

三峡—常州

± 500 kV 直流输电工程

技术专题



国家电网公司 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

三峡—常州 ±500 kV 直流输电工程 技术专题

国家电网公司 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



内 容 提 要

三峡输变电工程是三峡工程的三大组成部分之一,三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程是三峡电力送出的标志性工程和关键性工程。本书是三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程各种技术专题的工程总结,内容涉及该工程的各个方面,如换流站阀短路保护、换流变压器的运输、换流站金属回线接地故障保护、汉江跨越组塔和跨越架线、芜湖长江大跨越工程施工技术、ACSR-720/50大截面钢芯铝绞线研制等。

本书对电力系统技术人员设计、建设直流输电工程是不可多得的技术参考书。

三 峡 — 常 州 $\pm 500\text{kV}$ 直 流 输 电 工 程

技 术 专 题

*

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>)

三河汇鑫印务有限公司印刷

*

2004年3月第一版 2004年3月北京第一次印刷

787毫米 $\times$ 1092毫米 16开本 23.25印张 423千字

印数 0001—1000册

*

书号 155083·948 定价 80.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

建好直流输电
工程,为我国电
网发展做出更
大的贡献。

赵希正

二〇〇〇年元月二十九日

04013/08

本书编委会



顾 问： 陆延昌 李世忠 周小谦 张贵行

主任委员： 郑宝森

副主任委员： 赵遵廉 舒印彪 许可达

编 委： 魏昭峰 李向荣 王益民 梁旭明

孙家骏 常 浩 骆永梁 朱 伟

周孝信 周仲仁

主 编： 孙家骏

副 主 编： 袁清云 郑怀清

序

由国家电网公司工程建设部（电网建设分公司）组织编写，凝聚三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程建设管理、设计、施工、监理、科研、调试、运行等单位的建设者和管理者的辛勤劳动与汗水的《三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程》即将完成。我对此感到非常高兴。此前，我曾要求对三常直流工程进行系统的总结，这不仅是因为该工程是世界上规模最大、技术最先进的直流输电工程之一，而且在工程建设管理上取得了许多成功的经验。我十分高兴地推荐该书供大家在今后的超高压直流输电工程建设中学习和借鉴。

《三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程》包括换流站、线路、技术专题三个分册，本着客观、详实、准确和实事求是的原则，介绍了三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程的工程概况、特点，记录了工程的前期研究、技术咨询、设计、监理、监造、调试和直流设备国产化及合作生产等情况，阐述了工程建设过程中的设计、招标、施工安装、生产准备等环节的管理模式和管理经验，阐明了工程建设的技术水平，分析总结了工程建设在安全、质量、投资、工期控制等方面的成功做法和存在的不足。内容丰富，观点鲜明，论据充分，条理清楚，通俗易懂，具有较强的专业性和实用性。

我国的直流输电工程建设始于20世纪80年代，起步较晚，发展较慢。三常直流工程是继葛上、天广之后的第三个大型直流输电工程。该工程自2000年7月正式开工建设，2002年12月单极投运，2003年6月双极投运，创造了 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程建设周期最短、单换流器容量最大、输电容量最大等世界纪录。工程投运以来，稳定运行，创造了多项国际先进运行指标。该工程的建成投产，标志着我国直流输电技术跃上了新台阶，不久我国将跻身为国际直流输

电技术大国、强国之列，并开始进入快速发展的新时期，我国的直流输电工程建设从此揭开了新的篇章。做好该工程总结是一项非常有意义的工作，该书也因此成为我国第一个比较全面、完整地介绍、分析直流输电工程建设的总结性文献，填补了该项目的空白。

国家电网公司正在积极推进“西电东送、南北互供、全国联网”的进程。直流输电将在我国电网中占据重要地位，要在三常直流工程成功建设的经验基础上，消化引进技术、不断创新，实现大型直流输电工程建设国产化的目标。我殷切地希望此书能够对我国进一步提高超高压直流输电工程的建设水平发挥积极作用。

郑宝森

2003 年 12 月

前言



三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程，1995年国务院三峡工程建设委员会正式批复工程立项，2003年6月24日移交生产，2003年7月12日通过国务院长江三峡二期工程输变电工程验收组的最终验收，工程建设历时8年，耗资近75亿元。工程途经湖北、安徽、江苏三省，输电距离860km，直流输电容量300万kW，作为三峡首批机组发电外送华东的第一通道，具有重要的政治、经济和社会意义，且工程的技术含量又称当今世界直流之最。

参与本工程咨询、设计、管理、施工、调试、运行，以及业主单位等共计上百个单位。本工程建设正处于国内电力体制改革之际，从1995年刚组建的国家电网建设公司到中国电网建设有限公司，直至以后的国家电力公司、国家电网公司，体制的变化并未影响工程的进展，工程按计划如期建成。更值得自豪的是本工程是当今世界上唯一一个准点准时按里程碑进度投产的直流工程。

