

环青海湖表层土壤沉积物粒度分布特征及其指示意义

袁杰¹, 曹广超¹, 鄂崇毅¹, 袁有靖²

(1. 青海师范大学 青海省自然地理与环境过程重点实验室, 西宁 810008; 2. 青海省环境地质勘查局, 西宁 810000)

摘要:对环青海湖区38个表层土壤沉积物样品进行了粒度特征分布分析,结果表明:环青海湖表层土壤沉积物粒度组成以粉砂为主,占有所有采样点土壤粒度组成的52%,砂含量次之,占37%,黏粒含量最少,占11%;环湖区38个采样点主要植被类型下表层土壤粒度百分比中也表现出粉砂>砂>黏粒;环青海湖区表层土壤沉积物粒度特征表明青海湖以东表层土壤沉积物粒度特征呈单峰模式、以西表层土壤沉积物粒度特征呈不对称双峰模式、以南表层土壤沉积物粒度特征近乎正态分布、以北表层土壤沉积物粒度特征呈多峰模式;环青海湖区表层土壤沉积物的平均粒径为 $1.96\sim 6.71\Phi$,平均值为 4.68Φ ,为粉砂粒级;峰态值为 $0.75 < K_g < 1.89$,平均值为1.09;标准离差变化范围为 $0.81\sim 2.63$,平均值为1.77;偏度变化范围为 $-0.03\sim 0.43$,平均值为0.14。分析结果说明环青海湖区湖东区域为典型的风成砂沉积、湖西和湖南区域表层土壤沉积为风成黄土、湖北表层土壤沉积环境复杂多样。

关键词:青海湖; 土壤粒径; 粒度特征

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)03-0150-05

Grain Size Distributions of the Surface Soil Deposit Around Qinghai Lake and Its Implications

YUAN Jie¹, CAO Guangchao¹, E Chongyi¹, YUAN Youjing²

(1. Key Laboratory of Qinghai Province Physical Geography and Environmental Process, Qinghai Normal University, Xi'ning 810008, China; 2. Environmental Geological Prospecting Bureau of Qinghai Province, Xi'ning 810000, China)

Abstract: The research of analyzing the particle size feature distribution of 38 surface soil deposit samples collected from the areas around the Qinghai Lake showed that the main component of the surface soil deposit is silt accounting for 52% in the composition of soil grain. The sand content is 37%, and is the second largest. And the clay content is 11%, and is the least. The percentage of the particle size of the surface soil which is under the main vegetation types in the 38 sample points which are around the Qinghai Lake presents that silt content is more than sand content, and sand content is more than clay content. The feature of particle size distribution of the surface soil deposit collected from the east of the Qinghai Lake presents unimodal pattern, the west of the Qinghai Lake presents asymmetrical bimodal pattern, it is close to normal distribution in the south of the Qinghai Lake, it presents multimodal pattern in the north of the Qinghai Lake. The average particle size of the surface soil deposits collected around the Qinghai Lake area is between $1.96\sim 6.71\Phi$, with an average of 4.68Φ , which is at the level of silt. The kurtosis values ranges from 0.75 to 1.89 with an average of 1.09. The standard deviation varies from 0.81 to 2.63 with an average of 1.77. And the skewness ranges from -0.03 to 0.43 with an average of 0.14. The analytical results reveal that the east area of Qinghai Lake is typical eolian sand deposition in the surface soil, it is eolian loess in the west and south of Qinghai Lake, and the soil deposits are complex and diverse in the north of Qinghai Lake.

