

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1221—2025

汽车排气污染物检测用底盘 测功机校准规范

Calibration Specification for Chassis Dynamometers
of Automobile Emissions Testing

2025-09-08 发布

2026-03-08 实施

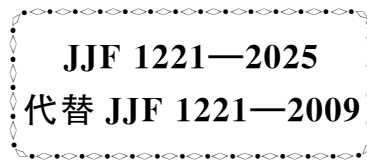
国家市场监督管理总局 发布

汽车排气污染物检测用

底盘测功机校准规范

Calibration Specification for Chassis

Dynamometers of Automobile Emissions Testing



归口单位：全国法制计量管理计量技术委员会机动车检验检测分技术委员会

主要起草单位：河南省计量测试科学研究院
中国测试技术研究院

参加起草单位：浙江省质量科学研究院
河南万国科技股份有限公司
石家庄华燕交通科技有限公司
浙江江兴汽车检测设备有限公司

本规范委托全国法制计量管理计量技术委员会机动车检验检测分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张奇峰（河南省计量测试科学研究院）

叶献锋（河南省计量测试科学研究院）

赵 军（中国测试技术研究院）

参加起草人：

周天龙（浙江省质量科学研究院）

杨见喜（河南万国科技股份有限公司）

邸建辉（石家庄华燕交通科技有限公司）

徐益东（浙江江兴汽车检测设备有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 直径	(2)
5.2 径向圆跳动量	(2)
5.3 速度	(2)
5.4 扭力	(2)
5.5 基本惯量	(2)
5.6 恒负荷加载滑行时间	(2)
5.7 变负荷加载滑行时间	(2)
5.8 附加损失功率	(2)
5.9 加载响应时间	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(9)
8.1 校准记录	(9)
8.2 校准证书	(10)
8.3 校准结果不确定度评定示例	(10)
9 复校时间间隔	(10)
附录 A 扭力校准装置测试仪法	(11)
附录 B 底盘测功机校准记录格式	(12)
附录 C 底盘测功机校准证书校准结果的内容	(15)
附录 D 底盘测功机校准结果不确定度评定示例	(16)

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。结合 GB 18285—2018《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 3847—2018《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）》、JT/T 445—2021《汽车底盘测功机》的要求，对 JJF 1221—2009《汽车排气污染物检测用底盘测功机校准规范》进行修订。

与 JJF 1221—2009 相比，除编辑性修改外主要变化如下：

——适用范围修改为“本规范适用于稳态工况法、简易瞬态工况法及加载减速工况法汽车排气污染物检测用底盘测功机的校准。”（见第 1 章）；

——增加了附加损失功率和杠杆比的术语（见 3.3、3.4）；

——删除了前后滚筒母线平行度的要求，删除了前后滚筒内侧母线平行度校准项目（见 2009 年版的 5.1.3、7.2.1.3）；

——修改了主滚筒表面径向圆跳动量、主滚筒线速度允许误差、扭力重复性、恒负荷加载滑行时间允许误差、变负荷加载滑行时间的速度区间和最大允许误差、附加损失功率等计量特性指标（见第 5 章）；

——修改了测量标准及其他设备（见表 1）；

——修改了部分校准项目的计算公式（见第 7 章）；

——将公式（9）、公式（11）、公式（13）和公式（16）中基本惯量的标称值改为测量值；

——调整了速度校准点（见第 7 章）；

——增加了杠杆比扭力校准装置测试仪校准方法（见附录 A）。

本规范的历次版本发布情况为：

——JJF 1221—2009。

汽车排气污染物检测用底盘测功机校准规范

1 范围

本规范适用于稳态工况法、简易瞬态工况法及加载减速工况法汽车排气污染物检测用底盘测功机的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB 3847—2018 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—2018 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）

JT/T 445—2021 汽车底盘测功机

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单），适用于本规范。

3 术语

3.1 测功机基本惯量 dynamometer inertia weight; DIW

测功机所有旋转部件转动时的惯性质量。

[来源：JT/T 445—2021，3.6，有修改]

注：以下简称基本惯量。

3.2 主滚筒 main roller

与功率吸收装置同轴连接的滚筒。

注：两轴式底盘测功机的主滚筒位于车辆行驶方向的第1轴，三轴式底盘测功机的主滚筒位于车辆行驶方向的第1轴和第3轴。

3.3 附加损失功率 additional loss of power

汽车底盘测功机所有转动部件运转时的摩擦损耗功率与电涡流机风阻损耗功率的总和。

注：也称为内部损耗功率、寄生功率等。

[来源：JT/T 445—2021，3.10，有修改]

3.4 杠杆比 lever amplification ratio

η

扭力测量杠杆的等效力臂长度与主滚筒半径的比值。

4 概述

汽车排气污染物检测用底盘测功机校准规范（以下简称底盘测功机）是在汽车排气污染物排放工况法检测时用于模拟车辆在道路实际行驶时的惯量和阻力等的专用设备。底盘测功机主要由以下部分组成：台体、功率吸收装置（PAU）及其控制器、滚筒装置、机械惯量装置、驱动电机、同步装置、测力装置、测速装置、举升装置、侧向限位

装置、显示装置等。

底盘测功机的工作原理：汽车驱动轮作用在滚筒装置上，机械惯量装置模拟车辆的平动质量，汽车按照标准规定的工况速度行驶，功率吸收装置通过滚筒装置按照标准规定的加载力向汽车驱动轮施加旋转方向相反阻力，实现模拟车辆道路行驶工况。

