新能源汽车研究与开发丛书

动力电池热管理技术
——散热系统热流场分析

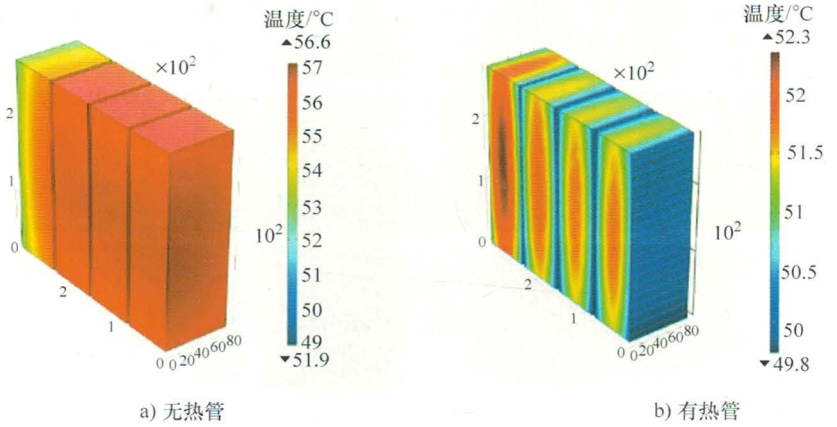
DONGLI DIANCHI REGUANLI JISHU
SANRE XITONG RELIUCHANG FENXI

徐晓明 胡东海 著



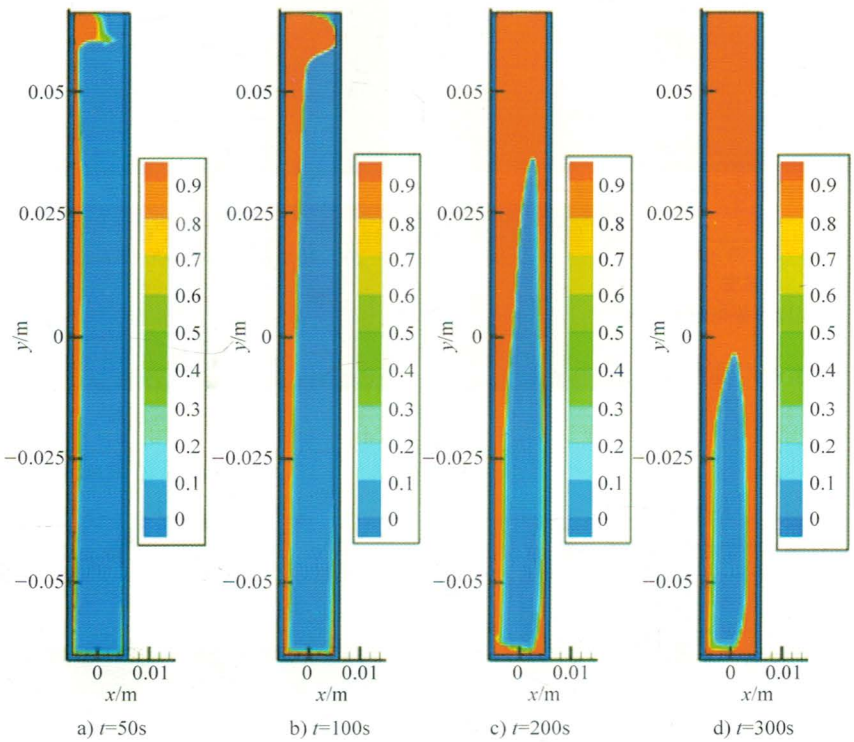
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com



a) 无热管　　b) 有热管

图 1.22　散热仿真结果



a) t=50s　b) t=100s　c) t=200s　d) t=300s

图 1.25　48W 发热功率下不同时间的液体状态的分布

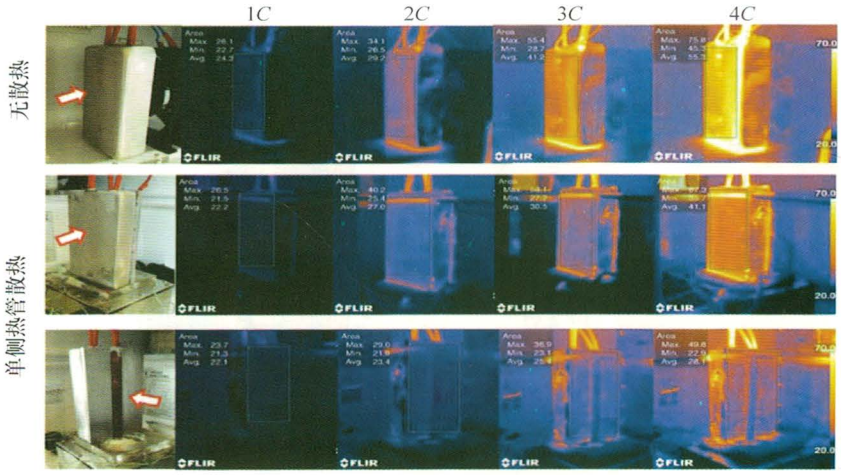
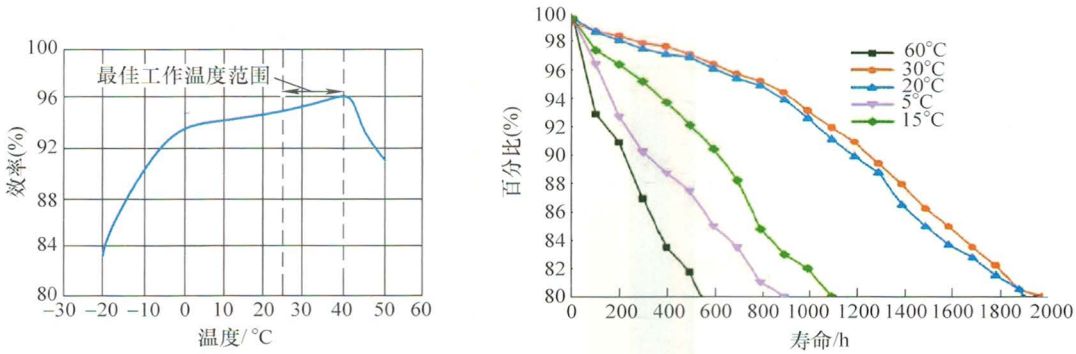


