

燃气户外立管接口防腐与管体同寿命技术的上海实践

RPT™ 滚压管螺纹连接技术

周俊

上海泛华紧固系统有限公司

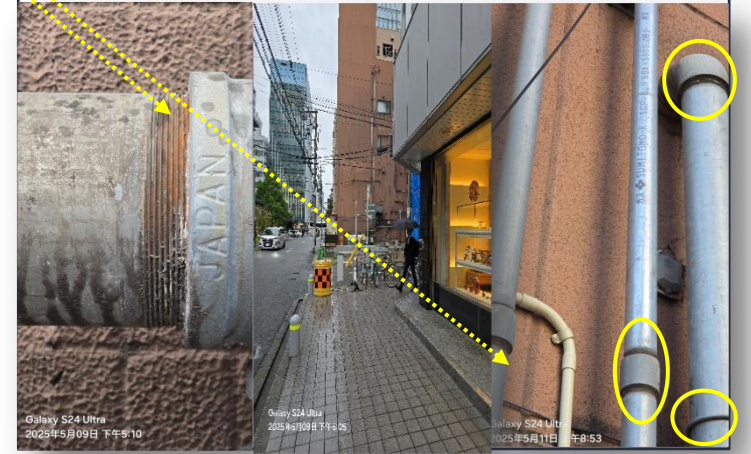
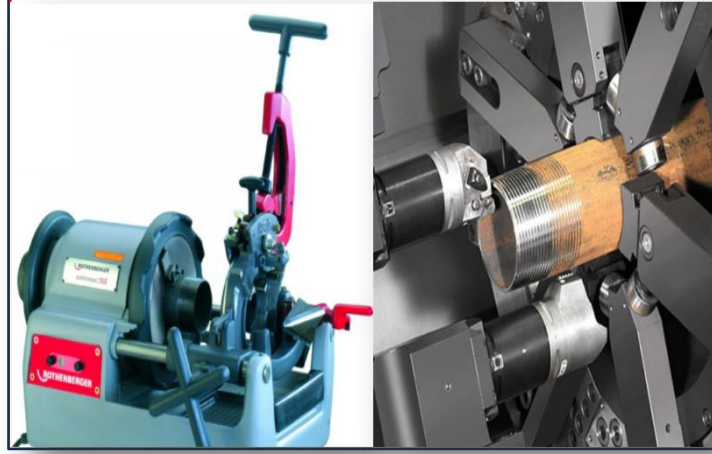
一、接口如虎口 是全球面临的钢管连接的共同的技术挑战

- 厚壁钢管：4.0 - 5.0 毫米
- 锌层厚度500 g/m²
- 环氧树脂 + 镀锌厚壁管
- 304不锈钢厚壁管：切削破坏钝化层，诱发马氏体相变，降低耐蚀性，在含Cl⁻ 环境，螺纹根部易发生点蚀或应力腐蚀开裂

