

# 金华市街道灰尘磁化率与交通因素的关系

赵庆磊, 李凤全, 王天阳, 叶玮, 朱丽东, 刘龙华

(浙江师范大学地理与过程实验室, 浙江 金华 321004)

摘要: 通过对浙江省金华市街道灰尘磁化率测试, 从主干道与非主干道磁化率的对比、十字路口与非十字路口磁化率的比较以及磁化率与路网密度相关分析三个方面, 定量研究金华市街道灰尘磁化率及其与交通因素的关系。结果表明: 灰尘样品磁化率( $\chi_{lf}$ )变幅为  $127.57 \times 10^{-8} \sim 853.91 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ , 平均值为  $322.55 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ , 高于本地土壤磁化率; 频率磁化率变幅为 0.67%~3.99%, 平均值为 1.61%; 磁化率与频率磁化率呈负相关关系; 主干道灰尘的磁化率大于非主干道, 十字路口灰尘磁化率大于非十字路口; 灰尘磁化率和路网密度呈正相关, 金华市街道灰尘磁化率可以指示交通污染的分布状况。

关键词: 街道灰尘; 磁化率; 路网密度; 金华市

DOI: 10.11821/dlyj201404004

## 1 引言

城市街道灰尘是指粒径小于20目( $<0.920 \text{ mm}$ ), 分散于城市不同区域的表面固体颗粒物<sup>[1]</sup>, 是含有重金属以及多环芳烃等多种污染物的源与汇, 在城市生态环境中具有环境指示作用<sup>[2,3]</sup>。许多学者以环境磁学为切入点, 研究城市街道灰尘的磁学特征与环境意义。夏敦胜等应用环境磁学方法系统地分析了兰州市街道灰尘样品的磁学参数, 指出了兰州市区灰尘磁学参数的变化规律<sup>[4,8]</sup>; 张鹏等分析了城市灰尘和土壤磁化率之间的关系<sup>[9]</sup>; 郑妍等对北京市区主要交通干道的尘土和表土样品作了环境磁学测量<sup>[10]</sup>; 李鹏等对西安市街道灰尘重金属与磁化率的关系进行了研究, 发现磁化率能够反映西安市的整体污染水平, 提出交通网疏密对灰尘磁化率的影响<sup>[11]</sup>, 但没有进行定量分析; 丰华等对兰州市街道灰尘进行系统的环境磁学测量及分析, 验证了环境磁学方法能有效地监测城市污染<sup>[12]</sup>。综上所述, 环境磁学的简捷、快速且对样品没有破坏作用等特点<sup>[13]</sup>, 在土壤和沉积物重金属污染监测方面已经有了较好应用<sup>[14,15]</sup>。上述研究对城市街道灰尘及土壤的磁学特征作了探讨<sup>[15,22]</sup>, 得出了污染区域分布的概况<sup>[22,23]</sup>, 并对污染来源进行了分析。然而相关研究主要注重道路灰尘的磁性特征分析, 并通过空间分布上的对应关系, 定性地指出交通对灰尘磁学参数的贡献, 但对磁化率与交通活动之间的定量关系研究较少。为此, 本文通过研究金华市街道灰尘样品磁化率的分布特征, 分析灰尘磁化率在交通主干道、非主干道和十字路口、非十字

收稿日期: 2013-08-22; 修订日期: 2014-02-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071002, 41371206)

作者简介: 赵庆磊(1989-), 男, 山东新泰人, 硕士, 主要从事GIS和城市生态环境研究。

E-mail: zqlsdxt05@163.com

通讯作者: 李凤全(1971-), 男, 黑龙江五常人, 博士, 副教授, 主要从事GIS及其在环境地理中的应用研究。E-

mail: lygl45@zjnu.cn

路口的变异情况，定量地探究其与金华市市区路网密度之间的关系，从而揭示磁化率与交通活动之间的定量关系，探讨其对交通行为的指示意义。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 研究区概况

