

中國工程院 院士文集

徐更光文集



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

014051885

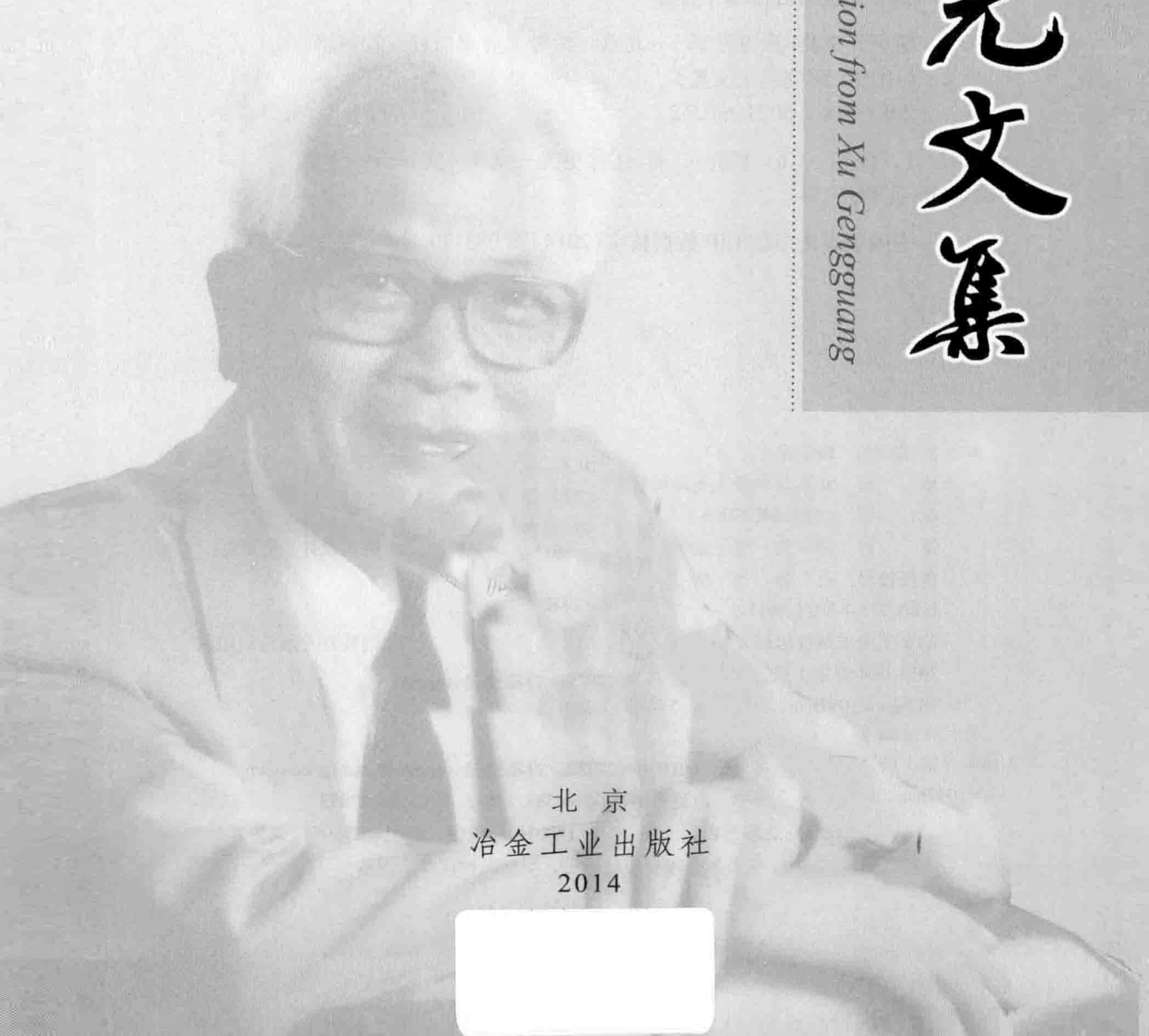


中國工程院 院士文集

Collections from Members of the
Chinese Academy of Engineering

徐更光文集

A Collection from Xu Gengguang



北 京
冶金工业出版社
2014

内 容 提 要

本书是徐更光院士的论文的自选集,共收录了学术论文 75 篇,他指导下的博士论文 1 篇、硕士论文 2 篇。内容包括爆炸理论及其应用、武器弹药的炸药装备及装药技术等诸多领域。不仅展示了徐更光院士和他所在的科研团队在该领域的科研成果,而且见证了爆炸理论的发展历程,有较高的学术价值。

