

· 水工建筑物设计与施工 ·

思林水电站地下厂房防渗和排水系统设计

吕 军, 后开祥, 李卫功

(中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 思林水电站地下厂房布置于右岸, 厂区内以可溶岩为主, 主要发育有 K_{29} 、 S_{64} 、 S_{j_1} 、 S_{j_2} 四个规模较大的喀斯特管道系统, 为地下厂房的施工及运行期内电气设备的运行带来不利影响。厂区防渗和排水系统设计遵循“外排为主, 内排为辅, 外围堵截自排, 厂内抽排”的原则: 设置防渗帷幕阻断山体岩溶水及防止河水反渗, 设置排水孔幕截排厂房周边渗漏水, 设置上层防渗排水廊道自流排出, 设置下层防渗排水廊道汇于厂房渗漏集水井抽排至厂外。采取以上措施后能有效降低地下厂房周边岩体的地下水, 保证地下厂房的正常运行。

关键词: 水利水电工程; 地下厂房; 喀斯特管道系统; 防渗及排水系统设计; 思林水电站

中图分类号: TV 731.6 TV 223.4 文献标志码: B 文章编号: 1007-0133(2008)04-0027-03

0 工程概况

思林水电站位于乌江中游, 坝址位于贵州省思南县城上游 23 km。思林水电站工程枢纽为 I 等大(1)型工程, 水库正常蓄水位 440 m, 相应库容为 12.05 亿 m^3 , 调节库容为 3.17 亿 m^3 , 防洪库容为 1.84 亿 m^3 , 电站装机 1 060 MW。枢纽由拦水建筑物、泄洪建筑物、引水发电系统、通航建筑物等组成。

工程地下厂房洞室群位于右岸山体内, 埋深 80~155 m, 距河岸约 120 m (坝肩未开挖前), 包括主厂房(含安装间)、主变室、母线洞等。主厂房轴线方位 $N 0^\circ W$, 长 177.8 m, 跨度 27 m; 主变室平行布于主厂房下游侧 36.6 m 处, 长 120 m, 跨度 16.3 m。

1 工程地质条件

思林水电站地下厂房处于塘头向斜倒转翼, 属单斜构造, 岩层产状为 $N 36^\circ \sim 45^\circ E / NW \angle 74^\circ \sim 83^\circ$, 无断层活动, 发育有 3 组裂隙和 f_{j_1} 、 f_{j_2} 两个层间错动; 地层主要有 $T_1 y^1$ 、 $T_1 y^{2-2-1}$ 、 $T_1 y^{2-2-2}$ 、 $T_1 y^{2-3-1}$ 、 $T_1 y^{2-3-2}$ 、 $T_1 y^3$ 。地下厂房洞室所处的 $T_1 y^2$ 灰岩为强可溶岩, 其上、下层受 $T_1 y^1$ 、 $T_1 y^3$ 非可溶岩和隔水岩层相夹, 形成独立的喀斯特含水系统, 发育有 K_{29} 落水洞和 S_{64} 、 S_{j_1} 、 S_{j_2} 四大喀斯特水系统, 现分述如下:

(1) K_{29} 落水洞系统。该系统为独立的竖井状溶洞, 发育于 $T_1 y^{2-2}$ 中厚~厚层灰岩中, 地表出露于右岸地下厂房地表近库岸 500 m 高程, 其下部为溶蚀裂隙, 洞口上方为一顺层发育的溶蚀沟槽, 该

系统在近河边与 S_{64} 喀斯特管道连通。

(2) S_{64} 喀斯特管道系统。该系统发育于 $T_1 y^{2-2}$ 层, 其补给区在后缘铜鼓坨一带, 上游分支管道 (S_{64-1}) 平面上顺层发育, 在河岸坝轴线附近排泄; 下游分支管道 (S_{64-2}) 平面上沿 J_1 分布, 在河岸消力池部位排泄。

(3) S_{j_1} 喀斯特管道系统。该系统顺 $T_1 y^{2-3-2}$ 岩层发育于铜鼓坨以远, 路径长, 以水平向管道为主, 在 4 号尾水隧洞边坡高程 382 m 出露于地表。该喀斯特管道发育高程较高, 在厂区分布于高程 395 m 以上。

(4) S_{j_2} 喀斯特管道系统。该系统顺层发育于 $T_1 y^{2-3-2}$ 层, 分布于 S_{j_1} 下游侧 33 m 左右, 与 S_{j_1} 属同层位。高高程喀斯特管道为早期的 S_{j_1} 岩溶管道, 未见出水, 低高程管道在 2 号尾水渠底板出露。

