

国家电网公司 750kV

输变电示范工程建设总结

系统规划分册



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结



ISBN 7-5083-4225-9



9 787508 342252 >

定价：30.00 元

销售分类建议：电力工程 / 输变电

国家电网公司 750kV

输变电示范工程建设总结

系统规划分册



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

国家电网公司 750kV 输变电示范工程, 填补了我国 500kV 以上电压等级超高压输变电工程技术和标准方面的空白。该工程的建设, 对加快我国电网发展, 积累特高压电网建设经验, 发展和加强西北骨干输电网架, 促进超高压输变电设备国产化, 具有极其重大的意义。

为了更全面、详实地反映 750kV 输变电示范工程建设过程并指导今后 750kV 输变电工程的建设, 国家电网公司继 2005 年 12 月出版《国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结》之后, 继续组织编写了系统规划、科研、设计、设备、施工、试验调试等六个专业分册。

本书为系统规划分册, 共分六章, 主要介绍西北电网的基本情况和发展历史, 330kV 电压等级出现的历史背景及发挥的巨大作用, 重点回顾了 750kV 电压等级的科学论证与决策的过程, 包括选择 750kV 电压等级的原因及技术经济的合理性和可行性等, 展望了 750kV 电网的发展规划。具体内容有概述、西北电网概况、电压等级论证、750kV 示范工程前期立项、西北 750kV 电网规划、结束语, 以及有关 330kV 和高一级电压等级论证报告等内容。

本书可供各区域电网公司、省(自治区、直辖市)电力公司、电力系统各建设单位, 以及从事电网建设工程规划、设计、管理、生产运行、设备制造等人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结. 系统规划分册/国家电网公司编. —北京: 中国电力出版社, 2006

ISBN 7-5083-4225-9

I. 国… II. 国… III. ①输电-电力工程-电力系统规划-中国②变电所-电力工程-电力系统规划-中国 IV. TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 033020 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)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 6 月第一版 2006 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 6.25 印张 82 千字

印数 0001—1000 册 定价 30.00 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)

**《国家电网公司 750kV 输变电示范
工程建设总结 系统规划分册》
编写组织人员名单**

编 委 会

主 任：刘振亚

副主任：郑宝森 舒印彪

委 员：刘本粹 王 敏 杜至刚 张国厚 李庆林 王益民
孙佩京 吴玉生 喻新强 栾 军 张 贺 梁旭明
王剑波 刘泽洪 刘肇绍 陈 峰 李卫东 时家林
王季平

专 家 组

组 长：周小谦

副组长：卢元荣 邵仲仁

成 员：(以姓氏笔画为序)

于幼文 王世阁 王海龙 方 静 印永华 兰增钰
付锡年 孙家骏 朱 跃 李 正 李宝金 郑怀清
林集明 胡 明 胡惠然 邬 雄 宿志一 谢景命

编 写 组

组 长：喻新强

副组长：李卫东 李新建

顾 问：刘本粹 邵仲仁

成 员：梁旭明 王剑波 何德兆 衣立东 左园忠
田卫东 丁燕生 张汝楨 杨攀峰 张惠勤

前 言

国家电网公司 750kV 输变电示范工程，西起青海省民和县官亭变电站，东至甘肃省榆中县兰州东变电站，线路全长 140.708km，是我国目前电压等级最高、世界上相同电压等级中海拔最高的输变电工程。该工程的开工建设和顺利投运，填补了我国 500kV 以上电压等级超高压输变电工程技术和标准方面的空白，对于加快我国电网发展，积累特高压电网建设经验，发展和加强西北骨干输电网架，促进超高压输变电设备国产化，具有极其重大和深远的意义。

750kV 示范工程是我国第一次自主设计、自主建设、自主设备制造、自主调试、自主运行管理的具有世界领先水平的输变电工程。本工程集电网规划、科研、设计、设备制造、试验调试、运行于一体，机械制造与电力行业团结协作，以企业为主体，以市场为导向，产学研相结合，走自主创新之路，攻克了一个个难关，不仅技术起点高，新材料、新工艺、新技术应用多，而且建设速度快、工程质量好、管理水平高。本工程从 2001 年开始前期工作，2003 年 9 月正式开工，在工程建设中，成功解决了多个具有挑战性的难题，仅用两年时间，就高标准、高质量、高效率地完成了整个工程建设任务；仅用 12 天时间，就顺利完成了从零起升流、零起升压到 72 小时试运行的全部调试试验任务，2005 年 9 月 26 日正式投入商业运营。750kV 示范工程的成功投产，标志着我国的电网建设项目从科研、工程设计、设备制造、施工到生产运行达到国际先进水平，创造了世界相同电压等级输变电工程建设的奇迹，并取得重大成果，代表了我国目前输变电工程建设的最高成就，谱写了我国电网发展史上的新篇章。

