国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

向家坝—上海±800kV特高压直流输电示范工程现场管理成果辑

国家电网公司直流建设分公司　编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

向家坝—上海±800kV特高压直流输电示范工程
现场管理成果辑

国家电网公司直流建设分公司　编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是国家电网公司直流建设分公司对向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程（以下简称向—上工程）现场建设管理和特高压直流输电技术研究成果的全面回顾和总结，是参与特高压直流输电技术研究、特高压直流输电示范工程建设的全体人员劳动和智慧的结晶。

本书共分六章，第一章为向—上工程现场建设创新管理工作介绍，第二章为规程规范，第三章为科研项目研究概述，第四章为主要技术论文，第五章为宣传培训片概要，第六章为现场亮点图集。

本书可供从事特高压直流输电技术研究、工程设计、建设方面的技术人员和相关管理人员使用。

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现场管理成果辑 / 国家电网公司直流建设分公司编. —北京：中国电力出版社，2010.7

ISBN 978–7–5123–0680–6

Ⅰ. ①向… Ⅱ. ①国… Ⅲ. ①高电压–直流–输电–电力系统–施工现场–施工管理 Ⅳ. ①TM726.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 136509 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）

北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

2010 年 8 月第一版 2010 年 8 月北京第一次印刷

889 毫米×1194 毫米 16 开本 4.375 印张 117 千字 20 插页

印数 0001—2600 册 定价 **76.00** 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

编写委员会

主　　编： 李文毅　石　路

副 主 编： 常　浩　肖安全

编委会成员： 赵宏伟　袁清云　余　乐　鲍　瑞　马为民
种芝艺　朱艳君　程更生　张金德　王建中
梁　平

编写组组长： 肖安全

编写组副组长： 种芝艺　朱艳君

编写组成员： 黄　杰　陈　力　寻　凯　白光亚　石　岩
殷为扬　郑　劲　聂定珍　陈　东　张　诚
李　勇　谢永祥　李　斌　羊　勇　陈　鑫
黄　勇　宋　涛　何冬阳　刘　环　余世峰
龙爱平　彭剑辉

前　言

【特高压直流示范工程创造历史、引领未来】

2007 年 4 月 26 日，向家坝—上海±800kV 特高压直流输电示范工程（以下简称向—上工程）获得发改委正式核准，国家电网公司以建设“安全可靠、自主创新、经济合理、环境友好、国际一流的精品工程”为目标，拉开了世界上电压等级最高、输送容量最大、输送距离最远、技术最先进的直流输电工程建设序幕，掀开了我国电网发展的新篇章。

工程起点为四川宜宾复龙换流站，落点为上海市奉贤换流站，途经四川、重庆、湖北、湖南、安徽、江苏、浙江、上海等六省两市，四次跨越长江，线路全长约为 1907km，导线截面为（6×720）mm^2，额定输送容量 640 万 kW，最大连续输送容量 700 万 kW，工程概算动态投资 232.7 亿元。

2007 年 5 月 21 日，工程奠基仪式在上海奉贤换流站站址隆重举行；2007 年 12 月 21 日，在四川省复龙换流站举行工程开工仪式；2008 年 5 月主体工程开工；2009 年 11 月，1900 余 km 直流线路全线架通；2009 年 12 月，奉换流站极Ⅰ系统和直流线路成功升压至 800kV；2010 年 4 月，双极低端输送功率；2010 年 6 月 25 日，顺利实现了双极全电压输送功率的建设目标；2010 年 7 月 8 日，举行工程投运仪式。

特高压直流示范工程是国家电网公司认真实践科学发展观、推进电网发展方式转变的重大决策，是建设坚强智能电网的重要举措。工程的开工建设，无论是对优化资源配置、促进民族工业发展、提升电工机电设备制造水平，还是电网技术水平的进步，均有重大而深远的意义。

国家电网公司直流建设分公司（以下简称直流公司）认真贯彻国家电网公司的决策部署，作为工程建设专业管理单位，以建设“安全可靠、自主创新、经济合理、环境友好、国际一流的精品工程”为目标，组织 160 多家参建单位、高峰期近 4 万人的施工队伍，按照“严密组织、精心策划、科学管理、勇于创新”的总体要求，针对工程建设周期短、工程战线长、参建单位多、管理要求高、技术难度大、协调任务重的现场建设管理主要特点，注重总结以往工程建设管理经验，积极探索有效的管理方式与方法，全面推进工程建设现场管理。实施了工程前期成套设计研究和科技进步战略，形成了以“一个大纲、两个支撑、三个策划”为主体的管理框架；提出了全力推进“三个创新”，力争保持“三个常态”，确保实现“三个突破”的管理要求；制定了“策划、细化、强化”的管理思路与“滚动、修正、提升”的过程控制方法；编制了确保安全质量、提升工艺水平的标准化手册、典型施工方案、工艺流程控制卡等较为系统的管理新举措。通过全体参建者的不懈努力，取得了积极的管理成效，全面实现了工程建设安全“零事故”、质量优良、进度提前、科技创新、环保达标、投资控制等管理目标。

