

纵论电动汽车和 化学蓄电

——杨裕生院士文集

杨裕生 著



科学出版社

纵论电动汽车和化学蓄电

——杨裕生院士文集

杨裕生 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

新能源产业和新能源汽车产业列入国家“十二五”七大战略性新兴产业，化学电源是这两个产业的核心部分。本文集以化学电源技术的现状和发展前景为依据，对我国电动汽车的发展路线作了实事求是的分析，提出了相应的建议，特别是从安全性和经济效益出发，深入比较了各种化学电源在电动汽车和可再生能源两个领域中蓄电的作用。本文集收纳了著者近几年 64 篇文章、报告、访谈录，分为发展电动汽车的战略意义、燃料电池电动汽车、电动汽车的发展路线、动力电池及材料、可再生能源与规模蓄电等五部分。

本文集可供电动汽车和新能源领域的企业管理、工程和科技人员参考，也可供各级政府的工业、发展改革、科学技术等管理部门人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

纵论电动汽车和化学蓄电——杨裕生院士文集/杨裕生著. —北京: 科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-035625-3

I. ①纵… II. ①杨… III. ①电动汽车-文集②再生能源-发电-文集
IV. ①U469.72-53②TM61-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012) 第 224954 号

责任编辑: 汪 操 / 责任校对: 张怡君
责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 9 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2012 年 9 月第一次印刷 印张: 15 1/2

字数: 297 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

作为国家“十二五”七大战略性新兴产业之一，“新能源汽车”吹响了汽车动力源革命的号角，为缓解我国紧迫的石油危机和燃油汽车所导致的城市大气污染危机指明了方向，其历史与现实意义重大。近期，由于事关各方的既有利益（例如大小汽车企业）和潜在利益（例如充电、换电垄断）以及立场观点不同，加上新生事物与传统观念的矛盾，而且电动汽车是多学科交叉的系统工程，涉及领域有：机械、电工、电子、化学、材料、能源、环境、市政、交通、经济、财政等，各领域之间相互沟通理解不够，所以电动汽车产业化进程的初期遇到争议、质疑，甚至唱衰、抵制也不足为奇。争议的激烈程度有时甚至达到了论战的水平。杨裕生先生一贯积极坦率地发表自己的看法，敢于进言，敢于评论，敢于反驳，堪称是论战中的一位勇敢善战的战士，这种精神值得大家钦佩。此次出版的文集收纳了他的 64 篇文章、报告、访谈录，展示了他的观点，有利于各种观点的人士了解和思考。如果争议中的各方注意摆事实讲道理并且倾听对方的观点，就有可能得到更好的结论。

采用铅酸电池的小型低速短程电动汽车，在旅游观光区、工厂区以及郊区农村都有市场，有的城市也已经可以作为私家车上路。价格低廉，无需政府补贴，厂商和用户都满意，已经产业化。但是，当前在政府管理部门争议很大。杨先生积极表达自己大力推介的意见，是本文集中最突出的主题。

汽车小（微）型化或轻型化可以节约能源，已是石油涨价形势下的全球传统汽车和电动汽车市场发展趋势之一，现在世界各国政府都在竞相鼓励。只因传统观念和部分国人的炫富心态作祟，对汽车小型化强烈反对，认为不体面。他们中的一小部分，不惜让尚不富有的中国成为外国生产的奢侈豪华汽车最畅销的市场！

在电动汽车续驶里程方面，据统计，80%的私家车日常行驶里程不超过 80 公里（甚至不超过 50 公里），而使用当前水平的蓄电池（包括铅酸电池）和夜间民用电网谷电所提供的小功率慢充电 5 至 7 小时就可以满足次日之用电量。有的用户担心续驶里程短和充电难，而这可由车载的增程式发电机发电延长续驶里程。按此配置的蓄电池数量最合理，既避免了由于车载过多的蓄电池而导致的成本提高和每公里能耗增多，又不必依赖充电站。所以，政府应让不同需求的用户和市场决定续驶里程，不作硬性统一规定才是最合理的。

