

压水堆核电站元件生产制粒、压制工序改进设计

刘家礼

(核工业第五研究设计院, 河南 郑州 450052)

摘要: 概括介绍了压水堆核电站燃料元件二氧化铀芯块制粒、压制工序的生产任务、工艺流程、照射剂量的现状, 详细分析了照射剂量超标的原因, 提出了解决照射剂量超标的对策措施, 并概述了改进设计的效果评价。

关键词: 二氧化铀; 芯块; 制粒; 压制; 照射剂量; 改进

中图分类号: TL352.21

文献标识码: A

文章编号: 1000-6931(2003)S0-0036-04

Design for Improving Operational Sequence of Granulation and Compression in Production of Elements for PWR Nuclear Power Station

LIU Jia-li

(Zhengzhou Fifth Research and Design Institute of Nuclear Industry, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: The paper presents the production tasks, process flow and current exposure dose for the operational sequence of UO_2 pellet granulation and compression in the production of fuel elements for PWR nuclear power station, analyzes in detail the cause of how its exposure dose is beyond the standard, provides some counter-measures to solve the problem of exposure dose exceeding the standard, and briefs the evaluation of effect of improved design.

Key words: UO_2 ; pellet; granulation; compression; exposure dose; improvement

目前,我国压水堆核电站燃料元件生产过程中制备二氧化铀芯块使用的原料是通过ADU流程生产的 UO_2 粉末,粉末流动性较差。为满足芯块制备中旋转压机自动压制成型需要,必须对 UO_2 粉末进行制粒,以改善其流动性,再经旋转压机压制成型后方能为芯块生产提供合格生坯。因此,制粒、压制工序是二氧化铀芯块制备中必不可少的重要环节。目前,制

粒、压制工序工作场所空气中的铀气溶胶浓度超标,对工人的身心健康造成了一定危害。为保护工人的身心健康,除加强辐射防护管理外,从芯块制备的工程设计着手,分析制粒、压制工序工作场所空气中铀气溶胶浓度超标的主要原因,并采取相应的改进设计措施,成为一个十分重要的现实课题。

收稿日期:2003-01-22;修回日期:2003-03-25

作者简介:刘家礼(1972—),男,四川达县人,工程师,粉末冶金专业

1 制粒、压制工序的工艺流程

制粒、压制工序是将通过 ADU 流程生产的合格 UO_2 粉末和一定比例的 U_3O_8 粉末(兼有造孔剂和回收物料的作用)通过罗茨真空泵的负压送料系统从原料粉末桶内吸送到制粒、压制平台上布置的单锥双螺旋混料器内进行混料,然后通过旋转压机压片、擦筛机擦筛制粒、双锥混料器混料球化,最后通过旋转压机压制成型,生产出合格的二氧化铀生坯。

2 制粒、压制工序照射剂量污染的现状及原因

压水堆核电站燃料元件生产线制粒、压制工序设计经过了实践的检验,生产出了合格的二氧化铀芯块,为压水堆核燃料元件国产化做出了贡献。然而,在生产运行中也暴露出通风系统不畅、操作场所空气气流组织不合理、操作场所空气中铀气溶胶浓度超标等不足。

在生产运行过程中,按照一定的监测方案对核燃料元件厂主要工作场所空气中铀气溶胶浓度和全厂职业照射剂量进行了较为系统的监

测。制粒、压制岗位空气中 α 放射性气溶胶浓度集中分布在 3~10 DAC,为导出空气浓度限值 1 DAC 的 3~10 倍;设备检修时,空气中 α 放射性气溶胶浓度甚至超过 10 DAC。制粒、压制岗位职业照射集体剂量占全厂职业照射集体剂量的 16.79%,高居各岗位之首^[1]。因此,分析原设计制粒、压制工序空气中铀(α 放射性)气溶胶浓度超标的原因,采取措施减小制粒、压制岗位空气中的放射性污染是十分具有现实意义的。

原设计制粒、压制工序的工艺立面布置示意图示于图 1。

通过分析,并结合生产运行实践,可以确认,造成制粒、压制工序工作场所空气中铀气溶胶浓度超标的主要原因包括以下 7 项:

- 1) 60 t 制粒油压机故障率高,设备检修频繁,密封性差;
- 2) 未设专用设备检修防护装置,就地检修设备,设备中的存料就地卸料;
- 3) 未设压饼破碎机构, $\phi 60$ mm 压饼直接进入擦筛机,进料不畅,人工捅料造成物料飞逸;

