

ICS 29.240.01
F 23
备案号: 31182-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 351 — 2010

换流阀检修导则

Guide for maintenance of converter valve

2011-01-09 发布

2011-05-01 实施



国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

5 检修前准备 3

6 检修项目、周期及工艺要求 3

附录 A（资料性附录） 换流阀工作原理 7

附录 B（资料性附录） 换流阀特殊性检修工艺 9

附录 C（资料性附录） 换流阀检修报告格式 16

前 言

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压直流输电技术标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国家电网公司运行分公司。

本标准主要起草人：姜殿强、余克武、余振球、汪涛、陈凯、孟异山、张嘉涛、仝培理。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

换流阀检修导则

1 范围

本标准规定了换流阀的检修项目、检修周期、检修工艺及质量要求。

本标准适用于换流站晶闸管换流阀设备的检修。本标准不适用于返厂进行的解体大修。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 20990—2007 高压直流输电用晶闸管阀 第1部分：电气试验（IEC 60700—1，1998，IDT）

GB/T 13498—2007 高压直流输电术语（IEC 60633：1998，IDT）

DL/T 664—2008 带电设备红外诊断应用规范

DL 408 电业安全工作规程（变电站和发电厂电气部分）

3 术语和定义

GB/T 13498—2007 中所确立的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

日常检查 **routine maintenance**

指不需要停电所进行的维护。

3.2

例行检修 **termly maintenance**

指定期需要停电进行的检修。

3.3

特殊性检修 **special overhauling**

指重大危急缺陷及事故处理、设备更换及设备解体检修。

3.4

换流阀 **converter valve**

换流阀是将交流电变换成直流电（称为整流），或者把直流电变换成交流电（称为逆变），通常包括6脉动换流阀和12脉动换流阀。

3.5

转折二极管 **Breakover Diode (BOD)**

起正向过电压保护作用，当晶闸管不能和其他晶闸管一起触发导通时（触发光缆的损坏或其他原因），该晶闸管两端将承受很高的正向电压，为了防止该晶闸管损坏，在晶闸管内部（或TCU板上）设有一个转折二极管（BOD）或与BOD实现同样功能的电路，起到正向保护的作用。

3.6

电触发晶闸管 **Electric Trig Thyristor (ETT)**

采用电信号直接触发的晶闸管。

3.7

光触发晶闸管 Lighting Trig Thyristor (LTT)

采用光信号直接触发的晶闸管。晶闸管内部有一光敏区，把高压光缆送来的光触发信号转化为晶闸管的电子空穴对，触发晶闸管。

3.8

光分配器 Multiple Star Coupler (MSC)

接受三个发光二极管同时发来的光信号，将其均匀分配给在 LTT 换流阀中阀段的每个晶闸管。

3.9

反向恢复期保护单元 Recovery Protection Unit (RPU)

在晶闸管反向恢复期间，若晶闸管两端的 du/dt 或反向电压超过允许值时，反向恢复期保护单元产生一个触发脉冲，使该阀内所有晶闸管导通。

3.10

保护性触发 Protection Firing (PF)

保护性触发指晶闸管承受过电压后，还没有触发导通，为了避免晶闸管遭受过电压的破坏，晶闸管控制单元就地及时触发晶闸管，同时发送一个信号至晶闸管监视单元。

3.11

晶闸管控制单元 Thyristor Control Unit (TCU)

给 ETT 换流阀中晶闸管提供触发和监视，包括两个保护回路：保护性触发回路和反向恢复器保护回路。

3.12

晶闸管电压监视 Thyristor Voltage Monitoring (TVM)

监测换流阀中晶闸管两端的电压，向阀基电子设备发回报信号的装置。

3.13

晶闸管监视单元 Thyristor Monitor (THM/TM)

晶闸管监视单元，监视换流阀中各晶闸管的运行状况，产生报警信号。报警信号包含故障晶闸管和故障光纤回路的位置。

3.14

阀基电子设备 Valve Base Electronic (VBE)

由晶闸管控制和监测、光发射和光接收、反向恢复期保护、供电电源及接口组成。主要作用是分配触发脉冲，检测各晶闸管电子设备的回报信号，并向阀控系统发送所需信息。

3.15

阀控单元 Valve Control Unit (VCU)

将控制脉冲转换成触发脉冲，并通过光接口板转换成光触发脉冲，经过高压光缆发送到换流阀每个晶闸管控制单元，触发阀上每个晶闸管。同时接收由每个晶闸管控制单元发回的晶闸管状态信号，发送到晶闸管监测单元处理。

4 一般要求

4.1 本标准是换流站编制换流阀年度检修计划的依据，在编制年度检修计划时应包括但不限于日常检查和例行检修的项目。

4.2 设备运行管理单位应根据本标准制定相应作业指导书以开展现场检修工作。

4.3 遇有特殊情况，应履行相关审批手续，经设备运行管理单位主管生产的领导审查批准后执行。

4.4 本标准中，检修划分为日常检查、例行检修和特殊性检修三大类型。例行检修时应包括日常检查项目，特殊性检修时可包括日常检查和例行检修的项目。日常检查和例行检修通常按基本周期定期进

行。

4.5 若设备技术文件附有检修手册，检修负责人务必仔细阅读，有具体检修工艺要求的，应严格执行。对于设备技术文件要求但本规程未涵盖的检修项目，按设备技术文件提供的指导和要求进行。若设备技术文件要求与本标准要求不一致时，按要求严格一方执行。

4.6 本标准给出的基本周期适用于一般情况。设备管理者如需调整维护和检修周期，按 4.3 办理。

4.7 检修人员应熟悉换流阀的技术资料，其所承担检修工作的实施要点及人身、设备、系统安全事项。检修负责人应熟知各项检修工作的目的、意义及实施细则等基本知识。检修工作开始前，检修负责人应该确认检修中所需设备合格并符合有关要求。