相对于上述汽车小型化和短里程的争论而言,“低速汽车”遭遇的反对意见更是强烈。反对者最大的理由是低速小轿车在城市道路上影响交通!但是,“不影响城市交通的汽车速度”界限应当依据城市的交通现状实事求是地裁定。在当前和可预见的将来,拥堵的城市里,小轿车可以开到 100 公里/小时的时间和距离有多长?有必要为此而限制达不到此标准的小轿车吗?另一方面,低速汽车的速度也不是不能提高的,如果配上超级电容器,按需在短时间内提高速度是完全可能的。

通过以上三段落对“小型”、“短程”和“低速”的简短分析可以看出,电动汽车动力源的解决对策不应只盯住蓄电池一项,还应该拓宽视野,从电动汽车动力源的多样性(增程式发电机和超级电容器也是候选的辅助动力源),以及汽车性能需求的多重性来全盘解决。还应看到,蓄电池的安全和成本问题相对于比能量和比功率而言更为重要!选择蓄电池时,除了锂离子电池之外,安全而廉价的铅酸电池也有可能在当前亟需的电动汽车(包括保有量最大的私家小轿车)的产业化中扮演一个适当的角色。铅酸电池的污染问题不在于技术难度,而在于政府对其生产和回收的严格管理。

自从 14 年前杨先生转到化学电源研究以来,我与杨先生之间的接触和了解逐渐加深。尤其是两年前共同参加国家发改委委托中国工程院和中国科学院牵头开展的“新能源汽车产业‘十二五’发展战略研究”以来,我们在从电动汽车动力源的角度研究电动汽车的产业化道路方面的讨论更加深入,虽然看问题的方式不尽相同,但颇有同感。这是我乐于应邀为此书写序的原因之一。

田昭武

前 言

我国经济的高速发展，带来的能源和环境问题日渐突出。我国汽车年产量已连续两年跃升至 1800 万辆以上，石油对外依存度高于 56%。城市严重的空气污染，有一半是由大量燃油车行驶造成的。所以，发展电动车是提高能源安全、改善城市空气质量的必要措施，并且越来越迫切。

“十五”国家“863”计划电动车专项实施以来，电动车技术取得了显著的成绩。但是，选择何种电动车作为产业的优先发展目标，在我国有着不同的出发点和认识。有的被燃料电池过度宣扬的优点所迷惑，特别青睐于燃料电池电动车；有的看重发挥已有汽车生产设备的作用，极力推崇混合动力车。前者曾受美国声势的影响，后者现有日本经验的鼓舞。“十一五”燃料电池电动车稍有降温后，混合动力车逐渐成为重点，唯因高功率电池和机件制造水平等因素的制约，节油率不高。

发展可再生能源是减缓化石燃料耗尽、减少二氧化碳排放的必由之路，风能、太阳能发电能力正在我国迅速增长。风能、太阳能发电固有的不稳定性，给其输送和使用造成了困难，而发展规模蓄电技术的呼吁早几年未能引起重视。随着几个“风电三峡”的建设，风电的不稳定性对电网的冲击将加剧，夜间“谷电”容量过剩将日渐突出（我国北方风场夜间风大），电网平稳化的任务加重。现在“临阵磨枪”，各方都倍感被动。

我本非电化学家，由于多种因素的综合，66 岁才转到化学电源研究方面来。在与蓄电池打交道的 14 年中，由于军内外需求的紧迫性和高指标，逐渐认识到化学电源是一项高技术，规模蓄电尤具复杂性和难度，深感我国必须面对现实，使劲追赶国际水平。我认为，我国现有的动力电池既有可用性而又有局限性，必须在大力提高其性能的同时，扬长避短地合理加以使用。所以，与汽车和电力专家急于做出高水平电动车和储能系统的视角不同，我是在对电池技术的现状及其发展途径有所认识的基础上，着重考虑在当前电动车和规模蓄电的发展中如何更好地发挥电池的作用。

我认为，我国电动车的发展路线应是“以大力发展纯电动的微型、低速、短程乘用车为突破口，逐步提高水平；以‘纯电驱动’的增程式大中型公共客车和中高档乘用车为主要过渡车种；打牢基础，向新一代纯电动车方向跨越式发展”。同时，利用夜间“谷电”（实际上主要是风电和核电而不是煤电）给电动汽车充电，国家节省

