

■ 多位中国科学院或中国工程院院士推荐新著

现代 超硬材料与制品

Advanced Superabrasives and Related Products

■ 方啸虎 邓福铭 郑日升 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

现代超硬材料与制品 / 方啸虎, 邓福铭, 郑日升编著.
—杭州: 浙江大学出版社, 2011.9
ISBN 978-7-308-09079-7

I. ①现… II. ①方…②邓…③郑… III. ①超硬材料—研究—中国 IV. ①TB39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 184663 号

现代超硬材料与制品

方啸虎 邓福铭 郑日升 编著

责任编辑 李峰伟

封面设计 续设计

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 浙江海虹彩色印务有限公司

开 本 889mm×1194mm 1/16

印 张 49.5

彩 插 6

字 数 1431 千

版 印 次 2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-09079-7

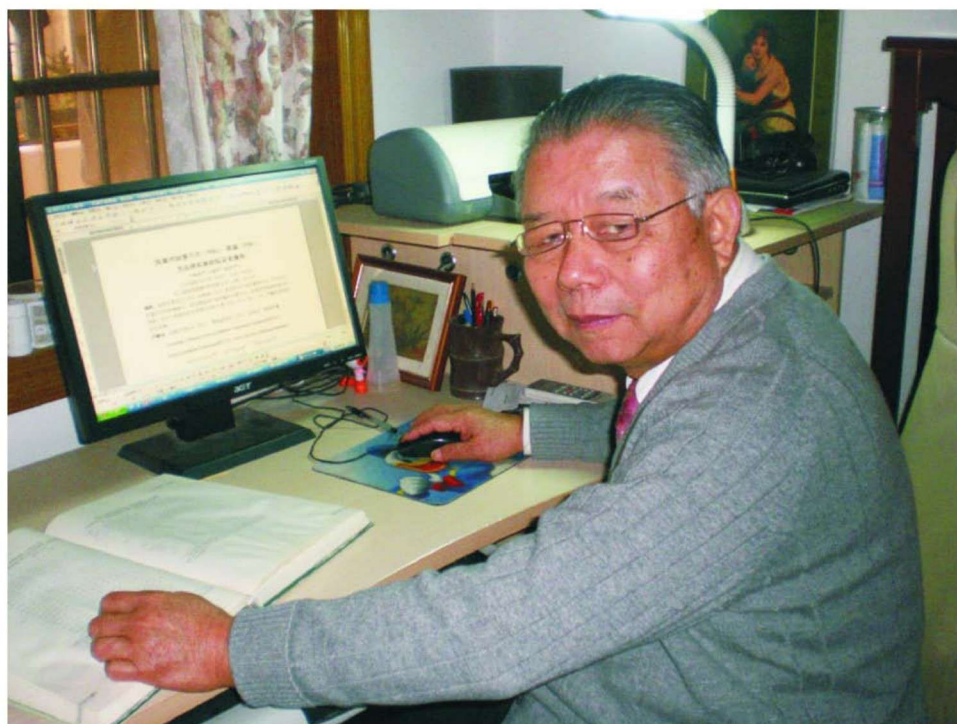
定 价 178.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591