上述岩溶管道发育方向最初为顺岩层走向, 至河边 150 m 的岸坡地带呈网格状分布。从喀斯特发育规模方面分析, 喀斯特发育程度随深度的增加而减弱。思林水电站厂区喀斯特系统分布见图 1。

2 防渗和排水系统设计

2.1 防渗排水设计原则

根据思林水电站地下厂房工程的水文地质条件、布置特点和洞室结构及围岩稳定分析, 防渗排水设计采取“外排为主, 内排为辅, 外围堵截自排, 厂内抽排”的原则。防渗排水措施应能有效降低厂区地下水位及渗透压力, 以降低地下水对洞室围岩稳定的不利影响, 提高洞室围岩的稳定

收稿日期: 2008-06-02

作者简介: 吕 军(1967—), 男, 浙江省上虞市人, 高级工程师(教授级), 从事水利水电工程设计和技术管理工作。

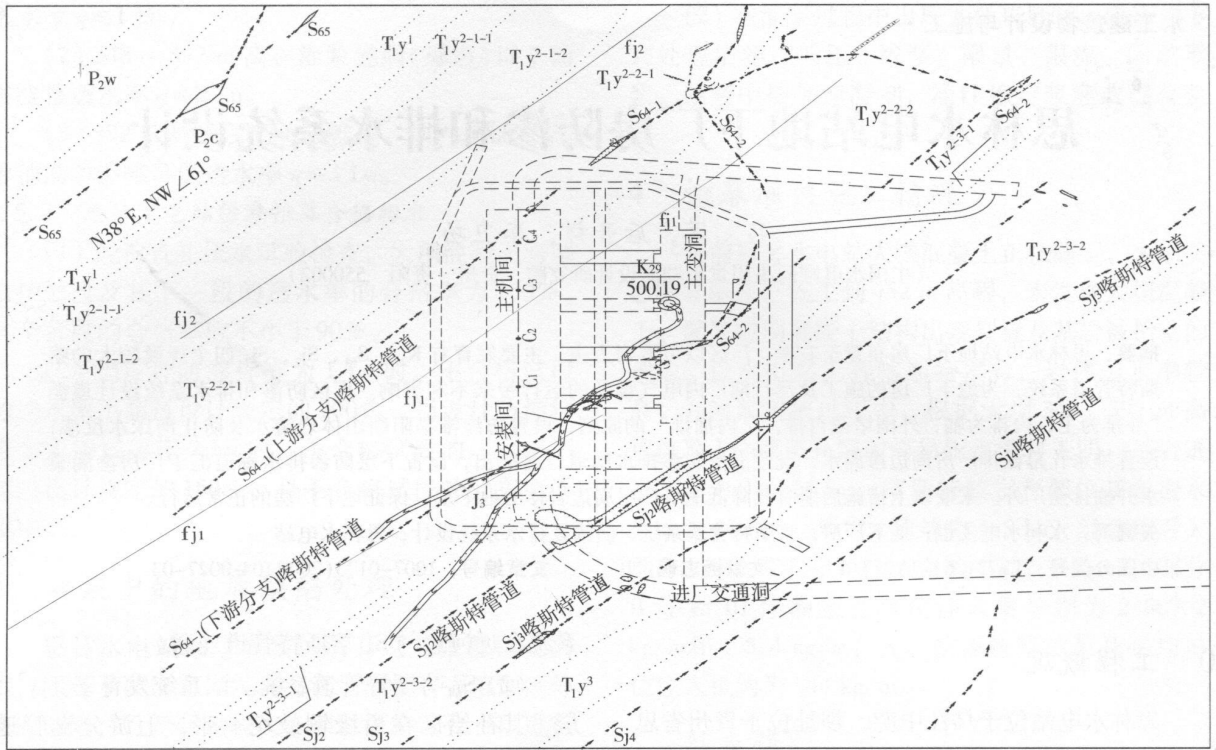


图 1 思林水电站地下厂房厂区喀斯特系统分布示意图

性；同时结构应简单以便于施工，且具有安全可靠、经济性好的特点。

2.2 防渗排水设计

根据《思林水电站右岸地下厂房施工期喀斯特涌水初步分析及预测》，地下厂房各部位设计频率涌排水量较大，厂内排水（厂内渗漏集水井抽排）系统不能完全承担涌水，必须在山体侧设置防渗帷幕，将厂外地下涌水抬高至高程 410m 进入上层排水廊道，且通过自排的方式流入乌江，从而分担地下厂房内约 40% 的涌水量，以保证厂内排水系统的正常运行。按线性比例关系计算地下厂房 10% 与 20% 概率相应涌、排水量见表 1。

