

“十二五”国家重点图书出版规划项目



国家电网公司
电力科技著作出版项目

向家坝—上海 $\pm 800\text{kV}$ 特高压 直流输电示范工程

环境保护卷

国家电网公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

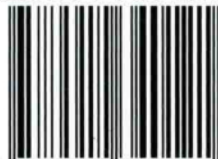
向家坝—上海 ±800kV特高压直流输电示范工程

- 综合卷
- 科研攻关卷
- 工程设计卷
- 设备研制卷
- 施工卷
- 调试试验卷
- 生产运行卷
- 环境保护卷



关注我,关注更多好书

ISBN 978-7-5123-4012-1



9 787512 340121 >

定价: 60.00元

上架建议: 电力工程/输配电

“十二五”国家重点图书出版规划项目



国家电网公司
电力科技著作出版项目

向家坝—上海 $\pm 800\text{kV}$ 特高压 直流输电示范工程

环境保护卷

国家电网公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程》共有八卷，分别为《综合卷》《科研攻关卷》《工程设计卷》《设备研制卷》《施工卷》《调试试验卷》《生产运行卷》和《环境保护卷》。本丛书是国家电网公司对向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程建设情况的全面回顾和总结，通过系统、翔实的记录，全面反映了工程建设全过程及其建设特点。

本卷为《环境保护卷》，共六章，具体内容包括工程概述及环境保护影响、工程环境保护、工程水土保持、创新与成效。

本丛书可供输变电工程相关科研设计单位、大专院校、咨询单位和设备制造厂家的工程技术人员和管理人员使用。

图书在版编目（CIP）数据

向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程. 环境保护卷/国家电网公司组编. —北京：中国电力出版社，2014.7

ISBN 978-7-5123-4012-1

I. ①向… II. ①国… III. ①特高压输电—直流输电线路—电力工程—环境保护—中国 IV. ①TM726.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 020694 号

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>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 7 月第一版 2014 年 7 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 12 印张 183 千字

定价 60.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

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

《向家坝—上海±800kV特高压直流输电示范工程》

编 委 会

主 任 刘振亚

副主任 舒印彪 郑宝森

成 员 张丽英 孙 昕 张文亮 张启平

李文毅 余卫国 伍 萱 梁旭明

赵庆波 王益民 丁广鑫 刘泽洪

陈晓林 李 凯 张智刚 丁 扬

叶廷路 肖安全 刘建明 郭剑波

刘开俊 肖世杰

《向家坝—上海±800kV特高压直流输电 示范工程 环境保护卷》

编写工作组

组 长 刘泽洪

副组长 高理迎 丁永福 种芝艺 吕 健

滕乐天 周 宏 李明节 王玉玲

常 浩 娄殿强 郑福生 印永华

吴维宁 马为民

成 员 宋胜利 梁汉桥 李 艳 王 辉

刘 刚 聂 峰 何 斌 赵爱莲

张小庆 唐 蕾 张新宁 杜祥庭

凌文洲 阳 一 蒋 鹤 万保权

裴春明 张 斌 李 妮 鞠 勇

陆家榆 袁青山 余 乐 程更生

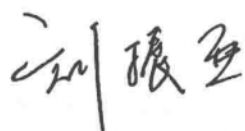
寻 凯 郑树海

序

向家坝—上海 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电示范工程是我国自主设计、研发和建设的世界上首回电压等级最高、输送容量最大、输送距离最远、技术最先进的特高压直流输电工程，该工程在世界范围内率先实现了直流输电电压和电流的双提升、输送容量和输送距离的双突破，是我国能源领域取得的世界级创新成果，代表当今世界高压直流输电技术的最高水平。该工程是国家电网公司贯彻落实科学发展观，实施“一特四大”战略、推动我国能源布局在更大范围统筹平衡，转变我国电力发展方式的关键工程。该工程于2010年7月成功实现双极投运，额定输送容量达到640万kW，线路全长1891km，可将西南水电输送至华东负荷中心，工程对于构建现代能源综合运输体系、实现能源资源的大范围优化配置、促进区域经济协调发展具有重要作用。

通过该工程的建设，首次实现了特高压直流输电系统的自主设计、自主研发、自主建设和自主调试运行。在世界上首次成功研制出电压等级最高的换流变压器（800kV）、容量最大的单12脉动换流阀（160万kW）以及平波电抗器、穿墙套管等直流设备，提高了我国电网发展自主创新能力和电工装备制造核心竞争力。

为全面介绍工程建设取得的管理创新成果和技术创新成果，国家电网公司组织编写了《向家坝—上海 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电示范工程》，对工程可行性研究、建设管理、科技创新、成套设计、设备研制、施工建设、环境保护、验收调试、生产运行等工作进行了系统总结。希望此套书的出版，为我国特高压直流输电工程建设提供有益的借鉴和帮助，为加快转变电力发展方式，服务经济社会发展发挥积极的促进作用。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '刘张' (Liu Zhang), written in a cursive style.