购买日本、德国、美国、韩国进口高端电动套丝机，或采用高端数控车床在工厂预制

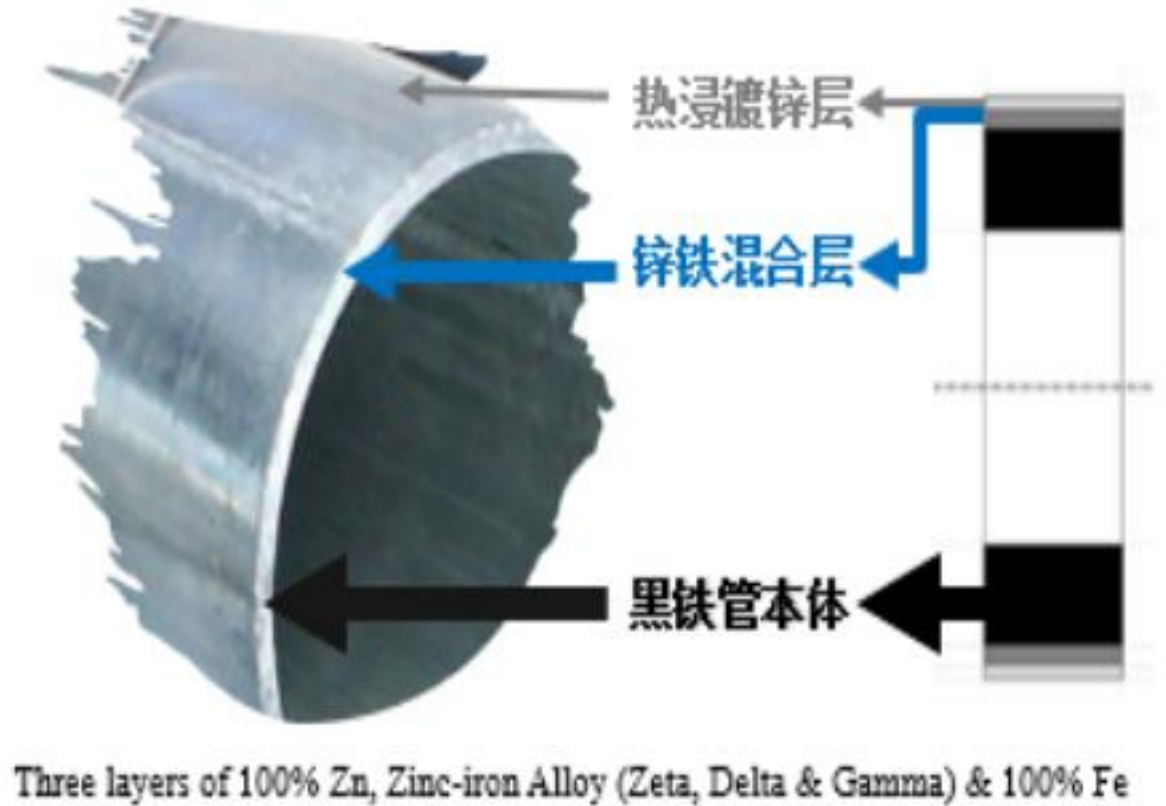
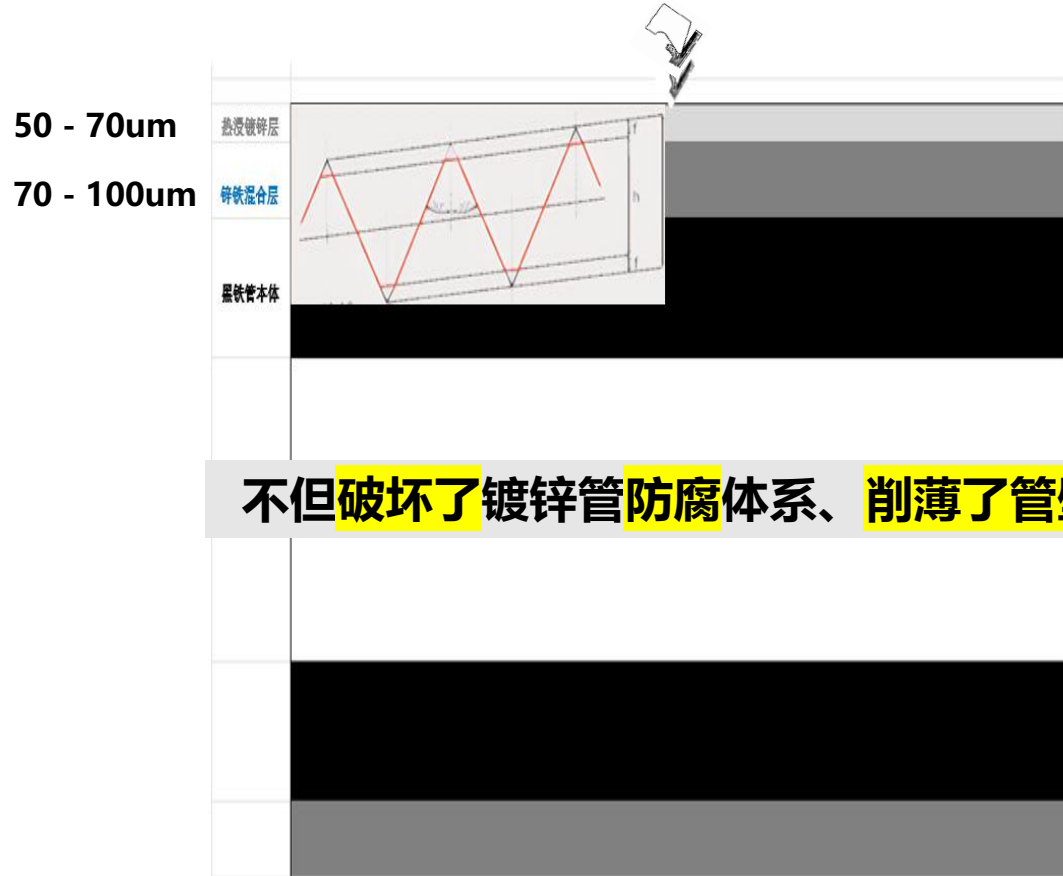
日本大阪市中心2019年新建的
智選假日飯店-御堂筋 (Holiday Inn
Express Osaka City Centre – Midosuji)

摄于2025年5月



花钱想买安全，却事与愿违。切削套丝螺纹时将**锌去掉**、**壁削薄**，成千上万个带着缺陷的螺纹接口即可成为安全隐患。

二、为什么？_这是因为切削套丝工艺固有的技术局限所致



而且，刀具钢管高温摩擦似退火，软化了螺纹、其表面布满微裂纹及拉应力，所以切削套丝是“断骨去肉式”加工工艺。

三、缺陷工艺引发的工程后果之一 _ 接口松动与管体穿孔泄露



1. 螺纹段镀锌层被破坏，不但即可成为**阴极区**，开始不断侵蚀原始钢管上的镀锌层，而且螺纹很快出现**锈斑**。
2. 螺纹表面粗糙、微缝丰富，水汽与氯离子在缝内滞留，再被生料带或密封胶包裹，产生差氧电池，触发**缝隙腐蚀**。

