汽车先进技术译丛
汽车技术经典手册

Springer

汽车上的测量与自动化手册

（原书第2版）

Handbuch der Mess-und Automatisierungstechnik im Automobil

[德] 汉斯于尔根·格法特（Hans-Jürgen Gevatter）
乌尔里希·格林霍普特（Ulrich Grünhaupt）主编
谢志华 安琪 陈路 李毅 武震宇 杨志伟 译

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车先进技术译丛　汽车技术经典手册

汽车上的测量与自动化手册

原书第2版

［德］汉斯于尔根·格法特（Hans – Jürgen Gevatter）
乌尔里希·格林霍普特（Ulrich Grünhaupt）主编
谢志华　安　琪　陈　路　李　毅　武震宇　杨志伟　译

机械工业出版社

本书贴合实际，从多个非常重要的方面阐述了汽车作为人－机系统这一十分复杂而且富有挑战性的课题。为此，本书的第一部分就论述了这一具有基础性意义的主题。接下来的一部分是关于传感器的。由驾驶人和传感器给出的信号会在电子的和液压的信号处理设备中进行处理。然后是通过电动的、电子的或液压执行机构来执行动作指令。因此，在随后章节里介绍了一些用来实现这些信号、保障行车安全和乘用舒适性的基础性标准元件。书中多个章节都涉及汽车上信号处理的未来前景。微系统技术所创建的标准元器件是其一方面，变化无穷的总线系统是其另一方面，都给予了关注。

本书适用于汽车技术领域的工程师、研究人员和经营管理方面的技术人员，汽车专业教学人员以及学生，还有在汽车技术方面有所涉猎的其他领域的人员。

Translation from German language edition:
Handbuch der Mess – und Automatisierungstechnik im Automobil
by Hans – Jürgen Gevatter 与 Ulrich Grünhaupt
Copyright © 2006 Springer Berlin Heidelberg
Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science + Business Media
All Rights Reserved
版权所有，侵权必究。

This title is published in China by China Machine Press with license from Springer. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体版由 Springer 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记　图字：01－2013－2941 号。

图书在版编目（CIP）数据

汽车上的测量与自动化手册/(德)汉斯于尔根·格法特，（德）乌尔里希·格林霍普特主编；谢志华等译. —北京：机械工业出版社，2018.1
（汽车先进技术译丛. 汽车技术经典手册）
书名原文：Handbuch der Mess – und Automatisierungs technik im Automobil
ISBN 978-7-111-58293-9

Ⅰ. ①汽…　Ⅱ. ①汉…②乌…③谢…　Ⅲ. ①汽车－电子测量技术－技术手册②汽车－自动控制系统－技术手册　Ⅳ. ①U463.6－62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 254170 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：张晓蓉　封面设计：鞠　杨
责任印制：常天培
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2018 年 2 月第 1 版第 1 次印刷
169mm × 239mm · 37.25 印张 · 2 插页 · 757 千字
0 001—1900 册
标准书号：ISBN 978-7-111-58293-9
定价：249.00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

本手册将有助于读者获得有关汽车测量技术和汽车自动化技术（亦即汽车电子和汽车机电）方面极具挑战性课题的信息。

在此，我们向读者奉献早前已经出版的《测量和自动化技术》一书的第2版。该手册的第1版从技术上以尽可能宽的广度介绍了测量和自动化技术方面的基础知识，给所有感兴趣的读者提供了这些知识的理论演进过程和实际应用方面广泛而充分的线索。

第2版在此基础上进行了加工和完善，并且分成了两卷：《汽车上的测量和自动化手册》和《生产中的测量和自动化手册》。

《汽车上的测量和自动化手册》以贴合实际为目的，从多个非常重要的方面阐述了汽车作为人-机系统这一十分复杂而且富有挑战性的课题。为此，本书的第一部分就论述了这一具有基础性意义的主题。

接下来的一部分是关于传感器的。时至今日，如果没有了传感器，汽车不可能运行可靠，并且为驾乘者提供愉悦感。由驾驶人和传感器给出的信号会在电子的和液压的信号处理设备中进行处理。然后通过电动的、电子的或液压执行机构来执行动作指令。因此，在随后章节里介绍了一些用来实现这些信号、保障行车安全和乘用舒适性的基础性标准元件。

