

周红艺,李辉霞. 华南地区崩岗侵蚀区土壤水分含量对土体抗剪强度的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):347-350.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.118

# 华南地区崩岗侵蚀区土壤水分含量 对土体抗剪强度的影响

周红艺, 李辉霞

(佛山科学技术学院空间信息与资源环境系, 广东佛山 528000)

**摘要:**崩岗是华南花岗岩红壤区特殊的水土流失形式,而广东省的崩岗侵蚀隐患最为突出。选择广东省崩岗侵蚀典型区,通过野外采样和室内直接剪切试验,研究不同土壤水分含量对崩岗侵蚀区土体抗剪强度的影响(烘 20 min、烘 10 min、自然含水量、浸 30 s 和水分饱和)。结果表明:土壤水分对土体强度影响显著,当土壤含水率在 15% 时,对应的黏聚力  $c$  和内摩擦角  $\varphi$  指标均出现峰值;黏聚力  $c$  指标变化幅度较大,随着土壤水分含量的增加呈现先增大后减小的趋势,而内摩擦角  $\varphi$  一直处于衰减状态;抗剪强度指标随土壤水分含量变化呈非线性衰减,因此在评价崩岗稳定程度时,可依据土壤水分含量和抗剪强度指标作出预测。

**关键词:**土壤水分;抗剪强度;崩岗侵蚀区;华南地区

**中图分类号:** S151<sup>+</sup>.1; S152.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2014)12-0347-03

崩岗是我国南方地区水土流失的一种特殊表现形式,水土流失强度高、流失量大、灾害突发性强、蔓延速度快,破坏土地资源,造成大量泥沙淤积河道、农田,损坏桥梁、道路、水库,导致严重的水旱灾害以及生态恶化,被称为当今的“生态环境溃疡”。崩岗侵蚀多见于花岗岩、砂页岩、古坡积物、火山角砾岩等不同岩性的丘陵、岗台地,其中以花岗岩风化壳基础上形成的崩岗最发育,分布最广泛,危害程度大且难以治理<sup>[1]</sup>。据调查,在我国南方红壤区[广东、福建、江西、湖北、湖南和安徽 6 省 300 多个县、市区]各类崩岗 20.13 万个,88.90% 属于活动型的,相对稳定型的崩岗仅占 11.10%;其中广东有 11.52 万个,占崩岗总数的 57.20%,崩岗面积和防治面积最大的是广东省,其崩岗面积占全国崩岗总面积的 67.83%,防治面积占全国总防治面积的 45.90%<sup>[2]</sup>。在广东省低山丘陵区由于受崩岗的影响,完整的坡面被切割得支离破碎,对自然环境和社会经济发展造成了极大破坏,因此开展崩岗侵蚀机理研究具有重要的现实意义。

目前,关于崩岗侵蚀的研究主要集中在岩土性质方面,岩土影响崩岗的途径多种多样,是崩岗侵蚀的基础,也是构成崩岗侵蚀的重要动力。张淑光等研究结果表明,崩岗沟头后退和沟岸扩展的主要营力是重力,降水量多、持续时间长,土体吸水增重,并因土体水化而体积膨胀,沿着沟缘陡壁产生大致平行的裂隙,当土体质量大于其内聚力时,便沿着裂隙或节理方向发生崩塌<sup>[3]</sup>。李思平较早引入了土力学的研究手段来分析崩岗的力学性质<sup>[4]</sup>。吴志峰等将花岗岩风化壳作为一

