

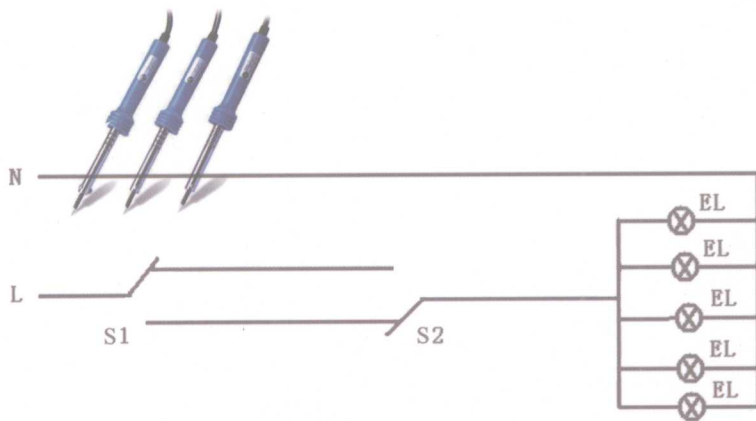


职业技能培训系列教材

中级电工 技能实战训练

ZHONGJI DIANGONG JINENG
SHIZHAN XUNLIAN

胡洪 主编



- ✓ 模块形式编写 理论技能一体
- ✓ 理论必需够用 技能训练强化
- ✓ 先进实用适用 成就中级电工

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

- ISBN 978-7-111-25238-2
- 封面设计\电脑制作：马精明

本书特色：

模块化——本书按模块式编写，理论技能一体化，在必备知识的指导下操作更加胸有成竹，在实操中学习理论知识更容易理解掌握，好教易学

先进性——依据《国家职业标准》，参照深圳职业技能鉴定要求，加强中级电工应具备的新技术、新设备、新标准、新工艺的知识和技能，培养现代电工技能人才

实用性——理论技能有机结合，理论“必需够用”，技能训练强化，操作步骤详尽，犹如师傅手把手教

职业技能培训系列教材

- ◎ 初级电工技能实战训练
- ◎ 中级电工技能实战训练
- ◎ 高级电工技能实战训练
- ◎ 初级电梯安装维修工技能实战训练
- ◎ 中级电梯安装维修工技能实战训练
- ◎ 初级制冷设备维修工技能实战训练
- ◎ 中级制冷设备维修工技能实战训练

上架指导：工业技术 / 电气工程 / 电工技

编辑热线：(010)88379080

地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010)68326294 网址：<http://www.cmpedu.com> (机工教材网)
(010)68993821 E-mail: cmp@cmpedu.com
购书热线：(010)88379639 网址：<http://www.cmpbook.com> (机工门户网)
(010)88379641 E-mail: cmp@cmpbook.com
(010)88379643

定价：22.00元

ISBN 978-7-111-25238-2



9 787111 252382 >



职业技能培训系列教材

中级电工技能实战训练

主 编 胡 洪
副主编 王跃军 谭 斌
主 审 岳庆来



机械工业出版社

本书依据《国家职业标准》和职业技能鉴定规范,参照深圳市电工职业技能标准,系统地阐述了中级电工技能考核必须掌握的内容。全书分5个模块将中级电工必备的专业知识和专业技能呈现给读者。每个模块先介绍“必需够用”的理论知识,再给出若干与技能考核密切相关的实训项目及详尽的操作步骤、考核要求,以及应用实例。主要内容包括电力拖动与控制技术,电子技术,电气测量技术,可编程控制技术,变配电技术。书末附有低压断路器、熔断器及铝芯绝缘导线的技术参数,电工速算口诀,麦创 MOS-6XX 系列示波器的使用方法。

本书可用于中级电工技能培训,同时还可作为技工学校、职业技术学院电工、电子、自动化、机电一体化及机电工程专业的实训教材,亦可作为电气工程技术人员和电气工人的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

中级电工技能实战训练/胡洪主编. —北京:机械工业出版社,2008.9
(职业技能培训系列教材)

ISBN 978-7-111-25238-2

I. 中… II. 胡… III. 电工技术-技术培训-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 153712 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:何月秋 陈玉芝 责任编辑:郭 娟

责任校对:申春香 封面设计:马精明 责任印制:李 妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12.25 印张 · 295 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-25238-2

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379080

封面无防伪标均为盗版

序

随着我国经济的不断发展和产业结构的转型升级以及经济的全球化发展,我国已逐步成为世界的“制造中心”,而制造业的主力军——技能人才却严重匮乏,成为影响我国经济进一步发展的瓶颈。为此,国家提出了新的人才发展战略目标,全面推进技能振兴计划和技能人才培养工程。

在技能人才培养的教学过程中,教材处于基础地位,是课程体系设计的核心。为加快技能人才的培养,我们精心策划了这套“职业技能培训系列教材”。本系列丛书的编写特色体现在以下几个方面:

