



中华人民共和国国家标准

GB/T 25123.1—2010

电力牵引 轨道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 的交流电动机之外的电机

Electric traction—Rotating electrical machines for rail and road vehicles—
Part 1: Machines others than electronic convertor-
fed alternating current motors

(IEC 60349-1:2002, MOD)

2010-09-02 发布

2011-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 环境条件 6

5 特性 7

5.1 总则 7

5.2 基准温度 7

5.3 效率特性 7

5.4 换向器型牵引电动机特性 7

5.5 主发电机特性 7

5.6 辅助电动机特性 8

5.7 辅助发电机特性 8

5.8 辅助电动发电机组和旋转变流机特性 8

6 标志 8

6.1 铭牌 8

6.2 接线端和引线标记 8

7 试验类别和试验项目 8

7.1 试验类别 8

7.2 试验项目 9

8 型式试验 11

8.1 温升试验 11

8.2 特性试验和容差 12

8.3 换向试验 14

8.4 瞬态试验 15

8.5 主、辅助交流发电机的短路试验 16

8.6 起动试验 17

8.7 超速试验 17

8.8 振动试验(内部产生的振动特性) 17

9 例行试验 17

9.1 短时完好性试验 17

9.2 特性试验和容差 18

9.3 换向试验 19

9.4 超速试验 20

9.5 绝缘试验 20

9.6 振动试验(不平衡性) 21

9.7 换向器径向跳动量测量 21

附录 A (规范性附录) 温度测量 24

附录 B (资料性附录) 确定损耗和效率的方法 26

附录 C (资料性附录) 噪声测量和限值 33

附录 D (规范性附录) 牵引系统的供电电压 40

附录 E (资料性附录) 用户和制造商之间的协议项目 41

参考文献 43

前 言

GB/T 25123《电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机》由以下三部分组成:

- 第 1 部分:除电子变流器供电的交流电动机之外的电机;
- 第 2 部分:电子变流器供电的交流电动机;
- 第 3 部分:用损耗总和法测定变流器供电的交流电动机的总损耗。

本部分是 GB/T 25123 的第 1 部分。

本部分采用重新起草法修改采用 IEC 60349-1:2002《电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第 1 部分:除电子变流器供电的交流电动机之外的电机》(英文版)。

本部分和 IEC 60349-1:2002 存在技术性差异,这些差异涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行标示,主要技术性差异及其原因如下:

- 规范性引用文件中引用了采用国际标准的我国标准;
 - 为保持与 GB/T 21413.1—2008 一致性,第 4 章环境条件中的海拔要求由 1 200 m 升为 1 400 m。
- 为便于使用,本部分还做了下列编辑性修改:
- “本国际标准”一词改为“本部分”;
 - 用“.”代替作为小数点的逗号“,”;
 - 删除国际标准的前言;
 - IEC 60411-2 已被 IEC 61287-2 代替,在第 2 章及全文用 GB/T 25122.2 代替 IEC 60411-2,列入参考文献中;
 - 参考文献中增加 IEC 60034 呼应 1.1 最后一句;
 - 原文附录 C. 4.1 涉及的 IEC 60651 列入参考文献中,涉及的 IEC 61260:1995 用对应的国家标准 GB/T 3241 代替,并列入参考文献中;
 - 原文附录 C. 8 涉及的 IEC 60034-9 用对应的国家标准 GB 10069.3 代替,并列入参考文献中。

本部分是在 TB/T 2436—2006《电力牵引 铁路机车车辆和公路车辆用除电子变流器供电的交流电动机之外的旋转电机》的基础上制定。

本部分附录 A、附录 D 是规范性附录,附录 B、附录 C、附录 E 是资料性附录。

本部分由中华人民共和国铁道部提出。

本部分由全国牵引电气设备与系统标准化技术委员会(SAC/TC 278)归口。

本部分负责起草单位:南车株洲电机有限公司。

本部分参加起草单位:永济新时速电机电器有限责任公司。

本部分主要起草人:朱利湘。

本部分参加起草人:钟幼康、吕引条。

电力牵引 轨道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 的交流电动机之外的电机

1 范围

1.1 GB/T 25123 的本部分规定了电力传动的轨道机车车辆和公路车辆(以下简称机车车辆)上,除电子变流器供电的交流电动机之外的旋转电机。这些机车车辆可从外部电源或内部电源获得动力。

本部分的目的是通过试验确认电机的性能,并为评定电机对某一规定负载的适应性以及与其他电机进行比较提供依据。

注1:本部分也适用于安装在由电力传动机车车辆牵引的拖车上的电机。

注2:本部分的基本要求可以用于特殊用途的机车车辆(如矿山机车)上的旋转电机,但不包括电机的防爆或可能要求的其他特殊性能。

注3:本部分不适用于小型路面车辆(如蓄电池供电的搬运车、工厂运货车等)上的电机,也不适用于微型电机,如在各种机车车辆上所用的前窗刮雨器电动机等。

注4:符合 IEC 60034 的工业型电机可用于某些辅助用途。

1.2 本部分涉及电机的电力输入或输出可以有如下形式:

- a) 直流(包括多相交流整流);
- b) 脉流(单相交流整流);
- c) 斩波控制的单向电流;
- d) 单相交流;
- e) 多相交流(通常为三相)。

1.3 本部分所涉及的电机分类如下。

1.3.1 牵引电动机

用于驱动轨道机车车辆或公路车辆的电动机。

1.3.2 发动机驱动的主发电机

用于给同一台机车车辆或列车的牵引电动机供电的发电机。

1.3.3 主电动发电机组

由电网或蓄电池供电,转而在同一台机车车辆或列车的牵引电动机供给电力的机组。

1.3.4 辅助电动机

用于驱动压缩机、风机、辅助发电机或其他辅助机械的电动机。

1.3.5 辅助发电机

用于给空调、采暖、照明、蓄电池充电等辅助设施供电的发电机。

1.3.6 辅助电动发电机组和辅助旋转变流机

从电网或其他电源获得电能,向辅助设施供电的电机。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 25123 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,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部分。

GB 1971 旋转电机 线端标志与旋转方向(GB 1971—2006, IEC 60034-8:2002, IDT)

GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机(GB/T 2900.25—2008, IEC 60050-411:1996, International electrotechnical vocabulary—Part 411: Rotating electrical machines + Amd 1:2007, IDT)

GB/T 2900.36 电工术语 电力牵引(GB/T 2900.36—2003, IEC 60050-811:1991, MOD)

GB 10068—2000 轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动的测量、评定及限值(idt IEC 60034-14:1996)

GB/T 11021 电气绝缘 耐热性分级(GB/T 11021—2007, IEC 60085:2004, IDT)

GB/T 20000.1—2002 标准化工作指南 第 1 部分:标准化和相关活动的通用词汇(ISO/IEC Guide 2:1996, Standardization and related activities—General vocabulary, MOD)

IEC 60050-131 国际电工术语 第 131 章:电路理论

IEC 60050-151 国际电工术语 第 151 章:电的和磁的器件

IEC 60638 牵引用旋转电机换向的评定和确定等级准则

IEC 60850 铁路应用 牵引系统的供电电压

3 术语和定义

3.1

总则

GB/T 2900.25、GB/T 2900.36、IEC 60050-131 和 IEC 60050-151 确立的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.2

电机的定额 rating of machine

制造商对电机规定的电参量和机械参量的同时值及其持续时间和顺序的组合。

3.2.1

额定值 rated value

包括在定额中的任何参量的数值。牵引电机定额,通常包括某些特殊参量,如脉流电动机电流的脉流系数、磁场可调电动机的励磁条件等。

3.2.2

持续定额 continuous rating

电机按 8.1 规定的条件,在试验台上能长时间承受的电气负载,此时温升不超过表 2 给定的限值,本部分中所有其他相应的要求亦应同时满足。

发动机驱动的主发电机的持续定额 continuous rating of an engine-driven main generator

发动机驱动的主发电机通常有下列规定的两种持续定额:

a) “低电压”持续定额

由流过负载电流的绕组的温升确定的持续定额(较大的负载电流与较低的电压)。

b) “高电压”持续定额

由磁场绕组的温升确定的持续定额(较小的负载电流与较高的电压)。

注 1:该两种持续定额应与 3.9.2 规定的满功率调整特性或 3.9.3 定义的固有特性的数值相对应。

注 2:在适当条件下,那些与上述规定相类似的定额,可用于主电动发电机组。

3.2.3

短时(例如:1 h)定额 short-time (for example, 1 h) rating

电机在试验台上,按 8.1 规定,电机从冷态开始(见 A.1),在规定的时间内所能承受的电气负载,此时温升不超过表 2 给定的限值,同时本部分中所有其他相应的要求亦应满足。

3.2.4

短时过载定额 short-time overload rating

电机在试验台上,在规定的时间内运行所能承受的电气负载,此时温升不超过表 3 规定的限值(试验按附录 A 的规定开始和进行)。

注:短时过载定额对确定电机适应负载的能力是有价值的,即电机在低于持续定额下运行相当长时间之后,接着又在高于持续定额下运行一段时间的能力。该负载与机车运用情况极其类似,但与高速运输的重复短时负载的周期及类似的负载无关,对于后一种运用情况不作规定。

3.2.5

断续工作制定额 intermittent duty rating**断续定额**

电机按循环负载运行所能承受的电气负载和运行条件,且在工作周期内任一点上的温升均不超过表 2 给定的限值。

3.2.6

等效定额 equivalent rating

具有恒定电压、恒定电流和恒定转速值的持续定额,就温升而言,其与电机在实际使用中应承受的长期断续周期负载是等效的。该定额由用户和制造商商定。

3.2.7

保证定额 guaranteed rating

由制造商保证的定额。

3.2.7.1

牵引电动机的保证定额 guaranteed rating of a traction motor

保证定额通常指持续定额。在特殊情况下,经用户和制造商协商,可以采用短时定额或断续定额作为保证定额。

3.2.7.2

发动机驱动的主发电机的保证定额 guaranteed ratings of an engine-driven main generator

通常将 3.2.2 中规定的两个持续定额作为主发电机的保证定额。但在特殊情况下,用户和制造商可商定将短时定额或断续定额作为保证定额。

3.2.7.3

主电动发电机组的保证定额 guaranteed ratings of a main motor-generator set

通常将持续定额作为保证定额。但在特殊情况下,用户和制造商可商定将短时定额或断续定额作为保证定额。

3.2.7.4

辅助电动机的保证定额 guaranteed rating of an auxiliary machine

如果没有另外规定,保证定额就是指持续定额。

3.3

额定电压 rated voltage

电机运行在定额状态时在其端子上电压的规定值。如果电压是单向的,则额定电压为周期波形的算术平均值,如果电压是交变的,则额定电压为周期波形基波分量的方均根值。

注:当电机永久串联保护电阻时,则该电阻应作为电机的组成部分。

3.3.1

由接触网(轨)直接或间接供电的电动机的额定电压(包括电动发电机组的电动机) **rated voltage of a motor fed directly or indirectly from a contact system (including motors of motor-generator sets)**

额定电压是指电动机由标称网压的接触网(轨)供给额定电流时,在其端子上所能出现的最高电压

值(不包括瞬时值)。标称网压根据附录 D 给定。

在某些情况下,为了能全面地确定电机的性能,有必要规定除上述电压以外的其他电压额定值,例如:电动发电机组就是在整个输入电压范围内提供恒定功率输出的。

对于间接供电的电动机,如果没有给出变压器或其他装置的调整特性曲线,则额定电压应取作 90% 的开路电压值。

3.3.2

由装在机车车辆上的发电机或蓄电池供电的电动机的额定电压 **rated voltage of a motor fed from a generator or battery located on the vehicle**

3.3.2.1

牵引电动机 **traction motors**

额定电压应为电源供给电动机额定电流时,与电源相对应的最高电压值。

3.3.2.2

辅助电动机 **auxiliary motors**

额定电压应为与辅助电源的标称电压相对应的值(参见 3.3.4 的注)。

3.3.3

主发电机的额定电压 **rated voltages of a main generator**

应规定两个额定电压,其值与 3.2.2 规定的两个持续定额相对应。

3.3.4

辅助发电机(包括辅助电动发电机组或旋转变流机中的发电机)的额定电压 **rated voltage of an auxiliary generator (including generators of auxiliary motor-generator sets or rotary converters)**

与辅助电源标称电压相对应的电压。

注:通常,辅助电源的标称电压由制造商和用户商定,但用户应注意到有关因素(诸如与其他机车车辆的标准化问题),它们可能影响到电压的选择。

3.4

电机的额定转速 **rated speed of a machine**

在保证定额下的转速。

3.4.1

发动机驱动的主发电机或辅助发电机的额定转速 **rated speed of an engine-driven main or auxiliary generator**

与发动机额定转速相对应的转速。

3.4.2

轮轴驱动的发电机的额定转速 **rated speed of an axle-driven generator**

该额定转速应由制造商和用户商定。

3.5

最高(或最低)电压 **maximum (or minimum) voltage**

3.5.1

电机的最高(或最低)电压 **maximum (or minimum) voltage of a machine**

电机使用中要求承受的最高或最低电压,瞬时电压不包括在内。最低电压也不包括在起动或加速过程中由于控制设备引起的任何衰减量。

如果没有另外协议,一台与其他串联连接的但无机械耦合的辅助电机,其最高电压应取为对该组电机供电的最高电压的 1.2 倍除以串联数。

3.5.2

由接触网(轨)直接或间接供电的电机的最高和最低电压 **maximum and minimum voltage of a machine supplied directly or indirectly from a contact system**

通常为牵引系统的最高电压和最低电压相对应的电压(见附录 D),并应考虑到接在线路与电机之间的任何变压器或控制设备的调整率。

3.6

最大电流 maximum current

在制造商提供的特性曲线上表示出的电流的最大值。

3.7

最高工作转速 maximum working speed

3.7.1

牵引电动机的最高工作转速 maximum working speed of a traction motor

由制造商规定的牵引电动机的最高转速。

注:当装有该电动机的机车车辆的特性已定时,电动机该转速不应低于与机车车辆的最高运行速度相对应的值。

此时设定,金属动轮为全磨耗,或橡胶动轮为最小滚动直径。

3.7.2

发动机驱动的主发电机或辅助发电机的最高工作转速 maximum working speed of an engine-driven main or auxiliary generator

发电机该转速对应于发动机作该特定应用时的最高调节转速。

注:该转速通常为“空载”时的最大调节速度。负载变化期间瞬时的速度变化应予忽略。

3.7.3

转速与机车车辆速度成正比的发电机的最高工作转速 maximum working speed of a generator with a rotational speed proportional to the speed of the vehicle

