

ICS 27.140

P 59

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

**P**

**NB/T 10345-2019**

代替 **DL/T 5396-2007**

---

水力发电厂高压电气设备选择及布置  
设计规范

Code for Design of High Voltage Electrical Equipment Selection and  
Arrangement for Hydropower Plants

**2019-12-30 发布**

**2020-07-01 实施**

---

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水力发电厂高压电气设备选择及布置  
设计规范

Code for Design of High Voltage Electrical Equipment Selection and  
Arrangement for Hydropower Plants

**NB/T 10345—2019**

代替 DL/T 5396—2007

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2020年7月1日

中国水利水电出版社

**2020** 北京

# 国家能源局 公告

2019 年 第 8 号

国家能源局批准《小水电机组励磁系统运行及检修规程》等 152 项能源行业标准（附件 1）、《Code for Safe and Civilized Construction of Onshore Wind Power Projects》等 39 项能源行业标准英文版（附件 2），现予以发布。

- 附件：1. 行业标准目录  
2. 行业标准英文版目录

国家能源局

2019 年 12 月 30 日

附件 1：

## 行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
....						
22	NB/T 10345-2019	水力发电厂 高压电气设备选择 及布置设计规范	DL/T 5396-2007		2019-12-30	2020-07-01
...						

## 前言

根据《国家能源局关于下达 2016 年能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2016〕238 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，修订本规范。

本规范的主要技术内容是：基本规定、高压电气设备选择、高压电气设备布置。

本规范修订的主要技术内容是：

——增加了术语“解体运输电力变压器”、“交接电流”。

——增加了固体绝缘管型母线、解体运输电力变压器、厂用电变压器、电子式电压互感器、电子式电流互感器、绝缘子、套管、线路阻波器、充气式金属封闭开关设备、高压熔断器等内容。

——修订了规范的适用范围，由“3kV~500kV”改为“3kV~750kV”。

——修订了电气设备外绝缘的海拔修正公式、污秽等级的划分和爬电比距的要求。

本规范由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理，由能源行业水电电气设计标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规范主编单位：中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

本规范参编单位：中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

本规范主要起草人员：温凤香 杨 红 黄 凯 秦 莹 赵慧梅

方 雷 李 勇 王耀辉 侯彦硕 桑志强

张 李 张 勇 鞠 琳 宋琳莉

本规范主要审查人员：于庆贵 方 辉 冯真秋 康本贤 王劲夫

陈寅其 石凤翔 夏富军 杨建军 孙 帆

王小兵 王 勇 邵光明 王华军 谢小辉

杜 刚 李仕胜

# 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
3.1	一般规定	3
3.2	电气要求	3
3.3	机械要求	4
3.4	气候与环境条件要求	5
4	高压电气设备选择	8
4.1	导体	8
4.2	主变压器	12
4.3	厂用电变压器	15
4.4	发电机断路器	16
4.5	电制动开关	16
4.6	高压断路器	16
4.7	高压负荷开关	17
4.8	高压隔离开关和接地开关	18
4.9	气体绝缘金属封闭开关设备	18
4.10	交流金属封闭开关设备	21
4.11	高压熔断器	21
4.12	电压互感器	22
4.13	电流互感器	24
4.14	并联电抗器	26
4.15	限流电抗器	27
4.16	发电机中性点设备	27
4.17	避雷器	30
4.18	套管	31
4.19	绝缘子	31
4.20	线路阻波器	32
5	高压电气设备布置	33

5.1 主要电气设备布置.....	33
5.2 安全净距.....	37
5.3 通道和围栏.....	43
5.4 对建筑物及构筑物的要求.....	45
本规范用词说明.....	47
引用标准名录.....	48
附：条文说明.....	51

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Requirements .....	3
3.1	General Requirements .....	3
3.2	Electrical Requirements .....	3
3.3	Mechanical Requirements .....	4
3.4	Climatic and Environmental Conditions .....	5
4	Selection of High Voltage Electrical Equipment .....	8
4.1	Conductor .....	8
4.2	Main Transformer .....	12
4.3	Auxiliary Transformer .....	15
4.4	Generator Circuit Breaker .....	15
4.5	Electrical Brake Switch.....	16
4.6	High Voltage Circuit Breaker .....	16
4.7	High Voltage Load Switch .....	17
4.8	High Voltage Disconnecter and Earthing Switch .....	17
4.9	Gas-Insulated Metal-Enclosed Switchgear .....	18
4.10	AC Metal-Enclosed Switchgear.....	21
4.11	High Voltage Fuse .....	21
4.12	Voltage Transformer .....	22
4.13	Current Transformer .....	24
4.14	Shunt Reactor .....	26
4.15	Current-Limiting Reactor .....	27
4.16	Generator Netrual Equipment .....	27
4.17	Surge Arrester .....	29
4.18	Bushing .....	30
4.19	Insulator .....	31
4.20	Line Trap .....	31

5	Arrangement of High Voltage Electrical Equipment .....	32
5.1	Arrangement of Main Electrical Equipment .....	32
5.2	Clearance Requirements .....	36
5.3	Passway and Fence.....	42
5.4	Requirements for Buildings and Structures.....	44
	Explanation of Wording in This Code .....	46
	List of Quoted Standards .....	47
	Addition: Explanation of Provisions .....	49

# 1 总则

**1.0.1** 为规范水力发电厂高压电气设备选择及布置设计，做到安全可靠、技术先进、经济合理，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建、改建和扩建的水力发电厂标称电压为 3 kV~750 kV 高压电气设备选择及布置设计。

**1.0.3** 水力发电厂高压电气设备选择及布置设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 进线段 incoming line

由主变压器引至高压开关设备的线路。

### 2.0.2 出线段 outgoing line

高压开关设备引至高压出线场设备的线路。

### 2.0.3 联络线 connecting line

水电厂内不同电压等级开关设备引至联络变压器的线路，或同一电压等级、不同布置场所的开关设备之间的线路。

### 2.0.4 解体运输电力变压器 assembly transformer

因运输条件限制，需要在工厂完成各项出厂试验后解体运输、在安装现场组装的电力变压器。

### 2.0.5 交接电流 take-over current

两种过电流保护装置的时间-电流特性曲线之间的交点的电流。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 高压电气设备的选择和布置应根据工程具体条件并考虑远景发展，选用安全可靠、技术先进、经济合理的产品，并应按气候、环境、地质、地形、枢纽布置、进出线方式以及设备制造、运行、维护、安装、运输等要求制定布置方案，应遵循节约用地和节能降耗的原则，满足环境保护要求，做到设计方案合理、运行可靠、安装和维护方便。

**3.1.2** 72.5kV 及以上高压配电装置宜采用气体绝缘金属封闭开关设备（GIS），也可根据工程具体情况采用敞开式开关设备（AIS）或混合式开关设备（H-GIS）。

**3.1.3** 进线段、出线段及联络线型式的选择应综合考虑电气主接线、主变压器布置和开关站型式及其布置。

### 3.2 电气要求

**3.2.1** 高压电气设备的设备最高电压不应低于所在系统的系统最高电压。

**3.2.2** 高压电气设备长期允许电流不得小于各种可能运行方式下该回路的最大持续工作电流；屋外布置的高压电气设备应考虑日照对其载流量的影响。

**3.2.3** 短路电流验算应符合下列规定：

1 校验高压电气设备的峰值耐受、短时耐受以及断路器开断电流所用的短路电流值，应按电力系统设计水平年的短路电流水平计算；计算中采用的电气主接线和运行方式应为可能发生最大短路电流的正常接线和运行方式。

2 发生最大短路电流的短路方式、短路点选择和短路电流计算应符合现行行业标准《水电工程三相交流系统短路电流计算导则》NB/T 35043 的有关规定。

3 用熔断器保护的高压电气设备可不验算短时耐受电流，但应校验峰值耐受电流；用熔断器保护的电压互感器回路可不校验短时耐受和峰值耐受电流。

4 短路电流热效应计算时间应符合下列要求：

1) 除电缆以外的导体短路电流热效应计算时间，宜采用主保护动作时间加相应断路器开断时间；在主保护有死区时，宜采用能对该死区起作用的

后备保护动作时间；

2) 电缆短路电流热效应计算时间宜采用后备保护动作时间加相应断路器开断时间；接到电动机的馈线电缆，短路电流热效应计算时间可采用主保护动作时间加相应的断路器开断时间；

3) 其他电气设备短路电流热效应计算时间宜采用后备保护动作时间加相应断路器开断时间。

**3.2.4** 高压电气设备的频率应根据系统的额定频率确定，并应适应系统频率变化范围。

**3.2.5** 电气设备的绝缘水平应符合现行国家标准《绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则》GB/T 311.1 的有关规定。

**3.2.6** 高压开关设备温升试验应符合现行行业标准《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》DL/T 593 的有关规定。

**3.2.7** 电气设备及金具在 1.1 倍最高工作相电压下，晴天夜晚不应出现可见电晕。110kV 及以上电压的电气设备户外晴天无线电干扰电压不宜大于 500  $\mu\text{V}$ ；试验要求应符合现行国家标准《高压电气设备无线电干扰测试方法》GB/T 11604 的有关规定。

### 3.3 机械要求

**3.3.1** 设备、支撑结构及其基础应耐受预期的机械应力，应考虑正常荷载和异常荷载，取最不利的荷载组合方式来确定结构的机械强度。各种荷载的组合方式应符合下列要求：

1 正常荷载情况下，设备、支撑结构及其基础应考虑静荷载、拉力荷载、安装荷载、冰荷载、风荷载，以及建设和维护过程中的短时应力和荷载。

2 异常荷载情况下，设备、支撑结构及其基础应考虑开关操作力、短路力、不平衡张力、地震荷载中的最大偶发荷载与静荷载、拉力荷载的同时作用。

**3.3.2** 电气设备引线在正常运行和短路时的最大作用力不应大于电气设备端子允许的荷载。

**3.3.3** 屋外配电装置的导体、套管、绝缘子和金具应根据电站气象条件和不同受

力状态进行力学计算，导体和绝缘子安全系数的最小值不应小于表 3.3.3 的规定。

**表 3.3.3 导体和绝缘子安全系数的最小值**

类别		荷载长期作用时	荷载短时作用时
套管、支持绝缘子及其金具		2.5	1.67
悬式绝缘子及其金具		4	2.5
软导线	进线段、出线段及联络线	3.5	2.5
	其他软导线	4	2.5
硬导体		2.0	1.67

注：1 悬式绝缘子的安全系数系对应于 1h 机电试验荷载。若对应于破坏荷载，其安全系数应分别取 5.3 和 3.3。

2 硬导体的安全系数对应于破坏应力。若对应于屈服点应力，其安全系数应分别取 1.6 和 1.4。

### 3.4 气候与环境条件要求

**3.4.1** 高压电气设备选择应满足气温、风速、湿度、污秽、海拔、地震、覆冰等使用条件要求。

**3.4.2** 高压电气设备的环境温度的选择宜符合表 3.4.2 的规定。

**表 3.4.2 高压电气设备的环境温度的选择（℃）**

类别	安装场所	环境温度	
		最高温度	最低温度
裸导体	屋外	最热月平均最高温度	—
	屋内	该处通风设计温度	—
电气设备	屋外 SF <sub>6</sub> 绝缘设备	年最高温度	极端最低温度
	屋外其他	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	—

注：1 年最高或最低温度应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，应取多年平均值。

3 选择屋内裸导体及屋内其他电气设备的环境温度，若该处无通风设计温度资料时，可取最热月平均

最高温度加 5℃。

**3.4.3** 周围环境温度低于高压电气设备的最低允许温度时，高压电气设备应装设加热装置或采取保温措施。

**3.4.4** 在积雪、覆冰严重地区，高压电气设备应采取防止冰雪引起事故的措施。

**3.4.5** 周围环境空气温度高于 40℃处的高压电气设备，其外绝缘在干燥状态下的试验电压应乘以温度校正系数，温度校正系数应按下列式计算：

$$K_t = 1 + 0.0033(T - 40) \quad (3.4.5)$$

式中： $K_t$ ——温度校正系数；  
 $T$ ——环境空气温度（℃）。

**3.4.6** 屋外配电装置电气设备选择时所用的最大风速应符合下列规定：

1 500 kV、750 kV 电压等级宜采用离地面 10 m 高、50 年一遇的 10 min 平均最大风速。

2 330 kV 及以下电压等级可取离地面 10 m 高、30 年一遇的 10 min 平均最大风速。

3 最大风速在导体和电气设备距地高度超过 10 m 时宜按导体和电气设备的安装高度进行修正，可按现行行业标准《电力工程气象勘测技术规程》DL/T 5158 中的相关公式修正。

4 最大风速超过 34m/s 时，户外配电装置布置应采取相应措施。

**3.4.7** 高压电气设备使用环境的相对湿度选择应满足下列要求：

1 当设置通风设施时，应按通风设计相对湿度选择。

2 未设置通风设施时，高压电气设备使用环境的相对湿度应采用电厂当地湿度最高月份的平均相对湿度。

3 洞内、地下及潮湿的湿度较高场所，高压电气设备使用环境的相对湿度应采用该处实际相对湿度。

4 无相关资料时，高压电气设备使用环境的相对湿度可取 95%。

**3.4.8** 高压电气设备的抗震设计应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260 的有关规定。

**3.4.9** 安装在海拔高于 1000 m 处的电气设备，其外绝缘耐受电压试验时，实际

施加到设备外绝缘的耐受电压应乘以海拔修正系数  $K_a$ ， $K_a$  应按下式计算：

$$K_a = e^{q\left(\frac{H-1000}{8150}\right)} \quad (3.4.9)$$

式中： $K_a$ ——海拔修正系数

$H$ ——设备安装地点的海拔高度（m）；

$q$ ——指数，取值应符合现行国家标准《绝缘配合 第1部分：原则、定义和规则》GB/T 311.1 的有关规定。

**3.4.10** 现场污秽度等级的划分及统一爬电比距应符合现行国家标准《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则》GB/T 26218.1 的有关规定。

## 4 高压电气设备选择

### 4.1 导体

**4.1.1** 导体型式应根据电压等级、回路电流、电站环境条件、布置场地、安装与维护、工程投资等方面的要求进行选择。

**4.1.2** 发电机电压回路母线可采用离相封闭母线、共箱母线、固体绝缘管型母线、电缆、敞露母线，型式选择应符合下列规定：

1 发电机电压回路母线，回路额定电流不大于 4000 A 时可选用共箱封闭母线，布置场地狭小时也可选用固体绝缘管型母线；回路额定电流大于 4000 A 时，母线宜选用全连式离相封闭母线；回路额定电流不大于 6300 A，且布置场地狭小时母线也可选用固体绝缘管型母线。

2 灯泡式贯流机组的发电机电压主回路母线可采用电缆、共箱母线或固体绝缘管型母线。

3 发电机电压回路母线型式选择应与其他发电机电压设备方便连接。

4 发电机电压主回路母线采用电缆时，宜选用单芯、铜芯的交联聚乙烯电缆，电缆缆芯与绝缘屏蔽或金属套之间的电压应采用 173% 的回路工作相电压，其他技术要求应符合现行国家标准《电力工程电缆设计规程》GB 50217 的有关规定。

5 发电机电压回路母线采用敞露母线时，4000 A 及以下可采用矩形母线，4000 A~8000 A 可采用槽形母线。

6 发电机电压分支回路母线宜采用与主回路相同型式的母线。

**4.1.3** 110 kV 及以上高压配电装置导体可采用高压电缆、气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）、管母线、软导线等导体型式；线段、出线段、联络线在架空线路难以实现的场所，经技术经济比较可采用高压电缆、GIL；技术经济比较应考虑导体载流量、土建结构、运行维护、投资等因素。

**4.1.4** 离相封闭母线的选择应满足以下要求：

1 离相封闭母线技术参数选择应符合现行国家标准《金属封闭母线》GB/T 8349 的有关规定。

2 离相封闭母线可在接头处或其他容易过热的部位，设置监测导体、接头

和外壳温度的测温装置。

**3** 离相封闭母线与避雷器柜、电压互感器柜和中性点设备柜之间的连接应通过绝缘套管或隔板，防止柜内故障波及母线。

**4** 离相封闭母线外壳与除发电机断路器及换相开关外的设备外壳间应采用可拆卸连接，离相封闭母线外壳与设备外壳间应绝缘并隔振。

**5** 离相封闭母线的长直线段、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，其导体采用编织线铜辫、薄铝、铜叠片伸缩节或其他等效连接方式，外壳采用橡胶伸缩套、铝波纹管或其他等效连接方式。

**6** 离相封闭母线可在适当部位设置防结露装置，自然冷却金属封闭母线，应在户内外穿墙处设置密封绝缘套管或其他措施，防止外壳中户内、外空气对流而产生结露。

**7** 离相封闭母线应设置三相短路试验装置，其布置应方便发电机短路试验。

**8** 全连式离相封闭母线在与除发电机断路器外的其他设备连接处、三相短路试验接头的外壳应设置短路板。

**9** 离相封闭母线的外壳及支持结构的金属部分应可靠接地。

**10** 全连式离相封闭母线的外壳可采用多点或一点接地，接地导线应满足峰值耐受电流和短时耐受电流的要求。

**11** 当母线通过短路电流时，外壳的感应电压不应超过 24 V。

#### **4.1.5** 共箱母线的选择应满足以下规定：

**1** 共箱母线技术参数选择应符合现行国家标准《金属封闭母线》GB/T 8349 的有关规定。

**2** 共箱母线应采用自然冷却的方式。

**3** 额定电流大于 2500 A 的共箱母线宜采用铝外壳。

**4** 户外安装的共箱母线应能承受风、雨及日照，而不影响母线的连续运行；外壳的任何部分不应积水，外壳应设置必要的滤网疏水泄放装置。

**5** 共箱母线外壳厚度不应小于 4 mm，外壳应有足够的强度，不应因安装误差产生的应力引起变形。

6 共箱母线应能补偿导体及外壳因温度变化和基础差异沉降造成 50mm 以内的不同沉降和位移，共箱母线的直线段应在每隔 20m 左右及不同地基结构处设置伸缩接头。

7 共箱母线外壳的可拆卸部分、罩盖及检查孔在户外的部分应设置橡胶密封垫圈。当外壳或其支持结构由于振动、温度变化或短路电动力而导致位移时，垫圈不应被移动或损坏，密封垫圈应能长期使用而无需更换或调整。

