

论地质钻探技术的担当使命及智能化与绿色发展

张永勤

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: 简要概述了地质钻探技术的发展历史及现状及其在国民经济及人类生存发展中的作用, 分析论述了钻探技术的发展既要与时俱进, 又要结合自身特点及地球科学和地质工程对其需求而肩负起责任。阐明了智能化及绿色发展在钻探技术领域实施的现实及可能性, 提出了钻探技术要以高效、低耗、可靠、环保的方式, 继续肩负起未来人类开展地质调查工作中钻探技术验证的重任作为担当与使命的见解。强调地质钻探技术的实用性及实践验证方便的特点, 随着现代科技的发展, 钻探技术也必将不断发展, 但钻探技术作为一种实用技术, 自身发展必须以实事求是、按照科学规律以及向更好完成使命的方向发展。

关键词: 钻探技术; 历史与现状; 担当与使命; 智能化; 绿色低碳

中图分类号: P634 **文献标识码:** C **文章编号:** 2096-9686(2023)01-0005-05

Discussion on aspiration and mission and AI & green development of the drilling techniques

ZHANG Yongqin

(Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: This paper outlines the development history and current status of the drilling techniques, states the roles of drilling techniques for national economy and humans well-being life development. The drilling technique progress keeping up with times and also its undertakings combining itself characteristic with a dependence of geological science and engineering are analyzed and discussed. The reality and feasibility of the AI and green drilling techniques are expounded. The notions to the undertaking and mission of the drilling techniques used the geological science and engineering by way of high efficiency, low-energy consumption, reliability and environment friendly are presented in the paper. As the other sciences and technologies development, the drilling techniques will have to continuously develop, which are practical technologies, and must develop in accordance with practical and realistic, scientific regular patterns and better accomplishment of the mission as a development direction.

Key words: drilling technologies; history and current status; undertaking and mission; AI; green and low-carbon

0 引言

钻探技术是一门古老而又年轻的技术, 它的诞生及应用已有数千年的历史。钻探是为探明地下矿藏或其它各类地质信息所进行的钻进工作过程, 钻探技术就是在钻进过程中所采用的各种技术。笔者认为, 钻探技术是集地表设备、地下钻具、工艺方法、冲洗介质循环冷却、人为操控、参数控制、事

故预防与处理于一体的综合体现。随着人类对探索地下矿产资源的需求、基础设施建设的需要、对地球起源与深处奥秘及地外空间等的求知, 钻探技术的应用范围及领域不断拓展, 并迅速发展和不断进步。除了最初用于打水井和寻找地下矿产资源外, 城市建筑、铁路、公路、桥梁、地下空间、管道铺设等各类基础工程建设也对钻探技术提出了新的

收稿日期: 2022-02-22; **修回日期:** 2022-12-01 **DOI:** 10.12143/j.ztgc.2023.01.002

作者简介: 张永勤, 男, 汉族, 1960年生, 教授级高级工程师, 从事各类地质勘探领域钻探工艺、器具、设备及施工工程技术的研究工作, 河北省廊坊市广阳区金光道77号, zyqietlfb@sina.com。

引用格式: 张永勤. 论地质钻探技术的担当使命及智能化与绿色发展[J]. 钻探工程, 2023, 50(1): 5-9.

ZHANG Yongqin. Discussion on aspiration and mission and AI & green development of the drilling techniques[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(1): 5-9.

应用要求和期望,为钻探技术的不断发展提供了巨大的拓展空间和发展动力。从钻探技术在人类社会生存和发展等方面所发挥的作用、人类了解地下信息所能采取的技术手段与措施发展现状看,钻探技术近期仍将起到不可替代的作用^[1]。随着社会发展和现代科学技术进步,人类对钻探技术各方面的更高要求,钻探技术在跟随未来社会发展与科技进步趋势的同时,需要通过不断地自身完善和优化,更好地完成上述领域对钻探技术所需要的工作。

