



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

★ ★ ★  
“十三五”  
★ ★ ★

国家重点出版物出版规划项目



国之重器出版工程

国防现代化建设

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

Armored Vehicle Ergonomics

# 装甲车辆人机工程

李惠彬 张晨霞 编著

 中国工信出版集团

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



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

★ ★ ★  
★ “十三五” ★

国家重点出版物出版规划项目

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

# 装甲车辆人机工程

Armored Vehicle Ergonomics

李惠彬 张晨霞 编著

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

## 内 容 简 介

本书是一本国内外最新的装甲车辆人机工程学方面的著作。本书覆盖了装甲车辆人机环境系统原理与设计的大部分关键内容,主要包括人体测量与生物力学、作业空间与乘坐空间布置设计、乘员信息采集与处理、控制显示装置设计和内部布置、视野、乘坐舒适性与NVH设计、乘员舱内小环境气候调节、人机工程师在车辆设计过程中的角色、装甲车辆人机工程学评价方法、人机工程学发展趋势和新技术。本书适合作为高等院校装甲车辆工程、车辆工程、工业工程、交通与运输工程、机械工程专业课程教材或参考书,也适合装甲车辆工程、车辆工程、机械工程设计及制造专业的人员参考阅读。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

装甲车辆人机工程 / 李惠彬, 张晨霞编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 5

(陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书)

国家出版基金项目 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 国之重器出版工程

ISBN 978 - 7 - 5682 - 6957 - 5

I. ①装… II. ①李…②张… III. ①装甲车—人—机系统 IV. ①TJ811

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第075198号

---

出 版 / 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 / 固安县铭成印刷有限公司

开 本 / 710 \* 1000mm 1/16

印 张 / 21.25

彩 插 / 2

字 数 / 366千字

版 次 / 2019年5月第1版 2019年5月第1次印刷

定 价 / 78.00元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



### 李惠彬

副教授，任职于北京理工大学。中国振动工程学会噪声与振动控制分会常务理事，中国仪器仪表学会结构健康诊断分会理事。长期从事车辆人机工程学设计及车辆 NVH、机械与结构振动与噪声智能控制、结构模态参数识别与健康诊断等技术研究，并在航空宇航科学技术和人机环境工程学科研究领域瞄准国家和国防重大需求开展研究工作。获中国机械工业科技进步二等奖 1 项、中国煤炭工业科技进步一等奖 1 项。出版学术著作 7 部、译著 5 部；发表论文多篇；授权发明专利 4 项。



### 张晨霞

某汽车公司总布置工程师。主要从事车辆人机工程学设计、上车体布置及车辆 NVH 等技术研究。负责多款车型的车内人机工程总布置及校核工作。参与编写著作 1 部；发表论文多篇；授权发明专利 2 项，受理的发明专利 2 项。


# 《国之重器出版工程》 编辑委员会

编辑委员会主任：苗 圩

编辑委员会副主任：刘利华 辛国斌

编辑委员会委员：

冯长辉	梁志峰	高东升	姜子琨	许科敏
陈 因	郑立新	马向晖	高云虎	金 鑫
李 巍	高延敏	何 琼	刁石京	谢少锋
闻 库	韩 夏	赵志国	谢远生	赵永红
韩占武	刘 多	尹丽波	赵 波	卢 山
徐惠彬	赵长禄	周 玉	姚 郁	张 炜
聂 宏	付梦印	季仲华		



专家委员会委员（按姓氏笔画排列）：

- 于全 中国工程院院士
- 王少萍 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 王建民 清华大学软件学院院长
- 王哲荣 中国工程院院士
- 王越 中国科学院院士、中国工程院院士
- 尤肖虎 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 邓宗全 中国工程院院士
- 甘晓华 中国工程院院士
- 叶培建 中国科学院院士
- 朱英富 中国工程院院士
- 朵英贤 中国工程院院士
- 邬贺铨 中国工程院院士
- 刘大响 中国工程院院士
- 刘怡昕 中国工程院院士
- 刘韵洁 中国工程院院士
- 孙逢春 中国工程院院士
- 苏彦庆 “长江学者奖励计划”特聘教授



