

中国工程爆破协会成立20周年学术会议

中国爆破新进展

ZHONGGUO BAOPU XINJINZHAN

汪旭光 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

中国工程爆破协会成立 20 周年学术会议

中国爆破新进展

汪旭光 主编



北 京

冶金工业出版社

2014

内 容 提 要

本书收录了近四年来我国爆破领域的学术论文 130 余篇,分为综述与爆破理论、岩土爆破与水下爆破、拆除爆破、爆破器材与起爆方法及爆破施工机械、特种爆破、爆破测试与安全管理等部分。内容主要包括工程爆破和爆破器材服务于国家重大工程建设的创新成果和技术总结、具有前瞻性的理论研究和试验工作,以及围绕抗震救灾的爆破技术和加强爆破安全管理等。

本书可供爆破领域的工程技术人员以及相关科研、教学和管理人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国工程爆破协会成立 20 周年学术会议:中国爆破新进展/

汪旭光主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-5024-6750-0

I. ① 中… II. ① 汪… III. ① 爆破技术—学术会议—
中国—文集 IV. ① TB41-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014) 第 223604 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 程志宏 徐银河 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6750-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2014 年 10 月第 1 版, 2014 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 58.75 印张; 1579 千字; 930 页

280.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

正值全国深入贯彻落实党的十八大和十八届三中全会精神之际，我们将于2014年10月迎来中国工程爆破协会成立20周年。借此契机，回顾工程爆破的发展历史，展望爆破事业的辉煌前景，无疑将进一步促进我国爆破事业的健康发展。新中国成立后，我国各行各业百废待兴，亟待迅速振兴和空前发展。在此特殊的时代背景下，老一辈爆破工作者，满怀艰苦创业的热情与激情，毅然全身心地投入到基础建设的大潮中，为我国经济建设的腾飞做出了卓越贡献，有力地推动了我国工程爆破技术的迅速发展。

伴随着改革开放，我国爆破事业的发展进入了一个崭新阶段，特别是协会成立20年来，我国爆破行业在新技术、新工艺、新材料、新设备的研发与应用等方面获得了突破，进一步促进了爆破事业的科技创新与发展，取得了举世瞩目的成就。例如，在精细爆破理念的指导下，我国露天毫秒延时爆破、高台阶抛掷爆破、大型水电站拱坝坝肩和地下厂房精细开挖爆破技术、地下矿山开采精细爆破与实害预测技术、煤矿高温爆破技术、双聚能预裂爆破技术、高大建（构）筑物精确拆除爆破、油气田开采技术、爆炸合成金刚石和爆炸复合以及新型爆破器材与现场混装爆破技术等，都是“四新”技术的充分体现和广泛应用的结果。

中国工程爆破协会成立20周年学术会议的召开和论文集的出版，展示和交流了我国爆破行业20年来所取得的重要科技成果，会进一步提高爆破行业的科学技术和安全管理水平，更好地推动爆破事业的转型升级和持续创新发展。

本次学术会议共收到186篇论文，学术会议组委会于2014年5月23~24日在贵州毕节市召开了论文审稿会，来自全国各地48名专家、学者参加了会议。通过专家们认真细致的审稿和工作小组的后续工作，最终论文集收录136篇论文，其中23篇推荐为大会宣读，25篇为优秀论文。论文集由冶金工业出

