

# 黑烟车电子抓拍林格曼黑度对比验证研究

孔繁国,徐德伟,邓杰成

(佛山市南海区环境保护监测站,广东 佛山 528200)

**摘要:**对同一场景中同一机动车排放黑烟的行为,采用光电测烟望远镜和黑烟车电子抓拍系统2种方法测定林格曼黑度,以光电测烟望远镜作基准,对黑烟车电子抓拍系统的测量结果进行修正。结果表明,黑烟车电子抓拍系统的测量结果经修正后与光电测烟望远镜的测试结果的相关性系数约为0.977,误差平均值为-0.015,方差为0.032,说明2种测量方法具有良好的相关性和可比性,利用光电测烟望远镜可以为黑烟车电子抓拍系统搭建量值溯源链。

**关键词:**林格曼黑度;黑烟车电子抓拍系统;视频拍摄;机动车尾气;光电测烟望远镜

中图分类号:X831

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2019)01-0036-04

## Contrast Verification Research on Ringelman Blackness of Electronic Snapshot for Black Smoke Truck

KONG Fan-guo, XU De-wei, DENG Jie-cheng

(Environmental Protection Monitoring Station of Nanhai District, Foshan, Guangdong 528200, China)

**Abstract:** Photoelectric smoke detector and electronic snapshot system for black smoke truck were both used to measure the Ringelman blackness of the same truck at the same time. And then, based on the results of photoelectric smoke detector, the measurement results of electronic snapshot system for black smoke truck were corrected. The result shows that the correlation coefficient between the measurement results of electronic snapshot system for black smoke truck and those of photoelectric smoke detector is about 0.977, the average error is -0.015 and the variance is 0.032 after correction. It means the two measurement methods show good correlation and comparability with each other. The photoelectric smoke detector can be used to build the traceability chain for the electronic snapshot system for black smoke truck.

**Key words:** Ringelman blackness; Electronic snapshot system for black smoke truck; Video capture; Vehicle exhausts; Photoelectric smoke detector

黑烟车电子抓拍技术是近年发展起来的一种针对柴油车在道路行驶时冒黑烟情况的实时抓拍监控技术<sup>[1-2]</sup>,它利用高清摄像头,采用内置算法去除背景和车辆轮廓,分离出烟气本体,并通过烟气与内置预设色谱灰度进行匹配,计算出林格曼黑度<sup>[3-6]</sup>。黑烟车电子抓拍技术的特点是能对道路行驶车辆的黑烟排放进行实时抓拍,监测结果直观、有效,且效率较高,缺点是不能像常规仪器一样通过标准物质进行计量检定来保证监测结果的量值溯源,目前国家也未制定相关的计量检定或校准规程,使其应用受到一定影响。

为进一步验证和研究黑烟车电子抓拍技术监测结果的有效性,现采用环境保护行业标准《固定污染源排放烟气黑度的测定 林格曼烟气黑度图法》(HJ/T 398—2007)规定的光电测烟望远镜方

法作为基准<sup>[7]</sup>,通过比对测试,分析这2种林格曼烟气黑度监测结果的相关性,以探讨搭建黑烟车电子抓拍量值溯源的方法。

### 1 试验用仪器

#### 1.1 光电测烟望远镜

比对用基准仪器为QT 201 B型光电测烟望远镜(苏州市青安仪器有限公司)。该仪器将标准林格曼烟气黑度图进行预先采集和保存,作为烟气测量指纹,与被测烟气在仪器上的成像进行比较,最终确定被测烟气的林格曼黑度。

收稿日期:2018-11-19;修订日期:2018-12-12

作者简介:孔繁国(1984—),男,工程师,本科,从事环境监测工作。

## 1.2 黑烟车电子抓拍系统

比对对象为南海区黑烟车电子抓拍系统,版本为V2.0.2。该系统由高清摄像头和分析工控机(或服务器)组成。高清摄像头负责捕抓烟气图像及视频;工控机内置算法,去除背景并确定烟气本体后将烟气颜色与预设的标准林格曼烟气黑度图进行比对,确定烟气的林格曼黑度。

## 2 测试样车与质控措施

### 2.1 测试样车

黑烟车电子抓拍对象是道路上行驶的柴油车辆,为保证测试结果有效且比对测试结果能覆盖黑烟抓拍全量程测量范围,比对测试选用的3台柴油试验样车均为黑烟超标严重的车辆(表1)。

