

# 三峡电站近区输电系统规划优化调整

周献林, 林廷卫

(中南电力设计院, 湖北省 武汉市 430071)

## Optimizing and Adjusting Course of Three Gorges Power Transmission Planning

ZHOU Xian-lin, LIN Ting-wei

(Central Southern China Electric Power Design Institute, Wuhan 430071, Hubei Province, China)

**ABSTRACT:** In view of its huge installed capacity and very complex transmission system, the design process of China's Three Gorges power station had been repeatedly demonstrated for more than ten years. The smooth construction, bringing into production and operation show that the planning scheme for Three Gorges power transmission project is successful. In this paper the design course of Three Gorges power transmission system is retrospected; the main planning schemes for Three Gorges power transmission system are reviewed; and the design results in different design stages are summarized.

**KEY WORDS:** Three Gorges power station; transmission system planning; optimize and adjust; energy consumption

**摘要:** 三峡电站装机容量巨大, 消纳范围广, 输电系统极其复杂, 其设计过程经历了 10 多年的反复论证和优化。三峡输电项目的顺利建设、投产和运行, 表明三峡输电系统规划方案是成功的。回顾了三峡输电规划的设计过程, 分析了主要规划方案, 对各阶段的主要设计成果进行了总结。

**关键词:** 三峡电站; 输电系统规划; 优化调整; 电能消纳

## 0 引言

三峡电站地处我国中部腹地, 随着电站及其输变电工程的建设, 目前已形成了覆盖华中(含川渝)、华东和广东共 11 个省市电网的三峡输电系统。该系统是世界上少有的几个特大型电力系统之一, 在全国电网互联格局中处于中心位置, 是全国电网的核心部分, 同时也创造了巨大的送电效益、错峰效益、水火互补效益和互为备用效益等, 为实现全国联网奠定了重要基础<sup>[1-2]</sup>。

自 1992 年开始至今, 三峡输电系统设计及其滚动规划工作已基本完成。三峡输电项目的顺利建设、投产和运行表明三峡输电系统规划是成功的, 输电方案不仅能满足三峡电力送得出、落得下、用得上的目标, 而且建设规模适宜, 达到了技术、经

济的和谐统一。本文将分析三峡输电规划的设计过程和主要设计成果。

## 1 三峡输电系统设计过程

三峡电站装机总容量为 18.2 GW(包含地下电站), 装机规模巨大, 供电范围广, 其输变电工程是一项建设周期长、起点高、具有特殊艰巨性和复杂性、能反映中国 21 世纪初先进输变电技术水平的巨大系统工程。整体来看, 三峡输电系统规划设计工作主要分为 3 个大的阶段:

1) 20 世纪 80 年代, 配合三峡工程可行性论证开展三峡输电系统规划工作。

本阶段主要配合三峡工程可行性研究开展三峡输电系统规划工作, 并提供电力系统相关资料, 该阶段工作研究思路及成果对后来三峡输电系统规划工作有一定的借鉴意义。

2) 20 世纪 90 年代, 在三峡工程批准后, 全面开展三峡输电系统规划工作<sup>[3-6]</sup>。

全国人民代表大会七届五次会议批准了兴建长江三峡枢纽工程, 并成立了国务院三峡工程建设委员会和中国长江三峡工程开发总公司, 明确了输变电部分由前能源部负责。1992 年 10 月前能源部在北京召开了三峡输变电设计工作会议, 拉开了再次开展三峡输电系统规划设计工作的序幕。经多年研究论证, 最终形成了《三峡输电系统设计》系列报告, 并以国三峡委发办字[1995]35 号文下达了《关于三峡工程输变电设计的批复意见》。该阶段报告是之后三峡输电系统规划修正、滚动调整和开展相关输变电项目的基础。

