

ICS 29.240

P 62

备案号: J2713 — 2019

**DL**

**中华人民共和国电力行业标准**

**P**

**DL/T 5562 — 2019**

---

# **换流站阀冷却系统设计技术规程**

**Technical code for design of  
valve cooling system of converter station**

**2019-06-04 发布**

**2019-10-01 实施**

---

**国家能源局 发布**

中华人民共和国电力行业标准

# 换流站阀冷却系统设计技术规程

Technical code for design of  
valve cooling system of converter station

**DL/T 5562—2019**

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2019年10月1日

中国计划出版社

**2019 北 京**

# 国家能源局 公告

2019 年 第 4 号

国家能源局批准《光伏发电工程电气设计规范》等 297 项行业标准,其中能源标准(NB)105 项、电力标准(DL)168 项、石化标准(NB/SH)24 项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局  
2019 年 6 月 4 日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
.....							
262	DL/T 5562—2019	换流站阀 冷却系统 设计技术 规程			中国计划 出版社	2019-06-04	2019-10-01
.....							

# 前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2014〕298 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结换流站阀冷却系统的设计和运行经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语、阀冷却方式选择、阀内冷却系统、水冷型阀外冷却系统、空冷型阀外冷却系统、阀冷却系统控制保护、阀冷却系统供电、对建(构)筑物的要求。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业电网设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团中南电力设计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,请寄送电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮编:100120,电子邮箱:bz\_zhongxin@eppei.com)。

本标准主编单位:中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司

本标准主要起草人员:邹荣盛 毛永东 戚 乐 梁言桥

张巧玲 杨金根 李莎莎 李 倩

王国兵 王 刚 王文怡

本标准主要审查人员:方 静 吴克芬 陈志蓉 王 静

钟伟华 张 诚 鲁景星 谷松林

杨国富 乐党救 马侠宁 蒲 皓

袁 亮 谭 威 邵雪军

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 2 )
3	阀冷却方式选择 .....	( 4 )
4	阀内冷却系统 .....	( 5 )
4.1	系统设计 .....	( 5 )
4.2	主要设备要求 .....	( 6 )
4.3	设备及管道布置 .....	( 7 )
5	水冷型阀外冷却系统 .....	( 9 )
5.1	系统设计 .....	( 9 )
5.2	主要设备要求 .....	( 10 )
5.3	设备及管道布置 .....	( 11 )
6	空冷型阀外冷却系统 .....	( 12 )
6.1	系统设计 .....	( 12 )
6.2	主要设备要求 .....	( 12 )
6.3	设备及管道布置 .....	( 12 )
7	阀冷却系统控制保护 .....	( 14 )
7.1	总的要求 .....	( 14 )
7.2	控制系统 .....	( 14 )
7.3	保护系统 .....	( 15 )
8	阀冷却系统供电 .....	( 16 )
8.1	供电方式 .....	( 16 )
8.2	低压电器设备选择和布置 .....	( 17 )
9	对建(构)筑物的要求 .....	( 18 )

本标准用词说明 ..... ( 19 )

引用标准名录 ..... ( 20 )

附：条文说明 ..... ( 21 )

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Selection of valve cooling mode .....	( 4 )
4	Valve internal cooling system .....	( 5 )
4.1	System design .....	( 5 )
4.2	Main equipment selection .....	( 6 )
4.3	Arrangement of equipment and piping .....	( 7 )
5	Water cooled valve external cooling system .....	( 9 )
5.1	System design .....	( 9 )
5.2	Main equipment selection .....	( 10 )
5.3	Arrangement of equipment and piping .....	( 11 )
6	Air cooled valve external cooling system .....	( 12 )
6.1	System design .....	( 12 )
6.2	Main equipment selection .....	( 12 )
6.3	Arrangement of equipment and piping .....	( 12 )
7	Control and protection of valve cooling system .....	( 14 )
7.1	Requirements .....	( 14 )
7.2	Control system .....	( 14 )
7.3	Protection system .....	( 15 )
8	Power supply of valve cooling system .....	( 16 )
8.1	Power supply mode .....	( 16 )
8.2	Selection and arrangement of LV electrical equipment .....	( 17 )
9	Requirements for buildings and structures .....	( 18 )

Explanation of wording in this standard .....	( 19 )
List of quoted standards .....	( 20 )
Addition;Explanation of provisions .....	( 21 )



