

# 怠速启停车用铅蓄电池技术的发展历程

## Technical Transition of Lead-acid Battery for Idling Stop Vehicles

李美娟译

沈阳蓄电池研究所（辽宁，沈阳，110023）

Translated by Li Meijuan

Shenyang Battery Research Center (Shenyang, 110023)

**摘要：**汽车制造厂家一直在努力开发怠速启停车以提高燃油效率，采用的装置比电动汽车和混合式电动车辆所用的要简单且成本低。怠速启停车用装置不仅要求铅蓄电池有更大的电力起动和再起动，而且需要在路上怠速启停车时电池有更大的电荷。怠速启停车用铅蓄电池必须具有优良的耐久性，原因是这种电池的充电量和放电量要比普通电池大得多。为提高燃油效率，还必须尽可能减少由车辆发动机转动提供的电能，怠速启停车用铅蓄电池的充电时间比普通电池要短得多，而且还必须在几秒钟之内接受补充电，因此，要求电池具有高度的充电接受能力。通过优化活性物质的组成、板栅设计及电解液添加剂，提高了怠速启停车用铅蓄电池的耐久性和充电接受能力。自 2009 年 GS- 汤浅电池公司开始上市供应这种电池，其补充电接受能力和耐久性能，分别约高于普通电池的 3 倍和 4 倍。本文叙述了怠速启停车用铅蓄电池的技术变化。

**关键词：**铅蓄电池 怠速启停车 再生充电接受能力 部分荷电状态

**Abstract:** Automotive manufactures have been trying the development of idling stop vehicles to improve fuel efficiency with simple systems and low cost compared to EVs and HEVs. The idling stop system (ISS) requires more and more electric power to lead-acid battery for not only cranking including re-starting but also electric load during the idiling stop on the road. The lead-acid battery for ISS must have high durability performance. Because the amount of charge and discharge for ISS increases obviously as compared with that of conventional vehicles. It is also necessary to decrease the electrical energy provided by the rotation of vehicle engine as much as possible to improve fuel efficiency. Charging time of the lead-acid battery for ISS needs to be much shorter than that of conventional batteries, and the regenerative charge must be accepted in seconds. Therefore. High charge acceptance is required on the lead-acid battery for ISS. We have improved the durability and the charge acceptance of the lead-acid battery for ISS through optimizing active material compositions, grid design, and additive addition to electrolyte since we started to supply in the market in 2009. As a result, the regenerative charge acceptance is about 3 times higher, and the durability is about 4 times higher than that of conventional batteries. In this report we describe these technical transitions of the lead-acid battery for ISS.

**Key words :** Lead-acid battery, Idling stop, Regenerative charge acceptance, PSOC

[中图分类号] T M912.9 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 04-0042-05

### 1 前言

作为防止地球变暖的措施之一，强烈要求控制汽车 CO<sub>2</sub> 的排放量和改善燃油效率。日本曾发表到 2020 年轿车的燃油效率将比 2009 年度实际燃油效率提高 24.1%，EU（欧洲联盟）公布到 2020 年 CO<sub>2</sub> 的排放量规定在 95 g/km 以下。另外，美国公布每个汽车厂家轿车的平均燃油效率，到 2025 年应提高

到目前的 2 倍，规定燃油效率是 23.2 km/L。在这种情况下，汽车行业在控制 CO<sub>2</sub> 排放的同时，要应对环境的要求，加快开发燃油效率高的环保车型。所说的环保车，有电动汽车、混合动力车、装有怠速启停系统的车辆等（以下称怠速启停车）。电动汽车、混合动力车 CO<sub>2</sub> 排放量的削减效果有多个方面，搭载在电动汽车上的蓄电池有性能和成本，以及充电

基础设施的普及。混合动力车因装有复杂的系统，所以成本较高。与此相比，怠速启停车追加的成本少，其优点是在原车上附加系统比较容易，已开始被众人关注、易普及。怠速启停车不仅增加起动次数，而且发动机停止过程中，各个装置的电力全部由铅蓄电池供给，与传统的起动用铅蓄电池（以下称传统产品）相比，各阶段的充放电量均有增加。对怠速启停车用铅蓄电池的要求，应具有较高的耐久性能。为提高燃油效率，必须让车在制动时产生的再生能量为电池充电，要求在数 s 至 10s 的短时间内提高电池的充电接受性能。

