

ICS 13.020.40
CCS Z 10

DB 11

北 京 市 地 方 标 准

DB11/T 1926—2021

道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范

Technical specification of vehicle-mounted monitoring and evaluation for
suspended dust load on paved road

2021 - 12 - XX 发布

2022 - 04 - 01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 车载移动监测系统	2
5 质量保证与质量控制	5
6 数据有效性判断	7
7 道路尘负荷分级与评价	7
附录 A（资料性） 道路尘负荷换算公式	9
附录 B（资料性） 校准维护记录表	10
附录 C（资料性） 光散射法颗粒物监测仪比对测试	11
参考文献	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的内容涉及“基于车载仪器的路面积尘负荷测量系统”专利(证书编号为ZL201320508021.5)，专利持有人声明放弃因本地方标准实施而产生的与该专利权相关的权利，并已出具《关于北京市地方标准<道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范>中专利权的声明》。

本文件由北京市生态环境局提出并归口。

本文件由北京市生态环境局组织实施。

本文件起草单位：北京市生态环境保护科学研究院。

本文件主要起草人：曲松、石爱军、李婷婷、樊守彬、赵芸程、许康利。

引 言

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，防治环境污染，改善环境质量，规范道路尘负荷车载移动监测技术方法，促进道路扬尘防治技术进步，制定本文件。

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到发明专利ZL201320508021.5“基于车载仪器的路面积尘负荷测量系统”相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利权人已向本文件的发布机构声明，放弃因实施本文件而产生的专利号为ZL201320508021.5“基于车载仪器的路面积尘负荷测量系统”的专利权。该专利权人的声明已在文件的发布机构备案。

该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：北京市环境保护科学研究院

地址：北京市西城区北营房中街59号

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

道路尘负荷车载移动监测与评价技术规范

1 范围

本文件规定了道路尘负荷车载移动监测的系统组成、技术要求、操作条件、质量保证与质量控制、数据有效性判断以及道路尘负荷分级与评价的技术要求。

本文件适用于铺装道路尘负荷的监测与评价。停车场、广场等其它铺装路面可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1589 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值

GB/T 15432 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法

HJ 618 环境空气PM₁₀和PM_{2.5}的测定 重量法

HJ 653 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统技术要求及检测方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

扬尘 fugitive dust

地表松散颗粒物质在自然力或人力作用下进入到环境空气中形成的一定粒径范围的空气颗粒物。

[来源：HJ/T 393-2007,3.1,有修改]

3.2

铺装道路 paved road

采用沥青或水泥等材料进行硬化的道路。

3.3

道路扬尘 fugitive dust from road

道路尘土在车辆行驶或其他扰动方式产生的作用力下，进入环境空气中形成的扬尘。

[来源：HJ/T 393-2007,3.4,有修改]

3.4

道路尘负荷 suspended dust load on road

基于车载移动监测方法获取的数据，表征单位面积路面上具有道路扬尘污染潜势的道路尘土的质量。

注：单位为g/m²。

3.5

对照点 corresponding point

位于监测车顶部，表征监测路段背景环境空气颗粒物浓度的监测位置。

3.6

道路尘负荷车载移动监测系统 vehicle-mounted monitoring system for suspended dust load on road

利用监测车行驶形成的作用力，将路面上的松散颗粒物质扬起，通过车载采样和监测装置对道路扬尘进行自动监测并用相关影响参数计算道路尘负荷的系统，简称车载移动监测系统。

4 车载移动监测系统

4.1 系统组成

车载移动监测系统是由颗粒物采集单元、颗粒物监测单元、数据采集和传输单元、供电单元、车辆定位系统及辅助单元等部分组成，辅助单元包括气象参数测试仪、视频监控设备和校准设备等，系统组成见图1。

