

军工安全技术丛书之一

# 爆炸及其防护

火炸药、弹药企业事故爆炸效应  
及防护条件设置的基本要求



JUNGONG ANQUAN  
JISHU CONGSHU

王泽溥 郑志良◎编著

兵器工业出版社

军工安全技术丛书之一

# 爆炸及其防护

火炸药、弹药企业事故爆炸效应  
及防护条件设置的基本要求

王泽溥 郑志良 编著

兵器工业出版社

## 内 容 简 介

本书简要介绍了炸药化学反应过程引起的爆炸现象及炸药的爆炸基本理论；简述了火炸药、弹药发生燃烧爆炸事故时产生的冲击波、热辐射及破片的效应及其计算方法；并介绍了常用的安全设防措施及标准，其中包括目前国内沿用的《火药、炸药、弹药、引信及火工品设计安全规范》和《覆土及地下火炸药仓库设计安全规范》中有关内外部安全距离的确定依据以及各种抗爆、泄爆、抑爆结构的设计计算方法，并给出实例。本书适合于从事军工防护安全技术和抗爆设计的工程设计人员阅读，也可作为高等院校有关专业师生和使用部门人员参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

爆炸及其防护/王泽溥,郑志良编著. —北京:兵器工业出版社, 2008. 12

ISBN 978 - 7 - 80248 - 296 - 8

I. 爆… II. ①王…②郑… III. ①炸药—爆炸效应②爆炸—防护 IV. TQ560.1 0383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 187216 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010 - 68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京蓝海印刷有限公司

版 次: 2008 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1 - 1000

责任编辑: 刘 立

封面设计: 揽胜视觉

责任校对: 郭 芳

责任印制: 赵春云

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 39.5

字 数: 962 千字

定 价: 98.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

谨以此书献给五  
洲工程设计研究院建  
院五十五周年！

# 序

新中国成立以来，我国的兵器工业体系从小到大，从弱到强，经过半个多世纪的发展，建成了较为完整的工业体系，研制生产了大批先进的武器装备，满足了海、陆、空各兵种以及国防工业各个领域的发展需要，成为国防工业及国民经济建设的重要组成部分，为国家安全、国防科学技术的进步做出了重要贡献。

兵器工业工程建设在兵器工业的发展过程中始终处于先行的地位，它涉及工艺技术、安全技术、土木工程及相关的公用工程的系统工程。兵器工程建设战线上的广大干部、职工和工程技术人员，继承、发扬老兵工的优良传统，在十分艰苦的条件下，以强烈的使命感和艰苦奋斗、无私奉献的精神，克服重重困难，基本上靠自己的力量，不仅完成了庞大的兵器工业系统的工程建设，而且培养和造就了一批工程设计领域的技术精、能吃苦、能战斗的技术专家队伍。他们在几十年的辛勤工作中，勇挑重担，敢于攻关，积累了丰富的经验，创立了紧密结合我国国情的兵器工业技术体系，为兵器工业的发展奠定了坚实基础。他们是国家的宝贵财富，是推动我国国防科技进步的重要力量。

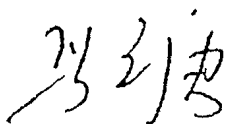
五洲工程设计研究院（中国兵器工业第五设计研究院，简称五院）自1953年创建以来，承担并参加了国内几乎各个门类兵器项目的工程设计与建设，该院涉及各专业领域的技术专家，主编了《火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范》、《民用爆破器材工厂设计安全规范》、《地下及覆土火炸药仓库设计安全规范》、《烟花爆竹工厂设计安全规范》等大量军品、民品工厂设计规范，是我国勘察设计综合实力百强单位，也是国内首批工程设计综合甲级资质单位之一。为总结几十年的工程设计经验，推进兵器工业技术进步，并给从事国防工业工程建设管理和技术人员提供有益的技术理论教材，该院组织有关专家编写了这套“军工安全技术丛书”。该丛书的出版，必将对行业技术进步、人才培养产生重要作用。

