



中华人民共和国国家标准

GB 45841—2025

铁路内燃机车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）

Limits and measurement methods for exhaust pollutants from
diesel locomotive and its engines (CHINA I)

本电子版为正式标准文件，由生态环境部标准研究所审校排版。

2025-05-12 发布

2025-09-01 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 一般要求	3
5 试验规程和排放限值	3
6 型式检验	4
7 生产一致性	5
8 在用符合性	6
9 标准实施	6
附录A（规范性附录） 型式检验相关信息	7
附录B（规范性附录） 铁路内燃机车用发动机试验规程	13
附录C（规范性附录） 铁路内燃机车试验规程	39
附录D（规范性附录） 气体和颗粒物分析和取样系统	46
附录E（规范性附录） 铁路内燃机车及其发动机有效功率试验所需安装的装备和辅件	55
附录F（资料性附录） 型式检验结果	57
附录G（规范性附录） 生产一致性保证要求及检查	60
附录H（规范性附录） 在用符合性技术要求	62
附录I（规范性附录） 劣化系数的确定	66
附录J（资料性附录） 缩写、符号及单位	68

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及其牵引用发动机所排放的气体和颗粒污染物的排放限值及测试方法。本标准适用于新制造铁路内燃机车及其牵引用发动机型式检验、生产一致性检查和在用符合性检查。

本标准中铁路内燃机车及其发动机型式检验指排气污染物的环保型式检验。

本标准的附录 A-附录 E、附录 G-附录 I 为规范性附录，附录 F 和附录 J 为资料性附录。

本标准首次发布。

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：北京交通大学、中国环境科学研究院、国家重型汽车质量检验检测中心、天津内燃机研究所（天津摩托车技术中心）。

本标准生态环境部 2025 年 5 月 12 日批准。

自 2025 年 9 月 1 日起，新型铁路内燃机车及其发动机应按本标准要求进行型式检验，自 2027 年 9 月 1 日起，所有生产、进口和销售的铁路内燃机车及其发动机应符合本标准要求。

本标准由生态环境部解释。

铁路内燃机车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）

1 适用范围

本标准规定了铁路内燃机车及其牵引用发动机排气污染物排放限值及测量方法。

本标准适用于新制造铁路内燃机车及其牵引用发动机型式检验、生产一致性检查和在用符合性检查。不适用于标准执行日期之前已制造的铁路内燃机车及其牵引用发动机。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注明日期的引用文件，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 19147 车用柴油

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和瞬态试验循环

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

铁路内燃机车及其发动机型式检验 locomotive and engine type test

铁路内燃机车及其发动机在定型投产前应进行的、以验证产品能否满足本标准排气污染物的技术要求排放的排放试验。

3.3

铁路内燃机车用发动机机型 locomotive engine type

在附件 AA 中列出的发动机基本特性参数无差异的同一类铁路内燃机车用发动机。

3.4

铁路内燃机车用发动机系族 locomotive engine family

制造厂按附件 AB 规定所设计的一组具有类似排气排放特性的铁路内燃机车用发动机，同一系族中所有发动机都必须满足相应的排放限值。

3.5

铁路内燃机车车型 locomotive type

在附录 A 中列出的发动机和机车基本特性参数无差异的同一类铁路内燃机车。

3.6

铁路内燃机车系族 locomotive family

符合 6.2.1.1 要求的铁路内燃机车视为同一个机车系族。

3.7

源机 parent locomotive engine

从铁路内燃机车用发动机系族中选出的，能代表这一发动机系族排放特性的发动机。

3.8

排气污染物 exhaust pollutants

铁路内燃机车用发动机（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。

3.9

气态污染物 gaseous pollutants

包括一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x，以等价二氧化氮[NO₂]表达）、碳氢化合物（HC）。

3.10

颗粒物（PM） particulate matter

按附录 B 所描述的试验方法，在温度为 315 K（42℃）～325 K（52℃）的稀释排气中，由滤纸收集到的所有排气成分。

3.11

有效功率 effective power

当发动机只装有在试验台上运行所必需的标准辅助装置时，在曲轴或其相当零件处所测得的功率。

3.12

标定功率 rated power

发动机制造厂对生产的发动机经过台架试验鉴定性能后，在标牌上标定的有效功率。

3.13

标定转速 rated speed

发动机发出标定功率时的相应转速。

3.14

负荷百分数 percent load

在铁路内燃机车发动机某一转速下可得到的发动机最大扭矩的百分数。

3.15

中间转速 intermediate speed

设计在非恒定转速下工作的发动机，按全负荷扭矩曲线运行时，符合下列条件之一的转速：

—如果标定的最大扭矩转速在标定转速的 60%至 75%之间，则中间转速取标定的最大扭矩转速；

—如果标定的最大扭矩转速低于标定转速的 60%，则中间转速取标定转速的 60%；

—如果标定的最大扭矩转速高于标定转速的 75%，则中间转速取标定转速的 75%；

—对不是在全负荷扭矩曲线的某一转速范围内稳定运行的发动机，中间转速一般在 60%-70%标定转速之间。

3.16

有效寿命 useful life

在本标准中规定的机车在正常使用条件下，气态污染物、颗粒物排放满足标准限值的耐久性里程或周期，以先到为准。

3.17

试验循环 test cycle

一系列由各种规定转速、扭矩和加权系数组成的发动机的试验工况。

3.18

基本排放策略 basic emission strategy

除“辅助排放策略”触发以外，发动机在所有速度和负荷范围内采用的排放控制策略。

3.19

辅助排放策略 auxiliary emission strategy

为特定目的和适应特定环境或运行条件而触发并替代或修改基本排放策略且仅在此特定条件下运行的排放控制策略。

3.20

失效策略 defeat strategy

不满足本标准规定的基础排放策略或辅助排放策略性能要求的排放策略。

3.21

运用考核 utilization assessment

样车按照实际运行和作业要求通过规定里程和时间及负荷率所进行的考核。

3.22

机车车号 number of locomotive

对每一台机车赋予的序列编号。

4 一般要求

4.1 生产企业应采取技术措施确保铁路内燃机车及其发动机在正常的工作条件和维护条件下，排放控制系统（如有）正常运转，污染物排放（不考虑劣化系数）符合本标准要求。

4.2 在运行安全和运输秩序受影响等特定条件下可运行辅助排放策略。

4.3 不得使用失效策略。

4.4 在铁路机车上安装的发动机应满足该发动机型式检验时的下列特征：

—进气压力降不应超过附件 AA.1.16 对已经型式检验的发动机规定的压力降。

—排气背压不应超过附件 AA.1.17 对已经型式检验的发动机规定的背压。

—发动机运行所需辅件吸收的功率不应超过附录 A 中对已经型式检验的发动机规定的辅件吸收功率。

4.5 铁路内燃机车用发动机生产企业在生产时应给每台发动机固定一个标牌，标牌应符合附件 AD 要求。

5 试验规程和排放限值

5.1 试验规程及取样系统

铁路内燃机车用发动机排气污染物的测量与取样规程按附录 B 附件 BA 的规定进行，铁路内燃机车排气污染物的测量与取样规程按附录 C 进行，试验循环按表 1 中的规定进行。

铁路内燃机车用发动机的排气污染物应使用附录 B 描述的系统测定。铁路内燃机车的排气污染物应使用附录 C 描述的系统测定。

如果其他系统或分析仪经认可能得到以下和附录 B 或附录 C 规定的测试系统等效的结果，也可

使用：

- 在原始排气中测量气态污染物所应用的系统；
- 在原始排气中测量颗粒物所应用的系统；
- 在全流稀释系统中测量气态污染物所应用的系统；
- 在全流稀释系统中测量颗粒物，使用单滤纸（在整个试验循环中使用一对滤纸）方法或多滤纸（每工况使用一对滤纸）方法取样所应用的系统。

其他系统或分析仪与本标准的某一个或几个基准系统之间的等效性，应在至少七对样本的相关性研究基础上加以确认。

判定等效性的准则定义为配对样本均值的一致性在±5%内。对于引入本标准的新系统，其等效性应根据 GB/T 6379.2 所述的再现性和重复性计算作为根据。

5.2 试验循环和排放限值

铁路内燃机车及其发动机按表1中规定的试验循环进行试验，其中，非恒速发动机应按照三工况进行排放试验，恒速发动机应按五工况进行排放试验。试验测得的排气污染物中一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化物（NO_x）和颗粒物（PM）的比排放量应小于表2中的限值。

表1 稳态循环试验

三工况稳态试验循环					
工况号	1		2 ^a		3
转速	标定转速		中间转速		怠速
功率/%	100 ^b		50 ^b		0
加权系数	0.15		0.25		0.6
五工况稳态试验循环					
工况号	1	2	3	4	5
转速	标定转速				
功率/%	100	75	50	25	10
加权系数	0.05	0.25	0.3	0.3	0.1

a) 对于内燃机车进行排放试验的情况，由于受到机车档位设置的限制，工况2可以选取最接近工况2的档位。
b) 该功率百分数为相对于各工况对应转速下最大功率的百分数。

表2 铁路内燃机车及其发动机排气污染物第一阶段排放限值

污染物	排放限值，g/（kW·h）		
	100 kW < P ≤ 560 kW	560 kW < P ≤ 2 000 kW，且单缸排量 < 5L	P > 2 000 kW，或单缸排量 ≥ 5 L
CO	3.5	3.5	3.0
NO _x	NO _x +HC ≤ 4.0	6.0	7.4
HC		0.5	0.4
PM	0.2	0.2	0.2

6 型式检验

6.1 一般要求

6.1.1 本标准适用范围的铁路内燃机车及其发动机应按本标准 5.1 要求进行型式检验，证明铁路内燃机

车和发动机满足 5.2 的要求。铁路内燃机车如安装已经型式检验的发动机，无须进行额外机车测试。

6.1.2 铁路内燃机车及其发动机型式检验，应使用 GB 19147 规定的柴油。

6.2 型式检验

6.2.1 铁路内燃机车及其发动机型式检验时，应按附录 A 附件 AB 选择一台符合源机特性的发动机（或机车），完成本标准规定的型式检验。

6.2.1.1 铁路内燃机车用发动机系族（或机车系族）应根据系族内发动机（或机车）必须共有的基本设计参数确定。同一系族的发动机应共有附件 AB 描述的基本参数和型号。同一系族的机车应同时满足下列条件：

- a) 发动机为同一系族；
- b) 机车动力形式相同（动力形式包括：柴油机车、柴电混合动力机车）；
- c) 机车由同一生产企业生产。

6.2.1.2 系族源机（源车）的选取，应为系族中的排放最差机型（或车型）。根据最大扭矩转速时，每循环最高燃油供油量作为首选原则；若有两台或更多的发动机（或机车）符合首选原则，则应根据标定转速时，每循环最大燃油供油量作为次选原则。

6.2.1.3 如果系族内的发动机（或机车）还有其他能够影响排放的可变特性，那么选择源机（或源车）时，这些特性也应被确定并考虑在内，可以增选一台（或几台）发动机（或机车）进行试验。

6.2.2 负责进行型式检验的检测机构可以在发动机（或机车）生产企业对铁路内燃机车用发动机（或机车）完成本标准规定的检验内容。

6.2.3 如果所选择的源机（或源车）不能完全代表 6.2.1.1 中定义的铁路内燃机车用发动机系族（或机车系族），应由生产企业提供另一台源机（或源车），进行型式检验。

6.2.4 源机（或源车）代表了系族中所有发动机机型（或机车车型）的排放水平，对源机（或源车）进行的型式检验，可扩展到系族中的所有成员，系族中的其他成员无须进行试验。

6.2.5 型式检验时，发动机生产企业应按附录 I 的规定确定有效寿命内的排放劣化系数或劣化修正值，铁路内燃机车的有效寿命应满足 5 a 或 90 万 km（以先到者为准）。

6.3 型式检验的豁免

对于出口、展览、救援、应急、匹配试验等用途的铁路内燃机车及其发动机，经报备后可免于型式检验。提交的资料应包括但不限于：每台发动机（或机车）的型号、功率、生产厂商、用途、数量和生产日期等内容。

6.4 产品型式的变更

对已型式检验的铁路内燃机车用发动机（或机车）系族的任何修改，不应出现对污染物排放的不利影响，且仍能满足本标准的要求；若变更项目可能影响到排放性能，应进行相应的试验。

7 生产一致性

7.1 对已通过型式检验而正式投产的铁路内燃机车用发动机机型（或机车车型），生产企业应按本标准附录 G 的要求采取措施，确保所生产铁路内燃机车用发动机（或机车）与该铁路内燃机车用发动机（或机车）系族型式检验相关信息（附录 A）的内容一致。

7.2 生产企业按附录 G 的要求编制生产一致性自查计划，并完成生产一致性自查报告。

7.3 生产一致性检查应以该铁路内燃机车用发动机（或机车）系族型式检验相关信息（附录 A）的内容为基础进行。

7.4 生产一致性检查可在生产企业内按附录 G.3 要求抽取样机。

7.5 如果某一铁路内燃机车用发动机机型（或机车车型）不能满足 5.2 的要求，则生产企业应积极采取措施改善生产一致性保证体系。

7.6 铁路内燃机车用发动机（或机车）生产一致性检查，应使用 GB 19147 规定的柴油。

8 在用符合性

8.1 铁路内燃机车的设计、生产、制造，应能使其在正常使用条件下，在有效寿命周期内的排气污染物排放都能得到有效控制。

8.2 铁路内燃机车生产企业应按附录 H 的规定进行在用符合性自查，并完成在用符合性自查报告。

9 标准实施

9.1 型式检验

自 2025 年 9 月 1 日起，新型铁路内燃机车及其发动机应按本标准要求型式检验。

9.2 生产、进口和销售的铁路内燃机车及其发动机

自本标准型式检验实施日期之后两年起，所有生产、进口和销售的铁路内燃机车及其发动机（含作为配件的发动机），其污染物排放应符合本标准要求。凡不满足本标准要求的铁路内燃机车及其发动机不得生产、进口和销售。

附录 A
(规范性附录)
型式检验相关信息

应按以下要求提供铁路内燃机车用发动机（或机车）及其排放控制系统相关信息。

如果有示意图，应以适当的比例充分说明细节；其幅面尺寸为 A4，或折叠至该尺寸。如果有照片，应显示其细节。如果铁路内燃机车用发动机（或机车）系族采用微处理计算机控制，应提供其相关的资料。

发动机源机系族：

A.1 概述

- A.1.1 厂牌（生产企业商标，如有）： _____
- A.1.2 源机系族（如适用）名称： _____
- A.1.3 生产企业的名称和地址： _____
- A.1.4 生产企业授权的代理人（如果有）的名称和地址： _____
- A.1.5 发动机标牌的位置和固定方法： _____
- A.1.6 总装厂地址： _____

A.2 附属文件

- A.2.1 发动机的基本特点以及有关试验的资料。（见附件 AA）
- A.2.2 发动机系族的基本特点。（见附件 AB）
- A.2.3 与排放相关的发动机零部件和系统的基本参数。（见附件 AC）
- A.2.4 铁路内燃机车用发动机（或机车）的照片和/或图纸。
- A.2.5 列出其他附属文件（如有）。

A.3 日期

附件 AA

(规范性附件)

发动机的基本特点以及有关试验的资料¹⁾

AA.1 发动机描述

AA.1.1 生产企业: _____

AA.1.2 生产企业的发动机型号: _____

AA.1.3 循环: 四冲程/二冲程²⁾ _____

AA.1.4 气缸数和排列: _____

AA.1.4.1 缸径: _____ mm

AA.1.4.2 行程: _____ mm

AA.1.4.3 发火次序: _____

AA.1.5 排量: _____ cm³

AA.1.6 压缩比: _____

AA.1.7 燃烧系统的说明: _____

AA.1.8 怠速转速: _____ r/min

AA.1.9 中间转速: _____ r/min

AA.1.10 标定转速: _____ r/min

AA.1.11 燃料: _____

AA.1.12 冷却系统

AA.1.12.1 液冷

AA.1.12.1.1 液体性质: _____

AA.1.12.1.2 循环泵: 有/无²⁾ _____

AA.1.12.1.3 特性或厂牌和型号(如适用): _____

AA.1.13 生产企业的允许温度

AA.1.13.1 液冷: 冷却液出口处最高温度: _____ K

AA.1.13.2 风冷: 基准点: _____ 基准点处最高温度: _____ K

AA.1.13.3 进气中冷器(如适用)出口处空气的最高温度: _____ K

AA.1.13.4 最高排气总管温度: _____ K

AA.1.13.5 润滑油温度: 最低 _____ K, 最高 _____ K

AA.1.14 增压器: 有/无²⁾ _____

AA.1.14.1 生产企业: _____

AA.1.14.2 型号: _____

AA.1.14.3 系统描述(如: 最高增压压力、废气旁通阀[如有]): _____

AA.1.15 中冷器: 有/无²⁾ _____

AA.1.15.1 生产企业: _____

AA.1.15.2 型号: _____

1) 对于几台源机的情况, 应分别提交本附件。

2) 划掉不适用者。

AA.1.16 进气系统

按照 GB/T 21404 规定的功率测量方法，按本标准规定的试验条件，并在发动机标定转速和 100% 负荷下，允许的最大进气压力降：_____kPa

AA.1.17 排气系统

按照 GB/T 21404 规定的功率测量方法，按本标准规定的试验条件，并在发动机标定转速和 100% 负荷下，允许的最大排气背压：_____kPa

AA.2 燃料供给

AA.2.1 输油泵压力¹⁾：_____kPa

AA.2.2 喷射系统**AA.2.2.1 喷油泵**

AA.2.2.1.1 生产企业：_____

AA.2.2.1.2 型号：_____

AA.2.2.2 喷油提前角：_____

AA.2.2.3 高压油管/共轨管²⁾

AA.2.2.3.1 长度：_____mm

AA.2.2.3.2 内径：_____mm

AA.2.2.3.3 容积：_____mm³

AA.2.2.4 喷油器

AA.2.2.4.1 生产企业：_____

AA.2.2.4.2 型号：_____

AA.2.2.4.3 开启压力：_____MPa

AA.2.2.5 调速器（如适用）

AA.2.2.5.1 生产企业：_____

AA.2.2.5.2 型号：_____

AA.2.2.5.3 标定转速：_____r/min

AA.2.2.5.4 最高空转转速：_____r/min

AA.2.2.5.5 怠速转速：_____r/min

AA.2.2.6 电子控制单元（ECU）

AA.2.2.6.1 生产企业：_____

AA.2.2.6.2 型号：_____

AA.3 气阀正时

AA.3.1 气阀最大升程，开启和关闭角度：_____

1) 注明公差。

2) 划掉不适用者。

附件 AB
(规范性附件)
发动机系族的基本特点

AB.1 公有参数

AB.1.1 工作循环（2冲程/4冲程）：_____

AB.1.2 冷却介质（空气/水/油）：_____

AB.1.3 进气方式（自然吸气/增压/增压中冷）：_____

AB.1.4 燃烧室型式/结构（分隔式燃烧室/开式燃烧室）：_____

AB.1.5 气缸盖中的气门和气道—结构、尺寸和数量：_____

AB.1.6 燃料喷射系统（组合式泵-管-嘴系统/直列泵/分配泵/单体泵/泵喷嘴/高压共轨燃油喷射系统）：_____

AB.1.7 排气后处理（氧化催化剂/还原催化剂/热反应器/颗粒物捕集器）

AB.1.8 其他特性：

依据提供的表格或清单，能证明下述各项相同：

—增压中冷系统（有/无）¹⁾：_____

—废气再循环（有/无）¹⁾：_____

依据上述所提供的表格或清单，能证明“系统能力/每行程供油量”比率相同，或对于源机比率为最低。

AB.2 发动机系族清单

AB.2.1 系族名称：_____

AB.2.2 此系族内发动机的规格（见表 AB.1）：

表 AB.1 某系族内发动机规格表

项目	源机 ²⁾	系族成员			
		A	B	C	D
发动机型号					
气缸数					
标定转速 (r/min)					
对应标定转速时，每循环供油量 (mm ³)					
标定功率 (kW)					
最大扭矩转速 (r/min)					
对应最大扭矩转速时，每循环供油量 (mm ³)					
最大扭矩 (Nm)					
怠速 (r/min)					
单缸排量 (L) (系族内各发动机间总相差不超过最大单缸排量的 15%)					

1) 划掉不适用者。

2) 详细资料见附件 AA。

附件 AC

(规范性附件)

