

堆肥氧气实时、在线自动监测系统的开发^{*}

郑玉琪 陈同斌 高 定 黄启飞

(中国科学院地理科学与资源研究所环境修复室,北京 100101)

摘要 氧气监测是目前国内外堆肥过程研究的难点之一。经过研究,率先开发出堆肥氧气实时、在线自动化监测系统。该系统由气体采集、氧气传感器、变送器、输送线路、采集储存4部分组成。系统可靠性检验结果证明:测量结果精确、稳定,反应灵敏,重复性好。

关键词 氧气 自动监测 在线监测 堆肥

1 引言

堆肥是处理有机废弃物并实现其资源化利用的一种有效手段。通过堆肥可以将城市污泥、畜禽粪便、城市生活垃圾等有机废弃物资源化、无害化、减量化。而高温堆肥分解比中温分解速度快,并且高温堆肥又可将虫卵、病原菌、寄生虫、孢子等杀灭,故有机废弃物资源化处理中一般多采用高温堆肥。

堆肥的温度、氧气含量、湿度、pH、C/N等是影响堆肥过程和质量的参数,但由于测量堆肥过程中氧气手段的限制,关于堆体中氧气含量的研究相对较少。

氧气是反应堆肥过程中微生物活动状况的最直接的参数,实时在线监测堆体中氧气的浓度,可以适时地根据堆体中氧气的变化调节通风充氧状况,及时供给微生物活动需要的氧气,避免厌氧环境的产生,对于堆肥初期堆体温度的顺利上升有重要的现实意义,同时,根据堆肥不同时期的耗氧速率变化情况,可以判断堆肥的腐熟状况。但是,以前的研究多是通过间接的方法来测量氧气,如把堆肥取回实验室做呼吸率试验,测量DO、BOD等,以此来反映堆体中微生物的呼吸耗氧和腐熟状况。由于这种测量方法改变了

原始的环境状况,不能准确、实时地反映介质中氧气含量的真实状况,同时也不能实现氧气的连续自动监测,因而不能满足连续监测和深入研究堆肥过程的需要。

本研究针对目前堆肥过程中氧气测量的技术难关,研制开发出堆肥专用氧气监测系统。通过该系统,研究发现堆肥升温期氧气的消耗速度非常快,通风后4 min堆体即处于厌氧状态,若不及时补充,将影响堆体的升温过程。而以往的测量手段不能做到如此实时反映堆体的氧气状况,因而限制了堆肥过程研究和控制工艺的改进。

2 设计思路

2.1 设计要求

要准确测量堆肥堆体中氧气的浓度,并为工业化生产提供工艺控制依据,氧气监测系统要满足以下要求:(1)测量准确度高;(2)响应快,平衡时间短;(3)系统稳定,数据漂移小;(4)测量结果重复性好;(5)连续自动化监测。对于堆肥过程的研究和自动控制而言,在满足前面4个要求的基础上,最重要的是要做到实时在线和自动监测。

2.2 测量原理

该监测系统包括气体采集系统、氧传感器、变送器、输送线路、采集储存系统,如图1所示。

^{*}“九五”国家重大科技攻关项目(96-909-01-05),科技部农业科技成果转化基金支持项目(02EFN216601217)

- 张兰英,韩静磊,安胜姬,冯育晖,张德安,赵常富.垃圾渗沥液中有机的污染物的污染及去除.中国环境科学,1998,18(12):184~188.
- 肖贤明,王新明,刘祖发,傅家谟.我国部分商品瓶装饮用水中挥发性有机物的研究.环境科学研究,2001,14(1):61~64.
- 王树虎,史向阳,马万云,陈颢延,刘秀昂.胶束电动毛细管色谱法测定海洋沉积物中的苯、甲苯和二甲苯.色谱,2000,18(1):77~79.

作者通讯处 辛梅华 362011 福建省泉州市华侨大学材料学院

2002-12-05 收稿

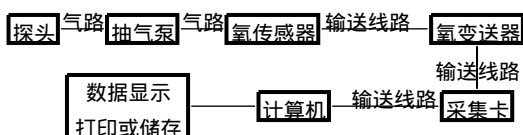


图1 氧气监测系统原理图

气体采集系统由探头、抽气泵和气路组成,气路总体积小于 2mL,完全可以保证系统的灵敏性。抽出气体流经氧气传感器,产生电信号经变送器产生氧气浓度的数字信号,实时通过输送线路至采集卡经计算机采集储存,同时可以在显示器上显示或储存打印。