安全技术是兵器工业工程设计和生产的特有技术，在兵器工业工程设计和其他国防工业工程设计中占有重要的地位。五洲工程设计研究院在火炸药、弹药及火工品生产等项目的工程设计实践中，具有丰富的安全技术理论和50多年的实践经验，拥有大量的设计及试验资料，是国内公认的在该领域具有影响力的部门。从事这些工程设计领域的专家，理论、实践兼备，每本著作都是作者毕其一生的经验总结，是从事安全技术工程设计和建设者的有益的参考书，对工程设计及教

学也具有重要的指导作用和参考意义。

当前，中国兵器工业集团公司提出了建设高科技现代化兵器工业和有国际竞争力大公司的战略目标，五院作为集团公司的骨干企业，要积极开展技术交流，广泛采用新工艺、新技术，加快自主技术创新步伐，使其成为兵器工业发展的重要技术支撑；要继续发扬艰苦奋斗精神，进一步解放思想，深入贯彻科学发展观，积极履行社会责任，全面提高发展质量，为兵器工业发展、为国防现代化和国民经济建设做出更大的贡献！

中国兵器工业集团公司总经理：



2008.11.11

# 前 言

安全生产关系到人民群众生命财产的安全，关系到国家和谐、稳定、发展的大局。高度重视并切实做好安全生产工作，是国家的必然要求，是贯彻落实科学发展观的必然要求，是实现广大人民根本利益的必然要求，也是构建和谐社会的必然要求。火炸药、弹药自身的危险性，决定了火炸药、弹药科研生产企业的高风险，通过采用技术手段和安全对策与措施，防止和减少生产安全事故，达到安全可控、风险可接受，尤为重要。近年来，火炸药、弹药科研生产企业发生爆炸或燃烧事故的概率有所下降，但由于工艺技术的局限、工艺设备不完善、安全控制监测连锁的可靠性不够以及作业人员的违章等原因，事故还是不可避免地断断续续地发生，绝大部分的事故造成了人员的伤亡和国家财产的损失。因此，很有必要使生产管理者及企业的规划设计者，在改进工艺技术、完善工艺设备的同时，了解火炸药、弹药科研生产企业在偶然爆炸事故发生时，事故爆炸效应及其产生的危害程度，知道如何采取各种防护措施来防止或减少人员的伤害和降低国家财物的损失。本书就是按照这个思路简要地阐述爆炸基本理论，结合兵器工业第五设计研究院多年的爆炸试验结果，从工程应用着手，以兵器安全规范、地下及覆土火炸药仓库设计安全规范为准则，简明扼要地做些介绍，期望能达到预期目的。

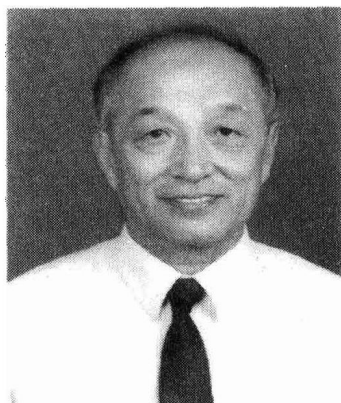
本书分为上、下两篇，上篇由王泽溥编写，其中第6章“炸药的各种TNT当量”及第7章“殉爆”由项绪章研究员编写；下篇由郑志良编写。

本书的编写出版得到兵器工业第五设计研究院及兵器安全技术研究所领导的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。鲁容海同志对下篇提供大量素材并予以指导表示感谢，侯国平同志关于弹药爆炸破片计算公式及下篇防护结构的审校表示感谢；同时还要感谢刘剑、张昕、陈宁、陈洁、刘志芳等同志为本书编排制图付出的辛勤劳动。

由于编著者水平所限、时间仓促，书中难免存在缺点、错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编著者  
2008年8月

