

起重机构和起重运输机械 零件的计算

全苏起重运输机器制造科学研究所编



机械工业出版社

起重机构和起重运输机械

零件的计算

全苏起重运输机器制造科学研究所编

汪一麟 陈德健译



机械工业出版社

1960

內 容 簡 介

本书说明起重运输机械的主要机构与零件的近代标准计算方法，以及确定外载荷与安全系数的方法。

本书供工厂和設計部門的工程技术人员使用，也可供机器制造学院及机器制造技术学校高年級的学生使用。

苏联 Всесоюзный научно-исследовательский институт подъемно-транспортного машиностроения (ВНИИТМАШ) 編
'Расчеты крановых механизмов и деталей подъемно-транспортных машин' (Машгиз1957年第一版)

NO. 2648

1960年3月第一版 1960年3月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字数364千字 印張14¹/₁₆ 0,001—2,300册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业許可証出字第008号 定价(11)2.60元

目 次

序言	9
緒論	11

第一篇 起重机构的計算

第一章 外載荷	13
1 概論	13
2 選擇計算載荷的一般指示	15
3 風載荷	15
4 耐久計算時所用的載荷	17
5 效率的估計	22
第二章 安全係數與許用應力的選擇	23
1 概論	23
2 安全係數的選擇	23
3 選擇許用應力時所用的推薦數據	25
第三章 起升機構	26
1 概論	26
2 繩索張力的確定	27
3 繩索的計算	28
4 起升機構運動鏈元件的扭矩與轉數的確定	29
5 機構元件上的計算載荷	31
6 起升機構制動器制動力矩的確定	33
第四章 起重機的運行機構	34
1 計算用的原始數據	34
2 起重機或小車運行阻力的確定	35
3 附着安全係數的校核	38
4 運行機構零件的計算力矩的選擇	39
5 高速傳動軸臨界速度的計算	42
6 制動力矩的確定	43
7 行輪對鋼軌的計算壓力的確定	45

第五章 停止器与制动器	47
1 棘輪停止器	47
2 滾柱停止器	49
3 块式制动器	51
4 带式制动器	62
5 利用載重的重量閉合的自动制动器	73
6 安全搖柄	77
7 調速制动器 (調速器)	78
8 制动电磁鉄的选择	80
9 制动器的发热核算	81
第六章 防爬装置	90
1 計算載荷的选择	90
2 具有載重楔的錯式防爬裝置的計算	90
3 手动的防爬夾鉗	93
第七章 人力驅动装置及机构的人力操纵	94
1 人力驅动装置	94
2 杠杆操纵系統的計算	96
第八章 起重机的旋轉机构	99
1 計算用的主要原始数据	99
2 起重机对其旋轉軸綫旋轉时的总阻力矩的确定	99
3 电动机額定功率的选择	107
4 安全联轴节所傳遞的扭矩的确定	108
5 制动力矩的选择	108
6 計算載荷的选择	109
第九章 臂梁变幅机构	113
1 計算用的主要原始数据	113
2 作用在带柔性象鼻梁牽索的水平移动載重的門 座起重机臂梁裝置元件上的力的确定	114
3 活动对重的重量以及作用在变幅机构上的力和 扭矩的确定扇形齿輪傳动	122
4 作用在带剛性象鼻梁拉杆的水平移动載重的門 座起重机臂梁裝置元件上的力的确定	131
5 作用在带柔性象鼻梁牽索的水平移动載重的浮游	

