

辽宁中部地区沙尘来源及输送方式分析

邢树威

(辽宁省环境监测实验中心, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:以2010年春季3~5月间,辽宁省沈阳市、盘锦市、铁岭市3城市发生的3次沙尘天气为主要研究对象,利用安德森大流量采样器采集大气中悬浮颗粒物样品,分析不同沙尘天气状况下的颗粒物粒径组成,并结合气象状况采用后推气流轨迹模型,通过沙尘来临时3城市上空不同高度的后推气流轨迹,分析得出3城市沙尘的主要来源为蒙古高原与西伯利亚地区,输送方式以高空远距离输送为主,并伴随部分低空近距离传输和本地扬尘共同作用。

关键词:辽宁中部地区; 沙尘; 来源; 输送方式; 后推气流轨迹

中图分类号: X508

文献标志码: A

DOI:10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2016.06.018

Analysis of the Dust Source and Transportation Mode in the Central Region of Liaoning Province

Xing Shuwei

(Liaoning Province Environmental Monitoring & Experiment Center, Shenyang 110161, China)

Abstract: In this research, 3 times of dust weather which occurred in Shenyang, Panjin and Tieling of Liaoning Province during March and May of 2010 were taken as the study target. Suspended particulate samples in the air were collected by use of Anderson high-volume sampler for size composition analysis of the dust particles under different dust weather conditions. With regard to the meteorological conditions, backward air trajectory model was applied for analysis. According to the back trajectory at different height above the three cities when the dust came over, the results showed that the dust mainly came from Mongolian Plateau and Siberia Region, and long-distance transportation at high altitude was given priority to the transportation mode, accompanied with the combined action of partial short-distance transportation at low altitude and local fugitive dust.

Keywords: Central Region of Liaoning Province; Dust; Source; Transportation Mode; Back Trajectory

CLC number: X508

随着经济、社会的不断发展,人们对环境
质量的要求越来越高,而沙尘作为北方地区春季
的主要环境气候危害,也越来越受到人们重视。
辽宁省地处在我国沙尘天气带的末端,是沙尘的
多发省区,沙尘天气以春季(3~5月)出现的概
率最多,占全年的74%^[1],且呈西北多、东南
少、阶梯状分布^[2]。辽宁中部地区城市密集、人
口密度大,大、中及特大城市较多,受沙尘影响
大、危害人群范围广。根据近些年辽宁地区沙尘
天气状况及移动路径^[3],特选取沈阳、盘锦、铁
岭3个城市作为研究对象,在2010年春季开展3次
沙尘调查监测,当沙尘来临时,在3城市同时采
集沙尘样品,对其不同粒径的颗粒物组分浓度进

行分析,并利用HYSPLIT后推气流轨迹模型,分
析沙尘主要来源。

1 分析方法

1.1 沙尘颗粒物浓度分析

根据沙尘相关预报并与人工能见度观测相结
合,分别在3月、4月、5月共进行3次沙尘调查采
样监测,每次调查3 d,每天24 h。利用装配有安
德森气溶胶/颗粒物捕集器的大流量空气采样器
连续采集大气中悬浮颗粒物样品,分别将2 μm
以下、2~7 μm以及7 μm以上3种不同粒径大小
的悬浮颗粒物采集到3张不同的采样膜上,并按照以
下公式计算得出所采集到的不同粒径的沙尘浓
度。

收稿日期: 2016-06-20

作者简介: 邢树威(1984-),男,工程师。研究方向:环境监测。

$$c=[W_e-W_s]\times 1\,000/V_{20}$$

式中： c ：沙尘颗粒物浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)；

W_e ：样品采集后的滤纸重量(mg)；

W_s ：样品采集前的滤纸重量(mg)；

V_{20} ：在20℃条件下的大气样品采集量(m^3)。

1.2 后推气流轨迹模型分析

采用美国海洋与大气研究中心（NOAA）空气资源实验室（Air Resources Laboratory）与澳大利亚气象局联合开发的混合单粒子拉格朗日积分传输、扩散模式（Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory）HYSPLIT4.8版本，并利用美国国家环境预报中心（NCEP）2010年全球再分析资料，及NOAA提供的格点气象数据绘制开展沙尘调查期间每日13时的沈阳、盘锦、铁岭三地上空500 m、1 200 m及2 500 m的72 h后推气流轨迹，来分析沙尘的主要来源情况。该模型具有处理多种气象要素输入场、多种物理过程和不同类型污染物排放源功能的较为完整的输送、扩散

