

基于模糊评价法的福建保底电网改造优先度研究

张文翔¹, 杨晓东², 林原辰¹

(1. 中国电建集团 福建省电力勘测设计院有限公司, 福州 350001; 2. 国网福建省电力有限公司, 福州 350001)

摘要:近年来,福建地区极端的自然灾害给福建电网造成了严重的损害,开展 500 kV 保底电网的改造,由被动防御转变为主动防御刻不容缓。基于对福建保底电网的梳理以及历年风灾倒塔的总结,提出福建地区防风差异化设计标准;选取典型的旧规范铁塔,分析直线塔和转角塔在不同使用条件下的满应力度,进而对杆塔整体重建或者局部改造提出建议;通过建立评价因子集、确定因子集隶属函数以及置信度矩阵等方式,采用模糊评价法定量评价杆塔改造优先度,为杆塔改造提供依据。以岗厦 500 kV 线路为例,计算得出该线路共计 94 基铁塔置信度系数为 4,属于急需改造段。

关键词:保底电网;模糊评价法;评价因子;隶属度函数;改造优先度;改造措施

中图分类号: TM726.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2022)01-0338-07

近年来,福建省台风灾害频发,给福建电网带来严重损害。2015 年台风“苏迪罗”在福建省莆田市登陆,造成全省共有 40 条(74 条次)220 kV 及以上输电线路跳闸。2016 年“莫兰蒂”台风造成厦门市 74 条(回)输电线路跳闸故障,500 kV 及 220 kV 架空输电线路杆塔倒塔 15 基,塔头或地线架局部破坏 7 基,同时也造成泉州、漳州电网大量破坏。实践表明,台风等特大自然灾害已经逐渐成为引发大面积停电的最重要原因之一^[1-5]。

福建电网处于较为脆弱的状态,全省有约 51% 的 500 kV 线路是采用 1999 年版及之前规程设计的,这些线路一是气象重现期短,相应设计基本风速取值较现行规范偏低,二是杆塔设计荷载以及荷载组合偏低,三是杆塔采用材料强度偏低,裕度小,在台风自然灾害条件下易被破坏^[6-7]。

国内同行对保底电网差异化设计已开展部分研究。段姚等^[8]通过结构性的风险管控校核电网结构的供电可靠性和快速复电能力,根据差异化的规划原则选取城市重要站点和关键线路构建最小规模的防风保底电网,并提出多项评价指标评估所构建的保底电网。龚贤夫等^[9]针对现有电网结构中存在的防风抗灾薄弱环节,提出了持续提升电网防风抗灾能力的规划原则。

综上所述,虽然国内已经开展部分保底电网研究,但是主要围绕规划等内容,未形成已有保底电

网的改造措施以及定量化的评价体系。本文依托对现有福建省保底电网线路的梳理,提出不同线路改造差异化标准;选取典型的铁塔按照不同设计条件计算杆件满应力度,提出老旧铁塔改造建议;提出模糊数学评价 500 kV 保底电网改造优先度的方法,并且以岗厦 500 kV 为例计算其改造优先度置信系数,提出改造方案。

1 500 kV 保底电网概况

500 kV 保底电网构筑考虑 3 方面内容,一是满足防灾保障电源的送电需要,二是为 220 kV 防灾基本电网提供电源支撑,三是形成较为坚强的 500 kV 电网网架。

500 kV 保底网架考虑构建形成由 500 kV 重要线路构成的全省大环网骨干网架。在沿海双通道中,由于重要负荷及 220 kV 重要变电站均集中分布于沿海东侧通道 500 kV 站点附近,因此选取东侧通道并向沿海西侧通道中部重要站点泉州、南安、集美辐射。500 kV 保底电网变电站和线路规模见表 1,福建省 500 kV 保底电网方案如图 1 所示,保底电网线路明细见表 2。

2 保底线路建设及改造标准

将沿海第一重山以内规定为强风 1 区,以一重山到二重山之间规定为强风 2 区,2016 莫兰蒂台风、2015 年苏罗迪台风、2006 桑美台风中损坏的杆塔主要位于强风 1、2 区范围之内,因此定义强风 1、

