

试谈浅层富水土质滑坡虹吸排水治理建议

——以贵州凯里几个滑坡隐患为例

杨光忠

(贵州省地矿局101地质队,贵州 凯里 556000)

[摘 要]大量事例表明,地下水是造成滑坡不稳定的重要原因,富含地下水浅层土质滑坡的滑体尤其滑带土的力学指标低下,滑体承受的地下水静水压力和动水压力较大,截排水工程成为该类滑坡治理的重要手段,传统的地下排水洞、水平排水孔和集水井抽水等滑坡体排水工程施工难度大、成本高,而“虹吸排水”法对滑坡治理排水,技术简单易行,经济绿色环保,针对富含地下水的浅层土质滑坡滑体,应优选采用地下水“虹吸排水”的治理技术,可望达到尽可能少投资,快速实现滑坡治理的目的。

[关键词]浅层富水土质滑坡;地下水;虹吸排水;治理

[中图分类号]P642.22 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2018)02-0158-05

浅层富水土质滑坡的滑动面深度 $<6\text{ m}$,地下水丰富,甚至饱和及地表形成水流等。

对于滑坡的治理,人们往往最先想到的是常用的挡土墙、抗滑桩、预应力锚索等刚性措施,但这些方法都耗时耗力,成本较大,往往动辄成百万至上千万元,常常谈之色变。根据《省地质灾害防治指挥部办公室关于建立地质灾害防治工作组的通知(黔地灾防指办发〔2017〕1号)》要求,笔者参与了有关县(市)的地质灾害防治督查、排查和应急调查等工作,对此感触良多。而且这些刚性措施对于富含地下水(高塑性)浅层土质滑坡,往往并非能够立竿见影、“药到病除”,甚至难以施工。针对这类滑坡,Gress J.C.(1992)首次发表了“虹吸排水”治理的方法及其效果。但近30年来仍未广泛推广应用。尚岳全等(2015)针对虹吸过程的一些关键技术问题进行了实验研究,并经工程实例应用证明,技术已愈加成熟。对于浅层富水土质滑坡,应可通过地下水的引排,改变岩土体的工程地质性态,增大滑坡体的稳定性,从而达到滑坡治理的目的,这种具有免动力实现水体跨越输送特征的虹吸引排地下水方法,应该成为

首选治理方法或前提基础。

1 浅层富水滑坡及虹吸排水治理方法

1.1 浅层富水滑坡及其特点

浅层滑坡是指滑动面深度 $<6\text{ m}$ (刘广润等,2002),滑坡方量小,发生频率大,分布面积广,暴雨条件下极易诱发,是各领域最常见的边坡灾害类型(常金源等,2015;李宁等,2012;许建聪等,2005;赵森和黄磊,2016),由于浅层滑坡多为松散堆积体,其特定的物质组成、结构性状及厚度条件决定了它特殊的亲雨性(王发读,1995),经常处于地下水饱和状态,称之为浅层富水土质滑坡。因此,降雨是浅层滑坡失稳最主要和最常见的诱发因素和环境因素(常金源等,2015)。雨水渗入斜坡,一方面增加重度,产生下滑力,另对滑带(土)产生软化泥化作用,降低抗滑力,进而诱发滑坡的发生(黄细超等,2016)。总而言之,浅层富水滑坡,归根到底是地下水的作用。

1.2 滑坡虹吸排水方法

排水是治理滑坡的有效方法(尚岳全等, 2015)。坡体地下水位上升是诱发滑坡的主要因素,尤其是堆积层滑坡,其稳定性受地下水位变化影响十分敏感(尚岳全等, 2015)。

