

# 区域城市生态环境适宜度比较方法研究

杨永泰

(佛山市环境保护局, 佛山 528000)

**摘要** 根据城市生态系统的性质, 提出利用同向因子合成分析和模糊最大树方法, 量化分析区域内城市之间生态适宜度的同质性和异质性; 并以珠江三角洲地区城市群为算例, 计算了城市生态环境适宜度的合成因子得分值和模糊子树集。结果表明, 利用该方法得出的结论合理, 具有较好的适用价值。

**关键词** 城市生态环境适宜度, 合成因子, 模糊最大树, 比较研究。

城市发展是社会经济发展的重要标志。一个特定区域城市群或城市带的形成和发展固然一定程度上受地域环境与资源条件影响, 但同时也是劳动地域分工的必然结果。城市是人口和产业发展高度集聚中心, 随着我国城市化水平不断提高, 城市生态环境也在不断发展和演化, 力图达到新的动态平衡。研究一个地区城市群的生态环境适宜度及其差异, 对于正确制定区域社会经济发展战略和产业配置规划、有效调整城市职能、改善城市生态环境质量、确

保区域经济与环境持续、协调发展, 具有重要的意义。

## 1 城市生态环境适宜度的指标体系

城市生态环境适宜度是城市发展与城市生态环境协调关系的量度, 因此其指标体系必须从城市生态系统的功能出发、围绕生态系统中人这一主体、依据城市总体环境质量、生活环境质量及生态调控水平进行合理选择, 从而建立城市生态环境适宜度指标体系, 见图 1。

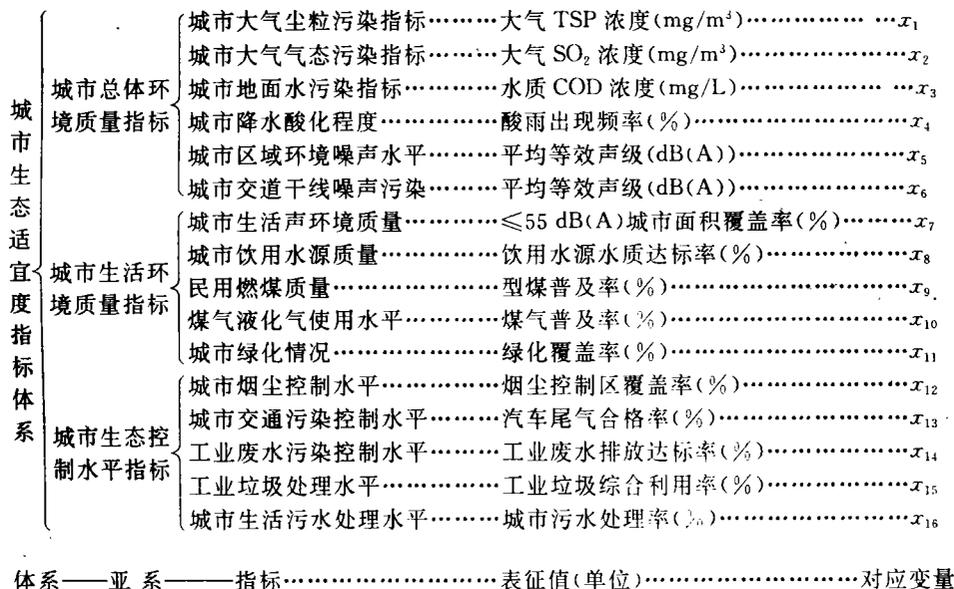


图 1 城市生态环境适宜度指标体系

## 2 城市生态环境适宜度的区域比较方法

采用同向因子合成分析和模糊最大树法研究区域内不同城市生态环境适宜度的异质性和同质性。

### 2.1 异质性的同向因子合成分析

#### 2.1.1 同向因子分析

因子分析是一种多元统计方法，它将原变量进行重新组合，利用数学方法把众多的旧变量组合成少量的独立新变量即因子。用这些具有代表性的主因子来概括多变量所包含的信息，从而寻找观测数据的潜在关系。这里将城市生态适宜度的指标体系作为一组变量。

