



GAOYA ZHILIU
SHUDIAN XITONG
SHEBEIDIANXING
GUZHANG FENXI

高压直流 输电系统设备 典型故障分析

中国南方电网超高压输电公司 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

高压直流 输电系统设备 典型故障分析

高压输电公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了高压直流输电换流站主要设备、高压直流输电系统设备事故处理原则,收集了中国南方电网公司所管辖的高压直流输电系统的典型设备故障 83 例。每个实例包括故障简述、原因分析、反事故措施三个方面。提出了防止类似事故发生的预案。这些经验总结对我国直流输电工程的运行、维护技术的提高具有重要的指导意义。

本书共分 8 章,分别为高压直流输电换流站主要设备、高压直流输电系统设备事故处理原则、高压直流输电系统主设备故障分析、高压直流输电系统控制和保护设备故障分析、高压直流输电系统辅助设备故障分析、高压直流输电系统主设备事故预案、高压直流输电系统控制和保护设备事故预案、高压直流输电系统辅助设备事故预案。

本书可供高压直流输电运行、检修、试验、科研人员使用,也可供高校相关专业师生学习、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

高压直流输电系统设备典型故障分析/中国南方电网超高压输电公司编. —北京:中国电力出版社,2009.12

ISBN 978-7-5083-9953-9

I. ①高… II. ①中… III. ①高电压-直流-输电-电气设备-故障诊断 IV. ①TM726.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 000022 号

中国电力出版社出版、发行

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

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 12 月第一版 2009 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 271 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 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

《高压直流输电系统设备典型故障分析》

编 委 会

顾 问：赵建宁

专家组：蔡泽祥 吴小辰 陈汝英 吕金壮

主 任：杨泽明

副主任：曾宪刚 任达勇

主 编：吕家圣

副主编：曹 鸿

审核组：(排名不分先后)

王志滨 郑 丰 杨洁民 蔡 杰 王金雄

吴胜鹏

编写组：(排名不分先后)

郝江涛 李家羊 田兴旺 罗海志 黄 徐

郭树永 王 磊 郑国书 杨仁焱

前言

本书介绍了高压直流输电换流站主要设备、高压直流输电系统设备事故处理原则,收集了中国南方电网公司所管辖的高压直流输电系统内的典型设备故障 83 例。提出了防止类似事故发生的预案。

本书内容涉及中国南方电网公司所管辖的天生桥至广东直流输电工程(简称“天广直流”,包括天生桥换流站和广州换流站)、贵州至广东第 1 回直流输电工程(简称“高肇直流”,包括高坡换流站和肇庆换流站)、贵州至广东第 2 回直流输电工程(简称“兴安直流”,包括兴仁换流站和宝安换流站)三个高压直流输电工程。所有章节按照主设备、控制和保护设备、辅助设备三条主线展开叙述。

本书共分 8 章,按照设备类别进行分工编写。换流变压器、平波电抗器、冲击电容器和耦合电容器等设备由黄徐编写。换流器、高压直流分流器、高压直流分压器和避雷器等设备由田兴旺编写。开关、刀闸、地刀等设备由郭树永编写。交流滤波器和直流滤波器等设备由郝江涛编写。极控、直流保护、交流滤波器保护和直流滤波器保护等 SIMADYN D 系统及相关设备由罗海志编写。交流站控、直流站控和阀冷却控制系统等 SIMATIC 系统及相关设备由王磊编写。阀控设备、站用交流系统设备站用直流系统设备由李家羊编写。监控系统和 LAN 网系统等设备由郑国书编写。阀冷却系统由曹鸿编写。消防系统由杨仁焱编写。全书由吕家圣、曹鸿统稿。

中国南方电网有限责任公司电网技术研究中心吴小辰博士、吕金壮博士,华南理工大学电力学院蔡泽祥教授,超高压输电公司赵建宁副总经理、陈汝英局长、林志波处长、顾振杰秘书长等领导对本书的编写给予了大力支持和帮助,超高压输电公司生技处、广州局、贵阳局提供了本书的部分基础材料,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,加之多种原因资料流失,虽经多方收集、核实、分析,错误和不妥之处仍然难免,恳请读者批评指正。

编 者

二〇〇九年十一月

目 录

前言

第一章 高压直流输电换流站主要设备	1
第一节 换流站主设备.....	1
第二节 控制和保护设备	16
第三节 辅助设备	33
第二章 高压直流输电系统设备事故处理原则	37
第一节 事故处理总体原则	37
第二节 换流站主设备事故处理原则	38
第三节 换流站控制保护设备事故处理原则	56
第四节 辅助系统设备事故处理原则	59
第三章 高压直流输电系统主设备故障分析	66
第一节 换流变压器故障分析	66
第二节 换流器故障分析	77
第三节 直流分压器故障分析	84
第四节 高压直流分流器故障分析	85
第五节 开关设备故障分析	88
第六节 交流滤波器故障分析	98
第七节 直流滤波器故障分析.....	102
第八节 耦合电容器故障分析.....	108
第四章 高压直流输电系统控制和保护设备故障分析	114
第一节 监控系统故障分析.....	114
第二节 LAN 网故障分析	116
第三节 SIMADYN D 系统设备故障分析	117
第四节 SIMATIC 系统设备故障分析	145
第五节 阀控系统故障分析.....	150
第五章 高压直流输电系统辅助设备故障分析	159
第一节 阀冷系统故障分析.....	159

