

# 复杂地质条件下的小断面深孔桩基施工方法探讨

张龙斌, 李永霞, 张健

(中国水利水电第十工程局有限公司 二分局, 四川 都江堰 611830)

**摘要:**针对存在地下暗流通道的小断面深孔桩基施工,采用先进行深孔环向和径向预裂爆破、再采用冲击钻成孔的方式,可有效解决因地质条件复杂和岩石强度高带来的施工难度,可以成功地实现快速成孔并节约成本的目标。

**关键词:**复杂地质条件;小断面;深孔;桩基;施工

中图分类号:TV553;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)02-0051-04

## 1 工程概述

南芒1水电站位于老挝人民民主共和国中部,装机容量为 $3 \times 21.33$  MW。南芒河厂房交通桥由跨径为 $3 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ 的钢筋混凝土简支梁组成,采用混凝土灌注桩基,设计荷载为汽-40 t,挂-120 t。

桩基河床基岩裸露,为弱风化岩体,成分为中粗粒石英砂岩、含砾石英砂岩;顶部为砾岩,局部夹极少量的泥质粉砂岩,属坚硬岩。基岩呈水平层状分布,层厚从 $0.5 \sim 5 \text{ m}$ 不等,基岩中存在约4条宽大裂隙,枯水期河水下落至河床以下 $3 \sim 5 \text{ m}$ 左右从基岩中的水平软弱层面流出,形成基岩中的地下暗河通道,地勘情况见表1。

表1 南芒河厂房桥地质勘探资料表

部位	暗流带位置 (河床以下)	岩石抗压强度 / $\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$	桩基设计深度 /m
1#桩	4.5~6.1 m	512.86	7.5
2#桩	3.5~5.1 m, 8.1~8.5 m	365.87	9
3#桩	4.4~5.1 m	638.99	8.5

## 2 桩基施工难点

(1)灌注桩设计长度分别为 $7.5 \text{ m}$ 、 $9 \text{ m}$ 、 $8.5 \text{ m}$ 。若采用人工挖孔桩成孔方法施工,同时要下穿地下河床暗流通道,河水流量大、范围广,无法解决抽排水问题,因此而无法确保工期和安全。

(2)采用冲击钻成孔,基岩强度高,施工进度缓慢,对水平、薄层分布的基岩破坏大,容易造成同排桩间的基岩崩塌破坏,钻头损坏大,工期难保证。

(3)采用基坑法施工,石方开挖量大,对桩基

围岩破坏大,对桥桩稳定不利,同时,抽排水问题亦突出。

## 3 施工方案的选择

### 3.1 综合分析

根据桩基位置的地质条件,无论是采用人工挖孔桩、基坑开挖法或采用冲击钻成孔施工,施工难度、进度均不能满足要求。经综合论证后认为:采用深孔爆破与冲击钻成孔相结合的方案较为合理。

方案简述:先采用地质钻机一次钻孔到桩底后跟导管,严格测量地下暗流通道范围,间隔装药以避开暗流破碎带,微差挤压爆破,待形成桩孔破碎带后再采用冲击钻逐步造孔到位。

该方案施工的关键是爆破孔的造孔、跟管、孔壁保护、装药量控制和后期冲击钻造孔的暗流通道封堵问题,桩孔爆破必须一次性成功,有效地形成桩基破碎带,否则后续施工的难度巨大。

### 3.2 小断面深孔环、径向预裂爆破

#### 3.2.1 爆破模型的选择

鉴于造孔爆破的目的是有效形成桩孔的人为破碎带柱体,减少造孔难度并加快施工进度,因此,我们选择了全孔段环向和径向预裂爆破方案,其既能有效形成破碎带柱体,又能保护桩孔壁围岩遭受较少破坏,有利于桩体的稳定和安全。因此,周边孔和主爆破孔均按预裂爆破模型计算线型装药量。

