

人造金刚石工具手册

主 编 宋月清 刘一波
副主编 张绍和 董长顺



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

人造金刚石工具手册

主 编 宋月清 刘一波
副主编 张绍和 董长顺

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2014

内 容 提 要

本手册共分8篇,内容主要包括:金刚石工具,金刚石工具用金刚石,金刚石工具用粉末,金刚石工具用基体,金刚石工具制造方法,金刚石工具制造设备,金刚石工具设计理论,金刚石工具标准。手册总结、介绍了我国金刚石及其工具的科技成果、生产实践和理论研究,内容丰富,具有很强的实用性和指导性。

本手册可供从事金刚石及其工具的科研、生产技术人员,管理者以及高校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

人造金刚石工具手册/宋月清,刘一波主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5024-6343-4

I. ①人… II. ①宋… ②刘… III. ①金刚石—人工合成—工具—技术手册 IV. ①TQ164. 8-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013) 第 286323 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 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6343-4

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 1 月第 1 版, 2014 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 71.25 印张; 1728 千字; 1102 页

260.00 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)

《人造金刚石工具手册》编委会

主 任 邹广田

副主任 沈主同

顾 问 (以姓氏笔画为序)

方啸虎 王光祖 王治安 王黔丰 尹育航 刘广志

乔秋生 叶宏煜 吕 智 朱 峰 孙毓超 汪礼敏

陈启武 陈怀荣 陈 哲 郝兆印 贾 攀 屠厚泽

戴 志

委 员 (以姓氏笔画为序)

万新良 文 朝 王秦生 王明智 王振明 占志斌

申 思 李 伟 李志宏 李尚颀 李宝玉 邓国发

吕永安 陈继峰 陈保恒 肖 冰 肖湘平 肖 鸿

张云才 张书达 张建森 张绍和 郑丽雪 罗锡裕

林增栋 孟凡爱 赵文东 赵 刚 郭和惠 郭志猛

郭 桦 郭庚辰 贾晓鹏 徐 俊 姜荣超 黄莹华

谢志刚 董长顺

主 编 宋月清 刘一波

副主编 张绍和 董长顺

秘 书 郑丽雪

序 1

据专家推测，大约公元前8至前6世纪在印度发现了金刚石，之后，巴西、澳大利亚、南非等国家相继发现了金刚石。

由于天然金刚石光彩夺目，因此，长期以来主要用作装饰品。随着人工琢磨加工金刚石的出现，经雕琢晶形完美的大颗粒金刚石，由于它们在自然界异常稀罕以及琢磨加工的难度和费时，因而成了宝石之王。

随着人们对金刚石性质认识的不断丰富和发展，金刚石乃是自然界最硬的矿物，它具有许多优异的力学性能，因此，金刚石从最初作为装饰品进入到工业技术的应用领域中，用作工具，以其高效、高精、高速等众多优势特性逐步发展成为工具之王。

如果您正在或将要研发和生产应用于某工业技术领域的金刚石工具，或在进行某工业技术领域的研发和生产工作而迷茫于其各类加工问题，且又苦于未找到一本全面介绍金刚石工具的书籍，或许翻开这本《人造金刚石工具手册》是您的最佳选择。

《人造金刚石工具手册》是一本侧重应用并兼顾学术价值的难得一见的金刚石工具类书籍。《人造金刚石工具手册》详细阐明了各类金刚石工具的制造原理、工艺过程、技术配方；介绍了各类金刚石工具所用的原辅材料，及各类原辅材料如胎体粉末的获取方法、作用机理等；列举了制造各类金刚石工具所用的设备，剖析了有关设备的设计原理和工作机制，并交代了设备使用方法和注意事项。同时，手册中还列出了我国金刚石和金刚石工具行业的典型研究院所、企事业单位等，这利于同行间的了解和交流。

