

复杂滑坡体地下水分层观测技术与应用

孙云志¹, 苏爱军²

1. 中国地质大学工程学院, 湖北武汉 430074

2. 水利部长江勘测技术研究所, 湖北武汉 430011

摘要: 滑坡勘测与防治工程实践证明, 地下水是滑坡体稳定性分析的敏感因子。因此, 获取滑坡体地下水位是滑坡勘测的重要目的之一。由于滑坡体组成物质的多样性与透水性差异, 滑坡体存在不同类型的地下水, 即多层地下水位。钻孔终孔水位所代表的是滑坡体综合水位, 不能区分滑坡体中存在的多层地下水位。应用地下水分层观测技术可以解决上述问题。系统地介绍了滑坡体地下水分层观测技术, 并以三峡工程库区和平广场、黄腊石滑坡为例, 分析了地下水分层观测成果对滑坡防治工程的意义。

关键词: 复杂滑坡体; 地下水; 分层观测技术。

中图分类号: P641.2; P642.22

文章编号: 1000-2383(2005)02-0241-04

收稿日期: 2004-07-12

De-layer Observation Technique and Application in Complex Landslides

SUN Yun-zhi¹, SU Ai-jun²

1. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. The Yangtze Research Institute of Geo-technique and Survey, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430011, China

Abstract: Landslide surveys and preventative analysis have shown that underground water is a sensitivity factor of landslide stability analysis. Therefore, it is important to obtain the underground water level at the site of a landslide. There are different types of underground water levels which this paper refers to as the de-layer underground water level in landslides, due to multiple substance composition and diverse permeability. The water level of a terminal borehole is synthesis level for borehole, and cannot distinguish multi-underground water levels by itself. The de-layer technique of underground water observation could solve the above problems. This paper introduces the systematic de-layer technique of underground water observation and analyzes the results and significance for landslide prevention using the examples of the Heping square landslide and the Huanglashi landslide in the reservoir region of the Three Gorges Project.

Key words: complex landslide; underground water; de-layer observation technique.

滑坡勘测与防治工程实践证明, 地下水是滑坡体稳定性分析的敏感因子, 获取滑坡体地下水位是滑坡勘测的重要目的之一。复杂滑坡体(即成因与成分复杂、组成物质透水性具有明显差异的滑坡体)存在不同类型的地下水, 即多层地下水位(如上层滞水、深层潜水与局部承压水)。通常, 钻孔终孔水位所代表的是滑坡体综合水位, 不能区分滑坡体存在的多层地下水位, 只能通过分层观测技术获取。由于地下水分层观测孔的结构工艺相对复杂, 因此, 该技术

在滑坡勘测中的应用实例不多。但是, 地下水分层观测技术有着重要的应用前景。

1 复杂滑坡体地下水概念模型

三峡工程库区滑坡勘测与治理工程实践表明, 多数滑坡体(如巫山鸭浅湾、曹家湾滑坡、巴东黄腊石滑坡、万州和平广场、枇杷坪滑坡等)堆积或滑动过程具有明显的序次, 成分多样, 物质透水性存在差

表 1 和平广场滑坡体透水性注水试验成果

Table 1 Injection test results of permeability of Heping square landslide

试验钻孔编号	试验孔段/m	岩性	成因类型	渗透系数 $k/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
AZ03	4.20~8.20	粘土夹碎石	滑坡堆积	4.83×10^{-5}
AZ27	6.80~11.80	粘土夹块石	滑坡堆积	9.85×10^{-4}
QH15	3.00~8.00	粘土	河流冲积堆积	1.16×10^{-6}
QH02	15.00~15.80	砂砾石	河流冲积堆积	5.05×10^{-1}

据长江水利委员会综合勘测局, 2001. 长江三峡工程库区重庆市万州区和平广场滑坡区滑坡与塌岸防治工程可行性研究勘察报告.

表 2 黄腊石滑坡体透水性注水试验成果

Table 2 Injection test results of permeability of Huanglashi landslide

试验钻孔编号	试验孔段/m	岩性	成因类型	渗透系数 $k/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
ZK44-2	24.46~28.62	粘土(夹碎石)	滑坡堆积	1.44×10^{-6}
ZK1-1	4.50~15.25	碎石土	滑坡堆积	4.62×10^{-4}
ZK1-2	20.90~25.20	碎石土	滑坡堆积	3.00×10^{-3}
ZK1-3	30.46~35.20	碎石土	滑坡堆积	2.66×10^{-3}
ZK1-4	46.53~56.23	块石土	滑坡堆积	9.00×10^{-2}
ZK1-5	54.80~56.20	粘土	滑坡堆积	9.14×10^{-6}
ZK3-1	3.00~5.00	粘土(夹碎石)	滑坡堆积	2.17×10^{-6}
ZK3	20.00~65.00	灰岩	滑床基岩	1.09×10^{-2}

据长江水利委员会勘测总队, 1990. 长江三峡黄腊石滑坡工程地质勘察报告(可行性研究阶段).

