

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2018.03.005



# 输电线路强风化软岩挖孔基础抗拔试验研究

郑卫锋<sup>1</sup>, 洪天炘<sup>2</sup>, 叶超<sup>3</sup>, 王磊<sup>2</sup>, 罗义华<sup>2</sup>, 孟宪乔<sup>3</sup>

(1. 中国电力科学研究院, 北京 100192; 2. 国网安徽省电力公司, 合肥 230022;  
3. 中国能源建设集团 安徽省电力设计院, 合肥 230601)

**摘要:**山区风化程度高的岩基塔位采用挖孔基础, 包括直柱挖孔桩、坛子型嵌固、扩底掏挖等 3 种模型。通过在强风化软岩中开展 17 组不同模型的挖孔基础上拔试验, 分析基础承载性能与破坏机理。荷载位移曲线表明: 浅埋时基础呈线性状态分布, 深埋时呈缓变型分布; 地表竖向位移变化规律表明, 基础周围出现显著裂缝表征着基础即将整体破坏, 破坏状态为基础本体与周围土体被整体拔出, 基础发生整体剪切破坏; 基础破裂角随埋深迅速降低, 但达到一定埋深后破裂角基本不变; 强风化软岩的岩石等代极限剪切强度取 32 kPa; 以单位体积混凝土能承担的上拔承载力为准进行经济性分析, 扩底掏挖型模型的经济效益显著。

**关键词:**输电线路; 强风化软岩; 挖孔基础; 抗拔试验; 破坏模式

**中图分类号:** TU475      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1674-4764(2018)03-0031-07

## Field uplift test of excavated foundation to highly weathered soft rock in transmission line

Zheng Weifeng<sup>1</sup>, Hong Tianxin<sup>2</sup>, Ye Chao<sup>3</sup>, Wang Lei<sup>2</sup>, Luo Yihua<sup>2</sup>, Meng Xianqiao<sup>3</sup>

(1. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, P. R. China; 2. State Grid Anhui Electric Power Company, Hefei 230022, P. R. China; 3. Anhui Electric Power Design Institute of China Energy Engineering Group, Hefei 230601, P. R. China)

**Abstract:** Excavated foundation of transmission line have been used in mountain weathered soft rock, including column excavated pile model, jar shape embedded model and belled shaft digged model. Field prototype tests of 17 group different models have been carried out for highly weathered argillaceous sandstone. The foundation load bearing characteristics and failure pattern are analyzed based on test data. Load displacement curves show that the distributions are linear for shallow foundation, but the distributions are slowly varying for deep foundation. Based on the surface displacement variation rules, the characterization of foundation overall damaging reflect the significant surface fracture, and the foundation and its surrounding soil are pulled out. The foundation rupture angle reduces quickly with the increasing of foundation depth. But the rupture angle remains constant when the foundation reach a certain depth. By calculation of the test data, the rock equivalent ultimate shear strength of weathered soft rock is 32 kPa. According to the ultimate uplift capacity of unit concrete volume, the economical benefit of the belled shaft

**收稿日期:** 2017-09-06

**基金项目:** 国家电网公司科技项目(GCB17201600230)

**作者简介:** 郑卫锋(1977-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事电力工程地基基础研究, E-mail: zhengwf@epri. sgcc. com. cn.

**Received:** 2017-09-06

**Foundation item:** State Grid Corporation Science and Technology Project (No. GCB17201600230)

**Author brief:** Zheng Weifeng (1977-), senior engineer, PhD, main research interest: science research on foundation of electric power engineering, E-mail: zhengwf@epri. sgcc. com. cn.

digged model foundation is remarkable.