金华市位于浙江省中部，经纬度范围为28°32'~29°41'N、119°14'~120°46'30"E，城区常住人口大约50万。金华市处于金衢盆地东段，是浙中丘陵盆地地区，地势中部低、南北高，城区中部有东西流向的金华江穿过，城区沿金华江两岸分布。金华气候属于亚热带季风气候，年主导风向为东北偏东风，盆地小气候多样，有一定的垂直差异，年平均气温17.3~18.2℃，全年总降水量在1109.0~1305.2 mm之间。金华城区有两大核心商圈：江北人民广场核心商圈和江南兰溪步行街核心商圈，两大商圈的车流量比较大。工业园区：位于城区东北部的金东综合园区，主要是一些生物制药和电器制品的厂家；位于城区西北部的婺城工贸区和乾西工业园区，主要是一些食品生产和制药企业；位于城区西（南）部的金华市工业园区和金磐开发区，主要分布着金属制品和包装公司。

### 2.2 采样方案与分析方法

本次样品采集时间在2013年的1月份。为了更好地体现研究目的，本次实验样品采集地点限制在金华市城区的二环以内，由于受一二环之间城市建设施工的影响，一二环之间的样品在有些区域难以获取，因此样品主要布局在一环以内（图1），并根据实际情况向二环适当扩展。在研究区内，采用沿公路网格化布点的方式，共设置80个样点；每一个样点处采集一个样品并单独作为一份，采样面积为2~3 m<sup>2</sup>，根据样点灰尘量的分布适当调整采样面积并记录，保证样品的采集量；同时记录样品采集处周围的环境以及路缘石材质、特征，以便于分析。同时注意在公路网密集的地方和稀疏的地方、城区主干道和非主干道、在十字路口和非十字路口，均设置采样点，以期进行对比分析，揭示交通流量、交通

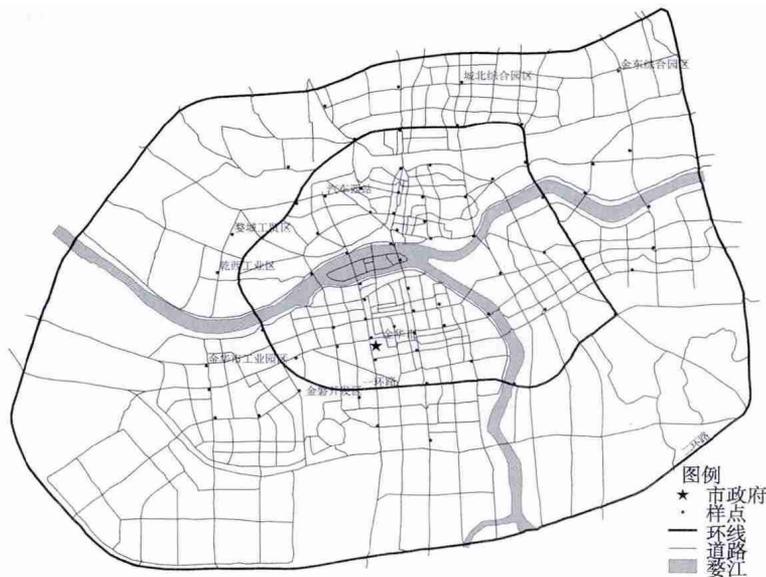


图1 采样点分布图

Fig. 1 Location of sampling sites

行为对灰尘磁化率的影响。

为保证灰尘充分沉积和干燥性,灰尘样品采集工作至少在雨后3天进行。为避免金属对灰尘样品磁化率的影响,用塑料簸箕和毛刷进行灰尘收集,现场将样品在密封袋中密封保存。将采集到的灰尘样品带回实验室自然风干,过35目孔径筛去除杂物后,混合均匀,取部分样品过100目筛,称重后,用塑料保鲜膜包紧,装入磁学专用样品盒内并压实,用来做磁化率的测定。

本实验磁化率测定在浙江师范大学地理过程实验室进行,使用Bartington仪器公司生产的MS2型磁化率测量仪测定灰尘的高频(4700 Hz)磁化率 $\chi_{hf}$ 和低频(470 Hz)磁化率 $\chi_{lf}$ ;并计算求出频率磁化率( $\chi_{fd}\% = [(\chi_{lf} - \chi_{hf}) / \chi_{lf}] \times 100$ )的值。