3) 2001 年至今, 开展三峡输电系统规划滚动和优化调整工作。

“十五”初, 根据全国及三峡近区电力市场、

电网规模及网架结构的变化情况，对三峡电站供电范围和电能消纳方案进行了调整。为了适应系统条件变化，在 90 年代设计的三峡输电系统规划方案的基础上，中国电力工程顾问集团公司再次组织中南电力设计院、华东电力设计院和西南电力设计院等对三峡输电系统进行了补充设计研究，明确了三峡输电系统调整方案。2002 年由国务院三峡工程建设委员会批复确定了三峡输变电工程的总体规模和投资以及具体工程项目。此后，为了确保三峡输变电系统的实现，进一步落实了具体工程项目，结合系统发展情况，有关设计单位对三峡配套建设的新建变电站进行了变电站接入系统设计，研究和确定了变电站规模、出线及系统对变电站有关参数的要求等内容，为项目的后续工作提供了技术支持。

## 2 国三峡委发办字[1995]35 号文批复的三峡输电系统方案

1992—1994 年由原电力规划设计总院、中南电力设计院、华东电力设计院、西南电力设计院等单位共同完成了《三峡输电系统设计》共 10 卷报告，基本确定了三峡电站的输电方向、输电方式、大区间的送电能力及三峡电力外送网架方案等。经多次设计评审，1995 年以国三峡委发办字[1995]35 号文下达了《关于三峡工程输变电系统设计的批复意见》，批复意见主要内容如下：

1) 三峡水电站供电范围包含华中、华东和四川等，其中向华中、华东和川东(现重庆)分别送电 12、7.2、2 GW。

2) 三峡输电系统共建线路 9 100 km，其中直流线路总长 2 200 km。交流变电容量为 2.475 万 MVA，直流换流站(含送端及受端)容量为 12 GW。

3) 三峡向华东送电全部采用 $\pm 500$  kV 直流方案，首端换流站站址在坝区外选择；三峡向华中、川东(现重庆)送电采用交流 500 kV 方案，华东配套交流部分按 500 kV 电压等级设计。

4) 三峡电站出线按 15 回出线设计。

本阶段三峡近区电网规划如图 1 所示，三峡电站共有 15 回 500 kV 出线，其中左一电站有 2 回至万县，有 3 回至龙泉；左二电站有 1 回至双河，有 2 回至斗笠；右一电站有 2 回至葛洲坝，有 2 回至江陵；右二电站有 3 回至宜都。

从网架结构来看，本阶段三峡电站输电系统设计明确了三峡电站总的出线规模、出线电压等级以

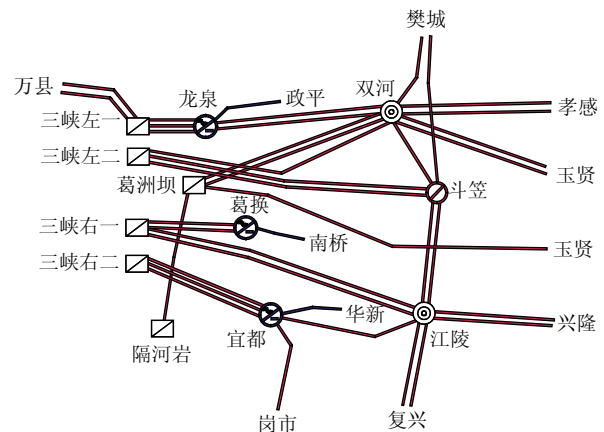


图 1 [1995]35 号文批复的三峡电站近区输电系统方案示意图

Fig. 1 The schematic diagram of Three Gorges transmission system mentioned in No.35 file (1995)

及三峡跨区的送电方式等。该设计方案成为长委设计单位进行电站设计工作的基础，在电能消纳方案尚不明朗的情况下，为三峡电站初步设计工作的顺利推进创造了有利条件，同时也较好地解决了三峡电站电力送出问题，基本确立了三峡电能整体外送平台架构，为后续输电系统的优化调整建立了坚实基础。

