

“禁摩限电”效果综合分析问题

摘要

近年来深圳市发展迅速，在经济高速发展的同时，城市道路交通资源有限，随着市民出行需求增加与方式的多样化，城市开始面临着严重的交通拥堵和交通安全与环境问题。各种交通工具，尤其是机动车对道路、环境、安全的影响不容小觑，必须加以控制。

本文针对深圳市“禁摩限电”举措，从道路通行能力、运载能力、能源消耗、安全系数与环境污染的角度出发，结合一定的统计数据，对摩托车与电动车这两类交通方式进行定量分析，提出可行的代替方案，并对深圳市公共交通发展提出建议。

为分析“禁摩”的合理性，通过查阅深圳市统计数据，将摩托车与自行车、电动自行车、汽车、公共交通从交通工具的三个参数：通行能力（运载能力）、能源消耗和安全问题进行比较。得出在目前发展城市交通基础设施建设、缓解交通拥堵并保证市民出行方便安全的目的之下，禁止摩托车的使用是十分必要的。

其次为分析“限电”的合理性，从深圳市电动自行车的事故伤亡记录、以及电动自行车报废后对环境的污染出发，同时考虑到电动自行车有效分担深圳市交通压力，并且针对深圳市拥堵状况，提出根据路段通行需求限制电动自行车的通行的做法。

最后针对深圳市公共交通发展，提高公共交通吸引力，从市民角度减少摩托车、电动自行车的使用提出建议。

关键词：禁摩限电 道路通行能力 交通运输 交通安全 公共交通

一、问题重述与分析

1.1 问题的重述

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），对安全与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。不少城市采取的限牌、限号、收取局部区域拥堵费、淘汰污染超标车辆及其他管理措施收到了较好的效果，也得到了公众的理解。

为了让一项政策，如“禁摩限电”，得到大多数人的支持，对它进行科学的、不带意识形态的论证是必要的。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。需要的数据资料在难以收集到的情况下，可提出要求。

1.2 问题的分析

针对问题背景，据了解，深圳警方曾从“禁、限、疏”不同层面提出三种摩托车和电动自行车管理方案，通过反复论证，最后认为目前深圳市还是要采取限制政策。根据人民网针对“禁摩限电”问题的论述，深圳市坚持推行“禁摩限电”的原因在于五点：90%道路未设非机动车道；报废电池污染严重；致死事故逾三成是电动车；违法成本低、执法成本高；屡禁不止 数量不降反升。^[1]我们认为暂不考虑该政策执法可行度与成本，仅从市民出行以及深圳市交通状况来看，“禁摩限电”政策的颁布不无道理。

首先我们需要从深圳市城市道路建设角度出发，道路资源紧缺，非机动车道网络极不完善，90%道路未设置非机动车道，绝大部分道路的非机动车道与人行道共同设置，并且针对电动自行车监管制度空白，这便决定了非机动车行驶缺乏专用路权保障，导致城市道路拥堵甚至非机动车行驶安全隐患。我们应明确摩托车与电动自行车对于通行能力（运载能力）的特性，换言之即摩托车、电动自行车对于市民出行的分担率及对城市街道的通行压力。

在明确摩托车与电动自行车的通行特性之后，需要针对摩托车、电动自行车的使用成本以及使用代价进行分析，不仅涉及到市民出行要求、经济能力，并且同时需要分析其对环境污染、能源消耗方面的优劣，为城市交通污染以及城市可持续发展作出保证。

此外，从驾驶者自身出发，仍需考虑两种交通的安全系数。由于摩托车与电动自行车的自由度（车辆体积较小，可加塞、插空行驶）较高，且对其监管制度空白，所以不仅仅驾驶本身危险系数较高，且对其保障（保险、法律等）力度同样不够，这就导致驾驶者部分猖狂（主要体现在不遵守交规、暴力驾驶）

¹ “禁摩限电”深圳不会取消. 人民网. 2015.11.12 <http://gd.people.com.cn/n/2015/1112/c123932-27084097.html>

