

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51381—2019

# 柔性直流输电换流站设计标准

Design standard of VSC-HVDC converter station

2019—08—12 发布

2019—12—01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部  
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

# 柔性直流输电换流站设计标准

Design standard of VSC-HVDC converter station

**GB/T 51381 - 2019**

主编部门：中 国 电 力 企 业 联 合 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 9 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2019 北 京



# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2019 年 第 233 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《柔性直流输电换流站设计标准》的公告

现批准《柔性直流输电换流站设计标准》为国家标准,编号为 GB/T 51381—2019,自 2019 年 12 月 1 日起实施。

本标准在住房和城乡建设部门户网站([www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2019 年 8 月 12 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2016 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2015〕274 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语、换流站站址选择、交流系统基本条件及直流输电系统的性能要求、电气一次、换流站控制保护系统、换流站通信、换流站土建、换流站辅助设施、换流站噪声控制和节能。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国电力企业联合会负责日常管理,由国网经济技术研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送国网经济技术研究院有限公司(地址:北京市昌平区未来科学城北区国家电网公司办公区,邮编:102209)。

本 标 准 主 编 单 位:中国电力企业联合会  
国家电网有限公司

本 标 准 参 编 单 位:国网经济技术研究院有限公司  
中南电力设计院  
浙江省电力公司  
福建省电力公司  
全球能源互联网研究院有限公司  
福建省电力设计院有限公司  
浙江省电力设计院  
广东省电力设计院

本标准主要起草人员:陈 东 文卫兵 梅 念 魏 争

李 探	刘晓瑞	刘少宇	蔡 巍
杜晓磊	刘思源	王 刚	王丽杰
李 达	陈海炎	李高望	祝全乐
曹俊龙	邹荣盛	陈 岳	史华军
陈 寅	王国兵	江明泽	张云晓
宋胜利	苑 宾	陈 钊	许 冬
田园园	尹 航	施世鸿	
本标准主要审查人员:陆宠惠	项力恒	卜广全	曾 嵘
刘少宇	吴克芬	庞亚东	曾 静
胡文华	庞 辉		



# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 2 )
3	换流站站址选择 .....	( 5 )
4	交流系统基本条件及直流输电系统的性能要求 .....	( 6 )
4.1	交流系统基本条件 .....	( 6 )
4.2	柔性直流输电系统的性能要求 .....	( 6 )
5	电气一次 .....	( 8 )
5.1	电气主接线 .....	( 8 )
5.2	换流站过电压保护、绝缘配合及防雷接地 .....	( 10 )
5.3	换流站设备外绝缘设计 .....	( 11 )
5.4	主要设备选择 .....	( 11 )
5.5	电气设备布置 .....	( 14 )
5.6	站用电系统 .....	( 16 )
6	换流站控制保护系统 .....	( 17 )
6.1	一般要求 .....	( 17 )
6.2	计算机监控系统 .....	( 17 )
6.3	直流控制系统 .....	( 18 )
6.4	直流保护系统 .....	( 19 )
6.5	站间通信 .....	( 20 )
6.6	直流暂态故障录波系统 .....	( 21 )
6.7	阀冷却控制保护系统 .....	( 21 )
6.8	站用直流电源系统及交流不停电电源系统 .....	( 22 )
6.9	二次设备布置 .....	( 22 )
7	换流站通信 .....	( 24 )

7.1	换流站主要通信设施 .....	( 24 )
7.2	系统通信 .....	( 24 )
7.3	站内通信 .....	( 24 )
7.4	通信电源、机房和接口要求 .....	( 25 )
8	换流站土建 .....	( 27 )
8.1	总平面 .....	( 27 )
8.2	竖向布置 .....	( 28 )
8.3	建筑 .....	( 29 )
8.4	结构 .....	( 33 )
9	换流站辅助设施 .....	( 36 )
9.1	供暖通风和空气调节 .....	( 36 )
9.2	阀冷却系统 .....	( 39 )
9.3	供水系统 .....	( 41 )
9.4	火灾探测与灭火系统 .....	( 41 )
9.5	红外测温系统 .....	( 42 )
10	换流站噪声控制和节能 .....	( 43 )
10.1	换流站噪声控制 .....	( 43 )
10.2	节能 .....	( 43 )
	本标准用词说明 .....	( 44 )
	引用标准名录 .....	( 45 )
	附:条文说明 .....	( 47 )

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Site selection of converter station .....	( 5 )
4	Basic conditions of AC system and performance requirements for DC transmission system .....	( 6 )
4.1	Basic conditions of AC system .....	( 6 )
4.2	Performance requirements for VSC-HVDC transmission system .....	( 6 )
5	Electrical design of converter station .....	( 8 )
5.1	Single line diagram .....	( 8 )
5.2	Over voltage protection, insulation coordination, lightning protection and grounding of converter station .....	( 10 )
5.3	Design for external insulation of equipment in converter station .....	( 11 )
5.4	Selection of main equipment .....	( 11 )
5.5	Layout of electrical equipment .....	( 14 )
5.6	Auxiliary power system .....	( 16 )
6	Control and protection system of converter station .....	( 17 )
6.1	General requirements .....	( 17 )
6.2	Computer monitoring system .....	( 17 )
6.3	DC control system .....	( 18 )
6.4	DC protection system .....	( 19 )
6.5	Communication between converter stations .....	( 20 )
6.6	DC transient fault recorder system .....	( 21 )

6.7	Valve cooling control and protection system .....	( 21 )
6.8	DC power supply system and AC UPS system .....	( 22 )
6.9	Layout of control and protection equipment .....	( 22 )
7	Communication of converter station .....	( 24 )
7.1	Main communication facilities of converter station .....	( 24 )
7.2	System communication .....	( 24 )
7.3	Communication in converter station .....	( 24 )
7.4	Requirements of power supply of communication system, communication equipment room and interface .....	( 25 )
8	Civil works of converter station .....	( 27 )
8.1	General layout .....	( 27 )
8.2	Vertical layout .....	( 28 )
8.3	Architecture .....	( 29 )
8.4	Structures .....	( 33 )
9	Auxiliary facilities of converter station .....	( 36 )
9.1	Heating, ventilation and air conditioning system .....	( 36 )
9.2	Valve cooling system .....	( 39 )
9.3	Water supply system .....	( 41 )
9.4	Fire detection and fire extinguishing system .....	( 41 )
9.5	Infrared temperature measurement system .....	( 42 )
10	Noise control and energy conservation of converter station .....	( 43 )
10.1	Noise control .....	( 43 )
10.2	Energy conservation .....	( 43 )
	Explanation of wording in this standard .....	( 44 )
	List of quoted standards .....	( 45 )
	Addition: Explanation of provisions .....	( 47 )



# 1 总 则

**1.0.1** 为规范柔性直流输电换流站设计,使换流站的设计符合国家的有关政策、法规,达到安全可靠、先进适用、经济合理、环境友好的要求,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于 $\pm 500\text{kV}$ 电压等级及以下两端或多端柔性直流输电系统换流站的设计。

**1.0.3** 柔性直流换流站设计应结合工程特点,采用具备应用条件的新技术、新设备、新材料、新工艺。

**1.0.4** 柔性直流换流站的设计应满足劳动安全、环境保护、水土保持、消防等要求。满足上述要求所需的设施应与主体工程同步设计。

**1.0.5** 柔性直流换流站的设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 电压源换流器 voltage-sourced converter(VSC)

一种三相桥式接线的全控型换流器,由集中的直流电容器或换流器各桥臂内的多个分散式直流电容器提供平滑的直流电压。

### 2.0.2 模块化多电平换流器 modular multi-level converter (MMC)

一种多电平电压源换流器,每个桥臂由若干子模块串联组成。

### 2.0.3 柔性直流输电 VSC-HVDC transmission

基于电压源换流器的直流输电技术。

### 2.0.4 两端柔性直流输电系统 two-terminal VSC-HVDC system

由两个柔性直流换流站和连接它们的直流线路组成的柔性直流输电系统。

### 2.0.5 多端柔性直流输电系统 multi-terminal VSC-HVDC system

由多于两个柔性直流换流站和连接它们的直流输电线路组成的柔性直流输电系统。

### 2.0.6 全接线运行方式 full connection operation mode

柔性直流输电系统中所有线路及设备都投入运行的运行方式。

### 2.0.7 非全接线运行方式 partial connection operation mode

在全接线运行方式基础上考虑部分线路或设备退出运行后的运行方式。

### 2.0.8 有功无功运行区间 PQ capability

指定交直流电压范围下,柔性直流换流站与交流系统交换有功功率和无功功率的能力区间。

### **2.0.9 接地方式**      grounding mode

为柔性直流换流站主回路提供零电位参考点的接地点位置和连接方式。

### **2.0.10 换流站额定功率**      rated power of converter station

在最高环境温度下,所有冷却设备可用但备用冷却不投入运行时,交直流电压在稳态运行范围内,换流站交流母线与本站交换的最大设计功率。

### **2.0.11 直流电压控制模式**      DC voltage control mode

控制目标为换流站直流电压的控制模式。

### **2.0.12 有功/无功功率控制模式**      active power/reactive power control mode

控制目标为换流站有功/无功功率的控制模式。

### **2.0.13 交流电压/频率控制模式**      AC voltage/frequency control mode

控制目标为换流站交流母线电压/频率的控制模式。

### **2.0.14 孤岛换流站**      islanded converter station

交流侧接入孤岛新能源电场或无源负荷的换流站。

### **2.0.15 联网换流站**      converter station connected to AC grid

接入交流电网的换流站。

### **2.0.16 调制比**      modulation index

换流器输出的交流相电压基波峰值与换流器直流端间电压的一半的比值。

### **2.0.17 电压源换流器阀(VSC 阀)**      VSC valve

在电压源换流器中实现交直流变换的完整可控电力电子装置。

### **2.0.18 联接(换流)变压器**      interface (converter) transformer

连接在电压源换流器与交流系统之间的变压器,主要起匹配交流系统电压与电压源换流器直流侧电压、提供部分换相电抗和阻断与交流系统零序分量传递的作用。

**2.0.19 桥臂电抗器** arm reactor

位于桥臂上和 VSC 阀串接的电抗器。

**2.0.20 直流电抗器** DC reactor

位于直流母线或直流线路上的电抗器。

**2.0.21 直流断路器** DC circuit breaker

能够关合、承载和开断柔性直流输电系统中的稳态直流电流，并能在规定的时间内关合、承载和开断柔性直流输电系统中的故障直流电流的设备。

**2.0.22 直流电容器** DC capacitor

电压源换流器中主要承受直流电压的电容器。

**2.0.23 启动电阻** pre-insertion resistor

柔性直流换流站不控充电过程中为减少电压源换流器充电电流而投入的电阻。

**2.0.24 阀厅** valve hall

安装 VSC 阀的建筑物。

**2.0.25 换流站辅助设施** auxiliary facilities of converter station

保证换流站主设备正常工作的其他设施，包括供暖通风和空气调节、阀冷却系统、供水系统、火灾探测与灭火系统、红外测温系统等。

### 3 换流站站址选择

**3.0.1** 站址选择应符合现行国家标准《高压直流换流站设计规范》GB/T 51200 的规定。

**3.0.2** 站址选择应满足出线条件的要求,留出架空或电缆出线的走廊。

**3.0.3** 站址选择应符合换流站在电力系统中的地位和作用。当同一地区有多个换流站时,站址选择时应分析各换流站之间的电气距离、共用接地极及外力破坏等因素对电力系统的影响。

**3.0.4** 站址应避开严重污染源。当避开严重污染源有困难时,换流站应处于严重污染源主导风向的上风侧,并应评估污染源影响。

**3.0.5** 站址选择应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

**3.0.6** 站址应与邻近设施、周围环境相互协调,站址距飞机场、导航台、卫星地面站、军事设施、通信设施以及易燃易爆设施等的距离应按照国家现行有关标准的规定执行。

**3.0.7** 当 VSC 阀外冷却方式采用水冷却时,站址附近应有可靠水源,其水量及水质应满足换流站生产用水、消防用水及生活用水要求。当采用地表水作为供水水源时,其设计枯水流量的保证率不应低于 97%,并应保证水质的稳定性。

**3.0.8** 站址宜选择在货运铁路、公路和通航河流等交通线路附近,交通运输条件应满足联接(换流)变压器、桥臂电抗器等大件设备的运输要求。

## **4 交流系统基本条件及直流输电系统的性能要求**

### **4.1 交流系统基本条件**

#### **4.1.1 交流系统基本数据应包括下列内容：**

- 1 换流站交流母线电压：包括额定持续运行电压、稳态运行电压范围、极端运行电压范围；
- 2 换流站接入交流系统的频率：包括额定频率、稳态频率变化范围、事故时频率变化范围、故障清除后频率变化范围；
- 3 换流站交流母线的背景谐波电压和工频负序电压；
- 4 换流站交流母线的短路水平；
- 5 故障清除时间；
- 6 交流线路故障单相重合闸时序。

