



国家电网公司
电力科技著作出版项目

大截面导线 及其相关技术

刘泽洪 主编



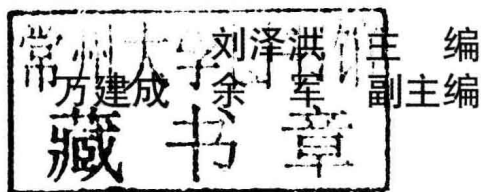
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网公司
电力科技著作出版项目

十二五国家重点图书出版规划项目

大截面导线 及其相关技术



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

采用大截面导线输电,可以适度降低电流密度,减少输电线路的功率损耗。本书包括首创的四层结构大截面导线的研制,以及配套金具、施工机械与工器具、施工相关技术等内容,相关成果已在锦苏工程和宁东直流工程中得到实际应用。本书内容全面、技术先进,且具有较高的推广应用价值,适合从事导线及配套金具研制、施工放线的科研技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

大截面导线及其相关技术/刘泽洪主编. —北京:中国电力出版社, 2011

ISBN 978-7-5123-1336-1

I. ①大… II. ①刘… III. ①架空线路:输电线路—研究
IV. ①TM726.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 014887 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>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 12 月第一版 2011 年 12 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 11.5 印张 194 千字 3 插页

印数 0001—3000 册 定价 36.00 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

本书编委会

主 编 刘泽洪

副主编 万建成 余 军

参编人员 (按姓氏笔画排序)

王 洪	张有富	朱宽军	王景朝	牛海军
刘 臻	李 正	董玉明	缪 谦	夏拥军
裘雅萍	陈 宁	孔耕牛	雍建华	席小丽
朱永平	郎福堂	贾聪彬	杨 林	寻 凯
朱艳君	程永锋	李 彪	赵江涛	刘胜春

前言

大截面导线及其相关技术

国家电网公司从我国能源战略的高度出发,综合分析我国能源资源分布、能源传输需求和发展变化趋势,确定了建设特高压电网的重大战略举措。不久的将来,我国将建成以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强智能电网。

由于特高压直流输电线路具有输送容量大、送电距离远、输电损耗小、节省线路走廊等优点,国家电网公司开工建设了 $\pm 800\text{kV}$ 锦屏—苏南特高压直流输电工程(简称锦苏工程)和宁东—山东 $\pm 660\text{kV}$ 直流输电线路示范工程(简称宁东直流工程)。锦苏工程输送功率 7200MW ,输电距离为 2090km 。宁东直流工程输送功率 4000MW ,输电距离为 1330km 。

大功率、远距离输电的损耗增大,因此在选择直流输电线路的导线截面时,应结合直流输电线路的特点和工程的具体情况,加大导电截面,适度降低电流密度。加大导电截面有两种方式:①增加分裂导线数;②在确定了满足输电线路电磁环境要求的最少分裂导线数后,采用更大截面导线。考虑经济因素,采用大截面导线更为合理。在满足电磁环境要求的前提下,直流输电线路采用大截面导线,可以降低电流密度,减少输电线路的功率损耗,同时可以减少导线分裂数,降低风冰载,节省本体造价,这对于我国建设特高压电网具有重大意义。

国家电网公司于2008年初将“大截面导线技术及其在特高压直流工程中的应用研究”作为科研项目立项,由中国电力科学研究院和国家电网公司直流建设分公司共同承担。2009年初立项研究“ 1000mm^2 大截面导线研制及工程应用技术研究”,由中国电力科学研究院牵头。

课题组依托锦苏工程和宁东直流工程,开展了大截面导线和配套金具的研制、施工技术及配套机具的研究工作,为我国超高压和特高压输电线路采用更大截面的导线奠定了基础,提高了我国电力装备制造水平和输变电工程建设水平。同时,依托重大工程建设,进行相关技术的前期研究和技术储备,对国家

