

中国第一个 500kV 全线高海拔

漫昆输变电工程

云南省电力工业局 编著



云南科技出版社

中国第一个 500kV 全线高海拔

漫昆输变电工程

云南省电力工业局 编著

云南科技出版社

责任编辑：单沛尧 李永丽

封面设计：山 丹

责任校对：叶水金

责任监印：翟 苑

中国第一个 500kV 全线高海拔

漫 昆 输 变 电 工 程

MANKUN SHUBIANDIA GONGCHENG

云南省电力工业局 编著

云南科技出版社出版发行 (昆明市书林街 100 号)

云南地质矿产局印刷厂印装 新华书店经销

开本：787×1092 1/16 印张：25.875 字数：629 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月第 1 次印刷

印数：0001—2000 册

ISBN 7-5416-1317-7/TM·8 定价：80 元

总 序

漫昆 500 千伏输变电工程是国家“八五”计划重点工程，是云南省第一个 500 千伏输变电工程，也是我国目前第一个全线高海拔的 500 千伏输变电工程。在云南省、原电力部、国家开发银行等各级领导的关心支持下，在参加该工程的设计、科研、制造、施工、运行等各部门的共同努力下，漫昆 500 千伏 I、II 回线路及草铺变电所都先后如期投入运行。投产以来，运行情况良好，缓解了云南工农业生产用电的紧张局面，实现了云电东送，取得了较好的社会效益及企业效益，得到了省、部的好评。漫昆 I、II 回线路及草铺变电所分别被评为 1994 年及 1996 年部级优质工程。

为了始终贯彻“百年大计、质量第一”的建设方针，全面、优质、按期完成漫昆输变电工程的建设任务，局（公司）抽调了各专业的技术骨干，组建了漫昆 50 万伏送变电工程建设处，作为建设单位对该工程进行全面的建设管理。

漫昆 500 千伏输变电工程的设计由西南电力设计院和云南省电力设计院承担。设计人员针对海拔高、穿越原始森林、技术条件复杂、变电所处于重污秽区等，做了大量工作，广泛征询了各方面专家的意见和建议。为了解决高海拔及重污秽地区输变电工程的一系列技术难题，建设单位组织了电力科学研究院、武汉高压研究所、云南省电力试验研究所及大专院校共同进行了多项科研。通过设计、科研、生产厂家、试验、施工等单位群策群力、通力合作，攻克了高海拔地区超高压输变电工程的一系列技术难关，圆满地完成了任务。

本工程施工实行了招投标。青海、甘肃、东北和陕西的送变电施工队伍远离家乡，克服了高原反应和施工条件恶劣等重重困难，参加了本工程的建设。云南省送变电公司承担了施工难度最大的滇西段线路，并首次承担了 500 千伏变电站的施工安装工作。他们面临重重困难、精心施工，如期优质地完成了任务。

局（公司）所属有关运行单位，在工程投产前对运行人员进行认真培训，掌握 500 千伏输变电设备的运行技术，经考试合格上岗。运行中认真巡视检查，精心操作，保证了安全稳定运行。借此机会我向所有关心支持该工程的科研、设计、施工、运行、管理等有关单位的领导和职工，致以衷心的感谢。

漫昆 500 千伏输变电工程顺利建成投产，标志着云南电力工业步入了大机组、大电厂、超高压、大电网的新阶段，揭开了云南电力工业改革与发展崭新的一页。工程建设倾注了设计、科研、施工等各级人员的心血，凝聚着他们的智慧和奉献，硕果累累。经过参与本工程建设工作的专业人员和编写人员辛勤工作，将漫昆 500 千伏输变电工程设计、科研、施工、制造、运行等等成果、经验撰写成书，供其它类似工程参考借鉴。并谨以此书向建国五十周年献礼。

云南省电力工业局局长 朱志强
云南电力集团有限公司总经理

序

在云南省电力工业局领导的关怀支持下,由局 50 万伏送变电工程建设处牵头,组织动员参加本工程科研、设计、施工、运行等单位的有关专家及电力志编辑室的同志,经过拟定篇目、收集资料、分章编写、共同审稿、反复修改,《中国第一个 500kV 全线高海拔漫昆输变电工程》一书终于付梓出版了。这是云南电力建设事业的一件大事,值得庆贺。

