

深部钻探技术进展及其在地质勘探中的前景探讨

吴佳颖

新疆科林思德新能源有限责任公司, 新疆 昌吉 831500

摘 要 : 新疆地域广袤, 地质构造复杂, 板块碰撞造就多样地质单元, 蕴藏丰富矿产资源。在全球资源短缺背景下, 深部钻探技术对新疆地质勘探意义重大。该技术历经发展, 在国内外取得众多突破, 针对新疆特殊地质条件, 如地层坚硬、高温高压等, 发展出特殊合金钻头、智能钻探系统等适配技术。通过准噶尔盆地石油勘探、西天山金矿勘探等项目实例可知, 先进技术提高了钻探效率, 提升了数据准确性, 增强了勘探深度与范围。未来, 借助深部钻探技术有望发现更多优质矿体, 推动新疆资源开发与经济发展, 同时为地质研究提供一手资料, 助力构建完善地质模型, 服务于区域地质灾害防治。

关 键 词 : 新疆; 深部钻探技术; 地质勘探; 资源开发; 地质研究

Advances in Deep Drilling Technology and Its Prospects in Geological Exploration

Wu Jiaying

Xinjiang Kelinside New Energy Co., Ltd. Changji, Xinjiang 831500

Abstract : Xinjiang is a vast region with complex geological structures. Plate collisions have created diverse geological units, resulting in abundant mineral resources. In the context of global resource shortages, deep drilling technology is of great significance for geological exploration in Xinjiang. This technology has undergone development and achieved numerous breakthroughs both domestically and internationally. For the special geological conditions in Xinjiang, such as hard strata, high temperature, and high pressure, adaptive technologies such as special alloy drill bits and intelligent drilling systems have been developed. Through project examples such as oil exploration in the Junggar Basin and gold mine exploration in the West Tianshan Mountains, it can be seen that advanced technology has improved drilling efficiency, enhanced data accuracy, and increased exploration depth and scope. In the future, with the help of deep drilling technology, it is expected to discover more high-quality ore bodies, promote resource development and economic development in Xinjiang, provide first-hand information for geological research, help build a perfect geological model, and serve regional geological disaster prevention and control.

Keywords : Xinjiang; deep drilling technology; geological exploration; resource development; geological research

引言

在全球资源需求呈指数级增长, 地质科学持续向未知领域探索的宏观背景下, 深部钻探技术宛如一把精巧的钥匙, 开启了通往地球深部奥秘与珍贵资源宝库的大门。我国新疆地区, 地域广袤无垠, 地下地质构造犹如一座巨大的宝藏库, 蕴藏着丰富多样的地质资源。然而, 其独特且复杂的地质条件, 对深部钻探技术提出了极为迫切且具有针对性的特殊要求。伴随浅部资源因长期开采而逐渐枯竭, 人类的资源勘探目光不得不战略性地转向地球深部。深部钻探技术, 不仅是获取深部矿产资源最直接、有效的手段, 更是深入洞察地球内部精细结构、精准解析地质演化漫长过程的关键路径。新疆所蕴含的丰富矿产资源, 在维护国家能源安全、推动经济稳健发展等方面, 发挥着举足轻重的作用。借助先进的深部钻探技术, 有望在这片土地上发现更多大型乃至超大型矿床, 为新疆经济的腾飞注入强劲动力。这一技术的深入应用, 还将填补我国在特定地质区域研究方面的诸多空白, 极大地推动地质科学的全面进步。

一、新疆地质勘探需求概述

新疆地域辽阔，地质构造复杂多样。从阿尔泰山脉到昆仑山脉，不同的地质单元蕴含着不同类型的矿产资源。当前，在全球资源急剧短缺的情况下，矿产资源的重要性却显得尤为明显，因此要加强对深层钻探技术的分析和研究，使其能够更好地契合当前的发展需求，在不断提升装备和技术的同时满足资源的需求。

