



国防特色教材·职业教育

火工品制造

HUOGONGPIN ZHIZAO

夏建才 主编 刘丽梅 副主编

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

北京航空航天大学出版社 哈尔滨工程大学出版社
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

火工品制造

夏建才 主 编
刘丽梅 副主编
李兴旺 黄荣芬 编 者
张艳梅
高 毅 主 审

北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书共 12 章,是根据火工品的结构、特点及生产工艺、质量控制、检验等编写的,对火工品制造过程的各种问题作了系统的介绍。第 1 章介绍了火工品的基本知识、分类及技术要求;第 2 章介绍了火工品用药剂;第 3~9 章以结构为中心介绍了各种火工品的性能、制造工艺、质量控制与检验,概要地分析了生产过程中存在的问题;第 10 章介绍了火工品的最新发展及现状;第 11、12 章叙述了火工品的性能试验方法和生产中的安全技术问题。

本教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校,也可作为民爆器材工厂、企业有关技术人员培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

火工品制造/夏建才主编. —北京:北京理工大学出版社,2009. 8

国防特色教材. 职业教育

ISBN 978-7-5640-2385-0

I. 火… II. 夏… III. 火工品-制造-高等学校:技术学校-教材 IV. TJ45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 107652 号

火工品制造

夏建才 主编

责任编辑 王玲玲

*

北京理工大学出版社出版发行

北京市海淀区中关村南大街 5 号(100081) 发行部电话:010-68944990 传真:010-68944450

<http://www.bitpress.com.cn>

北京地质印刷厂印刷 全国各地新华书店经销

*

开本:787 毫米×960 毫米 1/16 印张:25.75 字数:524 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷 印数:1-3000 册

ISBN 978-7-5640-2385-0 定价:46.00 元

前 言

为进一步贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》，积极响应国防科工局关于职业教育“十一五”规划教材建设的通知，结合国防科技工业生产的实际，满足军工职业教育的发展需求，促进国防科技工业高素质技能人才的培养，特编写本教材。

本教材是按照高职高专火工与烟火技术专业学生培养计划的《基本要求》和《培养规范》的要求编写的，适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的教学，也可作为民爆器材工厂、企业有关技术人员培训的必修教材，并可作为相关专业本科生及专科生的参考书，还可供从事民爆器材、起爆药及火工品科研、生产与设计的工程技术人员自学参考。

《火工品制造》比较系统地阐述了火工品制造的基本内容，全书包括火工品理论，火工品药剂（起爆药、猛炸药、延期药）的组成、结构、性能、制造工艺、设计原理、制造设备、质量检验、生产安全技术以及火工品性能测试理论等方面，为21世纪高职高专教材。本教材编写时突出了高等职业技术教育的特点，重点突出火工品的生产工艺，兼顾理论分析和实际应用，并对当前火工品发展的一些新技术，诸如雷管激光编码技术、钢性药头生产工艺、SCB火工品、MEMS新型火工品等进行了探讨，坚持体现“三基”（基本理论、基本知识、基本技能）教学，注重教学内容的科学性和实用性。全书共分12章，第1章为火工品概论，第2章为火工药剂，第3章为火帽，第4章为底火，第5章为雷管，第6章为导火索，第7章为工业导爆索，第8章为塑料导爆管，第9章为点火具，第10章为先进火工技术，第11章为火工品性能试验，第12章为民用爆破器材安全技术，其中第1、3、4、6、7、9、10、11章由云南国防工业职业技术学院夏建才老师编写，第2章由云南国防工业职业技术学院刘丽梅老师编写，第5章由云南燃料一厂副总工程师李兴旺同志编写，第8章由云南燃料一厂技术部副部长黄荣芬同志编写，第12章由云南安宁化工厂技术科张艳梅同志编写。本教材在编写过程中广泛收集了国内外火工品领域的文献资料，力求能反映出火工品的最新发展。但由于各种原因，在公开的许多文献资

料中有关设计的内容较少,从而给全书的完整性带来诸多困难。但是,编者在本书中尽最大可能地为火工品科研和教学人员提供多种产品的设计信息,为弹药引信及各类武器设计所应用的新火工品提供一些参考。

