武器发射系统自动化技术

侯保林　孙全兆 ◎ 编著

AUTOMATION TECHNOLOGY FOR CANNON LAUNCH SYSTEM

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

武器发射系统自动化技术

侯保林　孙全兆　编著

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

内 容 简 介

本书主要阐述火炮及自动武器的机械自动化技术，包括中大口径火炮的弹药自动装填技术、小口径火炮及自动武器的自动机技术。主要包括：大口径自行榴弹炮弹药自动装填系统的工作原理和结构方案；坦克武器弹药自动装填系统的工作原理与结构方案；弹药自动装填系统自动控制系统设计的基本概念；弹药自动装填系统机电传动和液压传动动力学建模的基本理论和方法；火炮及自动武器自动机的工作原理与结构；自动机动力学建模与分析的理论与方法；等等。本书可以作为“武器系统与工程”“武器系统与发射工程”等专业的本科教材，尤其适合“卓越工程师计划”相关兵器专业的本科生使用，也可供相关工程技术人员参考。

版权专有　侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

武器发射系统自动化技术/侯保林，孙全兆编著．—北京：北京理工大学出版社，2018.12

ISBN 978-7-5682-6539-3

Ⅰ.①武…　Ⅱ.①侯…②孙…　Ⅲ.①火炮-发射系统-自动化技术-高等学校-教材②自动武器-发射系统-自动化技术-高等学校-教材　Ⅳ.①TJ

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 283303 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／
开　　本／787 毫米×1092 毫米　1/16
印　　张／16.25　　责任编辑／梁铜华
字　　数／382 千字　　文案编辑／曾　仙
版　　次／2018 年 12 月第 1 版　2018 年 12 月第 1 次印刷　　责任校对／周瑞红
定　　价／58.00 元　　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

PREFACE

前言

网络环境下作战样式的多样性与复杂性，要求火炮武器平台朝着自动化、精确化、轻型化、数字化与信息化的方向发展。火炮武器平台数字化与信息化的实现，不但要求“外部”信息化，而且要求“内部”数字化与信息化。火炮武器平台“外部”信息化，是指在火控系统与指挥系统综合集成的基础上，还要包括网络通信与网络指挥功能系统；“内部”数字化与信息化，则要求武器机械系统向自动化和数字化的方向发展，机械系统应该能在中央计算机的管理下，根据所面临的战斗任务、战场环境、目标特征，实现自动瞄准、自动选择弹药类型和数目、自动弹药装填入膛和发射、弹药自动补给、工作状态可视化、故障自我诊断与容错控制，最终实现对目标的快速反应和精确打击。

显然，机械自动化是火炮机械系统向自动化和数字化方向发展的前提和条件。本书围绕火炮及自动武器的机械自动化技术主题，主要阐述中大口径火炮的弹药自动装填技术和小口径火炮及自动武器的自动机技术。

长期以来，涉及管式武器机械自动化的教材主要阐述小口径火炮或自动武器的自动机，而大口径火炮的弹药自动装填系统由于是近二十年才发展起来的技术，一直未能写入教科书。本书编入了中大口径火炮（榴弹炮和坦克）弹药自动装填技术的相关内容，介绍了弹药自动装填系统机电一体化分析与设计的基本理论和方法，实现了大、中、小口径管式武器机械自动化技术教学内容的融合，这将有利于学生融会贯通、集中掌握。

本书的主要内容包括：大口径自行榴弹炮弹药自动装填系统的工作原理和结构方案；坦克武器弹药自动装填系统的工作原理与结构方案；弹药自动装填系统控制子系统设计的基本概念；弹药自动装填系统机电传动和液压传动动力学建模的基本理论和方法；火炮及自动武器自动机的工作原理与结构；自动机动力学建模与分析的理论与方法；等等。其中，第 1 章介绍火炮武器大系统及其发射子系统的基本概念，武器发射子系统自动化技术的基本概念；第 2 章阐述自行榴弹炮弹药自动装填系统的工作原理和基本结构；第 3 章介绍某典型榴弹炮的弹药自动装填系统，详细描述其系统构成、工作原理、机械结构及工作过程；第 4 章阐述坦克火炮自动装弹

