

注册电气工程师

执业资格专业考试相关标准汇编

(补 充 本)

中国电力规划设计协会 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

注册电气工程师

执业资格专业考试相关标准汇编

(补 充 本)

中国电力规划设计协会 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

为方便读者参加注册电气工程师执业资格专业考试,编者对2005年出版的《注册电气工程师执业资格专业考试相关标准汇编》(发输变电专业)和《注册电气工程师执业资格专业考试相关标准汇编》(供配电专业)进行了整理,及时替换了10个废止的标准,由于篇幅问题,本书不分专业。

本书可供勘察设计行业从事发电、送电、变电、电力系统、供配电、建筑电气、电气传动等工程设计及相关业务的专业技术人员参加注册电气工程师执业资格考试复习之用,同时也可作为电力工程的相关专业技术人员学习、工作的工具书。

注册电气工程师执业资格专业考试相关标准汇编 (补充本)

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

*

2006年7月第一版 2007年5月北京第二次印刷

889毫米×1194毫米 16开本 21.75印张 931千字

印数 3001—6000册

*

统一书号 155083·1446 定价 46.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

目 录

1 导体和电器选择设计技术规定 DL/T 5222—2005	1
2 高压直流架空送电线路技术导则 DL/T 436—2005	68
3 电力系统调度自动化设计技术规程 DL/T 5003—2005	79
4 地区电网调度自动化设计技术规程 DL/T 5002—2005	92
5 220kV ~ 500kV 变电所设计技术规程 DL/T 5218—2005	101
6 建筑照明设计标准 GB 50034—2004	124
7 高层民用建筑设计防火规范 GB 50045—1995 (2005 年版)	164
8 人民防空地下室设计规范 GB 50038—2005	235
9 住宅设计规范 GB 50096—1999 (2003 年版)	319
10. 建筑物电气装置 第 5 - 54 部分: 电气设备的选择和安装 接地配置、保护导体和保护联结导体 GB 16895.3 - 2004/IEC 60364 - 5 - 54: 2002	338

导体和电器选择设计技术规定

Design technical rule for selecting conductor and electrical equipment

DL/T 5222—2005

目 次

前言	1	18 中性点接地设备	18
1 范围	2	18.1 消弧线圈	18
2 规范性引用文件	2	18.2 接地电阻	19
3 总则	2	18.3 接地变压器	20
4 名词术语及定义	2	19 变频装置	21
5 基本规定	2	20 过电压保护设备	21
6 环境条件	3	20.1 避雷器	21
7 导体	4	20.2 阻容吸收器	22
7.1 基本规定	4	21 绝缘子及穿墙套管	23
7.2 软导线	5	附录 A (规范性附录) 本规定用词说明	23
7.3 硬导体	5	附录 B (规范性附录) 高压输变电设备的绝缘水平	24
7.4 离相封闭母线	6	附录 C (规范性附录) 线路和发电厂、变电站污秽分级标准	26
7.5 共箱封闭母线	7	附录 D (资料性附录) 裸导体的长期允许载流量及其修正系数	26
7.6 电缆母线	7	附录 E (资料性附录) 导体的经济电流密度	31
7.7 SF ₆ 气体绝缘母线	8	附录 F (规范性附录) 短路电流实用计算	33
7.8 电力电缆	8	附录 G (资料性附录) 有关法定计量单位名称、符号及换算表	38
8 电力变压器	10	条文说明	40
9 高压开关设备	11		
9.1 基本规定	11		
9.2 高压断路器	11		
9.3 发电机断路器	12		
10 负荷开关	12		
10.1 基本规定	12		
10.2 高压负荷开关	13		
10.3 重合器	13		
10.4 分段器	13		
10.5 真空接触器	13		
11 高压隔离开关	13		
12 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备	14		
13 交流金属封闭开关设备	15		
14 电抗器	16		
14.1 基本规定	16		
14.2 限流电抗器	16		
14.3 并联电抗器	16		
14.4 并联电抗器中性点小电抗器	17		
15 电流互感器	17		
16 电压互感器	17		
17 高压熔断器	18		

前 言

本规定根据原国家经贸委《关于确认 1998 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》(国经贸电力[1999]40 号)的安排,对《导体和电器选择设计技术规定》(SDGJ 14—1986)进行修订。

本次修订工作,是根据当前我国的技术经济政策和近几年来我国的建设和生产运行实践经验,结合当前的实际情况并尽可能吸收国外先进技术进行的。本规定较修订前的规定除对某些条款进行调整和修改以外,还增加了共箱封闭母线、电缆母线、SF₆充气母线、电力电缆、发电机断路器、重合器、分段器、真空接触器、高压负荷开关、交流金属封闭开关设备、并联电抗器、中性点接地设备、变频装置和阻容吸收器等章节。

本规定实施后代替 SDGJ 14—1986。

本规定的附录 A、附录 B、附录 C、附录 F 为规范性附录。

本规定的附录 D、附录 E、附录 G 为资料性附录。

本规定由中国电力企业联合会提出。

本规定由电力行业电力规划设计标准化技术委员会归口

并负责解释。

本规定主要起草单位：东北电力设计院。

本规定参加起草单位：中南电力设计院。

本规定主要起草人：王鑫、吴德仁、李标、刘钢、李岩山、万里宁、彭开军、安力群。

1 范 围

1.0.1 本规定规定了发电厂和变电站新建工程选择(3~500)kV的导体和电器的基本要求。

1.0.2 本规定适用于发电厂和变电站新建工程选择(3~500)kV的导体和电器，对扩建和改建工程可参照使用。

1.0.3 涉外工程要考虑供货方或订货方所在国国情，并结合工程的具体情况参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规定的引用而成为本规定的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规定，然而，鼓励根据本规定达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规定。

GB 156 标准电压（IEC 60038：1983，neq）

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合（IEC 60071-1：1993，neq）

GB 2536 变压器油（IEC 60296：1982，neq）

GB 7674 72.5kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备（IEC 60517：1990，eqv）

GB 50217 电力工程电缆设计规范

GB 50227 并联电容器装置设计规范

DL/T 620 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

GB/T 1179—1999 圆线同心绞架空导线（IEC 61089：1991，eqv）

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语（IEC 60050，neq）

GB/T 2900.15 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器（IEC 60050（421）：1990，neq）

GB/T 2900.19 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合（IEC 60060-1，neq）

GB/T 2900.20 电工术语 高压开关设备 [IEC 60050（IEV），neq]

DL/T 5153 火力发电厂厂用电设计技术规定

DL/T 5136 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程

GB/T 6451 三相油浸式电力变压器技术参数和要求

GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则（IEC 60480：1974，neq）

GB/T 10228 干式电力变压器技术参数和要求

GB/T 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法

GB/T 14549 电能质量公用电网谐波

GB/T 15544 三相交流系统短路电流计算（IEC 60909：1988，eqv）

GB/T 16274 油浸式电力变压器技术参数和要求 500kV级

GB/T 16434—1996 高压架空线路和发电厂、变电所环

境污区分级及外绝缘选择标准

3 总 则

3.0.1 导体和电器选择设计必须贯彻国家的经济技术政策，要考虑工程发展规划和分期建设的可能，以达到技术先进、安全可靠、经济适用、符合国情的要求。

3.0.2 应满足正常运行、检修、短路和过电压情况下的要求，并考虑远景发展。

3.0.3 应按当地使用环境条件校核。

3.0.4 应与整个工程的建设标准协调一致。

3.0.5 选择的导体和电气设备规格品种不宜太多。

3.0.6 在设计中要积极慎重地采用通过试验并经过工业运行考验的新技术、新设备。

3.0.7 导体和电器选择设计除执行本规定外，尚应执行国家、行业的有关标准、规范、规定。

4 名词术语及定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.15、GB/T 2900.19、GB/T 2900.20 规定的名词术语适用于本规定。

5 基本规定

5.0.1 选用电器的最高工作电压不应低于所在系统的系统最高电压值，电压值应按照 GB 156 的规定选取。

5.0.2 选用导体的长期允许电流不得小于该回路的持续工作电流。对于断路器、隔离开关、组合电器、封闭式组合电器、金属封闭开关设备、负荷开关、高压接触器等长期工作制电器，在选择其额定电流时，应满足各种可能运行方式下回路持续工作电流的要求。

