

CNIC-06424

BINE-0313

CN9290557

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

钴源升降装置

AN ELEVATOR FOR COBALT-50 SOURCE

(In Chinese)



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00424

BINE-0013

钴源升降装置

AN ELEVATOR FOR COBALT-60 SOURCE

唐在民 梁东虎

(北京核工程研究设计院)

中国核情报中心

原子能出版社

北京·1990.7

钴源升降装置

唐在民 梁东虎

(北京核工程研究设计院)

摘 要

钴源升降装置作为辐照工程中的核心设备,对辐照运行的安全性、控制水平以及放射源的利用率,均有至关重要的作用。1983~1986年,北京核工程设计院在承担各种用途和不同规模的多项辐照工程设计中,较成熟地设计了一种适用于水井贮源辐照室的运转可靠、功能齐全的钴源升降装置。并可通过自控电路实现以源升降装置为中心的各系统间的安全联锁,从而为辐照运行提供全面的安全保证。文中除介绍该钴源升降装置的结构特点和性能外,还从辐照设施的操作、运行及辐照工艺的安全角度,详细地阐述了升、降源的安全联锁条件。

AN ELEVATOR FOR COBALT-60 SOURCE

Tang Zaimin Liang Donghu

(BEIJING INSTITUTE OF NUCLEAR ENGINEERING)

ABSTRACT

The elevator used for cobalt-60 source is a key device in the irradiation industry. It plays an important role in the safety and control of irradiation operation as well as the utilization rate of radiation source. From 1983 to 1988, Beijing Institute of Nuclear Engineering undertook designing of various size irradiation projects for different uses. Since then a kind of cobalt-60 source elevator suited for the irradiator of wet-source-storage has been chosen. It is reliable in the operation and complete in the function. An automatic control circuit brings the systems of cobalt-60 source elevator into an interlock system which ensures the irradiation operation safety. Besides introducing the structural features and performance of this elevator, the conditions of safety interlocking in raising or lowering the cobalt-60 source is also discussed. The discussion is from the safety viewpoint of operating an irradiator and irradiation technology.

前 言

辐射加工工艺，特别是以钴-60作为放射源的辐射加工工艺作为一种重要的科研工具，以及作为可对多种商品进行灭菌、保鲜处理的有效手段，正在世界范围内受到越来越多的国家的重视。尤其是目前兴建的工业性辐照装置多趋向于大型化，因而使辐射安全问题和经济效益的重要性变得更加突出。此外，在现代化辐照装置中，高度自动化的微机控制和程序自控也已普遍采用。所有这一切，都对辐照设施中运载放射源的重要设备——源升降装置的设计，在多功能、安全性以及技术性能指标方面提出了更高的要求，尤其是对安全性的要求。

这里所说的“安全性”，不仅是指源升降装置本身的工作安全性，更主要的还在于整个辐照运行中全面的辐射安全问题。这包括人身安全，设备的运行安全以及被辐照物吸收剂量的安全。其中最重要的，是人身的安全。而源升降装置与上述各种安全密切相关，尤其对人身安全具有关键性的意义。

在辐照装置的运行中，由于涉及产生事故的因素甚多，从而使保证辐射加工中的绝对安全成为设计者一项难度较大的课题。尽管如此，我们仍可把辐照装置运行中几乎所有环节的安全保证，建立在这样两条具体的原则上：

- A. 当辐照装置不具备正常工作条件时，无法提升放射源；
- B. 在辐照运行中不管出现任何意外情况，都能将放射源及时地降至井底安全位置。

只要这两条能得到始终贯彻，则辐照工作的安全便有了根本的保障。而要在技术上实现这一预想，就要求源升降装置具有为安全所需要的各种功能，并能通过控制电路采取一系列以源升降装置为中心的安全联锁措施；同时还应有完善的信号指示和监测系统，为正常的辐照运行和联锁关系提供保证。

