

# DL

## 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 607 — 1996

---

### 汽轮发电机漏水、漏氢的检验

Test on water leakage or hydrogen leakage  
of Steam-turbine Generator

1996 - 12 - 24 发布

1997 - 06 - 01 实施

---

中华人民共和国电力工业部      发 布

## 前 言

汽轮发电机漏水、漏氢故障严重影响着发电机的安全运行。根据(93)能源部标办字第001号文及1995年10月中国电力企业联合会与广东省电力工业局签定的电力工业部标准化项目协议书,由广东省电力试验研究所负责起草行业标准《汽轮发电机漏水、漏氢的检验及判断》。

按照能源部汽轮发电机标准化委员会的要求,广东省电力试验研究所1994年完成了《汽轮发电机漏水、漏氢的检验及判断》(征求意见稿),于1995年4月提交电力部电机标准化技术委员会工作会议审议。会议提出了修改和补充意见,将标准名称改为《汽轮发电机漏水、漏氢的检验》。

1995年4月向全国各网省局及有关中试所发出《汽轮发电机漏水、漏氢的检验及判断》数据统计表,分水系统、氢系统及事故统计表三种。东北电力试验研究院、华北电力试验研究院、华北电业管理局、华东电力试验研究院、西北电业管理局、华中电业管理局、浙江省电力局、山东省电力试验研究所、甘肃电力试验研究所、河南电力试验研究所、广东省电力试验研究所、华能石洞口二厂等12个单位寄回统计表并提出宝贵意见。共统计全国59个电厂121台发电机(其中国产96台、进口25台)水系统和氢系统的检漏方法和判断标准。后来又调查了汽轮发电机氢系统气密试验24h实际泄漏量。

1996年5月电力部电机标准化技术委员会在广东召开专家审查会,审查送审稿、编制说明。1996年10月电力部电机标准化技术委员会正式通过送审稿,完成报批稿,报部批准。

本标准由电力部电机标准化技术委员会提出并归口。

本标准由广东省电力试验研究所负责起草。

本标准主要起草人:余剑明、汤显洲、姚唯建、周尚礼。

本标准由电力部电机标准化技术委员会负责解释。

目次

前 言 .....	I
1 范围 .....	1
2 引用标准 .....	1
3 汽轮发电机绕组内部水系统密封性检验 .....	1
4 氢冷发电机氢系统密封性检验 .....	4

## 汽轮发电机漏水、漏氢的检验

DL/T 607—1996

Test on water leakage or hydrogen leakage  
of Steam-turbine Generator

### 1 范围

本标准适用于 50MW 及以上氢冷、水内冷汽轮发电机的交接验收及检修过程中的水冷绕组内部水系统和发电机氢冷系统的密封性检验。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时，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 7064—86 汽轮发电机通用技术条件

DL 5011—92 电力建设施工及验收技术规范（汽轮机机组篇）

JB/T 6227—92 氢冷电机密封性检验方法及评定

JB/T 6228—92 汽轮发电机绕组内部水系统检验方法及评定

IEC 842 (1) 1988 氢冷涡轮发电机的安装和运行导则

### 3 汽轮发电机绕组内部水系统密封性检验

#### 3.1 水系统检验方法的选用

3.1.1 水系统检验方法分为水压检漏法和气体检漏法。

3.1.2 对于水内冷绕组，若水压试验时压力表的指示有明显下降而又找不到漏点，或对水压试验有异议，可用气体检漏法进行查漏和验证。

#### 3.2 水系统水压检漏法

##### 3.2.1 设备仪表

a) 试压泵 (0~35MPa)；

b) 精密压力表 0.4 级；

c) 接管、法兰及阀门等附件（所采用的密封结构、材料应与被检系统的结构、材料相一致）。

##### 3.2.2 试验方法

3.2.2.1 在试压泵出口门后（靠近被检系统侧）装高压阀和压力表各一只。其作用是，水压达到要求后，关紧高压阀，维持规定的时间。

3.2.2.2 用试压泵往冷却水系统内充入凝结水或除盐水，充水时应加装不小于 200 目的临时滤网，在冷却水路的高水位处排放空气。

3.2.2.3 在水压检漏过程中，须经过几次排放空气，消除水中气体，以免影响对水压检漏结果的判断。试验后应把水全部放掉并吹净。

##### 3.2.3 检验要求

###### 3.2.3.1 定子

a) 定子水压试验的要求见表 1。



表 1 定子水压试验要求

项 目 名 称	压力（表压）MPa	时间 h
线 棒	2.5	2
上下层线棒水接头并焊后	2	2
线圈装绝缘引水管后	1.5	4
机 组 交 接	0.75	8
全部更换绝缘引水管	0.8	8
局部更换绝缘引水管及水系统局部检修后	0.5	8
机 组 大 修	0.5	8

