

中等專業學校教學用書

冶金車間的电气設備

下 冊

B. K. 波尔捷夫 Л. П. 斯莫尔尼可夫 著

冶金工業出版社 譯

冶金工業出版社

中等專業學校教學用書

冶金車間的电气設備

下 冊

В.К. 波 尔 捷 夫 著

Л.П. 斯莫尔尼可夫

冶金工業出版社 譯

冶金工業出版社

0008557

本書根据苏联黑色与有色科技书籍出版社出版的 В.К. 波尔捷夫和 Л.П. 斯莫尔尼可夫所著的“冶金車間的电气設備”1954年版譯出。原書經苏联黑色冶金部教育司审定为冶金中等專業学校的教科書。

本書分兩冊出版。上冊內容包括：电力驅動原理、电力驅動裝置的控制。下冊內容为冶金車間的电气設備。

本書由本社刘碩田、郑光波及歐陽惠霖三同志譯校。

В.К. ПОЛТЕВ, Л.П. СМОЛЬНИКОВ: ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЦЕХОВ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Свердловск—1954—Москва)

冶金車間的电气設備 (下冊) 冶金工業出版社 譯

編輯：刘碩田 設計：劉广 責任校对：任强
赵蓉

1957年4月第一版 1957年4月北京第一次印刷4,634册

850×1168·1/32·210,000字·印張8 $\frac{10}{32}$ ·定价(10) 1.30元

冶金工業出版社印刷厂印 新华書店發行 書号 0020

冶金工業出版社出版(地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

目 录 (下册)

第三篇 冶金車間的電氣設備

第九章 起重運輸機械的電氣設備	7
1. 橋式電動起重機.....	7
2. 驅動起重機各機構用電動機的容量的計算.....	9
3. 提升機構電力驅動裝置的控制.....	18
4. 起重機各機構電力驅動裝置的標準控制電路.....	22
5. 保護裝置.....	26
6. 起重機集電器的集電.....	27
7. 滑接線的計算.....	29
8. 特殊起重機.....	34
9. 起重機各機構電力驅動裝置的電流種類的選擇.....	37
10. 連續運輸機械的電力驅動.....	39
第十章 高爐車間的電氣設備	42
1. 概述.....	42
2. 燒結廠的電氣設備.....	44
燒結機電力驅動裝置的容量的計算和型式的選擇.....	45
3. 橋式轉載機.....	47
4. 料車卷揚機.....	49
5. 料車卷揚機用電動機的容量的計算.....	53
6. 裝料系統各機構的自動控制.....	65
7. 裝料系統工作程序的控制.....	70
8. 料車卷揚機電力驅動裝置的發電機—電動 機控制系統.....	73
9. 料鐘絞車的電力驅動.....	76
10. 旋轉佈料器的電力驅動.....	80
11. 探尺絞車的電力驅動.....	82

12. 裝焦機構的電力驅動·····	84
13. 碎焦卷揚機的電力驅動·····	87
14. 料車卷揚機的電機室·····	87
15. 熱風爐的電氣設備·····	88
16. 秤鼠車的電氣設備·····	89
17. 煤氣的電氣除塵·····	93
第十一章 煉鋼車間的電氣設備·····	96
1. 概述·····	96
2. 混鐵爐的電力驅動·····	98
3. 落地式裝料機·····	100
4. 平爐熱力狀況的自動調節·····	105
5. 電弧煉鋼爐·····	108
6. 電弧爐的自動調節·····	112
7. 電爐用變壓器·····	114
第十二章 軋鋼車間的設備的工作特性·····	115
1. 軋機的类型·····	115
2. 軋機負載圖的概念·····	116
3. 用計算法求軋制耗電量·····	118
4. 按實驗曲線求軋制耗電量·····	121
5. 影響軋制耗電量的各種因素·····	122
6. 軋鋼車間的單位耗電量·····	124
第十三章 非可逆式軋機的電力驅動·····	126
1. 概述·····	126
2. 不可調速的非可逆式軋機用驅動裝置的工作制度和型式的選擇·····	128
3. 非可逆式軋機的飛輪驅動·····	133
4. 轉差率調節器·····	141
5. 非可逆式軋機的同步電力驅動裝置·····	145
6. 可調速的非可逆式軋機驅動裝置的型式的選擇·····	146
7. 可調速的非可逆式軋機在採用串級系統時	

