

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材

内外线电工工艺学

(中级本)

科学普及出版社

本书是机械工业部统编机械工人技术培训教材。它是根据原一机部《工人技术等级标准》和教学大纲编写的。其内容着重介绍了工业企业变电所电气设备的性能、结构、原理及其安装与试验方法；架空线路和电力电缆线路的敷设工艺；常用交直流电机的基础理论；车间内动力线路及典型设备的安装方法；以及接地装置的基本概念和施工方法等。学员通过本书学习，能够掌握在工业企业中安装一般内外线工程的系统知识。

本书是4~6级内外线电工的技术培训教材，也可作为有关技术人员和工人学习参考。

本书由范镇、陶定镇、华毓桂、沈玉明、葛恒宽同志编写，由许萃群、杨晋琰、刘福良、王巧顺同志审稿。

中华人民共和国机械工业部统编
机械工人技术培训教材
内外线电工工艺学
(中级本)
责任编辑：宝成

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
武汉市江汉印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：20 1/2 字数：490千字

1984年5月第1版 1984年5月第1次印刷

印数：1—93,000册 定价：2.35元

统一书号：15051·1101 本社书号：0790

对广大工人进行比较系统的技术培训教育，是智力开发方面的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地展开这项工作，教材是关键。有了教材才能统一培训目标，统一教学内容，才能逐步建立起比较正规的工人技术教育制度。

教材既是关键，编写教材就是一件功德无量的事。在教材行将出版之际，谨向为编写这套教材付出辛勤劳动的同志们致以敬意！

机械工业部第一副部长

杨 铎

一九八二年五月

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对工人特别是青壮年工人进行系统的技术理论培训，以适应四化建设的需要，现确定按初级、中级、高级三个培训阶段，逐步地建立工人培训体系，使工人培训走向制度化、正规化的轨道，以期进一步改善和提高机械工人队伍的素质。我们组织了四川省、江苏省、上海市机械厅(局)和第一汽车厂、太原重型机器厂、沈阳鼓风机厂、湘潭电机厂，编写了三十个通用工种的初级、中级的工人技术培训教学计划、教学大纲及其教材，作为这些工种工人技术理论培训的统一教学内容。

编写教学计划、教学大纲及其教材的依据，是原一机部颁发的《工人技术等级标准》和当前机械工人队伍的构成、文化状况及培训的重点。初级技术理论以二、三级工“应知”部分为依据，是建立在初中文化基础上的。它的任务是为在职的初级工人提供必备的基础技术知识，指导他们正确地使用设备、工夹具、量具，按图纸和工艺要求进行正常生产。中级以四、五、六级工“应知”部分为依据，并开设相应的高中文化课，在学完了初级技术理论并具有一定实践经验的工人中进行。它的任务是加强基础理论教学，使学员在设备、工夹具、量具、结构原理、工艺理论、解决实际问题 and 从事技术革新的能力上有所提高(高级以七、八级工“应知”部分为依据，这次未编)。编写的教材计有：车工、铣工、刨工、磨工、齿轮工、镗工、钳工、工具钳工、修理钳工、造型工、化铁工、热处理工、锻工、模锻工、木模工、内外线电工、维修电工、电机修理工、电焊工、气焊工、起重工、煤气工、工业化学分析工、热工仪表工、锅炉工、电镀工、油漆工、冲压工、天车工、铆工等工艺学教材和热加工的六门基础理论教材：数学、化学、金属材料及其加工工艺、机械制图、机械基础、电工基础。

在编写过程中，注意了工人培训的特点，坚持了“少而精”的原则。既要理论联系实际，学以致用，又要有理论的高度和深度；既要少而精，又要注意知识的科学性、系统性、完整性；既要短期速成，又要循序渐进。在教学计划中对每个工种的培养目标，各门课程的授课目的，都提出了明确的要求，贯彻了以技术培训为主的原则。文化课和技术基础课的安排、从专业需要出发，适当地考虑到今后发展和提高的要求，相近工种的基础课尽量统一。

这套教材的出版，得到了有关省、市机械厅(局)、企业、学校、研究单位和科学普及出版社的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写在职工人培训的统一教材，是建国三十年来第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中还难免存在不少缺点和错误，我们恳切地希望同志们在进行中提出批评和指正，以便进一步修改、完善。

