

科普

钻井利器故事之“铝合金钻杆”

梁 健, 张金昌, 尹 浩, 孙建华, 冯起赠

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:地球科学的发展对地球深部数据的依赖程度越来越高,作为“入地”重要手段的科学超深井工程是研究深部地质学的重要方法,被誉为是“伸入地壳的望远镜”。与钢钻杆相比,铝合金钻杆以其独特的优越性(质量轻、比强度高、钻进深度深、所需能耗少),已成为难进入地区、大位移井、超深井等钻柱设计的优选方案。本文从科普的角度介绍了钻柱与钻杆的区别、钻柱的使用极限长度、铝合金钻杆的技术优势及其现存的不足之处,以此提高对铝合金钻杆的认识,促进铝合金钻杆的研究和发展。

关键词:深部钻探;铝合金钻杆;钻柱;磨损;腐蚀

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)05-0001-03

An Efficient Drilling Tool Aluminum Alloy Drill Pipe/LIANG Jian, ZHANG Jin-chang, YIN Hao, SUN Jian-hua, FENG Qi-zeng (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: The development of earth sciences is more and more depending on the deep earth exploration data, the scientific ultra-deep drilling, known as “the telescope into the crust”, becomes an indispensable method for the research on deep geology. Compared with the steel drill pipe, the aluminum alloy drill pipe, with its unique superiorities (lighter weight, high specific strength, deep drilling depth and less energy consumption), has become the essential scheme for drill string design used in difficult to enter area, extended reach wells and scientific ultra-deep well and so on. From the perspective of popular science, this article describes the differences between drill string and drill pipe, the limit use length of drill string, the technical advantages of aluminum alloy drill pipe and the existing deficiencies, so as to improve our understanding of aluminum alloy drill pipe and promote the research and development of the aluminum alloy drill pipe.

Key words: deep drilling; aluminum alloy drill pipe; drill string; wear; corrosion

大陆科学超深钻探、深层油气钻井及大洋深水钻探作业过程中,除地层条件复杂及不确定性外,还将遭遇“井温高、压力高、管柱长、井径大”的困难与挑战,采用常规钻井机具难以满足钻井要求,如施工效率低、周期长,成本与能耗高,钻井安全难以保障,甚至无法实施。铝合金钻杆以其独特的优越性,即具有质量轻、比强度高、钻进深度大、所需能耗小等特点^[1-6],已成为超深井钻探中钻柱的优选材料体系。那么,铝合金钻杆,顾名思义是一种由铝合金材料制造而成的钻杆,是钻探专业领域中使用的—种钻井工具。在介绍铝合金钻杆之前,请允许我先带领大家认识一下钻柱和钻杆这对兄弟。

1 钻柱=钻杆?

钻柱是在钻井过程中连接地表装备与井底工具的超长杆件,其由钻头、钻铤、稳定器、钻杆、专用接头及方钻杆连接而成(图1),实现起下钻头、施加钻压、

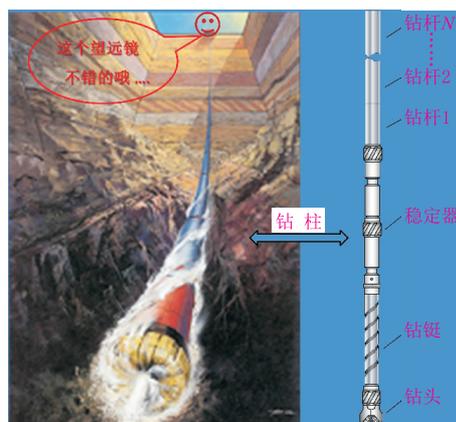


图1 钻柱的组成

传递动力、输送钻井液、处理事故等功能。

钻杆是一种两端带有螺纹的中空长管,出于物资运输、钻井工艺、机加工制造与成本控制等因素的考虑,每根钻杆长度一般在几米到十几米之间。根据钻井深度的要求,钻柱由成百上千根钻杆连接而

收稿日期:2018-04-19

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:41772390/51404217);中国地质调查局地质调查工作项目(编号:12120113016800)

作者简介:梁健,男,汉族,1980年生,高级工程师,地质工程专业,硕士,从事深部钻探工程和钻具研发工作,河北省廊坊市金光道77号,liangjian_cniet@qq.com。

成。因此,钻杆是钻柱的组成部分。

2 钻柱可以无限长吗? 它的极限长度是多少?

