

氢冷电机密封性检验方法及评定

1 主题内容与适用范围

本标准规定了氢冷电机在生产制造、安装交接、大修验收和正常运行时,其密封性的检验方法和等级评定。

本标准适用于氢冷电机(发电机、调相机);也适用于氢冷电机上的零部件,以及氢、油、水系统管道和与管道联接的装置。

2 引用标准

JB/T 6517 氢、油、水控制系统技术条件

3 术语

3.1 漏空气量 ΔV_A

电机充空气时,每昼夜泄漏出来的空气量换算到给定状态, (P_0, θ_0) 时的体积, $\text{m}^3/24\text{h}$ 。

3.2 漏氢气量 ΔV_H

电机充氢气时,每昼夜泄漏出来的氢气量换算到给定状态, (P_0, θ_0) 时的体积, $\text{m}^3/24\text{h}$ 。

3.3 漏气量 ΔV

在不需要严格区分或无法区分时,电机每昼夜漏空气量和漏氢气量的统称, $\text{m}^3/24\text{h}$ 。

4 测试仪表

- a. 斜式压差计(也可用 U 型汞柱压差计或精密压力表);
- b. 温度计(最小分格值 0.5°C);
- c. 大气压力表;
- d. 卤素检测仪;
- e. 其他仪表(如巡回检测仪、氢气检测仪)和设备(如干燥器)均属电厂必备或电机附带(见附录 A 所示)。

5 检验方法

5.1 检验项目

5.1.1 电机本体:定子、转子、出线瓷套管、测温元件接线柱板、氢气冷却器、出线罩、冷却器罩、端盖、机座。

5.1.2 氢、油、水控制系统见行业标准《氢、油、水控制系统技术条件》。

5.1.3 管道:所有氢气系统与电机联接管道,电机到密封油箱的氢侧回油和回氢管道,压差阀到电机的氢压取样管道。

5.1.4 电机整套系统。

5.2 检验要求

机械电子工业部 1992-06-16 批准

1993-01-01 实施

- 5.2.1 检验时采用的密封结构和材料,应该与实际产品相一致。
- 5.2.2 压缩空气必须经油水分离器、干燥器和滤网后,才能进入电机(定子、转子)内。
- 5.2.3 试验期间应关紧进气阀门。为保证电机内不再有可能补充气体,必要时可拆掉气源。
- 5.2.4 应尽量选择环境温度变化小的时间,开始试验和结束试验。试验期间不得使电机局部受热或受凉,如阳光直射,明火作业,风吹等。
- 5.2.5 充氟里昂或氢气时,要遵守有关安全事项。
- 5.3 检漏方法
- 5.3.1 粗检:采用刷肥皂液或洗涤剂溶液或渗透剂 Bx 溶液(浓度 30%)的办法,但对绝缘电阻数值有严格要求的零部件和部位,如转子导电螺钉孔,禁止用上述液体检漏,允许用无水酒精检漏。
- 5.3.2 精检:充氟里昂时采用卤素检测仪;充氢气时采用氢气检测仪。
- 氟里昂用量按被检设备充气容积 $35 \sim 70 \text{ g/m}^3$ 计算。
- 5.4 定子本体密封性检验
- 5.4.1 检验时管道联接示意图见附录 B 中图 B1。
- 5.4.2 出线瓷套管、测温元件接线柱板、氢气冷却器、出线罩、冷却器罩、端盖、机座等必需单独密封性检验合格后,才能装到电机定子上。电厂安装时,必须装好过渡引线,定子内水直接冷却系统整体水压和气密检验合格后,再进行密封性试验。
- 5.4.3 除定子内水直接冷却系统(进、出水、排空气、排污)和氢气冷却器(进、出水、排空气)法兰口外,必须封堵定子机座上其余的法兰口。
- 5.4.4 检验程序:向电机内充气、检漏(粗检、精检)、稳定、读数、计算、画曲线、判断、停止试验、放气、结束。
- 5.4.4.1 充入电机内的气体压力,达到试验要求值后,必须稳定 2h 才可开始读数,并记录在附录 C 中表 C1 上,以后每隔 1h 记录一次。
- 5.4.4.2 当使用 U 型汞柱压差计汞柱面出现凹凸时,读数以凸面的顶线或凹面的底线为基准。
- 5.4.4.3 电机内气体的平均温度(θ_1 、 θ_2),应该以汽、励端,中间机座的温度计和冷热风区中的电阻温度计(配巡回检测仪)读数的平均值为准。
- 5.4.4.4 试验时间一般不得少于 24h,试验进行 12h(采用斜式压差计为 4h)后,即可用附录 A 中公式(A1)或(A2)进行计算,并画成 $\Delta V = f(\Delta t)$ 曲线。如漏气量连续三点相互间误差不超过 15%,可以认为漏气量已趋于稳定,并可结束试验,否则要延长试验时间。
- 5.4.4.5 当发现计算漏气量波动很大时,可以从下列原因中查找,并设法消除:
- 测量仪表精度不够,读数误差大;
 - 机内气体平均温度实际值与测量值偏差大;
 - 环境温度变化大;
 - U 型汞柱压差计 $l_1 + l_2$ 值偏差大;
 - 密封油箱内油位波动大。
- 5.5 电机整套系统密封性检验
- 5.5.1 检验时管道联接必须符合电机正常运行时的实际情况。
- 5.5.2 密封油控制系统投入工作,空侧油压与机内空气压力差必须符合正常运行要求,氢侧油压与空侧油压必须平衡。每次读数记录时,必须保持密封油箱油位高度相同。
- 5.5.3 氢、油、水控制系统上阀门、仪表的工作状态,应该与电机正常运行时的实际状态完全一致,严禁为了减少漏气量有意关闭某些阀门和仪表。
- 5.5.4 电机内水直接冷却系统和氢气冷却器不允许充水,且排空气阀必须打开。
- 5.5.5 检验程序同第 5.4.4 条。
- 5.6 电机漏氢气量的检验

