

# 土木工程泥浆用膨润土改性增效技术研究

张然<sup>1,2</sup>, 宋广毅<sup>1,2</sup>, 刘岩<sup>1,2</sup>, 胡宏杰<sup>1,2</sup>

1. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 河南 郑州 450006;
2. 国家非金属矿资源综合利用工程技术研究中心, 河南 郑州 450006

中图分类号: TD985 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)04-0096-05  
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.04.010

**摘要** 对河南洛阳吸蓝量为 35.2 g/100 g 和 23.6 g/100 g 的两种膨润土分别进行钠化改性和增效剂共混处理, 制备土木工程泥浆用膨润土。系统研究了钠化剂、增效剂对膨润土泥浆性能的影响。研究表明, 钠化改性对吸蓝量为 35.2 g/100 g 的高品位膨润土增黏效果更加显著, 4% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 半干法改性可使高品位膨润土黏度由 3 mPa·s 提高到 34 mPa·s。高品位膨润土钠化后添加 0.75% Na-CMC 共混可达到高黏膨润土标准。SPA 和不同增效剂复配可以有效提高膨润土的黏度、降低滤失量和动塑比; 0.2% SPA+1% PAC 复配效果最好, 可使吸蓝量为 23.6 g/100 g 的低品位膨润土达到中黏膨润土标准。

**关键词** 膨润土; 泥浆; 钠化; 增效剂

## 引言

膨润土是一种以蒙脱石为主要矿物成分的黏土矿产, 具有良好的吸水膨胀性、分散悬浮性、黏结性和触变性<sup>[1]</sup>。基于这些特性, 在石油钻井、地质勘探等钻探工程中膨润土被用作钻井泥浆材料, 能够有效起到护壁、堵漏、冷却钻头和携砂等作用<sup>[2-4]</sup>。同样基于这些特性, 膨润土在土木工程中有以下用途: (1) 用作地下连续墙、打桩、非开挖工程和隧道涵洞等泥浆护壁材料; (2) 将膨润土与水泥配制成砂浆用于地基加固、防污隔离墙、防水防渗工程; (3) 将膨润土粉体压实或制成防水毯用于垃圾填埋场或水库坝基防渗防漏<sup>[5-8]</sup>。与钻井泥浆用膨润土相比, 土木工程泥浆用膨润土技术指标要求更高, 尤其是用于地质结构比较复杂的区域, 黏度值需要达到钻井泥浆用膨润土两倍以上。近年来, 非开挖技术在我国发展迅速, 尤其是在地铁施工、市政工程、油气管道、穿越公路江河等工程中得到广泛应用, 非开挖工程对膨润土需求量增长较快<sup>[9]</sup>。随着我国城市化进程加快和环境保护力度加大, 膨润土在土木工程尤其是土木工程泥浆材料领域的用量将会越来越大。

对于土木工程泥浆选用的膨润土, 天然钠基膨润土造浆性能好于钙基膨润土。但我国天然钠基膨润

土资源稀缺且蒙脱石含量普遍较低, 难以满足土木工程泥浆用量需求<sup>[10]</sup>。目前国内普遍采用先将钙基膨润土人工钠化, 然后添加增效剂混合增效, 以提高膨润土黏度, 降低膨润土滤失量<sup>[11]</sup>。提高膨润土黏度的增效剂主要有改性纤维素(羧甲基纤维素钠、羟乙基纤维素、聚阴离子纤维素等)、天然增黏剂(淀粉、瓜尔胶、黄原胶等)、合成高分子增黏剂(聚丙烯酰胺、聚丙烯酸钠、聚乙烯醇、聚乙烯吡咯烷酮等)、无机化合物(氧化镁、氧化钙等)<sup>[12-16]</sup>。常用的降滤失剂主要有腐殖酸及其衍生物、磺化酚醛树脂、改性木质素、无机纳米材料等<sup>[17-19]</sup>。此外, 无论天然增黏剂还是合成高分子增黏剂均有降低膨润土滤失量的效果。

本文以河南洛阳某膨润土矿两种不同品位钙基膨润土为原料, 使用钠化剂 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 改性处理后, 研究多种增效剂复配及增效剂用量对膨润土黏度等指标的影响, 制备了高黏和中黏土木工程用膨润土, 为我国优质土木工程用泥浆材料制备提供参考。