众所周知,当前滑坡排水措施主要有地下排水洞、水平排水孔、集水井抽水、地表排水沟和排水盲沟等,但这些排水措施无法经济快速地实现滑坡地下水疏干的治理目标,而且因为富水的原因,施工难度大。在地质灾害防治督导调(排)查过程中,发现一些挡墙设置的排水孔,不仅数量少,而且位置较高,甚至有的排水孔还出现向滑坡体内倾斜的现象,显然很难达到自然顺畅排水的目的,其滑坡治理效果必然会大打折扣。

Gress J C. (1992)首次发表“虹吸排水”方法及其滑坡治理效果。张永防(1999)指出,虹吸排水适用于地下水埋藏较浅(<8 m),虹吸管可为直径10~40 mm的镀锌水管,进、出水口应常年保持在水中以保证虹吸作用及其动态平衡的恢复。但鉴于虹吸排水具有①滑坡体地下水一般埋深较大、需要采用高扬程虹吸,②旱季长期无水、虹吸管会经历长达几个月甚至更长时间的停流期的特殊性(尚岳全等, 2015)。因此,“虹吸排水”法提出后近30年来,仍未得到推广应用。

对此,尚岳全等(2015)针对虹吸过程气泡积累和控制管径形成稳定弹状流等关键技术问题,进行了实验研究,并经工程实例应用证明,使用 $\Phi 4$ mm PA管可以形成完整弹状流(即气泡充满管径),防止虹吸管顶部(附近)空气积累,通过调节钻孔倾角保持地下水位控制点与(钻)孔口高差小于10 m,即可实现将(滑)坡体地下水位降低到潜在滑面以下、或降低到足以保证滑坡稳定的地下水位控制要求,同时指出,虹吸具有免动力实现水体跨越输送的特征,而且流动过程和流速由液位变化自动调整,非常适合(滑)坡体地下水位控制的需要,具绿色环保和经济的优势,应成为滑坡排水工程的主要手段。

在地质灾害防治督导调(排)查过程中,在各个滑坡隐患区,面对老百姓要求给予治理或搬迁避让的殷切希望,考虑传统治理方法及搬迁投资大等问题,结合滑坡隐患地质水文及稳定性等特征分析,本着以人为本和预防为主的原则,还是应该优先选择更为节约绿色环保的新技术方法——

“虹吸排水方法”对一些浅层富水土质滑坡进行预防治理。

2 贵州滑坡地质灾害总体特征及其主要诱发因素

郭振春(2003)根据1993—2000年所发生的345起地质灾害统计分析,滑坡(240处)占70%,指出暴雨是我省地质灾害的主要天然诱因,我省雨季及其降雨量,在时间(5—7月)上与地质灾害尤其是突发性重、特大地质灾害高发期对应。杨森林等(2011)所作的贵州地质灾害发育分区,不管是强发育区、中等发育区或弱发育区,而且各区地质灾害类型数量均以滑坡为第一,表明滑坡在全省范围广泛和普遍分布。吕刚(2016)针对贵州重大地质灾害的影响因素分析指出,全省滑坡以土质型滑坡为主(占86%),土体松散是滑坡形成的主要影响因素,降雨集中是重大地质灾害形成的主要诱发因素。这里强调的降雨尤其是暴雨因素,如前所述,其归根结底的作用,是通过地下水润滑作用和增加滑体重度等来引发滑坡,尤其是浅层滑坡。

3 凯里几个浅层富水土质滑坡隐患及其水文地质特征

3.1 凯里舟溪镇茶林村滑坡

该滑坡隐患“发育”于泥盆系蟒山组第二段砂岩、页岩—二叠系梁山组页岩的风化土层,厚约3~6 m,含大量砂岩转块,属于浅层土质滑坡。舟溪镇茶林村坐落在滑坡隐患体范围内。

据调查和了解,由于滑坡隐患位于斜坡中下部相对凹槽部位,上部又具有一定汇水面积,以及蟒山组砂岩基岩裂隙水和栖霞组灰岩岩溶地下水迳流补给,滑坡隐患体地下水极其丰富,茶林村寨内开挖有至少5~6个潜水井(图1左),而且地表(冲沟)常年流水(图1中),表明滑坡体长期处于地下水饱和状态。

