

低、中水平放射性废物高完整性混凝土容器 应用技术规程

Specification of Concrete High Integrity Container for
Low-and-Intermediate Level Radioactive Solid Wastes

T/CECS XXXX—202X

（征求意见稿）

主编单位：

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020年第一批标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2020〕第14号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外和国内先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分7章和2个附录，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、工程设计、混凝土工程、质量检验、处置工程、本文件用词说明、引用标准名录等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会工业固废资源化与生态修复专委会归口管理，由主编单位中国建筑材料科学研究总院有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑材料科学研究总院有限公司（地址：北京市朝阳区管庄东里1号，邮政编码：100024）。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

目 次

| | |
|---------------|----|
| 前 言 | 1 |
| 1 总则 | 1 |
| 2 术语 | 2 |
| 3 基本规定 | 3 |
| 4 工程设计 | 4 |
| 5 技术性能 | 7 |
| 6 施工与养护 | 10 |
| 7 质量检验 | 14 |
| 本文件用词说明 | 15 |
| 引用标准名录 | 16 |
| 条文说明 | 17 |

1 总则

1.0.1 为满足低、中水平放射性废物的处理、贮存、转运、运输和处置的要求，促进低、中水平放射性废物高完整性混凝土容器的应用，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于低、中水平放射性废物高完整性混凝土容器的工程设计、生产与检验及容器质量验收等。

1.0.3 低、中水平放射性废物高完整性混凝土容器除应符合本规程规定外，还应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 高完整性混凝土容器 high integrity concrete container

在预期 300 年以上的寿命内，能够有效包容其中盛装的低、中水平放射性固体废物的混凝土容器。

2.0.2 低、中水平放射性废物 low-and-intermediate level radioactive solid wastes

符合“环境保护部、工业和信息化部和国家国防科技工业局联合公告‘关于发布《放射性废物分类》的公告’(公告 2017 年第 65 号)”《放射性废物分类》中，低、中水平放射性废物类别和限值规定的废物。

2.0.3 孔隙率 porosity

多孔物体内部的孔隙体积和物体总体积之比。

2.0.4 砂表面 sandy surface

混凝土容器表面凹凸度不超过 2mm 的缺陷，如外表面上的麻面、掉皮、起砂和坑凹。

2.0.5 空洞 cavity

在混凝土容器结构的表面或内部，深度或长度超过 2mm 的坑凹、气泡、孔穴等未填满的空间。

2.0.6 缺口 exterior defect

混凝土容器表面在制作或搬运过程中因机械外力造成的缺棱、掉角和局部缺损等。

2.0.7 相容 compatibility

两种及两种以上物质相互接触，不会引起不良理化反应的现象。

2.0.8 B 型货包 B type package

满足 GB 11806 要求的 B(U)型货包和/或 B(M)型货包。

2.0.9 C 型货包 C type package

满足 GB 11806 要求的 C 型货包。

3 基本规定

3.0.1 高完整性混凝土容器在长期贮存或最终处置条件下，对放射性内容物能够保持 300 年以上的包容性能。

3.0.2 高完整性容器的结构应考虑方便搬运、堆码和防止表面积水。

3.0.3 高完整性混凝土容器按外形分为桶型容器和箱型容器。

3.0.4 作为运输容器使用时，还应满足《放射性物品安全运输规程》GB 11806 的要求，可增设减震装置。

4 工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 在长期贮存或最终处置条件下，高完整性混凝土容器对放射性内容物具有300年以上的包容性能。

4.1.2 高完整性混凝土容器的型号、规格和尺寸应尽量标准化、系列化。高完整性混凝土容器应与其盛装的内容物、密封材料及其所处的环境(如温度、湿度、压力、腐蚀性介质、辐射场、阳光照射)相容。

4.1.3 高完整性混凝土容器的结构应考虑方便搬运、堆码和防止表面积水。混凝土容器应设置供专用吊具用的预埋件，必要时，也可以设置叉车搬运的结构，以保证吊装和搬运作业的安全、方便，并尽量缩短有关作业人员的操作时间。

4.1.4 高完整性混凝土容器中设置的预埋件不应降低容器的辐射屏蔽性能和导致贯穿性裂缝的形成。

4.1.5 高完整性混凝土容器的设计、制造、试验和使用的质量保证应符合《放射性物质运输包装质量保证》GB/T 15219 规定。

4.2 构造设计

4.2.1 根据外形的不同，高完整性混凝土容器分为桶型混凝土容器和箱型混凝土容器。根据密封型式不同，混凝土容器分为预制盖密封和浇注盖密封。密封材料用于配合高完整性混凝土容器的结构形式对混凝土容器进行密封。

