

# 一种用于非饱和黄土钻探的双管螺旋钻

李同录, 徐平, 李萍

(长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 为了满足非饱和黄土连续原状取芯的要求, 参考美国已成熟的螺旋空心钻技术, 设计了一种双管螺旋钻具。该钻具结合双管单动岩芯钻和螺旋钻的双重功能, 通过螺旋叶片旋进土中, 外围土体顺叶片上涌, 贴在叶片间的外壁上; 里面的空心部分则可以套取土样, 使其免受扰动。钻具提出后, 清除掉外壁上的土体, 卸下钻头, 取出里面的土样, 不仅可用于土的鉴定, 也可用于室内试验。试验表明其钻探取样效果良好, 但对钻机动力和工艺要求较高。该钻探技术主要用于黄土滑坡钻探, 通过连续取得原状土芯, 从中识别和鉴定滑动带。

**关键词:** 钻探; 滑带; 黄土滑坡; 双管螺旋钻

**中图分类号:** TU415 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2009)02-0185-03

## A Dual Tube Auger for Unsaturated Loess Drilling

LI Tong-lu, XU Ping, LI Ping

(School of Geological Engineering and Surveying, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** Referring the conventional used hollow stem auger in America, the authors designed a kind of dual tube auger which combines the functions of both the conventional dual tube rock auger and the continuous flight soil auger. With rotation of the drilling rod, the cutter head would cut down the outer ring part of the soil and keep the inner rounded part without disturbing. Meanwhile, the cuttings of the soil outside would go along the flight auger and the soil core inside goes into the inner wall up. The soil cohered on the flight of the outer tube is taken off while the soil core in the inner wall is taken out. The soil core keeps dry and intact. The samples could be used to not only identify the slip zone, but to do the laboratory tests for physical and mechanical properties. In situ drilling tests suggest that the quality of the loess core taken by this auger is much better but it exhausts more power and need more complicated skills than that by conventional methods applied at present in China.

**Key words:** drilling; slip zone; loess landslide; dual tube auger

## 0 引言

在工程钻探中, 地下水位以下的土层不存在水的浸湿问题, 采用各种循环液进行钻探都是可行的, 而且水下饱和土层可塑性高, 受扰动的程度大大减小。对于水位以上的非饱和土, 要取得完整的土芯, 目前还是一项技术难题。这一问题突出存在于黄土滑坡钻探中。在滑坡勘探中, 对于一般岩质滑坡, 由于滑床和滑体物质结构和物性差异大, 通

过钻探状态的观察和采取的岩芯很容易确定滑动带, 常规的岩芯钻探方法做适当工艺改进就可以达到目的; 而黄土滑坡由于滑体和滑床都是非饱和土, 目前的钻探技术对土芯扰动大时, 很难识别出滑动带。中国目前大量采用螺旋钻及冲击钻进行土质滑坡钻探, 其土芯完全扰动, 不能反映土体结构特征, 找不出滑动面。这些方法虽然还被广泛应用, 但效果极差, 根本达不到滑坡勘探的目的。铁道科学院西北研究所根据工程实践, 提出了在黄土

收稿日期: 2008-11-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(40772181); 陕西省交通厅项目(02-9K)

作者简介: 李同录(1965-), 男, 甘肃正宁人, 理学博士, 教授, 博士研究生导师, 从事边坡工程研究。E-mail: dcdgx08@chd.edu.cn

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中采用无泵反循环钻进, 可保证取得较完整的土芯且不漏掉含水层, 若遇到软弱土层或在滑带附近, 可用锤击钻杆使岩芯管压入而取出完整土芯<sup>[1]</sup>。笔者采用该方法在黄土中钻探时, 发现孔底反循环必须反复上下提钻, 对黄土扰动更大, 土芯几乎被搅成泥浆, 因此该方法不易被一般钻探技术人员掌握, 难以推广。

黄土的主要特点是含水量低、强度大、结构特征明显、遇水强度降低以及结构易破坏<sup>[2]</sup>, 按常规钻探方法, 钻孔土芯极易受到扰动, 识别滑带土样较为困难。为了克服这一技术问题, 笔者设计加工了一种双管螺旋钻具, 用于黄土滑坡钻探, 对新设计的双管螺旋钻做了多次现场试验和改进, 使其达到了良好的效果。

## 1 双管螺旋钻结构及原理

对钻探工艺的改进参考了美国试验与材料学会( ASTM )介绍的空心螺旋钻( Hollow Stem Auger )<sup>[3]</sup>。其结构较为复杂, 适合在各种土层中钻进取样。考虑到中国在非饱和黄土中一般采用螺旋钻, 将岩芯钻和螺旋钻二者结合起来, 笔者设计加工了一种双管螺旋钻, 该钻具的外观效果如图 1。该钻头在原双管单动钻头的基础上做了以下革新:

(1) 双管单动钻头的外管外径为 146 mm, 内管外径为 127 mm 并在外管外壁加宽 30 mm 的螺旋叶片, 其作用是通过回转, 使螺旋叶片旋入土中钻进, 并将外管外侧切削下的土挂在螺旋叶片上带出。

(2) 在外管钻头底部加 3 个外侧与螺旋叶片外侧齐平、内侧与内管内径齐平的斜向刀片。斜向刀片在钻头的最下部起切削土的作用, 即钻头旋转时, 该刀片将内管以外的土刮下, 刮下的土被送入螺旋叶片带出, 中心则保留了一个圆柱状土芯, 随着钻头深入被送入内管, 内管不转动, 因此土芯不会被扰动。