同时安全无法得以保障，事故率较高。

总之，我们解决问题、建立模型的整体思路就是综合考虑摩托车、电动自行车作为交通工具在其基本三要素，即通行能力（运载能力）、能源消耗和安全问题上的特性，并且结合环境污染，验证“禁摩限电”政策的合理性，并且提出发展公共交通的建议，吸引市民主动乘坐公共交通。

二、基本假设

- (1) 自行车、电动自行车、摩托车限载 1 人；
- (2) 小汽车满载 4 人；
- (3) 拥堵的程度（路段的通行需求）是满足瑞利分布的；

三、符号约定

U	交通工具通行能力
v	为平均通行速度（km/h）
S	为占用道路面积（m*m/次）
k	为交通工具的一次性运载人数（人）
c	每公里能源成本（元/km）
w	近似出险率
x	是某路段的通行需求
f(x)	是某通行需求量的路段所占比例

四、原理与模型

4.1 “禁摩”的合理性

我们主要考察一个交通工具的三要素：即通行能力（运载能力）、能源消耗和安全问题，并且与自行车、电动自行车、汽车、公交车进行比较分析。

4.1.1 通行能力

交通工具的通行能力作为市民出行选择交通工具以及城市道路建设的必要考因素，对于判断摩托车的使用合理性是不可或缺的。考察影响交通工具的通行能力的因素，这与交通工具的速度息息相关，同时二者基本呈线性关系。除此之外，交通工具占用道路的面积显然也会影响其通行能力，且基本呈一个反比

的关系。

因此我们可以构造一个简单的函数来表现一个交通工具的通行能力：

$$U = \frac{kv}{S} \tag{1}$$

v 为平均通行速度， S 为占用道路面积， k 为交通工具的一次性运载人数

由此我们可以将交通工具的通行能力定义为单位时间、单位道路面积一次性运载人数。

经过资料查阅^[2]，可以将各类交通工具的通行能力列表：

	v (km/h)	S (m ² /次)	k (人)	U	
自行车	15	8	1	1.875	
电动自行车	20	10	1	2.000	
摩托车	30	22	1	1.364	
汽车	30	83	1~4	0.3614	1.446

我们只考虑自行车、电动自行车、摩托车仅乘坐一人的情况，由表格可以看出，在通行能力方面，摩托车相对于自行车和电动自行车都没有优势。考虑到现代社会倡议，我们可以合理假设城市市民拥有良好环保、节约意识，出行已拥有良好的拼车习惯。而此时摩托车相对于满载的 4 座小轿车也十分逊色。

4.1.2 能源消耗

在面临能源问题的现代社会，在发展经济的同时保证一座城市的可持续发展是政府工作的重中之重，作为能源的主要消耗之一的交通工具的选择显得尤为重要。

经过资料查阅^[2]，我们可以将上述交通工具从能源成本列表如下：

	c (元 / km)	k
自行车	0	1
电动自行车	0.02	1
摩托车	0.15	1
汽车	0.44	1~4

能源成本方面，除人力自行车外电动车有巨大优势。电动自行车每公里约 0.02 元，摩托车每公里约 0.15 元，中档汽车约 0.44 元。电动自行车由于使用电力资源，拥有充电便捷、能耗较石油小的特点。而对于摩托车与汽车作比，

²如何看待 2016 年深圳「禁摩限电」集中整治行动？<https://www.zhihu.com/question/31760597>

同样考虑到拼车情况，此时形势同样距离摩托车能耗更大。

4.1.3 安全问题

交强险，即“机动车交通事故责任强制保险”，是由保险公司对被保险机动车发生道路交通事故造成受害人（不包括本车人员和被保险人）的人身伤亡、财产损失，在责任限额内予以赔偿的强制性责任保险。其制定价格的主要考虑因素即为车辆自身价格与出险率，由此我们简单定义近似出险率（ w ）为交强险价格 / 车辆价格：