#### **4.1.2 等值交流系统应包括下列内容：**

- 1 用于交直流系统仿真研究的等值系统；
- 2 用于工频过电压研究的等值系统。

### **4.2 柔性直流输电系统的性能要求**

#### **4.2.1 柔性直流输电系统的额定参数应包括额定功率、额定直流电流和额定直流电压。**

#### **4.2.2 柔性直流输电系统的过负荷能力(如有)应包括连续过负荷能力、短时过负荷能力和暂态过负荷能力。**

#### **4.2.3 柔性直流输电系统的运行方式设计应符合下列规定：**

- 1 对于采用双极大地接线的两端柔性直流输电系统,可选择的运行方式包括双极大地运行方式(包括通过站内地网临时接地运行方式)、单极大地运行方式、单极金属回线运行方式、动态无功补偿(STATCOM)运行方式、试验运行方式等；

2 对于采用双极金属中线接线的两端柔性直流输电系统,可选择的运行方式包括双极金属中线运行方式、双极站内地网临时接地运行方式、单极金属回线运行方式、动态无功补偿(STATCOM)运行方式、试验运行方式等;

3 对于多端柔性直流输电系统,可选择的运行方式包括:

1)全接线运行方式;

2)非全接线运行方式。

4.2.4 柔性直流输电系统应具有有功和无功四象限运行能力,功率反送能力、无功提供能力应根据系统要求确定。

4.2.5 双极柔性直流输电系统可靠性指标可参考下列要求:

1 强迫能量不可用率不宜大于 1.0%;

2 计划能量不可用率不宜大于 2.0%;

3 单极强迫停运次数不宜大于 5 次/(极·年);

4 双极强迫停运次数不宜大于 0.2 次/(极·年)。

4.2.6 对称单极柔性直流输电系统可靠性指标可参考下列要求:

1 强迫能量不可用率不宜大于 1.0%;

2 计划能量不可用率不宜大于 2.0%;

3 强迫停运次数不宜大于 5 次/(极·年)。

4.2.7 柔性直流输电系统的动态和暂态性能应根据系统研究确定。

4.2.8 损耗及可听噪声应符合下列规定:

1 柔性直流换流站的损耗主要包括 VSC 阀、联接(换流)变压器、桥臂电抗器、直流电抗器(如有)、联接(换流)变压器阀侧接地电抗器(如有)、阀冷却系统、站用电系统等的损耗;

2 柔性直流换流站的可听噪声应符合现行国家标准《高压直流换流站可听噪声》GB/T 22075 的有关规定。

## 5 电气一次

### 5.1 电气主接线

**5.1.1** 柔性直流输电系统可选择对称单极接线、双极大地接线和双极金属中线接线。

**5.1.2** 电气主接线应满足下列功能要求：

1 若采用多个换流器串联或并联的接线，应能实现为检修而对单个换流器进行隔离并接地；

2 为了检修而对换流器旁路开关(如有)隔离及接地，不宜中断或降低直流输送功率；

3 可根据系统要求实现其他特殊接线方式。

**5.1.3** 当采用双极接线，电气主接线还应满足下列功能要求：

1 应能实现为检修而对换流站内一极或一个换流器进行隔离并接地；

2 应能实现为检修而对一极的直流线路进行隔离并接地；

3 在双极平衡运行方式下，应能实现为检修而对接地极线路或金属中线进行隔离并接地；

4 在单极金属回线运行方式下，应能实现为检修而对柔性直流输电系统的一端或两端接地极线路(如有)进行隔离并接地；

5 切除一极或一个换流器进行检修，不应影响另一极、其他换流器的稳态输送功率；

6 当存在单极金属回线和单极大地运行方式，此两种运行方式切换中不宜中断或降低直流输送功率。从切换开始到完成的时间应满足运行安全要求。

**5.1.4** 电气主接线应包括换流器接线、联接(换流)变压器接线、交流场接线以及直流场接线。



### 5.1.5 换流器接线应符合下列规定：

1 在满足系统要求的前提下，换流器接线应根据 VSC 阀的制造能力，结合直流系统电压等级和输送容量情况，通过技术经济比较后确定；

2 若采用多个换流器串联接线，每个换流器宜根据系统要求设置旁路回路；

3 若采用多个换流器并联接线，每个换流器宜根据系统要求设置快速开关；

4 换流器的每个桥臂宜设置桥臂电抗器，桥臂电抗器可位于 VSC 阀的交流侧或直流侧。

### 5.1.6 联接(换流)变压器应根据接地方式、站用电配置、零序电流隔离、暂态电流等要求，并经技术经济比较后确定联接组别。

### 5.1.7 交流场接线应符合下列规定：

1 交流场接线应符合国家现行标准《35kV～110kV 变电站设计规范》GB 50059、《220kV～750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218和《1000kV 变电站设计规范》GB 50697 的规定；

2 若联接(换流)变压器第三绕组需提供站用电，联接(换流)变压器阀侧应配置断路器或隔离开关；

3 若换流器采用交流侧启动方式，宜在联接(换流)变压器的网侧或阀侧设置启动电阻。启动电阻应设置并联旁路装置，且并联旁路装置可根据旁路要求选用断路器或隔离开关。

### 5.1.8 直流场接线应符合下列规定：

1 直流场接线应按极配置，正极与负极之间应相互独立；

2 直流断路器的配置应根据系统要求和 VSC 阀设备形式确定；

3 若需将孤岛换流站投入运行中的柔性直流输电系统，宜在孤岛换流站的直流侧配置启动电阻；启动电阻应设置并联旁路装置，且并联旁路装置可根据旁路要求选用断路器或隔离开关；

4 对于双极大地接线，宜根据运行方式转换的要求在直流中

性线侧配置中性母线开关、金属回线转换开关和大地回线转换开关(适用于两端柔性直流输电系统)、接地极线路开关(适用于多端柔性直流输电系统)以及中性母线接地开关;

5 对于双极金属中线接线,宜根据运行方式转换的要求在直流中性线侧配置中性母线开关、大地回线转换开关(适用于两端柔性直流输电系统)、金属中线开关(适用于多端柔性直流输电系统)和中性母线接地开关。

## 5.2 换流站过电压保护、绝缘配合及防雷接地

5.2.1 换流站过电压保护可参照现行国家标准《绝缘配合 第2部分:使用导则》GB/T 311.2 和《绝缘配合 第3部分:高压直流换流站绝缘配合程序》GB/T 311.3 的有关规定执行。

5.2.2 换流站过电压保护和避雷器配置应符合下列规定:

1 联接(换流)变压器网侧产生的过电压应由装在该侧的避雷器加以限制;

2 联接(换流)变压器阀侧及直流侧产生的过电压应由装在联接(换流)变压器阀侧及直流侧的避雷器单独或组合加以限制;

3 换流站的重要设备应由其邻近的避雷器保护;

4 配置避雷器时,可采用多柱并联结构的避雷器,也可采用多支避雷器并联分散布置的方式。

5.2.3 其他过电压保护措施应符合下列规定:

1 VSC 阀子模块应配置旁路装置;

2 联接(换流)变压器交流进线断路器宜装设合闸电阻或选相合闸装置。

5.2.4 换流站设备额定耐受电压应采用绝缘配合的确定性法确定。

5.2.5 换流站的直击雷防护与接地设计应符合现行国家标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064 和《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065 的有关规定。

**5.2.6** 联接(换流)变压器区域、直流场区域的直击雷宜采用避雷线进行防护,保护范围宜采用滚球法进行校核。

### **5.3 换流站设备外绝缘设计**

**5.3.1** 换流站交流侧设备外绝缘统一爬电比距应根据污区分布图确定的站址污秽等级,按照现行国家标准《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和《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第2部分:交流系统用瓷和玻璃绝缘子》GB/T 26218.2中的有关规定确定。

**5.3.2** 换流站直流侧设备外绝缘爬电比距应根据站址污秽预测的研究结果确定。

**5.3.3** 换流站直流侧设备干弧距离应通过研究确定。

**5.3.4** 高海拔地区换流站设备的外绝缘设计应根据海拔对外绝缘闪络特性的影响,进行高海拔修正。

### **5.4 主要设备选择**

**5.4.1** VSC 阀选择应符合下列规定:

- 1 VSC 阀宜采用空气绝缘、水冷却、户内布置;
- 2 VSC 阀宜采用模块化设计,子模块冗余度不宜小于 8%;
- 3 VSC 阀的连续运行额定值和过负荷能力应根据系统要求确定;
- 4 VSC 阀应能承受各种暂态电流,且有足够的安全裕度,最严酷暂态电流及持续时间应由系统要求确定;
- 5 VSC 阀应能承受各种过电压,且有足够的安全裕度;
- 6 VSC 阀本体及其控制保护装置的设计应保证阀能承受由于阀触发系统误动以及站内外各种故障所产生的电气应力;
- 7 VSC 阀可采用支撑式或悬吊式。

**5.4.2** 联接(换流)变压器选择应符合下列规定:

1 联接(换流)变压器的容量应结合直流系统输送容量要求确定;联接(换流)变压器形式的选择应考虑设备额定容量、制造能力以及运输条件等因素;

2 联接(换流)变压器的阻抗选择除应考虑交直流系统要求外,还应结合运输条件确定;

3 联接(换流)变压器的有载调压范围应根据交直流系统运行工况通过计算选定;

4 联接(换流)变压器应具有耐受一定直流偏磁电流的能力;

5 联接(换流)变压器的噪声水平应满足换流站总体噪声的控制要求。

**5.4.3 桥臂电抗器选择应符合下列规定:**

1 桥臂电抗器宜选择空心干式电抗器;

2 桥臂电抗器电感值的选择宜考虑二倍频环流抑制、电流响应速度、故障电流抑制及无功提供能力等因素;

3 桥臂电抗器的参数宜通过动态性能计算验证;

4 桥臂电抗器应能承受谐波电压/电流和冲击电压/电流产生的电气和机械应力;

5 桥臂电抗器的噪声水平应满足换流站的总体噪声控制要求。

**5.4.4 直流电抗器(如有)选择应符合下列规定:**

1 直流电抗器宜选择空心干式电抗器;

2 直流电抗器额定电流和过负荷电流应根据系统运行特性计算确定;

3 选择直流电抗器电感值时,应考虑电流响应速度、动态性能和故障电流抑制的影响,并应能满足各种工况下的系统性能要求,还应避免直流侧发生谐振;

4 直流电抗器应能承受谐波电压/电流和冲击电压/电流产生的电气和机械应力;

5 直流电抗器的噪声水平应满足换流站的总体噪声控制

要求。

**5.4.5 直流断路器(如有)选择应符合下列规定:**

1 直流断路器开断电流能力及开断时间应满足系统设计  
要求;

2 直流断路器额定电流和过负荷电流应根据系统运行特性  
计算确定;

3 直流断路器应能承受各种暂态电流,且有足够的安全裕  
度,最严酷暂态电流及持续时间应由系统要求确定;

4 直流断路器应能承受各种过电压,且有足够的安全裕度;

5 直流断路器在开断过程中应具备能量吸收能力。

**5.4.6 启动电阻选择应符合下列规定:**

1 启动电阻应满足换流站启动时限制充电电流的要求,VSC  
阀充电时流过的电流不应超过 VSC 阀的暂态电流耐受能力,且有  
足够的安全裕度;

2 启动电阻的选择应满足系统对充电时间的要求;

3 当启动电阻接在联接(换流)变压器网侧时,启动电阻的暂  
态电流应考虑变压器的励磁涌流;

