

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 25073 — 2017

氢冷发电机供氢系统防爆安全验收导则

Guide for the acceptance of explosion proof safety for
generator hydrogen gas supply system

2017-02-10 发布

2017-07-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 防爆技术要求 2

 4.1 防爆区域划分及防爆等级 2

 4.2 电气及仪控设备的防爆选型要求 3

 4.3 供氢系统防爆设备认证 4

 4.4 供氢系统防爆功能设计 5

 4.5 供氢系统管道及布置 5

 4.6 防雷和接地 6

 4.7 通风和消防 6

5 供氢系统性能验收 7

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准主要起草单位：中广核工程有限公司。

本标准参与起草单位：上海电气电站设备有限公司、东方电机控制设备有限公司、国核电力规划设计研究院。

主要起草人：黄承新、吕卫军、吴庆军、彭睿、刘洋、许延荔、陈志刚、王磊、王安平、石刚、陈海山。

本标准为首次制定。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）

氢冷发电机供氢系统防爆安全验收导则

1 范围

本标准规定了核电厂氢冷发电机供氢系统安装竣工时的防爆安全验收准则。

本标准适用于核电厂氢冷发电机投运前供氢系统及氢气相关系统（不包括制氢和储氢系统设备）的防爆安全验收。

常规电站氢冷发电机可参考本标准进行验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备通用要求
- GB 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备
- GB 3836.5 爆炸性气体环境用电气设备 第5部分：正压外壳型“p”
- GB 26410 防爆通风机
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
- GB/T 50064 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范
- GB 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50177 氢气站设计规范
- GB 50217 电力工程电缆设计规范
- JB/T 6227 氢冷电机气密封性检验方法及评定
- JB 8523 防爆通风机技术条件

3 术语和定义

下述术语和定义适用于本文件。

3.1

氢冷发电机 hydrogen-cooled generator

发电机有效部分采用氢气进行冷却的发电机。

3.2

供氢系统 hydrogen gas supply system

汽轮发电机厂房内给发电机供应氢气，具备气体置换以及在线监测功能的系统，主要包括氢气控制装置、氢气纯度检测装置、漏氢检测装置、循环风机、氢气干燥器、漏液监测装置、CO₂ 供应装置以及相应的管路等。

3.3

阻火器 fire arrestor

防止氢气回火的一种安全装置。

3.4

漏空气量 air leakage

ΔV_A

发电机整体气密试验时, 24h 泄漏出来的空气量换算到标准状态时的体积, 单位为 $\text{m}^3/24\text{h}$ 。

4 防爆技术要求

4.1 防爆区域划分及防爆等级

4.1.1 防爆区域划分

4.1.1.1 爆炸气体存在的场合以区域来划分, 以简化设备的选型、设计、安装和维护。氢气及其他危险气体可划分为:

- a) 区域 0: 连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境。例如汽机房上排氢口周围 5m 的范围内。
- b) 区域 1: 在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境。例如氢气汇流排装置 0.5m 范围内, 由于更换气瓶时引起连接管道内的氢气泄漏。
- c) 区域 2: 在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境, 或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的环境。例如管道法兰连接口、发电机本体人孔盖板等 0.5m 范围内。

4.1.1.2 在区域 0 和区域 1 使用的设备必须具有防爆认证, 而区域 0 的设备必须明确其可使用在此区域。区域 2 的设备要满足该区域要求, 制造商必须提供符合性声明证书。高防爆要求区域的设备可用于低防爆要求区域, 例如区域 0 认证的设备可用于区域 1 和区域 2。

4.1.2 防爆等级

4.1.2.1 根据氢气的性质, 氢气的温度组别为 T_1 最高的温度分级。氢气的防爆分级为 IIC 或 IIB+H₂。[II-II 类环境, 除 I 类 (矿井) 外所有场合, C-C 类危险气体分级, B+H₂-B 类危险气体分级, 专用于氢气]。