4.2.2 混凝土桶型容器结构可根据需要设计，可带内衬或顶盖，也可与钢系列容器或专用支架配套。底部和顶部的屏蔽性能不得低于桶壁的屏蔽性能。

4.2.3 用户可根据需要采用其他规格和尺寸的高完整性混凝土容器，但其性能应满足本文件规定的强制性要求。

4.2.4 桶型混凝土容器的规格型号见表 4.2.4，结构示意图见图 4.2.4。

表 4.2.4 桶型混凝土容器规格型号

| 型号 | 有效容积 (m ³) | 内径 | | 内高 (mm) | 壁厚 (mm) | 同轴度 (mm) | 额定质量 (t) |
|------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | | 桶底 (mm) | 桶顶 (mm) | | | | |
| CED I-G/Z | 0.26 | 630±2 | 630±2 | 940±2 | 100±2 | ±3 | 1.5 |
| CED II-G/Z | 0.60 | 750±2 | 840±2 | 1150±2 | 150±2 | ±3 | 3.1 |

注 1: I 型为适于放置标准 200L 金属桶，II 型为适于放置标准 400L 金属桶；

2: G 为预制盖, Z 为浇注盖;
 3: 混凝土容器尺寸及壁厚为推荐值。

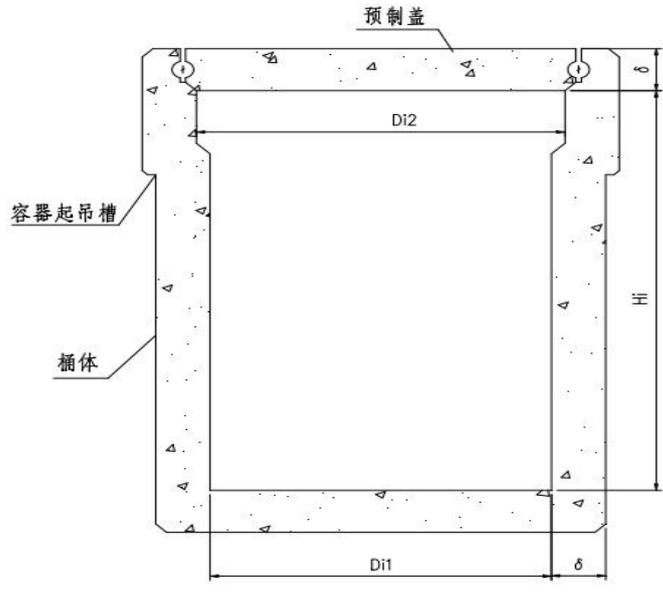


图 4.2.4 桶型混凝土容器结构示意图

4.2.5 箱型混凝土容器的规格见表 4.2.5, 结构示意图见图 4.2.5。

表 4.2.5 箱型混凝土容器规格

| 型号 | 有效容 积(m ³) | 内径 | | | 壁厚 (mm) | 对角线长 度差 (mm) | 额定 质量 (t) |
|---------|---------------------------|--------|--------|--------|------------|--------------------|-----------------|
| | | 长 (mm) | 宽 (mm) | 高 (mm) | | | |
| CEB I-G | 1.95 | 1300±2 | 130±2 | 1150±2 | 150±1 | ±4 | 7.5 |
| CEB I-Z | 1.95 | 1300±2 | 130±2 | 1150±2 | 150±1 | ±4 | 7.5 |

注 1: I 型可放置 4 个标准 200L 金属桶; 2: G 为预制盖, Z 为浇注盖; 3: 混凝土容器尺寸及壁厚为推荐值; 4: 对角线长度差值是混凝土容器同一平面内两对角线差的绝对值。

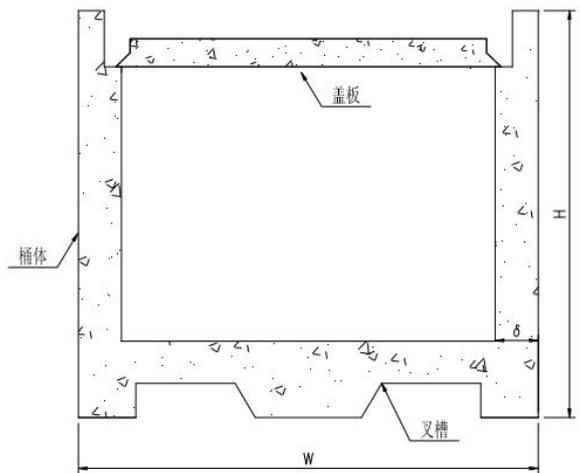


图 4.2.5 箱型混凝土容器结构示意图

4.2.6 预制盖密封是在混凝土容器制造厂采用与混凝土容器体相同的材料预先制

作容器盖。在混凝土容器装入废物后,用密封材料将容器盖与容器体固定和密封。浇注盖密封是在混凝土容器制造厂仅制作容器体,在混凝土容器装入废物后,将与制作混凝土容器体相同的混凝土材料浇注到混凝土容器上部空间,混凝土凝固后形成容器盖实现对混凝土容器的密封。

4.2.7 混凝土容器体的结构形式应保证在整备、转运和运输中浇注盖和预制盖不脱落、不损坏,能满足整个混凝土容器对内容物的包容性和耐久性要求。

5 技术性能

5.1 混凝土拌合物

5.1.1 混凝土配比应满足《普通混凝土配合比设计规程》JGJ/T 55 规定的相应类型混凝土的配比设计要求，以保证混凝土达到结构设计所规定强度等级和性能，并满足施工要求。