人生定有光彩，生活必有亮点，工作演绎享受。

对金刚石工具的研究者或制造者或使用着，我乐于推荐这本手册，并为之作序。

中国工程院副院长

2013年4月

序 2

工具，是人类能力的延伸；制造与使用工具，是人与动物的本质性区别。人类的文明史，首先是制造和使用工具的历史，从亘古石器时代到进入现代文明，工具始终是推动人类社会发展与进步的杠杆。20 世纪 50 年代末 60 年代初，伴随人工合成金刚石的诞生和工业化生产，人造金刚石工具应运而生并率先在西方工业国家走向实用化，被视为人类历史上一次划时代的工具革命。金刚石工具的问世极大地拓展了人类工具的加工范围和能力，尤其是针对硬脆材料，使人们得以摆脱以往长期艰辛而低效的加工状态，不仅成数量级地提高了加工效率，而且大幅降低了加工成本并改善了加工效果。因而，金刚石工具一经问世，便备受青睐并迅速得到推广，目前已成为全球范围内地质勘探、矿山开采、石材加工、建材切割、市政工程施工、家庭装潢等传统领域及电子器件、新兴材料、精密机械部件加工等高新技术领域广为应用且不可替代的一种新型工具。

我国金刚石工具产业起步相对较晚，但发展迅速。20 世纪 60 年代，金刚石工具率先在欧美发达国家推广应用并迅速实现产业化。70 年代，日本以其相对较低的制造成本赢得竞争优势，迅速成为金刚石工具制造业的主导者之一。80 年代，韩国替代日本成为金刚石工具产业的后起之秀。90 年代，伴随着中国制造产业在全球的崛起，中国金刚石工具制造业才开始起步，并在国际市场逐渐显示出强大竞争力。经过过去 20 年的发展，目前已形成金刚石工具生产厂家上千家，年产值超过几百亿元的规模，我国也成为继韩国之后目前国际金刚石工具市场的主要供应国之一。

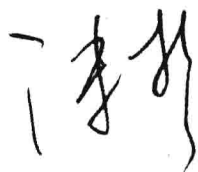
但毋庸置疑，同其他众多产业一样，中国的金刚石工具产业今天仍然是大而不强。从产品技术层面看，国内企业目前仍以引进、仿制、复制为主要路径，企业研发能力不强、自主创新不足、技术对产业支持不够；从市场层面看，产品主要集中在中、低端通用市场，以低成本竞争、OEM 加工为主，专业市场所占份额小、高附加值产品比例低、自主品牌弱；从产业格局来看，企业

规模分散，产能过剩、价格竞争过度，行业盈利能力下滑，国际市场影响力不强。然而，也无可厚非，这是我国金刚石工具产业实现原始积累的必由之路，但下一个十年，将是中国金刚石工具行业由外延式扩张向内涵式发展转变的关键时期。特别在经历 2008 年国际金融危机与当前债务危机之后，随着国际经济复苏，走向以调整结构、去产能、再平衡为主基调，金刚石工具产业面临的国际国内市场形势将发生深刻转变，以往那种通过上设备、扩产能维持的粗放式增长方式将一去不复返，必须走创新驱动、高端引领、转型升级的发展之路，中国金刚石工具产业才有望继续在国际市场占有一席之地，实现由大变强。

“欲求超胜、必先会通”，知识的积累、实践的积淀、规律的通悟是创新、超越必不可少的元素。金刚石工具问世以来历经半个世纪的演进发展，新工艺、新技术、新产品不断问世，层出不穷，自有其内在的、必然的联系和规律。《人造金刚石工具手册》一书全面地介绍了各类金刚石工具的特点、工艺制造方法及产品应用及发展趋势，是对国内外金刚石工具行业以往及最新科研成果、理论研究及生产实践的系统总结，融理论性、实用性、前瞻性于一体，是近年来难得的“会通”之作，为广大学志于投身推动我国金刚石工具产业结构升级、创新发展的人士提供了宝贵的精神营养。该书倾注了作者大量的心血，为我国金刚石工具行业发展“甘为孺子牛”的拳拳之心跃然纸上，相信能够得到行业同仁的认可。

