

C 题：“禁摩限电”效果综合分析

参赛队员：董欣越（四川大学）

刘 茜（四川大学）

桂良宇（四川大学）

“禁摩限电”效果综合分析问题

摘要

本文建立了“禁摩限电”政策的优化模型，使深圳市的交通情况在满足公众的出行需求以及交通资源总量的前提下，在保证道路交通安全、交通效率以及环保要求的条件下，给出了理想的“禁摩限电”时间段安排。即，在交通指数大于 2 的情况下，应该对电动车加以限制，也就是每天 7 点到晚上 10 点，在晚上 10 点以后，可以适当放宽对摩托车的限制。

在问题一中，通过对深圳市市区某三天的交通指数进行统计分析，运用软件拟合插值出车辆通行速度及其每个时间段的关系，再通过分析其每天的速度来得出电动车对于深圳市区交通的影响，在交通拥堵的情况下，电动车对于交通的影响反而不是那么大，车流过大才是主要因素。但是，在交通相对通畅的情况下，电动车对于交通的影响最为大，所以，这为提供了何时禁摩限电是合适的，并且，模型可以直观的显示出“禁摩限电”政策的优越性。运用模型所计算，可以得到不同路段电动车对于交通状况的影响，由此可以得出“禁摩限电”政策对于深圳市交通有明显的改善作用；并且在顾及人们的情况下，在电动车对交通影响小的情况下，适当放宽对摩托车的限制。

在问题二中，通过对 2003 年至 2014 年期间摩托车和电动车事故中伤亡情况的分析，运用 MATLAB 拟合出对应的 Linear model 函数模型，通过数据走势和预测定性分析出“禁摩限电”对于缓解道路安全问题的必要性与实用性；通过对 2016 年上半年道路安全数据的量化分析，我们看到“禁摩”已经取得了明显的成效，在道路事故发生率和伤亡率方面，涉摩事故都远远低于涉电事故；同时我们也分析得出“禁摩限电”应着重于福田区，并且在工作月份要加强监管，特别是三、四月份人口大量涌入时。

在问题三中，本文通过对深圳市 2009 年至 2015 年间每季度的大气污染物指数、水质污染指数以及城市噪音指数数据的数学处理、分析，运用 MATLAB 对数据进行 Smoothing Spline 曲线拟合，得到相对应的数据走势图表。观察其函数走势，直观的图表中看到以上三项指标在“禁摩”和“限电”政策颁布后均有较为显著的下降趋势。即“禁摩限电”政策的执行对环境带来了正面影响，有助于环境保护，该政策是应坚持推行的。

关键词：“禁摩限电”政策 三次样条 交通效率 交通安全 环境保护

一、问题重述

1. 背景知识

随着社会、经济的发展，城市道路交通问题越来越复杂也越来越引入关注。城市道路交通资源是有限的，各种交通工具，特别是机动车（包括摩托车、电动三轮车等），对安全 and 环境的影响必须得到控制，而人们出行的需求是不断增长的，出行方式也是多种多样的，包括使用公共交通工具。因此，不加限制地满足

所有人的要求和愿望是不现实的，也是难以为继的，必须有所倡导、有所发展、有所限制。

因此，从2016年3月21日开始，一场被称为史上最严厉的“禁摩限电”集中整治行动在深圳开展，该行动重点打击在地铁口、公交站点、口岸和商业区等聚集非法拉客违法行为。据该市交管局通报，行动开展10天内，共查扣电动车17975辆、拘留874人^[1]。地铁口、公交站点、口岸、商业区等聚集非法拉客现象明显减少，涉摩涉电事故警情、交通事故均明显下降，整治行动取得初步成效。

虽然“禁摩限电”政策卓有成效，但却被许多百姓反对。为了使这一政策让更多人了解，得到大多数人的支持，就必须对它进行科学的、不带意识形态的论证。请从深圳的交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响等因素和指标出发，建立数学模型并进行定量分析，提出一个可行的方案。

2. 相关数据

根据题目的要求，本文查找获得连续多年来深圳市交通情况的相关数据，如深圳市交通指数、深圳市交通事故或死亡人数、深圳市环境污染指数 SO_2 、 NO_2 、 IP (Inhalable Particles)等。具体数据，请见后文所附的图表。

3. 具体问题

问题一：通过比较“禁摩限电”政策提出前后相关数据走势的变化，分析并论证该政策的提出对交通效率，如交通拥堵状况，起到了改善作用。在保证交通需求、效率以及环境状况稳定不变的前提下，推出“禁摩限电”政策的最佳实施方案。

问题二：通过比较“禁摩限电”政策提出前后相关数据走势的变化，分析并论证该政策的提出对交通安全状况，产生的影响。

问题三：通过比较“禁摩限电”政策提出前后相关数据走势的变化，分析并论证该政策的提出对环境状况的改善有积极的影响。

二、模型的假设

假设一：电动车和摩托车在市区内行驶过程中采用其平均速度，即 20 km/h ，且保持该速度不变。

假设二：在车辆拥堵情况下，和电动车或摩托车一个车道的机动车速度不会大于电动车或摩托车，机动车不会超车，即将电动车或摩托车视为一个速度较慢的机动车。

假设三：交通安全方面，本文认为人是较为理性的，不会故意驾驶机动车辆冲撞电动车或摩托车；电动车或摩托车主也不会故意将自己撞伤。及不考虑恶性的交通事故，如故意驾车伤人等。

假设四：考虑大气污染指数时，将工厂、机动车辆的废气、尾气排放视为固定不变的量。因为，工厂短期内很难在已有废气排放控制的基础上进一步减小；同样，深圳市乃至全国的机动车辆数是逐年递增的，其尾气排放量减小的可能性也较

低。

三、符号说明

N : 电动车、摩托车对道路通行量影响的指数

V : 车辆速度 单位: km/h

n : 交通指数

X : 车道数 单位: 条

Y : 道路通行量 单位: 车道数 $\cdot km/h$

四、模型的分析、建立及求解

1. 问题一

首先, 摩托车为什么会让交通路况变糟?

道路通行能力是表示道路所能承担车辆通过的能力^[2-3]。当道路上实际交通量小于其通行能力时, 道路上行驶车辆处于自由行驶状态, 车速较高, 交通密度较小, 车头时距分布规律符合负指数分布, 车辆能实行超车; 当道路上实际交通量接近或等于其通行能力时, 道路上行驶的车辆用接近匀速的车速跟踪行驶, 出现车队行驶现象, 车头时距分布接近均值; 当道路上实际交通量超过其通行能力时, 道路上行驶车辆密度增大, 车速降低, 出现交通拥挤和阻塞现象。

根据政策规定, 深圳限制超标电动车和摩托车上路行驶。禁止时间为 0 点到 24 点, 其实, 在凌晨和某些畅通阶段的交通是很好的, 电动车对于道路行驶没有影响。但是一旦到达车流高峰期, 大量车辆涌入其中一条道路, 在此过程中, 车辆流入速度(进入道路视为流入)大大增加, 远远大于车辆流出速度(到达目的地视为流出), 这时, 就会产生缓行, 拥堵的现象。而大量电动车的涌入, 会和行人和自行车抢占非机动车道资源, 还会和机动车抢占机动车道。在车辆很多的时间, 机动车超车显得尤其困难, 所以机动车不得不放慢速度, 以至于机动车速度基本和电动车速度持平。这样更加造成车辆流出速度减小, 使得缓行更为缓慢, 拥堵更为严重。

a. 模型的准备

道路的通行能力, 指单位时间内通过的最大交通体, 单位时间内通过的最大交通体可以转化为交通体的速度与车道数目的乘积来表示, 速度越大, 通过的交通体越多, 同等速度, 车道越多, 通过交通体越多, 道路的通行能力越强。因此, 本文从数据出发, 在网站上搜集到了深证市区某三天每个小时的交通指数^[4]。交通指数, 也称交通拥堵指数或交通运行指数, 是综合反映道路网畅通或拥堵的概念性指数值。

因为深圳市禁摩限电的范围在主市区, 并且搜集资料时, 只能搜集到历史交通指数, 所以需进行交通指数与行驶速度的转化, 本文统计出深圳市某三天的市区交通指数 n , 时间由 1 到 72, 作出各个时间的散点图, 对于交通指数与车辆行

驶速度关系的转化。本文找了某个时间段深圳市区交通指数及其对应的车辆行驶速度，运用二次多项式拟合出函数图像及表达式， $V = f(n)$ ，相关系数 ρ 为 0.9562，拟合程度较好。然后，将交通指数与时间段的关系转化为行驶速度和时间段的关系，运用三次样条插值得出一个函数及图像，由梯形积分法计算出速度对时间的积分，再除以对应的时间即为车辆的行驶平均速度。

电动车对于道路通行量的影响：

车辆在高峰期行驶速度可以由数据拟合插值得出，记为 V ，设道路通行量为 Y ，在高峰期的时候，车辆拥堵，车辆是不可能进行超车的，设道路有 X 条车道，在没有电动车的情况下， X 条车通行量可以表示为

$$Y = XV$$

有了电动车以后，高峰期电动车数目也非常多，假设抢占其中一条机动车道，电动车速度不超过 20km/h，影响最小状态下，电动车以最大速度行驶，此时，道路通行量变成了

$$Y_1 = (X-1)V + 20$$

可以得出两个通行量之比，这样，可以更加直观的显示出电动车对于道路通行的影响。

$$N = \frac{Y_1}{Y} = \frac{X-1}{X} + \frac{20}{XV}$$

b. 模型的建立及求解

本文统计深圳某三天市区各时间交通指数如表 1-1

表 1-1 深圳某三天时间与交通指数

时间 (h)	交通指数	时间 (h)	交通指数	时间 (h)	交通指数
1	0.2	25	0.2	49	0.2
2	0.2	26	0.2	50	0.3
3	0.3	27	0.3	51	0.2
4	0.4	28	0.4	52	0.4
5	0.2	29	0.3	53	0.3
6	0.3	30	0.3	54	0.2
7	0.2	31	2.2	55	0.4
8	3.1	32	4.1	56	4.4
9	4.2	33	6.2	57	4.4
10	3.9	34	4.2	58	3.2
11	3.7	35	2.7	59	2.7
12	2.9	36	2.2	60	2.5
13	1.8	37	1.8	61	1.9
14	2.4	38	2.2	62	2.2
15	3.7	39	2.8	63	3.2
16	3.8	40	3.9	64	4