本书适合军用炸药、民用炸药及其爆炸的理论研究人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

徐更光文集/徐更光著. —北京:冶金工业出版社, 2014. 4
(中国工程院院士文集)

ISBN 978-7-5024-6615-2

I. ①徐… II. ①徐… III. ①徐更光—文集 ②炸药—文集
IV. ①TJ5—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 083179 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

策 划 谭学余 责任编辑 杨秋奎 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6615-2

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 4 月第 1 版, 2014 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 36.5 印张; 2 彩页; 856 千字; 568 页

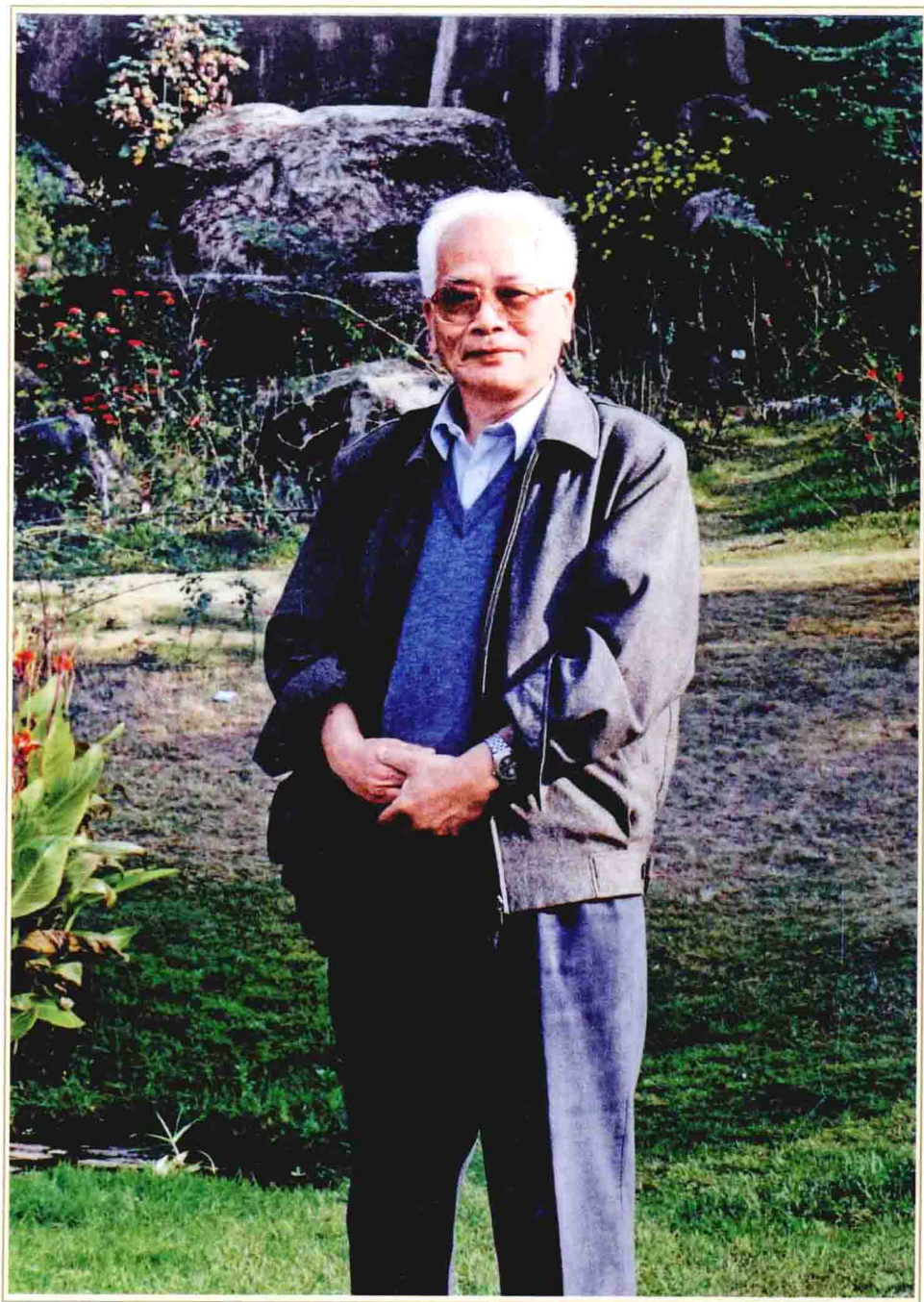
210.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)