由制造商规定的该发电机的最高旋转速度,参见 3.7.1 的注。

3.7.4

主或辅助电动发电机组、辅助变流机或辅助电动机的最高工作转速 maximum working speed of a main or auxiliary motor-generator set, an auxiliary converter or an auxiliary motor

制造商规定的该电机的最高转速。

注:当规定此最高转速时,应考虑到特殊场合,即电压、励磁、频率、负载等在实际使用中可能出现的最不利条件。

3.8

电机和热力发动机的输出和输入功率 output and input power of electric machines and heat engines

3.8.1

电动机的输出功率 output power of a motor

电动机轴上有效机械输出功率,用千瓦(kW)表示。

3.8.2

热力发动机的最大运行输出功率 maximum service output power of a heat engine

规定的热力发动机对于特定应用场合能提供的最大输出功率。

3.8.3

主发电机的有效输入功率 available input power to a main generator

该输入功率被转变为供给牵引电动机和其他与之相连的负载(如列车采暖系统)的电功率,用以推导主发电机的定额和特性。

主发电机的最大有效输入功率,为热力发动机的最大运行输出功率减去热机直接或间接提供给热机冷却设备和机车车辆辅助设备的驱动功率。此时设定这些设备在给定条件下以最小输入功率的工况

运行。

注：该有效输入功率，在主发电机整个工作电流范围内并不一定完全由主发电机吸收。

3.9

主发电机特性 main generator characteristics

3.9.1

调整特性 regulated characteristic

如果将主发电机的功率需求量调整到等同于有效输入功率，在调节限值范围内的电流和电压的乘积基本上保持恒定，则获得调整特性。

3.9.2

满功率调整特性 full power regulated characteristic

与最大有效输入功率相对应的调整特性为满功率调整特性。

3.9.3

固有特性 inherent characteristic

发电机未带有使其功率需求量与热力发动机的有效输出功率相匹配的负载调节设备时的运行特性。

3.10

串励电动机的有效励磁率 effective field ratio of a series motor

实际磁场安匝数与在相同的电枢电流下能得到的最大安匝数之比。

注1：对串励电动机而言：

- 磁场电流等于电枢电流时，为满磁场；
- 有效励磁率为运行中所用的最大值时，为最大磁场；
- 有效励磁率低于最大值时，为削弱磁场；
- 有效励磁率为运行中所用的最小值时，为最小磁场。

注2：对于磁场绕组上未跨接固定分路的电动机，满磁场和最大磁场是相同的。

3.11

串励电动机的有效电阻 effective resistance of a series motor

该电阻值乘以负载电流即得电机绕组总的电阻压降，也就是考虑到任何跨接在磁场绕组上的分路。

3.12

脉流因数 ripple factor

连续脉动电流的脉流因数定义为：

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100\%$$

其中 $I_{\max}$ 和 $I_{\min}$ 分别是电流波形中的最大值和最小值。

注：此定义根据 GB/T 25122.2。

3.13

脉动频率 pulsating frequency

脉动电流或电压的交流基波分量的频率。

3.14

脉冲控制 pulse control

改变重复导通的电压或电流脉冲的起点和终点来进行电机供电的控制。脉冲控制设备包括斩波器、逆变器和电子控制的整流器等。

4 环境条件

如果用户没有另外规定，本部分设定环境条件如下：

a) 海拔

海拔不超过 1 400 m。

注：本部分实施前设计定型的产品可按海拔 1 200 m 执行。

b) 温度

遮荫处的温度不超过 40 ℃。

当电机需要在超过上述一个或两个限值情况下运行时，其特殊要求可以由用户和制造商双方协商。

如果需将电机用于任何诸如尘埃、潮湿、温度、雪、冲击作用等特别恶劣的条件，用户应通知制造商。

5 特性

5.1 总则

常规下，电机技术条件应包括按照下列条款规定的特性曲线。这些被称作“规定特性”的曲线，应在每个变量的设计运用限值范围内绘出。

当某类型电机的最初几台已试验完毕，可按照 8.2 的规定，根据试验结果作出“典型特性”曲线。

若电机在电磁性能上与以前为同样用户或同种应用而制造的电机相同，除另有协议外，一般该电机可采用原有电机的典型特性曲线。对于这种情况，可以仅用例行试验来验证电机是否符合这些特性。

5.2 基准温度

对于各种特性曲线，不论电机使用哪种绝缘等级，均应在绕组基准温度为 150 ℃ 时绘制。该温度应在特性曲线上注明。

5.3 效率特性

效率特性应考虑到外置电阻的损耗，这些电阻一般在主电路或励磁电路内，他励电路内的功率损耗一般也应包括在内，除非作另外的考虑（例如作为辅助负载），此时应说明已略去该损耗。

5.4 换向器型牵引电动机特性

通常，特性曲线应表示出电动机转速、转矩和效率与电流的函数关系，亦可表示出机车车辆速度和轮轨牵引力与电流的函数关系，此时应说明齿轮传动比、轮对直径和传动损耗。如果后者采用约定值，则宜根据图 B.10 来确定。

对每一种适用励磁工况，都应绘出对应的特性曲线，若磁场是无级调节，此时仅需绘出对应最大和最小磁场时的特性曲线。对应于每一有效励磁率的电机有效电阻均应在特性曲线上注明。

直接或间接由接触网（轨）供电或由机车车辆上的蓄电池供电的牵引电动机，应在额定电压下绘出其特性曲线。除非电路中还包括其他装置（如变压器或电抗器），且这些装置将导致电动机端电压随电流而变，此时应在与标称供电电压相对应的电动机电压下绘出这些曲线，同时，特性曲线图上应包括电动机电压-电流曲线，若得不到这些数据时，则可绘制额定电压时的特性曲线。

通常，电传动热力机车车辆牵引电动机的特性曲线，是在与发电机低电压持续定额相对应的电压下绘制，但经过协商后，这些曲线也可在其他电压下绘出。

交流换向器电动机的特性曲线，应在额定频率下绘出，同时还应说明功率因数与电流的函数关系。

至于采用电阻制动或再生制动的电动机，其特性曲线应表示出用于这种工况时的性能。除非另有协议，否则一般应绘出在与 1.1 倍的标称网压相对应的电动机电压下的再生制动特性。

典型制动特性可由电动机状态的试验结果计算得到，也可直接由制动状态的试验得到。

5.5 主发电机特性

该特性曲线表示为电压与负载电流的函数关系。对带有整流器一起运行的交流发电机，特性曲线上还应显示整流器的输出功率。无刷交流发电机的发电机和励磁机应视为一台电机。

该特性曲线的绘制，应与发动机最高和最低转速时发电机用于牵引的输入功率相对应，如果发动机具有数个预定的中间转速级时，应绘出与足够数量的转速对应的附加曲线，以充分表示发电机的性能。

每条曲线应与相应的励磁条件、输入功率、发电机转速和级位数（如有）相一致。此外，在满功率特

性曲线上应标出至少对应于两个持续定额的主发电机效率。

注：参见 5.3 的规定，当确定效率时，应考虑励磁功率的损耗。

对于主电动发电机组的发电机，应绘出类似的特性曲线，适当考虑驱动电动机和调节设备的特性。

5.6 辅助电动机特性

转速、转矩(或输出功率)、效率和功率因数(对于交流电机)等的特性曲线应绘制成在额定电压和额定频率下与电动机电流的函数关系曲线。

或者，经过制造商和用户的协商，特性曲线可以绘制成转速或输出功率的函数曲线。

对应于每种实际使用的励磁条件，均应绘制曲线。

5.7 辅助发电机特性

输出电压、功率和效率的特性曲线应绘制成在额定转速下和输出电流的函数关系曲线。对可调速的电机则应在实际运行中的最低和最高转速下绘制这些特性。并应注明各交流输出功率的频率。

对带有电压调整器运行的发电机，应在标称电压下以及规定的励磁电流变化范围内绘出特性曲线。

无刷交流发电机的发电机和励磁机应视为一台电机。

5.8 辅助电动发电机组和旋转变流机特性

应分别在电机供电电压为最小值、额定值和最大值时，绘制输出电压、输出功率、电机转速和输入电流等与输出电流的函数关系曲线，应指出持续定额时的总效率。对于交流电机的特性曲线应表示出功率因数。

对于带有电压或频率调整器的电机，应在标称电压或额定频率下绘出特性曲线。应指出励磁电流的变化范围。

如果电机驱动某外部负载，诸如通风机，则负载吸收的功率应显示在特性曲线上或在其上注明，而对于机组总效率指标则可用对应于持续定额时电机的总输入功率的总效率来代替。

6 标志

6.1 铭牌

本部分包括的所有电机均应带有铭牌，铭牌应明显可见。铭牌至少标有下列内容：

- a) 制造商名称；
- b) 电机设计型号；
- c) 电机序号；
- d) 制造年份。

当电机安装在车上时，电机序号和旋转方向箭头(如有)应易于辨认。

在每台电机的定子和转子上打印相应的序号或统一标识代号。

6.2 接线端和引线标记

除非另有协议，接线端和引线标记应符合 GB 1971 的规定。

7 试验类别和试验项目

7.1 试验类别

7.1.1 总则

试验有三类：

- 型式试验；
- 例行试验；
- 研究性试验。

7.1.2 型式试验

型式试验是用以确定新型电机的定额、特性和性能。当电机的生产场地和/或制造方法有变化时，

用户和制造商应对重新进行型式试验的事项达成协议。另外,确定典型特性的试验,应按照 8.2 的规定,在多台电机上进行。

除另有协议外,一般做全部型式试验的电机应取最初生产的十台电机中的任意一台。

若制造商提出了具有相同的电磁设计、适用于相同的环境条件、具有相同定额的电机型式试验记录,且为用户认可,则电机可免做型式试验。

试验开始前,制造商应向用户提供一份试验规范,列出为验证该产品符合本部分要求而应做的试验项目。型式试验完成后,制造商应向用户提供一份符合 GB/T 20000.1—2002 定义的完整型式试验报告。

根据制造商与用户双方商定,可对更多数量的电机定期地进行全部或部分的型式试验。

做过型式试验的电机还应做例行试验。

7.1.3 例行试验

例行试验用以验证每台电机在电气和机械上的良好性,并验证每台电机与已通过型式试验的电机本质上的一致性。

通常,所有电机均应按第 9 章的规定进行例行试验。然而用户与制造商可以商定替代试验。还可协商从订购的电机中随机选取一定比例的电机作全部例行试验,但超速试验和绝缘试验,按照 9.4 和 9.5 的规定在所有电机上进行。

7.1.4 研究性试验

研究性试验是为了获得补充资料而进行的选择性特殊试验,仅在用户与制造商双方订货前达成协议时才进行。研究性试验的结果不应影响电机的验收,除非同样已经达成相反的协议。

7.2 试验项目

表 1 列出了符合本部分要求的试验项目,用户和制造商的协议项目参见附录 E。

表 1 试验项目表

电机种类(1.3)	试验	温升	完好性	特性		换向		瞬态	起动	噪声 ^a	超速		绝缘	振动		换向器径跳 ^b
		型式	例行	型式	例行	型式	例行	型式	型式	型式	型式	例行	例行	型式	例行	例行
	条款															
牵引电动机(1.3.1)	换向器	8.1	9.1	8.2.2	9.2.2	8.3.2	9.3.2	8.4.2 ^a	8.6.2 ^a	附录 C	NA	9.4.2	9.5	8.8	9.6	9.7
	绕线式转子	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3	NA	NA	NA	NA		NA	9.4.2	9.5	8.8	9.6	9.7
	鼠笼式转子	8.1	NA	8.2.3	9.2.3	NA	NA	NA	NA		8.7	NA	9.5	8.8	9.6	9.7
主发电机(1.3.2)	直流	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3	8.3.3	9.3.3	NA	NA	附录 C	NA	9.4.3	9.5	8.8	9.6	9.7
	交流	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3/4	NA	NA	8.5	NA		NA	9.4.3	9.5	8.8	9.6	NA
主电动发电机组(1.3.3)	电动机	8.1	9.1	8.2.2	9.2.2	8.3.2 ^a	9.3.2 ^a	8.4.2 ^a	8.6.3	附录 C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7 ^a
	发电机	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3	8.3.3 ^a	9.3.3 ^a	8.5	NA		NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7 ^a
辅助电动机(1.3.4)	换向器	8.1	9.1	8.2.4	9.2.5	8.3.4	9.3.4	8.4.3/4 ^a	8.6.4	附录 C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7
	绕线式转子	8.1	9.1	8.2.4	9.2.5	NA	NA	NA	8.6.4		NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	NA
	鼠笼式转子	8.1	9.1	8.2.4	9.2.5	NA	NA	NA	8.6.4		8.7	NA	9.5	8.8	9.6	NA
辅助发电机(1.3.5)	直流	8.1	9.1	8.2.5	9.2.6	8.3.4	9.3.4	NA	NA	附录 C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7
	交流	8.1	9.1	8.2.5	9.2.6	NA	NA	8.5	NA		NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	NA
辅助电动发电机组和旋转变流机(1.3.6)	电动机	8.1	9.1	8.2.6	9.2.7	8.3.4 ^a	9.3.4 ^a	8.4.3/4	8.6.4	附录 C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7 ^a
	发电机	8.1	9.1	8.2.6	9.2.7	8.3.4 ^a	9.3.4 ^a	8.5	NA		NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7 ^a
NA=不适用。																
所有电机,包括已做过型式试验的电机,均应进行例行试验。																
^a 对分类中的电机并非都适用;参考有关条款。																
^b 选择性试验。																

8 型式试验

8.1 温升试验

8.1.1 总则

试验应在保证额定下进行。但对于交流主发电机,经用户和制造商协商,可以按下列条件进行温升试验:

- 在额定频率和电机输出端短路的条件下的试验,调节励磁电流使电机输出电流实际产生的定子绕组温升,与在低电压持续额定下进行负载试验时定子绕组的温升相同;
- 在额定频率和电机输出端开路的条件下的试验,调节励磁电流使电机输出电压为高电压持续额定的规定值。

当交流发电机带有整流输出,则电机应和整流器或具有类似特性的设备一起进行型式试验。

电机如果应用于下列一个或多个条件,则试验时的电压波形和电流波形应相似于实际运行时的波形:

- 实际运行时的负载电流的脉流因数超过保证定额的 10%;
- 脉冲控制励磁。

如果在实际上满足不了这些要求,则由用户和制造商商定一种考虑试验电源与实用电源之间差别影响的方法。

注 1: 对于在单相工频(50 Hz 或 60 Hz)交流整流电源下工作的电机,无论电机制造地点的供电频率是否和使用地点的相同,只要其脉流因数不小于实际运行时的脉流因数,试验可以在制造地点的供电频率下进行,其试验结果的误差可以忽略不计,且不必修正。

