



中华人民共和国国家标准

GB/T 7064—2008
代替 GB/T 7064—2002

隐极同步发电机技术要求

Specific requirements for cylindrical rotor synchronous machines

(IEC 60034-3:2007, MOD)

2008-06-30 发布

2009-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

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

3.1 机械起动 2

3.2 盘车运行 2

4 总要求 2

4.1 总则 2

4.2 额定工况 2

4.3 额定电压 2

4.4 功率因数 2

4.5 额定转速 2

4.6 运行期间电压和频率的变化 2

4.7 旋转方向和相序 3

4.8 定子绕组 3

4.9 额定磁场电压和磁场电流 3

4.10 电机绝缘..... 3

4.11 轴电流的防止..... 4

4.12 超速试验..... 4

4.13 临界转速..... 4

4.14 出力图..... 4

4.15 定子过电流..... 5

4.16 突然短路..... 5

4.17 短路比..... 6

4.18 直轴瞬态电抗(X'_d)和直轴超瞬态电抗(X''_d) 6

4.19 短路比、直轴瞬态电抗、直轴超瞬态电抗的容差..... 6

4.20 转子的机械工况..... 6

4.21 冷却器..... 6

4.22 不平衡负载..... 7

4.23 噪声..... 7

4.24 对励磁机的要求..... 7

4.25 短时升高电压试验..... 7

4.26 振动限值..... 7

4.27 电压波形的不规则性全谐波畸变(THD) 8

4.28 定子绕组三相直流电阻允许偏差..... 8

4.29 转子过电流限制 8

4.30 轴承出油温度和轴瓦温度的限值..... 8

4.31 监测..... 8

4.32	失磁运行	9
4.33	试验检查项目和验收规则	9
4.34	铭牌、出品编号	10
4.35	装箱、运输、保管	10
4.36	成套供货范围	11
4.37	备品备件	11
4.38	随机安装图样及技术文件	11
4.39	保证期	11
4.40	可靠性	11
5	空冷电机	11
5.1	总则	11
5.2	规格、系列	11
5.3	电机通风冷却型式	11
5.4	使用条件	12
5.5	电机各部分温升和温度限值	12
6	氢气或液体冷却的电机	12
6.1	总则	12
6.2	规格、系列	12
6.3	使用条件	12
6.4	机座和端盖	13
6.5	定子绕组出线	13
6.6	电机各部分温升和温度限值	13
6.7	氢冷电机密封性要求	14
6.8	氢气直接冷却转子通风道检验	14
6.9	绕组内部水系统检验	14
6.10	断水运行	14
6.11	辅助系统	14
6.12	试验项目	14
6.13	氢冷隐极同步电机的安全措施	15
6.14	铭牌	15
7	燃气轮发电机或用于联合循环发电机	15
7.1	总则	15
7.2	使用条件	15
7.3	额定输出	15
7.4	容量	15
7.5	铭牌	17
7.6	温度试验	17
附录 A (资料性附录)	成套供货范围	18
附录 B (资料性附录)	备品和备件	19
附录 C (资料性附录)	随机安装图样及技术文件	20
附录 D (规范性附录)	氢冷隐极同步电机的安全措施	22
附录 E (规范性附录)	本标准正文中引用的 GB 755 的有关部分	26
附录 F (资料性附录)	对 GB/T 7064—2002 的主要修改内容	28

前 言

本标准修改采用 IEC 60034-3:2007《由汽轮机或燃气轮机拖动的发电机技术要求》(第 6 版),并增加了隐极同步电机设计制造及试验运行所需的相关条款。

本标准与 IEC 60034-3:2007 相比,修改的主要内容有:

- 本标准第 1 章,第 3 章,第 7 章及附录 D,4.1~4.21,5.1,5.3,5.5,6.1,6.4,6.5 与 IEC 60034-3 (第 6 版)相同,其他均为增添内容;
- 增加了若干具体的性能指标和试验项目,如新增了对整机防晕试验要求;
- 修改了对定子内冷水质的要求及备品备件的项目等。

本标准代替 GB/T 7064—2002《透平型同步电机技术要求》。

本标准与 GB/T 7064—2002 的主要差异见附录 F。

本标准的附录 D、附录 E 是规范性附录,附录 A、附录 B、附录 C、附录 F 是资料性附录。

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(SAC/TC 26/SC 2)归口。

本标准主要起草单位:哈尔滨大电机研究所、华北电科院、上海汽轮发电机有限公司、哈尔滨电机厂有限责任公司、南京汽轮电机(集团)公司、山东济南发电设备厂。

本标准参加起草单位:湖北电力实验研究院、东北电力科学研究院有限公司、东方电机股份有限公司、北京北重汽轮电机有限责任公司、中国电能成套设备有限公司、华润电力控股有限公司、中国大唐电力集团。

本标准主要起草人:沈梁伟、白亚民、黄德书、付长虹、俞小平、张忠海。

本标准参加起草人:阮羚、王健军、赵昌宗、曾道文、赵建华、陈卫国、孙维本、林立。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 7064—1986、GB/T 7064—1996、GB/T 7064—2002。

隐极同步发电机技术要求

1 范围

本标准规定了隐极同步电机总要求,并分别规定了空冷、氢冷或液冷及燃气轮机驱动的同步电机的专门要求。

本标准还规定了氢冷发电机需注意的事项,包括由同步发电机驱动的旋转励磁机,发电机运行所需的辅助设备,厂房内氢气可能积累的区域。

本标准适用于容量大于 10 MVA(或 MW)三相隐极同步发电机,它是对 GB 755 的补充。凡本标准中未规定的事项均应符合 GB 755 的规定。本标准不包括逆变器连续供电电动机及进口的发电机。

本标准为用户和制造厂签订技术协议时的重要依据。对具体产品若有特殊的要求,可由供需双方另行商定。

2 规范性引用文件

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

GB 755 旋转电机 定额和性能(GB 755—2008, IEC 60034-1:2004, IDT)
GB/T 1029 三相同步电机试验方法
GB/T 7409.3 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 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分:旋转电机噪声测定方法(GB/T 10069.1—2006, ISO 1608:1999, MOD)
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—2006, IEC 60034-9:1997, IDT)
GB /T 11348.1 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第1部分:总则(idt GB /T 11348.1—1999, ISO 7919-1:1996)
GB /T 11348.2 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第2部分:50 MW 以上,额定转速 1 500 r/min、1 800 r/min、3 000 r/min、3 600 r/min 陆地安装的汽轮机和发电机组(GB/T 11348.2—2007, ISO 7919-2:2001, MOD)
GB/T 20140 透平型发电机定子绕组端部动态特性和振动试验方法及评定
GB/T 20160 旋转电机绝缘电阻测试
GB/T 20835 发电机定子铁心磁化试验导则
GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
JB/T 6204 高压交流电机定子线圈及绕组绝缘耐电压试验规范
JB/T 6227 氢冷电机气密封性检验方法及评定
JB/T 6228 汽轮发电机绕组内部水系统检验方法及评定
JB/T 6229 透平发电机转子气体内冷通风道检验方法及限值
JB/T 7608 测量高压交流电机线圈介质损耗角正切试验方法及限值
JB/T 7784 透平型同步发电机用交流励磁机技术条件
JB/T 8446 隐极式同步发电机转子匝间短路测定方法
JB/T 8991 发电机锡焊接头检测方法

JB/T 10392 透平发电机定子铁心、机座模态试验分析和振动测量方法及评定
JB/T 10499 透平型发电机非正常运行工况设计 and 应用导则
DL/T 596 电力设备预防性试验规程
DL/T 651 氢冷发电机氢气湿度的技术要求
DL/T 705 运行中氢冷发电机用密封油质量标准

3 术语和定义

GB 755 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

机械起动 mechanical start

转速自零或盘车转速升至额定转速。

3.2

盘车运行 turning gear operation

为保持汽轮机和/或电机转子热均衡的低速旋转。

4 总要求

4.1 总则

由汽机或燃气轮机拖动的同步发电机除非本标准另有规定应符合 GB 755 的要求,无论何处,本标准应当作为制造厂与用户之间的协议基础。

4.2 额定工况

额定工况由下列有关数据给出:

- a) 视在功率或功率;
- b) 频率;
- c) 电压;
- d) 功率因数;
- e) 冷却介质温度(40 ℃,除非另有规定)。

有时还包括:

- f) 现场海拔高度;
- g) 氢气压力;
- h) 氢气纯度范围。

4.3 额定电压

额定电压由供需双方协议确定。

4.4 功率因数

功率因数由供需双方商定。在发电机出线端处的标准额定功率因数为过励 0.8,0.85 和 0.9。

注 1: 也可商定用其他值,功率因数越低,发电机尺寸将越大。

注 2: 发电机应能在功率因数 0.95(欠励)下带额定 MVA 运行。

4.5 额定转速

对额定频率为 50 Hz 的电机,其额定转速为 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。

4.6 运行期间电压和频率的变化

电压和频率的综合变化关系如图 1 阴影部分(区域 A)所示,发电机在额定功率因数下当电压偏差 ±5%,频率偏差 ±2%时,应该能够长期输出额定功率。

表 E.3 和表 E.4 温升限值,或者表 E.5 温度限值仅适用于额定电压和额定频率。

如运行需要进一步扩大电压和频率的偏差范围或离额定点偏差还要扩大,应由供需双方协商。

注 1: 随着运行点偏离电压和频率的额定值,温升或温度将逐渐增加。如电机带额定负荷在阴影部分的边界上运行,温升或温度增加约 10 K。若电机带额定功率因数、电压 $\pm 5\%$ 、频率 $\pm 3\%$ 在如图 1 所示虚线边界上运行,温升将进一步增加,因此避免电机使用寿命因温度或温差影响而缩短,在阴影区域外运行应在数值、持续时间及发生频率等方面加以限制,应立即采取纠正措施如降低输出。

注 2: 过电压和低频或低电压和高频同时发生的可能性不大。前者会增加磁场绕组温升。图 1 所示这两种情况下,由电机和它的变压器过励或欠励限制在 5% 以内为限制的运行象限。某些条件下,励磁和稳定的裕度将减小。当运行频率偏离额定值时发电机之外的因素会变得重要而需要考虑。例如:汽机制造厂将规定允许的频率偏差范围和相应运行时间,辅机承受过电压和高频的能力也应考虑。

注 3: 在进相运行时发电机端电压短时允许降至 92%。

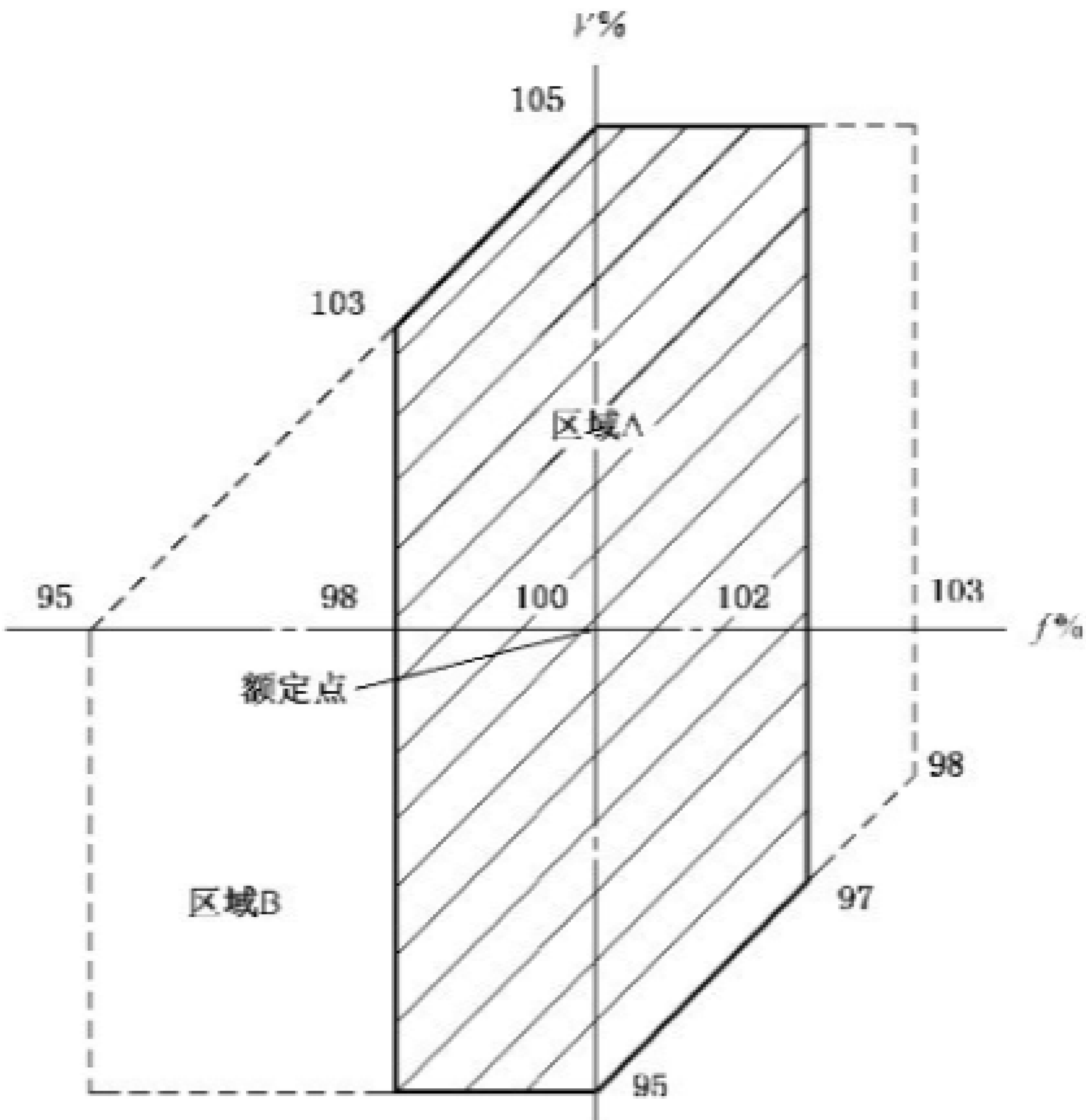


图 1 电压和频率的限值

4.7 旋转方向和相序

发电机旋转方向取决于拖动机。

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,旋转方向应标识在电机上,且在出线端上用字母 U、V、W 表示定子出线端电压的时间相序,U₂、V₂、W₂ 表示相尾。

如果发电机有两个拖动端,功率大的一端为旋转方向的参考端。

注: 出绕端标记可以与 IEC 60034-8 不同。

4.8 定子绕组

定子绕组除非另有规定,一般接成 Y 形。不论 Y 形或△形,均应引出 6 个或 6 个以上(9 个或 12 个)出线端。

4.9 额定磁场电压和磁场电流

电机运行在额定工况点所需的磁场电流和磁场电压,对励磁系统要求见 GB/T 7409.3。

4.10 电机绝缘

4.10.1 耐热等级

定、转子绝缘系统应采用耐热等级 130 或 130 以上的绝缘材料,155 按 130 考核,180 按 155 考核。

4.10.2 绝缘电阻

4.10.2.1 电机定子绕组在 40 ℃ 时,其对地及相间的绝缘电阻,应不低于 GB/T 20160 的最小推荐数值: $R(1\text{ min})100\text{ M}\Omega$ 。

4.10.2.2 极化指数 $R_{10\text{min}}/R_{1\text{min}}$ 最小推荐数值为 2。 $R_{10\text{min}}$ 为 10 min 时的绝缘电阻, $R_{1\text{min}}$ 为 1 min 时的绝缘电阻。

绝缘电阻和极化指数测量方法见 GB/T 20160。

4.10.2.3 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测量),在冷态(25 ℃)不小于 1 MΩ。

用水直接冷却的励磁绕组在绝缘引水管安装后,其冷态(25 ℃)绝缘电阻应不小于 2 kΩ。

4.10.2.4 定子埋置检温计的对地绝缘电阻值,在冷态下(25 ℃)用 250 V 兆欧表测量时应不低于 1 MΩ。

4.10.2.5 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 MΩ。

4.10.3 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 $3.5U_N$, 历时 1 min 直流耐电压试验。额定电压为 24 kV 以上的进行 $3.0U_N$ 直流耐压试验,历时 1 min。

交流工频耐电压试验历时 1 min,其数值符合表 E.1。

4.10.4 定子单个线棒应在 1.5 倍额定线电压下不起晕;整机在 1.0 倍额定线电压下,定子绕组端部应无明显的晕带和连续的金黄色亮点。

4.10.5 高压电机线圈介质损耗角试验方法及限值见 JB/T 7608。

4.11 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。带可控静态励磁所引起的脉冲轴电压可能产生油膜损坏,对此应有效防范;轴电压大于 20 V 时,应查明原因。

4.12 超速试验

转子应进行 1.2 倍额定转速的超速试验,历时 2 min。

4.13 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 4.6 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。

4.14 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:

