

Carrousel 氧化沟内特性参数的分布

刘艳臣¹, 范 茏¹, 王志强¹, 陈大方², 施汉昌^{1*}, 罗 彬³, 王颖哲³ (1.清华大学环境科学与工程系, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084; 2.中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083; 3.安徽国祯环保节能科技股份有限公司, 安徽 合肥 230088)

摘要: 为提高 Carrousel 氧化沟的脱氮能力, 对长沙第二污水处理厂的 Carrousel 氧化沟工艺进行了现场测试, 研究了氧化沟中流速、溶解氧以及污泥浓度在不同曝气机开启条件下的分布变化特征, 并分析了其对同步硝化反硝化过程发生的环境条件的影响。结果表明, 流速、溶解氧以及污泥浓度的空间分布特征受曝气机的开启条件影响显著, 沟内溶解氧浓度随时间变化较大。开启 5 台曝气机时, 溶解氧和流速均偏高, 污泥混合更加均匀, 开启 3 台曝气机时中沟段存在流速过低区域($<0.15\text{m/s}$); 适当降低曝气机开启台数, 并根据系统条件变化动态调节, 可以实现氧化沟同步硝化反硝化过程创造较好的工艺条件。

关键词: Carrousel 氧化沟; 溶解氧; 流速; 污泥浓度; 同步硝化反硝化

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2007)06-0792-05

The distribution of key parameters in Carrousel oxidation ditch. LIU Yan-chen¹, FAN Long¹, WANG Zhi-qiang¹, CHEN Da-fang², SHI Han-chang^{1*}, LUO Bin³, WANG Ying-zhe³ (1.State Key Joint Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing, Beijing 100083, China; 3.Guozhen Environmental Protection Company, Hefei 230088, China). *China Environmental Science*, 2007,27(6): 792~796

Abstract: To enhance nitrogen removal, a systemic monitoring of the biological and hydrological parameters of Carrousel oxidation ditch in Changsha second wastewater treatment plant was carried out to study the feasibility of simultaneous nitrification and denitrification (SND). The variation and distribution of parameters such as flow velocity, the concentration of dissolved oxygen(DO) and mixed liquor suspended solids (MLSS) in oxidation ditch were measured and analysed, which were major control factors for SND. The dimensional distribution of flow velocity, DO and MLSS were affected markedly by the open condition of the fans, DO along the ditch changed obviously with time. DO and flow velocity were higher and the mixing of MLSS was sufficient when five fans were opened, while there was lower flow velocity ($<0.15\text{m/s}$) in middle ditch when three fans were opened. The feasible operation conditions for SND were lower dissolved oxygen concentration, lower flow velocity and higher concentration of MLSS.

Key words: Carrousel oxidation ditch; dissolved oxygen; velocity; MLSS; simultaneous nitrification and denitrification

氧化沟污水处理工艺自 20 世纪 50 年代由荷兰卫生工程研究所研制成功以来, 对其研究主要集中在增强氧化沟的处理能力、降低土建及运行成本及其曝气方式、运行方式等方面^[1-2]。对工艺运行内部环境控制条件的优化研究则相对较少, 如曹瑞钰等^[3]曾研究了改善氧化沟局部的流态特征的方法。对于已建或新建的氧化沟系统, 尚存在如何通过运行控制实现优化运行的问题。

氧化沟具有较好的同步硝化反硝化(SND)

过程的发生条件^[4-6], 一些学者对氧化沟内的 SND 过程进行了研究^[7-9]。如何通过控制氧化沟内微环境提高 SND 过程发生效率, 以及考虑进水影响的动态 SND 过程, 至今还没有相关研究。本研究以长沙第二污水处理厂氧化沟系统为例, 着重分析了 Carrousel 氧化沟运行特性, 包括流速、

收稿日期: 2007-03-09

基金项目: 国家“863”项目(2004AA601060)