注 2: 持续额定试验,如果试验开始时加大负载或减小风量,则可缩短到达稳定温度的时间,只要随后在额定工况连续保持至少 2 h 或直到由相应方法证明达到稳定温度即可。

注 3: 稳定温度是指试验的最后 1 h 内温升变化小于 2 K。

注 4: 如果典型励磁电流与规定值不同,则试验应在典型值下进行。

8.1.2 温升试验时的通风

电机进行试验时的通风应与实际使用时相同,对电机温升有影响的所有部件,包括风道、滤尘器这些机车部件均应在位,或在提供有等效条件的装置下进行。

强迫风冷时,应在电机的进风口测定静压力和空气流量,以便画出这两个量之间对应关系的图表。

通常,不提供相当于机车车辆运行而产生的冷却。但在特殊情况下,如全封闭的牵引电动机,这种冷却特别重要,在用户和制造商协商后,可使用外部冷却。

8.1.3 结果的判定

在“冷却开始”时,绕组、换向器或滑环的温升不应超过表 2 中的规定值。

8.1.4 温升限值

绝缘材料的耐热等级(绝缘等级)在 GB/T 11021 中进行了规定。

表 2 给出了采用不同等级绝缘材料的绕组和其他部件,在试验台上测得的高于冷却空气温度的温升允许限值。

如果同一电机的不同部件采用不同等级的绝缘材料,则每个部件的温升限值应取各个绝缘等级的对应值。

对全封闭式电机,表 2 的限值增加 10 K。

当电机直接或间接受到发动机或其他任何热源的发热影响时,用户和制造商之间可以协商采用低于表 2 规定的温升。

注: 换向器温度仅是影响换向的多个因素之一,虽然换向器温度的降低大体上有利于换向,但并不总是这样的情况。

表 2 持续定额或其他定额的温升限值

电机部件	测量方法	绝缘等级			
		B	F	H	200
定子绕组或 交流发电机或同步电动机的 旋转磁场绕组	电阻法	130 K	155 K	180 K	200 K
所有其他旋转绕组	电阻法	120 K	140 K	160 K	180 K
换向器或滑环(见注)	电温度计法	120 K	120 K	120 K	120 K
鼠笼式转子 阻尼绕组	电温度计法	温升应以不损害任何绕组或其他部件为限			

8.1.5 短时过载温升试验

如果规定了短时过载定额,则应做一次或多次如下所示的试验进行验证。

在前述定额试验结束时,表 3 给定的起始温升可由继续绘制关键绕组(见注 1)的冷却曲线到某时间而得到(见注 4),绕组温升到达表 3 给定的“起始”值的时间可由冷却曲线外延一段预计时间而得到,该时间段不超过从最后读数前的 5 min(见注 2 和注 3)。

如果测得的温升与表 3 给定的试验最终温升值之差在 20 K 之内,则额定电流或持续时间均可通过计算修正到某值,估计能使之达到表 3 给定的温升。

如果测得的温升与表 3 的差值大于 20 K 以上,则试验应以修正后的电流或持续时间重做。

表 3 短时过载定额的温升

电机部件	绝缘等级			
	B	F	H	200
定子绕组,或交流发电机或同步电动机的旋转磁场绕组				
——试验起始值	85 K	100 K	120 K	130 K
——最终值	130 K	155 K	180 K	200 K
所有其他旋转绕组				
——试验起始值	75 K	85 K	100 K	110 K
——最终值	120 K	140 K	160 K	180 K

注 1: 换向器型电机的关键绕组通常指电枢绕组。对多相交流电机,通常指定子绕组。

注 2: 如用户和制造商双方同意,可以测量其他部件(如鼠笼转子、换向器、轴承等)的温升。

注 3: 对全封闭型电机,表 3 给出的温升限值应增加 10 K。

注 4: 如用户和制造商双方同意,可以用其他方法获得初始温升。

8.2 特性试验和容差

8.2.1 总则

验证电机特性与规定特性一致的试验,可采用任何适当的方法(示例参见附录 B)来进行。负载试验应在电机热态下进行。仅在可以使用高精度的测试设备时才用直接测量法来测定输入量和输出量。根据试验结果计算的效率值应修正到基准温度。如修正量很显著,则对其他试验结果值也应修正。

脉流电机特性试验可在直流电源下进行,此时在计算效率时,应由脉流引起的附加电阻损耗考虑进去,附录 B 给出了这些损耗值。

效率或损耗试验只要求在按 7.1.2 规定应进行全部型式试验的电机上做。

可逆电机应在两个旋转方向上分别进行试验。

8.2.2 换向器型牵引电动机

8.2.2.1 为绘出对应于规定特性的典型特性曲线,应取得足够的试验读数(如每条曲线上取 4 或 5 个

读数)。

典型转速/电流特性曲线应以最初四台被试电机的平均转速绘制。此平均值相对于规定值的偏差不应超出表 4 给出的设计容差。同时每台电机的转速与相应的典型值的偏差不应超过同一表中列出的制造容差。

典型转矩/电流曲线应利用型式试验中得到的效率值由转速/电流曲线计算而得。

注：按 5.4 的规定，典型制动特性曲线可以由典型牵引特性曲线计算而得，或由制动工况下的试验而得。制动特性曲线应与规定的基本电磁特性曲线在牵引工况下已经验证的相一致，不应有偏差。

8.2.2.2 转速容差见表 4。

表 4 换向器型牵引电动机的转速容差

励磁条件或有效励磁率	设计容差/%		制造容差/%	
	点 Ch1	点 Ch2	点 Ch1	点 Ch2
最大值	±5	±3	±3.5	±3
最大值至 50% 间	±6	±4	±5	±3
小于 50%	±7	±5	±7	±5

点 Ch1 表示在规定的或典型的特性曲线上的最高工作转速的 80% 时相对应的电流值，或是表示如果该点的转速低于最高工作转速的 80% 时，其相对应最小电流值(见图 1)。

点 Ch2 表示在相关的特性曲线上的最大电流值的 90% 的那一点(见图 1)。

这些点之间的容差相对于电流值按线性分等。

他励电机的特性曲线与图 1 不同时(例如上升特性)，就不可采用表 4，其容差应由制造商和用户双方商定。

注：这种电机可按类似主发电机(见 8.2.3)的方式处理，其转速/电流特性在型式试验之后可以修正，使例行试验的转速容差在该修正值内。任何对规定励磁的调节均应在控制系统的容量和励磁绕组保证定额的范围内。

电动机的保证额定输出功率低于 75 kW 时，容差应增加 1%。

他励电动机的典型励磁电流和串励电动机的有效励磁率，只要它们保持在励磁控制设备的容量范围内，可以与规定值不同。

8.2.2.3 在保证定额下测得的损耗不应超过规定特性曲线上对应值的 15%。

注：当传动损耗采用约定值而不是采用测量值时，规定损耗和典型损耗之间的比较将仅以电机损耗为依据。

8.2.3 主发电机(参见图 2)

8.2.3.1 通常，设计成带整流输出的交流发电机应配有适当的整流器一起进行试验。无刷交流发电机及其励磁机应被认为是一台电机。

对于不可能进行满功率试验的交流主发电机，制造商可以进行适当的开路和短路试验来验证电机特性，并参照附录 B 的损耗总和法确定效率。试验细则应由用户和制造商双方商定。

8.2.3.2 对于可调节的直流发电机，应取足够的读数，直接由读数或由开路或短路试验结果计算值绘出对应于规定特性的典型特性曲线。该曲线应以最初四台电机试验的平均值为依据。

制造商在这个阶段可以自由地修改励磁值，而在此以后进行的所有试验均应采用该新的励磁值。制造商还应验证典型特性曲线所需的励磁值应在调节设备的容量范围之内。

在典型满功率特性曲线调节线段上表示的最大电流和最高电压值(点 Ch1 和点 Ch2)不应偏离规定曲线上对应值的±5%。

8.2.3.3 对于具有固有特性的直流发电机，应在其最初四台电机试验时取足够的读数，以便采用这四台电机的试验数据平均值，绘出典型特性曲线。对规定曲线上的励磁值可以修改，但以后进行的所有试验均应采用该修改值。

典型的最大电流、额定电流时的电压、开路电压(点 Ch1、Ch2、Ch3)不应偏离规定曲线上对应值的

±5%。

8.2.3.4 对于可调节的和具有固有特性的两种直流发电机,它们在两个持续定额(见 3.2.2 的定义)时的损耗不应超过规定值的 15%。

8.2.4 辅助电动机

为了能绘出对应于规定特性的典型特性曲线,应在最初四台被试电机上测取足够的读数,由这些读数的平均值确定典型特性。

此外,如果电机的最高和最低电压与额定值之差超过额定值的±5%,则应在该两种电压下确定典型转速和转矩(或输出功率)曲线。

电流值处于 0.8 和 1.2 倍保证定额之间的典型特性曲线不应偏离规定特性曲线的±5%。

保证定额时的损耗不应超过规定值的 15%。

8.2.5 辅助发电机

为了能绘出对应于规定特性的典型特性曲线,应在最初四台被试电机上测取足够的读数,由这些读数的平均值确定典型特性。对带电压调整器运行的电机,这些试验中至少应有一项试验应在电路中接有调整器的情况下进行。

不可调的发电机在开路与保证定额之间任何点上的典型输出电压,与规定特性曲线上的输出电压值之差,不应超过规定特性的±5%。可调发电机的电压容差决定于电压调整器,与发电机无关。励磁电流可以与规定值不同,只要该值在调整器的容量范围之内。

保证定额下的发电机损耗不应超过规定值的 15%。

此外,交流发电机的开路和短路特性应在额定转速下测取,应绘出平均特性曲线,作为评定例行试验的依据。

8.2.6 辅助电动发电机组和旋转变流机

为了能绘出对应于规定特性的典型特性曲线,应在最初四台被试电机上测取足够的读数,由这些读数的平均值确定典型特性曲线。对于可调电机,这些试验中至少有一项试验应在电路中接有调整器的情况下进行。

对不可调电机,典型输出电压特性与规定特性在开路和额定电流点之间的任一点上的输出电压值之差,不应超过规定特性的±5%,除非另有规定,一般对转速-电流特性不规定容差。

可调电机的电压容差和频率容差与调整器有关,与电机无关。

在典型特性曲线上任一点运行的可调电机的励磁电流应在典型的范围内。只要励磁电流修正值是在调整器的容量范围之内,则典型的范围可以与规定的范围不同。

在保证定额下测得的电机损耗不应超过规定值的 15%,此规定不适用于带外部负载的电机。对此情况,保证定额下的输入值不超过规定值的 5%。

8.3 换向试验

8.3.1 总则

换向试验的结果应按照 IEC 60638 进行记录。换向试验后,电机不应有机械损伤、闪络或永久性损伤。永久性损伤是指这种损伤将在试验后会影响到电机正常运行。

试验应在电机热态下进行。每个换向试验点应保持但不超过 30 s。在大电流下试验后,电机如显示过热的迹象,可在小电流下运行一段时间,使电机冷却到较正常的工作温度。

他励或复励的电机,应对每一试验点,在适当的励磁条件下进行试验。

电机应在运行中作为特殊应用而出现的每个旋转方向上进行试验。改变旋转方向试验时,电刷不应受干扰。

试验可以按任何希望的电流次序和旋转次序进行。试验中电机无论什么时候改变转向,均可在新的转向下,在所选择的电流和转速下,运行不超过 15 min,达到电刷和换向器之间满意的接触条件。

仅做一个转向试验的电机,在每个试验点进行前,应运转足够的时间,以保证电刷充分磨合。

对于交流和脉流电动机,交流电动机的试验应在额定频率下进行;脉流电动机的试验应在运用的脉动频率和脉流因数下进行。在某些情况下,可按 8.1.1 注 1 的规定来改变频率。

8.3.2 牵引电动机(参见图 1)

换向试验应在下列点上进行:

——换向点 1(Com1):在特性曲线上所示的最高转速时,且电流为电动机在该转速下运行,通常能取得的最大电流值。

——换向点 2(Com2):在保证定额的电流时。

——换向点 3(Com3):在相应曲线上所示的最大电流时。

试验点 Com2 和 Com3 应在该点于运行中采用的最大和最小励磁下进行。

试验电压应取下列值:

——对由接触网(轨)直接或间接供电的电动机:试验电压取与系统最大电压相对应的值;

——对电传动热力机车车辆的电动机:试验电压取运行在主发电机满功率特性曲线时的电动机端电压;

——对由蓄电池供电的电动机:试验电压取与满充电蓄电池空载电压相对应之值。

如在上述规定的电压下进行点 Com2 和 Com3 的试验时,电动机的转速高于试验点 Com1 的转速,则应降低试验电压,使电动机转速与试验点 Com1 的转速相同。

如在上述任何一种情况下,加到电动机上的最大电压受到控制设备的限制,则应在此限制电压下进行试验。

此外,对运行中永久串联,且既无机械耦合,又无自动空载保护的串励电动机,换向试验应在最大磁场及负载电流调节到使电动机运行在最高工作转速的条件下进行。对由电网或蓄电池供电的电动机,试验电压取 1.5 倍额定电压,对电传动热力机车车辆的电动机,试验电压取 1.5 倍的最大电压。

注:对于仅有轮对空转显示而需由司机进行调整的设备,不能免做此试验。

对用于再生制动或电阻制动的电动机,应在整个制动特性曲线的范围内,在适当多的(例如四个或五个)转速值和电流值下做换向试验。

如果运行中所采用的再生制动或电阻制动电路,使得直流电流的脉动因数超过 10%,则制动工况的换向试验应在波形接近实际运行的条件下进行。

8.3.3 主发电机(参见图 2)

换向试验应在图 2 所示的满功率特性曲线的下列试验点进行:

——Com1:最大电流;

——Com2:低电压持续定额的电流;

——Com3:空载点的电流,或者,对不可调发电机,取试验点 Com2 的电流值的 50%。

8.3.4 辅助电动机、发电机和电动发电机组

换向试验应在 3.5 规定的最高与最低电压下进行,在整个电机特性的范围内选择的试验点不超过 4 个。

8.4 瞬态试验

8.4.1 总则

直接或间接由接触网(轨)供电的直流和脉流电动机应做瞬态试验。如果供给电机的电源带有电子设备,能限制供电中断后的重合闸电流或电压跳变后的电流不超过特性曲线上的最大值,则不需做瞬态试验。

