

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 1704 - 2001

机车电机试验方法 直流电机

2001—05—28 发布

2001—12—01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

前 言

本标准依照 IEC60349—1:1999“ 铁路机车车辆和公路车辆用旋转电机第 1 部分：除电子变流器供电交流电动机外的电机 ” 的有关规定进行编制。

本标准是根据 TB / T 2 436—1993“ 铁路机车动车用旋转电机通用技术条件 ” 的要求，是对原标准 TB / T 1704—86 “ 机车电机试验方法 直流电流 ” 的修订。在原标准条款中增添了 “ 17 振动试验 ”、 “ 18 噪声测定 ”、 “ 6.4.3 短时过载定额温升试验 ” 三部分内容。

本标准于 1986 年首次发布，本次为第一次修订。本标准从实施之日起代替 TB / T1704—1986。

本标准由株洲电力机车研究所提出。

本标准由株洲电力机车研究所归口并负责起草。

本标准起草人：江慧。

机车电机试验方法 直流电机

1. 范围

本标准规定了机车车辆用直(脉)流电机的一般试验方法。

本标准适用于铁路机车和动车组上的直流或脉流电机(包括牵引电动机、主发电机、辅助电动机和辅助发电机)的型式试验和例行试验。研究性试验内容如与本标准项目相符,也可参考本标准进行。

2. 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在本标准出版时,所示版本均为有效。鉴于所有标准都会被修订,使用本标准时应探讨采用下列标准最新版本的可能性。

GB / T 755—1987 旋转电机 基本技术要求

GB / T 10068.1 ~ .2—1998 旋转电机 振动测定方法及限值

GB / T 10069.1 ~ .3—1998 旋转电机 噪声测定方法及限值

TB / T 2436—1993 铁路机车动车用旋转电机通用技术条件

3. 试验前的准备

在完成下述准备工作后,方可开始进行电机试验。

3.1. 检查

一般检查:电机的外观符合规定的要求,电机装配质量良好,绕组联接正确,电刷安装情况及换向器表面状态正常;电机绕组绝缘电阻及换向器跳动量在合格范围内。

空转检查:电机放置平稳,在低电压、空载、不强迫通风的条件下运转,转速应逐渐上升,在升速的过程中注意监视电机的状态,最终在 70% ~ 80% 的最大工作转速下运转 30min,检查轴承、换向器及电刷无异常振动和噪音,无过热现象。需在两个转向运用的电机,应正反向运转各 30min。

3.2. 安装

电机稳妥安装在试验台,试验过程中,机组不得有异常振动。电缆接头联接可靠,不得有松动。

3.3. 测量仪器的选择

选用仪器的精度:电气测量仪表不低于 0.5 级(兆欧表除外),分流器 0.2 级,其他测量仪器 1 级。选择仪表量程要使得待测数值在其 20% ~ 95% 范围内。

3.4. 中性线测定

在电刷与换向器接触良好(电刷接触面达 80%以上)的状态下,采用下列方法之一测定电机中性线。

3.4.1. 感应法(附录图 A1):电枢静止,在相邻的两组电刷上接小量程的毫伏表,励磁采用他励,通以 5%~10%额定励磁电流。当交替地接触和断开励磁时,毫伏表指示电枢绕组的感应电势值。移动刷架在不同的位置,测量励磁断开时的感应电势值,当读得的毫伏数最小(如小于 5mV)时,电刷所在的位置可认为是中性线。可以稍转动电枢,在不同位置上作几次测量,以确认测定结果。

3.4.2. 正反转电动机法:适用于允许正反转的电动机。在保持端电压、励磁电流和电枢电流相同的情况下正转及反转,根据正反转速差,向转速偏高的方向移动刷架,直至正反转速最接近(如正反转速差小于 1%平均转速)时,电刷所在位置可认为是中性线。

3.4.3. 正反转发电机法:适用于允许正反转的辅助电机。电机作发电机运行,在相同的转速、励磁电流和电枢电流下正转及反转,移动刷架在不同位置,测量正、反转时的电枢电压,当两个转向测得的电压值最接近时,电刷所在位置可认为是中性线。

允许采用其他有效的方法测定中性线。

4. 绕组在实际冷态下直流电阻的测定

4.1. 测量条件

电机在室内静置相当时间,用温度计测量电机绕组表面温度与环境温度相差不大于 4K,即认为电机处于实际冷态。在此条件下测量绕组冷态直流电阻,同时记录绕组表面温度(或环境温度)作为实际冷态下绕组的温度。

4.2. 测量方法

测量绕组直流电阻时,电枢应静止不动。用电压表、电流表法或电桥法测量。对牵引电动机和主发电机优先采用前者。当用电桥法测量小于 1Ω 的电阻时,应采用双臂电桥。

用电压表、电流表测量绕组电阻(附录图 A2),应采用电压稳定的直流电源。测量电流通常取被测绕组额定电流的 10%以下的值,并应尽量缩短通电时间。改变电流值测量三次,取三次测量求得的电阻平均值作为绕组冷态电阻。若某次测量求得的电阻值与平均值之差大于其 2%,则应重测。

允许采用精度相当的其他仪器测量绕组直流电阻。

4.2.1. 定子绕组电阻应在被测绕组出线端进行测量。

4.2.2. 测量电枢绕组电阻时,将毫伏表通过金属棒接到预先选好的换向片上,要保证接触良好。

4.2.2.1. 为了校核设计值和计算效率而测量电枢绕组直流电阻时,如果将电刷提起,对单波或带均压线的单迭绕组,在相互间距离为奇数极距的两片换向片上测量,电流也由相应的换向片上引进;如果电刷不提起,应在位于相邻两组电刷中心线下的换向片上测量。

