

福州地区大直径钻孔嵌岩桩成孔工艺

周安全

(冶金部中南勘察基础工程公司一工程处)

对于高层建筑、要求单桩承载力大的工程,设计钻孔嵌岩桩是经济合理的。其嵌岩深度除取决于单桩承载力外,还应考虑岩石性质、产状(倾角),以及其风化程度等因素。本文总结了在福州地区大直径钻孔嵌岩桩成孔的整个工艺过程,并在理论上作了某些探讨。

关键词: 福州地区; 钻孔嵌岩桩成孔; 成孔工艺; 取心与嵌岩



勘察施工

我公司自1984年以来,先后在安徽、广西、湖北、湖南、福建等省(区)施工各种口径钻孔灌注桩工程上百项,桩数5000余根,其中90%为嵌岩桩,桩径从0.45m至1.5m,嵌岩深度0.5m至1倍桩径。所嵌基岩有砂页岩、砂岩、灰岩、大理岩、花岗岩和石英正长斑岩等。1991年我公司又在福州长途电信枢纽等3项工程施工嵌岩钻孔灌注桩,计200余根。

1990年我公司与另外两个单位参加了福州长途电信枢纽大楼桩基工程的试验工作,每家均试 $\phi 800\text{mm}$ 和 $\phi 1400\text{mm}$ 嵌岩桩各一根,我公司以高速优质一举中标。

该工程共设计 $\phi 800\sim 1400\text{mm}$ 钻孔嵌岩灌注桩142根,桩深45~55m,最深者达65m。所有桩均要求全断面嵌入中等风化花岗岩或石英正长斑岩1倍桩径。设计单桩承载力, $\phi 1400\text{mm}$ 为12000kN, $\phi 1000\text{mm}$ 为6000kN。设计水下混凝土标号为C30,要求每根桩都要取岩心判定中等风化岩岩面,以确定终孔桩深。桩底要求钻成锅底形,沉渣厚度不大于5cm,其余均按JGJ4-80规范。

据工程地质资料,施工场地主要岩土层自上而下为:杂填土、淤泥、页片状淤泥、

中砂、中砂夹碎卵石砂质粘土、辉绿岩脉残积土、强风化岩、中等风化细粒花岗岩或中等风化石英正长斑岩。其中流塑状淤泥在25m以上,层厚约10m,易缩径、扩径;中砂夹卵石层在30~45m之间,易超径,须用泥浆护壁才能顺利通过。底部强风化岩层仅0.2~1m,风化程度中等,节理和裂隙发育,取心困难。

共开动GPS-15型钻机6台套,设备安装就位、护筒埋设等工序,与一般桩基施工大同小异。

取心方法及工艺

1. 正确判断大钻停钻取心井深。当大径钻至接近中等风化岩面之前,必须停钻取心,以确定岩面与嵌岩深度。这就必须事先认真分析工程勘察资料,大致确定大径钻进时的停钻深度,以免打过中等风化岩面造成取心面下移,增加嵌岩深度与施工困难。为正确控制大径停钻深度,在接近中等风化岩面2m左右时,就要细心操作与观察,同时记录好小时进尺,一旦感觉大径导向钻头接触中等风化岩面立即停钻,准备取心。

2. 利用GPS-15钻机配套 $\phi 168\text{mm}$ 钻杆作套管,起钻卸掉主动钻杆,计算和加接一定长度钻杆后,重新将大钻下至原井深并在井口固定。

3. 用 $\phi 50\text{mm}$ 钻杆和相应钻具在大钻杆内取心, 此时小钻稳定性好, 而且有大钻杆作套管保护, 不会发生折断钻具事故。

4. 为便于操作, 我们改进了取心装置, 即将北京-800型转盘钻机上的打桩, 焊在GPS-15转盘卡块上, 利用钻机六方主动钻杆与回转器钻进, GPS-15钻机副卷扬加压, 取心效果很好。

