



**北京航空航天大学**  
B E I H A N G U N I V E R S I T Y

第二十七届“冯如杯”学生创意大赛

基于制动发电技术提升共享单车实用性的研究

2017 年 3 月

## 摘要

生活中使用共享单车的人越来越多，但是共享单车还有很多不足需要改进。本文针对共享单车电池电量容易耗尽的问题进行了研究，对发电花鼓、摩擦制动、再生制动三种对电池反充的方法进行了分析、估算和研究，采用查阅资料、数据演算等方式，最终认为采用再生制动的方法对于解决共享单车电池电量问题最为合理，并且这一方法对于改善共享单车的人机关系，提高企业的经营利润，减少企业人力资源成本的支出有一定的帮助。本文提供了一种解决问题的思路，实现了这种方法的共享单车，其功能会得到拓展，其安全性能也会得到提升。

关键词：共享经济，再生制动，发电花鼓，摩擦制动

## Abstract

More and more people use *shared bicycle* nowadays, but there are still many disadvantages which could be overcome. This article makes a survey about the problem that the battery of *shared bicycle* runs out easily. It also analyses, calculates and studies results of three ways of charging the battery by looking through articles and calculating statistics. Among electric drum, fricative braking and regenerative braking, the most reasonable way is regenerative braking, which also have help on development of the man-machine relationship, the profit of the company and the reduction of human resources. This article provides a simple method to solve the battery-low problem, and *shared bicycle* armed with this method can broad its function and improve its safety performance.

Keywords: Sharing economy, regenerative braking, electric drum, fricative braking

# 目录

第一章 引言 .....	1
第二章 解锁器电池基本数据分析 .....	2
第三章 发电花鼓 .....	3
3.1 发电花鼓原理 .....	3
3.2 发电花鼓数据分析 .....	3
3.3 发电花鼓可行性分析 .....	3
第四章 摩擦制动 .....	4
4.1 摩擦制动原理 .....	4
4.2 摩擦制动数据分析 .....	4
4.3 摩擦制动可行性分析 .....	5
第五章 再生制动 .....	6
5.1 再生制动原理 .....	6
5.2 再生制动数据分析 .....	6
5.3 再生制动优势前景分析 .....	6
结论 .....	8
参考文献 .....	9

## 第一章 引言

共享单车在生活中尤其是都市生活中的使用日渐广泛。根据比达咨询发布的《2016年中国共享单车数据解读》，截止2016年，共享单车的使用人数已经达到1886.4万人，较2015年增长700%。但是与此同时，共享单车的用户体验并没有达到用户满意的程度。以摩拜单车为例，用户反映的主要问题有：车锁开不了，地图定位不准确等<sup>[1]</sup>。通过研究，我发现，以摩拜单车为首的采用电子开锁法的共享单车存在着电池电量经常耗尽的问题，导致其无法连接服务器而出现开不了锁、无法定位的问题。而共享单车已经采用的一些方法，比如通过在骑行过程中发电（mobike）、在车篮底安装太阳能电池板（mobike-lite）等做法在解决的同时也严重影响了用户体验。用户表示，mobike存在骑行费力的问题，而mobike-lite依赖于阳光的特点让它的使用受到了限制。基于以上现状，以摩拜单车为模型，我进行了调查思考和研究。

## 第二章 解锁器电池基本数据分析

现在的智能手机电池容量一般在 2500 到 3500mAh 之间，电压在 3.4 到 3.7V 之间。假设共享单车解锁器的电池容量为 3000mAh，电压为 3.5V。共享单车解锁器电池的耗电主要集中在开锁时的通讯过程和停放时定位时的电量消耗。根据摩拜单车方面披露的消息，摩拜单车采用的是 GSM 模块技术，通过和运营商的结合来实现对单车的解锁。并且其采用的可能是普通通信解锁，如短信等，而不是 2G 或 3G 网络下的通讯。同时，其定位主要依靠 AGPS 技术。相比于 GPS，AGPS 耗电就低得多了，并且定位速度更快。车在锁止的情况下，定位不需要始终开启，可以设置 10 到 20 分钟一次的定位频率。因此，我在本次研究中，将定位的电量消耗不计算在内。再看 GSM 模块的能耗，SparkFun 网站上的一种 GSM/GPRS 模块，其正常工作的平均功耗为 7mA，但是这只是核心模块，不包含外围电路。算上其他的功耗，我假设 GSM/GPRS 模块的平均功耗为 10mA。基于以上数据，对三种不同的自行车充电方式进行计算和研究，寻找可行的方案。

