

Safety and Protection of Cobalt Source Plant during Source Loading Process

Jiangping Liu, Qiang Chen

Shanghai JPY ION-TECH. Co., Ltd., Shanghai
Email: ljp@jpy.com.cn

Received: Nov. 27th, 2018; accepted: Dec. 6th, 2018; published: Dec. 13th, 2018

Abstract

This paper introduces the steps and safety precautions of the source loading of cobalt source plant, describes the monitoring of radiation and the surface pollution, and discusses the importance of operation safety and protection in the process of cobalt source loading.

Keywords

Cobalt Source Plant, Source Loading, Radiation, Surface Pollution, Safety and Protection

钴源辐照装置倒源过程的安全和防护

刘江平, 陈 强

上海金鹏源辐照技术有限公司, 上海
Email: ljp@jpy.com.cn

收稿日期: 2018年11月27日; 录用日期: 2018年12月6日; 发布日期: 2018年12月13日

摘 要

本文介绍了钴源辐照装置倒源过程的步骤和安全注意事项, 对倒源作业辐射水平和表面污染监测进行了描述, 探讨了钴源辐照装置倒源过程中作业安全和防护的重要性。

关键词

钴源辐照装置, 倒源, 辐射水平, 表面污染, 安全和防护



1. 引言

钴源倒源过程是辐照装置安全管理的一项重要内容, 该项工作涉及到钴源的运输、装卸、安装和监测。为了满足生产需要, 大型的钴源辐照装置基本上每年至少进行一次钴源安装补充, 其间均涉及钴源的运输、吊装和装卸等与钴源相关的重要作业事项。当前设计的辐照装置都具有很好的辐射防护水平[1], 通过多道安全联锁装置, 可以避免人员的意外照射, 而钴源倒源作业是辐照装置安全管理不容忽视的一个风险点, 通过专业的人员和规范的作业, 是完成钴源倒源作业的安全保证。

2. 工业辐照常用的钴源运输容器和钴源

目前国内工业辐照应用的⁶⁰Co源(简称“钴源”)供应商有加拿大 Nordion、中核同兴和英国 Revis, 其常用的钴源运输容器为 B(U)型货包[2], 联合国编号为 UN 2916, 结构主要为钢壳铅屏蔽, 体积约 1.5 m³, 重量约 5 t, 采用专车或有资质的车辆运输。Nordion 和 Revis 公司生产的钴源型号为 C-188, 中核同兴生产的钴源型号为 CN-101, 两种类型的钴源为通用的标准源, 钴源的尺寸约为 Φ11.1 mm × 451.4 mm, 出厂活度低于 1.45 万 Ci, 平均活度在 0.9~1.1 万 Ci 之间。

3. 倒源的前期准备工作

3.1. 吊装设备、倒源工具和辐射防护仪器设备的检查和确认

倒源前的准备工作非常重要, 有时一个工具的接头, 甚至是一个螺丝的松紧, 如果没有被正确的安装, 在进行倒源时会存在很大的风险或降低倒源的作业效率。前期充足的准备工作往往会使倒源工作能够高效、顺利的进行。准备工作中主要检查内容包括: 铅罐的吊装设备是否工作正常和经过维护保养, 吊装人员是否有资质; 倒源工具是否能正常使用和齐全; 辐射防护仪器设备是否能工作正常和在检定的有效期内; 各类辐射监测仪器和表面污染测试材料是否齐全; 过程监测记录表格是否齐全。

3.2. 人员培训和资质要求

辐照装置的倒源工作复杂, 涉及的事项繁多, 同时又是对钴源进行作业, 这对相关作业人员有很高的要求, 作业人员需要具备经验丰富的辐射安全知识, 同时需要熟悉倒源作业的流程。为防止出现人为差错, 需要制定倒源步骤和程序的标准作业流程, 尤其是在某些关键的作业环节, 例如铅罐的吊装、钴源或模块的提取等, 需要详细规定其对人员的要求和作业方法, 并对作业人员进行培训, 防止出现辐射安全事故。

参加倒源的工作人员需要经过辐射安全防护知识的培训, 并了解和熟悉辐照装置设备的工作原理, 具有一定的辐照装置操作经验和良好的身体和心理素质。对于刚接触倒源工作的技术人员, 在进行作业前, 需要有操作经验丰富的人员进行指导, 不能让新手单独作业。整个倒源的过程都是由操作人员进行作业完成, 在进行倒源作业前对相关操作人员进行倒源流程和辐射安全注意事项的培训尤为重要。钴源铅罐的吊装属于特种设备作业, 也是非常重要的一个环节, 作业人员需要经过培训和持证上岗。

在倒源作业过程中, 可以形成专门的倒源工作小组, 对各项工作进行人员分工, 选择一名经验丰富的技术人员担任组长, 按步骤有秩序的完成各项工作, 防止出现作业无序和违规指挥的情况, 确保倒源

