

# 孔内纠偏与造斜技术在松塔水电站 地质勘探中的特殊应用

陈明星, 陈保国, 沈少华

(中国水电顾问集团北京勘测设计研究院, 北京 100024)

**摘要:**介绍了孔内纠偏与造斜技术在处理怒江松塔水电站孔内事故中的特殊应用。在覆盖层钻探中由于地层软硬不均,使得套管偏斜,阻碍了钻探工作的顺利进行,使用纠偏技术进行钻孔纠偏,保证了孔壁垂直,提高了钻进质量;在破碎岩石中钻进,由于地层破碎塌孔造成埋钻使得钻进无法进行,如果废孔将会造成成孔成本的巨大浪费,使用孔内造斜技术进行孔内事故的处理,有效地消除了埋钻造成的不利影响,保证了钻探工作继续进行。孔内纠偏与造斜技术在怒江松塔水电站深厚覆盖层及破碎岩石钻探中发挥了很好的作用,具有一定的推广应用价值。

**关键词:**孔内纠偏;孔内造斜;埋钻;河床覆盖层;破碎岩石

**中图分类号:**P634.7   **文献标识码:**B   **文章编号:**1672-7428(2013)10-0035-04

**Application of Drilling Deviation Correcting and Deflecting Techniques in Geological Exploration at Songta Hydropower Station/CHEN Ming-xing, CHEN Bao-guo, SHEN Shao-hua** (Beijing Research Institute of Survey and Design of China Hydropower Engineering Consulting Group Co., Beijing 100024, China)

**Abstract:** This article introduces the special application of drilling deviation correcting and deflecting techniques in dealing with drilling troubles in Songta hydropower station. The deviation correcting technology was used to ensure hole verticality when drilling construction was obstructed by casing deflection caused by uneven hardness in deep overburden riverbed; the deflecting technology was used to eliminate the effects caused by drill rod burying to keep drilling construction going on. These techniques have worked well in the drilling in deep overburden and broken layers and have development and application values.

**Key words:** drilling deviation correction; drilling deflecting; drill rod burying; riverbed overburden; broken rocks

## 1 概述

松塔水电站位于西藏自治区察隅县察瓦龙乡境内,坝址位于怒江干流滇、藏省区界上游约 7 km,是怒江中下游河段水电规划“两库十三级”中第一个梯级电站,为规划河段的“龙头”水库之一。松塔坝址河谷狭窄,呈较典型的 V 形。坝址河床覆盖层厚度一般为 58~70 m,平均厚度约 65 m,主要由第四系冲洪积砂卵石组成,夹巨块石和砂层透镜体。下伏基岩主要为黑云二长花岗岩,主要为 II~III 类岩体。

为了查明河床覆盖层的成分、成因以及基岩的结构构造等,松塔水电站在坝址区布置了大量的钻探工作。其中河床部位钻孔 ZK01 及 ZK02 设计孔深 100 m,要求穿透深厚覆盖层到达基岩。在钻探过程中 ZK01 及 ZK02 钻孔发生了孔故,经过处理,2 个钻孔都很好的解决了孔内事故,满足了钻探要求。

## 2 深厚覆盖层钻探中遇到的问题及处理方法

### 2.1 河床深厚覆盖层钻探工艺

松塔水电站深厚覆盖层钻探采用 SM 植物胶钻进工艺与多级跟管钻头护壁相结合的施工方法。具体工艺流程是先用植物胶钻具在深厚覆盖层中成孔,之后根据钻进孔径下跟管钻头跟进套管护壁,钻进及护壁均采用多级变径施工方法,全程采用 SM 植物胶作为循环冲洗液,钻孔任务完成后采用重锤反打拔出套管<sup>[2-5]</sup>。

松塔水电站河床钻孔 ZK01 以  $\varnothing 146$  mm 钻头开孔,经过  $\varnothing 130$  mm、 $\varnothing 110$  mm 及  $\varnothing 90$  mm 三级变径在 82.1 m 处见微风化花岗岩;护壁套管口径也经过了三级变径,其中  $\varnothing 146$  mm 跟管至 26.0 m, $\varnothing 130$  mm 跟管至 41.2 m, $\varnothing 110$  mm 跟管至 63.6 m,从 63.6~82.1 m 采用  $\varnothing 90$  mm 套管护壁。钻孔结构见图 1(a)。

收稿日期:2013-05-03

作者简介:陈明星(1984-),男(汉族),河南平顶山人,中国水电顾问集团北京勘测设计研究院工程师,地质工程专业,硕士,从事工程勘测工作,北京市朝阳区定福庄西街 1 号,cmx1984@126.com。