出版社出版。

论文集按照综述与爆破理论、岩土爆破与水下爆破、拆除爆破、爆破器材与起爆方法及爆破施工机械、特种爆破、爆破测试与安全管理六个领域进行编排。

鉴于时间紧迫和编者水平所限，本论文集缺点错误在所难免，敬请专家、读者批评指正。

《论文集》编委会主任
中国工程爆破协会理事长
中国工程院院士



2014年8月

目 录

综述与爆破理论

近十余年我国拆除爆破技术新进展	郑炳旭 顾毅成 宋锦泉 等	3
石方路基爆破技术与进展	高文学 石连松 刘 冬	12
水下爆炸机理研究进展	王 峰	22
交通隧道工程爆破技术发展展望	杨年华 高文学	31
浅析预裂爆破与光面爆破的发展	秦如霞 秦健飞	41
爆破技术在三峡工程建设中的应用	李晓虎 张 艳	54
建筑垃圾在水泥生产中的应用与实践	武连明 李传水	61
爆炸冲击波在多级穿廊结构坑道内传播规律的数值分析	潘 飞 高朋飞 杨 翎 等	69
岩石爆破的 SPH 方法数值模拟研究	廖学燕 施富强 蒋耀港 等	75
多起爆点炸药爆轰无网格 MPM 法三维数值模拟	王宇新 李晓杰 王小红 等	80
黏性粒状炸药爆轰参数的计算	杨敏会 苗 涛 徐秀焕	87
中国爆破网及其应用信息系统	曲广建 朱振海 黄新法 等	92
爆破振动对巷道不同部位影响数值模拟分析	王振毅 宋彦超 郑 重 等	98

岩土爆破与水下爆破

城区地下爆破对临近管道的危害分析	孟祥栋 田振农 王国欣	107
隧道爆破振动对相邻既有平行隧道影响分析	龙 源 李兴华 赵华兵 等	113
城区复杂环境下安全高效深孔控制爆破技术	杨 琳 张志毅 杨年华 等	124
金属矿床地下开采深孔爆破技术进步与发展	余 斌 王湖鑫	130
龙永高速高边坡预裂爆破技术及应用	毛益松 刘国生 陈志阳 等	140
露天矿中间隔装药爆破技术	刘成都	146
采场设计结构参数的优化与改进	贝建刚	150
复杂地质条件下超长隧洞爆破开挖与支护方案探讨	王守伟 饶辉灿 王小和	153
孔口段预留空气柱装药结构在深孔爆破中的应用	王守伟 张凤海 赵 峻 等	169
提高高分层采场爆破效果的因素分析	贝建刚	174
精细爆破在汕尾火车站场地平整工程中的应用	李雷斌 肖 涛 金 沐	179
采场中深孔爆破方案的探讨	贝建刚	190
采用环保方法施工保护鱼类资源	胡鹏飞	197
软岩支护巷道在采动作用下的稳定性损伤组合判据	马建军	202

光面爆破在吴集铁矿大断面巷道掘进中的应用	朱国涛 王晓飞 詹 进	209
露天金属矿高陡边坡爆破控制设计与施工	黄克磊	214
BJQ 气体间隔器在露天石灰石矿开采中的应用	汪 洋 韦存敏	219
大型露天矿山新水平开拓出入沟的爆破设计	龚叶飞 李 毅	222
工程水压爆破在煤层爆破中的应用	王振新	229
露天矿山爆破飞石的控制方法	高毓山 张敢生 陈庆凯 等	234
露天深孔爆破崩落法处理地下采空区实践	臧 龙 贾传鹏 张士磊	239
露天深孔爆破防水处理措施探讨	张生新	250
微震爆破技术在南山上隧道换拱施工中的应用	王 刚	255
露天矿山爆破产生大块和根底的有效解决方法	李 恒	264
破碎站基坑爆破成型技术探讨	刘 春	270
复杂环境沟槽开挖控制爆破	曾春桥 葛兆林 管国顺 等	275
大分段采高深孔强制拉槽爆破技术	张正法 马立飞 杨 翎	279
逐孔起爆毫秒延时爆破技术在太钢铁矿的应用	靳红生 李祖栋	284
中深孔爆破在水下深基坑开挖中的应用	李春军 代显华	289
气泡帷幕在长江三峡泄水箱涵口爆破的应用	胡鹏飞	295
爆破挤淤施工技术发展概述	刘永强 杨仕春	303
港口高桩码头前沿水下爆破振动控制技术应用	李红勇	311
爆炸加固软土地基作用机理的试验研究	孟海利 张志毅 杨年华 等	316
孤礁爆破	沙祖光	331

