

工程爆破 实用手册

(第2版)

刘殿中 杨仕春 主编

冶金工业出版社

工程爆破实用手册

(第2版)

刘殿中 杨仕春 主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社

2003

内 容 提 要

本书是依据即将颁布实施的国家标准《爆破安全规程》以及许多同行专家、读者的反馈信息和好的建议,在第1版的基础上修订、增补而成,突出了理论叙述的简练实用和爆破技术在工程实践中的成功应用。全书共13章,约65万字,其中图314幅,表330个,主要内容包括爆破基础理论、爆破器材及起爆方法、爆破工程地质、采矿及建筑工程爆破、轮廓爆破与谨慎爆破、洞室大爆破、水下爆破、拆除爆破、特种爆破、穿孔、装药及二次破碎设备、爆破震动测试、爆破安全技术、爆破工程预算等。

本书适合于从事爆破行业的工程技术、科研管理人员阅读,也可作为大专院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程爆破实用手册/刘殿中等主编. —2版.

—北京:冶金工业出版社,2003.6

ISBN 7-5024-3217-5

I. 工… II. 刘… III. 爆破技术—技术手册 IV. TB41-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第006464号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

选题策划 杨传福 谭学余 加工编辑 赵树莉 程志宏 美术编辑 李心

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1999年5月第1版,2003年6月第2版,2003年6月第2次印刷

850mm×1168mm 1/32;24.25印张;649千字;750页;5001-9000册

60.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《工程爆破实用手册》

(第2版)

编写人员

主 编 刘殿中 杨仕春

编写人员(按姓氏笔画排列)

于长顺 王中黔 王树勋

刘殿中 杨仕春 林 桓

郑长青 郑炳旭 赵丕彪

陶和彪

第2版前言

《工程爆破实用手册》于1999年5月出版后，正赶上全国爆破工程技术人员培训考核的高潮，在各系统及地区考核班同仁的推荐下，第1版5000册已经售完。承蒙各地朋友及读者厚爱，收到不少信件，信中提出了许多修改建议并指出了不少错误。今年年初，收到几个要求再版的电话，因担心销售量不多而一直没有付梓。本人由于有幸参加了《爆破安全规程》的起草、定稿工作，因此冶金工业出版社提议根据即将颁布实施的《爆破安全规程》以及广大读者对《工程爆破实用手册》（第1版）的反馈意见和同行专家学者的建议，对《工程爆破实用手册》进行修订后再版。于是，鉴于上述基本原则，我们对原书进行了增删、调序、改错等工作，并且增加了一些近年来大家比较关注的工程爆破成功实例。主要修改处是：第1章删去了爆破理论方程，增加了与爆破工程有关的新内容；第2章按新规程规定对爆破器材购买、运输、贮存、检验、再加工、销毁作了修改与增补；把岩石状态方程由第1章移到第3章，并增加了“爆破后的工程地质工作”等内容；第4、5两章作了重新编排并增加了一些工程内容和实例；第6章删去了堆积形态的整体弹道法计算，补充并细化了体积平衡法计算；水下爆破部分进行了编排调整并补充了部分

工程实例；第8章进行了重新编排，补充了一些新工艺、新方法，新工程实例；把高能燃烧剂和静态破碎剂的有关内容从第2章、第8章集中到了第9章并在本章增补了爆炸处理卡钻、在爆破工程中合成金刚石等内容；第12章根据新的爆破规程，更换了有关安全标准，增补了有关安全管理的新规定。

因时间仓促，对一些读者建议理解不透，因此没有全部采纳。借修订本出版之机，向关爱本书、提出建议、指出错误的朋友表示感谢。

刘殿中 杨仕春

2002年7月

第 1 版前言

早在 1985 年冯叔瑜、边克信等老先生就曾组织爆破界同仁讨论过集体编写《爆破手册》的事，并委托我按讨论记录编写了章节目录，分工后约定半年交稿。半年之后，只有王中黔和我完成了分配任务。迨后几年，我利用业余时间在原章节目录的基础上，编写成 13 章，1997 年又用了一年时间，会同几位同事对已成文稿进行了修改、补充、重写，历时 13 年，总算了结了一件心事。

编写时定下的要求是：内容实用，系统完整，文字简练并尽可能反映最新的技术、工艺及理论水平；对工程爆破技术的普及、规范及提高起到阶段性的作用。能否达到或部分达到要求，只有等待广大同行的评论。

