

附件 2



中华人民共和国国家标准

GB □□□□—20□□

铁路内燃机车排气烟度限值及测量方法

Limits and measurement methods for exhaust smoke from diesel locomotives

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

生态 环 境 部
国家市场监督管理总局 发布

目 次

前 言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 烟度限值及测量方法	2
5 判定规则	3
6 数据记录、保存和报送要求	3
7 标准实施	3
附 录 A (规范性附录) 静置自负荷法试验程序	4
附 录 B (规范性附录) 动态加载法试验程序	6
附 录 C (规范性附录) 不透光烟度计的特性和安装要求	7
附 录 D (规范性附录) 林格曼烟度法	11
附 录 E (规范性附录) 检验报告	18
附 录 F (规范性附录) 实时上报数据项	21

前　　言

为贯彻《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》，防治铁路内燃机车大气污染物排放对环境的污染，改善环境空气质量，制定本标准。

本标准规定了铁路内燃机车排气烟度限值及测量方法。本标准适用于在用铁路内燃机车、新生产(进口)铁路内燃机车出厂、大修后铁路内燃机车出厂的排气烟度检验。

本标准的附录 A-附录 F 为规范性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部大气环境司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境科学研究院、国家轿车质量检验检测中心、国家客车质量检验检测中心、北京理工大学、厦门环境保护机动车污染控制技术中心、国家铁路局装备技术中心

本标准生态环境部 20□□年□□月□□日批准。

本标准自 20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

铁路内燃机车排气烟度限值及测量方法

1 适用范围

本标准规定了铁路内燃机车排气烟度限值及测量方法。

本标准适用于在用铁路内燃机车、新生产（进口）铁路内燃机车出厂、大修后铁路内燃机车出厂的排气烟度检验。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB 3847 柴油车污染物排放限值及测量方法（自由加速法及加载减速法）

GB 18285 汽油车污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）

GB 19147 车用柴油

GB 45841-2025 铁路内燃机及其发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第一阶段）

GB/T 6072.3 往复式内燃机性能 第3部分：试验测量

GB/T 6379.2 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法

GB/T 8190.4 往复式内燃机排放测量 第4部分：不同用途发动机的稳态试验循环

GB/T 21404 内燃机 发动机功率的确定和测量方法：一般要求

3 术语和定义

下述术语和定义适用于本标准。

3.1

铁路内燃机车 **diesel locomotive**

采用柴油机作为牵引动力的铁路机车（含柴电混合动力机车）。

3.2

具有自负荷功能的铁路内燃机车 **diesel locomotive with self-loading function**

配置有能量吸收装置（例如：电阻制动柜、动力电池等装置），可消耗柴油发电机组所产生电能的铁路内燃机车。

3.3

无自负荷功能的铁路内燃机车 **diesel locomotive without self-loading function**

未配置有能量吸收装置的铁路内燃机车。

3.4

排气污染物 exhaust pollutants

铁路内燃机车发动机（或机车）排气管或经后处理装置（如有）排出的气态污染物和颗粒物。

3.5

光吸收系数 coefficient of light adsorption

指光束被单位长度的排烟衰减的系数，单位为 m^{-1} 。

3.6

不透光烟度计 smoke opacimeter

按附录 C 规定的，用于连续测量柴油机排气的光吸收系数的仪器。

3.7

林格曼烟度 ringelmann smoke

采用附录 D 中定义的林格曼黑度级数表示的铁路内燃机车排气烟度值。

3.8

柴油机最大运用功率 maximum service power of diesel engine

柴油机装车使用时，从其标定功率中扣除由于使用环境条件与标准大气状况不同，考虑柴油机可靠性及受传动装置物理性能限制而降低功率之后所确定的用于机车的功率。

3.9

机车车号 number of locomotive

对每一台机车赋予的序列编号。

4 烟度限值及测量方法

4.1 对于有自负荷功能的铁路内燃机车应按附录 A 规定的静置自负荷法试验程序，对于无自负荷功能的铁路内燃机车应采用附录 B 规定的动态加载法试验程序进行试验。采用附录 C 规定的不透光烟度计法或附录 D 规定的林格曼烟度法进行烟度检验，不透光烟度计法和林格曼烟度法均应在附录 A 和附录 B 中规定的稳态有效数据时间段进行取样测试，正常环境条件下，铁路内燃机车的排气烟度应小于表 1 规定的限值。测试时还应同时进行一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化合物（NO_x）和二氧化碳（CO₂）排放测量，并进行记录，测试设备应满足 GB 3847 和 GB 18285 相关要求。

表 1 铁路内燃机车烟度限值

类别	光吸收系数 (m^{-1}) ^a	林格曼黑度级数
限值 a	1.1	2
限值 b	0.7	1

^a 海拔高度高于 1500 m 的地区，可以按照每增加 1000 m 增加 $0.25 m^{-1}$ 的幅度调整，总调整不得超过 $0.75 m^{-1}$ 。

4.2 GB 45841-2025 第一阶段排放标准的铁路内燃机车，执行表 1 中的限值 b。

4.3 在《空气质量持续改善行动计划》划定的重点区域内运行的铁路内燃机车，应执行表 1 中限值 b，其他区域可以选择执行表 1 中的限值 a。有关部门可以采用电子标签、电子围栏、排气监控等技术手段进行实时监控。