拆 除 爆 破

3.5km 城市高架桥爆破拆除	谢先启 贾永胜 姚颖康 等	337
跨海大桥桥墩爆炸纠偏工程实例	蔡小虎	345
全钢结构体育馆聚能切割爆破拆除技术	易 克 李高峰 马海鹏 等	351
基坑钢筋混凝土支撑爆破拆除技术	汪 浩 陶顺伯 徐建勇	363
高卸荷槽在拆除 130m 高冷却塔中的应用	张英才 范晓晓 徐鹏飞 等	372
复杂环境下 105m 冷却塔爆破拆除	申文胜 李清明 刘少帅	382
16 层 Y 字形全框剪结构楼爆破拆除	易 克 吴克刚 姜 洲	391
22 层框剪结构楼房爆破拆除	王俊岩 马学霞 张海涛 等	397
混凝土拆除爆破施工技术研究	田启超	403
不规则结构温度计大楼爆破拆除	苑茂育 刘桂苹 于 辉 等	412
海塘塘坝人工凿孔爆破拆除工程	曾春桥 李运喜 俞明来 等	418
电厂锅炉房保护性爆破拆除	李清明 刘文广 申文胜	425
复杂环境下 15 层 L 形商务楼定向爆破拆除	张迎春 王 琳 刘振军 等	434
复杂环境下 55m 钢筋混凝土烟囱爆破拆除	王 群 李 丹 刘崇尧 等	441
复杂环境下的排气筒爆破拆除	李 伟 胡晓艳 顾 江 等	446
26 层楼房定向坍塌爆破	公文新 张忠义 于振东	451

高层工作间及双排联体立筒仓爆破拆除	公文新 张忠义 张家军 等	460
高危钢筋混凝土桥梁二次拆除爆破技术	严匡柠 张利荣 孟祥军	466
双栋高层楼房重叠垮落爆破拆除	刘 昆 傅建秋 崔晓荣	473
控制爆破在大体积混凝土拆除施工中的应用	李东锋	480
连续箱梁临时固结支墩爆破拆除技术	王军辉 杨 威 李程远	485
南水北调垂直升船机支墩爆破拆除施工技术	刘 辉 姜海英	492
三峡工程左非 13 号坝段地质缺陷岩体控制爆破设计与实施	王 刚 叶立志	497
象山县黄避岙乡第三砖瓦厂 56m 烟囱定向爆破拆除	李运喜 曾春桥 俞明来 等	503
折叠爆破技术在框剪结构大楼拆除中的应用	易 克 李高锋 张迎春 等	509
砖烟囱高位爆破切口实践	李清明 刘文广 申文胜 等	516
复合船坞围堰爆破拆除关键技术与运用	蒋跃飞 何华伟 唐小再 等	524
复杂环境高大双曲线冷却塔爆破拆除技术	邓志勇 张志毅	535
高大建筑物爆破拆除工程实践	曲广建 崔允武 朱朝祥 等	545
钻孔爆破在盾构穿越地下障碍物工程的应用	刘少帅 何 军 申文胜 等	560

爆破器材与起爆方法及爆破施工机械

数码电子雷管起爆的降振原理及工程实际应用效果

.....	薛 里 刘世波 伏天杰 等	571
EXEL™TLDs 雷管在准东露天煤矿的应用	王宗泉	579
地面远距引爆井下非电起爆系统安全性和可靠性研究	费鸿禄 郭宝义 杨智广	583
数码电子雷管在露天深孔爆破中的应用试验	江国华 王 华	592
利用电子雷管精确延时控制爆破效果研究	杨 军 邹宗山 李顺波 等	601
我国混装炸药车爆破应用技术发展与瞻望	周桂松	610
我国乳化炸药现场混装车现状与发展	查正清 李国仲	616
现场混装作业技术的研发现状与发展趋势	李小波 宋锦泉 郑炳旭	621
现场混装炸药系统现状及未来发展构想	肖青松 江小波	628
现场混装炸药车的发展	靳永明 刘敏杰 吉学军	632
各种炸药混装系统在矿山中的应用	周军成	638
一种低爆速爆炸焊接粉状炸药的研究	陈成芳 张英豪 张 强	641
浅谈数码雷管的设计	张英豪 陈成芳	644
乳化炸药生产工艺安全性探讨	张英豪 陈成芳	650
乳化炸药生产线油水相流量自抗扰控制	王德瑞	657
乳化炸药性能测试数据不稳定原因探析及改进	刘大维 杨敏会 徐秀焕 等	662
新型黏性粒状铵油炸药研究	王 磊 徐 晖 李腾飞 等	669
高精度雷管爆破网路在峨口铁矿的实践与应用	吕 锐 陈 真	672
高精度导爆管逐孔起爆网路在露天矿控制爆破振动的应用	袁绍国 康宏焱 孔艳婷	678