Keywords: Qinghai Lake; soil particle diameter; characteristic of grain size

青海湖环湖区位于青藏高原的东北部,湖区海拔高、昼夜温差大、植被覆盖度相对较低、大风日数多,风力强劲,是典型的易受风蚀地区,属于全球变化的敏感区和生态系统脆弱区^[1]。该区生态系统对青藏

高原东北部生态安全至关重要,是控制荒漠化向东蔓延的天然屏障^[2]。近几十年来,环青海湖区生态环境逐渐恶化,特别是土地沙漠化趋势加剧^[3],环湖地区土壤层厚度为1~10 cm,因此系统而全面地获取环

湖地区土壤理化特性对于该区生态环境保护与区域可持续发展意义重大。

土壤粒度指标作为土壤稳定的自然属性之一,其颗粒粗细与土壤的物理、化学和生物性质密切相关^[4],而土壤粒度组成差异与土壤的抗风蚀能力的强弱有着极为密切的关系^[5-6]。整个青海湖环湖区土壤成土母质以湖相沉积物和风尘沉积物为主,而粒度作为沉积物的基本性质之一^[7],因其测定方法简单、快速、针对性强、对气候变化的强敏感性等特点被广泛运用于各种沉积环境分析中^[8]。风成沉积物中不同粒度组分与沉积物源区距离有密切关系^[9];湖相地层中沉积物粒度分布能够综合反映物质来源、沉积区水动力环境、输移能力和输移路线^[10];河流粒度特征反映了河流水动力环境等信息^[11-12]。因此,本文通过对青海湖地区 38 个表层土壤样品的粒度分析,获取青海湖地区土壤质地的空间分布特征及其沉积特征。

1 研究区概况

青海湖位于青藏高原东北部,是中国最大的内陆咸水湖,湖区处于青南高原高寒区、西北干旱区和东部季风区 3 大自然区的交汇处^[13],地理位置为 97°50′—101°20′E,36°15′—38°20′N。青海湖东西长 106 km,南北宽 63 km,周长 360 km,湖水面积 4 282.3 km²,水面海拔 3 191.59 m^[2]。环湖区主要土壤类型有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、灰褐土、黑钙土、栗钙土、沼泽土、风沙土等^[1]。植被类型表现温性植被与高寒植被共存的分布格局^[14],主要以温性草原、荒漠小半灌木、高寒灌丛、高寒草甸为主,研究区主要土地利用类型有耕地、林地、草地、沼泽地、沙地等^[15]。

2 样品采集及方法

本研究所用样品系沿国道 315(青海湖以北)自东向西和沿国道 109(青海湖以南)自西向东采集,环湖随机采样共计 38 个点,样品深度为 0—10 cm(图 1)。

所有样品自然风干,过 2 mm 筛后,称取 0.4 g 置于 50 ml 烧杯中,然后按照以下步骤对样品进行处理:(1) 加入 10 ml 10% 双氧水,加热煮沸到反应平静以去除土壤有机质和易氧化盐类;(2) 待烧杯冷却后,加入 10 ml 10% 的盐酸(HCl)后摇匀并且煮沸使其充分反应,以去除碳酸盐;(3) 向这些样品中加入蒸馏水后静置 12 h 以上;(4) 加入 10% 的六偏磷酸钠 10 ml 并且置于超声波震荡器中待测,其中粒度分析所用仪器为英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪,测量时待遮光度分布为 17%~20%,每

个样品重复测量 3 次,取其平均值为最后结果。

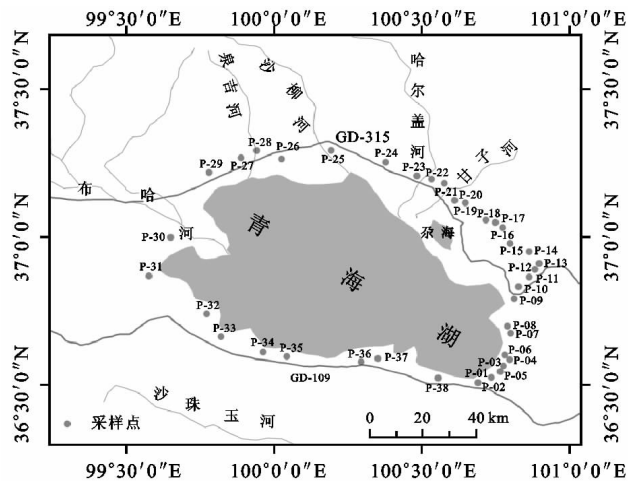


图 1 环青海湖区采样点

本文选取的粒度参数有平均粒径、分选系数、偏度以及峰度,采用当前应用最广的福克和沃德(Folk & Ward)公式计算本文粒度参数^[16],其计算公式为:

$$M_z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3} \quad (1)$$

$$S_K = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6} \quad (3)$$

$$K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \quad (4)$$

式中: M_z ——平均粒径; S_K ——偏度; σ ——分选系数(标准偏差); K_G ——峰度; Φ_x ——粒度累计到 $x\%$ 所对应的粒径。

3 粒度组成特征

3.1 粒度组成

为了能很好地区分环青海湖表层土壤粒度组成,将环青海湖表层土壤粒度大小分为 8 个区间^[17]:粒度 $< 4.0 \mu\text{m}$ 为黏粒; $4 \sim 63 \mu\text{m}$ 为粉砂(其中 $4 \sim 8 \mu\text{m}$ 为极细粉砂, $8 \sim 16 \mu\text{m}$ 为细粉砂, $16 \sim 31 \mu\text{m}$ 为中粉砂, $31 \sim 63 \mu\text{m}$ 为粗粉砂); $63 \sim 1\,000 \mu\text{m}$ 为砂(其中 $63 \sim 125 \mu\text{m}$ 为极细砂)。结果显示,环青海湖区表层土壤粒度各粒级所占比例如下:黏粒为 11%,粉砂为 52%,砂为 37%,而粉砂中极细粉砂、细粉砂、中粉砂、粗粉砂所占比例分别为 20%,24%,26%,29%;砂中极细砂所占比例为 38%(图 2)。

环湖区主要植被类型有短花针茅(*Stipa breviflora* Griseb)、紫花针茅(*Gramineae*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、矮嵩草(*Kobresia humilis*)和垂穗披碱草(*Elymus nutans* Griseb) 5 种主要植被类

型,但上文对环湖表层土壤粒度组成分析中,并没有对有植被生长下的表层土壤粒度组成进行分析,不具备全面性。因此,为了对整个环湖区域表层土壤粒度组成特征有全面的了解,随机对环湖区每类植被冠幅范围以内的表层(0—10 cm)土壤进行了分析。通过分析环湖主要植被类型下的表层土壤粒度组成可以看出(表 1):环青海湖区主要植被类型土壤粒度组成中,粉砂含量占主要部分,其次为砂,黏粒含量最少。

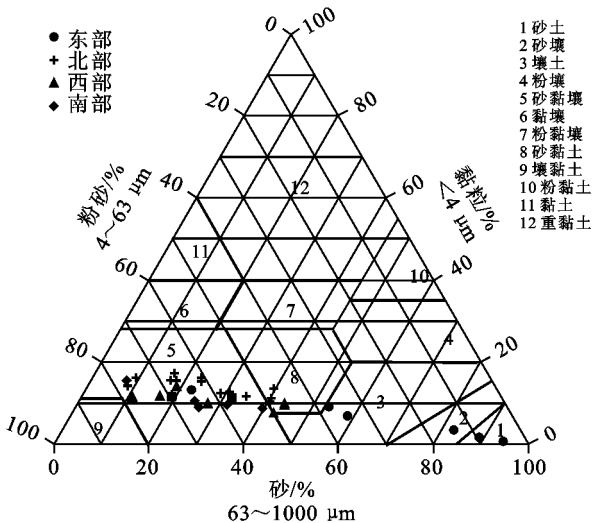


图 2 环青海湖区表层土壤粒度分布三角图

综上所述,根据“砂粒组—粉砂组—黏粒组”三因分类法三角图解^[18],环青海湖 38 个表层土壤中主要为砂黏壤,其次为砂黏土,砂土、砂壤与壤土也有分布(图 2)。青海湖东部地区主要分布砂土、砂壤,而青