种均质土体,利用土力学的原理和推算过程对包括崩岗在内的多种重力侵蚀方式进行了崩落临界高度的估算研究<sup>[5]</sup>。张信宝从边坡失稳的岩石风化膨胀机理方面提出了研究新思路,即认为崩岗的边坡失稳可能与花岗岩的风化膨胀有关<sup>[6]</sup>。有学者对表征崩岗稳定性指标的抗剪强度进行了相关研究<sup>[7]</sup>,以期揭示崩岗侵蚀规律,寻找科学治理崩岗危害的技术。这些相关研究成果都集中在土体强度变化及其主要影响因素方面,但在现实中由于剧烈的干湿变化(如雨旱交替),引起崩岗区各岩土层抗剪强度呈突发性降低,进而导致大量崩岗失稳等现象尚待深入研究。崩岗是华南地区水土流失的一种特殊类型,主要发育于热带、亚热带地区花岗岩出露区的红壤类土地带<sup>[8]</sup>。其特殊性主要表现为:在干湿交替频繁的气候环境中,工程特性尤其是表征崩岗稳定性指标的抗剪强度影响明显<sup>[9]</sup>。因此,开展崩岗侵蚀区土壤水分效应对土体抗剪强度衰减规律的试验研究与理论探讨,可以揭示崩岗侵蚀机理,也为科学防治崩岗侵蚀的工程实践提供理论依据。本研究通过野外采集原状土样,在实验室进行不同干湿处理来控制水分的变化,利用直剪仪对不同土壤水分条件下崩岗侵蚀区土体抗剪强度进行室内测定,分析其变化规律,找出在不同土壤水分条件下的控制因素。

## 1 材料与方法

研究区位于广东省德庆县,德庆县地处广东省中西部,属低纬度地区,气候温和,热量丰富,雨量充沛,无霜期长。据德庆县气象站资料显示,年均气温 21.5℃,年均降水量 1 516.5 mm,年均日照时间为 1 848 h。在广东省德庆县深涌水土保持监测站设立定位观测点,在现有的 39 个崩岗中选定其中一个较为活跃的崩岗进行崩岗上部土样采集。取样地设于德庆县马墟镇的东南部深涌水土保持监测站 1 号拦砂坝丘陵坡地,坐标位置 110°50′26″ E, 23°10′29″ N,海拔 132 m,植物群落主要为木荷-岗松-芒萁群落以及其他杂草,植被盖

收稿日期:2014-02-19

基金项目:国家自然科学基金(编号:41371041);教育部人文社会科学研究规划基金(编号:13YJAZH041);广东省自然科学基金(编号:S2012010009272)。

作者简介:周红艺(1977—),男,湖北利川人,博士,副教授,从事土壤侵蚀研究。E-mail:zhouhyfs@163.com。

度 41%,土壤类型为赤红壤。该崩岗属弧形崩岗,侵蚀沟 2 条,崩壁后壁高 5 m,平均深度 3 m,沟口宽 1.8 m,沟道最大宽度 5.2 m,崩岗面积 136 m<sup>2</sup>,沟道长 16 m,边壁高 3.6 m。

在野外,利用直剪环刀( $\Phi$  61.8 mm × 20 mm)取原状土,每一组土样采用 4 个环刀试件,设计 5 种土壤水分变化水平,重复 2 次,采集 4 个土壤层次,采样后进行编号并用保鲜膜分组包装好,迅速放入配套保鲜盒,同时,在 4 个土壤层次最典型的中部采取代表性土壤约 1 kg 进行理化分析,将及时带回室内的直剪环刀土样进行 5 组土壤水分含量变化的处理。本试验采用低温(70 ℃)烘干法模拟土体脱湿过程,烘干过程中,第 1、第 2 组土样分别于试验开始后烘 20、10 min,第 3 组土样不浸水密封于容器中 24 h 后直接测定,第 4 组土样在去离子水中浸 30 s,第 5 组土样用喷壶向土体表面洒水直至水分饱和和不再入渗。水分含量测定采用铝盒烘干法,土壤容重的测定采用环刀法,重复 3 次。采用河北省虹宇仪器设备有限公司生产的 ZJ-4 型应变控制式直剪仪测定内摩擦角  $\varphi$  和黏聚力  $c$ <sup>[10]</sup>。游离氧化铁的测定采用二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠(DCB)法,土壤质地的测定采用吸管法<sup>[11]</sup>。

2 结果与分析

2.1 土层基本性质及干湿处理结果

在崩岗侵蚀区内,本研究采集的样品成土母质为花岗岩风化坡积物,剖面形态特征:剖面代号 A-1,0~20 cm,潮,灰

黄色(2.5Y6/3),干土呈红棕色(5YR 4/6),中石质黏土土,小团粒状结构,根系中量,pH 值 4.91;剖面代号 B-2,20~33 cm,潮,灰黄棕色(10YR 5/2),干土呈淡红棕色(5YR 5/8),中石质轻黏土,小块状结构,植物根系少量,pH 值 4.99;剖面代号 B-3,35~58 cm,潮,红棕色(5YR 4/6),干土呈棕红色(2.5YR 4/8),多石质轻黏土,块状结构,植物根系少量,胶膜明显,pH 值 5.19;剖面代号 B-4,58~100 cm,潮,红棕色(5YR 4/6),干土呈棕红色(2.5YR 4/8),多石质轻黏土,块状结构,有动物小洞穴,植物根系很少,胶膜明显,pH 值 5.40。