8 共箱母线的外壳与设备的外壳应相互绝缘并采用可拆连接。

#### 4.1.6 固体绝缘管型母线的选择应满足以下要求：

1 固体绝缘管型母线技术参数选择应符合现行行业标准《35kV 及以下固体绝缘管型母线》DL/T 1658 的有关规定。

2 固体绝缘管型母线系统的金属屏蔽层应分段绝缘，每一段应单点接地。

3 固体绝缘管型母线的支吊架及固定金具应采用非磁性材料。

4 固体绝缘管型母线每相应设置伸缩节，与其他设备的连接处应设置软连接。

#### 4.1.7 敞露母线的选择应满足下列规定：

1 敞露母线应按现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222 的有关规定选择。

2 敞露母线的支柱绝缘子底座、套管的法兰、保护网（罩）等不带电的金属构件应可靠接地。

3 敞露母线布置及安装除满足电气和机械强度要求外，当导体工作电流大于 1500A 时，每相导体的支持钢构件及导体支持夹板不应构成闭合磁路；当导体工作电流大于 4000A 时，导体的邻近钢构件应采取避免构成闭合磁路或装设短路环等措施。

#### 4.1.8 高压电缆的选择应满足以下要求：

1 高压电缆的技术参数选择和敷设要求应符合国家现行标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217、《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222 和《水力发电厂交流 110kV~500kV 电力电缆工程设计规范》DL/T 5228 的有关规定。

2 电缆型式宜选用交联聚乙烯绝缘电缆。

3 交流单芯电力电缆金属护套应至少在一端直接接地，任一非接地端的正

常感应电势最大值应符合下列规定：

- 1) 交流单芯电力电缆未采取能有效防止人员任意接触金属护套的安全措施时，正常感应电势最大值不得大于 50V。
- 2) 交流单芯电力电缆采取能有效防止人员任意接触金属护套的安全措施时，正常感应电势最大值不得大于 300V。

**4.1.9** 管形母线的选择应满足以下要求：

- 1 管形母线应根据持续工作电流选择，并按短时耐受电流校验。
- 2 管形母线应有足够机械刚度和强度，避免微风振动和端部效应。
- 3 管形母线应便于制造安装。
- 4 屋外管形母线进行机械计算时，导体荷载组合条件可采用表 4.1.9 的规定。

定。

**表 4.1.9 导体荷载组合条件**

状态	风速	自重	引下线重	覆冰重量	短路电动力	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。

**5** 屋外管形母线设计应按下式校验卡曼旋涡风所引起的微风振动：

$$v_{js} = f \frac{D}{A}$$

(4.1.9)

式中： $v_{js}$ ——管形母线产生微风共振的计算风速（m/s）；

$f$ ——导体各阶固有频率（Hz）；

$D$ ——导体外径（m）；

$A$ ——频率系数，可取 0.214。

**6** 在无冰无风情况下，支撑式单根铝管母线，跨中挠度不宜超过母线跨距的 0.5%，分裂结构铝管母线其挠度不宜超过母线跨距的 0.4%，且不宜大于

0.5~1.0 倍导体直径。

7 管形母线接地点的设置应保证邻近运行母线在检修母线上感应的电压不超过 50V。

8 伸缩节应结合管形母线的支撑和固定方式合理设置。

**4.1.10** 软导线的选择应满足以下要求：

1 软导线截面和结构型式应根据环境条件、回路负荷电流、电晕、无线电干扰等条件选择，并应进行峰值耐受电流和短时耐受电流的校验。

2 软导线在空气含盐量较大的沿海地区或周围气体对导体有明显腐蚀的场所使用时宜选用防腐型铝绞线，其载流量可采用同型导线的数值。

3 导线截面在负荷电流较大时应根据负荷电流计算确定，63kV 及以下的导体可不进行电晕电压校验，110kV 及以上的导体应进行电晕电压校验。

4 220kV 及以下的软导线可采用单根钢芯铝绞线或由钢芯铝绞线组成的组合导线，330kV 的软导线宜采用空心扩径导线，500kV 及以上的软导线宜采用双分裂空心扩径导线。

**4.1.11** GIL 的选择应满足下列要求：

1 GIL 的技术参数选择应符合现行行业标准《气体绝缘金属封闭输电线路技术条件》DL/T 978、《气体绝缘金属封闭输电线路使用导则》DL/T 361 的有关规定。

2 GIL 的导体连接方式宜采用插接触头方式，GIL 外壳的连接宜采用法兰连接。

3 GIL 外壳接地方式宜采用全连式多点接地。

4 GIL 标准段的型式及长度应根据制造厂产品特性、电站运输条件、现场布置及安装方式确定。

5 GIL 的结构应能补偿导体及外壳因温度变化和基础差异沉降造成的不同沉降和位移。

## 4.2 主变压器

**4.2.1** 主变压器技术参数选择应符合现行国家标准《电力变压器第 1 部分：总则》GB/T 1094.1、《电力变压器第 2 部分：液浸式变压器的温升》GB/T 1094.2、

《电力变压器第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》GB/T 1094.3、《电力变压器第4部分：电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则》GB/T 1094.4、《电力变压器第5部分：承受短路的能力》GB/T 1094.5、《电力变压器第7部分：油浸式电力变压器负载导则》GB/T 1094.7和《电力变压器第10部分：声级测定》GB/T 1094.10以及《油浸式电力变压器技术参数和要求》GB/T 6451的有关规定。

**4.2.2** 主变压器宜采用油浸式变压器。

**4.2.3** 主变压器结构型式选择应符合下列要求：

1 主变压器应优先采用三相变压器，当运输条件受限制时可选用三相组合式电力变压器、单相变压器组或解体运输电力变压器。

2 扩大单元接线的主变压器宜采用升压型双绕组变压器，当需限制短路电流时可采用低压侧分裂绕组的变压器。

3 连接两种不同升高电压母线之间的联络变压器，当两种升高电压均为直接接地系统时宜采用降压型自耦变压器，自耦变压器应设置三角形接线的第三绕组。

4 单相变压器组有下列情况之一者，可设置一台备用相变压器：

1) 水力发电厂的年利用小时数在4000 h及以上，且设有四组及以上相同容量的单相变压器组。

2) 全厂只有一组单相变压器组，且单相变压器组停止运行将造成大量电能损失。

3) 全厂只有一组联络单相变压器组，两种升高电压间经常有较大交换容量，且不允许长时间停电检修。

**4.2.4** 主变压器额定容量选择应符合下列要求：

1 主变压器额定容量应与所连接的水轮发电机额定容量相匹配，额定容量宜从现行国家标准《优先数和优先数系》GB/T 321中的R10系列中选取。

2 联络变压器的额定容量应根据不同运行方式下两种不同升高电压系统间的有功和无功功率交换要求确定，其容量不应小于接在两种电压母线上最大一台机组的容量。

3 抽水蓄能电站主变压器额定容量应计算主变压器所连接机组发电工况容

量和电动工况容量；对电动工况，还应计及厂用电最大计算负荷和变频启动装置的负荷。

**4.2.5** 变压器绕组的额定电压、分接和电压调节的选择应满足下列要求：

1 变压器绕组的额定电压、分接方式及电压调节范围应根据电站接入电力系统设计确定。

2 抽水蓄能电站在接入系统设计确定其调压范围时应充分考虑机组调相与进相能力和抽水工况的调压作用，尽量避免在电厂内设置有载调压措施。确需设置时，应对适当加大发电电动机调压范围和采用有载调压变压器两种调压方式进行技术经济比较，选定调压方式。当变压器布置在地下洞室时，宜优先采用适当加大发电电动机调压范围的方式。

**4.2.6** 阻抗电压选择应满足以下要求：

1 阻抗电压应根据接入系统设计和电气设备进行选择。

2 双绕组变压器的阻抗电压应按主分接规定；多绕组变压器应分别规定各对绕组的阻抗电压。

**4.2.7** 变压器的局部放电测量方法应符合现行国家标准《电力变压器第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》GB/T 1094.3的有关规定。

**4.2.8** 变压器的噪声水平的测量方法应符合现行国家标准《电力变压器第10部分：声级测定》GB/T 1094.10的有关规定，噪声水平的取值应符合现行行业标准《6kV~1000kV级电力变压器声级》JB/T 10088中的有关规定。

**4.2.9** 主变压器冷却方式应综合考虑主变压器使用环境、容量、布置位置等因素后确定，户外变压器宜采用风冷或自冷方式，户内大容量变压器应采用水冷方式。

**4.2.10** 变压器铁芯和金属结构零件的接地方式和接地要求应符合现行国家标准《油浸式电力变压器技术参数和要求》GB/T 6451的有关规定；变压器中性点应有两根与主接地网主网格不同边连接的接地引下线，并且每根接地引下线均应符合热稳定校核的要求。

**4.2.11** 变压器与架空线的连接，出线套管的接线端子应符合现行国家标准《高压电器端子尺寸标准化》GB/T 5273的有关规定。

**4.2.12** 变压器与电缆的连接应符合现行行业标准《水力发电厂交流110kV~500kV电力电缆工程设计规范》DL/T 5228的有关规定。

**4.2.13** 变压器与 GIS 或 GIL 的直接连接应符合现行国家标准《额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与电力变压器之间的直接连接》GB/T 22382 的有关规定。

**4.2.14** 与 GIS 直接连接的 330kV 及以上电压等级变压器应考虑 GIS 中开关操作产生的特快速暂态过电压对变压器绕组绝缘的影响。

**4.2.15** 变压器性能应满足电力系统对直流偏磁的要求。

### 4.3 厂用电变压器

**4.3.1** 厂用电变压器的技术参数选择应符合现行国家标准《电力变压器 第 1 部分：总则》GB/T 1094.1、《电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升》GB/T 1094.2、《电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》GB/T 1094.3、《电力变压器 第 4 部分：电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则》GB/T 1094.4、《电力变压器 第 5 部分：承受短路的能力》GB/T 1094.5、《电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则》GB/T 1094.7 和《电力变压器 第 10 部分：声级测定》GB/T 1094.10、《电力变压器 第 11 部分：干式变压器》GB/T 1094.11 和《电力变压器 第 12 部分：干式电力变压器负载导则》GB/T 1094.12 的有关规定。

**4.3.2** 布置在室内的厂用电变压器宜采用带外壳的干式变压器，布置在室外的厂用电变压器可选用油浸式变压器。

**4.3.3** 与离相封闭母线分支连接的厂用电变压器宜采用单相干式变压器，高压侧加装限流电抗器和断路器的厂用电变压器可选用三相式变压器。

**4.3.4** 厂用电变压器容量选择应符合现行行业标准《水力发电厂厂用电设计规程》NB/T 35044 的有关规定。

**4.3.5** 厂用电变压器阻抗选择应考虑厂用电系统电气设备选择、电动机正常启动或成组自启动的电压水平及对电压调整的影响等因素。

**4.3.6** 厂用电变压器的损耗应符合现行国家标准《三相配电变压器能效限定值及能效等级》GB 20052 和《电力变压器能效限定值及能效等级》GB 24790 的有关规定。

## 4.4 发电机断路器

4.4.1 发电机断路器技术参数应符合现行国家标准《高压交流发电机断路器》GB/T 14824 的有关规定。

4.4.2 额定短路开断电流在 63 kA 以上的发电机断路器宜采用 SF<sub>6</sub> 发电机断路器，额定短路开断电流在 63 kA 及以下的发电机断路器可采用真空或 SF<sub>6</sub> 发电机断路器。

4.4.3 发电机断路器应分别按照系统侧和发电机侧的短路开断电流进行选择，并应考虑暂态恢复电压和直流分量的要求。

4.4.4 发电机断路器应具有失步开断能力。

4.4.5 发电机断路器的选择应考虑载流量及绝缘水平的海拔修正。

4.4.6 真空发电机断路器两侧宜装设阻容吸收装置。

## 4.5 电制动开关

4.5.1 冲击式或频繁启动的水轮发电机宜装设电制动开关。

4.5.2 电制动开关可采用断路器或具有分合回路电流能力的隔离开关。

4.5.3 电制动开关额定电流应满足定子回路制动电流和发电机短路干燥情况下短时运行的要求，短时耐受电流应根据机组制动要求和电制动开关的结构特点合理经济地进行选择。

4.5.4 兼做发电机升流试验短路点的电制动开关应满足发电机升流试验的要求。

## 4.6 高压断路器

4.6.1 高压断路器技术参数应符合现行国家标准《高压交流断路器》GB/T 1984 的有关规定。

4.6.2 40.5 kV 及以下电压等级高压断路器可选用真空或 SF<sub>6</sub> 断路器；40.5 kV 以上电压等级高压断路器宜选用 SF<sub>6</sub> 断路器，在地震烈度高、重污秽、高海拔、高寒地区宜选用落地罐式 SF<sub>6</sub> 断路器。

4.6.3 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，可不校验断路器的直流分断能力。当断路器安装地点的短路电流直流分量超过断路器额定短路开断电流幅值的 20%时，直流分量应根据所在工程的直流分量时间常数和现行国家标准《高压交流断路器》GB/T 1984 的规定确定。

**4.6.4** 断路器的额定短时耐受电流持续时间应符合下列规定：

- 1 断路器额定电压为 550 kV~750 kV 时，持续时间应为 2s。
- 2 断路器额定电压为 126 kV~363 kV 时，持续时间应为 3s。
- 3 断路器额定电压为 72.5 kV 及以下时，持续时间应为 4s。

**4.6.5** 断路器额定短路关合电流的选择应符合下列规定：

- 1 额定频率为 50Hz、时间常数标准值为 45ms 时，额定短路关合电流应为额定短路开断电流交流分量有效值的 2.5 倍。
- 2 特殊工况时，额定短路关合电流应为额定短路开断电流交流分量有效值的 2.7 倍，与系统额定频率无关。

**4.6.6** 363kV 及以上断路器应根据过电压水平确定是否装设合闸电阻。

## 4.7 高压负荷开关

**4.7.1** 高压负荷开关技术参数应符合现行国家标准《3.6 kV~40.5 kV 高压交流负荷开关》GB/T 3804 和《额定电压 72.5 kV 及以上交流负荷开关》GB/T 14810 的有关规定。

**4.7.2** 高压负荷开关可用于未设置断路器的厂用分支回路或环网柜。

**4.7.3** 高压负荷开关宜选用 SF<sub>6</sub> 或真空负荷开关。

**4.7.4** 高压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。

**4.7.5** 高压负荷开关的开断电流应大于转移电流和交接电流。

**4.7.6** 高压负荷开关的有功负荷开断能力和闭环电流开断能力不应小于回路额定电流。

**4.7.7** 高压负荷开关应具有切合电感性和电容性小电流的能力。

## 4.8 高压隔离开关和接地开关

**4.8.1** 高压隔离开关和接地开关技术参数应符合现行国家标准《高压交流隔离开关和接地开关》GB/T 1985 的有关规定。

**4.8.2** 隔离开关操动机构的型式根据工程实际情况可选择电动操动机构、手动操动机构。

**4.8.3** 隔离开关根据机械寿命和与断路器关联操作的情况可选用 M0、M1 或 M2 三个等级。

**4.8.4** 接地开关根据短路关合能力的要求可选用 E0、E1 或 E2 三个等级；接地开关根据机械寿命和与断路器关联操作的情况可选用 M0、M1 或 M2 三个等级。

**4.8.5** 额定电压 72.5kV 及以上的多路架空输电线临近布置时，线路接地开关应能够开合感应电流，并保证下列运行条件：

1 接地连接线的一端开路，接地开关在线路的另一端操作时接地开关应能开断和关合容性电流。

2 线路的一端接地，接地开关在线路的另一端操作时接地开关应能开断和关合感性电流。

3 接地开关应能持续承载容性和感性电流。

**4.8.6** 额定电压 40.5 kV 及以上能够开合母线转换电流的隔离开关，其额定母线转换电流值应为 80% 的隔离开关额定电流，额定母线转换电流值超过 1600 A 时应与制造厂协商。

**4.8.7** 额定电压 72.5 kV 及以上用于开合母线充电电流的隔离开关，其开合的能力应满足回路的实际要求。

## 4.9 气体绝缘金属封闭开关设备

**4.9.1** 额定电压 72.5kV 及以上 GIS 技术参数选择应符合现行国家标准《额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备》GB/T 7674 的有关规定。

**4.9.2** GIS 的断路器断口数应根据设备制造能力和电压等级来确定，363kV 及以下断路器应选用单断口；550kV 及以上断路器可选用单断口或双断口，选用双

断口时应采取防止铁磁谐振的措施。

**4.9.3** GIS 隔室划分应考虑分期安装、试验、运行、故障、检修等方面的要求，并应符合下列要求：

- 1 间隔元件设备检修应不影响未检修间隔的正常运行。
- 2 内部故障应限制在故障隔室内。
- 3 断路器、电压互感器、避雷器应设置单独隔室。
- 4 GIS 与变压器、电抗器、高压电缆、SF6/空气套管等设备的连接部位应设置单独隔室。
- 5 隔室内的 SF6 气体容量应考虑回收时间和气体回收装置的容量。

**4.9.4** 伸缩节的配置应符合下列要求：

1 伸缩节的设置应能调节和吸收基础的不均匀沉陷、土建施工误差、设备制造误差、安装误差、补偿温度应力、地震力、断路器操作时的暂时变位以及变压器或电抗器微震等方面产生的位移。