第二节	消防系统故障分析·····	165
第六章	高压直流输电系统主设备事故预案·····	167
第一节	变压器类设备事故预案·····	167
第二节	阀塔设备事故预案·····	172
第三节	直流分压器事故预案·····	173
第四节	直流分流器事故预案·····	173
第五节	开关类设备事故预案·····	173
第六节	交流和直流滤波器事故预案·····	175
第七章	高压直流输电系统控制和保护设备事故预案·····	177
第一节	控制类设备事故预案·····	177
第二节	保护类设备事故预案·····	179
第八章	高压直流输电系统辅助设备事故预案·····	181
第一节	阀冷系统·····	181
第二节	消防系统·····	182
附录	英文缩写词汇表 ·····	184
参考文献	·····	185

第一章

高压直流输电换流站主要设备

第一节 换流站主设备

本节主要介绍高压直流输电系统特有的主设备（一次设备）在系统中的作用和基本特性。这些设备包括换流变压器、换流器、平波电抗器、直流分流器、直流分压器、避雷器、交流滤波器、直流滤波器等。断路器、隔离开关、接地刀闸、冲击电容器、耦合电容器等设备的基本特性与其在交流系统中的应用并无太大的区别，因此不再赘述。

一、换流变压器

（一）概述

换流器所用的电力变压器简称为换流变压器，它和普通电力变压器的结构基本相同，但是在电气特性上有很大的区别。在高压直流输电系统中，换流变压器是最重要设备之一，它处于交流电与直流电互相变换的核心位置，换流变压器与换流阀一起实现交流电与直流电之间的相互转换，换流变压器在直流输电系统中的安装位置见图 1-1。以天广直流输电工程为例：高压直流输电系统采用每极 I 组 12 脉动换流器的结构，换流变压器为两个串联的 6 脉动换流器之间提供了 30° 的相角差，从而形成 12 脉动换流器结构。换流变压器的阻抗限制了阀臂短路和直流母线上短路的故障电流，使换流器免遭损坏。

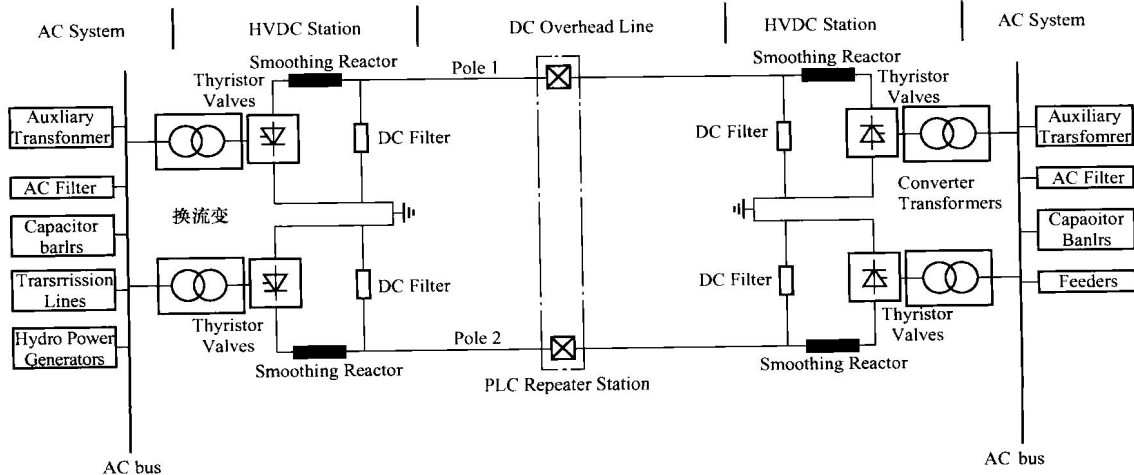


图 1-1 换流变压器在直流输电系统中的安装位置

换流变压器在直流输电系统中是一个关键设备，换流变压器比普通的变压器工作环境要恶劣得多，在阀侧线圈中换流器触发相位不一致时将有直流分量流过，使铁芯趋于饱和，导致增加铁损和噪声。换流器正常换相实质上是两相交替短路过程，而换相失败则是三相瞬间短路过程，因此换流变压器必须有足够大的漏抗，以防换流器设备损坏。

