

变温度下 DO 和 ORP 作为过程控制参数的可行性研究*

高大文, 彭永臻, 王淑莹 (哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 哈尔滨 150090, E-mail: dawengao@sina.com)

在活性污泥法处理系统中, 为使有机污染物得到根本的去除, 关键是合理安排曝气量和曝气时间, 而曝气量和曝气时间的确定又取决于反应器中有机污染物的浓度, 如果有机污染物浓度较高, 就要求增大曝气量和延长曝气时间, 而如果有机污染物浓度较低, 就要求减小曝气量和缩短曝气时间, 这样, 即起到节约能源的目的, 又避免了因过度曝气所引发的丝状菌污泥膨胀。那么, 如何确定反应器中有机污染物的浓度是合理安排曝气量和曝气时间的关键。由于目前还没有相应的有机污染物在线传感器, 因此, 近年来, 国内外许多研究者采用间接控制参数来表示反应器中有机污染物浓度的变化, 通过大量的探索性研究, 发现溶解氧 (Dissolved Oxygen, 简称 DO) 和氧化还原电位 (Oxidation Reduction Potential, 简称 ORP) 可以作为污水生物处理过程中的控制参数^[1, 2]。

由于微生物对环境温度非常敏感, 因此, 采用生物处理的污水处理厂在设计阶段就应把环境温度考虑进去, 对于我国北方地区, 还应考虑冬季保暖。微生物对环境温度的适应是有一定范围的, 如废水好氧生物处理中的细菌以中温菌为主, 其生长繁殖的最适温度为 20℃~37℃。但是, 作为控制参数的 DO 和 ORP 也是温度的函数, 即随温度变化而变化。那么, 在环境温度变化时, DO 和 ORP 是否能继续作为控制参数, 是否仍能准确表示有机污染物的降解情况, 未见国内外报道。在实际污水处理工程中, 很难保持水温恒定, 例如, 我国北方地区, 昼夜温差较大, 即使冬季有供暖设施, 也很难保持水温在一个水平上。而作为基础研究, 是为实际工程服务的, 因此, 研究变温度下的控制参数意义重大。

本研究就是探索在水温变化时, DO 和 ORP 作为控制参数的可行性, 进而确定在变温度下污水生物处理的过程控制参数。为了更准确地研究变温度下 DO 和 ORP 作为反应控制参数的可行性, 首先进行了恒定温度下 DO、ORP 与 COD 相关性的试验研究。试验结果如图 1 所示。