4.8 应做好换流阀检修记录并整理归档。

5 检修前准备

5.1 资料准备

检修前了解晶闸管换流阀的工作原理、结构特点、性能参数、运行年限、运行记录、缺陷记录、历年检修记录及同类产品的障碍或事故情况。

5.2 检修人员准备

检修人员应熟悉电力生产的基本过程及晶闸管换流阀工作原理及结构，掌握晶闸管换流阀的检修技能，熟悉本次检修相关作业文件，熟悉并掌握 DL 408。

5.3 检修方案准备

检修前应编制完善的检修方案，其中包括检修的组织措施、安全措施和技术措施。主要内容如下：

- a) 人员组织及分工。
- b) 检查项目和质量标准。
- c) 施工项目及进度表。
- d) 特殊项目的施工方案。
- e) 关键工序质量控制内容及标准。
- f) 试验项目及标准。
- g) 确保施工安全、质量的技术措施和现场防火措施。
- h) 必要的竣工图、设备技术资料。

5.4 其他准备

根据现场检修需要准备必要、充足的材料和完备的工器具及阀试验装置。

6 检修项目、周期及工艺要求

6.1 检修一般要求

6.1.1 换流阀检修工作属于高空作业，应严格执行 DL 408 中有关高空作业的有关规定和要求，严禁无安全带或安全绳进行高空作业。

6.1.2 防止高空坠物损坏阀厅设备，工作期间必须穿专用工作服装。

6.1.3 部分光缆是由玻璃纤维材料制成的，对压力和拉力变形很敏感，在光缆的安装和检修过程中必须尽可能小心，避免拉、压、折等，以免损坏光缆。

6.1.4 在触发系统没有完全断电情况下，检修光回路时禁止直视光源，必要时戴护目镜。

6.1.5 检修期间保证阀厅相对湿度控制在相关设备技术文件要求范围内。

6.2 日常检查

6.2.1 换流阀日常检查项目、周期及要求见表 1。

表1 换流阀日常检查项目、周期及要求

序号	项 目	基本周期	技术要求	工艺要求
1	巡检	必要时	无异常（包括一次关灯检查）	6.2.2.1
2	红外热像检测	必要时	无异常	6.2.2.2

6.2.2 换流阀日常检查要求。

6.2.2.1 巡检要求。

- a) 在设备运行期间，应按规定的巡检内容和巡检周期进行巡检，巡检内容还包括设备技术文件特别提示的其他巡检要求，巡检情况应有记录。
- b) 巡检员应清楚巡检路径和巡检要点；能熟练操作巡检中要使用的各种仪器、设备；熟知高压电气设备各类自备监控仪表及其正常值范围。
- c) 在火灾、地震、台风、洪水等灾害发生后，日最高气温 35℃ 以上等特殊时间，以及满负荷（含接近）运行、新投运或全面检修之后重新投运的设备，应酌情加强巡检。
- d) 外观检查。
 - 1) 阀监控设备工作正常，无任何报警信号。
 - 2) 换流阀各部位无烟雾、异味、异常声响、振动及放电痕迹。
 - 3) 无明显漏水现象。
 - 4) 关灯检查，无电晕或放电等异常现象。
 - 5) 检查阀厅的温度、湿度、通风是否正常。

6.2.2.2 红外热像检测。用红外热像仪对换流阀可视部分进行检测，阀的各组件无局部过热，热成像图谱与上次比较应无明显变化。在高温大负荷时应缩短检测周期。检测方法及要求按照 DL/T 664 执行。

6.3 例行检修

6.3.1 换流阀例行检修项目、周期及要求。例行维修项目除日常检查项目外，其项目、周期及要求见表2。

表2 换流阀例行检修项目、周期及要求

序号	例行检修项目	基本周期	技术要求	工艺要求
1	清扫	1 年	清洁	6.3.2.1
2	阀检查	1 年	符合设备技术文件要求	6.3.2.2
3	冷却回路检查	1 年	符合设备技术文件要求	6.3.2.3
4	均压电极检查	5 年	符合设备技术文件要求	6.3.2.4
5	悬式绝缘子检查	5 年	符合设备技术文件要求	6.3.2.5
6	组件均压电容的电容量	6 年	初值差 $\leq \pm 5\%$ （警示值）	6.3.2.6
7	均压电容的电容量	6 年	初值差 $\leq \pm 5\%$ （警示值）	
8	均压电阻的电阻值	6 年	初值差 $\leq \pm 3\%$ （警示值）	6.3.2.7
9	晶闸管阀试验	3 年+6.3.2.8 a)	符合设备技术文件要求	6.3.2.8
10	漏水报警和跳闸试验	1 年	符合设备技术文件要求	6.3.2.9

6.3.2 换流阀例行检修项目工艺要求。

6.3.2.1 清扫。对晶闸管、晶闸管散热器、阀结构表面屏蔽罩、绝缘子、电抗器及支撑绝缘板等元器

件进行清揩、清扫，要求用干净医用抹布（不脱脂）进行擦洗。对阀厅的内壁进行清扫。

6.3.2.2 阀检查。

- a) 承担绝缘的部件表面应无损伤、电蚀和污秽。
- b) 所有电气连接完好，无松动。
- c) 检查电抗器，其表面颜色应无异常；检查各电气元件的支撑横担，要求无积尘、积水等现象。
- d) 检查连接水管、水接头，要求无漏水、渗水现象。
- e) 检查晶闸管控制单元（晶闸管电压监视）以及反向恢复期保护单元，要求外观无异常，插紧到位和插座端子连接完好。
- f) 检查组件电容和均压电容，要求外观无鼓起和渗漏油、金属部分无锈蚀、连接部位牢固。
- g) 用力矩扳手检查半层阀间连接母线、电抗器连接母线无异常。
- h) 阀避雷器及其动作的电子（和光纤）回路检查无异常。
- i) 检查光缆连接和排列情况，要求光缆接头插入、锁扣到位，光缆排列整齐。

6.3.2.3 阀冷却管路检查。每年水冷系统在额定压力情况下，对阀冷却系统进行如下检查（如制造商有明确要求，按制造商要求执行）：

- a) 检查每个阀塔主水路的密封性，要求无渗漏。
- b) 检查阀冷却水管路、水接头和各个通水元件，要求无渗漏、无堵塞。
- c) 检查漏水检测功能，要求其动作正确。
- d) 检查水系统的压力、流量、温度、电导率等仪表，要求外观无异常，读数合理；同时，要进行总表与分表之间的流量校核，若发现不一致，则视情况进行及时检查。
- e) 检查滤网的过滤性能，符合厂家的技术文本要求。
- f) 只有在漏水情况下才紧固相应的连接头，紧固时采用合适力矩，不宜过紧，要求无泄漏，通风正常，泄漏指示器正常；LTT 换流阀每个塔中冷却水流量相等。
- g) 加有乙二醇的冷却水，按厂家技术文件执行。