在工程建设过程中，国家电网公司领导全面统筹策划，科学组织指挥；公司特高压建设部周密计划、及时指导；沿途六省两市公司全力协调配合；工程建设者付出了艰辛的努力。为了及时总结经验，促进工程建设管理水平的不断提高，直流公司特组织相关人员编写了本书，力求及时总结工程现场建设管理成果。

本书立足于现场建设管理并作为特高压直流输电示范工程总结的一个组成部分，对于后续工程建设可起到借鉴作用。书中如有不足之处，敬请批评指正。

直流公司有关向—上工程建设成果是国家电网公司成果的一部分。在此对国家电网公司各级领导的指导关怀表示衷心的感谢！对沿途网省公司的支持帮助表示衷心的感谢！对参与建设的各单位表示衷心的感谢！

国家电网公司直流建设分公司

2010 年 7 月

目　　录

前言

第一章　现场建设创新管理……1
第一节　管理组织框架体系及管理原则……1
第二节　安全、质量管理的主要手段与方法……6
第三节　进度节点控制与管理……8
第四节　换流变压器集中到货安装……10
第五节　环保水保管理……13
第六节　成套、阀厅设计……14
第七节　二次联调、监造管理……15
第八节　工程质量基本结论数据……16

第二章　规程规范……18
第一节　概述……18
第二节　国家标准……20
第三节　电力行业标准……21
第四节　国家电网公司企业标准……23

第三章　科学研究……27
第一节　科研项目……27
第二节　群众性科研成果……36
第三节　换流站“两型一化”、四新应用和直流线路“两型三新”建设……44
第四节　专利申请……48

第四章　技术论文……51
第一节　概述……51
第二节　论文清单……51

第五章　宣传培训片……56
第一节　《建设者之歌》……56
第二节　DVD 宣传片简介……56

第六章　现场亮点图集……58

第一章

现场建设创新管理

【管理手段不断创新，彰显精益化、专业化、标准化管理水平】
【强化责任意识，确保工程安全质量等目标全面实现】
【科技创新及施工创优亮点，促进特高压直流工程建设上台阶】
【成套设计、阀厅设计、二次联调，立足自主创新结硕果】

第一节　管理组织框架体系及管理原则

一、工程简介

向—上工程是目前世界上电压等级最高、输送容量最大、输送距离最远、技术水平最先进的高压直流输电工程。工程起点为四川宜宾复龙换流站，落点为上海市奉贤换流站，途经四川、重庆、湖北、湖南、安徽、江苏、浙江、上海等六省两市，四次跨越长江，线路全长为 1907km，额定输送容量 640 万 kW，最大连续输送容量 700 万 kW。1 回±800kV 高压直流输电线路，导线截面（6×720）mm^2。工程概算动态投资 232.7 亿元。

奉贤换流站是向—上工程的受端换流站，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。

奉贤换流站直流额定电压为±800kV；每极两个 12 脉冲阀组串联接线方式；换流变压器（单相双绕组）28 台（4 台备用），每台容量 297.1MVA；交流滤波器 4 大组，15 小组，总容量 3746Mvar。交流出线本期 3 回（至南汇 1、2、3 线），远景 4 回。1 回接地极线路，长 96km。

复龙换流站是向—上工程的送端换流站，位于四川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。

复龙换流站直流额定电压为±800kV；每极两个 12 脉冲阀组串联接线方式；换流变压器（单相双绕组）28 台（4 台备用），每台容量 322MVA；交流滤波器 4 大组，14 小组，总容量 3080Mvar。交流出线本期 9 回（泸州变电站 3 回、向家坝水电站 4 回、凤仪换流站 2 回），远景 10 回。1 回接地极线路，长 80km。

二、项目法人管理模式

按照国家电网公司对向—上工程“集团化运作、分层次管理”的思路，特高压建设部代表国家电网公司行使项目法人职能，负责工程建设全过程的总体管理和监督，组织主要设备的研制、设计、重大方

