文章编号:1007－2993(2002)01－0048－04

黄钾铁矾蚀变带对水工建筑物的危害及处理

麻永福
(新疆水利水电勘测设计研究院,乌鲁木齐　830091)

【摘　要】 黄钾铁矾蚀变带,是黄铁矿风化(氧化)后的产物,他在风化(氧化)过程中产生大量的硫酸,酸性介质不仅对砼产生严重腐蚀,同时对水工金属结构同样具有较强的腐蚀性。发电洞竖井砼直接浇筑在黄铁矿脉上,60 cm 厚的钢筋砼仅半年时间被腐蚀穿,在国内外水工建筑物中尚属首例。

【关键词】 黄钾铁矾蚀变带;风化;氧化;热液侵入;钙矾石
【中图分类号】 TV6

Harm of Jarosite Alteration Zone to Hydraulic Structure and Its Handle

【Abstract】 The Jarosite alteration zone is product of the weathering pyrite. During weathering, pyrite produce a lot of sulphonic acid, the acid can not only corrode concrete, but also corrode metal structure seriously. It only takes six months to break a reinforced concrete 60 cm thick, when biuld directly the concret of power hole shaft on the pyrite ore vein. It is first case in hydraulic structure in the world.

【Key words】 Jarosite alteration zone; weathering; oxidation; hydrothermal alteration; pintadoite

1　工程概况

该工程由拦河大坝、导流洞、溢洪道、总干进水闸、发电引水系统和电站厂房等建筑物组成。拦河坝为粘土心墙砂砾坝壳坝,最大坝高73 m,正常高水位645 m,总库容2.82亿 m^3。

发电引水系统布置在左岸,位于左坝肩(坝轴线0+840～0+845)、由引渠、进水闸闸井、上水平段(渐变段)、竖井段(上弯段、垂直段、下弯段)和下水平段(隧洞段)组成。发电系统进水闸一尾水全长334.1 m,其中进水闸段长24.26 m、上水平段长10 m、竖井段高33.1 m、下水平段长211 m、洞径5.5 m,电站装机4×800 kW。

2　黄钾铁矾蚀变带的分布特征

在发电引水洞竖井基础开挖时发现三条由黄铁矿(FeS_2)脉经风化(氧化)形成的黄钾铁矾〔$Kfe_3(SO_4)(OH)_6$〕蚀变带 Rm1, Rm2, Rm3,分别从左坝肩桩号0+850、0+840和0+815处通过,基本顺岩层片理发育,通过发电洞竖井东、西两壁。左副坝0+850处的Rm1,规模较大,产状290°NE∠70°,在闸井南侧边坡陡坎处,蚀变带宽3～4 m,竖井内由上至下渐变窄,宽度由0.5 m渐变为0.2 m。物探面波资料,明显异常深47～51 m,601 m高程以上反映强烈。从竖井揭露的剖面看,黄钾铁矾蚀变后,结构上形成空隙和空洞,局部物质已被风化(氧化)成粉末状,带内物质呈褐色和铁锈红色,两侧岩体被浸染,黄钾铁矾蚀变带内的物质,根据岩矿鉴定,601 m高程以上为黄铁矿氧化后形成的黄褐色黄钾铁矾蚀变

作者简介:麻永福,1956年生,男,汉族,新疆昌吉人,大专,高级工程师。现主要从事水文工程地质勘察。

岩,黄钾铁矾约占 35 %～40 %,绿帘石约占 30%,石英含量占8%,微含黄铁矿,601 m 高程以下为热液侵入形成的黄铁矿,黄铁矿含量高达 90 %,石英占 8 %,颜色为淡黄色。