* 责任作者, 教授, hanchang@mail.tsinghua.edu.cn

溶解氧及污泥浓度变化,研究利于 SND 等除氮过程发生的条件,分析如何实现增强氧化沟去除有机物能力的途径和方式。

1 材料与方法

1.1 Carrousel 氧化沟工艺

长沙市第二污水处理厂采用的是典型的四廊道 Carrousel 氧化沟工艺(图 1),长(x)90m,宽(y)7.4m,深(z)3.9m,有效容积约 1.2 万 m^3 .采用大功率倒伞形表面曝气机曝气.全厂分 2 个系列运行,日处理水量近 14 万 t,进水的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 以及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的日平均浓度分别为 272.3, 16.6, 6.0mg/L,开启 4 台曝气机时,出水的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 以及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的日平均浓度分别为 41.9, 14.4, 7.2mg/L,氧化沟的除氮效果并不理想。

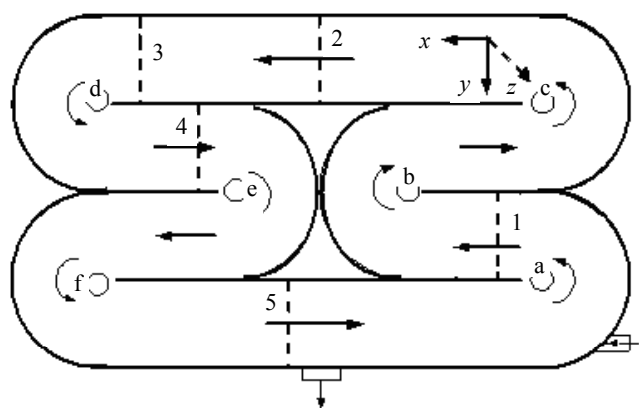


图 1 氧化沟结构及测试位置示意

Fig.1 Construct of oxidation ditch and test location

1~5 为测试位置编号, a~f 为曝气机编号

1.2 试验设计

适宜 SND 过程发生的环境条件,主要包括宏观环境上的交替好氧缺氧条件,絮体微环境好氧缺氧变化条件,以及完全的低溶解氧、低负荷环境条件.2005 年 12 月,对运行中的氧化沟进行了 1 周的测试试验,试验期间水温约 20°C .试验分别对氧化沟 5 个代表性断面位置(图 1)的流速、溶解氧和 MLSS 进行了现场测试,进水口后(截面 1),出水口前(截面 5),以及长沟、半沟的中间位置(截面 2、截面 4)和流入表面曝气机处(截面 3),且每个面均在深(z)0.5, 2.0, 3.2m 处及宽(y)1, 4, 6m 处取不同的 9 个点进行测试。

本研究分别对 2 种不同的工况控制条件进行测试,工况 1 为开启 3 台曝气机(开启编号 a、c、e),工况 2 为开启 5 台曝气机(f 因故障未开).流速采用 XZ-2 型通用智能流速仪计数器测定,溶解氧采用 YSI-58 型溶氧仪进行测定,MLSS 采用 SOLIPAXTMsc 污泥浓度仪测定,并运用人工监测结果对仪器监测结果进行校正。

2 结果与讨论

2.1 流速分布

流速变化对于氧化沟脱氮过程具有一定的影响,以推流效果以及水平流速作为控制总氮去除效果的控制变量^[10],流速除了影响污泥沉积外,还对氧化沟内的水力循环时间、好氧缺氧环境的停留时间比例、溶解氧、有机物、污泥浓度分布有着直接的影响.流速也可直接反映沟内的扰动程度,直接对污泥絮体的形状和大小产生影响,这些均是对氧化沟发生 SND 过程关键的影响因素.由图 2 可见,氧化沟内的流速受曝气条件以及空间位置变化的影响显著,开启 5 台曝气机时沟内的平均流速(0.5m/s)比开启 3 台曝气机平均流速(0.38m/s)高,宽度和深度方向的扰动也较大,大部分区域均处于高流速($>0.3\text{m/s}$).而开启 3 台曝气机也有接近 60% 的空间区域处于高流速($>0.3\text{m/s}$),其中只有中沟段截面 2 和截面 4 位置的局部区域流速 $<0.15\text{m/s}$,存在污泥沉积的可能性.每个截面流速随着深度有所下降,幅度不大且规律并不明显.氧化沟内流速越低越有利于 SND 脱氮^[10].2 种工况条件均存在较高流速区域,不仅浪费能量,还会导致沟内有机物以及溶解氧的浓度分布更加均匀,造成好氧缺氧交替变化周期变短,不利于 SND 过程发生.所以,应该在满足曝气需求的情况下,尽量降低曝气机开启的台数(低于 3 台)和频率,同时在沟中段位置配合水下推流器来防止局部区域的污泥沉积。

