

 CECS xxxxx-xxxx

中国工程建设标准化协会标准

**核电厂建构筑物外观缺陷检测**

**技 术 规 程**

**Technical specification for inspection of appearance defects of structures in nuclear power plants**

**（征求意见稿）**

中国xxxx出版社

**中国工程建设标准化协会标准**

核电厂建构筑物外观缺陷检测

技 术 规 程

Technical specification for inspection of appearance defects of

structures in nuclear power plants

**CECS xxxxx-xxxx**

主编部门：中冶建筑研究总院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 x 年 x 月 x 日

中国xxxx出版社

**201x 北 京**

**前   言**

根据中国工程建设标准化协会建标协字[2017]031号文《关于印发2017年第二批工程建设协会标准制订、修订计划的通知》的要求，由中冶建筑研究总院有限公司会同有关单位对 《核电厂建构筑物外观缺陷检测技术规程》进行制订。

本规程的主要内容是：1 总则，2 术语和定义，3 基本规定，4 建构筑物基本情况调查，5 混凝土构筑物外观缺陷检测，6 钢结构构筑物外观缺陷检测，7 砌体结构构筑物外观缺陷检测，8 缺陷分类和处理建议。

本规程由中国工程检测标准化协会冶金分会归口管理。由中冶建筑研究总院有限公司建筑工程检测中心（北京市海淀区西土城路33号，邮编100088，传真：010-82227425）负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料径寄解释单位。

**主 编 单 位：** 中冶建筑研究总院有限公司

**参 编 单 位**： 环境保护部核与辐射安全中心

中国核电工程有限公司

中核核电运行管理有限公司

中广核核电运营有限公司

江苏核电有限公司

福建福清核电有限公司

福建宁德核电有限公司

海南核电有限公司

**主要起草人**：

**中国工程建设标准化协会**

**XXXX年X月X日**

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc18417946)

[2 术语和定义 2](#_Toc18417947)

[3 基本规定 4](#_Toc18417948)

[3.1 一般规定 4](#_Toc18417949)

[3.2 检测程序 5](#_Toc18417950)

[3.3 工作内容 5](#_Toc18417951)

[4 建构筑物基本情况调查 8](#_Toc18417952)

[4.1 一般规定 8](#_Toc18417953)

[4.2 使用条件和环境的调查 8](#_Toc18417954)

[4.3 建构筑物的现状调查 10](#_Toc18417955)

[4.4 附属设施的现状调查 10](#_Toc18417956)

[5 混凝土构筑物外观缺陷检测 11](#_Toc18417957)

[5.1 一般规定 11](#_Toc18417958)

[5.2 预应力混凝土安全壳外观缺陷检测 11](#_Toc18417959)

[5.3 海工混凝土构筑物 14](#_Toc18417960)

[5.4 烟囱 15](#_Toc18417961)

[5.5 其他混凝土构筑物 16](#_Toc18417962)

[6 钢结构构筑物外观缺陷检测 18](#_Toc18417963)

[6.1 一般规定 18](#_Toc18417964)

[6.2 钢制安全壳外观缺陷检测 18](#_Toc18417965)

[6.3 其他钢制构筑物 18](#_Toc18417966)

[7 砌体结构构筑物外观缺陷检测 20](#_Toc18417967)

[7.1 一般规定 20](#_Toc18417968)

[7.2 砌体外观缺陷检测 20](#_Toc18417969)

[8 缺陷分类和处理建议 22](#_Toc18417970)

[附录A 23](#_Toc18417971)

[附录B 24](#_Toc18417972)

[附录C 25](#_Toc18417973)

[附录D 26](#_Toc18417974)

[本规程用词说明 28](#_Toc18417975)

[条 文 说 明 29](#_Toc18417976)

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc18417946)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc18417947)

[3 Basic requirements 4](#_Toc18417948)

[3.1 General Requirements 4](#_Toc18417949)

[3.2 Inspection procedure 5](#_Toc18417950)

[3.3 Work Content 5](#_Toc18417951)

[4 Building Conditions Investigation 8](#_Toc18417952)

[4.1 General Requirements 8](#_Toc18417953)

[4.2 Using Environment Investigation 8](#_Toc18417954)

[4.3 Building Actuality Investigation 10](#_Toc18417955)

[4.4 Actuality Investigation of Ancillary Facilities 10](#_Toc18417956)

[5 Appearance Defects Inspection of Concrete Structure 11](#_Toc18417957)

[5.1 General Requirements 11](#_Toc18417958)

[5.2 Appearance Defects Inspection of Prestressed Containment 11](#_Toc18417959)

[5.3 Marine Concrete Structure 14](#_Toc18417960)

[5.4 Chimney 15](#_Toc18417961)

[5.5 Other Concrete Structure 16](#_Toc18417962)

[6 Appearance Defects Inspection of Steel Structure 18](#_Toc18417963)

[6.1 General Requirements 18](#_Toc18417964)

[6.2 Appearance Defects Inspection of Steel Containment 18](#_Toc18417965)

[6.3 Other Steel Structure 18](#_Toc18417966)

[7 Appearance Defects Inspection of Masonry Structure 20](#_Toc18417967)

[7.1 General Requirements 20](#_Toc18417968)

[7.2 Appearance Defects Inspection of Masonry 20](#_Toc18417969)

[8 Defect Classification and Recommendation 22](#_Toc18417970)

Appendix [A 23](#_Toc18417971)

[Appendix B 24](#_Toc18417972)

[Appendix C 25](#_Toc18417973)

[Appendix D 26](#_Toc18417974)

Explanation of Wording in This Spec[ification 28](#_Toc18417975)

Explanation of Provisions [29](#_Toc18417976)

# 总 则

* + 1. 为规范核电厂建构筑物外观缺陷检测质量技术要求，有效地保证核电厂建构筑物外观缺陷检测数据的准确性和评价方法的科学性，为核电厂建构筑物建造和运行期间预防性维修检测及后期寿命管理提供规范依据，制定本规程。
		2. 本规程适用于核电厂建构筑物外观缺陷检测工作，用于指导核电厂重要建构筑物外观缺陷检测的质量控制，保障核电厂安全壳等建构筑物结构在设计使用年限内安全可靠性。
		3. 核电厂建构筑物外观缺陷检测时，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行的有关标准规范的规定。

# 术语和定义

2.1外观缺陷appearance defects

凡破坏结构的连续性或完整性，并在一定程度上降低结构的强度和耐久性的不密实区、空洞、裂缝或夹杂泥砂、杂物等都属于外观缺陷。

2.2裂缝 crack

从建筑结构构件表面伸入构件内的缝隙。

2.3浅裂纹 shallow crack

在抹面层、水泥浆、砂浆或混凝土表面所产生的间距较小且不规则的浅裂纹。

2.4劣化 degradation

材料性能随时间的逐渐衰减。

2.5磨损 abrasion damage

由于摩擦导致表面物质的损耗。

2.6起鼓 blistering

成型后的砂浆或混凝土，在抹平过程中或抹平刚刚结束时发生的直径在25~300mm的不规则的薄层隆起；起鼓往往是由表面过早闭合造成的，温度越低这种现象越明显；起鼓现象还发生在管材离心成型后，或表现为抹灰层与基层之间的分离。

