

环境微生物技术在处理医院污水中的应用

李志江^{1,2}, 张 芳¹, 李姜维¹, 郑天凌^{1,2*}

(1. 厦门大学生命科学学院, 2. 近海海洋环境科学国家重点实验室(厦门大学), 福建 厦门 361005)

摘要: 我国每年产生大量医院污水, 其中包含病原体等多种污染物, 是危害人类健康的重要隐患. 目前对医院污水的处理主要包括污水的预处理、生物处理和消毒三部分. 通过采用活性污泥法、生物接触氧化法、膜生物反应器、曝气生物滤池法等环境微生物技术对污水进行处理, 从而有效去除水中的有机物, 破坏病原微生物赖以生存的物质基础和保障消毒效果. 不同的处理工艺各有优缺点, 适合于不同规模的医院.

关键词: 医院污水; 活性污泥法; 生物接触氧化法; 膜生物反应器; 曝气生物滤池

中图分类号: X 172

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2008)S2-0268-06

我国是一个人口大国, 也是一个医疗废物产生的大国, 每年医疗废物产生总量不断递增. 据保守估计, 2002 年全年产生 65 万吨固体医疗废物, 预计到 2010 年可达 68 万吨^[1]. 实际上, 医院污水的量远高于此, 国家环保总局 2003 年对全国 28 个省(区、市) 50 床以上的医院调查表明, 全年污水排放总量约 3 亿 m³, 远高于固体医疗废物, 但是按现行标准污水排放达标率只有 72%, 仅有 58% 的医院有污水处理设施^[2]. 各大城市由于医院较多, 医院污水的人均排放量通常远高于全国的平均值^[3-4]. 近年来国家对医疗废物的管理日趋规范, 但仍大量存在医院污水处理不当的问题, 使之成为危害人类健康的一个重要隐患.

1 医院污水的危害

医院是各种病人集中的地方, 而传染病院和综合性医院的传染病房, 更是各种传染病汇集的场所. 伤寒、痢疾、传染性肝炎、肺结核等的病原体均随患者的排泄物进入污水中. 此外, 带有各种病原体的杂物也到处皆是, 这些病原体也往往经洗刷后进入医院污水中. 因此, 医院污水中可检出一般生活污水中的微生物, 如大肠菌群数约为 10 000 ~ 100 000 个 /mL, 粪链球菌数约 1 000 ~ 10 000 个 /mL, 产气荚膜梭菌约 100 ~ 1 000 个 /mL. 这些细菌的数目随用水量的大小及季节性的变化有较大的波动^[5].

除一般微生物外, 未经处理的医院污水中还常可

检出沙门氏菌、志贺氏菌、结核杆菌、脊髓灰质炎病毒、考克塞基病毒、腺病毒等. 北京地区某些单位调查表明, 各类医院(包括传染病医院、综合性医院和专科医院)未处理的污水中均可检出福氏、宋内氏、鲍氏、痢疾杆菌和沙门氏菌(包括伤寒杆菌和乙型副伤寒杆菌等). 在 3 个医院污水总排口取样 58 份, 检出致病菌 28 份, 阳性率达 48%. 国外资料报道, 未经处理的结核医院污水中结核杆菌数在 1 000 ~ 10 000 个 /L. 武汉市卫生防疫站曾在武汉市各结核病医院的污水中检出结核杆菌, 其阳性率高达 100%^[5]. 宁波市传染病医院每天排放的生活污水和粪便内含有大量的各种病菌、病毒、芽孢菌、结核菌及微生物、寄生虫卵等, 细菌总数在 80 万个 /mL, 大肠菌数多于 23 800 个 /mL^[6]. 南京 60 家医院处理前污水中有 9 家检出沙门氏菌, 检出率达 15%^[7]. Giuliani 等人对 800 份医院污水样品的检测发现, 13% 的样品表现出遗传毒性^[8]. Jakobsen 等人对医院污水的检测中发现了大量具有抗生素抗性的细菌^[9].

医院污水由于携带病菌的数量巨大、种类繁多, 具有空间传染、急性传染、交叉传染和潜伏传染等特征, 危害性很大. 因医院污水处理不当造成的重大事故不胜枚举.