的电力驱动	149
8. 用直流电动机驱动可调整的非可逆式轧机	151
装有控压水银整流器的电力驱动装置	152
9. 连续式轧机电力驱动的特点	155
10. 连续式轧机用电机的自动保持速度恒定	157
第十四章 可逆式轧机的电力驱动	161
1. 概述	161
2. 可逆式轧机的工作规程	162
3. 可逆式轧机电动机容量的计算	164
4. 变流机组的各电机的选择	172
5. 可逆式轧机电力驱动装置的控制	175
第十五章 冷轧机的电力驱动	182
1. 概述	182
2. 可逆式冷轧机的电力驱动	184
3. 拉力的自动调节	185
第十六章 轧钢车间的电机室	188
1. 概述	188
2. 大型电机的供油设备	190
3. 电机的通风	192
第十七章 轧钢车间辅助机械的电力驱动	196
1. 辅助机械的工作制度	196
2. 辅助机械的电动机容量和运转时间的计算	197
3. 重复短时运转机械的最适宜的传动比的选择	201
4. 发电机—电动机系统在辅助机械驱动中的应用	203
5. 轧制工艺过程的自动化	205
6. 辊道的电力驱动	207
7. 移动轧件用机械的电力驱动	217
8. 压下装置的电力驱动	222
9. 剪断机和锯断机的电力驱动	225
10. 辅助机械电力驱动装置用电流种类的选择	232

第十八章 泵、空气压缩机和送風机的电力驱动	234
1. 离心式泵的电力驱动.....	234
泵用电动机容量的确定方法.....	235
泵設備自动化用的元件.....	236
2. 空气压缩机和送風机的电力驱动.....	240
送風机及其驱动.....	243
第十九章 冶金車間供电的特点	246
1. 冶金工厂供电系统的特征的概述.....	246
2. 主要車間的变电所.....	248
3. 車間供电線路.....	250
第二十章 功率因数及其改善	253
1. 概述.....	253
2. 改善企業自然功率因数的措施.....	254
3. 無效功率的人工补偿.....	257
中俄名詞照对表.....	261
参考文献	265

第 三 篇

冶金車間的电气設備

第 九 章

起重運輸机械的电气設備

1. 橋式電動起重機

橋式起重機是一座裝有輪子並能沿軌道移動的桁架橋。軌道的鋼軌敷設在沿車間裝設的許多柱子上，或敷設在特殊的起重機架橋上。裝有提升機構的小車可沿起重機的大車移動。抓取裝置可以制成鉤形，這時起重機便叫做普通橋式起重機，也可以制成只抓一定種類貨物的構造形式，例如抓斗、電磁鐵、橫臂等形式。