5 计量特性

5.1 直径

主滚筒直径示值误差一般不超过： $\pm 0.5\%$ 。

5.2 径向圆跳动量

主滚筒表面径向圆跳动量不大于 0.4 mm。

5.3 速度

主滚筒线速度最大允许误差： ± 0.2 km/h。

5.4 扭力

5.4.1 仪器漂移一般不超过： ± 5 N。

5.4.2 示值误差一般不超过： $\pm 1.0\%$ 。

5.4.3 重复性一般不超过：0.5%。

5.4.4 回程误差一般不超过：1.0%。

5.5 基本惯量

最大允许误差不超过标称值的 $\pm 2.0\%$ 。

5.6 恒负荷加载滑行时间

最大允许误差一般不超过： $\pm 2.0\%$ 。

5.7 变负荷加载滑行时间

(80.5~8.0) km/h 速度区间，最大允许误差一般不超过 $\pm 4.0\%$ ；

(72.4~16.1) km/h 速度区间，最大允许误差一般不超过 $\pm 2.0\%$ ；

(61.1~43.4) km/h 速度区间，最大允许误差一般不超过 $\pm 3.0\%$ 。

5.8 附加损失功率

用于稳态工况法和简易瞬态工况法的底盘测功机，一般不大于 2.5 kW。

5.9 加载响应时间

加载响应时间：一般不大于 300 ms，平均稳定时间：一般不大于 600 ms。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

6.1.3 无影响校准结果的震动、电磁干扰等。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

设备名称	测量范围	准确度等级或最大允许误差
π尺	(200~500) mm	MPE: ±0.05 mm
指示表	(0~30) mm	MPEV: 0.035 mm
钢卷尺	(0~3) m	I 级
速度测量装置	(5~100) km/h	MPE: ±0.1%
砝码	——	M ₂ 级
滑行时间检测仪	(1~300) s	MPE: ±(0.1%×T+3 ms), 其中, T 为被测时间间隔, 单位为 ms
存储式数字示波器	带宽: 100 MHz	时间 MPE: ±2%

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 2。

表 2 校准项目

序号	校准项目
1	直径
2	径向圆跳动量
3	速度
4	扭力
5	基本惯量
6	恒负荷加载滑行时间
7	变负荷加载滑行时间
8	附加损失功率
9	加载响应时间

7.2 校准方法

7.2.1 直径

在主滚筒中段占全长约 80% 的表面上均匀选取 3 处, 用 π 尺测量每处的直径 3 次, 记录结果。按公式 (1) 分别计算左右主滚筒各处直径误差, 取各处最大直径误差作为校准结果。

$$\delta_{D_i} = \frac{D - \overline{D}_i}{\overline{D}_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

δ_{D_i} ——第 i 处主滚筒直径误差, $i=1, 2, 3$;

\overline{D}_i ——第 i 处 3 次测量滚筒直径的平均值, mm;

D ——主滚筒标称直径, mm。

7.2.2 径向圆跳动量

分别在左、右主滚筒占全长约 80% 的表面上均匀选取 3 个断面, 缓慢转动滚筒, 用

固定在台体基座上的指示表测量滚筒表面径向圆跳动量绝对值（每个断面测量时的指示表最大示值与最小示值之差，必要时可在指示表测量触头与滚筒表面之间加装增加接触面积装置），取各处最大跳动量作为校准结果。

7.2.3 速度

7.2.3.1 按照设备说明书的要求，将底盘测功机充分预热。在主滚筒上，选取约 25 km/h、40 km/h、70 km/h、80 km/h 做为校准点，驱动滚筒加速至各校准点，待速度稳定后，连续记录 3 次底盘测功机速度示值和速度测量装置的示值，按公式（2）计算示值误差。

$$\Delta_{v_i} = \bar{V}_{m_i} - \bar{V}_{s_i} \quad (2)$$

式中：

Δ_{v_i} ——第 i 个校准点速度示值误差，km/h， $i=1, 2, 3, 4$ ；

\bar{V}_{m_i} ——第 i 个校准点 3 次测量的底盘测功机速度示值平均值，km/h；

\bar{V}_{s_i} ——第 i 个校准点 3 次速度测量装置速度示值平均值，km/h。

7.2.3.2 各校准点中示值误差最大者，作为主滚筒线速度误差的校准结果。

7.2.4 扭力

7.2.4.1 仪器漂移

安装扭力测量杠杆，使其处于平衡状态，底盘测功机显示装置清零。施加扭力至上限后卸除扭力，并重新清零。每隔 5 min 观察 1 次零位变化，并记录，取 15 min 内最大变化量作为仪器漂移的校准结果。

7.2.4.2 杠杆比

按照底盘测功机使用说明书，用钢卷尺和 π 尺，分别测量扭力测量杠杆的等效力臂长度 L 及主滚筒直径 D_A ，确定杠杆比 η 。按公式（3）计算杠杆比。

$$\eta = \frac{2 \times L}{D_A} \quad (3)$$

式中：

η ——杠杆比；

L ——扭力测量杠杆的等效力臂长度，mm；

D_A ——主滚筒直径测量值，mm。

7.2.4.3 示值误差、重复性、回程误差

将底盘测功机显示装置清零，按满量程的约 20%、40%、60%、80%、100% 作为校准点依次逐级加载，再逐级减载，分别记录进程和回程过程中的扭力示值。此过程重复进行 3 次，每次校准后指示装置应清零。

按公式（4）计算各校准点的扭力示值误差，取各校准点的最大示值误差作为校准结果。

$$W_i = \frac{\bar{F}_{ji} - m_i \times g \times \eta}{m_i \times g \times \eta} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

W_i ——第 i 校准点扭力示值误差， $i=1, 2, 3, 4, 5$ ；

\bar{F}_{J_i} ——第 i 个校准点 3 次进程扭力示值的平均值, N;

m_i ——第 i 个校准点扭力测量杠杆加载的砝码质量, kg;

g ——重力加速度, 一般取 9.8 m/s^2 。

按公式 (5) 分别计算各校准点的重复性, 取各校准点重复性最大值作为重复性校准结果。

$$R_i = \frac{F_{\max i} - F_{\min i}}{C \bar{F}_{J_i}} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

R_i ——第 i 个校准点扭力重复性;

$F_{\max i}$ ——第 i 个校准点 3 次进程扭力示值的最大值, N;

$F_{\min i}$ ——第 i 个校准点 3 次进程扭力示值的最小值, N;

\bar{F}_{J_i} ——第 i 个校准点 3 次进程扭力示值的平均值, N;

C ——极差系数, 取 1.69。

按公式 (6) 计算回程误差, 取各校准点最大回程误差作为校准结果。

$$H_i = \frac{|\bar{F}_{H_i} - \bar{F}_{J_i}|}{F_i} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

