

冶金工厂的电气設備

下 册

В. К. ПОЛТЕВ Л. П. СМОЛЬНИКОВ 著

張桂鐸等譯

高等教育出版社

冶金工厂主要車間的电气設備

下 冊

B. K. 波尔切夫 Л. П. 斯馬尔尼可夫著

張桂鐸等譯



高等教育出版社

本書系根据苏联国立黑色与有色金屬冶煉科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的波尔切夫 (В. К. Полтев) 和斯馬尔尼可夫 (Л. П. Смольников) 合著的“冶金工厂的电气設備”(Электрооборудование металлургических заводов) 1952 年版譯出的。原書經苏联冶金工業部审定为工長訓練学校的教学参考書。譯本对于冶金工厂中从事电气設備的运行工作的工程技術人員及中等技术学校学生也有参考价值。

本書中譯本分上下兩册出版。上册包括原書的緒論和第一章至第八章, 討論有关冶金車間的电气設備的一般性問題: 如冶金車間电力驅動的概況、各种电动机的机械特性、电力驅動的動力学原理、电动机的選擇和安裝、各种电器、电子和离子換流器、和电力驅動的自动控制等。下册包括原書第九章至第十八章, 分別討論起重機、高爐車間、煉鋼車間的电气設備, 軋鋼機和軋鋼車間輔助机械的电力驅動, 軋鋼車間的电机室, 各車間內的供电、照明等問題, 以及各种电气設備的运用、維護与各种电气設備的运用和修理时的安全技术等問題。

本書由北京鋼鐵工業學院電工學教研組張桂鐸等同志譯出。

本書上册原由商务印書館出版, 从 1958 年起改由我社出版。

冶金工厂的电气設備

下 册

В. К. 波尔切夫 Л. П. 斯馬尔尼可夫 著

張桂鐸等譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第 054 号)

京华印書局印刷 新华書店發行

統一書号 15010·701 開本 850×1168 1/32 印張 9 9/16 字數 271,000 印數 0001—2,000

1958 年 9 月第 1 版 1958 年 9 月北京第 1 次印刷 定價 (10) 元 1.40

下 册 目 录

第九章 起重机的电气设备	195
1. 电力起重机的用途和设备	195
2. 起重机机构的电力驱动	197
3. 滑綫和集流器	199
4. 起重机机构的电力驱动的启动时间和制动时间的确定	200
5. 起重机的电力驱动的負載圖	202
6. 起重机机构的电动机功率的计算	206
7. 提升机构的电力驱动的控制	211
8. 起重机机构的电力驱动的控制綫路	216
9. 各种行駛机构的电力驱动的使用控制器的控制	217
10. 提升机构的电力驱动的使用控制器的控制	222
11. 起重机机构的电力驱动的使用接触器盤的控制	225
12. 行駛机构的电力驱动的使用接触器盤的控制	226
13. 提升机构的电力驱动的使用接触器盤的控制	231
14. 直流保护盤和交流保护盤	238
15. 使用提升电磁鉄的起重机	240
16. 抓斗起重机和磁力抓斗起重机	242
17. 起重机用电动机的电阻的选择	244
18. 对起重机电气设备的正常要求	247
第十章 高爐車間的电气设备	250
1. 高爐車間的一般特点	250
2. 高爐車間的各种机构的电力驱动	253
3. 桥式装卸机	254
4. 高爐的加料过程的自动化	258
5. 使用程序主令控制器的加料系統的程序控制	264
6. 料斗卷揚机的电力驱动	269
7. 应用串并联控制法的料斗卷揚机的电力驱动的控制	270
8. 采用發电机-电动机制的料斗卷揚机的电力驱动的控制	271
9. 裝焦炭机构的控制	276
10. 料鐘絞車的电力驱动	280
11. 旋轉布料器的控制	282
12. 称量車的电气设备	284
13. 鑄鉄机机构的电气设备	285