电力科技的持续发展和后续电网工程建设，都具有非常重要的意义。

为了将课题成果及工程实践经验推广应用，国家电网公司特高压建设部和建设部组织有关单位编写了本书，旨在为相关工程技术人员提供参考。本书主要包括导线研制、金具、施工机械与工器具、施工相关技术等内容。 900mm^2 导线是国内继 720mm^2 导线之后在大截面导线研发及应用方面取得的重要成果，开创了四层结构大截面导线研发应用的先河，在导线发展史上具有重要的里程碑意义，为今后更大截面导线的研究和工程应用奠定了基础。

本书还将 1000mm^2 大截面导线的研究成果进行了总结。2010 年 10 月， $4\times 1000\text{mm}^2$ 大截面导线单极投运，2011 年 2 月底双极投运。宁东直流工程初步运行经验表明，导线压接管温升、弧垂变化等均满足导线标准、工程设计及运行要求，运行情况良好，为大截面导线的应用和推广积累了宝贵的经验。

参与本书编写工作的单位有中国电力科学研究院、国家电网公司直流建设分公司、西北电力设计院、北京送变电公司、南京线路器材厂。本书的编写工作得到了国家电网公司科技部和有关部门领导的关心和指导，以及中国电力工程顾问集团公司、吉林省送变电公司、远东电缆有限公司、上海中天铝线有限公司、无锡华能电缆有限公司、青岛汉缆股份有限公司、河北电力中兴电缆有限责任公司、江苏捷凯电力器材集团、辽宁锦兴电力金具科技股份有限公司等单位的大力支持和配合，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，不足之处，敬请读者批评指正。

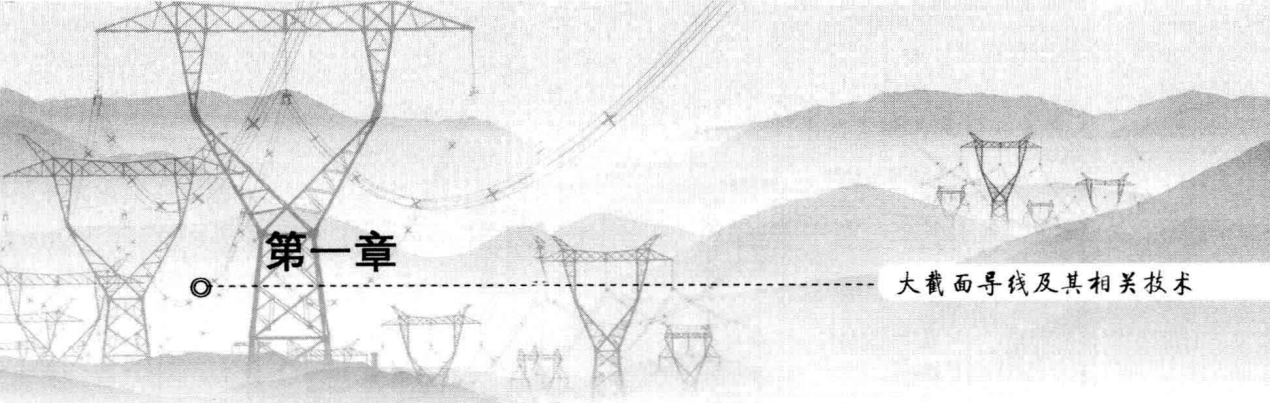
目录

大截面导线及其相关技术

前言

第一章 总论	1
第一节 大截面导线在国内外的应用情况	1
第二节 锦苏工程导线选型	3
第三节 大截面导线应用的配套技术	14
第二章 导线研制	16
第一节 导线设计方法	16
第二节 900mm^2 导线技术参数	22
第三节 导线制造技术	26
第四节 导线交货盘	35
第五节 张力放线对导线性能的影响	40
第三章 金具	47
第一节 耐张线夹及接续管	47
第二节 防振锤	54
第三节 间隔棒	59
第四节 悬垂线夹	67
第四章 施工机械与工器具	71
第一节 概述	71
第二节 放线滑车	72
第三节 卡线器	79
第四节 网套连接器和导线牵引管	86
第五节 导线接续管保护套	92
第六节 大截面导线压接用 3000kN 压接机	94
第七节 50kN 液压绞磨	97
第八节 大截面多分裂导线间隔棒安装用机动飞车	100