4.2.2.2. 为了用电阻法测定绕组温升而测量电枢绕组直流电阻时,应在一对预先做有标志的换向片上测量,这对换向片位于相邻刷握之间,相距约等于极距的一半。

5. 进风口处空气静压力头与通风空气量关系的测定

5.1. 试验条件

要求电机进风筒的直线长度 L 不小于其直径 D 的 $7 \sim 10$ 倍；电机出风口处最好装有符合空气流实际流动条件的零部件(如齿轮罩)；堵住电机换向器室附近的漏风口。

5.2. 静压力头测定

空气静压力头用复合测压计测定。将测压管插于换向器下方的专用测量孔内，管嘴面对换向器表面；气压计的一端接测压管的静压管，另一端通大气，则气压计直接指示静压头值 H_j 。

5.3. 动压力头测定

如图 1，在风筒直线部分距迎风端约 $0.7L$ 处的圆周上，相隔 90° 各开一个小孔，孔径 $6 \sim 10\text{mm}$ ，孔周边应光滑无毛刺。将测压管垂直插于风筒的小孔内，管嘴面对气流的方向，气压计两端分别接测压管的静压管和全压管，则气压计指示空气的动压力头 H_d 。

5.4. 风筒横截面上测量点位置的选取



为了取得风道中动压力头的平均值，可以将风筒截面分为 N 个圆环(一般 $N=5$)，在图 2 所示的 $2N$ 个点上测动压力头。测量点的位置按下式确定：

$$R_i = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{2i-1}{2N}} \dots\dots\dots (1)$$

式中 N —风筒截面内分成的圆环数；

i —从风筒中心算起的圆环序号；

R_i —从风筒中心到第 i 个圆环的半径，mm；

D —风筒直径，mm。

5.5. 风量计算

$$\text{风速 } u = \sqrt{\frac{2gHd}{\rho}} = 4.04 \frac{\sum_{i=1}^{2N} \sqrt{H_{di}}}{2N} (\text{m/s}) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{风量 } Q = 60A u (\text{m}^3/\text{min}) \dots\dots\dots (3)$$

式中 g —重力加速度，取 9.8m/s^2 ；

ρ —空气密度，取 1.2kg/m^3 ；

i —测量点序号；

H_{di} —在风筒的第 i 个测量点测的动压 (mmH_2O)；

A —风筒截面积， m^2 。

在不同风量下进行动压和静压的测定，并计算出风量 Q ，由此得出空气静压力与进风口处通风空气量的关系曲线。

5.6. 测量静压力和风量可采用其他类型的合适仪器。

6. 温升试验

温升试验线路参见本标准的附录 A：牵引电动机优先采用直流回馈线路(附录图 A3)；辅助电机可以采用直接负载线路；脉流电机推荐用线路(附录图 A7)；主发电机常用线路(附录图 A9)。

6.1. 温升试验时的通风条件

电机在型式试验时，应带有实际在机车、动车上安装时能影响电机温升的各部件进行试验，但无机车、动车运动所产生的相应通风。

对采用强迫通风的电机，温升试验过程中，应保持额定通风量不变。

6.2. 冷却空气温度的测量

6.2.1. 对于有通风管道的电机，在风道中距电机进风口约 1m 处测量冷却空气温度。

6.2.2. 对于无通风管道的电机，冷却空气温度可用几只温度计分布在电机四周测定后平均得到。温度计安置在距电机 1~2m 处，处于电机高度一半的位置，并应不受外来辐射热和气流的影响。

6.2.3. 试验结束时冷却空气温度，应采用试验过程的最后 1/4 时间内几个相等时间间隔的温度计读数的平均值。

6.3. 电机各部件温度的测量方法。

6.3.1. 电阻法

测量绕组温度一般用电阻法。该方法是利用绕组直流电阻随温度升高而相应增大的关系来确定绕组的温度，所得温度是绕组的平均温度。

试验结束时，被测绕组的温升由下式确定：

$$\theta = \frac{r_2 - r_1}{r_1} (K + t_1) + t_1 - t_0 \dots\dots\dots (4)$$

式中 r_2 —试验结束时的绕组电阻, Ω ;

r_1 —实际冷态的绕组电阻, Ω ;

t_1 —实际冷态下绕组的温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 —试验结束时冷却空气温度, $^{\circ}\text{C}$;

K —绕组导体在 0°C 时温度系数的倒数, 铜为 235, 铝为 225。

这里 r_1, r_2 应采用同一套仪表测量。

6.3.1.1. 电枢绕组温升测定

温升试验结束时, 应尽快停机进行一系列电枢电阻测量(同时记录相应的时间)。测量在切断电源(或制动电流下降为试验电流的 80%), 同时切除通风后 45 s 内开始, 持续 5min, 每次测量的时间间隔, 前 3min 内不超过 20s 此后不超过 30s。由测量的一系列电阻值(或换算为相应的温升值)作出曲线(图 3), 其横坐标(等分坐标)为时间, 纵坐标(对数坐标)为电阻或温升值。将曲线延长到与纵轴相交, 交点的纵坐标即为断电瞬间的绕组电阻或温升值。

如在切断电源后, 绕组温度先开始上升, 然后再行下降, 则应取量得温度中的最高数值作为电机断电瞬间的绕组温度。



6.3.1.2. 定子绕组温升测定

试验时通过直流电流的定子绕组, 在电机运转时定期测量绕组电阻, 在温升试验结束前 10s 内进行最后一次测量。由绕组电阻计算温升。

试验时通过非直流电流(如脉流电机)的定子绕组, 其电阻测量也应停机后在直流供电下进行。

6.3.2. 温度计法

测量电机机座、轴承的温度可采用膨胀式温度计。温度计球部应尽可能贴附在被测部位的最热点表面。为了减少温度计球部热量散失, 应当用热的不良导体将球部保护起来。也可以采用其他使用方便的温度计。但存在变化磁场的位置上不要用水银温度计。

