

遥控机器人技术 在核退役工程中的应用实践教学

杨永平 主编

中国原子能出版社



遥控机器人技术在核退役工程中的应用 实践教程

杨永平 主编

中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

遥控机器人技术在核退役工程中的应用实践教程 /

杨永平主编. —北京:中国原子能出版社,2016.12

ISBN 978-7-5022-7699-7

I. ①遥… II. ①杨… III. ①遥控机器人—应用—核
设施—退役—技术培训—教材 IV. ①TL943—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 297645 号

内 容 简 介

本书是为核退役工程遥控机器人操作人员编写的教程,全书共分 3 部分。第 1 部分介绍了核反应堆退役工程概况,放射性废物回取和分拣现状及工艺;第 2 部分内容包括遥控机器人机构与传动、电控与检测、人机交互平台、布鲁克机器人及末端工具;第 3 部分系统介绍了核退役工程中遥控机器人机械操作、工具更换、电控操作,利用机器人进行切割、解体、破碎和废物清理操作,反应堆退役拆除数字虚拟演练系统及应用,反应堆退役拆除典型作业实训,放射性废物回取和分拣典型作业实训,机器人维护和检修,机器人末端工具操作技术等。本书紧密结合核反应堆退役及放射性废物回取工程实际,针对性强,可供从事机器人遥控操作工程作业和机器人研究、开发的人员参考,对核退役工程操作人员尤其具有参考价值。

遥控机器人技术在核退役工程中的应用实践教程

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 王 丹

装帧设计 崔 彤

责任校对 冯莲凤

责任印制 潘玉玲

印 刷 保定市中华美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 13.5

字 数 337 千字

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-7699-7 定 价 98.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>

发行电话: 010-68452845

E-mail: atomep123@126.com

版权所有 侵权必究

《遥控机器人技术在核退役工程中的应用 实践教程》

编审委员会

主 编	杨永平			
副主编	王孝强	李克平	马文革	
主 审	王 彪	易发成	李磊民	张 华
	王基生	李全伟	张 静	谢晓峰
	魏增林	廖吉云	杜玉竹	肖新宇
编 者	刘 成	王小胡	郭玉英	王基生
	肖宇峰	楚红雨	杨 涛	刘桂华
	刘满禄	王坤朋	余仕成	刘玉明
	张 勇	杨 刚	张笑一	刘英山
	李朝晖	赵 钊	王 旭	衡张玲
	刘小贞	林 用	任 勇	何军勇
	富晓霞	王宝辉		

序

核设施退役安全和放射性废物管理安全对确保环境辐射安全,工作人员和公众健康至关重要,是核工业可持续发展的基础和保障。核工业经过60年的发展,一些早期的核设施需要退役,大量遗留的放射性废物需要处理、处置,这些实际工程不少具有高风险、高污染、强放射性特点,传统的“机械动力手”与“剂量分摊—入场作业”结合的作业方式不能很好实现辐射防护最优化的原则,对工程质量和效率具有明显不利影响,亟须在理论和实践方面进行创新。机器人技术的快速发展和日益成熟为退役治理提供了一条新的技术途径,将机器人技术应用于退役治理成为一种迫切需求,可更好地实现保护环境安全的宏伟目标,落实“以人为本”的发展理念,是核工业产业升级和发展的必然趋势。

在核设施退役和放射性废物治理期间,需要对遗留的放射性废物进行回取、分拣,需要拆除大量放射性物项,在核退役工程应用机器人技术可极大提高工程安全性,降低作业人员辐照剂量。本教材即是针对大型核退役工程而编写的培训教材。本教程以生产实际需求为背景,深入结合实际工程应用,较为系统地介绍了工业遥控操作机器人在核反应堆退役和放射性废物回取工程的实施策略、方式和方法。本教程分层次分模块,重点阐述和介绍了反应堆退役技术现状,国内外放射性废物回取和分拣技术现状以及工艺流程,远距离遥控操作机器人发展和应用现状,机器人结构及人机交互方式,机器人实体操作、维护和检修,退役拆除数字虚拟演练系统,废物回取分拣数字虚拟演练系统,典型作业实训。

本教程是国内迄今为止首部系统介绍和阐述核设施退役及放射性废物治理机器人作业培训的教材,可作为核设施退役及放射性废物处理工作人员的培训教材或参考书,是核工业企业核心技能人才队伍建设的基础支

