



极坚韧岩石用 特重型钎头

张国样 刘荣湘
王 坚 孙宝琦

编 著

中国地质大学出版社



极坚韧岩石用特重型钎头

张国樺 刘荣湘 编著
王 坚 孙宝琦

中国地质大学出版社

内 容 简 介

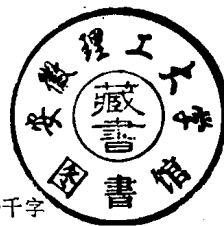
本书以四川泸沽铁矿极坚韧富铁矿石用中小直径硬质合金钎头的科研成果为典型,比较详细地叙述了钎头设计、制造和使用的必要知识,可供采掘工业部门从事凿岩爆破和钎具研究、制造、使用、管理工作的有关人员参考,也可用作有关大专院校师生的教学参考资料。

极坚韧岩石用特重型钎头

张国椿 刘荣湘 编著
王 坚 孙宝琦

责任编辑 吴珺华

中国地质大学出版社出版
中国地质大学出版社印刷厂印刷 新华书店经销



开本 787×1092 1/16 印张5.25 胶印插页9 字数120千字
1988年8月第1版 1988年8月第1次印刷
印数: 1—1500册

精装: ISBN 7-5625-0044-4/TH·1 定价: 9.20元
平装: ISBN 7-5625-0045-2/TH·2 定价: 6.20元

前 言

毛泽东同志说过：“中国应当对于人类有较大的贡献”。中华民族有过值得骄傲的发明历史，也一定能创造光彩的业绩以迎接未来。我们的祖先，曾经以指南针、印刷术、造纸和黑火药的发明，推进了人类文明历史的进程。中国的丝绸、陶瓷制品，至今还在丰富着人类的生活。但是，进入工业化时代以来，我们却大大地落后了。党的十一届三中全会，标志着东方巨龙真正开始腾飞，中国将有更多的优秀产品贡献于人类。

人类征服自然，必定要开发资源和开挖土石。而开发资源和开挖土石，就意味着与岩石作战。因此，古今中外，采掘工业皆为民生之本。诞生还不到半个世纪的硬质合金凿岩钎具，以及不足20年历史的全液压凿岩设备，是人类征服岩石的主要工具和最新成就，是一切采掘作业的先导。全世界的每个角落，随时都在有增无减地、大量地消耗着钎具和凿岩设备（及其零配件）。

我国广袤的大地，蕴藏着丰富的矿产资源，现已查明：钨、锑、钼、锡、铋、锌、铌、稀土、钒钛、锂、硫、萤石、硼、石膏、重晶石、石墨、菱镁矿等，储量居世界首位。其中，用作制造硬质合金主要原料的钨，保有储量占世界的56%。“发扬我国钨资源优势，发展钨产品深度加工技术，逐步限制钨矿砂和钨初级产品出口，以优质钨工业成品供应国内外市场”，正在成为国家“振兴钨业”的战略目标。世界约55%的钨，用于制造硬质合金。而凿岩用硬质合金，又占全部硬质合金产量之半。所以，“振兴钨业”的核心任务，就是建设具有中国特色的现代化硬质合金钎具工业。可以预料，继丝绸、陶瓷之后，优质、廉价的硬质合金钎具，将逐步成为我国90年代崛起的新一代传统出口商品，而奉献于全人类。

采掘工业中，直径75mm以下的中小钎头用量最大。极坚韧岩石用中小直径特重型钎头，其主要工作对象，是单轴抗压强度 σ_D 值大于300MPa的极坚韧岩石，以及一切导致钎头碎片、碎齿严重的凿岩条件。本书以 σ_D 值高达463MPa的极坚韧富铁矿石用中小直径硬质合金钎头的科研成果为典型，所列举的资料，既为解决极坚韧矿石“难凿难爆”的“老大难”问题提供了经验，也对其它凿岩条件的钎具设计有借鉴意义。因此，它对促进我国钎具工业的技术进步，和实现国家“振兴钨业”的目标会有所帮助。

限于作者水平，书中缺点和错误定所难免，还望读者不吝指正。

在钎头研制和本书编写过程中，曾得到黄文访、王九如、赵长有、张廷镇、廖扬声、佘国权、王毅、肖时全、刘金保、赵荣华、柳汉涛、叶炳林、陆素梅、李常春、彭福华、庞广兴、胡中标、谭文生、陈楚轩、祁瑞珍、张振辉、钟国亚、杨炎生、刘宗平、符夷雄、胡民安、肖诗宇等同志的帮助，在此一并致谢。