在编写过程中，参阅了近百册书籍、上千篇专论，从中摘抄了部分内容。为节省文字，编录内容均未注明出处，甚至在参考文献中遗失了部分文章目录，鉴于编写手册的通例，请广大同仁理解并原谅。因朋友们希望本手册尽快出版，所以定稿后没有请专家审核，更缺少广泛征求意见，不可避免地带有较重的“个体行为”色彩，选材不当、观点过时，认识偏颇、叙述失实可能都会有，敬请读者指正。

参加编修的同事有王树勋（第 1、3、10 章）

杨仕春（第 2、5、7、11、12 章）、陶和彪（第 2、9 章）、郑炳旭（第 6、8、13 章）、王中黔（第 7、9、11 章）、于长顺（第 4、10 章）、林桓（第 4、9、10 章）赵丕彪（第 4、10 章）、郑长青（第 8 章）。

在编写过程中，得到冯叔瑜院士、边克信、王树仁教授的指导，得到杨秀敏院士、刘运通教授、周家汉研究员、史雅语研究员等朋友的帮助，得到有色冶金设计研究总院及矿山分院各级领导的支持，得到宋耀珍女士的协助，仅此一并表示深深地感谢。

刘殿中

1998 年 11 月

目 录

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1 爆破理论基础 | 1 |
| 1.1 术语 | 1 |
| 1.2 矿岩爆破的物理过程 | 6 |
| 1.2.1 两次爆破工程现象的 启示 | 6 |
| 1.2.2 矿岩爆破的物理过程 | 8 |
| 1.2.3 实验 | 10 |
| 1.3 相似理论 | 11 |
| 1.3.1 量纲分析 | 11 |
| 1.3.2 爆炸相似律 | 14 |
| 1.3.3 在工程中使用的无量纲 参量和经验公式的形式 | 16 |
| 1.3.4 模型试验 | 19 |
| 1.4 工程爆破的计算机模拟简介 | 21 |
| 1.4.1 概述 | 21 |
| 1.4.2 数值模拟的步骤 | 22 |
| 1.4.3 典型数学模型介绍 | 26 |
| 1.4.4 新型分析方法 | 28 |
| 2 爆破器材及起爆方法 | 30 |
| 2.1 炸药理论 | 30 |
| 2.1.1 化学爆炸的条件 | 30 |
| 2.1.2 炸药化学反应的形式 | 31 |

| | | |
|--------|-----------------------------------|-----|
| 2.1.3 | 炸药的感度 | 31 |
| 2.1.4 | 影响炸药感度的物理因素 | 34 |
| 2.1.5 | 炸药的氧平衡 | 35 |
| 2.1.6 | 炸药爆炸生成的气体体积 | 35 |
| 2.1.7 | 炸药爆炸的爆热和爆温 | 36 |
| 2.1.8 | 爆炸气体静压 | 41 |
| 2.1.9 | 炸药爆炸的爆轰流体力学理论 | 42 |
| 2.1.10 | 在工程爆破中常用的炸药性能指标及测试 方法 | 45 |
| 2.2 | 工业炸药 | 50 |
| 2.2.1 | 工业炸药分类和基本要求 | 50 |
| 2.2.2 | 硝酸类炸药 | 51 |
| 2.2.3 | 煤矿许用炸药 | 65 |
| 2.2.4 | 其他工业炸药 | 70 |
| 2.3 | 起爆方法和起爆器材 | 78 |
| 2.3.1 | 导火索（火雷管）起爆法 | 78 |
| 2.3.2 | 导爆索起爆法 | 81 |
| 2.3.3 | 电力起爆法 | 85 |
| 2.3.4 | 非电导爆管起爆法 | 102 |
| 2.3.5 | 其他起爆法 | 109 |
| 2.3.6 | 起爆器材中的中继药包 | 113 |
| 2.4 | 爆破器材的购买、运输、贮存、检验、再加工 和销毁 | 114 |
| 2.4.1 | 爆破器材的购买 | 114 |
| 2.4.2 | 爆破器材的运输 | 114 |
| 2.4.3 | 爆破器材的贮存 | 118 |
| 2.4.4 | 爆破器材的检验 | 130 |
| 2.4.5 | 炸药再加工 | 134 |
| 2.4.6 | 爆破器材的销毁 | 135 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 3 爆破工程地质 | 138 |
| 3.1 岩石及其分级..... | 138 |
| 3.1.1 岩石分类 | 138 |
| 3.1.2 地质构造 | 141 |
| 3.1.3 岩石的物理力学特性 | 142 |
| 3.1.4 岩石的状态方程 | 151 |
| 3.1.5 岩石分级 | 163 |
| 3.2 地质条件对爆破的影响..... | 169 |
| 3.2.1 岩石性质和爆破参数 | 169 |
| 3.2.2 岩石和炸药的匹配问题 | 169 |
| 3.2.3 地质构造对爆破的作用 | 171 |
| 3.3 爆破对岩体的影响及工程地质问题..... | 181 |
| 3.3.1 爆破裂隙 | 181 |
| 3.3.2 边坡稳定问题 | 182 |
| 3.3.3 地下爆破工程引起的工程地质问题 | 184 |
| 3.4 爆破工程地质勘测..... | 185 |
| 3.4.1 基本要求 | 185 |
| 3.4.2 勘探工作的内容和方法 | 185 |
| 3.4.3 爆破后的工程地质工作 | 187 |
| 4 采矿及建筑工程钻孔爆破 | 188 |
| 4.1 露天开采梯段爆破..... | 188 |
| 4.1.1 基本条件和要求 | 188 |
| 4.1.2 基本参数 | 189 |
| 4.1.3 单一装药设计方法 | 190 |
| 4.1.4 复式装药设计方法 | 201 |
| 4.1.5 堑沟爆破 | 204 |
| 4.1.6 压碴爆破和缓冲爆破 | 205 |
| 4.1.7 大块石碴的开采爆破 | 207 |

