

# 炭质泥岩岩性分析与加固性能试验探讨

施金珠

广西路桥工程集团有限公司道桥分公司 广西南宁 530000

**摘要:** 炭质泥岩具有易风化、强度低等问题, 暴露于空气中会发生生物化反应而改变其内部结构最终崩解, 对建筑工程边坡的稳定性带来严重影响。本文对炭质泥岩的崩解机理进行了深入研究, 指出了亲水性是导致炭质泥岩崩解的根本原因。提出了以有机硅作为改性材料的构想, 并完成了试验论证过程, 证明了有机硅在炭质泥岩疏水性方面的良好固化性能。

**关键词:** 炭质泥岩; 有机硅; 加固; 技术

## Lithology analysis and reinforcement test of carbonaceous mudstone

Jinzhu Shi

Road and Bridge Branch of Guangxi Road and Bridge Engineering Group Co., Ltd., Nanning 530000, Guangxi

**Abstract:** Carbonaceous mudstone has the problems of easy weathering and low strength. Exposed to the air, it will produce a biochemical reaction to change its internal structure and eventually collapse, which will have a serious impact on the stability of the construction slope. In this paper, the disintegration mechanism of carbonaceous mudstone is deeply studied, and it is pointed out that hydrophilicity is the fundamental reason for the disintegration of carbonaceous mudstone. The idea of using organosilicon as modified material is put forward and the experimental demonstration process is completed, which proves that organosilicon has good curing performance in the hydrophobicity of carbonaceous mudstone.

**Keywords:** carbonaceous mudstone; Organosilicon; Reinforcement; technology

### 引言:

随着我国城镇化进程的不断加快, 中西部山区正加速开发, 公路、桥梁、隧道、港口等大量的建筑工程在不断兴建, 为当地的经济建设和各领域的发展奠定了基础。考虑到各类建筑基础的稳定性需求, 应进行边坡的加固施工, 包括天然边坡以及人工边坡, 对于山地、丘陵等地质结构复杂的软土区域, 边坡加固显得更为必要, 为应对山体滑坡、泥石流、地震以及各类自然灾害起到了一定的防护作用, 并可最大限度减少工程的经济损失, 对于保证工程的质量和安全性也具有重要意义。以广西为例, 山地、丘陵等地质结构占有很大比重, 且广西境内多为软土及喀斯特区域, 容易引发各类地质灾害, 为保证工程整体结构的稳定性, 需采取边坡加固措施。本文对炭质泥岩边坡加固技术进行了深入研究, 对有机硅固化性能进行了试验分析, 研究内容具有一定的工程应用价值。

### 1 炭质泥岩边坡加固的必要性

炭质泥岩属于软岩的一种, 在开挖之前具有良好的完整性以及较高的力学特性, 当暴露在空气中时与空气和水分接触, 经过反复的冻融作用之后很快崩解, 进而形成泥土状, 使得在实际工程施工中, 炭质泥岩边坡开挖后不久便发生滑坡或崩塌。尤其是上硬下软构造的炭质泥岩边坡, 发生滑坡或崩塌的几率更高。



图1 经风化后的炭质泥岩较为破碎

经风化的炭质泥岩及施工中边坡失稳崩塌现场如图1、图2所示。



图2 某山区公路施工中边坡失稳崩塌现场

因此,对炭质泥岩边坡进行加固是非常必要的,炭质泥岩边坡加固后,改善了边坡土质的力学结构,一方面,对于公路或桥梁的车辆载荷具有一定的抗压能力,使得在正常通行的情况下路面结构不会发生破坏,也不

会发生因载荷能力受限而引起的边坡失稳或塌方等事故。另一方面,对于特殊地质结构下的边坡设施也能起到保护作用,不会发生大范围的山体滑坡情况,对于保证工程的质量、延长工程的使用年限、降低工程后续的养护成本都具有重要意义。

## 2 炭质泥岩崩解机理

### 2.1 炭质泥岩成分分析

炭质泥岩普遍具有风化快、强度低等特性,遇水后容易崩解的特点。炭质泥岩属于沉积岩的一种,是由泥巴与粘土相互作用而形成的岩体,在地层中分布广泛,炭质泥岩中的碳含量非常丰富,外表多呈黑色。因广西各地区和年代的差异性,使得炭质泥岩的内部结构以及成分会略有所不同。为研究炭质泥岩的崩解机理,分别选取某高速公路3个路段的炭质泥岩作为试验样本进行分析。得出化学成分如表1所示。

表1 某高速公路三个路段的炭质泥岩化学组成

样本编号	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	烧失量
路段1	58.35	5.53	0.67	0.27	1.67	1.71	1.67	12.41	3.58	0.42	0.015	13.58
路段2	57.26	5.02	0.58	0.24	1.55	1.57	1.64	11.67	3.24	0.28	0.009	13.04
路段3	55.24	5.37	0.47	0.13	0.98	1.28	1.57	10.26	3.17	0.34	0.016	12.29

