

最深海域用厚壁管道制造过程中的监造作用

李玉兴（中海油（天津）管道工程技术有限公司，天津 300452）

摘要：本文通过举例介绍了最深海域用钢管制造过程中监造的特点，监造的控制措施，制造过程的监控点和方法以及监造过程中发现的问题处理措施，阐述了海底管道制造如何监造控制，也说明了海底管道监造的必要性和重要作用，为深水海底管道制造控制提出一些参考建议。

关键词：深水；海底管道；钢管制造；监造

随着海洋油气开发战略：强陆取海，经略海上，改变中国以近海为主的海洋石油开采布局，近海、深海和超深海统筹并举，实行中国油气的基本独立政策。全面开发、深海优先的新型海洋油气开采战略。

近年来，海洋油气开发从水深 300m 向 1500m 跃进。众所周知，海底管道是输送油气的重要设施，被誉为油气开发的生命线，地位举足轻重。水深 1500m 的海底管道不仅承受较大外压，还受海底环境影响，因此深水海底管道的制造、铺设安装就显得尤为重要。然而，为促进制造单位工艺水平提高，使海底管道在制造过程中各项指标满足使用要求，就需要驻厂监造对钢管制造单位进行科学管理，有效控制。

1 深水项目海底管道举例介绍

某海洋油气开发项目，水深 1220m~1560m，通过 10 寸海底管道将井液输送到工艺处理平台。海底管道信息见下表：

标准钢级	管道类别	规格型号	公里	输送介质
API 5L PLS2 X65QO	SMLS	OD258.9× 18.3mm	51.2km	多项流体

2 海底管道用管制造工艺流程

炼钢连铸→坯料检验→坯料加热→轧制→空冷→锯切矫直→初检→热处理→定径矫直→水压试验→无损检测→尺寸检验→理化性能取样试验→包装入库。

3 监造的特点和控制措施

3.1 监造特点

有设备监造资质的单位受项目建设方委托，依据监造合同和项目技术文件，坚持以服务为主，科学、公平、独立的原则，对项目所需的海底管道的制造单位的质保体系以及制造过程的生产流程、质量控制过

程，采取审查、巡视、旁站和平行检验的方式进行监督监控，并对海底管道制造进度、现场安全进行科学管控。

3.2 监造海底管道制造过程控制措施

①与建设方沟通协调，针对深水管道采取背靠背试验——即建设方找一家具有第三方认证资质的试验室，对深水管道用厚壁钢管的工艺评定试验、批检试验、水压试验进行同步验证性试验，目的验证制造厂设备的有效性和试验结果的可靠性，同时督促规范试验方法；②组织海底管道制造单位召开产前会，就制造过程的重点、难点进行技术交底。监造方与制造单位确立例会制度，定期组织召开周例会、质量分析会，就生产过程中出现的关于质量、进度、安全的问题进行协调沟通，督促制造单位进行改进；③驻厂监造审查制造单位的企业制造和认证资质、人员和设备资质、体系质量手册和质保程序文件、生产检验试验记录模板，详细核查质量体系运行情况，从质保体系、装备水平、生产过程控制、产品检测试验、实物质量进行全面考察；④驻厂监造审查海底管道制造单位提交的项目执行计划（PEP）和项目质量计划（PQP）、项目制造程序文件（MPS）和检验试验计划（ITP）与项目要求的符合性；⑤驻厂监造审查制造单位提交海底管道制造进度计划，核查制造单位对进度计划的调整。监造建立生产制造台账，核对制造单位进度计划的执行情况及分析进度滞后问题；⑥驻厂监造审查制造单位的安全生产规章制度，督促制造单位进行安全自查工作。巡视检查制造单位厂区安全生产情况，对监造过程中发现的安全隐患，及时督促制造单位整改；⑦驻厂监造对海底管道生产流程采用巡视、旁站和平行检验，对发现质量、进度、安全问题及时通知制造单位整改，并做好现场见证记录；⑧驻厂监造定期抽查现场人员资质、现场设备校验，不定期的巡查现场人员工作状态，杜绝海底管道检验试验、特种设备人

员持证上岗,及时要求制造单位更换技术不熟悉责任心差员工;⑨确认海底管道制造数量、服务与合同要求的符合性,督促和检查制造单位的整改文件,审核制造单位提交的工艺评定试验(MPQT)报告、检验、试验报告、完工资料,并提出意见,确认质量证明文件,做出海底管道质量评估。