中国吉林市江北地区曾因水源污染, 引起伤寒流行, 400 多人发病, 5 人死亡. 中国抚顺市结核病院曾因污水污染水源, 使附近居民中 300 多人患结核病. 1989 年, 震惊中外的上海甲肝事件就是由于医院污水污染毛蚶引起. 在国外, 包括一些发达国家, 也有这样的案例. 1955 年印度某城市因水源遭病菌污染, 68% 的人口受到甲型黄疸性肝炎感染. 1997 年, 美国华盛顿州因医院污水泄露, 致使结核杆菌扩散, 造成 3 人被感染^[10-11].

收稿日期: 2008-10-15

基金项目: 国家基础科学人才培养基金项目(J0630640), 福建省自然科学基金项目(2005YZ1023), 厦门市科技计划项目(3502Z20073009)资助

*通讯作者: microzh@xmu.edu.cn

据联合国统计,全世界每年有 520 万人死于医疗废物造成的污染,其中 400 万人是儿童^[12]。

2 医院污水的性质及处理技术

2.1 医院污水的产生及特点

医院污水来源及成分复杂,含有病原性微生物、有毒有害的物理化学污染物和放射性污染等,具有空间污染、急性传染和潜伏性传染等特征,不经有效处理会成为一条疫病扩散的重要途径。

医院产生污水的主要部门和设施有:诊疗室、化验室、病房、洗衣房、X 光照相洗印、动物房、同位素治疗诊断、手术室等排水;医院行政管理和医务人员排放的生活污水,食堂、单身宿舍、家属宿舍排水。不同部门科室产生的污水成分和水量各不相同,如重金属废水、含油废水、洗印废水、放射性废水等。而且不同性质医院产生的污水也有很大不同。医院污水较一般生活污水排放情况复杂。

医院污水具有以下特点:医院污水受到粪便、传染性细菌和病毒等病原性微生物污染,具有传染性,可以诱发疾病或造成伤害;医院污水中含有酸、碱、悬浮固体、高 BOD、COD 和动植物油等有毒、有害物质;牙科治疗、洗印和化验等过程产生污水含有重金属、消毒剂、有机溶剂等,部分具有致癌、致畸或致突变性,危害人体健康并对环境有长远影响;同位素治疗和诊断产生放射性污水。放射性同位素在衰变过程中产生 α 、 β 和 γ 放射性,在人体内积累而危害人体健康^[13]。

2.2 医院污水的无害化处理

鉴于医院污水的上述特点,其处理应包括以下内容:除去医院污水中的有机物,使病原微生物失去赖以生存的物质基础;杀灭病原微生物;除去各种化学污染物。

医院污水处理主要包括污水的预处理、物化或生化处理和消毒三部分。为防止病原微生物的二次污染,对污水处理过程中产生的污泥和废气也要进行处理。

医院污水进行预处理的主要目的是去除污水中的固体污物,调节水质水量和合理消纳粪便,利于后续处理。常用设备有化粪池、沼气净化池、预消毒池、格栅、调节池等。

医院污水采用生物处理,一方面是降低水中的污染物浓度,达到排放标准;另一方面可保障消毒效果。根据 2003 年国家环境保护总局颁布的《医院污水处理技术指南》,生物处理根据处理强度的不同可分为加强处理效果的一级处理、二级处理和简易生化处理,采用的工艺主要有活性污泥法、生物接触氧化法、膜生物反应器、曝气生物滤池和简易生化处理等,是环境微生物

物技术在处理医院污水方面的具体应用。

医院污水消毒是医院污水处理的重要工艺过程,其目的是杀灭污水中的各种致病菌。医院污水消毒常用的消毒工艺有氯消毒(如氯气、二氧化氯、次氯酸钠)、氧化剂消毒(如臭氧、过氧乙酸)、辐射消毒(如紫外线、射线)。