b) 定子与内端盖装配完毕并连接好各部分的进出水管后，也应在 0.5MPa 的检漏压力下，试验 8h，检查有没有因安装过程而引起的渗漏。

3.2.3.2 转子

a) 转子水压试验的要求见表 2。

表 2 转子水压试验要求

项 目 名 称		试验压力（表压）MPa					时间 h
		50、60MW	100MW	125MW	200MW	300MW	
嵌线（焊水接头后）烘压前		10	13.5	13.5	20	16	2
烘 压 后		9	12.5	12.5	20	15	2
绝缘引水管包绝缘前		6	6	9	20	11	2
机 组 交 接		4	5	7	6	9	8
全部更换绝缘 引水管或大修	未套小护环	3.5	4.5	6	6	8	2
	套小护环	3	4	5.5	5.5	7.5	8
局部更换绝缘 引水管	未套小护环	3	4	5.5	6	7.5	2
	套小护环	2.5	3.5	5	5.5	7	8

b) 进行水压试验时，压力应缓慢上升，避免突然升压。要仔细检查转子进水端的密封，避免因水渗入转轴与中心管之间的夹层造成误判转子漏水。当采用丁腈橡胶类绝缘引水管时，在水压试验前应先充水 1h，并仔细检查绝缘引水管、接头和焊接部位有无渗水现象。

3.2.3.3 组件

a) 定子绝缘引水管

采用冷热水压法：即在室温下，水压为 2.5MPa，持续时间 0.25h；然后水压降低至 0.6MPa，温升 90K，保温保压 2h。

b) 转子绝缘引水管

采用水压检漏法，试验压力和时间如下：

功率 100MW 及以下，水压为 7MPa，时间 1h；

功率 125MW 及以上，水压为 12MPa，时间 1h。

c) 总水管

采用水压检漏法，试验压力为 3MPa，时间 2h。

3.2.4 判断标准

水压试验过程中，压力表的指示无明显下降，手摸焊缝接头及法兰连接处无渗漏水现象。若由于环境温度影响引起压力波动、而不能准确判断时，则可延长试验时间至表压稳定。

### 3.3 水系统气体检漏法

本方法采用氟里昂（R12）作为示踪气体，用肥皂水和卤素检漏仪进行检漏，并进行气密试验。

#### 3.3.1 设备仪表及材料

- 轻便的带报警装置的卤素检漏仪，灵敏度  $1\mu\text{L/L}$  或  $1\times 10^{-6}\text{cm}^3/\text{s}$  及以上；
- U 型汞柱压差计或精密压力表 0.4 级及以上；
- 温度计  $0\sim 50^\circ\text{C}$ ，分度值  $0.1^\circ\text{C}$ ；
- 大气压力表；
- 氟里昂 R12（优质）；
- 氮气或干燥、无油、清洁的压缩空气；
- 试验管道及阀门等附件；
- 十六烷基磺酸钠或肥皂水。