（一）深部钻探技术进展

钻探技术在多年的持续发展进程中，于全球范围内实现了诸多关键突破。地质钻探技术就是一种向地下钻孔，通过提取地下的相关物质然后进行分析，可以更好地明了地下的矿石成分以及相关含量，地质钻探技术是我国一种常用的探测物质的技术，并且根据地质以及物质的不同，地质钻探技术又分为多种，有绳索取芯钻探技术、反循环钻探技术、液动冲击回转钻探技术、遥感技术以及高精度受控定向钻探技术等^[1]。在地质条件错综复杂的新疆地区，适配的钻探技术堪称地质勘探工作平稳、高效推进的核心要素。新疆部分区域地层坚硬且存在高温高压环境，这要求钻探技术具备高抗压、耐高温特性。特殊合金制成的钻头，在新疆硬岩地层中表现卓越，显著提高钻进速度，减少钻头损耗。同时，能实时感知地层变化、自动调整钻进参数的智能设备，在新疆复杂地质条件下，极大地保障了钻探工作的安全性与高效性，为新疆地质勘探工作注入强大动力。

（二）国内外先进钻探技术介绍

在国际领域，先进的深部钻探技术层出不穷。新型超深孔钻探设备便是其中的杰出代表，它能在极深地层中稳定运转，较以往设备大幅提升钻进效率，且可靠性更强，极大地拓展了人类对深部地层的探索深度。与此同时，随钻测量技术（MWD）与随钻测井技术（LWD）取得显著进展，钻探作业时可实时采集地层信息，通过对这些数据的精准分析，钻探人员能及时调整作业参数，让钻探的精准度实现质的飞跃。国内在深部钻探技术研发方面同样全力以赴，持续加大投入^[2]。自主研发的高温高压钻探技术成果斐然，面对诸如新疆部分区域高温、高压的特殊地质条件，该技术展现出良好的适应性与稳定性，出色完成钻探任务，为我国深部钻探作业提供了更多可靠的技术方案，有力推动了地质勘探事业向纵深发展。

（三）适用于新疆地质条件的技术特点

新疆地质状况极为复杂，部分区域地层坚硬程度超乎寻常，同时伴有高温高压环境，这对钻探技术提出了极为严苛的挑战。适用于新疆的钻探技术，必须具备卓越的高抗压与耐高温性能。以新疆部分硬岩地层为例，传统钻探技术在这类地层中面临诸多难题，难以有效施展。而采用特殊合金钻头的钻探技术则展现出显著优势。该特殊合金钻头凭借其独特的材质配方，能够在坚硬地层中有效提升钻进速度，与传统钻头相比，可极大程度减少磨损，从而实现高效作业。与此同时，智能钻探系统的应用为新疆地质钻探工作带来了全新变革。该系统具备敏锐的地层感知能力，在钻探过程中可实时监测地层信息，如岩石硬度、地层压力等关键数据^[3]。并依据这些精准数据，自动、精确地调整钻进参数，如钻头转速、钻压等。无论地层条件如何复杂多变，智能钻探系统都能灵活应对，不仅大幅提高钻探效率，还进一步保障了

钻探作业的安全性，为新疆地质勘探工作的顺利推进提供了坚实可靠的技术支撑。

二、新疆地质特征与钻探挑战

深入了解新疆的地质特征，是开展深部钻探工作的基础。而在这片广袤土地上进行钻探，面临着诸多特殊困难，只有精准识别并制定有效的应对策略，才能保障钻探工作的顺利推进。

（一）新疆主要地质构造与地层特点

新疆地处多个板块碰撞交汇的关键区域，地质构造呈现出超乎寻常的复杂性。这里广泛发育着褶皱、断裂等多样构造形式，不同构造单元内的地层岩性大相径庭。从形成于久远年代的变质岩系，到新生代新近堆积的沉积地层，岩石类型丰富繁杂，涵盖了花岗岩、玄武岩这类岩浆岩，以及砂岩、页岩等沉积岩。在漫长的地质历史进程中，这些地层在空间上相互叠置、穿插，它们独特的分布与组合关系，不仅造就了新疆复杂多变的地质面貌，还深刻影响着资源的赋存与分布规律，形成了极具特色的资源分布格局^[4]。这种地质的复杂性与资源分布的独特性，既为地质勘探工作带来巨大挑战，也意味着新疆地下蕴藏着丰富的资源潜力，亟待先进技术 with 科学勘探手段去发掘与揭示。