17	4.1	41	3.8	65	3.9
18	4	42	4.5	66	4.9
19	6.3	43	6	67	7
20	3	44	3.6	68	4.2
21	2.3	45	2.4	69	2.6
22	1.9	46	1.9	70	2.2
23	0.6	47	0.6	71	0.6
24	0.4	48	0.3	72	0.2

作出其散点图，使之看起来更加直观, 如下图 1-1

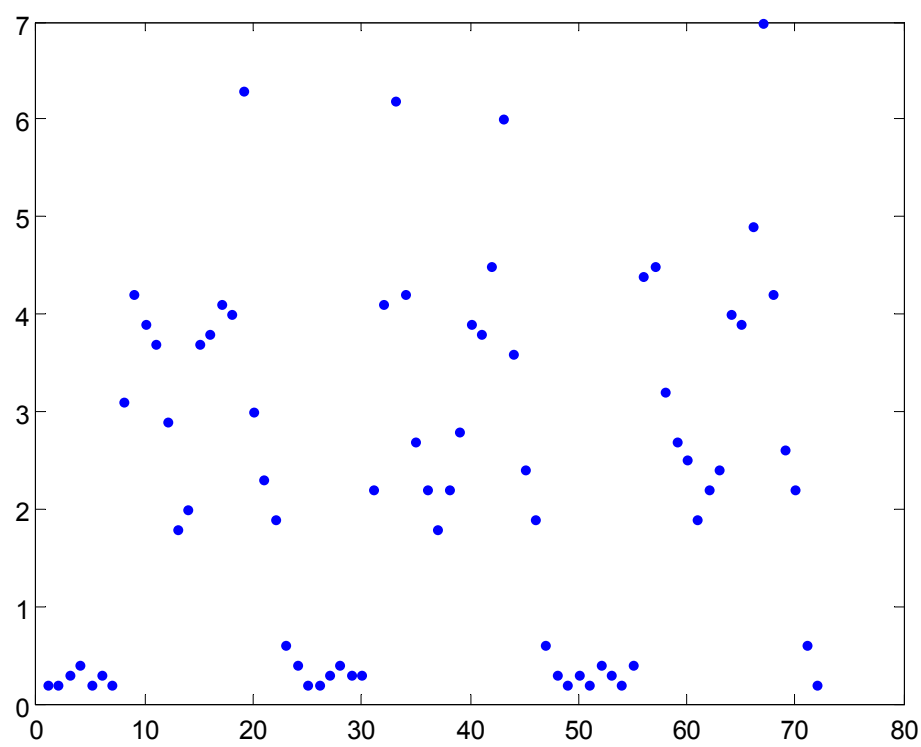


图 1-1 深圳市某三天交通指数与时间的关系
(制图编程见附件 1-1)

由统计分析可以得出，每一天从 22 点到凌晨 7 点，道路是处于非常畅通的阶段，而在 8 点到 10 点，下午 16 点到 20 点，道路处于比较拥堵的状态，此时应着重分析。

其次，本文还统计了深圳市区某个时间段交通指数与其车辆行驶速度的关系，统计如表 1-2。

表 1-2 深圳市区内交通指数和速度的关系

交通指数	速度 (<i>km/h</i>)	交通指数	速度 (<i>km/h</i>)	交通指数	速度 (<i>km/h</i>)	交通指数	速度 (<i>km/h</i>)
3.2	32.2	4.6	31.6	9.1	18.0	9.7	16.7

8.5	17.7	3.3	35.0	4.9	28.6	4.5	25.9
7.3	19.2	1	45.3	6.6	24.1	7.0	21.6
3.4	32.5	7.0	24.5	8.2	19.1		

对应的散点图如图 1-2

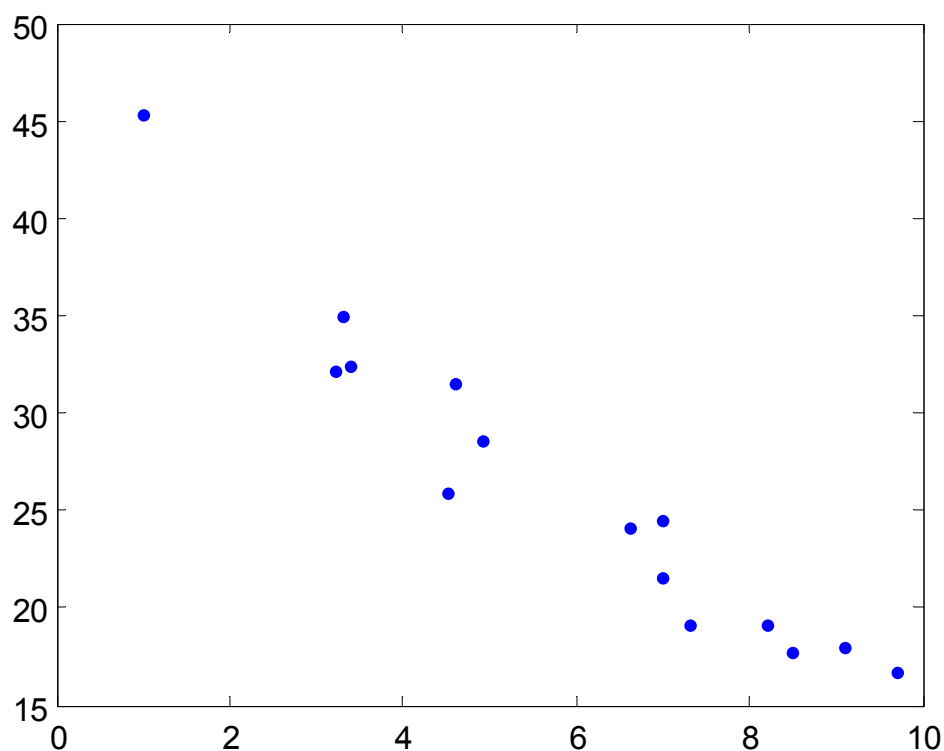


图 1-2 车辆指数与速度关系散点图

(制图编程见附件 1-2)

由散点图可得,交通指数并不单纯与车辆行驶速度线性相关,还与车道状态,车辆大小等因素相关,所以使用拟合方式将行驶速度和交通系数的关系近似为函数表达出来。运行,多次二项式拟合结果得:

Linear model Poly2:

$$f(x) = p_1 \cdot x^2 + p_2 \cdot x + p_3$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$p_1 = 0.2234 \quad (0.05229, 0.3945)$$

$$p_2 = -5.56 \quad (-7.525, -3.594)$$

$$p_3 = 49.77 \quad (44.68, 54.87)$$

于是,行驶速度

$$V = 0.2234n^2 - 5.56n + 49.77$$

分析可得，表达式基本符合汽车在市区的行驶速度。拟合曲线如图 1-3 所示：

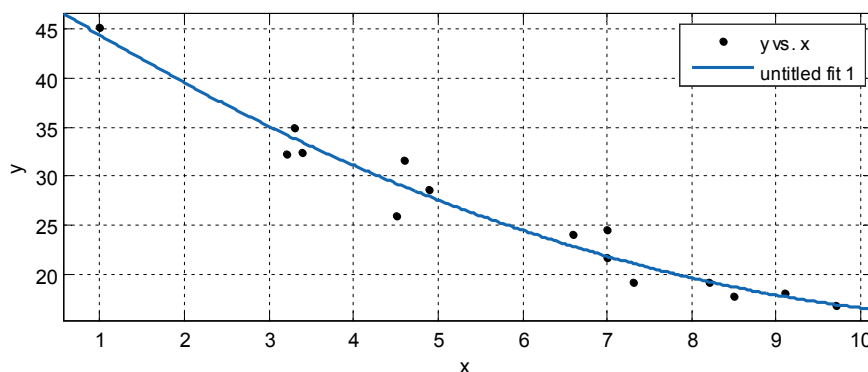


图 1-3 交通指数与行驶速度关系拟合图

运用公式，将交通指数与时间的关系转化为行驶速度与时间的关系，对应的散点图为图 1-4

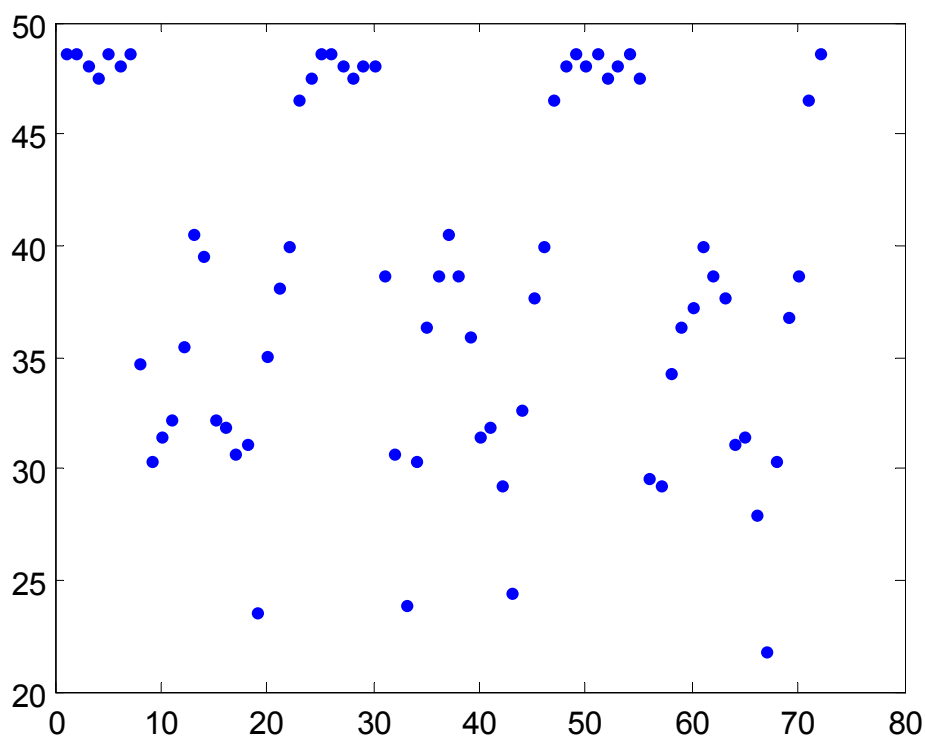


图 1-4 深圳市市区某三天各个时间段的行驶速度与时间散点图
(制图编程见附件 1-3)