	交强险价格	车辆价格	w
摩托车	120	2000	0.06
家用 4 座汽车	950	140000	0.006785714

从表格中可以看出，摩托车的出险率约为普通家用 4 座汽车的 9 倍左右，由此可知摩托车出现交通事故的几率远高于普通汽车。

同时我们根据深圳交警的统计数据^[3]，“2015 年交警局共查处各类交通违法行为 332.21 万起，同比上升 1.06%；查扣各类违法汽车 3.08 万辆、电动车和摩托车 344563 辆；”可知摩托车与电动自行车驾驶者的交通违法行为多于汽车驾驶员的违法行为。我们可以合理推测由于政府对于摩托车、电动自行车的监管力度不够，深圳市非机动车道严重不足及其驾驶自由度之大，导致驾驶员保持侥幸、自由的主观意识，导致交通事故与违法行为频繁发生。

4.1.4 污染物排放量

以 CO 为例探究各类机动车污染物排放量。下表为我国针对部分类型机动车的排放标准规定^[4]：

车辆类型	车辆分类	载客 人数	CO 排放限值 mg/km	人均 CO 排放限值 mg/(km·人)
两轮摩托车	I、II 型	1-2	1140	570-1140
三轮摩托车	点燃发动机	1-2	2000	1000-2000
两轮轻便摩托	-	1-2	1000	500-1000

³ 2015 年交通管理相关数据 http://www.stc.gov.cn/ZWGG/TJSJ/TJXX/201602/t20160224_52955.html

⁴ 中国汽车网（<http://www.chinacar.com.cn/>），《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第五阶段）》，《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法》《摩托车污染物排放限值及测量方法（中国第四阶段）》，《轻便摩托车污染物排放限值及测量方法（中国第四阶段）》

车				
轻型汽车	一类车（点燃式）	7 座以下	1000	142.8-1000
轻型汽车	二类车 (RM>1760kg)	8-19 座	2270	119.5-283.8
公交车	-	41 座	18000	439.0

注：我国针对公交车的排放标准《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法》中的计量单位为 g/kwh，无法直接比较。经查阅资料，我国常用的 10-41 座福田城市客车最大功率为 180kw，公交车限速为 40km/h，上表中数据为经此换算而得。由于实际行驶并不会达到最大功率与限速，上表中数据并不精确。

从表格中可以看出，摩托车的人均污染物排量远远高于轻型汽车和公交车。

4.1.5 小结

我们发现，摩托车在通行能力、能源消耗和安全问题上相对于自行车、电动自行车和汽车都没有任何优势。同时我们可由《2010 年深圳市居民出行调查与分析研究》^[5] 得知，深圳市历年机动化出行分担率变化表如下：

年份	摩托车	公共交通	的士	单位班车	小汽车
2000 年	35.3%	37.4%	2.2%	7.5%	17.6%
2005 年	7.1%	44.2%	3.3%	10.2%	35.2%
2010 年	4.9%	38.3%	3.7%	8.8%	44.2%

由表格可以看出，摩托车占机深圳市动化出行的比例越来越小，市民意识中将摩托出行逐渐淘汰。而由以上原因，摩托作为出行方式在客观与主观角度同时落后于其他交通工具，“禁摩”政策在不改变大多数人出行习惯的同时，可以为深圳市交通拥堵、能源节约以及交通安全起到良好的作用。

4.2 “限电”的合理性

轻型电动车其实质是个人快速交通工具（personal rapid transport），与个人慢速交通工具的自行车是从本质上不同的，它是摩托车的继承者。电动自行车的确就通行能力与能源消耗方面拥有较大优势，并且基于其快速（相对非机

⁵ 2010 年深圳市居民出行调查与分析研究.公交优先与缓堵对策——中国城市交通规划 2012 年年会论文集

动车)、低成本、轻便、低行驶成本的特点受到居民的广泛欢迎。然而由于其安全系数较低、报废污染较高等特性应当受到限制,同时介于政府目前对于电动车的监管单一、电动车的行驶优点,我们提出更为合情合理的限行建议。