机的工作原理和基本结构，并介绍典型系统；第5章介绍弹药自动装填系统的自动控制系统及其总体设计的基本概念；第6章介绍弹药自动装填机电一体化动力学建模的基本理论与方法；第7章阐述弹药自动装填系统液压传动的动力学建模与仿真的基本理论和方法；第8章阐述火炮自动机的工作原理与基本结构；第9章阐述火炮自动机动力学建模与分析的理论和方法。

本书可以作为“武器系统与工程”“武器系统与发射工程”等专业的本科教材，尤其适合“卓越工程师计划”相关兵器专业的本科生使用，也可供相关的工程技术人员参考。

本书的第1~7章由侯保林编写，第8章和第9章由孙全兆编写。由于编者学术水平有限，错误与疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

目　录
CONTENTS

第 1 章　绪论 …… 001
1.1　火炮武器大系统及其发射系统的基本概念 …… 001
1.2　武器发射系统的自动化是数字化战场的必然要求 …… 005
第 2 章　自行榴弹炮弹药自动装填系统的工作原理与基本结构 …… 008
2.1　自行榴弹炮的弹药简介 …… 008
2.1.1　自行榴弹炮所发射的弹丸 …… 008
2.1.2　自行榴弹炮的模块药 …… 010
2.2　自行榴弹炮弹药自动装填系统的基本要求 …… 013
2.3　弹药自动装填系统的构成和各系统的功能 …… 013
2.3.1　自动弹仓、自动药仓 …… 013
2.3.2　弹（药）协调器 …… 014
2.3.3　输弹机、输药机 …… 015
2.3.4　检测与控制系统 …… 015
2.4　自动弹（药）仓 …… 016
2.4.1　在炮塔内布置的转鼓式弹（药）仓 …… 017
2.4.2　在炮塔内布置的封闭链式回转弹（药）仓 …… 017
2.4.3　在炮塔内的分层布置的弹仓、药仓 …… 021
2.4.4　俯仰弹（药）仓 …… 024
2.4.5　在炮塔内布置的长管式模块药仓 …… 026
2.4.6　在底盘内布置的弹仓 …… 030
2.5　弹药自动装填系统的协调器 …… 034
2.6　弹药自动装填系统的输弹机 …… 036
2.7　大口径自行火炮弹药自动装填系统总体设计应注意的问题 …… 040
第 3 章　典型弹药自动装填系统 …… 049
3.1　系统构成与工作流程 …… 049
3.2　系统技术性能及工作模式 …… 052

3.3 自动弹仓的结构及主要参数的确定 …… 052
3.3.1 弹仓结构 …… 052
3.3.2 弹仓主要参数的确定 …… 055
3.4 药仓结构 …… 056
3.5 协调器结构及主要参数的确定 …… 057
3.5.1 协调器结构 …… 057
3.5.2 协调器主要参数的确定 …… 058
3.6 输弹输药机 …… 062
3.7 液压传动系统及主要参数的确定 …… 063
3.7.1 液压传动系统 …… 063
3.7.2 液压系统主要技术参数的确定 …… 065
3.8 弹药自动装填系统的使用程序 …… 070
3.9 弹药自动装填系统的时序 …… 071
第 4 章 坦克火炮自动装弹机 …… 073
4.1 坦克火炮自动装弹机的效用 …… 073
4.2 坦克火炮自动装弹机的基本设计要求 …… 075
4.3 坦克火炮自动装弹机的结构方案 …… 075
4.3.1 布置在可俯仰的炮塔尾舱内 …… 076
4.3.2 布置在普通炮塔的尾舱内 …… 077
4.3.3 布置在炮塔吊篮内 …… 080
4.3.4 布置在车身战斗室内 …… 082
4.4 典型坦克火炮自动装弹机分析 …… 084
4.4.1 T-64A 和 T-72A 坦克自动装弹机的基本结构及其特点 …… 084
4.4.2 自动装弹机的结构特性分析 …… 088
4.4.3 坦克自动装弹机的主要性能参数 …… 092
第 5 章 弹药自动装填系统的自动控制系统 …… 098
5.1 弹药自动装填系统自动控制系统的功能及基本设计要求 …… 098
5.1.1 自动控制系统的功能 …… 098
5.1.2 自动控制系统的基本设计要求 …… 098
5.2 自动控制系统的主要构成和基本设计原则 …… 099
5.2.1 自动控制系统的主要构成 …… 099
5.2.2 自动控制系统的基本设计原则 …… 100
5.3 弹药自动装填系统中常用的检测开关与传感器 …… 102
5.3.1 行程开关 …… 102
5.3.2 涡流式接近开关 …… 102
5.3.3 电容式接近开关 …… 102
5.3.4 霍尔开关 …… 103
5.3.5 光电式开关 …… 103
5.3.6 热释电式接近开关 …… 104