2014年3月

前言

向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程（简称向上工程）是我国能源领域取得的世界级创新成果，代表了当今世界直流输电技术的最高水平，为了更加全面、系统地对向上工程进行总结，国家电网公司组织编写了《向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程》，本丛书共计八卷，包括《综合卷》《科研攻关卷》《工程设计卷》《设备研制卷》《施工卷》《调试试验卷》《生产运行卷》和《环境保护卷》。该丛书系统地总结了向上工程在决策、管理、建设、科研、设计以及设备制造等各方面的经验与成果，为今后的特高压直流输电工程实施提供有益参考。

编者力求全面、清晰地反映向上工程全貌，但书中的疏忽和遗漏在所难免，敬请各位读者批评指正。

编写工作组

2014 年 2 月

目 录

序

前言

1

第一章 概述

第一节 工程概况 / 2

第二节 工程环境影响特点 / 3

第三节 工程环境保护工作程序及竣工验收要求 / 9

23

第二章 工程电磁环境限制及控制措施

第一节 电磁环境限值 / 24

第二节 换流站及接地极电磁环境及噪声控制 / 31

第三节 输电线路电磁环境控制 / 42

55

第三章 生态环境及保护措施

第一节 生态环境保护要求 / 56

第二节 一般地区生态保护措施 / 57

第三节 生态敏感地区保护措施 / 62

第四章 水土保持

第一节 水土保持方案设计原则 / 74

第二节 水土流失防治措施及效果 / 83

第五章 环境保护、水土保持工作的验收

第一节 环境影响评价工作的实施 / 92

第二节 项目竣工环境保护验收 / 97

第三节 水土保持工作的实施 / 114

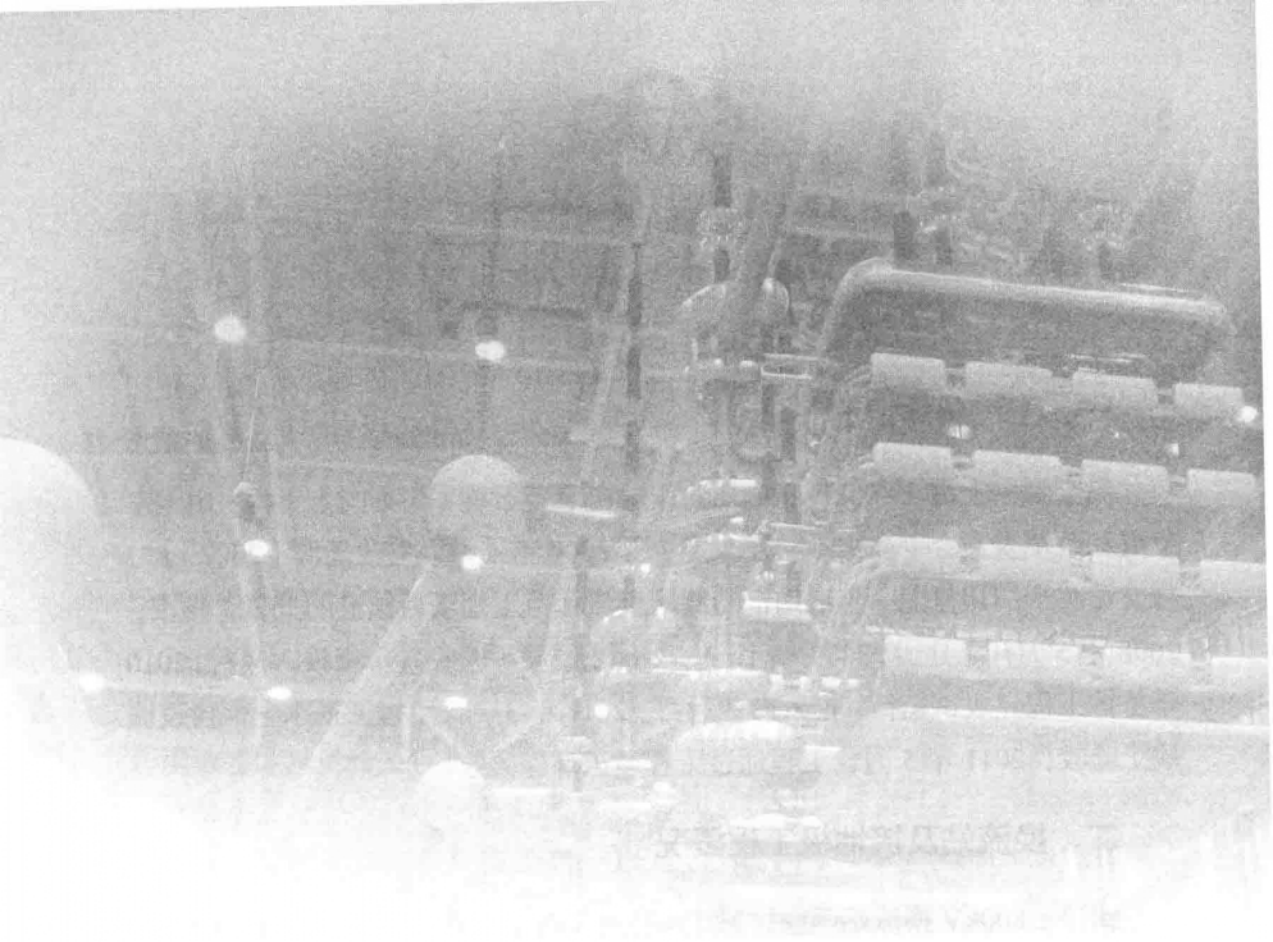
第四节 水土保持设施竣工验收 / 119

第六章 创新与成效

第一节 环境保护创新与成效 / 162

第二节 水土保持亮点与成效 / 168

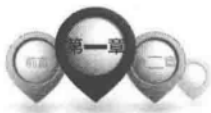
附录 重要文件



概 述

第一章





第一节 工程概况

一、工程总体情况

