

# 应用吸管法进行风沙土机械组成分析的实验研究

刘广通<sup>1</sup>,海春兴<sup>1</sup>,李占宏<sup>1,2</sup>

(1 内蒙古师范大学地理科学学院,呼和浩特 010022;2 包头师范学院资源与环境学院,包头 014030)

**摘 要:**土壤机械组成分析就是指土壤粒径分析,即测定组成土壤的不同直径颗粒的含量。通过机械组成分析可以定量地了解土壤质地的粗细、理化性状、肥力状况及土壤的发育情况。经过从毛乌素沙地、腾格里沙漠和浑善达克沙地等几个区域采样实验,探讨了用吸管法测定风沙土机械组成的实验控制。结果显示:在司托克斯原理指导下的吸管法测定风沙土机械组成的实验中,传统吸管法的 10 cm 深抽样条件下粉粒与黏粒段不能正常测定。8 cm 深抽样条件下,振荡分散 1 h 有 20 % 的样在粉粒与黏粒段的测定结果有悖实际,煮沸分散 1 h 与煮沸分散 10 min 两种测定结果在砂、粉、黏三段内的变异系数较大。经对比分析,在用吸管法测定风沙土机械组成实验中,以煮沸分散 1 h,抽样深 8 cm 的实验效果良好。

**关键词:**机械组成分析;吸管法;风沙土

**中图分类号:**S151.92

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)02-0121-03

## The Study of Analyzing the Mechanical of Aeolian Sandy Soil Using Straw Based on Experiment

LIU Guang-tong, HAI Chun-xing, LI Zhan-hong

(1. College of Geographical Sciences, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China;

2. College of Resource and Environment, Baotou Normal University, Baotou 014030, China)

**Abstract:** The analysis of soil mechanical component is to analyze soil grain diameter. That is to say, it is to measure the content which composed the different diameter particle. The thickness of soil texture, physical and chemical properties, fertility, and the condition of soil development could be realized quantificationally through the analysis to soil mechanical component. It is researched to control the experiments that are to measure the soil mechanical component with the way of straw in the duneland of Maowusu, the desert of Tengeli, the duneland of Hunshandake etc. It shows that: under Stokes rule's direction, it cannot be normally measured using the traditional straw to measure the silt and clay under the sample depth of 10 cm. The measure results in the diameter of silt and clay which reverse the reality account for 20 % through 1 h surge decentralization and 8 cm sample depth. The variability is big in the diameter of grit, silt and clay through 1 h and 10 min boil decentralization separately. By contrast with the different ways, the effects are nicer to control 1 h boil decentralization and 8 cm sampling depth in the process of measure aeolian sandy soil mechanical component.

**Key words:** the analysis of soil mechanical component; straw; aeolian sandy soil

## 1 引 言

土壤基质由不同比例的、粒径粗细不一、形状和组成各异的颗粒(通称土粒)组成。土壤机械组成分析就是指土壤粒径分析,即测定组成土壤的不同直径颗粒的含量。土壤机械组成决定着土壤的矿物和化学组成,直接影响土壤水分、空气、养分等状况,进而引起土壤中物理、化学以及生物的作用也各有不同。土壤机械组成分析是土壤学、灾害学和环境演变等学科的常规测试实验,通过该试验可以定量地了解土壤质地的粗细,土壤的理化性状、肥力状况以及土壤的发育情况<sup>[1-3]</sup>。详细的土壤机械组成测定可为农业生产研究以及土壤改良提供依据通过该试验也可以为水土保持、环境演变等领域量化推论提供基础数据。在进行土壤机械组成测定实验时,根据实验目的以及采样性质的不同可以采用不同的分析方法。目前常见的分析方法有筛析法、吸管法、甲种比重计法、激光扫描法等。在分析方法的运用中,有学者

