



中国汽车工程学会

汽车工程图书出版专家委员会 推荐出版

# 汽车先进制造技术 跟踪研究 2016

TRACE RESEARCH ON  
ADVANCED AUTOMOBILE  
MANUFACTURING TECHNOLOGY

中国汽车工程学会 组编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



中国汽车工程学会

汽车工程图书出版专家委员会 推荐出版

# 汽车先进制造技术 跟踪研究 2016

TRACE RESEARCH ON  
ADVANCED AUTOMOBILE  
MANUFACTURING TECHNOLOGY

中国汽车工程学会 组编

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

汽车先进制造技术跟踪研究. 2016/中国汽车工程学会组编. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 10

ISBN 978 - 7 - 5682 - 3266 - 1

I. ①汽… II. ①中… III. ①汽车 - 车辆制造 - 研究报告 - 2016  
IV. ①U466

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 249586 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大天成印务有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 33

字 数 / 554 千字

版 次 / 2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价 / 268.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

---

# 序言

《汽车先进制造技术跟踪研究（2016）》在诸多专家的共同努力下问世了！可喜可贺！从21世纪初开始，中国汽车工程学会启动了汽车工程领域的技术跟踪研究工作，受到业内外的的好评。这次专门聚焦于汽车制造技术，我相信，一定会对汽车制造业的转型升级、核心竞争力的提升具有积极的推动作用。

中国汽车已经在产销方面多年坐拥世界第一的位置，但在大而不强的背后，存在核心技术缺失和高端制造失守两大软肋。

本书的内容涵盖了新能源汽车及轻量化技术、精密超精密制造及检测技术、先进制造工艺及装备三个方面，也正是汽车企业及装备制造企业特别应该关注的领域。

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。近年来我不断关注世界汽车工业和装备制造业的发展，通过对国际著名汽车和零部件公司的访问，对此有切身的体会。

以德国的博世公司为例，它是全球最有影响力的零部件公司之一，其核心竞争力，一方面是超前的研发能力；另一方面，是强大的装备制造能力。其位于荷兰的生产自动变速器钢带的生产企业，垄断了全球60%的市场份额。这个企业除热处理设备之外，几乎所有的工艺装备都是博世公司自制或是按照博世的工艺思想完成的。博世公司作为一个数字化的、自动化的企业，其背后是强大的制造技术能力。

这两年我同样持续关注日本的汽车生产企业。日产汽车公司的电池生产厂是一个典型的工业4.0工厂。在电动车的生产中，他们贯彻这样的技术理念：电动车的安全性取决于电池的热管理，电池的热管理又取决于单体电池的一致性，而一致性又是靠工艺装备来保证的。正是基于这样的指导思想，电池厂的生产制造路线（包括检测技术），从单体的制造、电池组、电池包到最终的验证实验都是在高精度的生产装备控制下完成的。正如他们负责研发工作的技术专家所说：无论是传统汽车（包括零部件）的生产，还是新能源汽车的生产，制造技术都是基础的前提，否则一切都无从谈起。

当然，近几年来，我国汽车制造技术水平有了大幅度提升，如四大工艺的冲压生产线、焊装生产线、涂装生产线开始进入世界先进水平。在轻量化制造中，热成型技术、辊压成型技术、内高压成型技术也逐步向世界水平靠拢。包含发动

机关键技术的一批高精度精密设备也已实现国产化。与此同时，材料技术也有了快速的进步。

汽车产业是装备制造业的先导性产业，在中国制造 2025 中，占据着重要的位置。目前，汽车产业的发展正在迎接新的技术变革，要顺应低碳化、电动化、智能化、信息化的总体趋势。汽车制造技术的发展一定要在突破核心技术上大有作为；一定要在协同创新、跨界合作上有大的举措；一定要在夯实技术基础、提高制造技术水平上创新发展思路。

借此机会，谨向参与本书撰写的所有专家表示衷心的感谢！感谢他们在百忙之中抽出时间，不辞辛苦、贡献才智。同时也向在编辑出版工作中付出辛劳的所有工作人员表示感谢！

汽车强国梦的实现需要强大的汽车装备！与各位同仁共勉！  
是为序！

中国汽车工程学会理事长  
中国汽车制造装备创新联盟理事长



# 前言

汽车产业已经成为我国国民经济的重要支柱，在促进经济发展、社会进步和改善人民生活质量等方面发挥着重要作用。进入新世纪以来，我国汽车产业一直保持快速发展态势，汽车产销量持续增长。2015年，我国汽车产销量双双超过2450万辆，并连续七年稳居世界汽车市场第一的地位，汽车产量占世界汽车总产量四分之一以上。

