

前 言

本标准是对 GB/T 7064—1996《透平型同步电机技术要求》进行修订的。

修改的主要内容有：

- 1) 按 IEC 60034-1《旋转电机 定额和性能》(GB 755 与之等同)的第 10 版对本标准进行修订。
- 2) 根据本产品新制定的相关标准,增加了具体的性能指标和试验项目。
- 3) 鉴于联合循环电站的发展,为与国际接轨,按 IEC 60034-3 标准补充了燃气轮发电机方面的技术要求。

本标准与有关的旋转电机标准协调一致。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 均是标准的附录。

本标准首次发布日期为 1986 年 12 月。

本标准第一次修订日期为 1996 年 6 月。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会发电机分技术委员会归口。

本标准主要起草单位:哈尔滨大电机研究所、国家电力公司成套局、上海汽轮发电机有限公司、南京汽轮电机(集团)公司、济南发电设备厂。

本标准主要起草人:沈梁伟、毛国光、黄德书、赵慎德、付长虹。

本标准自实施之日起,代替 GB/T 7064—1996。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会发电机分技术委员会负责解释。

中华人民共和国国家标准

透平型同步电机技术要求

Requirements for turbine type synchronous machine

GB/T 7064—2002
neq IEC 60034-3:1988

代替 GB/T 7064—1996

1 范围

本标准非等效采用(符合或高于)IEC 60034-3:1988《透平型同步电机技术要求》。

本标准适用于透平型三相同步电机,包括发电机和作为调相机使用的电机。

本标准是对 GB 755《旋转电机 定额和性能》的细化,凡本标准中未规定的事项均应符合 GB 755 的规定。

本标准可作为使用部门和制造部门签订技术协议时的依据。对具体产品若有特殊的要求,可由供需双方另行商定。

本标准第 3 章给出了各种透平发电机通用的技术要求,第 4 章、第 5 章规定了对不同冷却方式透平发电机的附加要求,第 6 章给出了由燃气轮机拖动的透平发电机的特殊要求。

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本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 755—2000 旋转电机 定额和性能(idt IEC 60034-1:1996)

GB/T 1029—1993 三相同步电机试验方法(neq IEC 60034-2)

GB/T 7409.3—1997 同步电机励磁系统 大、中型同步发电机励磁系统技术要求

GB/T 10069.1—1988 旋转电机噪声测定方法及限值 噪声工程测定方法
(neq ISO 61680-1:1986)

GB/T 11348.1—1997 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第 1 部分:总则
(idt ISO 7919-1:1996)

GB/T 11348.2—1997 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第 2 部分:陆地安装的大型汽轮发电机组(eqv ISO 7919-2:1996)

DL/T 596—1996 电力设备预防性试验规程

DL/T 651—1998 氢冷发电机氢气湿度的技术要求

JB/T 6204—1992 大型高压交流电机定子绝缘耐电压试验规范

JB/T 6227—1992 氢冷电机密封性检验方法及评定

JB/T 6228—1992 汽轮发电机绕组内部水系统检验方法及评定

JB/T 6229—1992 汽轮发电机转子直接氢冷通风道检验方法及限值

JB/T 7784—1995 透平型同步发电机用交流励磁机技术条件

JB/T 8445—1996 三相同步发电机负序电流承受能力试验方法

JB/T 8446—1996 隐极式同步发电机转子匝间短路测量方法

JB/T 8990—1999 大型汽轮发电机定子端部绕组模态试验分析和固有频率测量方法及评定

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 2002-02-28 批准

2003-03-01 实施

3 总要求

3.1 额定转速

对额定频率为 50 Hz 的电机,其额定转速 1 500 r/min 或 3 000 r/min,对额定频率为 60 Hz 的电机其额定转速为 1 800 r/min 或 3 600 r/min。

3.2 运行期间电压和频率的变化

对由交流发电机供电(无论是地区供电或经电网)且频率为固定电源上的交流电机,电压和频率的综合变化关系分为 A 和 B 两区,见图 1。

电机应能在区域 A 内连续运行,并实现本标准所规定的基本功能,但其性能不必与额定电压和频率(见图 1 中的额定点)时的性能完全相符,可能呈现某些差异,温升可比额定电压和频率时高。

电机应能在区域 B 内运行,并实现基本功能,但性能与额定电压和频率时的差异将大于在区域 A 内运行的电机,温升可较额定电压和频率时高,并很可能高于区域 A。不推荐在区域 B 的边界上持续运行。

注

- 1 在实际使用中,有时要求电机在区域 A 的边界之外运行,但应在数值、持续时间及发生频度等方面加以限制。如有可能应在合理的时间内采取校正措施,例如降低输出,这种措施可以避免因温度影响而缩短电机的寿命。
- 2 本标准规定的温升或温度限值仅适用于额定运行点,当运行点逐步偏离额定点,则电机的温升或温度有可能逐步超过其限值,如电机在区域 A 的边界上运行,温升或温度可能要超过本标准规定的限值约达 10 K。

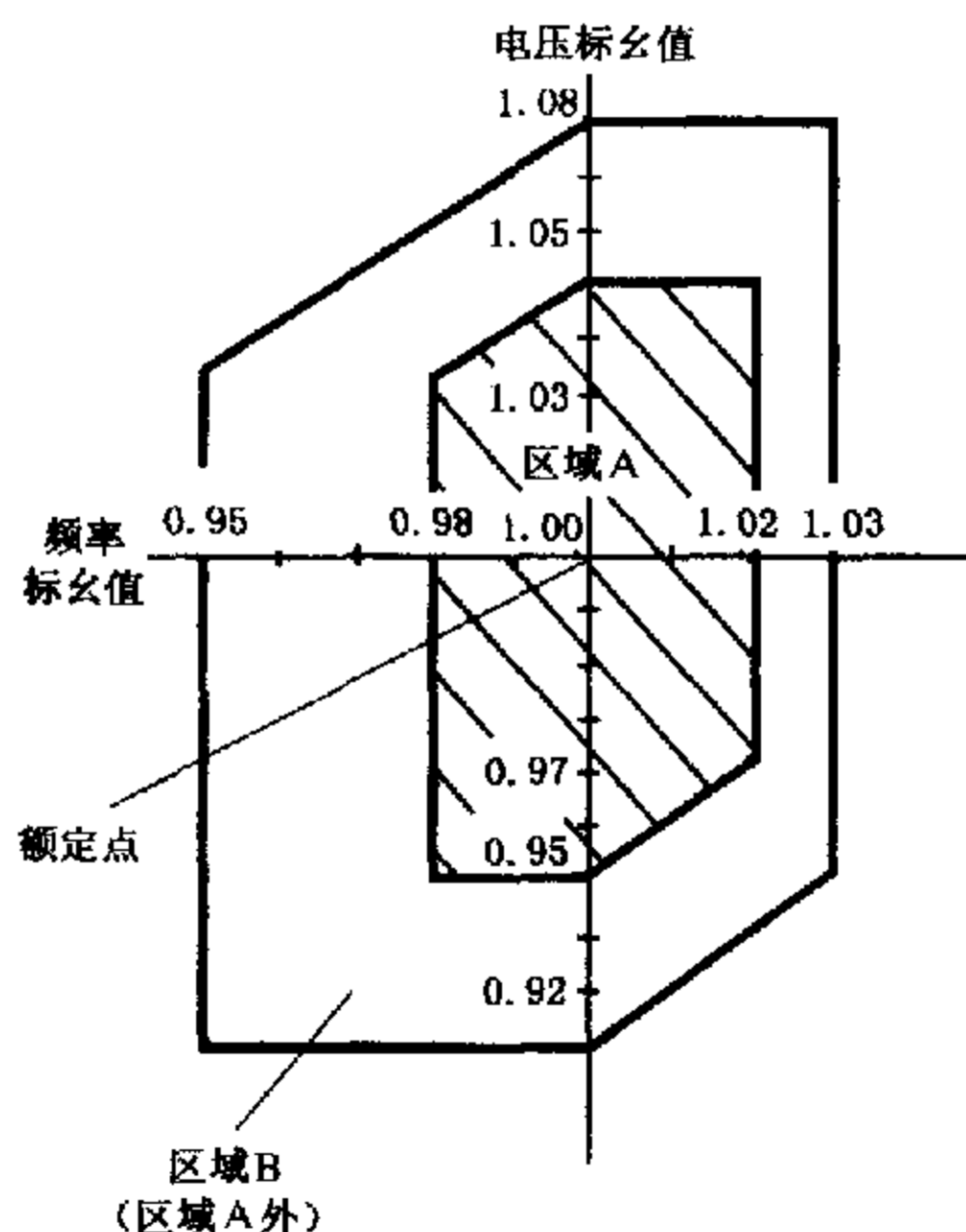


图 1 电压和频率的限值

3.3 旋转方向和相序

除非另有协议,电机旋转方向从汽轮机端向发电机看为顺时针方向,旋转方向应表示在电机上,且在出线端上用字母 U、V、W 表示出定子电压的时间相序,U₂、V₂、W₂ 表示相尾。

