



一种新的活性污泥法水处理工艺 ——百乐卡(Biolak) 工艺在深圳市成功应用

金隆旭¹, 陈 红²

(1. 中冶长沙冶金设计研究院, 湖南 长沙 410007; 2. 中冶长天国际工程有限责任公司, 湖南 长沙 410007)

摘 要: 介绍了百乐卡工艺在深圳市龙田污水处理厂的成功应用和百乐卡的工艺原理和特点。龙田污水厂现在的日处理能力为 3 万 m³, 处理后水质达到《污水综合排放标准》(GB8978- 1996) 中规定的一级排放标准。

关键词: 百乐卡 (Biolak) 工艺; 混合污水; 低活性污泥

中图分类号: X 703

文献标识码: A

A new kind of activated sludge process for water treatment ——The successful application of Biolak process in Shenzhen City

Jin Longxu, Chen Hong

Abstract : The application of Biolack process in Longtian sewerage treatment plant of Shengzhen city and its process principles and characteristics were introduced in this paper. The Longtian sewerage plant has now a treatment capacity of 30, 000 m³, after the treatment, the water quality reached level 1 emission standard specified in the 《comprehensive discharge standard of sewerage 》(GB8978- 1996) .

Key words : Biolak process; combined sewerage; low activated sludge

1 前 言

随着社会的发展, 工业的发达, 人口的不断增长, 废水的产生便不可避免成为当今环境方面的一个重要的问题。百乐卡工艺就是一种新的处理污水技术。这项技术已于 2001 年在深圳市成功应用。百乐卡技术是建立在活性污泥法技术上的一整套水处理工艺, 传统的活性污泥法, 污泥负荷量高, 容积小, 电耗省, 但不具备脱氮除磷功能, 仅满足 BOD₅、COD_{cr}、SS 三项出水指标, 而且污泥产生量较大。而百乐

卡工艺除磷除氮的效果很好, 能达到《污水综合排放标准》(GB8978- 1996) 中规定的污水处理厂一级排放标准。百乐卡技术是在国外中小城镇污水处理技术的基础上发展起来的新技术, 其本身所具备的优点, 尤其适合中国中小城镇污水处理。深圳市龙田污水处理厂由中冶集团长沙冶金设计研究总院深圳分院设计, 采用了德国冯·诺顿西公司提供的百乐卡 (BIO-LAK) 工艺技术。主要处理 城镇生活污水和工业废水, 处理量一期为 3 万 t/d, 二期为 3 万 t/d, 合计 6 万 t/d。

2 处理规模与要求

2.1 水量

该污水处理厂一期的处理能力确定为: 日处理能力: 3.0×10^4 m³/d; 设计平均流量:

收稿日期: 2005- 01- 05

作者简介: 金隆旭 (1938-), 男, 湖南祁阳人, 中冶集团长沙冶金设计研究院高级工程师, 大学本科, 长期从事环境工程设计与研究工作。



1 250 m³/h; 设计最大流量: 1 875 m³/h; 变化系数: $k_p = 1.5$ 。

2.2 水质

根据对龙田水水质的实际监测及对未来水质变化的综合预测, 确定污水厂的进水水质为: COD_{cr} 150~ 180 mg/L; BOD₅ 70~ 80 mg/L; SS 220~ 200 mg/L; TP 2.0~ 4.0 mg/L; NH₃-N 15~ 18 mg/L。

2.3 设计出水标准

根据《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 中规定的污水处理厂一级排放标准, 确定本厂污水处理出水标准为: COD_{cr} ≤ 60 mg/L; BOD₅ ≤ 20 mg/L; SS ≤ 20 mg/L; PO₄-P ≤ 0.5 mg/L; NH₃-N ≤ 15 mg/L。

2.4 污染物去除率

各种污染物应达到的去除率为: COD_{cr} ≥ 67%; BOD₅ ≥ 75%; SS ≥ 91%; PO₄-P ≥ 87%; NH₃-N ≥ 17%。

这里尚需说明, 本污水处理工程对磷酸盐的去除率要求较高, 根据生物处理方法及本污水处理厂污水中的碳源值, 磷酸盐的去除率可达到 30%, 其余的磷酸盐则在后曝气池中通过加药进行去除, 直至出水中磷酸盐含量达到排放标准。

