

YQ-W 系列发酵罐溶解氧测定仪的研制

孟绍田 袁纪连 薛勇

(天津轻工业学院 天津 300222)

复膜式氧传感器是1956年Clark发明的,可耐高温灭菌的溶氧传感器是70年代才发展起来的,国外已有定型产品,其中以瑞士的Ingold、美国的900型以及日本的DY-2溶氧传感器最为优良。国内也于70年代开始了溶氧传感器的研制工作,80年代达到国际水平。

1985年,我们研制成功了YQ-W-I型复合式溶氧传感器及其检测放大器,1987年获得了国家医药管理总局科技进步二等奖。1990年完成了国家“七五”重点科技项目75-71-08-10《YQ-W-I型溶氧传感器及其检测放大器》的研制工作。同年12月6日在轻工部的主持下,通过了技术鉴定,并于12月22日在北京通过了国家级验收。鉴定结论指出:YQ-W-I型溶氧传感器属于结构型传感器,结构新颖,采用水冷与压力补偿技术,工作可靠,不易染菌,使用方便,易于维护,主要性能已达到国际上同类产品水平;YQ-W-II型溶氧传感器耐高温,稳定性好,工作寿命长,其指标超过了国际上同类产品水平。其配套的检测放大器达到一级精度,工作稳定可靠,线性和恒流特性良好,可与I型、II型仪表及微机配套使用,构成溶氧的自动记录、自动调节或实时控制系统。

1992年,我们又研制成功了YQ-W-III型开孔式溶氧传感器、补偿式溶氧传感器和新型溶氧传感器以及与其配套的检测放大器。

以上几种产品,获得了天津市技术监督局颁发的生产许可证书,已经投入了生产。本文分别介绍发酵罐溶解氧测定仪包括的溶氧传感器及检测放大器两部分的结构特点。

1 溶氧传感器的结构特点

1.1 YQ-W系列溶氧传感器均属于原电池型氧电极,银极为正极,作为测量电极,铅极为负极,作为消耗性电极,F-46膜作为防水透气膜,再充满电解液,就构成了一个对氧敏感的氧传感器。

1.2 YQ-W-II型复合式溶氧传感器是一种新型的水冷与压力补偿相结合的结构型氧电极,如图1所示。其中双螺旋式冷却管与冷却螺管组成了水冷装置。当高温灭菌时,冷却管通入冷水,以便冷却电解液,因而使其周围的电解液温度不高,热膨胀较小。补偿管、补偿槽、补偿孔构成了压力补偿系统。补偿管具有耐高温、耐腐蚀、弹性好、无毒无味的优点。当电解液受热膨胀时,由于补偿管富有弹性,很容易受力向外鼓起,从而大大地减弱了电解液的热膨胀对透气膜的压力,因而,F-46膜只稍微膨起,变形较小,在弹性变形范围内,待电解液冷却后,F-46膜自动恢复原状,又紧贴在银板上,因而保证了溶氧传感器具有优良的耐热性能,较高的稳定性,灵敏度、精确度和较长的工作寿命。特别适合在生产罐上使用。

1.3 YQ-W-III型开孔式溶氧传感器如图2所示。该种溶氧传感器具有压力平衡孔,使传感器内腔的空气与发酵罐气相空气相通。结构与原理与美国的900型氧传感器相似。不同之处主要有两点:一是不锈钢芯子杆代替了玻璃芯子杆,因而坚固耐用,显著提高了使用寿命。二是芯子杆与极壳之间用螺纹联接,因而便于拆装与清洗,方便了使用。

