

超百米深厚覆盖层坝基防渗技术研究国际动态调研

监测中心 赵卫全, 符平, 张金接, 周建华

深厚覆盖层成因类型复杂, 主要由漂卵砾石、块碎石、粉细砂等组成, 具有结构松散、颗粒组成偏粗大、岩层不连续、透水性强等特性, 在水平和垂直两个方向上均有较大变化, 物理力学性质呈现较大的不均匀性, 是一种地质条件较差且复杂的地基。在深厚覆盖层上修建大坝存在较多的技术难题, 如坝基土体的工程地质特性及建坝适应性、坝基渗漏、坝基变形、抗渗稳定及抗震液化稳定等。坝基的渗流控制及防渗型式的选择对在深厚覆盖层上建坝至关重要。同时, 对于深厚覆盖层坝基, 对防渗施工技术、施工机械、施工工艺等方面也提出了更高的要求, 其施工难度、施工复杂性和施工强度较一般岩石地基更高。

随着我国水电建设的开发, 超过 100m 的深厚覆盖层坝基越来越多, 坝基防渗处理方案直接关系到工程建设的投资, 处理效果直接影响到工程的安全运行和工程效益, 且随着覆盖层厚度的增加, 坝基防渗处理的技术难度和防渗施工费用也成倍增加。

本项目调研分析了深厚覆盖层成因及特点、深厚覆盖层坝基渗流及控制措施、深厚覆盖层坝基防渗的主要技术问题、国内外部分典型的超百米深厚覆盖层坝基（西藏旁多水利枢纽、新疆下坂地水库、四川黄金平水电站、埃及阿斯旺坝及加拿大马尼克 3 号坝）的防渗结构型式及防渗处理效果。主要调研成果如下：

（1）深厚覆盖层坝基的防渗处理一般采用水平铺盖防渗和垂直防渗两种形式。巴基斯坦塔贝拉坝最大坝高 147m, 最大覆盖层厚度 230m, 采用 2800m 水平铺盖防渗, 而我国的深厚覆盖层坝基多采用垂直防渗。

（2）垂直防渗常采用混凝土防渗墙、帷幕灌浆或墙幕结合方案。国外最深的混凝土防渗墙是加拿大的马尼克 3 号坝（最大坝高 107m、最大覆盖层深度 130.4m），防渗墙最大处理深度 131m。埃及的 Aswan 坝采用了 15 排水泥黏土灌浆孔, 最大孔深 250m。我国还没有单独采用帷幕灌浆作为百米深厚覆盖层坝基的主要渗控措施, 而多采用全封闭防渗墙（黄金坪水电站、泸定水电站、香河水电站等）、悬挂防渗墙（西藏旁多水电站、冶勒水电站）或墙幕结合防渗（新疆下坂地水库、新疆托帕水库等）。

(3) 我国的超百米深厚覆盖层防渗墙技术已处于世界先进水平，特别是高寒和高海拔地区防渗墙施工技术已达到国际领先，如旁多水电站防渗墙深度 150m、试验深度 201m，均为世界之最。

(4) 超百米深厚覆盖层坝基防渗采用混凝土防渗墙全墙防渗方案、防渗墙悬挂防渗方案及“上墙下幕”联合防渗方案均是可行的，应根据深厚覆盖层坝基的防渗控制方案、具体工程的地形地质条件、工程施工难度、环境影响以及投资造价等因素综合决定。

(5) 从局部渗透稳定的角度出发考虑，有限深度承压透水层中防渗墙的深度并非越深越好，而是存在最优深度。防渗墙太深，反而导致防渗墙端部渗透坡降增大。若覆盖层的颗粒级配不良，易出现局部渗透破坏，发生内管涌等现象。局部渗透破坏，有时可能不会导致整体渗透破坏，但在防渗墙底部的局部渗透失稳将造成墙底部的空洞，易造成防渗墙这种薄板结构局部变形不协调，甚至出现裂缝。建议进一步加强超百米深厚覆盖层防渗墙的深度、厚度优化等研究。

(6) 深厚覆盖层坝基的防渗连接结构与基岩坝基有较大不同，岸坡基岩地基与河床覆盖层地基上的坝体防渗结构、坝基廊道、覆盖层中的防渗墙等防渗结构之间存在不均匀变形和应力不连续变化情况。另外，防渗墙底部存渣厚度对防渗墙应力的影响、不同连接形式的防渗墙顶部受力状态、何种条件下可以采用低弹性模量塑性混凝土、防渗墙是否需要配筋及配筋范围和配筋量、超深防渗墙槽段接头拔管脱模时机的控制等缺乏较为系统的研究和相关结论。这和我国深厚覆盖层坝工建设的快速发展不太适应，有待进行进一步系统研究，以便做好结构设计，确保防渗结构的安全。

(7) 墙幕结合的防渗技术也存在诸多不足，如作为防渗薄弱环节的墙幕搭接长度问题，防渗墙合理深度的确定问题均没有统一的解决办法，缺乏针对性的计算分析。

(8) 超百米深厚覆盖层防渗以往多侧重于施工技术方面的研究，今后的工作重点应是运用理论分析、数值模拟和试验研究等手段深入分析各个典型工程的防渗机制，探索更加合理的深厚覆盖层地基渗流控制措施。