**Keywords:** transmission line; highly weathered soft rock; excavated foundation; uplift testing; failure mode

随着特高压工程快速建设,输电线路途径的山地地形占比越来越多,输电线路基础承受的杆塔荷载越来越大<sup>[1-3]</sup>。山区中遇到硬岩或微风化软岩时,常选用承台嵌入式岩石锚杆群锚基础<sup>[4]</sup>;遇到全风化硬岩或强风化~中等风化软岩且岩石裸露或覆盖层较薄时,常采用挖孔基础<sup>[5-7]</sup>。

山区挖孔基础可充分利用原状岩石地基的承载性能,有效避免施工过程中的大开挖,且岩石强度允许时可机械化施工,有效提高施工效率。山区挖孔基础包括直柱挖孔桩模型、坛子嵌固模型、扩底掏挖模型等 3 种结构型式。在进行上拔承载性能分析时,直柱挖孔桩模型采用柱状滑动面破坏,坛子嵌固模型采用倒锥体破裂面的直线型滑动面,扩底掏挖模型采用圆弧滑动面破坏进行设计,3 种模型在使用条件、设计边界、设计参数取值等方面均不同,导致不同型式挖孔基础工程造价差异较大。

不同于一般建筑结构中的基础,输电线路工程中基础的抗拔稳定和抗倾覆稳定是设计计算的控制荷载<sup>[8]</sup>,而山区岩体抗压强度较高,可抵抗较大的水平力,因此,岩体挖孔基础在设计时可不考虑倾覆稳定。

学者们针对土体中挖孔基础的抗拔承载特性开展了大量研究<sup>[9-15]</sup>,然而针对岩石挖孔基础的抗拔承载性能的研究工作较少<sup>[16]</sup>。选择典型强风化软岩地质条件,开展 17 组岩石挖孔基础的上拔承载力现场试验,分析其承载性能与破坏机理,探讨不同模型的应用原则及参数取值,实现山区输电线路岩石挖孔基础的设计优化。

## 1 试验概况

### 1.1 工程地质条件

试验位于安徽太湖某 220 kV 变电站附近,场地宏观地貌属大别山区、微地貌为丘陵。场区内地层自上而下为:

1) 泥质砂岩:浅棕褐色,砂状结构,块状构造,风化强烈,孔隙发育,硬度低。由 70%~75% 的碎屑与 25%~30% 的填充物组成,碎屑主要为石英、长石等,填充物主要为泥质高岭石及水云母等粘土矿物、缴粒状方解石等钙质胶结物。该层厚约 3.0~5.2 m。

2) 砂砾岩:青灰色,中等风化,岩屑颗粒较大,泥

质胶结,主要成分为石英砂岩、灰岩等。岩体较破碎,裂隙较发育。岩芯呈长柱状,敲击声脆,该层厚 10 m 以上。

根据现场与室内岩体试验,上部泥质砂岩与下部砂砾岩的主要物理力学性质指标见表 1。

### 1.2 基础设计尺寸

强风化软岩现场共布置 17 组挖孔基础,其中:直柱挖孔桩模型(ZZ)5 个,坛子嵌固模型(TZ)7 个,扩底掏挖模型(TW)5 个,外型示意如图 1 所示,具体尺寸如表 2 所示。

表 1 岩石的主要力学性质指标  
Table 1 Mechanical properties of rock

岩性	天然重度 $\gamma$ / ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	含水率 $\omega$ / %	内摩擦角 $\varphi$ / ( $^{\circ}$ )	粘聚力 $c$ / kPa	抗压强度 $R_c$ / MPa	承载力特征值 $f_{ak}$ / kPa
泥质砂岩	20.6	12	25	50	2.6	200
砂砾岩	24.0	22	35	200		1 000