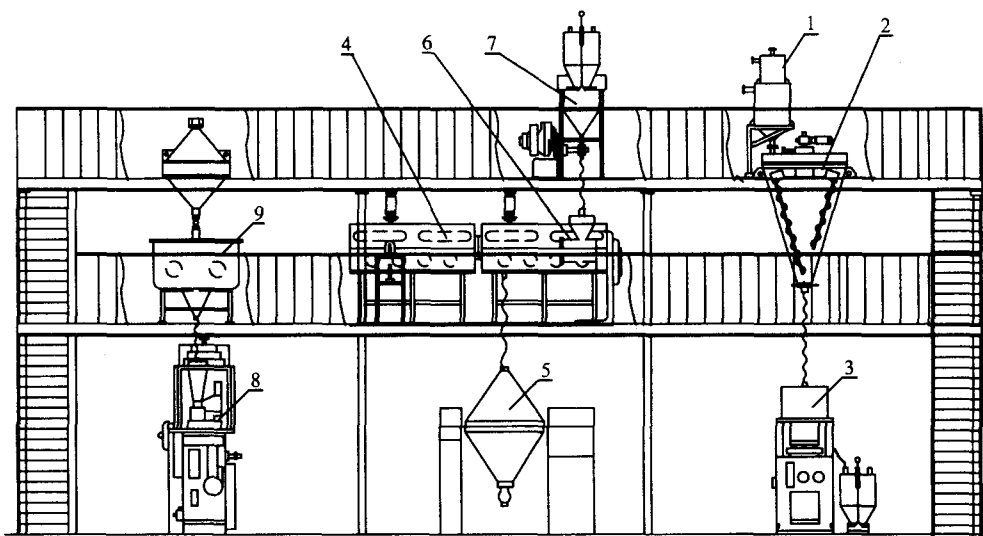


图 1 原设计制粒、压制工序工艺立面布置示意图

Fig. 1 Elevation layout of operational sequence of granulation and compression in original design

- 1——旋风过滤器;2——单锥双螺旋混料器;3——制粒油压机;4——混料工作箱;
5——双锥混料器;6——摇摆式颗粒机;7——中间容器;8——旋转压机;9——中间料箱

4) 工艺布置不合理,吊车两次提升物料卸料,物料在提升、卸料过程中泄露;

5) 采用双锥混料器混料、球化,混料器的进、出料口每次均需安装、拆卸,易造成物料散落;

6) 操作岗位全排气流组织不合理,全排气流可能短路;

7) 无事故状态备用风机系统。

3 解决照射剂量污染超标的措施

针对分析确认的制粒、压制工序操作场所空气中铀气溶胶浓度超标的主要原因,改进设计分别采取了相应的措施。

1) 淘汰故障率高的 60 t 油压机,选用国产性能稳定的 YH20 旋转压机;出厂前,对压机操作台面进行整体封闭,有效防止 UO_2 粉尘泄露到操作场所空间中。

2) 设计专用的可移动的污染检修小车。小车上设置排风机。设备检修时,就地将设备围护起来,启用检修小车上的排风机,可将检修

场所空气中的 UO_2 粉尘过滤吸收,减少对操作场所空间的污染。

3) 放弃压饼方式,采用自动旋转压机旋转压片,且在压片进入摇摆式擦筛机前增设一套专用的压片破碎装置,使压片破碎成约 10 mm 的粗颗粒后顺利进入擦筛机进行擦筛制粒。

4) 重新进行制粒、压制工序的工艺布置,提高该工序厂房高度,制粒部分工艺设备从上至下垂直布置,采用一次吊车提升料罐卸料,比原工艺减少了一次吊车提升粉末料罐卸料过程,降低了 UO_2 粉尘泄露到操作场所空间的机会。制粒、压制工序改进设计的工艺立面布置示意图示于图 2。

5) 仍保留双锥混料器混料、球化。双锥混料器混料、球化粉末在工艺上是可行的,但仍不能解决其进出料口软管接头需经常安装、拆卸引起的物料散落到操作场所的问题。改进设计时,设计了专用小容器,以放置进出料接头,并加强进出料口附近的局排,以尽量减少散落到操作场所的 UO_2 粉尘量。

