

廉江市塘蓬镇上眉垌村崩塌地质灾害治理工程 变形监测总结报告

工程地点：廉江市塘蓬镇上眉垌村

委托单位：湛江市自然资源局

报告总页数：12（含此页）

检测日期：2022年1月20日至2022年10月14日

报告编号：CL2022-011

广东省粤西地质工程勘察有限公司

二〇二二年十月



廉江市塘蓬镇上眉垌村崩塌地质灾害治理工程 变形监测总结报告

项目负责	肖天雄 肖天雄
报告编写	梁朝献 梁朝献
技术负责	陈兆锡 陈兆锡
审核人	张文燕 张文燕
批准人	何超树 何超树

地址：湛江市康宁路 51 号

邮政编码：524049

电话：(0759)3633778

联系人：何超树

目 次

1	工程概况	1
1.1	项目概况.....	1
1.2	完成工作量.....	1
2	监测依据	1
3	监测项目和精度等级及测点布置.....	1
3.1	监测项目和精度等级.....	1
3.2	基准点布置.....	2
3.3	监测点布置.....	2
3.4	监测点位置图.....	2
4	监测频率与报警值.....	3
4.1	监测频率.....	3
4.2	报警值.....	3
5	监测方法与监测设备.....	3
5.1	沉降观测.....	4
5.2	水平位移观测.....	4
5.3	监测设备.....	6
6	变化分析与整体评述.....	6
6.1	沉降分析.....	6
6.2	水平位移分析.....	7
7	结论与建议	8
7.1	结论.....	8
7.2	建议.....	9

1 工程概况

1.1 项目概况

廉江市塘蓬镇上眉垌村崩塌地质灾害治理工程治理完成后,为了掌握本治理工程的变形资料,湛江市自然资源局委托我公司(广东省粤西地质工程勘察有限公司)对边坡进行变形监测,为湛江市自然资源局提供科学准确的变形数据。

1.2 完成工作量

受湛江市自然资源局(以下简称业主)委托,广东省粤西地质工程勘察有限公司(以下简称我公司)承担了本治理工程监测任务,野外监测作业于2022年1月20日开始,至2022年10月14日结束,历时267天。在整个监测期间,共完成了10期监测任务,累计进行了40点次沉降观测,40点次水平位移监测。

通过对本边坡的变形监测,将现场监测所得的信息进行分析,及时反馈给业主。为确保边坡的安全,提供了必要的保障和科学的数据。

2 监测依据

本工程测量执行的国家或行业标准如下:

1. 《建筑变形测量规范》JGJ 8-2016;
2. 《工程测量标准》GB 50026-2020;
3. 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006;
4. 《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316-2008;
5. 《测绘技术总结编写规定》CH/T 1001-2005;
6. 《测绘作业人员安全规范》CH 1016-2008。

3 监测项目和精度等级及测点布置

3.1 监测项目和精度等级

按要求对治理边坡进行竖向位移和水平位移变形监测。精度等级为二等,沉降监测点测站高差中误差为0.5mm,位移监测点坐标中误差为2.0mm。

本《实施方案》设计与实际实施的监测项目见表1。

表 1 监测项目与主要监测仪器

序号	监测项目	监测部位	设计监测点数	实际监测点数	监测仪器
1	边坡沉降	边坡顶	4	4	DS1 及以上精密水准仪
2	边坡位移	边坡顶	4	4	DJ2 及以上精密全站仪
备注:					

3.2 基准点布置

按《建筑变形测量规范》要求——基准点应避开交通干道主路、地下管线、仓库堆栈、水源地、河岸、松软填土、滑坡地段、机器振动区以及其他可能使标石、标志易遭腐蚀和破坏的地方。密集建筑区内，基准点与待测建筑的距离应大于该建筑基础最大深度的 2 倍。

在待测建筑基础最大深度 2 倍范围之外布设 3 个沉降基准点，宜利用多层楼房的基础柱、附近无较大荷载变化的水泥地面等，埋设沉降监测基准点，一栋楼房只能布设一个沉降监测基准点。现场以钻孔方式埋设墙脚或地面不锈钢水准点标志，编号为 BM1~BM3。水平位移基准点则在边坡影响范围外稳固建筑物贴反光片，共布置了三个水平位移基准点，编号为 JZ1~JZ3。