第五章 施工相关技术	104
第一节 张力放线施工方式.....	104
第二节 现场展放试验.....	107
第三节 $2\times$ “一牵 3” 张力放线工艺	120
第四节 “二牵 6” 张力放线工艺	127
第五节 “一牵 4” + “一牵 2” 张力放线工艺.....	135
第六节 耐张线夹及接续管压接工艺.....	138
第六章 1000mm^2 大截面导线及其相关技术	141
第一节 宁东—山东 $\pm 660\text{kV}$ 直流线路工程导线选型.....	141
第二节 JL/G3A—1000/45—72/7 导线的参数	143
第三节 JL/G3A—1000/45—72/7 导线施工设备选择	146
第四节 压接工艺.....	159
第七章 大截面导线研究工作成果与展望	168
第一节 900mm^2 大截面导线及配套技术成果	168
第二节 1000mm^2 大截面导线关键技术研究成果	171
第三节 研究工作对新技术的推动作用.....	173
第四节 大截面导线应用展望.....	173
参考文献	175



总 论

第一节 大截面导线在国内外的应用情况

大截面导线输电技术可解决出线回路多而出线走廊资源有限的问题，能显著提高输电走廊的效率，降低因大范围征地带来的经济和社会成本。大截面导线的可听噪声和无线电干扰都比较小，可以减少对居民生活环境的影响。

一、国外大截面导线的应用情况

国外大截面导线的应用开始得较早且应用非常广泛，详见表 1-1。其中有代表性的是美国的太平洋联络线（二分裂），兴建于 20 世纪 60 年代， $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路全长 1362km ，使用了 ACSR—1170/65 导线；20 世纪 80 年代，巴西的 $\pm 600\text{kV}$ 直流输电线路采用了 ACSR—1272（kCM^①）导线，目前巴西拟建的 Madeira River $\pm 600\text{kV}$ 直流输电线路拟采用 ACSR—1170/65（四分裂）导线。

由于日本在线路设计时按照事故情况下导线发热允许的电流来选择导线截面积（正常负荷情况下经济电流密度较小），所以在各个电压等级普遍采用大截面导线，日本 275kV 系统中普遍采用 $2 \times 810\text{mm}^2$ 、 $2 \times 1160\text{mm}^2$ 、 $4 \times 810\text{mm}^2$ 导线； 500kV 采用 $4 \times 1520\text{mm}^2$ 、 $6 \times 810\text{mm}^2$ 导线； 1000kV 采用 $8 \times 810\text{mm}^2$ 、 $8 \times 960\text{mm}^2$ 导线。

二、国内较大截面导线的应用情况

随着社会经济和输电技术的发展，我国架空输电线路所用导线截面积呈逐渐增大的趋势。我国 500kV 输电线路建设初期导电截面积为 $300 \sim 400\text{mm}^2$ ，20 世纪 90 年代初导线截面积扩大至 $500 \sim 630\text{mm}^2$ ，随着三峡直流送出工程的建设又扩至 720mm^2 。与国外大截面导线的应用情况相比，我国大截面导线输