1 地质钻探技术的发展及应用现状

英国著名科学家约瑟夫在其著的《Science and Civilization in China》提到:有许多证据证明钻井技术无疑是中国发明的,世界上所有深井,基本上都是采用中国人创造的方法为基础方法打成的,特别是油田勘探^[2]。有历史记载,1835年我们的先辈们就用人力、木架和竹竿在四川的自贡钻凿出世界第一口超千米的盐井。随着人类社会及各项技术的不断进步与发展,钻探技术已经发展到如下状况:绳索取心钻探技术钻深已超5000 m、科学钻探深度超过万米、油气钻井日进尺超过千米、海洋钻井水深超过3000 m、钻孔轨迹及方向的随意变更、一个钻孔内实现多个分支孔、水平井段长度超过万米、单个钻头寿命超过万米、矿山钻井直径超过10 m、TBM最大掘进直径超过16 m、钻探设备动力实现机电液驱动及遥控、钻进技术参数实时监测、钻进过程中随钻测井等等。随着工业革命、科技与社会的进步,钻探技术从初始的地下矿产资源和地下水资源探寻,拓展到今天人类与地下打交道的各个方面,并已形成了具有自身特点和多个分支的庞大工程技术体系^[3-6]。

2 地质钻探技术的担当与使命

尽管钻探技术取得了前述的发展及进步,但它仍然以机电液为基础的机械碎岩和操控方式进行工作。固体矿产钻探的绳索取心钻探技术诞生于20世纪40年代石油钻井行业,后期被广泛而成功地应用于固体矿产取心钻探领域,由于它具有无须提出孔内钻杆及全部钻具就能获得地质学家所需的地层样品的优点,因此被钻探界称为钻探技术的一次革命。该技术诞生已有80年的历史,迄今就地质矿产勘探取心钻探施工的综合效益看,还没有哪种取心钻探技术能与绳索取心钻探技术相媲美。钻探技术

自诞生以来,一直被作为了解地下信息的主要技术手段,虽然现在地表探测仪器、探测技术及地质理论取得了长足的进步,但地下各类信息的确认,仍需要钻探技术获取地下的实物样品。然而钻探技术与当前其他科学技术(如交通、通讯、航空航天、机械制造、汽车、医疗与医药、生物、环保与气象等)相比,进步程度相对较弱。虽然20世纪80年代美国人出版的一本名为《Advanced Drilling Techniques》的科技书刊,介绍了包括激光、电子束、火焰喷射等20多种钻探碎岩技术方法,除了金刚石复合片钻头碎岩技术得到实际应用外,迄今其它没有一个付诸实际应用^[7]。近来也有钻探界的有识之士和专家提出钻探机器人、向地下3万m进军、智能钻探技术等研发方向,但钻探技术是一种实用技术,是最容易用简单实践检验的技术^[8-9],笔者认为,这些都还需要开展广泛的讨论和不断攻关去验证其可行性,同时也需要行业有识之士基于科技进步的基础而不断创新提出新的可行方案,共同促进行业的不断发展和提升,为人类征服自然做出贡献。

随着社会发展及现代其他科技的不断进步,钻探技术也需要不断进步以满足未来更深、更难和更高要求的工程施工需求。地质钻探技术目前在钻深能力、施工效率、取心(样)质量、能耗及环保等方面还存在不足,比如固体矿产取心钻探3000 m以深钻进能力及效率问题、破碎及不稳定地层取心质量问题、施工现场地面扰动及环境污染问题等,应针对上述问题,在现有基础上,充分利用现代科技发展成果,与时俱进,不断地进行自我完善和优化,进一步提高向地球深部探索工程提供技术支撑的能力,为地质学家提供更满意的地球某一深处地层的实物样品,这就是钻探技术的初心、担当与使命^[9-10]。

3 钻探技术智能化与绿色发展

3.1 智能钻探技术的认知

当前人工智能、数字化、大数据等不仅成为人们热议的词语,而且在很多技术领域和人民的生活中得到应用,并发挥了积极作用,取得了显著的社会与经济效益,特别是人工智能与大数据。智能化是一项非常复杂的技术体系,它涉及到计算机语言、心理学、大数据、语言学、计算机科学、人类学、神经学、认知科学等学科,其基础条件要通过传感器及芯片实现实时感知,通过模拟和大数据分析实现智慧分析,