表 1 思林水电站地下厂房设计频率涌、排水量预测

项目	频率		2006-06-05 实测值
	10%	20%	
高程 410 m 以下涌水量 / (L s ⁻¹)	344	268	130
外排水系统分担排水量 / (L s ⁻¹)	138	107	52
内排水系统分担排水量 / (L s ⁻¹)	206	161	78

根据思林水电站地下厂房防渗排水设计的原则，在主厂房上游侧及靠近山体侧设置 1 道一端与大坝右岸防渗帷幕相接，一端与九级滩隔水层相接的防渗帷幕，该帷幕由 2 层廊道（高程 410 m 和高程 368 m）实施，帷幕底线高程为 300 m，以阻断山体侧来水；在主厂房下游侧及靠近河床侧设置 1 道

防渗帷幕，该帷幕由底层灌浆廊道（高程 368 m）实施，帷幕底线高程为 300 m，在高程 368~300 m 范围与主厂房上游及靠近山体侧帷幕封闭以阻断河床水反渗。地下厂房周边帷幕的透水性要求小于 2 Lu。

为有效降低厂房周边的地下水位，除主厂房周边布置防渗帷幕外，还在厂房顶部及周边布置排水孔幕。在上层排水廊道顶部布置 Φ100 排水孔幕，排水孔幕在主厂房顶部形成封闭的排水幕体，使地表渗水通过排水孔汇入上层排水廊道，自排排至乌江；在上下层排水廊道间、防渗帷幕内侧布置 Φ100 排水孔幕，以形成封闭的排水幕体，使厂房周边山体渗水通过排水孔汇入下侧排水廊道，流入厂房渗漏集水井后抽排至乌江。排水廊道与相应的排水孔幕共同形成厂区封闭排水，使地下水位得以有效的降低。思林水电站地下厂房厂区防渗帷幕与排水系统横剖面见图 2。

由于思林水电站地下厂房围岩渗水性很不均匀，在厂房和主变室的边墙和顶拱部位布置排水孔（孔径 Φ50 mm，孔深 8 m，间排距 4.5 m × 4.5 m），则厂房内的渗水经排水沟、预埋管等厂内排水网络汇集至厂内渗漏集水井，用深井泵抽排至乌江，形成厂内排水系统；同时，为解决厂房边墙因渗透水而引起的潮湿结露问题，在其四周设置防潮隔墙，并与厂房吊顶连接形成厂内防潮体系。

