

分类号: _____

密级: _____

UDC : _____

编号: _____

工学硕士学位论文

101 堆退役数据库建立及实现技术研究

硕士研究生 : 宋 怡

指导教师 : 刘永阔 副教授

学科、专业 : 核能科学与工程

论文主审人 : 彭敏俊 教授

哈尔滨工程大学

2013 年 1 月

分类号: _____

密级: _____

UDC: _____

编号: _____

工学硕士学位论文

101 堆退役数据库建立及实现技术研究

硕士研究生：宋 怡

指导教师：刘永阔 副教授

学位级别：工学硕士

学科、专业：核能科学与工程

所在单位：核科学与技术学院

论文提交日期：2013 年 1 月

论文答辩日期：2013 年 3 月

学位授予单位：哈尔滨工程大学

Classified Index:

U.D.C:

A Dissertation for the Degree of M. Eng

Research on design and implementation
technology for 101-HWRR decommissioning
database

Candidate: Song Yi

Supervisor: Associate Prof. Liu Yong Kuo

Academic Degree Applied for: Master of Engineering

Specialty: Nuclear Energy Science and Engineering

Date of Submission: Jan. 2013

Date of Oral Examination: Mar. 2013

University: Harbin Engineering University

哈尔滨工程大学

学位论文原创性声明

本人郑重声明：本论文的所有工作，是在导师的指导下，由作者本人独立完成的。有关观点、方法、数据和文献的引用已在文中指出，并与参考文献相对应。除文中已注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经公开发表的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

作者（签字）：

日期： 年 月 日

哈尔滨工程大学

学位论文授权使用声明

本人完全了解学校保护知识产权的有关规定，即研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权属于哈尔滨工程大学。哈尔滨工程大学有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件。本人允许哈尔滨工程大学将论文的部分或全部内容编入有关数据库进行检索，可采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文，可以公布论文的全部内容。同时本人保证毕业后结合学位论文研究课题再撰写的论文一律注明作者第一署名为哈尔滨工程大学。涉密学位论文待解密后适用本声明。

本论文（☐在授予学位后即可 ☐在授予学位 12 个月后 ☐解密后）由哈尔滨工程大学送交有关部门进行保存、汇编等。

作者（签字）：

导师（签字）：

日期： 年 月 日

年 月 日

摘 要

101 重水研究堆是我国第一座反应堆，同时也是我国第一个在国际原子能机构核保障监督下实施退役的核反应堆。其退役工作需要考虑辐射影响和核废物处理，具有高危险、高污染的特点，特别是由于 101 堆是研究性反应堆，运行期间承担项目种类多，且经过数次大规模改造，场址残余放射性核素种类多，寿命长短不一，涉及到的数据复杂多变，更是加大了退役难度。因此，在退役工程实施过程中，有必要开发一个针对 101 堆退役信息的数据库管理系统，实现对退役设备，辐射剂量，放射性源项，退役人员信息，退役废物，作业内容等信息的管理。

本文根据 101 堆退役计划的具体业务，利用软件开发一般方法对退役信息管理系统开发进行了深入的研究。所开发的系统从设计到实现过程可以分为需求分析、系统分析与设计、数据库设计、系统构建实现四个阶段，该课题研究各阶段内主要内容如下：

1. 系统需求分析阶段，首先通过调研退役参与组织及主要业务流程，初步建立系统总体结构。
2. 系统分析与设计阶段，站在用户的视角，在对业务流程充分理解的基础上采用统一建模语言（Unified Modeling Language, UML）对系统的功能需求建模。
3. 数据库设计阶段经历了数据概念结构设计、物理结构设计、数据库实施三个步骤，初步建立了数据库概念模型，并在系统反复测试的过程中优化数据库结构。
4. 系统编码与构建阶段，采用 C/S（客户端/服务器）体系结构，C#语言作为开发语言，运用面向对象的设计思想及技巧，最终完成系统的编码，实现系统按要求运行。

最终开发的系统可实现对数据库中各类数据（照片、图纸、辐射数据、时间等）的录入、删除、修改、查询等基本编辑功能，并根据各类数据处理流程的特点分功能模块管理。实现的主要功能模块包括：设备管理、员工管理、辐射监测、物资工具管理、核废物管理、作业管理、统计分析、基础信息维护、系统维护等功能模块。具体可实现的功能有：设备信息维护管理；员工基本信息维护及剂量限值设定；各工作区内源项管理及气载放射性监测信息管理；员工内外照射信息维护及统计；新废物存档、解控、运输登记等功能；退役工具管理；退役任务的统筹安排功能；统计生成图像功能。

退役信息数据库的建立主要为 101 堆退役过程提供数据支持平台，根据提供的数据可以更好的制定退役优化方案和优化退役过程，提升退役过程管理能力，减少退役人员

所受辐射剂量，是顺利完成退役活动的必经之路。相关退役数据库支持技术可用于其它核设施退役工程，从而起到一定的参考或借鉴作用。

关键词：101 重水研究堆；退役；数据库管理系统；统一建模语言

ABSTRACT

101 Heavy Water Research Reactor (101-HWRR) is the first reactors in China and also the first nuclear reactor that will be decommissioned under the safeguards of the International Atomic Energy Agency. The decommissioning project of nuclear reactor is high-risk and high-polluting considering the effects of radiation and nuclear waste disposal. Various radionuclides with different lifetime exist in site, resulting in the uncertainty and technical difficulty of nuclear decommissioning has greatly increased, especially as many improvements and modifications were implemented during its working period. Therefore , the integrated information system covering the whole 101 HWRR decommissioning project must be established to administer the data from decommissioning , including the equipments, the radioactive dose, the radiation source, the workers and so on. It provides a data platform during the process of 101-HWRR decommissioning. With it, more accurate and detailed decommissioning plans can be made to reduce personal radiation dose and waste disposal.

According to specific business about 101-HWRR decommissioning plan, this paper studied how to establish decommissioning data management system. The developing process from design to realization can be divided into four phases, which can be listed as follows: requirements analysis, system analysis and design, database design, system implementation .The main content of each phase are listed as follows:

1. In requirements analysis phase, relevant organization with their business processes involved in the project were studied to establish initially the structure of the system.

2. In systems analysis and design phase, starting with user's perspective, using UML (Unified Modeling Language) to modeling the functional requirements of the system based on the full understanding of the business processes.

3. In database design phase, this part experienced three stages of conceptual structure design, physical structure design and database implementation to establish database of the system, the database structure can be optimized in the process of repeated testing of the system.

4. In System implementation phase, using C # language as development language and object-oriented design ideas and skills to complete system coding.

The system developed can provide some basic operations of adding, deleting, modifying, querying data of database. Based on the characteristics of data the system was divided into several functional modules to manage the data, including equipments management, workers management, radiation monitoring ,tools management, nuclear waste management, tasks management, statistical analysis function module and so on .The specific function can be realized including managing all kinds of information of equipments ,managing both internal and external exposure situations and valuing the dose constraints of employees, managing radioactive sources and airborne radioactivity information in each workspace. It also provides functions of classifying, reconciliation control, transportation registration of nuclear waste and tools management. At last, functions of overall arrangement of task and generating statistical graphics with optional graphic types are integrated into the system.

The establishment of decommissioning database can provide data support for 101-HWRR decommissioning. Based on the data provided decommissioning scheme and process can be optimized to enhance management capabilities and reduce the radiation dose of the staff. The related decommissioning database technology can be used for decommissioning projects of other nuclear facility as a certain reference.

Key words: 101 HWRR; Decommissioning; DBMS; UML

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 课题背景	1
1.2.1 101 堆运行与改造历史	2
1.2.2 101 堆退役计划	3
1.3 课题的研究意义和目的	3
1.4 国内外研究现状	4
1.5 退役信息系统设计方法概述	7
1.5.1 面向对象系统分析方法	7
1.5.2 数据库设计步骤	8
1.5.3 实际分析设计路线	9
1.6 论文的主要工作内容	10
第 2 章 101 重水堆退役管理系统设计研究	11
2.1 系统需求分析	11
2.1.1 业务组织	11
2.1.2 业务流程	12
2.2 系统总体设计	13
2.3 系统详细设计	14
2.3.1 系统功能用例分析	14
2.3.2 系统状态图分析	19
2.3.3 系统活动图分析	20
2.3.4 系统功能模块划分	21
2.4 本章小结	26
第 3 章 101 重水堆退役数据库结构研究	27
3.1 数据库概念结构设计	27
3.1.1 设备数据模型	27
3.1.2 员工数据模型	28
3.1.3 废物数据模型	29

3.1.4 辐射监测数据模型	31
3.1.5 工具数据模型	34
3.1.6 作业数据模型	35
3.2 数据库物理结构设计	35
3.2.1 退役数据表清单	35
3.2.2 数据库表单设计	38
3.3 本章小结	41
第 4 章 101 退役数据管理系统的开发	43
4.1 系统概述	43
4.2 主窗体实现	43
4.3 子窗体实现	44
4.3.1 设备管理模块	44
4.3.2 员工信息管理模块	45
4.3.3 辐射监测模块	48
4.3.4 物资工具管理模块	52
4.3.5 核废物管理模块	53
4.3.6 作业管理模块	56
4.3.7 统计分析模块	59
4.4 本章小结	60
结 论	61
参考文献	63
攻读硕士学位期间发表的论文和取得的科研成果	67
致 谢	69

第1章 绪论

1.1 概述

2007年7月,我国第一座研究性重水反应堆(101-HWRR)停堆关闭,进入实施退役前的放射性衰减过渡期。80年代中期,该堆由于技术水平相对落后,数次被大范围维修改造,大大改善了101堆的结构和使用性能。但随着新型核反应堆的建成,这座由苏联辅助建造服役近30年的研究堆即将完成它的历史使命,光荣退役。随之而来的问题是安全停闭后,厂址放射性残存量的估计,受辐射污染设备及建筑物的拆除,参与作业人员的累积剂量和核废物的管理等问题^[1]。由于101堆运行时间长,经历的技术改造多,在其运行期间经历了三个运行阶段和二次改造,系统和设备变动较大,且其应用范畴广,生产过多种核素,以至于相对一般的商用核反应堆而言,场址残留核素种类复杂。因此,在它退役及安全评价研究中,涉及到数量巨大的数据收集、处理、分析及应用工作,这些都增加了退役的技术难度^{[2][3]}。因此,有必要开发针对101堆退役的数据库及其管理系统,在退役工程实施过程中,使用该系统对退役设备结构、辐射剂量数据、放射性源项数据及退役人员作业活动等信息进行管理,以便更好地辅助101堆退役工程的实施,方便退役信息的管理,从而减少退役人员在退役工程中的工作量和工作时间,进而减少退役投资;另外,相关退役数据库支持技术也可用于其它核设施退役工程,从而起到一定的参考或借鉴作用。

1.2 课题背景

核反应堆同生物一样也是有生命周期的,需要经历从诞生发展到逐渐衰老死亡的自然过程。尽管很多国家正在采取措施延长核电站的运行寿命,但总归避免不了面临退役的那一天,这样在五六十年之后,我国将会面临大量的核电站(以及各种相关的核设施)退役的问题,而且核电站的退役又不同于其它普通电站的退役,由于它具有放射性,需要许多专业人员的参与并且需要依靠高精尖的技术手段,其复杂性往往超过新建一个同类的核设施^{[4][5]}。目前,全世界有很多核设施已经达到其运行寿命,它们或即将拆除,或已经拆除,此间绝大多数国家将退役工作的重点放在了最优化退役工艺方法,但对退役工程来说,合理安排作业人员、工作区安全性预先评估、事先模拟操作等方面对于工程的进度同样起着至关重要的作用。一些国家已经通过综合运用仿真技术、虚拟现实技术和数据库技术对退役解体过程中的工期进度、辐射剂量测定、设备拆除(毁)工艺流

程及废物处理等进行优化,通过电脑辅助计划达到安全高效退役核设施(反应堆)的目的。

反应堆退役必须严格履行申报,审批手续、获得退役许可证后方可正式实施退役工作^[6]。反应堆在完成其研究使命之后最终将进入退出运行过程的退役阶段。在此期间,反应堆中的核燃料、带有放射性的设备、部件和材料将被移出反应堆或从反应堆及其系统上拆除出反应堆厂区,达到厂区开发不加限制利用之目的^[7]。反应堆退役必须充分准备、周密计划,严格组织管理。其中许多工作是在程度不同的放射性条件下进行的,工作中若考虑不周,计划、管理、操作上失误,都可能危及现场人员、环境与公众的安全。

核设施退役的工作量非常巨大,其中会涉及到非常庞大的数据信息,为了便于管理这些数据,有些国家就建立了相应的数据库系统来实现对其的管理和维护。我国目前还没有核电站退役的案例,只有 101 重水研究堆已经关闭并步入了退役准备阶段,其他研究堆也即将进入退役阶段,由此可知,数十年后我国将面临大量退役工作。