## 3 斗笠替代双河成为三峡左岸电站外送枢纽

由图 1 可知，三峡左岸电站主要经由双河、斗笠两站接入华中主网，其中双河远期进出线规模达到 11 回，成为汇集左一、左二电站、葛洲坝及隔河岩电站的枢纽点，并经由双河—樊城、双河—孝感、双河—玉贤及双河—斗笠等通道向华中主网转送电能，相对而言斗笠站共有 6 回出线，主要承担汇集左二电站电力及构建中部主框架的作用。

90 年代后期，综合系统需要和工程实施情况等因素后对原设计方案进行了优化。考虑到双河变电站已运行 20 多年，其站内设备、规划规模等均难以适应三峡输电系统的需要，结合三峡送出通道线路路径选择情况，最终确定三峡电站出线不进双河，具体调整方案为：左一电站出线 3 回至龙泉换流站，龙泉出线 2 回至斗笠，左二出线 3 回均至斗笠，双河至孝感 2 回出线调整为斗笠至孝感 2 回出线。调整后的三峡近区电网规划如图 2 所示<sup>[7-9]</sup>。

本阶段优化方案由斗笠代替双河成为三峡左岸电站外送枢纽，有利于缓解双河站潮流汇聚压力，也便于远期三峡外送通道与葛洲坝外送通道的分离，网络结构更为清晰。此外，该优化方案的中部主框架已基本成型，三峡左岸、右岸电站通过斗

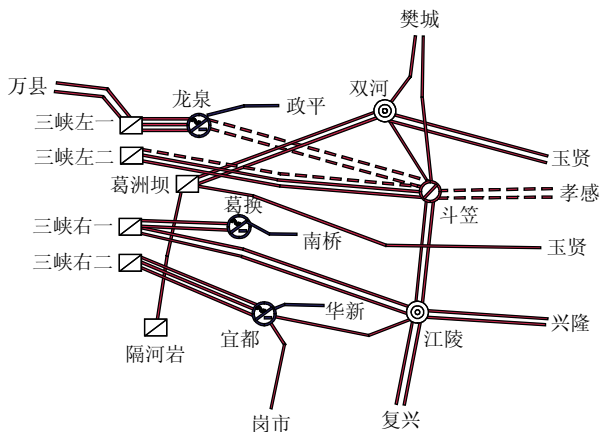


图2 调整斗笠为枢纽站方案示意图  
(虚线表示本阶段调整线路)

Fig. 2 The schematic diagram of the scheme after Douli station turned into a junction (dotted lines mean adjustment lines)

笠和江陵 2 个枢纽点建立起紧密的电气联系, 对于提高系统稳定运行水平具有重要意义。

#### 4 三峡送电至广东输变电系统规划调整

“十五”初, 随着我国国民经济的战略性结构调整, 全国电力市场产生了重大变化, 由全面短缺逐渐达到低水平下的供需平衡。为适应三峡供电区电力市场变化, 对三峡电站供电范围和电能消纳方案进行了相应调整。2000 年, 根据广东“十五”期间负荷增长需要, 国务院办公厅会议研究确定“十五”期间向广东送电 10 GW, 其中包括三峡(华中)向广东送电 3 GW。三峡(华中)向广东送电可缓解广东电力供应不足以及华中电力市场相对饱和的矛盾, 保障了三峡电力的可靠消纳, 近期还可以通过三峡输电系统将四川部分丰水期富余电力送往广东, 有利于合理利用电力资源和实现更大范围内的资源优化配置。

经充分研究论证, 并考虑建设工期、直流设备规范化及国产化等因素后, 三峡送电广东工程最终采用 $\pm 500$  kV 直流输电方式, 输送容量为 3 GW, 要求 2004 年初单极投运, 2004 年 6 月双极投运。

