

链子崖危岩体防治工程效果评价

王洪德 金泉豪

中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所 河北保定 071051

[摘要]长江三峡链子崖危岩体防治工程1995年开工,1999年8月竣工。危岩体经过施工阶段和竣工后的应力重新调整,岩体逐渐趋于新的稳定,且危岩体安全度有了很大提高,防治工程效果日渐显著。本文通过对链子崖危岩体防治前后监测资料分析、对比,评价危岩体的稳定性,预测危岩体变形趋势,并对工程治理效果做出初步评价。

[关键词] 链子崖危岩体 防治工程 效果 评价

1 概 述

1.1 地质概况

长江三峡链子崖危岩体位于湖北省秭归县屈原镇(原新滩镇)境内,与黄崖老崩塌体,新滩滑坡区及其它隐患区共同组成长江西陵峡崩滑隐患区。链子崖危岩体北端危岩高耸百米以上,俯视长江。总体呈近南北向分布,与长江呈 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 角斜交,南高北低,北宽南窄,崖顶向北西倾斜,坡角 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$,分布高程由南500米降至北临江180米。危岩体由下二迭统栖霞组灰岩夹数层薄层灰岩页岩组成,其下为厚1.6~4.2m的马鞍山组煤层。危岩体内发育有30多条宽、大裂缝。山体被切割成三个大小不等的危岩区, 区为T0~T6缝段; 区为T7缝段; 区为T8~T12缝段。

1.2 工程概况

链子崖危岩体防治工程于1994年10月开始,整个体系主要由T0~T12缝段地表排水工程,T8~T12缝段煤硐承重阻滑键工程,“五万方”及“七千方”锚索工程,猴子岭防冲拦石坝工程等组成。防治的重点为T8~T12缝段(250万方)危岩。两大主体工程——承重阻滑键工程和锚索工程于1995年5月开始,分别于1997年8月、1999年8月竣工,标志着危岩体防治工程施工部分于1999年8月结束,而后全面转入防治工程效果监测阶段。

1.3 监测系统概况

链子崖危岩体监测系统从20世纪70年代起逐步建立,到防治工程结束时,形成了监测手段多样、数据采集及处理自动化的立体监测系统,包括:

- (1) 岩体表面绝对位移监测点(大地形变)30个;
 - (2) 裂缝相对位移自动监测点26处39点;
 - (3) 水平孔多点位移计自动监测点3处11点;
 - (4) 预应力锚索测力计监测点9个;
 - (5) 承重阻滑键岩体应力监测点41点;
 - (6) 岩体深部位移监测(钻孔倾斜仪)5处;
 - (7) 中心处理机房1处,可24小时随时采集、处理监测数据;
- 目前,上述监测设施均正常运行。

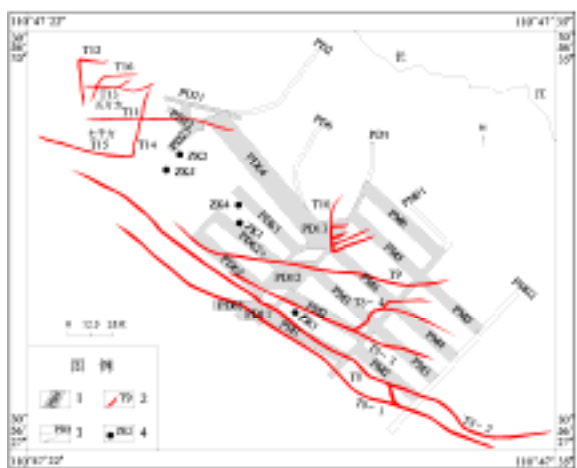


图 1 链子崖危岩体裂缝分布及承重阻滑工程布置图

1-承重阻滑键；2-地表裂缝；3-平硐入口；4-深部位移监测钻孔

2 工程施工前危岩体变形状况

2.1 T8～T9 缝段

据 1978～1994 年监测资料，危岩体治理前，崖顶岩体朝 NW 向蠕动，即大体上顺岩层倾向运动。其中东部朝 N17°W 水平位移 1.2mm/a，下沉 0.9mm/a；地表中、西部则向 NW 向水平位移 0.7～2.5mm/a，下沉 0.4～0.9mm/a；崖下 T9 缝南侧岩体向 NNE 位移，水平位移为 2.3mm/a（见表 1）。

表 1 链子崖 T8～T9 缝段岩体治理前年平均位移量表

| 点 名 | 水平位移 F/（mm/a ⁻¹ ）及方向（°） | | 下沉量（mm/a ⁻¹ ） | F/ H |
|-----|------------------------------------|----------|--------------------------|--------|
| A 下 | 2.3 | 9 NE9 | | |
| T8 | 1.2 | 343 NW17 | -0.9 | 1/0.75 |
| T81 | 2.5 | 338 NW22 | -0.9 | 1/0.36 |
| T82 | 1.8 | 313 NW47 | | |
| T83 | 0.7 | 278 NW82 | -0.4 | 1/0.57 |