综合起来，换流变压器主要作用如下：

- (1) 改变电压。
- (2) 提供 30° 的换相角。
- (3) 实现交直流电气隔离。
- (4) 提高换相阻抗（漏抗）。

(二) 换流变压器外部结构及附件

EFPH8554 型换流变压器结构示意图见图 1-2。

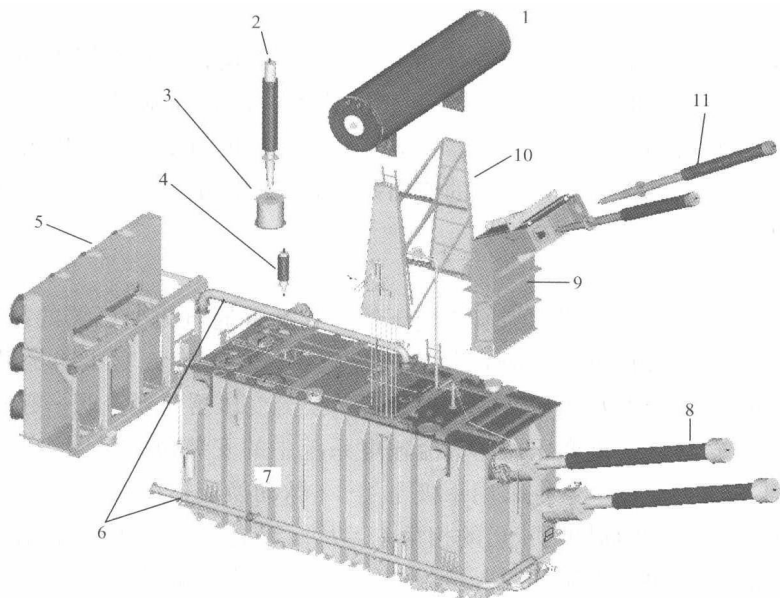


图 1-2 EFPH8554 型换流变压器外部结构示意图

1—油枕；2—网侧高压套管；3—套管升高座；4—中性点套管；5—冷却器；
6—循环油管；7—箱体；8—阀侧星型绕组套管；9—套管升高座；10—油枕升高座；11—阀侧角型绕组套管

1. 套管（以天广直流为例）

- (1) 网侧 1.1 高压套管和 1.2 中性套管均为户外电容式油纸绝缘套管。
- (2) 阀侧套管。阀侧星型 2.1、2.2 套管均为有机树脂绝缘 SF₆ 套管。

SF₆ 在常温常压下为无色无臭无毒的气体，不燃烧，对热稳定。电绝缘性能和消弧性能好，绝缘性能为空气的 2~3 倍，而且气体压力越大，绝缘性能越高。因此 SF₆ 主要起绝缘介质作用，允许的正常运行压力为 0.25~0.32MPa。

阀侧角型 3.1、3.2 套管均为有机树脂绝缘干式套管。

2. OLTC 油流保护继电器

当 OLTC 到副油枕的油流速度达到整定值时, 就发跳闸信号。原理为: 油流速度达到一定值时, 片状阀被油流推动到振动开关上, 使得继电器由 “service” 位切换到 “off” 位, 跳闸回路接通。

3. 气体继电器

当变压器油箱内部发生故障 (包括轻微的匝间短路和绝缘破坏引起的经电弧电阻接地短路等) 时, 受故障点电流和电弧的作用, 变压器油及其他绝缘材料会因为局部受热而分解产生气体, 因气体密度小, 它们将从油箱流向油枕。并会有部分气体驻留在气体继电器内, 当驻留气体达到一定量时, 气体继电器轻瓦斯报警触点就会接通, 并发报警信号。当严重故障时, 变压器油会迅速膨胀并产生大量气体, 此时夹杂着气体夹的变压器油会冲向油枕, 在此过程中, 将会使气体继电器跳闸触点接通, 发出跳闸命令。

4. OLTC 油过滤器

按照换流变压器维护手册要求, 分接头开关每年运行 20 000 次或以上者应安装分接头开关油过滤器。OLTC 油过滤器仅过滤分接头开关里的绝缘油。通过油泵将绝缘油从分接头开关中抽出, 通过滤筒过滤, 再由另一根油管返送到分接头开关。当过滤筒里的压力达到预定值时, 会发信号到后台监控系统。

5. 压力释放阀 (PRD)

正常情况下, 弹簧将阀压住, 当换流变压器本体或 OLTC 油箱里的绝缘油压力大于弹簧施加的压力时, 油就会喷出, 并发出跳闸命令和信号 (按照反措要求, 现已取消跳闸功能), 当油压小于弹簧施加的压力时, PRD 就会返回。

6. 有载分接开关 (OLTC)

电网电压一般保持在一定范围内, 但随着电网负荷的变化, 电网电压也在不断变化, 为了保证换流电压的稳定性, 就必须根据电网电压的变化情况, 随时调整换流变压器的变比, 这个在线调节变压器变比的装置就是有载分接开关。在直流系统中可以通过定电压方式或定角度方式调节分接开关的位置。下文以油浸电阻式有载分接开关为例, 说明其工作原理。

油浸电阻式有载分接开关由调压回路、选择电路、过渡电阻、驱动和控制电路及各种保护装置等构成, 其内部原理见图 1-3。

(1) 调压回路。正、反励磁调压回路调节范围较大 (15% 以上), 一般用于电压等级较高的变压器。

正、反励磁调压回路在每相都设基本绕组和调压绕组, 分接头从调压绕组抽出。调压绕组与基本绕组正接或反接, 使两个绕组铁芯内产生的磁通 B_1 和 B_2 相加或相减, 从而改变一、二次绕组的匝数比, 实现电压的调节。采用正、反励磁调压回路使得在相同的调压绕组上的调节范围增加了一倍。