5. 由于中等风化岩上部裂隙发育, 比较破碎, 一般取心方法很难取上岩心。据现场情况分析, 结合过去地质勘探中对粉矿和破碎岩层取心的经验, 我们设计加工了 $\phi 91\text{mm}$ 无泵钻具, 用它突破了取心难关。无泵钻进是一种井底局部反循环钻进, 它是通过不断提动回转的钻具, 使钻具内钢球在球阀与挡板间上下串动, 在岩心管内反复形成负压而产生抽吸作用, 形成井底局部反循环。其优点是: (1) 不用水泵送水, 不会稀释泥浆而导致坍孔, 岩心也不会被冲刷掉, 有助于岩心顺利进入岩心管内。(2) 避免了干钻的烧钻事故。(3) 由于它带有冲击回转作用, 硬岩也能取心。(4) 岩心代表性好, 对判断岩面有利。(5) 可将井内残渣捞尽。

6. 取心完毕, 在起钻前应通知甲方监理人员丈量上余, 起钻后准备丈量钻具长度并做好记录, 以确定岩面与嵌岩终孔深度。

嵌岩工艺

1. 由于福州地区下伏中等风化花岗岩与石英正长斑岩硬、脆, 裂隙发育, 一般用大口径合金回转钻进嵌岩可达到设计要求, 但由于嵌岩时扭矩大, 局部块段岩石起伏变化大, 倾角陡, 对嵌岩钻头的设计、制作有其严格要求。实践证明, 我公司自行设计制作的便捞整体加强式双腰带锥形(阶梯)导向钻头, 嵌岩效果最佳。其主要特点是:

(1) 导向性好, 可保证桩孔垂直度。导向部分长度与岩层倾角有直接关系(图

1)。

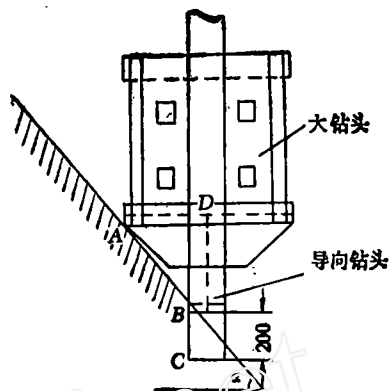


图 1

$$CD = \left(\frac{D-d}{2} \right) \cdot \tan \alpha + d \tan \alpha + 200 (\text{mm})$$

式中, CD 为超前部分之长度; D 为大钻头外径(mm); d 为导向钻头外径(mm); α 为岩层倾角(度)。应保证导向钻头进入岩层底界面200mm时, 大钻头才接触岩面, 以防止大径沿岩层面下滑, 影响桩孔垂直度。为此, 嵌岩导向钻头应做成环状, 以减少克取阻力。导向钻头要镶焊强度高而韧性好的中八角硬质合金, 密集排列, 以增强克取能力。

(2) 强度高, 不易发生损坏钻头的事。由于嵌岩时阻力和扭矩都大, 所以一般单腰带或双腰带分体连接式钻头都不适用, 而必须将上、下腰带用几块钢板焊接牢固(应用双面满焊法)。为减轻回转阻力, 可在钢板上割几个对称大孔, 腰带外圈焊以长条形厚钢板并镶底, 外出刃合金应保证外出刃不小于20mm。

(3) 孔底规则, 成锅底形则避免有排渣死角, 所成桩孔沉渣少, 持力层面积比平底形大, 单桩承载力强。

因回转钻进下部形成规则的圆台形, 圆台下部由导向钻头钻出的小孔又可作沉渣用。当灌注混凝土时, 底部少量沉渣可沿导

管四周锥形孔底顺利排出,基本保证锥形部分无沉渣,使混凝土与孔底直接粘接,且由于桩底受力部位相当于一个倒平截正圆台,其侧面积远大于桩端为平底的受力面积(图2)。

圆台形侧面积

$$S_1 = \pi \cdot AC \left(\frac{1}{2} AB + \frac{1}{2} CD \right) \\ = \pi/2 AC (AB + CD)$$

