

# 压力注浆技术在京福客专临湖特大桥 岩溶地基处理中应用探讨

杨裕尧<sup>1</sup>, 范大明<sup>2</sup>

(1. 京福闽赣铁路客运专线有限公司, 江西 上饶 334000; 2. 长江工程职业技术学院, 湖北 武汉 430012)

**摘要:**针对京福铁路客专闽赣Ⅱ标段临湖特大桥30、31号桥墩下复杂的岩溶特点,通过反复研究论证,确定了压力注浆预加固溶腔充填物的地基处理方案。并对该方案实施工程中施工工艺、注意事项以及后期质量检测做了详细介绍,可为今后类似工程提供一些参考。

**关键词:**岩溶地层;桥墩;地基处理;溶腔;压力注浆

**中图分类号:**U443.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)05-0065-04

**Application Discussion of Pressure Grouting Technology in Large Bridge of Karst Foundation at Beijin - Fuzhou Passenger Dedicated Line/YANG Yu-yao<sup>1</sup>, FAN Da-ming<sup>2</sup>** (1. Jingfu Mingan Railway Passenger Dedicated Line Co., Ltd., Shangrao Jiangxi 334000, China; 2. Changjiang Engineering Vocational College, Wuhan Hubei 430012, China)

**Abstract:** According to the complex karst characteristics near No. 30 and 31 piers of the large bridge at Beijin - Fuzhou passenger dedicated line and by the repeated discussions, the foundation treatment plan was decided to take pre-reinforcement of dissolved cavity fillings by pressure grouting. The paper introduces the construction processes, attentions and late quality detection, which can be the reference to the similar engineering.

**Key words:** karst stratum; piers of bridge; foundation treatment; dissolved cavity; pressure grouting

近年来,我国为了满足快速增长的旅客运输需求,建立省会城市及大中城市间的快速客运通道,《中长期铁路网调整规划方案》中规划的“四纵四横”等客运专线以及经济发达和人口稠密地区城际客运系统相继开工建设。在客专铁路建设过程中对线路的稳定性和平顺性都提出更高的要求。长里程的客专线路往往要穿越各种大型复杂的地质区域,如石灰岩岩溶发育区,在此区域若对岩溶路基处理不当将给铁路运营带来重大安全隐患。因此加强岩溶发育区地基处理对客专建设有重大实际意义。

## 1 工程概况

### 1.1 工程简介

京福铁路客专闽赣Ⅱ标段临湖特大桥前接DK448+593.06~755.17段路基,后接曹家隧道,桥中心里程DK450+315.805,桥梁全长3120.87m。其中30号墩里程DK449+743.26、31号墩里程DK449+775.96,两墩位于毛宅村内房屋密集区,且两墩之间跨过一条小河,此河为饶北河支流,河宽

20.5m。桥址位置节理裂隙发育、溶洞强发育,且溶洞规模大,连通性好,最大溶洞深度62m。

### 1.2 地质条件

据地质钻探资料显示,其中30号墩主要地质情况为:①杂填土,地表至地下4~6m;②强风化钙质页岩,地下4~20m;③弱风化泥质灰岩,溶洞顶板处2m左右;④特大溶腔充填物,为全风化钙质页岩,地下20~80m;⑤弱风化泥质灰岩,地下80m至桩底。

31号墩主要地质情况为:①杂填土,地表至地下2m;②粗圆砾土,地下2~8m;③全风化泥质灰岩,地下6~30m;④特大溶腔充填物,为全风化泥质灰岩,地下30~94m;⑤弱风化泥质灰岩,地下94m至桩底。

桥位处溶洞强发育,且溶洞规模大,连通性好,最大溶洞深度可达62m,30、31号墩钻孔遇洞率100%,平均线性岩溶率55.3%。钻探揭露范围内地下水很发育,主要为基岩裂隙水,经水化学分析地下水、地表水均无化学侵蚀性,地下水补给源为大气

