



电工成才三部曲

电工技能 现场全能通

由易到难 | 步步深入 | 步步提高
知识技能 | 快速掌握 | 轻松上岗

杨清德 李小琼 主编



化学工业出版社

精通篇
JINGTONGPIAN



电工成才三部曲

电工技能 现场全能通

杨清德 李小琼 主 编
张 良 周永革 副主编



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工技能现场全能通 (精通篇)/杨清德, 李小琼主编.
北京: 化学工业出版社, 2017.1
(电工成才三部曲)
ISBN 978-7-122-28729-8

I. ①电… II. ①杨… ②李… III. ①电工技术
IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 312389 号

责任编辑: 高墨荣
责任校对: 王 静

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 444 千字 2017 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

近年来，随着电工技术的进步，新技术、新材料、新设备、新工艺层出不穷，电气系统的先进性、稳定性、可靠性、灵敏性、安全性越来越高，这就要求电气工作人员必须具有熟练的专业技能。技术全面、强（电）弱（电）精通、懂得管理的电气工作人员已成为用人单位的第一需求，为此，我们组织编写了“电工成才三部曲”丛书。

编写本丛书的目的，主要在于帮助读者能够在较短时间内基本掌握电气工程现场施工的各项实际工作技术、技能，能够解决工程实际安装、调试、运行、维护、维修，以及施工组织、工程质量管理与监督、成本控制、安全生产等技术问题，即：看（能识别各种电工元器件，能看懂图纸，会分析线路的基本功能及原理）；算（能根据用户和图纸的要求，计算或估算器件、线路的各种电气参数，为现场施工提供参考数据）；选（合理且科学地选择电工元器件，以满足施工的实际需要）；干（能实际动手操作接线、调试，并能排除电路故障）；管（能够协助工程负责人参与电气设备管理、生产管理、质量管理、运行管理等工作）。

本丛书根据读者身心发展的特点，遵循由浅入深、循序渐进、由易到难的原则，强化方法指导，注重总结规律，激发读者的主动意识和进取精神。在编写过程中，我们特别注重牢固夯实基础，对内容进行合理编排，使读者分层次掌握必备的基本知识和操作技能，能够正确地在现场进行操作，提高对设备故障诊断和维修的技术水平，减少相应的维修时间。

本丛书共三个分册，即：《电工技能现场全能通（入门篇）》、《电工技能现场全能通（提高篇）》和《电工技能现场全能通（精通篇）》。

本书为《电工技能现场全能通（精通篇）》，主要讲述电工现场计算和估算、常用电工公式的应用，电力电子元器件及应用电路，工业计算机网络、现场总线、触摸屏等工业电气控制技术的应用，企业生产现场管理基础知识，以及多种电气控制电路解析及应用等内容。

本书由杨清德、李小琼担任主编，张良、周永革担任副主编。其中，第1章由李小琼、张强、丁秀艳、顾怀平编写，第2章由郑汉声、吴荣祥、冷汶洪编写，第3章由周永革、杨伟、孙红霞编写，第4章由张良、林兰、高杰编写，第5章由葛争光、陈海容、徐海涛编写，全书由杨清德统稿。

本书内容丰富、深入浅出，具有很强的实用性，便于读者学习和解决工程现场的实际问题，以达到立竿见影的良好效果。本书适合于职业院校电类专业师生阅读，也适合于电气工程的技术人员、管理人员、维修电工阅读。本书既适合初学者使用，又适合有一定经验的读者使用。

由于水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。信函请发至主编的电子邮箱：yqd611@163.com，来信必复。

编 者

第1章 电工现场计算

1.1 电力线路现场计算	1
1.1.1 线路损失的估算	1
1.1.2 低压电缆的估算	2
1.1.3 架空线路的计算	7
1.2 电力设备现场计算	10
1.2.1 电力变压器的估算	10
1.2.2 车间电气的估算	12
1.2.3 电器配线的估算	18
1.3 常用电工的公式	20
1.3.1 电工最常用公式	20
1.3.2 交流电动机的计算	22