3 污水处理工艺选择

当前国内流行的污水处理工艺有传统的活性污泥法、氧化沟法、SBR 法, 以及新引进的百乐卡 (Biolak) 法等, 这些工艺都是从活性污泥法派生出来的悬浮生物处理法。现简要分述如下:

(1) 传统的活性污泥法: 传统的普通曝气法是出现最早的工艺, 至今仍有强大生命力, 因为处理效果好, 污泥负荷高, 池容积小, 电耗省, 但普通曝气法不具备脱氮除磷功能, 仅能满足 BOD₅、COD_{cr}、SS 三项出水指标。

(2) 氧化沟法: 氧化沟实际上是活性污泥法的一种变形, 废水和活性污泥的混合液在环状的曝气渠道中不断的循环流动, 又有人称其

为“循环曝气池”。

原始氧化沟属延时曝气, 不设初次沉淀池, 污水达到硝化阶段, 污泥相应得到好氧处理, 量少且熟化了, 氧化沟用转刷表面曝气, 管理简单。原始氧化沟是间歇运转, 60 年代发展为连续运转, 增设二次沉淀池的工艺, 将曝气和沉淀分开, 继而出现多种工艺。近代又增加了 DE 式、DT 式, 增加了前置厌氧区和后置沉淀池、回流系统, 具备了脱氮除磷功能, 电耗较大, 日常运转费用偏高。

(3) SBR 法 (序批式): 一般由一组四池组成轮换进水、曝气、沉淀、撇水、静置, 本工艺原本是原始处理方法, 在现代技术中, 可理解为厌氧 (除磷)、好氧 (去除 BOD₅ 及硝化)、缺氧 (脱氮)、沉淀 (去除 SS) 集于一座池子中, 沉淀的污泥保留在池子中而省去污泥抽升回流工序。该方法使用于水量、水质排放均匀的工业废水可省去调节池, 节省投资。但对大型污水处理厂没有优越性。

(4) Biolak 法: 百乐卡工艺是一种具有除磷脱氮功能的多级活性污泥污水处理系统。它是由最初采用天然土池作反应池而发展起来的污水处理系统。自 1972 年以来, 经多年研究形成了采用土池结构、利用浮在水面的移动式曝气链、底部挂有微孔曝气头的一种具有一定特色的活性污泥处理系统。由于采用土池而大大减少了建设投资, 采用曝气链曝气系统进一步强化了氧的转移效率, 并减少运行费用, 大大提高了处理效果。工艺设计简捷, 不需复杂的管理, 在适宜的条件下具有较大的经济效益。Biolak 污水处理系统是一种有生命力、经济有效的污水处理技术, 能代替延时曝气或普通曝气工艺。我国国家经贸委和国家税务总局于 2000 年发布《当前国家鼓励发展的环保产业设备 (产品) 目录》(第一批) 中, 列入“悬挂链脉冲波式曝气装置”, 就是 Biolak 工艺中的核心设备。其对中小城镇的中小污水处理厂具有较好的适应性。

综上所述, 现将类似的几种活性污泥法的工艺参数和特点比较如表 1。

表 1 近似工艺的几种活性污泥法工艺参数和特点比较

工艺类型	污泥龄/d	污泥负荷 / (kgBOD ₅ •kgMLVSS ⁻¹)	容积负荷 / (kgBOD ₅ •m ⁻³ •d ⁻¹)	MLSS / (mg•L ⁻¹)	水力停留 时间/h	回流比	BOD 去除 率/%	主要工艺特点
传统活性 污泥法	5~ 15	0.20~ 0.40	0.3~ 0.8	1 500~ 3 000	4~ 8	0.25~ 0.75	85~ 95	用于低浓度生活污水, 易受 冲击负荷的影响
氧化沟法	10~ 30	0.05~ 0.30	0.1~ 0.2	3 000~ 6 000	8~ 36	0.75~ 1.5	75~ 95	适用于小城镇, 需有大片可 用土地的地方, 供氧灵活
SBR 法	—	0.05~ 0.30	0.1~ 0.24	1 500~ 5 000	12~ 50	—	85~ 95	适用于小城镇, 可用土地较 小的地方, 工艺灵活, 能脱氮除磷
Biolak 法	20~ 30 或更长	0.05~ 0.20	0.1~ 0.25	4 000~ 6 000	12~ 48	—	87~ 98	适用于小城镇, 可用土地较 小且地形条件差能做土池 结构的地方, 工艺曝气更 灵活, 曝气头效率高寿命 长, 能脱氮除磷维修更方 便, 投资省运行费低

