

团 体 标 准

T/CNS 25—2020

高温气冷堆核动力厂控制棒驱动机构 设计准则

Design criteria for control rod drive mechanism 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 功能要求	2
5 性能要求	2
6 环境条件要求	3
7 材料要求	4
8 结构强度要求	4
9 电气要求	4
10 在役检查和定期试验要求	4
11 经济性要求	5
12 设计验证	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：闫贺、李天津、刁兴中。

高温气冷堆核动力厂控制棒驱动机构 设计准则

1 范围

本文件规定了球床模式高温气冷堆(简称高温气冷)核动力厂控制棒驱动机构的设计要求。
本文件适用于高温气冷堆核动力厂电机驱动链条起重式控制棒驱动机构的设计。

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 36044—2018 核电厂安全重要电气设备鉴定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

控制棒驱动机构 **control rod drive mechanism**

在控制系统指令下,通过电机驱动控制棒实现对反应堆反应性控制的机电装置。实现反应堆的启动、功率调节、功率保持、正常停堆和事故停堆。

注:包括机械部件(含承压壳、主减速器、环链机构、磁阻尼器、碟簧减震器等)和电气部件(含电气贯穿件、电机、限位装置、棒位指示器等)。

3.2

承压壳 **pressure boundary**

控制棒驱动机构的上密封筒、屏蔽密封筒、转向件为钢制压力容器,统称为承压壳,与电气贯穿件一起构成一回路压力边界的一部分。

3.3

环链机构 **chain-sprocket unit**

链轮和传动链条以及相关导向、保护等机械部件,其中链条的一端与控制棒的顶部连接,在链轮的带动下,实现对控制棒的提升和下降,链条的长度与控制棒的行程匹配。

3.4

限位装置 **limit protection unit**

控制棒达到上、下行程终端时给出信号指示的部件。

注:信号指示包括上限位开关和下限位开关。

3.5

磁阻尼器 **magnetic damper unit**

涡流盘在磁场中旋转,利用涡流效应产生阻尼力矩的部件,用于限制控制棒落棒速度。

3.6

碟簧减震器 spring shock absorber unit

链条的另一端连接着碟簧缓冲器,控制棒下落至孔道最底部时,链条被完全拉出,控制棒的冲击力和重力将压缩碟簧,落棒动能被缓冲器吸收。

4 功能要求

控制棒驱动机构应与高温气冷堆安全特性及堆本体设计相适应,安装于反应堆压力容器顶盖上,能够按照反应堆功率控制系统指令带动控制棒在反应堆侧反射层孔道内上下移动或在指定位置保持,实现反应堆的启动、功率调节、功率保持和正常停堆。

断电后,驱动机构应在控制棒及链条重力驱动下落棒,在阻尼器或电机阻尼作用下使控制棒缓速下降至指定位置,实现事故停堆。

控制棒驱动机构承压壳及电气贯穿件应具有保持一回路压力边界完整性及密封性的功能,泄露率在一回路总体密封要求范围内。

5 性能要求

5.1 设计温度

设计温度不低于反应堆正常运行工况及预计运行事件下控制棒驱动机构所能达到的最高温度。

5.2 设计压力

承压壳和电气贯穿件的设计压力应与反应堆压力容器保持一致。

5.3 提升载荷

控制棒驱动机构的实际载荷至少应包括控制棒重量、链条重量、阻尼器阻尼力以及系统中摩擦副的摩擦阻力。控制棒驱动机构载荷提升能力应不少于 3 倍实际载荷。

5.4 控制棒行程

控制棒行程应依据反应堆物理设计确定,并考虑适当的设计余量。

上限位开关、下限位开关应包络控制棒行程,触发精度应满足反应性控制要求。

5.5 控制棒速度

控制棒驱动机构带动控制棒的移动速度应满足反应性控制和保护系统的要求。

5.6 棒位测量

棒位指示器应能在全行程范围内动态跟随给出控制棒在堆内实际位置。棒位测量精度应满足反应性控制的要求。

5.7 设计寿命

驱动机构设计寿命要求如下:

- a) 驱动机构承压壳设计寿命与反应堆压力容器设计寿命相同。

- b) 驱动机构运行寿命是指电站寿期内驱动机构功能不丧失所应达到的控制棒的累积行程及落棒次数,以设计验证试验的方法确定,其设计验证值应不少于电站寿期内控制棒累积行程和落棒次数预期值的两倍,否则允许在实际堆上累计运行行程达到设计验证值一半即应予以更换;电站寿期内控制棒累积行程和落棒次数的预期值应依据电站的可利用率、功率调节范围、控制棒行程及反应堆各类事故频率等进行保守估算。
- c) 对于热老化或辐照老化寿命难以达到电站寿期的电气部件,可以作为易损件进行定期更换,但其寿期应不小于两次反应堆大修周期。电气部件的热老化和辐照老化寿命,按照 GB/T 36044—2018,同样以设计验证试验的方法进行。

