

# 青海湖周边地区表土磁化率与土壤重金属的相关性研究

陈亮<sup>1</sup> 陈克龙<sup>2</sup> 张志军<sup>3</sup>

(1.中国科学院盐湖资源与化学重点实验室,青海盐湖研究所,青海 西宁 810008;

2.青海师范大学生命与地理科学学院,青海 西宁 810008;

3.青海省生态环境遥感监测中心,青海 西宁 810008)

**摘要** 以青海湖周边地区表层土壤为对象,通过测定66件表层土壤样品的磁化率和Cu、Zn、Pb、Cr、Mn的含量,探讨表层土壤重金属元素含量与磁化率的空间分布规律及二者的相关性。结果表明:①青海湖周边地区表土磁化率( $X_{fd}$ )空间分布具有一定的规律性,呈现南岸高、北岸低的特点;②土壤中的Cu、Zn、Pb、Cr均与磁化率( $X_{fd}$ )呈显著正相关,而Mn与磁化率( $X_{fd}$ )呈显著负相关。土壤磁化率( $X_{fd}$ )的空间分布与重金属Cu、Zn、Pb、Cr的变化趋势相似,与Mn的空间变化趋势相反;③土壤磁化率可作为研究青海湖地区土壤重金属污染的辅助手段。

**关键词** 青海湖;磁化率;重金属;空间分布

中图分类号 X4

文献标识码 A

文章编号 1002-2104(2017)05增-0051-04

磁化率是环境磁学研究中的一个重要磁学参数<sup>[1]</sup>,把磁化率与重金属元素密切相结合,探索环境变化对磁性质的影响及磁化率与重金属离子的相关性研究,是近些年环境磁学研究的新发展趋势之一<sup>[2-5]</sup>。

前人<sup>[6-12]</sup>曾用磁化率参数来初步判断人类活动对环境的污染,研究了土壤中磁化率和土壤重金属离子的关系。近年来,许多学者在土壤磁化率空间变异性研究、高砷含水层沉积物中磁性矿物与砷的关系、不同母岩之上的表土磁化率特征、矿山重金属污染土壤的磁化率特征、铅锌矿区河谷沉积物的磁学特征与重金属污染的关系等诸多方面开展了大量的研究工作<sup>[13-16]</sup>,但关于磁化率对土壤污染指示性的研究报道较少。

青海湖作为我国最大的内陆高原咸水湖,位于青南高原高寒区、西北干旱区和东部季风区的交汇处,是维系青藏高原东北部生态安全的重要水体。也是控制西部荒漠化向东蔓延的天然屏障。其生态环境的优劣,不仅影响着本区域生态系统的发育和分布,而且深刻影响着江河源头、柴达木盆地、祁连山东部以及青海省东部湟水谷地的生态环境和可持续发展。

## 1 研究区概况与研究方法

青海湖又名“库库淖尔”,即蒙语“青色的海”之意。

既是中国最大的内陆湖泊,也是中国最大的咸水湖。它位于青海省东北部的青海湖盆地内,四周高山环绕,北部是大通山;东面的日月山是青海省牧业区与农业区的分界线;西部为高原丘陵带;南面是青海南山;东南为野牛山(图1)。湖区年均温在1.1℃~0.3℃之间;年降水量偏少,约为379.1mm,蒸发量达1502mm,蒸发量远远超过降水量。全年日照时数基本在3000hr以上,较青海以东同纬度地区高出700hr左右;湖水最高温达22.3℃,平均为16℃;湖水因含有无机盐类,湖水冰点低于0℃,封冰期年平均为108~116天;湖水面积约4500km<sup>2</sup>,平均海拔约3200m。

本次研究沿青海湖环湖公路并且基本平行与湖岸,使用手动旋转采样钻进行了表土采样工作;采样以远离人为因素干扰的土层为原则,为了减少单个取样的随机性,在每个采样点的10m<sup>2</sup>面积范围内采取5份样品,充分混合,采样土层为0~5cm的表土;同时使用手持式GPS进行定位并记录采样点的植被类型,共采集到66件表土样品(见图1)。

土壤样品重金属含量的测定 在实验室内除去样品中石块和残根等杂物,使用玛瑙研钵将样品捣碎,在室温下自然风干,通过2mm孔径的筛子,使用电子天平称重后采用1:1硝酸-高氯酸消煮,原子吸收分光光度计测定;测

