



港口机械电气传动装置

GANGKOU JIXIE DIANQI CHUANDONG ZHUANGZHI

主编 谭 跃

主审 王 丹

大连海事大学出版社

港口机械电气传动装置

主编 谭 跃

主审 王 丹

大连海事大学出版社

© 谭 跃 2014

图书在版编目(CIP)数据

港口机械电气传动装置 / 谭跃主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-5632-3022-8

I. ①港… II. ①谭… III. ①港口机械—电气传动装置 IV. ①U653

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 123850 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连住友彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:7.75

字数:167 千 印数:1 ~ 600 册

出版人:徐华东

责任编辑:苏炳魁 版式设计:解瑶瑶

封面设计:王 艳 责任校对:华云鹏

ISBN 978-7-5632-3022-8 定价:18.00 元

前 言

本书作为“港口机械电气传动装置”课程的教材用书,是依据电气工程及自动化专业培养计划和课程教学大纲编写而成的,主要面向电气工程本科专业的学生。

港口机械主要是指各种专业化码头的岸边起重机械和装卸船设备。港口机械电气传动装置是由电动机为动力的所有港口装卸机械的驱动装置和控制装置组成的。随着港口自动化程度越来越高,港口机械电气传动装置的自动化水平也越来越高。变频调速技术、PLC 及其网络控制技术等先进技术越来越多地应用于港口机械电气传动装置中,与传统的港口机械电气传动装置相比,呈现出更高的数字化、智能化、网络化等特点。因此,在本书编写过程中编者力求突出高新技术在港口机械电气传动装置中的应用,使学生尽可能较全面地了解当前港口机械电气传动装置的自动化水平和发展。

本书计划教学时数为 36 学时。配合本书教学,课内配套港口岸边集装箱起重机电气传动系统和桥式抓斗卸船机电气传动系统两个实验。

本书大部分内容由大连海事大学谭跃编写,汪旭明参与了本书第一章部分内容的编写,最后由谭跃定稿。大连海事大学王丹教授主审。大连华锐重工集团设计研究院副院长白永昕高工、港口机械设计研究院副院长汤明清高工对本书提出修改意见并提供了部分编写资料,在此表示感谢。

因作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

编 者
2014 年 4 月

目 录

第一章 港口机械电气传动基础.....	1
第一节 电气传动系统运行状态分析.....	1
第二节 港口机械电动机容量选择.....	3
第三节 港口机械电气传动方案的选择	17
第四节 港口机械变频器的选择与维护	23
第五节 变频器常用参数及设定	30
第六节 变频器电动机系统的运行方式	33
第七节 PLC—变频器—电动机系统	34
第八节 港口机械的安保装置	41
练习题	42
第二章 港口门座式起重机电气传动系统	45
第一节 门座式起重机的运动机构	45
第二节 门座式起重机交流全变频调速系统	47
第三节 门座式起重机技术规格书(电气部分)	49
练习题	58
第三章 港口岸边集装箱起重机电气传动系统	59
第一节 岸边集装箱起重机运动机构	59
第二节 运动机构对电气传动系统的要求	62
第三节 集装箱吊具及控制	69
第四节 港口岸边集装箱起重机全变频电气传动系统	76
练习题	82
第四章 港口桥式抓斗卸船机电气传动系统	83
第一节 桥式抓斗卸船机运动机构的传动特征	83

第二节 抓斗运动机构对电气控制系统的基本要求	87
第三节 桥式抓斗卸船机电气控制系统	90
第四节 典型桥式抓斗卸船机简介	93
练习题	106
第五章 港口其他起重运输机械电气传动系统	107
第一节 装船机	107
第二节 浮船起重机	111
第三节 港口堆取料机	114
练习题	117
参考文献	118

第一章 港口机械电气传动基础

电气传动系统是指以电动机为动力通过传动轴、减速器、钢丝绳卷筒等传动装置拖动生产机械运转的机电运动整体。本章主要介绍与港口起重运输机械电气传动系统相关的一些基础知识。

第一节 电气传动系统运行状态分析

一、港口机械的负载性质及机械特性

1. 负载性质

港口机械多为起重运输机械,其负载性质通常为位能性负载和反抗性负载,如起重机的起升机构和旋转机构。位能性负载特性位于四象限直角坐标系的 I、IV 象限,其特点是负载力矩的方向不随转向的改变而改变。反抗性负载特性位于四象限直角坐标系的 I、III 象限,其特点是负载力矩的方向随转向的改变而改变。如图 1-1 所示为位能性负载特性,图 1-2 所示为反抗性负载特性。当考虑空载状态下的静态阻力矩(为反抗性负载性质)时,位于 I、IV 象限的位能性负载特性如虚线所示,此时电动状态下的负载力矩将大于制动状态下的负载力矩。

