

GPS 在巫山高边坡监测中的应用

周晁¹, 陈诚², 谭杰恒³

(1. 巫山县地质环境监测站, 重庆巫山, 434700;
2. 中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085)

【摘要】 巫山县城区是三峡工程移民迁建的重点地区之一, 也是库区内滑坡地质灾害多发地区, 部分高边坡在久雨及人类工程活动等诱发因素影响下已局部形成变形拉裂、为确保库区移民搬迁及人民生命财产安全, 对三峡库区巫山县高边坡开展监测尤为重要。本文探讨了利用 GPS 技术对巫山高边坡进行变形监测的有关问题, 论述了 GPS 监测点的选点原则, 总结了两年来 GPS 观测成果。

【关键词】 高边坡, GPS, 基线边

1 概况

巫山新县城地处长江北岸老县城上方斜坡地带, 场地地质条件复杂, 地形支离破碎, 适于建设的场地面积相当有限。新城在建筑施工、道路开挖中, 不可避免的产生了大量的人工边坡, 这些边坡坡角多在 40° 以上, 且大多控制着城市用地, 一旦失稳下滑将阻断交通, 严重威胁人民的生命财产安全, 同时危及移民工程的建设, 影响三峡工程移民工作进度, 是阻碍移民工程的绊脚石。因此开展边坡监测, 确保库区移民搬迁显得尤为重要。

本项工作旨在运用 GPS 技术对巫山新城区高边坡高挡墙开展全面监测, 积累数据, 以研究这些边坡的稳定性。利用 GPS 进行位移监测, 一般有两种方案: 第一种方案在监测点上建立无人值守的 GPS 观测系统, 通过软件控制, 实现实时监测和变形分析、预报。第二种方案是用几台 GPS 接收机, 定期到监测点上观测, 对数据实施后处理后进行变形分析与预报。第一种方案是能实时监测, 自动化程度也很高, 但由于每个监测点上都需要安装 GPS 接收机, 使监测系统的费用非常昂贵。第二种方案劳动强度大, 自动化程度低, 但费用较省, 当监测点较多时, 优点比较明显。

利用 GPS 对巫山高边坡监测主要采用了第二种方法, 大大降低了监测系统费用。

2 巫山 GPS 监测网系统

2.1 GPS 基准网设计

GPS 测量得到的基线向量属于 WGS-84 坐标系的三维坐标差, 而我们在工程实际中所用的是国家大地坐标系或地方坐标系的坐标。因此, 我们首先必须明确 GPS 网采用的坐标系

统和起算数据，这就是所谓的基准问题。

GPS 网的基准设计包括位置基准、尺度基准和方位基准。位置基准一般可由更高级的 GPS 网基准站的坐标给定，也可选择已有的城市控制点的坐标来确定。因为在三峡库区，由国土资源部承担建设的 GPS 首级网尚未建成，故我们只能基于已有的城市控制点来实现。根据巫山有关部门提供的数据，我们选用了部分控制点进行联测。联测后，巫山 GPS 监测网的位置基准，尺度基准和方位基准便随之确定了。

2.2 巫山 GPS 监测网选点原则

我们知道，GPS 监测點選点应注意以下几点：

- (1) 监测点应设在基础比较稳定，易于安放接收设备的较高点位上；
- (2) 为减少 GPS 信号被遮挡或被障碍物吸收，视场周围 15° 以上不应有高大障碍物；
- (3) 点位应远离大功率无线电发射源，其距离不小于 200m；远离高压输电线，其距离不得小于 50m，以避免电磁场对 GPS 信号的干扰；
- (4) 点位附近不应有大面积水域或不应有强烈干扰卫星信号接收的物体，如高大的树木等，以减弱多路径效应的影响。
- (5) 应根据边坡体的形态特征、变形特征、动力因素及监测预报等具体要素(变形方位、变形量、变形速率、时空动态、施工动态、发展趋势等)确定点位，且这些点位能真实地反映灾害地质体变形敏感部位。

但在实际选点和测量中，由于巫山新县城有众多的高边坡，高挡墙，特别是还存在着密集的高层楼房，所以一些点位的情况并不能完全满足上述要求。

2.3 GPS 监测网建设

巫山 GPS 监测网全网由 40 多个变形监测桩组成，分布在巫山县新县城各地。监测网的布设采用同步图形扩展方式，这是在布设 GPS 网时最常用的方式。就是把多台 GPS 接收机放在不同的基准站上进行同步观测。完成一个时段的观测后，再把其中的几台接收机移动至下一组测站。在两组观测之间，两个同步图形之间有一些公共点相连，直到布满全网。这种布网方式作业方法简单，图形强度较高，扩展速度较快，便于组织，故在实际工作中得到广泛应用。