在国家电网公司党组的直接领导下，集中了国家电网公司系统区域电网公司、省电力公司的优势和专家的力量，西北电网有限公司作为示范工程建

设管理单位，组织广大参建单位协作攻关，克服了重重困难，终于完成了这一历史性的工程，是国家电网公司发挥集约化管理优势的成功典范。750kV 示范工程的顺利投运，充分体现了我国在电网规划、科研、工程设计、设备制造、施工及试验调试等各方面所具备的能力和潜力。

750kV 示范工程，是我国继三峡大型水电站送出工程之后，在电网建设方面又一个具有划时代、里程碑意义的重点工程，具有重要的示范作用。该工程不仅为充分利用西部地区丰富的能源，加快资源优势向经济优势转化，创造了更好的条件和机遇，而且对于推进“西电东送”北通道的建设，加快黄河上游水电和新疆、宁夏、陕北火电“打捆外送”，带动西北电力和地区经济社会的健康、持续发展将起到极为重要的作用。

认真总结示范工程建设经验，对于加快后续 750kV 输变电工程的建设及相关各项工作的开展具有十分重要的借鉴作用。为了更全面、详实地反映 750kV 输变电示范工程建设过程并指导今后 750kV 输变电工程的建设，2005 年 12 月，《国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结》正式出版。国家电网公司继续组织编写了系统规划、科研、设计、设备、施工、试验调试等六个专业分册。

本书为系统规划分册，共分六章，主要介绍西北电网的基本情况和发展历史，330kV 电压等级出现的历史背景及发挥的巨大作用，重点回顾了 750kV 电压等级的科学论证与决策的过程，包括选择 750kV 电压等级的原因及技术经济的合理性和可行性，展望了 750kV 电网的发展规划。具体内容有概述、西北电网概况、电压等级论证、750kV 示范工程前期立项、西北 750kV 电网规划、结束语，以及有关 330kV 和高一级电压等级论证报告内容等。

《国家电网公司 750kV 输变电示范工程建设总结》编写组

2006 年 3 月 27 日

目 录

前 言

1 概述	1
2 西北电网概况	4
2.1 西北电网的发展历程	5
2.2 西北电网的电源负荷特点	20
2.3 西北电网的电压等级	22
3 电压等级论证	25
3.1 国外 750kV 电网发展概况	25
3.2 西北电网电压等级论证过程	34
3.3 论证结论	44
4 750kV 示范工程前期立项	54
4.1 立项过程	54
4.2 示范工程的选取	56
4.3 示范工程规模与主要技术原则确定	59
5 西北 750kV 电网规划	63
5.1 西北电网与外区电网的关系	63
5.2 2010 年的规划	63
5.3 2020 年的规划	64
5.4 750kV 电网规模	66
6 结束语	68
附录 A 330kV 以上的电压等级论证 (1984 年完成)	69
A.1 报告背景	69
A.2 报告主要内容	69
A.3 报告结论及建议	71

附录 B	330kV 架空送电线路升压 500kV 初步可行性研究	
	(1986 年完成)	72
B.1	报告背景	72
B.2	报告主要内容	72
B.3	技术经济评价和存在问题	74
B.4	报告结论	75
附录 C	西北地区 330kV 以上电压等级论证 (1989 年完成)	76
C.1	报告背景	76
C.2	报告主要内容	76
C.3	报告结论	78
附录 D	西北电网高一级电压等级选择 (预初可研, 1998 年完成)	79
D.1	编制背景	79
D.2	报告主要内容	79
D.3	结论及建议	81
附录 E	西北电网高一级电压等级论证 (初可研, 1999 ~ 2000	
	年完成)	84
E.1	报告编制依据	84
E.2	报告主要内容	84
E.3	结论及建议	87

1 概 述

西北电网是全国六大跨省电网之一，已覆盖陕甘青宁四省（区）的大部分经济较发达地区，2005 年 9 月官亭—兰州东 750kV 输变电工程正式投运，主网电压等级为 750/330/110kV。