徐更光 院士



徐更光院士（左）与爆炸力学奠基人丁倣教授（右）在青岛黄岛

 《中国大百科全书·军事》第二版 聘书 		兹聘请 徐更光 同志 为《中国大百科全书·军事》 第二版 军事技术基础理论 学科条目撰写人 中国军事百科全书编审委员会 二零零二年 月 日 
--	--	--

《中国大百科全书》第二版撰写人聘书（2002 年）

 《中国军事百科全书》第二版 聘书 		兹聘请 徐更光 同志 为《中国军事百科全书》 第二版 军事技术总论 学科条目撰写人 中国军事百科全书编审委员会 二零零四年十月 
---	--	--

《中国军事百科全书》第二版撰写人聘书（2004 年）



中国工程院 院士文集

《中国工程院院士文集》总序

2012年暮秋，中国工程院开始组织并陆续出版《中国工程院院士文集》系列丛书。《中国工程院院士文集》收录了院士的传略、学术论著、中外论文及其目录、讲话文稿与科普作品等。其中，既有院士们早年初涉工程科技领域的学术论文，亦有其成为学科领军人物后，学术观点日趋成熟的思想硕果。卷卷文集在手，众多院士数十载辛勤耕耘的学术人生跃然纸上，透过严谨的工程科技论文，院士笑谈宏论的生动形象历历在目。

中国工程院是中国工程科学技术界的最高荣誉性、咨询性学术机构，由院士组成，致力于促进工程科学技术事业的发展。作为工程科学技术方面的领军人物，院士们在各自的研究领域具有极高的学术造诣，为我国工程科技事业发展做出了重大的、创造性的成就和贡献。《中国工程院院士文集》既是院士们一生事业成果的凝炼，也是他们高尚人格情操的写照。工程院出版史上能够留下这样丰富深刻的一笔，余有荣焉。

我向来认为，为中国工程院院士们组织出版院士文集之意义，贵在“真、善、美”三字。他们脚踏实地，放眼未来，自朴实的工程技术升华至引领学术前沿的至高境界，此谓其“真”；他们热爱祖国，提携后进，具有坚定的理想信念和高尚的人格魅力，此谓其“善”；他们治学严谨，著作等身，求真务实，科学创新，此谓其“美”。《中国工程院院士文集》集真、善、美于一体，辩而不华，质而不俚，既有“居高声自远”之澹泊意蕴，又有“大济于苍生”之战略胸怀，斯人斯事，斯情斯志，令人阅后难忘。

读一本文集，犹如阅读一段院士的“攀登”高峰的人生。让我们翻开《中国工程院院士文集》，进入院士们的学术世界。愿后之览者，亦有感于斯文，体味院士们的学术历程。

徐匡迪

2012年7月



徐更光院士简历

徐更光 (Xu Gengguang 1932—), 男, 汉族, 1932 年 11 月 18 日出生于浙江省东阳市。

1987 年 12 月加入中国共产党, 中国工程院院士、教授、博士生导师。1956 年毕业于北京工业学院化工系、同年留校任教, 历任实验室主任、研究室主任、北京理工大学力学工程系主任、北京理工大学学术与学位委员会副主任委员、中国兵器工业总公司科学技术专家委员会副主任委员及炸药专家组组长、国防科工委专家咨询委员会委员、国家国防科技工业局科学技术委员会委员、中国材料研究会副理事长、国务院学位委员会学科评议组成员、兵器科学与技术学科召集人、中国兵工学会理事、北京兵工学会副理事长、爆炸科学与技术国家重点实验室学术委员会主任、弹药装药技术研究应用工程中心专家委员会主任。

