

文章编号: 0451-0712(2006)01-0080-05

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

# 超长距离水平排水滤管在 高速公路边坡滑坡处治中的应用

章普标<sup>1</sup>, 唐晓武<sup>2</sup>

(1. 浙江沪杭甬高速公路股份有限公司 杭州市 310007; 2. 浙江大学岩土工程研究所 杭州市 310027)

**摘 要:** 介绍了利用超长距离水平滤管排水降低地下水位, 处治高速公路不稳定含碎石粘性土体上边坡的方法、施工控制要点及处治效果。通过超长距离水平滤管排水降低地下水位从而起到了降低滑坡体的推力, 增加了土体粘聚力和内摩擦角, 处治不稳定边坡的目的, 并最大限度地减少了对环境的影响, 避免了施工对公路正常运营的干扰, 不仅经济合理, 而且安全可靠, 适用于多种复杂地形, 具有较高的推广和应用价值。

**关键词:** 滤管; 排水; 滑坡; 边坡

地下水丰富的含碎石粘性土边坡在开挖坡脚后常常发生滑坡<sup>[1~6]</sup>。

某高速公路 K130 滑坡处治工程位于华东括苍山北麓, 天台盆地边缘, 属中低山丘陵地带, 植被较为发育, 滑坡体下即为当地主要水系始丰溪的上游。高速公路穿坡脚而过, 公路右侧为山体, 左侧为始丰溪的冲积滩地。当地气候属亚热带季风区, 年平均降雨量为 1 359 mm, 雨量分配不均, 多集中在每年的 5、6 月份梅雨季节和 8、9 月份的台风季节。该处边坡在 1998 年~2000 年的高速公路建设期, 曾发生坡体蠕动、局部滑塌, 建设时采取了坡脚挡墙支挡、削坡、坡面护坡、坡面种植香根草等处治措施。2000 年高速公路开通运营以后, 多次出现坡面浆砌块石护坡拱起、塌落, 部分土体滑过挡墙顶部, 边坡上缘出现多条地裂缝, 缝裂相连。最明显的裂缝有 2 条, 各长约 50 m, 宽约 5~10 cm 不等, 并出现错台, 高差约 5~12 cm。

地质勘探表明, 该处边坡为古滑坡体和在其上部发展形成的新滑坡体的结合体, 古滑坡体滑动面距离地面 10~12 m, 坡脚宽度约 120 m, 坡脚至滑坡顶端长度约 85 m; 新滑坡滑动面距地面约 2~3 m, 坡脚宽度约 60 m, 坡脚至滑坡顶端长度约 40 m。由于滑坡体在建设期间已经过削坡, 坡度较缓, 坡度为 1:1.5~1:2.0 之间, 但坡后山麓绵延高远约数百

米。古新滑坡体成分相同, 为残坡积含粘性土碎石, 偶见孤石。由于路基开挖和削坡, 滑坡体前缘锁固段被清除, 地质情况比较复杂, 加上泉眼众多, 在地下水作用下复活, 目前表现为形成新滑坡, 但也有总体复活的可能。

滑坡体平面和现场照片如图 1、图 2 所示。

此处地层按成因、物理力学性质差异, 场区内自坡面以下可分为几个岩土层。

(1) 0~0.7 m 为杂填土, 主要由建设期间修整边坡及种植香根草形成。

(2) 0.5~19.45 m 为含粘性土碎石, 由块石、碎石、角砾、粘土等组成, 偶见孤石, 成分为燧石、构造角砾岩、凝灰岩, 粒径为 0.2~2 cm 不等, 碎石含量为 50%~60%, 透水性良好。

(3) 19.45~19.85 m 为粘性土含砾夹层, 砾石有一定磨圆度, 局部含砾砂, 属滑动带物质, 分布不均, 该层稳定且不透水。

(4) 19.85 m 以下为全风化、强风化至中等风化凝灰岩, 全风化层厚为 7~15 m, 呈砾砂粘土状; 强风化层厚 0~5.4 m, 凝灰质结构, 块状构造, 节理裂隙较发育, 与上部全风化基岩呈渐变关系; 下卧层为中等风化凝灰岩, 节理裂隙为较发育~不发育, 该层未揭穿。

