

中等专业学校教学用书

煤矿电工学

(煤矿机电专业用)

刘用中 段浩钧 编

煤炭工业出版社

中等专业学校教学用书

煤矿电工学

(煤矿机电专业用)

刘用中 段浩钧 编

煤炭工业出版社



B 123637

内 容 提 要

本书共分两篇，第一篇1~10章；第二篇11~22章。全书系统地介绍了矿山电力拖动与控制及矿山变电所与电网的基本理论知识，常用设备的结构、原理，典型控制线路、选择、计算方法和电气保护措施。书中较好地联系我国目前煤矿生产实际。

本书是煤矿中等专业学校煤矿机电专业的教材，也可供煤矿电气技术人员参考。

责任编辑：胡玉雁

中等专业学校教学用书

煤 矿 电 工 学

(煤矿机电专业用)

刘用中 段浩钧 编

煤炭工业出版社 出版

(北京市宣武门外大街北口)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $22^{1/4}$ 插页 3

字数 535 千字 印数 1—17,120

1984年 6 月第 1 版 1984年 6 月第 1 次印刷

书号 15035·2619 定价 2.50 元

前 言

本书是根据煤炭部一九八一年煤矿中等专业学校煤矿机电专业教学大纲审定会议通过的《煤矿电工学》教学大纲编写的。

全书共分两大部分，较系统地介绍了矿山电力拖动与控制、矿山变电所与电网的基本理论知识，常用设备的结构、原理、典型控制线路，选择、计算方法和电气保护措施。

在编写过程中，编者曾进行现场调查，并参考了有关学校教材，查阅了有关技术资料，力图使本书能较好地联系我国目前煤矿生产实际。

本书是煤矿中等专业学校煤矿机电专业的教材，也可供煤矿电气技术人员参考。

本书由江西煤校刘用中、段浩钧合编。第一篇矿山电力拖动与控制由段浩钧编写，第二篇矿山供电由刘用中编写。初稿由江西煤校电工教研组全体教师讨论，并请重庆煤校、湖南煤校、广东煤校等有关教师提出意见，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免出现不妥之处，我们恳切希望广大读者批评指正。

编 者

一九八三年元月

目 录

绪论	1
第一篇 矿山电力拖动与控制	
第一章 电力拖动动力学	2
第一节 电力拖动系统的力矩及运动基本方程式	2
第二节 电力拖动系统力矩的折算	4
小结	9
复习题	9
第二章 电动机的机械特性	10
第一节 生产机械和电动机的机械特性	10
第二节 直流他励电动机的机械特性	13
第三节 直流串励电动机的机械特性	21
第四节 异步电动机的机械特性	28
*第五节 同步电动机的机械特性和角特性	41
小结	43
复习题	45
第三章 电动机启动设备的选择	47
*第一节 直流他励电动机和串励电动机启动电阻的计算	47
第二节 绕线式异步电动机启动电阻的计算	51
第三节 同步电动机、鼠笼型电动机启动电抗器和自耦变压器的选择	55
小结	57
复习题	58
第四章 电力拖动系统的转速调节	59
第一节 调速意义与调速指标	59
*第二节 直流他励电动机的调速	62
第三节 直流串励电动机的调速	64
第四节 异步电动机的调速	65
小结	67
复习题	68
第五章 电动机容量的选择	69
第一节 正确选择电动机容量的意义与要求	69
第二节 电动机的发热与冷却过程	69
第三节 连续运转状态下电动机容量的选择	73
第四节 短时运转状态下电动机容量的选择	78
第五节 重复短时运转状态下电动机容量的选择	76
小结	79
复习题	79