案评审和重要工程协调会议。

电力建设工程质量监督总站负责工程质量监督工作。

国家电网公司基建部负责组织监理和施工队伍培训，负责施工技术创新管理和建立施工验收规范等有关企业标准的管理。

向—上工程建设管理组织体系如图 1–1 所示。

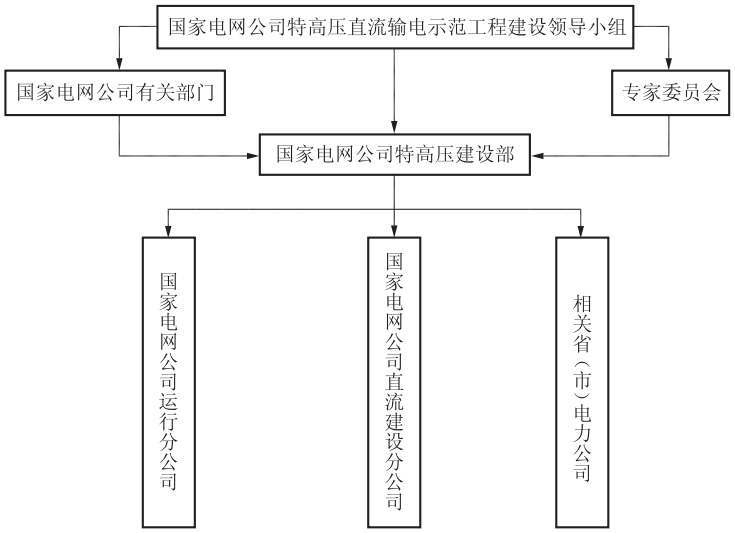

图 1–1　向—上工程建设管理组织体系

三、建设单位现场管理模式

直流公司受国家电网公司委托，负责工程建设的具体实施，重点是对工程建设现场的管理和控制。为确保向—上工程建设管理工作的顺利开展，直流公司在组织措施方面超前谋划、精心准备，专门成立了以国家电网公司直流建设分公司总经理李文毅为组长的特高压工程建设领导小组，负责向—上工程的现场建设管理工作。向—上工程现场建设管理组织机构图如图 1–2 所示。

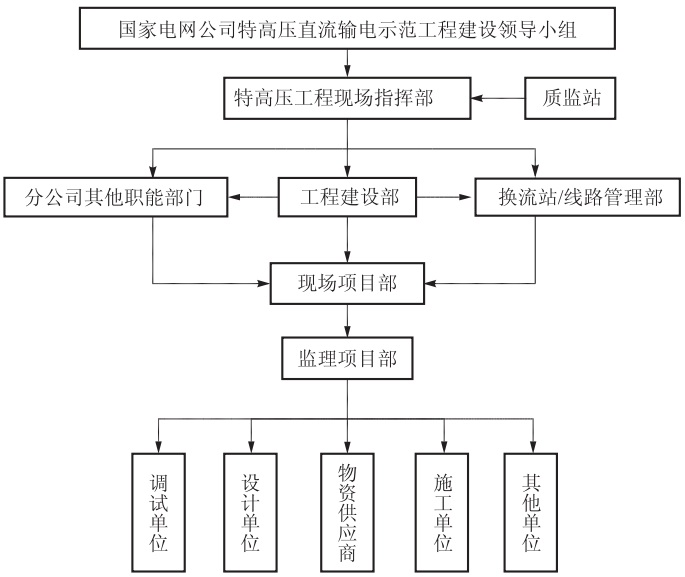

图 1–2　向—上工程现场建设管理组织机构图

直流公司换流站管理部、线路管理部、质量安全部、计划与物资部、财务部等职能部门，负责工程建设安全、质量、工期、投资控制的监督、检查和服务工作。四川工程建设部、宜昌工程建设部、常州

工程建设部具体负责施工现场的组织协调、安全管理、质量管理、投资控制及工程合同等日常执行管理工作。

现场管理组织体系按照统一管理、分级负责的原则，保证了向—上工程建设工作运转的高效、规范。在国家电网公司党组的领导下成立向—上工程现场指挥部，由直流公司副总经理肖安全担任现场总指挥，设两名副总指挥协助现场总指挥工作，指挥部办公室设在换流站管理部。指挥部下设复龙换流站、西南线路段、华中线路段、华东线路段和奉贤换流站 5 个现场项目部，5 个现场项目部由四川、宜昌、常州工程建设部主任、副主任担任项目经理，并设项目副经理 1 名。安全监督办公室下辖 3 个建设部工程处安全专责，负责监督 5 个项目安委会安全管理的执行情况。向—上工程安委会组织机构图如图 1–3 所示。