如桩底为平底,则受力面积(S_2)为:

$$S_2 = \pi/4 AB^2$$

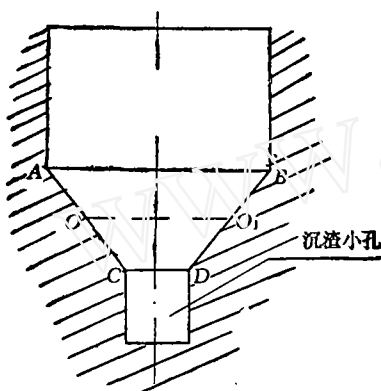


图 2

在一般情况下,总是 $AC > \frac{1}{2} AB$, 即 $(\pi/2 AC \cdot AB) > (\pi/4 AB^2)$; $\pi/2 AC (AB + CD) > \pi/4 AB^2$ 。所以 $S_1 > S_2$ 。

测量沉渣厚度,究竟应从哪个面算起,意见不一。全国大部分地区是以截锥中部 OO_1 为沉渣计起算点,福州地区则是以最小截面 CD 为起点。根据受力分析,笔者认为以 OO_1 面为计算起点较切合实际,如图2所示,即使 OO_1 面下部都是沉渣,则此时桩底受力面积(S_3)为:

$$S_3 = \pi/2 AO (AB + OO_1) \\ = \pi/4 AC (AB + OO_1) \\ \pi/4 AC \cdot AB > \pi/4 \cdot AB^2 \\ \pi/4 AC (AB + OO_1) > \pi/4 AB^2 \\ AC > AB, \text{ 即 } S_3 > S_2$$

更何况底部带锥形,锥底沉渣在急速下落的

滑塞及混凝土冲击下,一般可排向四周被混凝土替换。

对于嵌岩桩来说,只要全断面嵌入中等风化基岩1倍桩径或0.5m,当混凝土灌注成桩后,由于混凝土与岩石周边的摩阻力特别大,下部锥形变位时将越锥越紧,实际上已形成一个封闭体,即使下部有沉渣,也不能再压缩,况且由于锥面的紧固作用,岩体周围又不可能被挤开,故嵌岩桩单桩承载力是非常大的,很适宜于高层建筑等重大工程。

(4) 便于打捞,减少井内事故。在试桩和工程施工中,我们曾先后发生过几次钻头上部法兰螺丝被剪断,钻头掉入井内的事故,但由于设计钻头时,已考虑到将钢板对称开口,既减少回转阻力,又便于用双钩打捞,故常能一次打捞成功。

2. 对岩石完整致密、十分坚硬难嵌的个别桩孔,可改用 $\phi 219$ 或 $\phi 273$ mm钢粒取心钻头先打小孔(但必须将岩心采上),然后根据桩径分级扩钻。

由于桩径大,全面破碎时应尽量增加单粒合金压力,故在制作钻头时叶片不宜过多,根据实际对比, $\phi 1400$ mm钻头四翼比六翼效率高。如按受力计算,每颗合金上的压力并不大,但由于合金在镶焊排列时不可能那么整齐,同时接触岩石,实际上总是一少部分合金先嵌岩,一部分后嵌岩,形成分级破碎,加上岩石本身裂隙节理与不均质性,使钻头在工作时将产生微冲击作用。这就是为什么从理论上计算并达不到嵌岩效果,而实际上又能顺利嵌岩的道理。

3. 必须掌握好钻进工艺,精心操作。特别是在导向钻头将接近岩面时,要减轻压力,轻压慢转,一方面可防止打掉合金,另一方面可在岩面上先钻出台阶,防止钻头顺岩层面下滑,打歪桩孔。

