

# 结构粘接型钢衬聚乙烯管及 复合工艺技术的经济评价

徐向阳

(南京工业大学经济管理学院, 南京 210009)

**摘要:**采用结构粘接型聚乙烯钢塑复合工艺技术,可使钢与聚乙烯得到真正意义的“复合”,其界面结合的强度远远大于其他复合管的结合强度,且克服了其他复合管技术所存在的缺点。介绍了国内复合管工艺技术现状及存在的问题,对 18 万 m/a 结构粘接型钢衬聚乙烯管项目进行了经济评价。

**关键词:**粘接;钢塑复合管;聚乙烯;经济评价

中图分类号:TQ320.67

文献标识码:A

## Economic evaluation of constructional conglutination steel-lining polyethylene pipe and its composite technology

XU Xiang-yang

(College of Economics and Business Administration, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

**Abstract:** Steel and polyethylene can be really conglutinated together by using constructional conglutination steel-polyethylene composite pipe technology. Their interfacial intensity is far stronger than other composite pipes, and has no disadvantages compared with the others. The current situation and existing problems of composite pipe technology in China were introduced. Economic evaluation of 180 km/a unit of the composite pipe was also made.

**Key words:** conglutination; steel-polyethylene composite pipe; economic evaluation

将聚乙烯与碳钢以衬里的方式有效地复合,制成设备和管道,发挥塑料优良的耐腐蚀性与碳钢的高强度性,以代替目前的钢衬橡胶管道,是人们一直非常关注的问题。然而由于聚乙烯与碳钢在复合技术上存在着很大的难度,结果不尽人意,制约了钢塑复合管道在多个领域的应用。

近年来,南京工业大学材料科学与工程学院金属表面工程系研究人员魏无际等人在多年理论和应用研究的基础上,借助于一系列实际工程问题的解决,创新出结构粘接型钢塑复合新工艺,且成功地通过了生产验证。所谓结构粘接是指将聚乙烯衬里层通过化学手段高强度地粘接于碳钢管内壁,碳钢和塑料结合成为一体,钢、塑界面的结合强度远远大于因两种材料膨胀差造成的剪应力,使碳钢、聚乙烯得

到了真正意义的“复合”,克服了国内目前复合管所存在的缺点。

该项技术的突破给聚乙烯钢塑复合管的加工工艺带来了全新的变革,为在化工、冶金、电力、盐业加工、淡(咸)水处理、制药以及食品饮料等众多行业中广泛使用新型材料开辟了广阔的前景。据保守估计,国内钢塑复合管市场需求约 50 亿 m 左右,化学工业在钢塑复合贮罐及设备方面,存在约 100 亿 m 的潜在市场。如果将结构粘接型钢衬聚乙烯复合材料推向市场将是一份可观的收益。

笔者以该项技术成果为依据,以年产 18 万 m 结构粘接型钢衬聚乙烯管项目为研究对象,通过对该复合工艺技术的经济评价,得出项目可行的结论。

## 1 研究成果的技术分析

### 1.1 国内复合管工艺技术现状及存在问题

20 世纪 80 年代初,我国就开始生产钢塑复合管,聚乙烯钢塑复合管主要有冷拔、热胀、龟甲网铆接以及滚涂工艺。

#### 1.1.1 冷拉碳钢复合管工艺

该工艺是将较小直径塑料管道放入已焊好法兰的较大直径的碳钢管内,用大功率的拉拔机器将碳钢管拉伸变细,使碳钢管紧箍于略有弹性变形的塑料管上,然后在管头法兰处进行加热,并用模具对聚乙烯进行法兰翻边。

#### 1.1.2 塑料热胀复合工艺

该工艺是将较小直径的聚乙烯管道推入已焊好法兰的碳钢管道中后,用高压高温循环导热油加热管道内部。在加热和加压条件下,已解晶并处于高弹态下的聚乙烯产生较大的高弹形变,同时碳钢管产生一定量的弹性变形,冷却后依靠碳钢管的冷收缩应力与塑料管紧密贴合,最后在塑料管头加热法兰模具进行法兰翻边。

