

曲靖电网2008年

冰灾受损输电线路分析

(110~500kV)

云南电网公司曲靖供电局 编

云南出版集团公司
云南科技出版社

[illegible]

(110~500kV)

· 昆明 ·

图书在版编目(CIP)数据

曲靖电网2008年冰灾受损输电线路分析 / 云南电网公司
曲靖供电局编. —昆明: 云南科技出版社, 2009.1
ISBN 978-7-5416-3150-4

I. 曲… II. 云… III. 冰害—影响—输电线路—电力系统运行—研究—曲靖市—2008 IV. TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第004153号

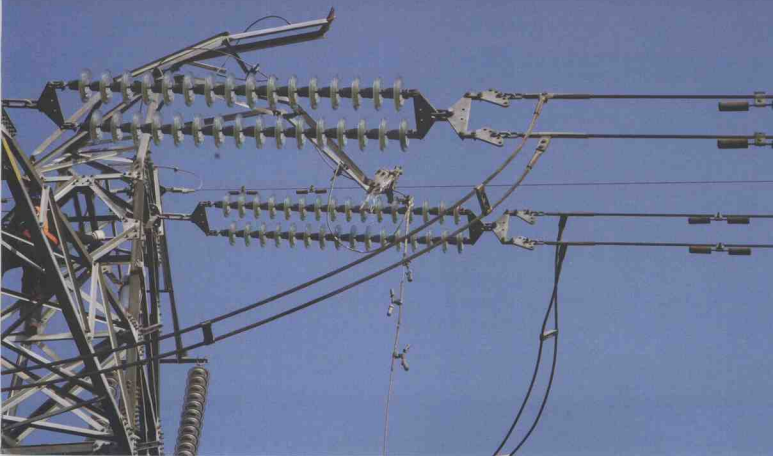
云南出版集团公司
云南科技出版社出版发行
(昆明市环城西路609号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)
云南雅丰三和印务经贸有限公司印刷 全国新华书店经销
开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 15.75 字数: 387千字
2009年2月第1版 2009年2月第1次印刷
定价: 60.00元

内容简介

本书共分38章，主要内容包括3条500kV线路、15条220kV线路、17条110kV线路的专题分析及曲靖电网薄弱环节分析、加固建议和规划建设建议等。

本书收集了本次冰雪灾害过程中大量的现场图片和第一手资料，并结合线路运行状况进行详细分析，图文并茂，可为输电线路的运行、维护和检修及电网规划、建设提供参考。

本书由云南电网公司曲靖供电局编制。



前言

QIANYUAN

2008年2月，曲靖电网遭受了有气象记录以来最严重的冰冻灾害，共造成36条110kV及以上线路严重受损。经全力抢修，于2月28日，最后一条严重受损线路——500kV宣威曲靖线的恢复运行，标志着曲靖电网抢修复电攻坚战取得了全面胜利。

2月29日，中国南方电网公司袁懋振董事长签发中国南方电网公司抗灾保电指挥部第3号令，要求对受灾供电设施清理复查，整理完善气象、导线、档距等技术档案，对照规划建设标准，制定输电线路重要区域设防标准和加固方案技术措施。

为进一步提高电网规划、建设和管理水平，增强防灾御灾能力，落实“3号令”的要求，全面分析2008年冰雪灾害对电网造成的危害，找出电网规划、建设、运行和管理过程中存在的问题和不足。3月3日，曲靖供电局组织专业技术人员，成立了电网普查及设防加固领导小组，下设电网普查、设防标准和加固方案三个工作组，对本次受灾的线路逐条进行分析，摸清本次受灾线路的覆冰情况，找出倒塔断线的原因，经过24天的资料收集、整理、分析，于3月29日完成了曲靖电网110kV及以上受损线路分析，制定了受灾线路的加固方案，为今后电网全面加固和新建提供参考依据。