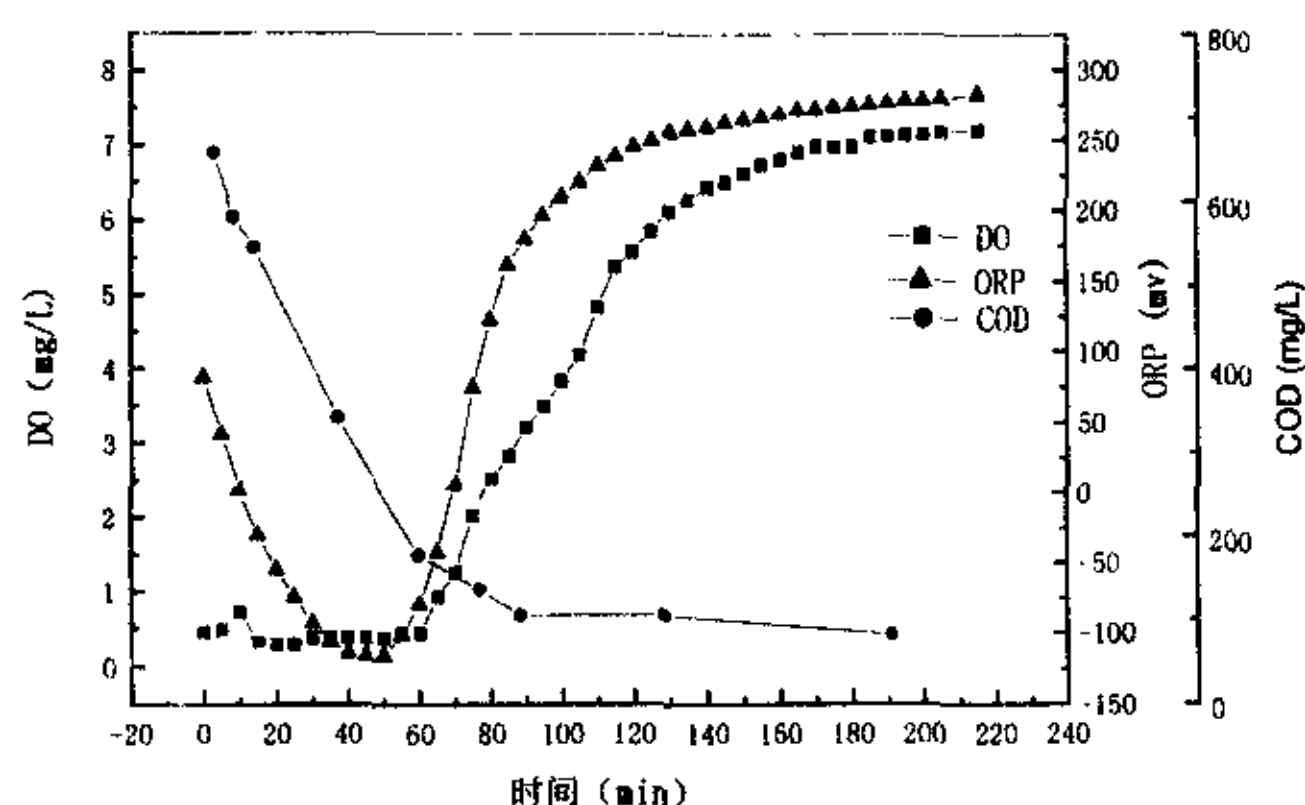


图 1 恒定温度下一个反应周期中 DO、ORP 与 COD 的变化规律

由图 1 可见, 在恒定温度下, 一个反应周期内 DO 和 ORP 的变化趋势与 COD 的降解情况呈现出较好的相关性, 可以作为判断 COD 降解程度的控制参数。

由于实际工程中, 很难维持反应器内水温在一个水平上, 特别是我国北方地区, 昼夜温

*基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50138010)

差较大,造成反应器内水温波动较大。因此,研究变温度下的过程控制参数对于指导工程实践具有重要意义。采用 SBR 法研究了不同曝气量、初始 MLSS 浓度和进水 COD 浓度等条件下温度对反应过程中 DO 和 ORP 变化的影响。试验结果如图 2~图 7 所示。

