

# Construction Technology of Bored Pile in Complex Geological Karst Bridge

Zhou Hu

Chongqing Saidi Engineering Consulting Co., Ltd., Chongqing, 400013, China

## Abstract

It mainly introduces some methods and technical measures for the construction of bridge bored pile under various geological conditions, and some construction experience for the future experience of karst geological pile foundation construction.

## Keywords

karst geology; bored pile; construction method; precautions

# 复杂地质岩溶桥梁钻孔桩施工技术

胡舟

重庆赛迪工程咨询有限公司, 中国·重庆 400013

## 摘要

主要介绍岩溶地区在各种地质情况下桥梁钻孔桩施工的一些方法和技术措施以及几点施工心得体会为以后岩溶地质桩基础施工提供经验。

## 关键词

岩溶地质; 钻孔桩; 施工方法; 注意事项

## 1 工程概况

蒙华铁路岳阳至吉安段 DK1596+550~DK1627+467.08 段位于湖南省长沙市浏阳市境内, 该段地质情况复杂, 岩溶发育, 主要表现为溶沟、溶槽、溶洞, 同时岩溶水量丰富。

本标段有 5 座桥梁位于岩溶区域, 分别是小港特大桥、马家特大桥、三口河特大桥、晏家岭特大桥和官渡特大桥。小港特大桥共有 26 个墩台、133 根桩, 桩径有  $\phi 1.0$  和  $\phi 1.25$  两种, 其中 2 号、4 号-13 号、16 号-18 号、21 号、22 号和 24 号墩共有 88 根桩穿过岩溶地层。马家特大桥共有 42 个墩台、154 根桩, 桩径有  $\phi 1.0$  和  $\phi 1.25$  两种, 其中 4 号-10 号、12 号、19 号、20 号、22 号、25 号、28 号、30 号-34 号和 36 号-41 号墩共有 124 根桩穿过岩溶地层。三口河特大桥共有 42 个墩台、214 根桩, 桩径有  $\phi 1.0$  一种, 其中 3 号-17 号、19 号-23 号、25 号-28 号和 32 号-41 号墩共 173 根桩穿过岩溶地层。晏家岭特大桥共有 36 个墩台、195 根桩, 桩径有  $\phi 1.0$  和  $\phi 1.25$  两种, 其中 11 号-26 号墩共 86 根桩穿过岩溶地层, 桩长平均 45m。

官渡特大桥共有 93 个墩台、526 根桩, 桩径有  $\phi 1.0$ 、 $\phi 1.25$  和  $\phi 1.5$  三种, 其中 78 号、84 号、86 号和 88 号墩共

28 根桩穿过岩溶地层。由于本标段共有 499 根桩基在岩溶地层上, 且桩长较长, 同时地质情况复杂, 给桥梁桩基施工带来了非常大的难度, 如何制定有效的施工方法和预防措施, 已成为蒙华铁路施工质量和确保按期交工的关键因素。

## 2 岩溶地层特性

①本标段地质地表以下一般为人工填土, 粉质黏土、粗圆砾土、含砾粉质黏土、残坡积粉质黏土。

②岩溶地层可溶岩为石炭系、泥盆系中统浅海相沉积的白云岩、泥质灰岩。经历多次构造运动, 且受地下水运动长期侵蚀影响。岩溶发育强烈, 岩溶溶腔最大高度 28m。溶槽、半填充溶洞和全填充为岩溶主要存在形式。溶洞填充形式主要为: 水、粉质黏土、圆砾土、无填充, 溶洞大量在垂直方向上分布, 水平方向上也与相邻墩台桩基串通。

## 3 岩溶地区桩基钻孔措施及方法

### 3.1 主要技术措施

岩溶地区钻孔桩施工的难点主要是由于同一个水平面的岩层软硬不均匀造成了成孔难度的增大, 一般情况下选取冲击钻成孔。钻孔中遇到岩溶地层时, 主要采取以下几项

技术措施：钢护筒跟进、抛填片石、黏土和稻草或锯木屑做成泥球（ $\phi 15\sim 20\text{cm}$ ）和岩溶注浆（一般情况下不使用）。

## 3.2 主要施工方法

### 3.2.1 粗圆砾土层溶洞处理

本标段晏家岭特大桥表层土为粗圆砾土地层（该地段以前为河床），粗圆砾土层厚达到14m深，前期由于没有相关地层施工经验，在钻进18号桥墩桩基时由于钢护筒跟进不及时，措施处理不到位造成孔口和地表下粗圆砾土层坍塌。18-3号桩桩长设计为43m，当钻进至40m时，遇到孔底溶洞顶击穿造成孔内泥浆面急剧下降，补浆不及时，上层粗圆砾土失水后松散坍塌。