机械工业部工人技术培训教材编审领导小组

一九八二年五月

目 录

第一章 内外线电气工程的基本知识.....	1
第一节 工厂供电.....	1
第二节 导线和电缆截面的选择.....	4
第二章 变电所的常用电器.....	9
第一节 高压开关设备.....	9
第二节 避雷器.....	25
第三节 仪用互感器.....	32
第三章 试验与仪器.....	38
第一节 直流耐压试验与泄漏电流的测量.....	38
第二节 交流耐压试验.....	43
第三节 变压器油的试验.....	47
第四节 直流电桥.....	50
第五节 直流电位差计.....	55
第四章 架空电力线路的施工方法.....	61
第一节 钢筋混凝土杆及木杆的组装.....	61
第二节 基础施工.....	71
第三节 立杆.....	76
第四节 拉线与撑杆施工.....	86
第五节 放线.....	93
第六节 导线的连接.....	95
第七节 紧线和弧垂的观测与调整.....	100
第八节 导线在绝缘子上的固定.....	103
第九节 工程验收.....	108
第五章 变电所电气设备的安装.....	110
第一节 10千伏1000千伏安及以下室内变电所.....	110
第二节 变压器的安装.....	114
第三节 硬母线和穿墙套管的安装.....	121
第四节 隔离开关和负荷开关的安装.....	131
第五节 配电柜的安装.....	134
第六节 少油断路器的结构、安装、调整和检修.....	136
第七节 二次线的安装和检查.....	145
第八节 保护继电器及继电保护盘的安装.....	150
第六章 电力变压器和交直流电机.....	157
第一节 三相变压器.....	157
第二节 直流电机的基本知识.....	164
第三节 直流发电机.....	182
第四节 直流电动机.....	188

第五节	三相异步电动机的基本原理	198
第六节	三相异步电动机工作情况分析	204
第七节	三相异步电动机的控制	212
第八节	单相异步电动机	220
第七章	车间动力设备的安装	229
第一节	动力配电箱的安装	229
第二节	电机及其附属设备的安装	238
第三节	吊车和滑触线的安装	246
第四节	防爆电器设备的安装和安装规程	257
第八章	电力电缆	263
第一节	电力电缆线路的特点	263
第二节	电力电缆的敷设	263
第三节	电缆的连接	268
第四节	电缆安装时的试验	282
第五节	电缆线路的故障及检测	285
第九章	接地和防雷	288
第一节	接地的基本概念	288
第二节	接地电阻	293
第三节	接地装置的安装	295
第四节	接地电阻的测量	300
第五节	雷电的形成、危害及防雷措施	302
第六节	避雷针	307
附录 I	JJO系列电动机起动保护设备及导线选择表	310
附录 II	JO2系列电动机起动保护设备及导线选择表	312
附录 III	J2系列电动机起动保护设备及导线选择表	316
附录 IV	1JB系列电动机起动保护设备及导线选择表	317
附录 V	JR系列380伏绕线型电动机控制设备及导线选择表	318
附录 VI	埋地电缆金属外皮的自然接地电阻	320
附录 VII	埋地金属水管的自然接地电阻	320
附录 VIII	修正系数K	321
附录 IX	水泥电杆的自然接地电阻	321
附录 X	土壤电阻率	322

第一章 内外线电力工程的基本知识

电力是现代工业的主要动力。现阶段我国电力的主要来源还是靠火力发电和水力发电。火力发电一般是通过煤的燃烧,使锅炉产生高压蒸汽来推动汽轮机,再由汽轮机带动发电机旋转而发出电来。水力发电是利用水流推动水轮机,再由水轮机带动发电机旋转而发出电来。水电站的容量与水头、流量、水库容积的大小有关。

发电厂发出来的电,经过变压器把电压升高,然后用架空线路或电缆线路,把电能送到距离很远的工厂、矿山、城市和农村附近的变电所。变电所里,又通过变压器把电压降低,然后再用架空线路或电缆线路,把电能分配到工厂、矿山、城市和农村的各种用电器具(电动机、电灯、电热器等)中去。

因此,供用电系统是由发电厂、电力网(包括供电线路和变、配电设备)和用电器具所组成。电力内外线工程包括安装施工及验收使用等。

第一节 工厂供电

一、供电的基本要求

供电就是向电力用户(即电力负荷)供应电能。供电时应达到以下基本要求。

- (1) 安全。在电能的供应、分配和使用中,不应发生人身和设备事故。
- (2) 可靠。应满足各级电力负荷的需要,保证供电的质量和可靠性。
- (3) 经济。供电系统要投资少,运行费用低,并尽量减少有色金属消耗量。
- (4) 合理。应合理地处理好局部和全局、当前和长远的关系。