2.2 T9～T11 缝段

长期以来，T9～T11 缝段岩块以不均一的蠕动朝 NNW—NNE 方向运动，据 1978～1994 年绝对位移监测资料：东部崖顶向 NNW 向位移，速率为 1.4～1.7mm/a，下沉 0.5～0.8mm/a；中西部崖顶岩体向 N22°～29°W 位移，速率为 1.6～1.9mm/a，下沉 0.6～0.7mm/a；东部崖下岩体向近 N 方向位移，速率为 1.8～2.0mm/a（见表 2）。

2.3 “七千方”滑体

“七千方”表层滑移体长期以来一直顺倾向以 R402 为滑面向 NW 向滑移。据 S7 点监测资料，该滑体 1995 年以前，顺 R402 软层朝 N30°--45°W 累进位移 34.36 mm，速率为 4.9mm/a，滑移角 30°，与岩层产状基本一致（岩层倾角 27°～35°）。

表 2 链子崖 T9—T11 缝段岩体治理前年平均位移量表

| 点 名 | 水平位移（mm/a ⁻¹ ）及方向（度） | | 下沉量（mm/a ⁻¹ ） | F/ H |
|-----|---------------------------------|------|--------------------------|--------|
| B 上 | 1.7 | NW16 | -0.5 | 1/0.29 |
| T9 | 1.9 | NW29 | -0.6 | 1/0.32 |

| | | | | |
|-----|-----|------|------|--------|
| T10 | 1.6 | NW30 | -0.7 | 1/0.44 |
| F 上 | 1.4 | NW2 | -0.8 | 1/0.57 |
| S 长 | 1.7 | NW22 | | |
| B 下 | 2.0 | NE6 | | |
| F 下 | 1.8 | NW2 | | |

2.4 “五万方”岩体

崖顶 G 上点自 1978 ~ 1995 年朝 N20°W 位移，速率为 1.5mm/a，下沉 0.7mm/a， $F/H=1/0.47$ 。表明“五万方”在治理以前的变形特征为顺岩层倾向蠕滑并伴随下沉。

2.5 雷劈石滑体

1978 ~ 1995 年底，雷劈石滑体朝 NW 方向位移，速率为 1.6 ~ 2.0mm/a (T801 和 T802 点)。

可以看出：工程施工前，T8 ~ T12 缝段崖上岩体及“七千方”滑体、“雷劈石”滑体主要以 NW 向顺层滑移变形为主，崖下岩体则朝近 N 向长江方向位移。

3 工程施工后危岩体变形状况

3.1 T8 ~ T9 缝段

根据 1997-2003 年监测资料 (见表 3)，危岩体治理后，T8 ~ T9 缝段岩体崖顶东部水平位移量由治理前 2.5mm/a 减小为 2003 年 2.0mm/a (T81 点)，下沉量由治理前 0.9mm/a 减小为 2003 年 0.4mm/a (T81 点)；西部水平位移量由治理前 0.7 ~ 1.8mm/a 减小为 2003 年 0.6 ~ 1.1mm/a，下沉量由治理前 0 ~ 0.4mm/a 减小为 2003 年 0 ~ 0.2mm/a (T82、T83 点)；变形方向由治理前 NW 变为 NE 方向；崖下 T9 缝南侧岩体由 NNE 转向 SW 方向位移，水平位移量由治理前 2.3mm/a 减小为 2003 年 0.8 ~ 1.7mm/a (T9x1、A 下点)。