起重機臂梁裝置上的力的確定	138
6 作用在浮游起重機活動對重裝置上的力的確定	145
7 作用在帶剛性象鼻梁拉杆的水平移動載重的 浮游起重機臂梁裝置上的力的確定	148
8 臂梁裝置的運動學計算速度的確定	152
9 作用在裝備普通臂梁的起重機臂梁裝置元件上的力的確定	160
10 計算臂梁變幅機構元件時用的載荷的選擇	167
11 計算舉例	167
第十章 動臂起重機的穩定性	204
1 概論	204
2 載重穩定性的計算	205
3 運行式動臂起重機自身穩定性的計算	209
4 運行式動臂起重機在載重的切向慣性力作用下的 穩定性計算	212
第十一章 起重機的電氣設備	214
1 電氣設備標準計算的步驟	214
2 靜阻力矩的確定	214
3 電力驅動裝置所屬的標稱工作類型的確定	215
4 確定標稱工作類型舉例	218
5 電動機外形尺寸的初步選擇	219
6 在周圍介質的不同溫度下電動機功率的換算	221
7 在短期工作情況下過熱比值及容許功率比值的確定	222
8 電動機軸上飛輪矩的換算	222
9 飛輪矩的確定及其在電動機軸上的換算舉例	225
10 在電動機運轉狀態下電力驅動裝置加速（起動）時間的確定	228
11 起重機構的計算加速（起動）時間所應滿足的條件	230
12 加速起動合理性的確定	231
13 起動時加速度的計算	232
14 確定驅動裝置的起動時間和加速度舉例	235
15 電動機功率按發熱條件的校核	238
16 按發熱條件計算功率的步驟	239
17 計算起升機構驅動裝置的功率及選擇電動機舉例	242
18 計算大車運行機構的功率及選擇電動機外形尺寸舉例	243

19 計算動臂起重機旋轉機構的功率及選擇電動機舉例	245
20 三相感應電動機的短期過載能力	246
21 確定循環當量功率的方法	248
22 鼠籠式感應電動機的容許起動次數的概算	253
23 操縱系統的選擇	256
24 電動機的基本參數	256
25 三相感應電動機的基本關係及計算中的規定符號	257
26 鼠籠式電動機定子電路中起動電阻的確定	259
27 繞線式三相感應電動機起動電阻的圖解計算	261
28 直流電動機的基本關係及計算中的規定符號	263
29 串激式和復激式電動機起動電阻的圖解計算	264
30 串激式電動機人為特性曲線的計算	266
31 直流電動機人為特性曲線的計算	269
32 電阻的發熱計算	271
33 制動電磁鐵選擇的校核	273
34 導線、滑接線和電纜的電壓損耗計算及發熱計算	274
35 保險絲的選擇	276
36 滑接線、電纜、導線及保險絲的容許載荷表	278
37 照明器功率的確定	282

第二篇 起重運輸機械零件的計算

第十二章 齒輪傳動嚙合	284
1 應用範圍	284
2 輪齒的表面強度計算防止疲勞點蝕計算	286
3 輪齒的彎曲強度計算輪齒的疲勞破壞計算	296
4 計算舉例	304
第十三章 轉軸和心軸	316
1 概論	316
2 初步計算	317
3 最後的強度計算	324
4 最後的剛度計算	344
第十四章 鏈連接	353
1 平鏈	353

2 斜鍵 (嵌入鍵和平座鍵)	355
3. 切向鍵	357
第十五章 多槽联接	358
第十六章 緊配合零件联接	361
第十七章 滚动軸承	368
1 根据工作能力和使用期限選擇滚动軸承	368
2 根据产品目录選擇軸承	371
3 在工作类型变动时軸承的選擇	372
4 特殊軸承工作能力的确定	374
5 軸承靜載容量的确定	375
6 止推軸承和徑向軸承接面积上挤压应力的确定	376
7 摩擦損失	379
第十八章 滑动軸承	380
第十九章 联轴节	382
1 齿形联轴节	382
2 彈性联轴节	384
3 圆盘联轴节	385
4 十字沟槽联轴节	386
5 具有夹布塑料衬垫的十字沟槽联轴节	387
6 牙嵌式联轴节 (离合器)	388
第二十章 行輪和滾輪	390
1 金屬和塑料行輪輪緣的計算	390
2 具有橡胶輪緣和織成輪緣的輪子計算	393
第二十一章 起重吊鈎和吊环	394
1 鍛制的单鈎	395
2 鍛制的双鈎	398
3 鑄工起重机的叠板式单鈎	399
4 叠板式双鈎	400
5 吊环	402
第二十二章 彈簧	404
1 彈簧材料	404
2 压一拉彈簧	404

