

ICS 45.060.10
S 40

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2711—2015

代替 TB/T 2711—2005

机车、动车组用空气压缩机组试验方法

Test method for air compressor set on locomotive and EMU/DMU

2015-07-02 发布

2016-01-01 实施

国家铁路局 发布

目 次

前 言 II

1 范 围 1

2 规范性引用文件 1

3 试验装置 1

4 检验方法 4

5 试验数据计算 6

附录 A(规范性附录) 清洁度测试方法 10

附录 B(规范性附录) 空压机润滑油消耗量测量方法 12

附录 C(规范性附录) 喷嘴系数特性图和喷嘴系数表 13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 TB/T 2711—2005《机车、动车组用空气压缩机组试验方法》。本标准与 TB/T 2711—2005 相比主要技术变化如下：

- 增加了冲击和振动试验方法(见 4.13)；
- 增加了电机接地、绝缘试验方法(见 4.14、4.15)；
- 增加了启停机试验方法(见 4.16)；
- 增加了高温性能试验方法(见 4.7)；
- 增加了低温启动试验方法(见 4.8)；
- 增加了压力卸载试验方法(见 4.6)；
- 删除了试验报告的要求(见 2005 年版的第 7 章)；
- 修改了测量不确定度的要求(见 5.6,2005 年版的第 6 章、附录 D)；
- 修改了空压机试验装置示意图(见 3.1.2,2005 年版的 3.1)。

本标准由铁道行业内燃机车标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国北车集团大连机车研究所有限公司、唐山轨道客车有限责任公司、中国铁道科学研究院机车车辆研究所、南车株洲电力机车有限公司、克诺尔南口供风设备(北京)有限公司。

本标准主要起草人：李季、梁建全、郭志伟、吴平、毛金虎、闫志强、李邦国、王志刚。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：TB/T 2711—1996、TB/T 2711—2005。

机车、动车组用空气压缩机组试验方法

1 范 围

本标准规定了机车、动车组用容积式空气压缩机组(以下简称空压机)的试验装置、检验方法、试验数据计算。

本标准适用于机车、动车组用额定排气压力不超过 1 000 kPa 的空压机,其他轨道车辆用空压机的检验可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1029 三相同步电机试验方法

GB/T 1032 三相异步电动机试验方法

GB/T 1311 直流电机试验方法

GB 1922—2006 油漆及清洗用溶剂油

GB/T 4980—2003 容积式压缩机噪声的测定

GB/T 5330—2003 工业用金属丝编织方孔筛网

GB/T 7777—2003 容积式压缩机机械振动测量与评价

GB/T 15487 容积式压缩机流量测量方法

GB/T 21563—2008 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验(IEC 61373:1999,IDT)

TB/T 2710.1 机车、动车组用空气压缩机组技术条件 第1部分:活塞空气压缩机组

TB/T 2710.2 机车、动车组用空气压缩机组技术条件 第2部分:螺杆空气压缩机组

ISO 8573-1:2010 压缩空气 第1部分:污染物和纯净等级(Compressed air-Part 1:Contaminants and purity classes)

ISO 8573-2:2007 压缩空气 第2部分:含油量测试方法(Compressed air-Part 2:Test methods for oil aerosol content)

ISO 8573-4:2001 压缩空气 第4部分:固体颗粒含量测试方法(Compressed air-Part 4:Test methods for solid particle content)

3 试验装置

3.1 基本要求

3.1.1 本标准规定的测量设备也可使用其他同等或更高精度等级的设备。

3.1.2 空压机试验装置示意图见图1。活塞式空压机试验装置增加1级排气和2级吸气的温度、压力测点。

3.1.3 在空压机进行产品型式检验时,应按照 GB/T 15487 规定的 ASME 喷嘴法测量,计算出通过喷嘴的气体流量 Q_0 ,空压机容积流量的测量装置应符合 GB/T 15487 中的有关规定。在出厂检验时,可采用近似精度的其他方法进行测量。

