

# 杭州市余杭区近地面臭氧污染特征及变化趋势初探

郭爱娣 周玉芳 杜正 郑红芳 沈凯滨

杭州市余杭区环境监测站

DOI:10.32629/eep.v3i5.805

**[摘要]** 利用2015–2018年杭州市余杭区环境监测站自动室4个站点臭氧观测资料,讨论了杭州市余杭区臭氧时空变化特征。结果表明:余杭区臭氧污染空间变化特征为临平>余杭镇>良渚>瓶窑。近4年臭氧年度变化呈现波动上升趋势, $O_3$ 具有明显的季节变化特征,夏季、春季是高浓度臭氧易发季节,夏季超标率最高,冬季几乎未出现超标现象。

**[关键词]** 臭氧; 污染特征; 变化趋势; 余杭区

## A preliminary study on the characteristics and trend of near-surface ozone pollution in Yuhang District, Hangzhou

Aidi Guo Yufang Zhou Zheng Du Hongfang Zheng Kaibin Shen

Environmental Monitoring Station, Yuhang District, Hangzhou,

**[Abstract]** Using the ozone observation data from 4 stations in the automatic monitoring room of the environmental monitoring station in Yuhang District, Hangzhou from 2015 to 2018, the spatio-temporal variation characteristics of ozone in Yuhang District, Hangzhou were discussed. The results show that the spatial variation of ozone pollution in Yuhang District is Linping>Yuhang Town>Liangzhu>Pingyao. The annual change of ozone in the past 4 years has shown a rising trend.  $O_3$  has obvious seasonal characteristics. Summer and spring are seasons with high concentration of ozone. The rate of exceeding the standard in summer is the highest, and there is almost no exceeding standard in winter.

**[Keywords]** ozone pollution characteristics change trend Yuhang District

### 引言

近地面臭氧( $O_3$ )主要是由人类活动排放产生的挥发性有机物和氮氧化物等在太阳光照射下,经复杂的光化学反应产生的二次污染物<sup>[1]</sup>。 $O_3$ 具有强氧化性和刺激性,能破坏细胞,刺激眼睛,引发呼吸道疾病,影响心肺功能,同时它也会对其他动植物造成伤害,使部分材料老化、褪色等<sup>[2]</sup>。因此臭氧污染问题一直是国内外学者研究的热点。在我国,经济快速增长、人口密集的京津冀、长三角以及珠三角地区, $O_3$ 污染问题日益突出<sup>[3]</sup>。

杭州是长江三角洲的重要城市之一,近年来,主要表现在高浓度颗粒物和高浓度 $O_3$ 为代表的大气光化学污染出现几率明显增大。严仁娣等研究了杭州市臭氧污染特征及影响因素,洪盛茂等研究了杭州市区大气臭氧浓度变化及气象要素影响,齐冰等利用2012–2016年杭州市近地面臭氧的连续观测资料以及气象数据,对杭州市近地面大气臭氧浓度变化特征进行了分析研究。

本文利用杭州市余杭区2014–2018年的近地面 $O_3$ 观测资料,分析讨论了余杭区臭氧时空变化特征,以期客观认识本区域的光化学污染及管理部门制定有效的环境调控政策提供相关的理论依据。

### 1 数据来源及监测方法

空气质量监测数据来自余杭区的4个自动监测站点,站点基本情况见表1-1,取平均值作为余杭区空气质量评判指标。观测仪器采用美国热电公司生产的Thermo49i型紫外光度法臭氧分析仪,检测下线 $2.0 \mu g/m^3$ ,零点漂移 $<2.0 \mu g/m^3$ (24h),跨度漂移 $<\pm 1\%$ (24h)。仪器连续24h在线监测,每5min读取一次数据,通过定期对仪器进行零点、满量程和精度检查等来保证观测数据的准确性。利用2014年1