徐更光长期从事于炸药及其应用技术的教学与科学研究、爆炸能量输出与目标力学响应研究、非理想炸药爆炸过程的数值分析方法等基础研究, 为我国武器弹药的炸药装备、装药技术发展做出了不懈努力和重要贡献。

自 1978 年以来, 徐更光先后获国家级科技进步一等奖等国家级成果奖四项, 部委级科技成果奖十余项。所主持的研究集体是北京市、兵器部火炸药行业的先进集体。先后获北京市、国务院国防工办、全国高校科技先进工作者, 火炸药行业优秀专家称号。在人民兵工创建 60 周年之际, 中共兵器工业总公司党组授予他“兵器工业功勋奖”荣誉称号。1998 年, 被教育部、人事部评为全国教育系统劳动模范, 并授予全国模范教师称号。



徐更光院士主要科学技术 成就和贡献编年简史

1964 年

徐更光同志参加国家设置的“142”专题，承担了×××弹引爆专用塑料粘结炸药配方设计与制备工艺研究。他从哲学高度认识科学技术发展规律，正确把握研究方向，通过深入分析，揭示出其中的主要矛盾是“炸药能量密度提高”与“炸药使用更加安全”之间的矛盾，实质是任一方性能的提高，都要以另一方性能降低为代价。提出采用高效粘结剂，少量的粘结剂既保证了主体炸药的高能量密度，同时又显著降低了炸药的机械感度、提高安全性，因而完成了一个重要创新，所研究的两种新配方：×××和×××。经过长期实际贮存验证，其主要性能达到国内、国际先进水平。

1964年在攻克×××弹任务时，研制引爆×××弹的炸药是重大难题，在研发过程中，最终使用了徐院士主张的粘结剂，解决了药柱成型性能差的问题。此发明产生了特别重大的社会效益，为我国×××弹和国防建设做出重要贡献。

1977 年

徐更光同志被北京市委、北京市政府评为“北京市科学技术先进工作者”。

1978 年

※ 4月，应海军之邀去往广东湛江，调查分析×××爆炸事故，该事故属事后调查分析，技术难度大。徐更光同志创新性地利用当地地震台、气象台及构筑物爆炸损伤等原始记录，准确判断了事故爆炸时间、TNT当量、爆炸中心等后续分析所需的关键数据，为事故原因的最终确定做出了贡献。后又用模拟试验验证了分析结果，积累了大量事故分析的实用经验。

※ 8月，×××高能炸药获全国科学技术大会奖（第1获奖人：徐更光）。×××是为反坦克破甲武器设计的一种高能混合炸药，徐更光同志负责配方及制备工艺设计，于1970年批准设计定型，1980年进入批量生产，是我国生产和装备量最大的品种之

一。装备×××火箭弹等三十余种弹药产品，总装备数量千万发。由于改进后解决了高聚物水解问题，储存寿命大大延长，至今仍不失其先进性和创造性。投产至今共实现不变价总产值达8700万元，不变价利润达1000万元，为我国的国防和经济建设做出了重要贡献。

1980 年

※×××混合炸药获国务院国防工业重大科技进步奖（第1获奖人：徐更光）。徐更光同志设计了高威力含铝炸药，于1980年批准设计定型。装填×××高射榴弹，与原装炸药相比，威力提高10.4%，同时解决了铝粉污染对工人的危害，更重要的是解决了原炸药成型困难，废品率高的问题，是我国自行设计的第一代高威力含铝炸药。

