

砂卵石层大口径空气潜孔锤钻进与取样技术

楼日新¹, 李子章¹, 苏宁²

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 贵州省工程地质勘察院, 贵阳 550008)

[摘要]软基建坝必须对软基的结构、分层、物理力学性质、渗透性作全面分析研究。其中的砂卵石层取样, 应力求保持样品不受扰动。常规法采用试坑、浅(竖)井取样, 取样效果虽好, 但受深度的限制。国外采用冻结法、化学灌浆法、钢板桩法钻取水下原状样, 但耗资巨大, 难以实施。研制一种新的钻进方法来提高砂卵石层取样的原状性是非常必要的。

[关键词]原状取样 颗粒级配 潜孔锤钻进 大口径 无固相冲洗液

[中图分类号]P634.5 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2003)02-0091-04

0 概述

软基建坝技术在水电工程中发展迅速, 由于软基地层复杂, 在勘探中必须对软基的结构、分层、物理力学性质、渗透性作全面分析研究。特别是砂卵石层取样, 应力求保持原有层位、原始成分和颗粒级配。纵观国内外水利水电勘探行业, 还没有找到一种采取软弱地基级配样, 特别是采取河床砂卵石层级配样的有效方法。国内现有取土器、取砂器无法适应砂卵石地层; 采用试坑、浅(竖)井取样效果虽好, 但受到取样深度的限制, 如遇地下水或在水下河床等则根本无法进行; 管钻取样因受频繁的冲击振动的影响, 其含砂率比地层实际情况增大。国外采用冻结法、化学灌浆法、钢板桩法钻取水下级配样, 但耗资巨大, 难以实施。因此, 开发砂卵石层大口径潜孔锤取样技术研究, 寻求一种适合我国实际情况的、满足取样要求的新方法, 显得十分必要。我们承担的国家重点科技攻关项目“勘测关键技术及其综合应用研究”, 把研究与开发砂卵石层大口径潜孔锤取样技术列入其中, 结合正在进行的雅砻江锦屏电站勘测工作加以攻关, 以期达到以下目的:

1) 进一步提高砂卵石层取样原状性, 每米砂卵石层取样的重量要求达到 30 kg 以上, 以保持岩样的天然结构与原始组成成分, 满足工程地质对砂卵石岩样进行颗粒级配分析的需要;

2) 开发砂卵石层钻进取样的新技术方法, 解决部分孔段因不使用 SM 植物胶钻进而带来的取样难题, 从而扭转砂卵石层钻进取样中存在的浅部松散孔段取样效果普遍较差的局面。

1 大口径取样技术的研究

1.1 设计思路

根据攻关目标对钻具结构、钻进方法、冲洗液材料及循环方式提出的基本设计思路如下:

1.1.1 取样钻具及其配套设备的设计方案

1) 钻进方法的研定。根据每米进尺岩样重量达 30 kg 以上的要求, 选用了 $\phi 172$ 大口径钻具。为快速通过不稳定的砂卵石层, 并保证取样的原状性, 必须大幅度提高钻进效率。根据依托工程的具体情况, 在开发该项新技术时, 以不改变原有设备及配套机具为原则。选配了合适的冲击器实现冲击回转钻进来满足新技术的开发要求;

2) 冲击器的选型。风动潜孔锤单次冲击功率大, 是液动冲击器的十几—几十倍, 能耗低。钻进以冲击碎岩为主, 对设备能力要求不高, 并能改善孔底岩石的多向受压状态, 有利于提高钻进效率。设计中选用了宣化英格索兰公司生产的 CIR90 潜孔锤。

3) 钻具、钻头设计。双管钻具对岩样的研磨扰动小, 利于取芯; 单管钻具底唇面积相对较小, 钻进速度快。为此, 设计了 $\phi 172$ 双管单动及 $\phi 172$ 单