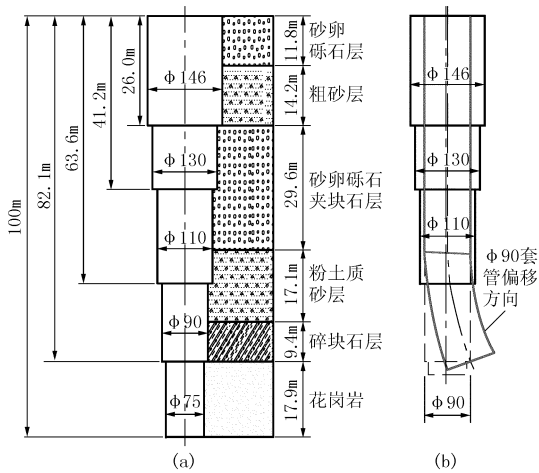


图1 ZK01 钻孔结构图及孔内事故示意图

## 2.2 深厚覆盖层钻探过程中出现的问题

在深厚覆盖层中钻进,为保证钻探质量,一般要求采用套管护壁,但同时为了提高跟管钻头的钻进效率,在跟管不进尺时需要在钻机上部施加一定的压力。 $\varnothing 90$  mm 套管跟管至 9.4 m 厚的碎块石层时,由于跟管钻头底部有块石阻碍钻进,为了增加进尺,在套管上部采用重锤拍打, $\varnothing 90$  mm 套管护壁到 82.1 m 后,下  $\varnothing 75$  mm 钻具钻进基岩至 83.1 m 时发生异常,加压后钻机震动强烈钻进不进尺,重新下放钻具无法到达原来深度,加压钻进后提钻发现钻头从钻具上脱落,钻具与钻头连接丝扣损坏。后经多次起下钻具钻进效果不佳,钻进被迫停止。

分析造成此次孔内事故的原因,由于河床覆盖层软硬不均,砂层与卵石层、块石层交替分布,在基岩面以上 72.7 ~ 82.1 m 为 9.4 m 厚的碎块石层,55.6 ~ 72.7 m 为 17.1 m 厚粉土质砂层,在跟管至 9.4 m 厚的碎块石层时跟管钻头不进尺,钻机采用 200 kg 重锤拍打套管顶部施加压力,套管所受垂直压力增大,由于 17.1 m 厚的粉土质砂层处围压小于其他土层,导致粉土质砂层段套管最先出现变形,在重力作用下,套管变形加剧,钻孔出现偏斜,导致钻具起下困难。在钻孔偏斜到一定程度的时候,钻具底面出现倾斜,底面受力不均而钻头与钻具连接处是最易发生破坏的地方,这也是钻头从钻具上脱落下来的主要原因。发生孔故段示意图见图 1(b)。

## 2.3 孔内事故处理及效果

### 2.3.1 孔内事故处理方法

由于此次孔内事故造成套管变形,钻头脱落孔底无法取出等情况使得孔内事故处理显得更加复杂,较之以往成功处理的案例很少,基本上作废孔处理,但由于汛期将要来临,工期要求较紧,经项目组

人员研究决定采用孔内纠偏的方法在钻孔内把偏斜的钻孔纠正,达到设计要求后再钻进跟管护壁避开原来偏斜钻孔段垂直钻进。

具体施工方法如下:起出钻孔内钻具,由于粉土质砂层上部砂卵砾石夹块石层密实坚硬,成孔质量好,孔壁垂直度好,钻孔结构可以不做调整,把全部  $\varnothing 90$  mm 套管起出孔外卸掉变形段套管,再把  $\varnothing 110$  mm 套管底面提高至粉土质砂层顶面 55.6 m 处。此时加工一根废旧  $\varnothing 75$  mm 套管成楔形放入孔内(见图 2),由于套管在粉土质砂层段变形量最大,楔形套管卡在粉土质砂层段,重新放入  $\varnothing 90$  mm 钻具至粉土质砂层段与楔形套管接触,由于粉土质砂层段地层最为软弱, $\varnothing 90$  mm 钻具在重力作用下垂直向下挤压楔形套管从而避开孔斜段成孔。再下  $\varnothing 90$  mm 套管至 82.1 m 护壁成孔(处理过程见图 3)。

