

引水隧洞渗水处理方法及装置的研究与应用

戚绍礼, 韩坤

(中国水利水电第七工程局有限公司第一分局, 四川 彭山 620860)

摘要:我国西南地区修建的引水隧洞工程一般具有洞线长、埋深大、地下水丰富、地质条件复杂的特点,引水隧洞衬砌混凝土的薄弱位置易出现渗水现象,不仅影响衬砌混凝土结构的安全,而且可能会造成严重的地质灾害,对此,可以从衬砌混凝土浇筑的前、中、后期分别对地下渗水进行处理。阐述了在总结固增水电站引水隧洞渗水处理经验的基础上,结合“以排为主,防、排、截、堵结合”的思想^[1]设计出的一款单向排水装置,其安装方便、快捷,能有效降低外水压力并阻止内水外渗至围岩中。

关键词:引水隧洞;衬砌混凝土;渗水处理;单向排水;固增水电站

中图分类号:TV7;TV52;TV554

文献标识码:B

文章编号:1001-2184(2022)04-0064-04

Research and Application of Anti-Seepage Method and Device in Headrace Tunnel

QI Shaoli, HAN Kun

(First Branch of Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd, Pengshan, Sichuan 620860)

Abstract: The headrace tunnel in Southwest China generally has the characteristics of long alignment, deep cover, abundant groundwater and complex geological conditions. The weak position of the lining concrete of the headrace tunnel is prone to water seepage, which not only affects the safety of the lining concrete structure, but also may cause serious geological disasters. Therefore, the underground water seepage should be treated before, during and after the lining concrete placement, respectively. This paper summaries the water seepage treatment experience of the headrace tunnel of Guzeng HEP, combined with the idea of "drainage first while prevention, drainage, interception and blocking used", a one-way drainage device is designed, which is convenient and fast to install, can effectively reduce the external water pressure and prevent the internal water from seeping into the surrounding rock.

Key words: Headrace tunnel; Lining concrete; seepage treatment; one-way drainage; Guzeng HEP

1 概述

固增水电站系木里河干流河段“一库六级”开发方案中的第五级,位于四川省木里县固增乡,为低闸引水式电站。引水隧洞工程长约 11.06 km,纵坡 $i=2.0869\%$,马蹄形衬砌断面为 $6.1\text{ m}\times 7.8\text{ m}$,Ⅲ类、Ⅳ类和Ⅴ类围岩段衬砌厚度分别为 0.3 m、0.4 m 和 0.6 m。隧洞沿线支沟较为发育,从上至下规模较大的冲沟有洼开沟、撒洼沟,沟内为常年性流水,洪水期流量较大。隧洞区地质构造复杂,发育 4 条大断层:基洼断层、撒洼断层、索根断层和曼念吉岗断层^[2]。

引水隧洞衬砌混凝土施工完成后,在围岩中形成封闭的环形结构,地下水渗流通道被截断并

在衬砌混凝土周围聚积,形成较高的外水压力^[3]并直接作用在衬砌混凝土上,增大了衬砌混凝土的荷载。若衬砌混凝土存在渗水通道,一旦引水隧洞充水运行,洞内水流将通过渗水通道外渗至围岩中,在长时间的渗流作用下围岩将被局部掏空,从而进一步增大了衬砌混凝土的荷载,严重时会引起山体滑坡、泥石流等地质灾害。因此,如何降低外水压力和处理衬砌混凝土渗水通道十分重要。

根据固增水电站引水隧洞工程施工经验,提出了“引、堵、排”结合的观点,并为“排”研究出单向排水装置以保证渗水点得到妥善处理。该装置的研发对水工隧洞工程的发展具有重要意义。

2 渗水处理措施

固增水电站引水隧洞针对富水洞段采用的是

收稿日期:2022-03-18

“先引、后堵、再排”的思路进行施工。

2.1 渗水“先引”

为保证富水洞段衬砌混凝土的施工质量,在衬砌混凝土浇筑前,先将地下水引至衬砌结构线外,具体做法如下:

(1)对于集中的地下水,在出水部位沿渗流方向打泄水孔,利用无缝钢管制作花管,花管安装时,外露0.1 m,在距孔口0.6 m范围内使用锚固剂填充固定。若渗水点位于底板,需将花管管口高出底板高程0.1 m;若渗水点位于边顶拱,则使用无缝钢管与花管连接,将无缝钢管沿环向衬砌钢筋铺设至矮边墙,并与矮边墙内预埋的“L”型排水钢管相接。