收稿日期:2021-08-29

作者简介:张文翔(1988—),男,福建福州人,中国电建集团福建省电力勘测设计院有限公司,高级工程师,土木工程硕士,研究方向为架空输电线路设计。

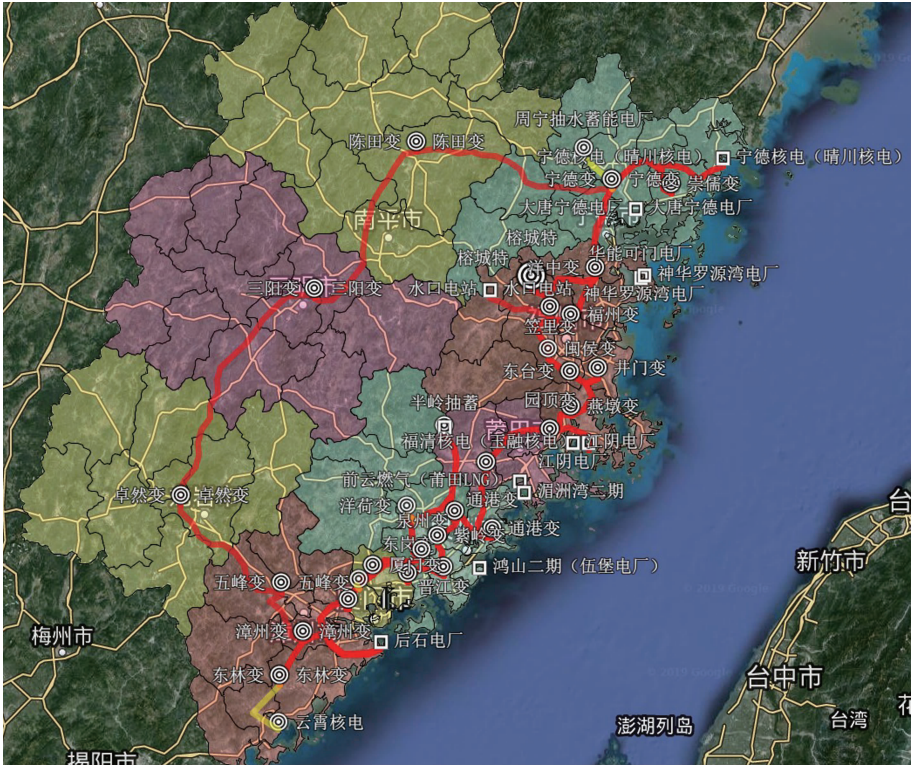


图 1 福建省 500 kV 保底电网方案

表 1 500 kV 保底电网变电站和线路规模

方案		防灾基本电网规模
500 kV	座数/座	23
重要变电站	占总变电站比例/%	74
500 kV	长度/km	3 206
重要线路	占总线路比例/%	50
500 kV 重要变电站名称		福州、井门、闽侯、燕墩、园顶、通港、紫岭、东岗、海沧、集美、漳州、东林、卓然、三阳、陈田、宁德、崇儒、洋中、笠里、莆田、南安、晋江、五峰

表 2 保底电网线路明细

序号	线路名称	建设形式	线路长度/km	建设标准
1	陈田-三阳	改造	127.737	99 规范
2	三阳-卓然	改造	181.758	99 规范
3	陈田-宁德	改造	134.978	99 规范
4	宁德-崇儒	改造	64.913/65.436	10 规范
5	宁德-洋中	改造	62.262	99 规范
6	宁德-洋中二回	改造	61.64	99 规范
7	宁德-周宁抽蓄	新建(暂未施工)	33	10 规范
8	洋中-福州	改造	33.824	99 规范
9	洋中-福州二回	改造	33.463	99 规范
10	福州-闽侯	改造	已建部分原福井 I 路 50.406 km, 福井 II 路 50.959 km	99 规范
11	闽侯-井门	改造	42.597	99 规范、10 规范
12	井门-燕墩	改造	40.833	10 规范