2.2 活性污泥浓度的分布

絮体颗粒尺寸是影响 SND 过程的一个重要因素.一般活性污泥粒径范围为 $20\sim 2000\mu\text{m}$ ^[11],污泥絮体粒径为 $50\sim 110\mu\text{m}$ 时即可发生高效的 SND 过程,而且以粒径在 $60\sim 80\mu\text{m}$ 以上为主^[12]。

在相同负荷条件下,污泥浓度高、扰动程度小更有利于形成较大的污泥絮体颗粒,利于 SND 过程发生.由图 3 可知,开启 5 台曝气机情况下,MLSS 在长度、宽度和深度上的变化均变小,整个沟内宏观混合程度较高,说明此时沟内的相对扰动较大,形成大粒径污泥絮体的比例会降低.而开启 3

台曝气机时,沟内污泥的混合度变差,但是扰动程度变小,更有利于大粒径絮体的形成,促进 SND 过程发生.针对不同的进水负荷,提高污泥浓度,尽量减少曝气机的开启台数,降低推流设备的运行功率,减弱沟内的扰动程度,更利于 SND 过程发生.

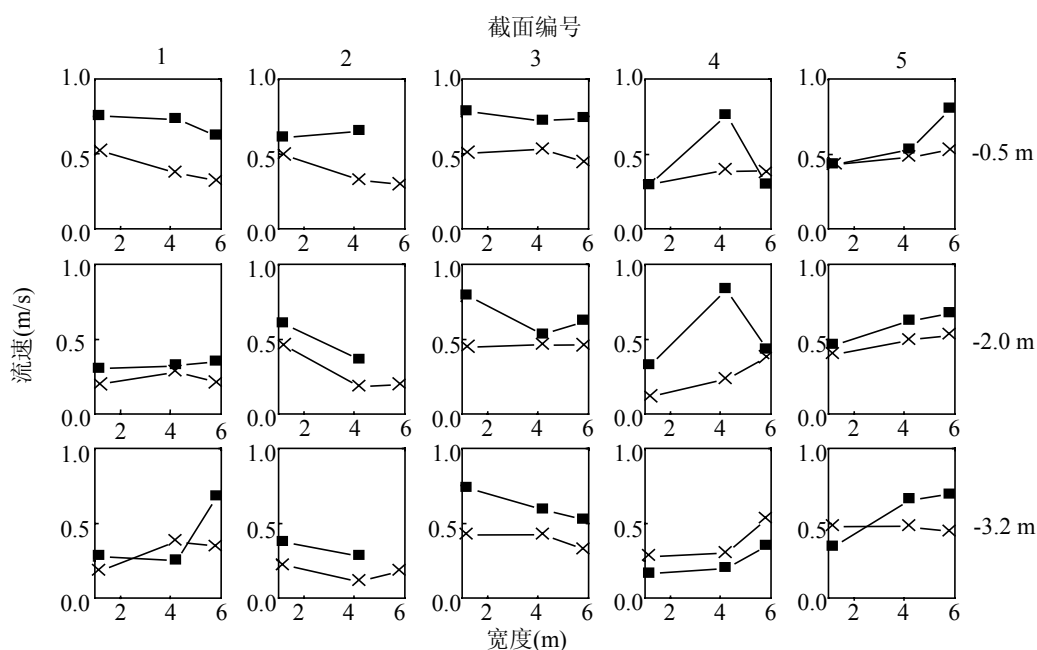


图 2 不同截面 2 种工况条件下流速变化

Fig.2 Velocity varies at different location

—x—3 个曝气机 —■—5 个曝气机

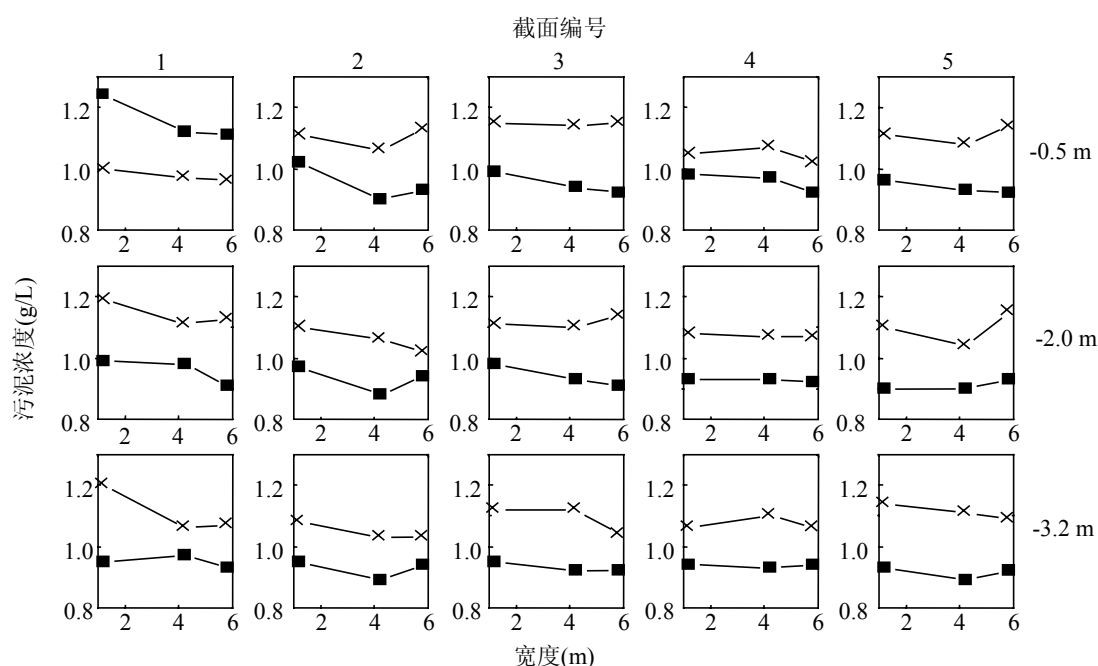