根据三广直流可研审定意见, 该直流系统起点为江陵站, 并推荐换流站与 500 kV 江陵变电站合建。为保障该直流输电工程送端电源组织的合理性, 减轻斗笠—江陵线路的潮流压力, 原三峡左二电站 3 回出线由接入斗笠站相应调整为接入江陵换流站。调整后的三峡近区网架结构如图 3 所示<sup>[10-13]</sup>。

综合来看, 本次三峡输电系统优化调整是应三峡电力消纳方案变化(增加三峡送广东 3 GW)而做

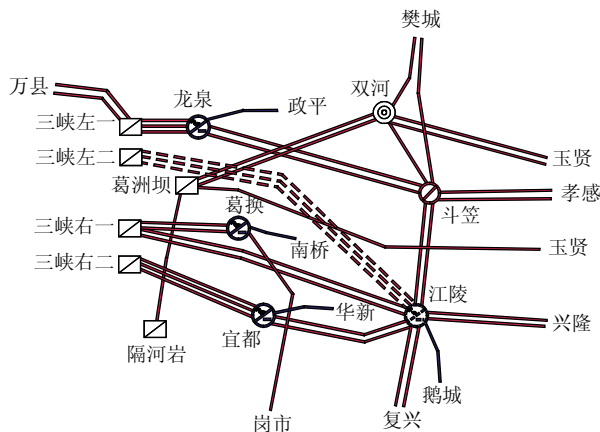


图3 三峡送电至广东调整方案示意图  
(虚线表示本阶段调整线路)

Fig. 3 The schematic diagram of the adjusted scheme for Three Gorges power sent to Guangdong (dotted lines mean adjustment lines)

出的调整。从调整后网架结构来看, 江陵站集中了三峡左二、右一、右二的全部交流进线, 已成为三峡电力送出的重要枢纽之一, 而三广直流输电工程的建设, 实现了南方电网与华中电网的联网, 对于缓解广东电力供需紧张局面和保障三峡电能的可靠消纳具有重要意义。

#### 5 三万线改接及万龙线串补工程

根据原三峡输电规划, 三峡送川东输电能力按 2 GW 设计, 三峡左一—万县双回 500 kV 线路的建设较好地满足了这一要求。“十五”期间, 随着四川水电基地电源开发进度的加快, 四川电网丰水期产生的部分富余电力需外送消纳。

为了充分利用四川富余电能, 减少弃水, 经论证确定以较小代价通过万县—三峡通道将川电送到华中(东四省)进行消纳, 而三峡输变电部分单项工程需进行相应调整<sup>[14-15]</sup>。

1) 2002 年三峡左一—万县 I 回与三峡左一—龙泉 II 回临时跨接, 形成万县—龙泉 I 回 500 kV 联络线。

2) 2003 年三峡左一电站投产后, 恢复三峡左一—万县 I 回与三峡左一—龙泉 II 回线路运行。

3) 2005 年, 为保障三峡左一电站电力的可靠送出, 同时为满足川电东送 1~1.5 GW 的输送能力, 将万县—三峡 II 回调整为万县—龙泉, 同时加强龙泉—荆门 I 回线路。

4) 为进一步扩大川电东送能力及提高华中电网稳定水平, 2006 年将万县—三峡 I 回改接至龙泉, 同时在万县—龙泉双回线路上加装 35% 的串联补

偿装置。

综合来看，将万县—三峡线路从左一电站解出后，三峡左一送出与川电东送潮流分别经由独立通道注入龙泉，避免了因川电东送容量大导致三峡左一—龙泉通道重载甚至过载的问题，有利于保障三峡左一电站电力的可靠送出，网架结构也更清晰。