续表 2

序号	线路名称	建设形式	线路长度/km	建设标准
13	燕墩-圆顶	改造	27.405	10 规范
14	圆顶-莆田	改造	65.247	10 规范
15	莆田-通港	改造	54.893	10 规范
16	通港-紫岭	改造	59.948	10 规范
17	紫岭-晋江	改造	24.85	10 规范
18	晋江-东岗	改造	31.57	99 规范、10 规范
19	泉州-东岗	改造	23.689 1	99 规范、10 规范
20	泉州-集美	改造	52.446 (已建部分)	99 规范
21	厦门-东岗	改造	38.586	99 规范、10 规范
22	厦门-海沧	改造	32.182	99 规范
23	海沧-后石电厂	改造	80.401	99 规范
24	后石电厂-漳州	改造	60.247	99 规范
25	漳州-五峰	改造	59.674	99 规范、10 规范
26	五峰-卓然	改造	103.476	99 规范、10 规范
27	漳州-东林	改造	33.17	10 规范
28	玉融核电-园顶	改造	45.925	10 规范
29	晴川核电-崇儒	改造	74.216	10 规范
30	云霄核电-东林	新建	—	10 规范
31	洋中-笠里	改造	50.378	10 规范
32	福州特-笠里	改造	25.2	10 规范
33	水口-笠里	改造	44.516	99 规范、10 规范

续表 2

序号	线路名称	建设形式	线路长度/km	建设标准
34	大园-南安	改造	55.077	99 规范、10 规范
35	南安-泉州	改造	36.066	99 规范
36	半岭-大园	改造	65.71	99 规范、10 规范

2 区为福建省防风差异化设计范围。强风区受台风影响明显,适当提高区域内输电线路的设计标准,可以有效提高电网的防风能力。

位于防风差异化设计范围内的新建防灾基本电网线路执行以下防风差异化设计标准:

- 1)设计基本风速应结合实地调查研究及附近线路运行经验,合理提高设计风速取值,500 kV 线路按 100 年一遇基本风速进行验算。
- 2)杆塔结构重要性系数不宜小于 1.1。
- 3)计算耐张塔跳线风偏时,风压不均匀系数 α 取 1.3。
- 4)计算导线、地线大风工况水平荷载时,线路风荷载调整系数取 1.3。

存量防灾基本电网线路具体改造标准如下:

- 1)对于沿海地市非防风差异化设计范围内且按 79 版规程、99 版规程标准设计的防灾基本电网线路,按现行设计标准进行改造或重建。
- 2)对于防风差异化设计范围的线路,按新建防灾基本电网线路标准进行改造或重建。

3 保底线路改造方式可行性分析

3.1 典型的 500 kV 塔型选择

通过对 500 kV 岗厦 I 路、岗厦 II 路等东南沿海的典型的线路塔型分布可知,主要用到的直线塔系列为 ZB 系列,转角塔系列是 JT 系列,其中 ZB6 塔型(图 2)、JT11 塔型(图 3)应用较多,故以该两塔型作为典型,以分析该塔型的受力情况、技术经济性以及改造的可行性。

3.2 ZB6A 不同档距下满应力度分析以及改造措施

ZB6A 的设计条件见表 3。

表 3 ZB6A 设计条件

水平档距/m	垂直档距/m	转角/(°)
500	800	0

由于直线塔的杆件受力情况与风速以及档距关系密切,分别选取水平档距为 200、300、400、500 m 进行杆件的受力分析,对比不同使用档距下,在 50 年重现期以及 1.1 重要性系数条件下,杆件的满应力情况。各个主材主要关键节点的满应力度