漫昆输变电工程是云南省第一个 500 千伏输变电工程,也是中国目前第一个全线处于高海拔地区的 500 千伏输变电工程。漫昆 I、II 回线路横跨云贵高原横断山脉,地形起伏很大,沿线森林密布,地质破碎,交通极为不便,设计技术、施工建设难度均属当时国内之最。在设计和施工中,属国内首次采用的新技术多项,如:首次在海拔 2500 米地区选用 $4\times\text{LGJ}-300$ 导线;首次解决了高海拔外绝缘问题,提出按污闪确定高海拔绝缘子片数的方法;首次设计了一套 500 千伏高海拔铁塔共 13 种塔型、防晕金具系列共 6 个类型、26 个品种;首次推广使用斜柱式基础;首次在杆塔定位中采用了不破坏自然地貌,保护塔基稳定的设计方法,采取调整斜柱式基础的高低大小,铁塔长短腿配合使用;在草铺变电所采用国产计算机,实现了 500 千伏变电所计算机监控功能等等。

设备器材优质,是工程优质的关键。生产厂家根据高海拔输变电工程的特殊需要,经过一年多的多次试制,终于研制成功超过国家标准、国内第一流的防晕绝缘子、金具、导线,导线的粗糙系数 M 值达到 0.9 以上。在试制过程中,严格执行制造厂检验、专业检验机构抽检、货到现场抽检的“三检制”,保证了质量一流。施工中,改进施工工艺,坚持共同协作,实现了晴天夜间基本无可见电晕。由于提高了导线的粗糙系数 M 值,漫昆 II 回线海拔 2400 米以上的导线由 $\text{LGJ}-400$ 改为 $\text{LGJ}-300$,仅此一项节约投资约 500 万元。本输变电工程的建设中开发的技术成果和宝贵经验是很多的。取得以上成绩的原因是多方面的,主要得益于电力部、云南省及国家开发银行等部门的关心和大力支持;是部电力规划设计院、设计单位及云南电力试验研究所等单位的广大科技、设计人员的智慧结晶;是各施工单位精心施工、辛勤劳动的丰硕成果;也是工程建设的组织者们创造性工作的结果。因此,值得大书特书,载入史册。

本书资料翔实、数据准确、重点突出、繁简得当,凝聚了编撰者的心血和辛劳,来之不易,十分宝贵。对全国乃至世界从事高海拔输变电工程的工作者,都有参考价值。

云南省电力工业局副局长 谢昆生

绪 论

漫昆 500 千伏输变电工程，在云南省、电力部、国家开发银行等各级领导的关心支持下，建设、设计、科研、制造、施工及运行等单位的共同努力，以工程质量优良、工期短、投资省、效益好、如期投入运行，圆满地完成了预期的目标。草铺 500 千伏变电所自投产以来，保持了无事故记录，到 1998 年底，累计安全记录达 2011 天；漫昆 500 千伏 I、II 回输电线路投产至今未发生重大事故，仅发生过 9 次瞬时性故障，至 1998 年底已累计供电 231.29 亿千瓦·时，取得了可喜的成绩。本着提高自身，互相借鉴，推陈出新的精神，我们组织编著了“中国第一个 500kV 全线高海拔漫昆输变电工程”一书。