书中多个章节都涉及汽车上信号处理的未来前景。微系统技术所创建的标准元器件是其一方面，变化无穷的总线系统是其另一方面，都给予了关注。

本书所有的章节都给出了详细的参考文献条目。这给读者指明了进一步获取信息的途径。

本手册适用于汽车技术领域的工程师、研究人员和经营管理方面的技术人员，汽车专业教学人员以及学生，还有在汽车技术方面有所涉猎的其他领域的人员。

本手册的发行者们感谢斯普林格出版社（Springer – Verlag）和美地昂特公司（medionet AG）所有工作人员认真负责的合作。我们特别感谢全体著作者对于本手册诞生所做出的非凡贡献。

对于本手册所提出的完善意见和建议，我们谨以极大的兴致予以接纳。

汉斯于尔根·格法特（Hans – Jürgen Gevatter）

乌尔里希·格林霍普特（Ulrich Grünhaupt）

目　录

前言

A 部分　概念　名词　定义

第 1 章　汽车驾驶中的人 – 机交互 …… 3
1.1　驾驶人 – 汽车系统 …… 3
1.2　驾驶人 – 汽车交互式结构要点 …… 4
1.2.1　信息表达 …… 4
1.2.2　驾驶辅助系统 …… 5
1.3　发展趋势 …… 6
参考文献 …… 7
第 2 章　机电一体化 …… 8
2.1　汽车上的机电一体化 …… 8
2.2　功能性集成和局部性集成 …… 10
2.3　管控系统的复杂性 …… 12
2.4　汽车上的机电一体化系统举例 …… 13
2.4.1　底盘和行驶辅助系统 …… 14
2.4.2　动力传动系统中的机电一体化系统 …… 15
2.4.3　座舱内的舒适性和安全性系统 …… 17
参考文献 …… 18
第 3 章　调节和控制 …… 19
3.1　引言 …… 19
3.2　调节 …… 20
3.2.1　定义和基本结构 …… 20
3.2.2　调节器设计 …… 21
3.2.3　对调节回路的要求 …… 22
3.2.4　线性标准调节回路 …… 22
3.2.5　线性调节器 …… 23
3.2.6　非线性调节器 …… 25
3.3　控制 …… 26
3.3.1　定义和基本结构 …… 26

3.3.2　逻辑控制 …… 27
3.3.3　进程控制 …… 28
3.3.4　控制类型的比较 …… 29
参考文献 …… 30
第 4 章　辅助能源 …… 31
4.1　电辅助能源 …… 31
4.2　液压辅助能源 …… 32
4.3　气压辅助能源 …… 33
第 5 章　汽车上的自动化技术应用领域 …… 34
5.1　动力系统 …… 34
5.2　底盘和驾驶辅助 …… 37
5.3　座舱 …… 40
第 6 章　环境条件和安装位置 …… 41
6.1　对质量和系列产品化的要求 …… 41
6.2　安装位置 …… 41
6.3　验收试验 …… 42

B 部分　传感器

第 1 章　力和转矩 …… 47
参考文献 …… 48
第 2 章　压力传感器 …… 49
参考文献 …… 53
第 3 章　位移、角度和位置 …… 54
参考文献 …… 58
第 4 章　速度 …… 59
参考文献 …… 61
第 5 章　加速度 …… 62
参考文献 …… 63
第 6 章　温度 …… 64
参考文献 …… 66
第 7 章　气体传感器 …… 67
参考文献 …… 70
第 8 章　辅助材料的传感器 …… 71
参考文献 …… 72
第 9 章　导航系统 …… 73
第 10 章　光学传感器 …… 74
参考文献 …… 77
第 11 章　天线 …… 78

参考文献 …… 81

C 部分　用于电辅助能源和非电辅助能源信号处理的部件

第 1 章　电辅助能源 …… 85
1.1　双极性晶体管 …… 85
1.2　金属氧化物半导体场效应管（MOSFET） …… 88
1.3　运算放大器（OPV） …… 89
1.4　光电元件 …… 91
1.4.1　光学基础 …… 91
1.4.2　被动光学元件 …… 93
1.4.3　光信号发射器 …… 97
1.4.4　光信号接收器 …… 98
1.5　数字电路 …… 98
1.5.1　基础 …… 98
1.5.2　电路家族和电路技术 …… 100
1.5.3　数字元件的功能 …… 106
1.5.4　专用电路（ASIC） …… 113
1.6　模数转换器 …… 115
1.7　数模转换器 …… 120
1.8　集成电路封装连接 …… 123
1.8.1　集成电路封装（AVT）的任务 …… 123
1.8.2　AVT 的包装层面 …… 123
1.8.3　组件技术 …… 125
1.8.4　混合件和模块 …… 129
1.8.5　设计可靠的 AVT（封装技术） …… 139
1.9　车用摄像系统 …… 146
1.9.1　有视觉的汽车 …… 146
1.9.2　对车用摄像头的技术要求 …… 147
1.9.3　驾驶辅助系统“车道偏离警告”（LDW） …… 150
1.9.4　驾驶辅助系统“夜视”系统 …… 153
1.9.5　第三维：3D 摄像机 …… 157
参考文献 …… 158
第 2 章　非电性辅助能源 …… 163
2.1　液压信号和功率放大器 …… 163
2.2　电液转换器 …… 164
参考文献 …… 170