电机应能耐受各项试验而无机机械损伤、闪络或永久性损伤,永久性损伤系指这种损伤在试验后会影电机正常运行。

对于大功率电动机,由于试验设备的限制,不可能完全按照预定的试验程序进行。在这种情况下,用户和制造商应商定一个修改的试验程序。

8.4.2 牵引电动机和主电动发电机组中的电动机

做试验时,电动机电流应处于保证定额,用手动或自动开关切除来自接触网(轨)的电源,在断电约 1 s 后,重新接通。

如果正常的电路中接有能阻止或避免电路重新接通时出现过电流的自动装置,则在电路中应连同该装置一起进行试验,或者试验时断电的间隔时间应等于该装置的动作时间。

在电源断开期间,电动机的转速应尽可能保持不变。

如果磁场削弱用单一方法(磁场分路、分接转换或在他励下调节电流)来实现,则试验应在最大和最小磁场下各进行三次,每次相隔几分钟。使用的磁场削弱装置与运行中采用的相同或等效。

可是,如果磁场削弱在某些运行级上采用某种方法实现,而在其他运行级上采用另一种不同的方法实现,则试验应在最大磁场下进行三次,并且在每种磁场削弱方法控制的最小磁场下各进行三次。

在开关重新闭合的瞬间,应使用一适当的瞬态记录仪,确认电动机的端电压(如有电抗器与电动机永久串联,则应确认加于电动机和电抗器两端的电压),至少为与系统最高电压相对应的值,随后该电压不应降低低于与系统标称电压对应值的 0.9 倍。

8.4.3 辅助电动机、辅助电动发电机组和辅助旋转变流机

试验应在电动机装有模拟正常运行条件的控制和保护装置的情况下进行。对于电动发电机组,试验电路应连接电压和频率调整器。

电源断开和重新接通应连续进行四次,在连续断开之间的时间段,允许电动机重新恢复正常负载工况,电动机应在其保证定额及在该工况点运用中所能达到的最弱磁场下运行。电源断开和重新接通之间的时间间隔,两次大约为 1 s,另两次应稍小于保护设备的动作时间。电源电压条件在 8.4.2 中规定。

对于在电源中断时能够反馈电能给机车车辆主电路的电机,可采用在电源断开期间使电机电路短路的方法或其他适当的方法,来模拟这种状况,如果正常的电路接有能可靠阻止反馈的器件(例如整流二极管),则不需做此试验。

8.4.4 辅助电动机、辅助电动发电机组和辅助旋转变流机的电压跳变试验

应通过一个串联电阻使电机得到最小电压。当该电阻短接时,将使电机端压升高到最大值。在电路中也应有电机的正常控制和保护装置,包括发电机电压调整器。

试验应连续进行五次,在逐次电压跳变期间,电机端电压恢复至最小电压状态。试验时可用一台瞬态记录仪,确认在电阻短路后电源电压不会降低低于与系统标称电压相对应之值。

对于驱动机械负载的辅助电动机,试验应在电动机运行在最小电压和磁场下带有正常负载时进行。

对于电动发电机组,试验应在发电机输出保证定额的功率下进行,如输出功率小于保证定额值,则试验应在最小输入电压时所能提供的最大功率下进行。

8.5 主、辅助交流发电机的短路试验

主、辅助交流发电机应承受模拟故障条件的试验。这种试验采用的电路包括实际运用中所具备的保护装置和励磁设备,或与其等效的设施。

每次试验在电机开路、额定转速和励磁电流为保证定额值的条件下进行,短路应持续 5 s。

每次试验结束后,保护装置应显示已经动作,且电机无电气或机械损伤。

短路电路采用如下:

——对主要供给整流输出功率的交流发电机:

在全部整流桥短路的情况下进行一次试验,在一个桥臂短路的情况下进行另一次。

——对主要供给交流负载的交流发电机:

在各相一起短路的情况下进行一次试验,在两线短路的情况下进行另一次试验,或对于有固定接地中性线的系统,在任一线对中性线短路的情况下进行。

8.6 起动试验

8.6.1 总则

下列类型的电机应经受起动试验：

- a) 用以驱动机车和有类似牵引任务的其他动车的单向交流换向器电动机；
- b) 主电动发电机组；
- c) 辅助电动机、辅助电动发电机组和辅助旋转变流机。

8.6.2 单相交流换向器电动机

除订货时另有协议外，电动机一般应在热态时，在最大电流下运行 1 min。电源在额定频率下供电，其电压应调节到使电动机转速大约为最高工作转速的 5%。试验时的通风应与实际运行时等效。

试验应在两个旋转方向上进行，且不应在换向器上引起任何永久性损伤。永久性损伤系指这种损伤在试验后会影电机正常运行。

8.6.3 主电动发电机组

试验时应带有正常的起动和保护装置，对交流电动机，频率应为额定值。

用于脉流或由脉冲控制的电机，试验应在接近实际运用的供电条件下进行。

电动机应首先在最低电压下，接着在最高电压下，各承受 2 次连续起动，每次起动的时间间隔为 5 min。此时电动机所加负载应使其发出的转矩接近实际运行条件下的起动转矩。

如果电机上任何部件未出现异常温升，换向器上无闪络或永久性损伤，则认为起动性能合格。在最大电压下试验时，电机电压不应降到低于 3.5 规定最大值的 0.9 倍。若是试验设备限制达不到这个要求，则用户与制造商可以商定一项替代的措施。

8.6.4 辅助电动机、辅助电动发电机组和辅助旋转变流机

试验时应带有正常的起动和保护装置，对交流电动机，频率应为额定值。

用于脉流或由脉冲控制的电机，试验应在接近实际运用的供电条件下进行。

电动机应首先在最低电压下，接着在最高电压下，各承受 5 次连续起动，每次起动的时间间隔为 2 min。此时电动机所加负载应使其发出的转矩接近实际运行条件下的起动转矩。

起动性能与电源容量应按 8.6.3 的规定。

8.7 超速试验

除另有协议外，一般对除换向器式或绕线式转子以外的所有电机，超速试验是型式试验，试验细则参见 9.4。

8.8 振动试验(内部产生的振动特性)

振动的定量测量在型式试验时进行。

电机转速 3 600 r/min 及以下的振动速度应在 GB 10068—2000 的表 1 及其附注的限值范围内。转速 3 600 r/min 以上者应为 3 600 r/min 的相应限值的 1.5 倍。

可调速电机应在整个工作范围的若干个转速值下测试。

振动速度超过限值可能是由于试验装置的谐振引起的，在此情况下，如果这些谐振点上的转速不是离散工作转速，且转速范围内的一般振动速度等级在限值之内，那么它们应该可以被忽略。

若是在某离散工作转速出现谐振，则应用另一种安装方式重新进行试验。

注：外部产生的振动对电机的影响不属于本部分的范围，应参见 GB/T 21563。

9 例行试验

9.1 短时完好性试验

9.1.1 总则

短时完好性试验应在除鼠笼式转子电机以外的所有电机上进行。

9.1.2 试验条件

电机应在负载下运行,通常自冷态开始运行 1 h,所选择的试验条件(电压、电流、励磁和通风等)应使绕组的最终温升适当地接近于在保证定额型式试验结束时所达到的温升。

用于脉流的电动机,应在直流供电下进行试验。

交流发电机可在短路条件下进行试验。如果交流发电机的输出还应进行整流的,试验可以不带整流器进行。

电机可成对进行试验,一台作为电动机,另一台作为发电机。

温度和电阻的测量方法应符合附录 A 的规定,但发热和冷却曲线的绘制应符合 9.1.3 的规定。

9.1.3 发热和冷却曲线的绘制

发热或冷却曲线的绘制应作为型式试验,在一次订货的最初十台电机上进行。应将最初四台被试电机中的各个绕组的曲线加以平均,作为验收或拒收随后的电机的临时依据,直到十台电机试验完毕。然后将这十台试验电机的曲线加以平均,作为各个绕组的“典型发热或冷却曲线”。

如果电机是成对做试验,则发电机和电动机的曲线应分别加以平均。

在此后进行的例行试验中,通常只要在冷却开始后 1 min 内测出一个电阻值或温度值就足够了。取得读数的时间应记录下来,以便试验结果与相应的典型曲线进行比较。按照 A.4 的规定,取得读数的时间可延长为超过 1 min。

9.1.4 结果的判定

冷却开始后,如果在记录时刻的温升没有超过 9.1.3 规定的典型曲线值的 8% 或 10 K(取其中较大值),则应认为所试电机通过了短时完好性例行试验。

注:如果确定的典型特性曲线的温升值已接近表 2 中给出的极限值,则个别例行试验结果超出这些极限值是可能的,也是可以接受的。

如果电机温升超出典型特性曲线的温升值比许可值大,可在保证定额下进行型式试验,如果通过此项试验,则应为验收合格。

在一批订货中,材料质量在允许范围内的差异,可能会引起平均温升值显著偏移。尽管该电机在以后的型式试验中性能良好,要是这种温升偏移却使电机屡次通不过例行试验的话,那么可以确定一条新的典型曲线,该新曲线不应比原先的那条高 5%。

9.2 特性试验和容差

9.2.1 总则

电机可在热态下采用任何适当的方法进行试验。读数不需修正到基准温度,除非不进行修正就会导致电机被拒收。

效率试验不要求做,制动工况试验也不要求做。

实际用于脉流的电机应在直流下进行试验。预定用于多相交流合成电源的电机,应在正弦交流电流下进行试验。

可逆转电机应在两个旋转方向上均进行试验。

9.2.2 换向器型牵引电动机(见图 1)

应在最大和最小励磁条件下,测取点 Ch1 和点 Ch2 的转速读数。对于他励电动机,应绘制恒定励磁条件下的曲线,且仅取点 Ch2 的读数即可。

这些转速值与典型值之差不应超过表 4 规定的制造容差。

9.2.3 主发电机(参见图 2)

对于可调节直流发电机,试验读数应在满功率调整曲线的下列点上取得,所采用的他励电流对应于型式试验确定的值。

——Ch1:典型特性曲线的可调线段的最大电流点。

——Ch2:典型特性曲线的可调线段的最高电压点。

最大电流和最高电压不应偏离典型曲线上的对应值的 $\pm 5\%$ 。

注：如果典型特性曲线上显示的最大电流点还处于可调线段上，则对电流不规定容差，证实励磁电流是在最大负载电流的典型限值之内即可。

对固有特性发电机，读数应在最大功率曲线的下列三个点上取得：

- Ch1：对应最大电流的电压点；
- Ch2：较低电压时的额定电流点；
- Ch3：开路点。

在 Ch1 点的最大电流和在 Ch2 与 Ch3 点的电压不应偏离典型值的 $\pm 5\%$ 。

9.2.4 交流发电机的选择试验

这些试验包括开路和短路试验。

其开路电压和短路电流不应偏离型式试验确定的典型值的 $\pm 5\%$ 。

9.2.5 辅助电动机

应在保证定额和最大磁场工况测量换向器电机的转速，测得值不应偏离典型值的 $\pm 5\%$ 。

应在保证定额下测量异步电机的转差，测得值不应偏离典型值的 $\pm 20\%$ 。

9.2.6 辅助发电机

对不可调的直流发电机，当电机运行在额定转速时，测取开路电压和额定电流时的电压。这些电压值不应偏离典型值的 $\pm 5\%$ 。

对可调直流发电机，应测量在负载开路、转速最大和在负载最大、转速最小时产生额定电压所需的励磁电流，测得值不应偏离典型值的 $\pm 5\%$ 。

对于交流发电机，额定转速时的开路电压和短路电流应在两个规定的励磁值下进行测量。除非另有协议，否则这些规定值取最大励磁电流的 100% 和 50%。测得的电压和电流值不应偏离型式试验确定的典型值的 $\pm 5\%$ 。

只要典型输出电压特性可以在调整器的容量范围内得到，且磁场绕组的温升满足完好性例行试验的要求，则对带调整器运行的电机，所规定的容差就可以放宽。

9.2.7 辅助电动发电机组和旋转变流机

对于不可调机组，应分别在发电机开路和输出电流为额定值时，对应机组的最高和最低供电电压，测量输出电压和电机转速。至于交流发电机，输出功率因数应为规定值。输出电压以及频率（如有）不应偏离典型曲线上的对应值的 $\pm 5\%$ 。

对于可调的机组，最多为四组的试验读数均应在典型特性曲线的某些点上取得，所选择的这些点应保证典型曲线上的任何点都在调节设备的容量之内。通常，在最高供电电压、空载电流和最低供电电压、最大负载电流两种工况下的测量已足够，但在某些情况下，可能还需要进行补充测量。电压和频率容差与调整器有关，而与电机本身无关。在这些负载试验点上的输入电流不应偏离对应的典型值的 $\pm 5\%$ 。

9.3 换向试验

9.3.1 总则

换向试验除了对脉流电动机可在直流下进行试验外，其他一般要求均与 8.3 给出的型式试验的要求相同。

9.3.2 牵引电动机（参见图 1）

牵引电动机应在点 Com1、Com2 和 Com3 工况进行试验，但仅在这些点运行所用的最小磁场下进行。

对永久串联运行的电动机，不必做补充试验，也不必做制动试验。

9.3.3 主发电机（参见图 2）

主发电机应在点 Com1 和 Com2 工况进行试验。

9.3.4 辅助电动机、辅助发电机和辅助电动发电机组

电动机应在其最高电压和 1.5 倍的保证定额电流下进行试验，对于特殊应用场合，如果最大电流小

于 1.5 倍保证额定电流,则应采用此最大电流值进行试验。转速应为此试验工况正常运用中可达到的最大值。

发电机(包括电动发电机组中的发电机)应做类似的试验,但作为试验条件,发电机输出电压应为标称值。

电动发电机组中的电动机,应在其最低电压下进行试验,作为试验条件,发电机应提供正常运用中可达到的最大输出功率。

9.4 超速试验

9.4.1 总则

超速试验,对所有的换向器式和绕线转子式电机,为例行试验,对其他电机则为型式试验,另有协议者除外。电机在热态下,应以下述规定的转速运转 2 min。试验后,电机应无永久性变形,且能通过由 9.5 规定的绝缘试验。

9.4.2 牵引电动机

牵引电动机应以 3.7.1 规定的最高工作转速的 1.2 倍进行试验。

对两台或两台以上的永久串联且无机械耦合的串励电动机,超速倍数应增加到 1.3 倍。在装有轮对空转保护装置的情况下,如果用户和制造商商定,超速倍数可为 1.2 倍。