收稿日期:2013-01-08;修稿日期:2013-03-12

**作者简介:**杨裕尧(1978-),男(汉族),江西萍乡人,京福闽赣铁路客运专线有限公司工程师,土木工程专业,从事高速铁路建设管理工作,江西省上饶市建安南路水南街230号(南昌铁路局党校内),1726389005@qq.com;范大明(1985-),男(汉族),湖北黄冈人,长江工程职业技术学院教师、注册建造师,土木工程专业,从事岩土工程勘察、地基与基础工程理论教学及实践工作,湖北省武汉市江夏区文化路9号,ysfandaming@163.com。

降水。

### 2 施工方案选择

由于临湖特大桥为临湖梁场首架梁工点,30、31号墩处于岩溶强发育地段,故30、31号墩下各设计10根基桩,桩长分别为70.5~79.5、84~95.5 m不等,直达下覆弱风化基岩,以确保该桥梁稳定安全。但后期超长基桩施工需要面临下列问题:

(1)由于该区域地质情况复杂,表层泥质灰岩最小厚度仅15.2 m,溶腔高度41~64.4 m不等,且溶腔内充填物散角砾土,桩基施工过程中容易发生穿孔和坍塌等问题;

(2)该段桥梁穿越临湖镇毛宅村房屋密集区,超长基桩施工可能引起地面塌陷危及周边房屋安全;

(3)超长基桩钻进过程中穿越特大溶腔若出现坍塌将会影响成桩质量与工程进度。

鉴于上述原因,再加上业主单位提出为确保京福铁路Ⅱ标段二分部施工工期和工程质量,为后续工程施工顺利进行争取时间等。最终讨论一致认为采用压力注浆加固方式对30、31号墩下特大溶腔充填物进行预加固,以确保岩溶地区长桩安全、快速施工。

钻孔孔位根据桥墩钻孔桩孔位位置进行布设,30、31号墩各布设3孔,具体孔位布置方式详见图1。

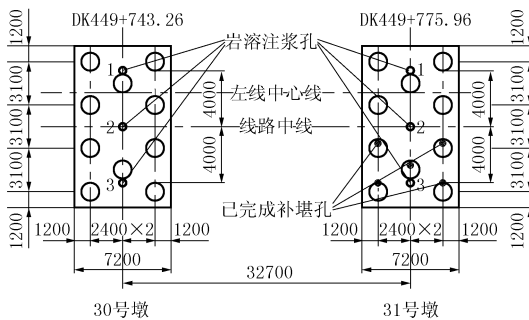


图1 岩溶注浆孔位平面布置图

### 3 压力注浆加固目的

在30、31号墩下压力注浆主要有以下几个目的:(1)防止地表塌陷引起周边房屋沉陷;(2)防止超长钻孔桩溶洞内充填物松散反复充填影响施工进度;(3)超前预加固溶腔为一墩上多台钻机施工创造条件;(4)超前预加固溶腔防止成孔或成桩过程中发生孔壁坍塌、缩孔等情况。

### 4 压力注浆加固施工工艺

#### 4.1 注浆设备

岩溶注浆孔及后期检查孔均采用XY-1型回转式地质钻机钻孔,注浆泵选择BW-150型泵。

#### 4.2 施工工艺流程

此次注浆加固施工工序流程见图2。

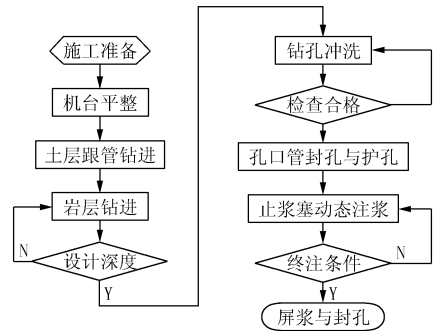


图2 注浆施工工艺流程

#### 4.3 钻进

(1)将钻杆对准所标孔位,开孔直径110 mm。其中表层土层采用泥浆护壁硬质合金钻头钻进,开孔时要轻加压、慢速、大水量,防止将孔开斜。溶洞底板基岩部分采用金刚石钻进。