第2章 电力电子技术及应用

2.1 电力半导体元器件及应用	25
2.1.1 电力二极管	25
2.1.2 电力晶闸管	29
2.1.3 晶闸管派生器件	34
2.1.4 电力晶体管	38
2.1.5 电力场效应晶体管	40
2.1.6 绝缘栅双极型晶体管	44
2.1.7 静电感应晶体管	47
2.1.8 静电感应晶闸管	48
2.1.9 MOS控制晶闸管	49
2.1.10 功率模块与功率集成电路	50
2.2 电力电子器件驱动电路及应用	51
2.2.1 SCR的触发电路	51
2.2.2 GTR的驱动电路	53
2.2.3 MOSFET和IGBT的驱动电路	53
2.3 整流电路及应用	56
2.3.1 二极管不可控整流电路	56
2.3.2 晶闸管可控整流电路	57

2.4 逆变电路及应用	58
2.4.1 逆变电路简介	58
2.4.2 有源逆变电路	59
2.4.3 无源逆变电路	61
2.5 交流调压器和斩波器及应用	65
2.5.1 交流调压器	65
2.5.2 斩波器	66
2.6 电力电容器及应用	69
2.6.1 电力电容器的作用和种类	69
2.6.2 电力电容器的应用	71

第3章 工业电气控制技术

3.1 计算机网络技术基础	76
3.1.1 计算机网络系统的组成	76
3.1.2 计算机网络的拓扑结构	77
3.1.3 计算机网络的种类	79
3.1.4 计算机网络通信基础	81
3.1.5 计算机通信硬件	85
3.2 工业现场总线技术	87
3.2.1 现场总线技术介绍	87
3.2.2 常用现场总线技术	88
3.3 触摸屏应用技术	91
3.3.1 触摸屏简介	91
3.3.2 触摸屏硬件类型	93
3.3.3 常用组态软件介绍	96
3.3.4 MCGS 嵌入版组态软件的应用	98

第4章 企业管理基础

4.1 全面质量管理与质量保证体系	119
4.1.1 全面质量管理	119
4.1.2 质量保证体系	121
4.2 企业生产管理	125
4.2.1 企业生产过程的组织	125
4.2.2 生产能力的核定	127
4.2.3 企业生产计划	128
4.3 企业技术管理	130
4.3.1 技术开发与创新	130
4.3.2 企业技术改造	132
4.4 电气设备管理与大修	133

4.4.1	电气设备计划管理	133
4.4.2	电气设备运行现场管理	135
4.4.3	电气设备修理计划编制	136
4.4.4	电气设备事故处理	138
4.4.5	电气设备技术资料管理	139
4.4.6	电气设备大修方案的制订	140
4.4.7	电气设备检修安全措施	141
4.5	企业供电设备管理	145
4.5.1	供电设备管理内容及要求	145
4.5.2	供电设备的安全管理	145
4.5.3	供电设备运行管理	147
4.5.4	供电设备维护管理	148
4.6	公共电气设备管理与维护	149
4.6.1	电梯管理与维护	149
4.6.2	商用中央空调管理与维护	158

第5章 电气控制常用电路简析

5.1	交流电动机控制电路	164
5.1.1	点动与长动控制电路	164
5.1.2	电动机正反转控制电路	168
5.1.3	限位控制和循环控制电路	171
5.1.4	电动机顺序控制电路	175
5.1.5	电动机多点联锁控制电路	177
5.1.6	电动机时间控制电路	177
5.1.7	三相异步电动机降压启动控制电路	179
5.1.8	电动机制动控制电路	187
5.1.9	电动机速度控制电路	192
5.1.10	电动机保护控制电路	196
5.2	直流电动机控制电路	198
5.2.1	直流电动机启动控制电路	198
5.2.2	直流电动机正反转控制电路	201
5.2.3	直流电动机制动控制电路	203
5.3	建筑工地机电设备控制电路	206
5.3.1	电动葫芦电气控制电路	206
5.3.2	混凝土搅拌机电气控制电路	208
5.3.3	塔式起重机控制电路	209
5.3.4	空压机控制电路	212
5.3.5	水磨石机控制电路	213
5.3.6	卷扬机控制电路	214
5.4	住宅区机电设备控制电路	214