作 者

1987年11月7日于武昌

目 录

第一章 绪言	(1)
1-1 凿岩钎具与人类征服岩石的 事业.....	(1)
1-2 我国凿岩钎具工业的历史和 现状.....	(1)
1-3 硬质合金钎具工业与“振兴钨业”的战略 目标.....	(2)
1-3-1 “振兴钨业”，洗刷半殖民地经济 烙印.....	(2)
1-3-2 限制钨砂和钨初级产品出口，合理利用钨矿 资源.....	(2)
1-3-3 “发展钨产品深度加工技术”，为四化 开源节流.....	(2)
1-3-4 搞好优质钎具的研制、推广和外销 工作.....	(3)
1-3-5 建设具有中国特色的现代化硬质合金钎具 工 业.....	(3)
1-4 极坚韧岩石用特重型钎头研究的深远 意义.....	(5)
第二章 极坚韧富铁矿石特征及攻关任务	(7)
2-1 矿石 特征.....	(7)
2-1-1 矿物成分及 品位.....	(7)
2-1-2 矿石组织 结构.....	(8)
2-1-3 矿石的可钻性和磨 蚀性.....	(8)
2-2 攻关 任务.....	(9)
2-2-1 问题的 提出.....	(9)
2-2-2 攻关指 标.....	(10)
第三章 特重型钎头的几何结构和参数设计	(11)
3-1 钎头几何结构和参数设计总 则.....	(11)
3-2 极坚韧岩石条件下钎头几何结构和参数的特殊 规律.....	(11)
3-2-1 钎头刃、齿锋面发生冲击应力波的固定端反射，总受力较硬脆岩石加倍.....	(11)
3-2-2 钎头刃、齿应力分布对几何形状和参数的微小变化十分 敏感.....	(14)
3-2-3 钎头刃、齿抗碎裂、抗磨损成为主要矛盾，排粉和钢体疲劳断裂居于次 要 地 位.....	(15)
3-2-4 钎头刃、齿的“单片(齿)体积(截面)承载效应”.....	(15)
3-3 特重型钎头的几何结构和参数选 择.....	(16)
3-3-1 钎头的几何结构和参数 设计.....	(16)
3-3-2 $K_{0.40}$ (特)、 $K_{0.60}$ (特)、 $K_{1.17}$ (Ⅰ)(特)、 $K_{1.25}$ (Ⅰ)(特)合 金片的几何结构和参数 设计.....	(24)
3-3-3 特重型钎头的几何结构和参数 特点.....	(30)
3-4 极坚韧岩石用硬质合金整体钎 子.....	(31)
3-4-1 问题的 提出.....	(31)
3-4-2 国外硬质合金整体钎子发展 状况.....	(32)
3-4-3 我国硬质合金整体钎子的研制 状况.....	(33)

3-4-4 硬质合金整体钎子在硬脆岩石中的使用效果	(33)
3-4-5 硬质合金整体钎子在极坚韧岩石中的应用前景	(34)
第四章 特重型钎头材质的选择	(35)
4-1 钎头体钢材	(35)
4-1-1 钎头用钢的选择原则	(35)
4-1-2 推荐使用的钎头体钢种	(35)
4-2 钎头用硬质合金	(41)
4-2-1 极坚韧岩石对硬质合金的特殊要求	(41)
4-2-2 极坚韧岩石用K ₈₁₀ 硬质合金	(42)
4-2-3 冲击凿岩用硬质合金的热等静压处理	(42)
4-3 焊接材料	(43)
4-3-1 钎头用焊料的荐用品种	(43)
4-3-2 焊剂	(46)
4-3-3 辅助材料	(48)
第五章 特重型钎头的制造工艺	(51)
5-1 钢体成型方法的选择	(51)
5-2 钢体的机械切削加工	(52)
5-3 配片	(52)
5-3-1 磨片和合金片槽的清理	(52)
5-3-2 焊接组件的清洗	(53)
5-3-3 焊缝间隙值的选择	(53)
5-3-4 合金片、焊料、焊剂的摆放方法	(55)
5-4 焊接和热处理	(55)
5-4-1 焊接的实质和影响焊缝牢固性的因素	(55)
5-4-2 焊接加热方法的选择	(57)
5-4-3 焊接加热温度	(58)
5-4-4 焊接操作和冷却	(59)
5-4-5 减小焊接应力的探索	(60)
5-5 修磨整形和表面强化处理	(61)
5-5-1 修磨整形	(61)
5-5-2 表面强化	(61)
5-6 成品检验	(62)
5-6-1 标准型钎头的成品检验	(62)
5-6-2 特重型钎头的成品检验标准	(62)
5-7 表面修饰和包装	(63)
第六章 特重型钎头使用技术的研究	(65)
6-1 使用技术研究的意义	(65)
6-2 特重型钎头的使用规范	(65)
6-2-1 钎头类型的确定	(65)
6-2-2 钎头的正确联接	(65)

6-2-3 钎头的正确拆卸.....	(66)
6-2-4 钎头的合理修磨.....	(67)
第七章 使用效果及结论.....	(72)
7-1 使用效果.....	(72)
7-2 结论	(72)
主要参考文献.....	(75)
极坚韧岩石用特重型钎头图版.....	(77)

第一章 绪 言

1-1 凿岩钎具与人类征服岩石的事业

凿岩钎具包括钎头、钎杆、钎尾、连接套管和硬质合金整体钎子等，用来在岩石或建筑物中钻凿眼孔。根据所钻眼孔直径的大小，按照钎具行业的习惯分类法，75mm 以上为大直径，50~75mm为中直径，50mm以下为小直径。

现代凿岩钎具与工业炸药的发明结下了不解之缘。有人说：“没有炸药，就没有近代的物质文明。”但是，没有凿岩钎具，炸药就无法放置到岩石里面去，矿石就无法开采，铁路、公路、电站、海港、桥梁、以及国防工程和民用建筑等许多地面和地下空间设施，也都无法建造。所以，就这种意义讲，也可以说：“没有现代凿岩钎具和凿岩技术的进步，同样不可能有兴旺发达的现代物质文明”。马克思说过，生产力=人+工具。凿岩钎具是人类与岩石作战的第一线工具，它的状况如何，会直接影响人类征服自然的实力。因此，可以这样认为：和现代电子计算机技术一样，现代化的凿岩钎具和凿岩技术，也是社会现代化的重要标志之一。