图 1.27　单独使用电池和使用热管的电池热成像对比图



a) 温度对放电效率影响　　b) 温度对电池寿命影响

图 2.1　温度对电池性能的影响

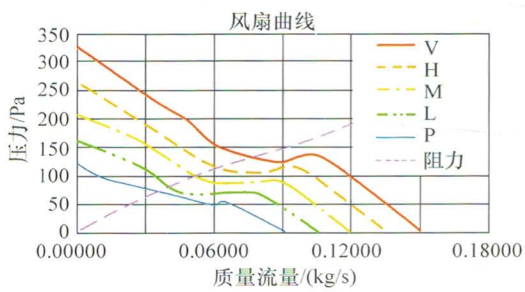


图 2.11　风扇 *P*–*Q* 曲线

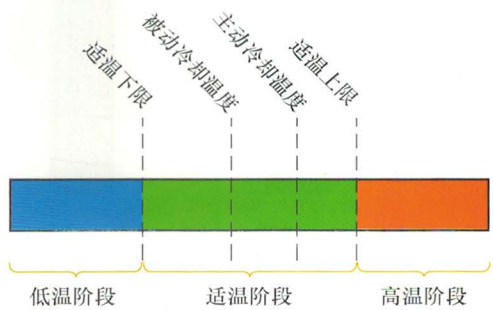


图 2.22　电池温度区域划分

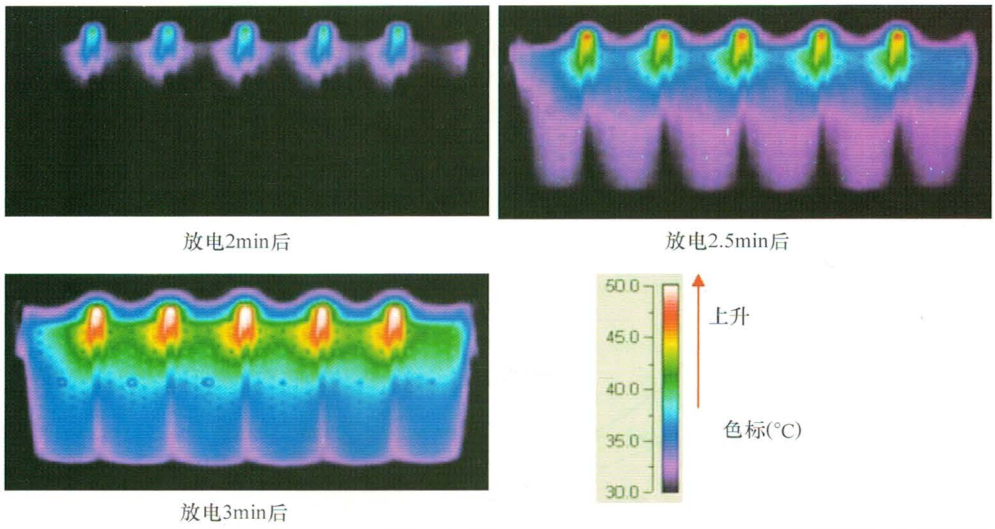


图 3.2 电池组热成像图

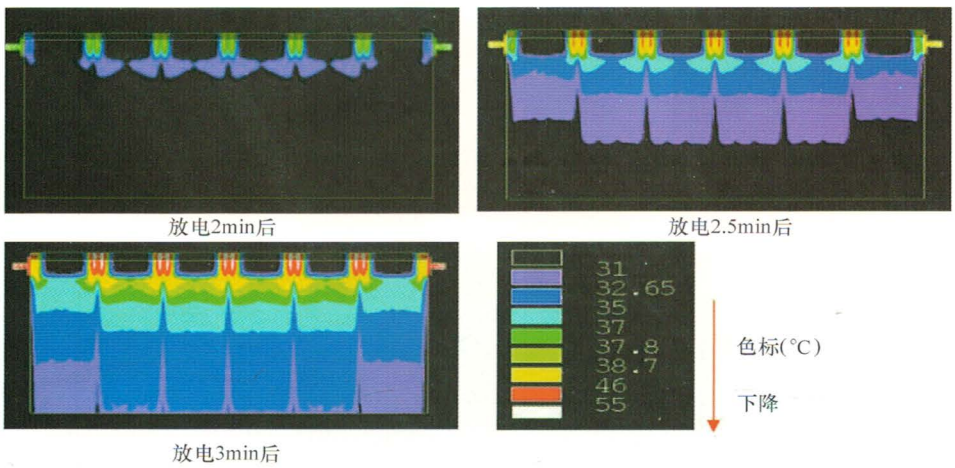


图 3.3 电池组仿真结果

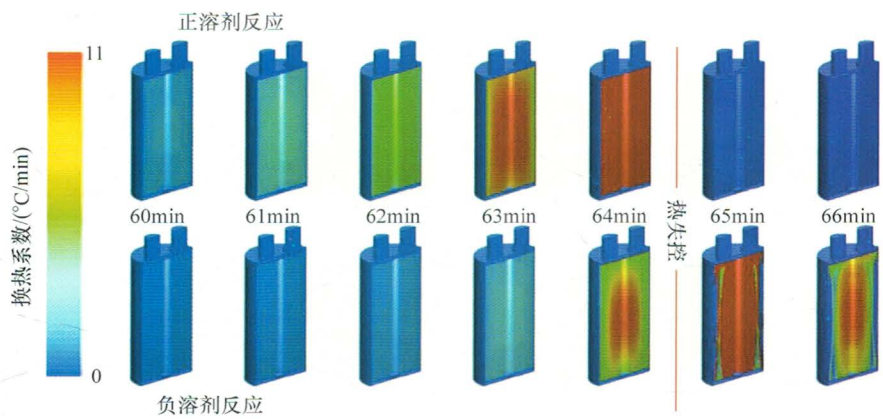


图 3.8 在 155℃烤箱实验下各圆柱形小型锂离子电池的内部温度场变化过程

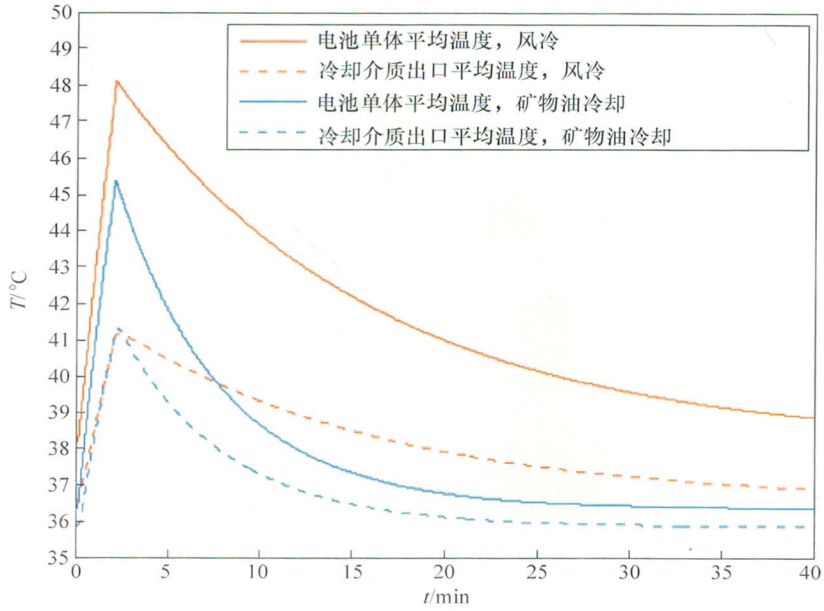


图 3.14　电池单体的平均温度和不同介质冷却剂出口温度的时间变化