3.3 监造海底管道制造过程监控点和方法

监造根据合同要求及项目执行的技术规范,对海底管道制造各工序设置监控点。实行以关键工序为重点监督见证,非关键工序巡查抽检的监造方式。

3.3.1 海底管道炼钢,熔炼成分作为监造停工待检点

炼钢的主要任务是脱碳、脱磷、脱硫、脱氧,去除有害气体和金属非金属物,提高温度和调整成分,生产出比铁的物理、化学性能和力学性能更好的钢。最后钢水通过浇道模型浇铸管道用钢坯。监造方严格控制熔炼成分,核对试验数据与技术规范符合性。通过比对试验数据,将不合格的钢坯拒收,并查找原因,问题整改后,合格钢坯允许作为管道用坯流入下道工序。

3.3.2 海底管道热轧,作为监造巡查点和抽检点

热轧无缝管包括管坯锯切下料、管坯加热、穿孔、轧管、定径、空冷、精整。笔者认为,管坯加热的目的是为了使钢坯达到形变所需的均匀温度;穿孔的目的将实心管坯变成空心的毛管,即定型——断面定为环形面;轧管目的将毛管连轧成荒管,即定壁厚——根据定径量和经验公式确定荒管壁厚;定径目的是大圆变小圆,消除荒管的外径不一,以提高轧制成品管的外径精度和椭圆度。

热轧容易出现的外观缺陷:折叠、裂纹、凹坑、结疤、内折、外折、划伤等。

驻厂监造依据工艺检查坯料加热温度,保温时间,以防加热温度过高,保温时间长,使钢坯过烧晶粒变大、强度和硬度降低;以防加热温度低,保温时间短,加热不均和钢坯形变温度低穿裂。

定径后抽查钢管外观、壁厚、外径、椭圆度等,以防外观缺陷和尺寸精度不足,及时更换模具和调整穿孔速度和周期、连轧参数。

3.3.3 海底管道热处理,作为监造旁站见证点

API 5L PLS2 X65QO 钢管的热处理状态为调质,即淬火加回火工艺。钢的淬火是将钢加热到临界温度 A_{c3} (亚共析钢)或 A_{c1} (过共析钢)以上温度,保温一段时间,使之全部或部分奥氏体化,然后以大于临界

冷却速度的冷速快冷到 M_s 以下(或 M_s 附近等温)进行马氏体(或贝氏体)转变的热处理工艺,目的是提高钢的刚性、硬度、疲劳强度及韧性;钢的回火是经淬火的钢管重新加热到低于下临界温度 A_{c1} (加热时珠光体向奥氏体转变的开始温度)的适当温度,然后缓慢冷却的热处理工艺,目的是用于减小或消除淬火钢件中的内应力,或者降低其硬度和强度,以提高其延性或韧性。钢管通过调质处理,才可以获得所需的力学性能。

驻厂监造审查热处理炉均温性评定报告,核对热电偶和热传感器校验证证书。关注热处理加热温度、保温时间、冷却方式,观看钢管步进速度,抽测淬火水温。

3.3.4 水压试验,作为旁站见证点

驻厂监造依据规范静水压试验压力计算公式: $P=2*0.90*SMYS*T/D$,核对计算试验压力;检查压力表及压力传感器的校验有效期;压力表量程控制试验压力的1.5~3倍。观看静水压试验过程,核查试验曲线图。

3.3.5 无损检测,做为旁站见证点

驻厂监造核查现场检测人员资质证书,检查设备校验证证书。依据标准规范审查超声波和磁粉检测工艺,验收无损检测标样试管。检查超声波探头的类型、数量、晶片尺寸等具体参数,探头与设备的综合性能及使用过程中的稳定性;观看自动超声波动态灵敏度校验,确认动态下应能检出标准要求的标样上的人工缺陷,检查喷标系统及声、光自动报警系统的工作状况;检查探伤速度,探头覆盖率。见证自动超声波检验过程和管端300mm超声波检验,审查超声波检验现场记录,检查对合格管和不合格管的分选处理。

3.3.6 尺寸检测,作为监造平行检验点

为保证后续海底管道海上铺设施工,笔者认为钢管的尺寸控制精度相当重要。驻厂监造抽检外观、管端外径和内径,管端壁厚、管椭圆度、直度、剩磁、长度、重量等指标。根据抽检数据梳理,从而掌握制造单位尺寸控制状态,分析生产过程中尺寸控制的受控状态和是否保持在公差允许的范围内。

为便于后续海底管道焊接组对,要求制造单位将钢管内径控制范围内分类A/B/C:A类(黄色)标识内径偏差在1.0mm~0.5mm;B类(白色)标识内径偏差在0.5mm~-0.5mm;C类(红色)标识内径偏差在-0.5mm~-1mm,颜色将钢管区分。

3.3.7 理化性能试验, 作为监造停工待检点

Φ258.9×18.3mm/X65Q0/PSL2 技术规范要求理化性能试验项目: 成品化学分析、拉伸试验、夏比冲击试验、系列温度冲击试验、HIC 氢致开裂试验、CTOD 试验、硬度、晶粒度。