## 作者简介



**王泽溥：**男，汉族，1934年4月16日出生，浙江杭州市人，1954年8月同济大学铁路建筑专业毕业，之后被分配到兵器工业第五设计研究院，一直从事军用火药、炸药、弹药、引信、火工品工厂及民用爆破器材工厂的设计和安全技术的研究工作；1977~1985年参加国家某重点科研项目——任副组长（试验现场副总指挥）。1986~1987年任兵器工业第五设计研究院深圳分部主任，并筹建成立分院；1987年被兵器工业第五设计研究院聘为研究员并受命组建兵器工业安全技术研究所，历任副所长、所长；1993年兼任北京理工大学爆炸及灾害预防国家重点试验室学术委员会副主任；1994年被聘为国家安全生产专家，参与国家军工企业多起特大爆炸事故调查；1996年5月退休，并被兵器安全技术研究所返聘为安全工程专家组负责人，专门从事军工系统基本建设工程设计的安全评审工作；2005年为兵器工业集团总公司特聘专家。他多次荣获工作嘉奖：1964年获得第五机械工业部X产品固体火箭发动机试验台设计突击尖端一等奖；1985年完成国家重大科研项目七七工程（地下火药炸药仓库安全问题的研究）获得国家科技进步二等奖；1986年洞库爆炸爆坑与爆堆的实验研究获国家计委科技进步二等奖；1987年浅埋炸药库的爆炸效应及其安全距离研究获国家机械工业委员会科技进步一等奖；1991年荣获国务院特殊津贴；1997年新型热封、防静电、复合软包装材料研究获中国兵器工业集团总公司科技进步三等奖；2003年危险性工程安全规范标准研究获国家安全生产监督管理局科技进步二等奖；2005年北京东方化工厂“97.6.27”特大火灾事故原因研究获国家安全生产监督管理局科技进步一等奖。

## 作者简介



**郑志良：**男，汉族，1932年8月11日出生，江苏省苏州市人，1953年8月上海市同济大学土木工程系工业与民用结构专业本科毕业，之后被分配到当时的二机部设计局（即今兵器工业第五设计研究院），一直从事军工和民爆企业设计的科技管理、设计和安全防护工程的研究工作；1977~1983年负责组织工程组参加某国家重点科研项目；1984年被聘为国防科工委科学技术委员会国防设施安全防护专业组成员；1985年任规范室主任，组织编写、修订烟花爆竹企业、军工企业和民爆企业三本工厂设计安全规范；1986年任全国工程防火防爆标准委员会副主任委员；1987年筹建兵器工业安全技术研究所，历任所副总工程师兼防护室主任、所总工程师；1988年和1992年被聘为两届中国土木工程学会防护工程学会理事；1989年被聘为机电部兵器工业安全监察员，参加重大爆炸事故调查分析和重大危险源评估，并被聘为全国安全生产委员会第一届安全生产专家组专家，参与了深圳北站大爆炸事故调查；1990年被兵器工业第五设计研究院聘为研究员级高级工程师；1991年荣获国务院特殊津贴；1991年被聘为中国国际危险货物运输协调小组之危险货物运输研究组第一届成员；1994年4月退休；1997年被兵器工业安全技术研究所返聘为安全工程专家；2007年被聘为国防科工委第一届民爆行业专家委员会委员。他多次荣获工作嘉奖：1985年获得国家科技进步三等奖；1991年获中国兵器工业集团科技进步二等奖；1992年被建设部评为“全国工程建设标准与定额先进工作者”。