(2)加固深度,钻至溶洞底板以下0.5 m。钻进过程中注意观察地层变化,详细作好钻孔记录(每个注浆孔钻孔深度、钻孔时间、塌孔、掉块等)。

#### 4.4 注浆施工

注浆采用孔口封闭注浆法,封孔位置以钻孔桩桩顶标高线位置为准,图3为封孔示意图。

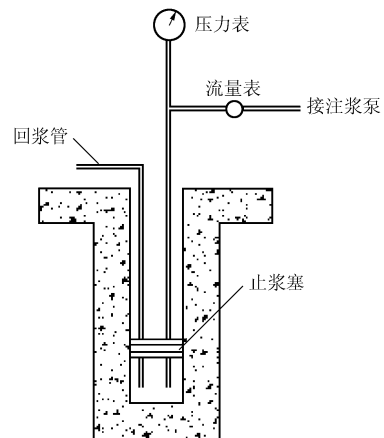


图3 孔口封闭注浆法封孔、注浆示意图

#### 4.4.1 试泵

开泵前先将搅拌桶中加满清水,三通转芯阀调到回浆位置,待泵吸水正常时,将三通回浆口慢慢调小,泵压徐徐上升,当泵压达到预定注浆压力时,持续2~3 min不出故障,即可结束。

#### 4.4.2 安装注浆管和止浆塞

钻孔完毕,进行清孔检查,在确认没有坍孔和探头石的情况下,方可下管。否则,必须用钻机进行扫孔。

在确定注浆管内无阻塞物后,即可进行注浆管安装。用沾有CS胶泥的麻丝绳缠成不小于钻孔直径的纺锤形柱塞,把管子插入孔内,再用台车将管顶入孔内到要求深度,使麻丝柱塞与孔壁充分挤压紧实,然后在麻丝与孔口空余部分,填充CS塑胶泥,使注浆管和止浆塞固定。注浆套管外露的长度0.3~0.4 m,以便连接孔口阀门和管路,并将孔口套管四周捣实封闭,防止浆液从套管周围冒出,影响注浆效果。注浆管安放好后,在注浆管管口加上孔口盖,以防止杂物进入。注浆管采用 $\varnothing 3$  cm的聚乙烯塑料管,并且塑料管上每隔50 cm钻一个 $\varnothing 5$  mm小孔,孔位按梅花型布置,形成花管,如图4所示,钻孔部位为溶洞填充物范围(表层灰岩,溶腔壁上下2.0 m范围内管壁不打孔)。这样使浆液从小孔中水平喷到溶腔松散物中,增大灌浆管喷出断面,减小压力急剧上升和浆液涌到地表层的可能性。为了防止孔眼堵塞,也可以在开口孔眼外包一圈橡皮圈。

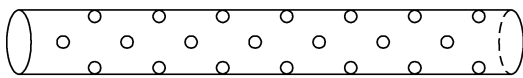


图4 注浆管上钻小孔形成花管

#### 4.4.3 浆液配制

此次采用双液注浆措施,水泥采用普通硅酸盐水泥,标号为PO42.5,水玻璃38~43 Be',模数2.4~3.0,双液注浆时采用水泥浆与水玻璃之体积比1:0.08,水泥浆水灰比为1;实验人员负责现场监督浆液的拌合并进行抽样检测,以保证浆液的拌制质量。

#### 4.4.4 注浆施工

注浆时压力选择在0.2~0.5 MPa并按分序加密的原则进行,采用阻塞式自下而上分段孔内循环注浆施工。即将注浆孔一次钻至设计孔深,然后从钻孔的底部往上,逐段安装注浆塞进行注浆,直至孔口。注浆结束标准:在0.1~0.5 MPa压力下进浆量 $< 4$  L/min,延长30 min。注浆完成后应立即拔管,若拔管不及时,浆液会把注浆管凝固住而造成拔管困难。拔出管后留下的孔洞,及时用水泥砂浆封口。