5.4.1	住宅区给水泵电气控制电路	214
5.4.2	排污水泵控制电路	219
5.4.3	中央空调控制电路	221
5.4.4	生活锅炉控制电路	227
5.4.5	消防泵控制电路	231
5.4.6	引风机和鼓风机控制电路	236
5.5	典型二次回路控制电路	238
5.5.1	断路器控制电路	238
5.5.2	隔离开关控制电路	243
5.5.3	信号系统控制电路	245
5.5.4	二次回路线路保护电路	248
5.5.5	变压器二次回路保护电路	252
5.5.6	弱电回路监控电路	256
5.6	通用变频器控制电路	259
5.6.1	变频器基本控制电路	259
5.6.2	变频器典型应用电路	272
参考文献		278

第1章

电工现场计算

1.1 电力线路现场计算

1.1.1 线路损失的估算

(1) 口诀

线路损失概算法

铝线压损要算快，输距流积除截面，
三相乘以一十二，单相乘以二十六。
功率因数零点八，十上双双点二加，
铜线压损较铝小，相同条件铝六折。

(2) 口诀解说

380/220V 低压架空线路的线路损失可根据以下公式计算。

$$\Delta U_{3+N} \% = \frac{PL}{CA} \times 100 \% = \frac{0.6 I_m L \times 10^3}{50A} = 12 I_m L / A$$

$$\Delta U_{1+N} \% = \frac{PL}{CA} \times 100 \% = \frac{0.22 I_m L \times 10^3}{8.4A} = 26 I_m L / A$$

式中 $\Delta U_{3+N} \%$ ——三相四线制 380/220V 线路电压损失百分数；

$\Delta U_{1+N} \%$ ——单相 220V 线路电压损失百分数；

I_m ——测得相线的电流，A；

L ——线路输距，km；

A ——线路导线截面积， mm^2 ；

C ——常数（三相时，取 50；单相时，取 8.4）；

P ——线路输送的有功功率，kW。

① 对于感性负载，功率因数小于 1，压损要比电阻性负载大一些，它与导线截面积大小及线间距离有关。对于 10mm^2 及以下导线影响较小，可以不再考虑。当 $\cos\varphi = 0.8$ 时， 16mm^2 及以上导线，压损可按 $\cos\varphi = 1$ 算出后，再按线号顺序，两个一组增加 0.2 倍。即 16mm^2 、 25mm^2 导线按 $\cos\varphi = 1$ 算出后，再乘 1.2 倍； 35mm^2 、 50mm^2 导线按 $\cos\varphi = 1$ 算出后，再乘 1.4 倍，依此类推。这就是“功率因数零点八，十上双双点二加”的意思。

② 若低压架空线路采用 TJ 型铜绞线架设,其电压损失较相同条件(同截面积、同负载等)下铝绞线要小一些。对此可用以上计算铝线压损的方法计算出来,然后再乘以 0.6,就是铜绞线线路的电压损失,即口诀“铜线压损较铝小,相同条件铝六折”。

比较严格的说法是:电压损失以用电设备的额定电压为准(如 380/220V),允许低于额定电压的 5%。但是配电变压器低压侧母线端的电压规定又比额定电压高 5%(400/230V),因此从配电变压器开始至用电设备的整个线路中,理论上共可损失 $5\% + 5\% = 10\%$,但通常却只允许 7%~8%。这是因为还要扣除变压器内部的电压损失以及变压器功率因数低的影响。

一般来说,低压架空线路上电压损失达 7%~8% 质量就不好了。7%~8% 指从配电变压器低压侧开始至计算的那个用电设备为止的全部线路。

1.1.2 低压电缆的估算

(1) 负荷电流的估算

① 口诀:



负荷电流估算口诀

电力加倍,电热加半。

单相千瓦,四点五安。

单相 380, 电流两安半。

② 口诀解说 电流的大小直接与功率有关,也与电压、相别、力率(又称功率因数)等有关,一般有公式可供计算。由于工厂常用的都是 380/220V 三相四线系统,因此,可以根据功率的大小直接算出电流。

本口诀以 380/220V 三相四线系统中的三相设备的功率(kW 或 kV·A)为准,计算每千瓦的安数。对于某些单相或电压不同的单相设备,其每千瓦的安数,口诀另外作了说明。

a. 口诀中的“电力”专指电动机。在 380V 三相时(功率因数 0.8 左右),电动机每千瓦的电流约为 2A,即将“千瓦数加一倍”(乘 2)就是电流(A),此电流也称电动机的额定电流。例如:

- 6kW 电动机按“电力加倍”算得电流为 12A。
- 30kW 水泵电动机按“电力加倍”算得电流为 60A。

b. 口诀中的“电热”指用电阻加热的电阻炉等。三相 380V 的电热设备,每千瓦的电流为 1.5A,即将“千瓦数加一半”(乘 1.5)就是电流(A)。例如:

- 3kW 电加热器按“电热加半”算得电流为 4.5A。
- 15kW 电阻炉按“电热加半”算得电流为 22.5A。

“电热加半”不仅仅专指电热,对于照明也适用。虽然照明的灯泡是单相而不是三相,但对照明供电的三相四线干线仍属三相,只要三相大体平衡也可这样计算。此外,以千伏安为单位的电器(如变压器或整流器)和以千乏为单位的移相电容器(提高力率用)也都适用。也就是说,这句口诀虽然说的是电热,但包括所有以千伏安、千乏为单位的用电设备,以及以千瓦为单位的电热和照明设备。例如:

- 12kW 的三相(平衡时)照明干线按“电热加半”算得电流为 18A。

- 30kV·A 的整流器按“电热加半”算得电流为 45A（指 380V 三相交流侧）。
- 320kV·A 的配电变压器按“电热加半”算得电流为 480A（指 380/220V 低压侧）。
- 100kvar 的移相电容器（380V 三相）按“电热加半”算得电流为 150A。

c. 在 380/220V 三相四线系统中，单相设备的两条线，一条接相线而另一条接零线的（如照明设备）为单相 220V 用电设备。这种设备的功率因数大多为 1，因此，口诀便直接说明“单相千瓦，四点五安”。计算时，只要“将千瓦数乘 4.5”就是电流（A）。同上面一样，它适用于所有以千伏安为单位的单相 220V 用电设备，以及以千瓦为单位的电热及照明设备，而且也适用于 220V 的直流。例如：

• 500V·A（0.5kV·A）的行灯变压器（220V 电源侧）按“单相千瓦，四点五安”算得电流为 2.3A。

- 1000W 投光灯按“单相千瓦，四点五安”算得电流为 4.5A。

d. 对于电压更低的单相，口诀中没有提到。可以取 220V 为标准，看电压降低多少，电流就反过来增大多少。比如 36V 电压，以 220V 为标准来说，它降低到了 $1/6$ ，电流就应增大到 6 倍，即每千瓦的电流为 $6 \times 4.5 = 27A$ 。例如 36V、40W 的行灯每个电流为 $0.04 \times 27 = 1.08A$ 。

e. 在 380/220V 三相四线系统中，单相设备的两条线都是接到相线上的，习惯上称为单相 380V 用电设备（实际是接在两相上）。这种设备当以千瓦为单位时，功率因数大多为 1，口诀也直接说明：“单相 380，电流两安半”。它也包括以千伏安为单位的 380V 单相设备。计算时，只要“将千瓦或千伏安数乘 2.5”就是电流（A）。例如：

- 32kW 钼丝电阻炉接单相 380V，按“电流两安半”算得电流为 80A。
- 2kV·A 的行灯变压器，初级接单相 380V，按“电流两安半”算得电流为 5A。
- 21kV·A 的交流电焊变压器，初级接单相 380V，按“电流两安半”算得电流为 53A。

(2) 根据电流来选导线截面积

我们通常是根据电流大小来选电缆截面积的。导线的安全载流量是根据所允许的线芯最高温度、冷却条件、敷设条件来确定的。一般铜导线的安全载流量为 $5 \sim 8A/mm^2$ ，铝导线的安全载流量为 $3 \sim 5A/mm^2$ 。

各种导线的载流量通常可以从手册中查找。也可以利用下面介绍的口诀直接算出，不必查表。

① 口诀：



10 下五，100 上二；
25、35，四三界；
70、95，两倍半。
穿管温度八九折。
裸线加一半。
铜线升级算。

② 口诀解说 本口诀以铝芯绝缘线、明敷在环境温度 $25^{\circ}C$ 的条件为准。若条件不同，口诀另有说明。绝缘线包括各种型号的橡胶绝缘线或塑料绝缘线。

口诀对各种截面积的载流量(电流, A)不是直接指出, 而是用“截面积乘上一定倍数”来表示。为此, 应当先熟悉导线截面积(mm^2)的排列方式:

1、1.5、2.5、4、6、10、16、25、35、50、70、95、120、150、185、……

生产厂制造铝芯绝缘线的截面积通常从 2.5mm^2 开始, 铜芯绝缘线则从 1mm^2 开始; 裸铝线从 16mm^2 开始, 裸铜线则从 10mm^2 开始。

a. “10 下五, 100 上二; 25、35, 四三界; 70、95, 两倍半”这句口诀指出: 铝芯绝缘线载流量(A), 可以按“截面积的多少倍”来计算。口诀中阿拉伯数字表示导线截面积(mm^2), 汉字数字表示倍数。

“10 下五”指面积从 10mm^2 以下, 载流量都是截面积的五倍。“100 上二”指截面积 100mm^2 以上, 载流量都是截面积的二倍。截面积 25 与 35 是四倍和三倍的分界处, 这就是口诀“25、35, 四三界”, 即 16mm^2 和 25mm^2 , 载流量是截面积的 4 倍; 35mm^2 和 50mm^2 是截面积的 3 倍。截面积 70mm^2 、 95mm^2 则为截面积的 2.5 倍。

从上面导线截面积的排列可以看出: 除 10mm^2 以下及 100mm^2 以上之处, 中间的导线截面积是每每两种规格属同一种倍数。常用铝芯绝缘导线载流量与截面积的倍数关系见表 1-1。

表 1-1 铝芯绝缘导线载流量与截面积的倍数关系

截面积/ mm^2	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
倍数	9	9	9	8	7	6	5	4	3.5	3	3	2.5	2.5
电流/A	9	14	23	32	48	60	90	100	123	150	210	238	300

下面以明敷铝芯绝缘线, 环境温度为 25°C 举例说明:

- 6mm^2 的绝缘铝芯线, 按“10 下五”算得载流量为 30A。
- 150mm^2 的绝缘铝芯线, 按“100 上二”算得载流量为 300A。
- 70mm^2 的绝缘铝芯线, 按“70、95 两倍半”算得载流量为 175A。

从上面的排列还可以看出: 倍数随截面积的增大而减小。在倍数转变的交界处, 误差稍大些。比如截面积 25 与 35 是四倍与三倍的交界处, 25 属四倍的范围, 但靠近向三倍变化的一侧, 它按口诀是四倍, 即 100A, 但实际不到四倍(按手册为 97A), 而 35 则相反, 按口诀是三倍, 即 105A, 实际则是 117A, 不过这对使用的影响并不大。当然, 若能“胸中有数”, 在选择导线截面积时, 25 的不让它满到 100A, 35 的则可以略为超过 105A 便更准确了。同样, 2.5mm^2 的导线位置在五倍的最始(左)端, 实际便不止五倍(最大可达 20A 以上), 不过为了减少导线内的电能损耗, 通常都不用到这么大, 手册中一般也只标 12A。

b. “穿管温度八九折”, 从这以下, 口诀便是对条件改变的处理。若是穿管敷设(包括槽板等敷设, 即导线加有保护套层, 不明露的), 按口诀“10 下五, 100 上二; 25、35, 四三界; 70、95, 两倍半”计算后, 再打八折(乘 0.8)。若环境温度超过 25°C , 计算后再打九折(乘 0.9)。

关于环境温度, 按规定指夏天最热月的平均最高温度。实际上, 温度是变动的, 一般情况下, 它对导体载流量的影响并不很大。因此, 只对某些高温车间或较热地区超过 25°C 较多时, 才考虑打折扣。

还有一种情况是两种条件都改变(穿管又温度较高), 则按明敷设计算后打八折, 再打九折。或者简单地一次打七折计算(即 $0.8 \times 0.9 = 0.72$, 约为 0.7)。例如:

- 10mm^2 的绝缘铝芯线, 穿管(八折), 40A ($10 \times 5 \times 0.8 = 40$); 高温(九折), 45A ($10 \times 5 \times 0.9 = 45$); 穿管又高温(七折), 35A ($10 \times 5 \times 0.7 = 35$)。