上述方法中物理和化学的方法杀菌效果良好,但不能有效去除医院污水中的有机物或去除率很低,因此之前需要经过生物处理,以有效降低 COD 和 BOD。据调查,南京市的 18 家三级医院中,污水处理设施连续 3 天以上在稳定、正常地工作,采样测定结果是, COD 及 BOD₅ 超标率仍达 55.3%。分析认为有机物含量超标原因在于:多数医院污水处理无专门去除或减少有机物的工艺程序^[3]。魏青等在天津市和平区对 25 家医院的调查发现,许多医院污水处理工艺不达标,处理出水 SS、COD 的合格率仅为 40% 和 46%^[14]。因此,生物处理工艺在医院污水无害化过程中必不可少且必须按国家标准严格执行。

2.3 环境微生物技术在处理医院污水中的应用

医院根据自身情况,可选择不同强度的处理方式,常用的 3 种方式是:一级强化处理、二级处理和简易生化处理,每种处理方式均包含微生物技术的应用。常见的微生物处理工艺有活性污泥法、生物接触氧化法、膜生物反应器、曝气生物滤池和简易生化处理等。微生物处理的实质是利用微生物降解医院污水中的有机物,消除病原体赖以生存的基础,它在医院污水的处理中发挥着重要作用。

活性污泥法是以悬浮生长的微生物在好氧条件下对污水中的有机物、氮氮等污染物进行降解的废水生物处理工艺。活性污泥法的优点是对不同性质的污水适应性强,建设费用较低,缺点是运行稳定性差,容易发生污泥膨胀和污泥流失,分离效果不够理想。现在已有多种方法可在一定程度上控制污泥膨胀^[15-16]。

生物接触氧化工艺采用固定式生物填料作为微生物的载体,生长有微生物的载体淹没在水中,曝气系统为反应器中的微生物供氧。由于生物接触氧化法的微生物固定生长于生物填料上,克服了悬浮活性污泥易于流失的缺点,在反应器中能保持很高的生物量,故具有以下优点:生物接触氧化法对冲击负荷和水质变化的耐受性强,运行稳定;生物接触氧化法容积负荷高,占地面积小,建设费用较低;生物接触氧化法污泥产量较低,无需污泥回流,运行管理简单。其缺点是有时脱落一些细碎生物膜,沉淀性能较差的造成出水中的悬浮固体浓度稍高。宋运学等对太原市某医院的研究表明,生物接触氧化+接触消毒工艺可使处理后的

污水 COD_{Cr} 去除率达 90%, SS 去除率达 69.3%, BOD₅ 去除率达 95.2%, 总大肠菌群去除率 99% 以上^[17].

膜生物反应器 (Membrane BioReactor, MBR) 是将膜分离技术与生物反应器结合在一起的新型污水处理工艺. 根据膜分离组件的设置位置, 可分为分置式 MBR 和一体式 MBR 两大类. MBR 工艺用膜组件代替了传统活性污泥工艺中的二沉池, 可进行高效的固液分离, 克服了传统工艺中出水水质不够稳定、污泥容易膨胀等不足, 具有下列优点: 抗冲击负荷能力强, 出水水质优质稳定, 可以完全去除 SS, 对细菌和病毒也有很好的截留效果; 实现反应器水力停留时间 (HRT) 和污泥龄 (SRT) 的完全分离, 使运行控制更加灵活稳定; 生物反应器内微生物量浓度高, 可高达 10 g/L 以上, 处理装置容积负荷高, 占地面积小, 减小了硝化所需体积; 有利于增殖缓慢的微生物的截留和生长, 系统硝化效率的提高, 可延长一些难降解有机物在系统中的水力停留时间, 有利于难降解有机物降解效率的提高; MBR 剩余污泥产量低, 甚至无剩余污泥排放, 降低了污泥处理费用. 张再利的研究表明, 膜生物反应器在适宜条件下对 COD_{Cr} 和氨氮的去除率均在 90% 以上^[18].