本书在编写过程中，查阅了大量的档案技术资料，同时参照国家、行业相关标准及技术规范、规定，并结合曲靖电网实际运行情况进行编写。

主 编：李晓彤

副主编：姚 捷 桂 丹 黄文载

编 委：肖 彬 朱兴陆 孙熙胜 蔡 彪 夏 玮 李 辉 钱 海 尹定座
陆兵能 苗 俊 陈吉贵 林 曦 秦红湖 吴 波 赵升友 简学云
曾俊韬 张聪明 吕连举

2008年初春，一场不期而至的冰冻灾害席卷了中国南方大地，曲靖电网主网及农村电网受到重创。面对突如其来的自然灾害，在中国南方电网公司、云南电网公司的坚强领导和科学指挥下，曲靖电网干部员工合力奋起抗灾。2008年2月27日，随着因灾停运的220千伏沾益—嵩明二回线成功恢复运行，曲靖电网抗险救灾、抢修复电任务告捷。

抗险救灾和抢修复电任务的战鼓方歇，南方电网公司抗灾保电总指挥部和云南电网公司受灾电网普查加固的急令又至。3月3日，曲靖供电局迅即成立了受灾电网普查和设防加固领导小组及相应的专业工作组，历时20余天，对因灾受损的输电线路逐条收集相关资料，认真分析整理，形成冰灾专题分析报告49份，并制定了受灾电网加固重建方案，随即拉开了受灾电网加固重建的战幕。2008年10月16日，110千伏宣龙红二回输电线路加固工程竣工。至此，曲靖电网主网灾后加固重建工程全面完成。

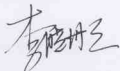
抗险救灾、抢修复电的壮阔场面或将随着时间的推移淡出人们的记忆，但冰灾的启示值得铭记。为总结冰灾的经验教训，给今后的电网规划、设计、建设及运行维护管理提供指导和借鉴，曲靖供电局组织编制了《曲靖电网2008年冰灾110kV及以上受损线路分析报告》（下简称《报告》）。

《报告》从49份因灾受损输电线路分析报告中精挑细选了35份，其中涉及500千伏输电线路3条、220千伏输电线路15条、110千伏输电线17条。《报告》对于每条受灾的输电线路，均从原始设计参数以及覆冰情况、受损程度等方面对灾害进行了定性、定量分析，重点从输电线路沿线气象环境的特征以及线路档距的选择、塔型的选用、导地线和金具的选型等方面，深入分析了输电线路受灾的原因，通过经济技术分析比较，对因灾受损线路制定了两套加固方案，并对气象条件相近、地理位置相邻的其他输电线路也提出了加固设想。

《报告》基本勾勒出了曲靖电网的重冰区和微气象区分布，指明了曲靖电网的薄弱环节，提出了曲靖电网“十一五”规划的完善建议和“十二五”规划的初步构想，也为今后曲靖电网的规划设计中“灾害裕度”的考虑和安排提供一些有益的借鉴和启示。但由于知识水平有限，其中难免有疏漏和不足。

在《报告》的分析、整理、编制过程中，相关人员付出了大量心血和汗水，在此谨向他们致敬并敬！

2008年冰灾的考验、抗灾的历练、灾后重建的启示，必将成为我们的一笔宝贵财富。作为曲靖电网抗险救灾、抢修复电和灾后重建的亲身经历者，希望各条战线上的专业技术人员认真总结、潜心思考、不断探索，为建设更加坚强的曲靖电网，保障电网的安全运行、可靠供电作出更大的贡献！



