

三峡船闸高边坡裂隙岩体渗流监测成果分析

任大春¹, 刘义城², 朱国胜³, 陈劲松¹

(1. 长江科学院, 湖北 武汉 430010; 2. 湖北省荆州市长江河道管理局, 湖北 荆州 434000; 3. 武汉大学土建学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 三峡船闸是三峡工程的主要工程之一。闸室区边坡高度一般为 70~120 m, 最高约 160 m, 地下水是影响岩体高边坡稳定的重要因素之一。介绍了船闸高边坡施工期地下水渗流监测的布置和实施情况, 根据将近 3 a 的实际监测成果, 分析了施工期船闸高边坡地表降雨、排水、水质、排水洞渗流渗压的变化规律和影响因素; 监测成果分析认为, 施工期船闸南北边坡地下水位均低于设计水位, 与长江科学院计算成果基本一致, 随着二期工程的实施, 地下水位将随之缓慢降低, 说明设计最后选定的渗控方案是基本合理的。

关键词: 三峡船闸; 高边坡; 渗流; 安全监测

中图分类号: TV139

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2007)02-0180-04

作者简介: 任大春(1963-), 男, 湖北黄陂人, 教授级高级工程师, 主要从事岩土工程和地下水渗流研究。E-mail: renchen@public.wh.hb.cn。

Analysis on seepage of high excavated slopes of cracked rock in the ship locks of Three Gorges

REN Da-chun¹, LIU Yi-chen², ZHU Guo-sheng³, CHEN Jin-song¹

(1. Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China; 2. Yangtze Riverway Bureau of Jingzhou City of Hubei Province, Jingzhou 434000, China; 3. Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Ship lock was one of the main engineering projects of the Three Gorges Project. The height of the high excavated slopes in the district of ship locks was generally from 70 m to 120 m, and the tallest one was about 160 m. The ground seepage was one of the important factors to affect the stability of high excavated slopes. The arrangement and construction for monitoring of ground seepage in the high excavated slopes during their construction were introduced. Based on the monitoring results during nearly three years, the development and the influence factors (such as the surface raining, drainage, fluid quality discharge and pressure of seepage in drainage hole during the construction of ship lock) were also analyzed. It was shown by monitoring data that the underground water level in north and south sides of ship lock was lower than the design water level which was basically accordant with the result calculated by Yangtze River Scientific Research Institute, and the underground water level would be immediately lowered along with the construction of project. Therefore the design seepage control method was basically reasonable.

Key words: Three Gorges Shiplock; high excavated slope; seepage; monitoring

0 引言

三峡永久船闸所在区域基岩为闪云斜长花岗岩, 岩体风化层厚度较大。区内天然地下水主要来源于大气降水入渗, 入渗的雨水通过全强风化带和一些透水性较好的结构面入渗到基岩深部。天然状态下, 地下水主要分布于弱风化带内, 其埋深分别为 24~33 m (山脊)、10~25 m (山坡) 和 7~14 m (沟谷)。针对永久船闸的实际情况, 设计采取了边坡岩体疏干排水及锚固支护两大措施, 以确保边坡的稳定, 而岩体内地下水的运动规律又是极为复杂的, 工程实施后的效果如何是工程成败的关键。因此, 现场监测不仅对

保证工程的施工及运行安全极为重要, 同时监测所反馈的信息又可修改并优化设计。

1 裂隙岩体渗流监测布置

地下水通常是引起边坡尤其是滑坡失稳的主要外因之一, 因此, 在三峡永久船闸边坡监测系统中, 地下水的监测占有十分重要的地位。主要监测项目包括: 地下水监测、降雨量监测、排水洞排水量监测以及水质分析等。测点主要布置在船闸两侧边坡各层排水洞