第六章 电力拖动的控制电器	81
第一节 按钮、组合开关、限位开关	81
第二节 自动空气开关	82
第三节 主令控制器	83
第四节 接触器	84
第五节 控制用继电器	86
第六节 保护电器	88
第七节 熔断器	90
第八节 自整角机	96
小结	100
复习题	101
第七章 鼠笼型异步电动机的控制	102
第一节 自动控制系统中元件的符号与线路图	102
第二节 电抗器降压起动的控制线路	104
第三节 白炽变压器降压起动的控制线路	105
小结	107
复习题	107
第八章 绕线式异步电动机的控制	108
第一节 矿井提升机KKX电控系统	108
第二节 矿井提升机TKD电控系统	118
小结	126
复习题	127
第九章 直流串激电动机的控制	128
第一节 概述	128
第二节 矿用电动机可控硅脉冲调速	128
小结	136
复习题	136
第十章 同步电动机的控制	137
*第一节 硅整流励磁同步电动机的控制线路	137
第二节 可控硅励磁同步电动机的控制线路	140
小结	145
复习题	146

第二篇 矿山供电

第十一章 供电概述	147
第一节 矿山供电的基本要求	147
第二节 电力系统的基本概念	148
第三节 矿山供电的电压等级	149
小结	150
复习题	150
第十二章 矿山电网	151
第一节 电网的种类	151

第二节 矿用电缆的构造和用途	154
第三节 电缆故障的寻找	157
小结	160
复习题	160
第十三章 高压开关	161
第一节 开关的触头	161
第二节 起弧原因及灭弧方法	162
第三节 隔离开关	166
第四节 断路器	167
第五节 断路器的操作机构	175
第六节 负荷开关	178
第七节 熔断器	179
小结	181
复习题	182
第十四章 矿用电气设备	183
第一节 矿用电气设备的类型及防爆原理	183
第二节 矿用低压防爆开关	186
第三节 矿用隔爆磁力起动器及采运机械的控制系统	189
第四节 矿用高压配电箱	199
第五节 矿用变压器	201
小结	204
复习题	205
第十五章 矿山变电所	206
第一节 矿井供电系统	206
第二节 地面变电所的主接线	208
第三节 井下中央变电所	210
第四节 采区变电所与移动变电所(车)	211
第五节 工作面配电点	213
第六节 变压器容量的选择	213
第七节 变压器功率损耗及过负荷能力的计算	221
小结	224
复习题	225
第十六章 短路电流	227
第一节 概述	227
第二节 短路电流的过渡过程	228
第三节 相对值	231
第四节 短路电流的计算	236
第五节 两相短路电流的计算	239
第六节 低压电网短路电流的计算	239
第七节 短路电流的电动力效应	242
第八节 短路电流的热效应	244
小结	247

复习题	247
第十七章 电气设备的选择	249
第一节 选择电气设备的一般条件	249
第二节 母线的选择	250
第三节 断路器、隔离开关和熔断器的选择	254
第四节 短路电流的限制及电抗器的选择	255
小结	257
复习题	257
第十八章 矿山电网的计算	258
第一节 概述	258
第二节 电压损失计算	260
第三节 按允许电压损失选择低压电缆截面	264
第四节 按启动条件检验电缆截面	269
小结	272
复习题	272
附表	273
第十九章 继电保护装置	278
第一节 概述	278
第二节 开式电网定时限过电流保护装置	279
第三节 开式电网反时限过电流保护装置	290
第四节 电网的接地保护装置	294
第五节 变压器的故障及其保护装置的设置原则	297
第六节 变压器的瓦斯保护	298
第七节 变压器的电流速断保护装置	299
第八节 变压器的差动保护	300
第九节 变压器的过流保护装置及过负荷保护装置	302
第十节 高压异步电动机的保护装置	304
第十一节 井下过电流保护装置的整定	306
小结	309
复习题	309
附表	310
第二十章 过电压保护	313
第一节 大气过电压的原因及危害	313
第二节 避雷针及避雷线	314
第三节 避雷器	317
第四节 变电所过电压保护	321
小结	325
复习题	325
第二十一章 矿山供电安全技术	326
第一节 触电的危险性及其预防方法	326
第二节 矿用隔爆检漏继电器	331
第三节 电钻综合保护装置	336

