

点腐蚀安全评定系统的研制

李晓刚 付冬梅 董超芳 任化莉

(北京科技大学 北京 100083)

摘要 利用最新 FFS 技术,研制了一套对点腐蚀缺陷进行安全评定和剩余寿命估算的软件系统.实际测试表明,该软件有较高的使用价值,功能强,为现场工程师提供了准确而快速的处理点蚀的工具.

关键词 点蚀 缺陷 评定 系统

中图分类号 TG172 **文献标识码** A **文章编号** 1002-6495(2001)05-0285-04

FITNESS - FOR - SERVICE SOFTWARE SYSTEM FOR PITTING DEFECTS

LI Xiaogang, FU Dongmei, DONG Chaofang, REN Huali

(University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083)

ABSTRACT A Fitness - For - Service software system for pitting defects was manufactured to make safe evaluation and calculate the residual life for equipment which contain pitting defects based on the newest advantage of Fitness - For - Service technology. The software system can give the applicability automatically with input the size of equipment and defects. The testing showed that the software can be used to make run/repair/replace decisions will ensure that damaged pressurized equipment can continue to operate safely.

KEY WORDS pitting defect, fitness - for - service, evaluation, system

点蚀是工程实际中广泛存在的由含氯离子、卤族离子等介质引起的一种金属材料失效形式,由于这种缺陷容易诱发突然断裂而严重威胁到设备的安全使用,大大缩短设备使用的剩余寿命^[1,2].如何准确而快速地对这种缺陷进行安全评定和剩余寿命估算是重要的理论和工程问题.

设备适应性评估技术(Fitness - For - Service Technology 简称 FFS 技术)的发展为以上问题的解决提供了有力的手段.研究表明,FFS 技术建立的三级评估制度在工程应用上是完全可行的:一级是倾向于用最少的检测和设备数据在较为保守的判据下进行评估;二级利用与一级水平相同的检测数据,但在比一级较为宽松的判据下进行评估,过程要复杂一些;三级是最高水平和最复杂的评估,这级评估要利用保守性最小的判据,并要利用最为详细的检测信息和设备服役数据,整个过程完全建立在定量分析的基础上,如应力计算采用有限元方法^[3~12].

本工作针对点蚀缺陷,利用最新 FFS 技术,研制了一套对这种缺陷进行安全评定和剩余寿命估算的软件系统,力图在现场工程师提供准确而快速的处理点蚀缺陷的工具.

1 点蚀缺陷安全评定系统设计基础:

1.1 三级评估基础

本评估系统可以用来评估 4 种类型的点蚀^[7~12]:广泛散布的点蚀、位于广泛散布着小孔的区域中的局部减薄区(LTA)、局部区域的点蚀以及局限于局部减薄区域中的点蚀,如图 1 所示.当点蚀变得非常大时,金属损失区域变成了一个局部减薄区,这时可以用文献^[1]方法和过程来评估,点蚀与局部减薄区的关系见图 1(图中 RSF 为剩余强度).

三级评估过程如图 2 所示,第一级评估适用于那些现有的规范和标准所涉及的构件,这种标准中一般有一个设计方程,明确的把压力(或容器设备的液体填充高度)与所要求的壁厚联系起来,唯一考虑的载荷是内压,并且用 3 个点蚀特征参数的平均值来描述这种破坏.第二级评估标通过使用 6 个点蚀特征参数来描述破坏,评估准则为这些点蚀类型提

收到初稿:2000-09-10;收到修改稿:2000-12-03

作者简介:李晓刚,男,1965年生,博士,教授,博士生导师

Tel:010-62333931 E-mail:Lixiaogang_99@263.net

供了更好的估算. 第三级评估原则欲评价更复杂的点蚀区、加载条件、和带多元件的构件. 这些元件在原始的设计规范和标准中仅给出了有限的设计原则, 必须进行详尽的应力分析.