| | | |
|--------|-----------------------------|-----|
| 4.1.8 | 提高破碎度的分析和实用方法 | 207 |
| 4.1.9 | 近年国内外研究试验的一些新工艺 | 211 |
| 4.1.10 | 石材开采爆破 | 215 |
| 4.1.11 | 钻孔爆破施工 | 218 |
| 4.1.12 | 通过现场管理提高经济效益的几个 问题 | 222 |
| 4.2 | 建筑工程爆破 | 224 |
| 4.2.1 | 低台阶爆破 | 225 |
| 4.2.2 | 保护层爆破 | 227 |
| 4.2.3 | 药壶爆破法 | 229 |
| 4.2.4 | 道路工程爆破 | 233 |
| 4.2.5 | 沟槽爆破 | 239 |
| 4.3 | 井巷掘进爆破 | 242 |
| 4.3.1 | 掏槽 | 243 |
| 4.3.2 | 井巷掘进的爆破参数 | 249 |
| 4.3.3 | 竖井掘进 | 255 |
| 4.4 | 隧道掘进爆破 | 260 |
| 4.4.1 | 隧道开挖方法 | 260 |
| 4.4.2 | 瑞典隧道掘进技术 | 264 |
| 4.5 | 地下硐库开挖 | 274 |
| 4.5.1 | 导坑法 | 274 |
| 4.5.2 | 留矿法 | 275 |
| 4.5.3 | VCR法 | 275 |
| 4.6 | 地下采矿爆破 | 276 |
| 4.6.1 | 地下浅孔台阶爆破 | 276 |
| 4.6.2 | 扇形孔爆破 | 278 |
| 4.6.3 | VCR采矿法 | 284 |
| 4.6.4 | 多排同段爆破 | 289 |
| 4.6.5 | 布朗士威克铅锌矿井下大型卸压爆破 | 290 |
| 4.7 | 煤矿井下采掘爆破的特殊作业方法 | 291 |