1-2 我国凿岩钎具工业的历史和现状

我国凿岩钎具的状况如何呢？我们的祖先从猿人时代起，就开山打石头。经历了石器、铜器和铁器时期，唐朝发明了黑火药，到明末，我国已拥有当时世界上第一流的采矿和凿井技术。西方产业革命后，1813年出现了蒸汽动力的凿岩机，接着诺贝尔发明了硝化甘油炸药，气动凿岩机也接踵问世。我国则发生了1840年鸦片战争以来的社会动乱。旧中国的凿岩工程，从北洋军阀的兴办洋务，孙中山先生的振兴实业，到国民党官僚买办和帝国主义的掠夺式采矿，整整一百年，基本上仍停留在铁锤钢钎时代。1941年美国人 R. Peele 在他编著的《工程师手册》一书中，曾这样述说中国原始的凿岩技术，“在强壮工人手中的手钎子是非常有利的，……。在有着工资低廉的、非常熟练劳动力的情况下，最好使用人工打眼。”我国现代凿岩钎具工业的建设，是在新中国成立后，从50年代初引进苏联技术开始的。1950年，轧制出了第一根国产碳素中空钎钢；1951年，生产出了镶嵌苏联BK-15硬质合金片的第一个国产苏式一字形钎头；1953年，朱德同志为苏联援建的第一项重点工程沈阳风动工具厂剪彩，第一台国产OM-506型手持式气动凿岩机问世。直到50年代中期，苏联援建的另一项重点工程株洲硬质合金厂投产，我国才大批量生产镶嵌YG15合金片的苏式一字形钎头。反映苏联50年代初期水平的这种钎头，苏联已于60年代逐步淘汰。我国直至1980年地质部、冶金部主持召开的两次中小钎头鉴定会为止，品种单一、质量低劣的老式一字形钎头，已经统治了我国采掘工业近30年。近10年来新型钎具迅速发展，覆盖面越来越大，但老式钎头目前仍未绝迹。

1-3 硬质合金钎具工业与“振兴钨业”的战略目标

1-3-1 “振兴钨业”，洗刷半殖民地经济烙印

1981、1982年，方毅同志在江西西华山和湖南株洲相继召开的第一、第二次全国钨业科技工作会议上，向我们发出了“振兴钨业”、“攀登高峰”的鼓舞人心的号召。这是贯彻党的十二大精神，全面开创我国社会主义现代化建设新局面的一项重要战略决策。

我国钨矿资源居世界第一。但是，由于加工技术落后，长期以来国家被迫廉价大量出口钨矿砂，而高价进口包括钎具在内的钨工业品，造成有限的资源和财富源源外流。例如，我国在向瑞典、日本出口钨精矿砂的同时，各采掘部门的一些重点工程，正在大批量进口瑞典钨工业品——凿岩用硬质合金钎头。以铁道部大瑶山隧道工程为例，仅按1983年第一季度一次6380个瑞典钎头的交货合同统计，就以国产同类等效新型钎头4倍的价格，花费了贷款88 621 400日元，合人民币1 150 927元。毫无疑问，这种状况应当尽快结束。

1-3-2 限制钨砂和钨初级产品出口，合理利用钨矿资源

我国每年出口钨精矿1.5~2万吨，占国际钨精矿市场的40~50%。工业发达国家，如美国、瑞典和日本等国，则大量收购。我们如不另辟换汇财源，常此下去几百年后，中国非但不能以钨资源优势闻名于世，万里神州将几无可利用之钨，炎黄子孙在钨资源方面，可能反过来以苛刻的条件仰求于外国。因此，除非万不得已，我们应当逐步把钨精矿砂的出口限制到最低范围，甚至也要限制钨半成品硬质合金的出口量。与此同时，我们应当以极大的努力，加速发展钨产品的深度加工技术，以利润丰厚而又能确保钨资源细水长流的优质钨工业成品出口。例如，出口一吨钨精矿砂，价格为1.5~1.8万元；以直径44mm小钎头当前国际流行价计，出口一吨硬质合金加工的优质钎头，价格为40~50万元。出口钎头比出口钨砂，换汇价值高出约25倍。这确是一件有利四化、造福子孙的大事。

1-3-3 “发展钨产品深度加工技术”，为四化开源节流

我国内销的钨精矿，大约有90%用于生产硬质合金和钨钢。据1980年概略统计，全国硬质合金烧结点有100多个，年产硬质合金片、齿约3200~3500吨。其中，采矿、修路和地下空间建设等各类采掘工程，凿岩用硬质合金达1700吨以上，约占硬质合金年产量的50%。其消耗范围大致如下：

中小直径片状合金钎头用合金	970~1000t(吨)
矿用牙轮、潜孔钻头（当时尚无中小直径球齿钎头）用合金	140~150t
地质钻探用合金	260~280t
石油牙轮钻头用合金	约300t
截煤齿用合金	50~60t