4.4 内燃机车进行检验时，应使用 GB 19147 规定的柴油。

4.5 排放检验不合格的，维修后复检时，应采用首次检验时使用的试验程序和检验方法进行检测。

5 判定规则

5.1 按第 4 章进行排气烟度检验，林格曼黑度级数或光吸收系数任一项超标，均可判定排放检验不合格。

5.2 禁止使用降低排放控制装置功效的失效策略。所有针对污染控制装置的篡改都属于排放检验不合格。

6 数据记录、保存和报送要求

6.1 使用计算机系统记录和保存检验信息。应将标准中要求进行的仪器检查及检定（含校准）结果自动储存在计算机中。

6.2 检验报告纸质档案和电子档案保存期限应不少于 6 年。烟度检验报告格式见本标准附录 E。

6.3 检验机构应按附录 F 向生态环境主管部门和国家铁路局实时传输检验信息。

6.4 铁路内燃机车的新生产出厂检验、进口检验和大修后出厂检验应通过计算机系统实时自动检测、记录、传输、存储，依法向国务院生态环境主管部门和国家铁路局联网报送。

7 标准实施

本标准自 20□□年□□月□□日起开始实施。在全国范围内进行的铁路内燃机车排放检验应按本标准规定进行。

附录 A
(规范性附录)
静置自负荷法试验程序

A.1 概述

具有自负荷功能的机车按本附录进行试验。

A.2 试验要求

A.2.1 将机车置于自负荷工况或充电模式（柴电混合动力机车）。

A.2.2 测试工况

应按照发动机输出功率从低到高的顺序，至多进行五个稳定工况的排放测试，且必须包括怠速和最大运用功率工况点：

——对于固定挡位的机车，除怠速和最大运用功率外的稳定工况点，可在任何挡位进行选择；

——对于无级调速的机车，除怠速和最大运用功率外的稳定工况点，可在任何稳定输出功率工况点进行测试，每个输出功率工况点应至少间隔最大运用功率的 10%；

——若机车的自负荷功能无法满足最大运用功率稳定运行要求，则应取自负荷功能可达到的最高稳定功率输出工况点代替最大运用功率工况点进行测试；

——对于柴电混合动力机车，则测试工况点的选取应覆盖不同的发动机稳定输出功率点。

A.2.3 每个试验工况切换完成后，应稳定运行最少 60 s，最多 90 s，取第二个 30 s 的数据作为有效数据进行排放计算。

A.3 试验步骤

A.3.1 按附录 C 完成排放试验设备的安装及调试。

A.3.2 机车发动机及排放试验设备完成热机，机车发动机润滑油及冷却液温度不低于 60℃，排放试验设备预热满足设备厂商要求。

A.3.3 测试流程示意见图 A.1。

- a) 在开始正式测试前的 60 s 前，开始采集数据，测量排气参数并记录发动机及环境参数；
- b) 按 A.2 开展测试。在测试期间，应持续进行排气取样，测量排气参数；
- c) 测试结束时，应预留足够的时间保证测量仪器的响应时间；
- d) 整个测试过程需持续进行数据取样，测试结果按图 A.1 中的有效数据段进行评价。

A.3.4 数据记录

应包括但不限于各工况开始时间、结束时间、发动机机油温度、发动机冷却液温度、机车挡位（如有）、主发动机功率（如有）、烟度测量结果，排放测试数据记录频率不小于 1Hz，其他数据每个试验工况记录 1 次。

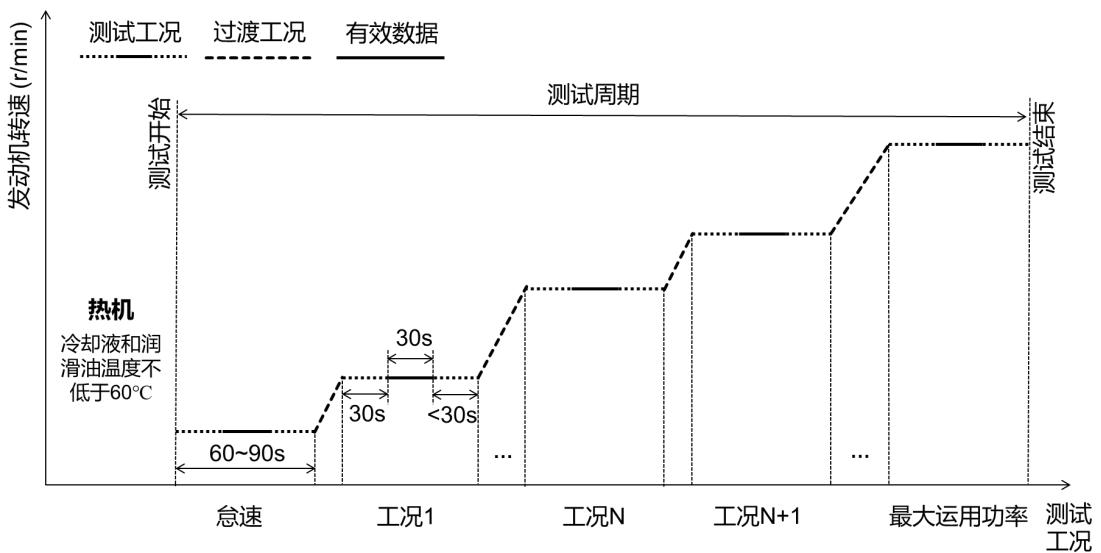


图 A.1 排放测试流程示例

A.4 排放结果计算

A.4.1 每个工况点的测试结果应按如下公式进行计算：

$$e_j = \frac{\sum_{i=0}^{30} C_{i,j}}{30}$$

式中： $e_{i,j}$ —— 工况 j 的30 s有效数据的污染物 i 平均浓度 (10^{-6}) 或光吸收系数；

$C_{i,j}$ —— 工况 j 的30 s有效数据的污染物 i 排放瞬时浓度 (10^{-6}) 或瞬时光吸收系数。

A.4.2 取每个测试工况点排放结果的最高值做为排放测试的结果：

$$e_i = \max (e_{i,0}, \dots, e_{i,j}, \dots, e_{i,J})$$

式中： e_i —— 污染物 i 排放结果，浓度 (ppm) 或光吸收系数；

$e_{i,0}$ —— 怠速工况的30 s有效数据的污染物 i 平均浓度 (10^{-6}) 或光吸收系数；

$e_{i,j}$ —— 工况 j 的30 s有效数据的污染物 i 平均浓度 (10^{-6}) 或光吸收系数；

$e_{i,J}$ —— 最大运用功率工况或最高稳定功率输出工况的30 s有效数据的污染物 i 平均浓度 (10^{-6}) 或光吸收系数。

附录 B
(规范性附录)
动态加载法试验程序

B.1 概述

无自负荷功能机车，按本附录进行试验。

B.2 试验要求

B.2.1 机车顶部安装的试验设备及工装，不得超过试验机车运行线路的限界。

B.2.2 测试工况

在机车正常牵引工作过程中，在发动机输出功率基本稳定后进行排放测试（对于 1000 kW 以下的液力传动机车，也可采用施加驻车制动的方式，或采用 1 台或多台机车连挂测试机车，全部机车同时施加驻车制动，在机车保持静置状态下进行排放测试），最多可测试三个稳定输出功率的工况点：

- 每个工况点应至少间隔最大运用功率的 10%；
- 测试过程中，每个工况点发动机输出功率应尽量保持稳定。

B.2.3 试验功率或工况应稳定运行最少 60 s，最多 90 s，取第二个 30 s 的数据作为有效数据进行排放计算。

B.3 试验步骤

B.3.1 按附录 C 完成排放试验设备的安装及调试（其中设备主机可安装在机车司机室或走廊上）。

B.3.2 检查确认机车顶部安装的试验设备及工装，不得超过试验机车运行线路的限界。

B.3.3 机车发动机及排放试验设备完成热机，机车发动机润滑油及冷却液温度不低于 60℃，排放试验设备预热满足设备厂商要求。

B.3.4 测试流程示意图见图 A.1。

- a) 在开始正式测试前的 60 s，开始采集数据，测量排气参数并记录发动机及环境参数。
- b) 按 B.2 开展测试。在测试期间，应持续进行排气取样、测量排气参数以及环境参数。
- c) 测试结束时，应预留足够的时间保证测量仪器的响应时间。
- d) 整个测试过程需持续进行数据取样，测试结果按图 A-1 中的有效数据段进行评价。