## 1 试剂、仪器、原料和方法

### 1.1 试剂和仪器

无水碳酸钠(分析纯), 聚丙烯酸钠(分析纯, 以下简称 SPA), 羧甲基纤维素钠(工业级, 高黏型, 以下简

收稿日期: 2023-02-06

基金项目: 国家重点研发计划课题(2022YFC2904804)

作者简介: 张然(1982—), 男, 工程师, 主要从事非金属矿物材料研究。E-mail: zran\_a@mail.cgs.gov.cn。

通信作者: 刘岩, E-mail: liyan\_d@mail.cgs.gov.cn。

称 Na-CMC), 阴离子型聚丙烯酰胺(工业级, 2 000 万分子量, 以下简称 APAM), 聚阴离子纤维素(工业级, 高黏型, 以下简称 PAC), 黄原胶(工业级, 高黏型, 以下简称 XG)。

六速旋转黏度计(美国 FANN35A), 变频高速搅拌机(青岛胶南分析仪器厂 GJS-B12K), 中压滤失仪(青岛胶南分析仪器厂 ZNS-3A), 电子天平(赛多利斯 BSA124S), 电热鼓风干燥箱(天津泰斯特 101-3AB), X 射线衍射仪(日本理光 SmartLab SE)。

## 1.2 试验原料

试验所用两种膨润土原料取自河南洛阳某膨润土矿, 标记为 M1 和 M2。图 1 为 M1 和 M2 样品的 XRD 图谱, 从图 1 中看出, M1 和 M2 的  $d_{(001)}$  值分别为 15.472 7 Å (1 Å = 0.1 nm) 和 14.243 9 Å, 均为钙基膨润土。M1 吸蓝量 35.2 g/100g, 属高品位膨润土, 伴生杂质主要有水云母、石英、方解石和长石等; M2 吸蓝量 23.6 g/100g, 属低品位膨润土, 伴生杂质主要有石英、长石等。

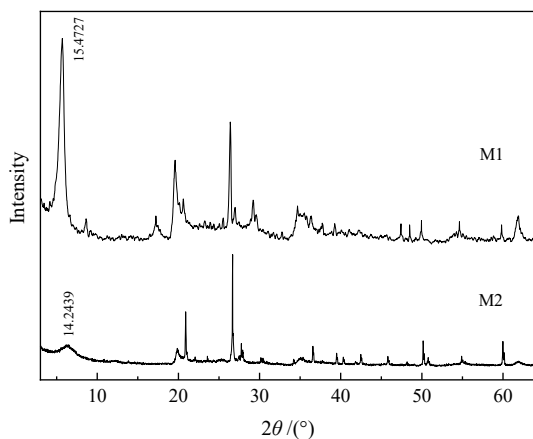


图 1 膨润土样品的 XRD 图

Fig. 1 XRD patterns of bentonite samples

## 1.3 试验方法

钠化改性: 先将膨润土样品晒干碾碎至 2 mm 以下, 称取一定量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶解于水中, 将  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液与膨润土拌合均匀, 控制水量占膨润土量的 30%, 反复挤压后常温密封陈化 9 d, 最后将陈化样品 105 °C 烘干<sup>[20]</sup>。

混合增效: 向干燥后的钠化膨润土中加入一定量增效剂, 混合均匀后用磨机粉碎至 0.075 mm 以下。

## 1.4 性能测试

土木工程泥浆用膨润土主要评价指标参照 GB/T 20973—2020《膨润土》, 具体要求如表 1 所示。膨润土的黏度、滤失量、动塑比测试方法参照 GB/T 5005—2010《钻井液材料规范》进行。

表 1 土木工程用膨润土的技术指标

Table 1 Specifications of bentonite for civil engineering

项目	指标		
	低黏膨润土	中黏膨润土	高黏膨润土
黏度 (600 r/min)/(mPa·s)	≥ 12	≥ 35	≥ 60
动塑比/[Pa·(mPa·s) <sup>-1</sup> ]	≤ 3.0	≤ 1.5	≤ 1.5
滤失量/cm <sup>3</sup>	≤ 20.0	≤ 15.0	≤ 14.0
75 μm 筛余/%	≤ 4.0	≤ 2.0	≤ 1.5
水分含量/%	≤ 13.0	≤ 13.0	≤ 13.0