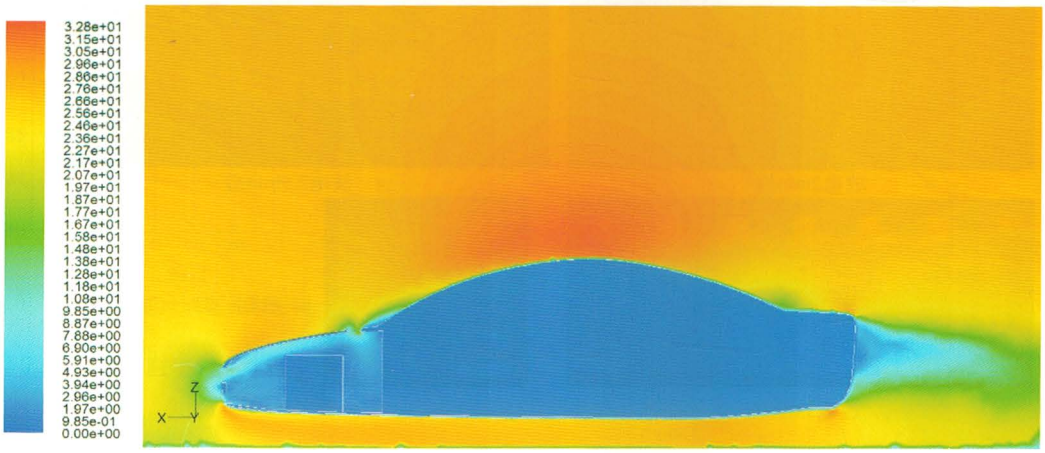


图 4.5　车速为 100km/h 时上出风口模式 Y=0m 截面的速度场分布

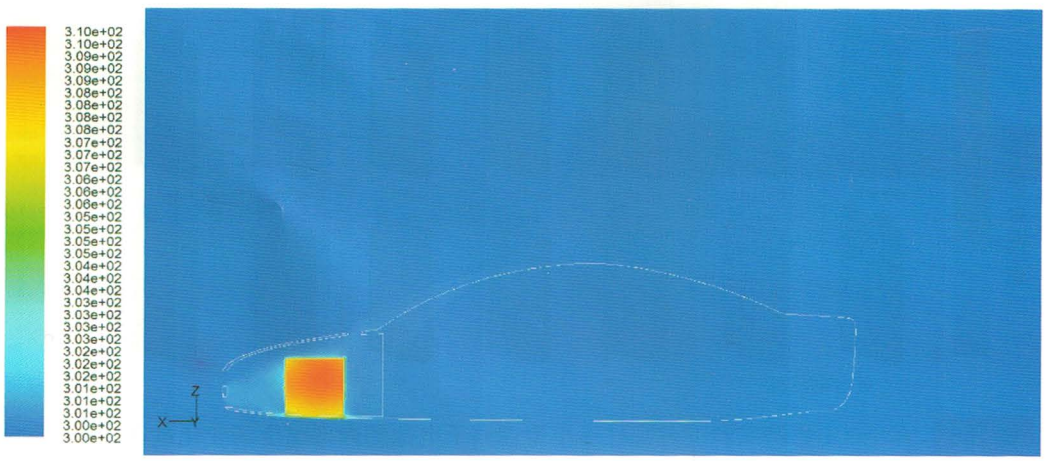


图 4.6　车速为 100km/h 时上出风口模式 Y=0m 截面的温度场分布

需要全本请访问 www.ertongbook.com

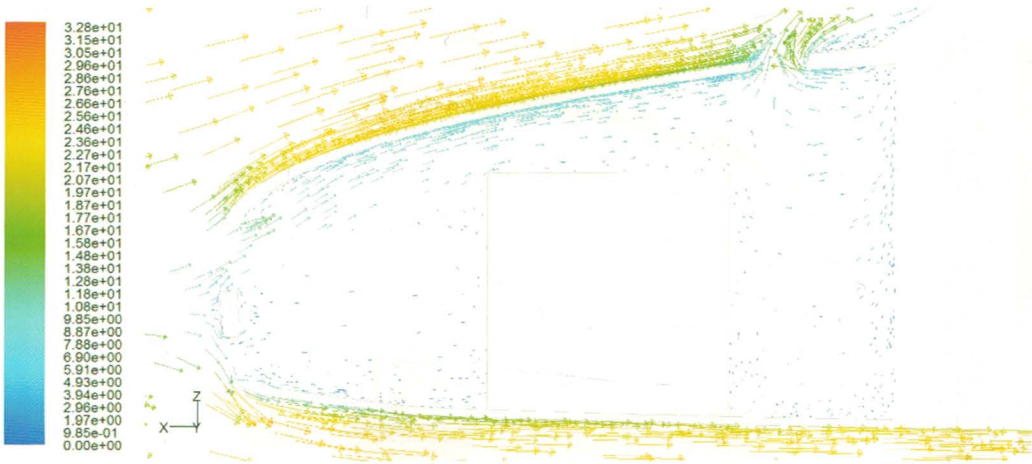


图 4.7 车速为 100km/h 时上出风口模式 Y=0m 截面的动力舱速度矢量分布

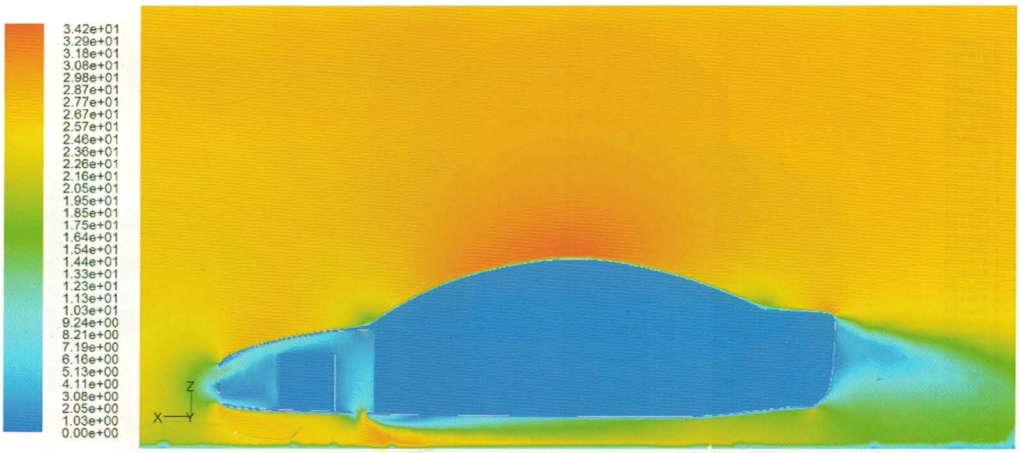


图 4.9 车速为 100km/h 时下出风口模式 Y=0m 截面的速度场分布

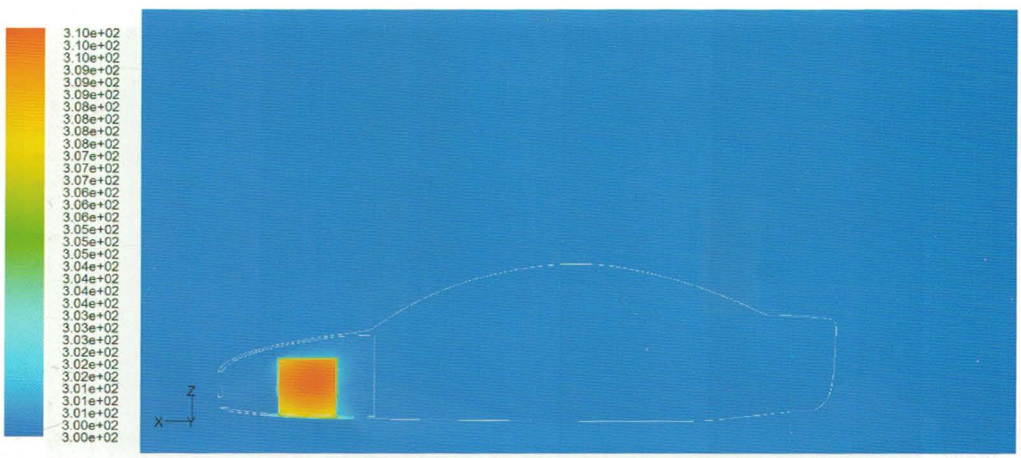


图 4.10 车速为 100km/h 时下出风口模式 Y=0m 截面的温度场分布