3.4 定子绕组

定子绕组可接成 Y 形或 Δ 形,除非另有规定,一般均接成 Y 形。不论 Y 形或 Δ 形,均应引出 6 个或 6 个以上(9 个或 12 个)出线端。

3.5 励磁方式和对励磁系统的要求

见 GB 7409.3。

3.6 电机绝缘

3.6.1 耐热等级

定、转子绝缘系统应采用 B 级或 B 级以上耐热等级的绝缘材料。

3.6.2 绝缘电阻

3.6.2.1 电机定子绕组在干燥后接近工作温度时,其对地及相间的绝缘电阻,应不低于按下式所求得的数值:

$$R = \frac{U_N}{(1\,000 + S_N)/100}$$

且吸收比 $R_{60\text{s}}/R_{15\text{s}} > 1.3$,或极化指数 $R_{10\text{min}}/R_{1\text{min}} \geq 2$ 。

式中: R ——绝缘电阻值, $\text{M}\Omega$;

U_N ——电机绕组的额定电压, V ;

S_N ——电机的额定容量¹⁾, kVA ;

$R_{60\text{s}}$ ——60 s 时的绝缘电阻;

$R_{15\text{s}}$ ——15 s 时的绝缘电阻;

$R_{10\text{min}}$ ——10 min 时的电阻;

$R_{1\text{min}}$ ——1 min 时的电阻。

3.6.2.2 励磁绕组的绝缘电阻(用水直接冷却的励磁绕组在未装绝缘引水管前),在冷态($25\text{ }^\circ\text{C}$)励磁电压 500 V 以下的用 500 V 兆欧表测量,励磁电压 500 V 及以上的用 1 000 V 兆欧表测量,均应不小于 $1\text{ M}\Omega$ 。

用水直接冷却的励磁绕组在绝缘引水管安装后其冷态绝缘电阻应不小于 $2\text{ k}\Omega$ 。

3.6.2.3 定子埋置检温计的对地绝缘电阻值在冷态下用 250 V 兆欧表测量时应不低于 $1\text{ M}\Omega$ 。

3.6.2.4 电机励磁机端的轴承及励磁机轴承与底板和油管间,油密封与油管间,进水支座与底板间必须绝缘。当用 1 000 V 兆欧表测量时,其绝缘电阻应不低于 $1\text{ M}\Omega$ 。

3.6.3 耐电压试验

耐电压试验方法见 JB/T 6204。

在交流耐电压试验前,定子绕组在制造厂内应进行 $3.5U_N$, 1 min 直流耐电压试验。

交流工频耐电压试验历时 1 min,其数值符合 GB 755 要求,见附录 E 表 E1。

3.7 轴电流的防止

应采取适当的措施防止有害的轴电流,并将转轴良好地接地,电机在运行时应能测试出对地绝缘电阻值。

3.8 超速试验

转子应进行 1.2 倍额定转速的超速试验,对 50 Hz 历时 2 min,对 60 Hz 历时 1 min。

3.9 临界转速

发电机转子临界转速设计值应避开额定转速的 90%~110%。机组轴系在按 3.2 规定的频率范围内应不会因临界转速引起不良振动而影响发电机的安全运行。

3.10 出力图

制造厂应提供电机出力图,该出力图表示由温度或温升或由静态稳定限制的运行极限。该图在额定电压、额定频率、额定氢压(若氢冷)下画出。

图 2 表示一种典型的出力图。它的边界由下列因素所限制:

——曲线 A 表示在额定励磁电流下运行,励磁绕组温升接近恒定;

——曲线 B 表示在额定定子电流下运行时,定子绕组温升接近恒定;

——曲线 C 表示由定子端部局部发热或由静态稳定或两者共同决定的极限。

1) 额定容量即为视在功率(以下同)。

根据制造厂与订货方的商定,也可以提供在 3.2 规定的电压频率范围内和额定氢压以外的出力图。发电机应运行在与所选电压、频率、氢压相应的出力图的边界以内。超出边界运行将缩短电机寿命。

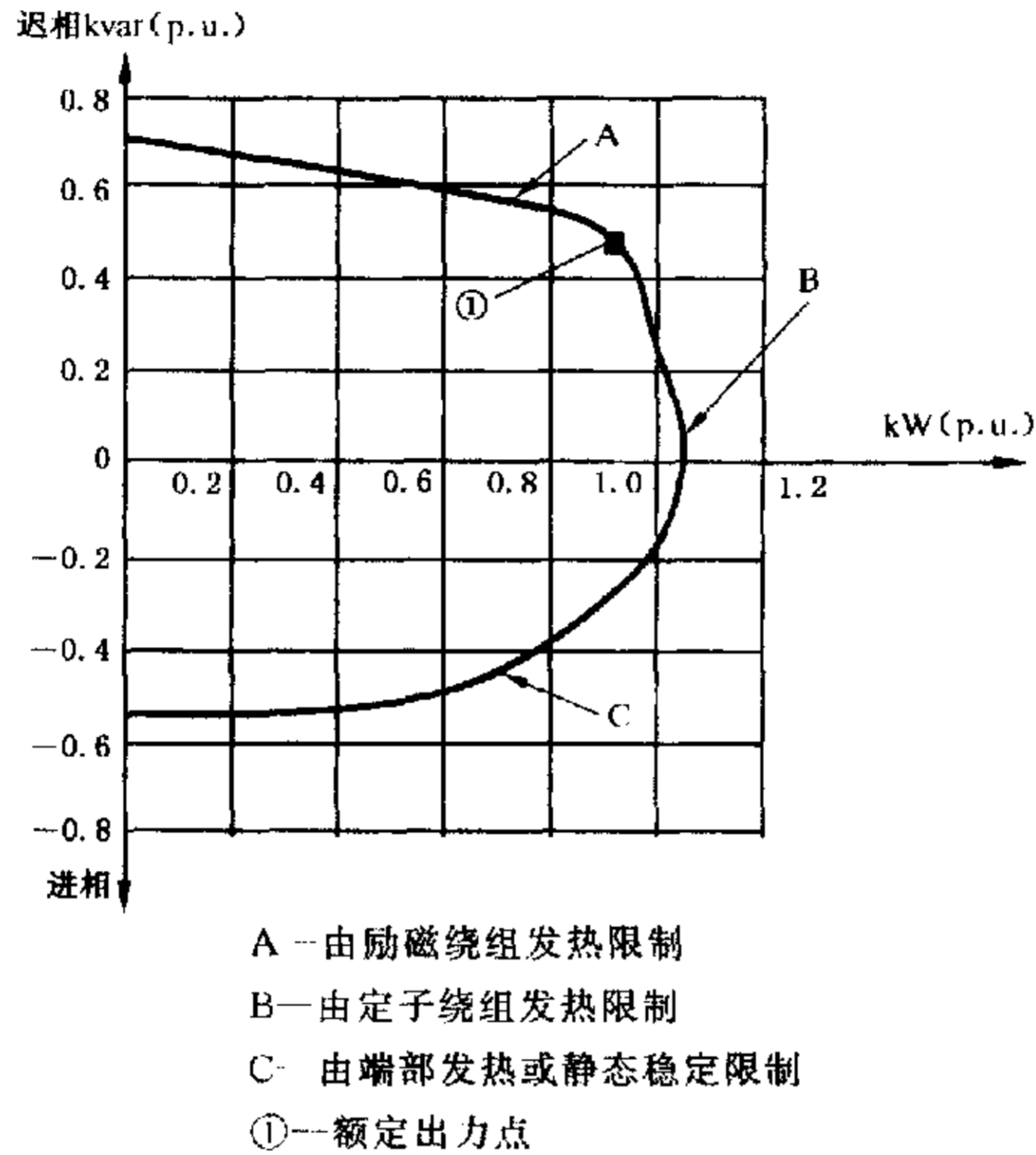


图 2 典型出力图

3.11 不平衡负载

电机应能承受一定数量的稳态和瞬态负序电流。当三相负载不对称,且每相电流均不超过额定定子电流(I_N),其负序电流分量(I_2)与额定电流 I_N 之比(I_2/I_N)符合 GB 755 规定时,应能连续运行,当发生不对称故障时,故障运行的(I_2/I_N)² 和时间 t 秒的乘积也应符合 GB 755 规定,详见附录 E 表 E2。