[收稿日期]2002-11-19; **[修订日期]**2003-01-01; **[责任编辑]**李石梦。

[基金项目]“九五”攻关项目(编号:96-221-01-03)资助。

[第一作者简介]楼日新(1967年-), 男, 1993年毕业于成都理工学院, 获硕士学位, 在读博士生, 高级工程师, 现主要从事水力水电、工程施工工作。

管合金钻具。钻头所用硬质合金选用抗冲击振动性能好、硬度高,耐磨性强的 K113、K120 型合金块、采用低温铜焊条焊接;

4) 设备及管材。空压机:XY-9/7-C 型柴油移动式;钻机:XY-2B;泥浆泵:BW-150;钻杆: $\phi 89$ 石油钻杆;护壁套管;自制泡沫发生器。

1.1.2 钻具组合及冲洗液循环方式

1) 钻具组合。考虑到现有设备状况,新配设施

的经济性、适应性,设计时采用合金钻头→钻具→潜孔锤→钻杆→立轴的连接顺序,以充分利用冲击能量,提高碎岩效果;

2) 冲洗液循环方式为:空压机→送风管→储气罐→高压胶管→主轴→钻杆→潜孔锤→钻具→钻头底部(单管则是距钻头一定距离外,开排气孔),见图 1。钻进时要求及时跟管,使排气孔位置始终处于套管内,以免高速气流对裸孔孔壁的直接冲刷。

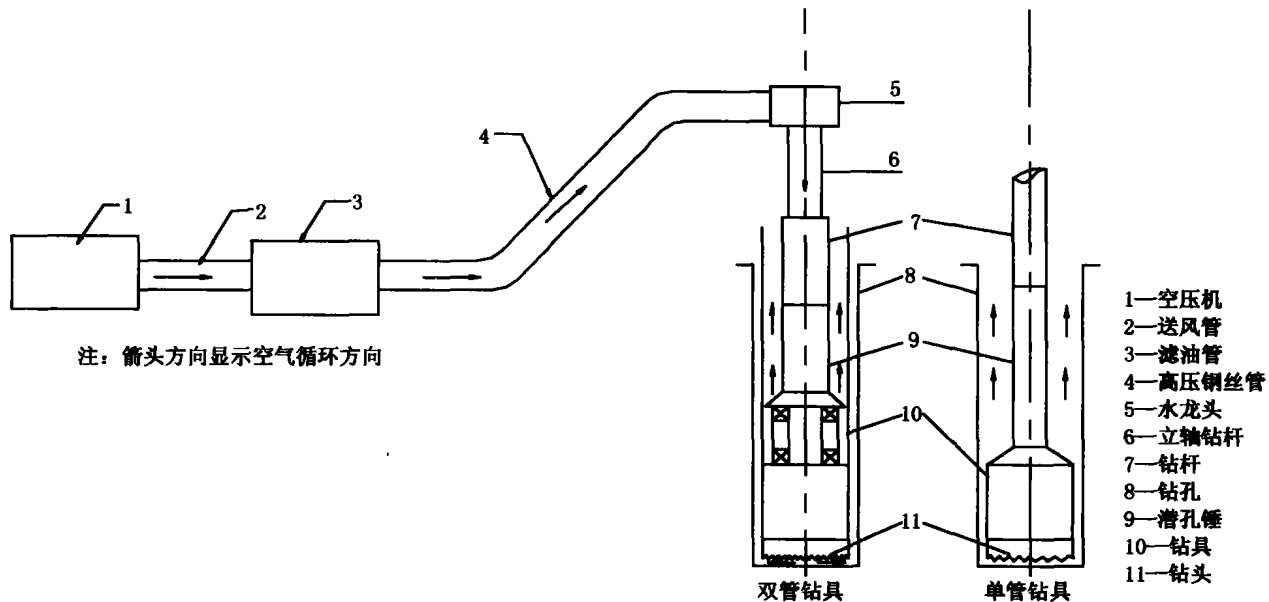


图 1 清水介质的循环方式示意图

1.2 无固相泡沫冲洗液的研究

SM 植物胶无固相泡沫液在孔底循环时,在岩样及孔壁表面形成一具有疏水性质的泡沫壁,减少了对孔壁及岩样的冲刷。有利于保持孔壁的稳定。

SM 植物胶冲洗液的性能指标:稳定时间:20min,密度要求: $0.75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以上,在满足冲洗液稳定性和密度的前提下,尽量降低动塑比。