H_i ——第 i 个校准点扭力回程误差;

\bar{F}_{J_i} ——第 i 个校准点 3 次进程扭力示值的平均值, N;

\bar{F}_{H_i} ——第 i 个校准点 3 次回程扭力示值的平均值, N;

F_i ——第 i 个校准点扭力标准值, N。

7.2.5 基本惯量

7.2.5.1 驱动滚筒速度至 56 km/h , 在 $(48 \sim 16) \text{ km/h}$ 速度区间段进行空载滑行测试。记录滑行时间检测仪测得的滑行时间 t_1 。

7.2.5.2 驱动滚筒转速至 56 km/h , 加载恒扭力 $F_2 = 1\,170 \text{ N}$, 进行 $(48 \sim 16) \text{ km/h}$ 的滑行测试。记录滑行时间检测仪测得的滑行时间 t_2 。

7.2.5.3 按照步骤 7.2.5.1 和 7.2.5.2 重复测量 3 次。按公式 (7) 计算基本惯量 DIW_A :

$$DIW_A = k_1 \times \frac{(\bar{f}_2 - \bar{f}_1) \times \bar{t}_1 \times \bar{t}_2}{\bar{t}_1 - \bar{t}_2} \quad (7)$$

式中:

DIW_A ——基本惯量测量值, kg;

k_1 —— $0.112\,5 \text{ s/m}$;

\bar{f}_1 ——3 次加载恒力 $F_1 = 0 \text{ N}$ 时, 底盘测功机扭力示值的平均值, N;

\bar{f}_2 ——3 次加载恒力 $F_2 = 1\,170 \text{ N}$ 时, 底盘测功机扭力示值的平均值, N;

\bar{t}_1 ——3 次加载恒力 $F_1 = 0 \text{ N}$ 时, $(48 \sim 16) \text{ km/h}$ 滑行时间的平均值, s;

\bar{t}_2 ——3 次加载恒力 $F_2 = 1\,170 \text{ N}$ 时, $(48 \sim 16) \text{ km/h}$ 滑行时间的平均值, s。

按公式 (8) 计算基本惯量相对误差:

$$\delta_{DIW} = \frac{DIW - DIW_A}{DIW_A} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

DIW——基本惯量标称值，kg；

δ_{DIW} ——基本惯量相对误差。

如果测量值满足 5.5 相关要求，基本惯量使用标称值 DIW。如果不符合 5.5 相关要求，允许重新进行 7.2.5.3 试验一次。

7.2.6 恒负荷加载滑行时间

7.2.6.1 分别选择 10 kW、20 kW 作为总负荷 THP 对底盘测功机功率吸收装置进行设定，进行 (48~32) km/h 的加载滑行测试。记录该速度段下底盘测功机的实际滑行时间 ACDT₄₀。

按照公式 (9) 计算速度区间段 (48~32) km/h 的理论滑行时间 CCDT₄₀；按照公式 (10) 计算相应的滑行时间相对误差。

$$CCDT_{40} = \frac{k_2 \times DIW_A}{THP} \quad (9)$$

$$\delta_{40} = \frac{ACDT_{40} - CCDT_{40}}{CCDT_{40}} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

k_2 ——0.049 38 m²/s²；

δ_{40} ——进行 (48~32) km/h 恒加载滑行试验时，实际滑行时间的相对误差；

ACDT₄₀——进行 (48~32) km/h 恒加载滑行试验时的实际滑行时间，s；

CCDT₄₀——进行 (48~32) km/h 恒加载滑行试验时计算的理论滑行时间，s；

THP——总负荷，(THP = PLHP + IHP, PLHP 是附加损失功率，IHP 是指示功率)，kW。

7.2.6.2 对于加载减速工况法底盘测功机，增加 (64~48) km/h 的加载滑行测试，并按照公式 (11) 计算速度区间段 (64~48) km/h 的理论滑行时间 CCDT₅₆；按照公式 (12) 计算相应的滑行时间相对误差。

$$CCDT_{56} = \frac{k_3 \times DIW_A}{THP} \quad (11)$$

$$\delta_{56} = \frac{ACDT_{56} - CCDT_{56}}{CCDT_{56}} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

k_3 ——0.069 14 m²/s²；

δ_{56} ——进行 (64~48) km/h 恒加载滑行试验时的实际滑行时间的相对误差；

CCDT₅₆——进行 (64~48) km/h 恒加载滑行试验时计算的理论滑行时间，s；

ACDT₅₆——进行 (64~48) km/h 恒加载滑行试验时的实际滑行时间，s。

7.2.6.3 选择 10.0 kW 作为总负荷 THP 对底盘测功机功率吸收装置进行设定，进行 (48~32) km/h 速度段的加载滑行测试。滚筒转动后，把相当于滚筒表面切向力 200 N~600 N 的砝码加载在扭力测量杠杆上，记录该速度段下的实际滑行时间 ACDT。按照公

式 (13) 来计算在有预加载情况下的理论滑行时间 $CCDT_F$ 。

$$CCDT_F = DIW_A \times \sum_{n=1}^8 \frac{k_4}{\frac{6\ 480}{49-2n} \times THP - k_5 \times F} \quad (13)$$

式中：

$CCDT_F$ ——有预加载情况下的理论滑行时间，s；

k_4 —— $1\text{ m}^2/\text{s}^2$ ；

THP——设定加载的总负荷，kW；

k_5 —— 1.8 m/s ；

F ——砝码转换到滚筒表面切向力，N；

$n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ 。

注：公式 (13) 中 $\frac{6\ 480}{49-2n}$ 的计算值四舍五入取整数。

按照公式 (14) 计算有预加载情况下恒加载滑行时间误差 δ_F 。

$$\delta_F = \frac{ACDT - CCDT_F}{CCDT_F} \times 100\% \quad (14)$$

7.2.6.4 选以上各滑行时间相对误差中的最大值作为恒负荷加载滑行时间误差。

7.2.7 变负荷加载滑行时间

7.2.7.1 选取 (80.5~8.0) km/h、(72.4~16.1) km/h、(61.1~43.4) km/h 作为测量速度段，重复 7.2.7.2 测量过程，计算各测量速度段滑行时间相对误差。