每种物质都有其自身重力的存在,钻杆也不例外。钻柱中越靠近地表的钻杆由于它所悬挂的钻杆比较多,下部重力相对较大,当钻井超过某一深度时,钻柱自重就能将井口处附近钻杆拉断,因此钻柱存在它的极限应用长度^[7]。

这就好比倒挂人梯的杂技表演,最上边的第一个人,脚部固定,用手握住第二个人的脚,第二个人用手握住第三个人的脚,依次倒挂下去……(如图2所示)。为了倒挂更多的人,需要保证第一个人身体最强壮,并保证他下面的人质量总和尽量轻,这就要求我们要寻找既强壮而又“苗条”的杂技演员,就是说越靠近地表的钻杆要求越“强壮”,越靠近孔底的钻杆要求越轻。当每根钻杆所受的极限拉力等于他下端所接钻杆重力时,就达到了钻柱的极限长度。



图2 倒挂人梯杂技表演

3 铝合金钻杆就是我们梦寐以求的“既强壮又苗条的杂技演员”

铝合金钻杆一般由钢质的公(母)接头、铝合金杆体通过螺纹连接组成(图3),相对于钢钻杆具有密度小、质量轻、比强度高优点(图4)。虽然相对于钢钻杆强度有所降低,但成倍减小的密度,使得铝合金钻杆的出现大大增加了钻柱的极限长度。由于铝合金钻杆的“到场”,配合钢钻杆组成的钻柱,使得钻探工程这一“伸入地壳的望远镜”能够“望得更远”。

4 铝合金钻杆的“前世今生”

自20世纪60年代,铝合金钻杆由瑞典的克芮留斯公司研制成功以来,一些国家的铝合金钻杆已经

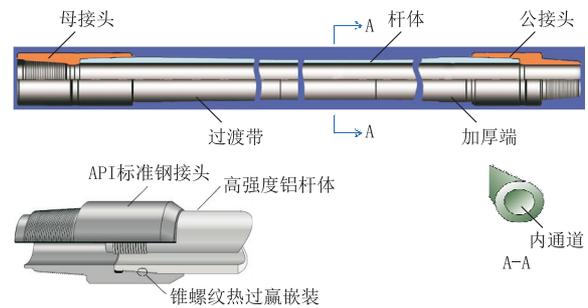
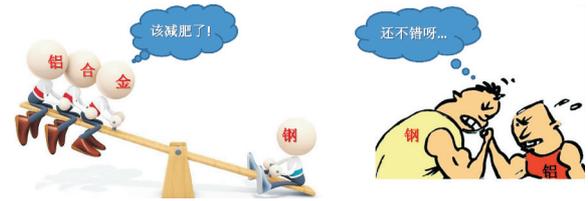


图3 铝合金钻杆结构示意图



(a) 质量对比

(b) 强度对抗

图4 钢钻杆与铝钻杆能力对比

形成系列开发,并应用于难进入地区、大位移井、定向井、超深井及深部科学钻探钻进中。其中,最为著名的应用案例是前苏联CF-3科学超深井,铝合金钻杆技术作为CF-3科学超深井三大特色技术之一,为提高人类向地下空间进军的能力做出了巨大贡献。

截止21世纪初,中国地质科学院勘探技术研究所首先提出了“我国铝合金钻杆应逐步完成其批量化、系列化和低成本的开发应用”。目前,经多轮立项研究,铝合金钻杆已初步形成系列^[8],包括 $\varnothing 34$ 、42、52 mm普通外丝钻杆、 $\varnothing 60$ mm水文及环境地质评价钻孔抽水与压水试验用全铝钻杆、 $\varnothing 91$ 和114 mm绳索取心钻杆、 $\varnothing 95$ mm反循环钻进用双壁钻杆、 $\varnothing 147$ mm石油及科学深部钻探用钻杆(图5)。现如今,亚洲最深的大陆科学探井“松科2井”中成功应用了铝合金钻杆,充分体现了其在减少钻机动力消耗,降低钻探施工难度,提高钻探效率,减轻工人劳动强度等方面的优势。