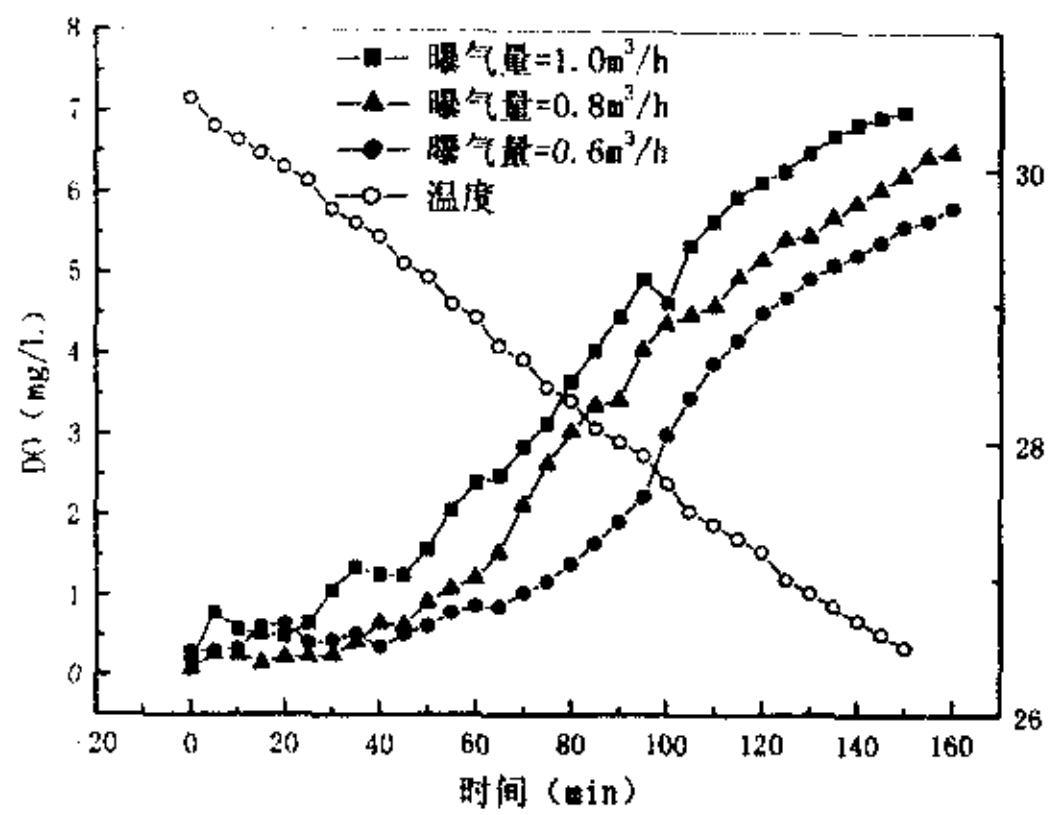


图 2 不同曝气量下 DO 受温度的影响

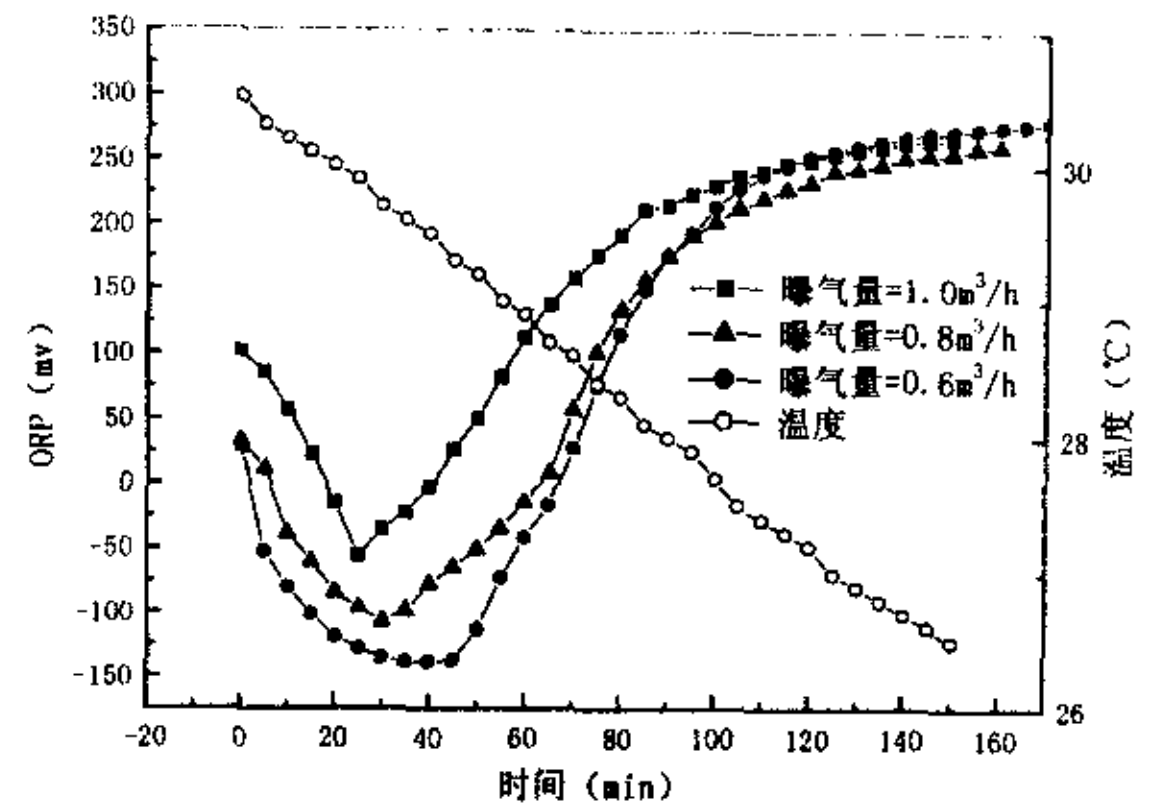


图 3 不同曝气量下 ORP 受温度的影响

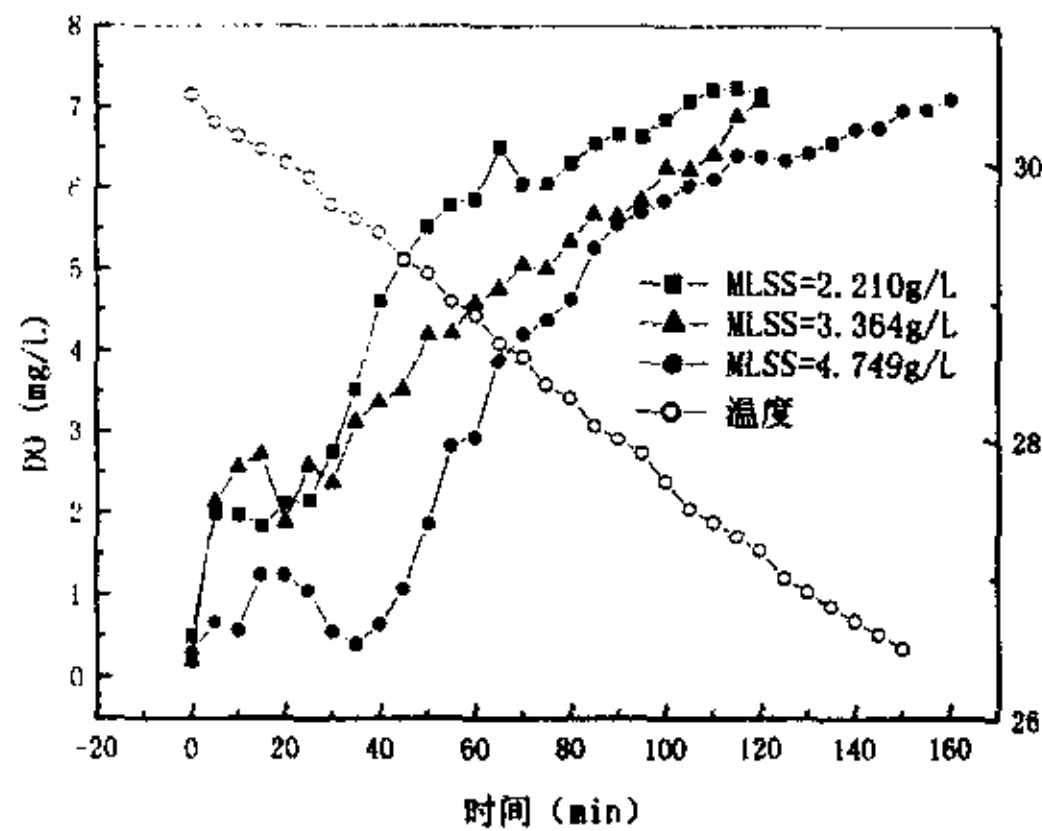


图 4 不同污泥浓度下 DO 受温度的影响

