

Doi:10.3969/j.issn.1672-0105.2019.02.0013

基于ABR-MBR的垃圾渗滤液 深度处理工艺效能研究*

郑晓茶, 周章添

(浙江工贸职业技术学院, 浙江温州 325003)

摘要: 以浙江省某县垃圾焚烧发电厂垃圾渗滤液处理系统为例, 考察60d工艺运行效果, 分析ABR-MBR作为后续深度处理NF-RO系统预处理的可靠性, 该组合工艺尾水中主要水质指标COD 38~46mg/L、氨氮5~8mg/L、总氮6~9mg/L、SS未检出、BOD₅ 6~10mg/L, 去除率均达到99%以上, 其中预处理ABR-MBR系统对COD、氨氮、总氮、BOD₅去除率分别为98.6%~98.7%、98.6%~98.9%、98.5%~99%、99.3%~99.4%, 深度处理NF-RO系统去除率分别为89.1%~91.3%、55.6%~75%、55%~73.9%、92.6%~95.6%。运行结果表明, 基于ABR-MBR的深度处理组合工艺效能高, 出水能达到《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005)标准中的敞开式循环冷却水系统补充水的水质要求, 达到回用从而节省水资源的目的。

关键词: 垃圾渗滤液; ABR-MBR; 组合工艺; 深度处理

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1672-0105(2019)02-0054-05

Study on the Process Efficiency of Advanced Treatment of Landfill Leachate Based on ABR-MBR

ZHENG Xiao-cha, ZHOU Zhang-tian

(Zhejiang Industry and Trade Vocational College, Wenzhou, 325003, China)

Abstract: Taking the landfill leachate treatment system of a county waste incineration power plant in Zhejiang province as an example, the operation effect of the 60d process was investigated, and the reliability of ABR-MBR as the pretreatment of the subsequent advanced treatment NF-RO system was analyzed. By this combined process, the main water quality indexes of the effluent were COD 38~46mg/L, ammonia nitrogen 5~8mg/L, total nitrogen 6~9mg/L, undetected SS, BOD₅ 6~10mg/L, and the removal rate reached more than 99%. The removal rates of COD, ammonia nitrogen, total nitrogen and BOD₅ in the pretreatment ABR-MBR system were 98.6%~98.7%, 98.6%~98.9%, 98.5%~99%, 99.3%~99.4%, and the removal rates in the advanced treatment NF-RO system were 89.1%~91.3%, 55.6%~75%, 55%~73.9%, 92.6%~95.6%, respectively. The operation results show that the advanced treatment combination process based on ABR-MBR has high efficiency, and the effluent can meet the water quality requirements of the open-type circulating cooling water system in the standard of "The Reuse of Urban Recycling Water & Industrial Water Quality" (GB/T 19923-2005), so as to achieve the purpose of reuse and save water resources.

Key Words: landfill leachate; ABR-MBR; combined process; advanced treatment

随着城市化进程的加快和生活水平的进一步提高, 城镇居民日常生活垃圾产生量呈现逐年递增的趋势, 垃圾围城现象是一大困扰难题。生活垃圾焚烧处理是固体废物减量化、资源化、无害化的重要

措施之一, 然而焚烧处理产生的二次污染不容忽视, 垃圾在进入焚烧处理前需在垃圾贮坑内堆放3~7天左右, 以便进行微生物自然发酵、沥出水分、提高垃圾热值。垃圾贮坑渗滤液主要来源于垃圾运输

收稿日期: 2019-05-11

基金项目: 浙江工贸职业技术学院教师科技创新活动计划项目“垃圾渗滤液资源化利用零排放循环系统关键技术研究”(G180103)

作者简介: 郑晓茶(1986—), 女, 浙江瑞安人, 浙江工贸职业技术学院教师, 硕士, 主要研究方向: 水污染控制技术; 周章添(1962—), 男, 浙江温州人, 浙江工贸职业技术学院副教授, 硕士, 主要研究方向: 机械制造。