4 启动电阻的选择应考虑换流站启动时对交流系统的冲击。

**5.4.7 直流侧避雷器的配置和参数选择应根据换流站过电压计  
算和绝缘配合结果确定。**

**5.4.8 直流侧隔离开关应满足各种工况下的工作电流及短路电  
流耐受的要求。**

**5.4.9 若配置中性母线开关、大地回线转换开关、金属回线转换  
开关、接地极线路开关、金属中线开关或中性母线接地开关,宜考  
虑系统短时过负荷工况下的转换和开断(如需)能力。**

**5.4.10 直流电压和电流测量装置选择应符合下列规定:**

1 用于极线及中性线的直流电压分压器宜采用阻容分压器;

2 联接(换流)变压器阀侧、桥臂、极线及中性线直流电流测  
量装置,宜选用电子式电流测量装置或纯光学式电流测量装置;

3 直流电压和电流测量装置的测量精度、采样频率、暂态响应特性应满足控制保护系统的要求。

**5.4.11** 直流绝缘子和套管选择应符合下列规定：

1 直流绝缘子和套管的爬电比距应根据换流站的污秽水平，以及直流绝缘子和套管的污秽特性选择，同时还应计及直径大小对爬电比距的影响；

2 直流绝缘子和套管应根据等值盐密与积污特性的关系、运行电压和伞裙对积污的影响、闪络特性及闪距进行选择。

**5.4.12** 直流导体应结合回路通流要求、电场效应、无线电干扰、可听噪声和机械强度要求进行选择。硬管母线的动稳定、微风振动和挠度应根据现行行业标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222 的规定进行校核。

**5.4.13** 交流设备的选择应符合国家现行标准《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222、《220kV～750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218 和《1000kV 变电站设计规范》GB 50697 的有关规定。

## **5.5 电气设备布置**

**5.5.1** 交流场布置应结合联接(换流)变压器、桥臂电抗器、启动回路设备、接地装置(如有)以及换流站建筑物的布置,通过技术经济比较后确定,并应符合现行行业标准《220kV～750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218 和《高压配电装置设计规范》DL/T 5352 的有关规定。

**5.5.2** 启动回路设备可采用户外或户内布置。

**5.5.3** 直流场布置应符合下列规定：

1 极母线设备采用户外或户内布置应根据站址环境条件和设备选型情况确定；

2 直流场布置应符合国家现行标准中对于静电感应场强等电磁环境的有关规定；

3 直流场宜按极对称分区布置,布置方式应便于设备的巡视、操作、搬运、检修和试验;

4 直流断路器采用户内布置时,宜布置于单独的房间。当直流断路器与 VSC 阀或其他直流断路器布置于同一房间时,应设置必要的检修通道或隔离设施,保证其中一台设备检修时不影响临近设备的正常运行。

**5.5.4** 阀厅及阀厅内设备布置应符合下列规定:

- 1 换流站宜按换流器设置阀厅;
- 2 阀厅内宜设置便于搬运和车辆出入的通道以及巡视检修用的通道。门和通道的设置应考虑紧急疏散的需要。

**5.5.5** 联接(换流)变压器、桥臂电抗器和直流电抗器(如有)布置应符合下列规定:

- 1 联接(换流)变压器、桥臂电抗器和直流电抗器布置应符合换流站总体布置需要;

- 2 联接(换流)变压器布置方式应根据启动回路和桥臂电抗器布置方式经技术经济比较后确定,当联接(换流)变压器阀侧套管采用插入阀厅布置时,阀侧套管应采用干式套管;

- 3 桥臂电抗器采用户外或户内布置应根据站址环境条件和设备选型情况确定;若桥臂电抗器采用户内布置,宜与阀厅隔开,并单独设置桥臂电抗器室;

- 4 联接(换流)变压器、桥臂电抗器和直流电抗器的布置应满足搬运、检修及更换的场地的要求;

- 5 备用联接(换流)变压器、备用桥臂电抗器和备用直流电抗器布置位置应考虑搬运和更换的要求;

- 6 桥臂电抗器、直流电抗器采用户内布置时,应考虑电抗器磁场对周边钢结构及设备的影响,防止钢结构发热及对其他设备产生干扰。

**5.5.6** 控制楼及继电器小室的布置应符合下列规定:

- 1 宜将控制保护设备、通信设备、蓄电池、阀冷却设备等布置

在换流站控制楼内；当技术经济比较合理时，可将部分控制保护设备下放至继电器小室；控制楼的面积应按规划容量设计并一次建成；

2 控制楼的位置应方便运行并节省光(电)缆。控制楼与阀厅宜相邻布置。

## 5.6 站用电系统

5.6.1 站用电系统接线应符合下列规定：

1 站用电系统设计应符合现行行业标准《换流站站用电设计技术规定》DL/T 5460 的有关规定；

2 换流站宜设置三回站用电源，并从站内、站外各引接一回，第三回站用电源引接方案应根据技术经济比较后确定。



## 6 换流站控制保护系统

### 6.1 一般要求

6.1.1 换流站控制保护系统应依据换流站的建设规模、电气主接线、运行方式和控制模式来设计。

6.1.2 换流站控制保护系统通常包括计算机监控系统、直流控制系统、直流保护系统、直流线路故障测距系统、暂态故障录波系统、换流站主时钟系统和交流保护系统等。

6.1.3 换流站内的交、直流系统应合建一个统一平台的计算机监控系统。

6.1.4 应结合柔性直流输电系统控制、保护、测量的快速性特点，针对换流站控制保护系统的各个子系统进行相关设计。

### 6.2 计算机监控系统

6.2.1 计算机监控系统除应满足现行行业标准《换流站二次系统设计技术规程》DL/T 5499 的有关规定外，还应符合本标准的要求。

6.2.2 计算机监控系统宜由站控层、控制层以及就地层组成，并宜采用分层、分布式的网络结构。

6.2.3 计算机监控系统主要功能应包括：

1 通过站级 LAN 网接收运行人员或远方调度中心对换流站正常的运行监视和操作指令、故障或异常工况的监视和处理，并完成全站事件顺序记录和事件报警、直流控制系统参数的调整、历史数据归档、换流站文档和程序管理，还应实现换流站直流系统的手动紧急停运；

2 计算机监控系统应能实现数据采集功能，数据采集范围应

包括交流母线区、联接(换流)变压器及交流引线区、交流连接线路区、换流器区、直流极区、双极区(如有)、直流线路区、接地极线区(如有)、接地极区(如有)以及所有辅助系统的模拟量和开关量,可通过站间通信采集与其他换流站交互的运行参数;

3 可将除保护系统外的全站历史和实时的运行工况由远动工作站通过远动 LAN 网/专用通道送至远方调度中心。

**6.2.4** 计算机监控系统宜采用双重化的系统服务器和双重化的站级 LAN 网。

### **6.3 直流控制系统**

**6.3.1** 直流控制系统宜按功能划分为系统级控制层、换流站级控制层(双极控制层)、换流器级控制层(极控制层)、VSC 阀级控制层。

**6.3.2** 直流控制系统设备应双重化冗余配置,各冗余设备应同时运行,冗余范围应包括测量二次线圈、I/O 单元、通信回路和相关的直流控制装置。任意一重设备因故障、检修或其他原因完全退出时,不应影响另一重设备,且不影响整个系统的正常运行。

**6.3.3** 直流控制系统所采用的网络应具有良好的开放性,网络通信规约应采用国际通用协议。网络的抗干扰能力、传输速率及传输距离应满足现场运行环境及系统性能的要求。

**6.3.4** 系统级控制层应具备站间协调、直流系统与交流系统的协调控制功能,并应执行计算机监控系统和远方调度中心的控制指令。

**6.3.5** 换流站级控制层应完成双极控制功能,包括有功功率分配和无功功率分配,并将指令下发至换流器级控制层。

**6.3.6** 换流器级控制层设计应符合下列规定:

1 基本控制模式应包含有功类控制模式和无功类控制模式,其中有功类控制模式应包含直流电压控制模式、有功功率控制模式和频率控制模式;无功类控制模式应包含交流电压控制模式和

无功功率控制模式；

2 基本功能宜包括顺序控制及联锁、有功功率/直流电压/交流频率控制、交流电压/无功功率控制、控制模式选择与切换、协调控制(如有)、过负荷限制(如有)、联接(换流)变压器分接开关控制、附加控制等功能；

3 附加控制功能应根据电力系统动态性能研究确定,可包括功率提升、功率回降、快速功率反转、阻尼振荡、异常交流电压和频率控制等。

#### 6.3.7 VSC 阀级控制层设计应符合下列规定：

1 应实现对 VSC 阀的控制功能,其双重化冗余配置的两套系统互为热备用,其主从关系与极控设备保持一致,并具备请求切换功能；每一套系统应具有对硬件、软件以及通信通道进行自检的功能；

2 应能接收换流器级控制层下发的调制波信号以及解闭锁、充电等控制信号,并下发给 VSC 阀,同时接收 VSC 阀的回报信号,经过处理后上送给控制保护系统；

3 应具备桥臂过流保护、桥臂环流抑制、子模块电容器电压平衡控制和子模块冗余控制等功能；

4 应具备状态监视及录波功能,实现对子模块的电容电压、旁路状态和故障状态等信息的监测。

### 6.4 直流保护系统

#### 6.4.1 直流保护系统配置原则应符合下列规定：

1 直流保护系统应满足可靠性、选择性、灵敏性、速动性的基本要求；

2 直流保护应按保护区域设置,每一个保护区应与相邻保护的保护区重叠,不应存在保护死区；

3 直流保护系统宜采用三重化的冗余设计,冗余范围应包括测量回路、通信回路、保护装置本体、出口回路；任一重保护故障或

退出不应影响直流保护系统的正常运行。三重化配置的每重保护应采用“三取二”跳闸逻辑,“三取二”装置应冗余配置。

#### **6.4.2 直流保护区域应包括但不限于:**

1 联接(换流)变压器保护区:联接(换流)变压器网侧引线至联接(换流)变压器阀侧套管、联接(换流)变压器第三绕组引出线(如有)之间的区域;

2 交流连接线保护区:联接(换流)变压器阀侧套管至换流器网侧之间的区域;

3 换流器保护区:换流器网侧至换流器直流侧之间的区域;

4 直流极保护区:换流器直流侧至直流线路阀侧之间的极母线、隔离开关和直流断路器(如有)等设备;

5 双极保护区(如有):双极公用连接区、接地极线路或金属中线;

6 直流线路保护区:换流站间的直流输电线路全长。

**6.4.3** 直流保护系统动作结果应包括但不限于报警、闭锁、交流断路器跳闸、交流断路器锁定、直流断路器跳闸(如有)、直流断路器锁定(如有)、启动交流断路器失灵保护、启动直流断路器失灵保护(如有)。

**6.4.4** 直流保护系统应有完整的自检功能,包括硬件故障、软件故障、通信故障的自检和分类显示功能。

### **6.5 站间通信**

**6.5.1** 站间通信应用于在换流站间传送控制保护系统的信息,实现换流站间的配合。

**6.5.2** 站间通信通道宜双重化冗余配置,可分别为直流控制和直流保护系统配置独立的站间通信通道。

**6.5.3** 站间通信系统设计应确保信号延迟时间符合直流系统动态响应和附加控制的要求,以及相关保护对通信时延的要求。

**6.5.4** 站间通信信号应满足控制功能及运行状态监视功能的要

求,可包括换流站的运行状态、控制模式、保护信号和协调控制指令。

## 6.6 直流暂态故障录波系统

6.6.1 直流暂态故障录波装置宜按阀厅和直流场区域、联接(换流)变压器区域分别配置。

6.6.2 直流暂态故障录波系统采集信号应包括但不限于联接(换流)变压器网侧交流电压、联接(换流)变压器阀侧电流、直流极线电流、直流极线电压、启动电阻电流、桥臂电流以及直流控制保护主机的状态信号。直流暂态故障录波系统的采样频率应满足直流测量系统合并单元采样频率的要求,并有足够的冗余度和方便扩展的接口。

