

基金课题：2016年度广西高校中青年教师基础能力提升项目《广西膨胀土边坡变形破坏和防治措施调查研究》的阶段性成果（项目编号：KY2016YB682，主持人：庞毅玲）

广西百色地区某膨胀土边坡破坏成因机制与防治措施研究

□ 庞毅玲

[摘要] 膨胀土是自然界中一类危害严重的特殊性土，对膨胀土地区边坡的防治提出了挑战。鉴于此，在详细研究膨胀土地质特性和工程性质的基础上，本文深入分析了广西百色地区某膨胀土边坡的影响因素和成因机制，并提出了边坡的综合防治方案，工程实践表明该支挡与防护结构对膨胀土边坡取得理想的防治效果，希望能够为类似膨胀土地区边坡防治提供一定的借鉴与参考。

[关键词] 膨胀土边坡；边坡变形；成因机制；防治措施；支挡与防护结构

[文献标识号] B **[中图分类号]** TU443 **[文章编号]** 1672-7045 (2019) 09-121-03

1 工程背景

本文所介绍的膨胀土边坡位于广西百色市东南约10km处盆地，是为修建某变电站形成的挖方坡。该边坡第二次支护结构（第二次支护结构是该边坡初次支护结构于2005年出现严重破坏后修建）于2010年底出现严重变形破坏，严重威胁到变电站的安全运行。电网建设管理部门对此高度重视，要求对边坡进行根治。鉴于边坡的反复破坏及膨胀土边坡的特殊性，经过多次深入调查研究后，提出了边坡综合整治防护方案。边坡工程竣工至今的监测结果显示，支挡防护结构变形发展情况十分理想。特此总结该膨胀土边坡工程的成功经验和吸取前次失败教训，可为类似工程提供有益的借鉴和参考。

2 边坡概况

2.1 地形、地貌与地层岩性

边坡属顺层坡，场地属丘陵地貌，缓坡地形。场地地层结构按成因时代分为两大层四个亚层，依据其形成的先后顺序从新至老分别为：①-1层黏土（Q^{3al}），含多量灰白色高岭土矿物及铁质氧化物，可塑状，厚

0.15m~3.14m，具中等膨胀性；②-2层黏土（Q^{3al}），含多量灰白色高岭土矿物及铁质氧化物，网状裂隙十分发育，呈硬塑、坚硬状，具有强膨胀性，厚0.16m~1.15m；③-1层泥岩（E₁），强风化，节理裂隙发育，裂隙面多被铁质浸染，含大量灰白矿物，呈薄片状，遇水软化，厚3.15m~6.15m，具有强膨胀性；④-2层泥岩（E₁），中等风化，节理裂隙稍发育，岩芯失水开裂，遇水软化，厚度大于15m，具有中等膨胀性。

2.2 气象条件

场地属亚热带高山气候区，年平均气温18.7℃，1月平均气温9.7℃，7月平均气温25.1℃。年平均蒸发量1495.50mm，6月平均最大降水量为247.30mm，5~9月降水量约占全年的80%，多为暴雨或连阴雨。

2.3 水文地质条件

地下水类型为松散层孔隙潜水和基岩裂隙水两种。松散层孔隙水主要贮存于第四系残坡积土层中，受大气降水影响，下部基岩强风化层渗透性较差，起到相对隔水作用，故孔隙水除少部分下渗补给基岩裂隙水外，大部分储存在松散层与基岩接触面之间，并沿接触面渗出地表。基岩裂隙水主要贮存于泥岩的构造与风化裂隙

中，渗透性较差，水量贫乏，对边坡变形失稳影响小。

2.4 边坡破坏情况

边坡整治前的支护采用坡面浆砌片石坡面防护+浆砌片石护脚墙的刚性支护方案，未针对膨胀土边坡做相应的特殊防护设计。边坡自2010年5月开始出现变形开裂，加速了边坡破坏进程，至2011年4月，边坡失稳破坏情况严重，坡肩及坡面多处直径米范围隆起破坏、石块散落，坡顶地面下沉明显；部分坡脚排水沟已完全损毁，护脚挡墙倾斜严重，变电站围墙室外散水受挤压翘起；坡顶护面及坡顶旱地出现贯通宽20mm~80mm的长裂缝；部分护坡块石崩落到坡脚，变形剧烈区段的边坡已经形成牵引式滑坡。（见图1）