每 5 年对水冷系统施加 110%~120% 额定静态压力 15min（如制造商有明确要求，按制造商要求执行），对阀冷却系统进行上述检查。

6.3.2.4 均压电极检查。每 5 年随机抽取 2% 的均压电极进行检查。取出电极，检查电极针的长度不小于原长度的 60%，检查铂金电极针的铂金量要大于原 60%，如不符合要求应检查所有的电极并更换相应的电极（投运 10 年内铂金电极针的铂金量不应该有损失）。

6.3.2.5 悬式绝缘子检查。每 5 年或强烈地震后随机抽检 10%，对悬式绝缘子进行超声波探伤，一旦发现有损坏现象，应对所有的悬式绝缘子进行探伤。

6.3.2.6 组件均压电容、均压电容的电容量测量。测量组件电容和均压电容的电容量，采用专用电容测试仪，其测量不确定度应不大于 0.5%，不必断开接线。要求与初值偏差不超过 $\pm 5\%$ 。

6.3.2.7 均压电阻的电阻值。测量均压电阻的电阻值，采用专用电阻测试仪器，其测量不确定度应不大于 0.5%，不必断开接线。要求与初值偏差不超过 $\pm 3\%$ 。

6.3.2.8 晶闸管阀试验。

- a) 如果监测系统显示在同一单阀内损坏的晶闸管数为冗余数-1 时为注意值，当损坏的晶闸管数等于冗余数时为警示值。
- b) 如果监测系统显示在同一单阀内晶闸管正向保护触发的晶闸管数为冗余数-1 时为注意值，当晶闸管正向保护触发的晶闸管数等于冗余数时为警示值。
- c) 晶闸管元件的触发开通试验。采用专用试验装置，按厂家的技术文件执行。
- d) 检查晶闸管阀控制单元或阀基电子设备和晶闸管阀监测装置，功能正常。
- e) 如果更换缺陷的晶闸管，需同时检查控制单元和均压回路。

6.3.2.9 漏水报警和跳闸试验。对漏水检测装置进行检查，并作记录，结果应符合设备技术文件要求。

6.4 换流阀特殊性检修项目、周期及工艺要求

6.4.1 换流阀特殊性检修项目及周期。在特殊检修期间应同时完成例行维修项目，特殊性检修项目、周期及要求见表 3。

6.4.2 若要更换组件上的器件，开始工作前，必须按照下面的顺序接地：工作晶闸管组件框架接地；当更换器件时，接地导线不应该拆掉；用一根接地线将有问题的晶闸管组件中的阻尼电容短路；用一根导线短接电容的两个或三个出线端子；在所有零件更换完后，按相反的顺序拆掉所有短接线和接地线；特殊检修项目更换方法详见资料性附录 B 和资料性附录 C。

6.4.3 更换组件上的器件后，应按照 GB/T 20990-1—2007 中要求试验合格。

6.4.4 检修后，阀干燥的时间必须为阀在相对湿度为 60%~80%的环境下维护工作时间的 3 倍（最多 100h），阀厅干燥之后，其湿度水平不应超过 60%，空调系统将控制湿度水平。

表 3 换流阀特殊性检修项目、周期及要求

序号	项 目	基准周期	技术要求	说 明
1	更换晶闸管	日常检查及例行检修中发现的问题决定需要更换故障的元件及必要时	按制造厂家技术要求执行	其相应的晶闸管控制单元（晶闸管电压监视）及阻尼回路应仔细检查
2	更换电阻			
3	更换电容			
4	更换电抗器			
5	更换光纤			光纤弯曲半径应满足要求，更换光纤时应戴上干净的棉手套（熔接时不能戴）
6	更换晶闸管控制单元			
7	更换晶闸管电压监视			
8	更换反向恢复期保护单元			
9	更换均压电极			
10	更换避雷器			

附 录 A
(资料性附录)
换 流 阀 工 作 原 理

A.1 光触发晶闸管换流阀工作原理

A.1.1 光触发晶闸管级电气回路原理

光触发晶闸管级电气回路原理图见图 A.1。

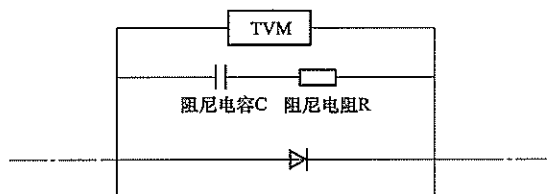


图 A.1 光触发晶闸管级电气回路原理图

- a) 阻尼电阻 R 和阻尼电容 C 作用。阻尼电阻 R 和阻尼电容 C 的主要作用是抑制阀关断时的电压振荡和减少电压上升率，另外为晶闸管电压监视的工作提供能量。
- b) 晶闸管电压监视。晶闸管电压监视板与晶闸管是一一对应的，其内部不包括任何集成逻辑电路，所以它不需要做任何调整。主要功能概括为：一方面承担每个晶闸管级的直流均压，另一方面监测晶闸管两端的电压。晶闸管电压监视电子线路的工作电源及回报信号所需要的能量直接从晶闸管均压阻尼 RC 回路中耦合取得，其监测到的所有信号及相应的回报信号通过光缆送往阀基电子设备。晶闸管电压监视的基本功能是检测晶闸管运行中所必需的相关信息，即正压和负压建立，并产生相关的回报信号，从而监测阀的状态。概括如下：
 - 1) 阀内串联晶闸管级的直流均压；
 - 2) 晶闸管正向门槛探测；
 - 3) 晶闸管高压探测；
 - 4) 光发送。

