

“十二五”国家重点图书出版规划项目



国家电网
STATE GRID

青藏电力联网工程



西宁—柴达木750kV输变电工程设计

国家电网公司◎组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

“十二五”国家重点图书出版规划项目

青藏电力联网工程

专业卷

西宁—柴达木750kV输变电工程设计

国家电网公司◎组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《青藏电力联网工程》共有 2 卷 12 册, 其中: 综合卷 3 册, 分别为《柴达木—拉萨 $\pm 400\text{kV}$ 直流输电工程》、《西宁—柴达木 750kV 输变电工程》、《西藏中部 220kV 电网工程》; 专业卷 9 册, 分别为《柴达木—拉萨 $\pm 400\text{kV}$ 直流输电工程前期论证与工程设计》、《柴达木—拉萨 $\pm 400\text{kV}$ 直流输电工程建设》、《柴达木—拉萨 $\pm 400\text{kV}$ 直流输电工程科技攻关》、《柴达木—拉萨 $\pm 400\text{kV}$ 直流输电工程调试与试运行》、《柴达木—拉萨 $\pm 400\text{kV}$ 直流输电工程环境保护·医疗保障·物资供应》、《柴达木—拉萨 $\pm 400\text{kV}$ 直流输电工程风采纪实》、《西宁—柴达木 750kV 输变电工程设计》、《西宁—柴达木 750kV 输变电工程建设》、《西藏中部 220kV 电网工程建设》。本书是国家电网公司对青藏电力联网工程建设情况的全面回顾与总结, 规模超过 400 万字, 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。

本册为《西宁—柴达木 750kV 输变电工程设计》, 共 8 章, 具体内容包括系统前期论证、工程概况、设计管理、变电工程设计、线路工程设计、系统通信工程设计、环境保护和水土保持、设计创新成果。

本书可供我国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及管理人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

青藏电力联网工程. 专业卷. 西宁—柴达木 750kV 输变电工程设计/国家电网公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2012. 6
ISBN 978 - 7 - 5123 - 3192 - 1

I. ①青… II. ①国… III. ①输电 - 电气工程 - 设计 - 青海省②变电所 - 电气工程 - 设计 - 青海省 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 130106 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

*

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月北京第一次印刷

710 毫米 $\times$ 980 毫米 16 开本 18.125 印张 279 千字 2 插页

定价 56.00 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

《青藏电力联网工程》

一、编写委员会

主任委员 刘振亚

副主任委员 郑宝森 陈月明 杨 庆 舒印彪 曹志安

栾 军 李汝革 潘晓军 王 敏 帅军庆

编 委 张丽英 孙佩京 张文亮 杜至刚 孙 昕

陈 峰 王中兴 王风华 喻新强 张启平

韩 君 费圣英 吴玉生 李庆林 王颖杰

许世辉 王相勤 李文毅 孙金平 任 寰

余卫国 伍 萱 赵庆波 李荣华 尹昌新

邓永辉 苏胜新 孙吉昌 王益民 丁广鑫

刘泽洪 李向荣 陈晓林 张春城 李 凯

辛绪武 邓建利 刘广迎 杜宝增 贾福清

陈栋才 刘 光 殷 琼 胡贵福 张智刚

崔吉峰 张 晶 丁永福 丁 扬 王宏志

刘克俭 蓝 海 高理迎 刘建明 郭剑波

刘开俊 石玉东 梁旭明 王海啸

二、编写工作组

组	长	喻新强				
副	组	长	刘泽洪	丁广鑫	王宏志	刘克俭
			刘开俊	丁永福		丁 扬
成	员	蓝 海	叶廷路	马士林	文卫兵	全生明
		张 韧	赵宏伟	张金德	郑福生	李士良
		王 成	丁燕生	薛更新	王 强	宋 芑

三、顾问专家组

组	长	周小谦	刘本粹			
成	员	曾南超	宿志一	郑怀清	李宝金	陆家榆
		吴巾克	李勇伟	王国尚	弋长青	冯玉昌
		宋玉东	黄显昌	陈慧芳		

四、本册编写工作组

组	长	喻新强				
副	组	长	丁永福	全生明	张 韧	文卫兵
成	员	赵临云	张成松	张新盟	李海峰	严福章
		王树潭	王文学	范克强	李 鹏	于明国
		朱任翔	王 昭	王 磊	康 鹏	贺立斋
		牛冲宣	贾 鹏	李朝飞	梁 伟	郝 阳
		董铁柱	苏 赞	王 勇	张 萍	胡丽萍
		祁正吉	许德操			