20 世纪 50 年代，当时西北地区仅形成陕西关中和甘肃兰州容量为 200MW 左右的 110kV 两个较大电网。随着电力负荷增长的需要，20 世纪 60 年代建设大型水电站盐锅峡水电站和刘家峡水电站，由于当时刘家峡水电站的供电范围仅考虑为甘肃省和青海省地区，故投产时刘家峡出一级 220kV 电压向甘青送电。随着国民经济的发展和电力规划的深入，甘青负荷比预计的小，出现了富余水电，为充分利用甘肃富余水电，原水利电力部再次下达研究刘家峡水电站合理供电范围的任务，经充分研究，并经原水利电力部、原机械工业部审定，确定刘家峡水电主要送入 550km 以外的关中电网，并确定建设刘一天一关 330kV 输电系统，于 1972 年投入运行。

经过 30 多年的发展，西北电网 330kV 线路已达 10701km，目前线路走廊已相当紧张，且由于电网特性决定了即使再增加 330kV 联络线路，其输送能力也不能成比例提高，潮流及稳定控制难度加大，局部地区短路电流水平接近断路器的遮断容量，稳定问题突出，输电能力低，难以适应电力系统日益增长的跨省区大功率交换的要求，已有的 330kV 电网也已趋于饱和，330kV 电网作为主网架已不能满足西北电网长距离、大容量的电力输送和交换要求，西北电网迫切需要发展高一级电压等级的电网。

西北高一级电压等级的论证工作始于 20 世纪 70 年代后期，国家政府部门和电力、机电制造界的科研、设计、学会等有关单位的许多领导、专家、学者和工程技术人员都参与过这项工作。特别是 1998 年以来，原国家电力公司明确将“西北电网高一级电压选择研究”课题列入科技项目计划，原国

电西北公司积极组织，召开了多次论证会议，分别邀请全国知名的院士、有关单位部门的领导和专家，专题研究“西北高一级电压等级选择”问题。长期、系统和全面的研究工作，证明了西北电网发展 750kV 电压等级的电网是科学、合理、经济、必要的，我国已具备 750kV 电压等级输变电设备的国产化能力，750kV 电压等级是西北电网的最佳选择。

(1) 750kV 是 330kV 之上合理的电压配置，也是国家标准电压等级，在世界上是一项成熟的技术，已经具有 30 多年的运行实践和设备制造经验。

(2) 西北电网采用 750kV 电压等级，是西北地区内部资源优化配置的需要，是黄河上游大水电送出的需要，是西北电网向区外送电的需要，是西北电网本身安全稳定和可靠运行的需要。西北电网同全国其他电网相比，规划电网服务面积大，能源基地至负荷中心及各负荷中心之间的距离较远，这些特点都决定了西北电网采用 750kV 具有更高的技术经济优势。西北电网的电压等级选择主要取决于西北电网自身的需要。

(3) 西北电网采用 750kV 作为更高一级输电电压，在技术上是可行的，经济上是合理的，近期可以确定的 750kV 线路长度有 2770km，有一定的市场规模。

(4) 我国的制造企业已基本具备自己制造 750kV 输变电主要设备的条件和能力，成套设备供应可以做到主要立足于国内生产。

(5) 目前各方面的研究及其成果表明，750kV 输变电系统的设计、施工等可以做到国内自主完成。

(6) 西北采用 750kV 作为更高一级输电电压，能够满足西北电网水火电打捆“西电东送”的需要，对“西电东送”北部通道起到重要支撑作用。高海拔地区采用 750kV 电压等级，将为全国其他地区高一级电网的形成提供了技术准备和物质准备。

2005 年 9 月 26 日，西北电网第一条 750kV 输变电示范工程正式投运，工程规模为 2 站 1 线，变电容量 3000MVA，线路长度 141km。按照“十一五”期间电网规划要求，西北电网将新增 750kV 变电容量 18000MVA，新增 750kV

输电线路 4900km。2011 ~ 2020 年，西北电网新增 750kV 变电容量 32700MVA，新增 750kV 输电线路 4300km。西北电网及时发展了 750kV 电压等级，满足了电力工业高速发展的需要，满足了陕甘青宁新西北五省（区）联网运行及更大范围内资源优化配置的需要，提升了我国整体机电制造水平。