A.1.2 阀段电气回路

阀段电气回路图见图 A.2。

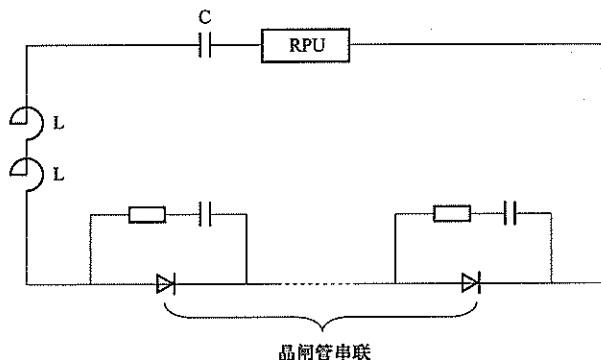


图 A.2 阀段电气回路图

A.1.2.1 阀段均压电容 C 作用

阀段均压电容主要起到均压的作用,防止晶闸管元件在开通和关闭的过程中分担电压不均,导致个别元件承受过电压而损坏。

A.1.2.2 电抗器

电抗器为具有饱和特性铁芯的非线性电抗器,与每个阀段对应的均压电容构成均压电路,它们的主要功能如下。

- a) 在由于过电压而进行周期性触发及非周期性触发时:
 - 1) 对接通电流进行限制;
 - 2) 对正向电流的上升率及峰值进行限制;
 - 3) 防止电流波出现零点交叉;
 - 4) 减小接通时电流冲击的影响。
- b) 在关断并且在逆变器状态运行时:
 - 1) 限制阀电压及晶闸管电压过度升高;
 - 2) 减小由反向恢复电流的分布引起的电压分布线性偏差。
- c) 在浪涌过电压情况下:
 - 1) 在阀内充分地均压;
 - 2) 限制晶闸管电压的上升率及峰值。

A.2 电触发晶闸管换流阀工作原理

电触发晶闸管级电气回路原理图见图 A.3。

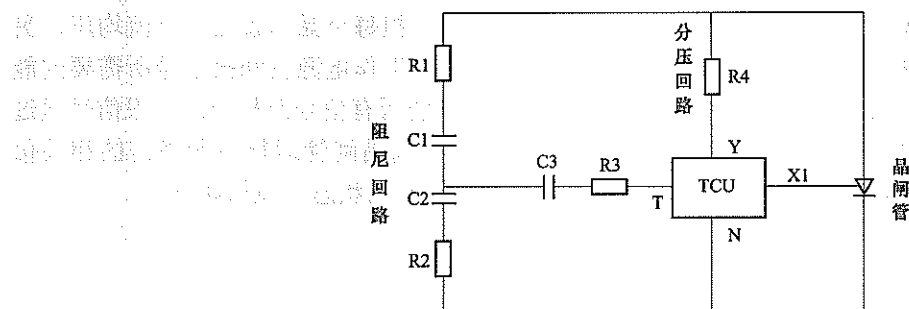


图 A.3 电触发晶闸管级电气回路原理图

A.2.1 阻尼回路作用

- a) 当阀在熄灭过程中,阻尼电压的振荡;
- b) 给晶闸管控制单元提供暂态充电,保证在阀触发前 TCU 能获得可靠的工作电源。

A.2.2 暂态充电电容和电阻作用

C3 和 R3 分别为暂态充电电容和电阻,可在晶闸管刚承受正向电压时,加速晶闸管控制单元的电源充电。

A.2.3 分压测量回路作用

- a) 测量晶闸管两端电压,用于形成晶闸管回报脉冲、晶闸管保护性触发和恢复期保护逻辑的输入电压;
- b) 给晶闸管控制单元提供稳态时的工作电源。

A.2.4 晶闸管控制单元作用

触发和监测晶闸管,同时防止晶闸管过电压损坏,晶闸管控制单元包括两个保护回路:保护触发回路和恢复期保护回路,晶闸管控制单元与阀控单元通信通过高压光缆完成。

附录 B
(资料性附录)
换流阀特殊性检修工艺

B.1 光触发晶闸管换流阀特殊性检修项目工艺

B.1.1 更换晶闸管

更换晶闸管的流程如下:

- a) 小心放置一个木板在故障晶闸管的晶闸管组件框架上。这个过程要用辅助板。在升降平台外工作期间系上安全带。
- b) 打开故障晶闸管前面光缆槽盖。避免擦伤、划伤光缆槽盖表面。
- c) 挑选出连接到晶闸管上的光缆，抽光缆露出光缆槽约 200mm。工作时，注意其他光缆，避免损坏光缆。
- d) 在硅堆的压紧销处插入开口扳手。
- e) 如不能插开口扳手到压紧销槽中，必须先用内六角头套筒扳手压紧晶闸管硅堆直到槽内侧与晶闸管端板对齐。然后插入开口扳手，反转内六角头套筒扳手，使压紧销压住开口扳手。
- f) 用内六角头扳手释放晶闸管硅堆的压力，直到用手能够转动硅堆中的晶闸管。
- g) 沿着晶闸管硅堆方向，在两个压紧板上放置晶闸管衬垫。
- h) 从硅堆中取下故障晶闸管。用手提升晶闸管时，避免光缆硬弯曲。把晶闸管放在衬垫上，安装光缆的面朝上。
- i) 抽出晶闸管上光缆的金属端头，不能弯曲、损坏金属管。
- j) 用沾有酒精的干净棉布清洁两个散热器接触面，在干净的棉布上喷适量的接触油，轻擦散热器接触表面。接触油过多会影响组件的固有特性。不要触摸擦拭过的散热器表面，如果擦拭过的散热器表面被触摸，则必须擦去接触油并重新重复上述过程。
- k) 新晶闸管的接触面必须用油脂溶剂（如酒精）清洁，然后用接触油轻擦晶闸管接触表面。一旦晶闸管表面清洁，就不能再接触。如接触，必须再清洁。不要将任何杂物擦拭到晶闸管凹槽或门极侧的槽内。
- l) 用压缩空气清洁晶闸管中心孔玻璃窗：喷空气到孔中。不能摇动压缩空气罐，避免液体喷出。如液体喷出，用酒精清洁孔，重新喷空气。
- m) 撕开一小段胶带，将光缆端头按在胶带上，拉开端头和胶带，将光缆端头插到孔中。
- n) 不要用手指接触晶闸管接触面。
- o) 把晶闸管放到散热器的尼龙销子上。安装晶闸管时，其极性必须正确，并且确保相邻晶闸管极性相同。
- p) 对齐硅堆中的散热器和晶闸管。
- q) 压紧晶闸管硅堆，顺时针方向旋转晶闸管硅堆端的球头螺栓直到开口扳手能容易拔出。为了防止晶闸管硅堆的过度压紧，在压紧晶闸管硅堆时，注意开口扳手的配合。
- r) 把光缆放回到光缆槽中，两晶闸管间的距离与相邻两光缆的距离相当。把过长的光缆放在光缆槽中，光缆的弯曲不能超过最小弯曲半径。
- s) 合上光缆槽盖。
- t) 外观检查光缆槽半导体漆和光缆。
- u) 外观检查压紧销位置是否对齐。
- v) 外观检查晶闸管极性。

