机动车限行对北京市空气污染指数的影响

摘要：为了应对拥堵的交通和恶劣的空气质量，北京市自 2008 年 7 月 20 日以来实施机动车限行政策。墨西哥城也曾于 1989 年末实施类似限行政策，Davis(2008)认为墨西哥城的政策最终没能改善空气质量，反而增加了市民出行成本，总体而言是不成功的。本文借用 Davis(2008)的研究方法，通过对比限行前后北京空气质量，选取天津空气质量作为参照系对比后认为，与墨西哥城的政策效果不同，北京市机动车限行对空气污染指数改善了 1.1-1.22 个点位。

关键词：API 指数；机动车限行；大气污染

一、引言

为了应对北京市拥堵的交通环境和为 2008 年奥运会的举行做准备，北京市于 2007 年好运北京奥运测试赛期间实行“单双号”的限行政策，即汽车车牌尾号为单数的只能在单号日行驶，双数的车只能在双号日行驶。2008 年夏季奥运会期间，北京市于 2008 年 7 月 20 日至 9 月 20 日继续实行“单双号”的限行政策。奥运会结束后，2008 年 10 月 11 日北京市开始实行每周工作日尾号分组限行措施，十个尾号被分为五组，每个工作日每辆车将有一组车辆无法驶入五环路，这项政策在 2008 年每天停驶 80 万辆左右的车。该政策一直延续至今。北京市主要道路电子眼系统比较发达，再加上交警现场执勤，限行政策的执法贯彻力度较强。违反限行规定的车辆将处以 100 元罚款，不对驾驶员扣分，在政策实施初期由于“一日不二罚”的惯例，这样导致违规成本较低。鉴于违反成本较低且部分司机存在侥幸心理，北京警方于 2011 年初开始实施“连续罚款”的措施，即违反限行政策的车辆每次被抓到违规都需要缴纳罚款。

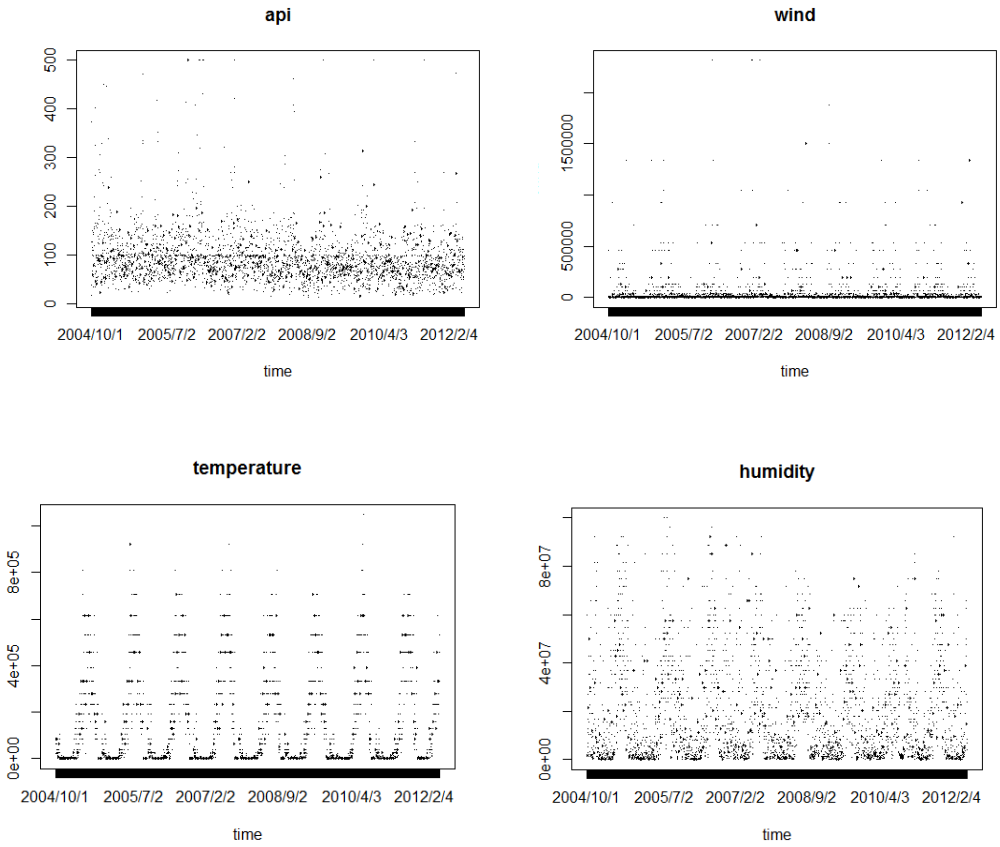
北京市机动车保有量已经从 2007 年末的 307 万辆增加到 2012 年初的 500 万辆，在增加交通拥堵的同时，对北京市空气质量构成极大压力。从环保部公布的空气污染指数（API）数据来看，北京市主要污染物除每年 1 月份为二氧化硫之外，其它月份的首要污染物几乎全部是 PM10（直径小于 10 微米的可吸入颗粒）。PM10 主要来自机动车、材料的破碎碾磨处理以及被风扬起的沙尘，基于环境和交通压力等因素北京市采取机动车尾号限行政策。