撑材料,对于相关科技工作者开展科学研究具有重要参考价值。本教程由中核四川环保工程有限责任公司牵头组织编写,西南科技大学参与部分工作。中核四川环保工程有限责任公司在核退役工程实施方面具有丰富经验,西南科技大学在机器人应用研究方面具有优势,双方在机器人应用和核设施退役方面展开紧密合作,积极有效推动人才的教育合作与培养。本书的问世有助于促进核工业领域机器人技术及应用发展,推动核工业产业进步。

中国工程院院士

潘自强

2016 年 12 月 12 日

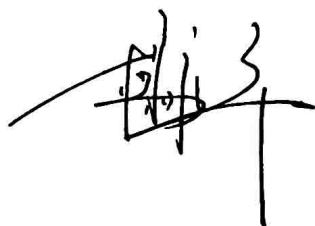
前言

大型核设施退役需要使用遥控机器人系统,操作遥控机器人是一项复杂的技能,需要进行系统的理论和操作培训。中核四川环保工程有限责任公司实施了核反应堆退役拆除工程、放射性固体废物回取和分拣工程,在遥控操作机器人操作培训和应用方面积累了大量经验,为了总结积累的宝贵经验,用于公司今后的机器人操作培训,并为我国核设施退役机器人技术应用提供参考和借鉴,中核四川环保工程有限责任公司牵头组织、西南科技大学参与编写了本实践教程。

本教程针对反应堆退役热工回路系统拆除、放射性固体废物回取和分拣作业任务需求及工艺特点,为满足操作技能工人和相关技术人员培训及技能学习需要而编写。教程以布鲁克机器人为主要对象,系统地、深入浅出地介绍远距离遥操作设备的发展现状、结构原理、操作功能;针对性地总结典型应用案例与操作方法;编辑整理常规检修作业流程和方法。

本教程突出操作技能实训,注重理论和实践相结合;紧密结合相关具体岗位职责,知识结构完整,重点服务对象突出,符合教学的科学性、规范性、系统性、循序渐进性基本原则;以典型退役作业和废物处理处置作业为实训案例和作业实践对象;为从事机器人遥操作工程作业和特殊环境应用研究的相关工程技术人员和技能人员提供参考。

由于初次组织编写理论结合技能的实践教程,加之水平有限,教程中难免有疏漏不当之处,恳请读者批评指正。



中核四川环保工程有限责任公司总经理

二〇一六年十二月

目 录

第 1 部分 核反应堆退役工程概况

第 1 章 核反应堆退役技术现状	1
1.1 核反应堆简介	1
1.2 反应堆退役的基本策略	1
1.2.1 反应堆退役的意义	2
1.2.2 核反应堆退役的基本策略	2
1.2.2.1 立即拆除	2
1.2.2.2 延缓拆除	2
1.2.2.3 封固埋葬	3
1.3 核反应堆退役的一般流程	3
1.3.1 前期阶段	3
1.3.1.1 退役策略的制定	3
1.3.1.2 放射性源项调查与场址特性调查	4
1.3.1.3 退役条件准备	5
1.3.2 退役实施阶段	5
1.3.2.1 核设施的清洗去污	5
1.3.2.2 退役核设施拆除	7
1.3.2.3 退役核废物管理	7
1.3.3 退役结尾工作	7
1.3.3.1 场址清污与环境整治	7
1.3.3.2 监管安全与建档	7
参考文献	8
第 2 章 核反应堆第二阶段退役拆除概况	9
2.1 核反应堆退役基本阶段	9
2.2 核反应堆拆除作业	9
2.2.1 退役拆除的必要性	9
2.2.2 反应堆退役拆除的主要作业内容	10
2.2.2.1 反应堆容器及内部的拆除	10
2.2.2.2 管道、容器和部件的切割	10
2.2.2.3 混凝土结构的拆毁及表面去污	10
2.2.3 常见拆除工具与方法	10
2.2.3.1 常用拆除拆毁工具	10