支撑梁爆破中毫秒延期网路与半秒延期网路应用的比较	齐普衍	683
工程爆破技术与设备的研究与应用	高菊茹 李 林 涂文轩 等	689
深孔台阶爆破盲炮原因分析及预防	罗伟涛 吴校良	694

特 种 爆 破

基于利文斯顿漏斗理论的爆破破冰试验研究	梁向前 吴瑞波 武彩岗 等	703
深水下爆破拆除“世纪之光”沉船	肖绍清 杨朝阳 林中原	710
爆炸焊接铵油炸药现场混装技术与装备的研究与应用	龚 兵 熊代余 孙大为 等	717
双级时差安全破冰弹的研制技术	吴瑞波 武彩岗 牛跃许 等	722
PFGun 脉冲爆燃压裂技术在煤层气井中的应用	汪长栓 姚元文 冯国富 等	730
爆破破冰新技术的研究	杨学海 吴瑞波 梁向前 等	735
露天冻土爆破技术	张志毅 杨年华	749
影响聚能切割器切割效果的探讨	陈成芳 张英豪 魏绪珂	758
爆破法清除电厂锅炉内的高温凝聚物	石 勇 骆云刚	762
爆破技术在处理雪崩中的应用	胡 锐	767
石油天然气井下高温高压模拟试验室建立及应用	杨新锋 耿彬潇 李森茂 等	770
“曙星 1”沉船水下爆破解体工程	刘少帅 李介明 程荣明 等	775

爆破测试与安全管理

爆炸物品示踪安检技术与产品和设备的研究开发	汪旭光 闫正斌 王尹军 等	783
爆破振动控制与文物保护	周家汉	792
水利工程开挖爆破对新浇筑混凝土影响研究与应用	刘治峰 张戈平 迟利梅	800
近基础设施爆破开采安全性分析与控制技术	施富强	809
浅析不同爆破条件下爆破振动信号能量分布规律	张文平	815
铜坑矿细脉带火区 SO ₂ 烟气治理	王湖鑫 陈 何 吴桂才 等	819
复杂环境条件下的高温采空区爆破治理工程实践	周宝文 肖青松	827
深圳市 SCT 三期开挖爆破振动控制与监测	周浩仓	832
和谐振速在减少采石场爆破振动“扰民与民扰”中的应用	侯臣三 张志翰	837
基于 TRIZ 创新方法中的矛盾矩阵对爆破振动控制的分析探讨	王 员 胡小勇	842
产生爆破振动危害的原因分析与对策	李广东	849
德兴铜矿采空区爆破治理研究与实践	张 溢	855
浅谈高温煤层钻孔、爆破技术与安全措施	陈 伟	860
浅谈做好高原地区施工安全管理的措施	魏清河	864
浅谈几种爆破方法中飞石产生的原因和控制措施	刘志明	868
浅谈爆炸品安全技术体系的建立与事故预防措施	商 娇	871
一起对讲机引发电雷管早爆事故的理论分析	张 艳 陈文基 陈家均	877

芦山宝盛桥特大孤石抢险爆破	王永平 陶 然 杨享渠 等	881
王快水库除险加固工程溢洪道高边坡开挖爆破安全控制	张戈平 刘治峰 高文平	887
露天煤矿爆破作业安全管理的探讨	刘建国	894
浅谈爆破安全监理工作思路和几点心得体会	应 俊	899
工程爆破远程测振系统	曲广建 朱振海 黄新法 等	904
露天矿山边坡与排土场滑坡防治分析	叶振杰	912
浅谈民爆行业班组安全管理	张 璇 陈 勇	923
探讨巴特巴克布拉克铁矿节理裂隙发育对爆破成本的与影响	阮国府	926

综述与爆破理论

ZONGSHU YU BAOPO LILUN

近十余年我国拆除爆破技术新进展

郑炳旭 顾毅成 宋锦泉 赵博深

(广东宏大爆破股份有限公司, 广东广州, 510623)

摘要: 对近十多年来我国拆除爆破技术的主要进展做了回顾和简要介绍: 包括拆除爆破理论的新进展, 高层建筑物、高耸构筑物、灾后受损结构及桥梁、挡水围堰、支撑梁拆除爆破在设计施工方面的新技术, 还有拆除爆破在振动控制与环境保护技术方面的新成果, 并对拆除爆破发展趋势提出了建议。