2.7锈蚀 rust

金属材料由于水分和氧气等的电化学作用而产生的腐蚀现象。

2.8腐蚀 corrosion

建筑构件直接与环境介质接触而产生物理和化学的变化，导致材料的劣化。

2.9变形 deformation

物体大小或形状的变化。

2.12脱落 exfoliation

连续的层面上因起皮造成的物体的解体。首先起鼓，破裂后形成碎片；或像未完全翻开的书一样裂开。

2.10起皮 peeling

砂浆的薄片从混凝土表面脱落。

2.11剥落 spall

在风吹、天气、压力或内部膨胀作用下，以片状小块从大体积的混凝土表面剥离。

2.12蜂窝 honey comb

构件的混凝土表面因缺浆而形成的石子外露酥松等缺陷。

2.13麻面 pockmark

混凝土表面因缺浆而呈现麻点、凹坑和气泡等缺陷。

2.14露筋 reveal of reinforcement

构件内的钢筋未被混凝土包裹而外露的缺陷。

2.15损伤 damage

由于荷载、环境侵蚀、灾害和人为因素等造成的构件非正常的位移、变形、开裂以及材料的破损和劣化等。

2.16混凝土结构 concrete structure

以混凝土为主制成的结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

2.17钢结构 steel structure

以钢板、钢管、热轧型钢或冷加工成型的型钢通过焊接、铆钉或螺栓连接而成的结构。

2.18砌体结构 masonry structure

由块体和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构。是砖砌体、砌块砌体和石砌体结构的统称。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1** 当核电厂建构筑物存在下列情况之一时，应进行建构筑物外观缺陷检测：

1. 核电厂达到设计寿期，拟继续运行，进行延寿评估时；
2. 核电厂遭遇极端灾害或重大事故时；
3. 核电厂进行涉及到建构筑物用途或使用条件变化的专项技术改造时；
4. 外部环境条件出现变化，影响核电厂建构筑物设计基准时；
5. 建构筑物存在较严重的质量缺陷时；
6. 建构筑物正常运行时出现影响性能的腐蚀、损伤、变形时；
7. 规范及上游程序文件要求的建构筑物整体性能或老化状况进行评估时；
8. 应监管机构、运营单位的要求时。

**3.1.2** 在下列情况下，宜进行建构筑物外观缺陷检测：

1. 核电厂定期安全审查时；
2. 围护结构存在局部损伤，但不影响结构整体性能时；
3. 核电厂运行维护中，需要进行常规检测以掌握建构筑物可靠性水平时；
4. 其他需要掌握结构可靠性水平时。

**3.1.3** 检测的对象可取为核电厂建构筑物整体或所划分的结构、功能相对独立的检测单元，亦可是结构系统或结构构件。

**3.1.4**缺陷检测仪器的性能技术指标应符合国家现行有关标准的规定。测试仪器应由国家认定的计量部门定期进行校准并在校准有效期内使用。

**3.1.5** 核电厂建构筑物缺陷检测应由获得国家资质认定（CMA）和国家实验室认可(CNAS)的专业机构承担，其认可项目、技术能力应满足检测要求，且有相应的工程业绩。

**3.1.6** 核电厂建构筑物缺陷检测人员应技能专业培训合格。

## 3.2 检测程序

**3.2.1** 核电厂建构筑物外观缺陷检测，应按图3.2.1中规定的程序进行。



图3.2.1 外观缺陷检测程序

## 3.3 工作内容

**3.3.1**检测的目的、范围和内容，应在接受检测委托时根据委托方提出的检测原因和要求确定。

**3.3.2** 现场初步调查宜包括下列内容：

1. 查阅图纸资料，包括工程地质勘察报告、设计图、竣工资料、检查观测记录、历次加固和改造图纸和资料、事故处理报告等；
2. 调查建构筑物的历史情况，包括施工、维修、加固、改造、用途变更、使用条件改变以及受灾害等情况；
3. 考察现场，调查建构筑物的实际状况、使用条件、内外环境，以及目前存在的问题；

**3.3.3** 详细调查与检测宜根据实际需要选择下列工作内容：

1. 详细研究相关文件资料；
2. 详细调查结构上的作用和环境中的不利因素，以及它们在目标使用年限内可能发生的变化；
3. 检测结构布置、结构构件及连接情况，详细检测结构存在的缺陷和损伤；
4. 检测或测量承重结构或构件的裂缝；
5. 检测围护结构系统的安全状态和使用功能；检测围护密封结构的连接是否可靠，材料是否老化，密封功能是否可靠；
6. 详细检测尚不明确或对其状况存在怀疑的部位、构件，现场初步分析缺陷的严重程度，可能的原因；
7. 检测锈蚀、腐蚀、劣化等；

**3.3.4** 现场检测记录汇总、分析、评价， 应根据详细调查与检测结果，对建构筑物的整体和各个组成部分的缺陷状况进行汇总，并分析缺陷产生的原因，对结构或构件性能进行初步评估。

**3.3.5** 在核电厂建构筑物外观缺陷详细汇总、分析、评定过程中，若发现调查的数据资料不足或有显著的偏差时，应及时进行补充调查、检测。

**3.3.6**核电厂建构筑物外观缺陷检测工作完成后，应编制并向委托方提交检测报告。检测报告宜包括下列内容：

1. 工程概况；
2. 工艺系统、设备布置概述；
3. 检测的目的、范围、内容等；
4. 检测的依据；
5. 调查检测结果，检测试验的项目、方法；
6. 缺陷检测结果汇总与原因分析；
7. 缺陷评价结果；
8. 缺陷处理措施意见建议；
9. 附件：主要现场调查检测记录，附图、附表。

#  4 建构筑物基本情况调查

## 4.1 一般规定

**4.1.1**对核电厂建构筑物进行外观缺陷检测前应对建构筑物使用条件、使用环境和结构现状进行调查；调查的内容、范围和技术要求应满足外观缺陷检测的需要。

**4.1.2** 调查的工作深度，应能满足外观缺陷检测及相关工作的需要；当发现不足，应进行补充调查，以保证检测的质量。

## 4.2 使用条件和环境的调查

**4.2.1** 使用条件和环境的调查应包括建筑所处环境与使用历史情况。

**4.2.2** 建构筑物的使用环境宜包括周围的气象环境、地质环境、结构工作环境和灾害环境，可按表4.2.1进行调查。

**表4.2.1 建构筑物的使用环境调查**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 环境类别 | 调查项目 |
| 1 | 气象环境 | 大气温度变化、大气湿度变化、降雨量、降雪量、霜冻期、风作用、土壤冻结深度等 |
| 2 | 地质环境 | 地形、地貌、工程地质、地下水位深度、周围高大建构筑物的影响等 |
| 3 | 建筑结构工作环境 | 潮湿环境、滨海大气环境、邻近工业区大气环境、建构筑或其周围的振动环境等 |
| 4 | 灾害环境 | 地震、冰雪、台风、洪水；可能发生滑坡、泥石流等地质灾害的地段；建构筑物周围存在的爆炸、火灾、撞击源 |
| 5 | 辐照环境 | 区域内平均计量率 |