场区有 2 条断裂 (F1, F2) 穿过, 走向近北东向,

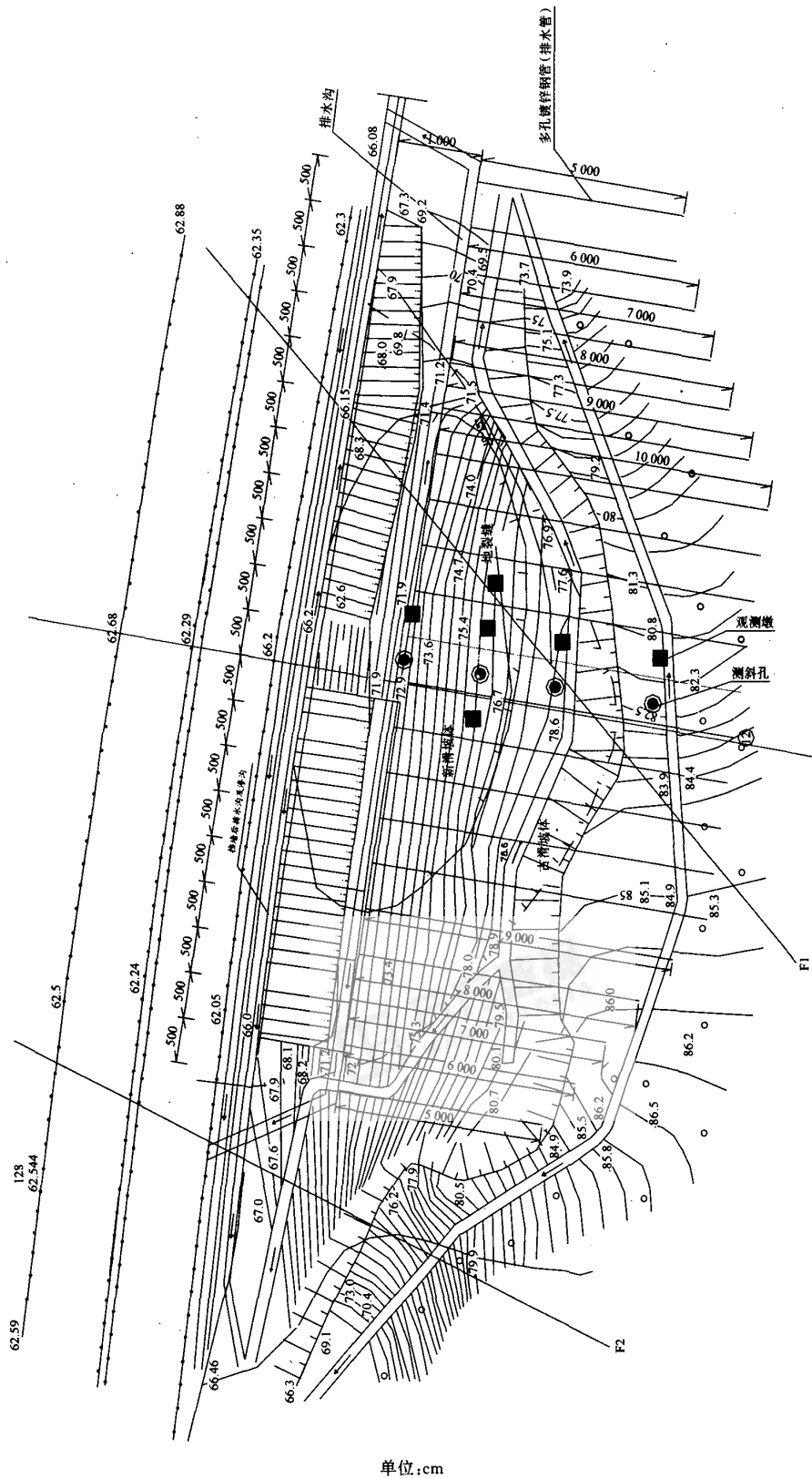


图1 滑坡平面及排水滤管平面布置



图2 坡面浆砌块石滑动

倾角为 $75^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ,为正断层,宽约2 m,压性不透水。断裂两侧岩石风化不一,上部岩石风化强烈且坡积层较厚。

场区内地表水不发育,地下水较发育,主要以松散层孔隙水为主,分布在含粘性土块石层中。下部全风化层不透水,为隔水层。根据钻探资料及观察得知,在断层附近有渗水现象,渗水层主要在强~中等风化基岩及上部土石层中,在全风化层及滑动带层中未见有渗水现象,说明滑动带有隔水作用。