#### 3.3.2 检验要求

##### 3.3.2.1 安装试验充气管道及氟里昂管道接口，如图 1 所示。

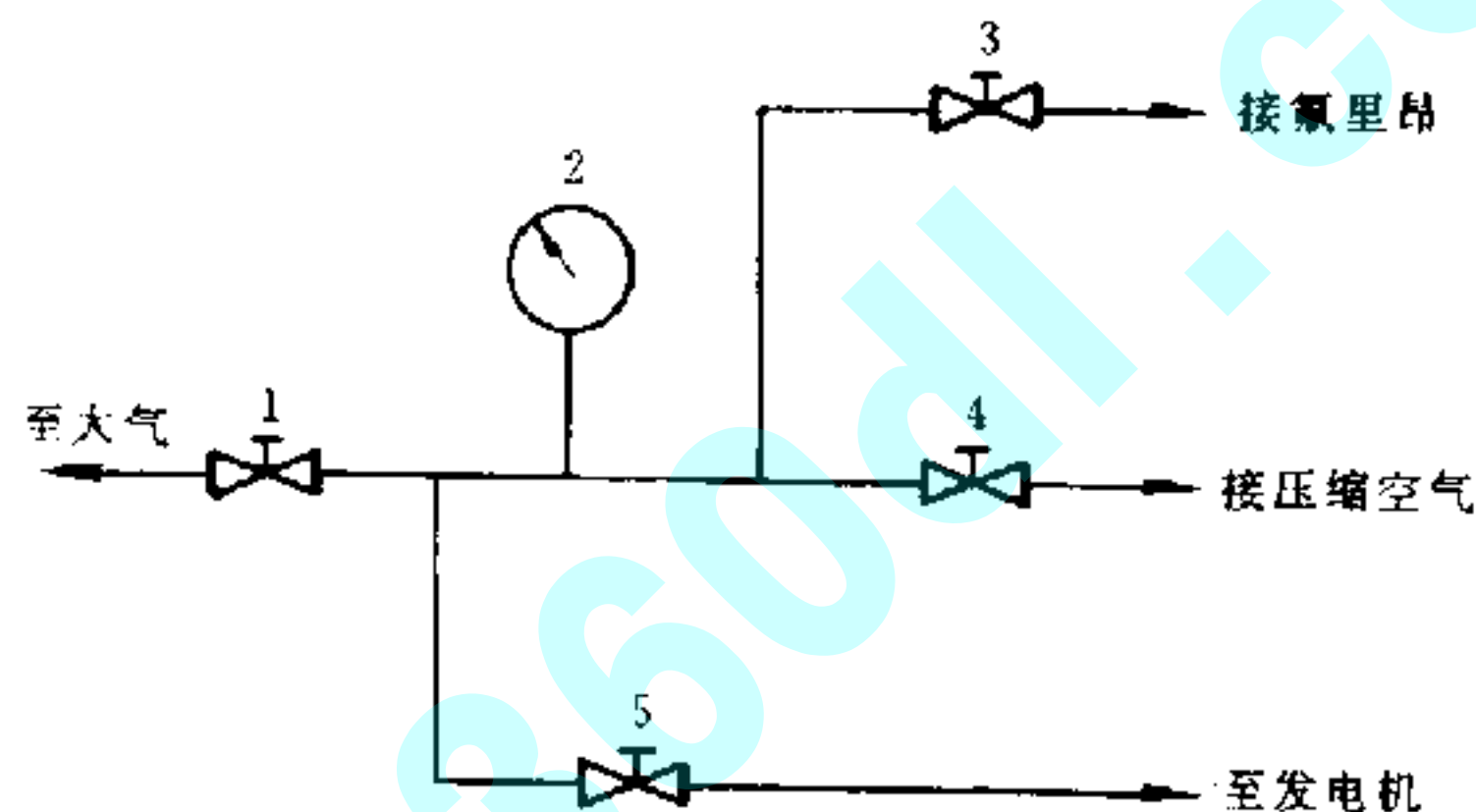


图 1 管道连接示意图

- 1—排气阀门；2—压力表；3—氟里昂气体瓶阀门；  
4—压缩空气阀门；5—充入被试气体进口阀门

##### 3.3.2.2 系统排水

为排空水系统内残余的水分，先充入压缩空气，压力低于检漏压力，然后瞬间排气，带出系统中的残水，重复上述步骤直至确保系统内水分排空和吹干，防止发生死角积水。

##### 3.3.2.3 充气

向被检部件充入氮气或压缩空气至  $0.1\text{MPa}$ ，再缓慢充入一定量氟里昂，氟里昂的用量按被检设备充气体积的  $33\sim 50\text{g}/\text{m}^3$  计算。最后充入氮气或压缩空气至规定压力（见表 3）。

表 3 水系统气体检漏的压力（表压）

MPa

被 检 部 件	双水内冷型		水 氢 氢 型	
	交 接	检 修	交 接	检 修
定 子 线 棒	1.5	1.5	$1.5P_N$	$1.5P_N$
定子绕组装绝缘引水管后	0.6	0.6	$1.3P_N$	$1.1P_N$
定子内部水系统	0.4	0.4	$1.3P_N$	$1.1P_N$
转 子 绕 组	0.7	0.7	—	—