3.1.4 标准工况按 TB/T 2710.1 或 TB/T 2710.2 规定执行。

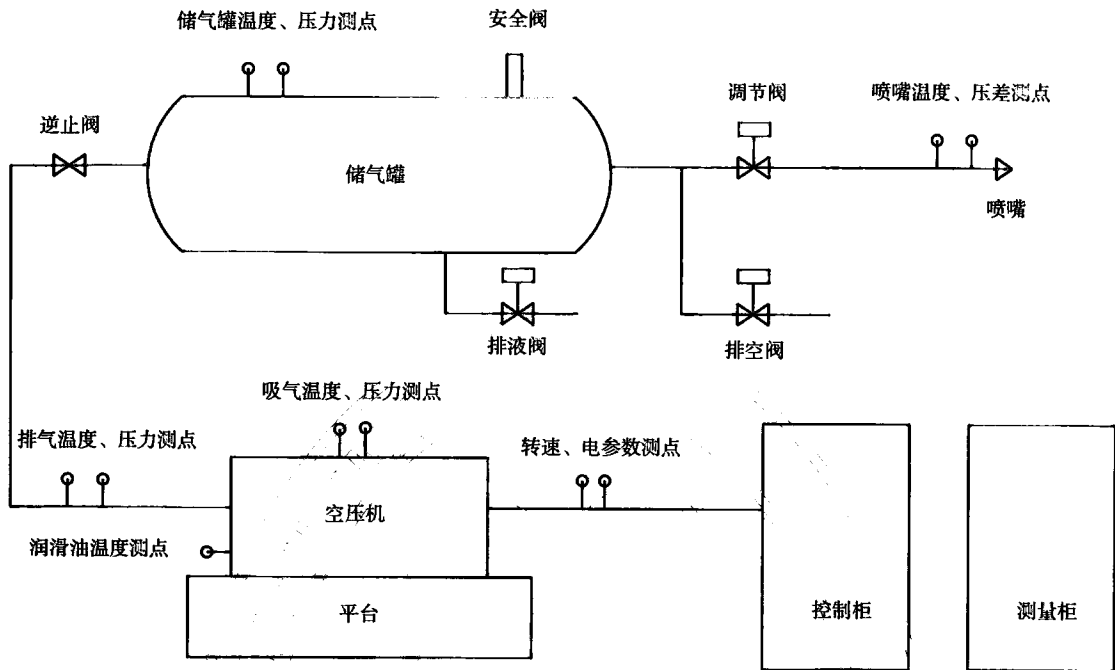


图 1 空压机试验装置示意图

3.1.5 测试过程中测量参数的允许波动范围应符合表 1 的规定。

表 1 测试值与规定值的最大相对偏差和相对于平均值的最大波动范围

测量参数	测试值与规定值的最大相对偏差 (或偏差)	测试值相对于平均值的最大波动范围
空压机吸气压力	—	$\pm 0.5\%$
总压力比	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.5\%$
空压机吸气温度	—	$\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
主轴转速	$\pm 3.0\%$	$\pm 1.0\%$
电压	$\pm 5.0\%$	$\pm 2.0\%$
电源频率	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.5\%$

当试验工况与标准工况不一致时：

- a) 运转参数与规定值之间的最大相对偏差(或偏差)及测试过程中运转参数相对于平均值的最大波动范围在符合表 1 的规定条件下,允许按本标准规定的方法测试,然后计算出空压机在标准工况下的性能；
- b) 当不能在标准工况下直接测定空压机性能时,应在符合 3.1.5 a) 规定的条件下保持空压机的吸气压力、总压力比相同,测定两个不同吸气温度时的空压机性能。

3.1.6 空压机运转稳定后,开始测定各参数。每一工况试验(空压机的吸气压力、吸气温度、总压力比等为工况参数,改变任一工况参数的试验则称不同工况试验)的测量参数至少测定 3 次,每次测定时各参数应同时读取。

3.1.7 管道和储气罐的测压接头应垂直于内壁并与其平齐。

3.1.8 压力表接管应畅通无堵塞、无泄漏。

3.1.9 压力测量点位置应符合下列要求：

- a) 试验时空压机若无吸气接管,其吸气压力规定等于试验处大气压力；若有吸气接管,则其吸气

- 压力应在空压机吸气法兰前,距离等于一个管直径处测量;
- b) 空压机排气压力测点应在空压机标准排气位置(冷却器之后,空气处理装置之前),Ⅰ级排气和Ⅱ级吸气压力测点分别规定在中间冷却器进、出气口处;
- c) 同一部位有两个压力测点时,两测点应在圆周方向相错 90°。
- 3.1.10 压力表应采用引压管通过缓冲器与测压点连接。缓冲器最小容积为 5 L,直径至少为其高度的 1/4。引压管的最小内直径为 6 mm。可以增大缓冲器或加长引压管以消除测量时的压力波动。
- 3.1.11 空压机吸、排气温度测点距空压机吸、排气口法兰的距离为两倍的管直径。Ⅰ级排气和Ⅱ级吸气温度在中间冷却器进、出气口处测量。
- 3.1.12 对于拆除吸气滤清器、吸气接管及消声器的空压机,在吸气口高度处至少设置两只温度计,在距吸气口一个当量直径处测量空压机吸气温度,同时应避免各种冷、热气流或热辐射的影响。
- 3.1.13 温度计感温部位应直接插入流体,必要时可采用温度计套。套管壁要薄,套管材料为钢,套管内应充以油或其他适当液体。
- 3.1.14 温度计感温部位或套管应垂直插入流体,若流体管直径较小时,可逆流斜插,插入流体深度至少为 1/3 管直径。测温点处流体的平均流速不应大于 30 m/s,读数时不应拔出温度计。
- 3.1.15 空压机吸入空气的湿度测量位置应在离空压机吸气口的最近处,否则应将所测得的湿度换算为空压机吸气状态的值。

3.2 测试参数及仪表精度要求

3.2.1 压 力

测量参数、测点数量和仪表精度应符合表 2 的规定。

表 2 测量参数、测点数量和仪表精度

测量参数	测点数	测压仪表精度等级
储气罐压力	1 个	1.6
Ⅰ级排气、Ⅱ级吸气压力	各 1 个	0.4
空压机吸气、排气压力	各 2 个	0.4
润滑油压力	1 个	2.0
大气压力	1 个	0.1