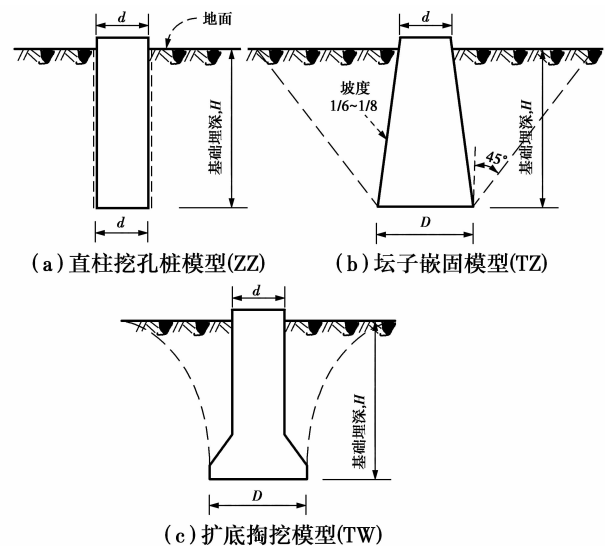


图 1 输电线路岩石挖孔基础示意图

Fig. 1 Schematic diagram of rock excavated foundation for transmission line

表 2 岩石挖孔基础设计尺寸

Table 2 Design dimensions of rock excavated foundation

基础型式	编号	埋深 $H$ / m	上部直径 $d$ / m	下部直径 $D$ / m
直柱挖孔 桩模型	ZZ-1.0	1.0	1.10	1.10
	ZZ-1.5	1.5	1.25	1.25
	ZZ-2.0	2.0	1.40	1.40
	ZZ-2.5	2.5	1.55	1.55
	ZZ-3.0	3.0	1.70	1.70

续表 2

基础型式	编号	埋深 $H/m$	上部直径 $d/m$	下部直径 $D/m$
坛子 嵌固模型	TZ-1.0	1.0	0.80	1.10
	TZ-1.5	1.5	0.80	1.25
	TZ-2.0	2.0	0.80	1.40
	TZ-2.5	2.5	0.80	1.55
	TZ-3.0	3.0	0.80	1.70
	TZ-4.0	4.0	0.80	1.70
扩底	TW-1.0	1.0	0.80	1.10
	TW-1.5	1.5	0.80	1.25
	TW-2.0	2.0	0.80	1.40
掏挖模型	TW-2.5	2.5	0.80	1.55
	TW-3.0	3.0	0.80	1.70

注:扩底掏挖模型中扩底处圆台高 0.4 m、扩底处底板高 0.1 m。

### 1.3 加载与测试系统

上拔加载装置包括千斤顶、连接框架、反力钢梁和反力基座等,加载装置能力与反力基座满足相关试验要求。针对岩石地质,试验采用快速荷载法进行分级加载,试验加荷等级由 RS-JYC 型桩基静载

荷测试分析系统自动控制,具体加卸载方案、加卸载终止条件、极限承载力的确定见相关规程<sup>[17]</sup>。

测试系统包括压力测试与位移测试,上拔荷载测试通过压力表与压力传感器获得,基顶位移通过布置在基顶的位移传感器获得,同时,在地面距离基础中心不同距离处布置位移传感器测试地表竖向位移。

## 2 试验结果分析

### 2.1 荷载位移曲线

图 2 分别为直柱挖孔桩模型、坛子嵌固模型、扩底掏挖模型等挖孔基础的上拔荷载与基顶竖向位移曲线。加载初期,曲线呈弹性直线段,位移量很小;随着荷载增大,呈弹塑性曲线段,上拔位移随荷载呈非线性变化,位移速率明显增大;随着上拔荷载持续增加,塑性区逐渐贯通直至基础破坏,荷载位移曲线出现陡降段,地表微裂缝显著。