使用ArcGIS软件进行空间分析计算路网密度,通过点赋值方法将公路网密度值赋予相应采样点,利用SPSS、Excel软件将每个点的磁化率和路网密度进行相关分析。

### 3 结果分析

#### 3.1 磁化率与频率磁化率的分布特征

磁化率( $\chi$ )是指在弱磁场中样品的感应磁化强度与磁场强度之比,它反映了在外磁场作用下物质磁化的能力<sup>[24]</sup>;磁化率与样品中所含磁性矿物的含量、粒度和种类相关,常用作磁性矿物含量的估计,主要体现在样品中亚铁磁性矿物的富集程度。金华市街道灰尘样品磁化率: $\chi_{lf}$ 变幅为 $127.57 \times 10^{-8} \sim 853.91 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均为 $322.55 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $\chi_{hf}$ 变幅为 $126.38 \sim 831.29 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均为 $317.55 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ,表明金华市街道灰尘的亚铁磁性矿物含量较高。

研究表明:红壤层和均质红土层的磁化率多在 $80 \times 10^{-8} \sim 250 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间<sup>[26]</sup>;经采样测定金华市城区蒋堂、斜塘、罗店土壤样品的磁化率多在 $19.9 \times 10^{-8} \sim 80.27 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间;金华市街道表土的磁化率( $\chi_{lf}$ )多在 $10.5 \times 10^{-8} \sim 120.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间<sup>[26]</sup>。金华市街道灰尘的磁化率( $\chi_{lf}$ )平均值为 $322.55 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ,明显高于本地土壤及表土的磁化率。郑妍等同样发现北京市区交通要道尘土的磁化率高于表土<sup>[10]</sup>。金华街道灰尘 $\chi_{lf}$ 的明显增大,说明样品中磁性矿物含量高,揭示了汽车尾气、化石燃料燃烧、工业等人类活动造成的磁性增强效应,与国内外报道的污染土壤磁化率显著增大的结果<sup>[16,23]</sup>一致;而夏敦胜等公布的兰州街道尘埃样品的磁化率平均值为 $399.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>[4]</sup>。张鹏等测量沈阳市区冬季灰尘磁化率平均值为 $625.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>[9]</sup>;李鹏等测量的西安市街道灰尘样品的磁化率平均值为 $487.05 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>[11]</sup>。与兰州、沈阳等城市相比,金华市街道灰尘磁化率相对较低。

频率磁化率( $\chi_{fd}\%$ )可以反映灰尘样品中超顺磁性颗粒的相对含量,金华市街道灰尘频率磁化率变幅为0.67~3.99%,平均值为1.61%。王冠等研究的兰州街道尘埃样品的频率磁化率平均值为2.21%<sup>[8]</sup>。李鹏等测量的西安市的城市灰尘样品的频率磁化率平均值为4.28%<sup>[11]</sup>。郑妍等测得的北京市区主要交通要道尘土频率磁化率均值都小于2%<sup>[10]</sup>。综上,金华市街道灰尘和兰州、西安、北京等街道灰尘的频率磁化率数值相近,各个城市所得到的街道灰尘的频率磁化率均较低,指示灰尘样品中超顺磁性颗粒含量均较低。

综合金华市街道灰尘磁化率( $\chi_{lf}$ )与频率磁化率( $\chi_{fd}\%$ )的特征,说明金华市街道灰尘中磁性矿物含量高,但超顺磁性颗粒比较少。李鹏等研究发现,西安灰尘样品的磁化率和频率磁化率呈负相关<sup>[11]</sup>;王冠等统计得兰州城区灰尘样品的磁化率较高,而频率磁化率

