

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3157—2007

电力机车主变压器用油冷却器

Heat exchanger for electric locomotive main transformer

2007-08-13 发布

2007-12-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

电力机车主变压器用油冷却器

1 范围

本标准规定了电力机车主变压器用油冷却器的技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等要求。

本标准适用于电力机车主变压器用新造油冷却器。电力动车主变压器用新造油冷却器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 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差(eqv ISO 2768-1:1989)

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分(neq ISO 209:1991)

GB/T 3194—1998 铝及铝合金板、带材的尺寸允许偏差

GB/T 3197 焊条用铝及铝合金线材

GB/T 3198 铝及铝合金箔

GB/T 3317 电力机车通用技术条件

GB/T 3880 铝及铝合金轧制板材

GB/T 4436—1995 铝及铝合金管材外形尺寸及允许偏差

GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第一部分:无缝圆管

GB/T 6892 工业用铝及铝合金热挤压型材

GB/T 10858 铝及铝合金焊丝

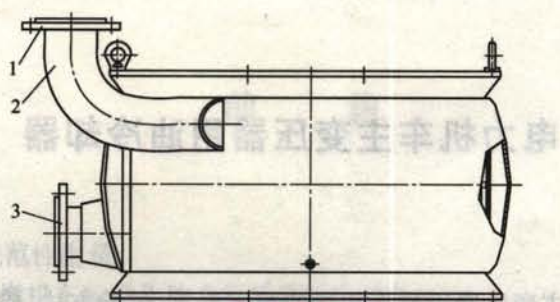
GB/T 13306—1991 标牌

TB/T 3058—2002 铁路应用 机车车辆设备 冲击和振动试验(idt IEC 61373:1999)

YS/T69 钎接用铝合金板

3 结构及总成

电力机车主变压器用油冷却器一般由进出油法兰、进出油管、油室和芯体等零部件组成。其中板翅式冷却器芯体由翅片、封条和隔板等零件组成。油冷却器结构及总成示意图见图1。



- 1——进油法兰;
- 2——进油管;
- 3——出油法兰;
- 4——冷却器芯体;
- 5——出油管;
- 6——油室;
- 7——封条;
- 8——空气翅片;
- 9——隔板;
- 10——油翅片。

图 1 油冷却器结构及总成示意图

4 技术要求

- 4.1 冷却器应按照经规定程序批准的产品图样和技术文件制造,并符合本标准的规定。
- 4.2 同型号的冷却器应具有互换性。
- 4.3 制造冷却器的各种材质和规格,应符合国家标准和有关行业标准;所用材料应具有生产厂的检验报告、合格证等相关证明文件;对相关文件不齐备或订购方对其质量有疑问时,应按相应标准进行复验。
- 4.4 冷却器主要零件用铝材的化学成分和尺寸允许偏差应符合 GB/T 3190 和 GB/T 3194—1998 的规定。带材应符合 GB/T 3198 的规定。双金属板应符合 YS/T 69 的规定,其他板材应符合 GB/T 3880 的规定。管材和型材应符合 GB/T 4437.1、GB/T 4436—1995、GB/T 6892 的规定。焊条用铝及

