

大型炼化一体化项目排水管道材料选择优化

陈雄士（中化泉州石化有限公司，福建 泉州 362000）

摘要：炼化一体化项目排水管道材料选择优化，引入预应力钢筒混凝土管，采用球墨铸铁管与预应力钢筒混凝土管组合使用，既能满足管道运行，也能够节约采购成本，加快施工进度，从而节省投资成本，并保证管道系统安全平稳运行，为国内炼化一体化项目排水管道提供一定参考意义。

关键词：炼化一体化项目；排水管道；材料优化；预应力钢筒混凝土管

1 概述

炼化一体化项目各类生产装置多，给排水管网系统相对复杂，给排水管道选材时要考虑使用寿命，埋设深度较深，维修难度大，泄露不易发现等特点，因此其管道材质的选则及施工都非常重要。石油化工项目常用排水管道在设计上广泛选用的管材有球墨铸铁管、钢筋混凝土管、焊接钢管等。随着石油化工装置规模越来越大，占地面积也越来越大，因此排水管网的设计也越来越复杂，管道口径也越来越大，目前国内炼化一体化项目排水管道口径已经超过 DN3000。

近些年，随着国内钢材价格大幅上涨，球墨铸铁管、焊接钢管等价格节节攀升，造成项目成本增加，一些项目开始选择钢材用量较小的管材，如混凝土管，其中混凝土管大致分为钢筋混凝土管、预应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管等。本文将根据某百万吨乙烯及炼油改扩建项目（以下简称乙烯项目）一级地管雨排管道选材优化进行详细分析。

2 各种管材特点分析及方案比选

首先对国内常用给排水管道选材特点进行分析，各类管材特点如下：

2.1 球墨铸铁管特点

具有铁的本质、钢的性能，机械加工精度高，密封效果好，安装简易，是排水管材的首选，具有较强的抵抗地震和地基沉降的能力，适用于乙烯项目。排水管道一般选用中小口径管道，施工速度快，综合性价比较高。但是其生产成本低，大口径管道运输成本高。

2.2 钢筋混凝土管特点

该管材具有较高的抗外压能力；在排水管网施工中不良地质条件的适应性一般；耐腐蚀性好，价格便宜，可以大量节约钢材，延长使用寿命，且建厂投资少，铺设安装方便，已在工厂、矿山、油田、港口、城市建设和农田水利工程中得到广泛的应用。

2.3 预应力钢筒混凝土管特点

该管材管芯内嵌薄壁钢筒，具有较好的抗渗性，钢制接口，密封性能良好，可以打压检验接口密封性能。生产工艺先进，产品质量有保证，施工速度快，适用于大口径管道，埋设深度较深，生产成本较高，管道自重较重（但是比预应力钢筋混凝土管轻 30% 左右），运输成本高，适宜就近取材。

2.4 焊接钢管特点

钢管相比于其他传统管材，材质较轻、强度高、韧性好，可以承受较高内压，制造使用灵活，并且能适应复杂或恶劣的地质情况。但是生产成本低，运输成本较高。钢管耐腐蚀性差，需要内外防腐，防腐层一旦破坏，难以发现，因而造成使用寿命大打折扣。施工速度慢，主要是组对与焊接较慢。