关键词: 拆除爆破; 拆除爆破理论; 拆除爆破技术; 拆除爆破发展

The New Progress of Demolition Blasting Technology in China in Recent Ten Years

Zheng Bingxu Gu Yicheng Song Jinquan Zhao Boshen

(Guangdong Hongda Blasting Co., Ltd., Guangdong Guangzhou, 510623)

Abstract: This paper has reviewed and introduced the main progress of our demolition blasting technology in recent decades, including: new development of our demolition blasting technology, the damaged structure of tall building, high-rising building after disaster and new technology of bridge, water-retaining cofferdam, support beams in aspect of design and construction, the paper also introduces new achievement of demolition blasting in aspect of the technology of vibration control and environmental protection, and the paper has raised the suggestion about the shortcoming and development tendency of demolition blasting.

Keywords: demolition blasting; demolition blasting theory; demolition blasting technology; demolition blasting development

1 引言

建(构)筑物拆除主要有手工、机械和爆破等方法, 其中爆破拆除的特点为高效、经济、低耗、安全、环保。进入 21 世纪以来, 随着我国工业技术升级换代、城市改扩建工作的快速推进以及节能减排和环保的需要, 建(构)筑物拆除爆破得到迅速发展, 同时, 工程周边环境复杂程度、拆除难度和安全环保要求也进一步增大。

在国家城镇化战略目标要求下, 我国一些营业性爆破公司, 为了进一步提高拆除爆破理论与技术水平, 以安全、环保和高效为理念, 发展自主创新的爆破理论与关键技术, 进行了拆除

爆破理论、关键技术及应用创新的研究, 在实现爆破倒塌过程和范围、爆破振动的预测与控制以及实现环保降尘等方面, 取得了一批科技新成果, 使我国的建(构)筑物拆除爆破技术居于国际先进地位。

2 拆除爆破理论的新进展

十余年来, 拆除爆破的主要理论研究进展有:

(1) 武汉爆破公司等单位, 为了解决拆除爆破爆高计算误差大、整体失稳无理论判据的难题, 首次建立了不同结构形式、不同倒塌方式的整体失稳模型, 对拆除爆破中结构失稳、倾倒与触地解体等过程进行连续模拟, 实现建(构)筑物拆除定向爆破仿真模拟与智能化设计, 研发了拆除爆破计算机辅助设计系统, 可实现砖混、框架、框剪、桥梁、筒形等结构的拆除爆破设计, 智能快捷地完成总体方案的选择以及拆除爆破设计参数的设计, 并在多项建(构)筑物拆除爆破工程中得到成功应用。

(2) 广东宏大爆破股份有限公司在多体-离散体动力学和变拓扑多体系统理论指导下, 通过揭示爆炸荷载作用下结构塑性铰形成和演化规律, 对建(构)筑物的折叠拆除爆破进行模拟研究, 提出了多体、非完全离散体和离散体的三阶段倒塌解体动力学模型, 通过数值模拟爆破拆除建筑物倒塌的全过程, 由计算机分析绘制成时间-位移、时间-速度图, 可以计算出结构的势能、动能、总能量、建筑物爆破高度上部作用力和塌落荷载, 其研究成果指导了高耸构筑物定向、双向或三向折叠控制爆破技术^[1~5]。

(3) 解放军理工大学工程兵学院发现线型聚能材料存在“最大能量密度均衡射流段”, 提出均衡段长度和能量密度的精确控制原理, 创建了钢结构物可靠失稳的聚能切割爆破模型, 指导优化钢结构物爆破拆除设计。

(4) 为了揭示薄壁高烟囱爆破倾倒时, 支撑部的压塌、拉伸破坏, 烟囱下坐、后剪的支撑部破坏, 以及相应破坏点和基础筒壁的应变状态, 广东宏大爆破股份有限公司对拆除爆破动态实时监测技术也开展了研究, 并在多项建(构)筑物拆除爆破工程中应用。

3 拆除爆破设计与施工技术的新进展

3.1 高层建筑物爆破拆除

诸多城市的高大建(构)筑物都是采用爆破技术进行拆除的。据不完全统计, 我国拆除16层以上的高层楼房已达40座以上, 多数周围环境复杂^[6,7]。如2001年北京中大爆破技术公司完成的北京东直门22层三叉式塔楼爆破拆除^[8], 2004年广东中人集团建设有限公司完成的温州市高93m的中银大厦爆破拆除^[9], 2008年上海同济爆破工程有限公司完成的上海四平大楼爆破拆除, 2012年重庆爆破界完成的高107.2m的重庆港客运大楼、三峡宾馆等的爆破拆除, 2013年福建高能爆破公司完成的高95m的青岛海天大酒店两座大楼等^[10,11]。