3 GPS 监测数据处理及精度分析

由于所要监测的变形量级相对比较小，为了能够精确的测出其变化，要求变形监测网具有较高的精度。对此，在巫山高边坡监测网的设计书中是这样要求的：建成的 GPS 高边坡监

测网,应覆盖移民迁建县城的高陡边坡和重要的移民工程。监测网基准点坐标的平面解算精度优于 $\pm 2\text{mm}$,高程精度不低于 $\pm 4\text{mm}$;变形监测点坐标的平面解算精度优于 $\pm 3\text{mm}$,高程精度不低于 $\pm 6\text{mm}$ 。投入正常运行后,可获得移民迁建区高陡边坡监测点位坐标的长期、连续、可靠的测量数据,为相关地质灾害的监测及预警决策服务。

国家颁布的《城市测量规范》对城市或工程 GPS 网的主要技术要求见表 1。

表 1 《城市测量规范》对城市或工程 GPS 网测量精度的技术要求

等级	平均距离 (km)	a (mm)	b(ppm)	最弱边相对中误差
二等	9	10	2	1/120,000
三等	5	10	5	1/80,000
四等	2	10	10	1/45,000
一级	1	10	10	1/20,000
二级	< 1	15	20	1/10,000

比较表 1 中的数据和我们获得的结果可以看出,尽管一些监测网基准点受临近高边坡与建筑物遮挡,但经过数据处理后,平面内坐标测定的平均点位中误差水平方向为 2mm,垂直方向为 5mm,基线相对精度达到 10ppm。所获得的测量结果优于项目设计书中提出的要求,也高于前述《城市测量规范》对城市或工程 GPS 网测量精度的技术要求。

变形监测的特点是定期重复观测,各期观测的外界条件基本相同,系统误差在各期观测中基本相同。分析同一条边多期测量的结果,比较其差值可以检验重复定位精度,发现变形的区域。在对测量方法和观测数据处理采取适当措施后,两期成果之差基本不受系统误差的影响。

4 测量获得的初步成果

巫山五期 GPS 测量数据的汇总分析是将各期的向量边分别计算后,绘出各向量边的时间变化趋势图,对各期同一向量边进行逐一比较,确定有异常变化的向量边,通过分析后找出变形区域。通过对五期 GPS 测量数据的分析处理,发现有趋势性变化的向量边共有 14 条,这 14 条向量边的趋势性变化分为两种类型:

4.1 有变形趋势的向量边

六条有变形趋势的向量边分别为:

- (1) WG021-WG081,五期累计变化 16mm,向量边的特征是缩短,变化趋势见图 1:

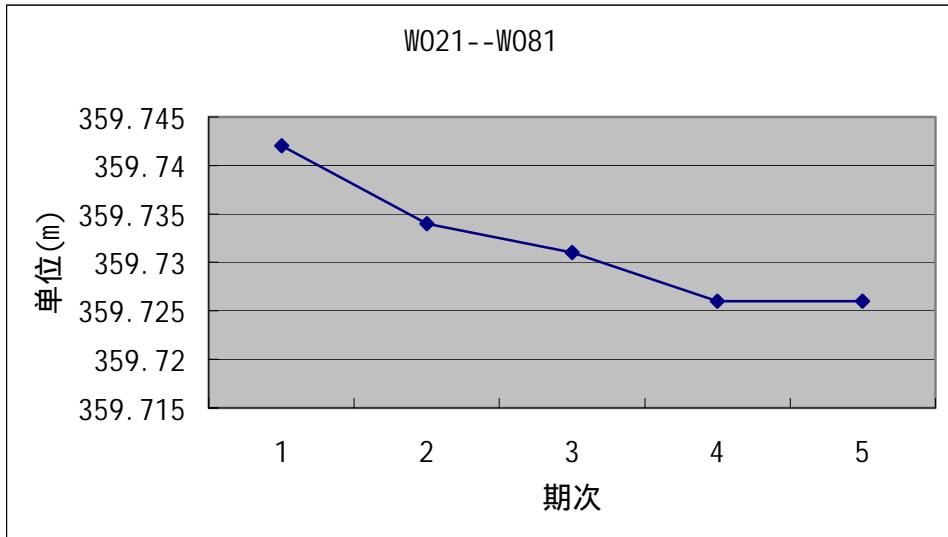


图 1 W021-WG081 五期累计变化曲线

(2) WG0154-WG048，五期累计变化 22mm，向量边的特征是先缩短后增长，变化趋势见图 2：

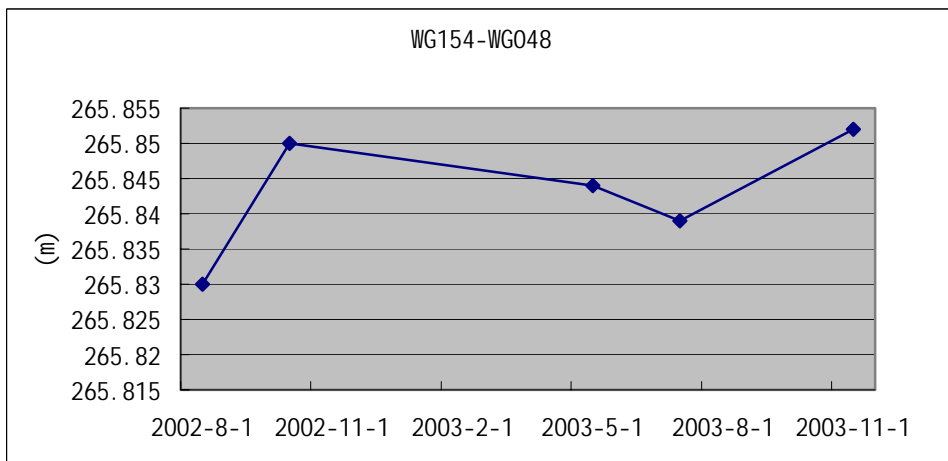


图 2 WG0154-WG048 五期累计变化曲线

(3) WG048-WG065，五期累计变化 11mm，向量边的特征是增长，变化趋势见图 3：

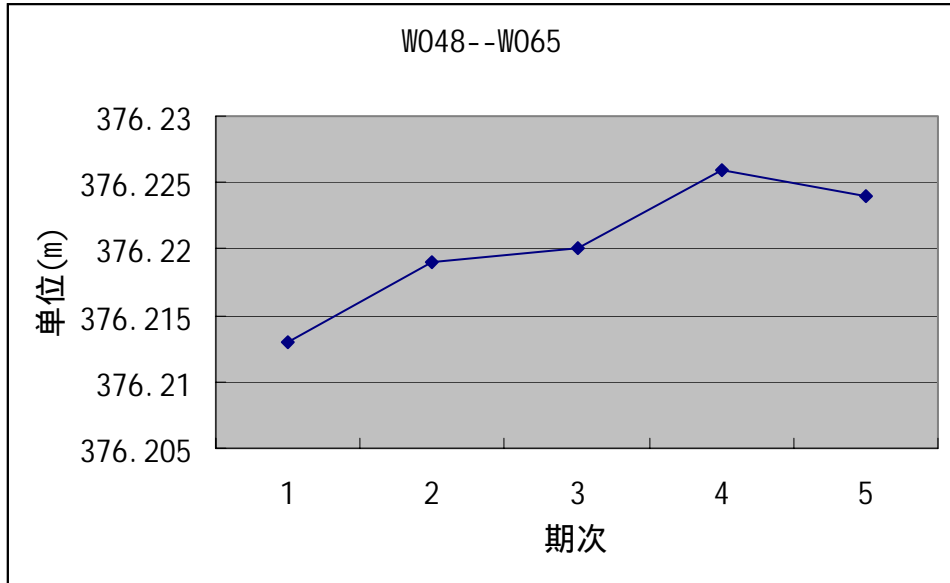


图 3 W048-W065 五期累计变化曲线