3 組合彈簧.....	408
4 扭轉彈簧.....	412
5 計算舉例.....	414
第廿三章 鉚釘联接	417
1 鉚釘的排列.....	417
2 許用應力.....	418
3 根據力的計算.....	419
4 根據面積的計算.....	420
5 承受彎曲的鉚釘联接中鉚釘強度的計算.....	421
6 垂直板上的鉚釘根據面積的計算.....	423
7 計算舉例.....	423
第廿四章 焊接	424
1 許用應力.....	424
2 對焊.....	427
3 搭焊.....	428
4 正交焊.....	431
5 承受彎曲的焊接最簡單的情形.....	434
6 計算舉例.....	436
第廿五章 三角皮帶傳動	441
1 三角皮帶傳動的計算.....	442
2 計算舉例.....	448
附 录.....	454

序 言

由于在起重运输机械的计算方面缺少统一的材料，在设计新机器时以及在改装和验算现有的设备时就发生了一些困难。

机器零件计算方法的多样性常使设计师迷失方向，并且常使在同样条件和同样载荷下工作但由不同工厂造出的同类一些零件在尺寸上彼此不同，而且有时在其他指标上也彼此不同。

苏联国家锅炉及起重装置检查局根据全苏起重运输机器制造科学研究所的材料在1942~1943年编制的[计算和设计起重机的基本资料]已不合时宜，而且也没有包括许多重要问题。

苏联机器制造业特别是在最近几年的飞速发展，需要定出起重运输机械统一的计算方法，以便加强这门技术课程和进一步改善这类机器的制造。

为了要在设计局和制造起重运输设备的工厂中推广统一的先进计算方法，全苏起重运输机器制造科学研究所就出版了[起重机构与起重运输机械零件的计算]这本书。

本书分两篇：第一篇是[起重机构的计算]，第二篇是[起重运输机械主要零件的计算]。

本书是根据苏联主要的起重机制造厂和从事该方面工作的机关的经验编写的。

本书的作者如下：第一篇由技术科学副博士Г. М. 尼柯拉叶夫斯基主编，第一、二、四章——技术科学副博士Г. М. 尼柯拉叶夫斯基；第三、五、六、七章——技术科学副博士М. П. 阿列克桑德罗夫；第八、九、十章——技术科学副博士И. П. 阿克谢诺夫；第十一章——技术科学副博士А. Г. 密克列尔；第二篇由技术科学副博士И. О. 斯比崔娜主编；第十二、十七章——技术科学副博士И. О. 斯比崔娜；第二十一、二十二、二十三、二十四、二

十五章——工程师 З. М. 淑黎娜；第十三、十四、十五、十六章——工程师 Г. Н. 沃罗勃柯夫；第十八章——技术科学副博士 И. И. 伊万施柯夫；第二十章——技术科学副博士 И. И. 伊万施柯夫和技术科学副博士 Г. М. 尼柯拉叶夫斯基；第十九章——技术科学副博士 В. С. 波耳柯夫尼柯夫。

第二篇的第十三、十四、十五和第十六章是經工程师 П. А. 庫德利雅夫采夫校閱过的，第二十三和二十四章是經技术科学副博士 П. Е. 鮑古斯拉夫斯基校閱过的。

緒 論

在拟定起重机构的标准計算以前，全苏起重运输机器制造科学研究所已經在起重机构工作时产生的載荷、起重电气设备的实际工作情况、制动装置的特性、起重机的載重稳定性和动臂稳定性等方面作了多年的科学研究工作，并且有系統地調查了起重設備在使用条件下的工作情况。

研究所提供的計算方法是以分別确定机构元件上在其不同工作条件下产生的实际載荷、計算力和应力的原則，以及适应于这些工作条件和零件用途而規定的安全系数来作为基础的。为了計算零件的耐久性，提出了确定当量載荷的方法。

