

金刚石钻进在水电灌浆工程中的应用

张 舰

(冶金部第一勘探公司金刚石工业公司)

文中介绍了人造金刚石钻进技术在龙羊峡、红枫湖水电站 施工灌浆孔的技术方法及其效果。

关键词: 人造金刚石钻进技术; 水电站; 灌浆孔施工

水电工程施工中, 坝基、坝体、围堰都要做灌浆处理, 进行帷幕灌浆(在基础处理或坝肩进行的灌浆, 打一排钻孔, 通过灌浆形成帷幕, 以防渗漏)、固结灌浆(加强坝基下部基岩或建筑物周围基岩的强度)、接缝灌浆(在坝基坝肩、混凝土块间灌浆)、回填灌浆(在所有的洞子基岩和衬砌当中灌浆)等, 特别是近来提出了以灌浆代替部分开挖工作的新技术, 灌浆量就更大了, 这些都要进行钻探施工。

过去, 水电工程施工中, 打灌浆孔多采用硬质合金和钢粒钻进, 由于地层复杂, 钻进效率低。龙羊峡水电站坝基基岩有几条断层破碎带通过, 钻探施工难度较大, 以往采用硬质合金和钢粒钻进, 钻进效率低, 事故也较多。近年来开始推广金刚石钻进技术, 钻进效率有较大幅度提高, 钻孔质量好, 成本低, 并积累了经验。

龙羊峡水电站是黄河上游的一级电站, 即龙头电站。其大坝高178m, 是我国目前最高的拱坝。大坝受压约18000t, 这就要求大坝应有坚实的基础, 以确保其稳定性。一般大型水坝均应建立在完整基岩之上, 以增强大坝的牢固性。但龙羊峡的坝基, 有两条断层破碎带, 影响了大坝基础的强度, 为此必须对坝基进行基础处理。龙羊峡水电站的大坝内有6层排水灌浆廊道, 总灌浆钻孔约50万m, 其中帷幕灌浆孔约15万m, 固结、高压固结及廊道固结孔21.6万m, 化学灌浆孔1.4万m, 排水孔5.6万m。

下面介绍龙羊峡水电站和贵州省红枫湖水电站, 应用金刚石钻进技术施工灌浆孔的情况。

龙羊峡水电站的大坝基岩为花岗闪长岩, 可钻

性10级, 中研磨性, 断层破碎带发育。开始用钢粒钻进时, $\phi 91\text{mm}$ 直径钻头, 每小班8小时进尺1m, 机械钻速0.125m/h, 5m为一个灌浆段, 5个小班才能打一个灌浆段, 严重影响电站施工进度。改用 $\phi 56\text{mm}$ 金刚石单管钻头钻进, 3.5小时可钻进一个5m的灌浆段, 机械钻速1.43m/h, 时效提高10.44倍。后来, 每个小班就能打一段灌一段, 保证了灌浆工作如期完成。

龙羊峡电站廊道灌浆孔多为 $61\sim 64^\circ$ 的斜孔, 孔斜率要求小于 $5^\circ/100\text{m}$ 。用钢粒钻进打斜孔, 由于孔底钢粒分布不均匀, 钻孔极易跑斜而报废, 改用金刚石钻进后, 孔斜明显减小, 保证了钻孔质量。

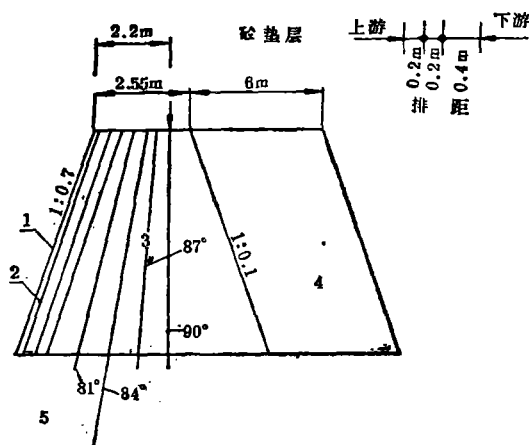
特殊技术问题:

1. 龙羊峡水电灌浆过程中, 需施工弹模试验孔。这类钻孔又分为动弹模和静弹模两类, 其中静弹模试验仪的胶囊直径为66mm。胶囊对孔径要求严格, 必须保证孔径为66mm, 否则将引起胶囊爆炸, 而钢粒钻进难以保证孔径尺寸的均匀性, 所以施工静弹模试验孔, 必须采用金刚石钻进技术。

2. 龙羊峡水电站大坝基础中, 基岩岩层有破碎带存在。在这种基岩中用钢粒钻进施工灌浆孔, 钻粒会跑到岩层裂隙中, 不仅影响了钻进工作, 而且会堵塞灌浆通道, 影响灌浆质量。而金刚石钻进可克服上述弊病。

红枫湖水库是乌江的一个支流水库, 是猫跳河上一级电站。该水库木斜墙大坝系1958年建成, 现已超过使用年限, 目前大坝有渗水现象, 必须进行处理。

红枫湖水库大坝断面结构如图所示。



红枫湖水库大坝断面结构示意图

1—沥青涂层；2—木板贴面层；3—砌石；4—堆石；5—基岩帷幕

图中箭头所指为钻孔灌浆位置。在堆石里沿大坝横断面方向先打一排钻孔，孔距2m。帷幕灌浆形成防水墙之后，施工第二排和第三排帷幕灌浆孔，形成多层帷幕叠连组合。

在孔隙率高达28~38%的堆石坝上施工帷幕灌浆孔困难很多，这在国内外没有先例。

开始，施工单位用钢粒钻进，但由于坝体孔隙率大，钢粒投入后就跑到孔隙里去了，钻孔无法施工。换硬质合金钻进，由于石块孔隙与棱角作用，很快就将钻头的硬质合金刃角磨掉。最后换上孕镶人造金刚石钻头钻进，钻孔工作进行顺利，在白云岩和灰岩组成的堆石中，机械钻速达到3m/h，岩心采取率100%，钻头平均寿命90m，满足了灌浆的要求。

孔深：浅孔12m，深孔52m。

钻孔结构：外径76mm单管钻头开孔，下 $\phi 73$ mm孔口管，然后用外径56mm钻头钻进，钻进一段灌注一段，直至终孔。

灌浆压力为 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

钻头技术参数为：

钻头胎体硬度：HRC40；

金刚石单晶粒度：60目，70目，80目各占1/3；

金刚石品级：JR₄；

钻头唇面形状：圆弧形；

钻头孔径为聚晶孔径，每个水口保四颗：内径两颗，外径两颗；

钻头水口数： $\phi 56$ mm钻头8个水口，

$\phi 76$ mm钻头10个水口；

钻机转数：800r/min；

钻机型号：SGZ-I和SGZ-III型钻机。

综合龙羊峡水电站和红枫湖水电站金刚石灌浆孔的经验，我们认为金刚石钻进水电灌浆孔，与其他钻进方法相比，有工效高，钻孔质量好，灌浆质量好，装备轻，劳动强度低，适应于廊道内施工，孔内事故少，钻孔成本低等优点。

下面谈谈水电灌浆金刚石钻进的几个问题：

1. 钻具级配问题

金刚石钻进要求钻具平稳转动，因而钻孔与钻具应有较小的间隙，故对钻具级配要求严格，一般讲，以钻头比岩心管大2mm、岩心管比钻杆大2mm为宜。例如，用地质旧系列 $\phi 56$ mm普通单管钻头钻进，其岩心管为 $\phi 54 \times 4$ mm或 $\phi 54 \times 4.5$ mm，用 $\phi 52$ mm钻杆较合理。

2. 钻孔结构问题

(1) 一般灌浆孔，用 $\phi 76$ mm开孔，下 $\phi 73$ mm孔口管，换 $\phi 56$ mm口径，钻进一段灌注一段，一径到底。

(2) 灌浆孔不要求岩心采取率，对孔径一般没有要求，从这一点看，孔径越小机械钻速越高，成本越低，所以小孔径好。但灌浆孔对孔斜率有较严格要求，特别是帷幕灌浆孔，钻孔要经常测斜，而常用测斜仪外径为40mm，若用 $\phi 46$ mm钻头，测斜时容易产生卡测斜仪的故障。