① 1kCM （千圆密尔） $= 0.5066\text{mm}^2$ 。

表 1-1 国外大截面导线的应用情况

序号	型 号	结构 (股数/直径 mm)		截面积 (mm ²)			外径 (mm)	标准	备 注
		铝	钢	铝	钢	总计			
1	ACSR—645/45	45/4.270	7/2.847	644.40	44.56	688.96	34.16	美 ASTM B232	巴西±600kV 直流输电线路（四分 裂）
2	ACSR—645/18	36/4.775	1/4.775	644.67	17.91	662.58	33.43	美 ASTM B232	印度±500kV 直流输电线路（四分 裂）
3	ACSR—720/50	45/4.53	7/3.02	725.27	50.14	775.41	36.24	美 ASTM B232	±500kV 直流输电线路（四分裂）
4	ACSR—815/55	45/4.80	7/3.20	814.30	56.30	870.60	38.40	日 JEC 3404	日本 500kV、1000kV 交流输电线路 （四～十分裂）
5	ACSR—960/80	84/3.81	7/3.81	957.68	79.81	1037.49	41.91	日 JEC 3404	日本 1000kV 交流输电线路（八分裂）
6	ACSR—1160/95	84/4.2	7/4.2	1163	96.95	1260	46.20	日 JEC 3404	日本 275kV 交流输电线路（二分裂）
7	ACSR—1520/125	84/4.8	7/4.8	1520	126.70	1647	52.80	日 JEC 3404	日本 500kV 交流输电线路（四分裂）
8	ACSR—1100/47	72/4.407	7/2.939	1098.27	47.49	1145.76	44.07	美 ASTM B232	美国 345kV 交流、±250kV 直流输电 线路
9	ACSR—930/40	72/4.06	7/2.71	932.13	40.38	972.51	40.64	加 CAN/ CSA—C49.1-M87	加拿大±450kV 直流输电线路（二分 裂）
10	ACSR—1170/65	76/4.43	19/2.07	1171.42	63.94	1235.36	45.79	美 ASTM B232	巴西 Madeira River±600kV 直流输电 线路（四分裂）
11	ACSR—1170/65	76/4.430	19/2.068	1171.42	63.82	1235.24	45.78	美 ASTM B232	太平洋联络线，±500kV 直流输电电 路（二分裂）

电应用还有很大差距,但发展的空间也很大。

我国大截面导线主要应用于直流输电以及东部经济发达地区的交流主干网。截至 2009 年底,国内输电线路应用的最大截面导线型号规格为 ACSR—720/50,导线截面积为 725mm^2 ,总截面积为 775mm^2 。例如,为三峡输变电工程配套的 4 条 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路均采用了 ACSR—720/50 大截面导线,每条线路可输送 3000MW 的电能:①湖北宜昌(龙泉)—江苏常州(政平)直流输电线路,是三峡水电站送往华东的第一回直流输电线路,经过湖北、安徽、江苏三省,全长 860km;②湖北荆州—广东惠州直流输电线路,经过湖北、湖南、广东三省,全长 975km;③湖北宜都—上海华新直流输电线路,经过湖北、安徽、江苏、浙江和上海四省一市,全长 1075km;④三峡地下电站外送的湖北荆门—上海枫泾直流输电线路,该线路与葛洲坝—上海南桥直流输电线路同塔,经过湖北、安徽、江苏、浙江和上海四省一市,全长 1000km。贵州兴义—广东广州 I、II 回 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路也采用 ACSR—720/50 大截面导线,全长 882km。另外,在我国华东地区和华南地区也有诸多 500kV 交流输电线路采用 ACSR—720/50 大截面导线。

第二节 锦苏工程导线选型

一、锦苏工程总体介绍

国家电网公司特高压骨干网架规划研究成果中关于锦屏水电站直流送出工程的初步方案为:将锦屏一级、二级和官地三个梯级水电站作为一组电源送出,推荐采用 1 回特高压直流线路和 4 回(同塔双回) 500kV 交流线路共三个通道联合送出;建设四川西昌裕隆换流站—江苏吴江同里换流站 1 回 $\pm 800\text{kV}$ 直流输电线路,送电规模 7200MW,直流输电距离 2090km。根据锦屏水电站机组建设进度,锦屏(西昌)—苏南(吴江) $\pm 800\text{kV}$ 直流输电工程(简称锦苏工程)将于“十二五”期间建成投产。

特高压直流系统标称电压 $\pm 800\text{kV}$,最高运行电压 $\pm 816\text{kV}$,额定输送功率 7200MW,最大连续输送功率 7600MW。