铝合金线材应符合 GB/T 3197 的规定,焊丝应符合 GB/T 10858 的规定。

4.5 冷却器芯体宜采用板翅式结构。主要零件、部件应满足 4.6 至 4.10 的要求。未注公差尺寸的公差等级,宜按 GB/T 1804—2000 的规定执行。

4.6 成型后的翅片应保持平整,波距应均匀,不应被挤压、拉伸、歪斜和扭曲。

4.7 隔板应符合 YS/T 69 的要求。板面应平整,不应出现弯曲、拱起、小角翘起,不应有无包覆层的白边存在。板面上的局部凹印深度不应超过 0.10 mm。

4.8 封条应符合 GB/T 6892 的要求。切口应去除毛刺,其表面不应有磕、划、碰伤。

4.9 油室内外表面应平整、光滑,不应有影响性能的缺陷。

4.10 冷却器芯体钎焊后,芯体上各钎焊缝应均匀、饱满、平滑,不应有钎料堵塞通道现象;翅片形状应保持完好,不应有烧损、变形、咬边等焊接缺陷。

4.11 在能满足冷却器性能和可靠性要求的前提下,可采用其他新结构或新材料。

4.12 冷却器外表面不应有伤痕、裂纹、变形和焊接缺陷。

4.13 冷却器总成组焊后,应对油腔进行密封性试验(水浸气压试验或油压试验),压力为工作压力的 1.5 倍(或按需方的要求),保压时间不少于 20 min,不应有泄漏现象。试验过程中应避免油腔中进水。试验后应彻底清除外表面积水。

4.14 冷却器密封试验后,应封闭进、出油道,并按产品图样的规定喷涂油漆。

4.15 按 5.1.2 的规定,对冷却器进行性能试验。各种油冷却器性能参数的试验值应满足供需双方的约定值。

4.16 冷却器应能够在 GB/T 3317 中规定的使用环境条件下正常使用。

5 试验方法和检验规则

5.1 型式试验

5.1.1 试验总则

5.1.1.1 基本要求

5.1.1.1.1 提交试验的冷却器应是经质量检验人员检验合格的产品。

5.1.1.1.2 冷却器制造商应向试验单位提供必要的冷却器结构参数和性能参数。

5.1.1.1.3 试验测量用的各种仪器仪表均应按相关标准进行计量检定。

5.1.1.2 试验范围

属于下列情况之一者应进行型式试验:

- a) 新产品鉴定时;
- b) 产品异地生产时;
- c) 产品停产 2 年及以上恢复生产时;
- d) 当改变产品的设计、工艺、材料等对产品性能有较大影响时;
- e) 连续生产 5 年或累计生产 500 台时;
- f) 用户要求时。

5.1.1.3 试验项目

型式试验项目包括性能试验、振动和冲击试验及爆破压力试验(研究性试验)。

注:供需双方对型式试验项目有特殊约定的,按双方协议执行。

5.1.2 性能试验

5.1.2.1 试验设备

5.1.2.1.1 试验装置构成

冷却器性能试验设备为冷却器试验台。为了模拟冷却器的实际运用工况,满足对流体流量和温度调控以及对各有关参数进行测量的需要,冷却器试验台应由空气系统和油系统两部分组成。

5.1.2.1.2 空气系统

空气系统构成:

- 空气系统应由风机组、风洞、风量调节装置、以及测量空气容积流量、温度和压力用的仪器仪表等组成;
- 风洞应由入口段、整流段、收缩段、测量段和试验段等部分组成;
- 应对风洞测量段和试验段采取严格的隔热保温措施;
- 风洞测量段的流场系数 ϵ 不应低于 95%;
- 测量冷却器进出口空气静压用的测压孔,宜设置于距冷却器进出口 100 mm~150 mm 处;沿压力测量横截面四周应均匀地设置数个(不少于 4 个)直径为 $\phi 1$ mm~ $\phi 2$ mm 的测压孔;测压孔应垂直于风洞壁面;壁面应光滑平整,不应有毛刺。在测压孔上焊接的测压管,其内孔与测压孔应在同一中心线上;用测压环将数个测压管连通在一起。

5.1.2.1.3 油系统

油系统构成:

- 油系统应由油泵组、油加热装置、油温调节装置、油流量调节装置、油流量测量装置、储油箱、排气装置和管路以及测量油流量、油温度和油压力的仪器仪表等组成;
- 应对测量冷却器进出口油温度用的一段油管路,采取严格的隔热保温措施;
- 测量冷却器进出口油温度用的仪器仪表,设置于距冷却器进出口一段距离的等径管段处;
- 测量冷却器进出口油压力用的测压孔,设置于距冷却器进出口一段距离的等径管段处;测压孔直径应为 $\phi 1$ mm~ $\phi 2$ mm;测压孔应垂直于管壁;管壁应光滑平整,不应有毛刺。