换向器温度, 用半导体点温计或其他热时间常数较小的温度计测量。电机停转后, 应立

即将温度计放到换向器表面预计发热最严重且易于接触的部位,在仪表指示基本稳定后读数。

6.4. 温升试验规则

6.4.1. 连续定额温升试验

- a) 试验开始时电机温度为冷态,也可以是热态;
- b) 电机在连续定额下运行。为缩短试验时间,试验初期允许电机在适当过载或减少风量的条件下运行;
- c) 测量时间间隔 15~30min(旋转部件除外);
- d) 试验持续时间以绕组温升稳定为准(当机座温度变化每小时不超过 1 K 时,可以认为绕组温升达到稳定)。

6.4.2. 短时定额温升试验

- a) 试验开始时电机应处于实际冷态;
- b) 应尽快使电机达到额定输出;
- c) 测量时间间隔 5—15min(旋转部件除外);
- d) 试验持续规定定额的时间。

6.4.3. 短时过载定额温升试验

如果电机的技术条件规定了短时过载定额,则应在型式试验时进行温升验证。

连续定额温升试验结束时,立即测绘电枢绕组的冷却曲线,直到电枢绕组温升降到 90K 的时刻为止。在该时刻重新起动电机,于正常通风条件下,给电机施加技术条件规定的过负载,并维持规定的时间后停机测量电枢绕组温升,若测得温升不超过其允许温升 $\pm 20\text{K}$ (如对 H 级绝缘的电枢绕组,为不超过 $160\text{K} \pm 20\text{K}$),则认为电机技术条件规定的短时过载定额是合适的;若测得温升超过其允许温升 $\pm 20\text{K}$,则应对规定的短时过载定额(负载电流或负载时间)进行适当修正,然后以修正的过载定额重复上述试验。

6.5. 温升例行试验

电机用回馈法进行直流温升例行试验时,电机绕组的温升可按本标准附录 B 的方法进行测定。

7. 发热及冷却曲线簇的绘制

7.1. 试验条件

根据电机技术条件,在不同风量、不同电流下对一台电机测绘发热、冷却曲线簇。

发热试验在电机实际冷态下开始,到绕组达稳定温升(或绕组的允许温升限值)为止;冷却曲线测绘以绕组的允许温升限值为起始温升。

7.2. 测绘方法

绕组温升测量方法同第 6 章。

每条曲线通过一次连续试验完成。试验开始的最初 60min,每 5~15min 测一次绕组电阻,

以后每 15 ~ 30min 测量一次。定子绕组在每次停机前 10s 内测量；电枢绕组每次停机测量，并在尽快停机，45s 内迅速测取 1 点读数后又立即起机。

发热试验时，为使电枢绕组电阻停机测量方便、准确，推荐用升压机提供测量电流，测量电流值取绕组额定电流的 40%左右。

以时间作横坐标，以温升值作纵坐标，绘制发热、冷却曲线。

试验一般在直流下进行。脉流电机在脉流下的发热冷却曲线，可由直流下的发热冷却曲线经修正求得。

8. 特性曲线绘制

电动机的特性曲线包括速率特性、效率特性、转矩特性和空载特性；发电机的特性曲线包括“电压—电流”特性、效率特性(对主发电机至少给出两个连续定额点的效率)和空载特性。

8.1. 速率特性

试验在电机热态下进行。

保持额定电压(或保持电机输入恒功率)，在几个规定的励磁条件下，分别测定正反两个转向的速率特性。每条曲线从 80%最高转速到 90%最大电流值之间测量 4 ~ 5 点。应同时读取转速、电枢电流、励磁电流和端电压值。绘制电机转速与电枢电流(可取为励磁电流与规定励磁率之比)的关系曲线。

8.2. 效率特性

8.2.1. 概述

可采用下列方法之一测定电机的直流效率：损耗分析法、回馈法和直接测量输入和输出功率法。输入和输出功率法仅在具备高精度测量设备时采用。

脉流电机在脉流下的效率可采用直接测量输入和输出功率法或测定脉动损耗法确定。测定脉动损耗法见本标准的附录 C。

无论采用哪种方法都应遵循下列原则：

- a) 试验在电机热态下进行；
- b) 在每一测量点均应维持负载稳定 10s 后读数；
- c) 取每组测量的前后立即测得的绕组电阻的算术平均值，作为测量温度下的绕组电阻值；
- d) 各项损耗中，仅绕组基本铜耗要换算到基准工作温度 115 时的值，其他损耗不对温度进行修正。
- e) 电机的电刷接触压降，有刷辫者取 2V，无刷辫者取 3V；
- f) 需在不同励磁率下运用的电机，应在每个规定的励磁率下测定效率特性；对于可正反转的电机，效率应为对两个转向确定的效率的算术平均值。

8.2.2. 损耗分析法

用损耗分析法测定电机效率时，电机的总损耗由以下成分构成：

- a)绕组基本铜耗；
- b)机械损耗(包括：电刷摩擦损耗、轴承摩擦损耗、通风损耗)；
- c)空载铁损耗；
- d)电刷接触损耗；
- e)杂散损耗。

注：辅助电机若有阻尼电阻，则电机总损耗应包括阻尼电阻损耗在内。

电动机的效率等于输入功率减去总损耗再除以输入功率而得的商；发电机的效率等于输出功率除以输出功率与总损耗的和而得的商。

电机的各项损耗按下列方法确定：

8.2.2.1. 绕组基本铜耗

按电流平方与绕组电阻值的乘积确定。绕组电阻值应归算到基准工作温度 115 。如励磁绕组有分路电阻或并励绕组有串联电阻，则应包括这些电阻的损耗在内。

8.2.2.2. 机械损耗

电机串励(或他励)，在低电压、低励磁下作电动机空载运转(附录图 A4)，调节不同的转速，测定相应的电枢电流和电枢感应电势，其乘积即为该转速下的机械损耗。

测量前电机应先空载运转一段时间，以使电机轴承及电刷的摩擦损耗达稳定值。

8.2.2.3. 空载铁损耗

电机作他励电动机空载运转(附录图 A5)。在某一励磁电流下，测绘电枢电流与电枢感应电势的乘积同转速的关系曲线(即该励磁电流下的空载损耗曲线)；分别固定几个励磁电流，即可测得一簇空载损耗曲线。从这一簇曲线可得到不同负载电流及转速下的空载损耗，由空载损耗减去相同转速下的机械损耗即得该转速下的空载铁损耗。