D 部分　用于机械调节的执行器

第 1 章　电动执行器 …… 173

1.1　术语定义 …… 173
1.2　介绍 …… 173
1.3　电动执行器的一般描述 …… 175
1.3.1　主要参数 …… 175
1.3.2　干扰和环境条件 …… 175
1.4　车辆使用条件下执行器的设计 …… 176
1.4.1　串联电阻 …… 176
1.4.2　车辆的供电电压 …… 177
1.4.3　电气系统的功率限制 …… 177
1.5　执行器 …… 178
1.5.1　电动执行器 …… 178
1.5.2　传动 …… 183
1.5.3　电磁铁 …… 186
1.5.4　压电直接驱动 …… 187
1.6　驱动和控制电子设备 …… 189
1.6.1　功能结构 …… 189
1.6.2　功率部分 …… 190
1.6.3　信号处理和控制 …… 192
参考文献 …… 194
第 2 章　液压执行器 …… 195
2.1　用于连续运动的液压执行器 …… 195
2.1.1　轴向柱塞机构 …… 197
2.1.2　径向柱塞机构 …… 198
2.1.3　齿轮机构 …… 198
2.1.4　叶片机构 …… 199
2.1.5　阻塞叶片机构和滚动叶片机构 …… 199
2.2　用于断续运动的液压执行器 …… 199
2.2.1　单作用液压缸 …… 200
2.2.2　双作用液压缸 …… 201
2.2.3　回转式马达 …… 202
参考文献 …… 202

E 部分　电力传输与功率控制

第 1 章　电接触 …… 205
1.1　静止接触 …… 205
1.1.1　弹性接触形变 …… 206
1.1.2　具有塑性接触形变的现实接触 …… 207
1.1.3　外来层 …… 208
1.1.4　接触热量 …… 209

1.2　开关型接触 …… 210
1.2.1　开关电弧 …… 210
1.2.2　负载下的开关 …… 212
1.2.3　材料迁移 …… 212
1.3　接触材料 …… 213
1.3.1　金属 …… 213
1.3.2　合金 …… 214
1.3.3　复合材料 …… 214
参考文献 …… 216
第2章　电磁继电器 …… 217
2.1　应用范围和继电器类型 …… 218
2.2　继电器的电磁驱动 …… 220
2.2.1　中性单稳继电器（类型1） …… 220
2.2.2　中性单稳继电器（类型2） …… 222
2.2.3　阻尼继电器（类型3） …… 222
2.2.4　极化双稳继电器（类型4） …… 223
2.2.5　极化单稳继电器（类型5） …… 223
2.3　继电器的开关过程 …… 224
2.4　继电器的结构 …… 225
2.4.1　电话继电器 …… 226
2.4.2　网络继电器 …… 227
2.4.3　汽车继电器 …… 228
2.4.4　端口的结构 …… 229
参考文献 …… 231
第3章　微型继电器 …… 232
3.1　低接触压力下的开关特性 …… 232
3.2　介电强度 …… 233
3.3　微致动的设计理念 …… 235
3.3.1　电磁执行器 …… 236
3.3.2　静电执行器 …… 236
3.3.3　压电执行器 …… 237
3.3.4　热力转换执行器 …… 237
3.4　微型继电器的技术实现 …… 238
3.4.1　电磁微型继电器 …… 239
3.4.2　静电微型继电器 …… 239
3.5　高频开关（RF MEMS） …… 242
参考文献 …… 243
第4章　半导体继电器 …… 246
4.1　电子开关 …… 248

4.2　具有电压隔离功能的半导体继电器 …… 250
4.3　用于交流电的电子负载继电器 …… 252
参考文献 …… 253
第 5 章　功率电子元器件 …… 254
5.1　功率电子学基础 …… 254
5.1.1　功率电子学的任务和应用领域 …… 254
5.1.2　开关和整流过程 …… 255
5.1.3　功率电子基础电路 …… 257
5.2　功率电子器件 …… 260
5.2.1　功率电子器件分类 …… 260
5.2.2　功率半导体 …… 260
5.2.3　智能功率电路 …… 272
参考文献 …… 275