# 1 总 则

**1.0.1** 为规范换流站阀冷却系统设计,满足安全可靠、技术先进、经济适用的要求,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于直流输电系统换流站的阀冷却系统设计。

**1.0.3** 阀冷却系统设计应结合工程特点,积极慎重地采用成熟的新技术、新设备、新材料和新工艺。

**1.0.4** 两端和多端直流换流站每个阀厅宜独立设置一套阀冷却系统,背靠背换流站宜按整流侧和逆变侧分别设置一套阀冷却系统。

**1.0.5** 阀冷却系统设计除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 阀冷却系统 valve cooling system

将换流阀运行过程中所产生的热量转移并消除的一种冷却系统,包括阀内冷却系统、阀外冷却系统及相关控制保护系统。

### 2.0.2 阀内冷却系统 valve internal cooling system

接入到换流阀内部并吸收换流阀热量的冷却系统。

### 2.0.3 阀外冷却系统 valve external cooling system

通过水和空气吸收阀内冷却系统的热量,并传递到室外大气的冷却系统。

### 2.0.4 内冷却水 inside coolant

使用水作为阀内冷却系统的热转移媒介,包含去离子水或去离子水与一定比例有机防冻液的混合液。

### 2.0.5 去离子水 de-ionized water

去除了呈离子态杂质后的水。

### 2.0.6 喷淋水 spray water

喷洒至冷却塔热交换器表面的冷却媒介,可包含去离子水、软化水、自来水等。

### 2.0.7 主循环回路 main cycle circuit

将换流阀运行中所产生的热量转移到室外换热设备的内冷却水循环回路。

### 2.0.8 去离子旁路 deionization bypass

并联于主循环回路,对内冷却水进行去离子处理的循环回路。

### 2.0.9 闭式蒸发型冷却塔 closed evaporative cooling tower

被冷却流体在密闭的换热管内流动,并将其热量传递给管外的喷淋水和(或)强制流动的空气蒸发式冷却装置。

#### **2.0.10 空气冷却器      air cooler**

利用环境空气冷却热流体的换热器,环境空气由风机驱动并掠过换热盘管的管壁和翅片,热流体通过管壁和翅片与管外空气进行热交换。

### 3 阀冷却方式选择

**3.0.1** 阀内冷却系统应采用水冷却方式,并应保证换流阀的有效散热。

**3.0.2** 阀外冷却方式的选择应根据当地水源、气象条件、环保要求、设备占地面积、进阀水温等要求,通过技术经济比较确定。

**3.0.3** 当同时满足以下条件时,阀外冷却系统宜采用水冷方式:

- 1 站址附近水资源丰富且取水方便;
- 2 站址夏季月平均最高气温高于  $35^{\circ}\text{C}$ ;
- 3 进阀水温与室外极端最高气温之差小于  $5^{\circ}\text{C}$ 。

**3.0.4** 当同时满足以下条件时,阀外冷却系统宜采用空冷方式:

- 1 站址附近水资源匮乏或取水困难;
- 2 站址夏季月平均最高气温低于  $35^{\circ}\text{C}$ ;
- 3 进阀水温与室外极端最高气温之差大于或等于  $5^{\circ}\text{C}$ 。

**3.0.5** 当同时满足以下条件时,阀外冷却系统宜采用空、水冷联合冷却方式:

- 1 站址附近水资源匮乏或取水困难;
- 2 站址夏季极端最高气温高于  $40^{\circ}\text{C}$ ,平均每年超过  $35^{\circ}\text{C}$  的总时长不超过 500h;
- 3 进阀水温与室外极端最高气温之差小于  $5^{\circ}\text{C}$ 。

**3.0.6** 寒冷地区阀外冷却系统不宜采用水冷方式。

## 4 阀内冷却系统

### 4.1 系统设计

4.1.1 阀内冷却系统应采用闭式单循环水冷却系统。

4.1.2 换流阀传导至内冷却水中的热量应采用在连续过负荷工况下换流阀的散热量。

4.1.3 内冷却水的进阀温度、流量应满足换流阀的要求,进阀水温下限值不应低于阀厅露点温度。

4.1.4 内冷却水的水质应满足表 4.1.4 的要求。

表 4.1.4 内冷却水电导率和 pH 值

类 别	电导率( $\mu\text{m}/\text{cm}$ )	pH 值	备 注
主循环回路内冷却水	$\leq 0.5$	6.5~8.5	水温为 25℃时的测量值
去离子装置出水	$\leq 0.3$	6.5~8.5	
内冷却补充水	$\leq 5.0$	6.5~8.5	

4.1.5 主循环回路应设置去离子旁路,旁路水流量宜满足 2h 将内冷却水处理一遍的要求。

4.1.6 内冷却水宜采用氮气置换方式除氧。

4.1.7 内冷却补充水应采用纯净水或蒸馏水,补水流量宜取内冷却水循环水量的 1%~2%。

4.1.8 内冷却水在各换流阀组之间以及室外换热设备之间的流量分配应均衡,不平衡率不应大于 5%。

4.1.9 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。

4.1.10 主循环回路及其去离子旁路均应设置过滤器,主循环回路过滤器的滤网孔径不应大于  $200\mu\text{m}$ ,去离子旁路过滤器的滤网孔径不应大于  $10\mu\text{m}$ 。

**4.1.11** 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,用于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。

