

文章编号: 1001-1749(2023)04-0551-08

# 关于水电站工程区探硐封堵质量检测 方法探讨与应用

葛宝, 张继伟, 王勇, 姚德兀

(四川中水成勘院 工程物探检测有限公司, 成都 610072)

**摘要:** 水电站工程因前期勘察的需要,在坝址区、厂房区会布置一定数量的探硐,部分探硐与地下建筑物连通或穿越防渗帷幕线和坝基固结灌浆区。在施工过程中,所有探硐均需进行封堵,其中大坝建基面附近及帷幕防渗部分探硐封堵质量对工程安全质量尤其关键。因此,对关键部位探硐封堵质量的检测,是关系到整个水电站后期安全运行的重要因素。这里以溪洛渡水电站工区探硐封堵质量检测工程实践为例,根据帷幕灌浆区、固结灌浆区不同的设计要求,针对性运用钻孔压水、试验钻孔全景图像、钻孔单孔声波及芯样强度抗压试验检测方法进行质量检测。通过上述综合检测方法获取了硐室封堵段各项质量评价指标,从而进一步消除安全隐患,对类似工程问题具有借鉴意义。

**关键词:** 水电站; 探硐封堵质量检测; 钻孔全景图像; 钻孔压水试验; 钻孔声波; 芯样强度  
**中图分类号:** P 631.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2023.04.16

## 0 引言

依据水电站工程地质勘察相关规范要求,在水电站不同勘察设计阶段,应根据地形地质条件和水工建筑物类型,布置一定数量探硐,用于达到某种特定勘察目的(如用于查明工区范围内断层、软弱夹层、不利结构面等不良地质现象)。峡谷区河流坝址两岸坝肩部位应分高程布置平硐。坝高在70 m及以上或拱坝,在设计正常蓄水位以上可根据需要布置探硐<sup>[1]</sup>。因此,探硐作为水电站工程勘察的一种必要常见手段,其能更好地揭露工区内地质构造条件,便于通过原位试验直接获取目标地质体的相关数据指标,具有其他勘察方法不可替代的重要优势和研究价值。然而,此类未处理的探硐对于施工期

和运行期的工程却是重大质量、安全威胁。如有些探硐与地下建筑物连通,有些虽未连通但距地下建筑物距离很近,对建筑物安全构成直接威胁;又如有些探硐穿越了防渗帷幕线和坝基固结灌浆区,破坏了固结、帷幕区域岩体连续性、完整性以及抗渗等性能指标,对工程蓄水和运行发电安全构成重大威胁。因此,水电站建设过程中应对探硐进行全面系统清理,逐一排查,并采取有效封堵措施,对封堵后工程部位进行必要的质量检测,以确保工程安全。

笔者以溪洛渡探硐封堵质量检测工程为例,项目通过钻孔全景图像、钻孔压水试验、钻孔声波以及抗压强度试验综合测试手段,获取了探硐封堵后密实程度、透水率、充填材料强度等关键质量评价指标,检测成果有效指导了工程施工,及时消除了工程安全隐患。

## 1 方法原理

### 1.1 具体操作

1) 钻孔全景图像。钻孔全景图像测试是将摄像技术应用用于钻孔探测中,从而获取钻孔孔壁岩层表面特征的原始图像,可真实直观地反映混凝土或岩体节理、裂隙、断层、破碎带和软弱夹层等地质构造现象。对划分地层结构、确定构造位置、佐证岩芯鉴定和弥补取芯不足,均可发挥重要作用。在测试过程中,将微型摄像头、照明光源及定向罗盘组成的密封探头,用钢缆牵引通过井口滑轮光敏传感钻孔深度标记,自上而下缓慢摄录钻孔孔壁的影像。现场采用电视监视器进行屏幕观察并记录成图,以备回放分析和资料存档。钻孔全景图像测试前应对钻孔进行反复冲洗,去掉孔壁残留附着物,使井液清澈透明,以利于摄录的影像清晰。