5.0.3 电器的正常使用环境条件规定为：周围空气温度不高于 40℃，海拔不超过 1000m。当电器使用在周围空气温度高于 40℃（但不高于 60℃）时，允许降低负荷长期工作。推荐周围空气温度每增高 1K，减少额定电流负荷的 1.8%；当电器使用在周围空气温度低于 +40℃时，推荐周围空气温度每降低 1K，增加额定电流负荷的 0.5%，但其最大过负荷不得超过额定电流负荷的 20%；当电器使用在海拔超过 1000m（但不超过 4000m）且最高周围空气温度为 40℃时，其规定的海拔每超过 100m（以海拔 1000m 为起点）允许温升降低 0.3%。

5.0.4 校验导体和电器动稳定、热稳定以及电器开断电流所用的短路电流，应按系统最大运行方式下可能流经被校验导体和电器的最大短路电流。系统容量应按具体工程的设计规划容量计算，并考虑电力系统的远景发展规划（宜按该工程投产后 5~10 年规划）。

确定短路电流时，应按可能发生最大短路电流的正常运行方式，不应按仅在切换过程中可能并列运行的接线方式。

5.0.5 校验导体和电器用的短路电流宜符合 GB/T 15544 的规定，并应在下列基本假设下进行：

- 1 突然短路发生时，三相交流系统对称运行；
- 2 所有电源的电动势相位角相同；
- 3 同步和异步电机的转子结构完全对称，定子三相绕组结构完全相同，空间位置相差 120°电气角度；

4 各静止元件的磁路不饱和,电气设备的参数不随电流大小发生变化;

5 短路发生在对称短路电流为最大值的瞬间;

6 不考虑短路点的电弧电阻和变压器的励磁电流;

7 具有分接开关的变压器,其开关位置均在主分接位置;

8 在短路持续时间内,短路类型不变。

5.0.6 用最大短路电流校验导体和电器的动稳定和热稳定时,应选取被校验导体或电器通过最大短路电流的短路点,选取短路点应遵守下列规定:

1 对不带电抗器的回路,短路点应选在正常接线方式时短路电流为最大的地点;

2 对带电抗器的(3~10)kV出线和厂用分支回路,校验母线与母线隔离开关之间隔板前的引线和套管时,短路点应选在电抗器前;校验其他导体和电器时,短路点宜选在电抗器之后。

5.0.7 计算分裂导线次档距长度和软导线短路摇摆时,应选取计算导线通过最大短路电流的短路点。

5.0.8 用最大短路电流校验开关设备和高压熔断器的开断能力时,应选取使被校验开关设备和熔断器通过的最大短路电流的短路点。短路点应选在被校验开关设备和熔断器出线端子上。

5.0.9 校验电器的开断电流,应按最严重短路型式验算。

5.0.10 仅用熔断器保护的导体和电器可不验算热稳定;除用有限流作用的熔断器保护者外,导体和电器的动稳定仍应验算。

用熔断器保护的电压互感器回路,可不验算动、热稳定。

5.0.11 在校核开关设备开断能力时,短路开断电流计算时间宜采用开关设备实际开断时间(主保护动作时间加断路器开断时间)。

5.0.12 校验跌落式高压熔断器开断能力和灵敏性时,不对称短路分断电流计算时间应取0.01s。

5.0.13 确定短路电流热效应计算时间时,应遵守下列规定:

1 对导体(不包括电缆),宜采用主保护动作时间加相应断路器开断时间。主保护有死区时,可采用能对该死区起作用的后备保护动作时间,并采用相应处的短路电流值。

2 对电器,宜采用后备保护动作时间加相应断路器的开断时间。

5.0.14 电器的绝缘水平应按附录B所列数值选取。在进行绝缘配合时,考虑所采用的过电压保护措施后,决定设备上可能的作用电压,并根据设备的绝缘特性及可能影响绝缘特性的因素,从安全运行和技术经济合理性两方面确定设备的绝缘水平。

5.0.15 在正常运行和短路时,电器引线的最大作用力不应大于电器端子允许的荷载。

屋外配电装置的导体、套管、绝缘子和金具,应根据当地气象条件和不同受力状态进行力学计算,其安全系数不应小于表5.0.15所列数值。

表 5.0.15 导体和绝缘子的安全系数

类 别	载荷长期作用时	载荷短期作用时
套管,支持绝缘子及其金具	2.5	1.67
悬式绝缘子及其金具 ^a	4	2.5
软导线	4	2.5
硬导体 ^b	2.0	1.67

a 悬式绝缘子的安全系数对应于1h机电试验载荷,而不是破坏载荷。若是后者,安全系数则分别为5.3和3.3。

b 硬导体的安全系数对应于破坏应力,而不是屈服点应力。若是后者,安全系数则分别为1.6和1.4。

6 环 境 条 件

6.0.1 选择导体和电器时,应按当地环境条件校核。当气温、风速、湿度、污秽、海拔、地震、覆冰等环境条件超出一般电器的基本使用条件时,应通过技术经济比较分别采取下列措施:

1 向制造部门提出补充要求,制订符合当地环境条件的产品;

2 在设计或运行中采用相应的防护措施,如采用屋内配电装置、水冲洗、减振器等。

6.0.2 选择导体和电器的环境温度宜采用表6.0.2所列数值。

表 6.0.2 选择导体和电器的环境温度

类 别	安装场所	环境温度℃	
		最 高	最 低
裸导体	屋外	最热月平均最高温度	
	屋内	该处通风设计温度。当无资料时,可取最热月平均最高温度加5℃	
电器	屋外	年最高温度	年最低温度
	屋内电抗器	该处通风设计最高排风温度	
	屋内其他	该处通风设计温度。当无资料时,可取最热月平均最高温度加5℃	

注 1 年最高(或最低)温度为一年中所测得的最高(或最低)温度的多年平均值。

2 最热月平均最高温度为最热月每日最高温度的月平均值,取多年平均值。

6.0.3 选择屋外导体时,应考虑日照的影响。对于按经济电流密度选择的屋外导体,如发电机引出线的封闭母线、组合导线等,可不校验日照的影响。

计算导体日照的附加温升时,日照强度取0.1W/cm²,风速取0.5m/s。

日照对屋外电器的影响,应由制造部门在产品设计中考虑。当缺乏数据时,可按电器额定电流的80%选择设备。

6.0.4 选择导体和电器时所用的最大风速,可取离地面10m高、30年一遇的10min平均最大风速。最大设计风速超过35m/s的地区,可在屋外配电装置的布置中采取措施。阵

风对屋外电器及电瓷产品的影响,应由制造部门在产品设计中考虑。

500kV 电器宜采用离地面 10m 高、50 年一遇 10min 平均最大风速。

6.0.5 在积雪、覆冰严重地区,应尽量采取防止冰雪引起事故的措施。隔离开关的破冰厚度,应大于安装场所最大覆冰厚度。

6.0.6 选择导体和电器的相对湿度,应采用当地湿度最高月份的平均相对湿度。对湿度较高的场所,应采用该处实际相对湿度。当无资料时,相对湿度可比当地湿度最高月份的平均相对湿度高 5%。

6.0.7 为保证空气污秽地区导体和电器的安全运行,在工程设计中应根据污秽情况选用下列措施:

1 增大电瓷外绝缘的有效爬电比距,选用有利于防污的材料或电瓷造型,如采用硅橡胶、大小伞、大倾角、钟罩式等特制绝缘子。

2 采用热缩增爬裙增大电瓷外绝缘的有效爬电比距。

3 采用六氟化硫全封闭组合电器(GIS)或屋内配电装置。

发电厂、变电站污秽分级标准见附录 C。

6.0.8 对安装在海拔高度超过 1000m 地区的电器外绝缘应予以校验。当海拔高度在 4000m 以下时,其试验电压应乘以系数 K ,系数 K 的计算公式如下:

$$K = \frac{1}{1.1 - \frac{H}{10000}} \quad (6.0.8)$$

式中 H ——安装地点的海拔高度, m。

6.0.9 对环境空气温度高于 40℃ 的设备,其外绝缘在干燥状态下的试验电压应取其额定耐受电压乘以温度校正系数 K_t 。

$$K_t = 1 + 0.0033 (T - 40) \quad (6.0.9)$$

式中 T ——环境空气温度,℃。

6.0.10 选择导体和电器时,应根据当地的地震烈度选用能够满足地震要求的产品。

对 8 度及以上的一般设备和 7 度及以上的重要设备应该核对其抗震能力,必要时进行抗震强度验算。

在安装时,应考虑支架对地震力的放大作用。电器的辅助设备应具有与主设备相同的抗震能力。

6.0.11 电器及金具在 1.1 倍最高工作相电压下,晴天夜晚不应出现可见电晕,110kV 及以上电压户外晴天无线电干扰电压不宜大于 500μV,并应由制造部门在产品设计中考虑。