作了不同分析方法的对比研究及分析方法的改进<sup>[4-7]</sup>,使得分析方法多样化,其目的在于追求操作程序更简便,测定结果更精确。关于风沙土粒径的吸管法测定研究却见之较少。在众多分析方法中,吸管法是比较精确的一种机械组成分析方法,在实际应用中该方法也有做一定调整的<sup>[6]</sup>。当土壤中有大于 0.25 mm 粒级的土粒时常把该法与筛析法结合使用<sup>[8]</sup>。风沙土的粉粒与黏粒含量甚微,在运用传统吸管法分析时,如果实验中关键步骤控制不当,在 < 0.01 mm 的粒径段往往出现负值,其结果将直接影响实验的可信度和粒径的可测范围。基于此,本文拟就应用吸管法测定风沙土机械组成实验中的控制和改进做一论述,期望对于风沙土机械组成的吸管法测定有所助益。

## 2 采样区环境特点及采样位置

本次实验土样于 2005 年 8 月采自毛乌素沙地、腾格里

\* 收稿日期:2006-05-08

基金项目:教育部科学技术研究重点项目(206028);内蒙古自然科学基金项目(200408020602)资助;

作者简介:刘广通(1974-),男,汉族,内蒙古呼和浩特市人,内蒙古师范大学地理学院硕士研究生;海春兴(1963-),男(回族),博士,教授,主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究工作。

沙漠和浑善达克沙地。毛乌素沙地面积约  $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 涉及内蒙古的伊金霍洛旗、乌审旗、鄂托克旗、鄂托克前旗、陕西省的神木县、榆林市、横山县、靖边县、定边县、佳县和宁夏的盐池县等 11 个县(市、旗)。近 30 a 来,毛乌素沙地年平均降水量为 348.9 mm,最大年降水量(1985 年 465 mm)是最小年降水量(2000 年 227 mm)的 2 倍以上,且集中在夏季,多年平均气温为  $8.62^\circ\text{C}$ ,气温年际变化较大,最低年平均气温(1976 年  $7.63^\circ\text{C}$ )与最高年平均气温(1999 年  $10.1^\circ\text{C}$ )相差  $2.47^\circ\text{C}$  [9]。

腾格里沙漠位于内蒙古自治区最西部的阿拉善地区东南部,介于贺兰山以西、雅布赖山以南、龙首山以东,黄河宁夏灌区和河西走廊中东段以北之间,  $102^\circ\sim 105^\circ 37' \text{ E}$ ,  $37^\circ 28' \sim 39^\circ \text{ N}$ 。面积  $4.27 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。气候属我国典型的北方内陆性干旱气候。干旱少雨、风大沙多、温差悬殊。年降水量  $50 \sim 100 \text{ mm}$ ,年蒸发量  $3\,000 \sim 3\,500 \text{ mm}$ ,年平均风速  $3.1 \text{ m/s}$ ,年大风日数  $20 \sim 50 \text{ d}$ ,沙尘频繁 [10]。

浑善达克沙地在内蒙古高原中东部,位于  $112^\circ 22' \sim 117^\circ 57' \text{ E}$ ,  $41^\circ 56' \sim 44^\circ 24' \text{ N}$ ,呈东西延长的椭圆形,东西延伸约 450 km,南北宽约 330 km,面积约  $3.15 \times 10^4 \text{ km}^2$  [11]。属中温带半干旱、干旱大陆性季风气候,年平均降水量从东南部的 400 mm 左右,向西北递减至 200 mm,有些地方甚至不足 200 mm [12]。

3 研究方法步骤

在三个样区内通过用精度为  $5 \sim 10 \text{ m}$  的 HOLUX GM-101 型号 GPS 定位,具体位置见表 1。分别选择固定沙丘破口、移动沙丘、砾质荒漠、荒漠、移动沙丘丘顶共确定  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  规格的 8 个样方,每个样方内设置 3 个样点,用大平铲取表层土样封袋后带回实验室进行分析。

土壤密度测定采用比重瓶法 [13],测定结果见表 1。机械组成分析采用吸管法。在机械组成分析中粒级划分采用中国制。因风沙土的粉粒与黏粒含量很少,该粒级段上含量用传统的吸管法极不易测定。通过严格控制实验流程,采用煮沸分散 1 h,煮沸分散 10 min,振荡分散 1 h 三种分散状态与 10 cm 深抽样和 8 cm 深抽样两种抽样深度进行实验对比分析,得出吸管法测定风沙土机械组成实验控制的理想方案。