最后，借用高尔基的一句话，“书籍是人类进步的阶梯”，希望并祝愿本手册的出版也能成为我国金刚石工具发展上台阶的一节扶梯！

北京安泰钢研超硬材料制品有限责任公司总经理



2013 年 9 月 18 日

序 3

金刚石，又名钻石。自古以来，钻石对每个人来说都是一个梦想和一种理想。《人造金刚石工具手册》的编写者们也都有一个梦想和一种理想：让《人造金刚石工具手册》如钻石般成为永恒艺术魅力和无穷知识财富的标志。

在几千万年前，地下深处炽热的岩浆沿孔道上冲，由于火山口经常被堵死，上升的岩浆在极巨大的压力下冷却。其中所含的少量纯碳在这种高温和巨大压力下结晶成为金刚石。金刚石经历了漫长的地质岁月，由原生矿到闪闪发光的钻石首饰，任何物质都不能伤害它，可以永远流传下去。《人造金刚石工具手册》从构思到编写至出版面世，何尝不是这样一个类似的过程？祝愿她成为持久存在的标志，如同“钻石恒久远，一颗永流传”。

由于钻石源自不同的区域、时代和文化背景，它对每一个人来说又有某种特定的含义。钻石对某些人来讲代表权力、富贵、地位、成就和安详，而对另一些人来说却是爱情、永恒、纯洁和忠实、勇敢、坚贞的象征。这些不同的形象交织着宗教神话、古老的科学臆测、淘钻者的传说及商人的杜撰。《人造金刚石工具手册》没有宗教神话、科学臆测和杜撰，而是实实在在地阐述了各类金刚石工具的制造原理、工艺过程、技术配方等，可以为不同行业、不同需求、不同应用的人提供一定的满足。

我国从1961年开始设计制造超高压高温装置，1963年12月6日合成出第一颗人造金刚石，1965年投入工业生产，现已成为具有相当规模的人造金刚石和金刚石工具行业。《人造金刚石工具手册》在全面总结我国金刚石工具行业几十年来的科研和应用成果的基础上，对金刚石工具进行了系统的分类和综述，其主要特点有：

(1) 对各类典型的金刚石工具进行了深入分析和探讨，并根据理论和实践，讲解了其工作原理、设计机理、制造工艺、使用方法等。

(2) 鉴于金刚石工具质量性能、参数设计与所用原材料——金刚石和原料粉末等的密切关系，书中详细介绍了各种金刚石和金刚石的预处理、各类金刚

前 言

金刚石是自然界中硬度最高的物质，正是由于这一特性使金刚石工具获得了无比优异的性能。中国有句老话“没有金刚钻，别揽瓷器活”，十分形象且恰当地说明了金刚石工具在某些加工领域的不可替代作用。但天然金刚石的资源毕竟是非常有限的，单单依靠天然金刚石工具去完成它不可替代作用的加工作业是很不现实的。1954年美国GE公司成功合成人造金刚石，才为金刚石及其工具优异性能的发挥提供了可靠保证。

20世纪50~70年代，国际上有十余个国家先后掌握了人造金刚石生产技术，此后金刚石及金刚石工具在世界范围内逐渐地蓬勃发展起来。我国于1963年成功合成人造金刚石，历经50年的发展已成为世界上最大的超硬材料及制品的生产大国，并正在向世界强国迈进。近几年金刚石产业的快速发展，给工业金刚石的发展带来了机遇，我国将成为世界金刚石及其工具制品生产中心，在世界金刚石及其工具领域起着举足轻重的作用。

人造金刚石的产量增加，质量提高，种类越来越多。从5~14mm的单晶大颗粒，到纳米尺度（ $1\text{nm} = 10^{-6}\text{mm}$ ）的粒子，到面积达到 300cm^2 乃至更大面积的沉积金刚石膜片，到多种形状、尺寸规格的烧结体，到金刚石与硬质合金的复合片，可以说是品种、规格齐全，应有尽有。从直径为4000mm的金刚石大锯片到纳米金刚石的研磨膏、抛光液，可以说是林林总总，各显神通。随着我国经济的不断发展，金刚石工具不仅被广泛用于建筑与土木工程、石材加工业、汽车工业、地质与石油勘探等领域，而且不断应用在宝石、晶硅、医疗器械、木材、陶瓷和复合非金属硬脆材料等众多新领域，社会对金刚石工具的需求量正在逐年大幅增加。