过去，由于我国凿岩用硬质合金和硬质合金钎头质量差、品种单一、钎头使用技术落后，造成钎头寿命短、钻速慢、提前报废率高、工人劳动条件差。这不但导致硬质合金和钢材的严重浪费，还使工程造价提高，工程进度减慢，影响到采掘工业的发展。因此，新型优质硬质合金钎具的研究，是“发展钨产品深度加工技术”的重大课题。使我国钎具在质量、品种、使用技术方面赶上和超过世界先进水平，建设具有中国特色的现代化硬质合金钎具工

业, 对内可以成倍地降低钎具用量, 改善工人的作业条件, 加速采掘工业的发展; 对外可以变钎具进口为钎具出口, 为四化广开财源。

1-3-4 搞好优质钎具的研制、推广和外销工作

新型优质硬质合金钎具的研制, 是一个效益显著、涉及面广、关系全局的大课题, 应当加强力量长期坚持下去。经过十几年、几十年, 甚至几代人锲而不舍的艰苦努力, 中国钎具才能大批量进入国际市场, 并永远保持其竞争能力。以广泛使用的中小直径钎头为例, 按照80年代初的粗略估计, 全国年消耗量约1000万个。现有的科技成果全面推广后, 仅淘汰老式一字形钎头一项, 全国采掘部门每年可节省钎头约500万个, 各钎头厂也将在不增加人力、物力、财力条件下增产钎头500万个, 国家将节省钎头费用约1亿元。再以节省和净增的各500万个优质钎头出口, 按每个直径40mm左右的钎头外销价人民币20元计, 又可赚回外汇2亿元。如果再增加500万支硬质合金整体钎子和中大直径钎头出口, 还可另创外汇约3~4亿元。这虽然是概略估算, 但其潜力巨大确是事实。

1-3-5 建设具有中国特色的现代化硬质合金钎具工业

综合上述, 所谓“振兴钨业”的战略目标, 可以具体地理解为: 发扬我国钨资源优势, 发展钨产品深度加工技术, 逐步限制钨精矿砂和钨初级产品(重点是硬质合金)出口, 以优质钨工业成品(重点是硬质合金钎具)供应国内外市场。其核心任务, 就是建设具有中国特色的现代化硬质合金钎具工业。

1. 我国拥有得天独厚的钨资源条件

钨的熔点为3410℃, 是所有金属中最高的。其比重为19.3, 是非贵金属中最重的。尽管如此, 钨的最重要的工业属性和主要用途, 还在于它能形成很硬的、稳定而又坚韧的单碳化物WC, 并用以制造费重的硬质合金。虽然硬质合金问世半个多世纪以来, 又开发出许多有竞争能力的硬质材料, 但WC硬质合金的高硬度与高韧性相结合, 至今仍然是独一无二的。因此, 钨用于制造硬质合金的比例也日益扩大。例如: 美国钢耗钨量, 已从1945年的45%, 剧降到了1980年的7%。另据统计, 1981年, 市场经济国家耗钨量: 硬质合金55%, 钨工具钢20%, 金属钨15%, 超合金、化工和民用产品10%, 如图1-1所示。

钨以三氧化钨(WO_3)形式存在于两类具有开采价值的矿物中, 即黑钨矿($(Fe, Mn)WO_4$ 、 $MnWO_4$ 、 $FeWO_4$)和白钨矿($CaWO_4$)。据美国矿务局1981年的调查统计, 世界钨矿储量的分布见表1-1。其中, 近半数(47%)在我国(又据我国1980年底的调查, 我国钨矿保有储量, 已占世界钨矿总储量的56%), 其余41%集中在加拿大、美国、苏联、澳大利亚和朝鲜。值得注意的是, 目前控制着世界硬质合金钎具市场的瑞典、日本、芬兰和少数西欧国家, 都是钨资源先天不足, 均靠向我国和其它国家进口钨精矿砂。

2. 近十年来我国凿岩钎具技术已有长足的进步

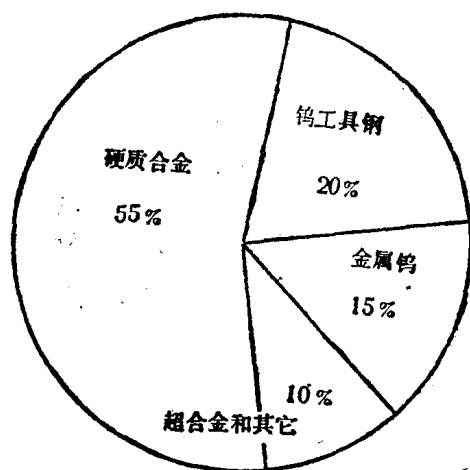


图1-1 1981年市场经济国家钨的消耗比例

表1-1 世界钨储量基数的估计(1981年)(1000公吨所含的钨)

国 别	已探明的可靠储量和预计的储量	其他资源	国 别	已探明的可靠储量和预计的储量	其他资源
中 国	1361	2273	緬 甸	32	73
加 拿 大	431	318	葡 萄 牙	25	27
美 国	250	295	墨 西 哥	20	5
苏 联	213	318	奥 地 利	18	55
朝 鲜	191	213	巴 西	18	41
澳大利亚	109	259	泰 国	18	18
土 耳 其	77	14	其 他	43	91
英 国	59	5	合 计	2904	4091
玻利维亚	39	86			