通过查询相关资料，我选择了以下几种自行车对解锁器电池的反充电方式进行探讨：发电花鼓、摩擦制动、再生制动。

## 第三章 发电花鼓

### 3.1 发电花鼓原理

发电花鼓安装在自行车前轮，使用切割磁感线发电原理，利用车轮转动，带动花鼓发电，以达到在蓄电池中储存电量的目的。其原理为：花鼓内部两侧分别装有磁块，车轮的辐条由三段材料组成，花鼓外为一般自行车材料，花鼓内部选择铜丝，两者之间用绝缘材料隔绝。花鼓内部的相邻铜丝首尾相接，当踩动自行车时花鼓内部切割磁感线，使铜丝带电，从花鼓中连出铜丝正负极，经过电压放大器通过电线接到蓄电池中进行蓄电<sup>[2]</sup>。

### 3.2 发电花鼓数据分析

通过切割磁感线的方式进行发电，毫无疑问会产生阻碍其运动的安培力。根据理想模型进行计算，其功率约为 3W，电压约为 6V，磁铁的磁感应强度约为 0.5T。根据  $F=nBIL$  计算，其产生的安培力肯定小于 1N，显然可以忽略不计。但是 6V、3W 的发电花鼓要充满 3000mAh 的电池，需要 6h。根据 2016 年比达咨询的数据，摩拜单车的每次平均使用时长为 1.8 分钟。假设其不耗电，每辆车完全充满需要有 200 人次来骑行。但是共享单车的电量不是从零开始增加的，我们只需要保持其电量在一个较高的水平就可以了。这样的发电花鼓标准电流大小为 500mA，实际过程中的电流大小因为刹车、等红灯等因素的影响，一定小于这个值，假设为 250mA。根据其平均功耗 10mA，可以计算得到平均每天每辆车需要骑行一小时左右才可以实现电量的持平。也就是说，每天需要有 34 人次来骑这辆共享单车。

### 3.3 发电花鼓可行性分析

根据比达咨询的统计数据，只有 23% 的人每天都会骑共享单车，剩余的人频率更低。有的时候，一辆共享单车一天也没有人会骑。可见，采用这种老式的方法改善共享单车的耗电问题是行不通的。其充电速度还是比较慢。

## 第四章 摩擦制动

### 4.1 摩擦制动原理

于是，我们考虑到利用刹车时耗费的能量对电池进行反充。传统制动的方法，是依靠刹车片夹紧轮毂，从而起到刹车减速的效果。在这个过程中，刹车片和轮毂之间的摩擦会产生大量的热量。是否可以利用这个热量来给电池进行充电呢？是否可以采用热电效应进行转化。热电转化技术基于塞贝克（Seebeck）效应，将两种不同的热电材料（P型和N型）的一端通过优良导体Cu连接起来，另一端则分别与Cu导体连接，构成一个PN结，得到一个简单的热电转化组件，也称为PN热电单元，如图1所示。在热电单元开路端接入负载电阻，此时若在热电单元一端热流（QH）流入，形成高温端（即热端），从另一端（QC）散失掉，形成低温端（即冷端），于是在热电单元热端和冷端之间建立起温度梯度场。热电单元内部位于高温端的空穴和电子在温度场的驱动下，开始向低温端扩散，从而在PN电偶臂两端形成电势差，电路中便会有电流产生。经过数十年的探索，热电转化系统的能量转换效率与理论预测相差甚远，基本停留在10%左右<sup>[3]</sup>。

### 4.2 摩擦制动数据分析

假设在自行车刹车过程中，动能的三分之一转化为了刹车片摩擦生热，其中有10%可以转化为电能。经过计算，一辆15kg的共享单车和一个55kg的骑车人以4m/s的速度前行，那么转化为电能的大约为18J到20J。与解锁器的电池容量进行比较，计算得到需要525次刹车才能将电池充满。以汽车的数据作为参考，汽车在城市中的刹车率约为0.6。因为自行车的骑行过程比汽车更加顺畅，无需考虑车辆过多带来的刹车频率提高问题，因而自行车的刹车率应该更低一些。假设自行车的刹车率为0.4，即骑行100米过程中有4次刹车。根据平均骑行时间1.8分钟，平均骑行速度4m/s，共享单车每次的骑行过程大约刹车18次。从而，每辆车需要骑行30次就可以充满电。至于保持电量恒定这一方面，一辆共享单车每天需要耗电3024J，因而每天每辆车只要8人骑就可以满足电量的平衡。



### 4.3 摩擦制动可行性分析

然而以上计算是以动能的三分之一来计算摩擦生热，实际上的能够利用的摩擦热量应当更少。并且热电转化技术的要求比较高，以常见的热电组件结构为例，通常采用提高热电组件两端的有效温度梯度来提高热电组件的转换效率。由于热胀冷缩效应的影响造成热端、冷端的连接片以及基板的膨胀和收缩，特别是在非稳态热源工作的情况下，焊接接口容易产生裂缝，增加接口的电阻和热阻以及基板的机械性断裂，最终可能导致热电组件的损坏，从而降低热电系统的使用寿命<sup>[3]</sup>。成本较高，不适合共享单车一类的公司使用。