户外立管接口在上述电化学腐蚀作用下，再经雨水、紫外线、温差，沉降及交变载荷等破坏下，逐渐致接口松、管体穿。

四、上海实践 _ 从切削到滚压，从风险到保险

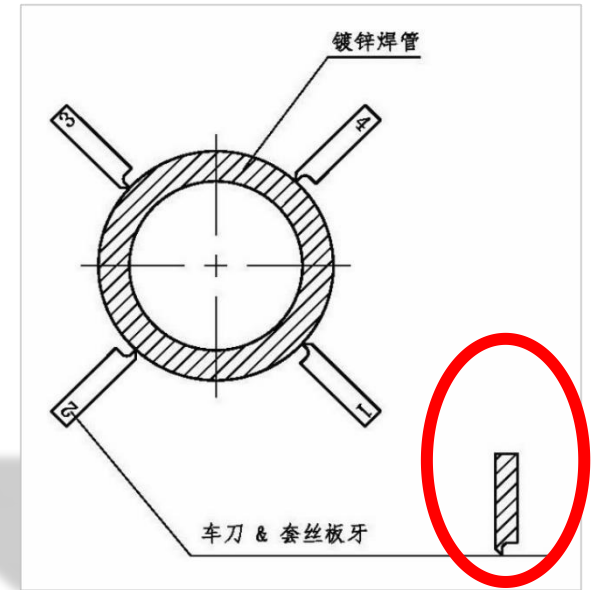
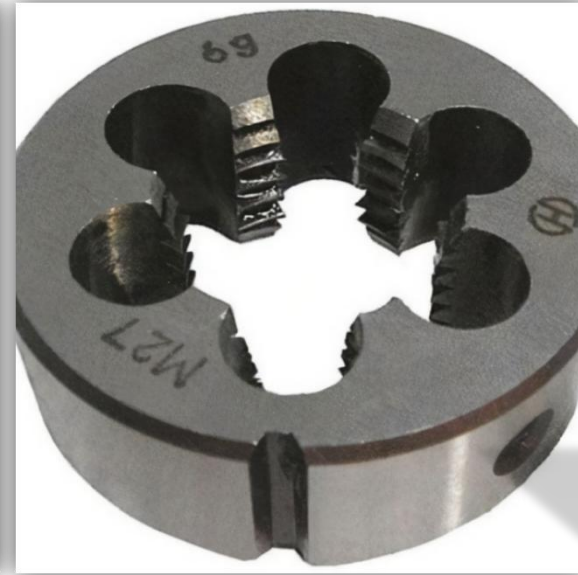
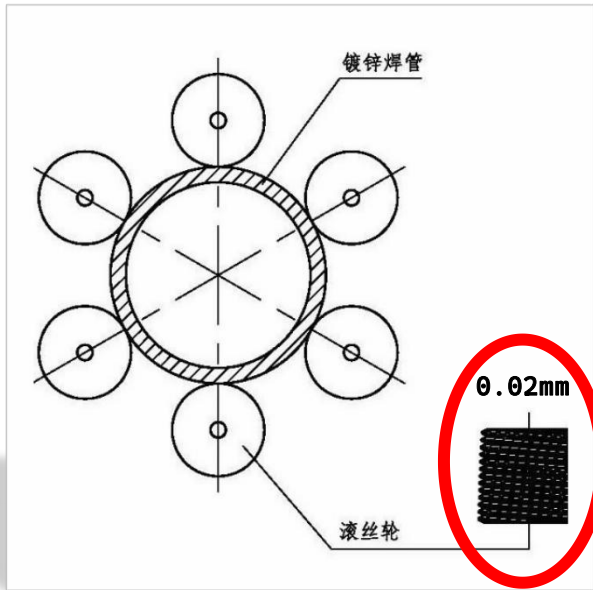