高层建筑结构已从框架结构逐渐发展成框架-剪力墙、剪力墙结构等, 针对高层建筑物造型复杂、结构形式多样、允许倒塌范围不足以及拆除倒塌冲击地压增大等特点, 在设计与施工技术中采用了增加爆破缺口、重力弯矩空中解体缓冲坍塌拆除爆破新技术和综合时差起爆技术等技术方案和措施, 以克服不对称结构带来的影响, 有效控制其倒塌方向、爆堆范围及楼体落地的冲击振动, 保证了周围环境的安全^[12,13]。

3.2 高耸构筑物的爆破拆除

近10多年来, 随着电厂改扩建工程的实施, 国内掀起了高烟囱和冷却塔爆破拆除热潮。

据不完全统计,我国已成功拆除了高 100m 以上的钢筋混凝土烟囱和高 60m 以上的大型冷却塔各 100 多座,其中 200m 以上高烟囱近 10 座,高 90m 以上的冷却塔 30 多座。

不少高耸构筑物位于复杂环境中,场地窄、空间小,爆破拆除难度大。例如,2005 年广州造纸厂 100m 烟囱爆破拆除,倒塌空间最宽只有 40m,最窄仅 15m,广东宏大爆破股份有限公司首创高耸建(构)筑物三向折叠爆破技术(见图 1),揭示铰链点的位置、形成与发展过程;精确控制折叠爆破倒塌方向、范围和解体程度,为我国高耸建(构)筑物多向折叠爆破拆除奠定了技术基础。我国已成功地在复杂环境中采用双向折叠、三向折叠等控制爆破方法拆除了 10 多座高 100m 以上的钢筋混凝土烟囱^[16,17]。解放军理工大学工程兵学院、深圳市和利爆破技术工程有限公司、河南迅达爆破有限公司、河南省现代爆破技术有限公司等单位针对小长径比薄壁筒体结构,为合理调控筒体荷载分布和弱化筒体局部刚度^[18,19],提出薄壁筒体高卸荷槽复合切口爆破等设计方法与施工技术,实现了对塌落解体过程和触地状态的有效控制^[20]。

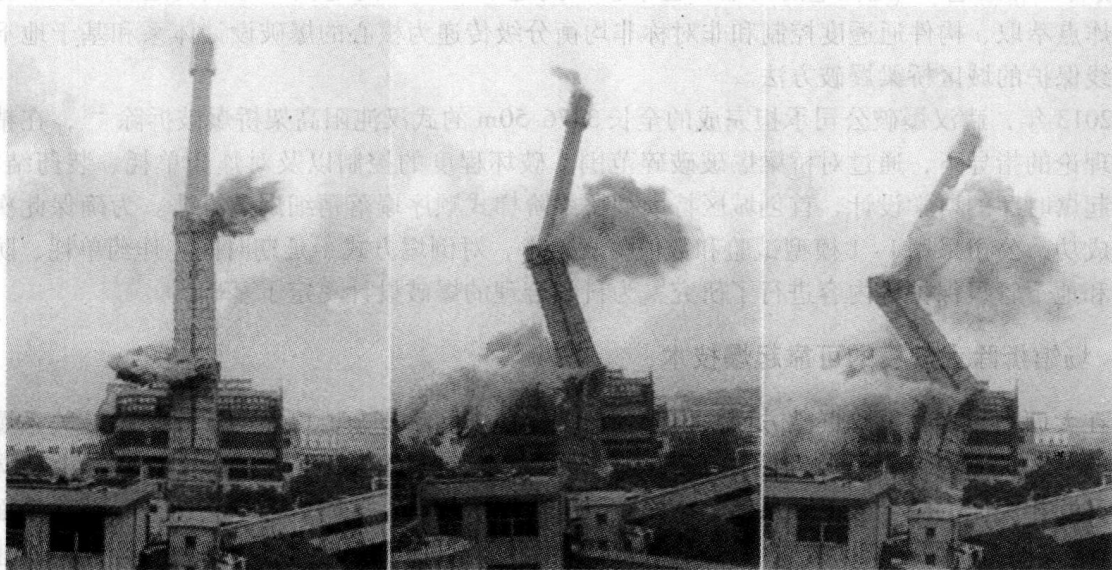


图 1 广州造纸厂百米烟囱三向折叠爆破瞬间(广东宏大爆破股份有限公司,2005)