3 系统可靠性的检验方法

在封闭容器内将高纯 N_2 和高纯 O_2 按不同比例混合,得到不同浓度的混合气体,使用氧气变送器测量混合气体的氧气浓度,重复配气 3 次,测量 3 次,然后与混合气体实际值比较来验证氧气变送器的精度、响应时间等参数。将监测系统放置空气中,测量空气中氧气的含量,检验系统测量精度、响应时间、平衡时间等参数。

采用北京市方庄污水处理厂城市污泥进行堆肥,供试污泥平均含水率 81%,挥发性有机物含量为 53.5%。填充料采用 CTB 调理剂。堆肥于 2002 年 8 月 8 日开始,8 月 19 日结束,共 11 d,堆肥方式为强制通风静态垛高温好氧堆肥。堆肥池的几何尺寸为:150 cm × 100 cm × 180 cm。堆体有效高度 150 cm,调理剂与城市污泥比例为 1:1。试验采用自行开发的温度反馈控制系统 (Compsoft V1.2) 进行自动控制。将系统置于堆体中,检验系统在堆体中的平衡时间;将系统的气体采集部分移出,放置于空气中,检验系统在空气中的平衡时间。

4 检验结果与讨论

4.1 系统的可靠性检验

用氧气变送器测量混合气体的氧气浓度,然后与混合气体实际值比较,从图 2 可知,该传感器 3 次测定结果的稳定性良好,且与混合气体真实值吻合良好。相关分析发现,3 次测量值与混合气体真实值之间的相关系数 $r(n=8)$ 在 0.01 水平上分别为 0.999、1.000、1.000,3 组测量值合并,测量值与真实值之间的相关系数 $r(n=24)$ 在 0.01 水平上为 1.000 0,变送器的测量精度和重现性良好。

堆肥是一个复杂的生物化学过程,堆肥过程中生成成分复杂的各种气体,包括 NH_3 、 H_2S 、水蒸气、硫醇类气体、硫醚类气体等,其中以前 3 种气体为主。为

了保证测量的精确性,将传感器放置于 NH_3 、 H_2S 、水蒸气等气体环境中,检测上述气体对它的干扰,证明以上气体对传感器没有明显的影响。多次试验的结果表明,该传感器响应时间小于 2 s,稳定性也良好。

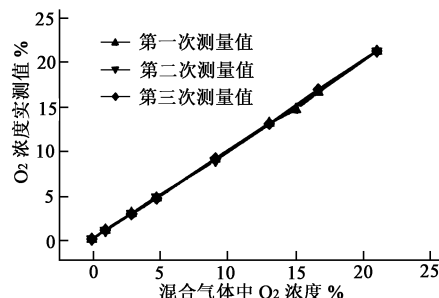


图2 氧变送器的稳定性测量结果

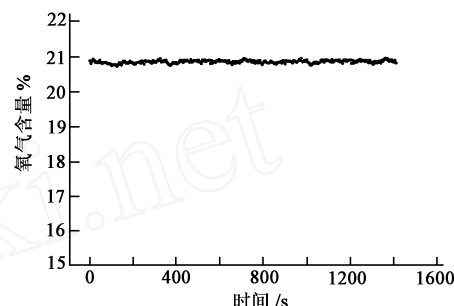


图3 氧气监测系统在空气中测量结果

为了检验该系统测定真实空气中 O_2 浓度的可靠性,将监测系统的采集部分放置于空气中,启动抽气泵和采集系统,测量空气中氧气含量的浓度。图 3 是该系统测量空气中氧气含量的结果,每 5 s 采集一个数据,共采集 25 min。从图 3 可以看出测量结果稳定、精确,对 300 组数据进行统计分析,标准方差为 0.04,测量精度高。

将系统应用于堆肥中检验其平衡时间和从堆肥中取出后的平衡时间。由图 4 可以看出,虽然堆体不同部位的氧气浓度不同,探头 1 处浓度最低,探头 3 处浓度最高,但是各个探头在堆体中平衡时间(达到平衡值的 95%)为 50 s。将探头拿出放置于空气中,虽然各个探头处氧气浓度的初始值不同,但是达到平衡时的值相同(空气中氧浓度),达到平衡的时间(达到平衡值的 95%)为 50 s(图 5)。多次试验证明该系统重复性好,测量稳定。

4.2 讨论

该监测系统可以有效地实时在线监测堆肥过程中的氧气浓度,具有以下优点:(1)有效减少人工劳动。以往研究使用的间接方法反映或测量氧气浓度,过程烦琐,需要大量实验工作,费时费力。(2)连续自