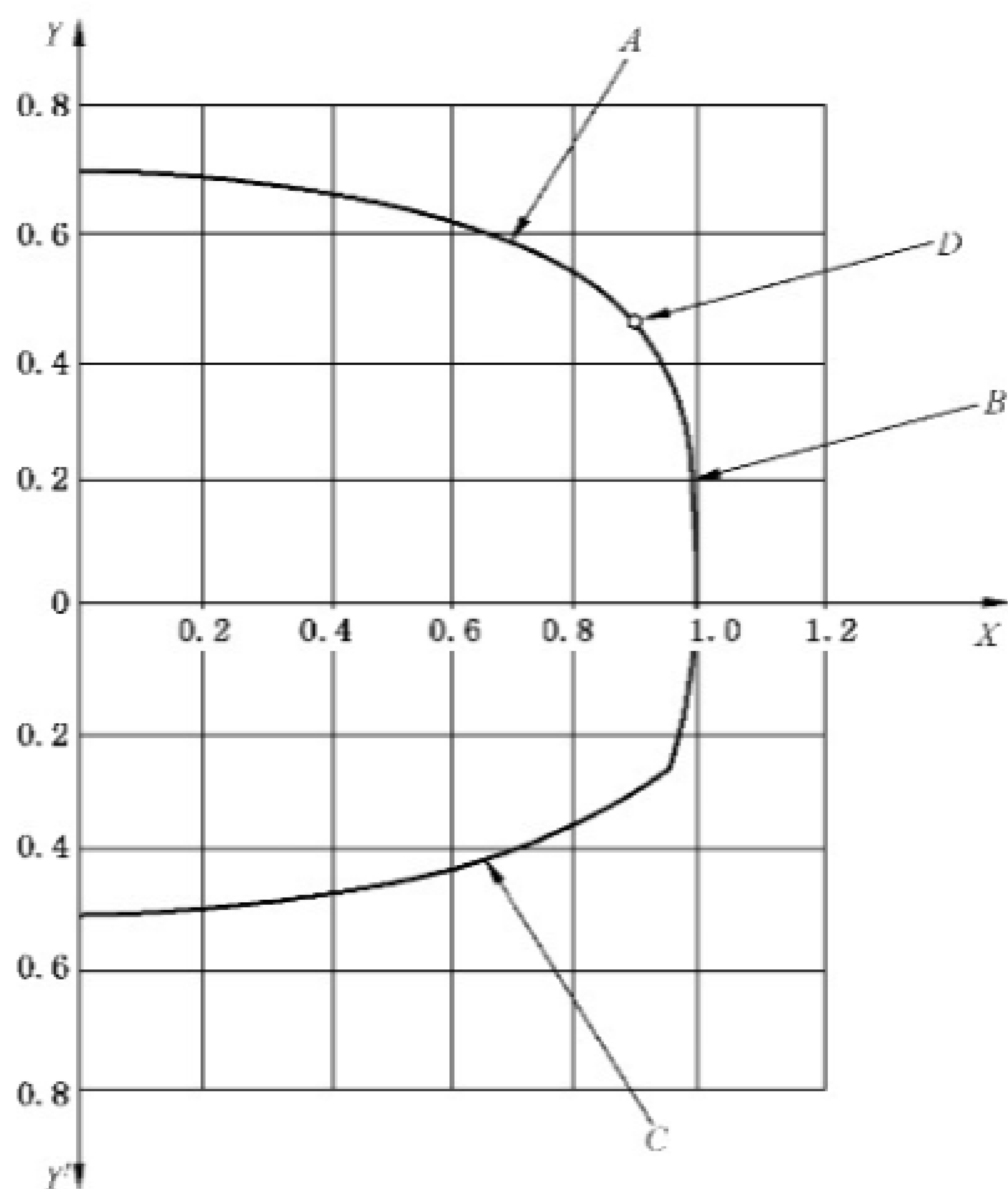
- a) 曲线 A 表示在额定磁场电流下运行,励磁绕组温升接近恒定。
- b) 曲线 B 表示在额定定子电流下运行时,定子绕组温升接近恒定。
- c) 曲线 C 表示由定子端部局部发热或由静态稳定或两者共同决定的极限。

根据制造厂与订货方的商定,也可以提供在 4.6 规定的电压频率范围内和额定氢压以外的出力图。

注 1: 图 2 也可以在其他运行限制下给出,如汽机最大出力和最小磁场电流。

注 2: 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。

注 3: 在定子绕组水内冷发电机中,应保持氢压高于水压,以防止水系统有泄漏时水进入发电机内导致故障。



- A——由磁场绕组发热限制；
- B——由定子绕组发热限制；
- C——由端部发热或静态稳定限制；
- D——额定出力点。
- X——标么值/kW；
- Y——标么值/kvar(滞后)；
- Y'—— 标么值/kvar(超前)。

图 2 典型出力图

4.15 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 30 s 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。
容量在 1 200 MVA 及以下,电机允许的过电流时间与过电流倍数以下式表示:

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

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。

4.16 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。

如果供需双方同意要在新电机上做空载突然短路试验,应在耐电压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表 E.1 中规定的耐电压值的 80%,试验结果就认为合格。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,尤其是定子绕组和转子,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、联轴器变形和轴平衡可能发生的变化。

4.17 短路比

在额定工况下规定的短路比值应不小于 0.35,也可按协议规定。提高短路比将使电机尺寸和损耗增加。

4.18 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程度下 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。

也可在商定的其他饱和状态下确定上述电抗,试验方法可按 GB/T 1029 所列方法测定。

4.19 短路比、直轴瞬态电抗、直轴超瞬态电抗的容差

- 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%。
- 如规定值为额定值而不作为极限值时,则容差为 $\pm 15\%$ 。
- 如无商定的规定值,制造厂给出的额定值其容差为 $\pm 15\%$ 。

4.20 转子的机械工况

4.20.1 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。

4.20.2 盘车运行

起动前和停车后不可避免地需要盘车运行,但是长期盘车运行会引起转子损坏,应予以限制。如需要长期盘车运行,设计方面应采取相应措施以减少这方面损害。

注:盘车时若出口开关突然合闸使机组加速是十分危险的,必须加装保护;一旦发生,应彻底检查发电机的损坏情况。

4.21 冷却器

除非另有规定,开式水路冷却器的进水温度按 33 $^{\circ}\text{C}$,闭式水路按 38 $^{\circ}\text{C}$ 设计。

冷却器设计工作水压对空气冷却器不小于 0.17 MPa(表压);对氢冷和液体冷却电机不小于 0.35 MPa(表压)。

试验压力为 1.5 倍最大设计工作压力,历时 15 min。

如果冷却器水压由压力比冷却器设计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故而停止运行时,电机至少应能带 2/3(或者供需双方商定的其他比例)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,且冷却气体的进风温度可高于设计值。对氢冷和液冷电机,应注意在某些情况下如维修或清理时,冷却器会只承受气压而无水压,因此冷却器要能承受 0.8 MPa 的表压差。

注:在冷却水中加化学品如盐或乙二醇会影响冷却性能。

4.22 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 的规定时,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 的乘积应符合 GB 755 的规定,详见表 E. 2。

注:若超过或接近表 E. 2 的规定,有可能发生损坏,需停机抽转子检查。

4.23 噪声

噪声的工程测定方法按 GB/T 10069. 1,声压级限值不超过 92 dB(A)。

4.24 对励磁机的要求

交流励磁机见 JB/T 7784。

4.25 短时升高电压试验

短时升高电压试验是在空载条件下,在额定磁场电流时产生的定子电压(但不超过 $130\%U_N$)下进行,试验时间对多匝线圈的为 1 min。单匝式线棒不做短时升高电压试验。

4.26 振动限值

4.26.1 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/T 11348. 1 和 GB/T 11348. 2。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,不考核轴承座的轴向振动。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) 单位为毫米每秒

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

表 2 轴振相对位移限值(峰-峰值) 单位为微米

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) 单位为微米

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。

4.26.2 定子铁心和机座振动的模态分析和振幅测量方法及评定见 JB/T 10392。

4.26.3 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,见 GB/T 20140。

4.27 电压波形的不规则性全谐波畸变(THD)

在空载额定电压和额定转速时,其线电压波形全谐波畸变应不超过 5%。

4.28 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%。

4.29 转子过电流限制

发电机磁场绕组应具有下列规定的过电流的能力,时间从 10 s~120 s,

$$(I^2 - 1)t = 33.75$$

式中:

I ——磁场电流,%;

t ——时间,s。

磁场电流(%)	209	146	125	113
时间(s)	10	30	60	120

在上述过电流工况下的转子绕组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。

4.30 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℃,轴瓦温度报警值不超过 80℃。

$P_N > 200$ MW 的电机,轴承出油温度不超过 70℃,轴瓦温度报警值不超过 105℃。

4.31 监测

4.31.1 自动监测装置

对功率 200 MW 及以上的电机,可根据需要配备必要的、质量可靠的监测器,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,氢湿度、温度监测仪;并可根据发电机的运行状况选配发电机绝缘过热监测器(G. C. M),局部放电监测仪(P. D. M)……

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,必须配有与计算机相联接的监测系统接口。

4.31.2 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路相同的水接头检温计(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 或水接头出水温度或槽内检温计超过 90℃时,应立即减负荷并待机处理。