5.1.2 混凝土拌合物应具有良好的和易性，水泥浆应均匀包裹骨料，不得出现离析、泌水现象。

5.1.3 浇筑容器桶身、盖体的同时，制作硬化混凝土质量检验用试件。

5.2 硬化混凝土

5.2.1 硬化混凝土物理力学性能应满足表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 硬化混凝土物理力学性能技术要求

| 类别 | 项目 | 技术指标 |
|--------|--------------|--------------------------------------|
| 物理力学性能 | 28 天收缩 | $\leq 300 \times 10^{-6} \text{m/m}$ |
| | 养护 56 天后孔隙率 | $\leq 12\%$ |
| | 28 天质量损失 | $< 30 \text{kg/m}^3$ |
| | 28 天立方体抗压强度 | $\geq 60 \text{MPa}$ |
| | 28 天劈裂抗拉强度 | $\geq 5.5 \text{MPa}$ |
| | 28 天静力受压弹性模量 | $\geq 35 \text{GPa}$ |

5.2.2 硬化混凝土长期耐久性能应满足表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 硬化混凝土长期耐久性能技术要求

| 类别 | 项目 | 技术指标 |
|-------|---------------------------------------|--------------------|
| 抗冻性能 | 抗冻等级 | $> \text{F400}$ |
| 化学稳定性 | 28 天碳化深度 | $< 0.1 \text{mm}$ |
| | 抗硫酸盐侵蚀 | $> \text{KS150}$ |
| 耐辐照性能 | 经 $\geq 10^6 \text{Gy}$ 累积剂量辐照，抗压强度损失 | $< 20\%$ |
| 抗渗性能 | 渗水高度 | $\leq 5 \text{mm}$ |

| | | |
|--|-----------------|--|
| | 氮气渗透系数 | $\leq 5.0 \times 10^{-18} \text{m}^2$ |
| | 28 天氯离子迁移系数 | $D_{\text{RCM}} < 1.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ |
| | 铯-137 扩散系数(水介质) | $\leq 1.0 \times 10^{-3} \text{cm}/\text{d}$ |

5.2.3 密封材料性能技术要求与桶体混凝土一致。

5.3 高完整性混凝土容器

5.3.1 混凝土桶型容器尺寸偏差应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 混凝土桶型高完整性容器尺寸偏差

| 最大尺寸 (mm) | 外径 (mm) | 内径 (mm) | 高度 (mm) | 同轴度 (mm) |
|-------------|---------|---------|---------|----------|
| ≤ 1500 | ± 2 | ± 2 | ± 2 | ± 3 |
| > 1500 | ± 3 | ± 3 | ± 3 | ± 5 |

5.3.2 混凝土箱型容器尺寸偏差应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 混凝土箱型高完整性容器尺寸偏差

| 最大尺寸 (mm) | 长度 (mm) | | 宽度 (mm) | | 高度 (mm) | | 对角线长 度差 (mm) |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| | 内 | 外 | 内 | 外 | 内 | 外 | |
| ≤ 2000 | ± 2 | ± 4 |
| > 2000 | ± 3 | ± 6 |

5.3.3 高完整性混凝土容器表面应光洁平整，每片砂表面的面积不得大于 100cm^2 ，片与片不能相连，累计面积不能超过的混凝土容器总表面积的 10%。每平方米混凝土容器外表面不得出现超过 2 个空洞，空洞不得相连且每个空洞面积不得大于 20mm^2 ，任何情况下不允许有深度 $> 5\text{mm}$ 的空洞。混凝土外表面不允许有宽度大于 0.2mm 的裂纹，宽度 $0.1\text{mm} \sim 0.2\text{mm}$ 裂纹长度不得大于 20mm ，宽度小于 0.1mm 裂纹不得长度大于 100mm 。混凝土容器不允许出现深度大于 5mm 外形残缺不允许进行修补，应按不合格产品处理。

5.3.4 混凝土内部应密实，无直径大于 5mm 的空洞。混凝土与增强纤维、钢筋、预埋件结合良好，无脱离现象。

5.3.5 高完整性混凝土容器内充满水 3 天后混凝土容器应无渗漏和润湿现象。

5.3.6 高完整性混凝土容器堆码试验结束后，混凝土容器应无变形和破坏，并应满足产品抗渗水性能。

5.3.7 高完整性混凝土容器跌落试验后，混凝土容器无内容物洒出。高完整性混凝土容器贯穿试验后，容器不得有破损。

5.3.8 高完整性混凝土容器装卸、吊运或栓固操作构件或预埋件，应连续 50 次操作无故障，构件或预埋件无损坏。

6 施工与养护

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土配比应满足《普通混凝土配合比设计规程》JGJ/T 55 规定的相应类型混凝土配比设计要求，以保证混凝土达到结构设计所规定的强度等级和耐久性，并满足施工要求。