F 部分　辅助能源

第 1 章　电辅助能源 …… 279
参考文献 …… 282
第 2 章　气压辅助能源 …… 283
参考文献 …… 284
第 3 章　液压辅助能源 …… 285
参考文献 …… 287

G 部分　显示装置和操控单元

第 1 章　引言、观察和操控 …… 291
1.1　中央显示装置、主显 …… 291
1.2　次级显示器、辅显 …… 291
1.3　驾驶人输入单元 …… 292
第 2 章　显示装置 …… 293
2.1　模拟显示器 …… 293
2.2　数字显示装置 …… 297
2.2.1　液晶显示器（LCD） …… 299
2.2.2　真空荧光显示器（VFD） …… 305
2.2.3　有机发光二极管（OLED） …… 305
2.2.4　展望 …… 306
第 3 章　显示装置在汽车上的集成 …… 307
3.1　单一仪表 …… 307
3.2　组合仪表 …… 307
3.3　混合仪表 …… 308
3.4　可自由设置的组合仪表 …… 308

3.5　抬头显示器（HUD） …… 309
第4章　操控单元 …… 310
4.1　人机工程学及其简单回顾 …… 310
4.2　组合仪表环境中的单一控制单元 …… 311
4.3　汽车开关技术 …… 311
4.4　中央调控理念 …… 312

H部分　应用实例

第1章　动力总成 …… 317
1.1　发动机电子控制单元 …… 317
1.1.1　组件和功能 …… 317
1.1.2　控制器内的功能层 …… 322
1.1.3　标定 …… 322
1.2　Tiptronic（手动/自动一体化变速器） …… 323
1.3　发动机附属机构 …… 326
1.4　尾气 …… 328
1.5　冷却液温度控制 …… 332
1.6　电子气门（Valvetronic） …… 334
1.7　维护周期显示 …… 338
参考文献 …… 339
第2章　汽车的运动 …… 342
2.1　车身系统联网 …… 342
2.1.1　引言 …… 342
2.1.2　车身联网系统的子系统 …… 343
2.1.3　底盘控制一体化 …… 355
2.1.4　底盘控制一体化的“分拆”——联网系统潜在功能的示例 …… 361
2.1.5　展望 …… 364
2.2　减振系统 …… 366
2.3　轮胎压力控制 …… 373
2.4　车速和车距控制 …… 375
2.5　动态的稳定性控制、制动控制以及牵引力控制 …… 380
2.6　助力转向 …… 382
参考文献 …… 386
第3章　座舱 …… 390
3.1　座舱空调 …… 390
3.2　导航系统 …… 394
3.3　带有无线电遥控的点火钥匙 …… 398
3.4　安全气囊系统 …… 401
3.5　座椅安全带张紧器 …… 405

3.6　停车距离控制 …… 406
3.7　前风窗和后窗玻璃加热 …… 408
3.8　接收交通信息 …… 409
3.9　中央控制器 …… 409
参考文献 …… 412

J 部分　汽车网络系统——通信网络及数据处理方法

第 1 章　要求 …… 415
第 2 章　电子控制单元 …… 416
2.1　输入电路 …… 416
2.2　进行信号处理的逻辑电路部分 …… 417
2.3　输出电路及输出值控制 …… 418
第 3 章　架构 …… 419
参考文献 …… 419
第 4 章　CARTRONIC® …… 420
4.1　联网的子系统 …… 420
4.2　车内联网子系统举例 …… 420
4.3　新的要求 …… 421
4.4　基本概念 …… 421
4.5　结构和框架 …… 422
4.6　功能架构的规则 …… 423
4.7　需求分析 …… 423
4.8　结构元件 …… 424
4.9　系统、子系统和元件 …… 424
4.10　结构规则 …… 424
4.11　模型规则 …… 424
4.12　典型的架构特点 …… 425
4.13　产品开发流程 …… 425
4.14　结论和展望 …… 426
参考文献 …… 427
第 5 章　通信网络 …… 428
5.1　多媒体网络 …… 429
5.2　车身和车内的多路传输应用 …… 429
5.3　动力系统和传动系统的实时应用 …… 429
第 6 章　CAN 总线 …… 431
6.1　总线配置 …… 431
6.2　寻址 …… 432
6.3　总线逻辑状态 …… 432
6.4　优先级 …… 432

6.5　总线准入规则 …… 432
6.6　传输格式 …… 433
6.7　数据帧和远程帧 …… 434
6.8　出错识别 …… 434
6.9　出错处理 …… 434
6.10　出错避免机制 …… 435
6.11　实施方式 …… 435
6.12　标准化 …… 435
6.13　向实时系统扩展 …… 435