4.31.3 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。

4.31.4 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。

4.31.5 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。

4.31.6 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。

4.32 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(详见 JB/T 10499)。

4.33 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。

4.33.1 制造厂型式试验和检查试验项目

- a)¹⁾ 绕组、埋置电阻检温计和绕组相间及轴承等对地的绝缘电阻测定见 GB/T 20160;
- b)¹⁾ 绕组和电阻检温计在实际冷状态下直流电阻的测定;
- c)¹⁾ 定子铁心的磁化试验,试验方法和限值见 GB/T 20835;
- d)¹⁾ 转子动平衡和超速试验,见 GB/T 11348.1;
- e)¹⁾ 耐电压试验,见 JB/T 6204(包括整机起晕试验);
- f)¹⁾ 转子匝间绝缘状态判定见 JB/T 8446;
- g)¹⁾ 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 4.16);
- l) 全电压谐波畸变的测定;
- 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/T 10069.1 和 GB 10069.3;
- 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) 额定磁场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,见 JB/T 10392;
- u)¹⁾ 定子绕组端部模态及固有振动频率的测定(200 MW 及以上),见 GB/T 20140;
- v)¹⁾ 定子绕组端部手包绝缘施加直流电压的测量,见 DL/T 596。

4.33.2 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。

4.33.3 安装后交接试验项目见 GB 50150,至少应包括:

- 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,试验电压为表 E.1 中规定值的 80%;
- e) 短时升高电压试验;
- f) 发电机冷却系统试验;

1) 检查试验项目。

- g) 测量轴电压；
- h) 机械检查、测定轴承油温、轴或轴承振动；
- i) 转子匝间绝缘状态判定；
- j) 同 4.33.1 中项 v)。

4.33.4 产品合格证

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

4.34 铭牌、出品编号

4.34.1 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) 额定磁场电流试验值(A)；
- o) 额定转速(r/min)；
- p) 绝缘耐热等级/使用等级。

4.34.2 出品编号

出品编号应打印在汽端联轴器端的转子端面上。

4.35 装箱、运输、保管

4.35.1 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。

运输时应根据国家、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。

4.35.2 运输

当电机尺寸和质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。

4.35.3 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。

4.36 成套供货范围

见附录 A。

4.37 备品备件

见附录 B。

4.38 随机安装图样及技术文件

见附录 C。

4.39 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始不超过二年的时间内能良好地运行,两条件以先到者为准。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)。

4.40 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。发电机的设计使用寿命应不小于 30 年。

5 空冷电机

5.1 总则

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。

5.2 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(50 Hz)

额定功率 P_N / MW	额定容量 S_N / MVA	额定电压 U_N / kV	额定功率因数 $\cos\varphi$	效率(规定值总损耗 容差+10%) ^a η
12 15	15 18.75	6.3, 10.5	0.8	97.0
25 30	31.25 37.5			97.4
50 60	62.5 75			98.2
100 125 135 150	117.7 147 158.8 176.46	10.5 13.8 13.8 13.8, 15.75	0.85	98.4
200	235.3	15.75, 18		
300	353	18~22	0.85	98.6
^a 总损耗容差允许+10%				

5.3 电机通风冷却型式

应优先采用空冷封闭式循环通风系统。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。

5.4 使用条件

5.4.1 海拔

海拔不超过 1 000 m。

5.4.2 初级冷却介质温度

进水温度 33 ℃时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。

5.4.3 空气湿度

运行时机内空气相对湿度应不大于 50%。

5.4.4 加热装置

应配备加热装置以保证停机时机内相对湿度低于 50%。

5.5 电机各部分温升和温度限值

空冷电机在按表 4 规格、参数及 5.4 使用条件下额定运行时,其温升限值应符合 GB 755 的规定(130 级或 155 级按 130 级考核),见表 E.3。对其他现场运行条件应按 GB 755 有关规定进行修正。

6 氢气或液体冷却的电机

6.1 总则

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。

6.2 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(50 Hz)

额定功率 P_N / MW	额定容量 S_N / MVA	额定电压 U_N / kV	额定功率因数 $\cos\varphi$	效率 η (规定值总 损耗容差+10%) ^a
100 125 135	117.7 147 158.5	10.5, 13.8	0.85	98.4
200	235.3	15.75	0.85	98.6
300	353	18, 20, 24	0.85	98.7
600	666.66	20, 22, 24	0.9	98.8
900	1 000	24, 27	0.9	98.9
1 000	1 111.1	24, 27	0.9	98.9
1 200	1 333.33	24, 27	0.9	99
1 500	1 666.66	27, 30	0.9	99
^a 总损耗容差允许+10%				

6.3 使用条件

6.3.1 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。

6.3.2 机内额定氢压和氢气纯度

制造厂应说明与额定容量相应的机内氢气绝对压力。

推荐的氢气绝对压力值如下:bar	2	3	4	5	6	7
kPa	200	300	400	500	600	700

注：应将绝对压力转化成当地表压，若海拔超过 1 000 m，当设计辅助设备时应考虑环境空气压力降低的影响。

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%。

6.3.3 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 $-25^{\circ}\text{C} \leq t_d(\text{露点}) \leq 0^{\circ}\text{C}$ ，补氢用的新鲜氢气常压下的允许湿度 $t_d(\text{露点}) \leq -25^{\circ}\text{C}$ ，发电机内最低温度 5°C 时 $t_d(\text{露点}) \leq -5^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.4 冷却水质

用空心铜线：	贫氧系统	富氧系统
a)	水质透明纯净、无机械混杂物	
b) 电导率(25 ℃)/(μS/cm)	0.4~2.0	<0.3
c) pH(25 ℃)	8.0~9.0	7~8
d) 硬度/(μmol/L)	<2	
e) 含铜量/(μg/L)	≤20.0	≤20.0
f) 含氧量/ 10^{-12}		>2 000
用不锈钢空心线：		
a)	水质透明纯净、无机械混杂物	
b) 电导率(25 ℃)/(μS/cm)	0.5~1.2	
c) pH(25 ℃)	6.5~7.5	

6.3.5 初级冷却介质入口温度

a) 氢气冷却	35 ℃~46 ℃
b) 水直接冷却	40 ℃~50 ℃($P_N \geq 200 \text{ MW}$) 30 ℃~45 ℃($P_N < 200 \text{ MW}$)
c) 双水内冷	30 ℃~45 ℃

功率为 200 MW 及以上的电机，一般应对水温进行自动调节。

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。

6.3.6 密封油质量要求

见 DL/T 705。

6.4 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 表压，历时 15 min。

6.5 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。

注：出线端头用液冷时，连接冷却介质处不需要进行高压试验。

6.6 电机各部分温升和温度限值

一般初级冷却介质最高温度为 40 ℃，为使冷却器在规定的次级冷却介质下获得经济设计，也可以不是 40 ℃。

氢气间接冷却的电机，温升限值应符合 GB 755 要求(130 级或 155 级按 130 级考核)，见表 E. 4。对于其他现场运行条件应按 GB 755 修正。

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(130 级或 155 级按 130 级

考核),见表 E.5。对于其他现场运行条件应按 GB 755 修正。

注:为避免超过温升或温度,冷却介质最大温度不超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。对燃气轮机拖动的发电机的特殊要求,见 7.2、7.3。

氢气间接冷却的电机用空气冷却连续运行时,其功率以定、转子温升不超过表 E.4 的温升为限。

氢气直接冷却的电机不允许在空气冷却下带负荷运行。

6.7 氢冷电机密封性要求

见 JB/T 6227。

6.8 氢气直接冷却转子通风道检验

见 JB/T 6229。

6.9 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。

6.10 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不能恢复供水就必须跳闸。

6.11 辅助系统

根据冷却介质和辅助系统的设计,为满足运行要求需装设下列设备但不是详细的全部清单,也可提供其他项目。

a) 一套完整的冷却气体系统(氢气或其他气体)包括控制机内气体压力的调节阀,连接供气系统的接头,气体干燥器和检测日常气体消耗量的仪表。

b) 一套完整的置换气体系统(通常用 CO_2)可安全地向机座内充气和置换氢气。

如果用加压空气从机内置换 CO_2 ,除置换 CO_2 过程外,要确保空气不能进入电机内,例如使用可移开的管接头设施。

c) 必须配备氢气纯度仪和报警装置,置换氢气时应监测置换气体的纯度,通常应提供两套独立的指示纯度的方法。

d) 一套完整的密封油系统包括监测密封油仪表盘,如有必要需包括从密封油中除气和除水的装置。

如主供油泵备用出问题应自动切换至密封油紧急备用供给设备。

e) 一套完整的冷却液体系统包括泵、冷却器、过滤器和控制冷却液体温度的调节器。

f) 提供绕组液体流量监测的方法以防止流量减少。

g) 提供保证水质为合格数值的设备。

h) 显示辅助装置功能和机内存有液体的仪表和报警器,以及将漏入机内液体排出的措施。

6.12 试验项目

6.12.1 对氢冷电机除 4.33 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。

6.12.2 对水内冷电机除 4.33 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。

6.13 氢冷隐极同步电机的安全措施

见附录 D。

6.14 铭牌

除 4.34.1 外,对氢冷电机尚需有额定氢压(表压)。

除 4.34.1 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。

7 燃气轮发电机或用于联合循环发电机

7.1 总则

本章适用于由燃气轮机拖动或联合循环的隐极电机,它由开启式空冷或用空气或氢气封闭循环冷却,发电机输出与环境温度有关。

7.2 使用条件

7.2.1 总则

燃气轮机拖动的发电机或用于联合循环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。

7.2.2 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 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

