

基于 GPRS/GSM 网络的远程腐蚀监控系统

董泽华 郭兴蓬 魏丰

(华中科技大学化学系, 武汉, 430074)

摘要: 本文简要论述了现代通讯技术在远程腐蚀检测中的应用, 特别讨论了基于移动网络 GPRS/GSM 的远程数据通讯的模式及其优点; 对当前工业腐蚀监测中的几种常用在线监测方法进行了比较, 包括线性极化、电阻探针、交流阻抗技术以及电化学噪声技术等工业环境中应用的优缺点等; 最后探讨了腐蚀监测技术与现代移动通讯结合后的巨大优势, 以及对提供管理现代化水平的重要意义。

1 前言

腐蚀检测与腐蚀控制是防腐蚀的两个重要组成部分, 但长期以来在我国并未得到均衡发展和获得同等重视。随着我国大多数油田进入开采中后期, 采出液中含水量逐渐上升, 油气开发生产过程中的腐蚀环境日趋严重。由于管道内外壁腐蚀以及管道内部的各种隐含缺陷而导致的油气泄漏事故时有发生, 造成严重经济损失和环境污染。有鉴于此, 腐蚀检测作为腐蚀防护的基础工作越来越得到了企业的关注和重视。当前, 人们对腐蚀检测相关技术的要求更高, 要求对腐蚀能实时在线监测, 能及时预报管线或设备腐蚀程度, 评估油气管道腐蚀损坏程度和管道预期寿命^[1], 为保证输油气管道正常运行提供支持。

国际上从八十年代起, 对腐蚀监测有了更清楚的认识, 防患于未然得到广泛认同。工业上主要的在线腐蚀监测/检测技术可分为物理和电化学的方法, 包括: ER 电阻探针腐蚀测量, LPR 线性极化腐蚀测量, 两点法交流阻抗测量, 磁阻法快速腐蚀监测和渗氢监测等。另外, 近十年发展起来的电化学噪声技术, 因其能灵敏地探测到局部腐蚀过程的变化, 已有应用到工业领域腐蚀监测的报道。

2 远程监控技术

大型工业企业(如: 石油、化工、煤炭等)存在规模巨大, 部门人员众多, 作业点分散, 设备多, 价值高, 各种管线、阀门较多, 其中相当一部分设备工作在户外的特点。企业对于各种设备和管线运行状态的监控要求严格, 一旦形成事故损失是巨大的, 因此, 对各种设备的运行状态、温度、压力、流量以及腐蚀状态等指标要做到实时监控, 一旦出现情况能及时报警并可以在远程进行指挥调度和调整, 这对降低运行风险和成本是十分必要的。

石油系统腐蚀监测,以前多采用现场挂片人工取样的方式,这种技术虽然安装结构简单、维护成本低。但监测周期长(1—3个月),在数据未取出前,无法知道腐蚀速率情况,不利于及时了解腐蚀情况。而且装取挂片时要耗费大量的人力、车辆台班、工作时。同时油、气生产井分布不集中,地区跨度较大,也给监测工作造成困难。而基于无线通讯网络的远程腐蚀检测技术此时就表现出较大的优势。它特别适用于作业点分散于野外,环境恶劣,需要无人值守远传控制。通过 GPRS/GSM 无线网络和因特网可实现对跨越数百公里的设备运行状态的实时监控,实现了数据在人员、控制中心和设备间的互通互传,使技术人员和管理人员无论在任何地方都可以得到每个监控点的数据,并可以进行及时响应。因此,无线网络将成为油田系统远程监控技术发展所不可缺少的部分。

GPRS是通用分组无线业务(General Packet Radio Service)的英文简称,是在现有GSM 系统上发展出来的一种新的承载业务,它采用与GSM 同样的无线调制标准、同样的频带、同样的突发结构、同样的跳频规则以及同样的TDMA 帧结构。因此,现有的基站子系统(BSS)从一开始就可提供全面的GPRS 覆盖。GPRS可以充分利用现有的GSM 网络,覆盖面广,实时性好,传输速率高,运营费用低,支持IP 协议。具有“永远在线”、“快速登陆”、“按量计费”、“高速传送”、“安全可靠”等优点,数据传输速率高达 160Kbps。使用GPRS技术实现数据分组发送和接收,用户永远在线且按流量计费,迅速降低了服务成本。GPRS 移动数据传输系统有很大的应用范围,几乎所有中低速率的数据传输业务都可以应用,如城市配电网自动化、自来水、煤气管道自动化、INTERNET 接入、个人信息、股票信息、金融、交通、公安等以它为技术支撑,可以用最简单、最低成本、最安全可靠的方式构建远程监控网络,大幅节省了人力物力,提高了工业控制的自动化水平^[2]。