以上冷拉和热胀两种复合工艺目前仍然是钢塑复合加工业的主流,占有 80% ~ 90% 的市场销售额。两种复合工艺的共同点是,在加工中先使材料发生形变,由残余形变所产生的内应力作用于两材料的界面上,使钢、塑贴合。实际上,这是一种利用预应力的紧衬技术,不是真正意义上的“复合”。其结果终因塑料的蠕变(或称“冷流”)而使应力松弛,丧失预应力,不久成为松套。这种松弛过程可在常温下进行,显然温度愈高松弛得愈快。

冷拉和热胀两种复合管存在以下缺点:

(1)在负压或开停车操作的瞬间,负压条件下内衬管易吸瘪、变形。此种现象根据内衬管的厚度和环境温度不同出现的几率和程度也不同,内衬管越薄、环境温度越高,越易吸瘪和变形。

(2)两种材料热胀系数不大相同,易导致裂纹和管道泄漏。塑料的热胀系数是碳钢的十几倍,温度的波动将导致塑料内衬管相对碳钢管做伸缩运动,而翻边法兰却限制了内衬管与碳钢管在复合界面上的相对移动;塑料内衬管的热胀冷缩力将集中于翻边法兰的拐弯处,而此处因法兰翻边导致壁厚却最薄,所以常产生裂纹,造成管道泄漏。

(3)受现有机器能力的限制,不能制造大口径的管道(直径 $\leq 300$  mm),更无法制造设备及贮罐。

#### 1.1.3 龟甲网衬里管工艺

为了解决上述冷拉和热胀的钢塑复合管道在负压条件下的变形以及法兰翻边处的泄漏问题,曾有厂家采用龟甲网衬里工艺。这种工艺就是用管状钢丝网(称为龟甲网)预焊于碳钢管内,然后将聚乙烯加热熔化(一般采用注塑或流延法)在碳钢管内形成衬里层,内衬塑料管与碳钢管的复合界面依靠焊接的钢丝铆接而结合,增加了复合管抵抗负压条件下的变形能力,也减小了因温度波动而引起的内衬塑料管相对于碳钢管的伸缩运动,使负压变形和法兰根部泄漏现象得到大大改善。

但龟甲网衬里管工艺有以下问题:

(1)工作效率低。龟甲网预点焊于钢管内壁是一项很烦琐的工作,耗时长,工效很低。

(2)生产成本增加。一方面是龟甲网本身成本,另一方面因为有了龟甲网,成形的塑料内衬管壁的厚度必须大于龟甲网的厚度,一般塑料管壁的厚度 $> 10$  mm。

(3)降低了内衬里层的耐蚀性。虽然塑料内衬管壁很厚,但是局部龟甲网顶端与腐蚀介质的距离并不大,所以腐蚀介质容易渗入龟甲网层腐蚀破坏龟甲网,以致使整个内衬里层遭到破坏。

(4)难以生产小直径的管道。直径小的碳钢管很难预点焊龟甲网,只能生产直径 $\geq 600$  mm 的管道。

#### 1.1.4 聚乙烯滚衬管工艺

这种制造工艺是将聚乙烯粉末喷撒到正在加热滚动的碳钢管内壁,熔融条件下形成聚乙烯涂层。此种工艺虽然可以生产出大口径管道,但是目前尚未能解决好聚乙烯和碳钢的界面粘接问题。衬里层仅依靠聚乙烯和碳钢的物理吸附力结合,粘接力较低而且很不稳定,使用过程中衬里层时常出现龟裂、脱落现象,衬里层的厚度也难以控制,厚度只能在 0.3 mm 以下,耐蚀及耐磨性能差。所以在化工、冶金、电力、盐业加工、淡(咸)水处理、制药以及食品饮料等行业中不宜采用。

### 1.2 结构粘接型钢衬聚乙烯管复合技术的特点

该技术具有如下的一些特点:

(1)技术先进,竞争力强。该技术是多年的研究成果,具有很高的技术含量,填补了国内外防腐技术的一项空白,且完全能替代钢衬橡胶管道,具有很强的市场竞争力。

(2)产品性能优越。由于该工艺使聚乙烯衬里层高强度地与碳钢表面粘接,两者之间实现真正的复合,复合管可在聚乙烯极限使用温度下进行负压

操作,对于生产中开停车时的瞬间负压状态能很好地适应,不会出现衬里层抽瘪、变形等情况。

(3)产品的性能可靠、寿命长。该工艺中的粘接层使塑料即使在较大的温差条件下所产生的应力能够均匀地分布在衬里层内,钢、塑两材料一同伸缩不会出现剥离现象,也不会出现应力集中在法兰边而导致开裂等现象,从而使产品的性能稳定可靠。