对封闭循环冷却的电机,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。

7.2.3 起动次数

除非另有协议,每年起动至基本负载的次数不应超过 500 次。

7.2.4 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。

7.3 额定输出

燃气轮机额定值由 ISO 在空气入口温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时确定,发电机额定值由 IEC 在入口空气温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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,温升不能超过表 E.3 和表 E.4 的规定,温度不能超过表 E.5 的规定。

除非另有协议,发电机参数均在额定状态下确定。

7.4 容量

7.4.1 总则

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。

7.4.2 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,初级冷却介质温度范围见 7.2.2,电机温升或温度不超过 7.4.3 中规定值时,在电机线端以视在功率表示的连续输出范围。

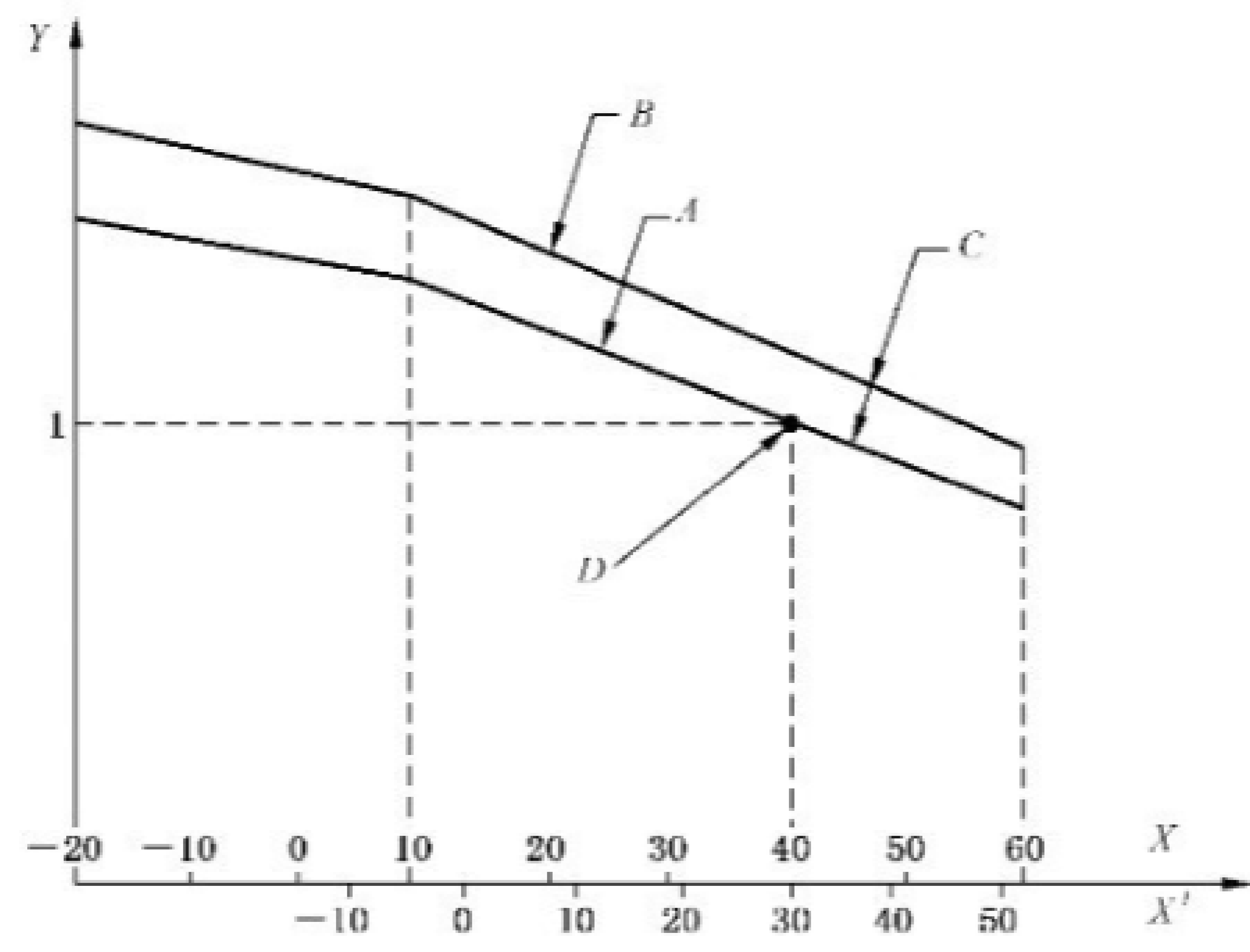
发电机有功功率除以发电机效率所得的值,应等于或超过电厂现场进口空气温度在规定范围内的燃气轮机的基本容量。

制造厂应提供在电厂现场初级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,初级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 X 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(次级冷却介质)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 X' 标尺表示出次级冷却介质温度与发电机容量的关系。



注 1: 本曲线提供了冷却介质温度超过规定时的出力。对带冷却器的电机只显示次级介质温度。两种标尺仅仅是为了表示曲线形状。

注 2: 若初级冷却介质温度不在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,因为性能要另行协商,出力不包括本曲线内。

横坐标——温度($^{\circ}\text{C}$);

纵坐标——发电机视在功率(p. u);

D——额定值;

A——基本容量;

B——峰值容量;

C——温差 15K;

X——初级冷却介质温度;

X' ——闭路冷却电机次级冷却介质温度。

图 3 典型的发电机出力曲线

7.4.3 基本容量时的温升与温度

对间接冷却绕组,现场运行时的温升应根据表 E.3 和表 E.4 有关部分作如下调整:

- a) 初级冷却介质温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$:
加 $(40 - \text{初级冷却介质温度})\text{K}$;
- b) $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{初级冷却介质温度} < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$:
加 $30 + 0.5(10 - \text{初级冷却介质温度})\text{K}$;
- c) 若电机初级冷却介质温度高于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$,需供需双方另行协商。
对空气或氢气直接冷却绕组,运行现场的总温度按表 E.3、表 E.5 限值调整。
- d) 初级冷却介质温度从 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,不调整。
- e) $-20\text{ }^{\circ}\text{C} < \text{初级冷却介质温度} < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$:
减 $0.3(10 - \text{初级冷却介质温度})\text{K}$ 。
- f) 对初级冷却介质温度高于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$,需另行协商。

7.4.4 峰值容量

峰值容量是指发电机运行在温升或温度与基本容量相比不超过 15 K 时的容量。

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

7.4.2 中规定的发电机和汽轮机基本容量之间的关系也适用于峰值容量。

7.5 铭牌

铭牌除应表示出 4.34.1 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。

7.6 温度试验

温度试验应按供需双方协议进行。温度和温升应符合 7.4.3 规定,必要时应按 GB 755 对试验和运行地点不同的海拔进行修正。

附 录 A
(资料性附录)
成套供货范围

发电机供货范围应按合同执行,接口内设备应由发电机制造厂提供。

透平型同步电机机械接口是与拖动机连接的联轴器,电气接口为出线端子头。

- A. 1 发电机本体。
- A. 2 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。
- A. 3 励磁机或整流变压器到集电环的电缆或母线。
- A. 4 自动调节励磁装置。
- A. 5 自动灭磁和转子过电压保护装置(无刷励磁系统除外)。
- A. 6 直流励磁机的磁场变阻器和强行励磁装置。
- A. 7 气体冷却器。
- A. 8 氢冷电机应提供氢气控制设备和密封油控制设备。
- A. 9 水冷电机应提供水冷控制设备。
- A. 10 套管式电流互感器(CT)。
- A. 11 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)。
- A. 12 加热器(空冷电机)。
- A. 13 备品(见附录 B)。
- A. 14 安装图样及技术文件(附录 C)。
- A. 15 测轴或轴承座振动的拾振器(VPU)由汽轮机厂提供。联轴器由汽轮机制造厂与电机制造厂协商解决。
- A. 16 安装材料。

附 录 B
(资料性附录)
备品和备件

备品和备件应按合同确定,单机应包括以下各项:

- B.1** 对有刷励磁电机每台供刷盒 2 个,电刷 1/2 台份。
- B.2** 发电机每种轴瓦各 1 个。
- B.3** 对氢冷电机除供应 B1、B2 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。
- B.4** 对水冷电机除供应 B.1、B.2 各项外,尚应包括定子汇流管与绝缘引水管接头处测温元件 20 个。
- B.5** 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要求内规定。

附录 C

(资料性附录)

随机安装图样及技术文件

随机安装图样及技术文件由供需双方合同确定,但一般应包括以下项目:

C.1 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)²⁾ 空载特性;
- e)²⁾ 稳态短路特性;
- f)²⁾ 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)。

C.2 产品说明书。

C.3 装箱明细表。

C.4 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。

C.5 对氢冷电机除供应 C.4 规定的图纸外,还供给下列图纸:

- a) 油密封装配图;
- b) 密封瓦加工图;

2) 在制造厂内不进行总装试验的电机,可提供同型电机型式试验值供参考。

- 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。

C.6 对水冷电机除供应 C.4 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。

C.7 氢、油、水控制系统,励磁系统的图纸文件另供。

附录 D

(规范性附录)

氢冷隐极同步电机的安全措施

D.1 总则

本附录给出设计特点和运行操作方面的导则,以避免氢、空混合气体在机内或在设备周围点燃。但是它不是安全设计和安装运行的详细规则和完整的说明书,电机和辅助设备的安全设计责任与制造商有关。安装方面其他安全责任应由有关方面商定。

制造商应负责提供正式的运行维护说明书。为了适合特殊应用场合需要,对说明书的任何修改,应由制造商履行正式的改版手续。

安全运行的责任由设备使用者负责。

D.2 供氢纯度

供给氢气纯度应不低于 99%(按体积计)。

D.3 正常运行条件

正常运行工况是:

机内充氢气;

带氢气运行;

充氢电机的起、停、待机等工况;

从电机内排气。

D.4 对集电环和与之连接的励磁机的保护措施

如果励磁机和集电环有外罩,氢气有可能漏入该罩内,应防止可爆性氢空混合气体在罩内的积累,例如要保持密闭罩的通风,见 D.7。

当轴在额定转速旋转时较易产生通风,但在机内含氢的情况下,轴静止或慢转时需有附加措施,可设进出风道通过对流和浮力使漏出氢气导走,如用就地安装风扇确保通风,其风扇的拖动电动机按 IEC 60079 有关要求应选择防爆型,风扇不应排风,而应从清洁空气源强行抽风。

D.5 辅助设备

D.5.1 总则

所用辅机设备应符合 D.5.2~D.5.8 中提出的要求。

D.5.2 排气箱

氢气排气箱和密封油系统将进行 1.5 倍最大运行绝对压力或 900 kPa(绝对压力)压力试验,试验压力从两者中取较大的值。

不能用脆性和多孔材料(如铸铁)制造承受氢压和油压的元器件。

D.5.3 气体干燥器

气体干燥器要进行 1.5 倍最大运行绝对压力或 900 kPa 绝对压力试验(两者中取较大值)。

为了保持机内氢气低湿度运行,要使用气体干燥器。该设备应符合下列安全规则:

- a) 如气体干燥器具有周期性再生功能,应提供指示,以示需再干燥和已完成干燥。
- b) 如再生过程中用空气,应采取措施确保空气不能意外进入电机机座内,要求阀门联锁或连接管接头能快速移开或具有其他特殊型式的接头。
- c) 如用加热器,需注意它的运行温度要低于形成氢空混合气体的点燃温度,典型的允许极限是 300 ℃。为了避免危险,再生铝等温度要再低一点,加热器应有联锁阀保证仅在再生期间工作。
- d) 如采用冷凝式干燥器,冷凝水要从氢气的容器内排出,冷凝器的结构在运行时应能防止漏氢。
- e) 内有电气线路的控制设备和测量仪器,若运行中会接触到可燃混合气应有防爆功能,可按 IEC 60079 选用“防火外罩”或“内在安全型”。例如应用于下列装置:带电气元件氢气纯度计,电接触式压力计或带电气元件的遥控温度计。

D.5.4 连接

所有电气线路中的元件接触点应做到运行中不会因温升、振动和绝缘材料老化引起接触恶化,按 IEC 60079 规定,电连接应避免无意脱离或松弛而引起火花。

D.5.5 储氢装置

为避免大量氢气突然释放,如控制阀失灵氢气进入电机或氢泄漏至大气应遵守下列条款。

D.5.5.1 管道走向和固定应尽量避免意外损坏,任何氢管道,管路或埋地下都应考虑到可测到漏氢和漏出氢气可安全扩散。

D.5.5.2 如氢气由氢瓶供给,每个氢瓶容量 $6\text{ m}^3 \sim 10\text{ m}^3$ NTP,厂房内氢瓶架上氢瓶总数不要超过 80 m^3 ,氢瓶架上只 2 个或 3 个(总 20 m^3)氢瓶同时运行。

D.5.5.3 供氢给一台或数台电机的大容量供氢装置应安装于机房外。如供氢是持续通入机内,工作压力应由压力控制阀保持,位于厂房外的供氢管应配有自动停止阀(如流量超过)或装有在紧急时由远方关闭的电磁阀。

a) 如发生大泄漏应立即切除主供氢管,一个可行的草图示于图 D.1。

b) 如装置有手动打开的停止阀,则阀门应位于氢瓶上,氢气将按时供应到压力控制阀并将气压保持在规定的范围内。

D.5.5.4 室内和室外供给装置在供氢系统低压侧应有一个安全阀。

通常从氢瓶降压到电机内分二级执行。

在每级低压侧应有一个安全阀,此阀通至安全处见 D.5.7。

D.5.5.5 氢、惰性气体储存,气瓶口连接,降压和安全阀与气体系统的连接都要注意有关的国家规范。

D.5.6 氢空混合气体的积累

在轴承油系统,密封油系统内应避免可燃性氢空混合气体的积累(包括端盖),排风机应在合适位置连续运行,当轴承油系统或主油箱内含氢量(体积)超过 1%时应找出漏氢原因。设计时应使出线瓷瓶,出线连接,封闭母线等万一漏氢,氢气也不会积聚。

如用分相隔离封闭母线,应避免氢气在管道中的积聚,当封闭母线外套内的氢气含量超过 1%时应停机查明原因。

D.5.7 通风管

为避免氢空混合气体积聚,要有专用通道将氢或氢空混合气由管道排出,在排放区域应无窗户或取风口,无点火源如明火、电晕或电火花等。

D.5.8 邻近区

围绕电机基础所在区域和可能漏入氢气的地方(包括过道和控制仪表柜)应有足够通风以免氢气有害集中。

在某些地方要有强迫通风见 D. 6, 它由无火花的抽风机来实现, 如采用压缩空气, 则风嘴应接地。特别注意任何高温运行的设备或可能产生火花的地方。

D. 6 发电机和它的辅助设备的运行

D. 6.1 可燃源

在发电机和它的辅机周围应禁止明火作业、焊接、吸烟或其他点火行为。

D. 6.2 氢、空混合

电机中氢空混合比应控制在非可燃的范围。正常运行时氢气的体积纯度不能低于 95%, 如果氢气纯度降至 90% 以下并且不可能很快上升, 在纯度降至 85% 之前应停机并将氢气置换。

至少应有两个独立的氢气纯度测量系统, 如果两个测量系统全部出了故障, 则应停机并置换氢气。

D. 6.3 空气和氢气置换

氢气与空气不能直接置换, 反之亦然。两种情况下都应有惰性气体如 CO_2 置换, 置换直至在排风管上测量的气体浓度达安全水平为止。

注: 按国际实践, 当被监视的惰性气体体积含量达 75%~90%, 就视为安全。

在置换操作期间应禁止一切电气试验直至机内空气或氢气浓度已达到要求为止。若用压缩空气赶走惰性气体, 则压缩空气接头用后应立即拆掉或空气、惰性气体和氢气供气阀之间联锁, 只有要赶走惰性气体时空气管才可接上, 用后应立即拆除。

为了保护人在电机下面区域免被窒息, 在惰性气体含量降至 5% 和机内压力降至大气压之前, 不能打开电机的罩子、端盖。

人进入电机之前, 应用无火花风扇或压缩空气通风以吹走底部的惰性气体, 以免人在机内窒息。

充惰性气体下允许运转的最大转速和压力, 由制造厂推荐。

若紧急停车时要求快速置换氢气, 由制造厂规定通入惰性气体的极限转速。与重力置换不同, 此时要求有足够的惰性气体且允许两种气体混合损耗增加才可这样做。

D. 6.4 密封油供给和氢压

密封油供给系统通常有正常油源和一系列的备用泵组成。

备用油泵压力应大于发电机运行中的氢气压力。

当所有备用密封油泵均失效时发电机应停机并置换氢气。

D. 6.5 气体密封

应持续监测气体密封并记录氢气消耗量, 如果氢气消耗量与正常相比显著增加到 1.5 倍或超过 $18 \text{ Nm}^3/\text{天}$, 应毫不迟疑地查找原因。