6.1.2 高完整性混凝土容器生产厂家应取得相关资质。

6.2 原材料管理

6.2.1 厂家应按混凝土配合比要求进行原材料采购。供方应按规定批次向需方提供质量证明文件。质量证明文件应包括型式检验报告、出厂检验报告与合格证等，外加剂产品还应提供使用说明书。混凝土原材料进场，经检验合格后方可使用。

6.2.2 不同厂家、不同品种和强度等级的水泥应分批存储，不得混用，并应采取防潮措施；出现结块的水泥严禁用于混凝土工程；水泥出厂超过 3 个月，应进行复检，合格方可使用。

6.2.3 粗、细骨料堆场应有封闭设施；粗、细骨料应按不同品种、规格分别堆放，不得混入杂物。

6.2.4 矿物掺合料存储时，应有明显标记，不同矿物掺合料以及水泥不得混杂堆放，应防潮防雨；矿物掺合料存储期超过 3 个月时，应进行复检，合格方可使用。

6.2.5 外加剂应按不同的供货单位、品种和牌号进行标识，单独存放；粉状外加剂应防止受潮结块，如有结块，应进行检验，合格后应经粉碎至全部通过 600 μm 筛孔后方可使用；液态外加剂应储存在密闭容器内。

6.2.6 纤维应采用密封袋储存，并堆放在阴凉、干燥的室内环境中。

6.3 模具组装及处理

6.3.1 模具的组装及处理应满足以下要求：

- a) 应采用定型模具，并根据产品及其生产工艺要求进行设计；
- b) 模具的内外模上下口、外模拆装接口均应精加工，以确保模具质量；
- c) 模具应有足够的强度和刚度，并符合精度要求，装拆方便、灵活，反复使用不变形；

d) 定期检查模具的尺寸以及模具的磨损情况，并采取相应的处理措施。

6.3.2 模具安装应牢固、严密、不漏浆，并符合模具拼装精度要求，模具的合缝间隙不得大于 2mm，模具组装后，模具内壁合缝错位不得大于 2mm，挡圈与外模配合间隙不得大于 2mm，模具合缝处固定螺栓应对称、均匀拧紧，发现螺栓跑牙应及时更换。

6.3.3 模具内浇筑混凝土前应在不损伤模具本体的前提下进行彻底清理，模具内表面和拼接缝不应留有残浆和杂物颗粒。

6.3.4 模板脱模剂应用专门工具均匀抹刷在模具与混凝土的所有接触面上，不得使用废机油，脱模剂不应影响混凝土质量。

6.4 混凝土的生产

6.4.1 混凝土在搅拌时，若粗、细骨料的实际含水量发生变化，应及时调整粗、细骨料和拌合用水的用量。

6.4.2 原材料的计量允许偏差不应大于表 5.4.2 规定的范围，并应每班检查 1 次。

表 5.4.2 混凝土原材料计量允许偏差 (%)

| 原材料品种 | 水泥 | 骨料 | 水 | 掺合料 | 纤维 | 外加剂 |
|-----------------------|----|----|----|-----|----|-----|
| 每盘计量允许偏差 | ±2 | ±3 | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 |
| 累计计量允许偏差 ^a | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 |

^a 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差。

6.4.3 混凝土原材料的投料顺序宜为：先加入砂、石骨料，再加入水泥等胶凝材料，待骨料和胶凝材料干混均匀，加入水和外加剂后继续搅拌，搅拌过程中均匀的逐步加入纤维，使得纤维均匀分布在其他材料之间。

6.4.4 混凝土搅拌时间根据现场搅拌效果确定。

6.4.5 遇有以下情况时，应由混凝土配合比研制单位重新进行配合比设计：

- 1 混凝土性能指标有变化或有其他特殊要求时；
- 2 原材料发生显著改变时。

6.5 混凝土浇筑及振捣

6.5.1 用于生产高完整性混凝土容器的混凝土应按照以下要求进行浇筑和振捣：

- 1 混凝土振捣应优先采用振动台进行振实。在缺少振动台的情况下，宜采用

立式分层浇捣（振捣棒）为主、侧壁振动（附着式振动器）为辅的混凝土成型工艺；

2 混凝土入模温度不宜低于 5℃且不宜高于 28℃，冬天生产时应避免生产车间里的穿堂风；

3 用振动台振实制作容器时，应将混凝土拌合物一次性装入容器，并使混凝土拌合物高出容器口。容器应附着在振动台上，振动时容器不得有任何跳动。振动应持续到表面出浆为止，不得过振。

4 用插入式振动器振捣时，混凝土分多层浇筑，四周均匀下料，严禁一侧集中投料。在插捣上面一层混凝土时，振捣棒应贯穿至下面一层混凝土中，使得两层混凝土充分搭接，搭接长度不少于 150mm；