(2) 选择电路。选择电路是调压回路的一部分, 其任务是选择绕组分接头的位置。选择分接头位置的装置称为分接头选择器, 另外在正、反励磁调压回路中还有极性选择器。选择电路中要求在不带负载的情况下选择分接头, 因此分接头选择器的触头对应分接头的

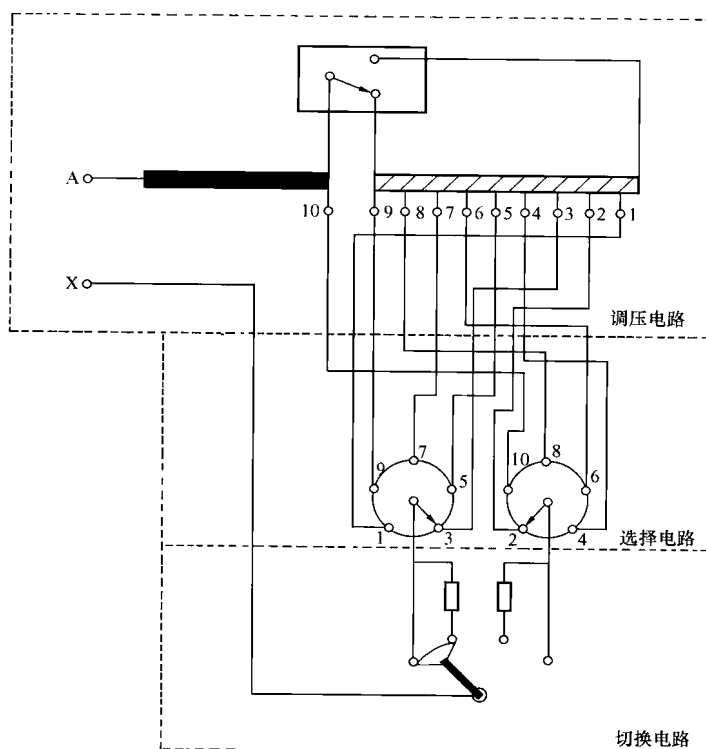


图 1-3 有载分接开关内部原理图

编号分单、双数两组。当双数组动触头带负载运行时单数组动触头可在不带负载的情况下选择相邻的分接头。因为不会引起电弧，选择电路的触头无需置于专门的油箱中。

(3) 过渡电路及切换开关。为了保证在切换分接头过程中负载中的电流不间断，在切换过程中必然发生调压绕组局部桥接现象，为限制被桥接绕组的循环电流不致过大，必须串入电阻（过渡电阻）。在选择器选好分接头，最终完成相邻分接头之间快速切换的装置称为切换开关。它由动触头、静触头、过渡电阻、快速动作机构等部件组成。由于在切换过程中有电弧产生，所以这些部件都装在密封良好的独立油箱中。电弧高温 $2000 \sim 3000^{\circ}\text{C}$ 使油分解，产生可燃性气体和游离碳微粒，电弧烧蚀触头，使触头损坏并产生金属微粒，导致绝缘油的颜色变黑，绝缘水平下降，所以专门配备了滤油装置。

二、换流器

(一) 电气组成

1. 四重阀

南方电网公司所属的天广、高肇和兴安直流工程，可控硅换流阀在阀厅内均采用悬吊式布局，每极阀厅内悬吊三个四重阀塔，阀塔顶部为地电位，底部为高电位，采用空气绝缘。每个四重阀塔有四个阀（桥臂），由左右两边、上下6层、共12个模块构成。为避免阀遭受外部过电压的侵害，每个阀并联了一个阀避雷器。可控硅阀片是组成换流阀的最基本元件，每个模块由26个可控硅阀片组成。

每个阀（桥臂）由三个模块串联构成，两个阀串联构成 6 脉动换流器中的一相，四个阀串联构成一个四重阀（阀塔），即 12 脉动换流器中的一相，单极换流阀由三座阀塔构成。四重阀结构实例见图 1-4。

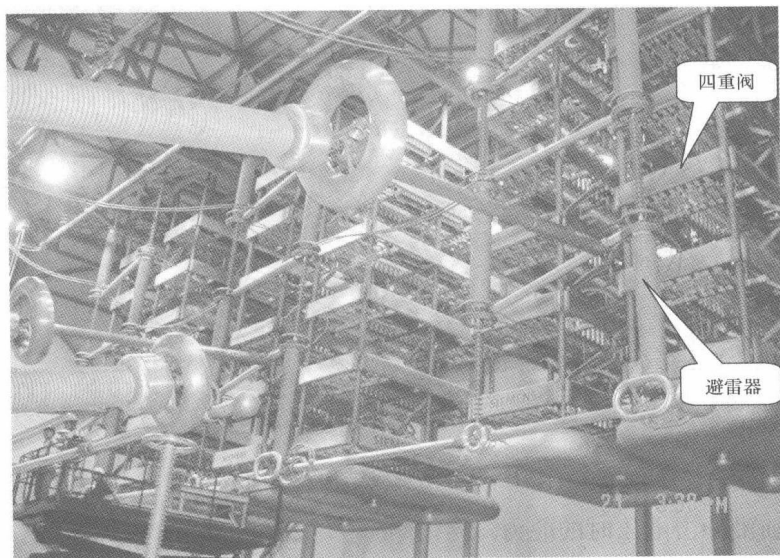


图 1-4 四重阀外观实例图

2. 模块

换流阀的基本组成单位为晶闸管级（Thyristor Level），13 个晶闸管级与阀电抗器串联后，再与一只均压电容器并联构成一个阀段单元（Valve Section），两个阀段单元串联后构成一个阀模块（Modular Unit）。