一是书中内容突出一个“新”字,做到结合当前企业的生产实际,力求教学内容能反映本工种新技术、新标准、新工艺和新设备的应用。

二是根据《国家职业标准》和职业技能鉴定规范,同时结合深圳市电工、电梯、制冷等专业工种的职业技能标准,力求教学内容能覆盖相应工种、相应层次的技能鉴定要求。

三是教学中注重培养学员的职业能力,把相关知识点的学习与专业技能的训练有机地结合起来,摒弃以往“就知识讲知识”的做法,坚持技能人才的培养方向。

四是内容安排上符合认知规律,由浅及深,由易到难,做到理论知识以够用为度,侧重实践操作。

本系列教材的编者来自深圳技师学院从事培训教学的一线教师和企业的一部分专家,书中内容基本反映了深圳技能培训教学和社会化考核的方向。相信本书会受到中、高职类院校广大师生和广大青年读者的欢迎。

编委会主任 黎德良

前言

为帮助电工从业人员、技工学校及职业技术学院学生顺利通过电工技能鉴定,根据《国家职业标准》和职业技能鉴定规范,参照深圳市电工职业技能标准,结合目前电工的文化素质、技术状况和企业生产对电工技能的实际需要,我们编写了这本《中级电工技能实战训练》。

本书内容注重系统性,在编写时做到理论与实践紧密结合,侧重实践操作。理论知识以够用为度,技能实践方面以培养学员掌握复杂操作和新技术操作技能以及增强分析、判断、排除各种实际故障的能力为重点。全书由5个模块构成,模块1介绍电力拖动与控制技术的基础知识和操作技能;模块2介绍电子技术的基础知识和操作技能;模块3介绍电气测量技术的基础知识和操作技能;模块4以日本三菱FX系列(FX_{2N}) PLC为例,介绍可编程控制技术的基础知识和操作技能;模块5介绍变配电倒闸操作的一些基础知识和操作技能。

本书可用于中级电工技能培训,同时还可作为技工学校、职业技术学院的电工、电子、自动化、机电一体化等有关专业的实训教材,亦可作为电气工程技术人员和电气工人的参考书。

本书由胡洪编写模块4、5。王跃军编写模块1、3。谭斌编写模块2。全书由胡洪完成统稿并任主编,岳庆来任主审。

书中内容收录了编者的教学成果,一部分内容参考了国内外相关教材和著作,在此谨对有关作者表示感谢。

限于编者业务水平有限,书中难免有错误及不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

序

前言

模块 1 电力拖动与控制技术	1
1.1 电力拖动技术基础	1
1.1.1 低压电气设备的选择	1
1.1.2 三相异步电动机的启动、调速及制动	8
1.1.3 直流电动机	12
1.1.4 电气读图的基本方法	14
1.1.5 故障分析与查找	15
1.2 电力拖动技术实训	16
实训 1 正反转能耗制动控制	16
实训 2 双速电动机控制	21
实训 3 Y/ Δ 启动及顺序控制	24
实训 4 三速电动机控制	28
实训 5 直流电动机正反转、调速及制动控制	31
实训 6 直流电动机反接制动控制	35
实训 7 可逆的点动、启动控制	39
实训 8 多台电动机的联动控制	41
实训 9 电动机控制与计量	44
实训 10 顺序启动控制	47
模块 2 电子技术	51
2.1 电子技术基础	51
2.1.1 电子元器件的基本知识	51
2.1.2 电子仪器的使用	59
2.1.3 焊接技术	63
2.1.4 电子电路的调试	64
2.2 电子技术实训	64
实训 1 电流负反馈放大电路	64
实训 2 电压负反馈放大电路	67
实训 3 单相可控整流电路	70
实训 4 差动放大可调稳压电路	72
实训 5 反相、同相放大电路	75
实训 6 宿舍灯控制电路	78
模块 3 电气测量技术	81
3.1 电气测量技术基础	81
3.1.1 电气测量仪表	81
3.1.2 电阻与电感元件串联的交流电路	84



3.1.3 负载星形联结的三相电路	85
3.1.4 三相变压器的联结组标号	86
3.2 电气测量技术实训	88
实训1 电感参数的测量	88
实训2 三相负载的测量	91
实训3 三相变压器的联结组标号测试	94
模块4 可编程控制技术	101
4.1 可编程控制技术基础	101
4.1.1 可编程序控制器的构成	101
4.1.2 可编程序控制器的工作方式	103
4.1.3 可编程序控制器的内部软元件	104
4.1.4 可编程序控制器的基本特性	106
4.1.5 基本逻辑指令	106
4.1.6 逻辑编程的基本方法	112
4.2 可编程控制技术实训	119
实训1 可编程控制技术基本操作介绍及训练	119
实训2 三速电动机的控制	124
实训3 电动机Y/ Δ 起动控制	129
实训4 电动机循环正反转控制	134
实训5 彩灯循环控制	139
实训6 数码管显示	142
实训7 正、反转能耗制动的 PLC 控制	145
模块5 变配电技术	148
5.1 变配电技术基础	148
5.1.1 变配电站的电气主接线	148
5.1.2 倒闸操作	152
5.2 变配电技术实训	159
实训 高低压配电线路的操作及低压主电路绘制	159
附录	167
附录A 技术参数附表	167
附录B 电工速算口诀	171
附录C 麦创 MOS—6xx 系列示波器的使用方法	181
参考文献	185