于是，为了代替一般所用的起重机計算方法（即按最坏的工作条件和最大的力来計算的方法，它会使得机器重量增加），提出了在各种不同的計算外載荷組合时計算起重机构强度和耐久性的方法。

为了使計算数值更充分地符合于起重机构的实际工作情况，研究所尽量避免采用所謂計算的〔綜合〕系数，而代之以由理論研究和实验得来的动力系数。

这些考虑到起重机电力驱动装置和制动装置特性的动力系数，可以用来确定机构运动鏈各个环节中的实际載荷。

在本书的第一篇中闡述了一般用途的主要机构的計算方法，这种方法主要适用于针对典型結構的桥式、門座式和浮游式起重机結構而拟定的起升机构、运行机构、旋轉机构和臂梁变幅机构。

动臂起重机的稳定性計算足够完善，能使以上計算不但符合于苏联国家鍋炉及起重装置檢查局的条例，还能考虑到在起重机的不穩定工作状态期間产生的切向慣性力作用。

在本书的第二篇中闡述了許多起重运输机械所用的基本而通

用零件的計算。

在〔齒輪傳動嚙合〕一章中引用了簡易計算法，這種計算方法是根據蘇聯中央工藝及機器製造科學研究所擬定的方法並採用阿切爾康教授主編的〔機械零件〕第一卷的一些材料而擬定的。

在大多數的章節中，除了計算過程不會發生疑問的情形外，都舉出了一些計算例題。

作用在起重機構元件上的載荷的確定應當按照本書第一篇中的指示來進行。

第一篇 起重机构的計算

第一章 外載荷

1 概論

作用在起重机上的外載荷按起重机工作的和非工作的两种状态来确定。

对于起重机的工作状态，进行下面两种情形的計算：

“a”类計算情形——工作状态下的正常載荷；

“6”类計算情形——工作状态下的最大載荷。

对于起重机的非工作状态，則确定非工作状态下的最大載荷——“B”类計算情形。

工作状态下的正常載荷（“a”类情形）。起重机处在工作状态下，并承受着在該起重机的額定載重和正常工作条件下产生的載荷作用。

下面这些基本載荷是机构的計算載荷：

1. 结构的自重。

2. 載重的額定重量和攔重装置（吊鈎悬架、橫梁、起重磁鉄等）的重量。对于抓斗起重机，載重（物料）的額定重量是在抓斗的充填系数（对抓斗的額定容量而言）等于1的情况下根据物料的平均堆积比重和抓斗的自重来确定的。抓斗的額定容量就是由抓斗下顎的几何形状和抓斗上部的物料自然堆积坡度角所决定的容量。自然堆积坡度角是对移动中的物料来决定的。

3. 在該机构的正常工作条件下，在起动的和制动过程中产生的慣性載荷。

4. 風載荷(由當量風力引起的)。

5. 不在軌道(是指鋪設在特殊基礎上而在起重機的支點處不致有嚴重下沉的軌道而言)上工作的起重機,在正常使用时由于坡度、傾側和搖晃而引起的載荷。

对于这种計算情形,机构的零件应按屈服限(对鋼而言)或强度限(对鑄鐵而言)进行强度計算,并按耐久限进行耐久計算,而滚动軸承則应計算使用期限。

工作状态下的最大載荷(“6”类情形)起重機处于工作状态下并承受着額定載重时的基本載荷、最大附加載荷和可能的偶然載荷等作用。

引起工作状态下的最大載荷是:

- 1) 机构所承受的結構自重;
- 2) 額定載重(包括攪重裝置的重量);
- 3) ГОСТ 1451-42 所規定的工作状态下的風載荷極限值;
- 4) 以 80 公斤的極限力加于脚操纵制動踏板上的緊急制動;
- 5) 可能的最大道路坡度或浮船傾側度;
- 6) 急剧起動或在操纵起重機时使用了劇烈的電力制動,这种制動方法在正常的工作状态下是不应使用的;
- 7) 电流突然接通或切断。