注： $P_N$  为额定运行氢压



充氟里昂的过程应缓慢进行,并加接充气延长铜管防止线棒因聚四氟乙烯接头突然降温造成泄漏,充气过程中应多次停顿,让环境温度对充气管道进行升温,防止管道结露并保证管道入口温度无剧烈变化。整个充气过程要监视线棒温度,使线棒确无明显降温现象发生,以保证绕组的安全。

3.3.2.4 充气后静止 1h 再进行检漏。

### 3.3.3 检验方法

#### 3.3.3.1 检漏

##### a) 粗检

在被检部位外表面涂肥皂水,进行检测。

##### b) 精检

用带报警的卤素检漏仪检漏,仪器量程放至最小档。将仪器探头在被检部分外表面缓慢移动,逐个检漏。若有泄漏,仪器会发出报警声。必要时要剥开绝缘,用吸尘器吸干净积聚在表面和缝隙中的氟里昂气体,再检漏。直至检不出漏点为止。

#### 3.3.3.2 水系统气密试验

a) 水系统气密试验的压力为额定运行氢压。

##### b) 试验方法

将被检容器内气压降至额定运行氢气压力,稳定 2h 后开始进行气密试验,试验进行 24h 以上,记录开始与结束时的有关数据于气密试验数据记录表格上(见表 5),按下面公式计算 24h 泄漏压降和 24h 漏气率。

##### c) 计算公式

$$\Delta P_d = (24/\Delta t) [(P_1 - P_2) - (\theta_1 - \theta_2)(P_1 + B_1)/(273 + \theta_1) + (B_1 - B_2)] \quad (1)$$

$$\text{即:} \quad \Delta P_d = \frac{24}{\Delta t} (273 + \theta_2) \left( \frac{P_1 + B_1}{273 + \theta_1} - \frac{P_2 + B_2}{273 + \theta_2} \right)$$

$$\delta = (\Delta P_d / P_1) \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $\Delta t$ ——试验进行时间, h;

$\Delta P_d$ ——24h 泄漏压降, MPa;

$\delta$ ——24h 漏气率, %;

$P_1, P_2$ ——试验开始与结束时的被检部件压力(表压), MPa;

$\theta_1, \theta_2$ ——试验开始与结束时的被检部件平均温度, °C;

$B_1, B_2$ ——试验开始与结束时的大气压力, MPa。

### 3.3.4 判断标准

#### 3.3.4.1 检漏

a) 粗检: 在被检焊缝或接头处肥皂水无吹泡现象。

b) 精检: 氟里昂在大气中的泄漏量:

水氢型发电机不大于  $3 \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{s}$  或氟里昂的检出浓度不大于  $3 \mu\text{L}/\text{L}$ 。

双水内冷型发电机不大于  $1 \times 10^{-4} \text{cm}^3/\text{s}$  或氟里昂的检出浓度不大于  $100 \mu\text{L}/\text{L}$ 。

3.3.4.2 水系统气密试验: 24h 的泄漏压降  $\Delta P_d \leq 0.2\% P_1$ , 即 24h 的泄漏率  $\delta \leq 0.2\%$ , 式中  $P_1$  为起始试验压力。

## 4 氢冷发电机氢系统密封性检验

### 4.1 氢系统的密封性检验内容

4.1.1 氢系统的密封性检验包括气体检漏和气密性试验, 在发电机交接验收、大修后和必要时进行。

4.1.2 发电机整套氢系统的密封性检验范围包括本机来氢管道总阀门后的全部氢冷系统。

### 4.2 氢系统密封性检验方法

为确认发电机氢冷系统的密封性，可用卤素检漏仪或肥皂水进行检漏。

在发电机充入氢气之前，将氟里昂气体（若只用肥皂水检漏可省去）与干燥空气一并充入发电机氢气系统内，用卤素检漏仪或肥皂水进行检漏，消缺。对分部部件的密封有怀疑或部件进行过检修，须先进行分部检漏。分部检漏的要求见表4。在未检出泄漏点后再用压力降低法进行静态气密性试验，检查整体泄漏，计算出氢冷系统的每天泄漏量。