曝气生物滤池 (BAF) 是生物膜处理工艺的一种. 采用一种新型粗糙多孔的粒状滤料具有很大的比表面

积, 滤料表面生长有生物膜, 池底提供曝气, 污水流过滤床时, 污染物首先被过滤和吸附, 进而被滤料表面的微生物氧化分解. 目前 BAF 已从单一的工艺逐渐发展成系列综合工艺, 有去除悬浮物、COD、BOD、硝化、脱氮等作用. 该工艺具有以下特点: 出水水质好. BAF 可去除污水中的悬浮物、COD、细菌和大部分氨氮, 出水 SS 小于 10 mg/L; 微生物生长在粗糙多孔的滤料表面, 不易流失, 对有毒有害物质有一定适应性, 运行可靠性高, 抗冲击负荷能力强; 无污泥膨胀问题; BAF 容积负荷高于常规处理工艺, 并可省去二沉池和污泥回流泵房, 占地面积通常为常规工艺的 1/3 ~ 1/5. 不足之处是需进行反冲洗, 反冲水量较大, 且运行方式复杂, 但易于实现自控. 黄广文等研究表明, 生物滤池对生活污水细菌总数的去除率为 99.95%, 对粪大肠菌群的去除率为 99.99%. 生物滤池对医院污水细菌总数的去除率为 99.80%, 对粪大肠菌群的去除率为 99.97%^[19].

简易生化处理中, 沼气净化池利用厌氧消化原理进行固体有机物降解. 沼气净化池的处理效率优于腐化池和沼气池, 造价低, 动力消耗低, 管理简单. 但该工艺仅适用于经济不发达地区的小型综合医院作为过渡处理措施.

不同的方法各具特点 (见表 1), 可根据情况选用.

表 1 不同生物处理工艺的综合比较

Tab 1 Comprehensive comparison of different biological treatment processes

| 工艺类型 | 优点 | 缺点 | 适用范围 | 基建投资 |
|----------|--|--------------------------------|--|------|
| 活性污泥法 | 对不同性质的污水适应性强. | 运行稳定性差, 易发生污泥膨胀和污泥流失, 分离效果不够理想 | 800床以上的水量较大的医院污水处理工程; 800床以下医院采用 SBR法 | 较低 |
| 生物接触氧化工艺 | 抗冲击负荷能力高, 运行稳定; 容积负荷高, 占地面积小; 污泥产量较低; 无需污泥回流, 运行管理简单. | 部分脱落生物膜造成出水中的悬浮固体浓度稍高. | 500床以下的中小规模医院污水处理工程. 适用于场地小、水量小、水质波动较大和微生物不易培养等情况. | 中 |
| 膜生物反应器 | 抗冲击负荷能力强, 出水水质优质稳定, 有效去除 SS和病原体; 占地面积小; 剩余污泥产量低甚至无. | 气水比高, 膜需进行反洗, 能耗及运行费用高. | 300床以下小规模医院污水处理工程; 医院面积小, 水质要求高等情况. | 高 |
| 曝气生物滤池 | 出水水质好; 运行可靠性高, 抗冲击负荷能力强; 无污泥膨胀问题; 容积负荷高且省去二沉池和污泥回流, 占地面积小. | 需反冲洗, 运行方式比较复杂; 反冲水量较大. | 300床以下小规模医院污水处理工程. | 较高 |
| 简易生化处理工艺 | 造价低, 动力消耗低, 管理简单. | 出水 COD、BOD等理化指标不能保证达标. | 作为对于边远山区、经济欠发达地区医院污水处理的过渡措施, 逐步实现二级处理或加强处理效果的一级处理. | 低 |

3 我国相关法律、法规和标准的制定

我国与医疗废物处置相关法律法规的制定,经历了一个逐步发展的过程.我国从 20 世纪 60 年代后期就已开始对医院污水进行处理,但采用的技术比较简单,如采用传统的化粪池、石灰处理和投加消毒剂等^[20].

1984 年,我国的《水污染防治法》明确规定,不得排放含病原体的污水.这一时期,许多医院对污水进行消毒后排入下水道,个别医院采用了不同程度的生物处理技术,但仍有相当多的医院污水未得到处理,而直接排入下水道或水体.

20 世纪 90 年代后关于医疗废物的法律陆续出台.

1994 年,卫生部颁发《医院感染管理规范》,明确要求:二级以上医院必须设置焚烧炉,由专人负责,并有相应的管理制度.