## 1 滑坡成因分析

(1)古滑坡主要受该处构造、地下水及风化程度等因素影响,断层上盘有明显下降现象,导致上盘形成较厚的残坡积松散体,在地下水等因素作用下形成滑坡。

(2)深部古滑坡体滑床相对稳定,粘土所占比例较高,不透水,形成隔水面。新滑坡体处在古滑坡之上,遇到降水,浸润线上升,土体抗剪强度降低,使坡体失去稳定。

(3)新滑坡体形成主要原因为,此边坡为碎石含量达50%~60%的含碎石粘性土边坡。含碎石粘性土边坡一般由坡积、坍塌堆积和滑坡堆积而成。堆积物形成时往往结构松散,在长期的地下水渗流作用过程中,泉眼发达,形成地下水渗流系统,它对控制地下水位在坡体的上升具有十分重要的意义。在无外界扰动自然排水通畅的情况下,自身基本能保持平衡。路基开挖和削坡,以及在坡脚修建挡墙,引起水文地质条件的改变,堵塞泉眼,破坏了坡体的平衡条件,管网渗流系统被截断,坡脚挡墙排水系统基本失效不透水,导致地下管网水渗流系统失效引起地下水位快速上升,使土体强度减小、容重增加、孔压增大,滑坡体下滑力增大,因此边坡产生失稳并出现

地裂缝,导致了滑坡的形成。

## 2 超长距离水平滤管排水处治方案

滑坡治理通常采用抗滑桩加固、复合土钉加固、削坡卸载等方式。此滑坡如用抗滑桩加固、复合土钉加固虽会起到一定的阻滑作用,但滑坡后部地形较高,坡体有断层穿过,受地下水影响较大;遇雨季,如不能有效堵截地下汇水、地表渗水,边坡稳定仍有很多不确定因素存在,而且抗滑桩加固、复合土钉加固会对公路正常运营造成影响,工程量巨大,造价也非常高。本工程中新滑坡体位于古滑坡体之上,如果对新滑坡体进行削坡卸载,会减小古滑坡体的抗滑力,可能诱发古滑坡体复活;考虑到对已运营公路两边美化及其周围环境的影响,削坡后土体运输、堆放的问题都难以解决。

针对以上情况,考虑到滑坡的成因、场地施工条件、安全、可靠、经济等因素,以及对周围环境的影响,同时考虑到维持滑坡体后部山麓残坡积层稳定,提出了采取防渗墙、排渗管及坡面防护并用的防护方案。基于施工难度及经济等因素,在结合实际地形地质及不影响高速公路正常通车营运的条件下,多次对以排水设计为主的方案进行优化改进。

(1)比较方案一是采取在新滑坡体滑坡壁与原有截水沟之间设置砂砾渗水墙,砂砾渗体与土体间设无纺土工布反滤层。渗墙沿滑坡体环向布置,地下水通过渗墙自然引出坡外。

此方案虽然排水条件较好,但未采取有效护壁措施,施工时虽然可采取跳打间隔施工,以避免土体间相对扰动,但由于渗墙最深处达到10 m,松散土层极易坍塌滑落,开挖安全不能保证,且开挖土体就近堆积在边坡上,将影响边坡稳定,若运离边坡则运输困难。砂砾渗墙填料同样存在运输问题,难以保证高速公路正常通行,故予以否决。

(2)比较方案二和比较方案一的主要区别在于护壁措施上,是采取预制多孔混凝土护筒支护方案。

此方案相当于沉井,可避免方案一开挖中的施工风险。但因为本工程渗墙开挖断面宽为2 m,所以护筒尺寸也较大,在开挖到较深处,因受到土的挤压作用,护筒侧壁摩阻力会很大,施工时单靠护筒自身重量下沉会很困难,因此也予以否决。

(3)比较方案三采取边挖边浇混凝土的护壁措施,它考虑了比较方案二中采用预制混凝土护筒难以下沉情况。方案三在施工技术和施工安全上均是

可行的。

但是采用渗墙排水方案总体上工程量大、施工复杂、施工周期长,材料运输困难,且存在渗墙的设置深度对排水效果的不确定性,还需视排水效果决定是否需要进一步采取其他治理措施。鉴于此,比较方案三也被否决。