经以上调整后，三峡近区网架规划如图 4 所示。

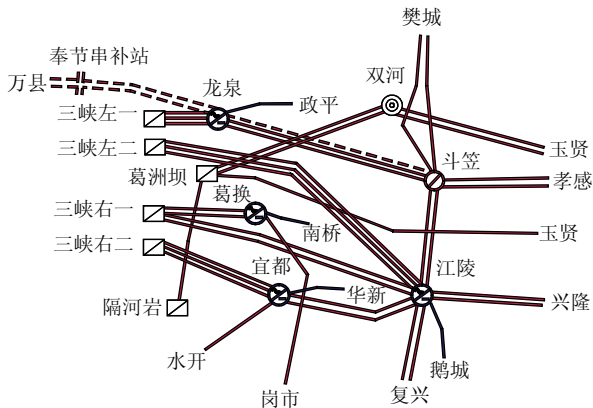


图 4 三万线改接方案示意图(虚线表示本阶段调整线路)  
 Fig. 4 The schematic diagram of the adjusted scheme of Three Gorges to Wanxian line(dotted lines mean adjusted lines)

### 6 宜都—江陵线改接

“十一五”期间，随着三峡电站送出输变电工程逐步建成和投运，由斗笠—孝感—玉贤—凤凰山—咸宁—兴隆—江陵—斗笠构成的 500 kV 中部主框架也已成型，并成为汇聚川电，衔接河南、湖南及江西电网的中部枢纽。此外，2008 年底晋东南—南阳—荆门特高压试验示范工程的建成投运，也使华中与华北电网建立起 1 000 kV 的电气联系，打通了南北水火电力调剂运行的通道。

电源及电网建设的快速发展，使三峡近区电网规模日益扩大，短路电流增长势头凸显。为限制该地区的短路电流水平，国家电网公司组织相关单位进行了研究，最终提出将宜都—江陵线改接至兴隆的限流方案，改接后电网结构如图 5 所示<sup>[16-17]</sup>。

该网架方案将右二送出通道从江陵解出，限流效果较为显著，同时也保留了华中中部主框架的完整性，实现了三峡电力的分散注入，潮流分布合理，工程实施也较为便利。

### 7 结语

纵观整个三峡输电系统设计过程，其设计工作贯彻了统一规划、尊重科学、民主集中的原则，全体工作人员发挥了勇于拼搏、敢于创新、协调配合

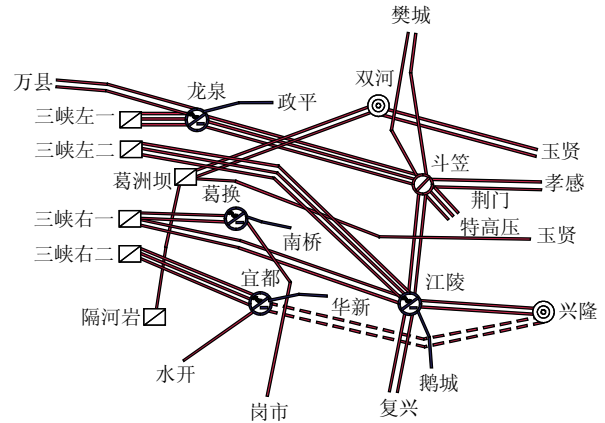


图 5 宜都—江陵线改接方案示意图  
 (虚线表示本阶段调整线路)

Fig. 5 The schematic diagram of the adjusted scheme of Yidu to Jiangling line(dotted lines mean adjustment lines)

的精神，取得了三峡输电系统设计的丰硕成果。

回顾三峡输电系统设计历程，可归纳得到以下成功经验：

- 1) 电力消纳及电力流向研究是系统规划设计的基础，对于输电规划设计工作具有重要的指导意义。对于大型电源输电系统设计尤其应注重其电力消纳方案研究，并应充分考虑近远期系统的发展适应性。
- 2) 电网规划及建设要适当超前，并应加强电网主体框架的规划设计，以协调电网建设与负荷发展、电源建设的关系，满足系统各时期的发展需求。
- 3) 正确处理电网效益与安全运行的关系，把建立合理的电网结构、提高电网运行的安全稳定水平放在第一位，网架结构不仅要保证第 1 道防线的要求，还要为建立电网的第 2、3 道防线奠定基础。
- 4) 积极推进电网先进技术的运用，提升电网整体技术水平和经济效益。在输电系统设计中应积极考虑采用同塔双回、大截面导线、静补、串补、紧凑型线路等新技术，以提高电网运行水平，降低电网运营成本，实现电力工业的可持续发展。