表4 零部件及管道等检漏的要求及最大允许压力降

名 称	试验压力 MPa	试验时间 h	允许压力降 MPa (安装交接或大修验收)
转 子	$P_N+P_0$	6	$(P_N+P_0) \times 10\%$
出线绝缘套管	$P_N+P_0$	6	$(P_N+P_0) \times 0.08\%$
测温元件接线柱板			
氢气冷却器			
管 道			
端 盖	$P_N+P_0$	24	$(P_N+P_0) \times 0.2\%$
机座加冷却器罩			
出 线 罩			
注： $P_N$ ——额定运行氢压 $P_0$ 给定状态下大气绝对压力为 0.1013MPa			

#### 4.2.1 检验设备及材料工具

- 干燥、无油、清洁的压缩空气及连接管；
- 大气压力表；
- 温度计  $0 \sim 50^\circ\text{C}$ ，分度值  $0.1^\circ\text{C}$ ；
- 斜式压差计（也可用 U 型汞柱压差计或 0.4 级及以上精密压力表）；
- 氟里昂 R12；
- 卤素检漏仪 最低检出量小于等于  $1 \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{s}$ （对 R12）；
- 肥皂水；
- 台秤 最大称量 100kg，感量 0.5kg。

#### 4.2.2 检验条件

4.2.2.1 发电机处于静止或盘车状态。

4.2.2.2 密封油系统正常运行。

4.2.2.3 发电机内水冷却系统和氢气冷却器不允许充水，且排空气阀必须打开。

#### 4.2.3 卤素或肥皂水检漏法

4.2.3.1 关闭氢气排空阀，二氧化碳冲洗阀。

4.2.3.2 开动密封油系统，保证油气压力差在一定范围（根据制造厂要求）。

4.2.3.3 安装试验充气管道及氟里昂管道接口。

4.2.3.4 向发电机内充入氮气或压缩空气至 0.1MPa，再缓慢充入一定量氟里昂，氟里昂的用量按发电机内空腔体积的  $33 \sim 50 \text{g}/\text{m}^3$  计算。最后充入氮气或压缩空气至额定氢压。

为确保发电机安全，充氟里昂的过程应缓慢进行，充气过程中多次停顿，让环境温度对充气管道进行升温，防止管道结露并保证管道入口温度无剧烈变化。整个充气过程要监视线棒温度，使线棒确无明显降温现象发生，以保证绕组的安全。



4.2.3.5 关闭充气阀门，静止 1h 后进行卤素或肥皂水检查。主要检查以下部位：

- a) 出线绝缘套管；
- b) 测温元件接线柱板；
- c) 氢气冷却器；
- d) 管道；
- e) 端盖；
- f) 机座加冷却器罩；
- g) 出线罩；
- h) 氢、油、水控制系统。

4.2.3.6 使用卤素检漏仪检查时，不可用风扇直接吹向被检查部位。仪器在被检查部位的移动速度应小于 30mm/s。

4.2.3.7 使用肥皂水检漏时，应将肥皂水涂于各部位，细心检查是否有气泡。对绝缘电阻值有严格要求的部位，如转子导电螺栓，禁止用肥皂水检漏，允许用无水酒精检漏。

4.2.3.8 对检出的漏点进行处理，再反复检漏，直至未检出漏点为止。

#### 4.2.4 氢系统气密试验

##### 4.2.4.1 试验方法

将检漏中发现的漏点消除后，进行气密性试验，计算整体泄漏量。气密试验应在达到额定氢压 2h 后进行。试验进行 24h 及以上，按表 5 记录试验数据 3 次以上。

表 5 发电机氢（水）冷系统气密性试验数据记录表

电厂		发电机编号		试验日期		
序 号	时 间	环境温度 ℃	大气压力 MPa (B)	机内 (部件) 压力 MPa (P)	机内 (部件) 温度℃ (θ)	油气压力差 MPa
1						
2						
3						

试验

记录

##### 4.2.4.2 计算公式

a) 采用 U 型汞柱压差计或精密压力表时，在试验压力（额定氢压）下每昼夜空气泄漏量  $\Delta V'_A$ （折合到压力 0.1013MPa，温度  $\theta_2$ ）的计算公式：

$$\Delta V'_A = \frac{24V}{0.1013\Delta t} (273 + \theta_2) \left( \frac{P_1 + B_1}{273 + \theta_1} - \frac{P_2 + B_2}{273 + \theta_2} \right) \quad (3)$$

