

T/CITSA 28-2022

ICS 13.040.20

Z 10

团体标准

T/CITSA 28-2022

城市道路交通污染物排放测算方法

Calculation method of urban road traffic pollutant emission

2022-12-26 发布

2022-12-26 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 车型比例	2
4.1 道路分类	2
4.2 车型分类	2
5 综合排放因子计算	3
5.1 VSP 分布计算	3
5.2 平均排放率	3
5.3 综合排放因子	4
6 路段 WKT 计算	4
7 路网排放量测算	4
附录 A (资料性) 机动车型折算系数参考值	6
附录 B (资料性) 城市道路功能等级划分及规划要求	7
附录 C (资料性) 机动车车型分类	8
附录 D (资料性) 车型比例	9
附录 E VSP 计算公式	10

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由北京智驾出行科技有限公司提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：北京智驾出行科技有限公司、北京交通大学、北京交通发展研究院、北京世纪新运交通运输科技应用研究所、北方工业大学、许昌学院、北京航空航天大学、北京九五智驾信息技术股份有限公司、北京交研都市交通科技有限公司、北京鑫虹智显科技发展有限公司、北京四通智能交通系统集成有限公司、武汉英泰斯特电子技术有限公司、北京汽车研究总院有限公司。

本文件主要起草人：于雷、宋国华、李子悦、孙建平、朱文利、崔光辉、吴亦政、李霄、张乐琦、刘静、赵琦、黎明、范爱华、张建波、侯晓宇、胡思宇、安永洪。

城市道路交通污染物排放测算方法

1 范围

本文件规定了城市道路交通污染物排放测算参数及路网排放量测算方法。

本文件适用于城市道路交通污染物排放的数据收集、排放因子计算和路网排放量测算等工作。

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/T 51328-2018 城市综合交通体系规划标准

GB/T 33171-2016 城市交通运行状况评价规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

交通污染物 traffic pollutants

各种交通工具在行驶过程中排放的污染物。它们对城市环境、河流、湖泊、海湾和海域环境造成污染。

3.2

车公里数 vehicle kilometers traveled; VKT

车辆行驶里程的累积值，单位为当量小汽车·公里（pcu·km）。

3.3

路段 link

具有方向性的道路区段，由两个端点界定，期间包含一个交叉口或一个出入口。

3.4

机动车排放因子 vehicle emission factor

单位行驶里程（或时间）内机动车污染物排放量，单位是克/公里（g/km）或克/小时（g/h）。

3.5

机动车比功率 vehicle specific power; VSP

单位质量机动车的瞬时功率，单位为 kW/t 或 W/kg。VSP bin是将VSP区间以1 kW/t或1W/kg为单位等间隔划分得到的单元。

3.6

污染物排放率 pollutant emission rate

指单位时间内机动车向大气中排放的污染物总量，单位为g/h。

3.7

当量小汽车 passenger car unit

以4座~5座的小客车为标准车，作为各种类型车辆换算道路交通量的当量车种，单位为pcu。不同车种的换算系数宜按本表附录A的规定取值。

3.8

平均排放率 average emission rate

特定VSP区间内排放率的算数平均值，单位为g/s。

3.9

综合排放因子 average emission factor

特定平均速度区间下的排放因子，单位为g/km。

3.10

时间集成粒度 time integration granularity

特定道路类型下一条短行程的持续时间，单位为s。

3.11

VSP 分布 vehicle specific power distribution

为特定交通条件下(如不同的道路类型和行驶速度)车辆在每个VSP bin中花费的时间比例。

4 车型比例

车型比例分布主要为各类车型在不同道路类型上的分布情况。

4.1 道路分类

道路等级划分参照本文件附录B的规定划分，建议以快速路、主干路、次干路和支路进行城市道路功能等级划分。

4.2 车型分类

车型根据机动车的最大总质量、用途、燃料类型、排放标准等对机动车进行分类，参考本文件附录C的规定划分。

5 综合排放因子计算

5.1 VSP 分布计算

5.1.1 VSP 计算

VSP由瞬时速度和加速度计算得到，其中，瞬时加速度由相邻两秒的速度差得出。

$$VSP = (A \cdot v + B \cdot v^2 + C \cdot v^3) / m + (a + g \cdot \sin\theta) \cdot v \quad (1)$$

式中，

- v——机动车瞬时速度，单位为米每秒(m/s)；
- a——机动车加速度，单位为米每秒平方(m/s²)；
- g——重力加速度，单位为米每秒平方(m/s²)；
- θ——道路纵向坡度，单位为度(°)；
- A, B, C, m——常量系数，与车型相关。