6.0.12 电器噪声水平应满足环保标准要求。电器的连续噪声水平不应大于 85dB。断路器的非连续噪声水平,屋内不宜大于 90dB;屋外不应大于 110dB [测试位置距声源设备外沿垂直面的水平距离为 2m,离地高度 (1~1.5) m 处]。

7 导 体

7.1 基本规定

7.1.1 导体应根据具体情况,按下列技术条件进行选择或校验:

- 1 电流;
- 2 电晕;

- 3 动稳定或机械强度;
- 4 热稳定;
- 5 允许电压降;
- 6 经济电流密度。

注:当选择的导体为非裸导体时,可不校验 2 款。

7.1.2 导体尚应按下列使用环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 日照;
- 3 风速;
- 4 污秽;
- 5 海拔高度。

注:当在屋内使用时,可不校验 2、3、4 款。

7.1.3 载流导体一般选用铝、铝合金或铜材料;对持续工作电流较大且位置特别狭窄的发电机出线端部或污秽对铝有较严重腐蚀的场所宜选铜导体;钢母线只在额定电流小而短路电动力大或不重要的场合下使用。

7.1.4 普通导体的正常最高工作温度不宜超过 +70℃,在计及日照影响时,钢芯铝线及管形导体可按不超过 +80℃ 考虑。

当普通导体接触面处有镀(搪)锡的可靠覆盖层时,可提高到 +85℃。

特种耐热导体的最高工作温度可根据制造厂提供的数据选择使用,但要考虑高温导体对连接设备的影响,并采取防护措施。

7.1.5 在按回路正常工作电流选择导体截面时,导体的长期允许载流量,应按所在地区的海拔及环境温度进行修正。

导体的长期允许载流量及其修正系数可采用附录 D 所列数值。

导体采用多导体结构时,应考虑邻近效应和热屏蔽对载流量的影响。

7.1.6 除配电装置的汇流母线外,较长导体的截面宜按经济电流密度选择。导体的经济电流密度可参照附录 E 所列数值选取。

当无合适规格导体时,导体面积可按经济电流密度计算截面的相邻下一档选取。

7.1.7 110kV 及以上导体的电晕临界电压应大于导体安装处的最高工作电压。

单根导线和分裂导线的电晕临界电压可按下式计算:

$$U_0 = 84 m_1 m_2 K \delta^{\frac{2}{3}} \frac{n r_0}{K_0} \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r_0 \delta}} \right) \lg \frac{a_{ij}}{r_d} \quad (7.1.7)$$

$$\delta = \frac{2.895 p}{273 + t} \times 10^{-3}$$

$$K_0 = 1 + \frac{r_0}{d} 2(n-1) \sin \frac{\pi}{n}$$

式中 U_0 ——电晕临界电压(线电压有效值), kV;

K ——三相导线水平排列时,考虑中间导线电容比平均电容大的不均匀系数,一般取 0.96;

K_0 ——次导线电场强度附加影响系数;

n ——分裂导线根数,对单根导线 $n=1$;

d ——分裂间距, cm;

m_1 ——导线表面粗糙系数,一般取 0.9;

m_2 ——天气系数,晴天取 1.0,雨天取 0.85;

r_0 ——导线半径, cm;
 r_d ——分裂导线等效半径, cm,
 单根导线: $r_d = r_0$,
 双分裂导线: $r_d = \sqrt{r_0 d}$,
 三分裂导线: $r_d = \sqrt[3]{r_0 d^2}$,
 四分裂导线: $r_d = \sqrt[4]{r_0 \sqrt{2} d^3}$;
 a_{ij} ——导线相间几何均距, 三相导线水平排列时 a_{ij}
 $= 1.26a$;
 a ——相间距离, cm;
 δ ——相对空气密度;
 p ——大气压力, Pa;
 t ——空气温度, $^{\circ}\text{C}$, $t = 25 - 0.005H$;
 H ——海拔高度, m。

海拔高度不超过 1000m 的地区, 在常用相间距离情况下, 如导体型号或外径不小于表 7.1.7 所列数值时, 可不进行电晕校验。

表 7.1.7 可不进行电晕校验的最小导体型号及外径

电压 kV	110	220	330	500
软导线 型号	LGJ-70	LGJ-300	LGKK-600 2 × LGJ-300	2 × LGKK600 3 × LGJ500
管型导体 外径 mm	φ20	φ30	φ40	φ60

7.1.8 验算短路热稳定时, 导体的最高允许温度, 对硬铝及铝镁(锰)合金可取 200 $^{\circ}\text{C}$; 硬铜可取 300 $^{\circ}\text{C}$, 短路前的导体温度应采用额定负荷下的工作温度。

裸导体的热稳定可用下式验算:

$$S \geq \frac{\sqrt{Q_d}}{C} \quad (7.1.8)$$

$$C = \sqrt{K \ln \frac{\tau + t_2}{\tau + t_1} \times 10^{-4}}$$

式中 S ——裸导体的载流截面, mm^2 ;

Q_d ——短路电流的热效应, A^2s ;

C ——热稳定系数;

K ——常数, $\text{WS}/(\Omega\text{cm}^4)$, 铜为 522×10^6 , 铝为 222×10^6 ;

τ ——常数, $^{\circ}\text{C}$, 铜为 235, 铝为 245;

t_1 ——导体短路前的发热温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 ——短路时导体最高允许温度, $^{\circ}\text{C}$, 铝及铝镁(锰)合金可取 200, 铜导体取 300。

在不同的工作温度、不同材料下, C 值可取表 7.1.8 所列数值。

表 7.1.8 不同工作温度、不同材料下 C 值

工作温度 $^{\circ}\text{C}$	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
硬铝及铝 镁合金	95	93	91	89	87	85	83	81	79	77	75	73
硬铜	181	179	176	174	171	169	166	164	161	159	157	155

7.1.9 导体和导体、导体和电器的连接处, 应有可靠的连接接头。

硬导体间的连接应尽量采用焊接, 需要断开的接头及导体与电器端子的连接处, 应采用螺栓连接。

不同金属的螺栓连接接头, 在屋外或特殊潮湿的屋内, 应有特殊的结构措施和适当的防腐蚀措施。

金具应选用合适的标准产品。

7.1.10 导体无镀层接头接触面的电流密度, 不宜超过表 7.1.10 所列数值。矩形导体接头的搭接长度不应小于导体的宽度。

表 7.1.10 无镀层接头接触面的电流密度 A/mm^2

工作电流 A	J_{Cu} (铜-铜)	J_{Al} (铝-铝)
< 200	0.31	$J_{\text{Al}} = 0.78 J_{\text{Cu}}$
200 ~ 2000	$0.31 - 1.05 (I - 200) \times 10^{-4}$	
> 2000	0.12	

注 I 为回路工作电流。

7.2 软 导 线

7.2.1 220kV 及以下软导线宜选用钢芯铝绞线; 330kV 软导线宜选用空心扩径导线; 500kV 软导线宜选用双分裂导线。

7.2.2 220kV 及以下双分裂导线的间距可取 (100 ~ 200) mm, 330kV 及以上双分裂导线的分裂间距可取 (200 ~ 400) mm。

载流量较小的回路, 如电压互感器、耦合电容器等回路, 可采用较小截面的导线。

在确定分裂导线间隔棒的间距时, 应考虑短路动态拉力的大小、时间对构架和电器接线端子的影响, 避开动态拉力最大值的临界点。对架空导线间隔棒的间距可取较大的数值, 对设备间的连接导线, 间距可取较小的数值。

