

# 止水栓塞封隔-阀式压水器组合检测技术的应用

李炳平, 李小杰, 叶成明, 解 伟

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

**摘 要:**孔压注水试验是检测注浆质量的有效手段之一。以阳泉市 307 国道复线采空区治理工程工后检测为例, 介绍了单管顶压止水栓塞封隔-阀式压水器组合检测技术中的检测设备、检测方法及检测效果。

**关键词:**钻孔压水试验; 止水栓塞-阀式压水器; 试段压力; 流量; 注浆质量; 采空区

**中图分类号:**U418.5    **文献标识码:**A    **文章编号:**1672-7428(2009)03-0069-03

**Application of Test Technology with Packer-valve Water-pressing Assembly in Goaf Backfill Project/Li Bing-ping, Li Xiao-jie, YE Cheng-ming, XIE Wei** (Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

**Abstract:** Water pressing injection test is an effective way to check grouting quality. With the case of detection after construction of goaf treatment for double track of Yangquan section of national highway 307, the paper introduced test facilities, test methods and the effect of packer and water-press assembly.

**Key words:** water pressure test of borehole; packer-valve water-pressing assembly; test section pressure; flow rate; grouting quality; goaf

在阳泉市 307 国道复线采空区治理工程工后质量检测中, 我们采用单管顶压单、双栓塞封隔压水技术检测采空区灌浆段的完整性和稳定性, 提高了检测结果的可靠性和实用性, 取得了良好的压注水试验效果。

## 1 工程概况

阳泉市 307 国道复线采空区治理工程检测孔压注水试验工作共涉及 3 个采空区和一个试验段。其中采空区一标段 7 个钻孔共 9 个试段; 采空区二标段 5 个钻孔共 10 个试段; 采空区三标段 18 个钻孔共 22 个试段; 试验段 11 个钻孔共 17 个试段; 合计 41 个钻孔共 58 个试段。重点检测位于采空区域的官沟大桥、北头嘴大桥、半坡大桥和李荫跨线桥等 4 座大桥和天子庙隧道 1、2 区及路基不稳定 1~12 区。

钻孔施工采用清水或泥浆作循环介质, 金刚石或硬质合金钻头全孔取心回转钻进, 钻孔直径 91 mm, 孔深 18~304 m 不等。钻孔岩层复杂, 塌孔、漏失、掉块时有发生。要求单个钻孔钻探工作结束后实施压水检测。每个钻孔需要检测 1~2 个试验段, 试段长 1.2~6 m, 有效注水压力  $\geq 0.3$  MPa。每个试段采用同一压力注水, 测定单位时间内的稳定压

水量, 压水稳定时间 30~60 min, 以此评价注浆段的灌注质量。评价标准是: 桥梁、隧道试段压水量  $< 50$  L/min, 一般路基试段压水量  $< 70$  L/min。

## 2 试验方法选择

本次钻孔压注水试验参照《水利水电工程钻孔压水试验规程》(SL 31-2003) 中的规定进行。通常压水试验有单栓塞隔离试段法和双栓塞上、下隔离试段法。本次压水试验检测孔地质条件复杂, 施工难度较大, 试验工作要求在单孔钻探工作结束后在钻孔内自上而下或自下而上逐段进行压注水试验, 并根据孔内实际情况和钻孔取心位置确定栓塞置放位置和试段长度, 确保试验成果与灌浆质量具有较好的相关性。对只有 1 个压水试段的钻孔选用单栓塞封隔压水检测, 2 个压水试段的钻孔采用双栓塞封隔压水检测。

## 3 压水器及其工作原理

### 3.1 止水栓塞

止水栓塞是压水试验的关键设备, 目前国内常用的止水栓塞有双管循环式、单管顶压式、水压式和气压式 4 种类型。双管循环式栓塞的优点是不存在管路压力损失, 缺点是需要下 2 套管路, 对小口径钻

收稿日期: 2008-10-08

作者简介: 李炳平(1958-), 男(汉族), 河北阜平人, 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心高级工程师, 钻探工程专业, 从事水文地质钻探技术研究和开发工作, 河北省保定市七一中路 1305 号。

孔不适用,而且操作繁杂,钻孔较深时尤其如此,目前已很少采用。单管顶压式栓塞的优点是操作简单,缺点是栓塞长度较短,当孔壁不完整时止水效果差。为了克服这一缺点,采用了止水栓塞串联使用,增加了有效止水长度和止水可靠性,对不同孔径、孔深的钻孔均适用,操作比较方便。

### 3.2 压水器组合

针对本次压水试验的特殊性和复杂性以及施工现场的设备情况,先期进行了调研和模拟试验工作,经过系统的试验与测试,设计加工了KT-70双止水栓塞与DF-70节流阀压水器组合和KT-70单止水栓塞与DF-L32HZ背压阀式压水器组合。

