

面向抽水蓄能电站需求的“一矿多用”资源综合评价体系构建与应用

宾 源

(湖南省水文地质环境地质调查监测所, 湖南 长沙 410014)

摘 要 本文针对湖南省攸县抽水蓄能电站配套建筑石料矿勘查中因地质条件突变导致主矿体资源量锐减、剥采比过高、设矿风险较高的问题,以湖南省攸县广寒坪矿区为例,构建了“一矿多用”资源综合评价体系。采用“地质建模—性能测试—分类测定—资源量估算”方法,遵循“需求导向”与“分级评价”原则,将泥盆系上统余田桥组中满足大坝填筑料技术要求(饱和抗压强度 ≥ 30 MPa)的石英砂岩与砂质板岩等圈定为可综合利用资源。结果表明,该方法使矿区可利用资源总量提升约 25%,剥采比从 0.870:1 降至 0.486:1 (m^3/m^3),显著提升了矿床开发可行性,保障了电站砂石骨料与填筑料的稳定供应,节约工程建设成本约 3.3 亿元,具有显著的经济与环境效益。

关键词 建筑石料用灰岩; 抽水蓄能电站; 一矿多用; 资源综合评价; 广寒坪矿区

中图分类号: TV743

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.19.027

0 引言

“湖南省攸县广寒坪矿区建筑石料用灰岩矿详查”是湖南省“十四五”能源规划重点建设项目—攸县抽水蓄能电站工程的配套项目,勘查成果直接服务于电站工程建设^[1]。矿区位于攸县黄丰桥镇广和村(东经 $113^{\circ} 40' 46'' \sim 113^{\circ} 40' 31''$; 北纬 $27^{\circ} 19' 36'' \sim 27^{\circ} 19' 19''$),交通便利。

根据前期可行性论证及详查设计,原目标层位为泥盆系中统棋梓桥(D2q)的灰岩和白云岩。然而,项目组实施后发现,矿区地质条件与前期认识发生了巨大变化,棋梓桥组与上统余田桥组(D3s)的地层界线西移 50 m $\sim$ 80 m,导致主矿体分布范围缩小,资源量锐减。若按原设计方案设矿,资源难以满足电站需求。同时,第四系覆盖层平均达 12.23 m,远超预期的 2 m,上述变化导致矿床剥离量巨大,剥采比高于一般工业指标,设矿风险升高。

鉴于电站前期工作已全面展开。重新选址将造成重大经济损失和工期延误,为此,攸县抽水蓄能公司提出“专矿专用、物尽其用”的思路,在保障混凝土骨料供应的同时,对余田桥组中满足大坝填筑料专项技术指标(饱和抗压强度 ≥ 30 MPa)的石英砂岩、板岩等进行综合利用评价^[2],项目组据此编制补充勘察设计,在原有工程的基础上通过加密工程对余田桥组

各类岩石进行控制。基本查明了矿区资源分布与质量特征,为电站建设提供了可靠保障。

1 “一矿多用”综合评价体系的构建

1.1 评价原则

本综合评价体系遵循“需求导向”与“分级评价”原则。根据电站建设对大坝填筑料和混凝土骨料的差异化需求,分别制定评价标准:对棋梓桥组灰岩、白云岩按《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685)等现行国家标准进行评价^[3],圈定主矿资源;对余田桥组石英砂岩、砂质板岩则以“饱和抗压强度 ≥ 30 MPa”为指标,筛选可综合利用岩性层。

1.2 评价方法与工作流程

为实现上述评价原则,项目组建立了一套“地质建模—性能测试—分类圈定—资源量估算”的工作方法,该方法突破了以往勘查中按固定层位或岩性圈定矿体的惯性思维,以岩石实测物理和化学性能参数为依据,判定其资源属性,划分可利用类别并分别估算资源量,从而对全矿区的岩石实施精准、动态的综合评价。具体工作流程如下:

1. 地质模型构建:综合运用无人机倾斜测量及人工 RTK 测量技术,绘制高程模型底图和正射影像图,结合地表地质填图、钻孔编录及实测剖面资料,绘制

作者简介: 宾 源 (1990-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 地质调查与矿产勘查。

反映地层序列、构造特征及岩性空间展布的勘查线剖面图,为岩石单元的识别和分类奠定了基础。

2. 性能测试:在查明棋梓桥组和余田桥组空间分布的基础上,依据岩性、风化程度及构造特征进行系统采样,对棋梓桥组灰岩、白云岩严格按照现行国家与行业规范开展物理力学性能测试和化学分析;对余田桥组岩石,先宏观剔除强—全风化等强度明显不达标的岩性段,对可能满足要求的岩性段实施分层连续采样,在常规测试的基础上加密对其饱和强度的测定,以满足专项评价要求。

