

ICS 29.160.20

K 20

备案号: 15696—2005

JB

中 华 人 民 共 和 国 机 械 行 业 标 准

JB/T 6228—2005

代替JB/T 6228—1992

**汽轮发电机绕组内部水系统
检验方法及评定**

**Checking methods and evaluation of water circuit
within the winding of turbo generator**

2005-03-19 发布

2005-09-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 检验方法分类	1
3 水压检漏法	1
4 气体检漏法	2
5 测水流量法	3
5.1 量杯法测定定子线棒内冷水流量	3
5.2 超声波流量法测定定子内冷水系统流量	4
6 测气流量法	4
7 标准块法	5
8 定子绕组发热试验法	5
9 热水流试验法	6
附录 A (规范性附录) 气密试验计算公式	8
附录 B (规范性附录) 气密试验管道连接示意图	8
附录 C (规范性附录) 气密试验记录表格	9

前 言

本标准是对JB/T 6228—1992《汽轮发电机绕组内部水系统检验方法及评定》的修订，按照GB/T 1.1标准编写规定，对标准的内容编排进行了调整。

本标准与JB/T 6228—1992相比，主要变化如下：

- 第2章的标题改为“检验方法分类”；“正反冲洗法”从流通性检验中删除。
- 4.2a) 渗透剂Bx溶液浓度由原30% 改为10%~15%。
- 4.4.2规定了充入氟里昂的数量为35g/m³。
- 4.5.3泄漏压降 Δp_0 由 $\leq 0.2\% p_1$ 改为 $\leq 1\% p_1$ ，漏气率 δ 由 $\leq 0.2\%$ 改为 $\leq 1\%$ 。
- 第5章测水流量法中增加了超声波流量法测定于内冷水系统流量（新编5.2）。
- 9.3.1改为“用玻璃丝带将热电偶结点绑于进水或出水端……”。
- 9.4.4由“保持停运状态30min”改为“10min以上”。
- 第10章正反冲洗法删除。

本标准的附录A、附录B、附录C为规范性附录。

本标准代替JB/T 6228—1992。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会发电机分会归口。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会发电机分会负责解释。

本标准由上海汽轮发电机有限公司、湖北省电力公司、湖北省电力试验研究院、哈尔滨电机厂有限责任公司负责起草。

本标准修订主要起草人：范正翎、周世平、阮羚、杨立海。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB/T 6228—1992。

汽轮发电机绕组内部水系统检验方法及评定

1 范围

本标准规定了汽轮发电机水冷绕组内部水系统密封性和流通性的检验项目、方法及质量评定的要求。

本标准适用于水冷却的汽轮发电机制造过程的检验，也适用于机组的交接验收及大修过程的检验。

2 检验方法分类

密封性检验：水压检漏法、气体检漏法。

流通性检验：测水流量法、测气流量法、标准块法、定子绕组发热试验法、热水流试验法。

3 水压检漏法

3.1 本试验适用于线棒或绕组的冷却水路密封性试验。

3.2 本试验需要下列设备和仪器：

- a) 试压泵 { 定子 0 MPa~5 MPa;
转子 0 MPa~35 MPa;
- b) 精密压力表；
- c) 接管、法兰及阀门等附件。

3.3 试验方法：

3.3.1 试验前可对受检接头及接管、阀门等附件做渗透剂检漏。

3.3.2 在冷却水路内用试压泵冲入清洁水，在冷却水路的高水位处排放空气。

3.3.3 在水压试验过程中，须经过几次排放空气来达到规定的压力并稳定，消除水中气体，以防止气温变化引起压力波动，影响对水压检漏的判断。

3.4 检验要求：

3.4.1 定子

3.4.1.1 定子在制造、机组交接验收及大修过程中的检验要求见表 1。

表 1

工序名称	压力 MPa	时间 h
线棒	2.5	2
嵌线后上下层线棒水接头拼焊后	2	2
线圈装绝缘引水管后	1.5	4
出厂检查	1	8
机组交接验收	0.75	8
更换整台绝缘水管	0.8	8
更换部分绝缘水管	0.5	8
大修预防性试验	0.5	8

3.4.1.2 在电厂现场的检验连接各部分的进、出水管后，在规定的检漏压力下，检查有无因安装过程所引起的渗漏现象。

3.4.2 转子

3.4.2.1 转子在制造、机组交接验收及大修过程中的检验要求见表 2。

3.4.2.2 在电厂进行水压试验时，压力应缓慢上升，避免突然升压。要仔细检查转子进水端面的密封，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，同时仔细检查绝缘引水管、接头和焊接部位有无渗水现象。