各层土壤的基本理化性质见表 1,各层土壤的干容重指标大致相近,而游离氧化铁含量则存在明显差异,这与土层的风化作用和淋溶淀积有关,在花岗岩发育的红壤中,受高温多雨的南亚热带气候影响,A-1、B-2 层的硅酸盐矿物剧烈分解,硅酸和盐基遭到淋失,而铁、铝等氧化物相对聚集。随着土层深度的增加,土壤质地越来越黏。

根据自然含水量和容重试验测定结果,结合试验前对直剪试件的称重数据进行计算,结果见表 2。A-1 由于黏粒含量最少(35.02%),所以其增湿的程度最小(22.31%);而在烘干过程中,A-1 层失水 92.42%,B-2 失水程度最大,为 93.29%。随着风干程度加深,土样上、下部应力分布不均匀,裂隙便随之产生。裂隙产生后,为土体下部水分散失提供良好通道,导致失水程度最大,土体强度相应会发生变化。B-2、B-3 层具有高胀缩特性,因其黏粒含量高。

表 1 土壤基本理化性质

土壤层次	干容重 (g/cm <sup>3</sup> )	游离氧化铁含量 (g/kg)	黏粒(<0.002 mm) 含量(%)	粉粒(0.05~0.002 mm) 含量(%)	沙粒(0.05~2 mm) 含量(%)	砾石(>3 cm) 含量(%)
A-1	1.31	21.74	35.02	20.39	44.59	27.43
B-2	1.32	23.17	43.42	16.25	40.33	31.21
B-3	1.36	17.16	50.42	15.01	34.57	51.37
B-4	1.42	15.16	47.02	20.82	32.17	62.41

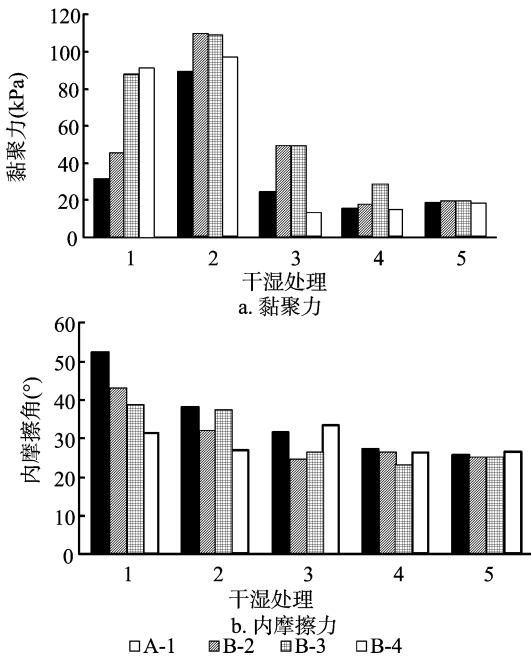
表 2 不同处理的土壤水分含量

土壤层次	土壤水分含量(%)					增湿程度 (%)	失水程度 (%)
	烘 20 min	烘 10 min	自然含水量	浸水 30 s	水分饱和		
A-1	2.1	13.1	27.7	30.30	33.88	22.31	92.42
B-2	1.9	14.6	28.3	32.50	38.21	35.02	93.29
B-3	5.3	12.6	29.6	31.23	37.12	25.41	82.09
B-4	7.2	9.7	29.8	31.88	36.96	24.03	75.84