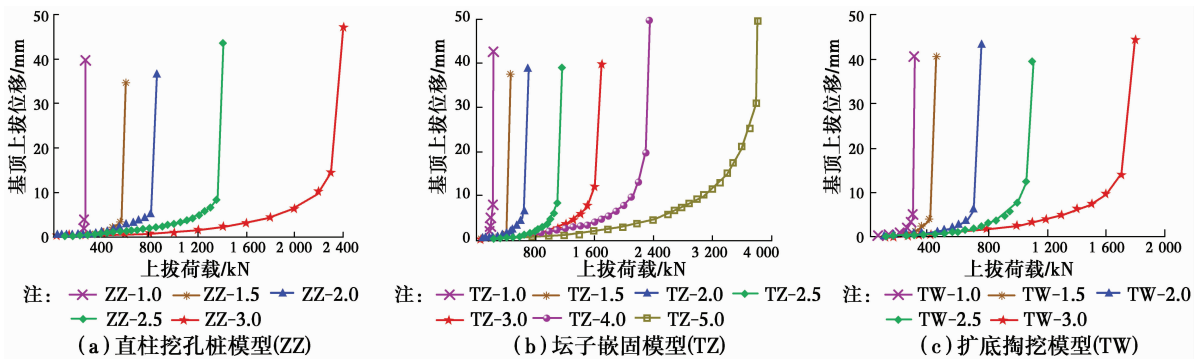


图 2 挖孔基础的上拔荷载位移曲线

Fig. 2 Curves of uplift loading-displacement to rock excavate foundation

3 类挖孔基础的荷载-位移曲线规律基本相同,浅埋时呈线性状态分布;随着埋深增加,塑性曲线段占比越大,呈缓变型分布。

基础在上拔荷载作用下的地表竖向位移变化曲线。从图 3 可以看出,加载初期,地表基本无竖向位移;随着上拔荷载加大,基础周围逐渐出现裂缝,地表竖向位移逐渐增大;当基础出现破坏时,地表竖向位移增加迅速。

### 2.2 地表位移规律

图 3 分别为埋深 1、3、5 m 的坛子嵌固模型挖孔

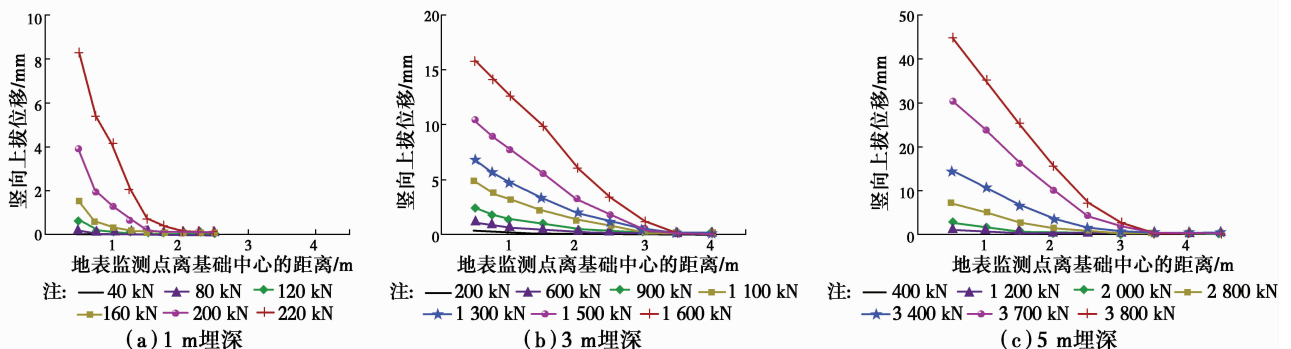


图 3 坛子嵌固模型基础的地表竖向位移曲线

Fig. 3 Curves of vertical surface displacement to jar shape embedded model foundation

当地表位移变化显著时,基础周围出现明显裂缝,表征着基础即将整体破坏,最终基础本体与周围岩土体被整体拔出,基础发生整体剪切破坏。随着远离基础中心,地表竖向位移迅速降低,如图 3(c)所示,5 m 埋深基础在远离基础中心 3.5 m 位置处基本无竖向地表位移,表明随着埋深增加,基础地表裂缝开展范围不一定发生在 45° 破裂面上。

### 2.3 地表裂缝规律

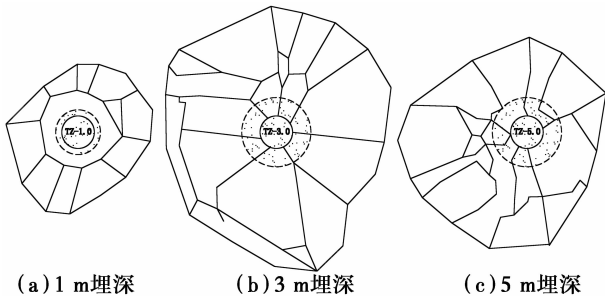
图 4 为现场试验基础的地表裂缝图,图 5 为现场测绘得到地面裂缝示意图。由于强风化软岩节理裂隙发育,地表裂缝呈不均匀状,基础立柱周围岩体裂缝较大,呈放射状向四周扩散。