表 2

工序名称		检漏压力 MPa					时间 h
		50、60MW	100MW	125MW	200MW	300MW	
铜线包绝缘前		11	15	16	20	18	2
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
出厂检查		5	5.5	8	7	10	8
机组交接验收		4	5	7	6	9	8
更换全部绝缘 引水管和小修	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
更换局部绝缘 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

3.4.3 组件

3.4.3.1 定子绝缘引水管

采用冷热水压法：即在室温下，水压为 2.5MPa，持续时间为 15min，然后升温至 90℃，水压降至 0.6MPa，且保温保压 2h。

3.4.3.2 转子绝缘引水管

采用水压检漏，试验压力和时间如下：

功率 100MW 及以下，水压为 7MPa、时间为 1h；

功率 125MW 及以上，水压为 12MPa、时间为 1h。

3.4.3.3 总水管

采用水压检漏法，水压为 3MPa、时间为 2h。

3.5 评定要求：

水压试验过程中，要求压力表无明显压降，并手摸焊缝接头及法兰连接处无渗漏现象。若由于环境温度差影响引起表压波动，而不能准确判断时，则可延长试验时间至表压稳定。

4 气体检漏法

4.1 本试验是检验线棒或绕组的冷却水路密封性的又一种方法，可用本方法对水压检漏进行验证。

4.2 本试验需要下列设备和仪器：

- 渗透剂 Bx 溶液（浓度 10%~15%）；
- 卤素检漏仪；
- U 型汞柱压差计或精密压力表；
- 温度计；
- 大气压力表；
- 氟里昂 F12 或 F22；
- 氮气或干燥压缩空气；
- 试验管路及阀门等附件。

4.3 试验要求:

- 4.3.1 被检容器内部如有剩水, 必须用经过滤的压缩空气吹净并干燥处理。
- 4.3.2 充入容器的压缩空气必须经过油水分离器、干燥器和滤网进行干燥、过滤。
- 4.3.3 检验时采用的密封结构和材料, 应与产品所采用的结构和材料相一致。
- 4.3.4 在气密试验期间应关紧进气阀门, 不允许有向被检容器内补充气体的可能, 必要时可分离气源。
- 4.3.5 气密试验使用 U 型汞柱压差计时, U 型汞柱压差计必须垂直放置。当汞柱面出现凹凸时, 读数应以凸面的顶线或凹面的底线为基准。
- 4.3.6 要尽可能在被检容器四周和内部多设几个测温点, 并以其平均温度为计算漏气率的温度。
- 4.3.7 试验结束与试验开始时环境温度相差应尽可能小。试验期间要防止被检容器局部受热 (如阳光直射) 或局部受冷 (如放置于风口)。

4.4 试验方法:

- 4.4.1 粗检: 对被检件充氮气或干燥压缩空气至检漏压力 (见表 3), 然后在被检处外表面涂渗透剂 Bx 溶液逐只检漏, 察看有无吹泡现象。对绝缘电阻数值有严格要求的零部件或部位, 允许用无水酒精进行检漏。

表 3

被检部件	MPa		
	双水内冷型	水氢氢型	
	检漏压力	检漏压力	气密试验压力
定子线棒	1.5	$1.5 p_N$	—
定子线圈绝缘引水管后	0.6	$1.3 p_N$	p_N
定子内部水系统	0.4	$1.3 p_N$	p_N
定子总水管	—	$1.5 p_N$	—
转子绕组超速后	0.7	—	—
注: p_N 为额定运行氢压。			

- 4.4.2 精检: 对被检件充氮气或干燥空气至 0.1MPa, 再以 35g/m^3 的量来冲入氟里昂, 继续充氮气或干燥压缩空气至检漏压力 (见表 3), 用卤素检漏仪在被检处表面缓慢移动逐只检漏。

4.4.3 气密试验:

- 4.4.3.1 按附录 B 中图 B.1 连接气密试验管路。

- 4.4.3.2 对被检容器充氮气或干燥压缩空气至气密试验压力 (见表 3), 稳定 2h 后才可开始读数, 并记录, 记录表格样式参见附录 C 中表 C.1, 以后每隔 1h 记录一次。

- 4.4.3.3 从开始读数 12h 后, 即可用附录 A 所列公式进行计算, 如计算漏气率连续三点符合评定要求 (见 4.5.3), 并且波动[(最大值-最小值)/平均值]不超过 15%, 即可结束试验。