车渗入的雨水、微生物发酵分解产生的水分、贮坑冲洗水以及垃圾自身水分等,其成分复杂、水量变化大,有机物、氨氮浓度高,盐分浓度高,含卤代芳烃、重金属等有毒有害物质^[1],由于高氨氮、高盐分对微生物降解活动的抑制作用^[2-3],增加了生物处理的难度,因此单一的生物处理工艺往往难以使渗滤液达标排放^[4-5]。目前普遍采用生物法结合物化法处理达到相应排放标准后排放^[6],高级氧化法等物化法对有机物去除效率高、处理效果好^[7],但运行成本昂贵,而且由于垃圾渗滤液的致癌特性,尾水排放仍存在一定风险隐患。垃圾焚烧工艺汽轮发电机组循环冷却水系统用水量需求十分巨大,因此将垃圾渗滤液通过深度处理达到回用标准,对尾水进行资源化利用,作为垃圾焚烧工艺循环冷却水补充水,具有十分重要的科学意义,对于解决日益严峻的水污染和水资源短缺问题具有迫切的研究需求^[8]。

本研究以浙江省某县垃圾焚烧发电厂为例,考察基于ABR-MBR的垃圾渗滤液深度处理工艺运行情况,分析各工段对污染物的去除效能,对照《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005)

标准评价深度处理尾水再生回用于冷却水系统的适用性,为垃圾渗滤液处理工艺的进一步改进和优化提供运行依据,作为采用同类工艺的垃圾焚烧发电厂的借鉴和参考。

1 处理工艺选择

1.1 工艺流程

该组合工艺处理系统进水量70m³/d,进水水质COD 52 547~57 320 mg/L、氨氮1 825~1 987 mg/L、SS 4 590~4 952 mg/L、BOD₅ 28 720~29 832 mg/L、总氮2 210~2 299 mg/L、总磷63~83 mg/L、氯离子8 832~9 600 mg/L,具有“新鲜”垃圾渗滤液高碳氮比(C/N为24:1~25:1)、可生化性好(BOD₅/COD为0.52~0.55)的典型特征。渗滤液经格栅、调节池物理处理后,再用泵提升进入厌氧折流板反应器(ABR),厌氧发酵分解后出水进入膜生物反应器(MBR),通过反硝化/硝化生化处理,进一步去除有机物和氨氮,最后进入纳滤(NF)、反渗透(RO)深度处理系统,强化系统对MBR产水中剩余有机物和绝大部分无机盐类等污染物质的去除功能,工艺流程图如图1所示。

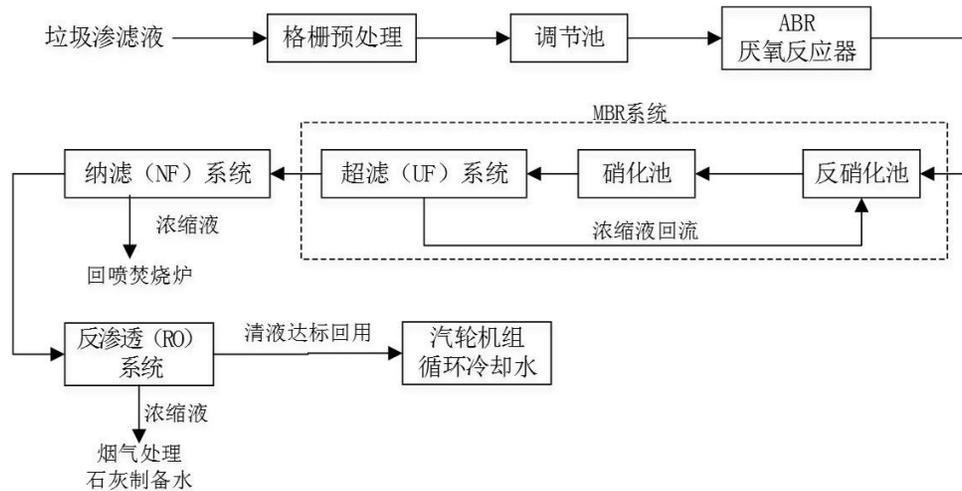


图1 基于ABR-MBR的垃圾渗滤液深度处理组合工艺流程图

1.2 工艺运行参数

生化预处理ABR-MBR反应器pH控制范围6.8~7.2,温度25℃~32℃,水力停留时间HRT为12.5h,溶解氧DO为3mg/L。MBR池MISS 5000mg/L,操作压力0.06MPa,反洗周期8min,反洗时间2min。深度处理纳滤(NF)系统水力停留时间10h,操作压力0.6Mpa,反洗周期16min,反洗时间50s,产水率

