

不同分散剂对玄武岩残积红土(HCP_2e)粒度组成测定结果的影响研究

周志彬,符必昌,牛志文

(昆明理工大学国土资源工程学院,云南 昆明 650093)

摘要:玄武岩残积红土(HCP_2e)性质特殊,其粒度组成复杂,目前尚未有专门的研究成果,严重制约了红土级配组成及分类属性的系统研究。本文对4种分散剂对玄武岩残积红土(HCP_2e)进行对比试验,讨论分散剂种类和浓度对玄武岩残积红土(HCP_2e)团粒体的分散效果,以此获得其粒度组成特征值。试验结果表明,浓度为6%的六偏磷酸钠使玄武岩残积红土达到最佳分散效果,并获得了相对应的粒度组成特征值。

关键词:残积红土;红土分类;粒度组成测定;分散剂;六偏磷酸钠

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.03.025

中图分类号:TD989 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)03-0119-04

红土是热带、亚热带湿热地区广泛分布的具有特殊工程地质性质的土体^[1]。至今,红土学术界对用以解释形成红土的红土化作用的认识仍是模糊的,特别是中国一致把红土定名为红黏土,且把红黏土定义为碳酸盐岩风化壳,致使碳酸盐岩地区分布区之外的玄武岩等大量硅酸盐岩上覆红土被忽视^[1-3]。可以用密度法测定红土的粒度组成,从而对红土进行正确的分类和命名,在其粒度组成测定过程,所用分散剂种类和浓度对玄武岩残积红土(HCP_2e)粒度组成测定结果影响很大。本工作对4种分散剂进行研究,最终确定该类型红土粒度组成的特征值。可为玄武岩残积红土(HCP_2e)粒度组成的分析测试推荐合适的分散剂。

1 粒度组成及试验方法

1.1 试验土样的化学组成及矿物组成

原料为昆明长水国际机场玄武岩残积红土(HCP_2e),其化学及矿物组成见表1,全风化玄武岩中的 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 含量分别为32.77%、21.85%和23.60%。红土中的 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 含量分别为32.60%、22.09%、23.97%。由此可知,二者之间具有非常密切的成因联系和继承性,并表现出轻微的脱硅富铝铁作用特征。符合母岩与残积红土之间的形成模式。本文所选用的土样也是云贵高原较典型的玄武岩残积红土^[1]。

表1 全风化玄武岩及其上覆残积红土物质组成分析结果

Table 1 The analysis results of weathering basalt and its overlying eluvial clay material composition

母岩	类型	主要化学成分/%					主要矿物成分				
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO					
玄武岩	红土	32.6	22.09	23.97	0.51	0.06	高岭石 黄铁矿	绿泥石 锐钛矿	石英	三水铝石	赤铁矿 绢云母
	全风化玄武岩	32.77	21.85	23.6	0.48	0.05	高岭石 黄铁矿	绿泥石 钛铁矿	石英	三水铝石	绢云母 赤铁矿

收稿日期:2016-07-06;改回日期:2016-07-14

基金项目:云南高原岩溶区红土成因及环境演化信息研究(2013FA033)