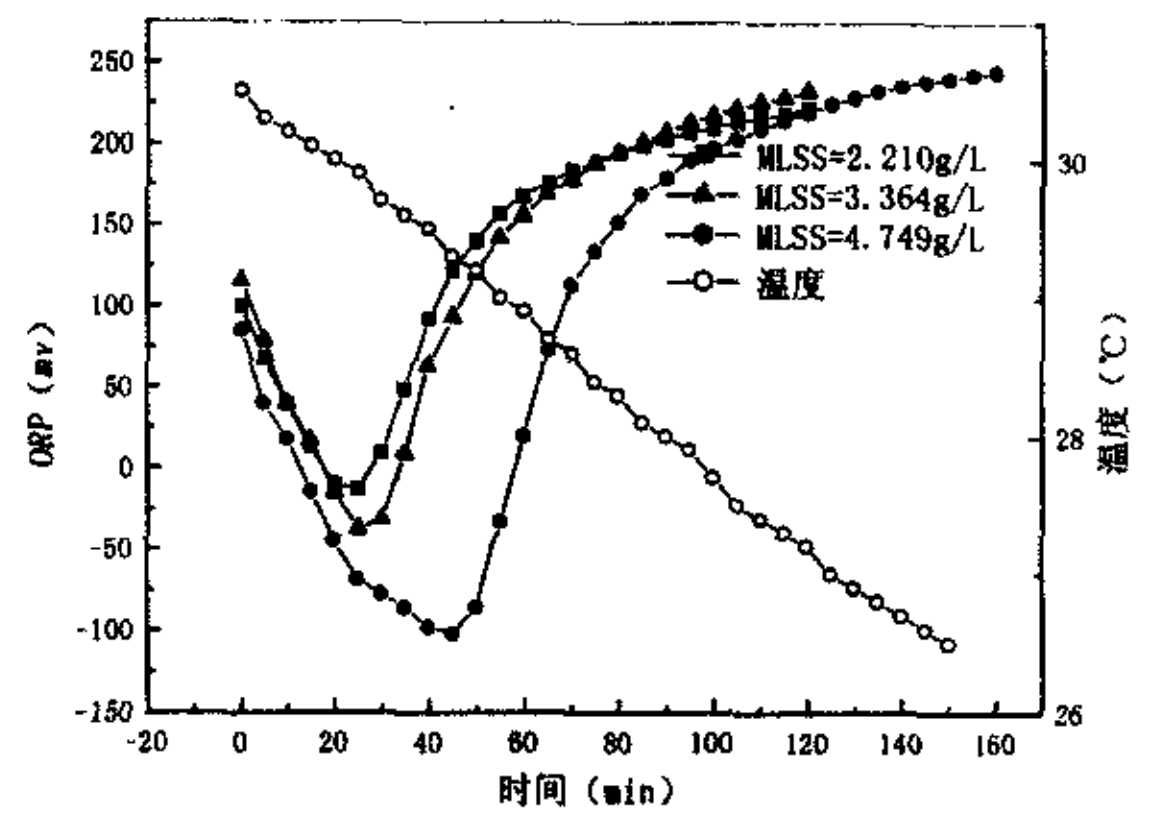


图 5 不同污泥浓度下 ORP 受温度的影响

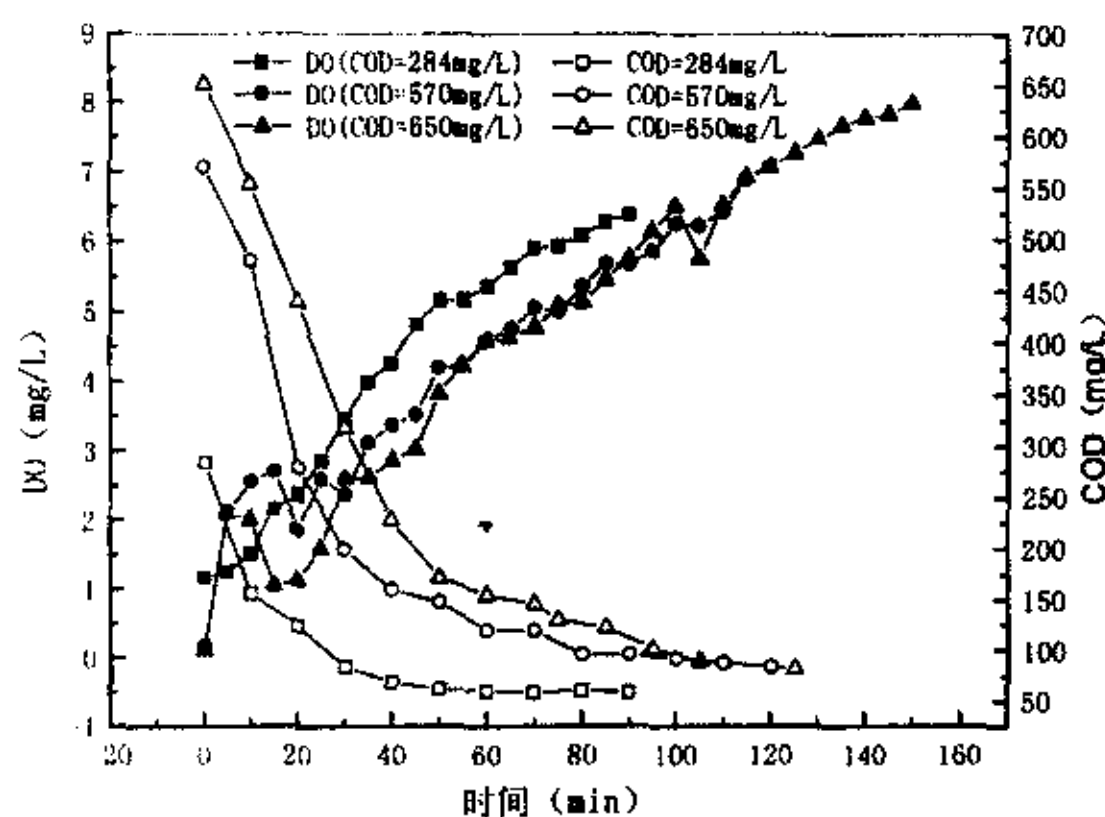


图 6 变温度下进水 COD 浓度对 DO 控制参数的影响

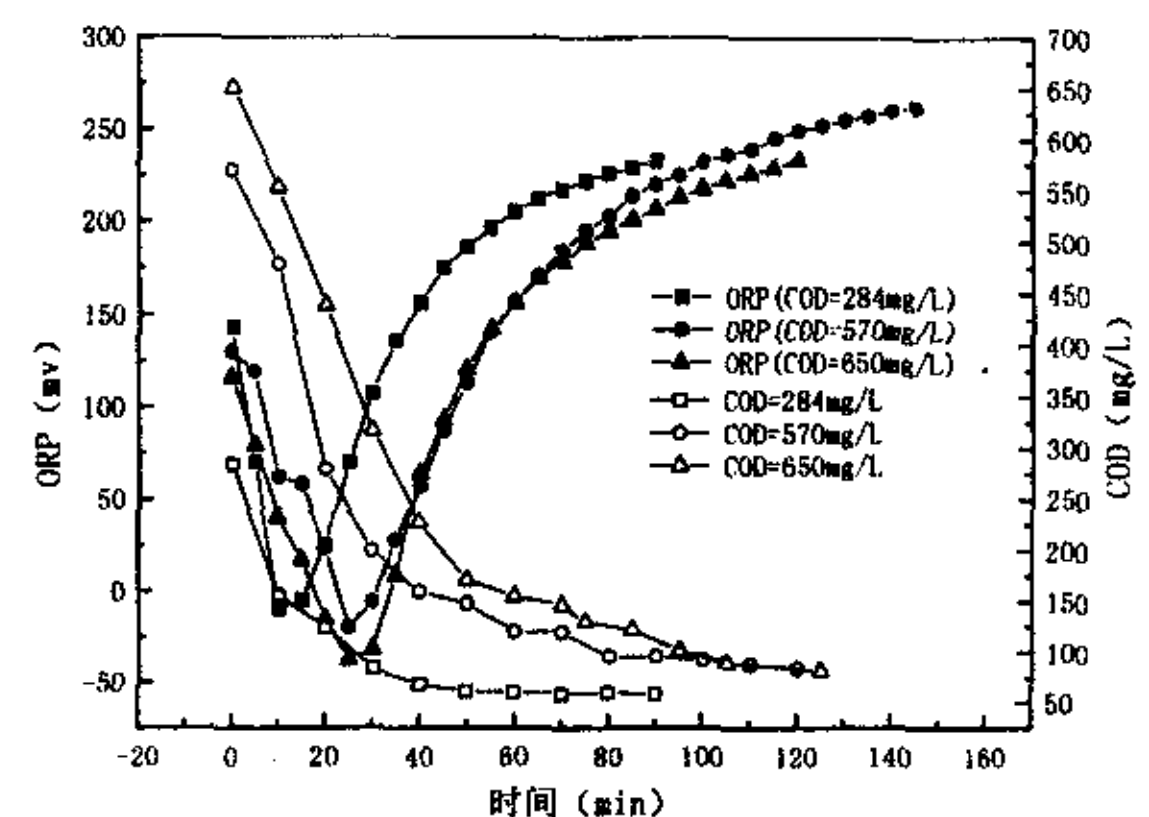