3 黄钾铁矾蚀变带内地下水的腐蚀性

左副坝心墙基础局部砼和发电洞竖井砼直接浇筑在黄铁矿脉上,这在国内水工建筑物中尚属首例。黄铁矿是制造硫酸的原料,它在风化(氧化)过程中产生大量的硫酸,酸性介质不仅对砼结构产生严重的腐蚀,同时对水工金属结构同样具有较强的腐蚀性。在施工过程中,竖井西壁 614 m 高程处,发育一长 50 cm,宽 20～30 cm 的黄铁矿包裹体,淡黄色,呈微～弱胶结,锤轻击呈散砂,粒径 0.1～0.4 mm。将弱胶结的黄铁矿脉体浸入水中,3～5 d 既呈散砂,水呈铁锈红色,铁钉放入水中,2～3 d 生锈;在开挖中,竖井 614 m 和 606 m高程处,沿断层破碎带和蚀变带有地下水渗出,呈滴水状,颜色为铁锈红色,在竖井内盛水的铁皮桶,几天的时间,水桶变为黑色,说明该水具有较强的腐蚀性。在渗水点取水样进行化学分析,水化学类型为 SO_4^{2-}-Mg^{2+}型水,水中 SO_4^{2-}根离子含量高达 8 645～12 480 mg/L、Cl^-含量 887～1 775 mg/L、Mg^{2+}含量 2 600 mg/L,pH 值 3～4。据国标《水利水电工程地质勘察规范》,该水属强酸性水,对砼具有酸型(pH)强腐蚀、硫酸镁型(Mg^{2+})强腐蚀、硫酸盐型(SO_4^{2-})强腐蚀(包括普通水泥、抗硫酸盐水泥)。《岩土工程勘察规范》对腐蚀介质的评价等级中,有三个或三个以上为强腐蚀时应综合评价为严重腐蚀的评价准则。黄钾铁矾蚀变带内的地下水,对普通水泥和高抗硫酸盐水泥均具有严重腐蚀作用。