1.2.1 101 堆运行与改造历史

101 重水研究堆堆芯设计为压力管式结构,重水作为慢化剂和冷却剂,石墨作反射层,由反应堆本体、一次水系统(又称重水系统)、二次水系统、屏冷系统、重水净化系统、控制保护系统、氦气系统、供电系统、辐射监测系统、热工监测系统、通风系统、真空系统以及废水贮存系统等组成。反应堆原设计额定功率为 7MW,加强功率为 10MW,采用 2%²³⁵U 富集度的金属铀为燃料^[8]。1979-1983 年对反应堆进行了改建,改用 UO₂ 棒束燃料,燃料芯块采用了烧结陶瓷型 UO₂,Zr-2 合金作包壳,²³⁵U 富集度为 3%。改建后最大热中子通量密度由原来的 $1.2 \times 10^{14}/\text{cm}^2 \text{ sec}$ 增加到 $2.6 \times 10^{14}/\text{cm}^2 \text{ sec}$,改用 3%²³⁵U 富集度的 UO₂ 组件燃料堆芯,反应堆额定功率增加到 10MW,加强功率为 15MW。1958 年 6 月 13 日首次达到临界,同年 9 月 27 日开始提升功率运行,在安全运行了 50 年后,2007 年底停止运行,进入安全停闭过渡期^[9]。

该反应堆运行到七十年代初时,陆续发现堆内壳微漏;主热交换器换热管约 4%有严重的腐蚀;一回路重水主管道焊缝两处渗漏;燃料元件工艺管插座重水漏流量增大,达到总冷却流量的 40%等情况,诸多事件说明反应堆一回路压力边界呈现出老化趋势,需进行大修改建。

因此,101 重水研究堆的发展历史,大致可以分为五个阶段。从 1958 年开始到关闭经历了三个运行阶段和二次大改造。表 1.1 列出了各运行或改造阶段的时间段及期间的主要任务。

表 1.1 101 堆运行改造时间表

时间（年）	阶段	主要阶段任务
1958-1978	第一运行阶段	培训学习、消化吸收，合理化改进及技术革新
1979-1980	堆改造阶段	更换堆芯、内壳，进行一、二回路改造
1980-1996	第二运行阶段	实现堆照同位素及单晶硅中子掺杂批量生产，核电技术服务
1996-1997	电气改造阶段	电气及控制保护系统改造（简称电气改造），包括核监测、控制、保护系统改造等电气系统改造
1997-2007	第三运行阶段	以同位素、单晶硅辐照商业规模生产；活化分析、中子物理基础研究

1.2.2 101 堆退役计划

如表 1.2 所示，101 堆计划退役时间从 2004 年持续到 2030 年，历时将长达 26 年。

表 1.2 101 堆退役时间表

时间	活动
2004-2007.12	运行状态及退役前期技术准备
	2007.12 反应堆最终停闭
2008.1-2010.12	停堆封存过渡期（停堆监护期）
2011.1-2020.12	2011.1 - 2015.12 堆外系统、部件及构筑物退役
	2016.1 - 2020.12 堆本体部件及构筑物退役
2021.1-2030.12	收尾，最终完成退役

101 堆退役的整个工程周期可以划分为设计阶段、计划阶段、实际操作阶段、最终验收阶段，设计阶段主要需要完成任务有：

- （1）现存废物清理；
- （2）放射性特性调查；
- （3）初步系统去污；
- （4）含铬废水处理；
- （5）系统整治和维护；
- （6）乏燃料外运；
- （7）退役文件的编制；
- （8）退役关键技术研究及验证。

1.3 课题的研究意义和目的

101 堆在运行阶段，所承担的项目多，有实验研究，有辐照生产，还经历过重大技术改造，系统设备结构复杂，核素种类多且分布范围广，停堆后还有大量的放射性部件仍然保留有放射性。因此，101 堆的退役是一项艰巨、复杂的工程，关系着场址内及周

边生态环境是否能恢复，也关系到中国核电站退役进程能否顺利发展。制定周密的退役计划，是确保退役辐射安全，环境恢复的保证。为了对退役场址中的设施设备、源项调查、退役人员辐照剂量和废物产生量等数据进行合理管理和安排，有必要建立一种合理可行的退役数据管理系统用于支持并管理反应堆退役工程数据。

101 堆退役过程中的人员情况、厂内设施状态、区域污染情况、拆除工作辐射数据以及产生的三废量等都是一些重要的数据，收集管理并分析这些数据，积累技术资料，将对核设施退役展开针对性强而且有效的监督提供技术依据。本论文所开发的全信息退役数据库能够实现对退役设备结构、辐射剂量、放射性源项、退役人员信息、废物及退役作业数据进行管理^[10]，更好的制定退役优化方案和优化退役过程，方便退役信息的管理，从而减少退役人员在退役工程中的工作量和工作时间，进而减少退役投资。

1.4 国内外研究现状

国际原子能机构（IAEA）在二十世纪 60 年代曾经出版过一份《核退役报告》，介绍了大量有关研究堆及核设施的拆除经验。如今，世界上已经有不少大规模的核设施已经完成其退役任务，同时，越来越多的核设施也即将进入退役阶段。IAEA 及其他国家发表的有关退役方面的资料覆盖面日趋全面，所涉及的技术亦越来越成熟，在一些发达国家，已经逐步形成包括退役服务公司在内的专业市场体系，其所总结的拆除经验为退役工程发展提供了大量经验和信息。因为核设施退役过程涉及的方面多，管理实施需要考虑的安全和效率问题复杂，国外主要采取概念研究，建立退役示范性研究，大型核设施退役三步走的办法^{[11][12]}。

在日本，一些研究性核设施包括核反应堆已经在日本原子能研究院的监管下被成功退役，通过这些退役工程，在高效完成拆除任务的同时减少废物产生量方面积累了很多有效的退役经验，日本也将这些研究经验进一步运用在商业核电站退役的项目中。1996 年日本动力示范堆（JPDR）拆解示范项目成功完成，该项目是日本第一个电站退役实验，期间开发了电脑辅助系统（COSMARD）帮助计划退役作业和仿真远距离拆除任务。COSMARD 由多个计算机程序和相关数据库组成来对信息进行有效的管理，能够有效的计划和管理反应堆退役。该系统研究开发了一种数据处理算法来将退役过程中所涉及的作业划分成单位子作业，将作业以树形结构按一定规则分解，并为子作业设定一些系列参数，参数化退役活动，从而获得单位生产力因素、工作难度系数和典型的工作结构，这将被应用到人力需求分析和其他退役项目工人剂量的估计。该系统的开发旨在演示拆解技术和拆解工作，获得应用数据，以确保安全的完成拆解工程^[13]。另外，日本普贤核

电开发并在退役过程中使用了退役解体工程支持系统（Decommissioning Engineering Support System, DEXUS）^{[14][15]}。DEXUS 系统由数据库系统、评估系统，数据管理系统，虚拟现实系统组成。在系统中，数据库中存储的核设备包括 3D 尺寸、重量、材料、放射性等相关属性数据，可以为其它子系统提供数据支持；数据管理系统对数据库进行管理；评估系统通过对比虚拟环境与现实，给出作业人力安排，解体方法，放射剂量分析等最优方案；虚拟现实系统是利用相关软件实现可视化工作场景中辐射剂量分布和设备解体操作过程等^[16]。

在韩国，韩国原子能研究院的 TRIGA 研究堆退役拆卸项目组向韩国科学技术部提交了退役计划报告，并于 1997 年 1 月开始对 KRR-1&2（韩国研究反应堆 1&2）实施拆卸计划^[17]。2001 年 8 月开始退役数据库开发项目。该项目建立了基于 KRR-1&2 退役数据库概念数据模型，提出了退役数据库理论和退役数据分类标准^[18]。

在意大利，Ansaldo 核能部一直大力参与开发用于管理核退役项目中主要活动的高品质软件。其开发的 IDMT（集成退役管理工具）提供一系列用户友好应用程序来管理退役工程，确保核废物被识别分类和追踪，另外该系统可以用来识别，分析和比较不同的操作情景，选择经济性和辐射性最优化的配置^[19]。表 1.3 列举了该软件所关注的各个退役阶段的相关活动。

表 1.3 退役各阶段主要活动表

退役阶段	主要活动
确定电厂的物理结构 3D 模型	通过元件的化学物理特性和它们的位置确定电站当前状态
确定电厂的辐射结构 MIRAD	确定或评估系统/元件的辐射特性和剂量水平。估算电厂的放射性存量
确定退役政策 STRADE	进行处理方案的成本/效益分析。估计“无限制释放”物质的数量和有关特殊处理方案的成本
确定各项活动 SMART PLANT REVIEW	确定各设备的拆迁方案
确定操作计划 SEQMAN	确定拆解顺序，尽量减少作业工人所受的剂量，合理安排活动
电脑辅助项目测量 DECOM	管理各项活动以达到厂址无限制开放
核废物管理 TRAW	管理核废物和容器

IDMT 是一系列工程活动软件模块的封装，各个软件模块用于不同的退役阶段，即相互独立也保持一定的联系。图 1.1 反映了在退役项目中了使用 IDMT 工具的流程。该

系统支持退役活动的日常监督和数据持续跟踪，数据库的安全由有控制的访问保证，不同的责任权利授予不同的用户。

IDMT 系统的主要特点是：

- (1) 可以将保存各种类型数据（照片，录像，测量数据，程序，以及物理，化学和放射性数据）；
- (2) 允许对存储的数据简易恢复，并通过设置特定访问键提供便捷选择；
- (3) 可模拟真实操作状态以最优化工作过程选择；
- (4) 通过组织数据表，报告简化过程分析；
- (5) 提供所有国家规定的有关核废物文件；
- (6) 根据活动的复杂性，项目的特点和用户权限，允许同时且多次访问数据库；
- (7) 允许简单定制客户具体需要。

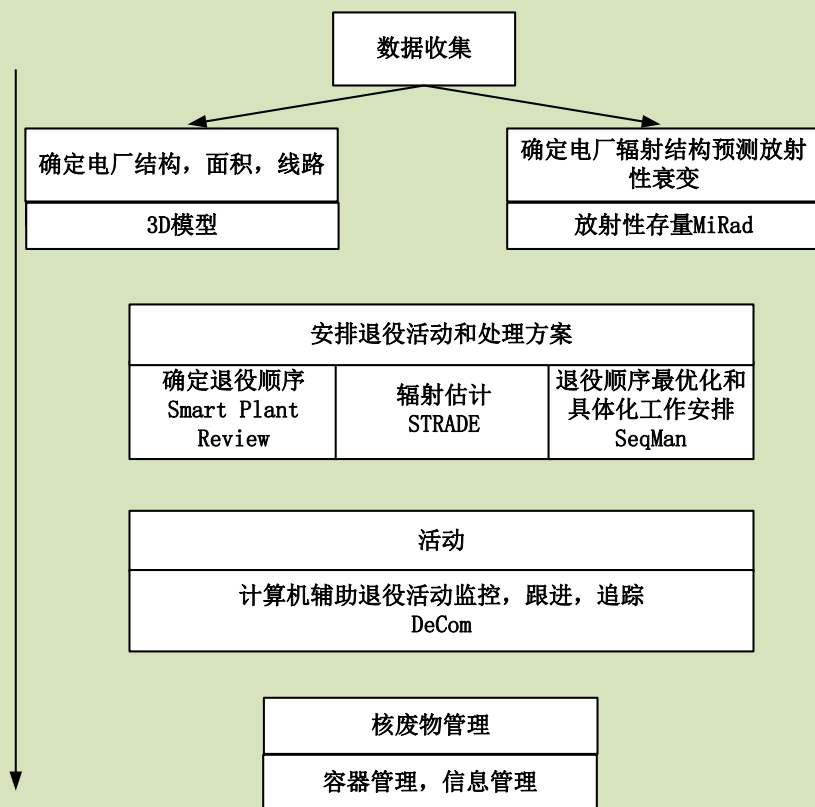


图 1.1 IDMT 退役操作顺序和相关工具图

从 20 世纪 90 年代开始，我国一些核设施陆续进入安全关闭和退役阶段。至今已顺利完成了舰船陆上堆堆芯退役、上海微堆退役及若干铀矿地勘设施、小型铀矿水冶厂、核化学实验室、放射性废物库、辐射装置的退役。大型生产堆及其乏燃料后处理厂已完成第一阶段退役（去污工作），即将进行第二阶段（拆除阶段），其他几个研究堆也即

将进入退役阶段。

我国核设施退役涉及的主要技术有：放射性源项调查与测量技术、各种物项的去污与拆除技术、环境整治技术、遥控操作技术、结构和材料的耐久性评估技术以及退役费用计算模型建立技术和虚拟现实技术等^[20]。

目前，核设施及核反应堆退役领域的研究方向主要集中在以下几点：

(1) 在使用技术及设备方面，以安全为第一考虑要素，尽可能利用已有的、经过实践检验过的、稳定可靠的技术及设备。

(2) 在技术研发方面，立足核设施退役的特殊要求，吸取集成其他工程领域的先进技术成果，不断完善核设施退役研发工作。

(3) 国际合作方面，在有选择的引进其他国家先进技术、设备及管理经验的同时，针对我国退役工作的特点，进行改进和消化，形成有自主知识产权的技术。

1.5 退役信息系统设计方法概述

1.5.1 面向对象系统分析方法

面向对象是一种全新的软件技术，是计算机软件开发的主流技术。它以对象为基础、以事件或信息来驱动对象执行处理。在面向对象开发的设计中，面向对象的建模以面向对象开发者的观点创建所需要的系统。从问题的一部分出发构建程序，以数据为中心，使用类（Class）操作，是一种由下而上的设计方法。