革命性的管螺纹滚丝机 D050CR

2021年9月17日10点上海能源建设集团有限公司在上海杨浦区开鲁三村实施上海燃气旧管网更新改造工程

RPT™ 七个创新：金属螺纹密封+焊接强度连接+原始锌层防腐+本质安全保障+增效优化施工+省心省钱运维+ESG价值引领

五、创新点 1：金属螺纹密封 _ 二种工艺的机理分析

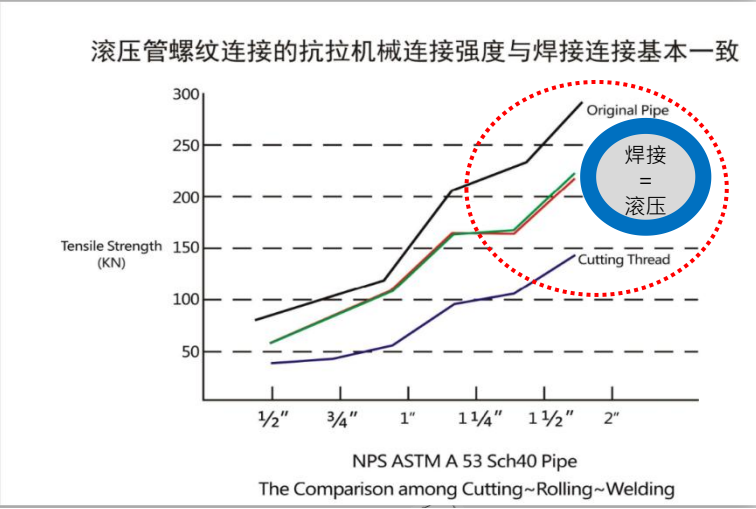


一种“随0.02mm高精度模具”封闭塑性复刻的**增密工艺**，牙型与锥度精与光、一致性好，且冷作硬化，**密封靠螺纹**。

一种随刀与钢管摩擦、发热、损耗形成管螺纹的**减材工艺**，磨损、高温、装夹导致螺纹精度与一致性差，**密封靠辅料**。

螺纹尺寸精准、表面光洁、锌辅助密封、晶粒应力反弹、内软外硬锥锥螺纹匹配+量少且标准圈数生料带保护性密封

五、创新点 2：焊接强度连接



拉伸试验 14A000006HJ

实测值 kN	连接方式	尺寸规范	断裂情况
74.21	滚压	DN20X2.4	螺纹断
40.58	切削	DN20X2.4	螺纹断
74.28	滚压	DN20X2.6	螺纹断
47.28	切削	DN20X2.6	螺纹断

项目	抗拉载荷(kN)	弯曲性能(度)	测试机构
管材	41.65	90	上海市建筑材料及构件质量监督检验站
滚压管螺纹	54.2	70	上海市建筑材料及构件质量监督检验站
切削管螺纹		10.1、12.3、14.4	美国工厂互动组织

GB/T 3091 DN50 加厚钢管壁厚为4.5mm，

加工后壁厚仅为 2.24mm-3.02mm (外露尾牙部分) < 4mm，为

GB 50028、GB 50981

钢管壁厚强制要求厚度尺寸 4mm 的50% - 67%！

[1]上海市建筑材料及构件质量监督检验站 检验报告 抗拉载荷与弯曲试验 LX622-100002/100003, 2010-10-13
 [2]上海宝冶工程技术有限公司 检测报告 拉伸试验 11A0190HJ, 2011-02-25
 [3]上海宝冶工程技术有限公司 检测报告 拉伸试验 14A00006HJ, 2014-01-07

切削套丝螺纹段抗拉强度保留不足50%，抗弯强度低于20%。遭遇第三方破坏、沉降、漂移、**交变载荷**或地震等，传统螺纹最先失效。密度增强、金属纤维未切断、壁未削薄，结合REX资料检测，滚压螺纹抗拉、抗弯分别提高 180% 和500%，**接近焊接**。

