http://qks.cqu.edu.cn

重庆市大学城区域大气环境容量与人口发展规模关系研究

董玉娇
(重庆大学 数学与统计学院,重庆 401331)

摘　要:大学城区域人口数量急剧增加,大气环境质量持续恶化,环境承载力严重下降,人们的环保意识逐渐增强,对生活环境质量的要求越来越高。为保护大学城大气环境质量,减缓大学城人口膨胀对大气环境产生的不利影响,促进社会效益与经济效益的可持续发展,需要开展本项目的研究。论文根据大学城现有用地规划及环境质量现状,结合区域气象资料,运用数学建模估算区域常规污染因子大气环境容量;根据人均资源消耗调查资料,统计分析单位污染物排放量及区域污染物排放情况;根据环境容量估算结果,论证大学城现有规划的合理性,并从大气环境保护角度对大学城人口规模控制提出反馈意见。

关键词:重庆市大学城;区域大气;环境容量;人口发展规模;关系
中图分类号:X26　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1674-4764(2012)S1-0196-04

Study on the Relationship Between Capacity of Regional Atmospheric Environments and the Size of Population Development

DONG Yu-jiao
(College of Mathematics and Statistics, Chongqing University, Chongqing 401331, P. R. China)

Abstract: The population of university town increases sharply these days, the quality of atmospheric environments continues to deteriorate, and the carrying capacity of environments declines dramatically. People's environmental awareness is gradually increasing and the demand for quality of life is higher and higher. In order to protect the quality of atmospheric environments, mitigate the adverse effects of population expansion of the university town on the atmospheric environments, and promote the sustainable development of social and economic benefits, to carry out this project is essential. Based on the university town's existing land-use planning and environmental quality, combined with regional meteorological data, the article uses mathematical modeling to estimate the atmospheric environmental capacity of regional conventional pollution factor. Also, according to the survey data based on per capita resource consumption, this article statistically analyzes the unit of pollutant emissions and regional pollutants emissions. Based on the estimates of environmental capacity, it demonstrates the rationality of existing planning of the university town and also feedback from the perspective of the protection of the atmospheric environment on the population size control of the university town.

Key words: university town of Chongqing; regional; atmosphere; environmental; capacity population development size; relationship

大气污染问题是环境保护的一项难题。有效地解决大气污染问题,就必须详细掌握区域大气污染源分布和排放情况,结合区域内建设和经济发展状况、污染现状和气象条件等因素,通过适合的大气扩散模型进行扩散模拟,建立起大气污染源排放与区域大气污染的输入响应关系,掌握区域大气环境容量,进行大气污染源的合理消减和最优化分布,建立空气质量达标的途径和方法,实现污染物排放总量控制。

环境容量是指遵循环境质量标准,在一定的范围内,环境所能承纳的最大污染物负荷总量。它是由污染物质的特性和自然环境的特性所产生的结果,是反映以水热平衡规律、化学元素在自然环境中的迁移转化规律和生物与环境之间的物质能量交换规律为基础的综合性指标。大气环境容量,是指在一个特定区域内、一定的气象条件、一定的自然边界条件及一定的排放源结构条件下,在满足该区域大气环境质量目标前提下,所允许的区域大气污染物的最大排放量。对于局地性区域来说,大气环境容量是大气传输、扩散和排放方式的具体体现。

重庆市大学城[1]位于沙坪坝区西部虎溪镇和陈家桥镇,于 2003 年 4 月 4 日经重庆市人民政府批准建设,是重庆市高等教育基地和科研中心,是相对独立的以高等教育与科研为主导,同时具有商务、办公、居住、旅游、娱乐和休闲的多功能的综合城区。但是随着大学城区域的开发建设及各高校、商业单位等入驻,区域人口数量将急剧增加,大气环境质量持续恶化,环境承载力严重下降,人们的环保意识逐渐增强,对生活环境质量的要求越来越高。为保护大学城大气环境质量,减缓大学城人口膨胀对大气环境产生的不利影响,促进