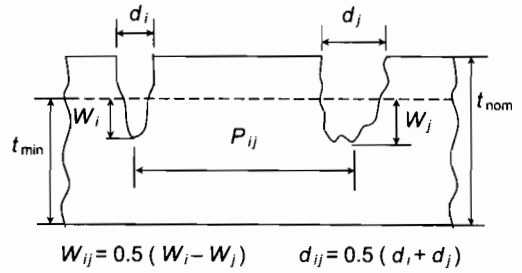


Fig.3 Pitting parameter sketch

评估过程的数据要求如下: 原始设备设计数据、维护和操作历史及在线安全评定技术工程评价要求的数据或测量. 为了评价点蚀, 在已经发生破坏的部件上, 蚀孔典型的深度、长度、蚀孔对的跨度和定位的读数都要求已知. 因为出现在设备上的蚀孔类型多种多样, 有针孔形、椭圆形、倒漏斗形、底切形等, 蚀孔典型深度和直径的尺寸须精确测量. 要测出蚀孔间的距离, 须已知孔对的跨度或中心与中心的间隔, 如图 3 所示.

一级评估需要确定下列参数: 被评估区域内蚀孔的平均孔径 d_{avg} 、蚀孔对的平均跨度或间隔 P_{avg} 、由 $\sigma_1 \geq \sigma_2$ 限定的双轴应力比率 R 、平均点蚀深度 w_{avg} 、要求的最小厚度 t_{min} . 应用如下公式计算残余强度因子(RSF).

$$RSF = 1 - \left(\frac{w_{avg}}{t_{min}} \right) \left(\frac{d_{avg}}{P_{avg}} \right) \quad (1)$$

二级评估需确定下列参数: 蚀孔对第 i 个孔的直径 d_i 、蚀孔对第 j 个孔的直径 d_j 、蚀孔对间隔或跨度 P_{ij} 、由 $\sigma_1 \geq \sigma_2$ 限定的双轴应力比率 R 、蚀孔对第 i 个孔的深度 W_i 、蚀孔对第 j 个孔的深度 W_j 、由构件应力 σ_2 的方向测算出来的孔对定位值 θ_{ij} 、要求的最小厚度 t_{min} . 应用如下公式计算残余强度因子 RSF, 图 3 为参数示意图. 利用公式(2)、(3)对至少 10 组蚀孔对进行计算, 取公式(3)得到的 RSF 的平均值作为二级评估采用的残余强度因子.

如果部件没能通过第二级评估, 可以采取以下措施或其组合方式: (1)再评估或修理部件; (2)通过防腐蚀措施来改变腐蚀裕量值; (3)进行三级评估. 三级是最高水平和最复杂的评估, 这级评估用保守性最小的判据、最详细的检测信息和设备服役数据, 整个过程完全建立在定量分析的基础上, 如应力计算采用有限元方法, 已经超出本软件系统的范围.

$$E_p^{(k)} = \frac{2 \left[1 + \cos^2 \theta_{ij} - \left(\frac{d_{ij}}{P_{ij}} \right) \sqrt{1 + 3 \cos^2 \theta_{ij}} \right]}{1 + 3 \cos^2 \theta_{ij}} \quad (2)$$