(3) 在靠下方的螺旋叶片外侧加数道竖肋, 竖肋的作用是起到扩孔并刨光孔壁的作用, 由此可大大减小孔壁的阻力。竖肋也具有导向作用, 使钻孔保持垂直。这样使卡钻的情况大大减少, 进一步提高钻探效率。

(4) 改进内管结构。目前采用的内管有整管、分段螺接或分段插接, 将土样从内管中取出费时费力, 常造成人为扰动。为了便于取出土芯, 将内管

设计成开合式, 类似于标准贯入器的探头, 便于安装和拆卸。

内外管连接的轴承部分不变, 改进后的钻头结合了岩芯钻和螺旋钻的双重功能, 其工作原理如图 2。通过螺旋叶片旋进土中, 外围土体顺叶片上涌, 贴在叶片间的外壁上; 里面的空心部分则可以套取土样, 使其免受扰动。钻具提出后, 清除掉外壁上的土体, 卸下钻头(图 3), 取出里面的土样, 用于鉴定(图 4)。该钻具采用低速回转钻进, 转速不超过 60 r/min, 依靠外壁螺旋掘进, 因此不需要循环液。这样保证了土样不被浸湿, 即使土样局部扰动开裂, 其细观结构不会改变, 仍有助于滑动带的识别与鉴定。

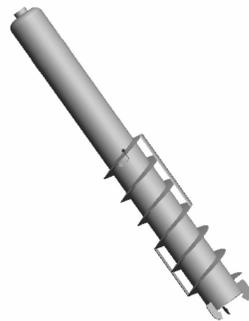


图 1 双管螺旋设计效果  
Fig 1 Effect Graph of the Designed Dual Tube Auger

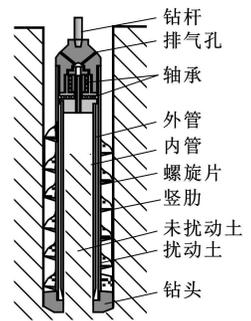


图 2 双管螺旋钻具工作原理  
Fig 2 Working Principle of the Dual Tube Auger



图 3 现场试验中粘在螺旋叶上的土被取掉  
Fig 3 Drilling Test of Dual Tube Auger: the Soil Cohered on the Flight of the Outer Wall was Taken Off

## 2 钻探效果试验

为了检验改进后的钻具在实际应用中的效果, 对钻探的进度、难度以及取样质量进行评价, 并在现场做了多次钻探试验和改进, 最终取得了良好效果。

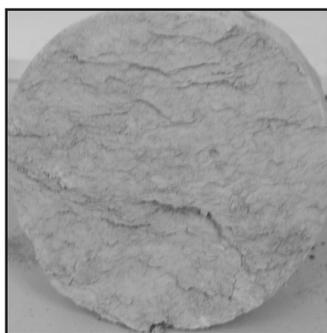


图4 现场试验中内管内的土芯被取出并保留

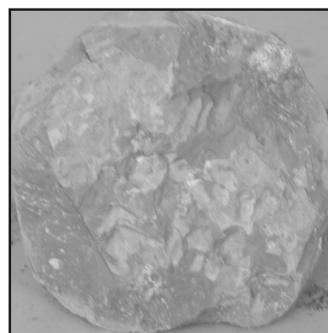
Fig. 4 Drilling Test of Dual Tube Auger, the Soil Core in the Inner Tube was Taken Out and Kept



a 滑床黄土,根孔结构清楚



b 滑带黄土,可见片理化结构



c 滑带古土壤,致密结构

图5 双管螺旋钻采取的滑坡土样

Fig. 5 Soil Samples Taken by Dual Tube Auger

### 3 结语

(1)目前中国对非饱和黄土的钻探取芯技术还很不成熟,特别是对黄土滑坡钻探仍然是个难题,这导致对滑动面的识别、滑动带土的取样和试验仍然很困难,针对该问题还需要持久而细致的研究。

(2)双管螺旋钻具虽然对钻机动力和工艺要求较高,但不需要循环液,对土样的扰动小,钻探取样效果良好,可连续采取不扰动的土芯,为钻孔中识别滑动带提供了技术保证。

(3)当钻探深度大时,钻孔偏斜、卡钻等问题不

可避免,这影响了其推广应用,因此该双管螺旋钻具还需要开展大量试验和技术改进。

钻探试验在陕西泾阳县泾河南岸的太平滑坡上进行<sup>[4]</sup>,每回次钻探深度为0.5 m,土样套在内管里面,取出的土样呈圆柱状,除边缘1~2 cm有挤压扰动外,里面扰动甚微。图5a为滑床原状黄土中取出的土芯剖面,其中的根孔结构清晰可见,黄土的原生结构保留完好。图5b为滑动带土样,滑动带物质成分为黄土,黄土的片理化现象十分清楚。图5c也为滑动带土样,滑动带物质成分为古土壤,古土壤由于强烈挤压,结构致密坚硬。该种钻探方式与其他干钻一样,进尺缓慢,在不卡钻的情况下一个回次需要30 min以上,自内管里推出土样比加循环液要容易一些。

可避免,这影响了其推广应用,因此该双管螺旋钻具还需要开展大量试验和技术改进。

#### 参考文献:

- [1] 徐邦栋. 滑坡分析与防治[M]. 北京:中国铁道出版社, 2001.
- [2] 李萍, 李同录. 黄土物理性质与湿陷性的关系及其工程意义[J]. 工程地质学报, 2007, 15(4): 506-512.
- [3] Bas B M. Fundamentals of Geotechnical Engineering[M]. 2nd Edition. Toronto: Thomson Learning, 2003.
- [4] 李同录, 龙建辉, 李新生. 黄土滑坡发育类型及其空间预测方法[J]. 工程地质学报, 2007, 15(4): 500-505.