4.5 评定要求:

- 4.5.1 粗检: 15min 内在被检焊缝或接头处要无吹泡现象。

- 4.5.2 精检: 采用卤素检漏仪时, 氟里昂在大气中的泄漏量。

水氢氢型发电机不大于 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{s}$;

双水内冷发电机不大于 $1 \times 10^{-4} \text{cm}^3/\text{s}$ 。

- 4.5.3 气密试验: 24h 的泄漏压降 $\Delta p_d \leq 1\% p_1$, 即 24h 的漏气率 $\delta \leq 1\%$, 式中 p_1 为起始试验压力。

5 测水流量法

5.1 量杯法测定定子线棒内冷水流量

- 5.1.1 本试验适用于定子线棒内冷水管在开启的条件下进行。

- 5.1.2 本试验需要下列设备和仪器:

- a) 压力表 (0MPa~0.6MPa);
- b) 水箱、接管、法兰及阀门等附件;
- c) 量杯、秒表或流量计 (玻璃转子流量计)。

5.1.3 试验方法:

5.1.3.1 对被检件冷却水路内充入清洁水,并在流通状态下稳定于某一水压数值 (给定范围 0.05MPa~0.1MPa)。

5.1.3.2 对被检件逐件用量杯测定在恒定时间内 (不少于 15s) 的水流量,或用流量计测量。

5.1.3.3 按被检件编号进行流量数值的记录。

5.1.4 评定要求:

5.1.4.1 定子单根空心铜线:随机取 10 根铜线,其流量不超过平均值的 $\pm 10\%$,并符合设计要求。

5.1.4.2 定子线棒 (焊水接头后):不超过整台线棒流量的平均值的 $\pm 10\%$ 。

5.1.4.3 定子上、下层焊水接头后:不超过整台线棒流量的平均值的 $\pm 10\%$ 。

5.1.4.4 转子烘压前:各极同号线圈流量偏差小于或等于 20%。

5.1.4.5 转子烘压后:各极同号线圈流量偏差小于或等于 20%。

5.2 超声波流量法定子内冷水系统流量

5.2.1 本试验适用于定子内冷水系统在闭式循环的条件下进行。

5.2.2 本试验需要下列设备和仪器:

- a) 发电机内冷水系统 (正常运行时全套设备);
- b) 测量精度、测量管径范围、测量介质等满足要求的超声波流量计。

5.2.3 试验方法:

5.2.3.1 向发电机内冷水箱注满符合要求的内冷水。

5.2.3.2 启动内冷水泵,按照发电机定子内冷水入口压力至正常运行时内冷水压力,检测过程中维持内冷水系统闭式循环运行。

5.2.3.3 用超声波流量计对内冷水总流量、励端全部的定子线棒、定子引线、出线套管的内冷水流量逐件进行测量。

5.2.3.4 按被检件编号或名称进行流量数值的记录。

5.2.3.5 按定子线棒、定子引线、出线套管分类计算平均流量,并计算出各被检件与对应平均流量的相对差值。

5.2.4 评定要求:

5.2.4.1 定子线棒:不超过整台线棒内冷水流量平均值的 -15% ,对超标的应在汽端对相关线棒内冷水流量进行检测,综合判断被测线棒内冷水流通状况。

5.2.4.2 定子引线:不超过整台引线内冷水流量平均值的 -15% 。

5.2.4.3 出线套管:不超过整台套管内冷水流量平均值的 -15% 。

对上述流量超标的被检件,应与历史检测数据比较,进行综合判断和处理。

6 测气流量法

6.1 本试验是检验线棒或绕组的冷却水路流通性的另一种方法。

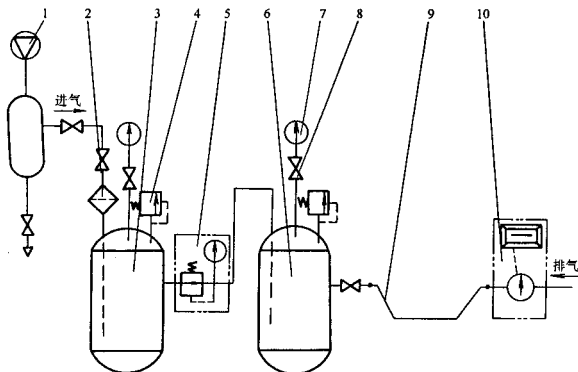
6.2 本试验需要下列设备和仪器:

- a) 压力空气源 (0.4MPa~0.6MPa);
- b) 过滤干燥器;
- c) 储气罐;
- d) A27W-10J 弹簧式安全阀;
- e) 减压阀;

- f) 稳压罐;
- g) 空气阀门;
- h) 精密压力表;
- i) 空气流量测试仪。

6.3 试验方法:

6.3.1 测气流量试验装置见图 1。



1——压力空气源；2——过滤干燥器；3——储气罐；4——弹簧式安全阀；5——减压阀；6——稳压罐；
7——空气阀门；8——被测工件；9——空气流量测试仪；10——精密压力表。

图 1

6.3.2 将空气流量试验装置的进气端与压力空气源连接，将被测工件的一端连接稳压罐，另一端连接空气流量测试仪。

6.3.3 打开试验装置中的各空气阀门，使被测工件通入一定压力的清洁、干燥空气。

6.3.4 在流通状态下，调节减压阀使稳压罐中的压力按不同被测工件，相应稳定在表 4 规定的数值上。

6.3.5 记录空气流量测试仪所显示的数值，该数值即为被测工件的实际空气流量。

6.3.6 按被测工件编号进行流量记录。

表 4

工序名称	稳压罐中压力 MPa
导线换位前单根空心铜线	0.225
导线成型后单根空心铜线	0.225
定子线圈	0.020

6.4 评定要求:

各制造厂按产品结构的具体情况来确定被测工件应达到的空气数值。

7 标准块法

7.1 本试验是采用压力为 0.4MPa~0.6MPa 的压缩空气吹动标准块，使其通过铜线全长来测转子单根空心铜线的流通性。

7.2 铜线退火后绕线前，其标准块于铜线内孔的单边间隙不大于 0.35mm。

7.3 铜线绕线焊接完工后，标准块为圆球，铜线内孔与圆球的单边间隙不大于 0.5mm。

8 定子绕组发热试验法

8.1 本试验适用于判断汽轮发电机定子线圈内部冷却水路有无堵塞现象。

8.2 本试验需要下列设备和仪器:

- a) 低电压、大电流直流发电机组;
- b) 电流表;
- c) 电压表;
- d) 流量计;
- e) 酒精式温度计或热像仪;
- f) 压力表。

8.3 试验方法:

8.3.1 本试验在定子绕组连接绝缘引水管后包绝缘前进行, 试验线路见图 2。

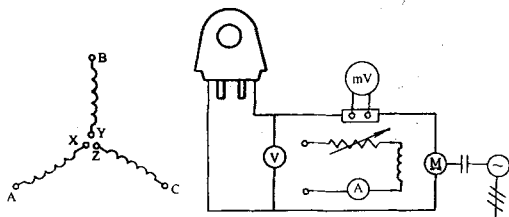


图 2

8.3.2 定子绕组通入冷却水, 并将流量、压力调节到额定或接近额定值, 三相绕组串接后送入低压直流电至额定值, 如因设备容量限制可分相进行。

8.3.3 通电 15min 后, 用手摸各线圈出水端绝缘引水管和定子绕组鼻端, 在温度较高或较低处处理设若干酒精温度计 (或用红外线热像仪直接探测各部位的温度)。

8.3.4 每隔 10min 读取电流、电压、流量, 进、出水温度及各测点的温度。

8.3.5 试验 1h 后, 将各出水接头、绝缘引水管的温度互相比, 如温度有明显的差别, 则应先停机后停水, 再拆开绝缘引水管进行检查。

8.4 评定要求:

各线圈间的温度差不大于 8K。

9 热水流试验法

9.1 试验目的

本试验适用于总装或电厂大修时, 检验汽轮发电机定子内部水系统的任一部份有无发生严重的水流堵塞现象。

9.2 试验所需设备和仪器

本试验需要下列设备和仪器:

- a) 铜-康铜热电偶;
- b) 温度记录仪 (最小分格值为 0.1°C , 通道数大于需测量的全部热电偶数);
- c) 热水流试验设备 (亦可用发电机外部水系统装置代替)。

