

钻(冲)孔灌注桩清渣对策的探讨

王九林

(福建地矿建设集团公司 福建 福州 350003)

摘 要 结合钻(冲)孔灌注桩工程实践 ,比较、分析泥浆循环清渣的方法及影响因素 ,提出相应的清渣技术措施。

关键词 灌注桩 ;孔底沉渣 ;清渣

中图分类号 :TU473.1⁺4 ;U443.15⁺4 文献标识码 :B 文章编号 :1672 - 7428(2004)09 - 0006 - 04

1 孔底沉渣的形成及危害

1.1 孔底沉渣形成原因

众所周知 ,钻(冲)灌注桩是采用机械回转(冲击)钻进成孔 ,然后吊安钢筋笼、浇注砼形成的基础桩。成孔过程中 ,采用泥浆的循环将破裂的土体、岩石颗粒等钻渣带出孔外 ,但因各类地层颗粒成分、钻进方法、桩孔深度和循环泵量的不同等原因 ,造成颗粒较大的钻渣沉留在孔底或悬浮在冲洗液中 ,一旦停泵 ,便逐渐沉淀在孔底。终孔后 ,提钻前的第一次清孔 ,灌浆前的第二次清孔不彻底或清孔工艺不配套 ,以及二次清孔后停滞时间过长才灌浆等 ,也将使残留在孔内泥浆中的钻渣沉积孔底。因此 ,孔底沉渣的形式有钻渣客观存在及清渣工艺两方面的原因。

1.2 孔底沉渣对钻(冲)孔灌注桩质量的影响

孔底沉渣是沉淀在钻(冲)孔灌注桩孔底的非胶结性、不密实的钻渣 ,它阻隔了桩身与桩底持力层原状土或岩层的紧密胶结 ,影响了桩端承载力的发挥。在建筑物施加于桩上的力超过桩周摩阻承载力的情况下 ,由于孔底沉渣的存在 ,桩端承载力无法发挥 ,沉渣被压缩后造成桩身沉降过大 ,引起建筑物的沉降。因此 ,孔底沉渣直接影响桩的承载力 ,其容许厚度的大小是施工质量控制的重要指标。《建筑地

基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202 - 2002)规定了孔底沉渣的允许值 :摩擦桩孔底沉渣厚度 ≤ 150 mm ,端承桩孔底沉渣厚度 ≤ 50 mm。设计部门也针对不同的工程特点 ,对有些重要工程(如采用大直径嵌岩桩)提出了沉渣为零的质量目标 ,并为防止沉渣存在对桩基承载力和沉降的影响还提出了桩底注浆要求。

1.3 清渣对策探讨的目的

理论和实践都证明 ,孔底沉渣是可以采用一定的清渣工艺技术措施加以清除的。但如何针对工程特点 ,选择合适的清渣方法 ,采取怎样的清渣技术措施 ,以快捷、经济地达到清渣目的 ,是同行人士普遍关注的问题 ,也是进行清渣对策探讨的目的。

2 主要清渣方法及清渣机理

钻(冲)孔灌注桩孔底沉渣的清渣方法主要有机械器具捞渣和泥浆循环清渣两种方式。机械捞渣是采取捞渣筒、冲抓锥等工具捞取冲洗液循环无法清除的大颗粒的碎石、卵石等钻渣 ,具有工艺成熟、操作简便的优点 ,但存在对小颗粒钻渣捞取困难、清渣不彻底等缺点。因此 ,它常作为辅助的清渣工艺措施。本文主要讨论泥浆循环清渣工艺措施。

2.1 主要清渣方法(见表 1)

表 1 泥浆循环清渣主要方法

清渣方法	循环动力	配置设备	泥浆循环过程
正循环清渣	泵送	3PNL、4PNL 型泵	泥浆池→泵→钻杆(导管)→环状间隙→孔口→泥浆池
反循环清渣	泵吸 气举	6BS 型砂泵、6SPS 型射流泵 空压机、液气混合器	泥浆池→孔口→环状间隙→钻杆(导管)→泵(液气混合器)→泥浆池
正反循环清渣	泵送、泵吸	6SPS 型射流泵	按工艺设定时间间隔进行正、反循环形式