※徐更光同志获得国务院授予的“国防工业办公室先进科技工作者”称号。

1981 年

M-1型工程起爆药柱获江西省重大科技成果三等奖（第1获奖人：徐更光）。针对矿山工程爆破用工业炸药爆速、爆压和猛度低，爆破效率低，大块率高，运输困难的问题，徐更光同志提出廉价药型罩的射流引爆方案，由高速射流引爆工业炸药，使整个爆破药包爆轰时间大大缩短，炸药猛度和爆炸初始产物压力增大，从而显著地提高了矿山爆破效率，该产品受到有关单位的热烈的欢迎。

1982 年

改进装药贮存安定性新方法获国家发明三等奖（第1获奖人：徐更光）。该发明成果解决了塑料粘结炸药中高分子水解安定性问题。高分子在炸药晶间酸催化作用下严重水解，而且水解产物又含酸，使反应演化为自催化，如×××炸药，从而造成弹药报废达千万发，损失达3.5亿元以上，这一问题的解决具有重大的技术、军事和经济综合效益。

1985 年

高温石油射孔弹火工系统获兵器部科技进步二等奖（第1获奖人：徐更光）。针对胜利油田使用美国进口高温石油射孔弹存在的技术问题，主持研究高温石油射孔弹及配套的雷管、导爆索。通过热爆炸动力学机理分析，研制了新型耐热炸药，从而取代了美国高温石油射孔弹系统，是我国第一代耐高温石油射孔弹。该产品解决了高能耐热炸药的组成配伍问题，广泛应用于我国深井油田开发，相比美国进口弹药价格要低17.6倍，具有较高的经济技术综合效益。

1988 年

×××特种混合炸药获国家科技进步三等奖（第2获奖人：徐更光）。×××特种混合炸药是为防化兵研制的新型催泪弹装药，徐更光同志负责配方设计，与国外燃烧型催泪弹相比，其化学效应增强了1.5倍，反应速度快，使弹药效能得到了显著提高。

1990 年

徐更光同志获得国家教委、国家科技委授予的全国高等学校“先进科技工作者”称号。

1991 年

※为表彰徐更光同志为发展我国科学研究事业做出的突出贡献，从1991年7月起，享受政府特殊津贴。

※在人民兵工创建六十周年之际，兵器工业总公司党组表彰和鼓励为兵器工业的发展做出特殊贡献的优秀科技工作者，授予徐更光同志“兵器工业功勋奖”。

1992 年

※海萨尔×××高威力炸药获国家科技进步一等奖（第1获奖人：徐更光）。海萨尔×××是为高射武器设计的一种高威力混合炸药，徐更光同志负责配方设计及制备工艺研究，于1990年批准设计定型，在国内先后装备舰炮、航炮、高炮弹药、地空导弹，年出口量达577吨，达到国外同类产品先进水平，是我国具有代表性的主要炸药装备。

※高威力含铝炸药在武器中的应用大幅度提高了爆炸毁伤能力，徐更光同志针对高威力含铝炸药在水中和空气中的能量输出结构，通过爆炸冲击波参数相似性分析，发现冲击波峰值超压和正压区冲量不满足对比距离的相似关系，现已通过实验建立了相似关系，设计了PW系列炸药，实现了不同的能量输出结构，推动了炸药的序列化，为高威力含铝炸药的应用奠定了坚实的科学基础。

1993 年

×××炸药获部级科技进步二等奖（第1获奖人：徐更光）。针对我国大口径榴弹重大安全生产技术改造，特别是TNT生产过程的废水对环境造成严重污染以及装药过程中的TNT蒸气严重损害了工人健康。据统计，弹药厂装药工人的TNT肝炎发病率达35%，TNT白内障高达90%。徐更光同志创新性地提出取消TNT生产中亚硫酸钠精制，保留异构物以增加塑性的设计思想，创新性地提高TNT的塑性，实现了常温装药，提

高了装药密度，又降低了 TNT 装药的粉尘污染，使常温装药的 TNT 蒸气压较未改造前降低 1.5 万倍，为解决装药工人的职业病危害奠定了科学基础。经 763 厂合作验证 4 万发，装药产品的合格率 99.97%，是一项可获重要效益的科学途径，同时也是环保治理一项较重大的革新和实践示范。