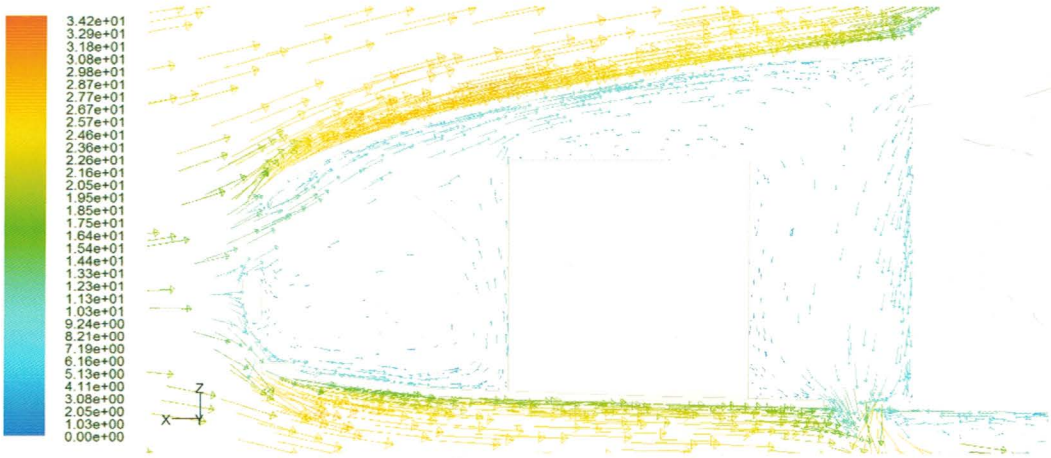


图 4.11 车速为 100km/h 时下出风口模式 Y=0m 截面的动力舱速度矢量分布

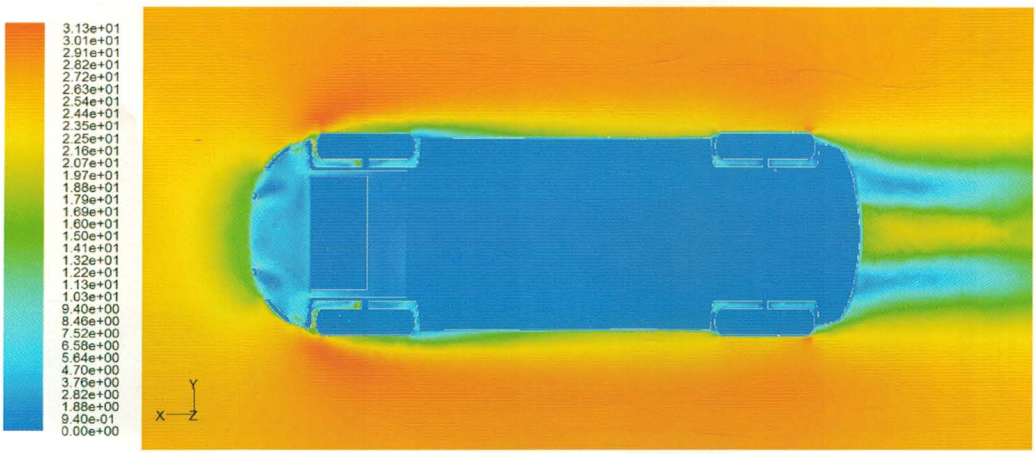


图 4.13 车速为 100km/h 时两边出风口模式 Z=0.4m 截面的速度场分布

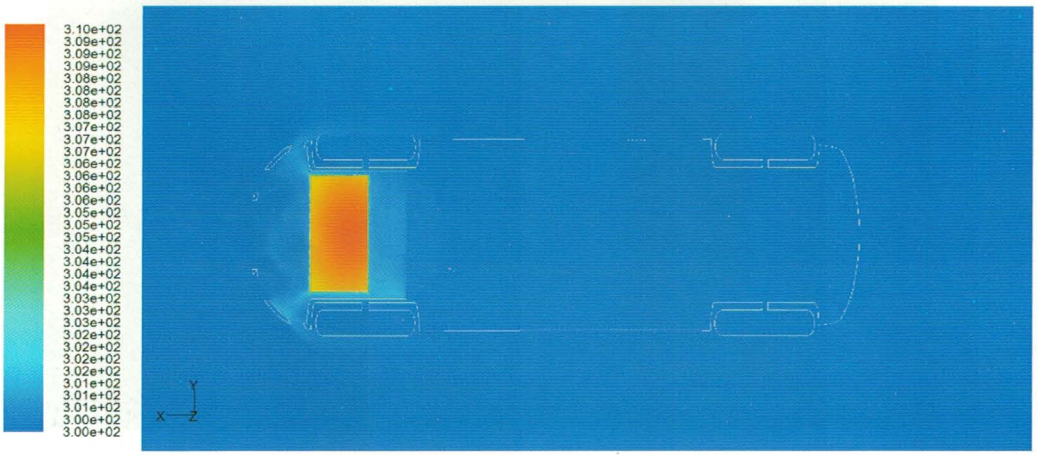


图 4.14 车速为 100km/h 时两边出风口模式 Z=0.4m 截面的温度场分布

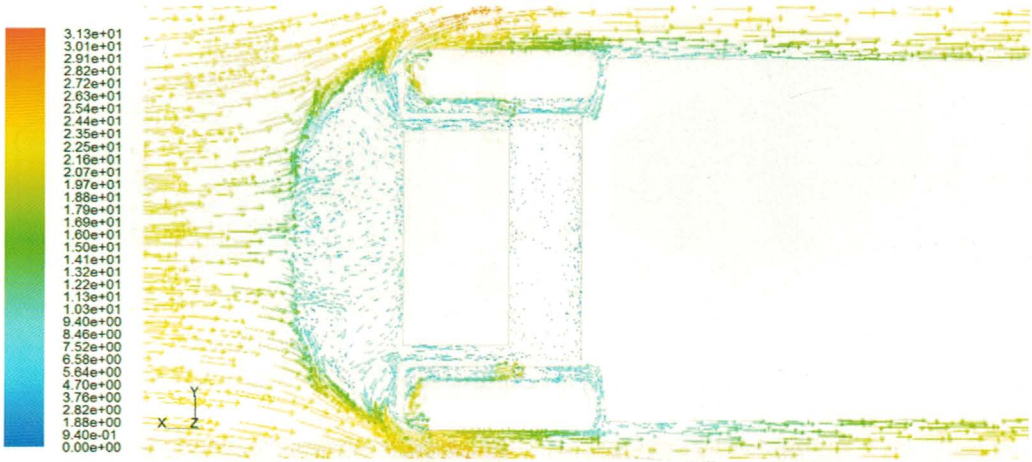


图 4.15　车速为 100km/h 时两边出风口模式 Z=0.4m 截面的动力舱速度矢量分布

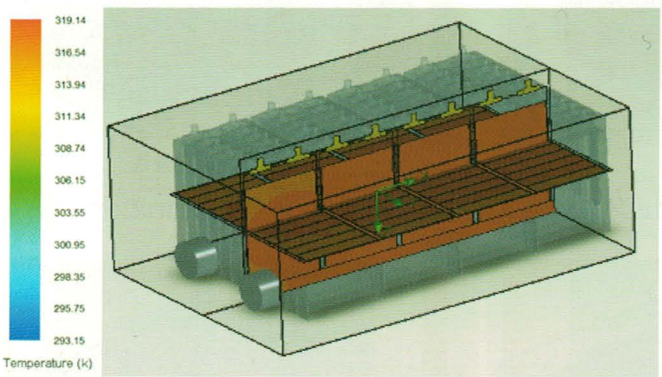
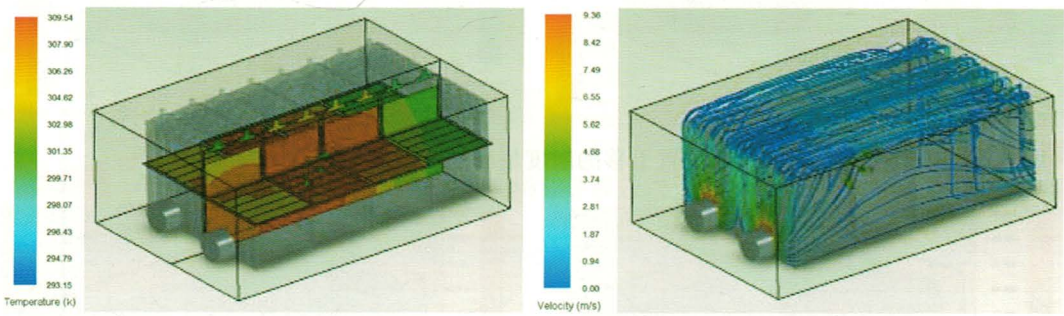
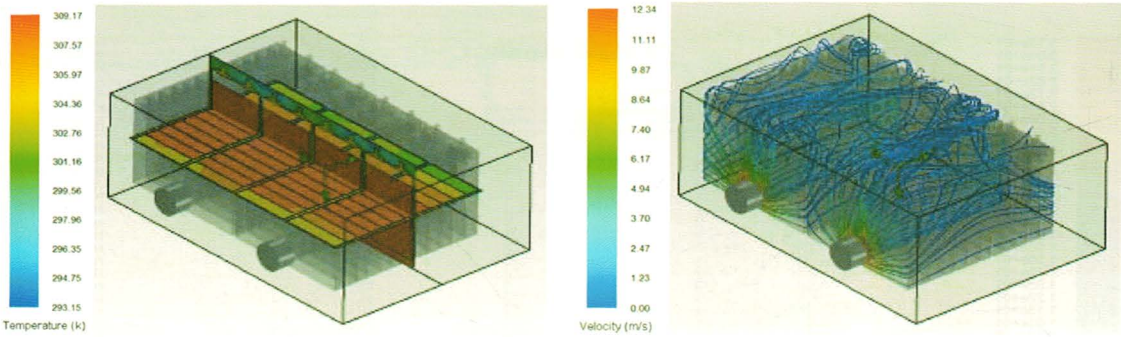