3.3 监测点布置

参照《基坑监测规范》对建（构）筑物变形监测点布置要求：

——基坑工程监测点的布置应最大程度地反映监测对象的实际状态及其变化趋势，并应满足监控要求。

——监测标志应稳固、明显、结构合理，监测点的位置应避开障碍物，便于观测。

沉降、水平位移监测点根据设计图纸布置，以 SMD 起顺序编号，共 4 个点，同步进行沉降和水平位移监测。

3.4 监测点位置图

监测点布置图如图 1。

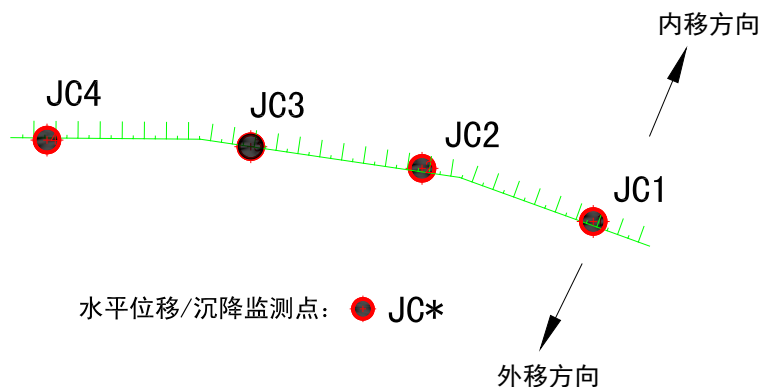


图 1 监测点位置图

4 监测频率与报警值

4.1 监测频率

本边坡的变形监测，于2022年1月20日开始，至2022年10月14日结束，历时267天，共观测了10期，各期具体观测日期与各项目观测点数见表2。

表2 各期观测日期与各项目观测点数统计表

期数	观测日期	间隔天数	累计天数	沉降观测	水平位移观测
				点	点
1	2022/1/20	0	0	4	4
2	2022/2/20	31	31	4	4
3	2022/3/20	28	59	4	4
4	2022/4/20	31	90	4	4
5	2022/5/20	30	120	4	4
6	2022/6/25	36	156	4	4
7	2022/7/30	35	191	4	4
8	2022/8/15	16	207	4	4
9	2022/9/15	31	238	4	4
10	2022/10/14	29	267	4	4

4.2 报警值

边坡变形报警值应该根据主管部门的要求确定，如主管部门无具体规定，将参照《基坑监测规范》对周边环境监测报警值制定本项目报警值，见表3。

表3 边坡变形监测报警值

序号	监测项目	报警值 (mm)	报警速率 (mm/d)	基坑监测规范 参考报警值
1	边坡竖向位移	20	2	10~60
2	边坡水平位移	40	4	30~40

注：预警值取报警值的80%；

5 监测方法与监测设备

各项目的各期监测，应采用各自的同一参照基准，相同的观测路线和观测方法，同一仪器和设备，固定的作业人员。

5.1 沉降观测

沉降监测采用几何水准方法。依“基坑监测规范”要求，沉降报警值为 20~40mm 时，测站观测中误差应取 0.5mm，因此，本沉降观测采用二等水准测量。

由参照基准点和监测点组成沉降监测全面网，首期监测，进行了往返观测，后续的各期进行单程观测。按《国家一、二等水准测量规范》操作，并在观测前检查、校正水准仪 i 角。观测时使用尺撑使水准标尺铅垂和稳定。使用 DS05 精密水准仪和因瓦精密水准标尺施测，以掌上电脑 PDA 记录观测数据，以记录器在现场半自动验算（计算闭合差等）。二等水准测量主要技术指标见表 4。

表 4 二等水准测量主要技术指标

误差项	视线长度	前后视距差	前后视距累计差	视线高度	基辅分划读数差	2 次高差的差	环闭合差
单位	m	m	m	m	mm	mm	mm
精密水准仪	≤50	≤1	≤3	下丝>0.3	≤0.4	≤0.6	≤1.0√n