B.3.5 数据记录

应包括但不限于各工况开始时间、结束时间、发动机机油温度、发动机冷却液温度、机车挡位（如有）、主发动机功率（如有）、烟度测量结果，数据记录频率不小于 1Hz，其他数据每个试验工况记录 1 次。

B.4 排放结果计算

按 A.4 规定进行动态加载法排放测试结果计算。

附录 C
(规范性附录)
不透光烟度计的特性和安装要求

C.1 概述

本附录规定了附录 A 和附录 B 所描述试验中使用的不透光烟度计应满足的技术条件及其安装和使用规定。

C.2 不透光烟度计的基本技术要求

C.2.1 被测气体应封闭在一个内表面不反光的容器内。

C.2.2 确定通过气体光通道有效长度时，应考虑保护光源和光电池的器件可能产生的影响。光通道的有效长度应在仪器上标注。

C.2.3 不透光烟度计显示仪表应有两种计量单位：一种为绝对光吸收系数单位，从0到趋于 ∞ (m^{-1})；另一种为不透光度的线性分度单位，从0到100%。两种计量单位的量程，均应以光全通过时为0，全遮挡时为满量程。

C.3 结构要求

C.3.1 总则

烟度计的设计应保证在稳定转速工况下，充入烟室内的烟气，其不透光的程度是均匀的。

C.3.2 烟室和不透光烟度计外壳

C.3.2.1 由于内部反射或漫射作用产生的漫反射光对光电池的影响应减小到最低程度，亦可用无光泽的黑色装饰内表面，并采用合适的总体布置。

C.3.2.2 不透光烟度计的光学特性应为：当烟室内充满光吸收系数接近 $1.7\ m^{-1}$ 的烟气时，反射和漫射的综合作用应不超过线性分度的一个单位。

C.3.3 光源

烟度计所使用的光源应为色温在 $2\ 800\sim3\ 250\ K$ 范围的白炽灯，或光谱峰值在 $550\sim570\ nm$ 的绿色发光二极管，也可采用其他等效光源。

应采取措施保护光源不受排气污染物的影响，该措施不应使光通道的有效长度超出制造厂规定的范围。

C.3.4 接收器

C.3.4.1 接收器应由光电池组成，其光谱响应曲线应类似于人眼的光适应曲线。最大响应在 $550\sim570\ nm$ ，波长小于 $430\ nm$ 或超过 $680\ nm$ 时，其响应应小于最大响应的4%。

C.3.4.2 包括显示仪表的测量电路应保证在光电池的工作温度范围内，光电池的输出电流与所接收的光强度呈线性关系。

C.3.5 测量刻度

C.3.5.1 光吸收系数 k

应按公式 $\varphi = \varphi_0 \times e^{-kL}$ 计算，式中 L 为通过被测气体的光通道的有效长度， φ_0 为入射光通量，而 φ 为出射光通量。当不透光烟度计的光通道有效长度 L 不能从其几何形状直接确定时，应用下述方法确定：

——用C.4所述方法；或

——通过与另一台有效长度已知的不透光烟度计对比。

C.3.5.2 不透光度0~100%与光吸收系数 k 之间的关系由下列公式给出：

$$k = -\frac{1}{L} \log_e \left(1 - \frac{N}{100} \right)$$

式中： N ——不透光度读数，%；

k ——相应的光吸收系数值。

C.3.5.3 不透光烟度计显示仪表应保证光吸收系数为 1.7 m^{-1} 时，其读数准确度为 0.025 m^{-1} 。

C.3.6 测量仪器的调整和检查

C.3.6.1 光电池和显示仪表的电路应是可调的，以便在光束通过充满清洁空气的烟室，或通过具有相同特性的腔室时，可将指针重调至零位。

C.3.6.2 当关掉光源时，无论测量电路处于断开或接通状态，光吸收系数的读数应为趋于 ∞^{-1} ，而当测量电路重新接通时，读数仍应保持在趋于 ∞^{-1} 。

C.3.6.3 应将一片遮光屏放置在烟室中进行中间检查，此遮光屏代表一种光吸收系数 k 已知的气体， k 值在 $1.6 \sim 1.8 \text{ m}^{-1}$ ，按C.3.5.1 所述方法测定。 k 值必须已知，其精度在 0.025 m^{-1} 以内。本检查在于校验当遮光屏插入光源和光电池之间时，不透光烟度计显示仪上的读数与此值相差不超过 0.05 m^{-1} 。

C.3.7 不透光烟度计响应

C.3.7.1 测量电路的响应时间应在 $0.9 \sim 1.1 \text{ s}$ ，即插入遮光屏使光电池全被遮住后，显示仪表指针偏转到满量程的90%时所需要的时间。

C.3.7.2 测量电路的阻尼应保证输入发生任何瞬变之后（例如插入标定遮光屏），指针在线性刻度上的最初偏摆，其超过最终稳定读数的幅度，应不大于该读数的4%。

C.3.7.3 由于烟室中的物理现象而产生的不透光烟度计响应时间，是从气体进入烟室开始到完全充满烟室为止所经历的时间，应不超过 0.4 s 。

C.3.8 被测气体和清扫空气压力

C.3.8.1 烟室中排气的压力与大气压力之差应不超过 735 Pa 。

C.3.8.2 对于光吸收系数为 1.7 m^{-1} 的气体，被测气体和清扫空气的压力波动引起的光吸收系数的变化应不大于 0.05 m^{-1} 。

C.3.8.3 不透光烟度计应装有合适的装置，以测量烟室中的压力。

C.3.8.4 仪器制造厂应标明烟室中气体和清扫空气的压力波动极限。

C.3.9 被测气体的温度

C.3.9.1 测量过程中，烟室中各点的气体温度应在 70°C 至不透光烟度计制造厂规定的最高温度之间，当烟室中充满光吸收系数为 1.7 m^{-1} 的气体时，在此温度范围内读数的变化应不超过 0.1 m^{-1} 。