由图可以分析的出，深圳市每天各个时间段的行驶速度近乎相同，与现实相符。

随后，本文运用 3 次样条插值法对数据进行处理，求出每天车辆行驶速度对时间的积分，除以时间就是每天的平均行驶速度。作出图为图 1-5。

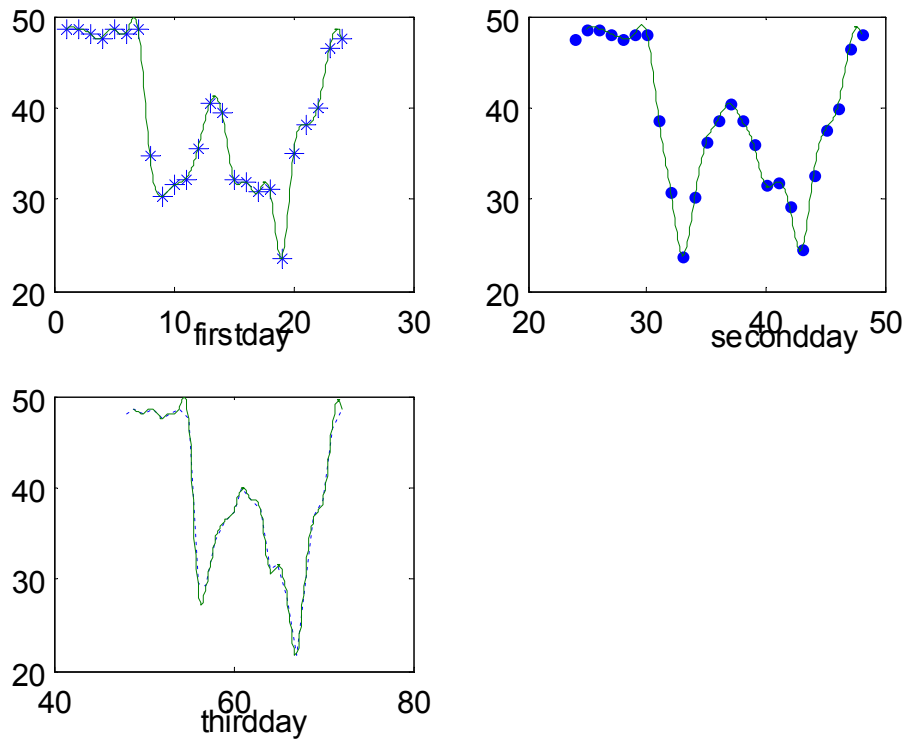


图 1-5 深圳市市区某三天每一天的速度三次样条插值图

- 1) 电动车平均对城市交通通行影响为 $N = \frac{X-1}{X} + \frac{20}{XV}$

运行结果:

$$f_{13} = 892.1567 \quad (f_{13} \text{ 为第一天速度对时间的积分})$$

$$f_{23} = 877.1081 \quad (f_{23} \text{ 为第二天速度对时间的积分})$$

$$f_{33} = 885.6772 \quad (f_{33} \text{ 为第三天速度对时间的积分})$$

(计算编程见附件 1-4)

$$V_1 = \frac{892.1567}{24} = 37.17(km/h)$$

$$V_2 = \frac{877.1081}{24} = 36.55(km/h)$$

$$V_3 = \frac{885.6772}{24} = 36.90(km/h)$$

分析数据, 相差不大, 且符合现实中城市交通工具的行驶速度。

$$\text{取其平均值, } V = \frac{37.17 + 36.55 + 36.9}{3} = 36.90(km/h)$$

$$\text{若为 2 车道, } N = 0.5 + \frac{20}{2 \times 36.9} = 0.77, \text{ 即道路通行量变为原来的 0.77 倍}$$

若为 3 车道, $N = \frac{2}{3} + \frac{20}{3 \times 36.9} = 0.85$, 即道路通行量变为原来的 0.85 倍

若为 4 车道, $N = \frac{3}{4} + \frac{20}{4 \times 36.9} = 0.89$, 即道路通行量为原来的 0.89 倍

车道越多, 影响越小。

2) 高峰时期, 电动车对城市交通能力的影响。

高峰时期指的是早上 8 点到 11 点, 下午 16 点到 20 点。计算出这段时间的车辆行驶平均速度为

8 点到 11 点:

运行结果:

$$f_{81} = 62.542$$

$$f_{82} = 65.919$$

$$f_{83} = 60.339$$

16 点到 20 点:

运行结果:

$$f_{161} = 115.5441$$

$$f_{162} = 116.0041$$

$$f_{163} = 110.1394$$

(计算编程见附件 1-5)

两组数据除以对应时间得平均行驶速度

$$V_1 = \frac{62.542 + 115.5441}{7} = 25.44(km/h)$$

$$V_2 = \frac{65.919 + 116.0041}{7} = 25.99(km/h)$$

$$V_3 = \frac{60.339 + 110.1394}{7} = 25.25(km/h)$$

$$\text{均值 } V = \frac{25.44 + 25.99 + 25.25}{3} = 25.25(km/h)$$

若为 2 车道, $N = 0.5 + \frac{20}{2 \times 25.25} = 0.89$, 即道路通行量变为原来的 0.89 倍。

若为 4 车道, $N = \frac{3}{4} + \frac{20}{4 \times 25.25} = 0.94$, 即道路通行量为原来的 0.94 倍。

可以看出, 高峰时期电动车虽然对交通影响的倍数减小了, 但是高峰时期的交通处于一个全部堵塞的状况, 电动车的加入会加剧这种状况, 是交通状况更加混乱。值得说明的是, 高峰时期, 大家都在堵, 电动车不是造成堵的主要原因, 主要原因是车流量过于庞大。

但是, 又有一个新的问题, 在交通堵塞的情况下, 很多电动车主就会从机动车的旁边溜过去, 但是, 这样会大大提高安全隐患, 并且, 很多电动车主不遵守交通法规, 乱闯红灯, 造成安全事故, 另外大量的电动车主不按章行驶, 逆行、人行道飙高速, 那都是屡见不鲜, 也威胁到了正常路权拥有者的安全, 产生伤亡。所以, 经过分析, 为了减少道路的拥堵和保证安全, 在高峰时期禁用电动车是十分必要的, 然而, 在交通较为畅通的情况下, 电动车对交通影响最大, 此时也应该加以限制, 在凌晨等无车阶段, 可以适当的放宽对电动车的限制。

自从“禁摩限电”政策发布以来, 遭到了很多人的反对和不理解, 电动车作

为自行车的升级版，如今已经是主流的交通工具，特别是一些中低收入的工作人员，他们的工作奔波劳累，经常要在不同的地方之间跑来跑去，比如快递员、比如一天奔波几个工地的装修工人，这个群体，是社会中最需要获得帮助和支持的群体。禁行电动自行车，会对他们的工作、生活造成极大的负面影响，但是，对于城市的道路交通资源是有限的，电动车对于交通资源的影响很大，对于一个城市来说，交通是最为重要的，一旦交通资源被无关的工具占用过多，城市就会偏离原来的轨道。而对于深圳来说，交通工具越来越发达，公共交通工具也是越来越多，效率越来越高，所以人们出行可以使用公交车或者地铁，它们都属于效率高，花费少的交通工具，完全可以替代电动车。但是，在道路交通资源空闲的时候，也就是晚上凌晨时分，此时，路上一般是没有车的，这个时间段里，电动车对整个城市的交通几乎没有影响。

综上所述，本文认为，在交通指数大于 2 的情况下，应该对电动车加以限制，也就是每天 7 点到晚上 10 点，在晚上 10 点以后，可以适当放宽对摩托车的限制，这样对人民生活可以有很大作用。

2. 问题二

a. 模型的分析

道路交通安全问题也是实施“禁摩限电”政策的一个主要原因。通过收集近十年间深圳市道路交通事故的各方面详细数据。统计数据，可以进行以下方面的数据分析^[5]：

- 1) 分别分析摩托车事故和电动车事故各自的死亡人数和受伤人数在近十年间变化趋势及所处大致水平，以及其在深圳市总的交通事故伤亡人数中的占比，从而初步判断摩托车和电动车事故的严重程度及其对于道路安全的威胁程度；
- 2) 将摩托车、电动车事故的伤亡率与同期汽车事故伤亡率进行比较，分析摩托车事故和电动车事故的严重程度；
- 3) 分别统计分析出摩托车和电动车每年事故高发的月份、每月事故高发的日期以及每天事故高发的时间段，以便于进行“禁摩限电”最优时间段的安排；
- 4) 分别统计分析出摩托车和电动车事故高发的区域及道路，以便进行“禁摩限电”最优地点的安排；
- 5) 分别统计摩托车事故和电动车事故的肇事原因（如不按规定让行，疏忽大意，违章占道行驶，违章停车等等）及肇事方式（如与其他机动车或非机动车相撞，与行人相撞，自身摔倒等等），分析导致事故发生的主要因素；

下面首先分析第一点。如下，本文统计了 2004 到 2013 年间全国摩托车事故和电动车事故对应的死亡人数与伤亡人数（由于无法找到深圳市的数据，因此采用全国的数据进行分析，此处数据替代处理包含在模型误差中）^[6]，汇总如下表 2-1 所示。

表 2-1 2004-2013 摩托车事故和电动车事故伤亡人数统计

	摩托车		电动车		全国	
年份	死亡人数	受伤人数	死亡人数	受伤人数	死亡人数	受伤人数

2004	22835	126166	589	5295	23424	131461
2005	21895	128434	1037	9485	22932	137919
2006	19993	115112	1601	12417	21594	127529
2007	18158	100279	2469	16468	20627	116747
2008	16270	79904	3107	17303	19377	97207
2009	14900	72101	3678	19573	18578	91674
2010	14264	65599	4029	20311	18393	85910
2011	13123	60029	4790	23830	17913	83859
2012	12856	55773	5324	26966	18180	82759
2013	12621	53179	5752	29010	18373	78189