3.2.2 温 度

气体和液体的温度宜采用 A 级铂电阻温度计测量,其测量部位和测点数应符合图 1、表 3 的规定。

表 3 温度测量位置和测点数量

测温位置	测点数量
各级吸气、排气温度,喷嘴前温度	各 2 个
润滑油温、储气罐温度、环境温度	各 1 个

3.2.3 湿 度

- 3.2.3.1 空气湿度应用相对偏差在 $\pm 3\%$ 以内或更高精度的通风干湿表(阿斯曼湿度计)或其他同等精度的仪器测量。
- 3.2.3.2 空压机吸入空气的湿度按湿度计读数确定,空压机各级和流量测量装置中的空气湿度应按所测得的冷凝水量决定。
- 3.2.3.3 考虑到空气湿度对空压机性能的影响,每一工况试验后应收集低压箱、储气罐、油水分离器、冷却器等处空气的冷凝水,分别测出单位时间内各级的冷凝水量。如果冷凝水中含油,应分离出油后

再称量。

3.2.4 转 速

空压机转速应用转速计、光电测速仪或其他仪器测量,测量的相对误差应在 $\pm 0.2\%$ 以内。

3.2.5 功 率

3.2.5.1 空压机轴功率用下列方法之一测定:

- a) 采用扭矩转速仪或测功机直接测定空压机轴的输入扭矩和转速,仪器相对误差应在 $\pm 1\%$ 以内;
- b) 用校正过的直流电动机法测定电动机输出功率,然后乘以传动效率;
- c) 用损耗分析法间接测定电动机输出功率,然后乘以传动效率;
- d) 测量电动机的输入电功率再乘以电动机效率,而电动机效率则可从经认证校验过的电动机获得。

以 a) 为仲裁方法。

3.2.5.2 电动机输入功率应在电动机入线端测量,三相交流电动机用二瓦特计法或三瓦特计法,直流电动机用电压——电流表法测量。仪表精度不应低于表 4 的规定。

表 4 测量仪表精度

名 称	精度等级	说 明
电流表	0.5	试验时仪表的指示值应在全量程的 1/3 以上(用二瓦特计法测量三相功率时可以例外,但其指示的电流、电压值不应低于瓦特表额定电流电压值的 60%)
电压表	0.5	
瓦特表	0.5	
互感器	0.2	

3.2.5.3 计算电动机输出功率时,按 GB/T 1311、GB/T 1029 和 GB/T 1032 的有关规定。

3.2.5.4 当原动机与空压机直联时,其传动效率取为 1。当原动机与空压机非直联时,其传动效率按如下规定选取:

- a) 精密齿轮传动(每一级),传动效率 0.98;
- b) 皮带传动,传动效率 0.97。

3.2.6 噪 声

应使用 1 级声级计。

3.2.7 机械振动烈度

仪器相对偏差应在 $\pm 5\%$ 以内。

3.2.8 压缩空气质量等级

红外分光光度计、气相色谱仪相对偏差应在 $\pm 1\%$ 以内,颗粒计数器相对偏差应在 $\pm 10\%$ 以内。

3.2.9 重 量

应使用不低于Ⅲ级的称重仪。

3.2.10 接地电阻

应使用 3 级以上接地电阻测试仪。

3.2.11 绝缘电阻

应使用 5 级以上 500 V 兆欧表。

4 检验方法

4.1 外观检查

4.1.1 目视检查空压机的气路和油路系统连接是否可靠、有无泄漏。

4.1.2 目视检查空压机的喷涂表面是否平坦光滑、色泽一致。

4.1.3 目视检查空压机外表面的质量。

4.2 容积流量试验

启动空压机,调节排气压力至额定工作压力,稳定运转 30 min 后,测量功率、转速、温度、压力、湿度等参数,计算容积流量。

4.3 温度试验

4.3.1 在性能试验时,测量润滑油温度、吸气温度、排气温度,按技术条件规定的限值判定润滑油温度、排气温度是否超限。

4.3.2 螺杆空压机温度保护试验时,堵塞冷却器出风口,模拟润滑油温度升高,记录温度保护动作发生时的润滑油温度。

4.4 压缩空气品质等级试验

启动空压机,调节排气压力至额定工作压力,稳定运转 2 h 后,按 ISO 8573-2:2007 进行含油量测试;按 ISO 8573-4:2001 进行固体颗粒含量测试。

4.5 噪声测量

噪声测量按 GB/T 4980—2003 的规定进行。

4.6 压力卸载试验

螺杆空气压缩机在额定工作压力稳定运转,停机同时开始计时,记录机体内的压力降至 300 kPa 时所用的时间。

4.7 高温性能试验

根据产品技术要求,选择如下方法之一进行试验:

- a) 将空压机放置在温度为 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的试验环境下,待空压机润滑油温达到 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,启动空压机并在额定工作压力下持续运行 1 h。检查并记录空压机的工作状态。
- b) 将空压机放置在温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的试验环境下,待空压机润滑油温达到 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,启动空压机并在额定工作压力下持续运行 1 h。检查并记录空压机的工作状态。

4.8 低温启动试验

根据产品技术要求,选择如下方法之一进行试验:

- a) 将空压机放入低温试验箱,将温度设定为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。待空压机润滑油温达到 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,一次性正常启动空压机(有加热装置时,先启动空压机润滑油预加热装置进行加热)。在额定工作压力下持续运行 30 min,检查并记录空压机的工作状态。
- b) 将空压机放入低温试验箱,将温度设定为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。待空压机润滑油温达到 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,一次性正常启动空压机。在额定工作压力下持续运行 30 min,检查并记录空压机的工作状态。