面向对象分析的基本步骤如下：

- 获取需求内容陈述；
- 建立系统的对象模型；
- 建立对象的动态模型；
- 建立系统功能建模。

二十世纪 90 年代，各种主要的建模技术被整合在一起，创建了一种通用建模符号，即统一建模语言（Unified Modeling Language, UML），现在 UML 语言已经成为工业标准的对象建模语言。

1.5.1.1 UML 基本概念

UML 是一个视图集，由许多子模型视图组成，用于帮助描述及设计软件系统。UML 对于不同的使用对象或者被建模对象以及不同的研发过程往往呈现出不同的侧面，但实质是一样的。UML 着重于建立一种标准的建模语言，而非建模过程，以用例图为驱动，

以体系结构为中心，通常可将 UML 的模型分为静态结构、动态行为、实现构造、模型组织和扩展机制等部分。它从不同的视角为系统建模形成不同的视图，以视图来表达系统的某一特征子集。UML 中主要的视图有用例图、类图、对象图、组件图、部署图，用来描述系统的静态结构，称为静态视图；另外有时序图、协作图、状态图、活动图用来描述系统的动态特征，称为动态视图。UML 的应用领域非常广泛，几乎可以对任何有静态结构和动态行为的系统建模，而且支持面向对象的分析与设计，对从需求分析开始的软件开发全过程给予支持。

1.5.1.2 UML 建模步骤

用例图表示用户的需求，描述用户或系统外部角色所需要的系统功能；类图表示信息类之间的关系，数据处理概要过程；对象是类的特例，时序图表示对象间交互关系；活动图用来描述工作流程，表示参与系统活动过程；协作图，等价于时序图，描述对象间协作关系；组件图可以描述部件关系及其物理结构；状态图用来补充类图，表示对象可能状态变化；部署图，用来表示系统软硬件配置情况。UML 只为问题领域建模，不定义用户接口、界面和数据等解决方案的细节^[21]。

使用 UML 进行系统分析首先要对组织机构、业务内容、业务功能进行调研，然后分析问题域，理解所属领域的问题和用户的需求，抽象化需求，具体所要作的工作如下：

- 界定系统范围；
- 确定系统环境；
- 分析有关参与者，也就是会使用该系统的人、组织或其他系统；
- 分析数据处理过程，确定系统功能；
- 分析数据要求。

1.5.2 数据库设计步骤

数据库设计是 101 堆退役信息管理系统设计的重要组成部分。合理的数据库表结构，能够提高系统的性能，甚至在系统的模块设计中也能够起到协助作用，数据库的设计还关系到整个系统性能、升级和移植的问题。

数据库系统设计过程包括：需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计、应用系统实施及运行维护，这些过程在数据库运行测试中会反复经历，优化数据库系统满足用户要求。在这个过程中解决什么信息是需要的，不同部分是怎样联系的，应用程序如何与数据通信和整个系统是如何实现或运作的。

数据库设计方法中首先要对用户需求数据进行分析,让系统了解需要什么数据,及怎么处置这些数据。接下来是概念结构设计,这个阶段帮助建立数据库的概念数据模型,建模方法主要有两种:实体-联系建模(Entity-Relationship, E-R)、面向对象方法(以类或对象表示数据及其数据关系)。本文采用 E-R 模型图描述所建立的概念模型,这种方法采用简单的图形来表达数据结构,直接明了,易于设计及分析。E-R 图表示的概念模型是用户数据要求的形式化,但它不为任何一种数据库管理系统所支持,因此需要逻辑结构设计将概念数据模型转换成计算机上可存储的数据模型。物理结构设计则是根据所设计的数据模型,确定其物理存储结构,存储介质分配,数据块大小,存储路径等内容。在初步建立好数据库后,就是开发连接数据库的应用系统,及在应用系统的运行维护的过程中,对数据库及应用系统的反复改进优化。

实体-联系方法是描述数据概念结构模型的有效方法,提供了表示实体类型、属性和联系的方法,以用于描述现实世界。一个实体(Entity)具有相同的特性,由实体名和属性名集合来抽象同类实体,实体特性由属性来刻画,实体间的联系或属性间的联系由关系连线来表示。一般情况下,E-R 方法建模的基本步骤如下:

- 首先要确定实体集合;
- 选择实体包含的属性;
- 确定实体集间的联系;
- 确定实体关键字;
- 确定联系的类型。

1.5.3 实际分析设计路线

本系统的开发设计中,首先通过分析退役业务组织机构、业务内容、业务功能,建立系统总体架构。使用 UML 描述用户具体需求及业务活动,但又不局限于 UML 视图的严格语法约束,结合自身条件及环境,适当地借鉴并发展自己的实践框架^[23]。在分析数据处理过程中,由于数据种类繁多,难以用 UML 视图清楚描述需求,因此,在这个项目中首先采用 UML 用例图来分析用户需求,用状态图来描述某些数据类的变化过程,用活动图描述参与者操作数据过程。调研退役资料,利用 E-R 图设计数据库概念结构模型及逻辑模型。基于 UML 图和数据库结构模型,利用面向对象设计方法开发 101 重水堆退役数据管理系统。如图 1.2 所示,本课题实践路线大体上分五步进行,每个阶段中都有相关的视图或表予以表达说明。

本系统的开发以 SQL Sever 2005 数据库为中心、采用 C/S 结构模式,基于 Visual

Studio 2008 系统开发平台使用面向对象编程语言 C#编写程序，基于 ADO.NET 对象连接数据库。



图 1.2 项目实践路线图

1.6 论文的主要工作内容

本文的主要工作具体包括以下几个方面：

(1) 根据退役初步设计阶段对场址特性的调查，包括调查厂房及各种设备的尺寸、位置，还有各部件的服役时间及运行历史记录，工程设计图纸、工程改造图纸、101 堆内辐射剂量分布数据等资料，遵循数据库设计一般方法设计开发全信息数据库。

(2) 从人力安排、辐射剂量监测、废物管理、环境安全等各个角度考虑，采用 UML (Unified Modeling Language) 统一建模，设计系统需求功能并优化数据库模型。

(3) 选择功能强大的软件开发工具，开发实现 101 堆退役数据库管理系统，使得系统工作界面友好，功能齐全。

第2章 101 重水堆退役管理系统设计研究

本章主要完成了需求获取、领域建模等主要工作，将需求转化为系统的用例图、活动图、状态图等，这些视图相当于系统的蓝图，是开发软件必须要完成的步骤。

2.1 系统需求分析

在本系统的业务需求分析阶段，通过业务描述退役管理系统所涉及的对象和要素，分析要素属性和行为以及其中的关联。在业务需求分析阶段首先要进行业务组织建模和业务流程建模。

2.1.1 业务组织

退役工程的顺利进行除了要求很多前期准备外，还需要建立强有力的组织机构，将工程按职责进行分工，以保证从监督到实施再到验收的高效性与安全性。退役组织机构的部署包括：技术管理、计划合同、综合管理、质量管理、物资管理、现场管理等^[25]。如图 2.1 所示，退役组织机构基本分为保障部、实施部、安全部、废物管理部，退役工程中的每一项任务都需要严格的计划和人员的参与，在对退役对象进行退役之前首先需要安全部门对对象和对象所在区域进行辐射监测和调查，并且保障监测数据质量符合一定标准，安全评估后，通过保障部门进行人力资源计划，具体的退役活动由实施部门执行，对于退役活动产生的废物，由废物管理部门进行分类贮存后处理。

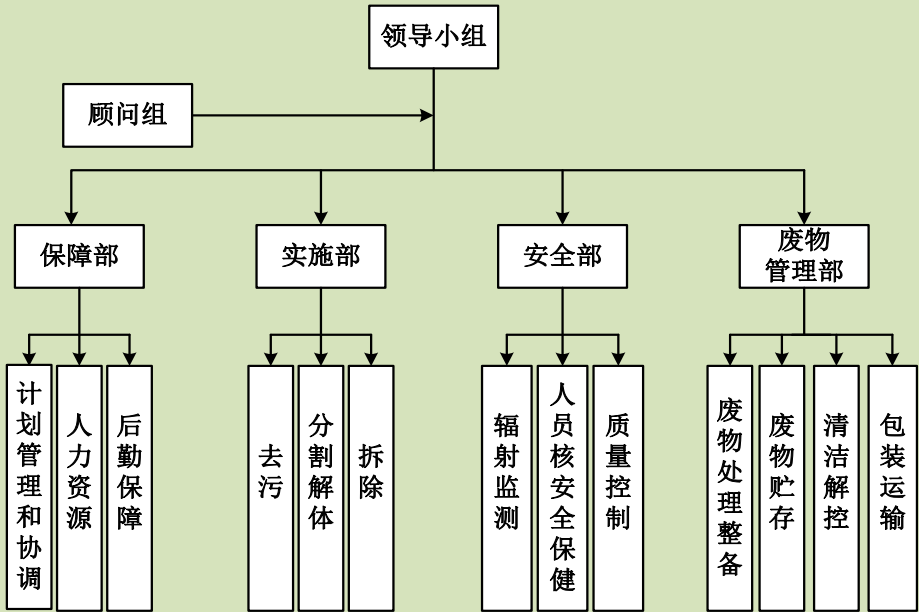


图 2.1 退役工程组织机构分工图

2.1.2 业务流程

退役工程的主要工作流程见表 2.1 所示。

表 2.1 退役工程各工作阶段及工作详情

工作阶段	工作详情
退役前期准备	职责分工和许可申请 放射性源项调查及场址特性调查 建立组织机构和人员培训
工程实施	去污 切割解体拆除 废物管理
退役安全	退役过程监测 人员辐射防护
退役收尾	场址清污环境整治 竣工验收

退役工程初始，在安全关闭反应堆后首先要对场区进行源项调查和场址特性调查，对场区内物品进行测量，按照不超过控制水平的污染物与超过控制水平物件分类、整备和标识^[26]。收集对退役活动安全高效进行有影响的信息数据，掌握放射性物质盘存量和污染分布情况，该过程的高效完成是实现安全退役的保障。

放射性源项调查要求弄清^{[26][27]}：

1. 退役活动边界；
2. 放射性盘存量；
3. 污染放射性核素种类及数量；
4. 放射性污染分布；
5. 废物积存情况，废物类型、数量、放射性水平，废物处理、整备、包装条件；
6. 建筑物污染水平。

场址特性调查的主要内容有^[28]：

1. 建筑物状态；
2. 设施运行事件及事故；
3. 设备情况。

源项调查后，实施阶段对标识的污染物件、污染地面、墙面进行去污，监测去污过程剂量。去污后的污染物件测量剂量率，如仍未达管理目标值需再次去污并跟踪监测。如再次去污后剂量率仍无法达到管理目标值，则被测对象整体作放射性废物处理。对污染的地面和墙面进行铲除，直到表面污染满足要求，取样测量重点污染房间的空气气溶

胶活度浓度。

对退役活动产生的废物按照物理特性初步分类、整备，分类后的废物经过去污、拆卸、熔炼等操作后若达到解控水平，解控废物，或按照一定规定处置废物。

由上述退役业务流程描述可以看出在退役实施过程中，辐射监测和废物产生贯穿整个退役过程，并且影响着退役工作计划的安排，为了尽量减少工作人员在工作区内受照剂量和活动产生的废物，需要评估工作区剂量水平，这就需要知道工作区内设施情况、源项分布，由此来对工作区的剂量水平进行评估。对于完成的工作需要记录人员受照情况，废物产生量，工作持续时间等情况^[30]。由此可见，无论是前期准备调查，项目实施，还是项目收尾总结都需要不同的数据信息进行辅助，同时也会产生一些新的数据，而这些数据都应该以一定的标准和格式记录下来并管理，图 2.2 描述了退役各个阶段将会产生的数据。

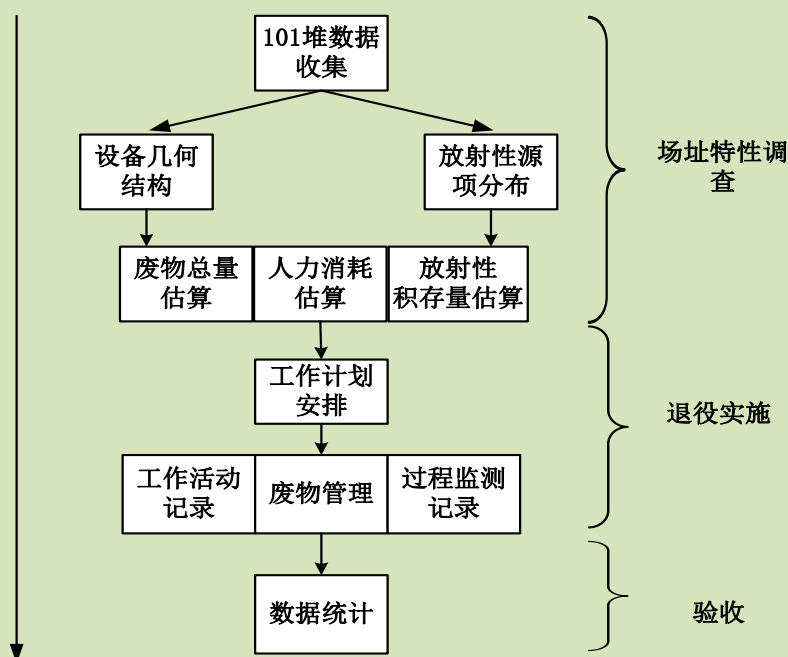


图 2.2 退役各阶段产生数据类型图

2.2 系统总体设计

101 重水堆信息管理系统采用的是 C/S 的三层结构，第一层为数据层，第二层为应用层，第三层为表示层。系统总体结构模型如图 2.3。

数据层用来完成数据的存储和管理，分析退役各过程产生的数据可将系统数据层划分为设施数据库、员工档案数据库、物资工具数据库、放射性源项数据库、废物数据库及工作活动数据库。系统应用层面根据退役业务组织分工及业务流程中所涉及到的要素