5 为保证振动密实和有效减少混凝土表面气泡，操作插入式振动器人员应派专人定岗，插入式振动器软轴上应有分层浇捣的明显标记，用于控制分层浇捣高度，振动器插入间距为 300mm 左右，每次插入振动时间约 2min，当混凝土表面泛浆、无气泡溢出时，缓缓拔出振动器；

6 混凝土应连续浇筑、振动，中间不断间隙，混凝土从搅拌至浇筑完成的时间不得超过 60min；

7 振捣结束后，应及时清除钢模上口余料。上口混凝土表面必须压紧，压实至表面浆水渗出，并与内外模口平齐，然后表面抹光。在终凝前，必须保证两次以上抹面，使表面平整不出现收水裂缝。

6.6 混凝土脱模、养护及二次浇筑

6.6.1 用于生产高完整性混凝土容器的混凝土应按照以下要求进行浇脱模、养护和二次浇筑：

1 脱模前应检验其同条件养护的混凝土试块强度，达到 25MPa 以上时方可拆模。应根据模具结构按序拆除模具，不得使用振动构件方式脱模，脱模时应保证混凝土表面及棱角不致因拆模而受损坏；

2 脱模后，应立即将混凝土容器覆盖薄膜保湿保温养护；

3 在混凝土容器湿养护不少于 7d 后，方可进行盖体上方混凝土的二次浇筑。

4 二次浇筑的混凝土初凝后应及时覆盖薄膜保湿保温养护，其余部位也应继续覆盖保温保湿养护，养护时间不少于 28d。

6.6.2 当养护期间平均温度偏离标准养护温度较多时，宜根据当地的气温和养护条件，采用等效养护龄期作为混凝土容器的实际养护龄期。等效养护龄期可取按日平均温度逐日累计达到 $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 时所对应的龄期， 0°C 以下的龄期不计入；等效养护龄期不应小于 14d，也不宜大于 60d。

表 6.6.2 容器实际养护龄期与环境温度的关系

| | | | | | | |
|------|-----|------|------|------|------|------|
| 环境温度 | 5°C | 10°C | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C |
| 养护龄期 | 60d | 60d | 40d | 30d | 24d | 20d |

6.7 混凝土容器堆放及防护

6.7.1 高完整性混凝土容器的堆放应满足以下要求：

- 1 堆放时宜采用柔性材料衬垫；
- 2 堆放期间，夏季应定期喷水；
- 3 堆放时间较长时，宜采用塑料布遮蔽防护。

6.7.2 高完整性混凝土容器在起吊、堆放、运输及施工过程中，应采取适当措施防止碰撞、损坏。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 高完整性混凝土容器出厂时，厂家质量检验部门应同时提交质量检验合格书，内容包括原材料、混凝土和产品检验结果、产品型号及编号、制造及出厂日期、质量检验部门的产品合格签章。

7.1.2 高完整性混凝土容器外表面应在显著位置标识容器型号、编号及生产厂家和生产日期等信息，也可用条形码或二维码做标志。预留印制放射性标志的地方。

7.1.3 高完整性混凝土容器的标识应醒目、清楚、耐久性好，不损失容器的性能。

7.2 原材料

7.2.1 水泥宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，强度等级不宜低于 42.5，并应符合《通用硅酸盐水泥》GB/T 175 规定。

7.2.2 骨料应为非碱活性骨料。砂子含泥量不得大于 1%，其性能应符合《建设用砂》GB/T 14684 规定；石子可为碎石或卵石，其最大粒径不得大于 25mm，且不应大于容器壁厚的四分之一。石子泥粉含量不得大于 0.5%，其它性能应符合《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 规定。

7.2.3 混凝土拌合用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63 规定。

7.2.4 采用减水剂等外加剂时不应有害于混凝土容器的质量，其性能应符合《混凝土外加剂》GB 8076 规定。

7.2.5 采用掺合料等矿物外加剂时不应有害于混凝土容器的质量，其性能应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 规定。

7.2.6 增强材料(纤维等)应为抗拉性能好和耐腐蚀性材料。增强材料应符合《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 的规定。增强材料品种、直径、长度、长径比的选用应根据混凝土性能要求进行试验确认。

7.2.7 水泥、掺合料、减水剂、骨料、水等原材料的检验项目和检验批量应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164 规定，不同批次或非连续供应的不足一个检验批量应作为一个检验批。

7.3 硬化混凝土

7.3.1 硬化混凝土力学性能测试应符合《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 规定。

7.3.2 硬化混凝土长期耐久性能测试应符合《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 及《低、中水平放射性废物高完整性容器-混凝土容器》GB 36900.2 的规定。