墨西哥城于 1989 年采取每辆汽车每周限行一天的政策，限行政策在工作日的早 5：00 到晚 10：00 有效，除公共交通外的私家车全部受该政策约束，限行初期每个工作日停驶车辆多达 46 万辆。Davis(2008)研究发现，该项政策增加了市民出行成本，没有证据表明空气质量因此得到改善，人们因增加购买二手车规避限行导致污染的进一步恶化。鉴于墨西哥城的政策并不成功，为了分析北京市的类似限行政策对空气质量的影响情况，本文借鉴 Davis(2008)的研究方法分析北京市机动车限行政策对空气污染指数的影响。

二、模型说明

关于北京市空气质量的已有研究成果表明，气温、湿度、风速是影响北京市大气污染浓度的三个重要因素，本文借鉴 Davis（2008）的方法将以上三个气象特征列入自变量。从 1961-1990 年历史数据来看，墨西哥城月平均最低气温为一月的 13.4 度，最高为五月的 18.4 度，差别很小。墨西哥城在纬度上同中国海口市相近，属于典型的低纬度热带海洋性气候。与墨西哥城不同，北京市四季分明，几乎每个月都有不同的天气特征，属于典型的温带大陆性气候。从图一可知，风速、温度、湿度三个变量的四次方[1]和 LogAPI 四个变量的波峰、波谷非常显著，具有明显的季节周期性。从气候特征来看，北京市季节性特征非常明显，不同月份的特征差别较大，为此本文引入月份为虚拟变量来解释季节性因素对 API 的影响。这也是本文不同于 Davis(2008)之处。

[1] 为何选择变量的四次方，后文中有详细说明。



图一 四个变量的变化趋势

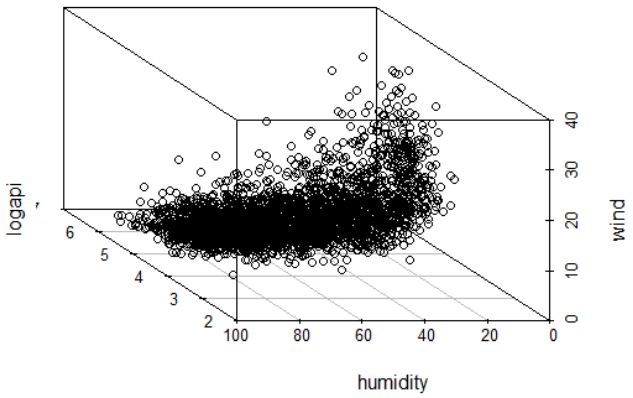
从图二因变量和其中两个自变量（湿度、风速）的 3D 关系[2]可知，自变量和因变量之间并不存在明显的线性关系，经过测试发现，随着引入温度、风速、湿度三个变量的更高次幂，模型的拟合优度更高、显著性增强。为了寻找最优次幂的级数，本文通过计算不同次幂线性回归的 AIC 和 BIC 值，结果如表二所示。从表二可知，随着次幂的提高其 AIC 和 BIC 值都下降，4 级次幂的 AIC 和 BIC 值最低[3]，此后随着幂级提高两个值又变大，因此，本文选三个气象因素的四级次幂、一次幂的交叉项、一次幂为解释变量。