注:对于仅有轮对空转显示而需由司机进行调整的设备,不能省去增加超速倍数的要求。

9.4.3 发动机驱动的主发电机或辅助发电机

发动机驱动的主发电机或辅助发电机应以 3.7.2 规定的最高工作转速的 1.2 倍进行试验。

9.4.4 轮轴驱动的发电机

轮轴驱动的发电机应以 3.7.3 规定的最高工作转速的 1.2 倍进行试验。

9.4.5 主或辅助电动发电机组、辅助变流机和辅助电动机

主或辅助电动发电机组、辅助变流机和辅助电动机应以 3.7.4 规定的最高工作转速的 1.2 倍进行试验。

9.5 绝缘试验

试验电压一般采用频率为 25 Hz~100 Hz,接近正弦波形的交流电。如果在订货前,经用户和制造商商定,可采用直流电进行试验。

试验电压应施加于每个电路的绕组和机座之间,且所有其他电路的绕组均与机座连接。本试验仅施加于新造电机,且其所有部件均处于正常工作位置。

试验应在前面的条款规定的例行试验之后立即进行。

试验电压应该从不大于表 5 给出的最终试验电压的三分之一开始,逐渐增加,当达到最终值时应保持 60 s。

表 5 绝缘试验电压

组别	绕 组	试验电压
1	a) 直接与接触网(轨)相连的绕组 b) 通过变压器、整流器或斩波器与接触网(轨)相连的绕组,无中间电路	交流试验: $2.25U_1 + 2\,000\text{ V}$ 直流试验: $3.825U_1 + 3\,400\text{ V}$
2	不与接触网(轨)相连的绕组(不包括第 3 组)	交流试验: $2U_2 + 1\,000\text{ V}$ 最小值 $1\,500\text{ V}$ 直流试验: $3.4U_2 + 1\,700\text{ V}$ 最小值 $2\,550\text{ V}$
3	交流发电机的磁场绕组	交流试验: $10U_3$ 最小值 $1\,500\text{ V}$ 最大值 $3\,500\text{ V}$ 直流试验: $17U_3$ 最小值 $2\,550\text{ V}$ 最大值 $5\,950\text{ V}$

表 5 (续)

组别	绕 组	试验电压
U_1 ——接触网(轨)在标称电压时能施加到绕组上的最高对地电压。 U_2 ——正常运行中能加到绕组上的最高对地电压。 U_3 ——最高励磁电压。		
注 1: 由交流电源通过变压器/整流器供电的,或从直流系统通过斩波器供电的电动机归属第 1 组。 注 2: 对于交流电压,试验电压和 U_1 、 U_2 、 U_3 一样是有效值。对于单向电压,包括脉冲控制系统的输出, U_1 、 U_2 和 U_3 用波形算术平均值表示。 注 3: 如果绕组电压不是常规的以地为参考点,则 U_1 、 U_2 和 U_3 应取绕组电路中任一点接地时,在绕组上能够出现的最高电压。 注 4: 在确定 U_1 和 U_2 时,由于控制系统和保护装置的特性而在电路中可能出现的电压亦应给予考虑。		

9.6 振动试验(不平衡性)

每台电机应检查与电机不平衡有关的振动。通常,将电机安装在试验台上,验证其在整个工作转速范围内运转平稳,就认为达到了平衡的标准。

在认为电机振动很关键的应用中,经用户和制造商商定,每台电动机可做 8.8 详述的试验。

9.7 换向器径向跳动量测量

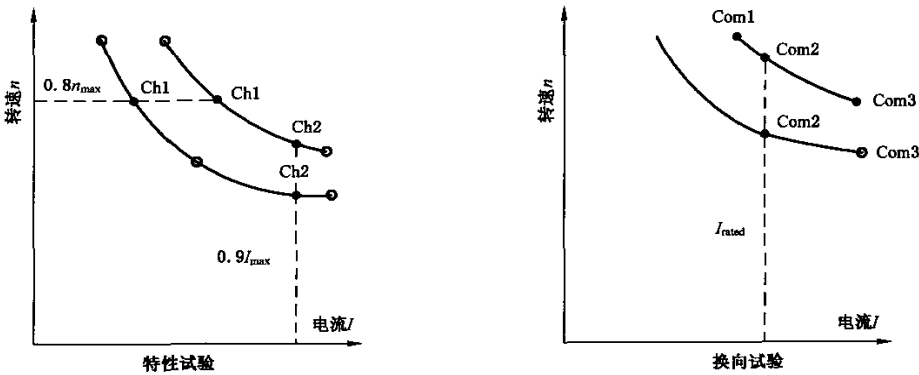
如果用户规定应测换向器径向跳动量,则应在做完例行试验后立即进行,可能时,应采用能给出长久保存记录的仪器进行测量。

径向跳动量是在对换向器每一片进行测量之后获得的其高度最大值与最小值之差值。该差值不应超过表 6 给出的值,且轮廓上应无突变。

在某些情况下,可能有必要规定比表 6 给定值更低的限值,而在另外一些情况下(比如低速辅助电机)在较高的跳动量下仍能获得合格的换向,对于这样的情况,应由用户和制造商商定修改的限值。

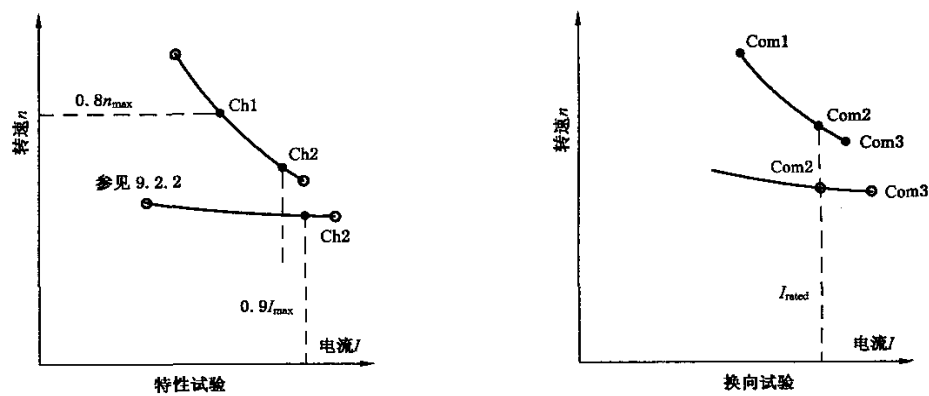
表 6 换向器径向跳动量限值

换向器直径	最大径向跳动量/mm
$\leq 400\text{ mm}$	0.03
$> 400\text{ mm} \sim 800\text{ mm}$	0.04
$> 800\text{ mm}$, 以及所有单轴承或悬臂支承的电机	0.06

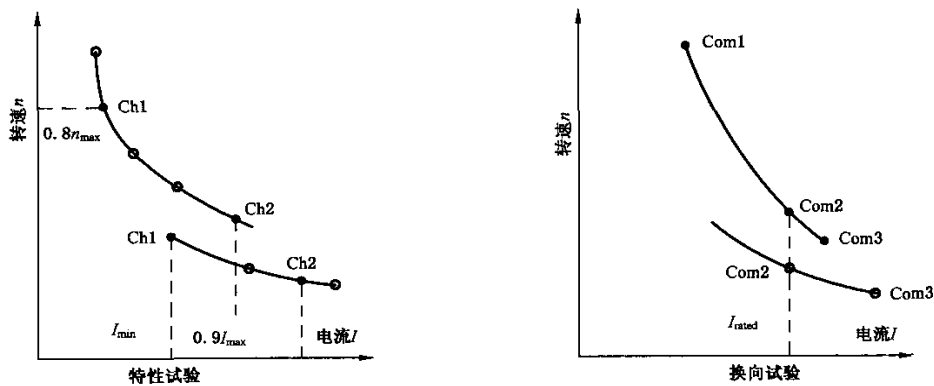


a) 接触网(轨)供电的串励电动机

图 1 换向器型牵引电动机试验点



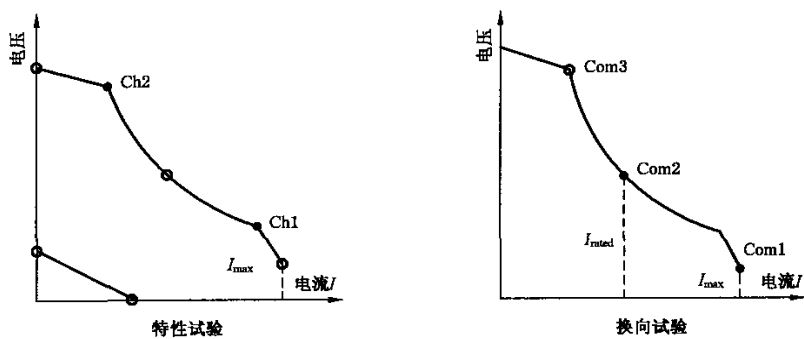
b) 接触网(轨)供电的他励或复励电动机



c) 电传动热力机车车辆电动机

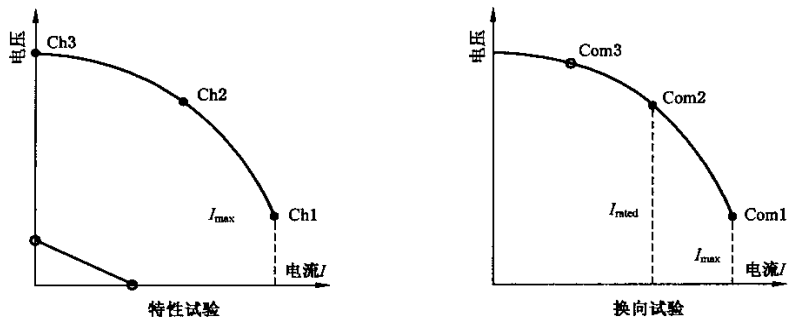
注：○型式试验点；●型式试验和例行试验点。

图 1 (续)

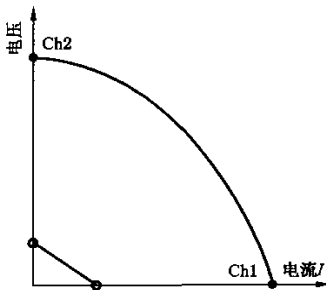


a) 可调发电机

图 2 主发电机试验点



b) 固有特性发电机



c) 大型交流发电机的选择特性试验

注：○型式试验点；●型式试验和例行试验点。

图 2 (续)

附 录 A

(规范性附录)

温 度 测 量

A.1 电机部件的温度

测量电机部件的温度应采用两种方法:

- a) 对绝缘绕组,采用电阻法;
- b) 对换向器、滑环和永久短路的非绝缘绕组,采用电温度计法。

试验时,若冷却空气的温度在 10℃~40℃ 之间,则对所测温升值不需修正。在做型式试验时,若冷却空气的温度在此限值范围之外,则用户和制造商可协商对所测温升值作修正。

在做短时试验之前,应先用温度计法或电阻法确认绕组与冷却空气的温度差小于或等于 4 K。然后,当计算绕组温升时,如果该最初温度差不超过 4 K,则应根据绕组温度是高于冷却空气温度,还是低于冷却空气温度,从结果温升值减去或加上该差值。

电阻法:

此法是依据绕组电阻的增加,来确定绕组的温升。

对于铜线绕组,试验结束时的温升由下式确定:

$$\text{温升} = t_2 - t_a = \frac{R_2}{R_1} (235 + t_1) - (235 + t_a)$$

式中:

t_1 ——绕组的起始温度,单位为摄氏度(℃);

R_1 ——温度 t_1 时绕组的电阻,单位为欧姆(Ω);

t_2 ——试验结束时绕组的温度,单位为摄氏度(℃);

R_2 ——试验结束时绕组的电阻,单位为欧姆(Ω);

t_a ——试验结束时冷却空气的温度,单位为摄氏度(℃)。

注:对于除铜线外的其他材料,上式中的数值 235,应取该材料在 0℃ 时的电阻温度系数的倒数来代替。

电温度计法:

此法是用电温度计测定温度。在电机停转后,立即把电温度计放在有关部件最热且能测到的部位,测量该处的温度。

A.2 冷却空气的温度

对于无外部风扇通风的全封闭的电机,冷却空气的温度应由分布在电机周围的,数量不小于 4 个的温度计来测量,温度计放置在距离电机 1 m~2 m 的地方。

在所有其他情况下,冷却空气的温度应在电机进风口处测量,对不止一个进风口的电机,取各进风口处测量值的平均值。

对上述两种情况,温度计均应避免受热辐射和气流的影响,以便记录进入电机或电机周围空气的真实温度。为了避免由于冷却空气温度改变而引起的误差,应采取一切合理措施,使气温变化最小。

在持续定额试验最后 1 h 内,或整个短时试验期间内,每隔大约 15 min 左右,测取一次冷却空气温度。试验结束时的冷却空气温度,取该所有测试值的平均值。

A.3 电阻测量

A.3.1 起始冷态电阻

起始冷态电阻测量与其后进行的热态电阻测量,所用仪器均应相同。但在每次试验开始时,不需重

复测量冷态电阻。测量此电阻时,将温度计测出的绕组表面温度看作为绕组温度,该温度与测量时周围空气温度的差值不应大于 4 K。

A.3.2 热态电阻

如果在电机运行中,可以测量通以直流电流的绕组上的电压降,则在试验期间对这些通以试验电流的绕组进行定时测量,应该根据测得的电压降计算出电阻值。

在其他情况下,应在试验结束、电机停转后,尽快地测量电阻。测量既可采用电流表和电压表法(伏安法),也可用电桥或其他适当的方法,但应采用相同的方法测量指定绕组的所有读数,包括起始冷态电阻。

如采用电流表和电压表法,为给出必要的精度,电流应足够大,但不应影响温升(通常取不超过额定电流的 10% 的值,就能满足此要求)。测量电枢电阻时,电流应通过电刷引入换向器。电压应在位于两个刷杆间一对做有标记的换向片上测量,其间隔的换向片数至少为每极换向片数的 1/2。

当采用电桥测量时,电压探针安放的位置应与采用伏安法测量时相同。对采用均压连接的绕组,电流探针应放在与电压探针安放位置邻近的电刷上。

除非实验证明,换向器圆周相等间隔的换向片间的电阻值之差可以忽略,否则做型式试验时,冷态电阻和热态电阻的读数应在同一对有标记的换向片上测取。

A.4 停机和“冷却开始”的时刻

试验结束时,应使被试电机尽快停转。

优先采用被试电机不通过电流的制动方法。同时“冷却开始”时刻应是刚要制动之前,断开主电路 and 切除任何独立通风的瞬间。

如上述制动方法不可行,可以采用被试电机通电流制动的方法,只要这些方法能迅速制停电机,且在制动期间,负载电流适当地保持恒定。“冷却开始”时刻应为负载电流降为试验电流的 80% 的瞬间,在此时刻,切除通风。