(a) 1 m 埋深 (b) 3 m 埋深 (c) 5 m 埋深

图 4 坛子嵌固模型挖孔基础的地表裂缝图

Fig. 4 Surface crack map to jar shape embedded model foundation



(a) 1 m 埋深 (b) 3 m 埋深 (c) 5 m 埋深

图 5 坛子嵌固模型挖孔基础的地表裂缝测绘图

Fig. 5 Measurement drawing map of surface crack to jar shape embedded model foundation

图 6 为坛子嵌固模型模型基础的上拔破坏垂直剖面示意图,以基础底部为基准,周围岩体出现剪切拉伸破坏,裂缝从基础底部逐渐扩展至地表。

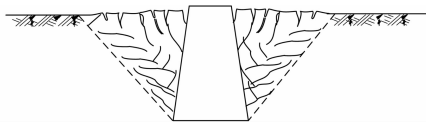


图 6 坛子嵌固模型挖孔基础的上拔破坏垂直剖面示意图

Fig. 6 Schematic diagram of uplift failure vertical profile to jar shape embedded model foundation

### 2.4 基础极限承载力

以图 2 中基础上拔荷载-位移曲线为基准,根据规程<sup>[17]</sup>规定,取陡升起始点对应的荷载值作为基础竖向抗拔极限承载力,得到 17 组试验基础的极限上

拔承载力与埋深的规律,如图 7 所示。

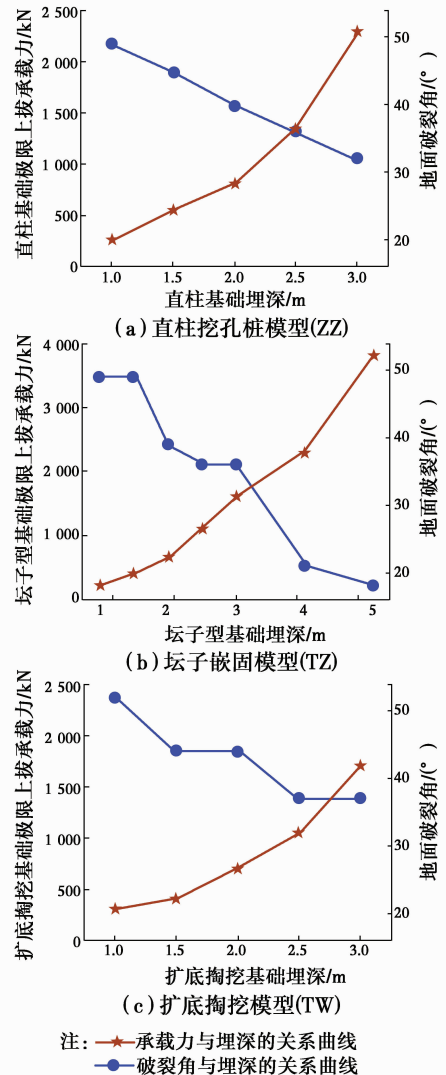


图 7 挖孔基础的极限承载力、破裂角与埋深的关系

Fig. 7 Curves of depth-uplift capacity and depth-rupture angle to rock excavated foundation

从图 7 可以看出,基础极限承载力随着埋深逐渐增大,基本上呈线性状态,进一步得出基础的上拔承载力与基础埋深符合线性关系。对于直柱挖孔桩模式基础承载力由 1 m 埋深的 250 kN 增加到 3 m 埋深的 2 300 kN;对于坛子嵌固模型,基础承载力由 1 m 埋深的 220 kN 增加到 3 m 埋深的 1 600 kN,然后再增加到 5 m 埋深的 3 800 kN;对于扩底掏挖模型,基础承载力由 1 m 埋深的 290 kN 增加到 3 m 埋深的 1 700 kN。

### 2.5 基础破裂角

以图 5 地面外围裂缝包围的范围作为基础最终破坏面,进行平均后得到破坏面半径,再除以埋深得到基础的破裂角。经计算现场试验得到的破裂角与埋深的关系曲线如图 7 所示。