由于编者水平有限,编写时间仓促,疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 火工品概论	1
1.1 火工品的定义与作用	1
1.1.1 火工品的概念	1
1.1.2 火工品的用途	2
1.2 火工品的发展简史	2
1.2.1 工业火工品的现状	4
1.2.2 发展趋势	4
1.3 火工品的性能特点	6
1.3.1 火工品的性能特点	6
1.3.2 火工品在武器系统中的功能及特征	8
1.4 火工品的分类	9
1.5 火工品的基本技术要求	13
1.5.1 火工品设计原则	13
1.5.2 设计要求	15
1.5.3 火工品研制程序	16
1.6 工业火工品的规格型号	17
1.6.1 雷管的规格型号	17
1.6.2 工业索类火工品的规格型号	17
复习思考题	18
第 2 章 火工药剂	19
2.1 起爆药	19
2.1.1 起爆药的特性	19
2.1.2 对起爆药的基本要求	25
2.1.3 起爆药的分类	26
2.1.4 雷汞	28
2.1.5 氮化铅	29
2.1.6 三硝基间苯二酚铅	34
2.1.7 四氮烯	37

2.1.8	二硝基重氮酚	41
2.1.9	K·D复盐起爆药	51
2.1.10	D·S共沉淀起爆药	56
2.1.11	配位化合物起爆药——GTG起爆药	60
2.1.12	机械混合起爆药	64
2.2	猛炸药	74
2.2.1	太安	75
2.2.2	黑索金	76
2.2.3	奥克托金	78
2.3	点火药、延期药	79
2.3.1	点火药	79
2.3.2	延期药	81
2.3.3	延期元件简介	97
	复习思考题	99
第3章	火帽	100
3.1	针刺火帽	101
3.1.1	针刺火帽的结构	101
3.1.2	针刺火帽的作用过程	104
3.1.3	常用的针刺火帽	107
3.2	撞击火帽	109
3.2.1	HJ—1火帽	109
3.2.2	HJ—3火帽	110
3.2.3	HJ—9火帽	111
3.3	摩擦火帽	111
3.4	火帽的装压药工艺	112
3.4.1	火帽装配工艺流程	112
3.4.2	重要工序	113
3.5	火帽的检验	114
	复习思考题	115
第4章	底火	116
4.1	概述	116
4.1.1	底火的技术要求	117

4.1.2	底火的种类	117
4.1.3	底火的作用原理	118
4.1.4	影响底火感度和点火能力的因素	118
4.2	枪弹底火	119
4.3	小口径炮弹底火	121
4.4	中、大口径底火	123
4.4.1	“底—4”底火	124
4.4.2	“底—9”底火	124
4.4.3	“底—5”底火	125
4.5	迫击炮弹底火	126
4.6	无后坐力炮弹底火	127
	复习思考题	127
第5章	雷管	128
5.1	概述	128
5.1.1	雷管的分类	129
5.1.2	雷管的结构与设计原理	129
5.2	工业火雷管	135
5.2.1	概述	135
5.2.2	工业火雷管的结构	136
5.2.3	对工业火雷管的技术要求	139
5.2.4	工业火雷管的起爆原理	139
5.2.5	火雷管的设计原则	139
5.2.6	工业火雷管的生产工艺	144
5.2.7	工业火雷管的质量检验	150
5.2.8	用途	152
5.2.9	缺点	152
5.3	工业电雷管	152
5.3.1	概述	152
5.3.2	工业电雷管的发火原理	153
5.3.3	工业电雷管的性能影响因素	153
5.3.4	电雷管技术指标	157
5.3.5	工业电雷管的结构	160
5.3.6	电雷管的分类与组成	170