(引自株洲硬质合金厂情报室张超凡等译《硬质合金生产进展》，1986)

我国过去在国际钨具市场的沉默和无足轻重，根源在于钨具技术落后，产品质量差、品种少。但是，近十年来在科学春风吹拂下，我国钨具科技界和工业界，出现了钨具科研蓬勃发展、钨具技术进步日新月异的新局面。继1980年地质部、冶金部中小钨头鉴定会之后，1982年国家审定出版了我国第一个部级硬质合金钨头标准《DZ21—82》。1984年铁道部和地矿部，分别就“重型液压凿岩机用直径50毫米十字、球齿波形螺纹钨头”，和包括内燃、电动凿岩机用小钨头在内的“风动和轻中型液压凿岩机用沉底式感应钨焊小直径球齿及三刃形钨头”，通过了技术鉴定。1985年，冶金部就“高精度优质钨钢生产工艺”和“钨钢寿命试验台”进行了鉴定。同年，还审定通过了有关钨头和钨杆的国家标准。1986年，我国1981年研制的、具有中国特色的“球齿形系列硬质合金整体钨子”，获得了中国发明协会颁发的银牌奖。此外，在新型凿岩用硬质合金、钨具专用钢、钨具用焊接材料、B19和D38合金中空钢、 $\phi 38$ 重型凿岩机钨尾、以及硬质合金整体钨子的研制方面，也接连取得了许多进展和突破。钨具行业涌现了大批地区、省、部和国家级优秀新产品。我国硬质合金凿岩钨具的更新换代，正在快速地大规模地进行。国产钨具在质量品种方面，与世界先进水平的差距正在迅速缩小。某些方面，已出现接近、赶上和超过的势头。国产的新型优质硬质合金钨具，已开始引起国际钨具市场的瞩目。它不但在顶替进口方面，而且在直接进入国际市场方面异军突起。例如，“成探”牌钨具1986年出口量达11.5万件，创汇38万美元。该钨具生产厂家成都探矿机械厂，已被批准为我国钨具行业第一家出口商品生产专厂。目前，其出口额正以每年30%的速度递增。

3. 国产硬质合金钨具拥有无与伦比的劳力和价格优势

我国是一个新兴的正处于崛起中的贫穷的大国，人口众多，穷则思变。中国人的聪明、勤奋、刻苦和富有献身精神，已为举世所公认。国产钨具原料基本上就地取材，加工成本较低。例如：铁道部大瑶山隧道工程，进口一个瑞典 $\phi 48$ 七齿球齿钨头，价格合人民币174元；用同类等效的国产 $\phi 50$ 九齿球齿钨头顶替，价格为45元。国产钨头内销价仅为国际市场流行价的1/4，生产厂还可以获得约30%的利润。

4. 硬质合金钨具将成为我国90年代崛起的新的传统出口商品，它应列为国家“星火计划”和“先导型产业”的开发重点

以当前国际钨具市场的现状而论：①苏、美等工业大国，拥有一定的技术优势，也有资源，但国家目标不在于此，产品质量属于二流，主要供应其国内市场，甚至还需少量进口；②瑞典、日本等工业发达国家，拥有技术优势，产品质量属于上乘，在国际钨具市场拥有很

高信誉。但其资源匮乏，原料和劳务费用较高，钎具价格难以下降。如果我国限制钨精矿砂和硬质合金出口，便有可能造成国际钨精矿价格上涨，故其产品的竞争能力有限；③其它第一、二世界的工业发达国家，虽然有技术潜力，但资源匮乏，劳务价格很高，国家优势不在于此，不但不对我构成威胁，不少还会成为我的产品市场；④其余第三世界发展中国家，技术、资源均较差，是我国钎具产品的主要潜在市场。然而，与人类征服岩石的伟大事业紧密联系在一起的，无论天涯海角，无时无刻都在大量消耗着的这种工具类产品，随着人类与岩石作战的规模日益扩大，其国内外市场只会发展，绝无枯竭之虞。国家对此投入力量与关注，必定一本万利，绝无风险。目前“戒探”、“金龙”、“华夏”牌钎具的外销，已从1980年以来的少量送样，逐步进入了批量成交。这是一个良好的征兆，证明这种产品有着强大的生命力。

从开源和节流的意义讲，我国钎具和采掘工业部门，仍存在下述四个方面急待解决的问题：第一，我国以老式一字形钎头、手锤砸打卸钎、矿山自制碳钢钎杆为代表的，落后的凿岩钎具和使用技术的更新换代任务，还远远没有完成；第二，从总体上看，与瑞典等先进国家比较，我国钎具工业从产品的质量、品种、使用技术、销售服务、以及技术、设备、工艺和经营管理水平等，都还有较大的差距；第三，我国钎具工业管理体制尚有许多弊病。在部门、地区所有和条块分割的状况下，现有的许多钎具生产厂点和钎具用户，分别捧着国家和本部门的“铁饭碗”，不太重视科学技术信息，缺少全局观念，在互不协作的情况下，从事比较落后的生产、经营活动。产品不分优劣，技术进步缓慢，继续给国家造成浪费；第四，国产钎具虽已开始批量出口，几年来的总销售量只几十万件，在世界钎具市场仍无足轻重，与国家“振兴钨业”的战略目标相距甚远。其重要原因，在于研究、开发力量不足，技术改造缓慢，产品质量不够稳定，品种适应性不强，各有关单位和生产厂之间协调配合不好。这些问题的解决，有赖于国家决策部门的重视、扶持和强有力的指导。