7.2.7.2 启动底盘测功机进入变加载滑行测试功能软件模块，把底盘测功机滚筒线速度提升到 88.5 km/h 后，向底盘测功机施加 3.7 kW 的总负荷 THP，当底盘测功机滚筒线速度下降到测量速度段起始点时，按表 3 要求向底盘测功机阶跃加载。记录起始点到终止点的实际滑行时间 $ACDT_\Delta$ ，并根据表 3 或表 4 所示计算测量速度段的理论滑行时间 $CCDT_\Delta$ 。

表 3 底盘测功机变加载滑行测试负荷设置和理论滑行时间

速度 km/h	总负荷 kW	理论滑行时间 s	速度 km/h	总负荷 kW	理论滑行时间 s
80.5	3.7	0.000 00 DIW_A	61.1	14.7	0.000 62 DIW_A
78.8	4.4	0.002 82 DIW_A	59.5	15.4	0.000 51 DIW_A
77.2	5.1	0.002 19 DIW_A	57.9	16.2	0.000 47 DIW_A
75.6	5.9	0.001 85 DIW_A	56.3	16.9	0.000 44 DIW_A
74.0	6.6	0.001 57 DIW_A	54.7	17.6	0.000 41 DIW_A
72.4	7.4	0.001 37 DIW_A	53.1	18.4	0.000 38 DIW_A
70.8	5.9	0.001 19 DIW_A	51.5	17.6	0.000 35 DIW_A
69.2	7.4	0.001 46 DIW_A	49.9	16.9	0.000 36 DIW_A
67.6	8.8	0.001 14 DIW_A	48.3	16.2	0.000 36 DIW_A
66.0	10.3	0.000 94 DIW_A	46.7	15.4	0.000 36 DIW_A
64.4	11.8	0.000 78 DIW_A	45.1	14.7	0.000 37 DIW_A
62.8	13.2	0.000 67 DIW_A	43.4	13.2	0.000 39 DIW_A

表 3 (续)

速度 km/h	总负荷 kW	理论滑行时间 s	速度 km/h	总负荷 kW	理论滑行时间 s
41.8	11.8	0.000 40 DIW _A	24.1	7.4	0.000 35 DIW _A
40.2	10.3	0.000 43 DIW _A	22.5	8.1	0.000 39 DIW _A
38.6	11.0	0.000 47 DIW _A	20.9	8.8	0.000 33 DIW _A
37.0	11.8	0.000 42 DIW _A	19.3	8.1	0.000 28 DIW _A
35.4	12.5	0.000 38 DIW _A	17.7	7.4	0.000 28 DIW _A
33.8	13.2	0.000 34 DIW _A	16.1	6.6	0.000 28 DIW _A
32.2	12.5	0.000 31 DIW _A	14.5	5.9	0.000 29 DIW _A
30.6	11.8	0.000 31 DIW _A	12.9	5.1	0.000 29 DIW _A
29.0	11.0	0.000 31 DIW _A	11.3	4.4	0.000 29 DIW _A
27.4	10.3	0.000 32 DIW _A	9.7	3.7	0.000 29 DIW _A
25.7	8.8	0.000 34 DIW _A	8.0	3.7	0.000 31 DIW _A

注：DIW_A 的常量单位：s/kg。

表 4 底盘测功机变加载滑行测试理论滑行时间

初速度 km/h	末速度 km/h	理论滑行时间 s
80.5	8.0	0.028 40 DIW _A
72.4	16.1	0.017 13 DIW _A
61.1	43.4	0.004 39 DIW _A

注：DIW_A 的常量单位：s/kg。

按公式 (15) 计算变负荷滑行时间相对误差 δ_{Δ} ：

$$\delta_{\Delta} = \frac{ACDT_{\Delta} - CCDT_{\Delta}}{CCDT_{\Delta}} \times 100\% \quad (15)$$

7.2.8 附加损失功率

驱动滚筒转速至 56 km/h 以上，开始自由滑行，用滑行时间检测仪测量 (50~30) km/h 滑行时间 Δt_x ，按公式 (16) 计算附加损失功率作为速度为 40 km/h 时的附加损失功率校准结果。

$$PLHP_{40} = \frac{k_6 \times DIW_A}{\Delta t_x} \quad (16)$$

式中：

PLHP₄₀——底盘测功机运转速度为 40 km/h 的附加损失功率，kW；

k_6 ——0.061 728，m²/s²；

Δt_x ——(50~30) km/h 的实际滑行时间，s；

DIW_A——基本惯量测量值，kg。

7.2.9 加载响应时间

按照表 5 的要求分别进行试验项目编号 1 和 2 的加载响应时间校准，具体校准方法如下：

将存储式数字示波器的探针接入扭力传感器经放大后的信号输出端（被校准设备应配备独立的输出端子），将力值信号的波形记录下来，按照图 1 和下面的要求进行分析，记录相应的值作为校准结果。

- (1) 在 PAU 没有制动力时，底盘测功机滚筒以 64.4 km/h 以上的初始线速度减速转动。
- (2) 当滚筒线速度达到 56.3 km/h 时，向滚筒施加如 $[b_1]$ 所示的制动力。
- (3) 当滚筒线速度达到 40 km/h 时，向滚筒施加如 $[c_1]$ 所示的制动力。
- (4) 从制动力阶跃变化时刻起，时间记录开始。
- (5) 监测并记录 PAU 的负荷传感器的实际输出信号。
- (6) 当达到 $[c_2]$ 所示的制动力时，此刻时间记为响应时间。
- (7) 当下述两个条件同时满足时，记录平均稳定时间。
 - a) 当 300 ms 的平均制动力稳定在 $[c_1]$ 所示的制动力的 $\pm 2\%$ 误差范围内；
 - b) 用于计算制动力均值的 300 ms 时间段，任意时刻制动力在 $[c_1]$ 所示的制动力在 $\pm 5\%$ 范围内。