图 7 变温度下进水 COD 浓度对 ORP 控制参数的影响

试验结果表明,环境温度的波动极大地影响了反应器内 DO 的变化趋势,而 ORP 的变化趋势基本不受影响。

为了进一步验证 ORP 作为控制参数的可行性以及选择合适的控制形式,进行了 ORP 变化与 COD 降解情况的重现性试验。试验结果如图 8 所示。

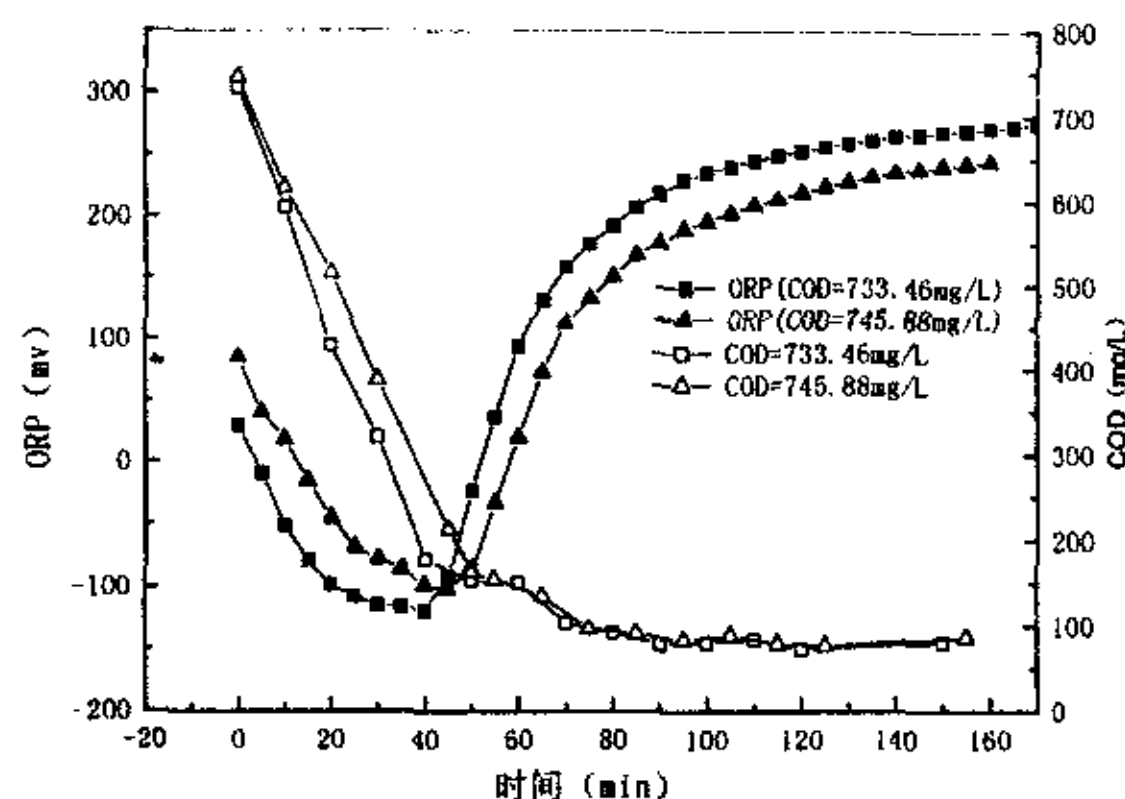