注：n——闭合环测站总数。

由于沉降监测结果由各期比较得出变形量，且各期观测使用同一仪器设备，观测高差无须进行尺长改正、正常水准面不平行等改正（改正数均小于 0.1mm），直接采用观测高差按测站数定权进行水准网严密平差。水准网平差计算采用南方测绘仪器公司“平差易 PA2005”软件在微机上进行，输出水准网平差报告。从平差报告中择取精度指标进行统计，水准环高差闭合差等均符合技术设计及规范要求，见表 5。

表 5 沉降观测精度统计表

期数	最大高差闭合差 mm	每测站高差中误差 mm	最大高程中误差 mm	平均高程中误差 mm
1	-0.5<2.32	0.07<0.5	0.11[SMD02]	0.08
2	-0.25<1.8	0.11<0.5	0.2[SMD03]	0.13
3	0.5<1.99	0.13<0.5	0.24[SMD01]	0.16
4	0.2<1.9	0.06<0.5	0.12[SMD04]	0.08
5	1.15<1.9	0.22<0.5	0.37[SMD02]	0.28
6	-0.75<2.47	0.13<0.5	0.26[SMD01]	0.18
7	1.55<3.1	0.48<0.5	0.79[SMD01]	0.62
8	-1.1<2.16	0.18<0.5	0.31[SMD03]	0.23
9	-0.63<2.3	0.18<0.5	0.37[SMD01]	0.33
10	-0.35<2.24	0.09<0.5	0.14[SMD04]	0.13

5.2 水平位移观测

本项目采用自由设站法确定工作基点，然后以极坐标法，对边坡进行水平位移观测。

由参照基准点和工作基点组成边角复合基准网，以 TS30 高精度全站仪施测和不定期复测，观测 4 个测回。不定期复测是指：当工作基点及其附近有变形（如裂缝变化）、冠梁位移明显、沉降较大等，然后进行复测。监测点采用极坐标法施测，可用 1" 级或更优精密全站仪观测；采集数据时，同时观测水平角、垂直角和距离，首次以 4 个测回测定，以后每次观测 2 个测回。照准目标后，驱动仪器测量并自动贮存观测值。

观测前应校准仪器，包括仪器和棱镜，对中误差不得超过 1mm，水平轴不垂直于垂直轴之差指标（C 角）不应超过 10"，电子水准气泡偏离不超过 20"。水平位移观测等级一般为二级，即观测点坐标中误差相对于测站点（如工作基点）的坐标中误差为±3mm（JGJ8-2007，二级），或相对于基准点的点位中误差为±6mm（GB50026-2007，三等）。

观测的方向数不多于 3 个时，可不归零；各测回应按规定配置度盘；观测的方向数多于 6 个时，可进行分组观测。分组观测应包括两个共同方向（其中一个为共同零方向）。其两组观测角之差，不应大于同等级测角中误差的 2 倍。分组观测的最后结果，应按等权分组观测进行测站平差。水平角的观测值应取各测回的平均数作为测站成果。如受外界因素（如震动）的影响，仪器的补偿器无法正常工作或超出补偿器的补偿范围时，应停止观测。

相关规范尚无 0.5" 级仪器的观测技术指标，但测回数方面，J1 仪器为 J2 仪器的 2/3，因此，J05 级仪器测回数可取 J1 的 2/3。另外，相关规范中，边长短可减少测回数。经计算和综合分析，观测技术指标暂按表 6 执行。

表 6 水平位移观测主要技术指标

仪器等级	平均边长 m	测角中误差 "	测距中误差 mm	基准网测回数	监测网（点）测回数	两次读数较差 "	半测回归零差 "	测回内 2C 互差 "	方向值测回较差 "	测距读数较差 mm	距离测回较差 mm
DJ05	300	1.0	2	4	2	0.5	3	5	3	2	3
DJ1	300	1.8	3	6	3	1	6	9	6	3	4