本工程的建设之所以能取得较好的成绩，主要是在建设过程中，坚持科学技术是第一生产力的指导思想，科研技术领先。面对目前中国第一个 500 千伏高海拔输变电工程，云南省电力局领导非常重视，在工程可研阶段就成立了工程技术小组，提前进行技术准备及调研工作。如有关高海拔地区 500 千伏变电所最小电气距离选择，导线电晕与漫昆线导线截面选择，高海拔修正系数选择等八个专题，分别委托电力部电力科学研究院及武汉高压研究所进行研究；有关高海拔地区污秽绝缘放电特性研究，委托清华大学及重庆大学进行；我局也根据工程的特点，开展了一些研究工作。如我局试验研究所高海拔试验基地，装有一台 3600 千伏冲击电压发生器，针对漫昆工程开展了一系列外绝缘研究；以及可用于海拔 3000 米的无晕金具、导线、绝缘子的研究等。科研所取得的成果及宝贵数据，为工程的合理设计奠定了基础，攻克了 500 千伏高海拔输变电工程绝缘配合及起晕电压低等难关，较好地完成了工程建设任务。

本书简要地介绍了漫昆 500 千伏输变电工程的基本情况，认真地总结了工程建设过程中的经验教训，重点介绍了工程科研、设计、施工及运行的科研成果及技术难题，以此供从事 500 千伏输变电工作者参考。

本书使用的资料，主要以科研、设计、施工、调试、运行等单位原始资料为主，均未注明出处。书中难免有错误及不足之处，敬请读者批评指正。

50 万伏送变电工程建设处副处长 王宗贤

目 录

总 序	(1)
序	(2)
绪 论	(3)

第一篇 设 计

第一章 输电线路设计	(1)
第一节 概 况	(1)
一、山高谷深,地形险峻	(1)
二、地质复杂,不良地质现象发育	(1)
三、沿线森林茂密	(2)
四、全线高海拔	(2)
五、气象条件差,雷电活动强烈	(2)
六、大档距多	(2)
七、交通条件差,运输距离长	(2)
第二节 路径方案选择	(3)
一、现场调查研究	(3)
二、勘测步骤和措施	(4)
三、航测在工程中的应用	(4)
四、路径方案比较及推荐方案	(7)
五、推荐方案路径走向及技术特性	(14)
第三节 绝缘配合及绝缘子片数选择	(15)
一、专家咨询和科学试验	(16)
二、绝缘设计	(17)
第四节 线路设计特点和创新	(32)
一、4×LGJ—300 导线在 2500m 及以上高海拔地区的选用	(32)
二、塔型设计及特点	(32)
三、基础设计及特点	(40)
第二章 500kV 变电所设计	(44)
第一节 概 况	(44)
一、建设规模	(44)
二、电气主接线	(45)
三、绝缘配合和基本带电距离	(45)
四、配电装置设计特点	(46)

五、电气二次线主要设计原则及特点	(48)
六、值得注意的几个问题	(50)
七、建筑结构	(51)
第二节 绝缘配合	(52)
一、草铺变电所外绝缘设计的技术关键	(53)
二、高海拔、重污秽变电所设计采取的对策	(54)
三、运行情况及绝缘配合评价	(69)
第三节 全封闭组合电器 (GIS) 设计	(72)
一、500kV 电气设备技术条件	(72)
二、500kV GIS 与 AIS 比较	(74)
三、500kV GIS 设备招标、评标情况	(80)
四、500kV GIS 设计中的若干特点	(81)
五、GIS 投产后运行情况	(82)
第四节 计算机监控系统	(82)
一、监测规模	(83)
二、硬件及软件构成	(83)
三、监控功能	(85)
四、系统特点	(87)
第五节 安全稳定控制系统	(88)
一、安全稳定控制系统的构成	(89)
二、安全稳定控制系统的主要功能	(90)
三、总体配置	(92)
四、通道组织	(94)
五、作用与效果	(96)
六、装置的特点	(98)
第六节 电力系统过电压在线监测装置	(99)
一、装置的性能	(99)
二、装置的运行情况	(99)
第七节 漫湾发电厂 500kV 变电站设计	(101)
一、变电站的布置型式	(101)
二、500kV 变电站的布置设计	(102)
三、泄洪挑流对变电站的影响	(102)
四、出线构架的结构型式	(103)
五、GIS 楼和钢构架的结构分析	(104)
六、主要特点	(104)
第三章 系统通讯工程	(106)
第一节 漫昆数字微波接力通信	(107)
一、工程概况	(107)