#### 3.2.2 爆破参数的选择

(1)炮孔孔距布置(以2#桩基为例)。

根据经验公式: $a = (7 \sim 12) d_1$

式中  $a$  为炮孔孔距; $d_1$  为炮孔孔径。

收稿日期:2015-02-15

孔距布置如下:

周边孔:桩径为120 cm,冲击钻二次成孔桩径约为130~140 cm,周边孔按直径130 cm环向均匀布置16个孔,其中间隔装药8个孔,其它8个孔作为减振孔,孔距24 cm,孔径为75 mm,孔深9 m;

主爆孔:按直径80 cm环形布置6个孔,间隔装药,孔距24 cm,孔径75 mm;

中心孔:在桩柱中心布置一个直径为110 mm的中心孔,不装药,形成中心临空面,孔深9 m;

掏槽孔至中心孔的间距: $a_1$ 按深孔爆破法的空孔掏槽公式反算可得:

$$\therefore h = [(900 \sim 1\ 000) \times D^2 \times d_2^2 / (a_x (D + d_2) - 0.8(D^2 + d_2^2))]^{0.5}$$

$\therefore a_1 = 0.082$  m。考虑到中心孔不能与掏槽孔贯穿的要求,按环向直径24 cm造孔,布置3个,掏槽孔至中心孔净距为27 mm。

式中  $h$  为爆破深度,桩基深9 m; $D$ 为空孔直径,110 mm; $d_2$ 为掏槽孔直径,取75 mm。

爆破孔布置情况见图1。

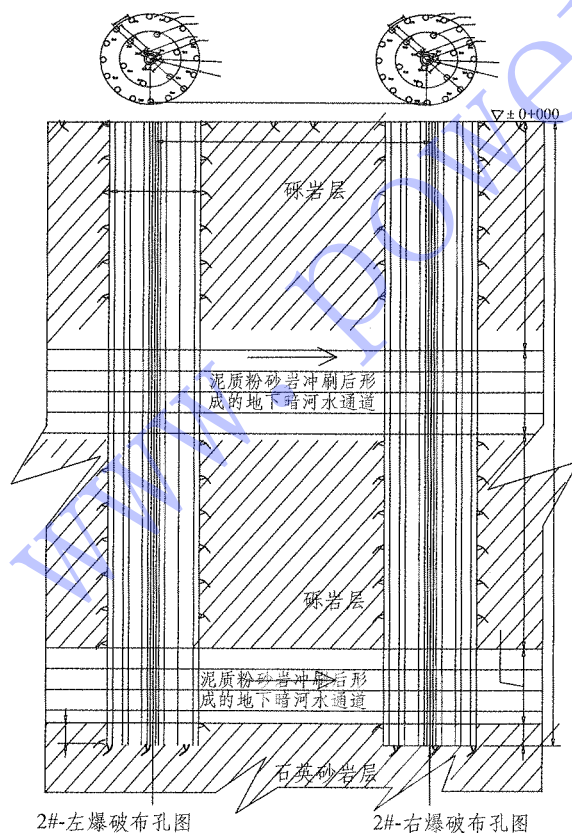


图1 爆破孔布置图

(2)计算装药量。

为了人为使桩基孔位形成软弱破碎带,以减小对桩基周边岩壁的影响,同时不能破坏两桩基之间的岩梗,单位装药量的选择必须合理。我们采用了两种公式计算预裂孔线装药量,结果大者装主爆预裂孔,计算结果小者装周边预裂孔。

①采用预裂爆破线装药量计算单位装药量 $q$ 。

$$q = 0.3680.63a0.67 \\ = 0.36 \times 365.87 \times 0.63 \times 30 \times 0.67 = 144.8 \text{ (g/m)}$$

式中  $\delta$  为岩石极限抗压强度,  $\text{kgf/cm}^2$ , 取365.87  $\text{kgf/cm}^2$ ;  $a$  为炮孔间距, cm, 取布孔最大间距, 以达到较好的效果。

