

金龙山地区滑坡综合观测研究进展

金龙山地区位于四川攀枝花市二滩,属横断山脉中段,海拔1000—2700米。重点研究区在海拔1730米以下,面积约1.3平方公里。本区南缘为雅砻江(由北西向南东流过境)。区内属一顺向坡(坡向 210° ,坡度约 30°),地层呈单斜(倾向南,倾角 35°),坡体的蠕滑方向或滑动方向主要为 210° — 220° 。

本区属东南季风气候区。区内年均温 9.5 — 20.5°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2500 — 7500°C ,年降水量 800 — 1400 毫米;干湿季分明,降雨集中于 6 — 9 月(其间降雨量占年降水量的 80% 以上)。自然环境垂直分异明显,基带(海拔 1200 米以下)属亚热带干热河谷。

金龙山地区为汉彝聚居区,南距攀枝花市约 20 公里,有大件公路相通,交通甚便。

本区东侧以金龙沟一沟之隔,与二滩水电站坝区为邻,距水电站坝轴线 570 米。区内还有攀枝花钢铁公司二滩粘土矿(简称攀钢二滩粘土矿)。

二滩水电站——我国目前在建的最大水电站,坝高 240 米,装机容量 330 万千瓦,年发电量 170 亿千瓦时。

金龙山地区的滑坡稳定性直接攸关二滩水电站的建设和建成后的正常运营,还影响攀钢二滩粘土矿的生产安全。

1980 — 1983 年,为配合重点项目《雅砻江二滩水力开发可行性若干问题的综合研究》,中国科学院成都地理研究所(现称中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)派员完成了子课题《金龙山地区滑坡稳定性研究》。

1985 年经中国科学院地学部(现称资源环境局)批准,在二滩建立金龙山滑坡观测试验站(以下简称滑坡观测站)。该站隶属中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所。

滑坡观测站的研究方向是:以金龙山地区滑坡为中心,以攀(枝花)西(昌)地区滑坡为面,以点带面开展滑坡综合观测研究。

滑坡观测站研究内容包括:1.探索滑坡的区域分布特征和发育规律;2.研究滑坡观测原理和滑坡预测预报的理论、方法体系;3.建立滑坡遥测系统、滑坡监测预警点和滑坡数据库;4.提出区域性滑坡的宏观对策,以及制定重点滑坡的治理方案。

建立滑坡观测站的目的:1.为二滩水电站建设、运营安全和攀西地区经济建设提供科学依据;2.促进防灾减灾工作;3.为定性与定量相结合研究滑坡提供一个实例。

站上的研究课题已有:1.金龙山地区滑坡的动态观测及发展趋势;2.金龙山地区滑坡形成条件;3.二滩水库对金龙山地区滑坡稳定性的影响;4.金龙山及其邻区滑坡防治措施;5.金龙沟泥石流防治措施;6.滑坡观测的方法及仪器;7.观测资料的综合管理和滑坡数据库;8.金龙山谷坡变形监测系统设计;9.邻区滑坡监测预警系统设计。

建站以来,在中国科学院和中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所直接领导

下,在二滩水电开发公司,能源部、水利部成都勘测设计院,中国人民解放军 00300 部队,攀钢二滩粘土矿等兄弟单位的支持下,经滑坡观测站全体科技人员的共同努力,业已完成金龙山地区滑坡观测研究的前期工作,并取得一批成果,兹略述如后。

1. 金龙山地区具备滑坡发育的基本条件,已发育有性质、阶段、运动变形状况均不同的,规模不一的新老滑坡群。控制滑坡发育的主滑控制面(滑动优势面)是,沿下二叠统阳新组灰岩顶底面或上二叠统峨眉山组玄武岩的似层面发育的层间错动面与中缓倾角裂隙。据滑坡的形成条件、发育阶段和运动变形状况不同,将全区分分为 I, II, III 三个区。

I 区是多级古滑坡区(体积约 200 万立方米)。到水库运营期,区内松散滑坡堆积体因饱水而较有可能出现牵引式复活,但对水电站的施工和运营不会造成灾害性事故。

II 区是一个巨厚层蠕滑体(体积约 2000 万立方米)。目前它正处于滑坡形成的初期阶段。到水库运营期,位于 II 区前段的油库古滑坡将大部被淹,其内部水文工程地质条件和岩土体物理力学性质大为改变;水位消落时强大的地下水静动水压力可能会导致油库古滑坡复活,促使 II 区蠕滑加剧,稳定性降低,这对水电站安全运营有潜在威胁。