双栓塞压水组合:  $\phi 50$  mm 钻杆 + 变径接头 + 上止水栓塞 + 节流阀 + 接杆 + 下止水栓塞 + 底堵, 详见图1(a)。

单栓塞压水组合:  $\phi 50$  mm 钻杆 + 变径接头 + 止水栓塞 + 背压阀 + 出水管, 详见图1(b)。

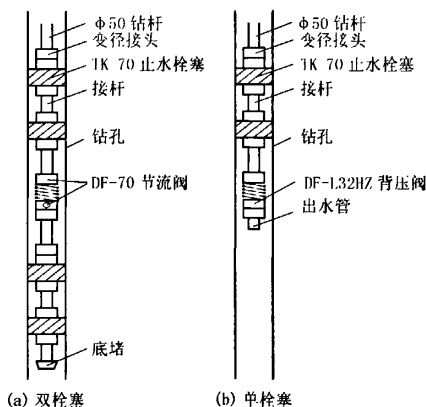


图1 压水器组合示意图

两种压水器的主要性能特点是止水栓塞的有效止水压力 $\geq 0.6$  MPa, 极限压力1.5 MPa; 单个止水胶囊长0.87 m, 是钻孔直径( $\phi 91$  mm)的8.57倍, 可上、下由2个止水栓塞串联组合使用, 止水效果好。DF-70节流阀的开启压力 $\geq 0.6$  MPa, 可在1~7 m的试段内做孔内压水试验。DF-L32HZ背压阀的开启压力 $\geq 0.6$  MPa, 与止水栓塞压力同步, 满足压水试验要求。

### 3.3 工作原理

本压水器组合的工作原理是开泵向压水器供水、憋压, 水流通过止水栓塞中心管过滤网、接头小孔、中心管外槽进入胶囊, 并使其膨胀与孔壁紧贴, 当供水压力 $\geq 0.6$  MPa时, 节流阀或背压阀打开向试段内注水, 此时管路系统内压力不断升高, 调节水

泵回水阀使压力稳定在设计范围值中, 当水泵压力稳定平稳后, 记录压水量、供水压力和时间, 当压注水量在30~60 min内无变化时, 试验工作结束。

## 4 现场检测

### 4.1 设备

压水试验设备主要包括钻机、 $\phi 50$  mm 钻杆、BW250型往复式泥浆泵、压水器组合和压力表、流量计、计时器、水箱等。泥浆泵连接压力表和流量计, 并通过高压胶管、钻杆向压水器组合供水, 通过节流阀或背压阀将水压入钻孔试段内。

### 4.2 试验步骤

(1) 洗孔换浆。将钻具下到孔底或试段以下, 开泵送水将孔内的泥浆和岩粉排出孔外, 洗至回水清洁肉眼观察无岩粉时结束。若孔口无回水时, 洗孔时间 $\geq 15$  min。

(2) 试验前观测钻孔水位, 确定水柱压力的起算点, 即确定压力计算零线, 使水泵压力大于DF-70节流阀或背压阀的开启压力(0.6 MPa), 由此确定向试段内的有效供水压力控制在0.7~1 MPa范围内, 保证向试段压水的效果。

(3) 根据每个钻孔所要检测的试段长度及深度, 下入止水栓塞与压水器组合, 连接供水管路及仪表, 开泵供水。根据水位压力零线调整水泵压力, 保证封隔器膨胀止水和节流阀打开向地层内压水。当压力和流量均达到稳定后, 开始记录压水量和时间。分别读取5、10、15、30、60 min时的流量值, 计算单位时间内的压水量(流量)。

## 5 检测效果

根据试验要求, 压水试验主要是检测评定采空区注浆段的完整性和透水量的大小, 要求在规定的压力( $\geq 0.3$  MPa)下检测各试段的透水量(流量)。实际试验压力为0.7~1 MPa(个别点大于1 MPa)均大于规定压力。检测结果见表1。

检测结果显示, 单管顶压封隔压水器满足试段压水要求, 各采空区经灌浆综合治理后通过压注水检测, 采空区的注浆质量满足设计要求, 个别不合格钻孔经再注浆治理达到了设计要求。与钻孔岩心采取率和声波物探检测结果相吻合, 压水检测效果好。