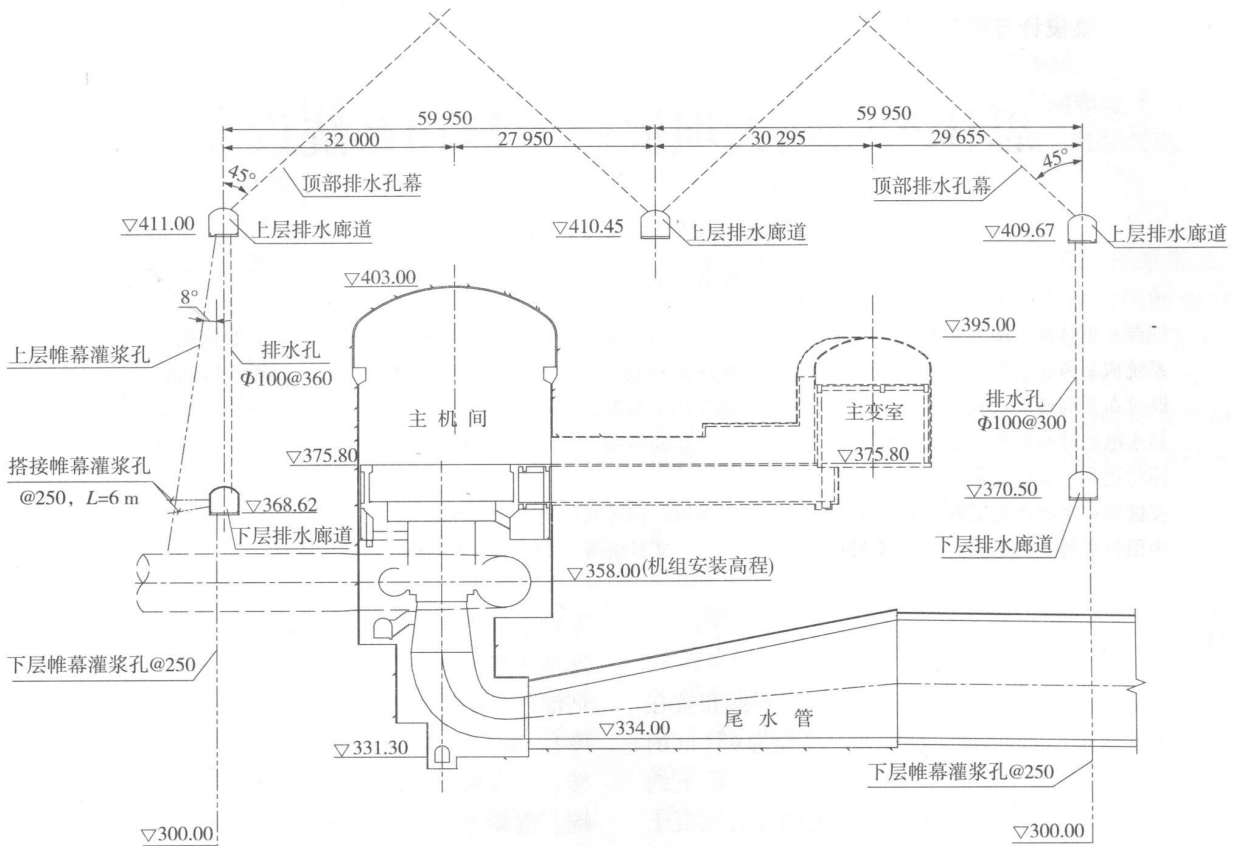


图 2 思林水电站地下厂房防渗与排水系统横剖面示意图 (单位: 高程为 m, 其余为 mm)

2.3 喀斯特处理设计

思林水电站地下厂房厂区内发育有 K_{29} 落水洞和 S_{54} 、 S_{j_1} 、 S_{j_2} 四大喀斯特水系统, 对地下厂房施工及后期运行带来不利影响, 设计针对各个喀斯特系统进行了专门的处理设计。

(1) K_{29} 落水洞处理。结合开关站修建对落水洞、溶沟、溶槽实施封堵, 地表作防渗处理。

(2) S_{54} 喀斯特系统处理。该喀斯特系统于厂内在厂房安装间上游边墙 (厂横 0+50 m)、集水井、上游边墙 (厂横 0+92.00 m)、北端墙、排风洞 (桩号 0+154~0+165 m)、1号母线洞、主变室 (厂横 0+010.00~0+045.00 m) 及尾水隧洞等多处出露, 其溶洞空腔与管道涌水对地下洞室的围岩稳定和地下厂房工作面产生极大的不利影响。施工期对该系统揭露的溶洞实施了混凝土回填、回填灌浆、固结灌浆、锚索加固及河床出口封堵等措施, 以减少该喀斯特管道对地下厂房洞室的影响。

(3) S_{j_1} 喀斯特系统处理。该喀斯特系统在厂内主要于上层排水廊道桩号 0+239 m 及 0+114 m 及尾水隧洞内揭露, 其中, 上层排水廊道揭露的喀斯特管道汛期水量大、危害大, 设计处理时一方面

在出露处布置追踪洞对管道源头进行追踪, 另一方面对该处主管道进行混凝土回填封堵并结合防渗帷幕将 S_{j_1} 喀斯特管道的来水抬升至高程 410 m 经排水廊道自流排出; 对尾水边坡出口揭露的喀斯特管道可结合贴坡混凝土一起封堵, 以防止河水倒灌。

(4) S_{j_2} 喀斯特系统。该喀斯特系统分布于 S_{j_1} 喀斯特系统下游侧 33 m 左右, 主要在进厂交通洞、主变交通洞、下层排水廊道揭露, 该管道系统水量较小, 对地下洞室影响不大。

另外, 对厂房、主变室顶拱集中出水点, 利用上层排水廊道在集中出水点上方布置追踪洞, 截排厂房、主变室顶拱渗漏水。

3 结束语

思林水电站水文与工程地质条件较为复杂, 地下厂房采取了外侧设置防渗帷幕、靠近厂房侧设置周边封闭排水孔幕、洞室周边设置排水廊道的综合系统防渗排水措施, 这种“外排为主, 内排为辅, 外围堵截自排, 厂内抽排”的系统防渗措施, 能有效地降低地下厂房周边岩体的地下水位, 保证地下厂房的正常运行。