2.2.3.2 常见拆除方式	11
参考文献	12
第3章 放射性固体废物回取和分拣工程	13
3.1 放射性固体废物的特性	13
3.1.1 辐射剂量的计量单位	13
3.1.2 辐射防护	14
3.1.2.1 射线种类	14
3.1.2.2 防护原则	15
3.1.2.3 防护要素	15
3.1.2.4 基本的个人剂量监测仪器	16
3.1.2.5 个人剂量限值	16
3.1.3 放射性固体废物特性	16
3.1.3.1 定义	16
3.1.3.2 特征	17
3.1.3.3 来源	17
3.1.3.4 分类	18
3.1.4 放射性固体废物回取和分拣	18
3.1.4.1 回取和分拣作业内容	18
3.1.4.2 废物收集与分拣实例	19
3.2 回取和分拣技术现状	20
3.2.1 放射性废物回取和分拣的意义	20
3.2.2 开展放射性废物回取和分拣的目标	20
3.2.3 放射性废物分拣实施的基本原则和要求	21
3.2.4 放射性废物回取和分拣现状	22
3.2.4.1 回取工作开展情况	22
3.2.4.2 废物分拣现状	23
3.3 回取和分拣工程工艺流程	25
3.3.1 回取工程工艺流程	25
3.3.1.1 回取工艺流程设计	25
3.3.1.2 放射性固体废物回取实例	26
3.3.2 分拣工程工艺流程	29
3.3.2.1 废物来源鉴别	29
3.3.2.2 废物源项分析	29
3.3.2.3 确定废物分拣目标	30
3.3.2.4 分析废物分拣价值	30
3.3.2.5 废物分拣方法选择	30
3.3.2.6 废物分拣流程图	32
3.3.2.7 废物分拣实施前准备	32
3.3.2.8 分拣测量设备测试及选型	33

3.3.2.9 不同辐射类型废物分拣及对分拣测量设备的要求..... 34

参考文献 34

第 2 部分 遥控机器人技术基础

第 4 章 遥操作设备发展及应用现状 36

4.1 机器人和机械手..... 36

4.2 遥操作机器人的系统构成及分类..... 37

4.3 核机器人研究应用现状..... 38

4.3.1 国内现状..... 38

4.3.2 国外现状..... 39

4.3.2.1 核机器人研究现状..... 39

4.3.2.2 福岛核事故中的核机器人应用..... 41

参考文献 42

第 5 章 机构与传动 43

5.1 机械工程材料基础..... 43

5.1.1 机械工程材料分类..... 43

5.1.2 材料的力学性能..... 44

5.1.3 常用的金属材料牌号..... 44

5.1.4 机器人本体使用的材料及性能特点..... 45

5.2 机器人组成与传动概念..... 46

5.3 液压传动基础..... 46

5.3.1 液压系统工作原理..... 47

5.3.2 液压系统的组成..... 47

5.3.3 液压动力元件..... 48

5.3.4 液压执行元件..... 49

5.3.5 液压控制元件..... 50

5.3.6 液压符号..... 51

5.3.7 典型液压控制系统..... 51

5.4 机构运动简图..... 52

5.5 机器人机械结构..... 53

5.5.1 上部转台..... 53

5.5.2 行走底盘系统..... 54

5.5.3 工作装置..... 57

参考文献 58

第 6 章 电控与检测 59

6.1 电气控制基础..... 59

6.1.1 机器人控制系统..... 59

6.1.2 机器人电气系统..... 60

6.1.3 Brokk 机器人电控系统结构 66

6.1.4	Brokk 机器人电控系统故障诊断	69
6.2	通信基础	71
6.2.1	有线通信	71
6.2.2	无线通信	73
6.3	视频系统	75
6.3.1	一般视频系统	75
6.3.2	Brokk 机器人的视频系统	75
6.4	电液伺服控制基础	76
6.4.1	电液伺服控制系统	76
6.4.2	Brokk 机器人的液压系统	76
6.5	辐射检测基础	77
6.5.1	核辐射检测原理	77
6.5.2	常用核辐射监测方法	77
6.5.3	Brokk 机器人可能使用的辐射监测类型	78
	参考文献	78
第 7 章	遥操作机器人人机交互平台	79
7.1	人机交互平台的分类及构成	79
7.1.1	人机交互系统的定义	79
7.1.2	人机交互系统的分类	79
7.1.3	人机交互系统的组成	80
7.2	人机交互平台的操作方法	80
7.3	Brokk 机器人人机交互平台	81
	参考文献	85
第 8 章	布鲁克机器人及末端工具	86
8.1	Brokk 机器人概述	86
8.1.1	概述	86
8.1.2	应用领域、现状	86
8.1.3	主要特点	87
8.2	Brokk 机器人类型系列	88
8.3	Brokk 机器人组成结构	88
8.4	Brokk 机器人的机构与传动	90
8.5	Brokk 机器人的电气与控制单元	91
8.6	Brokk 末端工具及本体备件	93
8.7	Brokk 机器人的原配件	95
	参考文献	96