1) 基浆配制。试验证明 NaOH 不利于 SM 的水解增粘。而加入 SM 重量的 4%~5% 的 Na_2CO_3 可保证比不加碱时粘度提高 17%,动塑比降低 150%。经对比试验选定基浆配方为:

水 + (0.5%~1%) SM 植物胶 + 5% Na_2CO_3 ;

2) 发泡剂。对 ABS, DF-1, Ninol 发泡剂单独加入进行性能测定,DF-1 发泡能力最强。加量为 385 PPH 时 Ninol 稳定性最好。而综合测定表明 Ninol 形成的泡沫液性能好,ABS 次之,DF-1 较差。各泡沫剂的合理加量为 Ninol: 125×10^{-6} ~ 375×10^{-6} ; DF-1: 125×10^{-6} ~ 150×10^{-6} ; ABS: 200×10^{-6} ~ 375×10^{-6} 。经混合试验确定 2 种三类发泡

剂的混合优选配方:第一种是 Ninol: 125×10^{-6} ; ABS: 125×10^{-6} ; DF-1: 62.5×10^{-6} ; 第二种是 Ninol: 125×10^{-6} ; ABS: 250×10^{-6} ; DF-1: 125×10^{-6} 。

1.3 钻进试验参数

风量:开孔时选用 $5 \sim 6 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$,孔深 10~30 m 时选 $7 \sim 8 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$;

风压:开孔风压 0.4~0.5 MPa,超过 10m 选用 0.5~0.7 MPa。泡沫钻进流动性比空气钻进流动性低,压力要求出空气钻进时 0.1 MPa 左右;钻压:对单管钻具,孔深 10 m 内钻压 3~5 kN 较好,孔深 30 m 左右钻压 5~7 kN。双管钻具,钻压比单管相应大 1~2 kN;

转速:选用 $40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$;

混入比(λ)与最佳泡沫状态:试验中以 $\lambda = 3\%$ 控制混入比,泡沫直径控制在 0.5 mm 左右,结构致密。

2 砂卵石层大口径取样技术现场试验

为验证设计的可行性及合理性,首先在都江堰

基地进行了试验,通过对空气潜孔锤单管和 SM 植物胶泡沫液双管钻进 2 种方法的试验,优选出一种取芯效果好、钻进指标优越的方法应用于锦屏电站三滩坝址砂卵石基础勘探。

2.1 都江堰基地试验

试验钻孔的地质条件为典型的岷江河床沉积物,浅部以泥夹漂卵石为主,深部多以卵砾石层夹漂卵石和局部透镜体砂层为主,粒径在 50~200 mm。

2.1.1 泡沫潜孔锤双管取芯试验

采用 $\phi 172$ 钻具超前钻进,跟入 $\phi 219$ 护壁套管。钻进用 SM 植物胶无固相冲洗液,按水重量 + 1% SM 植物胶 + 0.05% Na_2CO_3 + $200 \times 10^{-6} \text{PH}$ + $150 \times 10^{-6} \text{DF}-1$ 配制,高压空气和 SM 植物胶无固相泡沫剂溶液在三通处混合进入泡沫发生器、储气罐进入孔内循环。