80%,反渗透(RO)系统水力停留时间10h,操作压力0.9Mpa,反洗周期15min,反洗时间30s,产水率75%。

2 运行装置与水样分析方法

2.1 运行装置

该渗滤液处理系统包括ABR-MBR预处理系统和NF-RO深度处理系统,预处理系统由厌氧折流

板反应器 (ABR)、膜生物反应器 (MBR) 串联组成, ABR 反应器采用半地下式钢筋混凝土结构, 下部穿孔管进水, 分格集气, MBR 反应器由反硝化池、硝化池、超滤膜组成 A/O 生化强化脱氮装置, 反硝化池内配备 2 台潜水搅拌器, 硝化池底部射流曝气, 配备 2 台冷却循环泵, 1 台换热器, 1 台冷却塔, 1 台清水循环泵, 超滤膜为外置式, 进水泵 2 台, 循环泵 2 台, 清洗泵 1 台。深度处理系统由纳滤膜 (NF) 和反渗透膜 (RO) 组成, 纳滤膜 (NF) 进口投加杀菌剂、阻垢剂, 配备进水泵、袋式过滤器、高压泵和清液箱, 与 RO 共用清洗装置。

2.2 水样分析方法

化学需氧量 (COD) 采用快速消解分光光度法 (HJ/T 399-2007), 氨氮采用纳氏试剂分光光度法 (HJ 535-2009), 总氮采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定 (HJ 636-2012), 生化需氧量 (BOD_5) 采用稀释与接种法测定 (HJ 505-2009)。

3 结果与讨论

考察 2018 年 4 月 1 日至 2018 年 5 月 30 日 60d 稳定运行期间组合工艺对污染物的去除效能, 评价系统可靠性和适用性。

3.1 基于 ABR-MBR 的深度处理组合工艺对 COD 的去除效能

由图 2、图 3 可知, ABR 对 COD 去除率为 76%~78.2%, MBR 对 COD 去除率为 93.7%~94.3%, ABR-MBR 预处理系统对 COD 的去除率高达 98.6%~98.7%, NF-RO 深度处理系统对 COD 的去除率为 89.1%~91.3%, 总去除率达 99.9%。超滤产水 COD 降至 410~450mg/L, SS 未检出, 完全能够满足 NF-RO 深度处理系统的进水要求。本组合工艺预处理系统能有效去除大部分的有机物, 厌氧折流板反应器 (ABR) 由于隔板的作用, 使其对有毒物质 (如含高浓度氯离子的高盐废水) 的适应性强, 微生物驯化时间短^[9], 发酵处理效率高, 大大降低了高浓度有机废水处理的难度, ABR 对有机物的厌氧生化处理使得 ABR 出水中 COD 浓度大幅度降低, 减轻了后续 MBR 工艺有机负荷, 经过 MBR 好氧生化处理与膜分离过程, 该预处理系统在 60d 期间始终保持 >98% 的 COD 去除效率, 且运行稳定, 因此, ABR-MBR 作为垃圾焚烧发电厂的垃圾渗滤液预处理是可行且适用的。