二、设备采购	(108)
三、话路分配和通路组织	(108)
四、系统及设备主要技术规范	(113)
第二节 草(铺)一普(吉)光纤通信	(116)
一、电力线路上附挂光缆的方法	(116)
二、光缆主要技术参数	(117)
三、光传输设备结构性能和主要技术参数	(117)
第三节 漫湾——草铺电力载波通信	(118)
第四节 漫昆卫星通信	(120)
一、地面站设备主要技术性能	(120)
二、亚洲 1 号卫星及其转发器技术性能	(122)
第五节 “一点多址”数字微波用户系统	(122)
一、传输原理	(123)
二、设备概况及其主要技术参数	(123)
第六节 交换网络	(125)

第二篇 项目的建设管理

第一章 项目概况及建设管理体制	(127)
第一节 项目概况	(127)
一、澜沧江及漫湾水电站	(127)
二、漫昆 500kV 送变电工程建设的必要性	(127)
三、项目概况及投资	(128)
四、工程的建设、设计、施工及运行单位	(128)
第二节 工程的自然环境及特点	(129)
一、工程的自然环境	(129)
二、工程的特点	(130)
第三节 项目的管理模式	(131)
一、建设单位的设置	(131)
二、建设场地准备及质量检查	(132)
三、设备材料管理	(133)
四、工程管理模式的优越性	(134)
第二章 项目的建设管理	(135)
第一节 项目的技术管理及主要成效	(135)
一、技术管理的任务及本项目技术上的特殊性	(135)
二、技术管理的原则、依据及管理系统	(135)
三、技术管理工作的主要成效	(136)
第二节 招标及合同管理中的经验教训	(138)

一、关于设备招标方式的探讨	(138)
二、充分注意合同的完善性	(138)
三、做好评标前价格调查及预测	(139)
四、导线订货议标中采取分解导线价格构成, 合理报价	(139)
五、施工合同中的不足之处	(139)
第三节 质量及工期控制	(140)
一、质量控制	(140)
二、工期控制	(141)
第三章 建设回顾	(143)
第一节 项目成效及主要体会	(143)
一、项目执行的主要成效	(143)
二、主要体会	(143)
第二节 项目执行的主要问题及教训	(144)
一、草铺变电所主要设备选型的周折	(144)
二、主变压器调压方式的改变	(145)
三、草铺变电所所址选择中存在的问题	(145)
四、微波通讯工程延迟投运的教训	(145)
五、系统安全自动装置疏漏	(146)
第三节 项目的经济建成评价	(146)
一、项目投资控制评价	(146)
二、项目的盈利能力分析	(147)
三、偿债能力分析	(149)
四、项目的前景展望	(150)

第三篇 施工调试

第一章 线路施工与创新	(151)
第一节 线路施工特点	(151)
第二节 施工组织与管理	(152)
一、施工组织	(152)
二、质量保证	(152)
三、安全管理	(155)
四、进度控制	(156)
第三节 线路施工中的创新	(156)
一、不等高变截面倾斜柱基础施工	(156)
二、特大山区架线施工	(163)
第二章 草铺变电所施工管理及施工中重大技术问题	(175)
第一节 概 况	(175)

一、施工特点	(175)
二、主要工程量	(176)
三、施工组织与管理	(179)
第二节 500kV 主变压器运输和安装	(180)
一、运输方案确定和实施	(181)
二、变压器安装工艺及质量控制	(185)
三、绝缘油处理	(192)
第三节 500kV GIS 安装	(201)
一、概 况	(201)
二、施工准备	(202)
三、安装工艺流程	(203)
四、工频耐压试验	(207)
第四节 铝合金管母线施工	(208)
一、工程量	(209)
二、管材质量保证	(209)
三、安装工艺	(210)
四、焊接工艺	(211)
五、改进意见	(215)
第三章 漫昆 500kV 工程调试	(216)
第一节 调试准备	(216)
一、技术准备	(216)
二、试验器材准备	(216)
三、调试用仪器设备的准备	(217)
第二节 设备元件调试	(217)
一、主变压器的局放试验	(217)
二、500kV GIS 的试验	(219)
三、500kV 避雷器的试验	(222)
四、500kV 电容式电压互感器的试验	(222)
五、漫昆线工频和中频参数的测定	(224)
六、草铺变电所静电感应测量	(225)
七、草铺变电所谐波测试分析	(226)
八、绝缘油油质检测	(226)
第三节 系统调试	(228)
一、关于少一组高抗的决策与处理	(229)
二、系统调试项目、过程与测试结果	(229)
三、我省系统调试与外省的比较	(233)
第四节 保护调试	(235)
一、500kV 漫昆线保护配置	(235)