设实际样本的数据矩阵为：

$$X = [x_{ij}]_{n \times m}$$

$n$  为变量数， $m$  为样本数。

由于因子分析中各原始样本的数据按生态环境适宜度指标给定，其中有些生态指标是逆向的(即生态环境适宜度随该指标值的增大而减少)、有些是正向的，而且这些指标由于量纲及指标衡量角度不同，使数据间缺乏一致性，因此必须对原始数据矩阵进行同向化和标准化处理。

数据同向化：

$$x'_{ij} = \begin{cases} x_{ij} & \text{当 } x_{ij} \text{ 为逆向指标} \\ 1 - x_{ij} & \text{当 } x_{ij} \text{ 为正向指标} \end{cases}$$

从而形成新的同向化数据阵：

$$X' = [x'_{ij}]_{n \times m}$$

数据标准化采用级差标准化：

$$x'' = \frac{x' - x'_{\min}}{x'_{\max} - x'_{\min}}$$

经同向化和标准化处理后形成的数据规范矩阵为：

$$X'' = [x''_{ij}]_{n \times m}$$

$X''$ 的协方差矩阵亦即相关阵为：

$$R[r_{ij}]_{n \times n}$$

其中  $r_{ij}$  为  $i$  指标与  $j$  指标的相关系数。

主因子特征方程为：

$$R = \lambda I$$

求出特征根  $\lambda$ ，并有：

$$Rv_i = \lambda v_i \quad v'_i \cdot v_i = 1$$

$v_i$  为  $m$  维特征向量矩阵， $v'_i$  为  $v_i$  的转置矩阵。从而获得主分量矩阵：

$$Y = V' \cdot X'' \quad \text{即 } X'' = V \cdot Y$$

选取一个适当的 PD 值，使前  $n$  个特征根达 0.85—0.95 水平，确定主因子个数，使它满足：

$$\frac{1}{m} \sum_{k=1}^{k-1} \lambda_k < PD < \frac{1}{m} \sum_{k=1}^k \lambda_k$$

从而删去其余因子。考虑到使因子载荷阵更接近自然模型，应用方差极大正交旋转使每一变量在同一因子上载荷的方差向极大或极小方向分化。当  $|V^{(K)} - V^{(K-1)}| < \epsilon$  ( $V^{(K)}$ 、 $V^{(K-1)}$  分别为第  $K$  轮和第  $K-1$  轮旋转的方差总和； $\epsilon$  为给定精度，取  $10^{-6}$ ) 时停止旋转并计算因子得分值  $\hat{F}_j$ ：

$$\hat{F}_j = \begin{pmatrix} \hat{F}_1 \\ \vdots \\ \hat{F}_m \end{pmatrix} = (A^{(K)})' R^{-1} X''$$

$A^{(K)}$  为第  $K$  轮旋转的因子载荷阵。

由于主因子是基于同向变量阵获得的，因此可据因子得分值比较样本的优劣。但一般满足一定 PD 值的主因子数  $K$  往往大于 1，因此必须寻找适当方法将表征城市生态环境适宜度的多个因子复合为一个综合因子  $C$ ，以便进行比较。

#### 2.1.2 因子合成

对获得的  $K$  个因子的得分值  $\hat{F}$ ，构造一个新的简化数据阵：

$$F = [f_{ij}]_{k \times m}$$

对  $F$  再次进行因子分析，确定主因子个数  $l$  ( $l < K$ )，当  $l > 1$  时重复上述步骤，对新的因子得分矩阵施以因子分析，直至  $l = 1$  为止。从而在理想的  $\lambda$  贡献值水平确定一个主因子，它综合了原主因子的主要信息，简称之为合成因子，记为  $C$ 。合成因子能较好地表征城市生态环境适宜度，通过  $C$  值得分大小，可以反映生态环境适宜度的优劣， $C$  值越高，生态环境适宜度越好。

## 2.2 同质性的模糊最大树分析

模糊最大树是一种对具有模糊性的样本集进行分类的方法。它将样本关系按相互相似程度  $r_{ij}$  构成一个特殊的树图,以所有被分类的样本为顶点,从而得到一个顶点集:

$$V = \{1, 2, \dots, m\}$$

城市生态环境适宜度表征因子选取 2.1.1 确定的  $K$  个主因子,利用各样本对于  $K$  个主因子的得分作为划分依据。将样本的相关系数确定为样本间的相似程度  $r_{ij}$ ,因此  $r_{ij} \neq 0$  时,顶点  $i$  与  $j$  之间可以连成一条边。具体方法是选定任一顶点  $i$ ,然后按  $r_{ij}(j=1, 2, \dots, m-1)$  从大到小顺序依次连边,但不产生回路,直至所有顶点被连通为止。从而生成一棵最大树,然后对最大