注 :反循环和正反循环清渣法需设置孔口补浆式循环系统及必要的补浆泵。

收稿日期 2004 - 07 - 28

作者简介 :王九林 (1946 -) ,男(汉族) ,江苏常州人 ,福建省地矿局副局长、福建地矿建设集团公司总经理、壹级项目经理、高级工程师 ,矿山机电专业 ,从事探矿工程、建筑工程等施工与管理工作 ,福建省福州市五四路 285 号 (0591) 87710319 fjdkj@fjjs. gov. cn。

2.2 清渣机理

正循环、反循环清渣的共同机理是：利用泥浆的流动，将悬浮在泥浆中的钻渣排出孔外。从理论上讲，只要冲洗液携带钻渣的流速大于钻渣在泥浆中的沉降速度，便可将钻渣清出孔外。根据钻井水力学李丁格尔公式，最小清渣泵量 Q_{min} 可按下式确定：

$$Q_{min} = AW = A \sqrt{\frac{d(\gamma_{岩} - \gamma_{浆})}{\gamma_{岩}}} \sqrt{\frac{4g}{3c}}$$

式中： A ——泥浆上返断面面积， m^2 ； W ——岩屑在泥浆中沉降速度， m/s ； d ——球状岩屑直径， m ； $\gamma_{岩}$ ——岩屑密度； $\gamma_{浆}$ ——泥浆密度； g ——重力加速度， m/s^2 ； c ——岩屑沉降时阻力系数，与岩屑形状、泥浆性能、雷诺数有关。

2.3 清除不同钻渣粒径所需的流量(见表 2)

表 2 钻渣粒径与清渣流量计算表

钻渣粒径 /mm	清渣所需流量/($m^3 \cdot h^{-1}$)			
	正循环		反循环	
	成孔	导管清孔	成孔	导管清孔
5	516	498	12	33
10	729	703	17	47
20	1031	995	24	66
30	1262	1218	29	81
40	1458	1407	34	94

注：桩径 1.0 m，钻杆 $\varnothing 168/150$ mm，导管 $\varnothing 250$ mm。

由表 2 可见：

(1)清除同样粒径的钻渣，反循环方式所需的流量比正循环小。主要原因是反循环泥浆上返所通过的断面比正循环小。

(2)计算的正循环清渣所需流量很大。工程实践发现，由于泥浆所具有的悬浮、粘带能力，实际泵量达到计算流量的十分之一时，即可携带出粘渣。

2.4 清渣方法对孔壁稳定的影响

(1)正循环清渣：泥浆在孔内自下向上流动，孔内泥浆密度、粘度均大于送入泥浆，对维护孔壁有一定的好处。同时，泥浆流向与孔壁不稳定层坍塌方向相反，且维持孔内泥浆高度，也有利于孔壁稳定。

(2)反循环清渣：泥浆在孔内由上至下流动，与孔壁不稳定层坍塌方向一致，进入孔内泥浆密度、粘度比原孔内的小以及补浆不足造成孔内泥浆液面下降，都将对复杂层的稳定带来不利影响。

2.5 正反循环清渣的独特优点

一般只在导管清渣时使用。采用正循环时，从导管口流出的冲洗液具有较高的流速，对沉积在孔底的钻渣具有冲刷、翻起的作用；切换为反循环时，由于导管内、外泥浆密度的不同所形成的压差，使导

管内泥浆上返的阻力减小，流速加快，清渣能力增强。反复正、反循环，可达到较好的清渣效果。

2.6 气举反循环清渣工作原理

气举反循环是通过风管将空压机产生的压缩气体向导管内输送，使压缩空气通过混合器与泥浆混合，在导管内形成密度小于导管外的充气泥浆。由于导管内外压力差的作用，使泥浆不断沿导管上涌形成反循环(见图 1)。它可通过混合器的安装深度来控制清渣能力，并具有设备质量轻、安装使用方便、管道密封条件要求不高等优点。