C.3.9.2 不透光烟度计应配有合适的温度测量装置，以测量烟室中的温度。

C.4 不透光烟度计的光通道有效长度 L

C.4.1 总则

C.4.1.1 有些型式的不透光烟度计，在光源和光电池之间，或在保护光源和光电池的透明部件之间的气

体，其不透光度不是恒定的。在这种情况下，有效长度 L 应等于具有均匀不透光度的气柱的有效长度，该气柱对光的吸收程度与该气体正常引入不透光烟度计时所获得的相同。

C.4.1.2 光通道的有效长度可通过比较读数 N 和 N_0 而得到， N 是不透光烟度计正常工作时的读数， N_0 是对不透光烟度计进行更改后，试验气体充满长度 L_0 的柱腔而获得的读数。

C.4.1.3 为确定由于零点漂移所需的修正，需要快速连续地读取用作比较的读数。

C.4.2 确定 L 的方法

C.4.2.1 试验气体应为不透光度恒定的排气，或者是一种与排气密度相近的吸收光线的气体。

D4.2.2 应精确确定长度为 L_0 的不透光烟度计柱腔，该柱腔能够均匀地充满试验气体，柱腔的两端与光通道基本上成直角，其长度 L_0 应和不透光烟度计的有效长度接近。

C.4.2.3 应测量烟室中试验气体的平均温度。

C.4.2.4 必要时，可在取样管路中接入结构紧凑、具有足够容积的膨胀箱，以减弱脉动，膨胀箱应尽可能靠近取样探头。也可以加装冷却器。但加装膨胀箱和冷却器不应干扰排气的成分。

C.4.2.5 确定有效长度试验时，应将试验样气交替通过正常工作的不透光烟度计以及所述更改后的相同仪表。

C.4.2.5.1 试验期间不透光烟度计的读数应用记录仪连续记录下来，记录仪的响应时间应等于或小于不透光烟度计的响应时间。

C.4.2.5.2 不透光烟度计正常工作时，不透光度线性分度单位的读数为 N ，气体平均温度为 T （K）。

C.4.2.5.3 在已知长度为 L_0 的柱腔中充满同样的试验气体，不透光度线性分度单位读数为 N_0 ，气体平均温度为 T_0 （K）。

C.4.2.6 有效长度 L 为：

$$L = L_0 \times \frac{T}{T_0} \times \frac{\log_e(1 - \frac{N}{100})}{\log_e(1 - \frac{N_0}{100})}$$

C.4.2.7 本试验应至少采用四种试验气体重复进行，这四种气体给出的线性分度单位读数应在20~80之间均匀分布。

C.4.2.8 不透光烟度计的有效长度 L 等于按C.4.2.6所述方法对每种气体试验所求得的有效长度 L 的算术平均值。

C.4.2.9 不透光烟度计光通道有效长度为 0.430 m。试验结果均应折算该标准有效长度下的光吸收系数。

C.5 不透光烟度计采样及安装要求

C.5.1 不透光度烟度计应采用主动抽取方式进行采样。

C.5.2 取样管路直径应不小于10 mm，在排气管中探头开口处测得的背压应不超过735 Pa。

C.5.3 探头应是一根管子，其开口端向前并位于排气管或其延长管（必要时）的轴线上。探头应位于烟气分布大致均匀的断面上，为此，探头应尽可能放置在排气管的最下游，必要时放在延长管上。如果使用延长管，则接口处不允许有空气进入。

C.5.4 取样系统应保证在发动机所有转速下，不透光烟度计内样气的压力在C.3.8.1规定的限值范围内。这可以通过记录发动机怠速和最大无负荷转速下的样气压力来进行检查。

C.5.5 连接不透光烟度计的各种管子也应尽可能短。管路应避免会使碳烟积聚的急弯。

C.6 不透光烟度计量性能要求

C.6.1 不透光度读数

- 示值范围: 0~99%
- 分辨力: 0.1%
- 最大允许误差: $\pm 2.0\%$
- 重复性: $\pm 1.0\%$
- 零点漂移: 在30 min内, 烟度计的漂移不得超过 $\pm 1.0\%$

C.6.2 光吸收系数

- 示值范围: $0\sim 9.99 \text{ m}^{-1}$
- 分辨力: 0.01 m^{-1}

C.6.3 仪器的光吸收系数 k 的示值与按仪器的不透光度读数 N 的示值用公式计算得到的光吸收系数 k 值之间的差异, 不得大于 0.05 m^{-1} 。

C.6.4 烟度计测量电路的响应时间为不透光的遮光片使光通过暗通道被全遮挡时, 仪表从10%满量程到90%满量程的时间, 响应时间为 $1.0 \text{ s} \pm 0.1 \text{ s}$ 。

C.6.5 烟度计的烟气温度示值误差不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

C.6.6 对带有发动机油温显示功能的烟度计, 其机油温度示值误差应不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

C.6.7 对带有发动机转速显示功能的烟度计, 其转速示值误差应不超过 $\pm 50 \text{ r/min}$ 。

附录 D
(规范性附录)
林格曼烟度法

D.1 一般要求

本附录规定了测定铁路内燃机车排气烟度的林格曼烟度法，包括观测位置和条件、观测方法、计算方法以及标准林格曼烟气黑度图的规格。

D.2 术语和定义

D.2.1 烟羽 plume

从铁路内燃机车排气口排出的气流。

D.2.2 林格曼黑度级数 Ringelmann number

评价烟羽黑度的一种数值，将观测的烟羽黑度与林格曼烟气黑度图对比得到。

D.2.3 林格曼烟气黑度图 Ringelmann smoke chart

标准的林格曼烟气黑度图由 $14\text{cm} \times 21\text{cm}$ 的不同黑度的图片组成，除全白与全黑分别代表林格曼黑度0级和5级外，其余4个级别是根据黑色条格占整块面积的百分数来确定的，黑色条格的面积占20%为1级，占40%为2级，占60%为3级，占80%为4级。

D.3 原理

把林格曼烟气黑度图放在适当的位置上，将铁路内燃机车排气的烟度与图上的黑度相比较，确定铁路内燃机车排气烟羽的黑度。

D.4 仪器和设备

D.4.1 在D.7条中规定的林格曼烟气黑度图。

D.4.2 计时器（秒表或手表），精度为1秒。

D.4.3 烟气黑度图支架。

D.4.4 风向、风速测定期。

D.5 步骤

D.5.1 观测位置和条件

D.5.1.1 应在白天进行观测，观测人员与铁路内燃机车排气口的距离应足以保证对排气情况清晰地观察。林格曼烟气黑度图安置在固定支架上，图片面向观测人员，尽可能使图片位于观测人员至排气口端部的连线上，并使图与排气有相似的天空背景。图距观测人员应有足够的距离，以使图上的线条看起来融合在一起，从而使每个方块有均匀的黑度。