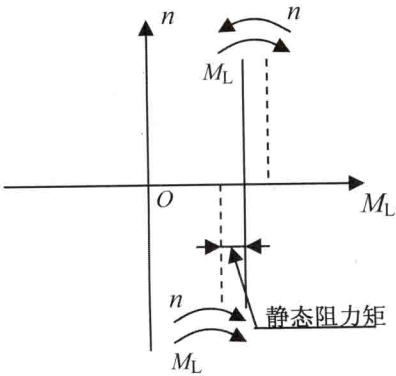


图 1-1 位能性负载

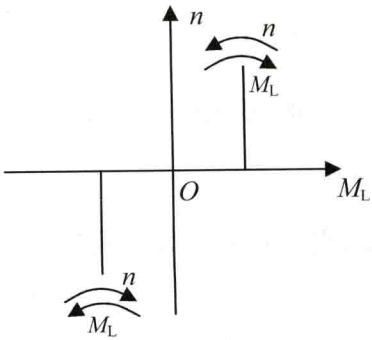


图 1-2 反抗性负载

2. 负载的机械特性

负载机械特性是研究电力拖动的重要依据。电动机拖动生产机械运动时,电动机产生的电磁力矩 T_e 必须克服生产机械加于其轴上的负载转矩 T_L (也称为生产机械的静态阻转矩)。根据运动形式,港口机械的负载机械特性可分为:

(1) 生产机械的静阻转矩 T_L 与转速 n 无关,即 $T_L = \text{常数}$ 。

这种生产机械的机械特性称之为恒力矩特性,如港口起重机的提升机构或称之为导辊特性,如运输一定重量的皮带运输机(张力 F 和导辊直径 D 始终不变的导辊传动机械: $T_L = FD = \text{常数}$)。其机械特性如图 1-3(a) 所示。

(2) 生产机械的静阻转矩 T_L 是转速 n 二次方的函数,即 $T_L = cn^2$ 。

例如通风机、离心泵等机械便具有这种抛物线式的特性,通常又称作通风机特性。其机械特性如图 1-3(b) 所示。

(3) 生产机械的静阻转矩 T_L 与转速 n 的乘积等于常数,即 $T_L n = \text{常数}$ 。

例如起重机的电缆卷筒等生产机械中,张力 F 和线速度 v 的乘积基本保持不变,即 $Fv = P(\text{功率}) = \text{常数}$,形成 $T_L n = \text{常数}$ 双曲线特性,称之为卷绕特性。这类卷绕特性属恒功率特性,其机械特性如图 1-3(c) 所示。

(4) 生产机械的静阻转矩 T_L 是转速 n 一次方的函数,即 $T_L = cn$,其机械特性如图 1-3(d) 所示。

例如直流发电机组,由电动机拖动发电机发电。当发电机励磁恒定,外接负载不变时,电动机轴上的负载转矩 T_L 等于发电机的电磁转矩 T_e ,即负载转矩 T_L 与转速 n 成正比变化。

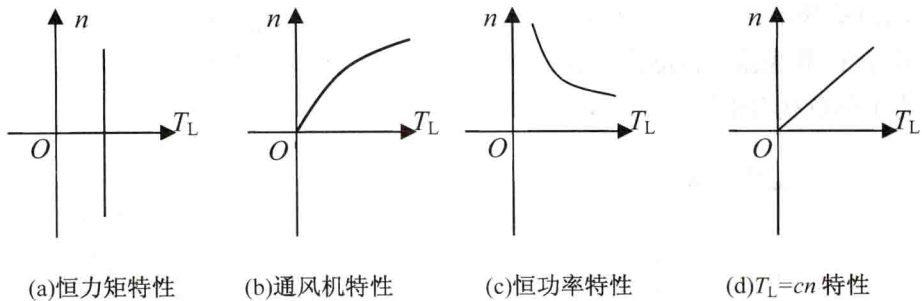


图 1-3 各种生产机械的机械特性

二、电力拖动运动方程式

在电力拖动系统中,电动机通过连接轴拖动生产机械运转,当电动机产生的电磁转矩 T_e 与负载的阻力矩(称之为负载转矩) T_L 相等时,拖动系统维持恒速运转,系统加速度为零;当 $T_e > T_L$ 时,系统处于加速状态;当 $T_e < T_L$ 时,系统处于减速状态。系统在加、减速状态时的速度变化与系统的转动惯量 J 有关。电力拖动系统的运动状态可以用式(1-1)描述。

$$T_e - T_L = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1-1)$$

式中, T_e ——电动机电磁转矩, $N \cdot m$;