异. 例如, 万州和平广场滑坡体组成物质有堆积成因的粘土、粘土夹碎石、粘土夹块石与块石; 河流冲积成因的粘土、粉质粘土、粉细砂与砂砾石, 现场原位试验获得的渗透系数从极弱透水—强透水(表 1). 又如, 巴东黄腊石滑坡体组成物质有粘土、粘土(夹碎石)、碎石土、块石土, 其渗透系数同样包含了极弱透水—强透水(表 2).

由此可见, 复杂滑坡体分布有相对独立的含水层和隔水层, 存在不同的地下水系统, 即多层地下水位. 根据地下水的埋藏条件(王大纯等, 1986), 可以建立如图 1 所示的复杂滑坡体地下水概念模型. 复杂滑坡体存在 3 种类型的地下水位: 即表层滞水、上层滞水和深层潜水. 表层滞水系大气降水入渗过程中受表层小范围相对隔水层的阻托, 在小范围内形成的季节性潜水, 这类地下水补给范围小, 水量贫乏, 受大气降水的影响显著, 常以季节性泉水的形式出露; 上层滞水系大气降水入渗过程中受深层相对隔水层的阻托(如某序次滑动所形成的次级滑带土), 在一定范围内形成的常年性潜水, 大气降水对它有一定的影响; 深层潜水系大气降水入渗过程中,

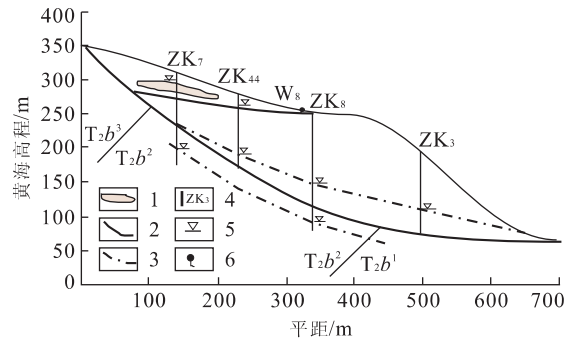


图 1 复杂滑坡体地下水概念模型(以三峡库区黄腊石滑坡为例)

Fig. 1 Underground water conception model of complexity landslide

1. 局部隔水层; 2. 滑带; 3. 地下水位线; 4. 钻孔及编号; 5. 钻孔水位; 6. 泉水点

或上层滞水透过相对隔水层薄弱部位在向下入渗过程中, 受到主滑带或下伏基岩隔水层的阻托而形成的常年性潜水(即主滑带以上赋存的地下水). 实践表明, 深层潜水通常存在自由水面, 仅少数滑坡体的该层水位具有微承压性(如万州枇杷坪滑坡 ZK₂₃ 孔的承压水头高出滑坡地面 1.80 m).

2 分层观测管结构与安装工艺

分层观测管通常设计为 2 层, 即内层观测管和外层观测管, 其结构见图 2. 根据观测目的不同, 观测管一次安装可以分别观测滑坡体上层滞水与深层潜水、深层潜水与滑床基岩裂隙水水位. 当分层观测上层滞水与深层潜水水位时, 内层管下到滑坡体下伏基岩中, 用粘土填塞基岩孔段, 观测深层潜水水位; 外层管下到一定深度(通常是 7~10 m), 观测上层滞水水位; 当分层观测深层潜水与滑床基岩裂隙水水位时, 内层管下到滑床下伏基岩中, 用粘土填塞滑带部位, 厚度要求 1 m, 观测滑床基岩裂隙水水位; 外层管下到滑带, 管内用粘土填塞, 填塞厚度要求大于 1 m, 观测深层潜水水位.