w) 用组件功能测试台检查安装是否正确。

B.1.2 更换阻尼电阻

- a) 关闭故障阀塔中的阀门，中断供水。
- b) 用保护塑料膜盖住要更换电阻的组件下面的晶闸管组件。
- c) 把木板放置在晶闸管组件框架上，木板与所要更换的电阻的距离适中，以便于操作。放一个木板在下面的组件上。工作时，必须系上安全带，把安全带系到阀结构中的适当位置。
- d) 在新电阻上装上水管接头等，拧紧力矩为 $3.2\text{N} \cdot \text{m}$ 。
- e) 断开故障电阻接线端子处的导线、母线。
- f) 打开冷却水小水管连接（工作位置：组件下面）。用扳手缓慢拧松塑料连接螺母后，用手拧下连接螺母，在此过程中，用手压紧小水管，以防喷水。然后拔下小水管，安装在新电阻上，用合适的容器接水。
- g) 用同样的方式打开第二个小水管连接，不能硬弯水管。如管子扭结、破损，需要更换。
- h) 拆开电阻支撑板上的尼龙螺母，取下电阻。
- i) 装上新电阻，用 $3\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩拧紧尼龙螺母。
- j) 用力矩扳手（ $2.2\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩）拧紧螺母。
- k) 安装电气连接，力矩为 $3\text{N} \cdot \text{m}$ 。
- l) 提供冷却水，按下面所述进行检查与检验。
- m) 取走晶闸管组件下面的保护塑料膜。
- n) 拆开接地连接。
- o) 外观检查所有电气、水压连接。
- p) 按要求清洁阀体且保证阀体干燥；移开所有工具和辅助物品。
- q) 用组件功能测试台，检查晶闸管级。
- r) 给阀塔充满水，在给阀组加电压前，循环水直到水的导电率在所规定的范围。在此期间，检查晶闸管组件是否泄漏。

B.1.3 更换阻尼电容

开始工作前，放电并且短路每个阻尼电容。

- a) 小心放置木板，在离开升降平台前，系安全带到阀结构上的适当位置。
- b) 断开电容端子处的导线、母线连接，卸开电容固定托架的两个尼龙六角螺母。当拧开连接螺母时，用另一个开口扳手反向固定螺母。
- c) 装新电容到两个电容固定托架上，用 $3\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩拧紧尼龙螺母。
- d) 通过附近电容的端子位置检查极性。对齐，如需要，旋转电容。如这样做时，注意金属电缆带下面绝缘垫片的位置。
- e) 调整上端的反向螺母到衬套端的距离为 2.5mm 。用屏蔽环和球头螺钉屏蔽。用 $7\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩拧紧螺母时，再用一个开口扳手反向固定螺母，用 $3\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩拧紧下方的螺钉。
- f) 外观检查螺栓连接中是否缺少零件，检查接线位置是否正确，连接螺栓的位置在所有阻尼电容上都相同。
- g) 检查配线：必须保证所有导线间的最小距离为 25mm 。必要时，必须断开连接，保证母线位置与相邻的母线一致。
- h) 用组件功能测试台检查是否正确安装。

B.1.4 更换晶闸管电压监视

在晶闸管电压监视开始工作前，放电和短路每个阻尼电容。

晶闸管电压监视包含静电敏感器件。当在它上工作时，必须采用附加的 ESD 保护措施。建议用一根软导线在安装人员和接地组件架间进行牢固接地连接。

- a) 打开包装, 检查新板子上是否有短路连接。如有, 取掉它。
- b) 从坏板上拔出光缆。放光缆在光缆槽上。
- c) 拆开电缆接线片和母线连接, 放板子在抗静电表面上(如晶闸管电压监视的原包装), 只能接触板子边缘。
- d) 拆除故障晶闸管电压监视板子上固定的铜弯板, 把它装到新板子的相同位置上。
- e) 按相反的顺序安装新板子。为了保证连接正确, 所有刚装的板子要与相邻的板子定位方向相同。
- f) 插入光缆。新板子的光缆安装端的塑料铆钉(如保护销)在插光缆前要取掉。
- g) 像其他组件中一样布置光缆。要小心拔出光缆或插入光缆到光缆槽中的正确位置。
- h) 按后面所讲的内容进行检查。
- i) 拆开接地连接。
- j) 外观检查光缆连接和弯曲半径, 最小弯曲半径 30mm。
- k) 用组件功能测试台检查更换过板子的晶闸管级。

B.1.5 更换反向恢复期保护单元

更换反向恢复期保护单元流程如下。

- a) 打开新板子的包装, 在板子上如有短路连接, 取掉它。
- b) 拆开均压电容和组件框架之间的导线连接。
- c) 拆下四根光缆。
- d) 拧开反向恢复期保护单元支撑板的连接螺钉, 从组件上卸下整个装置。
- e) 用新的反向恢复期保护单元板子更换支撑板上的旧反向恢复期保护单元。注意按相同的方向安装板子。
- f) 安装反向恢复期保护单元支撑板到组件框架上。调整支撑板和组件中梁的间距为 188mm。
- g) 分别连接接线片与均压电容和组件框架。用组件回路图检查导线是否连接正确。
- h) 连接光缆。用光缆连接图检查是否正确连接。
- i) 连接红色塑料光缆前, 用压缩空气清洁反向恢复期保护单元上的端子, 向端子喷气。不能摇动压缩空气罐, 避免液体喷出。如液体喷出, 用酒精清洁端子, 重新喷空气。
- j) 撕开一小段胶带, 将光缆端头按在胶带上, 拉开端头与胶带, 将光缆端头插到孔中。
- k) 按组件回路图检查导线连接。
- l) 用组件功能测试台检查是否正确安装: 从与反向恢复期保护单元并联的晶闸管硅堆中任意选择级进行级检查。