- 5.6.1 电机必须在充氢状态下,且氢气压力、转速应维持在额定值。
- 5.6.2 电机其他参数(如负荷、功率因数等)不作限定,但一旦开始进行漏氢气体量的检验工作,则电机的负荷、氢气冷却器的二次水水量等要尽量的保持不变,以维持电机内氢气温度变化最小。
- 5.6.3 测试仪表采用精密压力表,必要时也可采用U形汞柱压差计,但禁止用斜式压差计。
- 5.6.4 当检验时间很长如超过48h,则漏氢气体量可用附录A中简化公式(A3)进行计算。
- 5.6.5 检验程序:可在电机任一正常运行状态下开始试验、稳定、读数、记录、计算、画曲线、判断、停止试验、电机继续正常运行。

6 等级评定

- 6.1 电机整套系统在电机额定氢压、转速下,每昼夜最大允许漏氢气体量 ΔV_H 见表1。

表 1

评定等级	额定氢压 MPa					
	≥ 0.5	≥ 0.4	≥ 0.3	≥ 0.2	≥ 0.1	< 0.1
	漏氢气体量 $m^3/24h$					
合格	18.0	16.0	14.5	7.5	5.0	4.0
良	14.5	13.0	11.5	6.0	4.5	3.5
优	11.0	10.0	8.5	4.5	4.0	3.0

- 6.2 电机整套系统在转子静止(包括盘车)时,每昼夜最大允许漏空气量 ΔV_A 见表2。

表 2

评定等级	额定氢压 MPa					
	≥ 0.5	≥ 0.4	≥ 0.3	≥ 0.2	≥ 0.1	< 0.1
	漏空气量 $m^3/24h$					
合格	3.6	3.2	2.9	1.5	1.0	0.8
良	2.9	2.6	2.3	1.2	0.9	0.7
优	2.2	2.0	1.7	0.9	0.8	0.6

- 6.3 定子本体每昼夜最大允许漏空气量 ΔV_A 见表3。

表 3

评定等级	额定氢压 MPa					
	≥ 0.5	≥ 0.4	≥ 0.3	≥ 0.2	≥ 0.1	< 0.1
	漏空气量 $m^3/24h$					
合格	0.90	0.80	0.73	0.38	0.25	0.20
良	0.73	0.65	0.58	0.30	0.23	0.18
优	0.55	0.50	0.43	0.23	0.20	0.15