图 5.4　20℃环境温度下无风冷散热的温度场分布



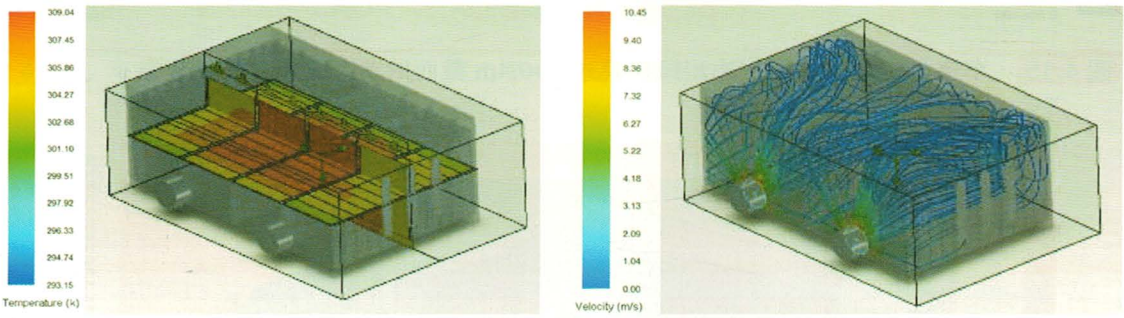
a) 温度场　　b) 速度迹线

图 5.5　20℃环境温度下有主动式进风散热的温度场和速度迹线



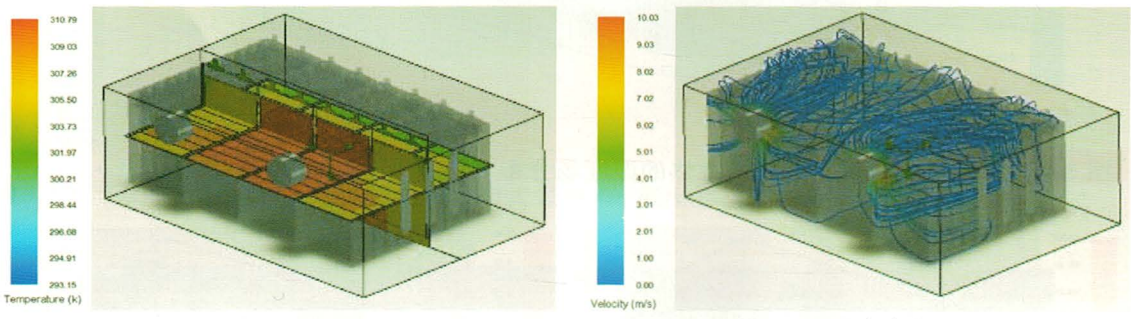
a) 温度场　　b) 速度迹线

图 5.6　20℃环境温度下横向电池包的温度场和速度迹线



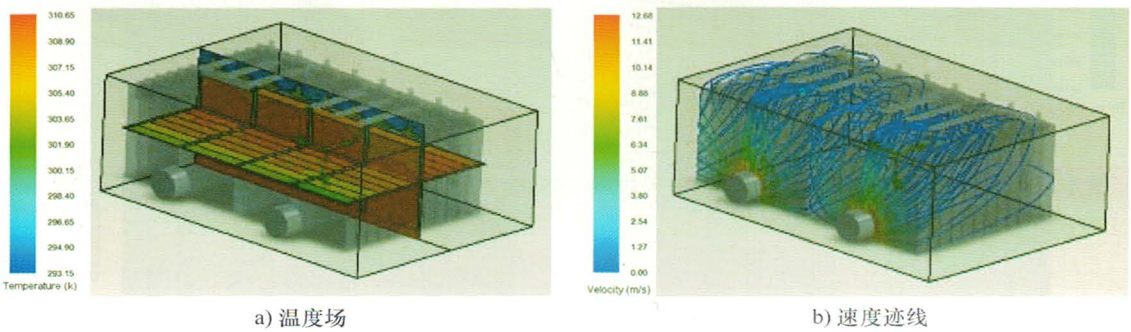
a) 温度场　　b) 速度迹线

图 5.7　20℃环境温度下两侧进风口的温度场和速度迹线



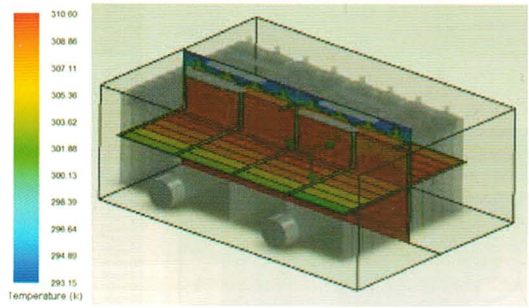
a) 温度场　　b) 速度迹线

图 5.8　20℃环境温度下风扇位置上移的温度场和速度迹线

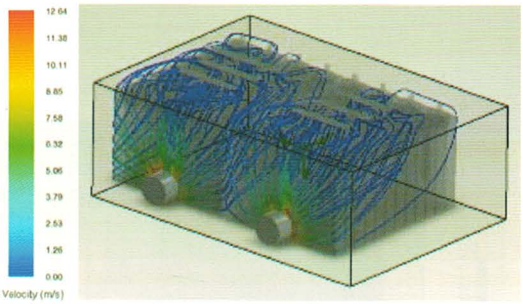


a) 温度场　　b) 速度迹线

图 5.9　20℃环境温度下顶部添加横向进风口的温度场和速度迹线

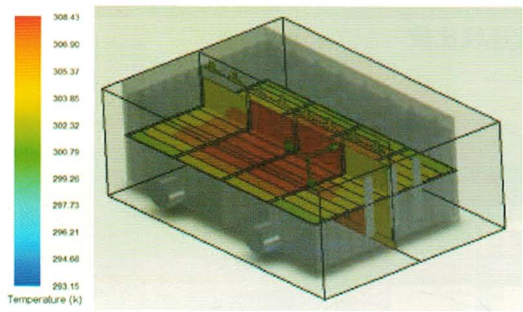


a) 温度场

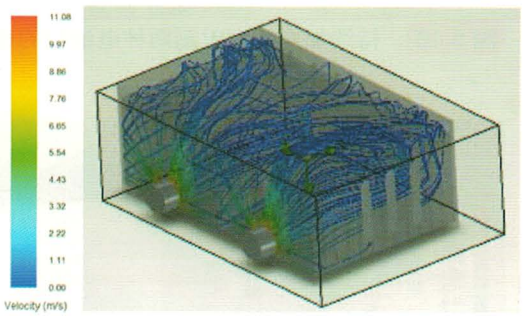


b) 速度迹线