模块 1 电力拖动与控制技术

由于电力拖动技术是工、农业生产和日常生活等不可缺少的重要部分，是电工必须熟练掌握的一项基本技能，所以，本模块选择了具有代表性的 10 个功能电路来进行实训。其目的有三个：一是通过对电气元件的选择、测量，掌握低压电气设备的种类、结构、功能及使用的场合；二是通过对电气电路的动手装配、接线，提高实践动手操作能力；三是通过对电路的检查、调试，提高检修故障的综合分析与处理实际问题的能力。

1.1 电力拖动技术基础

电力拖动技术基础在初级电工中做过一些介绍，这里就实训中用到的低压电气设备的选择，三相异步电动机的起动、调速及制动，直流电动机的有关知识，电气识图方法，故障分析与查找作详细地叙述。

1.1.1 低压电气设备的选择

1.1.1.1 熔断器的选用

1. 熔断器类型的选择 熔断器类型的选择应根据负载的保护特性和短路电流来选择，其原则如下：

- (1) 车间配电网络，若短路电流较大，则应选高分断能力的 RTO 系列。
- (2) 机床电气设备，一般选体积较小的 RL1 系列。
- (3) 在经常发生故障的地方，应考虑选用 RC1 和 RM10 系列。
- (4) 半导体整流器件，应选用快速熔断器。
- (5) 在易燃易爆场所，不允许选用敞开式熔断器。

2. 熔体额定电流的选择 熔体额定电流不能大于熔断器的额定电流，其具体原则如下：

(1) 照明及电热设备：总线路熔体的额定电流，等于电能表额定电流的 0.9 ~ 1.0 倍；支路熔体的额定电流，等于支路所有电气设备额定电流总和的 1 ~ 1.1 倍。

(2) 单台笼型电动机：熔体额定电流 I_{re} 不小于 1.5 ~ 3 倍电动机额定电流 I_{de} 。

所选电动机额定电流的倍数一般为：轻载起动的电动机可取 1.5 ~ 2；重载起动的电动机可取 2 ~ 2.5；频繁起动的电动机可取 2.5 ~ 3；绕组式电动机、减压起动电动机及直流电动机可取 1.2 ~ 2。

(3) 多台笼型电动机：熔体额定电流应满足

$$I_{re} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{zde} + \sum I_e \quad (1-1)$$

式中 I_{zde} ——功率最大的一台电动机的额定电流 (A)；

$\sum I_e$ ——其他各台电动机的额定电流之和 (A)。



1.1.1.2 接触器的选用

选用接触器时,应考虑其控制的负载类别、连续工作时间的长短及工作环境条件的影响等条件。

(1) 对于无感或微感负载(如电阻炉),则可按负载工作电流选用相应额定电流的接触器。

(2) 对于笼型电动机,则按以下原则选用

$$I_e \geq 1.3 I_{de} \quad (1-2)$$

式中 I_e ——接触器额定电流(A);

I_{de} ——电动机额定电流(A)。

(3) 对于反复短时工作频繁起动和环境散热条件较差的负载,则应适当提高接触器的功率。

1.1.1.3 低压断路器的选择及整定

(1) 低压断路器的额定电压不小于线路的额定电压。

(2) 低压断路器的额定电流不小于线路的计算电流,一般按其1.3倍计算,即

$$I_e \geq 1.3 I_{js} \quad (1-3)$$

式中 I_e ——低压断路器的额定电流(A);

I_{js} ——线路的计算电流(A)。

(3) 短延时或瞬时动作的脱扣器的整定电流 I_{zd} 有

$$I_{zd} \geq K I_f \quad (1-4)$$

式中 I_f ——线路的峰值电流或电动机的起动电流(A);

K ——可靠系数,动作时间小于0.02s(DZ)时取1.7~2;动作时间大于0.02s(DW)时取1.35。

(4) 对于多台电动机的供电干线,短延时或瞬时动作的脱扣器的整定电流(I_{zd})不小于功率最大的一台电动机的起动电流(I_{zdq})的 K (取值同上)倍与其他各设备的额定电流之和($\sum I_e$)的1.3倍,即

$$I_{zd} \geq K I_{zdq} + 1.3 \sum I_e \quad (1-5)$$

(5) 长延时(5~30s)动作的过电流脱扣器的整定电流(I_{zd})不小于线路中可能出现的正常过负荷电流(I_{zf}),即

$$I_{zd} \geq K I_{zf} \quad (1-6)$$

式中 K ——可靠系数,可取1.2;

