

2011年国赛A题

A 题 城市表层土壤重金属污染分析

随着城市经济的快速发展和城市人口的不断增加，人类活动对城市环境质量的影 响日益突出。对城市土壤地质环境异常的查证，以及如何应用查证获得的海量数据资料开展城市环境质量评价，研究人类活动影响下城市地质环境的演变模式，日益成为人们关注的焦点。

按照功能划分，城区一般可分为生活区、工业区、山区、主干道路区及公园绿地区等，分别记为 1 类区、2 类区、……、5 类区，不同的区域环境受人类活动影响的程度不同。

现对某城市城区土壤地质环境进行调查。为此，将所考察的城区划分为间距 1 公里左右的网格子区域，按照每平方公里 1 个采样点对表层土（0~10 厘米深度）进行取样、编号，并用 GPS 记录采样点的位置。应用专门仪器测试分析，获得了每个样本所含的多种化学元素的浓度数据。另一方面，按照 2 公里的间距在那些远离人群及工业活动的自然区取样，将其作为该城区表层土壤中元素的背景值。

附件 1 列出了采样点的位置、海拔高度及其所属功能区等信息，附件 2 列出了 8 种主要重金属元素在采样点处的浓度，附件 3 列出了 8 种主要重金属元素的背景值。

现要求你们通过数学建模来完成以下任务：

- (1) 给出 8 种主要重金属元素在该城区的空间分布，并分析该城区内不同区域重金属的污染程度。
- (2) 通过数据分析，说明重金属污染的主要原因。
- (3) 分析重金属污染物的传播特征，由此建立模型，确定污染源的位置。
- (4) 分析你所建立模型的优缺点，为更好地研究城市地质环境的演变模式，还应收集什么信息？有了这些信息，如何建立模型解决问题？