二、电力负荷的分级

电力负荷按其重要性和中断供电在政治上和经济上所造成的影响或损失的程度,可分为下列三级。

突然中断供电将造成人员伤亡危险,或难以修复的重大设备损坏,或给国民经济带来很大损失的,称一级负荷。

突然停电将产生大量废品,大量减产,企业内运输停顿等或经济上造成较大损失的,称二级负荷。

所有不属于一级和二级的负荷,均属三级负荷。

三、供电要求

对于各级负荷的供电方式,应按企业的规模、性质和容量,并结合地区电网供电条件加

以选定。

(1) 一级负荷应由两个独立电源供电。两个独立电源是指其中任一个电源发生故障或停电检修时, 都不致影响另一个电源继续供电。

(2) 二级负荷应由双回路供电, 该两路电源应尽可能引自不同的变压器或母线段, 当取得两路电源确有困难时, 允许由一专用线路供电。

(3) 三级负荷对供电无特殊要求。

四、工厂电力线路的接线方式

(一) 高压线路的接线方式

工厂高压线路有放射式、树干式和环形等基本接线方式。

1. 放射式接线 图 1-1 所示为高压放射式线路的接线。放射式线路敷设容易, 维护方便, 运行中互不影响, 当一线路发生故障时, 不影响其他线路的正常运行, 同时便于装设自动装置。但该线路所用高压开关设备较多, 使投资增加, 同时供电的可靠性仍不很高, 当一线路发生故障或检修时, 该线路的负荷都要停电。因此放射式线路接线, 一般只适用于三级负荷和个别的二级负荷。

要提高供电可靠性, 可在各车间变电所高压侧或低压侧之间敷设联络线。若要求供电可靠性更高还可采用来自两个独立电源的两条高压进线, 经分段单母线, 用双回路交叉供电, 如图 1-3 中 2 号变电所的高压配电方式, 这种双回路接线可适用于一级负荷。

2. 树干式接线 图 1-2 所示为一路进线和二路进线高压树干式线路的接线。这种接线和放射式接线相比, 具有下列优点: 在大多数情况下, 能减少线路的有色金属消耗量, 用高压开关设备较少, 无需设高压配电室。但也存在下列缺点: 供电可靠性更差, 当某一段高压线路发生故障或检修时, 则在其后的若干变电所都要停电。这种接线只适用于三级负荷。

要提高供电可靠性, 可采用双干线供电或两端供电的方式, 并且可在各车间变电所低

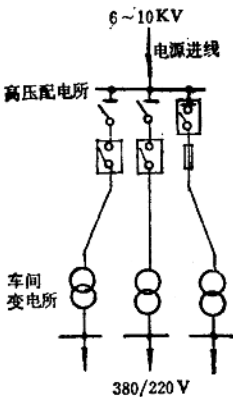


图 1-1 高压放射式接线

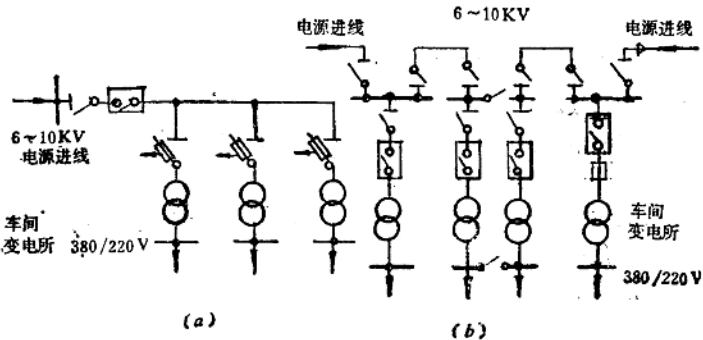


图 1-2 高压树干式接线
(a) 一路进线; (b) 二路进线

压侧之间敷设联络线。这种线路可适用于二级负荷，甚至一级负荷。

3. 环形接线 图1-3所示为高压线路的环形接线。

环形接线，实质上是两端供电的树干式接线。其优缺点与两端供电的树干式接线相同。多数环形接线采取“开口”运行方式，即环形线路有一处的开关是断开的。

总的来说，工厂高压线路的接线应力求简单可靠。运行经验证明：供电线路如果接线复杂，层次过多，不仅浪费投资，维护不便，而且电路中串联开关过多，因误操作和设备故障而产生的事故随之增多，同时处理事故和恢复供电的操作也比较麻烦，从而延长停电时间。由于环节较多，继电保护装置相应复杂，动作时限相应延长，对供电系统的故障保护十分不利。