为了顺应中国工业的发展，金刚石产业迅速崛起以及制造加工业的新形势，展现我国超硬材料行业发展的最新产品，满足金刚石行业发展的需要，冶金工业出版社提出，安泰科技和北京有色研究总院牵头，并联合国内多家金

刚石及其工具的科研、生产单位和高等院校，编写了《人造金刚石工具手册》。

2009年2月10日，在京的主要金刚石及其工具的科研、生产单位和高校的代表在北京有色金属研究总院召开会议，确定了书名——《人造金刚石工具手册》；组建了《人造金刚石工具手册》编委会，明确了《人造金刚石工具手册》的基本框架结构，并将写作人员的分工做了大致安排；确定了《人造金刚石工具手册》的读者定位和编写进度要求等。2009年5月23日~24日，《人造金刚石工具手册》编委会第一次会议在北京科技大学召开。来自全国各地的编委、专家28人参加了会议。大会由北京安泰钢研超硬材料制品有限责任公司总工程师刘一波主持。冶金工业出版社时任总编辑谭学余致开幕词，阐述了编写《人造金刚石工具手册》的目的和作用。期望以其“新颖性、系统性、准确性、可读性、实用性、必备性、独特性”等风格，使《人造金刚石工具手册》成为行业中一部“站得住、立得远、有大气”的经典工具书。

《人造金刚石工具手册》是我国工业金刚石行业的实用工具书，它集中展示了中国工业金刚石与制品的生产工艺、产品和资讯，介绍了金刚石工具行业新的发展和新的技术进步，既反映了我国金刚石工具行业的先进技术、科技成果，又指明了金刚石工具的发展方向。

《人造金刚石工具手册》是按照金刚石工具的应用领域，即切削、研磨、钻探和抛光等用途来编写的，主要内容包括：金刚石锯片，金刚石砂轮，金刚石钻头、刀具，电镀、抛光等金刚石工具，既能为金刚石工具设计者提供参考数据，也能为金刚石工具制造者提供实用的制造技术，提高解决实际问题的能力，因此具有很强的实用性、指导性。

为保证《人造金刚石工具手册》能够与我国金刚石及其工具行业的发展情况密切结合，使其充分体现金刚石工具行业的制造水平、研发能力，参加编写人员既有金刚石及其工具战线上的元老，也有新秀、业务骨干、管理工作者和高校老师，编者的共同心愿是：通过本手册的撰写，来总结、交流我国金刚石及金刚石工具方面的科研成果、生产实践和理论研究，并找出与国外水平的差距，为把我国从金刚石工具大国建设成金刚石工具强国做出更大的贡献。

《人造金刚石工具手册》共分为8篇，分别介绍了金刚石工具的种类，金刚

石工具用金刚石、粉末和基体，金刚石工具的制造方法和所用设备，金刚石工具的相关基础理论，金刚石工具的标准。重点介绍了一些新的金刚石工具，如金刚石绳锯、金刚石线锯、金刚石有序排列锯片、金刚石磨抛工具、金刚石修整工具和钎焊金刚石工具等。详细阐述了金刚石工具的制造和工作原理，结构特点和规格，制备工艺和应用领域；介绍了一些新型的金刚石工具用原材料，如纳米金刚石、表面预处理金刚石、化学气相沉积金刚石、超细预合金粉末、陶瓷粉末等。介绍了金刚石工具的制造方法，如冷压烧结法、激光焊接法、钎焊法、放电等离子烧结法、熔渗法等。本书为篇章结构，进行专题介绍和讨论，很多内容又是前后呼应，相辅相成，读者可以方便查阅，更好地了解金刚石工具行业信息。