14. 煤气的电气除塵.....	287
------------------	-----

第十一章 煉鋼車間的电气設備 291

1. 平爐車間及其电气設備.....	291
2. 混鉄爐的电力驅動.....	293
3. 落地式加料机.....	294
4. 平爐的热力情况的自动調节.....	296
5. 閥門轉換的自动化.....	297
6. 电弧煉鋼爐.....	302
7. 电弧爐的自动調节.....	306
8. 感应爐.....	311

第十二章 軋鋼机的电力驅動 314

1. 軋鋼車間的一般特点.....	314
2. 軋鋼机的电力驅动的分类.....	321
3. 驅動軋鋼机的电动机的功率选择.....	324
4. 帶飞輪的电动机的运轉.....	328
5. 不可逆式軋鋼机的驅動.....	332
6. 不可逆式軋机的同步电动机的电力驅動.....	332
7. 不可逆式軋机的使用飞輪的驅動.....	337
8. 使用感应电动机的調速的不可逆式軋机的驅動.....	346
9. 使用直流电动机的調速的不可逆式軋机的驅動.....	349
10. 可逆式軋机的驅動.....	353
11. 冷軋机的电力驅動.....	366

第十三章 軋鋼車間的各种輔助机械的电力驅動 369

1. 輔助机械的驅動系統和电流种类的选择.....	369
2. 軋道的成組驅動和单独驅動.....	371
3. 压下機構的驅動.....	373
4. 推床和翻鋼机的驅動.....	375
5. 升降摆动台的驅動.....	377
6. 热切鋸的驅動.....	378
7. 剪切机的驅動.....	379
8. 使用繼电器-接触器式綫路的輔助机械的驅动的控制.....	381
9. 交流的电力驅動.....	382
10. 直流的电力驅動.....	388
11. 輔助机械的驅動所采用的發电机-电动机系統.....	394
12. 軋制的工艺过程的自动化.....	397

第十四章 軋鋼車間的电机室 404

1. 电机室的功用和設備.....	404
-------------------	-----

2. 大型电机的給油设备	405
3. 电机的通風	407
第十五章 車間内部的电力供应	410
1. 現代冶金工厂的电力供应的特点	410
2. 冶金工厂的主要电能用戶的特点	413
3. 电压的大小和电流种类的选择	414
4. 車間变电所及車間内部的电能分配	416
5. 車間内部的饋电裝置	419
6. 电气網路的計算原理	421
7. 电气網路的保护	427
8. 功率因数及提高功率因数的方法	429
9. 冶金車間中的电能的經濟	432
第十六章 电气照明设备	435
1. 工作面的照明系統和照明种类	435
2. 光照学的技术單位	436
3. 照度的标准	437
4. 选择灯泡的功率的方法	439
5. 照明器的类型及使用探照灯的照明	440
第十七章 电气设备的运用	443
电气设备的維護	443
1. 维护电动机的普通常識	443
2. 轴承的工作及对轴承的維護	444
3. 轴承电流	447
4. 在电刷下产生火花的原因以及改善換向的方法	449
5. 換向器和电刷的維護	453
6. 电器的运用	456
7. 照明设备的維護	462
电气设备的运用和定期檢修的組織	463
8. 关于电气设备的运用組織方面“技术管理規程”的要求	463
9. 定期檢修的組織	467
第十八章 电气设备的运用和修理时的安全技术	474
1. 电流对生命的危險	474
2. 电气设备的运用时的安全技术	477
附录	486
MT 和 MFK 型起重机用电动机的特性 (从第一級到第五級)	486

MT型起重机用电动机的特性(第六级和第七级).....	488
MII型起重机用直流电动机的特性.....	489
参考书目	491

第九章 起重机的电气设备

1. 电力起重机的用途和设备

在冶金車間中，裝有大量的电力起重机，它們執行着工艺过程所需的各種運輸作業。

采用电力起重机可以使運輸負載的工作获得高度的机械化，并且能够保證迅速的調動負載。

电力起重机是裝有电力驅動的可供提升并能作近距离調動負載用的起重運輸設備。

在冶金車間中，裝有适合于完成各式各样的生产作業的不同構造的起重机：桥式起重机、帶回轉行車的起重机、高架起重机、磁力起重机、抓斗起重机、鉗式起重机、加料机和裝錠机等。

