

高效、低耗冲击式凿岩钎具

——工业炸药发明后困扰世界采掘工业的百年难题

张国樑

(中国地质大学掘进工程研究所, 湖北武汉 430074)

摘要: 150年前瑞典诺贝尔父子继中国火药之后, 发明了硝化甘油胶质炸药用于修路与采矿, 引发了导致社会财富高速增长的“真正意义的工业革命”。1923年德国施律泰尔发明 WC-Co 硬质合金, 迅速形成了硬质合金切削刀具和硬质合金凿岩钎具两大产业, 使机械和采掘工业飞速发展, 被誉为“工业的牙齿”。迄今, 现代化的凿岩爆破技术, 已成为人类向岩石圈索取资源和向地下开拓生存与发展空间的主要手段。其中, 用在岩矿石中冲击凿孔的凿岩钎具, 是人类所有机械工具中受力条件最苛刻、使用寿命最短、基础工业必备、技术含量很高的大量消耗性工具。研制长寿命冲击凿岩钎具, 已成为全球采掘工业高效、低耗凿岩必须解决的新世纪重大工程技术难题。这需要凿岩、爆破、岩石破碎、矿业、材料、冶金、钢铁、机械、物理、化工、电子、数学、力学、生物(仿生)等各方面专家的长期通力合作。建设以“新型硬质合金钎具”和“长寿命冲击凿岩钎杆”为标志的有中国特色的现代化凿岩钎具工业, 是我国新一代“资源—高科技—外向型”民族工业一个具有战略意义的新增长点。

关键词: 凿岩钎具; 钎钢; 长寿命钎杆。

中图分类号: P633.1; P634.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2002)05-0626-06

作者简介: 张国樑(1936—), 男, 研究员, 博士生导师, 1960年毕业于北京地质学院, 长期从事凿岩钎具的研制与开发。

1 凿岩工具与人类文明

开天辟地, 兴亡何限鱼龙。从猿到人, 劳动造成世界。恩格斯说: 猿由于学会使用工具劳动, 而逐渐脱离爬行动物, 进化成为头脑发达的直立行走的人。马克思说: “科学是最高意义的革命”, 生产力是社会进步最活跃的因素, 一切生产关系的变迁都为了适应生产力的发展。“生产力=人+工具”。人类社会的分期以工具的状况为标志。人类社会的发展史也可以说就是工具的进化史。工具的进步程度直接显示社会的发展水平。在人类向自然索取的历史长河中, 凿岩工具自始至终伴随着人们开发资源和征服岩石的伟大斗争。

“大禹治水, 奚仲造车, 伯益凿井”^[1], 有了井, 人类才可以远离江河与湖泊, 向广袤大地的纵深繁

衍生息。4 000年前的伯益, 是中国也可以说是世界冲击凿井术的发明人。中国的冲击凿井术经过漫长的发展演变, 形成了举世闻名的“顿钻”技术。在鸦片战争前夕, 几乎和诺贝尔父子发明工业炸药同时, 1835年中国四川自贡的盐业工匠们用“顿钻”凿成了世界上第1口千米深井(自贡兴海井井深1 001.42 m, 为国家重点保护文物)。中国冲击凿井术通过传教士流入西方以后, 对石油的钻采、对整个人类文明进步起到了非常大的推动作用。美国一些石油钻井工程专著中, 开篇就是一幅中国自流井工人的凿井图。著名的德国克劳斯太尔大学的钻井教科书中, 首篇就介绍中国自流井的凿井技术。可见, 中国的冲击凿井术实为世界钻井工程之先声, 已为世界所公认。鉴于冲击凿井术对华夏和世界文明发展的巨大和深远影响, 中国工程院刘广志等^[2]科学家提出一种观点, 建议将其列为“我国古代科学技术的第五大发明”。火药、指南针、造纸术、印刷术、凿井术, 如同五座亘古不灭的灯塔, 不断给世界各色人种注入信心与辉煌。