表1 柴油试验样车情况

| 样车<br>编号 | 车型           | 品牌 | 注册<br>登记<br>时间 | 排放<br>阶段 | 加载减速烟<br>度测量结果<br>(光吸收系数)/<br>$m^{-1}$ |
|----------|--------------|----|----------------|----------|--|
| 1        | NKR55LLBACJA | 庆铃 | 2008-04        | 国二       | 2.21                                   |
| 2        | SY6483P1     | 金杯 | 2007-07        | 国三       | 4.20                                   |
| 3        | HFC1027K4RTL | 江淮 | 2013-09        | 国三       | 7.37                                   |

### 2.2 基准仪器的质量控制

比对用QT201B型光电测烟望远镜经苏州市计量测试研究所检测,示值误差满足《HJ/T398—2007》规定要求(表2)。

表2 光电测烟望远镜示值检测结果

| 标准值/级 | 光电测烟望远镜示值/级 |
|-------|-------------|
| 1     | 1.0         |
| 2     | 2.1         |
| 3     | 3.0         |
| 4     | 4.1         |
| 5     | 5.1         |

### 2.3 测试条件质控措施

为减小测试环境对比对测试结果的影响,测试时选择晴朗天气,风速<3 m/s,测试场地为空旷场地,无影响测试结果的其他建筑及设施。测试时车辆处于静止状态,将光电测烟望远镜和黑烟车电子抓拍系统摄像头并排布置,通过改变测试车辆的油门实现不同的黑烟排放。为保证测试结果有效,根据《HJ/T398—2007》有关要求,测试时在垂直方

向上设置背景板,在水平方向上停放并固定试验样车,具体摆放方式见图1。

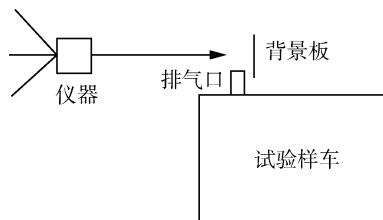


图1 试验现场摆放方式

### 2.4 测试过程质控措施

(1) 2套设备分别设置误差<1 s的2套时钟,以确保数据采集同步。

(2) 测试时由车辆驾驶员按自由加速工况方法分次控制油门开度大小,使测试车辆排放的烟气浓度随油门变化的快慢和油门开度的大小而变化,为测试提供变化的黑烟烟羽。

(3) 光电测烟望远镜每隔1~2 s记录1个数据,每次均自踩油门约2 s时开始记录,测试工况结束时停止记录,并同步记录数据采集时间。黑烟车电子抓拍系统则对黑烟烟羽进行连续录像。

(4) 黑烟车电子抓拍系统根据光电测烟望远镜记录的时间,提取同一时刻黑烟车电子抓拍林格曼烟度测量值,与光电测烟望远镜的林格曼烟度测量值组成一组数据样本。

(5) 为消除光电测烟望远镜和黑烟车电子抓拍系统摄像头的对点误差,正式测试前先将测试车辆的油门控制在一个稳定开度,细调光电测烟望远镜和黑烟车电子抓拍系统摄像头对点位置,使2套设备的测量结果尽量接近,然后再固定光电测烟望远镜和黑烟车电子抓拍系统摄像头。

(6) 适时清洁背景板,保持背景板反光率。

(7) 按《HJ/T398—2007》要求进行数据修约,均取小数点后1位。

## 3 数据样本分析

### 3.1 数据样本采集

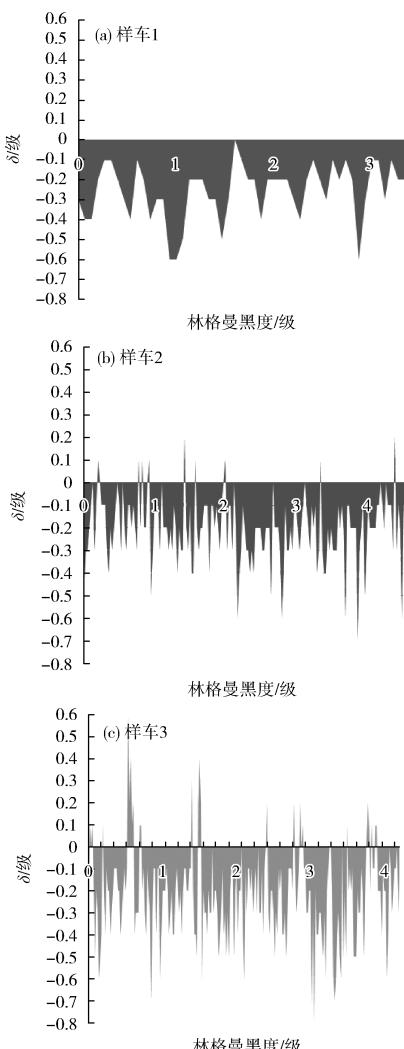
比对测试共获得495组比对数据,部分数据因背景板受到尾气熏污或光照变化发生背景值偏离,视为无效数据予以剔除,剩下有效数据有480组。为了便于直观地表征每组数据样本间的偏离情况,用a表示光电测烟望远镜的林格曼黑度测量值,b