第四节 保护接地系统	340
第五节 接地电阻测量	343
小结	345
复习题	345
第二十二章 节约电能	346
第一节 概述	346
第二节 电网损耗与电压水平的关系	347
第三节 变压器的经济运行	348
第四节 提高功率因数	349
小结	352
复习题	352
主要参考书	352

绪 论

电能是广泛应用的一种能量形式，具有容易转换、传输，分配过程中能量损失小，使用和控制比较方便等优点。目前电能是国民经济各部门中动力的主要来源。

电力在煤矿生产中占有很重要的地位。我国煤矿所使用的绝大多数生产机械都采用电力拖动。在控制方面由手动控制、半自动控制发展到了自动控制，并设计和制造了各种系列的矿用电动机及其它专用电机；电子技术也较广泛应用于控制系统中。今后将由单机自动化、综合自动化向全矿自动化过渡。

在供电方面，具有良好技术经济指标的35千伏高压线路深入负荷中心的供电方式，得到了推广。变电所的结线方式趋于简化，高压配电装置组装成套化，各种开关设备日益趋于小型化和动作快速化，供电系统的继电保护装置已开始实现无触点化，并进一步向远控、远测及远信技术发展。

《煤矿电工学》是中等专业学校煤矿机电专业的主要专业课之一，包括电力拖动与控制、矿山供电两部分。前者研究拖动矿山机械的各种电动机的机械特性，容量选择及常用控制电器的构造、工作原理、调试整定方法及某些典型控制线路；后者是研究安全、可靠、经济、合理、保证质量地解决对矿山的供电问题。

《煤矿电工学》的理论性、综合性及实用性都较强，学习时应着重理解基本概念、掌握基本方法和注意基本技能的训练。

第一篇 矿山电力拖动与控制

第一章 电力拖动动力学

第一节 电力拖动系统的力矩及运动基本方程式

“拖动”是应用各种原动机使生产机械产生运动，以完成一定的生产任务。用电动机作为原动机的拖动方式称为“电力拖动”。

在电力拖动中，系统的运动方式由电动机的转动力矩及系统的阻力矩之间的关系决定。本章的任务就是研究它们之间的关系，找出变化的规律。

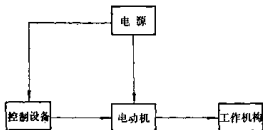


图 1-1 电力拖动系统示意图

一、电力拖动装置的组成

一般情况下，电力拖动装置由电动机、工作机构、控制设备及电源四部分组成（如图1-1所示）。

电动机把电能转换成机械动力，用以拖动生产机械的某一工作机构。工作机构是生产机械为执行某一任务的机械部分。控制设备是指各种控制电机、电器，用以控制电动机的运转。电源是向电动机及一些电气控制

设备供电的部分。

在许多情况下，电动机与工作机构并不同轴，它们之间还有传动机构，把电动机的运动，经过中间变速或变换运动方式后，再传给生产机械的工作机构。

二、电力拖动系统的力矩

在电力拖动系统中有三种力矩存在：（一）拖动力矩；（二）负载力矩（或称阻力矩）；（三）惯性力矩（或称动态力矩）。系统的运行方式由电动机转动力矩及系统阻力矩之间的关系决定。

如果电动机带动工作机械稳定运行，电动机产生的拖动力矩应克服系统的负载力矩。如果要使工作机构变速运行，电动机产生的拖动力矩除克服负载力矩外，还应克服由于运动部分的惯性所引起的惯性力矩。

三、运动方程式

由力学定律可知，在电力拖动系统中有下列二个基本运动方程式。

直线运动：

$$F - F_z = m \frac{dv}{dt} \quad (1-1)$$

式中 F ——拖动力，牛；

F_z ——阻力，牛；

$m \frac{dv}{dt}$ —— 惯性力, 牛;

m —— 质量, 公斤;

v —— 速度, 米/秒;

t —— 时间, 秒。

旋转运动:

$$M - M_z = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1-2)$$

式中 M —— 电动机产生的拖动力矩, 牛·米;