从图 7 可以看出,基础破裂角随埋深增加而迅速减小,对于直柱挖孔桩模型基本呈线性状态,破裂角由 1 m 埋深的 49°降低到 3 m 埋深的 32°;对于坛子嵌固模型,破裂角由 1 m 埋深的 49°降低到 3 m 埋深的 36°,然后迅速降低到 5 m 埋深的 18°,进一步说明破裂角在基础埋深较浅时上拔影响范围较大,基础埋深逐渐增加时上拔影响范围逐渐缩小,并非一直呈现“45°倒锥体”破裂状态;对于扩底掏挖模型,破裂角由 1 m 埋深的 52°降低到 3 m 埋深的 37°。

2.6 设计参数反算

地表裂缝位置及破裂角均表明,浅埋状态下,3 类挖孔基础的上拔破坏状态均表现为倒锥体破裂面直线型滑动面破坏,只是随着埋深加深破裂面范围不同而已。

如图 8 所示,当岩石发生倒锥体破裂面直线型滑动面破坏时,根据力学平衡原理,基础上拔承载力由基础自身重量与均匀分布于倒圆锥体表面的等代极限剪切应力的垂直分量之和来共同承担。

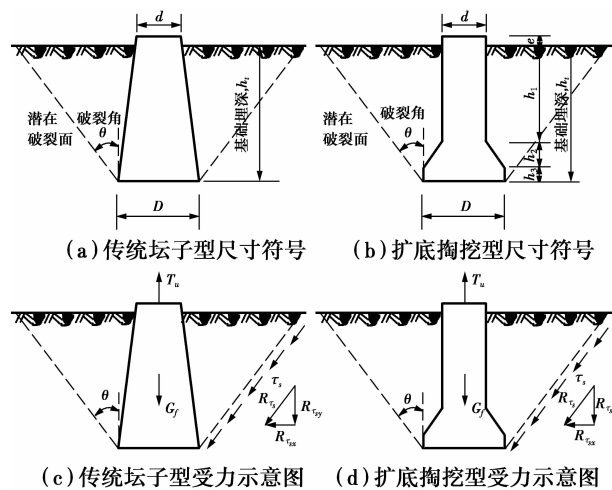


图 8 岩石剪切破坏受力示意图

Fig. 8 Schematic diagram of rock shear failure

$$\gamma_f T_E \leq R \tag{1}$$

$$R = R_{\tau_{s,y}} + G_f \tag{2}$$

$$R_{\tau_{s,y}} = \frac{\tau_s}{\cos \theta} \cdot S \tag{3}$$

$$S = \pi \cdot \frac{h_1}{\cos \theta} \cdot (D + h_1 \tan \theta) \tag{4}$$

将式(2)~(4)代入式(1)可得:

$$\gamma_f T_E \leq \pi \cdot h_1 \cdot (D + h_1 \tan \theta) \cdot \tau_s + G_f \tag{5}$$

式中: $\gamma_f$  为基础附加分项系数; $T_E$  为基础上拔承载力设计值; $R$  为岩石基础本身承受的抗力; $R_{\tau_{s,y}}$  为倒圆锥体上岩石抗剪强度垂直分量; $G_f$  为基础本身自重; $\tau_s$  为岩石等代极限剪切强度; $\theta$  为岩体等代剪切

角,又称破裂角,即潜在直线型滑动面与基础间的夹角; $S$  为倒圆锥体的侧向表面积; $h_1$  为基础埋深; $D$  为基础底部直径。

基础上拔承载力设计计算时,岩石等代极限剪切强度取值至关重要,该设计参数并非真正的岩石抗剪强度参数指标,也不属于岩土工程常规勘察中的岩石力学参数,一般难以通过岩土勘察手段直接获得,电力行业根据原位试验与经验给出了建议值。

根据式(5),通过基础极限上拔承载力进行反算,得到强风软化软岩中岩石等代极限剪切强度取值,如表 3 所示,进行标准化修正后得到岩石等代极限剪切强度为 32 kPa,显著高于规程<sup>[18]</sup>取值。

表 3 岩石等代极限剪切强度反算值

Table 3 Inverse calculation values to rock equivalent ultimate shear strength

基础埋深/m	直柱挖孔桩模型 ZZ	坛子嵌固模型 TZ	扩底掏挖模型 TW
1.0	30	31	36
1.5	38	29	29
2.0	39	28	32
2.5	50	32	42
3.0	31	34	50
4.0		30	
5.0		35	