5.3.7　光电编码器 …… 104
5.3.8　旋转变压器 …… 105
5.3.9　测速发电机 …… 106
5.4　弹药自动装填系统中常用的执行电动机 …… 107
5.4.1　直流伺服电动机 …… 107
5.4.2　交流伺服电动机 …… 108
5.5　某链式回转弹仓的控制器设计 …… 110
5.5.1　链式自动弹仓工作过程简述 …… 110
5.5.2　自动弹仓控制系统设计的基本要求和基本设计思想 …… 110
5.5.3　自动弹仓控制系统的硬件组成 …… 111
5.5.4　自动弹仓控制系统软件 …… 112
5.5.5　中心控制器设计 …… 113
5.5.6　弹仓控制器设计 …… 117
5.5.7　显示系统设计 …… 120
5.6　典型弹药全自动装填控制系统总体设计的基本概念 …… 123
5.6.1　某典型弹药全自动装填控制系统的基本组成 …… 123
5.6.2　某典型弹药全自动装填系统综合控制系统的工作流程 …… 125
5.6.3　某典型弹药全自动装填系统综合控制系统总体设计的基本概念 …… 127
第 6 章　弹药自动装填机电系统动力学建模的基本理论和方法 …… 131
6.1　电动机驱动的基本概念 …… 131
6.1.1　基本方程 …… 131
6.1.2　齿轮模型 …… 131
6.1.3　电动机和传动装置 …… 132
6.1.4　负载作平动运动的情况 …… 133
6.1.5　电动机的转矩特性 …… 133
6.2　直流伺服电动机的数学模型 …… 135
6.2.1　概述 …… 135
6.2.2　数学模型 …… 135
6.2.3　拉普拉斯变换模型 …… 136
6.3　直流电动机的控制 …… 137
6.3.1　概述 …… 137
6.3.2　电流控制直流电动机 …… 137
6.3.3　速度控制直流电动机 …… 138
6.3.4　位置控制直流电动机 …… 139
6.4　具有弹性传动的电动机和负载 …… 139
6.4.1　运动方程 …… 140
6.4.2　传递函数 …… 140
6.4.3　传递函数的零点 …… 142
6.4.4　两台电动机驱动一个弹性负载 …… 143