图 8 ORP 控制 COD 降解情况的重现性

从图 8 看出, ORP 变化与 COD 降解情况重现性很好,进水 COD 浓度稍有变化, ORP 就能表现出来,因此,通过以上分析,进一步验证了 ORP 作为过程控制参数的可行性。

为了寻求简便、快捷的控制形式,我们对图 8 中的 ORP 进行了导数分析,分别对 ORP 取时间的一阶导数和二阶导数,试验结果如图 9、图 10 所示。

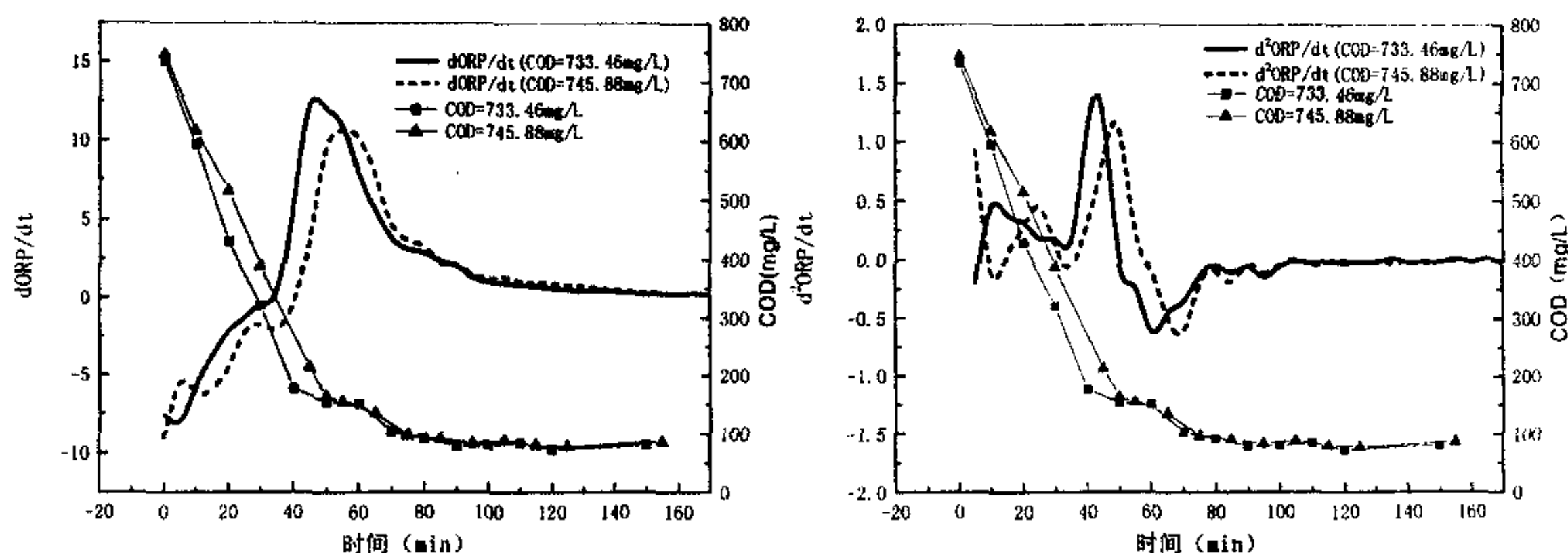


图 9 降解 COD 过程中 ORP 一阶导数随时间变化

图 10 降解 COD 过程中 ORP 二阶导数随时间变化

从图 9 和图 10 看出, ORP 的一阶导数和二阶导数较详细和准确地表示出 COD 的降解情况,可以直接输入 PLC 实施 SBR 法处理豆制品废水的自动控制。

