

黑云母石英片岩骨料在巴塘水电站工程中的应用研究

张义军¹, 罗文君², 张锦堂¹, 周丹顺¹

(1. 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 陕西 西安 710065;

2. 华电金沙江上游水电开发有限公司巴塘分公司, 四川 巴塘 627650)

摘要:通过对巴塘水电站开挖弱风化黑云母石英片岩进行云母含量检测及混凝土力学性能试验,并结合类似工程研究成果进行分析,确定了采用工程开挖弱风化黑云母石英片岩作为混凝土骨料的料源方案。据此对工程的料源规划及总布置进行调整,大幅节省了工程投资,减轻了工程建设对环境的影响。

关键词:黑云母石英片岩;混凝土骨料;料源优化

中图分类号:TV42+2

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)03-0103-03

Application Research of Biotite Quartz Schist Aggregate in the Batang Hydropower Station Project

ZHANG Yijun¹, LUO Wenjun², ZHANG Jintang¹, GAO Danshun¹

(1. PowerChina Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an Shaanxi 710065;

2. Batang Branch, Huadian Jinsha River Upstream Hydropower Development Co., LTD., Batang Sichuan 627650)

Abstract: Through testing the mica content detection and concrete mechanical properties test of weakly weathered biotite quartz schist in the excavation of Batang Hydropower Station, and the analysis combined with similar engineering research results, a material source plan for using weakly weathered biotite quartz schist as concrete aggregate in engineering excavation has been determined. Based on this, adjustments were made to the material source planning and overall layout of the project, which significantly saved project investment and reduced the impact of project construction on the environment.

Keywords: Biotite quartz schist; Concrete aggregate; Material source optimization

0 引言

云母一般呈薄片状、表面光滑、强度很低,且易沿节理裂隙错裂,与水泥浆的黏结力很差,是混凝土细骨料中的有害物质之一,当砂中云母含量超过一定限度时,混凝土拌和物和易性、混凝土强度、耐久性等均有显著降低^[1]。因此,电力行业标准《水工混凝土施工规范》DL/T 5144—2015 中限定砂中云母含量不得大于 2%^[2]。

目前,国内大中型水电站工程建设过程中由于周边天然骨料匮乏,大多数采用人工骨料,云母是常见的造岩矿物之一,云母含量较高的原岩在大中型水电工程开挖料中经常出现。国内对云母含量较高的原岩轧制的人工砂中,云母含量对混凝土性能的影响已有较系统的研究,如中国水利

水电科学研究院对砂中云母含量对混凝土用水量、水泥用量、力学性能和耐久性的影响做了系统研究^[3]。国内对于云母含量对混凝土性能影响的深入研究始于三峡工程,李家正等就三峡工程古树岭石屑砂混凝土与下岸溪人工砂混凝土进行对比试验^[4]。笔者结合巴塘水电站工程需要,对黑云母石英片岩作为混凝土骨料的可行性进行试验研究。

1 工程概况

巴塘水电站为金沙江上游河段十三级开发的第九级电站,坝址位于四川省甘孜藏族自治州巴塘县巴楚河口(巴楚河入金沙江交汇处)上游约 660 m 的金沙江干流上,电站装机容量为 750 MW,为二等大(2)型工程。

巴塘水电站工程枢纽区石方开挖总量约

收稿日期:2024-03-15

1 414.58 万 m³,地层岩性主要为二迭系下统(P₁)黑云母石英片岩(S_c)。考虑爆破、回采及运输损耗,弱风化以下开挖料总量共计 629.77 万 m³。坝体填筑所需块石料约 252.09 万 m³;加工过渡料及垫层料所需毛料约 30.35 万 m³;加工混凝土骨料所需毛料约 163.65 万 m³。

可行性研究阶段选择和达通沟闪长岩料场作为工程混凝土骨料料源;考虑到和达通沟块石料场开采边坡高,采运难度较大,料场支护工程量大,且主体工程开挖料总量较大,除去工程筑坝所需石料外,仍有大量弱风化黑云母石英片岩开挖料需运至弃渣场;因此,研究弱风化以下黑云母石英片岩作为混凝土骨料料源的可行性具有重要的工程意义。