表二 不同次幂模型的 AIC 和 BIC 值

气象变量次幂	1	2	3	4	5	6
AIC	3129	3107	3105	3102.76	3102.84	3103.4
BIC	3249	3246	3243	3241.4	3241.48	3242.1

[2] 因变量同其它自变量关系的 3D 关系与图二相似，为节省篇幅文中未报告，感兴趣的读者可向笔者单独索取。

[3] 这与 Davis（2008）的模型一致。



图二 三个变量的 3D 图示

本文采用计量模型具体如下：

$$\log API = \alpha + \theta D + \beta X + \gamma M + \varepsilon$$

其中，logAPI 代表 API 指数的对数值。D 为虚拟变量，在政策实施前为 0，之后为 1，D 回归系数的大小代表限行政策对 API 指数的影响。X 为温度、湿度和风速三个气象因素的单变量、交叉项、四次方作为解释变量。M 是代表不同月份的虚拟变量。ε 为残差项。从后文表三和图三来看，模型的拟合优度接近于 1，模型的回归残差值接近白噪声分布，模型的 p 值接近于零，F 值非常大，表明模型本身的解释能力较强。

三、数据说明

空气污染指数（API）取值范围为 0-500，指数越高代表空气污染越严重。针对 API 如何计算，北京市环境监测中心给出以下解释：“当二氧化硫浓度小于 50 微克 / 立方米时，它的污染指数也小于 50。假如我们用分析仪器测得某个站点某日的二氧化硫日均浓度值为 80 微克 / 立方米，那么代入公式计算，它所对应的污染指数是 65。又如当日测得的可吸入颗粒物浓度值是 200 微克 / 立方米，则它对应的污染指数就是 125。每天，我们分别计算出各种污染物的分指数，选出各站点污染分指数（API）中的最大值作为该站的污染指数，这个指数在上表中所对应级别就定为这个站的空气质量级别，这个最大指数所对应的污染物就是这个站点的主要污染物。”为了进一步说明 API 指数的构成，该中心还列举了下面的例子：“假设我们将上述站点的一氧化碳、二氧化氮、臭氧分别计算得出 API 为 62、80、98，那么这个站点该日的空气污染指数取 5 个值里最大值 125，首要污染物是可吸入颗粒物，空气质量是Ⅲ级，属于轻度污染。”[4]从该解释来看，API 指数代表了每天首要污染物的浓度。

环保部公布了 2003 年以来全国重点城市的 API 指数和首要污染物。北京市共有 21 个观测点，其中有 7 个观测点位于五环以内，另外 14 个观测点分布于距市中心较远的 10 个县区，这些观测点每小时公布一次污染物浓度并汇总成为对外公布的 API 指数。Weather Underground 公司提供全球主要城市的天气变化资讯服务，本文采用的温度、湿度和风速三个气象变量值来自此公司。本文其它经济数据来自北京市统计局。

从表中数据来看，湿度、温度和风速的最小值和最大值都差别非常明显，各指标的均值和中值相近，除 API 外其它三个气象指标的标准差较大，表明其数值的分布区间较大。这些气象数据表明北京市的天气季节差别较明显，各气象指标的分布比较均匀，极端天气很少。API 原始数据中有五个缺省值，导致其观测值个数比其他三个变量少五个。

[4] 资料来源：北京市石景山区环境保护局。

表一 数据说明

	起止日期	观测值	均值	中值	标准差	最小值	最大值
Log(API)	20040201-20120628	3066	4.42	4.43	0.49	2.48	6.21
温度（°）	20040201-20120628	3071	12.52	14	11.26	-14	32
湿度（%）	20040201-20120628	3071	56.30	56	21.14	9	100
风速（Km/h）	20040201-20120628	3071	10.24	8	5.45	2	39