3. 晶闸管级

每个晶闸管级组成部分如下：

- (1) 晶闸管。
- (2) 晶闸管电压监测（TVM），为阀控制系统的一部分，天广直流系统则使用 TE 板。
- (3) 用于晶闸管冷却的散热器。
- (4) 与晶闸管并联的阻尼电路，由电容和电阻串联组成，兴安直流有安装在 TVM 板上的均压电阻。

晶闸管级结构实例见图 1-5。

4. 组件内各元件作用

(1) RC 阻尼回路（电阻和电容），减小在干扰和正常换相时非周期触发的应力和前沿冲击电压时的应力，减缓阀开通时的电流变压率；限制阀在关断时的换相过冲，辅助阳极电抗器使晶闸管级间在工频和操作冲击电压下的电压成线性分布。

(2) 电抗器。限制晶闸管开通的电流上升率；限制晶闸管瞬态陡波冲击电压；与阻尼电路配合，改善串联连接的晶闸管间的电压不均匀分布；减小在干扰和正常换相时非周期

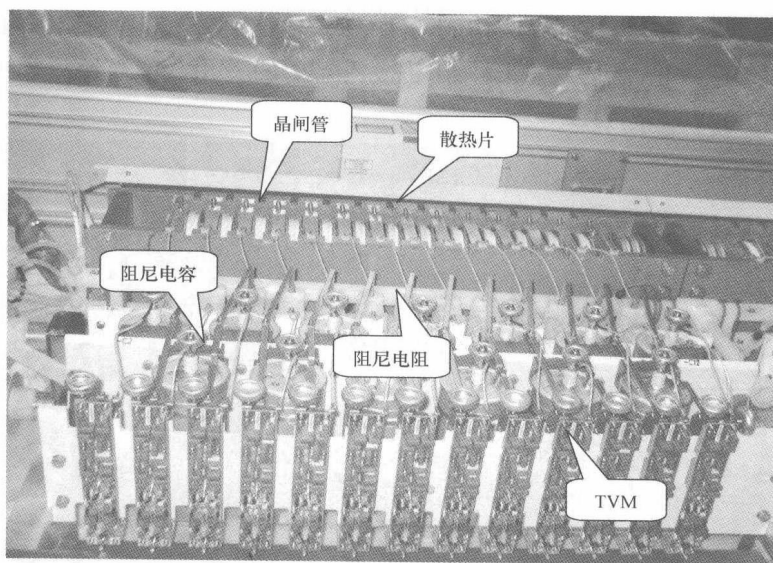


图 1-5 晶闸管级结构实例图

触发的应力和前沿冲击电压时的应力。

(3) 均压电容器。在回路中出现陡前波冲击电压现象时，在四重阀内将电压均匀分布到四个阀上，避免局部过压导致阀片损坏。

(4) TVM 板。保证在每个换流阀内串联状态下所有可控硅阀片承受相同的直流电压，同时监测阀片级内部电压并产生回检光信号。

(5) MSC (多模星型耦合器)。将来自 VBE 系统内三个不同光信号发送器板上的激光二极管的光信号指令，经过一个三取二的选择逻辑后在此混合并均匀分配，然后发送给与其相连的 13 个晶闸管的光控门极。

(6) RPU (恢复期保护单元)。在可控硅阀片关断以后的反向恢复期间保护换流阀，在此期间，如果电压变化率超过保护预设值，RPU 在接收到 VBE 系统内 RPU 板发送的控制信号后，将发送一个光触发脉冲送 MSC，将阀单元内的阀片触发开通。

阀组件内各元件参数的计算和选择除了应满足各种运行工况下的电压应力与电流应力外，还应满足冲击电压（如操作冲击、雷电冲击、陡波冲击）下的电压应力。晶闸管级的直流均压由每一级的直流均压电阻完成。每个晶闸管的自保护由集成在 LTT 内的正向过电压保护触发实现，避免由于触发脉冲丢失而使晶闸管承受过电压，它是作为连续运行设计的，当正常触发脉冲在一个单级晶闸管丢失情况下作为后备触发保护。另外，为了避免电位浮动，或晶闸管级间过度电压偏差，将水路的均压电极连接在主电路的适当位置，同样还要注意通过选择适当的电极和间距，避免组件电压电晕和局放。

(二) 水冷却系统

南方电网公司运行的直流系统换流阀主要采用空气绝缘、水冷却、悬吊式四重阀结构。对于水冷却回路有并联和串联两种形式。以兴安直流为例作简要介绍。对单个四重阀，冷却回路从上至下布置，在单个组件内的水路布置见图 1-6。