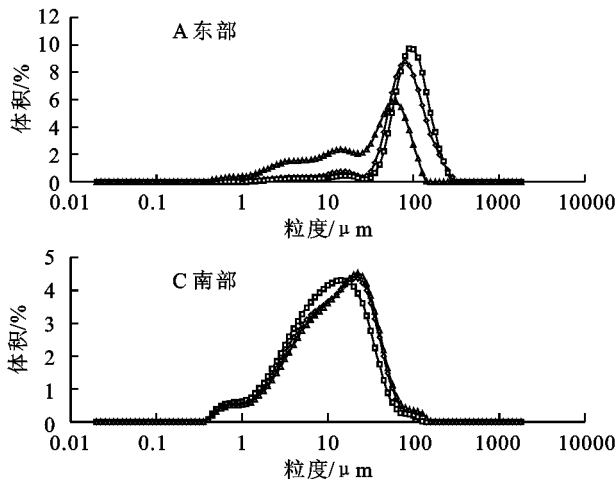


图 3 环青海湖区表层土壤粒度频率曲线

海湖西部区域,表层土壤粒度曲线呈不对称的双峰分布,具有粗、细两个明显主次分级。主峰位于 16.5~95 μm,峰型更为尖锐,属于中粉砂粒级;次主峰位于 2.5~15.5 μm,属于细粉砂粒级;粒度组成上以粉砂为主,中值粒径为 24.53 μm,这种特征说明粉尘在沉积之前,在远距离搬运过程中被分选。这表明表层土壤沉积物为风成黄土。

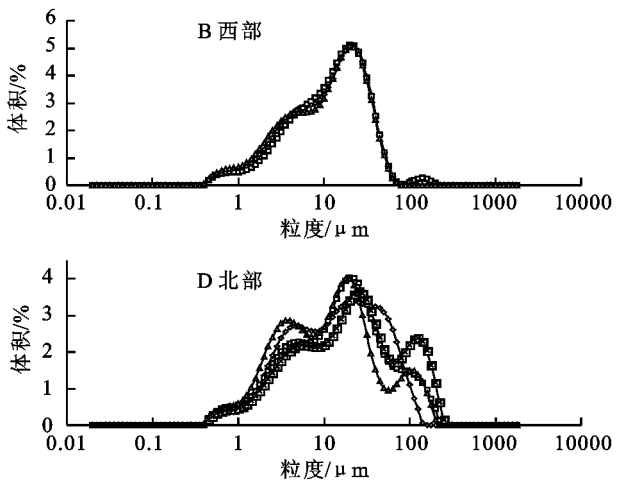
海湖北、西、南土壤粒度组成差异较小,主要以砂黏壤和砂黏土为主。由表 1 可知,环湖区主要植被类型粒度组成也表现出粉砂含量>砂含量>黏粒含量,这和环湖所有土壤表层采样点的粒度组成结果是一致的,能够客观地表现出整个环湖区表层土壤粒度组成。

表 1 环青海湖区主要植被类型及其粒度组成 %

植被名称	黏粒 (<4.0 μm)	粉砂 (4~63 μm)	砂 (63~1000 μm)
短花针茅	7.57~21.00	46.59~78.69	7.90~43.83
平均值	11.87	61.43	26.69
紫花针茅	11.32~13.25	65.33~77.87	10.81~21.23
平均值	12.28	71.60	16.02
芨芨草	11.20~16.11	48.68~66.49	17.99~40.13
平均值	13.50	58.14	28.37
矮嵩草	9.48~11.78	58.03~71.79	16.43~31.23
平均值	10.36	64.40	24.92
垂穗披碱草	10.59~15.53	49.25~77.25	8.31~40.16
平均值	14.00	64.52	21.48

3.2 粒度特征

沉积物粒度频率曲线能够较好地指示沉积物沉积环境和沉积动力特征^[19]。因此,结合环青海湖区东部、西部、南部和北部所采表层土壤粒度频率曲线图(图 3)可以看出:青海湖东部区域,表层土壤粒度曲线分布呈单峰态,中值粒径为 262.56 μm,该峰位于 100~1 000 μm,属于砂粒级,与青海湖北、西、南 3 个方向的粒度曲线相比,峰态最为尖窄,为典型的风成砂沉积。