与污染物排放相关的机车零部件和系统基本参数

AC.1 与污染物排放相关的机车零部件和系统基本参数

表 AC.1 与污染物排放相关的机车零部件和系统基本参数

编号	项目	源机	系族成员				
			A	B	C	D	E
AC.1	发动机型号/生产厂						
AC.1.1	发动机编号(在发动机上标注或其他辨认方法)(如适用)						
AC.2	燃料						
AC.3	进气系统						
AC.3.1	发动机标定转速和 100%负荷下的进气真空度, kPa						
AC.3.2	空气滤清器						
AC.3.2.1	厂牌						
AC.3.2.2	型号						
AC.3.3	进气消声器(如有)						
AC.3.3.1	厂牌						
AC.3.3.2	型号						
AC.3.3.3	图纸						
AC.4	排气系统						
AC.4.1	排气系统的说明和(或)图纸						
AC.4.1.1	不属于发动机系统的排气系统部分的说明和/或图纸						
AC.4.2	发动机标定转速和 100%负荷下的排气背压, kPa						
AC.4.3	排气系统容积, dm^3						
AC.4.4	排气消声器(如有)						
AC.4.4.1	厂牌						
AC.4.4.2	型号						

附 件 AD
(规范性附件)
铁路内燃机车用发动机标牌信息

AD.1 一般要求

AD.1.1 铁路内燃机车用发动机生产企业在生产时应给每台发动机固定一个标牌，标牌应符合下列要求：

- a) 如果不毁坏标牌或损伤发动机外观则无法将标牌取下；
- b) 在整个发动机使用寿命期间保持清楚易读；
- c) 固定在发动机正常运转所需零件上，该零件应是整个发动机使用寿命期内一般不需要更换的；
- d) 发动机安装到机车上后，标牌的位置应明显可见，如有条件，标牌可靠近或合并在生产企业铭牌上。

AD.1.2 如果发动机安装到机车上以后，因机械遮盖而使发动机标牌变得不明显易见，则发动机生产企业应向机车生产企业提供一个附加的标牌。附加的标牌应符合下列要求：

- a) 如果不毁坏标牌或损伤机车外观则无法将标牌取下；
- b) 固定在机车正常运转所需的机械零件上，该零件应是整个机车使用寿命期内一般不需要更换的。

AD.2 标牌内容及要求

AD.2.1 标牌形式

标牌可采用文字和数字的形式，也可采用二维码的形式。

AD.2.2 标牌应包含下列信息：

- a) 发动机对应的排放标准阶段；
- b) 发动机的型号、系族名称、功率参数；
- c) 发动机生产日期：年 月 日（“日”可选。如在发动机其他部位已经标注生产日期，则标牌中可不必重复标注）；
- d) 发动机生产企业的全称；
- e) 排气后处理装置，如 SCR、DPF 等；
- f) 生产企业认为重要的其他信息；
- g) 对于型式检验豁免的铁路内燃机车，其标牌除满足 AD.2 的要求外，还应注明其用途及豁免理由。

AD.2.3 发动机完成最终检查离开生产线之前应带有标牌。

AD.2.4 发动机标牌的位置应在附录 A 中描述，并在附录 F 中说明。

附录 B
(规范性附录)
铁路内燃机车用发动机试验规程

B.1 概述

B.1.1 本附录描述了铁路内燃机车用发动机排气污染物的测量方法。

B.1.2 试验应在发动机试验台架上进行。

B.2 试验条件

B.2.1 所有的体积和体积流量都必须折算到 273 K (0℃) 和 101.3 kPa 的基准状态。

B.2.2 试验条件

B.2.2.1 进气的绝对温度 T_a 用 K 表示, 干空气压 P_s 用 kPa 表示, 应根据下列公式计算试验室大气因子 f_a :

对于自然吸气和机械增压发动机:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.7}$$

对于带或不带进气中冷的涡轮增压发动机:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1.5}$$

B.2.2.2 试验有效性的判定

1) 判定试验有效, 必须满足以下两个条件

a) 试验室大气因子 f_a 满足 $0.93 \leq f_a \leq 1.07$, 2) 和 4) 允许情况除外;

b) 在任何发动机部件上游测量的进气温度应保持在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, 3) 和 4) 允许情况除外。

2) 当测试发动机的试验室海拔超过 600 m 时, 经制造商同意, 在 P_s 不小于 80 kPa 的条件下, f_a 可以超过 1.07。

3) 在发动机功率大于 560 kW 的情况下, 经制造商同意, 进气温度的最大值可以超过 30°C , 但不得超过 35°C 。

4) 当测试发动机的试验室海拔超过 300 m, 被测试发动机功率大于 560 kW 时, 经制造商同意, 在 P_s 不小于 80 kPa 的条件下, f_a 可能超过 1.07, 进气温度的最大值可能超过 30°C , 但不得超过 35°C 。

B.2.2.3 增压中冷系统

必须记录增压空气的温度, 在标定转速和全负荷, 增压空气的温度应保持在生产企业规定的最大增压空气温度的 $\pm 5\text{ K}$ 范围内, 冷却介质温度应不低于 293 K (20°C)。

如果使用试验室系统或外部风机, 增压空气温度应设定标定转速和全负荷规定的最大增压空气温度的 $\pm 5\text{ K}$ 范围内。在上述设定点增压空气冷却器的冷却介质温度和冷却介质流量在整个试验过程中不应改变, 增压空气冷却器的体积应建立在良好的工程经验的基础上并应是在机车上应用的。

B.2.3 进气系统

试验发动机应该装有一套进气系统, 其进气压力降应为生产企业规定上限值的 $\pm 300\text{ Pa}$ 范围内: 在生产企业规定的发动机最大进气流量的工作条件下, 由清洁的空气滤清器或进气消音器所产生的进气压

力降。

如果试验室系统可以代表实际的发动机运行条件，则可以使用试验室系统。

B.2.4 排气系统

试验发动机应该装有一套排气系统，其排气背压为生产企业规定的上限值的±650 Pa范围内：即在发动机标定功率的工作条件下所产生的排气背压。

从排气歧管法兰或涡轮增压器出口到排气后处理装置的距离应和实际应用情况相同或在生产企业的技术要求范围内。排气背压或进气阻力应遵循上述同样的标准，可以使用阀进行设定。在模拟试验和发动机标定期间，后处理装置的内容物可以去掉，用一无活性的催化器载体替代。

B.2.5 冷却系统

发动机的冷却系统应有足够的能力使发动机保持生产企业规定的正常工作温度。

B.2.6 润滑油

应该记录试验时所用润滑油的规格。

B.2.7 试验燃料

试验燃料应按照GB 19147的规定。

喷油泵进口处的燃油温度应为306 K-316 K (33°C-43°C)，或符合生产企业的规定。

B.2.8 功率

比排放量测量以不修正的有效功率为基础。

试验时，应拆除某些安装在铁路内燃机车上、仅用于操纵机车所需的辅件。诸如：

- 制动用空气压缩机；
- 制动转向用压缩泵；
- 空调压缩机；
- 液压驱动泵。

见附录E的描述。

如上述辅件未被拆除，则应确定这些辅件在试验转速下所吸收的功率，检验机构应确认发动机生产企业提交的整个测试循环中辅件功率的测试/计算方法，以便按照B.2.9的规定计算测功机的设定值。

B.2.9 测功机设定值的确定

进气压力降和排气背压的设定值应根据B.2.3和B.2.4的规定调节到生产企业规定的上限。

为了计算规定试验工况的扭矩值，应根据试验确定规定试验转速下的最大扭矩值。对于工作范围没有覆盖全负荷扭矩特性曲线全部工况点的发动机，应由生产企业确定测试转速下的最大扭矩。

每个试验工况的测功机设定值应用下列公式计算：

$$P_{m,i} = P_i \times \frac{L}{100} + (P_{f,i} - P_{r,i})$$

如果 $\frac{P_{r,i} - P_{f,i}}{P_i} \geq 0.03$ ，则 $(P_{r,i} - P_{f,i})$ 值需监测机构认可。

$P_{f,i}$ ——按表F.1，试验中应安装但未安装的辅件吸收的功率，kW；

$P_{r,i}$ ——按表F.1，试验中应拆去但未拆去的辅件吸收的功率，kW；

L ——试验转速下的扭矩相对最大扭矩的百分数，%。

B.3 试验

B.3.1 准备取样滤纸

试验前至少1 h，每张（对）滤纸应该放在一个有盖但不密封的培养皿中，放入称重室进行稳定。

稳定结束后，应称量每张（对）滤纸的净质量并记录，然后把这张（对）滤纸放置在有盖的培养皿中或滤纸保持架上直到试验需要，如果这张（对）滤纸在离开称重室的8 h内没有使用，在使用前必须重新稳定、称重。

B.3.2 安装测量设备

仪器和取样探头应根据要求进行安装。当用全流稀释系统对排气进行稀释时，排气管应与系统相连。

B.3.3 启动测量系统和发动机

启动并预热测量系统和发动机直到在全负荷和标定转速下所有的温度和压力达到生产企业规定的要求。

B.3.4 背景颗粒物的测量

对单滤纸方法（多滤纸方法选用），应启动颗粒物取样系统并在旁通条件下运行。按照附件BA规定的方法对稀释空气进行颗粒物取样，测量稀释空气的背景颗粒物值。应对稀释空气进行过滤，并在试验前、或试验中、或试验后测量背景颗粒物值。

B.3.5 调节稀释比

稀释空气的设定应保证每个试验工况滤纸表面温度不超过325 K（52℃），总稀释比应该不低于4。

对全流稀释系统单滤纸方法，在所有工况下（对于没有旁通能力的系统每工况的前10 s除外），通过滤纸的取样质量流量与稀释排气质量流量应保持恒定的比例，该质量流量比的偏差应控制在±5%以内。对部分流稀释系统单滤纸方法，在所有工况下（对于没有旁通能力的系统每工况的前10 s除外），通过滤纸的取样质量流量应保持恒定，其偏差应在±5%以内。

B.3.6 背景稀释空气浓度的测量

对于通过测量CO₂和NO_x浓度控制稀释比的系统，应在每次试验的开始和结束时测量稀释空气中CO₂和NO_x的含量，试验前后测量的稀释空气中CO₂和NO_x的背景浓度应分别在400 ppm和5 ppm以内。

当使用稀释排气分析系统时，相关的背景浓度应该根据整个试验过程中采入取样袋的稀释空气确定。

连续背景浓度测量（无取样袋）至少需要在试验前、接近试验循环中间和试验后测量三次，并求平均值。在生产企业的要求下，背景测量可以被忽略。

B.3.7 检查分析仪

应标定排放分析仪的零点和量距点。

B.3.8 试验程序

B.3.8.1 试验循环

应按5.2规定的稳态循环进行试验。

B.3.8.2 发动机的调节

为了使发动机参数稳定到生产企业的规定值，应按生产企业对发动机的预热要求，预热发动机和系统。

B.3.8.3 试验程序

按照表1中列出的工况号顺序，依次进行。

试验循环中，每工况过渡阶段以后，规定的转速必须保持稳定，偏差应在标定转速的±1%或±3 r/min，取其中较大值；怠速点应该在生产企业规定的偏差以内。规定扭矩在试验测量阶段的平均值应该保持稳定，偏差应在试验转速下最大扭矩的±2%以内。

每工况至少稳定运行10 min，当对某台发动机进行试验，为了在测量滤纸上获得足够的颗粒物质量，需要更长的取样时间时，试验工况时间可以根据需要延长。

工况时间应该记录并写入报告中。

在每个工况的最后3 min测量气态污染物浓度值并记录。

在发动机达到稳定状态之前，不应该进行颗粒物的采样和气态污染物的测量，稳定条件由生产企业

确定。颗粒物采样和气体污染物测量的完成时间应一致。

燃油温度应在生产企业规定的位置或在燃油喷射泵的进口测量，应记录测量点的位置。

B.3.8.4 分析仪响应

排气应至少在每工况的最后3 min通过分析仪，分析仪的输出结果应该用磁带记录仪或等效的数据采集系统记录。

B.3.8.5 排放相关数据的记录

- a) 试验循环开始时，测试设备应同步开始；
- b) 若为全流稀释系统，开始收集和分析稀释空气；
- c) 依据使用的方法，开始收集和分析原始排气或稀释后的排气；
- d) 开始测量稀释排气的量及必要的温度和压力；
- e) 如果对原始排气分析，开始记录排气质量流量；
- f) 开始记录测功机转速和扭矩的反馈值。

B.3.8.6 颗粒物取样

采用单滤纸方法或多滤纸方法进行颗粒物取样，由于使用不同的方法所产生的结果可能会略有不同，使用的方法必须和结果一起说明。

对单滤纸方法，试验循环中的加权系数在取样过程中应该考虑，并据此调节取样流量和取样时间。

必须尽可能在每个工况的最后进行取样，每工况的取样时间，对单滤纸方法最少20 s，对多滤纸方法最少60 s；对没有旁通功能的系统，每工况的取样时间，对单滤纸和多滤纸方法最少必须60 s。

B.3.8.7 发动机状态

在每个工况下，当发动机稳定后，应该测量发动机的转速和负荷、进气温度、燃油消耗量、进气或排气流量。

如果不可能进行排气流量、或进气流量和燃油消耗量的测量，可以只测量燃油消耗量，然后用碳平衡方法计算排气流量。

应记录排放结果计算所需要的测量数据。

B.3.9 分析仪的检查

排放试验过后，应该用零气和相同的量距气重新检查分析仪，如果试验前、后的检查结果相差不到±2%，则认为试验有效。

附件 BA
(规范性附件)
测量和取样规程

BA.1 测量和取样规程

应使用附录 D 规定的系统来测量被提交试验的发动机的排气污染物。附录 D 描述了推荐的气态污染物分析系统（见附录 D.2）和推荐的颗粒物稀释和取样系统（见附录 D.3）。

BA.1.1 测功机规格

应使用具有合适特性的测功机完成表 1 中规定的试验循环。扭矩和转速的测量仪器通过附加计算，使测量的轴端功率在允许的功率范围内。

测量设备的精度应不超过表 BA.1 中给出的最大限值。

BA.1.2 排气流量

根据 BA.1.2.1-BA.1.2.4 提及的方法之一测量排气流量。

BA.1.2.1 直接测量方法

用流量喷嘴或等效的流量计系统直接测量排气流量。

BA.1.2.2 进气空气流量和燃油消耗量的测量方法

应使用符合表 BA.1 规定精度的空气流量计和燃油流量计测量进气空气流量和燃油消耗量。排气流量按下式计算：

$$q_{mew} = q_{maw} + q_{mf} \quad (\text{湿基排气质量流量})$$

或

$$v_{med} = v_{mad} - 0.766 \times q_{mf} \quad (\text{干基排气体积流量})$$

或

$$v_{mew} = v_{maw} + 0.746 \times q_{mf} \quad (\text{湿基排气体积流量})$$

式中，

q_{mew} ——湿基排气质量流量，kg/h；

q_{maw} ——湿基进气空气质量流量，kg/h；

q_{mf} ——燃料质量流量，kg/h；

v_{med} ——干基排气体积流量，m³/h；

v_{mad} ——干基进气空气体积流量，m³/h；

v_{mew} ——湿基排气体积流量，m³/h；

v_{maw} ——湿基进气空气体积流量，m³/h。

BA.1.2.3 碳平衡方法

用碳平衡方法，按照下列公式，由燃料消耗量、燃料组分和排气浓度计算排气质量。

$$q_{mew} = q_{mf} \times \left[\frac{\frac{w_{BET} \times w_{BET} \times 1.4}{\left(\frac{1.4 \times w_{BET}}{f_c} + w_{ALF} \times 0.08936 - 1 \right) \times \frac{1}{1.293} + f_{fd}}}{f_c \times f_c} + w_{ALF} \times 0.08936 - 1 \right] \times \left(1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1$$

式中：

w_{ALF} 、 w_{BET} 、 w_{DEL} 、 w_{EPS} ——燃料组分数据，定义为H、C、N和O的质量百分比（%）；

f_{fd} ——干基排气流量计算用燃料特定系数；

$$f_{fd} = -0.055593 \times w_{ALF} + 0.008002 \times w_{DEL} + 0.0070046 \times w_{EPS}$$

H_a ——每kg干空气对应的水量g，g/kg；

f_c ——碳系数，根据下列公式求得：

$$f_c = (c_{CO_{2d}} - c_{CO_{2ad}}) \times 0.5441 + \frac{c_{CO_d}}{18522} + \frac{c_{HC_w}}{17355}$$

式中：

$c_{CO_{2d}}$ ——原排气中干CO₂浓度，%；

$c_{CO_{2ad}}$ ——环境空气中干CO₂浓度，%；

c_{CO_d} ——原排气中干CO浓度，ppm；

c_{HC_w} ——原排气中湿HC浓度，ppm。

BA.1.2.4 总稀释排气流量测量方法

当使用全流稀释系统时，总稀释排气（ q_{mew} ， v_{mdew} ）流量应该用PDP或CFV方式测量。

BA.1.3 测量设备精度要求

所有测量设备的校准应该可溯源到国家基准并满足表BA.1条件：

表 BA.1 测量设备精度要求

序号	测量设备	精度
1	转速	读数的±2%或发动机最大值的±1%，取大值
2	扭矩	读数的±2%或发动机最大值的±1%，取大值
3	燃油消耗量	发动机最大值的±2%
4	空气消耗量	读数的±2%或发动机最大值的±1%，取大值
5	排气流量	读数的±2.5%或发动机最大值的±1.5%，取大值
6	温度≤600 K	±2 K（绝对值）
7	温度>600 K	读数的±1%
8	排气压力	±0.2 kPa（绝对值）
9	进气阻力	±0.05 kPa（绝对值）
10	大气压力	±0.1 kPa（绝对值）
11	其他压力	±0.1 kPa（绝对值）
12	绝对湿度	读数的±5%
13	稀释空气流量	读数的±2%
14	稀释排气流量	读数的±2%

BA.1.4 气态污染物的测定**BA.1.4.1 分析仪的一般技术规格**

分析仪应该有适合用来测量排气组分浓度（见 BA.1.4.1.1）所需精度的量程，推荐分析仪在满量程的 15%到 100%之间测量，应使测量的浓度落在此区间内。

如果满量程值是 155 ppm（或 ppm C₁）或以下，或读出系统（计算机，数据记录仪）在低于满量程 15%时能达到足够的精度和分辨率，则低于满量程 15%的浓度测量结果也可以接受，在这种情况下，要额外增加标定点以确保标定曲线的准确度（见 BB.1.5.5.2）。

设备的电磁兼容性应达到使附加误差最小的水平。

BA.1.4.1.1 测量误差

分析仪不应偏离名义标定点读数的 ±2%或满量程的 0.3%，取其中较大值。

BA.1.4.1.2 重复性

对某一给定标定或量距气所测 10 次重复响应值标准差的 2.5 倍，对超过 100 ppm（或 ppm C₁）的这些气体，应不超过该量程满量程浓度的 ±1%，对低于 100 ppm（或 ppm C₁）的这些气体，应不超过该量程满量程浓度的 ±2%。

BA.1.4.1.3 噪声

在所有的应用量程，分析仪对零气、标定气或量距气在 10 s 期间的峰-峰响应值应不超过满量程的 2%。

BA.1.4.1.4 零点漂移

零点响应定义为在 30 s 的时间间隔内对零气（包括噪声在内）的平均响应。对所用的最低量程，1 h 期间的零点漂移不应该超过该量程满量程的 ±2%。

BA.1.4.1.5 量距点漂移

量距点响应定义为在 30 s 的时间间隔内对量距气（包括噪声在内）的平均响应。对所用的最低量程，1 h 期间的量距点漂移不应该超过该量程满量程的 ±2%。

BA.1.4.2 气体干燥

选用的气体干燥装置必须对所测气体的浓度影响最小，不可采用化学干燥剂除去样气中的水分。

BA.1.4.3 分析仪

BA.1.4.3.1-BA.1.4.3.4 描述了所用分析仪的测量原理。

测量的气体应用下列设备进行分析，对于非线性化分析仪，允许使用线性化电路。

BA.1.4.3.1 一氧化碳（CO）分析仪

一氧化碳分析仪应是不分光红外线吸收型分析仪（NDIR）。

BA.1.4.3.2 二氧化碳（CO₂）分析仪

二氧化碳分析仪应是不分光红外线吸收型分析仪（NDIR）。

BA.1.4.3.3 碳氢化合物（HC）分析仪

碳氢化合物分析仪应是加热型氢火焰离子化分析仪（HFID），需对检测器、阀、管道等元件加热以保持气体温度在 463 K ± 10 K（190°C ± 10°C）。

BA.1.4.3.4 氮氧化物（NO_x）分析仪

在干基情况下测量，氮氧化物分析仪应该选用带 NO₂/NO 转化器的化学发光检测器（CLD）或加热型化学发光检测器（HCLD）；如果在湿基情况下测量，在水熄光检查满足要求的情况下，可以使用温度保持在 333 K（60°C）以上的带转化器的加热型化学发光检测器（HCLD）。