一般說來,这些載荷的極限值是受行輪的打滑、最大制動力矩、摩擦式極限力矩聯軸節和电气安全裝置等的限制的。在許多情況下对于某些机构(臂梁變幅机构、旋轉机构)來說,用以确定最大載荷的边界条件可由設計起重機时針对其工作特点而拟就的技术条件来規定。

可能的偶然載荷是由于冲击載荷而引起的,例如由于減震器碰上擋板而使起重機或行車受到冲击。

減震裝置的元件都应根据这些載荷进行計算。

对于“6”类情形,机构的所有零件都应进行强度計算,以確保对应于材料机械性质而需要的安全系数(參閱第二章「安全系

数与許用应力的选择¹⁾。

非工作状态下的最大載荷 (“B”类情形) 起重机在露天处于非工作状态下, 而且其所有机构都是静止的。起重机上作用着下列非工作状态下的基本載荷: 起重机元件的自重、非工作状态下的計算風力 (ГОСТ 1451-42)、浮游起重机由于坡度、傾側和搖晃而产生的載荷。

当設計起重机的技术任务书規定有在台風作用下产生的載荷时, 这种載荷属于非工作状态下的偶然載荷。

对于“B”类情形, 应确定作用在臂梁变幅机构、防爬装置和制动装置上的載荷。

臂梁变幅机构的所有零件都应进行强度計算, 以确保对应于材料屈服限而需要安全系数 (參看第二章)。

在这种情况下, 旋轉机构的极限載荷是受摩擦式极限力矩联轴节或制动器的打滑所限制的 (“6”类計算情形)。

2 选择計算載荷的一般指示

在起重机的不同計算状态下选择机构的計算載荷和計算方法的一般指示列于表 1。

3 風 載 荷

在露天工作的桥式起重机、龙门起重机、动臂起重机、塔式起重机、門座起重机、装卸桥等上面的風載荷都应按ГОСТ 1451-42 来确定。

对于处在工作状态下的起重机, 在“6”类計算情形 (參閱表 1) 下以及在驗算机构的启动時間时都应計及ГОСТ 1451-42 所規定的風压力大小。

在确定工作状态下的風載荷时, 不应計入空气动力系数。

在重要的情形下, 計算減速器、轉軸和在露天工作的起重机的耐久性时, 应取風載荷等于 5 公斤/米^2 。这一載荷所起的作用相

表1 起重机的计算状态、载荷及计算方法^①

载 荷	工作状态		非工作状态		
	计算情况和计算载荷				
	“a”类		“σ”类		“B”类
	基本 载 荷	基本 载 荷 + 附 加 载 荷	基 本 载 荷 + 附 加 载 荷	基 本 载 荷 + 附 加 载 荷 + 偶 然 载 荷	基 本 载 荷 + 偶 然 载 荷
	计 算 方 法				
耐久计算 和强度 计算		强 度 计 算			
自重	+	+	+	+	+
额定载重	+	+	+		
正常工作时的惯性力	+				
计算风力 (ГОСТ 1451-42 所规定的)		+	+	+	
当量风力	+				
由坡度、摇晃和倾侧而引起的载荷	+	+	+	+	+
主动轴心轴上的滑移力矩, 原动机、制动器, 极限力矩联轴节的最大力矩		+			
冲击载荷			+		
台风					+

① 选择各个起重机构的零件的计算载荷时所需的指示在本书的有关章节中给出。

当于具有当量速度 $v_{э,кв} = 10$ 米/秒的风力在起重机上的作用 (计及风的方向), 这一当量速度相当于全年平均风速 $v_{с,с} = 6$ 米/秒 (根据在苏联领域内的苏联气象台的数据, 全年平均风速不超过 6 米/秒)。

按照ГОСТ 1451-42 的规定, 非工作状态下的风压力是在作下面的计算时才加以考虑的:

a) 计算承受风压力的结构元件时 (“B”类计算情形), 如果设计的技术任务书没有规定其他要求 (例如, 冲击波的作用) 的话;