金属连续管技术

宋扬　中国石油大学（北京）石油工程学院

摘要：金属连续管在石油工程的应用中常称为连续油管，是当前国际石油工业发展的热点和中国石油科技的新兴课题，其生产技术是当今石油天然气行业较为前沿的高端技术。连续管应用于地面工程建设中，具有管道连续，没有接头，密封性好，减少因焊接质量差而带来的泄漏隐患，减少焊接及探伤环节，施工速度快，效率高，节省施工作业人力以及减少施工费用等优点。

关键词：金属连续管；连续油管；拉伸法；滚轧法；油气田地面工程；钻采工程
doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2011.3.041

1　制造工艺

金属连续管又称为柔性管、挠性管、蛇形管或盘管，在石油工程的应用中常称为连续油管，长度一般达几百米至几千米，广泛应用于油气田钻井、完井、试油、测井、采油、修井和地面集输等各个专业领域。

连续管是一种高强度、高韧性的管材，成品管材缠绕在滚筒上。连续管的制造工艺通常有两种：一种为拉伸法，采用拉伸机将制成的大直径连续管通过压模拉伸制成要求管径的连续管。压模的数量根据所需拉伸的连续油管长度而定，采用不同尺寸的压模可拉伸出不同管径的连续管。另一种方法为滚轧法，先将钢条按设计要求切出不同的宽度，然后用固定滚柱将钢条卷成U形，接着采用不同直径的滚柱或压模制出不同管径的连续管，最后焊接成形。

连续管制造材质的发展主要经历了4个阶段：高强度低合金碳钢、高强度低合金调质钢、钛合金和金属复合材料。高强度低合金调质碳钢是目前应用最广泛的，其Cr和Mo的含量较高，这两种元素的淬透性好，有利于调质处理，经热处理后的屈服强度可达690～760 MPa。连续管在现场焊接后，受焊接的影响，其屈服强度会降低到550 MPa。钛合金制成的连续管强度高，重量轻，并适用于H_2S、CO_2等酸性腐蚀环境和恶劣条件下工作，在采油工程中可作为永久性的生产油管，但其价格是普通油管的6倍。金属复合材料连续管不仅能较好地适应多向复杂应力，而且具有柔性好、耐腐蚀、寿命长的特点，使用寿命是常规管材的10倍，而重量仅为高强度低合金钢管材的1/2～1/3。

2　国内的研究与生产

连续油管是当前国际石油工业发展的热点和中国石油科技的新兴课题，其生产技术是当今石油天然气行业较为前沿的高端技术。在中国石油天然气集团公司的大力支持下，宝鸡石油钢管有限责任公司开展了连续油管技术的开发研究。

面对国外技术封锁，无从借鉴的现实，研究工作在摸索中前行，在挑战中研发。通过对连续油管工艺和制造技术进行的系统研究，攻克了一系列难题，突破了CT80级连续油管专用材料、钢带及管材焊接工艺、焊缝形变热处理、整体管热处理和连续油管疲劳寿命评价等核心技术，形成了连续油管生产、试验与评价的成套专有技术；制定了国内连续油管标准，建立了国内连续油管试验检测方法，设计制造了国内首台连续油管疲劳试验机、形变热处理机等装置，为国内连续油管研究和产品开发提供了试验平台。

在试验研究的基础上，宝鸡钢管公司建成了国内第一条世界一流的连续油管生产线，设计年生产能力1.5×10^4 t，产品管径为25.4~88.9 mm，壁厚为1.91~6.35 mm。这条生产线是世界第三、亚洲第一的连续油管生产线，技术装备水平优于美国。

在这条连续油管生产线上试制成功了国产CT80级连续油管，经检测和现场试验，产品各项性能满足API RP 5C7、API 5ST等相关标准要求，使我国成为继美国之后第二个具备连续油管制造能力的国家。这是我国自主研究开发的连续油管，工艺技术及产品性能达到了国际先进水平，打破了国外技术封锁，实现了连续油管产品的国产化，使我国摆脱了长期以来对国外连续油管的依赖，为连续

油管技术的推广应用提供了保障，具有良好的经济效益和社会效益。

3 国内的工程应用

3.1 在油气田地面工程中的应用

宝鸡钢管公司与青海油田合作成立了研发小组，共同研究开发了用于地面工程集输的连续管线管。2010年，国内首条连续管线管在青海油田的涩北气田铺设成功。在气田开发建设中，依靠现代科技，通过引进新技术、新设备、新工艺，大幅度提高了气田的自动化生产水平和科技水平。