5.3.7	工业电雷管的生产工艺	172
5.3.8	工业电雷管的质量检验	175
5.3.9	工业电雷管的检验方法	176
5.3.10	工业电雷管的问题讨论	183
5.3.11	现阶段的新型雷管及特点	186
5.4	国内延期电雷管制造	187
5.4.1	普通延期电雷管	187
5.4.2	煤矿许用电雷管	197
5.4.3	电雷管的性能测试	197
5.4.4	电子延期雷管	197
5.4.5	国外毫秒延期电雷管的结构特点	199
5.5	雷管编码	200
5.5.1	雷管编码的背景	200
5.5.2	工业雷管编码通则	201
5.5.3	雷管激光编码原理	209
5.5.4	工业雷管编码工序安全技术	210
5.6	导爆管雷管	211
5.6.1	概述	211
5.6.2	导爆管雷管的结构	212
5.6.3	导爆管雷管的发火过程与消爆	214
5.6.4	延期元件	217
5.6.5	导爆管雷管的生产工艺	221
5.6.6	导爆管雷管的质量检验	223
5.6.7	导爆管雷管的应用	228
5.6.8	导爆管雷管瞎火原因探讨	234
5.7	抗杂散电流电雷管	236
5.7.1	杂散电流和雷管抗杂散电流的方式	236
5.7.2	无桥丝抗杂散电流毫秒电雷管	237
5.7.3	低阻桥丝抗杂电雷管	237
5.7.4	导电引火药抗杂电雷管	237
5.7.5	抗静电雷管的结构	238
5.7.6	对产品的耐静电性能的要求	238
5.8	无起爆药雷管	240
5.9	磁电雷管	241

5.9.1 磁电雷管的基本原理	242
5.9.2 磁电雷管的主要性能参数	243
5.9.3 磁电雷管的特点	245
5.9.4 磁电雷管的使用方法	245
5.10 其他新型电雷管	246
5.10.1 数码电子雷管	246
5.10.2 毫秒延期塑料导爆管网路雷管	247
复习思考题	248
第6章 导火索	249
6.1 概述	249
6.2 工业导火索的结构	251
6.2.1 药芯	251
6.2.2 黑火药	252
6.3 黑火药生产工艺简介	256
6.3.1 生产工艺流程	256
6.3.2 工序要点	257
6.4 导火索的制造工艺	258
6.4.1 生产要求	258
6.4.2 制造导火索的工艺流程	259
6.4.3 原料准备	259
6.4.4 工序要点	261
6.4.5 质量控制	261
6.5 影响工业导火索燃速的因素	264
6.5.1 黑火药的质量	264
6.5.2 制索工艺	265
6.5.3 使用条件	266
6.6 导火索纺制中应注意的防潮问题	267
6.7 导火索的质量检验	267
6.7.1 质量指标	267
6.7.2 技术要求	268
6.7.3 技术要求的意义	270
6.7.4 检验方法	271
6.8 导火索的性能	273

复习思考题	273
第 7 章 工业导爆索	274
7.1 概述	274
7.1.1 导爆索的分类	275
7.1.2 导爆索的技术要求(其他要求与一般火工品相同)	277
7.1.3 导爆索的性能	277
7.1.4 导爆索的设计理论依据	277
7.2 工业导爆索的结构与制造方法	280
7.2.1 结构	280
7.2.2 工业导爆索的生产工艺	281
7.2.3 导爆索的质量检验	286
7.2.4 小直径低爆速金属导爆索	288
复习思考题	292
第 8 章 塑料导爆管	293
8.1 塑料导爆管的结构与特性	293
8.1.1 塑料导爆管的结构	293
8.1.2 塑料导爆管的起爆	295
8.1.3 塑料导爆管的传爆	296
8.2 塑料导爆管的生产工艺	297
8.2.1 生产工艺流程	297
8.2.2 工序要点	298
8.2.3 塑料导爆管技术要求	299
8.2.4 质量控制	300
8.3 质量检验方法	303
8.3.1 主要性能指标(表 8-3)	303
8.3.2 检验方法	304
8.3.3 使用方法及注意事项	308
8.4 塑料导爆管起爆网路	308
8.4.1 塑料导爆管起爆系统发展简介	308
8.4.2 塑料导爆管起爆网路的工作原理	310
复习思考题	311