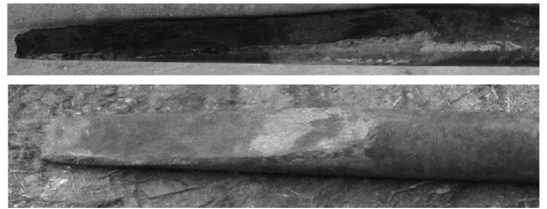


图2 加工后的  $\varnothing 75$  mm 楔形套管

### 2.3.2 处理效果及评价

实践证明,采用钻孔纠偏技术处理此次孔斜事故是成功的,在此后的钻进过程中楔形套管作为粉土质砂层段套管的一个保护支撑壁存在以防止变形再次发生,钻孔没有再发生偏斜,掉落孔内的钻头也被避开,钻探工作顺利完成。

在这次孔内事故处理过程中,粉土质砂层的软弱地层特性既是造成孔斜的原因,同时也在处理孔内事故的过程中也正是利用到了其软弱特性。此次孔内事故处理过程说明,在地层软硬不均的情况下发生钻孔偏斜,采用孔内纠偏技术处理可以有效地对钻孔偏斜进行纠正,避免因废孔造成的损失,提高了钻进效率。

## 3 破碎岩石钻探中遇到的问题及处理方法

### 3.1 破碎岩石层钻探工艺

在破碎岩石中一般采用双层岩心管钻进,跟管钻头钻进套管护壁,清水作为循环介质,这种钻进工艺一般在保证取心的情况下可以最大限度地节省成本,加快施工进度,在破碎岩石钻探中应用广泛<sup>[3]</sup>。

ZK02 钻孔在覆盖层段钻进时采用与 ZK01 孔相同的施工工艺和方法,以  $\varnothing 146$  mm 钻头开孔,

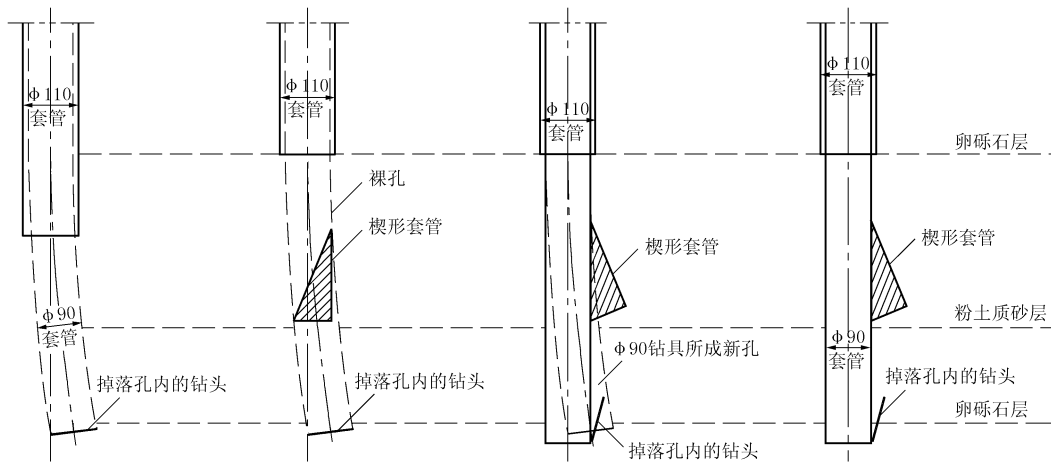


图 3 孔内纠偏技术处理孔故示意图

经过  $\varnothing 130\text{ mm}$ 、 $\varnothing 110\text{ mm}$  两级变径至  $53.0\text{ m}$ ，同时采用跟管钻头钻进套管护壁，其中  $\varnothing 146\text{ mm}$  套管跟管至  $26.3\text{ m}$ ， $\varnothing 130\text{ mm}$  套管跟管至  $40.8\text{ m}$ ， $\varnothing 110\text{ mm}$  套管跟管至  $53.0\text{ m}$ 。ZK02 号钻孔结构见图 4 (a)。

$53.0\text{ m}$  以深孔壁继续发生塌孔，钻具彻底被埋其中，钻进无法进行被迫停工。孔内事故示意图见图 4(b)。

分析造成此次孔内事故的内在原因主要是岩石破碎，孔壁不稳而跟管钻头又不能很好地穿透破碎岩石进行套管护壁。外在原因主要是钻机震动，钻具在起下的过程中破坏了孔壁的稳定，同时由于碎石层中存在较多的粗砂，而清水冲洗液对孔壁的冲刷使得粗砂等成分很容易从地层中洗出，造成孔壁掉块失稳，最后塌孔埋钻。