III 区的深层岩体是稳定的,浅-表层残坡积层滑坡对水电站无多大影响。

2. 拱溃(屈曲)型顺层岩质滑坡是由岩层层面向与斜坡坡面坡向基本一致、岩层倾角与斜坡坡度大致相等的薄至中厚层状碳酸盐类岩石、砂岩及片状混合岩类,在重力作用下逐层拱起而成。这类滑坡的主滑控制面为岩层层面。

滑面主滑段与抗滑段的长度之比 $>2.5:1.0$ 。坡面平均坡度 $30^{\circ}-45^{\circ}$ 。滑面随岩层逐层拱起而由表及里逐层转移,最后从最大矢高点处剪出。滑体规模巨大,前后缘间的高度 >200 米,方量数十万至几千万立方米,具突发性。该类滑坡为典型的推动式顺层岩质滑坡,经历蠕滑 \rightarrow 滑动 \rightarrow 剧滑三个阶段。

3. 斜坡发育过程中,正倾岩层的屈曲变形和水平岩层的塑性流动,受坡体内最小主应力 σ_3 梯度(应力差)作用。 σ_3 效应主要呈现有:屈曲(拱溃)滑坡和挤出型块体滑坡。

坡体内部正倾岩层的长度与厚度之比达到极限值($>200:1$)者,斜坡坡脚处的一段岩层底面,在后段岩层重力分力 σ_1 的作用下,便会呈现最小主应力 σ_3 ,其向上(即向斜坡表面)顶推上覆岩层,而使坡脚岩层产生一个挠度,由此发展成屈曲(拱溃)滑坡。

斜坡坡脚处,水平层状粘土层或软岩层上覆水平层状坚硬岩层,一侧(外侧)为无限侧,临空,属自由空间。该侧的岩土体在上覆坚硬岩层均布重力的作用下,可自由膨胀,故 $\sigma_3=0$ 。与之相对应的另一侧(内侧)为有限侧,由于受到连续岩土体的阻制,就不能自由膨胀,生成侧向应力,故 $\sigma_3 \neq 0$ 。由此在两个侧限间存在着最小主应力 σ_3 差(即 σ_3 梯度)。这使内侧的岩土体缓慢地向外侧挤出,上覆坚硬岩层呈块体随下伏岩土体一起蠕动,便生成挤出型块体滑坡。

4. 滑体的运动变形状况是建立滑坡观测系统的主要依据。前者受控于滑面的类型。滑面的类型不同,滑体观测重点就有差别。

1) 直线型滑面上的滑体作整体运动,运动具等效性,变形微弱,观测重点在地表位移。

2) 折线型滑面上的滑体亦作整体运动,变形较强,观测重点在滑体的后段和深部。

3) 凹弧型滑面上滑体作整体旋转运动,变形明显,观测重点在滑体后缘和前缘。

4)凸弧型滑面上滑体作破碎旋转运动,变形较明显,观测重点在滑体后缘和剪出口。

5)复合型滑面上滑体作分级分块运动,变形强烈,宜作综合观测。

5. 为定量地掌握金龙山地区滑坡的运动变形状况,并研究滑坡发展趋势、滑坡预报体系和制定滑坡防治措施,为确保二滩水电站的建设和运营安全,1987—1990 年设计并建立了一个比较完善的滑坡综合观测系统。

目前该系统已开展的 8 个观测项目是:1)滑体水平位移;2)滑体垂直位移;3)节理裂隙开闭;4)软弱结构面或滑面剪切位移;5)滑体倾斜;6)钻孔倾斜;7)地下水常规要素(水位、流量、水温等);8)气象常规要素(降水量、气温等)。

6. 自行研制成 HP-2 型滑坡遥测系统。该系统以恒流式静态应变仪为主机,配接一位微处理器和 IBM PC/XT 或 PC-1500A 计算机。整个系统可用作分散设点集中遥测数据和测值远传,以促进滑坡研究的定量化。本系统既能控制多点巡回检测、定点检测、工作状态和通道号显示,亦能控制应变仪以半桥或全桥测量方式工作,又能控制采样时间等。1987—1990 年运行结果表明,这个系统的工作状态稳定可靠。

7. 滑坡数据库系统已初具规模。滑坡数据库系统以滑坡综合观测系统的 8 个观测项目作为 8 个子库,对各个项目所获得的数据进行综合管理,数据采集、预处理、存贮和检索、统计分析、绘制图表等的功能都很强。