向家坝—上海 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电示范工程（简称向上工程）由国家发展和改革委员会（简称国家发改委）于2007年4月以发改能源〔2007〕871号文《关于四川复龙—上海南汇特高压直流示范工程项目核准的批复》核准，2008年5月开工建设，2009年12月12日通过竣工验收并单极投入运行，2010年整体工程完成试运行，投入商业运行。2011年3月，工程通过水土保持设施竣工验收，2011年5月，工程通过工程竣工环保验收。

二、换流站及接地极工程概况

新建 $\pm 800\text{kV}$ 换流站两座，额定电压 $\pm 800\text{kV}$ ，额定换流容量 6400MW ，直流额定电流 4000A ，采用双极、每极两组12脉动换流器串联（ $400\text{kV}+400\text{kV}$ ）接线。换流变压器为单相双绕组有载调压式，容量为 $(24+4)\times 297.1$ （ 321.1 ） MVA （其中4台备用）；换流阀采用6英寸晶闸管，每组换流器额定容量 1600MW ； $\pm 800\text{kV}$ 直流开关场采用双极接线，每个12脉动阀组装设旁路断路器及隔离开关回路；四川复龙换流站交流 500kV 出线9回，上海奉贤换流站交流 500kV 出线3回。

本期建设四川复龙换流站接地极1座，建设接地极线路约 60km ；建设上海奉贤换流站接地极1座，建设接地极线路 97.108km ，其中与特高压直流线路同塔架设部分 81.747km ，单独架设 15.361km 。接地极建设型式均采用双圆环型、直埋电缆引流布置方案，内环直径约 360m ，外环直径约 500m ，埋深 $3\sim 4\text{m}$ 。

三、线路工程概况

向上工程起于四川省宜宾复龙换流站，经四川、重庆、湖北、湖南、安徽、江苏、浙江、上海，止于上海市奉贤换流站。新建 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流线路一

回, 额定电压 $\pm 800\text{kV}$, 直流电流按 4kA 设计, 输电能力 6400MW 。极导线为 $6\times\text{ACSR-720/50}$ 钢芯铝绞线、 $6\times\text{AACSR-720/50}$ 钢芯铝合金绞线。地线1根为 LBGJ-180-20AC 、 LBGJ-240-20AC 铝包钢绞线, 1根为 OPGW 光缆。大跨越采用 $\text{AACSR/EST } 4\times 640/290$ 特强钢芯高强铝合金线, 全长 1891.6km , 先后四次跨越长江。