较低，两者也呈负相关<sup>[8]</sup>；郑妍等通过测量分析，北京城区灰尘样品的磁化率和频率磁化率也具有负相关的特征<sup>[10]</sup>。经相关分析，金华市街道灰尘的磁化率( $\chi_{lf}$ )与频率磁化率( $\chi_{fd}$ %)之间呈负相关关系(在SPSS软件中通过双尾显著性检验， $P$ 值为0.01，相关系数为-0.313；图2)。

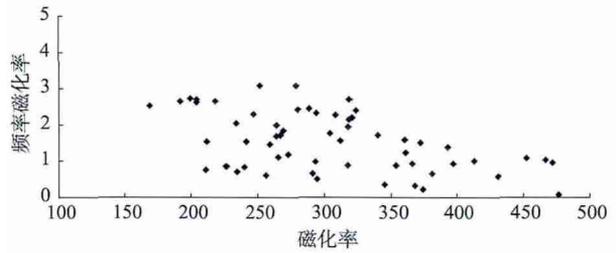


图2 磁化率与频率磁化率散点图

Fig. 2 The scatter diagram between magnetic susceptibility and frequency dependent magnetic susceptibility

本文结果与西安、兰州，北京等城市的 研究结果一致。当某一区域的

土壤磁化率大于 $100 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 、频率磁化率小于3%，且磁化率与频率磁化率呈负相关时，分布在这个区域的样品基本可以判定已被污染<sup>[27]</sup>。可见，金华市街道灰尘样品也已被污染。因此，金华市街道灰尘磁化率( $\chi_{lf}$ )可以指示人类活动对城市环境的影响，道路灰尘 $\chi_{lf}$ 的升高主要是人为活动的作用， $\chi_{lf}$ 的分布状况可以大致的指示污染的分布状况。

### 3.2 金华市街道灰尘磁化率与交通因素的关系

磁化率可以反映城市污染的分布状况。影响磁化率高低 的因素有很多，如工业、交通活动等。中国北京、西安、兰州等城市街道灰尘与环境磁学的研究表明，交通拥挤的地区往往是磁化率高值分布区。因此，本文重点关注交通因素对磁化率的影响，为了进一步定量揭示交通因素与磁化率的关系，通过ArcGIS软件的线密度提取功能模块计算采样区的路网密度(密度值的范围在0~13.17之间)并且绘制成图3。

采用相关分析方法对路网密度与磁化率进行了分析。结果表明，金华市街道灰尘磁化率( $\chi_{lf}$ )和路网密度呈正相关(图4；在SPSS软件中通过了双尾显著性检验， $P$ 值为0.01，相关系数为0.384)。