- 苏哲子 中国工程院院士
- 李伯虎 中国工程院院士
- 李应红 中国科学院院士
- 李新亚 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、  
中国机械工业联合会副会长
- 杨德森 中国工程院院士
- 张宏科 北京交通大学下一代互联网互联设备国家  
工程实验室主任
- 陆建勋 中国工程院院士
- 陆燕荪 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、原  
机械工业部副部长
- 陈一坚 中国工程院院士
- 陈懋章 中国工程院院士
- 金东寒 中国工程院院士
- 周立伟 中国工程院院士
- 郑纬民 中国计算机学会原理事长
- 郑建华 中国科学院院士



- 屈贤明 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任
- 项昌乐 “长江学者奖励计划”特聘教授，中国科协书记处书记，北京理工大学党委副书记、副校长
- 柳百成 中国工程院院士
- 闻雪友 中国工程院院士
- 徐德民 中国工程院院士
- 唐长红 中国工程院院士
- 黄卫东 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 黄先祥 中国工程院院士
- 黄 维 中国科学院院士、西北工业大学常务副校长
- 董景辰 工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员
- 焦宗夏 “长江学者奖励计划”特聘教授

# 《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》

## 编写委员会

名誉主编：王哲荣 苏哲子

主 编：项昌乐 李春明 曹贺全 丛 华

执行主编：闫清东 刘 勇

编 委：（按姓氏笔画排序）

马 越 王伟达 王英胜 王钦钊 冯辅周

兰小平 刘 城 刘树林 刘 辉 刘瑞林

孙葆森 李玉兰 李宏才 李和言 李党武

李雪原 李惠彬 宋克岭 张相炎 陈 旺

陈 炜 郑长松 赵晓凡 胡纪滨 胡建军

徐保荣 董明明 韩立金 樊新海 魏 巍



## 编者序

坦克装甲车辆作为联合作战中基本的要素和重要的力量，是一个最具临场感、最实时、最基本的信息节点，其技术的先进性代表了陆军现代化程度。

装甲车辆涉及的技术领域宽广，经过几十年的探索实践，我国坦克装甲车辆技术领域的专家积累了丰富的研究和开发经验，实现了我国坦克装甲车辆从引进到仿研仿制再到自主设计的一次又一次跨越。在车辆总体设计、综合电子系统设计、武器控制系统设计、新型防护技术、电子电气系统设计及嵌入式软件设计、数字化与虚拟仿真设计、环境适应性设计、故障预测与健康管理和新型工艺等方面取得了重要进展，有些理论与技术已经处于世界领先水平。随着我国陆战装备系统的理论与技术所取得的重要进展，亟需通过一套系统全面的图书，来呈现这些成果，以适应坦克装甲车辆技术积淀与创新发展的需要，同时多年来我国坦克装甲车辆领域的研究人员一直缺乏一套具有系统性、学术性、先进性的丛书来指导科研实践。为了满足上述需求，《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》应运而生。

北京理工大学出版社联合中国北方车辆研究所、内蒙古金属材料研究所、北京理工大学、中国人民解放军陆军装甲兵学院、南京理工大学、中国人民解放军陆军军事交通学院和中国兵器科学研究院等单位一线的科研和工程领域专家及其团队，策划出版了本套反映坦克装甲车辆领域具有领先水平的学术著作。本套丛书结合国际坦克装甲车辆技术发展现状，凝聚了国内坦克装甲车辆技术领域的主要研究力量，立足于装甲车辆总体设计、底盘系统、火力防护、电气系统、电磁兼容、人机工程等方面，围绕装甲车辆“多功能、轻量化、网