此外，高压配电线路应尽可能深入负荷中心，以减少电能损耗和有色金属消耗量；同时尽量采用架空线路，以节约投资。

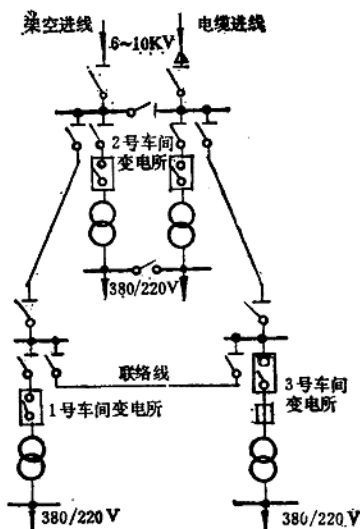


图 1-3 双电源的高压环形接线

(二) 低压线路的接线方式

工厂低压线路也有放射式、树干式和环形等基本接线方式。

1. 放射式接线 图1-4所示为低压放射式接线，它的特点是引出线发生故障时互不影响，供电可靠性较高，但在一般情况下，其有色金属消耗量较多，采用的开关设备较多，且系统的灵活性较差。这种接线多用于供电可靠性要求较高的车间，特别适用于对大型设备供电。

2. 树干式接线 图1-5所示为低压树干式接线。树干式接线的特点正好与放射式接线相反，其系统灵活性好，采用的开关设备较少，一般情况有色金属消耗量少，但干线发

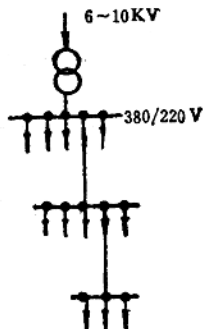


图 1-4 低压放射式接线

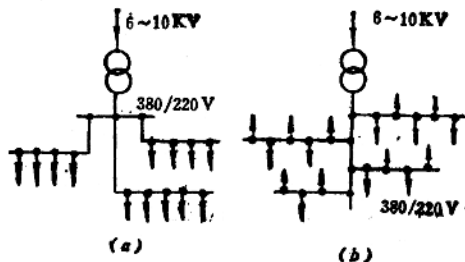


图 1-5 低压树干式接线

(a) 低压母线配电的树干式；(b) 变压器-干线的树干式

生故障时影响范围大，所以供电可靠性较低。树干式接线在机械加工车间，机修车间中应用相当普遍，因为它比较适用于供电容量较小，而分布较均匀的用电设备组，如机床、小型加热炉等。

图1-5(b)所示的树干式是变压器-干线组接线。它因省去了整套低压配电装置，而使变电所的结构大为简化。

3. 环形接线 图1-6(a)和(b)所示分别为两台和一台变压器供电的环形接线。一个工厂内的所有车间变电所的低压侧，也可通过低压联络线互相接成环形。

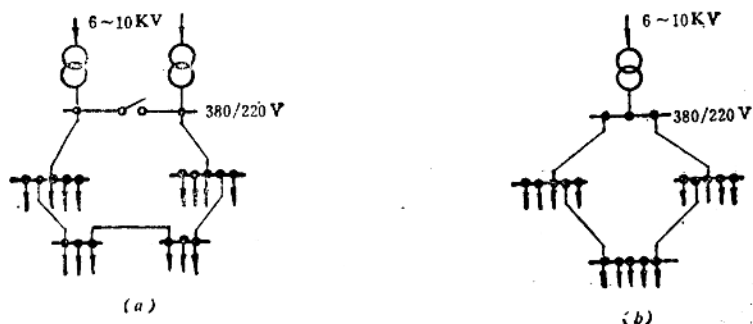


图 1-6 低压环形接线
(a) 两台变压器供电；(b) 一台变压器供电

环形接线供电的可靠性较高，任一段线路发生故障或检修时，都不致造成供电中断，或者只是暂时中断供电，只要完成切换电源的操作，就能恢复供电。环形接线，可使电能损耗和电压损失减少，既能节约电能，又容易保证电压质量。但它的保护装置及其整定配合相当复杂，如配合不当，容易发生误动作，而扩大故障停电范围。实际上，低压环形线路和高压环形线路一样，大多数也采取“开口”方式运行。