3.1 吸管法测定机械组成原理

按 Stokes 定律:假设沉降颗粒是光滑的非弹性的实心圆球,在介质中做自由落体垂直沉降,并假设土壤颗粒密度

为  $2.65 \text{ g/cm}^3$ ,悬浮液的土粒重量百分含量变化服从于静水中质点的沉降规律,测定作为时间函数的某一预定深度处悬浮液的土粒重量百分含量值 [14]。

3.2 测定过程

称取经过处理的待测风干土样品 50.00 g,设 4 组对比。每组设 3 个重复,结果取平均值。每个样加 60 ml 分散剂(根据土壤 pH 值选用  $0.5 \text{ mol/L}$  的六偏磷酸钠溶液)浸泡过夜,取两组样采用煮沸 1 h,一组样煮沸 10 min,一组样振荡 1 h 三种分散状态进行分散。分散后,通过  $0.25 \text{ mm}$  孔径的土壤筛洗入 1 000 ml 沉降筒中并定溶至 1 000 ml。大于  $0.25 \text{ mm}$  的粗颗粒部分被截留在筛上,洗出、烘干、称重。小于  $0.25 \text{ mm}$  的细颗粒根据 Stokes 定律  $V = 2 g r^2 (d - d_1) / (9 \eta)$ ,式中: $V$ ——土粒在介质中沉降速度( $\text{cm/s}$ ), $g$ ——重力加速度( $980 \text{ cm/s}^2$ ), $d$ ——土粒比重,平均值为  $2.65 \text{ g/cm}^3$ , $r$ ——土粒半径( $\text{cm}$ ), $d_1$ ——介质的比重( $\text{g/cm}^3$ ), $\eta$ ——介质黏滞系数( $\text{g/cm} \cdot \text{s}$ )。计算某一取样深度的取样时间 [15],用吸管在该深度处吸取沉降筒中央部位 40 ml 的悬液,按 8 cm 和 10 cm 两种抽样深度取样。将吸出的悬液烘干、称重、计算各级土粒质量百分含量。所得结果见表 2、表 3、表 4。

表 1 采样区及样品基本物理属性

编号				
样区	毛乌素沙地	腾格里沙漠	腾格里沙漠	腾格里沙漠
沙地特征	固定沙丘破口	移动沙丘	移动沙丘	砾质荒漠
位置	106°33' 26.1 E, 38°16' 14.8 N	105°39' 19.9 E, 38°57' 37.4 N	105°21' 47 E, 38°55' 8.6 N	105°54' 17.6 E, 38°21' 51.8 N
风沙土吸湿水/%	0.32	0.21	0.08	1.12
风沙土比重/( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	2.74	2.64	2.66	2.70
样区	腾格里沙漠	浑善达克沙地	浑善达克沙地	浑善达克沙地
沙地特征	荒漠	固定沙丘破口	移动沙丘丘顶	固定沙丘破口
样地位置	117°16' 37 E, 43°12' 23.8 N	117°10' 2.1 E, 43°15' 22.8 N	105°41' 9.6 E, 38°28' 1 N	116°41' 41.5 E, 43°13' 58.5 N
风沙土吸湿水/%	0.95	0.17	0.45	0.24
风沙土比重/( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	2.73	2.68	2.68	2.61

4 研究结果

样品的粒径以砂粒所占比例最大,粉粒与黏粒含量很少,无大于 1 mm 粒级物质。由表 1 可知各样的吸湿水含量极低,91% 的土样吸湿水含量低于 1%,比重测定结果介于  $2.61 \text{ g/cm}^3 \sim 2.74 \text{ g/cm}^3$  间。不含碳酸钙。

