

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2709—2007

代替 TB/T 2709—1996、TB/T 1733—1986

内燃机车用冷却风扇

Cooling fan for locomotive

2007-04-23 发布

2007-10-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

前 言

本标准代替 TB/T 2709—1996《内燃机车冷却风扇技术条件》和 TB/T 1733—1986《内燃机车冷却风扇性能试验方法》两项标准。

本标准与 TB/T 2709—1996 相比,主要内容变化如下:

- 增加轴套锥形孔尺寸的规定(见 3.9);
- 将原标准 3.8.1“叶片外表面与样板间隙不大于 1 mm……”,修改为本标准 3.7(f)“叶片表面与样板间隙:风扇叶片胎模压(拉)制成形的叶片表面与样板间隙不应大于 1 mm;整体铸铝风扇叶片表面与样板间隙不应大于叶片宽度 1%,距叶片根部 50 mm 内不做样板间隙检查”;
- 将原标准 3.10 中“……平衡块总质量不大于 400 g”,修改为本标准 4.2.1b)“风扇许用不平衡量应符合 GB/T 9239—1988 中 G.6.3 级的规定,加配平衡块总重量不应大于 200 g”;
- 增加了冷却风扇做静平衡试验时,在“……左侧、左侧上 45°、右侧上 45°、右侧 4 个位置都应平衡静止”的要求[见 4.2.1c)];
- 增加了冷却风扇叶片和轴套的探伤检查要求(见 3.11);
- 删除了原标准 3.4.5“铸铝风扇需进行人工时效,以清除铸造内应力和提高材质的机械性能”的规定;
- 删除了原标准 3.9“叶片尖部与风筒间隙 ϵ 应不大于叶片长度的 2%”的规定;
- 删除了原标准第 6 章“保用期”的规定;
- 将 TB/T 1733—1986 中有关冷却风扇性能试验方法中的主要内容纳入到本标准中(见第 4 章)。

本标准附录 A 为规范性附录;附录 B 为资料性附录。

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。

本标准由中国北车集团大连机车研究所主要负责起草,中国南车集团戚墅堰机车车辆厂参与起草。

本标准主要起草人:张福良、庞学博、张少元。

本标准所代替标准的历次版本发布情况:

- TB/T 2709—1996;
- TB/T 1733—1986。

内燃机车用冷却风扇

1 范 围

本标准规定了内燃机车用轴流式冷却风扇(以下简称冷却风扇)的技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等要求。

本标准适用于内燃机车用新造冷却风扇。内燃动车及发电机组用新造冷却风扇也可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 191—2000 包装储运图示标志(eqv ISO 780:1997)

GB/T 699—1999 优质碳素结构钢

GB/T 700—2006 碳素结构钢

GB/T 1173—1995 铸造铝合金(neq ISO 4381:1981)

GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 9239—1988 刚性转子平衡品质 许用不平衡的确定(eqv ISO 1940-1:1986)

JB/T 6445—1992 通风机 叶轮超速试验

3 技术要求

3.1 冷却风扇应按照规定程序批准的产品图样及技术文件制造,并符合本标准的规定。

3.2 同型号的冷却风扇(气动性能及外形尺寸相同)应具有互换性。

3.3 冷却风扇可采用整体式结构(焊接或整体铸造),也可采用装配式结构。

3.4 冷却风扇各部分名称及定义见图1。

3.5 冷却风扇材料应采用碳素钢或铸铝材料。碳素钢材料应选用 Q235-B、10,材料性能应符合 GB/T 700—2006 和 GB/T 699—1999 的规定;铸铝材料应选用 ZAlSi7Mg、ZAlSi9Mg、ZAlCu5Mn,材料性能应符合 GB/T 1173—1995 的规定;也可采用产品图样中规定的力学性能相当的其他材料。焊接材料应与母材相适应,焊缝力学性能应不低于母材性能。