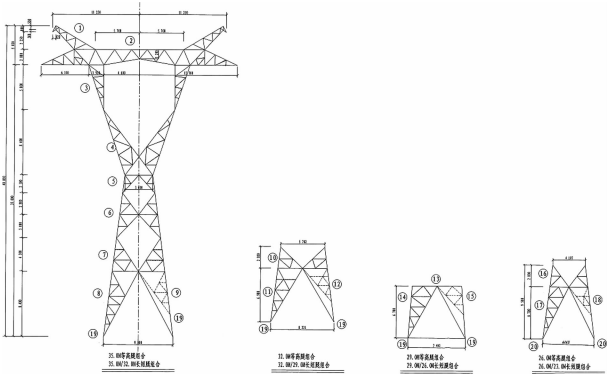


图 2 ZB6A 单线图

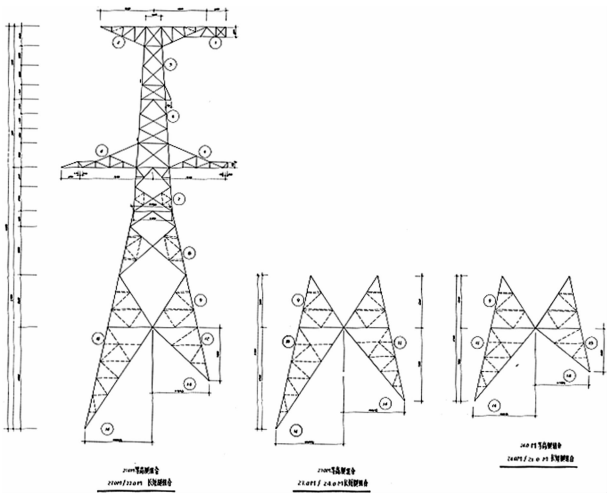


图 3 JT11A 单线图

随着档距的变化详见表 4,ZB6A 主要杆件满应力度随档距变化曲线如图 4 所示。

表 4 ZB6A 主要杆件不同水平档距的满应力度
计算汇总

档距/m	超条件段数	横担主材	K 节点	变坡处横隔
500	52	3.32	1.5	1.52
400	39	2.98	1.2	1.292
300	32	2.32	0.98	1.149
200	15	1.75	0.8	1.014

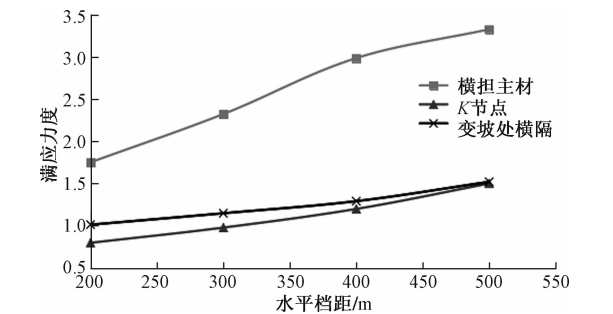


图 4 ZB6A 主要杆件满应力度随档距变化曲线

通过上述计算,给出 ZB6A 开展改造的建议,详

见表 5。

表 5 ZB6A 直线塔改造措施以及可行性分析		
档距/m	改造建议	主要受限因素
除却局部加强外	重建	原路径上新建建筑物的影响
$L<\min$ ($0.4\times$ 设计 档距,设计 档距-350 m)	局部改造	1. 原始放样图纸无法找到,放样困难 2. 局部杆件节点板需要更换节点板,安装安全风险高 3. 运行年限较久的杆塔,疲劳损耗无法计算,改造后依然有耐久性的风险。

3.3 JT11A 不同档距、不同角度下满应力度分析以及改造措施

JT11A 的设计条件见表 6。

表 6 JT11A 设计条件		
水平档距/m	垂直档距/m	转角/(°)
500	750	0~20

由于转角塔的杆件受力情况与转角度数以及档距关系密切,分别选取转角度数为 0°、10°、20°,水平档距为 100、300、500 m 进行杆件的受力分析,对比不同使用档距下,在 50 年重现期以及 1.1 重要性系数条件下,杆件的满应力度情况。验算的气象条件以及档距情况详见表 7。

表 7 JT11A 验算条件			
气象条件(风速/覆冰)	水平档距/m	垂直档距/m	转角/(°)
33/00	500	750	0
33/00	500	750	10
33/00	500	750	20
33/00	300	450	0
33/00	300	450	10
33/00	300	450	20
33/00	100	150	0
33/00	100	150	10
33/00	100	150	20