如果不能很快发现漏点和加以纠正, 对有可能聚氢的危险区域要检测, 若漏氢在扩展, 为驱散氢气必须采取措施。如果漏氢处一时难以处理且用降氢压和降负荷方法也不见效时, 应停机全面检查。如漏氢出现在像瓷瓶这种在运行时很难接近的地方, 须置换发电机以便修理。

每 24 h 的绝对漏氢量不允许超过 $18 \text{ m}^3 \text{ NTP}$, 漏氢量是可测的。在达到这个限值之前, 应从测得的总的气体损耗中扣除从管道中排走氢量。

注: 高氢压运行的大电机漏氢量可能超过上述数值, 此时可参考制造厂给出的氢气消耗量作为推荐值。

气体消耗量(供给发电机)和漏气量(气体泄漏离开发电机)没有太大区别, 氢气消耗量由于密封油损耗要大于漏氢量。

所有修理工作必须在确认无氢气条件下进行。

D. 6.6 水系统

如氢压高于冷却器或定子绕组中水压, 氢气会漏入水系统和离开发电机。当内冷水系统中漏氢量大于 $0.3 \text{ Nm}^3/\text{d}$ 时可在计划停机时安排消缺; 若漏氢量大于 $5 \text{ Nm}^3/\text{d}$ 时应立即停机处理。

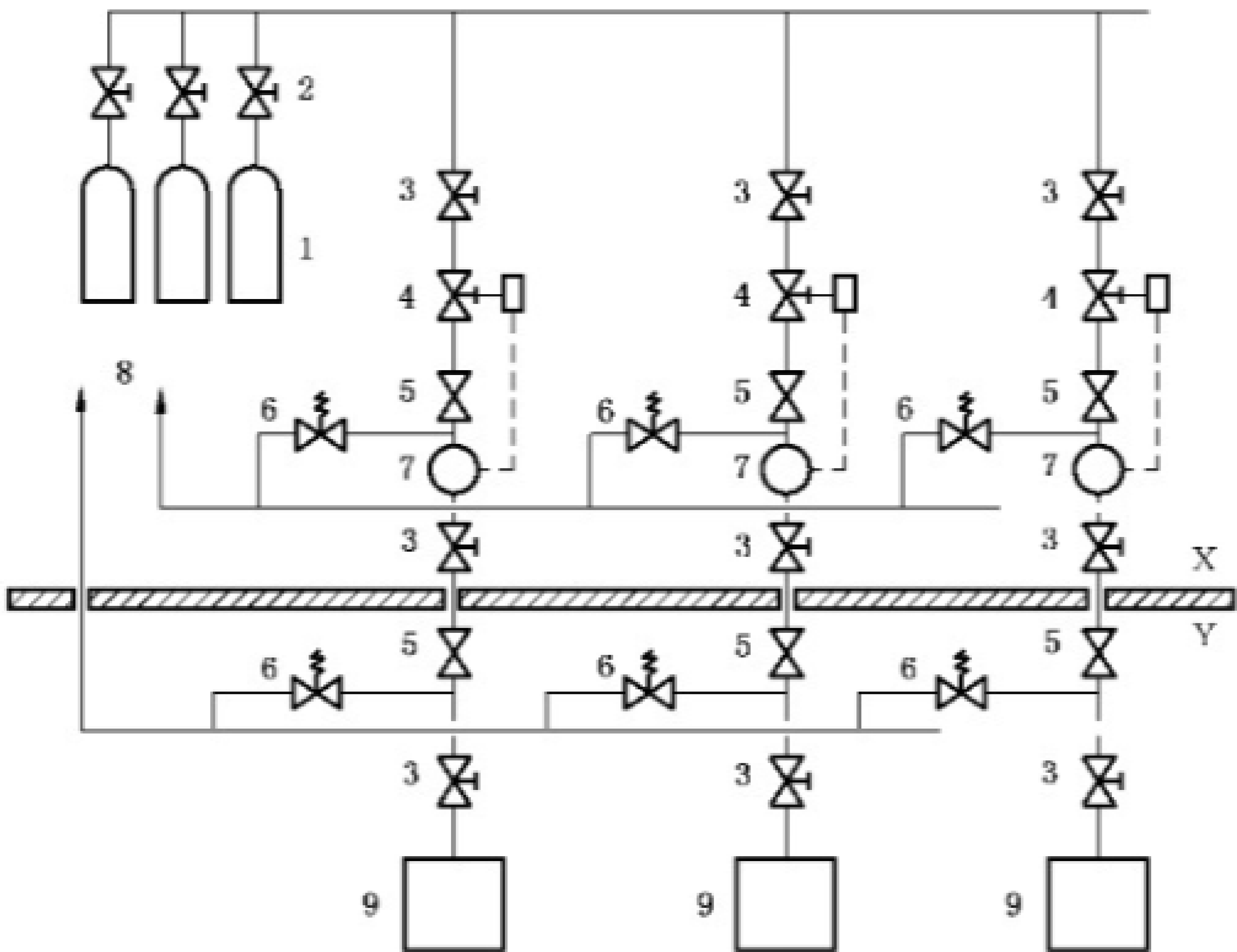
另一种方法,当内冷水系统含氢(体积含量)超过 2%应加强对电机的监视,若超过 10%应立即停机处理。

D.7 合适通风导则

如漏氢 $L(\text{m}^3)$ 与体积 $P=100L(\text{m}^3)$ 空气混合,氢浓度是 $P\%$,只要有适当数量的空气通过该聚积区确保氢气扩散掉, P 就能下降到安全水平。

例如:每 24 h 漏氢 18 m^3 ,漏到给定的空间,每小时用 125 m^3 空气吹过该空间,氢气浓度 P 将降至 0.6% ,将低于爆炸下限 4% 。通风专家熟悉的术语 $V\lambda=125 \text{ m}^3 \cdot \text{次}/\text{h}$,即在 $V(\text{m}^3)$ 内空气每小时得更换 λ 次。

V/m^3	1	5	25	125	500
$\lambda(\text{次}/\text{h})$	125	25	5	1	0.25



- 1——氢瓶;
- 2——截止阀;
- 3——每台发电机截止阀;
- 4——自动停止阀;
- 5——减压阀;
- 6——安全阀;
- 7——流量计;
- 8——通安全区的通风管道;
- 9——发电机;
- X——室外;
- Y——室内。

图 D.1 同时向一台或多台发电机的供氢装置(单线图)

附录 E
(规范性附录)

本标准正文中引用的 GB 755 的有关部分

表 E.1 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	$2U_N+1\,000\text{ V}$
2	励磁绕组	额定磁场电压 500 V 及以下: 10 倍额定磁场电压,最低 1 500 V 额定磁场电压超过 500 V: 2 倍额定磁场电压+4 000 V
3	励磁绕组主回路内的电器组件	额定磁场电压 350 V 及以下: 10 倍额定磁场电压,最低 1 500 V 额定磁场电压 350 V 以上: 10 倍额定磁场电压(见 GB/T 7409.3)

表 E.2 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 值	故障运行时的 $(I_2/I_N)^2 t(\text{s})$ 值
1	间接冷却的转子 空冷	0.1	15
2	氢冷	0.1	10
3	直接冷却的转子 $\leq 350\text{ MVA}$	0.08	8
4	$>350\text{ MVA}$ 且 $\leq 900\text{ MVA}$	$0.08-\frac{S_N-350}{3\times 10^4}$	$8-0.005\,45(S_N-350)$
5	$>900\text{ MVA}$ 且 $\leq 1\,250\text{ MVA}$	同上	5
6	$>1\,250\text{ MVA}$ 且 $\leq 1\,600\text{ MVA}$	0.05	5

注： S_N 为额定容量(MVA)。

表 E.3 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	
		热分级 130(B)	155(F)
定子绕组	槽内上下层线圈间埋置检温计法	85	110
转子绕组	电阻法	间接冷却:90 直接冷却:75(副槽),65(轴向)	115 100(副槽),90(轴向)
定子铁心	埋置检温计法	80	105
集电环	温度计法	80	105
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 E.4 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		
		氢气绝对压力(MPa)	热分级 130(B)	155(F)
定子绕组	槽内上、下层线圈 埋置检温计法	0.15 MPa 及以下	85	105
		>0.15 MPa 且 ≤0.2 MPa	80	100
		>0.2 MPa 且 ≤0.3 MPa	78	98
		>0.3 MPa 且 ≤0.4 MPa	73	93
		>0.4 MPa 且 ≤0.5 MPa	70	90
转子绕组	电阻法		85	105
定子铁心	埋置检温计法		80	100
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	100