树取  $\lambda$  截集,去掉  $\lambda_j < \lambda$  的边,  $\lambda \in [1, 0]$ ,把最大树截成  $n$  棵互不连通的子树,对于属于一棵子树内的样本,确定其生态适宜度具有同质性。

### 3 珠江三角洲区域城市群生态环境适宜度分析

珠江三角洲是我国城市化水平较高<sup>[1-3]</sup>和生态环境问题较多<sup>[4]</sup>的地区。选取该区 9 个主要城市广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山、惠州和肇庆,对其生态环境适宜度指标值(1992 年值)进行量化分析。计算工作在微机 COMPAQ486-33 上完成。城市生态环境适宜度指标的规范数据矩阵  $X''$  由表 1 给出。

第 1 次因子分析获得 5 个主因子,其特征

表 1 城市群生态环境适宜度指标规范数据矩阵  $X''$

编号	城市	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$
1	广州	0.93	1	0.35	0.84	0.15	0.14	0.32	0.86	0.52	1	0.40	0.11	0	0.27	0.32	0.22
2	珠海	0.36	0.19	0	0.42	0.24	0.12	0.45	1	0.41	0.08	0	0	0.04	0.24	0.05	0
3	深圳	0.65	0	0.60	0.32	0.62	0.46	1	0.25	1	0	0.25	0	0.16	0.16	0.05	0.09
4	中山	0.81	0.48	0.38	0.39	0	0	0.52	0.59	0.50	0.10	0.57	0	0.89	0	0.96	1
5	佛山	0.95	1	0.65	1	0.32	0.22	0.77	0	0	0.75	1	0.21	0.84	0.43	0.32	1
6	惠州	0	0.15	0	0.61	0.68	0.26	0.89	0.37	0	0.07	0.42	0.53	1	0.75	0.27	1
7	江门	0.45	0.69	1	0.98	0.19	0.14	0.26	0.37	0.18	0.50	0.61	0.29	0.18	1	0	1
8	东莞	1	0.78	0.23	0	1	0.46	0.96	0.73	0.06	0.24	0.56	0.16	0.26	0.54	1	1
9	肇庆	0.61	0.78	0.37	0.49	0.10	1	0	0.21	0.28	0.62	0.89	1	0.97	0.90	0.21	1

值累积百分比为 0.88,经方差极大正交旋转后得各因子的得分函数,从而求得各城市 5 个因子的得分值(见表 2)。

对表 2 数据进行二次因子分析。第 1 个主

因子的特征值百分比已达 0.90,因此选取 1 个因子已满足  $PD \in [0.85, 0.95]$ ,该因子即为合成因子  $C$ 。不同城市的  $C$  得分值即为城市生态环境适宜度的综合量度值(见表 3)。

表 2 首次因子分析的因子得分矩阵  $F$

主因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_1$	0.1201	-0.1872	0.0699	1.0738	1.3823	1.3581	1.2755	0.8540	1.2825
$F_2$	-0.4556	-0.2705	-0.5389	-1.4129	-1.5954	-1.7583	-1.4436	-1.0814	-1.4838
$F_3$	-0.2130	-0.2126	-0.2106	-0.3362	-0.3082	-0.3695	-0.5223	-0.3868	-0.3071
$F_4$	0.2340	0.3879	0.2624	-0.1544	-0.3277	-0.2912	-0.1213	0.0108	-0.2745
$F_5$	0.4321	0.3478	0.4146	0.7531	0.8235	0.8340	0.9276	0.7496	0.7867

表 3 城市生态环境适宜度比较

城市	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C$ 得分值	-0.5369	-0.1342	-0.5054	-1.9660	-2.3520	-2.3756	-2.3344	-1.6899	-2.2301
生态适宜度排序	3	1	2	5	8	9	7	4	6