油料，电网削峰填谷，大气污染减轻，用户节省开支，真是一举多得。

铅酸电池优点突出，古老而益壮，仍是每一台内燃机的启动部件，现代社会时时刻刻离不开它，因而应该公正地对待它，而不能因为铅的污染没有很好治理而就不发展，甚至存有偏见。我认为，要充分发挥铅酸电池在电动车和规模蓄电中的作用，要以新技术武装我国的铅酸电池工业，提高电池性能，同时切实解决铅的污染问题。

我国对规模蓄电技术研发投入太少、太迟，在需求急迫的形势下，照走国外技术路子似乎还赶不上使用需求，创新就更来不及了！但是我认为，既应不排斥外国先进技术，也应该大力自主创新，不要都走外国的“独木桥”。当然，创新是艰难的，还可能要有个坐冷板凳的过程，甚至遭遇失败，但是，就因为如此，更应抓紧时间急起直追。为了增强电动技术产业和规模蓄电工程今后持续发展的后劲，要特别加强研究比能量更高、寿命更长的安全电池，尤其要研发有自主知识产权的电池新体系、新材料。我一再呼吁，政府要进一步加大经费支持，有关的大企业要舍得投入，科技人员则要迎难而上，埋头苦干，实实在在地搞些创新。

国内外化学电源技术的飞速进步，业内外对电动车和规模蓄电发展的意见分歧，促使我鼓起勇气参与了有关问题的讨论，写了些文章发表于报刊；又承蒙会议热情邀请做些报告，报刊记者登门访谈，使我有机会反复介绍观点和思路，并在认真听取别人发言后进行交流，加深了对一些问题（如动力电池的阶梯使用等）的理解。

本文集收纳了 64 篇文章、报告、访谈录，分为五部分，每部分以时间为序排列，以便于各方人士集中参考。由于根基不深，谬误在所难免，深盼指正，预致谢忱。

2012 年 7 月 9 日，国务院印发的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020 年)》正式公布了，与 4 月 16 日发布的摘要和透露的初稿相比，有了重要改动，最主要的变化是明确到 2020 年纯电动汽车和插电式混合动力汽车年生产能力达 200 万辆，同时删除了非插电式混合动力汽车产量占乘用车年产量 50% 的指标。但是，本文集的文章一再推介的增程式汽车和小型低速短程汽车，未在规划中出现，令人遗憾。不过我相信，技术进步和市场发展将是无法抗拒的力量，让历史去检验吧！

中国科学院院士、厦门大学原校长田昭武教授是我国电化学界德高望重的前辈，十几年来一贯热情鼓励和帮助我从事电化学工作，这次又不顾 86 岁高龄和盛夏炎热，欣然为本文集作序，给了我莫大的荣誉和支持。谨此向田老师致以衷心的感谢。感谢张浩博士和程杰博士在选集出版中付出的辛勤劳动。

杨詠生

2012 年 7 月 10 日于北京

目 录

序 前言

第一部分 发展电动汽车的战略意义

大力发展纯电动汽车	3
电动车与可再生能源蓄电的发展之路	5
“电动技术产业”将为中国带来跨越式发展机遇	8
以纯电动车为核心的“电动技术产业”正在兴起	10
发展电动车刻不容缓 节能是一个长远国策	15

第二部分 燃料电池电动汽车

关于我国燃料电池汽车事业发展的信	19
“氢经济”论的降温与电动车的发展	22
从美国政府停止支持燃料电池电动车研发说起	26
解读“863”计划电动汽车（一期）指南	28

第三部分 电动汽车的发展路线

回答《中国高新技术产业导报》记者关于电动车发展方面的问题	35
评奥巴马的“下一代”电池和电动车计划	37
关于我国电动汽车的技术发展路线的建议	41
关于我国电动汽车的技术发展路线建议（全文）	44
争议电动汽车技术路径	57
电动汽车驶向何方？	62
低速短程微型纯电动车是市场推进的突破口	69
要果断制定电动汽车工业发展路线	71
增程式电动车具有较强的过渡优势	73
新能源汽车应坚持纯电动方向	75