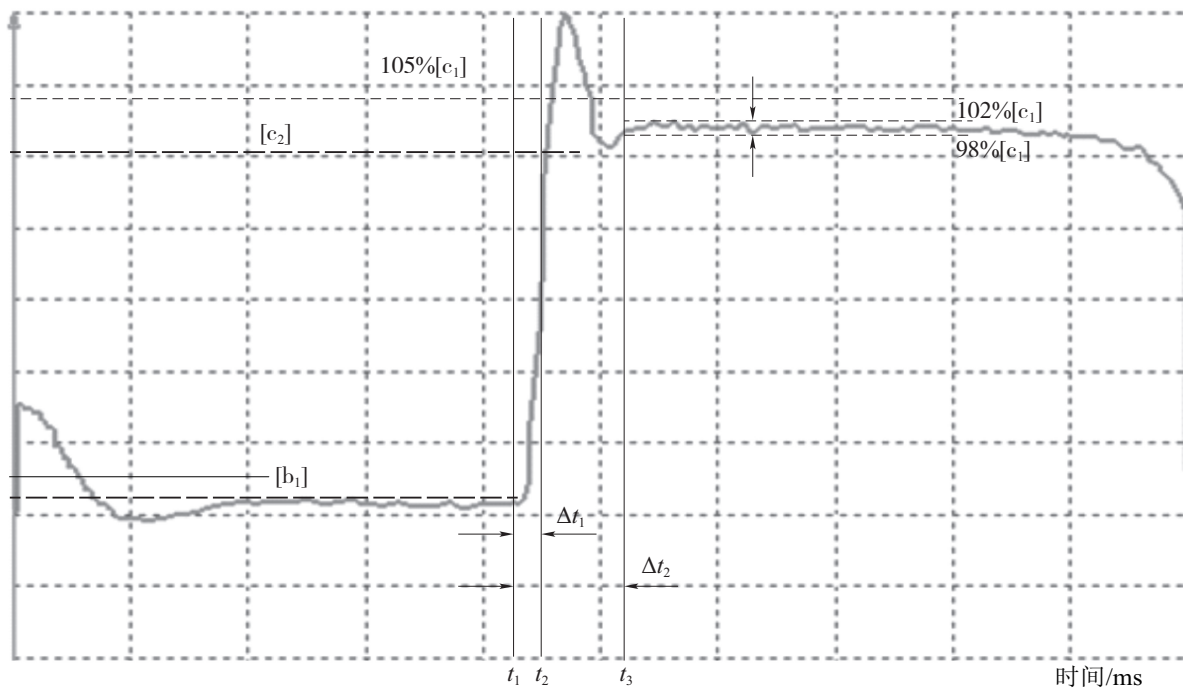


图 1 加载响应时间示意图 (Δt_1 : 响应时间, Δt_2 : 平均稳定时间)

表 5 底盘测功机加载响应时间校准设置

代号	$[b_1]$	$[c_1]$	$[c_2]$
变量名称	制动力/N	制动力/N	$90\%([c_1] - [b_1]) + [b_1]$ /N
项目编号	1	1 323	1 679
	2	1 719	1 363

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录推荐格式见附录 B。

8.2 校准证书

校准结果出具校准证书，校准证书应包括的信息及校准证书校准结果内页推荐格式见附录 C。

8.3 校准结果不确定度评定示例

校准结果的不确定度评定按照 JJF 1059.1—2012 进行，不确定度评定示例见附录 D。

9 复校时间间隔

底盘测功机复校时间间隔一般不超过 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由底盘测功机的使用情况、使用者、底盘测功机本身质量等诸多因素决定的，因此使用单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

扭力校准装置测试法

- A.1 在功率吸收装置上端平面放置条式水平仪，记录此时的水平数据。
- A.2 安装好扭力校准装置。
- A.3 卸除汽车底盘测功机力传感器与功率吸收装置附带横梁的连接。
- A.4 使用锁止工具锁止功率吸收装置外带附件，使功率吸收装置与外带附件之间不再发生相对转动。
- A.5 安装扭力校准装置测试仪，在主滚筒的中间位置将钢带缠绕两周，使钢带下侧边与相切点重合，调整扭力校准装置测试仪，当功率吸收装置上端平面的水平状态和步骤 1 保持一致时，将扭力校准装置测试仪清零。
- A.6 加载 20 kg 砝码，并调整水平至步骤 A.1 记录的水平状态，同时记录扭力校准装置测试仪的扭力值 F_i ，重复测量 3 次，按照公式 (A.1) 计算测功机扭力校准装置杠杆比；

$$\eta = \frac{\overline{F_i}}{20 \times g} \quad (\text{A.1})$$

式中：

- η ——杠杆比；
- $\overline{F_i}$ ——扭力校准装置测试仪 3 次测量平均值，N；
- g ——重力加速度， m/s^2 。

附录 B

底盘测功机校准记录格式

底盘测功机校准记录格式见表 B.1。

表 B.1 底盘测功机校准记录

汽车排气污染物检测用底盘测功机校准原始记录							
记录编号				被校单位地址			
被校单位名称					联系人		
样品名称			型号规格		出厂编号		
准确度			样品生产厂家				
样品接收日期			校准日期				
校准技术依据							
环境温度/℃		相对湿度/ %		其他			
主标准器名称	型号/规格	测量范围	出厂编号	不确定度/准 确度等级/最 大允许误差	溯源机构	证书编号	有效期至
校准地点							
校准员			核验员				

表 B.1 (续)

1. 直径校准													
标称值/mm		左						右					
主滚筒		第一处	第二处	第三处	第一处	第二处	第三处	第一处	第二处	第三处	第一处	第二处	第三处
测量数据/mm													
误差/%													
2. 径向圆跳动量校准													
主滚筒		左						右					
跳动量/mm		第一处	第二处	第三处	第一处	第二处	第三处	第一处	第二处	第三处	第一处	第二处	第三处
速度校准		序号	1	2	3	平均值/(km/h)	误差/(km/h)						
25 km/h		测量值/(km/h)											
		标准器示值/(km/h)											
40 km/h		测量值/(km/h)											
		标准器示值 (km/h)											
70 km/h		测量值/(km/h)											
		标准器示值/(km/h)											
80 km/h		测量值/(km/h)											
		标准器示值/(km/h)											
4. 扭力校准													
仪器漂移		时间/min	0	5	10	15							
		零位变化/N											
杠杆比		等效力臂/mm	底座测功机示值/N			滚筒直径/mm	比值						
标准值/N		进程			回程			示值误差/%	重复性/%	回程差/%			
		1	2	3	平均值	1	2	3	平均值				