观测管安装工艺如下: (1) 内层管直径 Φ_1 32 mm; 外层管直径 Φ_2 91 mm; (2) 观测管网眼按 15 cm 间距梅花型分布; (3) 观测管外层要求用铁砂包缠, 以防泥砂堵塞网眼; (4) 观测管孔口应高出地面 0.2 m; (5) 钻孔基岩段用粘土填塞并捣实; (6) 钻孔完成后要求洗孔 30 min 至孔口返水变清为止; (7) 在观测管与孔壁之间回填砂砾; (8) 在孔口下

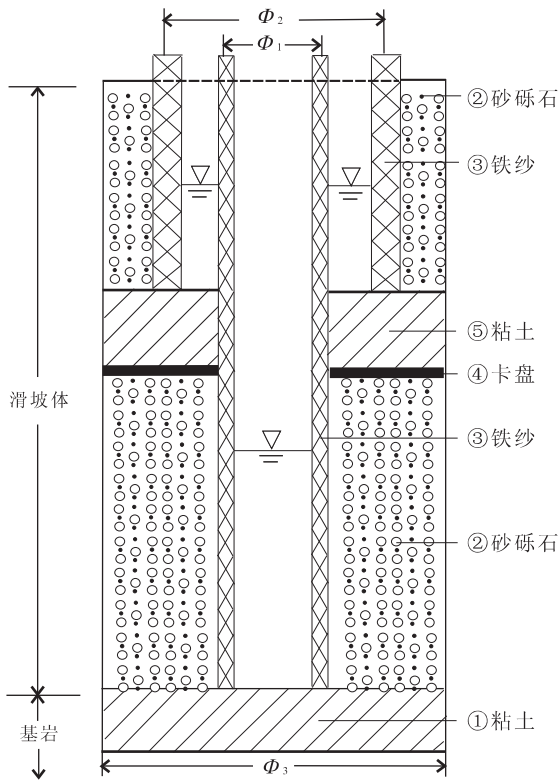


图 2 分层观测管结构

Fig. 2 Structure of de-layer observation pipe

Φ_1 . 内层观测管直径 32 mm; Φ_2 . 外层观测管直径 91 mm; Φ_3 . 钻孔孔径 110 mm

1.5 m 处套管, 保护孔口。

3 应用实例与工程意义

3.1 和平广场滑坡体地下水分层观测成果分析

3.1.1 滑坡体概述 和平广场滑坡位于三峡工程库区重庆市万州区主城区内, 体积 $1.950 \times 10^4 \text{ m}^3$, 分布高程 114~215 m, 滑坡体组成物质复杂, 分布有多层地下水位。根据防治工程的要求, 分层观测滑坡体上层滞水与深层潜水水位, 观测钻孔号为 AZ₂₃、QH₇ 和 QH₁₀。

3.1.2 观测成果分析 (1) 上层滞水与深层潜水水位埋深均较为稳定; (2) 深层潜水与上层滞水水位存在水头差, 差值约为 1.5 m; (3) 内层管地下水位的埋深比外层管中地下水位的埋深大。研究发现, 内外层观测管地下水头差的大小与观测孔处滑坡体的物质成分有关, 透水性的滑坡物质, 由于地下水流通畅, 内层管中地下水位就低, 反之则相反。内外层观测管水头差的大小, 综合反映了滑坡体不同

透水性地质单元之间渗透压力的相对大小。

3.1.3 工程意义 地下水位分层观测成果对滑坡防治工程的意义: (1) 具有表层滞水与上层滞水水文地质特征的滑坡体, 在考虑滑坡体地下水作用时主要以静水压力为主; (2) 具有深层潜水水文地质特征的滑坡体承受着动水压力, 必须考虑静水压力与动水压力的共同作用; (3) 和平广场滑坡体存在表层滞水水位, 因而防治工程还应充分考虑到三峡水库蓄水后地下水对滑坡体地表建筑物可能产生的浸没灾害, 做好地下水排水工作。

3.2 黄腊石滑坡体地下水分层观测成果分析

3.2.1 滑坡体概述 黄腊石滑坡体位于巴东县城东 1.5 km, 分布高程 60~720 m, 总体积 $1.800 \times 10^4 \text{ m}^3$, 是一个多类型、多层次和多序次的大型滑坡体(陈国金等, 1997)。滑坡体组成物质包括粘土、粘土夹碎石、碎石土、块石土等, 滑坡体存在多层地下水位(图 1), 观测钻孔号为 ZK₇、ZK₄₄、ZK₈ 和 ZK₃。