解：

问题一

根据附件1的数据信息可以借助Surfer绘制对应的空间分布图：（此图为摘录网友的图）

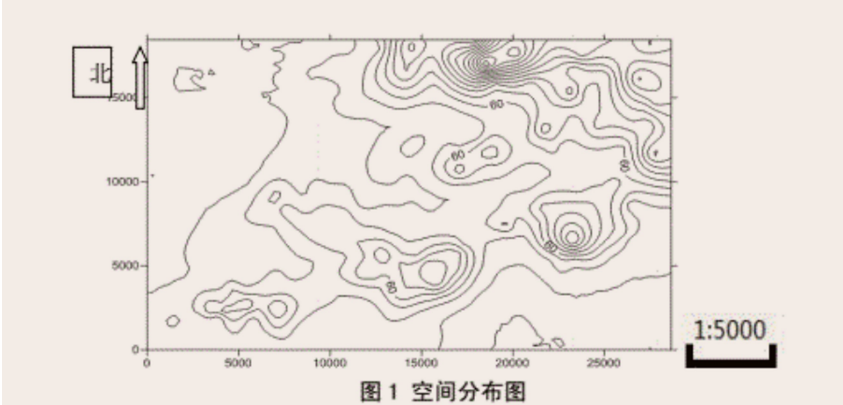
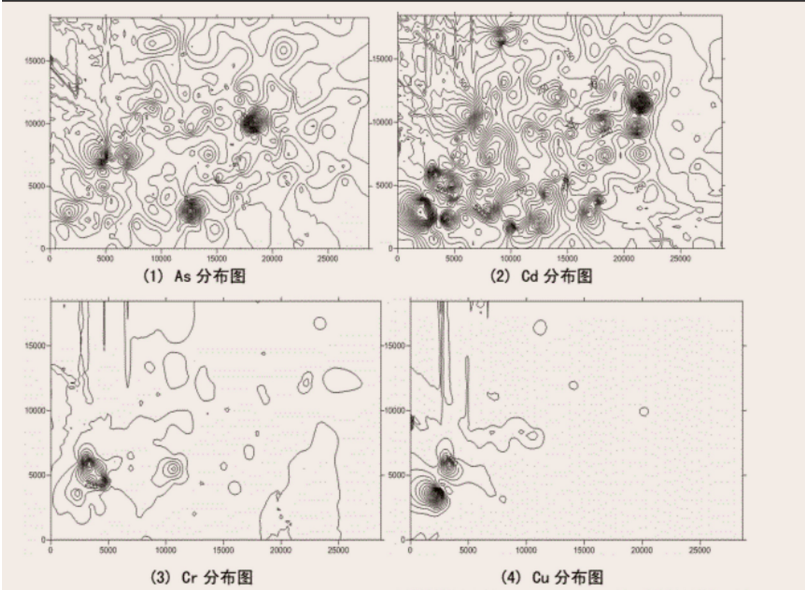
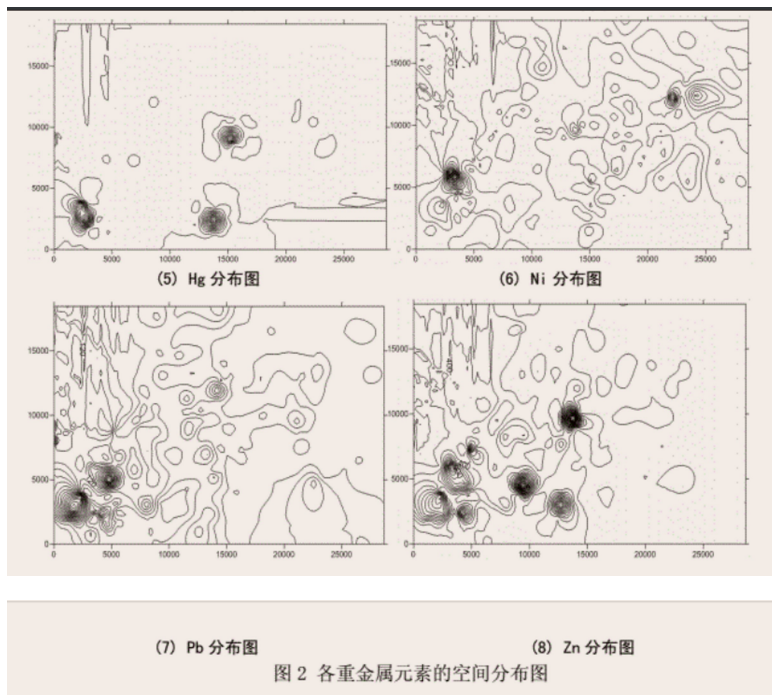


图 1 空间分布图

根据该等高线图可初步得知该地的地貌特征：向北处等高线密集表示该地的地势越高，可知该区域主要是山地，而西侧、南侧等高线较为舒缓，可推出这片区域地势较为平坦，为平原。

再由附件2的数据可以绘制各种金属元素在该城区的分布情况图（亦为摘自网友）如下：





由上图各金属元素的分布图可直观地看出每种金属元素主要集中分布的区域。

单项污染指数公式： $P_i = \frac{c_i}{A_i}$  ( $c_i$ 指某种金属元素的浓度， $A_i$ 表示相应金属元素的分布面积)

统计可得该城区不同区域的重金属污染指数，如下表：

	As( $\mu\text{g/g}\cdot\text{m}^2$ )	Cd( $\mu\text{g/g}\cdot\text{m}^2$ )	Cr( $\mu\text{g/g}\cdot\text{m}^2$ )	Cu( $\mu\text{g/g}\cdot\text{m}^2$ )	Hg( $\mu\text{g/g}\cdot\text{m}^2$ )	Ni( $\mu\text{g/g}\cdot\text{m}^2$ )	Pb( $\mu\text{g/g}\cdot\text{m}^2$ )
生活区	1.791	2.378	2.245	3.488	3.03	1.502	2.265
工业区	2.014	3.024	1.723	9.662	18.35	1.611	3.001
山区	1.123	1.172	1.257	1.312	1.17	1.256	1.179
交通区	1.586	2.742	1.861	4.676	12.728	1.43	2.033
公园绿地区	1.74	2.158	1.408	2.287	3.285	1.243	1.958