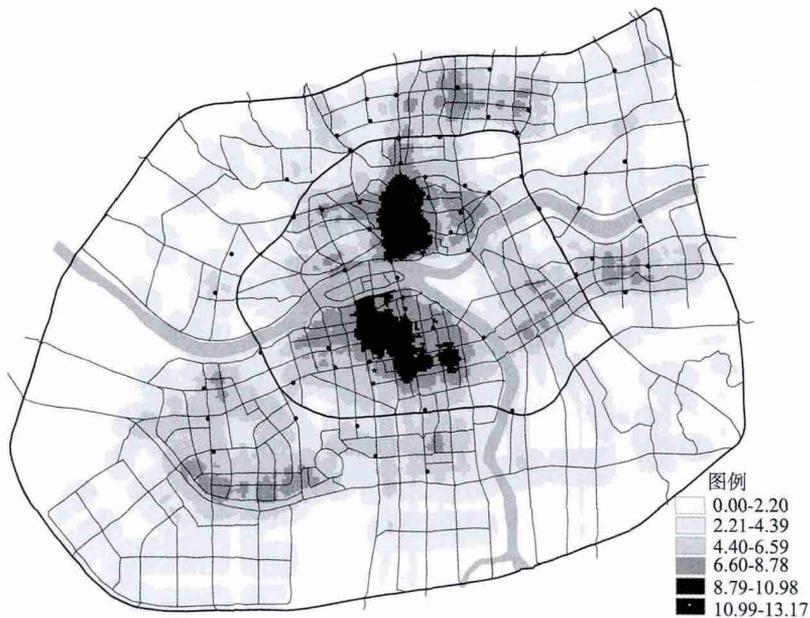


图3 研究区路网密度

Fig. 3 Density of road network of the study area

经过分析得出如下回归模型：

$$y = 0.37x + 2.14 \quad (1)$$

式中： $y$  为  $\lg(\chi/f)$ ； $x$  为  $\lg(D_r)$ ，用  $D_r$  表示路网密度。这表明随着路网密度增大，磁化率也随之增加。例如在金华市江北人民广场附近，江南兰溪街附近，八一街，双龙街等区域，路网比较密，磁化率也相对较高。在城市内部，路网密度往往表征着交通流量的大小，可见交通流量是影响街道灰尘磁化率的一个主要交通因素。

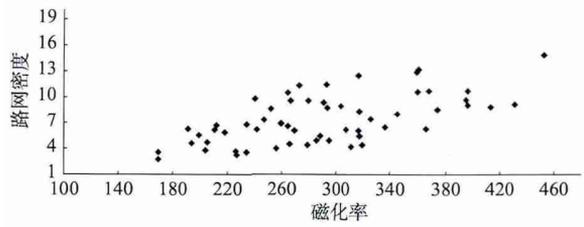


图4 磁化率与路网密度散点图

Fig. 4 The scatter diagram between magnetic susceptibility and density of road network

为了进一步分析交通流量和交通行为因素对街道灰尘磁化率的影响，本文分别选择4条具有代表性的主干道和非主干道，4个十字路口和非十字路口的磁化率数据，进行对比分析。其中，十字路口、非十字路口位置的灰尘磁化率（表1）。

表1 十字路口和非十字路口磁化率的对比 ( $10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Tab. 1 Comparison of crossroads and non crossroads on magnetic susceptibility ( $10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ )

分类	十字路口				非十字路口			
道路	八一街解放路	宾虹路双龙路	环北路八一路	环东路李渔路	八一路	李渔路	八一街	宾虹路
磁化率	452.73	367.98	374.22	288.24	264.52	256.31	259.79	266.91
平均值	370.79				261.88			

从表1可以看出，十字路口的街道灰尘磁化率一般要高于非十字路口，可能表征不同交通行为对磁化率影响的差异。另外，通过对比主干道与非主干道街道灰尘磁化率和车流量的状况（表2）。

表2 主干道和非主干道磁化率的对比 ( $10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Tab.2 Contrast between the main roads and the general roads on magnetic susceptibility ( $10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ )

分类	主干道				非主干道			
道路	八一街	双龙街	人民路	李渔路	金带街	康济街	双溪路	玉泉路
磁化率	452.73	396.90	382.33	431.65	318.21	226.11	304.28	169.15
平均值	416.15				254.44			
车流量	1023~1500 pcu/h				123~609 pcu/h			

从表2发现主干道的磁化率、车流量高于非主干道，可能表征不同交通流量对磁化率影响的差异。

金华市城区主干道车流量（1203~1551 pcu/h）高于非主干道（123~609 pcu/h）；而金华市城区主干道的磁化率（ $416.15 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ）高于非主干道（ $254.44 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ ），因此，这进一步证实交通流量是影响街道灰尘磁化率的一个主要因素。另外，已有研究结果表明，在道路十字路口，红绿灯的交替使得车辆减速、停止、加速、形成列队等微观交通行为是影响街道灰尘污染能力的因素<sup>[28,29]</sup>。而金华市街道灰尘磁化率存在十字路口处的往往高于

非十字路口处的特征,这表明街道灰尘磁化率既受交通流量影响,也受交通行为影响。

综上所述,交通是影响金华市街道灰尘磁化率高低分布的一个主要因素,磁化率可以指示交通污染状况。通过磁化率和路网密度之间的这种密切相关性,可以建立灰尘磁学性质和地理环境相关性的桥梁,磁化率可以反映区域交通流量和交通行为。而通过分析一个地区的路网密度可以大致的判断本区域的磁化率的高低,进而分析本区域的污染情况,从而实现灰尘污染研究方法和替代指标的多样化,有利于多项指标共同反映一种现象,互相印证。

