ICS 27.120.20

CCS F 65

**T**

高温气冷堆核动力厂

碳堆芯支承结构设计准则

Design criteria for carbon core support structures for high-temperature gas-cooled reactor power plants

|  |
| --- |
| 征求意见稿 |
|  |

XXXX - XX - XX发布

中国核学会   发布

中国核学会团体标准

1. T/CNS XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

1. XXXX - XX - XX实施

目  次

[前言 II](#_Toc199422898)

[1 范围 3](#_Toc199422899)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc199422900)

[3 术语和定义 3](#_Toc199422901)

[4 安全分级和质量等级 3](#_Toc199422902)

[5 功能要求 3](#_Toc199422903)

[6 材料 4](#_Toc199422904)

[7 设计 4](#_Toc199422905)

[8 结构设计，制造与安装 5](#_Toc199422906)

[9 与其他结构的接口 6](#_Toc199422907)

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、中核能源科技有限公司。

本文件主要起草人员：史力、孙立斌、周俊杰、阎慧杰、汪垠、易亚楠。

高温气冷堆核动力厂

碳堆芯支承结构设计准则

# 范围

本文件规定高温气冷堆核碳堆芯支承结构在设计时的安全分级和质量等级、功能要求、材料、设计、结构设计、制造与安装、与其他结构的接口等。

本文件适用于高温气冷堆陶瓷堆芯支承结构的设计。

# 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

# 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

# 安全分级和质量等级

## 4.1 安全等级

碳堆芯支承结构为安全相关级部件。

## 4.2 质量保证等级

碳堆芯支承结构为质量保证2级（QA2）。

## 4.3 抗震类别

碳堆芯支承结构为抗震I类部件。

# 功能要求

碳堆芯支承结构应具备以下主要功能：

a)作为热绝缘层；

b)作为中子屏蔽层，减弱热中子注量率以便降低对金属堆芯支承结构和压力容器的活化水平；

c)支承石墨堆芯支承结构和球床堆芯，传递压力容器和石墨堆芯支承结构之间的作用载荷；

d)在停堆过程中，作为传热的路径；

e)在碳堆芯支承结构内保有多种开孔以便通过控制棒孔道，吸收球孔道，中子源孔道，燃料球供球管，燃料球卸球管和热气导管。

# 材料

碳堆芯支承结构的材料应满足《高温气冷堆核动力厂碳和含硼碳材料技术要求》。

# 设计

## 7.1 载荷

碳部件在以下场景中应承受相应载荷：

a)安装和运行过程中，自身的重力载荷及作用于其自身和周围其他部件的机械载荷；

b)由于稳定温度场和瞬变温度场所产生的热载荷；

c)由于地震力产生的载荷。

## 7.2 载荷分级

7.2.1 本节规定了采用概率法进行分析和评价时对载荷分级的一般要求，对反应堆不同工况下的各类载荷进行分级应符合本节中的规定。

7.2.2 A级载荷

7.2.2.1石墨堆芯支承结构在下列载荷状态下所承受的名义载荷称为A级载荷：

a)正常运行；

b)异常运行；

c)试验状态；

d)在整个反应堆寿期内预计发生次数N＞1的事故状态。

7.2.2.2在A级载荷条件下，应保证反应堆碳部件的功能在整个反应堆寿期内运行的安全性。

7.2.3 B级载荷

7.2.3.1石墨堆芯支承结构在下列载荷状态下所承受的名义载荷称为B级载荷：

a)在整个反应堆寿期内预计发生次数N<1的事故状态；

b)假想事故状态或过程。

7.2.3.2在B级载荷条件下，应保证结构的完整性，以使反应堆安全停堆和安全排出余热。

7.2.3.3在出现一个B级载荷之后，反应堆不应再继续运行。若要继续运行，应通过计算或适当的检查，必要时更换某些有关部件，以保证在事故之后反应堆仍保持安全性。

## 7.3 限制规定

7.3.1根据概率论的分析方法给出质量安全等级和限制载荷级别为A和B条件下的失效概率。碳堆芯支承结构失效概率的规定限值如表1所示。

表1 碳堆芯支承结构失效概率的规定限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 质量安全等级 | A级限制 | B级限制 |
| I | 0.0001 | 0.001 |
| II | 0.0001-0.01a | 0.05 |
| III | 0.01 | 0.05 |

a 0.0001 是对运行初期，0.01是对运行末期。

7.3.2根据碳堆芯支承结构功能性的要求，在正常运行条件和事故条件下，碳堆芯支承结构的部件的配合尺寸应避免产生过盈。同时，应避免温度作用下出现变形过大而导致部件的挤压，从而导致在部件上产生过大的应力。

# 结构设计，制造与安装

## 8.1 结构设计

碳堆芯支承结构在设计时的要求：

1. 碳部件上作用的机械载荷应以压应力未注，避免受拉应力作用；
2. 不应妨碍相邻块之间位移差的补偿；
3. 材料的结构变形不应影响结构的稳定性；
4. 碳结构内部位移和缝隙的积累应限制在允许值的范围内，避免在局部形成过大的缝隙；
5. 单个构件失效时不应影响整体结构的连结，不应损害反应堆运行的安全性；
6. 构件上所开槽孔的内角都应进行倒圆，以防局部产生过大的应力集中而导致破坏；
7. 各部件的设计应方便其制造、安装，并充分兼顾经济性要求；
8. 各部件的设计应为反应堆寿期末拆卸提供可能；
9. 结构设计应为制造和安装过程中的检查提供可能。

## 8.2 制造与安装

设计方应提供结构设计的图纸和技术条件，包括设备规格书、各种技术要求和制造安装要求，为碳堆芯支承结构制造和安装提供依据。

# 与其他结构的接口

## 9.1 与石墨堆芯支承结构

碳堆芯支承结构和石墨堆芯支承结构的连接应保持结构完整性，实现机械载荷的传递。

## 9.2 与金属堆芯支承结构

9.2.1碳堆芯支承结构和金属堆芯壳之间的间隙大小应适当，既实现有效的限位又能避免产生过大的挤压应力。

9.2.2碳堆芯支承结构和金属支承板之间的热膨胀差应通过正确的结构设计进行补偿。