D.5.1.2 观测人员的视线应尽量与排气烟羽飘动的方向垂直。观察排气烟羽的仰视角不应太大，一般情况下不宜大于45度角，尽量避免在过于陡峭的角度下观察。

D.5.1.3 观察排气烟羽黑度力求在比较均匀的光照下进行。如果在太阳光照射下观察，应尽量使照射光线与视线成直角，光线不应来自观测人员的前方或后方。雨雪天、雾天及风速大于4.5m/s 时不应进行观察。

D.5.2 观测方法

D.5.2.1 观察排气烟羽的部位应选择在排气黑度最大的地方。观察时，观测人员连续观测排气黑度，将排气的黑度与林格曼烟气黑度图进行比较，记下排气的林格曼级数最大值作为林格曼烟度值。如排气黑度处于两个林格曼级之间，可估计一个0.5或0.25林格曼级数。

D.5.2.2 观察排气宜在比较均匀的天空照明下进行。如在阴天的情况下观察，由于天空背景较暗，在读数时应根据经验取稍偏低的级数（减去0.25级或0.5级）。

D.5.3 记录

D.5.3.1 现场情况记录

观测人员应按现场观测数据记录表格（附录A）的要求，填写观测日期、设备名称等内容，并将铁路内燃机车排气口距观测点的距离和方向、风向和风速、天气状况以及排气烟羽背景的情况逐一记录。

D.5.3.2 现场观测记录

观测人员连续观测排气烟度，将排气的黑度与林格曼烟气黑度图进行比较，记下观测过程中排气的林格曼级数最大值作为林格曼烟度值。

D.6 质量保证和质量控制

D.6.1 应使用符合规范要求的林格曼烟气黑度图，并注意保持图面的整洁。在使用过程中，林格曼烟气黑度图如果被污损或褪色，应及时更换新的图片。

D.6.2 观测前先平整地将林格曼烟气黑度图固定在支架或平板上，支架的材料要求坚固轻便，支架或平板的颜色应柔和自然，不应对观察造成干扰。使用时图面上不要加任何覆盖层，以免影响图面的清晰。

D.6.3 凭视觉所鉴定的排气黑度是反射光的作用。所观测到的排气黑度读数，不仅取决于排气本身的黑度，同时还与天空的均匀性和亮度、风速、排气管的大小结构（出口断面的直径和形状）及观测时照射光线和角度有关。在现场观测时，应充分注意这些因素。

D.6.4 林格曼0级的白色图片可以提供一个有关照明的指标，用于发现图上的任何遮阴、照明不均匀。它还可以帮助发现图上的污点。

D.6.5 在观测过程中，要认真作好观测记录，按要求填写记录表，计算观测结果。

D.6.6 除排放标准另有规定或有特殊要求的检验外，一般排气黑度观测，应在铁路内燃机车正常稳定运行的工况下进行。

D.7 林格曼烟气黑度图

标准的林格曼烟气黑度图由5张不同黑度的图片组成，可以通过在白色背景上确定宽度的黑色线条和间隔的矩形网格来准确印制。除全白与全黑分别代表林格曼黑度0级和5级外，其余4个级别是根据黑

色条格占整块面积的百分数来确定的：

每张图片中，网格所占的面积是14cm×21cm，每个小格长10mm，宽10mm。每张图片上的网格由294个小格组成。

图片0（林格曼黑度0级）——全白。

图片1（林格曼黑度1级）——每个小格长、宽均为10mm，黑色线条宽1mm，余下9mm×9mm 平方的空白（黑色条格的面积占20%），如图D.1所示。

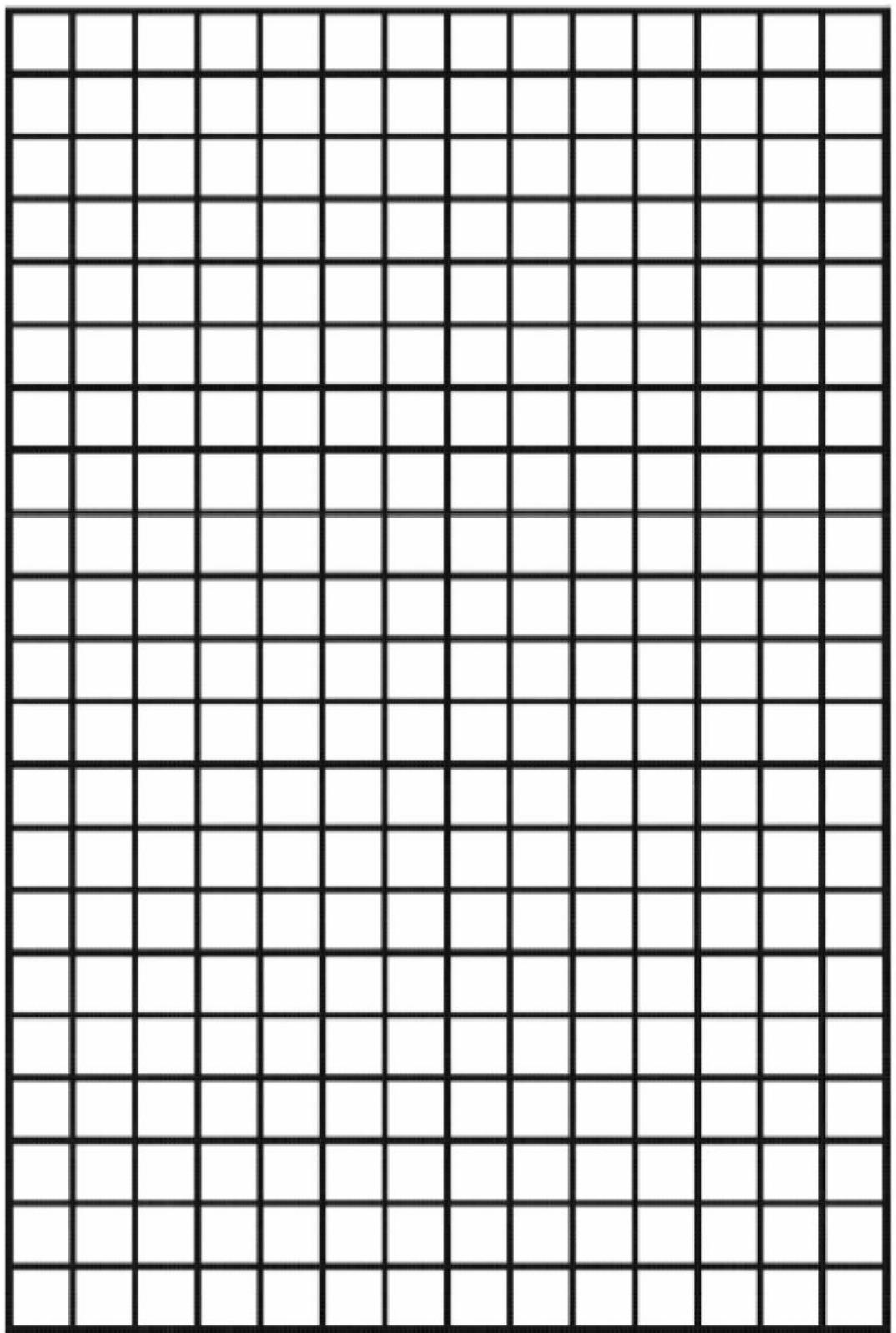
图片2（林格曼黑度2级）——每个小格长、宽均为10mm，黑色线条宽2.3mm，余下7.7mm×7.7mm 平方的空白（黑色条格的面积占40%），如图D.2所示。