# 目 录

## 上 篇

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 第1章 绪论 .....                 | (3)  |
| 1.1 问题的提出 .....              | (3)  |
| 1.2 各种爆炸现象 .....             | (3)  |
| 1.2.1 物理爆炸现象 .....           | (4)  |
| 1.2.2 化学爆炸现象 .....           | (4)  |
| 1.2.3 核爆炸 .....              | (5)  |
| 1.3 炸药爆炸的特征 .....            | (6)  |
| 1.4 炸药化学变化的基本形式 .....        | (7)  |
| 1.5 炸药的爆轰 .....              | (9)  |
| 1.5.1 爆轰现象 .....             | (9)  |
| 1.5.2 爆轰波参数求解 .....          | (9)  |
| 1.5.3 凝聚炸药中爆轰反应的机理 .....     | (10) |
| 1.6 炸药的分类 .....              | (12) |
| 1.6.1 按炸药的组成分类 .....         | (12) |
| 1.6.2 按炸药的用途分类 .....         | (14) |
| 1.7 炸药的基本性质 .....            | (15) |
| 1.7.1 炸药对外界作用的感度 .....       | (15) |
| 1.7.2 炸药对各种冲量的感度 .....       | (16) |
| 1.7.3 炸药的安定性 .....           | (26) |
| 1.7.4 炸药爆炸的稳定性 .....         | (27) |
| 1.7.5 炸药的爆炸性能 .....          | (28) |
| 附录1-1 炸药、爆炸产物的生成热 .....      | (40) |
| 附录1-2 部分无机盐及氧化物的生成热 .....    | (43) |
| 第2章 空气中爆炸的主要物理现象 .....       | (44) |
| 2.1 爆炸产物的膨胀 .....            | (44) |
| 2.2 空气冲击波的形成和传播 .....        | (46) |
| 2.3 装药形状和引爆位置对空气冲击波的影响 ..... | (49) |
| 2.4 炸药爆炸传给空气冲击波的能量 .....     | (51) |
| 第3章 爆炸空气冲击波的特征参数计算 .....     | (53) |
| 3.1 量纲分析方法 .....             | (53) |

|       |                                 |       |
|-------|---------------------------------|-------|
| 3.1.1 | 量纲分析的基本概念                       | (54)  |
| 3.2   | $\pi$ 定理                        | (55)  |
| 3.3   | 爆炸相似律                           | (58)  |
| 3.4   | 空气冲击波的计算公式                      | (61)  |
| 3.4.1 | 空气冲击波峰值超压 $\Delta p$ 的计算公式      | (62)  |
| 3.4.2 | 空气冲击波正压作用时间 $t_+$ 的计算           | (68)  |
| 3.4.3 | 空气冲击波的比冲量 $i$ 的计算               | (69)  |
| 3.4.4 | 空气冲击波其他参量的计算                    | (71)  |
| 第4章   | 空气冲击波对目标的作用                     | (76)  |
| 4.1   | 空气冲击波在刚性壁面上的反射                  | (76)  |
| 4.1.1 | 空气冲击波的正反射                       | (76)  |
| 4.1.2 | 空气冲击波的斜反射                       | (78)  |
| 4.1.3 | 空爆时空气冲击波的马赫反射                   | (80)  |
| 4.2   | 空气冲击波的绕流作用                      | (82)  |
| 4.2.1 | 空气冲击波对障碍物的绕流                    | (82)  |
| 4.2.2 | 绕流压力和滞止压力的确定                    | (84)  |
| 4.3   | 空气冲击波对目标物的破坏作用                  | (85)  |
| 4.3.1 | 空气冲击波对建筑物的破坏作用                  | (85)  |
| 4.3.2 | 空气冲击波对人员的伤害作用                   | (91)  |
| 第5章   | 地形对空气冲击波的影响                     | (96)  |
| 5.1   | 概述                              | (96)  |
| 5.1.1 | 有关光测地形模型实验研究                    | (96)  |
|       | 结语                              | (108) |
| 5.1.2 | 几种特定地形条件下外部距离的增减百分数             | (114) |
| 5.1.3 | 关于山坡迎爆面及背爆面上的冲击波最大超压 $p_2$ 计算方法 | (115) |
| 第6章   | 炸药的各种 TNT 当量                    | (116) |
| 6.1   | TNT 当量的定义                       | (116) |
| 6.2   | 爆炸冲击波效应及各种炸药的 TNT 当量值           | (117) |
| 6.2.1 | 爆炸试验场                           | (118) |
| 6.2.2 | 爆炸药包的质量及形状                      | (118) |
| 6.2.3 | 冲击波参数的测量                        | (118) |
| 6.2.4 | TNT 当量的计算                       | (119) |
| 6.3   | 影响冲击波超压(或冲量)当量的主要因素             | (121) |
| 6.3.1 | 炸药性能对当量的影响                      | (121) |
| 6.3.2 | 药包几何形状的影响                       | (122) |
| 6.3.3 | 包装材料的影响                         | (124) |
| 6.3.4 | 药量对 TNT 当量的影响                   | (125) |
| 6.3.5 | 起爆能量对 TNT 当量的影响                 | (126) |
| 6.3.6 | 试验场地地质条件的影响                     | (126) |