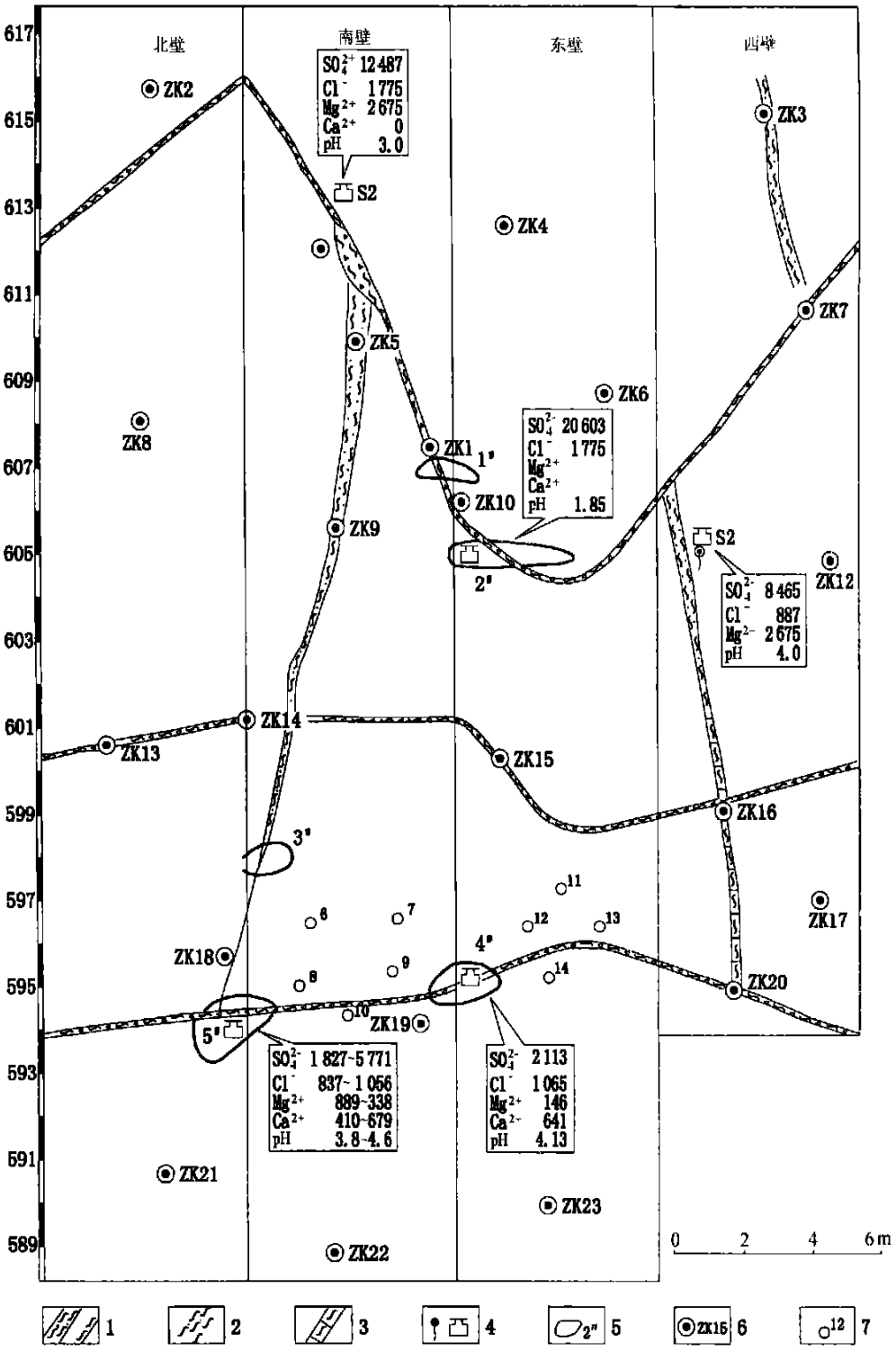
4 黄钾铁矾蚀度带对水工建筑物的危害

引水发电洞为钢筋砼结构,从 1998-09-12 开始浇筑砼,同年 11 月底结束。施工时首先将竖井壁上的黄钾铁矾蚀变带挖除,挖除深度为宽度的两倍,东壁清理深 10～20 cm,西壁深 10～110 cm,将蚀变带清洗干净,用高抗硫酸盐水泥砂浆封闭蚀变带,并用高抗硫酸盐水泥砂浆喷护蚀变带两侧岩体,有黄色痕迹,喷护厚 10 cm,然后浇筑设计标号为C25,抗渗标号为S8,砼配合比见表 1。竖井砼的浇筑采用泵送,浇筑厚度每层大约 30～50 cm,水平均匀上升,模板内安置 2 个插入式振捣棒,人工在仓内振捣,浇筑强度 4～6 m^3/h。

表 1 砼配合比表

水泥品种	水灰比(质量比)	w(砂率)/%	坍落度/cm	w(含气量)/%	水量/kg	砂量/kg	水泥量/kg	石子量/kg		木钙量/kg
								小石子	中石子	
硅酸盐 425#	0.4	38	15～18	4～5	164	668	403	545	545	0.2

竖井砼厚60 cm。1999 年 5 月(相距仅半年的时间),在竖井固结和帷幕灌浆过程中,发现竖井 574 m 高程东壁,风钻孔孔壁粗糙、掉块,且从孔内向外流黑褐色的水。采用人工钢钎,郎头凿开砼看,砼中的水泥被侵蚀带走骨料呈架空或散体结构,局部为泥湖状,砼中常见有近水平分布的铁锈红色泥质物。经物探声波测试、回弹、锤击,竖井内发现有 5 处腐蚀较严重的部位(见图 1)。从凿开的 5 个腐蚀洞看,腐蚀洞长约 1～1.5 m,高 30～80 cm,均呈条带状近水平展布,腐蚀严重部位,砼骨料呈架空或散体结构,水泥大部分被带走,颜色多为黑色,向外砼由架空结构渐变为弱胶结,砼骨料中分布有铁锈红色泥质物。据抗压试验,砼强度一般<20 MPa,再往外凿,腐蚀洞的砼基本呈青灰色,但局部近水平分布还有铁锈红色泥质物,厚 1～3 mm,砼强度接近 25 MPa,说明腐蚀洞外围砼强度满足 C25 的设计要求。



1 断层破碎带及断层泥 2 黄钾铁矾蚀变带 3 黄铁矿 4 地下水出露点及水样编号
5 竖井砼侵蚀洞及水样编号 6 取样钻孔编号 7 物探测试点编号

图 1 发电洞竖井地质展视图

5 砼腐蚀原因分析

据发电洞水质分析资料,流经黄钾铁矾蚀变带内的地下水,竖井内16组,水中SO_4^{2-}在8 182～12 487 mg/L,Cl^-在837～2 599 mg/L,Mg^{2+}在195～2 675 mg/L,pH值在1.85～4.6;下水平段(隧洞段)21组水质分析,SO_4^{2-}含量在542～1 560 mg/L,Cl^-含量130～665 mg/L,Mg^{2+}含量2.4～5.3 mg/L,pH值7.3～11.7,对普通硅酸盐水泥和高抗硫酸盐水泥均具有强腐蚀性。发电洞竖井浇筑的普通硅酸盐水泥砼,硬化后仅半年时间,即发现竖壁有多处砼被腐蚀,这主要是这种侵蚀水与砼中的水泥所含的$3CaO \cdot Al_2O_3$发生反应生成钙矾石($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$),钙矾石的形成体积增加,造成水泥石膨胀产生裂缝而破坏,而Mg^{2+}的存在又促进了水泥石的分解。