五、本册责任编辑

刘丽平 丰兴庆

序

“电力天路”——青藏交直流联网工程是国家电网公司贯彻科学发展观，落实中央第五次西藏工作座谈会精神，促进西部大开发，造福青藏各族人民的民生工程、惠民工程和光明工程。党中央、国务院高度重视，温家宝、贾庆林、李克强等中央领导同志多次作出重要批示，提出明确要求，充分肯定成绩。该工程由西宁—柴达木750kV输变电工程、柴达木—拉萨 ± 400 kV直流输电工程和西藏中部220kV电网工程组成，全长2530km，总投资162.86亿元。工程的建成投运，彻底改变了西藏电网长期孤网运行的历史，根本解决了制约西藏社会经济发展的缺电问题，实现了除台湾外全国电网互联，对于西藏电网建设和青藏经济社会发展、对于全国联网格局形成都具有重要的里程碑意义。

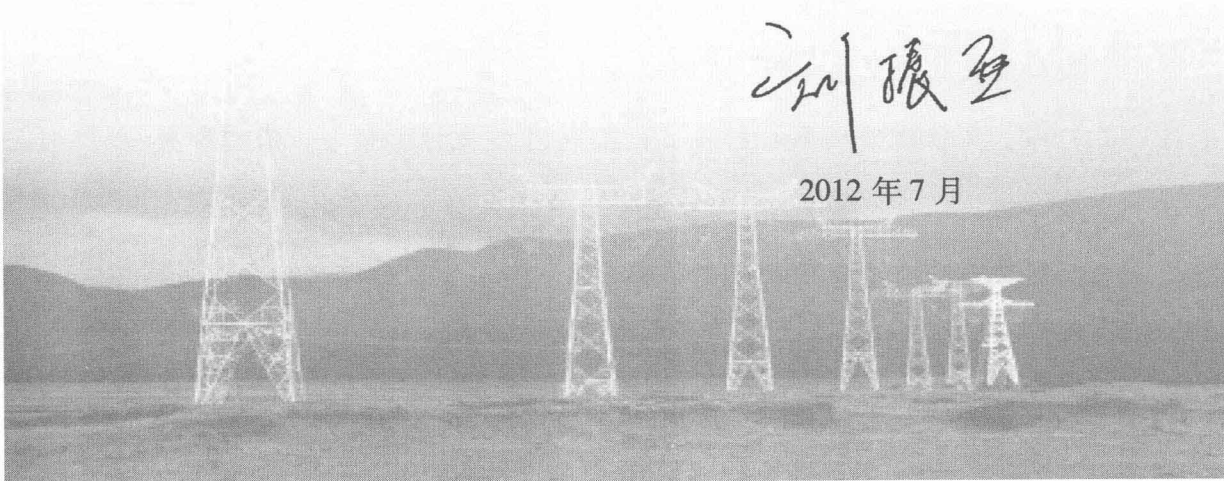
青藏交直流联网工程是在世界最高海拔和高寒地区建设的迄今规模最大的输变电工程，穿越青藏高原腹地，沿线高寒缺氧、冻土广布，工程建设极具挑战性。国家电网公司加强领导、周密部署、精心组织，联合各方力量攻坚克难，建立健全安全质量、环保水保、工程技术、医疗后勤等九大保障体系。3万多名工程建设者怀着对青藏人民群众的深厚感情和高度的政治责任感，发扬“努力超越，

追求卓越”的企业精神，以“缺氧不缺斗志、缺氧不缺智慧、艰苦不怕吃苦、海拔高追求更高”的追求，在“生命禁区”挑战生理极限，顶风冒雪、战天斗地，经过15个月艰苦卓绝的努力，建成了贯穿青藏高原的“电力天路”，实现了“安全可靠、优质高效、自主创新、绿色环保、拼搏奉献、平安和谐”的建设目标，提前一年完成工程建设任务，谱写了雪域高原电网建设和民族大团结的新篇章。