锦苏工程建成投运后,两端电力系统地理接线示意图见图 1-1。

二、线路概况

(一) 线路路径

锦苏工程起自四川西昌 $\pm 800\text{kV}$ 裕隆换流站,止于江苏吴江 $\pm 800\text{kV}$ 同

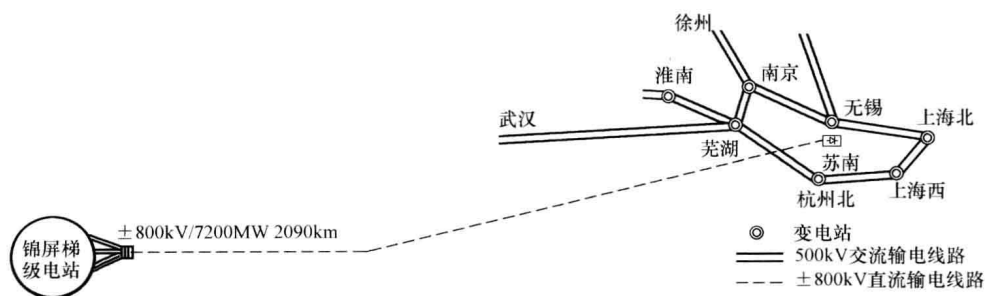


图 1-1 锦苏工程两端电力系统地理接线示意图

里换流站。全线总长度约 2090km (包括 4 处长江大跨越段, 长度约为 11.7km)。航空直线距离约 1840km, 曲折系数 1.14。途经云南、四川、重庆、湖南、湖北、安徽、浙江、江苏等 8 省市。线路沿线地形比例为高山大岭 20.54%, 一般山地 40.42%, 丘陵 19.05%, 平地 13.04%, 河网 6.95%。线路经过地区最高海拔 3650m。

(二) 设计气象条件

设计风速取值为离地 10m 高、100 年一遇 10min 平均最大风速, 设计基准风速为 27、28、30、32m/s 四种。设计覆冰有 10mm 轻冰, 15mm 中冰, 20、30、50mm 和 60mm 重冰等冰区。

(三) 杆塔和导线布置

双极导线采用水平排列, 绝缘子串为 V 型串布置, 最小极间距为 22m, 一般地区最小对地高度 18m, 直线塔单线图见图 1-2。

三、电磁环境限值

(一) 合成电场强度和离子流密度限值

±800kV 直流输电线路下晴天时地面合成电场强度不超过 30kV/m, 离子流密度不超过 100nA/m²; 线路临近民房时, 地面的合成电场强度 80% 测量值不超过 15kV/m, 最大值不超过 25kV/m。

(二) 地面磁场强度

直流架空输电线路电流产生的磁感应

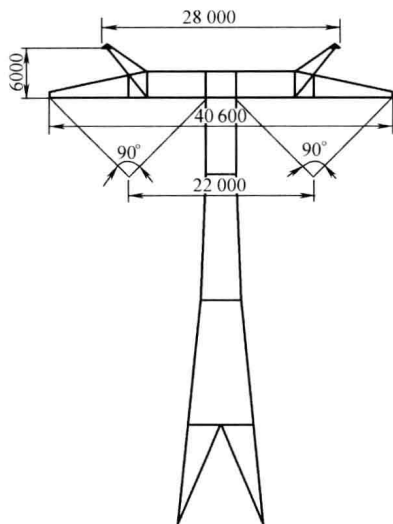


图 1-2 直线塔单线图

强度应不超过 10mT（地面测量高度 1~1.5m）。

（三）无线电干扰控制值

距直流架空输电线路正极性导线对地投影外 20m 处的无线电干扰限值（频率 0.5MHz）不超过 55dB。

（四）可听噪声限值

距直流架空输电线路正极性导线对地投影外 20m 处、晴天时，由电晕产生的可听噪声限值（ L_{50} ）不超过 45dB（A）；海拔大于 1000m 且线路经过非居民区时，控制在 50dB（A）以下。