砼受侵的速率取决于腐蚀液的浓度和砼的密实度。一般泵送砼入模后为逐层浇筑,分层振捣,稍不注意浇筑面上就有泌水,浮浆而造成不密实部位。从发电洞竖井处理,砼外围开挖的情况看,竖井内七处砼受腐蚀较严重的部位,均位于砼施工冷缝处,这主要是砼浇筑不连续,砼浇筑过程中未及时排水、导水,竖井壁上强腐蚀的酸性水沿洞壁进入到砼浇筑的仓内,在仓内汇集到低洼地带,下次浇筑时没有将仓内的侵蚀水排干净,在砼还没有凝固之前,可先腐蚀发泡,留下薄弱面,酸性腐蚀水沿此薄弱面,腐蚀加刷加快,砼强度明显降低。如ZK24号砼取心孔,取出的砼心两端为青灰色,中间为铁锈红色,说明在砼浇筑过程中铁锈红色的酸性腐蚀水已进入砼内。从表面看,砼比较密实,气孔很少,但从岩心抗压强度看,两端青灰色抗压强度大于25 MPa,纵波速度v_p大于4 200 m/s,中间发黄的岩心抗压强度21 MPa,纵波速度v_p在3 500 m/s,砼强度明显降低。在竖井处理过程中发现,浇筑比较密实的砼,即是强腐蚀的酸性水与砼直接接触,仅砼的表面被侵蚀,侵蚀厚1～3 cm,最大5 cm。为进一步全面查清竖井砼被腐蚀的程度,用钻孔取心33个,其中竖井内24个,水平段9个,钻孔岩心大部分抗压强度在25 MPa以上,纵波速度v_p>4 000 m/s;个别岩心抗压强度在21 MPa左右,纵波速度v_p在3 500～3 700 m/s(受侵的砼被凿除),说明竖井内的砼,除施工冷缝腐蚀较严重外,竖井砼整体质量是好的,强度满足设计C25的技术要求。

6 发电洞竖井防腐处理

发电洞竖井的防腐处理方案比较:1)拆除竖井及下弯道,在岩面上建立防腐隔离层,然后浇筑防腐砼;2)拆除竖井全部砼,建立防腐隔离层,浇筑防腐砼;3)在竖井砼外围环状开挖,建立防腐隔离层,浇筑防腐砼(该方案主要取决于竖井砼受侵程度);4)竖井内进行防腐固结灌浆和帷幕灌浆;5)①在原竖井砼上做防腐隔离层,钢内衬中浇筑40 cm的防腐砼;5)②在原竖井砼壁上做防腐隔离层,然后浇筑50 cm的防腐砼。5)③拆除竖井内壁20 cm厚的砼,做防腐隔离层,钢衬中浇筑20 cm厚的防腐砼。考虑到竖井砼仅局部被腐蚀,砼强度整体是好的。经反复论证,认为方案3)确实可行。具体处理如下:

①首先从竖井砼外围岩体内采用控制爆破,自下而上开挖宽1.0 m的环洞,分三次开挖,开挖一段修复一段。

②开挖的环洞壁上的渗水采用HLC-Ⅶ堵漏剂和PU4水溶性聚氨醋化灌堵漏。

③堵漏完成后,在环洞岩壁上涂抹丙乳净浆,在涂过净浆的岩面上抹〔m(水泥):m(砂):m(丙乳)=1:1.5:0.3〕的丙乳砂浆,每遍砂浆厚不超过1 cm,抹3～4遍,做到洞壁每处丙乳砂浆厚≥3 cm。

④在做好的丙乳砂浆表面涂刷PU3高级耐磨防渗防腐涂料二遍。

⑤在做好的防腐处理的环洞内浇筑掺超细矿渣粉高性能砼。

7 结 语

发电洞竖井的防腐处理於2000年元月完成,通过一年的运行,工程运行良好。

收稿日期:2001-08-29