

团 体 标 准

T/CNS 35—2020

高温气冷堆核动力厂一回路气体 采样和分析系统设计准则

Design criteria for the primary circuit gas sampling and analyzing system of
high temperature gas-cooled reactor nuclear power plant

2020-12-31 发布

2021-04-01 实施

中国核学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统功能	1
5 系统组成、接口及范围	2
5.1 系统组成	2
5.2 接口系统	2
5.3 系统范围	2
6 安全等级和抗震类别	2
7 设计要求	3
7.1 性能要求	3
7.2 机械要求	4
7.3 辐射防护和系统布置要求	4
7.4 设备要求	5

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：清华大学核能与新能源技术研究院。

本文件主要起草人：朱江。

高温气冷堆核动力厂一回路气体 采样和分析系统设计准则

1 范围

本文件规定了球床模块式高温气冷堆(以下简称高温气冷堆)核动力厂一回路气体采样和分析系统的基本设计要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂一回路气体采样和分析系统自氦净化与氦辅助系统中采集并检测反应堆一回路氦气样品。

本文件不包括对系统的运行、维修和试验要求,除非这些内容是与系统设计直接相关的。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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/T 12519 分析仪器通用技术条件

GB/T 18403.1 气体分析器性能表示 第1部分:总则

GB/T 25923 在线气体分析仪器 技术条件

GB/T 25924 在线气体分析仪器 试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

通风柜 ventilation cabinet

对柜状结构内部实施排风的一种保护设施。

3.2

阀门支承结构 valves supporting framework

被固定在通风柜内,用于安装阀门、系统管道和流量控制装置等设备或材料的支承构架。

4 系统功能

4.1 在高温气冷堆氦净化与氦辅助系统中的主要净化设备出、入口位置合理设置取样点,采集具有代表性的样品气体。

4.2 采用间断取样的方式,用气体分析的方法,检测反应堆一回路氦气样品中, H_2 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 等7种但不仅限于该7种有可能对反应堆石墨堆芯结构造成腐蚀的气态杂质的浓度,用以了解蒸汽发生器和水冷却器可能发生的水渗漏情况,以及是否有新增的其他杂质源项。

4.3 应用气体分析的方法,检测氦净化与氦辅助系统中各主要净化设备的出、入口处样品气体的杂质浓度,进而以检测结果为依据,计算净化设备的净化效率,为确定净化设备是否需要再生提供判据。

5 系统组成、接口及范围

5.1 系统组成

5.1.1 气体分析仪器组成

本系统使用且不限于使用的气体分析仪器包括：气相色谱仪、微量水分析仪、微量氧分析仪、气体红外分析仪。

5.1.2 设备组成

本系统使用且不限于使用如下设备：通风柜、气体分析仪器机架、阀门支承结构、气体钢瓶固定支架、取样管束套管、取样管束穿墙套管、电子流量控制器。

5.1.3 阀门组成

本系统使用且不限于使用如下种类阀门进行氦气样品取样和切换：减压阀、波纹管手动截止阀、波纹管气动截止阀、两通及多通球阀、尼龙先导电磁阀及其连接阀岛。

5.2 接口系统

5.2.1 氦净化与氦辅助系统

接口位置包括：

- a) 氦净化与氦辅助系统管道引出的取样支路阀门出口端；
- b) 氦辅助系统接收本系统样品氦气的排气管道阀门的入口端。

5.2.2 一回路气体采样通风柜负压排风系统(以下简称负压排风系统)