6.5 某协调器的动力学计算与分析 …… 143
6.5.1 电动机驱动的协调器的动力学计算 …… 143
6.5.2 协调器控制建模与系统动力学仿真 …… 146
6.6 某闭环链式弹仓动力学计算 …… 150
第7章 弹药自动装填系统液压传动建模与动力学仿真 …… 156
7.1 阀 …… 156
7.1.1 通过一个节流孔的流动 …… 156
7.1.2 紊流孔流的正则化 …… 157
7.1.3 四通阀 …… 158
7.1.4 对称四通阀 …… 159
7.1.5 平衡阀 …… 160
7.2 液压马达的数学模型 …… 161
7.2.1 质量平衡 …… 161
7.2.2 旋转液压马达 …… 161
7.2.3 弹性负载 …… 163
7.2.4 液压油缸 …… 164
7.3 传递函数模型 …… 165
7.3.1 对称阀与对称马达 …… 165
7.3.2 阀控液压马达的传递函数 …… 166
7.3.3 采用P控制器的液压马达 …… 168
7.3.4 带有对称阀的对称油缸 …… 170
7.3.5 弹性模式的传递函数 …… 170
7.3.6 机械比拟 …… 172
7.4 液压管道 …… 173
7.4.1 偏微分方程（PDE）模型 …… 174
7.4.2 拉普拉斯变换模型 …… 174
7.5 弹药自动装填系统中液压传动若干算例 …… 176
7.5.1 协调器摆弹过程的液压传动动力学 …… 177
7.5.2 油缸和蓄能器组成的弹射输弹机 …… 181
7.5.3 两个液压驱动协调器同时工作时的相互影响 …… 185
第8章 火炮自动机的工作原理与基本结构 …… 190
8.1 火炮自动机 …… 190
8.2 火炮自动机的工作原理 …… 191
8.2.1 火炮自动机的分类与特点 …… 191
8.2.2 自动机循环图 …… 201
8.2.3 提高自动机射速的主要技术途径 …… 204
8.3 火炮自动机结构分析示例 …… 206
8.3.1 转管自动机概述 …… 206
8.3.2 外能源转管自动机结构分析 …… 206

8.3.3　内能源转管自动机结构分析 …… 212
第 9 章　火炮自动机动力学建模与分析 …… 218
9.1　火炮自动机动力学建模 …… 218
9.1.1　自动机运动微分方程 …… 218
9.1.2　传速比 …… 224
9.1.3　传动效率 …… 226
9.1.4　逆传动 …… 227
9.1.5　机构撞击 …… 228
9.1.6　自动机动力学建模示例 …… 232
9.2　浮动自动机动力学分析 …… 237
9.2.1　浮动自动机 …… 237
9.2.2　浮动自动机动力学分析与计算方法 …… 244
参考文献 …… 246

第 1 章

绪　　论

1.1　火炮武器大系统及其发射系统的基本概念

火炮作为一种特殊机械，自问世以来，经过长期发展，逐渐形成了多种具有不同特点和不同用途的火炮体系，成为战争中火力作战的主要手段，被广泛装备于各国的军队。为了遂行不同的作战任务，多种火炮武器系统应运而生，如自行榴弹炮、车载榴弹炮、主战坦克、轻型步兵战车、航炮、小口径舰炮、中大口径舰炮、防空高炮、各种迫击炮等，部分火炮武器系统如图 1 – 1 ~ 图 1 – 8 所示。



图 1 – 1　我国某 155 mm 自行榴弹炮



图 1 – 2　美国 105 mm 机动火炮



图 1 – 3　美国“十字军战士”自行榴弹炮



图 1 – 4　俄罗斯阿玛塔主战坦克



图 1 – 5　美国 NLOS – C 自行榴弹炮



图 1 – 6　美国阿帕奇 30 mm 航炮



图 1 – 7　我国 7 管 30 mm 舰炮



图 1 – 8　我国 4 管 25 mm 高炮

1. 中大口径压制火炮和坦克类武器系统的基本构成

压制火炮是用于压制和破坏地面（水面）目标的火炮。中大口径压制火炮指的是中大口径榴弹炮或加榴炮。一个中大口径压制火炮和主战坦克武器大系统应该包括的子系统有：火炮系统、炮塔系统、瞄准观察系统、弹药自动装填系统、火控系统、车载信息系统、底盘系统、弹药系统、综合防护系统等。

1）火炮系统

火炮系统又称为火炮起落部分，主要指直接发射弹药的武器装置，包括炮身、炮闩、反后坐装置、摇架、平衡机、高低机、方向机等。

2）炮塔系统

炮塔系统用于安装火炮系统和弹药自动装填系统等结构部件，包括安装炮塔体、座圈、炮塔机电管理设备、装填控制设备、高低机、方向机、抛壳装置、吊篮、观察仪器、车载信息系统、火控系统、炮塔电气设备、身管固定装置、吊篮固定装置等。