月~2018年12月余杭区4个站点的观测数据对本区域的臭氧浓度变化情况进行分析研究。

表1-1 站点基本情况

编号	站点名称	建设地点	经度	纬度
1	临平空气自动监测站	临平职高教学楼楼顶	120.31	30.41
2	瓶窑空气自动监测站	瓶窑中学教学楼楼顶	119.98	30.37
3	余杭镇空气自动监测站	余杭街道南湖苕溪水闸	119.91	30.26
4	良渚空气自动监测站	良渚中学教学楼楼顶	120.03	30.37

## 2 结果与讨论

### 2.1 杭州市余杭区臭氧时间变化规律

#### 2.1.1 臭氧年际变化特征

由表2-1数据观察可知,余杭区臭氧超标率2015年为13.0%,2018年上升到16.4%,呈波动性上升趋势。同时, $O_3$ -8h第90百分位数也有着同样的变化趋势,从2015年的 $171 \mu g/m^3$ 上升到2018年的 $180 \mu g/m^3$ 。并且均高于同期杭州市臭氧污染水平,2016年最为严重,较杭州市高 $7 \mu g/m^3$ 。从臭氧污染时空变化特征来看,超标率和 $O_3$ -8h第90百分位数两个指标显示出同样的变化规律,均为临平最高,余杭镇次之,良渚第三,瓶窑臭氧污染状况最轻。研究表明,臭氧污染情况与人类活动密切相关,受经济状况,人口密度,工业情况,机动车保有量等因素的影响。临平是余杭区行政中心,人口密度大,且拥有区内最大工业区——余杭经济开发区,故污染情况最为严重,而瓶窑镇位于余杭区西部,是余杭区生态保护区域,因而臭氧污染状况最轻。

表2-1 杭州市余杭区2015-2018年臭氧污染情况

	临平		良渚		瓶窑		余杭镇		超标率/%	余杭区	杭州市
	超标天数/d	有效监测天数/d	超标天数/d	有效监测天数/d	超标天数/d	有效监测天数/d	超标天数/d	有效监测天数/d		03-8h 第90百分位数/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
2015年	65	359	37	360	39	363	27	226	13.0	171	167
2016年	74	359	31	335	46	351	62	351	15.3	178	171
2017年	59	365	55	346	38	356	53	360	14.4	174	173
2018年	61	362	61	357	43	341	67	352	16.4	180	
超标率/%	17.9		13.2		11.8		16.2				
03-8h 第90百分位数/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	185		172		167		180				

(注:余杭镇因监测点位搬迁,2015年7月1日至11月10日无监测数据。)