和沉降模式，已经被广泛地应用于多种污染物在各个地区的传输和扩散的研究中，并且也能较好地数值模拟世界各地的沙尘暴事件^[4-5]。

2 分析结果

2.1 气象状况

气象状况是沙尘形成与传输的重要条件之一^[9]。

在3次沙尘调查期间，沈阳、盘锦、铁岭3城市的天气状况变化较频繁，晴、阴、雨、雪皆有，气温呈逐渐回暖趋势。调查期间沈阳、盘锦、铁岭3城市3月份平均气温为分别-1.9℃、3.2℃、0.2℃，4月份分别为9.6℃、11.8℃、12.5℃，5月份分别为17.6℃、20.1℃、16.5℃。从风向上看，盘锦以北风、西风为主，沈阳、铁岭两市则以西南风为主。三城市平均风速2.4 m/s，平均气压97.8 kpa。3次调查期间沈阳、盘锦、铁岭3城市风向、风速见表1。

表1 2010年沙尘调查期间气象状况

调查日期		沈阳			盘锦			铁岭		
		天气	风向	平均风速 /m.s ⁻¹	天气	风向	平均风速 /m.s ⁻¹	天气	风向	平均风速 m.s ⁻¹
第1次	3月12日	晴	西北	5.6	晴	北	3.1	阴	西北	3.6
	3月13日	晴	西南	1.5	晴	北	3.0	晴	南	1.9
	3月14日	阴	东	1.4	雨	南	1.0	阴	东南	1.4
第2次	4月25日	阴	西南	5.1	晴	南	2.0	阴	南	2.8
	4月26日	雨	西南	3.9	雨	北	1.0	晴	西南	2.6
	4月27日	雨	东北	3.4	阴	北	1.0	阴	北	1.7
第3次	5月18日	阴	西	2.6	雨	西	2.0	阴	西南	0.8
	5月19日	阴	西南	4.0	晴	西	1.0	晴	西南	2.8
	5月20日	晴	西南	2.3	晴	西南	2.1	晴	西南	2.7

从表1可以看出，第1次调查期间，3城市风速最大的日期均为3月12日，风向为西北、北；第2次调查期间，3城市风速最大的日期均为4月25日，风向为南、西南；第3次调查期间，风速最大的日期沈阳和铁岭为5月19日，风向为西南，而盘锦为5月20日，风向亦为西南。由于3城市地理位置差异原因，各地主导风向虽有不同，但从调查期间3城市的风速、风向变化来看，三地受风速等气象条件的影响大致相同，主要受

西、西北、西南风向影响较大。

2.2 不同粒径沙尘的颗粒浓度分析

3城市3次调查所采集到的3种不同粒径的悬浮颗粒物浓度范围为21~228 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （>7 μm ）、22~108 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （2~7 μm ）、26~350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （<2 μm ）。其中粒径小于2 μm 的颗粒物浓度范围最大，大于7 μm 的次之，2~7 μm 的最小。3种粒径的颗粒物浓度峰值均出现在3月12日铁岭所采集的样品中，说明当日铁岭所受沙尘影响在3城市3次调查