据介绍,滑坡变形始于近年凯里—羊甲高速公路建设隧道开挖爆破振动引起,寨内普见台阶状错落(高达0.3~0.5 m)的地面裂缝,及其导致的房屋及墙体不同程度损坏(图1右)等。此后滑坡隐患一直处于持续蠕动变形过程中,给村

民造成了极大的恐慌,强烈要求搬迁避让。



图1 舟溪镇茶林村滑坡体水文地质特征及其滑动变形破坏

Fig. 1 Hydrological characteristics and slip deformation and failure of slip mass in Chashu village, Zhouxi town

目前滑坡仍处于潜在不稳定状态,在雨季持续强降雨及其导致地下水动力条件增强影响下,可能引发中-大型规模滑坡。

3.2 凯里炉山镇新民村滑坡

该滑坡隐患“发育”于志留系翁项组第二段粉砂质页岩的风化土层中,含一定砂岩转块,土层厚度约3~6 m,属于浅层土质滑坡,变形区横宽30~40 m,纵长50~60 m,直接威胁影响14户70人,主要变形特征为屋基开裂(图2左)及其对墙体的破坏,地面裂缝和局部沉陷最大高度0.5 m,图2右为坡体不均匀滑动导致硬化田坎开裂、田块错落成高低不同的两段。据介绍,近5—6年来斜坡一直处于滑动变形过程中,当地村民迫切要求拆迁避让。

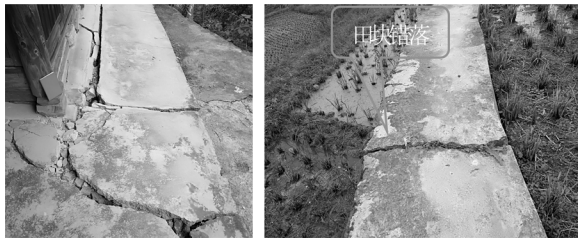


图2 炉山镇新民村滑坡体上变形破坏特征

Fig. 2 Deformation and failure characteristics of slip mass of Xinmin village, Lushan town

(注:左为屋基开裂变形破坏,右为硬化田坎开裂及田地差异沉降)

据调查和了解,村寨至少开挖有多口常年流水且流量较大的露天潜水井(图3左),历来为村民生活及生产的主要水源,而且村寨下方梯田基本常年蓄水,表明潜在滑坡体地下水较丰富。在持续大暴雨及其渗入补给并导致地下水动力条件增强等作用影响下,有进一步加剧滑动并引发中型滑坡的可能,危及村民的生命财产安全。



图3 炉山镇新民村滑坡体上变形破坏特征

Fig. 3 Deformation and failure characteristics of slip mass of Xinmin village, Lushan town

(注:左为斜坡上部水井,右为滑坡隐患范围梯田)

3.3 凯里市鸭塘街道丫口村滑坡

该滑坡隐患“发育”于奥陶系大湾组钙质页岩风化土层中,厚约3~5 m,顺层铺盖于倾角25°左右的瘤状灰岩层面之上,极可形成顺层浅层土质滑坡。

据介绍,该滑坡20多年来一直不断滑动变形,主要表现为房屋等建筑物内外一定范围的地面裂缝、局部塌陷及其导致房屋倾斜和墙体破裂损坏等。村民相当恐慌,已有多户拆迁撤离避让。

据调查和访问,滑坡体范围及其后缘斜坡没有地表水流,也未见泉井出露,村民饮用水为附近冲沟泉井挑担或自来水建设引用。相对上述两个滑坡,该滑坡隐患地下水欠丰富。分析认为,该滑坡隐患的形成,犹如一块海绵放在斜面上,在不同部位放置砝码加载,从而形成局部凹陷变形。在雨季持续大暴雨条件下,当地下水含量达到一定程度时,有引发坡体整体滑动致灾的可能。