莫将电动汽车叫成新能源汽车	77
热烈祝贺时风集团公司小型低速纯电动轿车生产线建成投产	79
增程式电动汽车不是混合动力汽车	82
增程式电动汽车是最佳选择	84
别藐视铅酸电池微型电动汽车	86
走自己的路才有出路	89
电动轿车产业化应以实用小型车为突破口	91
与科技日报讨论增程式汽车的“突破”	94
电动汽车被指掉入“高档陷阱”	96
应大力发展铅酸电池微、小型轿车	97
以电池为依据, 规划电动汽车发展	100
发展低速电动车会断送汽车事业吗	106
以电池为依据 规划电动车发展	108
电动乘用车并非“无人买、无车卖”	110
院士重责新能源汽车规划漏洞多	112
半充半放是使用电池较佳方式	115
节能与新能源汽车规划解读: 发展路线比技术路线更重要	116
《规划》目标应落实到生产厂	118
试论提高电动汽车安全性之道	121

第四部分 动力电池及材料

电动技术产业与动力锂电池	127
电动技术产业与新材料需求	132
“863”计划应该支持铅酸电池的技术发展	134
节油率是衡量电动汽车的根本标准	136
铅酸电池的明天会更好	139
用新技术武装铅酸电池为我国科学发展做出更大贡献	144
“未来电动汽车高能电源研讨会”开幕词	146
客观看铅酸电池	148
铅酸电池本身不会污染环境	150
在张家港华盛公司的讲演	152
要十分重视“镍碳超级电容器”报道引起的负面效应	153

谈铅酸电池行业的转型与发展	155
电池中添加活性炭与超级电容器	158
纯电动公交车：怎样补充电能最有利	164

第五部分 可再生能源与规模蓄电

液流电池及其与其他储能方式的比较	169
大规模蓄电装置的化学电池	172
中国风能发电的蓄电技术	175
“非并网风电”应与大规模蓄电相结合	181
简述发展大规模蓄电的液流蓄电池	184
液流电池蓄电技术的进展与前景	193
关于可再生氢-氧燃料电池的议论	203
储能装置直接经济效益的判据	209
发展规模蓄电技术要自主创新	214
我国规模蓄电技术发展之见解	217
能源问题与液流电池发展现状	219
给北京市科委的信和建议	221

附 录

杨裕生传略	227
-------------	-----

第一部分
发展电动汽车的
战略意义

大力发展纯电动汽车*

2006 年,我国电动汽车的研发取得了长足进步,不仅是“十五”电动汽车重大科技专项通过验收,而且各地也不断传出电动车研制、生产的新消息。比如,无锡安源汽车有限公司与澳大利亚 BCI 公司合作成功研制出混合动力客车;山东中通客车公司的混合电动客车下线;一汽和东风的混合动力客车获国家汽车产品公告并投放市场;东风、长安、奇瑞和一汽纷纷宣布混合动力轿车陆续投放市场等。在 2006 年,我国第一批纯电动轿车取得了产品准入公告。

一、纯电动汽车优点明显

我国一直很重视清洁、高效汽车技术的开发。电动汽车被列入国家“863”重大专项后,在整车开发方面主要有燃料电池汽车、混合动力汽车、纯电动汽车 3 种技术。

相对于混合动力汽车和燃料电池汽车,纯电动汽车有自身的优势。纯电动汽车以电动机代替燃油机,噪声低、无污染,电动机、油料及传动系统少占的空间和重量可用以补偿电池的需求;且因使用单一的电能源,电控系统相比混合电动车大为简化,降低了成本,也可补偿电池的部分价格。而且,纯电动车的电池在夜间利用电网的廉价“谷电”进行充电,可以平抑电网的峰谷差。对车主而言,利用分时计价的廉价“谷电”,也许花 2~3 元电费就能省下 50 元的油费。总之,对国家、电网、环境、用户,都是利益多多。所以应该大力发展纯电动车和以纯电动为主要运行模式的“电-油混合电动车”。

目前,有的企业已经开始尝试,如:咸阳威力克能源有限公司用磷酸铁锂锂离子电池在北京科技大学的协作下装成了纯电动小轿车;博信电池(上海)有限公司用生产的锌-空气电池研制成纯电动客车并向其他公司成组地提供多种纯电动车的电源。还有,解放军某部队与上海交通大学合作研究了电-油双动力技术,并且应用到了电动车上。

业内人士现在普遍估计,燃料电池汽车能成气候至少是 10~15 年后。而在纯电动汽车方面,由于二次动力电池进展不断,纯电动汽车虽未得到重大科技专项的资助,但却有“柳成荫”之势。现在应给这些即将成荫之“柳”补浇些“水”。