2 伸缩节配置方案应根据工程具体情况和 GIS 的总体结构确定。长母线和土建结构缝处宜设置伸缩节，GIS 分支母线与变压器、电抗器的连接处应设置伸缩节。

**4.9.5** GIS 出线套管与架空线连接的端子应符合现行国家标准《高压电器端子尺寸标准化》GB/T 5273 的有关规定。

**4.9.6** GIS 与变压器、电抗器的直接连接应符合下列规定：

1 GIS 与变压器、电抗器的外壳连接部位应设置绝缘元件加以隔离，绝缘元件应能承受外壳上出现的最大感应电压，并应能承受 2kV 工频电压 1min，绝缘元件的两侧应装设氧化锌限压器。

2 GIS 分支母线与变压器、电抗器的油/气套管连接处的导电回路应设置可拆卸断口，可拆卸断口应设置在小的隔室内。

3 可拆卸断口的间距应能承受各种试验电压。

4 正常运行时连接处的小隔室可与相邻隔室用旁通管连通。

5 GIS 与变压器直接连接时，变压器升高座与 GIS 外壳连接的绝缘之间可设置并联非线性电阻，非线性电阻的容量和特性可由 GIS 制造厂确定。

6 GIS 配电装置投入运行时，若尚未与变压器或电抗器连接，连接处应采

取符合要求的密封措施。

#### **4.9.7 GIS 与电缆的连接应符合下列要求：**

1 电缆终端与 GIS 的接口设计及供货范围划分应满足现行国家标准《额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与充流体及挤包绝缘电力电缆的连接充流体及干式电缆终端》GB/T 22381 的有关规定，并应便于电缆终端安装、运行、检修和试验。

2 GIS 外壳与电缆金属外护套间应设置绝缘元件加以隔离，绝缘元件应能承受各种运行工况下出现的最大感应电压，并应能承受 2kV 工频电压 1min，绝缘元件的两侧应装设氧化锌限压器。

3 GIS 分支母线与电缆终端连接处的导电回路应设置可拆卸断口，可拆卸断口应设置在小的隔室内。

4 可拆卸断口间距应能承受各种试验电压。

5 正常运行时连接处的小隔室可与相邻隔室用旁通管连通。

#### **4.9.8 GIS 与 GIL 的连接应符合下列要求：**

1 GIS 与 GIL 连接界面的绝缘隔板宜由 GIS 制造厂负责设计，绝缘隔板与 GIL 连接的导体连接件、外壳连接件以及密封件宜由 GIL 制造厂负责设计。

2 GIS 与 GIL 连接的绝缘隔板应能承受各种运行工况下出现的最大感应电压，并应能承受 2kV 工频电压 1min。

3 GIS 分支母线与 GIL 连接处的导电回路应设置可拆卸断口，可拆卸断口应设置在小的隔室内。

4 可拆卸断口间距应能承受各种试验电压。

5 正常运行时连接处的小隔室可与相邻隔室用旁通管连通，或设置防爆膜。

#### **4.9.9 接地开关的配置应符合下列要求：**

1 E0 级接地开关可用于 GIS 检修期间将检修部分的主回路可靠接地。

2 E1 级接地开关可用于不能预先确定是否带电的回路。

3 部分或全部接地开关的接地端子应有与地电位绝缘的措施。

4 线路侧快速接地开关应根据同杆多回线路或相邻平行线路的耦合强度，合理地选择切合电磁感应和静电感应的能力。

**4.9.10** 363kV 及以上 GIS 应避免由于 GIS 中开关操作产生的特快速暂态过电压（VFTO）对设备绝缘造成影响。与 GIS 直接连接的主变压器或电抗器的绝缘强度应根据 VFTO 的计算分析结果进行复核。

**4.9.11** GIS 配电装置外壳接地点的设计应保证设备外壳、构架及易接触部位在正常运行条件下感应电压不得大于 24V，故障条件下感应电压应满足现行国家标准《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065 的有关规定。

**4.9.12** 极寒地区户外 GIS 应采取防止绝缘气体液化的措施。

## **4.10 交流金属封闭开关设备**

**4.10.1** 额定电压 40.5kV 及以下交流金属封闭开关设备技术参数应符合现行国家标准《3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》GB/T 3906 和《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》GB/T 11022 的有关规定。

**4.10.2** 开关柜的柜间、母线室之间及与本柜其他功能隔室之间应采取有效的防止火灾蔓延的封堵隔离措施。

**4.10.3** 开关柜应具备下列“五防”措施：

- 1 防止误拉、合断路器。
- 2 防止带负荷分、合隔离开关或隔离插头。
- 3 防止带接地开关或接地线送电。
- 4 防止带电合接地开关或挂接地线。
- 5 防止误入带电间隔。

**4.10.4** 交流金属封闭开关设备在布置场地紧张时宜选用充气式交流金属封闭开关设备，在高海拔地区或运行维护条件差时可选用充气式交流金属封闭开关设备。

## **4.11 高压熔断器**

**4.11.1** 高压熔断器技术参数应符合现行国家标准《高压交流熔断器 第 1 部分：术语》GB/T 15166.1、《高压交流熔断器 第 2 部分：限流熔断器》GB/T 15166.2、《高压交流熔断器 第 3 部分：喷射熔断器》GB/T 15166.3、《高压交流熔断器 第 4 部分：并联电容器外保护用熔断器》GB/T 15166.4、《高压交流

熔断器 第 5 部分:用于电动机回路的高压熔断器的熔断件选用导则》 GB/T 15166.5、《高压交流熔断器 第 6 部分: 用于变压器回路的高压熔断器的熔断件选用导则》 GB/T 15166.6。

**4.11.2** 高压熔断器熔管的额定电流不应小于熔体的额定电流。

**4.11.3** 高压熔断器熔体的额定电流应根据保护对象的熔断特性选择。

**4.11.4** 限流式高压熔断器不宜使用在工作电压低于其额定电压的电网中。

**4.11.5** 喷射式熔断器按照不同的瞬态恢复电压 (TRV) 可分为 A 级、B 级和 C 级, 具体选择应满足现行国家标准《高压交流熔断器 第 3 部分: 喷射熔断器》 GB/T 15166.3 的有关规定。

**4.11.6** 发电机主回路未采用离相封闭母线时, 厂用分支回路可采用快速限流熔断保护装置 (FUR)。

## 4.12 电压互感器

**4.12.1** 电压互感器技术参数应符合国家现行标准《互感器第 1 部分: 通用技术要求》 GB/T 20840.1、《互感器第 3 部分: 电磁式电压互感器的补充技术要求》 GB/T 20840.3、《互感器第 5 部分: 电容式电压互感器的补充技术要求》 GB/T 20840.5、《互感器第 7 部分: 电子式电压互感器》 GB/T 20840.7 和《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》 DL/T 866 的有关规定。

**4.12.2** 电压互感器型式选择应符合下列规定:

1 110 kV 及以上敞开式配电装置宜选用电容式电压互感器。

2 线路装有载波通信时, 线路侧电容式电压互感器宜与耦合电容器结合。

3 气体绝缘金属封闭开关设备内宜采用电磁式电压互感器。

4 66 kV 户外配电装置宜采用电磁式电压互感器。

5 3 kV~35 kV 户内配电装置宜采用固体绝缘的电磁式电压互感器, 35 kV 户外配电装置可采用适用户外环境的固体绝缘或油浸绝缘的电磁式电压互感器。

6 根据工程实际情况可选用电子式电压互感器。

**4.12.3** 电压互感器额定一次电压的选择宜符合下列规定:

1 三相电压互感器或三相系统线间的单相电压互感器, 其额定一次电压标

准值宜为系统标称电压。

2 接在三相系统线与地之间或接在系统中性点与地之间的单相电压互感器，其额定一次电压标准值宜为系统标称电压的 $1/\sqrt{3}$ 倍。

**4.12.4** 电压互感器额定二次电压的选择应符合下列规定：

1 单相电压互感器、三相系统线间的单相电压互感器和三相电压互感器，其额定二次电压标准值应取 100 V。

2 三相系统中相与地之间用的电压互感器，当其额定一次电压标准值为系统标称电压 $1/\sqrt{3}$ 倍时，额定二次电压标准值应为 $100/\sqrt{3}$  V。

**4.12.5** 电压互感器剩余电压绕组的额定电压应符合下列规定：

1 中性点有效接地系统的电压互感器，其剩余电压绕组额定电压标准值应为 100 V。

2 中性点非有效接地系统的电压互感器，其剩余电压绕组额定电压标准值应为 100/3 V。

**4.12.6** 发电机采用附加直流的定子绕组 100%接地保护装置，利用电压互感器向定子绕组注入直流时，接于发电机电压的电压互感器一次侧中性点均不得直接接地；如要求接地时，电压互感器一次侧中性点应经过电容器接地以隔离直流。

**4.12.7** 测量、计量用的电压互感器标准准确级宜为 0.1、0.2、0.5、1.0、3.0；保护用的电压互感器标准准确级宜为 3P、6P；剩余绕组的准确级宜为 3P、6P。

**4.12.8** 电压互感器安装用构架宜有两根与主接地网不同干线连接的接地引下线，并且每根接地引下线均应符合热稳定校核的要求。连接引线应便于定期进行检查测试。

**4.12.9** 电容式电压互感器应防止发生铁磁谐振，其性能应满足下列要求：

1 电压为 0.8  $U_{pn}$ 、1.0  $U_{pn}$ 、1.2  $U_{pn}$  而负荷为零时，互感器二次端子短路后又突然消除短路，其二次电压峰值应在 0.5 s 之内恢复到与短路前正常值相差不大于 10%。

2 中性点有效接地系统在电压为 1.5  $U_{pn}$  或中性点非有效接地系统在电压为 1.9  $U_{pn}$  且负荷为零的情况下，互感器二次端子短路后又突然消除短路，其铁磁谐振持续的时间不应超过 2 s。

**4.12.10** 电磁式电压互感器应采取下列防止发生铁磁谐振的措施：

- 1 应选用励磁特性饱和点较高的电磁式电压互感器。
- 2 同一系统中电压互感器中性点接地的数量宜减少，除电源侧电压互感器高压绕组中性点接地外，其他电压互感器中性点不宜接地。
- 3 10 kV 及以下的母线上可装设中性点接地的星形接线电容器组或用一段电缆代替架空线路，应使系统每相对地分布容抗  $X_{co}$  小于电压互感器在线电压作用下单相绕组的励磁电抗  $X_m$  的 1%。
- 4 电压互感器的开口三角形绕组可装设电阻或其他专门消除此类铁磁谐振的装置，电阻的阻值应按下列式计算：

$$R_{13} \leq X_m / K_{13}^2 \quad (4.12.10)$$

式中： $R_{13}$ ——电压互感器的开口三角形绕组装设的电阻值（ $\Omega$ ）；

$X_m$ ——电压互感器在线电压作用下单相绕组的励磁电抗（ $\Omega$ ）；

$K_{13}$ ——互感器一次绕组与开口三角形绕组的变比

- 5 电压互感器高压绕组中性点可接入单相电压互感器或消谐装置。
- 6 中性点非直接接地系统中的电压互感器应采取消谐措施，并应选用全绝缘型电压互感器。

## 4.13 电流互感器

**4.13.1** 电流互感器技术参数应符合国家现行标准《互感器第 1 部分：通用技术要求》GB/T 20840.1、《互感器第 2 部分：电流互感器的补充技术要求》GB/T 20840.2、《互感器第 8 部分：电子式电流互感器》GB/T 20840.8 和《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》DL/T 866 的有关规定。

**4.13.2** 电流互感器型式的选择应符合下列要求：

- 1 35kV 以下的电流互感器宜选用固体绝缘结构，35 kV 及以上配电装置的电流互感器可采用固体绝缘、气体绝缘及油浸式结构。
- 2 测量用和保护用电流互感器型式选择应符合现行行业标准《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》DL/T 866 的有关规定。
- 3 根据工程实际情况可选用电子式电流互感器，电子式电流互感器应根据现行国家标准《互感器第 8 部分：电子式电流互感器》GB/T 20840.8 的有关规定

进行选择。

#### **4.13.3 电流互感器额定电流的选择应符合下列要求：**

**1** 电流互感器额定一次电流的选择应符合现行行业标准《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》DL/T 866 的有关规定。

**2** 电流互感器的额定二次电流的标准值选择宜符合下列规定：

1) 新建水力发电厂宜选 1 A。

2) 原工程采用 5 A 及在某些情况下有必要降低电流互感器二次开路电压时可选 5 A。

3) 一个厂内的电流互感器可同时采用 1 A 和 5 A。

**3** 变压器有效接地的中性点电流互感器，其额定一次电流应按满足继电保护整定值选择，宜取变压器高压侧额定电流的 50%~100%，且应满足规定的误差限值。

**4** 变压器中性点放电间隙回路中零序电流互感器的额定一次电流宜按 100 A 选择。

**5** 自耦变压器零序差动保护用电流互感器各侧变比均应一致，可按中压侧的额定电流选择。

**6** 自耦变压器公共绕组上作过负荷保护和测量用的电流互感器，应按公共绕组的允许负荷电流选择。

**7** 发电机横联差动保护用电流互感器的一次电流选择应符合下列规定：

1) 支路绕组中性点侧的裂相横差保护用电流互感器应按并联后的支路电流选择。

2) 各中性点连接线上的零序电流横差保护用电流互感器可按发电机允许的最大不平衡电流选择，取发电机额定电流的 20%~30%。

#### **4.13.4 保护用电流互感器的选择宜符合下列规定：**

**1** 电压为 330 kV 及以上的系统保护、高压侧为 330 kV 及以上的变压器差动保护、300 MW 级及以上的发电机或发电机变压器组差动保护用的电流互感器，宜选择 TPY 级电流互感器。

**2** 200 MW~300 MW 级发电机变压器组保护用的电流互感器宜采用 PR 级电流互感器。

3 电压为 110 kV~220 kV 的系统保护、高压侧为 110 kV~220 kV 的变压器差动保护、100 MW~200 MW 及以下发电机变压器组保护用的电流互感器，可采用 PR 级电流互感器或 P 级电流互感器。

4 电压为 110 kV 以下的系统保护、高压侧为 110 kV 以下的变压器差动保护、100 MW 以下发电机变压器组保护用的电流互感器宜采用 P 级电流互感器。

5 某些保护装置本身能克服电流互感器暂态饱和对保护的影响，可按保护装置具体要求选择满足要求的 P 类电流互感器。

6 TP 级互感器的额定短时热电流不宜小于 10 倍额定一次电流，额定动稳定电流宜为额定短时热电流的 2.5 倍。

7 不同电压等级的电流互感器短路持续时间不宜小于表 4.13.4 的规定。

表 4.13.4 不同电压等级的电流互感器短路持续时间

电压等级	短路持续时间
500 kV 及以上	2 s
110 kV~330 kV	3 s
3 kV~66 kV	4 s

4.13.5 电流互感器安装用构架宜有两根与主接地网不同干线连接的接地引下线，并且每根接地引下线均应符合热稳定校核的要求。连接引线应便于定期进行检查测试。

## 4.14 并联电抗器

4.14.1 并联电抗器技术参数应符合现行国家标准《电力变压器 第 6 部分：电抗器》GB/T 1094.6 的有关规定。

4.14.2 三相并联电抗器应采用三相五柱式，110 kV 及以上并联电抗器宜选用单相式。

4.14.3 并联电抗器的中性点小电抗值应根据电力系统的情况按加速潜供电弧熄灭或抑制谐振过电压的要求选择。

4.14.4 并联电抗器中性点小电抗的选择应符合下列规定：

- 1 潜供电流不应超过 20 A。
- 2 输电线路三相不平衡引起的零序电流，可取线路最大工作电流的

0.2%。

3 并联电抗器三相电抗不平衡引起的中性点电流，可取并联电抗器额定电流的 5%~8%。

4.14.5 并联电抗器中性点小电抗的绝缘水平应根据工程实际计算确定。

4.14.6 并联电抗器的基础和固定方式应考虑能减少电抗器运行中的振动。

4.14.7 并联电抗器回路不宜装设断路器，但在下列情况可设置断路器：

1 两回线共用一组并联电抗器。

2 并联电抗器退出运行，过电压水平在允许范围内，并为调相调压需投切并联电抗器。

3 系统其他方面有特殊要求。

4.14.8 并联电抗器的高压侧及中性点侧宜装设套管型电流互感器。

4.14.9 线路并联电抗器的避雷器应采用线路型，母线并联电抗器的避雷器应采用电站型，并应尽量靠近电抗器装设。

## 4.15 限流电抗器

4.15.1 限流电抗器技术参数应符合国家现行标准《电力变压器 第 6 部分：电抗器》GB/T 1094.6 及《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222 的有关规定。

4.15.2 短路电流较大时，装设断路器的厂用电分支回路、变频装置（SFC）分支回路或发电机母线分段回路可采用限流电抗器。

4.15.3 限流电抗器的型式宜选用户内、单相、干式、空芯电抗器。

4.15.4 干式空心电抗器宜采用水平布置。

4.15.5 限流电抗器额定阻抗的选择宜符合下列要求：

1 限流电抗器可将短路电流限制到要求值。

2 限流后厂用电回路、SFC 分支回路的短路电流宜限制在 25kA 以内。

## 4.16 发电机中性点设备

4.16.1 发电机中性点的接地方式应符合现行行业标准《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067 的有关规定。

4.16.2 发电机中性点接地变压器的技术参数应满足现行国家标准《电力变压器

第 11 部分：干式变压器》GB/T 1094.11 的有关规定；发电机中性点消弧线圈的技术参数应符合现行国家标准《电力变压器 第 6 部分：电抗器》GB/T 1094.6 的有关规定。

**4.16.3** 发电机中性点高电阻的大小宜按发电机单相接地时健全相暂时过电压值不超过 2.6 倍相电压选择，电阻值可按下式计算：

$$R = \frac{10^6}{2\pi f C}$$

(4.16.3)