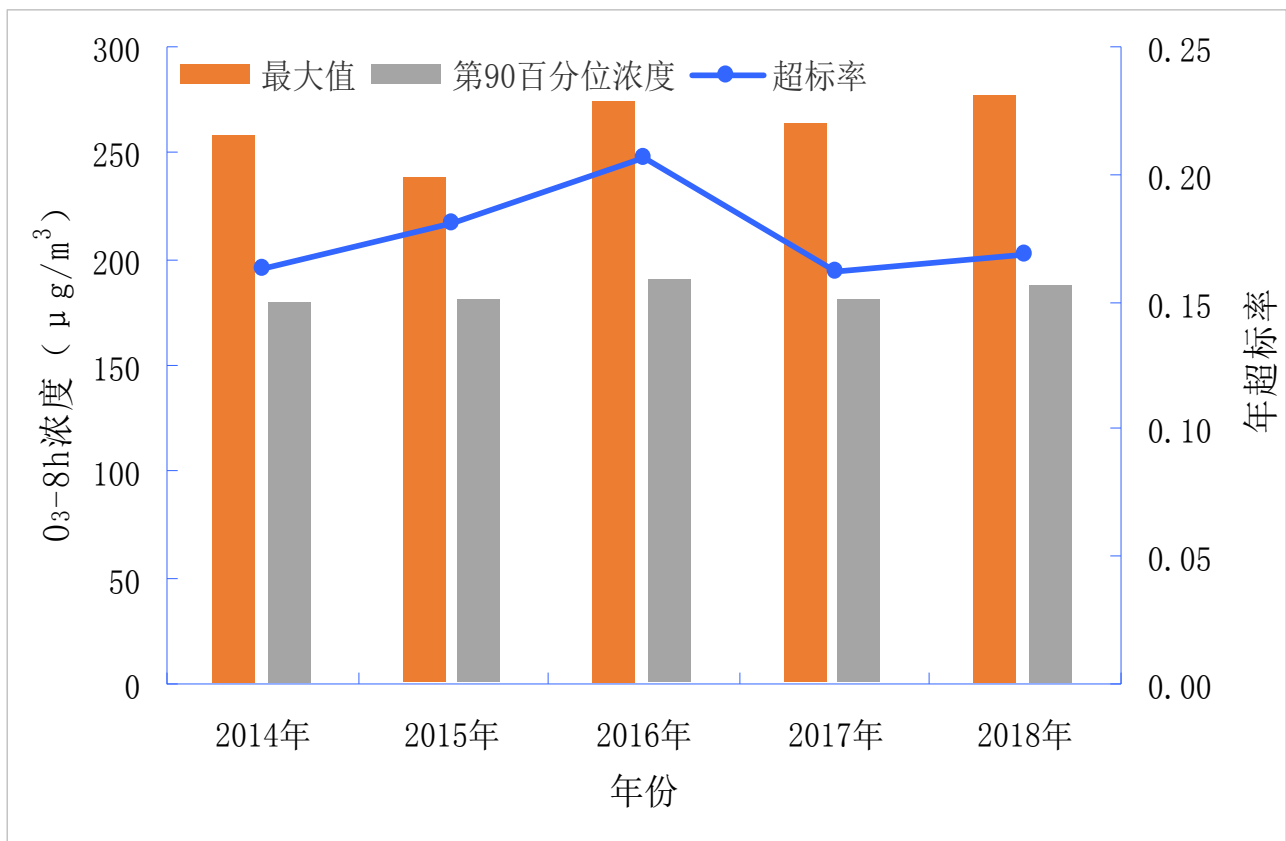
图2-1 2014-2018年临平城区 $\text{O}_3$ -8h变化情况

图2-1进一步给出了四个站点中 $\text{O}_3$ 超标率最高的临平城区2014-2018年的变化情况。观察图2-1可知,2016年超标率和 $\text{O}_3$ -8h滑动平均值第90百分位浓度均为最高,分别为20.6%和 $190\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。此外,2014-2018年间 $\text{O}_3$ -8h的年最大值波动上升,均高于国家环境空气质量标准三级标准,在中度污染以上,2018年 $\text{O}_3$ -8h的极大值更达到了

$277\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,超过 $\text{O}_3$ -8h重度污染的标准值( $265\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

为了掌握余杭区过去4年 $\text{O}_3$ 的变化情况,利用 $\text{O}_3$ -8h滑动平均值分析了不同百分位数(P5、P25、P50、P75、P95、P99)臭氧浓度的变化趋势。通常,低百分位数(P5)代表基线或者背景条件而高百分位数(P95)代表污染事件,中值(P25、P50、P75)代表了典型事件。从图

2-2可以看出,在污染事件下臭氧浓度有逐年增加趋势,增长率为 $3.2 \mu\text{g}/(\text{m}^3\cdot\text{a})$ ,且相关性较高,达到0.97。 $\text{O}_3$ -8h浓度95%百分位数和99%百分位数值均在 $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上,超过 $\text{O}_3$ 标准( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。而在典型条件下臭氧浓度也呈逐年升高趋势,增长率为 $1.8\text{--}2.2 \mu\text{g}/(\text{m}^3\cdot\text{a})$ ,除了P75相关性较高以外,P25和P50均略低。2015年余杭区 $\text{O}_3$ 小时值均值为 $56.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,较同期杭州市均值高出 $5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,表明余杭区臭氧污染状况在杭州市各区县中位于中上水平。2017年余杭区 $\text{O}_3$ 小时值均值为 $62.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2018年临平和余杭两个站点小时均值数据无法获取),说明余杭区臭氧污染状况没有好转,并有恶化的趋势。同样的,经统计,余杭区 $\text{O}_3$ -8h滑动均值从2015年的 $94.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上升到2018年的 $102.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,且2017年均值更高,为 $103.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,由此可见,近年来余杭区 $\text{O}_3$ -8h总体呈上升的趋势,且高浓度 $\text{O}_3$ 的快速增加是导致 $\text{O}_3$ 污染问题逐年突出的关键因素。