汇总上述的计算结果,分别选取横担主材,地线横担下间隔斜材,地线横担上平面斜材,导线横担下塔身斜材开展分析,各个主材、主要关键节点的满应力度随着档距和角度的变化详见表 8,JT11A 不同水平档距横担计算满应力度变化曲线如图 5 所示。

表 8 JT11A 不同水平档距计算满应力度汇总					
水平档距/m	角度/(°)	横担主材	地线横担下塔身斜材	地线横担上平面斜材	导线横担下平面身部斜材
500	0	1.139	0.993	1.176	0.996
500	10	1.148	1.026	1.15	0.979
500	20	1.15	1.089	1.116	0.948

续表 8					
水平档距/m	角度/(°)	横担主材	地线横担下塔身斜材	地线横担上平面斜材	导线横担下平面身部斜材
300	0	1.079	0.99	1.133	0.998
300	10	1.082	1	1.11	0.979
300	20	1.092	1	1.073	0.957
100	0	1.018	0.988	1.09	1
100	10	1.027	0.995	1.064	0.983
100	20	1.028	0.996	1.03	0.959

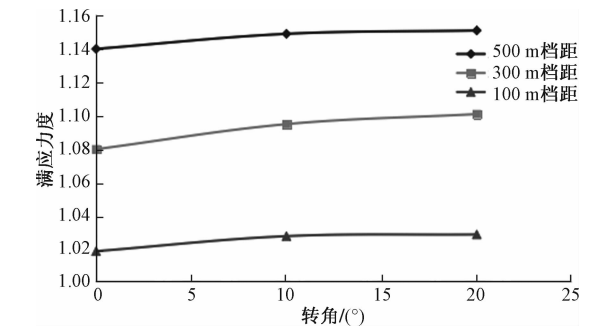


图 5 JT11A 不同水平档距横担计算满应力度变化曲线

通过上述计算可以看出,转角塔在 1.1 的安全系数和风速增大的条件下,整体的满应力度低于直线塔,其对风速的敏感性不强。JT11A 开展改造方式的建议详见表 9。

表 9 JT11A 改造措施以及可行性分析		
档距以及角度/m	改造建议	主要受限因素
除局部改造情况	重建	同表 5
小于原始设计条件	局部改造	同表 5

4 基于模糊数学评价改造优先度方法

4.1 评价要素筛选

结合已有研究、运行经验以及历年倒塔事件,确定以下评价要素:

1)运行年限。线路的运行年限越久,钢结构的耐久性约差。苏春发^[10]分析了大量的试验数据,探讨了输电杆塔材质的耐久性问题。2007 年 12 月某 500 kV 发生的横担自然折断现象,其线路运行 18 年,杆塔在日积月累的运行震动过程中发生破坏。钱锡汇等^[11]通过总结钢材构件腐蚀程度和剩余承载力之间的函数关系,结果表明运行年限越久,其腐蚀程度越高,直接影响着杆塔的安全稳定。因此,运行年限应作为改造优先度的重要评价因素。

2)设计标准。99 规范与 10 规范主要调整的设计参数或要求包括气象条件重现期、导地线荷载计算公式、断线工况组合、断线不平衡张力的取值、直线塔安装工况、结构设计构造。设计标准也是影响杆塔安全的一个重要的因素。

3)强风区以及中冰区。根据历年的福建省灾害可知,风灾是主要因素,覆冰大的地区风荷载影响更大,因此将强风区和中冰区一并纳入,作为影响线路安全运行的重要因素。

4)三跨影响。“三跨”是指跨越高速铁路、高速公路和重要输电通道的架空输电线路区段。若在三跨处发生倒塔事故,不仅会造成停电,也会造成严重的社会影响,危害社会安全。因此,将三跨影响也作为线路改造的评分要素。