收稿日期:2016-02-25

作者简介:陈亮,助理研究员,主要研究方向为遥感与环境演变研究。E-mail: mambo.cl@gmail.com。

基金项目:国家自然科学基金项目(批准号:41671521);中科院青海盐湖所青年项目(批准号:Y560341150)。

定依据国家标准方法及美国环保局(USEPA)的 Method 3050B 测定方法,对土样的 Cu、Zn、Pb、Cr、Mn 的含量进行测定。

**土壤样品磁化率含量的测定** 将过筛后的土壤样品用食品保鲜膜包好,装入  $2\text{cm}^3$  的无磁塑料盒中尽可能压实,使用电子天平保证样品质量在  $10\pm 0.001\text{g}$  左右,使用英国 Bartington MS2 型双频磁化率仪进行低频(0.47kHz)和高频(4.7kHz)磁化率的测定。检测时每个样品重复测量3次,并记录3次的本底测量值。样品的低频和高频磁化率为3次测量的平均值,单位为  $10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$ ,并算出频率磁化率(%)。

## 2 结果

### 2.1 磁化率空间分布特征

通过对环青海湖周边地区表土磁化率的系统研究,研究区的磁化率范围在  $9.33\sim 102.57(10^{-8}\text{m}^3/\text{kg})$  之间,变化范围较大,均值为  $38.22\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$ 。将测得的磁化率数据连同采样点的经纬度数据导入 ArcGIS10.0 中,使用 ArcGIS 软件的克里金空间差值法计算得出表土磁化率分布图从图中得出:湖北岸海晏县和刚察县磁化率较低,其中泉吉乡和甘子河乡明显低于湖南岸,在  $15\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$  左右;湖北岸共和县明显较高,其中从青海湖景区到江西沟乡磁化率值基本维持在  $70\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$  以上;湖区南岸由于旅游开发、人为畜牧活动和燃煤等因素导致磁化率相对较高。

通过不同的草地类型来统计磁化率的一些特征值(见表1)。不同草地类型中磁化率差异较大,平均值依次为针茅草地型>芨芨草地型>华扁穗草地型>矮生高草+高山高草型>裸土地+耕地型;裸土地+耕地型中土壤侵蚀较大,风沉积效率较低,因此其均值最低;针茅草地由于沉积速率较大,加上人为畜牧活动较剧烈,所以均值较高;不同草地类型对磁化率有一定的影响,针茅草地类型中磁化率

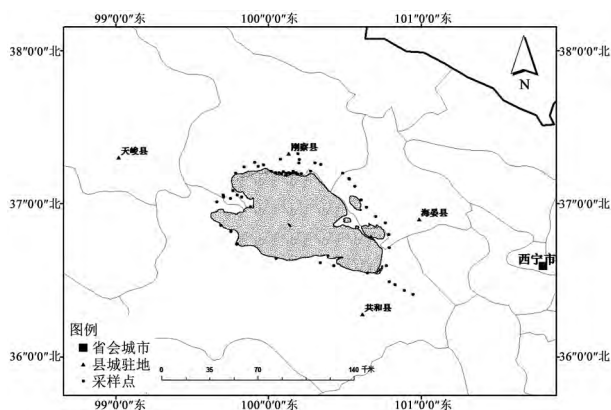


图1 青海湖区采样点分布图

最大值为  $89.7\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$ 。

### 2.2 磁化率与重金属的相关性

磁化率与重金属之间具有十分紧密的联系,工业生产会释放出大量的重金属离子(如 Cu、Zn、Pb、Cr、Mn 等),而燃煤会释放含有不少磁性成分的球状颗粒物烟尘,重金属离子会吸附在这些颗粒物上并最终通过大气沉降一起滞留在土壤表层中,这使得土壤表层的磁性与重金属含量同时增加(见图2)。从中可以看出磁化率和 Cu、Zn、Cr、Pb 离子含量显著正相关,其相关系数  $R^2$  分别为 0.288、0.364、0.098 和 0.212。随着土壤中 Cu、Zn、Cr、Pb 离子含量的增加,土壤磁化率明显地增加。有研究表明<sup>[21]</sup>,通过沉积物中重金属的化学分析,可以得出磁化率与重金属高度相关的结论;当然,磁化率与 Mn 离子含量为负相关,说明影响磁化率的因素是多方面的,而 Mn 离子含量在整个研究区中普遍很高,这说明与本区域的物源和环境背景值也有不可分割的关系。