* 本文原载于《经济日报》,2007 年 2 月 14 日。

二、解决几个认识问题

发展电动汽车应该解决几个认识问题。

电动车电池应以安全为第一位。电动车所用的电池，必须将安全性放在诸指标的首位，其次才是比能量、寿命、价格等其他因素所形成的综合性能。锌-空气电池和以磷酸铁锂为正极的锂离子动力电池，无疑在现有的各类、各种动力电池中处于优势地位。应该不失时机地充分利用我国这两种电池目前的良好基础和势头，给予及时支持和政策鼓励，使之加速发展。

重新认识纯电动汽车的适用范围和电能储量。目前阶段可以如此设想：我国城市电动交通车的动力可以锌-空气电池为主，定点更换电池或电极材料，每个城市组建一个或几个电池或电极材料的再生工厂，各为若干条公交线配套服务；城市内使用的轿车则可主要使用以磷酸铁锂为正极的锂离子动力电池，如果电池重约 150 公斤，蓄电 15kWh，续驶 150 公里，那么对大部分用户是足够了，而整车重量不见得比燃油车重多少。只是最初的车价可能要贵一些，但随着电池价格下降和车产量的增大，价格会不断降低。我认为，按照现有燃油车的指标(续驶里程、加速到 100 公里/小时所需时间、最高时速等)，全面要求城市内使用的纯电动汽车是不合理的，尤其是在纯电动汽车推广应用的初期阶段，而且这样要求也是不必要的。

三、建立相关政策

国家政策对纯电动汽车的发展十分重要。有关部门可以早日建立起对于纯电动汽车企业的配套优惠政策，让企业能对纯电动汽车及其关键部件的生产放心大胆地投入。应该普及电费的分时计价并拉开峰-谷电价的差距，让消费者从油-电差价中得到足够的实惠以鼓起其购买纯电动汽车的欲望。最初阶段纯电动汽车的车价可能要比燃油车贵，可以通过向购车人发放政府补贴的办法解决一部分(或免去购车税)，购车人用油-电差价自己消化一部分。政府补贴纯电动汽车的车价应该是可行的，因为肯定可以从城市空气环境改善、减少用油等方面获得更大的直接或间接补偿。

电动车与可再生能源蓄电的发展之路*

我国经济快速发展，能源和环境问题“火爆”，石油价格上涨，更显“火上加油”。正如本次会议的通知所说：“大力发展风电和光伏电成为重要的战略决策。积极研发和推广电动车对节省石油和减轻环境污染有重大意义。储能电池与动力电池及相关材料的研究、开发和产业化是战略焦点。”

本文讨论当前纯电动车和可再生能源蓄电及相关电池的发展之路。

一、发展纯电动车

在当前四类电动车（①“油-电混合动力车”；②外充电式（plug-in）混合动力车”；③纯电动车；④燃料电池电动车）中，应跨越式优先选择发展纯电动车。

1. 大力发展纯电动车的理由：噪声低；无污染；结构最简单，使用、维修方便；完全替代“石油能源”。如每辆车 2 千瓦充电 5 小时，10 度电行驶百公里，50 万辆车每日共可替代汽油 5000 吨，一年 180 万吨！电池在夜间利用廉价“谷电”充电，可以平抑电网的峰谷差，解决当地电网调峰问题，50 万辆纯电动车即可消耗 100 万千瓦的“谷电”。

2. 要重新认识纯电动汽车。过去，动力电池的比能量低，认为纯电动汽车只能用作特种车辆，在较小区域内行驶。如今，动力电池技术进步，性价比不断提高，其大发展已不存在近期难以克服的技术问题、材料来源问题和价格过高的问题。有种要求是不合理的——按照现有燃油车的指标（续驶里程 600 公里以上、加速到 100 公里/小时所需时间、最高时速等）全面要求城市内使用纯电动汽车，而且这样要求也是不必要的（尤其是在纯电动汽车推广应用的初期阶段）。