7.2.3 在空气含盐量较大的沿海地区或周围气体对铝有明显腐蚀的场所, 宜选用防腐型铝绞线或铜绞线。

7.3 硬 导 体

7.3.1 硬导体除满足工作电流、机械强度和电晕等要求外, 导体形状还应满足下列要求:

- 1 电流分布均匀;
- 2 机械强度高;
- 3 散热良好;
- 4 有利于提高电晕起始电压;
- 5 安装检修简单, 连接方便。

常用的导体型式的有矩形、双槽形和圆管形。

7.3.2 20kV 及以下回路的正常工作电流在 4000A 及以下时, 宜选用矩形导体; 在 (4000 ~ 8000) A 时, 宜选用槽形导体; 在 8000A 以上时, 宜选用圆管形导体。

110kV 及以上高压配电装置, 当采用硬导体时, 宜用铝合金管形导体。

500kV 硬导体可采用单根大直径圆管或多根小直径圆管组成的分裂结构, 固定方式可采用支持式或悬吊式。

7.3.3 验算短路动稳定时, 硬导体的最大应力不应大于表 7.3.3 所列数值。

表 7.3.3 硬导体的最大允许应力 MPa

项目	导体材料及牌号和状态							
	铜/硬铜	铝及铝合金						
		1060 H112	IR35 H112	1035 H112	3A21 H18	6063 T6	6061 T6	6R05 T6
最大允许应力	120/170	30	30	35	100	120	115	125

注 表内所列数值为计及安全系数后的最大允许应力。安全系数一般取 1.7（对应于材料破坏应力）或 1.4（对应于屈服点应力）。

重要回路（如发电机、主变压器回路及配电装置汇流母线等）的硬导体应力计算，还应考虑共振的影响。

7.3.4 校验槽形导体动稳定时，其片间电力可按形状系数法进行计算。

7.3.5 屋外管形导体荷载组合可采用表 7.3.5 所列条件。

表 7.3.5 荷载组合条件

状态	风速	自重	引下线重	覆冰重量	短路电力	地震力
正常时	有冰时的风速 最大风速	✓ ✓	✓ ✓	✓		
短路时	50%最大风速 且不小于 15m/s	✓	✓		✓	
地震时	25%最大风速	✓	✓			相应震级的地震力

注 ✓为计算时应采用的荷载条件。

7.3.6 屋外管形导体的微风振动，可按下式校验：

$$v_{js} = f \frac{D}{A} \quad (7.3.6)$$

式中 v_{js} ——管形导体产生微风共振的计算风速，m/s；

f ——导体各阶固有频率，Hz；

D ——铝管外径，m；

A ——频率系数，圆管可取 0.214。

当计算风速小于 6m/s 时，可采用下列措施消除微风振动：

- 1 在管内加装阻尼线；
- 2 加装动力消振器；
- 3 采用长托架。

7.3.7 管形导体在无冰无风正常状态下的挠度，一般不大于 $(0.5 \sim 1) D$ （ D 为导体直径）。

7.3.8 为消除 220kV 及以上管形导体的端部效应，可适当延长导体端部或在端部加装屏蔽电极。

7.3.9 为减少钢构发热，当裸导体工作电流大于 1500A 时，不应使每相导体的支持钢构及导体支持夹板的零件（套管板、双头螺栓、压板、垫板等）构成闭合磁路。对于工作电流大于 4000A 的裸导体的邻近钢构，应采取避免构成闭合磁路或装设短路环等措施。

7.3.10 在有可能发生不同沉陷和振动的场所，硬导体和电器连接处，应装设伸缩接头或采取防振措施。

为了消除由于温度变化引起的危险应力，矩形硬铝导体的直线段一般每隔 20m 左右安装一个伸缩接头。对滑动支持式铝管母线一般每隔（30~40）m 安装一个伸缩接头；对滚动支持式铝管母线应根据计算确定。

7.3.11 导体伸缩接头的截面不应小于其所连接导体截面的 1.2 倍，也可采用定型伸缩接头产品。

7.4 离相封闭母线

7.4.1 离相封闭母线及其成套设备应按下列技术条件选择：

- 1 电压；
- 2 电流；
- 3 频率；
- 4 绝缘水平；
- 5 动稳定电流；
- 6 热稳定电流和持续时间；
- 7 各部位的允许温度和温升；
- 8 绝缘材料耐热等级；
- 9 冷却方式。

7.4.2 离相封闭母线尚应按下列环境条件校验：

- 1 环境温度；
- 2 海拔高度；
- 3 相对湿度；
- 4 地震烈度；
- 5 风压；
- 6 覆冰厚度；
- 7 日照强度。

7.4.3 离相封闭母线的导体和外壳宜采用纯铝圆形结构。每相导体同一断面上允许用一个或多个绝缘子支撑。支持跨距应避开共振区。

7.4.4 离相封闭母线外壳宜选用全连式，可根据安装条件选用一点或多点接地方式。一点接地时，必须在其中一处短路板上设置一个可靠的接地点；多点接地时，可在每处但至少在其中一处短路板上设置一个可靠的接地点。接地回路应能满足短路电流流动稳定、热稳定的要求。

离相封闭母线外壳的防护等级一般为 IP54。

7.4.5 当母线通过短路电流时，外壳的感应电压应不超过 24V。

7.4.6 对于较长垂直段的离相封闭母线应要求厂家进行热平衡计算，计算时应计及垂直段对温升的影响，且整个垂直段部分的最高温度点与最低温度点温度之差不得超过 5℃。

7.4.7 当离相封闭母线采用垂直布置方式时，应对导体和外壳支持强度进行详细的力学计算、校验，确定支架、支柱绝缘子、母线、外壳的强度。并应考虑热胀冷缩对固定方式的影响。

7.4.8 当离相封闭母线的额定电流小于 25kA 时，宜采用空气自然冷却方式，当离相封闭母线的额定电流大于 25kA 时，可采用强制通风冷却方式。

在日环境温度变化比较大或湿度较大的场所宜采用微正压充气离相封闭母线。

7.4.9 为便于现场焊接和安装调试，离相封闭母线相间的外壳净距一般不小于 230mm，边相外壳边缘距墙一般不小于 500mm。当回路中装有断路器时，上列尺寸还应与断路器外

形尺寸相协调。

7.4.10 离相封闭母线与设备连接应符合下列条件:

为便于拆卸,连接处应采用螺栓连接,螺栓连接的导电接触面应镀银。当导体额定电流不大于 3000A 时,可采用普通碳素钢紧固件,当导体额定电流大于 3000A 时应采用非磁性材料紧固件。

离相封闭母线外壳和设备外壳之间应绝缘并隔振,但离相封闭母线外壳按全连式要求保证完整回路,且设备应采用封闭母线型设备。

离相封闭母线因设备分段后应在离相封闭母线最低处设置排水阀,以便定期排放壳内凝结水。

7.4.11 在封闭母线的适当位置设检修孔,以便进入壳内进行检修和维护。

7.4.12 对于实行状态检修的电厂可选用在线巡回检测温度报警装置。且在下列地点设置温度传感器:

- 1 离相封闭母线与发电机连接处;
- 2 离相封闭母线与主变压器连接处;
- 3 离相封闭母线与高压厂用变压器连接处;
- 4 离相封闭母线与发电机出口断路器、隔离开关连接处。

在发电机出线和离相封闭母线连接处设置氢气传感器。

7.4.13 附属设备的选择

所有设备柜体的防护等级应大于 IP54 (户外)、IP31 (户内)。

所有设备柜体应将电气本体设备和电气控制设备布置于金属封闭的不同小室内。

离相封闭母线应设置三相短路试验装置、伸缩补偿装置。

封闭母线与电器的连接处,导体和外壳应设置可拆卸的伸缩接头。当直线段长度在 20m 左右时以及有可能发生不同沉陷的场所,导体和外壳一般设置焊接的伸缩接头。由屋内引至屋外的穿墙处,一般设置具有密封性能的穿墙套管。

7.4.14 氢冷发电机出线端子箱上应设置排氢孔,端子箱与离相封闭母线连接处应采取密封隔氢措施。

7.5 共箱封闭母线

7.5.1 共箱封闭母线及其成套设备应按下列技术条件选择:

- 1 电压;
- 2 电流;
- 3 频率;
- 4 绝缘水平;
- 5 动稳定电流;
- 6 热稳定电流;
- 7 绝缘材料耐热等级;
- 8 各部位的允许温度和温升。

7.5.2 共箱封闭母线尚应按下列环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 海拔高度;
- 3 相对湿度;
- 4 地震烈度;
- 5 风压;
- 6 覆冰厚度;

7 日照强度。

7.5.3 共箱封闭母线是指三相导体封闭在同一外壳中的金属封闭母线,主要应用于发电厂厂用高压变压器低压侧到高压厂用配电装置之间的连接,也可应用于交流主励磁机出线端子至整流柜间,以及励磁开关柜至发电机转子滑环之间的电气连接。

7.5.4 中小容量的发电机引出线可选用共箱隔相式封闭母线以提高发电机回路的可靠性。

7.5.5 共箱封闭母线在穿外墙处,宜装设户外型导体穿墙套管及密封隔板。

7.5.6 当额定电流大于 2500A 时,宜采用铝外壳。

7.5.7 对于有水、汽、导电尘埃等的场所,应采用相应防护等级的产品。

7.5.8 母线导体表面宜浸涂或包敷绝缘材料。

7.5.9 导体可采用瓷性或非瓷性材料支持,但非瓷性材料除进行力学计算外,尚应进行保证寿命 20 年以上的试验。

7.5.10 对于共箱封闭母线内导体的搭接面积及处理工艺应提出要求,并应满足 7.3 节中的要求。

7.5.11 共箱封闭母线超过 20m 长的直线段、不同基础连接段及设备连接处等部位,应设置热胀冷缩或基础沉降的补偿装置。

7.5.12 共箱封闭母线的外壳各段间必须有可靠的电气连接,其中至少有一段外壳应可靠接地。共箱母线箱体宜采用多点接地。

7.5.13 共箱封闭母线应避免共振。

7.5.14 各制造段间导体的连接可采用焊接或螺栓连接,与设备的连接应采用螺栓连接。

电流不小于 3000A 的导体,其螺栓连接的导电接触面应镀银。

当导体额定电流不大于 3000A 时,可采用普通碳素钢紧固件;当导体额定电流大于 3000A 时应采用非磁性材料紧固件。

7.5.15 共箱封闭母线的外壳段间可采用焊接或可拆连接,并便于检修。

7.5.16 共箱封闭母线宜在适当部位设置防结露装置。

7.5.17 共箱封闭母线在穿越防火隔墙处或楼板处,其壳外应设防火隔板或用防火材料封堵,防止烟火蔓延。

7.6 电 缆 母 线

7.6.1 电缆母线及其成套设备应按下列技术条件选择:

- 1 电压;
- 2 电流;
- 3 频率;
- 4 绝缘水平;
- 5 动稳定电流;
- 6 热稳定电流。

7.6.2 电缆母线尚应按下列环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 海拔高度;
- 3 相对湿度;
- 4 地震烈度;
- 5 风压;

6 覆冰厚度;

7 日照强度。

7.6.3 电缆母线的电缆宜采用铜芯,芯数宜选用单芯。

7.6.4 当电缆母线中每一个相由多根(或芯)组成时应有保证电流均匀分布的措施。

7.6.5 电缆母线与设备连接应有连接装置。

7.6.6 按工程需要设置:伸缩段、温度补偿段、可调段、换位段。

7.6.7 电缆母线的罩箱应设置防止火焰延燃的阻火设施,施工图中标明阻火分区。

7.6.8 电缆母线中电缆选择按 GB 50217 要求进行。

7.6.9 单芯电缆的屏蔽层的接地方式应根据电缆母线长短和缆芯荷载的裕度来确定,可采用一点或多点接地方式。

7.6.10 电缆母线的罩箱宜采用多点接地。

7.6.11 电缆母线内电缆支架应采用阻燃材料制作。

7.6.12 防火要求适用于 7.5.17 条。

7.7 SF₆气体绝缘母线

7.7.1 SF₆气体绝缘母线及其成套设备应按下列技术条件进行选择:

- 1 电压;
- 2 电流;
- 3 频率;
- 4 绝缘水平;
- 5 动稳定电流;
- 6 热稳定电流;
- 7 额定短路持续时间;
- 8 绝缘材料耐热等级;
- 9 各部位的允许温度和温升;
- 10 绝缘气体密度;
- 11 年泄漏率。

7.7.2 SF₆气体绝缘母线尚应按下列环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 日温差;
- 3 最大风速;
- 4 相对湿度;
- 5 污秽等级;
- 6 覆冰厚度;
- 7 海拔高度;
- 8 地震烈度。

注:当在屋内或地下使用时,可不校验 2、3、5、6 款。

7.7.3 在技术经济比较合理时,下列场所的 330kV 及以上回路宜选用 SF₆气体绝缘母线:

- 1 出线场所特别狭窄的地方;
- 2 和其他电压等级的出线回路交叉时;
- 3 对可靠性要求特别高的场所(如核电站的主变压器出线回路)。

7.7.4 SF₆气体绝缘母线的导体材质为电解铜或铝合金。铝合金母线的导电接触部位应镀银。

7.7.5 导电回路的相互连接其结构上应做到:

- 1 固定连接应有可靠的紧力补偿结构,不允许采用螺纹部位导电的结构方式。

2 触指插入式结构应保证触指压力均匀。

7.7.6 外壳可以是钢板焊接、铝合金板焊接。并按压力容器有关标准设计、制造与检验。

7.7.7 外壳的厚度,应以设计压力和在下述最小耐受时间内外壳不烧穿为依据:

1 电流等于或大于 40kA, 0.1s;

2 电流小于 40kA, 0.2s。

设计外壳时,尚应考虑以下各因素:

1 外壳充气以前需要抽真空;

2 全部压力差可能施加在外壳壁或隔板上;

3 发生内部故障的可能性。

7.7.8 SF₆气体绝缘母线应划分成若干隔室,以达到满足正常使用条件和限制隔室内部电弧影响的要求。

为此,当相邻隔室因漏气或维修作业而使压力下降时,隔板应能确保本隔室的绝缘性能不发生显著的变化。隔板通常由绝缘材料制成,单隔板本身不用来对人身提供电气安全性;然而,对相邻隔室中还存在的正常气体压力,隔板应提供机械安全性。

充有绝缘气体的隔室和充有液体的相邻隔室(例如电缆终端或变压器)间的隔板,不应出现任何影响两种介质绝缘性能的泄漏。

SF₆气体绝缘母线隔室的划分应有利于维修和气体管理。最大气体隔室的容积应和气体服务小车的储气罐容量相匹配。

7.7.9 每个封闭压力系统(隔室)应设置密度监视装置,制造厂应给出补气报警密度值。

7.7.10 SF₆气体绝缘母线外壳要求高度密封性。制造厂宜按 GB/T 11023 确定每个气体隔室允许的相对年泄漏率。每个隔室的相对年泄漏率应不大于 1%。

7.7.11 SF₆气体绝缘母线的允许温升应按 GB 7674 的要求执行。

7.7.12 母线中 SF₆气体的质量标准应符合 GB/T 8905 的规定。

7.7.13 伸缩节主要用于装配调整(安装伸缩节),吸收基础间的相对位移或热胀冷缩(温度伸缩节)的伸缩量等。制造厂应根据使用的目的、允许的位移量等来选定伸缩节的结构和位置。

在 SF₆气体绝缘母线和所连接的设备分开的基础之间允许的相对位移(不均匀下沉)应由制造厂和用户协商确定。

7.7.14 SF₆气体绝缘母线宜采用多点接地方式。同一相气体绝缘母线各节外壳之间宜采用铜或铝母线进行电气连接,气体绝缘母线在两端和中间(可根据母线的长度确定中间接地点的数量)三相互连后用一根接地线接地。

7.7.15 接地导线应有足够的截面,具有通过短路电流的能力。

7.7.16 在发生短路故障的情况下,外壳的感应电压不应超过 24V。

7.8 电力电缆

7.8.1 电力电缆应按下列技术条件选择:

1 额定电压;

2 工作电流;

- 3 热稳定电流;
- 4 系统频率;
- 5 绝缘水平;
- 6 系统接地方式;
- 7 电缆线路压降;
- 8 护层接地方式;
- 9 经济电流密度;
- 10 敷设方式及路径。