表示黑烟车电子抓拍系统的林格曼黑度测量值,  $\delta$  表示每组数据样本的绝对误差值,  $\delta = b - a$ 。数据样本与偏离情况见表 3。

表 3 数据样本及偏离情况

| 样车<br>编号 | 总采<br>集数 | 有效<br>数 | $ \delta  \leq 0.1$ | $0.1 <  \delta  \leq 0.3$ | $0.3 <  \delta  \leq 0.5$ | $ \delta  > 0.5$ |    |      |    |     |
|----------|----------|---------|---------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|----|------|----|-----|
|          |          |         | 数量                  | 占比/%                      | 数量                        | 占比/%             |    |      |    |     |
|          |          |         | 数量                  | 占比/%                      | 数量                        | 占比/%             |    |      |    |     |
| 1        | 55       | 52      | 11                  | 21.2                      | 30                        | 57.7             | 8  | 15.4 | 3  | 5.8 |
| 2        | 190      | 183     | 65                  | 35.5                      | 97                        | 53.0             | 16 | 8.7  | 5  | 2.7 |
| 3        | 250      | 245     | 74                  | 30.2                      | 108                       | 44.1             | 49 | 20.0 | 14 | 5.7 |
| 合计       | 495      | 480     | 150                 | 31.3                      | 235                       | 49.0             | 73 | 15.2 | 22 | 4.6 |

图 2(a)(b)(c) 为绝对误差  $\delta$  值分布情况, 由图 2 可见,  $|\delta|$  值主要处于  $< 0.3$  级范围。

图 2 绝对误差  $\delta$  分布图

### 3.2 系统误差分析

图 3 是将数据样本按光电测烟望远镜的林格曼黑度测量值大小排序后所形成的测试结果比对曲线。由图 3 可见, 黑烟车电子抓拍系统的测量值相对偏小, 说明 2 种测量方法存在系统误差, 如使用减去  $\delta$  平均值的方式对黑烟车电子抓拍系统的测量结果进行修正, 则可得到如表 4 所示的修正后数据样本偏离分布情况。由表 4 可知, 经修正后,  $|\delta| > 0.5$  级的样本数减少至 0.8%, 这样便能建立起良好的黑烟车电子抓拍系统与光电测烟望远镜之间的溯源关系。

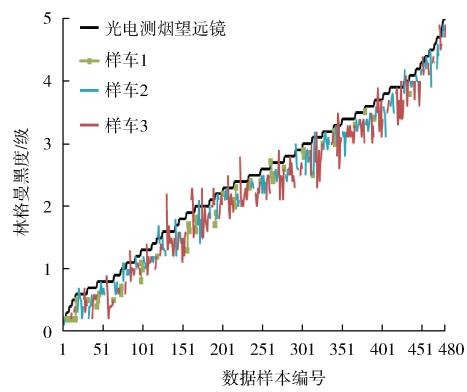


图 3 2 种测量方法结果比对

表 4 修正后数据样本偏离情况

| 样车<br>编号 | 有效<br>数 | $ \delta  \leq 0.1$ | $0.1 <  \delta  \leq 0.3$ | $0.3 <  \delta  \leq 0.5$ | $ \delta  > 0.5$ |    |      |   |     |
|----------|---------|---------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|----|------|---|-----|
|          |         | 数量                  | 占比/%                      | 数量                        | 占比/%             | 数量 | 占比/% |   |     |
|          |         | 数量                  | 占比/%                      | 数量                        | 占比/%             | 数量 | 占比/% |   |     |
| 1        | 52      | 40                  | 76.9                      | 9                         | 17.3             | 3  | 5.8  | 0 | 0.0 |
| 2        | 183     | 141                 | 77.0                      | 35                        | 19.1             | 7  | 3.8  | 0 | 0.0 |
| 3        | 245     | 149                 | 60.8                      | 71                        | 29.0             | 21 | 8.6  | 4 | 1.6 |
| 合计       | 480     | 330                 | 68.8                      | 115                       | 24.0             | 31 | 6.5  | 4 | 0.8 |