(4)生产过程简单,生产成本低,产品市场竞争力强。

产品的技术指标如下:

衬里层厚度 0.3 ~ 10 mm

剥离力  $\geq 240$  N/25 mm

拉伸剪切强度  $\geq 8$  MPa(内聚破坏,界面不破坏)

粘接正拉强度  $\geq 7$  MPa(内聚破坏,界面不破坏)

衬里层电击强度 10 ~ 15 kV/mm

管道工作压力 负压操作  $\leq 9.61$  Pa(80℃条件下),正压操作取决于碳钢管的承压能力

防结垢性 表面平整光滑,与常见固体物亲和力极小,不结垢

毒性 无毒,无味,无污染,可适用于食品、饮料及医药等行业

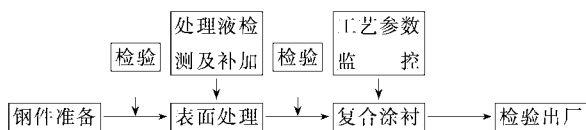
耐腐蚀性 可用于多种腐蚀介质

耐温性 -60 ~ 90℃

管道规格 一般为  $\Phi 50 \sim 1\,000$  mm,长 6 000 mm

### 1.3 结构粘接型聚乙烯钢塑复合工艺流程

工艺流程简图如下:



## 2 经济评价基础数据

### (1)生产规模和产品方案

以 18 万 m/a 生产线为分析对象,产品为  $\Phi 100$  mm 结构粘接型钢衬聚乙烯管。

### (2)实施进度

项目建设期为 1 年,第 2 年投产,生产负荷达到设计能力 60%,第 3 年达到设计能力 80%,第 4 年满负荷生产。生产期为 10 年,计算期按 11 年计算。

### (3)总投资估算及资金筹措

#### ①固定资产投资估算

固定资产投资估算依据工程项目实际发生额计算,配套设备价格的计算参照厂商报价。设备购置费 235 万元,建筑工程费 252 万元(生产场地 2 000

m<sup>2</sup>,原料库 1 500 m<sup>2</sup>,成品库 1 500 m<sup>2</sup>,管理办公用地 200 m<sup>2</sup>),安装工程费 4.7 万元,其他费用合计 225.2 万元,其中技术转让费 150 万元,开办费 10 万元,预备费 65.2 万元。

固定资产投资资金筹措方案:项目资本金 300 万元,其余为贷款,贷款利率 6.17%,建设期利息为 15.6 万元。

固定资产投资总额(含建设期利息)为 732.5 万元。

#### ②流动资金估算

流动资金按分项详细估算法进行估算,估算金额为 300 万元。

铺底流动资金占 30%,其余为贷款,贷款利率为 5.85%。

项目投入总资金为 1 032.5 万元。

#### (4)劳动定员和工资估算

项目劳动定员 36 人。其中生产工人 30 人,管理人员 6 人。人均年工资及福利费 2 万元,全年工资及福利费为 72 万元。

## 3 财务评价主要结果

### 3.1 年销售收入和年销售税金及附加

结构粘接型钢衬聚乙烯管是一种新型产品,经分析论证确定产品销售价每米按 205 元(含税)计算,年产 18 万 m,年销售收入估算值在正常年份为 3 690 万元。

年销售税金及附加按国家规定计取,产品缴纳增值税,增值税率为 17%,城市维护建设税按增值税的 7% 计取,教育费附加税按增值税的 4% 计取,销售税金及附加的估算值在正常生产年份为 333.9 万元。

### 3.2 总成本费用情况

①外购原料及燃料动力费为 1 620 万元;

②年工资及职工福利费为 72 万元;

③固定资产年折旧费为 45.6 万元;

④年修理费为 22.8 万元;

⑤无形资产年摊销费为 15 万元,递延资产年摊销费为 2 万元;