注：平均边长超过 300m 应增加相应测回数；
平均边长不足 200 时，测回数可减少 1/3。

分别量取仪器站和棱镜站约 1.5m 高度处的温度和气压，取平均值现场输入仪器中，由仪器自动进行气象改正，并正确设置棱镜常数。每测回盘左、盘右各精确照准一次，按下测量键 2 次，每次同时采集水平角（方向值）、垂直角（天顶距）和距离。监测点可直接观测其坐标，但总观测数据量应符合表 6 的规定，即含零方向，盘左、盘右各观测两次或三次。

宜由仪器自动记录观测数据，内业除输出坐标外，还应输出角度和距离。先以“Excel 2003”电子表格处理测站数据，计算目标平均水平角（方向值）和水平距离，并由两人对算。当各期均使用相同的仪器设备时，可不进行距离乘常数和加常数的改正，宜直接在平面上计算。再以清华山维“Nasew2003 智能图文网平差”软件，或南方测绘仪器公司“平差易 PA2005”软件进行数据处理。基准网（和监测网）平差计算结果中，最弱点坐标中误差或点位中误差应满足规范要求。监测点只输出坐标时，坐标较差不应大于 6mm，取中数作为最终成果。

5.3 监测设备

我院测绘队是专业队伍，高精度测绘仪器设备齐全，数量充足。各期观测使用同一仪器设备，投入本工程的主要仪器设备见表 7。

表 7 主要监测仪器设备

序号	仪器名称	型号	编号	主要精度指标	用途	出产商	备注
1	全站仪	高精度级 TS30	361987	0.5" & 1mm+1×10 ⁻⁶ D	水平位移观测	瑞士 Leica	
2	水准仪	精密级 NA2+GPM3	5045977+ 5017301	0.3mm/km	沉降观测	瑞士 Leica	
3	打井钻机、发电机、冲击钻、电脑等						

6 变化分析与整体评述

6.1 沉降分析

监测点最大高程中误差按 1.5mm 计算，高程变化量为两期之差，并取 95%的置信度，即以 2 倍中误差作为测量极限误差，依测量误差传播规律，求得监测点沉降量的极限误差为 4.2mm。即 $1.5\text{mm} (\text{高程中误差}) \times \sqrt{2} (\text{两期高程之差的中误差}) \times 2 (\text{取 2 倍中误差为测量极限误差})$ 。就是说监测点本期高程变化量和累计高程变化量大于 4.2mm 者，确定为有变形。

以监测点高程计算本期高程变化量和累计高程变化量，以时间为横坐标，累计高程变化量为纵坐标编制监测点沉降图表。

制作监测点全程沉降曲线图，见表 8。各监测点最大累计沉降和最大变化速率统计列于表 8。

表 8 沉降监测结果统计表

点号	位置说明	上升最大值 (允许值: 30) (mm)	下沉最大值 (允许值: 30) (mm)	最大速率 (允许值: 5) (mm/d)	综合评述	备注
SMD01	坡顶	0.0	-8.1	-0.09	轻度下沉	正值为上升
SMD02	坡顶	0.0	-9.7	-0.11	轻度下沉	负值为下沉
SMD03	坡顶	0.0	-8.3	-0.08	轻度下沉	
SMD04	坡顶	0.0	-8.3	-0.09	轻度下沉	

监测点沉降位移量变化曲线图

沉降监测结果表明：最大变化的沉降监测点为 SMD02（轻度下沉），最大值为-9.7mm，其余沉降监测点轻度下沉，整个监测期间监测点没有出现报警值，故监测期间监测点整体稳定，不存在失稳。

6.2 水平位移分析

极坐标法施测的水平位移观测点，没有检核条件，所以要通过多测回观测来保证观测精度和防止错误的观测数据。因其距离测量误差不大于 2.0mm ($1\text{mm}+1\times 10^{-6}D$)，测角误差不大于 2"，边长为 300m 时，由角度误差引起的横向误差为 3.0mm。实际上仪器到监测点的距离均在 200m 内，能保证坐标中误差不大于 2.0mm。

极坐标法测量的坐标，其变化量属于矢量，具有方向性。但一般取垂直于边坡方向的变化量，即我们监测时提供的位移变化量，均已归化到沿边坡垂直方向上。以累计水平位移量制作监测点水平位移变化量曲线图，见表 9；各监测点最大累计水平位移和最大变化速率统计列于表 9。