2008年10月于曲靖

目录 MULU

概 述	1
-----------	---

500kV分析

1 500kV宣威曲靖线受损情况及分析	3
2 500kV曲靖罗平Ⅱ回线受损分析	15
3 500kV七罗Ⅰ回线受损情况及分析	22

220kV分析

4 220kV嵩沾Ⅰ回线受损情况及分析	25
5 220kV嵩沾Ⅱ回线受损情况及分析	29
6 220kV曲营Ⅱ回线受损情况及分析	36
7 220kV曲曲线受损情况及分析	40
8 220kV曲陆线受损情况及分析	45
9 220kV罗青Ⅰ回线受损情况及分析	49
10 220kV罗青Ⅱ回线受损情况及分析	56
11 220kV鲁罗Ⅰ回线受损情况及分析	61
12 220kV以者线受损分析	67
13 220kV者昭Ⅱ回线受损分析	72
14 220kV者虹Ⅰ回线受损情况分析	82
15 220kV者虹Ⅱ回线受损情况分析	94
16 220kV虹沾Ⅰ回线受损分析	101
17 220kV虹沾Ⅱ回线受损分析	107
18 220kV虹花Ⅱ回线受损情况分析	113

110kV分析

19 110kV宣田Ⅱ回线受损情况分析	119
---------------------------	-----

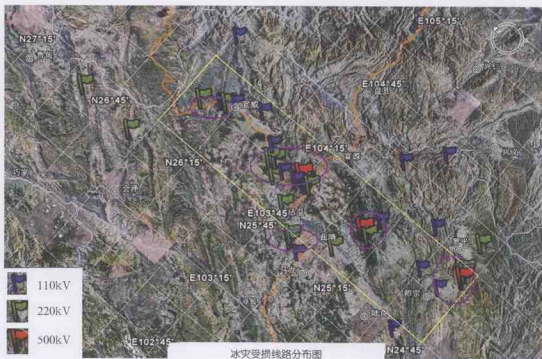
20 110kV宜龙红Ⅱ回线受损分析	127
21 110kV宜龙红Ⅰ回线受损分析	136
22 110kV宜龙红Ⅰ回维尼纶T接接受损分析	143
23 110kV虹大线受损分析	146
24 110kV马街Ⅰ回线受损情况及分析	151
25 110kV罗师线受损分析	156
26 110kV陆宜Ⅱ回师宗T接接受损分析	160
27 110kV花富线受损情况及分析	166
28 110kV花白线受损情况及分析	174
29 110kV滇老线受损情况及分析	183
30 110kV大小线受损分析	187
31 110kV沾维白水T接接受损情况及分析	192
32 110kV水东线受损分析	199
33 110kV营东线受损分析	211
34 110kV营老线受损分析	218
35 110kV三通南海子T接接受损分析	227
分析成果及加固建议	231
曲靖电网薄弱环节分析及规划建设建议	234
附表一 曲靖电网2008年冰灾受损情况明细表	236
附表二 曲靖电网110kV及以上受损线路统计表	240
附表三 曲靖电网冰灾受损线路冰区更改表	241

概述

2008年1月下旬至2月中旬,一场罕见的、持续时间长、冰冻范围大的凝冻灾害肆虐了曲靖全境。曲靖电网所辖110kV及以上126条输电线路中有90%以上出现不同程度覆冰现象,造成32.53%的输电线路倒塔、断线,给全市人民生产、生活用电带来了严重的影响。

1月26~31日,受南支槽和强冷空气的共同影响,曲靖市全境大幅降温,出现雨雪、冻雨天气,气温普遍下降到0℃以下,形成曲靖电网初期冰冻灾害。2月7~15日全市温度持续下降,出现时间更长、范围更广的低温、雨雪、凝冻天气。气温低于0℃的天数创曲靖有气象记录以来历史最高,致使曲靖电网冰冻灾害进一步加重、扩大,特别是从2月10日开始,随着恶劣的天气持续升级,曲靖电网冰灾受损情况越加严重,导致曲靖电网29座变电站停运,76个乡镇50万户居民用电受到严重影响,1695户工业用户被迫停电。至2月27日,共造成曲靖电网9条500kV线路中的3条线路受损停运,41条220kV线路中的16条线路受损停运,76条110kV线路中的22条线路受损停运。