T_L ——负载转矩, $N \cdot m$;

J ——传动系统转动惯量, $kg \cdot m^2$;

ω ——电动机轴角速度, rad/s ;

t ——加减速时间, s 。

在实际工程计算中,常用转速 n 替代角速度 ω ;用系统飞轮惯量 GD^2 替代转动惯量 J 。因此电力拖动系统的运动方程可以写成式(1-2)的一般形式:

$$\pm T_e - (\pm T_L) = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt} \quad (1-2)$$

式中, GD^2 ——折算到电动机轴上的飞轮惯量, $N \cdot m^2$;

n ——电动机转速, r/min 。

对于 T_e 及 T_L 正负号的选取,当电动机的电磁力矩 T_e 的方向与所规定的正方向相同时, T_e 前取正号;反之取负号。电动机轴上的负载力矩 T_L 的方向与其所规定的正方向相同时, T_L 前取正号;反之取负号。通常可根据电动机的机械特性曲线和生产机械的负载特性曲线来决定正负号。当特性曲线位于第 I 和第 IV 象限,两者前均取正号。当特性曲线位于第 II 和第 III 象限,两者前均取负号。

第二节 港口机械电动机容量选择

电动机容量的选择主要是指电动机的额定功率,同时还要确定额定转速、额定电压、额定电流和额定力矩等。正确选择电动机的额定功率有很重要的意义。若功率选得过大,则设备投资增大,而且电动机经常欠载运行,效率及交流电动机的功率因数较低,运行费用提高,很不经济。若功率选小了,电动机将过载运行,造成电动机过早地损坏。因此电动机不适当地选得太大或太小都将造成损失。选择电动机容量的方法和生产机械的运行方式直接相关,生产机械的运行方式可分为:

1. 长期运行(或持续运行,连续运行)

长期运行可使电动机温度达到稳定值。它可分为:

①恒定负载,如各类泵和通风机的运行。

②可变负载,如起重机、皮带运输机的运行。

2. 短时运行

短时运行工作期间,电动机温升不能达到稳定值,而停车时间很长,电动机温升在停车时间内,可降至周围介质的温度。它可分为:

①恒定负载,如起重机的大车行走电动机等机械的运行。

②可变负载,如起重机电缆转筒电动机的运行。

3. 重复短时运行

重复短时运行的特点:工作与停止交替周期性重复进行,每周期不超过 10 min。在任一工作周期内,温度不会达到稳定值,也不会 在停车期间冷却到周围媒介质的温度。它也可分为:

①恒定负载,如冲床的运行。

②可变负载,如起重机的运行。

决定电动机功率时,要考虑电机的发热、允许过载能力与起动能力等三方面的因素,一般情况下,以发热问题最为重要。电机的发热是由于在实现能量变换过程中在电机内部产生损耗并变成热量使电机的温度升高。在电机中耐热最差的是绕组的绝缘材料,不同等级的绝缘材料,其最高允许温度是不同的。电机中常用的绝缘材料可有五种等级:

a. A 级绝缘,最高允许温度为 105 ℃。

b. E 级绝缘,最高允许温度为 120 ℃。

c. B 级绝缘,最高允许温度为 130 ℃。

d. F 级绝缘,最高允许温度为 155 ℃。

e. H 级绝缘,最高允许温度为 180 ℃。

目前的趋势是日益广泛地使用高允许温度等级的绝缘材料,如 F、H 级绝缘。这样可以在一定的输出功率下使电机的重量与体积大为降低。

当电机温度不超过所用绝缘材料的最高允许温度时,绝缘材料的寿命较长,可达 20 年以上;反之,如温度超过上述最高允许温度,则绝缘材料老化、变脆,缩短了电机的寿命。严重的情况下,绝缘材料将碳化、变质,失去绝缘性能,从而使电机烧坏。

由此可见,绝缘材料的最高允许温度是一台电机带负载能力的限度,而电机的额定功率就是代表这一限度。电动机铭牌上所标的额定功率即指如环境温度(或冷却介质温度)为 40 ℃,电动机拖动额定负载工作时,温度逐渐升高趋于稳定后,最高温度可达到绝缘材料允许的极限。