BA.1.4.4 气态污染物的取样**BA.1.4.4.1 直接从原始排气中取样**

排气取样探头在排气管上的安装位置应位于排气系统出口上游、距离出口至少 0.5 m 或三倍排气管径（取其较大者）处，其距离发动机应足够近从而保证探头处的排气温度 ≥ 343 K（70°C）。

对具有分支排气歧管的多缸发动机，探头入口应位于下游、足够远的位置，从而保证样气能够代表所有气缸的平均排气污染物。对具有分组排气歧管的多缸发动机，例如“V型”发动机，推荐在取样探头上游将各组歧管联合起来。如果无法实现，允许从CO₂排放最高的歧管组获取样气。排气排放量的计算必须使用排气质量总流量。

如果发动机装有排气后处理系统，应在排气后处理系统下游采集排气样气。

BA.1.4.4.2 从稀释排气中取样

发动机和全流稀释系统之间的排气管应符合附录D规定的要求。排气取样探头应安装在稀释风道内靠近颗粒物取样探头的位置，此处稀释空气和排气能充分混合。

取样可通过两种方法进行：

- a) 将整个循环的污染物采集到一个取样袋中，试验完成后进行测定；对HC，若使用袋采样结果，取样袋应加热至 $464 \pm 11 \text{ K}$ ($191 \pm 11 \text{ }^\circ\text{C}$)；对NO_x，取样袋温度应高于露点温度；
- b) 将整个循环的污染物连续取样并积分。

背景气浓度应按照a)或b)在稀释风道上游测定，并从测得的污染物浓度值中减去。

BA.1.5 颗粒物的测量

颗粒物的测量需要使用稀释系统，稀释系统分为全流稀释系统和部分流稀释系统。稀释系统的流量能力应足以完全消除水在稀释和取样系统中的凝结，并使紧靠滤纸保持架上游处的稀释排气温度不超过 325 K ($52 \text{ }^\circ\text{C}$)。如果空气湿度高，稀释空气在进入稀释通道前允许除湿。如果环境温度低于 293 K ($20 \text{ }^\circ\text{C}$)，建议将稀释空气预热超过温度上限 303 K ($30 \text{ }^\circ\text{C}$)。然而，将排气引入稀释通道前，稀释空气温度应保持在 293 K - 315 K ($20 \text{ }^\circ\text{C}$ - $42 \text{ }^\circ\text{C}$)。

测量颗粒物质量需要有颗粒物取样系统、颗粒物取样滤纸、微克天平和控制温度及湿度的称重室。

对颗粒物取样，可以使用两种方法：

一单滤纸方法：在试验循环的所有工况使用一对滤纸，在试验的取样阶段，必须特别注意取样时间和流量。然而，在整个试验循环只需要一对滤纸。

一多滤纸方法：在试验循环的每个工况使用一对滤纸，这种方法对取样程序的要求更宽但需要多对滤纸。

BA.1.5.1 颗粒物取样滤纸

BA.1.5.1.1 滤纸规格

型式检验应使用碳氟化合物涂层的玻璃纤维滤纸或碳氟化合物为基体的膜片滤纸。对特殊应用，可以使用不同的滤纸材料。所有类型的滤纸，当气体迎面速度在 35 cm/s ~ 80 cm/s 时，对 0.3 m 的DOP(邻苯二甲酸二辛酯)应该至少有95%的采集效率，当在试验室之间、生产企业和检测机构之间进行比对试验时，必须使用相同质量水平的滤纸。

BA.1.5.1.2 滤纸尺寸

颗粒物取样滤纸最小直径 47 mm (污染面直径 37 mm)，也可以使用更大直径的滤纸(见表BA.2)。

BA.1.5.1.3 初级滤纸和次级滤纸

试验时，应该用一对串联布置的初级滤纸和次级滤纸对稀释排气进行采样，次级滤纸应该位于初级滤纸下游不超过 100 mm 的地方并且不应该和初级滤纸接触。滤纸应该分别称重或把滤纸的污染面对置后放在一起称重。

BA.1.5.1.4 滤纸迎面速度

气体通过滤纸的迎面速度应在 35 cm/s ~ 100 cm/s 之间。从试验开始到试验结束，压力降的增加量应不超过 25 kPa 。

BA.1.5.1.5 滤纸荷重

对单滤纸方法，推荐的最小滤纸荷重是 0.338 g/mm^2 污染面积。要求的最小滤纸荷重为 $0.065 \text{ } \mu\text{g/mm}^2$ 滤纸面积。表BA.2列出了最常用的滤纸尺寸。

表 BA.2 常用滤纸尺寸推荐荷重

滤纸直径 (mm)	推荐荷重 (mg)	要求最小荷重 (mg)
47	0.6	0.11
70	1.3	0.25
90	2.1	0.41
110	3.2	0.62

对多滤纸方法,所有滤纸之和的推荐最小滤纸荷重应是上述对应的推荐的最小荷重和工况数的平方根的乘积。

BA.1.5.2 称重室和分析天平

BA.1.5.2.1 称重室条件

在颗粒物取样滤纸预处理和称重期间,称重室的温度应该保持在 $295\text{ K} \pm 3\text{ K}$ ($22^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$),湿度应保持在露点温度为 $282.5\text{ K} \pm 3\text{ K}$ ($9.5^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$)和相对湿度 $45\% \pm 8\%$ 。

BA.1.5.2.2 参比滤纸的称量

在颗粒物取样滤纸稳定过程中,称重室内应无任何可能落在滤纸上的环境污染物(如:灰尘)。允许称重室偏离 BA.1.5.2.1 所列要求,只要偏离持续时间不超过 30 min。在对取样滤纸(对)称重后的 4 h 内,应同时称重两张未经使用的参比滤纸或参比滤纸对,参比滤纸(对)的尺寸和材料应与取样滤纸相同。

在取样滤纸两次称重期间,如果参比滤纸(对)的平均质量的改变量超过推荐滤纸最小荷重的 $\pm 5\%$ (滤纸对 $\pm 7.5\%$),则所有的取样滤纸作废,重做排放试验。

BA.1.5.2.3 分析天平

对于滤纸直径大于或等于 70 mm 的滤纸,用来称量滤纸质量的分析天平应有 20 g 的精确度和 $10\ \mu\text{g}$ 的分辨率。对于滤纸直径小于 70 mm 的滤纸,分析天平的精确度和分辨率应分别为 2 g 和 1 g。

BA.1.5.2.4 消除滤纸的静电效应

为了消除静电效应,滤纸应在称重之前中和。如,用铈中和器或有相同效果的装置进行中和。

BA.1.5.3 颗粒物测量的附加条件

从排气管到滤纸保持架,与原始排气和稀释排气接触的稀释系统和取样系统的所有部件,必须设计成对颗粒物的附着和改变为最小。所有部件应使用不与排气成分发生反应的导电材料来制造,并必须接地以防止静电效应。

附 件 BB
(规范性附件)
标定规程

BB.1 分析仪器的标定**BB.1.1 概述**

每台分析仪都应根据需要经常标定，以满足本标准对仪器准确度的要求。对于BA.1.4.3所列出的分析仪，本附件阐述了所用的标定方法。

BB.1.2 标定气

必须遵守所有标定气的贮存日期。

应记录生产企业规定的标定气体的失效日期。

BB.1.2.1 纯气体

应具备下列工作气体，气体中杂质的含量不能超过下列限值要求：

—纯氮气，其中杂质： $C_1 \leq 1 \text{ ppm}$ ， $CO \leq 1 \text{ ppm}$ ， $CO_2 \leq 400 \text{ ppm}$ ， $NO \leq 0.1 \text{ ppm}$

—纯氧气：纯度 $>99.5\% \text{ v/v O}_2$

—氢-氮混合气（ $40\% \pm 2\%$ 氢气，氮气做平衡气），其中杂质： $C_1 \leq 1 \text{ ppm}$ ， $CO_2 \leq 400 \text{ ppm}$

—合成空气，其中杂质： $C_1 \leq 1 \text{ ppm}$ ， $CO \leq 1 \text{ ppm}$ ， $CO_2 \leq 400 \text{ ppm}$ ， $NO \leq 0.1 \text{ ppm}$ ；氧含量 $18\% \sim 21\% \text{ v/v}$

BB.1.2.2 标定气和量距气

应具备下列化学组分的混合气体：

— C_3H_8 和合成空气

— CH_4 和合成空气

— CO 和纯氮气

— NO 和纯氮气（在此标定气中 NO_2 含量不得超过 NO 含量的 5% ）

— O_2 和纯氮气

— CO_2 和纯氮气

注：允许使用其他混合气体，只要这些气体之间不互相反应。标定气和量距气的实际浓度必须在标称值的 $\pm 2\%$ 以内，所有标定气和量距气的浓度应以体积百分比或体积 ppm 表示。

用作标定和量距的气体也可用气体分割器获得，用纯氮气或合成空气稀释。混合装置的准确度必须使稀释标定气体的浓度误差在 $\pm 2\%$ 以内。

BB.1.3 分析仪和取样系统的操作规程

分析仪的操作规程应遵守仪器生产企业的启动和操作说明书。应包括BB.1.4-BB.1.9给出的最低要求。

BB.1.4 泄漏试验

应进行系统的泄漏试验。将取样探头从排气系统拆下，用塞子堵住端部，启动分析仪取样泵，初始稳定期过后，所有流量计读数应为零。如不为零，应检查取样管路并排除故障。最大允许泄漏量为系统受检部分在用流量的 0.5% 。在用流量用分析仪流量和旁通流量进行估算。

另一种方法：在取样管路前端引入从零气到量距气的浓度阶梯增加的标气，假如经过足够长时间后，分析仪读数显示的浓度低于引入的量距气的浓度，则表示有标定或泄漏问题。

BB.1.5 标定规程**BB.1.5.1 分析仪总成**

应该标定分析仪总成，并用标定气检查标定曲线。标定气所用流量应与排气取样的流量相同。

BB.1.5.2 预热时间

预热时间应按照生产企业的规定。若无规定，建议分析仪至少预热2 h。

BB.1.5.3 NDIR 和 HFID 分析仪

应根据需要调整NDIR分析仪，并将HFID分析仪的燃烧火焰调至最佳（见BB.1.8.1规定）。

BB.1.5.4 标定

应标定通常使用的工作量程。

应使用合成空气（或氮气）标定CO，CO₂，NO_x，HC和O₂分析仪的零位。将适当的标定气引入分析仪，记录其值，并按BB.1.5.5建立标定曲线。必要时，再次检查零点标定，并重复标定规程。

BB.1.5.5 建立标定曲线**BB.1.5.5.1 总则**

分析仪的标定曲线应由至少六个尽可能均匀分布的标定点（不包括零点）组成。最高标称浓度应等于或高于满量程的90%。

标定曲线应用最小二乘法计算。如所用多项式的次数大于3，则标定点（包括零点）的数目至少应等于该多项式次数加2。

标定曲线与每个标定点的标称值之差不得大于±2%，而在零点应不大于满量程的±1%。根据标定曲线和标定点就能检验标定是否正确，应表明分析仪的不同特性参数，特别是：

- 测量范围
- 灵敏度
- 标定日期

BB.1.5.5.2 低于 15%满量程的标定

分析仪的标定曲线至少应由10个间距大致相等的标定点（不包括零点）组成，其中50%的标定点在满量程的10%以下。

标定曲线用最小二乘法计算。

标定曲线与每个标定点的标称值之差不得大于±4%，而在零点应不大于满量程的±0.3%。

BB.1.5.5.3 替代方法

如果能表明替代技术（如：计算机，电子控制量程开关等）能达到同等的准确度，则可使用这些替代技术。

BB.1.6 标定的验证

每次工作前，应按照下列程序检查每个通常使用的工作量程。

使用零气和量距气检查标定，量距气的标称值为测量量程满量程的80%以上。

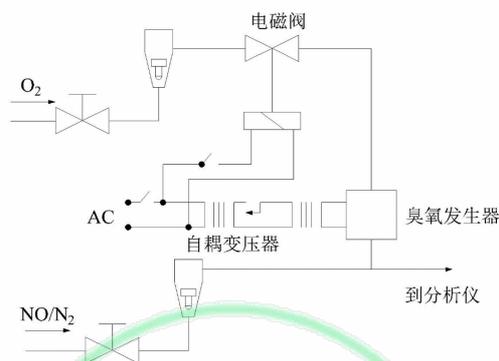
如果该两点的实测值与标称值之差不大于满量程的±4%，则可修改调整参数。否则，应按照BB.1.5.5建立新的标定曲线。

BB.1.7 NO_x 转化器的效率检验

按BB.1.7.1-BB.1.7.8的规定，检验转化器把NO₂转化为NO的效率。

BB.1.7.1 检验装置

利用图BB.1所示的检验装置及以下程序，用臭氧发生器检验转化器的效率。

图 BB.1 NO₂ 转换效率设备流程图**BB.1.7.2 标定**

应根据生产企业的规范，用零气和量距气在最常用工作量程标定 CLD 和 HCLD。（量距气的 NO 含量应达到工作量程的 80% 左右，混合气中的 NO₂ 浓度小于 NO 浓度的 5%）。NO_x 分析仪应置于 NO 模式，使量距气不通过转化器，记录指示浓度。

BB.1.7.3 计算

NO_x 转化器的效率按下式计算：

$$\text{效率}(\%) = \left(1 + \frac{a-b}{c-d}\right) \times 100$$

式中，

a——按照 BB.1.7.6 得到的 NO_x 浓度；

b——按照 BB.1.7.7 得到的 NO_x 浓度；

c——按照 BB.1.7.4 得到的 NO 浓度；

d——按照 BB.1.7.5 得到的 NO 浓度。

BB.1.7.4 加入氧气

分析仪置于 NO 模式，通过一个 T 型接头，将氧气或合成空气连续加入气流中，直到指示浓度比 BB.1.7.2 给出的标定浓度低 20% 左右，记录指示浓度（*c*）。在此过程中臭氧发生器不起作用。

BB.1.7.5 激发臭氧发生器

分析仪置于 NO 模式，激发臭氧发生器以产生足够的臭氧，使 NO 浓度降低到约为 BB.1.7.2 给出的标定浓度的 20%（最低 10%），记录指示浓度（*d*）。

BB.1.7.6 NO_x 模式

分析仪切换到 NO_x 模式，使混合气（含有 NO、NO₂、O₂ 和 N₂）通过转化器，记录指示浓度（*a*）。

BB.1.7.7 停止激发臭氧发生器

分析仪置于 NO_x 模式，停止激发臭氧发生器，使 BB.1.7.6 所述的混合气通过转化器，记录指示浓度（*b*）。

BB.1.7.8 NO 模式

臭氧发生器停止激发的情况下，切换到 NO 模式，氧气或合成空气的气流也被切断，分析仪的 NO_x 读数不应偏离按照 BB.1.7.2 测得值 ±5% 以上。

BB.1.7.9 试验间隔

转化器的效率每月至少测定一次。

BB.1.7.10 效率要求

转化器的效率不应低于 90%，但推荐最好超过 95%。

在分析仪最常用量程内，若臭氧发生器不能按照 BB.1.7.5 使 NO 浓度从 80%降低到 20%，则在试验时应使用能达到此降低量的最高量程。

BB.1.8 FID 的调整

BB.1.8.1 检测器响应的优化

应按生产企业说明书的规定调整 FID。应使用合成空气作平衡气的丙烷量距气来优化最常用量程的响应。

将 H₂/He 混合气和合成空气的流量设定在生产企业的推荐值，向分析仪引入 350±75 ppm C₁ 的量距气。应根据量距气响应与零气响应之差确定给定 H₂/He 混合气流量下的响应。H₂/He 混合气流量应分别在高于和低于生产企业要求值下进行递增调整，记录这些 H₂/He 混合气流量下的量距气和零气的响应。然后将量距气和零气响应之差绘制成曲线，并将 H₂/He 混合气流量调整到曲线的高响应区。

BB.1.8.2 碳氢化合物响应系数

使用合成空气做平衡气的丙烷量距气和合成空气标定分析仪。

分析仪在启用时和定期检修后，应测定响应系数。某一特定碳氢化合物的响应系数 (R_F) 是指 FID 的 C₁ 读数与以 ppm C₁ 表示的气瓶气体浓度之比。

测试气体的浓度必须能够产生满量程 80%左右的响应。基于重量基准，用体积表示的已知浓度必须达到±2%的准确度。另外，气瓶应在 298 K±5 K (25°C±5°C) 温度下预处理 24 h。

所使用的测试气体和推荐的响应系数范围如下：

甲烷和合成空气 $1.00 \leq R_F \leq 1.15$

丙烯和合成空气 $0.90 \leq R_F \leq 1.10$

甲苯和合成空气 $0.90 \leq R_F \leq 1.10$

以上各值均指相对于丙烷和合成空气的 R_F 为 1 时的响应系数。

BB.1.8.3 氧干扰检查

分析仪在启用时和定期检修后，应检查氧干扰。

应按 BB.1.8.2 的规定测定响应系数，所使用的检验气体和推荐的响应系数如下：

丙烷和纯氮气 $0.95 \leq R_F \leq 1.15$

此值是指相对于丙烷和合成空气的 R_F 为 1 时的响应系数。

FID 燃烧器中空气的氧浓度应在最近氧干扰检查时所用燃烧器中空气的氧浓度的±1 mole%以内，假如相差很大，应进行氧干扰检查，必要时调整分析仪。

BB.1.9 NDIR 和 CLD 分析仪的干扰影响

除所分析的气体外，排气中存在的其他气体会以多种方式干扰读数。NDIR 仪器中出现的正干扰，是指干扰气体产生与被测气体的相同的作用，但影响程度较小。NDIR 仪器中出现的负干扰，是指由于干扰气体扩大了被测气体的吸收带；而在 CLD 仪器中出现的负干扰则是由于干扰气体的熄光作用。分析仪在启用前和定期检修后，应按照 BB.1.9.1 和 BB.1.9.2 的规定进行干扰检查。

BB.1.9.1 CO 分析仪的干扰检查

水和 CO₂ 会干扰 CO 分析仪的性能。因此，应在室温下，将浓度为试验时所用最大工作量程 80%–100%的 CO₂ 量距气从水中冒泡流出，并记录分析仪的响应值。若 CO 量程等于或高于 300 ppm C₁，分析仪的响应值应不大于满量程的 1%，若 CO 量程低于 300 ppm C₁，分析仪的响应值应不大于 3 ppm。

BB.1.9.2 NO_x 分析仪的熄光检查

对 CLD (或 HCLD) 分析仪有熄光作用的两种气体是 CO₂ 和水蒸气。这些气体的熄光响应与其浓度成正比，因而要求用试验方法，在试验经验认为的最高浓度下，测定熄光。

BB.1.9.2.1 CO₂ 熄光检查

将浓度为最大工作量程 80%–100%满量程的 CO₂ 量距气通入 NDIR 分析仪，记录 CO₂ 值作为 A；然后用 NO 量距气将其稀释到 50%左右，并通入 NDIR 和 (H) CLD，记录 CO₂ 和 NO 值，分别作为 B 和

C; 然后切断 CO₂, 只让 NO 量距气通过 (H) CLD, 记录 NO 值, 作为 D。

按下式计算的熄光应不超过3%:

$$\%CO_2\text{熄光} = \left[1 - \left(\frac{C \times A}{D \times A - D \times B} \right) \right] \times 100$$

式中,

A——NDIR测定的未稀释CO₂浓度, %;

B——NDIR测定的稀释CO₂浓度, %;

C——(H) CLD 测定的稀释 NO 浓度, ppm;