3 腐蚀监测技术

3.1 电阻探针

电阻探针实际上是一个装有金属试片的探头,在腐蚀介质中,金属试片的横截面积将因腐蚀而减小,从而使其电阻增大,如果金属的腐蚀大体是均匀的,那么电阻的变化率就与金属的腐蚀量成正比,周期性地测量这种电阻,便可计算出该段时间后的总腐蚀量,从而计算出金属的腐蚀速率。电阻探针仪器的优点主要有:简单、灵敏、适用性强(在任何介质中均可使用)^[3]。

由于环境介质的温度、流速、金属材料的成份和热处理以及电极表面制备等方面的偏差,或者探针表面存在的外来物质(如腐蚀产物),均会影响到测量结果的精度和可靠性。该方法也不适用于监测局部腐蚀。

最近美国 cortest 公司在电阻探针基础上发明了一种磁阻探针技术,其原理是当电流由于薄膜元件腐蚀而减小时会引起磁场的微弱改变,探针内部的磁阻传感器对微弱磁场改变具有极高的灵敏度(类似于硬盘中磁阻磁头),因此该技术相对于普通电阻探针具有更高的检测灵敏度。

3.2 线性极化技术

线性极化技术是广泛应用于工程设备腐蚀速率检测的技术之一。借助于直流恒电流或恒电位测量,在自然电位附近进行阴极或阳极小幅度极化,然后通过对电位—电流曲线线性回归,计算出曲线的斜率,即极化电阻 R_p ,最后,借助于Stern系数(即B值),将 R_p 转换为腐蚀速率。

线性极化技术可以快速测定腐蚀体系的瞬时全面腐蚀速度,这有助于诊断设备的腐蚀问题,及时而连续地跟踪设备的腐蚀速率。不过,该方法仅适用于具有足够电导率的电解质体系(如油田污水、循环冷却水等),对电导率很低的体系(如高含原油介质、气相等)则不适用;并需要预先通过挂片结果来校正 Stern 系数 B 值。

3.3 弱极化测量

线性极化技术是一种快速灵敏的、可以连续测量瞬时腐蚀速度的电化学方法。但这种技术也有其固有的局限性和缺点,如有的腐蚀体系在自腐蚀电位附近线性度不好,尤其是运用线性极化技术必须已知塔菲尔常数或 Stern 常数 B,而弱极化测量技术则不受腐蚀体系线性度限制,也无须已知 Tafel 常数。通过非线性拟合可直接得到腐蚀速率、Tafel 斜率等参数。与线性极化技术类似,它也不适用于低电导率的介质,且连续监测有可能对一些被监测系统带来较大的扰动。

3.4 交流阻抗探针

交流阻抗技术可看作线性极化技术的继续和发展,在理论上它适合于多种体系。它不但可以求得极化阻力 R_p 、微分电容 C_d 等重要参数,而且还可用于研究电极表面吸附、扩散等过程的影响。

交流阻抗技术在实验室中已是一种较完善、有效的测试方法。测试和数据处理均需采用一些先进的仪器设备。为了适应在工业设备上作在线的和实时的测量,需要发展一种基于交流阻抗技术测量原理且又能自动测量记录金属瞬时腐蚀速度的腐蚀监测装置,即交流阻抗探针。对于大多数腐蚀体系,该技术只需要测量高、中、低频等几个频率点的阻抗来得到溶液电阻 R_s 和极化电阻 R_p ,因此特别适用于低电导率的介质[2]。对于探头表面的污染物,可通过高频正弦波的测量结果进行补偿。交流阻抗技术的局限性:不能判断局部腐蚀,需要预先通过挂片结果来校正Stern系数B值。

3.5 电化学噪声技术

实际上,现场生产中绝大多数的腐蚀失效来自于局部腐蚀。由于局部腐蚀的发生具有随机性,局部腐蚀引发的腐蚀事故(穿孔、泄漏、爆炸等)往往事前无法预测。目前,国内外较常用的在线腐蚀监/检测技术(如上所述的监测技术)均只能评价环境的腐蚀性和材料的均匀腐蚀程度,对局部腐蚀的监测却无能为力。因此,局部腐蚀的在线监测技术,对在役设备运行的安全评估与管理,减少投资和操作费用是十分重要的,也是国内外腐蚀防护技术研究的难点和热点之一。

腐蚀电化学噪声是由金属材料表面与环境发生电化学腐蚀而自发产生的“噪声”信号，主要与金属表面状态的局部变化以及局部化学环境有关。与外加极化的测试方法不同，电化学噪声方法对被测体系没有扰动，可以反映材料腐蚀的真实情况，能灵敏地探测到腐蚀特别是局部腐蚀过程的变化。我们的研究表明：通过对噪声峰的面积、强度、上升和下降速率以及发生频率的分析，可以得到稳态或亚稳态蚀点、缝隙腐蚀、裂纹发展和应力腐蚀等许多局部腐蚀的发展信息[4]。腐蚀电化学噪声测量技术的研究涉及孔蚀、缝隙腐蚀、应力腐蚀破裂、涂层降解、微生物腐蚀、冲刷腐蚀等领域。近年来，电化学噪声的理论研究正逐步向定量的统计分析、谱分析和小波分析发展[5]，大大拓展了电化学噪声理论和应用范围，并开始应用到工业领域腐蚀的早期检测/监测。