图1 边坡破坏（坡脚与坡面）

3 膨胀（岩）土边坡的工程特点

膨胀土是一种黏粒以亲水性矿物为主要成分，同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩两种变形特性的高塑性黏土，当膨胀土边坡土体变形受支挡与防护结构物约束时，会产生较大的膨胀力。膨胀土边坡破坏失稳的基本特征有：（1）滑面与裂隙的发育具有浅层性。（2）滑坡具有逐级牵引性，一般是先在坡脚局部破坏，然后向上牵引发展。（3）具有缓坡滑动特点，可在1：4~1：5的缓坡上产生滑坡。（4）滑坡的发生具有明显的季节性，失稳多数发生在雨季。（5）边坡失稳具有缓慢性与间歇性。

4 边坡破坏成因机制分析

4.1 设计原因

原边坡支护方案的缺陷主要在于未考虑膨胀土边坡的特殊性，只按照一般土坡支护考虑。主要问题有：（1）滑动面是按照一般黏土边坡最不利圆弧滑动面，未考虑膨胀土滑坡的发展特点，膨胀土坡在大气降水和蒸发循环作用下，土体破坏会形成浅层滑坡；通过室内的直剪试验来确定抗剪强度指标，未考虑膨胀土强度指

标随时间衰减的特性，所取的抗剪强度值显然偏高。（2）根据膨胀土滑坡的浅层性、逐级牵引性及缓坡滑动的特点，简单的浆砌片石防护是无法保持陡坡（相对膨胀土坡）的长期稳定性，边坡中部容易在胀缩变形下发生隆起破坏。（3）埋深不超过0.5m的砖石砌筑截水沟，置于浅层膨胀土地基上容易开裂，雨水从裂隙渗入坡体而导致变形破坏。调查发现，边坡破坏正是从坡顶裂缝雨水入渗逐渐开始发展。（4）边坡中部未设置有效的防水保湿措施，引起开裂破坏和浅层坡体滑动。（5）坡底护脚挡墙埋置深度不够，不足以抵挡边坡滑动产生的土压力，且抗裂性差。

4.2 管理原因

对膨胀土的特殊性与危害认识不足，设计及审图单位没有遵照国家和地方有关膨胀土边坡技术规范规程进行支护设计与图纸审查；施工单位缺乏膨胀土地区的施工经验，对设计缺陷没有及时提出和完善，作为有经验的承包商应该有能力 and 经验弥补设计缺陷，这也是施工单位应尽的责任和义务。

4.3 气象原因

据统计，近年来百色地区年年都有连阴雨或暴雨天气，最长持续15天以上，最短也在7天以上。2010年9月22日—10月2日连续12天降雨，此次强降雨直接诱发该膨胀土边坡变形破坏。

5 边坡治理措施研究

5.1 边坡治理工程设计

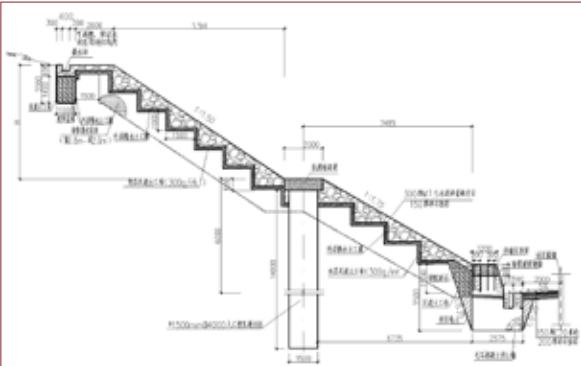


图2 典型支护断面图

综合考虑本场地膨胀土特性、大气影响深度、边坡破坏情况、工程要求和地形地貌条件等因素后，提出放坡+抗滑桩+浆砌片石坡面防护+浆砌片石护脚墙+防水保湿措施（典型支护断面见图2）的边坡综合方案，支护方案设计要点如下：（1）通过地质勘探资料、边坡

滑动破坏后勘探情况、地区膨胀土的大气影响深度，确定滑面距离坡面深度在3.5m~4.2m，在黏土层与强风化泥岩的接触面位置，滑面通过坡顶截水沟外的纵向主裂缝，并通过护脚墙基础底面。（2）通过调查、取样试验、反演计算、工程类比，考虑膨胀土抗剪强度随时间衰减的特性后，得出该滑带土合理的抗剪强度指标。（3）在边坡中部设置一排大直径抗滑桩，与坡脚毛石混凝土护脚挡墙一起构成支挡体系。（4）坡顶设置截水沟，截水沟下设置排水盲沟，坡脚设置排水沟，坡纵向每隔6m设一道800mm（宽）×2000mm（深）横向盲沟。保湿设计主要有：浆砌片石下铺设隔水土工膜，土工膜下铺设150mm砂石垫层，在垫层下铺设一层反滤土工布；护脚挡土墙和排水沟整体浇注。