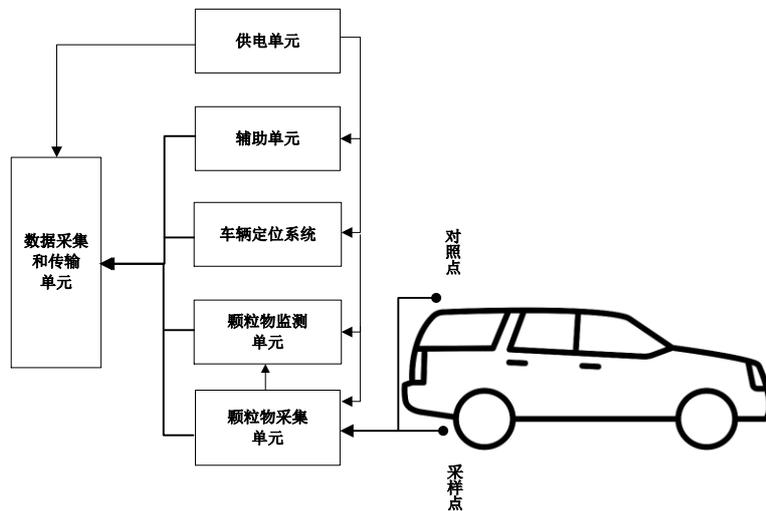


图1 车载移动监测系统组成示意图

4.2 技术要求

4.2.1 监测车

监测车应为满足GB 1589规定，且符合如下要求的M1类轻型载客车辆：

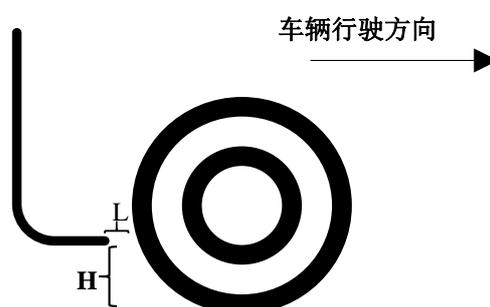
- a) 最大总质量不小于 1.5 t；
- b) 安装空间满足容积宜不小于 400 L，长度、宽度和高度满足现场监测仪器的安装要求，用于安装车载移动监测系统的现场监测设备；
- c) 监测车应配备牢固的支架，用于固定监测设备，安装设备后的监测车辆应保证稳定运行、避免安全隐患。

4.2.2 颗粒物采集单元

颗粒物采集单元包括采样口、采样管、流量控制器和采样泵等。相关技术要求如下：

- a) 采样口用于采集被车辆行驶作用力扬起的可悬浮颗粒物，其设计和选材要求内壁光滑、防静电；

- b) 采样口宜安装在车辆远离排气管一侧后侧轮胎的后方，采样口距离地面高度（ 200 ± 20 ）mm，采样口与胎面距离（ 50 ± 10 ）mm，采样口指向胎面方向（与行驶方向一致），安装方式见图2；
- c) 采样管用于将含尘气流输送到颗粒物监测单元，应缩短管路长度，管内径为（ 50 ± 10 ）mm，管路内表面光滑，采样管需弯曲时均应平滑过渡，避免突变；
- d) 流量控制器用于监测采样管内气体流速，量程范围（ $0.2\sim 20$ ）m/s，精度应不低于2.5%；
- e) 采样泵的工作流量为（ $80\sim 120$ ）L/min，当采集单元负载阻力达到30 kPa时，采样系统整体最大抽气流量应不低于160 L/min；
- f) 对照点采样口设置于高于车顶（ 100 ± 10 ）mm，朝向于车辆前部（与行驶方向一致），对照点采样管长度宜不长于1500 mm。



H——采样口距离地面高度；L——采样口与胎面的距离。

图2 采样口安装位置示意图

4.2.3 颗粒物监测单元

颗粒物监测单元基于泵吸式光散射原理，用于环境空气和扬尘气流中颗粒物质量浓度的测定，相关技术要求应符合表1的要求。在满足相关技术指标要求的情况下也可选择其他原理的监测仪。