作者近期工作照



作者近期工作照

大型压机与压腔 Press Machine and Vessels



大型金刚石合成车间局部



合成金刚石高压腔打开局部

顶锤与钢环 WC Anvil and Steel Ring



顶锤与钢环组合件 WC anvil and steel ring component

合成块部件及其组装 Components of Synthetic Block and Its Arrangement



合成块部件
Components of synthetic block



合成组装块
Synthetic blocks



组装现场
Arrangement

合成棒 Synthetic Diamond Block



粉末触媒合成棒
Powder catalyst synthesis block



粉末触媒合成棒喷砂后断面
Section of powder catalyst synthesis block after sodablasting

提纯设备 Purification Equipment



金刚石提纯用摇床
Shaking table

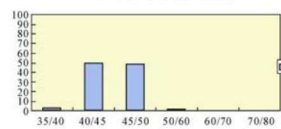


金刚石提纯用电解槽
Electrolyzing cell

质量检测分析

Quality Testing and Analyzing

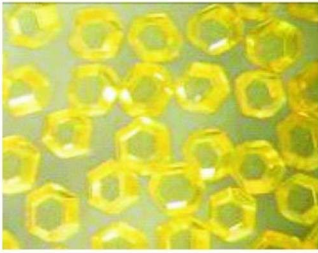


DIAMOND INSPECTION REPORT				
PRODUCT:		GSD9950		
MESH SIZE:		40/50		
QUANTITY(CTS):		5,000		
LOT NO:		1134648V		
INSPECTOR:		LINDA		
DATE:		2011-08-31		
INSPECTED GRAINS:		698		
		ACTUAL	STANDARD	
		OK/NO		
MECHANICS	TI(%)	83.5	82-84	OK
	TTI(%)	77.75	77-79	OK
	SCT(Kgf)	35.5	34-36	OK
INDEX	F _E (ELLIPTICITY)	1.0661	1.038-1.095	OK
	F _C (CRYSTALLINITY)	1.0195	1.012-1.028	OK
	R% (ROUGHNESS)	3.7982	2.60-5.00	OK
DIAMAP	T (TRANSPARENCY)	105	≥78	OK
	S (AVERAGE SIZE)	365.75μm	300-425μm	OK
	PPC (GRAINS/CT)	1782	1650-1950	OK
INDEX	R/G (RED/GREEN)	1.0568	REF.	-
	R/B (RED/BLUE)	1.5675	REF.	-
	G/B (GREEN/BLUE)	1.3357	REF.	-
Grain Size Histogram [VOL.%]				
				
RESULT: OK				
AUDITOR:				

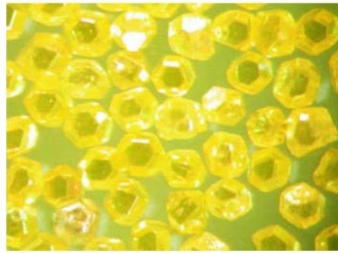
质检形貌分析工作现场(左)与结果(右)

Morphology analyzing (left) and results (right)

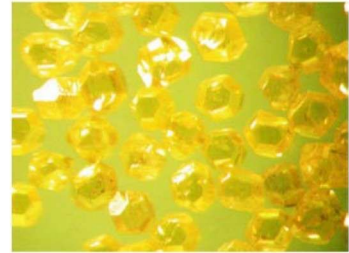
GSD 系列——锯切磨料
Saw Grit



GSD9980

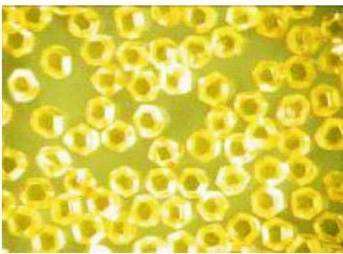


GSD9950

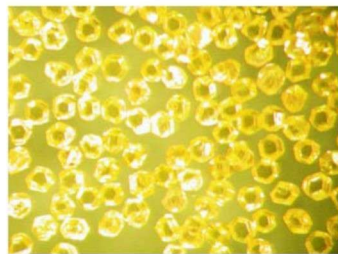


GSD9920

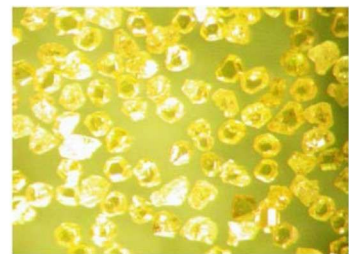
GMD 系列——金属结合剂磨削磨料
Metal Bonded Wheel Grit



GMD650

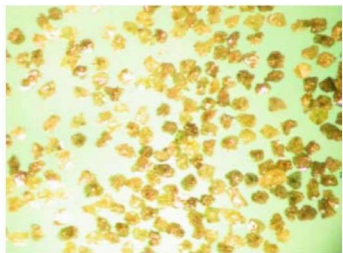


GMD430

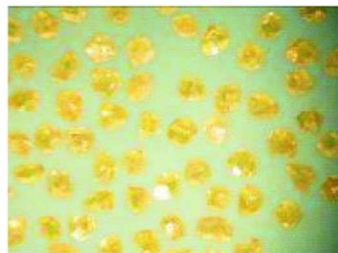


GMD230

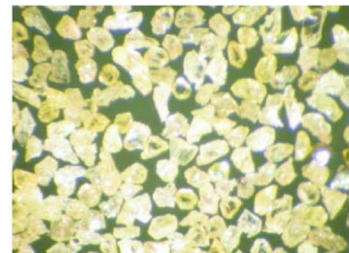
GRD 系列——树脂结合剂磨削磨料
Resin Bonded Wheel Grit