五、创新点 3：原始锌层防腐

防腐性能优于焊接连接



RPT™保留并增强了镀锌管原有防腐体系

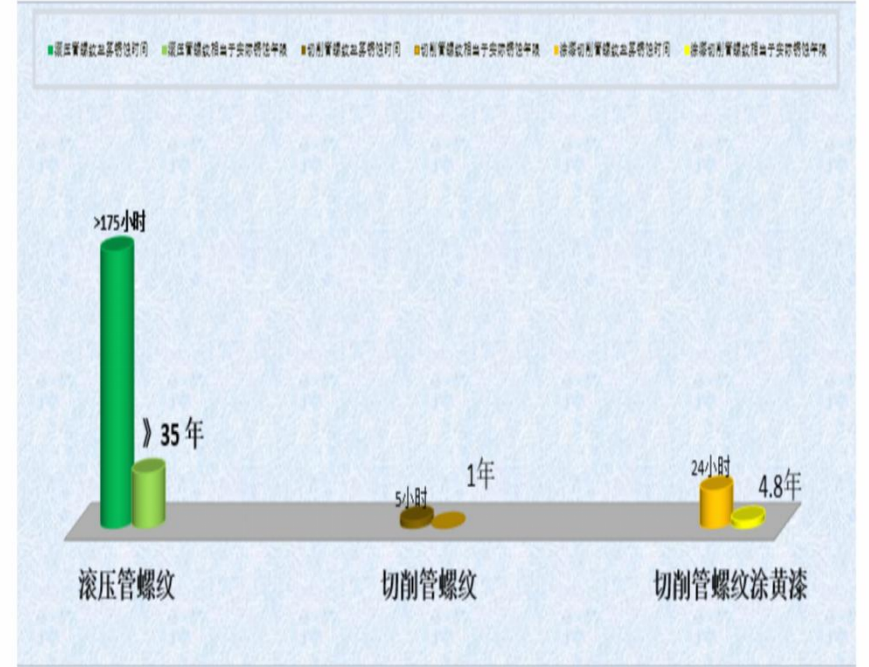


历年多次不同具备 CMA & CAL 资质实验室盐雾检测报告

序号	测试名称	报告编号	测试时间	测试单位
1	螺纹处锌层厚度、镀锌层结合强度	(2008)检字第165号	2008.5.29	机械工业表面覆盖层质量监督检验中心
3	滚压螺纹镀锌管盐雾试验	JWT081130	2008.7.14	机械工业紧固件产品质量检测中心(上海)
6-1	滚压螺纹镀锌管盐雾试验	10D051YW	2010.11.11	上海宝冶工程技术有限公司
6-2	切削螺纹镀锌管盐雾试验	10D049YW	2010.11.15	上海宝冶工程技术有限公司
6-3	切削螺纹镀锌管(油漆)盐雾试验	10D050YW	2010.11.15	上海宝冶工程技术有限公司
7-1	金洲滚压管螺纹镀锌层	金质检(JZJ)字第20110228-02	2011.2.28	金洲管道科技股份有限公司质量检测中心
7-2	金洲切削管螺纹镀锌层	金质检(JZJ)字第20110228-01	2011.2.28	金洲管道科技股份有限公司质量检测中心
8-2	滚压螺纹镀锌管烟雾试验	11D007YW	2011.3.10	上海宝冶工程技术有限公司
8-3	切削螺纹镀锌管盐雾试验	11D006YW	2011.3.10	上海宝冶工程技术有限公司
12	玛钢管件盐雾试验报告	11D069YW	2011.7.19	上海宝冶工程技术有限公司
15	管道连接螺纹中性盐雾实验	13D055YW	2013.7.12	上海宝冶工程技术有限公司

16 中性盐雾试验 A22305568848101001C-A22305568848101007C, 2023.12.6. CT 华测检测

滚压管螺纹螺纹段防腐能力是切削管螺纹的35~45倍



在温度23℃, 湿度55%的恒温恒湿条件下, 放置24小时后进行盐雾试验。在恒温35℃的盐雾箱内, 用浓度50g/L的氯化钠溶液进行连续喷雾, 此次试验条件下的盐雾试验每5小时相当于上海地区户外实际年限1年。

这一独特优势解决了传统钢管连接工艺（如传统螺纹与焊接）必然破坏原始防腐层，导致接口早期锈蚀的问题，保证了整个管网防腐体系完整性和全生命周期耐久性，且在上海逾15年超20万居民燃气户外立管新建与旧改中得到全面验证。

五、创新点 4：本质安全保障 = 100%符合国家设计规范、施工与验收标准

1st 金属级密封

在工程实践中为

GB 50028、GB/T 7306.2

提供了可靠的工程技术手段，
改变了密封靠辅料的习惯，
回归了密封靠螺纹的规范要求。

《城镇燃气设计规范》(GB/T 50028-2006) 第10.2.4条第3款第3项 “管道公称压力 PN≤0.2MPa时，应采用现行国家标准《55°密封管螺纹第2部分：圆锥内螺纹与圆锥外螺纹》GB/T 7306.2规定的螺纹（锥/锥）连接”。

2nd 焊接级连接

在工程实践中满足了

GB 50028、GB 50981

有关“抗雷”与“抗震”
对钢管有效壁厚 ≥ 4毫米
的规范要求。

1. 《建筑机电工程抗震设计规范》(GB 50981-2014)第6.2.4条第2款 “...管道，其采用的焊接钢管或无缝钢管，壁厚不得小于 4 mm”；
2. 《城镇燃气设计规范》(GB 50028-2020)第 10.2.4条第2款第3项 “...采用焊接钢管或无缝钢管时其管道壁厚均不得小于 4 mm”。

3rd 原始级防腐

实现了 **GB/T 51455**

“...应及时对连接部位进行防腐处理，
防腐等级应与管道一致” & “...管件的镀锌层应无破损”
的标准要求。
也满足了 **CJJ 94** 对防腐的规范要求。

《城镇燃气输配工程施工及验收标准》(GB/T 51455-2023) 第6.9.5条款 “管道附件安装完毕后，应及时对连接部位进行防腐处理，防腐等级应与管道一致。” 和第8.2.16条第2款 “镀锌碳素钢管和管件的镀锌层应无破损”。