将系统主要分为八个子系统，它们分别是：设施管理、员工管理、辐射监测管理、工作安排、物资工具子系统、废物管理、统计分析及系统维护子系统。表示层提供了系统可视化接口，主要完成应用系统与用户以及应用系统与数据库管理系统的交互，实现对不同来源、不同格式数据的操作及质量控制。

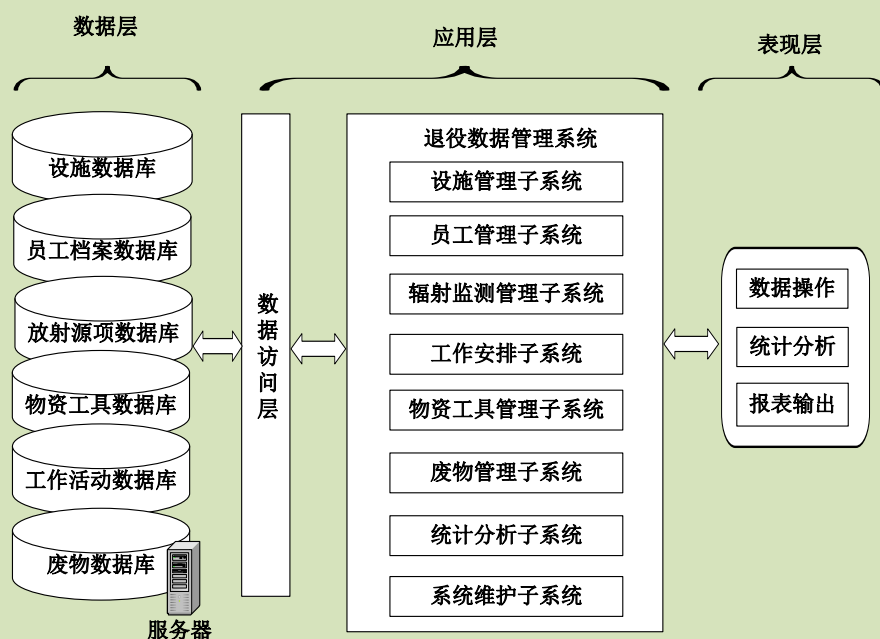


图 2.3 系统总体结构图

2.3 系统详细设计

2.3.1 系统功能用例分析

UML 用例图是一种非常好的系统需求分析工具，用例图的最主要功能就是用来表达系统的功能和需求^[31]。用例图从业务角度上体现谁来使用系统、用户希望系统提供什么样的服务，以及用户需要为系统提供的服务。为细化系统的功能需求，这里将希望系统实现的功能从使用者的角度以用例图的形式表达出来。用例图包含六个元素，分别是：参与者、用例、关联关系、包含关系、扩展关系以及泛化关系。其中参与者是系统外部的一个实体，它以某种方式参与用例的执行过程。由之前业务组织机构的划分及其职能可为系统的主要参与对象确定以下几种身份，它们分别是：设施管理员、人事管理员、工具库管理员、废物管理员、辐射监测员、统计分析员、系统管理员，参与人用例视图如图 2.4 所示。

设施管理员：调查管理整个工程的设备、设施信息；

人事管理员：执行保障部门对退役工程人力资源的管理；

工具库管理员：管理退役所使用的工具信息；

辐射监测员：监测管理辐射信息；

废物管理员：管理废物及其处理过程；

作业计划员：计划作业活动；

统计分析员：负责各类数据的统计分析；

系统管理员：维护系统，备份数据。

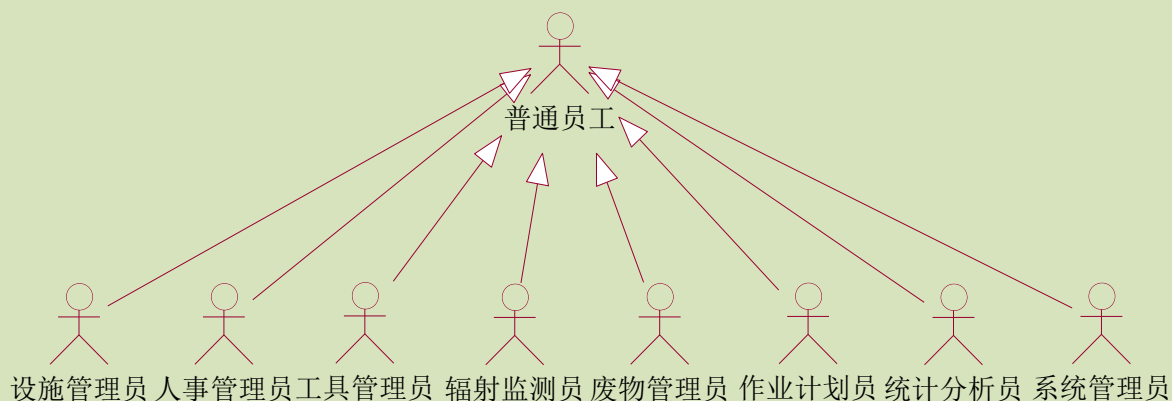


图 2.4 系统参与者视图

其中，某些参与者的用例图比较相近，因此在本文里只列举几个比较有代表性用例图来说明该课题使用 UML 用例图建模过程。

1. 设施管理员用例图

图 2.5 用例分析了设施管理员的功能需求，主要内容如下：

登录：使用系统首先要登录，任何使用系统的用户都需要凭用户名和密码登录系统，并根据用户权限限制用户使用系统的范围。

新增：设施管理员在登录系统后，可以通过手动填表将设施的放射性信息，位置信息和历史运行记录等信息输入到系统中，并为新增的设施进行分类，便于查询和管理。

批量导入：如果一次有大量的设施数据需要导入到设施数据库里，并且设施数据按照一定格式存储在 excel 文件里，管理员可以将 excel 文件导入系统中，自动录入设施数据。

查看：为了便于查看设施数据，设施数据按照设施类别、系统类别及状态进行分类，管理员可以通过选择界面上的分类，快捷显示所需要查看的设施数据。

查询：由于设施属性繁多，为了便于管理员快速查询，管理员可以直接选择查询属性，如：设施名称、设施编号等，在选择完查询项目后，输入所要属性内容，如：具体编号和设施的具体名称等，结果显示于界面。

导出打印：显示在窗体上的数据可导出到 excel 中进行打印。

分类设置：由于设施数据需要分类，在录入时为避免分类出错，类别在一定设定范围内可选，该范围在系统中可设置。如系统分类有重水系统、一回路系统、氦气系统等，设施性质分类有管道、部件、设备等，设备状态分类有已拆除、已去污等，污染情况分类有污染类、非污染、活化类等。对于有从属关系的类型，设置需要体现其从属关系。

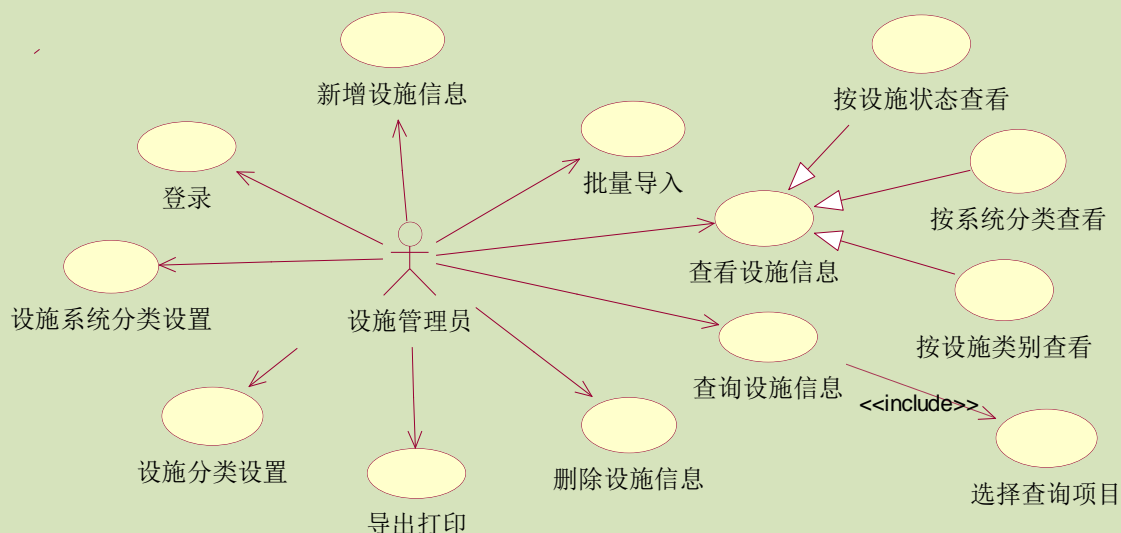


图 2.5 设施管理员管理数据用例图

2. 人事管理员用例图

图 2.6 用例分析了人事管理员的功能需求，主要内容如下：

添加员工信息：人事管理员在登录系统后，可以通过填写人员基本信息表将个人信息录入系统后保存。

修改员工信息：如果人员基本信息发生变动，人事管理员可以通过查询、修改个人信息后保存。

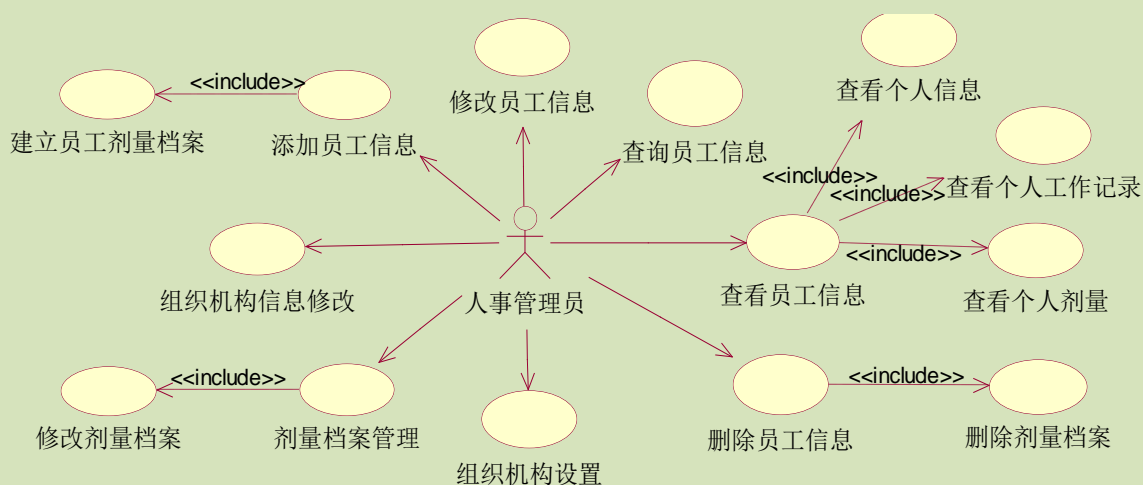


图 2.6 人事管理员管理数据用例图

查询员工信息：管理员可以通过输入员工编号查询员工信息。

查看员工信息：管理员通过选择部门分类，查看各部门员工个人信息、工作记录信息及个人剂量信息。

剂量档案管理：管理员通过输入员工编号，修改员工剂量档案中存储的数据。

组织机构设置：管理员需要通过输入组织机构名称和选择机构从属部门，将部门信息及部门间的关系存储在系统数据库内。

组织机构信息修改：当机构部门信息发生变动调整时，管理员在系统中修改部门信息。

3. 废物管理员用例图

图 2.7 用例分析了废物管理员的功能需求，主要内容如下^[32]：

废物入库：退役产生的废物种类繁多，存在不同物理形态、不同放射性活度，废物的性质不同对废物的处理运输都有着很大的影响，废物入库时管理员需按不同废物性质分类存储废物，并选择未满足的废物容器装盛废物。

废物运输：废物出库运输，作为运输出发点必须标记一些信息如所含主要放射性元素、物理形态、物料比放射性、重量、表面辐射剂量率等，管理员需将出库废物的运输信息按一定要求填写，生成废物运输表单。

废物解控：管理员根据废物解控原则选择未被解控的废物，测量废物表面剂量率和比活度等辐射数据是否达到解控标准，对达到解控标准的废物进行解控，并生成废物解控单。

废物盘点：管理员可以盘点废物库存，按类别进行废物统计，将实际盘存废物量录入系统，系统会自动将其与数据库内的库存量进行校核^[29]