**4.2.3** 建构筑物结构与构件所处的环境类别和环境条件可按表4.2.2所列项目进行调查。

**表4.2.2 建构筑物环境类别和环境条件**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境类别 | 作用等级 | 环境条件 | 说明与示例 | 腐蚀机理 |
| I | 一般大气环境 | A | 室内正常环境 | 混凝土结构的室内构件 | 由混凝土碳化引起钢筋锈蚀；砌体风化、腐蚀 |
| B | 室内高温环境、露天环境 | 承受高温的室内构件、露天结构构件 |
| C | 干湿交替环境 | 频繁受水蒸气或冷凝水作用的构件，表面频繁淋雨或与水接触的室内构件，处于水位变动区的构件 |
| II | 冻融环境 | C | 轻度 | 冻融地区混凝土构件高度饱水，无盐环境；严寒和寒冷地区混凝土构件中度饱水，无盐环境 | 反复冻融导致混凝土或砌体由表及里损伤 |
| D | 中度 | 微冻地区盐冻；严寒和寒冷地区混凝土构件高度饱水，无盐环境；混凝土构件中度饱水，有盐环境 |
| E | 重度 | 严寒和寒冷地区盐冻环境；混凝土构件高度饱水，有盐环境 |
| III | 近海环境 | C | 水下区域和土中区域 | 泵房外墙水下部分；厂房外墙地下部分；厂房基础 | 氯盐引起钢筋、钢材锈蚀 |
| D | 轻度盐雾大气区 | 距平均水位15m高度以上的海上大气区；涨潮岸线100m~300m以内的陆上室内环境 |
| E | 重度盐雾大气区 | 距平均水位15m高度以内的海上大气区；涨潮岸线100m以内、低于海平面以上15m的陆上室外无遮挡构件 |
| F | 潮汐区及浪溅区 | 潮汐区和浪溅区的构件 |

注：冻融环境按当地最低月平均气温划分为微冻地区、寒冷地区和严寒地区，其月平均气温分别为：-3℃~2.5℃、-8℃~-3℃和-8℃以下。最低月平均气温在2.5℃以上地区的结构可不考虑冻融作用。

**4.2.4** 建构筑物使用历史的调查，宜包括建构筑物设计与施工、用途和使用年限、历次检测、维修和加固、用途变更与改扩建、使用荷载与动荷载作用以及遭受灾害和事故情况。

## 4.3 建构筑物的现状调查

**4.3.1** 建构筑物现状的调查，应包括地基基础、上部结构和围护结构三部分。

**4.3.2** 地基基础的调查宜符合下列规定：

应查阅岩土工程勘察报告以及有关图纸资料，调查建构筑物实际使用荷载、沉降量和沉降稳定情况、沉降差、上部结构倾斜、扭曲、裂缝等。

**4.3.3** 上部结构现状调查，宜根据结构的具体情况和工作内容、要求，并应符合下列规定：

对结构、构件的缺陷、损伤和腐蚀，应进行全面检测，并应详细记录缺陷、损伤和腐蚀部位、范围、程度和形态；必要时尚应绘制缺陷、损伤和腐蚀部位、范围、程度和形态分布图。

**4.3.4** 围护结构的现状调查，宜在查阅资料和普查的基础上，针对不同围护结构的特点进行重要部件及其与主体结构连接的检测；必要时，尚应按现行有关围护系统设计、施工标准的规定进行取样检测。

## 4.4 附属设施的现状调查

**4.4.1** 附属设施的现状调查，宜在查阅资料和普查的基础上，针对不同附属设施的特点进行重要部件的检测；必要时，尚应按现行有关附属设施设计、施工标准的规定进行取样检测。

# 5 混凝土构筑物外观缺陷检测

## 5.1 一般规定

**5.1.1**本章适用于核电厂内以混凝土为主要结构材料的构筑物的外观缺陷检测，检测对象主要包括：预应力混凝土安全壳、海工混凝土构筑物、混凝土烟囱、混凝土外层安全壳，防护厂房，办公设施等建构筑物。

**5.1.2**缺陷检测应指定对结构完整性和密封性有重要作用的区域进行外观检测，主要包括：

1. 承受高应力的区域；
2. 密封件和嵌入部件；
3. 管道固定于热膨胀/收缩的区域；
4. 暴露于具有腐蚀性或严峻大气条件下的区域；
5. 材料具有高徐变或脆性特征的组件或部件；
6. 用非金属或金属衬里覆盖的区域；
7. 容易老化的区域；
8. 在先前的检测和试验中发现有问题的区域；
9. 其他认为应检测区域

## 5.2 预应力混凝土安全壳外观缺陷检测

**5.2.1**预应力混凝土安全壳外观缺陷检测包括：

1. 电厂日常预防性普查；
2. 安全壳外观缺陷专项检测，应对安全壳结构的截面不连续区域和高应力集中区域进行详细外观检测，连续区域进行普遍检测。外观检测包括混凝土结构表面裂缝和缺陷、钢衬里锈蚀及变形、钢衬里涂层损伤、钢束锚具外露部分和永久性保护部分腐蚀等缺陷。

**5.2.2** 预应力混凝土安全壳外观缺陷检测除3.1节规定的情形下，还应按下列规定开展专项外观检测工作：

1. 在安全壳建造完成后，投入使用之前开展首次压力试验时，检测安全壳结构的外观缺陷及施工质量；
2. 核电厂投产后的第一次停堆换料，开展第二次压力试验时，检测安全壳结构外观缺陷现状及缺陷演变情况；
3. 之后，每次压力试验时，检测安全壳结构外观缺陷的演变情况；

**5.2.3** 混凝土外观检测

1. 依据检测区域是否可以到达的特点，可以将检测区域划分为人员可到达区域和人员不可到达区域两部分，其中后者又可以分为可视区域和不可视区域。不同的检测区域需要采用不同的检测方法。具体方式见附录A。
2. 在普查的基础上，对重要的敏感区域还需进行重点检测（详测），同时对普查中发现的存在较大缺陷的区域进行详测，安全壳敏感区域分布见附录B。
3. 对于预应力混凝土安全壳结构在整体性试验期间进行专项外观缺陷检测的抽样方法及频率规定如下：
4. 试验开始前进行初始检测，目视检测全部结构表面缺陷和裂缝，以确定原始状况，并对敏感区域进行详测；
5. 除不可抗力情况下，最高压力平台对结构进行检测，重点对敏感区域检测，特别关注在初始检测中已存在的重要缺陷；
6. 卸压后，对试验开始前及最高压力平台时所发现缺陷进行检测。
7. 混凝土裂缝检测要求：
8. 宜在安全壳外表面的下列部位设置裂缝观测区：

—— 筒体的中间高度处；

—— 最大开孔周围；

—— 扶壁柱与筒壁交接处；

—— 扶壁柱与最大开孔中间区域；

—— 穹顶中央；

—— 穹顶与环梁交接处；

—— 理论计算的外表面应变最大区域；

1. 除穹顶中央设1个观测区外,穹顶其他部位宜至少设2个观测区，且每个观测区的观测范围不应小于4m2；
2. 对于达到重点关注标准的裂缝（宽度达到 0.3mm 并且长度达 1m 以上,或者长度达到10m以上）应进行裂缝宽度监测，必要时宜增加裂缝深度测量；
3. 裂缝宽度观测仪表的分辨力不宜大于0.05mm。
4. 混凝土表面的各类缺陷标记记录参数应包括以下内容：标记和记录缺陷位置，测量并记录缺陷几何特征（长、宽）、并对缺陷特征进行描述和记录。预应力混凝土安全壳外观缺陷检测基本分类见附录C。
5. 目视检测应由视力良好的人员在合适照明度的条件下直接或遥测进行。

**5.2.4** 钢衬里外观检测

1. 有钢衬里安全壳应检测钢衬板、附属部件的表面损伤、起鼓、油漆剥落、焊缝损伤、钢板腐蚀等；无钢衬里安全壳应检测涂层表面损伤及剥落、浅裂纹等。
2. 有钢衬里安全壳，应设置不少于5块参考钢板进行重点检测，检测内容除以上常规检测外还应包括起鼓高度，涂层厚度，钢衬厚度；
3. 检测区域至少应包括以下部位：