8.2.2.4. 电刷接触损耗

它是电枢电流与电刷接触压降的乘积。

8.2.2.5. 杂散损耗

首先测定电机在短路时的杂散损耗。试验时被试电机先后作空载发电机和短路发电机运转。用一台校正过的电机作拖动电机(或用另一台同型电机作拖动电机，两台电机中间串接转矩转速传感器)，用以测量被试电机短路及开路时的输入功率(附录图 A6)。同时测量被试电机的短路电流和电枢回路电阻。则被试机在某一电流下短路时的输入功率与开路时输入功率之差，再减去短路时电枢回路铜耗及电刷接触损耗，即为电机在该电枢电流下的短路杂散损耗。

对于没有补偿绕组的直流牵引电动机，某一电枢电流和转速下的杂散损耗等于在该电流

和转速下短路时测得的杂散损耗与修正系数 K 的乘积。 K 是 a 的函数(见表 1)。

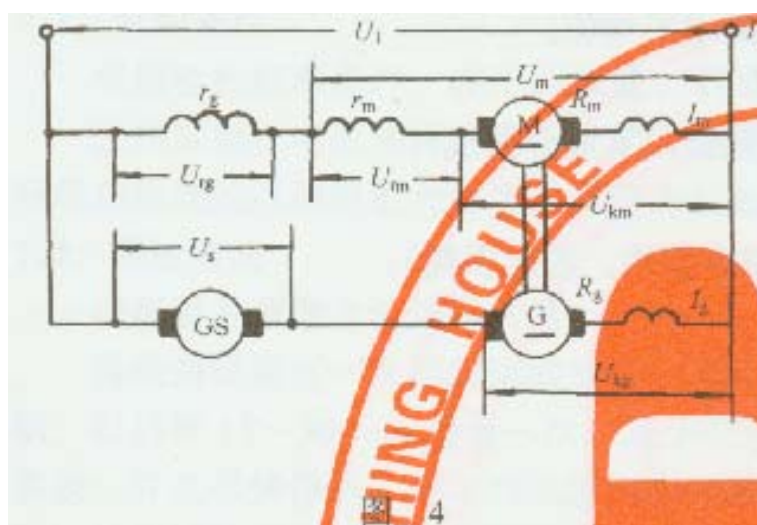
表 1						
$\alpha = \text{补偿绕组安匝数/电枢安匝数}$	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
K	1.00	0.81	0.64	0.50	0.40	0.35

对于其余的直流电机，假设杂散损耗等于短路(在相同电枢电流和转速下)时测得的杂散损耗。

允许用简化计算确定杂散损耗：某一电枢电流下的杂散损耗，对没有补偿绕组的电动机，取为该电流下输入功率的 1%；对没有补偿绕组的发电机，取为该电流下输出功率的 1%。有补偿绕组时，此百分数相应取为 0.5%。

8.2.3. 回馈法

采用直流回馈线路，两台电机的损耗由升压机和电源供给，接线见图 4。



测量图 4 所示各量：

U_1^* —电源电压；

U_c^* —升压机端电压；

U_m —电动机端电压(包括串励、换向和补偿绕组)；

I_m —通过电动机的电流；

I_1 —电源供给的电流；

注：*为消除线路压降损耗对效率测定结果的影响，应取 $U_1 = U_{rg} + U_{rm} + U_{km}$ ， $U_s = U_1 - U_{kg}$ 。

式中： U_{rg} 、 U_{rm} 分别为发电机与电动机串励绕组电阻压降；

U_{kg} 、 U_{km} 分别为发电机与电动机的电枢电压(包括换向、补偿绕组)。

I_g —通过发电机的电流；

R_m —电动机电枢、换向和补偿绕组的电阻；

R_g —发电机电枢、换向和补偿绕组的电阻；

r_m —电动机串励绕组电阻(包括分路电阻)；

r_R —发电机串励绕组电阻(包括分路电阻)。

如假设两电机除绕组基本铜损耗和电刷接触损耗外，其余损耗相同，则相应于基准工作温度 115℃ 时的电机动效率可由下式确定：

$$\eta = 1 - \frac{U_s I_g + U_1 I_1 + (2R'_m - R_m 2r'_m - r_m - r_g) I_m^2 - R_g I_g^2 + \theta_0 I_1}{2U_m I_m} \dots\dots\dots (5)$$

式中 R'_m 、 r'_m — R_m 、 r_m 的测量值归算到基准工作温度 115℃ 时的值，

e_b —每一电机电刷的接触压降。

8.2.4. 直接测量输出和输入功率法

两台电机在机械上耦合起来，其间串接转矩转速传感器，通过转矩转速仪测量电动机输出（或发电机输入）转矩 M 和转速 n ，同时测量电动机的输入功率 $U_m I_m$ （或发电机的输出功率 $U_g I_g$ ），则电动机的效率直接由下式得出：

$$\eta_m = \frac{Mn}{9.55U_m I_m} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

或发电机的效率由下式得出：

$$\eta_g = \frac{9.55U_g I_g}{Mn} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中 $M(N \cdot m)$ 和 $n(r/min)$ 可用其他形式的测功机和转速表测定。