**4.1.12** 主循环水泵、离子交换器、补充水泵、过滤器均应冗余配置。

**4.1.13** 水泵进、出水口与管道之间应柔性连接。

## **4.2 主要设备要求**

**4.2.1** 除了与阀塔相接的内冷却水管外,其他与内冷却水接触的材質宜采用不锈钢,其等级不宜低于不锈钢(1Cr18Ni9Ti)等级。

**4.2.2** 主循环水泵应满足下列要求:

1 应采用卧式离心水泵,水泵与电机应通过弹性联轴器相连,联轴器应设置保护装置,泵的轴封应采用机械密封;

2 轴封应设置漏水检测装置;

3 电机轴承应设置温度监测装置;

4 电机防护等级不应低于 IP54,绝缘等级不应低于 F 级,轴承设计使用寿命 L10 不应低于 50000h;

5 泵的振动应符合现行国家标准《泵的振动测量与评价方法》GB/T 29531—2013 表 3 中规定的 B 级振动级别要求。

**4.2.3** 离子交换器应满足下列要求:

1 罐体宜为立式结构;

2 树脂应采用非再生型阴阳混床树脂,粒径宜在  $0.3\text{mm}\sim 1.2\text{mm}$  范围内;

3 树脂使用寿命不应低于 1 年。

**4.2.4** 过滤器应满足下列要求:

1 外壳顶部应设手动排气阀,底部应设泄水阀;

2 滤芯的机械强度应能在 1.5 倍流速的冲刷下不发生破损现象;

3 水阻力不宜大于  $20\text{kPa}$ 。

**4.2.5** 电加热器应满足下列要求：

- 1 宜按多组或多台启停进行设计,且应能在线检修；
- 2 应配置温度传感器。

**4.2.6** 高位膨胀水箱应满足下列要求：

- 1 应具备缓冲内冷却水体积变化的功能,液位波动范围宜在高度的 35%~75%之间；
- 2 应设置就地液位指示装置。

**4.2.7** 膨胀罐应满足下列要求：

- 1 应具有氮气自动调压、水位监测、自动补水与泄水以及防止空气进入水系统的功能；
- 2 气水容积的比值宜为 0.75~1.0,水容积宜按最低与最高设计水温的比容差乘以系统容积确定,并应有不低于 15%的安全余量。

**4.2.8** 氮气除氧装置应设置主备用切换装置,且氮气瓶应能在线更换。

### **4.3 设备及管道布置**

**4.3.1** 阀内冷却设备应布置在控制楼阀冷却设备间,并应符合下列规定：

- 1 设备和管道布置应符合工艺流程,便于安装、操作与维修,主要通道的宽度不宜小于 1.2m,非主要通道的宽度不应小于 0.8m；
- 2 主循环设备宜布置在实心地面上；
- 3 流量计前后应设置满足测量要求的直管段。

**4.3.2** 高位膨胀水箱宜布置在阀厅屋架内的检修平台上,水箱底部应高出内冷却水管道最高点 2.0m 以上。

**4.3.3** 阀厅内管道布置应满足与电气设备之间带电距离的要求。

**4.3.4** 内冷却水干管不宜位于悬吊式阀塔正上方,干管与换流阀进、出水口之间不应采用软连接。

- 4.3.5** 阀厅内采用支撑式阀塔时,其冷却水管应布置在管沟内。
- 4.3.6** 换流阀进、出水支管上的阀门及仪表应布置在便于操作和检修的位置。



## 5 水冷型阀外冷却系统

### 5.1 系统设计

- 5.1.1** 水冷型阀外冷却系统应采用开式单循环水冷却系统。
- 5.1.2** 计算冷却塔传热量的大气湿球温度应取当地极端最高湿球温度。
- 5.1.3** 补充水量应为喷淋水蒸发、风吹及排水各项损失水量之和,安全系数宜取 1.10~1.15。
- 5.1.4** 冷却塔容量的冗余度不应小于 50%。每台冷却塔均应冗余配置喷淋水泵。
- 5.1.5** 冷却塔应设置喷淋水池,水池有效容积宜保证 24h 的用水需求。水池应设置过滤装置,其循环水泵宜冗余配置,过滤精度不宜小于 50 $\mu$ m,处理流量不宜小于喷淋水循流量的 5%。
- 5.1.6** 应采取防止冷却塔换热器表面结垢和抑制喷淋水中微生物生长的措施。喷淋水的水质应满足表 5.1.6 的要求。

表 5.1.6 喷淋水水质标准

项 目	控 制 值
pH 值	6.5~8.5
硬度(以 CaCO <sub>3</sub> 计)	≤450mg/L
总碱度	≤350mg/L
溶解性总固体	≤1000mg/L
氯化物	≤250mg/L
硫酸盐	≤250mg/L
电导率	≤1800 $\mu$ S/cm
细菌总数	≤80CFU/mL