每台起重機起碼由三個主要機構組成：一個用來使起重機沿軌道移動，另一個用來使小車沿起重機的大車移動，第三個用來提升物品（圖 151）。

冶金車間的橋式起重機通常有兩個提升機構：起重量大的主要提升機構和起重量小的輔助提升機構。兩個提升機構的構造相同；兩個機構都放在一個起重小車上。

起重機的電力驅動裝置可以是直流的，也可以是交流的。

為了驅動移行機構（大車、小車、旋轉機構、等等），在交流起重機上採用線繞式感應電動機，在直流起重機上採用串激電動機。

鼠籠式感應電動機主要用來驅動運動速度低的機構，因為這種電動機在機構工作時產生過大的加速度。

有時為了減小電動機的起動轉矩並相應地降低加速度，鼠籠式電動機起動時在靜子電路中加入電阻。

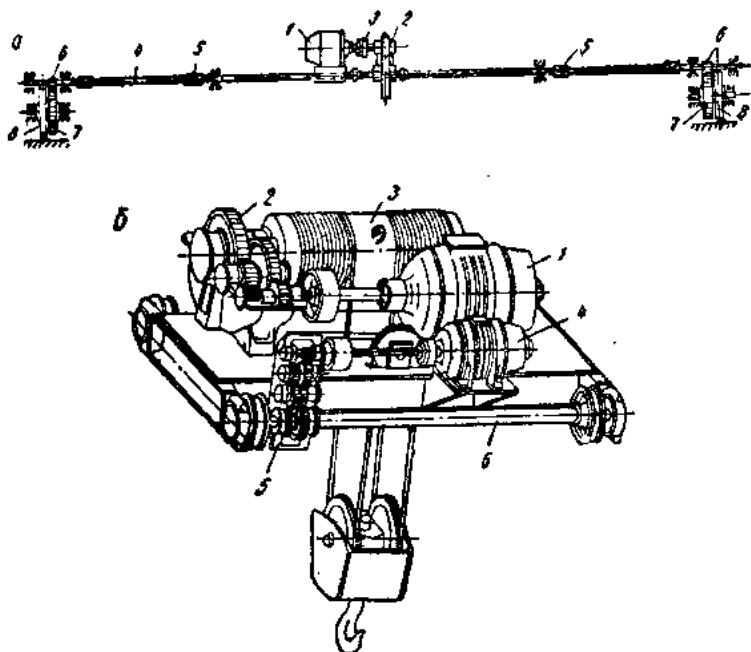


圖 151 起重機各機構的傳動系統圖

- α —移行機構：1—電動機；2—減速器；3—彈性聯軸器；4—中間傳動輪；5—連接傳動軸的剛性聯軸器；6—齒輪；7—走動輪的齒圈；
 8—走動輪；6—小車機構：1—提升機構的電動機；2—減速器；3—鼓輪；4—移行小車用電動機；5—減速器；6—走動輪的軸

具有高速傳動軸的直流起重機的大車機構，須採用分激電動機。在這種情形下不能採用串激電動機，因為當起重機空載運行時，電動機要發出不允許的高速度，對於傳動軸有危險。

起重機的提升機構通常用線繞式感應電動機或串激電動機來驅動。

冶金用起重機的電氣設備都處於非常惡劣的工作條件下。它

們都在車間的上部，在含烟、灰塵和气体的环境下工作，在起重機工作时又承受連續的震動和撞擊。在冶金爐工段工作的起重機處於高溫下；另一部分起重機在車間建築物外面工作，結果其电气設備又受雨雪的作用。

在冶金車間的許多工段中，起重機是車間內運輸的主要形式，因而就決定了車間的生產率。這些起重機工作狀態的特點是非常緊張，所以它們的工作應當極端可靠和不間斷。由於上述原因，對於冶金車間的起重機电气設備提出強度大和工作不間斷的嚴格要求。

起重機各機構的驅動裝置都採用特殊冶金型或起重——提升機型的封閉式電動機（МП，КПДН和МТ型）；控制器械則根據起重機的緊張工作狀態來選擇，在許多情形下也採用特殊型式的。

2. 驅動起重機各機構用電動機的容量的計算

靜力矩的決定。在起重機移行機構工作时，電動機的功率用來克服起重機運動時所產生的摩擦力（輪子沿鋼軌的滾動摩擦和輪軸在軸承中的滑動摩擦）。

運動阻力之值等於

$$F = k \frac{G_1 + G_0}{R} (\mu r + f) \text{ 千克}, \quad (167)$$

式中 k ——係數，考慮到運動部分歪扭時輪緣對鋼軌的摩擦；
大車移行機構的係數 k ：對於滑動軸承為 1.5—2.0，
對於滾動軸承為 2.5—4.0；小車移行機構的係數 k 為 1.25—1.60 和 2.5—3.2；