中最为严重。3次调查中,3城市不同粒径悬浮颗粒物的浓度值分布见如图1~3。

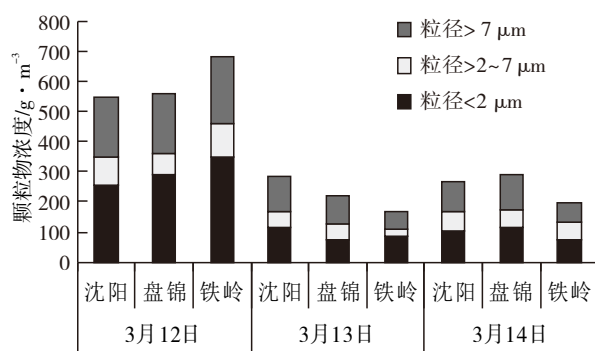


图1 第1次调查期间不同粒径悬浮颗粒物浓度值分布对比

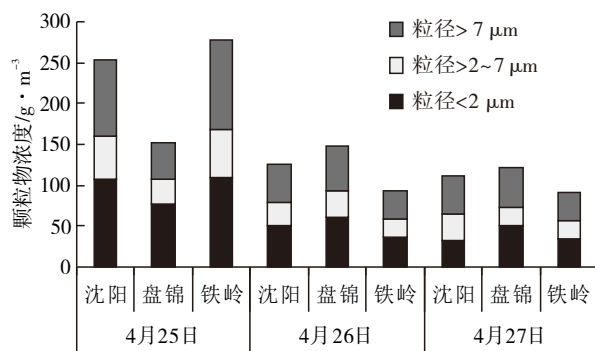


图2 第2次调查期间不同粒径悬浮颗粒物浓度值分布对比

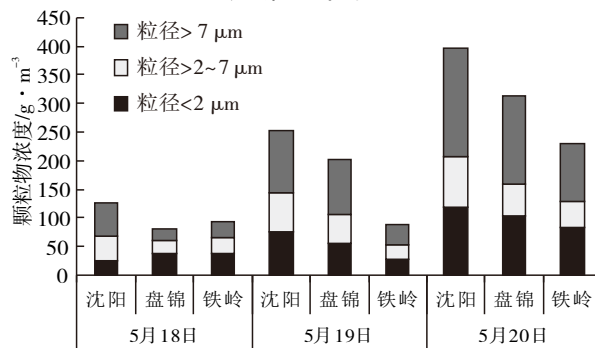


图3 第3次调查期间不同粒径悬浮颗粒物浓度值分布对比

第1次调查时,3城市3种不同粒径范围的颗粒物浓度最高值均出现在第1天,而第2天则迅速回落,且后两天变化不大,说明此次调查中的沙尘天气出现在第1天。从粒径分布来看,此次沙尘天气小于2 μm的沙尘颗粒占所采集的沙尘颗粒比值最大,大于7 μm的次之,2~7 μm的最小,说明此次沙尘的主要来源为高空远距离传输。

第2次调查与第1次调查情况类似,但盘锦市3天的悬浮颗粒物浓度变化不大,且浓度与4月26日、27日沈阳、铁岭两市相差不多,处于同一水平,说明盘锦受此次沙尘影响较小。从粒径分布来看,此次沙尘天气2~7 μm的沙尘颗粒所占比值最小,大于7 μm的和小于2 μm的较为均等,均大于2~7 μm的沙尘颗粒浓度,但三者25日的浓度均大于后两日所采集到的对应粒径的颗粒物浓度,说明此次沙尘为高空远距离传输和低空近距离输送及本地扬尘共同作用后的结果。

第3次调查期间,第1天的所采集到的颗粒物浓度值较低,第2天有所升高,第3天最大,其中峰值出现在第3天沈阳所采集到的样品中,说明此次沙尘过程时间较长,且沈阳受此次沙尘影响最大。从粒径分布来看,大于7 μm的沙尘颗粒所占比例最大,小于2 μm的次之,2~7 μm的最小,说明此次沙尘的来源以中低空近距离输送为主,并伴有部分中远距离输送共同作用。

2.3 后推气流轨迹分析

根据沈阳、盘锦、铁岭3城市3次调查期间的颗粒物变化情况,分别选取3次调查期间3地受沙尘影响最大的3月12日、4月25日和5月20日来对3城市的后推气流轨迹情况进行分析,见图4~6。