7.8.2 电力电缆尚应按下列环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 海拔高度;
- 3 日照强度。

注: 当在户内或地下使用时可不校验 3 款。

7.8.3 电力电缆的选择应满足 GB 50217 的要求。

7.8.4 35kV 以上高压单芯电缆长期允许载流量一般可按制造厂给出的载流量表查得出或请制造厂提出计算书, 当需要进行校核计算时, 可按下式进行计算:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d[0.5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)}} \quad (7.8.4)$$

式中 I ——一根导体中流过的电流;

$\Delta\theta$ ——高于环境温度的导体温升。

注: 环境温度是在正常状态下周围介质的温度, 在敷设或即将敷设电缆的场合下, 任何局部热源会有影响, 但不考虑由此产生的热量会使电缆周围温度升高。

R ——最高工作温度下导体单位长度的交流电阻, Ω/m ;

W_d ——导体绝缘单位长度的介质损耗, W/m ;

λ_1 ——电缆金属套损耗相对于该电缆所有导体总损耗的比率;

λ_2 ——电缆铠装损耗相对于该电缆所有导体总损耗的比率;

T_1 ——一根导体和金属套之间单位长度热阻, $(\text{K}\cdot\text{m})/\text{W}$;

T_2 ——金属套和铠装衬垫层之间单位长度热阻, $(\text{K}\cdot\text{m})/\text{W}$;

T_3 ——电缆外护层单位长度热阻, $(\text{K}\cdot\text{m})/\text{W}$;

T_4 ——电缆表面和周围介质之间单位长度热阻, $(\text{K}\cdot\text{m})/\text{W}$ 。

7.8.5 10kV 及以下电力电缆可选用铜芯或铝芯。但在下列情况下应采用铜芯:

- 1 电机励磁、重要电源、移动式电气设备等需要保持连接具有高可靠性的回路;
- 2 震动剧烈、有爆炸危险或对铝有腐蚀等严酷的工作环境;
- 3 耐火电缆。

用于下列情况的电力电缆, 宜采用铜芯:

- 1 紧靠高温设备配置;
- 2 安全性要求高的重要公共设施中;
- 3 水下敷设当工作电流较大需增多电缆根数时。

7.8.6 35kV 及以上电力电缆宜采用铜芯。

7.8.7 6kV 及以上电力电缆宜采用交联聚乙烯绝缘。

7.8.8 交流系统中电力电缆缆芯与绝缘屏蔽或金属套之间额定电压的选择, 应符合下列规定:

1 中性点直接接地或经低阻抗接地的系统, 当接地保护动作不超过 1min 切除故障时, 应按 100% 的使用回路工作相电压。

2 对于 a 项外的供电系统, 不宜低于 133% 的使用回路工作相电压; 在单相接地故障可能持续 8h 以上, 或发电机回路等安全性要求较高的情况, 宜采取 173% 的使用回路工作相电压。

7.8.9 电缆截面应按缆芯持续工作的最高温度和短路时的最高温度不超过允许值的条件选择。持续工作的最高温度和短路时的最高温度应满足 GB 50217 的规定。

7.8.10 选择短路计算条件应符合下列规定:

1 计算用系统接线, 应采取正常运行方式, 且宜按工程建成后 (5~10) 年规划发展考虑。

2 短路点应选取在通过电缆回路最大短路电流可能发生时。

3 宜按三相短路计算。

4 短路电流作用时间, 应取保护切除时间与断路器开断时间之和。对电动机等直馈线, 应采取主保护时间; 其他情况, 宜按后备保护计。

7.8.11 电缆终端的选择原则:

1 终端的额定电压等级及其绝缘水平, 不得低于所连接电缆的额定电压等级及其绝缘水平, 户外终端外绝缘还应满足所设置环境条件 (如污秽、海拔等) 要求。

2 终端型式与电缆所连接电器的特点必须适应。

3 与充油电缆连接的终端应能耐受最高工作油压。

4 与六氟化硫全封闭电器相连的电缆终端应采用全封闭式终端, 与高压变压器直接相连的电缆终端应采用象鼻式终端, 其接口应能相互配合。

5 电缆终端的机械强度, 应满足安置处引线拉力、风力和地震力的要求。

7.8.12 交流单相电力电缆金属护层, 必须直接接地, 且在金属护层上任一点非接地的正常感应电压, 应符合下列规定:

1 未采取不能任意接触金属护层的安全措施时, 不得大于 50V。

2 除 1 款情况外, 不得大于 100V。

7.8.13 交流单相电力电缆金属护层的接地方式选择, 应符合下列规定:

1 线路不长, 能满足本标准第 7.8.12 条要求时, 宜采取在线路一端直接接地 (单点互联接地)。

2 线路较长, 一端直接接地不能满足本标准第 7.8.12 条要求时, 35kV 以上高压电缆输送容量较小时, 可采用在线路两端直接接地 (全接地)。35kV 以上高压电缆线路较短或利用率很低时, 也可采用全接地方式。

3 除 1、2 款外的较长线路, 宜划分适当的单元设置绝缘接头, 使电缆金属护层分隔在三个区段以交叉互联接地。每单元系统中三个分隔区段的长度宜均等。

7.8.14 当 35kV 以上交流单相电缆金属护层的电气通路仅有单点互联接地时, 在位于远距离未直接接地端, 应经护层

绝缘保护器(金属护层电压限制器)接地。

7.8.15 交流 110kV 及以上单芯电缆在下列情况下宜沿电缆邻近配置并行回流线。

1 可能出现的工频或冲击感应电压,超过电缆护层绝缘的耐受强度时;

2 需抑制对电缆邻近弱电路的电气干扰强度时。

7.8.16 对重要回路且可能有过热部位的电缆线路,宜设有温度检测装置。

7.8.17 重要回路单相交流电缆金属屏蔽层以一端直接接地或交叉互联接地时,该电缆线路宜设有护层绝缘监察装置。

8 电力变压器

8.0.1 电力变压器及其附属设备应按下列技术条件选择:

- 1 型式;
- 2 容量;
- 3 绕组电压;
- 4 相数;
- 5 频率;
- 6 冷却方式;
- 7 联接组别;
- 8 短路阻抗;
- 9 绝缘水平;
- 10 调压方式;
- 11 调压范围;
- 12 励磁涌流;
- 13 并联运行特性;
- 14 损耗;
- 15 温升;
- 16 过载能力;
- 17 噪声水平;
- 18 中性点接地方式;
- 19 附属设备;
- 20 特殊要求。

8.0.2 变压器及其附属设备尚应按下列使用环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 日温差;
- 3 最大风速;
- 4 相对湿度;
- 5 污秽;
- 6 海拔高度;
- 7 地震烈度;
- 8 系统电压波形及谐波含量。

注:当在屋内使用时,可不检验 2、3、5 款;在屋外使用时,则不检验 4 款。

8.0.3 以下所列环境条件为特殊使用条件,工程设计时应采取相应防护措施,否则应与制造厂协商。

- 1 有害的烟或蒸汽,灰尘过多或带有腐蚀性,易爆的灰尘或气体的混合物、蒸汽、盐雾、过潮或滴水等;
- 2 异常振动、倾斜、碰撞和冲击;
- 3 环境温度超出正常使用范围;
- 4 特殊运输条件;
- 5 特殊安装位置和空间限制;

6 特殊维护问题;

7 特殊的工作方式或负载周期,如冲击负载;

8 三相交流电压不对称或电压波形中总的谐波含量大于 5%,偶次谐波含量大于 1%;

9 异常强大的核子辐射。

8.0.4 对于湿热带、工业污秽严重及沿海地区户外的产品,应考虑潮湿、污秽及盐雾的影响,变压器的外绝缘应选用加强绝缘型或防污秽型产品。热带产品气候类型分为湿热型(TH)、干热型(TA)、干湿热合型(T)三种。

8.0.5 变压器可根据安装位置条件,按用途、绝缘介质、绕组型式、相数、调压方式及冷却方式确定选用变压器的类型。在可能的条件下,优先选用三相变压器、自耦变压器、低损耗变压器、无励磁调压变压器。对大型变压器选型应进行技术经济论证。