4. 在嵌岩过程中,因钻进时间长,岩石本身不能造浆,上部中砂层漏失,需不断

补充新浆液, 因此必须搞好泥浆护壁和净化捞砂工作。

5. 我们采用正循环钻进成孔、泵吸反循环二次清渣的新工艺取得了良好的效果。正循环成孔对护壁有利, 对循环系统要求也不象泵吸反循环那么复杂和严格, 辅助时间短, 成孔效率高。一般 $\phi 1400\text{mm}$ 桩孔, 基岩以上50m粘土、淤泥及中砂层只要12个小时就可钻完。而在下完导管进行二次清孔排渣时, 采用泵吸反循环可将大颗粒岩屑、卵石排出, 提高清孔速度与质量, 减少沉渣, 便于混凝土灌注。必须指出的是, 无论用何种方式清孔, 都严禁直接用清水作循环液, 而只能用稀浆替换, 送入井内的冲洗液含砂量必须符合规范要求, 清孔后应迅速灌混凝土, 否则将导致渣粉沉淀, 影响桩孔质量。

6. 在嵌岩钻进操作中必须精力集中, 注意进尺速度与回转阻力, 以及机械运转情况。为了保护钻杆, 增加钻压, 提高效率, 预防事故, 最好加配重块与钻头保险绳, 万一钻头脱落即可用保险绳提上。当钻头进尺太慢或不进尺时, 要及时上钻更换新钻头。在正常钻进中, 要每小时记录一次进尺, 以便验证入岩深度是否符合设计要求。如遇软硬夹层, 应继续钻至硬层一定深度方能终孔, 并将施工情况及时报告监理人员与设计部门。

7. 福建省建筑设计院, 提出严禁用冲击法嵌岩, 笔者认为有一定道理。理由是:

(1) 由于高层建筑嵌岩桩多为单桩单柱, 对持力层强度和承载力要求高, 且桩距较近, 一般为 $2.5\sim 3.0D$ (D 为桩径), 如用钢绳提动大锤硬冲, 必将桩底与桩周岩土冲碎震裂, 使持力层强度下降。在岩面倾角大时, 后果更严重, 有沿层面下滑的危险。

(2) 由于桩基施工有先有后, 在一部分桩孔已灌注水下混凝土而正值凝固过程中, 别的桩孔却在冲击振动, 就可能将已凝固的混

凝土震裂、震碎。

当然, 为了提高嵌岩效率, 利用岩石脆性和非均质性, 采用微冲击, 如冲击回转钻、滚刀钻头或钢粒全面钻进是可行的, 在这方面还有待继续研究和完善。

8. 对于嵌岩钻孔灌注桩的入岩深度取值问题, 目前看法不一。笔者认为, 统一设计或规定全断面嵌岩深度多少米或多少倍桩径都是不科学的。因它除取决于单桩承载力外, 还应根据持力层基岩的风化程度、强度(包括抗压、抗剪强度)、与岩面倾角等诸多因素而定。比如, 有的地段中风化岩石较厚, 且裂隙节理发育, 岩石倾角又陡, 钻速较快, 就必须增大全断面嵌岩深度, 在这种情况下, 往往要 $\geq 1D$ (D 为桩径), 但对于基本上无强、中风化岩石或中风化岩石极薄而岩面倾角又较平缓的地段, 则全断面嵌岩深度只要0.5m, 甚至只要钻头全断面进入岩体内就可以了。

当前用取心法确定岩面固然比较有把握, 但由于取心工艺与设备, 取心方法与钻具, 操作技术与岩性诸多因素的综合影响, 往往使岩面人为下推, 造成施工困难, 成本增高, 工期拖延。笔者认为: 对于一个工地来说, 只宜采取少数桩孔取心, 大量的桩孔则应参照工程勘察资料、嵌岩时速、上返岩屑或冲洗液颜色以及钻头磨损变相情况综合分析。那种认为嵌岩越深越好的观点并不可取, 因为把本身强度比混凝土高的基岩, 费很大劲去钻掉, 而又用比基岩强度低的混凝土来取代它是不科学的, 一般说来, 桩端的水平分力即弯矩很小, 对长桩来说更是如此。只要桩端全断面进入基岩, 由于混凝土与基岩的粘结力(包括桩底与周边), 混凝土本身的抗弯强度, 加上桩身周围岩土的支撑力足以克服桩的水平分力。在这种情况下, 桩是绝不可能滑移和变位的。因此, 欲正确掌握入岩深度, 保证桩基质量, 就必须要求施工单位有较丰富的施工经验和好的队伍素