收稿日期:2012-05-11
基金项目:中国宋庆龄基金会—星巴克大学生环保践行者项目
作者简介:董玉娇(1989-),女,主要从事精算研究工作,(E-mail)dyj186@hotmail.com。

社会效益与经济效益的可持续发展，需要开展本项目的研究。本次研究的重点为区域 SO_2 大气环境容量与人口发展规模的关系。

1 重庆市大学城区域规划概况

1.1 功能规划

重庆市大学城是重庆市高等教育基地和科研中心，是相对独立的以高等教育与科研为主导，同时具有商务、办公、居住、旅游、娱乐和休闲的多功能的综合城区。

表 1 重庆市大学城土地利用汇总表

序号	用地性质	用地代号	用地情况	
			用地面积/hm^2	占总规划用地面积比例/%
1	教育科研用地	C6	836.25	38.79
2	居住用地	R	505.46	23.44
	一类居住用地	R1	203.29	9.43
	二类居住用地	R2	243.40	11.29
	中、小学用地	R22	58.77	2.73
3	公共设施用地	C	247.49	11.48
	行政办公用地	C1	7.66	0.36
	商业金融业用地	C2	176.10	8.17
	文化娱乐用地	C3	5.79	0.27
	体育用地	C4	33.93	1.57
	医疗卫生用地	C5	24.01	1.11
4	对外交通用地	T	19.20	0.89
5	道路广场用地	S	307.98	14.28
	广场用地	S2	20.23	0.94
	停车场用地	S3	11.13	0.52
6	市政公用设施用地	U	7.05	0.33
7	绿地	G	232.66	10.79
	公园绿地	G1	151.14	7.01
	防护绿地	G3	29.23	1.36
	附属绿地	G4	52.29	2.43
	总规划用地面积		2 156.09	100

1.2 用地规划

大学城总占地面积规划为 21.560 9 km^2。根据规划区功能定位与规模，大学城土地主要分为以下几种形式：居住用地、公共设施用地、对外交通用地、道路广场用地、市政设施用地和绿化用地，各类用地面积及比例详见表 1。

1.3 人口规模

大学城规划学生人口 16.4 万人，教职工及附属人口 3 万人，一般城市人口 15.6 万人，总计规划人口规模 35 万。

2 大学城区域 SO_2 污染源调查及统计

大学城是相对独立的以高等教育与科研为主导，同时具有商务、办公、居住、旅游、娱乐和休闲的多功能的综合城区。大学城内严禁新建工业企业，因此不存在工业污染源，排放的 SO_2 主要来源于入住的师生及居民生活用燃料燃烧废气及交通汽车尾气。根据重庆市总体规划和重庆市西部新城总体规划，大学城内城市居民生活用能源和第三产业能源均采用天然气和电力供给。

2.1 燃气 SO_2 排放量

居民生活用气按 0.4 m^3/人·d 计，学生生活用气按 0.25 m^3/人·d 计，公共设施用气按居民、学生生活用气总量的 20%计，则大学城建成后总用气量约 9.04 万 m^3/d。其中居民生活用气为 3.44 万 m^3/d，学生生活用气为 4.1 万 m^3/d，公共设施用气为 1.5 万 m^3/d。

天然气燃烧 SO_2 排污系数取 3.42 kg/$10^4 m^3$；天然气为 365 d/a 连续供应，考虑到大学城人口流动性较强，假期效应取值 0.85。由此估算大学城建成后，生活燃气耗量为 7.68 万 m^3/d，SO_2 排放量为 26.44 kg/d(9.7t/a)。

2.2 交通尾气 SO_2 排放量

按照规划人口 35 万人考虑，估算大学城平时对外交通约为 1 万辆/d 车流量，节假日约为 1.4 万辆/d 车流量；同时考虑区域生活必需品的货运，估算大学城货运车辆流量约 1167 辆/d。