1-4 极坚韧岩石用特重型钎头研究的深远意义

近10年来，我国硬质合金钎具科研工作和取得的技术进步，主要集中在分布最广的硬脆岩石中。以花岗岩为代表，国产新型中小钎头的平均寿命，已稳定地达到或接近瑞典、日本同类产品的水平，为我国老式钎头寿命的3~5倍。例如：新型 $\phi 40$ 十字（Ⅰ）型钎头，花岗岩寿命在150m以上。但是，所有这些适于硬脆岩石的标准型优质钎头产品，对于单轴抗压强度 $\sigma_D \geq 300\text{MPa}$ 的极坚韧岩石，特别是对如同四川泸沽铁矿 $\sigma_D = 463\text{MPa}$ 的极坚韧富铁矿石，全都表现出不能适应，全部出现早期碎片、碎齿报废，平均寿命极低，凿岩成本太高，致使采掘工程得不偿失而无法进行。还有一些较坚韧的岩石，由于使用重型凿岩机，标准型钎头虽然可以工作，但钎具碎片、碎齿等非正常报废率升高而使凿岩费用上升，经济效益下降。相反，对于某些磨蚀性很小的软弱岩石，标准型钎头甚至钻眼上千米而合金片、齿磨损甚微，但钢体已经变形或发生疲劳断裂，导致合金片、齿的浪费。也有某些凿岩条件，如：严寒地区无修磨条件；劳务费用高，修磨钎头不合算；内燃或电动等轻型凿岩机在较软的岩石中打眼等，此时标准型钎头会因合金片、齿的潜力不能发挥而造成浪费。因此，国产新型凿岩钎具，应当在已有标准型优秀产品的基础上，逐步发展拥有特重型、重型、标准型、轻型（包括一次性使用型）产品的完整的钎具系列，以充分适应国内外多变的凿岩条件，进一步增强国产钎具在国际市场的竞争能力。在为建设具有中国特色的现代化硬质合金钎具工业，从而实现“振兴钨业”战略目标的这一系列艰苦努力中，目前最困难而有决定意义的工作，就是极

坚韧岩石用特重型钎具的研制。

这次为泸沽极坚韧富铁矿石研制成功的几种特重型钎头，取得了成本增加不到1倍，寿命延长15~20倍的优异成绩，是近3年来我国钎具行业又一次重要的突破。泸沽的经验，对于进一步修正和完善冲击式凿岩理论，对于我国硬质合金钎具工业的现代化建设，对于进一步改善凿岩工人的劳动条件和降低采掘工程成本，对于增强国产钎具在国际市场的竞争能力，都会产生深远的影响。只是现在，我们才可以比较有把握地说：地球上的各种岩石，我们都能比较有效地对付。因此，也只有现在，我们才可以有更加充分的理由向国家建议：应当尽快限制钨精矿砂和凿岩用硬质合金出口，大力扶持和发展优质硬质合金钎具工业，以优质硬质合金钎具供应国内外市场，从而具体实施方毅同志提出的“振兴钨业”的战略决策。

第二章 极坚韧富铁矿石特征及攻关任务

2-1 矿石特征

2-1-1 矿物成分及品位

泸沽铁矿位于四川省凉山州冕宁县境内，以矿石极富和特别坚韧而闻名全国。钢铁工业要求铁矿石杂质愈少愈好，铁金属%含量（即品位）愈高愈好。一般说来，矿石品位每提高1%，焦比可降低2%，钢产量可增加3%。因此，多找富矿是多快好省地发展钢铁工业的关键环节。

大致划分，品位25~30%为贫矿，需经选矿后才能利用；品位40~50%为高炉富矿，可以直接炼铁。品位50%以上为平炉富矿，可以直接炼钢。

铁在铁矿石中是以矿物形式存在的。铁矿的主要矿物有如下几种，它们的含铁品位是不相同的（矿物的含铁品位为矿石含铁品位的最高极限）：

矿物名称	分子式	含铁品位（%）
磁铁矿	Fe_3O_4	72.4
赤铁矿	Fe_2O_3	70.0
镜铁矿	Fe_2O_3	70.0
菱铁矿	FeCO_3	48.2
褐铁矿	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	48~62.9
针铁矿	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	62.9

工业上要求铁矿石不含有害杂质，或含量很少，不足以影响钢铁的质量。含有害杂质高，就需要经过选矿处理后，才可入炉冶炼。这既增加成本，也延长生产周期，对生产很不利。常见的有害杂质有如下几种：

①二氧化硅（ SiO_2 ）：冶炼时增加炉渣粘度和炉渣量，妨碍脱氧、脱硫的进行。若稀释炉渣，就要增加燃料和熔剂的消耗。

②硫（S）：在金属中有残存的硫时，会降低抗张强度，使钢在高温下变脆。如要脱硫，需增加燃料和熔剂的消耗。

③磷（P）：一般冶炼方法不能排除，进入金属中，使钢冷却时变脆。

④砷（As）：使钢在高温时变脆，焊接性差。

⑤锡（Sn）：使钢变脆。

⑥铅（Pb）、锌（Zn）：冶炼时锌蒸发，浸蚀炉砖。铅熔化后常聚于炉底，破坏炉衬，降低高炉的寿命。

泸沽铁矿一号矿体核部208穿脉的富铁矿石岩心和捡块试样，见图版1。根据化学分析和矿物鉴定，该矿石主要由磁铁矿（钛磁铁矿）和赤铁矿组成。这两种矿物的含量达90~95%，其余5~10%为以石英为主的硅酸盐蚀变矿物。其品位极高，平均为63%，最高达68%，且