#### 4.5 注浆过程中注意事项

- (1) 注浆管线固定,不宜过长,以防压力损失。
- (2) 注浆孔应跳孔施钻,不得全部钻孔完成后

再注浆,应遵循“探灌结合”、“边探边灌”原则以免孔位串浆。注浆孔施工中,若3孔位注浆,则先施工墩中心孔位,然后进行两侧孔全注浆,若两孔注浆,则顺序进行,保证注浆质量。

(3) 当出现串浆或地表返浆,采取间歇注浆方式,间隔时间30~60 min。

### 5 压力注浆质量检测及效果分析

压力注浆属于隐蔽性工程,对它的质量控制一直是个难题。在30、31号墩下溶腔内注浆施工中采用了多角度、不同时段和多种方法的注浆效果检测方法,从而全面控制工程质量。注浆质量检测包括以下几个方面。

#### 5.1 施工地质环境改善

临湖特大桥30号墩未采取地基压力注浆预加固前,钻孔过程中常出现缩孔、卡锤、塌孔埋锤情况,其中30-1号桩钻孔过程中,孔深54 m处埋锤,捞锤耗时77天;30-6号桩钻孔过程中,孔深49 m处卡锤,捞锤耗时59天;30-10号桩钻孔过程中,孔深56 m处卡锤,捞锤耗时44天。

30号墩自地基压力注浆预加固完成之后到钻孔结束时,1墩3台机同时钻孔作业未出现埋锤、卡锤、缩孔等不良地质情况。31号墩为压力注浆结束之后再行钻孔,1墩3台机同时钻孔作业,最深孔深达到91.5 m,未出现过埋锤、卡锤、缩孔不良地质情况。

这说明针对30、31号墩采取的地基注浆预加固措施起到了预想效果,针对岩溶强发育的超长桩施工能够大大降低钻孔过程中出现缩孔、塌孔而导致的卡锤、埋锤不良情况的出现。

#### 5.2 钻孔抽心检测

分别对30号墩30-3号注浆孔、31号墩31-3号注浆孔进行了抽心检测。经对前后2次取心心样分析表明,未注浆前岩层漏水现象明显,岩心破碎呈块状、颗粒状,注浆后局部裂隙面可见水泥结膜、水泥碎块,溶腔部分水泥浆全部注满,注浆后心样呈柱状、短柱状。充分证明该区域已经达到注浆加固效果。

#### 5.3 压水试验检测

选取代表性钻孔进行注浆前后压水试验检测对比,结果见表1。试验发现,注浆后再压水时压水压力陡升,注浆前后单位长度吸水量相差悬殊,注水试验段单位长度吸水量仅为注浆前3%~8%,注浆效果明显。

表1 注浆前后压水实验对比表

实验墩号 (孔号)	注浆前吸水量 /[L·(min·m) <sup>-1</sup> ]	注浆后吸水量 /[L·(min·m) <sup>-1</sup> ]
30-1	63.0	1.89
30-3	70.5	5.64
31-2	65.2	3.91

## 6 成果及结论

临湖特大桥30、31号墩地基处理压力注浆施工共完成注浆孔6个,564.8延米,平均孔深94.133m,溶洞分布层标高主要集中在20~90m范围内,共完成注浆量4044.6m<sup>3</sup>,平均进浆量674.1m<sup>3</sup>/孔,单孔最大注浆量为1596.02m<sup>3</sup>(31-2号孔),最小注浆量143.17m<sup>3</sup>(31-3号孔)。从压力注浆结束后的检测结果以及后期桩基施工过程中地质环境得到明显改善来看,都达到了预期效果,说明在工期如此紧张的情况下,采取地基注浆预加固是必要的、可行的。