—— 钢衬里与基础底板之间的环形伸缩缝；

—— 钢衬里与贯穿件之间的连接部位；

—— 牛腿、人员闸门、应急人员闸门、设备闸门与钢衬里之间的连接部位；

—— 主蒸汽管道贯穿件区域；

—— 钢衬里上的支撑平台附近区域；

—— 其它认为应选择的敏感区域。

1. 依据检测区域是否可以到达的特点，可以将检测区域划分为人员可到达区域和人员不可到达区域两部分，不同的检测区域需要采用不同的检测方法。具体方式见附录A。
2. 缺陷标注方式及面积统计方法见附录D。

**5.2.5** 预应力系统检测

预应力系统缺陷检测主要包括两部分：已施工隐蔽后的孔道和钢绞线检测，裸露在外部的预应力锚固区域检测。

1. 对于已经隐蔽部分，应检测隐蔽验收资料和设计资料的符合性，以及施工过程中是否有影响预应力损失的情况发生。
2. 对于裸露在外部的预应力锚固区域，应重点检测以下内容：

—— 锚固区混凝土完整性，以及裂缝分布情况；

—— 锚固区混凝土渗流情况，必要时进行混凝土密实度检测；

—— 预应力锚垫板和灌浆帽是否存在松动和移位；

—— 预应力锚垫板和灌浆帽锈蚀情况，以及防腐措施。

1. 对于锚固区混凝土裂缝，应检测是否为表层混凝土或保护层浅裂纹，如确定为混凝土受力裂缝，则应对裂缝宽度（宽度达到 0.3mm 并且长度达 1m 以上,或者长度达到10m以上）进行监测，并结合预应力损失水平报设计人员复核。

## 5.3 海工混凝土构筑物

1. 海工混凝土构筑物应包含实现维护核电厂陆域的防御风浪、取排水、交通运输功能的混凝土构筑物及其它非混凝土构筑物中的混凝土部件，主要有斜坡式结构、直立式结构及沉管（暗涵、隧洞）等构筑物。
2. 海工混凝土构筑物外观缺陷检测应包括混凝土外观缺陷检测、钢筋锈蚀检测、变形检测、防腐措施检测。
3. 混凝土外观缺陷检测应包括以下内容：
4. 混凝土表面的蜂窝、麻面和酥碎露石等缺陷；
5. 混凝土的起皮、剥落、露筋、缺角、裂缝等；
6. 混凝土构件的裂缝检测，主要包括裂缝的宽度、长度及深度的记录，同时应记录裂缝的位置、走向及数量，并长期观测裂缝的发展。
7. 钢筋的外观缺陷检测应包括以下内容：
8. 混凝土表面蜂窝、麻面和酥碎露石等原始缺陷
9. 混凝土保护层因钢筋锈蚀引起的锈迹、涨裂、起鼓、剥落甚至露筋等。
10. 变形及变位检测应包括以下内容：
11. 结构的位移、沉降和倾斜；
12. 护面块体的散乱、位移和下沉；
13. 临水面坡度、肩台宽度和高程变化；
14. 护脚块体和抛石棱体的位移、下沉，棱体宽度的变化；
15. 护底结构层的位移、下沉和宽度变化。
16. 斜坡式结构和直立式结构的外观检测除应按本规范5.3.3条、5.3.4条、5.3.5条的规定项目进行检测外，尚应按照《防浪堤设计与施工规范》JTS154的相关规定对斜坡式结构和直立式结构的断面轮廓及尺寸、构造要求进行检测。
17. 沉管（暗涵、隧洞）等构筑物的外观检测除应按本规范5.3.3条、5.3.4条、5.3.5条的规定项目进行检测外，尚应按照《水工隧洞设计规范》SL 279的相关规定对沉管（暗涵、隧洞）等构筑物的断面轮廓及尺寸、构造要求进行检测。
18. 海工混凝土构筑物的防腐措施检测应对阴极保护措施，涂层干膜厚度、涂层的粉化、浅裂纹、起皮、脱落及锈蚀等缺陷进行检测及记录，同时宜对防腐涂层与结构的粘接力进行检测。

## 5.4 烟囱

1. 混凝土烟囱外观缺陷检测工作实施方案应包括烟囱的地基基础、筒壁及附属设施、缺陷检测。
2. 混凝土烟囱地基基础的外观缺陷检测应包括以下内容：
3. 地基的场地类别、地基土质及其腐蚀性、地下水情况；
4. 地基基础的浸水沉陷及其引起的上部结构的倾斜、变形、裂缝等；
5. 基础的类型、尺寸及埋深；
6. 必要时宜对基础的变形、裂缝、缺角及锈蚀等缺陷进行检测。
7. 混凝土烟囱筒壁外观缺陷检测应包括以下内容：
8. 筒壁混凝土表面的蜂窝、麻面、酥碎露石、裂缝、渗流；
9. 筒壁混凝土保护层起皮、剥落、锈迹、起鼓甚至露筋；
10. 筒壁变形、裂缝、腐蚀。
11. 附属设施的外观缺陷检测包括爬梯、避雷接地装置、航空标志及各层平台的完整性、变形、锈蚀、与主体结构的锚固及连接情况。
12. 混凝土烟囱外观缺陷检测除应按本规范5.4.1条~5.4.4条执行外，尚应按《烟囱设计规范》 GB 50051的有关规定对混凝土烟囱的构造要求进行检测。

## 其他混凝土构筑物

* + 1. 混凝土外层安全壳
1. 本节是对采用双层安全壳的核电厂的混凝土外层安全壳外观缺陷的全面检测，检测内容应包括以下内容：
2. 混凝土表面的蜂窝、麻面、孔洞、起皮、锈迹、剥落等；
3. 混凝土表面涂层的劣化、浅裂纹、起皮、脱落；
4. 混凝土的裂缝、渗流、起鼓甚至露筋；
5. 安全壳预埋钢构件的腐蚀、钢构件锚固端及其防腐层的腐蚀；
6. 混凝土外层安全壳的穹顶变形、基础底板的沉降及变形。
7. 混凝土外层安全壳外观缺陷检测应覆盖安全壳的内外表面，并重点检测以下部位：
8. 安全壳贯穿件周围（如设备闸门口周围、人员闸门口周围等）；
9. 筒身中部；
10. 穹顶、环梁以及穹顶及环梁交接处；
11. 筒身与环梁、基础底板交接处。
	* 1. 其他生产相关建构筑物
12. 核电厂防护厂房的外观缺陷检测应包括对地基基础、上部结构、围护结构。本规程的开展应按现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144的相关规定执行，并应结合控制区的辐照环境等级检测以下内容：
13. 地基的沉降、倾斜、变形及引起的上部结构的变形、裂缝等缺陷；基础结构构件的细部构造及相关连接、产生的裂缝和变形等；
14. 围护结构应检测贯穿墙体和楼板的孔洞封堵状态，包括裂缝、脱落、移位、缺口等缺陷；
15. 辐照环境对结构构件及其涂层造成的肿胀、催化、蠕变、硬化、疲劳等缺陷。
16. 附属设施。
	* 1. 办公设施
17. 核电厂办公设施的外观缺陷检测应包括对地基基础、上部结构（结构构件和分结构构件）、围护结构。本项目的开展应按现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292的相关规定执行，参考5.5.2条规定的检测内容进行。