不含硫、磷等杂质，而含有少量有益的合金元素，是极好的平炉富矿，直接供平炉冶炼优质钢。其矿石品质之好和采掘之难，为国内外罕见。

2-1-2 矿石组织结构

矿石的可钻性和磨蚀性，与矿物成分及其组织结构关系很大。凿岩实践发现，208穿脉右邦和左邦矿石相距只有几米，矿石外貌和矿物成份基本相同，但可钻性却有明显差异。虽然左右邦都非常难钻，而右邦尤难。经过左右邦分别采样进行光学显微鉴定后，查明其原因在于微观组织结构存在微小的差异。即：①右邦标本中见有许多细小的空洞和裂纹，但这些空洞和裂纹已被后期的石英（以及少量其它硅酸盐矿物）充填，显示后期的硅化蚀变作用强烈，故矿石特别坚韧致密。此外，在这些由石英充填的空洞中，见有结晶完好的针状赤铁矿晶体。赤铁矿一般垂直于洞壁生长，并镶嵌于石英中；②左邦标本中也见有大量细小的空洞和裂纹，但其中所充填的石英等后期蚀变矿物较右邦少得多，形成不少无充填物的细小裂隙及空洞；③反光镜下观察发现，右邦标本中赤铁矿含量较左邦少。左右邦矿石显微结构，详见图版2、3、4、5、6、7。

2-1-3 矿石的可钻性和磨蚀性

（1）单轴抗压强度（ σ_D ）

为了测定此种极坚韧富铁矿石在天然状态下的单轴抗压强度 σ_D 值，以便预测其可钻性，我们根据一号矿体208穿脉附近的矿心钻探资料，选择了几段直径60mm的致密块状磁铁矿心作为试样，按照国际标准的要求加工成标准试件，在压力机上测得其静载（加载速度400kg/s（千克/秒））最大破坏载荷为 $P_{max}=1348\text{kN}$ ，试件横截面积 $F_0=29.13\text{cm}^2$ ，故其单轴抗压强度：

$$\sigma_D = \frac{P_{max}}{F_0} = 463\text{MPa}$$

按照国际标准的岩石强度分级，属于平均单轴抗压强度大于300MPa的最高等级。

根据美国科罗拉多矿业学院C.G.怀特所著《岩石可钻性指数》一书介绍，全美国最坚硬的铁燧石矿，其 σ_D 值仅达到427MPa。

（2）坚固性和可钻性级别

从所测定的 σ_D 值和岩性对比可知，此种极坚韧富铁矿石的坚固性和可钻性级别，已超出冲击式凿岩目前所有岩石分级表最坚硬级别的限额。即：①地质部十一级采掘性、钻眼性分级表： $\geq \text{XI}$ 级；②徐氏七级凿碎比功分级表： $\geq \text{VII}$ 级，凿碎比功 $a \geq 700\text{J}/\text{cm}^3$ ；③普氏十级坚固性分级表： $\geq \text{I}$ 级，坚固性系数 $f > 20$ ；④苏氏十六级凿岩性、爆破性分级表： $\geq \text{I}$ 级；⑤C.G.怀特冲击式可钻性分级表：可钻性指数 $> P_{380} + F(\alpha)$ （表示用 $\phi 19$ 十字形钎头，钻1个10cm深眼孔后钻速下降）。

（3）磨蚀性级别

此种富铁矿石磨蚀性极强。凿岩试验表明，直径40mm的一字形钎头，钻眼0.5~1m后，距钎刃外缘5mm处的磨钝刃宽达到 $\angle \geq 4\text{mm}$ 。其磨蚀性级别：①徐氏三级磨蚀性分级表： ≥ 3 级（属强磨蚀性岩石，凿测器冲击480次以后，距外缘4mm处的钎刃磨钝刃宽 $\angle \geq 0.8\text{mm}$ ）；②C.G.怀特冲击式磨蚀性分级表：磨蚀性指数 $> \text{WP}100$ （其值愈大，表示岩石磨损钎刃的能力越强）。

2-2 攻关任务

2-2-1 问题的提出

由于泸沽铁矿富铁矿石特别坚韧，从1982年准备转入地下开采以来，凿岩钎具尤其是钎头的早期损坏，成了主要矛盾。以208穿脉为例，4~5m²断面的巷道，循环进尺1m左右，钎头消耗量高达30~40个，仅钎头费用就耗资300~400元。有时打1个炮眼，就损坏5~6个钎头，即使不计成本，采掘工作也无法进行。为此，泸沽铁矿和四川省冶金厅，不断向全国钎具科研和生产部门发出呼吁，希望帮助提高钎头寿命。1982年5月，在“四川省第一次掘进工程学术讨论会”期间，四川省冶金设计院李纪泽同志，正式邀请当时正在铁道部大瑶山隧道进行钎具攻关的中国地质大学钎具科研组，参加泸沽铁矿专用钎头的攻关。但是，从1982年4月到1985年8月为止，前来试钻的单位开始门庭若市，逐渐也就望而生畏，终于“路断人稀”了。以至3年来该矿钎具寿命问题，和与此相关的该矿地下开采的可行性问题，始终未获解决。