在冶金車間中，应用最广的是桥式起重机。

桥式起重机是一个安裝在滾輪之上，并可以沿起重机軌道移动的桥架。起重机軌道的鉄軌鋪設在沿車間兩边裝設的支柱上，或者是鋪設在特設的起重机棧桥上。起重机有一个行車，它可以沿桥架移动，在行車上裝有一个提升機構。用来握住負載的設備可以制成吊鉤的形式，在这种情形下，該起重机叫做标准桥式起重机。用来握住負載的設備也可以制成一种只宜于握住某一定类型的負載的形式，例如制成抓斗式、电磁式及橫担式等。

每台起重机至少有三个主要的機構，使起重机沿起重机軌道移动的機構，使行車沿起重机的桥架移动的機構和用来提升負載的機構。

在中部有一級減速器的起重机的行駛機構的傳動系統圖示于圖 133, a。

裝在桥架中部的电动机 1，經過單級的圓柱減速器 2 轉動着中間傳動軸 4，而中間傳動

軸 4 則裝在桥架板上的軸承上。在傳動軸的兩端各裝有一個齒輪 6, 它与运行滾輪 8 的齒圈 7 相嚙合, 运行滾輪則裝在起重機端梁的槽鋼之間的不动軸上。

在使用高速傳動軸的行駛機構的構造中, 电动机直接与傳動軸相联結, 并且經過兩級減速器 3 来轉動运行滾輪 5 (圖 133, 6)。

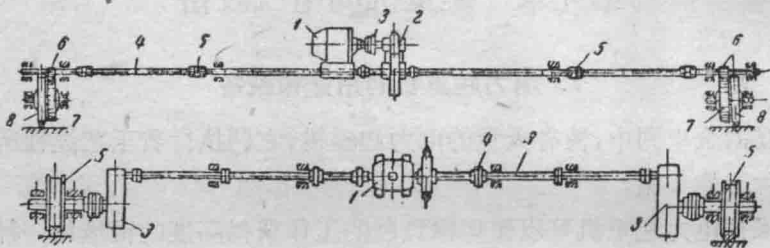


圖 133. 起重機的行駛機構的傳動系統圖。

傳動軸用齒輪聯軸器 4 来联結; 減速器和运行滾輪則借助于补偿聯軸器来联結。

起重機的行駛機構的电力驅動备有終端开关設備, 它將在行駛機構运行至行程末端时, 使电动机断电。行駛機構备有塊式电磁制动器。

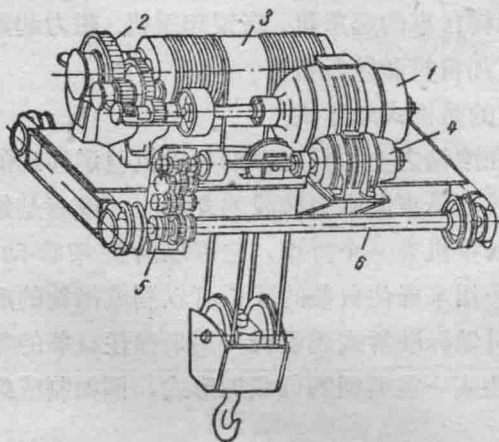


圖 134. 起重機的行車機構的傳動系統圖。

提升機構和行車的行駛機構的傳動系統圖示于圖 134。這兩個機構都放在起重機的行車上。

提升機構的电动机 1 經過由兩对正齒輪組成的減速器 2 来轉動卷鼓 3。在有左螺紋槽和右螺紋槽的卷鼓的兩半都繞有鋼絲繩, 并將它穿繞在吊鉤的夾圈中的滑輪和裝在行車上的滑輪上。