近几年中，我们先后为多座用途不同、装源量不等的辐照工程设计了三种规格的电动卷扬式钴源升降装置。这种装置适用于水井贮源辐照室。它除具有自身的优良综合性能外，尚能为微机 and 常规自控系统提供联锁电路所需要的控制信号与接受信号控制，实现设计上为确保辐照运行安全所预定的升、降源安全联锁。

1 钴源升降装置的设计要求及组成部分

源升降装置的职能，是将放射源从辐照室水井井底提升到工作位置，以便进行辐照；当辐照结束时，再将放射源降回到井底安全位置。

现代化的辐照设施对源升降装置的设计除要求其具有良好而可靠的基本功能外，还由于控制需要，特别是万无一失的安全需要，而提出以下各项要求：

- (1) 应能处理辐照运行中某些直接性的突发故障，如断电、控制系统故障、升降源时在辐照室内发生钢丝绳卡紧故障等；
- (2) 能实现控制电路的安全联锁；
- (3) 应具有完善的反映自身运行状态的信号显示；
- (4) 升降源定位准确；
- (5) 装置本身具有机械安全保障。

为满足高水平的辐照运行对源升降装置的以上要求，本装置在设计结构上包含下列各组成部分：

1.1 升降卷源系统

本系统担负升降源任务。其基本构成是，驱动电机经蜗轮减速器带动卷筒（图1），缠在卷筒上的钢丝绳经滑轮系统进入辐照室，牵引由二根固定钢丝绳导向的盛源架，根据辐照运行的要求做垂直方向的升降运动（图2）。