2.7 经济性分析

将基础能承受的极限上拔承载力,除以基础自身混凝土用量,得到单位体积混凝土能提供的承载力,分析各模型基础的经济性,如表 4 所示,绘制如图 9 所示。

表 4 单位混凝土的极限承载力(kN/m³)

Table 4 Ultimate uplift capacity of unit concrete volume

基础埋深/m	直柱挖孔桩模型 ZZ	坛子嵌固模型 TZ	扩底掏挖模型 TW
1.0	263	310	460
1.5	299	317	417
2.0	260	333	538
2.5	287	393	640
3.0	338	417	854
4.0		449	
5.0		594	
标准值	260	320	410

相比较而言,直柱挖孔桩模型单位体积混凝土

能提供的承载力为  $260 \text{ kN/m}^3$ ,经济性差,但施工最为便利,不需要扩底掏挖;坛子嵌固模型单位体积混凝土能提供的承载力为  $320 \text{ kN/m}^3$ ,经济性一般,但施工相对复杂,需要逐层加大开挖截面尺寸;而扩底掏挖模型单位体积混凝土能提供的承载力为  $410 \text{ kN/m}^3$ ,经济性最优,且随着埋深增加其承载性能更优,若岩石强度低时可采用机械化旋挖钻机进行施工,有效提高其施工效率,建议优先选用扩底掏挖模型挖孔基础。

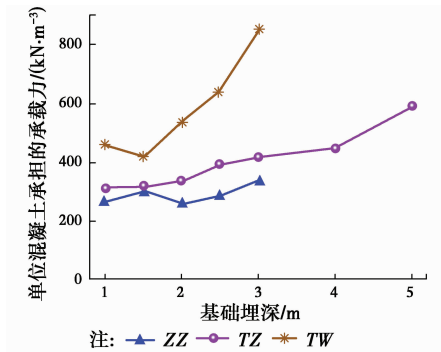


图9 不同模型基础的单位体积混凝土极限承载性能对比

Fig. 9 Curves of ultimate uplift capacity of unit concrete volume to rock excavated foundation

### 3 结论

1) 风化程度高的输电线路山区岩石多采用挖孔基础,基础结构型式包括直柱挖孔桩模型、坛子型嵌固模型、扩底掏挖模型等。

2) 强风化软岩挖孔基础现场试验表明,基础荷载位移曲线在埋深较浅时呈线性分布,随着埋深增加呈缓变型分布;基础极限上拔承载力随埋深线性增长;基础破裂角随埋深迅速降低,但达到一定埋深后破裂角基本维持不变。

3) 强风化软岩挖孔基础均发生倒锥体破裂面的直线型滑动面破坏。挖孔基础上拔承载力计算时关键参数“岩石等代极限剪切强度”在强风化软质条件下建议取  $32 \text{ kPa}$ ,供设计参考。

4) 以单位体积混凝土能承担的上拔承载力为经济性评判标准,扩底掏挖模型挖孔基础有显著优势。

#### 参考文献:

[1] 程永锋,邵晓岩,朱全军. 我国输电线路基础工程现状及存在的问题[J]. 电力建设,2002,23(3):32-34.  
CHENG Y F, SHAO X Y, ZHU Q J. Current situation of foundation works and existing problems for transmission lines in China [J]. Electric Power Construction, 2002, 23(3): 32-34. (in Chinese)

[2] 鲁先龙,程永锋. 我国输电线路基础工程现状与展望[J]. 电力建设,2005,26(11):25-27.  
LU X L, CHENG Y F. Current status and prospect of transmission tower foundation engineering in China [J]. Electric Power Construction, 2005, 26(11): 25-27. (in Chinese)

[3] 陈榕,高宇聪,孟宪彬,等. 我国输电线路基础型式对比及其适用性分析[J]. 东北电力大学学报,2015,35(6):77-85.  
CHEN R, GAO Y C, MENG X B, et al. Comparison and applicability analysis for foundation types of transmission tower in China [J]. Journal of Northeast Dianli University, 2015, 35(6): 77-85. (in Chinese)