图片3（林格曼黑度3级）——每个小格长、宽均为10mm，黑色线条宽3.7mm，余下6.3mm×6.3mm 平方的空白（黑色条格的面积占60%），如图D.3所示。

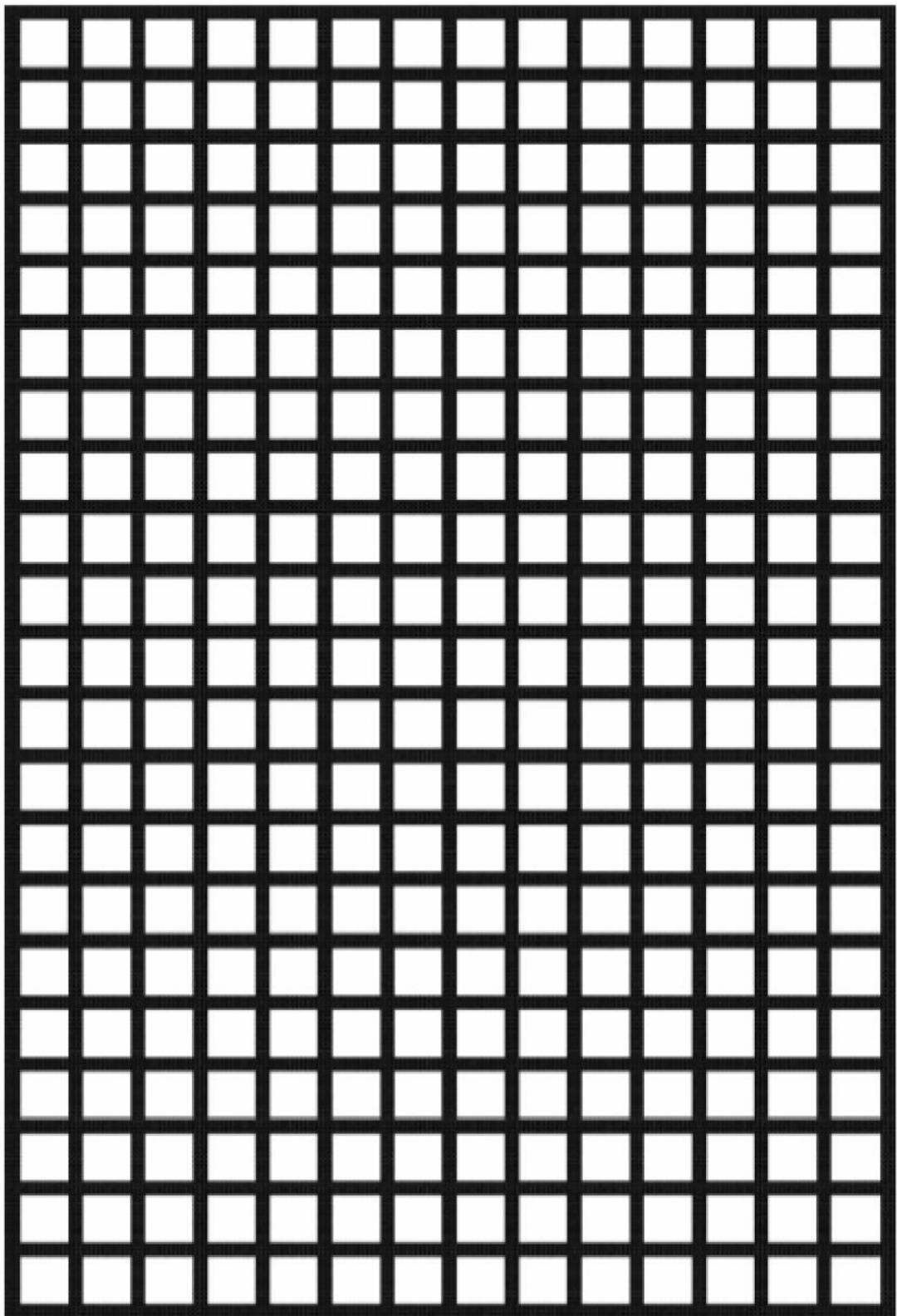
图片4（林格曼黑度4级）——每个小格长、宽均为10mm，黑色线条宽5.5mm，余下4.5mm×4.5mm 平方的空白（黑色条格的面积占80%），如图D.4所示。