4.9 空压机润滑油消耗量试验

空压机润滑油消耗量测量应按附录 B 的规定,在 500 h 运行试验中进行。

4.10 机械振动烈度试验

机械振动烈度测量应按 GB/T 7777—2003 的规定进行。

4.11 500 h 运行试验

4.11.1 启动空压机,调节排气压力至额定工作压力,延续运行 500 h。期间允许因添加润滑油、处理试验设备故障原因而暂停试验,但不得超过 5 次,每次不能超过 2 h。试验期间被试空压机不允许更换零部件。

4.11.2 在试验的开始 2 h 后进行一次性能测试。

4.11.3 按附录 B 的规定测量润滑油消耗量。

4.12 500 h 后性能试验

500 h 运行试验结束时,马上进行性能试验,测量计算空压机转速、排气压力、容积流量、油温、排气温度、功率、噪声、机械振动烈度等性能指标。

4.13 冲击与振动试验

4.13.1 冲击与振动试验应按 GB/T 21563—2008 中的 1 类 A 级的规定进行,空压机应模拟在机车、动车组上的安装方式并固定在振动冲击试验台上。试验后检查空压机有无变形、裂纹、渗漏、螺栓松动等现象。

4.13.2 冲击与振动试验后再按 4.2 的规定进行性能试验。

4.14 接地试验

用接地电阻测试仪进行测试,测试空压机电机可触及金属外壳与接地点的接地电阻值。

4.15 绝缘试验

用 500 V 兆欧表在空压机各电路及组件与接地端之间测量绝缘电阻。

4.16 启停机试验

4.16.1 根据供需双方约定的压力设定空压机的启、停机压力值。

4.16.2 启停频次为 30 次/h,持续时间 8 h,每小时记录一次启、停机压力值。

4.16.3 目视及使用肥皂水或其他检漏剂检查管接头处是否泄漏,记录空压机工作状态。

4.17 超负荷试验

启动空压机,调节排气压力至 110% 额定工作压力,连续运行 4 h,检查有无零部件损坏、漏气、漏油现象。

4.18 泄漏试验

在额定工作压力下,待空压机运行达到热平衡,即运行超过 30 min,且润滑油温度波动不超过 3 ℃。使用肥皂水或其他检漏剂对各管接头处等进行泄漏检查。

4.19 重量检测

空压机的整机重量可采用直接称重法,也可采用各部件单独称重后累加进行重量检测。

4.20 清洁度

清洁度测量按附录 A 的规定进行。

5 试验数据计算

5.1 选择试验参数

检查全部记录,各参数的读数符合 3.1.5 a) 规定后,以每一工况试验期间各读数的平均值用于计算。若同一参数有两个测量点,每次取其读数的平均值为测定值。

5.2 计算标准吸气温度

5.2.1 按比例(直线式)内插值或外插值求出标准吸气温度(T_{x1}),用于计算空压机在规定工况下的性能。

5.2.2 计算风冷式两级空压机的标准吸气温度,按公式(1)。

$$(T_{x1}) = \frac{[T_{x1}]}{[p_{x1}]} p_{x1} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

T_{x1} ——空压机 I 级吸气温度,单位为开(K);

p_{x1} ——空压机 I 级吸气压力,单位为兆帕(MPa)。

注:加“()”表示标准参数;加“[]”表示规定工况下的相应参数。

5.2.3 计算风冷式单级和没有中间冷却的两级空压机的标准吸气温度,按公式(2)。

$$(T_{x1}) = [T_{x1}] \quad \dots\dots\dots(2)$$

5.3 计算规定工况下的容积流量

5.3.1 计算未计及冷凝水的空压机容积流量,按公式(3)(用 ASME 喷嘴测量装置时)。

$$Q_0 = 1\,129 C d^2 \frac{T_{x1}}{p_{x1}} \left(\frac{\Delta p \cdot p_b}{T_1} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

若空压机吸气压力等于试验处大气压力时,按公式(4)计算。

$$Q_0 = 1\,129 C d^2 T_{x1} \left(\frac{\Delta p}{T_1 p_b} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

Q_0 ——未计及冷凝水的空压机容积流量,单位为立方米每分(m^3/min);

C ——喷嘴系数,按附录 C 图 C.1 的规定从表 C.1 中选取;

d ——喷嘴直径,单位为米(m);

T_{x1} ——空压机 I 级吸气温度,单位为开(K);

p_{x1} ——空压机 I 级吸气压力,单位为帕(Pa);

Δp ——喷嘴压差,单位为帕(Pa);

T_1 ——喷嘴上游气体温度,单位为开(K);

p_b ——试验处大气压力,单位为帕(Pa)。

5.3.2 计入冷凝水的空压机容积流量计算,按公式(5):

$$Q_1 = Q_0 + \frac{q_{\text{mcd}}}{\rho_{\text{vs1}}} \cdot \frac{p_{\text{vs1}}}{p_{x1}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

Q_1 ——计入冷凝水的空压机容积流量,单位为立方米每分(m^3/min);

p_{vs1} ——I 级吸气温度下的饱和水蒸气压力,单位为兆帕(MPa);