连续管就是在气田地面建设中试验的一项新技术，它具有高强度，高韧性，耐腐蚀性强，耐磨性好，使用寿命长等特点。应用于地面工程建设中，最突出的优点是连续性，由于连续管是一种特殊的、连续的挠性管，可以根据用户要求长度，定长制造，无连接接头，密封性好，减少因焊接质量而带来的泄漏隐患，并且有利于管道通球的实现；可免除大量焊接作业，大大减少了明火作业，极大提高了油田施工的安全系数，降低了人员伤害机率；可减少焊接及探伤工序，安装施工简便，施工速度快、效率高，缩短了施工建设工期，节省施工作业人力，更大限度地降低了工程费用。

连续管线管的铺设在涩R39#－1和涩R40#－1两口气井上进行，单根管道铺设时间1 h，铺设速度在20~24 m/min，所用时间比油田现有施工作业效率提高1倍以上。布管完成后，对连续管线管进行了水压试验，试验压力为24 MPa，经现场测试两条管线均满足水压试验要求。

连续管线管的铺设成功，充分体现出了连续管线管应用在集输管线中的高效性和可靠性等特点，它是国内第一次将连续油管用于地面集输管道，也标志着宝鸡钢管公司生产的Ø50.8×4.44 mm的连续管线管替代油田目前使用的D60×4 mm－20#无缝管工作正式开始，为今后连续管线管的推广奠定了坚实的基础。

3.2 在钻采工程方面的应用

长庆油田在苏里格气田采用连续油管分层压裂技术进行直井多层系压裂，成功实现了分压6层和分压8层的改造，并实现了一天连续分压4层，创下了该技术的国内纪录。连续油管多层压裂是利用连续油管下入喷射工具实现射孔，通过环空进行主压裂，采用砂桥进行下层封隔，作业后采用连续油管冲砂的一套连续多层压裂工艺。该工艺能够实现一趟管柱完成多层射孔及压裂，突破了常规机械分层压裂工具对压裂级数的限制。长庆油田还在苏6-12-10井应用速度管柱进行了约7 h的连续作业，取得圆满成功。速度管柱是连续油管的一种使用方法，将小直径油管放入油井内的生产管柱中，作为解决油气井积液问题的一种增产措施，目的是保证油气储层中的液体能够有效地排出油井，极大地提高了老井产能。

新疆油田利用连续油管对小拐作业区G1147井氮气气举作业成功。连续油管氮气气举作业主要是利用连续油管可上下连续活动的特点，与制氮设备相互配合，用氮气将井内液体替出，可进行连续气举、诱喷、替液等作业。这项工艺技术适用于重点探井、评价井、水平井和气井，具有降低气举、诱喷时的井口压力，恢复地层能力，减少井内液体污染地层以及沟通油气运移通道等诸多优点。

4 国际的发展与应用

目前，世界上研究和应用连续油管钻井技术的公司大都集中在欧、美地区的一些发达国家，如美国、法国、加拿大、俄罗斯、荷兰和委内瑞拉等。美国和加拿大是采用连续油管钻井最多的两个国家，占全世界用连续油管所钻井的80%以上，世界上主要的连续油管制造厂商均集中在美国。现在全世界连续油管的年耗量近500×10⁴m，井下作业量以每年25%的速度增加。

连续油管钻井技术主要应用于采用常规钻井技术的边际油田，埋深较浅的稠油油田，以及初次布井未动用储量开发的油田等。目前，采用连续油管钻井的费用比传统常规钻井费用节约40%~50%，连续油管钻井已经成为产能降低的老油田增产和边际油田开发的经济有效手段。

连续油管钻井技术同传统钻井技术相比具有很多优越性。传统钻井技术需要很大的空间、庞大的设备系统和昂贵的作业费用；而连续油管钻井能够在小的生产平台空间利用连续油管设备和小型钻机，在相对较低的作业成本下就能实现边际油田开发和布井方案的调整，进而达到开发油气田和提高采收率的目的。采用连续油管钻机进行钻井的最大优点是不需要进行接单根作业，可以实现连续循环泥浆，减少起下钻时间和作业周期，提高起下钻速度和作业安全性，避免因接单根可能引起的井喷和卡钻事故，增加了钻井过程的自动化程度并大幅度减少所需劳动力，还有利于保护油藏，使油井实现最佳产量。

（栏目主持　焦晓梅）