本手册的编写分工为：前言刘一波，郑丽雪，郭庚辰。第1篇第1章罗锡裕，第2章[姜荣超]，第3章孟凡爱，第4章郭桦，第5章申思，第6章张绍和、杨昆，第7章张绍和、吴晶晶，第8章张绍和、杨仙，第9章张绍和、施莉，第10章赵刚，第11章贾美玲，第12章陈旬，第13章张绍和、王佳亮，第14章王振明，第15章张绍和、刘磊磊，第16章吕永安，第17章张建森，第18章张绍和、胡程，第19章陈继锋、翟世超，第20章张志恒，第21章占志斌，第22章张书达。第2篇第1章方啸虎，第2章高礼明、陶刚、汪静，第3章文朝，第4章王明智，第5章玄真武、董长顺，第6章李尚劼，第7章王明智、邹芹，第8章[宋月清]、夏扬。第3篇第1章万新梁、汪礼敏、郭志猛，第2章申思，第3章曾克里，第4章雷军，第5、6章孙毓超，第7章邓国发。第4篇第1、3章张云才，第2章张绍和、陈维文。第5篇第1章刘一波、刘少华、姚炯斌，第2章[宋月清]，第3、4章刘一波、南灏，第5章肖冰，第6、7章贾成厂，第8章[宋月清]、郭庚辰，第9章[宋月清]，第10章王明智，第11章郭庚辰。第6篇海小平、唐新成。第7篇第1~3章孙毓超。第8篇刘一波、徐良、钟彦征、吕申锋。附录郑丽雪。

手册主编[宋月清]、刘一波统稿做了大量工作。由于宋主编的突然离世，后期工作主要由刘一波、张绍和、董长顺共同负责。[宋月清]同志是本手册最早的

组织者和策划者之一，同时他又是本手册的主编和作者，他为本手册的编写付出了不少心血。因此，本手册的出版既是对生者的鼓励，也是对逝者的告慰。

《人造金刚石工具手册》的编写工作得到了超硬材料行业内众多企业的大力支持，它们是北京安泰钢研超硬材料制品有限责任公司、有研粉末新材料（北京）有限责任公司、福建万龙金刚石工具有限公司、广东新劲刚新材料科技有限公司、深圳市海明润实业有限公司、桂林特邦新材料有限公司、武汉万邦激光金刚石工具有限公司、河南四方达超硬材料股份有限公司、泉州众志金刚石工具有限公司、宜昌黑旋风锯业有限责任公司、河南黄河旋风股份有限公司、山东聊城昌润超硬材料有限公司、厦门致力金刚石科技股份有限公司、博深工具股份有限公司、北京希波尔科技有限公司，在此表示由衷的感谢。

手册在编写过程中参阅了大量文献和资料，在此对相关的作者表示感谢。还要感谢中国工程院副院长干勇、北京安泰钢研超硬材料制品有限责任公司总经理陈哲、博深工具股份有限公司董事长陈怀荣，在百忙中为本手册作序。手册虽经数年编、审、校工作，现已面世，但不妥之处在所难免，欢迎广大读者不吝赐教、批评指正！

编委会

2013年9月1日

目 录

第 1 篇 金 刚 石 工 具

1 金刚石工具概述	1	确保刀头与锯片质量	17
1.1 金刚石工具在国内外发展简况	1	2.3.5 提高排锯质量的有关技术措施	17
1.2 金刚石工具在工具材料中的地位	4	2.4 整体热压烧结锯片的应用与发展	18
1.3 金刚石工具分类	5	2.4.1 确保各种类型与规格锯片基体的批量生产与质量	18
1.3.1 按镶嵌方式分类	5	2.4.2 半自动与全自动锯片冷压成型工艺获得突破	18
1.3.2 按加工方式分类	5	2.4.3 生产与选用合理的热压烧结炉型	18
1.3.3 按制造方法分类	6	2.4.4 改进与完善烧结工艺	18
1.3.4 按应用领域分类	7	2.4.5 重视生产过程的质量控制与产品的质量检测	19
1.4 金刚石工具在国民经济中的作用	8	2.5 激光焊接金刚石工具的应用与发展	19
参考文献	12	2.6 金刚石绳锯的应用与发展	20
2 金刚石工具的应用与发展趋势	13	2.7 半导体与光伏产业金刚石工具的应用与发展	21
2.1 概况	13	2.7.1 半导体晶圆(芯片)与光伏产业加工用金刚石工具的应用与发展	22
2.2 大直径锯片的应用与发展	14	2.7.2 奋起直追,国产半导体与光伏产业金刚石工具获得巨大突破	25
2.2.1 进行系列技术创新	15	参考文献	26
2.2.2 推广三明治与多明治结构刀头	15	3 金刚石圆锯片	27
2.2.3 不制粒容积装料法装模和压制	16	3.1 金刚石圆锯片的结构、分类、规格与用途	27
2.2.4 用户就地高频焊接刀头	16		
2.3 金刚石框架锯的应用与发展	16		
2.3.1 国产框架锯机已接近国际水平,并销往国内外市场	16		
2.3.2 框架锯基体仍然依赖进口,应加速框架锯基体国产化	17		
2.3.3 不断改进与完善排锯刀头的设计、制造与生产工艺	17		
2.3.4 设计与优化刀头生产工艺流程,			