表 E.5 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/℃	
			热分级 130(B)	155(F)
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	90
		氢气	110	130
	槽内上、下层线圈间埋置检温计	水	90 ^a	90 ^a
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; ^b		
		1 和 2	100	115
		3 和 4	105	120
		5~7	110	125
		8~14	115	130
		14 以上	120	135
定子铁心	埋置检温计法		120	140
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	检温计法		120 ^c	140

^a 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。
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℃。

^b 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。

^c 集电环的绝缘等级应与此温度限值相适应。

附 录 F
(资料性附录)
对 GB/T 7064—2002 的主要修改内容

对 GB/T 7064—2002 的主要修改内容见表 F.1。

表 F.1 对 GB/T 7064—2002 的主要修改内容

项号	原 条 款	新版修改的内容	备 注
1	1 范围 没有参考文献	1. 加容量>10 MVA(或 10 MW),不包括逆变器供电 增加参考文献	同 IEC 60034-3
2	没有	增加 3 术语和定义一章,3.1 机械起动,3.2 盘车运行	同 IEC 60034-3
3	3.1 额定转速	改为 4.1 总则,4.2 额定工况,4.3 额定电压,4.4 功率因 数,4.5 额定转速	同 IEC 60034-3
4	3.2 电压频率的变化	全部照 IEC 60034-3 中 4.6	同 IEC 60034-3
5	3.3 旋转方向	等同 IEC 60034-3 中 4.7	同 IEC 60034-3
6	3.6.1 耐热等级	130 ℃或更高,同 IEC 60034-3 中 4.10.1	同 IEC 60034-3
7	3.7 轴电流的防止	新增对可控硅励磁要求,同 IEC 60034-3 中 4.11	同 IEC 60034-3
8	3.8 超速试验	全部 1.2 倍 2 min 同 IEC 60034-3 中 4.12	同 IEC 60034-3
9	3.10 出力图	可给出各种工况下出力图,同 IEC 60034-3 中 4.14	同 IEC 60034-3
10	4.2, 5.2 短路比值	4.17 中规定 S. C. R	同 IEC 60034-3
11	3.16 没有此内容	在总要求中增加对盘车的要求,同 IEC 60034-3 中 4.20.2	同 IEC 60034-3
12	3.1,5.2 没有此内容	同 IEC 60034-3 中 4.18,电抗计算和试验按 IEC 60034-4	同 IEC 60034-3
13	4.7, 5.8 冷却器	同 IEC 60034-3 中 4.21	同 IEC 60034-3
14	4.10 没此内容	4.10.4 增加对线棒和整机防晕要求	
15	4.10.2	取消吸收比一项,4.10.3 加>24 kV 直流耐压 3.0 倍	
16	4.11	4.11 增加轴电压大于 20 V 应寻找原因	
17	4.8.2,5.6.4	两条合并成 4.30	
18	4.1 空冷规格	5.2 增加 135 MW、300 MW,取消 10 MW 以下规格	
19	4.24	4.25 取消单匝短时升高电压试验	
20	5.5.5 水质	6.3.5 pH 8.0~9.0 防止腐蚀,并增加含铜量要求,增加 富氧及不锈钢要求	
21	4.29	4.30 $P_N>200$ MW,轴瓦温度报警 105 ℃	
22	3.20.1	4.27 修改为电压全谐波畸变(THD)	同 IEC 60034-1
23	3.20.2	取消电话谐波因数(THF)	同 IEC 60034-1
24	5.7,4.5	将其合并成总要求中 4.31	
25	5.13,5.14	放到总要求中(进相运行 4.4、失磁运行 4.32)	
26	6.1	6.2 增加 1 200 MW、1 500 MW 两挡	
27	6.2.2	6.3.2 氢压增加 0.6 MPa	

表 F.1 (续)

项号	原 条 款	新版修改的内容	备 注
28	没有	同 IEC 60034-3 中 6.7 对辅助系统的要求	同 IEC 60034-3
29	5.16 运行附加规则	作为附录 D 全部照 IEC 60034-3 中附录 A	同 IEC 60034-3
30	附录 E 表 E.1	10 倍额定励磁电压 (见 GB/T 7409.3)	同 IEC 60034-3
31	6.2.2.1 图 3	图 3 按 IEC 60034-3 新版修改	同 IEC 60034-3
32	6.2.2.2	7.4.3 温升或温度按 IEC 60034-3 新版修改	同 IEC 60034-3
33	附录 B	取消 B.1 线圈备品, B.4 安装用料, 定子绝缘管 20 套、转子 10 套	
34	附录 D	附录 D.6.6 漏氢量“0.5”改为“0.3”Nm ³ /d, 大于“10”改为“5”Nm ³ /d; 含氢量“3%”改为“2%”, 超过“20%”改为“10%”	
35	附录 E	表 E.3, 表 E.4, 表 E.5 增加 H 级按 F 级考核内容	同 IEC 60034-1

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

隐极同步发电机技术要求

GB/T 7064—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 57 千字

2009年1月第一版 2009年1月第一次印刷

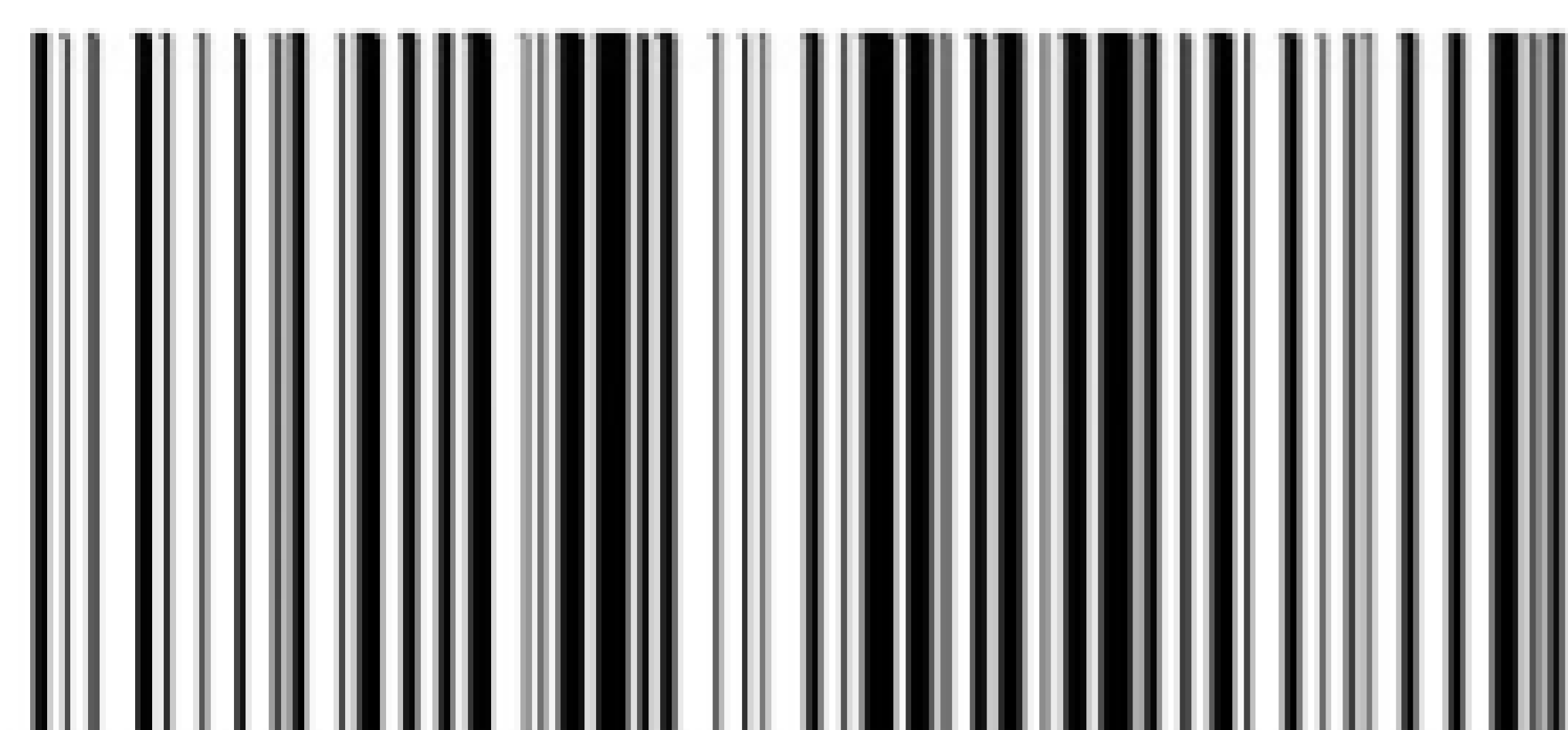
*

书号:155066·1-34353

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 7064-2008