工程的建设是个庞大的系统工程，业主的思路首先是确保工程安全可靠地如期建成，决不能因为本工程影响三峡电力外送大局，也决不能因本工程造成功能指标达不到标准。千年大计，国运所系的三峡工程不能因本工程而出半点差错。

作为一个跨世纪的工程，工程建设者不甘心于墨守成规，在技术上努力达到世界先进水平，这才不愧于历史赋予我们的使命。同时，工程既要安全可靠、技术先进，又要经济合理，因为三峡基金来源于全国人民的辛苦血汗，为人民把关，就要负起主人翁的职责。

工程建设的全过程是“摸着石子过河”学习的过程，是大胆创新的过程，是极大地发挥参与者对建设三峡工程荣誉感和使命感的

组织艺术过程。

本工程一开始就确定了国内建筑业的最高指标——誓夺鲁班奖，安全上不出人身和重大设备事故，质量一流，全体参与者都自觉地、不约而同地朝此目标奋斗着。

工程建成了，可歌可泣的事迹不胜枚举，宝贵的经验教训也点点滴滴，令人反思。及时总结，是全体建设者的共同呼声，也是后人的要求。

《三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程》分为换流站、线路和技术专题共三个分册，仅此献给以后的直流工程建设者，并藉此向为本书编辑出版提供支持和方便的单位和个人致谢！

编 者

2003年10月

目 录

序 前言

 换流站部分	1
取消永久油罐及滤油房	3
关于简化政平换流站换流变压器运输场地的建议	5
高压直流输电系统接地极原理及其施工要点	7
龙泉换流站消防系统误动原因分析	11
政平换流站 500kV 交流滤波器场防雷方式探讨	14
龙泉换流站 3 次谐波滤波器的分析	22
龙泉换流站交流滤波器接线	28
政平换流站阀短路保护动作分析	32
龙泉换流站极母线差动保护动作原因分析	39
政平换流站极 1PCPA 退出备用原因分析	49
换流变压器消防系统误动分析	56
金属回线接地故障保护误动分析	59
计算电容器不平衡电流的简单方法及其在实际中的应用	68
 线路部分	73
汉江跨越组塔	75
大截面导线“一牵二”分次放线工艺小结	99
一般线路中型设备“一牵四”放线及“一牵二”放线	112
一般线路“二牵四”放线	120
一般线路大型牵张设备“一牵四”放线	125
ACSR-720/50 大截面导线的“一牵二”展放	143
± 500kV 龙政线皖四标段弧垂复测结果	147

ACSR-720/50 大截面导线架线工艺问题讨论	149
汉江跨越架线	159
全带电跨越高等级电力线路	177
现浇混凝土施工质量数理统计	190
芜湖长江大跨越工程施工技术总结	197
龙政线用大截面导线研究、试验与生产技术总结	228
ACSR-720/50 钢芯铝绞线研制	236
大截面导、地线金具研制报告	257
ACSR-720/50 钢芯铝绞线用悬垂线夹、耐张线夹研制	274
大连电瓷厂直流绝缘子设计试制总结	288
大截面导线张力放线设备研制报告	304
SSH-5 三轮放线滑车研制报告	315
五轮放线滑车的研制	325
大截面导线尼龙放线滑车研制	327
SWL-5、SWL-5B 导线网套连接器研制报告	337
SFJ-720/50 接续管保护套研制报告	340
大截面导线压接管保护套研制	346
大截面导线卡线器研制	349
大截面导线压接管保护套的研制	353
720mm ² 导线接续管保护套过滑车试验研究	356

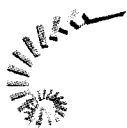
GONGCHENGZONGJIE



换流站

部分

三峡—常州 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电工程
技术专题



取消永久油罐及滤油房

作者：中国超高压建设公司 陈文寿
江苏送变电工程公司 马连伧

1. 储油罐的主要作用

储存部分备用变压器油，在换流变压器发生故障时检修换流变压器使用，其余的时间它是基本没有作用，同时现有的供油已不是像当初葛上工程一样来一个大油罐，厂方要及时回收，而全改成了不回收的商用小油桶，因此，在施工阶段也几乎无用。

2. 分析

(1) 当换流变压器或充油电抗器发生一般故障时，可以及时地将备用换流变压器或电抗器替换上使用，保证换流站的正常送电。将损坏的换流变压器推下来进行检查，如现场可以修理，运行部门通过相关的检修责任单位(或委托合同检修单位)进行修理。

(2) 储油罐的安装位置出于安全的需要都远离换流变压器的运行及检修位置，政平换流站的距离约 240m（龙泉站及荆州站都远大于 240m），从目前施工单位及运行检修单位的油处理设备来看不论吸程或扬程都不能满足要求，中间必须采取额外的过渡装置，可以说这种设计的可行性也是不够的。