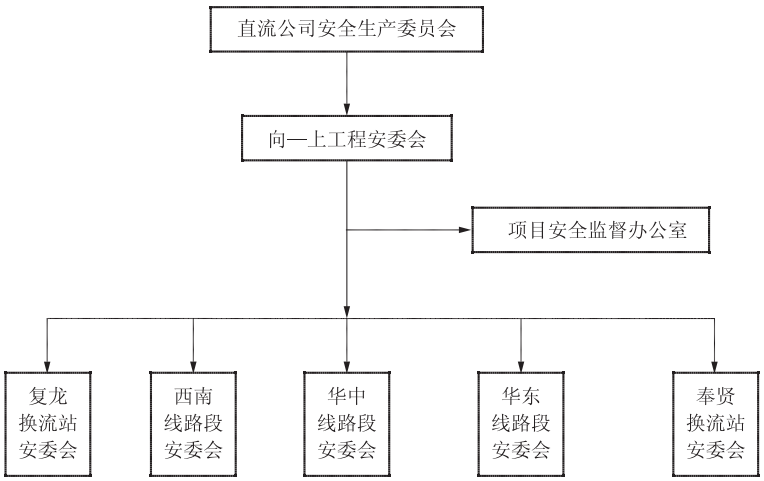

图 1–3　向—上工程安委会组织机构图

5 个现场项目部受双重领导，即同时受工程建设部领导和现场指挥部的领导。各工程建设部主任不论是否任现场项目部经理，都对该建设部管辖范围的所有工程负主要责任。项目经理负现场第一直接责任，按国家电网公司直流建设分公司内部有关规定行使权责。

要求各参建单位成立以主要领导为组长的向—上工程领导小组，定期到现场开展专项工作，部署指导本单位的特高压直流工程建设工作。线路管理按照每 200～300km 设立一个现场建设管理项目部，将管理有效向现场延伸；采取施工项目经理 A、B 角制度，最大限度调动施工单位资源，服务向—上工程建设。

四、参建单位主要职责

参建单位按照职责分工针对向—上工程编写各自的管理方案、制度、措施、细则等。主要参建单位见表 1–1 和表 1–2。

表 1–1　　换流站主要参建单位

在工程中担任角色		复龙站参建单位	奉贤站参建单位
国家电网公司总部	项目法人	国家电网公司	
建设单位	建设管理单位	国家电网公司直流建设分公司	
	工程建设部	四川建设部	常州建设部
设计单位	设计 A 角	西南院	华东院
	设计 B 角	中南院	西北院
	设计监理单位	东北院	华北院

续表

在工程中担任角色		复龙站参建单位	奉贤站参建单位
监理单位	监理 A 角	中国超高压输变电	湖南监理公司
	监理 B 角	湖北鄂电监理	江苏宏源监理
监造单位	监造单位	北京网联公司	北京网联公司
施工单位	场平	四川送变电公司	—
	大件道路	河南三建	—
	桩基	江西省水电工程局	江苏长江机械化基础工程公司
	土建 A 包	江西省水电工程局	上海电建
	土建 B 包	浙江省二建建设集团	上海送变电
	安装 A 包	湖南送变电公司	上海送变电
	安装 B 包	吉林送变电公司	安徽送变电
	安装 C 包	四川送变电公司	华东送变电

表 1–2　　直流线路主要参建单位

标　段	施工单位（19 家）	设计单位（17 家）	监理单位（10 家）
川 1	北京送变电公司	西南电力设计院 四川电力设计咨询有限责任公司	四川电力工程建设监理有限责任公司
川 2	四川电力送变电建设公司	四川电力设计咨询有限责任公司 山西省电力勘测设计院	
渝 1	山西省电力公司送变电工程公司	山东电力工程咨询院	湖北环宇工程建设监理有限公司
渝 2	重庆渝能建设集团有限公司	中南电力设计院	浙江电力建设监理有限公司
渝 3	东北电业管理局送变电工程公司		
鄂湘	黑龙江省送变电工程公司	湖北省电力勘测设计院 湖南省电力勘测设计院	江西诚达工程咨询监理有限公司
湘 1	湖南省送变电建设公司	西北电力设计院	湖南电力建设监理咨询有限责任公司
湘 2	江西省送变电建设公司		
鄂 1	山东送变电公司	西北电力设计院 东北电力设计院 辽宁电力勘测设计院	山东诚信工程建设监理有限公司
K1		东北电力设计院	
K2	江苏送变电公司	西南电力设计院	
鄂 2	湖北输变电工程公司	湖南省电力勘测设计院 中南电力设计院	
鄂 3	陕西送变电工程公司	河南省电力勘测设计院 中南电力设计院	湖北鄂电建设监理有限责任公司
K3	湖北输变电工程公司	中南电力设计院	
鄂 4	河南送变电建设公司	中南电力设计院 河北省电力勘测设计研究院	
皖 1	山西省电力公司供电工程承装公司	北京国电华北电力工程有限公司	安徽省电力工程监理有限责任公司
K4	安徽送变电公司	华东电力设计院	
皖 2	华东送变电工程公司	安徽省电力设计院	
皖 3	福建省第二电力建设公司	江苏省电力设计院	黑龙江电力建设监理有限责任公司
皖 4	安徽送变电公司	浙江省电力设计院	
浙江	浙江省送变电工程公司	华东电力设计院	江苏省宏源电力建设监理有限公司
浙沪	上海送变电工程公司		