第 3 部分 核工程遥控机器人作业

第 9 章	机械、电控、信息基础操作实训	97
9.1	机械操作	97

9.1.1 机器构造..... 97

9.1.1.1 履带式行走装置..... 97

9.1.1.2 支脚..... 97

9.1.1.3 机身旋转功能..... 97

9.1.1.4 大臂系统..... 97

9.1.1.5 选装件..... 98

9.1.2 工具更换..... 98

9.1.2.1 固定工具安装..... 98

9.1.2.2 机械快速接头..... 98

9.1.2.3 工具与液压系统连接..... 99

9.1.2.4 清洁..... 99

9.1.2.5 释放液压压力 100

9.1.3 机器的清洗 100

9.2 电控操作 101

9.2.1 操作键功能 101

9.2.2 启动和停车 103

9.2.3 机器人控制基本操作 104

参考文献..... 108

第 10 章 机器人系统操作 110

10.1 机器人系统的一般操作方法..... 110

10.2 面向典型任务的机器人系统操作..... 111

10.2.1 金属圆管或混凝土方柱切割..... 111

10.2.2 金属罐体解体..... 112

10.2.3 物料转移..... 112

10.2.4 混凝土块破碎..... 113

10.2.5 瓦砾清除..... 114

10.2.6 混凝土墙体表面去污..... 114

参考文献..... 115

第 11 章 反应堆退役拆除数字(场景)虚拟演练系统及应用 116

11.1 数字(场景)虚拟演练系统介绍..... 116

11.1.1 背景..... 116

11.1.2 系统构成及功能实现..... 116

11.1.3 人机交互控制设备介绍..... 117

11.2 数字(场景)虚拟演练系统模拟演练..... 120

11.2.1 反应堆虚拟演练流程..... 120

11.2.2 反应堆虚拟演练系统操作介绍..... 121

11.2.3 反应堆退役拆除虚拟演练训练..... 129

11.2.4 反应堆设备回收处理..... 137

11.2.5 数据分析..... 139

参考文献..... 140

第 12 章 反应堆退役拆除典型作业实训 142

12.1 反应堆退役拆除典型作业..... 142

12.1.1 退役拆除实训准备..... 142

12.1.2 退役拆除机器人进场实训..... 147

12.1.3 退役拆除机器人作业实训..... 149

12.1.3.1 墙体开洞..... 149

12.1.3.2 金属管剪切..... 154

12.1.3.3 金属罐体切割..... 154

12.1.3.4 废物回收..... 155

12.1.4 退役拆除机器人收工实训..... 156

12.2 反应堆退役拆除作业安全须知..... 156

12.2.1 维修和操作人员..... 156

12.2.2 安全保护设施..... 156

12.2.3 机器危险区域..... 157

12.2.4 操作过程中的危险..... 158

12.2.5 作业后的危险..... 163

参考文献..... 164

第 13 章 放射性废物回取和分拣典型作业实训 165

13.1 放射性废物回取实训..... 165

13.1.1 废物回取实训准备..... 165

13.1.2 废物回取机器人进场实训..... 168

13.1.3 废物回取机器人作业实训..... 170

13.1.4 废物回取机器人收工实训..... 171

13.2 放射性废物分拣实训..... 172

13.2.1 废物分拣实训准备..... 172

13.2.2 废物分拣机器人进场实训..... 175

13.2.3 废物分拣机器人作业实训..... 175

13.2.4 废物分拣机器人收工实训..... 179

13.3 放射性废物回取分拣实训安全须知..... 179

参考文献..... 179

第 14 章 机器人的维护和检修 180

14.1 机器人常规保养与维护..... 180

14.1.1 检查、维护保养注意事项 180

14.1.2 常规检查、维护保养 181

14.1.3 维护更换..... 182

14.2 液压系统检测与调整..... 183