青藏交直流联网工程建设，挑战“沿线海拔最高、冻土区最长”两个世界之最，攻克“高原高寒地区冻土施工困难、高原生理健康保障困难、高原生态环境极其脆弱”三大世界难题，创造了多项世界第一。在工程实践基础上，国家电网公司组织编写了2卷12册400余万字的《青藏电力联网工程》，对工程管理、施工、科研、设计、物资、环保水保、医疗保障、试运行等工作进行了全面系统的总结。希望以此书的出版，铭记广大工程建设者的无私奉献，传承青藏联网精神，传播高寒高海拔地区输电工程建设技术和经验，为我国电网发展提供有益的借鉴和帮助，更好地服务经济社会发展。

刘振亚

2012年7月



前言

西宁—日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程，东起青海省西宁市西宁 750kV 变电站，西止青海省海西蒙古族藏族自治州格尔木市柴达木换流变电站，线路全长 1492km，是我国目前 750kV 输变电工程中海拔最高、输电距离最长的输变电工程。该工程是国家西部大开发战略 23 项重点工程之一，是青藏交直流联网工程的重要组成部分；是国家电网公司贯彻中央西部大开发战略、促进区域资源优化配置的重要举措；是国家电网公司围绕青海经济社会发展大局，加大东西帮扶力度，促进青海和西藏两省区经济社会持续发展的民心工程、光明工程。

西宁—日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程的建成与投运，是保障青海西藏两省区经济发展、电力供给的重要支撑；对于促进海西地区 330kV 电网发展、实现海西电网等级的全面升级、提高海西电网的供电可靠性有重要意义；是实现国家“西电东送”战略布局的重要通道。为 750kV 电网进入柴达木循环经济试验区，为新能源基地建设和后续开发奠定了坚实基础；也为通天河地区水电群的送出、西北电网的调峰提供了重要通道。实现了电网更大范围的优化配置，推进了“疆电外送”，加快了跨区输电通道的建设。

西宁—日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程从 2007 年 7 月正式启动前期工作，2010 年 7 月获得国家核准并开工建设。其中西宁—日月山

750kV 输变电工程于 2010 年 9 月 25 日正式投入试运营。日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程于 2011 年 9 月 25 日正式投入试运营。

西宁—日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程输电线路横贯青海省境内东西方向，沿线穿越高寒荒漠、高原草甸、戈壁灌丛等不同生态系统，生态环境脆弱，环境保护困难；所处海拔高，全线海拔 2420 ~ 3950m；地质条件异常复杂，气候环境恶劣。由于工程建设所处区域的特殊性、复杂性，设计面临诸多难题，因此国家电网公司对工程的前期论证、工程设计以及环保工作提出了比其他工程更高要求。

国家电网公司高度重视青藏交直流联网工程的前期论证工作，组织了国内多家科研单位进行攻关和研究。在国家电网公司的统一领导下，西北电力设计院负责并开展了交流部分的可研设计，对交流部分的系统方案和规模进行了充分的论证，论证的基本结论认为：西宁—日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程是青藏交直流联网工程的一部分，解决了海西地区高一级电压等级网络的建设，推动了西北电网 750kV 目标网架的实现，为青藏联网和疆电外送提供了重要通道；工程对青藏高原生态环境的影响，在落实环保和水保措施后能够得到有效控制。

西北电力设计院作为总牵头设计单位，先后组织开展了初步设计、施工图设计和竣工图设计 3 个设计阶段的设计工作。在设计过程中，设计单位根据西宁—日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程外部条件的复杂性、艰巨性、创新性，积极开展了包括高海拔设备的外绝缘研究、配电装置空气间隙研究、电磁环境、GIS 设备大板混凝土基础优化设计、变电站内 750kV 四分裂导线研究应用及防晕降噪技术研究、构架及拉线塔优化设