晏家岭特大桥岩溶区整体地层相似，针对上述情况，项目部采取了相应措施进行处理，具体做法如下：先使用大钻头进行钻进，然后用大护筒及时跟进，钻进跨越粗圆砾土层后，采用砂砾土回填，最后采用与设计孔径尺寸大小一致的钻头钻孔，采用小护筒二次成孔工艺，保证成孔质量。跟进的钢护筒直径和加工数量，根据设计桩径和地质钻探资料来确定；现场钢护筒焊接高度，根据施工能力和现场条件确定，一般情况下为2~4m为宜。同时钢护筒在加工时，焊缝必须符合设计要求。当钢护筒在施工过程中出现倾斜时应立刻停止作业，查明原因并进行纠偏<sup>[1]</sup>。

### 3.2.2 串通型溶洞处理

根据铁四院提供的地质资料，本标段串通型溶洞在同一墩位的桩与桩之间相互串通。个别溶洞充填水具有流动性，其溶洞发育方向、容积不易于计算。采用双层钢护筒跟进的方法进行施工。先使用大钻头进行钻进，然后用大护筒及时跟进，钻进跨越粗圆砾土层后，采用砂砾土回填，最后采用与设计孔径尺寸大小一致的钻头钻孔，采用小护筒二次成孔工艺，保证成孔质量。

### 3.2.3 一般溶槽、小溶洞处理

钻孔施工过程中，在岩溶发育强烈地区经常出现一些设计外的溶槽和小溶洞，在钻进过程中要判断准确，并做出相应处理，减少不必要的损失。例如晏家岭特大桥25号墩在钻进过程中，发现泥浆面缓慢下降，根据情况初步判断为桩底有普通溶槽或小溶洞。因此需立即抛填小直径片石和黏土，同时向孔内不断补充泥浆，直至孔内泥浆面趋于稳定，然后进行缓慢钻进，穿过溶洞后再正常钻进。25号墩桩基由于判断准确且处理及时，保证了混凝土灌注的质量。

## 4 施工注意事项

岩溶地区的钻孔桩施工由于地质情况的特殊性和复杂

性增大了钻孔桩的施工难度，在施工过程中除了严格遵守正常情况下的钻孔桩的施工原则外，还应特别注意以下几个方面的问题。

### 4.1 加强施工前的地质资料研究

制定周密细致的技术方案，并做好应急措施。

岩溶桩基施工中常常会发生泥浆面急剧下降、塌孔、卡钻、埋钻和偏孔等现象。因此，在施工前必须根据设计提供的地质资料进行详细研究，掌握溶洞顶板厚度、溶洞的大小范围以及填充物性质等，预先编制溶洞处理方案，做好应急措施准备工作以及相应物资材料<sup>[2]</sup>。

### 4.2 加强泥浆护壁质量

一般区域桥梁桩基成孔的关键，大多由泥浆护壁质量的好坏所影响。由于岩溶区溶洞内填充物种类多且性质复杂，大多为塑性或流塑性。在岩溶地区除正常地加强泥浆护壁外，还存在造壁问题。所以还需要根据溶洞内填充物的不同，在配置优质泥浆护壁的基础上，根据不同情形，按一定的比例分别加入水泥、木屑、草袋、片石或碎石等混合材料。

### 4.3 岩溶区斜面偏孔

偏孔在岩溶区施工过程中经常出现，在施工中采取以下措施：在孔内回填片石和黏土块2m左右，同时把冲击钻的冲程调整至0.6m左右，然后进行反复冲孔作业，经过反复冲孔过程，使桩孔内形成高出斜岩面处有一个较为坚硬的填料柱体，能有效地传递冲锤的冲击能，最终达到破碎原桩孔内斜岩面。如果斜面倾斜角度较大或桩位置于溶洞边缘时，在冲孔过程中，如钻头偏向软土一侧，用上述办法不能有效解决偏孔的问题时，则一般采用填充水下混凝土的方法解决，龄期3d后再进行重新钻孔。