图 3 不同截面 2 种工况条件下活性污泥浓度变化

Fig.3 MLSS varies at different location

—x—3 个曝气机 —■—5 个曝气机

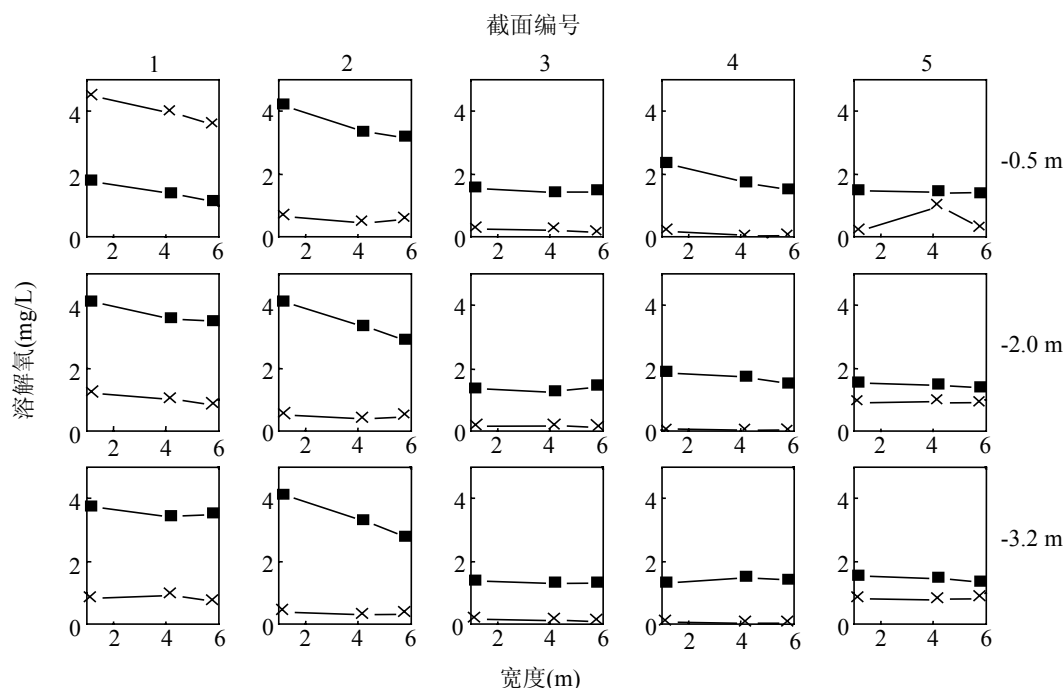


图4 不同截面2种工况条件下DO变化

Fig.4 Dissolved oxygen varies at different location

—x—3个曝气机 —■—5个曝气机

2.3 溶解氧浓度的分布

溶解氧是控制氧化沟内发生 SND 过程的最关键的控制条件,直接影响到好氧缺氧区的变化以及空间分配比例和时间变化频率,控制相对较低的溶解氧浓度($0.3\sim 1.0\text{mg/L}$)^[4-5,13],更有利于絮体内形成好氧与缺氧环境^[14],为同步硝化反硝化的发生创造条件.由图4可以看出,随着远离曝气机下游,溶解氧浓度逐渐降低,曝气机对上游的溶解氧浓度影响很小,溶解氧沿深度和宽度方向变化幅度不大.当开启5台曝气机时,整个沟内的平均溶解氧浓度为 2.3mg/L ,几乎完全处于好氧状态,变化梯度较小;而开启3台曝气机条件下出现较大好氧缺氧交替区域,产生近50%的缺氧区域,为 SND 过程的发生创造了很好的条件^[15].

