5 易贡滑坡遥感监测和三维滑坡模型

2000 年 4 月 9 日晚 8 时左右，西藏自治区林芝地区波密县易贡乡扎木弄沟发生大滑坡，滑坡从 5000*m* 以上的高山滑落，滑动距离约 8*km*，高程差约 3330*m*，滑坡历时约 10 分钟，大量滑坡物质从扎木弄沟中冲出，在易贡河上堆积，形成了平均厚度 60*m*，最厚超过 100*m* 的滑坡坝，截断了易贡河，形成了滑坡堰塞湖（殷跃平，2000，万海斌，2000，刘国权，2000）。由于滑坡所在位置山高地险，难以进入到滑坡物质来源区，而且滑坡发生时当地正进入雨季，加上气候变暖，积雪融化，大量水源汇入滑坡湖，及时掌握滑坡坝的稳定情况和堰塞湖水量变化情况，对于抢险救灾具有重要意义。

易贡滑坡和堰塞湖的遥感监测工作包括：收集了滑坡前后 11 个时相的遥感数据、形成了滑坡前、滑坡-溃坝前、溃坝后三个时间的数字高程模型，建立了滑坡三维模型。对滑坡和堰塞湖进行了遥感解译、分析，利用三维滑坡技术进行了滑坡有关的计算。

滑坡监测结果及时传给救灾前线；2000 年 6 月 9 日滑坡坝溃块后，对易贡湖周边地区环境和溃坝洪水对下游两岸造成的破坏进行了监测，上述监测结果在抢险救灾和灾后重建中发挥了重要作用[1]。

5.1 滑坡概况

5.1.1 自然地理

易贡滑坡位于西藏东部念青唐古拉山南麓山原区的易贡藏布下游北岸，滑坡中心经纬度为 *N30° 12′ 3″*、*E94° 58′ 03″*，318 国道沿波密-通麦-林芝一线通过，滑坡位置距 318 国道上的通麦大桥 19*km*（图 5- 1）。

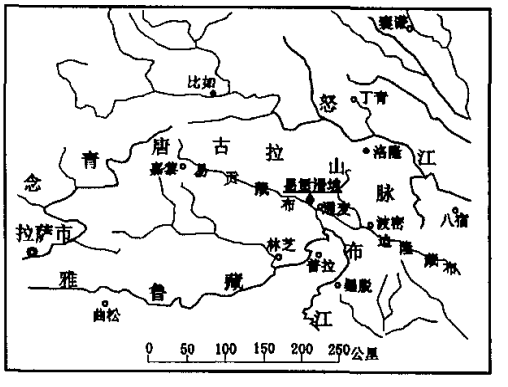


图 5- 1 易贡滑坡位置示意图

易贡藏布是雅鲁藏布江一级支流迫隆藏布的最大支流，发源于西藏嘉黎县西北念青唐古拉山脉南麓，河流全长 286*km*，流域面积 13533*km*^{2}，占迫隆藏布的 47.3%。易贡藏布流域内分布着众多的雪山、冰川，受印度洋暖湿气流北进的影响，流域内气候湿润，降水丰富。据波密气象站 1990-1999 年资料（表 5-1），平均年降雨量 957.84*mm*，每年 5-10 月为雨季，雨季降雨量占全年降水量的 74.9%。在 1998 年 12 月 15 日的卫星遥感图像上，易贡湖水系呈网状，湖

[1] 王治华，吕杰堂，卫星遥感监测西藏易贡大滑坡成果报告，中国国土资源航空物探遥感中心，2000.10

水面积为 10.728km^2。

表 5- 1 波密县气象站 1990-1999 年降雨量统计

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
降雨量(*mm*)	907.7	1128.5	714.2	810	847.3	1130.7	1068.4	930.6	1108.8	932.2

5.1.2 区域地质背景

滑坡所在的扎木弄沟位于念青唐古拉山南麓山原区的易贡藏布深切割极高山地貌区，这一地区属青藏“歹”字型构造体系，位于“歹”形构造西藏北部弧形构造南缘的当雄—嘉黎断裂带上，这一区域的地形严格受断裂带控制，易贡藏布 200 余公里长的河谷均沿断裂带发育。在扎木弄沟以东，当雄—嘉黎断裂带与北东向的林芝断裂交叉，构成“人”字型活动断裂带，形成著名的通麦—林芝地震带，历史上曾多次发生强地震，据历史地震记录，1938~1967 年的 30 年中，该带发生大于等于 6 级的地震 8 次，该带的地震活动对区内的滑坡、泥石流的形成、发育和活动有重要影响。滑坡区及周围主要为石炭～二叠系深变质的大理岩、板岩及通麦花岗片麻岩，经印支期、燕山期以及后来的喜山期等多期造山运动强烈褶皱变质而成。

5.2 易贡滑坡遥感监测数据源和数据处理

5.2.1 卫星遥感数据

易贡滑坡监测中使用了多种平台的遥感数据，以期能尽量多地获取滑坡变化信息，在监测过程中使用的遥感数据有 6 种：*TM5*、*ETM*、*SPOT2*、*SPOT4*、*CBERS-1*、*IKONOS*，具体类型、接收时间及分辨率见表 5- 2。

5.2.2 地面控制数据

地面控制数据主要用于图像几何精纠正和数字高程模型生成，使用了两种地面控制数据，一是滑坡前的地形数据，使用扎木弄沟周边地区 1:10 万地形图，二是扎木弄沟滑坡发生后的地形数据，采用 GPS 现场实测资料。

易贡滑坡和易贡湖、易贡河下游受影响地区涉及的地形图有：*H-46-70*、*H-46-71*、*H-46-82*、*H-46-83*、*H-46-94*、*H-46-95* 共 6 幅，在 *AutoCAD* 下进行数字化并将结果导入 *Arc/Info* 中。

野外*GPS*实测的控制点基本覆盖了滑坡体所能到达的大部分地区，实测GPS点共有 117 个，其位置见图 5- 2，三维坐标见表 5- 3。