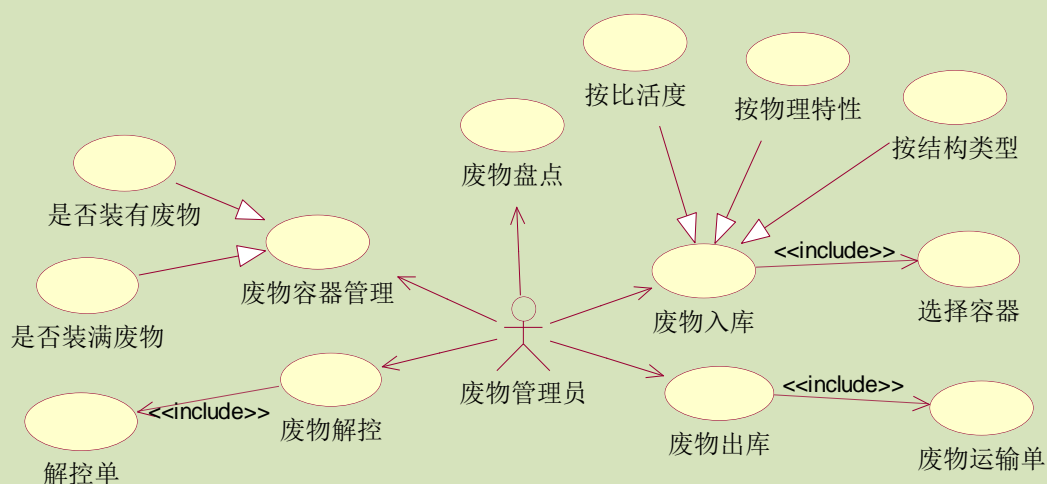


图 2.7 废物管理员维护数据用例图

废物容器管理：废物容器是废物的载体，不同的废物需要的废物容器也有所不同，管理员需要维护废物容器物理属性，并且标记装有废物和已装满的容器。

4. 辐射监测员用例图

图 2.8 用例分析了辐射监测员的功能需求，主要内容如下：

个人剂量监测管理：辐射监测员登录后可以通过系统记录某时刻个人外照射或内照射剂量，选择员工信息表中已经存在的员工为监测记录对象，将被监测人员编号、监测时间、监测工具、监测值等信息存入该员工个人剂量档案中。并且可以在日常管理中，进行修改、删除等操作。

工作区监测管理：辐射监测员通过该功能对工作区域进行源项调查和剂量水平测量。管理员需要首先划分工作区域，设置工作区信息，包括区域代码、区域名称、位置、地图等，并在工作区地图上标注监测点。对已划分的工作区，要求可列出各退役阶段工作区内源项清单及气载放射性水平，用气载放射性测值评价工作区剂量水平。

过程监测：管理员按照一定的格式记录退役过程去污前、去污中、去污后进行辐射监测的数据，包括监测设备的名称、编号、部位、污染场所，本底等信息。

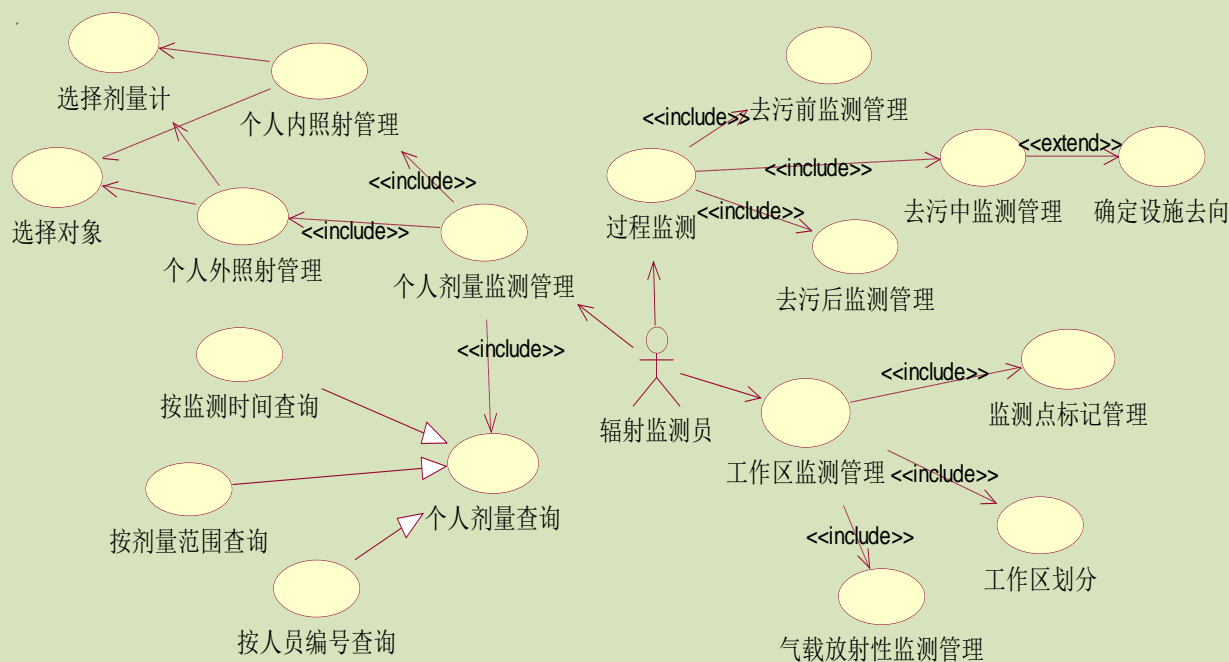


图 2.8 辐射监测用例图

5. 工作计划员用例图

图 2.9 用例分析了工作计划人员的功能需求，各需求主要内容如下：

新建任务管理：工作计划人员登录系统安排计划工作，首先需要新建任务，设置新任务编号，记录任务开始时间、任务内容及工作地点等信息。

选择任务参与者：选择新任务，根据经验或者任务人力估算选择参加作业任务的员工，确定参加任务人数人选，并且为不同的员工安排不同的工作任务，生成作业派遣单。

选择任务参与工具：新任务人选确定后，为不同的员工在工具库信息表中选择工具，生成工具领用单。

总结任务管理：在新任务被操作完成后，计划员在系统中记录工作结束时间、工作完成情况、废物产生量及人员受辐射情况等信息，生成作业完成单保存在数据库中。

作业查询：工作计划员可以通过该功能查询历史作业，包括任务编号、内容、参与人、选用工具及废物产生情况等数据，为以后作业安排提供人力物力计划经验。

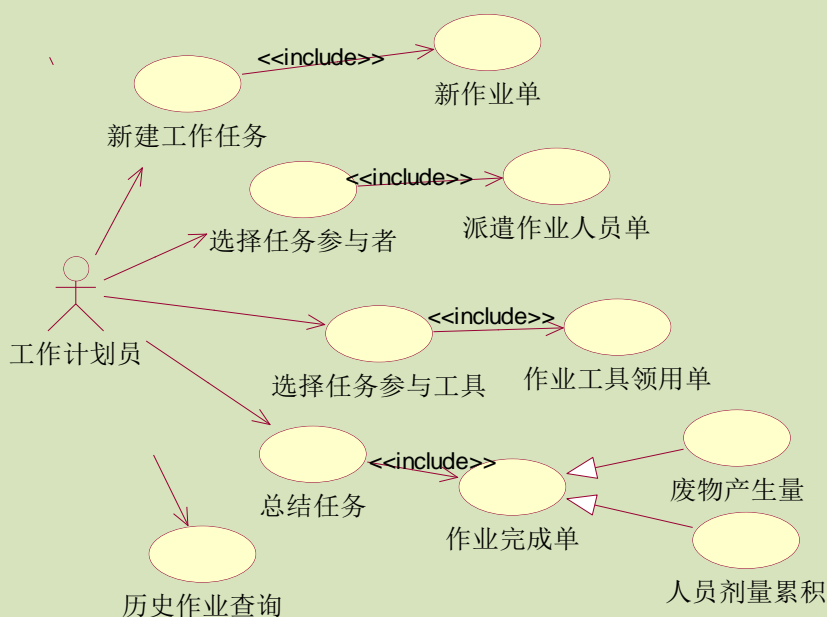


图 2.9 作业管理用例图

2.3.2 系统状态图分析

UML 对系统动态建模的视图之一是状态图，状态图建立系统对象实体的生命周期模型来描述对象实体变化的动态行为，说明实体状态的变化^[34]。系统涉及的实体较多，相对来说，退役废物及退役作业的状态变化对于退役工程的进度影响较大，因此本文以退役废物实体和作业实体的状态图为例，介绍实体在退役工程中动态变化情况。

根据废物处理流程创建的废物状态图，如图 2.10 所示。

当有新废物产生时，首先要按照废物分类标准对废物进行分类，将废物分为放射性废物、建（构）筑物、金属类、极低放废物类；其中建（构）筑类和金属类进一步被去污，达到解控水平后解控；放射性废物进行辐射特性证实，若监测值低于目标管理值，则再进行过程测量，否则进行去污后对其辐射特性进行测量直到达到目标管理值；过程

测量后的废物，考察其监测值是否符合控制值以下，若符合控制值就解控，若不符则暂时存放，要出库处理时，对其进行整体测量后包装，运往处理地点。

根据退役作业计划流程创建的作业状态图，如图 2.11 所示。对于退役作业来说，当有新的作业需要实施时，作业安排人员就会创建一个新的作业，新创建的作业只有作业内容，没有参与人和工具，因此需要选择参与人和工具。当作业被执行完成后，对其所产生的影响，需要被系统记录在案，生成作业日志。

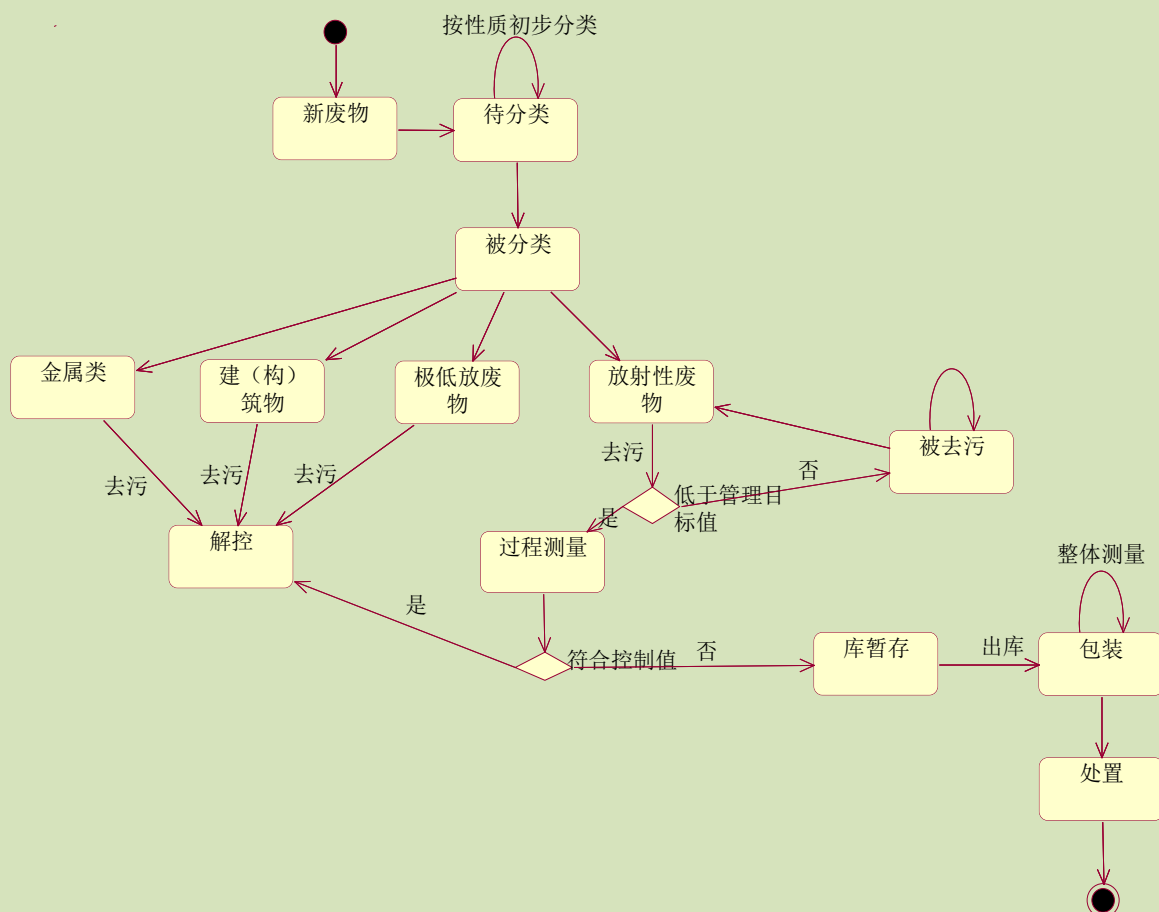


图 2.10 废物状态图

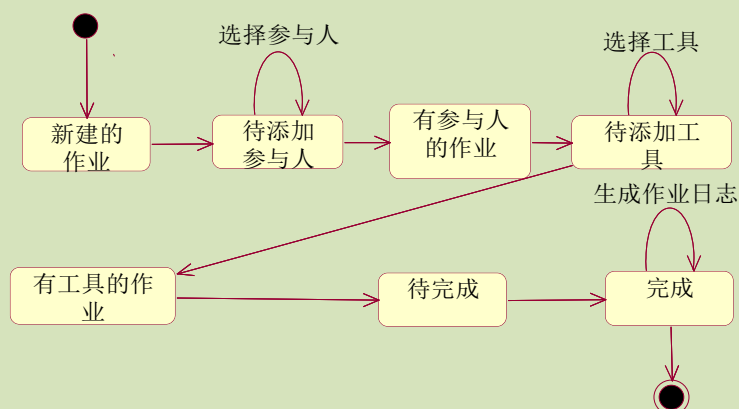


图 2.11 作业状态图

2.3.3 系统活动图分析

本课题利用 UML 活动图描述系统参与者如何操作数据，101 堆退役系统所涉及的具体活动较多，但要实现的主要功能是对数据的维护，图 2.12 是以参与者对数据实现基本操作活动图为例来说明其系统数据操作活动情况。