ρ_{vs1} ——I 级吸气温度下的饱和水蒸气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

q_{mcd} ——空压机吸气口与喷嘴间收集到的单位时间内的冷凝水质量,单位为千克每分钟(kg/min)。

5.3.3 当空压机试验时的转速与规定转速不同时,计算转速修正后的容积流量,按公式(6)。

$$[Q] = Q_1 \frac{[n]}{n} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$[Q]$ ——规定工况下空压机容积流量,单位为立方米每分(m^3/min);

n ——空压机试验时的转速,单位为转每分钟(r/min)。

5.4 计算规定工况下的空压机轴功率

5.4.1 计算实测轴功率的方法:

a) 直接测定空压机轴输入扭矩和转速时,计算轴功率按公式(7):

$$P_z = \frac{M_r n}{9\,549} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

P_z ——空压机轴功率,单位为千瓦(kW);

M_r ——空压机轴输入的平均扭矩,单位为牛米($\text{N} \cdot \text{m}$)。

b) 由电动机输出功率计算轴功率时,按公式(8):

$$P_z = P_{d2} \cdot \eta_c \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

P_{d2} ——电动机输出功率,单位为千瓦(kW);

η_c ——电动机轴与空压机轴间的传动效率。

5.4.2 计算规定工况下轴功率的方法:

规定工况下空压机计算轴功率,按公式(9):

$$[P_z] = \frac{[P_{s1}] + [P_{s2}]}{P_{s1} + P_{s2}} \cdot P_z \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

P_s ——级等熵功率,右下角标数字表示级别,单位为千瓦(kW)。

5.4.3 计算级等熵功率的方法:

a) 各级气体质量流量的计算按公式(10):

$$q_{mi} = Q_0 \rho_p + q_{med,i} \quad \dots\dots\dots(10)$$

当规定工况与 TB/T 2710.1 和 TB/T 2710.2 的标准工况一致时,按公式(11):

$$[q_{mi}] = [Q][\rho_p] \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

q_{mi} ——第 i 级的气体质量流量,单位为千克每分钟(kg/min);

$q_{med,i}$ ——第 i 级的吸气口之后实测的单位时间的冷凝水质量,单位为千克每分(kg/min);

ρ_p ——通过喷嘴气体换算到空压机吸气状态下的密度,单位为千克每立方米(kg/m³)。

密度 ρ_p 按公式(12)、公式(13)计算:

$$\rho_p = \frac{10^6 p_{x1}}{RT_{x1}} \left[1 - \left(1 - \frac{18}{M} \right) \frac{\varphi_p p_{vs1}}{p_{x1}} \right] \quad \dots\dots\dots(12)$$

当规定工况与 TB/T 2710.1 和 TB/T 2710.2 的标准工况一致时,按公式(13):

$$[\rho_p] = \frac{10^6 [p_{x1}]}{R [T_{x1}]} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

R ——干空气的气体常数,单位为焦每千克开[J/(kg·K)], $R = 287.1$ J/(kg·K);

M ——干空气分子量, $M = 28.96$;

φ_p ——通过喷嘴气体换算到空压机吸气状态下的相对蒸气压。

b) 规定工况下各级参数的计算:

规定工况下各级参数应按公式(14)~公式(18)计算:

$$[T_{s2}] = \frac{T_{s2} \lambda_{s1}}{T_{x1}} [T_{x1}] \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$[p_{p1}] = \frac{p_{p1}}{p_{x1}} [p_{x1}] \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$[p_{s2}] = \frac{p_{s2}}{p_{x1}} [p_{x1}] \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$[T_{p1}] = \frac{T_{p1}}{T_{x1}} [T_{x1}] \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$[T_{p2}] = \frac{T_{p2}}{T_{s2}} [T_{s2}] \quad \dots\dots\dots(18)$$

其中 λ_{s1} 为空压机没有后冷却器时的 I 级凝水系数,按公式(24)计算。

c) 级等熵功率的计算:

空压机级等熵功率应按公式(19)、公式(20)计算:

$$P_{si} = 1.666 \times 10^{-5} q_{mi} \frac{\kappa}{\kappa - 1} R_i T_{xi} \left[\left(\frac{p_{pi}}{p_{xi}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$[P_{si}] = 1.666 \times 10^{-5} [q_{mi}] \frac{\kappa}{\kappa - 1} R_i [T_{xi}] \left[\left(\frac{[p_{pi}]}{[p_{xi}]} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中:

P_{si} ——第 i 级的等熵功率,单位为千瓦(kW);

κ ——级平均温度和平均压力下的等熵指数,对于空气 $\kappa = 1.40$;

R_i ——第 i 级吸气状态的气体常数,单位为焦每千克开[J/(kg·K)],湿空气可按公式(21)计算。

$$R_i = \frac{287.1}{1 - 0.378 \varphi_{xi} \frac{p_{vsi}}{p_{xi}}} \quad \dots\dots\dots(21)$$

式中:

φ_{xi} ——第 i 级吸气的相对蒸气压;

p_{vsi} ——第 i 级吸气温度下的饱和水蒸气压力,单位为兆帕(MPa);

p_{xi} ——第 i 级吸气压力,单位为兆帕(MPa)。

5.5 计算最大冷凝水量

若试验时所测得的空压机单位时间内冷凝水量大于按公式(22)计算的最大值时,则应查明原因,重新测试。

$$(q_{mcd})_{\max} = \frac{1 - \lambda_s}{\lambda_s p_{vsl}} \rho_{vsl} p_{x1} Q_0 \quad \dots\dots\dots(22)$$