由表 3 可知,珠海和深圳城市环境适宜度最佳。二者是改革开放以来沿海地区崛起的新

兴城市,由于城市建设超前规划、产业布局合理,生态物能废物得到有效控制和妥善处置,

城市生态系统功能不断完善,系统内各组分处于相对平衡和稳定状态,实现社会经济和环境协调发展。广州是华南地区大都市,具有悠久的城建历史,具备雄厚的社会经济基础,环境建设和污染控制的经济技术水平较高,使城市生态系统在城市发展过程中得以不断调整并向良性循环方向发展,因此生态环境适宜度亦较佳。其它城市生态适宜度较低,生态环境尚存在不少问题,如佛山大气和地面水污染问题突出,酸雨多、城市环境安静度低、绿地少、生活废物处理水平低<sup>[5]</sup>。这些生态问题干扰城市生态系统的良性循环,而且逐渐成为干扰城市人民生活、妨碍城市持续发展的因素,这在城市

建设和管理中必须引起高度重视。

按首次因子分析获得的因子得分阵  $F$  进行模糊最大树分析,各城市样本相关系数矩阵见表 4,从而生成模糊最大树(见图 2)。

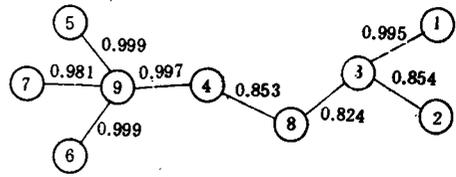


图 2 城市生态环境适宜度最大树

取  $\lambda=0.90$  截取子树,将城市群生态适宜度划分为 4 类:  $\{1,3\}\{2\}\{8\}\{4,5,6,7,9\}$

表 4 因子得分的相关系数矩阵  $F$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	0.832	1							
3	0.995	0.854	1						
4	0.813	0.357	0.788	1					
5	0.754	0.265	0.725	0.995	1				
6	0.780	0.305	0.755	0.998	0.999	1			
7	0.824	0.374	0.792	0.995	0.988	0.991	1		
8	0.796	0.497	0.824	0.853	0.828	0.848	0.809	1	
9	0.764	0.280	0.736	0.997	0.999	0.999	0.991	0.829	1

第一类包括广州和深圳。二者是穗港经济走廊的中心城市,具有较强的辐射力。由于城市规模不断扩大,城市环境不同程度遭到人类活动的负面影响,但有效的生态调控措施使城市生态系统依然保持良性循环,城市环境质量保持稳定,污染得到一定程度控制,生活条件不断改善。

污染和城市噪声问题较为突出,但强大的经济条件为城市生态调控提供了有力的保证,因此生态环境未至恶化。该类代表了珠江三角洲建设中心城市。

第二类仅含珠海一个城市。珠海是珠江三角洲生态适宜度最好的城市。由于该市围绕“发展才是硬道理、城市环境资源是城市发展的硬基础”的原则,努力将城市生态建设提升到一个新的高度,使城市生态系统中大气、水、生物等因子的清洁得到保证,城市绿化好,工业和交通污染得到有效防止,环境和经济保持协调发展。该类代表了珠江三角洲清洁城市。

第四类包括中山、佛山、惠州、江门和肇庆等 5 个城市,它们是珠江三角洲传统城市。改革开放为这些城市的发展注入了新的活力,城市和工业得到快速发展,但原有城市生态结构脆弱,无法承受高速发展的压力而导致部分生态环境因子恶化。经济和环境如何协调发展是这类城市面临的重大难题和困惑。长远看,这个问题处理好坏,将直接影响这些城市今后发展的正确方向。这类城市可代表珠江三角洲传统城市。

第三类含东莞一个城市,东莞是一个在镇建制基础上发展起来的新城市,目前尚处于建设发展中,其城市和工业建设方兴未艾,大气

#### 4 结语

(1) 本文建立了城市生态环境适宜度指标体系及其量化比较的数学方法,为城市生态环

境的定量研究提供了数学依据。

(2) 珠江三角洲地区城市生态环境适宜度比较研究的结果表明,应用合成因子和模糊树方法是合理可行的。这种方法应用于城市生态环境研究具有较高的价值。

### 参 考 文 献

- 1 许学强,刘琦等. 珠江三角洲的发展与城市化. 广州: 中山大学出版社, 1988: 322—338
- 2 许自策. 热带地理. 1986, (2): 97
- 3 郑天祥. 港澳经济. 1987, (6): 33
- 4 杨永泰,张劲伟. 城市环境与城市生态. 1985, 8(1): 23
- 5 杨永泰. 城市研究. 1994, (2): 28
- 6 贺仲雄. 模糊数学及其应用. 天津: 天津科学技术出版社, 1983: 162—165