3）瞄准观察系统

瞄准观察系统包括高低机、方向机、瞄准装置等。

4）弹药自动装填系统

弹药自动装填系统负责弹丸、模块药的自动储存、记忆、识别、补给，能够在中央计算机的管理下，根据接收到指令自动选择弹丸类型、模块药种类及模块数（模块化装药）、自动装定引信和进行底火自动装填、为制导弹药传递数据，实现在任意射角下的弹丸和模块药

的自动装填和发射，还具有遥控供输弹药和实现多发同时弹着打击的能力。

5）火控系统

火控系统包括系统控制设备（火控计算机、武器控制组合、综合控制箱等）、车（炮）长观瞄设备（观瞄制导组件、热像仪/微光夜视仪、辅助瞄准镜、周视观察镜等）、传感器类设备（多功能惯性测量组合、方向角传感器、火炮位置传感器等）、炮长操控设备（显控终端、操纵台等）、武器驱动设备（火炮驱动器、高低机、方位机、滤波器等），观瞄制导组件（集观瞄、测距、制导于一体，完成激光测距、制导激光变焦控制、接收系统发送的弹种等信息并在目镜中显示）等。

例如，某大口径自行榴弹炮的火控系统通过本炮的通信系统实现营（连）指挥车、前观所（或侦察车）进行数据自动传输和话传，接受营（连）射击指挥系统的命令和信息，人工装定或自动采集各种信息和修正量来解算射击装定诸元及调炮量，自动完成火炮瞄准定位或半自动驱动火炮的高低、方向转动，通过车内的通话器来实现车内成员之间的通话。该榴弹炮的火控系统由火控计算机、炮长火控操作显示台、瞄准手显示器、定位定向导航系统、火炮随动系统、姿态角速度传感器、初速雷达、药温实时测量装置、GPS 定位导航装置组成。

6）车载信息系统

火炮武器大系统的车载信息系统融入上级指挥系统，具备指挥信息处理和本车信息处理的功能，通过总线来实现各功能系统的信息共享和功能综合，具备信息获取、传输、存储、处理、显示和综合利用能力，以及系统自检、外部检测、故障实时检测、故障隔离和冗余与降级使用功能，能满足车内指挥和乘员战术协同需要。车载信息系统一般包括任务总线、车（炮）长任务终端（硬件，外部通信接口）、北斗定位装置、通信设备等。通常，车载信息系统的功能有：北斗定位；车内指挥；电子地图和战场态势显示；设备控制与管理；状态检测、显示；配电操作能力；通信网络；总线设备管理；故障报警；通信功能；车内通话功能。

7）底盘系统

底盘系统是搭载火炮武器的载体，用于实现火炮武器系统的机动作战。底盘系统一般包括车体、动力装置、传动装置、操纵装置、底盘电气设备等。

8）弹药系统

弹药系统是指火炮武器平台携带的各类弹药。常用的火炮弹药有杀爆榴弹、穿甲弹、照明弹、烟幕弹等。

9）综合防护系统

综合防护系统包括基体装甲、复合装甲、毫米波干扰装置等。

2. 小口径自动炮的系统构成及自动机的基本特点

自动炮是指能自动完成装填和发射下一发弹药的全部动作的火炮。若在装填和发射下一发弹药的全部动作中，一部分动作自动完成，另一部分动作人工完成，则此类火炮称为半自动炮。若装填和发射下一发炮弹的全部动作都由人工完成，则此类火炮称为非自动炮。自动炮能进行连续自动射击（连发射击，简称“连发”），而半自动炮和非自动炮则只能进行单发射击。图 1－6、图 1－7 所示的火炮均为自动炮。

自动炮按其用途可以分为地面自动炮（一般指高射自动炮，简称“高炮”）、机载自动炮（航空自动炮，简称“航炮”）和舰载自动炮（简称“舰炮”）。虽然这三类自动炮的火炮自动机由于使用条件不同而有所差异，但是在设计理论方面是基本一致的。