14.3 机械与液压常见故障诊断与解决..... 185

14.3.1 常见故障诊断方法..... 185

14.3.2	机械与液压系统故障检修·····	185
14.3.3	液压系统配件更换·····	188
14.4	电气系统故障修复·····	188
14.4.1	电气设备维护·····	188
14.4.2	电气设备故障的检修·····	189
14.5	综合故障检修·····	189
	参考文献·····	190
第 15 章	常用机器人末端工具操作技术 ·····	191
15.1	液压剪操作技术·····	191
15.1.1	主要功能和用途·····	191
15.1.2	液压剪使用特性·····	191
15.1.3	液压剪维护技术·····	192
15.2	液压锯操作技术·····	192
15.3	电割操作技术·····	192
	参考文献·····	194
第 16 章	核环境遥操作机器人作业技术 ·····	195
16.1	核环境机器人辐射防护技术·····	195
16.1.1	元器件级抗辐射加固·····	195
16.1.2	板卡级抗辐射设计·····	195
16.1.3	系统级防护·····	196
16.2	核环境作业机器人自去污技术·····	196
16.3	遥操作虚拟作业技术·····	196
16.4	智能化、局部自主化作业技术 ·····	197
16.5	人—机—环境一体化系统·····	198
16.5.1	人机环境系统工程的理论基础和研究内容·····	198
16.5.2	人机环境系统工程研究方法·····	198
16.5.3	人机环境系统工程与机器人系统结合的应用·····	198
	参考文献·····	198

第 1 部分 核反应堆退役工程概况

第 1 章 核反应堆退役技术现状

【内容概述】

核反应堆是一种利用自持裂变反应产生核能的一种装置。核反应堆退役是对使用期满或因其他原因而退出服役的核反应堆的全部或部分解除审管控制而采取的行动,以保护工作人员、公众和环境的安全,退役的最终目标是无限期或有限期开放或利用场址。本章首先介绍核反应堆的基本概念及分类,然后介绍核反应堆退役的基本策略及一般流程。

1.1 核反应堆简介

核反应堆是利用易裂变物质,使之发生可控自持链式反应的一种装置。自 1942 年建立第一座反应堆以来,目前世界上有大小反应堆上千座。反应堆分类方法多种多样,按中子能量可分为热堆和快堆;按冷却剂分为轻水堆(又分为压水堆和沸水堆)、重水堆、气冷堆和钠冷堆;按核反应堆的用途可分为研究试验堆、生产堆、动力堆等。

1) 研究试验堆:是指用作实验研究工具的反应堆,用来研究中子特性,进而对物理学、生物学、辐射防护学以及燃料、材料、元件等方面进行试验研究。研究试验堆的实验研究领域很广泛,包括堆物理、堆工程、生物、化学、物理、医学等,同时,还可生产各种放射性同位素和培训反应堆科学技术人员。

2) 生产堆:主要用于生产易裂变材料或其他材料,或用来进行工业规模辐照。生产堆包括:产钚堆、产钋堆、产钚产钋两用堆、同位素生产堆及大规模辐照堆等,如不特别指明,通常所说的生产堆是指产钚堆,也可以用生产堆生产热核燃料钋。

3) 动力堆:世界上动力反应堆可分为潜艇动力堆和商用发电反应堆。核潜艇通常用压水堆作为其动力装置。商用规模的核电站用的反应堆主要有压水堆、沸水堆、重水堆、石墨气冷堆和快堆等。

1.2 反应堆退役的基本策略

核反应堆退役指的是在核反应堆使用期满或因其他原因停止服役后,为保护工作人员和公众的健康和安全及保护环境所采取的行动。反应堆退役的最终目的是实现场址或设施不受限制或有限制的开放和使用。

1.2.1 反应堆退役的意义

核设施由于使用期满或因其他原因停止服役后,将处在一个极不稳定状态下,它对于工作人员和公众的健康及环境的安全构成极大的威胁。为保护工作人员和公众的健康及环境的安全,对停止服役的核设施实施退役是十分必要的。核设施退役工作的好坏也关系到核能的和平应用和发展。因此核设施退役具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。它是一项技术密集型工程,其技术要求高、难度大,世界各国对核设施的退役都予以了高度重视。

1.2.2 核反应堆退役的基本策略

早先,国际原子能机构(IAEA)把退役分为:监督贮存、有限开放和无限制开放三个等级。随着人们对退役认识的提高和退役技术的发展,这个三级退役概念已逐渐弃之不用。现在 IAEA 把退役分为三种策略(strategy)。