表 2 煮沸分散 1 h,8 cm 与 10 cm 取样深度实验数据

编号	0.25~1 mm	0.05~0.25 mm	0.05~1 mm	0.01~0.05 mm	0.005~0.01 mm	0.005~0.05 mm	0.002~0.005 mm	0.001~0.002 mm	<0.001 mm
	粗砂粒	细砂粒	砂粒	粗粉粒	细粉粒	粉粒	粗黏粒	粗黏粒	黏粒
1a	0.8250	98.9390	99.7630	0.0125	- 0.0044	0.0081	0.0031	- 0.0180	0.2437
1b	1.2720	98.4280	99.7000	0.0028	0.0014	0.0042	0.0040	0.0198	0.2720
2a	85.1600	14.6260	99.7890	0.0067	- 0.0141	- 0.0074	0.0147	- 0.0250	0.2295
2b	60.6400	39.0810	99.7210	0.0098	- 0.0008	0.0090	0.0046	0.0132	0.2526
3a	81.8200	18.0050	99.8240	0.0226	- 0.0124	0.0102	- 0.0060	0.0260	0.1462
3b	60.3500	39.3840	99.7310	0.0066	0.0020	0.0086	- 0.0010	0.0178	0.2436
4a	8.0680	90.5310	98.5980	1.0149	- 0.0278	0.9871	0.0980	0.0664	0.2501
4b	10.0200	87.5770	97.6000	1.5004	0.2442	1.7446	0.1802	0.0916	0.3832
5a	67.8600	31.9750	99.8320	0.0348	- 0.0560	- 0.0212	- 0.0210	0.0133	0.1969
5b	72.6000	27.1210	99.7250	0.0056	0.0028	0.0084	0.0066	0.0056	0.2544
6a	34.0300	65.7500	99.7760	0.0045	0.0088	0.0133	- 0.0120	0.0007	0.2226
6b	26.4200	73.2550	99.6740	0.0062	0.0036	0.0098	0.0060	0.0098	0.3000
7a	8.1650	91.3200	99.4850	0.2113	0.0486	0.2599	0.0164	0.0243	0.2148
7b	9.5030	89.8430	99.3460	0.3524	0.0330	0.3854	0.0230	0.0314	0.2142
8a	71.8700	27.9820	99.8490	0.0179	- 0.0248	- 0.0069	- 0.0050	0.0203	0.1422
8b	50.9200	48.7960	99.7120	0.0012	0.0084	0.0096	0.0014	0.0152	0.2614

注:a表示抽样深度 10 cm;b表示抽样深度 8 cm。

表 3 取样深度 8 cm,煮沸分散 1 h 与煮沸分散 10 min 实验数据

编 号	0.25 ~ 1 mm	0.05 ~ 0.25 mm	0.05 ~ 0.1 mm	0.01 ~ 0.05 mm	0.005 ~ 0.01 mm	0.005 ~ 0.05 mm	0.002 ~ 0.005 mm	0.001 ~ 0.002 mm	< 0.001 mm	< 0.005 mm
	粗砂粒	细砂粒	砂粒	粗粉粒	细粉粒	粉粒	粗黏粒	粗黏粒	黏粒	黏粒总量
1b	1.2720	98.4280	99.7000	0.0028	0.0014	0.0042	0.0040	0.0198	0.2720	0.2958
1d	0.9402	98.7948	99.7350	0.0082	0.0102	0.0184	0.0030	0.0030	0.2406	0.2466
1Cv	0.5608	0.2778	0.2809	0.7029	2.7342	0.0464	0.4509	5.7018	0.3564	0.4515
4b	10.0234	87.5770	97.6004	1.5004	0.2442	1.7446	0.1802	0.0916	0.3832	0.6550
4d	14.2262	83.4800	97.7062	1.5096	0.2622	1.7718	0.1628	0.1628	0.1964	0.5220
4Cv	0.4265	0.2573	0.2733	0.5352	1.7770	0.6475	0.6616	0.4927	0.5568	0.5751
5b	72.6042	27.1208	99.7250	0.0056	0.0028	0.0084	0.0066	0.0056	0.2544	0.2666
5d	56.2588	43.5416	99.8004	0.0022	0.0078	0.0100	0.0112	0.0112	0.1672	0.1896
5Cv	0.3284	0.1666	0.2812	0.8637	1.5631	2.3868	3.9610	0.3193	0.4514	0.5053
6b	26.4196	73.2548	99.6744	0.0062	0.0036	0.0098	0.0060	0.0098	0.3000	0.3158
6d	22.2466	77.5088	99.7554	0.0380	- 0.0332	0.0048	0.0098	0.0098	0.2202	0.2398
6Cv	0.1076	0.35315	0.2807	0.4919	0.5931	0.1310	8.9233	1.2874	0.4781	0.5429
7b	9.5026	89.8434	99.3460	0.3524	0.0330	0.3854	0.0230	0.0314	0.2142	0.2686
7d	11.3204	87.8942	99.2146	0.4256	0.0462	0.4718	0.0296	0.0296	0.2544	0.3136
7Cv	0.3841	0.2695	0.2798	0.6065	0.2704	0.4820	0.5029	0.4516	0.2809	0.3166