图 5.10　20℃环境温度下顶部添加纵向进风口温度场和速度迹线

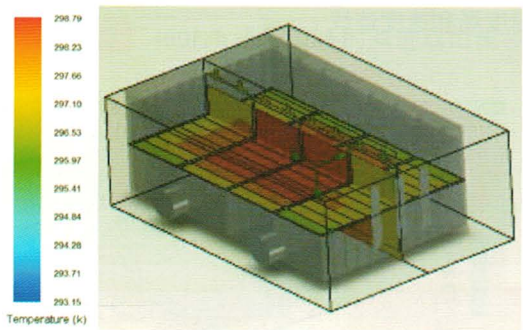


a) 温度场

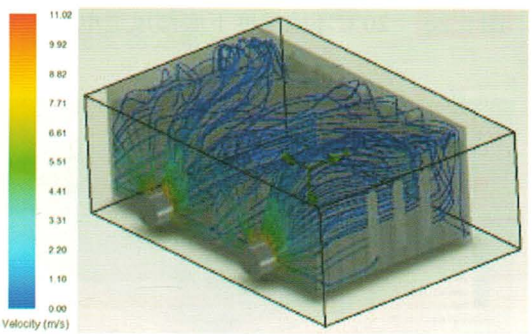


b) 速度迹线

图 5.12　70%SOC 状态下电池包的温度场和速度迹线

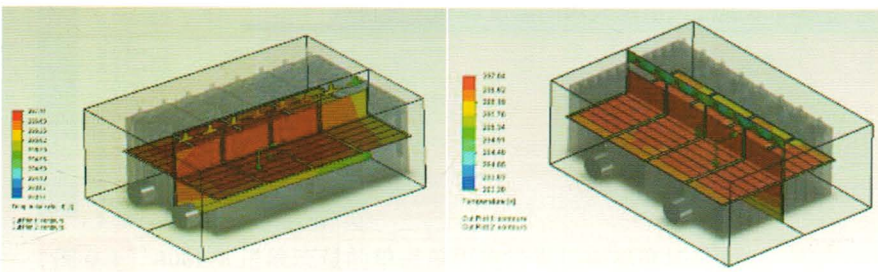


a) 温度场



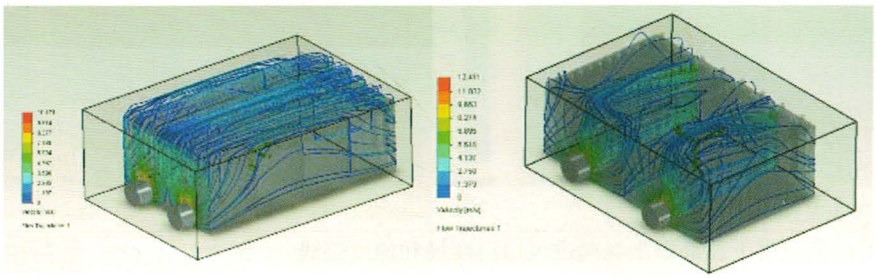
b) 速度迹线

图 5.14　0.5*C* 充放电倍率时电池包的温度场和速度迹线



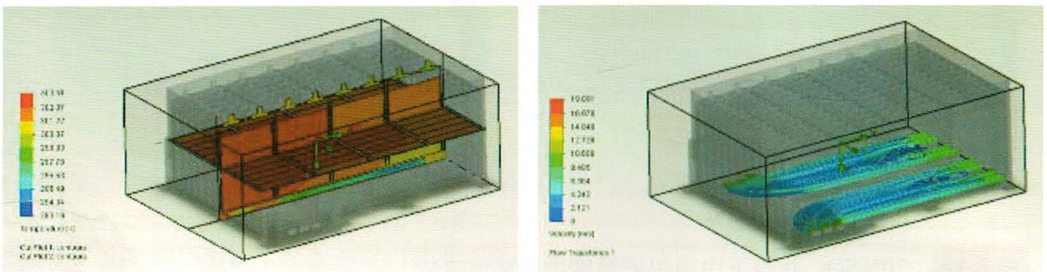
a) 纵向电池包　　b) 横向电池包

图 5.15　持续加速结束时刻两种电池包的温度场比较



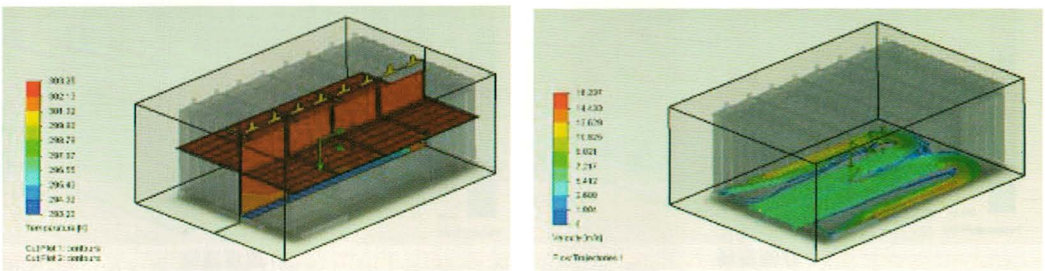
a) 纵向电池包　　b) 横向电池包

图 5.16　持续加速结束时刻两种电池包的速度迹线比较



a) 温度场　　b) 速度迹线

图 5.26　20℃环境温度下底部风道电池包的温度场和速度迹线



a) 温度场　　b) 速度迹线

图 5.27　20℃环境温度下底部风道修改后的温度场和速度迹线

需要全本请访问 www.ertongbook.com