K部分　FlexRay通信系统概览

参考文献 …… 453
附录　缩略语 …… 454

A 部分　概念　名词　定义

第 1 章　汽车驾驶中的人 – 机交互

K. – P. Timpe

1.1　驾驶人 – 汽车系统

汽车驾驶，被理解为开着车从出发地驶往目的地。直到可预见的将来，汽车驾驶最重要的任务全部都可以归纳在表 1-1 中。为完成这些驾驶任务，应该向驾驶人提供有关环境条件、每个汽车零部件的状态、系统动态特性之类的信息，以便于汽车的操控管理。导航数据（GPS）以及“娱乐资讯”或者称之为服务供给，也常常集成在汽车驾驶人信息系统之中。它们的应用，对于完成这些驾驶任务来说已经变得越来越重要。

表 1-1　汽车驾驶过程中的任务

主要任务	规划和导航（例如选择、变更或者输入行车路线） 操控、驾驶（例如引导超车） 稳定行驶（例如路径保持或者车距保持）
次要任务	通信联络（例如电话通话、问询行车路线、预定旅馆） 监控和操作（例如温度控制、无线电开关、空调系统调节等） 车载计算机信息处理（例如道路收费数据） ……

有鉴于对安全性、经济性、舒适性以及可接受性的要求越来越高这一大背景，将驾驶人与汽车以及环境之间的相互作用打造得近乎完美，成为实现这些任务目标的关键所在。就对驾驶人与汽车以及环境之间的相互作用进行各具特色的分析、评价以及构建而言，一种建立在驾驶人和汽车之间的信息交换基础之上的抽象观察系统，被证明是行之有效的。经过准确适当的简化之后，这一观察系统如图 1-1 所示。

驾驶人总是按照目的地设定、行车约定以及所获得的有关景况、环境和汽车状态的回馈信息来进行决策，通过操控行为来“开”车的。车开得是否平顺稳当，取决于针对车辆技术性能和行驶环境条件进行的驾驶调控是否恰当。对驾驶人与汽

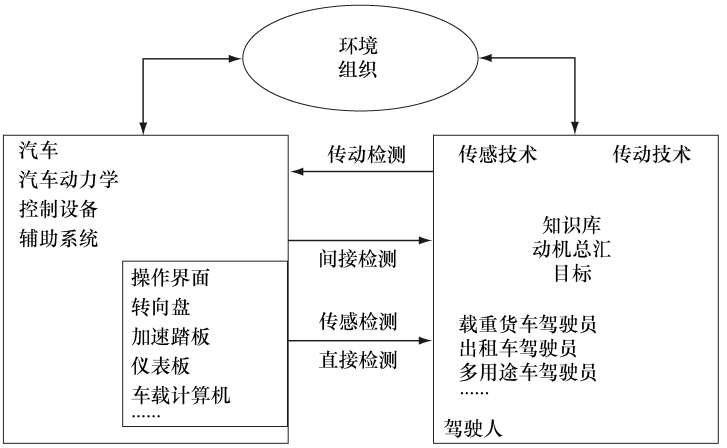


图 1-1　作为人 – 机系统的驾驶人 – 汽车系统

车之间的相互关系进行考察，其目的就是为汽车驾驶打造最优化的感知和操控条件。为此，不仅要对汽车的内部空间进行人机工程学的协调设计，还要完成以下工作：

– 汽车内部以及从内向外的活动空间和视觉条件的构造。

– 显示单元和操控单元的构造，以及它们在仪表板、中控台和总的来说在驾驶控制台上的布置。

– 新型交互方式的设计构建，诸如线控转向、侧杆操控、合成助力转向之类。

– 驾驶人信息系统。

– 一种行驶动态特性评价模式。

衡量信息交换是否达到最佳的评判标准，就是是否能够对信息做出清楚明了、迅速准确的记录和解释，以及驾驶操控是否能够依据情景状况得以恰如其分地进行。借助于所谓实物大模型——亦即“座舱”，或者借助汽车模拟器，能够在汽车产品的研发过程中对各种各样的驾驶控制台设计及其组成零部件进行模拟试验，并且相应地进行交互式的改进和完善。除此之外，通过这样的模拟，在研发过程的初期就能够获得从顾客的角度出发对它们所做的评价。对于受试汽车零部件的吸引力和可接受性、对于驾驶感受以及诸如此类特性的客观公正的评价，构成了今天对于技术性系统解决方案评价不可或缺的补充要素。

1.2　驾驶人 – 汽车交互式结构要点

1.2.1　信息表达

就汽车驾驶而言，其突出的特点在于驾驶人高度自动化的动作响应。这在所谓