M_z —— 负载力矩, 牛·米;

$J \frac{d\omega}{dt}$ —— 惯性力矩, 牛·米。

转动惯量 J 可用下式表示。

$$J = m\rho^2 = \frac{G}{g} \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \frac{GD^2}{4g} \quad (1-3)$$

式中 m —— 转动部分的质量, 公斤;

G —— 转动部分的重量, 牛;

ρ 与 D —— 质量 m 的转动半径与直径, 米;

$g = 9.81$ 米/秒² —— 重力加速度。

转动惯量 J 的单位为公斤·米²。

在式 (1-2) 中, 如将角速度 ω (弧度/秒) 化成用每分转速 n (转/分) 表示, 即:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

并用式 (1-3) 代入, 则得式 (1-2) 的实用形式。

$$M - M_z = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad (1-4)$$

式中 $GD^2 = 4gJ$ 称为飞轮惯量, 牛·米²。

电动机电枢 (或转子) 及其它转动部件的飞轮惯量 GD^2 的数值可由相应的产品目录中查到, 但其单位目前尚用公斤·米²表示。为了化成国际单位, 将查到的数据乘以 9.81 则换算成牛·米²。

电动机的工作状态可由运动方程式表示出来, 分析式 (1-4) 可知:

1. 当 $M = M_z, \frac{dn}{dt} = 0$, 则 $n = 0$ 或 $n = \text{常数}$, 电动机静止或等速旋转, 电力拖动系统处于稳定运动状态;

2. 当 $M > M_z, \frac{dn}{dt} > 0$, 电力拖动系统处于加速状态;

3. 当 $M < M_z, \frac{dn}{dt} < 0$, 电力拖动系统处于减速状态。

四、运动方程式中力矩正负号的分析

应用运动方程式，通常以电动机轴为研究对象。由于电动机运转状态不同，以及生产机械负载类型不同，电动机轴上的拖动力矩 M 及阻力矩 M_z 不仅大小不同，方向也是变化的。因此，运动方程式中力矩 M 与 M_z 都有正负之分。

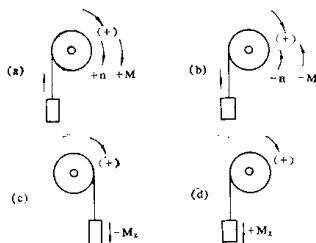


图 1-2 M 和 M_z 的方向与规定正方向的关系

式 (1-4) 中 M 与 M_z 前面的正负号可作如下规定：

预先规定某一旋转方向（如顺时针方向）为正方向，则另一旋转方向（如逆时针方向）为负方向。当电磁力矩 M 的方向与规定的旋转正方向一致时， M 取正号，如图1-2(a)所示。图中带“+”的箭头代表规定的正方向；相反时，则取负号，如图1-2(b)所示。阻力矩 M_z 的方向如与所规定的旋转正方向相同时， M_z 取负号，如图1-2(c)所示；相反时，则取正号，如图1-2(d)所示。

惯性力矩 $\frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$ 的大小及正负号由力矩 M 及负载力矩 M_z 的代数和来决定。

第二节 电力拖动系统力矩的折算

实际拖动系统中的各部分，转速常常不同。如图1-3(a)所示，采用三根轴把电动机转速 n 变成符合工作机构需要的转速 n_z 。在不同的轴上各有本身的转速及转动惯量，在不同的轴上也各有反映电动机拖动的力矩及反映工作机构的负载力矩。研究这个系统，需要对每根轴分别列出相应的运动方程式，再联立求解，显然这是很麻烦的。