(2)对于分散的地下水,采用防水布+软式透水管的组合方式对渗水部位进行封闭集中排水处理。在渗水部位的下方矮边墙沿洞轴线方向安装纵向软式透水管,沿洞壁安装环向软式透水管,环向软式透水管作为支管与纵向软式透水管采用T型连接。当纵向软式透水管布置至无水洞段时,将其端头与矮边墙内提前预埋的“L”型软式透水管相接。使用 $\varphi 8 \text{ mm} @ 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, $L=0.4 \text{ m}$,深入基岩0.2 m,外露部分做成圆环的锚筋对软式透水管进行锚固。

防水布铺设前,将铺设区内的锚杆头平整切除,同时将铺设区内尖锐的凸起喷射混凝土敲除以保证防水布不被刺破。防水布的长度按渗水部位长加接缝长裁断(拼接长度 $\geq 0.1 \text{ m}$),先利用水泥钉安装渗水部位上方或拱顶的防水布,然后将防水布向下侧或隧洞两侧展开,并从上至下依次固定防水布,最后用水泥钉将这一幅防水布的水平接缝连上并固定在喷射混凝土表面。采用相同的方法进行第二幅防水布的固定,两幅防水布之间的环向接缝用水泥钉连接,并将其固定在喷射混凝土表面。两幅防水布的水平接缝应相互错开,防水布需放正,使每幅防水布的水平接缝与洞轴线平行,最终形成一个完整的隔水层。

2.2 渗水“后堵”

经过前期对地下水的引排处理,衬砌混凝土的质量得到了较高程度的保证,但仍有局部施工缝存在轻微渗水现象。针对这一问题,固增项目采用封堵灌浆的方式对其进行处理,具体做法如下:

封堵灌浆在回填灌浆7 d后进行,灌浆方式采用“孔口卡塞、孔口循环”灌浆,封堵灌浆采用全孔一次性循环灌浆法施工。灌浆选用水灰比为3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.5:1五个比级的水泥浆液,灌注时由稀至浓逐级变换。变换原则为:当灌浆压力保持不变,注入率持续减少或注入率不变而压力持续升高时,不得改变水灰比;当某级浆液注入量已达300 L以上或灌注时间已达30 min,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,应采用浓一级的水灰比;当注入率大于30 L/min时,可根据具体情况越级变浓^[4]。

封堵灌浆压力:T0+000.000~T3+500.000无水段灌浆压力为0.7 MPa,富水段灌浆压力为0.9 MPa;T3+500.000~T11+060.119段灌浆压力为1 MPa。

封堵灌浆采用置换和压力灌浆封孔法封孔,即全孔灌浆完成后,先采用灌浆管将孔内余浆置换成水灰比为0.5:1的浓浆,然后继续使用该浓浆进行纯压式灌浆封孔,封孔灌浆压力为该孔最大灌浆压力。待孔内水泥浆液凝固后,对灌浆孔空余部位使用预缩砂浆封填密实,孔口压抹平整^[5]。

涌水孔灌浆结束时的压力为设计灌浆压力和涌水压力之和,灌浆结束后采取屏浆措施,屏浆时间不小于1 h,待凝时间不小于48 h。

现场灌浆结果表现为:轻微渗水部位的渗水通道已被完全封死,但一部分前期集中引排的排水管路经过多次灌浆仍排水通畅。

2.3 渗水“再排”

经相关人员商讨分析后认为:衬砌混凝土浇筑完成后,外水压力增大,加之前期的引排水管路汇集多处渗水点,因此,这部分排水管的水量和水压均明显增大;同时,一些渗水点的渗水通道发育,灌浆量极大,无法将渗水通道灌满封死。针对这些无法用“堵”解决的问题,项目部采取了“排”的方案,具体做法如下:

根据现场排水孔孔径、出水量大小和出水压力,采购了H12W型止回阀并定制了与止回阀直径相同的不锈钢钢管(钢管一端带有螺纹)。

对于前期衬砌混凝土内未预埋排水管的渗水部位,选用水钻进行造孔,孔径大小根据现场渗水量决定。

在排水孔两侧沿洞轴线方向对称凿一道槽,以保证环向衬砌钢筋外露。将生料带缠绕在不锈钢钢管螺纹端,并将不锈钢钢管与止回阀连接处拧紧,在止回阀外部对称焊接两根钢筋。将止回阀放入排水孔内,所焊接的两根钢筋与槽内外露的环向衬砌钢筋焊接牢固。止回阀固定牢靠后,将涂塑水带的一端套入逆止阀出口端并用防水胶布带缠紧,将涂塑水带的另一端放在安装工作面范围外,以创造干的施工环境。

