

PetroChina
中国 石油

新疆油田油气储运论文集

新疆油田油气储运公司 编

新疆人民出版社

新疆油田油气储运论文集

新疆油田油气储运公司 编



新疆人民出版社

图书在版编目（CIP）数据

新疆油田油气储运论文集/新疆油田油气储运公司编.
乌鲁木齐:新疆人民出版社, 2004.7
ISBN7-228-08964-2

I.新… II.新… III.石油与天然气储运——文集
IV.TE8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 074848 号

责任编辑 海 珊
责任校对 睦玉芳

新疆油田油气储运论文集

出 版 新疆人民出版社
地 址 乌鲁木齐市解放南路 348 号
邮 编 830001
电 话 (0991) 2816212
印 刷 克拉玛依市七彩印务标识有限责任公司
开 本 850×1168 1/16
印 张 33
字 数 400 千字
版 次 2004 年 7 月第 1 版
印 次 2004 年 7 月第 1 次印刷
印 数 1-500 册
ISBN7-228-08964-2 定价: 40.00 元

说 明

目前,石油天然气运输的主要手段之一,我国管道建设进入了一个全新的大发展时期。作为新中国第一条原油长距离输送管道(克拉玛依——独山子管道)的诞生地——新疆油田油气储运公司,在新疆石油学会、新疆油田公司的大力支持下,自2002年以来,每两年一次的新疆油气储运技术研讨会,如期召开。这种地区性的储运技术研讨会,促进了新疆与内地管道行业的进一步沟通 and 了解,增进了彼此间的友谊,对西部管道业的发展具有一定的推动作用。

本次研讨会筹备期间,共收到来自内地和疆内的石油院校、科研机构,以及管道建设等25个单位的专家学者论文27篇,并有19人将在大会上做专题报告。

自2001年以来,新疆油田油气储运公司推行“大科技”的工作思路,两届创新大会以来,收集公司论文182篇,经过专家评选,对其中的生产技术、经营管理、企业文化建设55篇优秀论文,也纳入论文集中。

“科技是第一生产力”,管道业的发展,归根到底在于科技的发展,本论文集为读者展现了与会专家学者多年经验和学识的结晶,揭示出他们多年来取得的成功秘密所在,他们的成功经验必将为新疆管道业的大发展提供有益的借鉴。打开这本论文集,或许你以前在这方面遇到的难题会迎刃而解,从而为你今后的成功扫清障碍。

我们出版这本论文集的目的,是收集各位专家学者的丰富经验和理论造诣,同时激励广大管道建设者、管理使用者努力工作,以求在比较中实行“拿来主义”,汲取别人的长处,为我所用,共创中国和西部管道建设新局面。