在提升機構上也裝有塊式制动器, 并且經常利用減速器的高速軸上的半個彈性聯軸器作为它的制动器。当吊鉤的夾圈达于最高位置时, 提升機構的电力驅動則借助于終端开关而自动的断开。

利用电动机 4 来驱动行車的行駛機構, 它經過三級減速器 5 来轉動运行滾輪 6 的軸。行車的行駛機構也裝有塊式电磁制动器, 以及当行車駛至極限位置时借以使电力驅動停止用的終端开关。

冶金車間的桥式起重机多半裝有兩套提升機構，即：起重力較大的主提升機構和起重力較小的輔助提升機構。這兩種機構的設備是一樣的，並且都放在同一个起重机行車上。

2. 起重机機構的电力驅動

起重机的各种機構的电力驅動，可以使用直流，也可以使用交流。

直到最近几年以前，在冶金車間中应用最广的，还是使用直流电动机的起重机。并且大家曾經確認，在起重机中，也和其他作間歇運轉的机械中一样，直流的电力驅動乃是最合理的一种驅動。

关于這個問題的一般見解是：直流的电力驅動可以保證較高的生产率，因为在放下負載时，它的速度可以作广泛的調节，并且在提升輕的負載和空吊鈎时，可以获得較高的速度；可以使機構停止的更准确；可以实现动力制动；直流的制动电磁鉄和其他的直流电器的运用也比较可靠一些。

但是在采用直流的电力驅動时，由于为了获得直流电源必須設置換流机組，因而將會增加它的設備費和運轉費。同时冶金用交流起重机的运用經驗証明，直流电流的优点实际上并不能充分的利用，而交变电流在大多数冶金用起重机和其他輔助机械的运用中却可以获得完全滿意的結果。

因此，目前为大部分冶金用起重机采用交流認為是最适宜的，这些起重机采用着基洛夫“吉那莫”工厂出品的标准起重机电气设备。

关于冶金用起重机和其他輔助机械的电力驅动的电流种类的选择問題，在 1948 年曾經由电力工業部的科学技术委員會的电力驅動和电力牽引小組，在其他各部的設計機構和工厂的参加之下，加以研究。在經电力工業部批准的小組決議中，建議在冶金用起重机和各种作間歇運轉的稳定的驅动的电气化方面，應該廣泛的采用交流，同时还指出，在作間歇運轉的各种机械的电力驅動中，三相交流應該占主要的地

位。

在交流起重机的各种行駛機構(例如桥架、行車、旋架等)的电力驅動中,通常是采用繞綫式感应电动机,而在直流起重机的同类驅動中,則采用串激电动机。

鼠籠式感应电动机只采用于运动速度不大的機構中,因为这种电动机在機構運轉时將會产生过大的加速度。有时为了减小电动机的啓动力矩,并相应的减低它的加速度,在啓动鼠籠式电动机时,可以在定子电路中接入电阻。

在直流起重机的具有高速傳动軸的桥架的行駛機構中应采用并激电动机。在这样的機構中,采用串激电动机是不可以的,因为在起重机空載行駛时,电动机將會达到一种不能允許的高速度,足以危及傳动軸的机械强度。

在起重机提升機構的电力驅動中,通常是采用繞綫式感应电动机或串激电动机。

在可靠性方面对起重机的电气设备應該提出非常严格的要求,为的是能保証运用不致中断,并能获得适合生产要求的各种情况。同时必須考虑到,起重机的电气设备总是处于特別困难的工作条件之下。因为它安裝在車間的上部,所以它总是在充滿烟塵和煤气的环境中工作,并且在起重机運轉时,它还要受到不断的震动和冲击。对于运用于冶金爐工段的起重机,它总是在环境溫度很高的情况下工作,同时部分露天运用的起重机和这些起重机的电气设备就容易潮湿以及受到雨雪的侵襲。

由于所述的原因,起重机的电气设备應該很坚固;在起重机上运用的电动机应采用專供冶金用的封閉型电动机(MII型和MT型);在選擇控制电器时,應該考虑到起重机的緊張的工作情况,并且在很多的場合中,也應該采用特別的电器。