## 2 结果和讨论

### 2.1 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 用量对膨润土黏度的影响

试验考察了钠化剂  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量对膨润土黏度的影响, 结果如图 2 所示。从图 2 可以看出, 对于 M1 样品, 随着  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量增加, 膨润土黏度先增加后降低。主要原因是  $\text{Na}^+$  取代  $\text{Ca}^{2+}$  后, 增厚的晶体表面的双电层结构, 使蒙脱石层间距增大, 削弱了蒙脱石结构单元层间的作用力, 在泥浆中使之分离成更薄的单元晶片, 因此有利于改善膨润土的黏性<sup>[21]</sup>。当  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量为 4% (相当于膨润土质量百分数, 下同) 时, 600 r/min 黏度值最高可以达到 34 mPa·s。当  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量达到 5% 时, 过量的  $\text{Na}^+$  破坏了  $\text{Na}^+$  与  $\text{Ca}^{2+}$  交换平衡状态, 压缩双电层结构, 导致膨润土黏度降低。而 M2 样品蒙脱石含量较低, 各种杂质成分对层间离子交换有较大干扰。随着  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量增加, 膨润土黏度变化不明显。当  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量为 2% 时, 600 r/min 黏度值达到最大 4 mPa·s。

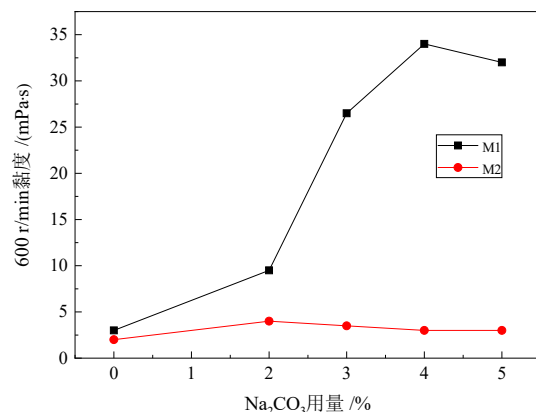


图 2  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  用量对膨润土黏度的影响

Fig. 2 Effect of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dosage on the viscosity of bentonite mud

### 2.2 Na-CMC 用量对膨润土泥浆性能的影响

Na-CMC 是一种可溶性线性高分子增黏剂, 可以大幅度改善膨润土的造浆性能<sup>[22]</sup>。但与膨润土相比, 高分子增黏剂成本较高, 使用量过大不利于土木工程泥浆的成本控制<sup>[23]</sup>。本试验对 M1 样品采用 4%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

钠化, M2 样品采用 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 钠化, 考察增效剂 Na-CMC 用量对改性膨润土黏度的影响, 结果如图 3 所示。从图 3 可以看出, M1 样品采用 Na-CMC 增效剂增黏效果较好, 由于 Na-CMC 长分子链能吸附于膨润土晶体结构表面, 形成立体网状结构, 改善了膨润土泥浆工程特性, 改性膨润土泥浆的黏度随着 Na-CMC 加入量增多而迅速提高。Na-CMC 用量 1% 时, M1 样品的 600 r/min 黏度值达到 68.5 mPa·s。而对于 M2 样品, 低品位膨润土与 Na-CMC 形成的立体网状结构较差, 600 r/min 黏度值可以提高到 32 mPa·s, 但此时 Na-CMC 用量为 5%, 每吨膨润土成本增加 550 元左右, 不符合土木工程泥浆用膨润土生产的成本要求。

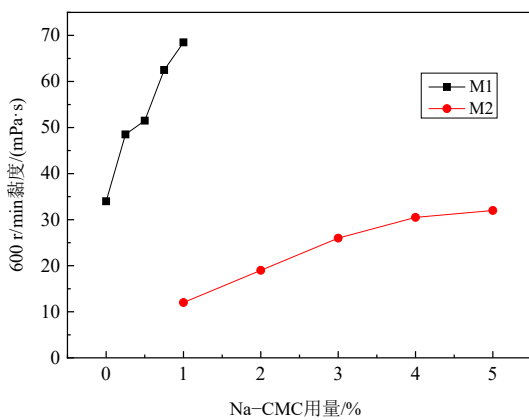


图 3 Na-CMC 用量对改性膨润土黏度的影响  
Fig. 3 Effect of Na-CMC dosage on the viscosity of modified bentonite mud