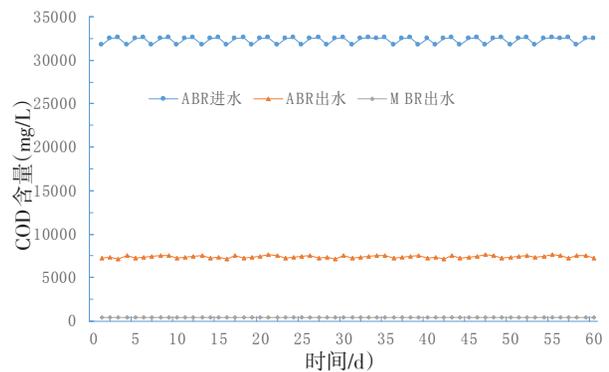


图 2 ABR-MBR 工艺段进出水 COD 浓度

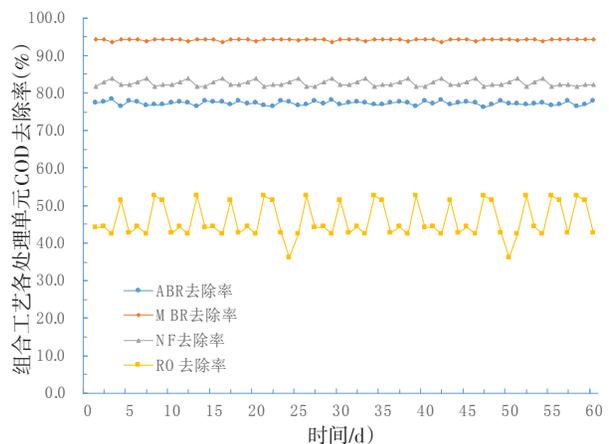


图 3 基于 ABR-MBR 的深度处理组合工艺对 COD 的去除效能

3.2 基于 ABR-MBR 的深度处理组合工艺对氨氮的去除效能

由图 4、图 5 可见, ABR 进、出水氨氮两条曲线几乎重叠, 厌氧反应器没有脱氮效果, 但 MBR 出水氨氮含量仅 18~22mg/L, 由于膜生物反应器降解有机物和硝化-反硝化生化处理同时进行, 从而达到去除大部分有机物和脱氮目的, 好氧池出水通过超滤 (UF) 系统进一步泥水分离, 水中大部分颗粒和胶体有机物被截留, ABR-MBR 预处理系统对氨氮的去除率高达 98.6~98.9%。MBR 工艺将超滤膜组件取代传统的二沉池、完全分离水力停留时间和污泥停留时间的特点, 这与 MBR 在工程应用中表现出处理效果好、出水水质好的相关研究一致^[10-11]。本组合工艺预处理系统具有良好的脱氮功能, 且运行稳定, 60d 期间始终保持 >98% 的脱氮效率, 因此, 作为垃圾焚烧发电厂的垃圾渗滤液预处理具备较强的可行性。

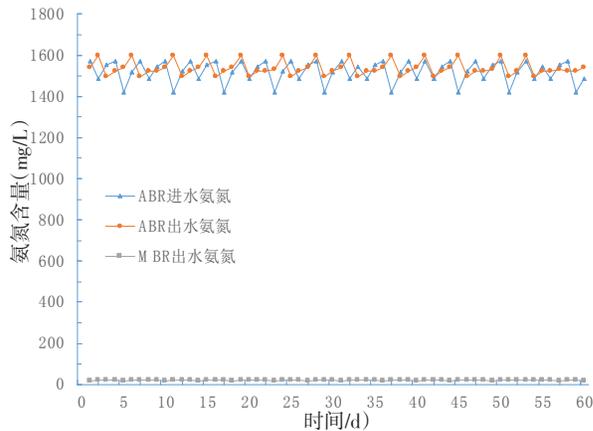


图4 ABR-MBR工艺段进出水氨氮浓度

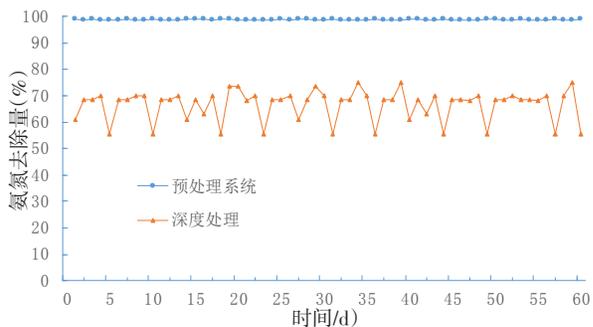


图5 基于 ABR-MBR 的深度处理组合工艺对氨氮的去除效能

3.3 基于 ABR-MBR 的深度处理组合工艺对总氮的去除效能

由图6、图7可见,预处理 ABR-MBR 系统对总氮去除率为 98.5%~99%,深度处理 NF-RO 系统对总氮去除率为 55%~73.9%,总去除率达 99.5%以上,RO 出水中总氮浓度仅为 6~9mg/L。ABR 出水总氮浓度为 1699~1911 mg/L, MBR 出水总氮浓度为 19~29 mg/L,总氮主要在预处理阶段 MBR 工艺段得