试验方法见 JB/T 8445。

3.12 噪声

噪声的工程测定方法按 GB 10069.1,声压级限值不超过 92 dBA。

3.13 定子过电流

额定容量在 1 200 MVA 及以下的电机应能承受 1.5 倍的额定定子电流历时 30s 而无损伤。

对额定容量大于 1 200 MVA 的电机应能承受 1.5 倍的额定定子电流,但允许的过电流时间应由供需双方商定,可以小于 30 s,随容量增加过电流时间可减小,但最小为 15 s。

电机允许的过电流时间与过电流倍数关系以下式表示:容量在 1 200 MVA 及以下

$$(I^2 - 1)t = 37.5 \text{ s}$$

式中: I ——定子过电流的标么值;

t ——持续时间,适用范围 10 s~60 s。

注:在上述过电流工况下的定子温度将超过额定负载时的数值,电机结构设计以每年过电流次数不超过 2 次为依据。

3.14 突然短路

用外部方法将短路时相电流限制到不超过三相突然短路所产生的最大相电流值,则电机在额定负载和 1.05 倍额定电压下运行时,应能承受出线端任何形式的突然短路而不发生导致立即停机的有害

变形。

如果制造厂及订货双方同意要在新电机上做空载突然短路试验,试验应在全电压介电试验结束后按下列要求进行:

与系统直接连接的电机,在空载额定电压下于出线端进行三相突然短路试验。通过变压器、电抗器(通常经分相隔离母线)接至电网的发电机,经供需双方同意可在发电机出线端降低电压进行突然短路试验,使在此电压下产生的电流相当于运行时在变压器高压侧三相突然短路产生的短路电流。

突然短路试验后如无需修理或对定子绕组稍加补修并能经受附录 E 表 E1 中规定的耐电压值的 80%,试验就认为合格。稍加补修是指对端部绕组支撑和绝缘略加维修,但不能更换线圈。

注:发电机运行时若近端发生短路或远端故障切除,重合闸或误同期均能引起异常大的电流和力矩。此时,为谨慎起见需彻底检查发电机,尤其是定子绕组,为避免以后由振动引起的进一步损坏,在电机重新投运前应消除任何紧固件或填充物的松弛。同时应检查联轴器螺钉、联轴器和轴可能发生的变形。

3.15 短路比、直轴瞬态电抗和直轴超瞬态电抗

3.15.1 短路比

规定的短路比的最小值在 4.2 和 5.2 中给出,提高短路比将使电机尺寸增加。

3.15.2 直轴瞬态电抗(X'_d)和直轴超瞬态电抗(X''_d)

电抗与运行工况有关,通常需商定在额定电压饱和程度下 X''_d 的最小值和额定电流不饱和下 X'_d 的最大值。由于两种电抗很大程度上取决于同一磁通,因此需注意两者间的相容性,即 X''_d 的上限值不能太靠近 X'_d 的下限值。

除非另有协议,额定电压饱和程度下的 X''_d 不得小于 0.1。

3.15.3 短路比、直轴瞬态电抗、直轴超瞬态电抗的容差

a) 限值一经确定,在被限定方向无容差,即最小值无负容差,最大值无正容差。在另一个方向的容差为 30%。

b) 如规定值为额定值而不作为极限值时,则容差为 $\pm 15\%$ 。

c) 如无商定的规定值,制造厂给出的额定值其容差为 $\pm 15\%$ 。

3.16 起动次数

一般情况下,转子在它的使用寿命期限内,在机械上应能承受的起动次数不少于 3 000 次。

对两班制调峰运行的电机,转子在它的使用寿命期限内,在机械上应能承受的起动次数不少于 10 000 次。

3.17 对励磁机的要求

有关励磁机的技术要求,交流励磁机见 JB/T 7784,直流励磁机可另提技术要求。

3.18 短时升高电压试验

短时升高电压试验是在空载条件下,在额定励磁电流时产生的定子电压(但不超过 $130\%U_N$)下进行,试验时间,对有多匝线圈的为 1 min,单匝式线棒的为瞬时。

3.19 振动限值

3.19.1 在制造厂,转子在额定转速下单独运转考核振动。在现场,机组成轴系在空载和额定状态或图 2 负荷下考核振动。测量振动有测轴承座和测轴振两种方法,测量方法和要求见 GB 11348。功率 50 MW 及以上的机组要求同时测量轴承座振动和轴振动,而且都需要满足标准要求。表 1 为轴承座振动限值,表 2 为轴振动相对位移限值,表 3 为轴振绝对位移限值。轴振考核可以按表 2 或表 3。新机出厂时振动试验值应在 A 范围内,升降速、过临界转速或超速时的振动不得超过 C 范围。轴向无止推轴承时,不考核轴的轴向振动。稳态运行中,假如轴承座或轴振振动值变化显著,即越过 B 值的 25%,无论是增加或减小,一定要报警并采取措施查明变化的原因,必要时根据振动值作出是否停机的决定。

表1 轴承座振动限值(速度)

mm/s

范 围	转 速(r/min)	
	1 500 或 1 800	3 000 或 3 600
A~B	2.8	3.8
B~C	5.3	7.5
C~D	8.5	11.8

表2 轴振相对位移限值(峰-峰值)

 μm

范 围	转 速(r/min)			
	1 500	1 800	3 000	3 600
A	100	90	80	75
B	200	185	165	150
C	320	290	260	240

表3 轴振绝对位移限值(峰-峰值)

 μm

范 围	转 速(r/min)			
	1 500	1 800	3 000	3 600
A	120	110	100	90
B	240	220	200	180
C	385	350	320	290

注：上述表1~表3内的

范围A：振动数值在此范围内的设备可认为是良好的并可不加限制地运行。

范围B：振动数值在此范围内的设备可以接受作长期运行。

范围C：振动数值落入此范围内，开始报警，提请注意安排维修。一般该机器还可以运行一段有限时间，直到有合适机会进行检修为止。

振动数值超出C时，就瞬时跳闸。

3.19.2 定子铁芯和机座振动的固有振动频率应避开基频和倍频 $\pm 10\%$ 以上。如有需要，振幅限值应规定在该型电机的说明书内。

3.19.3 冷态下端部绕组模态试验的椭圆型固有振动频率及端部绕组中的鼻端、引线、过渡引线固有振动频率 f_z 合格的范围如下：

$$3\,000\text{ r/min} \quad f_z \leq 94\text{ Hz}, f_z \geq 115\text{ Hz}$$

$$3\,600\text{ r/min} \quad f_z \leq 112\text{ Hz}, f_z \geq 138\text{ Hz}$$

见JB/T 8990。

3.20 电压波形的不规则性

3.20.1 电压波形正弦性畸变率

在空载额定电压和额定转速时，其线电压波形正弦畸变率应不超过5%。

3.20.2 电压谐波因数(THF)