收稿日期: 2002-03-06

基金项目: 原地质矿产部重点地质科技项目(No. 95152006); 湖北省科学技术发展基金项目“新型高强度优质钎钢的研制”。

2 两大发明改变世界

“工欲善其事,必先利其器”。18世纪中期,继凯伊发明飞梭(1733)和瓦特发明蒸汽机(1769)为标志的英国工业革命之后,经过近100年相对较缓慢的发展进入19世纪中叶,世界迎来了另两位伟大的发明家——诺贝尔父子。诺贝尔父子生长在冶金与采矿技术处于世界巅峰状态的瑞典,他们及时抓住了采掘生产中急需解决的破岩艰难的重大课题,不惜流血和牺牲,以两代人的毕生精力和追求,继中国火药之后,为人类找到了更加强大的新材料和新能源——工业炸药(1862)。19世纪70年代以后,诺贝尔所经营的炸药工厂遍布欧美20个国家,从此开始了规模浩大的采矿与修路工程,引发了导致社会财富快速增长的“真正意义的工业革命”。

工业炸药发明后,采掘工程面临的更迫切、更重大的难题,就是如何在岩矿石中高效凿孔。从遥远的古代开始,高效凿岩的难题一直困扰了人类几千年。20世纪初继诺贝尔之后,世界又迎来了一位伟大的发明家,他就是1923年发明钨钴硬质合金(WC-Co)的德国科学家K·施律泰尔(据文献[3])。WC-Co硬质合金发明后,迅速形成了全球性的新兴硬质合金切削刀具和硬质合金凿岩钎具产业,使机械切削和岩矿石凿孔效率成百倍地提高,被誉为“工业的牙齿”。机械工业是现代工业的心脏,而采掘工业是整个工业的基础。硬质合金的发明使工业炸药新能源如虎添翼。工业炸药与硬质合金两大发明使人类征服自然的能力猛增,加速了交通、能源、资源开发,以及冶金、机械、电子、化工、建筑等基础工业发展,促进了核能、计算机、航天等高科技产业崛起,导致了二战以后半个世纪生产疾速发展和物质财富的高速聚积,使世界进入了和平发展的新世纪。现在,现代化的凿岩爆破技术已成为人类向岩石圈索取资源和向地下开拓生存与发展空间的主要手段。

3 复合钎具再现辉煌

二战以后,刀片(一字、三刃、十字、X形)和球齿系列硬质合金凿岩钎具,以其寿命长、钻速快的巨大优势,迅速取代了传统的凿岩钢钎。刀片钎具已沿用60多年;球齿钎具的兴起,迄今已有30多年的历史。

1996年以来,应用力学和仿生学原理设计的一代复合片齿系列钎具(中国专利号:96203054.6,96203053.8,98242026.9),已在中国地质大学(武汉)研制成功,并批量进入市场。它较圆满地解决了困扰传统钎具约半个世纪的诸多难题(例如:刀片钎具直径受限 $[\phi \leq 89\text{mm}]$ 、修磨频繁;球齿钎具边齿碎脱、缩径快、不适应极坚韧矿岩、合金利用率低[钨钴资源浪费严重]),具有显著的高效、低耗特点^[4]。工业考核表明:复合片齿钎具不受穿孔直径限制,可钻凿任何种类岩矿石,比刀片钎具修磨周期长、重磨次数少,比球齿钎具缩径慢、整体坚固性好、抗冲击能力强,其硬岩平均使用寿命为同直径刀片、球齿钎具的2~3倍,工业钻速比传统钎具约高10%~20%,硬质合金有效利用率高达60%左右,且残留刃齿可全部回收利用。而传统过盈固齿球齿钎具,其硬质合金有效利用率仅10%~15%,嵌于盲孔中的残留柱齿难于回收,随废钢体流失而浪费。因此,复合片齿钎具的全面推广应用,可使采掘工程更加多、快、好、省地进行,能促进钨、钴、钢铁等宝贵资源的合理利用。

4 钎杆寿命乃世界难题

硬质合金凿岩钎具(钎头、钎杆、整钎等)是人类征服岩矿石的最新武器,它组成一个细长的杆件系统,在岩矿石的剧烈磨损及高压水流(或压气)和矿坑水的腐蚀条件下,承受着拉、压、弯、扭和凿岩机每分钟2000~9000次左右的高频冲击,每次冲击功高达25~500J,常以应力腐蚀疲劳断裂的方式失效,使用寿命仅几十min到几十h。因此,凿岩钎具是人类所有机械工具中受力条件最苛刻、使用寿命最短、技术含量很高、基础工业必备的大量消耗性工具。全世界100多个国家和地区的采掘工人每天上班工作8h,其中一半以上时间就是在岩矿石上凿孔。其所需凿岩钎具年耗量约为国内市场的50倍。我国年产切削刀具和凿岩钎具用硬质合金约7000t,产量居世界首位,质量已接近国际先进水平。全国采掘工程部门年耗钎钢、钎具约3000万件,价值近20亿元。国际凿岩钎具市场的年容量近100亿美元。我国凿岩钎具国内市场流行价仅为同类、等效产品国际市场流行价的1/3~1/10。瑞典Sandvik、Secoroc等国际名牌钎具公司凭借技术和经济优势,大都进口中国的廉价钨矿砂,而高价出口硬质合金钎