作者简介:周志彬(1992-),男,硕士研究生,研究方向为地质工程。

1.2 试验研究方法

为了客观真实地反映原料的粒度组成,首先在未加分散剂条件下,进行粒度组成的试验。然后分别利用4种分散剂(六偏磷酸钠、硅酸钠、双氧水和氨水)分别在不同浓度下进行试验。此次试验采用密度计法,密度计均为TM-85甲种密度计。试验流程按照《土工试验规程》(SL237-1999)^[4]或《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)^[5]进行,具体步骤如下:称干质量为30 g的风干试样倒入锥形瓶中,注入水200 mL,浸泡过夜。然后将锥形瓶放在煮沸设备上,连接冷凝管进行煮沸约1 h。将冷却后的悬液倒入瓷杯中,静置约1 min将上部悬液倒入量筒。杯底沉淀物用带橡皮头研杵细心研散,加水,经搅拌后静置约1 min再将上部悬液倒入量筒。如此反复操作,直至杯内悬液澄清为止。当土中大于0.075 mm的颗粒估计超过试样总质量的15%时,应将其全部倒至0.075 mm筛上冲洗,直至筛上仅留大于0.075 mm的颗粒为止。将留在洗筛上的颗粒洗入蒸发皿内,倾去上部清水,烘干称量,然后按规程进行细筛筛析。将过筛悬液倒入量筒,加入分散剂约10 mL于量筒溶液中,再注入纯水,使筒内悬液达1000 mL。用搅拌器在量筒内沿整个悬液深度上下搅拌约1 min往复各约30次,使悬液内土粒均匀分布。取出搅拌器,将密度计放入悬液中同时开动秒表。六偏磷酸钠采用的浓度以1%、3%、4%、6%和8%为主(4%为《土工试验规程SL237-1999》的建议浓度);硅酸钠采用的浓度以0.5%、1%、1.5%、2%和2.5%为主(1%为《土工试验规程SL237-1999》的建议浓度);双氧水采用的浓度以3%、5%、6%、7%和9%为主(6%为《土工试验规程SL237-1999》的建议浓度);氨水采用的浓度以4%、6%、8%、10%和12%为主(10%的浓度值被采用较多)。为了更加详细地显示粒度组成的变化规律,特增加10 min和60 min时的密度计读数时间,同时多组试验在1440 min后增加了13个读数(如2 600 min、4 300 min、5 500 min时的读数),这将有利于显示粒度组成曲线分布特征及规律。

2 玄武岩典型红土粒度组成试验结果

2.1 未加分散剂条件下的粒度组成

由表2显示在未加分散剂条件下,典型红土(HCP_{2e})粗粒组(粒度大于0.075 mm)为8%,粉粒组(粒度0.075~0.005 mm)为74%,粘粒组(粒度小于0.005 mm)为18%;土颗粒主要集中在粉粒和黏粒组,表明典型红土(HCP_{2e})土体颗粒极不均一,粉粒组团粒体在未加分散剂条件下较稳定,主要以粉粒团粒体为主的状态存在。

表2 粒度组成分析结果

Table 2 Granularity composition analysis results

分散剂 及浓度	粒度成分/%			土样按 粒度分 类命名
	粗粒组	细粒组	黏粒	
		粉粒		
	>0.075	0.075~0.005	<0.005	
无	8	74	18	粉土
(NaPO ₃) ₆ 1.00%	7	51	42	粉黏
(NaPO ₃) ₆ 3.00%	8	44	48	粉黏
(NaPO ₃) ₆ 4.00%	7	43	50	黏土
(NaPO ₃) ₆ 6.00%	6	44	50	黏土
(NaPO ₃) ₆ 8.00%	8	43	49	粉黏
Na ₂ SiO ₃ 0.5%	8	70	22	粉土
Na ₂ SiO ₃ 1.0%	8	52	40	粉黏
Na ₂ SiO ₃ 1.5%	8	51	41	粉黏
Na ₂ SiO ₃ 2.0%	8	49	43	粉黏
Na ₂ SiO ₃ 2.5%	7	51	42	粉黏
H ₂ O ₂ 3.0%	7	71	21	粉土
H ₂ O ₂ 5.0%	7	67	26	粉土
H ₂ O ₂ 6.0%	7	70	23	粉土
H ₂ O ₂ 7.0%	8	71	21	粉土
H ₂ O ₂ 9.0%	7	73	20	粉土
NH ₃ ·H ₂ O 2.0%	8	71	21	粉土
NH ₃ ·H ₂ O 4.0%	8	70	22	粉土
NH ₃ ·H ₂ O 6.0%	8	67	25	粉土
NH ₃ ·H ₂ O 8.0%	7	63	30	粉土
NH ₃ ·H ₂ O 10.0%	8	63	29	粉土

2.2 不同分散剂对原料各粒组含量的影响

2.2.1 六偏磷酸钠对红土粒度组成的影响

在一定浓度范围内,随着六偏磷酸钠浓度的增加,典型红土(HCP_{2e})黏粒组含量不断增大。在其浓度为6.0%时,黏粒组含量增至最大值50%,反映了土体中结构单元体存在大量的胶体颗粒,表明该类型红土的红土化作用程度较高。从表2可以看

