



水平排水技术在长江中下游航道整治中的应用

李长铃

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 在分析水平排水管对岸坡稳定作用的基础上, 提出一种新的水平排水管结构。通过在斗湖堤水道江陵高滩守护工程中开展的复杂地质条件下水平排水管的试验, 说明水平排水管可消除岸坡中地下水以及渗流现象的存在, 从而减弱岸坡中地下水对岸坡的稳定危害。深层排水技术水平排水管首次在长江航道整治工程中运用, 并取得了较好的工程效果, 可为其它类似工程提供借鉴。

关键词: 航道整治; 护岸; 水平排水管

中图分类号: U 617

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2016)06-0130-05

Application of horizontal drainage technology in channel regulation in the middle and lower reaches of the Yangtze River

LI Chang-ling

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

Abstract: Based on the analysis of the effects of drain-pipe on the channel slope stability, this paper puts forward a new drainage structure, i. e. horizontal drain-pipe. The result of the experiment on the horizontal drain-pipe implemented under the complicated geologic condition in a revetment engineering in Douhudi channel reveals that the horizontal drain-pipe can eliminate the underground water and seepage, so as to weaken the damage on the slope's stability. The deep horizontal drain-pipe technology was applied to the Yangtze River channel regulation engineering for the first time and achieved a good engineering effect, so it may serve as reference for similar projects.

Keywords: waterway regulation; revetment; horizontal drain pipe

大量的工程实践表明, 岸坡中地下水以及渗流现象的存在对岸坡的稳定危害很大。据统计, 长江中下游岸滩滑坡大多数因为地下水不能及时排出而导致, 因此岸坡中设置相应的排水设施, 及时排出坡体内的地下水, 可以有效地提高边坡的稳定性。通常来说, 排水技术分为浅层排水和深层排水, 以往长江航道整治工程的高滩守护, 基本采取浅层的排水措施, 如排地表水的截流沟、拦截浅层地下水的盲沟等^[1] (图1)。

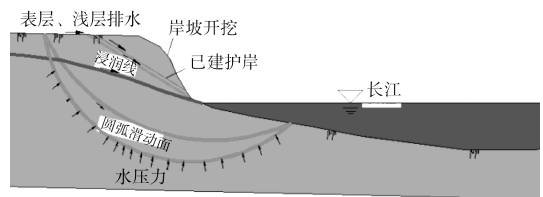


图1 边坡采取浅层的排水措施

实践证明: 浅层的排水措施具有很大的局限性, 仅在一定程度上解决岸坡浅层地表水和天然降水排水问题, 而对深层水没有起到作用, 而岸

收稿日期: 2016-01-07

作者简介: 李长铃 (1982—), 男, 工程师, 从事航道整治设计工作。

坡深层水排出通畅与否同样影响着岸坡的稳定。因此，当遇到渗流情况严重的复杂地质条件时，为了加强岸坡的排水，更好地保障高滩守护工程的稳定性，需要采取深层的排水措施。目前，水平排水管作为深层排水技术的一种措施在岸滩守护、边坡加固等工程中逐渐得到应用。

1 水平排水管的作用^[2]

1) 地表水渗入坡体内会增加土体质量，对边坡稳定极其不利。水平排水管排出坡体内的地下水，可以有效减小土体质量。

2) 地下水在坡体内渗流对上体产生渗透力，渗透力与边坡变形或滑动趋势方向相同或接近，促使边坡失稳；地下水对(潜在)滑动面(尤其是裂隙发育的岩质边坡)形成较大的静水压力，该水压力对边坡稳定不利。边坡中地下水所产生的不利于边坡稳定的作用力见图 2，图中水压力和渗透力是未设置水平排水管时的情况。水平排水管可以将地下水汇集到管内改变渗流力的方向和大小，而且延伸至潜在滑动面附近排出该处的地下水，可以明显减少作用于(潜在)滑动面的水压力。

