

# 中国输电线路规范的风荷载计算比较

李敏生, 王振华

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** [目的]在台风袭击下,一些20世纪80、90年代建设的110 kV和220 kV输电线路经常出现铁塔损坏的现象,为了加固和改造事故线路,需要分析铁塔损坏的原因。[方法]介绍了中国1979、1990、2002和2012四个版本规定的输电线路风荷载计算方法,比较了设计风速、风压高度变化系数、体型系数、风荷载调整系数和覆冰风荷载增大系数等主要计算参数的差异,计算了某铁塔节段和导线在四个版本规定中的风荷载。[结果]计算结果表明:12规定的设计风速相比79、90和02规定增大5%~10%;79规程中60 m以下铁塔不考虑风振系数的规定严重低估了塔身风荷载;四本规定中110 kV和220 kV输电线路不采用导地线风荷载调整系数的规定严重低估了导地线风荷载。[结论]各规定的铁塔和线条风荷载差异的主要影响因素是风速重现期、铁塔或导地线风荷载调整系数,这也是风灾倒塔的主要原因。

**关键词:** 中国输电线路规范;铁塔风荷载;线条风荷载;参数;差异比较

中图分类号: TM75

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)03-0089-05

## Comparison of Wind Load Calculation for China Transmission Codes

LI Minsheng, WANG Zhenhua

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction] Several towers of some 110 kV or 220 kV transmission lines built in 1980s and 1990s were destroyed under typhoon strike. The reasons of towers collapse shall be analyzed for reinforce and rebuild transmission lines. [Method] Wind load calculation formula of transmission line for 1979, 1990, 2002 and 2012 China code were introduced. The differences of wind speed, height variation factor of wind pressure, shape factor, adjustment coefficient of wind load and icing load factor were compared, wind load of a tower section and conductor for four edition China codes were calculated. [Result] The results show that the 12 code's design wind speed is 5%~10% greater than that of 79, 90 and 02 code, the 79 code's tower wind load for tower height under 60 m is underestimated without considering adjustment coefficient of wind load and 1979, 1990, 2002 and 2012 code's wire wind load of 110 kV or 220 kV transmission lines are seriously underestimated without considering adjustment coefficient of wind load. [Conclusion] The difference of 79, 90, 02 and 12 code's wind load for tower and wire is mainly affected by wind speed return period and adjustment coefficient of wind load, which are main reasons for tower collapse.

**Key words:** China transmission code; tower wind load; wire wind load; parameters; difference comparison

最近几年,南方沿海区域的广东、海南地区频繁遭受台风袭击,大量输电线路受损,其中很多损毁线路是20世纪80、90年代建设,且损毁线路的电压等级主要为110 kV和220 kV。风荷载是输电

线路设计的主要控制荷载,近四十年的输电线路工程中,输电线路的风荷载计算主要采用了以下四本规定《架空送电线路设计技术规程》(SDJ 3—79)(79规程)<sup>[1]</sup>、《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》(SDGJ 94—90)(90规定)<sup>[2]</sup>、《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》(DL/T 5154—2002)(02规定)<sup>[3]</sup>和《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》(DL/T 5154—2012)(12规定)<sup>[4]</sup>。

收稿日期: 2017-04-01 修回日期: 2017-07-05

基金项目: 中国能建广东院科技项目“基于阵风效应的线路防风能力设计评估方法与已建维护改造策略研究”(EV04651W)

针对一些旧线路的抢修或加固项目,了解原设计规范非常有必要。79 规程适用于新建 35 ~ 330 kV 架空送电线路,90 和 02 规定适用范围扩大到 500 kV 架空送电线路,12 规定适用范围再扩大到 750 kV 架空送电线路。本文详细比较了 79、90、02 和 12 四本规定以及一些相关规程规范<sup>[5-7]</sup>中铁塔和线条风荷载计算方法,分析比较了计算公式中设计风速、风压高度变化系数、体型系数、风荷载调整系数和覆冰风荷载增大系数等主要计算参数的差异和风灾倒塔事故的主要原因,为旧线路工程的评估和技改提供参考。