（一）监理单位职责

按项目法人要求组成项目监理部，制定监理规划（需报所在区域工程建设部批准）、监理实施细则、创优监理措施和监理管理办法，确保高质量地履行合同规定的职责和义务。换流站工程监理 B 角的职责与作用由监理 A 角通过合同约定明确。监理 A 角对建设管理单位负监理责任。

监理部要派出足够的、具有丰富的现场管理经验和组织协调能力强的监理工程师和监理人员进驻现场承担监理任务，并要求严守监理岗位、认真履行监理职责、完善检测手段，强化工程建设中的质量控制、安全控制、进度控制、投资控制、物资管理、信息管理、档案管理、工程协调等工作。

（二）设计承包商职责

设计承包商应根据设计合同的要求，深入调查、精心设计，并力求优化设计，确保设计文件的科学性、可行性。设计文件符合国家及行业标准、规程、规范、设计合同、设计审查和批复文件的要求。需要提交设计图交付计划、设计创优规划。设计承包商要派出合格的、满足现场服务的设计工代。

（三）施工（调试）承包商职责

施工（调试）承包商应根据合同要求，按投标承诺和相关要求进行施工策划，并确保其落实到施工过程之中。在工程建设的全过程中，施工（调试）承包商应全方位履行合同规定的义务，确保工程目标顺利地实现。

（四）物资供应商职责

物资供应商应根据合同的要求，全面履行义务，按计划交货，提供产品的售后服务。

（五）监造承包商职责

监造承包商应根据合同要求，全面履行义务，对监造设备物资的制造过程及最终产品质量和交货期负监造责任，确保监造设备物资符合合同技术规范和有关国标、行标、企标的要求。

（六）运行单位

运行单位应尽早进场监督、了解工程建设情况并建立常规联系制度。运行单位按相应层次提交意见，即现场对应直流公司项目部、运行公司对应直流公司或通过特高压部协商处理有关事项。

五、建设管理思路及特点

直流公司在国家电网公司向—上工程建设领导小组的直接领导下，树立全局一盘棋的思想，科学管理、勇于创新，按照专业化、标准化、精益化的管理理念，形成了向—上工程的管理特点：

（1）在现场管理大纲的指导下，依靠两个支撑（标准化体系文件、工程管理信息平台），全过程的抓好“三个策划”（创优策划、安全文明施工策划、项目管理策划），并在此管理框架下进行扩展式管理。

（2）全力推进“三个创新”（工程管理标准化建设、0.8 倍企标误差控制、工程管理软件应用为主要内容的“三个创新”），力争保持“三个常态”（安全文明施工、工程投资控制、环境环保和谐“三个常态”），确保实现“三个突破”（工程质量、工艺创新、新技术应用“三个突破”），工程管理取得了良好的效果。

（3）通过管理重心下放、关口前移、靠前指挥，实现高效执行力为原则要求，建立了职责清晰、分层管控、协调有力、管理有效的组织管理体系。

（4）制定了“策划、细化、强化”的管理思路和“滚动、修正、提升”的工艺、质量、安全文明施工的过程控制方法，形成多项工程亮点。

（5）提出了工程质量 0.8 倍企标误差控制，开展了“全面达到规范标准、力争实现控制标准”的质量标准提升创新活动。在此活动中，奉贤站实现 0.8 倍企标误差控制率 97.5%，复龙站为 94.5%。

（6）为推进标准化管理，在工程启动前期，起草并制定了标准化管理体系文件，该文件涵盖前期配合、开工到竣工移交、后评价全过程，包括安全、质量、进度、投资、环保、科技与信息、物资管理、

成套设计、综合管理九个方面的 49 个标准化管理文件。

（7）编制了《特高压大型设备典型施工方案》、《特高压直流工程施工质量关键工艺控制卡》等质量控制措施。对质量控制的关键环节和重大施工项目进行过程控制，实行双重签证制度。

（8）积极开展工程前期成套设计研究，优化阀厅设计，改进二次设备联调，为系统调试提供有力的技术支撑。

（9）制定并实施了科技创新及现场 QC 活动计划并取得了显著成果。

（10）加强预测，统筹协调，采取月计划、日控制、周平衡的控制方法，有力地保证了工期进度目标的实现。

（11）组织开展同业对标、流动红旗竞赛，进行项目施工信誉评价。

（12）推行了“安全联动”、“现场独立安全督查”等新的管理办法，编制了安全管理个人行为及“人盯点”手册，确保安全“零事故”目标的实现。

（13）采取多种措施，培养现场参建单位的团队意识，建立目标一致、充分协作配合的团队精神，持续促进了工程安全、质量工艺、进度、投资、环保、施工科技等上台阶，确保全面实现特高压直流工程建设各项目标。