## · 环境信息 ·

### 全球环境基金

全球环境基金(The Global Environment Facility, 简称 GEF)是向发展中国家提供赠款,补充其为解决特定的全球环境问题而支付额外成本的一个资金机制。世界银行、联合国开发署(UNDP)和联合国环境署(UNEP)是共同管理全球环境基金的三个执行机构;世界银行负责管理投资项目和全球环境基金的“核心基金”——全球环境信托基金,联合国开发署负责管理技术援助项目、预投资研究和小额赠款项目,联合国环境署负责有关政策的制订和科技咨询委员会的组织。全球环境基金的国内管理机构是财政部和国家环保局,财政部为对外归口部门,代表我国政府参加全球环境基金会议、签署有关协议、交纳我国捐款等国际活动,派代表常驻 GEF 理事会,履行理事会代表的职责,向 GEF 提交我国的推荐项目,代表我国政府在项目文件上签字;国家环保局为业务主管部门,负责备选项目的收集、汇总、评审和筛选,负责组织和指导项目建议的修改、完善,参加项目的评估,定期报告我国全球环境基金项目的进展。

全球环境基金所资助的环境领域是:减少温室气体排放、保护生物多样性、保护国际水域和降低臭氧层的损耗。由于控制土地退化(主要是沙漠化和森林破坏)与上述的资助领域密切相关,现也被列为资助范围。项目的优先顺序是:减少和控制温室气体排放的项目在 GEF 资助总额中占 40%—50%,生物多样性保护占 30%—40%,保护国际水域占 10%—20%。由于蒙特利尔议定书多边基金支持发展中国家逐步停止生产和使用臭氧层损耗物质,所以全球环境基金对保护臭氧层项目支持的比重相对最小。

在全球环境基金试运行期(1991—1993)内,我国独立获得大约 5500 多万美元的资金,用于保护生物多样性、控制温室气体排放和保护国际水域的 6 个项目;中国还参加了两个区域项目。在此期间,中国所获得的赠款额度在所有受援国中居首位。

由国家环保局牵头组织实施的《中国生物多样性保护行动计划》项目于 1994 年初圆满完成并于同年 6 月中旬在北京召开了国际发布大会,该项目所制订的《生物多样性行动计划》对指导我国今后开展生物多样性保护的工作具有重要作用。以国家环保局作为总协调机构而组织实施的《中国温室气体排放控制的问题与对策》已于 1994 年底完成。财政部代表中国政府认可了项目总报告。此项目的成果将成为今后一段时期内指导中国选择和实施温室气体控制项目以及国际组织在这一方面向中国提供援助的基础。

1994 年 3 月,全球环境基金在日内瓦召开了成员国大会,此次会议结束了长达一年多的谈判,基本完成 GEF 正式运行阶段第一期(GEF-1)的资金筹集和机构改革,标志着全球环境基金试运行期的结束和正式运行期的开始。部分成员国在此会议上承诺今后三年(1994—1996)将向全球环境基金捐款 20 亿美元。在机构改革方面,各成员国就以下三方面达成一致意见:一、除由全球环境基金首席执行官负责日常有关事务外,在理事会会议期间,发展中国家和发达国家轮流选举一名理事担任主席,负责政策、规划以及与会议有关的其它事宜;二、理事会设 32 个席位,其中发展中国家 16 席,发达国家 14 席,东欧及前苏联国家 2 席。理事会的决策机制为双重大多数制,一项决议是否能通过,取决于 60%的成员国和代表捐款总额 60%的国家的投票;三、理事会每半年召开一次或根据需要随时召开,成员国大会三年召开一次。

我国在 GEF-1 的努力目标是争取获得 2 亿美元左右的资金。目前的主要工作是尽可能多地准备出高质量、高水平的备选项目。截止到 1994 年底,我国已准备出近二十个备选项目,部分项目已经报送相应的执行机构。目前,备选项目的准备工作仍在加紧进行。

国家环境保护局外经办二处罗高来和曹书涛供稿

management and decision-making.