| | | |
|----------|------------------------|------------|
| 4.7.1 | 竖井冻结段控制爆破 | 291 |
| 4.7.2 | 开掘马头门和破锅底爆破 | 292 |
| 4.7.3 | 井壁开口爆破 | 293 |
| 4.7.4 | 石门震动放炮 | 294 |
| 4.7.5 | 竖井过瓦斯煤层的爆破 | 294 |
| 5 | 轮廓爆破与谨慎爆破 | 296 |
| 5.1 | 密孔法 | 297 |
| 5.2 | 减弱爆破 | 297 |
| 5.3 | 光面爆破 | 298 |
| 5.3.1 | 光面爆破设计 | 299 |
| 5.3.2 | 光面爆破的质量保证 | 301 |
| 5.3.3 | 实例 | 308 |
| 5.4 | 预裂爆破 | 310 |
| 5.4.1 | 概述 | 310 |
| 5.4.2 | 露天预裂爆破设计 | 312 |
| 5.4.3 | 实例 | 315 |
| 5.4.4 | 掘进工程预裂爆破 | 317 |
| 5.4.5 | 预裂爆破质量保障 | 318 |
| 5.5 | 谨慎爆破的药量控制 | 319 |
| 5.5.1 | 强度控制参量 | 319 |
| 5.5.2 | 振动强度的预估或计算 | 320 |
| 5.5.3 | 装药量计算及孔网参数的调整 | 320 |
| 5.5.4 | 设计实例 | 321 |
| 5.6 | 谨慎爆破的设计与施工技术 | 323 |
| 5.6.1 | 隔离、加固与修复 | 323 |
| 5.6.2 | 孔内微差技术 | 323 |
| 5.6.3 | 分层台阶爆破技术 | 324 |
| 5.6.4 | 隧道谨慎爆破 | 324 |
| 5.6.5 | 靠近初凝混凝土的爆破 | 326 |

| | | |
|----------|---------------------------|------------|
| 5.6.6 | 劈裂管爆破 | 326 |
| 5.7 | 谨慎爆破中防止飞石和空气冲击波危害的对策..... | 327 |
| 5.8 | 谨慎爆破实例..... | 328 |
| 5.8.1 | 香港地铁将军澳支线谨慎爆破 | 328 |
| 5.8.2 | 厦门邮电大厦深基坑开挖谨慎爆破 | 329 |
| 5.8.3 | 加宽路堑的爆破 | 330 |
| 6 | 硇室大爆破 | 333 |
| 6.1 | 概述..... | 333 |
| 6.1.1 | 硇室大爆破分类 | 333 |
| 6.1.2 | 设计程序和文件 | 334 |
| 6.1.3 | 硇室爆破设计原则 | 335 |
| 6.1.4 | 硇室爆破施工要点 | 336 |
| 6.2 | 硇室大爆破设计..... | 336 |
| 6.2.1 | 爆破方案的选择及药包布置方法 | 336 |
| 6.2.2 | 爆破参数选择及布药计算 | 342 |
| 6.2.3 | 爆破漏斗计算 | 356 |
| 6.2.4 | 爆堆计算 | 361 |
| 6.3 | 定向爆破筑坝设计..... | 365 |
| 6.3.1 | 爆岩运动方向的控制 | 365 |
| 6.3.2 | 定向爆破筑坝的条件 | 366 |
| 6.3.3 | 药包布置原则 | 370 |
| 6.3.4 | 堆积形态计算 | 386 |
| 6.3.5 | 定向爆破筑坝的设计程序 | 393 |
| 6.4 | 公路硇室爆破..... | 394 |
| 6.4.1 | 半壁路堑爆破 | 394 |
| 6.4.2 | 多临空面山型爆破 | 396 |
| 6.5 | 施工组织管理..... | 400 |
| 6.5.1 | 施工组织 | 400 |
| 6.5.2 | 施工准备 | 402 |

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 6.5.3 | 硐室开挖及验收 | 404 |
| 6.5.4 | 装药堵塞 | 405 |
| 6.5.5 | 起爆网路与警戒 | 408 |
| 6.6 | 提高硐室爆破经济效益的探讨 | 409 |
| 6.6.1 | 降低大块率的研究 | 409 |
| 6.6.2 | 提高抛掷率的研究 | 411 |
| 6.6.3 | 提高经济效益的措施 | 413 |
| 7 | 水下爆破 | 416 |
| 7.1 | 概述 | 416 |
| 7.2 | 水下裸露爆破 | 416 |
| 7.2.1 | 应用范围 | 416 |
| 7.2.2 | 药量计算及间排距选择 | 417 |
| 7.2.3 | 施工工艺 | 418 |
| 7.2.4 | 水下聚能药包 | 419 |
| 7.3 | 水下钻孔爆破 | 420 |
| 7.3.1 | 应用范围 | 420 |
| 7.3.2 | 钻孔设计 | 420 |
| 7.3.3 | 钻孔爆破工艺 | 427 |
| 7.4 | 水下硐室爆破 | 429 |
| 7.4.1 | 选用水下硐室爆破工艺的基本条件 | 430 |
| 7.4.2 | 药包布置 | 430 |
| 7.4.3 | 药量计算和参数选择 | 430 |
| 7.4.4 | 施工工艺 | 431 |
| 7.5 | 水下软基处理 | 431 |
| 7.5.1 | 软基爆破的特点 | 431 |
| 7.5.2 | 爆夯法 | 432 |
| 7.5.3 | 爆炸排淤填石法 | 434 |
| 7.5.4 | 复合软基爆炸处理 | 435 |
| 7.5.5 | 堤下爆炸挤淤施工法 | 436 |