6.6.3 直流暂态故障录波装置应具备组网功能,可与交流系统暂态故障录波装置共同组成换流站录波专网。

## 6.7 阀冷却控制保护系统

6.7.1 换流站应为每组换流器配置阀冷却控制保护系统,实现阀冷却系统的控制、保护和监视。

6.7.2 阀冷却控制保护系统应按换流器冗余配置,并能适应柔性直流输电系统的各种运行工况。阀冷却控制保护系统应具有硬件、软件以及通信通道自检功能。

6.7.3 阀冷却控制保护系统应实现对阀冷却系统的主循环水泵、喷淋水泵、冷却风扇、电动阀门等重要设备的监控;应实现对阀冷却水进阀温度、出阀温度、流量、电导率、压力、水位和阀厅、室外环境温度等参数的监测。

6.7.4 阀冷却控制保护系统应配置阀进出口水温度异常保护、主水流量异常保护、泄漏保护、电导率高保护、膨胀箱压力异常保护、膨胀箱水位异常保护等。

6.7.5 阀冷却控制保护系统应能与直流控制保护系统通信,其通

信接口应满足直流控制保护系统的冗余要求。

## **6.8 站用直流电源系统及交流不停电电源系统**

**6.8.1** 站用直流电源系统的接线方式、负荷统计、设备选择和布置、保护和监控等设计应符合现行行业标准《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044 的有关规定。

**6.8.2** 站用直流电源系统宜根据建设规模、设备布置等要求,按站公用设备、极或换流单元、交流场设备分别独立设置。

**6.8.3** 直流电源系统应采用单母线接线,设置充电母线和馈电母线,二段馈电母线之间应设置联络开关。

**6.8.4** 直流电源系统的馈线网络应采用辐射状供电方式。对于换流站内单电源直流负荷的供电方式,可均匀分接在两段直流馈电母线上,也可由两段直流馈电母线切换形成第三段母线馈电。

**6.8.5** 交流不间断电源应根据建设规模、二次设备布置以及计算机监控系统的要求配置,交流不间断电源宜集中设置,也可按区域分散设置。

**6.8.6** 交流不间断电源主机应双重化配置,容量应按 100% 计算负荷选择。

**6.8.7** 交流不间断电源系统接线宜采用单母线分段接线,二段母线之间应设联络电器,馈电宜采用辐射状方式。

**6.8.8** 站用直流电源系统、交流不间断电源系统应具有与站内计算机监控系统的通信功能,通信接口宜采用以太网接口。

## **6.9 二次设备布置**

**6.9.1** 换流站二次设备的布置应结合工程远景规划,充分考虑分期扩建的便利,布置宜功能明确、紧凑成组,并应合理设置预留和备用屏位。

**6.9.2** 主/辅控制楼的位置与阀厅应相邻布置,宜按规划建设容量在工程中一次建成。就地继电器小室的数量应根据换流站的建

设规模和总平面布置确定。

**6.9.3** 直流控制保护设备及二次接口设备宜按阀组、按极布置于主/辅控楼内各相应的二次设备室。交流场相关二次设备宜布置在对应的交流就地继电器小室内。

**6.9.4** 直流屏室宜与蓄电池室相邻布置。阀控屏宜紧邻阀厅布置。阀冷却系统控制保护屏与阀冷却设备宜相邻布置。

## 7 换流站通信

### 7.1 换流站主要通信设施

7.1.1 换流站的通信系统应包括系统通信和站内通信。

7.1.2 换流站通信设施可包括光纤通信设备、载波通信设备、调度交换机、行政交换机、调度数据网设备、综合数据网设备、会议电视终端设备、通信电源设备、通信机房动力及环境监控系统子站设备、广播设备、综合布线设施和与控制保护的接口设备等。

### 7.2 系统通信

7.2.1 换流站与其电网调度机构之间应至少设立两个独立的调度通信通道或两种通信方式。

7.2.2 系统通信电路应满足传输电力调度、生产行政、继电保护、安全自动装置、调度自动化等业务的需求。

7.2.3 换流站间交换信息应包括直流控制及保护信息、线路故障定位装置站间交换信息、换流站监控系统交换信息等。

7.2.4 换流站至各调度端传输信息应包括远动信息、电能计费信息、故障录波信息、继电保护及安全稳定装置信息、远方用户电话等。

7.2.5 换流站宜提供至运行管理单位之间的通信通道。

### 7.3 站内通信

7.3.1 调度交换机和行政交换机应符合下列规定：

1 换流站内宜设一台用户数量为 48 门～96 门的数字程控调度交换机。调度交换机的组网宜采用 Qsig 信令及 2Mbit/s 数字中继专线电路，分别从两个不同的方向就近与上级汇接中心连接；



2 换流站内可设一台用户数量为 48 门~128 门的数字程控行政交换机;行政交换机应根据电力行政交换网的组网要求,可采用 2Mbit/s 专线电路或 IP 方式作为信息传输通道,并配置相应的接入设备进行组网;

3 行政交换机可就近接入当地市话网。

### 7.3.2 综合数据网和调度数据网应符合下列规定:

1 换流站内应设置电力综合数据网接入设备,分别由两个不同路由就近与上级汇接中心连接;

2 换流站内应设置电力调度数据网接入设备及安全防护设备,调度数据网接入设备应分别由两个不同路由就近与上级汇接中心连接;

3 综合数据网及调度数据网应根据整个网络的配置要求来进行设计,满足各级调度及运行管理单位对换流站的接入要求。

7.3.3 换流站内宜设置一套广播设备,覆盖主控楼、辅控楼、阀厅、继电器小室、直流场和交流场户外配电装置等区域。

7.3.4 换流站内应设置一套会议电视设备,并应符合下列规定:

1 会议电视设备宜采用 2Mbit/s 专线电路或 IP 方式与上级相关部门进行互联;

2 换流站应按照“永临结合”原则,在施工建设期间和投运后均应能开通会议电视系统。根据建设管理和生产运行的要求,应能够在施工建设期间接入建设管理单位、在投运后接入运行管理单位的会议电视系统中。

7.3.5 通信机房宜设置动力及环境监控系统,用于采集通信机房内的环境信息(包括温度、湿度、烟雾等)、电源系统告警和状态信息、通信设备报警信息,并将信息接入相应动力及环境监控主站。

## 7.4 通信电源、机房和接口要求

7.4.1 换流站内应设两套独立的、互为备用的直流 48V 电源系统。每套电源系统宜配置一个开关电源、一个直流配电屏以及一

组或两组 48V 免维护蓄电池,开关电源和蓄电池的容量宜根据远期设备负荷确定并留有裕度。

**7.4.2** 换流站控制楼及相关的辅助建筑物内的通信网络可采用综合布线方式。

**7.4.3** 通信机房技术要求应符合现行行业标准《220kV ~ 1000kV 变电站通信设计规程》DL/T 5225 的有关规定。

**7.4.4** 与控制保护的接口设备应符合 2Mbit/s G. 703 同向型接口要求。

## 8 换流站土建

### 8.1 总 平 面

**8.1.1** 站区总平面应符合现行国家标准《高压直流换流站设计规范》GB/T 51200 的有关规定。

**8.1.2** 站区总平面布置应根据电气工艺布置特点、进出线走廊方向、进站道路的引接,结合地形和地质条件、土石方工程量大小、站区竖向布置方式和对自然水系的影响等因素综合考虑,尽量降低建设成本。

**8.1.3** 阀厅、控制楼等重要建(构)筑物以及联接(换流)变压器等大型设备宜布置在地质条件较好地段。

**8.1.4** 油罐区的设计应符合现行国家标准《石油库设计规范》GB 50074 的有关规定,油泵房的设置应根据绝缘油输送方式确定。

**8.1.5** 建(构)筑物的火灾危险性分类及耐火等级应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定。

**8.1.6** 建(构)筑物及设备的防火最小间距应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定,并应符合下列规定:

1 建(构)筑物及设备的防火间距计算方法应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定;

2 两座建筑相邻较高一面的外墙如为防火墙时,其防火间距可不限,但两座建筑物门窗之间的净距不应小于 5m;

3 建筑物外墙距屋外油浸式变压器和电抗器以及可燃介质电容器设备外廓 5m 以内时,该墙在设备总高度加 3m 的水平线以下及设备外廓两侧各 3m 内,不应设有门窗和洞口;建筑物外墙距

设备外廓 5m~10m 时,在外墙可设甲级防火门,并可在设备总高度以上设防火窗,其耐火极限不应小于 0.9h;

4 当继电器小室布置在屋外配电装置场内时,其与电气设备及导线的距离应由电气专业确定。

8.1.7 当联接(换流)变压器网侧接入交流电压等级为 500kV 时,变压器站内运输道路的宽度不宜小于 5.5m,转弯半径不宜小于 12.0m;当联接(换流)变压器网侧接入交流电压等级为 220kV 时,变压器站内运输道路的宽度不宜小于 4.5m,转弯半径不宜小于 9.0m;当联接(换流)变压器网侧接入交流电压等级为 110kV 时,变压器站内运输道路的宽度不宜小于 4.0m,转弯半径不宜小于 9.0m。消防车道的设置应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的相关要求。其余道路宽度不宜小于 3.0m,转弯半径不宜小于 6.0m。

8.1.8 联接(换流)变压器等设备搬运轨道的布置,在满足安装、检修要求情况下宜短捷、紧凑,搬运轨道可与站内道路重叠布置,以节约站区用地。

8.1.9 进站道路的路径应根据站址周围道路现状,结合站区平面、竖向布置综合确定,路面宽度和平曲线半径应满足超限运输车辆内转弯半径的要求。

8.1.10 站区一般地段的围墙宜采用 2.2m~2.8m 的实体围墙;有降噪要求的地段,应根据降噪计算的结果和噪声防护标准的要求,确定围墙高度和结构形式。

## 8.2 竖向布置

8.2.1 站区竖向布置应结合站区总平面布置的需要,在满足国家现行标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187、《变电站总布置设计技术规程》DL/T 5056 和《220kV~750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218 有关规定的前提下,结合地形条件,综合考虑站区工艺设备接线、交通组织、土石方工程量、场地排水等因素,并可采

用平坡式或阶梯式竖向布置。

**8.2.2** 站区场地竖向设计应结合站区雨水排水方式综合考虑,站区雨水宜排入附近自然水系或市政排水系统。

### **8.3 建 筑**

**8.3.1** 建筑物设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《高压直流换流站设计规范》GB/T 51200 及《火力发电厂与变电站设计防火》GB 50229 的有关规定。

**8.3.2** 建筑物设计应满足工艺设备的布置要求和生产管理的需要。

**8.3.3** 建筑物造型应与周围环境相协调,宜采用节能、环保型建筑材料。

**8.3.4** 建筑物墙、柱、梁、楼板、屋顶承重构件的燃烧性能和耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的要求。

**8.3.5** 建筑物屋面防水设计除应符合现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345 的有关规定外,还应符合下列规定:

1 阀厅、控制楼、气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)室、户内直流场、户内配电装置楼、站用电室、继电器小室、综合楼的屋面防水等级应为Ⅰ级;

2 综合水泵房、取水泵房(或深井泵房)、雨淋阀间(或泡沫消防间)、检修备品库、车库、警传室等其他建筑物的屋面防水等级宜为Ⅱ级;

**8.3.6** 建筑物屋面宜采用有组织排水,采用复合压型钢板屋面时,屋面排水坡度不宜小于5%,且应采取可靠的抗风、防水措施;采用钢筋混凝土平屋面时,建筑找坡方式的屋面排水坡度宜为2%,结构找坡方式的屋面排水坡度不应小于3%,采用钢筋混凝土坡屋面时,屋面排水坡度宜为5%~10%。

**8.3.7** 阀厅与控制楼宜采用联合布置;当设有户内直流场时,户内直流场与阀厅宜采用联合布置。

**8.3.8** 阀厅应采取六面体电磁屏蔽措施。阀厅建筑围护系统应具有优良的气密性能,所有缝隙均应采取严密的封堵措施。

**8.3.9** 阀厅出入口设置应符合下列规定:

1 每幢阀厅零米层出入口不宜少于两个,至少有一个出入口作为运输通道,其净空尺寸应能满足最大设备的搬运和 VSC 阀安装检修用升降机的出入要求,出入口应通往室外并与站区主要道路相衔接;

2 各出入口应采用向室外方向开启的、满足 40dB(A)隔声性能指标要求的电磁屏蔽门;