表1 颗粒物监测单元的技术要求

技术参数	要求
监测项目	PM _{2.5} 、PM ₁₀ 、TSP等 ^a
监测频次	≤6 s
监测浓度范围	0~10000 μg/m ³
检出限	1 μg/m ³
平行性	15%
参比方法比对测试	斜率：1±0.25； 截距：（0±20）μg/m ³ ； 相关系数：≥0.85

^a 可选择监测PM_{2.5}、PM₁₀、TSP等指标中的1个或几个。

4.2.4 数据采集和传输单元

数据采集和传输单元用于采集、处理、存储和传输道路尘负荷等数据。相关技术要求如下：

- a) 道路尘负荷实时数据频次≤6 s，测试路段道路尘负荷为该路段内有效监测数据的平均值；
- b) 配备显示单元，可显示实时数据，并能自动生成道路尘负荷监测轨迹图；
- c) 具有断电数据保存功能；

- d) 具有查询历史数据功能，具备 3 个月以上的数据存储能力，并能以报表形式导出；
- e) 设备应具备数字通讯接口，可实现无线或有线通讯。

4.2.5 供电单元

宜使用外置式可充电电源，供电单元的技术要求如下：

- a) 供电电压和电流满足车载移动监测系统需求，持续供电能力不小于 8 h；
- b) 在环境温度为 (15~35) °C，相对湿度≤85%条件下，车载移动监测系统电源端子对地或监测车外壳的绝缘电阻不小于 20 Ω。

4.2.6 车辆定位系统

车辆定位系统为北斗卫星导航系统 (BDS) 或全球定位系统 (GPS)，实时记录并输出经纬度、速度和加速度信息，定位精度≤15 m。

4.2.7 辅助单元

辅助单元包括气象五参数仪、视频监控设备和校准设备等，辅助单元各部分的技术要求如下：

- a) 气象五参数仪可同时测量大气温度、相对湿度、风速、风向和气压等五种气象要素，气象参数应符合表 2 的要求；
- b) 视频监控设备为选装设备，可安装在车内后视镜处，摄像头朝向前方路面，分辨率 1080 p 以上，镜头焦距≤6 mm (视角 62°)，可实时记录测试时的路况信息，存储容量不小于 16 G；
- c) 校准设备采用滤膜称重法采样设备，用于校准、标定光散射法颗粒物监测仪。

表2 气象五参数仪的技术要求

气象参数	测量范围	分辨率
温度 / °C	-30~60	0.1
相对湿度 / %	0~90	0.1
风速 / (m/s)	0~40	0.1
风向 / °	0~360	5.6
气压 / kPa	0~120	0.01

4.3 操作条件

4.3.1 监测环境要求

监测环境的技术要求如下：

- a) 待测道路路面须干燥；
- b) 监测前，测试并记录温度、相对湿度、风速和气压，监测环境条件应满足表 3 的要求。

表3 监测环境条件

序号	环境条件	技术要求
1	温度	(-20~50) °C
2	相对湿度	0~85%相对湿度, 无凝结
3	风速	<5.5 m/s
4	气压	(80~106) kPa

4.3.2 监测车的操作要求

监测车操作要求如下:

- a) 应配备驾驶人员和专业监测人员;
- b) 驾驶人员需具有 M1 类车型驾驶资质, 车辆行驶过程中驾驶人员不应操作监测系统, 遵守交通法规要求; 监测时, 监测车行驶速度应控制在 (20~70) km/h, 不应急加速和急减速行驶, 加速度应小于 0.7 m/s^2 ; 路况允许时监测车辆宜在偏右车道行驶监测;
- c) 监测人员应掌握车载移动监测系统操作和运行维护等方面的技能, 遵守操作规范。

5 质量保证与质量控制

5.1 气象参数

5.1.1 温度检查

每季度开展温度检查, 监测系统显示温度与标准温度计读数的误差应在 $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内, 当显示温度与实测温度的误差超过 $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, 应对温度进行校准, 直至通过温度检查。