其中 λ_s 为空压机凝水系数,按公式(23)计算:

$$\lambda_s = \frac{p_{x1} - \varphi_{x1} p_{vs1}}{p_{p2} - p_{vs3}} \cdot \frac{p_{p2}}{p_{x1}} \quad \dots\dots\dots(23)$$

当计算出的凝水系数数值 λ_s 大于 1 时,应取值为 1。

如果没有后冷却器,则 λ_s 按公式(24)计算:

$$\lambda_s = \frac{p_{x1} - \varphi_{x1} p_{vs1}}{p_{x2} - p_{vs2}} \cdot \frac{p_{x2}}{p_{x1}} \quad \dots\dots\dots(24)$$

式中:

p_x ——级吸气压力,右下角标数字表示级别,单位为兆帕(MPa);

p_p ——级排气压力,右下角标数字表示级别,单位为兆帕(MPa);

p_{vs1} ——I 级吸气温度下的饱和水蒸气压力,单位为兆帕(MPa);

p_{vs2} ——II 级吸气温度下的饱和水蒸气压力,单位为兆帕(MPa);

p_{vs3} ——后冷却器出口气体温度下的饱和水蒸气压力,单位为兆帕(MPa);

φ_{x1} ——空压机吸入空气相对蒸气压;

Q_0 ——流经测量喷嘴的空压机容积流量,单位为立方米每分(m^3/min);

ρ_{vs1} ——I 级吸气温度下的饱和水蒸气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

$(q_{mcd})_{\max}$ ——按吸气湿度计算得到的空压机单位时间的最大冷凝水量,单位为千克每分(kg/min)。

5.6 计算不确定度

按 GB/T 15487 的规定进行。

附录 A

(规范性附录)

清洁度测试方法

A.1 测量环境

清洁度检测应在清洁度检测室内进行,清洁度检测室 24 h 降尘量不超过 60 mg/m^2 ,通风良好,有可靠的安全设施。

A.2 测量器具及清洗液

A.2.1 测量器具

测量器具包括:

- a) 专用冲洗瓶、喷液枪、尼龙扁刷、带盖的洁净容器、镊子、烧杯;
- b) 感量为万分之一克的分析天平、电热恒温干燥箱、称量瓶($\phi 70 \text{ mm}$)、干燥器、抽滤瓶、真空泵(抽气速率 0.5 L/s);
- c) 砂芯过滤装置;
- d) 过滤元件,采用工业用金属丝编织方孔滤网,网孔基本尺寸为 0.040 mm (符合 GB/T 5330—2003 附录 A,相当于 390.77 目/英寸);直径为 $55 \text{ mm} \sim 60 \text{ mm}$ 的滤网两个。

A.2.2 清洗液

清洗液和稀释液应符合 GB 1922—2006 规定的 2 号溶剂油,使用前先用过滤孔径为 0.005 mm 的专用白色微孔滤膜过滤干净。

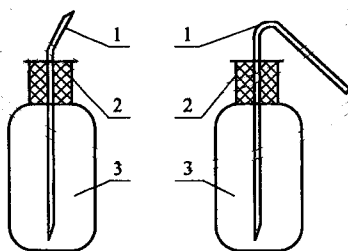
A.3 活塞空压机清洁度的取样与检测方法

A.3.1 润滑油及杂质的取样

A.3.1.1 空压机在额定工况下运转至少 1 h,停机后立即抽取。

A.3.1.2 打开油堵,待空压机内润滑油流出 $2/5$ 后,用烧杯收取 500 mL 备用(空压机作型式试验后,须抽取全部润滑油作清洁度检测)。

A.3.1.3 排尽箱体内剩余压缩机油,拆卸箱体堵盖,在转动曲轴的同时用冲洗瓶(图 A.1)或喷液枪冲洗箱体腔、曲轴、连杆、轴承、滤网等零部件,并用尼龙扁刷反复刷洗,收集所有带杂质的清洗液于清洁的容器中备用。在冲洗和刷洗时,注意防止将带有杂质的清洗液飞溅到容器外面。



1——玻璃喷管;2——橡胶塞;3——塑料瓶。

图 A.1 冲洗瓶示意图

A.3.2 润滑油与带杂质的清洗液的过滤与称重

A.3.2.1 滤网的恒重处理:用清洗液分别清洗滤网两个,然后用镊子夹住滤网放入称量瓶中(每瓶一个),半开盖将滤网连同称量瓶放进已升温为 $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的电热恒温干燥箱内,保温 60 min 后取出,盖严称量瓶盖将其置于干燥器中冷却 30 min ,在分析天平上称重,并记下其重量,重复此过程,直到同