由以上分析,可以得出如下结论:

(1) 恒定温度下,有机物降解过程中,反应器内 DO 和 ORP 的变化与 COD 降解情况均表现出较好的相关性,因此,当维持环境温度恒定时,DO 和 ORP 均可作为判断 COD 降解程度的控制参数。

(2) 当环境温度变化时,DO 受到较大影响,从不同曝气量、初始 MLSS 浓度和进水 COD 浓度等方面研究了 DO 受温度的影响,试验结果表明,当环境温度变化时,DO 没有出现恒温状态下的两个平台区,因此,利用反应器内 DO 的变化已很难判断 COD 的降解情况。分析原因,主要是水中饱和溶解氧造成的,因为饱和溶解氧受温度影响很大,当温度下降时,饱和溶解氧升高,同时,微生物降解有机物的过程中,耗氧速率逐渐减小,也会引起水中溶

解氧升高。这两方面原因共同作用,使得 DO 持续上升,因此,给利用 DO 变化构造控制模型带来困难。

(3) 从不同曝气量、初始 MLSS 浓度和进水 COD 浓度等方面考查温度对 ORP 的影响,试验结果显示,微生物降解有机物过程中,反应器内的 ORP 变化受温度的影响较小,ORP 的变化趋势基本没变,始终同恒温状态时一样。因此,可以利用 ORP 建立控制模型实施在线控制。

(4) 微生物降解有机物过程中,反应器内 ORP 出现两个特征点,第一个特征点为 ORP 凹点(最小值),不同进水 COD 浓度,出现 ORP 凹点的时间不同,因此,可以利用 ORP 的第一个特征点预测进水 COD 浓度,进而合理安排曝气量;第二个特征点为 ORP 平台,即此特征点后 ORP 基本不变,依此判断 COD 难降解阶段的到来。

(5) ORP 的一阶导数和二阶导数与 COD 降解程度存在较好的相关性,尤其是二阶导数,它能准确和详尽地表示出 COD 降解的各个阶段,在曲线上,它存在三个特征点,把 COD 降解过程进一步细化。依据二阶导数近似为零,可以作为反应结束的标志,因此,利用 ORP 二阶导数可以实现曝气时间的调控。联合 ORP 凹点和二阶导数近似为零两个条件,可以实现 SBR 法处理豆制品废水的在线控制,合理安排曝气量和曝气时间,最终起到节约能源的目的。

(6) 本研究不仅适合我国北方地区,由于南方地区也存在季节和昼夜温度的变化,因此,它具有普遍性,对于连续流活性污泥法,采用 ORP 作为控制参数的优势将更加明显。

致谢

本研究得到国家自然科学基金的资助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] D Wareham.G., Hall K.J. and Mavinic D.S.. Real-Time Control of Wastewater Treatment Systems Using ORP. *Wat.Sci.Tech.*, 1993,28(11-12):273~282
- [2] 王淑莹, 彭永臻, 周利等. 用溶解氧作为 SBR 法反应过程和反应时间控制参数. *中国环境科学*, 1998, 18 (5): 415~418
- [3] 国家环境保护局.水和废水监测分析方法.北京: 中国环境科学出版社, 1989
- [4] 曾薇, 彭永臻, 王淑莹等. 以溶解氧浓度作为 SBR 法模糊控制参数. *中国给水排水*, 2000, 16 (4): 5~10
- [5] Yu Ruey-Fang, Liaw Shu-Liang, Chang Cheng-Nan et al. Applying Real-Time Control to Enhance the Performance of Nitrogen Removal in the Continuous-Flow SBR system. *Wat. Sci. Tech.*, 1998,38(3):271~280
- [6] John A. Pierson, et al. Real-Time Monitoring and Control of Sequencing Batch Reactors for Secondary Treatment of a Poultry Processing Wastewater. *Wat. Environ. Res.*, 2000,72(5): 585-592.