G_1 ——有效負載，千克；

G_0 ——起重機所有移動部分的自重，千克；

R ——輪子的半徑，厘米；

r ——輪軸的半徑，厘米；

μ ——軸頸的滑動摩擦係數，對於滑動軸承為 0.08—0.15，
對於滑動軸承為 0.01—0.05；

f ——滚动摩擦系数，一般为 0.06—0.10 厘米。

在把直线运动力换算为转矩后，得出运动机构的静力矩值

$$M_c = \frac{9.53 F v}{n \eta} \text{ 千克-米,} \quad (168)$$

式中 v ——起重机移动速度，米/秒；

n ——电动机的转速，转/分；

η ——中间传动装置的效率。

η 值决定于传动装置的种类、齿轮对数、传动比等。

平均来说，对于大车可取 $\eta = 0.7 - 0.8$ ；对于小车可取 $\eta = 0.7 - 0.75$ 。对于较大的设备， η 的值更高些。

η 值随负载的变化而发生的变化，可借图 152 所示的曲线来计算。

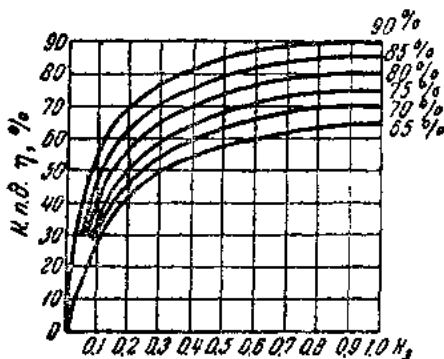


图 152 负载与齿轮传动效率的关系曲线

在水平轴上取满载系数 $K_s = \frac{G_t + G_c}{G_n + G_c}$ ，式中 G_n ——额定

负载（起重机的名牌起重量）。曲线旁的数字表示该曲线的额定效率值

当以稳定速度提升物品时，电动机发出的力矩用来克服物品的力矩 M_i 和摩擦力矩 M_{mp} ，如果 M_i 和 M_{mp} 是换算到电动机轴上的力矩，则提升物品时的静力矩等於

$$M_c = M_i + M_{mp}$$

利用机构的效率来计算摩擦力矩时，可以写成

$$M_c = \frac{M_t}{\eta} = \frac{(G_t + G_n)}{i\eta} R \text{ 千克-米,} \quad (169)$$

式中 G_t ——物品的重量，千克；

G_n ——钩子或其他抓取装置的重量，千克；

R ——绳轮的半径，米；

i ——机构的传动比。

可以利用下式来求 i ：

$$i = \frac{2\pi n}{v} R,$$

式中 n ——电动机的转速，转/分；

v ——物品的移动速度，米/分。

提升机构的效率平均取 $\eta=0.6-0.75$ 。较大的效率值适用于较大的装置。欠载的机构的效率值可按图 152 所示曲线来决定。

当降落物品时，电动机的工作条件根据被降落的重物的重量而有很大的变化。当物品很重时，由物品所造成的力矩超过摩擦力矩 $M_t > M_{mp}$ ，结果物品受自重的作用而降落。这时电动机要支持降落的重物，它的力矩的作用方向应和旋转方向相反。电动机这时在电力制动状态下工作，它的转矩是负的。在达到稳定速度时，得到下列的力矩关系：

$$M_c = M_t - M_{mp}. \quad (170)$$

物品在这种情形下降落叫做制动降落。标准重量的物品都在制动降落状态下降落。

当物品所造成的力矩不能克服摩擦力矩时 ($M_t < M_{mp}$)，电动机发出和物品力矩同向的力矩。在实际上这种状态适用于降落钩子或其他抓取装置时的驱动工作。

在达到稳定速度时，电动机的转矩等於

$$M_c = M_{mp} - M_t. \quad (171)$$

这种状态叫做加力降落。

設降落和提升标准重量物品时的損失相同，得出

$$M_{mp} = \frac{M_z}{\eta} - M_z,$$

把 M_{mp} 的值代入公式 (170) 中，得到制動降落时的靜力矩值

$$M_c = \frac{(G_t + G_o) R}{i} \left(2 - \frac{1}{\eta} \right) \text{ 千克-米.} \quad (172)$$

在利用公式 (172) 时，設机构的效率等於提升相应物品时的效率。

在降落鈎子或其他抓取裝置时，靜力矩可按下式來求：

$$M_c = M_{co} - \frac{M_{co} - M_{cn}}{2 G_o + G_{in}} \times 2 G_o \text{ 千克-米,} \quad (173)$$

式中 M_{co} ——提升抓取裝置时的力矩，千克-米；

M_{cn} ——提升全部物品时的力矩，千克-米；

G_{in} ——全部物品的重量，千克。

容量的計算。为了計算電動机的容量，讓我們作出負載圖 $M = f(t)$ 。

移行机构的工作循环由两种操作組成：移动帶負載的大車（或小車）的操作和移动不帶負載的大車（或小車）的操作（圖 153）。在帶負載运动时，电动机在時間 t_{n1} 內起動，其轉矩等於 M_{n2} （为簡單起見，設电动机起動时的轉矩不变）。

在時間 t_{y1} 內电动机以穩定速度运行，其轉矩等於 M_z ，時間 t_m 为驅动裝置的制動時間。当进行電力制動时，电动机在这期間發出制動轉矩，其值等於 M_{m1} 。如果沒有電力制動而电动机只借机械制動器制動，則电动机在時間 t_m 內的轉矩等於零。在停歇 t_o 后，机构开始空載运行。这时起動時間等於 t_{n2} ，穩定速度运行時間为 t_{y2} ，制動時間为 t_m ，与此相应的电动机轉矩各为 M_{n0} 、 M_o 和 M_{m0} ，在停歇后，机构又开始帶着負載运行——循环又重复。