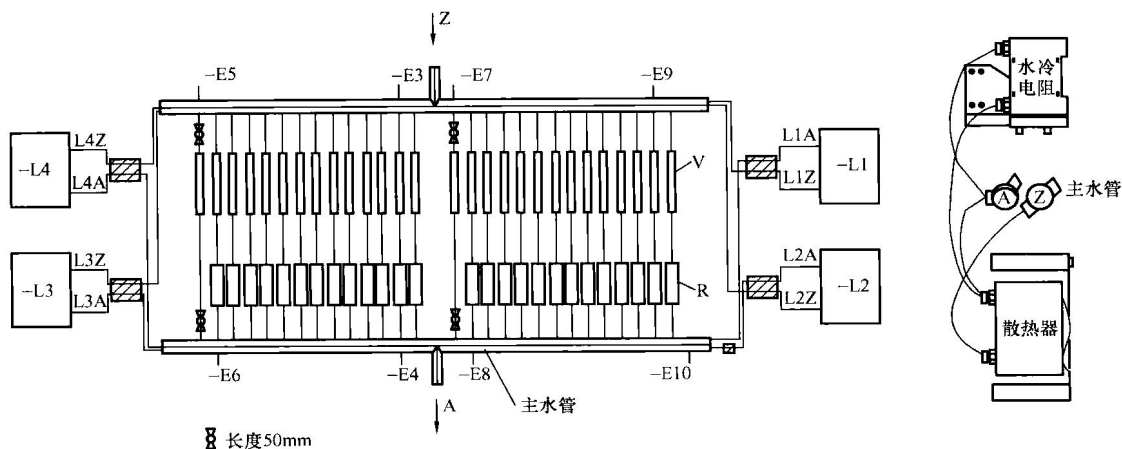


图 1-6 单个组件水路布置示意图

Z—主进水管；A—主出水管；E—均压电极；R—阻尼电阻；L—电抗器；V—晶闸管

晶闸管级内冷却回路实例见图 1-7。

组件水路的这种布置有以下优点：

- (1) 易实现阀段之间、散热器、水冷电阻之间、电抗器之间流量的均匀分配。
- (2) 与组件的电连接方式相适应。
- (3) 水路的电压分布易于控制。

(4) 水路并联，使每个晶闸管级的进水温度完全相同，获得均匀的冷却效果。

高压直流输电阀的冷却水采用去离子水，电导率为 $0.2 \sim 0.5 \mu\text{s}/\text{cm}$ 。在水路的相应位置安装电极，这样水路的电位变化将与晶闸管堆的电位变化一致。

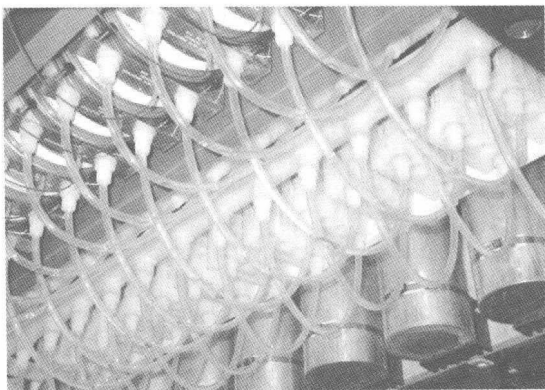


图 1-7 晶闸管级内冷却回路实例图

三、平波电抗器

(一) 概述

直流平波电抗器也称直流电抗器，一般串接在每个极换流器的直流输出端与直流线路之间。平波电抗器在结构上分为干式和油浸式两种。

平波电抗器与直流滤波器一起构成高压直流换流站直流侧的直流谐波滤波回路。平波电抗器能防止直流线路或直流开关站所产生的陡波冲击波进入阀厅，从而使换流阀免于遭受过电压应力而损坏；平波电抗器能平滑直流电流中的纹波，能避免在低直流功率传输时电流断续；平波电抗器通过限制由快速电压变化所引起的电流变化率来降低换相失败率。因此平波电抗器是高压直流换流站的重要设备。

天广直流采用干式平波电抗器，高肇和兴安直流采用油浸式平波电抗器。

(二) 干式平波电抗器基本构造

干式平波电抗器主要由线圈、支架、绝缘支柱、均压环、底座等组成，干式平波电

抗器外观（天广直流）见图 1-8。线圈由多层同心压缩铝线包组成，每层线包均浇注环氧树脂绝缘，层间垫有隔条，以保证层间绝缘和散热。线圈顶部和底部均有水平同心（相对于线圈中心）排列的构件，这些构件通过垂直紧固件把线圈固定牢靠，以确保线圈震动时不变形。在线圈顶部、进出线接线端、各个绝缘支柱顶部及支架均安装了均压环，以防止电晕放电损坏电抗器线圈。由于干式平波电抗器无铁芯，负荷电流与磁性成线性关系。

（三）油浸式平波电抗器基本构造

油浸铁芯式电抗器的结构与变压器相似，主要由线圈、铁芯和油箱、套管、冷却系统等部件组成，油浸式平波电抗器外观（兴安直流）见图 1-9。结构类似油浸式消弧线圈或并联电抗器，因构造上有铁芯，负荷电流与磁性呈非线性关系。