⑥利息支出包括长期借款利息和流动资金借款利息,正常年份应计利息为 12.3 万元;

⑦年其他费用为 735.8 万元;

正常年份总成本费用为 2 523.4 万元,其中经营成本为 2 450.5 万元。

### 3.3 盈利能力分析

(1)利税概况

(下转第 46 页)

不能满足复合肥生产工艺的要求。改造后的干燥机内部结构由空档区、导料区、预热区、二次造粒区、预烘干区、烘干区和圆整区组成。改造后不仅增大了操作弹性,稳定了工艺状况,改善了产品颗粒外观质量,而且连续生产 6~8 个月干燥机内部也不会产生粘壁现象。

### (3) 主要工艺指标

尿液质量分数 95%~98%;尿液温度 110~135℃;干燥机气体进口温度 130~160℃;干燥机气体出口温度 55~70℃;系统蒸汽压力 0.60~1.20 MPa;系统水压力 0.20~0.50 MPa。

## 3 改造效果

①造粒成球率由 50%~60% 提高到 85%~90%;

②含氮量控制精度为  $\pm 1.5\%$ ;

③水分为  $\leq 1.5\%$ ;

④颗粒抗压碎力由 13~15 N 提高到 16~20 N;有效地防止了复合肥的颗粒粉化和结块现象;

⑤产量较原来提高 30% 左右;

⑥颗粒均匀,外观圆整光滑;

⑦操作弹性增大,特别是干燥机内部结构稍加改造后,可连续生产 6~8 个月不会粘壁;

⑧蒸汽、动力、燃料消耗下降了 10%~15%。

## 4 注意事项

①初始开车前要进行系统吹净。

②尿液输送管道要用蒸汽夹套保温,保温温度控制在 100~130℃。

③尿液输送管道要有蒸汽吹扫装置,以便停车时将管道内的尿液吹入尿液贮槽,防止管道堵塞。

④为防止尿液对设备的腐蚀,熔融槽、喷嘴、尿液泵、尿液管道都要采用不锈钢材料制造。

⑤烘干时要采用低温大风量。

⑥远程输送时,从尿素车间二段蒸发器到复合肥造粒机的尿液输送管道要有 3°~5° 的倾斜度,且每 100 m 左右为一封闭段,设疏水阀疏水。

该工艺投入运行 1 年多来,明显地提高了产品质量和产量,降低了各种消耗,增大了操作弹性,稳定了工艺状况,扩大了产品在市场中的占有率。■

(上接第 43 页)

正常年份利润总额为 830.8 万元,投资利润率为 80.5%,投资利税率为 112.8%。

### (2) 财务现金流量(全部投资)

所得税后财务内部收益率(FIRR)为 57.6%,财务净现值( $i_c = 12\%$ )为 2 139 万元。所得税前财务内部收益率为 80.0%,财务净现值( $i_c = 12\%$ )为 3 363 万元。财务内部收益率均远远大于行业基准收益率,财务净现值均很大,说明该项目在财务上是可行的。

所得税后的投资回收期为 3.15 年(含建设期),所得税前的投资回收期为 2.61 年(含建设期),均小于行业基准投资回收期,表明项目投资能按时收回。

## 3.4 清偿能力分析

利用借款还本付息计算表和资金来源与运用

表,计算出借款偿还期为 2.45 年(含建设期),项目能满足贷款机构的偿债要求。

## 3.5 不确定性分析

### (1) 盈亏平衡分析

以生产能力利用率表示的盈亏平衡点(BEP)为 52.2%,也就是说年产量达到 9.4 万 m 时,企业就可以保本。由此可见,该项目风险较小。

### (2) 敏感性分析

项目在固定资产投资、经营成本、销售价格提高 20% 和降低 20% 的范围内,分别对财务内部收益率、财务净现值、投资回收期做了单因素敏感性分析。结果表明,在上述范围内,项目仍然可行,具有很强的盈利能力。只有当经营成本或销售价格变化达 30% 时,项目的财务指标才达到临界值。说明项目有较强的抗风险能力。■

《现代化工》喜获第五届全国石油和化工行业优秀期刊评比一等奖和广告单项奖。