2) 钻孔声波法。声波速度是反映岩体物理力学性质的重要指标,它与控制岩体质量的一系列地质要素有着密切关系,不仅取决于岩石本身的强度,而且当声波穿透裂隙岩体时,往往会产生不同程度的断面效应,导致波速降低。这种散射现象与岩体结构的发育程度、组合形态、裂隙宽度及充填物质有关。利用声波资料可以划分岩体质量级别,圈定软弱岩带的空间分布形态。钻孔声波测试就是利用岩层声速的差异,以水作为耦合剂将声波由探头的发射器传向地层,又由地层传到接收器。若没有水或其他井液,声波测井将无法进行;当钻孔中有套管时,由于金属套管的高速屏蔽而失去了探测地层的作用。测量点距为 0.2 m,自下而上逐点测量。单孔测试探头采用一发双收装置,发射与接收换能器均在同一孔中,在无套管并有水耦合的前提下进行测试。

3) 钻孔五点法压水试验。五点法是指由五个压力过程,比如 0.3 MPa、0.6 MPa、1.0 MPa、0.6 MPa、0.3 MPa,五个压力阶段都至少压水 20 min 并每级压水都需达到稳定标准结束。根据钻孔五点法压水试验成果可以判定其属于层流、紊流、扩张、冲蚀、充填等五种压水试验曲线类型。钻孔五点法压水试验多用于灌浆试验或精确压水试验,该方法不仅可以获得岩石透水性,而且可间接判断岩石的耐压性能及其他物理指标<sup>[2]</sup>。

4) 混凝土芯样抗压试验。通过钻孔取芯方式获得混凝土芯样,每组样品至少加工 3 个试样,且试样

应符合混凝土芯样抗压试验要求。试验采用万能材料试验机对样品进行抗压强度试验,获取材料抗压强度。

### 1.2 检测方法选择

随着现代电子信息技术突飞猛进,各类工程检测技术手段不断更新完善,不仅为解决各类工程地质问题提供了多样性选择,也克服了过去单一方法检测的缺陷。检测的方法虽有很多,但针对不同被检测目标选择合适且有效可实施的方法很重要。

水电站探洞常规施工处理手段为封堵及灌浆。设计过程中,根据工程部位的要求及作用不同,可采用回填灌浆、接触灌浆、固结灌浆和帷幕灌浆多种工艺相结合的方式。对穿越坝基固结灌浆区和防渗帷幕线的探洞,封堵后还应分别进行固结灌浆和帷幕灌浆<sup>[3]</sup>。其中固结灌浆主要为增强大坝基础或坝肩拱座岩体的整体强度和刚度,以满足坝基或拱端受力、变形要求<sup>[4]</sup>。帷幕灌浆主要通过灌入的浆液充填裂隙,阻断裂隙之间通道的连通性,降低岩体透水率,确保整个防渗帷幕透水率达到设计要求<sup>[5-6]</sup>。

因此,根据不同的工况,采用不同的检测方法,以达到检测质量控制的最终目的。混凝土封堵体及接触部位密实程度以声波检测、钻孔全景图像方法为主<sup>[7]</sup>,透水率以五点法压水试验为主<sup>[8]</sup>,封堵体混凝土强度以钻孔芯样抗压强度试验方法为主。

## 2 工程实例

### 2.1 工程概况

溪洛渡水电站位于四川省雷波县与云南省永善县接壤的金沙江溪洛渡峡谷中,下游距宜宾市 184 km(河道里程),左岸距四川省雷波县城约 15 km,右距云南省永善县城约 8 km。

溪洛渡水电站枢纽由拦河大坝、泄洪建筑物、引水发电建筑物等组成。拦河大坝为混凝土双曲拱坝,最大坝高为 278.00 m,坝顶高程为 610.00 m,顶拱中心线弧长为 681.51 m;泄洪采取“分散泄洪、分区消能”的布置原则,在坝身布设 7 个表孔、8 个深孔与两岸 4 条泄洪洞共同泄洪,坝后设有水垫塘消能;发电厂房为地下式,分设在左、右两岸山体内,各装机 9 台、单机容量为 700 MW 的水轮发电机组,总装机容量 12 600 MW。施工期左、右岸各布置有 3 条导流隧洞,其中左、右岸各 2 条与厂房尾水洞结合。