表2-1 泸沽铁矿极坚韧富铁矿石 $\phi 40$ 、 $\phi 60$ 钎头试钻数据统计

钎头生产厂	钎头形状	试验时间	试验地点	钎头个数(个)	平均寿命(m)	报废形式
瑞典Fagersta公司等国内外近20家	$\phi 40$ 左右各类片状、球齿钎头	1982.4~1985.6	坑采208穿脉(少量在206、214穿脉和采场)	324	0.70	早期碎片、碎齿率99%
	$\phi 40$ 左右片状钎头			172	1.01	98%早期碎片
	$\phi 40$ 左右球齿钎头			152	0.50	100%早期碎齿
贵阳钢厂等6家	$\phi 60$ 各类中深孔钎头	1984.10~1984.12	坑采208穿脉	16	1.41	100%早期碎片、碎齿
	$\phi 60$ 十字形中深孔钎头			3	1.65	100%早期碎片
	$\phi 60$ 球齿形中深孔钎头			13	1.36	100%早期碎齿
瑞典Fagersta公司	$\phi 38$ 十字形钎头	1985.5~1986.4	坑采208穿脉	2	0.56	全部早期碎片
日本三菱公司	$\phi 40$ 一字形钎头	1985.6~1986.5	坑采208穿脉	1	0.19	全部早期碎片
	$\phi 40$ 十字形钎头			1	0.20	
	$\phi 44$ 十字形钎头			1	1.75	
株洲硬质合金厂	$\phi 40$ 、 $\phi 42$ 一字、三刃、十字、球齿形钎头	1983.7~1985.6	坑采208、214穿脉，露天1#矿体	145	0.99	全部早期碎片、碎齿
成都探矿机械厂	$\phi 40$ 一字、三刃、十字形钎头	1982.7	坑采208穿脉	13	1.66	全部早期碎片

根据泸沽铁矿统计的钎头钻孔试验汇总表记载，这段时间里，包括瑞典、日本等国际名牌钎头，和国内“成探”钎头在内的国内外近20个牌号的钎头曾来此试钻。以本矿一号矿体208穿脉(少量在稍软的214、206穿脉和采场)为代表：①各类直径40mm左右的小钎头共324个，总平均寿命为0.70(m/个)。其中：瑞典钎头2个，平均寿命0.56(m/个)；日本

钎头3个,平均寿命0.71(m/个);“株洲”钎头145个,平均寿命0.99(m/个);“成探”钎头13个,平均寿命1.66(m/个)。这324个小钎头中:球齿钎头共152个,平均寿命0.50(m/个);片状合金钎头共172个,平均寿命1.01(m/个);②各类直径60mm左右的采矿用中深孔凿岩钎头共16个,总平均寿命为1.41(m/个)。其中: $\phi 60$ 十字形钎头3个,平均寿命1.65(m/个); $\phi 60$ 球齿钎头13个,平均寿命1.36(m/个)。所有这些大小钎头,除少数发生脱片、掉齿、钢体损坏外,几乎100%以初期碎片、碎齿的形式提前报废。上述这些标准型钎头的工作情况,见表2-1和图版8、9、13。

2-2-2 攻关指标

1985年9月15日,泸沽铁矿与中国地质大学和中南工业大学共同签署了钎头科研攻关合同。根据合同精神,由中国地质大学、中南工业大学、四川泸沽铁矿、成都探矿机械厂、湖北武穴市长江工具厂等5个单位,组成了泸沽铁矿极坚韧富铁矿石专用钎头联合攻关组。先后参加工作的协作单位有:中国科学院金属研究所、江汉石油管理局江汉钻头厂、四川自贡硬质合金厂。合同规定的攻关指标是:

$\phi 40$ 小钎头 $\geq 4.5\text{m}$

$\phi 60$ 中深孔钎头 $\geq 7.0\text{m}$

验收标准为:208穿脉试验场指定的极坚韧富铁矿石段,左邦3点右邦1点共20个钎头的平均寿命值。

经过两年多来各方的共同努力,攻关组先后于1985年4月、1985年8月、1986年5月、1986年12月、1987年元月至1987年4月,共进行了4轮5次攻关试钻。在不断的挫折和探索中,逐渐发现了此种矿石中两大类钎头在几何结构参数、材料、制造工艺和使用技术方面所特有的某些规律,终于设计成功了两种特重型中深孔钎头,和两种特重型小钎头。其平均寿命,已分别突破了15m,为合同攻关指标的2~3倍,为原用标准型钎头的10~20倍。其价格,仅为普通钎头的1.6~2.0倍。攻关过程中,定点生产此类特重型钎头的成都探矿机械厂和长江工具厂,完善了制造工艺,形成了批量生产能力。同时,还为矿山制订了有关钎头连接、拆卸、重磨方面的合理使用规范。从1986年10月开始,在第二轮研究成果的基础上,“成探”和“金龙”牌特重型钎头,已小批量供应泸沽铁矿和其它类似矿山生产使用,并初步显示出了明显的技术、经济效果。