5.8 机械结构设计要求

5.8.1 一般要求

控制棒驱动机构应运行平稳,无异常噪声,执行提棒、降棒和保持动作时应准确无误,不允许有提不起、降不下或卡棒等异常现象;当控制棒保持在指定位置时,不应因外力扰动或重力作用而滑动;在反应堆事故工况下应能断电下降控制棒;控制棒驱动机构应具有在预计寿期内长期连续运转的能力。

控制棒驱动机构应设计紧凑,布置满足反应堆总体设计要求。

控制棒驱动机构应设计成在给定空间内可以单台拆装,便于成套检修、更换。

控制棒和驱动机构应采用可靠的可拆连接,连接和脱开应操作方便。

5.8.2 失电安全

应采用故障(失电)安全设计原则,控制棒以能动手段保持在堆芯上方,在能动保持手段失去动力供应时,控制棒在重力的驱动下带动控制棒驱动机构降棒,落入堆芯,完成事故停堆等功能。

落棒时间应满足反应性控制和保护系统的要求。

5.8.3 缓冲设计

控制棒驱动机构应进行可靠的缓冲设计,以有效吸收事故落棒动能,在满足事故停堆的前提下,对事故落棒最高速度应做限制,减轻对驱动机构的冲击。

5.8.4 抗震能力

在运行安全地震动期间,控制棒驱动机构应能正常运行,包括控制棒提升、下降、保持和执行停堆功能。

在极限安全地震动期间,控制棒驱动机构应能执行规定的停堆功能。

驱动机构在运行安全地震动和极限安全地震动工况后均应保持结构完整。

6 环境条件要求

控制棒驱动机构的设计需考虑工作温度、压力、介质、辐照等因素。

控制棒驱动机构承压边界内部件,处于高温高压的高纯氦气介质中,并需考虑石墨粉尘的影响。

辐照剂量应参照反应堆正常运行工况控制棒驱动机构设计寿期累积辐照剂量。

7 材料要求

7.1 金属材料

控制棒驱动机构中所用的金属材料应考虑反应堆冷却剂腐蚀、高温、机械和辐照等方面的影响,应限制钴等易活化长半衰期元素的含量,除钴基合金外其他所用材料中最大钴含量应小于 0.10%。

7.2 其他材料

电气部件材料的绝缘性能、耐温性能和耐辐照性能应与电气部件的设计相适应。

控制棒驱动机构各摩擦副之间应采用无油润滑技术,不得玷污堆内氦气环境;摩擦副的磨损在氦气环境和预计寿期内应满足一合理限值。

8 结构强度要求

8.1 承压壳设计准则

承压壳为承压部件,其结构设计分析方法与压力容器分析方法一致。

8.2 非承压部件设计准则

控制棒驱动机构非承压部件,如链条等,最大许用应力值不超过设计温度下屈服强度的 2/3。

长期工作在高温环境的非承压部件,应考虑高温蠕变的影响,其变形不应影响安全落棒,不允许有断裂性损坏。

9 电气要求

电气部件应设计成便于检查和更换的单一完整结构。更换时间间隔应小于其所用绝缘材料的老化周期,有设计寿期的电气部件按设计寿期进行更换,设计寿期应不少于两个反应堆大修周期。

电气部件采用的金属材料、绝缘材料和密封材料应有适当的耐高温、耐腐蚀、耐辐照性能,并考虑高温、高压、氦气环境下的特殊性及其石墨粉尘的可能影响。

电机、棒位指示器、限位装置等一回路内电气部件宜考虑冗余设计。

电气部件的电源电压、频率、功率等应与供电系统相适应。

电气部件应满足电磁兼容要求。

非标电气部件应通过型式试验或鉴定。

10 在役检查和定期试验要求

控制棒驱动机构设计需满足定期试验和在役检查要求。

需对定期试验和在役检查设置检查指标,如棒位、落棒时间、电气绝缘等,并规定各项定期试验,以保证控制棒驱动机构在其寿期内能满足预期的功能要求。承压壳在役检查应与一回路压力边界在役检查相匹配。

11 经济性要求

控制棒驱动机构设计应考虑经济性要求。

设计宜采用成熟、标准化的产品；经设备鉴定或工程验证后的非标设备应标准化。

12 设计验证

控制棒驱动机构应通过鉴定，鉴定项目应不少于以下内容：

- a) 对于承压部件安全可靠性及寿期可通过计算分析评定；
 - b) 对于零部件的鉴定，如电机、减速器、轴承、以及材料等，可执行适当的型式试验大纲开展加速老化试验，以验证该部件、材料在规定的条件下长期工作的可靠性；
 - c) 控制棒驱动机构样机应通过冷态性能试验、热态性能试验、热态寿命试验和抗震试验。
-

中国核学会
团体标准
高温气冷堆核动力厂控制棒驱动机构
设计准则

T/CNS 25—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

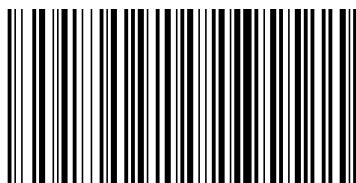
*

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: 155066·5-3461 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 25-2020



码上扫一扫 正版服务到