B.1.6 更换均压电容

- a) 把木板放在要更换均压电容的晶闸管组件框架上, 在下面组件上多放几个。在升降平台以外工作时, 系上安全带。
- b) 断开电容与阀电抗器的母线连接。
- c) 拿掉顶部屏蔽环。
- d) 卸掉电容器与电容支撑的螺钉, 取下电容, 电容质量为 27kg。一个人卸螺钉时, 另外两个人扶着电容。
- e) 装入新电容, 用 10N·m 的力矩拧紧螺钉, 连接好电容与恢复期保护单元(RPU)的导线接线片。
- f) 小心操作, 装上屏蔽环, 用 10N·m 力矩拧紧螺钉, 连接好母线。

电容器端部由铝材制成。小心安装螺钉避免破坏螺纹。当进行电气连接时, 母线端子接触面必须涂防氧化导电脂。

B.1.7 更换电抗器

- a) 关闭故障阀塔中的阀门, 中断供水。

- b) 把升降平台停在需要更换电抗器的晶闸管组件下,用保护塑料膜盖住其下方的晶闸管组件。
- c) 在故障电抗器晶闸管组件的框架上放置木板(不能把木板放在电抗器上)。在更换过程中,不能踩在电抗器支撑(绝缘子)上。
- d) 在升降平台以外工作时系上安全带。
- e) 拧开母线螺栓,拆卸两个电抗器间的连接母线。
- f) 打开水管连接用尼龙螺栓,用塞子堵住分进水管、出水管的管接头和电抗器上的管接头。
- g) 松开固定电抗器的螺钉,当电抗器与起吊设备连接好时,再卸掉固定螺钉。
- h) 顶部组件电抗器的更换。
- i) 下层组件电抗器更换:推阀电抗器起吊设备的中梁顶端的弯板到组件框架一端。
- j) 在组件框架中,用弯板固定阀电抗器起吊设备的中梁。
- k) 在升降部件和底部臂间装上双头螺杆。
- l) 把升降部件装到中梁上,推到电抗器的正上方,在这个位置用定位板固定。在阀电抗器起吊设备的中梁的开口端装上弯板。
- m) 转动升降部件的曲柄以降低吊板,直到它能接触到电抗器上。
- n) 卸开电抗器底板上的固定螺钉,提升电抗器。
- o) 向上推定位板,解除升降部件的定位,在升降平台上拉电抗器升降部件直到组件外的升降平台上,用新的电抗器更换它。推新电抗器到安装位置上,把它放在电抗器支撑上。
- p) 在支撑上用螺钉固定电抗器。
- q) 拉升降部件到组件外,卸下弯板,拿开升降部件。
- r) 从组件上卸下阀电抗器起吊设备的零部件。
- s) 在电抗器支撑上对齐电抗器后,用 $25\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩扳手拧紧螺钉。
- t) 连接母线。在进行连接前,清洁母线端子接触面,涂一薄层防氧化导电脂。用 $50\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩扳手拧紧螺钉。
- u) 给电抗器装上两个新的管接头。首先,用纯水浸泡 O 型密封圈,然后放进螺母中,用 $3.2\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩拧紧。
- v) 用塞子封住电抗器小水管端头中的另一端,连接第二个端头到组件水管上。进出口水管的长度不同,不能搞混。打开电抗器小水管端头的塞子,用拇指封住它。安装管子时,用拇指密封组件水管的另一端。最后,安装小水管到组件水管的端头上,用 $2.2\text{N}\cdot\text{m}$ 的力矩拧紧组合螺母。

在所有更换工作中,应尽可能小心,防止水管扭绞、折坏和破损。一旦有损坏,请立即更换。

按要求清洁且必须保证阀体干燥;拿开所有工具和辅助物品,给阀塔充满水,在给阀组加电压前,循环水直到水的导电率在所规定的范围。在此期间,检查晶闸管组件是否泄漏。

B.1.8 更换光纤

- a) 打开晶闸管硅堆前的光缆槽,取掉两个光缆槽间过渡处的阻燃材料。
- b) 拔出光分配器端子上的光缆。拔出橡胶套,从光缆上取下它。
- c) 卸掉故障光缆连接的晶闸管。
- d) 拔出光缆槽中的光缆端头。
- e) 把新光缆穿到光缆槽中。
- f) 放过长的光缆在光缆槽中,光缆弯曲有最小半径,那是光缆弯曲的极限。
- g) 卸掉光缆端头上的保护帽。
- h) 把光缆插到光分配器端子上或晶闸管孔中。用压缩空气吹端子,不能摇动压缩空气罐,避免液体喷出。如液体喷出,用酒精清洁端子,重新喷气。

- i) 撕开一小段胶带, 将光缆端头按在胶带上。拉开端头与胶带, 把光缆端头插到孔中。
- j) 安装与损坏光缆连接的晶闸管。
- k) 把橡胶套装在光缆上, 装橡胶套到光缆槽的孔中。严禁压折光缆和过度弯曲光缆。
- l) 盖住阻燃材料两个槽间过渡处的光缆, 小心装入阻燃材料两部分间的所有光缆, 合上光缆槽。
- m) 外观检查光缆槽半导体漆和光缆是否破坏。
- n) 检查到光分配器的光缆连接是否正确。
- o) 用组件功能测试台检查该组件每个硅堆中的晶闸管级。