试验效果:进尺 3.2 m,采取率 60%,岩样原状性差,细小颗粒含量明显偏少,砂卵石层的钻进速度较低,见表 1。

表 1 基地试验 1 号孔大口径取样成果统计表

回次	孔深/m		岩芯采取率/%	钻具规格及种类	洗井介质	岩芯描述
	起	止				
1	0	0.85	58	$\phi 172$ 单动双管合金钻具	SMI 泡沫、空气	人工杂碎块石土
2	0.85	1.75	56	$\phi 172$ 单动双管合金钻具	SMI 泡沫、空气	漂卵石夹泥
3	3.26	3.36	50	$\phi 172$ 双管单合金钻具	SMI 泡沫、空气	砂卵石夹少量漂石
4	5.96	6.18	59	$\phi 172$ 双管单动合金钻具	SMI 泡沫、空气	砂卵石
5	8.64	8.71	60	$\phi 172$ 双管单动合金钻具	SMI 泡沫、空气	砂卵砾石
6	8.71	8.73	63	$\phi 172$ 双管单动合金钻具	SMI 泡沫、空气	砂卵砾石
7	2.71	3.14	100	$\phi 172$ 双管单动合金钻具	空气	漂卵石夹泥
8	3.14	3.26	100	$\phi 172$ 双管单动合金钻具	空气	砂卵石夹少量漂石
9	3.69	4.73	100	$\phi 172$ 单管合金钻具	空气	合块砾卵石夹泥
10	4.73	5.41	100	$\phi 172$ 单管合金钻具	空气	砂卵砾石
11	10.66	11.50	100	$\phi 172$ 单管合金钻具	空气	淤泥,局部夹卵砾石
12	11.50	12.42	100	$\phi 172$ 单管合金钻具	空气	淤泥,局部夹卵砾石

试验表明:双管钻头底唇面大,所配潜孔锤冲击功率小,钻进效率低;混合比 λ 值太大,形不成稳定泡沫,气液分离严重;SM 植物胶中存在一定数量的长纤维,导致潜孔锤冲击无力或卡死不冲击。

2.1.2 空气潜孔锤单管取芯钻进

试验效果进尺 10.60 m,效果较好。采取率 100%,回次进尺较长,最高达 0.95 m,机械钻速最高达 6.0 cm/min。在稍致密的砂卵石层中,能取出近似原状的圆柱状岩样,达到预期目的,见表 1。

存在问题:钻杆、钻具拧卸困难,增加了辅助工作时间;跟管有时受阻,未能满足排气孔始终处于套管内的要求,需在生产应用中加以改进和完善。

2.2 空气潜孔锤单管取芯钻技术在锦屏电站的生产应用

S114 号孔砂卵石覆盖层要求取大口径级配样,以 $\phi 172$ 钻具揭空覆盖层,跟 219 套管到基岩顶板,然后换 $\phi 94$ 口径钻进到设计孔深。根据都江堰基地试验结果,为保证砂卵石层颗粒级配分析样品的成功获取,其中 $\phi 172$ 钻具采用空气潜孔锤单管钻具。

钻进规程:供风量: $Q = 5 \sim 7 \text{ m}^3/\text{min}$; 风压: 0.4~0.6 MPa; 钻压: 3~8 kN; 转速: $38 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

应用效果: S114 号孔系水上钻孔,受洪水影响被迫提前终孔。大口径钻进总进尺 15.25 m,施工回次 22 个,平均回次进尺 0.7 m,岩芯采取率 100%。每米进尺获取岩样达 34 kg,为级配分析提供了合格的样品,见表 2。

3 结论

通过现场试验和生产应用,从其钻进与取样效果中,我们不难得出几点结论:

1) 采用所研制的空气潜孔锤单管取芯钻进技术在软弱地基中,特别是获取水下河床砂(漂)卵石地层的级配样是成功的,它解决了水电勘探行业“如何用钻孔方法来取砂卵石地层颗粒级配样”这一大难题。所取级配样质量达到较高的水平,技术先进、操作工艺简便,便于推广应用。此外,整个砂卵石覆盖层钻进工作量中,约有一半左右不能使用 SM 植物胶而采用常规钻进方式,使取芯质量得不到