第二节 导线和电缆截面的选择

导线是用来输送电能的。为了保证供电系统安全、可靠、经济、合理地运行，在选择导线截面时必须满足下列条件。

(1) 发热条件。导线和电缆在通过最大负荷电流（即计算电流）时产生的发热温度，不应超过其正常运行时的最高允许温度。

(2) 电压损失。导线和电缆在通过最大负荷时产生的电压损失，不应超过正常运行时允许的电压损失。

(3) 经济电流密度。高压线路和电流较大的低压线路，应按规定的经济电流密度选择导线的截面，既要使电能损耗较小，又要节约有色金属。

(4) 机械强度。导线截面不应小于其最小允许截面，以满足机械强度的要求。

此外，对绝缘导线和电缆，在选择截面时还应满足工作电压的要求。

根据经验，低压动力线，因为其负荷电流较大，所以一般先按发热条件来选择截面，然后验算其电压损失和机械强度。低压照明线，因为对电压质量要求较高，所以一般先按

允许电压损失条件来选择截面，然后验算其发热条件和机械强度。而高压线路，则往往先按经济电流密度选择截面，然后验算其发热条件和允许电压损失条件，对于高压架空线路，还应验算其机械强度。由于工厂高压线路一般不长，电流较小，比较容易满足发热条件和电压损失条件，所以高压线路一般按经济电流密度来选择。

下面分别对按发热条件、经济电流密度和允许电压损失来选择、计算导线截面加以介绍。而对机械强度的校验，一般工厂线路不详细计算，主要是看所造导线满足不满足最小允许截面的要求。

一、按发热条件选择

(一) 满足的条件

负荷电流通过导线和电缆时，由于导线和电缆具有一定的电阻，因此要产生一定的功率损耗，使导线和电缆发热，温度升高。绝缘导线和电缆的发热温度过高时，将使其绝缘损坏，甚至引起火灾；裸导体的发热温度过高时，会使导线及导线的接头处氧化加剧，增大接头的接触电阻，使之进一步加热氧化，甚至发展到断线。因此，导线和电缆的发热温度不能超过允许值，见表1-1。

导线在正常和短路时的最高允许温度

表 1-1

导线种类和材料	最高允许温度 (°C)		导线种类和材料	最高允许温度 (°C)	
	正常时	短路时		正常时	短路时
1. 母线 铜	70	300	3. 橡皮绝缘电线和电缆	65	150
铝	70	200	4. 聚氯乙烯绝缘导线和电缆		
钢	70	300	5. 交联聚乙烯电缆	65	120
2. 油浸纸绝缘电缆:			铜芯		
铜芯 1—3KV	80	250	铝芯	80	230
6KV	65	250	6. 有中间接头的电缆 (不包	80	200
10KV	60	250	括聚氯乙烯绝缘电缆)	80	200
铝芯 1—3KV	80	200		—	150
6KV	65	200			
10KV	60	200			

按发热条件选择导线和电缆截面时，应使导线和电缆的计算电流 I_j 不大于其允许载流量（允许持续电流） I_e 。

即 $I_j \leq I_e$ 。

(二) 导线载流量的计算口诀

导线的载流量与导线截面有关，也与导线的材料、型号、敷设方法以及环境温度等有关，影响的因素较多，计算也较复杂。

各种导线的载流量通常可以从手册中查找。但利用口诀再配合一些简单的心算，便可直接算出，不必查表。

1. 口诀 铝芯绝缘线载流量与截面的倍数关系

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.说明 口诀对各种截面的载流量(安)不是直接指出的，而是用截面乘上一定的倍数来表示。为此将我国常用导线标称截面(平方毫米)排列如下：

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

(1)第一句口诀指出铝芯绝缘线载流量(安)、可按截面的倍数来计算。口诀中的阿拉伯数码表示导线截面(平方毫米)，汉字数字表示倍数。把口诀的截面与倍数关系排列起来如下：

1~10	16、25	35、50	70、95	120以上
五倍	四倍	三倍	二倍半	二倍

现在再和口诀对照就更清楚了，口诀“10下五”是指截面在10以下，载流量都是截面数值的五倍。“100上二”(读百上二)是指截面100以上的载流量是截面数值的二倍。截面为25与35是四倍和三倍的分界处。这就是口诀“25、35，四三界”。而截面70、95则为二点五倍。从上面的排列可以看出：除10以下及100以上之外，中间的导线截面是每两种规格属同一种倍数。

例如铝芯绝缘线，环境温度为不大于 25°C 时的载流量的计算：

当截面为6平方毫米时，算得载流量为30安；

当截面为150平方毫米时，算得载流量为300安；

当截面为70平方毫米时，算得载流量为175安。

从上面的排列还可以看出：倍数随截面的增大而减小，在倍数转变的交界处，误差稍大些。比如截面25与35是四倍与三倍的分界处，25属四倍的范围，它按口诀算为100安，但按手册为97安；而35则相反，按口诀算为105安，但查表为117安。不过这对使用的影响并不大。当然，若能“胸中有数”，在选择导线截面时，25的不让它满到100安，35的则可略为超过105安便更准确了。同样，2.5平方毫米的导线位置在五倍的始端，实际便不止五倍(最大可达20安以上)，不过为了减少导线内的电能损耗，通常电流都不用到这么大，手册中一般只标12安。