整个循环的持續時間等於 t_u 秒。

提升機構的工作循環由四種操作組成：提升和降落鉤子或其他抓取裝置，提升或降落物品。每一操作的曲線圖所包括的週期和移行機構操作曲線圖所包括的相同。即：起動週期、穩定速度運行週期及停歇週期。在穩定速度運行週期中，電動機發出的轉矩等於機構的靜力矩。

為了計算電動機的起動轉矩，以及電動機的起動和制動時間，必須知道飛輪力矩和其他數據，這些數據只有根據已知的電動機容量值才能求出。

因此，決定電動機容量的問題就要用順序選擇的方法解決。首先近似地假定電動機的額定容量或轉矩，然後進行驗算。

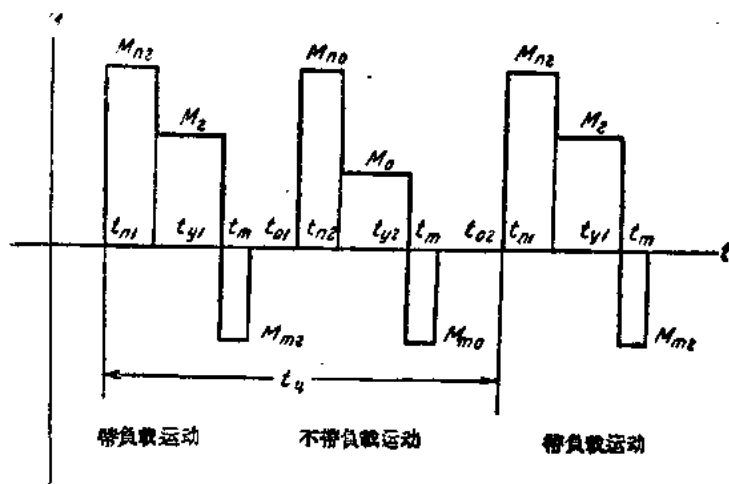


圖 153 起重機移行機構的負載圖 $M = f(t)$

可以按只考慮驅動裝置靜力矩算出的等效力矩來近似地選擇電動機。移行機構的平均等效力矩等於

$$M_{ca} = \sqrt{\frac{M_n^2 + M_0^2}{2}}. \quad (174)$$

電動機起動時的轉矩應當比靜力矩大，即應當加上電力驅動裝置加速時由慣性力產生的動力矩值。在制動狀態下與此相反，動力矩要從靜力矩中減去，電動機的轉矩應相應地減小。如果沒

有电力制动，則电动机在制动週期中的轉矩等於零。

在用变阻器起动的过程中，电动机的轉矩从在某一級电阻上工作开始的 $M_{\max}$ 逐漸改变而在用下一級电阻工作之前达到的 $M_{\min}$ 。 $M_{\max}$ 之值，如前所述，取等於电动机額定轉矩的 2—2.5 倍。 $M_{\min}$ 之值应不小於額定轉矩的 1.1 倍，以便保証电动机加速正常。

为了近似地进行計算，可以假設电动机起动时的轉矩保持不变並等於

$$M_n = \frac{M_{\max} + M_{\min}}{2} \quad (175)$$

知道了 M_n 和 M_c 以后，便可求出动力矩 $M_j = M_n - M_c$ ，並按公式 (35) 算出电动机的起动時間。

提升机构和小車移行机构电力驱动裝置的起动時間通常在 $t_n = 2-5$ 秒的範圍內；對於起重機大車的移行机构， $t_n = 2-8$ 秒。

增大电力驱动裝置的起动時間，就要減低起重机的生产率。同时，起动時間太短就說明加速过快，这对机构各部件的安全是有危險的。

起重機各机构所用的最大加速值如下。

安裝用起重机的提升机构	0.1米/秒 ²
冶金車間起重机的提升机构	0.5米/秒 ²
提升液态金屬用起重机的提升机构	0.1米/秒 ²
抓斗起重机的提升机构	1.0米/秒 ²
运送液态金屬用起重机的移行机构	0.2米/秒 ²
普通桥式起重机的移行机构	 0.6—0.7米/秒 ²