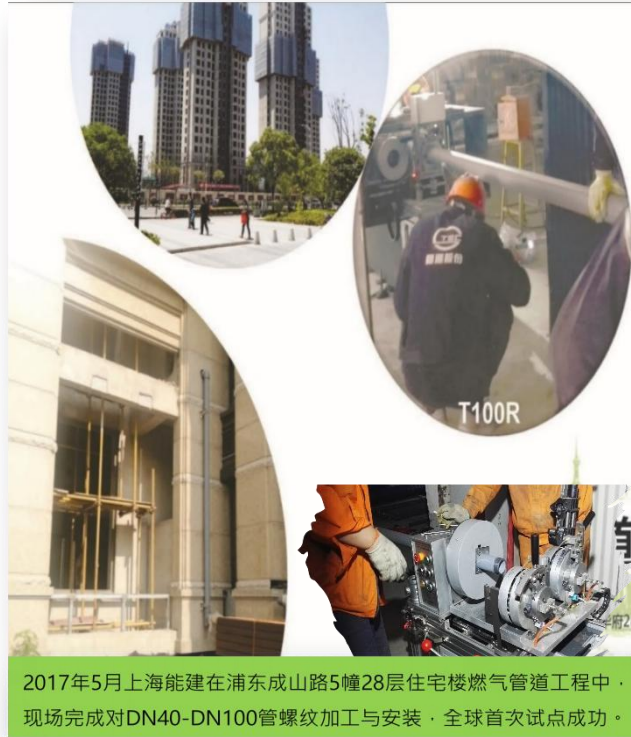
RPT™为 DN8 - DN100 燃气钢管连接提供了一种经济实用的工程技术手段。

五、创新点 5：增效优化施工 省时省料驱动降本

“增效” 驱动 “降本”

效率高，时间省，一次试压成功率100%，零返工

1. **省生料带缠绕与再缠绕时间**
2. **单接口拧紧效率提高50%，省安装时间**
手紧（相同）+ 机紧 “1.5-2圈” vs “3-4圈”，更易、更快。
3. **省现场防腐时间**
4. **一次试压成功率100%，降时间与管理成本**
消除返修人工与时间，避免延误所造成巨大的社会成本。



2017年5月上海能建在浦东成山路5幢28层住宅楼燃气管道工程中，现场完成对DN40-DN100管螺纹加工与安装，全球首次试点成功。

“优化” 实现 “降本”

作业标准、物料控制，实现降本

1. **省工作油料70%**，降噪，降本与环保
2. **省生料带80%**
螺纹密封，直径与长度一致性好，生料带少且用量标准。
3. **省二次防腐涂料与机具使用成本**
4. **螺纹表面光滑，无点焊而破坏内螺纹件**
避免与阀门、仪表等连接时产生“咬死”损坏高价值件。

设备PLC半自动化操作，简单，无火花；效率升50%，噪音降60%，油料省70%，辅料减80%，维护少90%，一次试压成功率100%。

在提升燃气管网接口安全的基础上，为燃气钢管管道工程带来了效率提升和成本下降的双核心价值。

五、创新点 5：增效优化施工 — 上海实践_单接口施工成本降40%-60%推算

类别	项目	套丝 (切削)	RPT™ (滚压)	RPT™优势备注
基础参数	设备价格	¥ 3,000 (1.5K - 7K)	¥ 70,000 (DN50或以下)	初始投资是套丝机的10 - 23倍
	设备实际工作寿命	2年 (1Y - 2Y)	5年 (5Y - 7Y)	寿命是套丝机的2.5 - 7倍
	刀具/滚压轮核心耗材成本	¥ 1.00 / 个 (100元/100个)	¥ 1.50 / 个 (30,000元/20,000个)	使用与保养合理，滚压系统寿命可增加30%或以上
	人工成本 (一线城市为例)	¥ 80 / 小时	¥ 80 / 小时	相比切削套丝，滚压的人工成本应该更低
成本构成 (元/接口) <small>➢ 以DN32接口为例 ➢ 生料带平均用量30圈 ➢ 0.125元每米平均价格计算</small>	1. 材料成本 (刀具耗材+油料+生料带)	¥ 1.70 (1.00+0.20+0.50)	¥ 1.66 (1.50+0.06+0.10)	材料总成本基本持平
	2. 人工成本 (安装工时)	¥ 13.33 (10分钟)	¥ 8.89 (6.67分钟)	RPT™：效率提升50%，节省4.44元人工费
	3. 质量成本 (平均返工)	¥ 5.00 (按5%返工率)	¥ 0.00 (0%返工率)	RPT™：杜绝返工，消除5.00元质量风险成本
	4. 设备折旧成本 (按年产2万个分摊)	¥ 0.08	¥ 0.70	单接口设备折旧更高
最终结论	综合成本总计	¥ 20.11	¥ 11.25	压倒性优势：RPT™综合成本远低于切削套丝
	单接口成本节省	-	¥ 8.86	每制作一个接口，RPT™就能节省近9元
	成本降幅	-	44.1%	成本降低近一半
	投资回报平衡点	-	约 7,562 个接口	一个中小型项目即可完全收回设备差价