4.1.2.2 隔爆型 “d” (GB 3836.2): 隔爆型设备有一个结实的外壳。当设备内部产生燃点或爆炸时, 外壳能将火焰或爆炸能量封在设备内部, 并防止火焰或爆炸能量外传到外部危险环境。隔爆型设备一般不可在带电情况下打开外壳。防爆标志: Exd IIC T_n 或 Exd IIB+H₂ T_n 。(T_n 为温度等级, $T_1 \sim T_6$ 对应不同温度等级。氢气适用任何温度等级)。

4.1.2.3 本质安全型 “i” (GB 3836.4): 本安型设备本身不会产生引起环境危险气体燃烧或爆炸的火花或热量, 本安型分为 “ia” 和 “ib” 两类。防爆标志: Exia IIC T_n 或 Exib IIC T_n 。

- a) 在 “ia” 设备中, 任何设备一次故障或二次故障的组合都不会引起环境危险气体燃烧或爆炸。适用于区域 “0”, 也适用于区域 “1” 和 “2”。
- b) 在 “ib” 设备中, 任何设备一次故障都不会引起环境危险气体燃烧或爆炸。适用于区域 “1”, 也适用于区域 “2”。
- c) 电厂 DCS、TCS、控制器等不防爆本安关联设备与本安设备通过安全栅等安全隔离装置连接并传导大容量开关等信号。本安设备与安全栅之间的连接电缆线也要满足防爆规范的要求。
- d) 热电阻、热电偶等本身不产生火花或热量的元器件, 认为是本安型设备。如使用在危险环境中, 则要考虑配套安全栅与不防爆的关联设备连接。

4.1.2.4 正压型 “p” (GB 3836.5): 正压型设备中维持有比环境压力略高的压缩空气或惰性气体, 从而环境中的危险气体不能进入到设备中, 从而达到防止爆炸的目的。设备中正压维持有连续充气和补气两类。防爆标志: Exp IIC T_n 。

4.1.2.5 组合型: 多种防爆类型的组合, 先标出主体防爆型式, 再标出其他防爆型式。例如气体纯度仪防爆等级为 Exd [ib], 其电气和取样系统为隔爆型 “d”, 显示部分为本安型 “ib”, 电气与显示部分通过

安全栅连接。

4.2 电气及仪控设备的防爆选型要求

4.2.1 凡是和氢气有接触的相关电气和控制设备均需满足相关防爆标准和规范的要求。发电机供氢及相关系统设备防爆选型要求见表 1，下列设备的选型基于氢气排放或可能泄漏点 0.5m 球形区域以内的选型原则。

表 1 电气及仪控设备的防爆选型

序号	系统	设备名称	描述	防爆要求	备注
1	发电机供氢系统	油水探测器	发电机漏液检测	Exd/Exib+H ₂	
2	发电机供氢系统	液位开关	发电机液位检测	Exd/Exib	优选 Exd
3	发电机供氢系统	流量变送器	氢气补充流量	Exd	
4	发电机供氢系统	压力变送器	供氢压力	Exd	
5	发电机供氢系统	压力变送器	机内压力	Exd	
6	发电机供氢系统	防火电磁阀	发电机紧急排氢	Exd	
7	发电机供氢系统	供氢电磁阀	关闭发电机供氢	Exd	
8	发电机供氢系统	压差变送器	发电机风扇压差	Exd	
9	发电机供氢系统	纯度仪	纯度仪传感器	Exd	
10	发电机供氢系统	纯度仪显示器	纯度仪就地显示	Exd/Exib	
11	发电机供氢系统	接线盒	纯度仪端子盒	Exd	
12	发电机供氢系统	接线盒	氢气循环风机端子盒	Exd	
13	发电机供氢系统	露点仪	露点仪传感器	Exd/Exia	
14	发电机供氢系统	露点仪显示器	氢气湿度显示	Exia	
15	发电机供氢系统	电控箱	干燥器控制箱	Exp	
16	发电机供氢系统	漏氢检测仪	检测仪传感器	Exd	
17	发电机供氢系统	漏氢检测仪	检测仪显示器	NR	
18	发电机供氢系统	绝缘过热监测仪	绝缘过热在线监测	Exd	
19	发电机定子冷却水系统	电导率仪	定子水系统电导率检测	NR	
20	发电机定子冷却水系统	液位开关	水箱液位控制	Exd	
21	发电机定子冷却水系统	液位变送器	水箱液位变送器	Exd	
22	发电机定子冷却水系统	压差变送器 压差开关	水过滤器压差	NR	
23	发电机定子冷却水系统	压力/压差开关	水泵出口压力/压差	NR	
24	发电机定子冷却水系统	流量计 流量开关	离子交换器流量 电导率取样流量	NR	
25	发电机定子冷却水系统	液位开关	碱液箱液位	NR	
26	发电机定子冷却水系统	流量变送器	定子进水流量	NR	水装置上
27	发电机定子冷却水系统	流量变送器	定子进水流量	Exd	发电机运行层
28	发电机定子冷却水系统	压力变送器	定子进水压力	NR	
29	发电机定子冷却水系统	压差开关	主管路流量测量	NR	