编 者

2004年7月29日

目 录

新疆油气储运技术与管理方法研讨会论文

油罐检修技术现状分析	刘丽川 (1)
油罐壁厚焊缝强度系数的模糊综合确定	肖杰 刘丽川 (5)
多相混输系统新进展及发展趋势	李玉星 冯叔初 (11)
管道富气输送技术	宫敬 邓道明 陈光进 于达 (29)
液化天然气流程模拟计算及分析比较	李玉星 张黎明 (40)
在役油气管道安全评估技术.. 赵新伟 罗金恒 路民旭 白真权 李鹤林 冯耀荣 霍春勇 杨龙 (47)	
含蜡原油的胶凝特性实验研究	侯磊 张劲军 陈国群 (60)
含气输油管道不稳定流动分析	李长俊 韩伟 (67)
沙漠油气田集输管线 CO ₂ 腐蚀监测技术研究 .. 白真权 李鹤林 赵新伟 王献昉 李金波 李文魁 (76)	
实例说明石油天然气行业标准 SY/T 4078-95 中的问题	王献昉 金华 张旋 (84)
埋地黄夹克泡沫保温管道腐蚀与防护技术研究	孙成 张淑泉 韩恩厚 徐建庆 (90)
新疆油田长输管线外壁腐蚀原因及对策探讨	金华 王献昉 何浩 张旋 (98)
QHSE 系统在炼厂储运车间的实施	戴新明 黄继宏 许平 (110)
高密度聚乙烯管内衬技术研究与应用	李拥军 黄继红 荣垂刚 (118)
原油稳定轻烃回炼工艺研究与实现	张胜 蒲子宁 王睿弦 贺增泽 (131)
储油罐腐蚀检测的分类与程序	申永琴 许平 曹斌 (139)
原油储罐腐蚀与防护	申永琴 许平 戴新明 (146)
新疆油田六九区稠油集输管线腐蚀防护研究	尚思贤 魏新春 吕健民 (153)
液化石油气相对罐内液相计量的影响	郭忠明 (161)
油田管网防除垢技术研究	韩丰泽 赵美刚 徐鑫 (166)
输气管线钢在含 S 环境中的应力腐蚀行为研究... 汪开雄 孙建刚 梁党国 白真权 李鹏亮 (175)	
含硫天然气管道内腐蚀与控制技术研究现状	汪开雄 孙建刚 梁党国 白真权 李鹏亮 (182)
油气储运公司生活后勤保障体系的变革与实践	(经理) 党委办公室 (190)
油气储运整合型 QHSE 管理体系的构建与实践	李勇 陶秀敏 甘琼 (195)
油气储运生产采暖和供热系统简化优化研究与实践.. 闵希华 胡雪峰 汪开雄 庞贵良 李新华 (201)	
集输系统劳动定员标准编制的研究与探讨	燕文军 江 华 宋卫华 李传民 郭红霞等 (209)
从战略高度对待和实施员工教育培训	张杰 程庆瑜 (225)

油气储运公司科技创新大会论文

(一) 生产技术类论文

净化原油储运新技术的研究及应用..... 梁党国 (235)

石克线加剂运行与分析 谢 萍 (248)

企业信息门户的实现 王 宁 (256)

公司大容量主变的经济运行..... 井懿平 (265)

克独线工艺优化运行可行性研究..... 张招勤 (269)

交替输送管道混油产生的原因及对策分析..... 史建刚 (277)

UBG 型光导液位仪使用与维护探讨 桂 江 (280)

8×13DAD-B 型泵小过滤器的改造方案 任 勇 (285)

浅析天然气在冬季生产运行中的计量管理..... 张 恒 (290)

浅析石化站动态计量系统的应用..... 郭彩娟 (294)

天然气组份对锅炉耗气量的影响..... 聂 群 (297)

浅谈安全管理的基本原则 房 金 (302)

701 油库污水系统和油罐放水的解决方案 郭红霞 (305)

浅谈消除油库中不安全行为的对策..... 潘竞荣 (308)

降低油品蒸发损耗的措施 李传民 (313)

噪声控制及防护 甘 琼 (318)

四泵站 PLC 自控系统可靠性分析..... 胡志敏 (321)

ROC364 和 3095MV 两种自动化计量系统在西北缘天然气输配管网中的应用..... 黄保盛 (324)

影响输油系统安全的因素分析及对策..... 齐文元 (329)

浅谈如何在农田中建设长输管线..... 唐跃华 (333)

浅析热媒导热油的使用 李富祥 (336)

螺杆泵抽空风险因素的消减..... 颜 丽 (339)

浅谈应急手册在油气储运泵站建立及推广应用..... 郭荃宏 (343)

卷材防水屋面存在的问题及对策..... 唐跃华 (356)

浅谈王家沟油库改用动态计量的必要性..... 蔡麒麟 (359)

中小城镇交通特征研究 戴维兵 (362)

浅谈公司进口设备配件国产化的运用..... 陶文金 (368)

(二) 经营管理类论文

关于业绩考核的研究 燕文军 梅鹏 (373)

对固定资产管理存在问题的思考..... 黄树云 (380)

王—化输气管线工程建设的问题与思考..... 井懿平 芦彦军 (382)

关于加强“两剂”管理的思路..... 张靖国 (392)

浅议提高定额水平的新思路..... 宋卫华 (395)

物资供应管理分析 武立军 (402)

浅谈预算员的立场 段雪梅 (408)

