



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLISHING FUND PROJECT

★ ★ ★ ★
“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

装甲车辆 制造工艺学

Armored Vehicle Manufacturing Principle

李和言 郑长松 贺坚钢 编著

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

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

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

装甲车辆制造工艺学

李和言 郑长松 贺坚钢 编著

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

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

装甲车辆制造工艺学/李和言, 郑长松, 贺坚钢编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 6

(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 - 7112 - 7

I. ①装… II. ①李… ②郑… ③贺… III. ①装甲车 - 车辆制造 - 生产工艺 IV. ①TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 112296 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 / 北京地大彩印有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 37.25

字 数 / 644 千字

版 次 / 2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 172.00 元

责任编辑 / 李炳泉

文案编辑 / 李炳泉

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

《国之重器出版工程》

编辑委员会

主任：苗圩

副主任：刘利华 辛国斌

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

《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等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

装甲车辆已成为陆军机动武器平台，配备大威力、高膛压、高初速火炮和多种高性能弹药以及性能优良的火控系统，安装大功率、高紧凑发动机及高功率密度液力机械综合传动装置，采用多种类型的装甲防护和特种防护，发展综合电子信息系统，其技术的发展促进了陆军装备的现代化。装甲车辆制造工艺的先进程度很大程度也影响着装甲车辆技术的发展水平。

作者结合多年来装甲车辆工程专业科学研究与工程实践经验，融合加工工艺与过程的通用性与装甲车辆的特殊性，结合理论建模分析与实践经验，编写了本书。本书涵盖装甲车辆生产过程、装甲车辆常用典型材料、加工技术、机械加工质量、工件的定位与机床夹具、机械加工工艺规程制定、尺寸链原理及其应用、装甲车辆典型零件的制造工艺、装甲车辆车体制造工艺等内容，适用于车辆工程与装甲车辆工程专业的教师和学生作为参考，也适用于装甲车辆工程技术人员参考。

本书由李和言任、郑长松、贺坚刚任主编。第二、三、四、六、七以李和言为主编写，第三、五、八章以郑长松为主编写，第一、九章以贺坚刚为主编写，张佳工程师进行了大量的资料整理和审校工作。全书编写工作一直得到江麓机电集团有限公司和北京理工大学出版社的大力支持，特致以衷心的感谢。

编 者
2019 年 3 月



目 录

第 1 章 坦克装甲车辆生产制造过程概述	001
1.1 坦克制造技术的诞生、建立与发展	002
1.1.1 坦克装甲车辆的诞生	002
1.1.2 中华人民共和国成立前坦克装甲车辆工业的建立	003
1.1.3 中华人民共和国成立后坦克装甲车辆工业的发展	004
1.2 坦克装甲车辆图纸分组知识	006
1.2.1 坦克装甲车辆的组成部分	006
1.2.2 装甲车辆产品组建编号原则及办法	009
1.3 坦克装甲车辆生产制造工艺过程	014
1.3.1 工艺技术准备阶段	014
1.3.2 毛坯生产阶段	014
1.3.3 加工制作阶段	015
1.3.4 机械加工阶段	015
1.3.5 车辆底盘车体及其他相应件焊接	016
1.3.6 坦克装甲车辆各部件组装试验	017
1.3.7 坦克装甲车辆外购、配套入厂复检安装	017
1.3.8 坦克装甲车辆生产过程热表加工控制	017
1.3.9 坦克装甲车辆电器配套生产工艺过程	017
1.3.10 坦克装甲车辆总装及试验工艺规程	018
第 2 章 坦克装甲车辆常用典型材料	021
2.1 钢材	022



2.1.1	特殊钢材的制造	022
2.1.2	特殊铝板的制造	022
2.1.3	厚钢板	023
2.1.4	薄钢板	023
2.1.5	钢管	023
2.1.6	结构钢和特种钢	024
2.1.7	粉末冶金用还原铁粉	024
2.2	有色金属材料	025
2.2.1	铝合金材料	025
2.2.2	镁合金材料	026
2.2.3	钛合金材料	028
2.3	非金属材料	029
2.3.1	橡胶	029
2.3.2	塑料	031
2.3.3	陶瓷材料	034
2.3.4	涂料	035
2.3.5	黏接材料	036
2.3.6	密封材料	038
第3章 加工技术		041
3.1	铸造	042
3.1.1	概述	042
3.1.2	铸造工艺及设备	052
3.1.3	铸型	068
3.1.4	铸造材料	068
3.1.5	铸件的质量	071
3.1.6	计算机在铸造生产中的应用	075
3.1.7	新技术	077
3.2	锻造	078
3.2.1	概述	078
3.2.2	锻造工艺及设备	079
3.2.3	锻模	084
3.2.4	锻造材料	087
3.2.5	锻件的精度、质量检验及其影响因素	089