式中： $R$ ——发电机中性点接入电阻值（ $\Omega$ ）；

$f$ ——发电机工作频率（Hz）；

$C$ ——发电机电压系统三相对地总电容（ $\mu\text{F}$ ）。

**4.16.4** 发电机中性点的接地变压器型式宜选用干式单相配电变压器。

**4.16.5** 接地变压器额定电压应选用发电机的额定电压，容量与其工作时间有关，可按下列公式计算：

$$S_e = \frac{U_1 I_c}{k_1} \quad (4.16.5-1)$$

$$I_c = 2\pi f C \frac{U_1}{\sqrt{3}} \times 10^{-3} \quad (4.16.5-2)$$

式中： $S_e$ ——接地变压器额定容量（kVA）；

$U_1$ ——发电机额定电压（kV）；

$I_c$ ——发电机本身及其引出回路所连接元件的对地电容电流（A）；

$k_1$ ——过负荷系数，当无厂家资料时，干式变压器事故过负荷能力可按表 4.16.5 所列数据取值。

表 4.16.5 干式变压器事故过负荷能力

过负荷量/额定容量	1.4	1.5	1.65	1.7	1.75	1.9	2.2	3.0
过负荷持续时间 (min)	60	45	32	18	15	10	5	1

**4.16.6** 发电机定子绕组 100% 接地保护采用注入 20Hz 电源式接地保护时，二次绕组额定电压的选择应满足其灵敏度要求。

**4.16.7** 变压器低压侧接入电阻的阻值应按下列式计算：

$$R_2 = Rk^2 - \frac{PU_2^2}{S^2}$$

(4.16.7)

式中： $R_2$ ——变压器低压侧接入电阻值（ $\Omega$ ）；

$U_2$ ——变压器低压侧电压（kV）；

$k$ ——变压器二次侧电压与一次侧电压的比值；

$P$ ——变压器负载损耗（kW）；

$R$ ——发电机中性点接入电阻值（ $\Omega$ ）。

$S$ ——变压器额定容量（kVA）

**4.16.8** 消弧线圈的额定绝缘水平应与发电机中性点绝缘水平相同。

**4.16.9** 消弧线圈分接头应满足定子接地保护和调谐要求，分接头数量不宜少于5个。

**4.16.10** 单元接线的发电机，中性点消弧线圈宜采用欠补偿方式；具有直配线的发电机，中性点消弧线圈宜采用过补偿方式。

**4.16.11** 消弧线圈宜选用容量接近计算值的标准容量，消弧线圈的容量可按下列式计算：

$$Q = KI_c \frac{U_n}{\sqrt{3}} \quad (4.16.11)$$

式中： $Q$ ——补偿容量（kVA）；

$K$ ——系数，过补偿可取1.35，欠补偿按脱谐度确定；

$I_c$ ——发电机及其引出回路所连接元件的对地电容电流（A）；

$U_n$ ——发电机额定电压（kV）。

**4.16.12** 中性点经消弧线圈接地的发电机，其中性点长时间电压位移不应超过发电机额定相电压的10%，中性点位移电压可按下列公式计算：

$$U_0 = \frac{U_{bd}}{\sqrt{d^2 + v^2}} \quad (4.16.12-1)$$

$$v = \frac{I_c - I_L}{I_c} \quad (4.16.12-2)$$

式中： $U_0$ ——中性点位移电压（kV）；

$U_{bd}$ ——消弧线圈接入前系统或发电机回路中性点不对称电压（kV），

可取 0.8%相电压；

$d$ ——阻尼率，60kV~110kV 架空线路可取 3%，35kV 及以下架空线路可取 5%，电缆线路可取 2%~4%；

$\nu$ ——脱谐度，不宜超过  $\pm 30\%$ ；

$I_c$ ——系统发电机回路的电容电流（A）；

$I_L$ ——消弧线圈电感电流（A）。

## 4.17 避雷器

**4.17.1** 避雷器宜采用交流无间隙金属氧化物避雷器。

**4.17.2** 金属氧化物避雷器技术参数应符合现行国家标准《交流无间隙金属氧化物避雷器》GB/T 11032 的有关规定。

**4.17.3** 避雷器的额定电压可按下式选择：

$$U_r \geq kU_t \quad (4.17.3)$$

式中： $U_r$ ——避雷器额定电压（kV）；

$K$ ——切除短路故障时间系数，10s 及以下切除故障  $k$  取 1.0，10s 以上切除故障  $k$  取 1.25；

$U_t$ ——暂时过电压（kV）；在选择避雷器额定电压时，仅考虑单相接地、甩负荷和长线电容效应引起的暂时过电压，暂时过电压有效值可按表 4.17.3 选择。

**表 4.17.3 暂时过电压有效值（kV）**

接地方式	非有效接地系统		有效接地系统	
	3~10	35~66	110~220	330~750
系统标称电压				母线 线路
暂时过电压	$1.1 U_m$	$U_m$	$1.3 \frac{U_m}{\sqrt{3}}$	$1.3 \frac{U_m}{\sqrt{3}}$ $1.4 \frac{U_m}{\sqrt{3}}$

注： $U_m$ 为系统最高电压。

**4.17.4** 避雷器持续运行电压有效值不应小于 0.8 倍避雷器额定电压，且应满足表 4.17.4 的规定：

**表 4.17.4 避雷器持续运行电压有效值（kV）**

接地方式	有效接地系统	非有效接地系统			
		3 ~10		35 ~66	
系统标称电压	110 ~750				
切除故障时间	—	≤10s	>10s	≤10s	>10s
持续运行电压	$\geq U_m / \sqrt{3}$	$\geq U_m / \sqrt{3}$	$\geq 1.1U_m$	$\geq U_m / \sqrt{3}$	$\geq U_m$

注： $U_m$ 为系统最高电压（kV）。

**4.17.5** 保护发电机的避雷器额定电压，对应故障切除时间 10s 以内和 10s 以上时，应分别按不超过 1.05 倍和 1.25 倍发电机额定电压选择。

## 4.18 套管

**4.18.1** 套管技术参数应符合现行国家标准《交流电压高于 1000V 的绝缘套管》GB/T 4109 的有关规定。

**4.18.2** 3kV~20kV 穿墙套管的爬电距离，应满足安装地点污秽等级的要求；当不能满足时，可按提高一级或两级电压等级选择。

**4.18.3** 紫外线强度较高地区的户外套管宜采用瓷套管。

## 4.19 绝缘子

**4.19.1** 线路绝缘子的技术参数选择和绝缘配合设计应符合现行国家标准《高压绝缘子瓷件 技术条件》GB/T 772、《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分：定义、信息和一般原则》GB/T 26218.1、《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545 的有关规定；支柱绝缘子的技术参数选择应符合现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222 的有关规定。

**4.19.2** 厂内架空线路的绝缘子不宜采用玻璃绝缘子。

**4.19.3** 封闭母线内绝缘子绝缘水平应按母线内空气温度进行修正，干燥状态下的试验电压应为额定耐受电压值乘以温度校正因数  $K_t$ ， $K_t$  应按本规范公式（3.4.5）计算。

**4.19.4** 3kV~20kV 屋外支柱绝缘子的爬电距离应满足安装地点污秽等级的要求；不能满足时，支柱绝缘子可按提高一级或两级电压等级选择。

**4.19.5** 屋外支柱绝缘子宜采用棒式支柱绝缘子，需倒装时可用悬挂式支柱绝缘

子；屋内支柱绝缘子宜采用联合胶装的多棱式支柱绝缘子。

## **4.20 线路阻波器**

**4.20.1** 阻波器技术参数应符合现行国家标准《交流电力系统阻波器》GB/T 7330的有关规定。

**4.20.2** 线路阻波器的额定持续电流应不小于系统给定的阻波器串联的输电线路的最大工作电流，额定短时电流在规定时间内流过主线圈不应引起热损坏或机械损坏。

## 5 高压电气设备布置

### 5.1 主要电气设备布置

**5.1.1** 高压电气设备的布置应结合接线方式、设备型式以及工程总体布置综合因素确定。

**5.1.2** 发电机电压母线布置可采用水平、垂直或斜井布置方式，并应符合下列要求：

- 1 应满足安装、运行、维护、检修等要求。
- 2 应满足母线与水轮发电机、主变压器、励磁变压器、开关柜、电流互感器及厂用电变压器等设备的连接要求。
- 3 应满足母线支架固定方式及荷载对土建结构的要求。

**5.1.3** SF<sub>6</sub>发电机断路器成套装置的布置应符合下列要求：

- 1 应符合发电机断路器的结构特点，并满足安装、运行、维护、检修搬运通道、灭弧室检修空间及起吊等运行维护要求。
- 2 应符合断路器与主回路母线的连接要求。
- 3 应考虑动、静荷载对土建结构的影响。

**5.1.4** 主变压器布置应符合下列要求：

- 1 变压器宜靠近发电机布置。
- 2 变压器场地布置应符合国家现行标准《水电工程设计防火规范》GB 50872 及《电力设备典型消防规程》DL 5027 的有关规定。
- 3 变压器布置应符合变压器卸车、就位、检修、试验和运行维护等必要通道、空间和搬运条件的要求。
- 4 变压器散热装置宜布置在开敞侧。
- 5 变压器室顶部宜设置满足安装、检修用的起吊设施。
- 6 变压器压力释放装置的泄压面应避开运行巡视工作部位。
- 7 解体运输变压器的组装场地应设置组装场地至变压器就位地的运输通道，组装场地应就近选择。

**5.1.5** GIS 布置应考虑其安装、运行巡视、检修、起吊、现场试验以及 SF<sub>6</sub> 气体回收装置搬运所需的空间和通道，设置安装场地，并应符合下列要求：

- 1 同一间隔内的 GIS 配电装置不应跨土建结构缝布置。
- 2 同一个间隔内的元件检修时不应影响未检修间隔的正常运行。
- 3 GIS 两侧应设置安装、检修和巡视的通道，通道应满足以下要求：
  - 1) 主通道宜设置在靠断路器的一侧，其宽度应满足检修 GIS 配电装置中最大设备单元搬运所需的空间和 SF<sub>6</sub> 气体回收装置搬运所需宽度，不应小于 2 m，330 kV 及以上 GIS 配电装置不应小于 2.5 m。
  - 2) 巡视通道宽度应满足操作、巡视和补气装置对隔室补气的要求，不宜小于 1.0 m，特殊部位不应小于 0.8 m。
- 4 GIS 户内布置时，应满足最大运输单元在安装、检修时所需的起吊和搬运空间，并应在室内一端设置安装场地，其长度宜取 2~3 个间隔宽度。
- 5 GIS 每个间隔宜设一个汇控柜，汇控柜宜布置在断路器主通道侧，与每个间隔对应位置。
- 6 GIS 布置应满足现场耐压试验要求，应考虑是否需要 GIS 试验所需连接过渡段和试验套管，试验场地应考虑试验设备的布置、荷载、运输及安全净距。

#### 5.1.6 GIS 的环境保护应符合下列要求：

- 1 GIS 室内应设置机械排风装置，排风口距地面高度应小于 0.3 m，且排风口应设置在易于扩散的通风处。
- 2 GIS 室排风系统设计应使 GIS 室空气中 SF<sub>6</sub> 气体含量小于 6.0 g/m<sup>3</sup>。
- 3 GIS 室内应设置检测空气中 SF<sub>6</sub> 气体浓度的探测仪，当空气中的 SF<sub>6</sub> 气体浓度超过标准时，探测仪应发出报警信号；探测仪宜选用固定式。
- 4 GIS 配电装置与其他设备场所连接的电缆沟、吊物孔等应进行封堵，防止泄露的 SF<sub>6</sub> 气体进入其他设备场所。
- 5 GIS 穿越屋面板、墙体至户外时应设置防雨水渗漏的密封装置。

#### 5.1.7 GIS 配电装置室应符合下列要求：

- 1 室内面积超过 250m<sup>2</sup> 的户内 GIS 配电装置室应在房间两端各设一个出口。
- 2 地下 GIS 配电装置室应有防潮措施，不应有地下水渗漏，必要时应设置防渗漏隔墙和防水顶棚。
- 3 GIS 配电装置室土建允许偏差应符合下列规定：
  - 1) 混凝土基础分缝线两侧水平横向和纵向产生的位移允许偏差为 ±10 mm，

垂直位移允许偏差为 $\pm 5$  mm。

2) GIS 设备安装标称面的水平和垂直方向土建允许偏差为 $\pm 8$  mm。

3) GIS 配电装置室地坪面的不平整度不应大于 $\pm 10$  mm。

4) GIS 配电装置运行中，基础不均匀沉陷不应大于 10 mm。

4 GIS 配电装置基础荷载应主要考虑设备静荷载、断路器操作时的动荷载、地震荷载。

**5.1.8** 进线段、出线段及联络线采用高压电缆时应符合下列要求：

1 电缆不宜并联。

2 电缆不宜设置中接头。

3 电缆终端的布置应符合下列要求：

1) 支撑电缆终端的支架应能方便电缆穿入和电缆终端及其附件的吊装。

2) 工作电流大于 1500 A 时，钢结构支架不宜围绕电缆构成闭合磁路。

3) 金属套接地连接箱宜布置在电缆终端支架上，护层电压限制器应布置在接地连接箱内或支架上人不能触及的位置，布置应使连接金属套和接地

连接箱的同轴电缆最短；同轴电缆截面应满足短时耐受电流要求，

绝缘水平与外护套的绝缘水平应相同。

4) 户内电缆终端作为现场耐压试验加压点时，应按试验要求留有足够的试验场地。

4 电缆敷设应符合下列要求：

1) 电缆路径的选择应远离油库和柴油发电机房。

2) 电缆路径宜较短，便于电缆敷设与维护。

3) 电缆路径弯道宜较少，满足电缆允许的弯曲半径。

4) 电缆路径宜避开将要挖掘施工的地方。

5) 电缆敷设根据工程情况，可设置隧道、竖井、斜井或沟道。

6) 电缆在厂区内敷设不宜采取直埋。

7) 电缆布置应考虑电缆终端制作预留段。

8) 电缆敷设方式选择应考虑对电缆的载流量和对电缆固定构架的影响。

5 电缆敷设方式可采用直线形敷设、蛇形敷设或水平悬吊式敷设等方式。

6 电缆的支持与固定应符合下列要求：

1) 电缆支架的机械强度应满足电缆及其固定件和安装时的纵向拉力、电缆

传输装置和人体重量等荷载。

- 2) 电缆支架构成环形时应采用非磁性材料隔断。
- 3) 挠性固定的电缆线路应有活动支架。
- 4) 固定单芯电缆的夹具应采用非磁性材料，并满足该回路短路电流作用下的机械强度。

#### **5.1.9 进线段、出线段及联络线的架空线路设计应符合下列要求：**

1 架空线路设计可考虑利用大坝、厂房等水工建筑物和在崖壁上设锚钩作为导线挂点。

2 多回架空线路在布置条件受到限制时，可采用同杆双回线路，避雷线设计应统一考虑。

3 架空线路跨越溢洪雾化区应考虑泄洪时发生异常气流、水雾对线路的影响。

4 架空线路跨越门机、施工缆机、通航设施和厂房等应考虑其对线路的影响。

5 架空线路设计应与进出线方位协调，避免线路交叉；受布置限制需跨越其他线路的架空线路应符合下列要求：

- 1) 电压较高的线路应架设在电压较低的线路上方。
- 2) 架空线路应考虑因导线初伸长、风偏、覆冰、过载温升、短路过热而增大弛度等不利影响，确保交叉距离在长期运行中满足电气要求。

6 架空导线与地面、建筑物间最小距离应符合现行国家标准《110~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545 的有关规定。

7 出线门型架布置宜考虑避免跨越建筑物伸缩缝的措施。

#### **5.1.10 GIL 布置应符合下列要求：**

- 1 GIL 布置应便于 GIL 与其他设备的连接。
- 2 GIL 和 GIS 的连接处应设置隔板。
- 3 GIL 和 GIS 若需要在现场分别进行试验，宜在连接处设置可拆卸断口。
- 4 GIL 与其他设备连接处外壳应绝缘。
- 5 GIL 标准长度应根据运输条件、起吊高度及制造技术综合确定。

6 GIL 布置应便于 GIL 及其辅助设备的安装、巡视、维护、检修、补气、操作和起吊等要求。

7 GIL 布置应满足 GIL 现场试验方案及试验场所的要求。

8 GIL 的布置应考虑 SF6 气体泄漏的封堵及排放措施，并配置必要的监测装置。

6 长竖井或斜井安装的 GIL 应考虑电梯、安装维护平台、安装和检修起吊设备、充放气装置布置、通风设计和电缆通道等对 GIL 布置影响。

5.1.11 交流金属封闭开关设备布置应考虑开关设备的结构型式、进出线方式以及进出线型式。

## 5.2 安全净距

5.2.1 屋外配电装置的安全净距  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $C$ 、 $D$  (图 5.2.1-1~图 5.2.1-6) 最小允许值宜以金属氧化物避雷器的保护水平为基础确定，3kV~500kV 屋外配电装置的最小安全净距不应小于表 5.2.1-1 所列数值，750kV 屋外配电装置的最小安全净距不应小于表 5.2.1-2 所列数值。

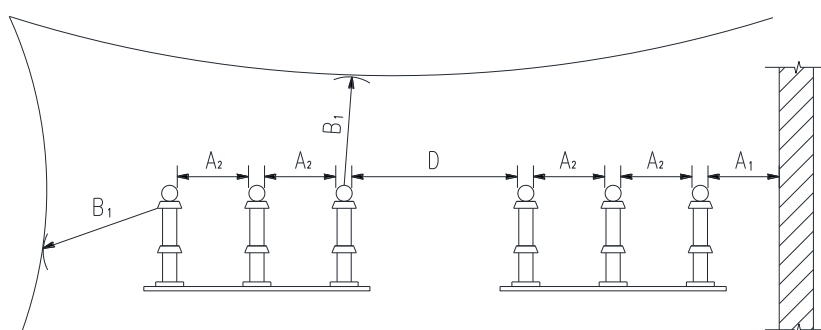


图 5.2.1-1 屋外配电装置的安全净距  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$ 、 $D$  值示意图

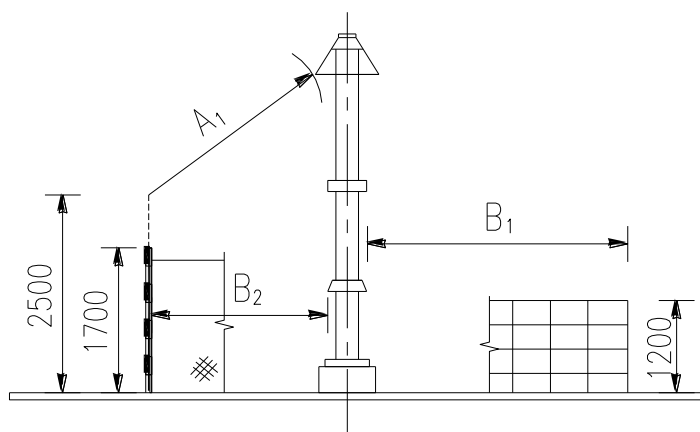


图 5.2.1-2 屋外配电装置的安全净距  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $B_2$  值示意图