- 6.4 零部件及管道等最大允许压力降见表4。

表 4

名 称	试 验 压 力 MPa	试 验 时 间 h	允 许 压 力 降 MPa	
			生 产 制 造	安 装 交 接 或 大 修 验 收
转 子	$P_N + P_c$	6	$(P_N + P_c) \times 8\%$	$(P_N + P_c) \times 10\%$
出线瓷套管	$P_N + P_c$	6	$(P_N + P_c) \times 0.08\%$	
测温元件接线柱板				
氢气冷却器				
管 道				
端 盖	$P_N + P_c$	24	$(P_N + P_c) \times 0.2\%$	
机座加冷却器罩				
出线罩				

附录 A
氢冷电机密封性检验的计算公式
(补充件)

A1 符号

- V —— 电机充气容积, m^3 ;
 P_N —— 电机额定氢压, MPa ;
 P_0 —— 给定状态下大气绝对压力, $P_0 = 0.1 \text{ MPa}$;
 θ_0 —— 给定状态下大气绝对温度, $\theta_0 = 273 + 20 = 293 \text{ K}$;
 P_1 —— 试验开始时机内的气体压力, MPa ;
 B_1 —— 试验开始时大气绝对压力, MPa ;
 θ_1 —— 试验开始时机内的气体平均温度, $^\circ\text{C}$;
 P_2 —— 试验结束时机内的气体压力, MPa ;
 B_2 —— 试验结束时大气绝对压力, MPa ;
 θ_2 —— 试验结束时机内的气体平均温度, $^\circ\text{C}$;
 ΔP —— 试验开始至结束时斜式压差计的压降, Pa ;
 Δt —— 试验进行的时间, h ;
 ΔV_1 —— 试验开始时机内的气体压力为 P_1 时的漏气量, $\text{m}^3/24\text{h}$;
 ΔV_N —— 试验开始时机内的气体压力为 P_N 时的漏气量, $\text{m}^3/24\text{h}$;
 K_1 —— 当试验开始时机内的气体压力(P_1)与额定氢压(P_N)不同时, 将试验漏气量(ΔV_1)换算到额定氢压下的漏气量(ΔV_N)的系数;
 K_2 —— 当氢气纯度为 98% 时, 漏氢量(ΔV_H)与漏空气量(ΔV_A)的换算系数。

A2 计算公式

A2.1 采用斜式压差计时, 按公式(A1)计算:

$$\Delta V = 0.00024 \frac{V \cdot \Delta P}{\Delta t} \quad (\text{A1})$$

A2.2 采用 U 形汞柱压差计和精密压力表时, 按公式(A2)计算:

$$\Delta V = V \left(\frac{P_1 + B_1}{273 + \theta_1} - \frac{P_2 + B_2}{273 + \theta_2} \right) \cdot \frac{\theta_0}{P_0} \cdot \frac{24}{\Delta t} \quad (\text{A2})$$

A2.3 电机漏氢量简化计算按公式(A3)计算:

$$\Delta V_H = V \left(\frac{P_1 - P_2}{P_0} \right) \cdot \frac{24}{\Delta t} \quad (\text{A3})$$

A2.4 换算系数 K_1 按公式(A4)计算:

$$K_1 = \frac{\Delta V_1}{\Delta V_N} = \frac{P_1 + P_0}{P_N + P_0} \quad (\text{A4})$$

A2.5 换算系数 K_2 按公式(A5)计算:

$$K_2 = \frac{\Delta V_H}{\Delta V_A} = 3.8 \quad (\text{A5})$$

注: 用漏空气量 ΔV_A 乘以系数 K_2 , 求得的近似等效漏氢量 ΔV_H , 不能当等级评定数据用, 仅可做估算数据。

附录 B
定子本体密封性检验时管道联接示意图
 (参考件)