## 1 铁塔风荷载计算

### 1.1 风荷载计算公式

79 规程的铁塔风荷载计算公式为:

$$W_s = CFV^2/16 \quad (1)$$

式中:  $W_s$  为铁塔风荷载(kN);  $C$  为风载体型系数;  $F$  为铁塔身侧面的构件投影面积( $m^2$ );  $V$  为设计风速( $m \cdot s^{-1}$ )。79 规程第 62 条表示计算时需考虑风压高度变化系数,79 规程第 63 条表示 60 m 以上铁塔计算时需考虑风振系数。

90 规定的铁塔风荷载计算公式为:

$$W_s = K_z K_T CFV^2/1600 \quad (2)$$

式中:  $W_s$  为铁塔风荷载(kN);  $K_z$  为风压高度变化系数;  $K_T$  为风压调整系数;  $C$  为构件风载体型系数;  $F$  为铁塔迎风面的构件投影面积( $m^2$ );  $V$  为风速( $m \cdot s^{-1}$ )。

02 与 12 规定的铁塔风荷载计算公式为:

$$W_s = W_0 \mu_z \mu_s \beta_z B A_s \quad (3)$$

式中:  $W_s$  为杆塔风荷载标准值(kN);  $W_0$  为基本风压标准值( $kN \cdot m^{-2}$ );  $\mu_z$  为风压高度变化系数,基准高度为 10 m 的风压高度变化系数;  $\mu_s$  为构件的体型系数;  $\beta_z$  为杆塔风荷载调整系数;  $B$  为杆塔构件覆冰时风荷载增大系数;  $A_s$  为迎风面构件的投影面积计算值( $m^2$ )。

### 1.2 风速

79 规程、90 和 02 规定中,110 ~ 330 kV 送电线路采用离地 15 m 高 10 min 年平均最大风速作为设计风速,重现期为 15 年,其最大设计风速不宜低于 25 m/s; 90 和 02 规定中,500 kV 送电线路采用离地 20 m 高 10 min 年平均最大风速作为设计风速,重现期为 30 年,其最大设计风速不宜低于 30

m/s。12 规定和文献 [6] 采用离地 10 m 高 10 min 年平均最大风速作为基本风速,110 ~ 330 kV 输电线路重现期为 30 年,其基本风速不宜低于 23.5 m/s; 500 ~ 750 kV 输电线路重现期为 50 年,其基本风速不宜低于 27 m/s。根据伯努力方程,基本风压计算大约为  $W_0 = V^2/1600 N \cdot m^{-2}$ 。根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)<sup>[8]</sup>附录 E. 3. 4 的公式计算,风速重现期由 15 年一遇增大为 30 年一遇,风速增大约 10%,风速重现期由 30 年一遇增大为 50 年一遇,风速增大约 5%。

### 1.3 风压高度变化系数

各阶段规定的风压高度变化系数取值本质相同,只是计算的参考高度选取不同。79 规程、90 和 02 规定中,110 ~ 330 kV 风压高度变化系数为  $1.0(z/15)^{0.32}$ ,500 kV 风压高度变化系数为  $1.0(z/20)^{0.32}$ ; 12 规定按 B 类地面粗糙度类别进行输电线路设计,其风压高度变化系数为  $1.0(z/10)^{0.32}$ ,其中  $z$  为杆塔各分段中心离地的高度(m)。2012 版《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)<sup>[8]</sup>中 B 类风速剖面指数由 0.16 修改为 0.15,适当降低了标准场地类别的平均风荷载,但行业标准的风速剖面指数仍采用 0.16。

### 1.4 体型系数

79 规程的角钢塔体型系数为  $1.4(1+\eta)$ ,钢管塔体型系数为  $1.2(1+\eta)$ ; 90 规定角钢塔体型系数为  $1.4(1+\eta)$ ,钢管塔体型系数为  $0.6 \sim 1.0(1+\eta)$ ; 02 规定的角钢塔体型系数为  $1.3(1+\eta)$ ,钢管塔体型系数为  $0.7 \sim 1.2(1+\eta)$ ; 12 规定的角钢塔体型系数为  $1.3(1+\eta)$ ,钢管塔体型系数为  $0.6 \sim 0.8$  乘  $1.3(1+\eta)$ <sup>[7]</sup>,其中  $\eta$  为塔架背风面荷载降低系数,各规范取值相同。相比 79 规程和 90 规定,02 和 12 规定的角钢塔体型系数降低约 7%,文献 [9] 和 [10] 对角钢塔模型进行了相关风洞试验,试验结果表明中国规范角钢塔体型系数相比美标和欧标偏低;文献 [11] 通过风洞试验验证了文献 [7] 钢管塔体型系数取值的合理性。