3.6 冷却风扇空气流量、功率和空气全压三项主要技术性能指标应符合产品图样或冷却系统技术文件的要求。

风扇空气全压应按下式进行计算:

$$H = K \cdot H_s + H_b + H_d$$

式中:

H ——风扇空气全压(冷却系统设计全压),单位为帕(Pa);

H_s ——散热器压力损失,单位为帕(Pa);

K ——冷却腔道(含机车侧百叶窗、防尘网及散热器前后空间)压力损失系数;

H_b ——机车顶百叶窗或车顶安全网压力损失,单位为帕(Pa);

H_d ——出口气流轴向动压,单位为帕(Pa)。

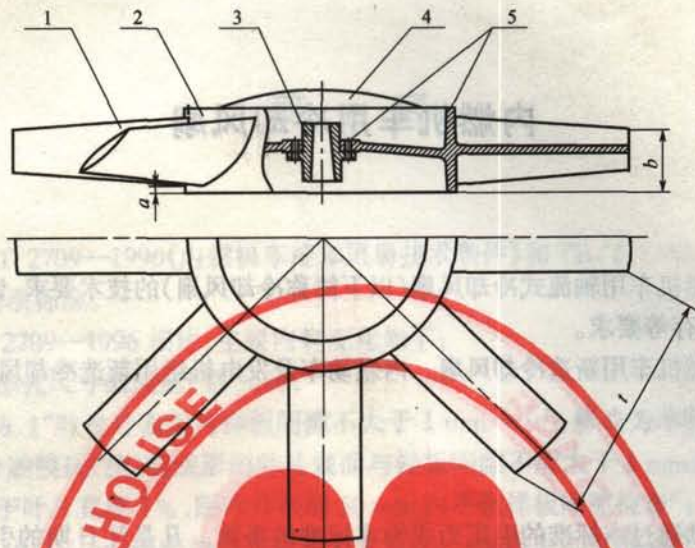


图 1 冷却风扇结构示意图

- 1—叶片；
- 2—轮毂；
- 3—轴套；
- 4—整流罩；
- 5—紧固件；
- a —叶片根部高度；
- b —叶片尖部高度；
- t —叶片节距。

3.7 外形尺寸偏差要求：

- a) 叶片尖部径向跳动量不大于 1.5 mm；
- b) 叶片节距 t 偏差不大于 10 mm；
- c) 叶片根部高度 a 偏差不大于 3 mm；
- d) 叶片尖部高度 b 偏差不大于 10 mm；
- e) 叶片安装角度偏差不大于 $\pm 30^\circ$ ；
- f) 叶片表面与样板间隙：风扇叶片胎模压(拉)制成形的叶片表面与样板间隙不应大于 1 mm；整体铸铝风扇叶片表面与样板间隙不应大于叶片宽度 1%，距叶片根部 50 mm 内不做样板间隙检查。