此次冰冻灾害中,曲靖电网受损线路分布于曲靖行政辖区内的八个县市、数十个乡镇,点多面广。其中线路受损较严重地区集中于沾益县白水镇、花山镇、麒麟区东山镇、麒麟区与马龙县交界处、罗平县与师宗县交界处、宣威市靖外镇等地,大致分布范围为经度E103°45′~E104°15′、纬度N24°45′~N26°30′圈定的南北条状区域内。线路受损点大多集中在水气较重、湿度较高、植被良好、海拔高度1700m~2200m间的北风迎风面山坡或山顶,经过东西横断拦堵南北气流山脉的线路受损情况更为严重,如下图。



此次冰冻灾害的发生,是自然气象变化形成低温、低风速、高湿度、强寒潮综合作用的结果。据曲靖气象台站观测、记录的1月、2月气象资料统计,1月下旬曲靖市出现了大范围的降雨、降雪天气,平均气温普遍下降到 0°C 以下,月平均风速 2.1m/s ,月相对湿度 87% ,其中会泽降雨量和降温幅度均大于年度同期水平。2月曲靖市月平均气温为 $-0.5^{\circ}\text{C}\sim-3.5^{\circ}\text{C}$,特别是会泽、宣威、富源、陆良、马龙、麒麟为有气象记录以来同期第一低值,沾益、罗平、师宗为第二低值;2月上旬至中旬,遭遇了有气象记录以来最强寒潮天气,低温雨(雪)天气持续时间之长,突破了曲靖市有气象记录以来的极值;降水与历年同期相比偏多 $4\sim 12\text{mm}$,月平均风速 2.3m/s ,月相对湿度 91% 。

本次冰灾,导地线断线、断股、金具损坏多数发生在原设计覆冰厚度为 10mm 的轻冰区区段或与重冰区分界点附近。导地线断线、断股位置主要发生在档距较大的直线塔悬垂线夹和耐张线夹附近,金具损坏多数发生在使用档距较大的两侧直线塔上和耐张段较长的耐张塔上。究其原因,多数由于线路使用档距悬殊较大,当导线覆冰超过设计覆冰厚度时,大档距侧的冰重加重导致导线绝缘子串向大档距侧偏移,当绝缘子串偏移到极限时,线夹出口附近导线容易受弯或疲劳,而出现断线、断股。部分金具因垂直荷载过载严重而断裂、损坏。

同样,线路杆塔受损或倒塔也主要发生在设计覆冰厚度为 10mm 的轻冰区或与重冰区分界点附近。其主要表现形式为:地线支架、导线横担断裂或弯曲变形;塔身局部部件弯曲变形;头部折断;全塔倾倒。究其原因,直线杆塔受损或倒塔主要是因为覆冰作用在其上的水平或垂直荷载超过了设计值,引起杆塔构件损坏,导致杆塔部分受损或全塔倾倒;或因线路导地线在杆塔前后侧出现不均匀覆冰、脱冰而导致作用在杆塔上的沿线路方向的不平衡张力超过设计值,造成杆塔部分受损或全塔倾倒;危害最大的是在上述原因综合作用下,导致杆塔串倒。耐张杆塔受损或倒塔主要是因为耐张段覆冰荷载不断增加,导致耐张杆塔承力超过设计条件而受损或全塔倾倒;或因耐张段内直线杆塔的倾倒,其相邻耐张段不平衡张力急剧增大而导致耐张杆塔过载受损或全塔倾倒。在21基倒塔铁塔中有12基为猫头型铁塔,在24基严重受损铁塔中有13基为猫头型铁塔,因此,在今后的新建、改造项目中,应对猫头型铁塔做全面校核。

我们应吸取本次冰灾教训,分析线路受损原因,找出加固措施,整理本次抗冰保电过程中收集到的各种资料,建立完善的基础数据库,应用到今后的电网规划、设计、建设、运行、维护中,不断地提高电网的御灾和抗灾能力。