I_{zf} ——正常过负荷电流(A),可取额定电流的1.3~1.4倍。

(6) 热脱扣器动作的整定电流不小于电动机的额定电流,即

$$I_{zd} \geq I_{de} \quad (1-7)$$

式中 I_{zd} ——热脱扣器动作的整定电流(A);

I_{de} ——电动机的额定电流(A)。

1.1.1.4 热继电器的选择及整定

(1) 热继电器类型的选择。

1) 当电动机为“△”联结时,应选带断相保护的热继电器。

2) 当电动机为“Y”联结时,也可选带断相保护的热继电器。

(2) 热继电器额定电流的选择,即热继电器额定电流大于电动机额定电流。

(3) 热继电器的整定,即热继电器的整定电流等于电动机额定电流的0.95~1.05倍。



1.1.1.5 导线的选择

1. 导线选择的一般原则 除了考虑导线线芯材料和绝缘材料以外,还必须考虑导线截面积,其原则如下:

- (1) 满足发热条件,即导线在通过计算电流时,其发热温度不能超过允许的最高温度。
- (2) 符合电压损失要求,即导线在通过计算电流时,其产生的电压损失不应超过正常允许的电压损失值。
- (3) 按经济电流密度选择,即高压和低压大电流线路,应按照规定经济电流密度选择导线截面积以满足节约有色金属和降低电能损耗的要求。
- (4) 符合机械强度要求,即导线的截面积不能低于最小允许截面积,以满足机械强度的要求。
- (5) 满足工作电压的要求,即导线的绝缘水平必须满足其正常工作电压的要求。
- (6) 照明及单相负荷,要做好三相线路的分配,基本保持负荷平衡。

在实际选择导线时,还必须区别情况对待,不能一味照搬上述原则。例如,对于低压动力电路,一般先按发热条件选择截面积,然后再校验其电压损失和机械强度;对于低压照明电路,一般先按允许电压损失来选择截面积;然后再按发热条件和机械强度校验;对于高压电路,一般先按经济电流密度选择截面积,然后校验其发热条件、允许电压损失和机械强度(只针对架空线)。

2. 按发热条件选择导线的截面积 按发热条件选择导线的截面积,实际上就是按允许电流选择导体的截面积,即 $I_{js} \leq I_{yx}$ 。

当电流通过导体时,由于电流的热效应,使导体发热,温度升高。当温度超过一定数值时,将造成绝缘损坏并烧坏导体,因此,导体的发热温度不能超过导体的允许值。当周围介质温度为定值时,在最高允许温度的条件下,不同的导体都对应一个最大允许电流 I_{yx} ,只要通过导体的电流(计算电流) I_{js} 不超过允许电流,导体的温度就不会超过正常运行时的最高允许温度,不同导体的允许电流见表 A-3 ~ 表 A-5。

在三相四线制供电系统中,零线的允许电流不能小于三相最大不平衡电流,零线截面积通常选择为相线截面积的 $1/2$ 左右,同时不得小于按机械强度要求的最小截面积。

例1: 有一条 380/220V 线路,采用 BV 型铜芯塑料绝缘导线明敷,计算负荷电流为 50A,安装地点的环境温度为 30℃,试按发热条件选择导线的截面积。

解: 查表 A-3 可知: 当温度为 30℃ 时,截面积为 10mm^2 的 BV 型铜芯塑料绝缘导线明敷时的允许电流为 77A,大于计算负荷电流 50A,即 $I_{js} = 50\text{A} \leq I_{yx} = 77\text{A}$ 。

所以,按发热条件选择相线的截面积为 10mm^2 ,零线截面积为 6mm^2 。

3. 按电压损失要求选择导线截面积 当电流通过供电线路的阻抗时,会产生电压降,使末端电压低于首端电压,线路首末两端电压的代数差称为线路的电压损失。为保证供电质量,供电线路的电压损失不能超过允许值(低压供电线路一般不超过额定电压的 5%)。当按其他方法计算出导线截面积,校验电压损失超过允许值时,应按允许电压损失条件重新计算,选择截面积较大的导线。

例2: 某车间照明负荷为 3kW,全是灯泡,用明敷单相线路供电,线路长度为 50m,试选择铜芯绝缘导线截面积。($\rho = 0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

解: $I_{js} = P/U = 3000\text{W}/220\text{V} = 13.63\text{A}$



(1) 先按电压损失要求选择导线截面积，后按发热条件校验。

1) 按电压损失要求选择导线截面积：

根据供电线路的电压损失不能超过允许值，即

$$\Delta U = IR = I_{js} \times \rho \times 2L/S = 13.63A \times 0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 2 \times 50\text{m}/S \approx 23.85/S \leq 5\% U = 5\% \times 220V = 11V$$