3 站址位于风沙较大的地区时,阀厅通往室外的出入口应设置门斗。

**8.3.10** 阀厅外墙不宜设置采光窗。当阀厅外墙设置通风百叶窗或排烟风机时,应采取可靠的电磁屏蔽、气密及防水措施,百叶窗或风机的叶片应设自动启闭装置。

**8.3.11** 阀厅与联接(换流)变压器、油浸式直流电抗器之间不满足防火间距时,应设置耐火极限不低于 3.0h 的防火墙进行分隔。

**8.3.12** 阀厅墙上设备套管、阀冷却水管、空调送/回风管、通风排烟装置、电缆及光缆等设备和管线开孔应待安装工作完毕后实施封堵,孔洞封堵应满足围护系统的整体电磁屏蔽、气密、防火、防水、隔热、隔声等性能要求。

**8.3.13** 当 VSC 阀采用支撑式布置时,阀厅上部宜设置起重设备;当 VSC 阀采用悬吊式布置时,阀厅上部应设置 VSC 阀悬吊系统。

**8.3.14** 阀厅室内地坪应采用耐磨、抗冲击、抗静电、不起尘、防潮、光滑、易清洁的饰面材料。

**8.3.15** 控制楼内的功能用房主要包括主控制室、控制保护设备室、配电室、电气蓄电池室、通信机房、通信蓄电池室、阀冷却设备室、空调设备室等生产用房,以及安全工器具间、二次备品及工作间、阀基备品间、会议室、办公室、资料室、卫生间等辅助、附属生产

用房。

**8.3.16** 控制楼宜采用二至四层布置,内部功能用房布置应符合下列规定:

1 配电室、阀冷却设备室、阀冷却控制设备室、联接(换流)变压器接口屏室等宜布置在首层,阀冷却设备室应靠外墙且与阀外冷却装置毗邻布置;

2 主控制室、交接班室、控制保护设备室、通信机房、会议室、办公室等宜布置在第二至四层,其中主控制室、会议室、办公室宜靠外墙布置,交接班室宜靠近主控制室布置;

3 电气、通信设备用房不应布置在卫生间及其他易积水房间的下层,且内部不应布置给排水管道。

**8.3.17** 控制楼的出入口、走道及楼梯设置除应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 和《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定外,还应符合下列规定:

1 联系各楼层的楼梯数量应根据楼层建筑面积确定:楼层建筑面积不大于  $400\text{m}^2$  时,可设置一部楼梯;楼层建筑面积大于  $400\text{m}^2$  时,应至少设置两部楼梯;

2 当屋面布置有工艺设备时,应设置通至该屋面的楼梯;当屋面没有工艺设备时,宜设置屋面巡视检修爬梯;

3 控制楼主出入口布置应与站区主要道路相衔接。

**8.3.18** 控制楼各建筑构件应符合下列规定:

1 控制保护设备室、交流配电室、直流屏室、交流不停电电源室、电气蓄电池室、通信机房、通信蓄电池室、阀冷却设备室、阀冷却控制设备室、空调设备室、联接(换流)变压器接口屏室等设备用房和楼梯间的墙体耐火极限不应低于  $2.0\text{h}$ ,楼板耐火极限不应低于  $1.5\text{h}$ ,配电室、空调设备室的门应采用满足  $1.5\text{h}$  耐火极限要求的甲级防火门,其余设备用房、封闭楼梯间的门应采用向疏散方向开启的、满足  $1.0\text{h}$  耐火极限要求的乙级防火门;

2 电缆、管道竖井在各楼层的楼板处以及与房间、走道等相

连通的孔洞部位均应采用防火封堵材料封堵密实;电缆、管道竖井壁的耐火极限不应低于 1.0h,井壁上的检查门应采用向竖井外侧开启的、满足 0.5h 耐火极限要求的丙级防火门。

**8.3.19** 控制楼各功能用房的内部装修材料应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 和《换流站建筑结构设计技术规程》DL/T 5459 的有关规定。

**8.3.20** 控制楼内的主控制室、会议室、办公室等功能用房的布置应尽量降低噪声的影响,同时宜具备良好的朝向、自然通风、天然采光。当主控制室、会议室、办公室与阀厅毗邻布置时,其房门宜采用隔声门,室内墙面宜增加吸声材料,降低噪声的影响。控制楼各功能用房净高和各楼层层高应根据设备安装、管道布置、结构尺寸及室内空间尺度等因素合理确定。

**8.3.21** 当控制楼采用集中式空调系统时,其内部工艺设备用房的顶棚风口布置应结合灯具、设备布置综合考虑,风口不应布置在工艺设备的正上方。

**8.3.22** 控制楼各功能用房及部位的楼(地)面饰面材料应与其使用功能相匹配,且应符合下列要求:

1 主控制室、控制保护设备室、通信机房等设备用房应采用耐磨、抗静电、光滑、不起尘、易清洁的饰面材料;

2 交流配电室、直流屏室、交流不停电电源室、蓄电池室、阀冷却设备室、阀冷却控制设备室、空调设备室等设备用房,以及门厅、过厅、走道等应采用耐磨、光滑、不起尘、易清洁的饰面材料;

3 卫生间应采用防水、防滑、易清洁的饰面材料。

**8.3.23** 户内直流场零米层出入口不应少于两个,出入口门应向外开启,其净空尺寸应能满足户内直流场内最大设备的搬运要求。

**8.3.24** 当户内直流场内布置有直流电抗器等较重设备时,可设置起吊运输设施。

**8.3.25** 户内直流场室内地坪应采用耐磨、抗冲击、不起尘、易清洁的饰面材料。



**8.3.26** 对于受设备噪声影响的建筑物,其墙体、门窗、楼板、顶棚等围护构件应采取有效的隔声措施。

**8.3.27** 阀厅、GIS室、户内直流场、检修备品库等建筑物屋面宜设置满足安全防护要求的巡视检修爬梯。

**8.3.28** 户内配电装置楼应符合下列规定:

1 当换流站布置2个VSC阀单元时,阀厅宜布置在户内配电装置楼的两侧或中部;

2 与VSC阀类型相对应,阀厅可布置在户内配电装置楼的首层或二层;

3 控制楼宜布置在户内配电装置楼的中部或两侧;

4 桥臂电抗器室、启动电阻及接地装置室宜布置在户内配电装置楼的首层;

5 户内直流场宜布置在户内配电装置楼的首层或顶层。

## **8.4 结 构**

**8.4.1** 建(构)筑物应根据破坏可能产生后果的严重性程度采用不同的安全等级,站内主要结构如阀厅、控制楼、GIS室、户内直流场、户内配电装置楼等结构安全等级采用一级。

**8.4.2** 建(构)筑物设计使用年限应为50年。

**8.4.3** 建筑物楼(地)面活荷载标准值、准永久值系数及折算系数等应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009以及现行电力行业标准中的相关规定。

**8.4.4** 建(构)筑物的基本风压取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定。阀厅、户内直流场、户内配电装置楼应按100年一遇标准取值,其余建筑物、构筑物宜按50年一遇标准取值,但不得小于 $0.3\text{kN/m}^2$ 。

**8.4.5** 阀厅结构布置应结合电气设备布置方案综合考虑。阀厅的结构设计应符合以下规定:

1 阀厅主体结构宜采用钢框(排)架结构,也可采用钢筋混凝

土框(排)架结构、钢筋混凝土剪力墙结构;

2 阀厅屋面结构宜采用钢结构有檩屋盖结构体系,围护结构宜采用复合压型钢板,在风荷载较大时,也可采用压型钢板为底模的钢-混凝土板组合楼板结构;墙面围护系统的选材宜与主体结构相适应;

3 阀厅屋面设计应进行风荷载作用下的结构强度、稳定和变形计算;屋盖体系的布置应保证结构的整体刚度和稳定性,节点设计应构造简单、施工方便;

4 阀厅与联接(换流)变压器之间设置防火墙时,防火墙结构形式宜采用框架填充墙结构或剪力墙结构;

5 当防火墙采用现浇钢筋混凝土防火墙时,结构计算应考虑混凝土温度应力,设计和施工时应采取措施减小温度应力的影响。

8.4.6 控制楼主体结构宜采用钢筋混凝土框架结构,也可采用钢结构;楼、屋面宜采用现浇钢筋混凝土板;墙面围护系统的选材宜与主体结构相适应。

8.4.7 户内直流场屋面结构宜采用钢结构有檩屋盖结构体系,围护结构宜采用复合压型钢板,在风荷载较大时,也可采用压型钢板为底模的钢-混凝土板组合楼板结构。墙面围护系统的选材宜与主体结构相适应。

8.4.8 户内配电装置楼宜采用钢筋混凝土框架结构,也可采用钢结构、钢-钢筋混凝土混合结构,墙面围护系统的选材宜与主体结构相适应。

8.4.9 建筑物采用钢结构且节点采用螺栓连接时,其承重结构的连接宜采用摩擦型高强螺栓连接;钢结构的防腐宜采用冷喷锌防腐或有机防腐涂料体系防腐。

8.4.10 建(构)筑物的抗震设计除应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《电力设施抗震设计规范》GB 50260和《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定外,阀厅、户内直流场、主控制楼、站用电室、继电器小室、户内 GIS 室、启动回路室、耗能

装置室、户内配电装置楼等主要建筑物的抗震设防类别为乙类,其余辅助及附属建(构)筑物的抗震设防类别为丙类。当采用悬吊式阀塔时,阀厅结构设计应考虑竖向地震作用。地基基础的抗震措施应符合相关标准的规定。

**8.4.11** 联接(换流)变压器、VSC 阀、电抗器本身有一定低频振动,设备基础宜与主体建筑楼板、底板脱离,独立设置。

## 9 换流站辅助设施

### 9.1 供暖通风和空气调节

9.1.1 供暖通风和空气调节设计应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019、《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251 的有关规定。

9.1.2 供暖宜采用空调或分散电供暖方式。

9.1.3 供暖和空调压力水管不应穿过电气和通信设备间。

9.1.4 阀厅降温可采用空调或通风方式,室内温度和相对湿度应根据 VSC 阀的要求确定。并应符合下列规定:

1 室内温度夏季不应高于  $50^{\circ}\text{C}$ ,冬季不应低于  $10^{\circ}\text{C}$ ;相对湿度范围宜为  $10\%\sim 60\%$ ,并应保证阀体表面不结露;

2 通风应采用机械进风、机械排风方式;

3 进入室内的空气过滤等级应满足工艺要求,应设置不少于两级过滤;

4 室内应保持微正压,正压值宜为  $5\text{Pa}\sim 10\text{Pa}$ ,全新风状态下不应超过  $50\text{Pa}$ ;

5 通风和空调系统应按阀厅独立设置,通风和空调设备应  $100\%$  备用;

6 采用空调降温时,应考虑在合适的室外气象条件下大量使用新风。

9.1.5 户内直流场降温可采用空调或通风方式,室内温度和相对湿度应根据电气设备的要求确定,并应符合下列规定:

1 室内空气环境应保证电气设备表面不结露;

2 通风和空调系统应按户内直流场独立设置,通风和空调设

备应 100% 备用；

3 采用空调降温时，应考虑在合适的室外气象条件下大量使用新风。

9.1.6 控制楼宜设置集中空调系统，并应符合下列规定：

1 主控制室、控制保护设备室、阀冷却控制设备室、通信机房等的室内设计参数应根据工艺要求确定；

2 集中式空调制冷设备以及空气处理设备宜按照设计冷负荷及风量的  $2 \times 100\%$  或  $3 \times 50\%$  配置；

3 采用变制冷剂流量 (VRV) 空调系统时，主控制室、控制保护设备室、阀冷却控制设备室、配电室、通信机房、蓄电池室、阀冷却设备间等重要房间的空调设备应 100% 备用；

4 运行人员办公区和设备区宜分别设置空调系统。

9.1.7 水泵房应设置夏季排除余热和余湿措施，且宜设置自然通风。位于寒冷和严寒地区的水泵房冬季室内温度不应低于  $5^{\circ}\text{C}$ 。

9.1.8 继电器小室、二次备品间等应根据工艺要求设置空调装置。

9.1.9 综合楼可设置分散式空调或变制冷剂流量 (VRV) 空调系统。

9.1.10 高、低压配电室应设置机械通风系统，夏季室内环境温度不宜高于  $35^{\circ}\text{C}$ ，并应设置事故通风，换气次数不应少于 12 次/h。当符合下列条件之一时，宜设置空调装置降温：