3. 滑綫和集流器

向起重机上的用电設備輸送电能时，通常是采用滑綫——即一种裸导綫，利用滑动接触就可以从滑綫上取得电流。

用来向起重机供电的滑綫，是沿着起重机的軌道而敷設在一种特制的構架上，这种滑綫叫做主滑綫。

利用安裝在起重机上的集流器，就可以將从主滑綫饋来的电能送到位于起重机司机室中的配电盤或保护盤上去。

为了縮短起重机上的电网的長度，最好是把主滑綫敷設在起重机司机室所在的这一跨度边。

起重机的行車对起重机的桥架有相对的移动，因此要向提升機構和行車的行駛機構中的电动机饋电，必須借助于沿桥架敷設的滑綫，这样的滑綫叫做輔助滑綫或橫滑綫。

集流器安裝在起重机行車上的一种特設的構架(集流弓)上。

用来制造起重机滑綫的主要材料是型钢，多数是角鋼。对于單軌起重机則可以采用扁鋼。有时也采用鋼軌来作主滑綫。

为了节省有色金属，从前使用得很广的銅制滑綫，現在已經很少采用，并且这种滑綫要用悬挂的方法来敷設，这样的敷設方法既不牢固，还須为其設置防止断裂的特殊保护。

在采用鋼制滑綫的場合中，設備的坚固性可以大大的增加，因为鋼制滑綫的机械强度很大，而且安裝也固定，这一点对于行駛速度較大的起重机尤为重要。

为了支持滑綫，可以采用安裝在特殊構架上的絕緣子。这时，使用一种用絕緣物質浸漬过的硬木料制成的塊狀絕緣子是很有效的。

用角鋼制成的輔助滑綫的安裝情形示于圖 135。角鋼 1 由卡釘 2 固着于銷釘 3 之上，而銷釘則穿过絕緣子 5 而支持于支柱 4 上。通过支柱的銷釘末端，應該加以絕緣。

集流器 6 是一个具有凹口的生铁块，它通过一种活动关节而安装在支架之上，而以它的直角形凹口沿角钢而滑动。

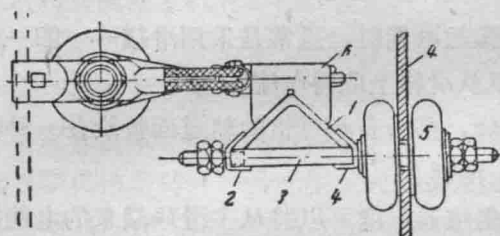


圖 135. 集流器。

在实际情形中，也可以采用由厚钢板制成的板状集流器。

为了从圆形滑线取得电流，可以使用滚轮集流器。

4. 起重机机构的电力驱动的启动时间和制动时间的确定

在使用变阻器启动电动机的过程中，力矩是不断的变化着的，在某一段电阻开始工作时，它等于 M_{max} ，而在换接到下一段电阻时，就要变到 M_{min} 。

在作近似的计算时，不妨假定在启动时电动机的力矩是保持恒定的，并等于

$$M_n = \frac{M_{\text{max}} + M_{\text{min}}}{2}.$$

在确定电力驱动的启动时间时，可以应用公式(30)

$$t_n = \frac{(GD^2)_{np} \times n}{375(M_n - M_{cm})},$$

式中的 $(GD^2)_{np}$ 是折算到电动机轴上的驱动的总的飞轮惯量，千克米²；

n 是所加速到的电动机的转速，转/分；

M_n 是电动机的平均启动力矩，千克米；

M_{cm} 是静力矩，千克米。

通常取 M_{max} 等于电动机额定力矩的 2~2.5 倍。 M_{min} 的大小则

应该不小于静力矩的 1.1~1.2 倍,以便保证机构获得可靠的起动。

驱动的总的飞轮惯量为旋转部分的折算飞轮惯量与平动部分的折算飞轮惯量的和,即

$$(GD^2)_{np} = (GD^2)_{np, \sigma} + (GD^2)_{np, n}.$$

影响着总的飞轮惯量的大小的,主要是电动机和安装在电动机的轴上的零件的飞轮惯量。因此,在计算总的飞轮惯量的时候,传动装置和机构的飞轮惯量,通常是用一个等于 1.1~1.25 的系数乘电动机和装在它的轴上的零件的飞轮惯量的方法来计算的,即