可求得 $S \geq 2.17\text{mm}^2$

故取 $S = 2.5\text{mm}^2$ ，即初步选取截面积为 2.5mm^2 的铜芯绝缘导线明敷。

2) 按发热条件校验：

根据 $I_{js} \leq I_{yx}$ ，查表 A-3 可知：

当温度为 25°C 时，截面积为 2.5mm^2 的 BV 型铜芯绝缘导线明敷时的允许电流为 32A，大于计算负荷电流 13.63A，校验合格。

由上述步骤 1)、2) 可知：应选择截面积为 2.5mm^2 的 BV 型铜芯绝缘导线明敷。

(2) 先按发热条件选择导线截面积，后按电压损失要求校验。

1) 按发热条件选择导线截面积：

根据 $I_{js} \leq I_{yx}$ 可知：

当温度为 25°C 时，截面积为 1mm^2 的 BV 型铜芯绝缘导线明敷时的允许电流为 18A (20A)，大于计算负荷电流 13.63A。所以，初步选取截面积为 1mm^2 的 BV 型铜芯绝缘导线明敷。

2) 按电压损失要求校验：

$$\Delta U = IR = I_{js} \times \rho \times 2L/S = 13.63A \times 0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 2 \times 50\text{m}/1\text{mm}^2 \approx 23.85V > 5\% U = 11V$$

校验不合格，导线截面积应加大一级，即为 1.5mm^2 ，再校验如下

$$\Delta U = IR = I_{js} \times \rho \times 2L/S = 13.63A \times 0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 2 \times 50\text{m}/1.5\text{mm}^2 \approx 15.9V > 5\% U = 11V$$

校验仍不合格，导线截面积应再加大一级，即为 2.5mm^2 ，再校验如下

$$\Delta U = IR = I_{js} \times \rho \times 2L/S = 13.63A \times 0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 2 \times 50\text{m}/2.5\text{mm}^2 \approx 9.54V < 5\% U = 11V$$

校验合格，故取 $S = 2.5\text{mm}^2$

由上述步骤 1)、2) 可知：应选择截面积为 2.5mm^2 的 BV 型铜芯绝缘导线明敷。比较

上述 (1)、(2) 可知：对于低压照明电路，一般先按允许电压损失来选择截面积，然后再按发热条件校验。

4. 按机械强度校验导线截面积 架空导线经常要承受巨大的张力，因此，必须具有足够的机械强度，才能保证运行的安全可靠。对于按其他条件选出的导线截面积要进行机械强度的校验，一般要求导线截面积大于最小允许截面积，架空导线的最小允许截面积见表 1-1。

表 1-1 架空导线的最小允许截面积

(单位: mm^2)

导线材料	高压(1~10kV)		高压(50kV 以上)	低 压
	居民区	非居民区		
铝及铝合金	70	70	50	25
钢芯铝线	35	25		25
铜线	16	16		10



1.1.1.6 应用举例

下面通过一个具体的例题,从中级电工的知识角度来说明怎样选择各种低压电气设备。

例3:现有一台30kW的三相笼型电动机,采用Y/△减压起动,试选择其低压断路器、熔体额定电流、交流接触器、热继电器及导线。(线路长度为100m, $\rho = 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

解:根据经验公式 $I_{\text{de}} = 2P_e = (2 \times 30) \text{A} = 60 \text{A}$

(1) 低压断路器的选择。低压断路器的额定电流,根据式(1-3),即

$$I_e \geq 1.3 I_{\text{js}} = 1.3 \times 60 \text{A} = 78 \text{A}$$

查表A-1得,触头额定电流(第二列)比78A大的一级为100A,且额定电压等其他条件也相符,故可选DZ10-100型低压断路器,其额定电压 $U_e = 500 \text{V}$,主触头额定电流为100A,脱扣器额定电流为100A。

瞬时动作的脱扣器的整定电流,根据式(1-4),即

$$I_{\text{zd}} \geq K I_{\text{f}} = (1.7 \sim 2) \times I_{\text{q}} = (1.7 \sim 2) \times (4 \sim 7) I_{\text{de}} = (1.7 \sim 2) \times (4 \sim 7) \times 60 \text{A}$$

可取 $I_{\text{zd}} \approx 600 \text{A}$,即瞬时动作的脱扣器的整定电流为600A。

(2) 熔断器的选择。熔体额定电流为: $(1.2 \sim 2) \times 60 \text{A} = 72 \sim 120 \text{A}$ (单台电动机减压起动)

查表A-2可知,应选RT0-100型熔体器,其熔体额定电流为100A。

(3) 交流接触器额定电流的选择。交流接触器额定电流为 $1.3 \times 60 \text{A} = 78 \text{A}$

所以,应选额定电流为100A、额定电压为380V的交流接触器。

(4) 热继电器额定电流的选择。电动机额定电流为60A,所以,热继电器的额定电流可选100A,整定电流为60A。由于电动机为“△”运行,所以,应选带断相保护的热继电器。