以下介绍的是比传统电池产品耐久性能好的怠速启停车用铅蓄电池（第一代产品）。为应对日益变化的环保要求，日本 GS- 汤浅（以下称 GS- 汤浅）电池公司对怠速启停车用铅蓄电池进行了不断的完善，目前已开发研制出第四代产品，与传统电池产品相比，再生充电接受性能约提高了 3 倍，耐久性能高出传统电池的 4 倍。本文所述 GS- 汤浅电池公司每一代怠速启停车用铅蓄电池的研发项目及电池性能的进化过程。

## 2 与环境对应的车辆

图 1 示出了各汽车厂家针对各系统开发研制的环境对应车辆，在这一过程中，日本国内适用怠速启停车用电池，有普通型向大气中排放电解及在蒸发的生成物上备有上盖的开口式，并按规定将流动性电解液注入到液面标注线的铅蓄电池（以下称液式铅蓄电池）。另外，如图 2 所示，预计今后应对环境车辆的市场空间将有很大的拓展，其中怠速启停车将起主导的作用。

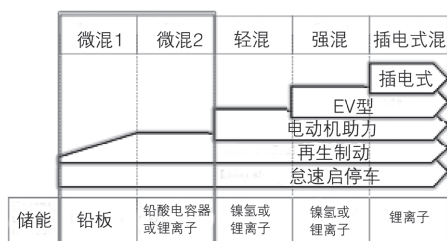


图 1 混合电动车和储能器件类型

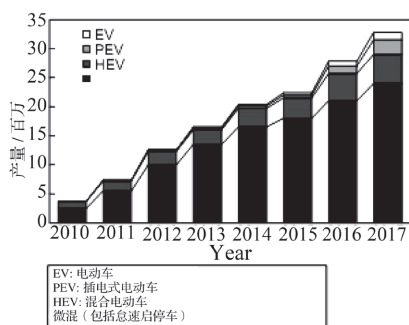


图 2 世界 ECO 车市场趋向预告 (GS Yuasa)

GS- 汤浅电池公司为对应市场需求进一步开发了表 1 示出

的怠速启停车用铅蓄电池。其结果如图 3 所示，目前很多汽车厂家采用新规车。

表 1 GS- 汤浅生产的怠速启停车用铅蓄电池

电池型号	5 小时率容量 /Ah	外形尺寸 (最大值) /mm			
		长	宽	槽高	总高
M-42R	32	197	128	202	227
M-42	30	197	128	202	227
N-55	36	238	128	202	227
Q-55	48	232	173	202	225
Q-85	48	232	173	202	225
S-85	55	260	173	202	225
T-110	64	305	173	202	225

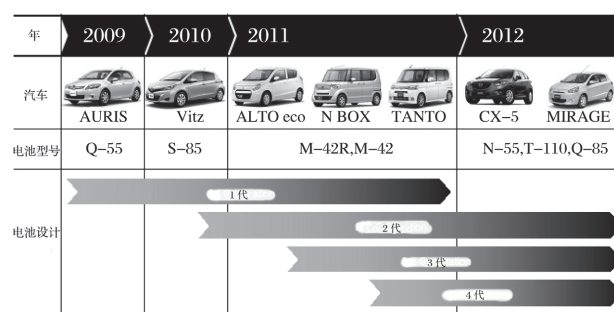


图 3 用于怠速启停车的 GS- 汤浅铅蓄电池的发展史。电池型号示于表 1

## 3 各个时代电池的开发项目

表 2 所示各个时代电池的开发项目。第一代是具备适用怠速启停车用途，其产品全面地修改了传统产品的设计，进行了各部件的改良；第二代电池产品是依据电池工业会 SBA S 0101 标准，怠速启停车用铅蓄电池寿命试验中可抑制怠速启停车特有的劣化模式及负极耳的腐蚀，达到了长寿命化；第三代产品，是在电解液中添加新开发的添加剂，改善了再生充电接受性能；第四代产品，是在正极活物质中添加了新开发的添加剂，并再次修改了电池槽的结构，从而达到了长寿命化。

表 2 怠速启停车用铅蓄电池每一代的发展项目

项目	发展史			
	第一代	第二代	第三代	第四代
开始	2009	2010	2011	2012
电池设计 (表面积增加)	✓	✓	✓	✓
优化板栅设计	✓	✓✓	✓✓	
新的电解液添加剂			✓	✓
用户技术	✓	✓	✓	
负极栅特殊处理	✓	✓✓	✓✓	
正极活物质高密度	✓	✓✓	✓✓	
正极活物质用新添加剂	✓	✓	✓	