当加速度等於 a 米/秒² 时，起动時間为

$$t_n = \frac{v}{a} \text{ 秒}, \quad (176)$$

式中 v ——起动終了时的移行或提升速度 (米/秒)。

机构以穩定速度工作的時間可很容易地按已知的循环時間 $t_{\text{ц}}$ 和机械的合閘持續系数來求得。

根据算出的电动机在各工作週期中的力矩值和这些週期的持

續時間，可作出負載圖 $M=f(t)$ ，並按照負載圖 求出電動機的等效轉矩。

如果求得的等效轉矩 M_e 和在計算開始時先確定的 M_n 相合，則計算便完結。如果 $M_e > M_n$ ，則須取容量較大的電動機並重新進行計算。如果 $M_e < M_n$ ，則須取容量較小的電動機並重新進行計算。

也要檢查所選定的電動機是否適合於過載條件。為此在負載曲線圖上找出最大轉矩，並拿電動機的額定轉矩和許可過載與這最大轉矩相比較。

串激電動機的轉矩和電流間沒有比例關係，因此在計算中對這種電動機採用等效轉矩法只能得到非常近似的解答。但在實際計算中可以忽略採用這方法時所得出的誤差。

為了更準確地進行計算，應採用等效電流法。

機構的循環時間和合閘持續時間在工作中多半是變動的，在計算中只能近似地去選取它們。對於許多冶金起重機，很難作出他們的負載曲線圖，因為起重機的工作狀態不規則而且變化很大。在這些情況下，起重機各機構的驅動電動機的容量按近似方法（負載行列法和計算係數法）來計算。

例題：起重機的起重量為 20 噸，大車的總重量 $G_0 = 42.8$ 噸，輪子的直徑 $D = 800$ 毫米，輪軸的直徑 $d = 130$ 毫米，移行速度 $v = 100$ 米/分。求大車移行機構的感應電動機的容量。

減速器驅動軸的額定轉速 $n = 574$ 轉/分，機構在額定負載下的效率 $\eta = 0.75$ ，合閘持續係數 $\varepsilon = 0.2$ ；循環時間 $t_{\text{循}} = 240$ 秒。

聯軸器的飛輪力矩 $GD^2 = 3.5$ 千克·米，滑動摩擦係數 $\mu = 0.10$ ，滾動摩擦係數 $f = 0.05$ 厘米。

解：設輪緣和鋼軌的摩擦係數值 $k = 1.5$ 。

在額定的負載下，運動的阻力按公式（167）為

$$F_1 = 1.5 \frac{(42800 + 20000)}{40} (0.10 \times 6.5 + 0.05) = 1900 \text{ 千克。}$$

在帶額定負載運行時，阻力矩按公式（168）為

$$M_1 = \frac{9.53 \times 1900 \left(\frac{100}{60} \right)}{574 \times 0.75} = 70.4 \text{ 千克-米,}$$

在空載运行时

$$F_0 = 1.5 \times \frac{42800}{40} (0.10 \times 6.5 + 0.05) = 1120 \text{ 千克.}$$

起重机在空載时的負載系数

$$k_s = \frac{42800}{42800 + 30000} = 0.59.$$

按圖 152 所示之曲線，機構的效率这时为 $\eta_0 = 0.71$ 。

在空載运行时的阻力矩

$$M_0 = \frac{9.53 \times 1120 \left(\frac{100}{60} \right)}{574 \times 0.71} = 43.9 \text{ 千克-米.}$$

平均等效靜力矩按公式 (174) 为

$$M_{cs} = \sqrt{\frac{70.4^2 + 43.9^2}{2}} = 58.5 \text{ 千克-米.}$$

相应地容量为

$$P_{cs} = \frac{58.5 \times 575}{975} = 34.5 \text{ 千瓦.}$$

根据公式 (93) 把容量換算到标准合闸持續系数 $HB = 25\%$

$$P_{20} = 34.5 \times \sqrt{\frac{20}{25}} = 30.8 \text{ 千瓦.}$$

根据起重电动机产品目录，我們选取容量和轉速合适的电动机：型式 MT-62-10，容量 45 千瓦，轉速 574 轉/分； $HB = 25\%$ ，飞輪力矩 $GD^2 = 15.7 \text{ 千克-米}^2$ 。

电动机的額定轉矩

$$M_n = \frac{975 \times 45}{574} = 76.2 \text{ 千克-米,}$$

把选定的电动机根据發熱並考虑到起勁週期来驗算。

該电动机的平均起勁轉矩

$$M_n = 1.80 M_n = 1.80 \times 76.2 = 137.5 \text{ 千克-米.}$$

起重机滿載时，換算到电动机軸上的直線运动部分的飞輪力矩按公式

(26) 等於：