3.1.1 金刚石圆锯片结构	27	3.5.4 几种新型金刚石圆锯片基体的 发展	59
3.1.2 金刚石圆锯片分类	30	参考文献	60
3.1.3 金刚石圆锯片规格与 用途	31		
3.2 常见的金刚石圆锯片产品	32	4 金刚石绳锯	63
3.2.1 通用型金刚石圆锯片	32	4.1 概述	63
3.2.2 切割石材用金刚石锯片	33	4.1.1 金刚石绳锯的发展历史	63
3.2.3 切割混凝土用金刚石 锯片	34	4.1.2 金刚石绳锯加工的基本 原理	64
3.2.4 切割沥青用金刚石锯片	34	4.1.3 金刚石绳锯的基本结构	65
3.2.5 开槽用锯片	35	4.1.4 金刚石绳锯的应用	66
3.2.6 切墙用锯片	35	4.2 制造工艺	68
3.2.7 瓷砖用锯片	36	4.2.1 制造工艺流程	68
3.2.8 金刚石内圆切割片	37	4.2.2 金刚石串珠	68
3.2.9 金刚石超薄切割片	38	4.2.3 串珠绳(串珠)固定	70
3.3 金刚石圆锯片的使用	38	4.2.4 钢丝绳	73
3.3.1 锯机	39	4.3 类型和技术参数	73
3.3.2 冷却剂	40	4.3.1 花岗石切割绳锯	73
3.3.3 圆锯片的安装	40	4.3.2 大理石切割绳锯	73
3.3.4 锯切参数的影响	41	4.3.3 钢筋混凝土切割绳锯	74
3.3.5 锯片故障及排除	44	4.3.4 板材加工用金刚石绳锯	74
3.4 金刚石圆锯片检验	45	4.4 切割性能评价	75
3.4.1 锯片外观	45	4.4.1 金刚石磨损形态	76
3.4.2 几何尺寸	45	4.4.2 金刚石出刃高度	78
3.4.3 锯片端面及径向跳动	47	4.4.3 串珠的磨损规律	79
3.4.4 基体的硬度和平面度	48	4.5 使用与问题	79
3.4.5 金刚石圆锯片结合强度的 检测	48	4.5.1 金刚石绳锯的使用	79
3.4.6 金刚石圆锯片使用性能评价 (切割性能测试及金刚石磨损 形貌分析)	50	4.5.2 金刚石绳锯的常见问题	80
3.5 金刚石圆锯片的新技术与 方向	53	5 金刚石大锯片刀头	82
3.5.1 预合金粉末在金刚石圆锯片 胎体材料中的应用	53	5.1 概述	82
3.5.2 金刚石有序排列技术在 金刚石锯片中的应用	57	5.2 刀头结构与尺寸	82
3.5.3 钎焊金刚石圆锯片的 发展	58	5.2.1 刀头结构	82
		5.2.2 刀头尺寸	84
		5.3 刀头制造要点	85
		5.3.1 对基体要求	85
		5.3.2 对金刚石要求	86
		5.3.3 对胎体要求	87
		5.3.4 工艺要求	87