增效剂 Na-CMC 用量对 M1 样品的泥浆性能影响如表 2 所示, 随着 Na-CMC 用量的增加, 膨润土泥浆黏度增高, 由于增黏剂具有降滤失作用, M1 样品的滤失量也逐渐降低, 由于动切力增幅大于塑性黏度增幅, 动塑比也逐渐增高。当 Na-CMC 用量为 0.75% 时, 4% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 钠化的 M1 样品黏度、滤失量、动塑比指标均达到土木工程用高黏膨润土指标要求。

表 2 Na-CMC 用量对 M1 样品泥浆性能的影响  
Table 2 Effect of Na-CMC dosage on the mud properties of sample M1

Na-CMC 用量/%	0	0.25	0.5	0.75	1
黏度 (600 r/min) / (mPa·s)	34	48.5	51.5	62.5	68.5
滤失量 / cm <sup>3</sup>	13.6	11.0	11.0	10.8	10.0
动塑比 / [Pa·(mPa·s) <sup>-1</sup> ]	0.89	0.94	1.45	1.50	1.74

### 2.3 不同增效剂对 M2 样品泥浆性能的影响

膨润土主要矿物蒙脱石层间带有负电荷, 阴离子型聚电解质有助于提高膨润土泥浆的黏度, 并且形成的泥浆有较好的稳定性。不同阴离子型聚电解质由于分子量、分子构型、电荷密度不同, 对膨润土泥浆的增效各有差异。控制增效剂添加量不超过 1%, 考

察阴离子型聚电解质 APAM、PAC、XG、SPA 对 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 钠化的 M2 样品泥浆性能影响, 结果如表 3 所示。从表 3 中可以看出, 对于增效剂 APAM、PAC、XG, 由于聚阴离子可被膨润土颗粒端面正电荷吸附, 使高分子链和膨润土形成立体网状结构, 膨润土黏度与增效剂用量为正相关关系。PAC 增效作用好于 APAM 和 XG, 添加 1% 后 600 r/min 黏度值达到 35 mPa·s, 但滤失量指标达不到中黏膨润土要求。SPA 少量添加后泥浆性能变化明显, 使用量 0.3% 时 600 r/min 黏度值达到最高的 38 mPa·s, 继续增加用量黏度有所降低, 原因可能是过量的 SPA 破坏蒙脱石的双电层结构, 引起电荷不平衡分布而使黏度降低。添加 0.3% 的 SPA 滤失量指标也未能达到中黏膨润土要求。

表 3 不同增效剂对 M2 样品泥浆性能的影响  
Table 3 Effect of several synergists on the mud properties of sample M2

序号	增效剂	黏度 (600 r/min) / (mPa·s)	滤失量 / cm <sup>3</sup>	动塑比 / [Pa·(mPa·s) <sup>-1</sup> ]
1	0.3% APAM	16	19.6	1.00
2	0.5% APAM	22	18.2	0.83
3	1% APAM	29	16.8	1.42
4	0.3% PAC	25	17.6	0.79
5	0.5% PAC	28	17.6	0.75
6	1% PAC	35	16.2	0.94
7	0.3% XG	13	21.0	0.30
8	0.5% XG	23	18.6	0.83
9	1% XG	26	18.4	0.63
10	0.2% SPA	31	17.2	1.21
11	0.3% SPA	38	16.6	1.38
12	0.4% SPA	36	16.6	1.25
13	0.5% SPA	35	16.8	0.94