B.2 ETT 换流阀特殊性检修项目工艺

B.2.1 更换晶闸管

更换晶闸管的流程如下。

- a) 拆下防火隔板。
- b) 将门极导线从晶闸管控制单元上拔出。
- c) 将扩张工具放在需更换的晶闸管处, 将液压泵联至上述工具并把压力升至 30kN~35kN, 检查扩张工具是否牢固地撑在晶闸管两端的冷却器上。
- d) 把压缩工具连至晶闸管组件的右轭上, 将液压泵联至压缩工具, 加压至 135kN。
- e) 将箝位螺母松开 1.75 圈, 慢慢地打开液压泵上的释压阀。
- f) 检查故障晶闸管两侧冷却器间的距离应在 38mm~40mm, 但不能超过 40mm。
- g) 检查该组件中其他的晶闸管是否支撑良好。
- h) 检查扩张工具的压力不应低于 40MPa。
- i) 取下故障晶闸管, 用酒精和脱脂棉清洁故障晶闸管两侧冷却器的表面。
- j) 用砂纸蘸酒精轻轻地摩擦冷却器表面, 再用脱脂棉清洁冷却器表面。
- k) 重复上述步骤直至冷却器表面干净为止。
- l) 在冷却器表面滴 0.5ml 的硅油 (两个冷却器各 0.5ml), 并用脱脂棉将其均匀地涂抹在冷却器表面。
- m) 将新的门极导线接在新的晶闸管上。
- n) 用砂纸蘸酒精轻轻地在晶闸管两接触面上摩擦, 用脱脂棉蘸酒精清洁晶闸管表面。
- o) 在每个接触面上滴 0.5ml 的硅油, 并用脱脂棉将其涂抹均匀。
- p) 将处理好的晶闸管放在两冷却器之间, 并使门极导线能很容易地和晶闸管控制单元连接。
- q) 检查晶闸管极性是否正确。
- r) 在压缩工具上加压至 135kN。
- s) 将箝位螺母拧紧。
- t) 打开释压阀, 拆下压缩工具。
- u) 打开释压阀, 拆下扩张工具。
- v) 将门极导线联至晶闸管控制单元。
- w) 安装防火隔板。
- x) 检查是否已将所有工具从晶闸管组件上取下, 组件中所有的导线连接是否良好。

如果一个晶闸管损坏, 需要被更换, 那么应将晶闸管和其相应的晶闸管控制单元一同更换, 同时还应检查分压电阻是否损坏。

B.2.2 更换晶闸管控制单元

更换晶闸管控制单元流程如下。

- a) 拔下光纤。
- b) 拆下晶闸管控制单元的屏蔽罩。

- c) 解开晶闸管控制单元与电阻、晶闸管连接的导线。
- d) 松开固定晶闸管控制单元的螺丝，换装新的晶闸管控制单元，在螺丝上滴一些油。
- e) 固定晶闸管控制单元，连接导线、光纤，安装屏蔽罩。

B.2.3 更换分压回路电阻

如果分压回路中一个电阻损坏，为保证两电阻串联后误差小于 2%，这两个电阻都需要更换。所以更换时应检查这两个电阻上是否有相同的编号，更换步骤如下。

- a) 松开固定电阻的螺丝，取下电阻。
- b) 用脱脂棉蘸酒精清洁新电阻与冷却器的接触面。
- c) 在电阻表面均匀涂抹导热胶。
- d) 将处理好的电阻安装在冷却器上。
- e) 检查 R42 与晶闸管控制单元间连接的白色导线有没有损坏。

B.2.4 更换棒形电阻

更换棒形电阻流程如下。

- a) 解开与电阻相连的导线。
- b) 松开固定电阻的螺丝，取下电阻。
- c) 检查新电阻的阻值是否在误差范围内 ($\pm 2\%$)。
- d) 安装新的电阻，将导线连接好。

B.2.5 更换电容 (C1x/C3)

更换电容 (C1x/C3) 流程如下。

- a) 解开 TCU 上的光纤。
- b) 拆下防火隔板。
- c) 解开电容上的导线，松开固定电容的螺丝。
- d) 检查新电容是否在误差范围内。
- e) 安装新的电容，用 $10\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩扳手固定新电容。
- f) 连接所有的导线 (用 $8\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩扳手)。
- g) 安装防火隔板，并将光纤连至 TCU。

B.2.6 更换光纤

A 相双重阀共有 8 根备用光纤，B、C 相双重阀各有 4 根备用光纤，更换光纤流程如下。

- a) 将晶闸管控制单元上的光纤拔出。
- b) 将新的光纤插入晶闸管控制单元。
- c) 在阀控单元上用拔出器将光纤拔出。
- d) 将新的光纤插入阀控单元。
- e) 把坏光纤上的标签移至新光纤上。
- f) 坏光纤朝向晶闸管控制单元的一端应放在最近的光纤槽中。
- g) 剪掉坏光纤头上的金属接头。
- h) 更换工作结束后，光纤槽的盖子必须盖上。

B.2.7 更换均压电极

更换均压电极流程如下。

- a) 关闭阀塔上的阀门，中断供水。
- b) 在要更换电极的晶闸管组件下面小心停下降平台，用保护塑料膜盖住其下方的组件。
- c) 卸下电极螺钉，抽出电极，用手密封螺纹管口，用合适的容器接水。
- d) 电极检查 (标准：伸入水中针的体积不小于新电极的 60% 或尺寸没明显变化；针的长度：直径 2mm 针的原始长度是 57.5mm；直径 1mm 针的原始长度是 34mm)。

- e) 取下 O 型圈，装一个新的湿 O 型圈在铂金针上。
- f) 插入没有塑料罩的电极孔中，用约 $1\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩小心拧紧电极。
- g) 移开所有的工具和辅助物，清洁并擦干阀。
- h) 检查维修过的水管是否泄漏和零位线是否正确装配，水循环直到水的电导率达到所要求的范围内才允许给阀加电。

B.2.8 更换避雷器

更换避雷器流程如下。

- a) 断开到变压器套管的软连接。
- b) 采用合适的方法支撑避雷器间的高压管母，拆除避雷器计数器与阀塔间的电流线。
- c) 断开避雷器与阀塔之间的连接管母。
- d) 在避雷器顶部法兰上的吊孔吊两根铁链，小心吊起避雷器，用支撑结构中的孔固定链锁，放下避雷器，避雷器卸下时底部要用支架架起。
- e) 若更换的不是下层的避雷器，需从底层开始一个一个地拆。
- f) 拆下两个避雷器端子上的所有零件，将其安装在新的避雷器上。
- g) 升高新避雷器，固定其到串上。