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| 6.3.7 药包相对位置的影响 .....               | (127) |
| 6.4 爆破振动效应及各种炸药的 TNT 当量 .....       | (127) |
| 6.4.1 试验 .....                      | (127) |
| 6.4.2 数据处理及结果 .....                 | (128) |
| 6.4.3 结果讨论 .....                    | (129) |
| 6.5 爆破漏斗试验及各种炸药的 TNT 当量 .....       | (130) |
| 6.5.1 试验 .....                      | (130) |
| 6.5.2 数据处理 .....                    | (131) |
| 6.5.3 结果分析 .....                    | (132) |
| 6.6 结论 .....                        | (133) |
| 附录 6-1 BRVCTON(勃罗斯登)统计方法 .....      | (133) |
| 附录 6-2 用迭代法计算 TNT 当量 .....          | (135) |
| <b>第 7 章 殉爆</b> .....               | (138) |
| 7.1 概述 .....                        | (138) |
| 7.2 引起殉爆的各种因素分析 .....               | (139) |
| 7.2.1 空气冲击波 .....                   | (139) |
| 7.2.2 爆轰产物流 .....                   | (141) |
| 7.2.3 高速破片、飞石的撞击作用 .....            | (142) |
| 7.3 殉爆试验及殉爆参数的测试方法 .....            | (145) |
| 7.3.1 地面殉爆试验 .....                  | (145) |
| 7.3.2 洞库殉爆试验 .....                  | (148) |
| 7.3.3 模拟破片撞击殉爆试验 .....              | (149) |
| 7.3.4 殉爆参数的测试方法 .....               | (150) |
| 7.4 殉爆过程的分析和殉爆机理 .....              | (156) |
| 7.4.1 殉爆过程 .....                    | (156) |
| 7.4.2 被发药的临界殉爆压力 .....              | (158) |
| 7.4.3 殉爆因素 .....                    | (159) |
| 7.5 空气介质中炸药殉爆相似律 .....              | (159) |
| <b>第 8 章 弹药爆炸特征参数的计算</b> .....      | (164) |
| 8.1 弹药爆炸特征参数简介 .....                | (164) |
| 8.2 弹药爆炸空气冲击波 .....                 | (164) |
| 8.3 弹药爆炸破片 .....                    | (165) |
| 8.3.1 弹药破片的形成 .....                 | (165) |
| 8.3.2 弹药爆炸破片计算 .....                | (165) |
| 8.3.3 破片数量的计算 .....                 | (168) |
| 8.3.4 弹药爆炸破片飞散范围分析 .....            | (169) |
| 8.4 破片对目标的毁伤标准 .....                | (177) |
| <b>第 9 章 火药、炸药、弹药爆炸火球及辐射热</b> ..... | (180) |
| 9.1 火药、炸药、弹药爆炸火球及热辐射计算方法 .....      | (180) |