出,六偏磷酸钠浓度为4%、6%时,典型红土(HCP₂e)的黏、胶粒组含量达到50%峰值。为此,特把4.0%和6.0%当作典型红土在六偏磷酸钠作用下的较佳分散剂浓度。

2.2.2 硅酸钠对红土粒度组成的影响

采用硅酸钠作为分散剂时,在一定浓度范围内,黏粒含量随着硅酸钠的浓度增大,典型红土(HCP₂e)黏胶粒组含量不断增大,在硅酸钠浓度为2.0%时,黏粒组含量增至最大值43%,黏粒组含量比无分散剂条件下的黏粒组含量增加25%。与六偏磷酸钠相比,硅酸钠对典型红土(HCP₂e)的分散作用效果明显较差。为此,特把2.0%当作典型红土在硅酸钠作用下的最佳分散剂浓度。

2.2.3 双氧水对红土粒度组成的影响

双氧水作为分散剂时,在一定浓度范围内,随着双氧水浓度的增大,典型红土黏粒组含量不断增大。在双氧水浓度为5.0%时,黏粒组含量增至最大值26%,黏粒组含量比无分散剂条件下的黏粒组含量增加8%。与六偏磷酸钠、硅酸钠相比,双氧水对典型红土(的分散作用效果明显较差。为此,特把5.0%当作典型红土在双氧水作用下的最佳分散剂浓度。

2.2.4 氨水作用下的粒度成分试验成果

氨水作为分散剂时,在一定浓度范围内,随着氨水浓度的增大,典型红土黏胶粒组含量不断增大。在氨水浓度为8.0%时,黏粒组含量增至最大值30%。与六偏磷酸钠、硅酸钠、双氧水相比,氨水对典型红土(HCP₂e)的分散作用效果弱于六偏磷酸钠、硅酸钠,但比双氧水分散效果好。为此,特把8.0%当作典型红土在氨水作用下的最佳分散剂浓度。

2.3 分散剂对玄武岩典型红土(HCP₂e)级配影响

由图1显示,该土样在未加分散剂的条件下分散效果很不理想,粉粒组含量高达74%,按红土粒度分类应该属于粉土。粒度分布曲线在粒径为0.1~0.21 mm粒组区间较为平缓,在0.02~0.01 mm粒组区间较为陡直,颗分曲线总体连续度和光滑度不是很理想,曲线的斜率极其不连续,颗粒级配不良。尤其是在加入六偏磷酸钠浓度为6.0%后,其

粒度曲线在0.02~0.002 mm粒组区间变缓,曲线斜率变化很小且连续黏粒组含量增至最大值。从而得知该分散剂对粉粒组团粒作用效果很显著,颗粒级配良好,按红土粒度分类应该属于“黏土”。当硅酸钠浓度为2.0%时,其粒度曲线在粒径为0.1~0.002 mm粒组区间变缓,曲线斜率居中,黏粒组含量达到43%,黏粒组含量比未加分散剂条件下的黏粒组含量增加25%,按红土粒度分类应该属于“粉黏”。当双氧水浓度为5%时,得到的分散效果相比未加分散剂时有所加强但不明显,曲线类似未加分散剂形状,颗粒级配不良,且斜率变化幅度较大,粉粒含量达到73%,按红土粒度分类应该属于“粉土”。采用氨水浓度为8.0%时,其粒度曲线在粒径为0.02~0.005 mm粒组区间较陡,在黏粒组含量中,黏粒组含量达到30%,黏粒组含量比未加分散剂条件下的黏粒组含量增加12%,按红土粒度分类应该属于“粉土”。