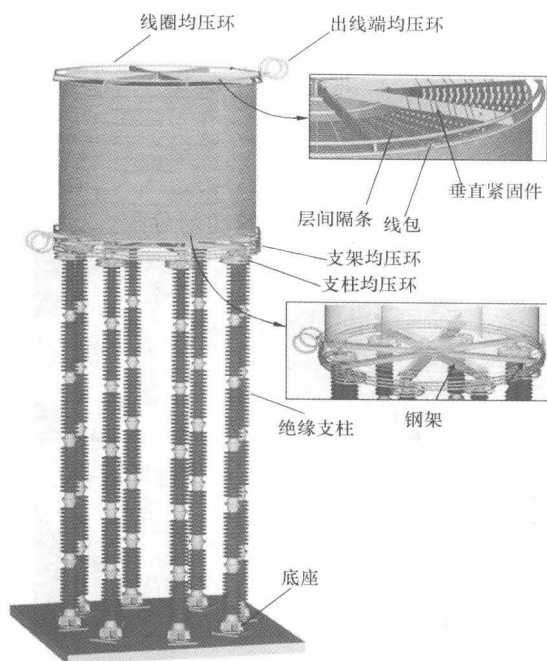


图 1-8 干式平波电抗器外观图
(天广直流)

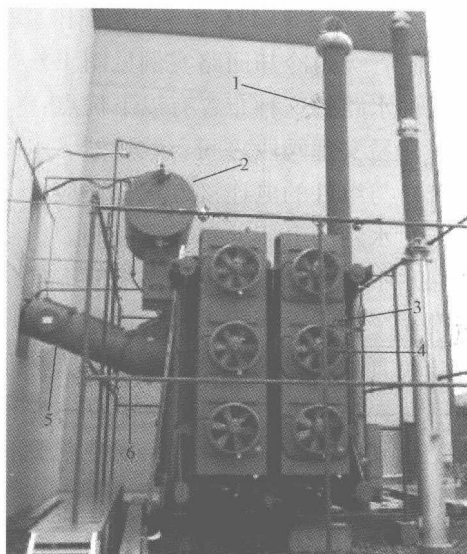


图 1-9 油浸式平波电抗器外观图（兴安直流）

1 直流线路侧垂直套管；2- 油枕；3-冷却器；4-冷却器风扇；5-阀侧穿墙套管；6 水喷淋消防水管

（四）干式与油浸式平波电抗器优缺点对比

（1）与油浸式平波电抗器相比，干式平波电抗器具有以下优点：

1) 对地绝缘简单。干式平波电抗器虽然安装在高电位，但主绝缘只简单地由支柱绝缘子提供，提高了主绝缘的可靠性。

2) 无油，消除了火灾危险和环境影响。

3) 潮流反转时无临界介质场强。高压直流输电系统的潮流反转需改变电压极性，会因为捕获电荷的原因在油纸复合绝缘系统中产生临界场强；但对于干式平波电抗器，改变电压极性仅在支柱绝缘子上产生应力，没有临界场强的限制，这样干式平波电抗器的支

柱绝缘子与其他母线支柱绝缘子特性相似。

4) 负荷电流与磁性呈线性关系。由于干式平波电抗器无铁芯,因而在故障条件下不会出现磁链的饱和现象,在任何电流下都保持相同的电感量。

5) 暂态过电压低。由于干式平波电抗器对地电容相对于油浸式要小得多,因此干式平波电抗器要求的冲击绝缘水平相对较低。

6) 可听噪声低。由于干式平波电抗器无铁芯,因此与油浸式相比,可听噪声相对较低。

7) 重量轻,方便运输、处理。

8) 运行、维护费用低。干式平波电抗器没有辅助运行设备,除定期支柱绝缘子清扫外无其他维护,预防性试验只做电感及直流测量,因此运行维护费用较低。

(2) 油浸式平波电抗器具有与干式平波电抗器几乎相反的特点,其主要优点为:

1) 由于有铁芯,因此要增加单台电感量很容易。

2) 油纸绝缘系统很成熟,运行也很可靠。

3) 安装在地面,因此重心低,抗振性能好。

4) 干式平波电抗器依靠空气自然冷却,散热条件差,在阳光直射和环境高温的影响下,绝缘容易老化,预期使用寿命短。油浸铁芯式因绝缘油的冷却效果好,绝缘不受外界环境影响,其绝缘寿命要长得多,可以达到干式平波电抗器 2 倍以上。从这点考虑,油浸式要经济得多。

5) 干式平波电抗器经环氧树脂固化成型,在故障烧损、特别是线圈夹层内绝缘烧损地情况下,一般都无法修复,而油浸式可以吊芯检修处理。

四、直流分流器

为了实现直流系统的可靠控制和保护功能,需要配置可靠的测量系统,传统的直流测量系统虽然制造技术成熟,运行经验丰富,但测量信号易受干扰,测量精度不高,测量范围有限。在南方电网各条直流系统中,均采光电型电流分流器,该类设备能更好地满足工程需求。