第 9 章 点火具	312
9.1 概述	312
9.2 电点火具	312
9.2.1 电点火具的结构	312
9.2.2 电点火具的作用	313
9.2.3 电点火具的发火头	313
9.2.4 典型电点火具介绍	315
9.3 惯性点火具	317
9.4 辐射式延期点火具	318
9.5 点火具设计中的几个问题	319
复习思考题	321
第 10 章 先进火工技术	322
10.1 概述	322
10.2 组合火工品	323
10.2.1 单延期序列的组合火工品	323
10.2.2 双延期序列的组合火工品	323
10.2.3 新型发火药	324
10.2.4 金属延期索	324
10.3 微电子火工品的发展	325
10.3.1 概述	325
10.3.2 半导体桥火工品及发展	326
10.3.3 民用爆破器材领域应用的微电子相关的火工新技术	329
10.4 MEMS 火工技术	330
复习思考题	333
第 11 章 火工品性能试验	334
11.1 安全性试验	334
11.1.1 震动试验	334
11.1.2 锤击试验	335
11.2 机械感度试验	335
11.2.1 试验仪器	335
11.2.2 针刺雷管感度试验	336

11.2.3	火焰感度试验	336
11.2.4	撞击感度试验	337
11.3	电感度试验	338
11.3.1	电流感度试验	338
11.3.2	电压感度试验	339
11.3.3	静电试验	339
11.3.4	感度试验数据处理	340
11.4	火工品作用时间的测定	343
11.4.1	秒级作用时间的测定	344
11.4.2	毫秒级作用时间的测定	344
11.4.3	微秒级作用时间的测定	345
11.5	火工品输出试验	346
11.5.1	火帽点燃能力试验	346
11.5.2	火帽火焰长度和持续时间测定	346
11.5.3	点火压力试验	346
11.6	雷管性能测试	347
11.6.1	实验目的	347
11.6.2	实验原理	347
11.6.3	起爆药的撞击感度测定	351
	复习思考题	351
第 12 章	民用爆破器材安全技术	352
12.1	概述	352
12.2	民用爆破器材建厂的安全技术	353
12.2.1	工厂规划	353
12.2.2	外部距离	353
12.2.3	总平面布置	357
12.2.4	内部最小允许距离	358
12.2.5	防护屏障	363
12.3	民用爆破器材工厂建筑安全技术	365
12.3.1	建筑物的危险等级与存药量	365
12.3.2	建筑与构造	368
12.4	民用爆破器材生产操作安全技术	375
12.4.1	工艺与布置	375

12.4.2 生产操作安全技术·····	377
12.4.3 工业雷管生产领域安全事故的统计规律·····	379
12.5 民用爆破器材废品处理安全技术·····	383
12.5.1 销毁方法·····	383
12.5.2 危险品销毁场·····	384
12.6 民用爆破器材的运输、贮存安全技术·····	385
12.6.1 运输·····	385
12.6.2 贮存·····	386
12.7 静电消除·····	388
12.7.1 静电的产生及危害·····	389
12.7.2 消除静电的措施·····	390
复习思考题·····	394
参考文献 ·····	396

第1章 火工品概论

1.1 火工品的定义与作用

1.1.1 火工品的概念

火工品为装有火药或炸药,受外界刺激后产生燃烧或爆炸,以引燃火药、引爆炸药或做机械功的一次性使用的元器件和装置的总称,它包括火帽、底火、点火管、延期件、雷管、传爆管、导火索、导爆索以及爆炸开关、爆炸螺栓、启动器、切割索等。它常用于引燃火药、引爆炸药,还可作为小型驱动装置,用以快速打开活门、解除保险及火箭级间分离等。火工品是点火——传火、起爆——传爆系统以及完成特殊功能的元器件或装置的总称,是武器弹药中不可分割的子系统,同时又是能够独立做功的动力源产品。它是各系统作用的始发元件,又是最敏感产品,因此它的安全性、可靠性和先进性将直接影响到各系统的性能和发展。火工品是装有火工药剂,在很小的外界冲能激发下一次性燃烧和爆炸后,释放出大功率能量,起引燃、引爆或特种效应作用的元件和装置。火工品是火炸药的制成品,它属于一个独立的元件或装置。目前世界各国对火工品还没有一个统一恒定的标准定义。虽然各国在表述上不尽一致,但其含义是大致相同的,一般从结构、性能、用途等方面来加以定义。