## 第五章 再生制动

### 5.1 再生制动原理

这是一种将制动过程中车辆的动能通过转化储存起来，而不是通过摩擦转变为热量耗散掉的方法。在制动状态时，电动机可以作为发电机使用，从而将车的动能保存至能量储存装置。在此过程中，负的电枢电流产生制动性的转矩，从而降低车的速度<sup>[4]</sup>。对于共享单车来说，只需要在后轮制动时，发电机与后轮连接即可。利用惯性带动发电机发电，为车锁的电池充电的同时，利用发电机的阻力为单车减速。当松开刹车时，发电机与后轮脱离，并不参与工作。如果只对单个轮（如后轮）进行制动能量的回收，其他轮（如前轮）采用摩擦制动，那么由于各个轴的制动力分配必须处在一个合理的范围内，因此必将有一部分能量要以热能的形式散失掉。

### 5.2 再生制动数据分析

在再生制动的多种策略中，我选择了恒定力矩制动。恒定力矩之洞和恒定电枢电流制动是完全相同的。将电动机的角度对时间求导，可以得到，其角速度对时间成线性关系，即恒流回收时电动机的转速是线性下降的。通过计算可以发现，再生制动的能量利用效率远高于前两种回收方式，仅需要较少的使用次数就可以维持一天的电量稳定。再配合车篮底的太阳能电池板，完全可以实现电量的富余。

### 5.3 再生制动优势前景分析

再生制动的方式通过少数量的骑行就可以完成能量的回补，这一点上完全满足目标。另外，采用这种技术以后，共享单车可以提供一些新的功能给其使用者。当共享单车的使用者手机快要没电的时候，他就可以借助车锁的电池进行充电，从而就不会出现到了目的地发现手机没电了无法还车的情况。同时，借助于现在正在大力发展的闪充技术<sup>[5]</sup>，vooc 和 quickcharge 等，可以实现在借车到还车的 5 分钟内手机电量的大幅增加。这极大地提高了用户的体验，也解决了手机没电无法还车的问题。

再生制动的特性是，速度越快，制动效果越明显。同时，此种方法只有驱动轮上的制动能量有可能被回收，因此，应用这种原理的发电机一定安装在自行车的后轮上。后轮刹采用再生制动还有一个优势，即它很难产生极端的制动力，它的制动力一般说来是

恒定的、没有太大变化的。因此，这种制动方式在紧急制动时或在慢速骑行时，它的刹车效果不如前两种不好。为了解决这个问题，共享单车的前闸依然采用摩擦制动的方式。这种制动方式是随着骑车人刹车的力度大小而改变刹车效果的，其制动特性和一般的自行车相同。刹车按得越紧刹车效果越好。

另外，共享单车后轮如果采用再生制动的话，可以提高行车的安全性。在骑车的时候，捏后刹太用力会使后轮抱死<sup>[6]</sup>，技术好的可以故意抱死然后来个漂移，但是如果没有注意或者只是用自行车代步的，这就是侧滑了。侧滑可能会导致连人带车一起摔在地上的严重后果。而且共享单车的主要受众分布在市区，汽车很多，如果骑着自行车在公路上发生侧滑容易出事。

此外，从公司运营成本上来看，后轮的急刹车会导致后轮严重的磨损，这样的话就需要运营公司经常更换共享单车的轮胎，不经济也不合算。许多共享单车经营公司提出的口号都是使用多年不会损坏，现在看来还是很有难度的。如果采用再生制动的技术，在轮胎方面可以保证长时间无需更换。同时，减少更换意味着可以减少维护人员的雇佣，降低公司运营的劳动力成本。

## 结论

综上所述，我认为，再生制动对于采用电子锁的共享单车来说是一个很好的选择。它解决了解锁器电池经常没电的问题，可以有效地对解锁器电池进行反充，以尽可能少的使用人次来满足电量的稳定。在人机关系方面，它对于共享单车的安全性和使用舒适性有很大的提高，拓宽了共享单车的使用功能。增加了手机紧急充电以及防止车轮抱死的功能。采用这种技术对共享单车的公司运营也有着显而易见的优势，它有效地节约了维护成本，不仅包括维修需要的配件成本，还包括维修需要的劳动力成本。再生制动具有如上优势，因此在共享单车这个新兴的领域一定会有非常广阔的应用。

## 参考文献

- [1]李博. 定位不准车身重骑车人不守规矩 “摩拜单车”越来越难找[N]. 北京晚报, 2016-9-20.
- [2]吕珺倩, 韩冰清, 吴信远. 关于自行车花鼓发电蓄电的研究[J]. 科学时代, 2013, (5).
- [3]林涛, 韩凤琴, 王长宏. 热电转化系统的发展与应用[J]. 新能源进展, 2017, (1).
- [4]叶敏, 郭金刚. 电动汽车再生制动及其控制技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
- [5]路秋生. 常用手机电池快速充电技术与特点[J]. 电源技术应用, 2016, 19(7).
- [6]卢文忠. 浅谈汽车 ABS 系统[J]. 职业技术, 2005, (8).