经以上技术经济初步比较分析后可知, 百乐卡 (Biolak) 工艺具有其突出的特点和较好的适应性, 故本污水处理厂确定采用之。

4 百乐卡 (Biolak) 工艺的原理

众所周知, 活性污泥法是通过微生物的代谢反应和活性污泥的物理化学作用去除污水中的 BOD、N、P 的, 还可以使污泥稳定化。活性污泥系统主要由曝气池、二次沉淀池及污泥回流设备组成。而百乐卡系统则主要利用了大量的微生物即活性污泥来净化污水。

百乐卡 (Biolak) 工艺是借助六项研究成果, 经过完善形成的一种新的活性污泥法的水处理工艺。它由初期供几百人口使用的小型处理系统发展到今天 90 万以上人口使用的大型处理系统。到目前为止, 已有 350 多套百乐卡系统在世界各地运行。它的工艺特点如下: 具有除磷脱氮的功能; 采用土池结构作反应池; 采用曝气链曝气系统; 工艺设计简捷; 不需复杂的管理; 在适宜的条件下具有较大的经济和社会效益。

一位哲学家曾经说过: 所有的技术都是由简单到复杂, 再由复杂到简单, 百乐卡技术正是这样一种由复杂到简单的工艺, 但这种高效、简单的工艺, 是在传统活性污泥法的基础上, 集合了大量研究工作的先进成果, 并在数百例工程实践中不断地完善改进提出的, 它是一种较为成熟的工艺。

5 龙田污水处理厂工艺流程

来自坑梓镇的污水汇入田坑水河流, 在河道上设置截流闸, 污水经截流闸截留后, 流入污水处理厂集水池。养猪场的污水用潜污泵输送至集水池; 这时, 污水在厂内首先经过粗格栅去除大的漂浮物, 然后自流入集水池。经集水池的立式潜污泵提升至格栅间的组合式旋转细格栅, 组合式旋转细格栅可把杂物及砂粒从废水中分离出来, 并浓缩处理; 污水经过格栅去除泥砂及漂浮物后, 出水先进入厌氧池, 由推进器将进水和厌氧污泥混合进行厌氧处理, 然后自流入 Biolak 综合反应池进行生化处理; 污水在 Biolak 综合反应池, 首先经过厌氧酸化水解, 然后利用悬链式曝气器曝气充氧进行好氧处理。好氧过程产生的混合液自流入沉淀池, 沉淀池产生的上清液自流入后曝气池再进行曝气充氧稳定, 然后再通过后稳定池, 最后自流进入消毒水池, 消毒后排放, 进入龙岗河上游的田坑水中。沉淀池产生的污泥经吸机吸出后, 返回到厌氧池和曝气池; Biolok 综合反应池产生的剩余污泥由污泥泵抽至浓缩池浓缩。浓缩后污泥经 NCF 与 PAC 复配混凝后再由螺杆泵送入带式压滤机脱水, 脱水后污泥外运。污泥浓缩池产生的上清液与带式压滤机产生的滤出液及反冲洗水自流入集水池进行二次处理; Biolak 综合反应池好氧反应所需氧气由鼓风机供给, 厌氧生物过程的泥水混合依靠设



于池底的潜水搅拌机完成；净化水可采用 ClO_2 进行消毒处理。 ClO_2 发生器产生的消毒剂以生产上的用水吸收，然后再送到消毒水池与净化水充分混合。 ClO_2 消毒剂依靠化学方法生成，其原料为氯酸钠和盐酸；预处理设施（格栅间）产生的机械杂物（栅渣与泥砂）由清渣车外运填埋处置；产生的剩余污泥经化验后确定外运用作农肥或填埋。工艺流程详见图 1。