注：API 有 5 个缺省值。

四、实证结果

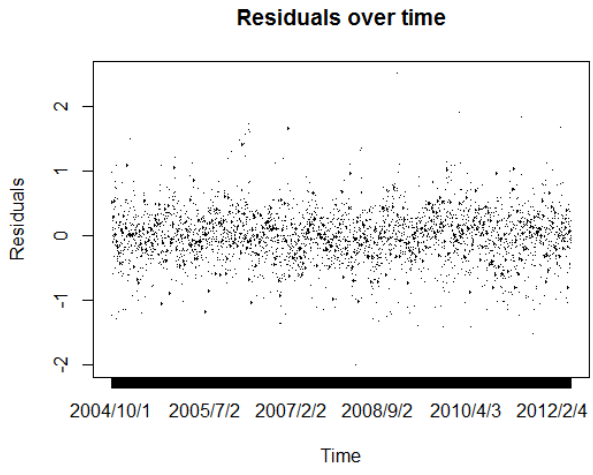
1、北京市回归结果

为了尽量避免时间因素的干扰，本文选取的数据区间最少包含 3 年的周期，为了对照不同时间区段长短政策实施的效果大小，本文将全部数据分为四个区段，如表三所示。从表三的回归结果来看，回归系数为负值表明限行政策在长期和短期内都降低了空气污染程度，在 2004-2012 年长达 9 年的时间内，限行措施让 API 降低了 1.22 个点数。随着时间的缩短其效果也慢慢减弱到 2007-2009 年短至 3 年期的 1.1 个点数。当时间区间处于这最长和最短时期内时，回归值也恰好处于中间位置。所有回归系数都可以通过 1‰的显著性水平检验，回归的拟合优度全部超过 99%，从图三来看最长时间区间模型回归的残差接近白噪声分布，这表明该模型较好模拟了现实。

表三 北京回归结果

	2004-2012	2005-2011	2006-2010	2007-2009
虚拟变量	-0.1977***	-0.1547***	-0.1227***	-0.1039***
	(0.01589)	(0.01661)	(0,02014)	(0.02575)
拟合优度	0.9906	0.9919	0.9919	0.9923

注：“***”代表在 1‰显著性水平下显著。括号内为回归系数的标准差。



图三 回归方程的残差

2、天津市参照回归结果

经济模型本身无法捕捉所有信息，北京市的 API 指数下降可能是由于其它气象因素引起的，为了消除这种看不到的因素的影响，本文选择距离北京市较近且同属直辖市的天津市空气质量变化作为对照组，选取与北京市相同时间段内天气污染变化情况作为对照。如果天津市在相同时间内发生了同北京市同样的变化，则表明北京市的变化主要由其它宏观因素（例

如气候）变化引起的，否则，北京市的变化更可能是自身系统性变化引起的。

本文选取天津市2004-2012年的API指数及温度、湿度和风速分别作为因变量和自变量，运用跟北京市相同的模型做回归分析，结果如表四所示。从下表回归结果可知，2004-2012年长达9年的时期内，天津市的API指数下降较多，当时间缩短为2005-2011年的7年时，这种效应迅速降低为接近于零。从2006-2010年的5年时间范围来看，API指数反而有非常大的提升，但是，该回归无法通过10%的显著性水平检验。当时间缩短至2007-2009年的3年时，这种效应变为正效应，且接近于零。天津市的回归结果前后波动较大，对API影响的正负作用并不确定，有时无法通过显著性检验，这种结果同北京市的结果明显不同，至少证明了天津市的变化同北京市机动车限行时段不同，也就佐证了北京市的机动车限行政策对API指数有一定作用。

表四 天津回归结果

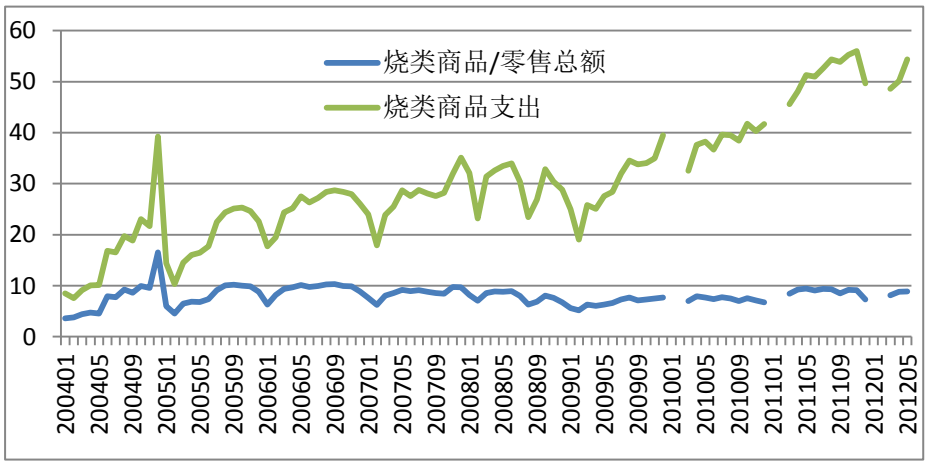
	2004-2012	2005-2011	2006-2010	2007-2009
虚拟变量	-3.506*** （0.01106）	-0.02303* （0.01232）	1.898 （0.01504）	0.0445** （0.0193）
拟合优度	0.9954	0.9953	0.9952	0.9954