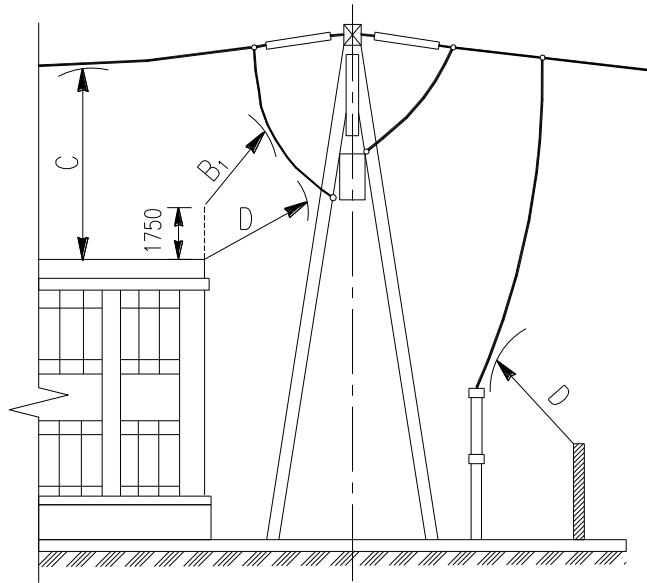


图 5.2.1-3 屋外配电装置的安全净距  $B_1$ 、 $C$ 、 $D$  值示意图

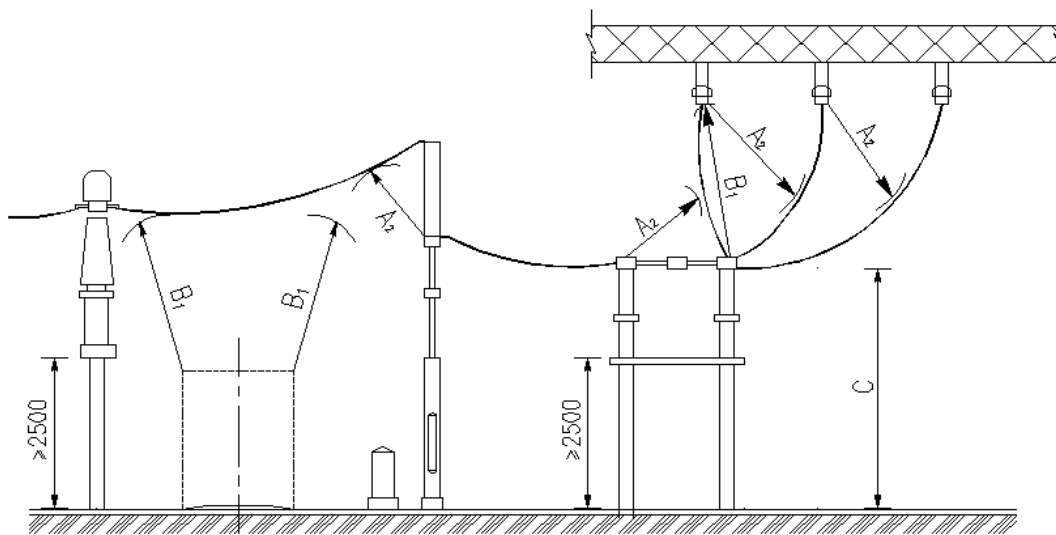


图 5.2.1-4 屋外配电装置的安全净距  $A_2$ 、 $B_1$ 、 $C$  值示意图

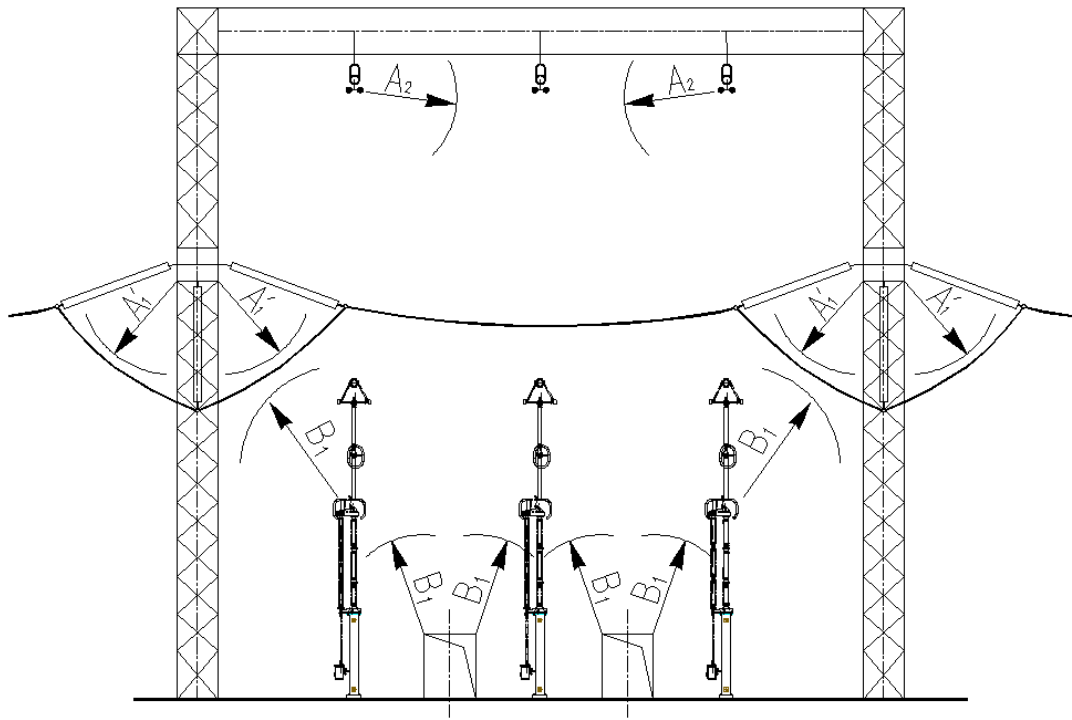


图 5.2.1-5 屋外配电装置的安全净距  $A'_{1}$ 、 $A_2$ 、 $B_1$  值示意图

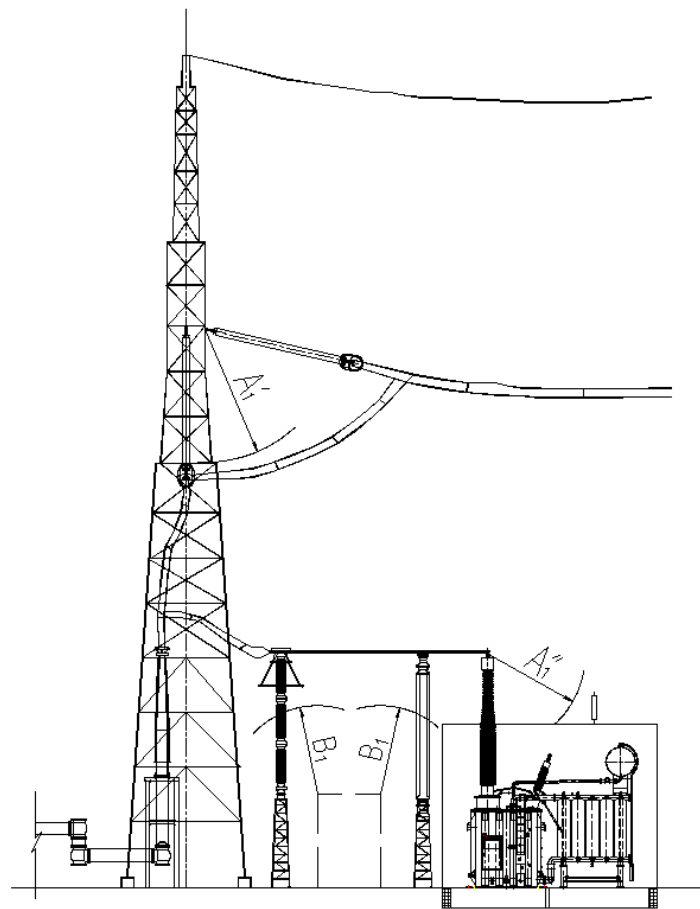


图 5.2.1-6 屋外配电装置的安全净距  $A'_{1}$ 、 $A''_{1}$ 、 $B_1$  值示意图

表 5.2.1-1 3kV~500kV 屋外配电装置的最小安全净距 (mm)

安全净距	适用范围	系统标称电压 (kV)									备注
		3~10	15~20	35	66	110J	110	220J	330J	500J	
A <sub>1</sub>	带电部分至接地部分之间	200	300	400	650	900	1000	1800	2500	3800	-
	网状遮拦向上延伸线距地 2.5m 处与遮拦上方带电部分之间										
A <sub>2</sub>	不同相带电部分之间	200	300	400	650	1000	1100	2000	2800	4300	-
	断路器和隔离开关的断口两侧引线带电部分之间										
B <sub>1</sub>	设备运输时, 其外廊至无遮拦带电部分之间	950	1050	1150	1400	1650	1750	2550	3250	4550	B <sub>1</sub> =A <sub>1</sub> +750
	交叉的不同时停电检修的无遮拦带电部分之间										
	栅状遮拦至绝缘体和带电部分之间 <sup>2</sup>										
B <sub>2</sub>	网状遮拦至带电部分之间	300	400	500	750	1000	1100	1900	2600	3900	B <sub>2</sub> =A <sub>1</sub> +70+30
C	无遮拦裸导体至地面之间	2700	2800	2900	3100	3400	3500	4300	5000	7500 <sup>4</sup>	C=A <sub>1</sub> +2300+200
	无遮拦裸导体至建筑物、构筑物顶部之间										
D	平行的不同时停电检修的无遮拦带电部分之间	2200	2300	2400	2600	2900	3000	3800	4500	5800	D=A <sub>1</sub> +1800+200
	带电部分与建筑物、构筑物的边沿部分之间										

- 注: 1 110J、220J、330J、500J 为中性点有效接地系统。  
 2 220 kV 及以上电压等级的配电装置, 可按绝缘体电位的实际分布, 采用相应的 B<sub>1</sub> 值进行校验; 当无给定的分布电位时, 可按线性分布计算并允许栅状遮拦与绝缘体的距离小于 B<sub>1</sub> 值。校验 500 kV 相间通道的安全净距, 亦可用此原则。  
 3 500kV 的 A<sub>1</sub> 值, 双分裂软导线至接地部分之间可取 3500 mm。  
 4 500kV 配电装置 C 值由地面静电感应的场强水平确定, 距地面 1.5m 处空间场强不宜超过 10kV/m, 但部分地区可按不大于 15kV/m 考核。  
 5 海拔超过 1000m 时, A 值应进行修正。

表 5.2.1-2 750kV 屋外配电装置的最小安全净距 (mm)

安全净距	适应范围	系统标称电压 (kV)		备注
		750J		
A'1	带电导体至接地架构	4800		—
A''1	带电设备至接地架构	5500		—
A2	带电导体之间	7200		—
B1	带电导体至栅栏 <sup>5</sup>	6250		B <sub>1</sub> =A <sub>1</sub> +750
	运输设备外轮廓线至带电导体			
	不同时停电检修的垂直交叉导体之间			
B2	网状遮拦至带电部分之间	5600		B <sub>2</sub> =A <sub>1</sub> +70+30
C	带电导体至地面	12000		C 值由地面场强确定 <sup>6</sup>
D	不同时停电检修的两平行回路之间水平距离	7500		D= A <sub>1</sub> +1800+200
	带电导体至围墙顶部			
	带电导体至建筑物边缘			

- 注：1 750J 为中性点有效接地系统。  
 2 交叉导体之间应同时满足 A<sub>2</sub> 和 B<sub>1</sub> 的要求。  
 3 平行导体之间应同时满足 A<sub>2</sub> 和 D 的要求。  
 4 海拔超过 1000m 时，A 值应进行修正。  
 5 750kV 配电装置可按绝缘体电位的实际分布，采用相应的 B<sub>1</sub> 值进行校验；此时，允许栅状遮拦与绝缘体的距离小于 B<sub>1</sub> 值，当无给定的分布电位时，可按线性分布计算。校验 750kV 相间通道的安全净距，亦可用此原则。  
 6 750kV 配电装置 C 值应由地面静电感应的场强水平确定，距地面 1.5m 处空间场强不宜超过 10kV/m，但部分地区可按不大于 15kV/m 考核。

5.2.2 屋外配电装置使用软导线时，35kV~750kV 不同条件下的计算风速和最小空气间隙应符合表 5.2.2 的规定，并应采用其中最大数值。

表 5.2.2 35kV~750kV 不同条件下的计算风速和最小空气间隙 (mm)

条件	校验条件	计算风速 (m/s)	A 值	系统标称电压 (kV)							
				35	66	110J	110	220J	330J	500J	750J
雷电过电压	雷电过电压和风偏	10 <sup>1</sup>	A <sub>1</sub>	400	650	900	1000	1800	2400	3200	4300
			A <sub>2</sub>	400	650	1000	1100	2000	2600	3600	4800
操作电压	操作过电压和风偏	最大设计风速的 50%	A <sub>1</sub>	400	650	900	1000	1800	2500	3500	4800
			A <sub>2</sub>	400	650	1000	1100	2000	2800	4300	6500
工频电压	1.最高工作电压、短路和风偏 2.最高工作电压和风偏 (	10 或最大设计风速	A <sub>1</sub>	150	300	300	450	600	1100	1600	2200
			A <sub>2</sub>	150	300	500	500	900	1700	2400	3750

注：1 最大设计风速为 34m/s 及以上、雷暴时风速较大的气象条件恶劣地区，其计算风速应采用 15m/s。

5.2.3 屋内配电装置安全净距 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、C、D、E (图 5.2.3-1~图 5.2.3-2) 的最小允许值宜以金属氧化物避雷器的保护水平为基础确定，屋内配电

装置的最小安全净距不应小于表 5.2.3 所列数值

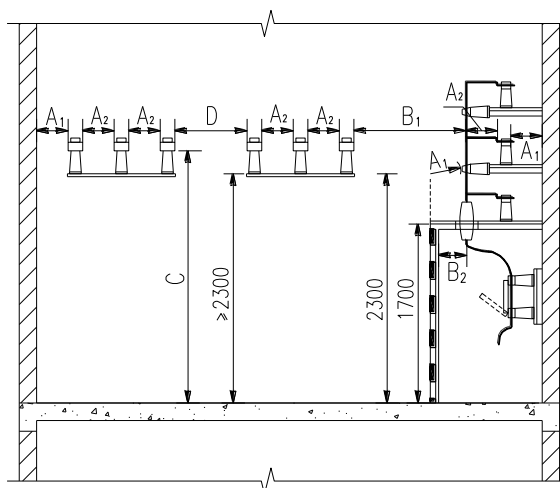


图 5.2.3-1 屋内 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、C、D 值示意图

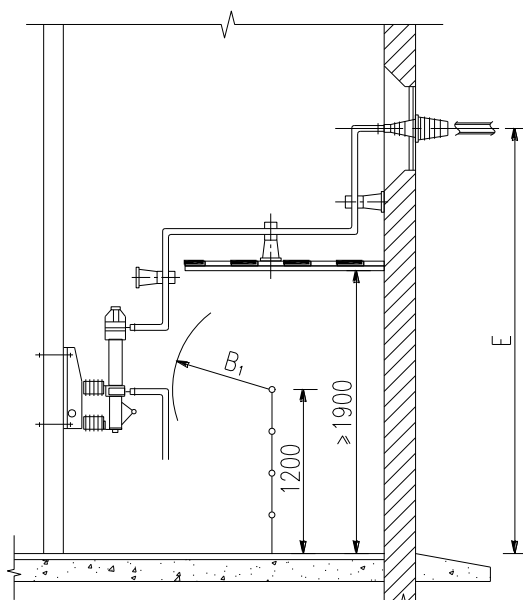


图 5.2.3-2 屋内 B<sub>1</sub>、E 值示意图

表 5.2.3 屋内配电装置的最小安全净距 (mm)

符号	适应范围	系统标称电压 (kV)								
		3	6	10	15	20	35	66	110J	220J
A <sub>1</sub>	带电部分至接地部分之间	75	100	125	150	180	300	550	850	1800
	网状和板状遮拦向上延伸线距地 2.3m 处与遮拦上方带电部分之间									
A <sub>2</sub>	不同相带电部分之间	75	100	125	150	180	300	550	900	2000
	断路器和隔离开关的断口两侧引线带电部分之间									
B <sub>1</sub>	栅状遮拦至带电部分之间	825	850	875	900	930	1050	1300	1600	2550
	交叉的不同时停电检修的无遮拦带电部分之间									
B <sub>2</sub>	网状遮拦至带电部分之间	175	200	225	250	280	400	650	950	1900

C	无遮拦裸导体至地（楼）面之间	2500	2500	2500	2500	2500	2600	2850	3150	4100
D	平行的不同时停电检修的裸导体之间	1875	1900	1925	1950	1980	2100	2350	2650	3600
E	通向屋外的出线套管至屋外通道的路面	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4500	5000	5500

- 注：1 110J、220J 为中性点有效接地系统。  
2 板状遮拦至带电部分之间， $B_2$  值可取  $(A_1+30)$  mm。  
3 通向屋外配电装置的出线套管至屋外地面的距离，不应小于表 5.2.1-1 中所列屋外部分之 C 值。  
4 海拔超过 1000m 时，A 值应进行修正。