回顾我国汽车工业发展的历史，令人遗憾的是，我国装备制造业错失了与汽车产业协同发展的机遇，导致我国汽车制造技术水平与汽车市场发展没有齐头并进。发达国家在科学前沿和高技术领域仍然占据明显领先优势，我国装备制造业很多方面仍处于全球价值链的中低端，一些关键核心技术受制于人，支撑产业升级、引领未来发展的科学技术与装备的储备亟待加强。“十二五”期间，国家启动科技重大专项，加大了对汽车装备制造瓶颈技术发展的支持力度，汽车制造装备国产化取得了长足进步。但是由于我国汽车产业的高速发展，对装备制造业不断提出更高要求，需要形成重点装备和技术发展相适应的支撑能力，形成汽车整机和基础零部件协调发展的产业环境。

然而，作为全球汽车市场增长引擎，我国汽车产业吸引了大量外来投资与先进技术，使我国在人才培养和技术储备方面都具备了一定基础。随着汽车市场需求向个性化与多样化发展，我国的汽车产业正朝着智能化、网络化、节能化等方向发展，这也使得未来汽车先进制造技术趋向精密化、柔性化、网络化、智能化、敏捷化、清洁化、集成化及管理创新的方向发展，汽车产业对先进制造技术的需求越来越强烈。

近年来，各发达国家纷纷制定符合本国工业发展的复兴计划以加强本国制造业的竞争力。2016年是“十三五”开局之年，我国政府提出《中国制造2025》发展规划，积极抢占未来科技和产业竞争制高点，从国家战略高度确定了我国未来十年的发展方向和我国装备制造业转型升级的必由之路。提出大力支持新能源汽车、高档数控机床及工业机器人等领域的发展，这些举措无疑将有力推动我国汽车产业和装备制造业水平进一步提升。

目前，汽车企业从新车设计开发到上市的节奏不断加快，新车型大量应用新技术、新成果以提高产品的市场竞争力。欧洲各汽车强国以及美国和日本等整车及零部件企业都投入了大量经费在铸造、锻造、切削加工、热处理、冲压、焊

接、涂装、装配等方面进行技术改进和创新实践，使汽车制造技术成为汽车行业关注的热点。

鉴于此，中国汽车工程学会组织编写了《汽车先进制造技术跟踪研究（2016）》。该书是汽车行业、机床行业和相关大学等专业研究机构的专家和学者通力合作的综合性专业技术书籍。该书对新能源汽车和轻量化技术、汽车零部件的精密加工及检测技术、制造生产工艺及装备等方面的发展状况和前沿技术进行跟踪研究并汇编成册，希望能推动我国汽车产业与装备制造业协同发展。此后我们还将陆续推出围绕汽车制造数字化工厂、智能制造和增材制造技术等热点内容的系列丛书，以满足广大读者的需求。

《汽车先进制造技术跟踪研究（2016）》一书凝聚了众多行业专家的智慧与心血，在此表示衷心感谢！我们在组编过程中力求做到认真严谨，努力跟踪和把握汽车制造技术的最新成果，衷心希望《汽车先进制造技术跟踪研究（2016）》一书的出版能够增进我国汽车制造业与装备制造企业科技人员的交流和沟通，对我国汽车制造技术的创新和发展起到积极的促进作用。本书如有不足之处，欢迎广大读者提出宝贵意见。

# 目 录

## 一、新能源汽车及轻量化技术

1. 国内外电动车用动力电池产业化制造工艺技术的发展趋势研究  
.....王子冬 佟蕾等 /2
2. 超高强度钢热冲压成型研究进展 ..... 马鸣图 张宜生 /15
3. 汽车轻量化材料最新加工技术跟踪 ..... 吴昊阳 /76
4. 长纤维增强在线模压技术在快速制造汽车零部件上的应用  
.....范广宏 任明伟等 /110
5. 汽车轻量化铝合金控制臂精密加热技术研究 .....王占军 张文良等 /118
6. 汽车轻量化结构件内高压成型技术与装备 .....韩聪 苑世剑 /131
7. 新能源汽车全塑车身先进制造技术 .....邵明贤 杨为民 /148