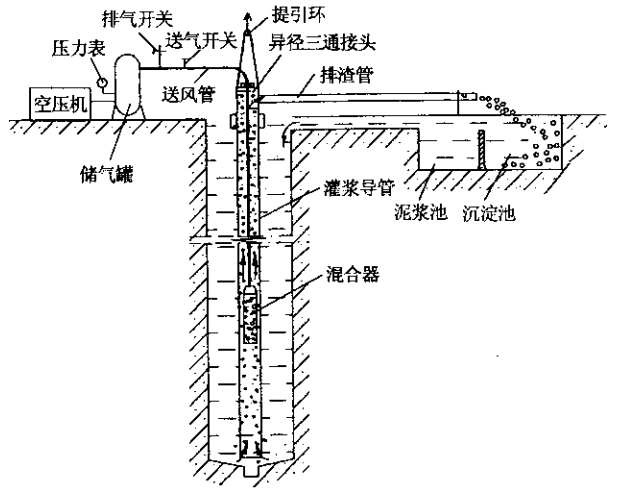


图 1 气举反循环清渣原理示意图

3 影响清渣效果的因素分析

3.1 地层

地层中可造浆与不可造浆地层的比例、分布情况，在一定程度上决定沉渣的数量及清渣的难易。

3.1.1 可造浆地层

淤泥、粘土等可造浆地层在机械的破碎、搅拌下和水形成可流动的泥浆，只要泵量足、泥浆密度适度，其形成的钻渣能够较容易被清出孔外。

3.1.2 不可造浆地层

(1)砂、卵石层、基岩等不可造浆地层，其钻渣需由泥浆携带出孔外。因此，除应保证泵量足外，还必须保证泥浆具有一定的粘度(携渣能力)，适度的钻渣粒径等，清渣较困难。

(2)高粘性亚粘土层，钻进时常形成不易分散的泥团，需投入碎砖等以提高钻速、搅(冲)散泥团。此类地层只宜采用正循环钻进，不能采用反循环。

3.2 成孔方法

成孔方法不同，所产生的钻渣粒径也不同。基岩层：回转钻进的钻渣粒径一般比冲击钻进小。卵石层：卵石粒径不大的可选用回转钻进，形成的钻渣

粒径取决于卵石粒径;卵石粒径较大的应采用冲击钻进,钻渣粒径取决于冲击破碎程度。钻渣粒径越大,清渣越困难。粒径大的钻渣宜采用捞渣筒或反循环进行清渣。

3.3 桩孔深度

目前,钻(冲)孔桩钻进清孔主要采用立式离心泵或砂石泵,泵的排(吸)量与排(吸)阻力成反比关系,阻力越大,排(吸)量越小。桩孔深度决定了泵的排(吸)循环线路长度,桩孔越深,排(吸)阻力越大,泵量越小,清渣能力也弱。

3.4 清孔工艺方法

(1)清孔设备:清孔设备的工作性能能否达到清渣所需的能力要求,决定了清渣成败。

(2)泥浆粘度:泥浆粘度大,携渣能力强,但泵送(吸)阻力大。需根据不同工程特点,确定适宜的粘度。

(3)清孔操作:提钻前第一次清孔采取慢速回转或低锤慢冲,灌浆前第二次清孔上下提动导管等操作,可提高清渣效果。

4 清渣对策与实例

4.1 清渣对策

4.1.1 制定清渣方案

施工前,根据工程项目的设计要求、地层条件及拟采用的施工技术工艺,详细制定清渣方案,明确各工序应达到的清渣目标与要求。

4.1.2 抓好成孔过程的清渣

清渣工作应在成孔各工序过程贯彻随钻随清的原则,针对不同层位地层的特点及桩孔的具体情况,选择相应的清渣对策:

(1)可(易)造浆地层,应使地层在钻具回转、冲击等机械方式的作用下充分造浆,宜采用低密度、低粘度的泥浆正循环钻进。

(2)卵石、基岩等不可造浆地层,由于钻渣粒径较大,宜适度地提高泥浆粘度(控制在 $23 \sim 28$ s),保证足够的循环泵量,正、反循环均可。采用冲击钻进时,可用冲击锤对大粒径钻渣进行再破碎或用捞渣筒捞取。