D——(H) CLD 测定的未稀释 NO 浓度, ppm。

BB.1.9.2.2 水熄光检查

这种检查仅适用于湿基 NO_x 分析仪。水熄光计算必须用水蒸气稀释 NO 量距气, 并且使混合气的水蒸气浓度达到预期在试验中出现的浓度。

将浓度为常用工作量程 80%-100%满量程的 NO 量距气通入 (H) CLD, 记录 NO 值作为 D; NO 量距气从室温下的水中冒泡流出通过 NO 分析仪, 记录 NO 值作为 C。测定分析仪的绝对压力和起泡器水温, 分别记录作为 E 和 F。计算对应于起泡器水温 (F) 的混合气饱和蒸汽压力, 记录作为 G, 按下式计算混合气的水蒸气浓度 (H, %):

$$H = 100 \times \left(\frac{G}{E} \right)$$

按下式计算预期的稀释 NO 量距气 (水蒸气中) 的浓度 (D_e):

$$D_e = D \times \left(1 - \frac{H}{100} \right)$$

对于机车排气, 假设燃料原子 H: C 为 1.8: 1, 根据未稀释 CO₂ 量距气的浓度 (A, 按 BB.1.9.2.1 测定), 试验期间排气中预期的最大水蒸气浓度 (H_m, %) 估算如下:

$$H_m = 0.9 \times A$$

按下式计算的水熄光应不超过3%:

$$\%H_2O\text{熄光} = 100 \times \left(\frac{D_e - C}{D_e} \right) \times \left(\frac{H_m}{H} \right)$$

式中,

D_e——预期稀释NO的浓度, ppm;

C——稀释NO的浓度, ppm;

H_m——最大水蒸气浓度, %;

H——实际水蒸气浓度, %。

注: 由于熄光计算中未考虑 NO₂ 在水中的吸收, 所以在该检查中 NO 量距气所含 NO₂ 浓度要尽量低。

BB.1.10 标定周期

至少每 3 个月按照 BB.1.5 规定标定分析仪一次, 或在系统检修、调整后可能影响标定时进行标定。

BB.2 颗粒物测量系统的标定

BB.2.1 概述

为了达到本标准的精度要求，每个部件都应经常标定。本节叙述 BA.1.5 中所示部件的标定方法。

BB.2.2 流量测量

气体流量计或流量测量仪的标定应溯源到国际标准和/或国家标准。

测量值的最大误差应在读数的 $\pm 2\%$ 以内。

如气体流量用差压流量测量法测定，流量差值的最大误差应使 q_{medf} 的准确度在 $\pm 4\%$ 以内。该值可用各仪器误差的均方根进行计算。

BB.2.3 检查稀释比

当使用不带排气分析仪的颗粒物取样系统时（见附录 D.3.3），对每一台新安装的发动机，通过运转发动机及测量在原始排气或稀释排气中 CO_2 或 NO_x 浓度的方法来检查稀释比。

测量的稀释比应在根据测量的 CO_2 或 NO_x 浓度计算的稀释比的 $\pm 10\%$ 以内。

BB.2.4 检查部分流条件

应检查排气速度和压力波动范围，如适用，根据附录D.3.1中排气管的要求进行调整。

BB.2.5 标定周期

流量测量装置应定期标定，或系统发生改变可能影响标定时进行标定。

BB.3 线性验证

BB.3.1 范围和频率

至少应按表BB.1所示频率对该表所列各测量装置进行线性验证，并与测量装置制造商的推荐和良好的工程经验判断相一致。线性验证的目的是确定关心的测量范围内测量装置按比例响应。除非另有说明，线性验证至少应包含测量装置一系列的十个基准值。测量装置量化每个基准值。应采用最小二乘法线性回归和表7规定的线性标准将所有的测量值与基准值共同进行比较。

BB.3.2 性能要求

若测量装置不能满足表BB.1规定的适用线性标准要求，应通过再次校准、维修或必要时更换部件的方法来纠正缺陷。纠正缺陷后应再次进行线性验证，以确保测量装置满足线性标准要求。

BB.3.3 规程

应采用下述线性验证规程。

- a) 测量装置应在其规定的温度、压力和流量下工作。
- b) 应通过引入零信号，与排放试验前一样对仪器进行调零。对于气体分析仪，应使用零气，并应在分析仪端口将其直接引入。
- c) 应在排放试验前，通过引入量距信号，与以前一样对测量装置进行量距。对于气体分析仪，应采用量距气，并应在分析仪端口将其直接引入。
- d) 对仪器量距后，应采用 BB.3.3 b) 所用相同信号，对零位进行检查。在零读数基础上，在进入下一步骤前，应运用良好的工程经验判断来确定是否对仪器再一次进行调零或量距。
- e) 对于所有待测物理量，应根据制造商建议和运用良好的工程经验判断来选择其基准值 y_{refi} ，这些基准值应覆盖排放试验中预测到的整个数值范围，以免产生超出这些数值的外推需求。应选择一零基准信号作为线性验证的基准值之一。对于独立的压力和温度线性验证，至少应选择3个基准值。对于其他所有线性验证，至少应选择10个基准值。
- f) 应根据仪器制造商建议和良好的工程经验判断来选择引入系列基准值的顺序。

- g) 应按BB.3.4所述生成和引入基准物理量。对于气体分析仪，应采用已知浓度的标气，并在分析仪端口直接引入这些气体。
- h) 测量基准值时，应允许仪器有稳定时间。
- i) 在至少最小记录频率时，基准值应测量30 s，并记录记录值的算术平均值 \bar{y}_i 。
- j) BB.3.3 g) ~i) 应重复进行直至测量了所有的基准物理量。
- k) 应将算术平均值 \bar{y}_i 、基准值 y_{refi} 用于计算最小二乘法线性回归参数和统计值，与表BB.1规定的最低性能标准要求进行比较。

BB.3.4 基准信号

本条介绍了BB.3.3所述线性验证规程用基准值的生成方法。应采用模拟实际值的基准值，或用基准测量装置引入和测量实际值。在后面一种情况下，基准值是基准测量装置的报告值。基准值和基准测量装置应是国际可追溯的。

BB.3.5 需要线性验证的测量装置

表BB.1列出了需要线性验证的测量装置。下列规定适用于表BB.1。

- a) 若仪器制造商建议了或根据良好的工程经验判断，应更频繁地进行线性验证。
- b) “min”指线性验证期间所用的最小基准值。
注意：根据信号，该值可能为零或负值。
- c) “max”通常指线性验证期间所用的最大基准值。例如，对于气体分配器， x_{max} 是未分配、未稀释过的量距气浓度。以下是“max”代表不同值的特例：
 - 1) 对于PM天平线性验证， x_{max} 代表PM滤纸的典型质量；
 - 2) 对于扭矩线性验证， T_{max} 代表制造商规定的待试最大扭矩发动机的扭矩峰值。
- d) 规定的范围包括在内。例如，斜率 a_1 的规定范围0.98~1.02，是指 $0.98 \leq a_1 \leq 1.02$ 。
- e) 对于用丙烷检查通过稀释排气流量验证的系统或基于进气空气、燃料和排气的碳或氧化学平衡，符合±2%系统，则无须进行这些线性验证。
- f) 与只与实际值成线性比例的信号相反，仅当要求物理量的绝对值时，才应满足物理量的 a_1 标准要求。
- g) 独立温度包括发动机温度和用于设定或验证发动机状态的环境状况；用于设定或验证试验系统临界状况的温度；用于排放计算的温度。
 - 1) 这些温度需要进行线性检查：进气空气温度；后处理装置床温（对于带后处理装置进行含冷启动的循环试验之发动机）；PM取样CVS、两次稀释和部分流系统用稀释空气温度；PM样品温度和制冷器样品温度（对于采用制冷器对样品进行干燥处理的气体取样系统）。
 - 2) 这些温度仅当发动机制造商有规定时才要求进行线性检查：燃料进口温度；试验室增压空气冷却器出口空气温度（对于试验时带有模拟车辆/机械用增压空气冷却器的试验室热交换器之发动机）；试验室增压空气冷却器冷却液进口温度（对于试验时带有模拟车辆/机械用增压空气冷却器的试验室热交换器之发动机）；机油箱或油底壳中机油温度；节温器前冷却液温度（对于液体冷却发动机）。
- h) 独立压力包括发动机压力和用于设定或验证发动机状态的环境状况；用于设定或验证试验系统临界状况的压力；用于排放计算的压力。
 - 1) 需要进行线性验证的压力：进气空气阻力；排气背压；大气压力；CVS进气表压（若用CVS进行测量）、制冷器样品压力（对于采用制冷器对样品进行干燥的气体取样系统）。
 - 2) 仅当发动机制造商有规定时才要求进行线性验证的压力：试验室增压空气冷却器和连通管压力降（对于试验时带有模拟车辆/机械用增压空气冷却器的试验室热交换器之涡轮增压发动机）；燃料进口压力；燃料出口压力。

表 BB.1 需线性验证的测量装置

测量装置	物理量	最小验证频率	线性标准			
			$ x_{\min} \times (a_1 - 1) + a_0 $	a	S_{EE}	r^2
发动机转速	n	试验前 370d 内	$\leq 0.05\%n_{\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%n_{\max}$	≥ 0.990
发动机扭矩	T	试验前 370d 内	$\leq 1\%T_{\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%T_{\max}$	≥ 0.990
燃料流量	q_{mf}	试验前 370d 内	$\leq 1\%q_{m,\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%q_{m,\max}$	≥ 0.990
进气空气流量 ^a	q_V	试验前 370d 内	$\leq 1\%q_{V,\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%q_{V,\max}$	≥ 0.990
稀释空气流量 ^a	q_V	试验前 370d 内	$\leq 1\%q_{V,\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%q_{V,\max}$	≥ 0.990
稀释排气流量 ^a	q_V	试验前 370d 内	$\leq 1\%q_{V,\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%q_{V,\max}$	≥ 0.990
原排气流量 ^a	q_V	试验前 370d 内	$\leq 1\%q_{V,\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%q_{V,\max}$	≥ 0.990
分批取样器流量 ^a	q_V	试验前 370d 内	$\leq 1\%q_{V,\max}$	0.98~1.02	$\leq 2\%q_{V,\max}$	≥ 0.990
气体分配器	x / x_{span}	试验前 370d 内	$\leq 0.5\%x_{\max}$	0.98~1.02	$\leq 1\%x_{\max}$	≥ 0.990
气体分析仪	x	试验前 35d 内	$\leq 0.5\%x_{\max}$	0.98~1.01	$\leq 1\%x_{\max}$	≥ 0.998
PM 天平	m	试验前 370d 内	$\leq 1\%m_{\max}$	0.98~1.01	$\leq 1\%x_{\max}$	≥ 0.998
独立压力	p	试验前 370d 内	$\leq 1\%p_{\max}$	0.98~1.01	$\leq 1\%p_{\max}$	≥ 0.998
进气空气、PM 稳定和平衡环境的露点温度	T_{dew}	初次安装时、试验前 370d 内和大修后	$\leq 0.5\%T_{dew\max}$	0.98~1.01	$\leq 0.5\%T_{dew\max}$	≥ 0.998
其他露点测量	T_{dew}	初次安装时、试验前 370d 内和大修后	$\leq 1\%T_{dew\max}$	0.98~1.01	$\leq 1\%T_{dew\max}$	≥ 0.998
独立温度信号从模拟量至数字量的转换	T	试验前 370 d 内	$\leq 1\%T_{\max}$	0.98~1.01	$\leq 1\%T_{\max}$	≥ 0.998

^a 对于用于确定标准体积分流量的流量表，作为物理量可以用标准体积分流量来代替摩尔流量及用最大标准流量来代替最大摩尔流量。

附件 BC
(规范性附件)
数据确定和计算

BC.1 数据确定和计算

BC.1.1 气态污染物数据确定

气态污染物的确定，应将每工况最后60 s记录的读数取平均值。应根据记录读数的平均值和相应的校正数据确定每个工况的 HC、CO、NO_x 和CO₂ (如果使用碳平衡法) 的平均浓度 (*conc*)。

如果能够确保获取等效数据，可以使用不同的记录形式。

可以根据稀释空气取样袋的读数或连续背景读数和相应的校正数据确定平均背景浓度 (*conc_d*)。

BC.1.2 颗粒物

颗粒物排放量的确定，应该记录每工况通过滤纸的取样质量 (*m_{sep,i}*) 或体积 (*v_{sep,i}*)。

试验完成后，应将滤纸送回称重室稳定至少 1 h，但不超过 80 h，然后称重。记录滤纸的总质量并减去其净质量 (见 B.3.1)，颗粒物质量 (*m_f* 对单滤纸方法，*m_{fi}* 对多滤纸方法) 是在初级、次级滤纸收集的颗粒物质量之和。

如果进行背景校正，应该记录通过滤纸的稀释空气质量 (*m_d*) 或体积 (*v_d*) 和颗粒物质量 (*m_{f,d}*)。如果进行多次测量，应该计算每次测量的 *m_{f,d}/m_d* 或 *m_{f,d}/v_d* 并取平均值。

BC.1.3 气态污染物的计算

应该根据下列步骤计算试验的最终结果。

BC.1.3.1 排气流量的确定

应该根据 BA.1.2.1-BA.1.2.3 确定每工况的排气流量 (*q_{mew}*)。

当使用全流稀释系统时，应该根据 BA.1.2.4 计算每工况的总稀释排气流量 (*q_{mdew}*)。

BC.1.3.2 干/湿基修正

若排放不是按湿基测得，则应按下列公式之一将实测浓度转换到湿基值。

$$c_w = k_w \times c_d$$

a) 对于原排气

$$k_{wr} = \left[1 - \frac{1.2442 \times H_a + 111.19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773.4 + 1.2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times f_{fw} \times 1000} \right] \times 1.008$$

或

$$k_{wr} = \left[1 - \frac{1.2442 \times H_a + 111.19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773.4 + 1.2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times f_{fw} \times 1000} \right] / \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right)$$

b) 对于稀释排气

$$k_{we} = \left(1 - \frac{a \times c_{CO_2w}}{200} \right) - k_{w1}$$

或

$$k_{we} = \left[\frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO2d}}{200}} \right]$$

c) 对于稀释空气

$$k_{wd} = 1 - k_{w1}$$

$$k_{w1} = \frac{1.608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_d \times \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1.608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_d \times \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}}$$

d) 对于进气空气（若不同于稀释空气）

$$k_{wa} = 1 - k_{w2}$$

$$k_{w2} = \frac{1.608 \times H_a}{1000 + (1.608 \times H_a)}$$

式中：

q_{mad} —干基进气空气质量流量，kg/h；

f_{fw} —湿基排气流量计算用燃料特定系数；

p_r —冷却器后的水蒸气压，kPa；

p_b —总气压，kPa；

D —稀释系数；

α —(H/C)摩尔比；

c_{CO2w} —湿基稀释排气CO₂体积浓度，%；

c_{CO2d} —干基稀释排气CO₂体积浓度，%；

H_a 、 H_d —进气空气和稀释空气的绝对湿度，g/kg。

注： H_a 、 H_d 可用通用公式由相对湿度、露点、蒸汽压或干/湿球的测量值得。

BC.1.3.3 NO_x的湿度和温度修正

因NO_x排放与大气状况有关，应采用下列公式中给出的系数对NO_x浓度进行大气温度和湿度修正，当湿度在0 g/kg和25 g/kg之间时这些系数方才有效。

若经有关各方同意，也可使用其他湿度基准值代替10.71 g/kg，并应随同计算结果一起写入报告。

若能证明正确或有效，经有关各方同意，也可使用上述湿度范围以外的其他修正公式。在下述公式中 T_a 表示在空气滤清器入口处的大气温度， H_a 表示在空气滤清器入口处的大气湿度。

将水或蒸汽喷入增压器中（空气湿增）被认为是一种排放控制手段，因此在湿度修正时不予考虑，增压中冷器内的凝结水会改变增压空气的湿度，因此在湿度修正时应予考虑。

$$k_{hd} = \frac{1}{1 - 0.012 \times (H_a - 10.71) - 0.00275 \times (T_a - 298) + 0.00285 \times (T_{SC} - T_{SCRef})}$$

式中：

T_a —进气空气温度，K；

H_a —进气空气湿度，g/kg；

T_{SC} ——中冷空气温度；

T_{SCRef} ——制造商规定的中冷空气基准温度。

BC.1.3.4 排放质量流量计算

BC.1.3.4.1 原排气

应根据污染物的原浓度、表 BC.1 中的 u 值和按照基于表列值的计算方法求得的排气质量流量计算每工况的排放质量流量。如果按干基测量浓度，则应按 BC.1.3.2 对浓度值进行干—湿基修正然后再做进一步计算。

基于表列值的计算方法

应采用以下公式：

$$q_{mgas} = u_{gas} \times c_{gas} \times q_{mew}$$

式中：

q_{mgas} ——某一组分的气体排放质量流量，g/h；

u_{gas} ——排气组分密度与排气密度值比；

c_{gas} ——原排气中各组分浓度，ppm；

q_{mew} ——湿基排气质量流量，kg/h。

为了计算 NO_x ，应使用按 BC.1.3.3 确定的湿度修正系数 k_{bd} ，若适用。

如果未按湿基进行测量，则应按 BC.1.3.2 将所测浓度转换为湿基浓度。

表 BC.1 列出了基于理想气体性质下柴油所选排气组分的 u 值。

BC.1.3.4.2 稀释排气

应根据污染物的稀释浓度、表 BC.2 中 u 值和稀释排气质量流量计算每工况的排放质量流量如下。

如果按干基测量浓度，则应先按 BC.1.3.2 对浓度值进行干/湿基修正，然后再作进一步计算。

$$q_{mgas} = u_{gas} \times c_{gas,c} \times q_{mdew}$$

式中：

u_{gas} ——排气组分密度与稀释排气密度（相当于空气密度）之比；

$c_{gas,c}$ ——稀释排气中各组分的本底修正浓度，ppm；

q_{mdew} ——湿基排气质量流量，kg/h。

表 BC.2 列出了基于理想气体性质下柴油所选稀释排气组分的 u 值。

$$c_c = c - c_d \times \left[1 - \frac{1}{D} \right]$$

$$D = \frac{FS}{c_{CO_2} + (c_{CO} + c_{HC}) \times 10^{-4}} \quad \text{或} \quad D = \frac{FS}{c_{CO_2}}$$

式中：

$$FS = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + \gamma + 3.76 \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}$$

c_c ——本底修正浓度，ppm；

c_d ——稀释空气浓度，ppm；

α ， γ ， ε ——指燃料 $CH_\alpha O_\varepsilon S_\gamma$ 的组成。

对于柴油，FS=13.4。

表 BC.1 原排气的系数 u_{gas} 和燃料特定参数

燃料和对应 $\rho_e / (\text{kg}/\text{m}^3)$		气体				
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂
		$\rho_{\text{gas}} / (\text{kg}/\text{m}^3)$				
		2.053	1.250	a	1.963 6	1.427 7
		系数 u_{gas}^b				
柴油	1.2943	0.001 586	0.000 966	0.000 479	0.001 517	0.001 103

a 与燃料有关。
b 当 $\lambda=2$ ，干空气，273 K，101.3 kPa 时。

表 BC.2 稀释排气的系数 u_{gas} 和燃料特定参数

燃料 ($\rho_e=1.293 \text{ kg}/\text{m}^3$)		气体				
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂
		$\rho_{\text{gas}} / (\text{kg}/\text{m}^3)$				
		2.053	1.250	a	1.963 6	1.427 7
		系数 u_{gas}^b				
柴油		0.001 587	0.000 966	0.000 479	0.001 517	0.001 103

a 与燃料有关。
b 假定稀释排气密度=空气密度。

BC.1.3.5 比排放计算

按下列方法计算所有各组分的排放：

$$\text{gas}_x = \frac{\sum_{i=1}^n (qm_{\text{gas}, i} \times W_{fi})}{\sum_{i=1}^n (P_i \times W_{fi})}$$

式中：

$qm_{\text{gas}, i}$ —— 某一组分气体的排放质量流量；

W_{fi} —— 某一组分气体的加权系数。

$$P_i = P_{m,i} + P_{r,i} - P_{f,i}$$

式中：

$P_{m,i}$ —— 各工况下的实测功率；

$P_{r,i}$ —— 某一试验时应拆除但未拆除的辅件所吸收的功率；

$P_{f,i}$ —— 某一试验时应安装但未安装的辅件所吸收的功率。

上述计算中所用加权系数和工况数 (n) 按 GB/T 8190.4 的规定。

BC.1.4 颗粒排放物的计算

BC.1.4.1 颗粒物的湿度修正系数

由于发动机的颗粒物排放与大气状况有关，因此颗粒物浓度应用下式中给出的系数 k_p 对大气湿度

进行修正。

若检验机构同意，也可用其他湿度基准值代替 10.71 g/kg，并应随同计算结果一起写入报告。若能证明正确或有效，也可使用其他修正公式。

$$k_p = \frac{1}{[1+0.0133 \times (H_a - 10.71)]}$$

式中：

H_a ——进气空气湿度，g/kg。

BC.1.4.2 部分流稀释系统

应按下列步骤确定最终所需报告的颗粒物排放试验结果。由于可使用各种方式控制稀释比，因而需使用不同方法计算 q_{medf} 。所有计算均以取样期间各工况的平均值为基础。