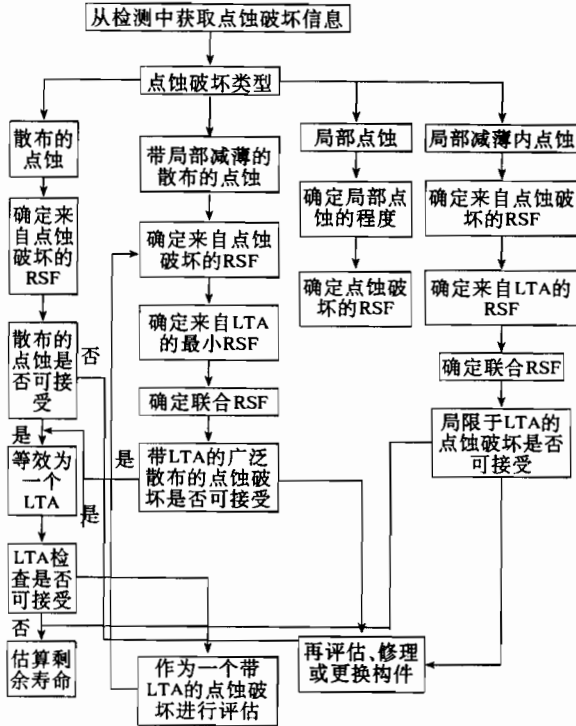


Fig.1 Pitting classifying

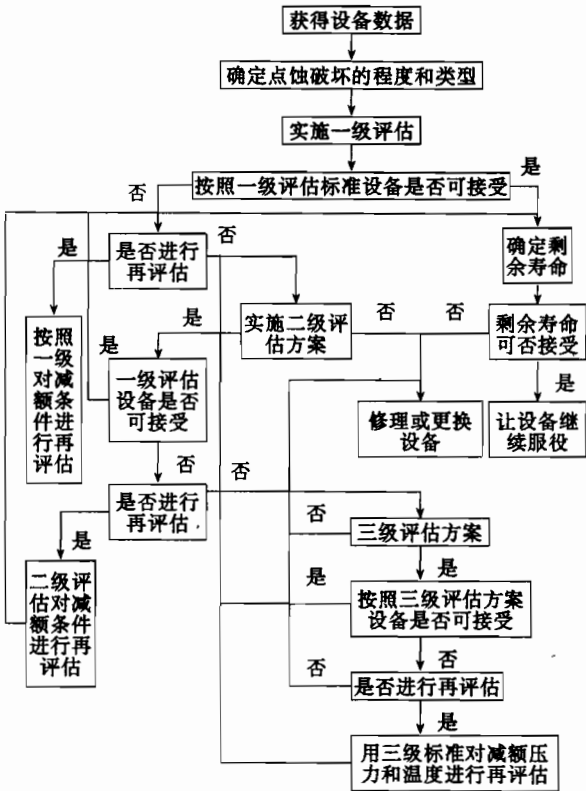


Fig.2 The flow chart of evaluation

$$RSF_1^{(k)} = 1 - \left(\frac{W_{ij}}{t_{min}} \right) (1 - E_p^{(k)}) \quad (3)$$

1.2 剩余寿命的设计

利用最大许用工作压力(MAWP)与时间关系曲线图可确定剩余寿命.将MAWP曲线与构件设计的MAWP交点处的时间定义为构件的剩余寿命.取设备中所有独立构件的最小MAWP值作为设备的MAWP.这种方法也可适用于容器设备,在这种情况下,用流体最大填充高度MFH取代MAWP.为了得到MAWP与时间关系曲线,采用如下公式:

$$L = L_0 - vt \quad (4)$$

$$MAWP = \frac{4L\sigma_b\phi}{2KD + L} \quad (5)$$

式中: L 为壁厚; L_0 为原始壁厚; v 为孔深扩散率; t 为使用时间; $MAWP$ 为最大工作压力; σ_b 为强度; ϕ 为焊缝系数; K 为形状因子; D 为内径当给出一系列 t 和 v 值时,得出相应的 L 和 $MAWP$ 值,绘制曲线可确定剩余寿命.

1.3 总体设计

软件系统主要由数据库、推理机和知识库等三部分组成.数据库部分用于存放计算所需的基础数据并将分析结果也存入其中,这些数据又将为下一次分析所用.推理机部分是该系统的主要部分,推理过程以上述分析为基础,整个系统建立在WIN97下,力图为现场工程师提供强有力的腐蚀分析工具.知识库包含与以上分析相关的腐蚀术语、机理、影响因素分析和防护措施等内容,提供与以上分析相关的基本腐蚀知识.

2 运行与测试

主界面的菜单栏如图4所示,文件菜单中包括新建、打开、保存、打印和退出;编辑包括剪切、复制、粘贴等;数据库窗口有可以进行数据库新建、打开、数据记录操作以及根据记录生成趋势曲线.根据软件的功能分为以下几个部分:(1)系统编辑部分;(2)三级评估及剩余寿命评估部分:对各种常见设备上出现的不同点蚀形态采用相应的评估方案,并给出了设备使用寿命的粗略估算;(3)数据库管理部分:链接了Access数据库,数据库中包含了评估所需的数据表,并可对表中的记录进行管理.

软件是用 Visual Basic 语言编制,运行环境如下^[11]:(1)Microsoft Windows 95、NT3.51 及更高版

本;(2)80486 或更高的微处理器;(3)8MB 以上内存^[13,14].

在进入评估体系之后,首先需要选择要评估的点蚀类型,如图5所示,选择点蚀类型之后,按下“继续”按钮将会出现各级评估标准说明,界面如图6.

根据不同级别适用的标准选择评估等级,按下“继续”按钮便出现数据输入及评估结果窗口,如图7.

如果采用标准1评估设备不可接受,则可以采取以下措施:(1)进行再评估或检修构件;(2)应用矫正技术调整腐蚀裕量;(3)通过实施附加检测,调节焊接接点效率因子;(4)实施标准2评估方案.进一步的操作过程在此不再赘述.当退出评估时,结果可以存入数据库中以备作图及寿命计算时使用.

