文章编号: 1009-3850(2008) 03-0030-05

四川丹巴县典型滑坡 GPS监测效果研究

郑万模,邓国仕,刘宇平,张清志

(成都地质矿产研究所,四川成都 610082)

摘要:本文介绍了利用 GPS监测丹巴县甲居滑坡、干桥沟滑坡、红军桥滑坡和亚喀则滑坡所获得的速度矢量图。监测结果表明: 2006年 8月~2007年 12月甲居滑坡位移量北侧较南侧大,干桥沟滑坡位移量较小; 2007年 5月~12 月红军桥滑坡位移量较小,亚喀则滑坡部分测站位移量较大,变形严重。

关键词:丹巴;滑坡;GPS监测

中图分类号: P512 2 文献标识码: A

GPS技术是当今科学技术发展的一项重要成 果。由于其具有高精度、实时性、连续性、全天候且 能获得三维坐标等优点,已被广泛应用于变形监测 领域。近些年来,随着空间技术的发展,GPS技术精 度越来越高,用于滑坡监测也越来越普遍^{11~4}。

丹巴县位于四川省西部,甘孜藏族自治州东部, 东邻阿坝州小金县,东南与康定县相邻,西靠道孚 县,北东接金川县,距成都约400^{km},面积5649^{km²} (图1),地处我国第一阶梯向第二阶梯过渡地带,系 典型高山峡谷地貌。地层复杂,地质构造发育,降雨 集中,人类工程经济活动较强烈。

近年来, 丹巴县地质灾害频繁发生, 造成了重大的人员伤亡, 影响面广而大, 丹巴县地质灾害已严重制约了丹巴县国民经济发展和社会稳定繁荣。因此, 选取了甲居滑坡、干桥沟滑坡、红军桥滑坡和亚喀则滑坡 4个典型滑坡, 布设了 GPS监测站, 为丹巴县典型滑坡的研究工作提供了定量的数字依据。

1 概 况

1.1 甲居滑坡

甲居滑坡位于聂呷乡甲居村,为甲居藏寨风景 区所在地,距丹巴县城 5.8 km,滑坡长 1200^m,宽

图 1 丹巴县交通位置图 Fig 1 Location of Danba Sichuan

1000^m,滑体平均厚 22^m,体积约 26 4×10^{6 m},属特 大型滑坡。滑坡后缘及右侧缘为丹巴至聂呷的土 路,前缘为马尔康至丹巴公路 (图 2)。滑坡区内植 被繁茂,建筑物林立。该滑坡无统一滑动面及统一 主滑方向,主要表现为覆盖层内部的多级、多期次变 形。

1.2 干桥沟滑坡

干桥沟滑坡位于丹巴县城区,大金河右岸,其前 缘为干桥沟泥石流(图 3),滑坡体上植被繁茂,主要 为耕地和居民用地。滑坡平面形态呈围椅状,长

 <sup>100°
 105°

 100°
 105°

 100°
 100°

 100°
 100°

 100°
 120</sup>km

收稿日期: 2008-04-20, 改回日期: 2008-06-20

作者简介:::郑万模(1965-),男,教授级高级工程师,主要从事水文地质、工程地质勘查与管理工作

资助项目: 中国地质调查局"滑坡灾害 GPS和 InSAR综合监测技术示范 (1212010740910)"

300^m, 宽 160^m, 平均厚 38^m, 体积约 182×10⁴^{m³}, 属 大型滑坡。主滑方向为 337[°], 坡度为 10[°] ~ 32[°], 前后 陡, 中部缓, 平均坡度为 20[°]。

1.3 红军桥滑坡

红军桥滑坡位于丹巴县城大金河左岸河口,属 章谷镇,平面形态呈不对称的马蹄状,共发育红军桥 1 郑红军桥 2 辆个滑坡体,中间以一突出的垄脊相 隔,滑坡前缘相叠 (图 4)。

1.4 亚喀则滑坡

亚喀则滑坡位于梭坡乡莫洛村、大渡河上游左 岸,共发育亚喀则1和亚喀则2两个滑坡体,中间以 一冲沟相隔。



图 2 甲居滑坡 GPS监测站位移矢量图 (2006-08~2007-12)

Fig 2 Displacement vector diagram of the Jiaju kindslide during August 2006 to December 2007



图 3 干桥沟滑坡 GPS监测站位移矢量图 (2006-08~2007-12)

Fg 3 Displacement vector diagram of the Ganq aogou landslide during August 2006 to December 2007



图 4 红军桥滑坡 GPS监测站位移矢量图 (2007-05~2007-12)