2 西北电网概况

西北电网包括陕甘青宁新五省（区）电网，目前陕甘青宁电网和新疆电网尚未联网。

2004 年，陕甘青宁四省（区）全社会用电量达到 $1376.75 \times 10^8 \text{kWh}$ ，同比增长 19.2%，其中陕西 $465.29 \times 10^8 \text{kWh}$ ，甘肃 $451.7 \times 10^8 \text{kWh}$ ，青海 $189.76 \times 10^8 \text{kWh}$ ，宁夏 $270 \times 10^8 \text{kWh}$ 。陕甘青宁电网统调口径用电量达到 $1248.13 \times 10^8 \text{kWh}$ ，最高统调负荷 18510MW，其中陕西 6700MW，甘肃 6090MW，青海 2790MW，宁夏 4140MW。

截至 2004 年底，陕甘青宁全口径装机容量 27320.557MW，其中水电厂 9824.307MW，火电厂 17310.65MW，风电 106.6MW，其他 79MW，因此水电、火电、风电所占比例分别为 36%、63.4%、0.39%。陕甘青宁电网装机容量在 12MW 及以上的电厂共有 105 座，总装机约 25504.6MW，其中水电厂 36 座 8588.6MW，火电厂 64 座约 16679MW，燃机电站 3 座 144MW，风电 2 座 93MW，因此水电、火电、燃机、风电所占比例分别为 33.67%、65.40%、0.57%、0.36%。西北全网共投运 330kV 输电线路 115 条，总长度约 10701km，330kV 降压变电站 52 座，主变压器 98 台，总容量 20640MVA。

2005 年，陕甘青宁电网甘青、甘陕、甘宁跨省（区）断面分别形成了 6、4、4 回 330kV 联络线路。官亭—兰州东 750kV 输变电示范工程已于 2005 年 9 月正式投产。

新疆电网主要由新疆主电网、伊犁电网、阿勒泰电网、喀克电网及和田电网五个相对独立的电网组成，其中新疆主电网是最大的电网，最高运行电压等级为 220kV，喀克电网最高运行电压等级也为 220kV，其他地区性电网最高运行电压为 110kV。此外，境内还有一些隶属于兵团、石油和地方的 110kV、35kV 独立小电网。

截至 2004 年底,新疆全区电网发电装机总容量 6040MW,其中水电 970MW,占 16%;煤电 4960MW,占 82%;风电 10.50MW,占 1.7%。2004 年新疆全社会用电量总计 $265.7 \times 10^8 \text{kWh}$,同比增长 12.8%。其中第一产业 $23.7 \times 10^8 \text{kWh}$,同比增长 15.6%;第二产业 $191.6 \times 10^8 \text{kWh}$,同比增长 11.7%;第三产业 $26.8 \times 10^8 \text{kWh}$,同比增长 22.7%;城乡居民生活用电 $24.3 \times 10^8 \text{kWh}$,同比增长 9.3%。

新疆电网(包括伊犁、喀什和田电网)共建成 220kV 降压变电站 19 座,主变压器 28 台,总容量 2999MVA;220kV 输电线路 28 条,总长度 2955.094km;110kV 降压变电站共 181 座,110kV 主变压器 292 台,总容量 6300.8MVA;110kV 输电线路共 313 条,线路总长度为 10044km。

2.1 西北电网的发展历程

2.1.1 甘青电网的形成

20 世纪 50 年代,甘肃西固电厂 1957 年建成投产以及建成相应的西固至永登、白银 110kV 线路,甘肃兰州电网以西固热电厂为主要电源向兰州、白银、西固等工业区供电,形成甘肃兰州电网。到 1960 年,兰州电网发电设备总容量达 208MW。20 世纪 60 年代,盐锅峡水电站于 1961 年建成投产,解决了兰州电网初期缺电的难题。1969 年 3 月,刘家峡水电站第一台 225MW 机组投产,同年 4 月,在兰州市建成兰州电网第一座 220kV 龚家湾变电站。甘肃第一回 220kV 刘家峡至龚家湾送变电工程同年建成,形成了兰州 220kV 电网的雏形。

1965 年,青海桥头发电厂一期建成投产,二期随之开工建设。1971 年 6 月,桥头发电厂至韵家口变电站、红湾变电站至大堡子变电站、红湾变电站至韵家口变电站、韵家口变电站至乐都变电站的 110kV 线路以及红湾、韵家口、乐都变电站投运,构成了西宁地区 110kV 单环网。初步形成了青海 110kV 电网的雏形。