注:b表示煮沸分散 1 h;d表示煮沸分散 10 min;Cv(变异系数) = 标准差/平均值,变异系数取绝对值。

表 4 振荡分散 1 h,抽样深度 8 cm 实验数据

编号	0.25 ~ 1 mm	0.05 ~ 0.25 mm	0.01 ~ 0.05 mm	0.005 ~ 0.01 mm	0.002 ~ 0.005 mm	0.001 ~ 0.002 mm	< 0.001 mm
	粗砂粒	细砂粒	粗粉粒	细粉粒	粗黏粒	粗黏粒	黏粒
1c	0.8170	98.9534	0.0000	0.0080	- 0.0070	- 0.0100	0.2354
4c	8.8910	88.6998	1.6434	0.2396	0.1760	0.1760	0.1742
5c	62.5698	37.2360	0.0004	0.0242	0.0004	4E - 04	0.1688
6c	25.4646	74.3060	- 0.0026	0.0140	0.0106	0.0110	0.1968
7c	11.5726	87.7076	0.4180	0.0216	0.0362	0.0360	0.2078

注:c表示振荡分散 1 h。

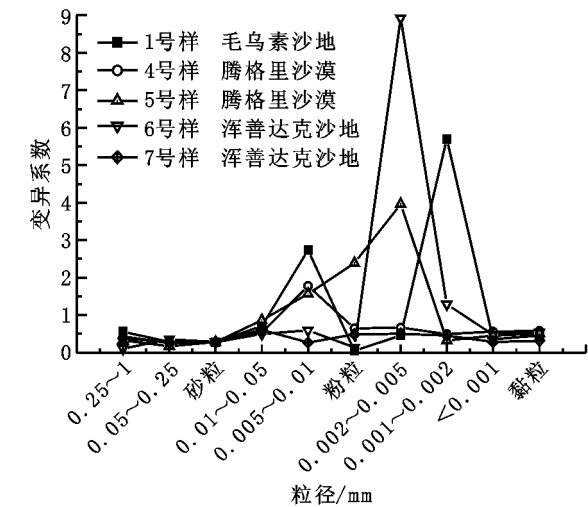


图 1 煮沸分散 1 h 与 10 min, 抽样 8 cm 深变异系数(Cv 值)图

5 结果分析

通过相同煮沸 1 h 分散状态下 8 cm 与 10 cm 取样深所得结果对比,在 8 个所测样中 1a ~ 8a 的砂粒段都大于对应的 1b ~ 8b 砂粒段,其差值依次为,0.063 %,0.068 %,0.093 %,0.998 %,0.107 %,0.102 %,0.139 %,0.137 %,4 号样相差最大为 0.998 %,1 号样最小相差 0.063 %。1a、2a、3a、4a、5a、8a6 个样的 0.005 ~ 0.01 mm 段出现了最大

- 0.0124 %,最小 - 0.056 %的负值,3a、5a、6a、8a 在粗黏粒的 0.002 ~ 0.005 mm 段上出现了最大 - 0.005 %,最小 - 0.021 %负值,1a、2a 在粗黏粒的 0.001 ~ 0.002 mm 段上出现了 - 0.018 %, - 0.025 %的负值。10 cm 抽样总体效果不佳。其原因可能来自黏粒物质密度较实验假设的 2.65 g/cm<sup>3</sup> 大的多<sup>[8]</sup>,因而下沉速度很快,而砂粒物质下沉速度较慢,不同步沉降使得在沉降距离越大,沉降时间越长的情况下结果越是不能正确显示。8 cm 深抽样条件下 2b 的 0.005 ~ 0.01 mm 段含量测定为 - 0.000 8 %,3b 的 0.002 ~ 0.005 mm 段含量测定为 - 0.001 %,其数值极小近似取 0,认为是天平称重误差所致。通过调整抽样深度后,对不确定因素产生的影响有一定程度的削弱,从而使细粉粒与粗黏粒的各个粒级上的物质可以区分出来。说明抽样深度对风沙土粒径测定有很大影响,实验中必须严格控制,并做出调整。