**Key words:** river basin management, model, QUAL2EU, non-point sources pollution, river water quality, reservoir.

**Study on the Thermal Effects of Cooling Water from Power Plants on Young Mullet (*Liza haematochlia* Temminck and Schlegel).** Ru Shaoguo (Marine Life College, Qingdao Ocean University, Qingdao 266003), Hou Wenli et al. (Dept. of Environ. Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(5), 1995, pp. 30–32

The title study was carried out by measuring various critical temperatures for young mullet. The results show that under the condition of a natural water temperature of 25°C, young mullet had its avoidance temperature, TL<sub>50</sub>, UILT, MWAT, CTM and short-term exposure maximum temperature of 34°C, 36.7°C, 38.75°C, 30.52°C, 40.82°C and 35.32°C, respectively. The areas where young mullet was sensitive to a thermal effect were mapped, and a temperature-time equation  $\log t(\text{min}) = 17.9422 + 0.4202 T(^\circ\text{C})$  and a safe temperature equation  $T(^\circ\text{C}) = (\log 1440 - a)/b - 2$  were established. A high temperature shock of  $\Delta T = 15^\circ\text{C}$  for 2 minutes led to a mortality of 25%, that of  $\Delta T = 14^\circ\text{C}$  for 5 minutes led to a mortality of 15% and the maximum tolerable  $\Delta T$  was less than 15°C.

**Key words:** cooling water from power plant, young mullet, thermal effect.

**Comparative Study on Ecological Suitability of Cities Within a Region.** Yang Yongtai (Foshan City's EPA, Foshan 528000); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(5), 1995, pp. 33–37

The principles and specific indicators for urban ecological suitability were described. Based on the natures of urban ecosystems, the factors composition analysis and fuzzy maximum tree method were suggested to estimate the homogeneity and heterogeneity of the ecological suitabilities among cities within a region. By exemplifying the group of cities in the Pearl River Delta, the scores of compositional factors and the fuzzy sub-tree sets for the ecological suitabilities of cities were calculated. The results show that the method gave reasonable conclusions and was more practical.

**Key words:** urban ecological suitability, composition factor, fuzzy maximum tree, comparative study.

**Development of a Multifunctional Swell and Permeability Apparatus and Its Application to**

**the Permeability Test of Compacted Bentonite.** Zhou Kanghan, Li Guoding and Yu Ke (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(5), 1995, pp. 38–40

A multifunctional swell and permeability apparatus has been developed and can be used for many different purposes, for example, the tests of soil for solidifiability, permeability and swellability. It was found that it is particularly useful in the study on a highly compacted and less permeable bentonite of  $\rho > 1.5 \text{ g/cm}^3$ . With this apparatus, a sample of a permeability in the range of  $10^{-12}$ – $10^{-6} \text{ cm/s}$  was precisely measured under the condition of a hydraulic gradient in the range of  $(2-4) \times 10^3$ . It is also useful to study those highly compacted, less permeable and swellable clays.

**Key words:** permeability apparatus, permeability, compacted bentonite.

**Experimental Studies on Firing a Glazed Colored Glass-Brick from Chromic Slag.** Wang Yongzeng et al. (Tangshan Longge Ceramic and Rere Farth Development Corp. Tangshan 063000); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(5), 1995, pp. 41–44

Firing a glazed colored glass-brick from chromic slag was carried out as a high-level research on processing chromic slag harmlessly in ceramic industry. The experiment results show that the leaching amount of hexavalent chromium was lower than the national standard, with its physical and chemical properties conforming to the relative national standard requirements under the conditions of adding 20% chromic slag and a certain amount of fluxing agent into the base material, and controlling the shaping pressure, technological parameters and condition in the firing processes.

**Key words:** chromic slag, glazed colored glass-brick, hexavalent chromium.

**Study on the Treatment of Gentamycin and Aureomycin Wastewaters and the Measures for Pollution Control.** Zhou Ping and Qian Yi (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084), Su Chengyi (Chinese Research Academy of Environ. Sciences, Beijing 100012); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(5), 1995, pp. 45–47

A gentamycin wastewater, an aureomycin wastewater and a mixture of both wastewaters were subjected to an anaerobic treatment, an aerobic treatment or a combination of both treat-