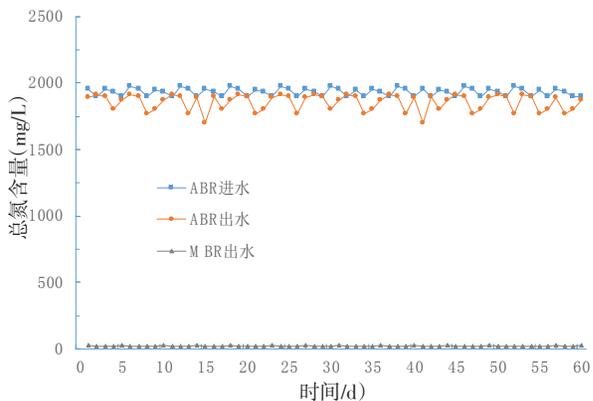


图6 ABR-MBR工艺段进出水总氮浓度

到去除净化,进一步验证了 MBR 良好的脱氮性能,且能截留大部分硝态氮和亚硝态氮^[12]。本组合工艺预处理系统借助 MBR 工艺的反硝化/硝化功能,对总氮去除效果好,且运行稳定,因此,作为垃圾焚烧发电厂的垃圾渗滤液预处理具备一定的可靠性和适用性。

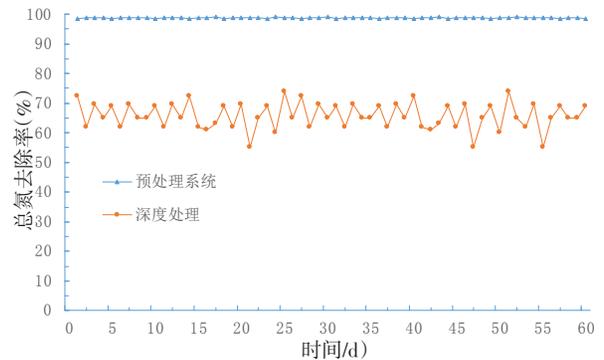


图7 基于 ABR-MBR 的深度处理组合工艺对总氮的去除效能

3.4 基于 ABR-MBR 的深度处理组合工艺对 BOD₅ 的去除效能

如图8、图9所示,预处理 ABR-MBR 系统对 BOD₅ 去除率大于 99%,深度处理 NF-RO 系统对 BOD₅ 去除率为 92.6%~95.6%,总去除率达 99.9%以上,RO 出水中 BOD₅ 浓度为 6~10mg/L,低于《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T19923-2005)标准中的敞开式循环冷却水系统补充水的水质标准。本组合工艺预处理 ABR-MBR 系统对可降解有机物的厌氧、好氧生化处理使得 MBR 出水中 BOD₅ 浓度大幅降至 135~152mg/L,且 60d 期间运行稳定,因此,该 ABR-MBR 系统作为垃圾焚烧发电厂的垃圾渗滤液预处理是可靠的,RO 出水回用于汽轮机冷却水循环补充水是适用的。