GRD60

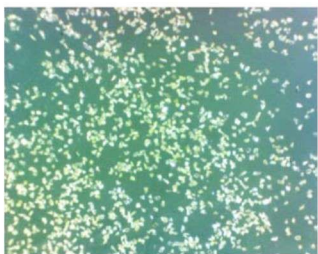


GRD20



GRD10

GMP 系列——微粉
Micro Powder



GMP1

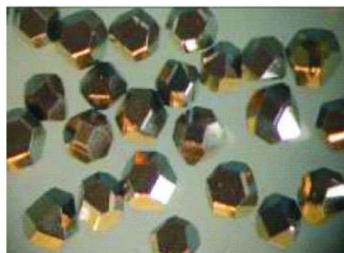


GMP3

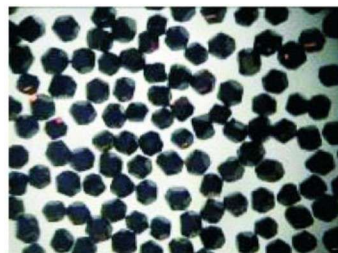


GMP4

镀钛金刚石 Titanium Coated Diamond

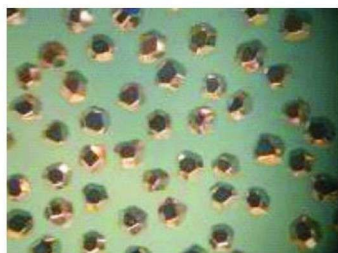


GSD-Ti



GMD-Ti

镀钛镍金刚石 Titanium-Nickel Coated Diamond



GSD-TN30

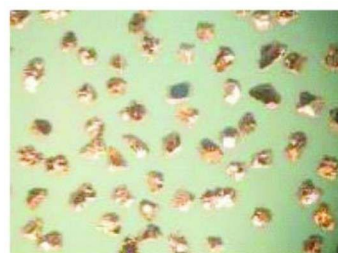


GSD-TN30 without spines

镀镍金刚石 Nickel Coated Diamond

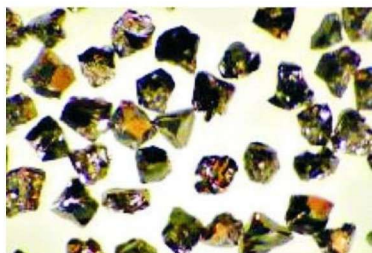


GRD-Ni30

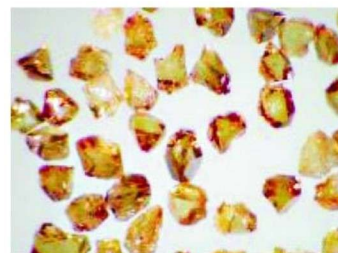


GRD-Ni56

GBN——立方氮化硼 Cubic Boron Nitride



GBNA02



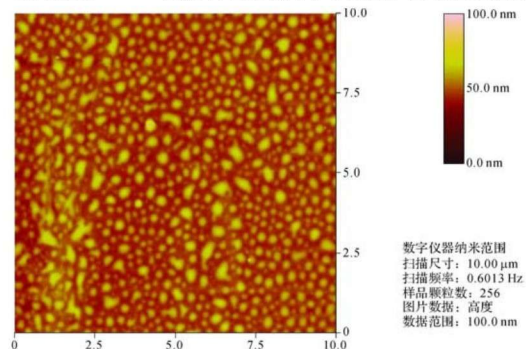
GBNB02

GBN 镀覆 Titanium Coated CBN



GBNA-Ti

GNano——纳米金刚石 Nano Diamond



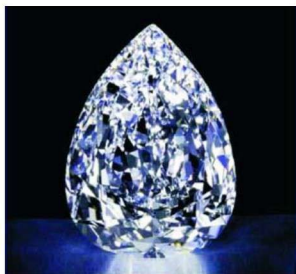
世界上最大的金刚石单晶——库利南(非洲之星)的原始状态

The Original State of World's Largest Diamond—Cullinan (Star of Africa)