7.4 混凝土容器

7.4.1 高完整性混凝土容器的尺寸用精度 0.5mm 的通用量具进行测量。

7.4.2 砂表面、空洞、裂纹及缺口测试应符合《低、中水平放射性废物高完整性容器-混凝土容器》GB 36900.2 的规定。

7.4.3 将检验的容器纵向对半切开，目视检查剖面混凝土密实程度和骨料的分布情况，用通用量具检测气泡的大小和纤维的分布情况，以检验其内部质量。

7.4.4 容器成品应进行渗水试验。将外观质量和尺寸检查合格的容器在脱模后第 7d 往里充满水，盖好盖。在第 28 天后检查容器有无渗漏。

7.4.5 负载及跌落试验应符合《低、中水平放射性固体废物混凝土容器》EJ 914 的规定。

7.4.6 高完整性混凝土容器型式试验内容应按第 5 章规定项目进行。各项试验可在一个混凝土容器上进行。每批型式试验应至少保留三个标准试样，供以后追溯检验使用，保留时间为三年。

7.4.7 一批生产相同型式混凝土容器鉴定试验的混凝土容器数量不得少于 3 个。当产品长期停产后(超过一年)，恢复生产时，可不进行混凝土耐辐照性能、Cs-137 扩散系数、抗硫酸盐侵蚀及混凝土容器载荷性能、抗冲击性能及操作性能试验，但需完成其余型式检验试验内容。

7.4.8 有缺口或因轻微碰伤有微小缺陷的容器，必须经货主检查批准后方可修补。修补后需再次检查合格方可出厂，并将修补报告单附在工作卡上。

7.5 贮存及运输

7.5.1 高完整性混凝土容器存放期间，应防止受到化学侵蚀和外力损害。

7.5.2 高完整性混凝土容器应正位堆放基础坚固的地面上，宜垂直码放，堆垛层数形成的总质量不得超过额定质量的 6 倍。

7.5.3 高完整性混凝土容器搬运、装卸时应采用专用吊运工具轻装轻放。运输时应采取适当的措施，将容器紧固在运输工具上，并在容器间设置适当的缓冲或隔离的空间、材料或装置，以防碰撞、损坏。

7.5.4 高完整性混凝土容器所盛废物应满足《放射性废物分类》(环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号)和《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132 的相应规定。

7.5.5 高完整性混凝土容器主要成份是硅酸钙(弱酸强碱性盐)，不宜盛放酸性物质。

本文件用词说明

1 为便于在执行本文件条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 文件中指明应按其他有关标准执行的写法为：

“应符合.....的规定”或“应按.....执行”。

引用标准名录

- 1) GB/T 175 《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》
- 2) GB 8076 《混凝土外加剂》
- 3) GB 9132 《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》
- 4) 环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号《放射性废物分类》
- 5) GB 11806 《放射性物质安全运输规定》
- 6) GB 12711 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》
- 7) GB/T 14684 《建设用砂》
- 8) GB/T 14685 《建设用卵石、碎石》
- 9) GB 15219 《放射性物质运输包装质量保证》
- 10) GB/T 18736 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》
- 11) GB 36900.2 《低、中水平放射性废物高完整性容器-混凝土容器》
- 12) GB/T 50081 《混凝土物理力学性能试验方法标准》
- 13) GB/T 50082 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》
- 14) GB 50164 《混凝土质量控制标准》
- 15) JGJ/T 55 《普通混凝土配合比设计规程》
- 16) JGJ 63 《混凝土拌合用水》
- 17) EJ 914 《低、中水平放射性固体废物混凝土容器》
- 18) JGJ/T 221 《纤维混凝土应用技术规程》

中国工程建设协会标准

低、中水平放射性废物高完整性混凝土容器应用技术规程

条文说明

1 总则

1.0.1 本规程制定了低、中水平放射性废物的处理、贮存、转运、运输和处置的要求，对促进低、中水平放射性废物高完整性混凝土容器的应用有重要意义。

1.0.2 确定低、中水平放射性废物高完整性混凝土容器适用范围。

1.0.3 在实际工程中，本规程作出规定的，按本规程执行；为了减少与相关标准重复，未作出规定的，按给出的相关标准执行。本规程与相关标准、规范和规程是协调的。

2 术语

2.0.1 -2.0.9 本规程列出的术语与有关国家现行标准、规范是协调的。

3 基本规定

3.0.1 规定了高完整性混凝土容器对放射性内容物能够保持 300 年以上的包容性能。

3.0.2 高完整性容器的结构应考虑方便搬运、堆码和防止表面积水。。

3.0.3 规定了高完整性混凝土容器外形分类。

3.0.4 高完整性混凝土容器在满足本规程要求的前提下，还应符合《放射性物品安全运输规程》GB 11806 有关规定和要求。

4 工程设计

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定了在长期贮存或最终处置条件下，高完整性混凝土容器对放射性内容物包容性能要求。