(2)后面三句口诀便是对条件改变的处理。“穿管、温度，八、九折”是指：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)，计算后，再打八折；若环境温度超过 25°C ，计算后再打九折，若既穿管敷设，温度又超过 25°C ，则打八折后再打九折，或简单按一次打七折计算。

关于环境温度，按规定是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，它影响导线载流并不很大。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。

例如对铝芯绝缘线在不同条件下载流量的计算：

当截面为10平方毫米穿管时，则载流量为 $10 \times 5 \times 0.8 = 40$ 安；若为高温，则载流量

为 $10 \times 5 \times 0.9 = 45$ 安；若是穿管又高温，则载流量为 $10 \times 5 \times 0.7 = 35$ 安。

(3) 对于裸铝线的载流量，口诀指出“裸线加一半”，即计算后再加一半。这是指同样截面裸铝线与铝芯绝缘线比较，载流量可加大一半。

例如对裸铝线载流量的计算：

当截面为16平方毫米时，则载流量为 $16 \times 4 \times 1.5 = 96$ 安，若在高温下，则载流量为 $16 \times 4 \times 1.5 \times 0.9 = 86.4$ 安。

(4) 对于铜导线的载流量，口诀指出“铜线升级算”，即将铜导线的截面按截面排列顺序提升一级，再按相应的铝线条件计算。

例如截面为35平方毫米裸铜线环境温度为 25°C ，载流量的计算为：按升级为50平方毫米裸铝线即得 $50 \times 3 \times 1.5 = 225$ 安。

对于电缆，口诀中没有介绍。一般直接埋地的高压电缆，大体上可直接采用第一句口诀中的有关倍数计算。比如35平方毫米高压铠装铝芯电缆埋地敷设的载流量为 $35 \times 3 = 105$ 安。95平方毫米的约为 $95 \times 2.5 \approx 238$ 安。

三相四线制中的零线截面，通常选为相线截面的 $\frac{1}{2}$ 左右。当然也不得小于按机械强度要求所允许的最小截面。在单相线路中，由于零线和相线所通过的负荷电流相同，因此零线截面应与相线截面相同。

二、按机械强度选择

架空线路的导线经常受风、冰、雨及温度变化等作用，以及周围空气所含化学杂质的侵蚀，因此必须有足够的机械强度，才能保证安全运行。架空线路导线的最小允许截面，见表1-2。

架空裸导线最小允许截面

表 1-2

导线种类	高 压 (6千伏以上)		低 压
	居 民 区	非 居 民 区	
铝及铝合金	35毫米 ²	25毫米 ²	16毫米 ²
钢芯 铝线	25毫米 ²	16毫米 ²	16毫米 ²
铜 线	16毫米 ²	16毫米 ²	6毫米 ²

三、按经济电流密度选择

导线截面的选择，既要使电能损耗小，又不要过分地增加线路投资、维修费用和有色金属消耗量。我国目前规定采用的经济电流密度，见表1-3。

按经济电流密度选择的导线和电缆截面，叫经济截面。经济截面 S 可由下式求得：

$$S = \frac{I_j}{j}$$

式中 j ——经济电流密度。

按经济电流密度选择导线和电缆，一般只用于高压线路。

经济电流密度 (安/毫米²)

表 1-3

线路类别	导线材料	年最大负荷利用小时		
		3000以下	3000~5000	5000以上
架空线路	铝	1.65	1.15	0.90
	铜	3.00	2.25	1.75
电缆线路	铝	1.92	1.73	1.54
	铜	2.5	2.25	2.00

例题 有一条LJ 铝绞线架设的10千伏架空线路, 计算负荷为1280千瓦, $\cos\phi = 0.9$, 年利用时间为4200小时。试选择其经济截面, 并校验其发热条件和机械强度。

解 (1) 选择经济截面。

$$I_j = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{1280}{\sqrt{3} \times 10 \times 0.9} \approx 82 \text{ 安}$$