500kV分析

1 500kV宣威曲靖线受损情况及分析

一、线路概况

1. 设计单位：云南省电力设计院

施工单位：贵州、云南、黑龙江送变电工程公司

建设单位：云南电网公司建设分公司

2. 长度：108.855km

3. 线路经过：宣威电厂—沾益—曲靖

4. 气象：本工程全线分为10mm、20mm覆冰两个冰区，最大设计风速为30m/s。

AN0—AN85FG一标段冰区如下表。

序号	起止段	气象	设计覆冰mm	长度km
1	宣威电厂—AN72（运行N1—N72）	Ⅱ	10	29.915
2	AN72—AN75（运行N72—N75）	Ⅲ	20	0.85
3	AN75—AN85（运行N75—N86）	Ⅱ	10	4.012

AN85—BN100二标段冰区如下表

序号	起止段	气象	设计覆冰mm	长度km
1	AN85—BN60（运行N86—N146）	Ⅱ	10	23.495
2	BN60—BN68（运行N146—N154）	Ⅲ	20	2.598
3	BN68—BN73（运行N154—N159）	Ⅱ	10	2.561
4	BN73—BN83（运行N159—N169）	Ⅲ	20	2.888
5	BN83—BN100（运行N169—N186）	Ⅱ	10	6.531

BN100—CN91三标段冰区如下表

序号	起止段	气象	设计覆冰mm	长度km
1	BN100—CN91（运行N186—N276）	Ⅱ	10	35.991

5. 导线型号：宣威电厂—AN47采用 $4 \times \text{JL/LB20—300/40}$ ，从AN47—CN91全部采用 $4 \times \text{LGJ—500/45}$ 。

6. 地线型号：一根采用OPGW架地复合光缆；另一根在20mm覆冰区采用LBGJ—100—20AC，在10mm覆冰区采用LBGJ—80—20AC。

7. 绝缘子型号：悬垂串型号：U160BL/170、U160BLP/170、U210B/170、U210BP/170、U300B/195、U300BP；耐张串型号：U160BL/170、U160BLP/170、U300B/195、U210B/170、U300B/195、U210BP；跳线串型号：U70B/146、U70BP/146、U70BP。

8. 投产时间：2006年5月31日

二、受损情况

本次冰冻灾害造成500kV宣威曲靖线受损情况：

1. 杆塔受损情况：N181、N182主材变形。

2. 导地线受损情况

2.1 N180—N181A相4根子导线断线，B相3根子导线断线。



N180—N181导线断线情况

2.2 N189—N190距N189塔50m和距N190塔50m处B相子导线绞线。



N189—N190子导线绞线情况

2.3 N190—N191右边地线断线。

3. 金具及附件受损情况

3.1 N193、N194、N195、N203、N206地线线夹移位、防震锤变形。N136—N140架空地线线夹向小号侧偏移20cm，N140—N146、N146—N154、N154—N158、N158—N165、N165—N169、N170—N179、架空地线线夹位移，N196地线线夹断裂一个；N197光缆防震锤预绞丝损坏，光缆预绞丝损坏；N198光缆附件预绞丝损坏两层，防震锤预绞丝损坏一组，光缆向大号侧滑动、金具倾斜；N199地线线夹断裂一个，N200地线线夹断裂一个、线夹移位、预绞丝损坏，N201地线线夹断裂一个、线夹移位、预绞丝损坏、防震锤变形。



地线移位、防震锤变形情况

3.2 N133—N135导线滑动, N165导线外层断股、N184—N185中导线间隔棒损坏2个, 右导线间隔棒损坏3个。



三、发生地点及相关情况

1. 受损点位于曲靖市沾益县白水中心村委会大德基村, 受损段 N124—N146长8.872km, N146—N154长2.598km, N154—N159长2.561km, N159—N165长1.888km, 按20mm冰区设计。N165—N169长1.000km, N169—N180长4.157km, N180—N186长2.374km, N186—N223长15.556km, 按10mm冰区设计。