具成品·瑞典 Sandvik 公司 20 世纪 90 年代的统计资料称,其钎具年销售额达 24 亿美元·我国由于种种历史原因和多年来的钎具技术与生产管理落后,现行体制下尚未涌现出雄才大略的钎具实业家和名牌跨国钎具公司,迄今全国凿岩钎具年创汇额仅 1 000 万美元左右·其中钎杆等长钎具的创汇额,不到钎具创汇总额的 1/4·国产钎钢质量差、钎杆寿命短且不稳定,已成为制约我国采掘工业发展和长钎具出口的主要“瓶颈”·目前国内外普遍使用的钎杆规格是:H19、H22、H25、H28、H32、H35、H38、H45mm 六角形和 D32、D38、D45、D51mm 圆形中空钢钎杆,钎杆长度一般为 0.4~6.4 m·已有的寿命水平是:(1)小直径(轻型)钎杆:以 H22×108×2 200 mm (7°)锥体连接钎杆为例,在单轴抗压强度 $\sigma_D \approx 200$ MPa 的坚硬花岗岩中,用支腿式气动凿岩机和 $\phi 40$ mm 十字形钎头打眼,其工业统计首锻次平均寿命:国内以贵阳 ZK55SiMnMo“铸管法”钎杆为代表,约 60 m;国外以瑞典 Secoroc 公司“钻孔法”(加不锈钢内衬)Z708(40SiMnCrNiMo)钎杆为代表, ≥ 150 m;(2)大直径(重型)钎杆:以 T45-D45×3 660 mm-T45 梯形螺纹连接钎杆为例,在单轴抗压强度 $\sigma_D \approx 200$ MPa 的坚硬花岗岩中,用 Atlas Copco 公司 Roc712-HC-01 露天钻车 Cop1238ME 液压凿岩机和 $\phi 89$ -T45 球齿钎头下向穿孔,其工业统计平均寿命,国内以湖北咸宁“青龙”牌 ZK18CrNi3MoV“热穿-热轧法”钎杆为代表,约 1 000 m;国外以瑞典 Sandvik 公司同类“钻孔法”钎杆为代表, $\geq 1 500$ m·如何进一步提高国内外轻重型钎杆的使用寿命,不但对振兴我国民族工业和促进全球采掘等基础工业发展具有重大意义,也是 21 世纪各国凿岩钎具科技界和产业界共同面临的世界性难题·

5 更新钎钢钢种、冶炼、铸锭开坯、轧制和制钎工艺

钎杆的使用寿命取决于钎钢和钎杆的内在质量、凿岩条件和使用技术 3 个方面·其中,内在质量具有决定意义·钎钢、钎杆的内在质量由几何结构参数、钢种、冶炼、铸锭开坯、轧制和制钎工艺所决定·以代表国际领先水平的瑞典 Sandvik 和 Secoroc 公司产品为例,(1)几何结构参数:钎杆横截面,采用带中心孔的正六角形或圆形结构,其中小钎杆又同时