当高温灭菌时,电解液受热膨胀,由于电解液没有装满而且由于有压力平衡孔,因而F膜两侧的压力是平衡的,使F膜始终紧贴在银板上,保证了测量准确性。

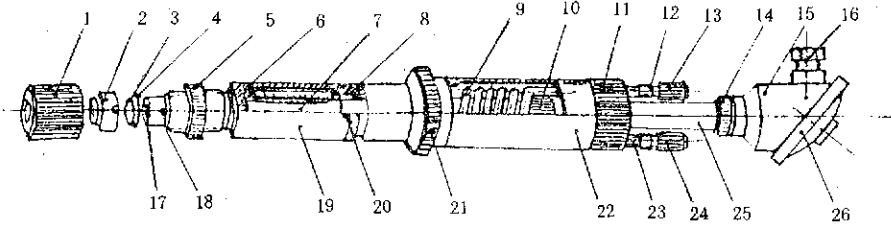


图1 复合式溶氧传感器示意图

- 1. 锁紧螺母, 2. 压膜帽, 3. 压膜胶圈, 4. 透气膜, 5. 防松螺母, 6. 补偿管, 7. 铅极,
- 8. O型圈, 9. 冷却管, 10. 紧固螺母, 11. 芯子帽, 12. 冷却螺母, 13. 冷却螺母, 14. 紧
- 固螺母, 15. 接线盒, 16. 引线密封螺母, 17. 银极, 18. 定位销, 19. 套管, 20. 定位销,
- 21. 结合螺母, 22. 极壳, 23. 冷却螺母, 24. 冷却螺母, 25. 芯子杆, 26. 接线盒盖

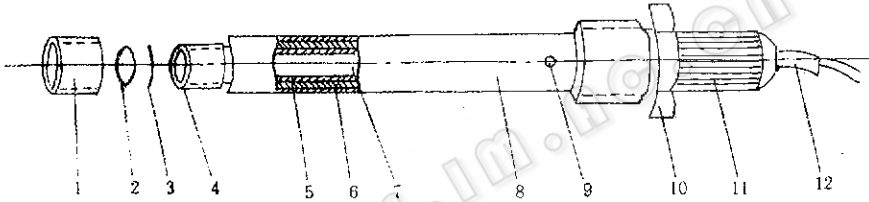


图2 开孔式溶氧传感器示意图

- 1. 压紧帽, 2. O型圈, 3. 透气膜, 4. 银极, 5. 电解液, 6. 铅极, 7. 芯杆, 8. 外壳,
- 9. 溢流孔, 10. 锁紧螺母, 11. 引线座, 12. 引线

1.4 YQ-W-Ⅱ型补偿式溶氧传感器具有补偿管和补偿孔。这种溶氧传感器与日本的DY-2型相似,但又有几点不同,因而坚固耐用,使用寿命和稳定性都能显著提高。

1.5 YQ-W-Ⅲ型新型溶氧传感器,其结构类似于瑞士Ingold氧传感器。具有补偿管和不锈钢网加强膜等特点。但其测量原理不是极普式,而是采用了原电池式的测量原理。该传感器具有结构简单,使用方便,技术性能好等优点。其示意图如图3所示。

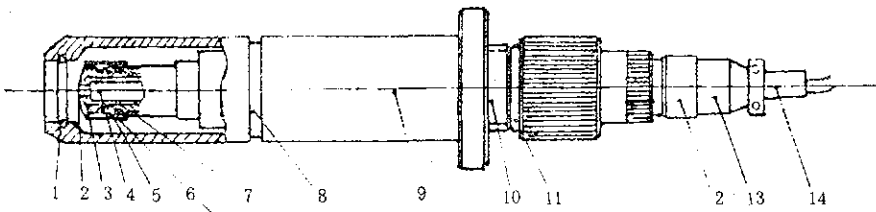


图3 新型溶氧传感器示意图

- 1. O型圈, 2. 保护网透气膜, 3. 铂电极, 4. 铅极, 5. 电解液, 6. 补偿管外紧固套, 7.
- 补偿套, 8. O型圈槽, 9. 外壳, 10. 芯子, 11. O型圈, 12. 插座, 13. 插头, 14. 引线

2 检测放大器的特点

本检测放大器包括输入网络、电压放大电路、三位半表头、V/F电压与频率变换电路、光隔离电路、

F/V 频率与电压变换电路、V/I 恒流输出电路以及稳压电源等部分。其原理框图如图 4 所示。

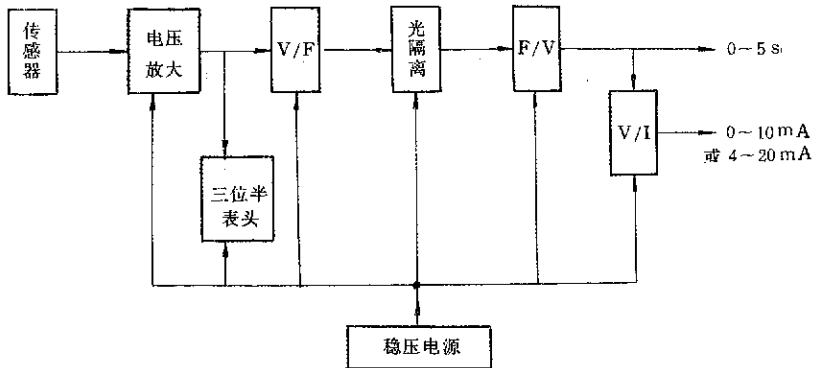
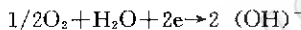
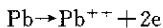