1 夏季通风室外计算温度不低于  $30^{\circ}\text{C}$ ；

2 夏季通风室外计算温度在  $27^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$  之间，且最热月月平均相对湿度不小于 70%。

9.1.11 变压器室及电抗器室应设置机械通风，排风温度不宜高于  $45^{\circ}\text{C}$ ，通风量应按排除室内设备散热量确定，并应设置事故通风，换气次数不应少于 12 次/h。

9.1.12 蓄电池室应设置机械通风和空调系统，并应符合下列规定：

1 当室内未设置氢气浓度检测仪时,平时通风系统排风量应按换气次数不少于 3 次/h 计算,风机宜按  $2 \times 100\%$  配置;事故通风系统排风量应按换气次数不少于 6 次/h 计算;

2 当室内设置氢气浓度检测仪时,事故通风系统排风量应按换气次数不少于 6 次/h 计算,风机宜按  $2 \times 50\%$  配置,且应与氢气浓度检测仪联锁;

3 当通风系统不能满足降温要求时,可设置空调装置,室内温度应满足蓄电池的需要;

4 通风空调设备均应采用防爆型;

5 通风空调设备、风管及附件应采取防腐措施。

9.1.13 GIS 室应设置机械通风,并应符合下列规定:

1 室内空气不应再循环,室内空气中六氟化硫的含量不应超过  $6000\text{mg}/\text{m}^3$ ;

2 平时通风量应按换气次数不少于 4 次/h 计算,事故排风量应按换气次数不少于 6 次/h 计算;

3 地下电缆隧道(或电缆沟),应设机械排风系统;

4 通风设备、风管及附件应采取防腐措施。

9.1.14 阀冷却设备间夏季室内温度不宜高于  $35^\circ\text{C}$ ,冬季室内温度不宜低于  $10^\circ\text{C}$ 。应设置机械通风排除室内余热和余湿,换气次数不宜少于 5 次/h,当通风方式不能满足要求时,可设置空调装置。

9.1.15 无外窗或仅有固定外窗的继电器小室、控制保护设备室及通信机房等房间,应设置机械通风系统用于检修时通风。

9.1.16 电缆隧道和电缆夹层宜设置自然通风,当自然通风不满足通风要求时应设置机械通风,换气次数不应少于 6 次/h。

9.1.17 通风和空调系统的风管及保温材料应满足建筑防火要求,以下部位应设置防火阀:

1 穿越防火分区处;

2 穿过阀厅、户内直流场外墙、空调设备间的隔墙或地下风

道、楼板处；

- 3 通过重要或火灾危险性大的房间隔墙和楼板处；
- 4 竖向风管与每层水平风管交接处的水平管段上；
- 5 穿越防火分隔出的变形缝两侧。

9.1.18 空调室内机和送风口不宜布置在电气设备上方。

9.1.19 风沙较大地区，外墙上的风口及百叶窗均应采取防风沙措施。

9.1.20 寒冷及严寒地区，室外空调设备及水管应采取防冻措施。

9.1.21 阀厅、户内直流场及控制楼通风空调系统应设置集中监控系统。

## 9.2 阀冷却系统

9.2.1 VSC 阀内冷却应符合下列规定：

1 VSC 阀内冷却应采用闭式单循环水冷却系统；

2 VSC 阀传导至内冷却水中的热量应取换流阀在连续过负荷工况下的散热量；

3 内冷却水的进阀温度、流量应满足 VSC 阀的要求，进阀水温下限值不应低于露点温度；

4 内冷却水循环回路应设置去离子旁路，旁路水流量宜按 2h 将内冷却水处理一遍确定；

5 内循环介质水通过共用集管进入 VSC 阀时，应采取措施保证各阀体之间的流量分配均匀，不平衡率不应大于 5%；

6 与内循环介质水接触的材质不宜低于不锈钢(1Cr18Ni9Ti)等级；

7 冷却介质水回路的补水可采用自来水、纯净水及蒸馏水；补水流量宜取内冷却水循环水量的 1%~2%；

8 内冷却水主循环回路及其去离子旁路均应设置过滤装置，主循环过滤器滤网孔径不应大于  $200\mu\text{m}$ ，去离子过滤器滤网孔径不应大于  $10\mu\text{m}$ ；

9 除氧装置应根据 VSC 阀对水质含氧量的要求设置,必要时应采用氮气置换除氧方式;

10 最冷月月平均温度低于 $-5^{\circ}\text{C}$ 的地区,宜配置电动三通阀调节流入室外散热设备的内冷却水量,电动三通阀应冗余配置;

11 内冷却水管路高点应设置自动排气装置,低点应设置泄水装置;

12 主循环水泵、离子交换器、补充水泵、过滤器均应冗余配置;

13 水泵进、出水口与管道之间应柔性连接。

#### 9.2.2 VSC 阀外冷却应符合下列规定:

1 VSC 阀外冷却宜采用水冷却方式,在水资源缺乏及北方地区可采用空冷方式或空冷加其他辅助冷却的方式;

2 采用水冷方式时,计算蒸发式冷却塔传热量的大气湿球温度应取当地最高湿球温度;采用空冷方式时,计算空冷器传热量的大气干球温度应取当地极端最高干球温度并应考虑空冷器布置区域热岛效应对空冷器进风温度的影响;

3 室外散热设备应布置在通风良好,远离高温或有害气体的地方,并避免飘逸水和水蒸气对周围环境和电气设备的影响;

4 蒸发式冷却塔容量的冗余度不应小于 50%,且每台冷却塔均应冗余配置喷淋水泵;

5 空冷器换热管束数量应按  $N(\text{最不利情况所需})+1$  确定,且换热面积冗余不应小于 20%;

6 采用蒸发式冷却塔时,应为喷淋水设置缓冲水池,水池容积应满足水冷却系统安全运行的需要;

7 蒸发式冷却塔喷淋水的补充水量应按冷却塔蒸发损失、飘逸损失及排污损失之和计算,安全系数应取 1.10~1.15;

8 采用水冷方式时,应采取合理的水处理方式以防止蒸发式冷却塔换热器外表面结垢和喷淋水中微生物的生长;

9 喷淋水池应设置旁路过滤装置,处理水量不应小于喷淋水



循环水量的 5%；

10 喷淋水的设计浓缩倍数不宜小于 5.0,不宜大于 10.0；

11 喷淋水管路低点应设置泄水装置；

12 与腐蚀性固体和液体接触的材质均应采用耐腐蚀材质，与喷淋水接触的管道、阀门、容器及设备部件材质均不宜低于不锈钢(1Cr18Ni9Ti)等级；

13 喷淋水泵进、出水口与管道之间应柔性连接。

9.2.3 VSC 阀冷却系统应设置就地和集中监控系统对水温、电导率、水压、流量等进行自动监测。

9.2.4 排至站外的废水应满足国家相关的排放标准。

9.2.5 寒冷及严寒地区应采取防止室外设备和管道结冰的措施。

9.2.6 室外设备的噪声以及传播至周围环境的噪声级和振动级应符合国家有关标准的规定。如达不到要求，应采取隔声和减振措施。

### 9.3 供水系统

9.3.1 换流站应有可靠的水源，水源宜采用自来水；也可采用地表水或地下水，但水源水质、水量的变化不应影响换流站的安全运行。

9.3.2 当 VSC 阀外冷却采用水冷却方式时，换流站宜有两路可靠水源。当采用一路水源时，换流站应设置容积不小于 3d 生产用水量的储水池。

9.3.3 站内生产用水、生活用水以及消防用水管网宜分开设置。

### 9.4 火灾探测与灭火系统

9.4.1 全站应设置火灾探测报警系统，火灾探测报警系统应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 和《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定。

9.4.2 灭火系统的设置应符合现行国家标准《建筑设计防火规

范》GB 50016 和《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的有关规定。

**9.4.3** 灭火器的配置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的有关规定。

**9.4.4** 消火栓灭火系统的设计应符合现行国家标准《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 的有关规定。

**9.4.5** 水喷雾灭火系统的设计应符合现行国家标准《水喷雾灭火系统设计规范》GB 50219 的有关规定。

**9.4.6** 泡沫喷雾灭火系统的设计应符合现行国家标准《泡沫灭火系统设计规范》GB 50151 的有关规定。

## **9.5 红外测温系统**

**9.5.1** 阀厅、户内直流场宜设置红外测温系统,红外测温系统的监测范围宜覆盖阀厅、户内直流场内一次设备。

**9.5.2** 红外测温系统应满足在强电磁场干扰环境下使用的要求。

**9.5.3** 红外测温系统后台应能满足测温分析、自动控制及超温报警等功能要求。

## **10 换流站噪声控制和节能**

### **10.1 换流站噪声控制**

**10.1.1** 换流站的噪声应符合现行国家标准《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 和《声环境质量标准》GB 3096 的有关规定。

**10.1.2** 产生高噪声的生产设施宜相对集中布置,其周围宜布置对噪声较不敏感、高大、朝向有利于隔声的建(构)筑物。

**10.1.3** 设备选型应通过技术经济比较选用低噪声设备。

**10.1.4** 当设备噪声水平不能满足控制标准时,可采用隔声、吸声、消声和隔振等降低噪声传播的措施。

**10.1.5** 当站内噪声水平超标时,应采取职业保护措施。

### **10.2 节 能**

**10.2.1** 换流站设备应选择低损耗的设备。

**10.2.2** 持续运行的阀冷、空调等站内辅助系统应采用高效率、低能耗的设备。

**10.2.3** 换流站应根据环境条件和技术经济比较采用建筑物节能技术。

## 本标准用词说明

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待,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:

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:

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:

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

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《35kV~110kV 变电站设计规范》GB 50059
- 《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
- 《石油库设计规范》GB 50074
- 《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116
- 《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140
- 《泡沫灭火系统设计规范》GB 50151
- 《工业企业总平面设计规范》GB 50187
- 《构筑物抗震设计规范》GB 50191
- 《水喷雾灭火系统设计规范》GB 50219
- 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
- 《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229
- 《电力设施抗震设计规范》GB 50260
- 《屋面工程技术规范》GB 50345
- 《1000kV 变电站设计规范》GB 50697
- 《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974
- 《高压直流换流站设计规范》GB/T 51200
- 《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251
- 《绝缘配合 第2部分:使用导则》GB/T 311.2

《绝缘配合 第3部分:高压直流换流站绝缘配合程序》GB/T 311.3  
《声环境质量标准》GB 3096  
《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348  
《高压直流换流站可听噪声》GB/T 22075  
《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  
《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第2部分:  
交流系统用瓷和玻璃绝缘子》GB/T 26218.2  
《电力工程直流电源系统设计技术规程》DL/T 5044  
《变电站总布置设计技术规程》DL/T 5056  
《220kV~750kV 变电站设计技术规程》DL/T 5218  
《导体和电器选择设计技术规定》DL/T 5222  
《220kV~1000kV 变电站通信设计规则》DL/T 5225  
《高压配电装置设计规范》DL/T 5352  
《换流站建筑结构设计技术规程》DL/T 5459  
《换流站站用电设计技术规定》DL/T 5460  
《换流站二次系统设计技术规程》DL/T 5499

中华人民共和国国家标准

柔性直流输电换流站设计标准

**GB/T 51381 - 2019**

条 文 说 明

## 编 制 说 明

《柔性直流输电换流站设计标准》GB/T 51381—2019,经住房和城乡建设部 2019 年 8 月 12 日以第 233 号公告批准发布。

本标准编制遵循的主要原则是:贯彻国家法律、法规和电力建设政策;坚持科学发展,落实“安全可靠、先进适用、经济合理、环境友好”的原则;广泛深入调研,吸取电力建设工程实践经验,以国内已建成投运的柔性直流输电换流站关键技术研究、设计研究成果为基础;广泛征求相关单位意见。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《柔性直流输电换流站设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,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标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。