# 6 钢结构构筑物外观缺陷检测

## 6.1 一般规定

**6.1.1**本章适用于核电厂钢制安全壳、钢制烟囱与其他钢制构筑物的外观缺陷检测。

**6.1.2**钢结构构筑物外观缺陷检测，包括普查和详细检测，应采取目视检测和仪器设备检测相结合的方式进行。

## 6.2 钢制安全壳外观缺陷检测

**6.2.1** 钢制安全壳检测范围为圆柱形钢制安全壳表面，检测区域划分为人员可到达区域和人员不可到达区域两部分。不同的检测区域需要采用不同的检测方法，具体方式见附录A。

**6.2.2** 检测应包括所有部件可目视检测的内外表面、零件和附件。

检测应考虑下列项目：

1. 结构完整性附件和结构补强部件，比如加劲环，检修孔结构，开口周围加强件；
2. 结构附件和承压边界或补强结构间的焊接表面，不包括非结构附件和临时附件；

3 安全壳结构表面和压力边界焊缝，包括纵向焊缝，环焊缝，法兰焊缝和接管与壳体间焊缝；

4 检测还应包括用在没有密封焊需防止潮气入侵区域的防潮材料，这些区域包括钢安全壳压力边界内不易接近区域，或者在混凝土与金属和金属与金属之间衬垫。

**6.2.3** 钢制安全壳外观缺陷检测宜符合NB/T 20003.7《核电厂核岛机械设备无损检测第七部分：目视检测》的规定。

## 6.3 其他钢制构筑物

**6.3.1**核电厂钢结构厂房及附属设施的外观缺陷检测，应按地基基础、上部承重结构、维护系统三部分进行。

**6.3.2** 对钢结构损伤的检测内容：焊缝、浅裂纹、局部变形、锈蚀等项目。

**6.3.3** 核电厂钢结构厂房的检测，可分为钢结构构造与连接、构件的尺寸与偏差、变形与不均匀沉降、浅裂纹与损伤、腐蚀与锈蚀等方面进行检测。

**6.3.4**厂房及支撑结构的构造、连接质量的检测可分为焊接连接、焊钉（栓钉）连接、螺栓连接、高强螺栓连接等，可采用观察或锤击的方法检测连接的松动或断裂情况。

**6.3.5** 钢结构防护涂料的质量，可根据不同材料宜按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的规定进行检测和评定。

**6.3.6** 对钢结构连接的所有焊缝都应进行外观检测；对既有钢结构检测时，可采取抽样检测焊缝外观质量的方法，也可采取按委托方指定范围抽查的方法。焊缝的外形尺寸和外观缺陷检测方法和评定标准，宜按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205确定。

**6.3.7** 杆件的弯曲变形和板件凹凸等变形情况，可用观察和尺量的方法检测，量测出变形的程度；变形评定，宜按现行GB50205《钢结构工程施工质量验收规范》的规定执行。

**6.3.8** 钢构件的锈蚀，宜参考GB/T 8923《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》的要求。

**6.3.9** 钢烟囱的外观缺陷检测应符合GB50051《烟囱设计规范》的相关要求。

# 7 砌体结构构筑物外观缺陷检测

## 7.1 一般规定

**7.1.1**本章适用于核电厂内的砌体结构构筑物，或其他构筑物中的砌体构件。

**7.1.2**砌体结构构筑物缺陷检测应指定对结构完整性有重要作用的区域进行外观检测，主要包括：

1承受高应力的区域；

2用于固定安全相关的系统或者部件的砌体构件；

3靠近高温设备的砌体构件；

4暴露于具有腐蚀性气体或严峻大气条件下的区域；

5已在检测和试验中发现有缺陷的砌体构件。

**7.1.3**砌体结构或构件应根据实际应用情况定期检测，对于存在缺陷的砌体结构和构件应适当增加检测次数。用作消防设施的砌体墙应执行消防的检测要求。

## 7.2 砌体外观缺陷检测

**7.2.1**砌体结构外观检测应包括砌体块材的外观质量、砌筑质量、变形和损伤、构造和连接、裂缝、腐蚀等方面。

1. 砌体块材的外观质量检测可分为表面磨损、浅裂纹、弯曲等方面。

2. 砌体砌筑质量检测可分为砌筑方法、灰缝质量、砌体偏差和留槎及洞口等项目。

3. 砌体结构的变形和损伤的检测可分为裂缝、倾斜、基础不均匀沉降、环境侵蚀损伤、灾害损伤及人为损伤等项目。

4. 砌体结构的腐蚀检测主要包括砌体的风化酥碱程度和钢筋的锈蚀程度等。

**7.2.2**砌体砌筑质量检测可分为砌筑方法、灰缝质量、砌体偏差和留槎及洞口等项目。

**7.2.3**砌体结构的裂缝检测应遵守以下规定；

1．对于砌体结构或砌体构件上的裂缝，应测定裂缝的位置、裂缝长度、裂缝宽度和裂缝数量；

2．必要时应剔除构件表面抹灰确定砌筑方法、留槎、洞口、线管及预制构件对裂缝的影响；

3．对于仍在发展的裂缝应定期观测，提供裂缝发展数据。

**7.2.4**当砌体结构的承重构件出现下列受力裂缝时，应视为不适于承载的裂缝：

1．桁架、主梁支座下的墙、柱的端部或中部，出现沿块材断裂或贯通的竖向裂缝或斜裂缝。

2． 空旷房屋承重外墙的变截面处，出现水平裂缝或沿块材断裂的斜向裂缝。

3．砖砌过梁的跨中或支座出现裂缝；或虽未出现肉眼可见的裂缝，但发现其跨度范围内有集中荷载。

4．筒拱、双曲筒拱、扁壳等的拱面、壳面，出现沿拱顶母线或对角线的裂缝。

5．拱、壳支座附近或支承的墙体上出现沿块材断裂的斜裂缝。

6．其他明显的受压、受弯或受剪裂缝。

**7.2.5**当砌体结构、构件出现下列非受力裂缝时，应视为不适于承载的裂缝：

1）纵横墙连接处出现贯通的竖向裂缝。

2）承重墙体墙身裂缝严重，且最大裂缝宽度已大于5mm。

3）独立柱已出现宽度大于1.5mm的裂缝，或有断裂、错位迹象。

4）其他显著影响结构整体性的裂缝。

# 8 缺陷分类和处理建议

**8.1.** 根据外观缺陷检测结果，可按下列规定对缺陷进行分类。

* 1. 符合国家现行标准规范的要求，不影响结构安全，且不影响结构在目标使用年限内的正常使用功能，评为一类缺陷。该类缺陷可不予关注；（规范确认）
	2. 略低于国家现行标准规范的要求，不影响结构安全，但影响结构在目标使用年限内的正常使用功能，评为二类缺陷。该类缺陷需要关注；
	3. 不符合国家现行标准规范的要求，影响结构安全，且影响结构在目标使用年限内的正常使用功能，评为三类缺陷。该类缺陷建议重点关注；
	4. 极不符合国家现行标准规范的要求，严重影响结构安全，且明显影响结构在目标使用年限内的正常使用功能，评为四类缺陷。该类缺陷建议电厂根据自身情况采取适当措施及时处理。

# 附录A

检测区域划分示意如图A.1所示：

外观检测

可到达区域

不可到达区域

敏感区

（详测）

非敏感区

（普查）

可视区域

（远距离检测）

不可视区域

（免除检测）

较大缺陷区域

（详测）

**图A.1 检测区域划分示意图**

对可到达区域和不可到达区域（包括可视区域和不可视区域），应分别采用不同的检测方法，规定如下：

（1）可到达区域主要指能够使用楼板、屋顶、楼梯、平台、地面、吊篮、脚手架等使作业人员可近距或远距开展检测工作的区域，需进行目视外观检测、借助工具检测、缺陷现场标记、量测、记录等，对光线不足的地方，应使用强光手电筒辅助检测；