一滤网前后相邻两次称重的差值小于或等于 0.4 mg 为止。所得重量分别为 G_1 、 G_2 。

A. 3. 2. 2 将砂芯过滤装置中的玻璃砂芯片, 换为经 A. 3. 2. 1 恒重处理的滤网用镊子夹住紧贴在垫圈上, 再用不锈钢夹夹住垫圈的对接处, 放在抽滤装置上(图 A. 2), 接真空泵。

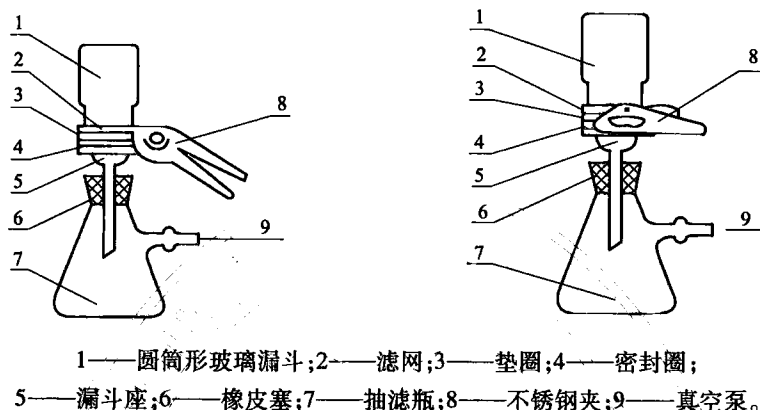


图 A. 2 抽滤装置示意图

A. 3. 2. 3 将按 A. 3. 1. 2 收集到的润滑油用稀释液稀释到适当程度, 开启真空泵, 慢慢将已稀释的润滑油倒入经恒重处理后质量为 G_1 的滤网中进行真空抽滤, 并反复冲洗烧杯两遍, 将清洗液一并倒入滤网进行过滤。待溶剂油挥发后, 将滤网连同杂质一起放入原称量瓶按 A. 3. 2. 1 要求进行恒重处理, 所得质量为 G'_1 。

A. 3. 2. 4 将按 A. 3. 1. 3 收集到的带杂质的清洗液倒入经恒重处理后质量为 G_2 的滤网中进行真空抽滤, 并用清洗液反复冲洗该容器两遍, 将清洗液倒入滤网进行过滤。待溶剂油挥发后, 将滤网连同杂质一起放入原称量瓶按 A. 3. 2. 1 要求进行恒重处理, 所得质量为 G'_2 。

A. 3. 3 清洁度的计算

清洁度的计算按公式(A. 1)。

$$G = (G'_1 - G_1) \times W/500 + (G'_2 - G_2) \quad \dots\dots\dots(A. 1)$$

式中:

G ——清洁度值, 单位为毫克(mg);

G_1 、 G_2 ——滤网过滤前的质量, 单位为毫克(mg);

G'_1 、 G'_2 ——滤网与杂质质量之和, 单位为毫克(mg);

W ——空压机油总量, 单位为毫升(mL)。

注 1: W ——实际空压机油总量。

注 2: 型式检验时, 清洁度计算公式中 $W/500$ 应取消, G'_1 为滤网与全部空压机油中杂质质量之和。

附 录 B
(规范性附录)

空压机润滑油消耗量测量方法

B.1 测量仪器

测量仪器包括:

- a) 秒表;
- b) 0℃~100℃的棒式温度计或其他温度计,分格值不大于1℃;
- c) 量程为10 kg的案秤,分格值不大于10 g。

B.2 测量方法

B.2.1 试验工况与测量

B.2.1.1 空压机润滑油重量的称量采用称重法。

B.2.1.2 空压机在额定工况下运行至少40 min后,在自然的停车位置放出机体(包括注油器油箱)中的润滑油,放油时间不应少于30 min,并记录放油时的油温度、环境温度和放油时间,称量后注回并记录。

B.2.1.3 空压机在额定工况下连续运行至少48 h。运行中空压机润滑油油面不应低于最低油位,否则可适量添加润滑油。记录添加润滑油的重量和空压机运行时间。

B.2.1.4 空压机应在油温度和环境温度与B.2.1.2相同或相近的条件下停机放油,并在与B.2.1.2相同的放油时间后称量放出油的重量。

B.2.1.5 试验前后两次测温及称重应使用同一量具。

B.2.2 试验结果计算

B.2.2.1 前后两次称量的质量差加上运行中添加的润滑油重量,即为空压机润滑油总消耗量。

B.2.2.2 该值除以两次放油之间的运行时间,则为该空压机的润滑油消耗量,按公式B.1计算。

$$W_0 = \frac{W_1 - W_2 + \sum W_i}{t} \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

W_0 ——空压机润滑油消耗量,单位为克每时(g/h);

W_1 ——第1次放油后称量油的质量,单位为克(g);

W_2 ——第2次放油后称量油的质量,单位为克(g);

$\sum W_i$ ——空压机运行中添加的润滑油量之和,单位为克(g);

t ——两次放油之间空压机运行的时间,单位为时(h)。

附录 C
(规范性附录)