表 1 (续)

序号	系统	设备名称	描述	防爆要求	备注
30	发电机定子冷却水系统	压差变送器	定子进出水压差	NR	
31	发电机定子冷却水系统	热电阻/热电偶	定子水温	Exia/Exib/Exd	发电机运行层
32	发电机定子冷却水系统	热电阻/热电偶	定子水温	NR	非运行层
33	发电机定子冷却水系统	流量变送器	定子套管流量	Exd	
34	发电机定子冷却水系统	流量变送器	定子并联环流量	Exd	
35	发电机定子冷却水系统	压力开关/ 变送器	水箱压力	Exd	
36	发电机定子冷却水系统	压力变送器	进水压力	Exd	发电机运行层
37	发电机定子冷却水系统	压差开关	氢水压差	Exd	
38	发电机密封油系统	压力/压差 变送器	排油烟机风扇压力	Exd	
39	发电机密封油系统	压力/压差开关	油泵压力/压差	NR	
40	发电机密封油系统	压力/压差开关	密封油压力/压差	NR	
41	发电机密封油系统	变送器	密封油压力/压差	NR	
42	发电机密封油系统	压力/压差开关	过滤器压力/压差	NR	
43	发电机密封油系统	变送器	过滤器压力/压差	NR	
44	发电机密封油系统	热电阻/热电偶	密封油温	NR	
45	发电机密封油系统	液位开关	空/氢侧油箱油位	Exd	
46	发电机密封油系统	液位变送器	空/氢侧油箱油位	Exd	
47	发电机密封油系统	液位开关	真空油箱液位	Exd	
48	发电机密封油系统	变送器	真空油箱压力	Exd	
49	发电机供氢系统	电动机	氢气循环风机电动机	Exd	
50	发电机供氢系统	电动机	氢气干燥器风机电动机	Exd	
51	发电机密封油系统	电动机	供油油泵交流/直流电动机	NR	
52	发电机密封油系统	电动机	排烟风机电动机	Exd	
53	发电机定子冷却水系统	电动机	供水水泵电动机	NR	
54	发电机定子冷却水系统	气表	水箱排气流量计	Exd/Exia	
55	发电机密封油系统	流量计	密封瓦进油流量	NR	
56	发电机密封油系统	电动机	真空泵电动机	Exd	含氢回路
57	发电机密封油系统	电动机	真空泵电动机	NR	非含氢回路

4.2.2 具有防爆要求的供氢系统配套产品及部件按 GB 3836.1 规定执行, 防爆等级应为Ⅱ类、C级、 T_1 组, 电缆及导线敷设应符合 GB 50217 的规定, 导线或电缆引向电气设备接头部件前做好隔离密封, 与氢气相关的所有电气设备应有防静电接地装置, 因需要使用非防爆设备时应采取隔爆措施。