在空载额定电压和额定转速时其线电压的电压谐波因数不超过1.5%。

3.21 定子绕组三相直流电阻允许偏差

定子绕组在冷态下，各相或各分支直流电阻之差在排除由于引线长度不同而引起的误差后应不超过其最小值的1.5%。

3.22 试验检查项目和验收规则

除非另有规定，本标准中试验项目所涉及的试验方法见GB/T 1029。

3.22.1 制造厂型式试验和检查试验项目

- * a) 绕组、埋置电阻检温计和绕组相间及轴承等对地绝缘电阻的测定；
- * b) 绕组和电阻检温计在实际冷状态下直流电阻的测定；
- * c) 定子铁心的损耗发热试验；磁密 1.4 T, 时间 45 min；
- * d) 转子动平衡和超速试验, 见 GB/T 11348.1；
- * e) 耐电压试验；
- * f) 不同转速下励磁绕组交流阻抗的测定或波形测定, 见 JB/T 8446；
- * g) 定子绕组接头采用锡焊结构的电机应按 JB/T 8991 进行检测；
- h) 空载特性的测定；
- i) 稳态短路特性的测定；
- j) 效率测定；
- k) 突然短路机械强度试验(参见 3.14)；
- l) 电压波形正弦性畸变率和电话谐波因数的测定；
- m) 电抗和时间常数的测定；
- n) 短时升高电压试验；
- o) 无励磁时的一般机械检查, 并测定轴承油温和振动值；
- p) 噪声测定, 见 GB 10069.1；
- q) 温升试验(在安装地点进行)；
- r) 短时过电流试验(直接冷却的电机在安装地点进行)；
- s) 额定励磁电流和电压调整率的测定(在安装地点进行)；
- t) 定子铁心、机座振动的测定；
- * u) 定子绕组端部模态及固有振动频率的测定(200 MW 及以上), 见 JB/T 8990；
- * v) 定子绕组端部手包绝缘施加直流电压的测量, 见 DL/T 596。

注：带 * 的为检查试验项目。

3.22.2 电机开箱后, 安装前由订货方、制造厂、安装单位共同进行清洁度检查以确认机内无异物存在。

3.22.3 安装后交接试验项目

- a) 绕组、埋置电阻检温计、轴承对地绝缘的绝缘电阻的测定；
- b) 绕组和电阻检温计在实际冷态下直流电阻的测定；
- c) 空载特性和稳态短路特性的测定；
- d) 耐电压试验, 试验电压为附录 E 表 E1 规定值的 80%；
- e) 短时升高电压试验；
- f) 发电机冷却系统试验；
- g) 测量轴电压；
- h) 机械检查、测定轴承油温、轴或轴承振动；
- i) 在不同转速下, 励磁绕组交流阻抗(无刷励磁除外)或波形的测定；
- j) 同(3.22.1 中项 v))。

3.22.4 产品合格证

制造厂产品质量管理部门在电机出厂时作出检查结论, 填入产品合格证。产品合格证与电机一起装箱。

3.23 铭牌、出品编号

3.23.1 电机铭牌

- a) 产品名称；
- b) 制造厂名；
- c) 产品标准；

- d) 电机型号;
- e) 制造厂出品编号;
- f) 接线法;
- g) 出品年月;
- h) 额定频率(Hz);
- i) 额定容量(MVA);
- j) 额定功率(MW);
- k) 额定定子电压(V 或 kV);
- l) 额定定子电流(A 或 kA);
- m) 额定功率因数($\cos\varphi$);
- n) 额定励磁电流试验值(A);
- o) 额定转速(r/min);
- p) 绝缘等级/使用等级。

3.23.2 出品编号

出品编号应打印在汽端联轴器端的转子端面上。

3.24 装箱、运输、保管

3.24.1 装箱

根据不同需要,有两种不同的装箱等级:一般包装和密封包装。长时间海运和在湿热气候下运输时,定、转子应采用密封包装或有防潮措施,如采用充惰性气体等。

运输前应根据国家、行业标准中有关规定妥善包装,良好固定,以防止在运输过程中发生滑移和碰坏。包装箱上应有下列标记:

- a) 产品名称和型号;
- b) 毛重和净重(kg 或 t);
- c) 制造厂名、地址;
- d) 收货单位和到站;
- e) 注意事项及其他标记等。

3.24.2 运输

当电机尺寸和重量属超级超限运输范围时,在设计评审或在签定供货合同时,应会同铁道、交通部门确定可行的运输方案。运输电机水冷部件时,应排净和吹干内部水系统中的水并采取防冻措施。

3.24.3 保管

对转子表面应采取防锈措施。应排净和吹干水冷电机内部水系统中的水。电机各种进、出口法兰应妥善封盖。最低保管温度为 5℃,低于 5℃时应采取措施。

3.25 成套范围

见附录 A(标准的附录)。

3.26 备品备件

见附录 B(标准的附录)。

3.27 随机安装图样及技术文件

见附录 C(标准的附录)。

3.28 保证期

在用户按本标准和安装使用维护说明书的规定正确地使用与存放的情况下,制造厂应保证发电机在使用的一年内,但从制造厂起运的日期不超过二年的时间内能良好地运行。在此规定的时间内,如电机因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时,制造厂应无偿地为用户修理(或更换)零件(或电机)。

3.29 可靠性

如供需双方认为有必要时可在合同内规定产品可靠性指标。新机投运一年后必须进行全面检查。小修间隔一年,大修间隔四年。发电机的设计使用寿命应不小于30年。

3.30 同步调相机

对同步调相机应配备独立的油系统和起动装置。

4 空冷电机

本章适用于有效部分由空气直接冷却或间接冷却或两者综合冷却的电机。

4.1 规格、系列

空气冷却电机基本系列的规格见表4。

表4 空冷电机基本系列

P_N 额定功率 MW	S_N 额定容量 MVA	U_N 额定电压 kV	$\cos\varphi$ 额定功率因数	η 效率(规定值) %
1.5	1.875	0.4, 3, 15, 6, 3, 10, 5	0.8	94.5
3	3.75	3, 15, 6, 3, 10, 5	0.8	95.3
6	7.5	6, 3, 10, 5	0.8	96.4
7.5	9.375	6, 3, 10, 5	0.8	96.4
12	15	6, 3, 10, 5	0.8	97.0
15	18.75			97.4
25	31.25			
30	37.5			
50	62.5	10, 5	0.85	98.2
60	75			
100	117.7	10, 5	0.85	98.4
125	147	13, 8		
150	176.46	13, 8		
200	235.3	15, 7.5	0.85	98.5

注

- 1 发电机可通过改变功率因数,降低进水温度等来满足汽轮机的最大连续功率的要求。
- 2 效率规定值与实测值之容许偏差即容差,用以补偿由于正常范围的原材料性能的不一致、加工偏差及测量误差等不可避免的影响。总损耗的容差为规定值的+10%。
- 3 效率指频率为50 Hz的规定值。

4.2 短路比

短路比应不小于0.45。

4.3 电机通风冷却型式

应优先采用空冷密闭循环通风系统。如采用开启式空冷系统,要注意避免因灰尘堵塞通风道而产生的电机过热。

集电环的通风系统应与电机分开,以避免碳粉污染电机和励磁机。

4.4 使用条件

4.4.1 海拔

海拔不超过1 000 m。

4.4.2 初级冷却介质温度

冷却空气温度不超过 40℃。超出上述运行条件时,应按 GB 755 有关条款进行修正。

4.4.3 运行时机内空气相对湿度应不大于 50%。

4.4.4 应配备加热装置以保证停机时机内相对湿度低于 50%。

4.5 检温计

4.5.1 每相定子绕组槽内至少应埋置 2 只检温计,定子铁心埋置检温计应不少于 6 只。

4.5.2 测量冷却空气温度

a) 在每个端盖入风处和定子机座出风处均不少于 1 个温度计。

b) 在空气冷却器进出风处各装一个电阻温度计。

4.5.3 在各轴承上,均应装设测量油温的温度计,并在出油管上设有视察窗。在轴瓦上还必须具备安装遥测温度和极限信号设施的可能性。

4.6 灭火措施

空气冷却的电机内部,在定子绕组端部附近,根据需要装置灭火水管或二氧化碳管,管路的端头必须引出机座外。

4.7 空气冷却器

除非另有协议规定,冷却器进水温度应按 33℃ 设计,工作压力不小于 0.17 MPa,试验压力为最大工作压力的 2 倍,历时 15 min。

如果冷却器水压由压力比冷却器工作压力高的水源经阀门或减压装置控制,冷却器应按水源压力设计,试验水压为水源压力的 1.5 倍,水源压力值应由用户提供。

冷却器应设计成如其中一个冷却器因清理而停止运行时,电机至少应能带 2/3 的额定负荷连续运行,此时电机有效部分的温度不超过允许值,且初级冷却空气的温度可以高于设计值。