## 二、精密超精密制造及检测技术

1. 高速随动磨削工艺的应用与装备关键技术研究 .....李伟华 /166
2. 曲轴磨削国际前沿技术跟踪 .....黄海涛 /185
3. 国内外柴油机电控高压共轨燃油喷射系统精密制造技术研究 .....钱闯 /197
4. 汽车发动机缸体制造发展近况及技术前沿 .....汪俊 熊守美 /230
5. 汽车照明系统与超精密加工制造技术 .....贺大兴 /253
6. 基于物联网的数字化质量控制与产品质量大数据系统 .....郭俊杰 /258
7. 数控机床关键功能部件可靠性试验技术 .....杨兆军 陈菲等 /267
8. 智能制造检测技术的特点和发展跟踪 .....朱正德 刘攀 /283

## 三、先进制造工艺及装备

1. 世界最新齿轮制造技术及装备研究 .....李先广 杨勇等 /320
2. 总线控制超强钢热成型成套技术装备 .....王德成 王占军等 /365
3. 汽车复杂铸件无模化快速铸造技术及装备研究  
.....单忠德 梁清延等 /381
4. 国内外汽车行业激光制造技术新进展 .....李斌 郭涟 /393
5. 冲压线自动化技术跟踪研究 .....居跃峰 吴腾飞 /406
6. 汽车涂装节能技术跟踪研究 .....马汝成 /418



7. 汽车模块化装配技术跟踪研究 .....潘月军 /442
8. 激光焊接技术在汽车制造中的应用现状及发展趋势 .....段东磊 /477

特约稿

汽车动力系统零部件加工先进刀具技术研究及应用

.....肯纳飞硕金属（上海）有限公司 /496



# 一、新能源汽车及轻量化技术

---

# 国内外电动车用动力电池产业化制造工艺技术的发展趋势研究

王子冬 佟蕾 高申

（中国北方车辆研究所国家 863 电动车动力电池测试中心）

## 1 背景

交通能源与环境保护是 21 世纪全球面临的重大挑战。汽车作为现代社会的一种重要交通工具，在为人类带来方便的同时，也产生了严重的环境污染。交通能源消耗已经成为局部环境污染和全球温室气体排放的主要来源之一，因此作为零排放的纯电动汽车（Electric Vehicles, EV）和低排放的混合动力汽车（Hybrid Electric Vehicles, HEV）自然就变成了人们关注的焦点。

我国的汽车销量的发展速度虽然跟前几年相比有所放缓，但到 2020 年，汽车总保有量将是现在的 3 倍。这就意味着，对石油的需求是现在的好几倍。2011 年，我国石油的对外依存度已经超过了 55%，超过美国成为全球最高的国家。

另外，汽车的能效和二氧化碳排放法规在全球逐步严格和健全，那么如果到 2020 年，我国汽车动力系统没有重大的变革，是不能够达到这些要求的。

因此国家制定的“十二五”规划中，正式提出在“十二五”期间要培育发展战略性新兴产业，新能源汽车名列七大产业之中。十二届全国人大四次会议上发布的 2016 年政府工作报告正式版再次提出：大力发展和推广以电动汽车为主的新能源汽车，加快建设城市停车场和充电设施。这意味着相比其他新能源汽车，电动汽车将成为我国新能源汽车发展的主力。在“十三五”阶段，新能源汽车将成为我国汽车业发展的重中之重。发展新能源汽车是为了解决能源短缺、环境污染和气候变暖的问题。对中国来说，解决能源安全问题是首要的。

我国汽车工业将以纯电动汽车作为战略转型方向。我国新能源汽车发展的技术路线是以纯电动汽车作为我国汽车工业转型的主要战略方向，重点突破动力电池、电机和电控技术，推动纯电动汽车、插电式混合动力汽车的产业化，实现我国汽车工业的跨越式发展。同时加快汽车节能技术的研发与应用，大力推广普及节能汽车。

电动汽车的主要动力源是动力电池，电池技术一直是制约电动汽车商业化发展的瓶颈。因此大力发展电动汽车用高性能动力电池成为世界各国政府及企业的发展方向之一。锂离子动力电池由于具有高电压、高比能量、循环寿命长、自放电率低等特点而备受关注，而且随着锰酸锂及磷酸铁锂等材料性能不断改进，其电池安全性不断提高，成本不断降低，使得锂离子动力电池大规模应用于电动汽车成为可能。