3. 分类圈定:依据测试结果对岩矿石进行分类圈定。按照《矿产地质勘查规范 建筑用石料类》(DZ/T0341-2020)等规范^[4],将满足工业指标要求的灰岩和白云岩圈定为主矿体;将余田桥组中饱和抗压强度 ≥ 30 MPa的岩性段圈定为“可综合利用岩石”。其余未达上述要求的第四系覆盖层、风化层及各类夹石统一划为剥离物。初步圈定后,结合矿区构造特征与地层产状进行剖面线纵、横向对比连接;不连续单元则按外推法圈定为透镜体状资源块段。

4. 资源量估算:对不同类别的资源块段分别估算,层位稳定、形态规则的主矿体,采用平行断面法进行估算;呈透镜体状、分布不稳定的可综合利用岩石则依据工程控制程度采用适宜方法保守估算。最终汇总主矿体和可综合利用资源量,为“一矿多用”的开采规划与经济评价提供定量地质依据。

2 广寒坪矿区资源禀赋与评价基础

矿区位于华南加里东褶皱带攸兰断拗北部,主要出露地层为泥盆系中统棋梓桥组(D2q)及上统余田桥组(D3s),整体为一走向北东、倾向南东的单斜构造,倾角 $25^{\circ} \sim 74^{\circ}$,局部发育轴向北东的紧闭向斜,矿区整体构造复杂程度中等。

2.1 主矿体及矿石特征

矿区内矿体赋存于泥盆系中统棋梓桥组(D2q)中,属台地相碳酸盐岩沉积型矿床,岩性为灰白—灰黑色白云岩及灰—暗灰色灰岩,层内不含夹石。矿体以地层界线为界,主要分布于矿区的北西侧。整体呈厚层状产出,平均厚度130.24 m,厚度变化系数15.01%,形态稳定,连续性较好,经系统取样测试,其水饱和抗压强度47.3 MPa $\sim$ 147.8 MPa,平均76.5 MPa;压碎值、坚固性、有害组份含量及放射性比活度等指标均满足《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685-2022)中II类及以上标准,可作为优质混凝土骨料。

2.2 可综合利用岩性层及岩石特征

泥盆系上统余田桥组(D3s)分布于矿区南东侧,为一套岩性复杂、受构造与风化作用改造强烈的碎屑

岩—浅变质岩—碳酸盐岩组合。主要包括石英砂岩、砂质板岩、粉砂质泥岩及沿地层界线分布的灰岩、白云岩透镜体。相较于棋梓桥组稳定、均一的主矿体,该套岩系岩性横向变化大、空间分布不连续、风化壳深厚(局部超百米)。尽管部分样品物理力学性能满足相关规范要求,但其资源分布的可靠性与质量稳定性难以满足矿体圈定要求。

为此,本次工作围绕攸县抽水蓄能电站对大坝填筑料的专项技术标准(饱和抗压强度 ≥ 30 MPa),对余田桥组各类岩石进行了系统采样与性能测试(表1、表2),共圈定3层符合该技术标准的岩性层(Tz-1号、Tz-2号、Tz-3号),均呈透镜体状分布于矿区南东侧,其空间展布主要受地层与构造控制^[5]。其中,Tz-1号岩性层以砂质板岩为主,夹少量泥质粉砂岩与砂质泥岩,平均厚度33.01 m;Tz-2、Tz-3号层则以石英砂岩为主,局部夹少量泥质粉砂岩与砂质泥岩,平均厚度分别为5.55 m和28.41 m。

3 综合评价体系在矿区的应用实践

在广寒坪矿区,项目组按照综合评价工作流程,在广寒坪矿区对棋梓桥组和余田桥组的各类岩石进行了系统性的应用实践。

首先,基于地质资料加密勘查工程。在余田桥组(D3s)岩性复杂区加密部署勘查线与钻探,提升空间控制程度;同时利用高精度地形模型和钻探数据,分段布置基本分析样和岩矿鉴定样,重点查明棋梓桥(D2q)与余田桥组地质界线,为资源量估算提供依据。

其次,实施了“按需采样、分级测试”方案。对棋梓桥组灰岩、白云岩按规范要求系统采样,测试其建筑骨料性能指标。对余田桥组各类岩石,则依据岩性露头 and 钻孔岩芯,以寻找满足填筑料强度指标的岩石为目标进行重点追踪和分层连续采样,重点测试其饱和抗压强度,辅以岩矿鉴定、小体重、吸水率等基础物性测试。