上述几种管材综合性能对比详见表 1。

2.5 综合分析

经过市场调研，结合不同供应商的报价等综合分析，各类管材单价详见图 1。

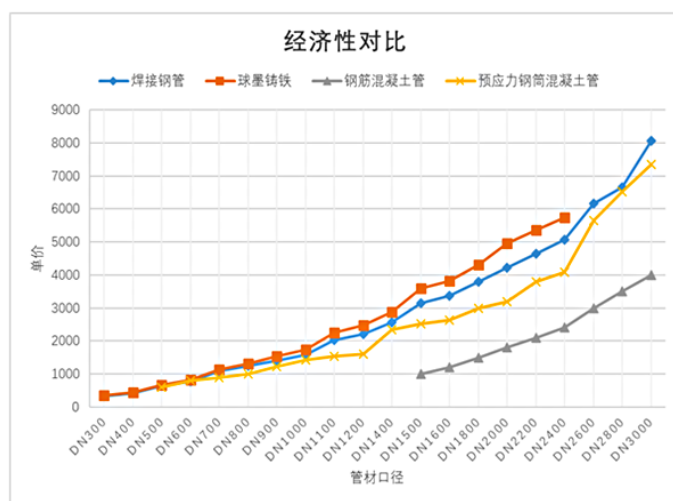


图1 各类管材的单价经济性对比分析

从图1分析可以得出结论：同口径的球墨铸铁管单价较其他管材要高，口径越大越明显，但是球墨铸铁管已经成熟应用于石化项目排水系统，可靠性强，施工简单，综合性能好，因此大部分石油化工项目中小口径排水管优先选用球墨铸铁管；焊接钢管单价较高，特别是大口径（> DN2400）单价很高；大口径钢筋混凝土管价格优势明显，预应力钢筒混凝土管次之。

从生产成本分析，球墨铸铁管生产成本低，预应力钢筒混凝土管生产成本较高，预应力钢筋混凝土管生产成本低，螺旋焊管生产成本低。但是，据调研，项目所在省区不具备大口径预应力钢筋混凝土管生产能力。

从使用范围分析，石化项目排水管道中小口径使用球墨铸铁管较多，大口径管道使用混凝土管道较多（对标项目 DN1200 以下使用球墨铸铁管）。

从使用寿命分析,球墨铸铁管、混凝土管使用寿命长,螺旋焊管则使用寿命相对较短。

从接口密封性能分析,螺旋焊管接口为焊接,密封性优异,预应力钢筒混凝土管接口次之(接口可以逐个试压,检验密封性能),但是比球墨铸铁管要强。

从施工速度分析,球墨铸铁管、混凝土管施工速度快,螺旋焊管施工速度慢。

若采用预应力钢筒混凝土管,则施工速度明显比钢管快,接口可以逐个试压,管沟可以及时回填,更适合现场实际需要。

2.6 项目排水管道材料选择优化

乙烯项目选址位于东南沿海,全场一级地管雨排系统设计最初选材方案为:DN300至DN2400采用球墨铸铁管;DN2600至DN3000采用螺旋焊缝钢管。乙烯项目在前期对标同期国内多个炼化一体化项目,发现各个项目排水管道选材均有所差异,结合实际情况,选取1个规模相近,地质条件类似的项目对比,该项目雨排系统选材DN300至DN1100采用球墨铸铁管;DN1200至DN3000采用钢筋混凝土管,并对该项目进行实地调研,该方案实施效果较好,因此对乙烯项目排水管道选材进行优化。经过前期调研和讨论,初步形成以下三个方案:

方案一:雨排系统选材DN300至DN2400采用球墨铸铁管;DN2600至DN3000采用螺旋焊缝钢管。

方案二:雨排系统选材DN300至DN1100采用球墨铸铁管;DN1200至DN3000采用钢筋混凝土管。

方案三:雨排系统选材DN300至DN1100采用球墨铸铁管;DN1200至DN3000采用预应力钢筒混凝土管。

以上三个方案投资成本如表2。

说明:以上数据未包含三个方案有相同的施工内容,比如土方工程等,三个方案工程量基本一致,所以未进行统计。管道基础三个方案相同的未进行统计,其中有不同的已经进行统计。

方案一为常规设计,比较稳妥,但是从经济性上分析,工程造价最高,还有其中DN2600以上使用焊接钢管,根据一期项目已经运行管道来看,防腐能力不足,存在一定风险。

方案二为借鉴对标项目的方案,但是从经济性上分析,工程造价最低,一般钢筋混凝土管为2m一根,接口多,自重很大,不良地质可能造成接口泄露,将对管道运行造成不利影响,大口径管道项目周边产能不足,同时设计方面也不赞成使用。

方案三为经过全面市场调研后得(下转第161页)