现今，锂离子动力系统和储能电池系统的开发与生产制造技术，已成为我国电动汽车和智能电网等战略性新兴产业发展的瓶颈技术。目前我国电池研究和生产企业众多，但总体实力不强，产业链条不完整，会做动力电池，但做不出好的动力电池。面临这样一个形势，我们应该怎么办？为了能够支撑我国电动汽车的发展，解决动力电池产业化发展的关键问题，我们必须完善产业链，补齐我们的不足；提升产业关键技术的水平，特别是动力电池的全自动生产技术和装备；在动力电池系统产业化的关键技术上形成整体突破，使我国电动车用动力电池系统和储能用电池系统的技术水平，到 2020 年居于国际先进地位。

## 2 国内外情况分析，以及国内动力电池产业化存在的问题

### 2.1 国内的现状

#### 2.1.1 动力电池

锂离子动力电池已形成产品系列，主要为 10 ~ 200 Ah 产品，部分厂家（50 家以上）已开发 100 Ah 以上产品，能支持样车和示范运行车辆的配套，但尚未形成性能优良的动力电池系统的产业化生产能力，企业技术水平参差不齐。根据我们这些年的性能测试结果来看，我国生产电芯的水平与国际先进水平的差距体现在以下几个方面。

（1）温度特性、功率特性、一致性、循环寿命等总体电性能与国外先进水平有差距，特别是产品的一致性方面差距比较大。

（2）电芯的设计、电芯结构及电极动力学性能及热稳定性、电池与材料评估技术、电芯的安全性结构设计水平比较低。

（3）电芯的可制造性、生产质量控制等方面比较弱。

（4）提高动力电池产品质量的关键性、高精度、自动化的生产设备依赖进口。

（5）国内动力电池成组技术研究较落后，特别是电池的结构设计、连接、散热、基础器件、管理系统等，离产业化尚有较大差距。

### 2.1.2 动力电池回收与处理现状

动力电池中的镍、稀土、有色金属、电解液及其他材料具有回收价值，废电池回收有利于资源循环利用。但是国内缺乏有一定技术水平的企业。

美、日和欧洲的发达国家已形成完整的回收体系。欧盟已规定所有锂电池必须全部由制造方回收。国内尚未建立完善的回收制度与体系，部分回收公司不注意环保，造成二次污染。

## 2.2 国际动力电池发展现状

（1）国外主要电池企业技术水平先进，尤其是动力电池的生产工艺合理、先进，产品的一致性较好，电池组的使用寿命长，能满足整车要求，但成本较高。他们已经积累了非常丰富的动力电池生产和组合经验，基础电子器件有保障，使用维修体系完善。

（2）国外汽车巨头和专业汽车配件公司纷纷选择与专业电池公司合作，利用电池企业的电芯专业制造能力，结合自身整车或配件的电控设计和系统集成能力，共同开发动力电池系统，如丰田和松下组建了 PEVE 公司，博世和三星组建 SB 公司，日产和 NEC 组建 AESC 公司，美国 JCI 和法国 SAFT 组建 JCS 公司等，这一动向特别值得我们关注。

（3）各国政府重视动力电池与相关材料的研发，积极投入巨资资助企业开发。美国连续多年投入资金支持电动汽车的研发与产业化，主要涉及动力电池自动化生产设备和新型材料体系的开发等。

## 2.3 国内外电池情况比较

从我们目前的简单测试结果看，我们与国外电池的差距还是比较大的，我们在电池技术性能、材料性能和稳定性、电芯的生产水平上与国外先进企业的差距在 5 年以上。这些年我们把重点放在了研发材料和性能的新技术上，而对于如何控制好电芯的制造技术，不够重视，特别是对先进生产装备的研究不够重视。实际上国外企业商品化的电池性能不比我们研究机构或者企业开发的试验样品性能高，但是国外的电池组已经达到可以应用的程度，而我们的却只是解决了有无的问题。

国外先进电池的技术水平和成熟度比我们高，所以才导致这几年我们与国外先进水平的差距拉大的现状。

我国动力电池水平与国外发达国家存在差距，这里面固然有基础研究方面的

不足，但更主要是由动力电池的制造技术和装备方面的差距造成的。

## 2.4 我国动力电池产业化面临的问题

### 2.4.1 国家层面

需要制定系统的产业发展顶层规划；制定可持续的激励政策，避免政策的波动，鼓励企业加大对电动车需要的各种新技术的研发投入；积极倡导新型商业模式和应用模式的探索，推动企业与金融机构的合作，缓解电动车进入市场的资金压力。