利用物联网、云平台、宽带、移动终端这些基础设施,实现机器与机器之间的高速对话,能动地满足人的各种需求。钻探技术是集地表设备、地下钻具、工艺方法、冲洗介质循环冷却、人为操控、机具参数调控、事故预防与处理等于一体的综合体现,“智能钻探技术”就是将智能与钻探技术有效地结合起来,发挥各自的特长完成人们所期望的工作任务。从智能所涉及的学科及必要的基础设施看,要想实现智能化,必须具有神经中枢和执行机构,神经中枢要想指挥执行机构去执行某一动作,就必须有足够的外部信息反映到神经中枢,即必须有传感器芯片捕捉所有实用可靠的各类信息传输到神经中枢。然而,钻探施工面临着地层岩性的多样性、各向异性及工程响应复杂性等特点,地质钻探技术实现上述信号采集的方式、传递的通道、介质与空间都处在非均质动态环境下,因而十分复杂。如何实现将地层、孔内及钻头附近的信号实时传递到神经中枢,如何实现机器与机器之间的高速对话,是实现智能钻探技术的关键,且面临极大的挑战。笔者认为,首先在钻探技术领域的某些钻探设备实现其功能的智能化是比较现实和可能的,比如智能钻机、智能泥浆泵、智能固控系统及智能泥浆配制设备等。通过这些设备的智能化可以提高钻探施工效率和操控的人性化^[11-13]。

很多油气钻井专家对油气钻井未来的智能化能够达到“少人”和远程控制充满期待;但部分长期从事随钻测控技术及人工智能学研究的专家认为,就目前我们的软件及芯片发展现状看,在随钻测控技术及智能钻探方面,高温芯片目前还不能满足要求,认为实现智能钻探技术很难。当前石油钻井领域的设备与技术相对于地质岩心钻探的设备与技术发展得更快,也只是在钻井设备与钻井技术方面提出了设备的自动化、系列化和标准化升级改造,“钻井技术智能化”还只是在发展的路上^[14]。地质矿产钻探界提出“钻探技术智能化”的发展目标将任重而道远。

3.2 绿色钻探的内涵与实质

当前“绿色”一词已被社会各界热传热用,实际上“绿色”在当今社会上的真正含义更多的是低碳环保和高质量可持续发展,因此,各行各业都提倡“绿色”确实非常必要,这将对人类生存及健康具有良好的现实意义。地质钻探界提倡“绿色钻探”是完全符合人类社会发展与生存需要的。通俗地讲,绿色钻

探最现实的含义就是实施完钻探工程后,施工现场没有造成地下的污染、没有地表环境扰动及破坏、没有影响现场附近植被等环境破坏或对上述造成很小的不利影响^[15]。从地质钻探自身特点看,在施工过程中,造成上述不利影响的关键因素在于施工现场的地面及植被的破坏、泥浆对地下及地表的污染、动力消耗释放的二氧化碳对环境的影响等,要想实现“绿色钻探”必须解决以上问题。要想实现“绿色钻探”首先是所采用的钻探设备到达现场无须开挖平整地面即可通过自身结构性能调平、找正和定位,同时无须开挖泥浆池。实现泥浆不落地和使泥浆与岩屑分离并使岩屑转化成有用的建筑材料是提倡绿色钻探的良好措施,但在固体矿产地质岩心钻探界推广应用则需要考虑其成本问题。因此,提倡绿色钻探非常必要,但需要根据地质岩心钻探的特点,寻求独特的解决方案,要考虑综合效果^[15]。