8. 对滑坡预报的内容及实现途径作了探索,编制了中国(陆上)滑坡发育区划图(1:1200 万)和滑坡事件(I 级数据库)报告单;在滑坡地表位移观测中,用 Fredericfon 法确定最佳变形场,取得满意的效果。

至 1991 年底,滑坡观测站已获得观测数据 3 万余个。获得国家实用新型发明专利的滑坡仪器 3 项:袖珍恒流式遥测应变仪,中国专利号:88212764.0;滑坡多参量管式传感器,中国专利号:88212730.6;滑坡位移传感器锁定检测器,中国专利号:88212781.0。这些滑坡观测仪器已在国内和朝鲜民主主义人民共和国使用。

《山地研究》编辑部与本站合编的这个专辑仅反映了上列成果的一部分,下余部分容日后再找机会刊出。

本专辑中,不同的作者对有些术语的理解略有差异,本着求大同存小异的原则未予硬性统一,留待日后在实践中解决。

现有三个图件在数篇文章中是共用的,故于刊前以插页形式附之。

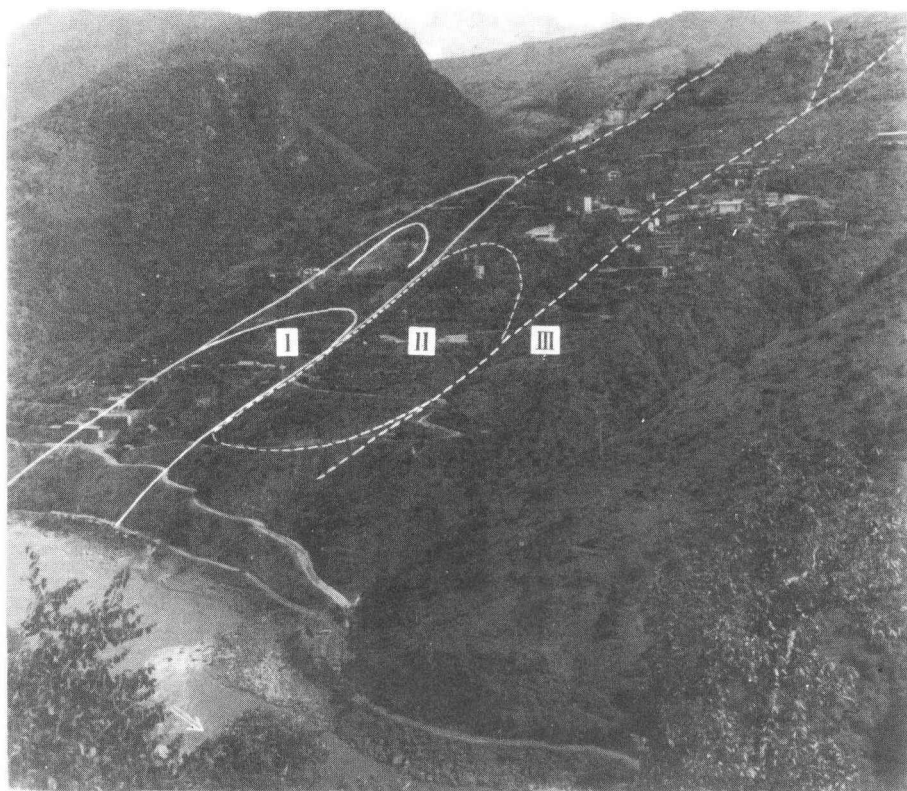
金龙山滑坡观测试验站 李 沛

RESEARCH PROGRESSES OF LANDSLIDE INTEGRATED OBSERVATION IN JINLONGSHAN REGION

Jinlongshan region with 1000m to 2700m in elevation is located at Ertan, north of Panzhihua City, Sichuan Province. The key studing area of about 1.3km² is below 1730m in elevation. The south margent of the Jinlongshan Mountain is cutting by the Yalongjiang River. The slopes in the