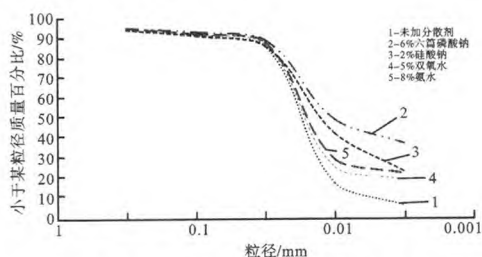


图1 加入不同分散剂后的红土粒度组成分布曲线

Fig. 1 Effect of different dispersants on clay particle size composition graph

化学分散的实质就是使团粒结构解体,破坏团粒结构内部微细粒黏土矿物之间的结合水连结,以及游离氧化铁与黏土矿物之间的静电引力而形成的包膜胶结(具有很强的水稳性,作用力是静电引力,机械力不能使其分开)^[6]。加入分散剂后,粉粒组含量明显下降,而黏粒含量却显著增加。这是由于加入分散剂后,,与氧化铁形成络合物,在一定程度上破坏了游离氧化铁对土颗粒的胶结作用。黏土胶体吸附溶液中的离子是具有选择性的^[7],当用六偏磷酸钠作为分散剂时,在水中会离解成Na⁺、PO₄³⁻,而黏性土中一般都含钠或钾的矿物或化合物,土粒的离子有选择吸附作用,优先吸收钠离子当扩散层达

到一定厚度时黏胶粒就相互分离,从而使团粒结构部分或全部解体。而氨水和双氧水离子的选择吸附很少发生,所以分散效果不理想^[8]。

3 结 论

(1)在用密度法测定红土粒度时,随所用分散剂种类和浓度的不同,所得黏粒含量差别较大,从而影响红土分类和命名,由此可见分散剂种类和浓度的选择是至关重要的。

(2)4种分散剂对比试验结果表明,使该土样达到的特殊黏胶粒含量的分散剂浓度分别为:6%六偏磷酸钠(黏粒组含量50%)、2%硅酸钠(黏粒组含量43%)、8%氨水(黏粒组含量30%)、5%双氧水(黏粒组含量26%)、未加分散剂(黏粒组含量为18%)。玄武岩残积红土典型红土(HCP_{2e})在六偏磷酸钠作为分散剂所得黏粒含量最高,硅酸钠次之,其他两种分散剂的黏粒含量较低,几乎与无分散剂条件下持平,分散效果不理想。六偏磷酸钠对典型红土(HCP_{2e})分散作用效果最好。为此,可将6.0%六偏磷酸钠作用下获得的粉粒组含量44%、

黏粒组含量50%、数值作为典型红土(HCP_{2e})最佳分散状态下的粒度成分特征值。

参考文献:

- [1]符必昌,黄英,方丽萍,等.云南高原岩溶区红土成因重大创新研究[M].北京:中国科技出版社,2013.
- [2]黄英,符必昌.红土化作用及红土的工程地质特性研究[J].岩土工程学报,1998,20(3):40-44.
- [3]符必昌,黄英,方丽萍.红土化作用及红土的工程地质分类[J].云南地质,1997(2):197-206.
- [4]中华人民共和国水利部.《土工试验规程》(SL237-1999)[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [5]中华人民共和国建设部.《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)[M].北京:中国计划出版社,1999.
- [6]周训华,廖义玲.红黏土颗粒之间结构连结的胶体化学特征[J].贵州工业大学学报:自然科学版,2004,33(1):26-29.
- [7]王继庄.游离氧化铁对红黏土工程特性的影响[J].岩土工程学报,1983,5(1):147-156.
- [8]李明和,符必昌,廖永军,等.不同分散剂对红土粒度成分的影响[J].科学技术与工程,2014(16):300-303.

The Effect of Different Dispersants on Size Determination results of Basalt Eluvial Laterite(HCP_{2e})

Zhou Zhibin, Fu Bichang, Niu Zhiwen

(Land Resource Engineering, Kunming University of Science, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The quality of basalt eluvial laterite(HCP_{2e}) is special, besides, its granularity composition is also complex and there is no special research results at present. Therefore, the research of the graduation, composition and classification of laterite is restricted. The article chose four kinds of dispersants to have study on basalt eluvial laterite. (HCP_{2e}) The effect of different dispersant on different concentration and on basalt eluvial laterite(HCP_{2e}) was discussed and to obtain granularity composition eigenvalue under different dispersant and concentration. The result show that the calgon that has 6 percent concentration can achieve the best dispersion effect of basalt eluvial laterite and obtain corresponding granularity composition eigenvalue. The results of this research has great guiding significance on the analysis of granularity and the systematic study on engineering properties.

Keywords: Eluvial laterite; Laterite classification; Particle size determination; Dispersant; Sodium hexametaphosphate