### 1.5 杆塔风荷载调整系数

79 规程: 60 m 以上的铁塔,应考虑阵风的振动作用,塔(杆)身风荷载应乘以风振系数,自立式铁塔的风振系数取 1.5。

90 规定: 在计算铁塔自身强度和变形时,考虑风的动力影响及不同电压线路重要性区别,铁塔身

风荷载应乘以风压调整系数, 如表1所示。

表1 铁塔风荷载调整系数

Tab. 1 Adjustment coefficient of wind load for tower

线路电压/kV	铁塔高度/m		
	<30	30~50	>50
35~110	1.0	1.2	1.5
154~330	1.3	1.3	1.5
500	1.5	1.5	1.6

02和12规定: 杆塔风荷载调整系数 $\beta_z$ , 全高在20 m及以下杆塔 $\beta_z$ 取1.0; 全高超过20 m且不超过60 m时全塔采用一个系数, 如表2所示; 全高超过60 m时, 其 $\beta_z$ 应按文献[8]有关规定确定, 采用由下到上逐段增大的数值且加权平均不应小于1.6。

表2 杆塔风荷载调整系数

Tab. 2 Adjustment coefficient of wind load for tower

铁塔全高/m	20	30	40	50	60
$\beta_z$	1.0	1.25	1.35	1.5	1.6

79规程中60 m以下的铁塔风荷载计算不考虑风振系数, 以及90、02和12规定中铁塔全高越小杆塔风荷载调整系数越小, 铁塔高度越小其风荷载调整系数越小的规定没有理论依据, 因此这两项规定低估了铁塔风荷载, 这是风灾倒塔的主要原因之一。

### 1.6 覆冰风荷载增大系数

79规程、90和02规定中, 铁塔风荷载计算不考虑覆冰影响; 1998年试行的《重冰区架空送电线路设计技术规定》(试行)<sup>[12]</sup>中规定重冰区铁塔风荷载计算中构件覆冰后风荷载增大系数取2.0; 12规定和《重覆冰架空输电线路设计技术规程》(DL/T 5440—2009)<sup>[5]</sup>按不同覆冰厚取不同覆冰风荷载增大系数, 5 mm冰区取1.1、10 mm冰区取1.2、15 mm冰区取1.6、20 mm冰区取1.8、20 mm以上冰区取2.0~2.5。

### 1.7 算例

以40 m高220 kV角钢铁塔为例, 设计风速15年一遇15 m高35 m/s和30年一遇10 m高36 m/s, 无冰, 计算中心高度30 m节段的塔身风荷载, 该节段面积为2.5 m<sup>2</sup>, 背风面荷载降低系数 $\eta$ 取0.9, 塔身节段计算结果如表3所示。

由表3计算结果可以看出, 相比79规程, 90和02规定的塔身风荷载增大约30%, 主要原因是

增加了铁塔风荷载调整系数; 相比90和02规定, 12规定的塔身风荷载增大约20%, 主要原因是风速重现期由15年一遇变为30年一遇, 风速增大即风荷载变大。因此各阶段规定的220 kV铁塔塔身风荷载变化主要受风速重现期和杆塔风荷载调整系数影响, 同样500 kV铁塔塔身风荷载变化规律基本相似。

表3 塔身节段风荷载计算

Tab. 3 Wind load calculation of a tower section

各阶段 规定	基本风压/ (kN·m <sup>-2</sup> )	风压高度 变化系数	体型 系数	风荷载 调整系数	面积 /m <sup>2</sup>	风荷载/ kN
79 规程	352/ 1 600	1.0(30/15) 0.32	1.4 (1+0.9)	—	2.5	6.36
90 规定	352/ 1 600	1.0(30/15) 0.32	1.4 (1+0.9)	1.30	2.5	8.27
02 规定	352/ 1 600	1.0(30/15) 0.32	1.3 (1+0.9)	1.35	2.5	7.98
12 规定	362/ 1 600	1.0(30/10) 0.32	1.3 (1+0.9)	1.35	2.5	9.59