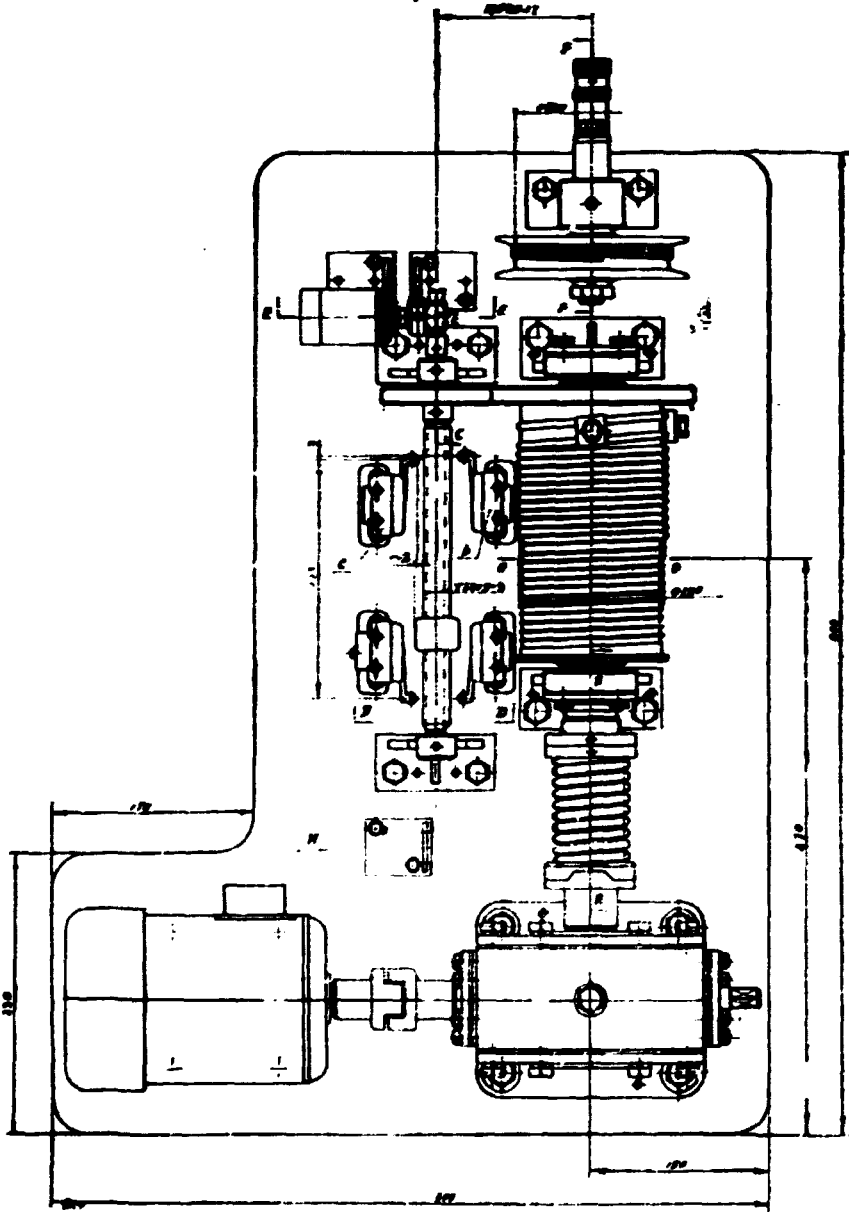


图1 钻源升降装置图之一

1.2 手动降源机构

用于突然停电或控制系统发生故障时的降源操作。此系列用减速器蜗杆轴端的方头，通过摇柄手动降源。

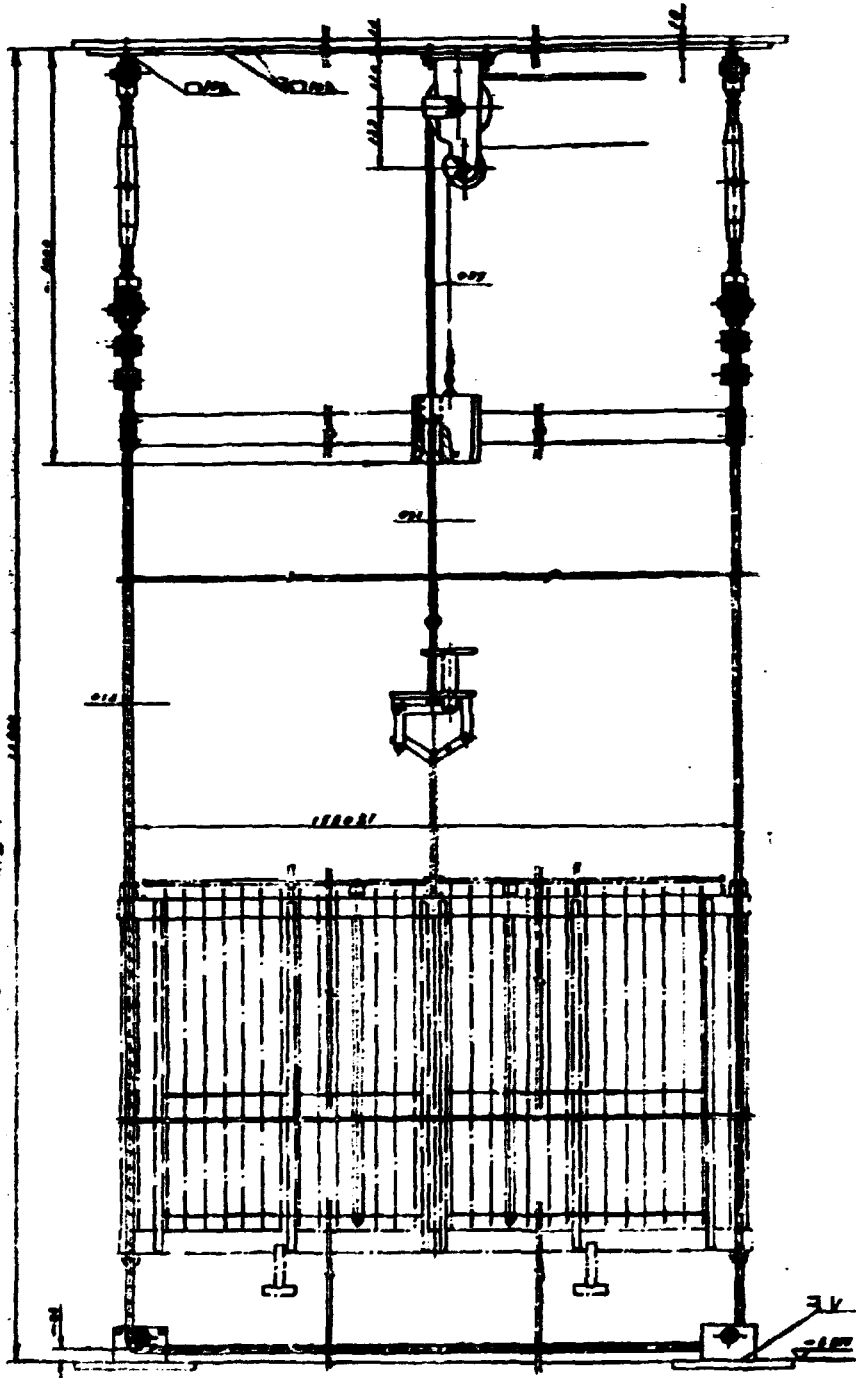


图2 钻源升降装置图之二

1.3 过载机构

在升降过程中，若辐照室内发生钢丝绳卡紧故障，则源架将无法运动。为处理这一潜在的严重问题，设计上采取了重锤压迫式脱钩机构。即通过设置在传动台架上的手摇卷轮（图1），将悬吊在井上空网的重锤降下，落在提升钢丝绳端的脱钩机构承重盘上（图2），由重锤的压迫使挂钩打开，源架随之得到解脱，整体落入井底。

1.4 过力矩保护机构

不论何种原因，当升降超载时，过力矩保护机构可对传动系统中的电机和减速器实行机械保护，并避免进而导致其他事故的发生，如拉断钢丝绳、损坏源架等。本装置在减速器与提升卷筒之间装有牙嵌式安全离合器（图1）执行过力矩保护。

1.5 源定位机构

升降源定位是辐照运行中频繁而且重要的工作步骤。放射源的升降应保证停位安全和定位准确。本定位机构系由卷筒齿轮经另一啮合齿轮，带动水平丝杠转动，方形丝杠螺母因受其下部导向柱的限制，只能沿丝杠平移；控制源架行程的微动开关固定在丝杠两侧适当的位置，当源升降到位时，微动开关恰为方形螺母所触发，从而控制电机停转，源到位（图1）。