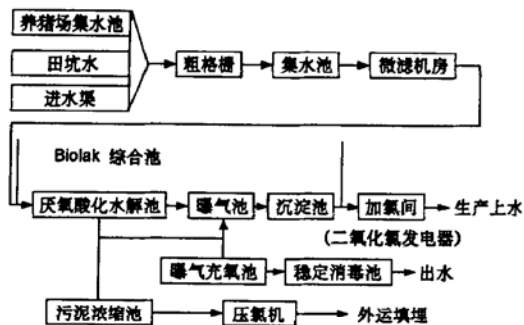


图 1 工艺流程

6 百乐卡 (Biolak) 工艺特点

经过 3 a 多的运行实践证明，百乐卡 (Biolak) 工艺有以下几方面的突出特点：实现了高技术、低投资、低运行费用的有机结合，在自动化程度、管理维护方面同样具有独特的优越性。Biolak 系统优越性主要表现在下面几个方面：

6.1 采用较低负荷活性污泥工艺

这种工艺与一般负荷的活性污泥法比较。它有以下几个优点：

(1) 由于微生物把污染物作为养料来吸收，废水中的污染物被相对极大量的微生物吸收（分解）殆尽，所以出水比较干净。就一般的污水处理厂（污泥负荷高的工艺）而言，微生物仅分解最有营养的有机物，而 Biolak 工艺中，微生物还会对较难分解的有机物进行降解。因此相对来讲，其净化效率较高。

(2) 百乐卡工艺污泥回流量大，污泥浓度较高，生物量大，相对曝气时间较长，污泥龄也较长，所以污泥负荷较低。活性污泥参与反应充分，大量消耗污泥，从而减少了剩余污泥量；所含的有机物已被很好地分解、矿化，污

泥稳定无臭味；龙田污水厂 BOD_5 污泥负荷率为 $0.05 \text{ kgBOD/kgMLSS} \cdot \text{d}$ ，污泥浓度为 4000 mg/L ，污泥龄为 29 d ，所以剩余污泥量很少。

(3) 设计水力停留时间长，反应时间充分保证，过程稳定，抗负荷能力强，容易实现自动控制；所以工艺设计简洁、高效，不需要复杂的管理系统。

6.2 具有效率高、维护方便的曝气系统

Biolak 工艺的曝气系统是全新概念的悬挂链脉动波式曝气装置，一改传统曝气系统的固定模式。百乐卡曝气系统的曝气头悬挂在浮链上，停留在水深 $4 \sim 5 \text{ m}$ 处。气泡在其表面逸出时，直径约为 50 mm 。如此微小的气泡意味着氧气传送率效率的提高；同时因为气泡向上的运动的过程中，不断受到水流流动，浮链摆动等扰动，因此气泡并不是垂直向上运动，而是斜向运动，延长了在水中的停留时间。这也是提高氧气传送率的另一因素。实践表明，百乐卡悬挂链的氧气传送率远远高于一般的曝气工艺，以及固定在底部的微孔工艺。

百乐卡曝气头悬挂在浮动链上，浮动链被松弛地固定在曝气池两侧，每条浮链可在池中一定区域蛇形运动。曝气链的运动过程中，自身的自然摆动就可以达到很好的混合效果，节省了混合所需的能耗。采用百乐卡牌气池中混合作用所需的耗能仅为 1.5 W/m^3 ，而一般的传统曝气法中混合作用的耗能为 $10 \sim 15 \text{ W/m}^3$ ，这无疑是非常有价值的改进。由于百乐卡曝气头 (Biolak-FluoX) 特殊结构，即使在很复杂的环境里曝气头也不至于堵塞。这意味着曝气装置可运行几年不维修，所需维护费用很少。现在运行的百乐卡废水处理厂多年的实践证明了一点。曝气系统与配套的高效鼓风机保证了较高的氧气传送率，在废水环境中为 $2.5 \text{ kgO}_2/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，而传统的污水处理厂该值为 $1 \text{ kgO}_2/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。鼓风机就设在池边，减少了鼓风机房和空气输送管道的费用。