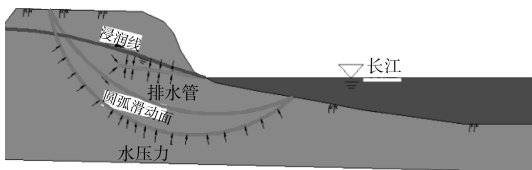


图 2 边坡地下水产生的不利于边坡稳定的作用

3) 土质边坡的土体通常是非饱和土，具有较大的基质吸力，但是大量降雨渗入土体或者地下

水升高，使土体的饱和度增加，土体的基质吸力降低，使土体的抗剪强度降低，导致边坡失稳。水平排水管可以及时排出渗入岸坡内部的地下水，使岸坡土体保持非饱和土状态，维持土体较大的基质吸力，保证岸坡稳定。

4) 通常情况下，岸坡(潜在)滑动面(带)发生剪切变形时会产生较大的超静水压力。该超静水压力将降低土体的有效质量及其抗剪强度，对岸坡稳定极其不利。设置水平排水管可以使超静水压力及时消散，其作用类似于软基处理中的塑料排水板。

2 水平排水管的结构及特点

2.1 结构

平排水管由外管和滤芯两部分组成(图 3)，外管为外径 $\phi 90$ mm 的 PVC-U 塑料管，壁厚 5.4 mm，外管靠近出口处 500 mm 为实管，靠近边坡深部为花管，外管采用直接头胶接。花管钻孔直径为 10 mm，沿圆周方向均匀布置 6 个钻孔，沿管长方向孔心距 40 mm，交错布置，花管外包 2 层 60 目尼龙滤网。水平排水管滤芯为外径 $\phi 50$ mm 的 PE 管，壁厚 4.6 mm，采用直接头铆钉连接。滤芯 PE 管单截长度为 2 m，钻成花管，花管钻孔直径为 8 mm，沿圆周方向均匀布置 4 个钻孔，沿管长方向孔心距 40 mm，交错布置，花管外包厚度为 13 mm 的泡沫塑料滤体，外包 2 层 60 目尼龙滤网。塑料管材料应符合国家标准 GB/T 10002.1—2006《给水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材》技术条件^[2]。

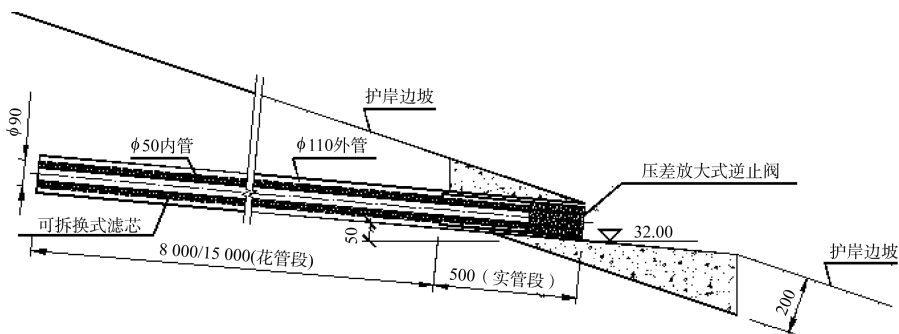


图 3 水平排水管结构 (高程: m; 尺寸: mm)

2.2 特点^[2-3]

1) 耐压能力强: 由于高滩岸坡在施工和使用期间可能产生较大变形, 尤其是存在滑坡或濒临滑坡的危险边坡, 因此水平排水管具有一定的弹性和伸缩性能, 可以承受足够的拉力, 并且耐压能力较强, 以承受松散土(岩)体的压力。

2) 排水效率性: 能够有效地降低高滩岸坡地下水水位和水力坡度, 提高岸坡稳定性。

3) 生态环保: 复杂地质条件下, 水平排水管相比铺石置换传统的处理措施, 更具环保性。铺石置换的措施往往需要置换掉表层 100 cm 厚的土壤, 直接影响着植物的生长。而水平排水管是安装在岸坡深层的土壤中, 并不会对植物生长造成影响。同时水平排水管的材料为 PVC 管也不会对土壤造成污染。