4 浅层富水土质滑坡隐患虹吸排水治理建议

如前所述,浅层土质滑坡,其实质是地下水的软化泥化润滑作用引起,降雨及其渗入补给地下水,是滑坡的主要诱发影响因素。因此,排水是治理滑坡的有效方法(尚岳全等,2015),尤其是浅层富水土质滑坡隐患。前已述及,挡土墙和抗滑桩等措施,显然较难“以刚治柔”,而相对于地下排水洞和水平排水孔及集水井抽水等传统方法,还是虹吸排水治理法更能简单易行、经济和绿色环保,其基本思路和主要技术路线为:勘察评估地下水量,针对水文地质条件,设计适宜密度的(轻型)钻孔,布置相应虹吸排水管(Φ4 mm PA管),以及集水池等相关设施。

4.1 凯里几个浅层富水滑坡隐患虹吸排水治理方案

上述的凯里几个浅层富水滑坡隐患体坡度 30° 左右,尤其是前两个富含地下水,地下滑带甚至滑体很可能为“稀泥”状态,挡土墙和抗滑桩或地下排水洞和水平排水孔及集水井抽水等,均需大动“干戈”,施工难度大,也很难“以刚治柔”,比选分析还是认为虹吸排水治理方法较好,或应为刚性防治措施的前提。

(1)舟溪镇茶林村滑坡

务必做好地表水的截排水措施,以减少对地下水的补给。鉴于滑坡隐患体地下水极其丰富,应自上而下按一定距离、呈梅花状布设虹吸排水钻孔,在引排地下水的同时扰乱地下水渗流场,以减弱地下水动压力对滑坡的影响。滑体下部可以适当增加虹吸钻孔数量,增大地下水虹吸引排量,以加速地下水的舒干和改变岩土性状,从而达到滑坡治理的目的。截排的地表水和引排的地下水,均应集中储蓄处理,可作为村民的生活生产用水。

(2)炉山镇新民村滑坡

在村寨上方斜坡和寨内,以及下方梯田等相应部位,分别布设适量的地下水虹吸排水钻孔,并做好地表截排水措施,以减少降水渗入补给滑体地下水。同时,应考虑村寨下方斜坡梯田,暂时改为旱地使用。

(3)鸭塘街道丫口村滑坡

做好外围和寨内截排地表水系统,寨内尤其是在房屋密集区和较大建筑物周围,应布置适量地下水虹吸排水钻孔,以降低地下水含量,增大斜坡稳定性。

4.2 浅层富水滑坡虹吸排水治理可行性

前述几个较典型的浅层富水滑坡隐患,显著的滑动变形均主要始于近些年,尤其是舟溪镇茶林村滑坡,因其深部高速公路隧道施工爆破振动触发,在此这前,与其它滑坡一样,长期处于相对稳定或临界稳定状态。即使目前已经滑动变形,但几年来的监测仍未出现显著急速加剧变形的迹象,仍处滑坡变形发展的初期阶段——蠕变动形期,滑坡体仍具有一定的稳定性,有利于预防治理,应该尽早治理。

5 结论与讨论

5.1 结论

凯里几个浅层土质滑坡隐患,滑坡体厚度不大,含一定量转石转块,普遍富含地下水,坡体排水当为滑坡治理的极其重要的主要手段,相对于挡土墙和地下排水洞等刚性措施施工难度大和成本高的缺点,建议优选采用简单易行的虹吸引排水方法进行治理,或初期预防,不仅可以实现滑坡治理或预防的目的,而且更经济和绿色环保,可望达到“小投入大效果”的预期目标。

5.2 讨论

虹吸排水方法是通过滑坡体地下水的引排疏干,减弱地下水对滑坡体的物理润滑、软化和泥化作用,以及孔隙水压力(水楔)作用等影响,改变岩土体工程地质性状,从而增加斜坡稳定性。