Fig 4 Displacement vector diagram of the Hongjung ao and slide during May to December 2007

约990×10⁴㎡, 主滑方向为219[°], 属大型滑坡。坡上 植被覆盖较差。

2 GPS监测网布设

为了测定滑坡的变形,我们在每个滑坡体外稳 定的基岩上都布设了两个基准站,并根据当地滑坡 体的特点来布设流动站。 GPS监测站不仅需要能够 反映滑坡体整体的变形方向、变形量、滑坡体范围和 变形速率,而且还必须考虑接收卫星信号情况, GPS 监测站上空不能有大面积遮挡物^[4,5]。

在丹巴县 4个典型滑坡体上,我们共布设了 60 个 GPS监测站。其中,甲居滑坡 22个,包括两个基



图 5 亚喀则 1 滑坡体 GPS监测站位移矢量图 (2007-05 ~2007-12)

图中虚线示意测站滑坡位移量较大,难以用相同比例尺表示其 准确位移量

Fig 5 Displacement vector diagram of the No 1 site of the Yakaze kindslide during May to December 2007



图 6 亚喀则 2 滑坡 GPS监测站位移矢量图 (2007-05~2007-12)

Fig 6 Displacement vector diagram of the No 2 site of the Yakaze landslide during May to December 2007

准站和 20个流动站; 干桥沟滑坡 8个, 包括两个基准 站和 6个流动站; 红军桥滑坡 10个, 包括两个基准站 和 8个流动站; 亚喀则滑坡 20个, 包括两个基准站和 18个流动站。各滑坡 GPS监测站布设的位置分别 于相关的图中。

3 GPS监测效果

3.1 GPS数据采集和处理

笔者于 2006年 8月在甲居滑坡和干桥沟滑坡 上布设了 GPS监测站的监测网,并于 2006年 8月、 10月和 2007年 5月、7月、10月、12月对甲居滑坡 监测网和干桥沟滑坡监测网进行了 6期的 GPS数 据采集; 2007年 5月在红军桥滑坡和亚喀则滑坡上 布设了 GPS监测站的监测网,并于 2007年 5月、7 月、10月、12月对红军桥滑坡监测网和亚喀则滑坡 监测网进行了 4期的 GPS数据采集。

数据的采集采用 Trinble 5700双频 GPS接收 机,对每个滑坡的两个基准站进行 3~6个观测时段 (日)的观测,每个观测时段(日)为24h(从 UIC时 间的 00 到 23 59)连续观测,其余测站进行 1个24h (从 UIC时间的 00 00到 23 59)观测时段(日)的 连续观测。卫星高度角限值为 10[°],数据采集间隔为 15 [§]

数据的处理用美国麻省理工学院 GAM II/ GIOBK软件 (2007年 10 03版)进行,每一期均采用 以WG 84坐标系统为基准。首先利用 GAM II软件 进行单日解算,得到测站坐标的松弛解,然后用 GIOBK在无基准松弛约束条件下进行多时段综合 解算,获得网平差,并进行重复度计算和评估数据质 量;最终估算各测站的速度矢量(表 1,2,3,4)。

表 1 甲居滑坡 GPS监测位移量和方向(2006-08~2007-12)

Table 1 Displacement and direction of the Jiaju kindslide during August 2006 to December 2007

测站号	经度 /E	纬度 /N	位移量及方向	
			位移量 /mm	方向 ⁄度
jB1	101°52′05 83448″	30°56′08.91811″	2.60	80
jB2	101°52′31 70573″	30°55′18. 24415″	1.44	274
ji03	101°51′58 04168″	30°55′20. 18166″	8.68	73
ji04	101°52′08 93938″	30°55′33. 99012″	24.51	85
ji05	101°52′04 56889″	30°55°50 57010″	153 84	117
j <u>i</u> 06	101°52′14 15849″	30°55′19. 20263″	35.24	47
ji07	101°52′21 51221″	30°55′23. 37580″	36.47	55
j i 08	101°52′19 55179″	30°55′35. 56023″	67.54	87
ji09	101°52′18 68940″	30°55′40. 60476″	209 57	93
јло	101°52′12 93982″	30°55′45. 79211″	187.41	113
<u>і</u> л1	101°52′28 31841″	30°55′25. 16503″	27.75	46
jj12	101°52′28 93191″	30°55′28.86068″	52.33	62
j i] 3	101°52′29 03835″	30°55′37. 06185″	81.21	82
jj14	101°52′27.43935″	30°55′43. 74596″	224 11	91
ji 1 5	101°52′36 72731″	30°55′30.81476″	43.34	77
<u>j</u> і16	101°52′35 29923″	30°55′37. 94734″	164 60	87
jj 1 7	101°52′35 35662″	30°55′43. 82994″	275 22	93
j j 18	101°52′34 84140″	30°55′48.06311″	196 15	90
jj19	101°52′41 78366″	30°55′29. 74532″	22. 31	96
jį20	101°52′41 67849″	30°55′33. 13338″	36.11	94
jį21	101°52′41 06351″	30°55′38. 29047″	55.07	87
jį22	101°52′41 10181″	30°55′46.54037″	129 60	93