5.1.2 VSP bin 划分方法

在城市道路交通运行状况下，以1 kW/t为步长进行等间隔划分，将VSP bin可划分为以下41个VSP区间：[-20.5, -19.5)、[-19.5, -18.5)、...、[-1.5, -0.5)、[-0.5, 0.5)、[0.5, 1.5)、...、[18.5, 19.5)、[19.5, 20.5)。

$$v: VSP \in [n - 0.5, n + 0.5), VSP \text{ bin} = n \quad (n \text{ is an integer from } -20 \text{ to } 20) \quad (2)$$

5.1.3 时间集成粒度

将数据按车辆编号和采集时间进行升序排列，按照以下步骤对所有工况数据进行集计：
 第1步：从第*i*条记录开始，选择连续60条记录，检查采集时间是否为连续60秒，如果是，计算该60条记录的平均速度，置*i*=*i*+60；
 第2步：如果不是，删掉第*i*条记录，同时置*i*=*i*+1，返回第1步；
 第3步：重复第1步、第2步直到最后60条记录被检查。
 第4步：按照式(3)将所有短行程依据平均速度进行聚类。

$$v: \text{average speed} \in [n - 1, n + 1), \text{speed bin} = n \quad (n \in N) \quad (3)$$

5.1.4 计算VSP分布

按照5.1.1-5.1.3计算，得到车辆的VSP分布。

5.2 平均排放率

5.2.1 排放率

通过对现有机动车开展污染物排放数据采集工作，得到不同车型、不同排放标准、不同行驶里程、不同车龄等车辆的排放率数据。

5.2.2 平均排放率计算

(1) 根据车型、速度和加速度等因素进行VSP的计算以及VSP bin区间的划分。VSP计算及VSP区间划分方法见5.1.1和5.1.2节参考

(2) 基于VSP区间，对每个VSP区间进行平均排放率 ER_i 计算。

5.3 综合排放因子

综合排放因子是基于VSP分布的微观排放模型测算获取。

模型分为两部分，由机动车排放数据可以得到不同行业、车型、燃料类型、排放标准、行驶里程各VSP bin平均排放率；由交通数据可得到不同平均速度、道路类型VSP分布。

综合排放因子的计算方法如(4)式所示。

$$EF_j = \frac{3600}{v} \sum_i ER_i \bullet VSP \text{ bin}_i \quad (4)$$

式中：

- EF_j——平均速度区间j的排放因子，单位为克每公里(g/km)；
- v——该平均速度区间的平均速度，单位为千米每小时(km/h)；
- ER_i——VSP区间i的平均排放率，单位为克每秒(g/s)；
- VSP bin_i——该平均速度区间的第i个VSP区间分布值。

6 路段 VKT 计算

某路段的VKT计算公式为：

$$VKT_i = Q_i \bullet L_i \quad (5)$$

式中：

- VKT_i——路段i的车公里数，单位为车公里(pcu·km)；
- Q_i——路段i的当量小汽车交通量，单位为车(pcu)；
- L_i——路段i的长度，单位为公里(km)。

7 路网排放量测算

通过城市各等级道路、车重类型、燃料类型、排放标准、单位行驶里程排放因子，以及城市各等级道路的车辆类型比例，结合各路段车公里数(VKT)，计算得到全网各路段排放量，如式(6)所示。

$$Emission_i = \sum_j EF_j^{RC,v} \bullet VKT_i \bullet P_j^{RC} \quad (6)$$

全网排放总量计算方法如式(7)式。

$$Emission_k = \sum_{i=1}^m Emission_i \quad (7)$$

式中：

- Emission_i——路段i的排放量，单位为克(g)；
- EF_j^{RC,v}——第j种车辆类型道路类型为RC，速度为v的排放因子，单位为克每公里(g/km)；
- VKT_i——路段i的车公里数，单位为车公里(pcu·km)；
- P_j^{RC}——第j种车辆类型在道路类型为RC的路段上的车型比例，可通过流量调查获得；
- Emission_k——第k种路网排放总量，单位为克(g)，k为道路等级。

附录 A

(资料性)

机动车型折算系数参考值

表 A.1 机动车型折算系数参考值

车型	汽车							摩托车	拖拉机
	小型车		中型车		大型车	特大型车			
一级分类	小型车		中型车		大型车	特大型车		摩托车	拖拉机
二级分类	中小客车	小型货车	大客车	中型货车	大型货车	特大型车	集装箱车		
参考折算系数	1	1	1.5	1.5	3	4	4	1	4