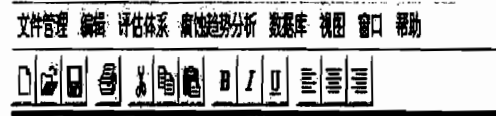


Fig.4 Main menu

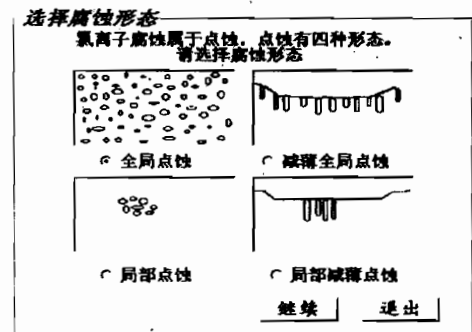


Fig.5 The form of pitting choice

评估标准说明

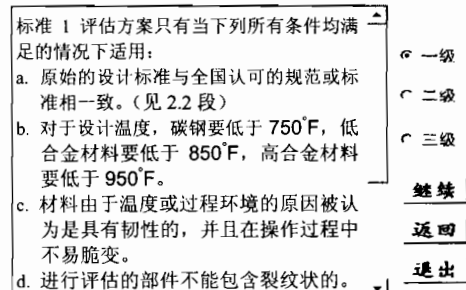


Fig.6 The form of pitting evaluation standard

评估标准1——全局点蚀

孔蚀的平均孔径:	0.1	厘米
孔蚀的平均间隔:	0.1	厘米
孔蚀的平均深度:	0.5	厘米
设备容器的最小壁厚:	5	厘米
圆或柱形设备的内径:	20	米
容器的最大工作压力:	10	太气压
容器的最大填充高度:	20	米

评估结果:

该设备按评估标准 1 做的评估是可接受的。

设备评价 标准 2 减轻压力 返回 退出

Fig. 7 The form of pitting evaluation

3 结论

1 设计了带点蚀设备的三级安全评估软件,可以通过输入缺陷尺寸数据并选择点蚀类型直接进行安全评估,同时利用该系统可以计算带点蚀设备的剩余寿命。

2 建立了评估数据系统,通过数据库管理允许用户对数据记录进行添加、修改、查询等操作,这一特性有利于程序的发展,使其应用范围更加广泛。

致谢:本工作得到 973 项目“材料的环境行为与失效机理”的支持与资助,特此致谢!

参考文献:

- (1) 全国压力容器标准化技术委员会. 钢制压力容器设计指南. 内部发行北京. 1993
- (2) 李晓刚. 石油化工腐蚀与防护, 1998, 15(1):1
- (3) ASME Boiler & Pressure Code, ASME, New York, 1992
- (4) Buchheim G M, Osage D A, Prager M, et al. Nuclear, Fossil and Petrochemical Plants, ASME 1993, 245 - 256
- (5) Buchheim G M, Osage D A. Update for FFS and inspection for Petrochemical Industry, ASME PVP - Vol. 288, PP. 253
- (6) Kim D S, Reynolds J T. FFS analysis in Turnaround Decision Making, ASME, PVP. 261, 1993, PP. 283
- (7) Leung C P, Hudak S J. Fitness - for - service requirements for thick walled petroleum process vessels, high temperature model formulation and sensitively study, MPC Conf., New York, 1992, PP. 246
- (8) Mclaughlin J E, Sims J R. Assessment of Older Equipment for Risk of Brittle Fracture, ASME PVP. 261, NY, 1993. 257
- (9) Milne I, Ainsworth R R, et al. Int. J. Pressure Vessels and piping, 1988, 32:324
- (10) ASME, ASME Boiler & Pressure Code ; Section 2 Materials, Part D - Properties, 1992.
- (11) API Standard 620, API: Design and Construction of Large, Welded, low - pressure storage Tanks, Washington D. C., 1992.
- (12) API Standard 579, API: Fitness - for - service for petrochemical equipment, Washington D. C., 1996.
- (13) 六木工作室. Visual Basic 5.0 中文版编程技术. 北京: 人民邮电出版社, 1998
- (14) William. J., (曹晓光译). Visual Basic 6.0 实例教程. 北京: 电子工业出版社, 1998