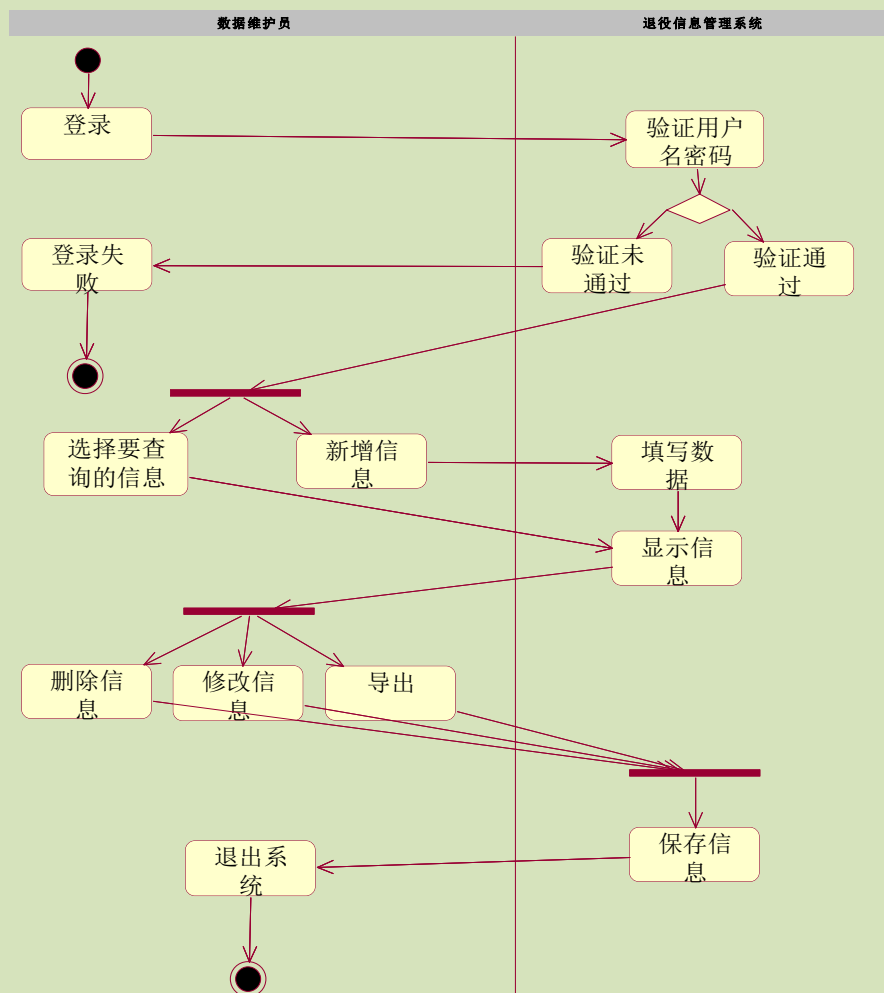


图 2.12 数据维护人员基本活动图

员工通过登录界面验证身份，如果是合法用户，验证通过后，可以进行查询、新增数据功能选择，若选择新增数据则通过系统填写数据内容后显示，若要查询数据则选择查询项后显示，对于显示的信息，用户可以进行删除、修改、导出功能，完成后保存信息，最后退出系统。

2.3.4 系统功能模块划分

101 堆退役信息管理系统可划分为九个模块，基本功能的具体划分情况如图 2.13 所示。

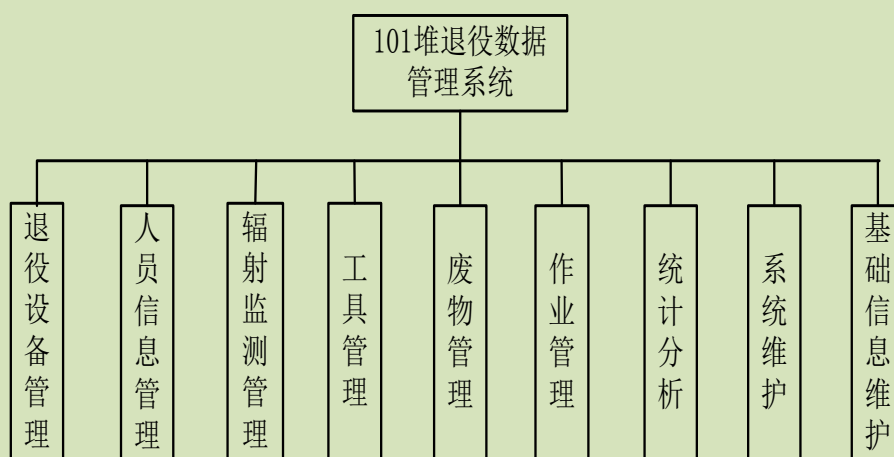


图 2.13 101 堆退役信息管理系统基本功能图

1. 设备信息管理模块

如图 2.14 所示的“退役设备管理”模块用于设备管理相关操作，设备数据维护人员可以通过该模块将厂区内设备的位置、辐射情况、结构、大小尺寸等信息存入数据库，并对应唯一编号。在存储的过程中根据从设施的资料或场址调查获得的信息，将各个设备单元初步分类，将系统部件按泵、管系、设备等分类，如果确定设施的受污染状态可进一步将设施分为污染类、活化类及非污染类。

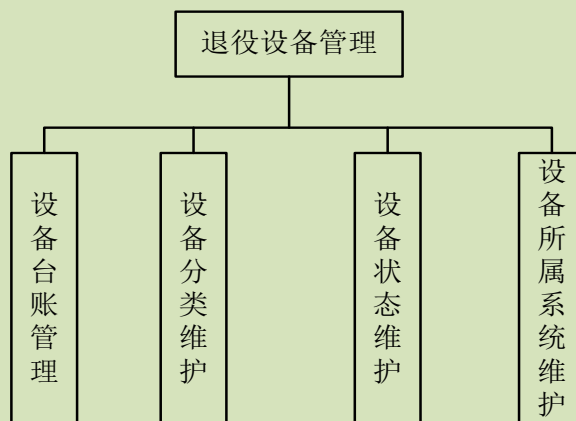


图 2.14 设备管理功能模块图

2. 员工信息管理模块

如图 2.15 所示的“员工信息管理”模块主要用来实现对员工个人基本信息和剂量档案信息（包括累积剂量、剂量约束值、超剂量情况等）以及组织机构信息的维护。人事管理员在登录后可以对数据库中存储的员工基本信息和剂量档案信息进行增加、删除、修改等基本操作，以及设置员工工种和组织机构，实现将员工按工种和部门分类管理。

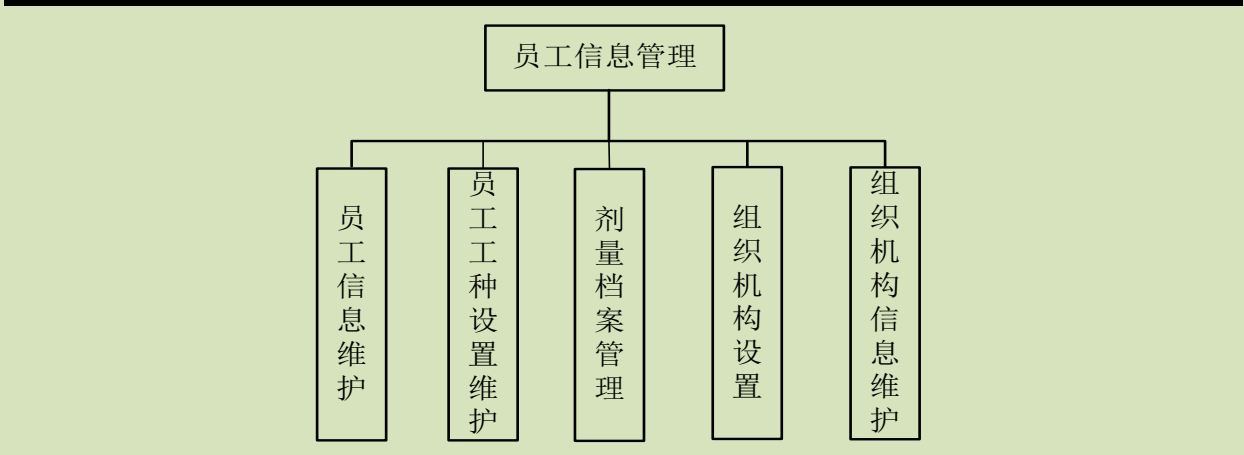


图 2.15 员工管理功能模块图

3. 工具信息管理模块

如图 2.16 所示的“工具管理”模块主要用来实现工具库管人员管理工具基本信息，并查询领用工具日志，还可以查询保修期快到期限的工具，查询结果可导出打印。

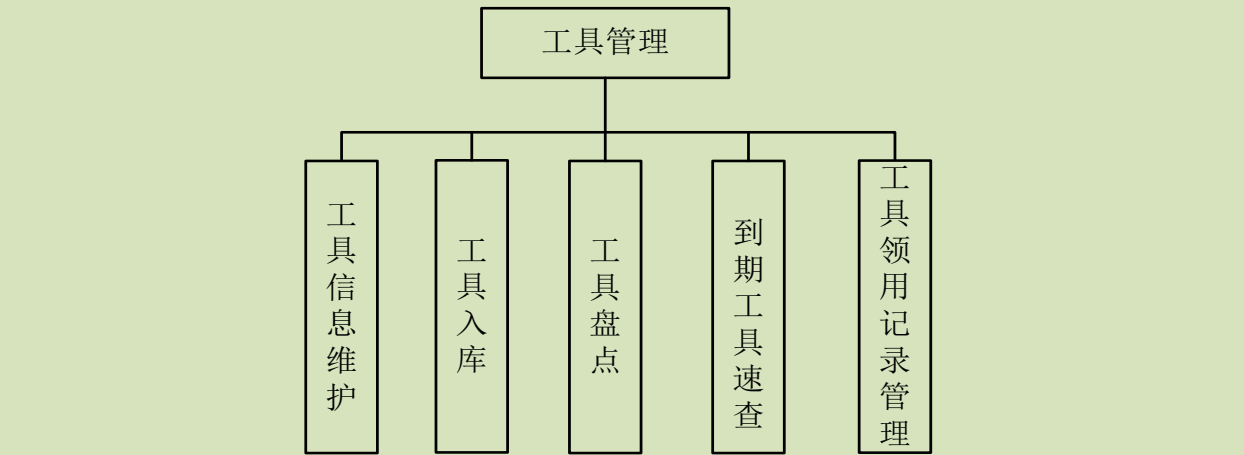


图 2.16 工具管理功能模块图

4. 辐射监测管理模块

如图 2.17 所示的“辐射监测管理”模块主要用来实现辐射监测人员对工作区现场监测和员工剂量监测数据的维护。辐射监测数据管理人员可以通过系统为厂区划分工作区，设置工作区编号，并且将工作区的大小、位置及工作区地图等数据存入工作区数据库，并且可对其进行修改、删除及按工作区名称查询等操作。实现在工作区图纸上标记监测点位置，记录不同去污阶段工作区内辐射源项情况及生成该区空气辐射监测日志。工作区辐射监测所采集的样品，可以为其建立样品库，保证所采集的样品可追溯。为保证员工辐射安全，维护管理员工内外照射测量相关数据，可查询个人剂量和统计集体剂量。

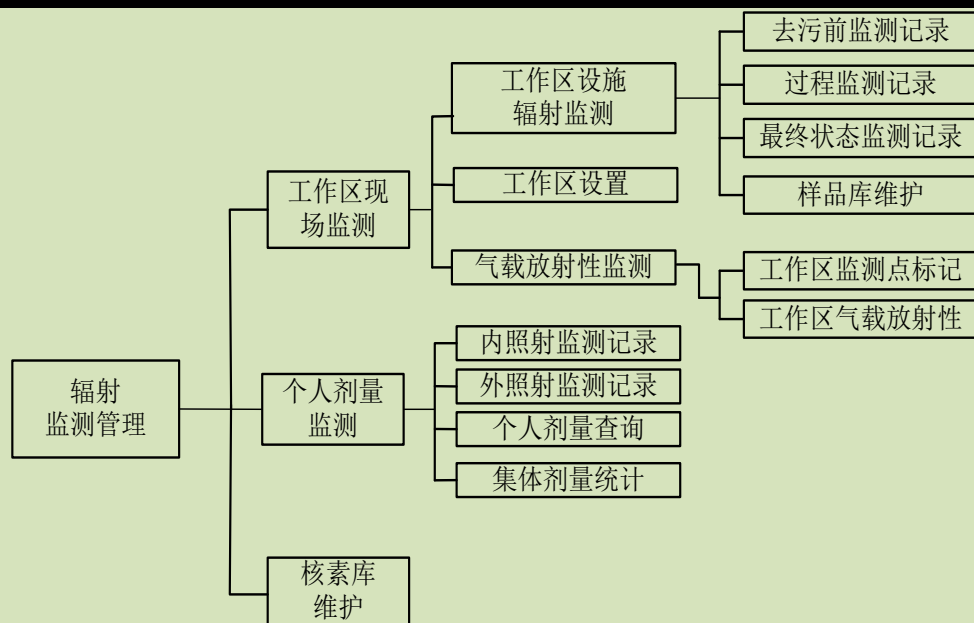


图 2.17 辐射监测功能模块图

5. 核废物管理模块

如图 2.18 所示的“废物管理”模块用来实现维护废物信息和废物容器信息。核废物管理人员可以通过系统将首先为新废物按其物理特性及放射性进行分类，再将废物的来源、数量、重量、放射性核素含量、放射性水平及表面剂量率等信息存入数据库内，并为其选择废物容器，在日常管理中可对废物表进行查询、删除、修改等操作。对于达到解控标准的废物，进行解控登记，解控废物。装有废物的废物容器需要贴有放射性警告标签，标签上须注明内装物、贝克数、物理状态、比放射性、运输指数（以 0.01mSv/h 为单位表示的距任何易接近的包装物表面 0.91m 处的最高辐射剂量率，并保留一位小数），为此在废物装箱后，需将标签上需要的内容存入相关数据库，并且可修改、删除、查询。