计、基础防腐等 20 余项技术专题研究，为确定工程设计技术方案奠定了基础，为建设精品工程创造了有力条件。

通过各设计参与单位的精心设计，提出了高海拔地区的 750kV 主设备技术规范；选择了合适的过电压保护方案，降低了 750kV 系统过电压水平；确定了 750kV GIS 最优布置型式，减少了占地面积，使交叉接线灵活；首次在 750kV 配电装置区域采用 750kV 四分裂导线及防晕金具，起到了防晕降噪的作用；优化了变电站的防风沙措施，减少了大风沙天气对变电站运行的不利影响；首次在草原、戈壁地区因地制宜的采用 V 型拉线塔，有效降低了工程投资，保护了草原生态环境；在适宜区段大规模采用了扩径导线，有效降低了工程投资；因地制宜地选配基础型式，有效保护了青藏高原脆弱的生态环境。所有这些创新工作不仅取得了丰富的成果，而且为日月山 750kV 变电站荣获 2011 年度中国建设工程“鲁班奖”奠定了良好的基础。

本书为《西宁—柴达木 750kV 输变电工程设计》分册，共分八章，分别为系统前期论证、工程概况、设计管理、变电工程设计、线路工程设计、系统通信工程设计、环境保护和水土保持以及设计创新成果，较全面地介绍了西宁—日月山—海西—柴达木 750kV 输变电工程设计工作的主要过程及主要内容，分别以变电和线路工程设计两大专业为主线重点突出地描述了高海拔超高压输变电工程中的关键技术，并对输变电工程中的技术特点和经验进行了简明扼要的总结，以期为我国超高压电网和特高压电网的加速发展提供借鉴。

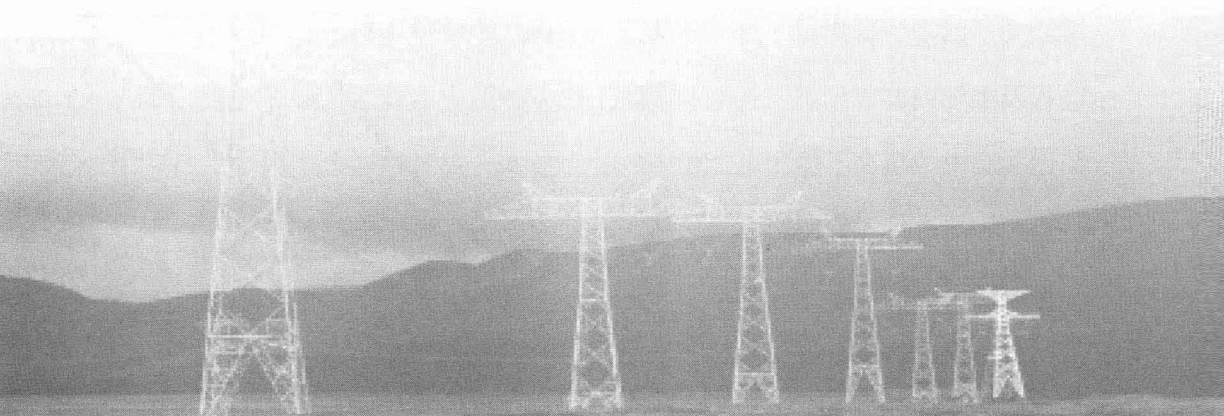
《西宁—柴达木 750kV 输变电工程设计》分册由西北电力设计院牵头，

青海省电力设计院、国核电力规划设计研究院参与编写。本书不仅是全体设计人员的智慧结晶，也是青藏交直流联网工程全体建设者的心血。本书的编写工作，得到了国家电网公司、青藏交直流联网工程建设总指挥部、青海省电力公司和西北电力设计院领导及各部门的极大关注、支持和参与，凝聚着全体参编同志的辛勤劳动和积极奉献。在此，我们对所有给予本书编写以支持的领导、专家以及关心支持这项工作的有关部门和人员表示衷心感谢！

由于编写时间仓促，编者水平有限，疏漏和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月



目 录

序 前 言

第一章 系统前期论证 / 1

- 第一节 电网现状与工程建设的必要性 / 3
- 第二节 系统论证过程与决策 / 13
- 第三节 工程建设方案论证 / 16
- 第四节 系统运行分析 / 23
- 第五节 主要结论及深远影响 / 27