目前我们已经研制出了用于局部腐蚀监测的噪声测量探头和测试单元，室内实验表明，电化学噪声技术对于局部腐蚀的早期检测相对于其他方法来说，具有极高的灵敏度和可重现性。

4 远程腐蚀监控系统构成

远程腐蚀监测与控制系统主要包括三个部分：监控中心，无线传输网络和腐蚀测量与分析单元。其中监控中心主要由服务器、监控软件和中央数据库组成；无线传输网络主要包括GPRS 或 GSM SMS (短消息模式) Modem；现场腐蚀测量单元包括单片机、数模模数转换、嵌入式分析软件和测试探头。

整个监控系统功能框图如下：

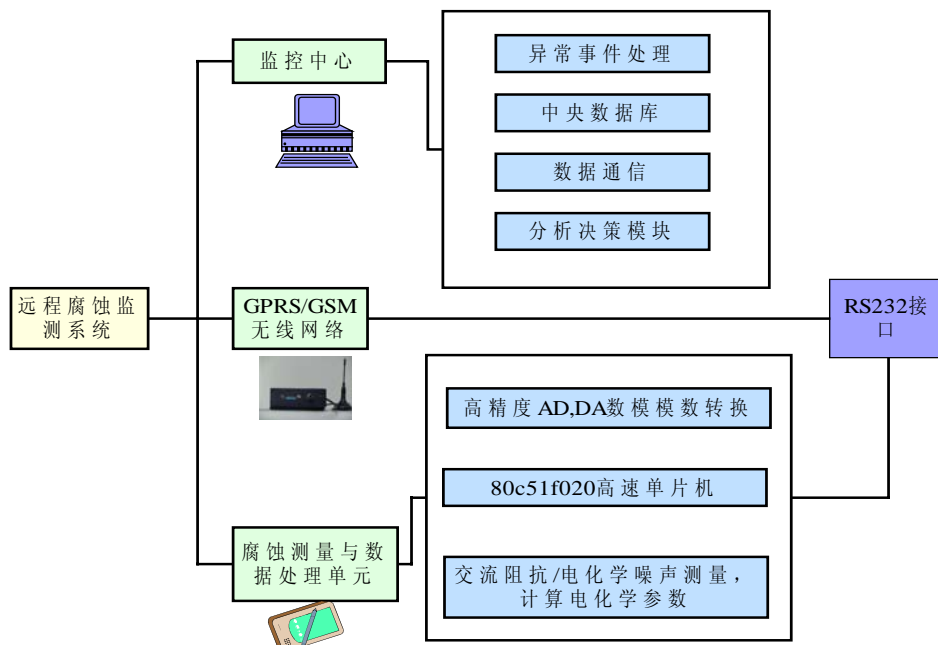


图 1 远程腐蚀监控系统的组成及功能

4.1 监控中心

监控中心是整个监控系统的大脑,集中管理和指挥整个监控系统的运行。监控中心的主要硬件设备有计算机、通讯主台。计算机用来运行监控系统软件(常称作上位机软件),即可以用 PC 微机,也可以用工控计算机,还可以把多台计算机组成计算机网络,实现数据共享。通讯主台用来和监控系统的腐蚀测量终端(RTU)进行数据通讯,在正常工作模式下,GPRS 传输模块将仪器仪表的数据通过移动通信分组网络(GPRS 网络)传递给数据管理服务器,数据服务器可通过 DDN 专线、ADSL、ISDN 连接等形式连接到企业内部网络上。

4.2 监控系统软件

在监控中心运行的监控系统软件是监控系统中至关重要的部分,监控系统软件协调完成各个现场数据终端(RTU)的数据通讯任务;监控系统软件把硬件系统采集的各种数据如腐蚀速率、压力、温度、流量等经过计算然后以合理的方式显示出来供操作人员参考;操作人员的操作也要通过监控系统软件才能执行,如开泵、停泵、阀门调节等操作。

在控制中心的服务器上还应建立一个中央数据库,对收到的数据进行整理贮存,产生相应的报表和指示。并可以在其上开发分析决策模块,判断要监控对象的工作状态(如是否正常工作,有何异常事件),并对该情况做出相应指令,传回数据终端侧执行,或通过短信发送给管理和维护人员。从而实现了对现场设备运行状态的实时监控,实现了数据在人员、控制中心和设备间的互通互传,使技术人员和管理人员无论在任何地方都可以得到每个监控点的数据,并可以进行及时响应。