溪洛渡水电站工程规模巨大, 勘测周期长, 前期地质勘察工作始于 1957 年, 2003 年 8 月工程正式动工修建, 历时近 46 年。在前期地质勘察中, 进行了大量的洞探工作, 其中坝址区探洞 140 余个。前期施工的探洞由于数量比较多, 分布范围广, 与建筑物关系密切, 对工程的影响较大, 如果处理不好很可能产生渗漏等工程问题。为了保证工程安全和正常运行, 需对前期探洞进行了封堵灌浆处理, 并进行封堵质量检测。

## 2.2 探洞封堵质量要求

根据设计要求, 勘探平洞封堵段的混凝土直接与平洞围岩整体浇筑结合为一体, 封堵体与其围岩之间宜采用锚杆锚固, 拱顶及接触部位采取回填灌浆及接触灌浆, 以保证拱顶及接触部位灌浆密实。需进一步采取固结灌浆和帷幕灌浆处理的区域应在封堵体完成后实施。封堵材料采用具有微膨胀性(掺氧化镁)的 C25 和 C20 混凝土(二级配), 位于坝基建基面区域的勘探平洞封堵段, 采用 C25 混凝土, 其余部位采用 C20 混凝土。灌浆材料使用 P. O42.5 普通硅酸盐水泥, 灌浆浆液采取 0.5:1 的灌浆浆液<sup>[8]</sup>。

若检查孔仅在帷幕灌浆范围内, 灌浆参数采用帷幕灌浆标准执行; 若检查孔在固结灌浆范围内, 采用固结灌浆标准执行; 若检查孔既在帷幕灌浆范围又在固结灌浆范围内, 采用帷幕灌浆标准执行; 若检查孔既不在帷幕灌浆范围, 又不在固结灌浆范围内,

则采用回填灌浆标准执行灌浆封孔。

1) 钻孔要求。钻孔根据施工设计图纸, 按照测量控制坐标点进行钻孔, 在钻孔过程中按施工设计图纸, 严格控制钻孔倾角及方位角, 钻孔孔底距离误差范围小于 1%, 钻具采用  $\Phi 91$ (套管) 开孔、 $\Phi 76$  终孔的钻孔结构。

2) 检查质量标准。帷幕灌浆区和固结灌浆与帷幕灌浆重叠范围内检查孔透水率不大于 1 Lu, 其他范围检查孔透水率不大于 3 Lu。封堵区混凝土应连续完整且接触部位充填密实, 混凝土强度应达到相应设计强度要求。

## 2.3 检查孔布置原则

针对探洞封堵质量检查, 因穿越大坝及地厂区域帷幕中心线探洞大部分基本已封堵完成。结合现场的实际施工条件, 对于封堵段的检查孔, 绝大部分只有从灌浆廊道和排水洞钻孔。考虑钻孔深度及造孔条件, 封堵段检查钻孔均选择在大坝及地厂中心帷幕线或排水洞中心线与探洞封堵段交点附近, 每个探洞检测 4 段~5 段。根据检查孔部位不同, 大致可分为帷幕范围检查孔, 固结范围检查孔及非帷幕非固结范围检查孔。钻孔方位角、钻孔角度根据检查段位置及测量放点坐标进行参数计算, 最终确定检查孔钻孔参数。

笔者选取 12 个典型探洞检查孔为例。其中, 固结灌浆区检查孔 6 个, 帷幕灌浆区临水面检查孔 6 个, 各检查孔具体布置情况见表 1。

表 1 探洞质量检查孔布置一览表

Tab. 1 List of layout of quality inspection holes for exploratory tunnels

工程区域	探洞编号	检查孔号	封堵段底板 高程/m	钻孔方向	孔深/m	备注
固结灌浆区	PD69 支 1	PD69 支 1-J01	382.9	铅锤向下	17.70	右岸
	PD69 支 1	PD69 支 1-J02	382.9	斜向下	28.04	右岸
	PD69 支 1	PD69 支 1-J03	382.9	斜向下	32.39	右岸
	PD02	PD02 -J04	430.0	铅锤向下	45.20	左岸
	PD02	PD02 -J05	430.0	斜向下	42.10	左岸
	PD07 支 1	PD07 支 1-J03	415.4	斜向上	31.60	右岸
帷幕灌浆区临水面	PD45 支 2	PD45 支 2C-J02	410.4	斜向下	38.80	右岸
	PD21	PD21-J03	495.0	斜向下	38.66	右岸
	PD21	PD21-J04	495.0	斜向下	40.01	右岸
		PD75C-J01	467.7	斜向上	45.30	右岸
	PD75C	PD75C-J02	467.7	斜向上	40.40	右岸
		PD75C-J03	467.7	斜向上	30.70	右岸