4.2.1 安全问题

由深圳交警的统计数据^[6]:“涉及电动自行车的各类交通事故的人员伤亡率明显高于其他交通事故,危害性较高。其中,2015年深圳涉及电动车的交通事故共造成人员死亡114人,占总死亡人数431人的26.45%。2016年一季度,深圳涉及电动车的交通事故共造成人员死亡27人,占总死亡人数109人的24.77%,造成51人受伤,占总受伤人数211人的24.17%。在原特区外的部分区域此类情况更为突出,甚至5至6成的伤亡事故涉及摩托车、电动自行车及三轮车。”可知电动自行车的交通事故伤亡率很高。

同时考虑到深圳市道路特点,90%道路没有非机动车道,同样加之其行驶自由性以及缺乏政府合理监管(例如上牌、上照,无需驾驶证件等),电动自行车没有固定的车道,因而它在机动车道上行驶时,对汽车造成干扰;在非机动车道上行驶时,对自行车造成干扰;并且与另一个经常要切换车道的交通——公交车——相互干扰。这些干扰对电动自行车自身和其他交通都造成了很大的交通安全隐患。因此造成事故频发,安全性低。

4.2.2 使用后污染

同样由人民网的报道了解到^[1]:目前深圳市电动自行车主要有两种:约80%为铅酸性电池电动自行车,约20%是锂电池电动自行车。

据介绍,一枚铅酸性纽扣电池弃后,可以污染60万升水,相当于一个人一生的用水量。按照1辆电动自行车1年至少更换1至2块电池,深圳市现有铅酸电池自行车每年废旧电池的回收量约在2万吨以上,污染十分严重。

4.2.3 “限电”建议

电动自行车在通行能力、能源消耗方面优势明显,同时使用成本低,如果合理使用则可以起到分担城市交通压力的作用。所以,对于电动车的正确监管方式不是一限了之,而要根据深圳交通状况提出合理的限行方案。

⁶ “禁摩限电”后深圳交警回应质疑.深圳新闻网.2016.4.5
http://news.sznews.com/content/2016-04/05/content_12997775_2.htm

先行的深圳市限电方案^[7]:

自 2015 年 7 月 1 日至 12 月 31 日, 每日 0 时至 24 时, 限制电动自行车在以下道路行驶:

(一) 城市快速干道 (略); (二) 城市主干道 (略)

然而考虑目前深圳市内最拥堵的路段^[8], 我们可以对比发现电动自行车限行区域覆盖了深圳市内最拥堵的路段。由此我们可以假设, 电动自行车限行区域覆盖的 85% 的区域就是深圳市内最拥堵的 85% 的路段。

为了了解到目前限电的成效, 我们需要知道限制了 85% 的路段以后, 在统计意义上能避免多少事故的发生。

我们再假设: 拥堵的程度 (路段的通行需求) 是满足瑞利分布的:

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

其中 x 是某路段的通行需求, $f(x)$ 是某通行需求量的路段所占比例

我们令 $\sigma=1$ (实际上 σ 的值不会对结果造成影响), 上式即可简化为:

$$f(x) = x e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (3)$$

求解方程:

$$\int_a^{+\infty} f(x) dx = p \quad (4)$$

其中 p 为限行路段的比例

我们可以得知, 在拥堵程度大于 $a\sigma$ 的路段上我们对电动车进行限行。解得

$$a = \sqrt{2 \ln \frac{1}{p}}, \text{ 将 } p=0.85 \text{ 代入, 得 } a=0.57。$$

而事故的发生必然和车辆的数量 (即拥堵程度) 成正比

所以发生事故的概率函数应为:

$$g(x) = x f(x) = x^2 e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (5)$$

所以在限行区域发生事故的比例为:

$$\frac{\int_a^{+\infty} g(x) dx}{\int_0^{+\infty} g(x) dx} \quad (6)$$

⁷深圳禁摩限电公告+规定+标准+细则(最新).2016.4.6 <http://sz.bendibao.com/news/201646/763684.htm>

⁸深圳早晚高峰哪里最堵? “交通大数据”告诉你! 2015.8.5 <http://www.jt12345.com/article-2829-1.html>

计算所用 Matlab 程序：

```
“syms x  
int(x*x*exp(-x*x/2), 0.57, inf)/int(x*x*exp(-x*x/2), 0, inf)”
```