经过对表 2-1 中的数据简单分析后，利用 MATLAB 对 2004-2013 年间每年摩托车和电动车事故中死亡率和受伤率进行计算，并且绘制出下图 2-1。

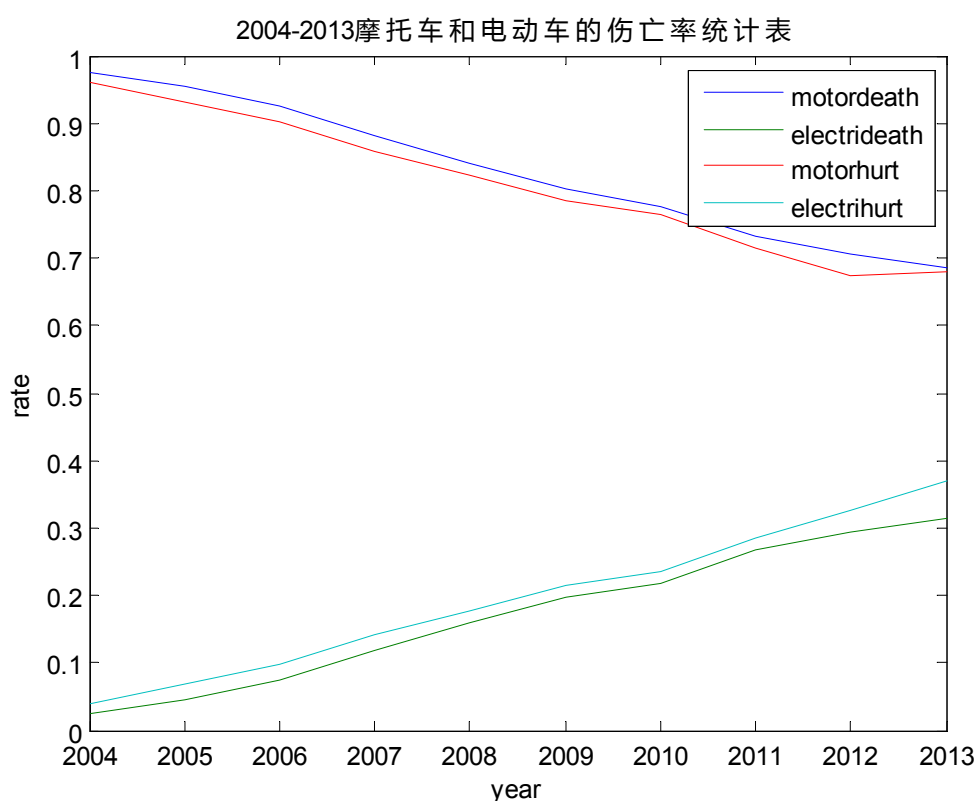


图 2-1

从图中可以看出，从 2004 年到 2013 年，摩托车事故中的死亡率和受伤率逐年下降，这说明“禁摩”这项措施取得了比较有效的成果，摩托车事故率明显降低，这对于道路安全有较大的改善；而电动车事故中的死亡率和受伤率却在逐年

上升，这并不排除可能是由于“禁摩”之后，公众普遍选用电动车来替代摩托车出行，从而致使电动车事故发生的绝对数与相对数都在逐年递增。这个情况说明了在维持道路安全方面“限电”政策不但是有用、必要的，并且力度还需要加强。并且，从图中还可以看出，电动车事故的伤亡率虽然逐年上升，但是其仍然远远低于摩托车事故的伤亡率。可以看出，相较于电动车来说，摩托车对于道路交通安全仍然是比较主要的威胁。因此，“禁摩”措施应该要维持下去，并且需要配合以适当的“限电”措施，这样才会对于道路交通安全情况有较好的改善作用。

单独分析摩托车事故和电动车事故对应的死亡率和受伤率随时间变化的情况。我们通过图 2-1 可以预先推断出其符合线性函数模型形式，因此利用 MATLAB 进行 Linear model 拟合，得到具体的线性函数，分别写在了对应的每个图形下面。具体见下图 2-1，图 2-2，图 2-3，图 2-4。

通过具体的函数关系我们可以更直观的看到摩托车事故和电动车事故中死亡率和受伤率随时间变化的情况。通过函数关系，可以计算出按照现在的情况发展下去，未来每年在摩托车事故和电动车事故中大致的死亡率和伤亡率情况。这是非常残忍和可怕的预测，我们当然不能任由这种伤亡情况继续发展下去。所以，通过这种具体的数值分析，我们更加看到了“禁摩限电”的必要性和重要性。

b. 模型的建立及分析

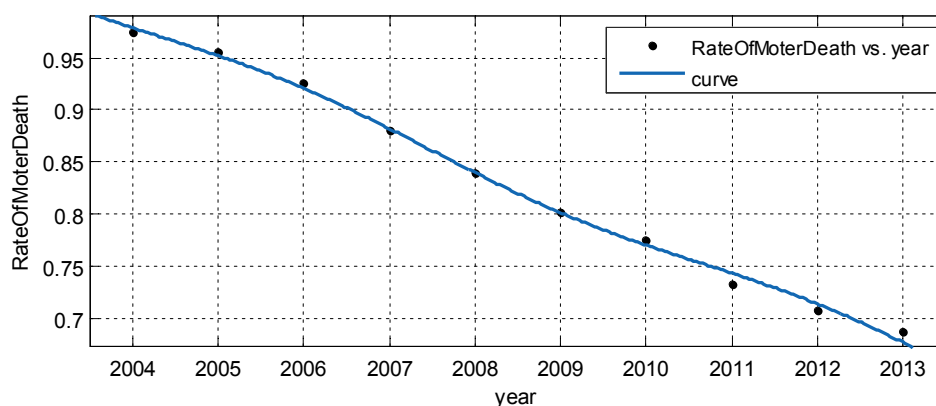


图 2-2

Linear model:

$$f(x) = a(\sin(x - p_i)) + b((x - 10)^2) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = -0.008025 \quad (-0.01583, -0.0002206)$$

$$b = -8.617e-06 \quad (-9.076e-06, -8.158e-06)$$

$$c = 35.24 \quad (33.41, 37.08)$$

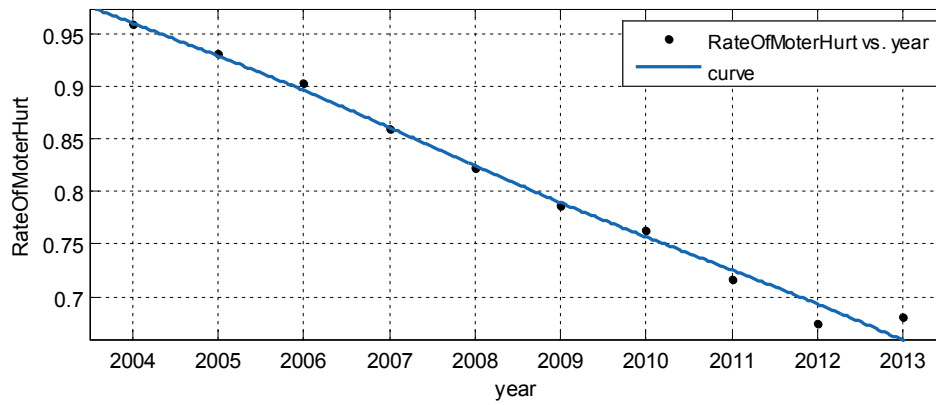


图 2-3

Linear model:

$$f(x) = a(\sin(x - p_i)) + b((x - 10)^2) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = -0.002625 \quad (-0.01626, 0.01101)$$

$$b = -8.47e-06 \quad (-9.272e-06, -7.668e-06)$$

$$c = 34.64 \quad (31.44, 37.84)$$

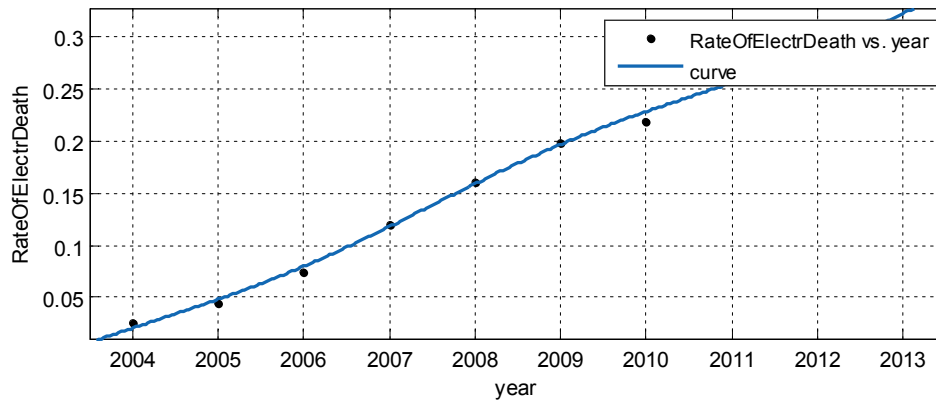


图 2-4

Linear model:

$$f(x) = a(\sin(x - p_i)) + b((x - 10)^2) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = 0.00706 \quad (-0.001589, 0.01571)$$

$$b = 8.585e-06 \quad (8.076e-06, 9.094e-06)$$

$$c = -34.12 \quad (-36.15, -32.08)$$

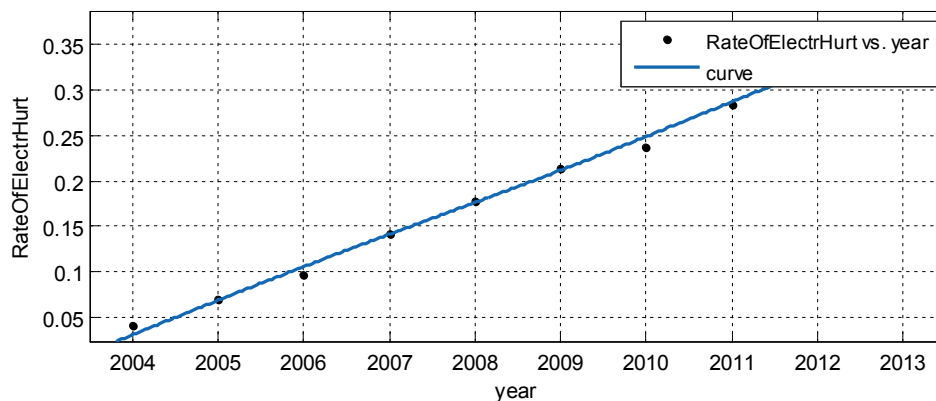


图 2-5

Linear model:

$$f(x) = a(\sin(x - p_i)) + b((x - 10)^2) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = -0.001697 \quad (-0.01057, 0.00718)$$

