	16	20	24	8

注: 1. 滑輪及卷筒直徑从槽底算起。
 2. 当跨距为 16 米时, 起重量 150 吨的起重机的走輪數目等于 8。
 3. 对于起重量从 75 到 250 吨带有标准起升高度及增高起升高度的輕級工作类型 (IIIB=15%) 及中級工作类型 (IIIB=25%) 起重機, 其滾動軸承配合处的直徑尺寸为: 起重機走輪軸—170 毫米, 小車走輪軸—130 毫米, 传动軸—140 毫米, 主起升卷筒軸—150 毫米, 副起升卷筒軸—90 毫米, 副起升滑輪軸—80 及 100 毫米。

表 4 西伯利亚重型机器厂设计的大起

部 件 名 称	型式尺寸 数 目	起重量为下列各值时起重机所采用					
		75 吨				100 和	
		輕級工作类型		中級工作类型		輕級工作类型	
		起 升 高 度					
		标准的	增高的	标准的	增高的	标准的	增高的
主平衡梁.....	1	—	—	—	—	—	—
与走輪裝在一起的平衡梁.....	2	I				I	
小車走輪.....	1	I					
主起升和副起升的卷筒裝置.....	11	VI; VII	X; XI	VI; VII	X; XI	VI; VII	X; XI
制動器.....	4	I; II; III		I; II; III; IV		I; II; III	
上滑輪裝置①.....	10	I; IV	I; V	I; IV	I; V	II; IV	I; V
裝配的懸具.....	11	I; II				I; II 或 IV	
減速器.....	5	I; II; III; IV; V		I; II; III; IV; V		I; II; III; IV; V	
齒輪聯軸節.....	8	I—VI		II; V; VI; VII		I—VI	
彈簧緩沖器.....	2	I; II					
傳動軸軸承.....	1						
傳動軸.....	2	根据长度有 9 种结构型式; 可以配					
起升終點開關.....	2						
小車車架.....	8	I	I	I	I	III	IV
小車的干油潤滑系統.....	7	I				I	
小車运行机构干油潤滑系統.....	6②	I; II; III					

① 术语I裝置7意指与所有属于它的零件裝配在一起的部件, 其中包括軸承的支座、机座等。

② 随起重机跨度决定。

重量起重机所采用的主要部件的数据

的部件的型式尺寸类号№

125 吨		150 吨				200 和 250 吨			
中級工作类型		輕級工作类型		中級工作类型		輕級工作类型		中級工作类型	
高度		起 升 高 度				起 升 高 度			
标准的	增高的	标准的	增高的	标准的	增高的	标准的	增高的	标准的	增高的
—	—	I							
		I							
		I							
VI; VII	K; X	I; V	IV; VII	I; V	IV; VII	I; I	II; IV	I; I	II; IV
I; I; II; IV		I; I; II		I; II; IV		I; I; II		I; II; IV	
II; IV	I; V	VI; VII	VI; K	V; VII	VI; K	VI; VII或K	VI; X	VI; VII或K	VI; X
		V; VII	V; VII	V; VII	V; VII	V; VII或K	V; X或II	V; VI或K	V; X或II
I; II; IV; V		I; I; II; V		I; II; V		I; I; II; V		I; II; V	
II; V; VI; VII		I—VII		II; V; VI; VII; VIII		I—VII		II; V; VI; VII	
		I; I							