4 综合资源评价成果与效益分析

4.1 综合资源评价成果

本次勘查工作基本查明了矿区地层、构造及矿体地质特征。根据“一矿多用”综合评价体系,针对泥盆系中统棋梓桥组主矿体,基本查明了其空间展布、规模形态、产状、矿物成分、结构构造、主要物理力学性能及化学成分,其矿石质量稳定,满足《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685-2022)II类标准。对泥盆系上统余田桥组,以饱和抗压强度 ≥ 30 MPa为核心,大致查明了可综合利用岩石(石英砂岩与砂质板岩)的分布规律、岩性组合、物理力学性能、主要化学成分及放

表 1 可综合利用砂质板岩测试数据与工业指标对照表

分析项目	单位	测试结果			数量（件）	质量指标类别及样品数量			
		最大值	最小值	平均值		I 类	II 类	III 类	不合格
水饱和抗压强度	MPa	143.4	34.6	68.9	30		15		15
体积密度（小体重）	g/cm ³	2.82	2.48	2.70	30		/		/
吸水率	%	3.74	0.17	1.14	12	6	5		1
坚固性	%	5.6	0.8	2.4	29	28	1		
压碎值	%	38.5	9.3	16.6	29	2	20	4	1
表观密度	g/cm ³	2.80	2.50	2.66	11		10		1

表 2 可综合利用石英砂岩测试数据与工业指标对照表

分析项目	单位	测试结果			数量（件）	质量指标类别及样品数量			
		最大值	最小值	平均值		I 类	II 类	III 类	不合格
水饱和抗压强度	MPa	203.6	33.8	106.3	29		27		2
体积密度（小体重）	g/cm ³	2.72	2.33	2.59	27		/		
吸水率	%	9.03	0.52	2.33	11	3	4	2	2
坚固性	%	3.2	0.5	1.8	27	27			
压碎值	%	26.1	8.9	13.3	27	4	21	2	
表观密度	g/cm ³	2.71	2.35	2.58	10		6		4

射性水平等。经估算，矿区内建筑石料用灰岩矿保有资源量 897.3 万 t，可综合利用砂质板岩推断资源量 202.3 万 t，可综合利用石英砂岩推断资源量 24.3 万 t，剥离量为 199.7 万 m³，剥采比为 0.486:1（m³/m³）。通过综合利用余田桥组岩石，矿区可利用资源量增加约 25%，为电站建设提供了可靠保障。

4.2 效益分析

矿山设计开采规模为 498 万 t/a，服务年限 2.1 年，总投资 10 181.2 万元，生产期内总生产成本约 40 660 万元。根据《株洲市攸县广寒坪抽水蓄能项目配套建筑石料用灰岩矿开采规划区块设置可行性论证报告》测算，若采用外购砂石方案，工程总成本约 7.36 亿元。对比表明，设置配套矿山较完全外购方案可节约工程建设成本约 3.3 亿元。同时，资源综合利用减少了废石排放与排土场压力，契合抽水蓄能电站土石方综合利用要求^[6]，实现了经济、环境效益协同发展，践行矿产资源绿色勘查与综合利用理念。

5 结束语

本次勘查因地质条件变化，主矿资源量减少，初始剥采比高达 0.870:1，设矿风险较大。通过“一矿多用”综合评价体系，将余田桥组饱和抗压强度≥30 MPa 的

岩石圈定为可综合利用资源，新增资源量 84.3 万 m³，使剥采比降至 0.486:1，满足工业指标要求，矿区具备开发可行性。该方法保障了电站砂石骨料与填筑料的稳定供应，节约成本约 3.3 亿元，为同类配套石料矿勘查与绿色开发提供了技术参考，也为抽水蓄能电站资源高效利用提供了实践借鉴。

参考文献：

[1] 湖南省水文地质环境地质调查监测所.湖南省攸县广寒坪矿区建筑石料用灰岩矿详查报告[R].长沙:湖南省水文地质环境地质调查监测所,2025.

[2] 周志强,张承伟,谢启鹏.矿产资源综合利用与绿色勘查技术研究[J].中国金属通报,2025(10):103-105.

[3] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.建设用卵石、碎石:GB/T 14685—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.

[4] 中华人民共和国自然资源部.矿产地质勘查规范 建筑用石料类:IDZ/T 0341-2020[S].北京:地质出版社,2020.

[5] 同[4].

[6] 阳凤,蔡德文,郝连安.抽水蓄能电站土石方综合利用、弃渣场选址与措施布局[J].水电与新能源,2024,38(07):51-54.