(5) 导线的选择(按常温25℃)。

1) 常温明敷:因为电动机额定电流为60A,查表A-3可知,常温25℃时,BV型铜芯塑料绝缘导线的允许载流量大于60A的一级为75A,其对应的导线截面积为 10mm^2 。

电压损失校验:

$$\Delta U = IR = I_{\text{de}} \times \rho \times L/S = 60 \text{A} \times 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 100 \text{m}/10 \text{mm}^2 \approx 5.25 \text{V} < 5\% U = 11 \text{V}$$

校验合格,导线截面积应选 10mm^2 。

2) 常温穿钢管暗敷:因为电动机额定电流为60A,查表A-4可知,常温25℃时,BV型铜芯塑料绝缘导线的允许载流量大于60A的一级为72A,其对应的导线截面积为 16mm^2 (设导线为3根),穿管管径为32mm,且电压损失校验合格。

3) 常温穿硬塑料管暗敷:因为电动机额定电流为60A,查表A-5可知,常温25℃时,BX型铜芯橡皮绝缘导线的允许载流量大于60A的一级为75A,其对应的导线截面积为 25mm^2 (设导线为三根火线,一根零线,共4根),穿管管径为40mm,且电压损失校验合格。

1.1.1.7 电工速算口诀

上述内容是通过计算,然后查阅有关的参数或手册来选择设备的。然而,在实际工作现场,不可能带上各种各样的参数或手册来选择设备,往往是凭电工的实践工作经验来进行估算,这对于精度要求不高的场所是可以的。同时,这些电工速算口诀也是人们在长期的实践工作中总结出来的,所以,掌握这方面的知识,对将来从事实际工作很有帮助。这里从附录



B 电工速算口诀中选取两个来说明。

1. 电动机供电导线截面积的速算口诀 具体如下：

多大导线配电动机，截面系数相加知。

二点五加三，四加四，六上加五记仔细。

一百二反配整一百，顺号依次往下推。

说明：对于三相 380V 功率为 5.5kW 电动机供电导线（支路配线或引线），通常是采用 2.5mm² 以上的铜芯绝缘导线三根穿管敷设，其导线截面大小的选择，可以通过有关计算及查表 A-5 求得，其过程如下：

因为 $P_e = \sqrt{3}UI \cos\varphi\eta$

式中 P_e ——电动机额定功率（kW）；

U 、 I ——电动机的线电压（V）和线电流（A）；

$\cos\varphi$ ——功率因数；

η ——电动机的标称效率。

$$\text{所以，电动机的额定电流 } I_e = \frac{P_e}{\sqrt{3}U\cos\varphi\eta} = \frac{5.5\text{kW}}{\sqrt{3} \times 380\text{V} \times 0.8 \times 0.9} \approx 11.5\text{A}$$

查表 A-5 得：“三根单芯”的这一列（无论是 25℃，还是 40℃）允许载流量比 14.5A 大的一级所对应的导线截面积为 2.5mm²，故 5.5kW 的电动机必须选 2.5mm² 的铜芯绝缘导线（三根穿硬塑料管敷设）供电。

同理可得 8kW、11kW 的电动机必须选 4mm²、6mm² 的铜芯绝缘导线（三根穿管敷设）供电。所以我们将其整理成口诀，方便读者记忆。

该口诀是按环境温度 35℃ 考虑的，由于电动机功率等级较多，一一按功率说出所配导线比较繁琐，故口诀反过来表示出导线截面积和所能供的电动机最大功率之间的关系，也就是说，记住了这一口诀，不同截面积的导线所供电动机功率的范围就能直接算出，其方法是“多大导线配电动机，截面系数相加知”即用该导线的截面系数再加上一个系数，就是它所能配电动机的最大千瓦数。

(1) “二点五加三，四加四，六上加五记仔细”说的是 2.5mm² 的铜芯绝缘导线，三根穿管敷设，可以配 (2.5+3)kW=5.5kW 及以下的电动机，而 4mm² 铜芯绝缘导线三根穿管敷设，可以供到最大 (4+4)kW=8kW 及以下电动机，6mm² 及以上导线可以配到截面系数加 5kW 的电动机，如 10mm² 导线能配 (10+5)kW=15kW 的电动机。

(2) “一百二反配整一百，顺号依次往下推”表示当电动机的功率达到 100kW 及以上时，导线所配电动机的功率范围不再是上面导线截面系数加上一个系数关系，而是反过来 120mm² 铜芯绝缘导线穿管敷，只能配 100kW 电动机，顺着导线截面型号和电动机功率顺序排列，依此类推，即 150mm² 的导线可以配 125kW 的电动机等。

2. 断路器脱扣器电流整定值的速算口诀 具体如下：

瞬动脱扣怎整定，单机额流用十乘。

干线十倍选最大，一点三倍其余加。

延时额流一点七，热脱额流正合适。

说明：作为控制和保护设备的断路器，经常在笼型电动机供电线路或动力配电线路上使用，是非频繁操作开关。当电路发生短路、过负荷、失电压或欠电压时，能自动切



断电路,起到保护作用。断路器的瞬时脱扣器、延时脱扣器和热脱扣器电流整定值的计算,也是电工常遇到的问题,口诀直接给出了整定电流值和所控制回路的额定电流之间的倍数关系。