6.3 曝气池采用土池结构，节省占地面积，对地形的适应性强

根据国家环保局 1992 年《工业废水处理设



施的调查与研究》，我国工业废水处理设施资金的 54% 用于土建，而只有 36% 用于设备，造成这种投资分配格局的主要原因是使用价格昂贵的混凝土池。而龙田污水厂土建工程造价 500 万元，仅占总投资的 20%。大的混凝土池不仅价格昂贵，而且施工难度较大。尽管如此，对于许多种曝气工艺来讲仍然采用混凝土池，都不考虑采用土池结构，其主要原因是土池会造成地下水的污染，同时也由于在土池基础上安装曝气头颇为困难。为了减少企业的投资压力，百乐卡技术在研究土池结构的曝气池上做了大量工作，首先是使用 HDPE 防渗层隔绝污水对地下水潜在的污染，其次是采用悬挂在浮管上的微孔曝气头避免了在池底池壁穿孔安装，同时便于维修。这种铺设 HDPE 防渗层的土池不仅易于开挖、投资低廉，而且能满足污水处理池的功能要求，还能因地制宜，极好的适应现场的地形。在某些特别的地质条件下，如地震多发的地区，土质疏松地区，其优点得到更充分的体现。铺设 HDPE 防渗层的土池使用寿命可高达 50 a，明显超过混凝土池的使用寿命。这也是它的主要优点之一。

尽管百乐卡系统需要的曝气池体积比所谓密集型的大，但所需的总面积并不大，有时甚至更小，这主要有以下原因：①不需初沉池；②不需复杂的污泥处理构筑物；③沉淀池可以和曝气池合建；④池的设计和布置自由度大，对地形的适应性强。

6.4 简单而有效的污泥处置

百乐卡工艺的另一特点是大量的回流污泥，其剩余污泥比传统工艺少许多。在恒定的负荷条件下，百乐卡工艺的污泥在曝气池中的停留时间是传统工艺的几倍。由于污泥池中的污泥是完全稳定的，它不会再腐烂，即使长期存放也不会产生气味，经简单浓缩后，可直接利用污泥脱水设备脱水后外运而用于农业。这就是它同传统工艺相比更容易处理的原因。

6.5 维修简便

传统曝气器损坏后，需停气并放空水池维修，很费时费力，而且要重新培养污泥，Biolak

系统则不存在这种情况，可在不停气放水的情况下，直接将曝气器提出水面维修，方便省事，因其没有水下固定部件。这意味着维修时不用排干池中的水，降低维修时的工作量。Biolak 的曝气管是由很小的纤维（约 0.03 mm）做成，并用聚合物充填，以达到防水和放脏物的目的。同时，曝气头有大约 80% 的自由空隙和 20% 的表面。和传统曝气头刚好相反，因为这些原因，微生物可生长的面积很小，也很容易去除。当曝气头必须维修时，可以从池中取出，而不影响整个污水处理场的运行。该工艺的移动部件和易老化部件很少。在选择设备和材料时，都已使用了可靠耐用的材料。该工艺无需太多的自动化。它既不需要任何易损的探测器，也不需要任何复杂的控制系统，当然，也就不需要操作这些控制系统所需要专门的技术和昂贵的配件。

6.6 在二次曝气和二沉池的布置上亦具特色

为了保证负荷变化时用水质量，百乐卡工艺利用一个相对独立的池来进行二次曝气，以保证出水清洁，保证水中有足够的溶解氧；曝气池中产生的污泥在二沉池中被分离，并重新回到曝气池参与污水净化。有的百乐卡工艺的二沉池和曝气池合并到一起，进一步节省了土建费用和占地面积。二沉池沉淀污泥由漂浮式刮泥机、吸泥机排入污泥槽回流。

7 结 语

百乐卡污水处理系统是一种高效的生化处理系统。龙田污水处理采用 Biolak 工艺对污水进行处理，这在深圳市是独一无二的。实践证明，利用该工艺处理污水不仅可以使污水比一般污水处理厂具有更好的净化效果，更重要的是降低了投资成本。因此，无论从哪个角度来讲，都是值得推广的一项污水处理工艺。

参考文献：

- [1] 高俊发,等. 污水处理厂工艺设计手册(第一版)[M]. 北京: 化学工业出版社环境科学与工程出版中心, 2003. 39- 72