$$(GD^2)_{np, \sigma} = (1.10—1.25) \times GD^2,$$

式中的 GD^2 是电动机和装在它的轴上的零件(联轴器、制动轮等)的飞轮惯量。

运用公式(27),可以写出

$$(GD^2)_{np} = (1.10—1.25) \times GD^2 + \frac{364Gv^2}{n^2}, \quad (53)$$

式中的 G 是平动部分的重量,千克;

v 是机构的平动的速度,米/秒;

n 是电动机的转速,转/分。

在启动时,电动机除了应该产生克服静力矩的力矩之外,还应该产生附加的动力矩,这是为了克服机构的惯性力所必需的。在动力矩的传递过程当中,亦和在静力矩的传递中一样,将会发生能量的损耗。为了计及这一损耗,应在计算飞轮惯量的公式中添上一个适当的传动效率。折算飞轮惯量的最后的计算公式为

$$(GD^2)_{np} = (1.10—1.25)GD^2 + \frac{364Gv^2}{n^2\eta}, \quad (54)$$

式中的 η 是传动效率。

如果认为,制动力矩的大小在制动过程中也能保持不变,则制动的時間就可以利用公式(31)来确定。

提升机构和行车的行驶机构的电力驱动的启动时间通常在 2~5 秒的范围之内,而对于起重机的桥架的行驶机构,则 $t_n = 5 \sim 8$ 秒。

各种机构的电力驱动的启动时间的增加,都会使起重机的生产率减小。但另一方面,过于短促的启动时间则将会有大到不能允许的加速度,这样的加速度将引起很大的应力,足以使机构的个别联结处有松散的危險。

在实际情形中,适用于起重机的各种机构的最大加速度的大小如下:

安装用起重机的提升机构	0.1 米/秒 ²
冶金車間的起重机的提升机构	0.5 米/秒 ²
提升液态金屬的起重机的提升机构	0.1 米/秒 ²
抓斗起重机的提升机构	1.0 米/秒 ²
用来运送液态金屬的起重机的行驶机构	0.2 米/秒 ²
标准桥式起重机的行驶机构	0.6~0.7 米/秒 ²