贵州土质滑坡(隐患)广泛和普遍分布,其中不乏相当数量的浅层土质滑坡及浅层富水土质滑坡(隐患),并与前述凯里几个浅层土质滑坡隐患一样,仍处于蠕变动形发展初期,坡体具有一定的稳定性,利于治理。

虹吸排水方法主要工程包括钻孔和集水池。由于滑体厚度较薄,需要钻进的孔深较小,轻型钻机(具)即可满足需要,施工(临时)占地面积小,水池则结合当地生产生活利用综合考虑,可以一举多得,滑坡治理费用显然较少,不会动辄成百万至上千万元,让人谈之色变。相比较前述挡土墙和抗滑桩等刚性措施,以及地下排水洞等传统排水方法,虹吸排水方法无疑更为简单易行和节省,而且技术研究成熟,在国内外均有成功案例,技术经济,绿色环保,应优先考虑使用。

致谢:本文承蒙贵州省地矿局王明章研究员的指导,深表谢意!

[参考文献]

- Gress J C. 1991. Device for regulating the flow in a drainage siphon tube [P]. U. S. Patent, 5, 035, 535.
- 常金源, 包含, 伍法权, 等. 2015. 降雨条件下浅层滑坡稳定性探讨[J]. 岩土力学, 36(4): 321-326.
- 郭振春. 2003. 贵州地质灾害的主要类型和诱因及其预防建议[J]. 贵州地质, 20(2): 103-105, 102.

黄细超,任光明,周纵横,等. 2016. 浅层滑坡中的地下水作用机理及治理方法概述[J]. 水利与建筑工程学报,14(53):181-188.

李宁,许建聪,钦亚洲. 2012. 降雨诱发浅层滑坡稳定性的计算模型研究[J]. 岩土力学,33(5):235-240.

刘广润,晏鄂川,练操. 2002. 论滑坡分类[J]. 工程地质学报,10(4):339-342.

吕刚. 2018. 贵州重大地质灾害及影响因素分析[J]. 贵州地质,33(2):108-112.

尚岳全,蔡岳良,魏振磊,等. 2015. 滑坡虹吸排水方法[J]. 工程地质学报,23(4):706-711.

王发读. 1995. 浅层堆积物滑坡特征及其与降雨的关系初探[J]. 水文地质工程地质,第1期:20-23.

许建聪,尚岳全,陈侃福,等. 2005. 强降雨作用下的浅层滑坡稳定性分析[J]. 岩石力学与工程学报,24(18):3246-251.

杨森林,陈革平,裴永炜. 2011. 贵州地质灾害发育分区[J]. 贵州地质,28(2):131-134,144.

张永防. 1999. 虹吸排水室内试验研究[J]. 路基工程,(4):22-25.

赵森,黄磊. 2016. 秭归县三分田滑坡成因分析及稳定性评价[J]. 水利与建筑工程学报,14(3):113-117.

Discussion of Siphon Drainage Treatment of Shallow Water-rich Soil ——case study of several landslide hazard in Kaili, Guizhou

YANG Guang-zhong

(101 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Kaili 556000, Guizhou, China)

[Abstract] Many facts prove that groundwater is an important reason for unstable landslide, the mechanics index of shallow ground-rich soil slip mass is low, especially the slip soil, the groundwater hydrostatic pressure and dynamic water pressure for slip mass is big, contained drainage project is an important method for treat this kind of landslide. The traditional underground drainage river, horizontal drain hole, sump pumping and other slip mass treating projects have the features of big difficulty and high expense, the siphon drainage method is easy to do in technology and green in economy for landslide treatment. For the shallow groundwater-rich soil slip mass, 'siphon drainage method' should be used firstly, so it can treat the landslide quickly with few expense.

[Key words] Shallow water-rich soil landslide; Groundwater; Siphon drainage; Treatment