②根据岩石强度和钻孔半径计算线装药量:

$$q = 2.75r^{0.38}\delta^{0.53} \\ = 2.75 \times 37.5 \times 0.38 \times 365.87 \times 0.53 \\ = 248.9 \text{ (g/m)}$$

式中  $r$  为炮孔半径, mm。

根据以上两种预裂爆破经验公式,对周边孔选取150 g/m做为线装药密度,主爆孔按250 g/m做为线装药密度,掏槽孔线装药量按主爆孔的1.2~1.3倍控制。

### 3.3 预裂爆破孔造孔

(1)测量放线:对桩孔测量放线,定位爆破孔位。

(2)采用地质钻机造孔,专人负责记录造孔过程中的异常情况,绘制每个孔位破碎带的精确位置和范围。

(3)造孔过程中采用PVC管及时跟进,防止掉块堵塞孔道。

### 3.4 装药

(1)周边孔线装药量按线装药量150 g/m间隔装药,孔底加装50 g以加强预裂效果;同时,为防止孔底拉裂破坏,在孔底充填5 cm石粉作为缓冲层。

(2)主爆孔线装药量按250 g/m间隔装药,孔底充填5 cm石粉后,加装100 g以加强主爆孔的爆破效果。

(3)掏槽孔线装药量为主爆孔的1.2~1.3倍,按300 g/m间隔装药,孔底充填5 cm石粉后,加装100 g以加强掏槽爆破效果。

为了不影响爆破效果,装药过程中必须根据

造孔记录对地下暗流通道进行封堵,其装药封堵情况见图2。

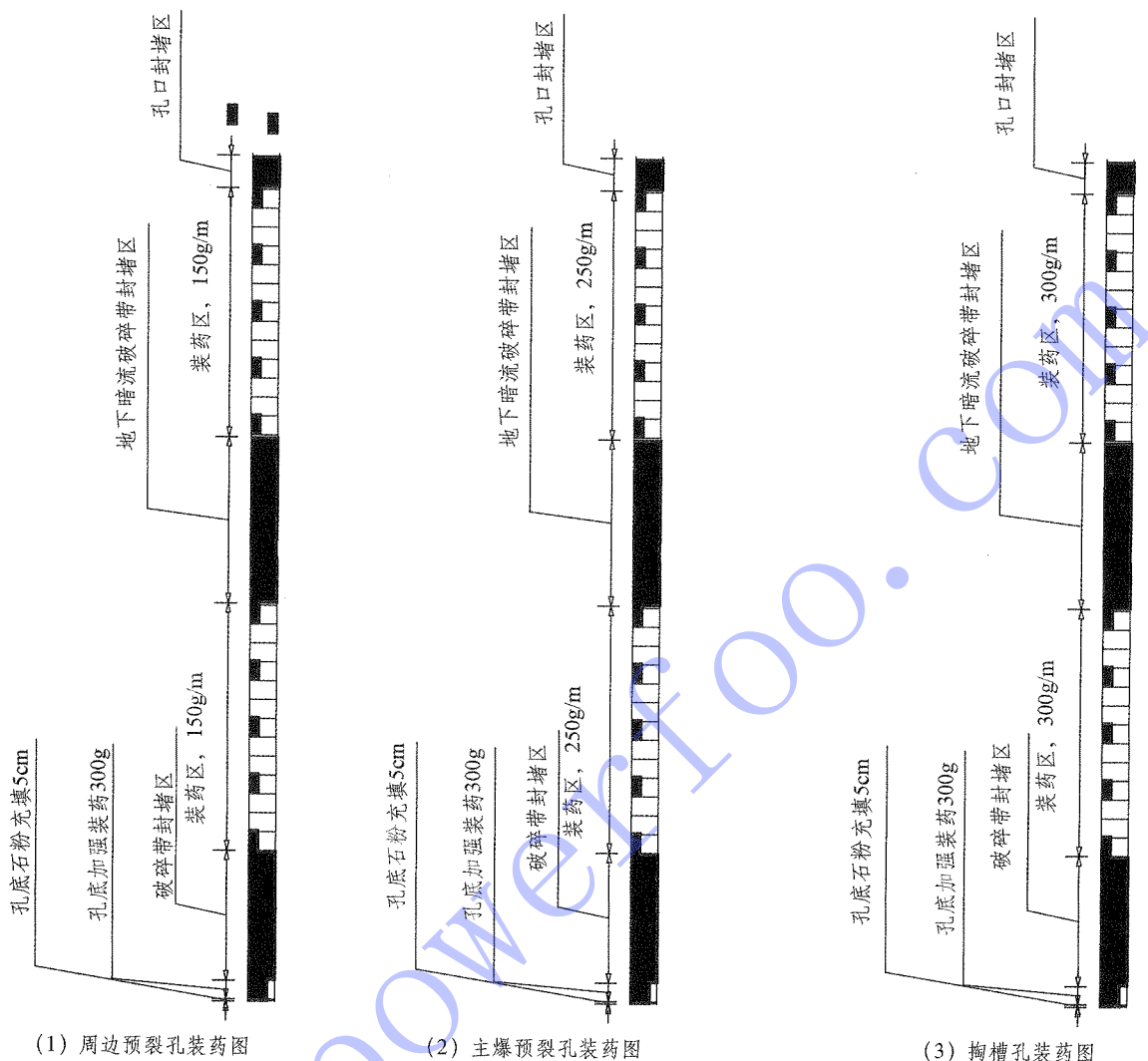


图2 爆破孔装药图

### 3.5 堵塞

根据造孔记录,对周边孔和主爆破孔分别在两层暗流破碎带位置采用黄泥进行有效封堵,孔口堵塞长度不小于30 cm。

掏槽孔采用细土或细砂进行堵塞,其主要目的是在掏槽孔起爆时不破坏主爆孔的导管,同时起到中心临空面的作用。

### 3.6 起爆顺序

起爆顺序为掏槽孔——主爆预裂孔和周边预裂孔,采用微差爆破法。

考虑到在小孔径深孔爆破过程中岩石对爆破存在较大的挟制作用,三个掏槽孔不同时起爆,应先起爆一孔后再起爆其余的两孔,微差时间为3 ms;主爆孔和周边孔在起爆顺序上设计为在掏槽