8.3. 转矩特性

根据测得的速率特性和效率特性，找到相应某电枢电流的转速和效率值（均取正反两个转向的算术平均值）即可利用式（8）计算该电枢电流下的转矩，进而求得电动机的转矩特性。

$$M = \frac{9.55U_m I_m \eta_m}{n} \dots\dots\dots (8)$$

式中 M —电动机转矩， $N \cdot m$ ；

n —电动机转速， r/min ；

U_m —电动机端电压， V ；

I_m —电动机电枢电流， A 。

8.4. 空载特性

电机作他励发电机空载运行。维持额定转速，调节励磁电流从零到最大值，然后逐渐减小励磁电流到零，在上升和下降阶段各测量 9~11 点，每一点上同时读取电枢电压、励磁电流和转速，绘制电枢电压对转速之比与励磁电流的关系曲线。

试验过程中，励磁电流只允许向同一方向调节，不得反复。

8.5. 发电机的“电压—电流”特性

电机在规定的转速和励磁条件下运转，调节负载电流从最大值逐步减小到零，间隔均匀地测量 4~5 点，应同时读取电压、负载电流、励磁电流和转速，绘制电压对负载电流的

关系曲线。

9. 超速试验与换向器跳动量检查

电机在热态下进行 2min 超速试验。超速转速见技术条件的规定。试验时被试电机作他励电动机空载运转，借减小励磁电流及增加端电压的方法达到所需转速。也可两台电机一起超速，这时一台电机作他励电动机，另一台被驱动空转。试验时应采用数字转速表或其他远距离测速仪测定转速。

在超速试验前后的热态下，应进行换向器跳动量及凸片检查。检查方法可采用接触式或非接触式测量：

a)接触式：将千分表座固定在机座上，表头径向接触换向器表面，用手慢慢盘动电枢，观察并记录表针摆动的最大幅值。要求表头接触面宽度大于换向器云母槽宽。

b)非接触式：采用非接触式测量仪测量。测量应在换向器前端工作表面的同一位置进行。

10. 换向试验

稳定条件下的换向试验应在电机超速试验后，热态下进行。

火花等级按 GB / T 755 中表 8 确定，并应由有经验的试验人员进行观察判断。允许采用效果相当的仪器评定火花等级。

换向试验在规定的工作点进行，调节到每个工作点持续运转 30s 后观察并记录火花。如各电刷下火花程度相近，可用一个等级表示；如果某电刷下有较高级别的火花，则应记录此高级别的火花；如果观察到的火花程度与相应的换向器、电刷表面状态不相符时，则应依据这些表面状态来确定火花等级，必要时可延长试验时间再行确定。对于可正反转的电机，试验需分别在两个转向进行。改变转向后，可在额定电压和不超过连续定额的电流下先运转 15min，使电刷接触良好再行试验，但在此期间不应移动电刷。

电机经换向试验后，应检查有无机械损坏或飞弧痕迹。

11. 最佳换向区测定

试验应在换向器表面已建立稳定氧化膜，电刷接触面达 80%以上的条件下进行。

采用直流回馈线路或直接负载线路，被试机的换向极由独立直流电源提供附加的外馈电流(附录图 A8)。电机应于额定工况下运转至热态，并在没有机械原因引起的火花的情况下开始试验。

试验时，先调节电枢电流为某值并维持恒定，逐步增加换向极的外馈电流(如正馈)，同时观察各电刷下的火花，当电刷下将出现而尚未出现火花时，读取电枢电流和加馈电流(+ I)；改变外馈电流方向，按同样方法读取负馈电流(- I)。然后再调节电枢电流，分别在 4~5 个电流值下按同样步骤进行上述测定。试验后，以电枢电流 I_a 为横坐标($\pm I$) / $I_a \times 100\%$ 为纵坐标，绘制无火花换向区。

对不存在无火花换向区的电机，可选定某等级火花为基准。在火花将超过而尚未超过该等级时读取外馈电流值，从而测定某等级火花的换向区，试验步骤同上。

需在不同励磁率和不同转向运用的电机，应分别测定最大磁场和最小磁场及正反转条件下的最佳换向区。

12. 起动试验

12.1. 牵引电动机的起动试验

该试验应在电机超速和换向试验后，热态下进行。

采用直流供电，电机不需励磁，电枢堵转，电机通以起动电流(其值不超过额定电流的 1.7 倍)15s，试验共进行四次，每次间隔 5min，并于每次试验后，将电机顺同一方向转动 1/4 极距。对强迫通风的电机，试验时电机通风应和使用时相同。

试验后，应检查换向器表面，允许显示局部变色，但不能有烧伤痕迹或永久性变形。

12.2. 辅助电动机的起动试验

试验可对个别电机进行，也可在试验台或机车上，对整套辅助机组进行。试验时，电机应带有正常运行时的全部起动和保护装置。

电机带负载，分别在最高和最低电压下各承受 5 次连续的起动试验，每次间隔 2min。试验时应检查换向，试验后仍应有满意的换向和合格的温升。

13. 瞬态试验

13.1. 牵引电动机的断开和接上电源试验

试验借助于快速开关进行。当电动机电流为额定值时，开关切断电源，并在切断后约 1 s 左右又重新接通。在断开期间，电动机转速应尽可能保持不变。

试验时电动机的端电压(或对于与电抗器永久串联的电动机,指加于电动机与电抗器两端的电压),在重新合闸的瞬间至少为与系统最大电压相对应的值;合闸后瞬变期间不低于系统电压额定值的 0.9 倍。用示波器检验试验条件,同时拍摄电压、电枢电流和磁场电流波形。合闸瞬间应观察换向火花。

试验进行六次(若电机磁场是可调的,则在最大磁场和最小磁场下各进行三次),每两次试验的时间间隔为 3~5min。试验完成后检查,应没有影响电机正常运行的损伤等。

13.2. 辅助电动机的断开和接上电源及电压突变试验

试验时电动机应带有正常运行的全部起动和保护装置。

断开接上电源试验在电动机最高电压和最小磁场下进行。当电动机在正常负载状态时,用快速开关切断电机电源,断开后约 1s 左右又接通,这样连续进行 5 次,每两次试验之间留有足够的时间,以恢复正常的负载条件。