(4)超长距离排水滤管排水方案。本着效率和经济的原则,利用边坡土体具有一定的透水性,经多方比选后决定采取水平滤管排水方案。考虑施工机械设备安放需要,在水平距离坡脚挡墙顶 10 m 的坡体上,垂直挡墙方向埋设  $\phi 100$  外包土工布的多孔镀锌钢管作为排水滤管,排水滤管横向按 5 m 间距布置,水平打设距离根据地形条件设定为 50~100 m,按  $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$  角外倾以利水流顺畅。依据滑坡体形状,排水

管扇形布置,共计有 21 根排水管,中间的几根长度最长设计为 100 m,具体可依据现场情况适当调整。由于施工时遇到岩层,实际最长的排水管为 97 m。排水管顺着地层,进入含水层深部,给地下水提供通道,使之顺利排出,降低了水头,同时提高了土体的强度,坡体趋于稳定。而且排水管扇形布置,排水范围大,各排水管之间发生群体效应,即使单根排水管失效,仍然不会对排水产生大的影响。由于本方案无需大规模边坡开挖和土体搬运,最大限度地减少了施工对高速公路正常通行的影响,可以保证施工期间高速公路正常通行不受干扰,避免了施工对公路营运的经济效益和社会效益造成的损失,具有无可比拟的优越性。

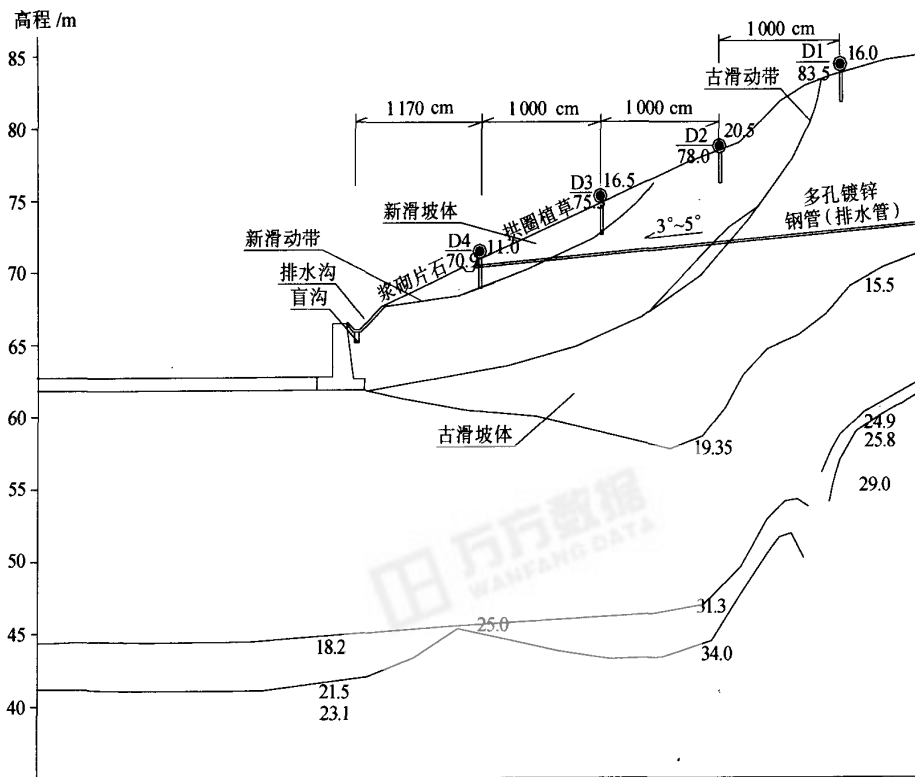


图3 排水滤管处治断面

### 3 排水滤管施工中的关键问题

施工主要工序为钻进、拔杆、清孔、成孔、移机下管、进管就位。钻进采用全液压坑送潜孔钻机,钻头外径为 130 mm,钻杆直径为 60 mm,端头套筒外径为 120 mm、内径为 100 mm。进管用液压潜孔钻顶进,钢管分段采用丝扣现场连接。因此,能否钻进成

孔、能否进管是本处治工程能否成功的关键,在实际施工中钻进成孔和进管确实都遇到了困难。施工过程中发现足以打穿 200 m 岩石地基的钻杆钻头,进尺超过 26 m 就由于孔壁抱杆无法顺利打入,或者虽然能打入但钻头和钻杆难以拔出。据分析,这主要是由于钻进过程中采用压缩空气给孔道清空,孔渣含泥量