4.8 电机各部分温升和温度限值

4.8.1 空冷电机在按表 4 规格、参数及 4.4 使用条件下额定运行时,其温升限值应符合 GB 755 的规定(B 级或 F 级按 B 级考核),见附录 E 表 E3。对其他现场运行条件应按 GB 755 规定修正。

4.8.2 轴承出油温度应不超过 65℃,轴瓦温度不超过 80℃。

5 氢气或液体冷却的电机

本章适用于电机有效部分由氢气或液体直接冷却或两者混合冷却的电机,对某些不用氢气冷却而用其他气体冷却的电机也同样适用。

5.1 规格、系列

氢气和水冷却电机的规格见表 5。

表 5 氢冷和水冷基本系列

P_N 额定功率 MW	S_N 额定容量 MVA	U_N 额定电压 kV	$\cos\varphi$ 额定功率因数	η 效率(规定值) %
50 60	62.5 75	6.3, 10.5	0.8	98.2
100 125	117.7 147	10.5, 13.8, 15.75	0.85	98.4
200	235.3	15.75	0.85	98.6
300	353	18, 20	0.85	98.7
600	666.66	20, 22	0.9	98.8

表 5(完)

P_N 额定功率 MW	S_N 额定容量 MVA	U_N 额定电压 kV	$\cos\varphi$ 额定功率因数	η 效率(规定值) %
900	1 000	24, 26	0.9	98.9
1 000	1 111.1	24, 26	0.9	98.9

注

- 1 发电机可通过改变功率因数、降低进水温度、提高氢压等措施来满足汽轮机最大连续功率的要求。
- 2 总损耗的容差,规定值+10%。

5.2 短路比

短路比不小于 0.45 ($P_N \leq 200$ MW),

短路比不小于 0.4 ($P_N > 200$ MW)。

5.3 机座和端盖

用氢气作冷却介质时,整个机座和端盖,任何受压盖板(例如冷却器盖板)应设计成能承受机内混合气体在大气压力下爆炸的初始压力,而不危及人身安全。水压试验为 0.8 MPa,历时 15 min。

5.4 定子绕组出线

氢气冷却发电机的出线在设计时要考虑能承受不低于 0.8 MPa 表压的气体压力。

出线绝缘子(瓷瓶)应单独在空气中进行工频介电强度试验,试验电压不低于电机定子绕组出厂耐压的 1.5 倍,持续 1 min。

5.5 使用条件

5.5.1 海拔

电机应在额定氢压(表压)下,海拔不超过 1 000 m 时良好运行。

电机在海拔超过 1 000 m 时也能带额定容量运行,其条件是在机内冷却系统中作为初级冷却介质的氢气能保持额定的绝对氢压而与海拔高度无关,但在密封、机壳和辅机等方面应与制造厂取得协议。

5.5.2 额定氢压

制造厂应说明与额定容量相应的机内氢气表压。

推荐的氢气表压额定值如下:

0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 MPa。

5.5.3 氢气纯度

氢冷电机的机内氢气的纯度不低于 95% 时,应能在额定条件下发出额定功率,但计算和测定效率时的基准氢气的纯度应为 98%。

5.5.4 氢气湿度

氢冷电机在运行氢压下的氢气允许湿度按 DL/T 651 应为 $-25\text{ C} \leq t_d(\text{露点}) \leq 0\text{ C}$,补氢用的新鲜氢气常压下的允许湿度 $t_d(\text{露点}) \leq -25\text{ C}$,发电机内最低温度 5 C 时 $t_d(\text{露点}) \leq -5\text{ C}$ 。

5.5.5 直接冷却时的水质

a) 水质透明纯净、无机械混杂物;

b) 25℃ 时水的电导率:对开启式水系统不大于 $5.0\ \mu\text{S}/\text{cm}$;对定子绕组采用独立密闭循环的水系统为 $0.5\ \mu\text{S}/\text{cm} \sim 1.5\ \mu\text{S}/\text{cm}$;

c) pH7.0~9.0;

d) 硬度 $< 2\ \mu\text{mol}/\text{L}$ 。

5.5.6 初级冷却介质入口温度

a) 氢气间接冷却 $30\text{ C} \sim 40\text{ C}$;

- b) 氢气直接冷却 35℃~46℃;
- c) 水直接冷却40℃~50℃($P_N \geq 200$ MW),
20℃~45℃($P_N < 200$ MW);
- d) 双水内冷 30℃~50℃。

功率为 200 MW 及以上的电机,一般应对入口水温进行自动调节。

定子绕组用水直接冷却的电机,其入口水温应不低于进风温度,以防绕组表面结露。

5.6 电机各部分温升和温度限值

5.6.1 氢气间接冷却的电机,温升限值应符合 GB 755 要求(B级或F级按B级考核),见附录 E 表 E4。对于其他现场运行条件应按 GB 755 修正。

5.6.2 氢气和水直接冷却电机及其冷却介质的温度限值应符合 GB 755 的规定(B级或F级按B级考核),见附录 E 表 E5。对于其他现场运行条件应按 GB 755 修正。

5.6.3 氢冷电机在空气冷却状态下的运行

氢气间接冷却的电机用空气冷却连续运行时,其功率以定、转子温升不超过附录 E 表 E4 的温升为限。

氢气直接冷却的电机不允许用空气冷却长时间带负荷运行。

5.6.4 轴承出油温度和轴瓦温度的限值

$P_N \leq 200$ MW 的电机,轴承出油温度不超过 65℃,轴瓦温度不超过 80℃。

$P_N > 200$ MW 的电机,轴承出油温度不超过 70℃,轴瓦温度应低于 90℃。

5.7 监测

5.7.1 自动监测装置

对功率 200 MW 及以上的电机,可根据用户需要配备各种监测器,以提高电机运行的可靠性。如配备漏水监测器;漏氢、漏油监测器;氢气纯度监测器;发电机绝缘过热监测器(G.C.M);局部放电监测仪(P.D.M);氢气湿度监测器……等等。

对功率 200 MW 及以上的电机,有功、无功负荷及电气参数、振动、各测温点温度、冷却、密封及润滑介质参数等测量必须配有与计算机连接的监测系统,具有巡回检测、自动记录、自动打印、遥测显示、越限报警、瞬时跳闸、事故追忆……等功能。

5.7.2 定子绕组检温

每相定子绕组槽内至少应埋置 2 个检温计。定子绕组氢内冷的电机,至少应有 3 个检温计安置在定子绕组出风口处,这些检温计应与冷却介质良好接触,检温计在满足电气要求的情况下尽可能靠近线圈出风口。

对功率 $P_N \geq 200$ MW 定子绕组水内冷的电机在每槽线圈层间各埋置 1 个检温计,并在线圈出水端绝缘引水管的水接头上安装测水温的检温计各 1 个,要注意检温计与出水之间的温差尽可能的小。运行时,对每根线棒有一个单独出水支路的同层各水接头(或层间埋置检温计)温差大于 8 K 时要仔细检查,当温差大于 12 K 或出水温度超过 85℃时应立即处理。

5.7.3 定子铁心检温

在预计的定子铁心热点应埋置检温计,其数量不少于 6 个。

5.7.4 冷却介质检温

在气体冷却器的出风处、冷风区各装 1 个电阻温度计。

在电机的热风区各装 1 个检温计。

定子和转子水路的进、出水处各装 1 个温度计。

5.7.5 轴承检温

各轴承上均应装置测量出油温度的温度计,并在出油管上设有视察窗,在轴承上还应装设遥测轴瓦温度的检温计。

5.7.6 辅助系统监测

对氢、油、水系统和励磁系统的监测要求见相应的技术条件。

5.8 气体或液体冷却器

冷却器按进水温度+33℃和工作水压不低于0.35 MPa设计。

试验水压不低于工作水压的2倍,历时15 min。

如果冷却器水压由水源联接的阀或降压设备控制,且水源压力高于冷却器的工作压力,冷却器将以水源压力设计,除非另有协议,试验应在1.5倍水源压力下进行,水源压力值由订货方提供。