表2 S114 号钻孔大口径试验成果统计表

回次	孔深/m		岩芯采取率/%	钻具规格及种类	洗井介质	岩芯描述
	起	止				
5	3.49	3.69	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石一般 4~8 cm, 最大 14 cm
6	3.69	4.73	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石一般 4~8 cm, 最大 14 cm
7	4.73	5.41	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石一般 4~8 cm, 最大 14 cm
8	5.41	5.57	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石一般 4~8 cm, 最大 14 cm
9	5.57	6.27	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石一般 4~8 cm, 最大 14 cm
10	6.27	7.02	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石 4~8 cm, 最大 13 cm
11	7.02	7.73	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石 4~8 cm, 最大 13 cm
16	10.29	10.66	100	φ 172 单管合金钻具	空气	卵石 4~7 cm, 最大 10 cm
17	10.66	11.50	100	φ 172 单管合金钻具	空气	湿土 1~2 mm、砾石 3~10 mm
18	11.50	12.42	100	φ 172 单管合金钻具	空气	湿土 +1~2 mm、砾石 3~10 mm

保证。采用空气潜孔锤单管取芯钻进技术,可以保证取芯质量,从而改变了以往覆盖层钻进中存在的浅部取样效果普遍较差的状况;

2) 自行研制的硬质合金钻头,在砂卵石覆盖层钻进中,单只钻头寿命达 6m,寿命大大提高;

3) 钻杆连接中,防锁紧接头的采用,有效地解决了大口径冲击回转中存在的钻杆难以拧卸的问题,减少了损耗,降低了钻进成本;

4) 钻具的合理结构及长度,为提高回次进尺,保证取样的原状性创造了条件;

5) 泡沫潜孔锤双管取芯钻进技术的设计思路是可行的。虽因设备配备没有跟上,造成取样质量未能达到要求,但只要在后续的试验中采取措施,保

证设计思路得到体现,完全有可能实现砂卵石层的大口径裸孔取样钻进,且取样质量符合要求。

通过大口径取样技术的研究,结合以往砂卵石覆盖层钻进中 SM 植物胶、SD 钻具及其配套工艺技术的进一步完善,较好地解决了一直困扰水电等涉及基础勘测行业的覆盖层钻进取样的难题,为适应水电高坝建设创造了条件。

[参考文献]

- [1] 刘克远,高堆石坝关键技术研究——勘测关键技术及其综合应用研究[R]. 电力工业部成都勘测设计研究院,1995,10.
- [2] 楼日新. 砂卵石层大口径原状取样技术探讨[J]. 水力发电,2001,(8).
- [3] 潘兴银,张定国. 土屋铜矿钻探[J]. 工程施工技术,2002,(6).

DRILLING AND SAMPLING FOR BIG APERTURE AIR DOWN - HOLE HAMMER IN SAND AND GRAVEL LAYER

LOU Ri - xin¹, LI Zi - zhang¹, SU Ning²

(1. Chengdu Technology University, Chengdu 610059;

2. Guizhou Engineering Geologic Exploration Institute, Guiyang 550008)

Abstract: When constructing a soft foundation dam, the structure, layer, mechanical property and permeability of bases should be studied. Specially, in sand and gravel sampling, the original layers, composition and grain gradation should be kept. It is a difficult problem all the time to take undisturbed soil sample in sand and gravel layer during constructing the soft dam. Generally, sampling is in the test pit and the shaft, but the sample depth is limited. In other countries, frozen method, chemical grouting method and steel sheet pile method are used for the sampling gradation under water. But these methods are difficult to be put into effort, because cost is too much. In order to improve the undisturbed property in sand and gravel layer sampling, a new drilling method is necessary to be studied so as to satisfy the grain grading analysis.

Key words: undisturbed soil sample, grain gradation, down - hole hammer drilling, big aperture, non - consolidation washing