B.2.9 更换电抗器

更换电抗器流程如下。

- a) 关闭故障阀塔上的阀门，中断供水。
 - b) 把升降平台停在要更换的电抗器的晶闸管组件下，用保护塑料薄膜盖在其下方的晶闸管组件。
 - c) 拧开电抗器与组件和层间母线的连接螺栓。
 - d) 用 $20\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩扳手拧开水管接头，用尼龙螺栓、塞子分别堵住进水管、出水管的管接头和电抗器上的进出水管口。
 - e) 先松开固定电抗器的螺栓，当电抗器与起吊设备连接好时，再卸掉固定螺栓。
 - f) 用电葫芦起吊更换电抗器。
 - g) 在支撑防火板上用螺栓固定电抗器。
 - h) 在电抗器支撑防火板上调整好电抗器后，用 $22.5\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩扳手拧紧螺栓。
 - i) 与组件及层间母线进行连接前，清洁接触面，先用酒精擦洗，再涂一薄层导电膏，用 $45\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩扳手拧紧螺栓。
 - j) 首先用纯水浸泡 O 型圈，然后放进水管上的螺母中，用 $20\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩扳手拧紧。
- 进出口水管的长度不同，注意不要混淆。

附录 C
(资料性附录)
换流阀检修报告格式

C.1 换流阀检修报告封面见图 C.1。

换流阀检修报告

换流站
换流阀

编写: _____

审核: _____

批准: _____

年 月 日

图 C.1 换流阀检修报告封面

C.2 换流阀检修报告见表 C.1。

表 C.1 换流阀检修报告

换流站		换流阀	
型 号			
制 造 厂			
换流阀投入运行日期	年 月 日 时 分		
上次检修日期	年 月 日		
本次检修日期	年 月 日		
检修原因			
检修工期	年 月 日至 年 月 日		
检修实耗人工	工日	实耗费用	元
完成标准检修外增加的项目			
检修中处理的主要缺陷			
检修遗留问题			
验收意见			
参加验收人员	日期： 年 月 日		

C.3 换流阀检修检查记录见表 C.2。

表 C.2 换流阀检修检查记录

序号	检修项目	技术要求	处理情况	工作人员	检查人员
1	清扫	对阀厅的内壁、阀结构表面屏蔽罩、绝缘子、电抗器及 Y 接中性点管母支撑瓷绝缘子，阀塔内电抗器支撑绝缘板等元器件进行清扫。要求用医用抹布（不脱脂）和酒精进行擦洗			
2	阀检查	1) 承担绝缘的部件表面应无损伤、电蚀和污秽 2) 所有电气连接完好，无松动 3) 检查阀电抗器，其表面颜色应无异常；检查连接水管、水接头，要求无漏水、渗水现象；检查各电气元件的支撑横担，要求无积尘、积水等现象 4) 检查晶闸管控制单元（TE、TVM 或 TCU）以及反向恢复器保护板（RPU），要求外观无异常，插紧到位和插座端子连接完好 5) 检查组件电容和均压电容，要求外观无鼓起和渗漏油、金属部分无锈蚀、连接部位牢固 6) 检查各晶闸管堆，蝶弹压紧螺栓，使晶闸管堆压紧紧固螺钉与压力板在同一平面上，并用检查蝶弹弹性形变的专用工具校核（只在新安装和更换之后才进行） 7) 用力矩扳手检查半层阀间连接母线、电抗器连接母线无异常 8) 阀避雷器及其动作的电子回路检查无异常 9) 检查光缆连接和排列情况，要求光缆接头插入、锁扣到位，光缆排列整齐			
3	冷却回路检查	对水冷系统施加额定压力（如制造商有明确要求，按制造商要求），对阀冷却系统进行如下检查： 1) 检查每个阀塔主水路的密封性，要求无渗漏 2) 检查阀冷却水管路、水接头和各个通水元件，要求无渗漏、无堵塞 3) 检查漏水检测功能，要求其动作正确 4) 检查水系统的压力、流量、温度等仪表，要求外观无异常，读数合理；同时，要进行总表与分表之间的流量校核，若发现不一致，则视情况进行及时检查 5) 检查滤网的过滤性能，符合厂家的技术文本要求 注意 1：只有在漏水情况下才紧固相应的连接头，要求无泄漏，不宜过紧。通风正常，泄漏指示器正常；每个塔中冷却水流量相等 注意 2：加有乙二醇的冷却水，按厂家技术文件执行			
4	均压电极检查	每 5 年随机抽取 2% 的均压电极进行检查。取出电极，检查电极针的长度不小于原长度的 60%，检查铂金电极针的铂金量要大于原值的 60%，如不符合要求应检查所有的电极并更换相应的电极（投运 10 年内铂金电极针的铂金量不应该有损失）			
5	悬式绝缘子检查	每 5 年或强烈地震后随机抽检 10%，对悬式绝缘子进行超声波探伤，一旦发现损坏现象，应对所有的悬式绝缘子进行探伤			
6	更换晶闸管	晶闸管阀触发试验正常			

表 C.2 (续)

序号	检修项目	技 术 要 求	处理情况	工作人员	检查人员
7	更换均压电容	新均压电容值与出厂值相比误差不超过±5%；晶闸管阀触发试验正常			
8	更换均压电阻	新均压电阻值与出厂值相比误差不超过±3%；晶闸管阀触发试验正常			
9	更换晶闸管控制单元/晶闸管电压监视	晶闸管阀触发试验正常			
10	更换光纤	晶闸管阀触发试验正常			
11	更换电抗器	水压试验正常，电抗值范围合格，均压试验合格			
12	更换避雷器	按照 GB 50150—2006 要求，避雷器交接试验合格			

310. 121. 7

日	時	分	秒	分	秒
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31

1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486	1487	1488	1489	1490	1491	1492	1493	1494	1495	1496
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
换 流 阀 检 修 导 则
DL/T 351—2010

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2011年4月第一版 2011年4月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 39千字
印数 0001—3000册

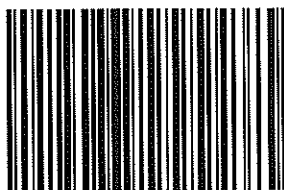
*

统一书号 155123·443 定价 13.00元

敬告读者

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

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.443

上架建议：规程规范/
电力工程/供用电