表 2 干桥沟滑坡 GPS监测站位移量和方向(2006-08~2007-12)

Table 2 Displacement and direction of the Ganqiaogou landslide during August 2006 to December 2007

			位移量及方向	
测站号	经度 /E	纬度 /N	位移量	方向 / 座
			/mm	
GGB1	$101^{\circ} 52' 44 51885'$	30° 52′ 41. 08369″	2 55	91
GGB2	101° 53′07. 73213″	30°~52'41. $58506''$	3 99	49
GG03	$101^{\circ} 53' 04 10611'$	30° 52′ 36. 79153″	18 82	346
GG 0 4	101° 53′08. 80612″	30° 52′ 37. 25178″	13 52	308
GG05	101° 53′ 07. 44084′	30° 52° 39 58973″	22 83	321
GG06	101° 53′04. 26543″	30° 52′41. 29302″	20 81	329
GG07	101° 53′03. 24108″	30° 52′41. 10564″	35 24	258
GG08	101° 53′01. 97804″	30° 52′ 40. 97251″	29 66	320

3.2 GPS数据处理的结果及分析

1. 甲居滑坡

表 1 是甲居滑坡 GPS监测站 2006年 8 月 ~ 2007年 12月的位移量和方向,图 2是甲居滑坡 GPS 监测站 2006年 8月~2007年 12月的速度矢量。从 图 2可以看出甲居滑坡北部位移量较南部大,总体 向东滑动 (表 1)。

2 干桥沟滑坡

表 2是干桥沟滑坡 GPS监测站 2006年 8月 ~ 2007年 12月的位移量和方向,图 3是干桥沟滑坡 GPS监测站 2006年 8月 ~ 2007年 12月的速度矢量。从图 3可以看出干桥沟滑坡位移量较小,总体 向北西滑动 (表 2)。

3. 红军桥滑坡

表 3 是红军桥滑坡 GPS监测站 2007年 5月 ~ 表 3 红军桥滑坡 GPS监测站位移量和方向(2007-05~

表 3 红车桥消玻 GPS监测站位移重和方向(2007-05~ 2007-12)

Table 3 Displacement and direction of the Hongjungiao landslide during M ay to December 2007

			位移量及方向	
测站号	经度 /E	纬度 /N	位移量	方向 /度
			/mm	× 11 1 / 2
HQB1	101° 53′ 44 90605′	30° 53′ 04. 91782″	0 89	221
HQB2	101° 53′ 44 47040′	30° 53′ 01. 01453″	1 00	197
HQ03	101° 53′ 43 08167′	30° 53′ 07. 31214″	37.06	217
HQ04	101° 53′ 40 66535′	30° 53′ 04. 86290″	26 55	198
HQ05	101° 53′ 34 96664′	30° 53′ 00. 68380″	29 15	215
HQ06	101° 53′ 40 39514′	30° 52′ 57. 45555″	14 98	229
HQ07	101° 53′ 53 76678′	30° 53′ 02. 58587″	13 37	211
HQ08	101° 53′ 51 90364′	30° 52′ 58. 50327″	25 81	195
HQ09	101° 53′ 49 29920′	30° 52′ 51. 77834″	36 27	197
HQ10	101° 53′ 53 15539′	30° 52′ 48. 88427″	33 27	211

12月的位移量和方向,图 4是红军桥滑坡 GPS监测站 2007年 5月~12月的速度矢量。从图 4可以看出红军桥滑坡位移量较小,总体向南东滑动(表 3)。

4. 亚喀则滑坡

表 4是亚喀则滑坡 GPS监测站 2007年 5月 ~ 12月的位移量和方向,图 5和图 6是亚喀则滑坡 GPS监测站 2007年 5月 ~12月的速度矢量。从图 5和图 6可以看出,亚喀则滑坡大部分测站位移量 较大,总体向南东滑动(表 4)。

表 4 亚喀则滑坡 GPS监测站位移量和方向(2007-05~2007-12)

FE 4 Displacement and direction of the Yakaze kindslide during May to December 2007