1994 年

※徐更光于 1994 年 5 月选聘为中国工程院首批院士。

※任北京理工大学学术与学位委员会副主任、校首席教授。

1995 年

硝化甘油喷射输送安全系列获部级科技进步二等奖（第 3 获奖人：徐更光）。提出了硝化甘油以水隔爆的试验方案，进行了安全性数值计算及分析验证，具体大量试验工作由 245 厂主持进行，较快、较经济地验证了水隔爆的安全性临界参数，为系列研究提供了科学的方法和手段，推动了兄弟单位后续研究工作的开展。

1997 年

国务院学位委员会聘请徐更光同志为国务院学位委员会第四届学科评议组（兵器科学与技术评议组）成员。

1998 年

徐更光同志获得教育部、人事部授予的“全国教育系统劳动模范”和“全国模范教师”称号。

2000 年

爆炸能量输出对目标力学响应研究：徐更光同志结合水中破障武器的科研实践，创新性地提出了爆炸能量输出对目标力学响应问题，大幅度提高了爆炸对目标的毁伤效果。爆炸能量输出结构与目标力学响应是爆炸学的核心研究内容，也是炸药、弹药、毁伤及防护专业的科学基础，推动了科技创新，促进了爆炸学科的发展。

2001 年

×××破甲弹获国防科学技术三等奖（第 5 获奖人：徐更光）。负责该项目中提高破甲威力，解决高能炸药安全应用这一关键技术，通过装药质量提高，消除装药间隙，

解决后膛炮过载发射安全保障难题，这一成果提高了破甲弹威力，破坏后效靶板数由平均1块提高到了5块，同时又确保高能炸药×××应用于高过载破甲弹的发射安全性，促进了我国大口径破甲弹的发展，开创了我国第一个高能炸药在高过载后膛弹中的应用。

2005 年

※中国兵器工业集团公司科学大会授予北京理工大学徐更光同志低比压顺序凝固注药技术应用研究项目“科技创新突出贡献一等奖”。徐更光同志所领导的科研团队获得“兵器工业科技创新优秀团队奖”。

低比压顺序凝固注药技术是继国外B炸药自动注药以来一个重要发展，它利用低比压加载下炸药顺序凝固，实现了支状晶微观补缩，使炸药的相对密度提高到98.5%以上，显著降低了冲击波感度，从而提高了炸药冲击过载下的安全性，同时也提高了装药质量和能量密度，而且也从根本上改善了工人劳动条件，是一种综合性能全面的先进装药新工艺，现已在多种弹药中推广应用，是国防科技能力建设投资千万元的重大专项。低比压顺序凝固装药方法的第一发明人为徐更光，已申请专利，该专利是继国外发展自动注装工艺后，又一重要的创新专利，是目前最先进的注装药工艺方法和装置。

※×××系统获国家科技进步二等奖（第10获奖人：徐更光）。火箭破障系统包括火箭破障弹、火箭发射控制、船载系统等一个较大的系统。徐更光同志作为火箭破障弹战斗部主任设计师，负责火箭弹战斗部及水中破障用新型高威力炸药设计，研究战斗部装药水下爆炸能量输出结构，大幅度提高了水中破障威力，炸药冲击波能为TNT的1.54倍，达到了先进水平，是该项目在国内竞标中获胜的主要因素。在验收试验中，射程从1000m提高至3000m，命中目标从18发下降为13发，破障效率从80%反而提高至85%，显著提高了单发火箭弹的破障威力（47.1%）。

2009 年

※徐更光同志任北京理工大学机械运载学部委员会顾问。

※徐更光同志对炸药、染料中间体生产本质安全性进行了研究。我国发生过多起炸药、染料中间体在生产过程中的燃烧、爆炸事故，造成严重的财产损失和人员伤亡。徐更光同志提出了将系统的温度控制在材料的热爆炸临界温度以下，以提高工艺本质安全度的设计思想，这一科学思想应用于生产实践，安全可靠，具有重大的经济及社会效益，受到相关企业的一致好评。