Fig. 1 The 100 meters chimney demolition blasting of Guangzhou paper mill

(Guangdong Hongda Blasting Co., Ltd., 2005)

3.3 灾后受损结构快速拆除爆破技术

2008 年、2012 年我国相继在汶川、雅安发生大地震,城镇中到处是废墟、危房,水塔、烟囱裂口、倾斜,而且余震不断,随时都可能给人民的安全造成威胁。工程爆破作为一种重要的技术手段,在抢险救灾过程中发挥了重大的作用。四川省工程爆破协会、解放军理工大学工程兵学院、武警水电第三总队、四川雅化实业集团股份有限公司等单位在保证灾区人民的生命财产安全和重建家园中建功立业。

一些爆破公司十分重视灾后受损结构快速拆除爆破技术。广东宏大爆破股份有限公司通过对危楼建筑物的施工安全分析,研制了结构裂缝破坏位移监测报警系统,提出了结构变形允许施工的警报值,开发出了“结构计算和裂缝、变形监测监控相结合”的技术,确保爆破前建筑内一切爆破作业工序顺利地进行。该技术在汕头市澄海区利嘉织艺有限公司由于火灾变成危

楼仓库、海员宾馆等多项危楼建筑物爆破抢险拆除中成功应用,对爆破技术在防灾抢险中的应用有重要的意义。

武汉爆破公司实施的汉口桥苑新村 18 层倾斜大楼,是在每小时 2cm 的倾斜速度并可能自然坍塌的情况下,冒着生命危险紧急施工,仅用三个昼夜抢在自然坍塌前控爆拆除,创造了大楼结构、高度、层数和时间四项爆破全国第一,结构和时间两项世界第一的奇迹,解除了全市瞩目的心腹大患。

3.4 城市复杂环境桥梁、新型结构桥梁的爆破拆除

近 10 多年来,几十座废旧桥梁采用控制爆破成功拆除,其典型工程有:解放军理工大学工程兵学院 2012 年承担完成的南京城西干道高架桥爆破拆除工程^[21],包括总长度达到 2078m 的 4 座高架桥、2 座匝道桥,时为国内外最长和拆除难度最大的城区高架桥,采用精确爆破设计、多体复合防护和分次卸载、顺序塌落爆破技术,确保了距爆破点 30m 的全国重点保护文物“明城墙”和最近 5m 处住宅的安全,也未影响到地下 14.5m 的地铁 2 号线的运行,创新提出了以炸点萃取、构件通透度控制和非对称非均衡分级传递为核心的爆破设计体系和基于地下浅埋管线保护的城区桥梁爆破方法。

2013 年,武汉爆破公司承担完成的全长 3476.50m 的武汉沌阳高架桥爆破拆除^[22],在精细爆破理论的指导下,通过对桥梁爆破破碎范围、破坏程度的控制以及对炸药单耗、装药结构、合理起爆时序的科学设计,首创城区特大型桥梁阶梯式顺序塌落精细爆破方法。为确保此次爆破的成功,公司采用 1:1 模型试验和数值仿真技术,对倒塌方式、延期时间、炸药单耗、防护形式和地下管线保护等内容进行了研究,为科学合理的爆破设计奠定了基础。

3.5 场馆拆除大规模的可靠起爆技术

在大面积建筑物拆除爆破方面,由于药包多,起爆网路复杂,可靠的起爆技术是关系爆破成败的关键。1999 年由贵州新联爆破工程有限公司爆破拆除的贵阳市工人文化宫,由结构不同而又互相关联的综合楼、联系体、影剧院三栋主建筑物和一些附属建筑物组成,总建筑面积 20281m²。该工程采用交叉复式起爆网路和闭合网路,合理安排起爆点和网路闭合点,使建筑群按设计要求的各种倒塌形式和顺序爆破,保证了 37562 个炸药包、45129 发导爆雷管的百分百准爆,爆破效果令人满意。