(3) 如果换流变压器的故障比较大如发生火灾或爆炸，那么换流变压器本体损坏只能返厂修理，同时内部的变压器油在现场已无法处理只能报废更换新油（现场的油处理设备不能满足要求）。

(4) 换流变压器事故几率是很低的，如果将储油罐放上合格的变压器油储存在换流站长期不用，等着换流变压器故障时使用那是毫无意义的，因为变压器油保存条件高，按现在油罐的设计几年后合格油也变成不合格油，难以保证备用油的质量，油处理装置也要投入较大的精力加以维护。

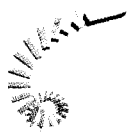
(5) 从安装的角度来说，能承接换流站安装或检修的单位都应当具有变压器新油处理及储存的能力。对于生产厂商来说电网公司可以在合同中明确供油的方式并不增加设备的购置费用。

(6) 储油罐安装在换流站内，增加了换流站的危险性，多一个消防重点部位，增加了运行人员的巡视工作量与今后的维护工作量。

(7) 以政平换流站为例, $2 \times 150\text{m}^3$ 储油罐及配套设备共占地 1850m^2 , 设 35m 避雷针一只, 地下消防管道约 80m, 2 只消防栓及相应的消防设备, 共投资:

- 1) 基础、防火墙、消防设备、滤油房土建部分 35 万元。
- 2) 油管、油罐、及滤油设备等 38 万元。
- 3) 独立避雷针、征地等 20.5 万元。

如果加上建设单位费用等其他费用可节约投资近百万元。



关于简化政平换流站换流变压器运输场地的建议

作者：中国超高压建设公司 陈文寿
江苏送变电工程公司 马连伧

1. 概况

政平换流站，由于换流的需要，安装了 14 台换流变压器，其中 Y, y 和 Y, d 接线各一台为备用，备用位置在 500kV 配电装置区，每台换流变压器的容量为 283.7MVA。Y, y 换流变压器安装前的运输重量为 290t，安装后的总重量为 425t。Y, d 换流变压器安装前的运输重量为 243t，安装后的总重量为 360t，属于大件运输的范畴。

为了妥善的将 14 台换流变压器安置在工作和备用位置，ABB 公司设计了一个 5568m² 的运输、安装场地。设计了 2× 双轨运输轨道；设计了极 1 极 2 进入各相工作位置的 12 条分支单行轨道；和进入备用位置的 2 条单行轨道；采取运输平台和安装平台相分离的方式；设计了专用的卸车平台；设计了四台换流变压器及平波电抗器的底部运输小车。并且设计了以专用转盘为换流变压器实现转向的方式。

2. 原设计存在许多问题及建议

原 ABB 设计的专用卸车平台多余。在卸车平台卸车后的换流变压器需要 3 次牵引、5 次升降、1 次转向才能移位至组装位置，而且横向安装运输小车非常困难。所以除了前一台换流变压器按 ABB 的方式，其他 13 台换流变压器，我们都把它们直接拉到工作相的轨道交叉处，经过 1 次转向、3 次升降、1 次牵引就移位到组装平台上，因此以后的运输轨道场地不必再设专用的卸车平台。

将专用运输轨道设计简化。留下 1× 双轨的轨道与基础场地边沿，向南（即换流变压器侧）位移 7.74m，缩小轨道场地。

原运输轨道采取 2× 双轨，为的是减少换流变压器转向 90° 的次数，也就是说可以方便的实现对换流变压器的纵横两种方式的牵引。实际上，自从我们采用直接就位于工作相的轨道交叉处转向的方式后，就大大缩短了牵引距离，取消了横向牵引的可能。只有在若干年后，工作变压器故障退出，备用变压器顶上去的时候，为了不转向才可能采用横向牵引方式，其实这种考虑已经多余。其一，换流变压器故障利用备用代，可能一、二十年才发生一次。其二，

即使发生了,利用专用转盘转一、二次向,轻而易举,增加了几小时的工作量,纵向牵引反而更为安全。所以我们建议,取消运输 $2\times$ 双轨改为 $1\times$ 双轨。

据初步估计,以上建议可能产生的效益有:

(1) 对 ABB 政平运输场地的设计实现简化后,可节省场地 1288.94m^2 。

(2) 简化专用运输轨道后,可减少轨道基础 C30 混凝土 619.39m^3 。

(3) 取消 $2\times$ 双轨,改为 $1\times$ 双轨后,可以节省 QU70 钢轨 590m,计 41t。

据初步估算,可以节省投资 146.8 万元。可见,其经济效益是相当可观的。

3. 建议设计

(1) 取消专用的换流变压器卸车平台。

(2) 将 $2\times$ 双轨设计改为 $1\times$ 双轨,取消一条双轨,采用专用转盘实现换流变压器转向,仍然配置 4 台专用小车为换流变压器移位。

(3) 换流变压器与平波电抗器的交叉 $1\times$ 双轨保留,将其位置南移,备用换流变压器和平波电抗器运输轨道及基础保留,并作相应地调整。