应注意在某些情况下如维修或清洗冷却器时,冷却器会承受氢压而无水压,因此氢气冷却器要能承受0.8 MPa的表压差。

冷却器设计应满足一个冷却器因故停止使用时,电机至少能带2/3负荷连续运行,电机有效部件不超出允许温度,此时,初级冷却介质的温度可以高于设计值。

5.9 氢冷电机密封性要求

电机密封性试验方法见JB/T 6227。

5.10 氢气直接冷却转子通风道检验

见JB/T 6229。

5.11 绕组内部水系统检验

见JB/T 6228。内冷水系统的防漏密封垫片,不得使用易老化或溶水硬度高的密封材料,如某些橡胶和石棉制品等。

5.12 断水运行

水内冷电机允许的断水运行持续时间为30 s,在此时间若备用水泵还不能恢复供水就必须跳闸。

5.13 进相运行

除非另有要求,带额定负荷进相运行范围按功率因数为超前0.95设计。

5.14 失磁运行

300 MW及以下的发电机失磁后应在60 s内将负荷降至60%,90 s内降至40%,总的失磁运行时间不超过15 min。600 MW及以上发电机由制造厂与用户协商解决。

5.15 试验项目

5.15.1 对氢冷电机除3.22外,型式试验、检查试验和交接试验还应增加下列项目:

- a) 轴承和油密封绝缘电阻测定;
- b) 密封性试验(交接试验时确定漏氢量),见JB/T 6227;
- c) 氢内冷转子通风孔检验,见JB/T 6229;
- d) 氢、油辅助系统工作情况检查。

5.15.2 对水内冷电机除3.22外,型式试验、检查试验和交接试验尚需增加下列项目:

- a) 定子总进、出水管绝缘电阻的测定;
- b) 转子进水支座的绝缘电阻测定;
- c) 绕组内部水系统流通性检查,见JB/T 6228;
- d) 绕组内部水系统密封性检查,见JB/T 6228;
- e) 冷却水系统检查。

5.16 氢冷电机的安装、运行附加规则

见附录D(标准的附录)。

5.17 铭牌

除3.23.1外,对氢冷电机尚需有额定氢压(表压)。

除3.23.1外,对水冷电机尚需有电机定、转子绕组进水压力及额定水流量。

6 燃气轮发电机

本章适用于由燃气轮机拖动的透平型电机,它由开启式空冷或用水或环境空气作为最终冷却介质的空气或氢气密闭冷却循环通风。

本要求同样适用于作同步调相机运行的发电机。

6.1 使用条件

燃气轮机拖动的发电机应符合本标准,在下列使用条件下应能带额定负载和额定容量。

6.1.1 初级冷却介质的温度

开启式空冷发电机,初级冷却介质温度是进入发电机的空气温度。通常是周围环境空气温度。其温度范围由用户确定,通常为 $-5\text{C}\sim+40\text{C}$ 。

对密封循环冷却的电机,初级冷却介质温度是指从冷却器进入电机的氢气或空气的温度。为获得电机和冷却器的最佳设计,制造厂应依据用户给定的次级(最终)冷却介质(环境空气或水)的温度范围来确定初级冷却介质的温度范围。

6.1.2 起动次数

每年起动至基本负载的次数不应超过 500 次。

6.1.3 加载速度

发电机可以迅速加载,其速率仅受到燃气轮机加载能力的限制。

6.2 额定输出和容量

6.2.1 额定输出

除非另有协议,发电机的额定输出系指在额定频率、额定电压、额定功率因数和额定氢压(如用氢冷)运行,现场初级冷却介质温度为 40C 时,出线端的有效连续视在功率。

燃气轮机额定值由 ISO 在空气入口温度为 15C 时确定,发电机额定值由 IEC 在入口空气温度为 40C 下确定,因此若燃气轮机的容量和发电机相同,则额定输出将会不同。

在额定输出下,温升不能超过附录 E 表 E3 和附录 E 表 E4,温度不能超过附录 E 表 E5。

除非另有协议,发电机参数均在额定状态下确定。

6.2.2 容量

发电机容量系指在规定的运行条件下可接受的最大负载用视在功率表示。

6.2.2.1 基本容量

基本容量指在额定频率、额定电压、额定功率因数和额定氢压(若氢冷时)下,按照用户的最终冷却介质温度范围见 6.1,电机温升或温度不超过 6.2.2.2 中规定值时,在电机线端以视在功率表示的连续输出范围。

发电机有功功率除以发电机效率所得的值应等于或超过电厂现场进口空气温度在规定范围内的燃气轮机的基本容量。

制造厂应提供在电厂现场最终冷却介质温度在规定范围内的基本出力曲线(见图 3)。对采用开启式通风的电机,最终冷却介质的温度等于或近似等于燃气轮机进口空气的温度(图 3 中 A 标尺)。

发电机的基本容量没有必要与燃气轮机相等时,可商定比较低的空气温度,这就可能以稍微小一点的发电机满足其他所有要求。

对具有水冷热交换器的密闭循环通风电机,水(最终冷却介质)的温度范围通常小于燃气轮机进口空气的温度范围。因此当空气温度降低时,发电机出力增加要比燃气轮机缓慢,这时发电机尺寸由入口空气温度较低时燃气轮机的出力所决定,这使电机尺寸在较正常空气温度下显得偏大并且不经济。此时,在确定发电机最佳尺寸时,协商确定发电机的容量变得更为重要。对密闭循环通风系统,在燃气轮机进口空气温度和冷却水温度之间并没有简单的或固定的关系。因此图 3 用 B 标尺表示出最终冷却介质温度与发电机容量的关系。

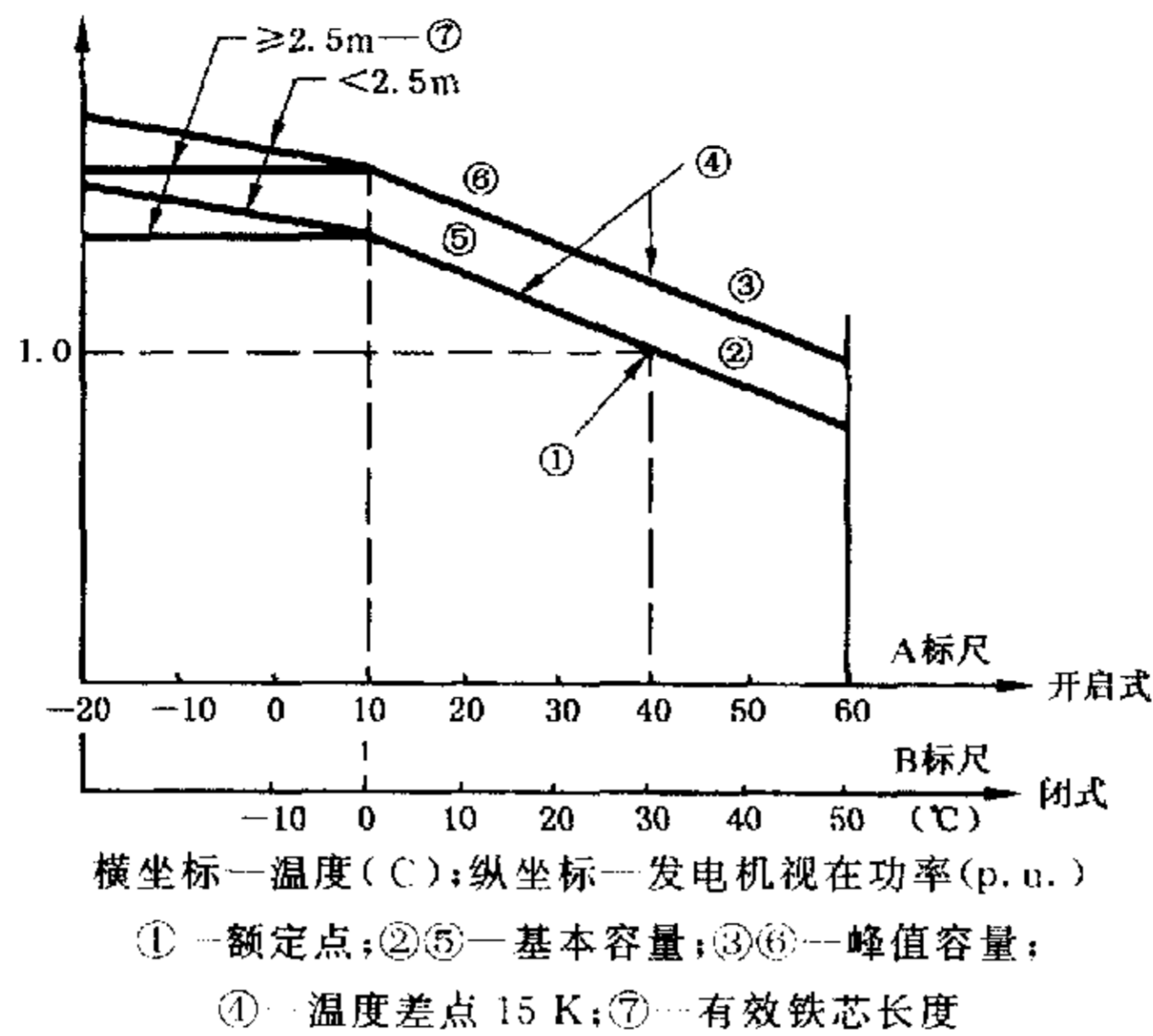


图3 典型的发电机出力曲线

6.2.2.2 基本容量时的温升与温度

对间接冷却电机,现场运行时的温升应根据附录 E 表 E3 和附录 E 表 E4 有关部分作如下调整:

a) 初级冷却介质温度 10°C~60°C:

加(40—初级冷却介质温度)K。

b) $-20^{\circ}\text{C} \leq$ 初级冷却介质温度 $< 10^{\circ}\text{C}$:

1) 电机有效部分长度 $< 2.5\text{ m}$: 加 $30 + 1/2(10 - \text{初级冷却介质温度})\text{ K}$;

2) 有效部分长度 $\geq 2.5\text{ m}$: 加 30 K。

c) 若电机初级冷却介质温度高于 60°C 或低于 -20°C , 需双方另行协商。

对空气或氢气直接冷却绕组,运行现场的总温度按附录 E 表 E5 限值调整。

d) 初级冷却介质温度从 10°C 到 60°C, 不调整。

e) $-20^{\circ}\text{C} <$ 初级冷却介质温度 $> 10^{\circ}\text{C}$:

1) 电机有效部分长度小于 2.5 m: 减 $1/2(10 - \text{初级冷却介质温度})\text{ K}$;

2) 长度 $\geq 2.5\text{ m}$: 减(10—初级冷却介质温度)K。

f) 对初级冷却介质温度高于 60°C 或低于 -20°C , 需另行协商。

6.2.2.3 峰值容量

峰值容量是指在额定频率、额定电压、额定功率因数和额定氢压(如用氢冷)时。按电厂规定的最终冷却介质温度范围内(见 6.1),电机的温升或温度不超过 6.2.2.4 中规定值时在电机出线端以视在功率表示的连续输出范围。6.2.1 中提出关于发电机与燃气轮机容量的关系也适用于峰值容量。

6.2.2.4 峰值容量时的温升和温度

对间接冷却的电机,峰值容量时温升限值比 6.2.2.2 规定要高 15 K。对直接冷却的绕组,全部温度限值比 6.2.2.2 规定的高 15 K。

注:以峰值容量运行将导致寿命缩短。因为此时绝缘老化速度是基本容量时的 3~6 倍。

6.3 铭牌

铭牌除应表示出 3.23.1 中要求的数据外,还要表示出以初级冷却介质为基准的峰值容量。

6.4 温度试验

试验可在额定负载及确定额定值的基准初级冷却介质温度下进行或经协商可在便于获得的任何初级冷却介质温度和相应的输出容量下进行。温度和温升应符合 6.2.2.2 规定,必要时应按 GB 755 的规定对试验和运行地点不同的海拔进行修正。

6.5 作同步调相机运行

若用户需要,应提供电机不与燃气轮机连接而作同步调相机运行的措施。调相工况下,欠励和过励的基本容量及峰值容量应协商确定。

附录 A
(标准的附录)
成套范围

透平型同步电机机械接口是与拖动机联接的联接器,电气接口为出线端子头。

- A1 发电机本体。
- A2 励磁机(如交流励磁机还应带整流装置)或自励系统的整流变压器和整流装置。
- A3 励磁机到集电环的电缆或母线。
- A4 自动调节励磁装置。
- A5 自动灭磁和转子过电压保护装置(无刷励磁系统除外)。
- A6 直流励磁机的磁场变阻器和强行励磁装置。
- A7 气体冷却器。
- A8 氢冷电机应提供氢气控制设备和密封油控制设备。
- A9 水冷电机应提供水冷控制设备。
- A10 套管式电流互感器(CT)。
- A11 拆装时所需的特殊工具及其图样(对每个电站同型机只在第一台发货时供给一套)。
- A12 加热器(空冷电机)。
- A13 备品(见附录 B)。
- A14 安装图样及技术文件(附录 C)。

测轴或轴承座振动的拾振器(VPU)由汽轮机厂提供。联轴器由汽轮机厂与电机厂协商解决。如订货方所需的成套范围与上述规定有差异可由订货方和制造厂另行商定。

- A15 对同步调相机应有独立的油系统、脱扣装置、轴向止推轴承和起动装置。

附录 B
(标准的附录)
备品和备件

- B1 定子条形线圈上层 6 根,下层 2 根或叠绕线圈 3 个,规格品种不同的每种 1 根(每电站同型号装机数在 3 台或不足 3 台时,供给备品线圈一套,超过 3 台时按每 3 台(不足 3 台按 3 台)增加备品线圈一套)。若定子为整浸时,不提供备品线圈。
- B2 对有刷励磁电机每台供刷盒 2 个,电刷 1/2 台份。
- B3 发电机每种轴瓦各 1 个。
- B4 安装用材料。
- B5 对氢冷电机除供应 B1~B4 各项外,尚应包括下列备品:
 - a) 氢气冷却器一个;
 - b) 密封瓦一台份;
 - c) 出线套管瓷瓶(含法兰)1/3 台份;
 - d) 静止密封用零件一台份。
- B6 对水冷电机除供应 B1~B4 各项外,尚应包括下列备品:
 - a) 定子绝缘引水管 20 套。
 - b) 转子绝缘引水管为 10 套(装配式供水接头 4 套,管子 10 根)。若转子绝缘引水管为长寿命型,则

可不供备品。

c) 定子汇流管与绝缘引水管接头处测温元件 20 个。

B7 氢气控制系统、水系统、油系统、励磁机和励磁系统的备品在相应技术条件内规定。

附录 C

(标准的附录)

随机安装图样及技术文件

C1 产品合格证 2 份,包括下列测量和试验检查记录:

- a) 定、转子绕组的直流电阻值;
- b) 绕组对地及相间的绝缘电阻值;
- c) 耐电压试验结果(包括直流耐压数据);
- d)* 空载特性;
- e)* 稳态短路特性;
- f)* 损耗和效率;
- g) 转子超速试验记录;
- h) 埋置检温计的检查记录;
- i) 冷却器的水压记录;
- j) 定子铁心损耗发热试验记录;
- k) 氢冷电机机座和端盖的水压试验和气密性试验记录;
- l) 水冷电机的绕组内部水系统的密封试验和流通性试验记录;
- m) 不同转速下,励磁绕组的交流阻抗;
- n) 氢内冷转子通风孔检查记录;
- o) 定子绕组端部手包绝缘施加直流电压测量的记录;
- p) 定子绕组端部模态及固有振动频率的测定记录($P_N \geq 200$ MW)。

C2 产品说明书。

C3 装箱明细表。

C4 产品图纸每台供应 2 份,但每个电站同一规格机组第一台供应 3 份,每份应包括下列图纸:

- a) 安装、外型图;
- b) 总装图;
- c) 定子绕组装配图;
- d) 定子绕组接线图;
- e) 定子线圈图;
- f) 转子装配图;
- g) 励磁绕组装配图;
- h) 转子引线及集电环装配图;
- i) 轴瓦加工图;
- j) 轴瓦绝缘零件图;
- k) 电机测温装置布置图;
- l) 气体冷却器装配图。

C5 对氢冷电机除供应 C4 规定的图纸外,还供给下列图纸:

* 在制造厂内不进行总装试验的电机,可填写同型电机型式试验值供参考。

- a) 油密封装配图；
 - b) 密封瓦加工图；
 - c) 密封零件图；
 - d) 定子绕组出线装配图；
 - e) 转子引线及轴端密封图。
- C6 对水冷电机除供应 C4 规定的各种图纸外,尚需供给下列图纸:
- a) 定子绝缘引水管装配图；
 - b) 转子绝缘引水管装配图；
 - c) 转子进水装配图；
 - d) 转子出水装配图。
- C7 氢、油、水控制系统,励磁系统的图纸文件另供。