- 5.1.7** 喷淋水采用软化处理方案时,宜设置混凝土盐池,盐池的

容积宜满足 7 天~14 天的需求。

**5.1.8** 喷淋水的设计浓缩倍数宜为 5.0~10.0。

**5.1.9** 排至站外的废水应满足国家相关的排放标准。

**5.1.10** 地下室或泵坑应设置事故排水措施,排水应采用机械抽排方式,排水泵应冗余配置并设置自动和人工控制装置。

**5.1.11** 喷淋水泵进、出水口与管道之间应柔性连接。

**5.1.12** 喷淋水管路低点应设置泄水装置。

**5.1.13** 寒冷地区应采取措施防止室外设备和管道结冰。

**5.1.14** 冷却塔传播至周围环境的噪声和振动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。

## **5.2 主要设备要求**

**5.2.1** 与腐蚀性固体和液体接触的材质均应采用耐腐蚀材质,与喷淋水接触的材质宜采用不锈钢,其等级不宜低于不锈钢(1Cr18Ni9Ti)等级。

**5.2.2** 冷却塔应满足下列要求:

1 冷却塔应为闭式蒸发型,当采用抽风方式排除水蒸气时,电机宜外置;

2 冷却塔喷嘴宜采用不易堵塞的大孔径喷嘴,填料宜采用阻燃性硬质聚乙烯;

3 换热盘管设计压力不应小于内冷却水管路工作压力的 2 倍,顶部应设置排气阀,底部应设置泄水阀;

4 冷却塔应采用变频调速风机,风机应与电机一一对应,风机应采用高效、低噪声、材料耐腐蚀、维修方便、符合国家现行相关标准的产品;

5 冷却风机所配电机的防护等级不应低于 IP55,绝缘等级不应低于 F 级,电机轴承设计使用寿命 L10 不应低于 131000h;

6 集水箱落水口应设置可拆卸不锈钢滤网;

7 应设置通向顶部的检修楼梯和平台。

**5.2.3** 喷淋水泵应满足下列要求:

- 1 应采用卧式离心水泵；
- 2 水泵所配电机的防护等级不应低于 IP54, 绝缘等级不应低于 F 级, 电机轴承设计使用寿命 L10 不应低于 50000h；
- 3 泵的振动应符合现行国家标准《泵的振动测量与评价方法》GB/T 29531—2013 表 3 中规定的 B 级振动级别要求。

#### **5.2.4 反渗透装置应满足下列要求：**

- 1 反渗透回收率不应低于 75%，一年内脱盐率不应小于 98.5%，三年内脱盐率不应小于 97%；
- 2 反渗透膜设计寿命不应小于 3 年；
- 3 反渗透装置应设置旁通, 当膜组件发生损坏或其他元件故障不能正常出水时, 可保证喷淋水池补水不被中断。

**5.2.5** 加药装置所使用的药剂应采用环保型, 杀菌灭藻应交替使用氧化性和非氧化性杀生剂。

### **5.3 设备及管道布置**

**5.3.1** 闭式蒸发型冷却塔的布置应根据工艺流程的需要, 结合站区建(构)筑物及电气设备的布局, 以及与周围环境之间的相互影响等因素综合考虑, 并应符合下列规定：

- 1 冷却塔宜布置在站区主要建(构)筑物及露天配电装置的全年主要风向的下风侧或侧风侧；
- 2 冷却塔之间或冷却塔与其他建(构)筑物之间的距离应满足冷却塔的通风要求；
- 3 冷却塔宜靠近阀冷设备间；
- 4 冷却塔宜远离对噪声敏感的区域以及站区露天热源。

**5.3.2** 喷淋水泵及喷淋水处理设备应布置在阀冷却设备间, 设备和管道的布置应符合工艺流程, 并便于安装、操作与维修。主要通道的宽度不宜小于 1.2m, 喷淋水泵之间的宽度不宜小于 0.5m, 其他非主要通道的宽度不应小于 0.8m。

**5.3.3** 喷淋水池宜为地下式, 水池应设置就地水位指示装置。

## 6 空冷型阀外冷却系统

### 6.1 系统设计

- 6.1.1 计算空气冷却器传热量的大气干球温度应取当地极端最高干球温度,并应考虑热岛效应对散热的影响。
- 6.1.2 空气冷却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%。
- 6.1.3 空气冷却器换热管束进、出水口与联箱之间应采用柔性连接。
- 6.1.4 寒冷和严寒地区的空气冷却器应采取防冻措施。

### 6.2 主要设备要求

- 6.2.1 空气冷却器宜采用干式,结构形式可为水平鼓风式或引风式。换热管束应采用不锈钢管并带翅片,其等级不宜低于不锈钢(1Cr18Ni9Ti)等级,密封材料不得使用含石棉、石墨、铜等影响水质的材质。
- 6.2.2 换热管束设计压力不应小于内冷却水管路工作压力的 2 倍,管束应设置坡度,最低处应设置泄水阀。
- 6.2.3 风机所配电机的防护等级不应低于 IP55,绝缘等级不应低于 F 级,轴承设计寿命 L10 不应低于 131000h。
- 6.2.4 风机应设置就地检修开关。
- 6.2.5 空气冷却器传播至周围环境的噪声和振动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。