## 4 结论

主要结论如下:

(1) 金华市街道灰尘磁化率( $\chi_{lf}$ )平均为  $322.55 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ , 高于本地土壤及表土的磁化率值,具有磁性增强效应;频率磁化率( $\chi_{fd}$ %)整体较低,平均为 1.61%,超顺磁性颗粒含量较少,磁化率和频率磁化率呈负相关。

(2) 金华市街道十字路口的磁化率高于非十字路口,主干道、路网密度大的区域的磁化率高于非主干道、路网密度小的区域;灰尘磁化率和路网密度呈正相关。

(3) 交通(包括交通行为和交通流量)是影响金华市街道灰尘磁化率的一个主要因素,金华街道地表灰尘磁化率( $\chi$ )可以指示金华城区交通污染状况。

## 参考文献(References)

- [1] 杜佩轩,田晖,韩永明. 城市灰尘概念、研究内容与方法. 陕西地质, 2004, 22(1): 73-79. [Du Peixuan, Tian Hui, Han Yongming. Concept, research content and method of urban dust. Geology of Shaanxi, 2004, 22(1): 73-79.]
- [2] 王济,张一修,高翔. 城市地表灰尘重金属研究进展及展望. 地理研究, 2012, 31(5): 821-830. [Wang Ji, Zhang Yixiu, Gao Xiang. The advances in research on heavy metals of the surface dust in urban area. Geographical Research, 2012, 31(5): 821-830.]
- [3] 常静,刘敏,侯立军,等. 城市地表灰尘的概念、污染特征与环境效应. 应用生态学报, 2007, 18(5): 1155-1160. [Chang Jing, Liumin, Hou Lijun, et al. Concept, pollution character and environmental effect of urban surface dust. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(5): 1155-1160.]
- [4] 夏敦胜,余晔,马剑英,等. 兰州市街道尘埃磁学特征及其环境意义. 环境科学, 2007, 28(5): 937-944. [Xia Dunsheng, Yu Ye, Ma Jianying, et al. Magnetic characteristics of street dust in Lanzhou and its environmental significance. Environmental Science, 2007, 28(5): 937-944.]
- [5] 夏敦胜,王冠,马剑英,等. 兰州市大气降尘环境磁学特征研究. 中国沙漠, 2007, 27(5): 859-865. [Xia Dunsheng, Wang Guan, Ma Jianying, et al. Magnetic property of Lanzhou dustfall and its implication in urban pollution. Journal of Desert Research, 2007, 27(5): 859-865.]
- [6] 夏敦胜,杨丽萍,马剑英,等. 中国北方城市大气降尘磁学特征及其环境意义. 中国科学: D辑, 2007, 3(8): 1073-1080. [Xia Dunsheng, Yang Liping, Ma Jianying, et al. Magnetic properties of dustfall in northern cities of China and its environmental significance. Science in China: D, 2007, 3(8): 1073-1080.]
- [7] 夏敦胜,余晔,马剑英,等. 大气降尘磁学特征对城市污染源的指示. 干旱区资源与环境, 2007, 21(12): 110-115. [Xia Dunsheng, Yu Ye, Ma Jianying, et al. Magnetic characteristics of urban dustfall and the implications on pollution origins. Journal of Arid Land Resource and Environment, 2007, 21(12): 110-115.]
- [8] 王冠,夏敦胜,刘秀铭,等. 兰州市城市街道尘埃磁学特征时空变化规律. 科学通报, 2008, 53(4): 446-455. [Wang Guan, Xia Dunsheng, Liu Xiuming, et al. Temporal-spatial variation on magnetic properties of street dust in Lanzhou. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(4): 446-455.]
- [9] 张鹏,依艳丽. 沈阳市大气降尘与土壤磁化率关系的研究. 农业科技与装备, 2009, (6): 12-14. [Zhang Peng, Yi Yanli.