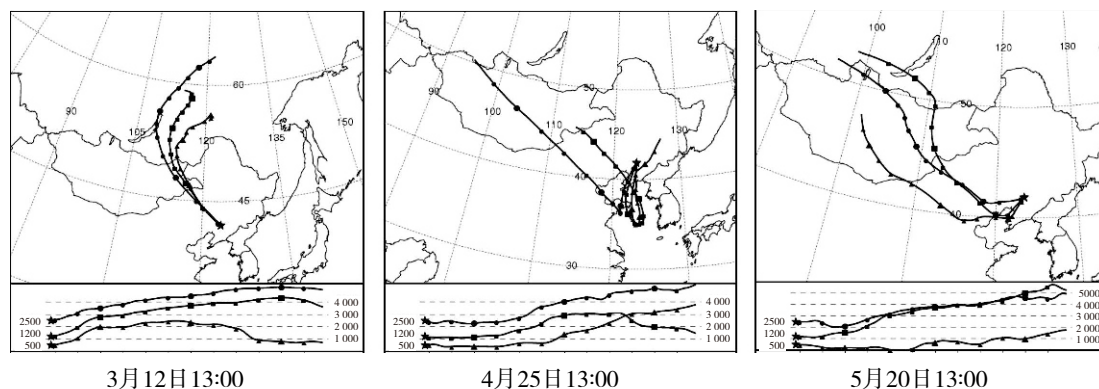


图4 沈阳市后推气流轨迹解析图

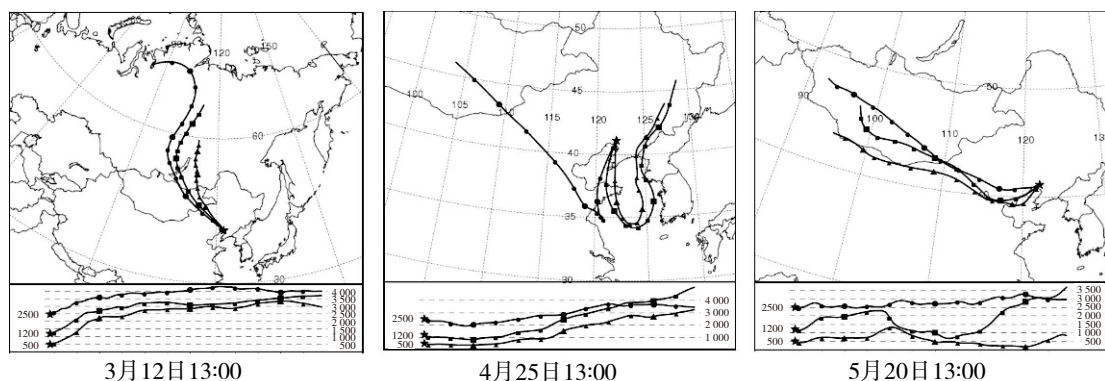


图5 盘锦市后推气流轨迹解析图

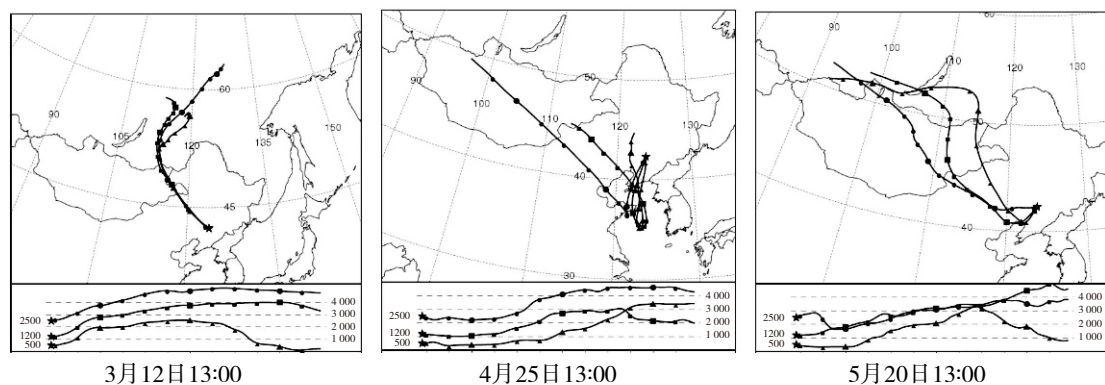


图6 铁岭市后推气流轨迹解析图

通过沈阳、盘锦、铁岭3城市的后推气流轨迹解析图不难发现,在3次沙尘天气来临时,3城市上空的气流来源大体相同,但各城市不同高度气团的流迹又各有特点。2010年3月份,沈阳、盘锦、铁岭3城市上空气团主要来自西或西北方向,气团途径地区均有大量沙源,因此气团内携带沙尘量也较大,加之蒙古气团以及西伯利亚冷旋的共同作用,对3城市沙尘天气形成的影响较为明显。进入4月和5月,由于受春季东南季风来向影响,3城市上空气流变化较为复杂,不同城市不同高度的气流来向差异明显,可见图4~6。

2.3.1 第1次沙尘来临时(3月12日) 3月12日第1次沙尘来临时,沈阳市500 m以下的低空气流来自于外兴安岭至贝加尔湖东侧高原地带的近地表,经抬升至2 000 m高空远距离输送而来,并由下降气流带至近地表。铁岭市的低空气流来源及路径与沈阳市基本相同,但其气流来源高度更低,近乎贴近地表。盘锦市的低空气流则来自于东西伯利亚维季姆河流域vitim和peleduy附近距地表3 000 m左右的高空,在蒙古国与我国交界

的东方省地区距地表2 000 m左右上空与上述两股气流相遇后下沉至近地表。

沈阳、盘锦、铁岭3地1 200 m高度及2 500 m高度的气流均来自于3 500~4 000 m以上的高空,气流高度逐步降低,变化较缓,对这次沙尘的形成贡献不大。