表 B.1 (续)

5. 基本惯量校准										
扭力/N	实测值	1	2	3	平均值	DIW _A /kg	标称惯量/kg	误差		
	力/N									
空载	时间/s									
	力/N									
加载	时间/s									
6. 恒负荷加载滑行时间校准										
滑行区间/(km/h)	总载荷/kW	理论滑行时间/s		实际滑行时间/s		误差/%				
		10								
48~32	20									
64~48	10									
	20									
预加载/(48~32) km/h										
扭力/(200~600) N	THP/kW	理论滑行时间/s		实际滑行时间/s		误差/%				
7. 变负荷加载滑行时间校准										
滑行区间/(km/h)	理论滑行时间/s	实际滑行时间/s		误差/%						
		80.5~8.0								
72.4~16.1										
61.1~43.4										
8. 附加损失功率校准/(40 km/h 时)										
滑行时间/s	附加损失功率/kW									
9. 加载响应时间校准										
加载响应时间/ms	平均稳定时间/ms									
测量不确定度:										

附录 C

底盘测功机校准证书校准结果的内容

C.1 校准证书内容按 JJF 1071—2010 中 5.12 给出。

C.2 底盘测功机校准结果格式见表 C.1。

表 C.1 底盘测功机校准结果

校准结果	
一、直径	
主滚筒直径误差：	_____
二、径向圆跳动量：	_____
三、速度	
主滚筒线速度误差：	_____ 扩展不确定度：_____
四、扭力	
1. 仪器漂移：	_____
2. 示值误差：	_____ 扩展不确定度：_____
3. 重复性：	_____
4. 回程误差：	_____
五、基本惯量误差：	_____ 扩展不确定度：_____
六、恒负荷滑行时间误差：	_____ 扩展不确定度：_____
七、变负荷滑行时间误差：	_____ 扩展不确定度：_____
八、附加损失功率 (40 km/h)：	_____
九、加载响应时间	
加载响应时间：	_____
平均稳定时间：	_____
校准技术依据：	
校准的环境条件：	
温度：	_____℃； 相对湿度：_____%

附录 D

底盘测功机校准结果不确定度评定示例

D.1 底盘测功机扭力校准结果不确定度评定示例

D.1.1 测量方法

经扭力测量杠杆传递的标准砝码重力由测功机功率吸收单元的负荷测量系统测量以滚筒表面切向力的形式显示。

D.1.2 测量模型

$$\delta = \left(\frac{DF_i}{2NL} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{D.1})$$

式中：

δ ——测功装置示值相对误差；

F_i ——测功装置示值，N；

D ——滚筒直径，mm；

N ——标准砝码等效重力，N；

L ——扭力测量杠杆等效力臂长度，mm。

D.1.3 合成标准不确定度计算公式

$$u_c^2(\delta) = c_{F_i}^2 u^2(F_i) + c_D^2 u^2(D) + c_N^2 u^2(N) + c_L^2 u^2(L) \quad (\text{D.2})$$

式中：

$u_c(\delta)$ ——扭力相对示值误差的合成标准不确定度；

$u(F_i)$ ——测功装置示值不确定度；

$u(D)$ ——滚筒直径引入的标准不确定度；

$u(N)$ ——标准砝码等效重力引入的标准不确定度；

$u(L)$ ——扭力测量杠杆引入的标准不确定度。

灵敏系数： $c_{F_i} = \frac{\partial \delta}{\partial F_i} = \frac{D}{2NL}$ ；

$$c_D = \frac{\partial \delta}{\partial D} = \frac{F_i}{2NL}；$$

$$c_N = \frac{\partial \delta}{\partial N} = -\frac{DF_i}{2LN^2}；$$

$$c_L = \frac{\partial \delta}{\partial L} = -\frac{DF_i}{2NL^2}。$$

D.1.4 各输入量的标准不确定度的评定

不确定度评定采取的是滚筒直径 218 mm，扭力测量杠杆等效力臂长度 436 mm 的底盘测功机。标准砝码质量为 20 kg×2。

D.1.4.1 被检测功装置示值

1) 测量结果重复性 $u_1(F_i)$

以 1 568 N 测量点为例，在相同条件下，对被校底盘测功机静负荷测量 10 次，计算

重复性引入的标准不确定度 $u_1(F_i)$ ，数据见表 D.1 重复性数据表。

表 D.1 重复性数据表

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/N	1 569	1 566	1 567	1 570	1 569	1 569	1 568	1 571	1 572	1 568
实验室标准偏差/N	1.79									

在重复条件下连续测量 3 次，则 $u_1(F_i) = 1.79 \text{ N}/\sqrt{3} \approx 1.03 \text{ N}$

2) 底盘测功机数显量化 $u_2(F_i)$

测功装置分辨力为 1 N，考虑矩形分布，则 $u_2(F_i) = 1 \text{ N}/2/\sqrt{3} \approx 0.29 \text{ N}$

D.1.4.2 滚筒直径引入的不确定度

滚筒直径引入的标准不确定度 $u(D)$ ，考虑矩形分布，则

$$u(D) = 1.09 \text{ mm}/\sqrt{3} \approx 0.629 \text{ mm}$$

D.1.4.3 扭力测量杠杆引入的标准不确定度 $u(L)$ ，考虑矩形分布

$$u(L) = 0.6 \text{ mm}/\sqrt{3} \approx 0.346 \text{ mm}$$

D.1.4.4 标准砝码等效重力引入的不确定度

M_2 级标准砝码等效重力引入的不确定度 $u(N)$ ，考虑矩形分布，

$$u(N) = 0.006 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2/\sqrt{3} \approx 0.0339 \text{ N}$$