8.0.6 选择变压器容量时,应根据变压器用途确定变压器负载特性,并参考相关标准中给定的正常周期负载图所推荐的变压器在正常寿命损失下变压器的容量,同时还应考虑负荷发展,额定容量取值应尽可能选用标准容量系列。对大型变压器宜进行经济运行计算。

对三绕组变压器的高、中、低压绕组容量的分配,应考虑各侧绕组所带实际负荷,且绕组额定容量取值应尽可能选用标准系列。

8.0.7 电力变压器宜按 GB/T 6451、GB/T 10228、GB/T 16274 的参数优先选择。

8.0.8 除受运输、制造水平或其他特殊原因限制外应尽可能选用三相电力变压器。

8.0.9 对于检修条件较困难和环境条件限制(低温、高潮湿、高海拔)地区的电力变压器宜选用寿命期内免维护或少维护型。

8.0.10 短路阻抗选择。

1 选择变压器短路阻抗时,应根据变压器所在系统条件尽可能选用相关标准规定的标准阻抗值。

2 为限制过大的系统短路电流,应通过技术经济比较确定选用高阻抗变压器或限流电抗器,选择高阻抗变压器时应按电压分档设置,并应校核系统电压调整率和无功补偿容量。

8.0.11 对于 500kV 电力变压器主绝缘(高一低或高一中)的尺寸、油流静电、线圈抗短路机械强度、耐运输冲撞的能力应由产品设计部门给出详细算据。

8.0.12 分接头及调压方式的选择。

1 分接头一般按以下原则设置:

- 1) 在高压绕组或中压绕组上,而不是在低压绕组上;
- 2) 尽量在星形联接绕组上,而不是在三角形联接的绕组上;
- 3) 在网络电压变化最大的绕组上。

2 调压方式选择原则:

- 1) 无励磁调压变压器一般用于电压及频率波动范围较小的场所。
- 2) 有载调压变压器一般用于电压波动范围大,且电压变化频繁的場所。
- 3) 在满足运行要求的前提下,能用无载调压的尽量不用有载调压。无励磁分接开关应尽量减少分接头数

目,可根据系统电压变化范围只设最大、最小和额定分接。

- 4) 自耦变压器采用公共绕组调压时,应验算第三绕组电压波动不超过允许值。在调压范围大,第三绕组电压不允许波动范围大时,推荐采用中压侧线端调压。

8.0.13 电力变压器套管电流互感器参数的选择要求详见电流互感器部分。

8.0.14 电力变压器油应满足 GB 2536 的要求,330kV 以上电压等级的变压器油应满足超高压变压器油标准。

8.0.15 在下述几种情况下一般可选用自耦变压器:

- 1 单机容量在 125MW 及以下,且两级升高电压均为直接接地系统,其送电方向主要由低压送向高、中压侧,或从低压和中压送向高压侧,而无高压和低压同时向中压侧送电要求者,此时自耦变压器可作发电机升压之用。

- 2 当单机容量在 200MW 及以上时,用来做高压和中压系统之间联络用的变压器。

- 3 在 220kV 及以上的变电站中,宜优先选用自耦变压器。

8.0.16 容量为 200MW 及以上的机组,主厂房及网控楼内的低压厂用变压器宜采用干式变压器。其他受布置条件限制的场所也可采用干式变压器。

在地下变电站、市区变电站等防火要求高或布置条件受限制的地方宜采用干式变压器。

8.0.17 对于新型变压器经技术经济比较,确认技术先进合理可选用。

8.0.18 优先选用环保、节能的电力变压器消防方式(如充氮灭火等)。

8.0.19 城市变电站宜采用低噪声变压器。

9 高压开关设备

9.1 基本规定

9.1.1 开关设备及其操动机构应按下列技术条件选择:

- 1 电压;
- 2 电流;
- 3 极数;
- 4 频率;
- 5 绝缘水平;
- 6 开断电流;
- 7 短路关合电流;
- 8 失步开断电流;
- 9 动稳定电流;
- 10 热稳定电流;
- 11 特殊开断性能;
- 12 操作顺序;
- 13 端子机械载荷;
- 14 机械和电气寿命;
- 15 分、合闸时间;
- 16 过电压;
- 17 操动机构型式,操作气压、操作电压,相数;
- 18 噪声水平。

9.1.2 开关设备尚应按下列使用环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 日温差;
- 3 最大风速;
- 4 相对湿度;
- 5 污秽等级;
- 6 海拔高度;
- 7 地震烈度。

注:当在屋内使用时,可不校验 2、3、5 款;在屋外使用时,则不校验 4 款。

9.2 高压断路器

9.2.1 断路器的额定电压应不低于系统的最高电压;额定电流应大于运行中可能出现的任何负荷电流。

9.2.2 在校核断路器的断流能力时,宜取断路器实际开断时间(主保护动作时间与断路器分闸时间之和)的短路电流作为校验条件。

9.2.3 在中性点直接接地或经小阻抗接地的系统中选择断路器时,首相开断系数应取 1.3;在 110kV 及以下的中性点非直接接地的系统中,则首相开断系数应取 1.5。

9.2.4 断路器的额定短时耐受电流等于额定短路开断电流,其持续时间额定值在 110kV 及以下为 4s;在 220kV 及以上为 2s。

对于装有直接过电流脱扣器的断路器不一定规定短路持续时间,如果断路器接到预期开断电流等于其额定短路开断电流的回路中,则当断路器的过电流脱扣器整定到最大时延时,该断路器应能在按照额定操作顺序操作,且在与该延时相应的开断时间内,承载通过的电流。

9.2.5 当断路器安装地点的短路电流直流分量不超过断路器额定短路开断电流幅值的 20% 时,额定短路开断电流仅由交流分量来表征,不必校验断路器的直流分断能力。如果短路电流直流分量超过 20% 时,应与制造厂协商,并在技术协议书中明确所要求的直流分量百分数。

9.2.6 断路器的额定关合电流,不应小于短路电流最大冲击值(第一个大半波电流峰值)。

9.2.7 对于 110kV 以上的系统,当电力系统稳定要求快速切除故障时,应选用分闸时间不大于 0.04s 的断路器;当采用单相重合闸或综合重合闸时,应选用能分相操作的断路器。

9.2.8 对于 330kV 及以上系统,在选择断路器时,其操作过电压倍数应满足 DL/T 620 的要求。

9.2.9 对担负调峰任务的水电厂、蓄能机组、并联电容器组等需要频繁操作的回路,应选用适合频繁操作的断路器。

9.2.10 用于为提高系统动稳定装设的电气制动回路中的断路器,其合闸时间不宜大于(0.04~0.06)s。

9.2.11 用于切合并联补偿电容器组的断路器,应校验操作时的过电压倍数,并采取相应的限制过电压措施。(3~10)kV 宜用真空断路器或 SF₆ 断路器。容量较小的电容器组,也可使用开断性能优良的少油断路器。35kV 及以上电压级的电容器组,宜选用 SF₆ 断路器或真空断路器。

9.2.12 用于串联电容补偿装置的断路器,其断口电压与补偿装置的容量有关,而对地绝缘则取决于线路的额定电压,

220kV及以上电压等级应根据所需断口数量特殊订货；110kV及以下电压等级可选用同一电压等级的断路器。

9.2.13 当断路器的两端为互不联系的电源时，设计中应按以下要求校验：

1 断路器断口间的绝缘水平满足另一侧出现工频反相电压的要求；

2 在失步下操作时的开断电流不超过断路器的额定反相开断性能；

3 断路器同极断口间的公称爬电比距与对地公称爬电比距之比一般取为1.15~1.3；

4 当断路器起联络作用时，其断口的公称爬电比距与对地公称爬电比距之比，应选取较大的数值，一般不低于1.2。

当缺乏上述技术参数时，应要求制造部门进行补充试验。

9.2.14 断路器尚应根据其使用条件校验下列开断性能：

- 1 近区故障条件下的开合性能；
- 2 异相接地条件下的开合性能；
- 3 失步条件下的开合性能；
- 4 小电感电流开合性能；
- 5 容性电流开合性能；
- 6 二次侧短路开断性能。