9.3 试验前的准备

9.3.1 用玻璃丝带将热电偶结点绑于进水或出水端绝缘引水管中段外表面, 每根绝缘引水管外表都必须装上热电偶。

9.3.2 在每只热电偶上外包隔热材料, 以保证热电偶与周围空气隔绝。

9.3.3 将热电偶与温度记录仪逐点连接, 检查热电偶读数的均匀度。

9.4 试验方法

9.4.1 启动热水流试验设备或定子外部水系统装置，尽量调节定子进、出总水管之间的压差至正常运行值，测此时各点的冷水温度。

9.4.2 通过自循环和辅以蒸汽加热，将试验用水加热至超过冷水温度达 10K 以上。

9.4.3 当所有测点的温度接近时，停止热水流试验设备或定子外部水系统的运行，关掉蒸汽并同时记录各测点温度读数。

9.4.4 保持停运状态 10min 以上。

9.4.5 停运状态结束后，快速开启冷却水阀门，让定子内部水系统通以冷却水。启动水泵并使定子内部水系统保持正常运行时的压差，同时记录温度读数。

9.4.6 待水循环使热电偶测点的温度趋于稳定时，停止运行和热电偶温度的记录。

9.4.7 整理数据并绘出每根绝缘引水管的时间 (t) — 温度 (θ) 曲线。

9.5 评定要求

比较各绝缘引水管时间 (t) — 温度 (θ) 曲线，图 3、图 4 清楚地表明了绝缘引水管中有无冷却水通过。

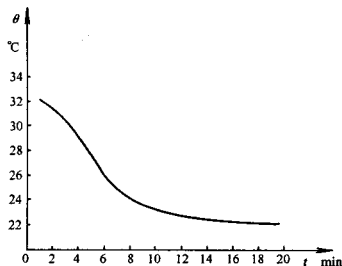


图 3 水流正常

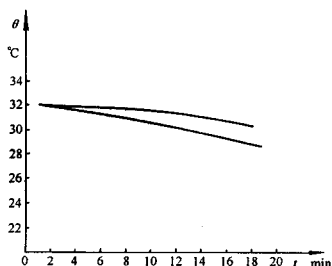


图 4 有水堵现象

9.6 注意事项

9.6.1 本试验必须在定子内部水系统冲洗完毕后进行。

9.6.2 当所有线圈都进行热水流试验并将数据绘成曲线，经试验人员检查合格后，再将临时热电偶从绝缘引水管上拆除。

9.6.3 当温度记录仪通道数量不足时可分组进行，但分组数不得大于三组，每组试验时重复上组试验中 2 或 3 只热电偶。

9.6.4 当某些结果有疑问时，可适当提高水温重新试验。

附录 A (规范性附录) 气密试验计算公式

A.1 24h 泄漏压降按下列公式计算:

$$\Delta p_d = 24/\Delta t [(p_1 - p_2) + (B_1 - B_2) + (p_1 + B_1) \times (t_2 - t_1) / (273 + t_1)] \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

p_1 ——试验起始表压, 单位为 MPa;

p_2 ——试验终止表压, 单位为 MPa;

B_1 ——试验起始大气压力, 单位为 MPa;

B_2 ——试验终止大气压力, 单位为 MPa;

t_1 ——试验起始平均温度, 单位为 $^{\circ}\text{C}$;

t_2 ——试验终止平均温度, 单位为 $^{\circ}\text{C}$;

Δp_d ——24h 泄漏压降, 单位为 MPa;

Δt ——试验时间, 单位为 h。

A.2 $\delta = \Delta p_d / p_1 \times 100\% \dots\dots\dots (A.2)$

式中:

δ ——24h 漏气率, %。

附录 B (规范性附录) 气密试验管道连接示意图

气密试验管道连接示意图见图 B.1。

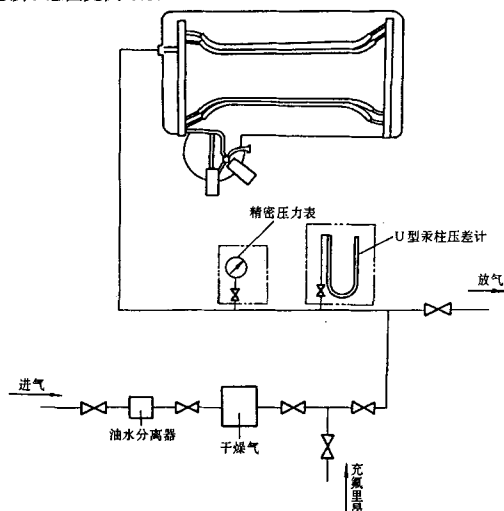


图 B.1

附 录 C
(规范性附录)
气密试验记录表格

气密试验记录表格格式见表 C.1。

表 C.1

试验时间 h	试验压力 MPa	环境温度 ℃				大气压力 MPa	累计压差 MPa	漏气率 %
		气端	中间	励端	平均			
0								
1								
2								
⋮								