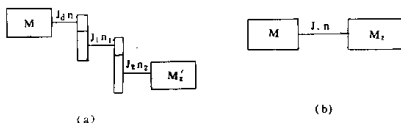


图 1-3 电力拖动系统示意图
(a) 传动图；(b) 等效折算图

研究电力拖动系统通常只需要研究电动机轴的运动规律。为此，引用折算的概念，把实际的拖动系统简化为只有一根轴的等值系统，如图1-3(b)所示。把各个轴的影响都折算到所要研究的电动机轴上去。折算的原则是保持折算前后系统传递的功率及储存的动能相同。

以电动机轴为折算对象，需要折算的参数有：工作机构力矩 M'_z 在电机轴上的反映，即

所谓负载力矩 M_z ，系统各轴（除电动机轴外）的转动惯量 $J_1, J_2, \dots, J_z$ 在电动机轴上的反映，即所谓系统的转动惯量 J 。对于某些作直线运动的机构，还必须将质量 m 及运动所需克服的阻力 F_z 折算到电动机轴上去。

一、工作机构力矩的折算

如图1-3(b)所示，用电动机轴上的负载力矩 M_z 来反映工作机构轴上的力矩 M'_z 的工作。折算的原则是系统的传送功率不变，并考虑传动机构的传动效率 η_c 。当功率的传送方向不同时，效率 η_c 考虑的方法也不同。

1. 电动机工作在电动状态时，由电动机带动工作机构，功率由电动机向工作机构传送。传动损耗由电动机承担，电动机发出的功率比生产机械消耗的功率大。按折算原则应有如下关系：

$$M_z n = \frac{M'_z n_z}{\eta_c}$$

$$M_z = \frac{M'_z}{\eta_c \left(\frac{n}{n_z} \right)} = \frac{M'_z}{\eta_c j} \quad (1-5)$$

式中 $j = \frac{n}{n_z}$ —— 电动机轴与工作机构轴间的传速比。

2. 电动机工作在制动状态时，由工作机构带动电动机，功率传送方向是由工作机构到电动机。这时的传动损耗由工作机构承担，传送到电动机轴上的功率较工作机构轴上的功率小。按折算原则得下列关系：

$$M_z n = M'_z n_z \eta_c$$

$$M_z = \frac{M'_z}{j} \eta_c \quad (1-6)$$

如传动机构采用多级变速，则总的传速比 j 为各级传速比 $j_1, j_2, \dots$ 的乘积

$$j = j_1 \cdot j_2 \cdot j_3 \cdots$$

传动的总效率 η_c 为各级传动效率 $\eta_1, \eta_2, \dots$ 的乘积

$$\eta_c = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdots$$

不同种类的传动机构，每级效率不同，其数值可由机械工程手册上查得。对于某一具体生产机械，负载大小不同，效率也不同，一般是空载低，满载高。粗略计算时，可以不考虑这种变化，都可用满载效率值来计算。

二、工作机构直线运动作用力的折算

某些生产机械具有直线运动的工作机构，如矿用绞车的钢丝绳以力 F_z 吊质量为 m 的重物 G ，以速度 v 上升或下降，如图1-4所示。这个力在电动机轴上的反映就是负载力矩 M_z ，其折算方法与上述相同。

当电动机工作在电动状态时，应有如下关系：

$$M_z \omega = \frac{F_z v}{\eta_c}$$

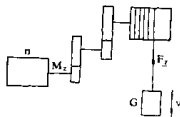


图 1-4 矿井绞车提升装置示意图

$$M_z = \frac{F_z v}{\omega \eta_c} \quad (1-7)$$

把电动机角速度 ω 化成每分转速 n , 即 $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ 代入式 (1-7),