5.1.2.2 测量用仪器仪表

测量用仪器仪表见表 1。

表 1 测量用仪器仪表

测量参数	单位	测量用仪器仪表	准确度	数量	备注
空气动压	Pa	皮托——静压管及差压力变送器	0.5 级	至少 2 套	或准确度相当的其他仪器仪表
冷却器油流量	m ³ /h	量箱或流量变送器及频率计	0.5 级	1 套	
冷却器进出口空气温度	℃	温度传感器	B 级	至少各 9 支	
冷却器进出口油温度	℃	温度传感器	A 级	各 1 支	
冷却器前空气压力	Pa	差压力变送器	0.5 级	1 支	
冷却器空气侧压力损失	Pa	差压力变送器	0.5 级	1 支	
冷却器油侧压力损失	Pa	差压力变送器	0.5 级	1 支	
大气压力	Pa	压力变送器	0.5 级	1 支	

5.1.2.3 测试参数

性能试验的测试参数见附录 A 表 A.1。

5.1.2.4 传热和压力损失性能试验方法

5.1.2.4.1 传热和空气压力损失性能试验方法

试验方法如下:

- 冷却器的传热和空气压力损失性能试验是以实物在专用的冷却器试验台上进行的。
- 冷却器的传热和空气压力损失性能试验,是将冷却器的油流量 V_o 、进口油温度 t_{oi} 和进口空气温度 t_{ai} 调节并固定于规定值,对选定的空气容积流量 V_a 进行试验的。当油流量 V_o 、进口油

温度 t_{ol} 和进口空气温度 t_{al} 均稳定之后,应同时采集附录 A 表 A.1 所列的各有关参数。对每一个试验工况点均应重复采集数据三次或以上,以各参数的平均值作为试验结果。

- c) 在保持冷却器的油流量 V_o 、进口油温度 t_{ol} 和进口空气温度 t_{al} 于规定值不变的情况下,在规定的空气容积流量 V_a 附近范围内,应选取不少于 6 个不同的空气容积流量 V_a ,每两个相邻空气容积流量之间的间隔应均匀。按 5.1.2.4.1b) 的要求,对不同的空气容积流量 V_a 逐一进行试验。
- d) 冷却器进口空气温度 t_{al} 与规定值的允差为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。
- e) 冷却器进口油温度 t_{ol} 与规定值的允差为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。
- f) 冷却器各测点热平衡误差 δ 的允差为 $\pm 5\%$ 。
- g) 根据需要,可选取其他不同的油流量 V_o ,按 5.1.2.4.1b) 至 f) 的要求,对冷却器进行不同工况下的传热和空气压力损失试验。

5.1.2.4.2 油压力损失性能试验方法

在规定的冷却器油流量 V_o 附近范围内,应选取不少于 6 个不同的油流量 V_o ,每两个相邻油流量之间的间隔应均匀,逐一进行试验。当油流量 V_o 稳定之后,同时采集冷却器进出口的油压力 p_{ol} 和 p_{o2} ,然后通过计算得到冷却器油侧压力损失 Δp_o ;或通过采集冷却器进出口油的压力差,直接得到冷却器的油侧压力损失 Δp_o 。如果冷却器进出口油压力的测试点不在同一高度,应对油侧压力损失 Δp_o 进行修正。

5.1.2.5 数据计算

5.1.2.5.1 按附录 A 表 A.1 冷却器性能试验计算表的计算方法,计算冷却器的散热量等各项参数值。

5.1.2.5.2 根据试验数据计算结果,绘制 $Q_o = f(V_a)$ 、 $\Delta p_a = f(V_a)$ 和 $\Delta p_o = f(V_o)$ 的关系曲线。