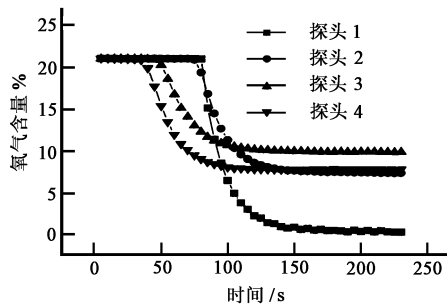


图4 氧气监测系统在堆体中的平衡时间

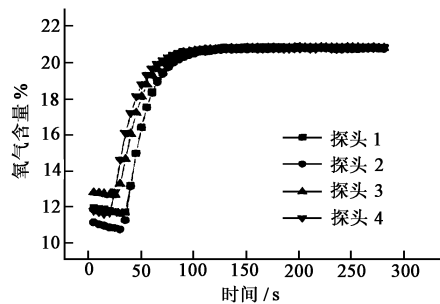


图5 氧气监测系统在空气中的平衡时间

动监测,直接反映堆体氧气浓度状况。该系统可以连续自动监测堆体中的氧气浓度状况,并自动记录。同时,该系统直接测量堆体中气体的氧气浓度,因此可直接反映其氧气状况。(3)操作简便,可以保证堆肥成功率。该系统自动监测堆体中的氧气浓度状况,操作简便。根据氧气的变化状况,可以实时调节通风量,保证各个堆肥时期的氧气供应,从而保证堆肥的成功率。(4)减少能耗。根据各个堆肥时期氧气的变化状况,可以在保证微生物用氧的条件下有效减少通风量,从而减少不必要的能耗。(5)提供堆肥研究新手段。在该系统监测下,可以有效地监测时间间隔为数s级别的短时期内的氧气变化状况,从而为堆肥研究提供新的手段。

通过该监测系统,还可以将氧气消耗速率与温度、种子发芽率、 NH_3 、 NO_3^- 等其他评判堆肥腐熟度的指标相比较,确定利用氧气消耗速率来判断堆肥腐熟度的指标,为堆肥腐熟度的监测提供快速准确的判断方法。研究堆肥过程中的氧气变化过程,将使微生物生命活动的研究更加深入,可以研究不同时期微生物的活动特点,为微生物提供有效氧气供应。进一步研究氧气供给与堆体温度变化的关系,可以根据不同时间的要求,在堆肥升温期保证氧气供给,培育并激发微生物分解活动,保证温度的快速上升,同时在保证氧气供给的前提下,减少通风,以减少热量的散失;在堆肥高温期,保证氧气供给的条件下,有效调节堆肥

的温度,保证嗜热微生物的生命活动,提高有机物的分解速率,从而为堆肥工艺的改进提供依据。

该系统还可以应用于土壤孔隙氧气浓度的测量、粮仓粮食、污染环境的生物修复(bioremediation)等领域,实时测量植物根系周围的氧气含量状况,为其生长提供科学依据。

5 结论

本研究开发出氧气实时、在线自动监测系统,由气体采集系统、氧传感器、变送器、输送线路、采集储存系统组成。试验检验结果表明其测量结果精确、稳定,反应灵敏,重复性好。在空气中对300组测量数据进行统计分析,标准方差为0.04,测量精度高,监测系统在堆肥中检验,其平衡时间50s,可以有效地实时地在线监测堆肥过程中的氧气浓度。

参考文献

- 周仲柏,柳文军.二氧化碳和氧气的快速电化学方法联合测定.分析化学,1997.25(6):635~639.
- Finsten M. S. Miller F. C. Strom P. F. Waste treatment composting as a controlled system. Biotechnology, 1986. 8(3):396~443.
- Finsten M. S. Miller F. C. Strom P. F. Monitoring and evaluating composting process performance. Journal of the Water Pollution Control Federation, 1986. 58(4):272~278.
- Haug R. T. The Practical Handbook of Compost Engineering. Florida: Lewis Publishers, Boca Raton, 1993. 360~380.
- Glueke C. G. Overview of Composting Research. Biocycle, 1984. 25(4):54~55.
- Iannotti, D. A. Gebus, M. E. Toth, B. L. Madden, L. V. Houtink, H. A. J. Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. J. Environ. Qual. 1994. 23:1177~1183.
- 陈同斌,黄启飞,高定,黄泽春,郑玉琪,李艳霞.城市污泥堆肥温度动态变化过程及层次效应.生态学报,2002.22(5):736~741.
- 高定,黄启飞,陈同斌.新型堆肥调理剂的吸水特性及应用.环境工程,2002.20(3):48~50.
- 王昌贵,李玉云.氧化锆传感器在汽车排放物控制上的应用.通风除尘,1995.1:41~44.
- 陈同斌,郑玉琪.一种测量疏松固体介质中氧气含量的装置.2001,发明专利申请号:CN01142018.9.
- 陈同斌,郑玉琪.一种连续自动测量疏松固体介质中氧气含量的装置.2001,发明专利申请号:CN02130473.4.
- Jeris J. S. Regan, R. W. Controlling environmental parameters for optimum composting. Com. post Sci, 1973. 14(2):8~15.