二、保护的调试	(235)
三、GE 保护的调试	(236)
四、CFK—1 快速方向保护的调试	(243)
五、CKJ—1 距离保护和 CFB—2 型辅助保护的调试	(247)

第四篇 输变电工程运行

第一章 输电线路运行情况	(250)
第一节 运行概况	(250)
第二节 线路故障跳闸情况分析	(250)
第三节 雷击绝缘闪络分析及改进措施	(252)
第四节 风偏故障点状况分析	(253)
一、气候条件	(255)
二、风向、风速	(255)
三、地形的影响	(256)
第五节 杆塔及其基础的运行	(256)
第二章 漫昆线静电效应	(258)
第一节 沿线静电感应情况	(258)
第二节 输电线下的电场分布及测试	(258)
第三章 漫昆线电晕情况	(261)
第一节 高海拔的电晕特性	(261)
一、电晕机理	(261)
二、高海拔对电晕的影响	(263)
第二节 送电线的电晕噪声	(263)
一、超高压送电线的可听电晕噪声	(263)
二、可听噪声的允许标准	(263)
三、高压送电线可听噪声的预测公式	(264)
第三节 电晕损失	(265)
第四节 高海拔无线电干扰	(266)
一、测量环境	(267)
二、漫昆 I 回 500kV 送电线路无线电干扰	(268)
第五节 沿线电晕观察的结果	(271)
第四章 草铺变电所的运行	(272)
第一节 运行前的准备	(272)
一、运行人员配置及培训	(272)
二、国外引进设备技术资料的翻译	(273)
三、现场运行规程的编制	(273)
第二节 安全运行记录	(276)

第三节 主变压器的运行	(276)
一、1号主变压器	(276)
二、2号主变压器	(278)
第四节 500kV 并联电抗器的运行	(281)
一、主要技术规范和运行参数	(282)
二、运行情况	(283)
第五节 500kV GIS 的运行	(284)
一、主要技术规范和运行参数	(284)
二、运行的技术要求	(285)
三、GIS 运行情况	(287)
第六节 500kV 线路保护及其它主要保护运行情况	(289)
一、500kV 线路保护	(289)
二、母线保护配置	(292)
三、漫昆 I、II 回 500kV 并联电抗器保护配置	(292)
四、1、2 号主变压器保护配置	(292)
第七节 35kV 无功补偿装置的运行及故障分析	(292)
一、主要技术规范和运行参数	(293)
二、运行情况	(294)
第八节 主要设备可靠性评价	(295)

第五篇 科研成果

第一章 概 述	(296)
第二章 由电力部电力科学研究院归口完成的科研成果	(299)
第一节 第一代 500kV 杆塔用于漫昆线的可行性研究	(299)
一、采用 IEC60—1 (1973) 的大气校正方法, 认为在诸种校正方法中 IEC 方法偏于安全	(299)
二、工频污闪电压下绝缘子片数的确定	(299)
三、工频电压下塔头空气间隙距离的确定	(300)
四、操作冲击电压下塔头空气间隙距离的确定	(300)
五、雷电冲击电压下绝缘子片数选择及空气间隙距离的确定	(300)
六、带电作业对空气间隙距离的确定	(301)
七、线路雷击跳闸率	(302)
八、悬式绝缘子串风偏角和间隙圆图	(302)
九、结 论	(303)
第二节 高海拔地区 500kV 变电所最小电气距离的选择	(304)
一、海拔修正系数中大气参数的选择	(304)
二、关于海拔修正系数的探讨	(304)