2 黑云母石英片岩混凝土骨料特性研究

表 1 岩相法云母含量表

编号	B1	B2	B3	B4	B5
原岩中云母含量 / %	0	0	20%~30%	0	0

利用岩相法检测时,由于切片方向和观察范围的不同,所检测到的云母含量也会不同。由检测数据可知:对于不同的岩石样品来说,云母含量也不同。5 个样品中,B1、B2、B4、B5 为 0,B3 为 20%~30%。

(2)X 射线衍射法。将岩石研磨成细粉,利用 X 射线衍射法测试其中云母含量,将破碎好的人工砂随机选取 3 组砂样,X 射线衍射法云母含量见表 2。

表 2 X 射线衍射法云母含量表

编号	BT1	BT2	BT3
原岩中云母含量 / %	7.0	13.5	8.0

利用 X 射线衍射法检测时,虽然检测设备可以计算出一个确切的数值,但由于取样的不均匀性和研磨细度的不同,都会对试验结果造成影响。因此,在用衍射法检测的数据中,同一种砂的 3 组试样数据也有一定的差别。但总体来看,砂样的云母含量相差不多。

(3)试验规程检测法。采用《水工混凝土砂石骨料试验规程》DL/T 5151—2014 中的方法检测云母含量为 1%。满足《水工混凝土施工规范》DL/T 5144—2015 中小于 2%的要求^[5]。

由于岩相法测定的含有云母的岩石在整体岩石中的占比不能确定,因而不能准确得出整体岩

巴塘水电站黑云母石英岩体整体呈中厚层状结构,正常岩层产状 NW330°SW(NE)∠85°。岩石发生应力作用和变质作用,具有片状构造特征,属于变质岩类。岩质坚硬,抗风化能力强。弱风化黑云母石英片饱和抗压强度 62~89 MPa,软化系数 0.67~0.88,变形模量 12.4~17.8 GPa。

2.1 云母含量检测

为对黑云母石英片岩作为混凝土骨料料源的可行性进行分析,对岩石云母含量采用岩相法、X 射线衍射法及《水工混凝土砂石骨料试验规程》DL/T 5151—2014 检测法进行对比检测。

(1)岩相法。将岩石磨片,在显微镜下观察,测量计算岩石中云母所占比例。选取 5 块不同的石子进行岩相法检测云母含量,岩相法云母含量见表 1。

石中的云母含量;X 射线衍射法所检砂样(为混合骨料破碎)中云母含量的试验结果更能代表岩石中总体云母含量值;《水工混凝土砂石骨料试验规程》检测法测定云母含量的砂的粒径为 0.315~5.000 mm,在此范围内游离出来的云母含量较少,还有一部分细微的云母依附在较大的颗粒上或小于 0.315 mm 而被筛除,这也是原岩中云母含量较高,而破碎后的人工砂中游离云母含量较小的原因。

2.2 黑云母含量对混凝土性能影响试验分析

玛尔挡水电站工程为研究细骨料中云母含量对混凝土性能的影响,采用中坝二长岩块石料场的二长岩作为混凝土骨料料源,进行粗骨料为人工二长岩,细骨料为人工二长岩砂(云母含量掺至 3%)和人工二长岩砂(云母含量掺至 5%)两组骨料组合方案的混凝土物理力学性能对比试验,料源选择组合方案见表 3。

表 3 料源选择组合方案

序号	粗骨料	细骨料
1	人工二长岩	全天然砂
2	人工二长岩	人工二长岩砂
3	人工二长岩	人工二长岩砂(云母含量掺至 3%)
4	人工二长岩	人工二长岩砂(云母含量掺至 5%)

经试验,人工砂中云母含量由 2.7%增至

5.0%时,混凝土用水量仅增加了 4 kg/m³,含气量减少 0.8%,说明人工砂中云母含量对混凝土拌和物性能影响不大。当人工砂中云母含量从 2.7%增至 5.0%时,混凝土 28 d 最高抗压强度与最低抗压强度仅差 1 MPa,180 d 抗压强度降低了 3 MPa,说明云母含量的增加对混凝土 28 d 强度没有显著影响,对 180 天强度略有影响,且云母含量越高,混凝土 28 d 到 180 d 的强度增长率越低^[6]。