作业的安全。

3.3. 钴源排布方案的确认

在进行倒源前需要明确各模块的作业顺序和钴源棒的位置；钴源位置的安装错误，可能会影响产品辐照加工剂量分布和利用率[3]，会对日后的钴源安装或退役带了不便。

4. 倒源作业的主要步骤

在钴源的安装工作过程中涉及的工作主要包括：钴源的运输、钴源铅罐的接收监测、吊装、空罐监测、安装钴源、倒源过程辐射监测。钴源铅罐的接收监测和吊装是倒源工作的关键环节。

4.1. 钴源铅罐的接收监测

在钴源铅罐的接收监测中，首先对放射性铅罐外表面辐射水平进行巡测，并确定最高辐射水平(点)后，测量该面(点)距铅罐外表面 1 m 处的最高辐射水平，依据放射性物质安全运输规程要求，铅罐外表面任何一点的最高辐射水平不能超过 2 mSv/h，距铅罐 1 m 处的辐射水平不能超过 100 uSv/h (即运输指数不能超过 10)。有时会出现多个铅罐同时进行作业，该情况下需要确认罐表面和 1 m 处的剂量水平，必要时拉开罐之间的距离，防止剂量过高。

4.2. 钴源铅罐吊装

在吊罐入源井前需要进行铅罐注水泄漏监测，参照密封放射源的泄漏检验方法要求[4]，使用对源棒无腐蚀同时易去除泄漏出来放射性物质的蒸馏水或去离子水进行注水测试，注水时间在 10 min 左右，在铅罐上下接头处使用过滤器过滤铅罐流出的液体，过滤器通常使用优质高效木浆纤维材料做滤芯，该材料具有孔径小、过滤面积大、水流阻力低、耐高温等特点，能很好的过滤泄漏出来的放射性物质。注水完成后，对过滤材料进行放射性检测，要求表面污染小于 0.4 Bq/cm²，辐射水平小于 5 μSv/h；如果检测发现剂量读数明显升高，即使在 0.4 Bq/cm² 以下，也应采取措施，以判断是否由于泄漏引起的。在这种情况下隔一定的时间要进行重复测试，以确定测定的放射性活度是否有增加。

4.3. 钴源空罐和工具监测

在进行空罐及其内腔和加源工具等接触钴源的设施进行表面污染测试时[5]，使用仪器进行监测和擦拭法进行测试，擦拭材料应选择适合于待测表面的擦拭材料，对于平滑表面应使用圆形滤纸，对于粗糙表面用棉纺织品。擦拭面积尽可能达到 300 cm²，为避免擦拭样品干燥导致使放射性物质的损失，测量应在擦拭后尽快进行测量。

4.4. 钴源退役监测

钴源的退役流程和安装流程大致相反，在钴源退役过程中为保持铅罐源棒的干燥性，需要使用惰性气体(氦气等)清除源表面的水分，防止铅罐在运输过程中对水分解产生氢气等气体，对铅罐的运输和作业人员的安全造成影响。

倒源作业的流程和辐射防护相关事项如图 1 所示(以钴源安装为例)。

5. 倒源过程的辐射防护和应急

在倒源作业的每个过程，均涉及钴源的安全性，在整个倒源过程都需要携带辐射防护仪器，主要包括：个人剂量计、辐射剂量率测量仪和个人剂量监测仪。其中在进行表面污染测试时，需要携带表面污染监测仪进行测量。所有的监测仪器需要符合规定的要求，并在检定的有效期内进行使用。