### 2.4 复合增效剂对 M2 膨润土泥浆性能的影响

由于 SPA 用量少且对 M2 样品的泥浆性能提升最明显, 因此考虑将 SPA 同其他增效剂进行复配, 考察对 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 钠化的 M2 样品泥浆性能影响, 试验结果如表 4 所示。从表 4 可以看出, 不同增效剂由于电荷密度差别, 复配后比单独使用 SPA 增黏效果更好。Na-CMC、APAM、PAC、XG 与 0.3% SPA 复配和与 0.2% SPA 复配相比, 虽然黏度更高, 但滤失量和动塑比变差, 因此 SPA 用量 0.2% 更合适。0.2% SPA 与 APAM 复配后, 不仅黏度增加, 而且滤失量和动塑比进一步降低。0.2% SPA 与 PAC 复配后, 黏度增加, 滤失量降低, 动塑比变化不大。综合考虑黏度、滤失量和动塑比三项性能指标, 0.2% SPA+1.0% PAC 作为 M2 膨润土复合增效剂综合性能最好。

表4 复配增效剂对M2样品泥浆性能的影响  
Table 4 Effect of several compound synergists on the mud properties of sample M2

序号	复合增效剂	黏度(600 r/min) /mPa·s	滤失量 /cm <sup>3</sup>	动塑比 /[Pa·(mPa·s) <sup>-1</sup> ]
1	0.2% SPA+0.3%Na-CMC	38	16.8	1.38
2	0.3% SPA+0.3%Na-CMC	51	17.2	1.83
3	0.3% SPA+0.4%Na-CMC	52	15.6	1.89
4	0.2% SPA+0.3% APAM	40	14.4	1.22
5	0.2% SPA+0.4% APAM	42	14.0	1.10
6	0.2% SPA+0.5% APAM	40	13.4	1.00
7	0.2% SPA+1.0% APAM	42	12.4	1.10
8	0.3% SPA+0.2% APAM	44	15.8	1.75
9	0.3% SPA+0.3% APAM	45	15.4	1.65
10	0.3% SPA+0.4% APAM	54	14.4	2.00
11	0.2% SPA+0.5% PAC	47	13.6	1.21
12	0.2% SPA+1.0% PAC	51	12.8	1.32
13	0.3% SPA+0.5% PAC	52	14.4	1.36
14	0.2% SPA+0.5% XG	42	18.4	1.63
15	0.2% SPA+1.0% XG	48	15.6	1.67
16	0.3% SPA+0.5% XG	50	16.2	1.78

### 3 结论

(1) 针对河南洛阳某膨润土矿不同品位的两种膨润土样品分别采用Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>半干法挤压陈化工艺进行钠化改性,钠化处理可以提高膨润土黏度,高品位膨润土的钠化改性对提高黏度效果更为明显。

(2) 高品位膨润土M1采用4% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>钠化改性后,添加0.75% Na-CMC增效,600 r/min黏度值62.5 mPa·s,滤失量10.8 cm<sup>3</sup>,动塑比1.50 Pa/(mPa·s),达到土木工程用高黏膨润土指标要求;低品位膨润土M2采用2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>钠化改性后,添加0.2% SPA+1.0% PAC的复合增效剂,600 r/min黏度值51 mPa·s,滤失量12.8 cm<sup>3</sup>,动塑比1.32 Pa/(mPa·s),达到土木工程用膨润土中黏膨润土指标。

(3) 受产品成本和运输成本影响,土木工程用膨润土销售半径普遍在500 km以内,并不能拓展为全国销售产品。该钙基膨润土开发利用后制备的高黏、中黏膨润土,可为我国中部地区周边城市地铁、市政工程等基础设施建设提供优质泥浆材料。