(1) 当断路器只控制一台 380V 笼型电动机时,断路器瞬时脱扣器电流整定值的计算过程如下:

因为 $I_f = I_q$ (I_q 为电动机的起动电流)

而 $I_q = (4 \sim 7)I_{de}$ (I_{de} 为电动机的额定电流), 取 $I_q \approx 5.5I_{de}$

又因为瞬时脱扣,故 K 取 $1.7 \sim 2$

根据式 (1-4), 所以, $I_{zd} \geq KI_f = (1.7 \sim 2) \times 5.5I_{de} = (9.35 \sim 11)I_{de}$

故取 $I_{zd} \approx 10I_{de}$

所以,断路器瞬时脱扣器电流的整定值为电动机额定电流的 10 倍。这就是“瞬动脱扣怎整定,单机额流用十乘”的意思所在。

(2) 当断路器控制配电干线回路时,根据式 (1-5) 可知:断路器瞬时脱扣器电流的整定值为回路中最大一台电动机额定电流的 10 倍,再加上回路中其余负荷的计算电流的 1.3 倍,这就是“干线十倍选最大,一点三倍其余加”的意思所在。

应该指出,有些小功率电动机起动电流比较大,按 10 倍额定电流选择瞬时动作脱扣器电流整定值后,还可能无法避开起动电流的影响,遇到这种情况时,瞬时脱扣器整定值允许再大一些,但一般不宜超过 20%。

(3) 对于长延时 ($5 \sim 30s$) 动作的过电流脱扣器的整定电流:

因为 $K = 1.2$

又因为 $I_{zf} = (1.3 \sim 1.4)I_{de}$

根据式 (1-6), 所以 $I_{zd} \geq KI_{zf} = 1.2 \times (1.3 \sim 1.4)I_{de} = (1.56 \sim 1.68)I_{de}$

故取 $I_{zd} \approx 1.7I_{de}$

对于热脱扣器动作的整定电流,根据式 (1-7) 可知: $I_{zd} \geq I_{de}$

通过上述计算可知:作为过负荷保护的断路器,其延时脱扣器的整定值可按其控制电动机额定电流的 1.7 倍来选择;其热脱扣器的整定值可按其控制电动机的额定电流来选择,这就是“延时额流一点七,热脱额流正合适”的意思所在。

例 4: 求 10kW 电动机控制用的断路器瞬时脱扣器、热脱扣器电流整定值各为多少?

解: 根据口诀可得,

电动机额定电流为: $10 \times 2A = 20A$

瞬时脱扣器整定电流为: $20A \times 10 = 200A$

热脱扣器整定电流为: $20A$

例 5: 供电干线使用的断路器,控制三台电动机,其功率分别为 10kW、7kW、4.5kW,求断路器瞬时脱扣器电流整定值为多少?

解: 电动机额定电流分别是: $10 \times 2A = 20A$, $7 \times 2A = 14A$, $4.5 \times 2A = 9A$

根据口诀可得,瞬时脱扣器电流整定值为:

$$10 \times 20A + 1.3 \times (14 + 9)A = 230A$$

综上所述,为方便读者,现将常见的各种功率的电动机和与之匹配的低压电气元件列表的形式 (见表 1-2),以供中级电工在技能考核及实践工作中选用。



表 1-2 各种功率的电动机和与之匹配的低压电气元件

电动机 功率/kW	电动机额定 电流/A	低压断路 器额定 电流/A	熔体额定 电流/A	接触器额定 电流/A	热继电器		铜导线截面积/mm ²
					额定电流/A	整定电流/A	
2.2	4.4	6	10	10	20	4.4	2.5
3	6	10	10、15	10	20	6	2.5
4	8	10、16	15、20	16	20	8	2.5
5.5	11	16	20、25	16	20	11	2.5
7.5	15	25	30、35	25	20	15	4
10	20	30	40	40	60	20	6
13	26	40	50、60	40	60	26	6、10
17	34	50	80	60	60	34	10、16
22	44	60	80、100	63	60	44	16、25
28	56	80	120	100	150	56	25
30	60	100	120	100	150	60	25
35	70	100	150	100	150	70	35
37	74	100	150	160	150	74	35
40	80	120	160	160	150	80	35
55	110	150	200	160	150	110	50
80	160	225	300、350	250	180	160	70
90	180	250	350	250	400	180	95