5.1.2 气压检查

每季度开展气压检查, 监测系统显示气压与标准气压计读数的误差应在 $\pm 1 \text{ kPa}$ 范围内, 当显示气压与实测气压误差超过 $\pm 1 \text{ kPa}$ 时, 应对气压进行校准, 直至通过气压检查。

5.1.3 湿度检查

每半年开展湿度检查, 监测系统读数与标准湿度计读数的误差应在 $\pm 10\%$ 范围内, 超过 $\pm 10\%$ 时应对湿度进行校准, 直至通过湿度检查。

5.2 采样系统

5.2.1 气路检漏

每月对颗粒物监测仪器进行气路检漏, 如果达不到要求, 应及时进行气路检查。

5.2.2 流量检查

每月使用检定合格的标准流量计对监测仪器进行流量检查, 实测流量与设定流量的误差应在 $\pm 10\%$ 范围内, 且示值流量与实测流量的误差应在 $\pm 2\%$ 范围内。当实测流量与设定流量的误差超过 $\pm 10\%$, 或示值流量与实测流量的误差超过 $\pm 2\%$ 时, 应对流量进行校准, 直至通过流量检查。流量计精度在 $\pm 1\%$ 之内, 压力损失小于 7 kPa 。

5.2.3 采样系统维护

监测前对采样口、采样管路进行检查，保证采样管路内壁清洁干燥；监测结束后对采样系统进行清洁；当遇到重污染天气，或测试路段道路尘负荷较高，或采样管内壁有明显积尘时，应增加清洁频次。

5.3 光散射法颗粒物监测仪

5.3.1 光散射法颗粒物监测仪维护

光散射法颗粒物监测仪维护要求如下：

- a) 监测前对颗粒物监测仪进行零点校正；
- b) 配备切割器的颗粒物监测仪，监测结束后应对切割器进行清洁，保持切割器内壁清洁干燥；当遇到重污染天气或测试路段道路尘负荷较高时，应增加清洁频次；
- c) 每季度对颗粒物监测仪进行 1 次全面维护和校准；每次校准、维护维修均需记录，并定期存档，校准维护记录表见附录 B。

5.3.2 光散射法颗粒物监测仪平行性检查

每周进行一次平行性检查，将3台光散射法颗粒物监测仪置于同一环境中，仪器入口调整到同一高度，测量环境空气中的颗粒物（PM_{2.5}或PM₁₀或TSP）浓度，以每小时均值为一组数据，至少覆盖满量程（20±10）%、（50±10）%和（80±10）%浓度，共测试不少于10组数据，计算3台监测仪的平行性P，P≤15%视为平行性检查通过，否则需对3台仪器进行检查，针对问题仪器开展维修或更换，直至通过平行性检查。按照公式（1）计算3台监测仪的相对标准偏差，按照公式（2）计算平行性。

$$P_j = \frac{1}{C_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (C_{ij} - \bar{C}_j)^2}{3}} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- P_j ——3台监测仪的相对标准偏差，单位为百分号（%）；
- C_{ij} ——第*i*台监测仪测量第*j*个样品的颗粒物浓度值，单位为微克每立方米（μg/m³）；
- \bar{C}_j ——3台监测仪测量第*j*个样品的颗粒物浓度值平均值，单位为微克每立方米（μg/m³）；
- i* ——监测仪序号（*i*=1~3）；
- j* ——监测样品序号（*j*=1~10）。

$$P = \sqrt{\frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} (P_j)^2} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

式中：

- P ——仪器平行性，单位为百分号（%）。

5.3.3 光散射法颗粒物监测仪比对测试

每季度按照GB/T 15432、HJ 618和HJ 653的相关技术要求，对光散射法颗粒物监测仪进行比对测试，考核监测仪是否满足相关技术要求。偏离要求时，应对监测仪进行检查与检修，重新与参比方法比对，