注：“*”“ **”“ ***”分别代表10%、5%和1%显著性水平下显著。括号内为回归系数的标准差。

五、其它间接证据

1、汽油支出

从北京市烧类商品支出来看，烧类商品呈现明显的年度周期特征。限行政策实行后烧类商品支出总额迅速下降，达到两年内的最低点，此后由于国际石油价格上涨导致名义支出上升，并最终超过政策实行前的名义支出。烧类商品占零售商品总额的比例从限行政策后一直低于10%的比例，限行后的支出比例明显低于限行前的烧类商品支出比例。在限行三年后的2011年，这个比例又上升到限行前的接近10%，这种上升也许是人们购买更多机动车造成的。



图四 汽油支出及零售支出

注：烧类商品支出单位为亿元，按照名义价格计算。图中断点为缺省值。

2、公交和地铁出行

不可否认的是，北京市公共交通的逐步改善对空气质量的改善起了巨大作用。北京地铁公司所属的地铁线路旅客运送量从2004年的6.07亿人次剧增到2010年的15.95亿人次，2007年和2008年多条市区内线路的开通和2010年末五条轨道交通线的开通极大分流了客流量。这些一方面是由于公共交通环境改善引起的，也有可能是由机动车限行导致的，这样公共交通分流了本来由私家车承担的客流量，对北京市空气质量的改善起到正面作用。

六、总结

为了应对北京市交通拥堵状况和恶化的空气质量，北京市实行了机动车限行政策，这项政策是否成功还需要进一步验证。从目前全球研究成果来看，类似政策对空气质量的改善效果还有待进一步验证。本文选取温度、湿度、风速三个变量为子变量，以 API 指数为因变量，以此观察北京市机动车限行政策对空气质量的改善程度。

本文选取 2004 年以来北京市空气污染指数为研究对象，借用 Davis(2008)的研究方法，运用限行回归方法对比了自 2008 年机动车限行政策实施前后空气质量变化状况，结果表明，与墨西哥市的政策不同，北京市的限行政策将空气污染指数拉低了 1.1-1.22 个点位。为了排除气候变化等宏观因素的影响，本文引入靠近北京且同为直辖市的天津市作为对照样本，按照同北京市同样的时间区段划分，对照结果表明天津市的线性回归结果跟北京市结果差异很大，佐证了北京市的机动车限行效果对 API 指数的改善确实起到了良好作用。除以上证据之外，从汽油支出占零售支出的比例降低、公共交通大幅分流出行人群来看，公共交通发展的综合运用促进了北京市的机动车限行政策取得成功。

参考文献：

[1] Davis, L. W. 2008. "The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City".Journal of Political Economy. Vol.116, No.1, pp.38-81.

The effect of driving restriction on Air Pollution Index in Beijing

Abstract: In order to deal with the crowded traffic condition and worsen air quality, Beijing started the driving restriction on July 20th, 2008. A similar policy was imposed in 1989 in Mexico city, but Davis (2008) believed that policy didn't improve air quality in Mexico city, on the contrary, it increased travelling cost for the citizens, so the policy wasn't successful. In this paper, we tried to compare the air quality before and after the restriction was imposed, and selected Tianjin as reference. From the results we know that, the policy in Beijing managed to decrease air pollution index by 1.1 to 1.22, so unlike the policy in Mexico city, the policy in Beijing was quite successful.

Keywords: API; Driving restriction; Air pollution