表1 几种管材综合性能分析

项目	球墨铸铁管	钢筋混凝土管	预应力钢筒混凝土管	焊接钢管
成本	高	低	较高	高
使用范围	主要用于市政、企业给水、输气、输油等,是排水管材的首选,在石化项目应用较为广泛,国内最大口径为DN2400	主要用于市政排水,主要用于大口径管道	主要用于市政给水,近些年开始在石油化工应用,主要用于大口径管道	应用范围广泛
使用寿命	长	长	长	短(防腐性能差,排水管需要内外防腐)
抗渗性能	一般	一般	强(管芯内嵌薄壁钢筒,并进行试压)	强(钢板卷焊,经过试压)
接口性能	一般,接口铸造精度高,接口一般采用闭水试验检验	弱,接口浇筑精度一般,接口易渗漏	较强,接口加工精度高,接口可以打压检验密封性	强(焊接接头密封性好)
接口数量	6m一根,接口较少	2~2.5一根,接口数量多	5m一根,接口较少	6-9m一根
防腐能力	一般(外刷防腐层,内衬砂浆)	强	强	弱(需要内外防腐)
施工速度	快,以DN2000 50m管道,一个班组6人为基准,需要6天	较快,以DN2000 50m管道,一个班组6人为基准,需要9天	较快,以DN2000 50m管道,一个班组6人为基准,需要7天	慢(大口径管道焊接较慢),以DN2000 50m管道,一个班组6人为基准,需要15天
基础要求	带型基础	带型基础	带型基础	不需要带型基础
生产能力	高,国内一般用新兴铸管,最大口径<DN2600	一般,项目周边厂家虽多,但规模较小,项目所在省区不具备大口径管道生产能力	一般,经调研项目周边规模厂家较少,经市场调研至少2家厂家生产能力能满足需求	高,国内生产厂家较多
运输成本	新兴铸管生产地位于河南,运输距离远,运输成本高	管道重量大,运输成本高,适宜就近采购	管道重量大,运输成本高,项目周边的厂家运输距离近(100km以内),成本较低	生产厂大多位于江苏以北至河北地区,运输距离远,运输成本高

表2 三个方案投成本用对比

项目	采购费用(万元)	施工费(万元)	合计(万元)	备注
方案一	7346	864	8210	投资最大
方案二	4599	1264	5863	投资最小
方案三	5798	1264	7062	投资居中

音的主成分加到模型中,使模型的预测能力下降。这时应以允许的误差范围(标准试验再现性要求)进行调整,取合适的主因子数建立定量校正模型。因此蜡油建模主因子数选择为4-8。

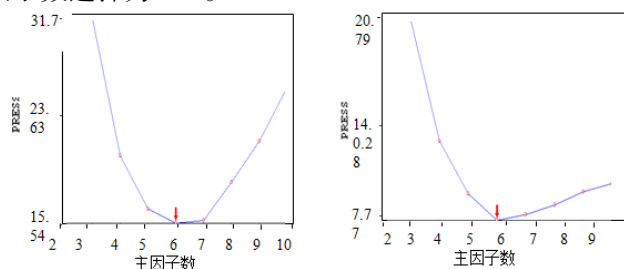


图 3a 全部样品 PRESS 值 图 3b 删除奇异点后的 PRESS 值与主因子数的关系图

原料变化或工艺变化等原因会出现模型不能覆盖的样品。需要用标准方法进行分析,对近红外光谱分析模型进行充实和修正,确保近红外光谱分析方法分析数据的准确性。

控制实验数据的误差对于模型质量十分关键,在本次实验过程中发现建模样品有些样品的均匀性和稳定性较差,传统方法分析时其两次分析结果差异较大,存在较大变化,这对于近红外模型精度影响较大,造成的情况一是这些瑕疵数据的样品光谱成为奇异点或造成模型

测量这些指标的偏差较大的情况。

3 模型误差分析

通过表 2、表 3 的数据比较,确定我们的建模方案为:在建模过程中样品集的选择方案采用马氏距离算法;模型校正的计量学方法采用偏最小二乘回归,而在偏最小二乘回归中具体数学方法选择了二阶导数的方案。