由表1-4查得经济电流密度 $j = 1.15$ 安/毫米², 代入可得:

$$S = \frac{I_j}{j} = \frac{82}{1.15} \approx 71 \text{ 毫米}^2$$

可选70毫米², 即选LJ-70型铝绞线。

(2) 校验发热条件。

查手册得知LJ的允许载流量 (25°C)

$$I_j (82 \text{ 安}) < I_e (265 \text{ 安})$$

可见, 选LJ-70能满足发热条件。

(3) 校验机械强度。

查表1-3得知高压居民区的架空铝绞线最小允许截面 $S_{min} = (25 \text{ 毫米}^2)$, $S(70 \text{ 毫米}^2) > S_{min} (25 \text{ 毫米}^2)$,

可见LJ-70也能满足机械强度要求。

四、按允许电压损失选择

由于线路有阻抗, 所以在负荷电流通过线路时有一定的电压损失。而按规范要求、用电设备的端电压偏移有一定的允许范围, 如线路的电压损失值超过了允许值, 则应适当加大导线或电缆的截面, 使之满足允许的电压损失值。

为了节省金属起见, 使导线与电缆沿各段采用不相等的截面, 由始端到末端逐渐减小, 具有线路段导线截面不同的干线, 可以有好几个方案, 把它们按接近于容许电压损失的程度和金属使用量两方面作一比较, 便可选出一个指标最佳的方案。

第二章 变电所的常用电器

第一节 高压开关设备

一、概 述

高压开关设备用于开断和关合额定电压为3千伏及其以上的电力设备。它在电力系统中得到广泛应用。

根据电力系统安全、可靠和经济运行的需要，高压开关设备对开断和关合正常线路、故障线路，以及隔离高压电源，应起控制、保护和隔离三方面的作用。因此高压开关设备应满足下列基本要求。

(1) 可靠性要求高。高压开关设备是电力系统的控制、保护设备。如果可靠性不高，在线路发生故障时，不能正常动作，事故得不到控制，影响范围将会迅速扩大，造成大面积停电。如一台10千伏或35千伏开关设备发生故障，可能造成几个至十几个工矿企业停电；而一台220千伏及其以上电压等级的开关设备发生故障，可能影响一个至几个地区的正常供电，甚至迫使发电机停止运行。因此，高压开关设备的正常运行，是电力系统安全供电的重要条件。

(2) 能承受很大的瞬时功率。在电力系统中，故障电流往往大于额定电流几倍、几十倍，持续时间达几秒钟。高压开关设备应具有能承受、开断及关合这类故障电流的能力。

(3) 动作时间快。开断故障电流的时间快慢，会影响电力系统传输功率的大小和运行的稳定性。为此，电力系统通常要求断路器接到继电器动作讯号后，在几十毫秒内开断故障电流；在“合分”操作中，触头短接时间在0.1秒以内。

电力系统对高压开关设备的具体要求，见表2-1。

电力系统对高压开关设备的具体要求

表 2-1

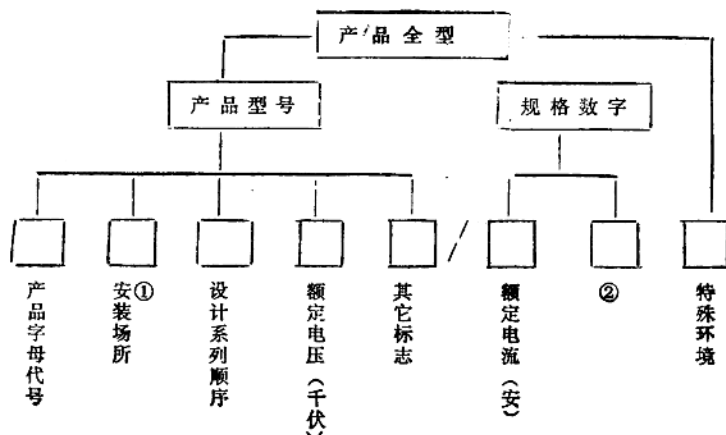
项 目	要 求	有此项要求的开关
开 断	可靠、快速开断短路电流，对多数断路器还有重合闸的要求	断 路 器 熔 断 器
关 合	可靠地开断、关合，某些场所要求频繁操作	断 路 器 负荷开关
性 能	开断、关合空载变压器、空载线路电容器组等的过电压	断 路 器 负荷开关
绝 缘 性 能	长期承受最高工作电压，短时承受大气过电压及操作过电压	所有开关设备