浅谈管道大修工程质量及成本控制..... 刘 霞 (410)

浅谈财务预算管理在油气储运公司的运用..... 王 瑜 (414)

浅谈企业内部控制的作用 李 洁 (418)

浅谈精细化合同管理向合同管理要效益..... 曹玉强 (421)

浅谈基建工程管理过程中仍需加强的几个方面..... 张琼飞 (424)

(三) 企业文化建设类论文

建设具有输油特色的企业文化..... 许忠新 (428)

企业政工人员劳动及其价值的综合评价..... 蔡和国 (430)

以人为本 注重实效 努力培育具有油气储运行业特色的企业文化..... 张杰 胡峰 (435)

浅谈对企业文化的理解 范明华 (440)

思想政治工作是安全生产的根本保证..... 许晓林 (448)

对企业内部保卫工作与公安机关职能划分的意见和建议..... 王 焱 (451)

围绕培训工作 强化定员管理 全力提高员工队伍素质..... 燕文军 宋卫华 江华 (454)

全面理解“以人为本”的思想..... 赵文峰 (461)

以创新实现企业生存与发展..... 姜雨婷 (464)

如何加强国有企业中党的基层组织建设..... 刘继中 (469)

规范企业劳动关系 维护企业合法权益..... 地力夏提 (474)

油气储运公司女职工思想状况研究..... 嵇惠萍 (479)

浅谈拓宽增强公司生产一线绿化效果的途径..... 高 强 (483)

公司如何引进人才的几点看法..... 闫鹏山 (485)

加强领导 严格防范 打好输油输气输送管道保卫战..... 何军政 (489)

重视和加强公司图片管理与应用..... 张克文 (495)

油罐检修技术现状分析

解放军重庆后勤工程学院储运教研室 刘丽川

摘 要 通过对油库设备技术状况的调查研究,综合分析油库储油罐的整体技术状况以及普遍存在的问题,尤其在油罐技术状态检测、评估及修复技术方面的实际状况和发展要求。同时,广泛收集国内外油品储运系统在储罐检测、评估及修复技术方面的研究和发展成果以及应用技术。结合油料供应对油罐的技术要求,提出油罐检测、评估及修复技术研究的必要性和重要性以及在近期应达到的水平。

一、引言

目前,一些油库的储罐使用时间在二三十年以上,处于劣化或寿命末期,隐患较多。主要表现为腐蚀和附件连接引起的油气泄漏、罐体变形、基础沉降、附件老化等等。随时都有可能发生油泄漏、跑油以致引发火灾爆炸事故等,严重威胁油库的安全。其中尤以罐底腐蚀和附件老化的隐患最为突出。

分析近年来油库发生的爆炸事故的起因,充分证明急需一套安全、有效、科学、可靠和规范的检测、评估和修复技术,以保证油库安全、有效、正常的运行。尤其对于大量的处于寿命末期的储罐,急需对其技术状态进行安全可靠的检查和测定以及合理评估,并采取相应的安全而有效的修复措施。特别是军队油库储罐绝大多数位于隐蔽结构内,更难以及时发现其老化和缺损形成的隐患,其状态检测、评估及修复的复杂性更高,难度也更大。

在各行各业均视质量和安全为生命的今天,石化设备的检测、评估及修复技术发展迅速。国内外在这方面的研究和技术水平不断提高以及一些传统方法的不断改进和完善,尤其众多各具有特长和不同物理原理的新方法和新技术的产生及其应用,都为油库储罐检测、评估和修复技术的开发提供了较充实的技术基础和客观条件。

二、油罐检修技术状况

国内石油及石化行业和其他部门,对储罐的检修仍以传统经验方法为主,结合各自的经验和具体情况有不同改进和革新。近几年,也开始引进和研究一些先进技术和设备来改善和提高油罐检修质量和效果。通常根据行业或企业标准的规定,在设备年检或大检期间进行油罐的检查和维修。主要进行针对性很强的单项检修,基本上不考虑各个检修项目之间的相互关系和影响作用,多数不进行油罐整体的完整性和系统综