一、电动机的发热和冷却及电动机工作制的分类

1. 电动机的发热过程

首先,研究长时间连续运行负载不变情况下电动机的发热过程。电动机的发热是由于工作时在其内部产生的损耗 ΔP 造成的。

$$\Delta P = P_1 - P_2 = P_2 \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) = P_1 (1 - \eta) = P_0 + P_{cu} = Q \quad (1-3)$$

式中, P_1 及 P_2 ——电动机的输入功率和输出功率, W;

η ——电动机的效率;

P_0 ——不变损耗,即空载损耗,包括铁损与机械损耗, W;

P_{cu} ——可变损耗,即铜损(W),与负载电流的平方成正比;

Q ——热流量,即电动机单位时间内发出的热量, J/s。

为研究方便,设电动机是一个在任何时候各部分温度都相同的均匀体,这样其热容量可用一个系数表示。此外还认为电动机向周围介质散发的热量与二者的温差(即温升 τ)成正比。在恒定负载下,电动机的热平衡方程式为

$$Qdt = A\tau dt + Cd\tau \quad (1-4)$$

式中, Q ——单位时间内电动机发出的热量, J/s;

A ——电动机的散热系数,即电动机与周围介质温差为 1 °C 时,单位时间内电动机向周围介质散发的热量, J/°C · s;

τ ——电动机的温升, °C;

C ——电动机的热容量,即为使电动机温度升高 1 °C 所需的热量, J/°C。

上式表明,在时间 dt 内,电动机所发出的热量 Qdt ,一部分是 $A\tau dt$,为电动机向周围介质散发的热量,另一部分是 $Cd\tau$,为电动机吸收的热量,使电动机的温度升高 $d\tau$ 度。

式(1-4)可以写成 $\tau + \frac{C}{A} \cdot \frac{d\tau}{dt} = \frac{Q}{A}$ 令 $T = \frac{C}{A}$, $\tau_s = \frac{Q}{A}$ 可得基本形式的电机热平衡微分方程式

$$\tau + T \frac{d\tau}{dt} = \tau_s \quad (1-5)$$

其解为

$$\tau = \tau_s(1 - e^{-t/T}) + \tau_i e^{-t/T} \quad (1-6)$$

式中, τ_i ——发热过程的起始温升, °C;

τ_s ——发热过程的稳态温升, °C;

T ——发热时间常数, s。

若发热过程从周围介质温度开始,则 $\tau_i = 0$,式(1-6)可改写为

$$\tau = \tau_s(1 - e^{-t/T}) \quad (1-7)$$

根据式(1-6)和式(1-7)绘出的电动机发热过程的温升曲线如图 1-4 所示。

2. 电动机的冷却过程

电动机从温升 τ_{s1} 冷却到温升 τ_{s2} 的表达式,如式(1-8)所示,

$$\tau = \tau_{s2}(1 - e^{-t/T}) + \tau_{s1} e^{-t/T} \quad (1-8)$$

若 $\tau_{s2} = 0$,则上式变为

$$\tau = \tau_{s1} e^{-t/T} \quad (1-9)$$

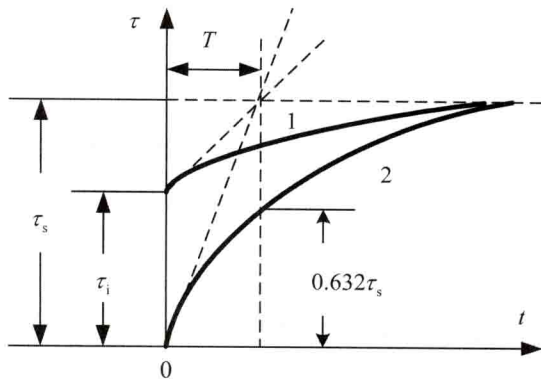


图 1-4 电动机发热过程的温升曲线

根据式(1-8)、式(1-9)可绘出电动机的冷却曲线,如图 1-5 所示。

3. 电动机工作制的分类

电动机的工作制表明电机在不同负载下的允许循环时间。由于生产机械有多种工作方式,因此电动机在设计、制造时,根据负载工作方式不同,分为 10 种工作制,简称 S1 ~ S10。

(1) S1 工作制:连续工作制。电动机连续工作,保持在恒定负载下运行至热稳定状态,其温升可达稳定值,其简化的负载图为 $P = f(t)$,温升曲线为 $\tau = f(t)$,如图 1-6 所示。