图片5（林格曼黑度5级）——全黑。

GB □□□□—20□□

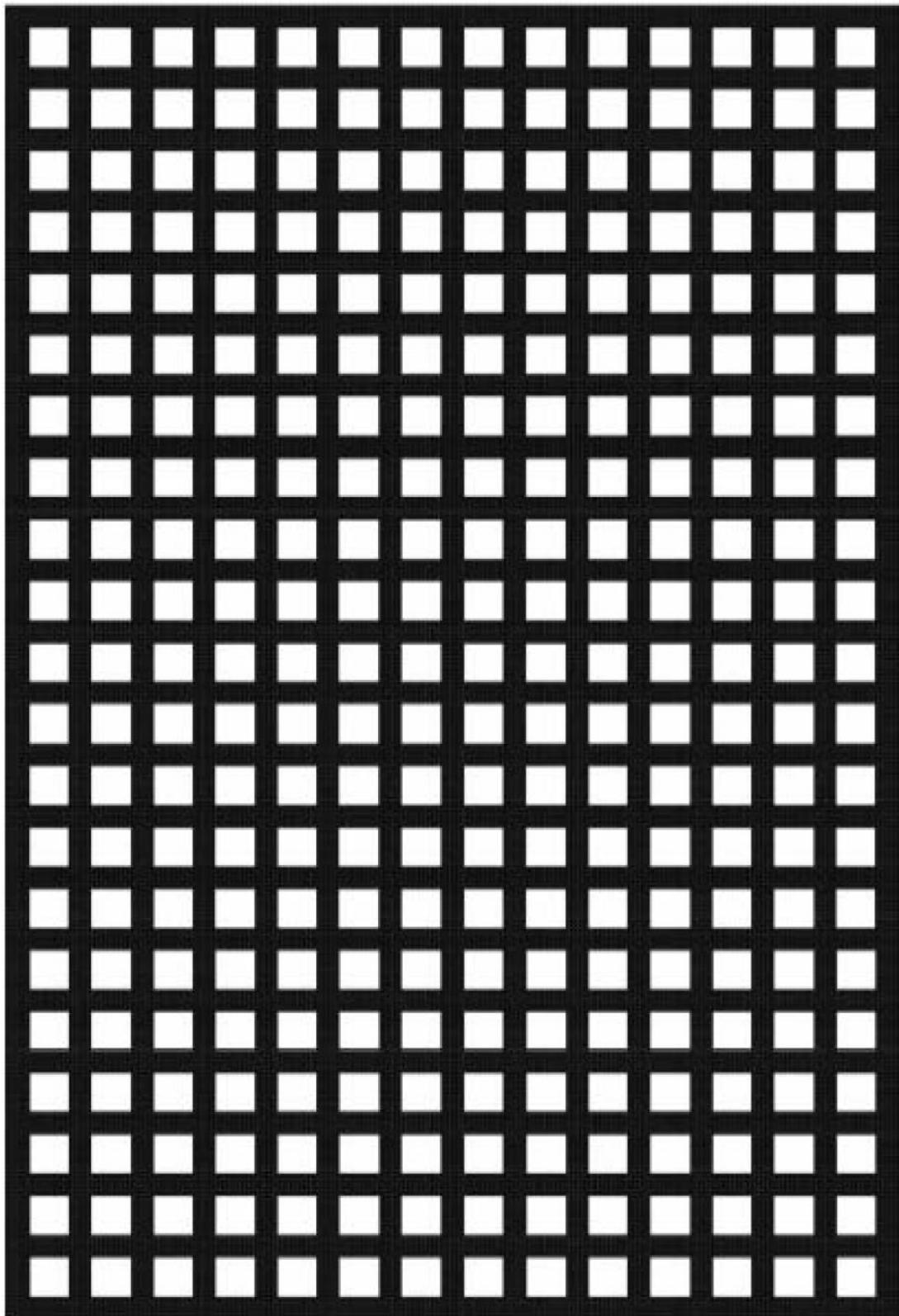


图D.1 林格曼1级（黑色线条面积占总面积的20%）

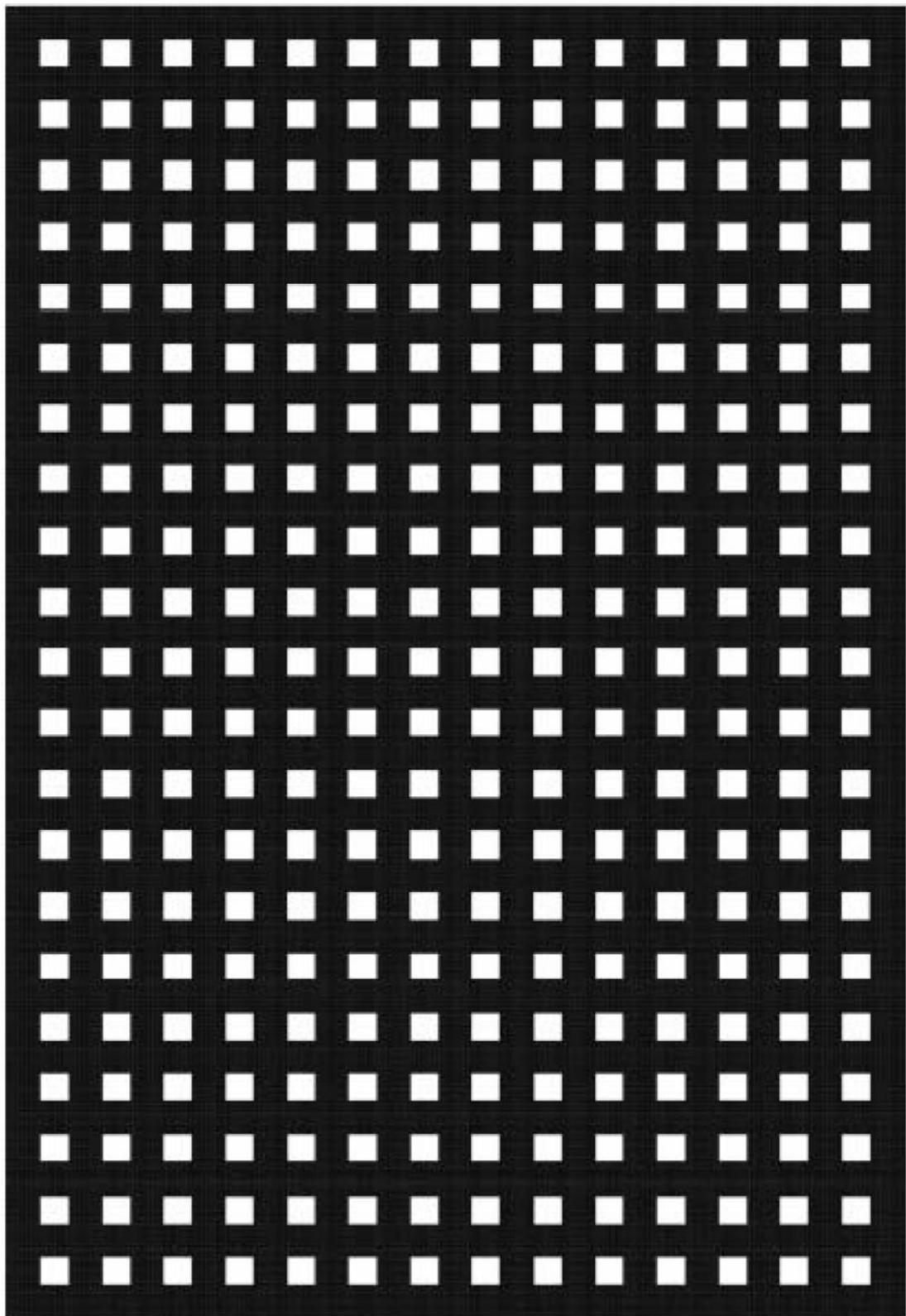


图D. 2 林格曼2级（黑色线条面积占总面积的40%）

GB □□□□—20□□



图D. 3 林格曼3级（黑色线条面积占总面积的60%）



图D. 4 林格曼4级（黑色线条面积占总面积的80%）

附录 E
(规范性附录)
检验报告

E.1 概述

本附录规定了铁路内燃机车排气污染物检测报告，也规定了检测（验）报告编号规则。

E.2 检测（验）报告格式

表 E.1 铁路内燃机车检测报告

报告编号：_____ 检验日期^a：_____

E.2.1 基本信息					
检验类型	<input type="checkbox"/> 下线检验 <input type="checkbox"/> 进口机车检验 <input type="checkbox"/> 在用机车检验 <input type="checkbox"/> 大修后检验				
机车型号		发动机型号		机车生产企业	
机车编号		发动机编号		发动机生产企业	
机车开始运用日期（年月日）		累计行驶里程/km		使用时间/年	
用户单位名称		机车使用地址		最近一次大修时间（年月日）	
发动机单缸排量/L		气缸数		燃油喷射系统	
发动机装车功率/kW		发动机额定转速/(r/min)		排放阶段	
是否混合动力机车	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	储能装置型号 ^b		储能装置容量 ^b	
是否有尾气后处理装置	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	后处理类型 ^c		后处理型号	
是否有自负荷功能	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
E.2.2 排气污染物测试					
环境参数					
环境温度/℃		大气压/kPa		相对湿度/%	
检测设备信息					
检测设备生产企业		检测设备名称		检测设备检定日期	
检测方法 ^d	检测数据 ^e				
<input type="checkbox"/> 静置自负荷法	挡位 ^f				
	开始时间				
	结束时间				
	发动机转速(r/min)				

□动态加载法	发动机机油温度 /°C				
	发动机冷却液温 度/°C				
	主发动机功率 (如有)				
	光吸收系数实测 值/m ⁻¹				
	林格曼黑度值				
	HC浓度/10 ⁻⁶				
	CO浓度/10 ⁻⁶				
	NO _x 浓度/10 ⁻⁶				
	CO ₂ 浓度/10 ⁻²				
	功率百分比 (挡位)				
	开始时间				
	结束时间				
	发动机转速 (r/min)				
	发动机油温/°C				
	发动机冷却液温 度/°C				
	主发功率(如有)				
	光吸收系数实测 值/m ⁻¹				
	林格曼黑度值				
	HC浓度/10 ⁻⁶				
	CO浓度/10 ⁻⁶				
	NO _x 浓度/10 ⁻⁶				
	CO ₂ 浓度/10 ⁻²				
限值	光吸收系数限值		林格曼黑度限值		
烟度结果	□合格	□不合格	检验员:		

注: ^a 8 位数, 年份(4 位) + 月份(2 位) + 日期(2 位)。
^b 仅适用混合动力机车。