（2）不可到达的可视区域主要指无通道或无法搭设通道到达的区域，该区域可采用遥测设备、强光手电筒、望远镜及红外热像仪等做远距离检测；

（3）对人员不可到达的不可视区域则免除检测。

# 附录B

安全壳外观混凝土缺陷检测范围为预应力环廊以上的全部表面。根据结构受力特点，将安全壳分成易出现受力裂缝的敏感区域和存在一般缺陷的非敏感区域。

安全壳外观混凝土缺陷敏感区域如下：

（1）截锥体（加腋）区域

（2）扶壁柱及其周围1m区域

（3）环梁区域

（4）穹顶区域

（5）设备闸门加腋（厚）区及周围2m区域

（6）人员闸门外扩1m区域

（7）主蒸汽管道贯穿件外扩1m区域

（8）地坑贯穿件区域

安全壳外观混凝土缺陷非敏感区域如下：

（1）圆柱形墙与穹顶连接处穹顶区域

（2）圆柱形墙区域

（3）预应力廊道区域

（4）筏基外表面区域

以上区域是依据我国常见单堆M310堆型的结构形式划分，双堆及其他堆型根据自身结构形式参照划分。

# 附录C

预应力混凝土安全壳外观缺陷检测基本分类：

(1) 裂缝；

(2) 锈蚀；

(3) 渗流；

(4) 蜂窝麻面；

(5) 浅裂纹；

(6) 水泥碎片；

(7) 其它缺陷。

上述7种类型的缺陷说明如下：

(1) 裂缝主要指混凝土外表面是否有裂缝，针对裂缝应检测其对应的长度、宽度、形状、方位及其发展变化趋势和恢复状况（对于达到重点关注标准的裂缝宜增加裂缝深度测量）；

(2) 锈蚀主要是混凝土表面埋件、贯穿件结合部位等钢构件是否存在防腐油漆不到位或者漆面破损而导致的锈蚀；

(3) 渗流是指混凝土因渗流而形成水或锈蚀的痕迹；

(4) 蜂窝麻面是指混凝土表面比较浅层的混凝土缺陷，即通常所说的石子坑窝或蜂窝麻面；

(5) 浅裂纹是指在抹面层、水泥浆、砂浆或混凝土表面所产生的间距较小且不规则的浅裂纹；

(6) 水泥碎片指浇筑混凝土时漏浆而形成混凝土面上的水泥层薄片；

(7) 其它缺陷如混凝土外表面夹杂泥砂、杂物、孔洞等缺陷。

# 附录D

钢衬板上的缺陷，用油性记号笔在钢衬板上标记出缺陷的外形，并对每个缺陷进行编号，将缺陷的相对位置、尺寸大小记录于原始检录上。

（1） 缺陷的标记。将钢衬板左上角作为坐标原点，钢板的上边缘定为X轴线，钢板的左边缘定为Y轴线。从钢板左侧对每个缺陷按序编号。编号原则为：由左到右，由上到下，见图D.1所示。

（2） 缺陷尺寸的测量。记号做完后，测量缺陷的长度（）和宽度（），见图C.1所示，在对应于缺陷最大值的若干个点处取得用以测量缺陷尺寸的平均长度和宽度，并以近似椭圆的计算方法计算缺陷表面区域的面积，公式如下：

式中：

 ——缺陷计算面积（）

 ——圆周率

 ——缺陷长度(m)；

——缺陷宽度(m)。

注：编号方式和坐标标记记录方式可根据实际情况自行制定方案，应做到统一。

|  |
| --- |
|  |
| 注：i,i+1：缺陷的编号，即第i、i+1个缺陷；Xi ,Yi：第i个缺陷的中心位置坐标；Xi+1,Yi+1：第i+1个缺陷的中心位置。 |
| 图D.1 缺陷测量示意图 |

# 本规程用词说明

**1** 为了便于在执行本标准条文时区别对待，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：

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：

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，在条件允许时首先这样做的：

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：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

**2** 条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的要求（或规定）”。非必须按所指定标准执行时，写法为“可参照……执行”。

**中国工程建设协会标准**

**核电厂建构筑物外观缺陷检测**

**技 术 规 程**

CECS xxxxx-xxxx

# 条 文 说 明

**目 次**

[1 总 则 31](#_Toc18418297)

[3 基本规定 33](#_Toc18418298)

[3.1 一般规定 33](#_Toc18418299)

[3.2 检测程序 33](#_Toc18418300)

[3.3 工作内容 33](#_Toc18418301)

[4 建构筑物基本情况调查 35](#_Toc18418302)

[4.1 一般规定 35](#_Toc18418303)

[4.2 使用条件和环境的调查 35](#_Toc18418304)

[4.3 建构筑物的现状调查 35](#_Toc18418305)

[4.4 附属设施的现状调查 35](#_Toc18418306)

[5 混凝土构筑物外观缺陷检测 36](#_Toc18418307)

[5.1 一般规定 36](#_Toc18418308)

[5.2 预应力混凝土安全壳外观缺陷检测 36](#_Toc18418309)

[5.3 海工混凝土构筑物 36](#_Toc18418310)

[5.4 烟囱 37](#_Toc18418311)

[5.5其他混凝土构筑物 38](#_Toc18418312)

[6 钢结构构筑物外观缺陷检测 39](#_Toc18418313)

[6.1 一般规定 39](#_Toc18418314)

[6.2 钢制安全壳外观缺陷检测 39](#_Toc18418315)

[6.3 其他钢制构筑物 39](#_Toc18418316)

[7 砌体结构构筑物外观缺陷检测 41](#_Toc18418317)

[7.1 一般规定 41](#_Toc18418318)

[7.2 砌体外观缺陷检测 41](#_Toc18418319)

[8 缺陷分类和处理建议 42](#_Toc18418320)

# 总 则

* + 1. 由于没有标准可依，我国只能依靠其它行业经验开展核电厂建构筑物外观缺陷检测工作，无法针对核电厂特点，开展准确、有效、适用性好的外观缺陷检测，因此无法形成统一的核电厂建构筑物基础数据，对后期开展的寿命管理、可靠性评价工作带来困难。另外，我国在核电技术研究方面投入巨大，已经形成具有自主知识产权的三代核电技术，具备对外出口能力，急需相应的核电标准体系的成熟壮大。在此背景下，编制一本与我国核电行业现状相适应的“外观缺陷检测技术规程”势在必行。
		2. 本条用于明确本标准的适用范围。核电厂核安全相关建构筑物见表1，本规程中核安全相关建构筑物也包括如应急指挥中心等，虽然为非核安全相关，但由于其重要性，需要SL-2校核的建构筑物。