由表1可知,3个路段炭质泥岩的化学组成大体相同,其中二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)的含量最高,三氧化二铝(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)次之,而氧化钠(Na<sub>2</sub>O)含量偏低,其烧失量超过10%。

### 2.2 炭质泥岩工程性能研究

尽管各地区的炭质泥岩的成分差别较大,但在工程特性方面却具有很多相似之处。具体表现为软弱岩层间分布、岩层上软下硬、易风化、易崩解等。

#### 2.2.1 易风化

炭质泥岩的质地较软,暴露在空气中与光、热、水等共同作用后容易发生风化,且风化程度较严重,尤其是在煤系地层中的炭质泥岩风化更为容易,风化后发生崩解,使得岩体的结构发生改变、破坏,失去岩体原有的稳定性能。

#### 2.2.2 强度低

炭质泥岩遇水后容易发生崩解甚至泥化,微风化岩一般情况下的抗压强度超过30MPa,而中风化岩的抗压强度为20MPa左右,当风化后变成强风化岩时,极易吸水而发生崩解,失水后便发生收缩甚至开裂,使岩体结构发生改变,进而形成泥炭性岩土,使原有岩体性质发生改变。

### 2.3 炭质泥岩崩解特性分析

由于炭质泥岩内部结构在不断发生着变化,使得软岩整体强度变低,这是引起边坡失稳塌方的主要因素,与此同时,软岩还包括蒙脱石等矿物质,吸水后容易发生膨胀,进一步加剧了炭质泥岩结构内部的裂缝,使得其内部结构发生改变。炭质泥岩的崩解特性实质上是结构内部亲水性矿物质含量变化以及孔隙发育情况的综合结果,相关研究资料表明,炭质泥岩的崩解速度与以上因素呈正比关系,即炭质泥岩内部亲水物质含量越多或其内部孔隙越发育,则炭质泥岩的软化崩解速度越快。

## 3 炭质泥岩加固性能试验与分析

引起炭质泥岩风化、崩解的因素有很多,但水的影响最为突出。本文重点研究亲水性这一因素,通过合理选用固化剂使炭质泥岩表层具有良好的疏水性,降低炭质泥岩结构风化、崩解的概率,提高其工程稳定性,进而实现对炭质泥岩边坡加固的目的。

### 3.1 固化剂的选取

固化剂的作用是将炭质泥岩外表面进行覆盖,改变其原有的物化特性,使其与空气隔离,以达到延缓风化速度的目的,进而提升炭质泥岩的工程稳定性。对于固化剂而言,无论是物理特性还是化学特性,均与其分子

结构有关,即不同材料的固化剂有着不同的固化性能,且同一种固化剂如果分子结构不同,则固化性能也会不同,通过合理控制固化剂的成分、结构和分子组成来得到预期固化性能的目的。选择改性材料时,应首先考虑其表面的疏水性,即改性材料的表面应具备良好的防水性能,其次研究材料表层与炭质泥岩岩体所组成的结构整体的性能,当表层与炭质泥岩粘结性较好时,才能有效防止水分浸入岩体内部,起到对炭质泥岩的保护作用。当选用有机硅作为固化剂时,应注意有机硅的检查与试验工作,通常情况下,有机硅固化剂的主要成分是甲基硅酸钾,外观呈无色、清澈状,部分试剂也呈微浊状,固体成分占50%左右,密度约为 $1.5\text{g/cm}^3$ ,粘度为15-30,PH为13左右。

### 3.2 有机硅固化机理

炭质泥岩与水分的相互作用使得炭质泥岩的结构强度变低,且岩体表面的水分与内部水分彼此作用产生渗流,研究表明,渗流作用可加速炭质泥岩的崩解速度,此过程属于炭质泥岩崩解分析的微观层面,包括炭质泥岩内部的一系列物化反应和作用机理。有机硅固化过程本质上是对炭质泥岩表层结构的改性,即通过有机硅分子与水分子的相互作用,在炭质泥岩表层形成疏水膜,起到了防护的效果,对于炭质泥岩的结构具有一定的保护作用。将有机硅固化剂溶液喷淋到炭质泥岩表层,炭质泥岩改性前后的外观对比如图3、图4所示。



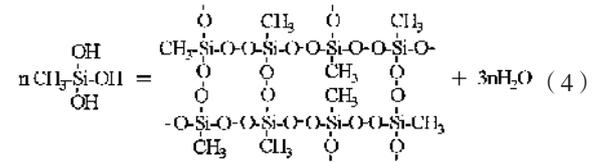
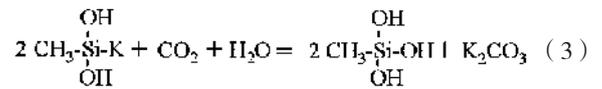
图3 未改性