(2) S2 工作制:短时工作制。电动机的工作时间 t_w 较短,而停车时间 t_0 又很长,电动机的温度可以降到周围介质温度。我国规定的短时工作的标准时间有 15 min、30 min、60 min 及 90 min 四种。其表示方法为在 S2 后面加上持续工作时间,如 S2,60 min。其简化的负载图为 $P = f(t)$,温升曲线为 $\tau = f(t)$,如图 1-7 所示。

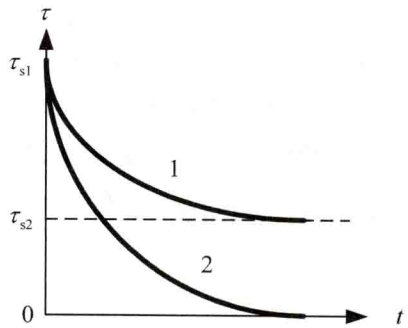


图 1-5 电动机冷却过程的曲线

1—负载减小时;2—电动机脱离电网

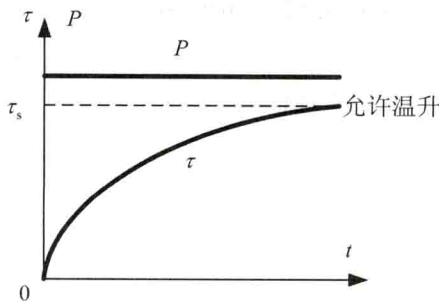


图 1-6 连续工作制

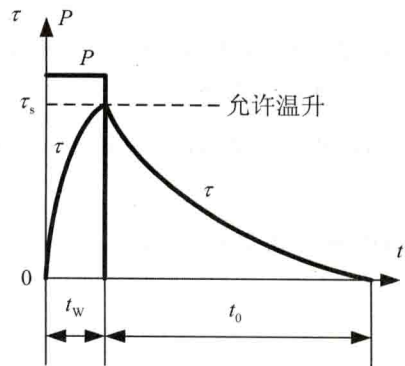


图 1-7 短时工作制

(3) S3 工作制:重复短时工作制或称断续周期性工作制。在这种工作制中,工作时间 t_w 和停歇时间 t_0 轮流交替,两段时间都较短。开始工作时,在每一个周期 ($t_w + t_0$),温升有所上升,最后温升将在某一范围内上下波动。其简化的负载图为 $P = f(t)$,温升曲线为 $\tau = f(t)$,如图 1-8 所示。

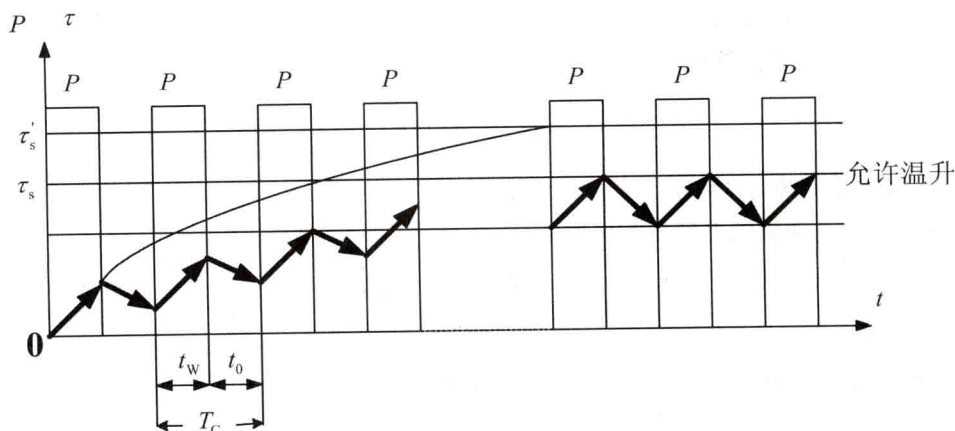


图 1-8 重复短时工作制 $P = f(t)$ $\tau = f(t)$ 曲线

在重复短时工作制中,电动机带动负载工作时间与工作周期之比称为负载持续率,用 $JC\%$ 表示,即

$$JC\% = \frac{t_w}{t_w + t_0} \quad (1-10)$$

我国规定的标准负载持续率有 15%、25%、40% 和 60% 四种,一个周期的总时间规定为 $t_w + t_0 \leq 10 \text{ min}$ 。S3 工作制的表示法为在其后加上负载持续率,如 S3, 40%。