### 参考文献:

- [1] 余丽秀,邵晨,朱进,等.膨润土开发利用评估影响因素探讨[J].矿产保护与利用,2018(6): 20-23.  
YU L X, SHAO C, ZHU J, et al. Discussion on the influence factors of the development and utilization level of bentonite[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2018(6): 20-23.
- [2] 郑长文,管俊芳,郑佳敏,等.矿业领域膨润土应用的研究进展[J].矿产综合利用,2020(3): 22-27.  
ZHENG C W, GUAN J F, ZHENG J M, et al. Progress in the application of bentonite in mining industry[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(3): 22-27.
- [3] DONG W X, PU X L, REN Y J, et al. Thermoresponsive bentonite for water-based drilling fluids[J]. Materials, 2019, 12(13): 2115-2134.
- [4] 舒义勇,周华安,孙俊,等.原矿土钻井液室内评价与应用[J].钻井液与完井液,2019, 36(4): 459-462.  
SHU Y Y, ZHOU H A, SUN J, et al. Laboratory evaluation and application of a raw bentonite drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2019, 36(4): 459-462.
- [5] 彭超,王震.大直径深桩基施工中优质膨润土泥浆的运用[J].粘胶,2020, 42(4): 123-127.  
PENG C, WANG Z. Application of high-quality bentonite mud in large-diameter deep pile foundation construction[J]. Adhesion, 2020, 42(4): 123-127.
- [6] 祝启坤.膨润土在土木工程中的应用与机理[J].化工矿产地质,2003, 25(2): 99-102.  
ZHU Q K. The application and mechanisms of bentonite in civil engineering[J]. Geology of Chemical Minerals, 2003, 25(2): 99-102.
- [7] 鞠建英.膨润土在土木工程中的应用[J].铁道建筑技术,2004(3): 1-6.  
JU J Y. The use of swelling soil in civil engineering[J]. Railway Construction Technology, 2004(3): 1-6.
- [8] BORAH D, NATH H, SAIKIA H. Modification of bentonite clay & its applications: a review[J]. Reviews in Inorganic Chemistry, 2022, 42(3): 265-282.
- [9] KOTWICA K, SUFFNER H, ANDRAS A. Trenchless execution of microtunnels for municipal infrastructure in urbanized site - conception of a new solution[J]. Management Systems in Production Engineering, 2020, 28(4): 276-282.
- [10] 王桂芳,盘益任,马少健,等.广西田东某钙基膨润土钠化改型试验[J].金属矿山,2017(4): 87-90.  
WANG G F, PAN Y R, MA S J, et al. Sodium modification study on a Ca-based bentonite from Tiandong, Guangxi[J]. Metal Mine, 2017(4): 87-90.
- [11] KARAGÜZEL C, ÇETİNEL T, BOYLU F, et al. Activation of (Na, Ca)-bentonites with soda and MgO and their utilization as drilling mud[J]. Applied Clay Science, 2010, 48(3): 398-404.
- [12] 雷华阳,刘旭,施福硕,等.顶管工程聚合物改性膨润土泥浆配比优化研究[J].岩土工程学报,2021, 43(S2): 51-55.  
LEI H Y, LIU X, SHI F S, et al. Proportional optimization of polymer-modified bentonite slurry in pipe jacking[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2021, 43(S2): 51-55.
- [13] 彭双磊,冯雪钢,田剑,等.国内钻井液增黏剂的研究与应用进展[J].广州化工,2012, 40(12): 10-11.  
PENG S L, FENG X G, TIAN J, et al. Progress in study and application of drilling fluid viscosifier at home[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2012, 40(12): 10-11.
- [14] 曹灿,周凤山,张志磊,等.高造浆膨润土制备及其性能评价[J].地质前缘,2013, 20(5): 220-226.  
CAO C, ZHOU F S, ZHANG Z L, et al. Preparation and evaluation of high yield sodium-modified calcium base bentonite[J]. Earth Science Frontiers, 2013, 20(5): 220-226.
- [15] ABU JDAYIL B, GHANNAM M, ALSAYYED A K, et al. The effect of biopolymer chitosan on the rheology and stability of Na-bentonite drilling mud[J]. Polymers, 2021, 13(19): 3361-3376.
- [16] 黄志强,冯东林.生石灰膨润土泥浆土压盾构渣土改良试验研究[J].地下空间与工程学报,2020, 16(1): 128-133.