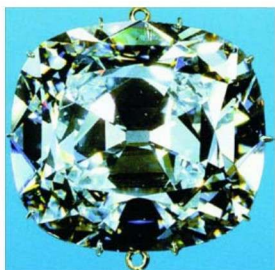
切割后镶嵌在英国女王权力手杖上的库利南 1 号

The Cullinan 1 Embedded in the Stick of the Queen of England after Cutting



切割后镶嵌在英国女王王冠上的库利南 2 号

The Cullinan 2 Embedded in the Crown of the Queen of England after Cutting



中国的国宝“常林钻石”

National Treasure of China—CHANG LIN Gem



一块珍贵的含金刚石的金伯利岩(方啸虎藏)

The Precious Piece of Diamond-Bearing Kimberlite (Possessed by Prof . Fang Xiaohu)



金刚石薄膜实物照片

Diamond Thin Films



不同形态的聚晶

Polycrystals with Different Shape

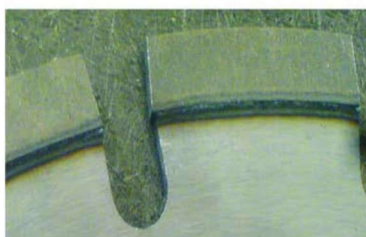
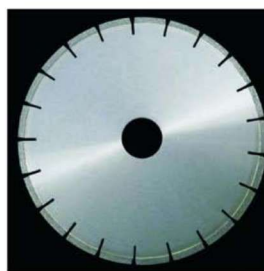


不同形态的复合片

**Polycrystalline Compacts with
Different Shape**



多种超硬材料制品
Various Superabrasives Tools
石材工具系列 Diamond Tools for Stone



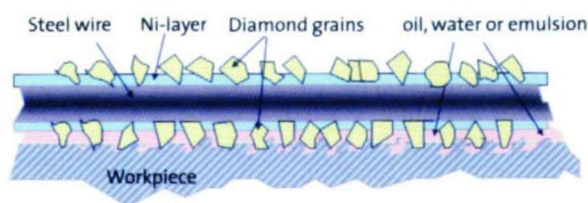
金刚石大锯片、小锯片、均布锯片和激光焊接刀头、多种绳锯等
Diamond large saws , small saws , diamond well-distributed saws ,
laser welding segments , wire saws , etc .

机械加工工具系列 Diamond Tools for Mechanical Processing



电镀和钎焊滚轮、立方氮化硼砂轮等
Electroplate and brazing roller , cBN grinding wheel , etc .

高端金刚石工具系列 Advanced Diamond Tools



绳锯结构图与现场工作状态 Structure chart and field work picture of wire saw

地质钻探工具系列 Diamond Tools for Geological Drilling



单管钻头、双管钻头、绳索取心钻头、大口径钻头、电镀钻头、
配套扩孔器、石油取心钻头、科学钻探钻头 etc

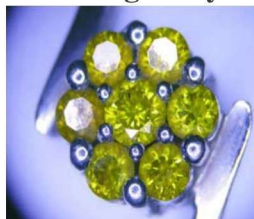
Single tube drill , bial-tube drill , wire coring drill , large diameter drill , electroplate drill ,
complementing underreamers , petro coring drill , scientific drilling bit , etc .

小型工具系列 Small Diamond Tools



磨头、什锦锉、牙钻等 Polishing bit , needle files , dental drill , etc .

精美的人造金刚石钻戒 Elegant Synthetic Diamond Ring



以上参考资料由上海琦实超硬材料有限公司提供。

The above reference materials are provided by Shanghai GEMS Superabrasives Co . , Ltd .