3.2.6	先进的锻造技术	096
3.3	粉末冶金	096
3.3.1	概述	096
3.3.2	粉末冶金工艺	097
3.3.3	烧结材料	098
3.3.4	新的烧结技术	098
3.4	热处理	101
3.4.1	概述	101
3.4.2	热处理方法和设备	102
3.4.3	热处理质量的保证	109
3.4.4	热处理与表面处理技术的发展趋势	113
3.5	机械加工	115
3.5.1	概述	115
3.5.2	机械加工工艺及设备	115
3.5.3	批量机械加工生产线	130
3.6	冲压加工	136
3.6.1	概述	136
3.6.2	冲压工艺	139
3.6.3	冲压设备	152
3.6.4	冲压用材料及成型性	163
3.6.5	冲模	165
3.6.6	冲模零部件设计	176
3.6.7	冲压模具的管理	177
3.6.8	工艺及模具设计的工作程序	178
3.6.9	典型零件工艺及模具设计	183
3.6.10	冲压加工技术的发展趋势	185
3.7	塑料成型	185
3.7.1	概述	185
3.7.2	塑件的结构工艺性	190
3.7.3	塑料成型设备	195
3.7.4	塑料的二次加工	207
3.7.5	零件精度及质量保证	225
3.8	陶瓷	225
3.8.1	概述	225



3.8.2	陶瓷材料的分类和性能	226
3.8.3	特种陶瓷的分类和性能	229
3.8.4	陶瓷的制造工艺	230
3.9	电镀	233
3.9.1	概述	233
3.9.2	电镀的种类及工艺	233
3.9.3	塑料电镀工艺	241
3.9.4	化学镀	241
3.9.5	热浸镀	242
3.9.6	电镀废水处理工艺	243
3.10	涂装	244
3.10.1	概述	244
3.10.2	涂装的作用	245
3.10.3	涂装工艺方法	245
3.10.4	涂装工艺过程	245
3.10.5	前处理	245
3.10.6	涂底漆	246
3.10.7	刮涂腻子	246
3.10.8	中层漆	247
3.10.9	面漆	247
3.10.10	修补	247
3.11	焊接	247
3.11.1	概述	247
3.11.2	焊接工艺的种类和应用实例	249
3.11.3	焊接设备	257
3.11.4	焊接质量检查	260
3.11.5	焊接新技术	262
3.12	连接	262
3.12.1	螺纹连接	263
3.12.2	铆接	265
3.12.3	紧固件连接	266
3.13	其他加工技术	266
3.13.1	喷丸硬化加工处理	266
3.13.2	热喷涂技术	267



3.14	无损检测	268
3.14.1	概述	268
3.14.2	无损检测分类	269
3.14.3	无损检测技术发展	269
3.14.4	仪器及原理	270
3.14.5	五大常规方法应用比较	275
3.14.6	无损检测工艺选择	276
3.15	理化检测	276
3.15.1	概述	276
3.15.2	理化检测分类	277
3.15.3	理化检测的任务	277
3.15.4	金相检验和分析	277
3.15.5	力学性能检测	285
3.15.6	化学分析	291
3.16	计量与测试	300
3.16.1	计量与量值传递	300
3.16.2	几何量计量	305
3.16.3	温度计量	313
3.16.4	力学计量	320
3.16.5	电学计量	322
第4章	工件的机械加工质量	327
4.1	机械加工质量的基本概念	328
4.1.1	机械加工精度	328
4.1.2	机械加工表面质量	329
4.1.3	获得加工精度的方法和经济加工精度	329
4.2	影响加工精度的因素	331
4.2.1	加工原理误差	331
4.2.2	机床的制造误差及磨损	332
4.2.3	刀具的制造误差及磨损	336
4.2.4	工艺系统受力、受热变形引起的误差	337
4.2.5	测量误差和调整误差	354
4.2.6	工件内应力引起的误差	356
4.2.7	总加工误差的合成	358



4.3	影响表面质量的因素	360
4.3.1	表面粗糙度	360
4.3.2	表面强化和表面残余应力	364
4.4	表面质量对机器零件使用性能的影响	367
4.4.1	表面质量对零件耐磨性的影响	367
4.4.2	表面质量对零件疲劳强度的影响	368
4.4.3	表面质量对零件抗腐蚀性的影响	369
4.4.4	表面质量对零件配合性质的影响	370
第5章	工件的定位和机床夹具	371
5.1	基准的概念和工件的安装	372
5.1.1	基准的概念	372
5.1.2	工件的安装	372
5.2	机床夹具的组成及其分类	373
5.2.1	机床夹具的组成	373
5.2.2	机床夹具的分类	374
5.3	工件的定位原理	374
5.3.1	六点定位原则	374
5.3.2	不完全定位原则	374
5.3.3	不得过定位原则	374
5.3.4	过定位原则	374
5.4	常用定位元件和工件在夹具中的定位误差分析	375
5.5	工件的夹紧及夹紧装置	379
5.5.1	工件的夹紧	379
5.5.2	夹紧装置	379
5.6	典型机床夹具	383
5.6.1	车床夹具	383
5.6.2	铣床夹具	385
5.6.3	插齿夹具	386
5.6.4	磨床夹具	386
5.6.5	钻床夹具	388
5.6.6	镗床夹具	389
5.7	夹具设计的方法和步骤	390