接口位置：一回路气体采样和分析系统设备间内，与通风柜对应的排风管道入口端。

5.2.3 核岛压缩系统

接口位置：核岛压缩空气系统为本系统输送气体管道阀门出口端。

5.3 系统范围

5.3.1 系统起始管线，包括起始于氦净化与氦辅助系统与本系统物理接口的取样管线，以及起始于核岛压缩空气系统与本系统物理接口的取样管线。

5.3.2 取样管道穿过工艺房间墙壁的管束穿墙套管。

5.3.3 为完成样品气体采集、切换、预处理和气态杂质浓度检测而构建的系统管道回路和气体分析仪器、设备。

5.3.4 通风柜及柜体负压排风系统排风管道接口的蝶阀和软管。

5.3.5 系统终止管线，包括取样管道排空端、气体分析仪器出口的排空管道和本系统样品气体收集管道与氦辅助系统接收管道的物理分界点。

6 安全等级和抗震类别

本系统为非安全级、非核抗震类系统，无核质量保证要求。

7 设计要求

7.1 性能要求

7.1.1 气体分析方法

检测高温气冷堆一回路氦气样品中的 H_2 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 气态杂质浓度,检测仪器在正常工况下的检测区间应在 $0\text{ cm}^3/\text{m}^3 \sim 30\text{ cm}^3/\text{m}^3$,应用但不限于以下分析方法:

- 气相色谱法:应用放电离子化气相色谱法,检测 H_2 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO 、 CO_2 气态杂质浓度;
- 微量水分析法:应用包括硅片阻抗法、光腔衰荡光谱法、电容法检测微量水;
- 红外气体分析法:应用 CO 红外气体分析法、 CO_2 红外气体分析法检测 CO 、 CO_2 气态杂质浓度;
- 微量氧分析法:应用非消耗型电化学氧电池分析法检测氧浓度。

7.1.2 取样代表性要求

为使所取样品气体具有代表性,应遵循如下原则:

- 在工艺流体系统中,选取存在湍流的部位设置取样点,以取得混合均匀且连续、充足的样品;
- 系统管路布置在满足安全要求的情况下尽可能简单,减少死角,避免造成样品气之间的交叉污染;
- 取样点距分析仪器的距离要尽可能短,以缩短测量的滞后时间;
- 在满足管道敷设强度要求的基础上,尽可能选用标准系列管道中内径小的管道,以提高样品流速,缩短测量的滞后时间。

7.1.3 取样频度要求

本系统对各取样点的取样和检测频度至少要满足 4 次/h 的要求。

7.1.4 样品预处理要求

为满足气体分析仪器的运行条件,需要在气体分析仪器入口前的管道中,对样品气体进行预处理,要求如下:

- 取样管道用气体分析仪器检测的每一种样品,都应在仪器入口前的沿途管道内被冷却,确保样品温度符合仪器的运行要求;
- 减压:用气体分析仪器检测的每一种样品,都应在气体分析仪器入口前的管道内做减压处理,确保样品既能克服气体在输送管道内的压力损耗,又能满足气体分析仪器对样品气体入口压力的要求。

7.1.5 流量控制要求

应在进入气体分析仪器前的管道上安装流量调节装置,该装置应能够以直接观察或信号反馈方式实时反映流量调节的结果,以满足气体分析仪器对样品气体的流量要求。

7.1.6 流路切换要求

应在多个取样管道和气体分析仪器之间设置切换阀门,实现气体流路变换,将样品气体输送至满足不同检测要求的气体分析仪器。

7.1.7 对压缩空气的要求

本系统接收的压缩空气品质需满足本系统所采用气动阀门的技术规格参数中对压力、流量、湿度、悬浮颗粒物直径等参数的要求。

7.1.8 取样管道、管径的选择

选择取样管道时,考虑如下因素:

- a) 应采用内壁经过光亮处理或加工的管道,使得在输送样品气体的路径上,管道内壁尽量减少对气态杂质的吸附;
- b) 满足取样代表性要求中对提高样品气体流速的要求;
- c) 样品预处理要求中的气体冷却要求;
- d) 管道耐压和安装强度;
- e) 管道的经济性;
- f) 管道材料应选用在辐照下不易活化的材料。

综合以上因素,应选择耐压且具备安装强度,内壁经过抛光处理的小内径标准管道,管道材料不易被活化。

7.1.9 氦气循环复用要求

为减少废气排放,在系统回路的设计中,要考虑在氦气排放管道上建立复用分支管道,将复用分支管道与氦辅助系统中接收复用氦气的分系统连通,以实现一回路氦气的循环复用。

7.2 机械要求

7.2.1 取样管道应尽可能沿墙、柱、支架或天花板敷设,避免悬空,以减少管道甩击、飞射物、喷射力、下落物体、人为踩踏按压取样管道损害的可能性。

7.2.2 取样管道的敷设应尽量减少拐弯和交叉,弯曲半径不得小于管子外径的 8~10 倍。禁止夹角小于 90° 的急弯。

7.2.3 取样管道的敷设应保证这些管路不受振动、加热或应力的影响,为散热考虑,管道不保温。

7.2.4 为避免气动取样阀门关闭失效,在取样管道进入设备间后的第一道气动阀门后,应加装手动截止阀门。

7.2.5 为避免管道与管件接口处的泄漏导致对检测结果的影响,对管件、阀门的要求如下:

- a) 管件材料应与管路材料相容;
- b) 气体分析仪器入口前的氦气管路阀门应使用波纹管进行阀杆密封,阀门与管路的连接应优先采用焊接方式,次优先采用金属垫片面密封接头方式,不得使用锥螺纹密封方式;
- c) 与取样管道直接接触的吊架、夹箍、缓冲器和垫片等的材料应与管道相容,以免产生腐蚀。

7.3 辐射防护和系统布置要求

因样品气体为反应堆一回路氦气,具有放射性。为考虑运行人员的辐射防护,系统布置应符合下列要求。

- a) 在气体采样和分析系统设备间,为避免放射性气体泄漏进入室内,并增加工作人员与放射性气体之间的操作距离,将内部流动介质为一回路气体的系统管路、气体分析仪器、阀门、流量调节装置及其他辅助设备安装在通风柜内。在系统运行期间,通风柜内部应由负压排风系统保持负压气氛,负压度要求保持在 -10 Pa~-40 Pa 之间。
- b) 在气体采样和分析系统设备间内,通风柜应集中布置,相邻的两台通风柜内部空间可连通。

- c) 取样管束进入系统设备间后,在管束到达通风柜前,需要将取样管束包容在套管内。取样管束套管的内部空间需要与通风柜内部空间连通。
- d) 为减少操作人员在放射性场所的停留时间,应考虑通风柜内部可操作部件的可达性,将流量和压力调节装置、气体分析仪器和手动操作的阀门布置在便于操作的位置。
- e) 在通风柜柜门开启时刻,通风柜内部不必按照上述要求保持负压度,但仍要求负压排风系统具备组织房间内气体向通风柜内部流动的能力,保证柜门开口处的面流速不小于 0.5 m/s。为此,要限制在同一时刻开启的柜门数量。
- f) 通风柜内部系统管道和设备的布置要为设备的安装检查及维修留有适当的空间。

7.4 设备要求

7.4.1 通风柜底板与设备间地板找平找正。

7.4.2 通风柜柜门,应安装透明视窗,视窗的安装位置以方便运行人员观察柜内设备的运行状态为原则,视窗面积不小于柜门面积的 40%。通风柜柜门应可开启,以方便运行人员操作柜内设备和阀门。

7.4.3 取样管束穿墙套管要起到防火、隔离工艺房间气氛的作用。

7.4.4 取样管道在进入气体采样和分析系统设备间之前,应先行将尽量多的穿墙管接头集中在一处,以管束型式穿墙,尽量减少穿墙孔洞和取样管道贯穿件的数量。

7.4.5 系统采用的气体分析仪器应符合 GB/T 18403.1、GB/T 12519、GB/T 25923、GB/T 25924 规定的技术要求。

7.4.6 为保持通风柜内部负压度在预定范围内,并防止因通风柜内部负压度过高而损坏柜体、柜门或其他通风柜部件,通风柜外壁上要留有补风狭缝,每台通风柜狭缝面积总和不少于该通风柜负压排风口面积的 70%。

中国核学会
团体标准
高温气冷堆核动力厂一回路气体
采样和分析系统设计准则

T/CNS 35—2020

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

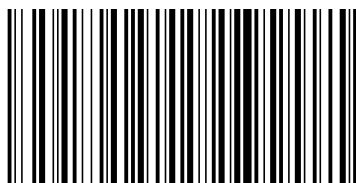
*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 18 千字
2021年8月第一版 2021年8月第一次印刷

*

书号: 155066·5-3473 定价 16.00 元

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)68510107



T/CNS 35-2020



码上扫一扫 正版服务到