电源电压突变试验,采用一个和电动机串联,并装有短路开关的适当的电阻来进行。

短路开关每隔 5s 动作一次，断开 10 次和闭合 10 次，使电动机的端电压在最高和最低电压值间变化。

14. 电枢绕组匝间绝缘介电强度试验(短时升高电压试验)

本项试验在电机热态下进行。

试验时，电机作他励发电机空载运行。强迫通风的电机，要给予额定通风量。用增加励磁(不超过 1.5 倍额定值)和提高转速(电动机不超过最大转速，发电机不超过 115%的额定转速)的方法达到试验电压值后，持续运转 3min，匝间绝缘应无击穿。

允许采用其他效果良好的匝间绝缘介电强度试验方法。

15. 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻测定

分别在电机实际冷态和热态下进行这项测定。

测量采用兆欧表，表的电压等级应与被测绕组的额定电压相适应(如绕组额定电压为 500V 及以下，用 500V 兆欧表；500V 以上则用 1000V 兆欧表)。测量时，将手柄均匀转动，并在仪表指针稳定后读数。

可采用其他合适的仪表(如电子兆欧表)。

各绕组对机壳及各绕组间的绝缘电阻应分别进行测量。测量结束，绕组应对地放电。

16. 绕组对机壳及绕组相互间绝缘介电强度试验(耐受电压试验)

电机在热态及静止情况下进行本项试验，此时电机各部件的位置相当于正常工作状态。

试验电压为尽可能接近正弦波的交流电压，频率为 50Hz，由试验变压器供给。变压器容量，对每 1kV 试验电压应不小于 1kVA。试验电压值在被试端用静电电压表或通过电压互感器测量。

试验时，试验电压逐一施加于两绕组间或绕组出线端与机壳间，暂不参加试验的绕组应与机壳相接。施加电压应从不超过 1/3 试验电压值开始，逐步增至全值，在全试验电压值下保持 1min，然后迅速降至 1/3 专值以下，再断开电源。试验后绕组应对地放电。

通过本项试验的电机，应复测绝缘电阻，以确认电机合格。

17. 振动试验

17.1. 振动的定性试验

电机安装在试验台上作空载运行，逐步提高转速直至最大工作转速值，检查电机在整个工作转速范围内运转平稳，即表明电机达到平衡要求。

17.2. 振动定量测试

例行试验抽取电机作振动的定量测试时，电机应单机妥善放置在试验台上，不带任何附件，在工作转速范围内作空载运行，选择 4—5 个转速点，采用振动计，测定电机在各选定转速下的振动速度值 mm / s。

测量方法应符合 GB / T 10068.1 ~ 10068.2 的规定。

试验时，如果随转速增加，振动值明显上升，或者在某转速下出现谐振，则应改变放置方式再行试验；如果在工作转速范围内的振动速度值普遍超过限值，则表明电机本身存在缺陷(如平衡、轴承、电枢窜动等)，此时应对电机作必要处理，然后重新试验。

18. 噪声测定

18.1. 电机组装完好，所有盖板均安装就位，电机不与其他附件相连，单机安装在试验台上作空载运转；

18.2. 独立通风的电机，一般在正常通风条件下试验，但应尽量减少通风机对试验结果的影响；如限于条件而无法消除这种影响，可暂不给予通风；

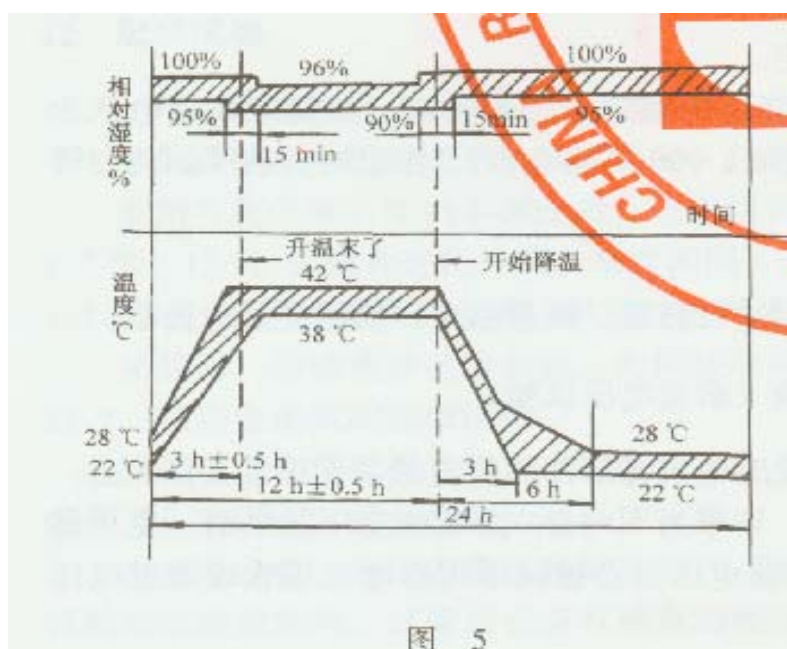
18.3. 电机分别在额定转速和最大工作转速下，以正、反两个转向运转，用声级计测量电机的声压级噪声，然后计算得到噪声 A 计权声功率级 dB(A)值；

18.4. 测量和计算方法应符合 GB / T10069.1 ~ 10069.3 的规定。

19. 湿热试验

电机完成上述试验后，在各部件处于正常工作状态下进行湿热试验。将电机轴伸包好后，放于合适的湿热箱中。调节箱内温度在 25 ± 3 ，保持此值直至电机试样的温度达到稳定；此间相对湿度应保持在正常的试验大气条件所规定的范围(45% ~ 75%)。最后一小时将试验箱湿度提高到 95%，然后开始高温 40 的交变湿热试验。试验进行六个周期，每周期 24h.按图 5 循环，于每周期末检测绕组绝缘电阻。