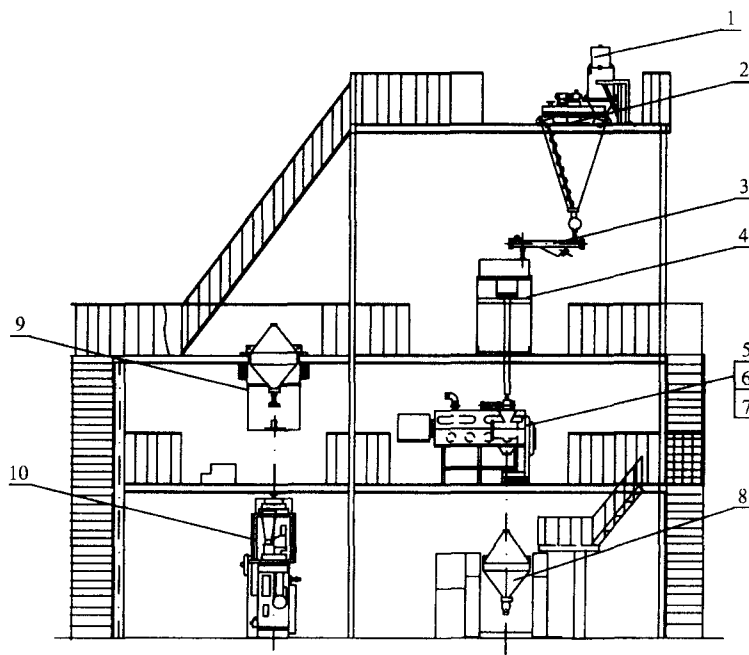


图 2 制粒、压制工序改进设计工艺立面布置示意图

Fig. 2 Elevation layout of operational sequence of granulation and compression in improved design

- 1——组合旋风过滤器;2——单锥双螺旋混料器;3——振动给料机;4——旋转压机;
5——压片破碎机;6——摇摆式颗粒机;7——混料工作箱;8——双锥混料器;
9——中间料箱;10——旋转压机

6)合理组织操作岗位的全排气流,减小全排气体风速,做到全排气流上送下排,并从低污染区(人员操作区)流向高污染区(设备区)。

7)在设计通风系统时,对在事故状态下易产生物料泄漏的设备设置备用的排风系统,加大局排风量,以尽量减少放射性粉尘泄漏到操作场所。

4 制粒、压制工序改进设计的效果评价

在制粒、压制工序改进设计中,合理吸收了以前压水堆燃料元件设计及运行的经验,充分分析了造成该工序工作场所空气中铀气溶胶浓度超标的主要原因,并分别采取了相应的改进设计措施。同时通风专业积极采取有效措施,合理组织气流,全排气流实现了上送下排、从低污染区流向高污染区,并加强保障了局排,从设计上基本解决了芯块制备过程中制粒、压制工

序工作场所空气中铀气溶胶浓度超标的问题,使其达到 <1 DAC的控制目标。

制粒、压制工序改进设计方案已运用于工程中,实际效果良好,但还需经长期生产实践的检验。

制粒、压制工序改进设计中,仍采用了双锥混料器混合、球化粉末,这在工艺上虽是可行的,但仍存在进出料接头多次安装、拆卸造成的物料泄露问题,对此,需研制新设备,既能满足工艺混合、球化粉末的需要,又能避免出现物料泄露。

参考文献:

- [1] 国营八一二厂. 一九九六年核电燃料元件生产职业照射剂量统计与评价年报[R]. 宜宾:国营八一二厂,1997.

(上接第 28 页,From p. 28)

- [16] 李怀林,李文瑛. MOX 燃料混料过程的优化[J]. 原子能科学技术,2001,35(2):139~146.
- [17] 刘先志. 球磨绝对最高粉碎产量装载因数的推求及球磨在运用中力的关系[J]. 力学学报,1959,3(1):45~79.
- [18] Warin D, Bauer M, Seiss M, et al. Mechanisms

of Dry Ball Milling in MOX Fabrication[A]. Recycling of Plutonium and Uranium in Water Reactor Fuel; IAEA-TECDOC-941 [C]. Vienna: IAEA,1997. 107~111.

- [19] 邓启刚,席慧智,刘爱东. 材料化学导论[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1999. 18~29.