图 4 检测放大器原理框图

检测放大器的主要特点有二。其一是，由于电压放大电路采用了低漂斩波稳态另运算放大器以及其它技术措施，因而具有高精度、高线性、低漂移及低失调的特点。其二是，采用了光隔离电路，减少了对配套微机的干扰，因而既可以与 I 型、II 型仪表配套使用，又可以与微机配套使用。

3 测量原理

本系列溶氧传感器采用原电池型的测量原理。当被测液中的溶解氧透过 F-46 膜而达到银极表面时，该传感器就发生如下反应：



铅极上的铅发生氧化反应，生成铅离子，溶解在电解液中，同时释放出电子，通过外电路到达银极表面，而扩散到银极表面的氧，从银极上得到铅极送来的电子，发生还原反应，生成氢氧根离子。

在有氧的条件下，溶解氧就会连续不断地透过防水透气膜到达银极表面，上述反应就持续下去，电子就不断地从铅极通过外电路流向银极，因而形成扩散电流 I 。

在无氧的情况下，溶解氧传感器就迅速消耗其电解液中的氧，当电解液中的溶解氧耗尽时，电极反应也就停止了，此时只有极少的残余电流 I_0 通过。

稳定电流 I_{∞} 可用下式表示：

$$I_{\infty} = nFAP_m C_s / L \quad (1)$$

式中： I_{∞} ：稳定电流，(μA)

n ：电极反应包括的电子数

F ：法拉第常数 (96500C)

A ：银极表面积/ cm^2

P_m ：F-46 膜的透氧系数/ $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

L ：F-46 膜的厚度/cm

C_s ：稳定状态的溶解氧/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

在银极表面积 A ，F-46 膜的厚度 L 等因素都一定的条件下，可将 (1) 式变成

$$I_{\infty} = KC_s \quad (2)$$

式中： $K = nFAP_m / L$ 为常数

由 (2) 式可见，稳定电流 I_{∞} 与溶解氧 C_s 成正比。所以，溶氧传感器的稳定电流 I_{∞} 就代表了溶解氧的多少。将该电流送到检测放大器进行放大，通过校准，变成 0~10mA、4~20mA 或 0~5V 的标准

信号,同时指出,0%~19.99mg/L 或 0~100%的溶解氧数值。

4 主要技术指标

测量范围:0~19.99mg/L,0~100%,测量精度: $< \pm 3\%$,耐热温度:120~140℃,稳定性: $< 2\%$ /周,工作寿命:封装一次电解液可稳定工作半年~一年左右,在实际应用中,华北制药厂连续使用了23个月,共计76罐批,更换易损部件,重新封装电解液后即可长期工作。响应时间: $< 60\text{s}$,放大器输出电流:0~10mA (Ⅰ型),4~20mA (Ⅱ型),0~5V,放大器负载电阻:0~1.5k Ω (Ⅰ型);0~750 Ω (Ⅱ型),放大器恒流特性: $< 1\%$ 。

YQ-W 系列溶氧传感器及其检测放大器的技术指标达到或超过了国际同类产品的水平,而其价格不足进口产品的二分之一。

致 谢 在现场实验过程中,得到华北制药厂、天津药业公司、东北制药总厂、岳阳制药一厂、上海新型发酵厂和浙江天台制药厂等单位的大力协作,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 陈毓麒,张耀山. 仪器仪表学报,1981,2(1):2.
- [2] New Brunswick Scientific CO., INC, Operating Manual of Dissolved Oxygen Probe.
- [3] L. E. Marubishi CO., LTD, 酸素电极仕様.
- [4] 东亚电波工业株式会社, DPJ-1 发酵用溶存酸素计.
- [5] 诚达仪器有限公司, Ingold O₂ Measurement System.

Development of Serial YQ-W Dissolved Oxygen Sensor of Fermented Tank

Meng Shaotian Yuan Jilian Xue Yong
(Tianjin Institute of Light Industry, Tianjin 300222)

Abstract The design feature, measuring principle and technical characteristics of YQ-W serial oxygen sensor and its inspecting amplifier was expounded.

Key words Fermented tank, dissolved oxygen, sensor, amplifier