当加速度的大小等于 a 米/秒² 时,启动时间为

$$t_n = \frac{v}{a}, \quad (55)$$

式中的 v 是启动終了时的行驶速度或提升速度(米/秒)。

在选择制动时的减速度的大小时,其范围也应该与在启动时的加速度的范围一样。机构的制动时间应该相当于最小的启动时间。

5. 起重机的电力驱动的負載圖

在計算电动机的功率时,必須要知道电动机的負載圖,即电动机在各个运轉期間中所产生的力矩的大小和运轉時間的長短。

行驶机构(例如桥架)的一个循环的概略的負載圖 $M = f(t)$ 画在圖 136 中。

行驶机构的一个工作循环包括两种动作,即:帶負載的桥架(或行车)的移动和無負載的桥架(或行车)的移动。在帶負載的运动中,在时

間 t_{n1} 內,电动机启动,这时它的力矩等于 M_{n2} (为簡單起見,我們認為在启动时,电动机的力矩的大小是保持恒定的)。

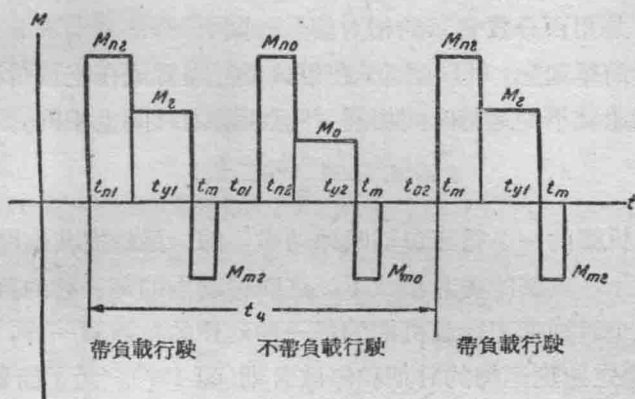


圖 136. 起重機行駛機構的電力驅動的負載圖 $M=f(t)$ 。

在時間 t_{y1} 內,电动机以穩定速度運轉,它的力矩等於 M_z 。與時間 t_m 對應的是驅動的制動。在使用電力制動的情形中,电动机在這一段時間內應該產生一個制動力矩,其大小等於 M_{m2} 。如果电动机不用電力制動,而只用機械剎車來制動,則在時間 t_m 內,电动机的力矩等於零。在停歇了時間 t_{o1} 秒之後,機構又開始作不帶負載的空載運轉。這時,啟動時間等於 t_{n2} ,在穩定速度之下運轉的時間等於 t_{y2} ,制動時間等於 t_m ,而电动机的力矩則分別等於 M_{n0} 、 M_0 和 M_{m0} 。在停歇之後,機構又重新開始作帶負載的運轉——上述的循環重複出現。

一個循環的全部時間等於 t_u 秒。

我們可以利用公式(30)和(31)來確定电动机的啟動時間和制動時間。

在確定行駛機構在穩定速度下的運轉時間時,必須要先知道一個循環的時間 t_u 和該機構在給定的工藝過程中的接入時間。應該特別着重的指出,在該種情況下,所計算的是真正的接入時間,並不是在电动机名牌上所標的標準值。

行駛機構在一个循环中的全部运转時間(未計入間歇時間)为

$$t_p = t_u \varepsilon,$$

式中的 ε 是用百分数表示的相对接入時間。

为了簡單起見,可以認為,在帶負載行駛時或在空載行駛時,其运转于穩定速度下的运转時間相同,并且制动的時間也相同,因此得到

$$t_y = \frac{t_u \varepsilon - t_{n1} - t_{n2} - 2t_m}{2}. \quad (56)$$

提升機構的一个循环包括四种动作,即:吊鈎或其他握重設備的提升和放下,負載的提升和放下。这四种动作的每一种的負載圖中所包含的三个时期也和行駛機構的每一种动作的負載圖一样,即:启动时期、以穩定速度运转的时期和停歇时期(圖 137)。为了簡單起見,可以認為,驅动在帶負載下降時的启动時間等于零,因为在这样的場合中,由电动机力矩与負載力矩合成的剩余力矩可以达到相当大的数值。同时,还可以認為,运转于穩定速度下的各个时期的時間均相同,四种动作的制动时期的時間也相同,則可以写出計算驅动在穩定速度下的运转時間的公式如下:

$$t_y = \frac{t_u \varepsilon - t_{n1} - t_{n2} - t_{n4} - 4t_m}{4}, \quad (57)$$

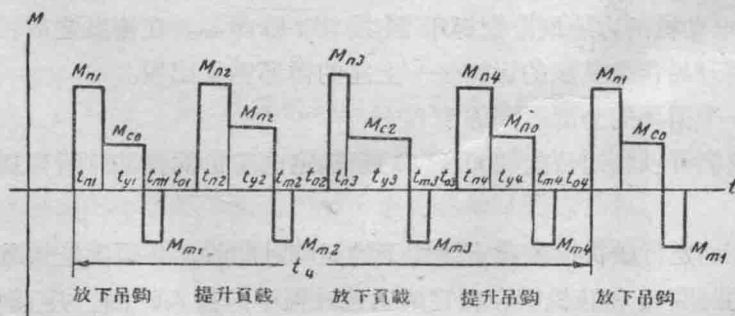


圖 137. 起重機提升機構的驅動的負載圖 $M=f(t)$ 。

式中的 t_u 是一个循环的時間;