(4) WG096-WG149，五期累计变化 16mm，向量边的特征是增长，变化趋势见图 4：

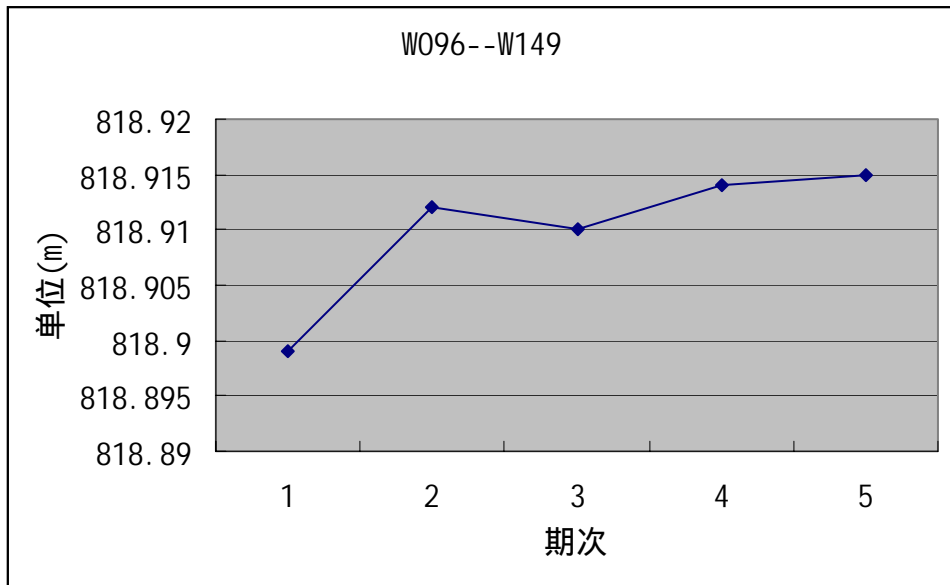


图 4 WG096-WG149 五期累计变化曲线

(5) WG100-WG022，五期累计变化 11mm，向量边的特征是增长，变化趋势见图 5：

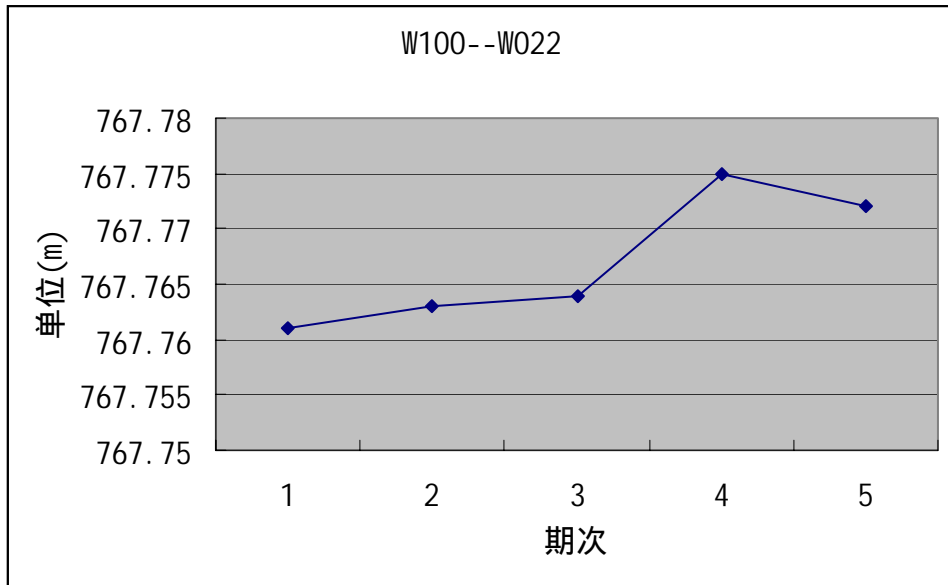


图 5 WG100-WG022 五期累计变化曲线

(6) WG177-WG157, 五期累计变化 10mm, 向量边的特征是增长, 变化趋势见图 6 :