光电直流分流器相比传统的电磁型互感器,其最大优点是:对地绝缘支柱直径小,电子回路更加简单,对减少闪络故障、减少电磁干扰具有显著优点,并可降低设备造价。但光电型分流器的响应速度,目前还不及传统电磁型电流互感器反应迅速。

(一) 工作原理

在高压直流回路中串联直流分流器,测量流过分流器的电流值,然后将模拟量转换成数字量,通过光纤传输和电气隔离,把数字量传输到控制保护中。直流分流器在直流输电系统中的安装位置示意图见图 1-10。

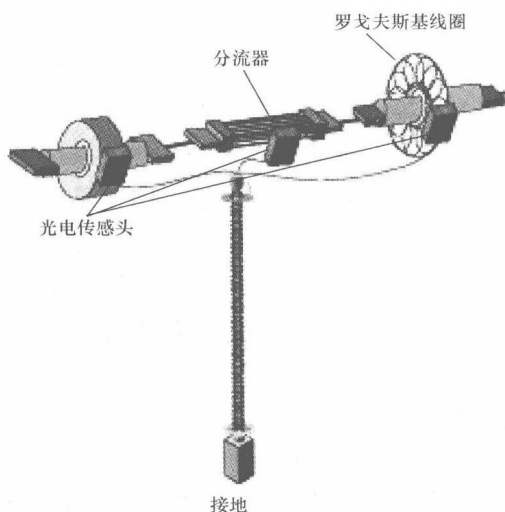


图 1-10 直流分流器在直流输电系统中的安装位置示意图

高压一次部分与低压二次部分有两根光纤连接，一根光纤将数据由高压一次部分传输到低压二次部分，另外一根光纤将低压二次部分的电源用激光二极管发射能量到高压一次部分，经过功率转换器，作为高压一次部分电子回路的电源。光电型直流分流器测量装置的结构方框图主要由信号采集单元、光电转换模块、光纤回路及光接收模块组成，光电直流分流器测量装置方框图见图 1-11。

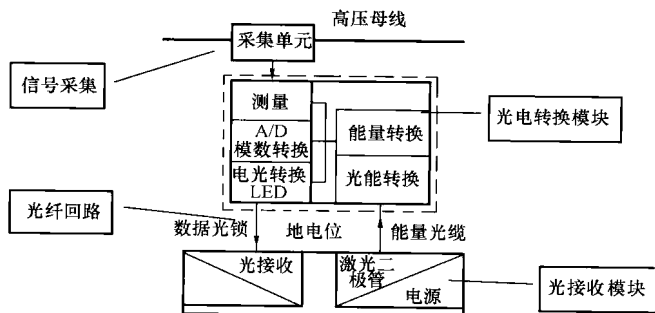


图 1-11 光电直流分流器测量装置方框图

部分，经过功率转换器，作为高压一次部分电子回路的电源。光电型直流分流器测量装置的结构方框图主要由信号采集单元、光电转换模块、光纤回路及光接收模块组成，光电直流分流器测量装置方框图见图 1-11。

直流分流器的工作原理如下：

(1) 信号采集单元。是罗戈夫斯基线圈，采样直流回路中的电流值。该部分位于装置的高压部分。

(2) 光电转换模块。实现被测信号的模数转换以及数据的发送。光电转换模块内的电子元件是通过光纤由位于控制保护屏柜内的光电源进行单独的供电。这部分设备也位于装置的高压部分。

(3) 光纤回路。信号的传输光纤，两根光纤分别传输数据和能量。

(4) 光接收模块。该部分位于控制保护屏柜内，用于接受光纤传输的数字信号，并通过模块中处理器芯片的检验控制送到相应的控制保护装置。

光电型直流分流器所测量的直流电流值以数字光信号通过长达 300m 的光纤送至控制保护设备的接收器。其测量精度可达 0.5%，测量频率范围可达 7kHz。

(二) 基本结构

以下主要介绍混合光纤直流电流测量系统的基本结构。

1. 管状箱体

在一根管状箱体中容纳了整套综合光学直流测量系统，亦既探测器（分流器、罗戈夫斯基线圈）和传感头。系统配备有电晕环，以控制箱体及合成绝缘子电枢中的电磁场。此外还有遮阳屏蔽以防阳光使测量系统过热。此装置的端子分别标为“B1”和“B2”以方便正确固定其方向，端子“B1”是一软连接，端子“B2”与装置固定在一起。

测量分流器为同轴型，一端用软铜条连接在箱体上，另一端与端子 B1 连接，B1 通过绝缘环与箱体隔离，绝缘环可防止分流器短路。注意管状箱体的分流器仅用软铜条固定，不得拖拉分流器，以防止其从箱体中滑出及损坏铜条。

2. 电子箱

电子箱中可容纳十个传感头，电子箱对传感头起到电、热、机械保护的作用。传感头将来自分流器的信号转换成光学信号。这样才能使发出的信号避免受到电磁场的干扰。传感头将测量值通过光导纤维传输至控制系统或保护系统。根据不同需要，在各测量位置有不同数量的传感头。来自分流器的测量电缆连接在电子箱的一个 BNC 上。所有探头都并联到 BNC 插头上，并联线焊接在传感头上。