2.2 不同土壤水分含量和土壤层次的抗剪强度指标变化规律

从图 1 可以看出,所有土层的共同特点是:黏聚力  $c$  指标在烘 10 min 时增加到最大,到自然含水量时降幅最大,随后各土层的黏聚力  $c$  在水分达到饱和时候基本处于同一水平。总体来说,不同水分含量下各土层的黏聚力  $c$  变化幅度较大;而内摩擦  $\varphi$  则呈现衰减规律。其中,土层 B-4 黏聚力  $c$  衰减得最多,其次是 A-1,然后是 B-2 和 B-3 层。从图 1 还可以看出,土层 A-1 的内摩擦角衰减的程度最大,而 B-3 衰减的程度最小。在自然含水量之后(增湿过程),抗剪强度指标随着土壤水分变化增减不明显,且变化幅度较小。从表 3 可以看出,土层 B-3 和 B-2 的平均黏聚力明显大于 A-1 层;A-1 层平均内摩擦角最大,随土层向下而递减,这是因为

上层的土壤容重较下层容重小。本研究的总体趋势结果和张晓明等对湖北崩岗侵蚀区土壤抗剪强度的研究结果相似,只是不同土层间的规律稍有不同<sup>[7]</sup>。这证明土壤水分含量对土体强度有很大的影响,并且在不同土层表现有所不同,这样的变化必然会破坏土体的整体性,产生土壤裂隙,引起土体整体强度的降低。土壤裂隙的产生另一方面增大了土体的渗透性,为雨水入渗和水分蒸发提供了良好的通道,使得气候对土体的影响深度进一步向土体内部发展。在降雨入渗条件下,流水迅速渗入土体内部,引起孔隙水压力上升,基质吸力减小,土体强度下降,崩壁自重增加,兼之崩壁下部洞穴的存在,崩壁失稳加剧,最终导致崩壁上部土体崩坠或滑入沟底,并在以后的降雨中被径流带走。但是,关于崩壁裂隙发育是如何影响土体的渗透性和强度、裂隙发育程度对崩壁的稳定性



干湿处理 1—烘 20 min; 干湿处理 2—烘 10 min; 干湿处理 3—自然含水量; 干湿处理 4—浸水 30 s; 干湿处理 5—水分饱和

图1 不同土壤水分含量对土壤黏聚力、内摩擦角的影响

表 3 各土层的平均黏聚力和平均内摩擦角

土壤层次	平均黏聚力 (kPa)	平均内摩擦角 (°)
A-1	35.81	34.98
B-2	48.52	30.10
B-3	58.93	30.00
B-4	46.39	28.84

崩壁侵蚀量的定量关系如何等等这一系列问题都还没有新的研究进展,而这些问题恰恰是揭示崩岗发生机理的重要数据和参数。

### 2.3 土壤水分变化对抗剪强度指标影响的显著性分析

利用 SPSS 8.0 软件对不同土壤水分含量与内聚力  $c$ 、内摩擦角  $\varphi$  的相关性进行单因素方差分析,结果(表 4)表明,不同土壤水分含量对黏聚力  $c$  和内摩擦角  $\varphi$  的影响是显著的。从调查的剖面来看,在干湿作用下,红壤风化壳确实存在大量的裂隙,这些裂隙存在的软弱结构面大大降低了土体强度,降雨期间,在水的作用下软弱面发生泥化现象,土体的力学强度大大降低,土体沿裂隙面发生局部的塑性变形及塑性滑动,随张裂面的不断扩大,在重力和径流作用下发生倾倒或滑坠。此外,在风化壳深部,一些填充有黏状、砂状松散物质的裂隙软弱结构面,在地下水渗透作用下还可能发生潜蚀而引起风化壳坡面的失稳破坏,从而发生崩岗。

### 2.4 不同土壤水分含量变化下土壤抗剪强度指标衰减特征分析

从图 2 可知,研究区土样的黏聚力  $c$  在水分含量 15% 左右呈现峰值。峰值之前,黏聚力  $c$  随水分含量的增加而增加;在峰值以后,黏聚力  $c$  随水分含量增加而降低。这与一般黏性土中黏聚力  $c$  随着水分含量的增加而呈近似线性减少有较大的区别<sup>[12]</sup>。趋势线模拟结果表明,土体的黏聚力与土体的

表 4 土壤水分含量变化对抗剪强度单因素方差分析

抗剪强度 指标	变异 来源	离差平方和	自由度	平均平方	$F$	$P$
黏聚力 $c$	组间	92 721.32	4	30 635.87	19.31	0
	组内	41 512.64	35	2 227.84		
	总差异	134 233.96	39			
内摩擦角 $\varphi$	组间	1 225.64	4	311.62	13.72	0
	组内	827.53	35	24.76		
	总差异	2 053.17	39			