注：✓ 表示比普通电池有改进；✓✓表示比普通电池

更有改进；√√√表示比普通电池有进一步改进。

## 4 时代前行铅蓄电池性能随之提高

### 4.1 再生充电接受性能的改善

为确认再生充电接受性能，按如下条件进行试验。

(1) SOC (荷电状态) 的调整：从完全充电状态以 9.6 A(0.2 CA) 放电 0.5h (SOC 90% 的状态)；

(2) 停止：12h；

(3) 充电：25°C，最大的规定电流 100 A，以 14.4V 的定电压充电 10 s。

测定 10s 的充电电量进行评价再生充电接受性能。由表 4 的内容得知，通过改进单体结构和板栅尺寸的最佳化、碳添加技术、电解液中新的添加剂等，使再生充电接受性能有飞跃的提高，特别是第三代产品，采用在电解液中添加新的添加剂，使再生充电接受性能受电解液中金属离子的影响，效果十分明显，比未添加之前的产品性能提高 30%。新的添加剂在负极活物质表面的作用，与传统产品相比更能促进充电反应。

### 4.2 寿命试验中的再生充电接受性能

怠速启停车用铅蓄电池经过数年的实车运行试验，试验过程中再生充电接受性能下降时，有可能导致燃油效率的下降。因此，重中之重是抑制使用过程中充电接受性能的下降。为确认寿命试验中的再生充电性能，实施了图 5 示出的 SBA S 0101 标准中的寿命试验。从定电压充电时开始充电测定 10s 时的充电量，通过循环试验确认再生充电接受性能的变化，其结果示于图 6。本文产品的试验次数，是 SBA S 0101 标准规定次数 3 万次的 2 倍，在经 6 万次循环后终止试验。第二代产品在试验终止时充电接受性能可维持在初期性能的 80% 以上，第三代产品的再生充电接受性能是初期性能的 90% 以上。并已确认 GS-汤浅电池公司开发的怠速启停车用铅蓄电池，经反复充放电后仍能维持较高的再生充电接受性能。

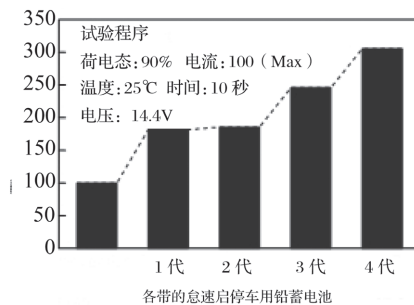


图 4 怠速启停车用铅蓄电池再生充电接受性能的历史变化。电池型号示于表 1。

### 4.3 怠速启停车用铅蓄电池的寿命性能

各时代怠速启停车用铅蓄电池依据 SBA S 0101 标准进行了怠速启停寿命试验，其结果示于图 7。与传统产品相比，每

次开发的产品寿命性能均有提高，特别是第 4 代产品寿命性能约是传统产品的 4 倍以上。

### 4.4 中间充电状态的寿命性能

如上所述，怠速启停车的充放电与传统电池相比有大幅度的增加，其结果是频繁地使用中间充电状态的部分充电状态（以下称 PSOC）。在这种状态下继续使用时，液式铅蓄电池电解液出现分层。所谓的层化，是通过充电由极板排出高浓度的硫酸沉积在单格的下部，使单格的上下部位出现电解液浓度的差异。充电量过多（过充电）时，充电末期通过由极板产生的气体，搅拌电解液达到消除层化。在 PSOC 时，虽说过充电量少，但如果电解液搅拌的不充分，也易出现层化现象。出现层化时极板下部的硫酸密度大，所以，充电接受能力下降导致负极板下部形成硫酸盐化。这种状态是充放电反应集中在极板的上部，同时也促进正极板上部的活物质劣化，使寿命性能下降。

