团 体 标 准

T/CNEA XXX-202X

代替T/CNEA XXX-202X

压水堆乏燃料干式贮存设施专用混凝土技术规范

Technical specification for concrete of PWR spent fuel dry storage facility

**（征求意见稿）**

XXXX-XX-XX发布 XXXX-XX-XX实施

**中国核能行业协会 发布**

中国核能行业协会（China Nuclear Energy Association，CNEA）是经国务院同意、民政部批准设立的全国性非营利社会团体，成立于2007年4月18日。协会的中心任务是做好政府与会员单位之间、会员单位之间、国内与国际之间的沟通与交流，维护全行业和会员的合法权益，向政府建言献策，为企业排忧解难，努力发挥桥梁和纽带作用。制定中国核能行业协会团体标准（以下简称：核协团标），以满足我国核能行业标准化发展市场需求为导向，为核能行业和相关社会事业提供行业领先的标准化服务，是中国核能行业协会的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订核协团标的建议并参与有关工作。

核协团标按《中国标准化协会标准管理办法》进行制定和管理。

核协团标草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的3/4以上的专家、成员的投票赞同，方可作为核协团标予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国核能行业协会，以便修订时参考。

本标准版权为中国核能行业协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国核能行业协会文字上的许可外，不许以任何形式复制该标准。

中国核能行业协会地址：北京市海淀区西三环北路72号世纪经贸大厦B座28层。

固话：010-88305833 传真：010-88305800

网址：http://www.china-nea.cn 电子信箱：cnea\_standard@vip.163.com

目 次

[目次 II](#_Toc65844563)

[前言 III](#_Toc65844564)

[引言 IV](#_Toc65844565)

[1 范围 1](#_Toc65844566)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc65844567)

[3 术语和定义 1](#_Toc65844568)

[4 基本规定 1](#_Toc65844569)

[5 原材料要求 2](#_Toc65844570)

[6 配合比设计 2](#_Toc65844571)

[7 施工及验收 3](#_Toc65844572)

[A.1 范围 6](#_Toc65844573)

[A.2 仪器设备 6](#_Toc65844574)

[A.3 试件的尺寸、数量及评定 6](#_Toc65844575)

[A.4 试验方法 6](#_Toc65844576)

[B.1 范围 7](#_Toc65844577)

[B.2 仪器设备 7](#_Toc65844578)

[B.3 试件的尺寸、数量及评定 7](#_Toc65844579)

[A.4 试验方法 7](#_Toc65844580)

前 言

本标准依据 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》的规则编写。

本标准起草单位：江苏核电有限公司、上海核工程研究设计院有限公司、上海建筑科学研究院有限公司、中国原子能科学研究院。

本标准起草人：石岭、魏国军、勾鸿量、马旭东、管玉峰、杨晓强、王伟、崔敏、葛鸿辉、余克勤、程书剑、王琼、韩建军、於林锋、樊俊江、沈贵阳、孙丹丹、张亚东、蔡光博、于加培、郭玥。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，中国核能行业协会不负责对任何该类专利的鉴别。

本标准为首次发布。

引 言

本规范规定了乏燃料干式贮存设施专用混凝土的基本规定、原材料要求、性能要求、配合比设计要求、施工及验收等要求。

压水堆乏燃料干式贮存设施专用混凝土技术规范

1. 范围

本规范规定了乏燃料干式贮存设施专用混凝土的基本规定、原材料要求、性能要求、配合比设计要求、施工及验收等要求。

本规范适用于压水堆乏燃料干式贮存设施专用混凝土的设计、施工、质量控制于验收。

在专用混凝土的设计使用中，除执行本规范以外，应符合国家现行相关标准的规定。

1. 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，仅所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。