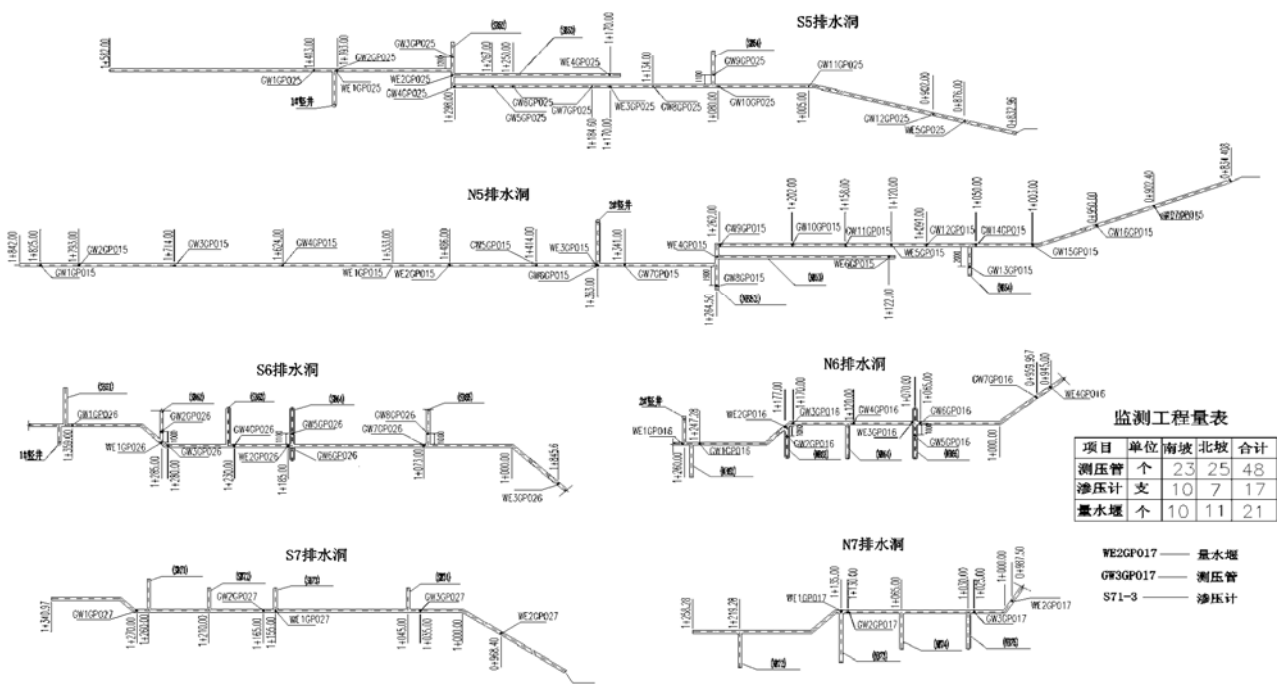


图 1 渗流监测设施布置

Fig. 1 Arrangement of seepage monitoring facilities

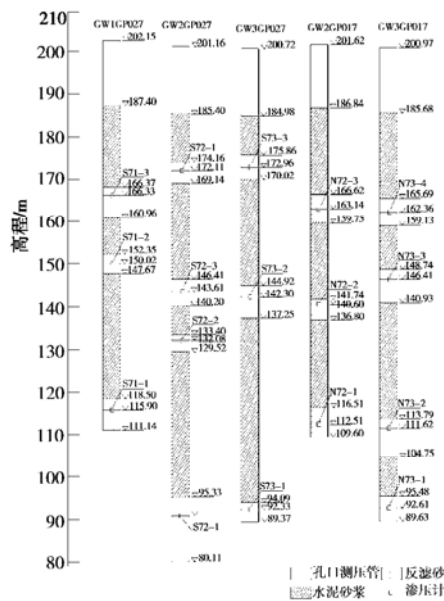


图 2 三峡船闸高边坡排水洞渗压计布置

Fig. 2 Arrangement of piezometers in the drainage hole of high excavated slope in ship locks of Three Gorges

内, 共计钻孔 48 个、渗压计 17 支、测压管 48 个、临时雨量站 1 个、量水堰 21 个, 渗流监测设施布置见图 1、2 所示。

渗压监测采用渗压计作为长期监测; 地下水位采用电测水位在测压管内测量; 降雨量采用自记雨量计观测; 排水量采用量水堰和排水孔用容积法测量; 地下水水质分析先定期取水样作简分析, 若有析出物或有侵蚀性水流出时, 再作全分析。

2 岩体渗流监测的实施

渗流监测自 1995 年 3 月开始进行技术准备, 在排水洞开挖工程施工完成后, 与洞内清渣、衬砌、排水孔施工交叉进行, 整个施工期观测于 1998 年 2 月完成。

S7 排水洞仪器埋设自 1995 年 7 月开始, N7 排水洞仪器埋设自 1995 年 8 月开始; S6 排水洞仪器埋设自 1995 年 12 月开始, N6 排水洞仪器埋设自 1996 年元月开始; 受土建工程施工的影响, S5 排水洞仪器埋设延至 1996 年 7 月开始, N5 排水洞仪器埋设延至 1996 年 11 月开始。