BC.1.4.2.1 等动态系统

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

而：

$$r_d = \frac{q_{mdw} + (q_{mew} \times r_a)}{q_{mew} \times r_a}$$

式中 r_a 相当于等动态探头横截面积 A_p 与排气管横截面积 A_r 之比：

$$r_a = \frac{A_p}{A_r}$$

BC.1.4.2.2 带 CO₂ 或 NO_x 浓度测量的系统

对于 q_{medf} ，使用公式

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

和

$$r_d = \frac{c_{Ew} - c_{Aw}}{c_{Dw} - c_{Aw}}$$

式中：

c_{Ew} ——原排气中示踪气的湿基浓度；

c_{Dw} ——稀释排气中示踪气的湿基浓度；

c_{Aw} ——稀释空气中示踪气的湿基浓度。

应按 BC.1.3.2 将所测干基浓度转换为湿基浓度。

BC.1.4.2.3 带 CO₂ 测量和使用碳平衡法的系统

用下列公式计算 q_{medf} ：

$$q_{medf} = \frac{k_f \times q_{mf}}{c_{(CO_2)D} - c_{(CO_2)A}}$$

式中：

k_f ——碳平衡计算用燃料特定系数；

$c_{(\text{CO}_2)D}$ ——稀释排气中 CO_2 浓度；

$c_{(\text{CO}_2)A}$ ——稀释空气中 CO_2 浓度。

浓度以湿基的体积百分数表示。

因此，

$$r_d = \frac{k_f \times q_{mf}}{q_{mew} \times [c_{(\text{CO}_2)D} - c_{(\text{CO}_2)A}]}$$

在上述公式中，

$$k_f = \omega_{\text{BET}} \times 2.4129$$

BC.1.4.2.4 带流量测量的系统

$$r_d = \frac{q_{\text{mdew}}}{q_{\text{mdew}} - q_{\text{mdw}}}$$

BC.1.4.3 全流稀释系统

颗粒排放试验报告中的结果按下列步骤确定。所有计算均以取样期间各工况的平均值为基础。对于全流稀释系统，用 q_{mdew} 作为 q_{medf} 。

BC.1.4.4 颗粒物质量流量的计算

计算颗粒物质量流量如下：

a) 对于单对滤纸法

$$q_{\text{mPT}} = \frac{m_t}{m_{\text{sep}}} \times \frac{q_{\text{medf}}}{1000}$$

$$q_{\text{medf}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{medfi}} \times W_{fi}$$

$$m_{\text{sep}} = \sum_{i=1}^n m_{\text{sepi}}$$

$i=1, \dots, n$

b) 对于多对滤纸法

$$q_{\text{mPTi}} = \frac{M_{fi}}{m_{\text{sepi}}} \times \frac{q_{\text{medfi}}}{1000}$$

$i=1, \dots, n$

c) 对于采用背景修正的单对滤纸法

$$q_{\text{mPT}} = \left\{ \frac{m_f}{m_{\text{sep}}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \times \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \times W_{fi} \right] \right\} \times \frac{q_{\text{medf}}}{1000}$$

d) 对于采用背景修正的多对滤纸法

$$q_{\text{mPTi}} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{\text{sepi}}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \times \frac{q_{\text{medfi}}}{1000}$$

如果没有测量稀释 CO_2 浓度，也可根据 BC.1.4.2.1-BC.1.4.2.4 确定稀释比 r_d 来代替部分流稀释系统

的 D 。

如果进行多次测量，则应用 $\frac{\overline{m_{f,d}}}{m_d}$ 代替 $\frac{m_{f,d}}{m_d}$ 。

BC.1.4.5 比排放的计算

颗粒物比排放按下列方法计算：

a) 对于单对滤纸法

$$e_{PT} = \frac{q_{mPT}}{\sum_{i=1}^n P_i \times W_{fi}}$$

b) 对于多对滤纸法

$$e_{PT} = \frac{\sum_{i=1}^n q_{mPTi} \times W_{fi}}{\sum_{i=1}^n P_i \times W_{fi}}$$

式中：

$$P_i = P_{m,i} + P_{r,i} - P_{f,i}$$

BC.1.4.6 有效加权系数

对于单对滤纸法，各工况的有效加权系数 W_{fei} 按下列方法计算：

$$W_{fei} = \frac{m_{sepi} \times q_{medf}}{m_{sep} \times q_{medfi}}$$

$i=1, \dots, n$

有效加权系数值应在GB/T 8190.4所列加权系数的±0.005（绝对值）以内。

附件 BD
(规范性附件)
燃料消耗量

BD.1 概述

本附件规定了型式检验中的发动机油耗的测试方法。

BD.2 一般要求

BD.2.1 在表 1 稳态循环试验中测定燃料消耗量。

BD.2.2 测试结果应记录循环的燃料消耗量比油耗值，以 g/(kW·h) 为单位。

BD.3 燃料消耗量的确定**BD.3.1 测试设备**

测量瞬时燃油流量，应采用直接测量质量的系统，如：

- a) 质量流量传感器；
- b) 燃油称重法；
- c) 克里奥利质量流量计。

燃油流量测量系统应满足以下要求：

- a) 准确度满足读数的±2%或者满量程的±0.3%取较好者；
- b) 精度为满量程的±1%或更好；
- c) 上升时间不超过 5 s。

燃油流量测量系统应采取预防措施以降低测量误差，预防措施包括：

- a) 按照生产企业的说明和良好的工程经验，合理安装设备；
- b) 流动状态应避免波动、涡流、环流或流量脉冲，以免影响流量测量系统的精度和准确度；
- c) 任何铁路内燃机旁通或从铁路内燃机返回的燃油都应回到储油罐中。

BD.3.2 数据记录

应按照附录 B.3.8.5 的要求记录和保存相关数据。

BD.3.3 循环平均油耗的计算

$$q_{mf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{mf,i} \times \frac{1}{f} \times 1000$$

式中：

$q_{mf,i}$ —瞬时油耗量，kg/s；

f —取样频率，Hz；

n —测量次数。

BD.3.4 比油耗计算

稳态循环比油耗

比油耗 e_f [g/(kW·h)] 应按以下公式计算：

$$e_f = \frac{q_{mf}}{W_{act}}$$

式中：

q_{mf} ——燃油消耗量，g；

W_{act} ——实际循环功，kW·h。



附 录 C
(规范性附录)
铁路内燃机车试验规程

C.1 概述

本附录描述了铁路内燃机车排气污染物的测量方法。

C.2 试验准备

C.2.1 检查

机车组装完成后,对机车进行完整性和安全性检查,检查合格后才能进行试验。

C.2.2 启机条件

机车的机械部分、管路系统、发动机盘车机构、保护装置动作值等应符合被试机车的启动要求。

C.2.3 试验设备

直流电传动内燃机车,采用水电阻或干电阻试验台,其负载能力应满足发电机组的电能消耗,且能调节负载大小。亦可采用机车本身自带负荷装置或其他形式的负载装置。

对于交流电传动内燃机车,采用机车本身自带负荷装置或其他形式的负载装置。

C.3 试验条件

C.3.1 环境条件

C.3.1.1 所有的体积和体积流量都必须折算到 273 K (0℃) 和 101.3 kPa 的基准状态。

C.3.1.2 铁路内燃机车试验条件与发动机试验条件一致,同附录 B.2.2。

C.3.2 带增压空气冷却器的发动机

应记录冷却介质温度和增压空气温度(见 C.3.3)。

C.3.3 发动机参数

应按表 C.1 给定的单位测量和记录下列发动机参数

- 1) 燃油消耗率 (b_x);
- 2) 试验时发动机转速 (V);
- 3) 涡轮增压器转速 (V_t) (如适用);
- 4) 增压空气冷却器后空气压力 (p_{bc});
- 5) 试验室未修正的有效功率 (P);
- 6) 各缸燃料齿条位置 (s) (如适用);
- 7) 增压空气冷却器后空气温度 (T_{ba}) (如适用);
- 8) 冷却介质进口温度 (T_{ci});
- 9) 冷却介质出口温度 (T_{co});
- 10) 润滑油温度 (T_{oil})。

表 C.1 符号

符号	术语	单位
b_x	燃油消耗率	g/(kW·h)
V	发动机转速	r/min
V_t	涡轮增压器转速	r/min
p_{bc}	增压空气冷却后空气压力	kPa
P	未修正的有效功率	kW
s	各缸燃料齿条位置(如适用)	-
T_{ba}	增压空气冷却后空气温度	K
T_{ci}	冷却介质进口温度	K
T_{co}	冷却介质出口温度	K
T_{oil}	润滑油温度	K

C.3.4 机车的标定功率及设定值的确定

试验时应记录各工况下发动机的输出功率。

考虑到正常生产变化,发动机输出功率曲线必须在生产机车实际功率曲线的范围内。对于型式检验试验、生产一致性试验和耐久性试验,应按照表 1 中规定的试验工况进行排放测试。对于在用符合性自查,应按照 H.2.4 规定的试验工况进行排放测试。

每个试验工况的铁路内燃机车设定值应用下列公式计算:

$$P_{m,i} = P_i \times \frac{L}{100} + (P_{f,i} - P_{r,i})$$

如果 $\frac{P_{r,i} - P_{f,i}}{P_{m,i}} \geq 0.03$, 则 $(P_{r,i} - P_{f,i})$ 值需检验机构认可。

$P_{f,i}$ ——按表 E.1, 试验中应安装但未安装的辅件吸收的功率, kW;

$P_{r,i}$ ——按表 E.1, 试验中应拆去但未拆去的辅件吸收的功率, kW;

L ——试验转速下的扭矩相对最大扭矩的百分数, %。

C.3.5 进气系统

进气系统阻力应不超过制造厂规定的发动机在运行工况下的限值,以达到在全负荷时的最大空气流量。

C.3.6 冷却系统

冷却系统应有足够容量,保证发动机在制造厂规定的正常运行温度下工作,以满足环境条件变化和现场负荷要求。

C.3.7 润滑油

应记录发动机试验用润滑油的技术规格,并随试验结果写入报告。

C.3.8 取样探头和测量装置的安装

安装取样探头和测量装置的方法按附件 BA 规定。在下列情况下允许按水阻台或电阻台试验条件进行安装:

- 为满足安全和工作环境的要求,应为测量仪器留有足够空间。
- 在发动机排气管后处理装置(如适用)的下游端,应采用短而柔性的连接件。
- 当需要扩大或缩小排气管直径才能与试验装置配用时,可采用长度不超过其最大内径 3 倍的柔性连接件。
- 柔性连接件之间应采用刚性不锈钢的原排气管来连接。为适应测量装置的几何形状,钢管可以是弯的。可用“T”型或“Y”型不锈钢管件来连接多个排气尾管。

e) 连接件和管子不应使排气背压超过发动机规定的最大排气阻力。

C.3.9 试验燃料

试验燃料应符合GB 19147的规定。

燃料温度应符合制造厂的推荐值。应在喷油泵进口处或按制造厂规定的位置进行测量，并应记录测量位置。

C.4 测量装置和待测数据

C.4.1 总则

应测量受试机车的气体 and 颗粒污染物排放。气态污染物分析系统和颗粒物稀释和取样系统应符合附录 D 规定的要求。应尽量减少环境条件（如温度、压力、湿度、物理方位、机械冲击和振动、电磁辐射和环境碳氢化合物）对排放测试系统的影响。

C.4.2 扭矩和转速

发动机应根据机车试验条件下扭矩和转速的试验程序，按 C.3.4 规定的试验循环进行运转。如由于负荷特性或因动力装置扭振等原因而不可能使用相应试验循环时，经有关各方面同意，可用最接近的某一试验点代替要求的试验点。

扭矩和转速测量仪应能使轴功率的测量偏差不超出给定的范围。

C.4.3 排气流量

测定排气流量的方法见附件 BA.1.2，要求的精确度见附录 C.4.4。

C.4.4 待测数据的精确度

C.4.4.1 排气分析仪

分析仪对名义校正点的偏差应不大于其读数值值的 $\pm 4\%$ ，或满刻度的 $\pm 0.5\%$ ，取其中较大者。准确度应按 C.4.4.2 校正程序的规定来确定。

C.4.4.2 校正程序

C.4.4.2.1 仪器总成

校正仪器总成并用标准气检验校正曲线，所用气体流量应与排气取样时相同。

C.4.4.2.2 预热时间

预热时间应按制造商的推荐，如无规定，推荐分析仪的预热时间至少 2 h。

C.4.4.2.3 不分光红外线分析仪（NDIR）和加热型火焰离子化检测器（HFID）

必要时可对 NDIR 分析仪进行调节，并使 HFID 分析仪的燃烧火焰达到最佳。（见 BB.1.8）

C.4.4.2.4 校正曲线的绘制

- a) 应校正每一常用工作量程
- b) 使用纯合成空气（或氮气）将 CO、CO₂、NO_x 和 HC 分析仪调至零位。
- c) 将适宜校正气通入分析仪，记录读数值，并绘制校正曲线。
- d) 分析仪的校正曲线应在整个工作量程范围内至少用 6 个大致均匀分布的校正点（零除外）来绘制。最高标称浓度应等于或大于满刻度的 90%。
- e) 校正曲线用最小二乘法计算。可使用最佳拟合线或非线性方程。

C.4.4.2.5 代用校正方法

如能证明代用技术（例如计算机、电控量程开关等）能提供同样准确度，则可使用这些代用方法。

C.4.4.2.6 校正的检验

在每次分析前均应按下程序对每一常用工作量程进行检验。

应使用零气和标称值大于 80% 满刻度量程的量距气来检验校正。

若所考虑的两点其实测值与标定基准之差大于满刻度的 $\pm 4\%$ ，可修改调整参数。如若不然，则

应检验量距气或按 C.4.4.2.4 确定新的校正曲线。

C.4.4.3 其他测量装置

测量装置的准确度应符合表 C.2 和表 C.3 所给定的允许偏差。表 C.2 和表 C.3 给定的偏差均是对包括数据采集系统在内的最终记录值而言。所有测量仪器的校正应能溯源至国家（国标）标准。测量仪器应该按照仪器制造厂内部审核程序的需要，或按照 ISO 9000 的要求进行校正。

表 C.2 机车测量仪允许偏差

序号	测量项目	基于发动机最大值的允许偏差
1	发动机转速	±2%
2	功率	±5%
3	燃油消耗量	±4%
4	排气流量	±5%（计算值，如有）

表 C.3 其他参数测量仪允许偏差

序号	测量项目	“读数”绝对值的允许偏差
1	冷却介质温度	±2 K
2	润滑油温度	±2 K
3	排气压力	最大值的±5%
4	进气歧管真空度	最大值的±5%
5	排气温度	±15 K
6	进气温度（燃烧空气）	±2 K
7	大气压力	读数值的±0.5%
8	进气空气湿度（相对值）	±3%
9	燃料温度	±2 K
10	稀释通道温度	±1.5 K
11	稀释空气湿度（相对值）	±3%
12	稀释排气流量	读数值的±2%

由于已限定排气污染物排放计算的总误差，计算公式中某些测量项目的允许偏差应小于表 C.4 的规定。

表 C.4 参数表

序号	测量项目	定义	允差
1	发动机转速	在一定时间内曲轴旋转的转数	±2%
2	扭矩	在发动机传动轴末端测得的、由发动机输出的平均扭矩	±2%
3	功率	在传动轴处测得的功率或功率之和	±3%
4	燃油消耗量	发动机每单位时间内所消耗的燃料质量	±3%
5	空气消耗量	每单位时间内从大气中吸入发动机的空气质量	±5%
6	冷却介质温度	在液冷系统规定位置处的温度	±2 K
7	排气背压	涡轮后排气管中排气压力的算术平均值	±5%
8	排气温度	在某一规定气缸处用热传感器测得的排气平均温度	±25 K
9	进气温度	在发动机或增压器进口处的空气温度	±2 K
10	大气压力	在发动机进口附近测得的大气压力值	±0.5%
11	燃料温度	在燃料系统中某一规定位置处的燃料温度	±5 K

应计算该误差对最终排放的影响，并随排放测量结果写入试验报告。

C.4.4.4 试验结果的估计准确度和精密度

受环境和使用条件的影响，现场测量的精密度和准确度一般低于试验台测量，另外还与测量单位诸如体积浓度（ppm）、质量浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）或有效比排放 $[\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})]$ 等有关。测量结果的估计准确度和精密度，见表 C.5。

表 C.5 测量值的估计准确度和精密度

排放组分	单位	准确度	精密度
气体排放物	ppm	读数值的 $\pm 5\%$	读数值的 $\pm 1\%$
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 7\%$	$\pm 5.1\%$
	$\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	$\pm 9\%$	$\pm 7.4\%$
颗粒排放物	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\pm 6.5\%$	$\pm 6.5\%$
	$\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	$\pm 8.5\%$	$\pm 8.5\%$

注：表中给出的数值只在理想试验条件下有效。在实际情况下这种条件并不始终存在，特别是在内燃机车运行工况偏离试验循环时。

C.4.5 气体组分的测定

测量装置和分析方法见附件 BA.1.4。

C.4.6 颗粒物的测定

颗粒物的测定和所需装置见附件 BA.1.5。但是，基准滤纸的称重时间可能会超时。通过滤纸的气体迎面速度应达到 35 cm/s – 100 cm/s 之间，从试验开始至结束，压力降的增加应不大于 25 kPa 。应计算气体通过滤纸的平均迎面速度，并随试验结果予以说明。滤纸迎面速度应由滤纸上游压力和滤纸表面温度下的滤纸体积流量除以滤纸污染面积得出。若 PM 取样器至滤纸的压力降小于 2 kPa ，则上游压力应使用排气烟囱或稀释通道压力。但是，仍应注意最大压力降的增加应不超过 25 kPa 。从可行性考虑，推荐采用部分流稀释系统进行机车试验的测量。

按照 BA.1.5.2.1 规定的称重室条件也适用于机车试验的测量。当称重室不在测量现场附近时，应确保滤纸被送至称重室的过程中不致使其荷重发生变化。

C.5 分析仪及颗粒取样系统的校正

C.5.1 分析仪的校正

应采用附件 BB.1 给出的定义和要求，但校正点与最小二乘法最佳拟合线之差不大于读数值的 $\pm 4\%$ 或满刻度的 $\pm 0.5\%$ ，以较大值为准。校正应在试验室内进行。每台仪器经修理后应再次进行干扰检验。

C.5.2 颗粒物取样系统的校正

采用附件 BB.2 给出的定义和要求，通过颗粒滤纸样气流量的误差不大于读数值的 $\pm 4\%$ 。

C.6 试验实施

C.6.1 取样滤纸的准备（需要时）

试验前至少 1 h ，每张（对）滤纸应该放在一个有盖但不密封的培养皿中，放入称重室（见 BA.1.5.2）进行稳定。稳定结束后，应称量每张（对）滤纸的净质量并记录，然后把这张（对）滤纸放置在有盖的培养皿中或滤纸保持架上直到试验需要，如果这张（对）滤纸在离开称重室的 8 h 内没有使用，在使用前必须重新稳定、称重。

试验后，将培养皿适当封住后送回称重室进行至少 1 h 但不超过 80 h 的调温处理，然后进行称重。

记录滤纸的总重并减去自重。

滤纸在从称重室送到试验现场的过程中，应防止滤纸荷重发生变化，如因机械振动和温度超过 325 K (52℃) 时蒸发等。可从几次试验中采集和储存颗粒物样品后再将滤纸送到称重室，但应尽量缩短储存时间。

C.6.2 测量装置的安装

测量仪器和取样探头应按要求进行安装（见附录 B.3.2）。

C.6.3 启动稀释系统和发动机

启动稀释系统和发动机按要求进行（见附录 B.3.3）。

C.6.4 稀释比的调整

应按 B.3.5 的规定进行调整。

C.6.5 试验点的确定

按照 C.3.4 工况进行试验测试。

C.6.6 检查分析仪

应对排放分析仪进行零点和量距调整。

C.7 试验顺序

C.7.1 总则

发动机应按 C.3.4 的规定进行运转。

不同的稳态试验测点，应按降低功率或扭矩的次序进行测量，并在各试验点至少保持 10 min。为达到稳定状态并有充足时间采集颗粒物可能需要更长时间。

每一试验循环工况内规定转速不应超出标定转速的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 3 \text{ r/min}$ ，以较大值为准，怠速时应保证公差范围符合制造厂规定。