(3)大桩径清渣。桩径越大,钻杆与孔壁之间的环状面积越大,正循环要保证上返流速的泵量越大,宜采用反循环。在不具备反循环的条件时,可采用双泵或多泵并联方式增加泵量,保证清渣所需的上返流速。

(4)深孔清渣。关键是解决深孔具有较大的泥

浆排(吸)循环阻力问题。采用正循环时,可选用能输出较大泵压和泵量的设备如大泵量的变量泵;采用反循环时,可采用吸力较大的砂石泵或气举反循环。

(5)成孔过程中,及时清除泥浆中所含的砂、石渣,如清理循环槽、沉淀池,使用泥浆处理器等。

4.1.3 特别重视提钻前的第一次清孔

终孔后,做好提钻前的清孔,对彻底解决孔底沉渣问题至关重要,对灌浆前的二次清孔具有“磨刀不误砍柴工”之效。

(1)清孔工艺可采用钻进时的循环方式,尽可能加大循环泵量,并在清孔过程中慢速回转钻头或低锤慢冲,使沉积在孔底的泥团、大粒径钻渣进一步分散、破碎。

(2)清孔时,逐步降低泥浆密度、粘度,以泥浆性能能维护下笼、灌浆前孔壁稳定的要求进行控制,一般为粘度 $22 \sim 28$ s,密度 1.3 g/cm^3 左右。

(3)清孔时间一般掌握在 $1 \sim 2$ h,具体可根据终孔钻进时的效率确定。终孔时效率低,时间可短;效率高,应适当延长时间。

(4)清孔检测控制。上返泥浆均匀,无明显夹杂泥团、大粒钻渣;钻具提离孔底,可明显无阻力下至终孔深度。

4.1.4 认真做好灌浆前的第二次清孔

二次清孔的目的主要有二:一是彻底清除一次清孔后残留钻渣的沉淀及下笼过程中从孔壁刮下的坍落物;二是对孔内较稠泥浆进行全面的替换,以顺利灌浆。

(1)调整好清孔泥浆,其性能控制:密度 $1.10 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ 或以下,粘度 $20 \sim 25$ s。

(2)为快速清除孔底沉渣,应尽可能采取反循环方式。对直径小、孔浅的桩孔,也可采用正循环方式,宜用双泵并联以提高泵量。对终孔地层为卵石层的桩孔,宜采用气举反循环方式。对于砂层厚、测得沉渣多且密实的桩孔,宜采用正、反循环交替方式。

(3)清孔时,导管底端逐渐下到孔底,并经常上下提动导管,促进清渣效果。

(4)清孔时间视桩径、桩深、原泥浆性能和孔底沉渣等情况而定,一般可按将孔内泥浆替换 $3 \sim 5$ 遍进行控制,最终应满足设计要求。

(5)清孔过程中做好砼灌注前的准备,清孔结束后,立即进行砼灌注,其间隔时间应控制在 $20 \sim 30$ min内。嵌岩桩对沉渣厚度有特别要求时,应做

到清孔停泵 5 min 内 ,灌注桩到达桩底岩面。

4.2 清渣实例(见表 3)