高时容易发生泥土堵塞孔道,压缩空气难以排出孔渣,而且经常性地塌孔、缩孔,大大增加了钻进摩擦力。另外,即使成孔以后,由于滤管外裹土工布,与土体间的摩擦力较大,且管节间的束节接头又形成了进管障碍,加剧了进管难度。

经过分析后认为,由于此处边坡为含碎石粘性土边坡,土与碎石混合交错,属于复合地层,压缩空气清孔方式在进尺较短或钻进岩体时可以发挥作用;进尺较长或土层含水量较高时,土体经过钻头切削,形成粘性大的土团,由于距离长、气体压力衰减,利用压缩空气排渣就难以成功。同时,由于钻杆直径过小,套筒的直径过大,含碎石孔渣吸附进入套筒裹在钻杆周围,也增加了摩擦力,阻碍了钻头的推进,因此对施工方法进行了改进。

(1)改进钻杆直径,把钻杆直径由60 mm改为90 mm,以减少进入套筒内的土体,同时避免碎石进入。增大钻杆直径后摩擦力明显减少,有效扭矩明显增大。

(2)依据不同地质状况,调整钻进方式。由于边坡为粘土与碎石混合,在施工遇到土时利用适土钻头钻进,采用水力冲击孔道,利用压力水清孔;在遇到碎石土层时,更换不同的适岩钻头,利用压缩气体进行冲击孔道清孔。压力水和压缩空气交替使用,有效地解决了清孔问题。压力水有利冲洗,还能将塌孔坍塌的泥石冲洗出孔,解决了塌孔清理的问题。

(3)针对进管难度大的问题,调整了滤水钢管的直径,由 $\phi 100$ 调整为 $\phi 75$ ,虽然管径缩小,减少了滤管与土体的接触面积,对进水、排水有一定影响,但是经过分析认为,影响甚微。调整以后,顶推进管就较为顺利。

改进施工方法后,虽然也存在塌孔的问题,需要再次清孔,但施工难度与再次出现塌孔的频率大为降低,而再度塌孔并多次清孔的频率则更低,滤水钢管也能顺利被埋设。

为了防止雨水冲刷坡面、渗入坡体,也为了美化路容,将原坡面整平后,坡面上部采用了7.5号浆砌片石拱形截水骨架内喷播植草防护,下部采用7.5号浆砌片石砌筑护坡。在坡面上设置平台排水沟,以利于截水、排水畅通,并将水引至坡外。

#### 4 处治效果

施工完成后,边坡碎石粘土层的管网渗流系统在埋设的水平排水管的强力支持下,得到了极大恢

复,其地层富含的地下水顺着排水管迅速流出。图4为排水效果图。



图4 排水效果

据测量,东南边1号排水管上覆土层较薄,所以出水量较小,但也有2 t/d的排水量;2~4号排水管虽然平时没有水流出,但在大雨来临之际,有大量的水流出;14号排水管位于滑坡体的中心部位,地下水位比较集中,在平时出水就达到12 t/d,大雨时达23 t/d,在大暴雨时更是有达到78 t/d的记录;21号排水管所辖范围较大,靠近西北方向没有再设置排水管,所以其附近地下水汇集在此排出,经测量平时就有近7 t/d的水。总体而言,21根排水管的排水量将近有80 t/d。如果这些水不及时排出,将严重影响已接近极限平衡的滑坡稳定,若在雨季就可能引起滑坡。可见,排水管处治方案不仅经济合理而且极其必要。另外,在工程施工中也设置了6个观测墩和4个测斜孔(图1),加强了观测,进一步做好防范措施。

2005年夏天“麦莎”、“卡努”等台风正面袭击,治理后的高速公路K130边坡体连续受到暴雨考验,结果排水效果良好,没有出现安全事故。

#### 5 滑坡处治的几点体会

(1)地质灾害的防治,事关高速公路安全畅通,事关人民生命财产安全,事关和谐社会建设,且技术要求高、投入大,在治理工作开展前,必须进行科学的论证。只有查明地质灾害形成原因、发展趋势及危害程度,才能确定防治目标,研究防治方案,落实防治措施,治理工作才能有的放矢,减少治理的盲目性和不必要的损失,取得事半功倍的成效。