### 4.4 卡钻和掉钻

岩溶地区的钻孔桩施工，由于地质情况复杂且特殊，并且具有不确定性，在一般情况下钻孔速度都较慢，在施钻过程中由于施工不当，经常会发生卡钻和掉钻情况。在下列情况下可能会发生卡钻和掉钻：

①经过焊补后钻锤直径变大，重新进行冲孔时又使用高冲程锤击，特别容易造成卡钻。

②遇到溶洞时，钻机操作人员操作不规范，在穿越顶板时发生卡钻现象或者由于孔内失浆严重，造成孔内压力失去平衡，引起塌孔埋钻等现象。为减少这种情况发生，可在钻进接近击穿溶洞顶板前，在溶洞顶板上孔内回填混合物料1.5m左右。在使用小钻锤施工的同时，减小冲孔的冲程，然后再用原钻头扩孔成桩。

③卡钻或埋钻后强拉，操作不当使钢丝绳断裂造成掉钻。

④断桩，岩溶区桩基灌注水下混凝土时，容易发生混凝土挤穿孔壁流入溶洞内的现象。使导管端口脱离混凝土，造成断桩。因此，在施工大溶洞时原则上使用护筒跟进法，并在灌注过程中，灌注至溶洞处时，加大导管埋深，确认安全后，在提升导管。

#### 4.5 岩溶区桩基嵌岩深度

本标段桥梁为重载铁路桥梁，按设计院要求岩溶桩基需嵌岩 1-3 m，因此正确判断终孔后桩端全岩面成为成孔质量的关键。由于岩溶区地质条件的复杂性和特殊性，主要从以下几方面对全岩面进行判断：

①以桩基实际入岩的高程为主要依据。

②查阅钻孔施工记录，检查在进入岩层后每小时的钻进速度，一般弱风化硬质岩层其冲击进尺：4t 锤，其 6h 进尺约在 0.2m 左右；5t 锤，其 6h 进尺约在 0.3m 左右；6t 锤，其 6h 进尺约在 0.25~0.4m 左右，7t 锤，其 6h 进尺约在 0.25~0.45m 左右，弱风化层的施工进度一般 4~6m；

③通过观察孔口处钻锤钢丝绳的摆动情况，锤头触岩面时会出现轻微晃动；

④查看反循环冲出或人工开挖取出的岩碴颗粒大小、颜色、岩性。一般情况岩屑含量在 50%~70%，且含泥、含砂量小于 4% 时，认为入岩完整。

### 5 岩溶桩基施工心得体会

#### 5.1 提前做好施工预案

岩溶桩基施工中常常会发生泥浆面急剧下降、塌孔、卡钻、埋钻和偏孔等现象。如果在施工过程中处理措施不当会造成成桩困难。在施工前必须让每一位操作工人都熟悉地

质柱状图，项目部技术人员经过分析柱状图，掌握桩基通过溶洞的层次、溶洞顶板厚度、溶洞的大小范围以及填充物性质，从而做好溶洞处理方案的编制，并且向每一位操作工人及现场技术人员交底<sup>[9]</sup>。

#### 5.2 根据施工情况，提出变更设计

岩溶地区的地质条件复杂多变，溶洞发育不规则，设计提供的钻探资料与实际不一定相符，蒙华铁路业主和设计要求的岩溶桩基每根桩必须进行地质核查，根据现场核查情况，如发现与设计资料不符时，需根据实际情况进行加长桩长。

#### 5.3 水下混凝土灌注过程中的异常

在施工过程中不能忽视小溶洞的处理，小溶洞一般用抛填片石法处理，往往这种桩基成孔后灌注混凝土时，混凝土从发育的小溶洞周边流失。在冲击终孔后，抓紧时间清孔、下钢筋笼、灌注混凝土尽量缩短时间。

### 6 结语

岩溶地区的钻孔桩施工，由于地质情况的复杂性和特殊性，不可预见的因素太多，因此在施工过程中要根据施工实际情况具体问题具体分析，由于此条线路为单线重载铁路，业主和设计加强了地质核查工作，在施工过程中对地质资料进行详细分析，并采取相应的处理措施和施工方法使得岩溶桩基顺利施工。

#### 参考文献

- [1] TB10002.1—2005 J 464—2005 铁路桥涵地基和基础设计规范[S].
- [2] TB 10415—2003 J 286—2004 铁路桥涵工程施工质量验收标准[S].
- [3] Q/CR 9212—2015 铁路桥梁钻孔桩施工技术规程[S].