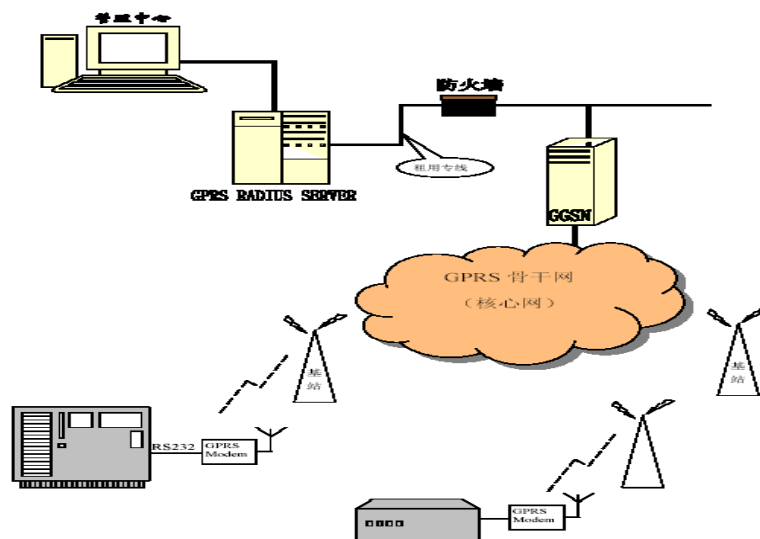
4.3 无线通讯单元

无线通信部分包括终端设备的 GPRS modem 和监控中心的 GGSN 网关。腐蚀测量终端的 GPRS Modem 上电后主动向用户网络中心设置的 RADIUS 服务器发起呼叫。而后 RADIUS 服务器认证鉴权,为各节点终端分配内部的 IP 地址。移动 GGSN 网关将呼叫请求以及测量终端 GPRS Modem 的手机号码,用户名,密码,并进行内部 IP 地址分配。为终端分配固定 IP 地址,并与节点终端与管理中心建立 GPRS 通信,这样中新用户只要通过 internet 网络即可访问任何一个监测终端,而且运行费用较采用有线通讯或数传电台方式要低。

系统组网结构图:

4.4 腐蚀测量单元

现场测量硬件单元包括 80c51F060 高速单片机,以及相应数据采集和控制模块,嵌入软件采用交流阻抗或电化学噪声分析技术对测量数据进行分析,计算出极化电阻 R_p 和溶液电阻 R_s ,对于电化学噪声测量,还可计算出噪声电阻 R_n 、局部腐蚀指数 LI 等参数,所有参数将通过 GPRS Modem (DTU) 传输模块回传到中央计算机系统。



5 结论

1) 在现场腐蚀或其它工业监控领域,使用基于GPRS网络的监控方式将大大地降低企业运营成本,更加方便地实现计算机集成企业管理(ERP),使管理人员实现实时地、集中地收集实际数据,监控无人现场设备运行状况,实现合理管理和调度,从而节省运行成本,并为企业创造新的利润增长机会。

2) 与有线专线相比,建设费用、运行费用和维护费用都很低,并且几乎近于免维护,因为GPRS网络的维护完全有中国移动来完成,企业不需支付任何费用,完全享受中国移动技术进步带来的效率。

3) 通过以上分析,可以看出,无论从建设周期、建设费用和运行费用,还是系统的可靠性、稳定性和技术的先进性而言,基于GPRS和SMS的DTU在分散的数据采集应用领域具有无可比拟的优越性。在分布范围较广,数据采集点多,实时性要求较高的场合,GPRS DTU比较合适。对于数据量不大实时性要求不高的系统,则采用短消息模式可能更为经济。

参考文献

- [1] 施岱艳,杨朔,杨诚,王裕康. 腐蚀监测技术在四川含硫气田的应用,天然气工业,1998.18(6):73
- [2] 黄德强,采用嵌入式Linux技术与GPRS网络实现无线数据采集与传输,电子器件.2003,26(2): 226-228
- [3] 左慧君,金文房,电阻探针M S3500E 在线腐蚀监测应用,腐蚀与防护,2000,21(12):557
- [4] 董泽华,郭兴蓬,郑家桑,许立铭. 16Mn钢点蚀的电化学噪声与腐蚀局部化特征,中国腐蚀与防护学报, 22

(2002)5:290

- [5] Z. H Dong, X. P. Guo, J. X. Zheng, Investigation on inhibition of CrO_4^{2-} and MoO_4^{2-} ions on Carbon steel pitting corrosion by Elelectrochemical noise analysis, *J. Applied Electrochemistry*, 32 (2002):395