



陈厚群,江苏无锡人,中国工程院院士。中国水利水电科学研究院抗震中心教授级高级工程师,长期致力于水工结构振动研究。现任国际大坝委员会地震专委会副主席,水利部科学技术委员会委员,中国大坝协会常务理事,中国水利学会名誉理事,中国水力发电学会抗震防灾专委会名誉主任,中国振动工程学会常务理事。

卷首语 Foreword

科技导报 2011,29 (19)

科学认知高坝抗震安全

水电建设中的高坝大库是我国基础设施建设中的重要组成部分。我国的水能资源位居世界之首,水电作为可再生清洁能源,是集国土整治、河流开发、防洪抗旱、优化能源结构、地区经济振兴、扶贫、生态改善于一体的可持续工程,是减少煤电改善能源结构的主力。高坝大库在调节性能好、装机容量大、综合效益高的水电工程建设中,具有无可替代的重大作用。因此,在充分重视移民安置、生态和环境影响的前提下,积极有序地进行水库大坝建设是切合我国国情和为社会经济发展所急需,是我国基础设施建设中不可或缺的重要组成部分。

震情严峻是我国高坝建设中必须面对的基本国情。我国是一个多地震国家。西部地区是我国主要地震区,地震的强度和发震频度都很高。我国大江大河的源头和约 80% 的水能资源集中在西部高山崇岭的陡峻河谷中,其地形地质条件适宜于修建移民淹地相对较少而调节性能好的高坝大库。但西部高坝大库场址所处陡峻河谷,大多和区域性地质构造关联,因而西部水电建设中的高坝大库难以避让高地震区。所以,震情严峻是我国高坝建设中难以避让而必须面对的又一个基本国情。因此,在我国高坝大库的建设中,凸现防止地震灾变、确保抗震安全的战略重要性。高坝大库防止地震灾变的研究,是关系我国经济社会发展全局的防灾减灾重大工作中的重要内容,也是我国水利水电建设中的一个必须面对的前沿性关键技术问题。

对我国强震区修建高坝的地震风险评估。世界不少多地震国家,在地震区都修建有众多高坝。迄今,虽有一些高坝在强震中遭受局部损害,但尚无因地震溃坝的灾变实例。在我国 2008 年的汶川大地震中,各类大坝总体上经受住了特大地震的考验。震区的众多中小型水坝虽有不同程度可修复的震害,但无一垮坝。近震区 4 个不同类型百米以上高坝,虽经受超设计水准的强震,但均保持了结构整体稳定和挡水功能。因此,可以认为:凡按规范进行抗震设计、施工质量良好和运行管理规范的大坝,其抗震安全一般是有保障的。因此,在我国西部强震区修建高坝大库不仅是必要的,也是可行的。

近来水库地震问题作为对环境影响的另一个风险因素,也深受社会关注。迄今,在全球为数众多的水库中,因水库蓄水引发水库地震的事例所占比率极小,并非修建高坝大库就一定会引发水库地震。对水库地震的成因机制,目前较为普遍的共识是库水的渗透是主要因素。至于库水重量,即使是百米以上的高坝,水体自重对地表以下数公里震源处的岩体应力场影响,与岩体自重影响相比,是微不足道的。水库地震大致可区分为两种类型:一类是与岩溶、矿洞和包括构造表层在内的地表岩体应力调整有关,而与构造深部能量释放的发震断层无直接关联的“非构造型”的浅层微震。这类水库地震一般都在水库蓄水或水位变动较大后不久发生,常与水位有一定的相关性。其最大震级不会超过 3—4 级,对工程和库区不致造成危害。已有的绝大多数水库地震都属此类型。另一类是与发震断层关联的“构造型”水库地震。其发生的必要水文和地震地质条件为:库区或其邻近(5—10km)地区内存在发震断层,且其已处于临界变形状态,而库区又存在库水向岩层深部渗透的条件。因而这类水库地震为数极少,且因库水的渗透只起触发作用,就不可能超过被触发断层的固有震级。今全球水库地震震级超过 6 级的仅有 4 例,最高震级为 6.5 级。

对高坝抗震安全既要有信心,又不能掉以轻心。中国对大坝抗震安全很重视,主要反映在两个方面;首先,高坝工程按 5 千年一遇的地震设防,要求只发生可修复的局部损伤。其次,对重大的高坝工程,还要求按照不小于 1 万年一遇的极限地震进行校核,以保证其不发生导致下游严重次生灾害的地震灾变。此外,近年来,在我国水利水电建设迅速发展的推动下,大坝抗震研究取得了一系列前沿性的进展。再加上包括汶川地震在内的国内外已有强震中的大坝震例,都增强了在我国西部强震区修建高坝大库的信心。但另一方面也应当看到,300m 级高坝大库工程的极端复杂性,以及地震预测的很大不确定性。并且遭受过强震的大坝震例毕竟较少,目前中国在西部强地震区建设的一系列具有 300m 级高坝大库工程,迄今国内外都既缺乏工程实践先例,更无遭受震害实例。因此,对于在我国强震区修建 300m 级高坝大库的抗震安全应当科学认知,既不能因噎废食,也决不能掉以轻心。必须围绕“在极限地震下不发生导致下游严重次生灾害的地震灾变”的战略重点,继续开展深化研究,并以合理确定最大可信地震及深入研究各类坝体损伤溃决机理及其定量判别准则为主要研究内容。

陈厚群

(中国水利水电科学研究院,北京 100038)