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 7.5.6 | 厚砂基爆破密实 | 437 |
| 7.6 | 水下岩塞爆破 | 437 |
| 7.6.1 | 特点 | 437 |
| 7.6.2 | 选址 | 438 |
| 7.6.3 | 布药规划及计算 | 438 |
| 7.6.4 | 岩碴处理 | 438 |
| 7.6.5 | 施工工艺 | 440 |
| 7.6.6 | 实例 | 442 |
| 7.7 | 挡水岩坎爆破 | 448 |
| 7.7.1 | 概述 | 448 |
| 7.7.2 | 大峡导流明渠进水口挡水岩坎爆破 | 449 |
| 7.7.3 | 超深水平孔水下岩坎控制爆破 | 450 |
| 7.7.4 | 两侧充水的岩坎爆破 | 451 |
| 7.8 | 水下爆破工程的安全问题 | 452 |
| 7.8.1 | 殉爆和拒爆的预防 | 452 |
| 7.8.2 | 地震效应 | 452 |
| 7.8.3 | 水中冲击波及涌浪 | 457 |
| 7.8.4 | 饱和砂基的振动液化问题 | 459 |
| 7.8.5 | 水下钻爆盲炮处理 | 459 |
| 8 | 拆除爆破 | 460 |
| 8.1 | 概述 | 460 |
| 8.1.1 | 分类 | 461 |
| 8.1.2 | 拆除爆破的特点 | 461 |
| 8.1.3 | 拆除爆破的要求 | 462 |
| 8.1.4 | 拆除爆破工程的程序 | 462 |
| 8.2 | 单体钻孔爆破设计 | 463 |
| 8.2.1 | 体积法 | 463 |
| 8.2.2 | 面积—体积法 | 466 |
| 8.2.3 | 钻孔设计 | 467 |

| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 8.2.4 | 单体钻孔爆破实例 | 469 |
| 8.2.5 | 国外单体钻孔爆破设计方法简介 | 474 |
| 8.3 | 其他单体爆破方法 | 477 |
| 8.3.1 | 用集中药包爆破拆除 U 形桥台 | 477 |
| 8.3.2 | 填埋药包爆破法 | 478 |
| 8.3.3 | 贴壁土孔装药爆破法 | 479 |
| 8.3.4 | 糊炮爆破 | 480 |
| 8.4 | 切割爆破 | 482 |
| 8.4.1 | 切割爆破的用途 | 482 |
| 8.4.2 | 大块体 (片) 切开爆破 | 482 |
| 8.4.3 | 沿保留部分边界切开的切割爆破 | 482 |
| 8.4.4 | 实例 | 483 |
| 8.4.5 | 钢筋混凝土糊药切割爆破 | 484 |
| 8.5 | 楼房、厂房拆除爆破 | 485 |
| 8.5.1 | 概述 | 485 |
| 8.5.2 | 爆破方案 | 486 |
| 8.5.3 | 设计原则 | 488 |
| 8.5.4 | 设计程序 | 489 |
| 8.5.5 | 对几个设计问题的讨论 | 490 |
| 8.5.6 | 典型实例 | 493 |
| 8.6 | 烟囱水塔拆除爆破 | 512 |
| 8.6.1 | 概述 | 512 |
| 8.6.2 | 典型实例 | 514 |
| 8.7 | 水压爆破 | 528 |
| 8.7.1 | 特点 | 528 |
| 8.7.2 | 设计程序与要求 | 529 |
| 8.7.3 | 计算方法及实例 | 529 |
| 8.7.4 | 水压爆破拆除房屋 | 540 |
| 8.8 | 桥梁拆除爆破 | 544 |
| 8.8.1 | 爆破拆路桥 | 544 |