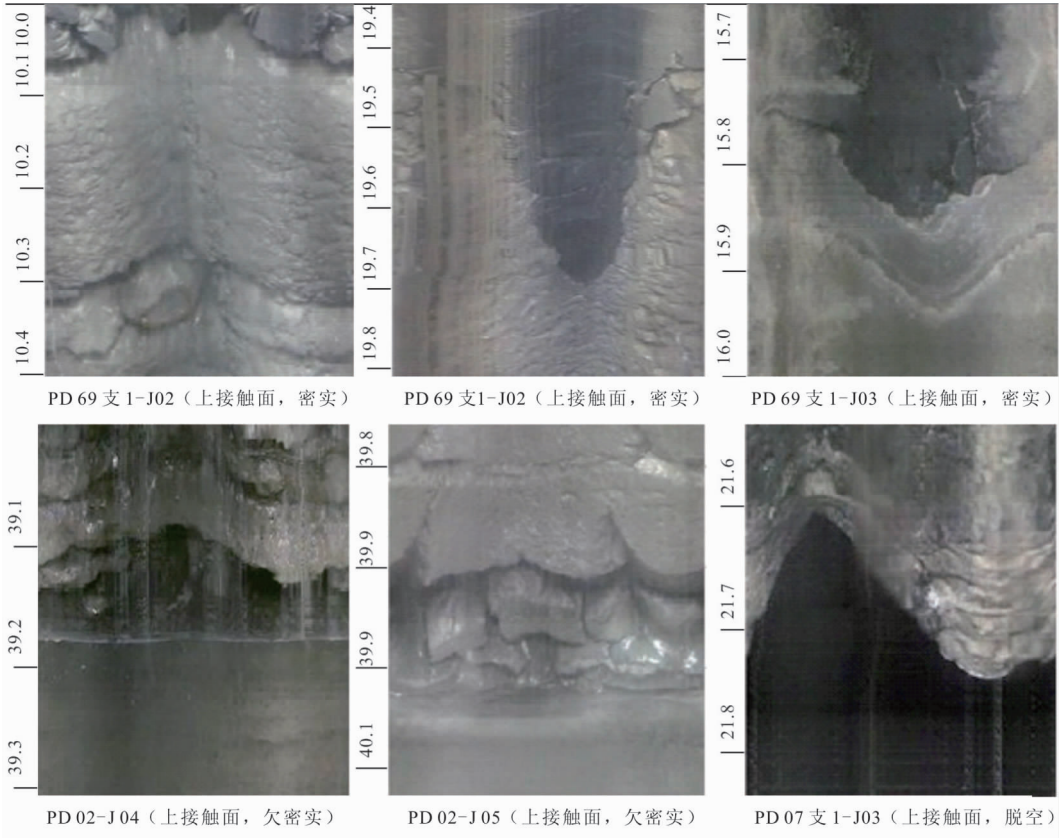


图 1 帷幕灌浆区检测孔典型全景图像

Fig. 1 Typical panoramic image of inspection hole in consolidation grouting area

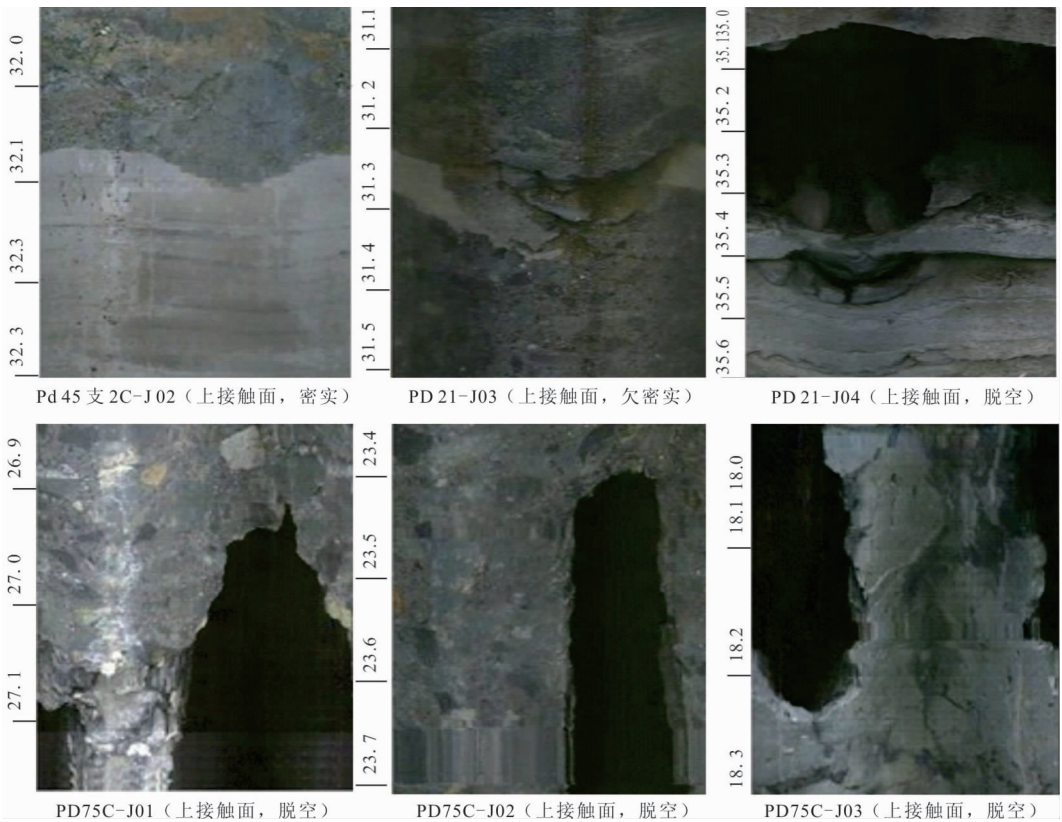


图 2 帷幕灌浆区检查孔典型全景图像

Fig. 2 Typical panoramic image of inspection hole in curtain grouting area

表 2 固结灌浆区探洞封堵质量检测成果分析表

Tab. 2 Analysis of quality inspection results for sealing and sealing of exploratory caves in the consolidation grouting area

孔号	检查孔孔深 /m	混凝土声波 平均速度值 /m·s <sup>-1</sup>	压水透水性 /Lu	混凝土芯样 抗压强度 /MPa	钻孔图像解译内容	成果 分析	备注
PD69 支 1-J01	17.70	4 476	37.3		该钻孔混凝土孔深范围在 10.0 m ~ 12.6 m, 整段混凝土密实无空腔。混凝土封堵段上接触面在孔深 10.0 m 处, 与基岩结合密实, 接触部位岩体破碎; 混凝土封堵段下接触面在孔深 12.6 m 处, 与基岩结合处较密实。	密实	