地下水监测、降雨量监测以及水质分析自 1995 年 7 月开始, 排水洞排水量监测于排水洞衬砌基本完成后自 1996 年 10 月开始进行。

3 监测成果综合分析

(1) 巡视检查发现, 未实施渗控措施前, 排水洞内渗水严重; 排水孔实施后, 排水洞渗水主要由排水管流出; 随着边坡各级平台表面混凝土和排水沟工程的陆续完成, 经混凝土封闭后, 边坡排水管在雨后基本无水或仅有少量水滴, 说明排水孔排水和边坡表面混凝土封闭相结合的渗控措施效果明显, 工程基本达到了设计要求。

(2) 1996 年、1997 年永久船闸区总降雨量分别为 1469.9 mm 和 1004.6 mm, 接近于多年平均降雨量, 逐月的降雨量分布见表 1, 降雨主要集中在 5~10 月

表 1 1996 年~1997 年逐月降雨分布情况比较

Table 1 Comparison of rains distribution for every month during 1996~1997

时间	1996-01	1996-02	1996-03	1996-04	1996-05	1996-06	1996-07	1996-08	1996-09	1996-10	1996-11	1996-12
降雨量/mm	26.7	8.3	53.4	74.3	145.5	262.3	315.1	198.8	179.5	50.5	150.1	0
时间	1997-01	1997-02	1997-03	1997-04	1997-05	1997-06	1997-07	1997-08	1997-09	1997-10	1997-11	1997-12
降雨量/mm	31.9	32.0	45.2	55.4	82.6	60.4	257.0	132.5	153.8	82.7	50.2	20.9

注：月降雨量指上月 25 日~本月 24 日的观测月。

表 2 降雨对地下水的影响比较

Table 2 Influence of the rain on groundwater

降雨开始日期	1996-07-03	1996-07-28	1996-09-18	1996-11-03	1997-07-16	1997-09-15
降雨量/mm	207.5	58.8	64.1	133.0	91.3	83.9
降雨历时/h	23	24	38	112	120	72
观测时间/h	184	36	48	120	45	69
水位上升测点/个	24	13	5	4	0	1
水位下降测点/个	5	17	5	7	4	3
水位持平测点/个	1	2	2	1	1	0

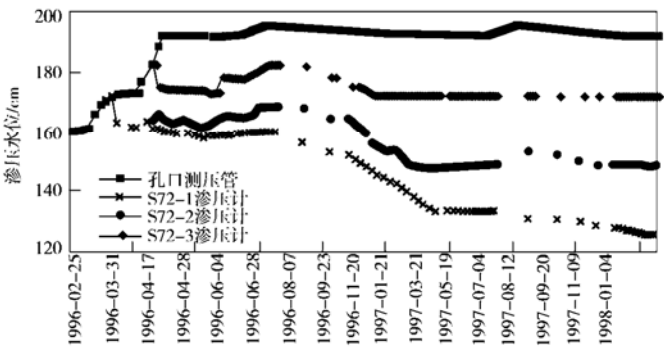


图 3 GW3GP027 观测孔渗压计与测压管渗压水头过程线

Fig. 3 Development of water pressure in piezometer and piezometric tube of GW3GP027 borehole

份，分布规律和正常年基本一致。

表 2 列出了 1996 年~1997 年几次大的降雨对地下水位的影响，其中观测时间为观测时刻与开始降雨时刻之差，与开始降雨时的测点地下水位相比，各测点观测水位呈上升、下降或持平 3 种状况。从表中可以看出，单次降雨对地下水位的影响仍然较小，且具有一定的滞后现象。这主要是由于船闸边坡地表喷护和排水沟的施工，截断了边坡附近地表雨水的直接入渗通道，而地下水的补给主要来自两岸远处山体，所以，地下水位对单次降雨的反应较为迟缓。

(3) 典型观测仪器的监测成果如图 3 所示，在船闸开挖期间，船闸区的渗流场是开挖、降雨、喷锚、排水等因素综合影响的结果，开挖爆破振动较大时，附近的测压管水位有时会有波动现象发生。开挖初期，降雨对地下水位有一定的影响，汛期地下水位有所上升，而到了枯水季节，水位又有所回落。在截排水措施逐渐实施的情况下，施工对地下水的影响更加突出，降雨的季节性影响逐渐减弱，但总的来说随着永久船闸的开挖，两岸边坡的地下水位呈不断下降趋势，有利于边坡的稳定。

(4) 从埋设渗压计的五個长期观测孔看，同一剖面不同高程的地下水位基本上表现为上高下低，且呈缓慢下降趋势，各测点的渗压变幅亦逐渐减小，体现了高边坡岩体深部渗透压力分布的特点。