我国《火工品术语》(WJ1624—1994)是这样定义的:“装有炸药的小型元件或装置受一定的初始冲能作用即可燃烧或爆炸,以产生预期的功能。”这一定义中的“炸药”即为火工品药剂,主要包括起爆药和烟火药两大类,起爆药和烟火药又有若干品种,可根据不同火工品的具体要求来加以选用;火工品的药剂除了起爆药和烟火药外,为了加强输出功能,有些火工品(如雷管)还加入了猛炸药,而有些火工品(如导火索、导爆管)则只装猛炸药这一种单一的药剂;定义中的“初始冲能”是指施加于火工品药剂的最初外界冲能,通常有热冲能、机械冲能(撞击、摩擦、针刺等)、电冲能、光冲能等几种形式;产生的预期功能诸如爆炸、燃烧等。常见的火工品有火帽、底火、导火索、点火具、雷管、导爆管等。

有些火工品其实很简单,例如人们生活中天天用到的火柴便是最简单、最常见的引燃火工品;而有些火工品则比较复杂,例如先进的飞片式雷管、油井用耐高温雷管、大口径用底火等都由多层药剂和精细的零件组成。

总之,火工品都是一些小的炸药元件,都具有较高的感度,能由各种类型的很小外界能量引起作用。

火工品的品种繁多,用途广泛,体积虽小,地位却很重要,随着我国国民经济的迅速发展,火工品的应用将越来越广泛,它将在国民经济的许多领域中起着不可替代的作用。

1.1.2 火工品的用途

1. 军事用途

火工品在军事上的应用极为广泛,主要用来点火和起爆。一般地,任何一种武器,不管是常规的,还是尖端的,都要靠火工品来点火才能发射,靠火工品起爆才能使战斗部发挥效能。除了点火和起爆之外,火工品还常用来完成延期、曳光、抛射(宣传弹、照明弹)等任务。随着军事技术的发展,火工品还可用来进行分离、切割、接力、气体发生、瞬时能量供给等各种工作。在火炮弹丸、火箭弹、导弹系统中,战斗部靠引信来控制,而引信的控制作用是由火工品来完成的。

2. 民用方面

火工品是石油开发、矿山开采、开山筑坝、填沟修路、爆炸成型、切割钢板、合成金刚石等工作中不可缺少的元件和装置。现代化的爆破工程日益增多,为满足大规模的全断面一次性爆破或毫秒分段爆破以及各种特殊爆破需要,人们研制出了延期雷管、防水雷管、低阻桥丝抗杂散电流电雷管、薄膜电雷管、无起爆药雷管、耐高温高压雷管以及各种用途的导爆管、导火索等。总之,凡是要求一次、快速、大威力的做功动作,采用火工品是非常简便的。

1.2 火工品的发展简史

使用武器弹药,必须解决点火与起爆的问题。火工品的发展也和其他事物一样,是在一定的社会环境和物质基础上产生并发展起来的,随着时间的推移,社会的需求,科学的发展,火工品经历了一个从无到有,从少到多,从原始到先进的发展过程。当今世界从海洋到空间,从经济建设到国防工业都有火工品在发挥着积极的作用。对火工品发展史的认识也是对人类文明进步的理解。火工品旧称火具,是伴随火器出现的。中国四大发明之一的火药(后称黑火药)就是最早用来装填火工品的火工药剂。公元8—9世纪,在中国就出现了古老的火工品,当时作战双方利用软纸包住火药粉做成纸捻,形成火信或火线,点燃古代火器中的火药,用以发射火器中的铁砂。在1480—1495年间,著名的意大利科学家达·芬奇发明了轮发燧石枪机,用燧石的火花点燃火药池,再由火药池点燃火药,将弹丸发射出去。火药池是继火线或火信后的又一种火工品,以后随着枪械的改进,火药池也逐渐制成了火药饼,这就是底火的雏形。这一时期,也有将散装细火药粉装在纸管内制成引火烛的,用火线引燃引火烛,再引燃火药,达到发