电磁环境限值见表 1-2。

表 1-2 电 磁 环 境 限 值

项 目	居民区	一般地区	备 注
晴天，地面合成电场强度（kV/m）	25	30	邻近民房 80%测量值不超过 15kV/m
晴天，地面离子流密度（nA/m ² ）	80	100	
地面磁感应强度（mT）	10		实际值远小于该限值
无线电干扰水平（RI）（dB）	55		20m 处、晴天、0.5MHz 无线电干扰场强 80% // 80% 值 * 按每增加 330m 增加 1dB（ μ V/m）进行海拔修正
电晕可听噪声（AN）[dB（A）]	45	50	20m 处、晴天时由电晕产生的可听噪声 50% 值（ L_{50} ）

* 无线电干扰场强在 80% 的时间内、具有 80% 置信度不超过的规定值。

四、直流输电线路极导线方案布置原则

特高压直流输电线路架线工程投资一般占本体投资的 30% 左右，极导线方案变化引起的杆塔和基础工程量的变化对整个工程的造价影响巨大，直接关系到工程的建设费用以及建成后的技术特性和运行成本。根据 ± 800 kV 级直流输电线路的输送容量、电磁环境要求，结合国内外导线的制造情况，在满足电气性能和机械特性要求的前提下，对导线分裂根数、分裂型式及子导线选型进行研究，对不同的极导线方案导线表面电场强度、电晕、地面合成电场强度、无线电干扰、可听噪声等进行计算和校核，经技术经济比较，提出极导线选型结论。

（一）极导线载流截面的确定

在一般输电线路设计中，各国均根据不同时期的导线及钢材、水泥等材料价格、电能成本及线路工程特点等因素，通过分析计算，提出一个最经济的导

线单位截面的输送电流，称之为经济电流密度。对于经济电流密度，由于各国、各时期的情况各不相同，所取的数值也大不相同。表 1-2 列出了苏联经济电流密度标准。

苏联的经济电流密度标准是在总结大量的输电线路设计经验的基础上得出的，应该说反映了当时的实际研究情况。我国在进行输电线路导线截面的选择时，一般从表 1-3 数据中选取，但该标准是 20 世纪 50 年代制定的，之后一直没有变化，而且没有分区域，随着工程造价和电价的变化，经济电流密度应该是变化的，所以上述经济电流密度是否还具有适用性是值得研究的。

表 1-3 苏联经济电流密度标准 (A/mm^2)

线路通过地区	最大负荷利用小时 (h)		
	1000~3000	3000~5000	5000 以上
欧洲部分、外高加索、外贝尔加、远东	1.3	1.1	1.0
中西伯利亚、哈萨克斯坦、中亚	1.5	1.4	1.3

苏联已建成的特高压输电线路取的电流密度为 $1\text{A}/\text{mm}^2$ ，日本取的电流密度为 $0.5\text{A}/\text{mm}^2$ ，两者相差一倍，这主要是两国的国情不一样、考虑的问题不一样造成的。由此可见，由于各方面的情况不同，经济电流密度的数值相差很大。国内外几条大型直流输电线路的电流密度参见表 1-4，这些工程的电流密度约为 $1\text{A}/\text{mm}^2$ 。但是近年来，随着全寿命周期管理理念贯彻到工程建设中，对节能降耗的要求不断提高，我国在进行特高压直流输电线路设计时，根据工程的实际条件进行了充分地论证，适当降低了电流密度。

表 1-4 已建直流输电线路的实际电流密度

工程名称		导线型号	导线总截面积 (mm^2)	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	电流密度 (A/mm^2)
葛南线		$4\times\text{LGJQ}-300$	1200	± 500	1200	1.000
天广线		$4\times\text{LGJ}-400$	1600	± 500	1800	1.125
三常线		$4\times\text{LGJ}-720$	2880	± 500	3000	1.042
贵广线		$4\times\text{LGJ}-720$	2880	± 500	3000	1.042
太平洋 联络线	最初投运	$2\times\text{ACSR}1170$	2340	± 400	1800	0.733
	升压扩容			± 500	3100	1.332
巴西伊泰普		$4\times\text{ACSR}645$	2580	± 600	2610	1.012
加拿大纳尔逊		$2\times\text{ACSR}930$	1860	± 450	1800	0.964