# 目 次

2	术 语 .....	( 53 )
4	交流系统基本条件及直流输电系统的性能要求 .....	( 55 )
4.2	柔性直流输电系统的性能要求 .....	( 55 )
5	电气一次 .....	( 56 )
5.5	电气设备布置 .....	( 56 )
5.6	站用电系统 .....	( 57 )
6	换流站控制保护系统 .....	( 59 )
6.1	一般要求 .....	( 59 )
6.2	计算机监控系统 .....	( 59 )
6.3	直流控制系统 .....	( 59 )
6.4	直流保护系统 .....	( 60 )
6.5	站间通信 .....	( 61 )
6.7	阀冷却控制保护系统 .....	( 61 )
6.8	站用直流电源系统及交流不停电电源系统 .....	( 62 )
6.9	二次设备布置 .....	( 62 )
7	换流站通信 .....	( 63 )
7.4	通信电源、机房和接口要求 .....	( 63 )
8	换流站土建 .....	( 64 )
8.3	建筑 .....	( 64 )
9	换流站辅助设施 .....	( 65 )
9.3	供水系统 .....	( 65 )
10	换流站噪声控制和节能 .....	( 66 )
10.1	换流站噪声控制 .....	( 66 )

## 2 术 语

2.0.2 模块化多电平换流器的结构如图 1 所示。

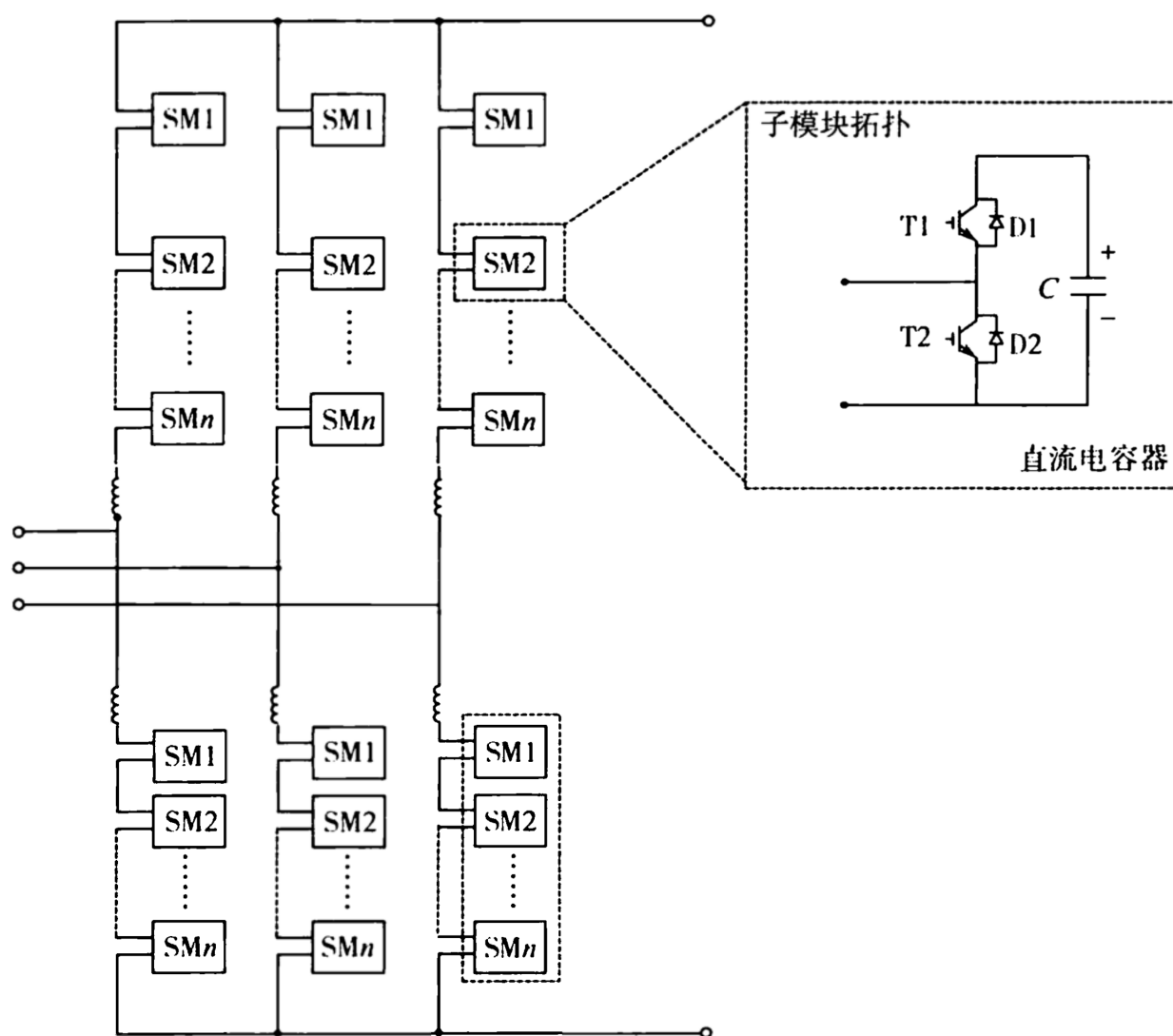


图 1 模块化多电平换流器

2.0.22 模块化多电平换流器、两电平换流器、三电平换流器中的直流电容器如图 1~图 3 所示。

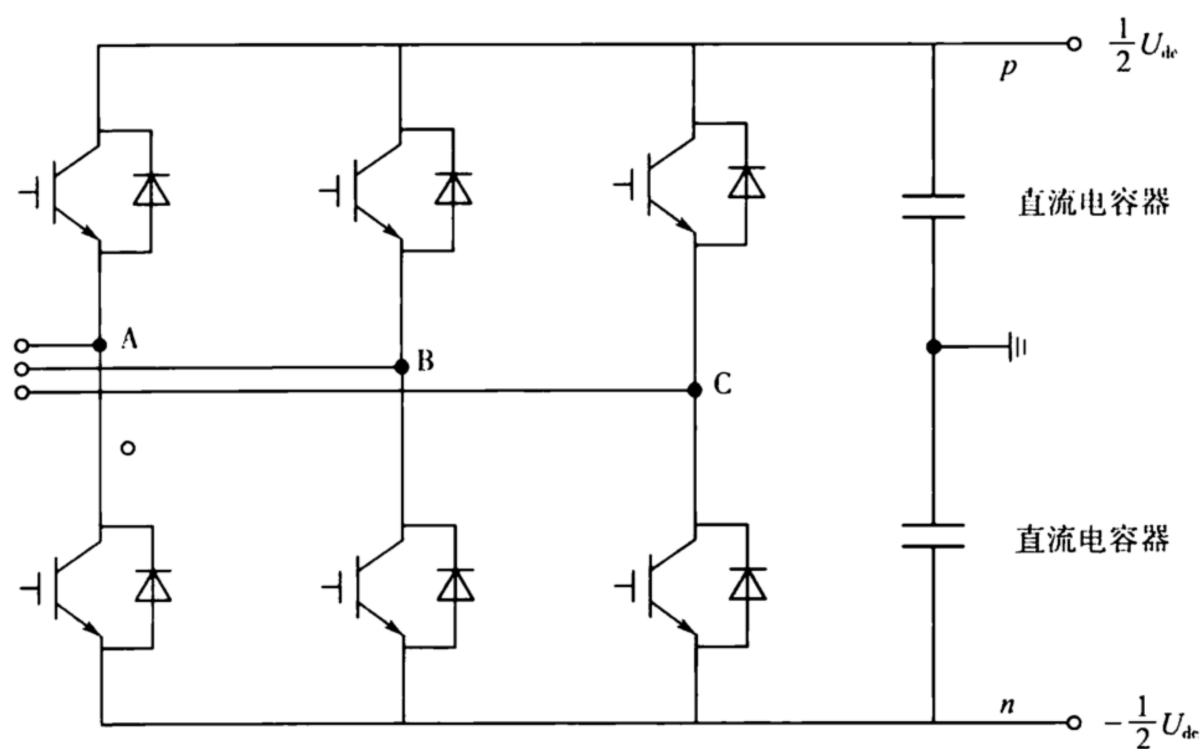


图 2 两电平换流器

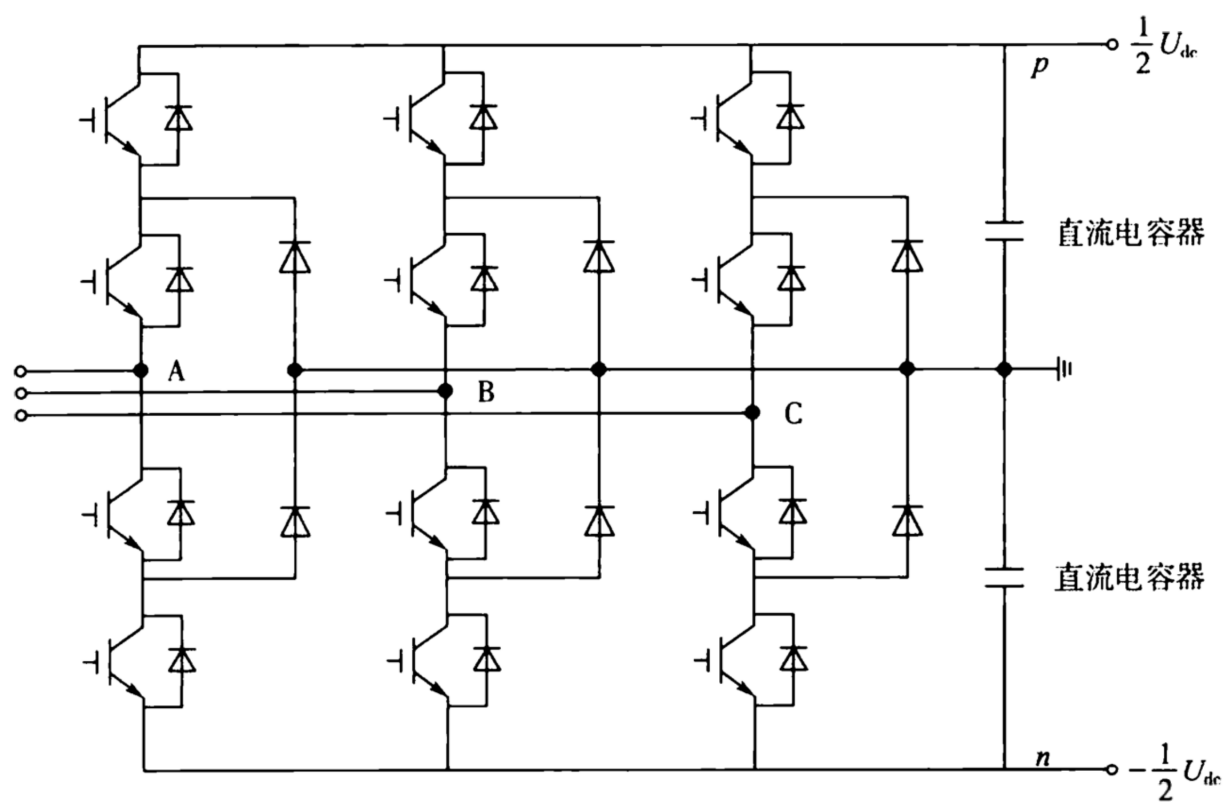


图 3 三电平换流器

## 4 交流系统基本条件及直流输电系统的性能要求

### 4.2 柔性直流输电系统的性能要求

**4.2.8** VSC 阀的损耗计算建议参考标准《Power losses in voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) systems》IEC 62751。换流站其余设备的损耗计算建议参考标准《Determination of power losses in high-voltage direct current (HVDC) converter stations with linecommutated converters》IEC 61803。

## 5 电气一次

### 5.5 电气设备布置

#### 5.5.3 本条对直流场布置做了规定。

1 在环境条件较恶劣地区,当采用户外直流场设备难以选择或经济性较差时,可考虑采用户内直流场。户内直流场对温湿度条件要求较高,一般需采用微正压防止灰尘进入,以保持直流场内空气洁净。

3 直流场的布置宜采用两极对称式布置,布置上应尽量保持两极的相对独立性。

4 当直流断路器(如有)采用户内布置时,为避免直流断路器安装、检修、维护对邻近其他设备的影响,直流断路器推荐布置于独立的房间内。

#### 5.5.4 本条对阀厅及阀厅内设备布置做了规定。

1 当换流站装设多套换流器单元时,考虑到 VSC 阀对运行环境要求较高,为避免其中一个换流器单元安装、检修、维护对邻近单元的影响,每个换流器单元应设置独立的阀厅。