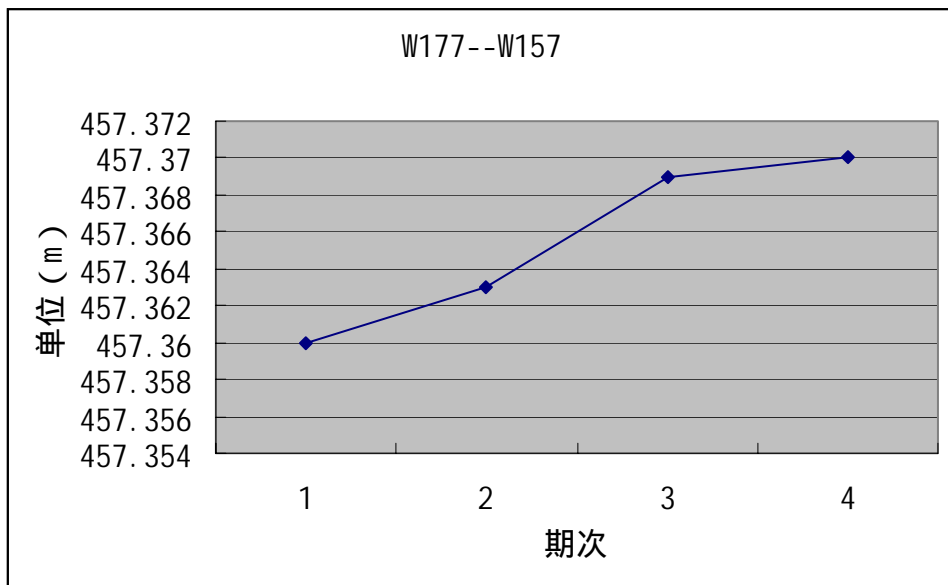


图 6 WG177-WG157 五期累计变化曲线

4.2 趋势性变化明显应重点关注的向量边

趋势性变化明显的八条基线边分别是：

(1) WG177-WG140, 五期累计变化 17mm, 向量边的特征是趋势性增长并有加速现象, 变化趋势见图 7 :