自动炮武器系统一般包括目标搜索跟踪系统、火控系统、随动系统、火力系统、全炮电气系统、车载信息系统、弹药系统、底盘系统、配套系统等。

火炮自动机（简称“自动机”）是自动炮的一个独立组成部分，是火力系统的核心部件，是利用火药燃气（或外能源）自动完成装填和发射下一发弹药的全部动作来实现自动连续射击的各机构的总称。

从击发已装填入膛的弹药开始，至下一发弹药装填入膛、等待击发为止，这一过程称为射击循环。除了首发弹药入膛需要人工参与之外，其他动作均自动完成，这一过程称为自动循环。一般情况下，在每一次自动循环中，自动机应能自动完成击发、击发机构复位、开锁、开闩、抽筒、抛筒、供弹、输弹、关闩和闭锁等动作。

自动炮在发射一发弹药的过程中的动作与其他火炮在实质上是相同的，主要差别在于自动炮能迅速、自动地连续发射多发弹药，而仅在启动或停止射击时需要外部实施控制。此外，停止射击还会发生于弹药消耗完毕时。自动机作为自动炮的核心部分，也具有自动的特点。

自动机是闭锁机构、开闩机构、抽筒机构、供弹机构、输弹机构、关闩机构和击发机构等许多机构的有机组合，其工作过程是一个自动循环过程。

在自动机的每一个自动循环过程中，完成各个自动动作的机构并不是同时参与工作的。自动机的各机构按照设定的顺序参与工作，并且参与工作的时间仅占整个工作循环时间的一部分，即自动机各机构的工作具有顺序性和间歇性的特点。

对整个射击过程来说，自动机具有周期性和高速的特点。自动炮的射速一般在 1 000 发/min 以上。例如，美国“火神” M61A1 式 6 管 20 mm 航炮的理论射速高达 7 200 发/min，现在我国研制的超高射速自动炮的射速甚至可以高达 10 000 发/min 以上。因此，火炮自动机是一个以高频率周期性工作的复杂机械系统。

由于自动炮的射速非常快，因此自动机的每一个自动循环时间很短，完成各自动动作的各机构参与工作的时间更短。如果射速为 6 000 发/min，则自动机的循环时间为 10 ms，平均每个自动动作占用的工作时间约为 1 ms。在如此短暂的时间内，各机构及其构件经历“静止状态→加速到最大速度→减速→静止状态”，各机构及其构件的运动速度极快，加速度极大。所以，自动机各机构的工作具有很强的动态特性。此外，各机构在参与工作和退出工作时，往往伴随着撞击，所以自动机各机构的运动还具有显著的不均匀性。

3. 武器发射系统及其自动化技术的基本概念

在本书中，武器发射系统主要指与弹药发射直接相关的武器机械（结构）部分，包括火炮系统、炮塔系统、弹药自动装填系统、自动机等。

从以上内容不难发现，中大口径火炮与小口径火炮在作战使用和技术特性上存在很大差别。因此，本书内容（第 1 章除外）将分为 3 大部分：中大口径火炮部分（第 2 ~ 5 章）、自动控制基础部分（第 6 ~ 7 章）、自动炮部分（第 8 ~ 9 章）。

即使这样，火炮发射系统自动化技术的研究内容也应该是很广泛的。例如，对于中大口径火炮来说，弹药自动装填技术、炮身系统的自动化技术、后坐过程的主动与半主动控制技术、开关闩技术、自动抛壳技术、火炮的自动瞄准与目标跟踪技术、数字化炮塔的机电管理与控制技术、自行榴弹炮的多发同时弹着技术等，都是数字化火炮技术研究的内涵，也都应属于武器发射系统自动化技术的内容。

目前，数字化火炮技术尚属于一个崭新的研究领域，很多技术还不成熟，因此本书主要介绍中大口径火炮的弹药自动装填技术和小口径自动炮的自动机技术。

1.2　武器发射系统的自动化是数字化战场的必然要求

数字化战场是指在战场上运用信息技术来及时地获取、交换、传递信息，根据作战需要对信息进行裁减后提供给每个决策者、士兵、后勤人员，让每个参与制订或实施计划的人员都能清晰、准确地了解战场态势的变化。