合性能的评估。如：直接根据查漏、测厚、测变形等单项检测结果决定进行什么项目的修理。所采用的技术和设备多为传统的，只有少量新引进或研究出的单项新技术和设备。近两年，陆续有外国公司在国内一些油罐使用和管理部门进行油罐的检测评价及修复技术服务。同时，国内石油和石化系统的研究院所及院校也在进行这方面的研究和现场检测服务的尝试，其主要研究对象多以腐蚀和泄漏检测为主，多采用漏磁和声发射检测技术辅以传统真空盒等人工检测方法。

国外发达国家视检测、评估及修复为一个完整的过程。基于其先进的管理水平和检修技术及数据积累，建立了相应检测评估数据库及评价标准和方法。其将检测、评估及修复作为相互关联的不同环节或层次上的子系统。美国 API 对检测、评估及修复过程统一制定标准，并统一规范整个检测、评估及修复的操作和技术实现过程。同时，非常重视相关法规和标准及规范的贯彻实施，且形成了检测评估和修复的资格认证及检评修专业技术服务一条龙的保障体系。国内石油和石化系统也基本上采取依靠专业维修公司进行油罐的定期检修。

国内一些中小型油库储罐主要根据经验或发现储油异常的情况下进行检修。虽然，各部门对油罐检修周期均有成文规定，但少有油库按规定适时对油罐进行全面检修。这也就无法对油罐进行状态评估。追其原因，主要与油库的整体管理水平有关。不少油库所采用的油罐检修方法基本上还是传统加经验的技术和设备。虽然近二十年来管理水平不断提高，也取得了一些好经验、好方法和革新技术及小发明，但对储罐的检测和评估仍缺乏主动性和计划性，更谈不上科学合理性和系统性。从系统工程学的角度来看，油罐的检测、评估及修复实际上是一项联系密切、相辅相成的大系统工程。检测是评估的基础，评估指导修复，修复还得由检测控制其质量。三者相互促进，共同确保储罐处于良好技术状态。

三、现状分析

3.1 检测技术

目前主要依据平时观察或异常情况确定进行油罐检测的项目、内容和时机以及所采用的方法和技术。下面分析几种实际情况下的检测方法和内容。

- ✧ 收发油过程和储油期间的日常检查：主要靠眼观、耳听等较原始的人工方法检查有无油气泄漏、罐体和附件及基础有无变形或异常；检尺查液位变化；查罐内压力和进出油有无异常等。
- ✧ 油罐换装油品，腾空清洗期间的检查：主要靠人工或常规检测器具对腾空清洗后的油罐内外部进行较全面的腐蚀探漏、变形测量、附件状态等检查和测定。
- ✧ 异常情况或事故专项检查：视异常状态确定所需进行检测的项目和范围，采取相应的安全辅助措施，应用专用检测设备和工具对发生异常或事故的油罐进行相关

项目及技术状态的专门性检查和测定。

总之，在油罐检测方面，除一些项目的检测技术较易实现外，在泄漏探测和变形测定等项目的检测技术难度较大，尚有大量技术问题需要解决。同时，油罐检测还需要做大量的标准化和规范化工作。

3.2 评估方法及标准

目前，国内尚缺少系统、全面、量化程度较高的油罐技术状态评估技术和标准。油罐的技术状态评估通常取决于检修项目和内容及方式。以往在油罐的检修过程中，实际上，同时有形和无形地进行着评估。当然，这种评估是分散在检修过程中的，多数是凭经验和定性分析进行的评估，且每一项评估相对独立，缺乏全面系统的综合和分析。虽然，各部门有一些成文的设备鉴定和检修规程，在一定程度上给出了多为定性和个别定量项目的评估方法。但是，由于这些方法尚缺乏直观的测算过程和足够的可操作性，依照这些方法实施油罐技术状态的评估有相当大的难度。因此，要在近期实现符合实情的油罐技术状态评估，还需要进行大量的评估方法研究，并开展大量的实情调查和统计工作。