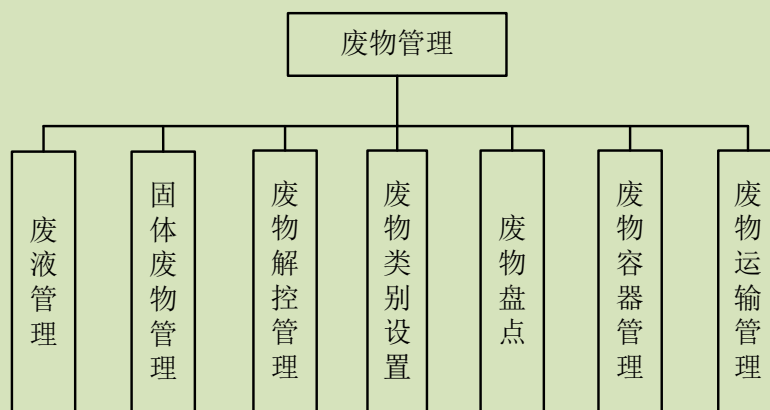


图 2.18 废物管理功能模块图

6. 工作管理模块

所图 2.19 所示的“作业管理”模块用来实现作业计划人员计划工作内容，安排工作人选，挑选工作工具，记录工作完成情况及人员所受辐照情况。

作业计划人员可以通过系统计划和总结单次工作任务。开始安排拆除工作前，记录工作开始时间，工作内容，并且为所要完成的工作选择所需要的员工，选择完参加任务的员工后在工具表中为员工选择所需要的工具。工作完成后记录工作结束时间，工作结果，和工作人员所受剂量情况，生成包含工作起止时间、工作内容、员工累积剂量，所产生的废物等信息的单次工作详情记录表，并保存到数据库中。

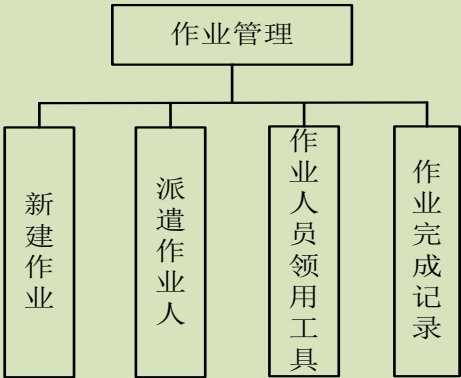


图 2.19 作业管理功能模块图

7. 统计分析模块

如图 2.20 所示，统计分析员通过系统以图表的形式统计设备、废物、集体剂量和源项数据。

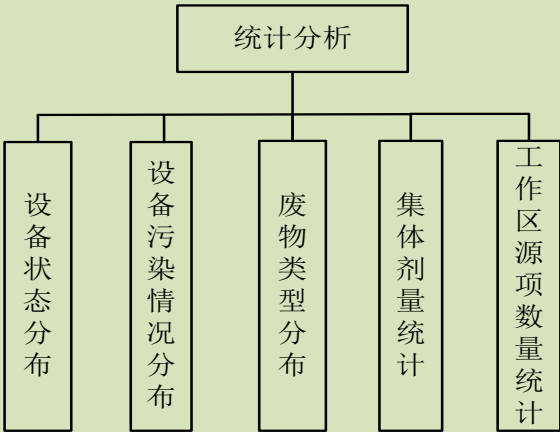


图 2.20 统计分析图

8. 系统维护管理模块

如图 2.21 所示的“系统维护”模块用来为不同的用户设定不同的使用权限及修改用户密码，并记录操作系统使用记录，将系统数据库进行备份。

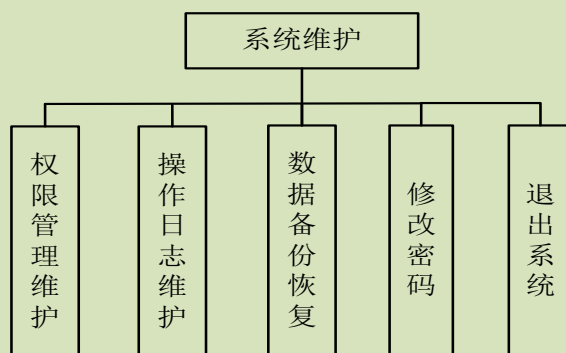


图 2.21 系统维护功能模块图

2.4 本章小结

本章首先对系统进行总体业务需求分析，从整体上将系统分为数据层、应用服务层、表现层，再进一步划分各个层，形成系统总体设计图。对系统的需求分析采用 UML 视图描述业务需求，然后根据业务需求，细化系统总体功能，模块化系统，并对各个子模块中要实现的功能进行设计。通过对系统的总体设计和详细设计基本体现系统应用服务层的结构，为后面建立退役数据库提供了需求指导。

第3章 101 重水堆退役数据库结构研究

数据库设计是 101 重水堆退役数据管理系统设计的重要组成部分。合理的数据库表结构，能够提高系统的性能，甚至对系统的模块设计也能够起到协助作用。

在系统的数据库设计中，本课题首先收集并分析系统数据需求，以实体联系模型为工具建立数据概念模型，将所设计的概念模型进一步转换为某一数据库管理软件可支持的物理结构模型，并且在系统开发测试的过程中反复优化数据库结构。

3.1 数据库概念结构设计

数据是系统加工处理的对象，要设计好一个软件系统，要仔细分析数据，弄清数据的内容和特点。通过调查相关文献，如图 3.1 将退役过程中产生的数据主要分为七大类：设备信息、人员信息、废物信息、放射源项信息、工作区信息、工具信息、作业活动信息。由于退役数据种类多，涉及相关属性多样，本课题通过设想退役业务中数据的产生或使用场景，客户处理数据时可能关注的的数据属性，根据退役领域问题分析数据需求，将其抽象为信息结构，建立数据库概念模型。本系统将用实体属性图(E-R 图)来描述数据概念模型，组织主要的的数据形成实体、属性，确定实体间的联系，为数据物理结构设计打下基础。

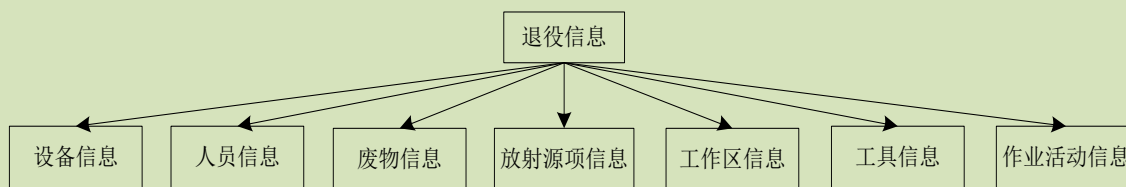


图 3.1 数据分类图

3.1.1 设备数据模型

制定退役计划时，由于退役过程中辐射监测的对象和废物产生的来源都是场区内的设施设备，因此估算场区内放射性源项和废物总量的首要步骤都是盘查场区内的所有设施包括系统、构筑物、设备的实体信息和辐射特性，并且按设施的结构，辐射特性进行分类，详细列出设施系统的实体情况和辐射特性^[35]。由此可见，开发退役数据库，首先需要为研究堆建立包含结构特性和辐射特性的设备详表。在源项调查及场址特性调查时就应该对厂内设备逐个调查，设备清单内容除了要包含设备类型、重量、体积等实体信

息外，还要包括设备存放位置、设备运行故障史、设备当下所处的状态（如待去污、已去污、已拆除等），一部分受放射性污染的元件或结构还需要记录其放射性特性（如仪器测量所得的表面辐射剂量，采样分析得到的核素种类含量百分比，计算所得总活度等）。本课题所建立的设备实体联系图如图 3.2 所示。

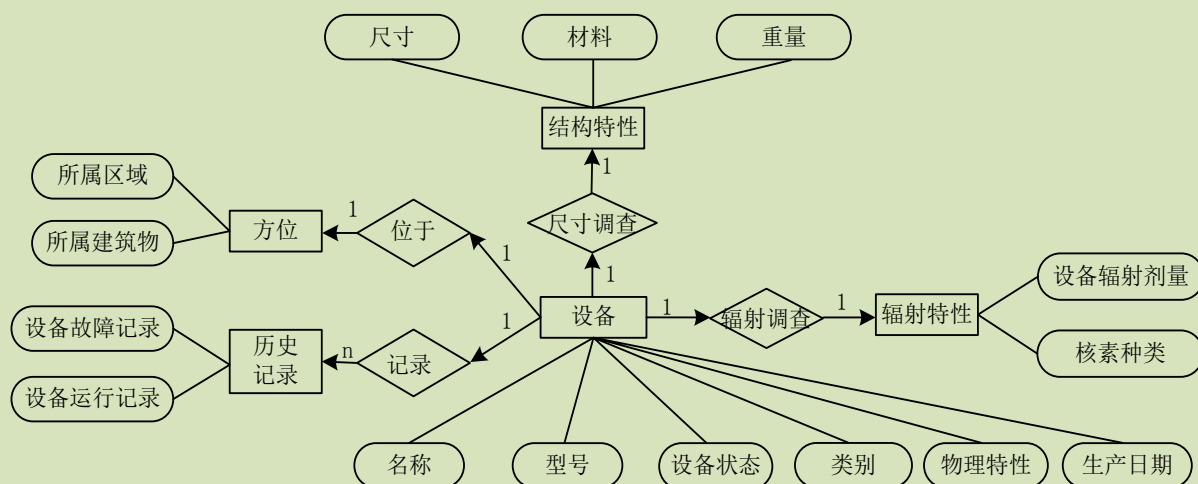


图 3.2 设备 E-R 图

3.1.2 员工数据模型

员工信息用于管理参加退役员工的相关信息，对于退役人员，主要需要考虑个人基本信息，包括员工编号、姓名、性别、出生日期、工种、部门等所能表明个人身份背景的信息。另外，对于参与退役作业的员工，建立个人剂量数据库是保障人身安全不可缺少的部分。累积个人剂量数据是研究辐射对人体危害以及制定修改防护措施的重要参考值，本数据库也用累积个人剂量值来评价工作人员所受辐射情况。所以，个人剂量信息需要包括员工当前累积剂量。当个人累积剂量超过剂量限值时起到警示作用，还需要制定个人剂量的约束值和参考水平。

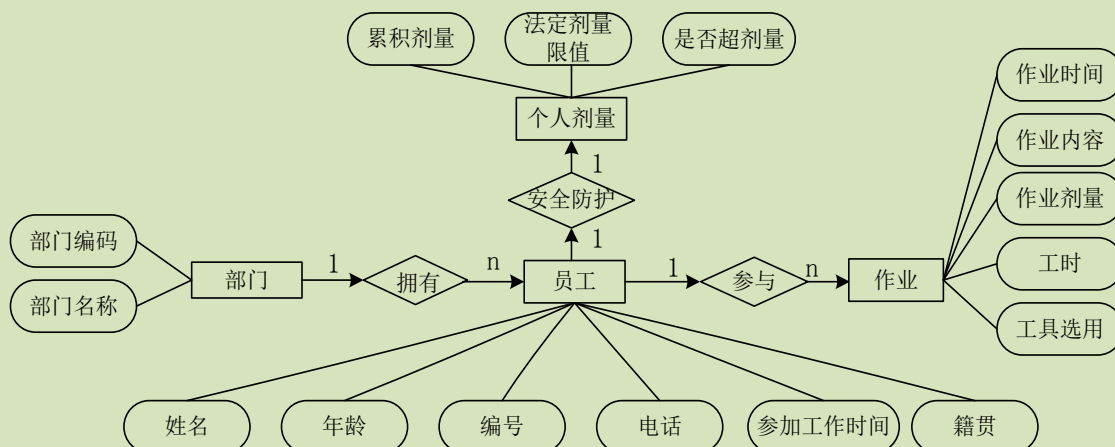


图 3.3 员工 E-R 图

再者,员工进行退役作业,为保证作业操作记录的可追溯性,可以为其建立作业日志,记录员工单次参与拆除或去污作业的相关内容,包括作业任务中该员工的任务分工、受照剂量、所选择的工具和任务内容的记录,本课题所建立的员工实体联系图如图 3.3 所示。

