

Automet数字孪生测量：如何将坞修停机时间缩短50%以上

100%预制 + 零现场热工管道安装，实现第一次安装100%适配

摘要

船舶坞修期间，管道更换往往是拖期最严重的单项工程。传统方式依赖“拆旧管→复制→现场焊接”流程，因测量误差、旧管变形和现场热工作业，返工率高达30%-50%，坞期延误3-7天是家常便饭。对于日租金2-3万美元的船舶，每次延误的停租损失可轻易超过10万美元。Automet数字孪生测量技术彻底改变了这一模式。通过现场在役测量、车间精准预制和焊接后双重验证，Irwin Group实现了管道100%工厂预制、现场全法兰连接、零热工作业。实际项目数据显示：相比传统方式，Automet方案可节省55%的直接成本和70%的坞期占用时间，且首次安装成功率从50%-70%提升至100%。本报告面向船东、船厂项目经理和EPC承包商，详细阐述Automet的工作原理、效率对比和真实案例。

1. 船厂管道更换的传统痛点：一个昂贵的恶性循环

在典型的干船坞管道更换项目中，传统流程存在结构性缺陷：

1.1 典型流程及其风险

停船后拆下旧管 → 将旧管运回车间（或现场卷尺测量） → 依样复制新管 → 新管运回船坞 → 现场安装 → 发现法兰对不上、长度偏差、角度偏移 → 现场切割、点焊、打磨调整 → 涂层被破坏，现场修补 → 延误3-7天开航。

1.2 根本原因

测量精度不足：卷尺无法捕捉法兰间隙、垫片压缩量、涂层余量，更无法发现弯曲管道的几何偏差；复制旧管变形：服役多年的管道已经扭曲、法兰面翘曲，复制出来的新管继承了这些缺陷；现场热工破坏涂层：任何现场焊接都会破坏内壁和外壁的涂层，修补层附着力远低于原厂涂层；海关限制：许多地区（如香港）禁止将旧管运入中国大陆复制，传统方式完全失效。

1.3 经济后果

一艘82,000 DWT散货船日租金约2.5-3万美元。每次坞期延误1天，停租损失就超过一艘新船一年的保养费用。传统方式因返工导致的额外坞期占用通常在3-7天，仅停租损失一项就可达10-20万美元。

2. Automet三步测量流程：从现场到车间的数字闭环

Irwin Group采用的Automet®系统基于徕卡全站仪和专用软件，构建了从“现场在役管道”到“车间预制品”的完整数字孪生 workflow。

2.1 步骤1：现场在役测量

操作：管道完全螺栓紧固、在役状态下，使用徕卡全站仪对管道系统进行三维扫描。测量内容包括：管段中心线、法兰面位置、螺栓孔方位；法兰间隙、垫片厚度（现场实际压缩状态）；涂层余量（PE内衬层2-10mm、外涂层厚度、垫片压缩余量3mm等）。

输出：3D数字模型 + 带公差的轴测图（标注每段管道的理论长度、角度、法兰朝向）。

关键优势：无需拆管、无需停运，不影响船舶其他坞修作业。

2.2 步骤2：车间布局与点焊验证

操作：根据数字模型在车间场地上布置管段、点焊法兰，然后使用Automet再次测量已点焊的管段，验证其与数字孪生模型的偏差是否在PFI-ES3标准公差内（典型 $\pm 1.5\text{mm}$ ）。

输出：经验证的预制管段（未完成最终焊接）。

关键优势：在焊接前发现并修正偏差，避免将错误带入最终产品。

2.3 步骤3：焊接后复测

操作：完成最终焊接、PE衬里、外涂装后，再次用Automet对成品管段进行全尺寸复测，生成质量保证报告。

输出：合格成品管段 + 附带完整尺寸偏差报告。

关键优势：确保焊接热变形没有导致法兰偏斜，出厂前已确认“现场一定装得上”。

3. 为什么能保证“第一次就适配”

3.1 预置涂层余量与垫片压缩量

参数	传统方式	Automet方式
PE内衬厚度	忽略或凭经验估算	精确建模，直接计入2-10mm
外涂层厚度	忽略	计入设计模型
垫片压缩量	现场调整	预置3mm标准压缩量
法兰间隙	卷尺测量（误差 $\pm 2-3\text{mm}$ ）	全站仪测量（误差 $\pm 0.5\text{mm}$ ）