1998 年,在我国制定的《国家危险废弃物名录》上,医疗废物(含医院临床废物,医药废物和废药物、药品)名列榜首,被人们称之为“1 号危险废弃物”.

2001 年,国家环境保护总局出台了《危险废物污染防治技术政策》,该技术政策的总原则是危险废物的减量化、资源化和无害化,鼓励采用焚烧的方法处理适宜的废物,规定“危险废物的焚烧宜采用以旋转窑炉为基础的焚烧技术”.

2003 年后,由于受“非典”影响,环保观念深入人心,国家制定了针对医疗废物处理的一系列严格规定.6 月,国家环保总局表示,我国在今后几年内将拿出 70 亿治理医疗废物.同月,《医疗废物管理条例》颁布,对医疗废物的保管、运输、处理作出严格规定.8 月,卫生部出台《医疗卫生机构医疗废物管理办法》,对医疗废物的管理作了更细致的规定.10 月,卫生部和环境保护总局制定《医疗废物分类目录》,把医疗废物分为 5 类:1) 感染性废物(携带病原微生物具有引发感染性疾病传播危险的医疗废物);2) 病理性废物(诊疗过程中产生的人体废弃物和医学实验动物尸体等);3) 损伤性废物(能够刺伤或者割伤人体的废弃的医用锐器);4) 药物性废物(过期、淘汰、变质或者被污染的废弃的药品);5) 化学性废物(具有毒性、腐蚀性、易燃易爆性的废弃的化学物品).同年 10 月,《放射性污染防治法》颁布,对放射性废物的处理作了硬性规定.12 月,环境保护总局出台《医院废水处理技术指南》,对医院污水处理设施的设计、建设和管理作了规定.

2004 年,卫生部公布的《医疗卫生机构医疗废物管理办法》规定:使用后的一次性医疗器具和容易致

人损伤的医疗废物应当消毒并作毁形处理;能够焚烧的,应当及时焚烧;不能焚烧的,应当消毒后集中填埋.同年,国家环保总局制定《医疗废物集中焚烧处置工程建设技术要求》,确定了以焚烧为主的技术路线.

2005 年,在国家的“十一五”计划中,把医疗废物的处理作为重点工程来抓,规定要建设医疗废物及危险废物集中处置设施,基本实现医疗废物及危险废物的安全处置.

2006 年,国家环境保护总局颁布《医疗机构水污染物排放标准》,在该标准中,明确要求医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后,再排入医院污水处理系统;低放射性废水应经衰变池处理;口腔科含汞废水应进行除汞处理等;达标污泥应由专门车辆送到专门的处置场所处置或进行焚烧处理.

通过对相关法律法规的分析可以发现,医疗废物的处理问题已引起广泛重视.2003 年之后,各地对医疗废物尤其是固体医疗废物的处理力度加大,呈现出良好的发展势头,但医院污水的有效处置率仍不容乐观.据报道,2006 年 10 月,太原市 300 万吨医院污水直排城市管网^[4].同期,长沙市 6 家医院因污水长期直排被环保部门处罚,其中某家医院自 2003 年以来污水处理设施一直闲置^[21].

4 发达国家对医院污水的处理

卫生组织(WHO)关于医院污水排放导则中指出,医院污水在下游城市污水处理厂具备以下条件时,可以只经消毒后排入市政下水管道:下游有运行良好的城市污水厂,其二级生化处理系统可以有效地去除 95% 以上的致病微生物;城市污水处理厂的污泥经过有效的厌氧生物处理,处理后的污泥中的寄生虫卵少于 1 个/L;医院有严格的卫生安全管理体系,确保有害化学品、药剂、抗生素和放射性物质不被排入市政下水道;病人排泄物单独收集,并采用足量的消毒剂进行消毒后妥善处置.

如果不满足以上条件,则医院需要建立单独的污水处理设施进行处理.