^c 填写DOC、DPF或SCR, 以及其他型式。
^d 根据机车情况选择检测方法。
^e 污染物检测结果为负数或者零时, 应记录为“未检出”。
^f 根据机车实际测试挡位进行填写。

E.3 检验报告编号规则

E.3.1 新造机车下线检验报告

新造机车下线检验报告采用字母数字编号, 可采用条形码打印。

GB □□□□—20□□

编码规则为：XC（2位）+机车生产企业编号（2位）+机车型号（4位）+机车编号（4位）+下线年份（4位）+下线日期（4位），实例如下表。

表 E.3 新造机车下线检验报告编号实例

XC	机车生产企业编号	机车型号	机车编号	下线年份	下线日期
XC	例如：00	例如：FXXX	例如：0001	2025 年 例如：2025	12 月 1 日 例如：1201

E.3.2 进口机车检验报告

进口机车检验报告采用字母数字编号，可采用条形码打印。

编码规则为：JK（2位）+检验机构联网顺序号（2位）+进口企业编号（2位）+机车型号（4位）+机车编号（4位）+进口年份（4位）+检验日期（4位），实例如下表。

表 E.3 进口机车检验报告编号实例

JK	检验机构联网顺序号	进口企业编号	机车型号	机车编号	进口年份	检验日期
JK	例如：01	例如：00	例如：FXXX	例如：0001	2025 年 例如：2025	12 月 1 日 例如：1201

E.3.3 在用机车检验报告

在用机车检验报告采用字母数字编号，可采用条形码打印。

编码规则为：ZY（2位）+检验机构联网顺序号（2位）+机车生产企业编号（2位）+机车型号（4位）+机车编号（4位）+检测年份（4位）+检测日期（4位），实例如下表。

表 E.4 在用机车检验报告编号实例

ZY	检验机构联网顺序号	机车生产企业编号	机车型号	机车编号	检测年份	检测日期
ZY	例如：01	例如：00	例如：FXXX	例如：0001	2025 年 例如：2025	12 月 1 日 例如：1201

E.3.4 机车大修后检验报告

机车大修后检验报告采用字母数字编号，可采用条形码打印。

编码规则为：DX（2位）+检验机构联网顺序号（2位）+机车生产企业编号（2位）+机车型号（4位）+机车编号（4位）+大修年份（4位）+大修日期（4位），实例如下表。

表 E.3 进口机车检验报告编号实例

DX	检验机构联网顺序号	机车生产企业编号	机车型号	机车编号	大修年份	大修日期
DX	例如：01	例如：00	例如：FXXX	例如：0001	2025 年 例如：2025	12 月 1 日 例如：1201

附录 F
(规范性附录)
实时上报数据项

F.1 概述

本附录规定了铁路内燃机车排放检验的数据上报要求。

F.2 实时上报数据项

铁路内燃机车排放检验实时上报数据项至少应包括表 F.1 的项目。

表 F.1 报送数据项

项目	参数
检验类别	<input type="checkbox"/> 下线检验 <input type="checkbox"/> 进口机车检验 <input type="checkbox"/> 在用机车检验 <input type="checkbox"/> 大修后检验
机车信息	机车型号及编号、发动机型号及编号、排放阶段、发动机装车功率、后处理配置信息 下线日期、最近一次大修日期
环境参数	相对湿度(%)、环境温度(℃)、大气压力(kPa)
检测信息	检验机构名称(如适用)、排气检测方法、检测报告编号、检测日期
检测过程数据	排气污染物检测数据
检测结果	排气污染物检测结果数据、最终判定
检测设备	检测设备制造厂、检测设备名称及型号、出厂日期、上次检定日期、日常检查记录、日常比对记录