答案：ans=0.9553

这就表明，在目前的限行 85%的道路情况下，我们能有效减少 95.5%的事故发生，这无疑使市民出行安全得到了巨大的保障。

然而，实际上我们发现深圳的极端拥堵路段大概占限行区域的 5%。如果我们在这些路段再限制电动自行车，势必会对本来就非常严峻的交通拥堵形势雪上加霜。也会对公共交通产生新的压力，甚至道路交通和公共交通都将面临突破承载量的风险。所以我们可以认为，在这 5%的路段上施行限电是不合理的。

通过与之前相似的计算（即将 p 从 0.85 换为 0.05），我们可以发现，在这 5%的路段上发生事故的比例为 11.1%。这也表明，即使不在这 5%的路段上限制电动车（即在剩下的 80%路段上限行），也可以避免 84.4%的事故。而且交通系统运载的压力会大大减小。

五、评价与建议

摩托车与电动车虽然可以满足不同乘客的出行需求，在城市交通中起着辅助补充作用，然而从通行能力、安全问题、能源消耗、环境污染等角度相对于小汽车、公交车等居于劣势，同时由于目前电动车无需牌照的混乱状态以及摩托车、电动车的驾驶自由度，加剧了交通拥堵、增加了交通隐患。

实行“禁摩限电”政策对于改善日益严重的交通拥堵问题、实现城市可持续发展、保证市民出行安全起到了不容小觑的作用。

但是我们提出对“限电”政策的进一步改进，即在交通严重拥堵路段（目前限行的 5%区域）对电动自行车放行，即保证交通事故率较低，并可以发挥电动车分担交通压力的作用。

同时，深圳市应大力发展公共交通，扩大道路容量，并且提倡“拼车”行为。面对日益严重的交通拥堵问题，不同国家采取的解决方案值得借鉴。如美国交通部门规定地铁交通卡划卡两小时后可以免费换乘公交，方便了地铁与其他公共交通的衔接；日本交通部门通过修建环形路、迂回路、立交桥等措施扩大道路容量；德国根据居民区、工业区的划分设置限速路段。^[9] 以上举措不仅

⁹张永哲. 城市公共交通分担率的动态研究[D].西南交通大学,2015.

缓解了道路压力，并且提高公交的可靠性便捷性来吸引乘客乘坐公共交通。

深圳市政府在“禁摩限电”的同时，不可忽视摩托车、电动车的使用者的出行未来，根本举措是完善公共交通系统：设立公交专线，发展快速公交，发展地下交通，调整价格机制，完善公交信息来提高公共交通吸引力，逐步转变人们出行选择，真正实现“禁摩限电”的环保、安全、缓堵目的。

六、参考文献

- [1] “禁摩限电”深圳不会取消. 人民网. 2015. 11. 12
<http://gd.people.com.cn/n/2015/1112/c123932-27084097.html>
- [2] 如何看待 2016 年深圳“禁摩限电”集中整治行动?<https://www.zhihu.com/question/31760597>
- [3] 2015 年交通管理相关数据
http://www.stc.gov.cn/ZW GK/TJSJ/TJXX/201602/t20160224_52955.html
- [4] 中国汽车网(<http://www.chinacar.com.cn/>), 《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第五阶段)》, 《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法》《摩托车污染物排放限值及测量方法(中国第四阶段)》, 《轻便摩托车污染物排放限值及测量方法(中国第四阶段)》
- [5] 2010 年深圳市居民出行调查与分析研究. 公交优先与缓堵对策——中国城市交通规划 2012 年年会论文集
- [6] “禁摩限电”后深圳交警回应质疑. 深圳新闻网. 2016. 4. 5
http://news.sznews.com/content/2016-04/05/content_12997775_2.htm
- [7] 深圳禁摩限电公告+规定+标准+细则(最新). 2016. 4. 6
<http://sz.bendibao.com/news/201646/763684.htm>
- [8] 深圳早晚高峰哪里最堵? “交通大数据”告诉你! 2015. 8. 5
<http://www.jt12345.com/article-2829-1.html>
- [9] 张永哲. 城市公共交通分担率的动态研究[D]. 西南交通大学, 2015.