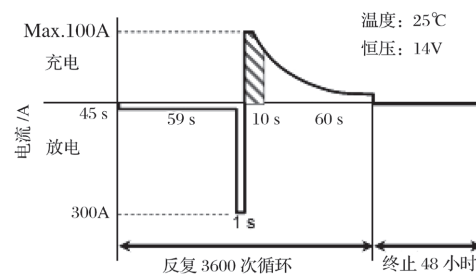


图 5 怠速启停车用铅蓄电池寿命循环试验

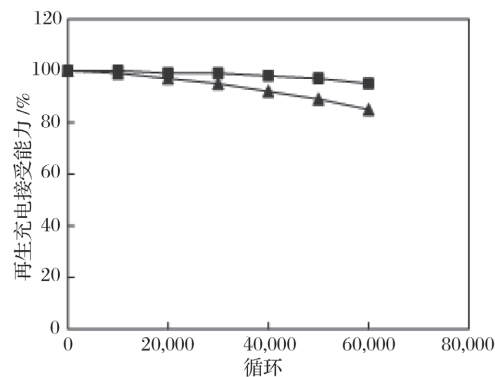


图 6 怠速启停车用第二代 Q-55 (▲) 和规范符合标准 (SBA S 0101: 2006) 第三代 Q-85 (■) 铅蓄电池寿命循环过程中再生充电接受性能

第 4 代电池产品进一步改善了 PSOC 的寿命性能。图 8 所示 PSOC 怠速启停试验模式。试验是以 SBA S 0101 标准的怠速启停寿命试验为参考，试验开始时的 SOC 为 90%，以各循环的充电量为之前的 45 A 放电及 300 A 放电的合计放电量为 100%。另外，每循环 50 次应进行重新（恢复）充电，恢复充电后再次将 (SOC) 达 90% 进行调整放电。PSOC 怠速启停车用铅蓄电池的试验结果示于图 9。第 3 代电池的寿命较

短，但是第4代铅蓄电池的寿命性能有了飞跃性的提高。图10所示，第4代铅蓄电池控制了电解液的上部密度下降，与寿命性能中出现层化的第3代铅蓄电池相比，寿命性能有很大的提高。寿命试验结束后，解剖电池确认电池的劣化模式，其结果示于图11，极板的外观照片示于图12。图11所示的雷达图是GS-汤浅电池公司以前使用的解析方法，将解剖的正负极板、隔板及单体内部的各劣化模式进行0~5、6等级的分类，用小型量化的方式表示劣化的进行状态。第3代、第4代的主要劣化模式，是导致正极活物质的软化，加速负极活物质的硫酸盐化。虽然第4代产品是第3代产品循环次数的5倍以上，但正极活物质的软化程度是相同的。从图12的极板照片来看，第3代正极板上部的软化脱落速度较快，相对而言，第4代产品上部的软化、脱落程度较小，集中在极板上部的放电反应缓和，所以可抑制活物质软化。另外，板栅的腐蚀及负极硫酸盐化略有增加。

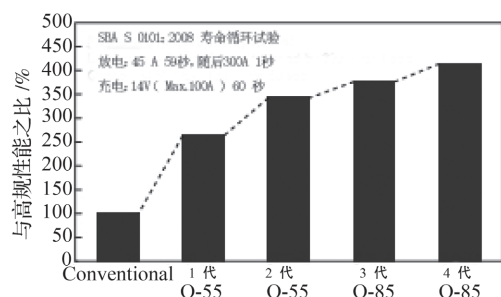


图7 急速启停车用铅蓄电池寿命循环性能的历史变化符合日本电池协会标准 (SBA S 0101: 2006)