岩体变形趋于稳定状态 (见图 2、图 3)，说明防治工程已经发挥效力。

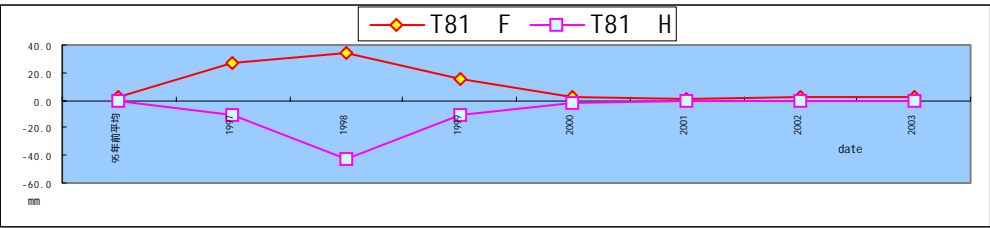


图 2 T8-T9 缝段 T81 点年变化量 - 时间曲线图

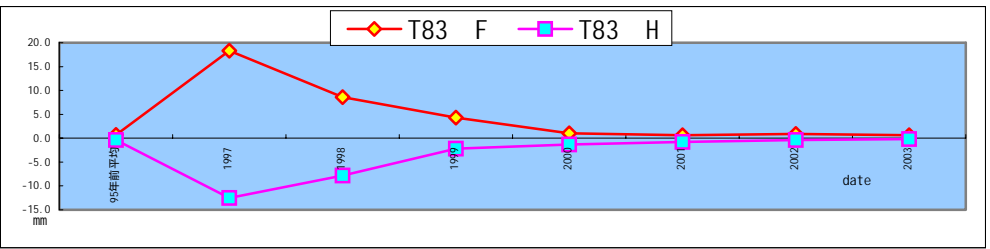


图 3 T8-T9 缝段 T83 点年变化量 - 时间曲线图

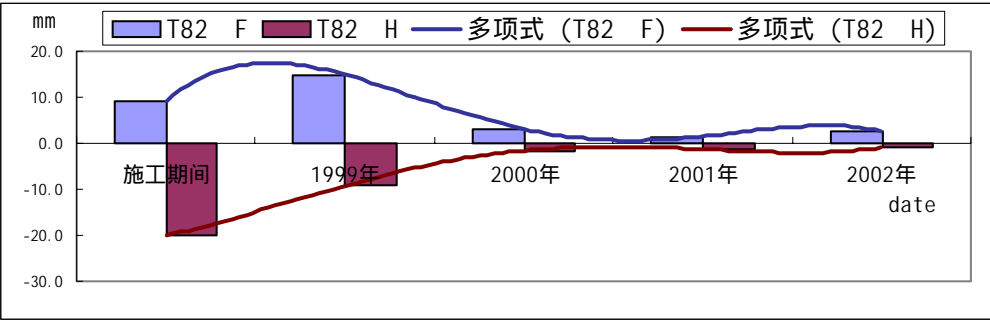


图 4 T8-T9 缝段 T82 点年变化量 - 时间曲线图

表 3 T8 ~ T9 缝段岩体治理前后绝对位移监测点年变化量表

| 年度 | | | | 95 年 前平均 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|----------|----|------|---|-------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 崖上 岩体 | 东部 | T8 | F | 1.2 | 14.8 | 24.3 | 29.2 | 4.2 | 1.4 | 1.3 | 2.6 |
| | | | H | -0.9 | -9.1 | -34.1 | -24.2 | -3.9 | -1.0 | -0.6 | -0.7 |
| | | T81 | F | 2.5 | 26.6 | 33.8 | 15.1 | 2.8 | 1.4 | 2.0 | 2.0 |
| | | | H | -0.9 | -10.7 | -43.2 | -10.8 | -1.8 | -1.0 | -0.8 | -0.4 |
| | 西部 | T82 | F | 1.8 | 21.8 | 17.8 | 14.9 | 3.1 | 1.5 | 2.6 | 1.1 |
| | | | H | | -24.5 | -29.2 | -9.2 | -1.6 | -1.3 | -0.9 | 0 |
| | | T83 | F | 0.7 | 18.3 | 8.6 | 4.3 | 1.0 | 0.6 | 0.9 | 0.6 |
| | | | H | -0.4 | -12.5 | -7.8 | -2.2 | -1.3 | -0.8 | -0.4 | -0.2 |
| 崖下 岩体 | | T9x1 | F | | 4.9 | 35.3 | 27.2 | 2.8 | 2.1 | 1.4 | 0.8 |
| | | A 下 | F | 2.3 | 10.9 | 25.1 | 23.7 | 6.6 | 2.9 | 2.0 | 1.7 |

相对位移监测资料 (见表 4) 也可以看出危岩体工程治理以后, 岩体经过应力调整变形逐渐趋于相对稳定。

表 4 T8 ~ T9 缝段岩体相对位移年变化量表

| 点名 | 变化量(mm) | | | | | | | |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 |
| Df8-1a | -0.02 | 0.69 | 0.81 | 1.24 | 16.97 | 47.03 | 39.95 | 17.60 |
| Df8-3a | -0.35 | -0.15 | -0.07 | 0.12 | 0.14 | 1.64 | -0.51 | -0.20 |
| Df8-4c | 0.23 | -0.06 | -0.06 | -0.23 | -1.37 | -4.35 | -8.19 | |
| DF9-1a | -0.14 | -0.37 | -0.21 | -0.10 | -3.42 | 5.81 | -2.33 | -1.12 |
| Df9-3a | 0.05 | -0.24 | -0.05 | 0.00 | -0.45 | 0.41 | -0.43 | 1.02 |
| Df9-1b | -0.24 | -0.70 | -0.52 | -0.99 | -3.91 | | -4.77 | -9.58 |
| Df9-3b | -0.13 | -0.17 | 0.01 | -0.16 | -1.63 | -1.82 | -3.42 | -12.57 |
| Df9-3c | 0.08 | 0.12 | 1.05 | -0.36 | 1.52 | 4.02 | 3.70 | |

3.2 T9 ~ T11 缝段

根据多年的绝对位移监测资料, T9 ~ T11 缝段岩块在治理前一直以不均一的蠕动朝 NNW—NNE 方向运动, 治理后绝对位移监测资料显示 (见表 5), 该缝段崖顶岩块水平位移量由治理前 1.4~1.9 mm/a 减小为 2003 年 0.6~1.9 mm/a, 下沉量由治理前 0.5~0.8 mm/a 减小为 2003 年 0.1~0.5 mm/a, 变形方向基本上为 NNE - NE - NS, 崖下岩体由近 N 方向转向 NNE、NE 方向位移, 位移量由治理前 1.8 ~ 2.0mm/a 减小为 2003 年 1.3~1.7mm/a (B 下、T9x2 点)