为了便于书写和计算，采用下列形式：

$$\Delta V'_A = (V/0.1013)(24/\Delta t) [(P_1 - P_2) - (\theta_1 - \theta_2)(P_1 + B_1)/(273 + \theta_1) + (B_1 - B_2)] \quad (4)$$

式中： $\Delta V'_A$ ——在试验压力（额定氢压）下每昼夜空气泄漏量（折合到压力 0.1013MPa，温度  $\theta_2$ ）， $m^3/d$ ；

$V$ ——发电机充气容积， $m^3$ ；

$\Delta t$ ——试验时间，h；

$P_1, P_2$ ——试验开始与结束时的机内压力（表压），MPa；

$\theta_1, \theta_2$ ——试验开始与结束时的机内平均温度，℃；

$B_1, B_2$ ——试验开始与结束时的大气压力, MPa。

b) 采用斜式压差计时, 按下式计算:

$$\Delta V'_A = 0.00024 \frac{V \Delta P}{\Delta t} \quad (5)$$

式中:  $\Delta P$ ——试验开始至结束时斜式压差计的压降, Pa;

$\Delta t$ ——试验进行的时间, h。

c) 在试验压力(额定氢压)下每昼夜的氢气泄漏量  $\Delta V'_H$  (该泄漏气体的状态是压力 0.1013MPa, 温度  $\theta_2$ ):

$$\Delta V'_H = 3.8 \Delta V'_A \text{ m}^3/\text{d} \quad (6)$$

d) 换算成给定状态 (0.1013MPa, 20℃) 每昼夜空气泄漏量  $\Delta V_A$ :

$$\Delta V_A = 293 \Delta V'_A / (273 + \theta_2) \text{ m}^3/\text{d} \quad (7)$$

e) 换算成给定状态 (0.1013MPa, 20℃) 每昼夜氢气泄漏量  $\Delta V_H$ :

$$\Delta V_H = 3.8 \times 293 \Delta V'_A / (273 + \theta_2) \text{ m}^3/\text{d} \quad (8)$$

### 4.3 氢系统密封性判断标准

4.3.1 发电机氢冷系统充氢前充入压缩空气或氟里昂与压缩空气混合物(其比例按 4.2.3.4 中规定), 用肥皂水(无水酒精)或卤素检漏仪进行检漏, 不应发现泄漏点。

4.3.2 发电机整套氢冷系统在转子静止(包括盘车)时, 每昼夜最大允许空气泄漏量  $\Delta V_A$  见表 6、表 7。

表 6 交接验收时氢冷系统每昼夜最大允许空气泄漏量  $\Delta V_A$   
(状态: 0.1013MPa, 20℃)

评定等级	额 定 氢 压 $P_N$ MPa					
	$P_N \geq 0.5$	$0.5 > P_N \geq 0.4$	$0.4 > P_N \geq 0.3$	$0.3 > P_N \geq 0.2$	$0.2 > P_N \geq 0.1$	$P_N < 0.1$
	最 大 允 许 空 气 泄 漏 量 $\Delta V_A$ m <sup>3</sup> /d					
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

表 7 大修后氢冷系统每昼夜最大允许空气泄漏量  $\Delta V_A$   
(状态: 0.1013MPa, 20℃)

评定等级	额 定 氢 压 $P_N$ MPa					
	$P_N \geq 0.5$	$0.5 > P_N \geq 0.4$	$0.4 > P_N \geq 0.3$	$0.3 > P_N \geq 0.2$	$0.2 > P_N \geq 0.1$	$P_N < 0.1$
	最 大 允 许 空 气 泄 漏 量 $\Delta V_A$ m <sup>3</sup> /d					
合 格	4.7	4.2	3.8	2.0	1.3	1.1
良	3.8	3.4	3.0	1.6	1.2	0.9
优	2.9	2.6	2.2	1.2	1.1	0.8

4.3.3 对于进口的大型汽轮发电机, 氢冷系统在额定氢压下每昼夜的氢气泄漏量  $\Delta V_H$  应符合厂家要求。

中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
汽轮发电机漏水、漏氢的检验

DL/T 607—1996

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

北京市京东印刷厂印刷

\*

1997 年 4 月第一版 1997 年 4 月北京第一次印刷  
880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 16 千字  
印数 0001—2650 册

\*

书号 1580125·101 定价 2.60 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)