4) 施工快捷: 水平排水管的施工较为简单, 采用水平孔钻机施工, 不需要较多的人力配合施工, 具有较高的施工效率。

3 水平排水管应用实例

3.1 工程概况及地质条件

长江中游荆江昌门溪—熊家洲河段, 全长为 280.5 km, 见图 4(中游航道里程 263~543.5 km)。对枝江—江口河段、太平口水道、斗湖堤水道、周天河段、藕池口水道、碾子湾水道、莱家铺水道、窑监大河段、铁铺—熊家洲河段共计 9 个滩段(包括 13 个浅滩水道)实施航道治理。

斗湖堤水道位于沙市河弯与公安河弯的连接段, 左岸地域为荆州市, 右岸为公安县。斗湖堤水道航道整治工程包含 3 部分: 南星洲右缘下段守护工程长度 1 744 m, 江陵高滩守护长度 1 771 m 以及右岸已护岸线加固长度 3 082 m。

江陵高滩岸坡地质结构属黏性土与砂性土互层夹透镜体状的多层 III 类地质结构, 岸坡土体多

夹透镜体状粉细砂层, 坡脚分布粉细砂, 因砂层具有稳定性差、抗冲刷能力低, 易产生崩岸, 拟护坡从上游至下游约 900 m 段地形坡度较缓, 崩岸较轻微, 主要为浪坎, 以下岸坡崩岸严重, 以条崩为主, 存在护岸岸坡稳定性问题; 工程局部地段分布有淤泥质土, 最大层厚约 2.3 m, 具有强度低、压缩性高、自稳能力差的特点, 在岸坡及脚槽施工时, 还存在岸坡土体触变(流变)及脚槽坍塌问题^[4]。

考虑江陵高滩岸坡复杂地层, 且存在淤泥质土层的情况, 为提高岸坡整体稳定性, 江陵高滩守护工程中采取水平排水管的深层排水措施。

3.2 处理方案

江陵高滩守护工程 0+230~0+300 断面、0+400~0+470 断面, 共 340 m 的范围内, 在采取浅层的排水措施基础上加设水平排水管的工程措施, 水平排水管将采集岸坡深层的地下水, 增强的排水功能。水平排水管孔间距为 5 m, 安装高程为 32.60 m (图 4)。

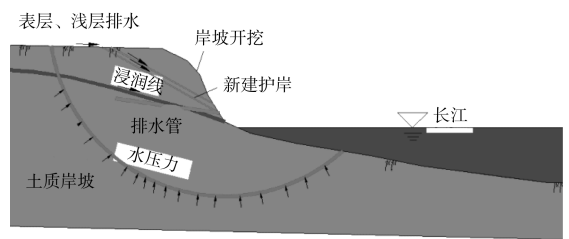


图 4 水平排水管实施方案

3.3 效果分析

对现场试验进行监测, 进一步检验了水平排水孔排水效果, 检测仪器采用美国 In-Situ 公司生产的 LEVEL TROLL500 型渗压计, 监测频率设定为每隔 4 h 记录 1 次, 每个月末定期到现场从探头中下载监测数据, 及时进行分析, 按水平排水孔布置位置, 监测点布置见图 5。