对不能及时制停,其电阻不能在“冷却开始”的 45 s 内开始测量的大型电机,用户和制造商之间应协商采用特殊的制动装置并延长测量时间,该时间至多不超过 2 min。在读取冷却曲线时,如果安置了专用电刷,也可以协商确定该最大时间限值。

A.5 热态电阻测量的时间及冷却和发热曲线的外推法

a) 如果电阻是在电机运行时测量的,则最后的测量应恰好在温升试验结束以前进行,而对于短时试验,应在制动开始之前 10 s 内进行。

b) 当不能在电机运行中测量各绕组电阻时,电阻测量应在“冷却开始”以后不迟于 45 s 内开始(例外情况见 8.1.5),并应持续 5 min。

逐次测量的时间间隔,在最初 3 min 内不应超过 20 s,此后不应超过 30 s。

应作出由这些读数计算而得的温升与时间的函数关系曲线,温升坐标采用对数标度,时间坐标采用线性标度。所得曲线外推至“冷却开始”的时间,以得到试验结束时的温升。

附录 B

(资料性附录)

确定损耗和效率的方法

B.1 总则

本附录叙述可以用来确定本部分所涉及的电机损耗和效率的一些方法,并不准备将其作为电机试验方面的一篇完整专题,而是作为 GB/T 755.2 的扩充部分,以满足牵引电机的特殊要求。

无论采用哪种试验方法,均应采用下列条件:

- a) 在记录仪器读数前,至少保持负载稳定 10 s。
- b) 在每组测量(如在满磁场时,在一个旋转方向上的读数形成一组)开始前和结束后,均须立即测量绕组电阻,以使效率能够校正到基准温度 150 °C(见 5.2)。为了进行校正,每一组测量时的绕组电阻,应取为上两次测量结果的算术平均值。
- c) 如果电刷与刷握不用刷辫连接,电刷总压降(U_c)应取为 3 V,如用刷辫连接,则取为 2 V。
- d) 对可逆转电机,给定电流点上的效率应取为两个旋转方向上效率的算术平均值。
- e) 当牵引电动机的效率特性考虑到传动损耗时,应优先考虑做试验来确定。当此方法不可行时,才考虑采用由本附录给出的约定值,但在特性曲线上已给出了其他值的除外。

B.2 符号

本附录采用下列符号:

U_m	电动机端电压
U_g	发电机端电压
U_b	升压机端电压
U_l	电源电压
U_f	电动机串励磁场绕组电压
U_c	一台电机的正负电刷总接触压降
I_m	电动机电流
I_g	发电机电流
I_b	升压机电流
I_l	电网电流
i_s	他励磁场电流
i_m	电动机并励磁场电流
i_g	发电机并励磁场电流
R_m	电动机电枢、换向极和补偿绕组的电阻总和
R_g	发电机电枢、换向极和补偿绕组的电阻总和
r_m	电动机串励磁场绕组的电阻
r_g	发电机串励磁场绕组的电阻
r_s	在基准温度(150 °C)下他励磁场绕组电阻,包括正常接在电路中所有的外电阻
r_{sh}	在基准温度下的并励磁场绕组电阻,包括所有的外电阻
P_l	电网输出功率
P_{lr}	提供旋转损耗的电动机输出功率
P_{lt}	总损耗
P_{cm}	电动机换向极和串励磁场损耗

- P_{cg} 发电机换向极和串励磁场损耗
 P_{sm} 电动机串励磁场损耗
 P_m 电动机输入功率
 P_a 脉流电动机输入功率的交流或脉流分量
 P_f 总励磁功率(电动机+发电机)
 R 在试验温度下,所有通有负载电流的绕组的电阻总和(见 A.1)
 R_t R 修正到基准温度的值

在电路图中使用下列缩写词:

- M 电动机
 G 发电机
 B 升压机
 LM 提供旋转损耗的电动机

电路图中没有画出电压表和电流表,也没有画出瓦特表并联电路。

B.3 试验结果修正到基准温度

按 B.4 中给出的公式,将效率修正到基准温度,在公式中根据需要纳入项式 $2(R-R_t)I_m^2$ 或 $2(R-R_t)I_g^2$ 。他励绕组和并励绕组的损耗因为是在基准温度下计算而得的,所以不需修正。

B.4 反馈法

反馈法是以两台机械耦合的同型电机为基础。其中一台用作电动机,另一台用作发电机。电路保证两台电机的励磁实际上几乎相等,因此取决于磁通量大小的损耗值可被认为是等分的。公式中给出了在基准温度下的效率。

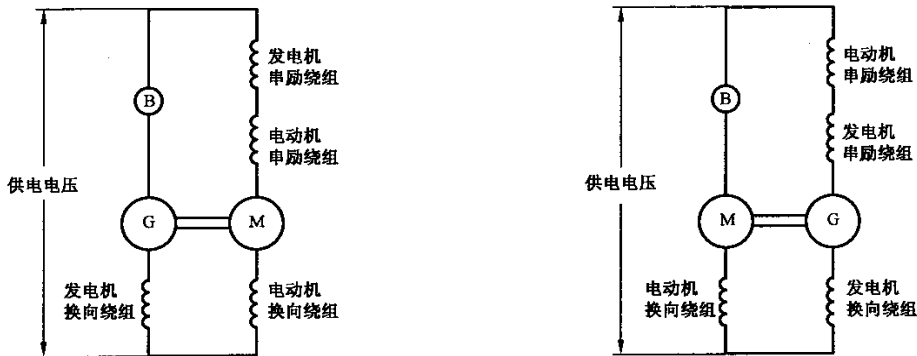
B.4.1 并联连接

损耗一部分由恒压供电线路供给,一部分由升压机供给,升压机还同时控制负载电流。

这种方法适用于所有类型的直流电动机和发电机。

如果发电机串励磁场是他励的,那么控制一对串励电机,特别是在试验终了时,控制停机就会很方便。测取读数时,使励磁电流等于电动机负载电流,而计算效率时, r_g 取零值。

除了串励磁场绕组之外的,均采用他励,对于电动机和发电机,他励电流相同。



a) 电动机试验

b) 发电机试验

$$\text{电动机效率} = \frac{2U_m I_m - U_b I_g - U_l I_l - (R_m + r_m - r_g) I_m^2 + R_g I_g^2 - U_c I_b + 2(R - R_t) I_m^2}{2(U_m I_m + r_g I_g^2)}$$

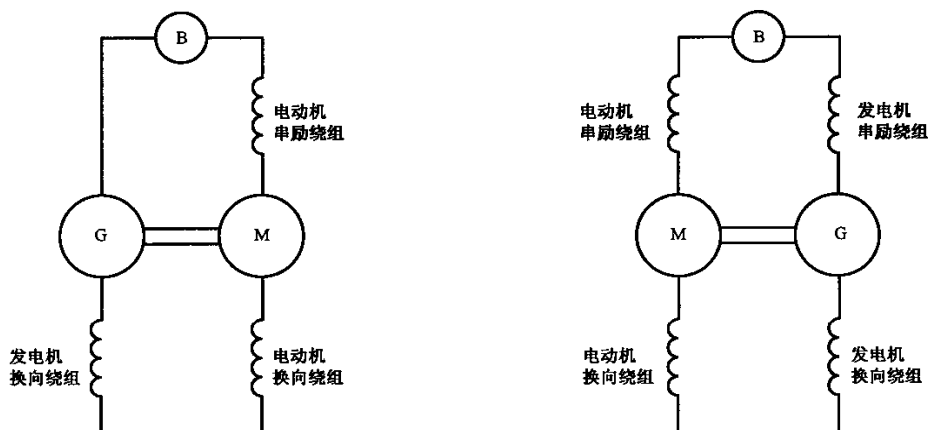
$$\text{发电机效率} = \frac{2U_g I_g}{2U_g I_g + U_b I_m + U_l I_l + (R_g + r_g - r_m) I_g^2 - R_m I_m^2 - U_c I_l + 2r_g I_g^2 - 2(R - R_t) I_g^2}$$

图 B.1 反馈法测定损耗和效率的电路 电机并联连接

B.4.2 串联连接

在没有合适的电网电源时,可采用串联连接。

与并联电路相比,其稳定性较差。如果能采用其他方法,则不推荐采用串联连接。



[其他磁场绕组为他励]

$$\text{电动机效率} = \frac{\text{a) 电动机试验} \quad (2U_m - U_b - U_t)I_m + 2(R - R_t)I_m^2}{2(U_m I_m + r_t I_t^2)}$$

b) 发电机试验

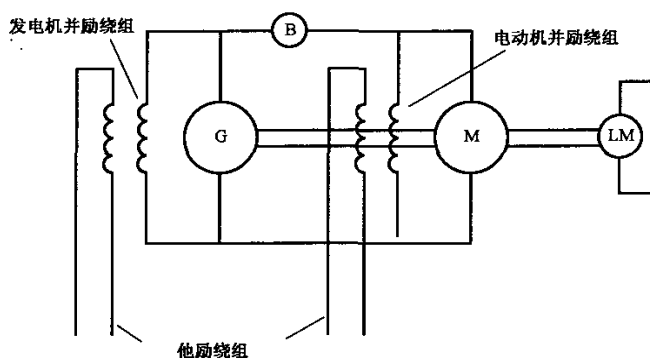
$$\text{发电机效率} = \frac{2U_g I_g}{(2U_g + U_b) I_g + 2r_s I_g^2 - 2(R - R_t) I_g^2}$$

图 B.2 反馈法测定损耗和效率的电路 电机串联连接

B.4.3 带有机机械驱动装置的串联连接

除了使用一台效率已知的电动机来供给旋转损耗外,其他与 B. 4. 2 方法类似。

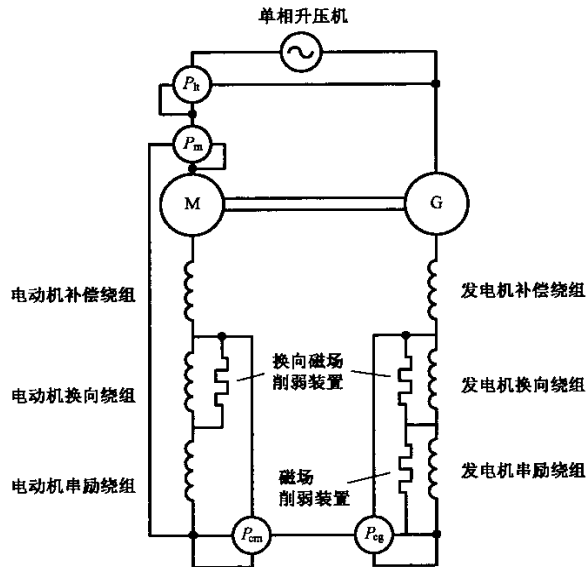
对于试验发动机驱动的主和辅助发电机组,由于辅助电机能够作为试验电动机,此方法特别适用。



$$\text{发电机效率} = \frac{2(U_g I_g - r_{sh} i_g^2)}{2(U_g I_g + r_a i_g^2) + U_b I_g + P_{lr} - 2(R - R_t) I_g^2}$$

图 B.3 反馈法测定损耗和效率的电路 电机串联连接并带机械驱动装置

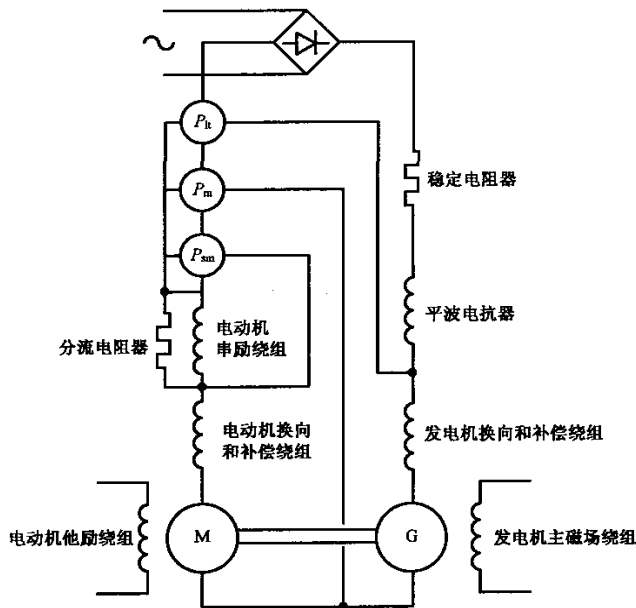
B.4.4 单相交流换向器电动机的串联连接



假定两台电机对应绕组的温度相等,则:电动机的效率 = $\frac{2P_m - P_h + P_{cg} - P_{cm} + 2(R - R_t)I_m^2}{2P_m}$

图 B.4 反馈法测定单相交流换向器电动机的损耗和效率的电路 电机串联连接

B.4.5 脉流电动机串联连接



假定两台电机对应绕组的温度相等,则:

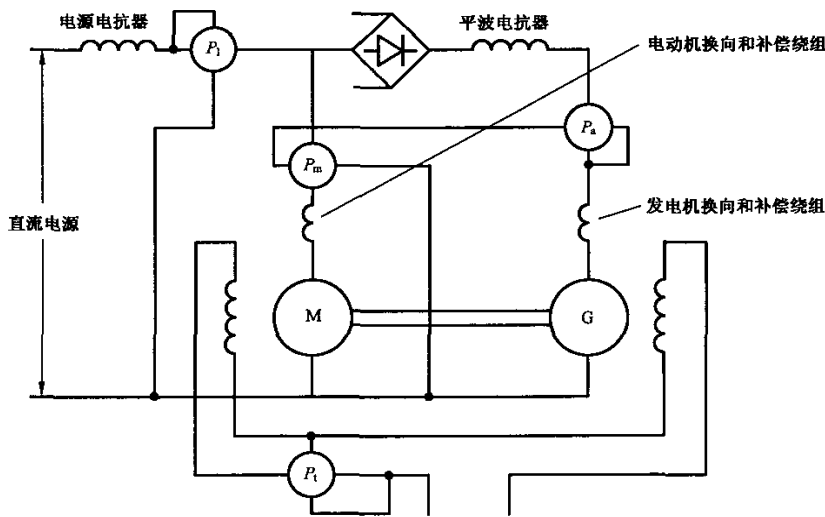
$$\text{电动机的效率} = \frac{2P_m - P_h - P_{sm} + 2(R - R_t)I_m^2}{2(P_m + r_s I_s^2)}$$