1.2.2.1 立即拆除

立即拆除是在核设施永久关闭后,尽可能快除去和处理核设施内放射性物质,原场址可以有限制或无限制利用。

立即拆除通常是在核设施关停之后尽快(一般在 5 年之内)开始去污、拆除和场址的清污,设施内放射性物质运到已经准备好的贮存或处置场地。立即拆除是为各类废物安排好了出路,危险废物也有了安排。设施的构筑物 and 场地可以清污到有限制或无限制开放使用水平。

立即拆除退役策略有许多好处,例如:

- 1) 设施的一些辅助系统,如供水、供电、通风、采暖、通讯、保安等可能被直接利用或稍加维修之后仍可使用;
- 2) 熟悉了解设施的人员可以留用参加退役工作,这是顺利进行退役的重要保障条件,并且还减少了退役核设施的人员安置负担;
- 3) 减少当地人员担心关闭核设施无人照管而导致安全问题的顾虑;
- 4) 使场址早日得到利用。

立即拆除策略可能存在强辐照风险,但这种风险可通过仔细的场址特性调查和周密的工作计划得以减少,并且可通过采用屏蔽或遥控操作设备来降低。

1.2.2.2 延缓拆除

延缓拆除是设施在保证安全条件下进行安全贮存若干年,让放射性核素进行衰变,然后再进行拆除活动。

(1) 延缓拆除的主要好处是:

- 1) 使以后的拆除比较容易,减少将来去污要求和减少废物量;
- 2) 降低工作人员受照剂量;
- 3) 可有较多时间为退役筹资;
- 4) 赢得时间开发利用先进技术和解决暂时无处置场的难题。

(2) 延缓拆除退役有不少不利因素,例如:

- 1) 系统包容性能的降低,监控仪表功能下降或失效,辅助系统和支持系统能力的减弱或失去原有功能;
- 2) 熟悉核设施人员流散和消失;

- 3) 资料档案散失;
- 4) 处置费用上涨和通货膨胀;
- 5) 需要长期监督、维护、监测和保安,必须有持续经费保证;
- 6) 法规标准变化,公众的接受性改变等。

1.2.2.3 封固埋葬

封固埋葬是把核设施整体或它的主要部分处置在它的现在位置或设施边界范围的地下,让其衰变到审管控制允许释放的水平。

(1) 封固埋葬退役按埋葬方式可分为:

- 1) 核设施全部或部分埋葬在核设施边界范围内的工程设施中(on-site disposal);
- 2) 核设施全部或部分埋葬在它现在位置的地下(In-site disposal)。

(2) 封固埋葬退役按时间可分为:

- 1) 较早埋葬,这就是关闭之后立即进行埋葬;
- 2) 延缓埋葬,经过一段时间之后,才进行埋葬。

封固埋葬把整个核设施或核设施主要部分处置在其运行场地或场址的边界范围内,把放射性污染物和活化产物固定在原来结构体内或封闭在结构体内存留在原地,实际上把核设施场址变成为近地表处置场。

封固埋葬退役策略重要优点是减少去污和切割解体工作量,减少工作人员受照剂量。封固埋葬退役费用通常要比立即拆除和延缓拆除来得低。但是,如果要把长寿命核素先分出来,送出去地质处置,那么整体成本就会提高。封固埋葬地成了一个废物处置场,要求长期监护和监测,需要较长的有组织控制期,较高的长期维护和监测费用。

1.3 核反应堆退役的一般流程

反应堆退役与其他核设施退役一样,遵循一定的工作流程。反应堆退役的一般流程包括:退役前期准备(策略制定、源项调查),退役实施(去污、拆除、核废物管理)以及退役后期工作(场址清污、安全监管与建档)。

1.3.1 前期阶段

1.3.1.1 退役策略的制定

退役活动应该准备充分、措施落实、管理严格、监督到位。退役方案和退役计划是退役工程安全、经济、高效完成的保证。退役方案和退役计划应明确规定退役目标(总目标和阶段目标)、退役程序、时间进度、预计的废物量、工作人员受照剂量和费用估算等。制订退役方案和退设计划应该收集、调查和研究以下问题:

- 1) 核设施类型和放射性水平;
- 2) 退役策略和阶段目标;
- 3) 依据的法律、法规和标准;
- 4) 核设施运行历史、现在状态和周围环境状况,包括发生的事故、事件和处理情况;
- 5) 设计图纸资料,维修和改造情况;
- 6) 现有设备条件的可利用状况,包括水、电、风、暖、气和废物处理设备、吊运设备等的