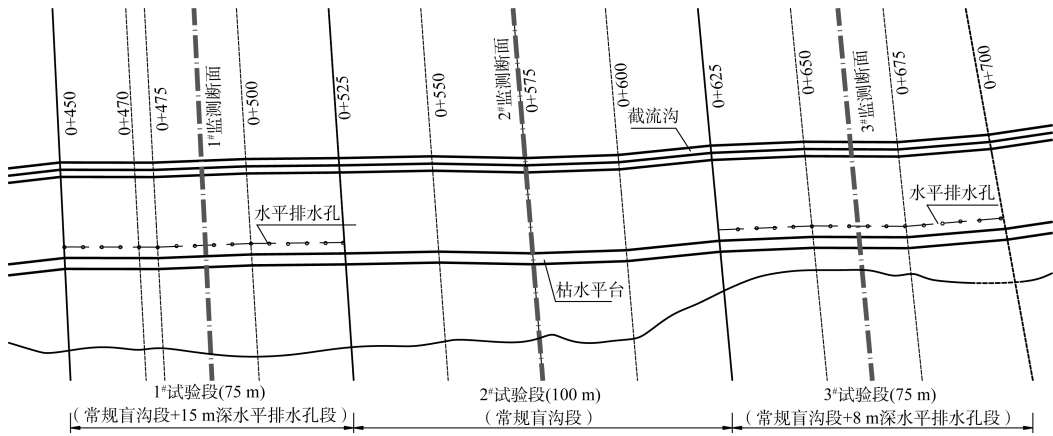


图 5 监测断面平面布置

长江水位变化特点：以靠近江面的 3-3 探头测值为例，分析江水位变化情况（图 6），长江水位在 2015 年汛期可分为 2 个主要阶段：第 1 阶段从 2014 年 6 月 9 日起淹没枯水平台，至 7 月 2 日达到最高水位 36.75 m 后开始下降，7 月 15 日降至低点

33.25 m 后 7 月 17 日回升至 35.03 m，此后在 8 月 4 日回落到枯水平台以下；第 2 阶段：8 月 8 日江水位开始淹没枯水平台，至 9 月 11 日涨至高点 34.76 m，此后开始回落，至 10 月 12 日，降于枯水平台以下。总体上监测到江水位 2 次大的降落。

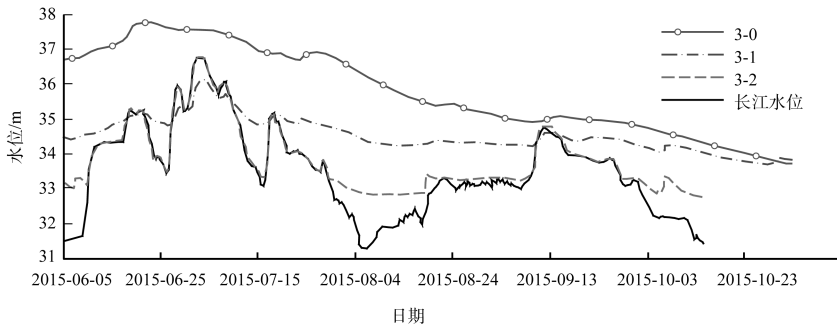


图 6 3# 监测断面水位过程线

总体来看，岸坡内水位与长江水位变化关系密切，水位过程线呈现较好规律性。在试验段区域范围内地下水向长江排泄，在岸坡范围内，当长江水位上涨时，江水向岸坡土体补给，而在江水位下降时，地下水改变为由岸坡向长江排泄。

分析远离岸坡地下水情况（图 7），距离岸坡较远处地下水位在整个观测期始终高于长江水位，表明试验段的区域地下水位较高，呈现地下水向长江排泄的势态。1# 监测断面和 3# 监测断面的初始水位存在一定的差距，可能是由于施工等原因干扰所致，随时间推移，两者差距逐渐缩小，到 2015 年 8 月以后两者已基本接近。

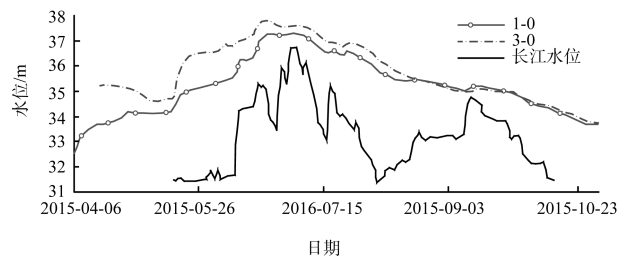


图 7 远离岸坡水位与江水过程线

由岸坡浅部地下水变化规律分析知（图 8），地下水位随长江水位变化而同步变动，且差值极小，存在较强相关性。原因主要为监测点埋深浅、距离水边界近。当江水位上涨时，入渗迅速，水位快速上涨；而江水位下落时，排水通畅，水位快速回落，始终与江水位保持同步，入渗和排泄条件均较好。

岸坡深部地下水变化规律：3个监测断面的1#探头均埋设于边坡较深部，可通过该探头的水位分析岸坡深层地下水位变化规律(图9a))。岸坡深部地下水位仍随江水位的涨落而涨落，但并不同步，在江水位变幅剧烈时有1~2 d滞后，在江水位呈下降趋势时滞后时间进一步延长，甚至在江水位下降很长时间以后，岸坡内部仍保持有较高地下水位。其变化规律可以从水位上涨和水位下降2个方面进行分析：图9b)、c)给出江水位上涨和下落较剧烈的2个典型时段水位过程线。从图中看出，6月30日—7月5日江水位从34.25 m上涨至35.25 m，平均涨速0.2 m/d，各监测断面1#测点均不同程度上涨，但均低于江水位，表明江水向岸坡补给。按水位上涨程度从大至小