### 2.3 重金属含量的空间分布特征

重金属离子含量的增高主要与大气沉降、当地旅游开发、生活垃圾随意堆放、生活污水排放等有关;其中南岸 Cu、Zn、Pb、Cr 重金属离子含量明显高于北岸,主要是由于南岸紧靠青藏线 109 国道,人为活动较为剧烈。将重金属元素含量地球化学图与磁化率分布图进行对比,可看出 Cu、Zn、Pb、Cr 离子含量分布和磁化率值具有很好的相似性,在整个环湖地区空间重叠性很好;Mn 离子含量与磁化率含量空间分布相反。因此,通过分析磁化率的高、低值分布,与表土重金属含量在空间分布上具有相似性,说明土壤样品的磁化率可以在一定程度上反应研究区土壤重金属污染的程度;而磁化率监测方法简便易行、经济快捷,并具连续性好、分辨率高的优点,在西部交通欠发达地区可以先用实测的方法对磁化率进行前期扫面摸底调查,而后再根据磁化率结果进行有针对性、有重点的选择异常区域做详细采样研究工作。

表1 不同草地类型磁化率统计

分类	磁化率 ( $10^{-8}\text{m}^3/\text{kg}$ )			
	最大值	最小值	平均值	标准偏差
草地类型				
针茅草地型	89.70	23.97	44.76	13.556
芨芨草地型	102.57	16.91	31.65	31.428
华扁穗草地型	48.33	20.40	28.74	15.664
矮生高草+高山高草型	31.40	14.76	22.01	10.665
裸土地+耕地型	17.00	9.33	12.33	7.638

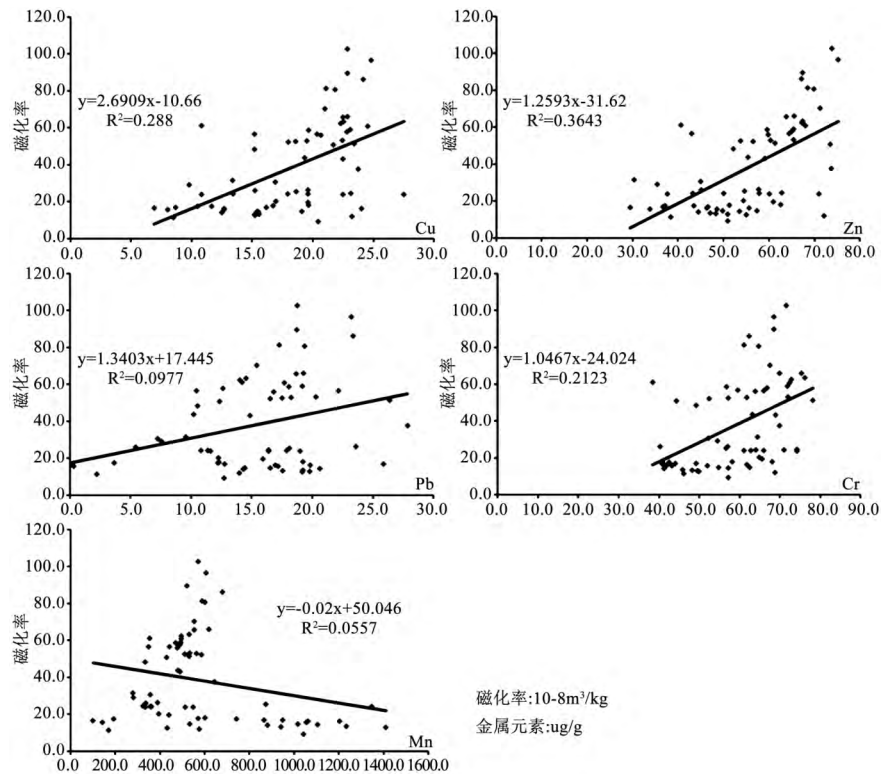


图2 表土磁化率和 Cu、Zn、Pb、Cr、Mn 关系图

### 3 结论与讨论

本文以青海湖周边地区为例,研究了区域内土壤磁化率特征、不同草地类型磁化率统计、磁化率与表土重金属离子的相关性分析,并对 Cu、Zn、Pb 离子含量分布区域和磁化率分布进行了空间对比,得出如下结论:①磁化率分布特征呈现南岸高、北岸低的特点,这种空间上的差异性主要是因为青海湖南岸旅游开发、人口密度和人为活动等都高于北岸;②不同草地类型中磁化率差异较大,研究区中针茅草地类型由于沉积速率较大,加之畜牧等人为活动较多,可能是导致其值较高的原因;③表土磁化率与表土中 Cu、Zn、Pb、Cr 重金属离子含量呈显著正相关关系,与 Mn 元素含量呈显著负相关关系;④磁化率可以反映表土重金属离子含量的分布状况,在区域土壤环境监测中,可以简单可行的磁化率进行前期普查,然后有重点地选择异常区进行详查。

磁化率检测方法简便易行、经济快捷,非常适合在西部研究区偏远、交通条件差的地区进行实地检测,将磁化率作为快速划分污染异常区域的方法在土壤环境质量评价或对区域土壤环境监测中具有重要的意义。

#### 参考文献

[1] THOMPSON R, OLDFIELD F. Environmental magnetism [M]. Lon-

don: Allen and Unwin, 1986: 1-227.