广东宏大爆破股份有限公司 2007 年实施的沈阳五里河体育馆爆破拆除工程^[23],建筑面积 40000m²,一次准确起爆超过 1.2 万个炮孔,使用炸药 2.568t,雷管 14000 枚,采用精确延时、逐跨接力、顺序塌落爆破技术,成功爆破世界一次性爆破中面积最大的建筑物,展示了可靠、先进的起爆技术,爆破取得了预期的效果(见图 2)。

近 10 多年来,拆除爆破采用以导爆管并簇联和闭合网路相结合为基础的起爆方法,可以进一步设计毫秒或秒延时起爆网路,2010 年爆破拆除的郑州亚细亚大酒店,还使用了近 3000 枚我国自行研制生产的隆芯 1 号数码电子雷管,爆破非常成功。研究和工程实践表明,该技术极大地提高了拆除爆破起爆技术的可靠性。

3.6 挡水围堰及支撑梁的拆除

挡水围堰是水利水电、港口和大型船坞修建主体工程时必不可少的关键性临建工程,著名的葛洲坝水电站上游混凝土心墙土石围堰、云南大朝山水电站尾水隧道出口混凝土围堰及岩埂以及河南鸭河口电厂进水口复式深水围堰等,都是技术难度高的拆除工程。



图2 五里河体育场爆破瞬间 (广东宏大爆破股份有限公司, 2007)

Fig. 2 Wulihe Stadium demolition blasting (Guangdong Hongda Blasting Co., Ltd., 2007)

2006年6月, 长江三峡水利枢纽三期上游碾压混凝土围堰拆除爆破总长度为480m, 爆破水深最大38m, 总方量 $18.6 \times 10^4 \text{ m}^3$, 三峡三期RCC围堰爆破拆除举世瞩目(见图3)。长江科学院爆破与振动研究所等单位对其拆除爆破方案进行了大量试验研究, 包括爆破器材及起爆网路可靠性试验、爆破地震效应研究、定向倾倒可能性及触地震动研究等, 并进行了1:100围堰模型倾倒试验和1:10围堰模型倾倒爆破试验等, 为项目实施提供科学依据, 保证了爆破拆除顺利进行。

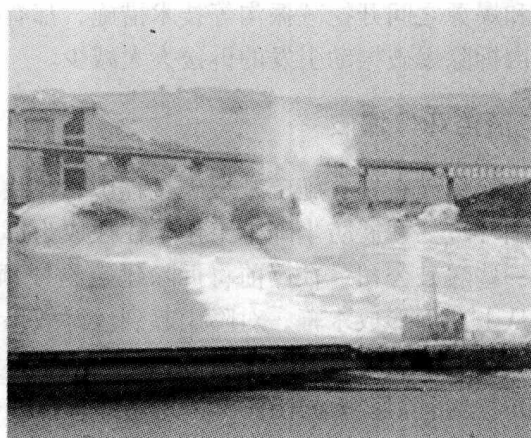
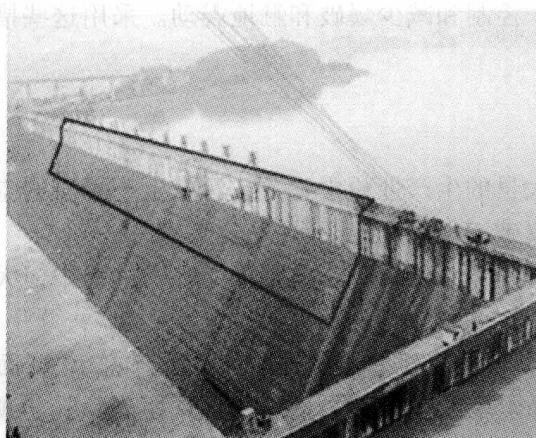


图3 三峡三期上游碾压混凝土围堰拆除爆破(2006)

Fig. 3 Roller compacted concrete cofferdam demolition blasting of the three gorges project (2006)

在船坞挡水围堰及岩坎的爆破拆除方面, 浙江省高能爆破工程有限公司、浙江大昌爆破工程有限公司等单位因地制宜地采用竖直孔充水开门爆破、倾斜孔不充水关门爆破、倾斜孔不充水开门爆破等技术成功爆破拆除了舟山永跃船厂、中远船务、金海湾等30余座船坞围堰, 为