YB/T 4252 耐热混凝土应用技术规程

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准

JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

**专用混凝土 concrete**

专用混凝土是用于压水堆乏燃料干式贮存设施的混凝土材料，具有优越的耐高温、耐辐照性能，以及优越的力学性能、工作性能、物理性能、化学性能和耐久性能。

**耐高温性能 performance of anti-high temperature**

专用混凝土在高温作用之后还能保证具有一定的残余强度且不出现贯穿性裂缝的能力。

**耐辐照性能 performance of anti-radiation**

专用混凝土在收到辐照之后还能保证具有一定的残余强度且不出现贯穿性裂缝的能力。

**残余强度 residual strength**

专用混凝土经过标养、烘干、加热到规定温度，自然冷却到常温，并经过规定剂量辐照之后的实测立方体抗压强度。

1. 基本规定

专用混凝土必须具有设计要求的强度等级、耐高温性能、耐辐照性能以及其他规定的性能，在设计使用年限内必须满足结构承载和正常使用的功能要求。

应根据项目具体需求，进行耐高温性能、耐辐照性能和其他性能的设计。

专用混凝土应该具有较长的耐久性，满足乏燃料贮存对于超长工作年限的要求。

机械性能：包括抗压强度、劈裂抗拉强度、动弹性模量。

物理性能：包括密度、干缩、氮气渗透率、IIID环境下氯离子扩散系数。

抗冻性能：包括抗冻耐久性指数。

化学稳定性：包括抗硫酸盐侵蚀、碳化深度。

耐辐照性能：经过中子辐照、伽玛辐照之后，混凝土残余强度仍能满足要求。

耐高温性能：高温作用之后，混凝土残余强度仍能满足要求。

1. 原材料要求

一般规定

混凝土原材料尽量采用满足要求的地材。

胶凝材料

各种胶凝材料应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175的相关规定。

掺合料

作为掺合料的粒化高炉矿渣粉及粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣》GB/T 18046、《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的相关规定。

骨料

考虑专用混凝土的耐高温要求，骨料可采用玄武岩、安山岩、辉绿岩、花岗岩等火成岩。

骨料最大粒径不宜大于31.5mm，级配应采用连续级配。

外加剂

专用混凝土宜加入一些非引气型外加剂。外加剂的质量应符合《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规程》GB 50119的规定。

拌合用水

专用混凝土的拌合水与养护水质量要求应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

1. 配合比设计

专用混凝土设计根据强度等级、耐高温、耐辐照等性能以及可施工性参照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55，以试验确定。

胶凝材料在满足设计强度、可施工性等条件下，宜减少用量，水泥用量不宜大于400kg/m3。

配制专用混凝土时，宜掺加适量外加剂，减少用水量。

粗骨料粒径宜选用5mm~31.5mm连续级配；细骨料宜选用中砂，其细度模数宜大于2.3，含泥量不应大于1%；砂率宜选用40%~60%。

1. 施工及验收

原材料

进场原材料应具有质量证明文件并按照现行相关标准进行复检。

各种原材料应有固定的堆放地点和明确的标志，标明材料名称、品种、生产厂家和生产日期。堆放时应有分界标志。

袋装粉状材料（水泥、粉煤灰）应防潮。

液体胶凝材料和外加剂应防止沉淀和分层。

袋装粉状材料及液体胶凝材料和外加剂的储存期应遵守国家现行相关标准的规定。

拌制

专用混凝土的拌制应使用强搅拌机。

专用混凝土拌和必须按照试验部门签发并经审核的混凝土配料单位进行配料，严谨擅自更改。

专用混凝土拌制生产前，应按批准的混凝土施工配合比进行最佳投料顺序和拌和时间的试验。

专用混凝土组成材料的配料均以重量计。称量的允许偏差，不应超过表1的规定。

**表1 原材料的计量允许偏差**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原材料种类 | 胶凝材料 | 水 | 外加剂 | 掺合料 | 骨料 |
| 每盘计量允许偏差/% | ±1 | ±1 | ±2 | ±2 | ±2 |

专用混凝土在拌制时，按照《预拌混凝土》GB 14902执行。

生产过程中每班记录应齐全，包括专用混凝土的搅拌时间、品种、数量和应用的工程部位等。

运输

运输专用混凝土的车辆、容器必须将杂物和水清理干净。

运输过程中不应发生分层、离析、漏浆、泌水，严禁加水。

采用混凝土混凝土罐车运输专用混凝土时，整个运输过程直至卸料浇筑结束的时间不应超过专用混凝土的初凝时间。

浇筑

专用混凝土拌合物入模温度，宜控制在5~35℃。

浇筑前应检查模板及其支架、钢筋及其保护层厚度、预埋件等的位置和尺寸，确定正确无误后，方可进行浇筑。

运抵现场的混凝土坍落度不能满足施工要求时，可采取经试验确认的可靠方法调整坍落度。

专用混凝土的浇筑分层厚度，应根据拌和能力、运输能力、浇筑速度、气温及振捣器的性能等因素确定。

分层浇筑时，应注意使上下层专用混凝土一体化，应在下一层混凝土初凝前将上一层混凝土浇筑完毕，在浇筑上层混凝土时，宜将振捣器插入下一层混凝土50mm~100mm左右以便形成整体。