注:  $\alpha=0.05$ 。

水分含量状况呈五项式曲线。模拟曲线中,黏聚力  $c$  与土壤水分含量的  $r^2$  为 0.917 8,这对于各向异性的原状土而言拟合度较好。而内摩擦角  $\varphi$  则随水分含量的增加一直呈现下降趋势,结合表 2 不同处理的水分含量情况可知,影响抗剪强度的主要因素指标在风干阶段和增湿阶段是显著不同的。因此,可以根据不同土壤水分含量来预测土体抗剪强度,从而为评估崩岗稳定性提供一定的科学依据。

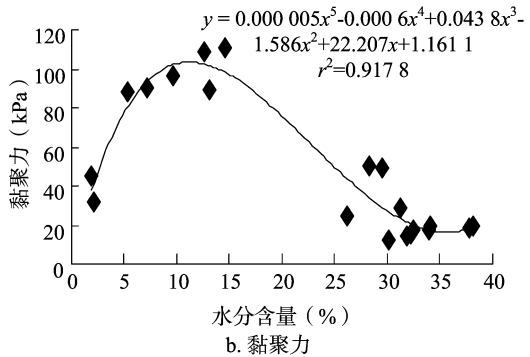
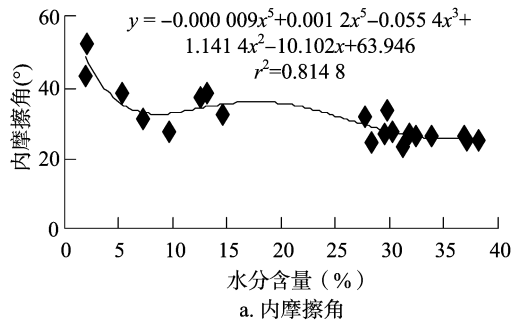


图2 土壤水分含量与黏聚力、内摩擦角的关系

## 3 结论

华南崩岗侵蚀区红壤的抗剪强度受土壤水分含量变化的影响显著。自然含水量之前,抗剪强度指标变化主要受裂隙性控制;在自然含水量之后,主要是基质吸力控制抗剪强度指标变化。在自然含水量之前,裂隙可能是红壤抗剪强度的控制因素;而自然含水量之后,基质吸力是影响红壤抗剪强度的主要因素。这不同于一般黏性土仅水分含量是影响抗剪强度的关键因素。抗剪强度指标随土壤水分含量变化呈非线性衰减,因此可根据其不同土壤水分含量,预测抗剪强度指标,进而评价崩岗稳定程度。崩岗区岩土由于反复干湿循环效应,造成土壤裂隙迅速发展,使抗剪强度呈现不可逆转的衰减,进

社会石,孙艳楠,陈智文,等.“3S”技术在农村土地确权登记发证中的应用[J].江苏农业科学,2014,42(12):350-352.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.119

# “3S”技术在农村土地确权登记发证中的应用

社会石,孙艳楠,陈智文,于国强

(吉林师范大学生态环境研究所,吉林四平 136000)

**摘要:**农村土地确权登记发证是依法维护农民土地承包经营权的重要举措,是推动土地规范流转、促进土地适度规模经营、发展现代农业的客观需要。3S 技术可克服传统调查方法在地籍信息获取和表达、宗地位置和面积测量、土地权属信息记录和更新等方面存在精确性和时效性的不足。以吉林省公主岭市农村土地确权登记发证为例,通过无人机航拍获得该区遥感本底影像;基于遥感、GIS 技术对影像进行分析处理,制作正射影像图;根据地籍信息基础资料,辅以用户调查,使用 RTKGPS 进行界址点测量,最终绘制地籍图;利用 GIS 数据库对土地确权信息进行存储和管理。3S 技术为土地确权工作提供强有力的支持,成为其重要的手段和方法。