## 6 结语

试验表明, 设计的2种压水器组合结构简单、操

表 1 压水检测结果

| 区域    | 孔号   | 孔深<br>/m | 水位<br>/m | 试验段   |       |              |    | 试段流量<br>/(L·min <sup>-1</sup> ) | 试验设备           |
|-------|------|----------|----------|-------|-------|--------------|----|---------------------------------|----------------|
|       |      |          |          | 深度/m  |       | 试段压力<br>/MPa | 段数 |                                 |                |
|       |      |          |          | 起     | 止     |              |    |                                 |                |
| 不稳定区  | Z10  | 92.90    | 1.7      | 25.00 | 28.00 | 0.717        | 2  | 12.16                           | KT-70/DF-70    |
|       |      |          |          | 90.00 | 92.90 |              |    | 13.83                           |                |
|       | Z3   | 27.89    | 19.3     | 25.00 | 27.89 | 0.893        | 1  | 13.0                            | KT-70/DF-L32HZ |
| 天子庙隧道 | Z76  | 116.1    | 51.5     | 62.5  | 64.5  | 0.815        | 2  | 8                               | KT-70/DF-70    |
|       |      |          |          | 113   | 115   |              |    | 8.8                             |                |
|       | Z82  | 81.97    | 6        | 32.86 | 34.65 | 0.76         | 2  | 10.66                           | KT-70/DF-70    |
|       |      |          |          | 80.07 | 81.65 |              |    | 8.83                            |                |
| 官沟大桥  | Z90  | 246.67   | 4.3      | 112   | 114   | 0.743        | 2  | 12.5                            | KT-70/DF-70    |
|       |      |          |          | 240   | 247   |              |    | 20.5                            |                |
|       | Z113 | 304.18   | 6.6      | 176   | 179   | 0.766        | 1  | 4.12                            | KT-70/DF-L32HZ |
| 西沟新村  | Z25  | 36.6     | 5        | 23    | 36.6  | 0.7          | 1  | 4                               | KT-70/DF-L32HZ |
|       |      |          |          | Z24   | 45    |              |    | 44                              |                |

作方便、性能可靠,是检验灌注浆质量的有效手段之一,可在灌注浆效果检验和其它压注水试验中推广使用。

参考文献:

[1] SL 31-2003, 水利水电工程钻孔压水试验规程[S].  
[2] 李炳平,等. 阳泉市 307 国道复线采空区治理工程工后检测孔压水试验报告[R]. 2007.

(上接第 65 页)

综合分析静载试验的沉降观测数据及  $Q-s$  曲线可知,桩的沉降稳定快、沉降量小、沉降差小; $Q-s$  曲线属缓变形态,在最终荷载加至 7000 kN 时曲线斜率增大不多,尚未出现陡降趋势,卸载后桩回弹率高,说明尚未达到极限荷载,承载力尚有一定余量,实际承载力大于设计承载力要求。

7 结语

(1)本工程采用挤扩支盘桩是成功的。根据岩土工程勘察报告提供的数据计算,采用普通钻孔灌注桩桩长 30 m 时,单桩竖向极限承载力标准值为 7028 kN,采用挤扩支盘桩桩长 25 m 时,单桩竖向极限承载力标准值  $\geq 7000$  kN,节约工程成本 10% ~

15%。

(2)本工程地质情况比较复杂,位于洪积斜地中上部,地层多为卵石及硬塑状粉质粘土,施工相当困难,通过施工难点分析为挤扩多支盘桩在同类地区施工提供了一定的施工经验。

(3)挤扩多支盘桩能充分发挥桩周地基土的潜力,提高单桩竖向承载力、缩短桩长、降低造价、缩短工期,值得推广应用。

参考文献:

[1] 编委会. 建筑施工手册(第 3 版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.  
[2] DLGJ 153-2000,火力发电厂支盘灌注桩暂行技术规定[S].

(上接第 68 页)

8 结论与建议

根据施工中数据的分析,得出以下结论与建议。

(1)土坝高喷防渗墙选用大排量高压旋喷施工工艺,施工中选用的参数虽然有所保守,但对于这种永久工程的永久防渗来说还是必要的,建议在以后的临时工程中可以适当加大提速、增大孔距,从而充分利用大流量高喷工艺的有利空间。

(2)若施工中出现异常情况,需进行复喷,复喷搭接长度  $\leq 0.5$  m。

(3)高频大功率振动锤在泥岩且上部风化岩层

时很难准确判断深度,在施工中入岩深度建议再增加至 1 m,或在施工前应采用取心钻机沿防渗轴线取心,确定准确的防渗墙底线。

(4)孔斜控制尤为重要,特别是对于深度  $> 15$  m 的防渗墙,其孔斜对墙体的连续性、整体性影响较大,因此振动锤在满足地层适应情况下尽可能用小功率,控制沉入速度,同时加强旋转,从而控制偏斜。

(5)大流量旋喷灌浆工艺可以拓展应用到其它领域,如粗径桩(单桩直径可达 1.2 ~ 1.3 m),从而更进一步推动这项技术的发展。