5.1.2.6 检验规则

按规定额定工况进行的冷却器性能试验,各项性能参数的试验结果应满足供需双方的约定值。

5.1.3 振动和冲击试验

5.1.3.1 试验设备

5.1.3.1.1 振动和冲击试验设备应具有足够的承载能力。

5.1.3.1.2 振动和冲击试验设备应能产生随机推力,并能满足 TB/T 3058—2002 对 1 类 A 级或 B 级车体安装部件随机振动及冲击参数的要求。

5.1.3.2 振动试验

5.1.3.2.1 安装和定位,按 TB/T 3058—2002 中 6.1 的规定执行。

5.1.3.2.2 固定点、控制点、参考点和响应点,按 TB/T 3058—2002 中 6.2.1 至 6.2.4 的规定执行。

5.1.3.2.3 试验严酷等级和频率范围,按 TB/T 3058—2002 表 2 中,对 1 类 A 级或 B 级车体安装部件的规定执行。

5.1.3.2.4 加速度试验持续时间,按 TB/T 3058—2002 中 9.2 的规定执行。

5.1.3.3 冲击试验

5.1.3.3.1 安装和定位,按 TB/T 3058—2002 中 6.1 的规定执行。

5.1.3.3.2 重复频率,按 TB/T 3058—2002 中 10.4 的规定执行。

5.1.3.3.3 试验严酷等级、脉冲波形和方向,按 TB/T 3058—2002 表 3 中,对 1 类 A 级或 B 级车体安装部件的规定执行。

5.1.3.3.4 冲击次数,按 TB/T 3058—2002 中 10.6 的规定执行。

5.1.3.4 试验后的检验

5.1.3.4.1 外观检查

振动和冲击试验之后,冷却器外观不应出现机械性损坏和紧固件松动的现象;冷却器安装尺寸应符合技术文件要求。

5.1.3.4.2 密封性试验

按 4.13 的规定,对经振动和冲击试验之后的冷却器进行密封性试验。

5.1.4 爆破压力试验(研究性试验)

5.1.4.1 试验装置

爆破压力试验用装置由水压机、压力表、连接管路等组成。整个试验系统应密封并能承受足够的压力。

5.1.4.2 试验方法

在试验系统中注满水,逐渐增加系统压力,注意观察冷却器的外形。一旦冷却器外形发生变化,或冷却器发生泄漏,记录相应的压力值。该压力值即为冷却器的爆破压力。

5.1.4.3 检验规则

冷却器的爆破压力应满足供需双方的约定。

5.2 出厂检验

5.2.1 检验项目

5.2.1.1 外观检查

按产品设计图样、技术文件和第 4 章的规定,对产品进行外观及安装尺寸检查。按 6.1 的规定,对产品的标志进行检查。

5.2.1.2 密封性试验

按 4.13 的规定,对冷却器进行密封性试验。

5.2.2 检验规则

5.2.2.1 应对每台冷却器进行出厂检验。

5.2.2.2 冷却器经质量检验人员检验合格并出具合格证后方可出厂。

6 标志、包装、运输和贮存

6.1 每个冷却器应在易于观察的位置,设置能在整个使用期内保持清晰的标牌,标牌的型式与尺寸应符合 GB/T 13306—1991 的规定,其内容至少包括:

- a) 产品名称;
- b) 产品型号;
- c) 产品编号;
- d) 生产日期;
- e) 生产厂名称(或商标代号);
- f) 定货方要求的产品其他信息。

6.2 冷却器应装入衬有防水材料的干燥、结实的专用包装箱内。冷却器内腔防护方式由供需双方确定。

6.3 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。

6.4 包装箱内应附有检验员签章的产品合格证及使用维护说明书。

6.5 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) 按照 GB/T 191—2000 的规定,做出标志。