驻厂监造指定性能取样钢管, 见证取样过程监造钢印标注, 并对钢管试件从取样、试验样加工、试验进行全程跟踪监督。

驻厂监造在试验前对现场试验人员的持证情况、设备校验进行核查。查看试验设备运行状态是否良好, 检查试验试样的加工尺寸是否满足标准规范要求。试验过程中, 检查试验环境温度、湿度是否满足规范要求, 试验过程是否符合操作规范要求。试验后, 核对试验数据符合性, 如出现试验数据不满足要求, 及时要求制造单位分析原因, 需要复取试验样时, 重点监督复取的范围和过程。

3.4 监造过程中发现的问题及处理措施

问题描述 驻厂监造在见证 Φ258.9×18.3mm/X65Q0/PSL2 钢管用坯熔炼分析试验过程中, 比对熔炼分析试验数据时, 发现炉号 19302456, 其中硼元素试验数据为 0.0007%, 与技术要求 ≤ 0.0005% 不符合。

原因分析: ①制造单位采购低钛低硼渣未来得及出化验结果, 便投入使用, 此次采购的低钛低硼渣硼含量 (三氧化硼为 0.351%) 偏高; ②低钛低硼渣加入量大, 精炼炉还原硼 (B) 越多。**处理措施:** 监造拒收炉号 19302456 钢坯, 不允许流入下道工序; 要求制造厂严格控制成分含量并进行整改。

整改措施及效果: ①物料化验合格后, 投入使用; ②严格控制低钛低硼渣 B_2O_3 含量, 适当减少加入量, 精炼时加入适当还原剂。效果: 后续连续生产 40 炉钢坯, 硼 (B) 元素合格 100%, 问题关闭。

监造方还发现处理过轧管内折问题、热处理后屈服强度低问题、冲击剪切面积不足问题。通过监造方原因分析, 提出整改预防措施, 并持续跟进整改落实, 协助工厂优化生产工艺, 提高质控措施, 问题关闭及时, 有效地提高了海底管道用钢管质量。

4 海底管道监造的必要性和重要作用

4.1 提高深水海底管道质量保证

深水海底管道受海床不稳定、坡度大、岩石强度低、温度低、外压大等条件影响, 不仅海底管道铺设技术难度大, 后期运维过程中对海底管道的使用性能也提出了严峻的考验, 这就需要海底管道从源头管材

进行有效的控制。往往钢管制造单位生产钢管种类较多、规格材质繁杂, 各项目合同穿插生产, 这就容易造成海底管道制造过程中很多人因素和惯性做法引起的工作质量和产品质量问题。驻厂监造作为独立的第三方监督, 在海底管道制造过程实施中, 对制造单位有形与无形约束, 促使产品的质量意识在制造过程中每一个工序得到加强, 人员惯性思维得到改变, 从而使每个人质量工作的潜能得到最大的发挥, 从而能保证深水海底管道满足使用要求, 可以提高深水海底管道的质量保证。

4.2 促进海底管道制造单位优化生产工艺

监造工作是一个严肃的工作, 一个好的驻厂监造人员要求是综合素质较强的全面手, 既要熟悉相关行业的法律、标准规范, 又要懂项目管理且善于总结经验, 还要做好各方的沟通协调。一个从业多年的项目驻厂监造人员, 更是熟悉各个制造单位的工艺流程, 在监造过程处理各种质量问题, 积累了较多的工作经验。深水海底管道制造单位生产过程中发现的质量问题, 驻厂监造较容易的找到问题的源头症结, 协助工厂做出合理的整改, 提高成材率, 促进海底管道制造单位优化生产工艺。

4.3 协调推进深水海底管道整体进度

深水海底管道铺设施工受海况影响较大, 施工窗口期较短。为配合海底管道安装的整体进度, 驻厂监造在海底管道制造过程中大力协调, 使得制造过程在确保质量的前提下进度有序推进, 避免了由于质量偏离所造成的工期滞后, 提高了制造单位效率。

5 结束语

笔者认为通过驻厂监造对海底管道用钢管制造过程科学管控, 可以提高了海底管道质量保证, 促进了钢管制造单位工艺优化。协助建设单位全面现场管理, 推进海底管道进度, 为后续深水海底管道提供技术协助, 从而显出了深水海底管道监造的必要性, 在海底管道质量控制中起到了关键作用。

参考文献:

- [1] GB/T26429-2010. 设备工程监理规范 [S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2010.
- [2] 袁志钟. 金属材料学 (第 3 版) [M]. 北京: 化学工业出版社出版, 2019.

作者简介:

李玉兴 (1982-), 男, 汉族, 河北沧州人, 本科学历, 工程师, 研究方向: 机电设备安装, 管道铺设。