### 6.3 设备及管道布置

- 6.3.1 空气冷却器应布置在远离发热源或有害气体的地方,并尽

**8.1.5** 空冷型阀外冷却系统每片冷却器的风机应分别接于不同低压母线段,每段低压母线应双电源供电。

## **8.2 低压电器设备选择和布置**

**8.2.1** 阀冷却系统中低压电器和导体选择应符合现行行业标准《换流站站用电设计技术规定》DL/T 5460 的相关规定。

**8.2.2** 阀冷却配电柜(箱)宜布置在紧邻阀冷却设备间的房间内,其布置应符合现行行业标准《换流站站用电设计技术规定》DL/T 5460 的相关规定。

## 9 对建(构)筑物的要求

### 9.0.1 阀厅应满足下列要求：

1 当高位膨胀水箱设置在阀厅屋架上方时，应设置检修平台和通向检修平台的楼梯；

2 地面管沟不宜与电缆沟、地下风道交叉，沟顶应设置活动盖板，底部应设置排水设施。

### 9.0.2 阀冷却设备间应满足下列要求：

1 阀冷却设备间应紧邻阀厅，阀冷却配电和控制保护设备室宜邻近阀冷却设备间；

2 阀冷却设备间冬季室内温度宜维持在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上，夏季室内温度宜维持在 $30^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，阀冷却配电和控制保护设备室冬季室内温度宜维持在 $16^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，夏季室内温度宜维持在 $26^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度宜维持在 $10\%\sim 70\%$ ；

3 地下室或泵坑应设置集水坑，通向室外的沟道或孔洞应采取防水封堵措施；

4 当主循环设备布置在楼板上时，设备基础应采取防震措施；

5 地下水管穿越阀冷却设备间及喷淋水缓冲水池外壁处应预埋防水套管；

6 当设备无法通过外门搬进室内时，应在外墙上预留孔洞，待设备进入后再进行封堵；

7 主循环水泵及喷淋水泵均应配置电动起吊设备。

### 9.0.3 混凝土盐池宜为地下式，加盐口宜布置在室内。

9.0.4 喷淋水缓冲水池宜靠近阀冷却设备间地下室或泵坑，水池内壁宜贴瓷砖或刷灭菌防藻涂料。

## 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

《泵的振动测量与评价方法》GB/T 29531

《换流站站用电设计技术规定》DL/T 5460



可能远离人员工作和休息区。

**6.3.2** 空气冷却器与周边遮挡物的间距应满足有效散热的要求，四周应有充足的安装、操作和检修空间，且不应影响换流变压器的搬运。

**6.3.3** 室外架空敷设的管道应满足与电气设备之间带电距离的要求，且不应影响地面交通和电气设备的安装、转运。

## 7 阀冷却系统控制保护

### 7.1 总的要求

- 7.1.1 每套阀冷却系统应配置独立的阀冷却控制保护系统,包括阀内冷却控制保护和阀外冷却控制系统。
- 7.1.2 阀冷却控制保护系统的设备应冗余配置,冗余的范围包括控制单元、电源模块、接口模块、通信网络及模块等。
- 7.1.3 阀冷却控制保护系统可配置 1 台独立的阀冷工作站,完成对阀冷却系统的控制和监视功能。阀冷工作站可布置在主控制室,也可布置在阀冷却接口屏内。
- 7.1.4 阀冷却控制保护系统与阀冷却设备之间宜采用硬接线的连接方式。阀冷却控制保护系统与直流控制保护系统之间宜采用通信总线方式接口,也可通过阀冷却接口设备与直流控制保护系统通信。

### 7.2 控制系统

- 7.2.1 阀冷却控制系统应具备对阀冷却系统的主循环水泵、喷淋水泵、冷却风机、电动阀门的监控功能,应具备对阀冷却水进阀温度、出阀温度、流量、电导率、压力、水位和阀厅内、外环境温度的监测功能。
- 7.2.2 阀冷却控制系统宜设置就地、远程和停运三种基本模式。
- 7.2.3 阀内冷却系统应具备主循环水泵的启停和切换功能,主循环水泵及电气回路状态的实时监测报警功能,阀内冷却水的补水控制功能,氮气稳压回路的控制功能(适用于氮气稳压方案),电加热器的控制功能。
- 7.2.4 水冷型阀外冷却系统应具备喷淋水泵启停和切换的功能,

冷却风机启停、强投和切换的功能, 阀外冷却水的补水控制功能, 喷淋水泵、冷却风机、风机变频器及电气回路状态的实时监测报警功能。

**7.2.5** 空冷型阀外冷却系统应具备阀外冷却风机启停和切换的功能, 风机就地强投的功能, 风机分组投退的控制功能, 阀外冷却风机电气回路、风机变频器状态的实时监测功能。

### **7.3 保 护 系 统**

**7.3.1** 阀冷却系统应配置温度异常保护(包含进阀温度保护和出阀温度保护), 流量及压力异常保护, 液位异常保护, 泄漏保护, 电导率保护。温度异常保护宜按三重化原则配置, 按三取二保护逻辑动作出口。

**7.3.2** 阀冷却系统保护的動作出口应包括降功率、闭锁直流系统。

**7.3.3** 阀冷却控制保护系统应配置录波功能, 记录温度、流量、压力、液位的异常变动。

**7.3.4** 主循环水泵可具有压差保护, 该保护应仅投报警。

## 8 阀冷却系统供电

### 8.1 供电方式

8.1.1 阀冷却系统电源应由对应阀厅的低压站用电工作母线引接。

8.1.2 每台主循环水泵应由站用电工作母线直接供电,其他阀冷却系统电源可由就地低压配电柜(箱)供电。

8.1.3 阀冷却系统电源配置应满足下列要求:

1 互为备用的Ⅰ、Ⅱ类负荷应由不同的母线段供电;

2 接有单台的Ⅰ、Ⅱ类负荷的配电柜(箱)应由双电源供电,双电源应从不同的母线段引接,对接有单台Ⅰ类负荷的配电柜双电源应自动切换,接有Ⅱ类负荷的配电柜双电源可手动切换;

3 其他无Ⅰ、Ⅱ类负荷的配电柜可采用单电源供电。

8.1.4 阀冷却系统主要负荷特性宜按表 8.1.4 的规定确定。

表 8.1.4 阀冷却系统主要负荷特性表

序号	负 荷 名 称	负荷类别	运行方式
1	阀内冷却系统		
(1)	主循环水泵	Ⅰ	经常、连续
(2)	其他设备和阀门(包括电加热器、原水泵、补水泵、电动阀等)	Ⅰ	不经常、连续
2	阀外冷却系统		
(1)	喷淋水泵(水冷方式)	Ⅰ	经常、连续
(2)	冷却风机	Ⅰ	经常、连续
(3)	喷淋水处理设备和阀门(包括反渗透装置高压泵、砂滤泵、加药泵、电动阀等)	Ⅱ	不经常、连续
3	其他		
(1)	泵坑或水池排水泵	Ⅱ	不经常、连续
(2)	电动单轨吊	Ⅱ	不经常、连续

中华人民共和国电力行业标准

换流站阀冷却系统设计技术规程

**DL/T 5562—2019**

条文说明



## 制 定 说 明

《换流站阀冷却系统设计技术规程》DL/T 5562—2019,经国家能源局 2019 年 6 月 4 日以第 4 号公告批准发布。

本标准制订过程中,编制组进行了大量的调查研究,广泛征求了设计、运行等有关单位的意见,认真总结了已有的高压、特高压及背靠背直流换流站阀冷却系统的设计、施工和运行经验。

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,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

1	总 则 .....	( 27 )
3	阀冷却方式选择 .....	( 28 )
5	水冷型阀外冷却系统 .....	( 29 )
5.1	系统设计 .....	( 29 )
6	空冷型阀外冷却系统 .....	( 30 )
6.1	系统设计 .....	( 30 )
7	阀冷却系统控制保护 .....	( 31 )
7.1	总的要求 .....	( 31 )
7.2	控制系统 .....	( 31 )
7.3	保护系统 .....	( 33 )
8	阀冷却系统供电 .....	( 35 )
8.1	供电方式 .....	( 35 )



# 1 总 则

**1.0.1** 本条明确了本标准制定的目的和共性原则要求。

**1.0.2** 本条明确了本标准的适用范围。从调研情况看,目前国内直流输电换流站工程,包含柔性直流换流站可参照本标准执行。

### 3 阀冷却方式选择

**3.0.1** 阀内冷却系统是通过冷却介质的循环流动不断吸收换流阀散发的热量,并将热量传递给阀外冷却系统,阀内冷却系统可使用的冷却介质包括水、油、空气和氟利昂等,由于水在比热、传热系数和对环境的影响等方面具有综合优势,目前已建和在建的换流站均使用水作为冷却介质。

**3.0.2** 阀外冷却系统是利用水和空气吸收阀内冷却系统的热量,并传递到室外大气。根据热交换介质的不同,冷却方式分为水冷却、空气冷却、空气-水联合冷却三种。

(1)水冷方式的优点是冷却效果好,水冷设备占地面积小,噪声小;缺点是在缺水地区、取水困难或取水费用高的地区不适用。另外,水冷方式会带来换热器的结垢和腐蚀问题,以及废水排放的问题。

(2)空冷与水冷相比,优点是没有水污染问题,系统简单且设备单一,维护费用低;缺点是设备占地面积大,由于空气侧的传热系数小,冷却效果受环境温度的影响较大,噪声相对较大。

对空气冷却器而言,出口水温与室外大气的温差越大,冷却效果越好,温差越小换热效果越差,甚至无法满足热要求。因此,在兼顾换热效果和经济性的情况下,考虑消除热岛效应的影响后,温差不宜低于 5℃。

## 5 水冷型阀外冷却系统

### 5.1 系统设计

**5.1.9** 水冷型阀外冷却系统的废水主要有以下 4 个来源：

(1) 过滤设备反冲洗废水。反冲洗一般采用原水, 所以其成分基本与原水保持一致。

(2) 软水装置反冲洗和再生废水。反冲洗一般采用软化水, 反冲洗废水中含有少量盐分和悬浮物, 树脂再生使用浓度为 3.5% 左右的盐水, 所以再生废水含盐量较高。