**关键词:**3S 技术;土地确权登记发证;公主岭市;地籍信息数据库

**中图分类号:**S127 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2014)12-0350-03

土地确权是依照国家法律、政策确定某一范围内土地(或称为一宗地)的所有权、使用权的隶属关系和他项权利的内容<sup>[1]</sup>。我国的土地承包责任制,在一定程度上消隐了对土地空间信息的管理需求,加之相关法律的不完善,致使农村资产权属关系没有得到根本的明确保证,而在此基础上进行的流转、征地占用等行为,使政府掌握的权属资料与实际存在较大出入,造成部分农村承包地地籍管理混乱的局面<sup>[2-3]</sup>。国家从夯实农业农村发展基础、促进城乡统筹发展和农村社会和谐稳定角度,做出了农村土地确权登记发证的重要决

策<sup>[4]</sup>。根据国土资源部联合财政部、农业部下发的《关于加快推进农村集体土地确权登记发证工作的通知》(国土资发 2011[60]号)要求,必须切实加快农村集体土地所有权、宅基地使用权、集体建设用地使用权等确权登记发证工作。

3S 技术是遥感(remote sensing, RS)、地理信息系统(geography information systems, GIS)和全球定位系统(global positioning systems, GPS)的统称,是现代地球科学研究的重要手段<sup>[5-8]</sup>,并已应用到土地确权登记工作中<sup>[9-10]</sup>。因国外土地多实行私有制,因而现代技术应用于土地确权工作的研究较少,仅见 GIS 技术构建土地管理决策支持系统或不动产地籍信息系统的报道<sup>[11-12]</sup>;国内学者就 3S 技术在土地确权工作中的流程<sup>[10]</sup>、所存在的问题<sup>[13]</sup>、测量新技术应用<sup>[14]</sup>、地籍专题数据建设<sup>[15]</sup>等方面进行了相关研究,但尚缺少 3S 集成技术在土地确权登记发证整个流程的综合研究。因此,本研究以吉林省公主岭市为例,讨论 3S 技术在农村土地确权登记发证工作体系中的具体应用,以期高效开展土地确权登记发证工作提供方法和技术支撑。

收稿日期:2014-09-11

基金项目:国家自然科学基金(编号:41401002);吉林省社会科学基金(编号:2014B127);吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目(编号:吉教科合字[2011]第 173 号)。

作者简介:社会石(1983—),男,吉林伊通人,博士,讲师,从事资源环境遥感研究。E-mail:duhs@163.com。

通信作者:陈智文,教授,硕士生导师,研究方向为土壤生态与新型肥料。E-mail:sdczw4489@126。

一步促进崩岗的发育。因此,研究崩岗侵蚀机理应从崩壁土体裂隙发育程度入手,研究崩壁土体的裂隙发育及其对渗透特性、土体强度的影响和机理,定量评价裂隙发育对崩壁稳定性、崩塌堆积量的影响,对深入了解崩岗发育规律及提出治理途径具有重要的科学意义。

## 参考文献:

- [1]吴志峰,王继增.华南花岗岩风化壳岩土特性与崩岗侵蚀关系[J].水土保持学报,2000,14(2):31-35.
- [2]冯明汉,廖纯艳,李双喜,等.我国南方崩岗侵蚀现状调查[J].人民长江,2009,40(8):66-68.
- [3]张淑光,钟朝章.广东省崩岗形成机理与类型[J].水土保持通报,1990,10(3):8-16.
- [4]李思平.广东省崩岗侵蚀规律和防治的研究[J].自然灾害学报,1992,1(3):68-74.

- [5]吴志峰,李定强,丘世钧.华南水土流失区崩岗侵蚀地貌系统分析[J].水土保持通报,1999,19(5):24-26.
- [6]张信宝.崩岗边坡失稳的岩石风化膨胀机理探讨[J].中国水土保持,2005(7):10-11.
- [7]张晓明,丁树文,蔡崇法.干湿效应下崩岗区岩土抗剪强度衰减非线性分析[J].农业工程学报,2012,28(5):241-245.
- [8]水利部长江水利委员会.南方崩岗防治规划(2008—2020)[R].北京:中华人民共和国水利部,2009:5-10.
- [9]魏多落.南方花岗岩区崩岗剖面特征研究[D].福州:福建农林大学,2009:10-32.
- [10]GB/T 50123—1999 土工试验方法标准[S].北京:中国计划出版社,1999:2-3.
- [11]鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:6-36.
- [12]陈红星,李法虎,郝仕玲,等.土壤含水率与土壤碱度对土壤抗剪强度的影响[J].农业工程学报,2007,23(2):21-25.