续表

项	目	要 求	有此项要求的开关
载 流 能 力	长期通过额定负载电流	各部温升不超过标准所规定的数值	所有开关设备
	短时通过故障电流的稳定性	能承受短路电流的电动力效应和热效应的作用, 无机械损伤, 不过热。触头可靠地保持在合闸位置, 无熔焊, 能顺利进行操作	断路器 隔离开关 负荷开关
机 械 性 能	操动特性、机械寿命、密封性能	三相之间和各相断口之间, 触头的分合, 不同期性均应满足技术条件的要求; 按规定次数操作后, 零部件不损坏, 运行特性(包括速度)仍符合要求, 密封性能良好	所有开关设备
稳 定 性	适应环境条件的性能 抗老化性能	户外设备在风砂、冰雪、雨雾、日照等环境条件下, 在规定年限内, 保证以上各项性能要求(某些开关还应具有防污、防盐雾、防潮、防霉菌的性能)	所有开关设备

(一) 高压开关设备型号编制方法

1. 高压开关产品全型号的组成形式



产 品 字 母 代 号

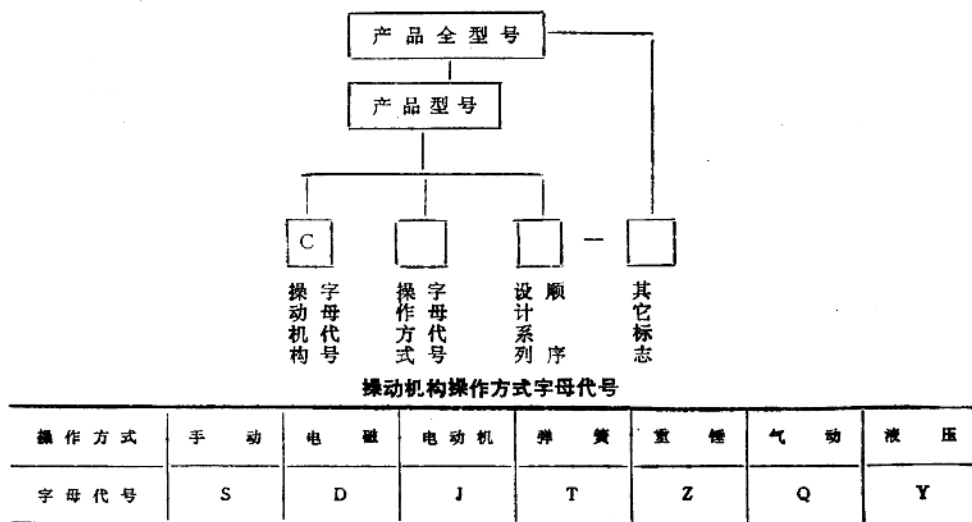
少油断路器	多油断路器	空气断路器	六氟化硫断路器	真空断路器	磁吹断路器	固体产气断路器	负荷开关	熔断器	隔离开关	全封闭组合电器	敞开式组合电器	操动机构
S	D	K	L	Z	C	Q	F	R	G	ZF	ZH	C

① 安装场所代号: 户内——N; 户外——W。

② 对断路器、熔断器为额定开断能力(兆伏安或千安); 对负荷开关为最大开断电流(安); 对隔离开关为动稳定电流(千安)。

举例：SN10-10/3000-750，即10千伏3000安750兆伏安10型户内高压少油断路器。

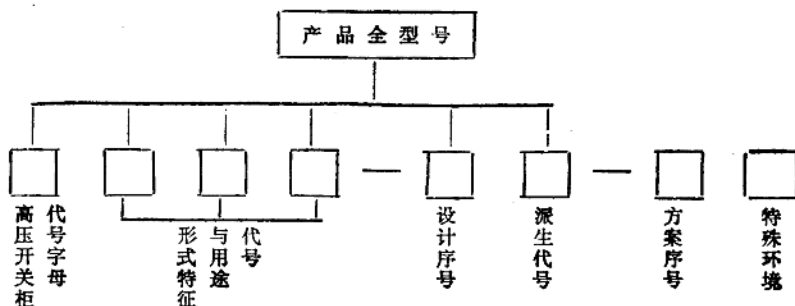
2. 操动机构产品全型号的组成形式



举例如下：



3. 开关柜产品全型号的组成型式



形式特征与用途字母代号：

C——手车式，F——防护式、封闭式、发电机用，G——固定式、干式。

例GG-1A-03为固定式高压开关柜

4. 其他标志代号及特殊环境条件代号

G——产品的部分改进；D——隔离开关带接地闸刀；X——操作机构带箱子；F——可分相操作；Z——带有重合闸装置；T——带有脱扣器。

(二) 基本组成

高压开关的品种虽然较多，但都是由开断元件、支撑绝缘件、传动元件、基座及操动