(3) 反渗透装置未通过反渗透膜而被排出的废水。废水中离子种类与原水相同, 离子浓度则随回收率波动, 如当回收率为 75% 时, 弃水的总含盐量为原水的 4 倍, 即相当于原水被浓缩了 4 倍。

(4) 喷淋水缓冲水池中的存水。当浓缩达到一定倍率后需要排污, 排污废水中含盐分和各种药剂, 药剂残留成分与所加药剂有关。

反渗透装置的反渗透膜定期清洗后的化学废液不应直接排放, 而应收集后运出站外处理。排至站外的废水首先应遵守现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 的规定, 然后再根据废水的最终流向或用途遵守相应的国家标准。

## 6 空冷型阀外冷却系统

### 6.1 系统设计

**6.1.1** 当换流站内建筑物或电气设备影响空气冷却器上方热气的飘散时,以及水泥硬化地面的吸热和对太阳光的反射,空气冷却器周边的局部区域往往容易形成热量的集聚即热岛效应,这将导致空气冷却器实际进风温度高于当地气象站提供的室外干球温度。为了准确计算空冷器的散热量,应取实测的干球温度为依据。在缺乏实测数据的情况下,可考虑在极端最高气温的基础上加 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

**6.1.4** 寒冷地区阀冷却系统停运后,防止空气冷却器盘管内存水结冰的措施主要包括:

(1)在内循环冷却水中加入防冻液,并保证混合液体的冰点温度高于当地极端最低温度,本措施对光触发阀不适用。

(2)在内冷却水主循环回路上设置电加热器,系统停运期间主循环水泵和电加热器均运行。

(3)在空气冷却器换热盘管的最低点设置泄水阀将存水排空。

(4)为空气冷却器设置保温棚,且棚内配置电热暖风机。空气冷却器运行时,防冻保温棚不应影响其进风和散热。

## 7 阀冷却系统控制保护

### 7.1 总的要求

**7.1.2** 冗余配置的控制单元如有一套发生故障时,可自动切换至备用控制单元,切换期间能够继续保持控制输出,不会出现信息丢失或报警中断的情况。

**7.1.4** 目前新近投产的部分直流输电工程,阀冷却控制保护系统与直流控制保护系统采用了光纤通信总线接口,并不再配置阀冷却接口设备。

### 7.2 控制系统

**7.2.2** 阀冷却控制系统的就地模式主要用于在换流阀未投入运行,系统处于检修维护及调试时采用,主循环水泵、补充水泵、电加热器、风机、电磁阀等设备能通过就地操作面板进行手动操作;远程模式时,阀冷却控制系统实现对阀冷却系统的自动控制,控制系统通过监测水温、流量、压力、电导率、水位、漏水检测等参数,并根据设定好的整定值,自动调整主循环水泵、风机、补充水泵等设备的运行状态,同时监视阀冷却系统的运行状况,及时发出报警或跳闸信号;停运模式的按钮能够在就地或远程模式运行时,立刻停止主循环水泵的运行,同时阀冷却控制系统发出跳闸信号至直流控制保护系统,闭锁直流。

**7.2.3** 本条对阀内水冷系统的基本控制功能进行了说明。

(1)主循环水泵能够手动启停、定时切换、手动切换、远程切换、故障切换、故障回切,切换时间能够整定。当备用主循环水泵正常时,允许手动及自动切换主循环水泵,当备用主循环水泵不可用时,禁止切换主循环水泵。

(2)补水控制功能需对膨胀罐(高位膨胀水箱)液位进行监测,根据膨胀罐(高位膨胀水箱)液位对补充水泵进行自动启停控制,也可以手动启停补充水泵。

(3)氮气稳压回路的控制需对膨胀罐压力进行监测,根据膨胀罐内压力对补气、排气回路进行自动启停控制,也可以手动启停补气、排气。膨胀罐的补气、排气控制需要有互锁功能。

(4)需根据进阀温度或凝露严重程度对电加热器进行分段分组自动投退控制。主循环水泵停运、冷却水流量超低、进阀温度高等任一条件满足时,禁止启动电加热器。

**7.2.4** 本条对水冷型阀外冷却系统的基本控制功能进行了说明。

(1)喷淋水泵采用一用一备的轮换运行方式,工作时只有一台喷淋水泵运行。两台泵均正常时,工作泵按照预设定的切换时间切换;在工作泵故障时自动切换至备用泵;备用泵故障时阻止工作泵定时切换。喷淋水泵有自动控制和手动控制。自动控制方式是当冷却循环水进阀温度和喷淋水池液位高于设定值,同时冷却风机正在运行,此时阀冷却控制系统会下发启动喷淋水泵的命令,启动喷淋水泵;手动控制方式是通过人工手动启动喷淋水泵。