直到满足准确度审核指标。可选择自行监测或者送往有资质的检测机构，测试地点可选择实际道路或实验室，实验室内应采用实际道路积尘再悬浮后开展测试。

具体比对方法及数据质量目标参见附录C。

5.4 车载移动监测系统准确性检查

每年对在用的车载移动监测系统开展1次准确性检查，在实际道路行车道开展准确性比对检测，测试范围应包括一级、二级、三级、四级不同等级，参比方法参照HJ/T 393中的城市道路积尘负荷监测方法。

在同一行车道上，同时采用参比方法和车载移动监测方法测试道路尘负荷，每个测试范围的比对数据不少于3组，将测试结果进行相关性分析，若相关系数 ≥ 0.70 ，并达到显著性检验的要求，则车载移动监测系统测试结果的准确性满足要求，否则需要维护校准车载移动监测系统，重新进行比对，直到满足准确性要求。

6 数据有效性判断

车载移动监测系统正常运行时获取的数据为有效数据。无效数据主要包括以下情况：

- a) 系统故障或运行不稳定时的数据；
- b) 光散射法颗粒物监测仪监测结果为零值或负值时的数据；
- c) 测试时间少于6 s时的数据；
- d) 监测车行驶速度和加速度不满足监测要求时的数据；
- e) 环境温度、相对湿度、压力和风速等气象条件不满足表3要求时的数据；
- f) 其他特殊情况下采集到的无效数据。

7 道路尘负荷分级与评价

7.1 评价对象

行政区范围内的所有铺装道路。

7.2 评价条件

具体评价条件要求如下：

- a) 24 h内任意时间监测的有效数据；
- b) 最小数据评价单元为连续6 s监测数据；
- c) 评价周期可为日、周、月、季、年等；
- d) 不同道路、行政区之间比较，监测时间应在同一评价周期内。

7.3 数据处理

数据处理要求如下：

- a) 道路尘负荷数值为该道路上不小于6 s监测数据的平均值，不足6 s舍去；
- b) 乡级行政区道路尘负荷数值为区域内监测的所有道路尘负荷的平均值；
- c) 乡级以上某一级别行政区道路尘负荷数值为监测的所有下一级别行政区数值的平均值。

7.4 分级与评价

将车载移动监测获取的道路尘负荷数值从低到高划分为四个级别，各级别对应的道路尘负荷限值、颜色标示和评价结果见表4。

表4 道路尘负荷分级

级别	道路尘负荷限值 (g/m ²)	颜色标示	评价结果
一级	(0, 0.15]	蓝色 RGB(25 25 255)	优
二级	(0.15, 0.45]	黄色 RGB(255 255 0)	良
三级	(0.45, 1.20]	橙色 RGB(255 126 0)	中
四级	(1.20, +∞)	红色 RGB(255 0 0)	差

附 录 A
(资料性)
道路尘负荷换算公式

A.1 尘负荷换算公式

基于PM_{2.5}浓度值的道路尘负荷的换算公式见式 (A.1)：

$$sL = a \cdot T^b \cdot v^{-c} \dots\dots\dots(A.1)$$

式中：

sL ——道路尘负荷，单位为克每平方米 (g/m²)；

a ——常数系数；

T ——采样点与对照点PM_{2.5}浓度差值，单位为毫克每立方米 (mg/m³)；

b ——指数常数，不具备实验条件时可选用推荐值0.7752；

v ——监测车行驶速度，单位为千米每小时 (km/h)；

c ——指数常数，不具备实验条件时可选用推荐值1.8613。

A.2 常数确定方法

常数系数 a 与监测车重量、车载移动监测系统的安装等因素有关，选定监测车安装完成后通过实验确定。

在同一行车道上，选取一级、二级、三级、四级不同尘负荷级别的道路进行尘负荷采样，每个尘负荷级别的比对数据不少于3组，同时采用车载移动监测系统测试 T 和 v ，将上述测试结果代入公式 (A.1) 计算常数系数 a ，取所有测试道路 a 的平均值。

A.3 其他测试指标

选择PM₁₀或TSP作为监测指标时，换算公式为 (A.1)，可依据A.2的方法自行确定常数 a 、 b 、 c 。

附录 C

(资料性)