發展超硬材料與制品行業
為中國經濟技術高速發
展服務

預祝《現代超硬材料與制品》廣泛發行

師昌緒 二〇〇九年十月

开拓宝藏 增强国力

超硬金石 厥功伟巨

敬祝

现代超硬材料与制品一书出版成功

李东英 二〇〇九年十月

李东英 中国工程院院士,材料学专家。

序言一

看到方啸虎同志的新著《现代超硬材料与制品》书稿,我的第一反应好像是又回到了 20 世纪六七十年代我们一起攻关研制地质钻头 and 人造金刚石的年代。

向地下岩层钻孔取样,是地质探矿极为关键的工程环节。当时,我国使用的是铁砂、钢粒、硬质合金钻头,严重制约钻探工程的效率和质量,远不能适应国家探矿的需要。与发达国家的钻探技术相比,落后的关键在于钻头,而关键的关键又在于我国缺少天然金刚石资源。恰在此时,获知我国人工制造金刚石自 1963 年取得成功并已经开始向产业化迈进,使为摆脱钻探技术落后而冥思苦想的技术人员如获至宝。在 1969 年,当时的冶金部北京地质研究所的技术人员发起了利用人造金刚石革新钻探技术的攻坚战。大势所趋,得道多助。在冶金部的支持下,攻坚战很快就吸引、动员了从事人造金刚石研究及众多相关环节的科研、教学、生产单位的大量科技人员,形成了几十个单位的跨行业、跨部门大协作,与同时进行同类试验研究的地质部及其他部门探工科技力量形成了全面大围攻。功夫不负有心人,几年下来,到 20 世纪 70 年代末,中国人自主研发的人造金刚石钻探技术体系基本形成,并迅速得到推广应用,中国的地质钻探技术从此摆脱了落后状态。众多单位和人员参与的这项科研攻关成果荣获了全国科学大会奖和国家科技进步一等奖。

令人喜出望外的是,人造超硬材料在地质探矿上的攻关成果,加速了其在其他领域的应用,诸如石材开采与加工、玻璃陶瓷、建筑工程、机械制造、医疗手术、电子信息、空间开发、地球科学等极为宽阔的范围。广泛扩展的社会需求,又进一步强劲地推进了人造金刚石及其他超硬材料科学技术的飞速发展。

金刚石作为世上宝石之冠,又称钻石,早在公元前 6—8 世纪就以其精美绝伦、坚硬无比的特性被古印度首先发现。在 17 世纪末,法国科学家拉瓦锡发现金刚石可以燃烧,之后英国化学家腾南特在 1797 年的试验中证实金刚石的物质成分是纯碳,从而震撼了科学界。于是试图人工制造金刚石便成为世界科学界多少代人的追求并为之奋斗。这一梦想终于在 20 世纪 50 年代由美国通用公司,即 GE 公司的一批科学家得以实现,首先制造出了金刚石(称人造金刚石、合成金刚石),并发展成为产业。

我国人工制造金刚石产业化的初期,产品的质量、成本和产量都达不到制作地质

钻头及其他工具的要求。然而,科技工作者锲而不舍,顽强奋斗,群策群力,联合攻关,终于创造了奇迹般的成就:中国的人造金刚石,强度已由当初的 1.8kgf,提高到 30~35kgf,现在可批量达到 $\geq 40\text{kgf}$,完全满足了做钻头和其他工具的要求;人造金刚石的粒度,不仅有了足够强度的工业用粗大颗粒、大颗粒、中粗颗粒,细—超细颗粒、微粉,直至纳米金刚石的系列产品,而且有了宝石级的 $\geq 4\sim 10\text{mm}$ 的单晶大颗粒;单次单晶金刚石产量,也由当初每次仅 0.8~1.0 克拉,后来到了几十、上百克拉,最近有的已超过 200 克拉直至 300 克拉左右,今后将会 ≥ 300 克拉,而成本及售价降至当初的百分之一以下;在此期间,人造金刚石又出现了一批新兄弟,如 cBN、聚晶、复合片、PCD、PcBN 以及类超硬材料、亚超硬材料、新金刚石等,形成了品种繁多的超硬材料族群;生产人造金刚石的装备——压机的吨位,由当初的 600t 发展到 1000、2000、3000t,现在有的已经大于 4000t;制作方法在传统的高温高压基础上,又开发了外延生长法、超高压爆炸法以及非高压的化学反应法等;超硬材料工具的制作方法,除了原来的无压浸渍法、中频和高频烧结法、电镀法外,又发展了钎焊法、激光焊接法。金刚石的预合金粉技术,有序分布和择优取向技术也得到长足发展,适应多种需要可制成琳琅满目的各种异型工具,而且大大节约金刚石,提高效率,减低成本。令人振奋的是,我国人造金刚石等超硬材料的生产规模,已经从 20 世纪 60 年代的微不足道,猛增到今天的 80 亿克拉,占世界总量的 90% 以上。方啸虎告诉我,中国金刚石将达 100 亿或 200 亿克拉以上,看来已近在咫尺。如今这门涉及高压物理、固体物理、分子原子理论、表面技术理论、结晶学、矿物学、粉末冶金、电镀电解、材料科学、机械制造、电子微电子技术、空间技术、地球科学等学科领域的超硬材料技术已经发展成为一个独立的学科,形成了规模宏大、别具特色的新材料高新技术产业。