最后,在不锈钢钢管与孔壁间使用 GB 柔性填料填充,在止回阀与孔壁间使用堵漏王填充,对所凿刻的沟槽使用预缩砂浆填充,在止回阀管口四周涂刷 2 mm 厚的环氧胶泥,待环氧胶泥干凝后取下涂塑水带即完成安装。止回阀排水管见图 1。

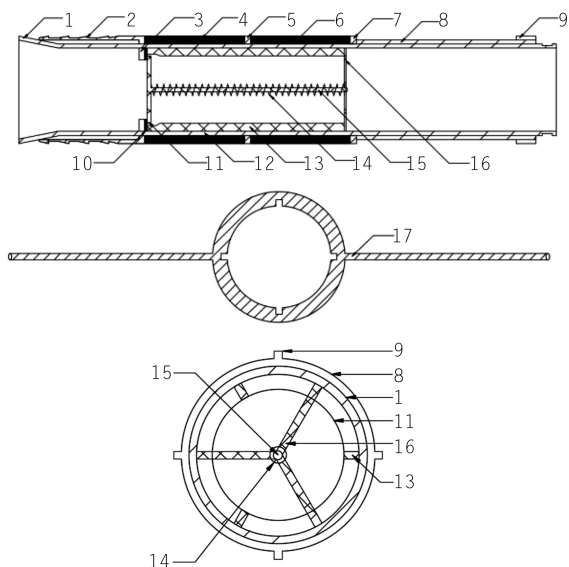


图 1 止回阀排水管示意图

3 单向排水装置的研究

在使用 GB 柔性填料对止回阀排水管与孔壁间的空隙进行填充时,由于有压渗水会从空隙间喷出,同时,止回阀外径比排水钢管外径大,填充难度较大,填充效果较差。现场实施情况表明止回阀排水管不仅安装过程较为复杂,而且对衬砌混凝土造成了破坏。针对这两个问题,技术人员设计出一种结构简单、运行可靠、安装方便快捷并可对衬砌混凝土进行无损安装的单向排水装置。该单向排水装置结构见图 2。

该单向排水装置主要由金属膨胀结构、橡胶膨胀结构、止回结构和排水钢管四大部分组成,可以将排水钢管牢牢地固定在排水孔内,同时阻止内水外渗至围岩中,进而实现排水管的快速安装并起到单向排水的作用。



1—排水钢管;2—金属膨胀件;3—第一锁座;4—第一橡胶膨胀件;5—第一金属垫圈;6—第二橡胶膨胀件;7—第二金属垫圈;8—压紧套管;9—凸起;10—密封圈;11—阀瓣;12—阀体;13—定位件;14—弹簧;15—阀轴;16—第二锁座;17—活动扳手

图 2 单向排水装置结构示意图

如图 2 所示,其主要结构包括排水钢管、止回结构、金属膨胀件、第一橡胶膨胀件、第二橡胶膨胀件、压紧套管、活动扳手。止回结构由阀体、阀瓣、阀轴、第一锁座、第二锁座、密封圈、弹簧、定位件组成,其中阀体两端设有外螺纹与排水管螺纹连接。止回结构可根据不同的出水压力要求进行更换,当外水压力高于止回结构中弹簧弹力+内水压力时,外水能顺利流入洞内;当内水压力+弹簧弹力大于外水压力时,阀瓣与密封圈抵死,内水将无法通过排水钢管外渗。

排水钢管的一端管径渐变扩大与金属膨胀件滑动连接,金属膨胀件一端分成若干瓣,每瓣表面设有若干齿状凸起。排水钢管的另一端与压紧套管螺纹连接,压紧套管一端设有若干凸起,可与活动扳手上的若干凹陷啮合,进而通过活动扳手旋转压紧套管使其下压。

在压紧套管与金属膨胀件间设计有第一橡胶膨胀件和第二橡胶膨胀件,橡胶膨胀件与排水钢管滑动连接,橡胶膨胀件两端设有金属垫圈,橡胶膨胀件的数量可进行增减。

4 单向排水装置的应用

根据外水压力大小和压力要求选择相应压力的止回结构,根据排水孔孔深选择相应个数的橡胶膨胀件(最后一个橡胶膨胀件距孔口至少5 cm)。根据排水孔孔径大小选择相应管径的单向排水装置。