PD69 支 1-J02	28.04	4 431	948.9	26.7	该钻孔混凝土孔深范围在 19.5 m ~ 24.0 m, 整段混凝土密实无空腔。混凝土封堵段上接触面在孔深 19.5 m 处, 与基岩结合密实; 混凝土封堵段下接触面在孔深 24.0 m 处, 与基岩结合处较密实。	密实	
PD69 支 1-J03	32.29	4 553	414.4		该钻孔混凝土孔深范围在 15.9 m ~ 24.0 m, 整段混凝土密实无空腔。混凝土封堵段上接触面在孔深 15.9 m 处, 与基岩结合密实; 混凝土封堵段下接触面在孔深 24.0 m 处, 与基岩结合处较密实。	密实	
PD02 -J04	45.20	4 467	无限大		该钻孔混凝土孔深范围在 39.2 m ~ 40.5 m。在 39.1 m 处混凝土上接触面与基岩接触欠密实。混凝土封堵段下接触面在孔深 40.5 m 处, 与基岩结合密实。	欠密实	
PD02 -J05	42.10	4 531	无限大	26.4~31.4	该钻孔混凝土孔深范围在 40.0 m ~ 42.0 m。在 40.0 m 处混凝土上接触面欠密实。混凝土封堵段下接触面在孔深 42.0 m 处, 与基岩结合密实。	欠密实	
PD07 支 1-J03	31.60	4 524	48.4	26.5	该钻孔混凝土孔深范围在 20.4 m ~ 21.7 m, 混凝土封堵段下接触面在孔深 20.4 m 处, 与基岩结合处较密实; 混凝土封堵段上接触面在孔深 21.7 m 处, 与基岩存在一定的脱空, 脱空大于 85 cm。	脱空, 脱空厚度为大于 85 cm 左右	