1968 年，国家计划委员会批准建设青海从甘肃刘家峡水电站经连城建设坪变电站至青海西宁红湾变电站的 220kV 输变电工程，1969 年 9 月工程开工，1970 年 8 月基本竣工。1971 年 6 月，220kV 输电线路和与之配套的 110kV 线路同时投运，从而实现了甘肃和青海的联网，初步组成了甘青电网。截至 1971 年 6 月，甘青电网内共有刘家峡水电站、盐锅峡水电站、西固热电厂、桥头发电厂 4 个电源点，有龚家湾、建设坪、红湾 3 座 220kV 变电站，19 座 110kV 变电站；通过 35kV 变电站，向兰州、西宁、白银及其附近各县工业企业和农村供电。

2.1.2 陕甘青电网的形成

1972 年，我国自力更生建设了从甘肃刘家峡水电站经天水秦安变电站至关中汤峪变电站的全国第一项超高压 330kV 输变电工程（简称为刘天关线路）。同年 5 月 10 日，甘肃电网与陕西电网在秦安变电站并网成功。同年 6 月 16 日正式投运，从此形成了陕甘青电网，结束了陕西电网孤立运行的历史。秦安变电站第一台 330kV 主变压器容量为 90MVA，有 7 回 110kV 线路出线，1981 年 3 月该站第二台 150MVA 主变压器投运。330kV 汤峪变电站 1 号主变压器容量为 150MVA，其三级电压是 330、121、11kV；2 号主变压器容量为 240MVA，其三级电压分别是 330、242、10.5kV。

20 世纪 70 年代，陕甘青电网建成投产刘家峡、秦岭一厂、略阳、石泉等发电厂和一大批与之配套的送变电工程，使电网规模得到了较大发展，形成了我国第一个 330kV 超高压电力系统。

刘家峡水电站是我国第一个以 330kV 级电压接入系统的百万千瓦级电站，刘天关 330kV 输电工程的建设，不仅促进形成了西北陕甘青联合电网，而且将我国最高电压等级由当时 220kV 提高到 330kV 超高压电压等级。为保证新的一级电压等级工程能按时投产，在当时历史条件下，无法进口国外设备，因此，1967 年 7 月水利电力部、一机部联合在西安召开了 330kV 输变电工程科研协调会议，各单位根据协议展开了 330kV 电压等级设备的科研、设

计和试验工作。1967年8月,水利电力部、一机部曾在北京联合召开电压标准讨论会,重议电压等级标准(330kV或380kV),最后确定刘关输变电工程,仍采用330kV级电压标准。接着1967年9月,水利电力部在北京召开刘关线路的路径会议,确定刘关线的路径为北线方案,即刘天关方案(南线方案为刘汉关),同年年底国家计划委员会正式批准设计任务书,提出线路的“设计容量按400MW左右考虑”。1968年,水利电力部军管会会同兰州军区、陕西省军区,确定秦安、汤峪为330kV线路的中间变电站和终端变电站。1969年1月,由水利电力部与兰州军区在兰州共同主持召开了“初步设计纲要审查及建设布署”会议,确定了设计原则,并成立330工程联合指挥部,于1969年3月开始筹建,1970年4月全线开工。在兰州军区和原水利电力部的领导下,经过两年多的紧张战斗在我国建成了第一条330kV输变电工程,于1972年6月16日正式投入运行。

西北330kV系统自1972年投运以来,成功地实现了黄河上游梯级电站与陕西、宁夏火电基地的水火补偿调节,充分地利用了廉价的水电电力,社会效益十分巨大,为西北地区国民经济的发展作出了巨大的贡献,现有的330kV电网保证了各电厂的安全满发和稳定运行。事实证明,330kV电网规划设计是正确的。

刘家峡送电关中采用什么电压问题,在1963年刘家峡接入电网设计时就做了分析。当时所考虑的电压等级有220kV双回线供电、330kV和380kV单回线供电以及500kV单回线等电压方案,其报告推荐采用330kV电压等级。现将水利电力部(64)水电计系字第34号文件的审查意见介绍如下:

“向关中供电,同意采用330kV电压,不考虑初期降压或过渡到更高电压运行的可能”。

但是,在1964年之后到1967年,国内对220kV以上电压等级是采用330kV或380kV有较大的争论,1967年8月对西北地区是采用330kV或380kV电压等级的问题,又做了论证,仍主张刘关线采用330kV电压等级。同年8~9月间,水利电力部、一机部召集了科研、设备制造、工程设计、