4.3 供氢系统防爆设备认证

4.3.1 所有具有防爆要求的供氢系统配套的设备其铭牌要有明显 Ex 标记, 并在铭牌上标明防爆等级。

4.3.2 应有专用设备防爆认证单位颁发的有效防爆证书。

4.3.3 应有专用设备防爆认证单位颁发的防爆认证测试报告。

4.4 供氢系统防爆功能设计

4.4.1 运行参数的监测和报警

对供氢系统，如下参数需要监控并设置报警限值：

- a) 发电机内氢气纯度的在线监测，当纯度下降到设定值时发出报警。
- b) 正常运行时发电机补充氢气流量的在线监测，当流量上升到设定值时发出报警。
- c) 发电机关键部位设置漏氢在线监测，当测点部位的氢气含量超过设定值时发出报警。
- d) 对充氮隔氧气的发电机定子冷却水箱应设置漏氢在线监测和报警，以便获得从发电机内向定子冷却水系统漏氢的数量值依据。

4.4.2 供氢系统防爆的工艺设计

4.4.2.1 供氢系统应具备防止氢气和空气可能发生混合的措施，具备采用 CO₂ 气体置换空气或氢气的功能（如氢气控制装置中的气体置换阀门组），确保在任何工况下氢气和空气不发生混合产生爆炸性气体。

4.4.2.2 氢气控制装置中的供氢和供空气的两个回路应具备只允许一个管路供气的唯一性功能，非供气管路具有明显的物理隔离。

4.4.2.3 氢气干燥器应具有单独用 N₂/CO₂ 置换设备内部氢气的功能。

4.4.2.4 所有含有氢气的设备排气（如氢气干燥器、绝缘过热监测装置和氢气纯度监测装置的排气）应用排气管路引到排空管，排至厂房屋顶外。

4.4.2.5 氢气的排空管在厂房顶的排气口处应设置阻火器。

4.4.2.6 发电机氢气的排空管路、定子冷却水箱排气管路、密封油空侧回油箱排烟机排气管路应单独设置，不得合并混排。

4.4.2.7 供氢系统应设置超压泄放安全阀，在供氢压力超限时及时开启释压。

4.4.2.8 供氢系统应设置手动或联动紧急排氢阀，用于在发电机紧急事故工况下，将发电机内氢气快速释放。

4.4.2.9 当氢气排放管路上采用联动紧急排氢阀时，宜采用防火电磁阀和供氢隔离电磁阀，防火电磁阀的联锁控制要求应满足：

- a) 当防火电磁阀被紧急打开时，自动关闭供氢电磁阀。
- b) 当发电机内部的氢气压力降低到略高于大气压力的设定值时，防火电磁阀自动关闭，防止空气进入发电机。
- c) 防火电磁阀关闭后，供氢电磁阀应仍保持关闭，直到需要充氢时才可通过手动打开。

4.5 供氢系统管道及布置

4.5.1 氢气管道应采用架空布置，不应地沟敷设，排空管道敷设应避免出现氢气积聚的情况发生。

4.5.2 排空管应引至屋顶没有火源的地方，并高出屋顶 2m 以上，排空管应采用不锈钢管。

4.5.3 氢气管道的连接应采用焊接，但与设备、阀门等接口可采用法兰或丝扣连接。

4.5.4 输送湿氢或需做水压试验的管道，应有不小于 3‰ 的坡度，在管道最低点处应设排水点。

4.5.5 供氢系统应设置检漏装置。

4.5.6 氢气管道应采用不锈钢无缝钢管，管道的连接应采用焊接或其他有效防止氢气泄漏的连接方式。管道上的阀门宜采用防止外漏的截止阀、球阀。阀门材料的选择应符合 GB 50177 中表 12.0.3 的规定，管道上法兰、垫片的选择应符合 GB 50177 中表 12.0.4 的规定。管道之间不宜采用螺纹密封连接，氢气

