



中华人民共和国国家标准

GB/T 11809—2021

代替 GB/T 11809—2008

压水堆燃料棒焊缝检验方法 金相检验和 X 射线照相检验

Test method of weld of fuel rod for PWR—
Metallographic examination and radiographic testing

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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 金相检验	4
5 X射线照相检验方法	9
6 检验报告	13
附录 A (资料性) 一般燃料棒结构图	14
附录 B (规范性) 金相样品取样方法	15
附录 C (资料性) 浸蚀方法	18
附录 D (资料性) 检测和照相倍数	19
附录 E (规范性) 有效熔深 S 值的测量	20
附录 F (规范性) 半补偿照相法最小透照厚度计算方法	22
附录 G (资料性) 透照布置	23
附录 H (资料性) 燃料棒焊缝 X 射线照相检验补偿方法	24

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。

本文件代替 GB/T 11809—2008《压水堆燃料棒焊缝检验方法 金相检验和 X 射线照相检验》，与 GB/T 11809—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将术语“环焊缝熔深”修改为“包壳环焊缝熔深”(见 3.1, 2008 年版的 3.1)，“环焊缝熔化区深度 depth of the melted zone of ring welding”修改为“环焊缝熔化区深度 depth of the melted zone”(见 3.2, 2008 年版的 3.3)，“least thickness of sound part of weld zone”修改为“minimum thickness of sound part of weld zone”(见 3.5, 2008 年版的 3.5)；
- b) 增加“密实区长度”“V 型槽”的术语和定义(见 3.7、3.8)；
- c) 金相检验方法中增加了针对压力电阻焊焊缝的金相检验内容(见第 1 章、4.5.2.3、4.5.3.1、4.6.2)；
- d) 砂纸规格修改为 P120~P2400(见 4.2.6, 2008 年版的 4.2.5)；
- e) 增加金相样品的规定(见 4.4)；
- f) 将金相取样内容调整为附录 B, 合并了上端环焊缝及密封焊点与下端环焊缝的纵向样品取样图(见 B.1, 2008 年版的 4.4.1、4.4.2), 增加了压力电阻焊金相焊缝样品的取样方法, 并对附录顺序进行了调整(见附录 B, 2008 年版的 4.4)；
- g) 用 GBZ 117 代替了 GB 16357(见 5.2, 2008 年版的 5.2)；
- h) 修改 X 射线照相的检验人员资格(见 5.3, 2008 年版的 5.3)；
- i) 增加了半补偿照相补偿块制作方法(见 5.4.7.2)、X 射线胶片灰雾度要求(见 5.4.5)、密度计测量误差要求(见 5.4.6)和一次透照长度计算方法(见 5.5.1)等内容；
- j) 修改了工业 X 射线机要求(见 5.4.1, 2008 年版的 5.4.1)、观片灯屏亮度的要求(见 5.4.4, 2008 年版的 5.4.4)、像质计灵敏度的要求(见 5.5.4, 2008 年版的 5.5.3)、几何不清晰度计算公式(见 5.5.5, 2008 年版的 5.5.4)、散射线防护要求(见 5.5.6, 2008 年版的 5.5.5)、底片密度范围(见 5.5.8, 2008 年版的 5.5.7)和透照转角要求(见 5.6.3, 2008 年版的 5.6.3)等内容；
- k) 合并及完善 X 射线照相检验报告与记录内容(见 6.2, 2008 年版的 6.2)；
- l) 将热染法的温度修改为 $450\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (见表 C.1, 2008 年版的表 B.1)；
- m) 删除存在单个气孔缺陷时有效熔深的测量示意图(见 2008 年版的图 C.4、图 C.5、图 C.6)；
- n) 增加金相样品检测及照相倍数(见附录 D)；
- o) 增加附录 F 半补偿照相法最小透照厚度计算方法(见附录 F)；
- p) 增加附录 H 燃料棒焊缝 X 射线照相检验补偿方法(见附录 H)。

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。

本文件由全国核能标准化技术委员会(SAC/TC 58)提出并归口。

本文件起草单位：中核建中核燃料元件有限公司。

本文件主要起草人：范绍华、曹晖、袁野、代强、马海涛、周希、黄杰、黄帆。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——GB 11809—1989、GB/T 11809—1998；

——GB 11851—1989、GB/T 11851—1996；

——2008 年修订时，将 GB/T 11809 与 GB/T 11851 合并为 GB/T 11809—2008；

——本次为 2008 年合并后第二次修订。

压水堆燃料棒焊缝检验方法 金相检验和 X 射线照相检验

1 范围

本文件描述了压水堆燃料棒(以下简称燃料棒)焊缝的金相检验和 X 射线照相检验方法。

本文件的金相检验方法适用于采用电子束、钨极惰性气体保护进行焊接的锆合金燃料棒熔化焊缝(包括环焊缝和密封焊点)样品的熔深、缺陷及微观组织的检验。也适用于采用压力电阻焊进行锆合金燃料棒焊接的焊缝的密实区的检验。其中的薄膜浸蚀法仅适用于采用电子束焊接的 Zr-Sn 合金燃料棒焊缝检验。

燃料组件中锆合金导向管焊缝熔深和缺陷以及采用其他焊接方式得到的焊缝的金相检验也可参照执行。

本文件的 X 射线照相检验方法适用于燃料棒环焊缝以及密封焊点的检查,压水堆燃料组件控制棒、可燃毒物棒、中子源棒以及导向管部件环焊缝,其他堆型类似燃料棒环焊缝也可参照执行。

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 3375 焊接术语

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 12604.2 无损检测 术语 射线照相检测

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB/T 19348.1—2014 无损检测 工业射线照相胶片 第 1 部分:工业射线照相胶片系统的分类

GB/T 19802 无损检测 工业射线照相观片灯 最低要求

GBZ 117 工业 X 射线探伤放射防护要求

3 术语和定义

GB/T 3375 和 GB/T 12604.2 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

包壳环焊熔深 **penetration of the ring welding**

S_h

包壳管与端塞焊接熔合厚度(见图 1)。