建立内梅罗环境污染指数模型有：

$$P = \sqrt{\frac{P_{\text{平均}} + P_{\text{最大}}}{2}}$$

其中， $P_{\text{平均}} = \frac{\sum_{i=1}^9 P_i}{9}$ ， $P_{\text{最大}} = P_{\text{max}}$

依据该公式从而可以求得各类型的区域内罗梅污染指数如下：

功能区	生活区	工业区	山区	交通区	公园绿地区
内梅罗环境污染指数	1.802668	3.448187	1.118791	1.909612	1.631696

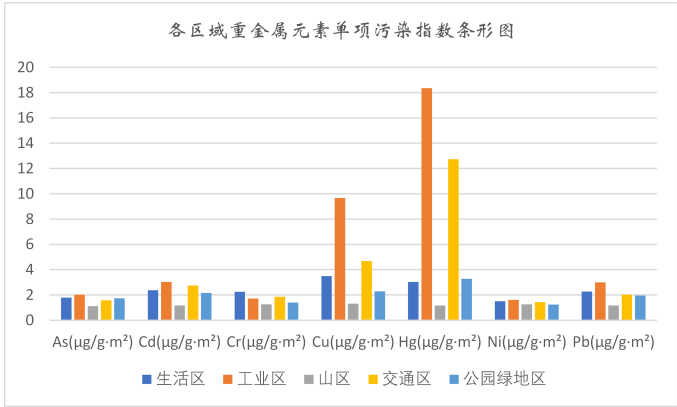
土壤内染指数评价标准：

等级	一级	二级	三级	四级	五级
内梅罗污染指数等级	[0,0.7]	[0.7,1.0]	[1.0,2.0]	[2.0,3.0]	大于3.0
	清洁	警戒线	轻度污染	中度污染	重度污染

由此标准表参考可以得知：生活区、山区、交通区、公园绿地区污染程度是轻度污染，而工业区是重度污染。

## 问题二

为将污染指数更明显，转化为如下的条形图：



由该图可以初步分析到：重金属污染主要来源于工业污染，其次是交通引发的环境污染和生活污染。工业污染主要是工业三废的随意排放导致环境严重污染，而交通污染则主要来源于陆地上汽车尾气排放（汽油蒸汽中含有的金属元素），而生活污染则来源于电池、颜料染料、塑料等的使用。而对于山区、公园绿地等地区受到人类活动干扰较小的地区受到重金属污染的程度较小。

为了进一步探究部分浓度较大的重金属之间（在这三个功能区）上存在的某种依存关系，借助SPSS分别对这三个功能区的四种重金属Hg、Cu、Pb、Zn做相关的线性分析有：

相关系数R	Hg-Cu	Hg-Pb	Hg-Zn	Cu-Pb	Cu-Zn	Pb-Zn
生活区	0.991	0.99	0.983	0.996	0.984	0.982
工业区	0.983	0.612	0.59	0.67	0.622	0.739
交通区	0.003	0.267	0.119	0.507	0.433	0.48

由该表可以看出

（1）后3列的相关系数平均较大，说明这4类重金属元素中,Cu、Zn、Pb间的相关性较强。有资料表明受交通污染源控制时，交通道路断面土壤重金属污染程度取决于其距离交通道路的远近。离公路越远，受污染的影响会越小，土壤中的Pb、Zn污染越轻，递减趋势明显。而在这三个相关性较强的重金属元素中，Pb和Zn的一致性会稍强些，表明土壤Pb和Zn源于相同的污染源为交通污染源。

（2）不通地区的重金属元素之间的相关性有很大的不同，反映各地区重金属来源的途径存在很大差异。部分地区某两种的重金属元素之间相关性强表明该功能区受到复合型污染源影响。

综上，该城市的工业区、交通区、生活区污染较为严重，其中重金属元素Hg含量严重超标，可推测该地区存在排放Hg严重超标的工厂；而Cu、Zn、Pb等重金属浓度亦稍高，且相关性较强表明含有三种重金属元素的复合型化合物作为污染源存在违规排放，极可能来源于超标排放的工厂。另，不同的功能区，重金属种类数目也有差异：工业区重金属污染源多样而生活区和交通区污染源较为单一分别为生活废弃物和汽车尾气。