金龙山滑坡观测试验站

Jinlongshan Landslide Observation and Test Station



照片1 金龙山地区滑坡全景



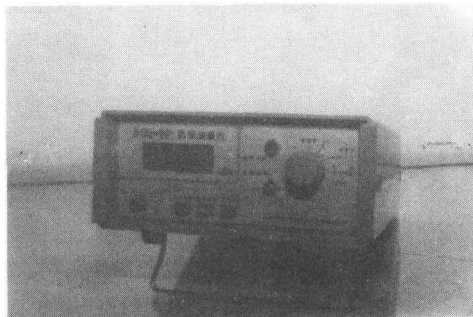
照片2 金龙山滑坡观测试验站



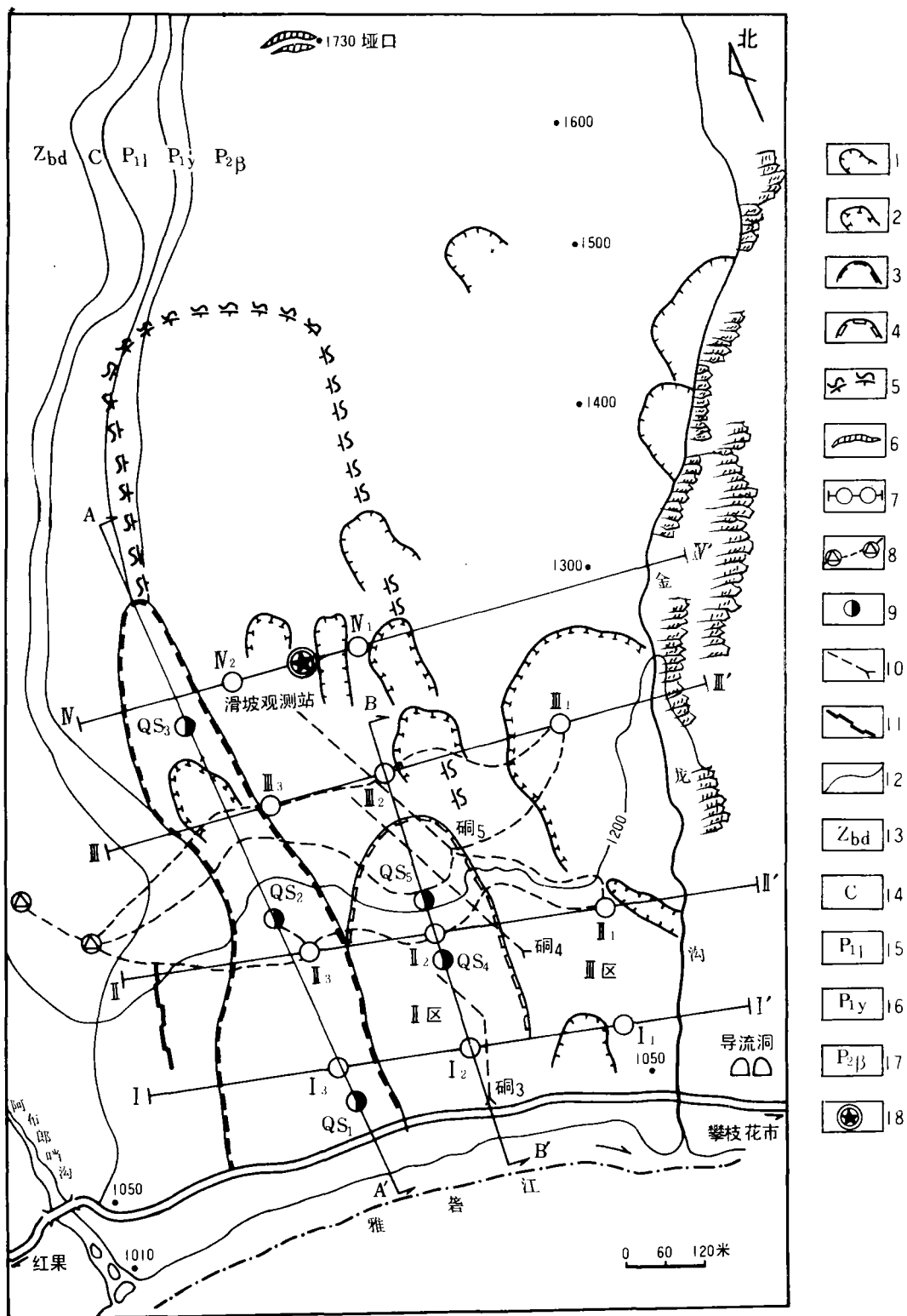
照片3 滑坡监测系统控制室



照片4 HP-2型滑坡监测系统



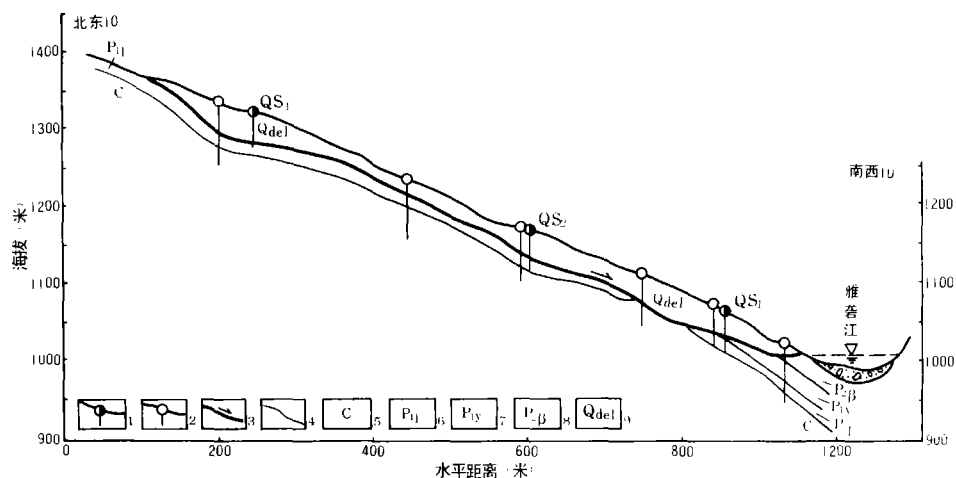
照片5 HA-1P(滑坡)数据测量仪



金龙山地区滑坡平面图

A landslide map of Jinlongshan region

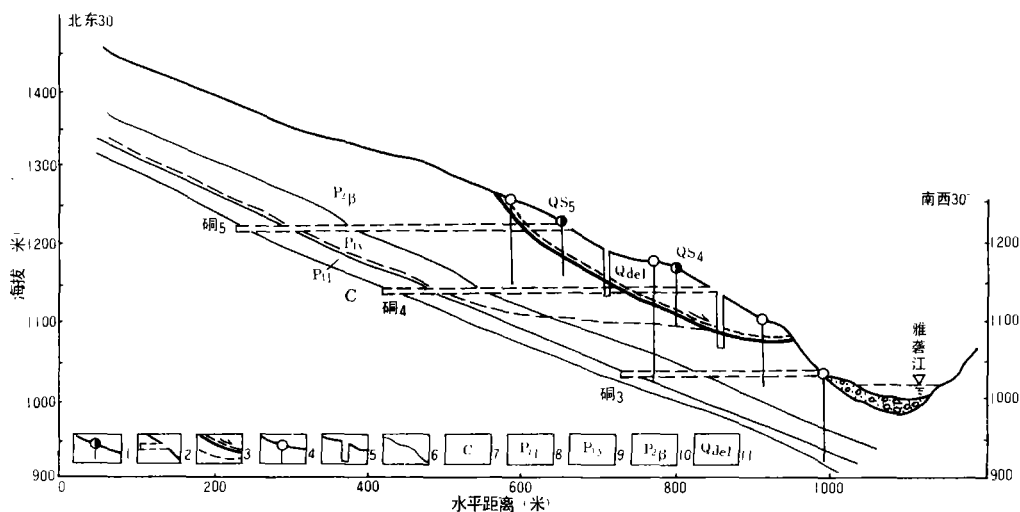
1. 新滑坡边界; 2. 已治理的新滑坡边界; 3. 古滑坡边界; 4. 推测古滑坡边界; 5. 推测蠕滑体边界; 6. 地表裂缝; 7. 横向视准线(含编号)及其上的观测点; 8. 水准测量的基点及导线; 9. 钻孔倾斜观测点; 10. 平洞变形观测点; 11. 