(5) 边坡渗流排水量的长期日视检查和初步测量说明，总的渗流量是北坡排水洞出水量较南坡排水洞大，下层排水洞出水量较上层排水洞大。排水洞中排水孔有明显排水效果，原有岩壁渗水点大都消失，改由排水孔出水。S7 排水洞主洞已基本无水，排水孔和排水沟均测不到流量；S6 排水洞仅出口处的量水堰能测到流量，这与地下水位观测值是一致的。

(6) 水质分析目前尚未发现水中有析出物，绝大部分渗水化学特征相近，pH 值为 8 左右，水质类型为低矿化度重碳酸钙型的中性至弱碱性水。分析成果还表明，依取水点高程从高到低，水中主要成分 Ca^{++} 和 HCO_3^- 离子含量和矿化度有上低下高的趋势，且北坡高于南坡。这说明水中离子含量、矿化度与渗透途径长短有关，渗径越长就有更多的化学成分溶出。

排水洞的渗出水中，所含各类离子随时间均有一

定的变化, 以钙离子和重碳酸根离子变化最为明显。变化的规律是雨季低、旱季高, 且随时间略有降低, 但幅度不大。监测资料还发现有少量排水孔水质中含有微量侵蚀性 CO_2 , 接近于雨水中的含量。个别排水洞局部 pH 值较高, 可能与排水洞浇筑混凝土底板有关。

施实施后的监测成果显示, 实测值与计算值很接近, 说明永久船闸的地下水渗流状况与长江科学院的研究成果基本一致, 设计采用的水位具有一定的安全裕度。目前船闸南坡、北坡观测到的地下水位均低于设计水位, 随着船闸开挖工程的进一步实施, 地下水位还在进一步缓慢降低, 说明设计最后选定的渗控方案是基本合理的。

4 结 论

(1) 三峡工程永久船闸大气降雨主要集中在 5~10 月, 单次降雨对地下水位的影响仍然较小, 且具有一定的滞后现象。

(2) 船闸边坡地表喷护和排水沟的施工, 截断了边坡附近地表雨水的直接入渗通道, 而地下水的补给主要来自两岸远处山体, 渗水中未发现有析出物, 绝大部分渗水化学特征相近, pH 值为 8 左右, 水质类型为低矿化度重碳酸钙型的中性至弱碱性水。

(3) 同一剖面不同高程的地下水位基本上表现为上高下低, 且呈缓慢下降趋势, 各测点的渗压变幅亦逐渐减小, 体现了高边坡深部裂隙岩体渗透压力分布的特点, 岩体内地下水压力分布并不符合常规静水头分布规律, 更接近于渗流分析的结果。

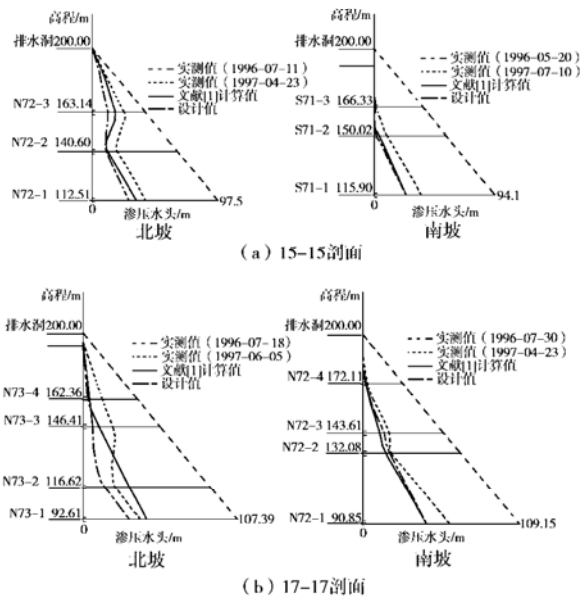


图 4 剖面渗压水头分布
Fig. 4 Distribution of seepage water pressure

(7) 图 4 为永久船闸 15-15、17-17 两个重点监测断面的水压力分布图, 图中计算值的边界条件^[1]为排水设施齐全(排水洞、排水孔)、边坡喷锚完成的情况。从图中可以看出, 一方面岩体内地下水压力分布并不符合静水头分布规律, 反映了岩石裂隙渗流的特点; 另一方面, 船闸开挖初期, 由于截、排水措施尚未实施, 实测水压力值大于计算值; 而截、排水措

参考文献:

[1] 谢 红, 任大春. 三峡船闸高边坡渗流场三维有限元分析[J]. 人民长江, 1996, 27(3): 6 - 9. (XIE Hong, REN Da-chun. 3-D finite element analysis for high excavated slope seepage at Three Gorges Shiplocks[J]. Yangtze River, 1996, 27(3): 6 - 9. (in Chinese))