2.3 人工砂最优石粉含量试验

试验选用二级配混凝土,水胶比为 0.40,宣威Ⅱ级灰掺量 20%,GK-4A 高效减水剂和 DH9

表 5 成品人工砂颗粒级配试验结果

筛孔尺寸 /mm		5.000	2.500	1.250	0.630	0.315	0.160	检测结果	
砂料颗粒级配区	I 区	10~0	35~5	65~35	85~71	95~80	97~85	细度模数	石粉含量 %
	Ⅱ区	10~0	25~0	50~10	70~41	92~70	94~80		
	Ⅲ区	10~0	15~0	25~0	40~16	85~55	94~75		
	累计筛余 /%	0.3	21.4	36.3	56.8	70.0	85.1		

2.4 混凝土拌和物和易性、力学性能、耐久性试验成果

根据确定的最优石粉含量和人工砂颗粒级配成果,选择合适的外加剂及混凝土配合比,进行混凝土拌和物和易性、混凝土力学性能和混凝土耐久性试验分析^[7]。试验结论如下:

- (1)混凝土拌和物坍落度在 67~82 mm 之间;混凝土的初凝时间在 21~23 h,终凝时间在 25~29 h;
- (2)混凝土 28 d 轴拉强度高于劈拉强度;
- (3)混凝土轴拉弹性模量高于静压弹性模量;
- (4)设计龄期的混凝土极限拉伸值均满足设计要求;
- (5)混凝土抗冻及抗渗性能均满足设计要求。

3 结 语

巴塘水电站工程开挖的黑云母石英片岩游离出的黑云母含量为 1%,满足规范要求。相应混凝土拌和物和易性、混凝土力学性能及混凝土耐久性均满足设计要求。因此,黑云母石英片岩作为巴塘水电站工程混凝土骨料料源是可行的。

巴塘水电站采用黑云母石英片岩工程开挖料作为混凝土骨料料源,取消和达通沟料场,并据此对工程施工总布置进行整体优化调整,工程静态

引气剂。人工砂石粉含量与混凝土强度的关系见表 4。

表 4 人工砂石粉含量与混凝土强度的关系表

品种	石粉含量 /%	砂细度模数	28 d 强度 /MPa
常态混凝土	7.8	3.06	37.4
	11.5	2.94	37.7
	15.6	2.79	39.9
	19.2	2.69	36.8

综合分析后,推荐巴塘水电站常态混凝土人工砂的石粉含量在 15%±2%的范围内。进行人工砂颗粒级配试验,成品人工砂颗粒级配试验结果见表 5。

综合效益分析							
投资减少 16 812.56 万,工程效益显著。							

参考文献:

[1] 李新宇,任金明,陈永红.高云母含量石粉混凝土性能试验研究[J].水利发电学报,2012,31(4):211-215.

[2] 水工混凝土施工规范:DL/T 5144-2015[S].中国电力出版社,2015.

[3] 水利水电科学研究院结构材料所.大体积混凝土[M].北京:水利电力出版社,1990.

[4] 李家正,句广东.三峡工程古树岭石屑砂混土性能研究[J].长江科学院院报,2001,18(3):53-56.

[5] 水工混凝土砂石骨料试验规程:DL/T 5151-2014[S].中国电力出版社,2014.

[6] 雷丽萍,殷丽亚.黄河玛尔挡水电站工程可行性研究混凝土骨料料源选择专题报告[R].西安:中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司,2014:7-9.

[7] 水工混凝土配合比设计规程:DL/T 5330-2015[S].中国电力出版社,2015.

作者简介:

张义军(1993-),男,山西吕梁人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工组织设计工作;

罗文君(1973-),男,甘肃景泰人,高级工程师,本科,从事水电工程建设管理工作;

张锦堂(1970-),男,山东莱州人,正高级工程师,本科,从事水电工程施工组织设计工作;

周丹顺(1976-),男,辽宁台安人,正高级工程师,本科,从事水利水电工程施工组织设计工作。

(编辑:吴永红)