**5.2.4** 相邻带电部分的系统标称电压不同的配电装置应按高的系统标称电压确定其安全净距。

**5.2.5** 屋外配电装置带电部分的上方或下方，不应有照明、通信和信号线路架空跨越或穿过；屋内配电装置带电部分的上方不应有明敷的照明或动力线路跨越。

**5.2.6** 电气设备外绝缘体最低部位距地面小于 2.5 m 的屋外配电装置应装设固定遮拦；电气设备外绝缘体最低部位距地面小于 2.3 m 的屋内配电装置应装设固定遮拦。

## 5.3 通道和围栏

**5.3.1** 配电装置的布置应便于设备的操作、搬运、检修、试验和巡视，还应符合安全、消防、节约用地的有关规定。

**5.3.2** 220 kV 及以上屋外配电装置主干道宜设置环形道路和巡视小道，如成环有困难时应具备回车条件。

**5.3.3** 屋外配电装置通道宽度应符合下列规定：

1 屋外配电装置主要环形通道应满足消防要求，道路净宽度不应小于 4 m。

2 大门至主控制楼、主变压器的主通道宽度，220 kV 配电装置可加宽至 4.5 m，330 kV 及以上配电装置可加宽至 5.5 m。

3 屋外配电装置内的检修道路和 500kV 及以上屋外配电装置的相间道路宽度宜为 3 m。

**5.3.4** 屋外配电装置道路转弯半径、坡度宜符合下列要求：

1 屋外配电装置内的道路转弯半径不宜小于 7 m。

2 屋外配电装置内主干道的转弯半径根据通行大型平板车的技术性能确

定，220kV 配电装置主干道的转弯半径宜为9 m~12 m，330 kV 及以上配电装置主干道的转弯半径宜为 15 m。

3 屋外配电装置内的道路纵坡不宜大于 6%，阶梯式布置、山区或受条件限制的地段的道路纵坡不宜大于 8%。

4 屋外配电装置内道路宜采用水泥混凝土或沥青路面。

**5.3.5 屋外配电装置内巡视通道应符合下列要求：**

1 巡视通道应根据运行巡视和操作需要设置，巡视路线应结合地面电缆沟的布置确定。

2 巡视通道宽度宜为 0.7 m~1.0 m。

3 纵坡大于 8%的巡视通道宜有防滑措施或做成踏步。

**5.3.6 高型布置的屋外配电装置应符合下列要求：**

1 高型布置的屋外配电装置应设高层通道和围栏。

2 220kV 屋外配电装置的通道宽度可采用 3 m~3.6 m，110 kV 屋外配电装置的通道宽度可采用 2m。

3 屋外配电装置通道两侧应设高出通道 0.1 m 的护沿，并应设置两个楼梯；楼梯的宽度不应小于 0.8 m、坡度不大于 45°，且表面应有防滑措施。

4 相邻两高型屋外配电装置之间，或距离较近的高型屋外配电装置上层通道与控制楼之间宜设置露天天桥。

5 距离较近的屋内配电装置楼与控制楼之间宜设置天桥。

**5.3.7 屋内成排布置的 35 kV 及以下的高压配电装置，高压配电装置室内通道的最小宽度净距应符合表 5.3.7 的规定。**

**表 5.3.7 高压配电装置室内通道的最小宽度净距 (mm)**

布置方式	维护通道	操作通道	
		固定式	移开式
设备单列布置	800	1500	单车长+1200
设备双列布置	1000	2000	双车长+900

- 注：1 通道宽度在建筑物的墙柱个别突出处，可缩小 200mm。  
 2 手车式开关柜不需进行就地检修时，其通道宽度可适当减小。  
 3 固定式开关柜靠墙布置时，柜背离墙距离宜取 50mm。  
 4 当采用 35kV 手车式开关柜时，柜后通道不宜小于 1000mm。  
 5 对全绝缘密封式成套配电装置，可根据厂家安装使用说明减少通道宽度。

**5.3.8 油浸变压器布置在室内时，容量为 1250 kVA 及以上的变压器贮油池(坑)的外廓与变压器室的后壁、侧壁之间最小净距不应小于 800 mm，与门之间的最小净距不应小于 1000 mm；容量为 1000kVA 及以下的变压器贮油池(坑)的外**

廓与变压器室的后壁、侧壁之间最小净距不应小于 600 mm，与门之间的最小净距不应小于 800 mm。

**5.3.9** 设置于室内的无外壳干式变压器，其外廓与四周墙壁的净距不应小于 600 mm，干式变压器之间的距离不应小于 1000 mm。

**5.3.10** 敞开式高压配电装置的独立开关站，其场地四周应设置高度不低于 2200 mm 的围墙；厂区内的屋外配电装置四周应设置围栏，其高度不应小于 1500 mm。

**5.3.11** 配电装置的遮拦应符合下列规定：

1 配电装置中电气设备的栅状遮拦高度不应小于 1200 mm，栅状遮拦最低栏杆至地面的净距不应大于 200mm。

2 配电装置中电气设备的网状遮拦高度不应小于 1700 mm，网状遮拦网孔不应大于 40 mm×40 mm。

3 配电装置的围栏门应设置门锁。

**5.3.12** 屋外的母线桥应采取避免外物落在母线上的防护措施。

## 5.4 对建筑物及构筑物的要求

**5.4.1** 配电装置室应符合下列规定：

1 配电装置室出口应符合下列规定：

1) 长度大于 7 m 的配电装置室应设两个出口，出口宜布置在配电装置室的两端。

2) 除 GIS 室外，长度大于 60 m 的配电装置室宜在房间中部再增加一个出口。GIS 室面积超过 250 m<sup>2</sup> 时，房间两端应各设一个出口。

3) 布置在楼上的配电装置室应至少有一个通向该层走廊或室外的安全出口。

2 屋内敞开式配电装置的母线分段处宜设置有门洞的隔墙。

3 充油电气设备间的门开向不属配电装置范围的建筑物内时，设备间的门应为防火门。

4 配电装置室的门应为向疏散方向开启的防火门。

5 配电装置室可开窗，并应采取防止雨、雪、小动物、风沙及污秽尘埃进

入的措施。

**6** 配电装置室的耐火等级及装修应符合现行国家规范《水电工程设计防火规范》GB 50872 的有关规定。

**7** 配电装置室有楼层时，楼层楼面应设防水措施。

**8** 配电装置室内通道应保证畅通无阻，不应设立门槛，并不应有与配电装置无关的管道通过。

**9** 20 kV 及以下配电装置室门的净高度和宽度，宜按设备最大运输尺寸高度加 0.5 m，宽度加 0.3 m 确定，其疏散通道门的净宽不应小于 0.9 m，净高不宜小于 2.0 m。

**10** 地面配电装置室宜高出室外地坪 100 mm ~300mm。

**5.4.2** 室外配电装置架构的荷载应按下列规定确定：

**1** 计算用气象条件应按当地的气象资料确定。

**2** 架构宜根据实际受力条件，包括远景可能发生的不利情况，分别按终端或中间架构设计，架构设计可不考虑断线。

**3** 架构设计应考虑运行、安装、检修、地震情况时的四种荷载组合，并符合下列规定：

**1)** 运行情况下，架构设计可采用 50 年一遇的设计最大风速、最低气温及最严重覆冰三种情况中最严重者。

**2)** 安装情况下，导线及避雷线的架设应考虑横梁上作用人和工具 2 kN 以及相应的风荷载、导线及避雷线张力、自重等因素。

**3)** 检修情况下，根据实际检修方式的需要，可考虑三相同时上人停电检修，及单相跨中上人带电检修两种情况的导线张力、相应的风荷载及自重等因素；对挡距内无引下线的情况可不考虑跨中上人。

**4)** 地震情况下，架构设计应考虑水平地震作用及相应的风荷载或相应的冰荷载、导线及避雷线张力、自重等因素，地震情况下的结构抗力、抗拔、抗倾覆等或承载力调整系数应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则》 GB/T 311.1
- 《优先数和优先数系》 GB/T 321
- 《高压绝缘子瓷件 技术条件》 GB/T 772
- 《电力变压器 第1部分：总则》 GB/T 1094.1
- 《电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升》 GB/T 1094.2
- 《电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》 GB/T 1094.3
- 《电力变压器 第4部分：电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则》 GB/T 1094.4
- 《电力变压器 第5部分：承受短路的能力》 GB/T 1094.5
- 《电力变压器 第6部分：电抗器》 GB/T 1094.6
- 《电力变压器 第7部分：油浸式电力变压器负载导则》 GB/T 1094.7
- 《电力变压器 第10部分：声级测定》 GB/T 1094.10
- 《电力变压器 第11部分：干式变压器》 GB/T 1094.11
- 《电力变压器 第12部分：干式电力变压器负载导则》 GB/T 1094.12
- 《高压交流断路器》 GB/T 1984
- 《高压交流隔离开关和接地开关》 GB/T 1985
- 《3.6 kV~40.5 kV 高压交流负荷开关》 GB/T 3804
- 《3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备》 GB/T 3906
- 《交流电压高于 1000V 的绝缘套管》 GB/T 4109
- 《高压电器端子尺寸标准化》 GB/T 5273
- 《油浸式电力变压器技术参数和要求》 GB/T 6451
- 《交流电力系统阻波器》 GB/T 7330
- 《额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备》 GB/T 7674
- 《金属封闭母线》 GB/T 8349
- 《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》 GB/T 11022
- 《交流无间隙金属氧化物避雷器》 GB/T 11032
- 《高压电气设备无线电干扰测试方法》 GB/T 11604
- 《额定电压 72.5 kV 及以上交流负荷开关》 GB/T 14810

《高压交流发电机断路器》 GB/T 14824

《高压交流熔断器 第1部分：术语》 GB/T 15166.1

《高压交流熔断器 第2部分：限流熔断器》 GB/T 15166.2

《高压交流熔断器 第3部分：喷射熔断器》 GB/T 15166.3

《高压交流熔断器 第4部分：并联电容器外保护用熔断器》 GB/T 15166.4

《高压交流熔断器 第5部分：用于电动机回路的高压熔断器的熔断件选用导则》 GB/T 15166.5

《高压交流熔断器 第6部分：用于变压器回路的高压熔断器的熔断件选用导则》 GB/T 15166.6

《三相配电变压器能效限定值及能效等级》 GB 20052

《互感器第1部分：通用技术要求》 GB/T 20840.1

《互感器第2部分：电流互感器的补充技术要求》 GB/T 20840.2

《互感器第3部分：电磁式电压互感器的补充技术要求》 GB/T 20840.3

《互感器第5部分：电容式电压互感器的补充技术要求》 GB/T 20840.5

《互感器第7部分：电子式电压互感器》 GB/T 20840.7

《互感器第8部分：电子式电流互感器》 GB/T 20840.8

《额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与充流体及挤包绝缘电力电缆的连接充流体及干式电缆终端》 GB/T 22381

《额定电压 72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与电力变压器之间的直接连接》 GB/T 22382

《电力变压器能效限定值及能效等级》 GB 24790

《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则》 GB/T 26218.1

《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》 GB/T 50064

《交流电气装置的接地设计规范》 GB/T 50065

《构筑物抗震设计规范》 GB 50191

《电力工程电缆设计规范》 GB 50217

《电力设施抗震设计规范》 GB 50260

《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》 GB 50545

《水电工程设计防火规范》 GB 50872

《水电工程三相交流系统短路电流计算导则》 NB/T 35043  
《水力发电厂厂用电设计规程》 NB/T 35044  
《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》 NB/T 35067  
《气体绝缘金属封闭输电线路使用导则》 DL/T 361  
《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》 DL/T 593  
《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》 DL/T 866  
《气体绝缘金属封闭输电线路技术条件》 DL/T 978  
《35kV 及以下固体绝缘管型母线》 DL/T 1658  
《电力设备典型消防规程》 DL 5027  
《电力工程气象勘测技术规程》 DL/T 5158  
《导体和电器选择设计技术规定》 DL/T 5222  
《水力发电厂交流 110kV~500kV 电力电缆工程设计规范》 DL/T 5228

中华人民共和国能源行业标准

水力发电厂高压电气设备选择及布置

设计规范

**NB/T 10345—2019**

代替 **DL/T 5396—2007**

条文说明

## 修订说明

《水力发电厂高压电气设备选择及布置设计规范》NB/T 10345-2019，经国家能源局2019年12月30日以第8号公告批准发布。

本规范是在《水力发电厂高压电气设备选择及布置设计规范》DL/T 5396-2007的基础上修订而成的，上一版的主编单位是中国水电顾问集团西北勘测设计研究院，主要起草人员是阮全荣、吕六和、康本贤、桑志强、于庆贵、孙帆、张李。

本规范修订过程中，编制组总结了近年来水力发电厂高压电气设备选择及布置设计的实践的经验，结合国内水力发电工程实际情况，经反复讨论、修改和完善形成。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《水力发电厂高压电气设备选择及布置设计规范》编写组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

# 目 次

1	总则.....	55
3	基本规定.....	57
3.1	一般要求.....	57
3.2	电气要求.....	57
3.3	机械要求.....	58
3.4	气候与环境条件.....	58
4	高压电气设备选择.....	60
4.1	导体.....	60
4.2	主变压器.....	62
4.3	厂用电变压器.....	63
4.4	发电机断路器.....	64
4.5	电制动开关.....	64
4.6	高压断路器.....	65
4.7	高压负荷开关.....	66
4.8	高压隔离开关和接地开关.....	66
4.9	气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）.....	67
4.10	交流金属封闭开关设备.....	68
4.11	高压熔断器.....	68
4.12	电压互感器.....	69
4.13	电流互感器.....	69
4.14	并联电抗器.....	70
4.15	限流电抗器.....	71
4.16	发电机中性点设备.....	71
4.17	避雷器.....	72
4.18	套管.....	72
4.19	绝缘子.....	73
4.20	线路阻波器.....	73
5	高压电气设备的布置.....	74
5.1	主要电气设备布置.....	74
5.2	安全净距.....	75
5.3	通道和围栏.....	76

5.4 对建筑物及构筑物的要求..... 77

## 1 总则

**1.0.2** 原规范第 1 章的修改条文。目前有 750kV 配电装置的相关规范及水力发电工程应用，因此增加 750kV 电压等级。



## 3 基本规定

### 3.1 一般要求

**3.1.1** 原规范第 4.0.1 条的修改条文。在原条文的基础上增加了进出线方式、环境保护以及制造因素，作为制订布置方案的考虑条件。

**3.1.2** 原规范第 4.0.5 条的修改条文。目前仅 72.5kV 及以上电压等级的高压配电装置有 GIS、AIS、H-GIS 三种型式，因此将高压配电装置型式的选择限定在 72.5kV 等级以上。

### 3.2 电气要求

**3.2.1** 原规范第 4.0.2 条的修改条文。根据《标准电压》GB/T 156-2017 中的术语和定义，规范条文用语。

**3.2.3** 原规范第 4.0.16 条的修改条文。将原条文第 5 款删除，因为“根据限流熔断器特性校验其短时耐受和峰值耐受电流”不具备可操作性。同时根据《高压配电装置设计技术规程》DL/T 5352-2018 第 7.14 条、《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2005 第 5.0.10 条，该条款删除。其他条款修订如下：

短路电流值计算，原条文“宜根据系统的远景发展规划（一般取第一台机投产 5 年~10 年）计算”；现行国家标准根据《水电工程三相交流系统短路电流计算导则》NB/T 35043-2014 要求“计算短路电流时应按全部机组投产后 5 年~10 年的电力系统短路电流水平进行”。结合实际，修订为“应按电站设计水平年的电力系统短路电流水平计算”。

现行国家标准《水电工程三相交流系统短路电流计算导则》NB/T 35043-2014 对发生最大短路电流的短路方式有详细规定。

原规范引用的 DL/T 5163 已经被现行行业标准《水电工程三相交流系统短路电流计算导则》NB/T 35043-2014 代替。

原规范第 6、7 款的合并修改条文。修改后采用现行行业标准《水电工程三相交流系统短路电流计算导则》NB/T 35043-2014 第 4.2 节：因为额定持续短路电流时间是对设备性能的要求，而不是对热效应计算时间的要求，所以删除了

其对于断路器额定持续短路电流时间的要求。考虑到水力发电厂电动机馈线短路电流一般较小，对接到电动机的馈线电缆，将“宜采用主保护动作时间加相应的断路器开断时间”修订为“可采用主保护动作时间加相应的断路器开断时间”。

**3.2.4** 规定了高压电气设备的频率。

**3.2.5** 规定了高压电气设备的绝缘水平。

**3.2.6** 规定了高压开关设备温升试验应符合现行行业标准《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》DL/T 593-2016 的有关规定。

### 3.3 机械要求

**3.3.1** 引自标准《交流 1kV 以上电力设施第 1 部分：通则》GB/T 36271.1-2018。

**3.3.3** 由于水力发电厂进、出线段及联络线可能出现大跨越段，例如跨江等，软导线的安全系数取 4 较难满足，因而要求进、出线段及联络线在荷载长期作用时安全系数不应小于 3.5。

### 3.4 气候与环境条件

**3.4.1** 污秽等级的选取，水力发电厂应考虑泄水水雾、泥雾等的影响。

**3.4.6** 本次修订增加 750kV 等级的最大风速要求。屋外 750kV 电气设备最大风速规定，引自现行国家标准《高压配电装置设计规范》GB/T 5352-2018 第 3.0.6 条及现行行业标准《电力工程气象勘测技术规程》DL/T 5158-2012。

**3.4.7** 在湿度较高的场所，当无资料时，相对湿度可提高 5 个百分点。根据现行国家标准《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》GB/T 11022-2011，高压开关设备正常使用条件的月平均相对湿度为 90%，因而结合水力发电厂环境条件，提出当无资料时，对洞内、地下及潮湿的场所相对湿度可取 95%。

**3.4.9** 外绝缘海拔修正方法引自现行国家标准《绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则》GB/T 311.1-2012 附录 B。实际上，国内外相关标准推荐了几种外绝缘海拔修正的方法。国家电网企业标准《高海拔外绝缘配置技术规范》QGDW 13001-2014 附录 B 对其进行了说明。

**3.4.10** 原条文引用的污秽等级划分及爬电比距要求已经不适用。现行国家标准《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分：定义、信息和一

般原则》GB/T 26218.1-2010 对现场污秽度等级划分及统一爬电比距有明确规定。

## 4 高压电气设备选择

### 4.1 导体

**4.1.1** 导体按安装位置分为发电机电压导体和高压配电装置导体。

在后面的条文中对发电机电压回路不同型式母线使用范围已作较详细规定，在满足后面条文的情况下有选择地进行技术经济比较。如回路额定电流大于 4000A 时，宜选用全连式离相封闭母线，技术经济比较的重点在防凝露措施，对于大型机组还有冷却方式比较。