### 参考文献

[1] 周小谦, 丁功扬, 郭日彩. 三峡电力系统的形成和发展[J]. 电网技术, 1998, 22(3): 1-3.  
 Zhou Xiaoqian, Ding Gongyang, Guo Ricai. Forming and development of the Three Gorges power system[J]. Power System Technology, 1998, 22(3): 1-3(in Chinese).

[2] 丁功扬. 三峡电站的特点、特性及其在系统中的地位和作用[J]. 电网技术, 2000, 24(8): 1-4.  
 Ding Gongyang. Features and characteristics of three gorges plant and its position and effect in Three Gorges power system[J]. Power System Technology, 2000, 24(8): 1-4(in Chinese).

[3] 电力规划设计总院, 中南电力设计院, 华东电力设计院, 等. 三峡输电系统设计[R]. 武汉: 中南电力设计院, 1994.



- [4] 韩启业, 赵遵廉. 配合三峡工程华中华东联网方案研究[J]. 电网技术, 1994, 18(5): 18-22.  
Han Qiye, Zhao Zunlian. The research on the power network connection between central China and east China[J]. Power System Technology, 1994, 18(5): 18-22(in Chinese).
- [5] 郑美特. 三峡电力系统与全国联合电网问题的研究[J]. 电网技术, 1995, 19(7): 1-4.  
Zheng Meite. A study of Three Gorges power system and integrated power system for all country[J]. Power System Technology, 1995, 19(7): 1-4(in Chinese).
- [6] 叶运良, 杨海涛. 三峡水电站输电网络结构研究[J]. 电网技术, 1994, 18(3): 22-27.  
Ye Yunliang, Yang Haitao. Three Gorges transmission grid structure research[J]. Power System Technology, 1994, 18(3): 22-27(in Chinese).
- [7] 中南电力设计院. 三峡左一电站送电双河可行性研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 1997.
- [8] 中南电力设计院. 三峡左一电站送电荆门可行性研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 1997.
- [9] 中南电力设计院. 三峡近区供电主网架优化研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 1997.
- [10] 中国电力顾问集团公司, 中南电力设计院, 西南电力设计院. 三峡输电系统设计补充研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 2001.
- [11] 中国电力顾问集团公司, 中南电力设计院, 西南电力设计院. 川电外送电网问题研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 2001.
- [12] 中国电力顾问集团公司, 中南电力设计院. 三峡向广东送电 3 TW 系统研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 2001.
- [13] 吴敬儒, 卢元荣. 三峡枢纽工程的规划与建设[J]. 电网技术, 2002, 26(12): 1-4.  
Wu Jingru, Liu Yuanrong. Planning and construction of Three Gorges key project[J]. Power System Technology, 2002, 26(12): 1-4(in Chinese).
- [14] 中南电力设计院. 万县至三峡(龙泉)500 kV 线路加装串联补偿装置可行性研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 2004.
- [15] 中南电力设计院. 万县至三峡(龙泉)500 kV 线路加强方案专题研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 2005.
- [16] 中国电力科学研究院, 华中电网有限公司. 三峡近区电网短路电流控制措施专题研究[R]. 北京: 中国电力科学研究院, 2007.
- [17] 中南电力设计院. 宜都至江陵改接至兴隆 500 kV 线路工程可行性研究[R]. 武汉: 中南电力设计院, 2008.

收稿日期: 2009-09-08。

作者简介:

周献林(1956—), 女, 教授级高级工程师, 从事电力系统规划工作, E-mail: zhouxianlin@csepedi.com;

林廷卫(1965—), 男, 教授级高级工程师, 从事电力系统规划工作。



周献林

(编辑 徐梅)