对于 P_h 、 P_{sm} 和 P_m 的测量,推荐使用毫瓦表。毫瓦表的电流线圈应由适当的分流器供电,电压线圈应串接适当的电阻器。

应调节平波电抗器,以使脉流因数与在额定供电电压条件下所得到的,具有相同的数量级。

图 B.5 反馈法测定脉流电动机的损耗和效率的电路 电机串联连接

B.4.6 他励脉流电动机的并联连接

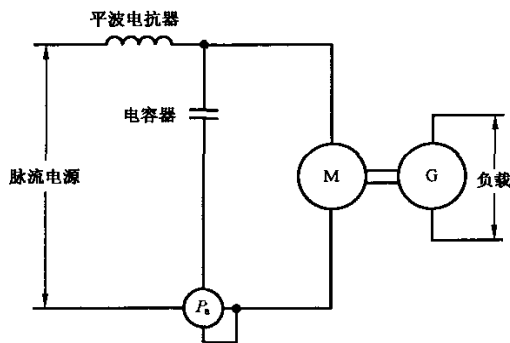


电动机效率 =
$$\frac{2P_m - P_1 - P_s - R_s I_m^2 + R_m I_m^2 + R_g I_g^2 - U_c I_l + 2(R - R_t) I_m^2}{2(P_m + P_1)}$$

电源电路中的电抗器是用来限制反馈给电源的脉动电流。

图 B.6 反馈法测定脉流电动机的损耗和效率的电路 电机并联连接

B.5 脉流电动机交流损耗的测定



脉流效率 =
$$\frac{\text{直流效率}}{1 + \frac{P_s}{U_m I_m}}$$

P_s 用精确到 200 Hz 的瓦特表测量。

首先,在直流供电下确定电动机的效率。

然后,电动机由合适的脉流电源供给同样的电压 U_m (算术平均值) 和同样的电流 I_m (算术平均值)。电动机驱动一台发电机,可以调节发电机的负载使电动机电流等于 I_m (不需在发电机上进行测量)。

P_s 用交流瓦特表测量,其电流线圈跨接在合适的分流器上,而电压线圈通过一个电容器跨接在电动机端子间,仅承受电压的交流分量。

图 B.7 脉流电动机交流损耗的测量电路

B.6 损耗总和法

B.6.1 总则

效率测定时,除下列特殊要求适用于本部分所涉及的电机外,其余均应符合 GB 755.2 的有关规定:

- a) 基准温度应为 150 ℃;
- b) 如果电刷不用刷辫连接,电刷的总压降取为 3 V,如果用刷辫连接,则取为 2 V;
- c) 通过脉动电流的绕组的 I^2R 损耗应根据图 B.9 进行修正;
- d) 牵引电动机传动损耗的约定值应符合图 B.10;
- e) 应包括根据附录 B.6.2 确定的附加负载损耗。

B.6.2 附加负载损耗

B.6.2.1 直流电机

带有补偿绕组的直流电机,其附加负载损耗应取为电机短路时杂散损耗的值。该短路杂散损耗规定为:当电机作为发电机,在与负载点相同的电流和转速下作短路运行时,电机总输入功率减去 I^2R 、摩擦损耗及通风损耗所得的差。

无补偿绕组的直流电机,其附加负载损耗取为短路杂散损耗值乘以常数 K_1 ,此常数根据负载点的磁场与电枢安匝数之比,由图 B.8 确定。

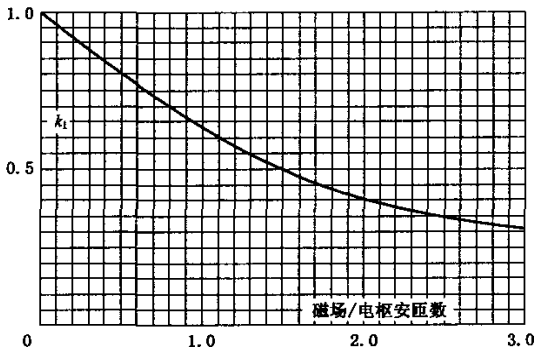
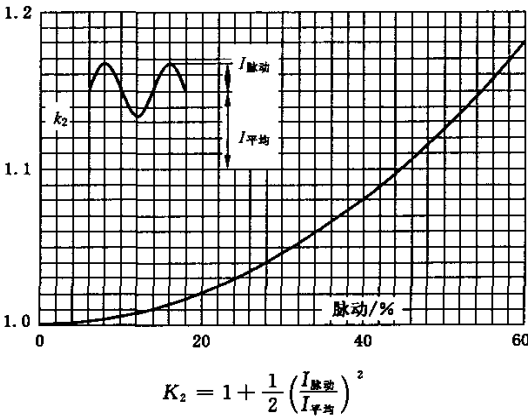


图 B.8 无补偿绕组的直流电机附加负载损耗的修正因数



$$K_2 = 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{I_{\text{脉冲}}}{I_{\text{平均}}} \right)^2$$

修正后的 I^2R 损耗 = $I_{\text{平均}}^2 \times k_2 \times R$

图 B.9 脉流 I^2R 损耗的修正因数

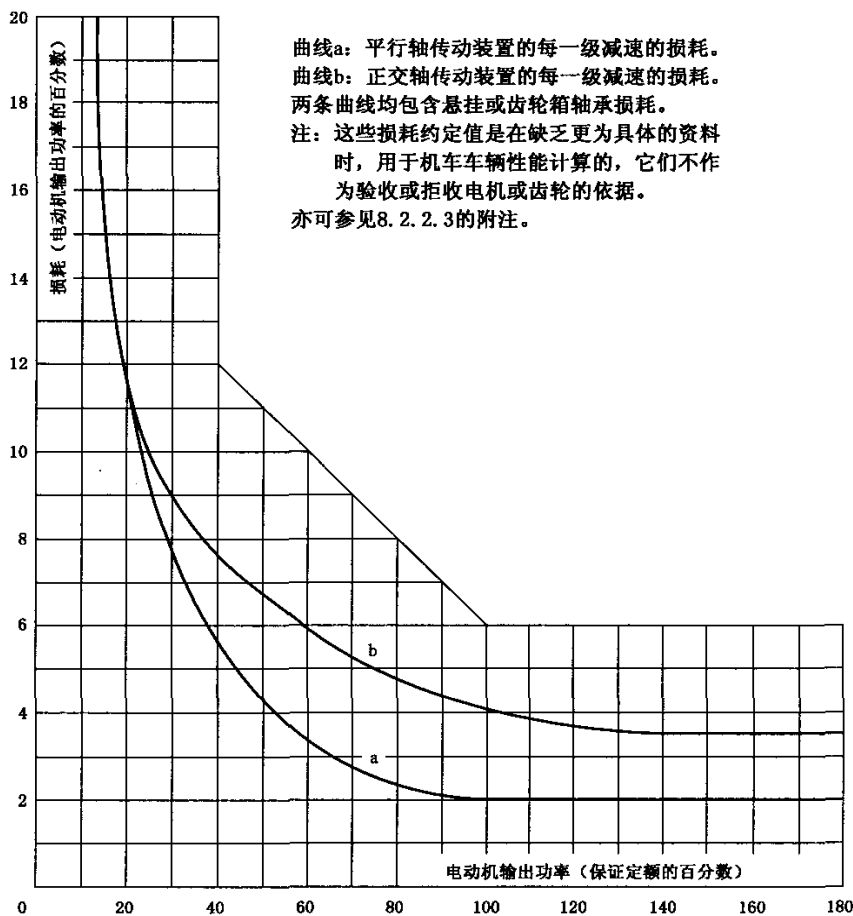


图 B.10 牵引电动机传动损耗的约定值

B.6.2.2 交流异步电机

当 GB/T 755.2 不适用时,应采用 IEC 60349-3。

B.7 参考文件

GB 755.2 旋转电机(牵引电机除外)确定损耗和效率的试验方法(GB 755.2—2003, IEC 60034-2:1972, IDT)

IEC 60349-3 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第3部分:用损耗总和法确定变频器供电的交流电动机的总损耗

附 录 C
(资料性附录)
噪声测量和限值

C.1 噪声测量

如需要进行测量噪声,应由用户规定,且仅在所订购的一台电机上进行。然而,如能提供以前在同型电机上,按本附录详述的试验方法所作的试验满足噪声要求的试验记录,且得到用户认可,则可认为满足了噪声测量要求。

C.2 术语和定义

本附录采用下列术语和定义。

C.2.1

声压级 sound pressure level

声压级 L_p 用下列公式表示:

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0} \text{ dB}$$

式中:

p ——被测声压,单位为帕(Pa);

p_0 ——基准声压,单位与 p 相同

$$p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa 或 } 20 \text{ } \mu\text{Pa}$$

C.2.2

声级 sound pressure

根据 IEC 60651,用声级计测出的读数。

C.2.3

噪声频谱 noise spectrum

频谱表示整个频率范围内的声压级分布。频谱的形状由使用的分析仪的带宽特性决定。

C.2.4

频带声压级 band pressure level

指定的频带中,对应于频带内所含的声能的有效声压级。

C.2.5

声功率级 sound power level

声功率级 L_w 用公式表示为:

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0} \text{ dB}$$

式中:

W ——被测声功率,单位为瓦(W);

W_0 ——基准声功率,单位与 W 相同

$$W_0 = 10^{-12} \text{ W (或 } 1 \text{ pW)}$$

注: L_{wA} 是计权的声功率级,由每个频带内根据 A 计权声功率级决定。

C.2.6

规定路径 prescribed path

本附录中详述的电机周围的假想线,测量点在此假想线上。

C.2.7

当量半球 equivalent hemisphere

电机周围的假想半球,噪声测量在此半球上进行,其半径用 r_s 表示。

C.3 试验条件

C.3.1 电机的准备

电机与其安装座或试验室的其他部件之间结构引起的振动能影响试验室内的声压级。应使其影响最小,比如通过采用这样的方法来实现:把电机安装在设计合理的弹性装置上。

电机应组装完整,所有盖板安装到位,且电机不应与其他设备连接。牵引电动机试验时不应带联接齿轮。

独立通风的电机应在正常风量的通风条件下进行试验,但通风机的安装应使其本身产生的噪声不显著影响噪声测量结果。

C.3.2 运行条件

电机应在额定工作转速下空载运行,如果转速有个范围,则电动机应在应用范围内最高工作转速下空载运行。如果电机设计为两个或两个以上离散的转速,应分别在每个转速下进行试验。可逆电机应分别在两个旋转方向进行试验。

C.3.3 背景噪声

每个测量点上的测量结果应根据所有背景噪声(即测量点上除被测电机外的所有噪声)的效果进行修正。背景噪声也包括所有试验设备的噪声。

当电机未试验时,应在与试验时的同一点上测定每个倍频带的背景噪声读数。电机在试验状态下每一测点的噪声读数,应比单独背景噪声的读数至少超过 10 dB。当此差值小于 10 dB 时,应按表 C.1 修正。

表 C.1 修正值

电机产生的噪声分贝增加值	应从测量值中减去的分贝值
3	3
4~5	2
6~9	1

当使用 3 dB 的修正值时,修正的噪声等级应记录在括号中。

当电机噪声增加值小于 3 dB 时,一般情况下该测量已无意义。

C.4 测量仪器

C.4.1 等级

应采用 IEC 60651 中规定的 1 型声级计。

应采用 GB/T 3241 中规定的 1 级滤波器进行噪声分析。

C.4.2 测量设备的校准

应检查整套测量设备的全部声学性能。在即将进行电机噪声测量前,须对测量设备进行所有规定的调整。并在噪声测量完后,立即重新检查测量设备。

至少每两年进行一次整套测量设备的详细的试验校准的现场检查。

C.4.3 试验设备和观测者的位置

所有测量用的放大器或滤波器离扩音器至少 0.3 m,观测者离扩音器至少 1 m,以减小由于噪声发

射产生的误差。

当电机发出的噪声有明显的方向性时,在半回音条件下的电机噪声测量应看作是电机噪声测量的近似方法。

C.5 测量方法

C.5.1 方法

所有电机的噪声测量应在规定路径上进行,见图 C.2 或图 C.3。

对最大线性(轴向)尺寸 l (包括轴)等于或大于 0.25 m 的电机,其直线路径与电机表面最小距离为 1 m。

对于 l 小于 0.25 m 的电机,其直线路径与电机表面最小距离 d 为 $4l \sim 1$ m 之间,但不小于 0.25 m。

对于所有卧式电机,平行于反射地面的规定路径,应取轴中心高度或地面以上 0.25 m 中二者较高的位置(见图 C.2)。

对于立式电机,平行于反射地面的规定路径应在电机高度的一半位置处,但不低于 0.25 m(见图 C.3)。

在任何情况下,垂直面内的规定路径应在轴中心平面内。

C.5.2 测量点的位置

给定的规定路径周围的测量点的位置应如图 C.2 和图 C.3 所示,从图 C.2 和图 C.3 中的 5 个关键测量点开始,在逐个间隔 1 m 处,标记出测量点。

C.5.3 测定量

根据 C.5.1 中的测量要求,应在每个测量点上测定下列量:

- 声级,分贝 dB(A);
- 倍频带中心频率在 125 Hz 至 400 Hz 间的声压级;声级计设置为线性响应,当线性响应不适用时则设为 C 计权。

C.6 计算

C.6.1 测量值的修正

每个测量点上的测量结果应根据所有背景噪声(即测量点上除被试电机以外的所有噪声)的影响进行修正。背景噪声也包括所有试验设备的噪声(见 C.3.3)。

C.6.2 平均声级的计算

声级的平均值和频带声压级的平均值,应根据下面的公式,通过平均所有测试位置上的测量结果值(根据 C.6.1 修正后的结果)来计算得出。

$$L_{p(M)} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \left(\text{anti log}_{10} \frac{L_{p(1)}}{10} + \text{anti log}_{10} \frac{L_{p(2)}}{10} + \dots + \text{anti log}_{10} \frac{L_{p(n)}}{10} \right) \right] \text{ dB}$$

式中:

$L_{p(M)}$ ——平均声级(A)(或频带平均声压级),单位为分贝[dB(A)];

$L_{p(1)}$ ——第 1 点的声级(A)(或频带声压级),单位为分贝[dB(A)];