定子本体密封性检验时管道联接示意图见图 B1。

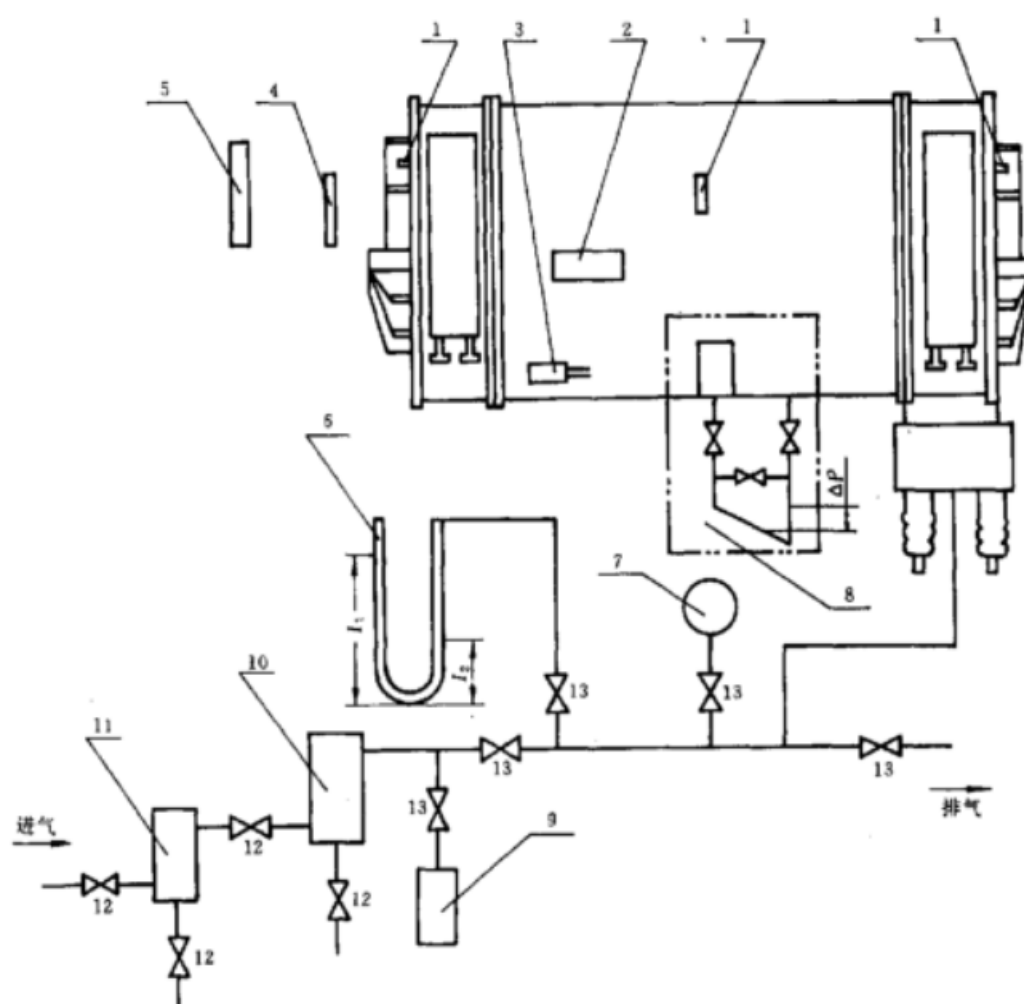


图 B1

- | | | |
|----------------|-----------|--------------|
| 1—温度计; | 2—巡回检测仪; | 3—风区内的电阻温度计; |
| 4—测大气温度计; | 5—测大气压力表; | 6—U 型汞柱压差计; |
| 7—精密压力表; | 8—斜式压差计; | 9—氟里昂瓶; |
| 10—干燥器; | 11—油水分离器; | 12—普通截止阀; |
| 13—高压截止阀(或衬胶阀) | | |

附 录 C
密封性检验记录表
(参考件)

密封性检验记录表见表 C1。

表 C1

试验时间 h	电 机 内 气 体							大 气		密封油箱油位 mm	计算漏气量 m ³ /24h	备 注
	压力 MPa	温 度 C						压力 MPa	温度 ℃			
		汽端	中间	励端	冷风区	热风区	平均					
0												
1												
2												
3												
⋮												

附加说明：

本标准由机械电子工业部哈尔滨大电机研究所提出并归口。

本标准由哈尔滨电机厂负责起草。

本标准主要起草人吴惠庭。