射弹丸的目的。18世纪,欧洲人把细黑火药(火药)粉装入纸壳、木壳或铁壳内,制成传火管,这又是另一种古代火工品。早期的火工品作用可靠性很低,常常发生瞎火现象。随着火工药剂的发展,也促进了火工品的发展,特别是1799年英国科学家E·霍华德发明了雷汞。有了雷汞,才有了真正意义上的火工品。1807年苏格兰人发明了以氯酸钾、硫、碳混合的第一种击发药,为火工品的发展历史翻开了新的一页。1814年,美国首先试验将击发药装于铁孟中用于枪械。1817年,美国人艾格把击发药压入铜孟中,从此火帽诞生了。同年,第一个带火帽的枪械引入了美国。

1840—1842年,这种火帽被用于枪弹和炮弹中,火帽的应用对后膛装填射击武器的发展具有十分重要的意义,并获得了迅速发展。火帽主要用于金属子弹药壳的中心,由枪机撞击发火,现代自动武器的枪弹仍采用这种结构。19世纪末,将撞击火帽装入传火管,用此组合件点燃药筒中的发射药。1897年火帽和点火管组合件发展成撞击底火后,更换了19世纪前半期点燃火炮中发射药的摩擦式传火管。19世纪初,法国人徐洛首先利用电流使火药发火,制成了电火工品。1830年,美M·肖取得了火花式电火工品的专利,首先用于纽约港的爆破工程,直到20世纪初才开始用于海炮。1831年,英国人W·毕克福尔德发明了导火索,是古代信管的进一步发展。1908年法国最先研制出金属导火索,当时药芯为TNT。发展到20世纪60年代,药芯装药已经有太安、黑索金等。20世纪70年代瑞典发明了塑料导爆管。

由于19世纪末至20世纪初相继出现了叠氮化铅、四氮烯及三硝基间苯二酚铅等起爆药,为火工品的性能改善和品种增加提供了有利条件,对武器和弹药的发展起了决定性的作用。第二次世界大战期间,由于火箭弹、反坦克破甲弹、原子弹等新型弹药的出现和发展,促进了电雷管、电点火管的发展。这一时期,世界各国对长期用作延期药的黑火药也进行了大量的研究,解决了它因吸湿和气体产物多,致使延期时间不准确的缺点。美、英等国研制出了硅和铅丹的混合延期药,而后又相继出现了众多的微气体延期药。

中国明代《武备志》等史书内所记载的枪炮、地雷和水雷中所使用的点火具、导火索、火槽及点火药构成的组合体就是爆炸序列的雏形。18世纪在机械触发引信中出现了无隔爆件的爆炸序列,促进了弹药的发展,但其感度过高,易发生膛炸,使弹丸初速受到了限制。1949年中华人民共和国成立时,我国的火工品基础工业相当薄弱,当时生产工业雷管和工业导火索的工厂只有3家。1950年工业雷管生产厂增加到5个,当年生产的工业雷管仅为4152万发,工业导火索仅为905万米,工业雷管的品种主要是火雷管,辅以瞬发电雷管和秒延期雷管。1953年初步试制成功了工业导爆索。1960年前后开发生产毫秒电雷管。1980年前后研制开发了塑料导爆管和导爆管雷管,到19世纪90年代将其改进为隔爆式爆炸序列,提高了安全性,奠定了现代弹药爆炸序列的基本结构。经过50多年的发展,我国工业电雷管的生产厂家已近70多家,生产能力达35亿发;工业索类火工品企业近65家。

民爆行业是国民经济建设的重要基础性产业,几年来得到快速发展。“十五”期间,全行业生产和销售总值平均分别增长15.04%和15.16%。2005年完成生产总值137.81亿元,同比