三、高海拔 500kV 草铺变电所最小电气距离的选择	(306)
第三节 高海拔地区导线电晕与漫昆线导线截面的选择	(308)
一、本课题的意义和必要性	(308)
二、漫昆线导线表面工作场强的数值计算	(309)
三、空气密度和湿度两要素对导线起晕电压影响的模拟试验	(309)
四、漫昆线导线截面的选择	(315)
第四节 草铺 500kV 变电所雷电侵入波保护方式的计算分析	(316)
一、草铺变电所的基本数据	(316)
二、计算结果与分析	(318)
第三章 由电力部武汉高压研究所归口完成的科研成果.....	(320)
第一节 漫昆 500kV 输电线路海拔修正系数的选取	(320)
一、与漫昆沿线地域及海拔相近的气象台站的原始气象数据及海拔 2700m 气象数据的推断	(320)
二、国内、外各有关标准和资料推荐的海拔修正系数	(322)
三、国内、外几个试验研究结果	(323)
四、气象修正系数的统计分布	(324)
五、海拔修正系数的选取	(327)
六、结 论	(328)
第二节 漫昆输变电工程污秽特性和设计参数选择	(328)
一、对漫昆输变电工程有关线路及变电所的基本情况调研	(328)
二、对高海拔地区电力设备外绝缘的防污工作的影响因素进行调查、研究、 分析	(328)
三、不同气压下染污绝缘子的人工污秽试验研究	(329)
四、结 论	(335)
第三节 漫昆 500kV 输变电工程绝缘子串电压分布及金具起晕电压试验研究	(335)
一、六种绝缘子在高、低海拔下单片起晕电压试验	(335)
二、金具起晕电压试验	(336)
三、绝缘子串的电压分布特性和起晕特性	(338)
四、结 论	(340)
第四节 漫昆 500kV 输电系统内过电压研究	(341)
一、系统结线	(341)
二、工频暂态过电压	(342)
三、潜供电流和恢复电压	(343)
四、工频谐振过电压和自励磁	(345)
五、操作过电压	(347)
六、中性点小电抗器上的过电压	(353)
七、相间过电压	(354)
八、结 论	(354)

第四章 高海拔导线、金具和绝缘子的研究成果.....	(356)
第一节 高海拔输电线路用导线的研究	(357)
一、试验研究的目的	(357)
二、试验研究方法	(357)
三、试验研究步骤	(358)
四、试验结果分析和改进措施	(358)
五、小 结	(358)
第二节 高海拔输变电工程用金具的研究	(359)
一、试验研究的目的	(359)
二、试验研究方法	(359)
三、试验情况分析和研究改进的措施	(360)
四、小 结	(361)
第三节 高海拔输变电工程用绝缘子的研究	(361)
一、试验研究方法	(361)
二、试验情况分析和研究改进的措施	(362)
三、小 结	(362)
第四节 漫昆 500kV 输电线路工程电晕和无线电干扰的测量	(362)
一、测量点的选择	(362)
二、测量结果	(363)
第五章 草铺变电所所在地区环境污秽程度研究成果	(364)
第一节 磷肥工业基地排放大气污染物对草铺变电所影响的评估分析	(364)
一、磷肥工业基地大气污染源及其排放量	(364)
二、草铺变电所大气污染物地面浓度预测	(365)
三、磷肥工业基地大气污染物对草铺变电所污染程度影响的研究和分析	(365)
四、结 论	(366)
第二节 对草铺变电所所址气象条件的考察研究	(366)
一、自然条件和气候概况	(366)
二、草铺地区有害气体扩散影响分析	(367)
第六章 高海拔地区污秽绝缘放电特性研究	(369)
第一节 清华大学的研究结果	(369)
一、试验方法	(369)
二、试验情况、放电现象及分析	(369)
三、高海拔污秽地区线路外绝缘选择的探讨	(371)
四、结 论	(372)
第二节 重庆大学的研究结果	(372)
一、试验方法	(372)
二、气压对污闪电压的影响	(372)