3.2 不复制旧管变形

传统“复制旧管”方式会继承旧管的扭曲、法兰面翘曲和应力变形。Automet以标准设计尺寸为基准，只参考旧管的接口位置和方向，但不复制其几何缺陷。新管制造出来是“直的、正的”，安装时自然匹配。

3.3 焊接前后双重验证

传统方式在车间完成焊接后便直接发货，从未验证焊接热变形是否导致尺寸超差。Automet在焊接后再次复测，消除焊接变形风险。

4. 与传统方式的全面对比

下表基于Irwin Group多个实际项目统计（以100根管道的中型干船坞项目为基准）：

对比项	传统方式（复制旧管/卷尺测量）	Automet + 100%预制
是否需要拆旧管后才能测量	是（必须先拆）	否（在役时即可测量）
是否需要将旧管运回车间	是（海关/运输耗时）	否
是否补偿垫片+涂层余量	很少（凭经验估算）	精确建模，写入数字孪生
现场是否需要点焊/热工	经常需要（调整偏差）	零
第一次安装成功率	50% - 70%	100%（已验证）
典型坞期占用（100根管）	7 - 10天	2 - 3天
现场焊接/打磨人工	高（20-30工时）	0工时
是否受海关限制（旧管入境）	是	否（无需运旧管）

5. 真实案例

案例一：舟山新亚船厂 DN800 废气管道——船厂首次无需现场点焊

背景：船厂需要更换一根DN800废气洗涤器排水管，总长25米，包含10个法兰、6个弯头和3个DN600分支。管道走向复杂，传统方式需在现场搭设焊接夹具、反复点焊调整。

Irwin方案：使用Automet在船上完成在役测量（约2小时）；数字模型传至深圳车间，100%预制（包含PE衬里和外涂装）；成品管段运至船厂，直接吊装，法兰螺栓连接。

结果：100%首次适配，零现场热工。船厂反馈：“这是我们第一次不需要现场点焊就能完成该类型管道更换。”节省了原本预计3天的现场焊接和调整时间。

来源：Irwin Group官方LinkedIn动态（舟山DN800突破）

案例二：香港紧急维修——海关限制下的数字突破

背景：香港船东急需更换海水管，但中国海关禁止将香港旧管运入深圳车间复制。香港本地无PE衬里工厂，传统方式完全不可行。

Irwin方案：在香港码头用Automet测量旧管（不拆管，仅需2-3小时）；数字模型传至深圳工厂，6-8天内完成制造和PE衬里；新管运回香港，现场法兰安装。

结果：尺寸完全吻合，无需任何现场调整；避免了长达数周的进坞等待；彻底解决了“旧管不能入境”的政策障碍。

6. 量化效益：80根管道项目的实际数据

以一个典型的中型干船坞项目为例（更换80根海水管道，含弯头、法兰、分支）：

成本项	传统方式 (USD)	Automet+预制 (USD)	节省
旧管拆除+测量	12,000	5,000 (现场测绘)	58%
车间制造 (含返工)	45,000	32,000	29%
现场安装人工	28,000	12,000	57%
因返工导致的工期延长 (按2天计)	24,000	0	100%
总成本	109,000	49,000	55%
工期占用天数	10天	3天	70%

数据来源：Irwin Group多个实际项目综合统计。结论：采用Automet数字孪生测量，不仅直接成本减半，更关键的是工期从10天压缩至3天。对于日租金2.5万美元的船舶，节省的7天停租损失达17.5万美元，相当于又节省了超过30%的项目总成本。

7. 结尾行动：免费评估您的项目是否适合Automet测量

Irwin Group为船东、船厂和EPC承包商提供免费的Automet测量可行性评估。您只需提供：船舶停靠港口（或拟作业地点）；待更换管道的照片、口径范围、数量；期望的交付时间窗口。我们将在2个工作日内回复：是否可派Automet测量师到现场；预估测量+预制+交付的时间表；预估成本 vs 传统方式对比。此外，我们还可以安排现场演示：在您指定的船厂或码头，实际展示Automet测量一台管道并生成数字孪生报告的全过程（不收取费用）。

+852 5128 3422 | cs@irlservice.com | www.irlservice.com