六周期循环完成后，进行 2h 恢复处理。此时室内相对湿度应在 0.5h 内降至 72% ~ 78%，接着在 0.5h 内将温度调至环境温度 ± 2 内。



恢复后 0.5h 内完成最后检测，检测项目和方法同 14、15、16 章。检测确认电机性能符合 TB / T2436 技术条件的规定。则认为试验合格。

20. 耐振强度试验

试验在合适的振动试验台上进行。试件应稳妥安装在振动台上。试验条件为：

a) 振动频率—5 ~ 100Hz 范围内某一固定频率。

b) 振动加速度—对于抱轴式牵引电动机采用 15g；对于安装在转向架簧上部分和车厢内的电机采用 3g。

c) 振动持续时间——对于牵引电动机和主发电机为 2×10^7 次；对于辅助电机为 10^7 次。试验允许间断进行。

试样取整台电机，试验时电机在额定转速或某一合适的转速下空转。振动过程中应每隔 4h 检查轴承温度，换向器及刷握工作情况，电机绝缘电阻和紧固件状态。

如电机的重量或体积超过现有振动试验台的试验能力，允许仅试验该电机的重要部件，或直接在机车、动车上检查电机耐振强度。

21. 试验类别及抽样方法

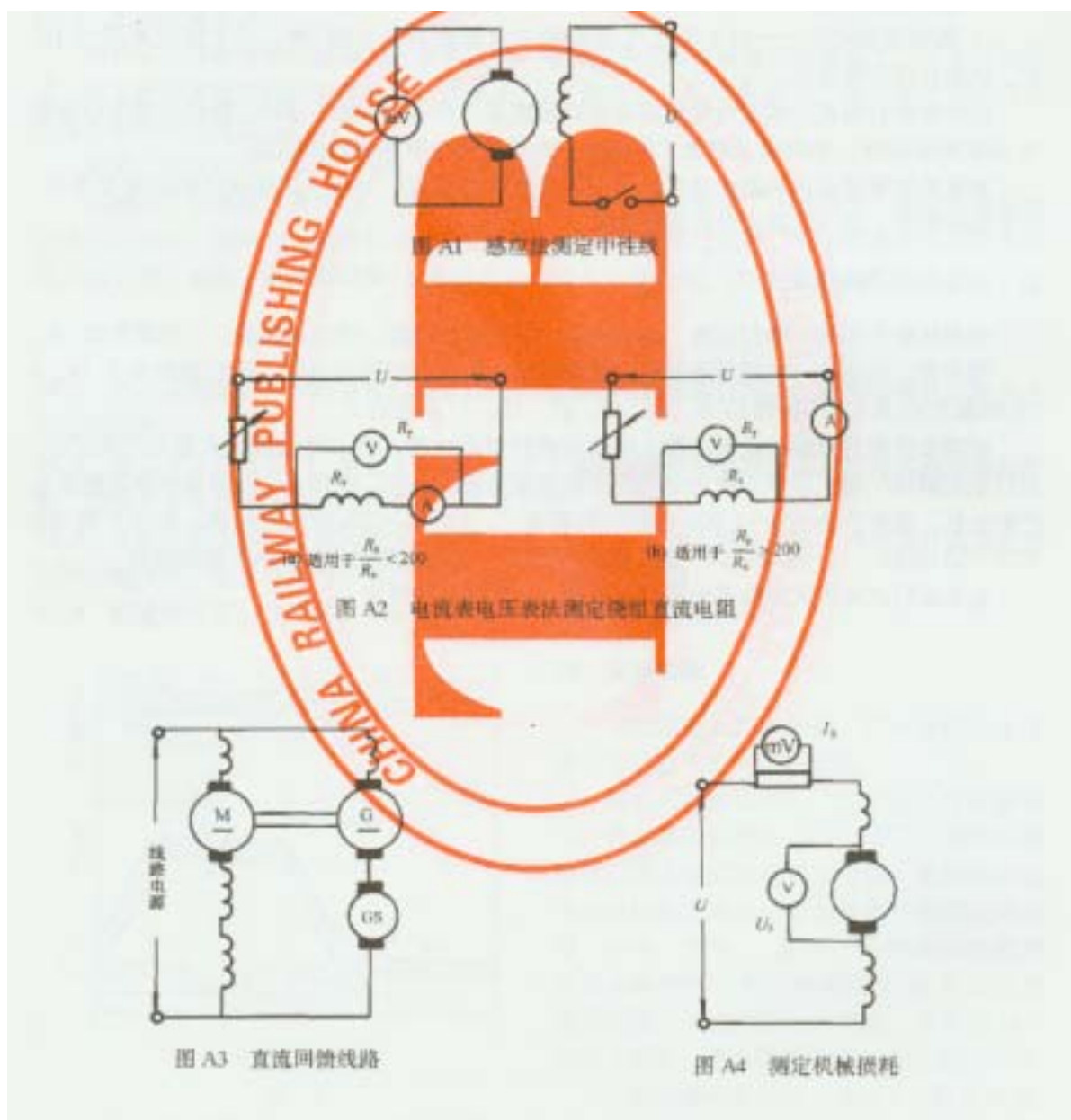
电机试验分四种：例行试验、型式试验、装车运行试验、研究性试验。

每台出厂的电机(包括新造电机、大修电机)都应进行例行试验，例行试验按 3、4、6(小时温升)，8(速率特性)、9、10、14、15、16、17 章进行。

对需要作型式试验的电机，按上述各章进行型式试验。当“对成批或大量生产的产品，进行定期抽试”时，抽样工作由电机质量检验监督部门执行。抽样方法：对每种稳定批量生产的电机，在年产量 500 ~ 1000 台的电机制造厂，按 1‰ ~ 2‰ 的比例抽试；在年产量 500 台以下的制造厂，1 ~ 3 年抽试一次。每次应在某一个月的整批合格产品中抽样两台。