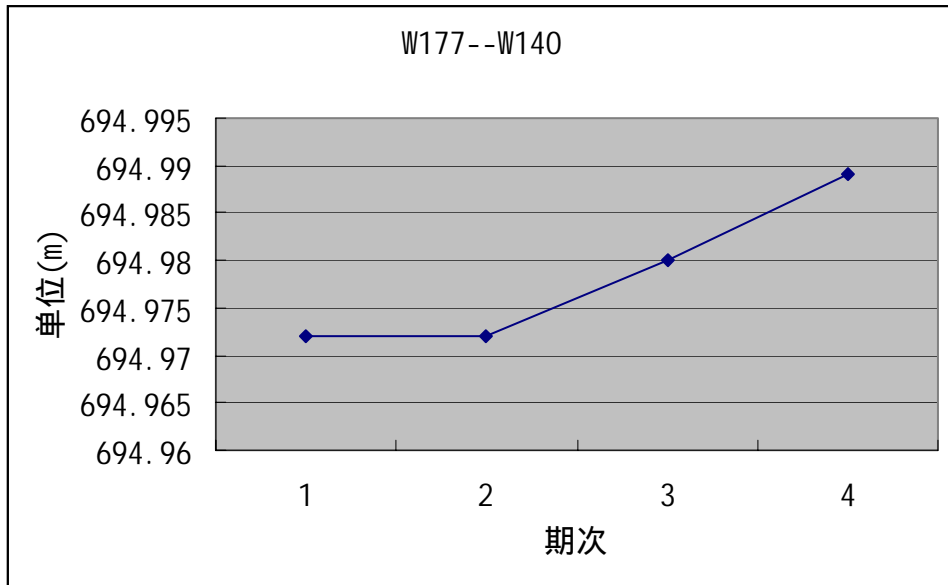


图 7 WG177-WG140 五期累计变化曲线

(2) WG201-WG157，五期累计变化 21mm，向量边的特征是趋势性缩短并有加速现象，形变曲线见图 8：

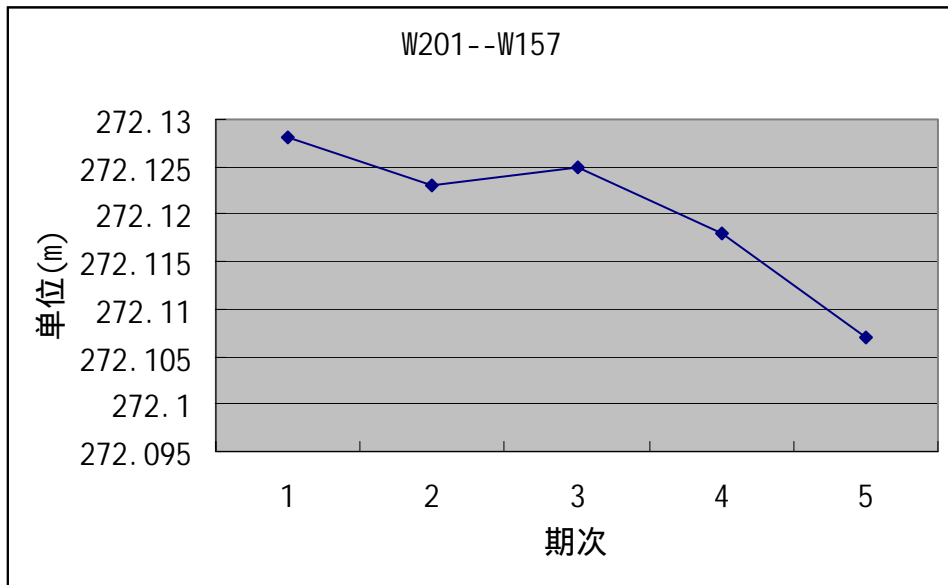


图 8 WG201-WG157 五期累计变化曲线

(3) WG162-WG022，五期累计变化 12mm，向量边的特征是趋势性增长并有加速现象，形变曲线见图 9：

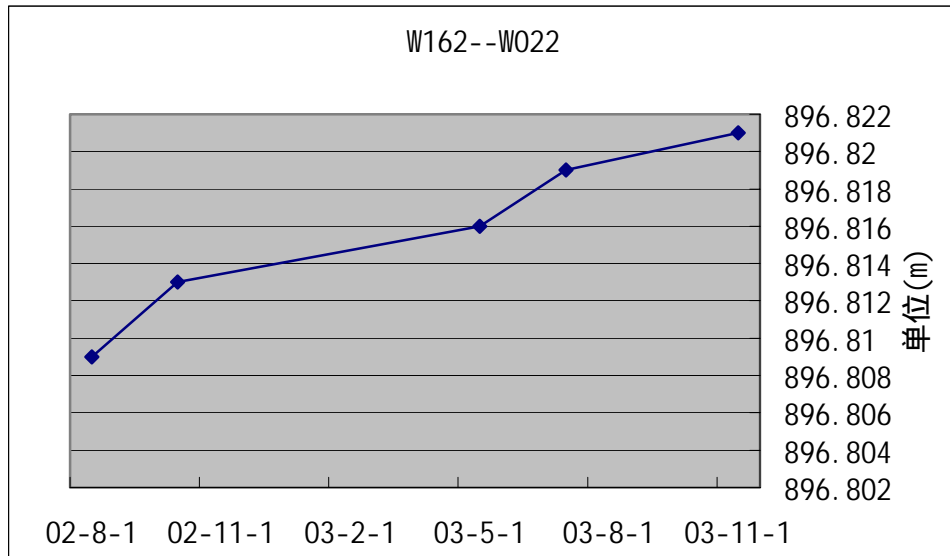


图 9 WG162-WG022 五期累计变化曲线

(4) WG140-WG157，五期累计变化 40mm，向量边的特征是增长并呈现为加速趋势，形变曲线见图 10：

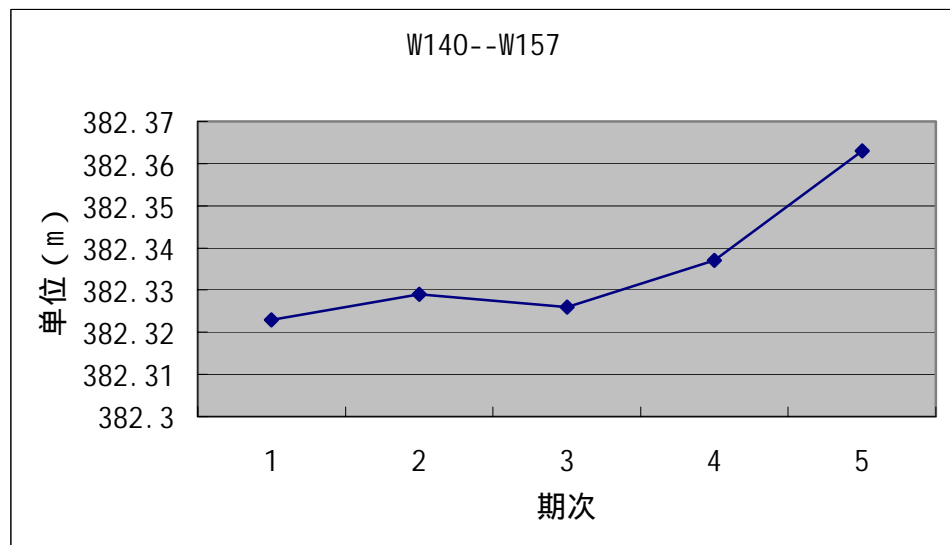


图 10 WG140-WG157 五期累计变化曲线

(5) WG162-WG032，五期累计变化 8mm，向量边的特征是增长并呈现为加速趋势，形变曲线见图 11：

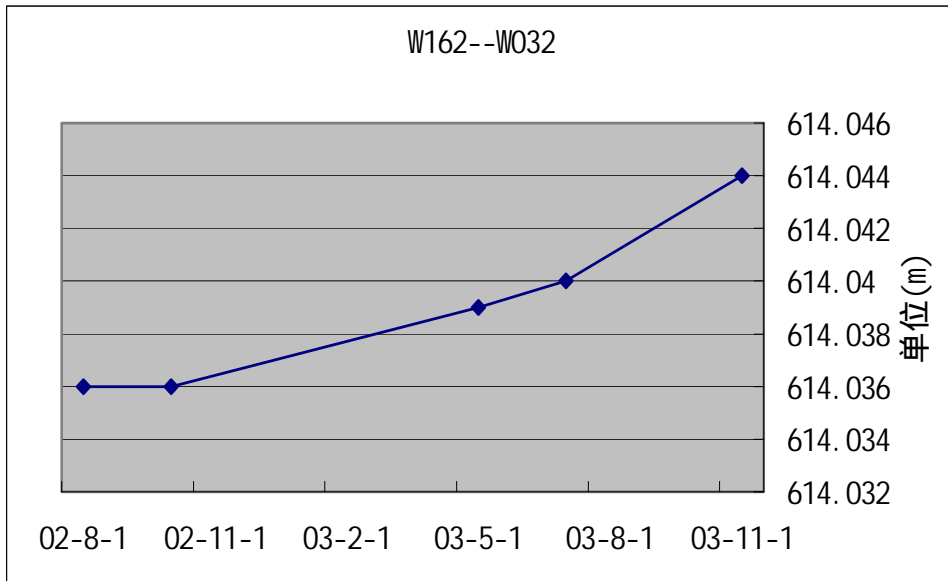