1.1.2 三相异步电动机的起动、调速及制动

三相异步电动机在《初级电工技能考核指导》已经做过简单的介绍，这里详细介绍三相异步电动机的起动、调速及制动。

1.1.2.1 三相异步电动机的起动

1. 起动情况 我们知道，在电动机刚起动时，转子电流最大，定子电流也必然相应较大。一般中小型笼型异步电动机的定子起动电流（指线电流）为额定电流的4~7倍。电动机的起动电流对线路是有影响的，过大的起动电流在短时间内会在电路上造成较大的电压降落，影响邻近负载的正常工作。如果频繁起动，由于热量积累，可以使电动机过热。但是，如果电动机不是频繁起动，起动电流 I_q 对电动机本身影响不大，因为起动电流 I_q 虽大，但起动时间一般很短（小型电动机只有1~3s），从发热角度考虑没有问题，并且一经起动后，转速很快升高，起动电流 I_q 便很快减小了。因此，在实际操作时，应尽可能不让电动机频繁起动。例如，在切削加工时，一般只是用摩擦离合器或电磁离合器将主轴与电动机轴脱开，而不将电动机停下来，就是为了避免频繁起动。

另一方面，在刚起动时，虽然转子电流较大，但转子的功率因数 $\cos\varphi_2$ 很低，起动转矩 T_{st} 实际上是不大的，它与额定转矩之比约为1.0~2.2。一般机床的主电动机都是空载起动（起动后再切削），对起动转矩 T_{st} 没有什么要求。但对移动的横梁以及起重用的电动机来



讲，应采用起动转矩大一些的电动机。

2. 起动方法 由于异步电动机起动时起动电流较大，为了减小起动电流，所以，一般不采用直接起动而采用减压起动的方法。

(1) 星-三角 (Y/Δ) 减压起动：凡正常运行时，定子绕组接成三角形的笼型异步电动机，可以采用星-三角减压起动。起动时，先将定子绕组接成星形，等到转速接近额定值时，再换接成三角形。下面通过图 1-1 来比较星形联结和三角形联结时的起动电流大小。

在图 1-1 中， Z 为电动机定子每相绕组的等效阻抗。 $I_{1\text{Y}}$ 和 I_{pY} 分别是定子绕组星形联结时，电动机起动的线电流和相电流。 $I_{1\Delta}$ 和 $I_{\text{p}\Delta}$ 分别是定子绕组三角形联结时，电动机起动的线电流和相电流。

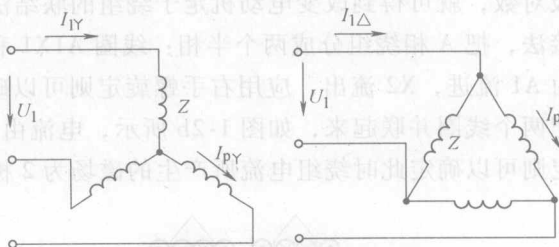


图 1-1 比较星形联结和三角形联结时的起动电流

当定子绕组联成星形，即星-三角减压起动时， $I_{1\text{Y}} = I_{\text{pY}} = \frac{U_1/\sqrt{3}}{|Z|}$ ；当定子

绕组联成三角形，即直接起动时， $I_{1\Delta} = \sqrt{3}I_{\text{p}\Delta} = \sqrt{3}\frac{U_1}{|Z|}$ ，比较两式，可得： $\frac{I_{1\text{Y}}}{I_{1\Delta}} = \frac{1}{3}$ ，即采用星-三角减压起动时的起动电流为直接起动时的 $1/3$ 。

另外，星-三角减压起动时，定子每相绕组上的电压降到正常工作电压的 $1/\sqrt{3}$ 。由于转矩和电压的平方成正比，所以起动转矩也减小到直接起动时的 $(1/\sqrt{3})^2 = 1/3$ 。

(2) 自耦减压起动：自耦减压起动是利用三相自耦降压变压器，将电动机在起动过程中的端电压降低。起动时，将电动机接入自耦降压变压器的输出端，当转速接近额定值时，再将自耦降压变压器切除（即电动机直接接到电源上）。

此外，还有延边三角减压起动，定子回路串电抗、电阻减压起动以及变频减压起动。常见的各种减压起动的特点见表 1-3。

表 1-3 各减压起动的特点

三相异步电动机种类	起动方法	特点
20kW 以下小型笼型异步电动机	直接起动	I_q 较大，将使线路电压下降
正常运行时采用 Δ 联结的笼型异步电动机	星-三角 (Y/Δ) 减压起动	起动时定子电压降低 $1/\sqrt{3}$ ， I_q 减小 $1/3$ ， T_{st} 减小 $1/3$ ，只适合空载或轻载起动
功率较大的正常运行时采用 Y 接法的笼型异步电动机	自耦减压起动	使 I_q 和 T_{st} 减小
绕线式转子异步电动机	转子串电阻	减小 I_q ，增大 T_{st} ，适用于要求起动转矩较大的电动机负载

1.1.2.2 三相异步电动机的调速

调速就是在同一负载下能得到不同的转速，以满足生产过程的要求。如果采用电气调速，就可以大大简化机械变速机构。由转速公式 $n = \frac{60f_1}{p}(1-s)$ 可知，改变电动机的转速有