I

套出适合于标准跨度由 10.5 到 31.5 米所有起重机传动轴

I; I									
I	IV	V	VI	V	VI	VII	VIII	VI	VIII
		II	IV	II	IV	V或VII	VI	V或VII	V
		I; I; VI				IV; V; VI			

表 5 西伯利亚重型机器制造厂采用的大起重重量起重机桥架金属结构
主要零件的综合资料

部 件 名 称	型式尺寸 的 数 目	起重量为下列数值时起重机所采用的零件的型式尺寸									
		75; 100		125		150		200		250	
		起升高度		起升高度		起升高度		起升高度		起升高度	
		标准的	增高的	标准的	增高的	标准的	增高的	标准的	增高的	标准的	增高的
端梁	8	I; III; I; V	I; III; I; V	IV; VI; VI; VII	VII	VIII	VII	VIII			
端梁栏杆門及梯子	8	I; III; I; V	I; III; I; V	IV; VI; VI; VII	VI	VII	VII	VIII			
駕駛室	4	I	I	III	IV						
滑綫支柱 (交流电)	8	I; I; III	I; I; III	I—VI	IV—VII	IV—VII					
滑綫支柱 (直流电)	2	—	—	I	I; I	I					
集电器支架 (交流电)	8	I	I	I; I	III; IV; V; VI	V; VI; VI; VII	V; VI; VI; VII				
集电器支架 (直流电)	3			I	I; III	III					
走台支架	9	I—IV; 数目—随跨度决定									
电动机及制动器底座	2	I 和 I									
緩冲器支架	2	I	I	I; I	I	—	—				
上走台	1	—	—	—	I	I	I				

属模和过渡到机器造型,有可能使得鑄造的规格化零件减小壁厚,进一步減輕起重机的重量。至于更有效的減輕重量应通过創造新的起重机机构的运动方案和新结构,采用低合金鋼的桥架和小車車架,以及采用新结构的鋼絲繩。

減輕重量还可以用下列方法:

1) 減少主起升机构滑輪組的鋼絲繩分支数,为此,需采用更坚固的新结构鋼絲繩。其中双层不松散的 18 股「复合型」(6/6+6+7×7)金属芯鋼絲繩业經試驗証明性能較好。这种鋼絲繩由苏联黑色冶金工业部金属制品工业管理局馬格尼托戈尔斯克(磁山城)冷拉工厂制造。采用这种建議,可以使大起重重量起重机,特别是增高起升高度的起重机。显著地降低小車重量(由 3 吨到 25 吨);減少零件数目,并降低安装起重机的厂房高度。降低厂房的高度依靠大大地減少滑輪的数目,即設計单軸悬具来代替以前所采用的双軸悬具。

2) 金属结构采用低合金鋼(例如 HJ12),其許用应力当計及基本及附加載荷时不是 Ст.3 号鋼的 $R_s=1700$ 公斤/厘米²,而是 $R_s=2200$ 公斤/厘米²。但是必須注意到,不是經常都可以利用鋼的高强度性能的,因为往往受限的数值不是它的强度而是穩度。