通过表 3 数据可以看出,抽样深度同为 8 cm,煮沸分散 10 min 与煮沸分散 1 h 所得实验结果有一定差异。砂粒总和及粉粒总和整体表现为分散 10 min 测定数据偏大(7 号样砂粒与 6 号样粉粒略有偏小),砂粒 1、4、5、6 号样分别大了 0.35 %,0.106 %,0.075 %,0.081 %,粉粒 1、4、5、7 号样分别大了 0.0142 %,0.0272 %,0.0016 %,0.0864 %。原因来自分散时间太短,黏粒物质黏着在砂粒上,所测数据偏大。黏粒总和整体表现为分散 10 min 测定数据偏小(7 号样略有偏大),因黏粒物质不能充分分散,部分黏粒物质胶着在砂粒与粉粒上,导致测定中黏粒物质偏少。结合图 1 变异系数变化状况可以确定,这两种分散对砂粒总量的测定影响最小,变异系数最大不超过 0.282 %,这与已有的激光法测定中的实验研究<sup>[13]</sup>正

(下转第 126 页)

地,工程建设适宜性较差,未经治理不宜布置建筑物; 区为类建筑场地,环境工程地质条件较简单,属于相对较稳定场地,工程建设较适宜,可规划一般民用建筑。南部 - 1 亚区的地基稳定性和工程建设适宜性均明显优于北部 - 2 亚区; 区为类建筑场地,环境工程地质条件较复杂,属不稳定场地,属工程建设不适宜场地,不能进行任何形式的工程建设。

(2) 场地前缘及后缘斜坡地带均有小型塌滑变形破坏现象发生。这类问题不易预测,且难以治理。建议在工程规划设计时,留出足够的安全距离。

(3) 复杂的沉积相变化导致地基土石层发育不均匀,存在地基不均匀变形问题,且地基均匀性计算分析结果(表 2)表明,拟建场地属不均匀地基。对于大跨度或重要建筑物,应进行基础横向倾斜验算,并考虑相应的工程措施。

(4) 场地中部的下蚀冲沟,雨季最大洪峰流量可达 4

( $\text{m}^3/\text{s}$ ),沟侧第四系时有局部垮塌发生。工程布置设计时,除进行沟水处理外,还应按沟壁土石层的天然摩擦角确定安全距离,或设置沟壁防护措施。

(5) 由于冲沟的侵蚀切割改造,场地地形起伏相对较大,建筑场地平整必然形成的第四系土石工程边坡,雨季饱水状态下将发生塌滑失稳问题。工程设计时应考虑防护措施。

(6) 拟建场地内地基土石层由复杂沉积相环境形成的砂性土、碎石土及黏性土等构成,地基土石层的物理力学性质参数、承载力及变形指标参见表 1,该表所列参数可作为本场工程设计的技术参考依据。

(7) 拟建场地 50 年超越概率 10 % 的地震基本烈度为度,场地类别为类。在基本烈度为度的动力条件下,场地内的砂层不存在液化的可能性。

(8) 地下水对基础混凝土、混凝土中的钢筋及钢结构均无腐蚀性。

#### 参考文献:

- [1] 中国地震局地质研究所. 大渡河龙头石水电站工程场地地震安全性评价和水库诱发地震评价报告[R]. 2005.
- [2] GB50011 - 2001, 建筑抗震设计规范[S].
- [3] GB50021 - 2001, 岩土工程勘察规范[S].
- [4] 张倬元,王仕天,王兰生. 工程地质分析原理(第二版)[M]. 北京:地质出版社,1994.