图 11 WG162-WG032 五期累计变化曲线

(6) WG100-WG149，五期累计变化 16mm，向量边的特征是增长并呈现为加速趋势，形变曲线见图 12：

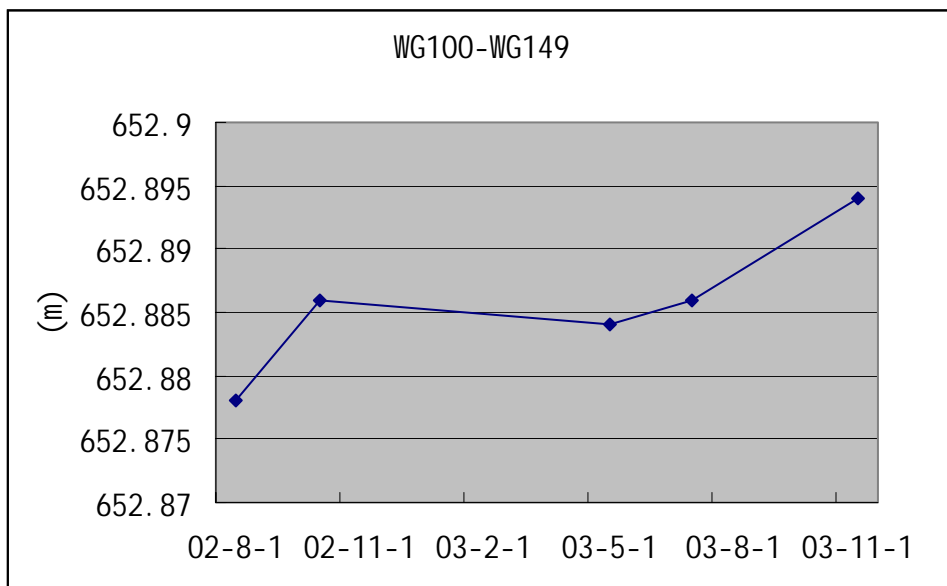


图 12 WG100-WG149 五期累计变化曲线

(7) WG157-WG201，五期累计变化-21mm，向量边的特征是缩短并有为加速趋势，形变曲线见图 13：

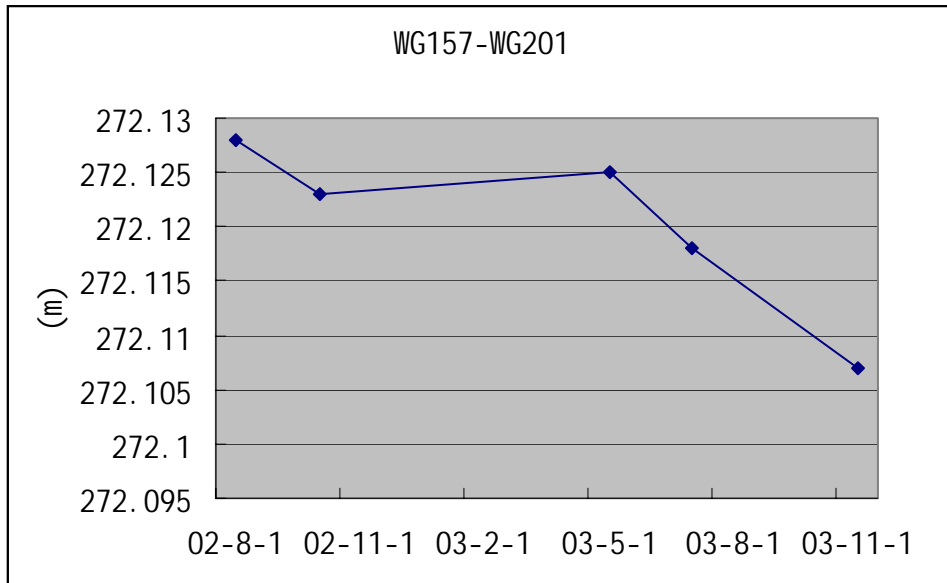


图 13 WG157-WG201 五期累计变化曲线

(8) WG048-WG171，五期累计变化 25mm，向量边的特征是增长，形变曲线见图 14：

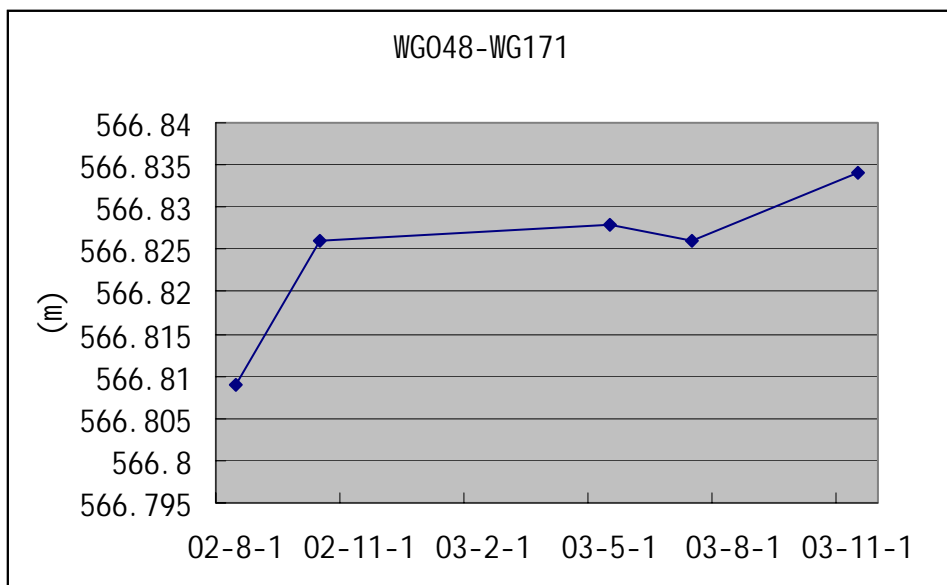


图 14 WG048-WG171 五期累计变化曲线

4.3 监测资料分析得出的变形点

GPS 变形监测的最终目的，是要通过比较各个期次相同矢量边的长度与同一测点的坐标来分析和确定变形点的变形量。通过对巫山监测网基线边的比较和分析，初步确定了一些变形点，从变形的总体特征看，变形的方向为朝向长江方向。