将单向排水装置塞入排水孔内,使用活动扳手旋动压紧套管,驱动金属垫圈下压,使橡胶膨胀件膨胀并与孔壁相抵,此时外水将无法从该装置四周流入洞内,同时内水也无法从该装置四周外渗至围岩中。

使用活动扳手旋动压紧套管,在橡胶膨胀件膨胀的同时,排水钢管管径渐变扩大端向外移动,金属膨胀件被张开并与孔壁相抵,金属膨胀件四周的齿状凸起咬紧孔壁,使该装置牢牢固定在排水孔孔内。

单向排水装置固定完成后,在压紧套管与孔壁间使用堵漏王进行填充,最后在管口四周涂刷2 mm厚的环氧胶泥。

5 结 语

针对引水隧洞衬砌混凝土的渗水,可以分别从混凝土浇筑的前、中、后期进行控制。前期通过引水提高衬砌混凝土的质量,中期通过灌浆封堵衬砌混凝土中的渗水通道,后期可以通过单向排

(上接第32页)

出水方向每天更换1次,通水时间一般不少于12 d,或根据测温结果确定。

(2)温度的检测方法。①测温仪器采用电子感应式温度计。②测温项目:a.大气温度、环境温度;每昼夜2~4次;b.水、砂、石等原料;每工作班4次;c.拌和楼室内温度;每工作班2~4次;d.混凝土入模温度;每工作班2~4次。③当结构内部的最高温度不再上升且与外界环境温度的差值不高于温差控制值时,温度控制工作即可结束。

4 结 语

大体积混凝土的裂缝预防一直是工程建设中的一个难点,通过理论分析与实践经验,对所采取的主要预防措施进行了简单的阐述,解决了大体积混凝土的开裂问题,提高了工程的质量,加快了施工进度,所取得的经验对类似施工条件的大体

水装置进行引排,降低外水压力并防止内水外渗。

单向排水装置的研发不仅减少了灌浆设备及人员的投入,降低了灌浆成本,而且可以降低外水压力,保证衬砌混凝土结构的稳定性,同时缩短了渗水处理的工期。该装置结构简单,运行可靠,安装方便、快捷。该技术实用性较强,具有可推广性,所取得的经验可为类似工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 尚景民,于春枝.隧道渗漏水原因及其治理措施[J].科技风,2010,23(19):160-162.
- [2] 王军红.固增水电站引水隧洞复杂特殊地质问题的处理[J].四川水力发电,2021,40(1):60-63.
- [3] 郭金喜.水工隧洞混凝土渗漏处理[J].甘肃水利水电技术,2006,51(4):385-386.
- [4] 吴强.引水隧洞灌浆施工技术探讨[J].交通建设与管理,2014,51(增刊2):23-24,27.
- [5] 杨军平,张庆平,瞿兵,王彦宏,张新华.输水隧洞固结灌浆工艺研究[J].西部探矿工程,2018,30(10):9-13.

作者简介:

戚绍礼(1987-),男,四川阆中人,项目总工程师,工程师,从事水利水电工程施工项目管理;

韩 坤(1996-),男,四川宜宾人,助理工程师,从事水利水电工程施工项目管理。

(责任编辑:李燕辉)

积混凝土施工具有重要的参考借鉴意义。

参考文献:

- [1] 罗纬邦.混合骨料在BEJ拱坝混凝土中的应用研究[J].人民长江,2017,48(19):102-105.
- [2] 黄飞.双掺技术C70混凝土在工程上的应用实例[J].安徽建筑,2013,40(1):172-174.
- [3] 李明亮.承台大体积混凝土温控措施分析[J].重庆建筑,2015,14(5):43-47.
- [4] 罗欢,代现志.徐葛大桥Z8号主墩承台施工方案设计[J].桥梁检测与加固,2012,40(1):17-19.
- [5] 高凯,王海旭.大型储罐基础无后浇带施工技术[J].四川建筑科学研究,2011,37(3):286-288.

作者简介:

熊 炜(1985-),男,四川眉山人,分局副主任,工程师,从事市政工程施工技术与管理工作;

周 健(1993-),男,湖北黄冈人,副主任科员,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)