

白鹤滩水电站地下厂房玄武岩围岩稳定控制关键技术

The basalt surrounding rock stability control of underground powerhouse of Baihetan hydropower station

陈建林 万祥兵 方丹 李良权 补约依呷

Chen jianlin Wan xiangbin Fang dan Li liangquan Buyue yiga

(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 杭州 311122)

(Powerchina Huadong Engineering Co., Ltd., Hangzhou 311122, China)

摘要: 白鹤滩水电站地下厂房洞室群规模巨大, 地应力高, 玄武岩坚硬性脆、隐裂隙发育, 围岩主要表现出高应力硬脆岩体破裂及大变形稳定问题。在对白鹤滩地下厂房地应力特征、围岩结构特征和力学特征分析的基础上, 结合数值分析成果和围岩实际开挖响应, 对围岩变形、破坏形式及应对措施进行了系统总结。并根据围岩变形、破坏特征, 提出应对高应力破坏的围岩稳定控制原则, 以及布置设计、开挖支护设计和工程对策。

白鹤滩地下厂房脆性玄武岩高应力破坏具有如下特征: (1) 高应力破坏风险区, 主要位于顶拱和直立边墙的墙角部位, 受河谷应力场影响, 使得临江侧拱肩和非临江侧边墙墙角部位围岩的应力型破坏程度更为突出。(2) 高应力破坏时效特征明显。有 2 种表现形式, 一种是围岩强度保持一定, 但由于开挖引起的围岩二次应力场应力水平逐步增高, 进而引起围岩脆性破坏的发展。另一种是, 应力状态恒定时, 岩体力学性能随时间蜕化, 或岩体强度随围压减小而降低, 从而引起围岩脆性破坏的发展。(3) 围岩局部深层破裂。当深层围岩局部应力异常区应力水平达到该处岩体强度时, 在开挖扰动或应力波动等因素的诱发下, 则可能触发围岩深层的脆性破裂, 在宏观上表现为局部深部岩体的变形和局部声波波速的降低。

(4) 围岩破裂大变形。高地应力环境下, 地下洞室围岩变形有较大一部分是由围岩破裂产生的变形, 因此围岩总体变形量值一般比低地应力环境下的地下洞室围岩变形量值大。高地应力环境下, 洞室的支护设计除了解决常规的问题外, 更重要的是以控制围岩的开裂、破裂扩展以及由其引起的围岩破裂大变形, 以满足地下厂房对生产空间的功能需求。

根据白鹤滩脆性玄武岩高应力破坏特征, 提出如下的处理原则: (1) 充分发挥围岩自承能力。(2) 预调控围岩状态。(3) 合理开挖减少应力叠加。(4) 快速恢复初期围压, 分序支护分期加强。(5) 主动控制围岩破裂变形, 限制浅层松弛开裂与控制深层破裂变形组合、瞬态变形与时效变形组合控制。在充分理解各支护结构功能的基础上, 根据白鹤滩地下厂房玄武岩的高应力破坏特征, 提出适应高地应力低启裂强度脆性玄武岩的支护体系, 包括初喷, 系统锚杆, 系统挂钢筋网、钢筋拱肋, 复喷, 系统预应力锚索、框格梁等组成单元。高应力破裂引起的岩体鼓胀变形高度依赖于围岩围压, 因此限制玄武岩开裂、裂纹扩展, 最为重要的手段是提高支护体系对围岩的侧限压力, 并且主动的控制会起到事半功倍的效果。高地应力脆性玄武岩支护体系中, 初喷和预应力锚杆快速实施以形成初期围压, 对限制浅层围岩破裂作用明显。浅层和深层支护结构形成有效连接的整体, 做到限制浅层松弛开裂与控制深层破裂变形组合, 瞬态变形与时效变形的组合控制。针对厂房顶拱、岩梁壁座及机坑隔墩等关键部位的围岩破裂松弛问题, 厂房顶拱采取了预实施厂顶锚固观测洞调控围岩状态, 厂房顶拱合理开挖减少应力叠加, 结合厂房下挖过程中顶拱应力水平的演化阶段, 合理分期实施, 逐步加强, 逐步提高对围岩的侧限压力限制围岩破裂时效性扩展; 岩梁壁座采取了预留保护层、采取树脂锚杆和锁口锚杆支护等预调控措施, 合理的开挖分

区减少应力叠加，岩梁壁座开挖后，在壁座直面上布置系统预应力锚索，向围岩提供主动压力，一方面是加强壁座稳定，另一方面是替代纳米钢纤维和预应力锚杆，起到限制岩梁壁座围岩破裂松弛；机墩隔墙采取了预锚固和预固结灌浆来调控围岩状态，通过间隔开挖和系统对穿锚索来限制围岩破裂松弛。

提出的高地应力玄武岩脆性破坏处理原则、支护体系和针对性工程措施较好的限制了白鹤滩地下厂房围岩高应力破坏问题。白鹤滩地下厂房的顺利实施和围岩变形稳定，表明了采用的围岩稳定控制原则、技术和方法的合理性，可为类似工程提供有益参考。

关键词：岩石力学；地下厂房；围岩稳定；高地应力；白鹤滩水电站