3.2.2 观测成果分析 根据分层观测成果(表 3),

表 3 黄腊石滑坡体地下水分层观测成果

Table 3 De-layer observation result of underground water of Huanglashi landslide

观测钻孔	钻孔深度/m	地下水位类型	地下水位埋深/m	最大水位变幅/m
ZK ₇	101.46	基岩裂隙水水位	59.31~59.57	0.26
ZK ₄₄	62.64	深层潜水水位	48.58~49.87	1.29
ZK ₈	121.40	基岩裂隙水水位	100.00~100.20	0.20
ZK ₃	121.02	深层潜水水位	74.00~77.72	1.31

基岩裂隙水水面埋深较大, 到上部主滑面(带)距离一般大于 30 m, 即基岩裂隙水处于无压状态(陈崇希和成建梅, 1998), 且水位变幅稳定(仅 0.20 m 左右)。深层潜水水位变幅一般都大于 1 m。

3.2.3 工程意义 根据地下水位分层观测成果, 滑坡排水防治工程的布置建议采取以下 2 种模式: (1) 井排—廊道排水模式, 即在滑床基岩中构建排水廊道, 利用滑坡体中的排水井组, 疏排地下水, 向排水廊道集中排水; (2) 连通井排水模式, 即利用滑床基岩中的储水空间和稳定的地下水面, 在滑坡体中开挖连通井疏排地下水, 直接向基岩集中排水。目前, 黄腊石滑坡体所采用的排水方案为第一种排水模式。

4 结论

滑坡体由于堆积或滑动过程的复杂性、成分的

多样性以及组成物质透水性的差异,其中存在多层地下水位. 钻孔终孔水位所代表的是滑坡体综合水位,不能区分滑坡体中存在的多层地下水位. 通过三峡工程库区和平广场、黄腊石滑坡体地下水分层观测技术的应用,分别获得了和平广场滑坡体上层滞水和深层潜水水位;黄腊石滑坡体深层潜水和基岩裂隙水水位,为滑坡防治工程设计提供了科学依据. 实践证明,地下水分层观测技术是获取复杂滑坡体多层地下水水位的有效技术方法,建议在实际工程中加强推广与应用.

References

Chen,C. X. ,Cheng,J. M. ,1998. A new idea about drainage pattern in landslide prevention and treatment;By example of Huanglashi landslide at the Three Gorges. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 23(6):628—630 (in Chinese with English abstract).

Chen,G. J. ,Zhang,L. ,Zhao,D. J. ,1997. Water isostasy and analysis of underground water system for Huanglashi landslide. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control* ,8(3):27—34 (in Chinese with English abstract).

Wang,D. C. ,Zhang,R. Q. ,Shi,Y. H. ,et al. ,1986. A fundamental of hydrogeology. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).

附中文参考文献

陈崇希,成建梅,1998. 关于滑坡防治中排水模式的思考——以长江三峡黄腊石滑坡为例. *地球科学——中国地质大学学报*,23(6): 628—630.

陈国金,张陵,赵德君,1997. 黄腊石滑坡水均衡与地下水系统分析. *中国地质灾害与防治学报*,8(3): 27—34.

王大纯,张人权,史毅虹,等,1986. *水文地质学基础*. 北京:地质出版社.

(上接 176 页)

background value in China. *Environmental Science*, 12(4):35 (in Chinese with English abstract).

Xing,G. X. ,Zhu,J. G. ,2003. Soil microelement and rare-earth element chemistry. Science Press,Beijing,5—9 (in Chinese).

Zhu,C. ,2000. Study of mountainous sedimentary environment in the fourth epoch in eastern China. Nanjing University Press,Nanjing,94—99 (in Chinese).

附中文参考文献

董凤祥,王贵禧,2003. 美国薄壳山核桃引种及栽培技术. 北京:金盾出版社,5: 22—23.

黄昌勇,2000. *土壤学*. 北京:中国农业出版社,1—2.

李家熙,吴功建,黄怀曾,等,2000. *区域地球化学与农业和健康*. 北京:人民卫生出版社,32—33.

李学垣,2001. *土壤化学*. 北京:高等教育出版社,1—3.

王景华,饶莉丽,1990. 华东平原地区化学元素的表生迁移. 北京:科学出版社,3—10.

魏复盛,陈静生,吴燕玉,等,1991. 中国土壤环境背景值研究. *环境科学*,12(4): 35.

邢光熹,朱建国,2003. *土壤微量元素和稀土元素化学*. 北京:科学出版社,5—9.

中国地质科学院生物环境地球化学中心,2001. *地球化学环境——农业、健康*. 北京:地质出版社,8—9.

朱诚,2000. 华东山地第四纪沉积环境研究. 南京:南京大学出版社,94—99.