WHO 要求对医院污水产生、处理、排放的全过程进行监管.对医院的化学物品及病人排泄物进行分类收集和处理,是对化学品安全和生物安全两方面的要求.同时 WHO 对医院污水监管范围扩大到了下游城市污水处理厂,要求污水处理达到 95% 以上对致病菌地去除,要求污泥首先要经过厌氧消化,同时污泥中寄生虫卵少于 1 个/L.而对医院污水的单独处理,WHO 也提出具体要求.处理流程包括:初级处理、二级生化处理、深度处理和消毒.医院污水处理过程中产生的污

混含有大量的致病菌和寄生虫卵,应进行厌氧消化,也可以干燥后与医院的固体废物一起焚烧^[22]。

发达国家对医院污水的管理十分严格,在医院内有着严格的卫生安全管理体系。欧洲、北美和日本等国家在医院污水的管理与处理方面都执行了世界卫生组织的要求,有的规定还严于上述要求。发达国家在医院有关科室内对接触到病菌、病毒以及有毒有害物质的污水和污物在发生源处即进行了严格地控制和分离。如对病人的血液、病理切块、检验废弃物以及被化学物质、放射性物质、有毒有害物质所污染的污水和污物均分别收集到独立的容器中,经过严格地消毒后,由专业公司定时收集,统一处理。在任何情况下,不容许将医院的污水和污物随意弃置或排入下水道。而且发达国家普遍建设了完备的下水道系统和终端污水处理厂,在对污水进行处理的同时,还进行了消毒处理。欧洲和美洲的一些国家在污水排放标准中都规定了生物学指标。同时,绝大多数发达国家的城市污水处理厂都设有污泥消化和无害化甚至焚烧装置,经过无害化处理之后的污泥可以达到 WHO 的相关规定。

目前对于医院污水的管理、毒性评估以及处理技术不断完善,环境微生物工艺的应用日趋成熟^[23-25]。“非典”之后医院污水的处理已日益引起人们的重视,国家逐年投入巨额资金对其进行处理,相信这一问题会随着社会发展而逐步得到解决。

参考文献:

- [1] 张虹,王立群. 医疗废物处置方法的探讨[J]. 环境卫生工程, 2005, 13 (6): 19 - 21.
- [2] 常丽春,王凯军. 我国医院污水处理现状分析及发展趋势探讨[J]. 城市管理与科技, 2006, 6 (3): 108 - 110.
- [3] 李允勃. 南京市 18家医院污水检测报告[J]. 江苏预防医学, 2004, 15 (2): 44 - 45.
- [4] 史钧. 300万吨医疗废水直排太原城市管网. 人民网. <http://finance.people.com.cn/GB/1037/4947714.html> 2006-10-23.
- [5] 王家玲,李顺鹏,黄正,等. 环境微生物学[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [6] 胡启国,罗自强. 宁波市传染病院的污水处理[J]. 环境污染与防治, 1982, 3: 24 - 26.
- [7] 刘翠权. 南京市医院污水中沙门氏菌检测报告[J]. 中国人兽共患杂志, 1993, 1: 26.
- [8] Jolibois B, Guerbet M. Hospital wastewater genotoxicity[J]. Annals of Occupational Hygiene, 2006, 50 (2): 189 - 196.
- [9] Lotte Jakobsena, Dorthe Sandvanga, Lars H Hansenb, et al Characterisation, dissemination and persistence of gentamicin resistant *Escherichia coli* from a Danish university hospital to the waste water environment[J]. Environment International, 2008, 34 (1): 108 - 115.
- [10] 魏莎. 天津市医疗固体废弃物污染现状分析及处置的建议[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12 (4): 62.
- [11] 丁晴雪. 医疗卫生机构医疗废物处理现状、问题及管理对策研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2007.
- [12] 殷永建. 巴西努力减少医疗垃圾造成的危害. 北京: 中国经济网. <http://www.ce.cn/yiyao/gjgc/cyxx/200407/30/200407301366944.shtml> 2004-7-30.
- [13] 国家环保总局. 医院污水处理技术指南. 2003.
- [14] 魏青,杨立新,张健. 天津市和平区的医院污水处理情况调查[J]. 中国给水排水, 2008, 24 (6): 66.
- [15] 陈安稳,时翔云,于鲁冀,等. 污泥膨胀的原因及其控制方法研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22 (12): 296 - 299.
- [16] 梁少博,邵宁,李靖,等. 活性污泥膨胀的生态控制研究[J]. 环境科学与管理, 2008, 33 (4): 84 - 87.
- [17] 宋运学,王增长. 生物接触氧化法在医院污水处理中的应用[J]. 太原科技, 2008, 5: 53 - 54.
- [18] 张再利. 膜生物反应器处理城市生活污水的研究[D]. 合肥, 合肥工业大学, 2002.
- [19] 黄广文,杨正炎. 生物滤池对生活及医院污水中微生物的影响[J]. 现代预防医学, 2003, 33 (5): 646 - 647.
- [20] 谢思桃,王冠军. 关于医院污水防治的反思[J]. 给水排水. 2007, 33 (S): 269 - 272.
- [21] 肖雯栋. 医疗废水比工业废水更毒——省儿童医院等 6 家医疗单位被通报罚款. 长沙: 湖南在线. <http://www.hnol.net> 2006-10-27.
- [22] 马云,高艳玲,陈丽春,等. 中国医院污水处理现状及前景分析[J]. 环境科学与管理, 2007, 32 (3): 128 - 130.
- [23] 贾尔恒·阿哈提,沙拉,岳站林,等. 美国危险废物处理处置技术与应用现状简介[J]. 新疆环境保护, 2005, 27 (3): 44 - 48.
- [24] Tsakona M, Anagnostopoulou E, Gidaracos E. Hospital waste management and toxicity evaluation: a case study[J]. Waste Management, 2007, 27 (7): 912 - 920.
- [25] Wen Xianghua, Ding Hangjiu, Huang Xia, et al Treatment of hospital wastewater using a submerged membrane bioreactor[J]. Process Biochemistry, 2004, 39 (11): 1427 - 1431.