### 2.4.2 企业层面

制定企业新能源汽车的长期投资策略和产品的市场战略，加强基础研发能力，采用先进的生产制造工艺和动力电池自动化生产设备，摆脱产业化技术和装备落后的境地，实现可控的质量保证手段等。

### 2.4.3 产品层面

提高电池系统的一致性、安全性和使用寿命，控制综合成本的持续降低，采用高效的散热系统实现优良的高低温性能。

现有的动力电池技术适合在小型 EV（短途用）和 HEV 车辆上推广，对于 PHEV 和 EV 需要的动力电池技术还需要有所突破。

制定相关电池组规格标准（外形尺寸、电压、能量等），降低电池开发成本，降低动力电池系统产业化的难度。

### 2.4.4 关键基础层面

加强全自动的产业化装备的开发，对关键基础部件，如电子器件、传感器等进行重点攻关；提前开展废旧锂电池回收再利用技术的研究，建立国家级动力电池回收体系，不能以牺牲环境和资源换取 GDP 的增长。

目前废旧锂离子电池只有小部分被回收，其中重点是电极材料中有价金属的回收，主要应用酸浸和溶剂萃取相联合的湿法冶金技术。

根据锂离子电池的发展和未来的环境要求，大型电池需走梯级利用和部件机械分离的清洁回收路线，以实现资源的有效利用和降低环境污染。

## 3 加快全自动化生产方式推广

目前虽然开发和生产电动车用动力电池的企业比较多，但是很少有企业能够做出满足电动车要求的合格动力电池组，现在的问题不是会不会做动力电池组，

而是“怎么做出电动车企业需要的动力电池组”。

要想做出“电动车企业需要的动力电池组”，首先要有领先的动力电池组开发和设计理念。电动车用动力电池的开发理念是：了解电动车的整车要求→确定动力驱动系统的要求→提出电池组的要求→明确模块的要求→制定电芯的要求→选择材料体系。

从上面的理念可以看出，作为动力电池生产企业，需要企业全面了解动力电池行业技术发展动态，熟悉电动车要求，对产品开发、生产工艺、生产控制、设备开发都有深刻认识。

目前，我国的动力电池生产企业的主管领导，大部分都是从事电化学方面研究的，其全自动生产设备开发能力比较弱。

目前，国内尚没有动力电池全自动化生产设备，所以，国内动力电池生产企业只有花高价去采购国外先进的生产设备，使得生产的成本提高，产品的竞争力下降。

目前，国内为什么在动力电池自动化生产设备方面没有比较大的进步？有两方面原因。

原因一，国内电池生产企业自身水平不足，企业人员结构不合理，大部分人员是从事电化学研究的，生产所用设备都是采购的。对于生产设备的开发和研究方面的工作，由于没有相应的技术人员，无法开展。

原因二，动力电池的开发理念有问题，电池生产企业不了解电动车对动力电池的要求，不清楚自己应该设计和生产什么样的动力电池，生产工艺调整比较频繁。在选择电池的生产设备时，考虑设备功能的灵活性和适应性比较多，不敢贸然选择全自动化生产设备，因此国内就没有人去开发全自动化生产设备。国内外目前生产的半自动化生产设备，效率和产业化能力较低，人为因素对电池性能、一致性等影响比较大。

国际上先进的动力电池制造企业在动力电池的生产过程中，为了提高产品质量、降低生产成本、提高电池一致性，对自动化设备的依赖非常大，包括自动化生产设备、自动化在线检测设备、自动化生产控制设备、自动化测试评价设备、自动化输送系统、自动化组装系统等。日本和韩国在这方面的做法已经证实这一点。它们的产品得到了汽车制造企业的认可。