- HUANG Z Q, FENG D L. Soil improvement for earth pressure balance shields construction with lime bentonite clay[J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2020, 16(1): 128–133.
- [ 17 ] 李财富, 李本高, 汪燮卿. 国内水基钻井液降滤失剂研究现状[J]. *中外能源*, 2013, 18(2): 39–44.
- LI C F, LI B G, WANG X Q. Current research status of filtrate reducer for water-based drilling fluid in China[J]. *Sino-Global Energy*, 2013, 18(2): 39–44.
- [ 18 ] 吴鑫磊, 闫丽丽, 王立辉, 等. 环保型钻井液用降滤失剂研究进展[J]. *钻井液与完井液*, 2018, 35(3): 8–16.
- WU X L, YAN L L, WANG L H, et al. Progress in the study of environmentally friendly drilling fluid filtration reducer[J]. *Drilling Fluid & Completion Fluid*, 2018, 35(3): 8–16.
- [ 19 ] 王少帅, 张华. 纳米材料在钻井液封堵降滤失中的研究进展[J]. *广东化工*, 2022, 49(19): 95–97.
- WANG S S, ZHANG H. Research progress of nanomaterials in drilling fluid plugging and fluid loss reduction[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2022, 49(19): 95–97.
- [ 20 ] HUANG Y F, ZHANG Y B, HAN G H, et al. Sodium-modification of Ca-based bentonite via semidry process[J]. *Journal of Central South University of Technology*, 2010, 17(6): 1201–1206.
- [ 21 ] 张太亮, 黄志宇, 莫军, 等. 膨润土改性作用机理及改性方法研究[J]. *钻采工艺*, 2006, 29(6): 102–103.
- ZHANG T L, HUANG Z Y, MO J, et al. Research on modification mechanism and method of bentonite[J]. *Drilling & Production Technology*, 2006, 29(6): 102–103.
- [ 22 ] 王志强, 舒锋, 刘玉芹. 低品位膨润土矿制备土木工程泥浆土的研究[J]. *非金属矿*, 2010, 33(4): 34–36.
- WANG Z Q, SHU F, LIU Y Q. Study on preparation of civil engineering slurry clay from low-grade bentonite[J]. *Non-Metallic Mines*, 2010, 33(4): 34–36.
- [ 23 ] 李鑫, 吴雪兰, 龙红明, 等. 高分子聚合物调控膨润土造浆性能及机理研究[J]. *硅酸盐通报*, 2021, 40(7): 2256–2263.
- LI X, WU X L, LONG H M, et al. Pulping properties and mechanism of bentonite controlled by polymer[J]. *Bulletin of the Chinese Ceramic Society*, 2021, 40(7): 2256–2263.

## Investigation on Modification of Bentonite to Improve Performance for Civil Engineering Mud

ZHANG Ran<sup>1,2</sup>, SONG Guangyi<sup>1,2</sup>, LIU Yan<sup>1,2</sup>, HU Hongjie<sup>1,2</sup>

1. Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China;

2. National Engineering Center for Multipurpose Utilization of Non-Metallic Mineral Resources, Zhengzhou 450006, China

**Abstract:** Two kinds of bentonite with the ethylene blue adsorbed of 35.2 g/100 g and 23.6 g/100 g from Luoyang, Henan Province were Na-modified and mixed with synergists to develop civil engineering mud. The effects of sodium agent and synergists on the mud properties of bentonite were systematically studied. The results showed that the effect of Na-modification on the viscosity of high-grade bentonite with the ethylene blue adsorbed of 35.2 g/100 g was more significant, and the viscosity of high-grade bentonite was increased from 3 mPa·s to 34 mPa·s by 4% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> semi-dry modification. The high-grade bentonite could reach the specification of high-viscosity bentonite after the Na-modification by addition of 0.75% Na-CMC. It was found that the combination of SPA and different synergists could effectively improve the viscosity and reduce the filtration loss and yield point/plastic viscosity ratio. The low-grade bentonite with the ethylene blue adsorbed of 23.6 g/100 g could reach the specification of medium-viscosity bentonite by addition of 0.2% SPA+1% PAC.

**Keywords:** bentonite; mud; Na-modification; synergist

引用格式: 张然, 宋广毅, 刘岩, 胡宏杰. 土木工程泥浆用膨润土改性增效技术研究[J]. *矿产保护与利用*, 2023, 43(4): 96–100.

ZHANG Ran, SONG Guangyi, LIU Yan, HU Hongjie. Investigation on modification of bentonite to improve performance for civil engineering mud[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2023, 43(4): 96–100.

投稿网址: <http://kcbhy.xml-journal.net>

E-mail: [kcbh@chinajournal.net.cn](mailto:kcbh@chinajournal.net.cn)