1.6 位置指示系统

操作人员随时了解放射源的所在位置，是保证辐照运行安全的重要条件之一。本装置中的源位置指示系统所采取的结构是，在源定位机构丝杠的末端装一小蜗杆，经过与之啮合的小蜗轮减速后，带动一个自整角发送机旋转（图1）；此时，安装在控制台上的自整角接收机便将严格地与发送机同步转动，由精确刻度的表盘反映出放射源的即刻位置。

除以上主要组成部分外，还有源架导向及滑轮系统等。

2 技术特性

项 目	I	II	III*
提升负载 (kg)	50	150	300
电动机功率 (W)	150	750	
升降速度 (m/s)	0.25	0.17	0.09
蜗轮减速器	$m_1 = 2 \quad i = 42$	$m_1 = 2.5 \quad i = 52$	
保护力矩(可调)(kg·m)	~3	~10	
源定位精度 (mm)	±1		
源架行程 (m)	≤8		
主机重 (kg)	~30	~50	
主要材料	辐照室外：碳钢；辐照室内：不锈钢		

*：规格III与规格II系采用同一主机，但源架的悬吊使用动滑轮。

3 设计特点

3.1 具备各种必要的安全功能

国内投建较早的、特别是70年代前所建的大多数辐照设施，往往设备简陋，源升降装置功能不全，其中尤以不具迫降和过力矩保护功能者居多，也有的缺少手动降源机构或源位置指示系统，与此相应，自控水平也较低，因而缺乏足以处理意外事故和预防事故的能力，致使射线伤害事故及其他运行事故时有发生。