## 2.4 典型成果分析

通过选取溪洛渡电站固结灌浆区和帷幕灌浆区范围内 12 个典型探洞封堵检查孔成果, 分别对密实、欠密实、脱空不同密实程度情况下各项检测指标进行了分析总结。

### 2.4.1 固结灌浆区探洞封堵典型成果

1) 固结灌浆区 6 个检查孔(表 2)的混凝土平均

声波波速范围为 4 431 m/s~4 553 m/s, 平均波速波动幅度范围较小, 说明非接触面部位封堵体混凝土整体填充均匀, 密实性好。所抽检混凝土芯样抗压强度范围为 26.4 MPa~31.4 MPa, 均满足 C25 混凝土要求。

2) 通过钻孔全景图像(图 1)资料解译: ①各钻孔混凝土孔深范围内, 非接触面部位整段混凝土密

表 3 帷幕灌浆区探洞封堵质量检测成果分析表

Tab. 3 Analysis of quality inspection results for sealing of exploratory caves in curtain grouting area

孔号	检查孔 孔深 /m	混凝土声波 平均速度值 /m·s <sup>-1</sup>	压水透水性 /Lu	混凝土芯样 抗压强度 /MPa	钻孔图像解译内容	成果分析	备注
PD45 支 2C-J02	38.80	4267	0.24	/	该钻孔探洞封堵混凝土孔深范围在 32.1 m ~ 34.2 m, 整段混凝土密实无空腔。混凝土封堵段上接触面在孔深 32.1 m 处, 与基岩结合密实; 混凝土封堵段下接触面在孔深 34.2 m 处, 与基岩结合密实。	密实	
PD21 -J03	38.66	4601	无限大	29.0	该钻孔探洞封堵混凝土孔深范围在 31.3 m ~ 33.2 m。混凝土封堵段上接触面在孔深 31.3 m 处, 与基岩结合处欠密实; 混凝土封堵段下接触面在孔深 33.2 m 处, 与基岩结合密实。	欠密实	PD21 - J03 与 PD21 - J04 灌浆时发生串孔
PD21-J04	40.01	4915	无限大	/	该钻孔混凝土孔深范围在 35.4 m ~ 37.5 m。在 35.4 m 处混凝土上接触面脱空, 脱空厚度在 30 cm 左右。混凝土封堵段下接触面在孔深 37.5 m 处, 与基岩结合密实。	脱空, 脱空厚度为 30 cm 左右	
PD75 C-J01	45.30	4557	4.55	28.1	该钻孔混凝土孔深范围在 10.2 m ~ 27.1 m。在 27.0 m 处混凝土上接触面脱空, 脱空厚度大于 10 cm 以上。混凝土封堵段下接触面在孔深 10.2 m 处, 与基岩结合密实。	脱空, 脱空厚度大于 10 cm	PD75C - J01 与 PD75C - J02 灌浆时发生串孔
PD75 C-J02	40.40	4528	/	/	该钻孔混凝土孔深范围在 6.4 m ~ 26.6 m。在 23.5 m 处混凝土上接触面脱空, 脱空厚度大于 30 cm 以上。混凝土封堵段下接触面在孔深 6.4 m 处, 与基岩结合密实。	脱空, 脱空厚度大于 30 cm	
PD75 C-J03	30.70	4436	无限大	/	该钻孔混凝土孔深范围在 0.7 m ~ 18.2 m。在 18.2 m 处混凝土上接触面脱空, 脱空厚度 20 cm 左右。混凝土封堵段下接触面在孔深 0.7 m 处, 与基岩结合密实。	脱空, 脱空厚度在 20 cm 左右	