三、高海拔污秽地区线路绝缘子选择的探讨	(373)
四、结 论	(373)
第三节 结合漫昆输变电工程研究情况	(374)
一、清华大学的试验结果	(374)
二、重庆大学的试验结果	(374)
第七章 高海拔地区 500kV 线路绝缘子型式和片数优选研究 ..	(376)
第一节 绝缘子的选型	(376)
一、XWP—16—D 型防污型悬式绝缘子	(376)
二、XP—16 型和 XP ₃ —16 型绝缘子的优缺点比较	(376)
三、建议漫昆 500kV 绝缘子的选型	(377)
第二节 线路绝缘子片数的选择	(377)
一、按工频电压要求的线路绝缘子片数的选择	(377)
二、按操作过电压要求的绝缘子片数的选择	(381)
第三节 小结及推荐意见	(383)
第八章 高海拔超高压输电线路外绝缘试验研究	(384)
第一节 3~6m 棒—棒和棒—板间隙的冲击电压试验	(384)
第二节 四分裂导线—方型塔窗间隙的试验	(387)
第三节 ZB ₃₂ 型塔头间隙试验	(387)
第四节 XP—16 和 XWP—16 型绝缘子串的试验	(389)
第五节 高原地区空气湿度的测量与计算	(390)
第六节 试验数据的分析和处理	(391)
一、设计气象条件的选择	(391)
二、线路外绝缘 50% 冲击强度的经验公式	(391)
三、线路外绝缘的冲击强度曲线	(393)
第七节 漫昆线外绝缘设计的检验	(393)
一、漫昆输电线路外绝缘的实际强度	(393)
二、实际强度与要求的比较	(394)
三、结 论	(394)

第一篇 设计

第一章 输电线路设计

第一节 概 况

漫昆 I、II 回 500kV 输电线路起于云南省西部澜沧江中游的漫湾水电站，途经云县、景东、南华、楚雄、禄丰、易门和安宁等七个县市，止于昆明市西郊的草铺 500kV 变电所。线路长度分别为 220.4 和 217.8km，是我国当前海拔最高的、全线均处于高海拔的 500kV 输电线路工程。

漫昆线经过地区的海拔高程在 1002~2670.3m，路经由西向东走线，全线均在横断山脉和中低山地间穿行，沿线山高谷深，地形陡峻，地质岩层破碎，冲沟、滑坡等不良地质现象发育，森林茂密，气象条件差，公路稀少，交通极为不便。其复杂困难程度在我国 500kV 线路工程中还未曾有过。整个工程有以下自然特点：

一、山高谷深，地形险峻

漫昆线横跨无量山、灵宝山、哀牢山、小梁山、三尖山等高山大岭，跨越澜沧江、川河、兔街河、礼社江、三街河等深谷河流，以及众多的沟壑山箐，地形起伏很大，最高点的高程达 2670.3m，河谷的最低处海拔为 980m，相对高差约达 1700m。沿线峰峦叠障，林木参天，沟谷纵横，线路被迫忽起忽落，左避右让，靠近山峰边，走在陡坡上。全线高山大岭和山地占 87%，丘陵占 13%，丘陵中尚有少量水田。

二、地质复杂，不良地质现象发育

云贵高原西南部为一多构造体系的交织区，各种地质构造十分发育，由于近期地壳构造隆起和河流的深切作用，主要河流的河谷，都呈“V”字型，两侧悬岩绝壁更是屡见不鲜。漫昆线所经地区，除跨越横断山脉和深切河流外，还穿越澜沧江、安定、哀牢山、红河、马龙和绿汁江等断裂带，因而沿线岩石破碎，受雨水作用，岩层浸水软化，较多地段形成冲沟、塌方、滑坡、泥石流等现象，对山体的稳定影响很大。线路岩性主要为千枚岩、石英岩、滇中红层、灰岩和泥岩等。

根据国家地震局和楚雄州地震台有关资料，楚雄市西南地区的地震烈度为 8 度，线路其余地段为 6~7 度。