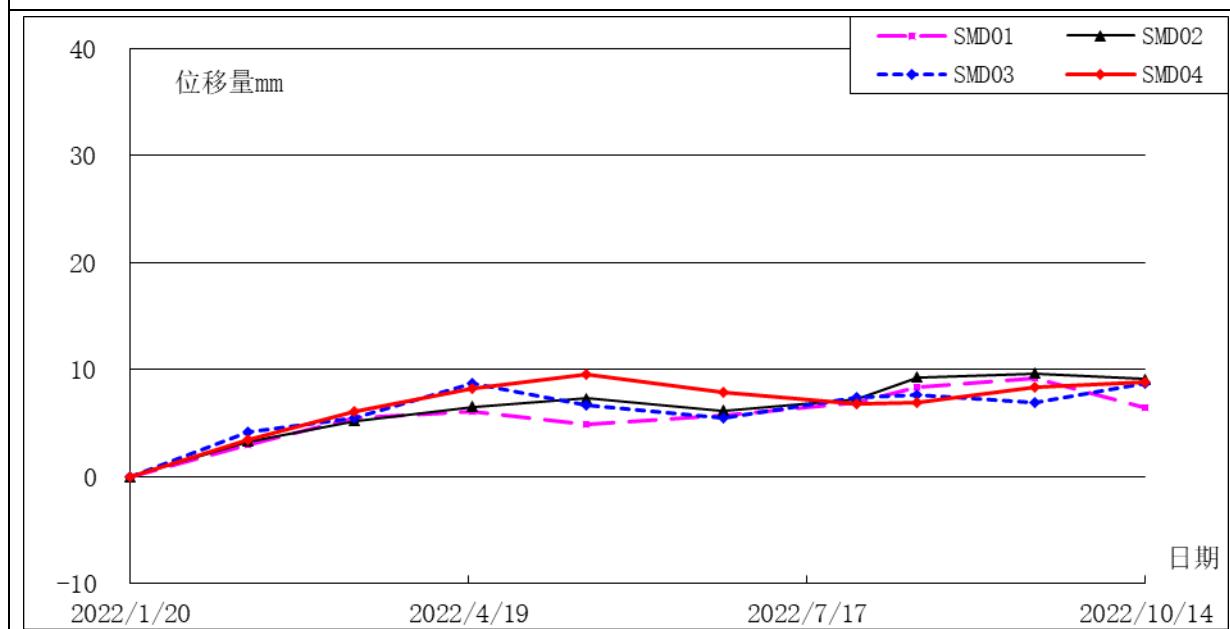
本水平位移观测，坐标中误差取 2.0mm，按中误差的传播规律，坐标变化量为二期

坐标之差，其中误差为 2.8mm ($3\sqrt{2}$)。取 95% 的置信度，即以 2 倍中误差为极限误差，则坐标变化量极限测量误差为 5.6mm 。当坐标变化量超过 5.6mm ，我们就认定，监测点位发生内移或外移。

表 9 水平位移监测结果统计表

点号	位置说明	累计最大值 (允许值: 50) (mm)	最大速率 (允许值: 4) (mm/d)	综合评述	备注
SMD01	坡顶	9.20	0.10	轻微外移	负值内移
SMD02	坡顶	9.64	0.13	轻微外移	正值外移
SMD03	坡顶	8.72	0.13	轻微外移	
SMD04	坡顶	9.56	0.11	轻微外移	

监测点水平位移量变化曲线图



水平位移监测结果表明：最大变化的水平位移监测点 SMD03 位于边坡北侧，为轻微外移，最大值为 9.64mm ，其余水平位移监测点变化不明显，故监测期间水平位移监测点整体较稳定，不存在失稳。

7 结论与建议

7.1 结论

沉降方面整体评述为：轻微下沉，累计变化量均在规范允许安全范围内。

水平位移方面整体评述为：轻微外移，累计变化量均在规范允许安全范围内。

通过以上计算、统计、分析，沉降和水平位移等监测结果揭示，沉降和水平位移变化不大。我们认为，本边坡在监测期间，该边坡是稳定的，不存在失稳现象。

7.2 建议

建议继续对边坡进行变形监测。