本装置除具有放射源常规升降及定位的基本功能外，设有手动降源、事故迫降、过力矩保护和源位置指示等多种安全和辅助机构，是目前国内源升降装置中功能较全的一种，特别是可与控制相结合实现各种必要的安全联锁，这些都为保证辐照安全，提高运行效率和控制水平，提供了充分可靠的条件。

3.2 技术性能优良

3.2.1 源定位精度高

由于设计上对驱动电机采取了在国内源升降装置中较少应用的理想制动方式——能耗制动，配以减速器良好的自锁性能，以及定位机构较高的传动精度，使升降源的重复定位精度达到 $\pm 1\text{mm}$ ，大大高于 $\pm 5\text{mm}$ 的原设计要求。

3.2.2 耗能低

本装置中的减速器及各种滑轮均为自有的非标准设计，精度较高、摩擦副选材及设计结构合理，故有较高的传动效率，整个传动系统构成简练，源定位机构和位置指示系统结构轻巧，此外，避免使用机械制动器也减少了装置运转中不必要的摩擦损失，以上因素使整机具有较高的总效率，当提升负载为50kg时，驱动电机功率为250W；提升负载到150kg，电机功率也仅为750W，单位提升负载的功耗较低。

除以上优点外，本装置还具有手动降源轻便、过力矩保护灵敏、主机结构紧凑、系统布局合理以及运转平稳流畅等优良的综合性能。

3.3 合理、通用的设计结构

本装置迫降机构中的关键部件脱钩机构，系利用杠杆原理使之在重锤压迫下自行打开挂钩，其结构简单、动作灵活，经反复试验，证明迫降功能十分可靠，同时，迫降后源架为整体下落，而且不损坏任何机件，容易恢复工作状态，以往的辐照装置多采用剪断保险销或切断悬吊绳索的迫降方法，也有的迫降机构过于复杂或迫降后源棒散落，致使恢复工作困难，本装置所采用的迫降机构成功地克服了这些缺点。

在国内同类设备中，此项设计首次将自整角机应用于源位置指示系统，作为旋转运动的同步传递元件，自整角机不仅有很高的传动精度而且运转可靠，因而能够取得位置指示准确、连续的理想效果。

此外，设计上还特别注意到，使升降装置中的所有控制元件均位于辐照室之外，从而避免受到辐照，有效地延长了控制元件的使用寿命；并且，所有滑轮都设有防脱绳挡板，此类措施，均有助于提高辐照运行的安全性。

4 升、降源安全联锁条件

由于辐照运行对象体安全性有着特殊的要求，即辐照工作中必须保证人身安全、设备运行安全以及被辐照物吸收剂量的安全。因而，源升降装置的设计必须考虑到能与控制系统相结合，对辐照运行中的一切重要安全环节，建立起以升降装置为中心的安全联锁关系。本装置通过各种控制元件，可为微机 and 常规自控系统提供多条联锁电路所需要的控制信号并接受信号控制，实现设计上所预定的各种升源安全联锁和降源安全联锁。以保证：当需要放射源工作时，只有在全部预先规定的安全条件均已得到满足之后，方能实现升源操作；而在辐照过程中，一旦出现某种已经纳入监测项目的非正常情况，则能立即实行自动降源。

国内现有自行设计的水井贮源辐照室可分为两种型式。一种是，当放射源工作时，由悬挂输送机运送的被辐照货物连续进出辐照室，此时辐照室为开门状态，存在人员误入的潜在危险性；下称“开式辐照室”（图3）。另一种，当放射源工作时，辐照室为关门状态；下称“闭式辐照室”（图4）。下面按照这两种不同型式的辐照室，分别叙述其升、降源的安全联锁条件。