D.1.5 不确定度分量汇总表

不确定度分量汇总表见表 D.2。

表 D.2 不确定度分量汇总表

不确定度来源	灵敏系数 c_1	不确定度	$c \times u$ (%)
测量结果重复性 $u_1(F_i)$	$c_{F_i} = 1/1568 \text{ N}^{-1}$	$u_1(F_i) = 1.03 \text{ N}$	0.066
底盘测功机数显量化误差 $u_2(F_i)$	$c_{F_i} = 1/1568 \text{ N}^{-1}$	$u_2(F_i) = 0.29 \text{ N}$	0.018
滚筒直径测量 $u(D)$	$c_D = 1/218 \text{ mm}^{-1}$	$u(D) = 0.629 \text{ mm}$	0.288
扭力测量杠杆长度测量引入 $u(L)$	$c_L = -1/436 \text{ mm}^{-1}$	$u(L) = 0.346 \text{ mm}$	-0.079
标准砝码等效重力引入的不确定度分量 $u(N)$	$c_N = -1/392 \text{ N}^{-1}$	$u(N) = 0.0339 \text{ N}$	-0.008

D.1.6 合成标准不确定度

为了避免重复计算，重复性引入的不确定度和数显量化误差引入的不确定度取较大值作为合成不确定度的分量。

合成标准不确定度

$$u_c^2(\delta) = c_{F_i}^2 u_1^2(F_i) + c_D^2 u^2(D) + c_N^2 u^2(N) + c_L^2 u^2(L)$$

$$u_c(\delta) = \sqrt{0.066\%^2 + 0.288\%^2 + 0.079\%^2 + 0.008\%^2} = 0.30\% \quad (\text{D.3})$$

D.1.7 扩展不确定度

包含因子 $k=2$ ，测量结果的扩展不确定度： $U=0.6\%$

D.2 底盘测功机速度校准结果不确定度评定示例

D.2.1 测量方法

用标准测速仪直接测量在底盘测功机恒速控制模式下由电机驱动滚筒得到的稳定速度。

D. 2.2 测量模型

$$\delta = v - v_0 \quad (\text{D. 4})$$

式中：

δ ——速度示值误差，km/h；

v ——底盘测功机速度示值，km/h；

v_0 ——标准测速仪速度示值，km/h。

D. 2.3 合成标准不确定度计算公式

$$u_c^2(\delta) = c_v^2 u^2(v) + c_{v_0}^2 u^2(v_0) \quad (\text{D. 5})$$

式中：

$u_c(\delta)$ ——合成标准不确定度，km/h；

$u(v)$ ——被校测功机引入的标准不确定度，km/h；

$u(v_0)$ ——标准测速仪引入的标准不确定度，km/h。

灵敏系数： $c_v = \frac{\partial \delta}{\partial v} = 1$ ；

$$c_{v_0} = \frac{\partial \delta}{\partial v_0} = -1。$$

D. 2.4 各输入量的标准不确定度的评定

a) 被校底盘测功机速度测量重复性引入的标准不确定度 $u(v)$

以速度点 40 km/h 为例，在相同条件下重复测量 10 次，计算重复性引入的标准不确定度 $u_1(v)$ ，重复性数据见表 D. 3。

表 D. 3 重复性数据表

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 km/h	40.05	40.09	40.10	40.07	40.08	40.08	40.04	40.06	40.11	40.11
实验室标准 偏差	0.024 km/h									

在重复条件下连续测量 3 次，则 $u_1(v) = 0.024 / \sqrt{3} \approx 0.014$ km/h

b) 测功机数显量化误差 $u_2(v)$

测功装置分辨力为 0.01 km/h，考虑矩形分布，则 $u_2(v) = \frac{0.01 \text{ km/h}}{2/\sqrt{3}} \approx 0.003$ km/h

c) 标准测速仪引入的标准不确定度 $u(v_0)$

$$u(v_0) = \frac{0.1\% \times 40}{\sqrt{3}} \text{ km/h} \approx 0.023 \text{ km/h}$$

D. 2.5 合成标准不确定度

为了避免重复计算，重复性引入的不确定度和量化误差引入的不确定度取较大值作为合成不确定度的分量。

$$u_c^2(\delta) = c_v^2 u^2(v) + c_{v_0}^2 u^2(v_0)$$

$$u_c(\delta) = \sqrt{0.014^2 + 0.023^2} \text{ km/h} = 0.027 \text{ km/h} \quad (\text{D. 6})$$

D. 2.6 扩展不确定度

包含因子 $k=2$ ，测量结果的扩展不确定度：

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 0.027 \text{ km/h} = 0.054 \text{ km/h} \approx 0.06 \text{ km/h}$$

D. 3 底盘测功机基本惯量校准结果不确定度评定示例

D. 3.1 概述

利用底盘测功机校准装置按照校准规范对汽车排气污染物检测用底盘测功机基本惯量进行校准。

D. 3.2 测量模型

$$DIW_A = k_1 \times \frac{(\bar{f}_2 - \bar{f}_1) \times \bar{t}_1 \times \bar{t}_2}{\bar{t}_1 - \bar{t}_2} \quad (\text{D. 7})$$

式中：

DIW_A ——基本惯量测量值，kg；

k_1 ——0.112 5 s/m；

\bar{f}_1 ——3次加载恒力 $F_1=0$ N时，底盘测功机扭力示值的平均值，N；

\bar{f}_2 ——3次加载恒力 $F_2=1\ 170$ N时，底盘测功机扭力示值的平均值，N；

\bar{t}_1 ——3次加载恒力 $F_1=0$ N时，(48~16) km/h 滑行时间的平均值，s；

\bar{t}_2 ——3次加载恒力 $F_2=1\ 170$ N时，(48~16) km/h 滑行时间的平均值，s。

D. 3.3 合成标准不确定度计算公式

$$u_c^2(DIW_A) = c_1^2 u^2(\bar{f}_1) + c_2^2 u^2(\bar{f}_2) + c_3^2 u^2(\bar{t}_1) + c_4^2 u^2(\bar{t}_2) \quad (\text{D. 8})$$