（二）钻探面临的特殊困难及应对策略

在新疆开展深部钻探作业，困难重重。复杂地层致使钻孔极易坍塌，频繁出现卡钻状况。高温高压的特殊环境，对钻探设备的材料品质与性能规格，提出了近乎苛刻的要求。再者，新疆部分地区存在沙漠、高山等恶劣自然环境，极大地提升了钻探施工难度。为攻克这些难题，业内采取了一系列针对性策略。一方面，着力研发高强度、抗高温高压的钻探管材，从硬件基础上保障钻探作业。同时，对钻孔结构设计进行优化，增强钻孔稳定性，有效降低坍塌风险。先进的钻井液体系也被引入，通过平衡地层压力，实现对孔壁的高效保护。另一方面，借助地理信息技术，科学规划钻探场地选址，精准避开自然环境恶劣区域，最大程度降低自然因素对钻探工作的干扰，确保深部钻探工作能够安全、高效地推进^[5]。

三、技术应用案例分析

对新疆地区成功钻探项目实例展开深入剖析，能够直观洞察深部钻探技术在实际作业中的成效，进而为后续的勘探工作积累宝贵经验，助力后续勘探工作更加科学、高效地开展。

（一）新疆地区成功钻探项目实例

在准噶尔盆地的深部石油勘探中，采用了前沿的随钻测井（LWD）技术与大位移定向钻井技术。该区域深部地层复杂，存在多层不同岩性交互的情况，且目标油层分布不规则。通过大位移定向钻井技术，成功在复杂地层中设计并钻出长达数千米的斜井，精准定位到深部油层。随钻测井技术实时监测地层参数，如电阻率、伽马射线等，帮助地质人员实时判断钻头位置与油层关系。在钻探过程中，克服了地层压力变化导致的井壁失稳问题，成功钻至目标深度，获取了丰富的油层岩芯样本。

西天山地区地质构造复杂，岩石坚硬且断裂带发育。在金矿勘探项目中，运用了新型的空气钻探技术与智能化钻探设备。空气钻

探技术以压缩空气为循环介质，在坚硬岩石地层中显著提高了钻进速度，相比传统泥浆钻探，减少了泥浆对岩芯的污染，更清晰地识别金矿脉^[6]。智能化钻探设备搭载先进传感器，可实时监测钻头的扭矩、转速、钻压等参数，并根据地层变化自动调整钻进参数。通过该技术，成功穿透多条断裂带，精准定位到深部金矿体，钻探深度达到了前所未有的深度，发现了新的大型金矿体。

（二）技术应用效果评估

在准噶尔盆地石油勘探项目中，大位移定向钻井与随钻测井技术协同发力，使钻探周期较过往缩短约30%，且随钻测井技术实时提供的地层参数误差极小，为油层评价提供精准数据，同时突破以往钻探深度限制，拓展了深部油层勘探范围。西天山金矿勘探项目里，空气钻探技术与智能化设备相互配合，钻进速度提升近50%，不仅减少了岩芯污染，借助智能化设备对钻进参数的精确监测，还大幅提高了地质人员对金矿体定位和储量评估的准确性，并且成功穿透多条断裂带，达到前所未有的钻探深度，发现新的大型金矿体，打开了该地区深部金矿勘探新局面^[7]。

四、深部钻探技术在新疆地质勘探中的前景

展望未来，深部钻探技术在新疆地质勘探领域有着广阔的发展空间，无论是在资源勘探潜力方面，还是对地质研究的推动作用上，都将产生深远影响。

（一）资源勘探潜力预测

新疆地质构造极为复杂，高山深壑与广袤盆地相间分布，板块长期碰撞的痕迹在这片土地上清晰留存。基于过往积累的丰富勘探成果，结合不断进步的先进深部钻探技术，在更深地层探寻到大型金属矿、油气田等珍贵资源的前景十分广阔。地质学家深度分析现有地质数据，并借助模拟技术，已锁定部分特定区域。经推测，这些区域的深部极有可能隐匿着尚未被发现的优质矿体，或许是蕴藏着丰富金属矿物的大型矿脉，又或许是富含油气资源的储层^[8]。随着深部钻探技术的持续创新，钻探设备不断升级，其钻探精度与深度均得到显著提升，这无疑大幅增加了发现新资源的概率。一旦新资源成功被发掘，将为新疆的资源开发注入全新活力，有力推动地区经济向更高水平迈进，助力新疆在能源领域实现新的重大跨越，进一步提升其在全国能源格局中的地位。