实无空腔, 与混凝土声波成果结论一致, 起到了很好的验证作用; ②围岩接触面部位, 下接触面与围岩密实程度为较密实~密实, 上接触面与围岩密实程度为密实、欠密实、脱空, 表明欠密实、脱空等严重质量缺陷易发生在混凝土与围岩接触部位, 且主要发生在封堵体与围岩的上接触面。

3) 封堵密实检查孔 3 个, 透水率分别为 37.3 Lu、948.9 Lu、414.4 Lu; 封堵欠密实检查孔 2 个, 透水率均为无限大; 封堵脱空检查孔 1 个, 透水率为 26.5 Lu。分析可知, 上述 6 孔透水率变化范围大, 且与接触部位的密实程度或缺陷大小无明显对应逻辑关系, 透水率大小仅取决于缺陷与岩体中裂隙、孔

洞、腔体等不良构造能否形成良好的连通渗漏通道。

#### 2.4.2 帷幕灌浆区探洞封堵典型成果

1) 帷幕灌浆区 6 个检查孔(表 3)的混凝土平均声波波速范围为 4 267 m/s~4 915 m/s, 平均波速存在一定幅度波动, 但最低波速在 4 200 m/s 以上, 表明非接触面部位封堵体混凝土整体充填密实, 波速的波动可能受骨料拌和均匀影响所致。所抽检混凝土芯样抗压强度范围为 28.1 MPa、29.0 MPa, 均满足 C25 混凝土要求。

2) 通过钻孔全景图像(图 2)资料解译: ①各钻孔混凝土孔深范围内, 非接触面部位整段混凝土密实无空腔, 很好地验证了声波结论, 表明在混凝土自身密实的情况下, 混凝土自身均匀性会对波速波动产生一定影响; ②围岩接触面部位: 下接触面与围岩密实程度为密实, 上接触面与围岩密实程度为密实、欠密实、脱空, 表明欠密实、脱空等严重质量缺陷易发生在混凝土与围岩接触部位, 且主要发生在封堵体与围岩的上接触面。

3) 封堵密实检查孔 1 个, 透水率为 0.24 Lu; 封堵欠密实检查孔 1 个, 透水率为无限大; 封堵脱空检查孔 4 个, 透水率分别为 4.55 Lu、无限大。分析可知, 上述 6 孔透水率变化范围大, 且与接触部位的密实程度或缺陷大小无明显对应逻辑关系, 透水率大小仅取决于缺陷与岩体中裂隙、孔洞、腔体等不良构造能否形成良好的连通渗漏通道。

### 3 结论

1) 溪洛渡水电站探洞、施工支洞及交通洞封堵质量检查共检查 32 条探洞, 7 条施工支洞及左右岸 2 条交通洞, 合计布置 151 个检查孔。其中封堵脱空为 23 个, 脱空检查合格率为 83.5%。溪洛渡水电站探洞、施工支洞及交通洞封堵混凝土封堵质量总体较好, 部分探洞存在一定的质量缺陷。通过对发现缺陷的探洞进行回填灌浆处理及消缺检查, 封堵质量满足设计要求。因此, 对探洞封堵进行质量检测是非常必要的。第三方质量检测作为施工质量控制的重要环节, 通过科学有效的技术手段, 为工程各环节质量控制提供了重要的数据支撑, 对指导、改进或完善工程施工工艺具有重要意义。

2) 本工程检测过程中, 当检查孔出现严重漏水时, 声波检测是无法获取数据的。再如封堵体是否密实与透水率大小并无直接逻辑关系, 透水率大小主要取决于缺陷与岩体中裂隙、孔洞、腔体等不良构