在整个测量中扭矩的平均值不应超出试验转速下最大扭矩的 $\pm 2\%$ 。否则应在试验前经有关各方商定。如在试验循环的某一工况内不能保证该允差，则可采用平均值。

对于铁路内燃机车的在用符合性试验，应按其正常运行状况在稳态工况下运转。

燃料温度应符合 C.3.9 的规定。

C.7.2 分析仪的响应

应将分析仪的输出数据记录在纸带式记录仪上，或用等效的数据采集系统进行测量，对于稳态试验，至少应在每工况的最后 3 min 内将排气输入分析仪。

如采用气袋取样测定稀释后的 CO 和 CO₂（见附录 B.3.8.4），对于稳态试验，应在每工况的最后 3 min 内用气袋取样；然后对袋内样气进行分析和记录。

C.7.3 颗粒物取样（如适用）

可以用单滤纸法或多滤纸法进行颗粒物取样（见附件 BA.1.5）。

由于两种方法的测量结果不同，应在记录中注明所采用的方法。

对单滤纸法，在试验循环程序中所规定或经有关各方商定的工况加权系数，应在取样时通过适当调整样气流量和/或取样时间来考虑。

按稳态循环试验时，应在每工况的后期进行取样。单滤纸法每工况取样时间应大于 20 s；多滤纸法每工况取样时间应大于 60 s。对于无旁通功能的系统，单滤纸法和多滤纸法每工况的取样时间均应大于 60 s。

C.7.4 发动机工况

应在发动机达到稳定状态后每工况的最后 80% 时间内，记录发动机的转速、负荷、进气温度、排气背压、燃料流量、空气或排气流量。

数值为试验时间内的平均值。

当排气流量或燃烧空气和燃油消耗量无法测量时，可用碳平衡法计算（见附件 BA.1.2.3）。

应记录所需的任何附加数据。

C.8 重检分析仪

试验结束时应按要求和调整排放分析仪的零点和量距设定值。如试验后分析仪所需调整不超过 C.4.4 中所规定的准确度，则视为试验合格。

C.9 排放组分计算

按附件 BC 的规定，对稳态工况下气体和颗粒物的排放组分进行计算。



附录 D
(规范性附录)
气体和颗粒物分析和取样系统

D.1 概述

本附件规定了气体和颗粒物排放污染物采样和分析系统的基本要求。由于不同配置可以得到相同的结果，故不要求完全符合本附件的配置要求。可以使用附加部件，诸如仪表、阀门、电磁阀、泵和开关等，以便获得更多的信息和协调各部件系统的功能。若其他部件对于保持某些系统精确度并非必需，则可凭成熟的工程判断加以去除。

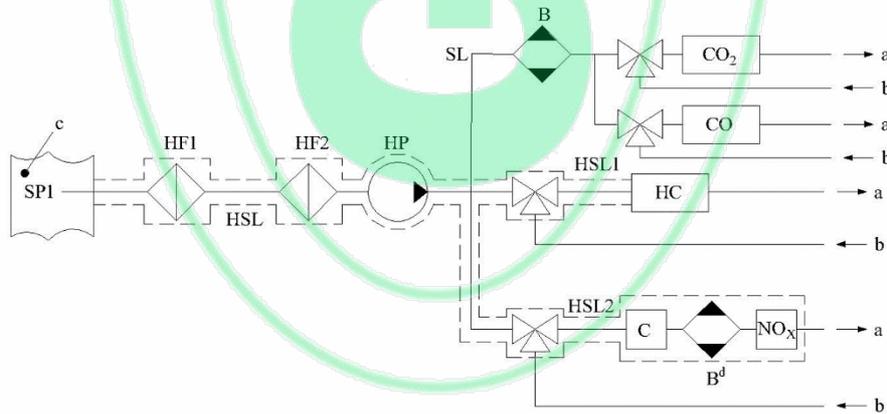
D.2 分析系统

D.2.1 分析系统的描述

使用下列分析分析仪测量原始排放（图 D.1）和稀释排放（图 D.2）中气态污染物的分析系统。

- 1) 测试 HC 的 HFID 或 FID 分析仪
- 2) 测试 CO 和 CO₂ 的 NDIR 分析仪
- 3) 测试 NO_x 的 HCLD 或 CLD 分析仪

所有组分的样气可用一个取样探头，在其内部分至各分析仪，也可选择紧靠在一起的两个取样探头取样。注意不能让排气成分（包括水和硫酸）在分析系统中任何位置产生冷凝。



a=出口 b=零气, 标气 c=排气管 d=可选项

图 D.1 原始排放 CO、CO₂、NO_x 和 HC 的分析系统流程图

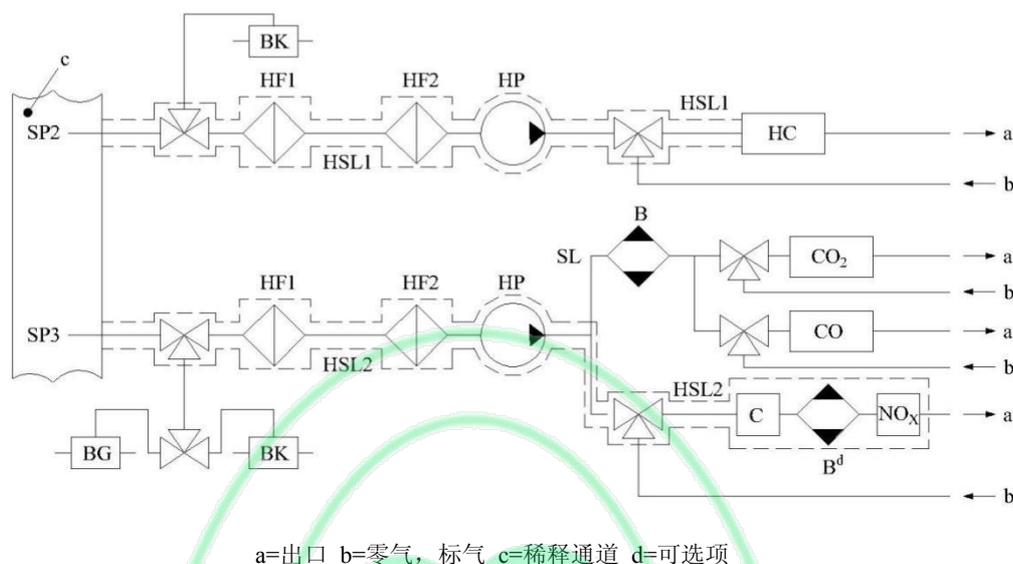


图 D.2 稀释排放 CO、CO₂、NO_x 和 HC 的分析系统流程图

D.2.1.1 图 D.1 和图 D.2 的部件注释

1) EP 排气管

2) SP1 原始排气取样探头 (见图 D.1)

推荐用一根不锈钢、顶端封闭、多孔直探头。其内径小于取样管内径。探头壁厚不大于 1 mm。在三个不同的径向平面上至少应有 3 个小孔, 其大小应能抽取基本相同的气样流量。探头必须横向伸入排气管内至少 80% 的排气管径。可用一个或两个取样探头。

3) SP2 稀释排气 HC 取样探头 (见图 D.2)

探头应:

- a) 其定义为加热取样管 HSL1 开始的 254 mm 至 762 mm 部分;
- b) 最小内径 5 mm;
- c) 安装在稀释风道 DT (见图 D.6) 内稀释空气和排气充分混合处 (即距排气进入稀释风道点的下游约 10 倍通道直径处);
- d) 与其他探头和通道内壁保持足够距离 (径向), 使其不受任何尾流或涡流的影响;
- e) 加热提高探头出口处的排气温度至 $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190 \pm 10^\circ\text{C}$);
- f) 若用 FID 分析仪 (冷) 可不需加热。

4) SP3 稀释排气 CO、CO₂、NO_x 取样探头 (见图 D.2)

探头应:

- a) 与 SP2 处于同一平面;
- b) 与其他探头和通道内壁保持足够距离 (径向), 使其不受任何尾流或涡流的影响;
- c) 对整个长度进行加热和保温, 使其温度不低于 328 K (55°C), 以防止水凝结。

5) HF1 加热的前置过滤器 (可选)

温度应与 HSL1 相同

6) HF2 加热的过滤器

过滤器应从样气进入气分析仪前过滤固体颗粒, 过滤器温度应该与 HSL1 相同。过滤器根据需要可进行更换。

7) HSL1 加热取样管

取样管将样气从单个探头处送至分流点和 HC 分析仪。

取样管应:

- a) 内径范围 5-13.5 mm;
- b) 由不锈钢或聚四氟乙烯制成;
- c) 使每段独立控制和加热的管路, 其管壁温度保持在 $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) (若取样探头处排气温度 $\leq 463\text{ K}$ [190°C]);
- d) 保持管壁温度 $> 453\text{ K}$ (180°C) (若取样探头处排气温度 $> 463\text{ K}$ [190°C]);
- e) 保持加热过滤器 HF2 和 HFID 紧邻的气体温度在 $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$)。

8) HSL2 NO_x 加热取样管

取样管应:

- a) 使转化器前(干基测量)或分析仪前(湿基测量)的管壁温度保持在 328 K - 473 K (55°C - 200°C);
- b) 由不锈钢或聚四氟乙烯制成。

9) HP 加热采样泵

泵应该加热到与 HSL 一样的温度。

10) SL CO 和 CO₂ 取样管

取样管应由不锈钢或聚四氟乙烯制成, 可以被加热或不被加热。

11) HC HFID 分析仪

测量碳氢化合物用的加热式氢火焰离子化合检测器 (HFID) 或氢火焰离子化合检测器 (FID), 其温度应保持在 453 K - 473 K (180°C - 200°C)。

12) CO、CO₂ NDIR 分析仪

测量一氧化碳和二氧化碳用的 NDIR 分析仪 (可用于颗粒物测量中测量稀释比)

13) NO_x CLD 分析仪

测量氮氧化物可使用 CLD、HCLD 分析仪。若使用 HCLD, 其温度应保持在 328 K - 473 K (55°C - 200°C)。

14) B 冰槽 (NO 测试选用)

冷凝排气样气中的水分。按照附件 BB.1.9.2.2 所述, 分析仪不受水蒸气干扰的影响, 该装置可选用。如采用冷凝除水, 应在水截留器内或其下游处监测样气的温度和露点。样气的温度或露点不应超 280 K (7°C), 不允许用化学干燥剂去除样气中的水。

15) BK 背景取样袋 (选用; 见图 D.2 适用)

用于测量背景气体浓度。

16) BG 取样袋 (选用; 见图 D.2 适用)

用于测量样气浓度。

D.3 排气稀释和颗粒物的测量

D.3.1 部分流系统的描述

稀释系统的描述是基于稀释部分排气的系统, 排气分流及其后的稀释过程可以用不同型式的稀释系统完成。颗粒物的采集, 分为全部稀释排气或部分流稀释排气通过颗粒物采样系统。第一种方法为全部取样型, 第二种方法为部分取样型。稀释比的计算取决于所用系统的型式。

图 D.3 为全部取样型系统, 通过取样探头 (SP) 和输送管 (TT), 将排气管 (EP) 中的原始排气输送到稀释风道 (DT)。通过颗粒取样系统中流量控制器 FC2 和取样泵 (P) 调节稀释通道的总流量 (见图 D.7)。流量控制器 FC1 控制稀释空气流量, 可将 q_{mew} 或 q_{maw} 和 q_{mf} 作为指令信号, 来控制采样率。进入 DT 的采样流量为总流量和稀释空气流量之差。稀释空气流量由流量计 FM1 测量, 颗粒采样系统的总流量由流量计 FM3 测量 (见图 D.7)。通过这两个流量可计算稀释比。

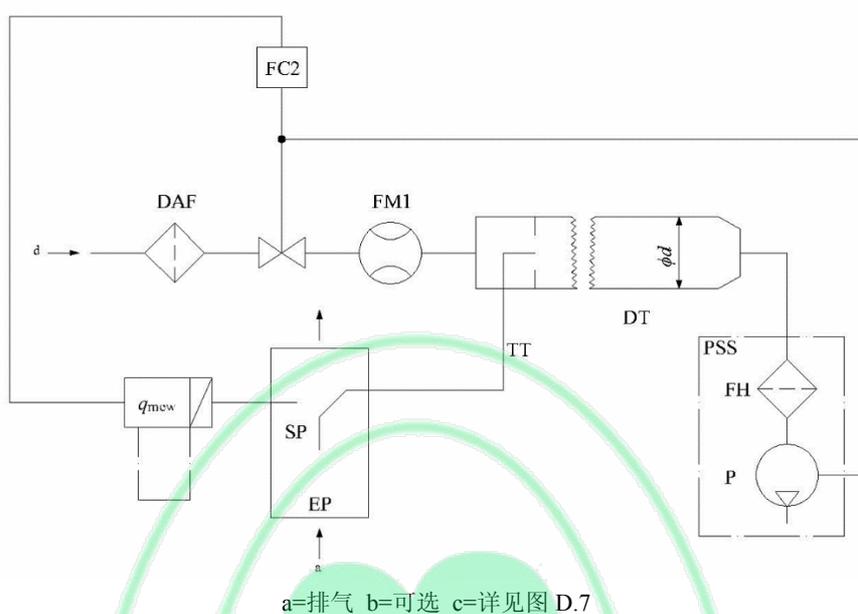
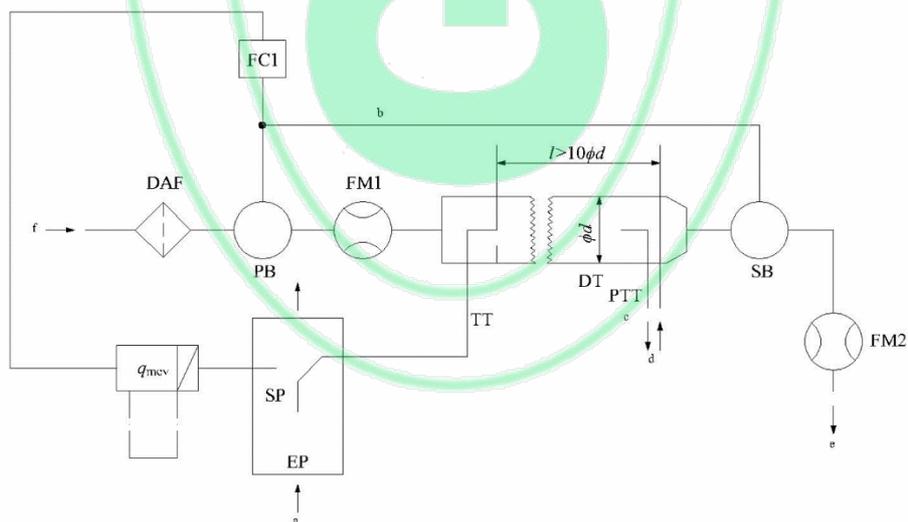


图 D.3 部分流稀释系统示意图（全部取样型）

图 D.4 给出了部分取样型系统，通过取样探头（SP）和输送管（TT），将排气管（EP）中的原始排气输送到稀释风道（DT）。稀释通道总流量通过连接到稀释空气或总流量通道上的抽风机上的流量控制器 FC1 来调节。

流量控制器 FC1 将 q_{mew} 或 q_{maw} 和 q_{mf} 作为指令信号，控制需要的排气流量。进入 DT 的样气流量为总流量和稀释空气流量之差。稀释空气流量由流量计 FM1 测量，总流量由流量计 FM2 测量，通过这两个流量可计算稀释比。颗粒物采样系统从 DT 内采样（见图 D.7）。



a=排气 b=连接到 PB 或 SB c=详见图 D.7 d=连接到颗粒取样系统 e=出口

图 D.4 部分流稀释系统示意图（部分取样型）

D.3.1.1 图 D.3 和图 D.4 的部件注释

1) EP 排气管

可将排气管隔热。为了减少排气管的热惯量，推荐排气管壁厚与直径之比不大于 0.015。所用柔性

管段的长度与直径之比应限制在不超过 12。为减少惯量沉积，应尽量减少弯管处。若系统中设有试验台消声器，消声器也可隔热。建议从取样探头顶端上游 6 倍管径处到下游 3 倍管径处的排气管为直管。

2) SP 取样探头

探头类型应是下列四种之一：

- a) 开口直面排气管中心线上游；
- b) 开口直面排放管中心线下游；
- c) D.1.1 中 SP 所述的多孔探头；
- d) 带帽探头面对排气管中心线上游（见图 D.5）。

探头顶端最小内径为 4 mm。排气管与采样管的最小直径比应为 4。

当选择 a) 型探头时，应在滤纸架的上游安装粒径预分离器（旋风式或作用力式），预分离器的分割粒径（分级效率为 50%的粒子直径）应在 2.5 μm 至 10 μm 之间。

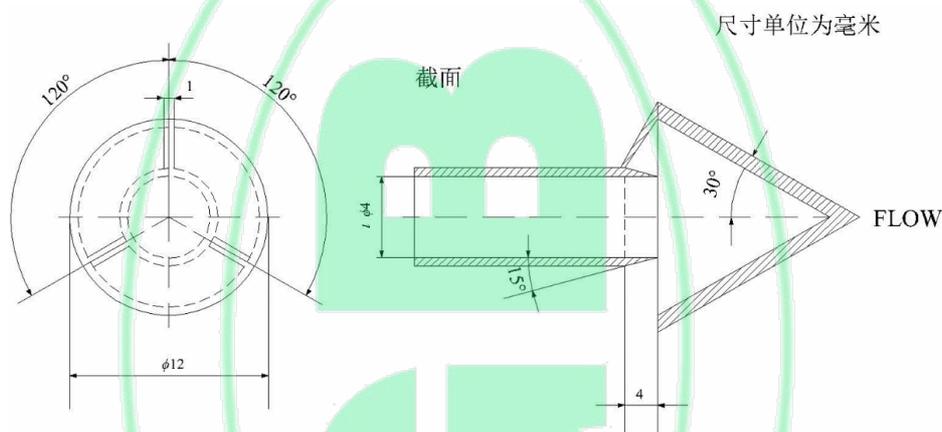


图 D.5 带帽探头结构

3) TT 输送管

输送管应尽可能地短，且：

- a) 如果探头末端和稀释段之间整个长度的 80% 隔热，则传输管不能超过 0.26 m。
- 或
- b) 如果探头末端和稀释段之间整个长度的 90% 加热到 150℃ 以上，则传输管不能超过 1 m。输送管直径应等于或大于探头直径，但不能超过 25 mm，出口端位于稀释风道中心线，并指向下游。

对于 a) 型探头，应使用最高导热系数 0.05 W/(m·K) 的材料进行隔热，其径向隔热厚度与探头直径相应。

4) FC1 流量控制器

流量控制器通过鼓风机 PB 和/或抽风机 SB 来控制稀释流量，并与排气流量传感器信号相连。流量控制器应该安装在相应风机的上游或下游。当使用压缩空气时，FC1 可直接控制压缩空气流量。

5) FM1 流量测量装置

采用气体流量计或其他流量计测量稀释排流量。若经标定后的压力鼓风机 PB 用于测量流量，则 FM1 可选用。

6) DAF 稀释空气过滤器

应该用一个高效的过滤器（HEPA）对稀释空气（环境空气、合成空气或氮气）进行过滤。根据 EN 1822-1（过滤级 H14 或更好），ASTM F 1471-93 或等同标准要求，该过滤器初始最小收集效率为 99.97%。

7) FM2 流量测量装置（仅用于部分取样型，图 D.4）

采用气体流量计或其他流量计测量稀释排气流量。若经标定的抽风机 SB 用于测量流量，则 FM2 可選用。

8) PB 压力鼓风机（仅用于部分取样型，图 D.4）

用于控制稀释空气流量。PB 可连接到流量控制器 FC1 或 FC2 上。当使用蝶阀时，无需再用 PB。如已标定，PB 可用于测量稀释空气流量。

9) SB 抽风机（仅用于部分取样型，图 D.4）

如已标定，SB 可用于测量稀释空气流量。

10) DT 稀释风道（部分流）

稀释风道

- 对于部分取样系统，应有足够长度，使排气和稀释空气能在紊流条件下充分混合（雷诺数 Re 大于 4 000，雷诺数是基于通道内径计算的），例如全部取样型，不要求充分混合；
- 应由不锈钢制成；
- 壁面可加热但温度不超过 325 K（52℃）；
- 可隔热。