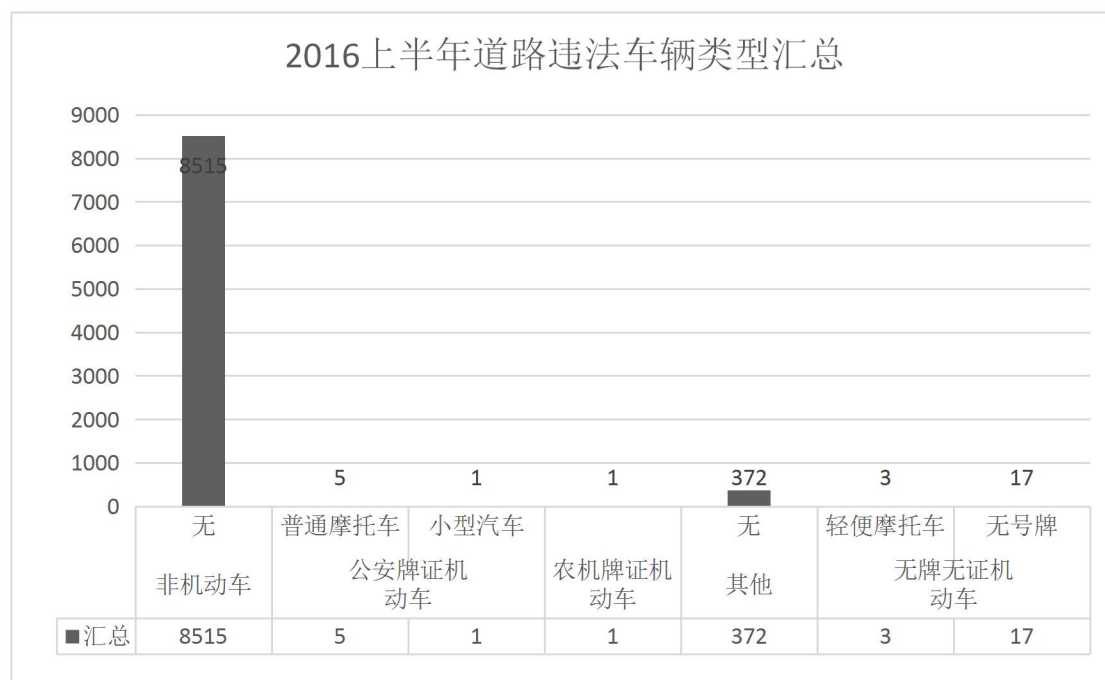
$$b = 9.133e-06 \quad (8.611e-06, 9.656e-06)$$

$$c = -36.28 \quad (-38.37, -34.2)$$

(以上四幅图的制图编程见附件 2-1 与附件 2-2)

以上是对于摩托车和电动车事故中伤亡率情况的具体分析。结合组委会后续给出的 2016 年上半年的一些道路安全方面的数据，我们又做了以下分析。

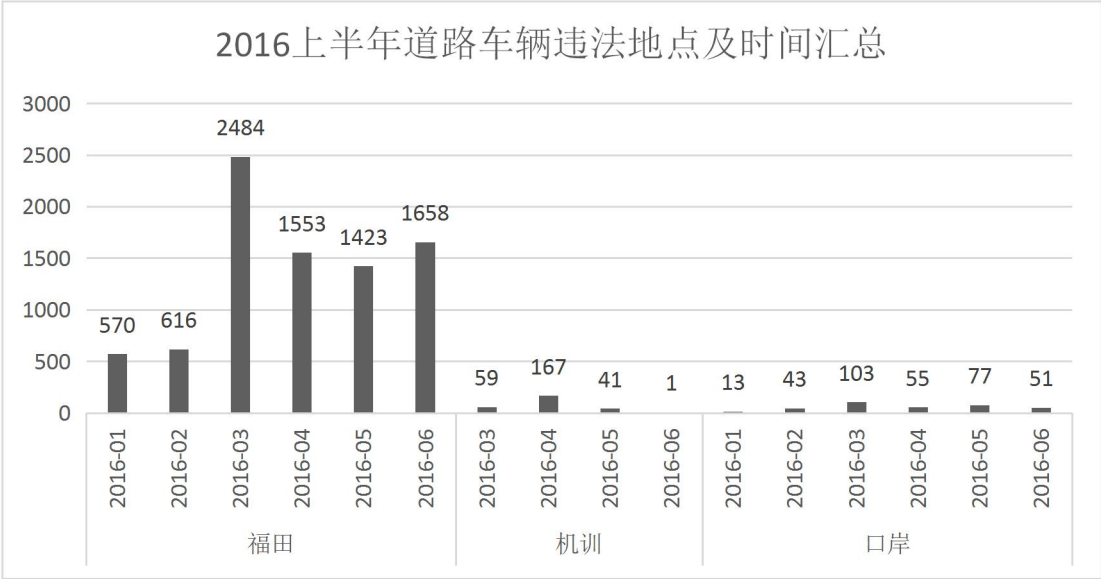
(1)



由以上柱状图可以看出，2016 上半年的违法车辆中，无牌照的非机动车数量最多，即电瓶车 and 电动车的事故发生率最高；同时摩托车的数量较少，仅仅八例，

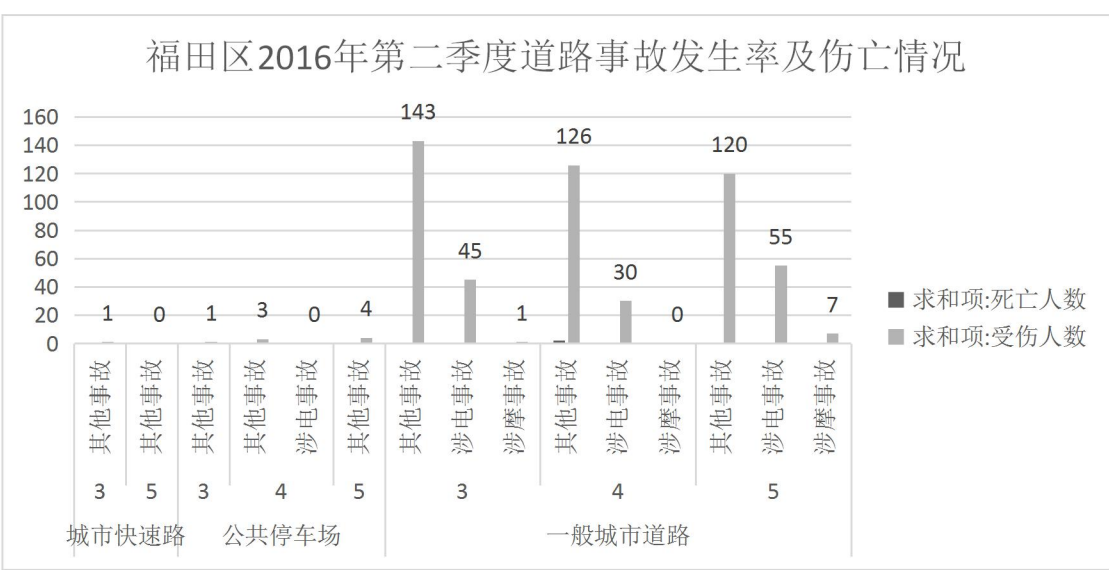
说明“禁摩”措施的实施力度和效果非常不错。那么目前来说，还是主要控制无牌照非机动车的出行。

(2)



由上图可以看出，2016 上半年，福田大队的事故发生率远远高于机训大队和口岸大队，这可能是由于行经福田区的车辆数最多；并且三个区都在三月份事故发生率最高，一月份和二月份事故发生率最低，四月份、五月份、六月份事故发生率居中但也处于较高的水平。三月份是春节后人们开始上班的第一个月，也是大量外来务工人员重新涌入深圳的高峰期，人流量和车流量都比较大，事故发生率也是最高；以后几个月事故发生率虽然有所降低，但是仍处于较高水平上。因此，“禁摩限电”措施应该着重于福田大队，并且着力控制工作月份的车辆行驶，特别是节假日前后大量人口涌入涌出阶段。

(3)



对福田区三、四、五月份道路事故发生情况的单独分析如上图。从图中明显可以看出，在一般城市道路上事故发生率最高，远远高于城市快速路和公共停车场；三种事故中，其他事故发生率最高，涉电事故和涉摩事故发生率远远低于其他事故发生率，并且涉摩事故相当少，和其他两种事故相比几乎可以忽略；道路事故死亡率很小，几乎为零；同时，三月份的事故发生率仍然最高。这说明，“禁摩限电”措施应该着重在一般城市道路上，并且“禁摩”成效显著，下一步需要加强“限电”的力度。

综合以上讨论，我们可以看出“禁摩限电”政策的必要性和实用性，同时也看到了“禁摩”取得了明显的成效，而“限电”仍需要进一步加强，并且要着重于福田区的控制，特别是长假前后大量人口涌入涌出时段要特别注意。但是，在道路安全方面，政府也不能一味地“禁摩限电”，这会在一定程度上影响公众正常的交通需求，导致这项政策不能得到大家的理解和支持。政府应该充分考虑公众的出行问题，大量搜集数据，结合交通状况，给公众一个合理的交通出行安排，这样才会真正使公众出行的安全性和舒适性得到质的提升。