数字化能让战争的参与者更快地交流重要的战场信息。这与以往采用无线电甚至更缓慢的联系方式相比有天壤之别。它提供给战争的参与者一个纵横结合的数字通信网络，能让火力与决策和谐统一，确保指挥与控制准确、有效。它集中表现为通过计算机网络将即时的、合适的战场态势画面传递给从士兵到指挥员的每一指挥阶层，其通信建立在共享的数据基础上，这些数据由传感器网络、战地指挥所、处理设备和武器平台获取。从而让参战者能集合所有相关信息，不断更新战场态势感知。

要想满足数字化战场和未来指挥系统的基本作战要求，武器发射系统必须具有以下能力：

（1）有比敌人更强的信息迅速反应能力。

（2）强化全方位、全水平、全层次的态势感知能力。

（3）快速处理和传递信息能力。

（4）增强直接火力和间接火力协调一致性的能力。

图 1－9 所示为美军数字化战场的基本概念，图 1－10 所示为美军在网络环境下的武器平台的相互关系示意。

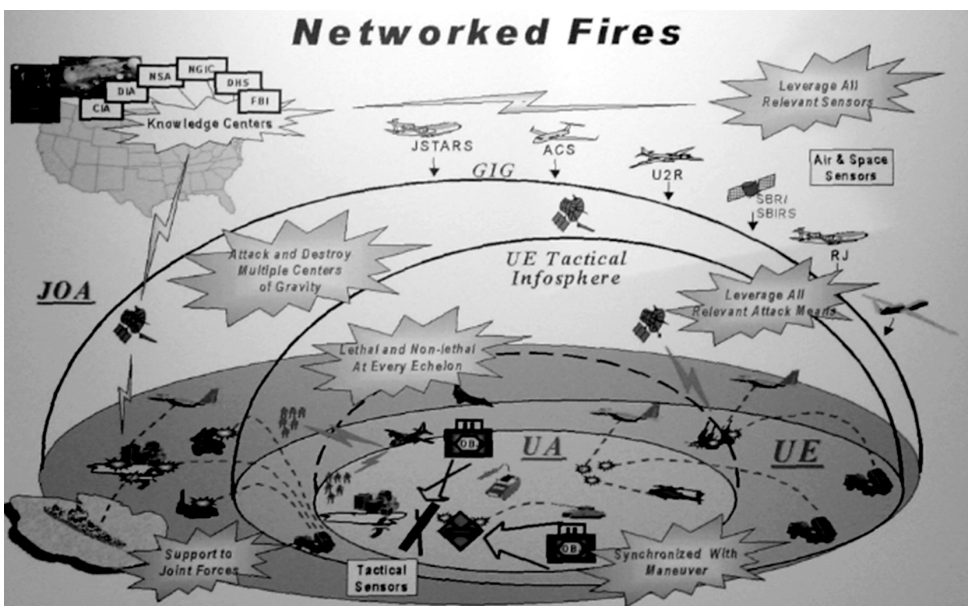


图 1－9　美军数字化战场基本概念图

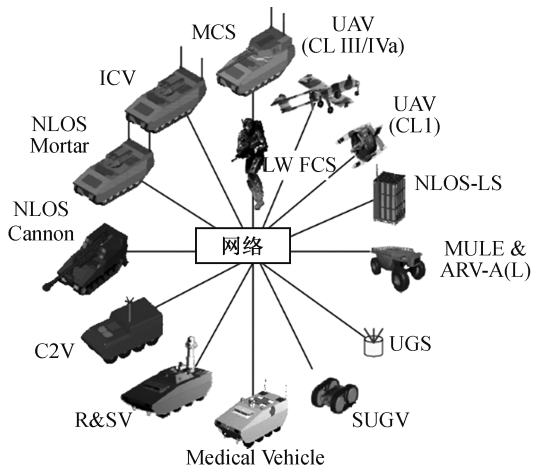


图 1－10　美军在网络环境下的武器平台的相互关系示意

随着信息技术的迅猛发展，现代火炮必须具有高度的射击灵活性和机动性，且受到人力资源的限制，火炮系统亟待自动化。对于主战榴弹炮，自动化的最终目的是在 3～5 min 完成从探测目标、锁定目标到摧毁目标。实现火炮的自动化需要完成三项技术任务——机械自动化、数字化、标准化，这将是建立不同武器系统之间相互交换能力的关键技术。在这三项自动化技术任务中，机械自动化是基础。

随着目标探测技术的发展（如目标定位雷达、移动目标探测雷达、热成像仪、卫星探测系统等装备的使用），敌军有了迅速反击的优势。在今天的战场上，如果我军未能一次性击垮目标而迅速转移到新的位置，就很可能被敌军探测到并遭受其致命反击。因此，火炮必须能在短时间内迅速转移到新的地点。