### 3.3 孔内事故处理及效果

#### 3.3.1 孔内事故处理方法

在这次孔内事故处理中，由于采用常规打捞方法无法取出埋在孔内的钻具而使处理工作陷入停滞，ZK02 钻孔已经穿透覆盖层进入基岩中，根据钻孔任务书要求，发生孔内事故段及以深地层无试验内容，并且 ZK02 钻孔是河心钻孔，受河流汛期影响加大，此时如果作为废孔处理会造成成孔的极大浪费，在与项目组研究后决定采用孔内造斜技术对孔内事故段进行重新钻进，使钻孔轴线偏离原孔被埋钻具位置重新钻进成孔，具体施工方法如下。

由于原钻孔结构  $0\sim 53\text{ m}$  均采用套管护壁，对发生孔内事故段没有什么影响，可以不做大的调整。孔故处理时先下入加工好的  $\varnothing 75\text{ mm}$  的楔形套管 (见图 2)，提高  $\varnothing 110\text{ mm}$  套管至  $45\text{ m}$ ，下入  $\varnothing 90\text{ mm}$  植物胶钻具重新钻进，钻具与楔形套管接触后由于楔形套管及周围碎石地层的阻挡作用而使钻孔开始发生偏斜，在确定已经避开被埋钻具深度后起钻跟管护壁，重新成孔。在钻进过程中为避免孔壁不稳再次塌孔，此时全程采用植物胶钻进，植物胶钻进工艺既能很好的起到取心作用，其拌合的粘土粉也能

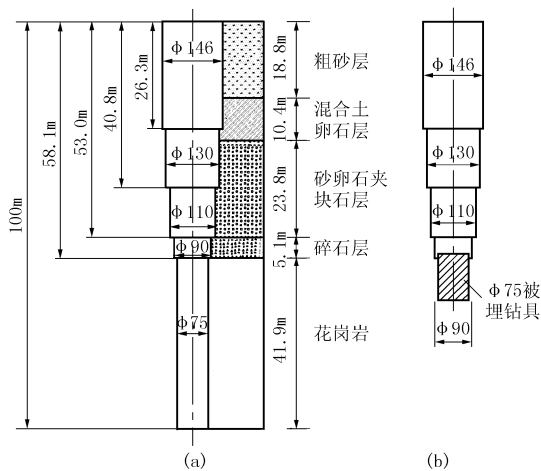


图 4 ZK02 钻孔结构图及孔内事故示意图

### 3.2 破碎岩石钻探过程中出现的问题

当钻孔穿过河床覆盖层进入风化基岩时，岩石破碎，取心难以保证，孔壁不稳，存在塌孔等情况。松塔水电站河床 ZK02 钻孔  $0\sim 18.8\text{ m}$  为粗砂层， $18.8\sim 29.2\text{ m}$  为混合土卵石层， $29.2\sim 53.0\text{ m}$  为砂卵石夹块石层， $53.0\sim 58.1\text{ m}$  为碎石层。由于碎石层块径变化较大，跟管钻头无法钻进，故  $\varnothing 110\text{ mm}$  套管只跟管到  $53.0\text{ m}$ ，在钻进至  $53.0\text{ m}$  时变径至  $\varnothing 90\text{ mm}$  继续钻进， $58.1\text{ m}$  以深花岗岩改为  $\varnothing 75\text{ mm}$  双层岩心管钻具钻进。在钻进至  $61.3\text{ m}$  时发生塌孔，钻具无法起出。孔内事故处理时用  $200\text{ kg}$  吊锤反打一天后钻具仍无法起出，最后钻具与钻杆接头处发生断裂，接口损坏，由于钻具起下震动等影响自