第二章 工程概况 / 29

- 第一节 建设规模 / 31
- 第二节 工程条件 / 34
- 第三节 主要技术难点 / 37
- 第四节 主要技术指标 / 40

第三章 设计管理 / 43

- 第一节 指导思想 / 45
- 第二节 组织管理 / 45
- 第三节 过程管理 / 47

第四节 质量管理 / 51

第四章 变电工程设计 / 55

- 第一节 站址概况及条件 / 57
- 第二节 电气主接线 / 64
- 第三节 过电压及绝缘配合 / 72
- 第四节 电气设备选择 / 82
- 第五节 导体、绝缘子串及金具 / 91
- 第六节 配电装置设计及总平面布置 / 96
- 第七节 防雷与接地 / 110
- 第八节 站用电 / 113
- 第九节 系统二次 / 115
- 第十节 电气二次 / 121
- 第十一节 土建 / 128
- 第十二节 噪声控制 / 159
- 第十三节 大件设备运输 / 161

第五章 线路工程设计 / 165

- 第一节 线路路径 / 167
- 第二节 气象条件 / 170
- 第三节 导线和地线选型 / 176
- 第四节 绝缘配合 / 183
- 第五节 防雷与接地 / 194
- 第六节 绝缘子串和金具 / 195
- 第七节 导线对地和交叉跨越距离 / 199
- 第八节 杆塔与基础设计 / 201

第六章 系统通信工程设计 / 217

第一节 系统通信工程概况 / 219

第二节 通信工程设计 / 221

第七章 环境保护和水土保持 / 229

第一节 变电站环境特点及保护措施 / 231

第二节 输电线路环境特点及保护措施 / 239

第八章 设计创新成果 / 253

第一节 变电站部分创新成果 / 255

第二节 输变电部分创新成果 / 262

大事记 / 267

参考文献 / 274

CONTENTS

Preface

Foreword

Chapter 1 Early-phase system demonstration / 1

- Section 1 Grid status and necessity of project construction / 3
- Section 2 Demonstration process and decision-making / 13
- Section 3 Construction schemes comparison of Sining—Qaidam 750kV transmission and transformation project / 16
- Section 4 System operation analysis / 23
- Section 5 Main conclusions and far-reaching influence / 27

Chapter 2 Project general situation / 29

- Section 1 Construction scale / 31
- Section 2 Project conditions / 34
- Section 3 Main technical difficulties / 37
- Section 4 Main technical indexes / 40

Chapter 3 Design management / 43

- Section 1 Direction / 45
- Section 2 Organization management / 45
- Section 3 Process management / 47
- Section 4 Quality control / 51

Chapter 4 Design of transformation engineering / 55

- Section 1 Location and site condition / 57
- Section 2 Primary diagram main electrical connection / 64
- Section 3 Over voltage and insulation coordination / 72
- Section 4 Electrical equipments / 82
- Section 5 Conductor, insulator string and hardware fittings / 91
- Section 6 Power distribution equipments design and the general layout / 96
- Section 7 Lightning protection and grounding / 110
- Section 8 Service station system / 113
- Section 9 Electrical secondary system / 115
- Section 10 Electrical secondary side / 121
- Section 11 Civil work / 128
- Section 12 Noise restriction / 159
- Section 13 Large equipments transportation / 161

Chapter 5 Design of transmission line / 165

- Section 1 Routing / 167
- Section 2 Meteorological conditions / 170
- Section 3 Conducting and earth wire selection / 176
- Section 4 Insulation coordination / 183
- Section 5 Lightning protection and grounding / 194
- Section 6 Insulator string and hardware fitting / 195
- Section 7 Ground clearance and crossing / 199
- Section 8 Tower and foundation design / 201

Chapter 6 Communication system engineering design / 217

Section 1 Overview of communication system engineering / 219

Section 2 Communication project design / 221

Chapter 7 Environmental protection & water and soil conservation / 229

Section 1 Environmental characteristics and protection measures of substation / 231

Section 2 Environmental characteristics and protection measures of transmission line / 239

Chapter 8 Achievements and innovations in design / 253

Section 1 Achievements and innovations in substation design / 255

Section 2 Achievements and innovations in transmission line design / 262

Chronicle of events / 267

Reference / 274