## 2 线条风荷载计算

### 2.1 计算公式

79规程的导线和避雷线风荷载计算公式为:

$$W_x = \alpha C d L_p V^2 / 16 \sin^2 \theta \quad (4)$$

式中:  $W_x$ 为垂直线路方向导线或避雷线的风荷载(kN);  $\alpha$ 为风速不均匀系数;  $C$ 为风载体型系数;  $d$ 为线条外径或覆冰时的计算外径(m);  $L_p$ 为水平档距(m);  $V$ 为风速( $m \cdot s^{-1}$ ),  $\theta$ 为风向与线条方向的夹角( $^\circ$ )。规定第62条表示计算时需考虑风压高度变化系数。

90规定的导线和避雷线风荷载计算公式为:

$$W_x = K_z \alpha C d L_p V^2 / 1600 \sin^2 \theta \quad (5)$$

式中:  $W_x$ 为垂直于线条方向的风荷载(kN);  $K_z$ 为风压高度变化系数;  $\alpha$ 为风速不均匀档距折减系数;  $C$ 为线条风载体型系数;  $d$ 为线条外径或覆冰时的计算外径(m);  $L_p$ 为水平档距(m);  $V$ 为风速( $m \cdot s^{-1}$ );  $\theta$ 为风向与线条方向的夹角( $^\circ$ )。

02与12规定的导线及地线风荷载计算公式为:

$$W_x = \alpha W_0 \mu_z \mu_{sc} \beta_c B d L_p B_1 \sin^2 \theta \quad (6)$$

式中:  $W_x$ 为垂直于导线及地线方向的水平风荷载标准值(kN);  $\alpha$ 为风压不均匀系数;  $W_0$ 为基准风压标准值( $kN \cdot m^{-2}$ );  $\mu_z$ 为风压高度变化系数,

基准高度为 10 m 的风压高度变化系数;  $\mu_{sc}$  为导线或地线的体型系数;  $\beta_c$  为 500 kV 和 750 kV 线路导线及地线风荷载调整系数;  $d$  为导线或地线的外径或覆冰时的计算外径(m), 分裂导线取所有子导线外径的总和;  $L_p$  为杆塔的水平档距(m);  $B_1$  为导线及绝缘子串覆冰风荷载增大系数;  $\theta$  为风向与导线或地线之间的夹角( $^\circ$ )。

公式(4)、(5)和(6)中风速和风压高度变化系数与杆塔风荷载计算规定相同, 四本规定的导线及地线的体型系数和风压不均匀系数的规定相同。

## 2.2 导地线风荷载调整系数

79 规程和 90 规定不考虑导地线风荷载调整系数, 02 与 12 规定 500 kV 及以上电压等级采用导地线风荷载调整系数, 如表 4 所示。500 kV 以下电压等级不采用风荷载调整系数, 该项规定严重低估了导地线风荷载<sup>[13]</sup>, 这也是风灾倒塔的主要原因之一; 500 kV 以上电压等级风速越低, 导地线风荷载调整系数越小, 该项规定也值得商榷。与风荷载调整系数对应的美标<sup>[14]</sup>和欧标<sup>[15]</sup>中阵风响应因子并没有按电压等级和风速大小区别取值, 建议对 500 kV 以下电压等级线路采用导地线风荷载调整系数, 并综合考虑导地线风压不均匀系数和导地线风荷载调整系数。

表 4 导地线风荷载调整系数

Tab. 4 Wind load factor of conductors and ground wires

02 规定 20 m 高风速 /( $m \cdot s^{-1}$ )	12 规定 10 m 高风速 /( $m \cdot s^{-1}$ )	计算 500 kV、 750 kV 杆塔荷载
$V < 20$	$V < 20$	1.00
$20 \leq V < 30$	$20 \leq V < 27$	1.10
$27 \leq V < 35$	$27 \leq V < 31.5$	1.20
$V \geq 35$	$V \geq 31.5$	1.30