表 3 钻(冲)孔灌注桩工程清渣实例

工程名称 (桩数)	地层简况 (持力层)	桩型设计			清渣方案		
		桩型	桩径/mm	桩孔深/m	成孔	一次清孔	二次清孔
上海港汇广场 (5326 根)	粉质粘土、淤泥质 粘土、粉砂等(砂 层)	摩擦桩	800 ~ 850	60 ~ 83	GPS - 10 型回转钻 进 ,3PNL 泵正循环	3PNL 泵正循环、 钻具慢速回转 , 并联 深孔用 4PNL 泵	4PNL 泵 2 台 3PNL 泵
中福福州西湖花 园(323 根)	杂填土、淤泥、粘 土、残积土、强(中) 风化岩(残积土、中 风化层)	摩擦 - 端 承桩	800 ~ 1100	66 ~ 80	GPS - 15 型回转钻 进 ,3PNL 泵正循环	4PNL 泵正循环	4PNL 泵正循环(桩径 800 mm) ,6PS 型砂石 泵反循环 ,6SPS 型射 流泵正反循环
福州正大广场 (203 根)	杂填土、粘土、淤 泥、中粗砂、残积性 粘土、基岩(中 ~ 微 风化岩)	端承桩	1200	平均 71. 6 最深 80. 1	GPS - 15 型回转钻 进 ,3PNL、4PNL 泵正 循环	4PNL 泵正循环	6SPS 型射流泵正反循 环
福宁高速公路 A7 标段桥桩(329 根)	淤泥层间夹多层卵 石层、基岩(卵石 层、基岩)	摩 擦 桩、 端承桩	1000 ~ 1500	30 ~ 50	冲击钻进 ,3PNL 泵正循环 ,捞渣筒辅助 捞渣	捞渣筒辅助	双泵并联 ,清孔时间 1 ~ 2 h
福建广播电视中 心(1789 根)	淤 泥 质 粘 土、中 (粉)砂、淤泥、粉质 粘土、卵石层(卵石 层)	摩擦 - 端 承桩	800	45 ~ 46	回转(冲击)钻进 ,3PNL 泵正循环		气举反循环 ,VF - 617 型空压机 ,混合器埋 深 > 27 m ,清孔时间 为 45 min

5 结语

为了保证钻(冲)孔灌注桩孔底沉渣满足设计
要求 ,并在清渣工作中达到经济、快捷的目的 ,施工
前必须进行清渣策划 ,根据工程项目的具体特点选
择清渣对策。施工中应将清渣工作的目的与要求分
解到各工序 ,根据地层特点采用相应的工艺技术措
施 ,及时清除新钻渣并防止旧钻渣沉淀 ,以提高桩基
承载力 ,确保桩基施工质量。本文是笔者根据多年
工程实践所进行的清渣对策探讨 ,仅是个人的一孔
之见 ,不妥之处 ,敬请同行指正。

参考文献 :

[1] 刘广志. 钻孔桩成孔工艺与设备的新进展[A]. 戴智长 ,周国
荣. 刘广志探矿(钻掘)工程文选[C]. 北京 :中国物价出版社 ,
2000.

[2] 林仕学 ,等. 超长钻孔灌注桩施工工法[Z]. 福建省省级工法 ,
1999.

[3] 王友彬 ,等. 淤泥层与卵石层等软硬互层钻孔灌注桩施工技术
[J]. 探矿工程 ,2002 (增刊) 97 - 99.

[4] 黄金灿 ,等. 气举反循环工艺在钻孔桩二次清渣工序中的应用
[J]. 探矿工程 ,2003 (增刊) 55 - 56.

[5] GBJ 0202 - 2002 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].

两条隧道公路将穿行奥运公园 将形成隧道交通体系

本刊讯 北京市成府路道路工程设计方案近日获得批
复 ,加上规划的大屯路 ,将有两条隧道公路从奥运公园中心
区地下穿过。同时 ,成府路的建设还将有效缓解目前交通压
力较大的望京地区、小营地区的拥堵状况。

此次批复的成府路工程西起志新东路 ,向东经小月河等
地 ,至规划中的南湖渠西路 ,与湖光中街相接 ,长约 7305 m。
根据批复 ,在奥林匹克公园内 ,成府路与中轴相交将采取下
穿方式。目前计划的方案是将成府路分为地下和地上两部
分 ,地下部分是从北辰西路东侧至北辰东路西侧 ,地上部分
则是从北辰西路东侧至奥运中心区的景观路。

另一条隧道式公路则为大屯路 ,按规划 ,它起于八达岭
高速路 ,止于京承高速路 ,从北辰西路东侧钻入奥运中心区
地下 ,至北辰东路西侧再钻出地面。加上奥运地铁支线 ,奥
运中心区将形成三条隧道。

目前奥运公园中心区内还有辛店村路、成府路、中一路、
大屯路、北二路、北一路、熏皮厂路、北辰西路、景观西路、景
观路、湖边西路、湖边东路、北辰东路等多条道路 ,将共同构
成未来奥运村里棋盘状交通网。

此外 ,另一条缓解京北交通压力的 111 国道一期立水桥
至兴寿镇改建工程也同时获得批复 ,即将开工建设。