络化、信息化、全电化、智能化”的发展方向，剖析了装甲车辆的研究热点和技术难点，既体现了作者团队原创性科研成果，又面向未来、布局长远。为确保其科学性、准确性、权威性，丛书由我国装甲车辆领域的多位领军科学家、总设计师负责校审，最后形成了由 14 分册构成的《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》（第一辑），具体名称如下：《装甲车辆行驶原理》《装甲车辆构造与原理》《装甲车辆制造工艺学》《装甲车辆悬挂系统设计》《装甲车辆武器系统设计》《装甲防护技术研究》《装甲车辆人机工程》《装甲车辆试验学》《装甲车辆环境适应性研究》《装甲车辆故障诊断技术》《现代坦克装甲车辆电子综合系统》《坦克装甲车辆电气系统设计》《装甲车辆嵌入式软件开发方法》《装甲车辆电磁兼容性设计与试验技术》。

《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》内容涵盖多项装甲车辆领域关键技术工程应用成果，并入选“‘十三五’国家重点出版物出版规划”项目、“国之重器出版工程”和“国家出版基金”项目。相信这套丛书的出版必将承载广大陆战装备技术工作者孜孜探索的累累硕果，帮助读者更加系统全面地了解我国装甲车辆的发展现状和研究前沿，为推动我国陆战装备系统理论与技术的发展做出更大的贡献。

丛书编委会



## 前 言

装甲车辆人机工程学是一门涉及人体生理学、心理学、解剖学、测量学、生物力学、心理物理学、普通物理学、振动与噪声、美学等多领域科学。它涉及研究人的特性、能力和局限性，然后应用这些信息来设计和评估人们使用的装甲车辆等产品。

研究装甲车辆人机工程学的基本目标就是设计出尽可能满足操作者和装甲车辆设备之间的匹配，从而改进操作者的安全（即提供不受伤害与损失的自由空间）、舒适与心理满足、方便、性能和工作效率。此外，人机工程学设计要求“为大多数人设计”，即设计出的产品需确保在预计的大多数人中都可以使用。此外，还要把美学的理念融入产品中，使人与装甲车辆和环境能够浑然一体，并发挥最大的战斗力。装甲车辆等产品设计过程应考虑以下几个主要部分：使用者；装甲车辆本身；周围环境（比如行驶道路、战场环境等）。这个系统中所有组成部分的特性在设计车辆等产品时都必须考虑到。需要提到的是，在产品的设计过程中，工程师不但要通过关注产品的所有属性（例如尺寸、材料、硬度、颜色、表面及与其他组件如何装配/工作）来设计产品的每个部分，还必须要对该产品的目标用户群和操作环境（包括道路、天气和操作条件，如雾霾、湿度、温度等）有透彻的了解。

本书是在作者总结了近二十年人机环境系统原理与设计方面的教学经验，以及多年与车辆企业在人机工程学方面产学研合作成果基础上撰写而成的，是一本国内外最新的装甲车辆人机工程学著作。本书最显著的特色就是对作业空间与装甲车辆乘坐空间布置设计、装甲车辆控制器与显示装置设计、装甲车辆

视野设计、乘员座椅设计、乘坐舒适性与 NVH 设计、基于人机工程学的装甲车辆评估方法进行了全面细致的阐述。本书覆盖了装甲车辆人机环境系统原理与设计的大部分关键内容，其中基本内容包括人体测量与生物力学、作业空间与乘员乘坐空间设计、装甲车辆驾驶员人体感知与运动特征、控制显示装置和内部布置、视野设计与测试、乘坐舒适性与 NVH 设计、乘员舱内小环境气候调节、人机工程师在装甲车辆设计过程中的角色、装甲车辆人机工程学评价方法、国际上主流人机工程辅助设计软件介绍，以及人机工程学发展趋势和新技术。