(3) 化学灌浆孔以 $\phi 46$ mm为宜。

(4) 廊道排水孔以 $\phi 150$ mm孔径为好。

(5) 压水试验孔以 $\phi 91$ mm为好。

(6) 质量检查孔，可选择普通双管钻具与配套的钻头钻进。

3. 设备问题

由于大量灌浆孔在廊道中施工，且多为浅孔，搬迁频繁，孔间距小，所以应选择体积小、重量轻的钻机。现场所用的钻机为水电部杭州钻探机械厂生产的SGZ型钻机。

4. 供水问题

水电灌浆孔，多为浅孔，水压损失小，又由于廊道面积所限，加压力泵有困难，而用系统水（自来水）较为合适，其水压一般以保持 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 为好。

5. 钻进技术参数的选择

按一般金刚石钻进选择钻进技术参数即可，但

(下转第64页)

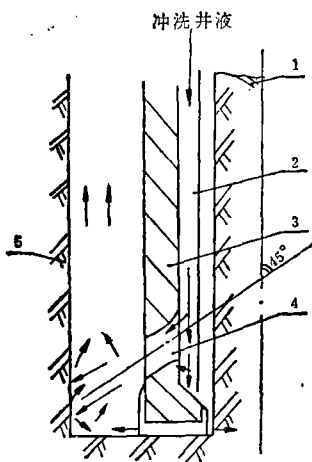


图2 附加水眼的水流图

1—岩心；2—内管；3—钻头壁；4—附加水眼；
5—井壁

增高，而总水量达不到在软岩中钻进排粉的需要，结果堆积的岩屑碎粒如同钢粒钻进一样，不断扩大钻孔直径尺寸，使排粉能力变差，岩屑大量堆积，提钻后，钻具很难再下到原位。增加附水眼后，过水流畅，即使泵

量较大，也不会猛力冲刷井壁，只是增加了外环排粉能力，有利于钻进。

附加水眼的液流以45°角把KHm液旋喷到井壁上，比一般的液流更有利于护壁。

附水眼的分流作用，减少了冲洗液对刚刚进入钻头口部岩心的冲刷，保护了岩心的完整性，减少了堵心故障，提高了岩心采取率。

存在的问题

利用附加水眼钻头钻进，一旦停钻（不停泵），容易造成负压而把井底岩粉吸入内管，并将其卡死，造成打捞内管的困难。

当岩石软、进尺快时，有烧钻可能。

利用附加水眼钻头钻进复杂层，是一个新的尝试。井下的钻进排粉过程是一个复杂的运动过程，由于试验刚刚开始，加之笔者水平有限，以上讨论难免有错误之处，恳请诸专家、读者指正。

本文在写作过程中得到陈继堂、龙琪同志的帮助，在此表示感谢。

Drill Bit with Side-holes for Water Draining in Complex Rock Formation Drilling

Jiang Hongbin

Some complex rock formations are easy to be collapsed in drilling when lashed by water. No good result of drilling with conventional wire-line coring drilling tools could be obtained. A specially made drill bit attached with side-holes for water draining will meet the requirement in this circumstance. In this paper the functions of such drill bit are discussed and practical experience is summed up.

（上接封四）

转数不要求太高。

6. 钻头技术参数的选择

金刚石钻进，钻头与岩层的适应性特别重要，针对不同岩层选择合理的钻头技术参数至关重要，选择的好坏，直接影响机械钻速和钻头寿命。

7. 金刚石钻头钻穿钢筋混凝土中的钢筋问题

实践证明，施工灌浆孔如遇到钢筋混凝土中的钢筋，孕镶金刚石钻头能很快穿过钢筋，钻头寿命几乎不受影响。

我国目前水电灌浆队伍约两万人，约一千个机

组，年灌浆量约20万m。

上述两个水电站基础灌浆孔的施工实例说明，用金刚石钻进施工灌浆孔，其优越性是非常明显的。用金刚石钻孔进行水电工程基础灌浆是大势所趋，随着金刚石钻探技术在水电灌浆中推广，必定产生极好的技术经济效益和社会效益。同时，廊道灌浆孔的金刚石钻进装备和技术工艺也会在生产实践中得到发展与提高，形成一个新的金刚石工程钻进技术配套分支。