目前，我国电池产量已经占世界产量的 1/4，但是有竞争力的动力电池生产企业不多，问题出在：

技术和人力过于分散；

产品开发和设备研究的投入严重不足；

不能全面、系统地解决动力电池组的问题，点多面少；

缺乏合理的开发推广机制，没有产品开发与产业化之间的转换桥梁。

我们要改变国外装备重复引进、国内的装备水平不高的现象，走引进、快速消化吸收和提高之路。

#### 4 国内外各种动力电池生产设备的发展现状及趋势

这几年我国的电池材料的研究和生产发展很快，也取得了很多的成果。我们利用现有材料技术，把工作重点放在如何做好电池工艺设备上。

锂离子动力电池产品的生产类型属于大批量生产，制造工艺主要由正负极制作、叠片、装配、化成及后处理、组合等部分组成，其生产工艺流程如图 1 所示。

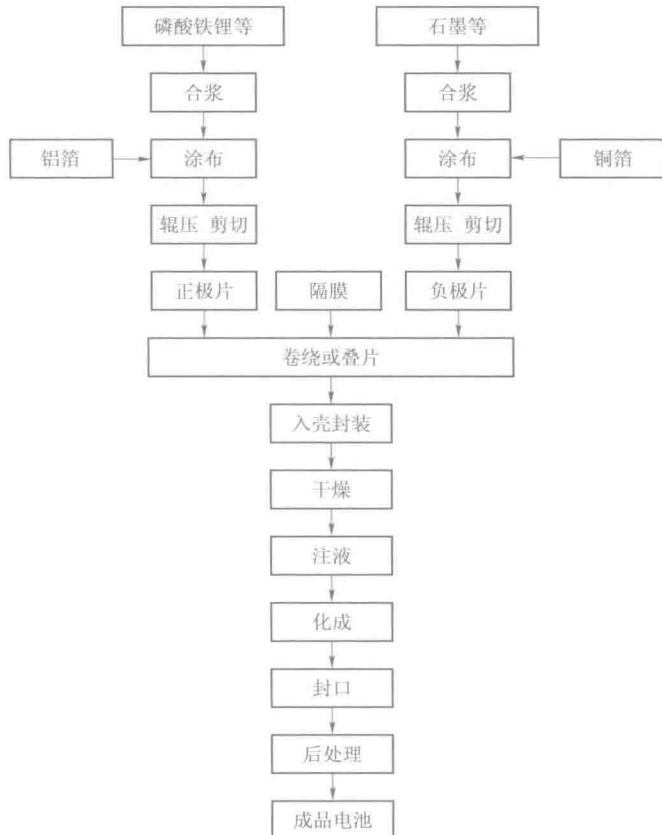


图 1 锂离子电池生产工艺流程图



近几年来,随着新能源汽车的大量应用和发展,以及储能技术的普遍应用,锂离子电池已渗透到我们生活的方方面面。动力电池未来会大量生产和使用,对于动力电池的综合性能需求在不断提升,归纳起来不外乎有以下几个方面:高比能量、长循环寿命、较高的电压、安全可靠以及低廉的成本。由于这些要求,对锂离子电池制造工艺和生产装备的要求也不断提高。行业里有这样的说法:一个锂电池的品质70%取决于极片(极片工艺包括合浆、涂布、辊压三道工序),但一张极片的好坏,50%的因素取决于浆料的品质。因此,只有有了高品质的浆料、高性能的涂布机、优化工艺的辊压机,才能做好电池极片。

#### 4.1 上料合浆工艺和设备未来发展趋势

在锂电池的生产过程中,上料合浆系统是第一道关键工序,对锂电池的性能影响比较大,如果没有好的浆料,后续设备再好,也做不出好的电池。尤其是大容量、大功率的动力型锂离子电池,其自放电率、循环性、容量及一致性等特性显得非常重要。在现有电池材料的基础上,要提高电池的性能,就必须寻求新的合浆工艺,要得到一致性好的电池,就必须推广使用自动化合浆设备,以消除人为因素的干扰。

随着锂离子电池材料性能的不断进步,原材料颗粒粒径越来越小,这虽然可提高锂离子电池性能,但也非常容易形成二级团聚体,从而增加了混合分散工艺的难度。要做好浆料,首先要对构成电池的材料特性做深入的研究,要掌握科学、合理的混合原理。

在完全掌握了混合工艺及原理后,投入全自动生产线就显得非常重要,因为自动化生产线可以保证做出的浆料一致性高,这是大容量动力电池最基本的要求。

合浆车间自动化生产线可以分为:

- (1) 粉体、液体及胶体全自动加料;
- (2) 合浆过程全自动;
- (3) 浆料输送管线全自动;
- (4) 整个过程全智能监控。

只有掌握了合浆生产工艺,才能做出好电池。采用自动化设备的目的,主要是消除人为因素。目前我国开发的全自动化的配料预混系统如图2所示,一个混料系统可以给6台混浆系统提供配料工作。