第二节 工程环境影响特点

在线路走廊规划、路径选择阶段, 就将环境保护的理念融入工程设计中, 路径选择时兼顾路径与环境保护法律法规的相符性、与城镇规划的相容性, 对环境敏感区域进行了保护和避让, 既保证工程质量, 又保证工程对环境的影响程度最小。

向上工程的环境保护特点有: ① 向上工程为 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程, 运行期无环境空气污染物、无工业固体废弃物、无废污水产生; ② 运行期的环境影响主要为合成场强、直流磁感应强度、无线电干扰、工频电场、工频磁场、噪声; ③ 施工期的水土流失及水土保持是环境保护的主要内容之一。

向上工程的主要环境影响有: ① 施工期的地表、植被破坏, 造成生态环境破坏及水土流失; 工程的拆迁安置问题等。② 运行期的合成场强、直流磁感应强度、无线电干扰、工频电场、工频磁场、噪声、生态环境影响等。

一、换流站及接地极工程的环境特点

(一) 换流站工程的自然环境

复龙换流站(见图 1-1)站址位于四川省宜宾市宜宾县复龙镇, 站址总用地面积 21.03hm^2 , 围墙内用地面积 16.91hm^2 。地貌单元属剥蚀浅丘地貌, 站址场地由数个高约 $30\sim 50\text{m}$ 的宽缓丘包及丘间谷地组成, 场地地形开阔, 起伏较小。共乐接地极极址处地势平坦, 高差在 2m 左右。极址北、西、南三面为低山, 东面为平地。向家坝换流站接地极线路沿线以低山、高丘为主, 部分地段为中、高山大岭地貌, 沟壑、窄谷众多, 相对海拔高差较大。

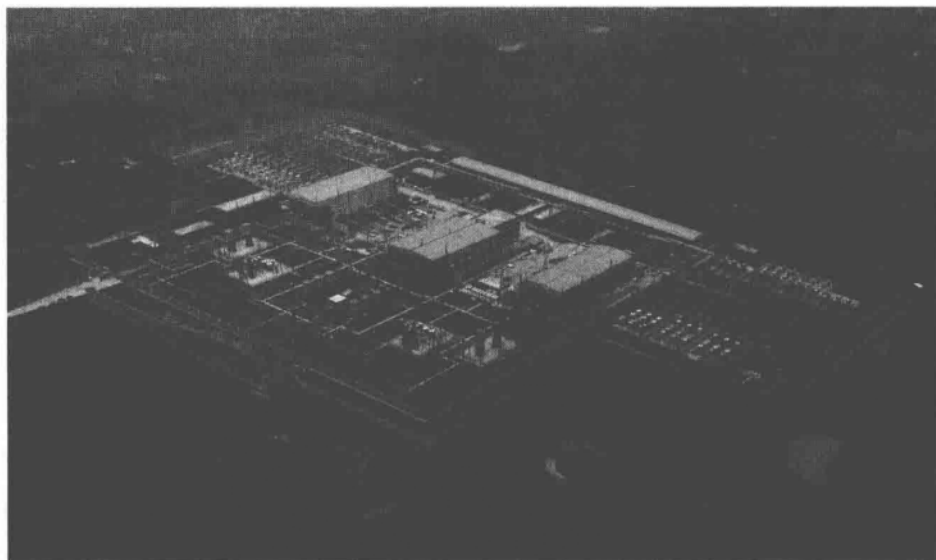
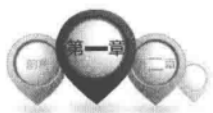


图 1-1 复龙换流站

奉贤换流站（见图 1-2）站址位于上海奉贤区境内，站址总用地面积 17.48hm^2 ，围墙内用地面积 15.06hm^2 。站址位于平原区，场地标高为 $3.4 \sim 4.2\text{m}$ （吴淞高程）。奉贤换流站接地极极址及接地极线路位于泻湖沼泽平原，地形平坦。