5.2 治理工程合理性分析

（1）滑动面（带）的合理确定是滑坡治理工程最重要的因素之一。在膨胀土勘察中更应注重干钻、槽探与井探等手段的综合运用，查清与判断已有的滑动面及潜在滑动面，合理确定滑动面（带）。（2）抗剪强度指标的合理确定是滑坡治理工程又一最重要的因素。在取得指标后，还应考虑反演计算、工程类比等手段，并适当考虑膨胀土抗剪强度随时间衰减的特性，综合确定强度指标。（3）考虑到膨胀土滑坡的浅层性、逐级牵引性的特点，不能仅考虑短期极限平衡下的稳定，在边坡中部设置抗滑桩和坡脚设置挡墙来保证边坡的稳定性，可以有效防止坡面隆起的浅层滑动。中部设置抗滑桩通过自身较大水平刚度在一定程度上抑制边坡膨胀土体的变形；在坡脚设置较高的挡墙可以有效放缓一级坡坡率，有利于边坡的稳定。（4）坡顶截水沟+盲沟、坡脚排水沟及边坡横向盲沟，形成了合理可靠的排水系统；浆砌石护面下增设隔水土工布，在较大程度上阻止坡面雨水渗入坡体；砂石垫层可以在一定程度适应土体变形；整体浇筑的挡墙与排水沟不易开裂，挡墙地基土不受降水影响。（5）业主方和施工方对膨胀土边坡的危害性和严重性有了清醒的认识，工程管理到位，工程质量才有保障。

（4）坡顶截水沟+盲沟、坡脚排水沟及边坡横向盲沟，形成了合理可靠的排水系统；浆砌石护面下增设隔水土工布，在较大程度上阻止坡面雨水渗入坡体；砂石垫层可以在一定程度适应土体变形；整体浇筑的挡墙与排水沟不易开裂，挡墙地基土不受降水影响。

（5）业主方和施工方对膨胀土边坡的危害性和严重性有了清醒的认识，工程管理到位，工程质量才有保障。

5.3 治理工程措施的进一步探讨

鉴于膨胀土边坡的特别之处，在“因势利导，以防为主”的原则下，可以从以下三个方面来掌握支挡与防护工作：（1）膨胀土边坡稳定需要支护体系来保证，包括加筋土挡墙、土工布（膜）等柔性支护有改善膨胀

土表层大气影响深度、约束土体变形或者防渗保湿作用；抗滑桩、挡土墙和预应力锚杆等刚性支护靠结构的自重或抗力来抵抗滑坡推力或土压力，可以有效维持边坡稳定。（2）土体防水保湿很重要，是防止边坡浅层土体含水量发生显著变化，可以通过有效可靠的排水、隔水措施来实现。（3）改变膨胀土土体性质，降低其胀缩性能也是一种重要的防治方法。如掺合一定量的石灰、水泥、粉煤灰等都可以改良膨胀土的胀缩性，掺合6%的石灰后胀缩性基本消除。

6 结语

（1）依托广西百色地区某膨胀土边坡治理工程，通过对膨胀土边坡变形破坏的调查与研究，深入分析该边坡变形破坏的成因机制，总结出膨胀土边坡的破坏失稳特点。（2）根据边坡特点提出了膨胀土边坡的综合性支挡与防护体系，边坡治理效果理想，具有较强的代表性，可为类似工程提供有益借鉴和参考。（3）对膨胀土边坡治理工程措施进行了进一步的探讨，提出了较全面的治理思路。

[参考文献]

[1]罗冲,刘谢伶.膨胀土边坡失稳特点及防治措施研究[J].红水河,2011,30(5):143-146.
[2]范秋雁,徐炳连,朱真.广西膨胀岩土滑坡治理工程实录[J].岩石力学与工程学报,2013,32(S2):3812-3820.
[3]GB 50112—2013,膨胀土地区建筑技术规程[S].

[作者简介]

庞毅玲，硕士，高级工程师，广西建设职业技术学院。