除了上述三种常用的工作制电动机以外,还有 $S_4 \sim S_{10}$ 工作制。S4 工作制,指包括起动在内的断续周期性工作制,表示方法为在 S4 后标以负载持续率以及折算到电机轴上的电机转动惯量 J_M 、负载转动惯量 J_{ext} ,如 S4, 25%, $J_M = 0.15 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, $J_{ext} = 0.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; S5 工作制,指包括电气制动的断续周期工作制,表示方法同 S4; S6 工作制,指连续周期工作制,每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段空载运行时间,无停机、断电时间,表示方法同 S3; S7 工作制,指包括电制动的连续周期工作制; S8 工作制,指负载和转速做周期性变化的连续周期工作制; S9 工作制,指负载和转速作非周期变化的连续周期工作制; S10 工作制,指离散恒定负载工作制。

不同工作制下电动机容量选择的方法是不同的,下面将重点介绍 S1、S2、S3 三种工作制的电动机容量选择方法。

二、负载力矩及飞轮惯量的折算

通常港口机械电气传动装置的电动机与生产机械之间有传动装置,在进行港口机械电动机容量选择前,需要把生产机械的负载力矩折算到电动机轴上。负载力矩折算要遵循能

量守恒定律,即折算前后系统的传递功率不变,而中间传动机构的损耗放在传动效率中考虑。

1. 旋转运动体转矩和飞轮惯量的折算

电动机通过减速器把电动机的转速 n_m 变为符合工作机构需要的转速 n_{LW} 。设减速器各齿轮间的传动比为 $i_1, i_2, \dots, i_n$, 相应的传动效率为 $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ 。当电动机工作在电动状态时,根据功率平衡条件得

$$T_{LW} n_{LW} \frac{1}{\eta_Z} = T_L n_m \quad (1-11)$$

式中,传动装置总效率 $\eta_Z = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$ 。

所以折算到电动机轴上的负载转矩为

$$T_L = \frac{T_{LW}}{(n_m/n_{LW}) \eta_Z} = \frac{T_{LW}}{i_Z \eta_Z} \quad (1-12)$$

式中,传动装置总传动比 $i_Z = \frac{n_m}{n_{LW}} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n$ 。

当电动机工作在发电制动状态时,按传递功率不变原则,即

$$T_{LW} n_{LW} \eta_Z = T_L n_m$$

即

$$T_L = \frac{T_{LW}}{i_Z} \eta_Z \quad (1-13)$$

每级传动机构的效率可从机械工程手册上查到。例如,每对齿轮(带滚动轴承)的满载效率为 0.975 ~ 0.985,蜗轮蜗杆传动的满载效率为 0.5 ~ 0.7。

设电动机拖动全部旋转体所具有的动能为 A ,传动机构的每一根轴所具有的动能为 $A_1, A_2, \dots, A_n$, 则 $A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$ 。由于 $A = J \frac{\omega^2}{2} = \frac{GD^2}{4J} \cdot \frac{\omega^2}{2}$, 所以折算到电动机轴上的飞轮惯量为:

$$\begin{aligned} GD^2 &= GD^2 + GD^2 \left(\frac{\omega_1}{\omega_m} \right)^2 + GD^2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_m} \right)^2 + \dots + GD^2 \left(\frac{\omega_n}{\omega_m} \right)^2 \\ &= GD_m^2 + GD_1^2 \frac{1}{i_1^2} + GD_2^2 \frac{1}{i_2^2} + \dots + GD_n^2 \frac{1}{i_n^2} \end{aligned} \quad (1-14)$$

式中, $i_1 = \frac{\omega_m}{\omega_1}, i_2 = \frac{\omega_m}{\omega_2}, \dots, i_n = \frac{\omega_m}{\omega_n}$, 为各级传动比。

2. 直线运动体的作用力和飞轮惯量折算

设直线运动体的速度为 v , 其作用力为 F_L , T_L 为力 F_L 折算到电动机轴上的负载力矩, ω_m 和 n_m 为电动机的角速度和转速, 则根据功率平衡条件得

$$F_L v \frac{1}{\eta_Z} = T_L \omega_m \quad (1-15)$$

则

$$T_L = \frac{F_L v}{\omega_m \eta_Z} = \frac{F_L v}{\frac{2\pi n_m}{60} \eta_Z} = 9.55 \frac{F_L v}{n_m \eta_Z} \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (1-16)$$