则得:

$$M_z = 9.55 \frac{F_z v}{n \eta_c} \quad (1-8)$$

当电动机工作在制动状态时, 则有如下关系:

$$M_z = 9.55 \frac{F_z v}{n} \eta_c \quad (1-9)$$

三、传动机构与工作机构飞轮惯量的折算

在一个多轴系统中, 要把传动机构各轴的转动惯量 $J_1, J_2, \dots$ 及工作机构的转动惯量 J_z 都折算到电动机轴上去, 用电动机轴上一个等效的转动惯量 J 反映整个拖动系统中各轴转动惯量的影响。各轴转动惯量对运动过程的影响, 直接反映在各轴转动惯量所储存的动能上, 因此折算的原则是折算前后系统储存的动能相等。当各轴的角速度为 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_z$ 时, 得下列关系:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} J \omega^2 &= \frac{1}{2} J_d \omega^2 + \frac{1}{2} J_1 \omega_1^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 + \\ &+ \dots + \frac{1}{2} J_z \omega_z^2 \\ J &= J_d + J_1 \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2 + J_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega} \right)^2 + \dots + J_z \left(\frac{\omega_z}{\omega} \right)^2 \\ &= J_d + \frac{J_1}{j_1^2} + \frac{J_2}{j_2^2} + \dots + \frac{J_z}{j_z^2} \end{aligned} \quad (1-10)$$

把式 (1-10) 化成用飞轮惯量及转速表达的形式, 得:

$$GD^2 = GD_d^2 + \frac{GD_1^2}{j_1^2} + \frac{GD_2^2}{j_2^2} + \dots + \frac{GD_z^2}{j_z^2} \quad (1-11)$$

一般情况下, 在系统总的飞轮惯量中, 占最大比重的是电动机轴上的飞轮惯量, 其次是工作机械轴上飞轮惯量的折算值。传动机构各轴上飞轮惯量的折算值占比重较小。

四、工作机械直线运动质量的折算

有些工作机械具有直线运动部分, 如绞车提升与下放重物, 在其质量 m 中储存有动能, 造成机械运动的惯性。这种直线运动是由电动机带动的, 因此必须把速度为 v 的质量 m 折算到电动机轴上, 用电动机轴上的一个转动惯量为 J'_v 的转动物体与之等效。折算的原则是储存的动能相等, 即:

$$\begin{aligned} J'_v \frac{\omega^2}{2} &= m \frac{v^2}{2} \\ J'_v &= m \frac{v^2}{\omega^2} \end{aligned} \quad (1-12)$$

考虑到 $(GD_J^2)' = 4gJ_k^2$, $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ 及 $m = \frac{G}{g}$, 可把式 (1-12) 化成用飞轮惯量的表示式, 即:

$$(GD_J^2)' = \frac{364Gv^2}{n^2} \quad (1-13)$$

通过上述折算, 可以把具有多根轴的既有旋转运动又有直线运动的系统, 折算成一个单轴的旋转运动系统。这样仅用一个运动方程式, 就可以研究实际的多轴系统了。

例 1-1

如图1-5所示的双滚筒提升绞车。已知数据如下: 提升高度 $H = 200$ 米, 罐笼内一辆矿车自重 $G_k = 6376$ 牛, 载重 $G_x = 9810$ 牛, 罐笼及挂绳设备重 $G_g = 15696$ 牛, 钢丝绳每米重量 $P = 15.69$ 牛/米, 提升电动机转子飞轮惯量 $GD_J^2 = 255$ 牛·米², 电动机额定转速 $n = 975$ 转/分, 绞车按 $a = 0.5$ 米/秒² 作等加速起动, 滚筒直径 $D_x = 2$ 米, 绞车的传动比 $j = 20$, 传动效率 $\eta_k = 0.9$, 折算到滚筒圆周上的滚筒和减速器的重量 $G_j + G_{js} = 100552$ 牛, 每个天轮折算到滚筒圆周上的重量 $G_t = 3532$ 牛。试计算电动机的起动力矩。

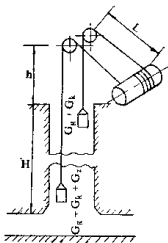


图 1-5 双罐笼提升系统示意图

解:

(一) 求电动机轴上的负载力矩 M_z

1. 作用到滚筒圆周上的负载力 F_z : 对于滚筒而言, 两罐笼自重、两矿车自重及井口平台以上两根钢丝绳的重量都是平衡的; 负载力只是由矿车载重 G_x 和井口平台以下两根钢丝绳长度差的重量 PH 以及系统运动所受到的阻力 (如摩擦阻力) 造成。对罐笼而言, 阻力为 $0.2G_x$, 因此可求出 F_z 。

$$\begin{aligned} F_z &= G_x + 0.2G_x + PH \\ &= 1.2G_x + PH \\ &= 1.2 \times 9810 + 15.69 \times 200 \\ &= 14910 \text{ 牛} \end{aligned}$$

2. 作用到滚筒上的负载力矩 M'_z

$$M'_z = F_z \frac{D_x}{2} = 14910 \times \frac{2}{2} = 14910 \text{ 牛} \cdot \text{米}$$

3. 折算到电动机轴上负载力矩 M_z

$$M_z = \frac{M'_z}{\eta_k j} = \frac{14910}{0.9 \times 20} = 828.3 \text{ 牛} \cdot \text{米}$$

(二) 求折算到电动机轴上的飞轮惯量 GD_J^2

1. 折算到滚筒圆周上的运动部分的重量

系统中作直线运动的各部分, 都由滚筒通过钢丝绳带动; 其运动速度等于滚筒圆周的线速度。这些部分的折算重量就等于它们的实际重量。折算到滚筒圆周上的各运动部分的重量有:

(1) 滚筒及减速器

$$G_s + G_{js} = 100552 \text{ 牛}$$

(2) 天轮 (两个)

$$2G_t = 7064 \text{ 牛}$$

(3) 钢丝绳 (两条)

$$\begin{aligned} 2G_w &= 2P(H + h + L + l + \pi D_s n) \\ &= 2 \times 15.69(200 + 10 + 20 + 30 + 3.14 \times 2 \times 3) \\ &= 8750 \text{ 牛} \end{aligned}$$

式中 $h = 10$ 米——井口平台与天轮间距离;

$L = 20$ 米——钢丝绳弦长;

$l = 30$ 米——滚筒上钢丝绳备用长度;

$n = 3$ ——摩擦圈数。

(4) 提升载重

$$G_k = 9810 \text{ 牛}$$

(5) 矿车及罐笼自重

$$2G_k + 2G_g = 2 \times 6376 + 2 \times 15696 = 44144 \text{ 牛}$$

折算到滚筒圆周上的运动部分总重量为:

$$\begin{aligned} G &= G_s + G_{js} + 2G_t + 2G_g + G_k + 2G_k + 2G_g \\ &= 100552 + 7064 + 8750 + 9810 + 44144 \\ &= 170320 \text{ 牛} \end{aligned}$$

2. 运动部分的飞轮惯量 GD^2 :

$$GD_t^2 = 170320 \times 2^2 = 681280 \text{ 牛} \cdot \text{米}^2$$

3. 折算到电动机轴上总的飞轮惯量 GD^2

$$\begin{aligned} GD^2 &= GD_t^2 + \frac{GD_t^2}{j^2} = 255 + \frac{681280}{20^2} \\ &= 1958 \text{ 牛} \cdot \text{米}^2 \end{aligned}$$

(三) 求电动机起动力矩 M_q 1. 起动时间 t_1

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{v_{\max}}{a} = \frac{\pi D_s n_s}{60 a j} = \frac{3.14 \times 2 \times 975}{60 \times 0.5 \times 20} \\ &= 10.2 \text{ 秒} \end{aligned}$$

式中 $v_{\max}$ ——提升机最大速度, 米/秒。

2. 电动机平均起动力矩 M_q

$$\begin{aligned} M_q &= M_s + \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} = 828.3 + \frac{1958}{375} \frac{975}{10.2} \\ &= 1327.3 \text{ 牛} \cdot \text{米} \end{aligned}$$

式中 $\frac{dn}{dt} = \frac{n_s}{t_1}$ (按等加速起动考虑)。