3. 问题三

大自然是善良的慈母,同时也是冷酷的屠夫。 ——雨果

环境问题是21世纪面临的最严峻挑战之一，保护环境是保证经济长期稳定增长和实现可持续发展的基本国家利益。环境问题解决得好坏关系到中国的国家安全、国际形象、广大人民群众的根本利益，以及全面小康社会的实现。为社会经济发展提供良好的资源环境基础，使所有人都能获得清洁的大气、卫生的饮水和安全的食品，是政府的基本责任与义务。

大气污染与水污染、噪声污染、废物污染被看成是世界范围内四个主要环境问题。“禁摩限电”政策的提出在一定程度上也是出于对环境保护的考虑。例如电动自行车，若高频使用一般半年更换电池，深圳市全年电动自行车废旧电池的回收量约在2万吨以上，无正规回收机制，极易造成环境污染。噪音污染的危害更是多方面的。轻者，可引起听力损失，精力不能集中，失眠，神经衰弱；严重者，可使血压升高，心脏功能失常，并能诱发其他疾病。另外，噪声还会严重影响人的工作效率，有时甚至引起一些不必要的矛盾和纠纷。可以说：一个国家对噪声的控制，从一个侧面反映了这个国家的经济发展、科学水平和文明的程度。^[7]

由于数据收集的原因，本文以该政策对大气污染的影响为例，拟合分析图像。水体污染方面，通过收集水质综合污染指数数据同上拟合分析图像；噪音污染方面，通过收集城区内每季度平均噪音 dB(A) 数值数据同上拟合分析图势。

a. 模型的分析

判定空气质量优良的指标通常有 SO_2 、 NO_2 、 IP 以及 AOI 等。本文收集到如下表 3-1 数据^[8]，分析并判断其走势。

表 3-1 2009 年—2015 年深圳市大气污染物含量季度表

时间 污染物	SO_2 ($\mu g / m^3$)	NO_2 ($\mu g / m^3$)	IP ($\mu g / m^3$)
-----------	--------------------------	--------------------------	------------------------

2009 年一季度	0.013	0.045	0.061
2009 年二季度	0.011	0.037	0.048
2009 年三季度	0.012	0.037	0.045
2009 年四季度	0.015	0.051	0.074
2010 年一季度	0.011	0.042	0.064
2010 年二季度	0.008	0.037	0.040
2010 年三季度	0.010	0.036	0.039
2010 年四季度	0.014	0.064	0.086
2011 年一季度	0.013	0.062	0.070
2011 年二季度	0.008	0.045	0.050
2011 年三季度	0.009	0.036	0.038
2011 年四季度	0.013	0.050	0.070
2012 年一季度	0.008	0.046	0.053
2012 年二季度	0.007	0.036	0.042
2012 年三季度	0.010	0.038	0.046
2012 年四季度	0.011	0.048	0.067
2013 年一季度	0.012	0.048	0.068
2013 年二季度	0.009	0.037	0.045
2013 年三季度	0.008	0.032	0.041
2013 年四季度	0.014	0.042	0.091
2014 年一季度	0.010	0.041	0.064
2014 年二季度	0.0077	0.033	0.040

2014 年三季度	0.008	0.031	0.040
2014 年四季度	0.010	0.038	0.070
2015 年一季度	0.009	0.038	0.066
2015 年二季度	0.008	0.030	0.036
2015 年三季度	0.009	0.031	0.040
2015 年四季度	0.008	0.034	0.053

根据表，我们可以得到全面禁摩以及“禁摩限电”政策发布前后，如下大气污染物分别的走势图。

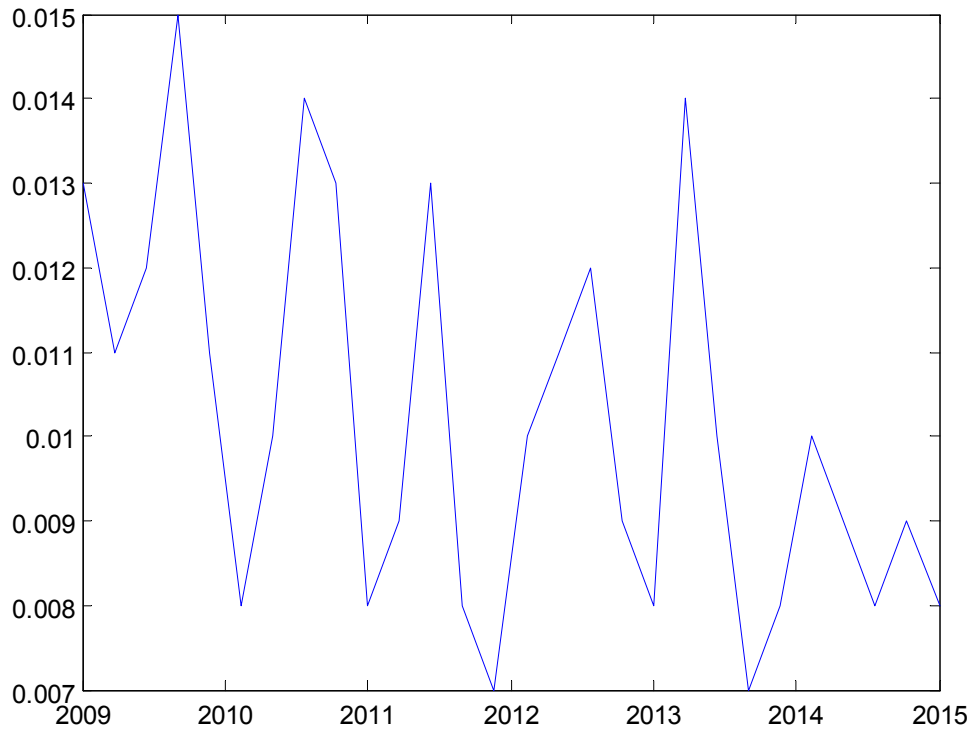


图 3-1 SO_2 2009 年-2015 年季度含量

(制图编程见附件 3-1)

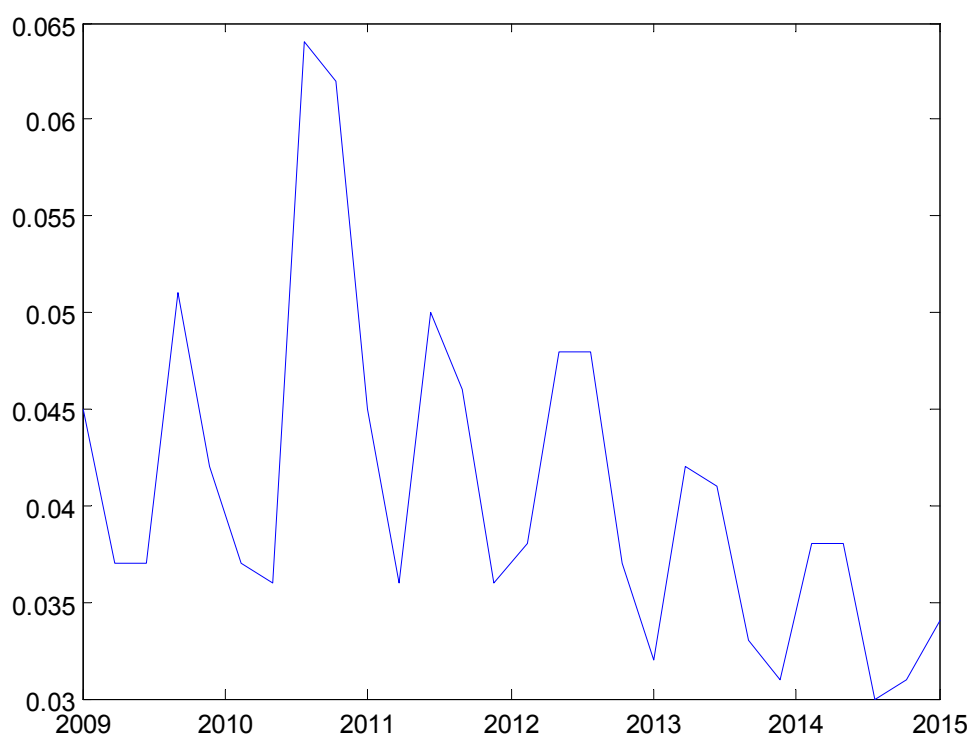


图 3-2 NO_2 2009 年-2015 年季度含量

(制图编程见附件 3-2)

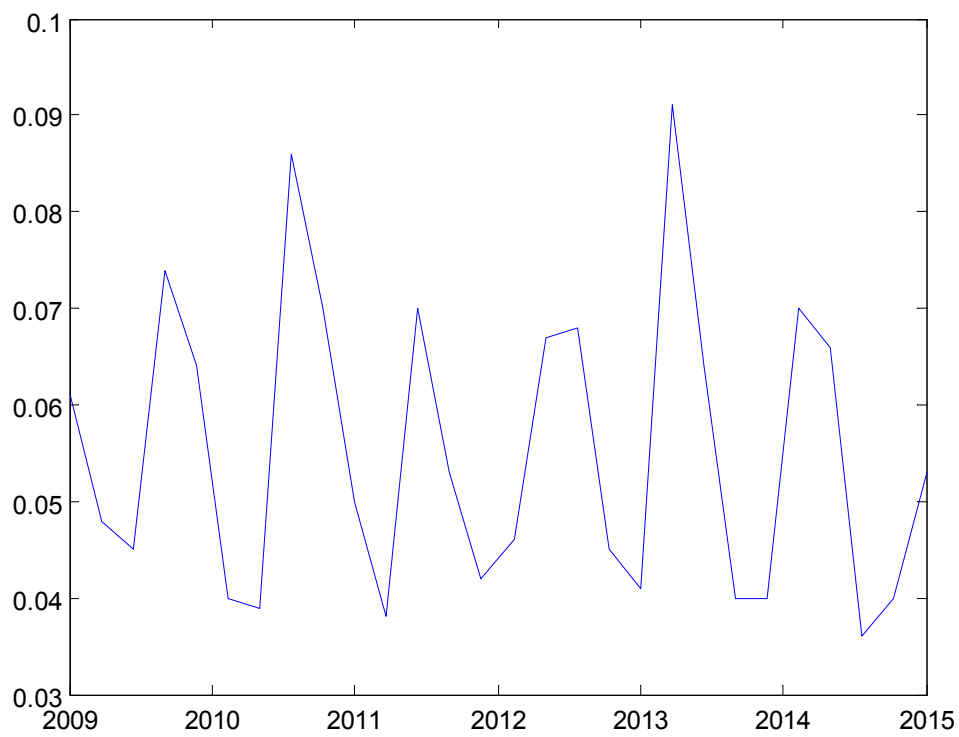


图 3-3 IP 2009 年-2015 年季度含量
(制图编程见附件 3-3)