4.2 模糊评价法评价改造优先度

1)根据上述分析确定评价要素因子集为

$$X = (N, S, W, C, K) \tag{1}$$

式中: N 为运行年数; S 为设计标准; W 为基本风速, m/s; C 为设计覆冰, mm; K 为线路交叉跨越情况。

整理历年来倒塔发生情况下各技术要素的参数,并以各要素的最大值和最小值作为相应要素的波动范围,建立 5 个要素的风险尺度。具体参数见表 10。

表 10 评价要素因子的参照尺度

改造优先度 评判等级	运行年限	设计标准	基本风速	设计覆冰	三跨情况
1	(0,10)	10 规范	(0,25)	(0,5)	K_1
2	[10,15]	10 规范	[25,30]	[5,10]	K_2
3	[15,20]	99 规范	[30,35]	[10,15]	K_3
4	[20,25]	99 规范	[35,40]	[15,20]	K_4
5	[25, ∞)	79 规范	[40, ∞)	[20, ∞)	K_5

注: K 分为五等级范围, K_1 为跨越 35 kV 以下输电线路、三级以下公路、铁路、二级航道, K_2 为跨越 35 kV 及以上且 110 kV 以下输电线路、三级公路、铁路、二级航道, K_3 为跨越 110 kV 及以上且 220 kV 以下输电线路、二级公路、铁路、二级航道, K_4 为跨越 220 kV 及以上且 500 kV 以下输电线路、一级公路、高铁、一级航道; K_5 为跨越 500 kV 及以上线路、高速、高铁、一级航道,评定分值取 0~1。

2)利用层次分析法计算 5 个评价要素的权重值。其递推层次结构分为目标层(杆塔改造置信度系数)、指标层(5 级评判等级)和方案层(5 个致灾因子)3 层。将下一层包含的全部因子对应上一层的某一因子,如图 6 所示,建立 9 个标度,其建立标准见表 11,进而采用 1-9 标度法建立判断矩阵。

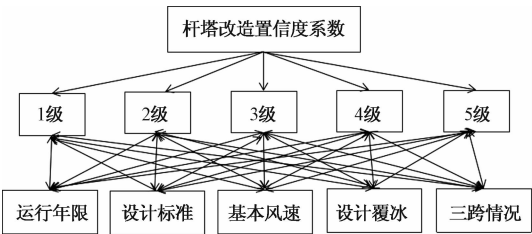


图 6 改造置信度评价

表 11 标度评价法含义

标度	含义
1	倒塔置信度系数中判断两个指标同样重要
3	倒塔置信度系数中判断两个指标一个比另外一个稍微重要
5	倒塔置信度系数中判断两个指标一个比另外一个明显重要
7	倒塔置信度系数中判断两个指标一个比另外一个强烈重要
9	倒塔置信度系数中判断两个指标一个比另外一个极端重要
2,4,6,8	上述两相邻判断中值

应用 9 标度法确定判断矩阵时,考虑到置信度系数这一目标的复杂性和决策人员评分主观性的影响,会导致判断矩阵出现不一致性,因此以随机一致性比率 CR (consistency ratio)为检验指标,对判断矩阵的一致性进行检验,只有当一致性满足要求后,才能输出层次权重。

获得的权重向量表示为 $A = (aN, aS, aW, aC, aK)$ 。其中 aN 、 aS 、 aW 、 aC 、 aK 为各因子的权重值。

3)对应改造优先度评判等级,改造决策集可分为 5 级。因子集 X 中的 5 个评价要素对应决策集的隶属度函数可表示为

$$G = \begin{bmatrix} N_1 & N_2 & N_3 & N_4 & N_5 \\ S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 \\ W_1 & W_2 & W_3 & W_4 & W_5 \\ C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ K_1 & K_2 & K_3 & K_4 & K_5 \end{bmatrix} \tag{2}$$

风险因子分为区间式(如运行年限、基本风速和设计覆冰)以及定值式(如设计标准,三跨类型)两种,分别采用梯形法和矩形法两种方法建立不同风险评判等级下的隶属度函数。梯形法针对区间式指标,矩形法针对定值式指标。

将具体工况下 5 个评价要素的参数代入相应的隶属度函数中,得到模糊综合评价矩阵为

$$M = [M_1, M_2, M_3, M_4, M_5] \tag{3}$$

式中, $M_i = (N_i, S_i, W_i, C_i, K_i)^T$ 其含义是指具体工况下各评价要素对应第 i 级风险评判等级的隶属程度。

由于评价要素不同,其对改造优先度评判标准也不同,因此引入上述确定的权重向量得到模糊综合评价向量为

$$B = A \times M = [b_1, b_2, b_3, b_4, b_5] \tag{4}$$

依据最大隶属度原则,选择 $[b_1, b_2, b_3, b_4, b_5]$ 中元素的最大值作为输电线路山改造优先置信度 B 。随后根据置信度 B 与阈值的关系,判断是否急需改造。