虽然对于特高压直流输电线路的导线，经济电流密度已经不是确定导线截面的决定因素，但仍然可以作为初步选取导线截面的参考。锦苏工程额定工作电流为 4500A，若电流密度按照 $0.75 \sim 1\text{A}/\text{mm}^2$ 来考虑，则导线载流截面积应为 $4500 \sim 6000\text{mm}^2$ 。

（二）极导线分裂根数的确定

特高压输电线路导线分裂根数的确定应遵循以下原则：

- （1）在额定电压下，满足电磁环境指标的要求。
- （2）尽量减少电能损耗，其中电阻损耗占绝大部分，电晕损耗占总损耗不到 3%，可以忽略不计。即直流输电线路的电能损耗与导线总载流截面积成反比，与分裂导线型式无关。
- （3）导线的截面积与导线直径的平方成正比，而导线承受的风压与导线直径成正比，因此在导线总载流面积已确定的情况下，导线风压和分裂根数有固定的数值关系，见表 1-5。

表 1-5 导线风压和分裂根数的数值关系表

分裂根数	导线风压比 (以四分裂为基准)	导线风压比 (以六分裂为基准)
四分裂	1	0.816
五分裂	1.118	0.913
六分裂	1.225	1
七分裂	1.323	1.080
八分裂	1.414	1.155

在导线总载流面积确定后，在满足电磁环境指标控制要求的前提下，优先选择分裂根数少的导线方案具有以下优点：

- 1) 降低导线风压，从而降低杆塔钢材指标。导线风压是影响杆塔用钢指标的关键因素，导线风压高将直接导致杆塔用钢指标增加。
- 2) 有利于抑制舞动。
- 3) 有利于简化金具和绝缘子串的设计，降低费用。
- 4) 减少放线工序。

但是，导线分裂根数减少，如子导线的截面积增加到 900mm^2 及以上，将增加导线制造和放线的难度。

五、极导线方案的技术经济比较

(一) 电气性能

任何一个输电线路工程,导线分裂根数、分裂型式及子导线选型应满足电磁环境限值要求。对于电压 $\pm 800\text{kV}$ 、通流 4500A 的锦苏工程,按工作电流密度 $0.75\sim 1.03\text{A}/\text{mm}^2$ 初步确定的极导线方案,四分裂 1120mm^2 截面积、五分裂 1000mm^2 截面积极导线方案的地面合成电场强度、离子流密度、可听噪声、无线电干扰和电晕损失较大,高海拔(1500m 及以上)条件下不能满足电磁环境限值要求;六分裂及以上极导线方案均满足要求。另外,综合考虑导线的生产、施工、运行经验,设计人员提出了可参与机械性能和经济性比较的9种极导线方案。9种极导线方案如表1-6所示。

表 1-6 9 种极导线方案

六分裂	$6\times \text{JL}/\text{G3A}-900/40$	$6\times \text{LGJ}-800/55$	$6\times \text{ACSR}-720/50$
七分裂	$7\times \text{LGJ}-800/55$	$7\times \text{ACSR}-720/50$	$7\times \text{LGJ}-630/45$
八分裂	$8\times \text{ACSR}-720/50$	$8\times \text{LGJ}-630/45$	$8\times \text{JL}/\text{G1A}-560/40$

通过计算得出,参与比选的9种极导线方案的工作电流密度,见表1-7。9种极导线方案均满足地面合成电场强度、离子流密度、电晕损失、无线电干扰及可听噪声等电气性能限值要求,且地面合成电场强度、地面离子流密度、无线电干扰及可听噪声均满足人口密集地区的电磁环境限值要求。9种极导线方案电气特性见表1-8。