依次为1#、2#、3#监测剖面。由于水平排水管的孔口设有逆止阀防止江水倒灌，江水上涨期逆止阀封闭，岸坡地下水上涨速度反映了岸坡土层的地质差异。7月10日—7月15日江水位从35.25 m下降至33.47 m，平均降速0.35 m/d，各监测断面1#测点均下降，水位降落程度从大至小依次为1#、3#、2#监测剖面，江水下降期逆止阀打开，可充分排水，排水效果按优劣顺序可排序为：1#试验段(15 m深排水管+盲沟)、3#试验段(8 m深排水管+盲沟)、2#试验段(盲沟)，水平排水管发挥了较好的排水降压作用。

此外，从现场观察情况看，现场可见排水管均有水流流出，设置15 m深排水管的试验段的出流量要比8 m深排水管试验段的出流更明显。

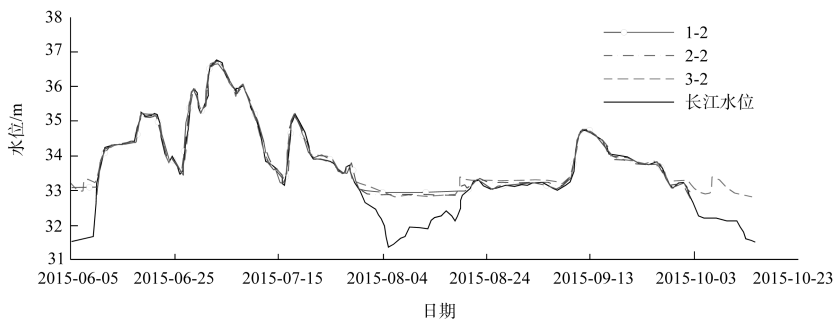
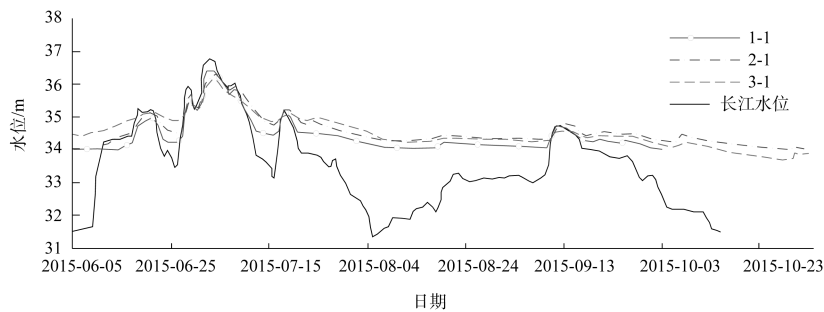
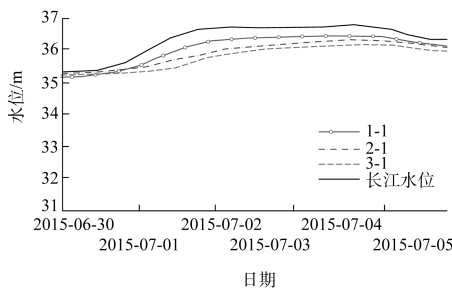


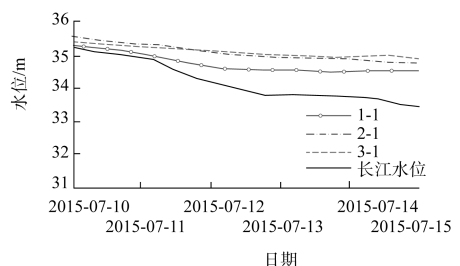
图8 岸坡浅部地下水位与江水过程线



a) 岸坡深部1#监测点



b) 1#监测点水位上涨阶段



c) 1#监测点水位下降阶段

图8 岸坡深部地下水位与江水过程线

(下转第153页)