(2)当变频器故障时,冷却风机通过强投功能能快速投入运行,保证冷却系统的运行,防止因为冷却水的温度高导致直流停运。目前国内直流工程的阀冷却系统基本都配置了该功能。

(3)当室外喷淋水缓冲池水位达到低水位限时,自动开启补水阀补水,并联动开启综合水泵房内的水泵,对喷淋水缓冲池的水进行补充;当室外喷淋水位达到高水位限时,则自动关闭补水阀,并联动关闭综合水泵房内的水泵。

**7.2.5** 空冷型阀外冷却系统的冷却风机通常会配置一台变频器,变频器有自动控制方式和手动控制方式。自动控制方式是根据预设定的温度启动冷却风机。在冷却风机启动之后,根据进阀温度和目标温度之间的偏差自动控制风机的转速来纠正温度偏差,防止进阀温度骤升骤降。手动控制方式通过操作面板设定冷却风机



的工作频率,启动或停止冷却风机。

### 7.3 保护系统

**7.3.1** 本条对阀冷却系统的基本保护功能进行了说明。

(1)温度异常保护分为进阀温度保护和出阀温度保护两种。

1)进阀温度保护的原理是检测阀内冷系统的进阀水温,当温度达到门槛值时,发出跳闸指令给直流控制保护系统。目前国内直流工程中温度保护实现方式主要采用的是三取二保护逻辑,具体为:在换流阀供水管道上设置三台进阀温度传感器,监测换流阀进水温度,当两只或三只传感器同时检测到进阀温度高于门槛值时,阀冷却保护系统发出跳闸指令;当有两只传感器同时故障,第三只温度变送器检测值超过进阀温度超高门槛值时,阀冷却保护系统发出跳闸指令;当三只传感器全部故障,阀冷却保护系统发出跳闸指令。

2)出阀温度保护的原理是检测阀内冷系统的出阀水温,当温度达到门槛值时,阀冷却保护系统向直流控制保护系统发出功率回降信号。通常在换流阀出水管道上设置两台出阀温度变送器监测出阀温度,当任意一只传感器检测到出阀温度高于门槛值,阀冷却保护系统向直流控制保护系统发出功率回降信号。

(2)流量及压力异常保护用于防止阀内冷水回路中的流量及压力降低,减少了整个换流阀与冷却系统的热交换效率,导致换流阀温度过高。通常在换流阀冷却水管道上设置至少2台冗余的流量传感器;在换流阀进水口管道处设置2台~3台冗余的压力传感器,在出水口管道处设置2台冗余的压力传感器。

1)当正在运行的主循环水泵故障时,阀冷却系统出现出水压力低报警,系统自动切换到备用泵运行。

2)当冷却水流量低于流量超低门槛值,同时进阀压力值低于压力低门槛值时,阀冷却保护系统延时发出跳闸指令。

3)当进阀压力值低于压力超低门槛值,并且出阀压力值低于

出阀压力超低门槛值,阀冷却保护系统延时发出跳闸指令。

4)冷却水流量和压力保护跳闸延时应大于主循环水泵切换不成功再切回原泵所需的时间。

(3)液位异常保护是保证膨胀罐(高位膨胀水箱)处于正常水位,防止液位低于超低液位时,气体进入密闭式管道系统,造成水泵汽蚀,导致流量、压力等急剧下降而影响换流阀正常运行。液位保护一般在高位膨胀水箱设置三台液位传感器,应按“三取二”原则判定,膨胀罐(高位膨胀水箱)液位低时延时报警,液位超低时延时发跳闸请求。

(4)泄漏保护是为了防止阀内冷却的水管故障导致冷却水渗漏,影响换流阀正常运行。

(5)电导率保护一方面考虑阀水冷却系统管道在高电压下的均压要求,避免在管道上由于电压差不均匀导致绝缘击穿,另一方面考虑泄漏后换流阀元器件表面绝缘要求。阀水冷系统电导率高保护通常设置电导率高和电导率超高两级预警,不设置跳闸,不停运直流系统。

## 8 阀冷却系统供电

### 8.1 供电方式

**8.1.5** 阀外冷却为空冷型阀外冷却系统时,阀冷外负荷主要是空气冷却器。空气冷却器由若干冷却片构成,一般要求任何一片冷却器检修仍能保证换流阀在额定工况下正常运行。同时,每段供电母线停电仍能保证换流阀具有 50%或 75%的额定冷却能力。为了减少每段母线故障对每片冷却器冷却能力的影响,一般要求每片中的冷却风机不接在同一母线段,而应分散接在不同母线段上。

S/N:155182·0552



DL/T 5562—2019

中华人民共和国电力行业标准  
**换流站阀冷却系统设计技术规程**  
**DL/T 5562—2019**



中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433(发行部)

三河富华印刷包装有限公司印刷

---

850mm×1168mm 1/32 1.5 印张 33 千字

2019 年 9 月第 1 版 2019 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册



统一书号: 155182·0552

定价: 15.00 元

**版权所有 侵权必究**

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换