根据往年的实际运行经验,可将输电线路甄别算法的阈值设置为 4 级评判等级时的最小置信度系数,即 3.33%。当通过模糊综合评价法根据最大隶

属度原则得出的改造优先置信度 $>3.33\%$ 时,即认为存在倒塔的危险,急需改造。改造优先度评判等级见表 12。

表 12 改造优先度评判等级

评判等级	风险程度	改造优先度	倒塔置信度系数
1	没有危险	无须改造	(0,1.33)
2	低度危险	可改造	[1.33,2.33)
3	中度危险	需改造	[2.33,3.33)
4	高度危险	急需改造	[3.33,4.85)
5	极度危险	迫切改造	[4.85,5]

5 典型保底线路改造优先度评价

500 kV 岗厦 I 路起自 500 kV 东岗变构架,止于 500 kV 厦门变电站。线路全长 38.586 km,基本情况见表 13,岗厦 I 路谷歌路径图如图 7 所示。

表 13 工程概况

序号	项目	内容
1	路径长度	38.586 km
2	共塔情况	岗厦I路#1~#31塔与岗厦II路#1~#31塔为同塔架设,岗厦I路#83~#85塔与岗厦II路#78~#80为同塔架设。
3	杆塔数量	岗厦 I 路 85 基,岗厦 II 路 80 基,其中同塔 34 基
4	耐张比例	0.294 1
5	导地线型号	导线: # 1~# 32 为 JL/LB20A-400/35, # 32~# 84 为 LGJ-400/35,四分裂子导线呈正方形,分裂间距 450 mm。地线左侧:东岗变构架-# 32 为 JLB40-150, # 32~# 76、# 84-厦门变构架为 LB20J-80, # 76~# 84 为 LGJ-150/35。地线右侧:东岗变构架-# 32 为 OPGW-150 光缆, # 32-厦门变构架为 OPGW-120

续表 13

序号	项目	内容
6	设计覆冰厚度	无
7	设计风速/(m/s)	33
8	地形地貌	平原 10%,丘陵 80%,山地 10%
9	途径区域	同安区、南安市

以岗厦 I 路 # 41~# 50 区段为例,其技术要素详见表 14。

表 14 典型塔位的技术要素

杆塔号	投运时间	设计标准	设计风速/(m/s)	设计覆冰	三跨
# 041	1999	99 规范	33	0	无
# 042	1999	99 规范	33	0	无
# 043	1999	99 规范	33	0	无
# 044	1999	99 规范	33	0	无
# 045	1999	99 规范	33	0	无
# 046	1999	99 规范	33	0	无
# 047	1999	99 规范	33	0	无
# 048	1999	99 规范	33	0	无
# 049	1999	99 规范	33	0	无
# 050	1999	99 规范	33	0	无

通过 1-9 标度法确定各个要素的权重值为

$A = [0.3 \quad 0.25 \quad 0.25 \quad 0.1 \quad 0.1]$ 。

确定通过计算确定隶属度函数为

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 2.5 & 5 & 5 & 5 \\ 0 & 0 & 5 & 5 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 2.5 & 0 \\ 5 & 2.5 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}。$$

根据式(4)确定模糊评价向量 B 为



图 7 岗厦 I 路谷歌路径图

$B = [1.75 \quad 2.25 \quad 4 \quad 3 \quad 1.5]$ 。

该段线路的改造置信度系数为 4, 风险程度为高度危险, 改造优先度为急需改造。

按照该方法进行全线分析, 岗厦 I 路 # 033 ~ 岗厦 I 路 # 081, 岗厦 II 路 # 033 ~ 岗厦 II 路 # 077 合计 94 基杆塔优先度为急需改造。