管道与附件连接的密封垫，应采用有色金属、聚四氟乙烯或氟橡胶材料。

4.5.7 不锈钢氢气管道最大流速应符合表 2 的规定。

表 2 氢气管道最大流速

工作压力 MPa	最大流速 m/s
0.1~1.6	15
>1.6	8

4.5.8 氢气管道穿过墙壁或楼板时，应采用套管敷设。

4.5.9 氢气管道与其他管道平行敷设时，氢气管道应布置在外侧并在上层。架空敷设时，与其他热力管道的净距应不小于 250mm。

4.5.10 氢气管道的支吊架管部应采用管夹式结构。

4.5.11 不锈钢管道不应直接与碳钢管部焊接或接触，应在不锈钢管道与管部之间设不锈钢垫板或非金属材料隔垫。

4.5.12 紧急排氢管道口径的选取，应满足当快速释放发电机内氢气的情况下，氢气在管道内的流速不超过 25m/s。

4.5.13 紧急排氢管道在现场走管布置时，管道变向尽可能放缓，以防排氢管道内形成局部过热区域。

4.5.14 供氢系统所配套的设备原则上采用开放式框架结构，以利于泄漏氢气的扩散。

4.5.15 供氢系统设备应严防泄漏，所用的仪表、阀门、管附件等零部件密封应确保良好。

4.5.16 供氢系统所配套的设备需安装于光线充足、通风良好的区域，处于防爆区域的照明应使用防爆灯具。

4.6 防雷和接地

4.6.1 氢冷发电机供氢系统的防雷，应按现行 GB 50057、GB 50058、GB/T 50064、GB 50065 的要求设置防雷、接地设施。

4.6.2 氢冷发电机供氢系统内接地类型有电气设备工作（系统）接地、保护接地、防静电接地。不同用途接地共用一个总的接地装置时，其接地电阻应符合其中最小值。

4.6.3 氢冷发电机供氢系统内的电气设备的金属外壳、金属构架、金属配线管及其配件、电缆保护管、电缆的金属护套等非带电的裸露金属部分，均应接地。设备、突出屋面的放空管均应接地，氢气设备与管道上的法兰间的跨接电阻应小于 0.03Ω，否则管道法兰、阀门等连接处应采用金属线跨接。

4.6.4 架空氢气管道，在进出建筑物处的外侧应设置可靠的接地装置。

4.6.5 要求接地的设备应设接地端子。接地端子与接地线之间，可采用螺栓紧固连接；对有振动、位移的设备和管道，其连接处应加挠性连接线过渡。

4.6.6 引入爆炸危险环境的金属管道、配线的钢管、电缆的铠装及金属外壳，均应在危险区域的进口处接地。

供氢系统电气设备均应可靠接地。

氢气排放管应设静电接地，并在避雷保护范围之内。

4.7 通风和消防

4.7.1 对于防爆区域应考虑防止氢气积聚的通风措施，在必要的设备处设置消防设施，密封油集成装置四周需安装自动喷淋灭火装置，在氢气区域设置必要的移动消防器材。

4.7.2 氢冷式发电机组的汽轮发电机厂房屋面应设置连续排氢装置，氢冷发电机组的汽机房屋面排氢装

置应按下列要求设置:

- a) 采用屋顶通风器自然排风且通风器布置在最高点时,可不另设排氢装置。
- b) 采用屋顶风机机械排风时,屋面应设置独立的自然排氢风帽,其筒体直径不应小于 300mm,且每台机组不少于 4 个。
- c) 排氢风帽应设置于发电机组上方屋面的最高点。
- d) 汽机房排风装置的通风机及电动机应为防爆式,并应直接连接。排风装置的防爆等级不低于氢气爆炸混合物的类别、级别、组别 (IICT₁),电动机的防护等级不低于 IP54。

4.7.3 防爆通风机应符合 GB 26410 和 JB 8523 中的相关要求。

4.7.4 排除、输送有燃烧或爆炸危险混合物的通风设备和风管,均应采取防静电接地措施(包括法兰跨接),不应采用容易积聚静电的绝缘材料制作。

5 供氢系统性能验收

5.1 发电机整体气密性试验 24h 漏空气量符合 JB/T 6227 中 6.2 的相关要求。

5.2 系统功能验证满足设计要求,如仪表显示及信号报警验证功能正常,紧急排氢阀操作正常动作,发电机充氢和排氢置换功能验证正常。