第 6 章 机械加工工艺规程的制定	393
6.1 基本概念	394
6.1.1 机械产品生产过程与机械加工艺过程	394
6.1.2 机械产品生产过程的组成	394
6.1.3 生产类型与机械加工艺规程	399
6.2 机械加工路线的制定	405
6.2.1 加工经济精度与加工方法的选择	405
6.2.2 工序顺序的安排.....	409
6.2.3 工序的集中与分散	412
6.2.4 加工阶段的划分.....	412
6.3 工序具体内容的确定	413
6.4 加工余量、工序间尺寸及公差确定	418
6.4.1 加工余量的概念.....	418
6.4.2 加工余量的确定.....	422
6.4.3 工序尺寸与公差确定	422
6.5 时间定额和提高生产率的工艺途径	424
6.5.1 时间定额	424
6.5.2 提高劳动生产率的工艺措施	427
6.6 工艺方案的比较与技术经济分析	431
6.6.1 机械加工艺成本	431
6.6.2 工艺方案的技术经济对比	432
第 7 章 尺寸链原理及其应用	435
7.1 尺寸链的基本概念	436
7.1.1 工艺尺寸链的定义和特征	436
7.1.2 尺寸链的组成和尺寸链图的作法	437
7.1.3 尺寸链的基本计算式	439
7.2 工艺尺寸链、装配尺寸链的应用	442
7.2.1 定位基准和设计基准不重合的尺寸换算	442
7.2.2 工序尺寸及其公差计算	443
第 8 章 坦克装甲车辆典型零件的制造工艺	451
8.1 零件机械加工程序的工艺性	452



8.1.1	零件结构工艺性定义	452
8.1.2	零件结构设计应考虑的内容	452
8.1.3	零件结构切削加工工艺性应考虑的原则	453
8.1.4	装配工艺性原则	456
8.2	扭力轴制造工艺	457
8.2.1	轴类零件的功用、结构特点	457
8.2.2	扭力轴的材料、毛坯及热处理、表面处理	457
8.2.3	扭力轴的技术条件分析	457
8.2.4	确定表面加工方法及定位基准	458
8.2.5	确定加工工艺路线	458
8.2.6	加工尺寸和切削用量	458
8.2.7	拟定工艺过程	458
8.3	负重轮制造工艺	464
8.3.1	负重轮的功用、结构特点	464
8.3.2	负重轮的材料、毛坯及热处理	465
8.3.3	负重轮的技术条件分析	465
8.3.4	确定表面加工方法及定位基准	466
8.3.5	确定加工工艺路线	466
8.3.6	加工尺寸和切削用量	467
8.3.7	拟定工艺过程	467
8.4	连杆制造工艺	475
8.4.1	概述	475
8.4.2	连杆机械加工工艺	478
8.4.3	大批量生产时连杆机械加工的工艺过程	481
8.5	曲轴制造工艺	482
8.5.1	概述	482
8.5.2	曲轴的机械加工工艺	483
8.5.3	大量生产时曲轴机械加工的工艺过程	486
8.6	齿轮制造工艺	488
8.6.1	概述	488
8.6.2	直齿轮制造工艺	496
8.6.3	斜齿轮制造工艺	500
8.6.4	螺旋锥齿轮制造工艺	501
8.7	摩擦片制造工艺	503



8.7.1	铜基粉末冶金摩擦片制造工艺	503
8.7.2	纸基冶金摩擦片制造工艺	504
8.7.3	对偶片制造工艺	504
8.8	箱体零件制造工艺	505
8.8.1	概述	505
8.8.2	箱体零件机械加工工艺	508
8.8.3	箱体平面的加工方法	512
8.8.4	箱体孔系的加工方法	512
8.8.5	大量生产时变速器壳体机械加工的工艺过程	517
8.9	液压阀体制造工艺	518
8.9.1	液压阀体类零件的结构特点、常用材料及毛坯的选择	518
8.9.2	液压阀体类零件制造工艺过程分析	518
8.9.3	阀体类零件工艺规程设计的原则	519
8.9.4	检验方法与仪器设备	520
8.10	液压阀芯制造工艺	520
8.10.1	液压阀芯类零件的结构特点、技术要求、常用材料 及毛坯的选择	520
8.10.2	液压阀芯类零件制造工艺过程分析	521
8.10.3	阀芯类零件工艺规程设计的原则	521
8.10.4	检验方法与仪器设备	522
第9章	车体制造工艺	523
9.1	车体材料	524
9.2	甲板下料工艺	525
9.3	车体装焊工艺	531
9.3.1	钢装甲车体焊接工艺	531
9.3.2	铝合金装甲车体焊接工艺	533
9.4	车体涂装工艺	535
9.4.1	车体涂装工艺流程	536
9.4.2	有关工序说明	536
参考文献	538
索引	540