5.4 选择与使用	87	7.6 环形线锯	118
5.4.1 大锯片的正确选用	87	7.6.1 概述	118
5.4.2 大锯片的合理使用	88	7.6.2 环形金刚石线锯的制造	118
6 金刚石排锯	90	7.6.3 环形电镀金刚石线锯主要 电镀缺陷	119
6.1 概述	90	7.7 发展趋势	120
6.2 结构与规格	91	参考文献	121
6.2.1 金刚石排锯的结构	91	8 金刚石有序排列锯片	122
6.2.2 金刚石排锯的规格	92	8.1 概述	122
6.3 制造工艺	93	8.1.1 金刚石有序排列的优势	122
6.3.1 排锯齿的制造	93	8.1.2 金刚石有序排列技术的 应用	123
6.3.2 排锯条的焊接	94	8.2 制作工艺	126
6.4 提高质量的技术措施	95	8.2.1 实现金刚石在刀头中有序 排列的方法	126
参考文献	96	8.2.2 有序排列金刚石锯片制作 流程	127
7 金刚石线锯	97	8.2.3 薄坯质量问题分析	128
7.1 概述	97	8.3 参数设计	130
7.1.1 金刚石线锯的发展	97	8.3.1 有序锯片和无序锯片中 金刚石磨损的差异分析	130
7.1.2 硬脆晶体材料切割技术	98	8.3.2 切割过程力学分析	131
7.1.3 金刚石线锯金刚石固结 技术的研究现状	100	8.3.3 有序排列锯片排布参数的 设计	133
7.2 原理与特点	103	8.4 发展方向	138
7.2.1 电镀金刚石线锯的原理及 模型	103	8.4.1 前密后疏式有序排列	138
7.2.2 金刚石线锯的特点	104	8.4.2 相邻刀头间的差异排列	138
7.3 制备工艺	105	8.4.3 有序排列在磨轮和薄壁 钻头等方面的应用	139
7.3.1 电镀金刚石线锯的基本 材料	105	参考文献	139
7.3.2 金刚石线锯的制备工艺	107	9 金刚石地质钻头	140
7.4 质检与性能	112	9.1 分类与使用范围	140
7.4.1 电镀金刚石线锯表面镀层 质量检测	112	9.1.1 类型	140
7.4.2 金刚石线锯的切割加工 性能	113	9.1.2 使用范围	140
7.5 应用实例	116	9.2 热压孕镶金刚石钻头	140
7.5.1 切割非金属或非导电体 材料	116	9.2.1 结构参数选择原则	140
7.5.2 切割木材或泡沫陶瓷	117	9.2.2 制造工艺	145
7.5.3 金刚石线锯切割大理石	117		

9.2.3 胎体配方	146	9.9 合理选择与使用	174
9.2.4 用料计算	148	9.9.1 选择金刚石钻头的原则	174
9.3 表镶天然金刚石钻头	149	9.9.2 合理使用金刚石钻头	174
9.3.1 胎体端面形状	149	9.9.3 钻具组合	177
9.3.2 胎体性能	150	9.9.4 温度对钻头使用的影响	178
9.3.3 金刚石品级	150	9.9.5 钻进规程参数	179
9.3.4 金刚石粒度	151	9.10 钻头磨损与预防	181
9.3.5 金刚石含量	151	9.10.1 钻头的正常磨损	181
9.3.6 金刚石排列	152	9.10.2 钻头的非正常磨损	181
9.3.7 钻头水路	154	9.10.3 钻头的正确操作方法	183
9.4 表镶聚晶钻头	155	9.11 新技术新发展	184
9.4.1 圆柱形聚晶表镶聚晶 钻头	155	9.11.1 新型电镀金刚石钻头	184
9.4.2 三角形、方形聚晶表镶 钻头	156	9.11.2 钎焊金刚石钻头	185
9.5 复合片钻头	156	9.11.3 新型孕镶金刚石复合片 钻头	186
9.5.1 复合片在钻头唇面上的 排列	157	9.11.4 国外地质钻头的发展	186
9.5.2 切削角和径向角	158	参考文献	187
9.5.3 复杂地层复合片钻头的 改进	158	10 金刚石工程钻头	188
9.5.4 复合片钻头的碎岩机理	159	10.1 金刚石工程钻头主要用途	188
9.6 不取芯全面钻头	160	10.2 结构构成	188
9.6.1 结构	160	10.2.1 金刚石工程钻头的基本 结构	188
9.6.2 设计原则	160	10.2.2 金刚石工程钻头的结构 形式	189
9.7 电镀金刚石钻头	163	10.3 品种分类	190
9.7.1 基本理论	163	10.3.1 按生产工艺分类	190
9.7.2 镀层胎体质量影响因素	165	10.3.2 按使用条件分类	190
9.7.3 镀前处理	167	10.4 刀头制造	190
9.7.4 制造工艺	168	10.4.1 金刚石工程钻头的规格 系列	191
9.8 胎体性能及其测定方法	171	10.4.2 金刚石工程钻头的 配件	192
9.8.1 抗弯强度	171	10.5 钻头焊接	192
9.8.2 冲击韧性	171	参考文献	192
9.8.3 胎体硬度	171	11 金刚石石油钻头	194
9.8.4 胎体耐磨性	171	11.1 类型分类	194
9.8.5 胎体抗冲蚀性	172	11.2 全面钻头	195
9.8.6 包镶金刚石的能力	172		
9.8.7 胎体的红硬性	173		
9.8.8 胎体的金相检验	174		