3.3 修复技术及设备

目前，针对不同的油罐劣化状态和受损形式，采用不同的修复技术和设备。

- ✧ 除锈刷漆：根据油罐腐蚀的形态和部位及锈蚀程度，采用手工或机械的方法，对锈蚀区域或整个罐体进行除锈。根据油罐防腐要求及环境条件，采用正确的防腐涂料和涂刷方法，对罐体实施防腐层涂装。
- ✧ 蚀孔及裂纹修复：主要有用弹性聚氨脂、环氧树脂、各种新钢质粘接剂或补漏剂进行修补、预处理焊补或直接焊补或螺栓机械补漏等。
- ✧ 局部变形受损的换板焊接修复：割除局部变形和受损部分的钢板，置换、组装、焊接新板进行修复。
- ✧ 瘪罐修复：主要采用注水压气法和注油法，利用足够的正压作用使扁塌部位复原。或采用机械和人力顶拉压的方法修复变形。前两种方法对大变形修复效果较好，但对变形的彻底修复效果不很理想，尤其无法消除大变形的边缘皱折。另外，对腐蚀严重或机械性能下降明显的油罐，这种加压修复方法存在一定的风险，甚至有可能带来较大的破坏危险。因此，这种情况下，只能采用劳动强度较大的机械顶拉法。
- ✧ 附件修复及更换：对老化或受损的附件或其零部件不严密部位采用焊接、拆换、修整等处理技术进行修复或更新。
- ✧ 换顶、换壁和换底修复：对于罐顶或罐底大部分严重受损的油罐采用换顶或换底的方法进行修复；对罐壁部分圈板大范围受损的油罐采用更换受损部分壁板的方法进行修复。

✧ **基础的修理：**针对不同形式的基础沉降或破损，采取不同的处理方法。对于大范围沉降的基础，提升罐体或千斤顶顶升罐体后，向基础上层灌注混合土填筑修复基础，必要时在基础外圈围筑一圈混凝土圈梁；对于局部塌陷或沥青层被漏油融化流失的基础，在塌陷或受损部位上的罐底开孔，向基础灌注防水混合土后夯实，并在罐底孔口焊接盖板封闭。

上述修复技术方法较多，各有不同的特点，适应于不同情况。这些技术相对比较成熟，而且还在迅速发展和改进。目前，需要解决的关键问题是修复技术本身的安全性问题和与修复作业相配套的安全措施。修复作业的规范化和技术标准以及修复效果的检验等做大量的研究和工作的。

四、 结 论

油罐检测评估修复技术是安全有效地使用油罐和科学合理管理油库的需要，是充分掌握油罐实际状况并保证其正常技术状态的根本途径。研究和提高油罐检测评估修复技术的意义重大，而且需要进行大量研究工作和坚持长期的数据资料积累，建立油罐检测评估修复技术数据库及信息系统。同时，需要加紧制定检修及评估标准和规范。此外，鉴于对于结构及环境空间特殊的储罐，限制了一些先进技术和新工艺的应用。因此，还需要针对这些储罐的特殊性研究和开发其专用的检测评估修复技术。

油罐壁厚焊缝强度系数的模糊综合确定

解放军重庆后勤工程学院 肖杰 刘丽川

摘 要 在实际应用中,对于油罐罐壁焊缝强度系数的确定,因为其本身是一模糊灰色量值,故通常难以用一般的定量分析方法加以确定,本文利用模糊综合评判方法,建立了油罐罐壁焊缝强度系数的模糊综合确定模型,并进行了实例分析。

关键词 油罐 焊缝系数 模糊数学 评判

一、前言^[1]

油罐壁厚是根据受力计算和结构要求来确定,在计算壁厚时主要考虑在油品作用下罐壁所受的压力,油品作用下的压力如图 1 所示。油罐各圈壁板的厚度按圈板下沿所受的最大压力用下式计算:

$$\delta = (P_0 + \rho g H_i) D / (2[\sigma] \phi) \quad (1)$$

式中: δ —罐壁厚度;

P_0 —罐内油品液面上气体空间的压力 (P_a);

g —重力加速度,取 9.81m/s^2 ;