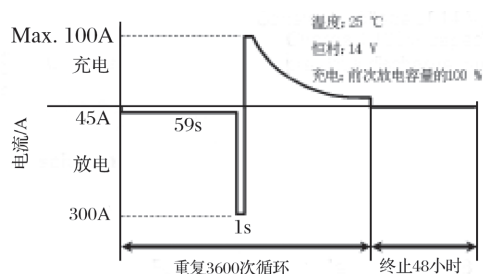


图8 急速启停车用铅蓄电池部分荷电态试验规范。

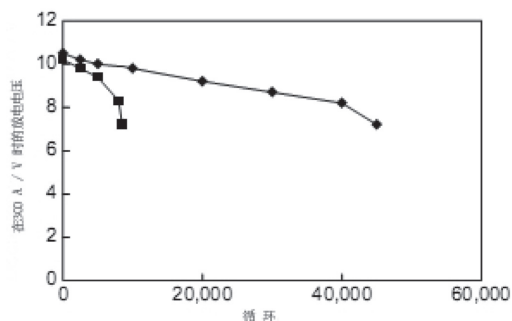


图9 急速启停车用第三代 (■) 和第四代 (◆) Q-85 型铅蓄电池的部分荷电状态的寿命循环性能

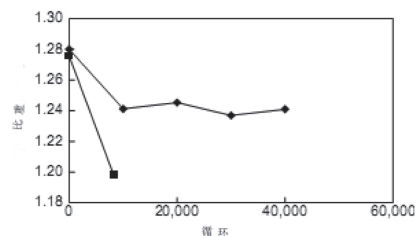


图10 急速启停车用第三代 (■) 和第四代 (◆) Q-85 型铅蓄电池在部分荷电态寿命循环试验过程中电池上部电解液的比重。电池型号示于表1。

## 5 实车验证

GS-汤浅电池公司研制的急速启停车用铅蓄电池 S-85，装载在丰田牌的新车上进行实车运行试验。图13所示，实车运行试验时的车速与电机转数，车速0 km/h，发动机停止转动。在本次测定中急速启停每次有动作，此时的电池电压和电流变化示于图14，发动机停止时电池放电，电压逐渐下降，再次启动时，瞬间以超过500 A的电流进行放电，确认电压的回落，之后电压再次上升时电池开始接受充电。表3所示，实车运行试验中的合计行驶里程和试验周期。在行驶1.2万 km及1.5年运行试验时电池仍为良好，及至试验终了时，与试验开始时相同，毫无问题，完全可维持急速启停的作用。

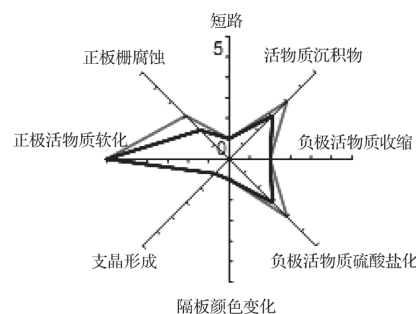
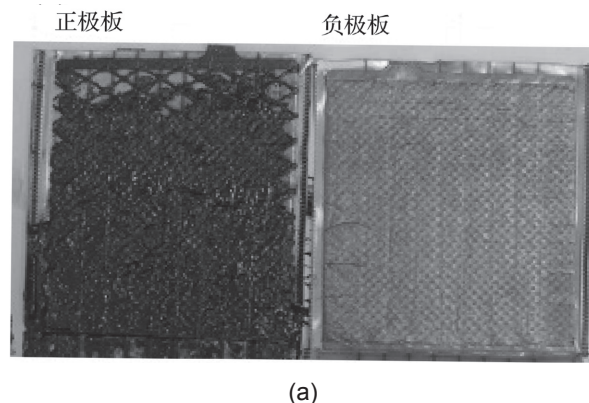


图11 急速启停车用第三代 (黑线) 和第四代 (红线) Q-85 型铅蓄电池在部分荷电态寿命循环试验后的失效模式分析各种失效模式的状态，按其衰减现象分六个等级评定：0级和5级分别表示无衰减迹象和严重状态，电池型号示于表1。



(a)