• 95mm^2 的绝缘铝芯线, 穿管 (八折), 190A ($95 \times 2.5 \times 0.8 = 190$); 高温 (九折), 214A ($95 \times 2.5 \times 0.9 = 213.8$); 穿管又高温 (七折), 166A ($95 \times 2.5 \times 0.7 = 166.3$)。

c. 对于裸铝线的载流量, 口诀指出“裸线加一半”, 即按口诀“10 下五, 100 上二; 25、35, 四三界; 70、95, 两倍半”计算后再一半 (乘 1.5)。这是指同样截面积的铝芯绝缘芯与裸铝线比较, 载流量可加一半。例如:

- 16mm^2 裸铝线, 96A ($16 \times 4 \times 1.5 = 96$), 高温时 86A ($16 \times 4 \times 1.5 \times 0.9 = 86.4$)。
- 35mm^2 裸铝线, 158A ($35 \times 3 \times 1.5 = 157.5$)。
- 120mm^2 裸铝线, 360A ($120 \times 2 \times 1.5 = 360$)。

d. 对于铜导线的载流量, 口诀指出“铜线升级算”, 即将铜导线的截面积按截面积排列顺序提升一级, 再按相应的铝线条件计算。例如:

- 35mm^2 裸铜线 25°C , 升级为 50mm^2 , 再按 50mm^2 裸铝线, 25°C 计算为 225A ($50 \times 3 \times 1.5 = 225$)。
- 16mm^2 铜芯线 25°C , 按 25mm^2 铝绝缘线的相同条件, 计算为 100A ($25 \times 4 = 100$)。
- 95mm^2 铜芯线 25°C 穿管, 按 120mm^2 铝绝缘线的相同条件, 计算为 192A ($120 \times 2 \times 0.8 = 192$)。

【提示】

用电流估算截面积的适用于近电源 (负荷离电源不远)。

对于电缆, 口诀中没有介绍。一般直接埋地的高压电缆, 大体上可采用口诀“10 下五, 100 上二; 25、35, 四三界; 70、95, 两倍半”中的有关倍数直接计算。例如:

- 35mm^2 高压铠装铝芯电缆埋地敷设的载流量约为 105A ($35 \times 3 = 105$)。
- 95mm^2 的高压铠装铝芯电缆埋地敷设约为 238A ($95 \times 2.5 = 237.5$)。

下面这个估算口诀和上面的有异曲同工之处:



二点五下乘以九, 往上减一顺号走。
三十五乘三点五, 双双成组减点五。
条件有变加折算, 高温九折铜升级。

该口诀对各种绝缘线 (橡胶和塑料绝缘线) 的载流量 (安全电流) 不是直接指出, 而是用“截面积乘上一定的倍数”来表示, 通过计算而得。倍数随截面积的增大而减小。

“二点五下乘以九, 往上减一顺号走”说的是 2.5mm^2 及以下各种截面积的铝芯绝缘线, 其载流量约为截面积的 9 倍。如 2.5mm^2 导线, 载流量为 $2.5 \times 9 = 22.5\text{A}$ 。 4mm^2 及以上导线的载流量和截面积的倍数关系是顺着线号往上排, 倍数逐次减 1, 即 4×8 、 6×7 、 10×6 、 16×5 、 25×4 。

“三十五乘三点五, 双双成组减点五”, 说的是 35mm^2 的导线载流量为截面积的 3.5 倍, 即 $35 \times 3.5 = 122.5\text{A}$ 。 50mm^2 及以上的导线, 其载流量与截面积之间的倍数关系变为两个两个线号成一组, 倍数依次减 0.5。即 50mm^2 、 70mm^2 导线的载流量为截面数的 3 倍; 95mm^2 、 120mm^2 导线的载流量是其截面积的 2.5 倍, 依次类推。

“条件有变加折算, 高温九折铜升级”。上述口诀是铝芯绝缘线、明敷在环境温度 25°C 的条件下而定的。若铝芯绝缘线明敷在环境温度长期高于 25°C 的地区, 导线载流量可按上述口诀计算方法算出, 然后再打九折即可; 当使用的不是铝线而是铜芯绝缘线, 它的载流量

要比同规格铝线略大一些,可按上述口诀方法算出比铝线加大一个线号的载流量,如 16mm^2 铜线的载流量,可按 25mm^2 铝线计算。

(3) 根据荷矩选择导线截面积

① 口诀:



三相荷矩三十八,单相六个负荷矩。
架空铝线选粗细,先求送电负荷矩,
三相荷矩乘个四,单相改乘二十四。

注:三相荷矩指的是三相送电负荷矩。所谓负荷矩就是负荷(kW)乘上线路长度[线路长度指导线敷设长度(m),即导线走过的路径,不论线路的导线根数],单位是“kW·m 千瓦·米”。

② 口诀解说 低压架空线路采用裸铝绞线供电时,为保证电压降不低于5%,三相送电负荷矩(M) $38\text{kW}\cdot\text{km}$;单相负荷矩(M)为 $6\text{kW}\cdot\text{km}$ 。

导线截面积的选择,一般按允许电压损耗确定,同时满足发热条件和机械强度的要求。还应根据负荷情况留有发展的裕度。

架空线路导线截面积S(单位为 mm^2)计算选择,三相截面积 $S=4M$;单相截面积 $S=6M$ 。

例如,新建一条380V三相架空线,长850m,输送功率10kW,允许损失电压5%。则导线截面积

$$S=4M=4\times 10\times 0.85=34(\text{按导线规格选}35\text{mm}^2)$$

又例如,某村需架一条220V的单相线路,照明负荷为5kW,线路长290m,允许电压损失5%。则导线截面积

$$S=24M=24\times 5\times 0.29=34.8(\text{选导线规格为}35\text{mm}^2)$$

按照有关规定,为了确保线路运行质量和安全,要求10kV线路及0.4kV主干线路截面积不小于 35mm^2 ,三相四线的零线截面积不宜小于相线截面积的50%,其余0.4kV分支线、接户线均按实际用电设备容量具体确定。

(4) 零线截面积的估算

① 口诀:



零线截面积估算

三相四线制线路,零线截面积估算:
相线铝线小七十,零相导线同规格。
相线铝线大七十,零选相线一半值。
线路架设铜绞线,相线三十五为界,
小于零相同规格,大于零取一半值。

② 口诀解说 在三相四线制低压配电线路中,由于单相负载占一定的比例,且加上用电时间的差异,各相负载经常处于不平衡状态,所以中性线(零线)上常有电流通过。如果零线的截面积过小,就很容易发生烧断事故。因此,一般情况下,零线截面积应不小于相线截面积的50%。有条件的话,最好使零线的截面积与相线截面积相同,这样可保证回路畅通,有利于安全使用。

在三相四线制线路中,负载平衡时,零线电流的矢量和等于零。当使用三相晶闸管调压器后,在不同的相位触发导通时(全导通除外),零线的电流矢量和不为零。如果在某一相中使用单相晶闸管调压器而其余两相未使用时,由于其中一相在不同相位触发,产生的电流波形是断续截波而非连续的正弦波,所以零线的电流矢量和也不可能是零。在某些相位触发条件下,有时零线的电流还会大于相线电流。

口诀中将规定三相四线制的零线截面积不宜小于相线截面积的50%具体化,即确定零线截面积时,既要看法线粗和细,还要看导线的材质。以相线截面积为铝绞线(含钢芯铝绞线) 70mm^2 和铜绞线 35mm^2 为界线,在界线以下时,零线和相线的型号规格相同;在界线以上时,零线截面积可取相线截面积数值的1/2及以上的同材质导线。例如,某条架空线路选 LJ-70 型铝绞线架设,其零线可选定为 LJ-35 型铝绞线。某条低压架空线路选 TJ-35 型铜绞线架设,其零线可选定用 TJ-25 型铜绞线。由此可见,用本口诀速算零线截面积,其数值完全能满足架空导线最小截面积的规定(裸铝绞线为 16mm^2 ,裸铜绞线为 6mm^2)。

选择零线截面积时,如果是三相设备,正常工作时零线上的电流比较小,从节约有色金属和投资方面考虑,零线截面积可减半;若是单相设备,因流过火线和零线的电流相等,火线和零线就必须等截面积。

1.1.3 架空线路的计算

(1) 架空导线载流量的估算

① 口诀:



低压架空铝绞线,知道电流好架设。
架空铝线流估算,二五裸线一百安,
逐级增加五十算,百五导线四百安。
铜线铝算升一级,环温高时九折算。

② 口诀解说 有经验的电工只要站在架空线路的下边,一般都能说出导线的粗细,即可说出裸绞线的标称截面积,能很快地回答出导线的安全载流量。

架空铝导线规格级别,是按导线的截面积(mm^2)而定的。导线安全载流量计算是以 25mm^2 、100A 为基准,每增加一个规格级别加 50A,反之减 50A。

例如, 16mm^2 为 50A, 35mm^2 导线为 150A, 50mm^2 为 200A, 70mm^2 为 250A……

在实际应用时,对于高压线最关心的是机械强度;对于低压线则注重的是载流量。

架空线路一般最大铝线为 150mm^2 时,其载流为 400A。因为再大截面积的导线架设比较困难,通常只有在高压线路中采用。由此可见,低压线路(380/220V)送电的容量和距离都比较小。

低压架空线路的铝绞线,最小截面积规定为 16mm^2 。口诀中没有提到它,这是因为导线截面积为 25mm^2 以上,电流才刚好从 100A 开始按 50A 递增; 16mm^2 铝绞线一般可载负荷电流 96A,若距离按 100m 计算,仍可载负荷 80A 左右。这比 50A 大,若对它取得安全些,也可参加到“逐级增加五十算”的行列,也就是说 16mm^2 铝绞线可按载流量 50A 考虑。

架空线路采用的是铜绞线,其安全载流量可按铝线升一级(即大一个线号)计算。如 16mm^2 的铜绞线,可视为 25mm^2 的铝绞线,即安全载流量为 100A。

上述导线安全载流量,均是在环境温度 25℃ 的情况下计算的。若架空线路的环境温度长期高于 25℃,计算出结果后再乘以 0.9,就是导线的安全载流量。

(2) 水泥电杆埋设深度的计算

① 口诀:



电杆埋深怎样求?杆的长度除以六。
特殊情况可加减,最浅应保一米五;
杆高八米一米五,递增点一依次走,
十三米杆整两米,十八最浅两米六,
十五米杆两米三,以上数据要熟记。

② 口诀解说 环形钢筋混凝土电杆俗称水泥电杆,在城镇、工矿、农村遍地皆是,其杆长分为 8~18m 多个等级。关于电杆的埋深数据,不同的土壤、地势、气候、接线方式等均会使埋深有一些不同。

电杆埋设深度应根据电杆的长度、承受力的大小和土质情况来确定,一般为杆长的 1/6,即口诀“杆的长度除以六”,但最浅不得小于 1.5m;变台杆不应小于 2m。具体电力施工的埋深还得看下现场的需求而定。一般有经验的电工都会以六分之一的杆长为基准来确定埋设深度。

挖好的杆坑,其深度不可避免地会存在一定的偏差,但该偏差值要符合下列要求:单杆坑深的允许偏差为 +10mm。

(3) 拉线设定的估算

① 口诀:



拉线角度放多大,45 度为标准,
若受地形来限制,不小于 30 度打角拉。
30 度坑位咋放定,垂高除以根号 3,
直角拉长 1.5 倍算,30 度坑距两倍拉。

② 口诀解说 平衡张力杆装设的拉线一般角度选 45°,这种垂直等边拉线稳定性好,又省材料,这是最佳拉线角度。

当地形受限时,可打撑杆、自身拉或高桩跨越拉,若能打 30°拉线,这也是允许的。30°拉线放定,计算公式为: $\angle 30^\circ$ 拉线 $a = b/\sqrt{3}$ (b 为接线包箍至地面距离,由实测可得),拉线长度 $C = 2a$ (a 为杆根至接线坑的距离)。

$\angle 45^\circ$ 拉线 $a = b$,拉线长度 $C = 1.414a$ 或 b (1.414 近似 1.5 倍)。

拉线采用钢绞线时,固定可采用直径为 3.2mm 的铁线缠绕。缠绕应整齐、紧密,其长度不小于表 1-2 的数值。

表 1-2 拉线缠线长度的最小值

mm

镀锌钢绞线截 面积/mm ²	上端	中端(有绝缘子时 的上、下端)	与拉线棒连接处		
			下端	花缠	上端
25	200	200	150	350	80
35	250	250	200	300	80
50	300	300	250	250	80