[4] 侯中伟,郑卫锋. 特高压输电线路岩石锚杆基础选型与设计[J]. 电力建设,2014,35(10):64-68.  
HOU Z W, ZHENG W F. Type selection and design of rock anchor foundation in UHV transmission line [J]. Electric Power Construction, 2014, 35(10): 64-68. (in Chinese)

[5] 郑卫锋,鲁先龙,程永锋,等. 输电线路岩石嵌固式基础抗拔试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2009,28(1):152-157.  
ZHENG W F, LU X L, CHENG Y F, et al. Field uplift testing research on transmission line with rock embedded foundation [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2009, 28(1): 152-157. (in Chinese)

[6] 何洪波. 输电线路嵌固式岩石基础抗拔试验[J]. 电力建设,2007,28(9):18-20.  
He H B. Antilift tests of transmission line embedded rock foundation [J]. Electric Power Construction, 2007, 28(9): 18-20. (in Chinese)

[7] 鲁先龙,杨文智,满银,等. 岩石等代极限剪切强度现场试验与应用[J]. 建筑科学,2016,32(Sup2):51-56.  
LU X L, YANG W Z, MAN Y, et al. Field tests and application on equivalent ultimate shear strength of rock mass [J]. Building Science, 2016, 32(Sup2): 51-56. (in Chinese)

[8] 鲁先龙,郑卫锋,程永锋,等. 戈壁滩输电线路碎石土地基全掏挖基础试验研究[J]. 岩土工程学报,2009,31(11):1779-1783.  
LU X L, ZHENG W F, CHENG Y F, et al. Experimental study on excavated foundation of transmission line gravelly soils in gobi area of Northwest China [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2009, 31(11): 1779-1783. (in Chinese)

[9] 崔强,童瑞铭,刘生奎,等. 基础尺寸对碎石土地基扩底基础上拔承载力影响的现场试验研究[J]. 土木建筑与

- 环境工程,2016,38(6):17-23.
- CUI Q, TONG R M, LIU S K, et al. Experimental analysis of the influence of foundation size parameters on the uplift bearing capacity of the spread foundation in gravel soil [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2016, 38(6): 17-23. (in Chinese)
- [10] CHEN J R, CHU T H. Evaluation of uplift interpretation criteria for drilled shaft capacity [J]. Canadian Geotechnical Journal, 2012, 49:70-77.
- [11] QIAN Z Z, LU X L, TONG R M. Uplift load-movement response of bell pier foundations in Gobi gravel [J]. Geotechnical Engineering, 2014, 167(4): 380-389.
- [12] QIAN Z Z, LU X L, HAN X, et al. Interpretation of uplift load tests on belled piles in Gobi gravel [J]. Canadian Geotechnical Journal, 2015, 52(7):992-998.
- [13] PATTLEY M J, RICHARDS D J, LEHANE B M. Design of shallow foundations under tensile loading for transmission line tower: An overview [J]. Engineering Geology, 2008, 134:531-540.
- [14] LU X L, QIAN Z Z, ZHENG W F. Characterization and uncertainty of uplift load-displacement behavior of belled piers [J]. Geomechanics and Engineering, 2016, 11(2):211-234.
- [15] HESHAM M, NAGGER E K, JIN Q W. Uplift behavior of tapered piles established from model piles [J]. Canadian Geotechnical Journal, 2000, 37(1): 56-74.
- [16] 崔强,孟宪乔,杨少春. 扩径率与入岩深度对岩基挖孔基础抗拔承载特性影响的试验研究[J]. 岩土力学, 2016,37(Sup2):195-202.
- CUI Q, MENG X Q, YANG S C. Experimental investigation of influence of embedment depth and expanding ratio upon ultimate uplift resistance of hole digging foundation in rock [J]. Rock and Soil Mechanics, 2016,37(Sup2):195-202. (in Chinese)
- [17] 架空输电线路基础设计技术规程:DL/T 5219—2014 [S]. 北京:中国电力出版社,2014.
- Technical code for design of foundation of overhead transmission line:DL/T 5219-2014[S]. Beijing: China Electric Power Press,2005. (in Chinese)

(编辑 胡玲)