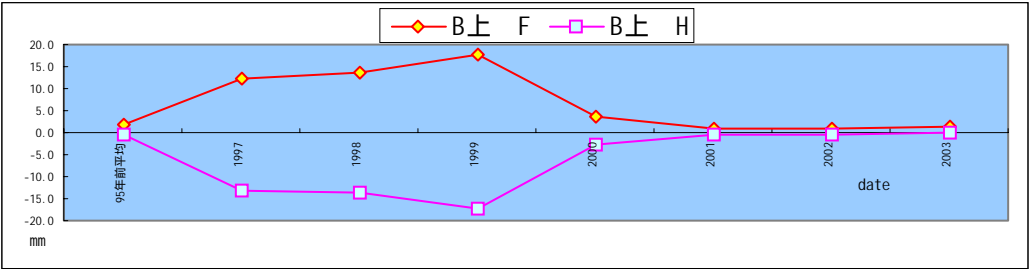


图 5 T9-T11 缝段 B 上点年变化量 - 时间曲线图

表 5 T9 ~ T11 缝段岩体治理前后绝对位移监测点年变化量表

| 年度 | | | 95 年前平均 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|------|------|---|---------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 崖上岩体 | B 上 | F | 1.7 | 12.3 | 13.5 | 17.8 | 3.6 | 1.0 | 1.1 | 1.5 |
| | | H | -0.5 | -13.0 | -13.6 | -17.2 | -2.7 | -0.6 | -0.4 | -0.1 |
| | T9 | F | 1.9 | 11.1 | 15.7 | 19.5 | 4.2 | 1.7 | 1.0 | 1.9 |
| | | H | -0.6 | -16.0 | -16.6 | -9.9 | -1.6 | -0.5 | 0.4 | -0.2 |
| | T10 | F | 1.6 | 6.5 | 11.9 | 6.7 | 2.9 | 1.5 | 0.6 | 0.9 |
| | | H | -0.7 | -23.9 | -10.6 | -5.0 | -1.6 | -0.8 | -0.5 | -0.5 |
| | F 上 | F | 1.4 | 10.6 | 9.4 | 13.6 | 2.2 | 1.5 | 1.3 | 1.0 |
| | | H | -0.8 | -9.1 | -4.7 | -8.6 | -1.7 | -0.7 | -0.3 | -0.5 |
| | S 长 | F | 1.7 | 9.9 | 8.5 | 5.7 | 2.0 | 1.9 | 0.7 | 0.6 |
| | | H | | -21.7 | -3.7 | -1.1 | -0.8 | -0.7 | 0 | -0.4 |
| 崖下岩体 | B 下 | F | 2.0 | 13.0 | 24.5 | 9.2 | 1.9 | 0.9 | 0.9 | 1.7 |
| | T9x2 | F | | 18.1 | 32.8 | 15.3 | 3.3 | 2.4 | 0.9 | 1.3 |

该缝区岩体治理后位移变形量及下沉量逐步减小并且低于多年平均位移速率,其值均小于点位中误差,并且变形趋势已经基本相对稳定(见图 4、图 5),这表明岩体位移变形不明显,防治工程已经发挥效力。

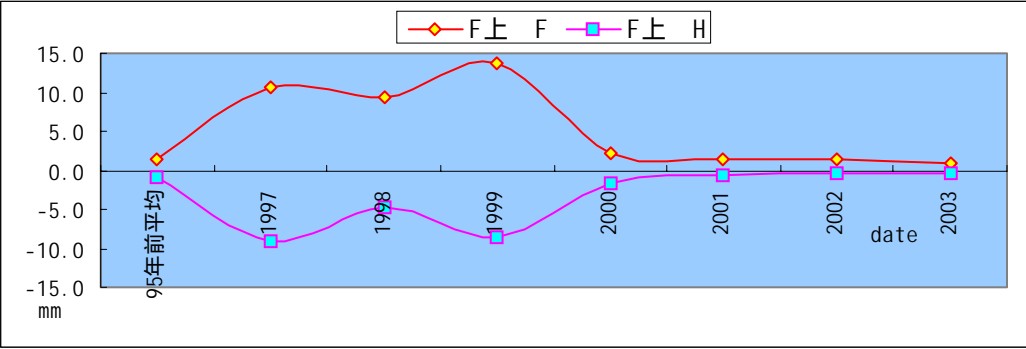


图 6 T9-T11 缝段 F 上点年变化量 - 时间曲线图

3.3 “七千方”滑体

“七千方”表层滑移体长期以来一直顺倾向以 R402 为滑面向 NW 向滑移。根据绝对位移监测资料(见表 6),“七千方”滑体锚固工程加固以后,岩体朝锚索拉张力方向位移,此后沿该方向的位移量逐步减小,位移量由治理前 4.9mm/a 减小为 2003 年 1.3mm/a (S7 点),并且变形趋势(见图 6)已经基本上趋于相对稳定状态。说明防治工程已经发挥效力。