区域燃油车辆及燃气车辆比例按 7∶3计，则区域交通油耗量约 3 309 万 L/a(2.4 t/h)，天然气耗量 1.4 万 m^3/a。根据《区域开发活动环境影响评价技术指南》中机动车辆污染排放系数，大学城区域交通尾气污染物负荷估算详见表 2。

表 2 大学城交通尾气 SO_2 污染负荷

污染物名称	燃油发动机		CNG 发动机		合计(t/a)
	排放系数(kg·t^{-1})	污染负荷/(t·a^{-1})	排放系数(kg·t^{-1})	污染负荷/(t·a^{-1})	
SO_2	4.57	110	0.18	3	113

3 区域环境空气质量功能区划及 SO_2 环境质量现状

3.1 环境功能区划

根据重庆市人民政府重府发[1997]40 号文规定，大学城所在地属二类区域，环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)中二级标准。

3.2 区域 SO_2 环境质量现状

本次研究共收集大学城区域 4 个点位的大气环境质量现状监测资料，监测点位置分别为 1#曾家场、2#胡家沟、3#杨家坝、4#重庆大学。监测时间为 2009 年 6 月 8 日～14 日，连续监测 7 天，SO2 每天连续采样 18 h。

环境空气质量现状评价通过计算取值时间最大浓度值占相应标准浓度限值的百分比和超标率，来分析其评价达标

情况，当取值时间最大浓度值占相应标准浓度限值的百分比大于或等于100%时，表明环境空气质量超标。计算公式[2]如下

$$P_i = \frac{C_i}{C_{0i}} \times 100\%。$$

式中：P_i 为第 i 个污染物的监测最大浓度占相应标准浓度限值的百分比，%；C_i 为第 i 个污染物的监测最大浓度值，mg/m³；C_{0i} 为第 i 个污染物的环境空气质量标准，mg/m³。

评价标准按《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)二级标准执行。环境空气质量现状监测及评价结果见表3。

表3 区域 SO_2 监测及评价结果 单位：mg/m³

评价因子	监测点位	监测日均值范围	评价标准值	最大占标率	最大超标率	达标情况
SO_2	1#	～0.009 54	0.15	6.36%	/	达标
	2#	～0.007 44	0.15	4.96%	/	达标
	3#	～0.012	0.15	8%	/	达标
	4#	～0.0137	0.15	9.13%	/	达标

从表1可知，SO2在各监测点最大浓度值占标率均小于100%，满足《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)二级标准要求。

4 区域 SO_2 环境容量估算

4.1 估算模式选取

根据重庆市大学城区域地形、地貌和气象特点，结合本次研究的实际情况，本次研究区域 SO_2 大气环境容量选用《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》(GB/T 3840—91)推荐的A值法进行估算，控制区域分n个分区，每区面积为 S_i。计算公式为

$$Q_{ak} = \sum_{i=1}^{n}\left[A \times (C_{ki} - C_0) \times S_i / \left(\sum_{i=1}^{n} S_i\right)^{0.5}\right],$$

$$Q_{aki} = A \times (C_{ki} - C_0) \times S_i / \sqrt{S}。$$

式中：Q_{ak} 为总量控制区某种污染物年允许排放总量限值(万t)；Q_{aki} 为第 i 功能区某种污染物年允许排放总量限值(万t)；S_i 为第 i 功能区面积(km²)；n 为总量控制区中功能区总数；C_{ki} 为国家和地方有关大气环境质量标准所规定的与第i功能区类别相应的年日平均浓度限值(mg/m³)；C_0 为区域大气环境质量年日平均浓度(mg/m³)；A 为地理区域性总量控制系数(10^4 km²/a)，可按(GB/T 13209—91)推荐值选取，本次研究中取2.8。