青海湖南部区域,表层土壤粒度曲线近乎正态分布,中值粒径为 10.80 μm,主峰位于 10~16.5 μm,属于粉砂粒级。与图 3B 相比细粉砂比重降低,而粉砂比重上升,二者含量相差不大。通常小于 75 μm 的粉尘常以悬浮状态存在^[20],说明历史时期可能有强沙尘暴频繁出现,使搬运粉尘的能力急剧增强,而导致粒度频率曲线形态突变陡峭。表明表层土壤沉

积物为风成黄土。

青海湖北部区域,表层土壤粒度频率曲线与图 3A,3B,3C 明显不同。具有多峰特征,主峰、次峰混乱。造成这种现象的原因是:样品来自退耕还草的耕地,表层土壤受到严重的人为扰动,加之春季风力强劲,表层土壤受到不同程度的风蚀,大量细颗粒物被吹蚀,表层土壤质地变粗,而从 2002 年起实行退耕还草后,历经十多年的恢复,在一定程度上抑止了生态环境退化的整体趋势^[1],表层土壤在成壤作用下,细颗粒组分开始沉积,另外远源沉积物下降落在地表后由于植被作用,而沉积在地表,所以北部表层土壤粒度分布混杂,既有粗组分又有细组分,分选性差。

为了进一步说明上述分析结果,引入了青海湖降尘频率曲线(图 4)进行比较。通过图 3 和图 4 的对比,可以发现:除环青海湖东部以外,青海湖西部、南

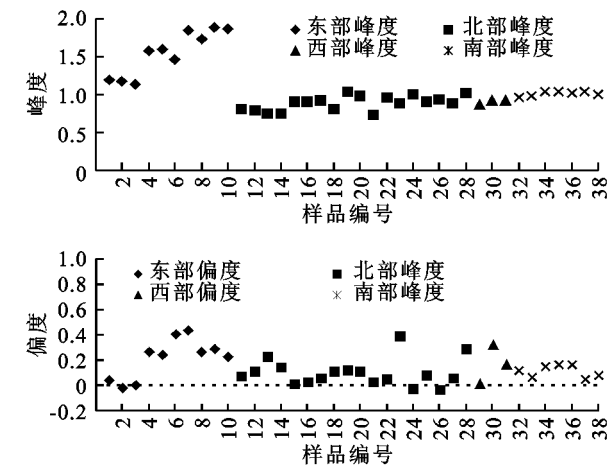


图 5 环青海湖区表层土壤粒度参数曲线

环青海湖 38 个表层土壤样品平均粒径为 $1.96 \sim 6.71\Phi$, 平均值为 4.68Φ , 为粉砂粒级。青海湖东部表层土壤平均粒度相对来说一致,变化不大,土壤平均粒径明显偏粗,除个别点外,整体平均粒径小于 3.66Φ ;青海湖西部和南部表层土壤平均粒度分布一致,平均粒径明显变细,其值整体大于 4.41Φ ;青海湖北部表层土壤平均粒径最小值为 4.62Φ ,最大值为 6.71Φ 。

环青海湖 38 个表层土壤样品峰态值为 $0.75 < K_G < 1.89$, 平均值为 1.09。其中青海湖东部峰度最大值为 1.89,峰态曲线最为尖窄($1.13 < K_G < 1.89$);青海湖西部峰度最大值为 0.92,峰态曲线呈双峰($0.87 < K_G < 0.92$);青海湖南部峰度最大值为 1.04,峰态曲线近乎正态分布($0.96 < K_G < 1.04$);青海湖北部峰度最大值为 1.03,峰态曲线呈多峰态($0.81 < K_G < 1.03$)。

环青海湖 38 个表层土壤样品标准离差变化范围为 $0.81 \sim 2.63$, 平均值为 1.77。其中,青海湖东部标准离差最大值为 1.48,分选性中等($0.01 < \sigma <$

部、北部 3 个方向频率曲线的主峰基本都在 $10 \sim 100 \mu\text{m}$,和青海湖所收集到的降尘粒度频率曲线所表现的沉积特征基本一致,基本上可以认为青海湖地区土壤母质为风成沉积物。