第二节　安全、质量管理的主要手段与方法

在向—上工程建设过程中，我们始终坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，坚持“示范先行、样板引路”和建设一流精品工程的质量理念，按照“策划、强化、细化”、“滚动、修订、提升”的要求，有效落实创优策划、防质量通病和执行强制性条文等具体措施，工程安全和质量都得到了很好的控制。

一、工程安全控制与管理

向—上工程的安全目标是不发生人身死亡事故，轻伤负伤率≤4‰；不发生重大机械设备损坏事故；不发生重大火灾事故；不发生负主要责任的重大交通事故；不发生环境污染事故和重大跨（坍）塌事故；不发生因工程建设而造成的大电网非正常停电事故。

直流公司按照督导、主导、实施、分层控制的原则，强化现场安全管理。一是分层策划、细化、强化，确保安全管理到位。编制了《安全文明施工与环境保护策划方案》，明确策划管理体系层次和责任。出台了《工程项目作业安全风险预控工作计划及实施方案》等 10 余个管理办法，细化安全管理要求。现场各个施工单位编制了《安全文明施工二次策划》，强化工程安全文明施工，保证现场安全可控。二是督促现场建立可靠的安全保证体系。各施工项目部都建立了以项目经理为第一安全责任人，项目总工为安全技术负责人，并由专职安全员、施工负责人及各作业组兼职安全员组成的安全组织机构，形成了系统的、全方位的安全保证网络。三是加强现场安全管理和监督检查，切实落实管理责任。直流公司、工程建设部、现场项目部分别组织各级安全质量大检查，积极部署和落实各项安全工作，对在建工程安全生产隐患进行彻底排查和治理，确保施工现场安全在控。四是严格考核，强化现场安全管理的执行力。强化对工程现场项目经理的考核，加强对参建单位安全管理控制力度，形成安全生产考核常态机制，全面提高了现场安全生产的执行能力。

针对换流站换流变压器集中到货，基建与生产并行的实际情况，制定了操作性强的《换流变压器安装安全专项控制措施》，并成立了由直流公司牵头，抽调参建单位公司级安质人员参加的现场独立督察小组，对工程进行全过程实时监督检查。

针对铁塔组立和架线期间安全工作的突出特点，及时制定了《工程架线阶段安全控制重点措施》，组织

专业管理人员对各标段进行巡回流动检查。通过开展“安全生产月”、“迎峰度夏”、“三项行动”、“安全质量流动红旗竞赛”等系列活动，积极推行“安全联动”和“人盯点”工作方法，确保安全责任落实到位，安全措施实施到位，进一步强化了现场安全管理和监督，有效杜绝了铁塔组立和架线施工中的安全风险。

在工程建设管理过程中，直流公司认真落实“三标”管理体系的要求，全面推广标准化建设成果，积极推行施工作业安全风险预控工作，强化工程建设危险点、危险源辨析、预控和动态管理。强化安全教育培训，提高安全技能和防范意识。强化安全监督管理、严格开展安全性评价。实施工程建设安全信息管理，认真开展“反违章活动”、隐患排查治理、大型施工机械安全检查、工程分包安全管理等专项活动，全面强化专项安全活动实效性管理。积极开展了“三项行动”和“安全月”活动，创新推动安全联动管理机制、专项安全督察组等行之有效的措施，认真落实“抓基础、控风险、防事故”基建安全主题活动，工程没有发生一起人员、设备、电网责任事故，实现了向—上工程建设总体安全“零事故”的目标。

二、工程质量创新、创优

向—上工程的质量目标是工程质量符合有关施工及验收规范要求，符合设计要求。工程质量评定为优良，土建和安装工程分项工程合格率 100%，单位工程优良率 100%；线路工程单元工程合格率 100%，分项工程优良率≥98%，分部工程优良率 100%。杜绝重大质量事故和质量管理事故的发生。实现零缺陷移交，确保达标投产，创国家电网公司优质工程，争创国家级优质工程。