图6为国内外应用铝合金钻杆的几个重大工程。

5 铝合金钻杆任重道远

虽然铝合金钻杆表现出优异的技术优势,但现阶段铝合金钻杆还存在3个方面的不足^[9-14](图7)。

(1)硬度因素。铝合金钻杆的材料硬度偏低,在钻进过程中易产生磨损等损伤。

(2)热稳定性因素。随着井深的不断增加、地温



图 5 勘探技术研究所开发的系列铝合金钻杆

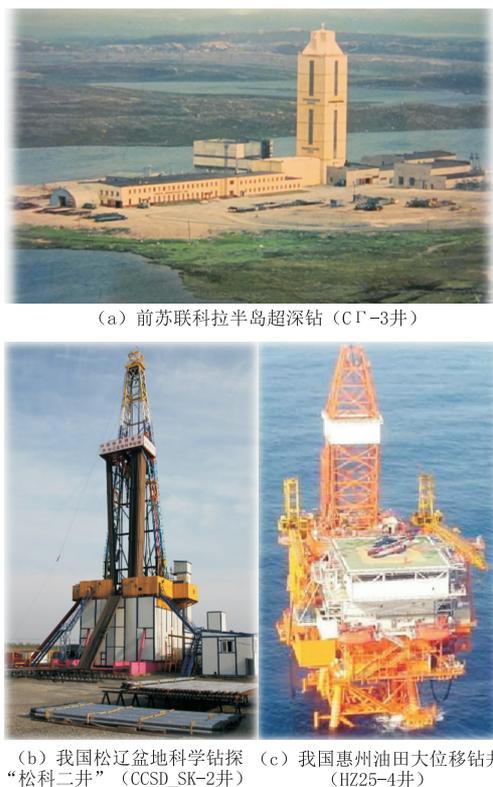


图 6 国内外超深井应用情况

的持续升高, 铝合金钻杆在高温条件下具有力学性能衰减的特性。

(3) 腐蚀因素。钻井过程中所使用的钻井液在

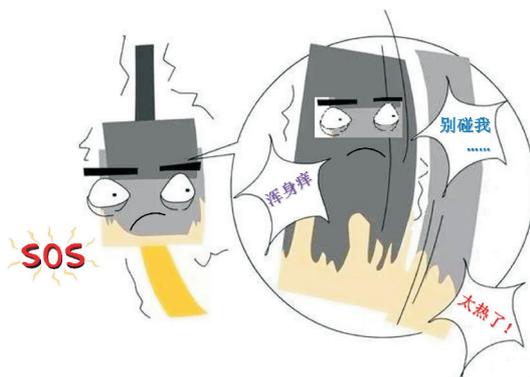


图 7 铝合金钻杆的“痛楚”

高温高压的作用下具有较强的腐蚀性, 致使铝合金钻杆极易发生腐蚀。

因此, 要努力实现铝合金钻杆技术的优化与升级, 设计制造出的长寿命、高可靠性铝合金钻杆, 为我国未来的万米深地与深水科学钻探工程的谋划与实施提供基础实验数据, 为满足我国进一步的推进地壳探测工程计划提供理论支撑和技术支持。

参考文献:

- [1] 胡福昌. 铝合金钻杆试验概况[J]. 地质与勘探, 1978, (4): 52-54.
- [2] 王达, 张伟, 汤松然. 俄罗斯科学深钻技术概况和特点—技术考察系列报道之四[J]. 探矿工程, 1995, (4): 53-56.
- [3] 鄢泰宁, 薛维, 卢春华. 铝合金钻杆的优越性及其在地探深孔中的应用前景[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(2): 27-29.
- [4] 梁健, 刘秀美, 王汉宝. 地质钻探铝合金钻杆应用浅析[J]. 勘察科学技术, 2010, (3), 62-64.
- [5] 梁健, 彭莉, 孙建华, 等. 地质钻探铝合金钻杆材料研制及室内试验研究[J]. 地质与勘探, 2011, 47(2): 304-308.
- [6] 孙建华, 梁健, 张永勤等. 地质钻探高强度铝合金钻杆研制及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(7): 5-8.
- [7] 梁健, 孙建华. 科学超深井钻杆柱受力分析与计算[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.
- [8] 孙建华, 梁健, 王立臣, 等. 深部钻探铝合金钻杆开发应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(4): 34-39.
- [9] 王小红, 郭俊, 闫静, 等. 铝合金钻杆材料生产工艺及磨损研究进展[J]. 材料热处理学报, 2013, 34(S1): 1-6.
- [10] 唐继平, 狄勤丰, 胡以宝, 等. 铝合金钻杆的动态特性分析及其磨损机制[J]. 石油学报, 2010, 31(4): 684-688.
- [11] 梁健, 郭宝科, 孙建华, 等. 铝合金钻杆微动疲劳寿命分析[C]// 中国地质学会探矿工程专业委员会. 第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集, 北京: 地质出版社, 2015.
- [12] 梁健, 岳文, 孙建华, 等. 超声波冷锻与阳极氧化处理铝合金钻杆摩擦学性能研究[J]. 地质与勘探, 2016, 52(3): 576-583.
- [13] 梁健, 岳文, 孙建华, 等. 超声表面滚压处理铝合金钻杆的高温摩擦学性能[J]. 中国表面工程, 2016, 29(5): 129-137.
- [14] 梁健, 顾艳红, 岳文, 等. 科学超深井钻探铝合金钻杆的腐蚀失效分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(2): 60-66.