光散射法颗粒物监测仪比对测试

C.1 每季度按照 GB/T 15432、HJ 618 和 HJ 653 的相关技术要求，依据 JJG 846，对光散射法颗粒物监测仪进行比对测试。

C.2 实验室内测试，采用实际道路积尘再悬浮后开展测试。取相同采样时间段内的自动监测数据 C_{ij} 和参比方法测试数据 R_{ij} 作为一个数据对， i 是仪器序号 ($i=1\sim 3$)， j 是有效样品的个数 ($j=1\sim 10$)，3 台待测仪器与 3 台参比仪器同步测试，每组样品的采样时间为 1 h，共测试 10 组数据，至少覆盖满量程 $(20\pm 10)\%$ 、 $(50\pm 10)\%$ 和 $(80\pm 10)\%$ 浓度，将测试结果进行线性回归分析，考核光散射法颗粒物监测仪的系数选择是否合理，监测数据是否准确。线性回归结果满足斜率 1 ± 0.25 ，截距 $(0\pm 20)\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相关系数 ≥ 0.85 ，则光散射法颗粒物监测仪的测试结果通过准确度审核，如果线性回归结果不满足上述要求，则应对光散射法颗粒物监测仪进行检查与检修，重新与参比方法比对，直到满足准确度审核指标。

C.3 实际道路测试，宜选择不同等级道路开展比对测试，覆盖满量程 $(20\pm 10)\%$ 、 $(50\pm 10)\%$ 和 $(80\pm 10)\%$ 浓度。操作方法同实验室。

C.4 线性回归参数按以下公式计算：

a) 依据公式 (C.1) 计算参比方法测试结果的平均值：

$$\overline{R_j} = \frac{\sum_{i=1}^3 R_{ij}}{3} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$\overline{R_j}$ ——参比方法测量第 j 组样品浓度的平均值，单位为微克每立方米 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)；

R_{ij} ——第 i 组参比方法测量第 j 个样品的浓度单位为微克每立方米 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

b) 依据公式 (C.2) 计算光散射法颗粒物监测仪测试结果的平均值：

$$\overline{c_j} = \frac{\sum_{i=1}^3 c_{ij}}{3} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

$\overline{c_j}$ ——光散射法颗粒物监测仪测量第 j 组样品浓度的平均值，单位为微克每立方米 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)；

c_{ij} ——第 i 台光散射法颗粒物监测仪测量第 j 个样品的浓度值，单位为微克每立方米 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

c) 依据公式 (C.3) 计算回归曲线斜率 k ：

$$k = \frac{\sum_{j=1}^{10} (\bar{R}_j - \bar{R}) \times (\bar{c}_j - \bar{c})}{\sum_{j=1}^{10} (\bar{R}_j - \bar{R})^2} \dots\dots\dots(C.3)$$

式中:

k ——比对测试回归曲线斜率;

\bar{c} ——10组待测监测仪PM_{2.5}浓度平均值, 单位为微克每立方米 (μg/m³);

\bar{R} ——10组参比方法测量浓度的平均值, 单位为微克每立方米 (μg/m³)。

d) 依据公式 (C.4) 计算回归曲线截距 b :

$$b = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R}) \times (\bar{c}_j - \bar{c})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R})^2 \times \sum_{j=1}^n (\bar{c}_j - \bar{c})^2}} \dots\dots\dots(C.4)$$

式中:

b ——比对测试回归曲线截距。

e) 依据公式 (C.5) 计算参比方法和光散射法测试结果的相关系数:

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R}) \times (\bar{c}_j - \bar{c})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R})^2} \times \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{c}_j - \bar{c})^2}} \dots\dots\dots(C.5)$$

式中:

r ——比对测试回归曲线的相关系数。

参 考 文 献

- [1] HJ/T 393 防治城市扬尘污染技术规范
 - [2] JJG 846 粉尘浓度测量仪检定规程
-