- Study on the relations between atmospheric dust and soil magnetic susceptibility in Shenyang City. *Agricultural Science Technology and Equipment*, 2009, (6): 12-14.]
- [10] 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. *科学通报*, 2007, 52(20): 2399-2406. [Zheng Yan, Zhang Shihong. Magnetic characteristics of street dust and surface soil in Beijing and its environmental significance. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52(20): 2399-2406.]
- [11] 李鹏, 强小科, 唐艳荣, 等. 西安市街道灰尘磁化率特征及其污染指示意义. *中国环境科学*, 2010, 30(3): 309-314. [Li Peng, Qiang Xiaoke, Tang Yanrong, et al. Magnetic susceptibility of street dust in Xi'an and the implication on pollution. *China Environmental Science*, 2010, 30(3): 309-314.]
- [12] 丰华, 刘秀铭, 吕镛, 等. 兰州市大气降尘磁学特征及其环境意义. *地理学报*, 2012, 60(1): 36-44. [Feng Hua, Liu Xiuming, Lv Bin, et al. Magnetic properties of dustfall in Lanzhou city and its environmental significance. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 60(1): 36-44.]
- [13] Oldfield F. Environmental magnetism-A personal perspective. *Quaternary Science Reviews*, 1991, 10(1): 73-85. [补充对应的英文]
- [14] Petrovsky E, Kapič ka A, Zapletal K, et al. Correlation between magnetic parameters and chemical composition of lake sediments from northern Bohemia-preliminary study. *Physics and Chemistry of the Earth*, 1998, 23(9-10): 1123-1126.
- [15] 沈明洁, 胡守云, Blaha U, 等. 北京石景山工业区附近一个污染土壤剖面的磁学研究. *地球物理学报*, 2006, 49(6): 1665-1673. [Shen Mingjie, Hu Shouyun, Blaha U, et al. A magnetic study of a polluted soil profile in Shijingshan industrial area, western Beijing, China. *Chinese Journal of Geophysics*, 2006, 49(6): 1665-1673.]
- [16] Gautam P, Blaha U, Appel E. Magnetic susceptibility of dust-loaded leaves as a proxy of traffic-related heavy metal pollution in Kathmandu City, Nepal. *Atmospheric Environment*, 2005, 39(12): 2201-2211.
- [17] Hoffmann V, Knab M, Appel E. Magnetic susceptibility mapping of roadside pollution. *Journal of Geochemical Exploration*, 1999, 66(1-2): 313-326.
- [18] 卢升高, 白世强. 杭州城区土壤的磁性及磁性矿物学及其环境意义. *地球物理学报*, 2008, 51(3): 762-769. [Lu Shenggao, Bai Shiqiang. Magnetic characterization and magnetic mineralogy of Hangzhou urban soils and its environmental implications. *Chinese Journal of Geophysics*, 2008, 51(3): 762-769.]
- [19] 李晓庆, 胡雪峰, 孙为民, 等. 城市土壤污染的磁学监测研究. *土壤*, 2006, 38(1): 66-74. [Li Xiaoqing, Hu Xuefeng, Sun Weimin, et al. Magnetic techniques used for monitoring urban soil pollution. *Soils*, 2006, 38(1): 66-74.]
- [20] 王学松, 秦勇. 徐州城市表层土壤的磁学特征. *科技导报*, 2005, 23(11): 14-19. [Wang Xuesong, Qin Yong. Magnetic characteristics of Xuzhou urban topsoils. *Science and Technology Review*, 2005, 23(11): 14-19.]
- [21] 张艳彬, 王玉, 杨忠芳, 等. 成都经济区土壤磁化率特征及其环境意义. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2007, 37(3): 597-604. [Zhang Yanbin, Wang Yv, Yang Zhongfang, et al. Magnetic susceptibility of soils in economic region of Chengdu and its environmental implications. *Journal of Jilin Earth science university*, 2007, 37(3): 597-604.]
- [22] Hanesch M, Scholger R. Mapping of heavy metal loadings in soils by means of magnetic susceptibility measurements. *Environmental Geology*, 2002, 42(8): 857-870.
- [23] 王冠, 夏敦胜, 刘秀铭, 等. 西北典型工业城市街道尘埃磁学特征时空变化规律. *科学通报*, 2008, 53(4): 446-455. [Wang Guan, Xia Dunsheng, Liu Xiuming, et al. Temporal-spatial variation on magnetic properties of street dust in the northwest typical industrial cities. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53(4): 446-455.]
- [24] 滕飞, 叶玮, 朱丽东. 风尘沉积的磁学参数与环境意义. *干旱区资源与环境*, 2012, 26(5): 52-58. [Teng Fei, Ye Wei, Zhu Lidong. The magnetic parameter and environmental significance of eolian deposit. *Journal of Arid Area Resources and Environment*, 2012, 26(5): 52-58.]
- [25] 侯跃伟, 王建力, 王勇. 南方红土磁化率特征及其古环境意义探讨. *太原师范学院学报*, 2009, 8(4): 105-110. [Hou Yuewei, Wang Jianli, Wang Yong. Characteristics of magnetic susceptibility of red earth in southern China and its paleoenvironmental implications. *Journal of Taiyuan Normal University: Natural Science Edition*, 2009, 8(4): 105-110.]
- [26] 陈艳瑛, 李凤全, 王志刚, 等. 金华市各功能区表层土壤磁化率与重金属的相关性分析. *广东微量元素科学*, 2011, 8(4): 43-49. [Chen Yanying, Li Fengquan, Wang Zhigang, et al. The correlativity between surface soil magnetic susceptibility and soil heavy metal contents in different functional zone in Jinhua City. *Guangdong Trace Elements Science*, 2011, 8(4): 43-49.]
- [27] 旺罗, 刘东生, 吕厚远. 污染土壤的磁化率特征. *科学通报*, 2000, 45(10): 1091-1094. [Wang Luo, Liu Dongsheng, Lv