|                                                         |              |
|---------------------------------------------------------|--------------|
| 9.2 关于确定裸露皮肤不被烧伤的安全距离计算方法 .....                         | (181)        |
| <b>第10章 安全设防的标准及措施 .....</b>                            | <b>(186)</b> |
| 10.1 危险等级的划分 .....                                      | (186)        |
| 10.1.1 建筑物危险等级的确定 .....                                 | (186)        |
| 10.1.2 兵器行业“火药、炸药、弹药、引信及火工品工厂设计安全规范”危险<br>等级的划分方法 ..... | (188)        |
| 10.1.3 国外规范中有关建筑物危险等级的规定 .....                          | (197)        |
| 10.1.4 兵器“安全规范”与美国 DOD 标准划分危险等级的区别 .....                | (203)        |
| 10.1.5 危险等级确定的程序和实验 .....                               | (203)        |
| 10.2 关于工厂的总体布局 .....                                    | (209)        |
| 10.2.1 工厂规划的必要性 .....                                   | (209)        |
| 10.2.2 工厂规划的基本条件 .....                                  | (210)        |
| 10.3 外部距离 .....                                         | (211)        |
| 10.3.1 确定外部距离的因素及原则 .....                               | (211)        |
| 10.3.2 对外部距离各类目标的破坏标准 .....                             | (212)        |
| 10.3.3 外部距离计算方法及系数的采用 .....                             | (214)        |
| 10.3.4 关于危险品生产区的外部距离 .....                              | (215)        |
| 10.3.5 关于危险品总仓库区外部距离 .....                              | (221)        |
| 10.3.6 关于危险品转运站的外部距离 .....                              | (225)        |
| 10.3.7 关于靶场和试验场的外部距离 .....                              | (225)        |
| 10.3.8 关于销毁场的外部距离 .....                                 | (231)        |
| 10.4 内部距离 .....                                         | (232)        |
| 10.4.1 关于危险品生产区内部距离 .....                               | (232)        |
| 10.4.2 关于危险品总仓库区内部距离 .....                              | (250)        |
| 10.5 关于危险品覆土仓库安全要求 .....                                | (257)        |
| 10.5.1 波纹钢拱形覆土仓库的特点 .....                               | (260)        |
| 10.5.2 拱形覆土仓库内部距离的确定 .....                              | (262)        |
| 10.5.3 覆土仓库爆炸试验研究 .....                                 | (268)        |
| 10.6 关于地下仓库安全要求 .....                                   | (282)        |
| 10.6.1 火药、炸药地下仓库设定条件 .....                              | (283)        |
| 10.6.2 关于地下仓库的总体布置 .....                                | (284)        |
| 10.7 防护屏障 .....                                         | (331)        |
| 10.7.1 关于防护屏障的设置 .....                                  | (331)        |
| 10.7.2 关于防护屏障的作用 .....                                  | (331)        |
| 10.7.3 关于防护屏障的高度和宽度 .....                               | (335)        |
| 10.7.4 关于建筑物的外墙与防护土堤内坡脚之间的水平距离 .....                    | (336)        |
| 10.7.5 关于防护土堤的填筑材料 .....                                | (337)        |
| 10.7.6 关于联合防护土堤 .....                                   | (337)        |
| 10.7.7 关于防护土堤设置安全疏散隧道 .....                             | (337)        |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 10.7.8 关于防护屏障系数的确定 ..... | (338) |
| 10.8 企业内危险品贮存和运输 .....   | (338) |
| 10.8.1 危险品的贮存 .....      | (338) |
| 附录 I :仓库危险品分组存放规定 .....  | (341) |
| 10.8.2 危险品的运输 .....      | (342) |