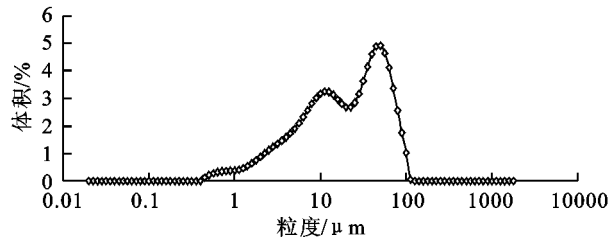
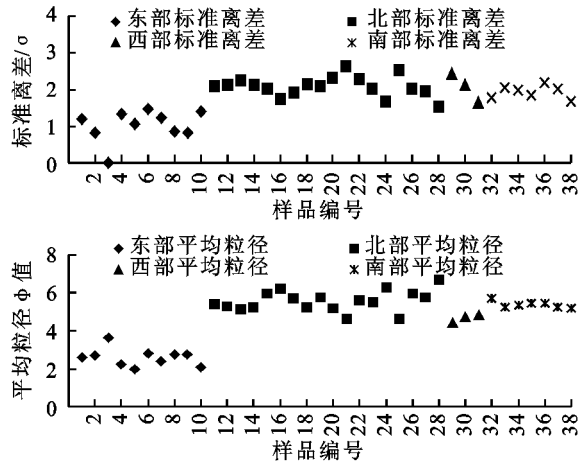


图 4 青海湖降尘粒度频率曲线

为了更进一步验证上述结论并且更深入地探讨环湖区表层土壤粒度特征及空间差异,在环湖区表层土壤粒度频率曲线的基础上研究分析了环青海湖 38 个表层土壤的粒度参数(图 5)。



1.48);青海湖西部标准离差最大值为 2.42,分选性差($1.64 < \sigma < 2.42$);青海湖南部标准离差最大值为 2.20,分选性差($1.69 < \sigma < 2.20$);青海湖北部标准离差最大值为 2.63,分选性差($1.54 < \sigma < 2.63$)。

环青海湖 38 个表层土壤样品偏度变化范围为 $-0.03 \sim 0.43$, 平均值为 0.14。其中,青海湖东部偏度除一个样品呈负偏外,其余样品都呈正偏($-0.02 < S_{K1} < 0.43$);而青海湖西部偏态呈正偏($0.01 < S_{K1} < 0.32$);青海湖南部呈极正偏($0.96 < S_{K1} < 1.04$);青海湖北部偏度呈负偏的样品有两个,余下样品都呈正偏($-0.03 < S_{K1} < 0.39$)。

通过对环青海湖区 38 个采样点表层土壤粒度参数分析可以看出:(1) 青海湖东部区域表层土壤平均粒度相对来说一致,变化不大,土壤平均粒径明显偏粗,而分选性较其他方向好,偏度也更为正偏,峰态更为尖窄,表明湖东就地搬运占有很大成份,有较多粗颗粒参与堆积,导致平均粒径明显偏粗,结合青海湖东部土壤粒度频率曲线(图 3A)可以进一步说明青海

湖东部表层土壤为风成砂沉积;(2) 青海湖西部和南部区域表层土壤平均粒度分布较为一致,平均粒径明显变细,分选性较青海湖东部差,偏度变化相差不大,峰态值小于青海湖东部,表明青海湖西、南方向上远源搬运占有较大的成份,较多的细颗粒参与堆积,导致平均粒径偏细,结合青海湖西部和南部表层土壤粒度频率曲线(图 3B,3C)可以看出,两地表层土壤粒度组成中远源风成黄土占主要部分;(3) 青海湖北部区域表层土壤平均粒径较湖东偏细,但是比湖西部和南部平均粒径偏粗,粒度组成复杂,既有粗组分又有细组分,分选性差,偏态混乱,峰态呈多峰态,结合青海湖北部表层土壤粒度频率(图 3D)可进一步说明,青海湖北部表层土壤受人类活动较为严重,土地利用方式的改变可能是造成这种结果的原因。