**4.1.2** 根据现行行业标准《水利水电工程机电设计技术规范》SL 511-2011 第 3.6.8 条修改。由于运维工作量大，需要定期清扫绝缘子，保护网也不能完全密封，现在的电站管理模式一般为无人值班，少人值守，新建、改建、扩建电站中尽量不采用裸母线。

增加固体绝缘管型母线。共箱封闭母线和固体绝缘管型母线额定电流可达到 6300A，因此本条文建议灯泡式贯流机组宜采用电缆、共箱母线或固体绝缘管型母线。

发电机电压母线应与发电机断路器的型式选择相匹配。若为高压开关柜，可采用共箱母线和电缆等；若采用带外壳 SF<sub>6</sub> 断路器，一般采用离相封闭母线；若采用不带外壳 SF<sub>6</sub> 断路器，一般采用敞露导体。考虑到敞露导体运维工作量大，推荐与不带外壳 SF<sub>6</sub> 断路器连接处局部采用敞露导体。

由于发电机主回路电流较大，为减少并联电缆根数，方便电缆敷设和与设备连接，一般选用单芯、铜芯的交联聚乙烯电缆。根据现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2018，电缆缆芯与绝缘屏蔽金属套之间的电压宜采用 173% 的回路工作电压。

根据现行行业标准《水力发电厂机电设计规范》DL/T 5186-2004，发电机分支回路母线一般采用与主回路相同型式的母线。

**4.1.4** 根据现行行业标准《发电厂离相封闭母线技术要求》NB/T 25036-2014 第 6.6 条款，对于特大型水力发电厂或系统重要的调峰水力发电厂，为保证机组安全、可靠运行，离相封闭母线的接头处或其他容易过热的部位，设置监测导

体、接头和外壳温度的测温装置。全连式离相封闭母线外壳与发电机断路器、换向开关外壳一般采用焊接。

原规范条文第 4 款的保留条文。现行国家标准根据《金属封闭母线》GB/T 8349-2000 中规定金属封闭母线超过 20m 的直线段，需设置热胀冷缩或基础沉降的补偿装置，改为离相封闭母线长的直线段，主要考虑在封闭母线超过 20m 的情况下，补偿装置也可以不设置在直线段，可以设置在其他位置，补偿度满足现场环境即可。

无论全连式或非全连式离相封闭母线均需要设置三相短路试验装置，删除全连式。

为防止外壳环流流入设备。有工程在进行短路试验时三相短路试验装置由于未设置短路板发热，因此短路试验装置处需设置三相短路板；当外壳的感应电压超过 24V 时需在离相封闭母线中部增设三相短路板。

**4.1.5** 根据现行行业标准《发电厂共箱封闭母线技术要求》NB/T 25035-2014 第 6.3 节、《发电厂共箱封闭母线技术要求》NB/T 25035-2014 第 7.1.3 条、《发电厂共箱封闭母线技术要求》NB/T 25035-2014 第 7.1.3 条、《发电厂共箱封闭母线技术要求》NB/T 25035-2014 第 7.1.4 条、《发电厂共箱封闭母线技术要求》NB/T 25035-2014 第 7.5.4 条、《发电厂共箱封闭母线技术要求》NB/T 25035-2014 第 7.5.7 条的要求新增修改。以防止外壳环流流入设备。

**4.1.6** 根据现行行业标准《35kV 及以下固体绝缘管型母线》DL/T 1658-2016 第 6.4.2.1 条的要求新增、《35kV 及以下固体绝缘管型母线》DL/T 1658-2016 第 6.3.3.1 条、《35kV 及以下固体绝缘管型母线》DL/T 1658-2016 第 6.4.3.1 条的要求修改新增。

**4.1.7** 每相导体的支持钢构件及导体支持夹板不构成闭合磁路是为了减少钢构件发热。

**4.1.8** 增加了现行行业标准 DL/T 5222《导体和电器选择设计技术规定》。根据现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB50217-2007 第 4.1.10 条、《水力发电厂交流 110kV~500kV 电力电缆工程设计规范》DL/T 5228-2005 第 11.6.2 条新增内容。

**4.1.9** 根据现行行业标准《高压配电装置设计技术规程》DL/T 5352-2006 第 8.3.8 条、《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2005 第 7.3.7 条规定增加部分

内容。

**4.1.10** 110kV~220kV 的导体截面一般取决于正常负载时的经济截面和发热条件，但需进行电晕电压校验。电晕是 330kV 及以上导体截面选择的控制条件，需进行电晕电压校验。

220kV 及以下的配电装置，导体截面一般取决于正常负载时的经济截面和发热条件，而不是电晕，因而导线可以采用较经济的钢芯铝绞线或由钢芯铝绞线组成的组合导线。330kV 配电装置，电晕是 330kV 及以上的导线截面选择的控制条件，空心扩径导线与分裂导线相比具有单位重量轻、电流分布均匀、连接方便等优点。400kV 配电装置，单根空心扩径导线不能满足电晕要求，一般采用分裂导线。修改了 330kV 及 500kV 软导线选择，新增了 500kV 及以上软导线分裂数。水力发电厂为便于与设备接线端子相连接，通常采用大截面的双分裂导线。

**4.1.11** GIL 导体连接方式一般采用插接触头方式，插接触头方式比螺接安装方便，运行可靠性高，检修方便。GIL 外壳连接一般采用法兰连接，安装、检修方便。GIL 一般载流量较大，最大的可达 8000A，因而其外壳一般采用全连式多点接地。GIL 标准段主要考虑方便工厂制造、现场安装及备件等，标准段的类型及长度应综合考虑条款中所列各项，使工程顺利进行。例如标准长度，有些工厂可生产 18m，但运输条件有可能不能满足，尤其是厂内运输搬运应给以重视。导体及外壳热胀冷缩和不同基础沉降带来的变形 GIL 应有相应结构可以用于补偿。

## 4.2 主变压器

**4.2.2** 主变压器是指水力发电厂中发电机升压变、联络变压器，型式为油浸式变压器。目前干式变压器虽然可以做到 35kV 等级、25MVA，若无特殊情况，主变压器采用油浸式变压器更经济合理。

**4.2.3** 将解体运输电力变压器纳入选择型式。大型解体运输电力变压器（ASA 现场组装式变压器）快速发展，国内已经有 500kV~1000kV 的 ASA 变压器工程应用经验或成熟方案。

**4.2.5** 国内水电厂升压变压器调压方式一般采用无载调压，仅 THP、SSL 这 2

座抽水蓄能电站为有载调压，但投运以来均未投入运行。水电厂调压几乎都是采用发电机调压。地下洞室运行系统恶劣，有载调压开关故障率较高，因而抽水蓄能电站建议升压变压器布置在地下洞室时，最好采用适当加大发电电动机调压范围的方式，GZ 抽水蓄能电厂发电电动机调压范围为 $\pm 7.5\%$ 。

**4.2.7** 变压器局部放电测量方法按现行国家标准《电力变压器第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》GB/T 1094.3-2017 进行。

**4.2.9** 户内大容量变压器目前大多采用水冷，户内变压器若采用风冷，通风设计复杂，变压器容量大时，通风问题有些工程无法解决，户内大容量变压器选择风冷时应谨慎。

**4.2.10** 现行国家标准《油浸式电力变压器技术参数和要求》GB/T 6451-2015 对不同电压等级的变压器铁芯和金属结构零件的接地方式有具体的要求。根据国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》（国能安全【2014】161 号）对变压器中性点接地要求进行了修改。

**4.2.13** 修改了变压器与 GIS 或 GIL 直接连接时应符合的标准。

**4.2.14** 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064-2014 第 4.3 节要求：252kV 以上电压等级的 GIS 和 HGIS 变电站应预测隔离开关开合管线产生的 VFTO，当 VFTO 会损害绝缘时，一般要避免引起危险的操作方式或者隔离开关加装阻尼电阻。

变压器与 GIS 或 GIL 直接相连，在超高压系统中，GIS 隔离开关和断路器操作过程中产生的 VFTO 已经造成多台变压器绝缘损坏，因而在超高压系统变压器与 GIS 或 GIL 直接连接时，变压器的绕组绝缘设计需考虑 VFTO 的影响，适当加强绕组端部绝缘。

GIS 隔离开关和断路器操作时，在 GIS 外壳和地之间产生瞬态外壳电压，为防止瞬态外壳电压传递到变压器箱体，在变压器箱体与 GIS 外壳连接的绝缘之间需并联非线性电阻。

## 4.3 厂用电变压器

**4.3.2** 根据现行行业标准《水力发电厂厂用电设计规程》NB/T 35044-2014 第 5.3.1 条新增。

**4.3.3** 根据现行行业标准《水力发电厂厂用电设计规程》NB/T 35044-2014 第 5.3.2 条新增。

**4.3.5** 根据现行行业标准《水力发电厂厂用电设计规程》NB/T 35044-2014 第 5.5.1 条、5.5.2 条新增。NB 35044-2014 的条文说明对阻抗选择进行了解释说明。

**4.3.6** 根据现行国家标准《水力发电厂厂用电设计规程》NB/T 35044-2014 第 5.6.1 条新增。响应节能降耗要求，对变压器损耗做出规定。

## **4.4 发电机断路器**

**4.4.2** 根据现在发电机断路器的发展水平，大部分制造厂可以做到 63kA 的真空断路器，因此此处修订为“63kA 及以下可采用真空或 SF<sub>6</sub> 发电机断路器”。

**4.4.3** 发电机断路器开断发电机源和系统源短路开断电流能力不同，因而对发电机断路器开断发电机源和系统源能力一般要分别要求，发电机源直流分量时间常数一般较大，需予以计算，并给予重视。

**4.4.4** 根据现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2005 第 9.3.7 条，发电机断路器应具有失步开断能力，为发电机断路器的另一显著特征。

**4.4.5** 随着高海拔地区电站的开发，海拔修正显得更加重要，因此，增加“载流量及绝缘水平的海拔修正”作为选择发电机断路器的必要条件之一。

**4.4.6** 在实际工程中经详细计算，单机容量 40 MW 的中型电站，两侧都要需要装设阻容吸收装置；单机容量 10 MW、20 MW 的小机组可单侧装设阻容吸收装置。目前很多制造厂均不进行详细计算，由于阻容吸收装置造价不高且装设后安全可靠，因此本款规定“两侧宜装设阻容吸收装置”。

## **4.5 电制动开关**

**4.5.1** 增加体现电气制动开关的使用条件。

**4.5.3** 电制动开关运行时间一般不超过 10min，为原条文内容。

制动开关一般在发电机转速降至额定转速的 40%~60% 时投入，通过制动开关的制动电流最大可以到 1.3 倍发电机的额定电流。由于制动开关投入时间短（不大于 10min），其额定电流一般不小于其制动电流的 50%，例如 GHY 水力

发电厂机组容量 300 MW，制动时短路电流 15000 A，制动开关（隔离开关）额定电流 7500 A；SBY 水力发电厂机组容量 460MW，制动时短路电流 16000 A，制动开关（断路器）额定电流 8000A；XLC、BQ、BLH 抽水蓄能电站机组容量 300MW，制动开关（断路器）额定电流 6300A；ZHW 抽水蓄能电站机组容量 250MW，制动开关（断路器）额定电流 12000A；HZ 抽水蓄能电站机组容量 300MW，制动开关（断路器）额定电流 8000A。

水力发电厂大多有调峰任务，发电机组每年开停机次数一般在 600 次左右，因而制动开关需满足频繁操作要求。

电制动开关的短时耐受电流选择问题，正常运行时制动开关处在断开位置，因而其故障通过短路电流的情况为：断口击穿或静触头侧短路，可以通过对防护等级要求杜绝静触头侧短路，目前所选制动开关的额定电压和绝缘水平平均比发电机回路高一级，因而断口击穿的几率极低。敞开式制动开关存在短路几率，一般采用提高制动开关防护等级来解决可能存在的短路问题。

**4.5.4** 电制动开关是否作为升流试验短路点与母线型式没有直接关系；在电站设计时，发电机升流试验的时间难以控制。是否可以采用电制动开关作为升流试验时的短路点用，需要根据试验的安排和电制动开关的具体参数来确定。

## 4.6 高压断路器

**4.6.2** 单压式无特殊优势，不特意说明，因此删除“其灭弧方式宜采用单压式”。

**4.6.4** 根据《高压交流断路器参数选用导则》DL/T 615-2013 修改了各电压等级额定短时耐受电流持续时间。

**4.6.5** 所有特殊工况的时间常数指下列与断路器额定电压相关的时间常数：额定电压 40.5 kV 及以下时为 120ms；额定电压 72.5kV~363kV 时为 60ms；额定电压 550kV 及以上时为 75ms。特殊工况时由特定的系统结构和线路设计等产生的，关于特殊工况的时间常数的选用详见《高压交流断路器》GB/T 1984-2014。

**4.6.6** 在超高压系统中，断路器装设合闸电阻可以有效限制操作过电压水平，也可降低 GIS 中的 VFTO 幅值。断路器装设合闸电阻增加投资，因而应根据过电压研究确定是否装设电阻。但装设合闸电阻使断路器结构复杂，而且带来潜

供电流冲击、单相对地闪络电弧燃烧时间长的问题。具体工程需通过过电压保护计算确定。我国超高压变电站，当电厂侧工频过电压不超过 1.3p.u.、线路侧不超过 1.4p.u.时，不装设合闸电阻，仅在线路两端（线路断路器线路侧）装设 MOA，即可以将操作过电压限制到要求值以下。

## 4.7 高压负荷开关

4.7.2 增加高压负荷开关的设置条件。

## 4.8 高压隔离开关和接地开关

4.8.2 隔离开关操动机构的型式在工程中没有特殊要求时，一般按额定电流的大小选取，额定电流 6300A 及以上时用电动操动机构；当采用综合自动化系统时，操动机构的型式一般选用远方/现地电动操动机构；目前水力发电厂大多采用“无人值班”（少人值守）的设计原则，因而一般选用远方/现地电动操动机构。

一般电动操动机构分合速度太慢，超高压 GIS 中的隔离开关多采用电动弹簧操动机构，以尽量缩短切合时间，减少重击穿次数。

4.8.3 隔离开关分为三个等级：M0 级隔离开关具有 1000 次操作循环的机器寿命，适合输电、配电系统中使用且满足，《高压交流隔离开关和接地开关》GB/T 1985-2014 一般要求的隔离开关；M1 级隔离开关具有 3000 次操作循环的延长的机械寿命，主要用于隔离开关和同等级的断路器关联操作的场合；M2 级隔离开关具有 10000 次操作循环的延长的机械寿命，主要用于隔离开关和同等级的断路器关联操作的场合。

4.8.4 根据短路关合操作能力接地开关分为三个等级：E0 级接地开关无短路关合能力；E1 级接地开关具有两次短路关合操作能力；E2 级隔离接地开关具有五次短路关合操作能力。

E1 级和 E2 级接地开关适用于不能预先确定需接地部分是否带电的情况，例如 GIS 线路侧接地开关。

根据机械寿命接地开关分为三个等级：M0 级接地开关具有 1000 次操作循环的机器寿命，适合输电、配电系统中使用，且满足《高压交流隔离开关和接地开关》GB/T 1985-2014 一般要求的接地开关；M1 级接地开关具有 3000 次操作

循环的延长的机械寿命，主要用于接地开关和同等级的断路器关联操作的场合；M2级接地开关具有10000次操作循环的延长的机械寿命，主要用于接地开关和同等级的断路器关联操作的场合。

**4.8.6** 根据《高压交流隔离开关和接地开关》GB/T 1985-2014规定的母线转换电流通常不超过1600A。

**4.8.7** 若隔离开关开合母线充电电流的能力不能满足回路要求，则需采取措施避免此种工况。

## 4.9 气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）

**4.9.1** 根据现行国家标准《额定电压72.5kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备》GB/T 7674-2008增加电压适用范围为额定电压72.5kV及以上。

**4.9.2** 断路器断口的布置往往根据制造厂的技术特点确定，做工程设计时，通常不限制断路器断口的布置型式，最终型式由招标后确定。

根据目前水力发电厂已有750kV GIS应用，故增加了750kV GIS的规定。目前550kV GIS产品单断口和双断口均有，750kV GIS只有双断口产品。针对双断口断路器可能出现铁磁谐振的情况，提出需采取预防措施。

**4.9.6** 设置绝缘元件的目的是为防止GIS外壳感应电流传递到变压器、电抗器的外壳。设置可拆卸断口的目的是方便GIS与变压器、电抗器分别进行试验和安装。设置非线性电阻的目的是为了限制特快波前过电压（VFTO）引起的地电位升高。

**4.9.7** 增加SF<sub>6</sub>终端与GIS接口设计及供货范围的要求。设置绝缘元件的目的是为了防止感应电压、感应电流相互影响；并联非线性电阻是为了抑制瞬态条件下的过电压。原规范第5.8.6条第2款的修改条文，设置可拆卸断口的目的是方便GIS与电缆分别进行试验和安装。

**4.9.8** 增加了GIS与GIL的连接要求。

**4.9.9** 原规范第5.8.10条的修改条文。根据《高压交流隔离开关和接地开关》GB/T 1985-2014，E2级接地开关规定为40.5kV以下的接地开关，本节适用于额定电压72.5kV及以上GIS设备，因此删除原条文中的E2级接地开关。为了方便GIS进行有关试验和测量，部分或全部接地开关应设置接地端子与地电位绝

缘的措施。

**4.9.10** 限制特快速暂态过电压危害的主要措施应先提高设备的绝缘水平；改进产品结构；降低设备上的残余电荷再增加设备；再采取措施如“断路器装合闸电阻，隔离开关装分合闸电阻”。

**4.9.11** 故障条件下感应电压需满足现行国家标准《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065-2011 的规定。

**4.9.12** 随着高海拔地区电站的开发，极寒地区的情况有所增加，因此增加。极寒地区户外 GIS 设计时，需综合考虑环境温度、绝缘气体压力等因素进行综合分析。需根据设备的 SF<sub>6</sub> 气体温度—压力曲线，由气体压力查出对应的液化温度，进而确定环境温度下 GIS 绝缘气体是否可能发生液化。