采用在内孔壁加不锈钢内衬管的复合结构:钎杆名义直径系列为 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 45, 51 mm;中空钢截面、带肩钎柄、钎梢或螺纹钎柄的几何结构与尺寸参数,按国际标准 ISO722-1991, ISO723-1991, ISO1718-1991, ISO10207-1991, ISO10208-1991 和该公司的有关企业标准制造;(2)钢种:小钎杆采用中碳 Cr-Ni-Mo 系合金钢;大钎杆采用低碳 Cr-Ni-Mo 系合金钢;(3)冶炼:采用高纯净度的炉外精炼钢;(4)铸锭开坯:精钢连铸连轧成圆坯;(5)轧制:采用带(或不带)不锈钢内衬管的“钻孔带心热轧法”(简称“钻孔法”),实行控制轧制和控制冷却;(6)制钎:带肩六角钎柄锥体连接小钎杆,采用中频加热、液压锻钎机带针锻造钎肩并精磨钎梢,钎柄、钎梢高频淬火热处理后,再经抛丸、校直和防腐处理;螺纹连接重型钎杆,采用中频加热、液压锻钎机锻粗钎柄、全自动仿形车床加工螺纹,并炉整体渗碳淬火,再经抛丸、校直、防腐处理·此外,钎杆寿命长短,还取决于凿岩条件的优劣、钎杆对凿岩条件的适应性,及合理的钎杆使用技术·凿岩条件首先是岩石的坚固性和磨蚀性大小,这决定于单轴抗压强度 σ_D 值、造岩矿物成分(SiO_2 含量高低)、岩石成因(岩浆、沉积、变质)、赋存条件(风化、裂隙、含水等);其次是凿岩机类型(内燃、电动、气动、液压),包括冲击功、冲击频率、冲锤应力波形特性、凿孔直径、凿孔方向等;再次是钎头质量,钎杆粗细、长短和钎头连接、拆卸方式,要求与岩性、机型作最佳匹配·钎杆的使用技术,是指正确的操作使用规范,必须有利于改善工人作业条件,充分发挥凿岩机具工作潜力,延长机具使用寿命,以实现高效、低耗凿岩·

综上所述,我国和世界凿岩钎杆工业统计最低平均寿命的新世纪攻关指标,以前述凿岩条件和典型的 H22×108×2 200 mm (7°)锥体连接钎杆、T45-D45×3 660 mm-T45 螺纹连接钎杆作考核产品,建议分别确定为 ≥ 300 m 和 $\geq 3 000$ m,即比现有技术达到的国际领先水平提高 1 倍·这是一项十分艰巨的系统工程,将引发众多发明创造,并集各相关领域最新科技成就于一身才能完成任务·对我国钎钢钎具科技界和产业界来说,实现这一攻关目标可分 2 步走:第 1 步·吸收现有国内外先进技术,力争 3~5 a 内完成对现有“热穿-热拔”、“热穿-热轧”和“铸管法”Si-Mn-Mo 系中空钎钢的技术改造,走瑞典人采用 Cr-Ni-Mo 系精炼钢和“钻孔法”轧制工艺的道路,使国产 H22 小钎杆硬岩寿命

稳定在 150 m 以上,使国产 D45 重型钎杆硬岩寿命稳定在 1 500 m 以上,达到国际先进水平;第 2 步. 在新世纪的头 10 年,建议由中国地质大学(武汉)掘进工程研究所、中科院金属研究所、大冶钢厂钢铁研究所、北京钢铁研究总院、贵阳钎钢研究所、长沙矿冶研究院、长沙矿山研究院、北京钻井研究所、东北大学、北京科技大学、西北工业大学以及湖北华夏凿岩机具股份有限公司、贵阳钢厂、新抚钢厂、涟源钢厂等单位分工合作,并与各相关行业的科技专家联合攻关,实现硬岩寿命 H22 mm 钎杆 300 m 和 D45 重型钎杆 3 000 m 的攻关目标. 初拟的攻关方向是: (1)以国内外市场为导向,改造旧企业. 钎钢是承受苛刻高频动载的高难度、高科技工具,绝不同于承受静载的一般型材,不宜划归一般钢厂附带生产,而应以发展钎钢钎具工业为己任,以钎钢钎具质量、品种、服务为中心,按股份制原则重新组建专业钎具公司,并聚集本行业的科技专家和优秀企业家来主司其事;(2)深入开展实用性的岩石破碎、钎钢和相关实用技术的科研工作. 包括岩石破碎机理;高效破岩新方法;钎杆受力及断裂机理;应用力学和仿生学原理探讨钎钢最佳断面几何结构参数和具有高耐磨性、高抗断阻力的复合型截面构造及最佳的钎杆连接方式和连接参数;新的钎钢钢种设计(在深刻揭示钎钢断裂和强化机理的基础上,充分利用 Si、Mn、Cr、Ni、Mo、V、W、稀土元素等有益合金元素的影响,寻求质优、价廉的新钢种);新的冶炼技术,例如具有高洁净度、超细颗粒、高均匀度的新一代超级钢^[5]和耐磨钢,使其抗拉强度提高到 1 500 MPa 以上;新的轧制工艺,例如进一步改进和完善瑞典平立辊交替布置的短应力轧机多道次“钻孔带心热轧法”钎钢生产工艺;新的制钎工艺(加热、锻造、机加工、热处理、表面强化、防腐技术);新的产品标志和包装技术等;(3)加强钎杆配套技术与机具的研究. 包括加热、锻造、机加工、热处理、表面强化、打标、防腐、包装设备;新型高效、低耗凿岩机和凿岩钎(钻)头;钎杆、钎(钻)头的正确连接、拆卸与合理修复、修磨技术(设备、机具与操作使用规范)等.