2010 年

为表彰徐更光院士为河北省经济建设、社会发展和科技进步做出突出贡献，获得“河北省院士特殊贡献奖”。

2012 年

※ 3 月，徐更光院士应邀参加上海交通大学举办的“全国舰艇抗冲击交流会”，作了题为“非理想炸药爆炸冲击波参数传输相似率分析”的特邀报告，并和与会专家交流了该领域数值分析中存在的问题及算法。

※ 4 月，徐更光院士应邀参加了在杭州举办的“弹药发展研讨会”，作了“高能炸药的关键技术集成与工程化应用示范”的主题报告。

2013 年

现阶段我国各军兵种使用的武器弹药，特别是装药数量很大的压制兵器，长期以来主要装备爆炸能量较低的 TNT，与西方先进国家主要装备 B 炸药相比，其爆炸威力要低 30% ~ 50%，严重制约了我国压制兵器的发展和毁伤能力的提高，是我国防科技发展中一个具有普遍意义的薄弱环节。针对国家这一重大军事需求背景，徐更光教授通过近 15 年的努力，研究了 $\times \times \times$ 炸药改性技术、 $\times \times \times$ 高威力含铝炸药技术、低比压顺序凝固注装药技术、分步压装药技术、装药发射安全性评估技术和装药质量无损检测技术等 6 项关键技术，结合弹药型号研制将 6 项技术集成并建立工程化示范。成功解决了长期以来弹药发射安全领域的难题，极大加快了我国压制兵器弹药威力提高的进程。

小 结

上述主要成果在多家生产厂生产，应用于几乎所有弹厂，装备 $\times \times \times$ 火箭弹、 $\times \times \times$ 单兵弹、 $\times \times \times$ 火箭弹、 $\times \times \times$ 破甲弹、 $\times \times \times$ 单兵火箭弹、 $\times \times \times$ 高榴、 $\times \times \times$ 高榴、 $\times \times \times$ 高榴、 $\times \times \times$ 坦克炮破甲弹、 $\times \times \times$ 反坦克导弹、 $\times \times \times$ 地空导弹、末敏弹、 $\times \times \times$ 攻坚弹、破障弹、 $\times \times \times$ 榴弹、 $\times \times \times$ 榴弹、 $\times \times \times$ 迫催泪弹、催泪手榴弹、高温石油射孔弹、高温导爆索等 50 多种弹药和民用爆破器材，影响广泛，提高了弹药威力和性能，解决了大批弹药安全贮存问题，促进了我国大口径榴弹安全技术改造，促进了军品外贸，早期开发产品至今仍在广泛发挥效益，特别是兵总 1988 年成立以后发展的海萨尔及序列化炸药、 $\times \times \times$ 炸药、 $\times \times \times$ 特种炸药等多项重要研究成果，研究水平高，大部分达到了国内国际先进水平，在学科组共同努力下，为国防建设、兵器工业的发展做出了突出贡献，取得了重大的军事、经济、社会综合效益。



目 录

学术论文选登

» 爆炸学	3
» 非理想炸药水下爆炸冲击波参数传输相似分析	5
» 非理想炸药爆炸的冲击波参数传输相似分析	9
» 中国高能量密度材料的研究与应用	15
» 混合炸药爆压的工程计算法	27
» 奥克托今耐热炸药的热爆炸延滞期研究	33
» 螺旋装药的安全技术	38
» 动载荷下含空气泡的 TNT 装药安全性能的实验研究	42
» Numerical Modelling of Detonation Using High Resolution Schemes	48
» TNT/RDX 悬浮液的流变学性质	54
» 混合炸药的爆轰模型及参数计算	58
» TNT 的改性研究	62
» 温度对梯恩梯感度的影响	66
» Ordered Solidification Technique under Low Pressures in the Loading of Molten Explosives	71
» TNT 装药疵孔对发射安全性的影响	77
» 单质炸药和样品混合炸药热分解反应动力学参数的研究	83
» 含铝炸药二维冲击起爆的爆轰数值模拟	89
» 评价炸药热安定性和相容性的一种新方法	94
» The Effects of Porosity and Mechanic Properties of Explosive Charges on Launching Safety	99
» Use of JWL Equation of State	104
» 用 KHT 状态方程计算炸药爆轰参数	109
» 用修正的 KHT 状态方程预报炸药爆轰性能	115