### 3.3 修正样本误差分析

图 4 为经修正后的黑烟车电子抓拍系统数据样本与光电测烟望远镜样本之间的相关性。由图 4 可见, 经修正后数据样本的相关性系数达到了 0.977, 其中样车 1 为 0.982, 样车 2 为 0.986, 样车 3 为 0.968, 说明这 2 种测量设备的测试结果具有良好的相关性。同时, 经修正后黑烟车电子抓拍系统数据样本与光电测烟望远镜样本之间的误差  $\delta$  的平均值为 -0.015, 方差为 0.032, 即 480 组有效样本修正后的误差  $\delta$  集中在以 -0.015 为中心的小范围内, 2 组样本数值十分接近, 说明经修正后 2

种测量方法的测量结果接近。

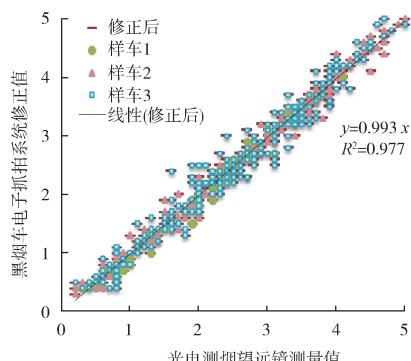


图4 修正后样本的相关性

#### 4 结论

(1) 比对测试所用黑烟车电子抓拍系统的测量结果与光电测烟望远镜的测试结果存在系统误差,为提高黑烟车电子抓拍系统的测量精度,在实际应用中应对该黑烟车电子抓拍系统的测量结果进行系统误差修正。

(2) 黑烟车电子抓拍系统的测量结果经修正后与光电测烟望远镜的测试结果的相关性系数值约为0.977,说明2种测量仪器具有良好的相关性

和可比性。

(3) 使用光电测烟望远镜作基准,对测试所用黑烟车电子抓拍系统的测量结果进行修正后,其误差平均值为-0.015,方差为0.032,说明2种仪器的测量误差处于同等数量级范围,利用光电测烟望远镜可以为黑烟车电子抓拍系统搭建量值溯源链。

#### [参考文献]

- [1] 徐德伟.实施黑烟车智能监控的必要性及方法的探讨[J].化工管理,2016(18):167.
- [2] 江绮鸿,李文松.黑烟车智能监控系统的应用[J].化工管理,2018(22):91-92.
- [3] 中华人民共和国环境保护部.在用柴油车排气污染物测量方法及技术要求(遥感检测法):HJ 845—2017[S].北京:中国环境科学出版社,2017.
- [4] 包信宗.烟气林格曼黑度远程视频监测系统的应用研究[D].聊城:聊城大学,2009.
- [5] 孟令坤.烟气黑度多媒体监控系统[D].南京:南京大学,2012.
- [6] 桂柏林.基于林格曼黑度的烟囱排放自动监测分析系统的研究与实现[D].湘潭:湘潭大学,2009.
- [7] 国家环境保护总局.空气和废气监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2007:367-370.

· 简讯 ·

### 《环境监控与预警》“环境预警”栏目荣获第十届江苏科技期刊 “金马奖”—“十佳品牌栏目奖”

2018年11月21日,由江苏省科技期刊学会主办的第十届江苏科技期刊“金马奖”颁奖仪式在苏州举行,江苏省环境监测中心主办的《环境监控与预警》“环境预警”栏目荣获创新创意奖“十佳品牌栏目奖”。此次评选活动进一步激励了科技期刊工作者,使得具有学术影响力、学科引导力、媒体传播力、品牌竞争力的优秀期刊和办刊团队脱颖而出,带动江苏省科技期刊进一步提升期刊学术影响力与核心竞争力。

### 第二届环境监测与预警技术大会暨第十三次全国环境监测 学术交流会顺利召开

为进一步加强全国环境监测学术交流,推进环境监测创新发展,2018年12月6—7日,由中国环境监测总站(中国环境科学学会环境监测专业委员会)主办的第二届环境监测与预警技术大会暨第十三次全国环境监测学术交流会在广东深圳召开。来自全国环境监测系统共600余名技术和管理人员参加会议。

江苏省环境监测中心《环境监控与预警》编辑部作为协办单位参加了此次会议,并开展了《环境监控与预警》期刊宣传工作。通过参加此次全国学术交流,进一步开阔了监测技术人员的视野,了解国内外监测技术新进展,对推进环境监测科研工作具有重要意义。