### 2.1.2 臭氧季节变化特征

余杭区位于杭嘉湖平原南部、钱塘江口北岸、杭州市北郊,地处北亚热带南缘季风气候区,夏季常受副热带高压控制,盛行下沉气流,天气晴热、温度高、日照强,夏季主导风向为东南风,处于化工产业集中分布的杭州湾地区的下风向,易受区域臭氧及其前体物污染传输的影响,总体来说区域气候条件较有利于对流层臭氧的生成,从而导致夏季臭氧污染。冬季则相反,气温比较低,太阳辐射弱,日照时间短,不利于光化学反应,即使前体物充足也不利于 $\text{O}_3$ 生成,因此冬季是 $\text{O}_3$ 浓度最低的季节。

### 2.1.3 臭氧月际变化特征

2016-2018年余杭区 $\text{O}_3$ -8h月平均浓度大致呈中间高,首尾低的特点,且有两个峰值。月均浓度变化趋势与长三角地区整体变化趋势基本一致。1-4月 $\text{O}_3$ 月均浓度逐渐升高,春末和夏季污染最为严重,在5月份达到一年中的最大值,为 $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;次峰值出现在8月, $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;从9月份开始, $\text{O}_3$ 月均浓度开始下降,12月份达到最低值 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。与齐冰等的研究结果一致。而三年来 $\text{O}_3$ 总超标天数则呈现明显的双峰特征,

极大值为5月,135天;8月和9月份超标天数相当,分别为103d和101d,共占总超标天数的52.2%。陈超等在杭州市臭氧污染特征及过程分析研究结果中,表明千岛湖背景点及城区的朝晖五区、下沙、西溪站点臭氧浓度月变化存在两个峰值,第一峰值处在5月,受降水、温度影响次峰值出现在8-10月<sup>[1]</sup>。特别需要指出的是,易睿等研究结果表明,长三角城市在1、2月份没有出现 $\text{O}_3$ 超标,而在本文的研究中,统计结果显示2017年2月26日和27日,余杭镇和瓶窑镇分别有1和2日臭氧超标的情况出现,临平和良渚两个观测站点这两天 $\text{O}_3$ 浓度也较高,这可能与当日的气温关系较大。

## 3 结论

(1)余杭区臭氧污染空间变化特征为临平>余杭镇>良渚>瓶窑。近4年臭氧年度变化呈现波动上升趋势,2015年余杭区 $\text{O}_3$ -8h第90百分位数为 $171 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,2018年为 $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。超标率也呈波动上升趋势,从2015年的13.0%上升到2018年的16.4%。

(2) $\text{O}_3$ 具有明显的季节变化特征,夏季、春季是高浓度臭氧易发季节,夏季超标率最高,超标情况主要集中在4-9月份,冬季几乎未出现超标现象。

(3)臭氧日变化呈明显的“单峰型”,14:00出现最大值,最小值出现在早上5:00左右。

## [参考文献]

[1]陈超,林旭,叶辉,等.杭州市臭氧污染特征及过程分析[J].中国环境监测,2019,35(3):73-81.

[2]刘芷君,谢小训,谢旻,等.长江三角洲地区臭氧污染时空分布特征[J].生态与农村环境学报,2016,32(3):445-450.

[3]张明顺.欧盟臭氧污染监测现状及我国开展臭氧污染监测的建议[J].环境监测管理与技术,2011,23(6):17-20.

## 作者简介:

郭爱娣(1985-),女,河南焦作人,汉族,硕士研究生,中级工程师,主要从事环境监测与研究。