当初未曾想到的还有,就是在这期间大批转入到人造金刚石及其他超硬材料的研究和应用领域的技术人员,作为新生力军急剧壮大了超硬材料科研和产业队伍,新老联手做出了积极贡献。方啸虎同志就是从岩石矿物领域转到人造金刚石的研究工作上来的。他的最初任务是研究如何提高金刚石的质量和单产,以满足制作地质钻头的需要,而这一“转”竟然调转了他终身的科研方向。坚定的事业心、高度的责任感以及他对超硬材料学科和行业深厚的爱和执著,使他四十余年如一日勤奋好学、孜孜不倦,他实干苦干、锲而不舍,他还长于与全国同仁精诚合作、互相帮助。《现代超硬材料与制品》一书可谓是他在这—领域奋斗心血的记录和结晶,也是他与合作者的共同成果。

本书以国内资料为主,其中有属于方啸虎同志的自主知识产权内容,有些是他自己提出的规律和理论见解,同时也有引用的国外最新文献资料。本书系统地涵盖了现代超硬材料与制品学科和行业的最新成果,是一本不可多得的好专业著作。相信一定能对我国超硬材料与制品学科和行业的发展发挥积极作用。

预祝《现代超硬材料与制品》一书发行成功!是以为序。

李振潜

2011 年 4 月 19 日于南宁

* 李振潜,中国小口径人造金刚石钻探倡导者、奠基人、领军人。

序言二

中国超硬材料及制品行业经过 50 多年的发展,已经从当初为满足地质钻探需求而研发发展到在石材开采与加工、玻璃陶瓷、建筑工程、机械制造、石油天然气开采及电子工业半导体材料等诸多领域具有举足轻重作用的行业;而支撑这个行业快速发展的基础是超硬材料合成的制品制造领域相关的基础理论和实践经验。《现代超硬材料与制品》一书正是这样一本汇集了行业共识理论和编笔者独创理论以及与大量实践相结合的新著。

我国在超硬材料合成上主体采用的是具有中国特色和自主知识产权的六面顶压机,相应的设备制造技术、合成原料处理技术、合成机理和工艺等都有自己的特点,作为国内最早从事金刚石合成及制品制造技术与开发的先驱之一,方啸虎长期工作在金刚石及制品的产、学、研第一线,先后提出相对低温低压理论、相对平衡理论、慢速生长理论等,并随着六面顶大压机和粉末触媒合成技术的发展,逐渐将上述理论完善,使其更精炼、更系统,对中国超硬材料合成技术的发展作出了非常重要的贡献,相信读者通过该书的上册将对编笔者的学识及其在行业中的作用有更深的体会。

超硬材料制品是一个仍然在快速发展中的行业,按照编笔者的话说“要是一两个月不介入行业你就对它陌生了”,这是一点都不为过的。可以看到短短的几年间,行业中就涌现出许多新的技术和应用领域,如金刚石有序排列及择优取向制造技术、钎焊技术,金刚石工具在半导体行业中的应用,等等;该书的下册重点总结和阐述了超硬材料制品的制备和应用技术,其中记录着编笔者从业数十年来的技术见解,也包含了大量的国内外第一线专家的研究成果和国外文献资料,相信对于业内以及其他使用金刚石工具的行业而言将有着重要的参考作用。

总之,《现代超硬材料与制品》是一部系统、全面阐述了现代超硬材料及制品的学术专著,书名中的“现代”二字体现了编笔者对行业技术发展认识之精准,该书的出版将是我国超硬材料与制品行业的一大幸事。

干勇

* 干勇,中国工程院副院长、中国工程院院士。