表**1** 我国主要核电机型核安全相关建构筑物清单

|  |  |
| --- | --- |
| 机型 | 核安全相关建构筑物 |
| 二代改进型  | 两个反应堆厂房、核辅助厂房、燃料厂房和电气厂房、柴油发电机厂房、辅助给水水箱间、连接厂房、联合泵房、安全厂用水进水廊道、废液储罐厂房滞留池、废液排放廊道。  |
| VVER  | 反应堆厂房、蒸汽间、安全厂房、控制厂房、应急柴油机电机站（SDGS）、辅助厂房、贮存厂房、新燃料贮存厂房、重要用户冷却水泵房、应急柴油机厂房与核岛厂房之间的安全系统通道、安全厂用水进水廊道、UJA-UKD-UQB厂房之间的连接通道、高放废物桶存贮间等。  |
| AP1000系列  | 屏蔽厂房/安全壳厂房和辅助厂房。  |
| EPR  | 内外层安全壳、应急辅助厂房和电气厂房、燃料厂房、安全厂房、核辅助厂房、应急柴油机厂房、廊道和放废处理厂房、HNX/HQ廊道、SEC廊道。  |
| 华龙一号（福清）  | 反应堆厂房、安全厂房、燃料厂房、电气厂房、核辅助厂房、核废物厂房、运行服务厂房和柴油机厂房、联合泵房、安全厂用水进水廊道、废液储罐厂房滞留池、废液排放廊道  |
| 华龙一号（防城港）  | 反应堆厂房、安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房、进出厂房、放废处理厂房、柴油机厂房、SBO柴油机厂房、额外冷却水与核岛消防水厂房、重要厂用水泵房、废液输送廊道、安全厂用水进水廊道、柴油机厂房等。  |
| 高温气冷堆  | 反应堆厂房、电气厂房、核辅助厂房和乏燃料厂房。  |

* + 1. 凡本规程涉及的其他有关方面问题，例如高空作业，受限空间，现场用电等均应遵守国家现行有关强制标准的规定和电厂相关作业程序。。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1** 在核电厂设计中按照确定的准则对工况和事件的范围予以明确考虑，以便在安全系统按计划运行的条件下，该核电厂能够经受这些工况和事件而不超出规定的限值。核电厂遭遇极端灾害或重大事故应经电厂管理人员或设计人员评估认定。

**3.1.2** 定期安全审查是以规定的时间间隔对运行核电厂的安全性进行的系统性的再评价，以应对老化、修改、运行经验、技术更新和厂址方面的积累效应，目的是确保核电厂在整个使用寿期内具有高的安全水平。定期安全审查是核安全监管体系的一部分。对于维持核电厂长期安全运行，对于许可证持有者延长核电厂寿期的要求（即要求核电厂超出许可证已确定的期限或超出由安全评价所确定的期限继续运行）来说，定期安全审查是一种关键的核安全监管手段。定期安全审查通过考虑核电厂老化、修改以及可接受的现行的安全标准，为许可证发放依据持续有效再次提供保证。因此，本规程建议在核电厂定期安全审查时，建议进行建构筑物外观缺陷检测。

## 3.2 检测程序

**3.2.1** 本规程制定的鉴定程序，是根据我国核电厂建构物外观缺陷检测的实践经验确定的。执行时，可根据问题的性质进行具体安排。例如：若遇到简单的问题，可予以适当简化；若遇到特殊问题，可进行必要的调整和补充。

## 3.3 工作内容

**3.3.1** 根据我国核电厂运行管理的情况，委托方可能有：营运单位、核能行业或行政主管部门、核安全监管部门等。。

**3.3.2 ~3.3.3** 条文中规定的初步调查和详细调查的工作内容较为系统，但不要求全面执行，故采用了“可根据实际需要选定” 的措词。至于每一调查项目需做哪些具体检测工作，还需要根据实际所遇到的问题进行研究。

**3.3.4** 检测报告中分析缺陷产生的原因，并对结构或构件性能进行初步评估，该评估仅为对缺陷危害程度进行说明，是否对结构安全性造成影响应有电厂管理人员论证决定。

#  4 建构筑物基本情况调查

## 4.1 一般规定

**4.1.1**本条规定了核电厂建构筑物外观缺陷检测的前期工作项目。核电厂建构筑物应采用成熟、可靠的方法进行调查，考虑核安全及辐射防护要求，提倡采用无损检测方法、非接触方法和自动监测方法。

## 4.2 使用条件和环境的调查

**4.2.1** 对于已建成建筑物的情况调查，除应考虑下一目标使用期内可能受到的使用环境条件外，还要考虑结构历史使用条件和工作环境，尤其是原设计未考虑的各种情况。

**4.2.2** 建构筑物出现各种病态和老化迹象往往与所处的环境有关。因此，在调查过程中，必须查找其原因以及过早老化的缘由。针对这一需求，本条列出了不同环境类别下的基本调查项目供检测人员参照使用。

## 4.3 建构筑物的现状调查

**4.3.1** 根据核电厂建构筑物检测的现场工作经验，一般认为对建构筑物的调查，宜划分为三个部分进行，并且允许有所侧重，甚至可根据初步勘察结果，或凭经验仅对其中某一部分进行调查。

**4.3.2** 地基基础的调查宜对地基和基础分别进行表述，既有建构筑物的地基状态对基础及上部结构影响巨大。当需通过现场检测确定地基承载力时，可按现行行业标准《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ123和现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007规定的方法进行确定。

**4.3.3 ~** **4.3.5** 提出了上部结构和围护结构现状调查的项目、方法和要求，可供检测工作者执行本标准时使用。

## 4.4 附属设施的现状调查

**4.4.1** 提出了附属设施现状调查的方法和要求。

# 5 混凝土构筑物外观缺陷检测

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 这里列举的以混凝土为主要结构材料的建构筑物指代与核安全相关的建构筑物，核电厂内其他非安全相关的建构筑物外观缺陷检测可依据国家相关规范进行缺陷检测。

**5.1.2** 与结构完整性的区域应重点进行详细检测，非重要区域可根据现场实际情况进行选择性检测。

## 5.2 预应力混凝土安全壳外观缺陷检测

**5.2.1** 预应力混凝土安全壳由于体量比较大，可划分重点区域进行检测，但由于其重要性，在现场条件允许的情况下，应选择全部位置检测。

**5.2.2**  安全壳结构整体性试验是检验安全壳在极端事故下结构的整体性和密封性的能力，其外观缺陷检测也是评价结构完整性的主要指标，故应在每次试验中开展专项的安全壳外观缺陷检测。

**5.2.3 3** 最高压力试验期间主要对初始检查中发现的裂缝长度宽度进行检测并做记录，当遇到台风，雷暴等危害检测人员安全的极端天气可视为不可抗力，该情况下可采用其他检测方法或免于检查。

**5.2.3**~**5.2.5** 安全壳外观缺陷检测分为运营期间安全壳外观缺陷日常检测和安全壳大修试验期间安全壳外观缺陷专项检测，安全壳结构整体性试验期间外观缺陷专项检测还应满足NB/T 20017 《压水堆核电厂安全壳结构整体性试验》规定，NB/T 20505-2018 《核电厂预应力混凝土安全壳结构在役检查》，两者条文相同地方保持一致。

## 5.3 海工混凝土构筑物

**5.3.1**海工混凝土构筑物的使用环境调查应重点关注堤前变形、水深、波浪、水流、冰清、使用荷载等，和与之对应的变化情况。

**5.3.5**钢筋的保护层如不能满足设计要求，将会导致钢筋较快发生锈蚀，影响结构安全和耐久性。因此根据现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》（JTJ268）的规定，对混凝土浇筑前钢筋保护层厚度、垫块、控制和检测提出了具体要求。

**5.3.6**核电厂海工构筑物的变形及变位观测点的观测精度符合表1的规定。

表1 位移及变位观测点的观测精度

|  |  |
| --- | --- |
| 高程中误差/mm | 点位中误差/mm |
| ±0.5 | ±1.5 |

注：当水平位移用坐标向量表示时，向量中误差为表中数值的

**5.3.9**参考日本《港湾结构物的维护与修补指南》和《海港工程混凝土结构防腐技术规程》（JTJ 275）有关涂层质量的规定，以涂层裂纹、起泡、脱落、涂层干膜厚度和涂层粘接力等来综合评估混凝土结构涂层的劣化情况。

## 5.4 烟囱

**5.4.1**对核电厂内既有混凝土烟囱外观检测除考虑烟囱已经受到的各种作用和结构工作环境以及服役期内收到的设计中未考虑的作用之外，还应考虑下一个目标使用期内可能受到的作用和使用环境。烟囱基本情况调查以查阅图纸、规范运行参数及调查历时作用为主，核对原始资料与现场实际情况，当原始资料缺失时应进行现场调查实测和补充检测。