21 世纪的主战火炮应具有自动探测目标、自动瞄准、用最少的班组人员摧毁敌军的能力。主战火炮应包含现代化的火控系统、全自动的弹药装填系统、自动导航系统、车载弹道计算机等。

在不久的将来，由各种火炮发射的精确制导导弹和弹药将可能取代那些不能制导的弹药和火箭弹，这些主战装备将利用高级计算机化的机械系统来大大提高其射速和命中率。例如，先进的榴弹炮的发射能力很强，足以担负起一个炮兵连的使命（6～8 门）。

目前，许多国家已经致力于开发这种高性能榴弹炮，如美国的 NLOS－C 155 mm 榴弹炮、德国的 PzH－2000 155 mm 榴弹炮、英国的 AS90 155 mm 榴弹炮。这些先进火炮系统已经（或将要）采用最先进的机构技术，甚至采用机器人技术。图 1－11 所示为美国 NLOS－C 155 mm 数字化火炮的人机界面模式。

在网络环境下，作战样式的多样性对火炮武器装备提出了自动化、精确化、轻型化、数字化与信息化的发展要求，为各种火炮武器平台的发展指出了新的发展思路。火炮武器平台数字化与信息化的实现，不但要求对“外部”信息化，而且要求对“内部”数字化、信息化。对火炮武器平台“外部”信息化，是指要求火控系统在与指挥系统综合集成的基础上，还包括网络通信与网络指挥功能系统，以适应未来数字化战争的需要。对火炮武器平台

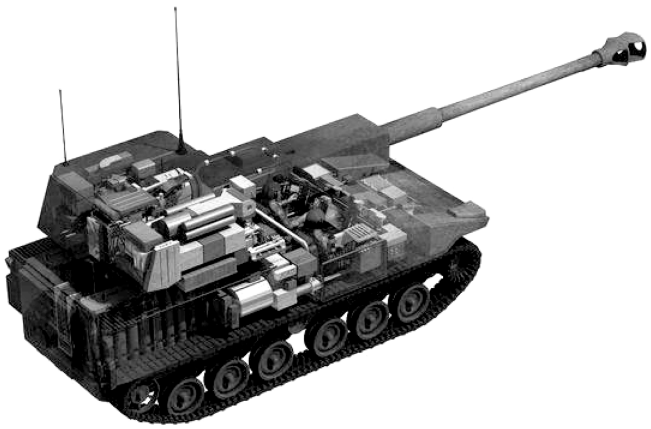


图 1 – 11　美国 NLOS – C 155 mm 数字化火炮下的人机界面模式

“内部”数字化、信息化，是指要求武器内部的机械系统向自动化和数字化的方向发展，机械系统应该能在中央计算机的管理下，根据面临的战斗任务、战场环境、目标特征，实现自动瞄准、自动选择弹药类型和数目、自动弹药装填入膛和发射、弹药自动补给、工作状态可视化、故障自我诊断与容错控制，最终实现对目标的快速反应和精确打击。