6.6 冷却器应存放在通风干燥清洁的库房内。

附录 A
(规范性附录)
冷却器性能试验计算表

表 A.1 型冷却器性能试验计算表

大气压力 B Pa 大气温度 t °C 传热面积 F_a m² 气流横截面积 f_a m² 油流横截面积 f_o m² 风洞测量段横截面积 f m² 试验日期

序号	参数名称	符号	单位	计算公式	工况	工况	工况	工况	工况	工况	工况
					1	2	3	4	5	6	7
1	冷却器进口空气温度	t_{a1}	°C	测量得							
2	冷却器出口空气温度	t_{a2}	°C	测量得							
3	冷却器进出口空气温差	Δt_a	K	$\Delta t_a = t_{a2} - t_{a1}$							
4	冷却器内平均空气温度	t_{am}	°C	$t_{am} = \frac{t_{a1} + t_{a2}}{2}$							
5	冷却器进口空气静压	h_{st}	Pa	测量得							
6	冷却器进口空气密度	ρ_{a1}	kg/m ³	$\rho_{a1} = \frac{B + h_{st}}{[287 \times (273 + t_{a1})]}$							
7	冷却器空气压力损失	Δp_a	Pa	测量得							
8	冷却器内平均空气压力	p_{am}	Pa	$p_{am} = (B + h_{st}) - \frac{\Delta p_a}{2}$							
9	空气定压比热	C_{pa}	kJ/(kg·K)	查表得(按平均温度)							
10	冷却器内空气平均密度	ρ_a	kg/m ³	$\rho_a = \frac{p_{am}}{[287 \times (273 + t_{am})]}$							
11	空气平均动压	$\bar{h}_d$	Pa	测量得							
12	空气容积流量	V_a	m ³ /h	$V_a = 3600 \times f \times \left(\frac{2\bar{h}_d}{\rho_{a1}}\right)^{0.5}$							
13	空气质量流速	u_a	kg/(s·m ²)	$u_a = \frac{V_a \times \rho_{a1}}{3600 f_a}$							
14	空气吸热量	Q_a	kW	$Q_a = u_a \times f_a \times C_{pa} \times \Delta t_a$							
15	冷却器进口油温度	t_{o1}	°C	测量得							
16	冷却器出口油温度	t_{o2}	°C	测量得							
17	冷却器进出口油温差	Δt_o	K	$\Delta t_o = t_{o1} - t_{o2}$							
18	冷却器内油平均温度	t_{om}	°C	$t_{om} = \frac{t_{o1} + t_{o2}}{2}$							
19	油比热	C_{po}	kJ/(kg·K)	查表得(按平均温度)							
20	油密度	ρ_o	kg/m ³	查表得(按平均温度)							
21	油流量	V_o	m ³ /h	测量得							
22	油流速	v_o	m/s	$v_o = \frac{V_o}{3600 f_o}$							
23	油散热量	Q_o	kW	$Q_o = V_o \times \rho_o \times C_{po} \times \frac{\Delta t_o}{3600}$							

表 A.1(续)

序号	参数名称	符号	单位	计算公式	工况	工况	工况	工况	工况	工况	工况
					1	2	3	4	5	6	7
24	热平衡误差	δ	%	$\delta = 100 \times \frac{Q_o - Q_s}{Q_o}$							
25	冷却器冷却效率	η	%	$\eta = 100 \times \frac{t_{ol} - t_{o2}}{t_{ol} - t_{al}}$							
26	冷却器油压力损失	Δp_o	Pa	测量得							
27	对数平均温差	ΔT	K	$\Delta T = \frac{(t_{ol} - t_{o2}) - (t_{o2} - t_{al})}{\ln \frac{t_{ol} - t_{o2}}{t_{o2} - t_{al}}}$							
28	传热系数	K	W/(m ² ·K)	$K = 1000 \times \frac{Q_o}{F_s \Delta T}$							
29	额定工况下冷却器的散热量	Q_n	kW	按试验值折算							

计算人: _____

校核人: _____