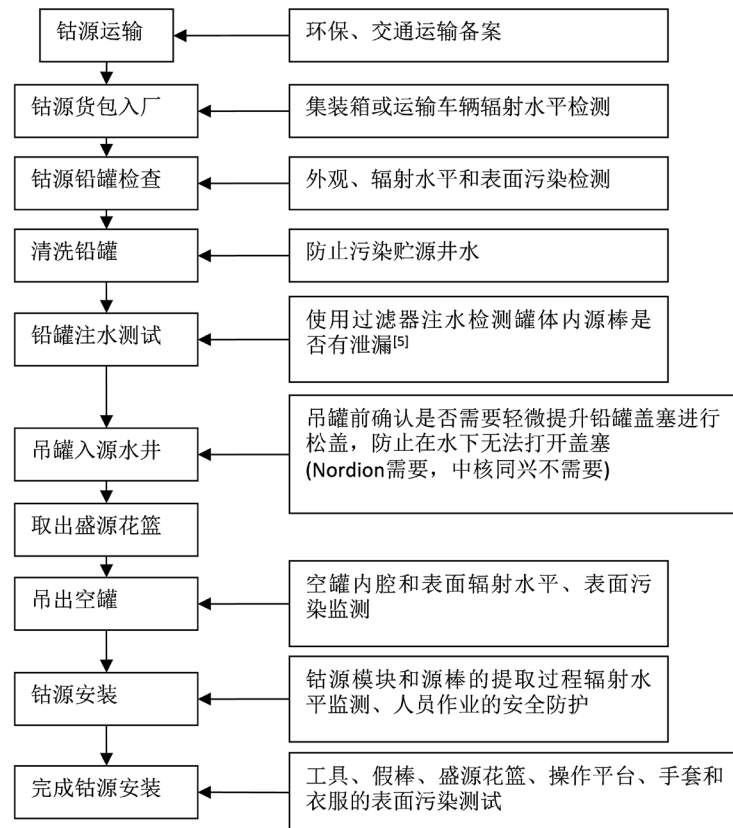


Figure 1. Source loading flow chart
图 1. 倒源作业流程图

建立钴源倒源过程应急预案，确定应急联系方式和应急流程，按照预定的预案进行应急，一旦发现异常事件时，不要立即进行清理，首先停止作业，防止污染进一步扩散；竖立警示标志进行区域隔离；检查所有作业人员，确认是否存在放射性污染；通知环保部门和钴源供应商，待进一步处理。

6. 讨论

6.1. 参与倒源人员的要求

辐照装置的倒源工作通常由钴源供应商专业技术人员进行作业，随着倒源技术的发展，部分企业如中金辐照成立了专业的倒源队伍，突破了倒源过程一些技术瓶颈，通过学习国外倒源技术和二十多年的钴源倒源经验，逐步形成了自己的专业团队。参加倒源的工作人员通常需要经过钴源供应商专业技术培训以及具备辐射安全防护基本知识，并了解和熟悉各种钴源货包的作业方式，具有一定的辐照装置操作经验和良好的身体和心理素质。不能简单的认为倒源工作就是一项体力活，轻易安排一些不懂设备和辐射安全的人员进行作业或指挥。

6.2. 倒源过程的辐射防护和人员安全

倒源过程中，规范的作业能够确保钴源和人员的安全，时刻树立安全意识，随身携带辐射安全仪器；在高空作业或源井旁作业时，无防护措施下，安全带的佩戴。同时高质量的辐射监测设备和科学的监测方法也是作业安全的保障。图 2~4 为倒源过程中常用的辐射防护设备，图 5 为倒源过程中安全带佩戴标准作业。



Figure 2. Radiation dose rate meter
图 2. 辐射剂量率测量仪



Figure 3. Personal dose monitor
图 3. 个人剂量测量仪



Figure 4. Personal dosimeter
图 4. 个人剂量计



Figure 5. Standard operation of seat belts
图 5. 安全带佩戴标准作业

6.3. 倒源作业的进度和安全

我国辐照装置使用和维护过程中,曾出现过因赶进度而发生安全事故的情况,例如2009年6月7日,发生在河南杞县利民辐照厂的辐照装置卡源事故。监管部门明确要求限期整改的情况下,该工厂为了赶进度突击进行辐照加工,最终因货物防护不到位,导致装置卡源故障发生,造成了重大经济损失和不良社会影响。

部分企业为赶进度,要求倒源作业人员进行连续作业,最后勉强完成了倒源任务。当进度和作业安全有冲突时,应将安全放在首位,疲劳作业会容易使人犯错误。倒源作业人员应合理安排倒源计划,确保作业人员始终保持清醒的头脑和足够的体力,不能受上级的施压而勉强进行作业,以免造成安全风险。

7. 结论

钴源倒源过程是辐照装置安全管理的一项重要内容,该项工作需要经过充分的前期准备工作,各项辐射防护设施准备齐全,倒源设备和工具经检查确认,由专业的技术人员进行作业;整个倒源过程需要有计划和按照规范的流程进行科学合理的作业来完成,方能确保倒源工作安全顺利的进行。

参考文献

- [1] 刘戈, 吴勤良. 钴-60辐照装置建设及食品辐照装置最新进展和经济分析[C]//第五届中国北京国际食品安全高峰论坛论文集, 2012: 90-97.
- [2] 国家环保总局核安全中心和核工业第二研究设计院. 放射性物质安全运输规程 GB11806-2004 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [3] 彭伟, 高爱民, 张军哲. 大型工业钴源辐照装置排源优化分析[C]//中国核科学技术进展报告, 中国核学会 2009年学术年会论文集(第一卷·第9册), 2009.
- [4] 核工业标准化研究所. 密封放射源的泄漏检验方法, GBT 15849-1995 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [5] 核工业标准化研究所. 表面污染测定第1部分 β 发射体, GBT 14056.1-2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2332-7111，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：nst@hanspub.org