9.2.15 选择断路器接线端子的机械荷载，应满足正常运行和短路情况下的要求。一般情况下断路器接线端子的机械荷载不应大于表9.2.15所列数值。

表 9.2.15 断路器接线端子允许的机械荷载

额定电压 kV	额定电流 A	水平拉力 N		垂直力（向上及 向下）N
		纵 向	横 向	
12		500	250	300
40.5~72.5	≤1250	500	400	500
	≥1600	750	500	750
126	≤2000	1000	750	750
	≥2500	1250	750	1000
252~363	1250~3150	1500	1000	1250
550		2000	1500	1500

注 当机械荷载计算值大于表9.2.15所列数值时，应与制造厂商定。

9.2.16 当系统单相短路电流计算值在一定条件下有可能大于三相短路电流值时，所选择断路器的额定开断电流值应不小于所计算的单相短路电流值。

9.3 发电机断路器

9.3.1 发电机断路器灭弧及绝缘介质可以选用 SF₆、压缩空气或真空，也可以选用少油式。

9.3.2 为减轻因发电机断路器三相不同期合、分而产生负序电流对发电机的影响，发电机断路器宜选用机械三相联动操动机构。

9.3.3 发电机断路器三相不同期合闸时间应不大于10ms，不同期分闸时间应不大于5ms。

9.3.4 发电机断路器可以根据工程具体情况选用卧式或立式布置：安装位置不应存在有害烟雾、水蒸气、盐雾及细菌生长；为减轻发电机断路器异常热应力对断路器套管、基础及母线的影响，宜在断路器与母线连接处增加软连接装置。

9.3.5 在不同的环境和负荷条件下，发电机断路器应能承载发电机最大连续容量时的持续电流，且各部位温度极限不超过规定值。对装有强制冷却装置断路器，当断路器强制冷却系统故障时必须考虑发电机减出力，并校核负荷电流降低速率，允许电流值和允许时间。

9.3.6 在校核发电机断路器开断能力时，应分别校核系统源和发电源在主弧触头分离时对称短路电流值、非对称短路电流值及非对称短路电流的直流分量值；在校核系统源对称短路电流时应考虑厂用高压电动机的影响。

对发电机断路器而言，系统直流分量衰减时间常数 τ 可能大于60ms，因此选择发电机出口断路器时必须校验断路器的直流分断能力。

9.3.7 发电机断路器应具有失步开断能力，其额定失步开断电流应为额定短路开断电流的25%或50%；应校核各种失步状态下的电流值，必要时应采取适当的措施（如装设电流闭锁装置）以保证发电机断路器开断时的电流不超过额定失步开断电流；全反相条件下的开断可以不作为发电机断路器的失步开断校核条件。

9.3.8 发电机断路器开断短路电流、负荷电流及失步电流时，暂态恢复电压应满足相应标准规定，首相开断系数和幅值系数可取1.5。

9.3.9 如发电机断路器在某些情况下兼起隔离开关的作用，应设置观察窗，以便监视断口的状态。

大容量发电机断路器应具有内部空气温度的监测装置，反映断路器分、合闸位置是否正常的监测装置。

10 负荷开关

10.1 基本规定

10.1.1 负荷开关及其操动机构应按下列技术条件选择：

- 1 电压；
- 2 电流；
- 3 频率；
- 4 绝缘水平；
- 5 动稳定电流；
- 6 热稳定电流；
- 7 开断电流；
- 8 关合电流；
- 9 机械荷载；
- 10 操作次数；
- 11 过电压；
- 12 操动机构型式，操作电压，相数；
- 13 噪声水平。

10.1.2 负荷开关尚应按下列使用环境条件校验：

- 1 环境温度；
- 2 最大风速；
- 3 相对湿度；
- 4 覆冰厚度；

- 5 污秽;
- 6 海拔高度;
- 7 地震烈度。

注: 当在屋内使用时, 可不校验 2、4、5 款; 在屋外使用时, 则不校验 3 款。

10.2 高压负荷开关

10.2.1 当负荷开关与熔断器组合使用时, 负荷开关应能关合组合电器中可能配用熔断器的最大截止电流。

10.2.2 当负荷开关与熔断器组合使用时, 负荷开关的断开电流应大于转移电流和交接电流。

10.2.3 负荷开关的有功负荷开断能力和闭环电流开断能力应不小于回路的额定电流。

10.2.4 选用的负荷开关应具有切合电感、电容性小电流的能力。应能开断不超过 10A [(3~35) kV]、25A (63kV) 的电缆电容电流或限定长度的架空线充电电流, 以及开断 1250kVA [(3~35) kV]、5600kVA (63kV) 配电变压器的空载电流。

10.2.5 当开断电流超过 10.2.4 条的限额或开断其电容电流为额定电流 80% 以上的电容器组时, 应与制造部门协商, 选用专用的负荷开关。

10.3 重合器

10.3.1 重合器灭弧及绝缘介质可以选用油、真空和 SF₆。

10.3.2 重合器应具有明显的电源侧或负荷侧标志, 保护用电流互感器装在重合器电源侧, 测量用电流互感器装在重合器负荷侧。

10.3.3 重合器应能开断与额定短路开断电流对应的非对称短路电流。

10.3.4 重合器的额定短路关合电流和额定动稳定电流峰值均为其额定短路开断电流的 2.5 倍。

10.3.5 重合器首相开断系数应取 1.5。

10.3.6 重合器的额定操作顺序中含有四个单元操作, 即:

分—t—合分—t—合分—t—合分—闭锁

其中每一单元操作应有快慢两种 A-s 曲线以供选择。t 为产品技术条件规定的最短重合间隔。

10.3.7 额定短路持续时间分 2s 和 4s 两档。对装有串联分闸线圈的重合器, 不规定短路持续时间, 但当重合器按照其额定操作顺序操作而分闸整定在最慢速时, 在开断时间内, 重合器应能连续 4 次通过额定短路开断电流。

10.4 分段器

10.4.1 分段器的额定关合电流不宜小于短路电流最大冲击值。

10.4.2 分段器的计数次数为 3 次, 并可根据需要可调节为 1 或 2 次。跌落式分段器计数次数为 2 次。

10.4.3 分段器没有标准的过负荷电流能力, 但制造厂应提供分段器允许的过负荷范围及其运行特性。

10.5 真空接触器

10.5.1 真空接触器应按下列技术条件选择:

- 1 额定电压;

- 2 额定电流;
- 3 额定开断电流;
- 4 额定关合电流;
- 5 额定动稳定电流;
- 6 额定热稳定电流;
- 7 额定热稳定时间;
- 8 半波允许通过电流;
- 9 极限开断电流;
- 10 绝缘水平;
- 11 机械寿命;
- 12 真空接触器合闸电流;
- 13 真空接触器分闸电流;
- 14 电气寿命。

10.5.2 真空接触器尚应按下列使用环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 相对湿度;
- 3 海拔高度;
- 4 地震烈度。

10.5.3 真空接触器应具有很高的可靠性, 能频繁操作, 在使用中不应出现误分、误合或拒分、拒合。

10.5.4 真空接触器应具有可靠的机械锁扣装置。

10.5.5 真空接触器应具有动作计数和分合位置指示功能。

11 高压隔离开关

11.0.1 隔离开关及其操动机构应按下列技术条件选择:

- 1 电压;
- 2 电流;
- 3 频率;
- 4 绝缘水平;
- 5 动稳定电流;
- 6 热稳定电流;
- 7 分合小电流、旁路电流和母线环流;
- 8 接线端机械荷载;
- 9 单柱式隔离开关的接触区;
- 10 分、合闸装置及电磁闭锁装置操作电压;
- 11 操动机构型式, 气动机构的操作气压。

11.0.2 隔离开关尚应按下列使用环境条件校验:

- 1 环境温度;
- 2 最大风速;
- 3 覆冰厚度;
- 4 相对湿度;
- 5 污秽;
- 6 海拔高度;
- 7 地震烈度。

注: 当在屋内使用时, 可不校验 2、3、5 款; 在屋外使用时, 则不校验 4 款。

11.0.3 对隔离开关的型式选择应根据配电装置的布置特点和使用要求等因素, 进行综合技术经济比较后确定。

11.0.4 隔离开关应根据负荷条件和故障条件所要求的各个额定值来选择, 并应留有适当裕度, 以满足电力系统未来发展的要求。

11.0.5 隔离开关没有规定承受持续过电流的能力, 当回路