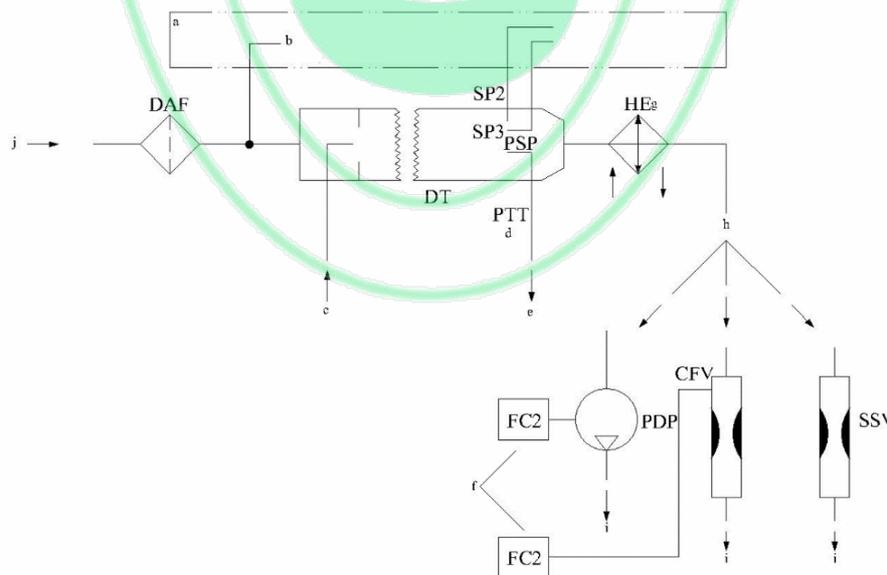
11) PSP 颗粒取样探头（仅用于部分取样型，图 D.4）

颗粒取样探头是颗粒输送管 PTT 的引导部分（见 D.3.3.1），并有以下要求：

- 面向上游，并安装在稀释空气与排气充分混合处，即在稀释风道 DT 中心线上，距排气进入稀释风道处大约 10 倍风道管径的下游；
- 最小内径 8 mm；
- 壁面温度可以直接加热到不超过 325 K（52℃）或预热稀释空气，稀释空气在进入稀释风道前的温度不应超过 325 K（52℃）；
- 可隔热。

D.3.2 全流稀释系统

图 D.6 所述稀释系统建立在定容取样（CVS）原理稀释总排气的基础上。



a=分析系统 b=背景空气 c=排气 d=详见图 D.8 e=连接二次稀释系统 f=如采用 EFC i=出口 g=备选 h=或

图 D.6 全流稀释系统（CVS）结构图

测量稀释排放流量可使用容积泵（PDP）、临界流量文丘里管（CFV）或亚音速文丘里管（SSV）。热交换器（HE）或电子流量补偿器（EFC）可用于颗粒物比例取样和流量测量。由于颗粒物质量的测量是以总稀释排气流量为基础的，因此无需计算稀释比。

为了连续采集颗粒物，将稀释排气样气通入两级稀释颗粒物取样系统（见图 D.8）。虽然二级稀释系统是稀释系统的一部分，但它具有典型颗粒物取样系统的大多数部件，因此将其作为颗粒物取样系统的一种变型。

D.3.2.1 图 D.6 部件注释

1) EP 排气管

从发动机排气歧管出口、涡轮增压器出口或后处理装置到稀释风道的排气管长度应不大于 10 m。如发动机排气歧管出口、涡轮增压器出口或后处理装置下游的排气管长度超过 4 m，则超过 4 m 的全部管路应隔热。如需串接烟度计，串接部分除外。绝热层径向厚度至少应为 25 mm。绝热材料的导热系数在 673 K (400°C) 下的测量值应不大于 0.1 W/(m·k)。为了减少排气管的热惯量，推荐排气管壁厚与直径之比不大于 0.015。所用柔性管段的长度-直径比不超过 12。

2) PDP 容积泵

PDP 根据泵的转数和泵的排量来测量总稀释排气流量。排气系统背压应不受 PDP 或稀释空气进气系统的影响而降低。当 PDP 系统工作时所测得的排气静背压，应保持在发动机同样转速和负荷下、不接 PDP 所测排气背压的 ± 1.5 kPa 以内。当不使用流量补偿（EFC）时，在紧靠 PDP 前的混合稀释排气温度应在试验期间所测得的平均工作温度的 ± 6 K 以内。只有当 PDP 入口处温度不超过 325 K (52°C) 时，才可使用流量补偿。

3) CFV 临界流量文丘里管

CFV 将气流保持在节流状态（临界流动）下测量总稀释排气流量。当 CFV 系统工作时所测得的排气静背压，应保持在发动机同样转速和负荷下、不接 CFV 所测静排气背压的 ± 1.5 kPa 以内。当不使用流量补偿（EFC）时，在紧靠 CFV 前的混合稀释排气温度应在试验期间所测得的平均工作温度的 ± 11 K 以内。

4) SSV 亚音速文丘里管

SSV 用文丘里管进口和喉口间的进口压力、温度和压降计算总稀释排气流量。应保持在发动机同样转速和负荷下、不接 SSV 所测静排气背压的 ± 1.5 kPa 以内。当不使用流量补偿（EFC）时，在紧靠 SSV 前的混合稀释排气温度应在试验期间所测得的平均工作温度的 ± 11 K 以内。

5) HE 热交换器（选用）

热交换器应有足够的容量，使温度保持在上述规定范围内。如果使用流量补偿（EFC），可不需要热交换器。

6) EFC 电子流量补偿器（可选）

若在 PDP、CFV 和 SSV 入口处的温度不能保持在上述规定范围内，则需要采用流量补偿系统，连续测量流量，并控制颗粒物取样系统内的比例取样。因此，需要用连续测得的流量信号来保证通过两级稀释颗粒物取样系统内颗粒物滤纸的样气流量比例在 $\pm 2.5\%$ 的偏差范围以内。（见图 D.6）

7) DT 稀释风道（全流）

稀释风道：

- a) 直径应小到可以产生紊流（雷诺数 $> 4\ 000$ ，基于稀释通道内部直径计算），而长度应大到可以使排气和稀释空气充分混合；
- b) 可隔热；
- c) 可加热到足够的壁面温度从而消除冷凝水。

将发动机排气引入下游的稀释风道进口处，并充分混合。可使用混合孔。

当使用两级稀释时，将稀释风道内的样气输送到二次稀释风道内进一步稀释，然后通过取样滤

纸（图 D.6）。二次稀释系统应提供充足的二次稀释流量，以使紧靠颗粒物滤纸前的稀释排气温度保持在 315 K（42℃）到 325 K（52℃）。

8) DAF 稀释空气过滤器

应该用一个高效的过滤器（HEPA）对稀释空气（环境空气、合成空气或氮气）进行过滤。根据 EN 1822-1（过滤等级 H14 或更好），ASTM F 1471-93 或等同标准的要求，该过滤器初始最小收集效率为 99.97%。

9) PSP 颗粒物取样探头

探头是 PPT 的前导部分，其应：

- 面向上游，并安装在稀释空气与排气充分混合处，即在稀释风道 DT 中心线上，距排气进入稀释风道处大约 10 倍风道管径的下游；
- 最小内径 8 mm；
- 壁面温度可以通过直接加热或稀释空气预热至不超过 325 K（52℃），进入稀释风道前的空气温度不应超过 325 K（52℃）；
- 可以进行隔热。

D.3.3 颗粒物取样系统

颗粒物取样系统是用于将颗粒物采集到颗粒物滤纸上，见图 D.7 和图 D.8。在分流稀释、全部取样情况下，全部稀释排气样气均流经滤纸，稀释系统和取样系统通常组成一个整体装置（见图 D.3）。在分流稀释或全流稀释、部分取样情况下，仅部分稀释排气流过滤纸，稀释系统和取样系统通常是两个不同的装置。

对部分流稀释系统，依靠取样泵 P，通过颗粒物取样探头 PSP 和颗粒物输送管 PTT，从稀释风道 DT 抽取稀释排气样气，见图 D.7。样气流过含有颗粒物取样滤纸的滤纸保持架 FH。样气流量由流量控制器 FC3 控制。

对全流稀释系统，应使用两级稀释颗粒取样系统，见图 D.8。通过颗粒物取样探头 PSP 和颗粒物输送管 PTT，稀释排气样气从稀释风道 DT，被输送到二级稀释风道 SDT 进行再次稀释。样气流过含有颗粒物取样滤纸的滤纸保持架 FH。样气流量由流量控制器 FC3 控制。若使用电子流量补偿器 EFC（见图 D.6），则用总稀释排气流量作为 FC3 的指令信号。

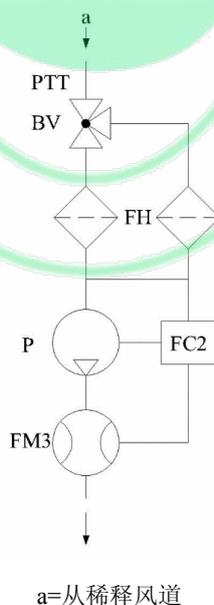
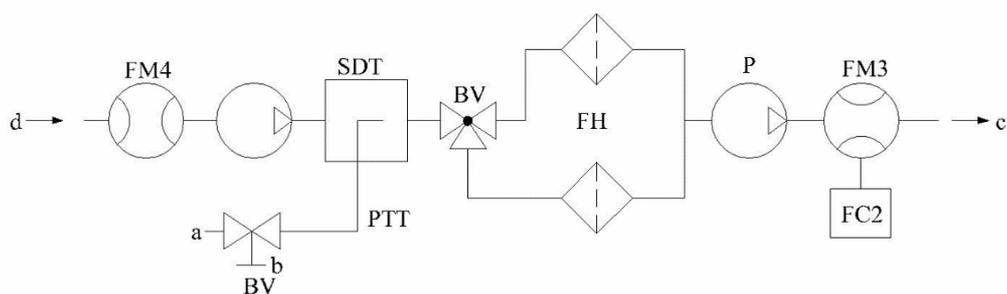


图 D.7 颗粒取样系统结构图



a=从 DT 来的稀释排气 b=可选 c=出口 d=二级稀释空气

图 D.8 两级稀释颗粒取样系统结构图

D.3.3.1 图 D.7（仅用于部分流系统）和图 D.8（仅用于全流系统）部件注释

1) PTT 颗粒物输送管

颗粒物输送管：

- a) 应对 PM 是惰性的；
- b) 壁温可加热至不超过 325 K (52℃)；
- c) 可隔热。

2) SDT 二级稀释风道（仅见图 D.8）

二级稀释风道：

- a) 应该有足够的长度和直径，以满足从二级稀释空气进入滤纸保持架开始在二级稀释系统内的滞留时间至少 0.5 s；
- b) 壁温可加热至不超过 325 K (52℃)；
- c) 可隔热。

3) FH 滤纸保持架

滤纸保持架：

- a) 从输送管直径扩展到滤纸接口直径，应该有 12.5°（从中心）的锥角过渡；
- b) 壁温可加热至不超过 325 K (52℃)；
- c) 可隔热。

只要取样滤纸间不互相干扰，多滤纸转换器（自动转换）是可以的。

PTFE 薄膜滤纸应该安装在滤纸架的特殊暗盒内。

如果使用面对上游的开口取样探头，应在滤纸架的上游安装粒径预分离器（旋风式或作用力式），预分离器的分割粒径（分级效率为 50% 的粒子直径）应在 2.5 μm 至 10 μm 之间。

4) P 取样泵

若不使用 FC3 作流量校正，则颗粒物取样泵应距风道有足够距离处，以保持进气温度的恒定（±3 K）。

5) FC2 流量控制器

流量控制器用于控制颗粒物采样流量。

6) FM3 流量测量装置

用气量计或流量计去测量通过颗粒物滤纸的样气流量。它可以被安装在取样泵 P 的上游或下游。

7) FM4 流量测量装置

用气量计或流量计去测量通过颗粒物滤纸的二次稀释流量。

8) BV 球阀（可选）球阀内径应不小于颗粒物输送管 PTT 内径，且切换时间小于 0.5 s。

附 录 E
(规范性附录)

铁路内燃机车及其发动机有效功率试验所需安装的装备和辅件

E.1 铁路内燃机车及其发动机有效功率试验所需安装的装备和辅件表

表 E.1 铁路内燃机车及其发动机有效功率试验所需安装的装备和辅件表

序号	装备和辅件	铁路内燃机车及其发动机排放试验装用情况
1	进气系统： 进气歧管 曲轴箱排放控制装置	装，如为 SPE 装，如为 SPE
	进气歧管系统： 空气流量计 进气导管 空气滤清器 空气消声器	不装 装，如为 SPE ^a 装，如为 SPE ^a 不装
2	排气装置： 废气净化装置 排气歧管 增压装置 连接管 消声器 尾管 废气制动装置	装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE ^b 不装 装，如为 SPE ^b 装，如为 SPE ^c
3	输油泵	不装 ^d
4	燃油喷射装置： 粗滤器 滤清器 喷油泵 高压油泵 喷油器 进气门 电控装置，空气流量计等 调速器/控制装置	装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE
5	液冷装置： 水泵 节温器	装，如为 SPE ^e 装，如为 SPE ^f
6	风冷： 风冷罩 风扇或鼓风机 高温调节装置	不装 不装 ^g 不装 ^g

序号	装备和辅件	铁路内燃机车及其发动机排放试验装用情况
7	电器设备： 发电机 分电器 连接导线	装，如为 SPE ^b 装，如为 SPE 装，如为 SPE
8	增压设备： 压气机（直接由发动机和/或排气驱动） 增压控制装置 增压中冷器 冷却液流量调节装置	装，如为 SPE 装，如为 SPE 装，如为 SPE ^{g,i} 装，如为 SPE
9	净化装置	装，如为 SPE ^j
10	机油泵	装，如为 SPE

注：“装，如为 SPE”是指如为标准量产设备（SPE），则在确定发动机功率时必须安装该设备。

- a) 应检查以确保进气负压与制造厂规定的、在使用清洁剂时的限值之差不得超过 0.1 kPa。
- b) 在不存在对发动机功率有显著影响的风险时，则可使用效果相当的系统。此时，应检查以确保发动机排气系统背压与制造厂规定的上限值之差不得超过 1 kPa。
- c) 若发动机装有排气制动器，则应将节流阀固定在全开位置。
- d) 必要时，可调节供油压力使其达到该特定用途发动机现有的燃油压力（尤其当使用比如流向油箱或滤清器等的“回油”系统时）。
- e) 冷却介质既可通过发动机散热器也可通过外部循环来冷却，只要该循环的压力损失及水泵进口处的压力与发动机冷却系统的数值保持基本相同即可。若装有散热器百叶窗，则应处于全开位置。
- 若风扇、散热器和风扇罩系统不能方便地安装在发动机上，则应通过标准特性曲线计算或由实际试验，按照在发动机功率测量时与发动机转速相对应的转速，确定当风扇单独安装在散热器和风扇罩（如有）保持正确位置时所吸收的功率，然后将该功率按 E.2 修正至标准大气压状况后从发动机修正功率中扣除。
- f) 节温器应固定在全开位置。
- g) 若试验时装有冷却风扇或鼓风机，则应将吸收的功率加入试验结果里。这应通过标准特性曲线计算或实际试验，按照试验所用转速确定风扇或鼓风机所吸收的功率。
- h) 发电机的电功率应最小，应仅限于使用发动机运行所必需的辅助装置能进行工作所需的功率。
- i) 增压中冷发动机试验时，无论增压中冷系统是液冷还是风冷，均应处于工作状态。如果制造厂同意，也可用试验台系统来代替风冷中冷器。无论何种情况，在测量每一转速功率，均应使试验台架上通过增压中冷器的发动机空气的压力降和温度降与制造厂为该系统在整车或整机上所规定的数值保持相同。
- j) 净化装置可包括，诸如：排气再循环（EGR）系统、催化转化器、热反应器、二次空气供应系统和燃油蒸发系统等。

E.2 标准基准状况

为了确定发动机的燃油消耗量，应采用下列标准基准状况：

总气压： $p_b=100$ kPa

空气温度： $T_a=298$ K ($t_a=25$ °C)

相对湿度： $\Phi_r=30\%$

增压中冷截止温度： $T_{cr}=298$ K ($t_{cr}=25$ °C)

注：在温度为 298 K（25°C），相对湿度为 30%时，相应的水蒸气分压为 1 kPa，相应的干气压为 99 kPa。

附 录 F
(资料性附录)
型式检验结果

F.1 概述

F.1.1 厂牌 (生产企业商标, 如有): _____

F.1.2 铁路内燃机用发动机 (或机车) 系族的名称: _____

F.1.3 制造企业的名称和地址: _____

制造企业授权的代理人 (如果有) 的名称和地址: _____

F.1.4 发动机标牌

位置: _____

固定方法: _____

F.1.5 总装厂地址: _____

F.1.6 发动机装用的机车说明: _____

F.2 使用的限制条件 (如果有)

F.2.1 发动机安装到机车上应遵守的特别条件:

F.2.1.1 最大允许进气阻力: _____ kPa

F.2.1.2 最大允许排气背压: _____ kPa

F.3 负责进行试验的检验机构: _____

F.4 检验报告日期: _____

F.5 检验报告编号: _____

F.6 与试验相关的信息

F.6.1 试验用燃料

F.6.1.1 十六烷值: _____

F.6.1.2 硫含量 (m/m): _____

F.6.1.3 密度 (20℃): _____

F.6.2 润滑油

F.6.2.1 厂牌: _____

F.6.2.2 型号: _____

F.6.3 发动机驱动辅件 (如适用)

仅需确定辅件吸收的功率:

—若内燃机运转所需辅件没有装在内燃机上, 和/或

—若内燃机运转所不需的辅件装在内燃机上。

F.6.3.1 列举并详述细节:

在规定的发动机转速下吸收的功率 (由制造企业确定) (见表 F.1)

表 F.1 发动机规定转速下吸收功率

条 件	辅 件	不同转速下辅件吸收的功率, kW	
		中间转速 (如适用)	标定转速
P_f 试验中应安装而未安装的辅件			
P_r 试验中应拆去而未拆去的辅件			
合计:			

F.6.4 发动机性能

F.6.4.1 铁路内燃机发动转速:

标定转速: _____ r/min

中间转速: _____ r/min

怠速: _____ r/min

F.6.4.2 发动机功率 (见表 F.2)

表 F.2 发动机功率

条 件	不同转速下发动机功率, kW	
	标定转速	中间转速
P_m 试验台架上或机车上测得的功率, kW		
P_f 按附录 E, 试验中应安装而未安装的辅件吸收的功率, kW		
P_r 按附录 E, 试验中应拆去而未拆去的辅件吸收的功率, kW		
发动机有效功率 $P_i = P_m - P_{f,i} + P_{r,i}$		

F.6.5 排放水平

F.6.5.1 测功机或机车档位设定值及燃油消耗率和 CO₂ 排放浓度记录 (见表 F.3)表 F.3 测功机或机车档位设定值及燃油消耗率和 CO₂ 排放浓度记录表

负荷百分比 (%)	转速	发动机测功机或机车档位设定值 (kW)	燃油消耗率 [g/ (kW·h)]	CO ₂ 浓度 (%)
100	标定转速			
50	中间转速			
0	怠速			

F.6.5.2 试验循环及排放结果

所应用的循环 _____

CO: _____ g/ (kW·h)

HC: _____ g/ (kW·h)

NO_x: _____ g/ (kW·h)

PM: _____ g/ (kW·h)

CO₂: _____ g/ (kW·h)

F.6.5.3 用于试验的取样系统

F.6.5.3.1 气体排放¹⁾: _____

1) 指明附录 D 定义的图的编号。

F.6.5.3.2 颗粒物¹⁾: _____

F.6.5.3.3 方法²⁾: 单/多滤纸

F.6.5.4 耐久性劣化系数/劣化修正值

F.6.5.4.1 耐久性试验方案的描述: _____

F.6.5.4.2 劣化系数/劣化修正值²⁾

CO: _____

HC²⁾: _____

NO_x²⁾: _____

NO_x+HC²⁾: _____

PM: _____



1) 指明附录 D 定义的图的编号。

2) 划掉不适用者。

附 录 G
(规范性附录)
生产一致性保证要求及检查

G.1 总则

为确保正式投产的铁路内燃机车用发动机(或机车)的排放特性与型式检验的一致性,生产企业应保证产品的生产一致性。

G.2 生产一致性保证计划

G.2.1 生产企业在完成型式检验并开始批量生产前,必须编制完成生产一致性保证计划,包括检查项目、检查方法、抽样方法和抽样比例等。

G.2.2 生产企业应按照生产一致性保证计划进行生产,确保其正式投产的每一台铁路内燃机用发动机(或机车)与已型式检验的铁路内燃机车车型(或发动机机型)一致。生产企业应满足以下要求:

G.2.2.1 具有并执行能有效地控制产品(系统、零部件或总成)与已型式检验铁路内燃机车车型(或发动机机型)一致的规程。

G.2.2.2 为检测已经型式检验铁路内燃机车车型(或发动机机型)的一致性,需使用必要的试验设备或其他相应设备。

G.2.2.3 抽样形式和数量必须具有统计代表性,能够代表该生产周期内产品的排放控制水平。

G.2.2.4 记录试验或检查的结果并形成文件,该文件应保留不少于10年,并可获取。

G.2.2.5 分析每种铁路内燃机车车型(或发动机机型)的试验或检验结果,以便验证和确保产品排放特性的稳定性,并制定生产过程控制允差。

G.2.2.6 确保每种铁路内燃机车车型(或发动机机型)进行了本标准规定的各项一致性检查和试验。

G.2.2.7 如任一组样品在要求的试验或检验中被确认生产一致性不符合,生产企业应采取整改措施恢复其生产一致性。如果缺陷涉及已经出厂的产品,应立即采取补救措施。

G.3 生产一致性检查

G.3.1 生产一致性检查内容可包括:生产一致性保证计划、生产一致性自查试验或检验记录及生产记录、抽样检查。

G.3.2 抽样检查可随机抽取样品,在符合本标准要求的检测机构进行检验,试验或检验可包含本标准中规定的部分或所有试验项目。

G.3.2.1 从正式投产的铁路内燃机车车型(或发动机机型)中随机抽取一台样机,生产企业不得对抽样后用于检验的铁路内燃机用发动机(或机车)进行任何调整,但可以按照生产企业的技术规范进行磨合。

G.3.2.2 对抽取的样机进行外观检验,其配置应与型式检验相关信息(附录A)的内容一致,如不一致,则判定该批产品的生产一致性不合格。

G.3.2.3 可对铁路内燃机用发动机(或机车)进行规定的全部或部分项目试验,试验测得的气态污染物和颗粒物排放,满足相应阶段的排放限值要求,则该批产品的生产一致性合格。

G.3.2.4 如果从正式投产的产品中随机抽取的一台铁路内燃机用发动机(或机车)不能满足规定的限值要求,应加抽两台铁路内燃机用发动机(或机车),生产企业不得对抽取的铁路内燃机用发动机(或机

车)进行任何调整,但可以按照生产企业的技术规范进行磨合。

——若三台铁路内燃机用发动机(或机车)的各种污染物排放结果均小于限值的1.1倍,且其平均值小于限值,则判定生产一致性检查合格。

——若三台铁路内燃机用发动机(或机车)中有任一台的某种污染物排放结果不小于限值的1.1倍,或其平均值不小于限值,则判定生产一致性检查不合格。

G.3.3 若在检查过程中,发现生产一致性不符合,生产企业应采取一切必要措施,尽快恢复生产的一致性,并提交整改措施报告。



附录 H
(规范性附录)
在用符合性技术要求

H.1 概述

本附录规定了第 6 章所述的在用符合性自查规定。

H.2 在用符合性自查

H.2.1 自查计划

H.2.1.1 铁路内燃机车生产企业的相应机车车型开始生产后 3 个月内，应完成在用符合性自查测试计划。

H.2.1.2 在用符合性自查测试应以铁路内燃机车系族为基础进行，自查计划需包括测试的机车系族及发动机型号、机车清单以及试验方案。

H.2.2 铁路内燃机车的选择

H.2.2.1 选择的铁路内燃机车应在中国使用。可匹配行业相应修程修制时间开展测试。

H.2.2.2 每一台机车应具有维护保养记录，以证明受试机车已按照生产企业的建议进行了合理的维护保养和维修。

H.2.2.3 铁路内燃机车上所有排放控制系统部件（若具备）应与该机车系族型式检验信息保持一致。

H.2.2.4 生产企业收集的资料应充分，以便能评定出在用机车是否符合规定的正常使用条件。在选择样车来源时应考虑诸如在环境条件、平均速度和平原/高原行驶等方面的差异。

H.2.2.5 选择样车地区时，生产企业可从被认为最具有代表性的地区中挑选机车。生产企业应向证明该选择具有代表性（如在该地区中某一机车车型的年销售量在市场上是最大的）。

H.2.3 抽样方案

每个铁路内燃机车系族在量产后，应进行一次在用符合性自查。当年产量达到15台或连续两年累计产量达到25台或累计总产量达到36台时，应在下一年度开始的10年内累计测试至少3台，其中1台使用时间在30%有效寿命期内，1台使用时间在30%~70%有效寿命期之间，1台使用时间超过70%有效寿命期。

H.2.4 试验方案

H.2.4.1 铁路内燃机车生产企业按自查计划进行在用符合性自查。

H.2.4.2 生产企业应根据机车实际运行工况，确定在用符合性测试循环方案及各工况权重。试验程序应按照附录 C 进行。铁路内燃机车用户应配合生产企业进行实际运行工况调研和开展排放测试。

H.3 自查报告

H.3.1 每个内燃机车系族应在在用符合性测试开始后，按自查计划完成测试的当年，完成在用符合性自查报告。在用符合性自查报告应满足附件 HA 规定。

附件 HA
(规范性附件)
在用符合性自查报告

HA.1 一般要求

HA.1.1 生产企业的名称和地址

HA.1.2 装配厂地址

HA.1.3 生产企业的电话、传真号码和电子邮件地址

HA.1.4 类型和商业用途描述（涉及各种变型，包括：客运机车、货运机车、客货通用机车、通用机车、调车机车和工矿机车。）

HA.1.5 铁路内燃机车系族

HA.1.6 源机

HA.1.7 铁路内燃机车系族成员

HA.1.8 机车车号

HA.1.9 机车系族标牌的位置和机车上标示的型式标示的位置和方式

HA.1.10 燃料类型：柴油

HA.1.11 在用符合性检查的同系族铁路内燃机车的数量（如适用）包括所有扩展和维修/环境保护召回的数量

HA.1.12 生产企业提供的铁路内燃机车型式检验扩展、维修/环境保护召回区域的详细信息

HA.1.13 铁路内燃机车的制造时间

HA.2 机车的选择

HA.2.1 铁路内燃机车、系族的选择标准

HA.2.2 生产企业召集测试机车的地理区域

HA.3 测试数据

HA.3.1 试验日期和时间

HA.3.2 测试地点的详细信息

HA.3.3 天气/环境条件（如温度、湿度、海拔）

HA.3.4 试验燃料的技术参数

HA.3.5 反应剂的技术参数（如适用）

HA.3.6 润滑油的技术参数

HA.4 发动机信息

HA.4.1 燃料类型

HA.4.2 发动机燃烧系统（如压缩式或点燃式）

HA.4.3 发动机再制造（如适用）

GB 45841—2025

- HA.4.4 发动机生产企业
- HA.4.5 发动机型号
- HA.4.6 发动机生产日期
- HA.4.7 发动机编号
- HA.4.8 发动机总排量 (L)
- HA.4.9 气缸数
- HA.4.10 发动机标定功率: (kW@r/min)
- HA.4.11 发动机最大扭矩: (Nm@r/min)
- HA.4.12 怠速转速 (r/min)
- HA.4.13 生产企业提供的有效满负荷扭矩曲线 (是/否)
- HA.4.14 生产企业提供的满负荷扭矩曲线参考数值
- HA.4.15 外特性曲线

HA.5 机车信息

- HA.5.1 机车所有者
- HA.5.2 机车种类
- HA.5.3 机车生产企业
- HA.5.4 机车车号
- HA.5.5 机车型号
- HA.5.6 机车生产日期
- HA.5.7 试验开始前的里程表读数 (km)
- HA.5.8 机车最大设计总质量 HVW (kg)
- HA.5.9 机车整备质量 (kg)
- HA.5.10 车轴数
- HA.5.11 油箱容积 (L) (可选项)
- HA.5.12 油箱数量 (可选项)
- HA.5.13 反应剂罐的容积 (L) (可选项)
- HA.5.14 反应剂罐的数目 (可选项)

HA.6 测试方法

- HA.6.1 按附录 C 开展测试 (描述具体测试工况)
- HA.6.2 测试开始时机车里程表读数 (km)
- HA.6.3 环境条件
- HA.6.4 环境条件传感器信息 (类型和传感器位置)

HA.7 测试结果记录

- HA.7.1 NO_x 排放测试结果[g/ (kW·h)]
- HA.7.2 CO 排放测试结果[g/ (kW·h)]
- HA.7.3 HC 排放测试结果[g/ (kW·h)]
- HA.7.4 PM 排放测试结果[g/ (kW·h)]

HA.7.5 CO₂ 排放测试结果[g/ (kW·h)]

HA.7.6 燃油消耗率测试结果[g/ (kW·h)]



附录 I
(规范性附录)
劣化系数的确定

I.1 概述

本附件规定了劣化系数或劣化修正值的确定方法。

I.2 一般要求

I.2.1 铁路内燃机车用发动机生产企业可以采用基于实际运行的分析,替代耐久性试验来确定劣化系数或劣化修正值,但需说明确定劣化系数或劣化修正值方法的合理性,并提供所有数据、分析和评估结果。

I.2.2 发动机生产企业可以在良好的产品技术分析基础上,将一个系族的劣化系数或劣化修正值应用到另外一个系族,但需说明劣化系数或劣化修正值应用的合理性,并提供分析和评估结果。

I.2.3 如发动机生产企业无法根据实际运行或产品分析获得劣化系数或劣化修正值,则发动机生产企业应在检测机构相关人员现场监督下,完成耐久性试验,并确定劣化系数或劣化修正值。

I.3 耐久性试验

I.3.1 耐久性试验的铁路内燃机车用发动机(或机车)应能代表型式检验时采用该劣化系数或劣化修正值的铁路内燃机车用发动机(或机车)系族的排放劣化特性。在合理的技术分析基础上,不同缸径、不同冲程、不同配置、不同进气管理系统和不同燃油系统的铁路内燃机车用发动机(或机车)可以看作排放劣化特性相同。

I.3.2 耐久性试验可以由生产企业选择在铁路内燃机车上或发动机台架上进行。对于发动机台架耐久性试验,若按照表 1 规定稳态循环试验,允许最短试验时间不小于 2 500 h。

I.3.3 在发动机台架上进行耐久性试验,可采用加速老化的耐久试验方法,相关的加速老化因子应采用等功或者等油耗方法来确定。

I.3.4 作为替代方法,发动机生产企业可选择在铁路内燃机车上进行耐久性试验,耐久性试验可结合机车的运用考核同时进行。

I.3.5 耐久性试验期间,不能对排放关键零部件进行替换。但可以定期进行系统维护,如更换柴油滤芯、机油滤芯等部件,这些工作必须在技术允许的范围进行。上述系统维护的要求必须包括在用户使用手册中(包括生产企业对排气后处理装置耐久性的保证书)。使用说明书中与后处理装置维修、更换有关的内容摘要必须包含在附录 A 所描述的排放控制系统相关信息中。

I.3.6 应在磨合期结束时、耐久性试验结束时、耐久性试验期间(或运用考核期间)至少选择 5 个均匀分布的间隔点进行排放测试。

I.3.7 排放耐久性试验和排放测试可在生产企业进行,但应在检测机构的有效监督下完成。

I.4 劣化系数或劣化修正值的确定

I.4.1 应对每种污染物分别确定劣化系数或劣化修正值。对于 NO_x+HC 的劣化修正值,应根据排放耐久性试验过程中测量的 NO_x+HC 总量来计算确定;对于 NO_x+HC 的劣化系数,应根据排放耐久性试验

过程中测量的 NO_x 和 HC 分别确定劣化系数，分别计算 NO_x 和 HC 有效寿命期终点的排放试验结果，最后把 NO_x 和 HC 的计算排放值相加以判断是否符合标准要求。

I.4.2 当排放耐久性试验无法覆盖整个排放有效寿命期时，排放有效寿命期结束时的排放值应能够根据试验期间确立的劣化趋势外插到排放有效寿命期结束点。

I.4.3 应周期性记录耐久性试验期间的排放试验结果，采用“最小二乘法”确定有效寿命期终点的排放值。

I.4.4 在生产企业合理技术分析的情况下，可以采用非线性回归分析。

I.4.5 每种污染物的劣化系数为有效寿命终点和耐久性试验起点的排放之比（相乘的劣化系数）。在生产企业合理技术分析的情况下，可以使用相加的劣化系数。相加的劣化系数可认为是有效寿命终点与耐久性运行试验起点的排放之差。

I.4.6 若相乘的劣化系数小于 1.00，或相加的劣化系数小于 0.00，应分别视为 1.00 和 0.00。

I.4.7 图 I.1 为使用线性回归计算劣化系数的示例。

I.4.8 同一组污染物不能同时使用相乘的劣化系数和相加的劣化系数。

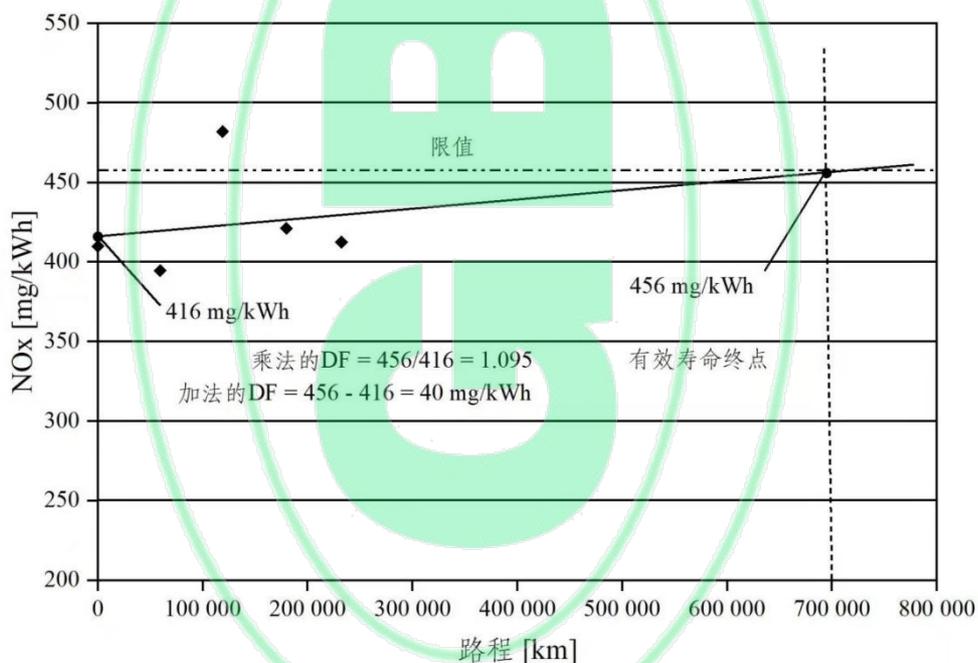


图 I.1 劣化系数计算示例

附 录 J
(资料性附录)
缩写、符号及单位

J.1 试验参数符号

所有的体积和体积流量都必须折算到 273 K (0℃) 和 101.3 kPa 的基准状态。

符号	单位	定义
A_p	m^2	等动态取样探头的横截面积
A_r	m^2	排气管的横截面积
c_c	ppm或% (体积分数)	本底修正浓度
c_d	ppm或% (体积分数)	稀释空气浓度
c_x	ppm或% (体积分数)	排气浓度 (下标表示组分)
C	ppm	稀释NO的浓度
C_1	1	1个碳的等效碳氢化合物
conc	ppm或% (体积分数)	某组分的浓度 (用下标表示)
conc _d	ppm或% (体积分数)	稀释空气的某组分浓度 (用下标表示)
e_f	g/(kW·h)	比油耗
e_{PT}	g/(kW·h)	颗粒物比排放
D_e	ppm	预期稀释NO的浓度
D		稀释系数
f_a	1	试验室大气因子
f_c	1	碳系数
f_{fd}	1	干基排气流量计算用燃料特定系数
f_{fw}	1	湿基排气流量计算用燃料特定系数
gas _x	g/(kW·h)	某一气体比排放
H	%	实际水蒸气浓度
H_a	g/kg	进气绝对湿度
H_d	g/kg	稀释空气绝对湿度
H_m	%	最大水蒸气浓度
i	1	表示某一工况的下标
k_{bd}	1	发动机NO _x 湿基校正系数
k_f	1	碳平衡计算用燃料特定系数

k_p	1	颗粒物湿基校正系数
k_w	1	湿基校正系数
k_{wa}	1	进气干-湿基校正系数
k_{wd}	1	稀释空气干-湿基校正系数
k_{we}	1	稀释排气干-湿基校正系数
k_{wr}	1	原排气干-湿基校正系数
L	%	试验转速下的扭矩相对最大扭矩的百分数
m_d	kg	从稀释空气中收集到的颗粒物质量
m_f	mg	采集的颗粒物质量
m_{sep}	kg	通过颗粒物取样滤纸的稀释排气样气质量
p_b	kPa	总气压 (GB/T 6072.3: $p_x=PX$ 现场环境总压力; $p_y=PY$ 实验环境总压力)
p_r	kPa	冷却器后的水蒸气压
P_f	kW	试验时应安装但未安装的辅件所吸收的功率
P_i	kW	试验台上测量的有效功率 (安装附录F的装备和辅件)
P_m	kW	测功机设定值
P_r	kW	试验时应拆除但未拆除的辅件所吸收的功率
P_s	kPa	干空气压
q_{mad}	kg/h	干基进气空气质量流量
q_{maw}	kg/h	湿基进气质量流量
q_{mdew}	kg/h	湿基稀释排气质量流量
q_{mdw}	kg/h	湿基稀释空气质量流量
q_{medf}	kg/h	湿基当量稀释排气质量流量
q_{mew}	kg/h	湿基排气质量流量
q_{mf}	kg/h	燃料质量流量
q_{mgas}	g/h	某一气体排放的质量流量
q_{mPT}	g/h	颗粒质量流量
r_a	1	等动态取样探头与排气管横截面面积比
r_d	1	稀释比
R_f	1	FID 响应系数
T_a	K	进气绝对温度
T_{SC}	K	制造商规定的中冷空气基准温度
T_{SCRef}	K	制造商规定的中冷空气基准温度

u_{gas}	1	排气组分密度与排气密度值比
v_d	m^3	通过颗粒物取样滤纸的稀释空气体积
v_{mad}	m^3/h	干基进气体积流量
v_{maw}	m^3/h	湿基进气体积流量
v_{mdew}	m^3/h	湿基稀释排气体积流量
v_{med}	m^3/h	干基排气体积流量
v_{mew}	m^3/h	湿基排气体积流量
v_{sep}	m^3	通过颗粒物取样滤纸的稀释排气体积
W_{act}	$\text{kW}\cdot\text{h}$	实际循环功
W_f	1	加权系数
W_{fe}	1	有效加权系数
ρ	kg/m^3	密度

J.2 燃料成分符号

w_{ALF}	燃料含 H 量, %质量
w_{BET}	燃料含 C 量, %质量
w_{GAM}	燃料中的 S 含量, 单位质量百分比;
w_{DEL}	燃料含 N 量, %质量
w_{EPS}	燃料含 O 量, %质量
α	(H/C) 摩尔比
γ	(S/C) 摩尔比
δ	(N/C) 摩尔比
ε	(O/C) 摩尔比

J.3 化学组分符号

CH_4	甲烷
C_3H_8	丙烷
CO	一氧化碳
CO_2	二氧化碳
HC	碳氢化合物
H_2O	水
NO	一氧化氮
NO_2	二氧化氮
NO_x	氮氧化物
O_2	氧气

J.4 缩写

CFV	临界流量文丘里管
CLD	化学发光检测器
DOP	邻苯二甲酸二辛酯
FID	氢火焰离子化检测器
HCLD	加热型化学发光检测器
HFID	加热型氢火焰离子化检测器
NDIR	不分光红外线分析仪
PDP	容积式泵
PM	颗粒物
PTFE	聚四氟乙烯