（二）对新疆地质研究的推动作用

深部钻探所获取的岩芯样本与实时数据，构成新疆地质研究

的关键一手资料。科研人员借助这些资料，深入探究新疆地区板块运动历史。通过对样本及数据的分析，回溯远古时期板块间的碰撞、俯冲、离散等运动过程，进而明确其对现今地质格局的塑造机制与深远影响^[9]。同时，利用这些资料可精准解析地层演化进程。从古老地层的沉积特征，包括沉积物类型、粒度分布、沉积构造等方面，到复杂地质构造，如褶皱、断裂的形成过程，逐步还原地质变迁的漫长历史。在此基础上，深入研究成矿规律，剖析矿产资源的形成条件、控矿因素以及富集机制，揭示矿产资源形成的内在奥秘。

通过对深部地质信息的深度挖掘与系统分析，科研人员能够构建更为完善的地质模型。该模型能够清晰呈现新疆地质的独特性，例如复杂的构造样式、特殊的岩性组合以及独特的地层序列等^[10]。这不仅推动地质科学理论的发展，丰富对地球演化过程的科学认知，还为区域地质灾害防治提供坚实的科学依据，助力地质灾害的早期预测与精准评估，为保障新疆地区人民生命财产安全提供有力支撑。

五、结束语

本研究系统地梳理了国内外深部钻探技术的发展历程，深入剖析了新疆独特的地质特征以及钻探作业面临的重重挑战。通过对多个成功案例的细致剖析，明确了先进技术在新疆地质勘探中所展现出的显著有效性。研究结果表明，深部钻探技术在新疆具有巨大的应用潜力，能够为资源勘探和地质研究带来突破性成果。展望未来，为进一步推动新疆地质勘探事业迈向新高度，需从多方面协同发力。在技术研发层面，应持续加大对深部钻探技术的投入力度，针对新疆特殊地质条件，着力研发更为高效、可靠的钻探设备与技术，以提升钻探效率与质量。在学科融合方面，强化地球物理、地球化学等多学科与深部钻探技术的交叉融合，充分利用各学科优势，提高勘探的精准度，为深部资源探测提供更全面、准确的数据支持。在人才培养领域，注重培养专业的深部钻探技术人才，打造一支高素质、高水平的专业队伍，为相关工作提供坚实的人力保障。在政策支持上，制定鼓励深部勘探的相关政策，积极促进产学研合作，营造良好的创新环境，推动深部钻探技术在新疆地质勘探领域广泛应用，助力新疆地质勘探事业蓬勃发展。

参考文献

[1] 张亚坤, 李家峰, 邵吉亮. 地质勘察和深部地质钻探找矿技术研究 [J]. 世界有色金属, 2023, (17): 49-51.
[2] 张嵩. 探讨固体矿产地质勘查中深部地质钻探找矿技术 [J]. 世界有色金属, 2023, (17): 55-57.
[3] 贾岩. 固体矿产地质勘查中深部地质钻探找矿技术的应用实践 [J]. 中国金属通报, 2023, (07): 240-242.
[4] 白鸿祖. 矿产地质勘查与深部地质钻探找矿技术研究 [J]. 西部探矿工程, 2023, 35(06): 171-173+176.
[5] 张嵩. 地质勘查和深部地质钻探找矿技术分析 [J]. 中国金属通报, 2023, (06): 89-91.
[6] 杨鹏. 矿产地质勘查与深部地质钻探找矿技术 [J]. 中国金属通报, 2023, (05): 73-75.
[7] 师晓林. 地质勘查与深部地质钻探找矿技术探讨 [J]. 冶金与材料, 2023, 43(03): 115-117.
[8] 陈国荣, 闫博, 孙汉勇, 等. 地质勘查与深部地质钻探找矿技术工作探讨 [J]. 现代盐化工, 2023, 50(01): 69-71. DOI: 10.19465/j.cnki.2095-9710.2023.01.013.
[9] 朱道军. 深部探矿钻探特点及技术要点探究 [J]. 矿业装备, 2022, (06): 175-177.
[10] 杨靖. 基于地质勘查与深部地质钻探找矿技术的研究 [J]. 当代化工研究, 2022, (18): 102-104.