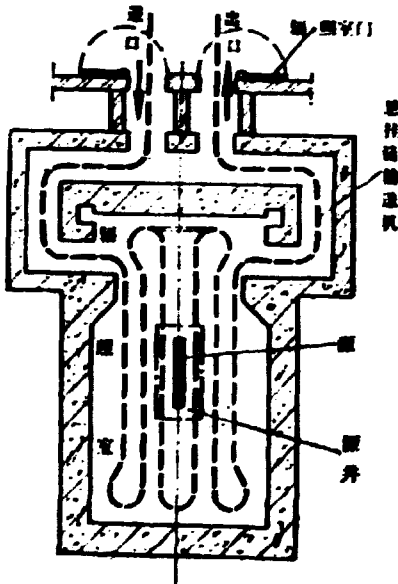


图3 开式辐照室示意图

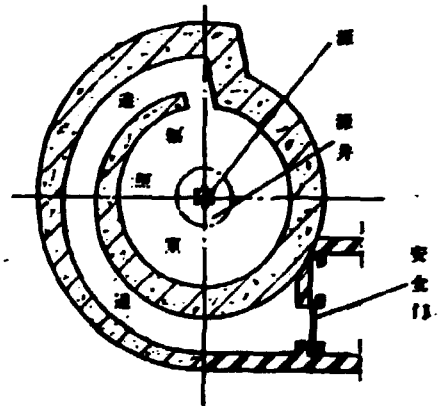


图4 闭式辐照室示意图

4.1 开式辐照室升、降源的安全联锁

4.1.1 升源安全联锁

(1) 由规定的安全检查人员持钥匙将辐照室门打开，并须达到足够开度后锁在固定的位置。这一“开门到位”的操作程序与悬挂输送机的控制电路相联锁。因为只有门的开度足够并锁牢，才能保证必要的安全运输通道。此为输送系统投入运行的前提条件；

(2) 检查人员从进口进入一定距离后，按动“1号光电按钮”，使身后侧墙上的两道

防人光电装置投入工作。此时辐照室进出口门上表示安全的绿灯熄灭，红灯开始闪光、门铃响，警告一切人员不得再进入辐照室。经巡视，确信辐照室无人后，按动辐照室内的“辐照室无人按钮”。待该操作人员至辐照室出口处按动“2号光电按钮”后，设在出口内的两道防人光电随之投入工作，以防止万一有人无意闯入：

(3) 输送机投入空载运行，表明其状态正常；

(4) 装卸间的生产准备工作就绪后，按动“准备就绪按钮”，表示待辐照货物可以投入辐照；

(5) 辐照室送风机和排风机启动并运转正常；

(6) 贮源井水位正常；

(7) 放射源在规定的井底安全位置。

以上七项为升源的必要条件。随着其中每一规定条件的完成或满足，控制台上均有相应的信号显示。如果其中任何一项未予满足或无信号发出，即使执行升源操作，也无法实现升源。

当放射源被提升升到工作位置后，向控制台发出“升源就位”信号，辐照室进出口门上的红灯由闪光变为平光，铃声停止；分别装设在辐照室进出口的两台重车计数装置（该装置对空车不予计数）同时投入工作。至此，升源操作结束，辐照工作开始。

4.1.2 降源安全措施

(1) 正常自动降源：当辐照室出口重车计数装置在控制台上所显示的记录数字，与辐照室入口计数装置的记录数字相等时，实行自动降源。

(2) 事故降源

a 防人光电降源：放射源提升后，倘若有人误入辐照室，当通过第一道防人光电装置时，铃声响，警告其退出，并向控制台发出报警信号。若继续通过第二道防人光电，则放射源自动降回井底，控制台上出现事故信号。

b 紧急事故降源：升源之际，万一辐照室内有尚未撤离的人员，当其发觉将要升源或已在升源的危险情况时，可迅即按动辐照室内的“紧急降源按钮”，发出阻止升源指令并将源降回井底，控制台上有关紧急降源信号显示。