人类在提倡“绿色”生活与发展时已将二氧化碳排放作为一项重要指标,中国政府已向世界做出2060年实现碳中和的承诺,地质钻探技术界理应为实现碳中和目标做出积极贡献。因此,提倡绿色钻探应当把钻探施工过程中动力消耗释放二氧化碳的多少作为判定是否实现“绿色钻探”的重要指标之一。根据当前二氧化碳排放计算方法及标准,1 t柴油释放的二氧化碳达3.16 t。全液压驱动钻机的动力配备是机械传动钻机的近2倍^[15-16](主要是液压传动效率低),不仅成本远高于机械传动立轴式钻机,而且所排放的二氧化碳将是机械驱动钻机的2倍,在提倡绿色钻探时,不能以采用轻便的全液压驱动钻机作为主要指标,必须按照前述的“绿色钻探”的含义结合具体工程需求和环境影响的特点综合分析评价来提倡绿色钻探^[16-17]。习近平总书记在2022年9月6日主持召开的中央全面深化改革委员会第27次会议上及二十大报告中特别强调并提出,要加快节能降碳先进技术研发和推广应用,要促进生产领域节能降碳,要增强全民绿色低碳生活方式。习近平总书记上述强调提出的内容正是生产及生活方式“绿色”的精髓。从2022年在埃及沙姆沙伊赫举行的《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方(COP27)大会上各国对“绿色”发展的共识看,“降碳”是人类社会生存发展是否“绿色”的最重要标志。所以,钻探技术在生产过程中是否“绿色”,应以真正降低碳排放作为主要衡量标准。

4 结论及建议

随着人类对获取更深、更加丰富地下地质信息的不懈追求,钻探技术无疑要不断发展和完善。应如何发展,是紧跟智能技术的发展作为未来发展目标,还是结合自身的特点和所承担的工作对象,不断完善和优化,既要安全、高效,又要低耗和环保。钻探技术的发展要实事求是,量力而行。地质钻探深度越来越深、地层越来越复杂,工程难度将更大。因此,钻探技术应以解决当前面临的问题为导向,在加速钻探设备自动化、系列化和标准化升级改造外,研发更长寿命钻头及改性“智慧”泥浆解决深孔及复杂地层钻探难题是目前可行及可期待效果的主要发展方向。研发长寿命钻头涉及材料学、冶金工艺学、机械加工学,以上学科都是成熟的应用科学,随着纳米材料等新型材料的不断发展进步,研发出更长寿命的钻头是完全可能的。对于更深的钻孔,钻头寿命的提高所带来的减少辅助时间及事故隐患的益处是显而易见的。研发改性“智慧”泥浆涉及成熟而广泛应用的高分子化学等学科,从其技术发展看也是可行的。所谓改性“智慧”泥浆,即这种泥浆具有“同性相吸”、“异性相斥”特性,对于同性的岩石裂隙及裂缝,它具有粘结吸附作用,对于钻杆及钻具金属器具与岩石之间它具有润滑、护壁和较好的流动携岩作用,这就会大大减少孔壁岩石脱落卡钻及岩心破碎而堵塞等问题,从而提高生产效率、工程质量和降低能耗。因此,地质钻探技术在承担使命与担当完成相应的生产任务时,应以“钻得下,取得出,钻得快,花得少,既少能,又低碳”为宗旨^[16-17]。

钻探技术完全实现智能化任重道远。钻探界应该客观、科学地分析和探讨“智能钻探技术”概念和实施的可能性,审慎决策,以正确指导领域专业技术的发展^[17-19]。关于践行“绿色”钻探理念,应以加快先进的节能降碳技术研发和推广应用作为钻探领域的行动指南。

参考文献(References):