观察图上线性走势，我们能很容易的看出 2009 年至 2015 年期间，大气污染物 SO_2 的数值含量在逐年的波动递减， NO_2 也是如此。 IP 的走势虽不明显，但也可看出其数值有所递减的。造成大气污染的因素有很多，在保证其他因素固定不变的前提下，大气污染数值下降的一部分原因可以归功于全面禁摩以及“禁摩限电”政策的提出和有效实施。因此，不难得出该政策的进一步推行与大气污染指数的变化成比例关系，及政策每进一步推行，大气污染物数值将有一定的下降。

b. 模型的建立

本文运用 MATLAB 工具 Smoothing Spline 拟合出政策推行时间与大气污染物数值之间走势关系，得到如下图模型：

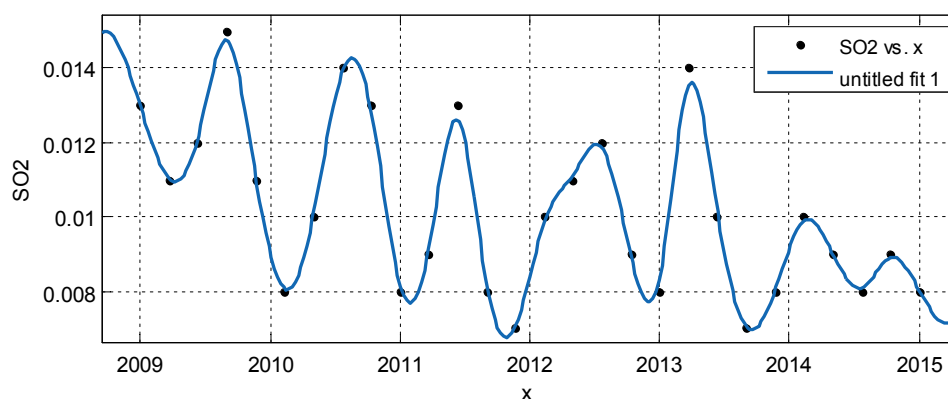


图 3-4 SO_2

Smoothing spline:

$f(x)$ = piecewise polynomial computed from p

Smoothing parameter:

p = 0.99989992

Goodness of fit:

SSE: 8.315e-07

R-square: 0.9942

Adjusted R-square: 0.9403

RMSE: 0.0005646

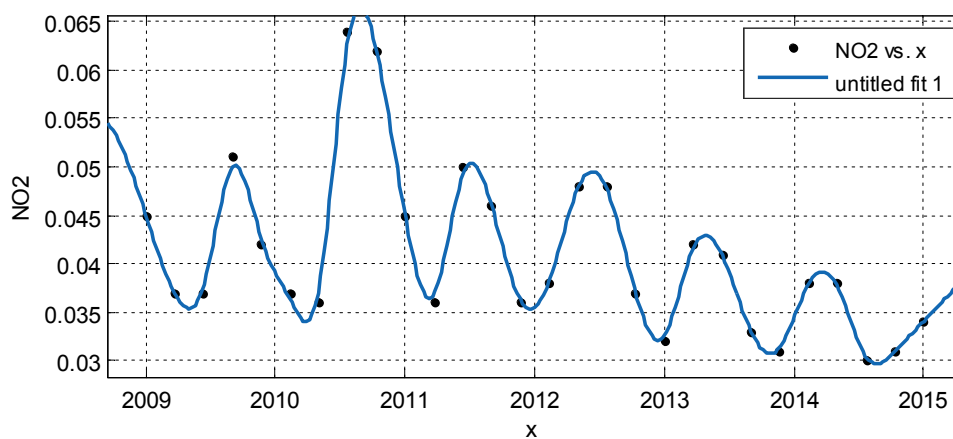


图 3-5 NO_2

Smoothing spline:

$f(x)$ = piecewise polynomial computed from p

Smoothing parameter:

p = 0.99989992

Goodness of fit:

SSE: 8.283e-06

R-square: 0.9958

Adjusted R-square: 0.9569

RMSE: 0.001782

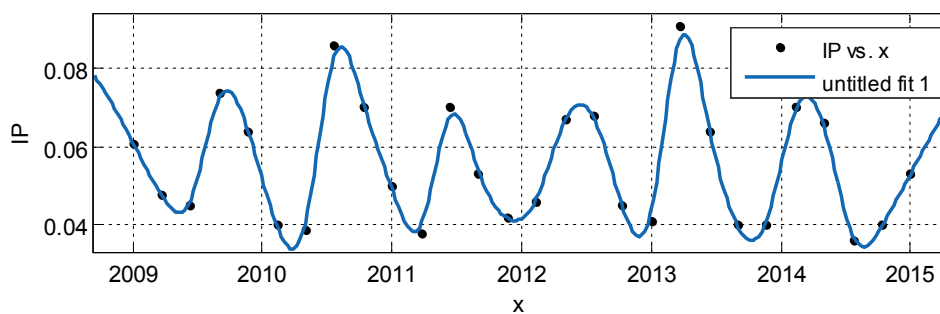


图 3-6 IP

Smoothing spline:

$f(x)$ = piecewise polynomial computed from p

Smoothing parameter:

p = 0.99989992

Goodness of fit:

SSE: 5.774e-05

R-square: 0.9911

Adjusted R-square: 0.9074

RMSE: 0.004705

综上所述，能较为容易的得出结论，即“禁摩限电”政策的有效实施将是解决环境保护问题，尤其是大气环境保护的重要手段之一。支持“禁摩限电”政策的实施是极为正确的选择。

c. 模型的补充

张先鸣（2006）^[9]曾通过数据表示摩托车年报废量约达到其保有量的 50%，而在摩托车的报废过程中存在大量废液、废渣的排放问题，若排放不当则会造成十分严重的环境污染问题。在当前热处理工艺十分不完善的条件下，限制甚至禁用摩托车的使用是十分必要的，“禁摩”政策的出台是顺应时局的。

王青（2005）^[10]简述了我国摩托车噪音标准的发展过程、现阶段噪音标准与国外法规的差距、我国摩托车噪音管理的现状以及摩托车噪音达标情况和噪音污染控制趋势，这五个方面。随着摩托车产量和保有量的增加，摩托车噪音污染日益严重，尤其是在一些居民拥挤的街区。虽然我国对摩托车噪音标准要求日趋严格，但仍与国外有较大的差距，达标情况不是十分乐观，甚至出现了标准越来越严格，但摩托车造成的噪音依然居高不下的现象。该现象的存在也是“禁摩”政策颁布的重要原因之一。

在噪音研究方面，噪声在传播过程中，会由于距离增加而引起几何发散衰减。本文将摩托车产生的噪音源视为一质点，利用声源衰减计算公式，计算住宅距道路的距离对噪音衰减的影响。 ΔL 表示衰减量，单位 dB； r 表示点声源至受声点的距离，单位。其公式为：

$$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{1}{4\pi r^2} \right)^{[11]}$$

利用该公式可以得到，点声源距离变动，噪音的衰减值，由此来判断摩托车噪音的影响范围。

结论：

前文中提到——在交通指数大于 2 的情况下，应该对电动车加以限制，也就是每天 7 点到晚上 10 点，在晚上 10 点以后，可以适当放宽对摩托车的限制。改进后的“禁摩限电”政策，能在保证深圳市的交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响前提下，宽松政策，使公众更易接受。

五、模型的误差分析

在实际生活中，由于电动车的行驶速度不是一个定值，它的行驶速度也只能用平均速度来代替分析，这就造成了一定的与生活不符的误差。但是总体上是相符合的。

问题二中，由于只考虑摩托车和电动车性能正常且其驾驶人处于正常状态，忽略了一些非正常因素所导致的事故，比如摩托车自身发生故障或者驾驶人突发疾病等情况，造成了一定的误差。但由于该误差无法计算且影响极小，所以在分

析时忽略了这部分误差。采用全国的摩托车事故和电动车事故伤亡数据代替深圳市数据，会存在一定的误差，但是由于全国范围内的交通情况大致处在相同的层次，所以此处误差也在接受范围内。

同样，在对环境污染的分析中我们忽略了其他污染源可能的改变对大气污染指数的影响，使曲线走势会在一定程度上有所偏差。但该误差并不会影响到曲线的整体走势，所以本文将该误差忽略，以便观察的方便。

六、模型的评价

1. 模型的优点

- a. 本文利用 MATLAB 软件进行数据处理，具有科学性，易读性。
- b. 模型很灵活，搜集的是深圳市的真实数据，数据真实可靠，能正确反应深圳市每天交通状况的真实情况，可以用于分析深圳的交通状况，在对交通状况影响方面对于“禁摩限电”政策的优越性有好的论证。
- c. 本文与现实结合紧密，从安全，环境，对交通影响各个方面分析了“禁摩限电”的好处，科学的论证了“禁摩限电”的可实施性，这种科学的论证对于民众有很强的说服力。
- d. 本文利用二次多项式拟合和三次样条插值等方法对数据进行分析处理，计算比较简单，易于推广

2. 模型的缺点

- a. 数学模型的建立较为简单，运用到其他城市时会有一定的误差，不具有广泛性。
- b. 对于一些数据和其他干扰因素，本文进行了必要的理想化处理，如舍弃、假设其不变化等，这些方法会带来一定的误差。

七、参考文献

- 【1】深圳史上最严“禁摩限电”引发业界争议.
<http://auto.qq.com/a/20160407/021087.htm>, 访问时间: 2016.04.15;
- 【2】宋歌. 道路通行能力的计算[J]. 探索与研究, 20(9): 71-72, 2010.
- 【3】贾珊珊, 李娟. 城市交通系统的综合评价的量化方法—交通指数[J]. 工程, 2(8): 139-140, 2007;
- 【4】深圳道路交通安全委员会. 资料收集.
<http://szmap.sutpc.com/index.aspx>, 访问时间: 2016.04.15;
- 【5】李阳. 摩托车道路交通事故及其伤害特点研究[D]. 重庆: 第三军医大学, 2009;
- 【6】倪捷微博. 资料收集.<http://m.weibo.cn/u/1686538974>, 访问时间: 2016.04.16;
- 【7】楊永明@. 资料参考.<http://wenwen.sogou.com/z/q24531733.htm>, 访问时

间：2016.07.12；

【8】深圳市人居环境网. 资料收集.

http://www.szhec.gov.cn/xxgk/xxgkml/xxgk_4/xxgk_4_10/，访问时间：2016.04.16；

【9】张先鸣. 摩托车材料和热处理工艺过程中有害物质对环境的危害[J]. 摩托车技术, 19(2):28-29, 2006；

【10】王青. 我国摩托车噪声控制现状及标准发展趋势[J]. 摩托车技术, 18(3):19-21, 2005.