2 VSC 阀对运行环境的要求较高。为避免户外大气环境影响到 VSC 阀的正常运行和寿命,VSC 阀应采用户内布置。布置 VSC 阀的阀厅应密封防尘,采取必要的电磁屏蔽措施,保持一定的温度和湿度,并保证微正压防止灰尘进入。与晶闸管阀相比较,相同容量换流器 VSC 阀塔数量更多、单个阀塔重量更重,因此目前国内 VSC 阀一般都采用支撑式布置。但如果站址地震烈度较高,阀塔也可采用悬吊式布置。

阀厅内除 VSC 阀外,一般还有避雷器、接地开关等电气设备以及阀冷管道等,因此需考虑预留设备搬运及检修通道。当 VSC

阀塔采用支撑式时,宜考虑在各桥臂间预留检修通道,并满足电动升降车的通行需求。

**5.5.5** 本条对联接(换流)变压器、桥臂电抗器和直流电抗器(如有)布置做了规定。

2 联接(换流)变压器阀侧套管采用插入阀厅布置或是脱开阀厅布置的方式与启动回路和桥臂电抗器的布置方式有关。当启动回路布置于联接(换流)变压器网侧、桥臂电抗器布置于直流侧时,联接(换流)变压器阀侧套管将有条件插入阀厅布置。两种布置方式的选择应结合具体的工程特点经技术经济比较后确定。联接(换流)变压器阀侧套管采用插入阀厅布置时,为避免带油设备进入阀厅内,推荐阀侧套管采用干式套管。

3 若将电抗器与 VSC 阀布置于同一房间,由于电抗器会对 VSC 阀产生电磁干扰,同时由于电抗器运行损耗和发热较大,为满足阀厅内运行温、湿度的要求,其空调系统的投资将显著增加,因此推荐单独设置电抗器室。

**5.5.6** 本条对控制楼及继电器小室的布置做了规定。

2 控制楼与阀厅相邻布置可节省从阀厅到控制楼的光(电)缆。国内目前投产的柔性直流输电工程中,换流站控制楼均紧靠阀厅布置。

## **5.6 站用电系统**

**5.6.1** 考虑到柔性直流换流站的重要性及站用变压器轮换检修的要求,高压站用电源宜按三回电源设置。

如果柔性直流换流站与交流变电站合建,从站内联络变压器第三绕组引接电源的可靠性高且投资省,应优先考虑。当站内设有两台及以上联络变压器时,宜从两台联络变压器第三绕组引接两回,另外一回宜从站外引接;当站内设有一台联络变压器时,宜从联络变压器第三绕组引接一回,另外两回可从站外引接,或从站外引接一回、在站内装设一台专用降压变压器,两个方案须经技术

经济比较后确定。

如果柔性直流换流站与交流变电站分建,宜在站内装设一台或两台专用降压变压器,另外两回或一回从站外引接,两个方案须经技术经济比较后确定。

对于向孤岛或弱交流电网区域供电的柔性直流换流站,当技术经济合理时可从联接(换流)变压器第三绕组引接。

任何一回站用电源容量都应能满足全站最大计算负荷要求。

## 6 换流站控制保护系统

### 6.1 一般要求

**6.1.3** 对于新建换流站,其交、直流系统应合建一个统一平台的计算机监控系统;对于与已建交流变电站合建的新建换流站,一般将交流变电站监控系统接入新建换流站的计算机监控系统平台。

### 6.2 计算机监控系统

**6.2.2** 本条对计算机监控系统结构做了规定。站控层设备主要包括运行人员工作站、工程师工作站等,控制层设备主要包括直流极控、交流站控、直流站控(如有)和站用电控制等,就地层设备主要包括就地继电器室内的交/直流测控设备或相应的 I/O 板卡。

### 6.3 直流控制系统

**6.3.1** 直流控制系统分层结构是按功能层次由高到低进行划分,较高层次的控制设备异常或失效不宜对较低层次设备的运行产生不利影响,较低层次控制设备异常或失效也不宜影响健全部分或整个直流系统的正常运行。

**6.3.2** 直流控制系统对于整个柔性直流输电系统的可靠、安全运行具有至关重要的作用,因此要求直流控制系统冗余配置,目前国内工程均为双重化配置。本条规定的冗余范围是为了保证任一子系统或单一元件故障不会同时影响两套控制系统。在双重化的控制系统中,从主用系统到备用系统的切换可以通过手动或自动实现,控制系统切换不应对直流系统的正常运行产生影响。

**6.3.5** 一般将交流电压控制功能配置在双极控制层。

**6.3.6** 本条规定了换流器级控制层的控制功能。柔性直流输电



采用可关断的 IGBT 元件,其换流器级控制层的功能比常规直流输电更加灵活,可以根据控制量的性质分为有功类控制和无功类控制。有功类控制可以直接控制注入交流系统的有功功率,或间接调节与有功功率相关的物理量,如直流电压、直流电流和交流系统频率;无功功率类控制可以直接控制注入交流系统的无功功率,或间接调节与无功功率相关的物理量,如交流系统电压。

## 6.4 直流保护系统

**6.4.1** 直流保护系统三重化设计时,采用三套独立保护+两套独立的“三取二”逻辑出口装置,一套保护退出时采用“二取一”逻辑出口,两套保护退出时采用“一取一”逻辑出口。

**6.4.2** 本节规定了柔性直流输电系统保护分区的一般原则,对于特殊接线方式可合理调整保护分区。

联接(换流)变压器保护区可根据工程设计选择配置联接(换流)变压器差动保护、联接(换流)变压器绕组差动保护、联接(换流)变压器引线差动保护、联接(换流)变压器过流保护、联接(换流)变压器过激磁保护、阻抗保护等保护功能,联接(换流)变压器保护还应具备本体非电量保护功能。

交流连接线保护区可根据工程设计选择配置交流连接母线差动保护、交流连接母线过流保护、启动回路热过载保护、启动回路差动保护、中性点电阻(如有)热过载保护、交流低电压保护、交流过电压保护等保护功能。

换流器保护区可根据工程设计选择配置桥臂过流保护、桥臂电抗器差动保护、桥臂电抗器谐波保护、换流器差动保护、换流器直流过流保护等保护功能。

直流极保护区可根据工程设计选择配置直流低电压保护、直流过电压保护、站接地过流保护、谐波保护、直流过流保护、中性母线差动保护、直流极差动保护、中性母线开关保护等保护功能。

双极保护区可根据工程设计选择配置双极中性母线差动保护、金属中线接地保护、金属回线转换开关(如有)保护、大地回线转换开关(如有)保护、接地极线路开关(如有)保护、金属中线开关(如有)保护、中性母线接地开关保护、接地极线过流保护、接地极线不平衡保护等保护功能。

直流线路保护区可根据工程设计选择配置直流线路行波保护、直流线路电压突变量保护、金属回线横差保护、金属回线纵差保护等保护功能。

## **6.5 站间通信**

**6.5.4** 相关保护包括直流线路纵差保护、直流线路行波保护、金属回线纵差保护等。

## **6.7 阀冷却控制保护系统**

**6.7.1** 由于阀冷却系统是换流站重要的辅助系统,且柔性直流换流站的阀冷却容量比常规直流换流站(相同输送功率)更大,阀冷却系统的运行状态将直接影响柔性直流输电系统的运行状态,因此为阀冷却系统配置可靠、有效的控制保护系统非常重要。

**6.7.2** 冗余的阀冷却控制保护系统采用互为热备用方式,且在硬件上是彼此独立的。冗余的阀冷却控制保护系统应具有对其硬件、软件以及通信通道进行自检的功能。当有效系统发生故障时,要自动切换到备用系统,且不应引起直流输电系统输送功率的波动。

**6.7.5** 阀冷却系统可用通信总线的方式,将其运行状态、故障告警等信号传送至直流控制保护系统。当阀冷却系统不能正常运行时,需要发出跳闸命令至直流控制保护系统以停运柔性直流输电系统。

## **6.8 站用直流电源系统及交流不停电电源系统**

**6.8.2** 站用直流电源系统宜分散独立设置,按照换流站的分区特点,一般按站公用设备、各极控制保护设备、各交流场控制保护设备分别独立配置。

**6.8.5** 一般站内需要交流不间断电源供电的设备,如运行人员工作站、图像监视工作站、保护故障信息工作站、火灾报警工作站等都布置在主控室,因此本条规定交流不间断电源宜集中设置。若主控楼外其他区域,如较远的阀厅、控制楼内有交流不间断电源供电需求,也可分散设置。

## **6.9 二次设备布置**

**6.9.4** 阀控屏紧邻阀厅布置,可方便光缆进入阀厅,缩短控制屏与子模块之间光缆的长度。站内按换流单元设置了阀冷却设备,对应的阀冷却系统控制保护屏需要设置在各套阀冷却设备间就近的二次设备间(一般在主控楼、辅控楼一层)。

## 7 换流站通信

### 7.4 通信电源、机房和接口要求

**7.4.4** 通信接口采用专线电路方式时,应优先选用符合 ITU-TG.703 建议的 2Mbit/s 接口;通信接口采用以太网方式时,接口要求应符合 IEEE 802.3 标准。

## 8 换流站土建

### 8.3 建 筑

**8.3.5** 本条根据换流站建筑物的性质、重要程度、使用功能及防水层合理使用年限,对建筑屋面防水划分相应的防水等级。

**8.3.7** 为便于阀厅与控制楼之间的设备及管道联系,同时便于工作人员的巡视观察,阀厅与控制楼宜采用联合布置方式。

**8.3.8** 由于 VSC 阀对空气洁净度要求很高,为防止灰尘进入,本条对阀厅的气密性能提出了要求。

**8.3.9** 根据对目前国内已投运柔性直流换流站的阀厅建筑设计掌握的情况,同时依据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016和《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 的相关规定,本条对阀厅零米层出入口的设置、净空尺寸、门的开启方向及性能参数等做出了明确要求。

**8.3.10** 如果阀厅外墙设置了采光窗,太阳中的紫外线就会照射到阀厅内部。此外,采光窗的玻璃一旦破碎,阀厅的气密性能就会受到严重影响,发生上述情况将对阀厅内设备的安全和稳定运行造成极大危害,因此本条规定阀厅外墙不宜设置采光窗。

## 9 换流站辅助设施

### 9.3 供水系统

**9.3.1** 换流站的用水包括生活用水、生产用水及消防用水等,其生产用水量远大于同规模的常规换流站,可靠的水源是其安全运行的有力保障。在水源选择时,应进行技术经济比较后确定。一般说来,市政自来水作为水源其运行、维护费用低,运行、维护工作量小,一般宜优先选用。地表水或地下水满足换流站的用水要求并取得取水许可时,也可采用。但当地表水或地下水水源的水质、水量容易受到外界条件的影响而发生变化时,需充分考虑可能造成的水量不足、水质污染等情况对换流站安全运行的影响。

**9.3.2** 当 VSC 阀外冷却方式为水冷(含空串水)时,需要提供连续不断的生产用水,因此换流站宜有两路可靠水源,以保证不间断供水。对于难以设置两路可靠水源的工程,在仅有一路水源情况下,需考虑一定的检修时间,这样当该水源发生故障时,有一定的缓冲时间。本条规定在仅有一路水源时,至少考虑 3 天的维修时间,具体时间可根据当地运行部门抢修时的技术力量确定。

## 10 换流站噪声控制和节能

### 10.1 换流站噪声控制

**10.1.2** 柔性直流换流站主要噪声源有联接(换流)变压器、阀冷却设备、空调设备等,产生高噪声的生产设施集中布置,有利于对噪声进行集中治理。站内高大的建(构)筑物(如阀厅、防火墙等)能作为隔声屏障,阻挡噪声对站外的辐射传播。

**10.1.3** 控制噪声最有效的措施之一是降低噪声源自身的噪声水平,所以选用低噪声设备是换流站噪声控制的重要措施之一。但受制于设备发声机理以及当前的制造水平,降低设备噪声可能导致设备造价的大幅提高,所以应通过技术经济比较,选用合适的低噪声设备。

**10.1.4** 根据目前投产的各类换流站的工程经验,在换流站工程建设时同步采取隔声、吸声、消声和隔振等措施降低噪声传播,能取得良好的预期效果。

**10.1.5** 阀厅、联接(换流)变压器隔声罩内等场所,噪声水平偏高,但受围护结构的隔声作用,对外界影响较小,且运行人员在该区域停留时间短,应采取职业保护措施(如配置隔声耳罩等),不必高投入以降低这些工作场所的噪声水平。