3.8 表面粗糙度要求

- a) 叶片表面粗糙度 R_a 的上限值为 50 μm ；
- b) 轴套配合表面粗糙度 R_a 的上限值为 3.2 μm 。

3.9 冷却风扇轴套锥形孔尺寸见图2。平键尺寸为 12 mm×8 mm。

单位为毫米

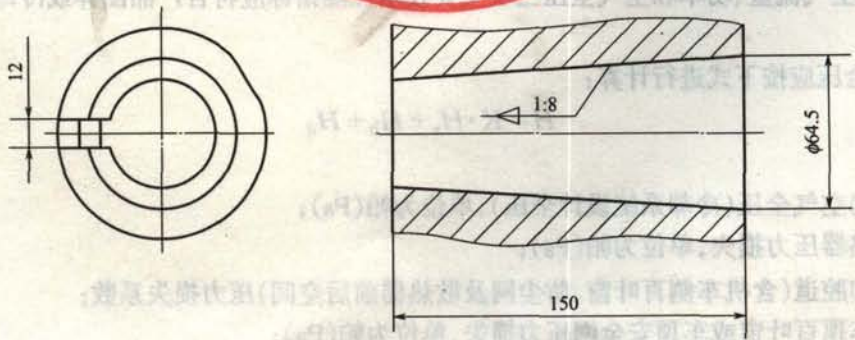


图 2 轴套锥形孔结构示意图

- 3.10 轴套锥形孔与塞规贴合面积不应小于75%。
- 3.11 冷却风扇叶片根部(正反面)、焊缝和轴套应做探伤检查。若采用磁粉探伤,应进行退磁处理,剩磁 $Br \leq 3 \times 10^{-4} T$ 。

4 试验方法和检验规则

4.1 型式试验

4.1.1 试验总则

4.1.1.1 基本要求

- 4.1.1.1.1 提交试验的冷却风扇应符合产品设计图样、技术文件和第3章的要求。
- 4.1.1.1.2 测量仪器仪表的准确度等级应为一级,试验测量用的各种仪器仪表均应按期进行计量检定。

4.1.1.2 试验范围

属于下列情况之一者应进行型式试验:

- 新产品试制或鉴定;
- 产品异地生产;
- 产品停产2年及以上恢复生产;
- 当改变产品的设计、工艺、材料而对产品的性能和可靠性有较大影响时;
- 连续生产3年或累计生产500个;
- 用户要求。

4.1.1.3 试验项目

型式试验包括超速试验和气动性能试验。

注:供需双方对型式试验项目有特殊约定时,应按双方协议执行。

4.1.1.4 抽样

- 4.1.1.4.1 按4.1.1.2规定的试验范围对冷却风扇产品进行型式试验时,抽样数量不应少于两件。
- 4.1.1.4.2 批量生产后的冷却风扇产品,应按GB/T 2829—2002规定抽样,并进行风扇超速试验。一次抽取数量不应少于两件。

4.1.2 超速试验

4.1.2.1 试验方法

超速试验的转速为风扇额定工作转速的1.15倍,持续时间应不少于15 min。

4.1.2.2 检验规则

超速试验后,风扇直径变形量应符合JB/T 6445—1992的规定。风扇体不应有裂纹、开焊和螺栓松动等现象。

4.1.3 气动性能试验

4.1.3.1 试验设备

冷却风扇试验台主要组成设备如下:

- 试验台由风洞、风扇安装钢结构、动力系统、测量仪器仪表等组成;
- 风洞由入口集流器、蜂窝器、收缩整流段、测试段、扩散段组成;
- 风扇安装钢结构由钢骨架、风筒、风量调节装置等组成;
- 动力系统由驱动电动机、传动齿轮箱、整流柜等组成。

4.1.3.2 测量用仪器仪表

- 4.1.3.2.1 空气流量测量:用皮托管及补偿式微压计测量。也可用准确度相当的其他仪器测量。
- 4.1.3.2.2 风扇前后空气全压测量:用全压探针及倾斜式排管压力计测量,也可用准确度相当的其他仪器测量。

4.1.3.2.3 大气压力测量:用空盒式大气压力计测量,也可用准确度相当的其他大气压力计测量。

4.1.3.2.4 大气温度、相对湿度测量:用干—湿球温度计测量。

4.1.3.2.5 风扇转速及功率测量:用装在传动轴上的转速转矩传感器及转速转矩仪表测量,也可用准确度相当的其他仪器仪表测量。

4.1.3.3 测试参数

气动性能试验的测试参数见附录 A 表 A.1。

4.1.3.4 试验方法

试验应按以下方法进行:

- 启动驱动电机,使被试验风扇稳定在额定转速之下,将风量调节装置开度置于最大位置,使风量达到最大值。待各测量仪器仪表显示的测试参数均稳定之后,同步采集表 A.1 中的各测量参数,同一试验工况采集数据不应少于 3 次,取参数平均值作为试验值。
- 保持风扇同一转速,调节(关闭)风量调节装置,以改变风量大小。待各测量仪器仪表显示的测试参数均稳定之后,再同步采集表 A.1 中的各测量参数。风量改变次数不应少于 6 次。
- 按表 A.1 中气动性能试验计算表的计算方法计算出风扇的空气全压 H_0 、功率 N_0 、空气全压效率 η 与空气流量 Q_0 的数值,并绘制 $H_0 = f(Q_0)$ 、 $N_0 = f(Q_0)$ 、 $\eta = f(Q_0)$ 的关系曲线。
- 根据需要,可以改变风扇转速,用 4.1.3.4a)~c) 的方法,测量并计算出不同转速下的风扇空气全压 H_0 、功率 N_0 、空气全压效率 η 与空气流量 Q_0 的数值,并绘制出相应的关系曲线。

4.1.3.5 检验规则

按规定试验工况进行的冷却风扇气动性能试验,各项性能试验结果应符合 3.6 的规定。

4.2 出厂检验

4.2.1 静平衡试验

静平衡试验要求如下:

- 静平衡试验台应保持水平,专用静平衡轴应符合图样要求;
- 风扇许用不平衡量应符合 GB/T 9239—1988 中 G.6.3 级的规定,加配平衡块总重量不应大于 200 g;
- 风扇配重后,配重点在左侧、左侧上 45°、右侧上 45°、右侧 4 个位置都应平衡静止(见图 3)。

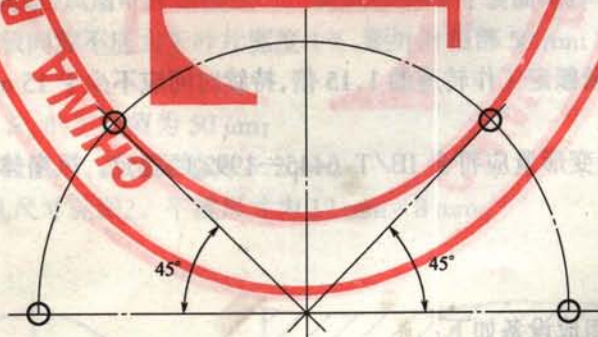


图 3 静平衡点示意图

4.2.2 外观检查

按产品设计图样、技术文件和第 3 章的相关规定,进行外观及安装尺寸检查。

4.2.3 合格证

每个冷却风扇都应有产品合格证,合格证应盖有检验员印章及生产单位印章。

5 标志、包装、运输和贮存

5.1 每个冷却风扇均应在明显位置做出标志,其内容应包括:

- a) 产品型号;
- b) 产品编号;
- c) 生产日期;
- d) 生产厂名称(或商标代号)。

5.2 风扇出厂运输时应采用专用的包装箱,风扇在箱内放置要牢固。

5.3 包装箱内应附有包装者签章的装箱单,装箱单应注明产品名称、型号、数量、产品编号和生产日期。

5.4 包装箱外部应标明

- a) 收货单位及地址;
- b) 生产厂名称及地址;
- c) 产品名称、数量及毛重;
- d) 外形尺寸:长×宽×高;
- e) 按照 GB/T 191—2000 的规定,做出“向上”、“小心轻放”、“怕压”等标志。

5.5 包装箱应能防雨、雪等。

5.6 风扇应存放在通风、干燥和无腐蚀性环境的库房内,自出厂之日起,风扇在包装箱内存放 1 年,不应有变形和裂纹,装配面不得有影响表面粗糙度的锈蚀。



附录 A

(规范性附录)

冷却风扇气动性能试验计算表

表 A.1 冷却风扇气动性能试验计算表

试验编号:

试验日期:

序号	项 目	符号	单位	计 算 公 式	试验状态变化							
					1	2	3	4	5	6	7	8
1	大气压力	B	Pa	测定								
2	干球温度	t	℃	测定								
3	相对湿度	φ	%	测定								
4	饱和水蒸气压力	P_s	Pa	查表								
5	饱和水蒸气密度	ρ_s	kg/m ³	查表								
6	测量段静压	h_{st}	Pa	测定								
7	测量段空气密度	ρ	kg/m ³	$\rho = \frac{1.2 \times (B - h_{st} - \varphi \cdot P_s) \times 293}{101\,325 \times (273 + t)} + \varphi \cdot \rho_s$								
8	测量段动压	h_d	Pa	测定								
9	测量段空气平均流速	w	m/s	$w = \epsilon \sqrt{2h_d/\rho}$ (ϵ —皮托管修正系数)								
10	试验空气流量	Q	m ³ /s	$Q = F \cdot w$ (F —测量段面积, m ²)								
11	风扇后空气全压	H_2	Pa	测定								
12	风扇前空气全压	H_1	Pa	测定								
13	风扇空气全压	H	Pa	$H = H_2 - H_1$								
14	空气有效功率	N_1	kW	$N_1 = Q \cdot H / 1\,000$								
15	电机转速	n_d	r/min	测定								
16	风扇转速	n	r/min	$n = i \cdot n_d = 1.193\,5 n_d$ (i —齿轮箱传动比)								
17	电机轴初始功率	N_c	kW	测定								
18	电机轴输出功率	N_s	kW	测定								
19	传动效率	η_m	%	给定								
20	风扇轴功率	N_2	kW	$N_2 = (N_s - N_c) \cdot \eta_m$								
21	标准 状态	空气流量	Q_0	m ³ /s	$Q_0 = Q \cdot \frac{n_0}{n}$							
22		空气全压	H_0	Pa	$H_0 = H \cdot \frac{\rho_0}{\rho} \cdot \left(\frac{n_0}{n}\right)^2$							
23		风扇功率	N_0	kW	$N_0 = N_2 \cdot \frac{\rho_0}{\rho} \cdot \left(\frac{n_0}{n}\right)^3$							
24		空气全压效率	η	%	$\eta = \frac{N_1}{N_2} \cdot 100$							

附 录 B
(资料性附录)
饱和水蒸气压力及饱和水蒸气密度表

表 B.1 饱和水蒸气压力及饱和水蒸气密度表

温度 (℃)	饱和水蒸气压力 p_s (Pa)	饱和水蒸气密度 ρ_s (kg/m ³)	温度 (℃)	饱和水蒸气压力 p_s (Pa)	饱和水蒸气密度 ρ_s (kg/m ³)
-10	287	0.002 17	26	3 365	0.024 4
-8	334	0.002 56	27	3 560	0.025 8
-6	389.5	0.003 01	28	3 782	0.027 2
-4	452	0.003 54	29	4 000	0.028 7
-2	525	0.004 15	30	4 240	0.030 4
0	610	0.004 84	31	4 490	0.032 0
2	704	0.005 57	32	4 760	0.033 8
4	812	0.006 37	33	5 030	0.035 7
6	931	0.007 26	34	5 330	0.037 6
8	1 070	0.008 28	35	5 620	0.039 6
10	1 226	0.009 41	36	5 950	0.041 8
11	1 312	0.010 03	37	6 282	0.044 0
12	1 400	0.010 67	38	6 630	0.046 3
13	1 500	0.011 38	39	7 010	0.048 8
14	1 600	0.012 05	40	7 380	0.051 2
15	1 705	0.012 83	41	7 800	0.053 8
16	1 825	0.013 66	42	8 200	0.056 5
17	1 930	0.014 49	43	8 650	0.059 5
18	2 070	0.015 36	44	9 120	0.062 5
19	2 196	0.016 29	45	9 600	0.065 5
20	2 334	0.017 3	46	10 100	0.068 5
21	2 490	0.018 3	47	10 600	0.071 9
22	2 650	0.019 4	48	11 190	0.075 8
23	2 815	0.020 6	49	11 770	0.079 4
24	2 990	0.021 5	50	12 180	0.083 2
25	3 180	0.023 0			