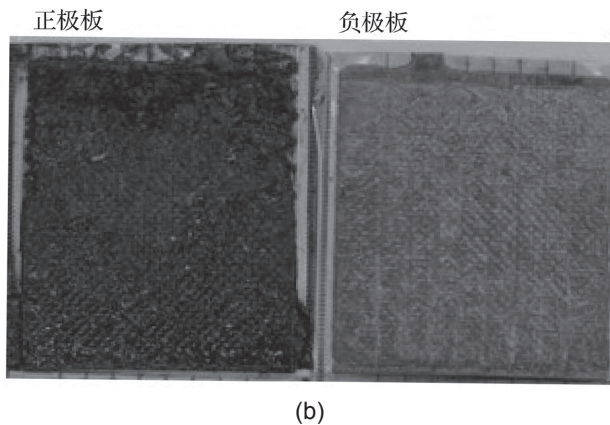


图 12 怠速启停车 Q-85 型铅蓄电池在部分荷电态寿命循环试验后，且第三代 (a) 和第四代 (b) 正、负极板的外观

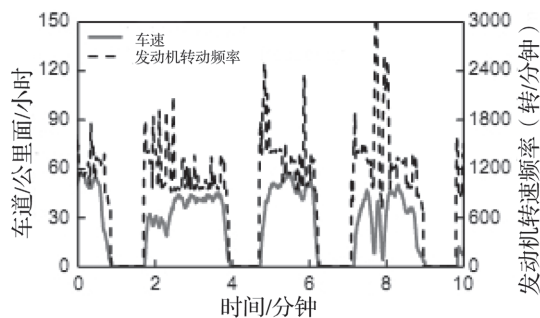


图 13 装有怠速启停车用 S-85 型铅蓄电池的丰田“Vitz 型 (1.3 L, 新式启停车装置)”现场行驶试验时的车速和发动机转动频率，电池型号示于表 1

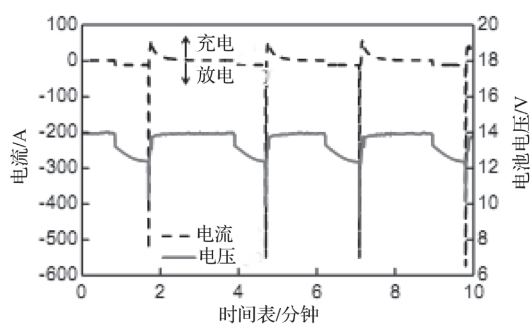


图 14 装有怠速启停车用 S-85 型铅蓄电池的丰田“Vitz 型 (1.3 L, 新式启停车装置)”现场行驶试验时电池的电压和电流，电池型号示于表 1。

表 3 装有怠速启停车用 S-85 型铅蓄电池的丰田“Vitz 型 (1.3L, 新式启停车装置)”现场行驶试验时的里程和周期，电池型号示于表 1

轻型	Vitz
电池型号	S-85
里程	12,000 km
试验周期	15 年

表 4 所示，回收电池性能的调查结果，在经 1.2 万 km 的行驶及 1.5 年的运行试验后，仍能接近新品的性能。图 15 所示，电池解剖后的结果，极板几乎无劣化的迹象。另外，也未发现负极耳破损等其它部件的劣化。GS- 汤浅电池公司的怠速启停车用铅蓄电池设计的平稳性在实车运行试验中已得到确认。今后各时代的电池还可进一步的在实车运行试验中得到验证。

表 4 装有怠速启停车用 S-85 型铅蓄电池的丰田“Vitz 型 (1.3 L, 新式启停车装置)”现场行驶后，电池的性能

性能试验项目	对比初始性能 (%)	
5 小时率容量	充电前	95 %
	充电后	99 %
300A, -15℃高倍率放电	5s 后电压	99 %
	期间	91 %
再生充电接受能力	96 %	

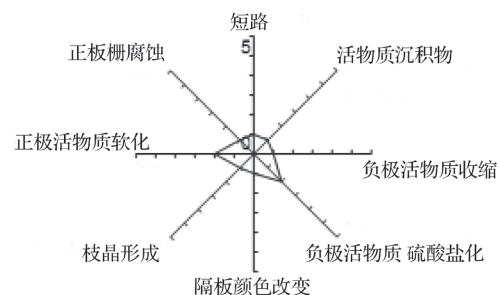


图 15 用丰田“Vitz 型 (1.3 L, 新式启停车装置)”现场行驶后怠速启停车用 S-85 型铅蓄电池的失效模式分析

## 6 结论

怠速启停车与传统车相比增加了充放电容量，所以，要求配套的铅蓄电池具有较高的耐久性能。为进一步削减 CO<sub>2</sub> 的排放、提高燃油效，同时要求再生充电接受性能也有一定的提高。GS- 汤浅电池公司要继续按市场上用户的需求进一步改进怠速启停车用铅蓄电池，目前，第四代怠速启停车用铅蓄电池已投放市场，第 4 代新品电池与传统电池相比，再生充电接受性能约提高了 3 倍，耐久性能高达 4 倍以上。针对今后将进一步的出台严控 CO<sub>2</sub> 的排放及提高燃油效率的新规，各汽车厂家也在着手进一步开发新产品。伴随着汽车生产厂家产品的变化，预计按厂家对怠速启停车用铅蓄电池的需求的变化，还要不断地进行开发，研制适用于怠速启停车系统用铅蓄电池。

### 原文作者及出处

和田秀俊，细川正明，大前孝夫。GS Yuasa Technical Report，  
2012 年 12 月 第 9 卷 第 2 号