2.3.2 第2次沙尘来临时(4月25日) 4月25日第2次沙尘来临时,沈阳市500 m以下的低空气流来自于我国吉林省与黑龙江省交界处近4 000 m高空,并一路南下,经由黄海上空时,受东南季风的影响,下沉至低空并向北折返而来。铁岭市低空气流则来自于我国吉林省和内蒙古自治区交界处3 500 m左右的高空,其路径与沈阳市相仿。盘锦市低空气流来源与路径基本与沈阳市类似。

在1 200 m高度,沈阳市上空气流来自于蒙古高原东部,蒙古国与我国交界的苏赫巴托尔省上空1 500 m左右的高空,经由气流输送至3 000 m高度,并在到达黄海上空后,受东南季风影响折返北上,一路下沉而至。铁岭市的气流来源及

路径与沈阳市基本相同。盘锦市的上空气流则来自于我国黑龙江省东部5 000 m以上的高空,一路下沉南下,至黄海南部上空后遇东南季风折返向北而至。

沈阳、盘锦、铁岭3地2 500 m高度上空气流均来自于蒙古高原中部及北部3 500~5 000 m以上高空,来源高度较高,对沙尘的形成影响较小。

2.3.3 第3次沙尘来临时(5月20日) 5月20日第3次沙尘来临时,沈阳市500 m以下低空气流来自于蒙古高原中北部近2 000 m上空,经过几次较小幅度的下沉和上升后至近地表,并继续东移北上而来。铁岭市低空气流来自于蒙古高原西北部,蒙古国与俄罗斯图瓦共和国交界上空近1 000 m处,一路向东随着上升气流至3 500 m高空后,经由贝加尔湖开始下沉,并折向东南进入我国,在辽东湾附近下沉至近地表后转向北而来。盘锦市低空气流来自于我国新疆东部和蒙古国交界附近近1 000 m上空,由下降气流带至内蒙古西北部近地表处后小幅抬升继续向东,至渤海北部后转向北而来。

在1 200 m高度,沈阳市上空气流主要来自于俄罗斯图瓦共和国东北部5000m以上高空,随下降气流一路向东南下经蒙古国进入我国境内,并在渤海上空折返向北后抵达。铁岭市的气流来源及路径与沈阳市基本相同。盘锦市的上空气流则来自于蒙古国戈壁阿尔泰省东北部近4000m上空,随下沉气流下降至低空后经再次抬升、下降而至。

在2 500 m高度,沈阳、盘锦、铁岭3城市气流轨迹变化基本相同,均由3 000~5 000 m以上高空缓慢下沉而来。

2.4 小结

通过对比分析3次调查期间的气象状况、沙尘颗粒物浓度及粒径组成以及后推气流轨迹发现,沈阳、盘锦、铁岭3城市上空携带沙尘的气流主要有两种来源输送方式。一种是高空传输,主要来自西伯利亚及蒙古高原等远距离沙源地的近地表,经上升气流抬升后远距离输送,并随下沉气流下降至本地低空而至,如3月12日沈阳、铁岭两地500 m低空气流轨迹变化模式。此种输

送方式主要以粒径小于2 μm 的沙尘为主。另一种是低空传输,既有来自蒙古高原的远距离传输,又有来自近距离沙源和本地扬尘共同叠加的近距离输送,如5月20日沈阳、盘锦两地500m低空气流轨迹变化模式。此种输送方式主要以粒径大于7 μm 的沙尘为主。而5月20日铁岭沙尘的来源传输方式为二者相结合的方式,既有远距离传输又有近距离输送。

此外,沙尘的来源不仅与地表的沙源有关,其气流来源的路径变化情况也对沙尘天气的形成有一定影响。如盘锦市3月12日的后推气流轨迹图表明,其高中低空气流均来自于3 000 m以上的高空,经缓慢下降而至,气流变化过程中并未接触地面沙源。但其颗粒物浓度表明,其受沙尘影响程度与同日沈阳市情况大致相同。通过进一步对比分析沈阳、盘锦、铁岭3城市的后推气流轨迹发现,当日0~13时3地的上空来源气流均受同一冷涡或气旋影响从2 000~2 500 m上空急剧下降至低空,且来源路径基本相同。通过气流的高度变化及路径推断,盘锦市的沙尘应为上空来源气流与沈阳、铁岭两地携带大量沙尘的气团相遇结合所致。