式中，分别对 f_1 、 f_2 、 t_1 、 t_2 求偏导，可得各自对应的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial DIW_A}{\partial \bar{f}_1} = -\frac{k_1 \times \bar{t}_1 \times \bar{t}_2}{\bar{t}_1 - \bar{t}_2}$$

$$c_2 = \frac{\partial DIW_A}{\partial \bar{f}_2} = \frac{k_1 \times \bar{t}_1 \times \bar{t}_2}{\bar{t}_1 - \bar{t}_2}$$

$$c_3 = \frac{\partial DIW_A}{\partial \bar{t}_1} = -k_1 \times (\bar{f}_2 - \bar{f}_1) \times \left(\frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1 - \bar{t}_2} \right)^2$$

$$c_4 = \frac{\partial DIW_A}{\partial \bar{t}_2} = k_1 \times (\bar{f}_2 - \bar{f}_1) \times \left(\frac{\bar{t}_1}{\bar{t}_1 - \bar{t}_2} \right)^2$$

D. 3.4 各输入量的标准不确定度的评定

D. 3.4.1 扭力引入的不确定度

1) 测量重复性引入的不确定，测量重复性数据见表 D. 4。

表 D. 4 重复性数据表

项目	校准数据			
	第一次/N	第二次/N	第三次/N	平均值/N
空载测功机扭力显示值	5.4	5.4	5.7	5.5
加载测功机扭力显示值	1 169.6	1 170.6	1 170.8	1 170.3

按极差法计算标准不确定度，则

$$u_1(\bar{f}_1) = \frac{5.7 \text{ N} - 5.4 \text{ N}}{1.69 \times \sqrt{3}} \approx 0.10 \text{ N}$$

$$u_1(\bar{f}_2) = \frac{1\,170.8 \text{ N} - 1\,169.6 \text{ N}}{1.69 \times \sqrt{3}} \approx 0.41 \text{ N}$$

2) 扭力校准引起的不确定度

这里引用规范附录 D.1 中的扭力不确定度值, $U=0.6\%$, $k=2$, 则对应的 \bar{f}_1 、 \bar{f}_2 处引入的不确定度分别为

$$u_2(\bar{f}_1) = 0.3\% \times 5.5 \text{ N} = 0.016 \text{ N}$$

$$u_2(\bar{f}_2) = 0.3\% \times 1\,170.3 \text{ N} = 3.51 \text{ N}$$

D.3.4.2 滑行时间引入的不确定度

1) 测量重复性引入的不确定度, 重复性数据见表 D.5。

表 D.5 重复性数据表

项目	校准数据			
	第一次/s	第二次/s	第三次/s	平均值/s
空载 t_1 滑行时间值	122.24	125.97	126.79	125.00
加载 t_2 滑行时间值	6.531	6.501	6.566	6.533

按极差法计算标准不确定度, 则

$$u_1(\bar{t}_1) = \frac{126.79 \text{ s} - 122.24 \text{ s}}{1.69 \times \sqrt{3}} \approx 1.554 \text{ s}$$

$$u_1(\bar{t}_2) = \frac{6.566 \text{ s} - 6.501 \text{ s}}{1.69 \times \sqrt{3}} \approx 0.022 \text{ s}$$

2) 由滑行时间测试仪引入的不确定度

由溯源证书上得知, 滑行时间的测量不确定度为 $U=2 \text{ ms}$, $k=2$ 。则

$$u_2(\bar{t}_1) = u_2(\bar{t}_2) = 0.001 \text{ s}$$

由其带入的不确定度基本可以忽略。不确定度分量汇总数据见表 D.6。

表 D.6 不确定度分量汇总表

不确定度来源	评定方法	灵敏系数 c_i	不确定度	$ c \times u/\text{kg}$
加载 F_1 时重复性引入的不确定度	A类	$c_1 = -0.78 \text{ s}^2/\text{m}$	$u_1(\bar{f}_1) = 0.10 \text{ N}$	0.08
加载 F_2 时重复性引入的不确定度	A类	$c_2 = 0.78 \text{ s}^2/\text{m}$	$u_1(\bar{f}_2) = 0.41 \text{ N}$	0.32
扭力校准引入的不确定度	B类	$c_1 = -0.78 \text{ s}^2/\text{m}$	$u_2(\bar{f}_1) = 0.016 \text{ N}$	0.01
扭力校准引入的不确定度	B类	$c_2 = 0.78 \text{ s}^2/\text{m}$	$u_2(\bar{f}_2) = 3.51 \text{ N}$	2.74
空载时重复性引入的不确定度	A类	$c_3 = -0.40 \text{ N s}/\text{m}$	$u_1(\bar{t}_1) = 1.554 \text{ s}$	0.62
加载时重复性引入的不确定度	A类	$c_4 = 145.89 \text{ N s}/\text{m}$	$u_1(\bar{t}_2) = 0.022 \text{ s}$	3.24
滑行时间测试仪引入的不确定度	B类	$c_3 = -0.40 \text{ N s}/\text{m}$	$u_2(\bar{t}_1) = 0.001 \text{ s}$	4×10^{-4}
滑行时间测试仪引入的不确定度	B类	$c_4 = 145.89 \text{ N s}/\text{m}$	$u_2(\bar{t}_2) = 0.001 \text{ s}$	0.15

为了避免不确定度分量的重复计算, 对空载和加载过程中 \bar{f}_1 、 \bar{f}_2 、 \bar{t}_1 、 \bar{t}_2 引起的不确定度, 留取较大值计算。

D.3.5 合成标准不确定度

由于各标准不确定度分量互不相关，则

$$u_c(\text{DIW}_A) = \sqrt{0.32^2 + 2.74^2 + 3.24^2 + 0.15^2} \text{ kg} = 4.2 \text{ kg}$$

D.3.6 扩展不确定度

包含因子 $k=2$ ，测量结果的扩展不确定度：

$$U = 2 \times 4.2 \text{ kg} = 8.4 \text{ kg} \approx 9 \text{ kg}$$