【11】chenjunru45, 点声源距离衰减公式,

http://zhidao.baidu.com/question/506792942.html?qbl=relate_question_1
访问时间：2016.04.30；

【12】杨桂元, 朱家明. 数学建模竞赛优秀论文评析[M]. 合肥：中国科学技术大学出版社, 2013；

附件

附件 1-1

```
x=[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48,
49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72];
y=[0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.2, 0.3, 0.2, 3.1, 4.2, 3.9, 3.7, 2.9, 1.8, 2., 3.7, 3.8, 4.1,
4, 6.3, 3, 2.3, 1.9, 0.6, 0.4, 0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.3, 0.3, 2.2, 4.1, 6.2, 4.2, 2.7, 2.
2, 1.8, 2.2, 2.8, 3.9, 3.8, 4.5, 6, 3.6, 2.4, 1.9, 0.6, 0.3, 0.2, 0.3, 0.2, 0.4, 0.3, 0.
2, 0.4, 4.4, 4.5, 3.2, 2.7, 2.5, 1.9, 2.2, 2.4, 4, 3.9, 4.9, 7, 4.2, 2.6, 2.2, 0.6, 0.2]
;
plot(x, y, 'r')
```

附件 1-2

```
x=[3.2, 8.5, 7.3, 3.4, 4.6, 3.3, 1, 7, 9.1, 4.9, 6.6, 8.2, 9.7, 4.5, 7];
y=[32.2, 17.7, 19.2, 32.5, 31.6, 35, 45.3, 24.5, 18, 28.6, 24.1, 19.1, 16.7, 25.9,
21.6];
plot(x, y, 'r')
```

附件 1-3

```
x=[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48,
49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72];
y=[0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.2, 0.3, 0.2, 3.1, 4.2, 3.9, 3.7, 2.9, 1.8, 2., 3.7, 3.8, 4.1,
4, 6.3, 3, 2.3, 1.9, 0.6, 0.4, 0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.3, 0.3, 2.2, 4.1, 6.2, 4.2, 2.7, 2.
2, 1.8, 2.2, 2.8, 3.9, 3.8, 4.5, 6, 3.6, 2.4, 1.9, 0.6, 0.3, 0.2, 0.3, 0.2, 0.4, 0.3, 0.
```

```

2, 0.4, 4.4, 4.5, 3.2, 2.7, 2.5, 1.9, 2.2, 2.4, 4, 3.9, 4.9, 7, 4.2, 2.6, 2.2, 0.6, 0.2]
;
y1=0.2234*power(y, 2)-5.56*y+49.77;
plot(x, y1, ' . ')

```

附件 1-4

```

x=[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48,
49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72];
y=[0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.2, 0.3, 0.2, 3.1, 4.2, 3.9, 3.7, 2.9, 1.8, 2., 3.7, 3.8, 4.1,
4, 6.3, 3, 2.3, 1.9, 0.6, 0.4, 0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.3, 0.3, 2.2, 4.1, 6.2, 4.2, 2.7, 2.
2, 1.8, 2.2, 2.8, 3.9, 3.8, 4.5, 6, 3.6, 2.4, 1.9, 0.6, 0.3, 0.2, 0.3, 0.2, 0.4, 0.3, 0.
2, 0.4, 4.4, 4.5, 3.2, 2.7, 2.5, 1.9, 2.2, 2.4, 4, 3.9, 4.9, 7, 4.2, 2.6, 2.2, 0.6, 0.2]
;
x1=x(1:24);
y1=y(1:24);
x2=x(24:48);
y2=y(24:48);
x3=x(48:72);
y3=y(48:72);
t1=1:0.1:24;
t2=25:0.1:48;
t3=49:0.1:72;
y12=0.2234*power(y1, 2)-5.56*y1+49.77;
y22=0.2234*power(y2, 2)-5.56*y2+49.77;
y32=0.2234*power(y3, 2)-5.56*y3+49.77;
f12=interp1(x1, y12, t1, 'spline');
f22=interp1(x2, y22, t2, 'spline');
f32=interp1(x3, y32, t3, 'spline');
f13=0.1*trapz(f12)
f23=0.1*trapz(f22)
f33=0.1*trapz(f32)
subplot(2, 2, 1)
plot(x1, y12, ' * ', t1, f12)
subplot(2, 2, 2)
plot(x2, y22, ' . ', t2, f22)
subplot(2, 2, 3)
plot(x3, y32, ' : ', t3, f32)
gtext(' firstday')
gtext(' secondday')
gtext(' thirdday')

```

附件 1-5

```

x=[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48,
49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72];
y=[0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.2, 0.3, 0.2, 3.1, 4.2, 3.9, 3.7, 2.9, 1.8, 2.2, 3.7, 3.8, 4.
1, 4, 6.3, 3, 2.3, 1.9, 0.6, 0.4, 0.2, 0.2, 0.3, 0.4, 0.3, 0.3, 2.2, 4.1, 6.2, 4.2, 2.7,
2.2, 1.8, 2.2, 2.8, 3.9, 3.8, 4.5, 6, 3.6, 2.4, 1.9, 0.6, 0.3, 0.2, 0.3, 0.2, 0.4, 0.3,
0.2, 0.4, 4.4, 4.5, 3.2, 2.7, 2.5, 1.9, 2.2, 2.4, 4, 3.9, 4.9, 7, 4.2, 2.6, 2.2, 0.6, 0.
2];
x1=x(16:20);
y1=y(16:20);
x2=x(40:44);
y2=y(40:44);
x3=x(64:68);
y3=y(64:68);
t1=16:0.1:20;
t2=40:0.1:44;
t3=64:0.1:68;
y12=0.2234*power(y1, 2)-5.56*y1+49.77;
y22=0.2234*power(y2, 2)-5.56*y2+49.77;
y32=0.2234*power(y3, 2)-5.56*y3+49.77;
f12=interp1(x1, y12, t1, 'spline');
f22=interp1(x2, y22, t2, 'spline');
f32=interp1(x3, y32, t3, 'spline');
f161=0.1*trapz(f12)
f162=0.1*trapz(f22)
f163=0.1*trapz(f32)

```

附件 2-1

%2004-2013 摩托车和电动车的伤亡率趋势分析

```

year=2004:1:2013;
NumberOfMotorDeath=[22835, 21895, 19993, 18158, 16270, 14900, 14264, 13123, 1
2856, 12621];
NumberOfElectrDeath=[589, 1037, 1601, 2469, 3107, 3678, 4029, 4790, 5324, 5752]
;
NumberOfCountryDeath=[23424, 22932, 21594, 20627, 19377, 18578, 18393, 17913,
18180, 18373];
NumberOfMotorHurt=[126166, 128434, 115112, 100279, 79904, 72101, 65599, 6002
9, 55773, 53179];
NumberOfElectrHurt=[5295, 9485, 12417, 16468, 17303, 19573, 20311, 23830, 269
66, 29010];
NumberOfCountryhurt=[131461, 137919, 127529, 116747, 97207, 91674, 85910, 83
859, 82759, 78189];
m=[NumberOfMotorDeath./NumberOfCountryDeath;NumberOfElectrDeath./Numb

```

```

erOfCountryDeath;NumberOfMotorHurt./NumberOfCountryhurt;NumberOfMotor
Hurt./NumberOfCountryhurt];
plot(year,m);
legend('motordeath','electrideath','motorhurt','electrihurt');
xlabel('year');
ylabel('rate');
title('2004-2013 摩托车和电动车的伤亡率统计表');

```

附件 2-2

```

%描画 2004-2013 摩托车和电动车的伤亡率的具体线性函数关系
RateOfMoterDeath=NumberOfMotorDeath./NumberOfCountryDeath;
RateOfElectrDeath=NumberOfElectrDeath./NumberOfCountryDeath;
RateOfMoterHurt=NumberOfMotorHurt./NumberOfCountryhurt;
RateOfElectrHurt=NumberOfElectrHurt./NumberOfCountryhurt;

```

附件 3-1

```

x=linspace(2009, 2015, 28);
S02=[0.013, 0.011, 0.012, 0.015, 0.011, 0.008, 0.010, 0.014, 0.013, 0.008, 0.009, 0.013, 0.008, 0.007, 0.010, 0.011, 0.012, 0.009, 0.008, 0.014, 0.010, 0.007, 0.008, 0.010, 0.009, 0.008, 0.009, 0.008];
plot(x, S02)

```

附件 3-2

```

x=linspace(2009, 2015, 28);
N02=[0.045, 0.037, 0.037, 0.051, 0.042, 0.037, 0.036, 0.064, 0.062, 0.045, 0.036, 0.050, 0.046, 0.036, 0.038, 0.048, 0.048, 0.037, 0.032, 0.042, 0.041, 0.033, 0.031, 0.038, 0.038, 0.030, 0.031, 0.034];
plot(x, N02)

```

附件 3-3

```

x=linspace(2009, 2015, 28);
IP=[0.061, 0.048, 0.045, 0.074, 0.064, 0.040, 0.039, 0.086, 0.070, 0.050, 0.038, 0.070, 0.053, 0.042, 0.046, 0.067, 0.068, 0.045, 0.041, 0.091, 0.064, 0.040, 0.040, 0.070, 0.066, 0.036, 0.040, 0.053];
plot(x, IP)

```