图 1-2 奉贤换流站

（二）一般超高压变电站（换流站）工程环境影响

工程的环境影响因子在运行期主要为电磁场、噪声、废水、生态环境影响等，在施工期主要为生态环境影响、水土流失、噪声、施工废水、扬尘等。

1. 运行期环境影响

变电站、换流站内的高压线及其他电气设备附近存在一定强度的工频电场、工频磁场，站内直流高压线及直流电气设备附近还存在一定强度的合成场强、直流磁感应强度。站内的各种高压电气设备、导线、金具等也可能产生局部电晕放电，进而产生无线电干扰。换流变压器、平波电抗器、滤波器电抗器、冷却风扇等设备运行时可能产生一定噪声。站内工作人员将产生少量生活污水。

在避开变电站、换流站进出线的情况下，变电站、换流站围墙外居民点工频电场强度一般小于 4kV/m ，合成场强一般小于 25kV/m ，80%测量值小于 15kV/m ，可满足标准限值要求，变电站、换流站围墙外电场大小主要受进出站的线路的影响。

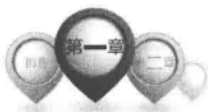
在避开变电站、换流站进出线的情况下，变电站、换流站围墙外居民点工频磁感应强度一般小于 0.1mT ，直流磁感应强度一般小于 10mT ，可满足标准限值要求，变电站、换流站围墙外磁场大小也是主要受进出线分布的影响。

好天气条件下， 0.5MHz 频率无线电干扰水平在离换流站围墙外 20m 处一般在 $55\text{dB}(\mu\text{V/m})$ 以内，满足环保标准要求。

变电站、换流站在采取了限制噪声源噪声水平、优化总平面布置、建设隔声屏障、拆除站外超标区居民等措施后，一般可做到厂界噪声符合 GB 12348—2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》相应类别标准限值要求，某些较特殊的站（如投产的噪声设备较多、站区占地面积又很小的站）在采取了常规降噪措施后，也可将站外的噪声超标区划为站外噪声影响控制区并经当地城市规划部门批准设立，保证噪声影响控制区外的居民点符合 GB 3096—2008《声环境质量标准》相关类别标准限值要求。

2. 施工期环境影响

在施工期间，因变电站、换流站站区开挖、输电线路塔基开挖、土石方工



程等施工活动将产生一定的生态环境影响、水土流失等。

在施工期间,施工设备在作业时将产生一定的噪声,在合理安排施工时间、尽量压缩施工机械作业时间、夜间不进行高噪声施工的前提下,施工期噪声环境影响可以满足国家有关标准要求。

在施工期间,变电站、换流站施工扬尘影响主要在站址范围内,输电线路施工扬尘范围主要在塔基附近。由于各施工点的施工量小,使得施工扬尘呈现时间短、扬尘量及扬尘范围小的特点,只要在施工过程中贯彻文明施工的原则,干燥天气条件下对开挖面及时洒水降尘,施工扬尘对周围村庄等环境敏感点影响较小且很快能恢复。

(三) 向上工程换流站工程环境影响

1. 运行期间换流站环境影响因子

(1) 电磁环境。换流站内的高压线及电气设备附近, $\pm 800\text{kV}$ 直流侧产生的合成场强、直流磁感应强度, 500kV 交流侧产生的工频电场、工频磁场; 站内各种 $\pm 800\text{kV}$ 直流和 500kV 交流电气设备、导线、金具、绝缘子串亦可能产生局部电晕放电, 这些都可成为无线电干扰源, 向换流站周围传播无线电干扰。

(2) 噪声。换流站内电气设备在运行时会产生各种噪声, 主要有换流变压器、平波电抗器、滤波电抗器、电容器(交流滤波器等)和冷却风扇运行时产生的噪声、带电导线、金具以及绝缘子产生的噪声等。

(3) 接地极。接地极的环境影响主要为: 由于土壤电阻的存在, 电流通过接地极向土壤中发散时, 会引起极体周围局部土壤的温升、地面的电位差(跨步电压)以及接地极电流对地下金属构件的腐蚀三方面。

2. 施工期间换流站环境影响因子

换流站施工期间, 由于地表的开挖、施工车辆的行驶、施工人员的活动等, 将产生水土流失、对植被的破坏、施工废水、扬尘、噪声、弃土、弃渣、生活垃圾、生活污水等, 对环境将产生一定不利影响, 但均为短期影响。向上工程在施工期采取相应的施工管理措施、环境保护、生态恢复措施, 因此, 施工期环境影响随着施工的结束而消失或恢复。