工程现场建立健全了完善的质量管理体系和监督体系，实施了全过程质量控制措施。一是分层策划、细化、强化，确保质量管理到位。直流公司编制了《创优策划》，明确质量创优管理体系和责任；监理单位制定了《创优控制措施》，细化质量创优要求；现场各个设计、施工单位编制了《创优实施细则》，强化工程质量创优施工。同时，工程现场成立了创优领导小组，定期召开质量分析会，保证各项工程创优措施落实到位。二是加强质量通病的防治和强制性条文的执行。要求各施工单位按月根据作业对象制定质量通病防治和强制性条文执行等具体措施计划，逐月进行检查落实，确保工程实体质量创优。为保证工程质量，直流公司将质量标准提升了一个等级，要求电气安装和土建施工均按规范标准误差的 0.8 倍控制。三是加强对参建单位质量管理控制力度，强化质量责任落实和问责制建设。现场制定了安全质量考核制度，对各施工单位施工质量进行考核，提高各参建单位不断加强质量控制的意识，保证整体工程质量水平。四是坚持实施全寿命周期管理，积极推进创新理念，开展全方位创新活动。直流公司注重全员创新意识的树立，注重全过程创新措施的制定，注重全方位创新活动的开展，并结合“两型一化”、“两型三新”进行了现场实体样板研究，实施了直流工程同业对标和现场 QC 小组活动，多措并举积极推进工程创新工作，在标准化建设、程序化管理、信息化应用以及工艺研究等方面取得了一定的创新成果。五是严格执行基建验收程序。按照施工三级质量检查、监理预验收、中间检查、质量监督站质量监检、工程预验收和工程竣工验收基建程序，充分与运行单位沟通，请其尽早介入，超前考虑运行标准与要求，并将十八项反措列入现场月度计划，落实基建为运行服务的宗旨，将问题消除在建设初期，促使向—上工程建设质量上台阶。

换流站管理中，每月按照《进度计划》、《创优计划》、《质量通病防治计划》、《十八项反措计划》、《防安全风险计划》、《0.8 倍企标控制误差计划》、《环保措施计划》、《强制性条文执行计划》8 个计划，按实际情况滚动更新，指导工程现场各项日常工作，有效夯实质量工艺基础，确保工程质量。结合工程关键技术研究取得的最新成果，大力开展施工技术创新，积极推动特高压工程换流站“两型一化”、“四新应用”和直流线路“两型三新”建设。现场有效利用输变电管理系统，实现信息化管理，有效提升工程数字化、智能化、信息化管理水平。积极发动组织各参建单位开展 QC 小组活动，多项施工科技成果促进了工程质量水平的提升。

奉贤、复龙换流站现场先后开展了防火墙组装大模板、清水混凝土基础质量控制等多项施工技术攻

关科研活动。两站的大体积混凝土基础温度控制、裂缝防治、预埋螺栓标高控制等多项科技成果获科技创新成果奖。其中奉贤站防火墙组装大模板施工工艺、软母线弛度控制两项 QC 成果分别荣获中国电力建设企业协会 2009 年度优秀质量管理小组一、二等奖。2009 年奉贤换流站还荣获国家电网公司变电工程质量管理流动红旗，现已成为输变电窗口工程。

特高压直流线路工程在建设过程中，采用了大体积混凝土施工控制、山地索道运输、塔吊组塔、无人直升机展放导引绳、挂胶放线滑车、防掉串复合绝缘子、超长复合绝缘子运输、承力索带电跨越、视频监视系统、拉力监测报警器等一系列新技术、新工艺。尤其是针对特高压直流线路噪声愈显突出的特点，重点从放线设备改善、导线施工过程保护、金具标准化、安装质量工艺等方面，加强状况控制，确保直流线路的可听噪声指标符合电磁环境标准，达到先进水平。为提高线路的整体质量水平，针对金具的特殊性，组织开展了金具统一标准化设计、复合绝缘子防掉串端部环型连接金具、节能型导线防振锤、重冰区预绞丝悬垂线夹、预绞丝防振锤等线路金具的设计、研究、制造与应用。同时，针对以往工程的质量通病，直流公司超前制定了近二十条对策，并在施工过程中加以贯彻落实，有效地提升了工程建设的质量。线路工程湘鄂第三项目部获得国家电网公司安全流动红旗，工程质量得到专家一致好评。

直流公司还及时组织开展奉贤及复龙换流站所需大型设备的模拟水路运输及码头试吊工作，为成功运输进口及国产 800kV 换流变压器打下了坚实的基础。

首次全面开展线路工程铁塔、导线、金具、绝缘子、光缆等主要材料的监造工作。对监造工作实行了统一、规范的管理模式；开展了监造的巡检工作，组织设计、施工、监理、物资管理人员赴各个生产厂家，检查生产工艺，协调交货进度，确保了线路工程建设的顺利进行；采取 Q420 高强钢集中采购、铁塔按塔型加工等方法，降低了工程造价，提高了协作能力。同时，直流公司十分注重对 1000kV 交流特高压工程经验的借鉴和学习。在总结以往工程建设经验的基础上，通过对质量控制需要注意的问题进行分析和归纳、制定对策、有效控制，提升工程建设质量。尤其是通过金具统一标准化设计，加强导线、金具全过程保护，确保噪声控制达到一流水平。

在工程建设管理中，通过应用直流公司自主开发的《输变电工程建设管理系统》，对工程建设全过程进行信息化管理。各参建单位日常管理和信息沟通都通过该信息平台及时进行处理，做到了信息共享，保障了工作时效性，实现了工作跟踪和闭环管理，提高了工作效率，提升了工程管理水平。