(下转第 277 页)

The Separation and Purification of *E. coli* Bacteriophage and Its Characteristics

GUO Qiu-ju, TENG Jing-hua, XU Rong-jun, MEI Qing-qing,
LONG Xin-quan, SHEN Ming-shan*

(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: How to separate and purify coliphage from the sewage drained from daily life was discussed. Three kinds of phage from the daily sewage of the Xiamen University and the Xiamen harbor were separated enriched. One was a polyhedral shape phage, which had a head of icosahedrons with diameter about 110 ~ 120 nm, a uncontractive tail with length about 220 ~ 230 nm and width around 13 ~ 15 nm. This phage doesn't have the structures of tail sheath, base-tube and tail fibers etc. The second was polyhedral-like phage, which had a contractive tail with length about 120 ~ 130 nm and width about 18 ~ 22 nm, and a triacontahedron head with size about 70 nm × 110 nm. It had the structure of tail sheath, tail tube and base-plate. This category was the overwhelming majority of the daily-life sewage. The third is a short-tail phage with an icosahedron head about 20 nm, the length of the tail is only 2 ~ 3 nm. This phage covered considerable proportion in the daily-life sewage. The phage obtained from the sewage could live about 56 days in the -18 °C refrigerator. The total number of bacterial in the sewage was reduced about 30% and the *E. coli* was reduced about 90%.

Key words: *E. coli* phage; separation; purification; biological properties

(上接第 272 页)

Application of Microbiological Technology on Hospital Sewage Treatment

LI Zhi-jiang^{1,2}, ZHANG Fang¹, LI Jiang-wei², Zheng Tian-ling^{1,2*}

(1. School of Life Sciences, Xiamen University,

2. State Key Laboratory of Marine Environmental Science (Xiamen University), Xiamen 361005, China)

Abstract: Plenty of hospital sewage is produced in China every year, which contains various pollutants, especially pathogen. So it is a potential threat to human health. Hospital sewage treatment process includes pretreatment, biological treatment and disinfection. By using of activated sludge process, biological contact oxidation process, membrane bioreactor, biological aeration filter and other environmental microbiological technologies, people could remove organic compounds effectively in water, destroy the material base that pathogenic microorganisms depend on for existence, and ensure disinfection effect. Every treatment technology has different characteristics and suitable for different scale hospitals.

Key words: hospital sewage; activated sludge process; biological contact oxidation process; membrane bioreactor; biological aeration filter