## 下 篇

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| <b>第 11 章 爆炸防护体系</b> .....      | (347) |
| 11.1 防护体系 .....                 | (347) |
| 11.2 防护类别 .....                 | (348) |
| <b>第 12 章 防护结构材料的动力性能</b> ..... | (350) |
| 12.1 概述 .....                   | (350) |
| 12.2 钢材的动力性能 .....              | (351) |
| 12.3 混凝土的动力性能 .....             | (353) |
| 12.4 砖砌体的动力性能 .....             | (355) |
| 12.5 土壤的动力性能 .....              | (355) |
| <b>第 13 章 防护结构的动力效应</b> .....   | (357) |
| 13.1 结构构件的抗力—挠度曲线 .....         | (357) |
| 13.2 单自由度动力等效体系 .....           | (374) |
| 13.3 单自由度体系动力分析 .....           | (386) |
| 13.4 冲量效应的分析 .....              | (407) |
| <b>第 14 章 钢筋混凝土结构设计</b> .....   | (410) |
| 14.1 构件断面的选用 .....              | (410) |
| 14.2 极限动抗弯矩 .....               | (410) |
| 14.3 极限动抗剪能力 .....              | (412) |
| 14.4 惯性矩 .....                  | (413) |
| 14.5 极限抗力 .....                 | (415) |
| 14.6 超极限抗力 .....                | (430) |
| 14.7 局部破坏挠度和极限挠度 .....          | (431) |
| 14.8 极限剪力和剪应力 .....             | (435) |
| 14.9 结构按延性反应的分析与设计 .....        | (440) |
| <b>第 15 章 钢结构设计</b> .....       | (448) |
| 15.1 概述 .....                   | (448) |
| 15.2 单跨和连续梁设计 .....             | (451) |
| 15.3 板的设计 .....                 | (457) |
| 15.4 柱与梁柱设计 .....               | (459) |
| 15.5 单层刚架初步设计 .....             | (461) |
| 15.6 带斜撑的单层刚架初步设计 .....         | (467) |
| 15.7 连接 .....                   | (471) |

|                                                   |       |
|---------------------------------------------------|-------|
| 第 16 章 砌体墙设计 .....                                | (476) |
| 16.1 概述 .....                                     | (476) |
| 16.2 配筋砌体墙的设计 .....                               | (476) |
| 16.3 无筋砌体墙的设计 .....                               | (478) |
| 第 17 章 几种防护结构的计算 .....                            | (481) |
| 17.1 全泄爆型抗爆间室结构计算 .....                           | (481) |
| 17.2 抑爆屏蔽结构计算 .....                               | (509) |
| 17.3 爆炸塔(洞)结构计算 .....                             | (526) |
| 17.4 试验台结构计算 .....                                | (535) |
| 17.5 嵌入式建筑物结构计算 .....                             | (538) |
| 17.6 钢装甲间室结构计算 .....                              | (547) |
| 17.7 破片靶架 .....                                   | (548) |
| 17.8 部分泄爆型抗爆间室的计算 .....                           | (548) |
| 17.9 圆筒型双层钢板夹砂工(库)房结构设计 .....                     | (557) |
| 17.10 组合结构的计算 .....                               | (559) |
| 附录一 系数 $k$ 、能效系数 $\eta$ 及角度和距离影响系数 $f$ 计算方法 ..... | (561) |
| 附录二 矩形薄板自振圆频率系数 $\Omega$ 值 .....                  | (565) |
| 附录三 按极限平衡法计算矩形板的弯矩系数和动反力系数 .....                  | (567) |
| 附录四 间室泄出的空气冲击波对屏院的墙板冲量的能效系数 $\eta$ 计算方法 .....     | (586) |
| 附录五 常用现浇抗爆屏院墙(板)厚度、配筋量 .....                      | (592) |
| 附录六 海平面上半球形梯恩梯爆炸正相冲击波参数 .....                     | (593) |
| 附录七 梯恩梯地面爆炸(半球形)正相冲击波入射参数 .....                   | (594) |
| 附录八 球形梯恩梯自由空中爆炸反射空气波参数(美国西南研究院) .....             | (595) |
| 参考文献 .....                                        | (596) |

# 上 篇