3. 电动车动力电池的功能指标和经济指标：①安全性，安全第一；②比能量；③比功率；④寿命；⑤价格；⑥能量转换效率。

锂离子动力电池和锌-空气电池，在现有的各类、各种动力电池中处于优势地位。

电动车在近、中期依靠不了燃料电池：价格昂贵，没有市场；铂的资源不够用；寿命不够长；能量转换效率低；氢的来源和储运有问题。远期，要看燃料电池技术如何发展。

* 本报告发表在《第二届中国储能与动力电池及其关键材料学术研讨与技术交流会》，成都，2007 年 11 月。

4. 磷酸铁锂电池的综合性能最好：安全性高，不用昂贵的原料，不含有害元素。已克服了电导率低、密度不高的缺点，重量比能量可达 100Wh/kg。

锂离子电池电动车，昂贵吗？充电 1000Wh<0.5 元，驶 7 公里，比用油省 3 元。28~30 万公里共可省 12 万元，电池差价可以找回。何况油价还在上涨。

5. 扶植纯电动车的政策：国家政策对纯电动汽车的发展十分重要。建立对于纯电动汽车企业的配套优惠政策。要普及电费的分时计价并拉开峰谷电价的差距，探索多种方便用户的充电方式。向购车人发放政府补贴。

二、可再生能源蓄电和电网调峰——储能电池

1. 可再生能源与蓄电——太阳能是可再生能源之源

水、风、光发电，1 千瓦每年减排 CO₂ 2000kg。

水能发电技术成熟，将充分开发利用——目前唯一可规模开发，但总量有限，4.02 亿千瓦。

风能发电，陆上离地面 10 米技术可开发量约 3 亿千瓦；陆上 70 米高度及海上的风能资源很大。

风力、太阳能、潮汐和波浪发电，发电能力无法恒定，难用，例如风力发电，电压不稳，功率不稳，频率不稳，相位不稳，发电与用电不同步，并网增加调峰负担。

必须有大规模蓄电装置与之配套运行。

2. 规模蓄电方法的评说

评价的因素：①能量转换效率；②能量转换成本；③资源支撑能力；④安全性。要综合比较“高效储能”：通过变换—储能—再发电的循环过程，使能量利用取得最佳经济效益和社会效益。

储能的直接经济效益 (E)，决定于放出单位能量的投资 (C)、储能—放能循环寿命 (L)、储能—放能循环的转换效率 (T)： $E=L \cdot T/C$ 。

抽（扬）水蓄能电站、压缩空气储能、超级电容器、钠硫熔融电池等各有优缺点。综合性能高的蓄电器有：①循环寿命长的铅酸电池；②有自主知识产权的流液电池；③安全的锂离子电池。

3. 铅酸电池没有过时

每辆汽车都有一块用作启动电源：不间断电源，电动自行车等已广泛使用。

优点：①价格低（按每 Wh 计）；②安全、可靠；③比功率高（350W/kg）；④废电池易回收再生；⑤生产工艺成熟、较简单。有一万安时以上的大型产品。

铅蓄电池“不老”！利用新技术，其比能量低、循环寿命短、充电时发生酸雾、生产中可能有铅污染环境等缺点在不断克服中。日本已有循环寿命 4500 次的铅蓄电池

(70%DOD)。

4. 液流电池前景好

全钒液流电池发展最快, 优点有: ①大规模蓄电——储罐没有尺寸限制; ②安全, 可深度放电; ③有很大的充放电速率; ④长寿命, 高可靠性; ⑤无排放, 噪声小; ⑥启动快, 充、放电切换只需要毫秒; ⑦选址不受地域限制, 1~2 年可建成, 运行和维持费低。但有三个缺点: ①正极、负极电解液交叉污染; ②要用价贵的离子交换膜; ③两份溶液, 体积大, 平均之后比能量低。此外, 专利权在外国人手里。

新的 Zn-Ni 单液流电池——创新体系, 克服了液流电池三缺点, 电堆、系统均简化。

三、结束语

1. 配合风能发电, 大力发展蓄电技术: ①立足铅酸蓄电池, 提高性能, 正确使用; ②多种技术并举, 竞争中发展。
2. 发展用途很广的液流电池: 与分布式发电的发展趋势相适应。
3. 纯电动车优点突出, 优先大力发展安全、高比能的磷酸铁锂动力电池。
4. 建议国家电网公司扩展业务——充电服务-动力电池-电动车;
——电网运行-储能电池-风电上网。