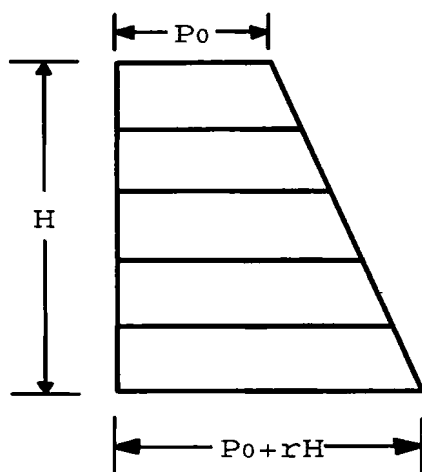
ρ —油品密度 (kg/m^3);

H_i —第 i 圈壁板下沿至油品液面的垂直深度 (m);

D —第 i 圈罐壁的直径 (m);

$[\sigma]$ —罐壁材料的许用应力 (P_a);

ϕ —罐壁焊缝强度系数,一般取 0.8—1.0。



1 油品作用在罐壁上的压力

式(1)中的 φ 是一个模糊灰色量值,其取值大小对设计水平的影响非常敏感, φ 的取值在0.8—1.0之间,其取值差异也达到1.25,对于设计来说,这是一个很大的数字。取值过小,会造成较大的投资浪费;取值过大,则会影响储罐的安全运行。但是,由于影响罐壁焊缝强度系数的因素很多,并且大部分无法定量计算,同时要考虑诸多模糊因素并合适地确定安全系数,因此,罐壁焊缝强度系数的取值一直是一个非常复杂的问题。若先将问题简化,分别只考虑单一因素时的安全系数,然后将单因素条件下的结果用模糊综合评价方法处理,便可得到较为准确的罐壁焊缝强度系数。

(一) 建立模型^{[2][3][4][5]}

1. 建立因素集

将因素集 U 按属性的分类划分成 s 个子集,记作 $U = (U_1, U_2, U_3, \dots, U_s)$,应满足:

$$\bigcup_{i=1}^s U_i = U, U_i \cap U_j = \Phi (i \neq j)$$

设每个子集的因素为 U_i , n_i 表示组成 U_i 的元素个数,则:

$$\sum_{i=1}^s n_i = n, n = |U_i|$$

$$U_i = \{U_{i,1}, U_{i,2}, U_{i,3}, \dots, U_{i,n_i}\}, \quad (i=1, 2, 3, \dots, s)$$

2. 权重分配

对于每一个子集 U_i ,按一级模型进行评判,设评判集为:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$$

U_i 上的权重分配为:

$$A_i = \{a_{i,1}, a_{i,2}, a_{i,3}, \dots, a_{i,n_i}\}, \text{且有:}$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} a_{i,j} = 1$$

评判体系权重按下式确定。构成一个判断推荐矩阵:

$$P = (P_{ij})_{n \times n}$$

P_{ij} 表示 U_i 与 U_j 相比较的重要程度, U_i 与 U_i 同等重要取1, U_i 稍重要取3, U_i 明显重要取5, U_i 相当重要取7, U_i 极端重要取9,处在这些程度之间时,则可分别取2,4,6,8。这样就构成了一个判断推荐矩阵 $P = (P_{ij})_{n \times n}$,然后计算判断矩阵 $P = (P_{ij})_{n \times n}$ 每一行元素的乘积的 n 次方根,并将其标准化,即可得出 a_i :

$$a_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{i,j}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{i,j}}} \quad (2)$$

3.校核权重分配

判断所求出的权重分配是否合理,可对其随机一致性比率 CR 进行检验。当 $CR \leq 0.1$ 时,认为判断矩阵 $P = (P_{ij})_{n \times n}$ 具有满意的一致性,否则重新调整判断矩阵 $P = (P_{ij})_{n \times n}$ 中的元素,直到具有满意的一致性为止。具体方法如下:

计算最大特征根: $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n P_{i,j} \times a_j}{a_i}$, 然后根据偏差一致性指标

$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$ 和随机一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI}$ 进行校核。平均一致性指标可查表 1:

表 1 RI 和 n 的对应值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.94	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

4.单因素评判

在取得判断矩阵具有满意的一致性之后,对 U_i 作单因素评判,确定 U_i 到 V 的模糊关系矩阵 R_i :

$$R_i = (r_{i,j,k})_{n_i \times m} \quad (i=1, 2, \dots, s, j=1, 2, \dots, n_i, k=1, 2, \dots, m)$$

$r_{i,j,k}$ 表示指标 $U_{i,j}$ 被评为 V_k 的隶属度。

5.参数值的具体确定

通常进行工程设计参数的模糊综合评判和优化设计时,均采用模糊综合评判模型 IV, 记作 $M(, +)$, 即加权平均算子, 都取得了较好的效果, 故对于油罐壁厚焊缝强度系数, 考虑到各种因素的影响, 亦选用模型 IV, 且:

$$\dot{r}_{i,j,k} = a_i r_{i,j,k} = A \quad (3)$$

$$b_i = \sum_{j=1}^n \dot{r}_{i,j,k} \tag{4}$$

则单因素评价向量为：

$$r_i = A \cdot R \tag{5}$$

则得到的一级评判结果为：

$$B = A \cdot R \tag{6}$$

将（6）式和备择集 v 直接代入下式，即可得到油罐壁厚焊缝强度系数的最佳值：

$$\varphi = \frac{(B \times V^T)}{\sum_{j=1}^m b_j} = \frac{\sum_{j=1}^m b_j v_j}{\sum_{j=1}^m b_j} \tag{7}$$

（二）实例计算

假设某单位拟建设一个地下油罐，它的技术状况综合评价指标体系如表 2。壁厚设计中的焊缝系数的取值范围是 0.8—1.0，影响壁厚安全系数的主要因素有制造水平、施工水平、工作环境、材质好坏以及设计水平。用模糊综合评判方法确定罐壁壁厚焊缝系数的最佳值，步骤如下。

1.按步长 0.05 将罐壁焊缝系数的取值范围离散后得：

备择集： $v=\{0.8,0.85,0.90,0.95,1.0\}$

2.对罐壁焊缝系数 φ 进行综合评判， $U_1 \leftarrow U_5$ ，即设计水平、制造水平、材质好坏、工作环境以及施工水平的权重与其模糊关系矩阵同样见下表：

表 2 评价指标体系及因素与权重的关系

一级因素	二级因素	模糊关系矩阵				权重
		优	良	中	差	
设计水平 U_1	设计人员技术 $U_{1,1}$	0.9	0.1	0	0	$a_{1,1}$ (0.4)
	设计单位能力 $U_{1,2}$	0.1	0.8	0.1	0	$a_{1,2}$ (0.3)
	资料完整可靠性 $U_{1,3}$	0	0.4	0.5	0.1	$a_{1,3}$ (0.3)
制造水平 U_2	焊缝质量 $U_{2,1}$	0.1	0.5	0.4	0	a_2 (1.0)
材质好坏 U_3	钢材质量 $U_{3,1}$	0.8	0.2	0	0	$a_{3,1}$ (0.6)
	焊条质量 $U_{3,2}$	0.8	0.1	0.1	0	$a_{3,2}$ (0.4)
工作环境 U_4	备注：地下罐	0	0	0.2	0.8	a_4 (1.0)
施工水平 U_5	施工人员技术 $U_{5,1}$	0	0.7	0.2	0.1	$a_{5,1}$ (0.5)
	施工设备先进性 $U_{5,2}$	0	0.6	0.2	0.2	$a_{5,2}$ (0.3)
	施工管理水平 $U_{5,3}$	0	0.5	0.3	0.2	$a_{5,3}$ (0.2)

1、构造判断矩阵 P ，应用层次分析法的两两比较法计算权重，可得 P 如下：

$$P = (P_{i,j})_{5 \times 5} = \begin{bmatrix} & U_1 & U_2 & U_3 & U_4 & U_5 \\ U_1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 2/3 & 2/3 \\ U_2 & 3 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ U_3 & 3 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ U_4 & 3/2 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1 \\ U_5 & 3/2 & 1/2 & 1/2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