RPT™在人工、时间、材料、管理四大成本中心实现了优化和降低，为施工方自己带来了可量化的综合经济效益与信誉。

五、创新点 6：省心省钱运维

—上海实践_运维方_巨大经济效益推算

管网生命周期	施工行为	年份	切削管螺纹接口 安装/更换成本(元/户)	滚压管螺纹接口 安装/更换成本(元/户)	生命周期内 净经济效益 (元/户)	20万户城市管网 净效益 (元)
30年	安装管网	2010	初始投资	初始投资 ↓	1000	2亿
	第一次更换接口	2025	1000	0		
	更换管网	2040	更换成本	更换成本		
45年	安装管网	2010	初始投资	初始投资 ↓	2000	4亿
	第一次更换接口	2025	1000	0		
	第二次更换接口	2040	1000	0		
	更换管网	2055	更换成本	更换成本		
60年	安装管网	2010	初始投资	初始投资 ↓	3000	6亿
	第一次更换接口	2025	1000	0		
	第二次更换接口	2040	1000	0		
	第三次更换接口	2055	1000	0		
	更换管网	2070	更换成本	更换成本		

各栏目的计算依据：1. RPT™将成本支出从一次性的“购买”转向了长期性的“投资”，其回报，不仅体现在经济效益上，更体现在安全、效率和可持续发展上，是革命性的RPT™价值所在。2. 按《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022-2025年）》：燃气管道的更新改造对象包括“运行年限满20年且经评估存在安全隐患的钢质管道”，一般工程实践中15年以上即列入优先改造范围；3. 此表钢管全寿命周期分别按30年、45年、60年计算，周期年限越长，RPT™经济效益越明显；此计算表以45年钢管全寿命为例；4. 滚压管螺纹于2010年10月开始在上海个别小区试点，采用的是工厂化预制的符合《低压流体输送用焊接钢管》（GB/T 3091-2015）燃气专用镀锌钢管DN32和DN40，钢管来自上海劳动钢管厂；5. 根据有关数据，目前上海燃气旧管网改造户外立管按每户层高3.1米配3.3米钢管（标准），总计改造费为人民币1000元/每户。

五、创新点 7：ESG价值引领



堵漏

降泄漏=降甲烷排放，金属级密封，显著降低天然气管网接口跑冒滴漏现象，减少温室气体与安全隐患。

节材

管道“等壁厚”设计，在高于同等安全情况下，显著降低材料成本和管道自重，有利于高层建筑

减废

1. 降油耗达70%，少生料带达80%以上，降低危与VOC，同时减少噪声暴露。
2. 锌和锌铁层保留，革命性提升抗蚀性；无接口漏防腐作业与运输，源头到使用端减排减废。

降耗

管道连接处可实现与管体同寿命，降低材料消耗，拉低全生命周期碳足迹（LCA）。

安装

- ◆ 螺纹完整、光洁，生料带用量标准，二扣机紧合格率100%，上扣效率提升25%。
- ◆ 一次试压成功率100%，整体管网施工效率提升50%以上。

运维

- 无接口返修隐患，滚压管螺纹连接的金属级密封、原始级防腐、焊接级连接-滚压后的残余压应力确保管道连接静与动态长期稳定密封。
- 焊接级连接强度使滚压管螺纹连接能效降低各种外力、地震、雷电等突发事件的伤害。

- 生产**
- 无刺耳噪音，降低设备高分贝噪音下人员听力损伤风险，同时排除扰民忧患。
 - 无切削飞溅金属对人员造成割伤、烫伤或眼部伤害等风险，显著提升生产安全性。
 - 螺纹产品表面光洁、无毛刺，避免金属刺物对人员手指等部位的皮肤伤害。
 - 杜绝切削套丝生产时产生的切削液高温雾化吸入，避免对操作人员的呼吸系统造成损害。
 - 无需现场防腐作业，无有害防腐涂料吸入的风险，保护操作人员身体健康。
 - PLC控制的半自动设备，操作简单安全，有效预防传统切削套丝设备调整引发的工伤事故。

- 质量与性能：滚压产品更耐用、更长久，减少更换和资源消耗，是高质量、负责任制造的综合体现。
- 效率与成本：生产效率的提升转化为更低的制造成本和更短的交付周期，助力企业维持优质竞争力。
- 规范与标准：符合GB/CJJ/团标要求，改进施工现场ISO化管理，从技术上保证标准规范落地并可追溯。
- 持续与发展：满足对供应链上下游和投资者ESG承诺，更好遵守劳动与环保等法规，规避潜在风险。
- 风险与控制：更少事故尾部风险、更低索赔率，治理层面“看得见、算得清、可追溯”，本质安全。

六、上海实践 _ 从试点_课题_推广_标准

2023年、2024年上海燃气协同上海能建采用滚压管螺纹技术分步完成**一幢超100米5A级**智能化办公楼恒通大厦燃气旧管网改造和**3幢超150米46层摩天住宅**安康苑商品房燃气新管网建设项目