## 2.3 覆冰风荷载增大系数

79 规程、90 和 02 规定中, 线条风荷载计算不考虑覆冰影响; 1998 年试行的《重冰区架空送电线路设计技术规定》<sup>[12]</sup>中规定重冰区线条风荷载计算中导线、地线覆冰后风荷载增大系数取 1.2 ~ 1.5; 12 规定和《重覆冰架空输电线路设计技术规程》<sup>[5]</sup>按照不同覆冰厚取不同覆冰风荷载增大系数, 5 mm 冰区取 1.1、10 mm 冰区取 1.2、15 mm 冰区取 1.3、20 mm 以上冰区取 1.5 ~ 2.0。

## 2.4 算例

1) 以 220 kV 输电线路为例, 水平档距 450 m,

导线截面  $2 \times 630$ , 导线直径 33.6 mm, 设计风速 15 年一遇 15 m 高 35 m/s 和 30 年一遇 10 m 高 36 m/s, 无冰, 计算平均高度 20 m 的  $90^\circ$  大风工况的导线风荷载, 导线风荷载计算结果如表 5 所示。

由表 5 计算结果可以看出, 相比 79 规程、90 和 02 规定, 12 规定的 220 kV 线路导线风荷载增大 20%, 主要原因是风速重现期由 15 年一遇变为 30 年一遇, 风速增大即风荷载变大, 因此各阶段规定的 220 kV 线路导线风荷载变化主要受风速重现期影响。

表 5 导线风荷载计算

Tab. 5 Wind load calculation of a conductor

各阶段规定	基本风压/ ( $kN \cdot m^{-2}$ )	风压高度变化系数	体型系数	风压不均匀系数	风荷载调整系数	面积/ $m^2$	风荷载/ kN
79 规程	352/ 1 600	1.0(20/ 15)0.32	1.1	0.7	—	$2 \times 0.033 6 \times 450$	19.61
90 规定	352/ 1 600	1.0(20/ 15)0.32	1.1	0.7	—	$2 \times 0.033 6 \times 450$	19.61
02 规定	352/ 1 600	1.0(20/ 15)0.32	1.1	0.7	—	$2 \times 0.033 6 \times 450$	19.61
12 规定	362/ 1 600	1.0(20/ 10)0.32	1.1	0.7	—	$2 \times 0.033 6 \times 450$	23.58

2) 以 500 kV 输电线路为例, 水平档距 450 m, 导线截面  $4 \times 630$ , 导线直径 33.6 mm, 设计风速 30 年一遇 20 m 高 40 m/s 和 50 年一遇 10 m 高 38 m/s, 无冰, 计算平均高度 30 m 的  $90^\circ$  大风工况的导线风荷载, 导线风荷载计算结果如表 6 所示。

表 6 导线风荷载计算

Tab. 6 Wind load calculation of a conductor

各阶段规定	基本风压/ ( $kN \cdot m^{-2}$ )	风压高度变化系数	体型系数	风压不均匀系数	风荷载调整系数	面积/ $m^2$	风荷载/ kN
90 规定	402/ 1 600	1.0(30/20) 0.32	1.1	0.7	—	$4 \times 0.033 6 \times 450$	53.02
02 规定	402/ 1 600	1.0(30/20) 0.32	1.1	0.7	1.3	$4 \times 0.033 6 \times 450$	68.93
12 规定	382/ 1 600	1.0(30/10) 0.32	1.1	0.7	1.3	$4 \times 0.033 6 \times 450$	77.66

由表 6 计算结果可看出, 相比 90 规定, 02 规定的 500 kV 线路导线风荷载增大 30%, 主要原因是增加了导线风荷载调整系数; 相比 02 规定, 12 规定的 500 kV 线路导线风荷载增大 10%, 主要原因是风速重现期由 30 年一遇变为 50 年一遇,

风速增大即风荷载变大。因此, 各阶段规定的500 kV 输电线路导地线的风荷载变化主要受风速重现期和导地线风荷载调整系数影响。

### 3 结论

通过比较铁塔和导地线的风荷载计算的差异, 有以下主要结论:

1) 相比79 规程、90 和02 规定, 12 规定的设计风速的基准高度由15 或20 m 改为10 m; 12 规定提高了设计风速的重现期, 110~330 kV 输电线路设计风速重现期由15 年一遇提高为30 年一遇, 风速增大10%, 500 kV 输电线路设计风速重现期由30 年一遇提高为50 年一遇, 风速增大5%。

2) 对于杆塔风荷载调整系数, 79 规程中60 m 以上铁塔考虑风振系数, 90 规定根据电压等级和铁塔高度取不同风压调整系数, 02 和12 规定根据铁塔高度取不同杆塔风荷载调整系数, 其中79 规程中60 m 以下铁塔不考虑风振系数以及90、02 和12 规定中铁塔全高越小杆塔风荷载调整系数越小的规定严重低估了塔身风荷载。

3) 对于导地线风荷载调整系数, 相比90 规定, 02 和12 规定对500 kV 及以上电压等级输电线路根据风速大小取不同导地线风荷载调整系数, 但四本规定中500 kV 以下电压等级输电线路不采用导地线风荷载调整系数的规定严重低估了导地线风荷载, 建议对500 kV 以下电压等级输电线路同样采用导地线风荷载调整系数, 并综合考虑导地线风压不均匀系数和导地线风荷载调整系数。

4) 铁塔体型系数各阶段规定的计算方法相同, 相比79 规程和90 规定, 02 和12 规定的角钢塔体型系数降低约7%, 钢管塔体型系数79 规程取值最大, 但文献[7]取值更为合理。

5) 各阶段规定的铁塔和导地线风荷载的差异主要影响因素是风速重现期、铁塔或导地线风荷载调整系数, 这是旧线路风灾事故频发的主要原因之一。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利电力部. 架空送电线路设计技术规程: SDJ 3—79 [S]. 北京: 水利电力出版社, 1979.
- [2] 能源部电力规划设计管理局. 架空送电线路杆塔结构设计技术规定: SDGJ 94—90 [S]. 北京: 水利电力出版社, 1990.
- [3] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. 架空送电线路杆塔结

构设计技术规定: DL/T 5154—2002 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

- [4] 国家能源局. 架空输电线路杆塔结构设计技术规定: DL/T 5154—2012 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [5] 中华人民共和国国家能源局. 重覆冰架空输电线路设计技术规程: DL/T 5440—2009 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 110 kV~750 kV 架空输电线路设计规范: GB 50545—2010 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- [7] 国家能源局. 架空输电线路钢管塔设计技术规定: DL/T 5254—2010 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑结构荷载规范: GB 50009—2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [9] 邹良浩, 梁枢果, 邹壺, 等. 格构式塔架风载体型系数的风洞试验研究 [J]. 特种结构, 2008, 25(5): 41-43.
- [10] 楼文娟, 王东, 沈国辉, 等. 角钢输电塔杆件风压及体型系数的风洞试验研究 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(4): 114-118.
- [11] 邓洪洲, 张建明, 帅群, 等. 输电钢管塔体型系数风洞试验研究 [J]. 电网技术, 2010, 34(9): 190-194.
- [12] 电力工业部电力规划设计总院. 重冰区架空送电线路设计技术规定(试行) [S]. 出版地不详: 出版社不详, 1998.
- [13] 章东鸿, 王振华. 输电线路导地线阵风响应计算与比较 [J]. 中国电力, 2016, 49(7): 27-31.
- [14] American Society of Civil Engineers. Guidelines for electrical transmission line structural loading (third edition): ASCE 74-2009 [S]. Virginia: ASCE, 2009.
- [15] European Committee for Electrotechnical Standardization. Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: BS EN 50341-1 [S]. Brussels: CENELEC, 2012.

#### 作者简介:

##### 李敏生

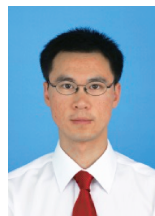
1972-, 男, 广东揭阳人, 高级工程师, 学士, 主要从事输电工程设计和研究 (e-mail) liminsheng@gedi.com.cn。



LI M S

##### 王振华

1982-, 男, 安徽岳西人, 高级工程师, 博士, 一级注册结构工程师, 注册土木工程师(岩土), 主要从事输电工程设计和研究 (e-mail) wangzhenhua@gedi.com.cn。



WANG Z H