4 结论

应用先进的近红外模型检测技术,通过对蜡油馏程各项测量指标的集中建模,为实验室快速的获得最新的蜡油生产情况提供了便利,由于近红外建模方法测量油品的多项指标只需少量样品一次进样,数分钟就能得出全部结果,无需人为干预,能够减少大量的人力物力投入,大幅缓解实验室人员紧缺的问题,并且相关的指标参数都能够满足或者优于传统分析方法的再现性要求,能够为指导企业的生产提供依据。同时,近红外的无损分析方法,是一项环保和安全的方法,减少了实验过程中油品的挥发对空气的污染和人员的伤害。

参考文献:

- [1] 吴燕萍、陆婉珍等. 近红外光谱快速测定轻质油品馏程及蒸气压 [J]. 石油炼制与化工 2002(5):57-61.
- [2] 黄小英、邵波. 近红外光谱快速测定重整汽油的辛烷值及馏程 [J]. 广石化科技, 2001, 000(003):28-31.

(上接第 158 页)出的意见,但是从经济性上分析,工程造价适中,大口径采用预应力钢筒混凝土管能够克服钢筋混凝土管在针对不良地质环境下的不足,同时兼顾施工便利及防腐可靠的优点,综合性能好,设计院比较推崇。

综合分析:经过以上分析,最终选择方案三。

3 预应力钢筒混凝土管施工工艺及质量控制

预应力钢筒混凝土管在石油化工项目应用不是很广泛,因此部分施工单位施工经验不足,现场施工时需要厂家提供作业指导书并驻场指导施工,参建各方要熟悉施工方法,并加强质量检查。

预应力钢筒混凝土管主要施工工序主要如下:

土方开挖 → 基础施工 → 管道安装 → 接头打压 → 接头封堵 → 带型基础施工 → 管道回填

比常规管道施工多出的工序为接头打压和封堵,这也是预应力钢筒混凝土管安装质量控制重难点,根据结合现场实际及厂家指导,接口打压分三次,第一次为两根管道安装完成进行打压,第二次是后续管道安装两根后进行打压,第三次在管道回填后进行,第三次主要是进行抽检,每两座井室之间(约 30m 距离,约 5 道接口)随机抽检 1-2 道,经过三次试压方可以保证接口密封性。乙烯项目使用的是双胶圈接口的管子,安装后必须逐根在插口钢环上的两胶圈之间注水孔处进行接头密封试验,两只注水孔一只注水打压,另一只为排气孔,用手动试压泵在其中一只孔内打水压,另一只孔将空气排尽,然后用螺栓缠绕聚四氟乙烯带密封,使之打压至

规定的压力值 0.5MPa,稳压 5min,同时用肉眼观察,接头内外是否渗漏水,无渗漏,无压降为合格。

接口封堵主要分为外部封堵及内部封堵,这样能够对接口及胶圈进行保护。外部封堵在回填前完成,现场采用水泥砂浆进行封堵,内部封堵在第三打压后进行,接头内部凹槽用水泥砂浆与管内面抹平。

4 总结

炼化一体化项目中排水管道的设计规格越来越大,系统也越来越复杂,合理选择管材将为项目建设成本优化及工程质量和进度控制打下基础,其中预应力钢筒混凝土管管道以其独特优点,随着安装技术的不断成熟,在炼化一体化工程中得到进一步应用,为工程建设成本控制提供保证,同时对工程施工重点工序进行严格质量控制,目前乙烯项目雨排管道系统安全平稳运行,因此所选管材经济合理,不仅节约了工程投资,加快工程进度,而且满足了工程的可靠性,对同类型工程具有较好的参考意义。

参考文献:

- [1] 翟滨. 浅谈化工厂区给排水管道工程的设计 [J]. 化肥设计, 2006, 44(04):21-22.
- [2] 岳梦霞. 茂名滨海新区供水工程管材管径比选分析 [J]. 西北水电, 2017(3).
- [3] 雷宇蓉, 刘峰. 预应力钢筒混凝土管道的施工安装与质量控制 [J]. 西部探矿工程, 2005, 17(z1):368-370.
- [4] 毛小琳, 王金伟, 赵明哲. 大伙房水库输水应急入连工程输水管材的选定 [J]. 水利建设与管理, 2012(02).