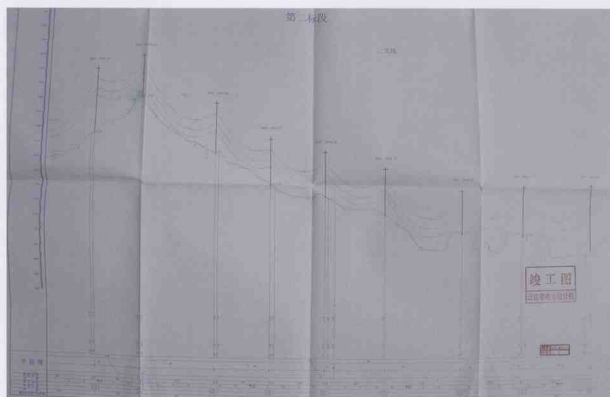
2. 线路跳闸情况: 2008年2月1日11时46分, 500kV曲靖变5631、5633断路器跳闸, 主一保护工频变化量阻抗、电流差动保护动作, 测距28.4km; 主二保护纵联距离零序方向、距离I段动作跳闸, 测距28.2km; 故障录波器测距30.358km。宣威电厂测距65.9km。

3. 受损段档距、高差、耐张段长度、海拔高度等设计参数如下表。

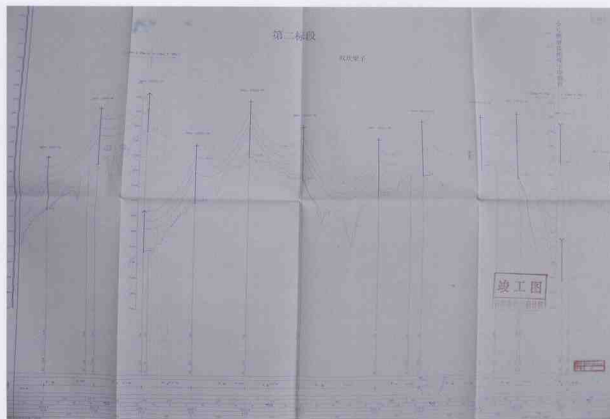
基面海拔 (m)	耐张段长 (m) 代表档距 及K值	运行杆 塔号	设计 编号	杆塔 型号	呼称高 (m)	杆塔 位置	档距(米)			设计 气象 [mm]
							使用	水平	垂直	
2137.0	8728/416 K=7.725	N124	BN38	JG551	24.0	JS15	329	330	298	II
2148.0		N125	BN39	ZB551	30.0	Z111-1		408	410	
2154.0		N126	BN40	ZB551	38.0	Z112+1	487	429	392	
2187.0		N127	BN41	ZB551	24.0	Z113	370	295	568	
2157.0		N128	BN42	ZB551	29.0	Z113+2	220	314	244	
2118.1		N129	BN43	ZB551	36.0	Z114+3	407	429	342	
2109.4		N130	BN44	ZB551	35.0	Z115+2	450	444	349	
2126.0		N131	BN45	ZB551	35.0	Z46-1	437	429	430	
2137.0		N132	BN46	ZB551	39.0	Z118	407	412	442	
2138.0		N133	BN47	ZB552	45.0	Z119-1	417	444	416	
2154.0		N134	BN48	ZB552	46.0	Z120+1	470	475	463	
2175.0		N135	BN49	ZB551	44.0	Z121+1	481	393	419	
2199.0		N136	BN50	ZB551	29.0	JS16	305	393	553	
2162.0		N137	BN51	ZB551	34.0	C50-1	481	416	421	
2142.0		N138	BN52	ZB551	31.0	Z122-1	352	355	283	
2133.0		N139	BN53	ZB550	30.0	Z123-1	357	369	376	
2122.0		N140	BN54	ZB551	31.0	Z124	381	436	439	
2111.0		N141	BN55	ZB551	28.0	Z125	491	451	390	
2109.0		N142	BN56	ZB551	33.0	Z126+1	411	440	448	
2099.0		N143	BN57	ZB552	44.0	Z127+1	469	430	325	
2134.0		N144	BN58	ZB551	35.0	Z128	392	351	288	
2165.0		N145	BN59	ZB551	38.0	Z129	310	307	388	III
2188.0		N146	BN60	JG5522	27.0	Z130	304	304	329	