本书意在提供一个对装甲车辆人机工程学与设计问题的全面理解，同时系统介绍设计和评估装甲车辆产品的背景、法则、工具和方法。

本书在编写过程中，参阅了国内外同行专家许多宝贵的研究成果与资料，在此谨向他们致以衷心的感谢。同时，感谢研究生许沛昀绘制了书中部分插图。

本书可供装甲车辆工程、车辆工程、工业工程、机械工程等专业的本科生使用，也可供从事装甲车辆工程与车辆工程设计开发专业人员参考阅读和使用。

受作者水平所限，本书不妥之处在所难免，恳请各位同行、使用本书的教师、学生及广大读者提出宝贵意见！

作者 E-mail 地址：huibinli@163.com。

作者



# 目 录

第 1 章 人机工程学概论 .....	001
1.1 人机工程学的名称与定义 .....	003
1.2 人机工程学的基本概念 .....	007
1.3 人机工程学的研究对象 .....	011
1.4 人机工程学的研究内容 .....	011
1.5 人机工程学的发展简史 .....	015
1.6 装甲车辆设计和使用中的人机工程问题 .....	019
1.7 未来装甲车辆人机工程设计面临的新课题 .....	021
第 2 章 人体尺寸测量与生物力学 .....	025
2.1 人体尺寸测量的基本知识 .....	027
2.2 人体尺寸测量中的主要统计参数 .....	035
2.3 常用的人体尺寸测量数据 .....	037
2.4 人体尺寸测量数据的应用 .....	060
2.5 人体模型 .....	069
2.6 三维人体模型及在装甲车辆设计中的应用 .....	071
2.7 人体生物力学在装甲车辆设计中的应用 .....	074
2.8 装甲车辆座椅设计 .....	076



第 3 章 作业空间与装甲车辆乘坐空间设计 .....	087
3.1 作业空间设计 .....	088
3.2 装甲车辆操作者坐姿静态舒适性设计 .....	113
3.3 乘员工作空间布置 .....	116
第 4 章 装甲车辆驾驶员人体感知与运动特征 .....	125
4.1 人在人机系统中的功能 .....	127
4.2 视觉机能及其特征 .....	135
4.3 听觉机能及其特征 .....	149
4.4 其他感官机能及其特征 .....	152
4.5 神经系统机能及其特征 .....	156
4.6 人的信息处理系统 .....	158
4.7 运动系统的机能及其特征 .....	164
4.8 人的运动输出 .....	172
第 5 章 装甲车辆人机信息界面设计 .....	177
5.1 概述 .....	178
5.2 人机控制显示信息界面的形成 .....	179
5.3 车载视觉信息显示设计 .....	181
5.4 听觉信息传示装置 .....	196
5.5 控制器设计 .....	199
5.6 控制和显示设计的主观评价 .....	224
5.7 小结 .....	229
第 6 章 坦克装甲车辆视野 .....	231
6.1 概述 .....	232
6.2 视野分类 .....	235
6.3 改善装甲车辆乘员视认性与视野的高新技术应用 .....	237
6.4 视野测量 .....	241
第 7 章 乘坐舒适性与 NVH 设计 .....	243
7.1 乘坐舒适性 .....	244
7.2 人与振动环境 .....	245



7.3 人与声环境 .....	254
7.4 车内噪声分析与控制 .....	256
7.5 小结 .....	261
<b>第8章 装甲车辆乘员舱内小环境气候调节 .....</b>	<b>263</b>
8.1 概述 .....	264
8.2 人体对环境的适应程度 .....	266
8.3 装甲车辆对乘员舱微环境的规定要求 .....	266
8.4 人与热环境 .....	268
8.5 人与光环境 .....	273
8.6 坦克装甲车辆空调风道设计 .....	277
8.7 小结 .....	280
<b>第9章 人机工程发展新趋势及装甲车辆人机工程设计评价 .....</b>	<b>281</b>
9.1 虚拟人与虚拟设计 .....	283
9.2 计算机辅助人机工程设计系统 .....	289
9.3 装甲车辆人机工程设计评价 .....	297
<b>参考文献 .....</b>	<b>300</b>
<b>索引 .....</b>	<b>303</b>



## 第1章

# 人机工程学概论

**为**了使装甲车辆等产品人机工程设计能够更好地适应和满足操作人员和使用人员生理和心理特点，需要详细了解人机工程学。

早期阶段工业产品设计者优先考虑机器设计需要，然后才考虑操作者。例如，早期军用飞机和苏式装甲车辆只为身材矮小操作者设计了有限空间。当身材矮小操作者逐渐稀少，就要考虑能够容纳更多不同身材尺度操作者的作业场所，也就在这个时候，人机工程学的概念应运而生。人机工程学最