表 6 “七千方”滑体治理前后位移年变化量表

| 点号 | 水平位移量 (mm) | | | | | | | |
|-----|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 95 年前平均 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| S71 | | | 5.3 | 0.5 | 0.2 | 1.8 | 1.4 | 1.5 |
| S7 | 4.9 | 6.2 | 5.6 | 1.6 | 1.5 | 1.0 | 1.3 | 1.3 |
| S72 | | | 7.4 | 1.5 | 0.4 | 0.2 | 1.2 | 1.5 |

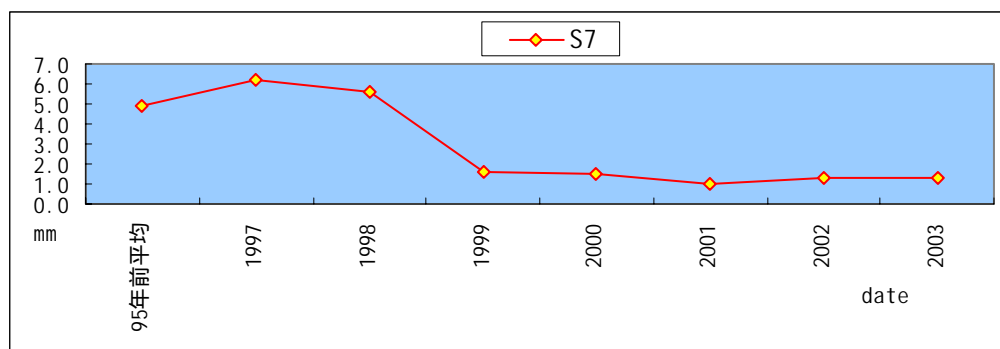


图 7 “七千方”滑体 S7 点年变化量 - 时间曲线图

“七千方”滑体治理后相对位移监测资料(见表 7)分析可以知道岩体变形趋于稳定状态,说明防治工程已经发挥效力。

表 7 “七千方”滑体治理后相对位移监测点年变化量表

| 点名 | 变化量(mm) | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 |
| Df14-2a | 0.05 | 0.44 | 0.10 | 0.21 | -0.05 | -0.08 | -1.46 |
| Df15-1a | -0.16 | 0.23 | -0.16 | -0.28 | -0.28 | -0.89 | -3.24 |
| Df15-1b | -0.24 | -0.72 | -0.54 | -0.51 | -0.42 | -0.50 | -2.26 |
| Df15-2a | -0.65 | -0.20 | -0.03 | 0.02 | 0.61 | 0.06 | -0.01 |
| DF15-2c | 0.02 | -0.29 | -0.05 | -0.09 | -0.12 | -0.24 | -0.58 |

3.4 “五万方”岩体

“五万方”危岩体经历了 NW 向顺层滑移(施工前)到朝 SE 向运动,再朝 SE、SW 向缓慢位移,位移量由大到危岩体逐渐趋于稳定的过程(见表 8)。锚索工程施工后,“五万方”岩体均朝有利于岩体稳定的方向位移且变形量渐趋稳定,以崖顶 G 上点为例治理前多年平均水平位移量 1.5mm/a,2003 年为 0.8 mm/a,治理前下沉量 0.7 mm/a,2003 年该点垂向没有发生变形(见图 8),其它各监测点变形情况与 G 上点类似。

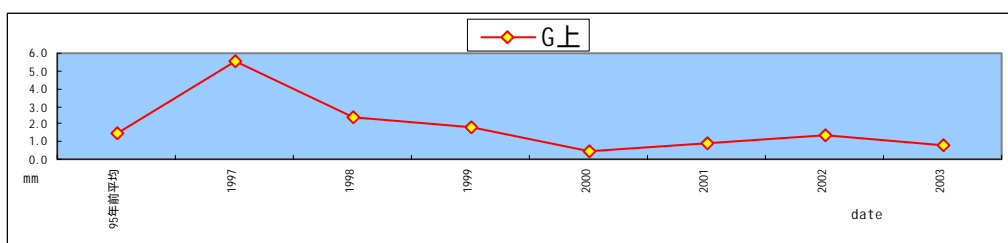


图 8 “五万方”危岩体 G 上点年变化量 - 时间曲线图

表 8 “五万方”绝对位移监测点年变化量表

| 点名 | 年水平位移量 (mm) 位移方向 | | | | | | |
|----|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |

| | | | | | | | |
|------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PX1 | 10 S80 ° E | 3.9 S86 ° E | 0.8 N60 ° E | 1.4 N30 ° W | 0.6 N18 ° E | 1.5 E | 0.8 S16 ° W |
| T14X | 9.3 S71 ° E | 4.1 N79 ° E | 1.3 S63 ° W | 2.1 N61 ° W | 0.9 N18 ° E | 0.8 S83 ° E | 1.7 N45 ° E |
| PX2 | 7.2 S80 ° E | 7.4 S77 ° E | 2.9 N78 ° E | 2.2 N56 ° W | 0.7 N45 ° E | 0.7 N16 ° E | 1.5 S24 ° W |
| PX3 | 6.0 S70 ° E | 3.3 N75 ° E | 1.0 N11 ° E | 0.9 N49 ° W | 1.1 N68 ° E | 1.4 N78 ° E | 0.6 N68 ° E |
| G 上 | 5.6 N56 ° E (-4.8) | 2.4 N56 ° E | 1.8 N34 ° E (-0.9) | 0.5 N22 ° W | 0.9 N13 ° E | 1.4 S82 ° E | 0.8 N56 ° E |
| T13X | 9.8 E | 2.3 S83 ° E | 1.1 N38 ° E | 0.9 N21 ° W | 1.1 N34 ° E | 1.3 N86 ° E | 0.4 N31 ° W |
| G 中 | 6.6 S80 ° E | 1.4 N78 ° E | 0.4 S56 ° E | 0.7 N63 ° W | 1.0 N | 1.4 S69 ° E | 0.5 S19 ° E |

锚索测力计监测也反映了上述变形现象（见表 9，图 8，图 9），该危岩体 1996 年、1997 年经锚索加固锁定后，锚索锁定力逐渐变小（测力计年变量为负值，且绝对值越来越小），表明危岩体朝锚固力方向位移，位移变化量由大到小。1999 年锚索测力计年变量多为正数，显示锚索持力之特点，与位移监测表明的岩体变形现象一致，通过近几年的监测资料岩体应力已经重新调整并趋于相对稳定状态，说明锚固工程效力已经发挥。

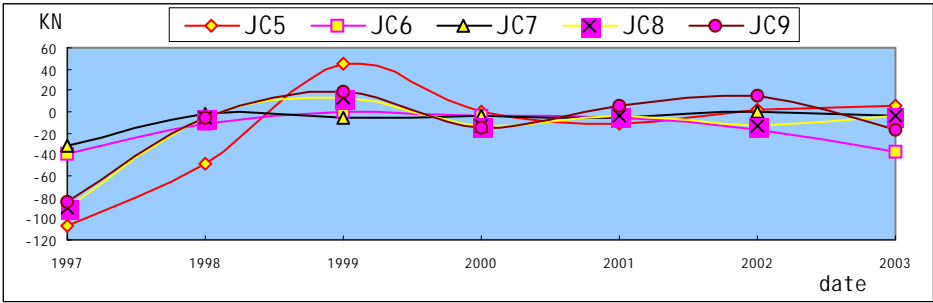


图 9 “五万方”危岩体锚索测力计年变化量 - 时间曲线图

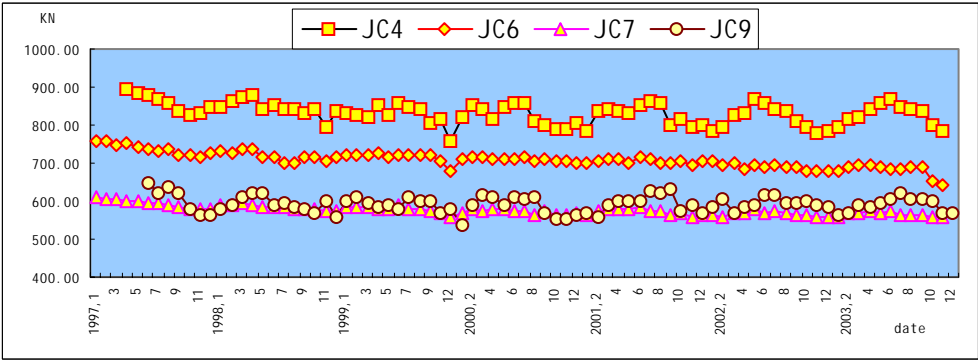


图 10：“五万方”危岩体锚索测力计监测数据 - 时间曲线图

表 9 锚索测力计监测年变化量统计表

| 点名 | 年变化量(KN) | | | | | | |
|-----|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 |
| JC1 | | -20.98 | 15.87 | -20.33 | -10.76 | -57.44 | -69.59 |
| JC2 | | -16.37 | 21.01 | -18.93 | -0.38 | -65.28 | -136.61 |
| JC3 | | | | | -23.99 | -31.99 | -119.02 |
| JC4 | 6.19 | -23.14 | 4.24 | -23.95 | 18.56 | -33.02 | -81.50 |
| JC5 | 6.55 | 2.76 | -11.91 | 0.73 | 44.54 | -47.92 | -107.27 |
| JC6 | -37.09 | -17.77 | -6.55 | -3.67 | 0.85 | -11.27 | -39.96 |

| | | | | | | | |
|-----|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| JC7 | -2.87 | -0.10 | -5.16 | -3.83 | -5.80 | -2.40 | -32.33 |
| JC8 | -3.52 | -12.24 | -3.05 | -12.51 | 13.91 | -5.61 | -90.08 |
| JC9 | -16.78 | 14.55 | 6.51 | -14.37 | 18.38 | -5.35 | -84.32 |