$L_{p(n)}$ ——第 n 点的声级(A)(或频带声压级),单位为分贝[dB(A)];

n ——测量点的编号。

当不同测试位置分贝读数之差小于 5 dB 时,采用简单的 dB 读数的算术平均法得出的值与用上面公式计算的值相差不大于 0.7 dB。

C.6.3 半径和当量半球面积的计算

为便于在参考半径处的平均声级的计算,沿着图 C.2 和图 C.3 的规定路径上所作的测量应假定是

在一个半径为 r_s 的半球面上进行的。

$$r_s = \left[\frac{a(b+c)}{2} \right]^{0.5}$$

式中 a, b 和 c 如图 C. 2 和图 C. 3 所示。

当量半球的面积由下式给出：

$$S = \pi a(b+c)$$

注：半径为 r_s 的当量半球的面积稍微小于由测量路径形成的表面积。

C. 6. 4 倍频带功率级的近似计算

倍频带功率级，在考虑了试验室对声压级测量值的影响后，可以根据倍频带声压级的平均值推导出来。

这个影响可以通过使用一个已知声功率 W_r 的小宽带参考声源来确定（某些类型的空气动力噪声源可能不适合）。

注：如果试验电机足够小，且具有宽带噪声特性，则该电机可以看作是一个参考源。

首先应采用 C. 5. 1 的方法确定参考声源（在倍频带内）的声功率 W_r 。

然后，用参考声源替代在半回音试验室内进行试验的电机，并根据在试验电机的相同测量点上测得的声压测量值，推导出倍频带平均声压级。

最后，试验电机的倍频带声功率级可根据下式计算得出：

$$10 \log_{10} \frac{W}{W_0} = 10 \log_{10} \frac{W_r}{W_0} + 20 \log_{10} \frac{P_M}{P_0} - 20 \log_{10} \frac{P_{Mr}}{P_0}$$
$$\text{或 } L_w = L_{w(r)} + L_{p(M)} - L_{p(Mr)}$$

式中：

L_w ——试验电机的倍频带功率级；

$L_{w(r)}$ ——参考声源的指定的倍频带功率级；

$L_{p(M)}$ ——测得的试验电机的倍频带声压级的平均值；

$L_{p(Mr)}$ ——测得的参考声源的倍频带声压级的平均值。

C. 6. 5 A 计权声功率级的计算

根据 C. 6. 4 得出的倍频带功率级，读取代替声压级的声功率级，计算符合 C. 6. 7 的方法的近似 A 计权声功率级。

C. 6. 6 倍频带声压级的近似平均值的计算

在以 3 m 为参考半径处的倍频自由场平均声压级可以这样推导出来：从按 C. 6. 4 计算的倍频带声功率级中减去 18 dB。

C. 6. 7 A 计权平均声级的计算

在以 3 m 为参考半径处的 A 计权平均声级可根据 C. 6. 6 的倍频声压级中计算出来。

a) 表 C. 2 的计权修正值，适用于 C. 6. 6 的倍频带声压级值的计算。

表 C. 2 修正值

倍频带中心频率/Hz	修正值/dB
125	-16
250	-9
500	-3
1 000	0
2 000	+1
4 000	+1

b) 用下列公式,求出这些倍频带计权声压级之和。

$$L_{A(M)} = 10 \log_{10} \left[\text{anti log}_{10} \frac{L_{p(01)}}{10} + \text{anti log}_{10} \frac{L_{p(02)}}{10} + \cdots + \text{anti log}_{10} \frac{L_{p(06)}}{10} \right]$$

式中:

$L_{A(M)}$ ——A 计权平均声级,单位为分贝[dB(A)];

$L_{p(01)}$ ——第 1 个倍频带计权声压级;

$L_{p(06)}$ ——第 6 个倍频带计权声压级。

C.7 纯音的校正

为确定是否存在纯音,应采用 FFT 分析仪,在具有最高声压级的测试部位进行频率扫描。

如果扫描结果表明,其中心频率在 250 Hz 至 4 000 Hz 之间的任一倍频带存在一个或多个纯音,则仅当内含该纯音频率的 1/3 倍频带的声压级较其两端邻接的 1/3 倍频带声压级的平均值高 5 dB 时,才认为有明显的纯音。在这种情况下,由测量值得到的声功率级应再加上表 C. 3 的适当的 dB 修正值。如果不止一个倍频带有明显的纯音,则所增加的值应为各个 dB 修正值中的最大值。

表 C. 3 纯音修正值

超出平均值的 ΔL 值/dB	修正值/dB
>5~6	3
>6~8	4
>8~10	5
>10	6

C.8 噪声限值

推荐的最大声功率级,包括对纯音的任何修正,对牵引电动机如图 C. 1 所示,对其他型式的辅助电动机,按 GB 10069. 3。

按常规的牵引设计和制造标准制造出来的电机,可以满足上述推荐限值。如果要求更低的噪声限值,则可能会增加电机的重量和电机外壳的复杂性。

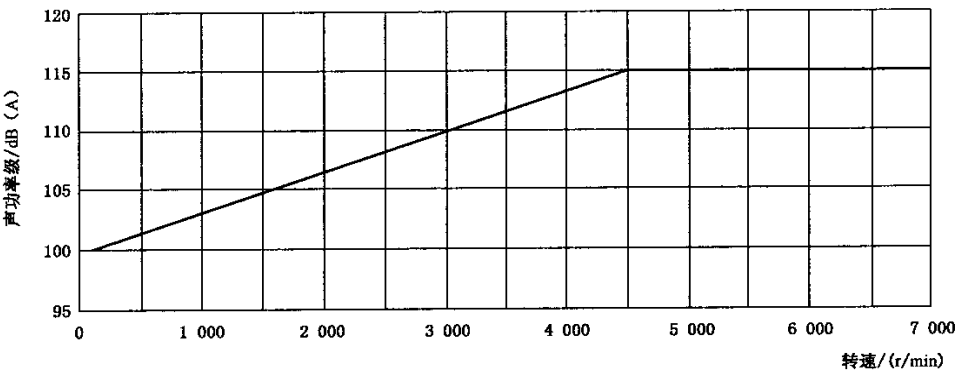
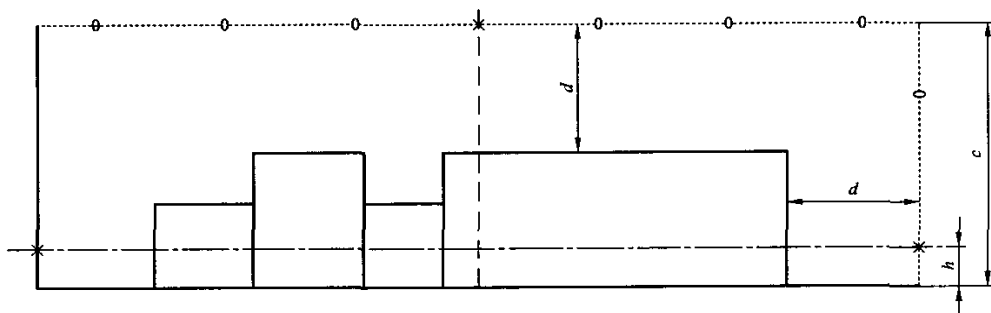
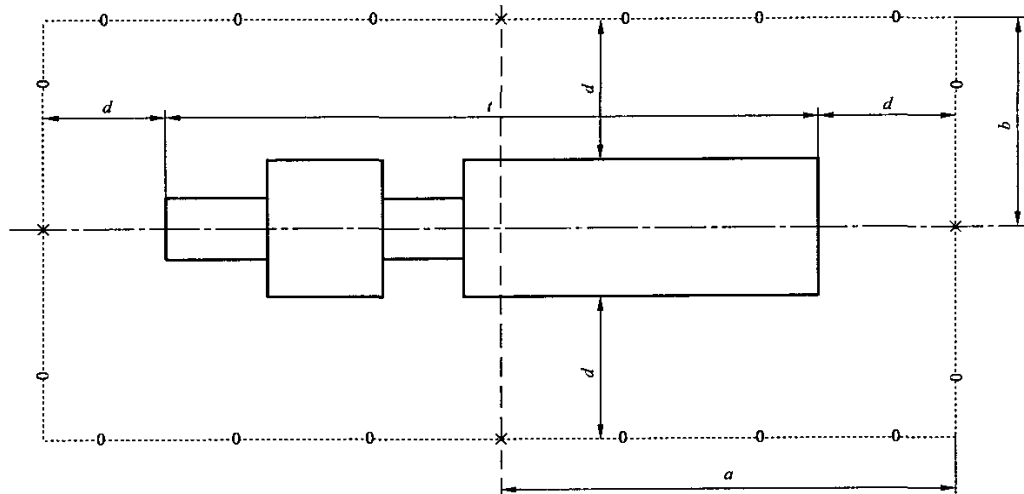


图 C. 1 牵引电动机在空气中传播的噪声平均声功率级的限值



a) 垂直平面内的规定路径

l/m	d/m
≥ 0.25	1
< 0.25	$4l \leq d \leq 1$ $d > 0.25$



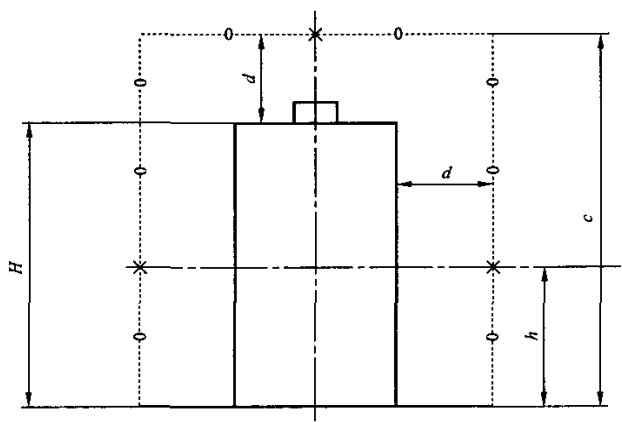
b) 水平平面上的规定路径(在反射面上高度 h 处)

h ——轴中心高或 0.25 m,二者中较大值。

X——关键测量点。

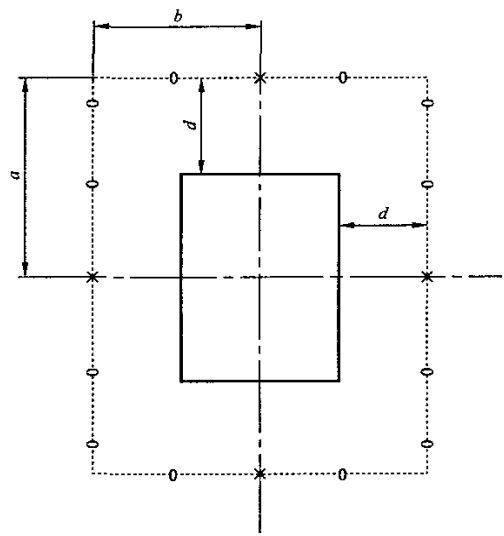
0——从关键测量点开始,在每间隔 1 m 处划分的其他测量点。

图 C.2 卧式电机的测量点位置和规定路径



a) 垂直平面内的规定路径

l/m	d/m
≥ 0.25	1
< 0.25	$4l \leq d \leq 1$ $d > 0.25$



b) 水平平面内的规定路径(在反射面上的高度 h 处)

h —— $H/2$,但不小于 0.25 m。

X——关键测量点。

0——从关键测量点开始,在每间隔 1 m 处划分的其他测量点。

图 C.3 立式电机的测量点位置 and 规定路径

附 录 D
(规范性附录)
牵引系统的供电电压

牵引系统的标称电压、最低电压和最高电压的值均应由用户规定。

标称电压是制定电机定额和特性以及计算机车车辆性能的依据。

当电压不为标称值时,电机性能可由其自行变化,或者可以通过控制来限制其变化。但是由于影响到电机和其他设备的尺寸,因此一般并不要求在大的电压范围内保持恒定的性能。

辅助电机应有足够的输出功率,以允许机车车辆在规定限值范围内的任一供电电压下运行。为达到此目的,在供电电压低的时候,可以卸掉不必要的负载。

应优先采用 IEC 60850 所列出的标准供电电压值。

附 录 E (资料性附录)

用户和制造商之间的协议项目

本部分规定了用于正常牵引工作制的电机的要求。然而,有些场合需要补充资料或试验,另外一些场合,标准允许等同接受可供选择的条款。重要的是在投标时阐明这些条款,并且在订货时达成协议。为了方便这一程序,将有关条款列示如下:

E.1 用户向制造商提出且得到制造商同意的特殊要求

条款	内容
4,表 2	特殊的环境条件
3.3.4 注	辅助电源的标称电压
3.4.2	轮轴驱动发电机的机车车辆额定速度
3.5.1	辅助电机的最高电压
7.1.2	补充的型式试验
8.1.5	短时过载试验
9.4	鼠笼式与实心式转子的电机的超速例行试验
9.6	定量的振动测量
9.7	换向器径向跳动量测定
附录 C	噪声试验
附录 D	供电电压限值

E.2 制造商向用户提出且得到用户同意的特殊要求

条款	内容
5.1	与既有特性不同的典型特性
5.4	可供电传动热力车电动机特性选择的电压
5.6	绘制辅助电动机特性曲线
7.1.2	免做的或少做的型式试验项目
7.1.3	例行试验方法
7.1.3	例行试验范围
8.2.3.1	主交流发电机开路 and 短路试验
8.4.1	由于设备限制而对瞬态试验的修改
8.6.3,8.6.4	由于设备限制而对起动试验的修改
附录 A	特殊冷却设备
附录 A	特殊制动装置以及延长初次测量电阻的时间

E.3 用户和制造商之间可以协商的其他特殊要求

6.2	除符合 GB 1971 规定之外的其他的接线端和引线标志
7.1.4	研究性试验
8.1.1,8.2.1	试验用电源与实际用电源之间的差别产生的影响

- 8.1.4 其他部件的温度
- 8.2.2.2 他励电动机的特殊特性
- 8.7 超速试验
- 9.5 采用直流电进行绝缘试验
- 9.7 修改换向器径向跳动量限值

参 考 文 献

- [1] GB/T 3241 倍频程和分数倍频程滤波器(GB/T 3241—1998,eqv IEC 61260:1995).
 - [2] GB 10069.3 旋转电机噪声测定方法及限值 第3部分:噪声限值(GB 10069.3—2008, IEC 60034-9:2007,IDT).
 - [3] GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验(GB/T 21563—2008,IEC 61373:1999,IDT).
 - [4] GB/T 25122.1 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第1部分:特性和试验方法(GB/T 25122.1—2010,IEC 61287-1:2005,MOD).
 - [5] GB/T 25122.2 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第2部分:补充技术资料(GB/T 25122.2—2010,IEC 61287-2:2001,IDT).
 - [6] IEC 60034 旋转电机.
 - [7] IEC 60651 噪声计.
-