- Houyuan. Magnetic susceptibility properties of polluted soils. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(10): 1091-1094.]
- [28] 谢宏芳, 方凤满, 王海东. 城市街道灰尘重金属污染研究进展. 环境污染与防治, 2010, 32(5): 78-81. [Xie Hongfang, Fang Fengman, Wang Haidong. Research progress on heavy metal pollution in urban street dust. Environmental Pollution and Prevention, 2010, 32(5): 78-81.]
- [29] 方凤满, 蒋炳言, 王海东, 等. 芜湖市市区地表灰尘中重金属粒径效应及其健康风险评价. 地理研究, 2010, 29(7): 1193-1202. [Fang Fengman, Jiang Bingyan, Wang Haidong, et al. Particle size distribution and health risk assessment of heavy metals in surface dust of Wuhu urban area. Geographical Research, 2010, 29(7): 1193-1202.]

## Study on the relationship between magnetic susceptibility of street dust and traffic factors in Jinhua City

ZHAO Qinglei, LI Fengquan, WANG Tianyang, YE Wei, ZHU Lidong, LIU Longhua  
(Geography Process Laboratory, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, Zhejiang, China)

**Abstract:** Through the measurement of magnetic susceptibility of street dust in Jinhua city, this paper makes a quantitative research on the relationship between magnetic susceptibility of street dust and traffic factors in Jinhua city in the three aspects of the magnetic susceptibility contrast between the main roads and the general roads, crossroads and non-crossroads, and the correlation analysis of magnetic susceptibility and density of road network. The results show that the magnetic susceptibility of dust samples ranged from  $127.57 \times 10^{-8}$  to  $853.91 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ , with a mean value of  $322.55 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ , which is higher than the magnetic susceptibility of local soil; the frequency dependent magnetic susceptibility varied from 0.67% to 3.99%, with an average of 1.61%. There is negative correlation between magnetic susceptibility and frequency dependent magnetic susceptibility. The magnetic susceptibility of dust on the main roads is higher than on the others, while that on crossroads is higher than on the others. There is positive correlation between the magnetic susceptibility of street dust and density of road network, and the magnetic susceptibility of street dust in Jinhua can indicate the distribution of traffic pollution.

**Key words:** street dust; magnetic susceptibility; density of road network; Jinhua City