综上结合环青海湖表层土壤粒度频率曲线和粒度参数可以说明青海湖地区土壤母质为风成沉积物,其中东部土壤表层沉积物为较粗的风成砂,西部和南部土壤表层沉积物主要为远源搬运的黄土,北部由于土地类型发生变化,既有就地搬运的粗组分,又有远源沉积的细组分,粒度分布混杂,沉积环境复杂。

4 结论

(1) 环青海湖 38 个表层土壤中主要为砂黏壤,其次为砂黏土,砂土、砂壤与壤土也有分布,根据环湖不同空间表层土壤的粒度组成发现:青海湖东部地区主要分布砂土、砂壤,而青海湖北、西、南土壤粒度组成差异较小,主要以砂黏壤和砂黏土为主。

(2) 通过对环青海湖区表层土壤粒度频率曲线和粒度参数分析可以得出:环青海湖地区土壤母质为风成沉积物,其中东部土壤表层沉积物为较粗的风成砂,西部和南部土壤表层沉积物主要为远源搬运的黄土,北部由于土地类型发生变化,既有就地搬运的粗组分,又有远源沉积的细组分,粒度分布混杂,沉积环境复杂。

参考文献:

- [1] 马万里. 青海省志:青海湖志[M]. 西宁:青海人民出版社,1998.
- [2] 陈克龙,李双成,周巧富,等. 近 25 年来青海湖流域景观结构动态变化及其对生态系统服务功能的影响[J]. 资

源科学,2008,30(2):274-280.

- [3] 武健伟,鲁瑞洁,赵延治,等. 环青海湖区沙漠化综合治理规划研究[J]. 干旱区研究,2003,20(4):307-311.
- [4] 刘树林,王涛,屈建军. 浑善达克沙地土地沙漠化过程中土壤粒度与养分变化研究[J]. 中国沙漠,2008,28(4):611-616.
- [5] 董治宝,李振山. 风成沙粒度特征对其风蚀可蚀性的影响[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(4):1-12.
- [6] 党晓宏,虞毅,高永,等. PLA 沙障对沙丘土壤粒径的影响分析[J]. 水土保持研究,2014,21(3):16-19.
- [7] 王伟,李安春,徐方建,等. 北黄海表层沉积物粒度分布特征及其沉积环境分析[J]. 海洋与湖沼,2009,40(5):525-531.
- [8] 殷志强,秦小光,吴金水,等. 中国北方部分地区黄土,沙漠沙,湖泊,河流细粒沉积物粒度多组分分布特征研究[J]. 沉积学报,2009,27(2):343-351.
- [9] 张正偲,董治宝. 土壤风蚀对表层土壤粒度特征的影响[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(12):86-89.
- [10] 刘金铃,李柳强,林慧娜,等. 中国主要红树林区沉积物粒度分布特征[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2008,47(6):891-893.
- [11] 刘红,何青,王元叶,等. 长江口表层沉积物粒度时空分布特征[J]. 沉积学报,2007,25(3):45-448.
- [12] 彭晓彤,周怀阳,叶瑛,等. 珠江河口沉积物粒度特征及其对底层水动力环境的指示[J]. 沉积学报,2004,22(3):487-493.
- [13] 郑度,姚檀栋. 青藏高原形成演化及其环境资源效应研究进展[J]. 中国基础科学,2004,6(2):15-21.
- [14] 唐仲霞,王有宁. 青海湖流域沙漠化现状及综合治理研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(5):2267-2269.
- [15] 张慧超,沙占江,张婷婷,等. 20 年来环青海湖区沙漠化土地的空间变化及其驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(3):59-64.
- [16] 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,1982.
- [17] 邵明安,王全九,黄明斌. 土壤物理学[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [18] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京:气象出版社,1985.
- [19] 鹿化煜,安芷生. 洛川黄土粒度组成的古气候意义[J]. 科学通报,1997,42(1):66-69.
- [20] 秦小光,吴金水,蔡炳贵,等. 全新世时期北京一张家口地区与黄土高原地区风成系统的差异[J]. 第四纪研究,2004,24(4):430-436.