相对位移监测资料（见表 10，图 10）显示治理后由于防治工程发挥效力，危岩体变形已经趋于相对稳定状态。

表 10 “五万方”危岩体相对位移监测点年变化量表

| 点名 | 变化量(mm) | | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2003 | 2002 | 2001 | 2000 | 1999 | 1998 | 1997 | 1996 |
| Df11-1a | -0.22 | -0.07 | 0.02 | -0.05 | -0.05 | 0.13 | 0.28 | 0.51 |
| Df11-1b | -0.06 | -0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.09 | 0.24 | 0.40 | 0.62 |
| Df11-1c | -0.14 | -0.01 | 0.07 | 0.02 | -0.13 | -0.08 | -0.15 | -0.56 |
| Df11-2a | -0.01 | -0.04 | 0.04 | 0.01 | -0.09 | 0.35 | 4.36 | 5.90 |
| DF12-2a | -0.01 | -0.02 | 0.03 | -0.09 | -0.04 | -0.03 | 0.12 | -0.12 |
| Df13-1a | 0.02 | -0.25 | 0.37 | 0.00 | -0.12 | 0.12 | 0.25 | -0.14 |
| Df13-1c | -0.10 | 0.02 | 0.07 | -0.06 | -0.06 | -0.20 | -0.46 | -0.67 |
| Df14-1a | -0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | -0.07 | 0.01 | 0.07 | -0.47 |
| Df16-1a | 0.38 | 0.24 | -0.03 | 0.21 | 0.23 | 0.28 | 0.62 | 1.06 |
| Df16-1b | -0.20 | -0.17 | -0.08 | -0.37 | -0.09 | -0.36 | -0.69 | -2.17 |

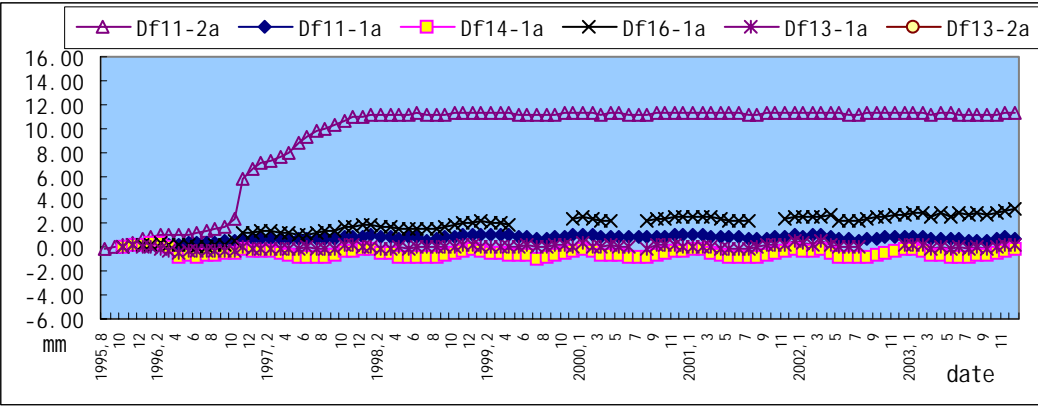


图 11 “五万方”危岩体裂缝相对位移历时曲线

（五）雷劈石滑体

雷劈石滑体位移量由治理前 1.6 ~ 2.0mm/a 减小为治理后(见表 11)2002 年 0.6~1.7mm/a (T801 和 T802 点),变形量逐步减小并且相对稳定,变形方向由治理前 NW 方向改为基本上向 NE 方向。

表 11 雷劈石滑体绝对位移监测点（T801、T802）年变化量表

| 年 | 95 年前 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|----|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| 位移 | 1.6-2.0 | 4.6-4.8 | 10.0-10.3 | 18.8-35.1 | 8.3-8.7 | 3.0-3.3 | 2.4-2.8 | 0.6-1.7 |

| | | | | | | | | |
|----|----|------------------|------------------|--------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| 方向 | NW | N23 ° -31 ° W | N32 ° -35 ° E | N7 ° -52 ° E | N17 ° -35 ° ° E | N12 ° W-N24 ° E | N2 ° -46 ° E | N45 ° W-N3 ° W |
|----|----|------------------|------------------|--------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------------------|

从监测资料分析可以看出危岩体在防治前后变形趋势明显减缓并且趋于相对稳定 ,这表明防治工程已经发挥效力，有效遏制了危岩体向不利于岩体稳定方向的变形。

四、效果评价

以上分析表明，防治工程结束以后，T8-T9 缝段岩体、T9-T11 缝段岩体、“七千方”岩体、“五万方”岩体和雷劈石滑体位移变形已不明显；块体间无明显的位移变形。从变形趋势来看，危岩体在防治工程结束以后，岩体应力重新调整，变形趋势逐步趋于稳定。表明防治工程已经发挥效力。