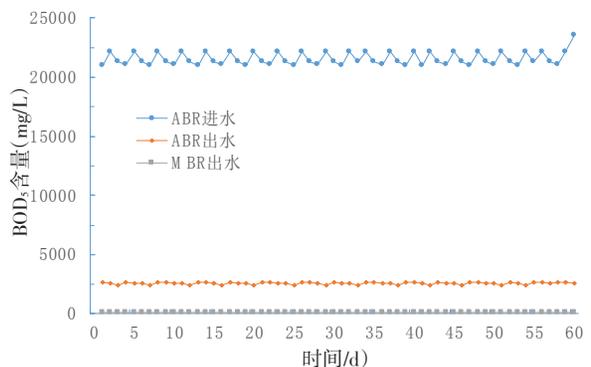


图8 ABR-MBR工艺段进出水 BOD₅ 浓度

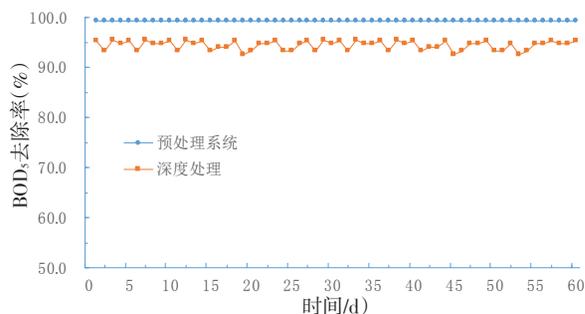


图9 基于ABR-MBR的深度处理组合工艺对BOD₅的去除效能

4 结论

通过考察该垃圾焚烧发电厂垃圾渗滤液基于ABR-MBR的深度处理系统60d稳定运行期间组合工艺对污染物的去除效能, MBR出水SS值基本为0, 完全能够满足NF-RO深度处理系统的进水要求, ABR-MBR作为垃圾焚烧发电厂的垃圾渗滤液预处理是可行且适用的。RO膜可以很好去除渗滤

液中的各种一价离子、无机盐、有机胶体、细菌等几乎所有杂质, 同时MBR对COD、氨氮也有很好的分离效果, 采用组合工艺深度处理垃圾渗滤液并回用具备可靠性。该组合工艺尾水中主要水质指标COD 38~46mg/L、氨氮5~8mg/L、总氮6~9mg/L、SS未检出、BOD₅ 6~10mg/L, 整个工艺系统去除率均达到99%以上, 其中预处理ABR-MBR系统对COD、氨氮、总氮、BOD₅去除率分别为98.6%~98.7%、98.6%~98.9%、98.5%~99%、99.3%~99.4%, 深度处理NF-RO系统去除率分别为89.1%~91.3%、55.6%~75%、55%~73.9%、92.6%~95.6%。运行结果表明, 基于ABR-MBR的深度处理组合工艺去除效能高, 出水能达到《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005)标准中的敞开式循环冷却水系统补充水的水质要求, 能达到回用于焚烧发电厂汽轮机冷却水循环系统, 从而节省水资源的目的。

参考文献:

- [1] 许丽华, 戚丽, 刘恩华, 等. 纳滤/反渗透/石灰混凝法深度处理垃圾渗滤液[J]. 水处理技术, 2012(04): 96-99.
- [2] 常丽丽, 魏俊峰. 含盐废水生化处理耐盐污泥驯化的研究[J]. 工业水处理, 2009, 29(12): 34-37.
- [3] 孙洪伟, 尤永军, 赵华南, 等. 游离氨对硝化菌活性的抑制及可逆性影响[J]. 中国环境科学, 2015, 35(1): 95-100.
- [4] YH Ding, HQ Ren, Q Wang. Inhibition of the activities of activated sludge in a sequencing batch reactor by high-strength ammonium nitrogen[J]. Desalination and Water Treatment, 2014, 52(13-15): 2792-2798.
- [5] Zhao R, Novak J T, Goldsmith C D. Evaluation of on-site biological treatment for landfill leachates and its impact: A size distribution study[J]. Water Research, 2012, 46(12): 3837-3848.
- [6] 王新, 蔡斌, 周俊, 等. 水质均衡—外置式MBR—NF/RO工艺在长沙市垃圾渗滤液处理工程中的应用[J]. 给水排水, 2017, 43(10): 58-61.
- [7] Asaithambi P, Sajjadi B, Aziz A R A, et al. Ozone (O₃) and sono (US) based advanced oxidation processes for the removal of color, COD and determination of electrical energy from landfill leachate[J]. Separation & Purification Technology, 2017, 172(1): 442-449.
- [8] Chen Z, Ngo H H, Guo W S, et al. A critical review on the end uses of recycled water[J]. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2013, 43(13/16): 1446-1516.
- [9] 马涛, 赵琛, 张列宇, 等. 中晚期垃圾渗滤液难降解有机物的生物处理进展[J]. 水处理技术, 2018, 44(4): 1-6.
- [10] 邢奕, 鲁安怀, 洪晨, 等. 膜生物反应器(MBR)-反渗透(RO)工艺深度处理印染废水的试验研究[J]. 环境工程学报, 2011(11): 2583-2586.
- [11] 张文华, 安洲, 刘鹏, 等. 超滤/反渗透深度处理玉米深加工废水最佳运行参数研究[J]. 给水排水, 2015, 51(406): 229-233.
- [12] 李强, 李军, 李研, 等. A/O-MBR处理高氨氮废水的短程硝化研究[J]. 中国给水排水, 2013, 29(1): 34-38.

(责任编辑: 高尧 徐临超)