			位移量及方向	
测站号	经度 /E	纬度 /N	位移量 / ^{mm}	方向 ⁄度
SPB1	101° 55′40 09140″	$30^{\circ} 51' 30 48428''$	5. 28	211
SPB2	101° 56′19 63854″	30° 50′56 24459″	7.97	13
SP03	101° 55′51 17010″	30° 51′23 82782″	133 03	229
SP04	101° 55′ 51. 28918″	30° 51′21 17510″	548 76	223
SP05	101° 55′43 09695″	30° 51′ 22 62196″	116 14	228
SP06	101° 55′47. 81061″	30° 51′19 38617″	—	_
SP07	101° 55′ 49. 52544″	30° 51′17 46762″	_	_
SP08	101° 55′ 52. 37467″	30° 51′15 16097″	41.5	238
SP09	101° 55′ 39. 08295″	30° 51′20 61119″	120 44	225
SP10	101° 55′42.81448″	30° 51′15 96268″	413 97	221
SP11	101° 55′ 45. 40759″	30° 51′14 48055″	414 08	213
SP12	101° 55′49. 43871″	30° 51′11 87350″	74.49	236
SP13	101° 56′06 88377″	30° 51′10 86988″	47.47	236
SP14	101° 56′ 13. 50000″	30° 50′59 07880″	79.32	237
SP16	101° 56′10 01933″	30° 50′57 90616″	54.80	242
SP17	101° 56′07. 32735″	30° 51′05 54601″	75.29	234
SP18	101° 56′10 32735″	30° 50′54 16328″	36.88	245
SP19	101° 55′52 75585″	30° 51′05 46028″	42.87	257
SP20	101° 55′55 59707″	30° 51′00 24454″	43. 90	262

SP06和 SP07测站变形量过大,超出了 GPS监测范围而没有准确获取。可以说明,这两个测站所在位置滑坡变形最为明显

4 结 论

通过对丹巴 4个滑坡体 60个监测站 GPS接收 数据的处理和分析,笔者认为:

(1)2006年8月~2007年12月甲居滑坡北侧 位移量较南侧大,总体向东滑动;干桥沟滑坡位移量 较小,总体向北西滑动。2007年5月~2007年12 月红军桥滑坡位移量较小,总体向南东滑动;亚喀则 滑坡部分测站位移量较大,总体向南东滑动。

(2)通过 2006年 8月~2007年 12月较短时间 的工作,建立了丹巴县 4个典型滑坡的 GPS监测 网,并对 GPS监测站进行了 4~6期的观测,获得了 各 GPS监测站的速度矢量, GPS监测的结果均较为 准确的反映了 4个滑坡体的滑动趋势和位移。因 此,GPS监测可以满足对滑坡位移监测的要求。通 过以后的多期监测,可以更准确的监测出滑坡体的 滑动趋势和位移。

参考文献:

- [1] 唐文清,刘宇平,陈智梁,等.基于 GPS技术的活动断裂监测 以鲜水河、龙门山断裂为例[].山地学报,2007,25(1):103 107.
- [2] 李爱农,周万村,江晓波.全球定位系统在峡口滑坡研究中的应用[].水土保持研究,2003,10(4):206-208
- [3] 薛志宏,卫建东,金新平. GPS在雅砻江卡拉电站滑坡监测中的应用[].测绘工程,2007,16(2):65-68
- [4] 过静珺,杨久龙,丁志刚,等. GPS在滑坡监测中的应用研究-以四川雅安峡口滑坡为例[].地质力学学报,2004,10(1):65 -70.
- [5] 刘大杰,施一民,过静.全球定位系统的原理和数据处理[^{M]}.
 上海:同济大学出版社,1996

GPS monitoring on the representative landslides in Danba Sichuan

ZHENG Wanmo, DENG Guoshi, LIU Yu ping, ZHANG Qing zhi

(Chengdu Institute of Geology and Minera | Resources Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract The GPS monitoring has been made since 2006 for the deformation of the representative and slides in Danba Sichuan such as Jiaju Ganqiaogou Hongjunqiao and Yakaze land slides According to the monitoring results the displacement vector diagrams of individual landslides are generalized as follows (1) Judged from the Jiaju landslide the displacement of the northern side was bigger than that of the southern side during August 2006 to December 2007; (2) As the Ganqiaogou landslide is concerned the displacement was relatively small during August 2006 to December 2007; (3) Compared with the deformation of the Hongjunqiao landslide, the deformation of the Yakaze landslide is more serious, with bigger displacement than the Hongjunqiao landslide. This research has in portant implications for the prediction and prevention of the landslides in Danba. Sichuan Key words Danba landslide GPS monitoring