11.2.1 金刚石石油全面钻头 结构	195	12.5.3 PDC 取芯钻头	213
11.2.2 金刚石全面钻头常用 冠面形状	196	12.5.4 PDC 肋骨钻头	213
11.2.3 钻头外径规断面形状	196	12.5.5 PDC 刮刀钻头	214
11.3 取芯钻头	197	12.5.6 PDC 扩孔钻头	214
11.3.1 金刚石石油取芯钻头 结构	197	12.5.7 异型 PDC 钻头	214
11.3.2 金刚石石油取芯钻头常用 唇面形状	197	12.6 使用要点	214
11.3.3 钻头外径规断面形状	198	参考文献	214
11.4 水力结构	198	13 金刚石扩孔器	215
11.4.1 流道结构的选择	199	13.1 电镀扩孔器	215
11.4.2 钻头水力参数计算	199	13.2 无压浸渍扩孔器	215
11.5 切削齿排列	200	13.2.1 对骨架粉末的要求	215
11.5.1 天然表镶金刚石全面钻头和 巴拉斯钻头切削齿排布	200	13.2.2 黏结金属	216
11.5.2 复合片钻头切削齿的 排列	201	13.2.3 工艺流程	217
11.6 制造工艺	203	13.2.4 模具结构	217
11.6.1 热压法	203	13.2.5 扩孔器的制造过程	218
11.6.2 无压浸渍法	203	13.3 热压焊接扩孔器	220
11.7 IADC 编码	204	13.3.1 胎体的配混料工艺	220
11.8 使用注意事项	205	13.3.2 工作层胎体料的配混 工艺	221
11.8.1 钻进参数选择	205	13.3.3 非工作层胎体料的配混 工艺	221
11.8.2 现场使用	207	13.3.4 金刚石与胎体料的制粒 技术	221
11.9 API 接头	208	13.3.5 模具结构	221
11.10 选型指南	208	13.3.6 烧结设备与工艺	223
参考文献	209	13.3.7 磨弧和焊接	224
12 金刚石复合片钻头	210	参考文献	224
12.1 概述	210	14 金刚石陶瓷加工工具	225
12.2 特点	210	14.1 应用与现状	225
12.3 制造方法	211	14.2 瓷质墙地砖的特性	225
12.4 分类	211	14.2.1 瓷质砖生产工艺过程对 砖坯可加工性的影响	226
12.5 应用	211	14.2.2 主要组分特性和配比对 砖坯可加工性的影响	227
12.5.1 金刚石复合片石油 钻头	211	14.2.3 国内几大主要瓷质墙地砖 生产基地砖坯性质分析	229
12.5.2 PDC 锚杆钻头	212	14.2.4 瓷质砖品种与特点	