(上接第 123 页)

好相反。对黏粒测定的影响居中,表现最明显的 4 号样测定差值为 0.1868 %,变异系数为 0.5751 %。对粉粒测定的影响最大,表现最明显的 5 号样变异系数可达 2.3868 %。对于砂粒细划为粗砂与细砂的影响却是不确定的,1,5,6 号样的粗砂粒段偏大,而 4,7 号样的粗砂粒段偏小,对应细砂粒段变化情况正好相反。而对于粉粒与黏粒更细粒级的划分其变异系数变幅却较大。说明分散条件很重要,煮沸分散 1 h 更有利于粗粉粒、细粉粒、粗黏粒、黏粒等物质分离开沉降。分散 10 min 条件下,6 号样的细粉粒测定中出现了较大负值 - 0.033 2 %,说明分散 10 min 条件下风沙土粒径详细测定会产生一定困难。因此分散是风沙土粒径详细测定中需要严格控制的一个环节,以煮沸分散 1 h 效果良好。

通过表 4 数据可看出,当采用抽样深度 8 cm,振荡分散 1 h 的实验措施时,其实验结果在粗粉粒与粗黏粒段不能够完全准确显示,1 号样的粗黏粒与 6 号样的粗粉粒均为负值。进一步证明了分散对风沙土粒径测定的影响的存在。通过四组实验对比体现出,在用吸管法测定风沙土粒径的实验中,煮沸分散 1 h,抽样深度 8 cm 的实验控制更有利于风沙土粒径的多分段测定。

#### 参考文献:

- [1] 黄成敏,龚子同. 土壤发生和发育过程定量研究进展[J]. 土壤,2000,(3):145.
- [2] 冯起. 半湿润地区改良风沙土土壤性质研究[J]. 水土保持通报,1998,18(4):2 - 3.
- [3] 吴庆标,王效科,张德平,等. 呼伦贝尔草原土壤黏粉粒组分对有机碳和全氮含量的影响[J]. 生态环境,2004,13(4):630 - 632.
- [4] 吴世亮,倪晋仁,李振山. 沙漠沙的筛分粒径与粒径计粒径的比较实验[J]. 泥沙研究,2002,(1):60 - 65.
- [5] 韩立发,刘亚云. 试论沉降法测定颗粒粒度及其分布[J]. 水泥工程,2004,(6):19 - 21.
- [6] 章明奎,姜宏. 用微量吸管法测定红壤颗粒组成的研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2001,27(6):649 - 651.
- [7] 刘雪梅,黄元仿. 应用激光粒度仪分析土壤机械组成的实验研究[J]. 土壤通报,2005,36(4):579 - 582.
- [8] 华孟,王坚. 土壤物理学[M]. 北京:农业大学出版社,1993.7 - 9.
- [9] 徐小玲,延军平. 毛乌素沙地的脆弱性与可持续发展研究[J]. 干旱区研究,2004,21(3):286 - 289.
- [10] 陈善科,吴平. 腾格里沙漠对周边地区生态环境的影响及其综合治理措施[J]. 草业科学,2003,20(2):1 - 3.
- [11] 武健伟,赵廷宁,鲁瑞洁. 浑善达克沙地现代土地沙漠化发展动态与成因分析[J]. 中国水土保持科学,2003,1(4):36 - 39.
- [12] 刘树林,王涛. 浑善达克沙地地区的气候变化特征[J]. 中国沙漠,2005,25(4):557 - 561.
- [13] 林大仪. 土壤学实验指导[M]. 北京:中国林业出版社,2004.62 - 64.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:科学技术出版社,1978.466 - 508.
- [15] 林大仪. 土壤学实验指导[M]. 北京:中国林业出版社,2004.31 - 32.

通过调整抽样深度,控制分散状态、取样量及称重环节后,用吸管法测定风沙土的多分段粒径分布也能正常进行,这与已有的实验研究<sup>[7]</sup>中腾格里沙漠风沙土粒径分布全为砂粒有区别。

## 6 结 论

通过本次实验验证,在吸管法测定风沙土粒径的实验中需要根据具体的粒级划分标准采取不同的实验控制措施。当采用中国制划分标准测定时,由于测定的粒级段比较详细,需在分散、抽样深度两环节上作严格控制且做出相应调整。

(1) 较长的分散时间有利于砂、粉、黏各粒径物质充分分离开沉降,从而有利于细粒物质含量测定。可加入分散剂静置一晚后再加热煮沸 1 h 即可满足吸管法测定风沙土粒径的分散要求,加热时要防止分散容器炸裂与样品喷溅。

(2) 减小取样深度后可削弱不同粒径物质密度不同导致的不等速沉降的影响,从而有利于风沙土粒径测定。本次实验中按 8 cm 深度抽样即可满足中国制分段标准的风沙土粒径测定。