推广2：2018年起上海燃气在上海市天然气旧管网改造中化推荐与强制使用滚压管螺纹技术与设备

推广1：2017年5月上海燃气上海能建全球首次在浦东28层商品房现场滚压生产安装DN50-DN100镀锌管螺纹

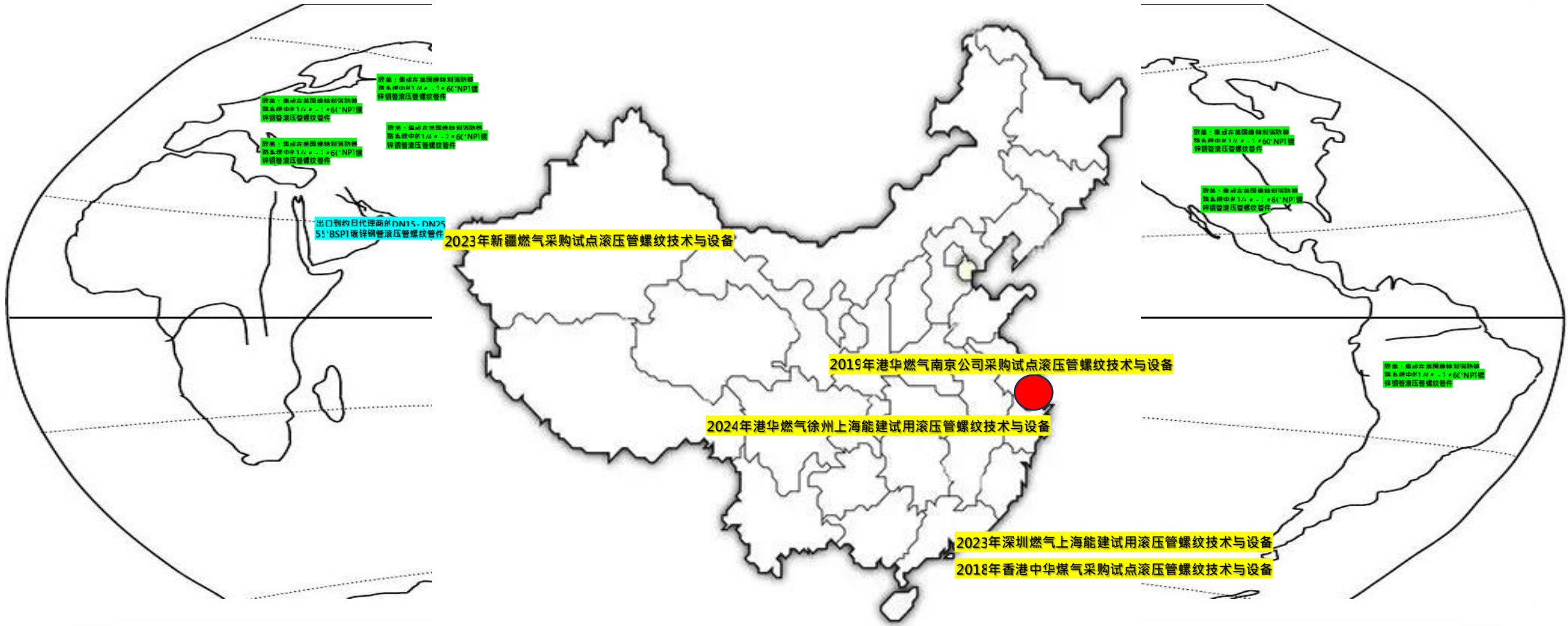
课题1：2013年配合华润燃气无锡完成《户外低压架空管道管材及工艺革新项目结题报告》万达广场设备应用

课题2：2016年配合上海燃气市北公司完成《地上燃气管道新型管材应用研究》旧管网改造设备应用。

试点：2010年8月、10月起上海燃气浦东与大众公司开始滚压管螺纹产品旧管网改造应用。

15年超20万户燃气户外立管新建旧改中，滚压螺纹接口无锈斑、泄漏及返修，巡检泄漏率下降，周期与成本有效控制。

七、工程推广：从上海到全球



八、标准与荣誉

- ▶ **行业工法**：2024隧道股份上海能源建设集团《燃气钢管滚压管螺纹现场施工工法》
- ▶ **地方标准**：DB42/T 832-2012 《燃气用镀锌钢管滚压圆锥外螺纹接头》
- ▶ **团体标准**：T/HXR 000008-2024 《燃气钢管滚压圆锥外螺纹连接技术规程》

- ▶ **荣誉证书**：2022年燃气安全创新成果—优秀创新成果
- ▶ **荣誉证书**：2025年燃气“三新”成果奖
- ▶ **政府授奖**：2022第四届上海知识产品创新奖
- ▶ 欧洲、美国、日本、香港等国家与地区有效发明专利共21项，RPT™、RPN™、CHIThread®



九、总结与展望

让接口与管体同**寿命** ← 同**厚度**、同**防腐** ← RPT™

从防腐**补救** → 防腐**消除**

这是技术**革命**

更是我们这一代燃气人的全球**使命**

感谢 中国城市燃气协会
感谢 各位专家聆听
敬请 批评指正

周俊 上海泛华紧固系统有限公司 1300 318 4818 jimgzhou@pcfscn.com