4.2 区域气象条件

重庆市大学城所在区域属亚热带湿润气候，四季分明，春早秋迟，夏热冬暖；初夏有梅雨，盛夏多伏旱，秋季有绵雨，冬季多云雾，霜雪甚少，无霜期长，日照少，风力小，湿度大。年均气温17.40 ℃，最高气温41 ℃，最低气温－1.8 ℃。盛夏高温炎热，一般8月为最热月，日最高气温大于35 ℃。雾日一般从上年的10月至次年的1月出现，年均为46 d。无霜期年均为319 d。日照年均时数为2 246.6hr。风速年均1.3 m/s。相对湿度年均为79%。年均降水量1 151.7 mm，年最大降水量1 615.80 mm，年降低水量813.90 mm。

根据2009年气象资料统计分析，全年平均温度为19.02 ℃，年平均温度的月变化详见表4及图1；全年平均风速为0.6 m/s，年平均风速的月变化详见表5及图2；季小时平均风速的日变化详见表6及图3；年均风频的月变化详见表7；年均风频的季变化及年均风频详见表8。

表4 年平均温度的月变化

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
温度/℃	8.32	13.30	15.88	19.04	24.94	24.67	27.75	26.78	22.04	19.77	14.72	10.60

表5 年平均风速的月变化

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
风速/(m·s⁻¹)	0.4	0.5	0.7	0.7	0.9	0.7	0.8	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5

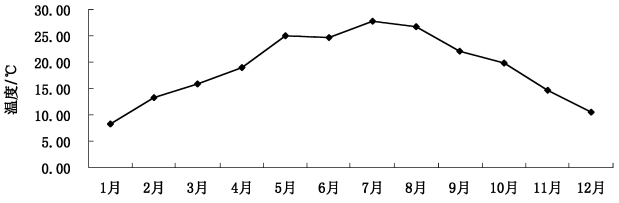

图1 年平均温度的月变化

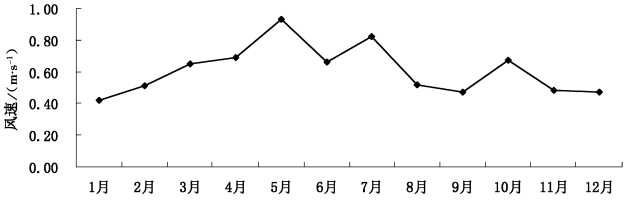

图2 年平均风速的月变化

http://qks.cqu.edu.cn

表 6　季小时平均风速的日变化　　(m·s^{-1})

	小时(h)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
春季	0.41	0.48	0.43	0.56	0.42	0.52	0.54	0.72	0.81	0.93	1.08	1.06
夏季	0.57	0.45	0.48	0.51	0.49	0.51	0.50	0.58	0.61	0.73	0.80	0.95
秋季	0.41	0.38	0.41	0.37	0.44	0.41	0.36	0.36	0.47	0.57	0.73	0.74
冬季	0.35	0.31	0.26	0.36	0.29	0.19	0.22	0.27	0.33	0.39	0.56	0.63

	小时(h)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
春季	1.13	1.08	1.21	1.24	1.10	0.91	0.87	0.70	0.54	0.48	0.59	0.42
夏季	0.94	0.84	1.01	0.92	0.84	0.82	0.66	0.57	0.55	0.54	0.53	0.55
秋季	0.78	0.81	0.81	0.76	0.73	0.66	0.53	0.50	0.49	0.37	0.49	0.41
冬季	0.68	0.78	0.79	0.83	0.74	0.60	0.55	0.48	0.46	0.34	0.36	0.35