喷嘴系数特性图和喷嘴系数表

喷嘴系数特性图见图 C. 1, 喷嘴系数见表 C. 1。

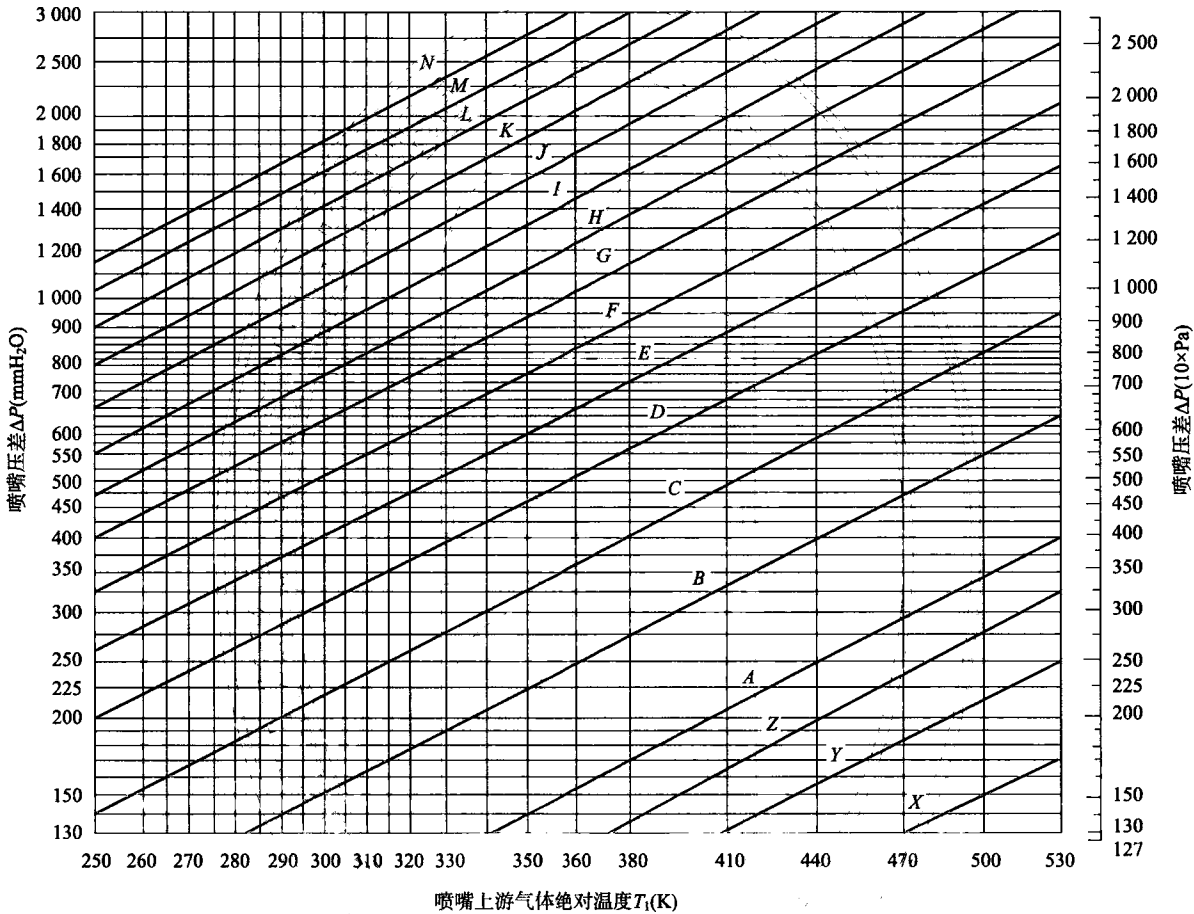


图 C. 1 喷嘴系数特性图

表 C. 1 喷嘴系数

特性线	喷嘴直径 mm								
	3. 18	4. 76	6. 35	9. 52	12. 70	19. 05	25. 40	34. 92	50. 80
A	0. 938	0. 946	0. 951	0. 957	0. 963	0. 968	0. 973	0. 977	0. 982
B	0. 942	0. 948	0. 955	0. 960	0. 965	0. 971	0. 975	0. 979	0. 984
C	0. 944	0. 952	0. 959	0. 964	0. 968	0. 974	0. 978	0. 981	0. 986
D	0. 947	0. 954	0. 961	0. 966	0. 970	0. 976	0. 980	0. 983	0. 988
E	0. 950	0. 957	0. 963	0. 968	0. 972	0. 977	0. 982	0. 985	0. 990
F	0. 953	0. 958	0. 964	0. 969	0. 973	0. 978	0. 983	0. 986	0. 991

表 C.1 喷嘴系数(续)

特性线	喷嘴直径 mm								
	3.18	4.76	6.35	9.52	12.70	19.05	25.40	34.92	50.80
<i>G</i>	0.956	0.960	0.966	0.970	0.974	0.979	0.984	0.988	0.992
<i>H</i>	0.958	0.962	0.967	0.972	0.976	0.980	0.985		0.993
<i>I</i>	0.959	0.964	0.968	0.974	0.978	0.982	0.986	0.989	0.994
<i>J</i>	0.960	0.965	0.970	0.975	0.979	0.983	0.987	0.990	
<i>K</i>	0.961	0.966	0.971	0.976	0.980	0.984	0.988	0.991	
<i>L</i>	0.962	0.967	0.972	0.977	0.981	0.985	0.989	0.992	0.995
<i>M</i>	0.963	0.968	0.973	0.978	0.982	0.986	0.990	0.993	
<i>N</i>	0.964	0.969	0.974	0.979	0.983	0.987	0.991	0.994	

中 华 人 民 共 和 国

铁道行业标准

机车、动车组用空气压缩机组试验方法

Test method for air compressor set on locomotive and EMU/DMU

TB/T 2711—2015

*

中国铁道出版社出版、发行

(100054,北京市西城区右安门西街8号)

读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174

中煤涿州制图印刷厂北京分厂印刷

版权专有 侵权必究

*

开本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张:1.25 字数:29 千字

2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷

*



151134459

定 价: 12.50 元