表 1-7 9 种极导线方案工作电流密度

极导线方案	总导电截面积 (mm^2)	工作电流密度 (A/mm^2)
$6\times \text{JL}/\text{G3A}-900/40$	5401.56	0.829
$6\times \text{LGJ}-800/55$	4885.80	0.913
$6\times \text{ACSR}-720/50$	4351.62	1.026
$7\times \text{LGJ}-800/55$	5700.10	0.783
$7\times \text{ACSR}-720/50$	5076.89	0.879
$7\times \text{LGJ}-630/45$	4364.15	1.023
$8\times \text{ACSR}-720/50$	5802.16	0.776
$8\times \text{LGJ}-630/45$	4987.60	0.895
$8\times \text{JL}/\text{G1A}-560/40$	4488.00	0.996

表 1-8 9 种极导线方案电气特性

极导线方案	过负荷 导线温度 (°C)	40℃电阻 压降 (kV)	导线表面 最大电场 强度 (kV/cm)	地面合成 电场强度 (kV/m) 负极性	地面 离子流 (nA/m²) 负极性	功率 损耗 (kW/km)	电晕 损耗 (kW/km)	无线电 干扰 (dB)	可听 噪声 (dB)
6×JL/G3A—900/40	66.0	51.8	20.102	—21.13	—41.18	217.35	8.03	45.72	39.42
6×LGJ—800/55	67.3	57.0	20.993	—23.05	—51.82	239.42	8.67	46.05	41.15
6×ACSR—720/50	69.1	64.1	21.991	—24.93	—62.36	268.92	9.40	46.48	43.01
7×LGJ—800/55	64.0	48.9	18.956	—18.85	—25.15	205.22	7.12	43.13	36.93
7×ACSR—720/50	65.3	54.9	19.855	—21.11	—38.85	230.50	7.72	43.40	38.78
7×LGJ—630/45	67.3	63.9	21.067	—23.70	—53.42	268.05	8.55	43.87	41.16
8×ACSR—720/50	62.8	48.0	18.076	—16.45	—9.01	201.69	6.44	40.86	34.84
8×LGJ—630/45	64.2	55.9	19.155	—19.56	—29.13	234.55	7.12	41.10	37.14
8×JL/G1A—560/40	65.5	62.2	20.004	—21.59	—40.98	261.23	7.68	41.37	38.86

注 表中标称电场强度、合成电场强度和离子流密度计算导线高度取 18m，其余各性能计算导线高度取 23m，极间距离取 22m，海拔为 1000m。

(二) 机械性能及荷载

通过计算，参与比选的 5 种型号导线的机械特性如表 1-9 所示，9 种极导线方案的荷载特性如表 1-10 所示。

表 1-9 5 种型号导线的机械特性

导线型号		JL/G3A— 900/40	LGJ— 800/55	ACSR— 720/50	LGJ— 630/45	JL/G1A— 560/40
导线结构	铝股	72×3.99	48×4.80	48×4.53	45×4.2	45×3.98
	钢丝	7×2.66	7×3.20	7×3.02	7×2.80	7×2.65
计算 截面积 (mm²)	铝	900.26	814.30	725.27	623.45	560.00
	钢	38.90	56.30	50.14	43.10	38.70
	合计	939.16	870.60	775.41	666.55	598.70
导线直径 (mm)		39.9	38.4	36.2	33.6	31.8
铝/钢截面积比值		23.14	14.464	14.465	14.465	14.470
导线拉断力 (kN)		193.22	181.93	162.07	141.27	132.202
抗覆冰 过载能力 (mm)	档距 $L_p=400\text{m}$	35.39	35.24	34.04	32.81	32.27
	档距 $L_p=500\text{m}$	33.74	33.72	32.68	31.57	31.03
	档距 $L_p=600\text{m}$	32.79	32.84	31.90	30.86	30.31
40℃时 最大弧垂 (m)	档距 $L_p=400\text{m}$	13.77	14.09	14.52	14.91	14.73
	档距 $L_p=500\text{m}$	21.17	21.69	22.39	23.06	22.83
	档距 $L_p=600\text{m}$	30.21	30.99	32.03	33.03	32.75