[2] SALMINEN R, GREGORAUSKIENE V. Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology [J]. Appl geochem, 2000, 15: 647-653.

[3] BANERJEE S K. Contributions of fine-particle magnetism to reading the global paleoclimate record [J]. J appl phy, 1994, 75: 5925-5930.

[4] DEARING J A, BIRD P M, DANN R, et al. Secondary ferrimagnetic minerals in Welsh soils: a comparison of mineral magnetic detection methods and implications for mineral formation [J]. Geophys Int, 1997, 130: 727-736.

[5] DEARING J A, HAY K L, BABAN S M J, et al. Magnetic susceptibility of soil: an evaluation of conflicting theories using a national data set [J]. Geophys j int, 1996, 127: 728-734.

[6] 黄润, 朱诚, 王升堂. 天堂寨泥炭地层的磁化率、Rb/Sr 值及其反映的古气候意义 [J]. 地理科学, 2007, 49: 385-389.

[7] 郑妍, 张世红. 北京市区尘土与表土的磁学性质及其环境意义 [J]. 科学通报, 2007, 52: 2399-2406.

[8] 朱艳明, 郭小蕾, 周力平. 北京地区表土磁性特征及其环境意义 [J]. 科学通报, 2010, 55: 1717-1725.

[9] 霍亚珍. 北京自然地理 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1999: 1-350.

[10] 旺罗, 刘东生, 吕厚远. 污染土壤的磁化率特征 [J]. 科学通报, 2000, 45(10): 1091-1094.

[11] 张卫国, 俞立中. 长江口潮流沉积物的磁学性质及其与粒度的

- 关系 [J]. 中国科学: D 辑, 2002, 32 ( 9 ): 783-792.
- [12]王心源, 吴立, 张广胜, 等. 安徽巢湖全新世湖泊沉积物磁化率与粒度组合的变化特征及其环境意义 [J]. 地理科学, 2008( 8 ): 548-553.
- [13]殷勇, 方念乔, 王倩, 等. 云南中甸纳帕海湖泊沉积物的磁化率及环境意义. [J]. 地理科学, 2002( 4 ): 413-419.
- [14]郭平, 谢忠雷, 李军, 等. 长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评价. [J]. 地理科学, 2005( 1 ): 108-112.
- [15]尚金城, 龙爱民, 姜建祥. 株洲市土壤重金属污染的对分分析. 地理科学, 1996( 1 ): 73-78.
- [16]王振中, 胡菟莲, 张友梅, 等. 湖南省清水塘工业区重金属污染对土壤动物群落生态影响的研究. [J]. 地理科学, 1994( 1 ): 64-72.

## Correlation between magnetic susceptibility and contaminated topsoil with heavy metals around the Qinghai Lake Area

CHEN Liang<sup>1</sup> CHEN Ke-long<sup>2</sup> ZHANG Zhi-jun<sup>3</sup>

( 1. CAS Key Laboratory Salt Lake Resource and Chemistry ,Qinghai Institute of Salt Lake , Chinese Academy of Sciences , Xining Qinghai 810008 ,China;

2. College of Biology & Geography Science , Qinghai Normal University , Xining Qinghai 810008 ,China;

3. Qinghai Province Ecological Environment Remote Sensing Monitoring Center , Xining Qinghai 810008 ,China)

**Abstract** The magnetic susceptibility and the concentrations of Cu , Zn , Pb , Cr and Mn in topsoil samples from Qinghai Lake Area were measured to study their spatial distribution and their correlation in this study. The results show that: ①Spatial distribution of topsoil magnetic susceptibility has a certain regularity in study area , showing that south shore is high , north shore is low. ②Cu , Zn , Pb and Cr are significantly positively correlated with magnetic susceptibility , while Mn is significantly negatively correlated with it. The spatial distribution of magnetic susceptibility is identical with the concentrations of Cu , Zn , Pb and Cr. However , the spatial variation of magnetic susceptibility is different from the concentrations of Mn. ③Soil magnetic susceptibility can be used as an effective monitoring means for heavy metal pollution in Qinghai Lake Area soil.

**Key words** Qinghai Lake; magnetic susceptibility; heavy metal; spatial distribution