3) 利用小車軌道当作承載构件。

大起重重量起重机的重量組成及起重机和部件的重量与跨度的关系示于图 2 和图

4. 材 料

大起重量桥式起重机的零件一般是用普通碳素鋼及鑄鉄制造的，只是对于个别零件，主要是減速器，才采用合金鋼来制造（表6）。

表6 制造大起重量起重机零件所采用的材料

材料名称及牌号	ГОСТ	使 用 范 围
		鑄 件
灰鑄鉄 ЧЧ12-28	1412-54	一般不重要的零件、制动器墜重 滑輪載荷10吨以下，直径到500毫米的鋼絲繩滑輪，卷筒，減速器的箱体及箱蓋，軸承箱及軸承蓋，傳動軸，承受載荷的端蓋（例如在平衡架上），直径到200毫米的制動盤
优质灰鑄鉄 ЧЧ28-48	1412-54	
鋼 35Л1	977-53	平衡架座体、滑輪的軸承箱、軸承座及軸承蓋，卷筒支架，直径大于500毫米的鋼絲繩滑輪、緩沖器，吊鉤頰板，与焊接結構相配的所有鑄造零件
鋼 55ЛП	977-53	直径超过400毫米的齒輪半聯軸節，直径超过350毫米的齒輪輪殼，齒輪（卷筒的齒圈除外），走輪（直径600毫米的小車走輪除外），制動盤
鋼 ХГСЛ.....	专用的 (符合于НКТМ的牌号)	小車走輪（直径600毫米），卷筒齒圈及其它受重載的齒輪
		鍛 件
鋼 Ст.5	380-50 (A組)	傳動軸軸頭，緩沖器頂杆，吊鉤螺帽
鋼 20	1050-52	吊鉤叉子及螺帽，鍛造吊鉤
鋼 35	1050-52	板鉤的衬套
鋼 45	1050-52	直径500毫米以下的齒輪，直径350~400毫米以下輪殼及齒輪半聯軸節，卷筒的轉軸及心軸，平衡架心軸，吊鉤心軸，減速器軸，吊鉤橫梁，制動器軸，滑輪的彈簧環
鋼 40ХН.....	4543-48	受重載荷的走輪及滑輪軸，減速器軸，齒輪及齒輪軸
		彈 簧
鋼 60С2	2052-53	緩沖器的圓柱彈簧
鋼 НП	5047-49	制動器的圓柱彈簧
鋼 П1	5047-49	夾帆布耐油橡皮密封彈簧
		焊 接 結 構
鋼 Cr.0.....	380-50	走台的鋪板，滑線角鋼，隔離的衬套和環，衬墊和壳体零件
鋼 Cr.3.....	380-50 (A組)	連接板，刚性構件；栏杆，導電器結構；底座，壓板，板鉤的銷釘
鋼 Cr.3*	380-50 (A組)	隔板、緩沖器支架，駕駛室及吊簡用的懸挂件，均衡的平衡架零件，小車車架骨架的構件
鋼 Cr.3**或 M16C.....	380-50 (A組) 6713-53	在變載荷條件下工作的金屬結構的重要零件，即： а) 主梁及端梁的垂直腹板及水平蓋板 б) 橋架頭部構件 в) 吊鉤的板片和懸具的側板 г) 起重機成對工作時用的焊接吊梁及取物裝置的結構 д) 焊接平衡架構件（主要的）

轧制钢材 热轧钢材用得最多, 大约占制造起重机所消耗的金属总量的 60~70% (表 7)。热轧钢材作成板材用以制造桥架及小车的金属结构, 它们是起重机的最重要、负载最重的部件。这些部件的计算应该十分精确, 使它的重量最小。

表 7 每台起重机的金属消耗量

毛坯型式	起重机 100 CH-28			起重机 125 CH-22			起重机 150 CH-27			起重机 200 CY-25			起重机 250 CY-33		
	零件 净重 (吨)	金属 消耗 量 (吨)	占总 消耗 量的 百分 数	零件 净重 (吨)	金属消 耗量 (吨)	占总 消耗 量的 百分 数	零件 净重 (吨)	金属 消耗 量 (吨)	占总 消耗 量的 百分 数	零件 净重 (吨)	金属 消耗量 (吨)	占总 消耗 量的 百分 数	零件 净重 (吨)	金属 消耗 量 (吨)	占总 消耗 量的 百分 数
热轧钢材 (主要为板材)	90.7	111.3	67.2												
冷拉钢及钢 轨.....	5.8	6.5	3.9	82.1	101.85	68.4	138.7	177	69.16	133.5	165.3	65.4	204.7	255.3	70.1
管子.....	2.0	2.7	1.6												
黑色金属铸 件.....	25.9	39.2	23.5	25.6	40.0	26.9	43.2	67.2	26.4	44.5	70.6	28	56.6	92.4	25.5
由钢锭制成 的锻件.....	2.0		2.3	1.0	4.5	3	1.85	8.0	3.1	3.0	13.0	5.2	2.3	10.0	2.8
		3.8*													
		6.6**	4												
金属制品及 钢丝绳.....	2.5	2.5	1.5	2.5	2.5	1.7	3.4	3.4	1.34	4.0	4.0	1.4	5.8	5.8	1.6
总计.....	128.9	166.6	100	111.2	148.85	100	187.15	255.6	100	185.0	252.9	100	269.4	363.5	100

注: 例如, 起重机的代号 125CH-22 表示: 电动桥式起重机, 主钩起重量 125 吨, 跨度 $L_k=22$ 米, 中级工作类型 (C), 标准起升高度 (H)。