» 分子间炸药加速金属能力计算研究	119
» 爆轰产物 KHT 状态方程参数及应用研究	124
» 含铝炸药爆轰产物状态方程及膨胀过程研究	132
» Detonation Behavior of Intermolecular Explosives EAR	140
» 超细 HMX 和 RDX 撞击感度的研究	146
» 射流撞击粉碎法制备超细炸药颗粒原理分析	150
» 炸药装药在后座冲击条件下的点火模型研究	157
» CARS 光谱技术在炸药测温领域中的应用	163
» 光纤光谱技术在炸药爆温测量中的应用	167
» Comparison of Incremental Pressing with Single-action Pressing	171
» Effects of Additives on Rheology Property of COMP B	175
» Study on the Underwater Explosion Performance of Aluminized Explosives	179
» Measuring Physical Density of Explosive Charge with γ -ray Computed Tomography	184
» 炸药爆轰温度的光纤光谱测量方法	187
» Theoretical Calculation of Nitrogen Q-Branch CARS Spectra	191
» CHNO 炸药爆热的影响因素	196
» γ 射线工业 CT 技术在高能炸药密度检测中的应用	201
» 粗制 TNT 在工业炸药中的应用研究	205
» 铝粉粒度和形状对含铝炸药性能的影响	208
» 散粒体炸药压装成型过程分析	211
» 一种降低铵梯炸药吸湿性的新技术	214
» RDX 中 ^{14}N 核四极耦合常数的 Hartree-Fock 计算	217
» 爆炸危险品探测存在的问题及对策	221
» 关于金属化炸药的研究、发展和应用	225
» 弹药高效毁伤关键技术集成与应用	231
» 低易损性炸药的探讨	235
» 高速撞击流法制备超细 HMX 炸药	239
» 超细氧化铁对 TNT 炸药爆热的影响	243
» 芳香族硝基化合物的核四极共振参数的 HARTREE-FOCK 计算	246
» 核四极共振在炸药探测上的应用	251
» 加快压制兵器弹药装备由第一代向第二代转换的步伐, 提高我国常规兵器战斗力	256
» 含能粘结剂对铝化炸药爆炸能量的影响	260
» 泰安分子结构与 ^{14}N 核四极共振参数的关系	264
» 铝化炸药水下爆炸冲击波特性的分析	269
» 含铝炸药能量释放的简化模型	274

» 水下爆炸冲击波传播的近似计算	279
» 关于高能炸药发展、应用与技术创新	284
» 炸药水中爆炸气泡脉动分析计算	290
» 含铝炸药与理想炸药能量输出结构数值模拟	295
» 基于 Level-Set 的多介质流体动力学数值分析	299
» 水下爆炸冲击波能的数值计算	304
» 高能炸药水中爆炸能量输出特性数值分析	309
» 考虑后燃烧效应的 TNT 空气中爆炸的数值模拟	314
» 基于 LS-DYNA 软件的水下爆炸数值模拟研究	320
» Numerical Simulation of Underwater Explosion Loads	325
» 含铝炸药 Miller 能量释放模型的应用	331
» 炸药爆炸能量的水中测试与分析	339
» 一种快速有效的核四极共振探头恢复方法	346
» 核四极共振法隐藏炸药探测信息库设计	349
» 含铝炸药与一次引爆 FAE 威力特性对比研究	356
» 近水面水下爆炸对结构冲击的数值模拟	361
» 奥克托金分子结构与 ^{14}N 核四极共振参数的关系	368
» 含铝炸药空气中爆炸能量输出结构研究	373
» 空气中爆炸能量输出结构试验测试数据	383
» 散粒体分步压装技术研究	407
» 爆轰数值模拟及其在含铝炸药冲击起爆中的应用	444
» γ -ICT 技术用于炸药装药质量检测的研究	498

附 录

» 附录 1 发表论文、专著目录	537
» 附录 2 科学研究技术报告目录	541
» 附录 3 会议论文集附件	542