通过此次压力注浆施工实践,得到如下几点体会。

(1)岩溶发育区地质条件十分复杂,注浆过程

中反映出来的各种现象需要综合来分析,不能仅仅凭某种现象直接确定处理措施。

(2)注浆过程是决定方案成功的关键,需要重点控制。各项注浆施工参数需要通过先导钻孔的钻探、注浆施工试验来确定。

(3)注浆过程中相关问题的处理是确保注浆质量的关键因素,因此施工中出现的各种问题要及时研究解决。

## 参考文献:

- [1] 袁军超,李建中,张可能,等. 压力注浆在常张高速公路岩溶路基处理中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(12):13-15,27.
- [2] 编写委员会. 地基处理手册(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [3] 崔可锐,席培胜,查甫生. 地基处理[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [4] 祝保年. 注浆技术在洛湛铁路岩溶路基施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(6):6-8.
- [5] 新建铁路合福线合肥至福州段DK450+315.805临湖特大桥施工图集[Z]. 中铁第四勘察设计院有限公司,2011.
- [6] 盛智平,刘庆丰,郑文军. 武广客运专线岩溶注浆效果分析[J]. 路基工程,2007,(3).

## “页岩气华东第一井”开钻倒计时 设计孔深1500m

《中国矿业报》消息(2013-05-13) 2013年5月8日,江西省地矿局召开了页岩气勘查工作推进会,确定“华东第一井”首钻施工地点为武宁县清江乡,设计孔深1500m,计划6月左右开钻。至此,号称“页岩气华东第一井”的江西页岩气钻探点火井进入开钻倒计时。

我国页岩气可采资源量达25万亿m<sup>3</sup>,为我国常规天然气储量的10倍之多。近年来,国务院高度重视页岩气资源开发工作,将页岩气列为独立矿种。根据国民经济和社会发展“十二五”规划关于“推进页岩气等非常规油气资源开发利用”的要求,实现我国页岩气勘探开发重大突破和跨越式发展意义重大。两年前,江西省地矿局着手进行页岩气的研究工作,并做了大量的基础地质调查,取得了丰硕的成果。但是,页岩气是一种非常规天然气资源,勘查工作难度较大,此前在江西甚至华东都无先例。因此,江西省地矿局自2012年10月“赣页一井”施工设计顺利通过国家级评审后,一直未敢轻易开钻。“赣页一井”是中国地调局确定的全国页岩气资源调查评价与勘查示范试点项目第一井,也是华东地区第一口页岩气点火井,对今后华东页岩气开发影响巨大。

负责该井施工的江西省地矿局页岩气研究院黄修保称,为了选好这关键的第一口井的位置,按照中国地调局的安排,江西省地矿局在江西萍乐拗陷区和修武盆地先后布置了两口先导井,通过先导井来判断最佳的点火井位置。为此,

去年年底和今年年初,江西省地矿局页岩气调查研究院先后施工了修水“修页一井”和丰城“丰页一井”。在“丰页一井”施工过程中,江西省页岩气调查研究院发挥技术优势,与中南大学何继善院士的科研团队合作,采用“广域电磁法”了解拟选区的深部地质构造,最终将丰城市湖塘镇定为施工地点,设计钻井深度为1000m。这是江西省第一口超千米的页岩气井,该井的顺利实施对最终确定“页岩气华东第一井”的点火井施工地点起了关键的作用。根据先导井的分析,“华东第一井”理想的出气地点最终选在武宁县。黄修保称,“页岩气华东第一井”开钻后的主要工作是摸清该区域页岩气的“家底”,如果施工顺利该井最快今年年底就能出气。

巧合的是,“华东第一井”最终确定的施工地点与此前由国土资源部招标、江西省天然气公司中标的江西第一块页岩气勘探区块不谋而合。2012年,国土资源部油气中心将江西修武盆地区块作为江西第一块页岩气勘探区块面向社会招标,由江西煤田地质局和江西省天然气公司联合中标。但是,由于缺乏基础地质数据,中标企业一直未敢进行实质性钻探。此次“华东第一井”最终确定的施工地点武宁县清江乡,与中标的江西第一块页岩气勘探区块相距不到20km,在勘探工作上几乎是重合。江西省地矿局的“页岩气华东第一井”施工后一旦点火成功,不但给中标企业吃下定心丸,还将为后者进行商业勘探提供重要的基础地质数据。