c 输送系统故障降源：当产品输送机因运行不正常而自行停车或指令停车时，立即发出输送机停车信号并自动降源，免使接近放射源的货物受到超剂量照射。

d 过力矩降源：在升源过程中，如升降装置因过载停机，随即实行自动降源并发出过载事故信号。

e 水位下降降源：在辐照过程中，一旦井内水位下降到规定的限度，即发出水位下降事故信号并自动降源。

f 烟雾报警降源：在辐照过程中，当设于辐照室内的烟雾报警装置发出火警信号时，随即自动降源。

凡发生事故降源，应立即查明原因。待排除故障后方可重新升源，继续被中断的辐照工作。

当放射源正常降源至井底安全位置后，向控制台发出“降源就位”信号。随之，辐照室门上的红灯熄，绿灯亮。有关人员进入辐照室处理善后工作，待全部撤离后由专人将进出口门锁好。至此，本批货物的辐照结束。

4.2 闭式辐照室的安全联锁

4.2.1 升源安全联锁

(1) 由控制台的操作人员将专用钥匙插入“允许开门锁孔”打开安全门的电磁锁；再由规定的安全检查人员按动就地的“开门按钮”开启安全门。当作好辐照前的准备工作并经巡视确信辐照室内不再有他人后，以专用钥匙转动设于辐照室内的“辐照室无人旋钮”，向控制台发出“辐照室无人”信号，迷道内铃响，警告一切人员不得再进入辐照室；

(2) 仍由该检查人员按动安全门外的“关门按钮”安全门关闭并由电磁锁自动锁好，同时向控制台发出“门已锁好”的信号，铃声停止。操控人员从“允许开门锁孔”中拔出专用钥匙，切断开启安全门的电路。此时安全门上的绿灯熄、红灯亮，表示将要升源；

(3) 操控人员根据被辐照物所需要的吸收剂量，整定好辐照时间。控制台上“时间已整定”信号显示。

(4) 贮源井水位正常；

(5) 源在规定的井底安全位置；

只有在以上条件全部满足的情况下，操控人员才能用同一把专用钥匙启动源升降装置，实行升源。此时安全门上的红灯由平光变为闪光信号。升源到位后，有“升源就位”信号显示，电动计时装置同时投入计时，辐照开始。

4.2.2 降源安全联锁

(1) 正常自动降源：当辐照时间达到预先的整定值时，实行自动降源。

(2) 事故降源：

a 紧急事故降源：升源中，万一有尚未撤离的人员被误关在辐照室或安全门内，可按动安全门处的“紧急降源按钮”，源即降回井底；安全门同时开启，控制台上紧急降源信号显示。

b 安全门事故降源：当源在工作时，不拘何原因，安全门一旦开启，立即实行自动降源，并向控制台发出信号。

c 过力矩降源：如源升降装置因升源过载停机，随即自动降源并发出信号。

d 水位下降降源：辐照过程中，一旦井内水位下降到规定的限度，即发出信号并自动降源。

e 烟雾报警降源：辐照过程中，当辐照室内的烟雾报警装置发出火警信号时，即自动降源。

4.2.3 安全门的开门安全联锁

对于闭式辐照室，除升、降源安全联锁对辐照安全有重要意义外，安全门的开启也与人身安全有密切的关系。因此，设计上还规定了安全门的开门安全联锁条件，其条件是：

(1) 降源后，控制台上“降源就位”信号显示；

(2) 辐照室通风机已运转到规定的时间并发出信号。这是为了将辐照中产生的有害气体降低到允许的浓度；

(3) 装设在辐照室内的剂量仪表，已向控制台显示所测得的剂量值符合安全标准。

在以上条件全部满足后，操控人员方能打开安全门的电磁锁。此时门上的闪光红灯熄灭、绿灯亮；允许由就地“开门按钮”开启安全门。至此，本次辐照工作结束。

钴源升降装置

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

河北省香河潭庄印刷厂印刷

☆

开本787×1092 1/16 印张1·字数10千字

1990年7月北京第1版·1990年7月北京第1次印刷

ISBN7-5022-0308-7

TI·129

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



ISBN 7-5022-0308-7

TL · 129

P.O.Box 2103

Beijing, China

China Nuclear Information Centre