图4 改性后

固化剂中的甲基硅酸钾成分和空气中的二氧化碳发生化学反应生成甲基硅酸醇,其中的-OH与炭质泥岩表层的-OH进一步发生脱水作用生成-O-,使得炭质泥岩表层结构特性发生改变,此时,-OH之间彼此作用发生

缩聚反应,最终在炭质泥岩表层形成有机硅疏水膜,有机硅固化机理可通过化学反应式(3)和(4)来描述:



### 3.3 有机硅固化性能试验

通过测量炭质泥岩固化前后的吸水率变化情况来看有机硅固化性能,根据MF45-70岩土结构吸水率的计算规定,测量常温、常压情况下样本吸收水分的质量与烘干样本的质量比值作为吸水率。炭质泥岩的浸水时间为5天,每天对改性前和改性后的炭质泥岩样本进行称重并记录具体质量,详细数据如表2所示。

表2 炭质泥岩样本改性前后质量变化情况

浸水时间	0天	1天	2天	3天	4天	5天
改性前(g)	265.3	267.9	271.7	275.8	280.2	284.4
改性后(g)	288.5	290.5	293.4	296.6	300.2	304.1

求出各天中样本改性前后的吸水率变化情况,样本改性前分别是:1.0%(第1天)、1.4%(第2天)、1.5%(第3天)、1.6%(第4天)和1.7%(第5天),样本改性后分别是:0.7%(第1天)、1.0%(第2天)、1.1%(第3天)、1.2%(第4天)和1.3%(第5天),绘制成吸水率变化曲线如图5所示。

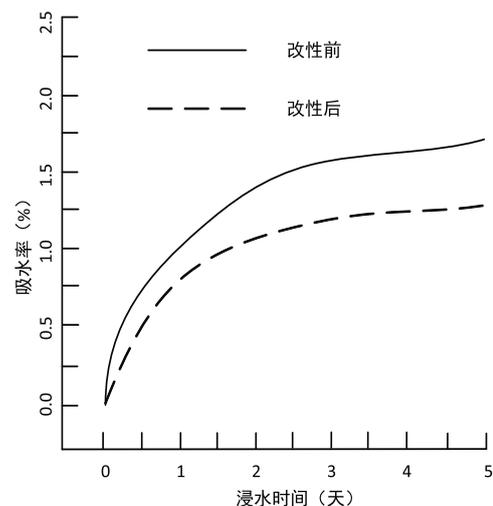


图5 炭质泥岩样本改性前后吸水率变化曲线

由图5可知,炭质泥岩样本在经过有机硅固化剂改性后,其吸水率明显降低,表明炭质泥岩形成的疏水性表层对于水分有良好的抑制作用,进而降低了炭质泥岩结构风化、崩解的概率。

### 3.4 表面固化与客土喷播防护

(1) 有机硅固化剂的稀释喷洒阶段: 有机硅固化剂的浓度比较大, 一般使用前需将有机硅固化剂稀释到一定的浓度后再喷洒, 将稀释后有机硅固化剂定量均匀的喷洒在岩质边坡表面。

(2) 喷植: 将喷混植生作业分段逐步进行, 为了防止改良土开裂, 应分次喷射, 每层厚度控制2~3cm, 最后利用液压喷播机将配有草籽的营养液均匀喷在改良土上。

(3) 养护阶段: 种子在喷播后, 需定期的对边坡洒水养护, 当温度较低时, 需对边坡进行保温养护。

## 4 结论

本文对炭质泥岩边坡加固技术进行了深入研究, 选取某高速公路沿线的炭质泥岩样本进行化学成分分析, 讨论了炭质泥岩的崩解机理和工程特性, 提出了利用有机硅固化剂来作为炭质泥岩改性材料的方案。试验结果

表明, 经过有机硅固化剂改性后的炭质泥岩样本, 其吸水率相比于改性前明显降低, 能够对边坡起到一定的加固作用, 从而提高了工程结构的稳定性, 证明了本文研究内容的正确性与可行性。

### 参考文献:

[1]陈宗浩.炭质页岩边坡生态稳固技术研究[D].长沙:长沙理工大学

[2]陈谦应, 蒋树屏, 柴贺军, 等.山区公路路基稳定理论与实践[M].人民交通出版社

[3]何满潮, 景海河, 孙晓明.软岩工程力学[M].北京:科学出版社

[4]康天合, 柴肇云, 王栋, 等.物化型软岩块体崩解特性差异的试验研究[J].煤炭学报

[5]刘瑾, 陈晓明, 等.高分子土固化剂的合成及固化机理研究[J].材料科学与工程