浇筑应保持连续性，间歇时间应通过试验确定。

施工缝处理，应符合下列规定：

* 抗压强度尚未到达2.5MPa前，不得进行下道工序。
* 施工缝面应无乳皮，微露粗砂。
* 当需要做毛面处理时，宜采用25MPa~50MPa高压水冲毛机，也可采用低压水、风砂枪、刷毛机及人工凿毛等方法。毛面处理的开始时间由试验确定。

膨胀缝的宽度、间距、部位和填充材料等应符合设计要求。

养护

专用混凝土浇筑完毕，在其终凝后即应进行妥善的养护，避免急剧干燥，温度急剧变化，振动以及外力的扰动。

浇筑完毕后，专用混凝土采用覆盖、洒水、喷雾或铺设薄膜等养护措施。

冬期施工时应采用塑料薄膜和保温材料进行保温养护，不得向裸露部位的混凝土直接浇水养护。

质量验收

专用混凝土施工质量验收应参照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204中的相关规定执行。

专用混凝土试块的制作、养护方法和强度等级按照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081执行。

专用混凝土坍落度按照《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB 50080规定的方法检验，允许偏差按照表2执行。

**表2 坍落度运行偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 规定值/mm | <100 | ≥100 |
| 运行偏差值/mm | ±10 | ±20 |

专用混凝土的检验项目和技术要求，见表3（待讨论）。

**附录 A 专用混凝土耐高温性能试验方法**

**A.1 范围**

本规范规定了专用混凝土耐高温性能的试验方法、使用的设备、试样、试验步骤和结果判定。

**A.2 仪器设备**

1、高温箱型电阻炉的温度量程≥1000℃，箱式炉的炉膛尺寸宜≥180mm×200mm×500mm，能保证规定的升温速率均匀升温。

2、电热恒温干燥箱

能满足110℃±5℃烘干试样水分的要求。

3、压力试验机

量程0~1000kN，精度一级。

**A.3 试件的尺寸、数量及评定**

1、试件的尺寸100mm×100mm×100mm

2、选棱角完整，没有裂纹的同一配比，同一批号，抽检批每100m3专用混凝土为一批，不足100m3亦为一批，大体积准用混凝土每200m3为一批，或参照相应规范。没检验批为三组，包括强度等级、烘干强度和残余强度。

3、检测项目包括：专用混凝土强度等级、烘干强度、残余强度。

**A.4 试验方法**

1、专用混凝土强度等级：按照GBJ 107的标准进行取样、制作、养护、检验和强度等级评定。

2、烘干强度：经标养后的试块，置于电热恒温干燥箱中，保持110℃±5℃下烘干24小时，冷却至室温，然后试压一组，按照A.0.3规定评定烘干强度。

3、残余强度：经烘干后的试块置于箱式电炉中加热，按平均2℃/min~3℃/min匀速升温至设定温度，恒温至设计要求的时间后，自然冷却至室温，立即送压，并按照A.3规定评定专用混凝土的残余强度。

4、性能评定：测得的残余强度要符合设计的要求，且试块表面完整并且未出现贯穿性裂纹，说明专用混凝土具有良好的耐高温性能。

**附录 B 专用混凝土耐辐照性能试验方法**

**B.1 范围**

本规范规定了专用混凝土耐辐照性能的试验方法、使用的设备、试样、试验步骤和结果判定。

**B.2 仪器设备**

1、工程试验堆：可以进行中子和伽玛辐照试验，辐照介质为去离子水，辐照试验温度不大于100℃。

2、压力试验机

量程0~1000kN，精度一级。

**B.3 试件的尺寸、数量及评定**

1、试件的尺寸100mm×100mm×100mm

2、选棱角完整，没有裂纹的同一配比，同一批号，抽检批每100m3专用混凝土为一批，不足100m3亦为一批，大体积准用混凝土每200m3为一批，或参照相应规范。没检验批为三组，包括强度等级、烘干强度和残余强度。

3、检测项目包括：专用混凝土强度等级、辐照之后残余强度、辐照前后的混凝土试块尺寸。

**A.4 试验方法**

1、尺寸测量：对入堆辐照前、辐照后的混凝土试块进行尺寸测量。

2、抗压性能试验

进行辐照前、辐照后混凝土试块抗压试验，对比辐照前、后数据，计算强度损失值。

3、裂缝观察

进行辐照前、辐照后混凝土试块裂缝肉眼观察，辐照后的混凝土试块应该不出现肉眼可见明显裂缝。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_