综合分析认为：防治工程结束以来，危岩体在经历了变形调整后，岩体变形进入相对稳定期，岩体的稳定性明显提高。危岩体已经达到相对稳定状态。防治工程效果已经初步体现。

五、结 语

链子崖危岩体防治工程竣工后，通过危岩体监测资料进行分析，对危岩区的岩体变形可得出：危岩体各缝段岩体变形明显减小，已经趋于相对稳定；各缝间岩体变形已趋于相对稳定。这表明防治工程已经发挥效力，防治工程效果已经初步体现，危岩体已经处于相对稳定状态。

参考文献

[1] 殷跃平，康宏达，张颖。三峡链子崖危岩体锚固工程施工方案[J]，中国地质灾害与防治学报，1996，7（1）：44-51。

[2] 王景宏。链子崖危岩体稳定性分析与治理[J]，中国地质灾害与防治学报，1994，5（3）：56-62。

[3] 徐卫亚，孙广忠。链子崖危岩体整治工程地质适应性[J]，中国地质灾害与防治学报，1994,5（3）：43-55。

[4] 王尚庆。链子崖危岩体监测预报初步研究[J]，中国地质灾害与防治学报，1994，5（3）：79-89。

[5] 王洪德，高幼龙，薛星桥等。链子崖危岩体防治工程监测预报系统功能及效果[J]. 中国地质灾害与防治学报，2001，12（2）：59-63。

[6] 王洪德，韩子夜。监测工作在链子崖危岩体防治工程中的重要作用，已投稿。2004（未出版）

[7] 王洪德，姚秀菊，高幼龙等。防治工程施工对链子崖危岩体的扰动[J]，地球学报，2003，24（4）：375-378。

链子崖危岩体防治工程效果评价

王洪德 金泉豪

中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所 I 河北保定 071051

摘要：长江三峡链子崖危岩体防治工程1995年开工，1999年8月竣工。危岩体经过施工阶段和竣工后的应力重新调整，岩体逐渐趋于新的稳定，且危岩体安全度有了很大提高，防治工程效果日渐显著。本文通过对链子崖危岩体防治前后监测资料分析、对比，评价危岩体的稳定性，预测危岩体变形趋势，并对工程治理效果做出初步评价。

关键词：链子崖危岩体 防治工程 效果 评价

THE EFFECTS OF VALUATION ON THE LIANZI CLIFF DANGEROUS ROCK BODY CONTROLLING ENGINEERING

WANG Hongde^{1,2)} JIN Xiaohao^{1,2)}

*Institute of Hydrogeologic and Engineering Geologic Techniques , CGS , Baoding ,
Hebei , 071051*

Abstract: The controlling engineering for Lianzi Cliff in Yangzi River Three Gorges began in 1995 and finish in august of 1999. The construction of the controlling engineering including adjusting stress has greatly raised the stability , and the lianzi cliff dangerous rock body is more stable now than ever before .in short , the effects of the controlling engineering is increasingly shown with each passing day .

Through analyzing monitoring data of The controlling engineering for Li anzi Cl i ff before and after , this paper deals with the effects of valuation on the

Lianzi Cliff dangerous rock body controlling engineering.

Key words Lianzi Cliff dangerous rock body , controlling engineering , effect , valuation.

References

- Yin Yaoping , Kang Hongda , Zhang Ying. 1996. Constructing programme on pre-stressed cable of dangerous rockmass of Lianziya , the three gorges. The Chinese journal of geological hazard and control. 7 (1): 44-51(in Chinese with English abstract).
- Wang Jinghong. 1994. Analysis of the stability of Lianzi Cliff dangerous rock body and its control. The Chinese journal of geological hazard and control. 5 (3): 56-62(in Chinese).
- Xu Weiya , Sun Guangzhong. 1994. Engineering geological stability of Lianzi Cliff dangerous rock body control Engineering. The Chinese journal of geological hazard and control. 5 (3): 43-55(in Chinese).
- Wang Shangqing. 1994. Preliminary investigation on the monitoring and prediction of Lianzi Cliff dangerous rock body. The Chinese journal of geological hazard and control. 5 (3): 79-89(in Chinese).
- Wang Hongde , Gao Youlong , Xue Xinqiao et al . . 2001. Function and effect of monitoring-forecasting system of control works in Lianzi Cliff dangerous rock body. The Chinese journal of geological hazard and control. 12 (2): 59-63(in Chinese).
- Wang Hongde , Han Ziyi et al . . 2004. The effect of monitoring work on the Lianzi Cliff dangerous rock body controlling. Already contribution.
- Wang Hongde , Yao Xiujia , Gao Youlong et al . . 2003. The disturbance of the controlling engineering construction to the Lianzi Cliff dangerous rock body. 24(4) : 375-378(in Chinese).