注：交通量折算采用小客车为标准车型

中国智能交通协会

附录 B

(资料性)

城市道路功能等级划分及规划要求

表 B.1 城市道路功能等级划分及规划要求

大类	中类	小类	功能说明	高峰小时服务交通量推荐 (双向 pcu)
干线道路	快速路	I 级快速路	为城市长距离机动车出行提供快速、高效的交通服务	3000~12000
		II 级快速路	为城市长距离机动车出行提供快速交通服务	2400~9600
	主干路	I 级主干路	为城市主要分区(组团)间的中、长距离联系交通服务	2400~5600
		II 级主干路	为城市主要分区(组团)间的中、长距离联系以及分区(组团)内部主要交通联系交通服务	1200~3600
		III 级主干路	为城市分区(组团)间联系以及分区(组团)内部中等距离交通提供辅助服务,为沿线用地服务较多	1000~3000
集散道路	次干路	为干线道路与支线道路的转换以及城市内中、短距离的地方性活动组织服务	300~2000	
支线道路	支路	I 级支路	为短距离地方性活动组织服务	3000~12000
		II 级支路	为短距离地方性组织服务的街坊内道路、步行、非机动车专用路等	2400~9600

附录 C

(资料性)

机动车车型分类

机动车车型分类依据从车辆类型、燃料类型、排放标准等对机动车进行分类。

表 C.1 机动车车型划分

车型	一级分类	二级分类	额定荷载参数	轮廓及轴数特征参数	备注
汽车	小型车	小客车	额定座位 ≤ 19 座	车长 $< 6\text{m}$ ，2轴	包括三轮载货汽车
		小型货车	载质量 ≤ 2 吨		
	中型车	大客车	额定座位 > 19 座	$6\text{m} \leq \text{车长} \leq 12\text{m}$ ，2轴	包括专用汽车
		中型货车	$2\text{吨} < \text{载质量} \leq 7\text{吨}$		
	大型车	大型货车	$7\text{吨} < \text{载质量} \leq 20\text{吨}$	$6\text{m} \leq \text{车长} \leq 12\text{m}$ ，3轴或4轴	
	特大型车	特大型车	载质量 > 20 吨	车长 $> 12\text{m}$ 或4轴以上；且车高 $< 3.8\text{m}$ 或车高 $> 4.2\text{m}$	
集装箱车		车长 $> 12\text{m}$ 或4轴以上；且 $3.8\text{m} \leq \text{车高} \leq 4.2\text{m}$			
摩托车	摩托车		发动机驱动		包括轻便、普通摩托车
拖拉机	拖拉机				包括大、小拖拉机

表 C.2 按燃料类型分类

序号	燃料类型
1	汽油
2	柴油
3	LNG
4	CNG

表 C.3 机动车排放标准

序号	排放标准
1	国一
2	国二
3	国三
4	国四
5	国五
6	国六

附录 D

(资料性)

车型比例

车型比例可根据地区交通调查数据，得到各等级道路的车型比例，如表格所示。

表 D.1 车型比例 (示例)

车型分类		快速路	主干路	次支路	支路
小客车	汽油	国一			
		国二			
		国三			
		国四			
		国五			
		国六			
	柴油	国一			
		国二			
		国三			
		国四			
		国五			
		国六			

附录 E

VSP 计算公式

VSP 定义为车辆运行过程中，单位车辆质量的发动机实际输出功率，单位为 kW/t。
根据汽车理论可得到式(8)所示的平衡方程：

$$\text{VSP} = \frac{P}{M} = \frac{(F_f + F_w + F_i + F_j) \cdot v}{M} \quad (8)$$

式中：

- P——车辆驱动功率，单位为瓦（W）；
- F_f ——滚动阻力，单位为牛（N）；
- F_w ——空气阻力，单位为牛（N）；
- F_i ——坡道阻力，单位为牛（N）；
- F_j ——加速阻力，单位为牛（N）；
- v——车辆行驶速度，单位为米/秒（m/s）；
- M——车辆质量，单位为千克（kg）；

根据汽车理论对其中的部分参数进行近似和简化之后，得到车辆简化VSP计算公式(9)：

$$\text{VSP} = (A \cdot v + B \cdot v^2 + C \cdot v^3)/m + (a + g \cdot \sin\theta) \cdot v \quad (9)$$

- v——机动车瞬时速度，单位为米每秒(m/s)；
- a——机动车加速度，单位为米每秒平方(m/s²)；
- g——重力加速度，单位为米每秒平方(m/s²)；
- θ ——道路纵向坡度，单位为度(°)；
- A, B, C, m——常量系数，与车型相关。