- [1] 王达,何远信,等.地质钻探技术[M].长沙:中南大学出版社,2014.
WANG Da, HE Yuanxin, et al. Geological Drilling Handbook [M]. Changsha: Central South University Publishing House, 2014.
- [2] 陈养正,陈小慧,李耕耕,等.中国科学技术史[M].南昌:21世纪出版社,1995.
CHEN Yangzheng, CHEN Xiaohui, LI Gengeng, et al. Science and Civilization in China[M]. Nanchang: Twenty-first Century Publishing House, 1995.
- [3] 王达,赵国隆,左汝强,等.地质钻探工程的发展历程与展望——回顾探矿工程事业70年[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(9):1-13.
WANG Da, ZHAO Guolong, ZUO Ruqiang. The development and outlook of geological drilling engineering—To review the 70th anniversary of exploration engineering[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(9): 1-13.
- [4] 本刊编辑部.2016年探矿工程十大新闻[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):1-3.
Editorial Office of Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling). 2016 top 10 sci-tech news in exploration engineering[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(1): 1-3.
- [5] 本刊编辑部.2017年探矿工程十大新闻[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):1-3.
Editorial Office of Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling). 2017 top 10 sci-tech news in exploration engineering[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(1): 1-3.
- [6] 本刊编辑部.2020年探矿工程十大新闻[J].钻探工程,2021,48(1):3-6.
Editorial Office of Drilling Engineering. 2020 top 10 news in exploration engineering [J]. Drilling Engineering, 2021, 48(1): 3-6.
- [7] 吴光琳,汤顺德,等.新式钻岩技术[M].北京:地质出版社,1986.
WU Guanglin, TANG Shunde, et al. Advanced Drilling Techniques[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986.
- [8] 张永勤.我国地质勘探钻机发展方向及应用的思考[J].地质装备,2008,9(4):11-16.
ZHANG Yongqin. The development and application of geological drilling machines in China [J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2008, 9(4): 11-16.
- [9] 张永勤.提高金刚石绳索取心钻探效率的技术创新[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):78-82.
ZHANG Yongqin. Technical innovation on improving drilling efficiency of wire-line coring [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007, 34(S1): 78-82.
- [10] 张永勤.论提高我国地质找矿钻探综合效益的措施[J].地质与勘探,2007,43(6):107-111.
ZHANG Yongqin. Discussion on increasing comprehensive geological-prospecting drilling benefit measures in China [J]. Geology and Exploration, 2007, 43(6): 107-111.
- [11] 张永勤.新型高效实用岩心钻机的研发及应用[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.第十六届全国探矿工程(岩土钻掘

- 工程)技术学术交流年会论文集.北京:地质出版社,2011:86-90.
- ZHANG Yongqin. The development and application of the coring drill with high efficiency and practicability[C]//Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Sixteenth National Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling) Academic Conference. Beijing: Geological Publishing House, 2011:86-90.
- [12] 薛倩冰,张金昌.智能化自动化钻探技术与装备发展概述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):9-14.
- XUE Qianbing, ZHANG Jinchang. Advances in intelligent automatic drilling technologies and equipment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4):9-14.
- [13] 石智军,李泉新,姚克.煤矿井下智能化定向钻探发展路径与关键技术分析[J].煤炭学报,2020,45(6):2217-2224.
- SHI Zhijun, LI Quanxin, YAO Ke. Development path and key technology analysis of intelligent directional drilling in underground coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2020,45(6):2217-2224.
- [14] 石智军,李泉新.煤矿区钻探装备新进展与展望[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):150-153,169.
- SHI Zhijun, LI Quanxin. New progress and prospect of drilling technology and equipment in coal mine area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(10):150-153,169.
- [15] 付帆,陶士先,李晓东.绿色勘查高温环保冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):129-133.
- FU Fan, TAO Shixian, LI Xiaodong. Research on environment-friendly high-temperature drilling fluid for green exploration[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4):129-133.
- [16] 张永勤,王汉宝,屠德刚,等.新型高效节能地质岩心钻机及配套技术研发[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(S1):35-39.
- ZHANG Yongqin, WANG Hanbao, TU Degang, et al. Research and development of high-efficient and energy-saving core drill and complete drilling techniques[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(S1):35-39.
- [17] 本刊编辑部.2019年探矿工程十大新闻[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(1):1-4.
- Editorial Office of Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling). 2019 top 10 sci-tech news in exploration engineering[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(1):1-4.
- [18] 张永勤,王汉宝,屠德刚,等.近海勘探取心钻机及反循环钻探工艺的研究与应用试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(S1):45-49.
- ZHANG Yongqin, WANG Hanbao, TU Degang, et al. Research and application of offshore exploration rig and reverse circulation sampling technology [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(S1):45-49.
- [19] 张永勤,孙建华,刘秀美,等.水力反循环连续取心(样)钻探在浅海砂矿勘查中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6):15-18.
- ZHANG Yongqin, SUN Jianhua, LIU Xiumei, et al. Application of hydraulic reverse circulation continuous coring (sampling) drilling in placer mineral prospecting in shallow sea[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(6):15-18.

(编辑 荐华)