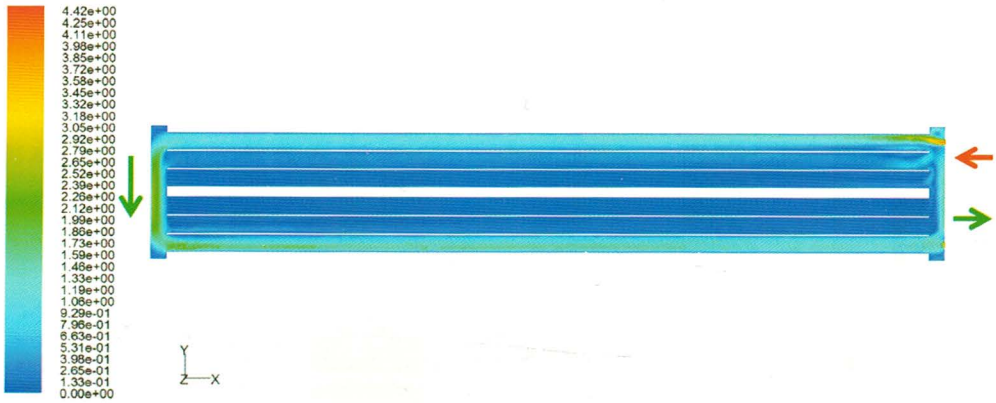


图 6.1 400L/h 进液流量的单进单出流径横截面速度场分布

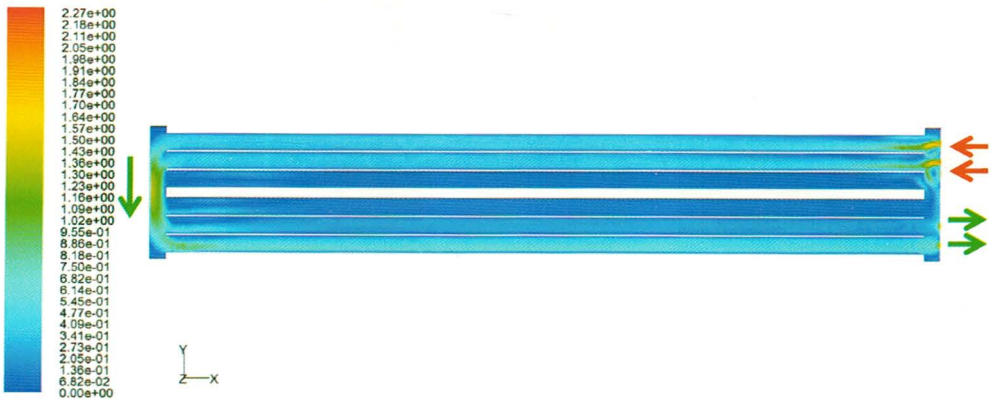


图 6.2 400L/h 进液流量的双进双出流径横截面速度场分布

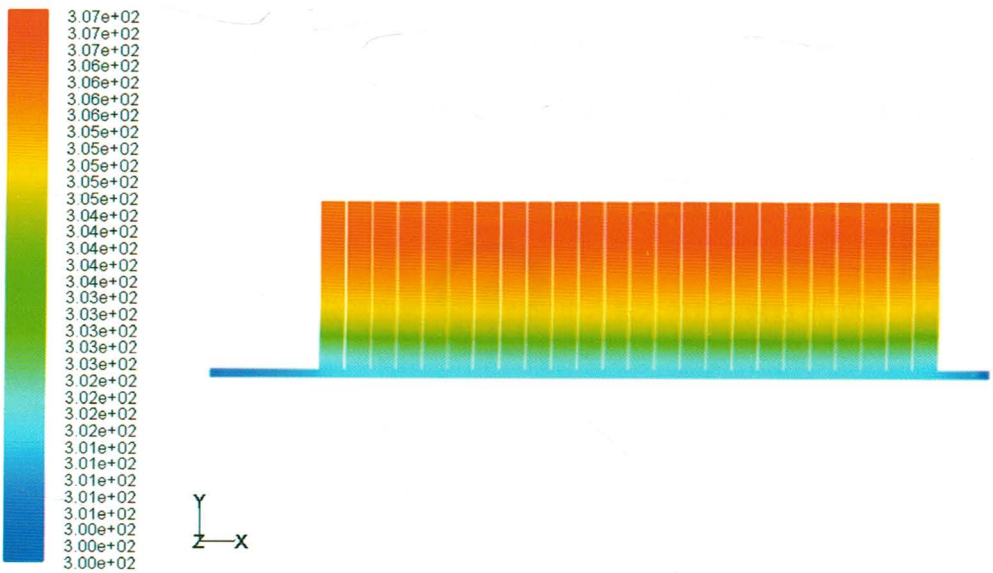


图 6.4 400L/h 进液流量的单进单出流径纵切面温度场分布

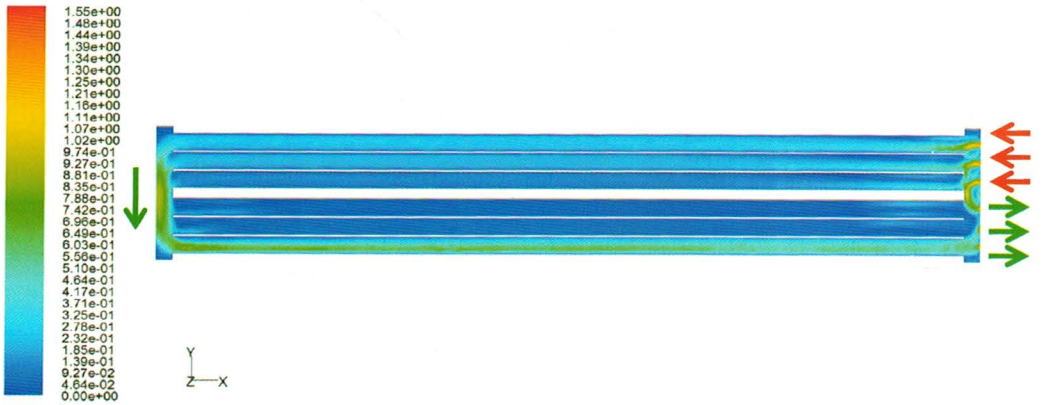


图 6.33　400L/h 进液流量的三进三出流径横截面速度场分布

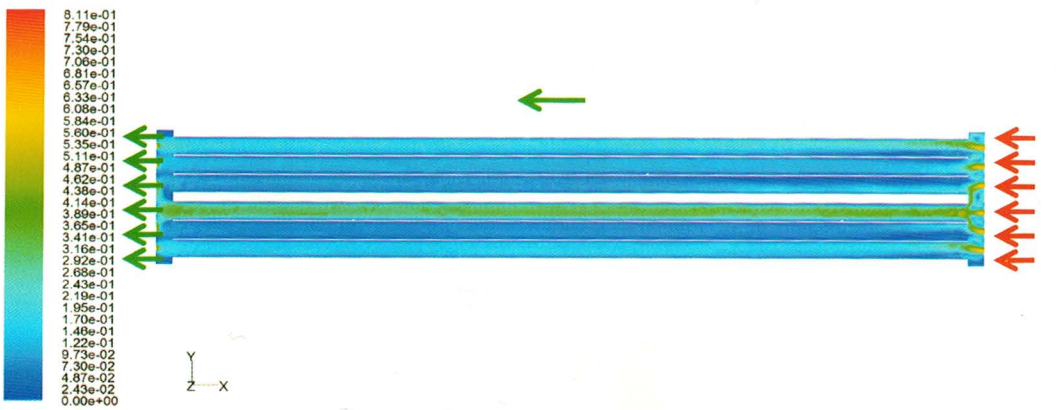


图 6.34　400L/h 进液流量的六进六出流径横截面速度场分布

新能源汽车研究与开发丛书

动力电池热管理技术
——散热系统热流场分析

徐晓明　胡东海　著

机 械 工 业 出 版 社

本书结合作者的部分研究成果，根据相关领域的国内外研究进展，围绕动力电池散热系统，分别介绍了动力电池散热系统研究现状、散热系统设计理论、动力电池充放电生热模型，并结合丰富实例，着重论述了有关被动式风冷散热系统、主动式风冷散热系统与主动式液冷散热系统热流场分析的重要结论。