(2)此边坡工程虽然地质情况复杂,但在处治

文章编号: 0451-0712(2006)01-0085-04

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

# 青藏公路路基纵向裂缝病害及其发生规律

代寒松<sup>1</sup>, 盛 煜<sup>2</sup>, 陈 继<sup>2</sup>

(1. 武警交通第一支队 格尔木市 816000; 2. 中科院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室 兰州市 730000)

**摘 要:** 路基裂缝病害是青藏公路上继沉降以后的第二大型路基病害, 此种类型的病害与公路左右两侧的太阳辐射差异密切相关。病害统计结果表明, 发生在阳侧的路基纵向裂缝有 22.5 条, 占总裂缝条数的 70.0%, 占路基纵向裂缝总长度的 65.0%; 其次, 从病害发生路段的道路走向来看, 路基纵向裂缝病害主要发生在走向为 S90°、WS60°、WS30°、EW0°和 ES60°的路段, 在走向为 ES30°的路段上仅发生 1 条路基纵向裂缝。路基纵向裂缝与走向间的这一关系主要与高原上特殊的太阳辐射日变化规律和青藏公路主体走向有关。

**关键词:** 路基纵向裂缝; 路基走向; 太阳辐射

## 1 青藏公路路基纵向裂缝病害现状

根据长安大学窦明健<sup>[1,2]</sup>等人在 1997 年 8 月至 1998 年 10 月的调查资料, 在此期间共发现路基纵向裂缝 46 条, 而在 1999 年 5 月做补充调查时, 不但裂缝规模加剧, 路基纵向裂缝的条数也已增至 79 条。在其后, 虽然对路基纵向裂缝进行了治理, 但是新的裂缝仍然在不断发生。在 2001 年调查时, 缝宽大于

300 mm 的裂缝就达到 12 处, 受纵向裂缝破坏路段的里程累计达到 109 km, 仅次于路基的沉陷病害 (117 km)。根据 109 国道清水河段公路路基裂缝调查资料, 曲线地段阳坡高路堤沉降变形差异严重, 错台高度达 50 cm。另外, 裂缝的深度也比较深。在沿线用钢钎探出了深达 2.2 m 的裂缝, 而雷达普查则探出了深达 5~6 m 的纵向裂缝。2001 年, 中科院寒

基金项目: 西部交通建设科技项目 (合同号: 2002 318 795 02)

收稿日期: 2005-08-05

上, 紧紧抓住了地下水这一边坡失稳的主要原因, 采用长距离水平排水滤管引水、排水, 并且在施工方法上进行了创新。依据不同地质情况更换钻头, 并充分利用工程地质特点, 采用水洗与气冲并用的方法, 取得了良好的效果。由此使坡体管网渗漏系统得到恢复, 地下水位下降, 坡体稳定性极大提高。整个处治过程对高速公路正常营运基本没有影响, 保证了高速公路安全畅通。本方案不仅经济合理, 而且安全可靠, 适应多种复杂地形, 具有较高的推广和应用价值。

(3) 由于镀锌钢管需逐节接长, 突出的束节改变了钢管外表面的整体平滑, 影响进管, 且钢管具有一定的使用寿命, 若处于腐蚀性的地下水中, 更加不适用。新型建材中的 PVC 管强度高, 在地下使用寿命长, 长度也可以根据工程需要而定, 便于施工, 实际应用中可用多孔 PVC 管作为排水滤管替代钢管。

(4) 滑坡灾害的防治工程是一项系统工程, 坚持

“以防为主, 避让与治理相结合”的原则, 正确处理防与治的关系, 综合运用多种治理措施, 科学选择治理方案, 才能从根本上防治好地质灾害。本方案在顺利做好排水的同时, 也需及时进行有效的竣工后监测, 加强安全巡查, 确保问题及时发现、及时处理、及早排除。

## 参考文献:

- [1] 王洲平. 浙江省地质灾害现状及防治措施[J]. 灾害学, 2001, 16(4).
- [2] 张作辰. 滑坡地下水作用研究与防治工程实践[J]. 工程地质学报, 1996, 4(4).
- [3] 殷坤龙, 汪洋, 唐仲华. 降雨对滑坡的作用机理及动态模拟研究[J]. 地质科技情报, 2002, 21(1).
- [4] 尚岳全, 等. 管网渗流系统对含碎石粘性土边坡的稳定作用[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(8).
- [5] 孙红月, 尚岳全, 龚晓南. 工程措施影响滑坡地下水动态的数值模拟研究[J]. 工程地质学报, 2004, 12(4).