起到很好的护壁作用,同时由于其粘度大,流速慢,对孔壁的冲刷作用小,孔壁不易坍塌,在钻进成孔之

后及时进行  $\text{Ø}90\text{ mm}$  套管护壁<sup>[4,5]</sup>。处理过程见图 5。

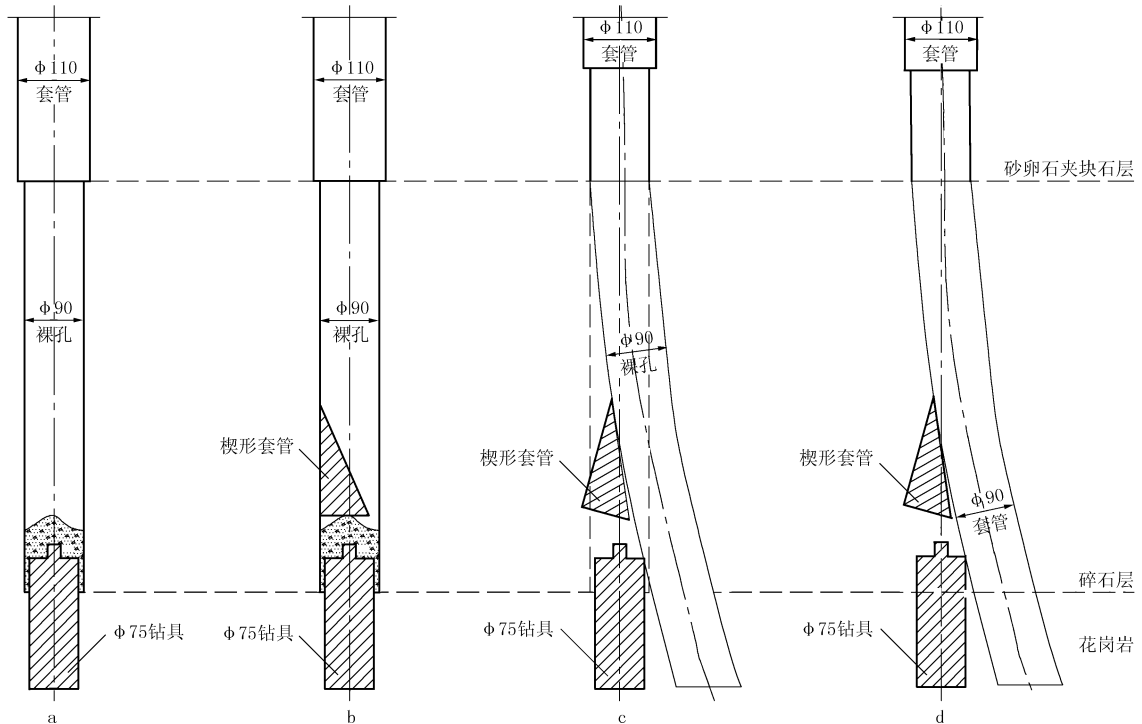


图5 孔内造斜技术处理孔内事故示意图

### 3.3.2 处理效果及评价

此次孔内事故处理的效果较好,整个钻孔在 5 天后完成,钻孔取心完整,孔壁也没有出现坍塌,钻探任务得以顺利完成。

在处理此次孔内事故后,钻孔垂直角度有一定的偏斜, $\text{Ø}90\text{ mm}$  钻孔口径在 45 m 处开始偏斜,在 58.1 m 左右钻孔偏离原轴线 82.5 mm,测得原钻孔垂直度为  $90^\circ$ ,根据三角函数算得原钻孔轴线与造斜后钻孔轴线夹角为  $0.36^\circ$ ,根据《水电水利工程钻探规程》(SL 291 - 2003) 钻孔顶角的偏差规定每 100 m 孔深直孔应不大于  $3^\circ$ ,满足规程要求。

## 4 结语

实践证明,在发生孔内事故时采用合适的孔内纠偏与造斜技术既可以保证完成钻探任务又能不影响钻探质量,其主要应用价值表现在以下几方面:

(1) 在钻孔出现偏斜的情况下,采用孔内纠偏方法能够有效地对钻孔进行纠偏,使得钻孔垂直度满足钻探要求,避免孔斜造成的不利影响;

(2) 在钻孔孔壁不稳发生塌孔埋钻的情况下,采用孔内造斜技术可以避免被埋无法取出的钻具,对钻孔垂直度的微调也能够满足钻探规程要求;

(3) 基于植物胶钻进工艺的孔内纠偏与造斜技术,在处理孔故的过程中可以很好地保证钻孔成孔质量,避免在处理孔故时发生意外;

(3) 多级跟管钻头钻进套管护壁在出现孔内事故时可以很好地对钻孔结构作出调整,配合孔内事故的处理。

## 参考文献:

- [1] 李世忠. 钻探工艺学(下册)[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [2] 王桂茹,于彦民,孙久林. SM 植物胶在跟管钻进中的应用[J]. 黑龙江水利科技,2002,30(1):110.
- [3] 付兵,邱太宝. 深厚砂卵石层金刚石钻探施工技术和工艺[J]. 四川水力发电,2007,26(1):87-89.
- [4] 宋宏图. SM 植物胶和 SD 系列金刚石钻进工艺在深厚砂卵石层的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3):13-15,17.
- [5] 张志平. SM 植物胶在水电工程中的实践总结[J]. 四川水力发电,2003,22(2):47-48.