结合本文第 3 章改造建议的结论, 采用拆除重建和局部改造两种方式, 通过计算得出改造匡算约为 11 232.2 万元。

6 结论

基于对福建省保底电网的梳理, 得到以下结论:

- 1) 提出保底电网的防风差异化设计标准, 针对保底电网强风区线路按照 50 年一遇设计, 百年一遇验算, 并且考虑 1.1 重要性系数。
- 2) 选取典型的 500 kV 的运行年限较旧的塔型, 开展满应力度分析, 针对直线塔和转角塔提出相应的局部改造和整体改造的建议。
- 3) 结合历年的灾害和工程经验, 提出影响改造优先度的技术要素包括运行年限、设计标准、强风区、覆冰情况以及是否三跨。应用头脑风暴的方法, 量化地确定各个技术要素的评分值, 并且提出不同评分区间改造星级。
- 4) 依据岗厦 I 路 500 kV 线路工程, 结合上述评价

手段, 确定线路的平均评分值为 2.78, 需要改造的杆塔位有 94 基, 合计投资匡算约 11 232.2 万元。

参考文献

[1] 张锋, 吴秋哈, 李继红. 台风“云娜”对浙江电网造成的危害与防范措施[J]. 中国电力, 2005, 38(5): 39-42

[2] 吴明祥, 包建强, 叶尹等. 超强台风“桑美”引起的温州电网输电线路事故的分析[J]. 电力建设, 2007, 28(9): 39-41

[3] 张勇, 赵勇, 王景亮, 等. 台风对电网运行影响及应对措施[J]. 南方电网技术, 2012, 6(1): 42-45

[4] 厉天威, 赵建华, 蔡彦枫, 等. 南方电网沿海地区输电线路设计风速分析[J]. 南方电网技术, 2015, 9(6): 49-53

[5] 厉天威, 江已彦, 赵建华, 等. 南方电网沿海地区输电线路风灾事故分析[J]. 高压电器, 2016, 52(6): 23-28

[6] 电力规划设计总院. 架空输电线路杆塔结构设计技术规范: DL/T 5154—2012[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.

[7] 电力规划设计总院. 架空输电线路基础设计技术规程: DL/T 5219—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.

[8] 段瑶, 龚贤夫, 左郑敏, 等. 沿海地区差异化的防风保底电网构建方法[J]. 水电科学能源, 2017, 35(12): 196-199.

[9] 龚贤夫, 覃芸, 段瑶, 等. 广东沿海城市防风保底电网规划方法[J]. 广东电力, 2017, 30(7): 7-11.

[10] 苏春发. 杆塔材质耐久性研究[J]. 钢结构, 2014, 29(6): 67-69.

[11] 钱锡汇, 梁浩, 吴建刚. 输电线路服役杆塔受腐蚀构件的耐久性评估[J]. 华东电力, 2013, 41(8): 1695-1698.

Research on Reconstruction Priority of Power Grid in Fujian Typhoon Area Based on Fuzzy Mathematics

ZHANG Wenxiang¹, YANG Xiaodong², LIN Yuanchen¹

(1. PowerChina Fujian Electric Power Engineering Co., Ltd., Fuzhou 350001, China;
2. State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd., Fuzhou 350001, China)

Abstract: In recent years, the extreme natural disasters have caused serious damage to Fujian power grid. For changing from passive defense to active defense, the transformation of 500 kV guaranteed grid can not be postponed. Based on the statistic of Fujian guaranteed power grid and the summary of tower collapse caused by wind disasters, some suggestions are put forward for the design standards of wind differentiation. Selecting the typical old standard tower, the full stress of linear tower and angle tower are analyzed under different conditions, and suggestions for the overall reconstruction or partial reconstruction of the tower are put forward. By establishing the evaluation factor set, determining the membership function of the factor set and matrix of confidence degree, the fuzzy evaluation method is used to quantitatively evaluate the priority of tower transformation. Taking Gangxia 500 kV Line as an example, the results show that the line has 94 towers belong to the urgent reconstruction section, and the confidence coefficient is 4.

Keywords: guaranteed grid; fuzzy evaluation method; evaluation factor; membership function; transformation priority; transformation measures