本书主要面向新能源汽车行业的从业人员，适合新能源汽车、动力电池、热管理等领域相关的研究人员和工程技术人员阅读和参考，也可作为高等院校能源与动力工程、电动汽车、电池等相关专业的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

动力电池热管理技术：散热系统热流场分析/徐晓明，胡东海著. —北京：机械工业出版社，2018.9

(新能源汽车研究与开发丛书)

ISBN 978-7-111-60856-1

Ⅰ.①动… Ⅱ.①徐…②胡… Ⅲ.①电动汽车－蓄电池－散热－研究 Ⅳ.①U469.720.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 208022 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：孙 鹏 责任编辑：孙 鹏

责任校对：王明欣 封面设计：马精明

责任印制：张 博

三河市国英印务有限公司印刷

2018 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm ·11.5 印张·6 插页·217 千字

0 001—2 500 册

标准书号：ISBN 978-7-111-60856-1

定价：59.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
服务咨询热线：010－88361066	机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：010－68326294	机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
010－88379203	金 书 网：www.golden－book.com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www.cmpedu.com

前　言

动力电池散热的目的及意义

现阶段，在万物互联、大数据、云计算、增材制造和人工智能等新技术的冲击下，全球制造业迎来了一场新的科技变革。汽车行业作为现代工业的基础支撑，已成为世界各国迎接科技变革的重要突破口。因此，“低碳化、信息化、智能化”逐渐成为汽车行业的发展目标，在此基础上，中国《汽车蓝皮书》于2016年提出了“智能化、电动化、电商化、共享化”的汽车行业四化转型目标，逐渐推动汽车行业的快速转型与汽车技术的融合发展，新能源汽车已成为未来汽车发展的必然趋势。伴随动力电池、驱动电机、电控系统等技术的不断优化，加之国家政策的大力支持，如比亚迪、特斯拉、宝马等都推出了性能优良的电动汽车车型，不断助力汽车产业低碳化进程。据中国汽车工程学会提出的中国汽车技术总体发展目标：到2020年，电动汽车销售量占比将达到7%以上；到2030年，电动汽车的销量占比将超过40%。因此，在未来的很长一段时间内，汽车行业市场将由传统燃油车与以电动汽车为代表的新能源汽车共同组成。

新能源汽车是以传统燃油车作为对照的汽车类型，广义上来讲，不单纯以汽油或柴油为燃料，不依赖或不完全依赖内燃机为动力的汽车，都可以归入新能源汽车。新能源汽车主要有混合动力汽车（HEV，含插电式和增程式）、纯电动汽车（BEV）、燃料电池汽车（FCEV）、替代燃料汽车等。从节能和降低污染物排放的效果来讲，新能源汽车要好于传统燃油车，其效果从低到高依次是替代燃料汽车、混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车，各国都把纯电动汽车和燃料电池汽车作为远期的发展目标，期望实现完全的电气化驱动。

不管是混合动力汽车，还是电动汽车，动力电池都是其核心组件。从早期的铅酸电池，到后来的镍氢电池，再到后来的锂离子电池，车用动力电池也走过了漫长的过程。锂离子电池作为目前电动汽车使用的主要动力电池类型，其性能、寿命、成本、安全性等对电动汽车的发展有非常重大的影响。国内外针对动力电池都投入了大量的人力、物力和财力进行研究。在新能源汽车的发展战略中，世界各国都依据自己的评估作了不同的选择，对相关电池技术的研发及推广采取了不同的扶持策略。在常用的三种车载电池中，铅酸电池由于会造成严重的环境污染，早已退出主流应用；镍氢电池虽然是目前商用化的主流，但其主要指标的实验室测试数据均低于锂电池，且理论上基本不存在提升空间，同时又由于存在“记忆效应”，即电池在循环充放电过程中容量会出现衰减而过度充电或放电，可能加剧电池的容量损耗；锂电池尽管性能优越，然而安全性尚不能得到保证，且相对较高的成本也阻

碍了其商用化进程。另一方面，国家工信部、发改委等部门联合发布的《促进汽车动力电池产业发展行动方案》提出了“到2020年，新型锂离子动力电池单体比能量超过300W·h/kg；系统比能量力争达到260W·h/kg、成本降至1元/W·h以下，使用环境达-30~55℃，可具备3*C*充电能力。到2025年，新体系动力电池技术取得突破性进展，单体比能量达500W·h/kg。”的发展目标，这对锂电技术进一步发展与在电动汽车上的应用提出了更高的要求。

动力电池的成本、性能和寿命在很大程度上决定了电动汽车的成本和可靠性，所以任何影响到电池的参数都需要优化，其中动力电池自身温度高低和内部温度均匀性对其性能和寿命影响很大。较高的温度会加速其化学反应，从而对电池结构产生永久性的破坏，此外，高温不但会损坏极板，而且容易导致过充电现象，严重影响电池的使用寿命。有研究表明：在45℃环境温度下工作时，电池的循环次数减少近60%，当高倍率充电时，温度上升5℃，电池寿命将减半；还有学者提出电池单体需要诸如阻燃电池套、爆炸盘等额外的保护措施，以防止电池产生极端危害。

不同种类电池具有不同的最佳工作温度范围，例如铅酸电池的最佳温度范围为25~45℃；镍氢电池为20~50℃；锂电池为20~30℃。受环境温度变化、导热条件不佳等因素限制，电池的实际工作温度常常会超出上述范围，比如混合动力电动汽车使用时，环境温度的变化范围可达到30~60℃。动力电池的大型化使得其表面积与体积之比相对减小，电池内部热量不易散出，更可能出现内部温度不均、局部温升过高等问题，从而进一步加速电池衰减，缩减电池寿命，增加用户的总拥有成本。

电动汽车在行驶过程中，动力电池放电电流波动起伏。汽车在起动、加速等情况下，电流变化较大且产热不均衡。电池模块内部的温度均匀性是影响电池组性能的重要因素，不同模块之间的温度差异过大，会加剧电池内阻和容量的不一致性。如果长时间积累，会造成部分电池过充电或者过放电现象，进而影响电池的寿命与性能，并造成安全隐患。因此，对于动力电池来说，仅仅依靠电池单体配方调整不能解决所有问题，设计时必须考虑安装冷却系统，对电动汽车动力电池进行有效散热。综上所述，适宜的工作温度是电池良好性能发挥的前提。因此，开发一种行之有效的电池散热系统，设计一种稳定、高效的电池包散热结构形式对于提高电池包整体性能具有重要意义。

与电池散热相关的研究工作最早见于20世纪80年代，但在1998年之前，由于电池普遍用于小型化的设备之中，电池散热系统相关工作鲜有报道。1999年之后，动力电池热问题日益突出，电池散热问题的研究开始系统化。美国国家可再生能源实验室（National Renewable Energy Laboratory，NREL）以及伊利诺伊理工大学（Illinois Institute of Technology，IIT）都将电池散热系统的研究工作作为重点方向之一。2001年，基于IIT的电池热管理技术，Al-Hallaj和Selman等成

需要全本请访问 www.ertongbook.com