上面判断矩阵经检验具有满意的一致性。然后根据 (2) 式可以得到 U_i 上的权重分配如下：

$$A_i = \{0.1, 0.3, 0.3, 0.15, 0.15\}$$

2、利用统计法获得了各个第二级因素 $U_{i,j}$ 的单因素向量如下：

$$(r_{\sim 1,j})_{3 \times 5} = \begin{bmatrix} r_{\sim 1,1} \\ r_{\sim 1,2} \\ r_{\sim 1,3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.6 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.6 & 0.6 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$(r_{\sim 2,j})_{1 \times 5} = [r_{\sim 2}] = [0.2 \quad 0.6 \quad 0.6 \quad 0.2 \quad 0.1]$$

$$(r_{\sim 3,j})_{2 \times 5} = \begin{bmatrix} r_{\sim 3,1} \\ r_{\sim 3,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.6 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$(r_{\sim 4,j})_{1 \times 5} = [r_{\sim 4}] = [0 \quad 0.3 \quad 0.6 \quad 0.6 \quad 0.3]$$

$$(r_{\sim 5,j})_{3 \times 5} = \begin{bmatrix} r_{\sim 5,1} \\ r_{\sim 5,2} \\ r_{\sim 5,3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.6 & 0.6 & 0.2 \\ 0.1 & 0.3 & 0.7 & 0.5 & 0.2 \\ 0.2 & 0.8 & 0.6 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

根据表 2 可得：

$$A_{\sim 1} = (0.4, 0.3, 0.3)$$

$$A_{\sim 2} = A_{\sim 4} = (1)$$

$$A_{\sim 3} = (0.6, 0.4)$$

$$A_{\sim 5} = (0.5, 0.3, 0.2)$$

从而可以得出第一级单因素评价向量为：

$$\tilde{R} = \tilde{A} \cdot \tilde{R}_i = \begin{bmatrix} 0.38 & 0.5 & 0.44 & 0.24 & 0.09 \\ 0.2 & 0.6 & 0.6 & 0.2 & 0.1 \\ 0.56 & 0.54 & 0.36 & 0.08 & 0.04 \\ 0 & 0.3 & 0.6 & 0.6 & 0.3 \\ 0.07 & 0.35 & 0.63 & 0.51 & 0.18 \end{bmatrix}$$

因此第一级评判结果为：

$$\tilde{B} = \tilde{A} \cdot \tilde{R} = (0.1, 0.3, 0.3, 0.15, 0.15) \cdot \tilde{R} = (0.2765 \ 0.4895 \ 0.5165 \ 0.2745 \ 0.1230)$$

将上式代入（7）式可得：

$$\varphi = \frac{1.489}{1.68} = 0.886$$

因此某单位所拟建得地下油罐得罐壁焊缝系数应取为：0.886

二、结论

1. 对于设计中罐壁壁厚焊缝强度系数的取值，因为其本身是一模糊灰色量值，受到设计水平、制造水平、施工水平、工作环境以及材质好坏等因素的影响，要同时考虑这些因素来确定焊缝系数是很困难的。而应用模糊综合评判的方法确定焊缝系数是把定性问题转化为定量问题，使其取值更科学合理。

2. 应用模糊综合评判法的科学性，与模糊关系矩阵 R 及权重分配 A 有关。在具体的应用中，评判人员的组成及工作的独立性尤为重要。

3. 本评价方法可以编制相应的焊缝系数确定程序，从而可让焊缝系数的确定在科学合理的前提下更快。

参 考 文 献

1. 张赞牢：油库技术与管理，科学技术文献出版社，1998
2. 王彩华等：模糊论方法学，中国建筑工业出版社，1988
3. 肖位枢：模糊数学基础及应用，航空工业出版社，1992
4. 王丰等：立式拱顶油罐技术状况的模糊综合评价，油气储运，1998，17（9）
5. 付亚荣：长输管道壁厚安全系数模糊综合评判，油气储运，2000，19（4）