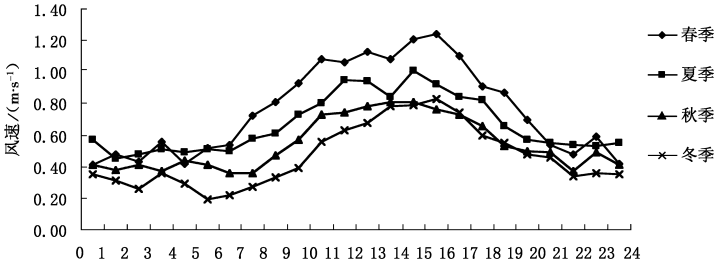

图 3　季小时平均风速的日变化

表 7　年均风频的月变化

		风向																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
风频/%	一月	16.94	3.09	2.02	3.23	3.09	4.70	2.69	4.30	5.51	4.84	1.88	0.81	1.21	2.02	4.44	3.63	35.62
	二月	15.48	3.13	2.83	2.68	2.98	3.87	2.83	3.13	4.02	4.46	2.23	1.64	1.19	5.65	5.21	1.49	37.20
	三月	17.47	4.03	2.42	2.02	2.42	4.70	4.70	2.42	9.68	5.38	1.88	1.75	2.69	5.78	6.18	2.69	23.79
	四月	16.53	3.06	3.47	2.36	5.14	4.72	4.86	3.61	5.56	5.14	1.53	1.67	2.92	5.28	7.08	2.64	24.44
	五月	23.12	6.59	6.45	6.85	5.24	1.88	2.15	3.90	8.60	4.03	3.23	1.08	5.24	3.36	4.57	5.38	8.33
	六月	27.36	3.89	4.17	5.14	4.44	1.39	1.25	1.94	9.44	6.39	4.44	3.61	5.69	2.78	2.78	6.67	8.61
	七月	25.00	4.17	7.26	7.12	4.17	1.88	2.02	2.55	8.60	8.33	2.96	2.82	4.44	3.49	2.82	4.70	7.66
	八月	24.60	4.97	3.23	2.15	4.30	11.29	20.43	5.91	3.90	3.23	0.54	0.54	0.54	3.36	3.23	4.30	3.49
	九月	24.44	3.75	3.33	1.67	2.22	2.22	6.67	4.03	4.58	2.78	1.11	1.11	2.22	6.53	10.00	3.89	19.44
	十月	19.62	4.70	2.28	2.28	2.55	5.24	4.57	3.23	5.11	6.85	3.36	1.61	2.69	4.03	9.81	3.76	18.28
	十一月	18.61	7.78	3.06	1.94	2.36	3.47	4.31	1.53	1.67	3.47	0.97	2.08	1.25	5.00	10.69	5.42	26.39
	十二月	16.94	4.97	3.63	2.96	1.48	3.76	4.97	3.76	4.17	3.23	1.48	0.81	2.69	4.44	9.41	3.76	27.55

表 8　年均风频的季变化及年均风频

		风向																
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
风频/%	春季	19.07	4.57	4.12	3.76	4.26	3.76	3.89	3.31	7.97	4.85	2.22	1.49	3.62	4.80	5.93	3.58	18.80
	夏季	25.63	4.35	4.89	4.80	4.30	4.89	7.97	3.49	7.29	5.98	2.63	2.31	3.53	3.22	2.94	5.21	6.57
	秋季	20.88	5.40	2.88	1.97	2.38	3.66	5.17	2.93	3.80	4.40	1.83	1.60	2.06	5.17	10.16	4.35	21.34
	冬季	16.48	3.75	2.82	2.96	2.50	4.12	3.52	3.75	4.58	4.17	1.85	1.06	1.71	3.98	6.39	3.01	33.33
	全年	20.54	4.52	3.69	3.38	3.37	4.11	5.15	3.37	5.92	4.85	2.13	1.62	2.74	4.29	6.35	4.04	19.93

5.3　区域 SO_2 大气环境容量估算结果

采用 A 值法估算的本次研究的大学城区域范围 SO_2 大气环境容量详见表 9，其中区域背景值采用现状监测资料中最大值，即 0.013 7 mg/m^3。

（下转第 204 页）

Site in Datong City[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 1994(5):339-344.

[7] 彭建兵，张骏，苏生瑞，等. 渭河盆地活动断裂与地质灾害[M]. 西安:西北大学出版社,145-153.

[8] 王兰生，李天斌，赵其华. 浅生时效构造与人类工程[M]. 北京:地质出版社,1994:86-155.