**5.4.3**当地基基础资料不全且可能对烟囱上部结构造成不利影响时，应根据国家现行有关标准的规定，对场地地基进行补充勘测，并进行沉降观测和倾斜观测。对基础现状有怀疑时，尚应对基础进行开挖检测。

**5.4.4**对筒壁及支撑结构的检测可通过望远镜、吊篮、爬梯、平台等直接检测。

**5.4.5**对附属设施的链接怀疑时，应对接地电阻值进行检测。

**5.4.6**烟囱防腐层的完好程度直接决定烟囱结构的工作环境和使用寿命。烟囱的防腐层包括但不限于发泡块材类防腐蚀内衬、聚合物防腐蚀层内衬、耐蚀合金复合内衬等防腐措施。

## 5.5其他混凝土构筑物

**5.5.1**安全壳为核电厂重要物项，核电厂外层安全壳既是防止放射性物质外逸的最后一道屏障，也是抵御外来灾害（飞机撞击、地震、龙卷风、海啸等）重要保障。该条规定了核电厂外层安全壳外观缺陷检测的主要工作内容及重点关注部位，可为安全壳结构的材料劣化、结构耐久性的研究及评估提供主要依据，同时作为判断安全壳结构承担一回路失水事故荷载的能力及裕度的重要依据。

**5.5.2**其他生产相关建构筑物指安全壳本体以外的建构筑物，这里不包括安全壳内部的混凝土结构构件。核电厂防护厂房指除安全壳以外的生产相关厂房。

**5.5.3**条规定了核电厂内防护厂房及办公设施的外观缺陷检测除考虑已经受到的各种作用和结构工作环境以及服役期内收到的设计中未考虑的作用之外，还应考虑下一个目标使用期内可能受到的作用和使用环境。将外观缺陷检测划分为三个部分进行，并允许有所侧重，根据初步勘察结果或经验可仅对其中某一部分进行检测。同时，分别提出了三部分外观缺陷检测的项目及要求，可供专业技术人员执行本标准时使用。

# 6 钢结构构筑物外观缺陷检测

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 本条规定了本章的适用范围。

**6.1.2** 本条提出了钢结构外观检测方法的分类，以及检测方法的使用问题。对于具体某一钢结构的检测可根据实际情况确定具体检测方法。

## 6.2 钢制安全壳外观缺陷检测

**6.2.1** 本条规定了钢制安全壳的检测范围和检测区域。钢制安全壳的结构、附属设施复杂，检测范围广泛，针对不同检测区域的特点，可划分为人员可到达区域和人员不可到达区域两部分。 针对以上两类检测区域的检测方法，附录A做出了具体的说明。

**6.2.2** 本条提出了钢制安全壳外观缺陷检测的项目。这些检测项目应包含结构完整性附件和结构补强部件，结构附件和承压边界或补强结构间的焊接表面，结构表面和压力边界焊缝，钢安全壳压力边界区域。

**6.2.3**钢制安全壳外观缺陷检测，宜符合现行行业标准《核电厂核岛机械设备无损检测》NB/T 20003.7-2010的规定。

## 6.3 其他钢制构筑物

**6.3.1** 钢结构厂房及附属设施按照结构部位和功能划分，可以分为三个部分：地基基础、上部承重结构、维护系统。本条标准采用的划分方案，参照了现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144-2008的有关规定。

**6.3.2** 本条提出了钢结构厂房外观缺陷检测的项目。对于具体某一钢结构的外观缺陷检测，可根据实际情况确定具体检测项目。

**6.3.5** 本条提出了钢结构厂房钢结构构件连接焊缝的外观缺陷检测方法。根据既有建构筑物焊缝数量规模，以及委托方的委托要求，可以采取抽样检测或者按委托方指定范围抽查的方法。本条标准采用的焊缝的外形尺寸和外观缺陷检测方法，参照了现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**6.3.7** 本条提出了钢结构厂房构件变形的检测方法和评定方法。其中，变形评定方法，参照了现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

# 7 砌体结构构筑物外观缺陷检测

## 7.1 一般规定

7.1.4核电厂建构筑物的定期检测和评价频率应根据电站业主的需求制定，应综合考虑构筑物环境条件的侵蚀性和电站的大修周期确定。检测频率可根据结构所处环境变化和现状现状变化做出改变，如既有缺陷超过了某些级别的验收标准，则需要增加目视检测频率或增加测试项目。

ACI349.3R《安全相关混凝土构筑物的评估和维修》中给出了各种结构形式构筑物的检测频率，总的来说，检测频率不超过5年。

核电厂老化管理通用经验（GALL）报告中给出了砌体结构老化管理大纲，大纲中要求对砌墙进行5年一次的外观检测，对于已观察到发生材料损失或者开裂的部分应增加检测次数，以保证在两次检测间隔内砌墙能执行其预期功能。用作消防设施的砌墙应按照消防的要求进行外观检测。

## 7.2 砌体外观缺陷检测

**7.2.3**裂缝是砌体结构最常见的损伤，是后期鉴定工作的重要依据。裂缝可以反映出砌筑方法、留槎、洞口处理、预制构件的安装等质量，也可以反映基础不均匀沉降、屋面保温层质量问题以及灾害程度和范围。

 裂缝的位置、长度、宽度、深度和数量是判定裂缝成因的重要依据，在裂缝处剔凿抹灰进行检测，可排除一些影响因素。裂缝处于发展期则结构的安全性处于不确定期，确定发展速度和新产生裂缝的部位，对判断裂缝产生的原因、采取处理措施是非常重要的。

**7.2.4**考虑到砌体结构的特性，当承载能力严重不足时，相应部位会出现受力裂缝，这种裂缝即使很小，也具有同样的危害性。所以规范中提出了不适宜继续承载的受力裂缝的情况 。

**7.2.5** 规范里涉及的非受力裂缝系指温度、收缩、变形或地基不均匀沉降等引起的裂缝。

砌体构件过大的非受力裂缝，虽然是由于温度、收缩、变形或地基不均匀沉降等因素引起的，但它的存在破坏了砌体结构的整体性，有可能因为裂缝宽度过大而危及构件承载的安全，或丧失其对重要设备的支撑作用，因此，也有必要列为外观检测项目。本节提出的危险性裂缝宽度参考了《民用建筑可靠性鉴定标准》。

# 8 缺陷分类和处理建议

**8.1.1** 本条是对核电厂建构筑物检测出的外观缺陷逐个进行评估，为了对缺陷的危害程度进行区分，参考《民用建筑可靠性鉴定标准》评定原则，从缺陷对结构的安全性和在目标使用年限内的正常使用功能是否影响两个方面进行综合评定。 缺陷的分级评定结果可为该建构筑后续可靠性评定，结构整体性评价，以及老化管理评估提供依据。

**8.2.3** 核电厂建构筑物缺陷修复工作由各电厂根据实际情况自行制定，除满足缺陷修复时效性要求外，还应满足修复后的质量要求。修复工作中所用材料性能参数应至少达到或高于原建造时使用的材料，如修复采用的混凝土材料强度等级应不低于原结构的混凝土材料强度等级。