质,较高的技术水平与管理能力。

9. 根据福建省建筑设计院对3根静压测试桩的测试结果,质量全优,其结论是: $\phi 1.4\text{ m}$ 桩在最大加荷载22000kN作用下,均未达到极限状态,最大变形量19mm,回弹后残余变形量最大1.9mm;根据加载应力片测试,在最大加荷作用下,桩端阻力为6449.5kN,约占桩顶荷载量的29.3%,2#桩

中等风化岩桩侧摩阻力为6900kN,约占桩顶总荷载量的31.37%;各土层桩周摩阻力极限值分别为:淤泥与页片状淤泥混合层 $f_u=13\sim 14\text{ kPa}$,淤泥质土夹粉砂与含泥中砂夹淤泥质土混合层 $f_u=43\sim 44\text{ kPa}$,中砂层 $f_u=73\sim 75\text{ kPa}$,粉质粘土夹中砂与含碎卵石砂质粘土混合层 $f_u=83\text{ kPa}$,中等风化石英正长斑岩 $f_u>460\text{ kPa}$ 。

Completion Technology of Large Diameter Pile Inserting

Zhou Anquan

High building constructions usually require their supporting piles to have a greater bearing capacity. The economic and reasonable measure is using large diameter piles and hammering them into the rock formation down to a given depth. In addition to the bearing capacity of each pile, the inserting depth is also depended upon the property, mode of occurrence and degree of weathering of rock formation. In this paper the whole process of completion technology of large diameter piling is described and discussed from a theoretical view.

(上接第17页)

2. 矿石与围岩具有相似的稀土元素组成,二者的稀土参数及稀土模式一致,反映出矿石对围岩稀土元素的同步继承性。

3. 矿石的微量元素比值与围岩非常接近,二者在微量元素图解中有着一致的变化形态,矿石中富集的元素通常是围岩中含量较高(与地壳平均值比较),且易于活化转移的元素。

4. 该矿床矿石与围岩稀土及微量元素组成的一致性,表明矿质来自地层,这与矿床地质特征及同位素等方面的研究结论一致,并且更为直观。说明矿体首先富集于地层中,经由热液活化转移,在断裂破碎带中充填沉淀成矿,形成典型沉积改造型金矿床。

参 考 文 献

- [1] 刘英俊等,地质找矿论丛,1991,第6卷,第1期,1—13页。
- [2] Bavinton, O. A. and Taylor, S. R., *Geochim. et Cosmochim. Acta.*, Vol. 44, No. 5, p. 639—648.
- [3] 王中刚等,《稀土元素地球化学》,科学出版社,1989年,第279—291页。
- [4] 涂光炽等,《地球化学》,上海科学技术出版社,1984年。
- [5] 罗献林,桂林冶金地质学院学报,1988,第3期,第225—239页。
- [6] 田维盛、邵俭波,矿床地质,1991,第10卷,第2期,第152—160页。
- [7] 隗合明,矿床地质,1991年,第10卷,第4期,第300—312页。
- [8] 张乾等,《中国科学院矿床地球化学开放研究室90年报》,贵州科技出版社,1991年,第279—289页。

REE and Trace Element Geochemistry of the

Huangjindong Au-deposit, Hunan Province:

The Evidence of Ore Genesis

Zhang Qian, Cao Yubo, Zhang Baogui, Pan Jiayong

The Huangjindong gold deposit occurs in Middle Proterozoic Lengjiaxi Group the source bed and is controlled by a fractured zone, with its REE compositions in ores as same as those in its country rocks, and with the very same rare earth parameter and pattern. In addition, the ratios and distribution patterns of microelements for the ores and country rocks of the deposit are also about the same. The gold mineralizations were activated, and migrated from the country rocks and deposited in the fractured zone to form this sedimentary-reformed type gold deposit.