[9] 孙叶，谭成轩，李开善，等. 区域地壳稳定性评价[M]. 北京:地质出版社，1998:330-333.

[10] 李新生，王万平，王静，等. 西安地裂缝两盘地层岩土物理力学性质研究[J]. 水文地质工程地质,2008(2): 58-61.
LI X S, WANG W P, WANG J, et, al. Research on physical and mechanical properties of strata on both sides of Xi'an ground fractures[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2008(2): 58-61.

[11] 胡志平，赵振荣，朱启东，等. 西安某地裂缝两侧黄土物理力学试验[J]. 地球科学与环境学报，2009,31(1):85-88.
HU Z P, ZHAO Z R, ZHU Q D, et, al. (2009) Experimental Study on Physical Mechanic Property of Loess Near Ground Fissure in Xi'an[J]. Journal of Earth Sciences and Environment. 2009,31(1):85-88.

[12] 卢全中，彭建兵，范文，等. 大尺寸裂隙性黄土的直剪试验[J]. 公路,2006(5): 184-187.
LU Q Z, PENG J B, FAN W, et, al. Direct Shear Tests of Large-size Fissured Loess[J]. Highway, 2006(5): 184-187.

[13] 卢全中,葛修润,彭建兵,等. 三轴压缩条件下裂隙性黄土的破坏特征[J]. 岩土力学，2009,30(12):3689-3694.
LU Q Z, GE X R, PENG J B, et, al. Failure characteristics of fissured loess under triaxial compression condition[J]. Rock and Soil Mechanics. 2009,30(12): 3689-3694.

[14] 黄强兵,彭建兵,闫金凯，等. 地裂缝活动对土体应力与变形影响的试验研究[J]. 岩土力学，2009，30(12): 903-908.
HUANG Q B, PENG J B, YAN J K, et, al. Model test study of influence of ground fissure movement on stress and deformation of soil mass[J]. Rock and Soil Mechanics. 2009,30(4): 903-908.

[15] 藤志宏，惠超英. 扫描电子显微镜在黄土微结构研究上的初步应用[J]. 第四纪研究. 1991(3): 282-290.
TENG Z H, HUI C Y. Application of Scanning Electron Microscope to the Study on Micro textures of Loess[J]. Quaternary Sciences. 1991(3): 282-290.

[16] 周翠英，牟春梅. 软土破裂面的微观结构特征与强度的关系[J]. 岩土工程学报，2005,27(10): 1136-1141.
ZHOU C Y, MU C M. Relationship between micro-structural characters of fracture surface and strength of soft clay[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2005, 27(10): 1136-1141.

[17] 宋章，程谦恭，张炜，等. 原状黄土显微结构特征与湿陷性状分析[J]. 工程地质学报，2007,15(5): 646-653.
SONG Z, CHENG Q G, ZHANG W, et al. Analysis of Microstructure Feature and Collapsibility of Undisturbed Loess[J]. Journal of Engineering Geology, 2007,15(5): 646-653.

(编辑　张小强)

(上接第199页)

表9　大学城区域 SO_2 大气环境容量估算结果

功能区名称	面积 S_i/km^2	$A\times10^{-4}/(km^2\cdot a^{-1})$	区域背景值 $C_0/(mg\cdot m^{-3})$	标准限值 $C_{ki}(mg\cdot m^{-3})$	SO_2 大气环境容量 $\times10^4/(t\cdot a^{-1})$
重庆市大学城	21.560 9	2.8	0.013 7	0.06	6 019.7

6 结　论

根据估算结果可见,大学城建成后区域 SO_2 排放总量为122.7t/a,小于区域环境容量,说明重庆市大学城区域布局及人口规模等现有规划较合理,区域大气环境质量可满足规定的二类功能区要求。

参考文献:

[1] 吴静,伍硕. 我国大学城信息资源共建共享模式研究[J]. 中国矿业大学学报:社会科学版,2006,(1):94－98.

[2] 中华人民共和国国家环境保护标准 HJ2.2-2008[S].

(编辑　张小强)