显然,长寿命冲击凿岩钎杆新世纪攻关目标的实现,将极大地增强人类征服岩石的实力,为我国和世界采掘等基础工业的现代化建设注入新的活力,并产生巨大的经济和社会效益.

6 美国的 NADET 计划

马克思说:“采掘业是国民经济的基础产业.”^[6]. 全世界各类采掘工程包括岩矿石开挖、加固和运输,其中,作业时间最长、工作最艰苦、耗费最大的是凿岩. 因此,高效低耗凿岩是全世界采掘工程科技界和产业界共同追求的目标. 1994 年,美国克林顿政府在所批准的“国家先进的钻探和采掘技术”计划(National Advanced Drilling & Excavation Technology, 简称 NADET 计划)的批文中说:“钻探和采掘技术是基础类技术,是诸如石油和天然气开采、地热能源开发、采矿业、危险废料场地整治、现代公共交通系统建设、地下公用服务设施修建及地下基础结构更新等关键部门所急需的. 在那些向我们经济提供原料、能源、必需的现代文明设施,甚至我们的部分食物的基础工业部门中,钻探和采掘技术都起着关键性的作用. 这些部门面临着严峻的国际竞争,国内原材料储量日趋枯竭,环境方面的事务日渐增多,其未来的状况取决于我们在钻探和采掘技术领域内建立并保持的领先程度. 在今天高技术的吸引力流行的时代,这都是些并不诱人的工业部门(请注意:钻探和采掘凿岩工程本身包含了众多的高新技术,它的‘不诱人’仅在于工作环境艰苦),但毫无疑问,这些基础工业部门的生命力对我们的持续繁荣和昌盛是必不可少的”. 美国政府正在实施的 NADET 计划,对我们是一个有益的启迪和严峻的挑战.

7 实施三大技术改造,建设一流钎具强国

早在 1965 年,“凿岩设备和工具”曾纳入国家十年科研规划. 改革开放以来,地矿、冶金部门都加强了凿岩钎具的研究和新产品开发. 我国的中空钢钎杆,解放后从无到有,已经历了高碳工具钢、中碳 Si—Mn—Mo 系合金钢和中低碳 Cr—Ni—Mo 系合金钢 3 次升级换代,冶轧和制钎工艺也正在不断更新.

20 世纪 50 年代初到 70 年代末,我国采掘工业普遍使用从前苏联引进的老式一字形钎头等少数几个钎头品种. 1980 年以来,随着中国地质大学(武汉)等单位一系列新型钎具科研成果的鉴定与推广,现已形成包括“飞龙”“青龙”“金龙”“成探”“东

方”、“莲花山”、“贵阳”等名牌钎具产品在内的,含直径 30~165 mm 刀片、球齿、复合片齿钎头、整钎、锥体和螺纹连接钎杆、高低风压潜孔钻头,以及矿用牙轮钻头全系列上千个品种的庞大钎具产业,不少品种已处于世界同行业前列,达到了国际先进水平.现代凿岩钎具工业正作为我国继丝绸、陶瓷、火药之后独具优势的新一代“资源—高科技—外向型”产业,昂首阔步跨入 21 世纪.

凿岩钎具配合爆破技术在岩矿石上穿孔,直接服务于交通、能源、资源开发等基础工业,是人类征服岩石的主要工具.以新型长寿命钎杆和硬质合金钎具为代表的现代凿岩工具,包容了凿岩、爆破、岩石破碎、矿业、材料、冶金、钢铁、机械、电子、化工、数学、力学、地学以至生物学(仿生)等多种学科的前沿理论和技术成就,已发展成为世界性的高新技术产业.以瑞典等西方国家和日本为代表,拥有众多的名牌跨国钎具公司.中国是火药和冲击凿井术的发明国,拥有全世界制造 WC—Co 凿岩硬质合金所需的半数以上的钨矿资源(中国钨矿保有储量占世界总储量的 68%),近 20 多年在冲击凿岩理论、凿岩钎具的几何结构参数、材质、制造工艺和使用技术领域,实现了众多发明创造,取得了长足技术进步,具有了整体综合实力优势,已具备得天独厚的发展凿岩钎具工业的有利时机和条件.我们应当学习诺贝尔父子的创业精神和瑞典人的先进凿岩技术,并在实践中不断创造自己的新经验,加速建设有中国特色的现代化钎具工业,以促进人类的和平发展.我们主张自然科学与管理科学结合,科学家与企业家结合,科学技术与实业资本结合,加速实施三大技术改造(新型钎钢、新型凿岩硬质合金、新型凿岩钎具),以求迅速将科技优势转化为产业优势,在本世纪初实现建设一流钎具强国的目标.我们希望国家主管部门高度关注我国工业这一重要生长点,并呼吁全国凿岩钎具科技界和产业界同仁,站在发展我国民