装车运行试验和研究性试验项目、方法，本标准不作规定。

附录 A
(标准的附录)
试验线路图例



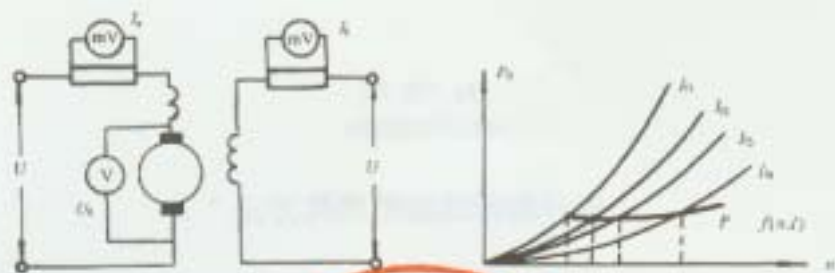


图 A5 测定空载损耗



图 A6 测定电路杂散损耗

图 A7 串流试验线路



图 A8 测定最佳励磁区

图 A9 主发电机试验线路

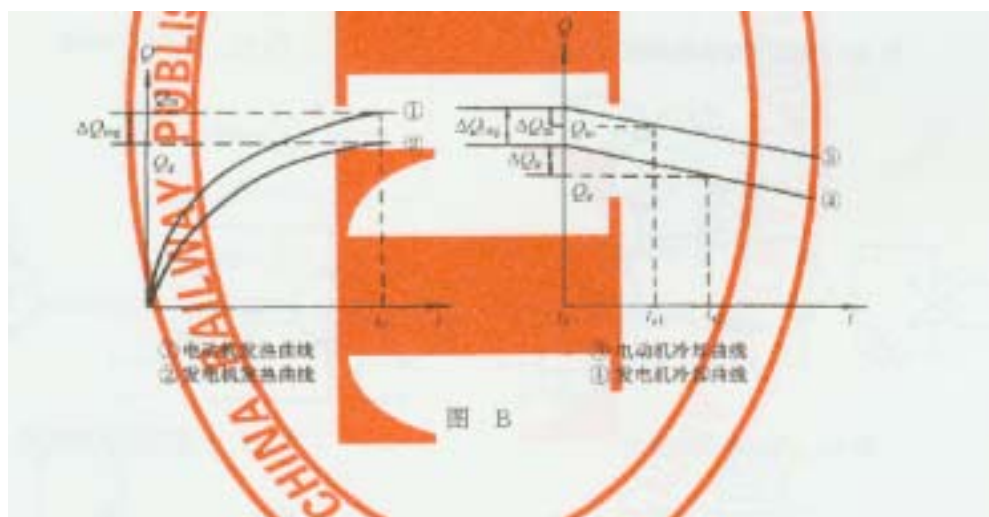
附录 B

(标准的附录)

温升例行试验的简化方法

设已测得电机作为电动机和作为发电机运行的“典型发热或冷却曲线”如图 B，则可用回馈法简化电机温升例行试验。

这时一台电机作为电动机运行，另一台作发电机运行，两台电机的温升试验均为有效。试验结束时，先后测取两台电机各绕组的电阻(对电枢绕组，停机后 1min 内各测取一点即可，并记录相应的测量时刻 t_{x1} 、 t_{x2})，分别算出两电机的绕组温升测量值 Q_m 、 Q_g 。那么，电动机例行试验的绕组温升，或等于该电机作电动机运行时测得的温升 Q_m ，加上“典型发热或冷却曲线”上试验结束时(t_0)和测量时刻(t_{x1})的温升差 Q_{m1} ；或等于该电机作发电机运行时测得的温升 Q_g ，加上“典型发热或冷却曲线”上试验结束(t_0)时和测量时刻(t_{x2})的温升差 Q_{g1} ，再加上电机作为电动机和作为发电机运行的温差升 Q_{mg} 。



附录 C

(标准的附录)

测定脉动损耗法

采用此方法确定脉流电动机的脉流效率时,要先在直流供电下确定电动机的效率 η_c 。

然后电动机用合适的脉流电源供给与直流时同样的电压 U_m (算术平均值)和同样的电流 I_m (算术平均值),使用交流瓦特计测量电动机吸收的脉动电流所有交流分量的电功率 P_a (图 C 表明交流瓦特计的电流线圈与特殊分流器并联;电压线圈通过一个电容器跨接到电动机两端,仅承受电压的交流成分)。假设 P_a 不产生任何有效转矩而全部变为损耗,则电动机的脉流效率由下式确定:

$$\eta_m = \frac{\eta_c}{1 + \frac{P_a}{U_m I_m}}$$

P_a 可用其他合适的方法测定,如用电子计算机进行采样计算,或拍摄电动机输入的电流和电压波形,通过谐波分析得到。

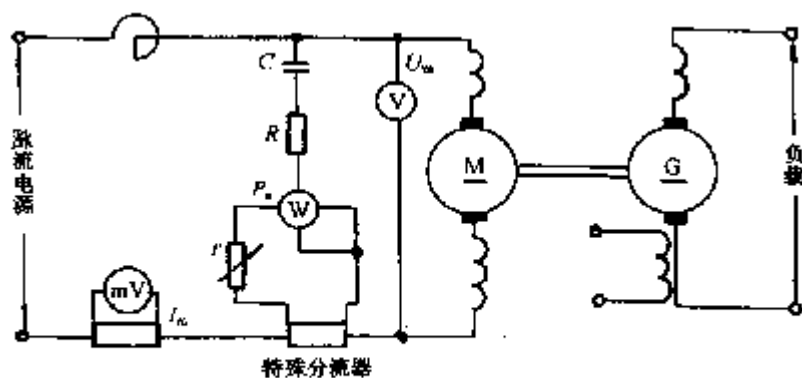


图 C