4.1.2 本条规定了高完整性混凝土容器的型号、规格和尺寸应尽量标准化、系列化。高完整性混凝土容器应与其盛装的内容物、密封材料及其所处的环境相容。

4.1.3 本条规定了高完整性混凝土容器搬运、堆码的结构需求。

4.1.4 本条规定了高完整性混凝土容器中设置的预埋件要求。

4.1.5 本条规定了高完整性混凝土容器的设计、制造、试验和使用的质量保证需要符合《放射性物质运输包装质量保证》GB/T 15219 规定

4.2 构造设计

4.2.1 根据外形及密封型式不同，将高完整性混凝土容器进行分类。

4.2.2 混凝土桶型容器结构可根据需要设计，可带内衬或顶盖，也可与钢系列容器或专用支架配套。底部和顶部的屏蔽性能不得低于桶壁的屏蔽性能。

4.2.3 用户可根据需要采用其他规格和尺寸的高完整性混凝土容器，但其性能应满足本文件规定的强制性要求。

4.2.4 规定了桶型混凝土容器的规格型号及结构示意图

4.2.5 规定了箱型混凝土容器的规格型号及结构示意图。

4.2.6 针对预制盖密封和浇注盖密封进行了规定。

4.2.7 规定了混凝土容器体的结构形式应保证在整备、转运和运输中浇注盖和预制盖不脱落、不损坏，能满足整个混凝土容器对内容物的包容性和耐久性要求。

5 技术性能

5.1 混凝土拌合物

5.1.1 本条规定了混凝土配比应满足《普通混凝土配合比设计规程》JGJ/T 55 规定的相应类型混凝土的配比设计要求，以保证混凝土达到结构设计所规定强度等级和性能，并满足施工要求。

5.1.2 本条规定了混凝土拌合物应具有良好的和易性，水泥浆应均匀包裹骨料，不得出现离析、泌水现象。

5.1.3 本条规定了硬化混凝土质量检验用试件制作要求。

5.2 硬化混凝土

5.2.1 本条规定了硬化混凝土物理力学性能技术要求。

5.2.2 本条规定了硬化混凝土长期耐久性能要求。

5.2.3 密封材料性能技术要求与桶体混凝土一致。

5.3 高完整性混凝土容器

5.3.1 本条规定了混凝土桶型容器尺寸偏差。

5.3.2 本条规定了混凝土箱型容器尺寸偏差。

5.3.3 本条对高完整性混凝土容器表面、空洞、裂纹、外形残缺进行了规定。

5.3.4 混凝土内部应密实，无直径大于 5mm 的空洞。混凝土与增强纤维、钢筋、预埋件结合良好，无脱离现象。

5.3.5 高完整性混凝土容器内充满水 3 天后混凝土容器应无渗漏和润湿现象。

5.3.6 高完整性混凝土容器堆码试验结束后，混凝土容器应无变形和破坏，并应满足产品抗渗水性能。

5.3.7 高完整性混凝土容器跌落试验后，混凝土容器无内容物洒出。高完整性混凝土容器贯穿试验后，容器不得有破损。

5.3.8 高完整性混凝土容器装卸、吊运或栓固操作构件或预埋件，应连续 50 次操作无故障，构件或预埋件无损坏。

6 施工与养护

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了混凝土配比与《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ55）一致。

6.1.2 本条规定了高完整性混凝土容器生产厂家应取得相关资质。

6.2 原材料管理

6.2.1 本条规定了厂家进行原材料采购文件要求。供方应按规定批次向需方提供质量证明文件。质量证明文件应包括型式检验报告、出厂检验报告与合格证等，外加剂产品还应提供使用说明书。混凝土原材料进场，经检验合格后方可使用。

6.2.2 本条规定了水泥存储措施以及长时间储存时使用要求。

6.2.3 本条规定了粗、细骨料堆场及堆放要求。

6.2.4 本条规定了矿物掺合料存储要求及长时间储存时应用要求。

6.2.5 本条规定了外加剂存放及使用要求。

6.2.6 本条规定了纤维储存要求。

6.3 模具组装及处理

6.3.1 本条规定了模具的组装及处理要求。

6.3.2 为保障浇筑混凝土质量，本条规定了模具安装精度要求。

6.3.3 为保障浇筑混凝土质量，本条规定了模具内浇筑混凝土前应进行彻底清理，

6.3.4 为保障浇筑混凝土质量，本条规定了模板脱模剂应用要求。

6.4 混凝土的生产

表 5.4.2 混凝土原材料计量允许偏差（%）

6.4.1 混凝土在搅拌时，若粗、细骨料的实际含水量发生变化，应及时调整粗、细骨料和拌合用水的用量。

6.4.2 为保障浇筑混凝土质量，本条规定了原材料的计量允许偏差以及检查频次。

表 5.4.1 混凝土原材料计量允许偏差（%）

| | | | | | | |
|-------|----|----|---|-----|----|-----|
| 原材料品种 | 水泥 | 骨料 | 水 | 掺合料 | 纤维 | 外加剂 |
|-------|----|----|---|-----|----|-----|

| | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|
| 每盘计量允许偏差 | ±2 | ±3 | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 |
| 累计计量允许偏差 ^a | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 | ±1 | ±1 |
| ^a 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差。 | | | | | | |