族工业的历史高度看待钎钢、钎具事业,联合相关学科领域的科技专家合力攻关、勇攀高峰,为国家“振兴钨业”,为凿岩钎具与采掘工业现代化,为中华凿岩技术光复旧物,为人类征服岩石圈做出当代中国人的新贡献.

参考文献:

- [1] 范文澜.中国通史简编(修订本,第一编)[M].第 4 版.北京:人民出版社,1964. 94.
FAN W L. General history of China (revised edition, first series) [M]. 4th ed. Beijing: Peoples Press, 1964. 94.
- [2] 刘广志,周志彰,林元雄.中国钻探科学技术史[M].北京:地质出版社,1998.
LIU G Z, ZHOU Z Z, LIN Y X. Scientific and technological history of China drill-hole exploration [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998.
- [3] 陆远明,张超凡,彭日登,等.国外硬质合金[M].北京:冶金工业出版社,1976.
LU Y M, ZHANG C F, PENG R D, et al. Overseas cemented carbide [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1976.
- [4] 张国樑,张汉斌.硬质合金复合片齿钎具[M].武汉:中国地质大学出版社,1997. 64—66.
ZHANG G J, ZHANG H B. Insert and button complex type rock drilling tools [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 64—66.
- [5] 中国钢结构协会秘书处.新一代超级钢[J].中国钢结构协会会讯(总第 46 期),1998, (4): 3.
Secretariat of China Steel Structure Association. Neo-super steel [J]. China Steel Structure Association Issue (46th), 1998, (4): 3.
- [6] 张以诚.毛泽东“开发矿业”题词究竟是哪一天? [N].中国矿业报,1999—12—29.
ZHANG Y C. Which day on earth is Chairman MAO Ze-dong's inscription "developing mining"? [N]. China Mining Weekly, 1999—12—29.

High Drilling Rate and Long Service Life Percussive Rock-Drilling Tools: A Hundred-Year Puzzle for World Excavation Industry after Inventions of Industrial Explosives

ZHANG Guo-ju

(*Institute of Excavating Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*)

Abstract: The nitroglycerine dynamite for road building and mining invented 150 years ago by Nobel, a Sweden, after the invention of Chinese explosives, initiated the industrial revolution in its true sense that brought about high-speed growth of social wealth. In 1923, a German invented WC-Co cemented carbide, resulting in two major industries of hard-alloy cutting tools and hard-alloy rock-drilling bits. As a consequence, the machine and excavating and mining industries grow rapidly. The cemented carbide is thus termed as the "industrial teeth". In particular, up to now, the modern rock-drilling blasting technology has turned into a major means for the human being to obtain resources from the lithosphere and to expand the survival and development space to the underground. In particular, the rock-drilling rods are the consumption tools with the smallest range of pressure conditions and the shortest service life in all the machine tools. This kind of rods, indispensable to the basic industry, is of high technology. The manufacture of long service life percussive rock-drilling rods has already turned into an important engineering technology puzzle in the 21st century for the global excavation industry that requires highly-efficient and low-consumption drilling rods. The realization of this target needs the long-term cooperation from many experts in rock drilling, blasting, rock fracturing, mining, materials, metallurgy, iron and steel, machine, physics, chemical industry, electronics, mathematics, mechanics and biology (bionics). The establishment of the Chinese modern rock-drilling tools industry marked by new types of "cemented carbide drilling tools" and "long service life percussive rock-drilling rods" is a new development point strategic to the new generation of "resources-high-tech-export-oriented" Chinese national industry.

Key words: rock-drilling tool; drilling steel; long service life rock-drilling rod.