5 小结

三峡库区二期蓄水已有一年多了。在目前的高水位情况下,如果再叠加降水因素,高边坡、高挡墙失稳的危险性将增大,建议在加强专业监测工作的同时,搞好群测群防,力争将地质灾害可能给人民生命财产带来的损失减少到最小的程度。对监测数据分析所确定的变形地区需加强 GPS 监测,积极开展多种手段监测,尤其在雨季应加大监测密度,在雨季可以 1 个月进行一次 GPS 测量,15 天开展一次倾斜测量,以期发现不安全的隐患,及时预报,保障人民生命财产安全。同时对高边坡的破坏过程,变形规律开展多学科研究,积极探索对边坡变形失稳的破坏进行正确预报的有效途径。

【参考文献】

- [1] 欧阳祖熙 等 用 GPS 技术研究三峡工程万州库区滑坡的稳定性 中国地质灾害与防治学报 2003. (6)
- [2] 徐绍铨 等. G P S 用于三峡库区滑坡监测的研究 水利学报 2003. (1)
- [3] 韩文心 巫山新县城 2003 年度 GPS 变形监测结果及综合分析 中国地震局地壳应力研究所.
- [4] 徐勇 等 浦东海塘 G P S 位移监测系统. 工程勘察, 2004 (1)
- [5] 岳顺 三峡库区巫山县上西坪滑坡综合治理研究[研究生论文] 重庆大学, 2002. (12)