2125.0	15556/456 $K=7.6592$	N186	BN100	JG551	27.0	J523	300	395	289
2087.0		N187	CN1	ZB552	48.0	Z164-1	169	235	201
2077.0		N188	CN2	ZB552	49.0	Z165	615	392	272
2089.0		N189	CN3	ZB553	42.0	Z166	392	504	307
2157.0		N190	CN4	ZVJ551	36.0	J524	304	348	686
2138.0		N191	CN5	ZB553	36.0	Z167	512	408	253
2153.0		N192	CN6	ZB551	36.0	Z168+1	402	457	438
2166.0		N193	CN7	ZB551	39.0	Z169-1	436	419	419
2177.0		N194	CN8	ZB552	45.0	Z170-1	437	437	400
2199.0		N195	CN9	ZB552	52.0	Z171	366	401	428
2232.0		N196	CN10	ZB551	36.0	Z172	279	323	411
2232.0		N197	CN11	ZB550	33.0	Z173	291	285	273
2238.0		N198	CN12	ZB550	27.0	Z174+1	288	290	264
2238.0		N199	CN13	ZB550	30.0	Z175	298	293	393
2211.0		N200	CN14	ZB552	45.0	Z176	501	400	479
2170.0		N201	CN15	ZB551	37.0	Z177	366	434	373
2153.0		N202	CN16	ZVJ551	31.0	J525	379	373	281
2142.0		N203	CN17	ZB552	42.0	Z178-1	536	457	437
2145.0		N204	CN18	ZB552	45.0	Z179+1	449	492	553
2136.0		N205	CN19	ZB552	42.0	Z180-1	573	511	506
2124.0		N206	CN20	ZB552	41.0	Z181+1	503	538	463
2135.0		N207	CN21	ZB552	41.0	Z182+1	558	530	566
2134.0		N208	CN22	ZB552	43.0	Z183-1	541	549	562
2130.0		N209	CN23	ZB552	43.0	Z184+1	519	530	485
2144.0		N210	CN24	ZB552	40.0	Z185+1	419	469	549
2137.0		N211	CN25	ZB551	35.0	Z186+1	477	448	366
2144.0		N212	CN26	ZB551	39.0	Z187	442	459	474
2148.0		N213	CN27	ZB551	41.0	Z188+1	324	383	326
2168.0		N214	CN28	ZB550	36.0	C83	230	277	410
2164.0		N215	CN29	ZB550	33.0	C85+1	399	314	301
2149.0		N216	CN30	ZB551	38.0	Z191	430	414	354
2147.0		N217	CN31	ZB552	44.0	Z192	396	413	333
2172.0		N218	CN32	ZB552	43.0	C86+1	526	461	650
2150.0		N219	CN33	ZVJ551	36.0	J526	553	540	401
2164.0		N220	CN34	ZB552	39.0	Z193	491	522	634
2150.0		N221	CN35	ZB551	37.0	Z194	463	477	403
2153.0	N222	CN36	ZB551	37.0	Z195+1	392	428	587	
2124.0	12351/464 $K=7.6476$	N223	CN37	JG551	25.0	J526+1	424	408	190

4. 受损段平断面图



500kV 宣威曲靖线 N135—N143 (BN49—BN57)



500kV 宣威曲靖线 N144—N155 (BN58—BN69)