工程计划管理按照准确计算、合理预计、均衡安排、把握关键的原则，坚持以工程合同台账为基础、以工程里程碑计划为依据，切实做好计划管理工作，确保工程投资（资金）计划的顺利完成；运用输变电建设管理系统，加强工程变更的规范化管理，提前策划，做好工程结算管理，为工程决算奠定基础。

与此同时，直流公司还加强了工程档案的管理工作，对线、站的档案进行了入场培训、中间检查、整改指导、初步验收，做到工程档案的同步性、正确性、规范性。

质监总站通过对换流站及线路的几次中间验评，高度肯定了工程质量。

线路带电一次成功，两站主设备均一次带电成功，系统调试试验的顺利进行和党组确定的三个阶段目标的如期实现都显示出良好的工程质量。

第三节　进度节点控制与管理

国家电网公司在认真分析研究工程面临的形势后，明确提出 2009 年 12 月实现极Ⅰ800kV 设备和直流输电线路带电、2010 年 4 月实现直流系统功率输送、2010 年 6 月底争取实现双极直流系统全压功率输送的三阶段建设目标。±800kV 复龙换流站工程和±800kV 奉贤换流站工程一级网络计划见表 1–3 和表 1–4。

面对工作要求，为确保实现各阶段目标，直流公司举全公司之力，采取全方位的强化措施，破解难题、化解风险、掌控关键、重心下放、关口前移，针对工程建设周期短、工程战线长、参建单位多、管理要求高、技术难度大、协调任务重的主要特点，在国家电网公司党组的统一指挥领导下，特高压建设部的指导下，沿途 8 个省市公司支持配合下，组织现场 160 多家参建单位近 4 万名施工人员，通过艰苦努力，用 11 个月的时间架通了 1907 公里的线路［线路各种跨越 886 处（条次），跨越高山大岭 16.71%，一般山地 36.97%，丘陵 18.75%，平地 20.83%，泥沼河网 6.74%］。奉贤换流站用 19 个月完成了近 2 个常规换流站、5 个 500kV 常规交流变电站的工程量。

面对供货生产周期短、物资材料量大、生产厂家多、供货线长点多等实际情况，我们积极采取措施，克服困难，全力协调，圆满完成全部线路工程材料的及时交付，完成换流站除主设备外的设备、材料的交付工作，确保了工程正常进展。

整个工程建设工程中，直流公司与各参建单位一道，攻坚克难、奋力拼搏，克服设备集中到货、气候多变、地形复杂、外部协调困难等各种不利因素的影响，在各施工单位间形成了“比、学、赶、帮、超”的良好工作氛围；按照主要关键路径和分支关键路径控制施工进度，并注重关键路径与非关键路径的转换，结合现场实际动态调整一级网络计划，严格按工程里程碑计划有序推进工程进展。在实现阶段性进度目标的同时，工程以安全第一、质量至上的原则，创造了新的建设纪录。其中换流变压器的制造难度大且运输协调复杂。第一阶段奉贤站三台换流变压器同时安装，在 9 天内完成；第三阶段复龙站连续作战，27 天的时间，在阴雨连绵的环境条件下，克服困难按计划安全保质地完成了两极 11 台高端换流变压器的安装调试工作，创造了换流变压器到货最集中、安装时间最短的新纪录，充分体现出国家电网公司员工能吃苦、甘奉献的精神风貌。

按照“月计划、周平衡、日控制”的管理方法，抓住关键路径，积极协调各施工单位作业，采取增加平行施工作业面，不同工序交叉作业的方法，加强对进度的预测管理，积极协调影响进度的各项因素，保证了进度各阶段计划的实现。

二、向—上工程建设过程中的重要节点

——2007 年 4 月 26 日，国家发改委正式核准中国第一条特高压直流工程——向—上工程，掀开了我国电网发展的新篇章。

——2007 年 5 月 21 日，工程奠基仪式在上海奉贤换流站站址隆重举行，国网公司总经理刘振亚为工程挥锹奠基。

——2007 年 12 月 17 日，向—上工程换流站主设备合同签字仪式在京举行。

——2007 年 12 月 21 日，向—上工程开工仪式在四川省宜宾市复龙镇换流站隆重举行，工程场平开工建设。

——2008 年 5 月奉贤、复龙换流站土建主体工程分别开工。

——2008 年 11 月奉贤换流站安装主体工程开工。

——2009 年 2 月复龙换流站安装主体工程开工。

——2009 年 11 月 13 日，1900 余公里直流线路全线架通。

——2009 年 12 月 26 日，奉换流站极Ⅰ系统和直流线路成功升压至 800kV。

——2010 年 4 月 29 日，低端输送功率，实现向—上工程输送清洁能源保世博。

——2010 年 6 月 25 日，实现向—上工程双极全压输送功率。

——2010 年 7 月 8 日，举行工程投运仪式。