不论沙尘的来源输送方式为哪个种类,3地2 500 m以上高空气流的变化情况均对沙尘天气的形成及来源没有影响。

3 结论

此次调查通过对沈阳、盘锦、铁岭3城市在3次沙尘调查期间的气象状况、颗粒物浓度变化情况以及后推气流轨迹状况,分析了2010年春季辽宁中部地区沙尘天气的主要来源及输送方式,结果表明:①地处辽宁中部地区的沈阳、盘锦、铁岭3城市在2010年春季受沙尘的影响状况大致相同;②受蒙古气旋和西伯利亚冷涡影响,3地的沙尘来源主要为来自蒙古高原与西伯利亚地带区的地表裸露沙源,输送方式以的高空远距离输送为主,并伴随与部分低空近距离传输和本地扬尘共同作用形成;③沙尘来源不仅与地表沙源有关,其气流来源的路径变化也对沙尘天气的形成有一定影响。

从沙尘来源看,与黄阁、刘万军等^[1-3]研究结果类似,辽宁中部地区的沙尘主要来自于外部沙源。但输送方式分析表明,来自蒙古高原以及西伯利亚地区的沙源通过远距离输送对本地的影响更大,而内蒙东部、华北北部以及辽宁西部地区的沙源对以近距离输送方式为主的沙尘天气贡献更大。对于高空远距离输送而来的沙尘,本地的可行性防护治理措施较少,而对低空近距离传输的沙尘及地表扬尘的防治,可通过增加加大大地及周边植被覆盖面积率,减少地表裸露等方式实现,尤其是针对辽宁西北部等气候干旱地区,土地沙化风险较重,应强化防护

林带的建设,减少沙尘天气的发生频次及其对本地空气质量的影响。

参考文献

- [1]黄 阁,盛 永. 辽宁省沙尘天气分析[J]. 干旱区研究, 2008(4):601.
- [2]黄 阁,盛 永,张宁娜. 辽宁沙尘暴特点分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(3):1566-1568, 1581.
- [3]刘万军,李祥云,王 瀛,等. 辽宁2001年与近10年沙尘天气对比分析[J]. 辽宁气象, 2002(1):3.
- [4]Draxler R, Hess G D. An overview of the hysplit-4 modeling system for trajectories, dispersion, and deposition[J]. AustMet Mag, 1998, 47(2):295-308.
- [5]Roland R Draxler. Forecasting dust storms Hysplit[C]. Sino-US Workshop on Dust Storms and Their Effects on Human Health, North Carolina, Raleigh, 2002:25-26.

(上接第77页)

到脱氮的目的;对于TN的处理效果,外加碳源后的C/N为7.12时, TN的去除率最好,去除率为71.27%。

4 结论

(1)通过外加碳源投加试验可知,只要外加入少量外加碳源,当控制外加碳源后C/N比,即可继续促使 NH_4^+-N 去除率的提高,并且能够达到脱氮的目的。

(2)通过乙酸钠作为外加碳源,当外加碳源后C/N比值增加至7.0左右时,对原水 NH_4^+-N 去除率最高为89.31%,并且外加碳源后的C/N无论是3.48或者11.79都对 NH_4^+-N 的去除率在80%以上,说明只要外加入少量乙酸钠,即可继续促使反应进行,并且能够达到脱氮目标;对于TN的

处理效果,外加碳源后的C/N为7.12时, TN的去除率,为71.27%。综上所述,外加乙酸钠碳源后SBBR工艺对于低C/N生活污水脱氮性能良好。

(3)外加碳源实验过程处理模拟低C/N生活污水的出水水质指标均达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)中的“一级标准A标准”,一级标准的A标准是城镇污水处理厂出水作为回用水的基本要求。

参考文献

- [1]蒋山泉,翟 俊,肖海文,等.序批式生物膜(SBBR)工艺同步脱氮除磷研究[J].四川大学学报(工程科学版),2008,40(1):64-68.
- [2]彭硕佳,邹 洪,张永祥,等.低温低C/N比复合 A^2/O 启动实验研究[J]. 环境科学与技术,2013,36(2):142-146.
- [3]谭佑铭,罗启芳.不同碳源对固定化反硝化菌脱氮的影响[J].卫生研究,2003,32(2):95-97.
- [4]倪宝云. SBBR法处理城市污水的试验特性研究[D].太原:太原理工大学,2010.
- [5]邱兆富,周 琪,杨殿海,等.低碳氮比城市污水短程生物脱氮试验研究[J].工业水处理,2006,26(11):35-38.