作者通讯处 陈同斌 100101 北京安外大屯路3号中国科学院地理科学与资源研究所环境修复室

电话 (010)64889684

E-mail zhengyq@igsnr.ac.cn

2002-12-23 收稿

eration system are the major items of MSWIWTE equipments ' domestic manufacture ,identified that large scale modernized MSWIWTE equipments ' domestic manufacture is reliable and feasible ,and possesses enormous economic benefits.

Keywords municipal solid waste ,incineration ,power generation ,equipment ,domestic manufacture and cost

DETERMINATION OF SIX ORGANIC POLLUTANTS SUCH AS CHLOROBENZENE ETC IN INDUSTRIAL WASTEWATER BY RP-HPLC *Xin Meihua et al* (53)

Abstract In this paper ,six organic pollutants such as chlorobenzene etc were simultaneously determined by RP-HPLC. The effects of composition of mobile phase ,column temperature and flow rate on the separation are studied. The optimal chromatographic separation condition was set up ,which was applied to the determination of organic pollutants in the industrial wastewater and the recovery rate is 97 % ~ 103 %.

Keywords industrial wastewater , organic pollutants , high-performance liquid chromatography

DEVELOPMENT OF REAL-TIME ON-LINE OXYGEN MONITORING SYSTEM FOR COMPOSTING *Zheng Yuqi et al* (55)

Abstract Oxygen monitoring is one of the most difficult problems in composting. An on-line real-time oxygen monitoring system was developed through lots of studies. The system is composed of four parts :air collection system ; oxygen transducer ; transporting line and data acquisition system. The results got by the system are precise ,stable ,sensitive and repeating.

Keywords oxygen , automatic monitoring , on-line monitoring and composting

DETERMINATION OF CYANIDE IN WASTE WATER WITH ION CHROMATOGRAPHY *Wang Xiquan et al* (58)

Abstract The cyanide was determined with ion chromatography in which the HPIC-AC6 column was used as the separation one and the mixed solution of 0.512 mol/L NaAc ,0.1 mol/L NaOH and 0.5 % (V/V) $(\text{CH}_3)_2(\text{NH}_2)_2$ was used as eluent. The linear relation between the concentration of cyanide and the chromatogram peak value was excellent (the linear related coefficient = 0.998) when the concentration of CN^- was in the range of 2.8 $\mu\text{g/L}$ to 1.5 mg/L. The interference of S^{2-} ($< 16 \text{ mg/L}$) , SCN^- ($< 1000 \text{ mg/L}$) and Cl^- was not found.

Keywords ion chromatography ,cyanide and determination

APPLICATION OF GSA TO PARAMETERS ESTIMATION FOR WATER QUALITY MODELS *Wang Wei et al* (60)

Abstract GSA is introduced in this paper based on the combination of genetic algorithms (GA) and simulated annealing algorithms (SA). The paper also applies GSA to estimating parameters for water quality models. Results show that GSA integrates the advantages of two algorithms , which can avoid premature in GA and has better optimizing capability and faster convergence rate. Thus the validity of GAS has been testified using different parameter estimation methods. As one of the modern optimization approaches ,GAS would have its extensive application prospects in the field of in environmental optimization.

Keywords GSA ,water quality model ,parameters estimation and convergence rate

RESEARCH ON THE APPLICATION OF SMOKE DISPERSION MODEL *Guo Zhenhua* (63)

Abstract The atmospheric pollutant dispersion models applied to engineering greatly differs from other dispersion models due to their unsteady flows. Only the relationship between the parameters and variables of the smoking dispersion model is handled correctly ,can the correct results of atmospheric environmental impact from pollutants dispersion be obtained. Based on the analyses of the relations between unsteady models , their parameters and variables ,the methods of using correctly the models are also proposed.

Keywords atmospheric dispersion models ,unsteady flow ,prediction and environmental impact assessment

ANALYSIS OF INFLUENCE OF EXHAUST GAS DISCHARGED BY MOTOR VEHICLE ON ATMOSPHERIC ENVIRONMENT *Wang Yae et al* (65)

Abstract Based on the full and accurate survey of the containment of motor vehicle ,traffic current of main artery ,the proportion of all kinds of vehicle type ,as well as the pollution status of stationary sources ,this article calculates the partition rate of exhaust gas discharged by motor vehicle.