水库水位观测标尺; 12. 地层界线; 13. 震旦系灯影组灰岩; 14. 石炭系灰岩; 15. 下二叠统梁山组粘土岩; 16. 下二叠统阳新组灰岩; 17. 上二叠统峨眉山组玄武岩; 18. 滑坡观测站



金龙山 I 区古滑坡 A—A' 剖面

A—A' section at I area paleo-landslide of Jinlongshan region

1. 钻孔倾斜观测点; 2. 钻孔; 3. 滑面; 4. 地层界线; 5. 石炭系灰岩; 6. 下二叠统梁山组粘土岩; 7. 下二叠统阳新组灰岩; 8. 上二叠统峨眉山组玄武岩; 9. 第四系滑坡堆积层



金龙山 I 区巨厚层蠕滑体 B—B' 剖面

B—B' section at I area creeping mass of Jinlongshan region

1. 钻孔倾斜观测点; 2. 平洞变形观测点; 3. 油库古滑坡滑面 / I 区蠕滑面; 4. 钻孔; 5. 竖井; 6. 地层界线; 7. 石炭系灰岩; 8. 下二叠统梁山组粘土岩; 9. 下二叠统阳新组灰岩; 10. 上二叠统峨眉山组玄武岩; 11. 第四系滑坡堆积层