## **4.10 交流金属封闭开关设备**

**4.10.3** 高压开关柜的闭锁装置应具有“五防”功能。除防止“误分、误合断路器”可采用提示性的措施外，其他“四防”应采用强制性闭锁。当采用电气闭锁方案时，闭锁元件的电源应与继电保护回路分开。各种闭锁装置均应有专用的解锁工具，非专用工具不得解锁。

**4.10.4** 增加充气式金属封闭开关设备适用条件。

## **4.11 高压熔断器**

**4.11.2~4.11.3** 根据现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2005 增加，在熔断器用来保护变压器、电动机及电容器时，需根据保护对象的熔断特性来选择额定电流。

**4.11.4** 根据现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T5222-2005 增加。限流式高压熔断器在限制和截断短路电流的动作过程中会产生过电压。此过电压的幅值与开断电流和熔体结构有关，而与工作电压关系不是很大。制造部门在设计熔断器的熔体结构时，往往需要采取措施（例如把熔体设计成锯齿形状），把熔断器熔断时产生的最大过电压倍数限制在规定的 2.5 倍相电压以内。此值并未超过同一电压等级电器的绝缘水平，所以正常使用没有危险。但是，熔断器如果使用在工作电压低于其额定电压的电网中，过电压就有可能大大超

过电器绝缘的耐受水平。

经过验算，当电网中的绝缘强度可以承受由于熔断器产生的过电压时，也可以使用额定电压高压工作电压的熔断器，但此时需按电压比折算，降低其额定断流容量。

**4.11.5** 根据现行国家标准《高压交流熔断器第 3 部分：喷射熔断器》GB/T 15166.3-2008 增加了喷射式熔断器的部分描述。

**4.11.6** 水力发电厂在采用离相封闭母线（IPB）时，为严格防止相间短路，一般 IPB 与厂用电变压器采用直接连接，因此不允许在高压侧接入快速限流熔断保护装置（FUR）。

## 4.12 电压互感器

**4.12.2** 根据《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》DL/T 866-2015 修改。

根据国家现行标准，电压互感器型式可以按下列方式进行分类：按电压变换原理可分为电磁式电压互感器、电容式电压互感器和电子式电压互感器；按主绝缘型式结构型式可以分为固体绝缘电压互感器、油浸绝缘电压互感器和气体绝缘电压互感器；按相数可以分为单相电压互感器和三相电压互感器；按安装地点可以分为户内式电压互感器和户外式电压互感器。并且根据目前国内外水力发电厂实际应用情况，充气式互感器基本没有使用，因此取消原规范中充气式互感器型式。

**4.12.7** 根据工程中的实际运用，剩余绕组准确级次增加 3P 等级。

**4.12.9** 其中  $U_{pn}$  为一次电压方均根值。

**4.12.10** 第 1~5 款根据现行国家标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064-2014 修改，第 6 款为新增条文。

## 4.13 电流互感器

**4.13.2** 套管式电流互感器利于节省占地，但部分户外配电装置，当采用软导线距离较远需要跳线时，采用独立式 CT 可以兼做支柱绝缘子，因此，取消了原文中套管式 CT 的强制性要求文字。

**4.13.3** 根据现行行业标准《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》DL/T

866-2015，调整了中性点电流互感器的额定一次电流。

**4.13.4** 根据现行行业标准《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》DL/T 866-2015 及实际工程经验调整了部分互感器准确级次的要求。增加了不同电压等级电流互感器的短路电流持续时间分列，电流互感器额定短时热电流短路持续时间标准值为 1s，对应的额定短时热电流标准值为：3.15kA、6.3kA、8kA、10kA、12.5kA、16kA、20kA、25kA、31.5kA、40kA、50kA、63kA、80kA、100kA；由于各电压等级电流互感器的短路持续时间要求值不同，因此在选择时需折算为 1s 标准值对应的电流值并从标准值中选择。

## 4.14 并联电抗器

**4.14.2** 一般来说，在 110kV 及以上电压等级，考虑到设备运输、布置等因素才选用为单相式。如果选用三相电抗器，需选用三相五柱结构，而一般不采用三相三柱结构。因为三相三柱式有以下两个缺点：

(1) 当采用单相重合闸时，单相断开后，另外两相的磁通通过断开相的铁心柱，使断开相上感应一个电压，使得故障点的潜供电流加大而不利灭弧。

(2) 三相三柱式电抗器要求在中性点连接的小电抗具有较大的阻抗值，中性点绝缘水平较高。

采用三相五柱式结构的电抗器，其有绕组的三个铁心柱磁阻很大（铁心加隔磁材料），另外两个旁轭铁心磁柱磁阻做得很小。单相断开时，磁通极少通过断开相铁心柱，避免了相互感应。三相五柱式结构的电抗器的零序电抗与单相电抗器的零序电抗相同，因此，它们可以选择相同的中性点小电抗和绝缘水平。

**4.14.5** 中性点小电抗的绝缘水平主要取决于出现在中性点上的最大工频过电压，绝缘水平的选择与系统所取的补偿度有关。

**4.14.7** 根据现行行业标准《330kV~750kV 变电站无功补偿装置设计技术规定》DL/T 5014-2010 进行修编。线路装设高压并联电抗器主要用于限制工频过电压和潜供电流，在 500kV、750kV 电网建设初期、只要线路投入运行，一般不允许高压并联电抗器退出运行，因而没有设置断路器的必要。

若系统在某些运行方式下，例如高压并联电抗器接于母线，当高压并联电抗器退出运行时，过电压水平在允许范围内，以及两回线共用一组并联电抗器

时，则为调相调压的需要可设置断路器。

**4.14.8** 在一些户外敞开式布置时，可以考虑利用独立的电流互感器作为跳线的支撑，因此取消了原条文对套管型电流互感器的硬性规定。

## 4.15 限流电抗器

**4.15.2** 目前水力发电厂在机组容量较大时，发电机回路厂用电分支一般采用与主回路相同的离相封闭母线，厂用电分支上不装开关；机组容量较小时，可以采用限流电抗器、快速限流熔断保护装置（FUR）等。

**4.15.4** 由于叠装结构空心电抗相间距离较近，当小动物或较大的鸟类窜入电抗器内时，易造成相间短路故障，严重时会引起主变压器跳闸，造成大面积停电。此外根据现行国家标准《电力设施抗震设计规范》GB 50260-2013 要求“当抗震设防烈度为 8 度及以上时，干式空心电抗器不宜采用三相垂直布置。

**4.15.5** 限流后的短路电流限制在 25kA 以内，可以节省相应配电装置投资。

## 4.16 发电机中性点设备

**4.16.3** 增加中性点一次接地电阻值的计算公式，根据现行行业标准根据《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067-2015，目前发电机中性点经高阻接地时，在发生发电机单机接地故障时，健全相暂时过电压按运行机组的耐压值为 1.5 倍控制，即健全相暂时过电压不超过 2.6 倍相电压。

**4.16.5** 增加了电容电流的计算公式，并根据目前国内干式变压器厂的经验，增加干式变压器事故过负荷能力表，作为设计人员在缺乏资料时借鉴使用，在确定厂家后根据干式变实际能力复核。

**4.16.6** 根据国内实际使用经验，在采用注入式保护时，二次接地电阻一般不小于 0.5 欧姆。

**4.16.7** 根据现行行业标准根据《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067-2015 增加中性点二次接地电阻值的计算公式。

**4.16.10** 对单元接线的发电机，为了限制电容耦合传递过电压以及频率变动等对发电机中性点位移电压影响，中性点消弧线圈宜采用欠补偿方式。

**4.16.11** 为了便于运行调谐，消弧线圈宜选用容量接近计算值的标准容量。

## 4.17 避雷器

**4.17.1** 交流无间隙金属氧化物避雷器有优越的电气性能，所占电气设备投资比例较少，目前价格相对不高，因而推荐优先选用。

**4.17.3** 根据国家现行标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064-2014 及《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067-2015，对两个系数进行了调整，K 由 1.3 调整为 1.25；110~220kV 的暂态过电压由  $1.4 \frac{U_m}{\sqrt{3}}$  调整为  $1.3 \frac{U_m}{\sqrt{3}}$ 。

典型的避雷器额定电压推荐值及其参数可由《交流无间隙金属氧化物避雷器》GB/T 11032-2010 中查得。对能满足绝缘配合要求的避雷器，一般选择较高的额定电压值以提高避雷器可靠性。如不能满足绝缘配合要求，也可以适当降低其额定电压值，但需校核工频过电压能力。

**4.17.5** 原规范第 5.15.2 条及第 5.15.3 条的修改条文。根据国家现行标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064-2014 及《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067-2015 修改了保护发电机的避雷器额定电压要求。

## 4.18 套管

**4.18.1** 套管可分为：充液体套管、充混合物套管、液体绝缘套管、充气套管、气体绝缘套管、气体浸渍套管、油浸渍套管（OIP）、胶粘纸套管（RBP）、胶浸纸套管（RIP）、瓷、玻璃或类似无机材料套管、浇铸或模塑树脂绝缘套管、组合绝缘套管、电容式套管、户内套管、户外套管、户外-户内套管、户内-浸入式套管、户外-浸入式套管、全浸入式套管、插接式套管、复合套管、优质覆膜套管（LCF）、胶浸纤维套管（RIF）。

**4.18.2** 根据现行国家标准《3kV-110kV 高压配电装置》GB 50060-2008 第 4.3.9 条的要求新增。主要针对污秽等级为 II 级及以上的配电装置，当配电装置有污染或冰雪时，一般要提高产品电压等级。我国南方地区配电装置没有污染及冰雪时，则可以不采用高一级电压的产品。

**4.18.3** 复合套管抗紫外线能力一般不如瓷套管，若使用复合套管，制造厂应提

供抗紫外线能力试验报告。

## 4.19 绝缘子

**4.19.2** 玻璃绝缘子损坏时裂开掉落可能会对布置在绝缘子下方的人员及电气设备造成损伤。

**4.19.3** 根据现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2005 第 6.0.9 条新增。

**4.19.4** 根据现行国家标准《3kV-110kV 高压配电装置》GB 50060-2008 第 4.3.9 条新增。主要针对污秽等级为 II 级及以上的配电装置，当配电装置有污染或冰雪时，一般要提高产品电压等级。我国南方地区配电装置没有污染及冰雪时，则可以不采用高一级电压的产品。

**4.19.5** 根据现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222-2005 第 21.0.7 条新增。

## 4.20 线路阻波器

**4.20.1~4.20.2** 根据《电力线载波通信设计技术规程》DL/T 5189-2004 第 4.2 条新增。

## 5 高压电气设备的布置

### 5.1 主要电气设备布置

**5.1.2** 提出母线布置需考虑维护检修、设备接口、固定方式及荷载等主要因素。

**5.1.4** 电力变压器靠近发电机布置，可减少发电机母线长度、安装工作量和损耗。规定电力变压器布置需考虑消防、安装检修等主要因素。

**5.1.5** 对断路器而言，三相机械同步性能的要求以毫秒计，若同一间隔跨土建结构缝，土建结构缝产生的不均匀沉陷，上述性能将难以得到保证，且同一间隔不均匀沉陷的补偿装置不易设置。

根据《气体绝缘金属封闭开关设备配电装置设计规范》NB 35108-2018 修改 330kV 及以上 GIS 配电装置主通道调整为不应小于 2.5m。调整了巡视通道的宽度。

由于工频耐压试验对检查导电介质污染比较敏感；操作冲击耐压试验对检查存在的绝缘缺陷、污染和异常电场结构特别有效，所用的试验设备比较简单；雷电冲击耐压试验对检查异常带电结构（如电极损坏）比较敏感；因而在有条件时，GIS 布置一般要考虑现场冲击耐压试验的要求。GIS 现场耐压试验一般由委托的试验机构提出试验方案及布置，因此，GIS 布置设计时需考虑试验设备的布置、荷载、运输及电气安全距离。

**5.1.6** 根据《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》NB 35074-2015 第 5.4.4 条修改 GIS 室内空气中 SF<sub>6</sub> 气体含量的要求。

当 SF<sub>6</sub> 管线穿越屋面板或墙体至户外时，为防止雨水侵入或渗入 GIS 室需采取密封措施，该措施不对 SF<sub>6</sub> 管线安全运行产生影响。

**5.1.7** 根据现行行业规范《水电工程设计防火规范》GB/T 50872-2014 第 8.0.6 条对 GIS 室疏散距离进行修订。

跨越土建结构缝时，应特别注意在 GIS 运行中因土建基础的不均匀沉降所造成的三个方向的位移；累计至 GIS 配电装置安装标称面的土建误差主要针对 GIS 与变压器及电抗器通过管道母线直接连接的要求。这些要求相对土建专业施工要求相对较高，但对后期安装 GIS 时，能保证 GIS 的安装条件、安装质量和安

装工期。规定了基础荷载的组合因素，特别是立式断路器的操作动荷载。

**5.1.8** 水力发电厂的进、出线段和联络线不宜设置中接头主要考虑电缆中接头事故率较高，事故处理时间长，影响电厂发电效益，故尽量不要设置中接头。实际工程中电缆终端没有底座绝缘子，因此，删除原规范中底座绝缘子的规定。

电缆采取直埋敷设不利于电缆散热，事故处理时间长，且电厂建成后，厂区内不可避免会有一些改造和土建施工，存在危害电缆而引起事故的概率，国内已有类似事故，因而在厂区内电缆不采取直埋敷设。

**5.1.9** 水力发电厂进线段、出线段及联络线采用架空线路时，通常是不长的孤立段，并有引下线。设计时需考虑绝缘子串和引下线对导线弧垂张力造成的影响。线路需尽量避免跨越揽机，若需跨越，应充分考虑揽机的行走范围及拆卸影响。

**5.1.10** 。根据《气体绝缘金属封闭输电线路使用导则》DL/T 361-2010 第 6.21.1 条修改。GIL 布置方式有隧道、竖井及斜井布置型、户外架空型及地下直埋型。由于水力发电厂该安装方式均设有通风设备，故删除原规范提及的隧道、竖井和斜井安装 GIL 如需要时可设置强迫冷却装置的规定。

SF<sub>6</sub> 气体泄漏会危及人身安全，因而需考虑封堵及排放措施，并配置必要的监测装置。

长垂直竖井的 GIL 布置应考虑 GIL 的安装、检修工艺。如长垂直竖井的起吊设备较大，布置与安装工序有关，布置时需予以重视。

**5.1.11** 交流金属封闭开关设备布置需考虑开关设备的结构型式（固定式或移开式）、进出线方式（上进式或下进式）以及进出线型式（电缆、封闭母线、敞开硬母线及架空线）。

## 5.2 安全净距

**5.2.1** 参照《高压配电装置设计规范》DL/T 5352-2018 增加 750kV 电压等级和 110kV 不接地系统的屋外配电装置的最小安全净距的规定。

**5.2.2** 参照《高压配电装置设计规范》DL/T 5352-2018 增加 750kV 电压等级和 110kV 不接地系统的“不同条件下的计算风速和最小安全间隙”。

**5.2.3** 参照《高压配电装置设计规范》DL/T 5352-2018 修改了相关数值。

**5.2.6** 规定了装设固定遮拦的要求。

### **5.3 通道和围栏**

**5.3.2** 根据《高压配电装置设计规范》GB 5352-2018 第 5.4.1 条修改。

**5.3.3~5.3.4** 根据《变电站总布置设计技术规程》DL/T 5056-2007 修改。若屋外仅有配电装置，没有电力变压器或电抗器时，道路宽度和转弯半径可以根据实际情况适当减小。

**5.3.8** 根据已投运水力发电厂的实际情况，变压器均不在变压器室进行吊芯检修，因此删除了原文变压器就地检修对尺寸的要求。

**5.3.10** 根据现行行业规范《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》NB 35074-2015 第 4.3.2 条，敞开式高压配电装置的独立开关站，其场地四周应设置高度不低于 2200mm 的围墙。对远离厂房的独立开关站，为避免附近居民误入有触电危险的场所，所以设置围墙主要是防止无关人员随意进出。人的举手高度一般为 2300mm 左右，规定围墙高度 2200mm 即能防止外人翻越围墙。

为了运行管理和避免物管人员误入有触电危险的场所，厂区内一般均为专业人员，因此仅设置围栏，是防止人员无意误入，人体站立时的重心高度，一般应在 1050mm~1200mm，规定围栏高度 1500mm 可防止人员随意跨入和站立不稳跌倒误入。当屋外配电装置的出线侧或旁侧紧靠发电厂的围墙时，则围墙可作为围栏的一部分。

**5.3.11** 工程中的固定遮拦有栅状遮拦、网状遮拦和板状遮拦等。栅状遮拦间距一般 200mm，允许人员手臂误入，伸入长度不超过 750mm；网状遮拦网孔不应大于 40mm×40mm，允许人员手指误入，考虑施工误差 30mm 后，伸入长度不超过 100mm。

**5.3.12** 防护措施一般是指在母线桥顶上做无孔防护罩，两侧是否装设防护罩，可以根据具体情况确定。防护罩的设置一般是从厂房外墙开始，至母线桥离厂房 6m~10m 处。

## 5.4 对建筑物及构筑物的要求

**5.4.1** 根据现行国家标准《20kV 及以下变电所设计规范》GB 50053-2013 第 6.2.7 条及《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014 第 5.2.11 条，对 20kV 及以下配电装置室门的开孔大小提出要求。为了防止室外水倒灌进入室内，地面配电装置室一般高出室外地坪 100 mm ~300mm。

**5.4.2** 根据《220kV~750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218-2012、《35-110KV 变电所设计规范》GB 50059-2011 气象条件由 30 年一遇修改为 50 年一遇。

检修情况，考虑三相同时上人停电检修时，每相导线的绝缘子作用人和工具重为：330kV 取 1kN/相；500kV 及 750kV 取 2kN/相。

单相跨中上人带电检修时，人和工具重为：330kV 及以下取 1.5kN；500kV 及 750kV 取 3.5kN。