孔起爆后同时起爆,与掏槽孔起爆的微差时间设计为9 ms。

爆破后对实际效果进行检查的结果表明,主爆预裂孔和周边预裂孔预裂效果明显,孔柱岩石在环向和径向形成了大量的龟裂纹,成孔效果较好,没有出现大量的飞石和孔壁垮塌现象。

## 4 灌注桩的成孔

### 4.1 灌注桩施工工艺流程

灌注桩施工工艺流程见图3。

### 4.2 灌注桩造孔

桩基通过预裂爆破,采用冲击钻钻进、泥浆固壁的方法成孔。

(1)安装护筒:灌注桩桩径为120 cm,护筒选用φ150 cm,高150 cm,壁厚15 mm的钢板卷制。

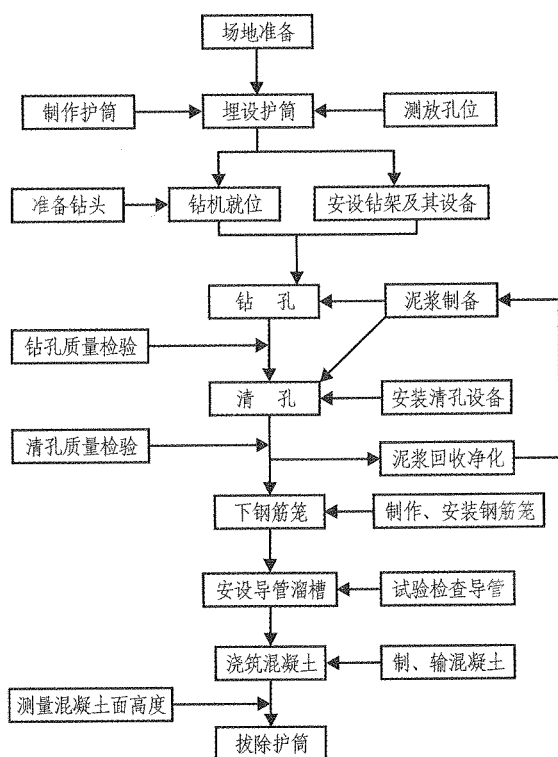


图3 灌注桩施工工艺流程图

测量放线定位后,安装护筒,护筒高出平台50 cm。

(2) 机具布置:在平台上备足护壁泥浆粘土,钻机就位,立好钻架,对准桩孔中心,拉好缆风绳或支好叉杆。钻具选用十字型钻头,准备钻进。

(3) 开孔:开钻时向孔内投入粘土,用钻头以小冲程反复冲击造浆,护筒内泥浆深度不小于1.2 m。护筒底脚以下1~2 m范围内采取小冲程、高频率反复冲砸,确保孔壁稳定。

(4) 钻进:冲程根据地质情况及岩石强度的变化分别确定。选用十字型钻头钻进,钻进至孔底后换平孔钻修理孔底至设计高程。在钻进过程中,2#桩分别在地面以下2.9 m和7 m处出现了大量的漏浆和孔壁坍塌现象,其与地质钻机的造孔记录和地质资料显示的地下暗流通道位置基本相符,在采用抛填大块石和砂砾石反复进行冲击挤密、浓泥液固壁的方法后成功进行了封堵。

(5) 掏渣:破碎后的钻渣经泥浆悬浮后,使用出渣筒将其清除出孔外。

(6) 检孔:钻进中或终孔后均应用检孔器检孔,一旦发现弯孔或缩孔现象及时采取措施进行处理。

(7) 清孔:清孔是钻孔灌注桩施工的最重要的一道工序,清孔质量的好坏,直接影响混凝土灌注、桩质量与承载力的大小。

#### 4.3 钢筋笼吊装

灌注桩钢筋笼的吊放采用汽车吊吊放入孔,对准钻孔中心,缓缓下放至设计标高。

#### 4.4 混凝土浇筑

灌注桩的浇筑采用导管法。

(1) 导管内壁必须光滑圆顺,导管垂直,各节导管的连接口应紧密、牢固,导管壁厚不小于3 mm。下放导管时,导管底部距浇筑基面处预留30~50 cm作为下料空间。

(2) 浇筑过程中,采用测绳测量混凝土面的深度,校对混凝土面的上升速度与混凝土量是否一致,发现问题及时分析原因并采取必要的补救措施。

(3) 同一根灌注桩必须连续浇筑,始终保持导管埋入混凝土深度为2~6 m,勤提、缓提导管,轴线垂直逐步提升。

## 5 结语

(1) 针对存在地下暗流通道和基岩强度较高的特殊地质条件下的灌注桩施工,通过采取有效的爆破控制和冲击造孔相结合的方法,可以实现快速成孔、降低成本的目标。

(2) 对于小孔径深孔爆破无法实现抛掷爆破时,可以选择采用径向和环向预裂爆破模型,即周边孔和主爆孔均采用预裂爆破模型,从而能够解决岩石强度高带来的造孔困难问题。

#### 参考文献:

- [1] B. H. 库特乌佐伏,等,著(苏),刘清泉,等,译. 爆破工程师手册[M]. 北京:煤炭工业出版社,1992.
- [2] 杨文渊,编. 工程爆破常用数据手册[M]. 北京:人民交通出版社,2002.

#### 作者简介:

张龙斌(1976-),男,四川成都人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

李永霞(1977-),女,四川大英人,工程师,从事水利水电工程设计、施工技术与建设管理工作;

张健(1963-),男,四川南江人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)