



任务来源：国家“七五”科技攻关项目

完成时间：1986—1989年

获奖情况：1992年度国家科学技术进步三等奖

## 重力拱坝变形过程及转异特征研究

本项目结合黄河上游龙羊峡水电站重力拱坝进行科技攻关研究。龙羊峡水电站是我国“七五”期间在建水电工程中最高最大的重力拱坝，最大坝高175m。坝址区地质构造异常复杂，北北西、北西向压扭性断裂和北东向张扭性断裂构成坝区构造骨架，对拱坝坝肩稳定非常不利。主要工程地质问题有：①左坝肩上游紧贴坝轴线的伟晶岩劈理带 $G_1$ 在坝头推力作用下，承受拉剪作用，可能产生过分拉裂和反时针方向的相对剪切位移，使库水进入拉裂区，对下游坝肩岩体的稳定产生不利影响；②受坝头推力作用，近坝头地区的大断层可能产生较大的压缩变形，导致拱端和坝体严重拉裂破坏；③在外力作用下，两岸坝肩岩体是否会沿特定的结构面滑移而失稳也是一个存在的工程地质问题。这3个问题相互关联，互有影响，使龙羊峡重力拱坝及坝肩的变形、应力和稳定分析问题成为龙羊峡水电站枢纽能否安全运行并发挥其正常经济效益的关键技术问题。针对以上3个工程地质问题，本研究项目利用中国水利水电科学研究院自主开发的三维非线性有限元程序TNOL-02，研究了重力拱坝变形过程及转异特征；近坝断裂深层变形过程及坝肩稳定转异特征；左坝肩坝踵 $G_1$ 开裂及其集中渗漏预警。

### 主要技术创新

TNOL-02程序为三维弹塑性有限元程序，可以求解具有复杂地质构造的岩体（包括混凝土）材料的静力数值分析问题。该程序采用了空间定向破坏单元、非定向破坏单元等来模拟坝址区复杂的地质构造。龙羊峡坝址区地质条件特别复杂，为尽可能真实地模拟地质构造，计算分析中共模拟实际构造面10条，并隐含模拟了3组正交节理裂隙，材料种类达78种，当时与国内外同类工作相比，居于前列。为研究 $G_1$ 开裂条件下的坝体及两岸坝肩岩体变形过程，共进行4组三维渗流场和应力场互为计算条件的耦合追踪计算，这样的复杂算例当时在国内外尚不多见。

### 推广应用情况

本科技攻关项目完成之后，利用TNOL-02三维弹塑性有限元程序又进行了多个水利水电工程的计算分析，其中包括石门拱坝应力、渗流及稳定综合分析，云河拱坝和坝肩岩体三维非线性有限元分析，黄河小浪底进口边坡稳定分析，三峡升船机上闸首结构分析等多项水利水电工程。

完成单位：中国水利水电科学研究院、西北勘测设计院

主要完成人员：耿克勤、吴永平、包煜君、邵长明、王小润

联系人：耿克勤、吴永平

联系电话：010-68786547

邮箱地址：gengkq@gxed.com、wuyyp@iwhr.com