造的渗漏通道连通情况。因此, 在工程条件允许的情况下, 应尽量采用综合测试手段从不同角度、多参数去相互验证结论的准确性、可靠性, 避免单一方法局限性、多解性。

3) 探洞封堵检测的重点在于合理选择试验方法, 难点在于检查孔准确定向施工。探洞封堵后, 检查孔施工仅能依靠灌浆廊道或检查廊道进行, 施工难度较大。

#### 参考文献:

- [1] GB50487—2008, 水利水电工程地质勘察规范 [s]. GB50487—2008, Code for geological survey of water conservancy and hydropower engineering [s]. (In Chinese)
- [2] 马耀辉, 李向东, 熊复慧. 五点法压水试验在阁山水库工程固结灌浆工程质量检测中的应用[J]. 水利科学与寒区工程, 2019, 2(1): 89—92. MA Y H, LI X D, XIONG F H. The application of the five point water pressure test in the quality inspection of the consolidation grouting project of the Geshan Reservoir project [J]. Water Conservancy Science and Cold Region Engineering, 2019, 2(1): 89—92. (In Chinese)
- [3] 国家电力公司水电建设工程质量监督总站. 水电工程设计基础[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003. General Station for Quality Supervision of Hydropower Construction Projects of State Power Corporation of China. Fundamentals of hydropower engineering design [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003. (In Chinese)
- [4] 刘强, 尹华安, 李瑞青. 溪洛渡水电站大坝基础固结灌浆设计[J]. 水电站设计, 2012, 28(4): 16—20. LIU Q, YIN H AN, LI R Q. Design of consolidation grouting for the dam foundation of Xiluodu hydropower station [J]. Hydropower Station Design, 2012, 28(4): 16—20. (In Chinese)
- [5] 肖白云. 溪洛渡电站设计中的重大技术问题研究(上) [J]. 中国三峡建设, 2004(02): 20—23. XIAO B Y. Research on major technical issues in the design of Xiluodu power station (Part 1) [J]. China Three Gorges Construction, 2004(02): 20—23. (In Chinese)
- [6] 曹万杰. 固结灌浆与帷幕灌浆在坝基处理中的应用 [J]. 河南水利与南水北调, 2019(4): 38—39. CAO W J. The application of consolidation grouting and curtain grouting in dam foundation treatment [J]. Henan Water Conservancy and South to North Water

Diversion, 2019(4):38—39. (In Chinese)

- [7] 沙椿, 黄泽孝. 溪洛渡水电站坝基固结灌浆试验检测 [J]. 水电站设计, 2003, 19(3): 65—69.  
SHA C, HUANG Z X. Consolidation grouting test and inspection of the dam foundation of Xiluodu Hydropower Station [J]. Hydropower Station Design, 2003, 19 (3): 65—69. (In Chinese)
- [8] 成都勘测设计研究院. 金沙江溪洛渡水电站工程区探

洞、施工通道封堵设计报告[R]. 成都: 中国水电顾问集团成都勘测设计研究院, 2007.

Chengdu Survey. Design and research institute design report on sealing of exploratory tunnels and construction channels in the Jinsha river Xiluodu hydropower station project area [R] Chengdu: China Hydroelectric Corporation Chengdu Survey, Design and Research Institute, 2007. (In Chinese)

## Discussion and application of quality inspection methods for exploratory tunnel sealing in hydropower station engineering Area

GE Bao, ZHANG Jiwei, WANG Yong, YAO Dewu

(Sichuan Hydropower Engineering Geophysical Exploration Co. LTD, Chengdu 610072, China)

**Abstract:** In hydropower plants, several cavities are placed in the dam site and plant area, some of which are connected to underground buildings or cross the seepage curtain line and dam foundation consolidation grouting area. During the construction process, all cavities are sealed according to the design requirements, especially near the dam's foundation and the curtain wall. Therefore, testing the quality of the cavities is an essential factor for the safe operation of the hydropower plant. In this paper, we use the Xiluodu hydropower plant as an example of the quality testing of the refuge blocking process and use a combination of borehole piezometric, test borehole panoramic image, single-hole acoustic, and core sample compressive testing methods to test the quality of the refuge blocking process. The above-mentioned comprehensive testing methods were used to obtain the quality evaluation indexes of the blocked section of the chamber and to eliminate the safety hazards by reprocessing, which is of reference for similar engineering problems.

**Keywords:** hydropower station; quality inspection of exploratory tunnel plugging; borehole panoramic image; drilling water pressure test; borehole acoustic wave; strength of cored samples