图5为氧化沟2个不同位置1d内溶解氧浓度变化(开启4台曝气机),位置1位于截面2附近,位置2位于截面5附近.在1d的某些时段,溶解氧浓度偏高,氧化沟大部分环境均处于好氧状态,而在某些时段,溶解氧浓度又偏低,整个氧化沟内又处于完全的缺氧状态,这样使得氧化沟内不能形成稳定的交替缺氧好氧环境,这不利于 SND 过程持续稳定的发生.因此,需针对系统运行条件的变

化及时调整对应的曝气条件,在溶解氧偏低时段,增加曝气机开启台数(4~5),在溶解氧偏高的时段减少曝气机开启台数(2~3),形成稳定缺氧好氧交替变化环境,促进动态 SND 发生.

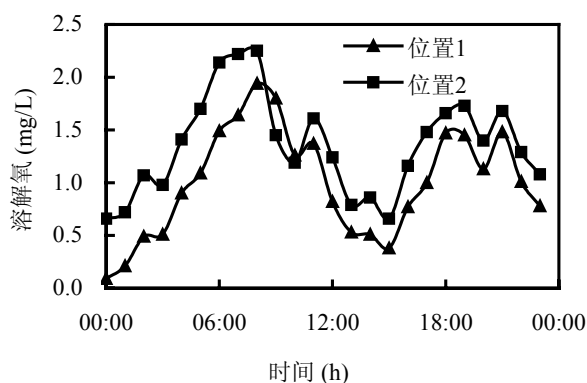


图5 溶解氧浓度随时间变化

Fig.5 Dissolved oxygen varies on time

3 结论

3.1 Carrousel 氧化沟内的流速、DO 以及 MLSS 的空间变化受曝气机开启条件的影响较大.适当降低曝气机开启台数(2~3),降低内循环速率,降低沟内的紊动程度,形成交替变换的好氧缺氧区域(缺氧区30%~50%),可形成更利于 SND

过程发生的宏观、微观环境,同时要增设必要的水下推进器防止局部污泥沉降。

3.2 Carrousel 氧化沟内每日不同时刻的 DO 随时间变化较大.需要根据系统运行条件的变化动态调节对应曝气机的开启数和功率,溶解氧偏低时段,增大曝气机的开启台数(4~5)和功率,溶解氧偏高时段,减少曝气机的开启台数(2~3)和功率,才可实现稳定的利于 SND 过程发生的空间环境。

参考文献:

- [1] 陈学群,俞爱媚,吕 斌. Carrousel 氧化沟技术演变规律的探究 [J]. 给水排水, 2002,28(2):19-21.
- [2] 刘家富,吕 斌,曹红涛. Carrousel2000 氧化沟的调试及运行 [J]. 中国给水排水, 2004,20(11):101-103.
- [3] 曹瑞钰,付见中. 改善氧化沟流速分布的措施 [J]. 中国给水排水, 2001,17(2):16-18.
- [4] 高廷耀,周增炎,朱晓君. 生物脱氮工艺中的同步硝化反硝化现象 [J]. 城市给排水, 1998,24(12):6-9.
- [5] 王 晋,孙晓娟,傅飞云. 同步硝化反硝化脱氮影响因素探讨[J]. 江苏工业学院学报,2003,15(3):24-26.
- [6] Klangduen Pochana, Jurg Keller. Study of factors affecting simultaneous nitrification and denitrification [J]. Wat. Sci. Tech., 1999,39(6):61-68.
- [7] O'Neill Mike, Horan Nigel J. Achieving simultaneous nitrification and denitrification of wastewater at reduced cost [J]. Wat. Sci. and Tech., 1996,32(9/10):303-312.
- [8] HAO Xiaodi, Hans J, Johan W. Conditions and mechanisms affecting simultaneous nitrification and denitrification in a pasveer oxidation ditch [J]. Bioresource Technology, 1997,59: 207-215.
- [9] GAO Shouyou, Peng Yongzhen, Dong Wenyi, *et al.* Pilot studies of factors influencing the simultaneous nitrification and denitrification in an oxidation ditch treating the domestic wastewater at low cost [A]. Future urban wastewater system-decentralisation and reuse IWA conference [C]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2005.18-20.
- [10] Abusam A, Keesman K J, Spanjers H, *et al.* Effect of oxidation ditch horizontal velocity on the nitrogen removal process [EB/OL]. <http://www.ewaonline.de>, 2007-02-10.
- [11] Holley K S. Simultaneous nitrification and denitrification in Activated sludge floc [D]. USA: University of Missouri-Rolla, 2003.
- [12] Andreadakis A D. Physical and chemical properties of activated sludge flocs [J]. Wat. Res., 1993,27(12):1707-1714.
- [13] 张小玲,李 斌,杨永哲,等. 低 DO 下的短程硝化及同步硝化反硝化 [J]. 中国给水排水, 2004,20(5):13-16.
- [14] Li B K, Bishop B L. Modeling of the microenvironment of activated sludge floc with experimental and theoretical methods [J]. J. of Environ. Eng. Sci., 2003,2(1):27-37.
- [15] Yoo Hyungseok, Ahn Kyu-Hong, Lee Hyung Jib. Nitrogen removal from synthetic wastewater by simultaneous nitrification and denitrification(SND) via nitrite in an intermittently-aerated reaction [J]. Wat. Res., 1999,33(1):145-154.

作者简介: 刘艳臣(1980-),男,黑龙江兰西县人,清华大学环境科学与工程系博士研究生,主要从事污水控制理论与技术研究.发表论文章 3 篇。

美国环境保护局列出可能的内分泌干扰剂名单

2007 年 6 月中旬,美国环境保护局(EPA)发布要筛选的可能内分泌干扰剂化合物名单.这个人们期待已久的本应在 1999 年完成的名单,包括已知的和被怀疑的内分泌干扰剂.几乎所有物质都是各种杀虫剂,这是因为可能的暴露和产量大.名单初稿包括 73 种物质,其中 69 种是杀虫剂,而另外 4 种是生产杀虫剂配方要用的物质.半数以上这类物质已知对内分泌系统有影响,或者已被证明有抗雄激素或雌激素活性。

一名长期从事内分泌干扰剂研究的研究人员 Theo Colborn 称这份名单是公正的,说 EPA 没有偏向于企业利益.但许多人仍然对 EPA 挑选化合物的过程和建立测试文件方面的有些做法表示失望。

自然资源保护委员会(NRDC)的专家 Sarah Janssen 说,有些化合物明显是内分泌干扰剂,EPA 却还要花力气和资金对他们进行测试,EPA 现在应该马上对其他化合物进行测试.饮用水中的有些污染物如壬酚等已知有广泛的人群暴露和对野生生物产生影响,还没有列入名单.但要列出第 2 批待选的化合物并进行严格的测试谈何容易。