6.4.3 为保障浇筑混凝土质量稳定性，本条规定了混凝土原材料的投料顺序。

6.4.4 混凝土搅拌时间根据现场搅拌效果确定。

6.4.5 为保障浇筑混凝土质量，本条规定了需要进行混凝土配合比重新进行设计的情况。

6.5 混凝土浇筑及振捣

6.5.1 为保障容器混凝土质量，本条规定了用于生产高完整性混凝土容器的混凝土浇筑和振捣要求。

6.6 混凝土脱模、养护及二次浇筑

6.6.1 本条对用于生产高完整性混凝土容器的混凝土浇脱模、养护和二次浇筑进行了规定。

6.6.2 根据养护温度差异，规定了混凝土等效养护龄期。当养护期间平均温度偏离标准养护温度较多时，宜根据当地的气温和养护条件，采用等效养护龄期作为混凝土容器的实际养护龄期。可取按日平均温度逐日累计达到 600°C·d 时所对应的龄期，0°C 以下的龄期不计入；等效养护龄期不应小于 14d，也不宜大于 60d。

表 6.6.2 容器实际养护龄期与环境温度的关系

| | | | | | | |
|------|-----|------|------|------|------|------|
| 环境温度 | 5°C | 10°C | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C |
| 养护龄期 | 60d | 60d | 40d | 30d | 24d | 20d |

6.7 混凝土容器堆放及防护

6.7.1 本条规定了高完整性混凝土容器的堆放要求：

6.7.2 本条规定了高完整性混凝土容器在起吊、堆放、运输及施工过程中，应采取适当措施防止碰撞、损坏。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 本条规定了高完整性混凝土容器出厂时，厂家质量检验部门应同时提交的材料，包括质量检验合格书，内容包括原材料、混凝土和产品检验结果、产品型号及编号、制造及出厂日期、质量检验部门的产品合格签章。

7.1.2 本条规定了高完整性混凝土容器外表面标识，应在显著位置标识容器型号、编号及生产厂家和生产日期等信息，也可用条形码或二维码做标志。预留印制放射性标志的地方。

7.1.3 本条规定了高完整性混凝土容器的标识应醒目、清楚、耐久性好，不损失容器的性能。

7.2 原材料

7.2.1 本条规定了水泥品种及性能要求。

7.2.2 本条规定了骨料应为非碱活性骨料。借鉴《建设用砂》GB/T 14684 《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 要求，对骨料质量进行规定。

7.2.3 本条规定了混凝土拌合用水质量要求规定。

7.2.4 本条规定了外加剂质量要求，应符合《混凝土外加剂》GB 8076 规定。

7.2.5 本条规定了掺合料等矿物外加剂质量要求，其性能应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 规定。

7.2.6 本条规定了增强材料(纤维等)应为抗拉性能好和耐腐蚀性材料。增强材料应符合《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 的规定。

7.2.7 本条规定了混凝土原材料的检验项目和检验批量。

7.3 硬化混凝土

7.3.1 本条规定了硬化混凝土力学性能测试方法，应符合《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 规定。

7.3.2 本条规定了硬化混凝土长期耐久性能测试方法，应符合《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 及《低、中水平放射性废物高完整性容器-混凝土容器》GB 36900.2 的规定。

7.4 混凝土容器

- 7.4.1** 本条规定了高完整性混凝土容器的尺寸测量方法。
- 7.4.2** 本条规定了高完整性混凝土砂表面、空洞、裂纹及缺口测试方法，应符合《低、中水平放射性废物高完整性容器-混凝土容器》GB 36900.2 的规定。
- 7.4.3** 本条规定了高完整性混凝土内部质量测试方法。将检验的容器纵向对半切开，目视检查剖面混凝土密实程度和骨料的分布情况，用通用量具检测气泡的大小和纤维的分布情况，以检验其内部质量。
- 7.4.4** 本条规定了高完整性混凝土成品渗水试验方法。将外观质量和尺寸检查合格的容器在脱模后第 7d 往里充满水，盖好盖。在第 28 天后检查容器有无渗漏。
- 7.4.5** 本条规定了高完整性混凝土负载及跌落试验方法，应符合《低、中水平放射性固体废物混凝土容器》EJ 914 的规定。
- 7.4.6** 本条规定了高完整性混凝土高完整性混凝土容器型式试验内容。每批型式试验应至少保留三个标准试样，供以后追溯检验使用，保留时间为三年。
- 7.4.7** 本条规定了高完整性混凝土恢复生产时，应完成型式检验试验内容。
- 7.4.8** 本条规定了高完整性混凝土有缺口或因轻微碰伤有微小缺陷状况下，必须经货主检查批准后方可修补。修补后需再次检查合格方可出厂，并将修补报告单附在工作卡上。

7.5 贮存及运输

- 7.5.1** 高完整性混凝土容器存放期间，应防止受到化学侵蚀和外力损害。
- 7.5.2** 本条规定了高完整性混凝土容器堆放要求。
- 7.5.3** 本条规定了高完整性混凝土容器搬运、装卸要求。
- 7.5.4** 本条规定了高完整性混凝土容器所盛废物也应满足《放射性废物分类》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号）和《低中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》GB 9132 的相应规定。
- 7.5.5** 本条规定了高完整性混凝土容器不宜盛放物质。