附 录 D

(标准的附录)

用氢气作为冷却介质的电机 安装和运行的附加规则

- D1 如励磁机和集电环有外罩,外罩内可能漏入氢气,必须要有良好的通风。
- D2 氢、油系统元件必须经过 0.8 MPa(表压)的水压试验,禁止使用易碎和有气孔的材料,如铸铁。
- D3 测量氢气的仪表和控制装置,如纯度计、电接点压力表、电遥感温度计压力表。在运行中可能存留可燃性混合气体,因此内部电路应有安全防爆措施。
- D4 测定机内氢气纯度至少应该用两种不同的方法,互相校核。
- D5 电机氢控架上,正常运行只允许放置 1~2 瓶氢气。
- D6 从制氢站获得的氢气其湿度必须满足电机内要求的氢气湿度,见 5.5.4。
- D7 储氢罐必须装在离电机机房一定距离的室外,高压氢管路进入设备之前应装有截止阀门,一旦大漏氢,主供氢源就被切断。
- D8 密封瓦油系统正常运行时,应有备用油源,以保证供油可靠。
- D9 在轴承油系统中应预防可燃性的空气、氢气、混合体的聚积,应在适当位置安装连续运行的排气装置。
- D10 为避免密封油流入机内,不推荐应用真空置换法。
- D11 不能用氢气直接置换空气,反之亦然。在两种情况下,发电机都必须用惰性气体进行转换,使纯度至少达到 90%以上。压缩空气只用于排出发电机内的惰性气体,用完应立即拆除其联接接头。
- D12 应经常监视电机的氢气密封系统。如漏氢量增加很快,必须立即采取措施减少漏氢。如在 24 h 内漏氢量超过正常运行值的 1.5 倍,或绝对值超过 18 m³/d 就应考虑停机处理以便对运行时不易接近的区域进行较全面的检查。
- D13 如果电机内氢压超过氢气冷却器中的水压或绕组内水系统中的水压,水系统密封不良就有可能导致氢气漏入水中。在查找高氢耗的原因时,应对冷却器和绕组内水系统密封进行检查。当内冷水系统中含氢(体积含)超过 3%,应加强对电机的监视;若超过 20%应立即停机处理。或当内冷水系统中漏氢量大于 0.5 m³/d 时可在计划停机时安排消缺;若漏氢量超过 10 m³/d 时应立即停机处理。
- D14 当发电机轴承油系统或主油箱内氢气体积含量超过 1%时应停机找漏。
- D15 发电机的出线套管及连接件以及其他密封装置的设计应使得氢气不能在该区域内积聚。如采用分相隔离母线,应使氢不能在封闭母线外套内积聚。当封闭母线外套内的氢气含量超过 1%时应停机找漏。

D16 在电机及辅助设备的邻近区域内不允许有明火、焊接、吸烟或其他引燃手段。

D17 如果气体干燥器是属于干燥剂需要周期性再生这种类型的,则应设置仪器以表明何时需要再生何时完成。

在再生过程中如果采用空气,则应采取某些措施以免空气偶然地进入机壳内。如果用加热器,使其仅在再生期间内工作。应采取保护措施,以保证该加热器能在低于可能形成的氢、空混合物的引燃温度下良好地运行。通常,允许极限是 300℃或许更低,以避免氧化铝这样的干燥剂损坏。

D18 对合理通风的指导

假定每 24 h、18 m³ 的允许泄漏量全部泄漏到规定的空间内,则空气以每小时 125 m³ 进入该空间,这将保持氢的浓度为 0.6%,大大低于爆炸的下限值 4%。

如涉及的空间为 V m³ 的空气,每小时需要更换 λ 次,则 Vλ=125 m³/h。

因此:

对于 V=1 5 25 500 m³ 时
 则 λ=125 25 5 0.25 次/h。

附录 E

(标准的附录)

本标准正文中引用的 GB 755—2000
 《旋转电机 定额和性能》的有关部分

表 E1 交流工频耐电压试验值

项 号	电 机 部 件	试 验 电 压 (有 效 值)
1	定子绕组	2U _N +1 000 V
2	励磁绕组	额定励磁电压 500 V 及以下: 10 倍额定励磁电压,最低 1 500 V 额定励磁电压超过 500 V: 2 倍额定励磁电压+4 000 V
3	励磁绕组主回路内的电器组件	额定励磁电压 350 V 及以下: 10 倍额定励磁电压,最低 1 500 V 额定励磁电压 350 V 以上: 2 倍额定励磁电压+2 800 V

表 E2 不平衡负载运行限值

项 号	电 机 型 式	连 续 运 行 时 的 I ₂ /I _N 最 大 值	故 障 运 行 时 的 (I ₂ /I _N) ² t(s) 最 大 值
1	间接冷却的转子	0.1	15
	空冷		
2	氢冷	0.1	10
3	直接冷却的转子 ≤350 MVA	0.08	8
4	>350~900 MVA	0.08 - $\frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$	8 - 0.00545(S _N - 350)
5	>900~1 250 MVA	同上	5
6	>1 250~1 600 MVA	0.05	5

注: S_N 为额定容量(MVA)。

表 E3 空冷电机温升限值

部 件	测量位置和测量方法	冷却介质为 40℃时的温升限值/K
定子绕组	槽内上下层线圈间埋置检温计法	85
转子绕组	电阻法	间接冷却:90 直接冷却:75(副槽),65(轴向)
定子铁心	埋置检温计法	80
集电环	温度计法	80
不与绕组接触的铁心及其他部件	这些部件的温升在任何情况下都不应达到使绕组或邻近的任何部位的绝缘或其他材料有损坏危险的数值	

表 E4 氢气间接冷却的温升限值

部 件	测量位置和测量方法	冷却介质为 40℃时的温升限值/K
定子绕组	槽内上、下层线圈埋置检温计法	氢气绝对压力(MPa) 0.15 MPa 及以下 85 >0.15 MPa ≤ 0.2 MPa 80 >0.2 MPa ≤ 0.3 MPa 78 >0.3 MPa ≤ 0.4 MPa 73 >0.4 MPa ≤ 0.5 MPa 70
转子绕组	电阻法	85
定子铁心	埋置检温计法	80
不与绕组接触的铁心及其他部件	这些部件的温升在任何情况下不应达到使绕组或邻近的任何部位的绝缘或其他材料有损坏危险的数值	
集电环	温度计法	80

表 E5 氢气和水直接冷却的温度限值

部 件	测量位置和测量方法	冷却方法和冷却介质	温度限值/℃
定子绕组	直接冷却有效部分的出口处的冷却介质检温计法	水	90
		氢气	110
	槽内上、下层线圈间埋置检温计	水、氢气	90 ¹⁾
转子绕组	电阻法	氢气直接冷却转子全长上径向出风区数目; ²⁾ 1 和 2 3 和 4 5~7 8~14 14 以上	100 105 110 115 120
定子铁心	埋置检温计法		120

表 E5(完)

部 件	测量位置和测量方法	冷却方法和冷却介质	温度限值/℃
不与绕组接触的铁心及其他部分	这些部件的温度在任何情况下不应达到使绕组或邻近的任何部位和绝缘或其他材料有损坏危险的数值		
集电环	温度计法		120 ³⁾
<p>1) 应注意用埋置检温计法测得的温度并不表示定子绕组最热点的温度,如冷却水和氢气的最高温度分别不超过有效部分出口处的限值(90℃和110℃),则能保证绕组最热点温度不会过热,埋置检温计法测得的温度还可用来监视定子绕组冷却系统的运行。</p> <p>在定子绝缘引水管出口端未装设水温检温计时,则仅靠定子线圈上下层间的埋置检温计来监视定子绕组冷却水的运行,此时,埋置检温计的温度限值不应超过90℃。</p> <p>2) 采用氢气直接冷却的转子绕组的温度限值是以转子全长上径向出风区的数目分级的。端部绕组出风在每端算一个风区,两个反方向的轴向冷却气体的共同出风口应作为两个出风区计算。</p> <p>3) 集电环的绝缘等级应与此温度限值相适应,温度只限于用膨胀式温度计测得。</p>			