式中,传动装置总效率 $\eta_Z = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$ 。

当电力拖动系统中有直线运动体时,由于运动体运动时也具有动能,所以必须将其质量折算到电动机轴上,作为等值的飞轮惯量,即

$$GD^2 = GD_m^2 + \frac{1}{i_z^2} GD_D^2 + \frac{365 G v^2}{n_m^2} \quad (1-17)$$

式中, GD_D^2 为鼓轮飞轮惯量; G 为直线运动体的重量(N); v 为直线运动体的线速度(m/s); n_m 为电动机转速(r/min)。

三、电动机容量选择

1. 恒定负载下连续工作制电动机容量的选择

需要知道生产机械加于电动机轴上的额定负载转矩 T_{LN} (N·m) 和额定转速 n_N (r/min), 就可以确定拖动此生产机械电动机的计算额定功率为

$$P_{N(\text{计算})} = \frac{T_{LN} n_N}{9\,550} \quad (\text{kW}) \quad (1-18)$$

实际选取的电动机的额定功率 P_N 要参照生产标准, 要求 $P_N \geq P_{N(\text{计算})}$, 这样发热不会有问題, 不必进行发热校验。

例 1-1 国产 6SH-9A 型离心泵的额定数据为: 排量 $Q = 144 \text{ m}^3/\text{h}$; 压头 $H = 40 \text{ m}$ 水柱; 转速 $n = 2\,900 \text{ r/min}$; 效率 $\eta_p = 0.75$ 。如用作淡水泵, 试选择电动机的容量。

解: 泵用电动机的容量计算公式为

$$P_{N(\text{计算})} = \frac{Q \gamma H}{102 \eta} \quad (\text{kW}) \quad (1-19)$$

式中, Q ——排量, m^3/s ;

γ ——液体的密度, kg/m^3 ;

H ——压头, m 水柱;

η ——泵的总效率, 包括泵的效率 η_p 和电动机与泵之间的传动机构的机械效率 η_i 。

利用已知条件, 将排量 Q 换算成公式(1-19)需要的单位, 即 $Q = 144 \text{ m}^3/\text{h} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ 。因泵与电动机直接连接, 取 $\eta_i = 0.98$ 。对淡水 $\gamma = 1\,000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。由公式(1-19)得

$$P_{N(\text{计算})} = \frac{Q \gamma H}{102 \eta_p \eta_i} = \frac{0.04 \times 1\,000 \times 40}{102 \times 0.75 \times 0.98} = 21.3 \quad (\text{kW})$$

选用 JO₂-71-2 型三相异步电动机。其额定数据为: 额定功率 22 kW; 额定电压 380 V; 额定转速 2 940 r/min; 额定电流 42 A, 工作制为连续。

2. 变化负载下连续工作制电动机容量的选择

在变化负载下所使用的电动机一般是为恒定负载工作而设计的。因此, 这种电动机用

于变化负载时,必须进行发热校验。所谓发热校验,就是验证电动机在运行中所达到的最高温升是否接近并低于允许温升。

变化负载下电动机容量选择的步骤是:

(1) 根据生产实际绘制生产机械负载图 $P_L = f(t)$ 或 $T_L = f(t)$, 如图 1-9(a)、(b) 所示。

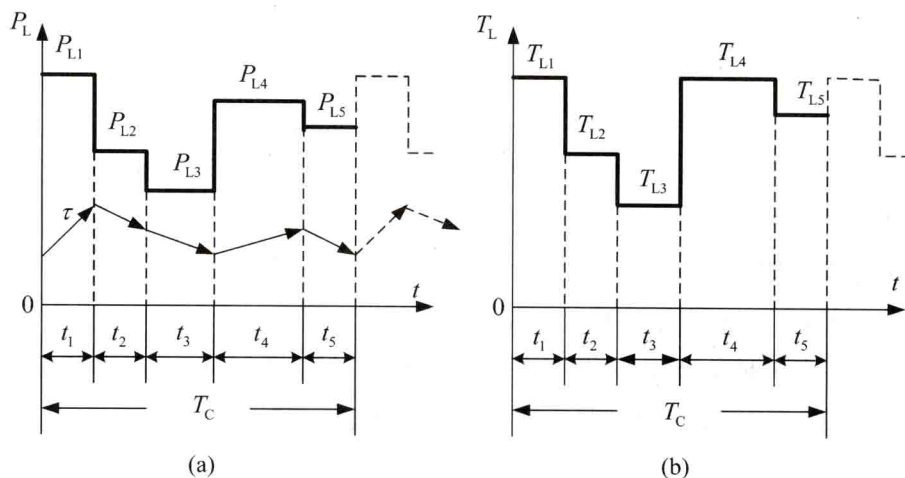


图 1-9 生产机械负载图 $P_L = f(t)$ 和 $T_L = f(t)$

(2) 预选电动机的容量:

利用生产机械负载图 $P_L = f(t)$ 或 $T_L = f(t)$, 求出负载平均功率 $P_{L(AV)}$ 或平均转矩 $T_{L(AV)}$ 为:

$$P_{L(AV)} = \frac{P_{L1}t_1 + P_{L2}t_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots} = \frac{\sum_1^n P_{Li}t_i}{\sum_1^n t_i} \quad (1-20)$$

$$T_{L(AV)} = \frac{T_{L1}t_1 + T_{L2}t_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots} = \frac{\sum_1^n T_{Li}t_i}{\sum_1^n t_i} \quad (1-21)$$

由于按上述两式计算出的 $P_{L(AV)}$ 和 $T_{L(AV)}$ 没有反映考虑过渡过程中的发热情况,因此电动机的额定功率按下式预选:

$$P_{N(\text{预选})} \geq (1.1 \sim 1.6) P_{L(AV)}$$

$$P_{N(\text{预选})} \geq (1.1 \sim 1.6) \frac{T_{L(AV)} n_N}{9550} \quad (1-22)$$

在式(1-22)中,若过渡过程在整个工作过程中占较大比重,系数(1.1 ~ 1.6)取偏大的数值。

电动机预选后,按下式算出预选电动机的额定损耗功率

$$\Delta P_{(\text{预选})} = \frac{P_N}{\eta} - P_N \quad (1-23)$$

3. 短时工作制电动机的选择

对于短时工作制的负载,可选用为连续工作制而设计的电动机,也可选用为短时工作制而设计的电动机。

(1) 选用为连续工作制而设计的电动机

如图 1-10 所示,设负载的短时功率为 P_w ,工作时间为 t_w 。如果选择连续工作制电动机的功率 $P_N \geq P_w$,那么在 $t = t_w$ 时,温升曲线 1 只能达到 τ'_w 而达不到电动机允许的温升 τ_s ,

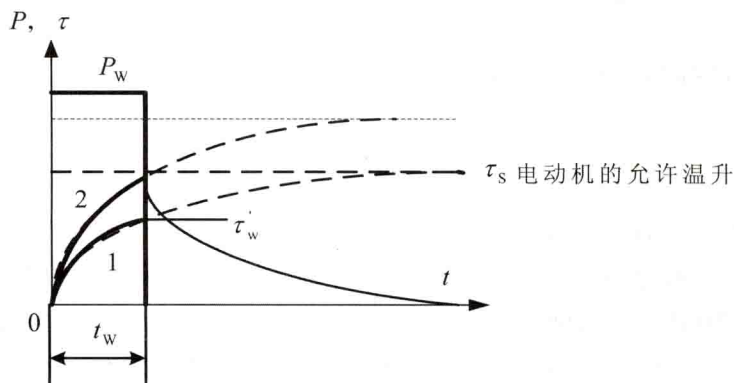


图 1-10 短时工作制的功率 $P = f(t)$ 和温升 $\tau = f(t)$ 曲线

说明电动机的容量选大了,电动机没有得到充分利用。因此,选用连续工作制电动机的功率 P_N 应小于负载的短时功率 P_w ,使电动机在工作时间 t_w 内过载运行,温升曲线按曲线 2 上升,在 $t = t_w$ 时,温升达到电动机允许的温升 τ_s ,使电动机得到充分地利用。

在 $\frac{t_w}{T} \leq 0.3$ 时 (T 为发热时间常数,一般大于 15 min),可按下式选择连续工作制电动机的额定功率

$$P_N \geq \frac{P_w}{\lambda_m} \quad (1-24)$$

式中, λ_m ——电动机的允许过载倍数(可从产品目录中查得)。

如果在短时工作期间负载功率是变化的,且满足 $\frac{t_w}{T} \leq 0.3$ 的条件,仍可按式(1-24)计算,但此时的 P_w 要用短时工作期间的最大负载功率代替。

利用式(1-24)选择连续工作制电动机的容量,可不必进行过载能力的校验,但应进行启动能力的校验。

(2) 选用为短时工作制而设计的电动机

我国规定的短时工作电动机的标准时间 t_{std} 有 15 min、30 min、60 min 及 90 min 四种。对于恒定负载,按对应的负载功率和工作时间由产品目录中直接选用。对于变化负载,可按