* 锻件。

** 钢锭。

到目前为止用以制造起重机焊接金属结构的钢材差不多都是 Ст.3 钢, 这种钢具有很高的延伸率和极好的可焊性。所有直接承受并传递外加载荷的金属结构的主要构件, 都应当用由平炉或是电炉冶炼, 符合于 ГОСТ 380-50 A 组的普通 Ст.3 钢来制造。它保证以下的机械性能:

拉伸强度极限 (公斤/毫米²)..... 38~47

延伸率%..... 21~33

屈服限 (公斤/毫米²)..... 24

冷弯曲试验:

钢板厚度在 25 毫米以下—弯曲到两边接触。

钢板厚度超过 25 毫米—围绕在直径等于钢板厚度的棒上。

冲击韧性 (公斤米/厘米²)

钢板厚度从 12 到 25 毫米,

横向试样不小于..... 7

纵向试样不小于.....8

钢板厚度超过25毫米，

纵向试样不小于.....5

鉴于由 Cr.3** 钢制造的部件很重要，所以每一块钢板的质量都应该没有缺陷。然而，即使 Cr.3 钢在证明书上的熔炼数据是令人满意了，但有时也可能发现其中个别钢板的质量不好的现象。这多半是属于这样一些指标，即冲击韧性和冷弯曲。因此，有时对于用来制造最重要部件的钢板须适当地进行逐块试验，最低限度在未能确信试验结果经常与供应者的金属证明书的数据相符合以前应如此试验。而且对于冲击韧性的检验应给予很大的注意。特别是在低温（低于 0 °C）条件下工作的起重机，保证满足这个指标的要求是完全必要的。如所周知，各种起重机的板式吊钩，采用低韧性钢就会招致严重的事故。此外，还应保证钢的化学成份，特别是主要杂质的含量应在下列范围内： $C=0.14\sim0.22\%$ ； $S\leq 0.05\%$ ； $P\leq 0.045\%$ ； $Si=0.12\sim0.22\%$ 。

西伯利亚重型机器制造厂制造的大起重量起重机桥架和小车车架金属结构的一些重要计算零件，都不采用沸腾钢。只允许采用所谓镇静钢或完全消除了有害的缩孔和缩松的镇静熔炼钢^①。

ГОСТ 380-50 规定，用于焊接结构的钢，还应进行焊接性能试验。但是到现在为止，还没有建立统一的标准试验方法及试验规范，因此，在具体情况下，应当进行选择，并与供应者进行协商。

还应当检查试样的裂纹和夹层，这些裂纹和夹层实际上是很少的，但都可能发生。当然，使用有这类缺陷的钢板是完全不允许的。

对于用来制造零件的金属质量的要求，在订购金属时应与供应的工厂作详细而确切地说明。鉴于对用 Cr.3 钢制造的金属结构提出不同的要求，所以某些工厂在厂内利用补充的代号 Cr.3* 和 Cr.3**。此时，假若对于 Cr.3 钢须保证（根据熔炼试验资料）拉伸强度极限和延伸率，则对于 Cr.3* 还应额外地保证屈服限优良的冷弯试验结果、焊接性能和化学成分含量：碳（0.14~0.25%），硫（不大于 0.05%），磷（不大于 0.045%）。而对于 Cr.3** 钢，除上述以外，还要保证冲击韧性和镇静钢中硅的极限含量（0.12~0.22%）。

大起重量起重机的桥架和小车车架的金属结构，当采用厚度达 50 毫米的钢板时，最好采用按照 ГОСТ 6713-53 具有近似的机械性能，但当板厚达 60 毫米（对于 Cr.3 钢规定板厚在 25 毫米以下），仍具有冲击韧性保证值的 M16C 桥梁钢。还规定了它在低温条件工作时的冲击韧性。

减轻起重机重量的强烈要求，迫使起重机制造者换用其它具有较高机械性能的钢。例如，牌号为 HJ2 的低合金钢（ГОСТ 5058-49）就是这类钢。

① 根据 ГОСТ 7131-54 规定，低温（-40°C 或更低）工作的起重机铆接和焊接计算构件必须采用 Cr.3 镇静钢。