3.1.3 废物数据模型

该课题的研究对象 101 研究性反应堆退役产生的废物有其不同于其他核设施退役的特点,退役所产生的废物绝大部分是低放固体废物,废物数量和体积庞大,组分复杂,且污染较牢固,不易去除,活化产物难以分离与去除,这些都使得退役废物管理难度加大^[36]。放射性废物如何处置首先需要考虑国际国家法规,其次是适用性和经济性。废物中存在的放射性物质类型和比活度是选择处置方法时应考虑的重要因素,包装后的废物还要考虑包装后尺寸和包装表面剂量水平等。

退役过程中,废物一旦产生,首先按事先设计的分类管理目标值进行分类,我国所应用的核废物分类方法是放射性废物分类标准(GB9133-1995)^[37]。将废物先按物理状态分为:气载废物、液体废物和固体废物;再按比活度分为:高放、中放、低放、豁免废物;固体废物按半衰期长短分为四类,将 α 废物单列出来。反应堆退役所产生的废物大多数是属于低中放废物或极低放废物,极低放废物比活度(活度浓度)的限值高出免管废物 1~2 个数量级。在制定核设施退役废物处理计划时,为了方便估算需要处理的废物总体积,还可将固体废物分为:可压缩固体和不可压缩固体。表 3.1、表 3.2、表 3.3 分别列出了气态、液态、固态废物分类标准。

表 3.1 气载放射性废物分类表

名称	气载放射性废物浓度 A_v (Bq/m ³)		
类别	低放	中放	—
限值	排放限值 $<A_v<4\times 10^7$	$A_v>10^7$	—

排放限值: 主管部门规定的限值和要求。如 DAC 公众: 公众导出空气浓度, 年摄入量限值除以参考人一年吸入空气量 100000m³。

表 3.2 液体放射性废物分类表

名称	液体放射性废物浓度 A_v (Bq/L)			
类别	—	低放	中放	—
限值	—	排放限值 $<A_v<4\times 10^6$	$4\times 10^6<A_v\leq 4\times 10^{10}$	$A_v>4\times 10^{10}$

排放限值：主管部门规定的限值和要求。如 DIC 公众：公众导出食入浓度，年摄入量限值除以参考人一年食入水量 800kg。

表 3.3 固体放射性废物分类表

名称	固体放射性废物比活度 A_m (Bq/kg)		
类别	低放	中放	高放
$T_{1/2} \leq 60d$	解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	$A_m > 4 \times 10^6$	—
$60d < T_{1/2} \leq 5a$	解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	$A_m > 4 \times 10^6$	—
$5a < T_{1/2} \leq 30a$	解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	$4 \times 10^6 < A_m \leq 4 \times 10^{11}$	$A_m > 7 \times 10^{11}$
$T_{1/2} > 30a$	解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	$A_m > 4 \times 10^6$	$A_m > 4 \times 10^{10}$
α 废物	单个货包 α 核素 $A_m > 4 \times 10^6$ ，平均每个货包 $A_m > 4 \times 10^5$		

退役中产生的废物经过去污、清污、熔炼等措施，低于或达到解除审管控制的活度浓度限值时，即可解控废物。现在清洁解控水平国际上尚无统一规定，中国制定了一些相应的原则和标准，比如豁免管理原则 GB13367-1992、钢和铝的清洁解控水平 GB17567-1998，但还没有形成完整的体系^[33]。

退役现场的所有活动都有产生放射性废物的可能，表 3.4 列出了各个阶段的活动所产生的放射性废物情况，可以看出不同阶段所产生的放射性废物有很大差别^[38]。

表 3.4 放射性废物来源

退役活动		产生的废物种类		备注
		一次废物	二次废物	
放射性特性调查		废弃样品等	放射性污染杂物、废工作服等	退役活动中都会产生气体放射性废物
去污	干法去污	放射性沾染的土、灰尘和建构筑物	放射性污染杂物、废工作服等	
	湿法去污	放射性废液废物、湿固体废物废物等	放射性污染杂物、废工作服等	
拆除	拆卸	放射性金属废物、放射性非金属废物等	放射性污染杂物、废工作服等	
	拆毁	建构筑物垃圾	液体放射性废物、放射性污染杂物、废工作服等	
废物处理、整备		处理、整备产生的废物产品		

根据废物的来源、性质对废物进行分类、解控或整备后还需要对废物进行包装。美国运输部在管理放射性物质的包装和运输时，每件运输废物都需要按照运输危险物质典

型格式测定完成运输文件登记才能被运往处理地，该运输文件包括了发货人、总活度、重量、运输指数和运输指数限值等内容，这里的运输指数指的是以 0.01mSv/h 为单位表示的距任何易接近的包装物质表面 0.91m 处的最高辐射剂量率，保留一位小数。

综上所述，建立废物数据库所需要关注的问题^[39]：

- 1. 废物分类与跟踪；
- 2. 设计退役废物分类管理的目标值；
- 3. 废物包装体内放射性核素及其活度；
- 4. 废物的来源、数量、类别、特征等；
- 5. 废物容器参数选择；
- 6. 废物清洁解控的标准；
- 7. 运输工艺的所要求的参数。

综上所述，本课题所建立的废物实体联系图如图 3.4 所示。

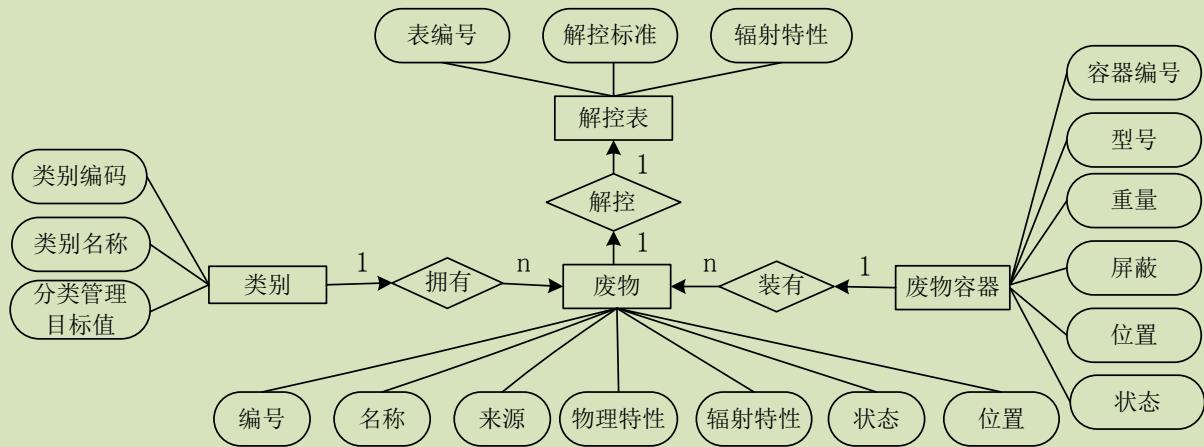


图 3.4 废物 E-R 图

3.1.4 辐射监测数据模型

对于退役工程的厂区辐射监测包括过程监测、保健物理监测和环境监测，由退役安全管理部门组织执行，本系统中将这部分工作按监测对象主要分了两个板块：保健物理监测，工作区现场监测^[40]。图 3.5 以灵感图的方式列出了退役辐射监测的主要职责内容。

1. 保健物理监测

保健物理监测即个人剂量监测，是定期对员工进行内外照射测量，其记录结果可用于评价工作区的辐射安全情况及改善人员安排和操作计划，保证在实际工作中将现场人员所受剂量减少到最小，遵从国家辐射防护规定。除了个人剂量之外，集体剂量在安全

实施退役活动中也起着重要作用，退役计划中应预计各种退役活动引起的集体剂量，其值应该符合合理可行尽量低的原则^[42]。

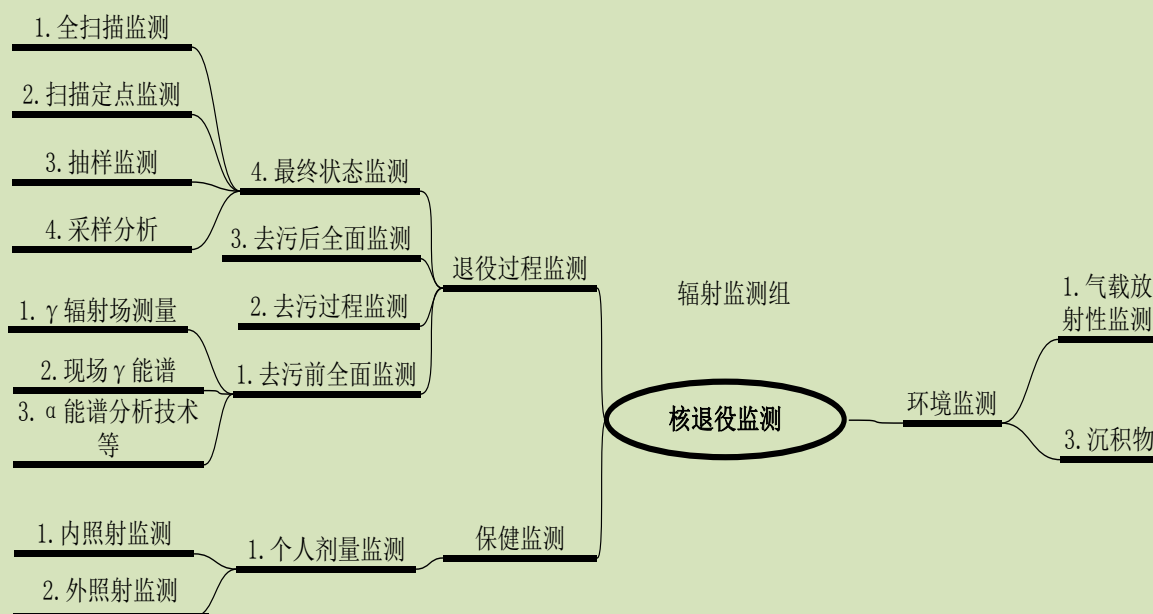


图 3.5 辐射监测灵感图

个人剂量监测分为外照射和内照射两方面^[41]。

员工进行退役作业时，外照射个人剂量监测主要采用的是袖珍直读式电离室型 X, γ 个人剂量计和荧光玻璃个人剂量计，同时佩戴两种剂量计，在强 γ 辐射场工作室，附加指环剂量计，该系统中为保证监测的可追溯性，需要记录所使用的剂量计和该次记录时间。

内照射个人剂量监测可以采用人体计数器和尿中放射性核素分析方法。

内照射的估算可以根据公式(3-1)估算内照射待积有效剂量当量^[43]。

$$H_{50,E} = h_{50,E} \cdot I = h_{50,E} \cdot M(t) / m(t) \quad (3-1)$$

其中待积有效剂量转换因子 $h_{50,E}$ 和滞留函数 $m(t)$ 的值由可查询核素信息。

关于剂量监测的数据库建立，需要考虑以下几点内容：

- a) 员工内外照射记录格式；
- b) 核素样品库的建立；
- c) 员工剂量约束值的设置^[44]。

本课题建立的员工剂量监测实体联系图如图 3.6 所示。

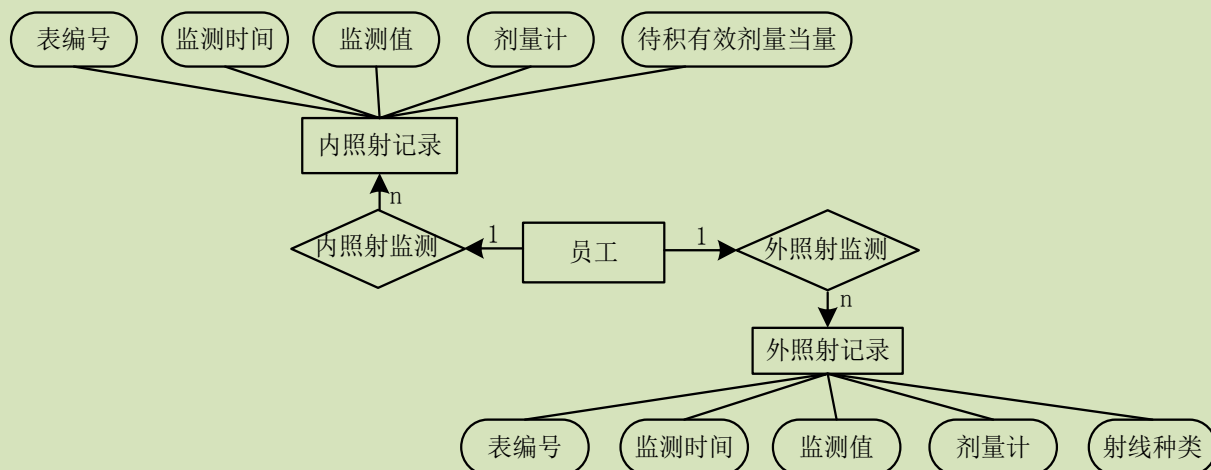


图 3.6 个人剂量监测 E-R 图

2. 工作区现场监测

对于工作区现场的辐射监测，需要对工作区内设施（包括设备、厂房场所、运输工具、墙面等）实施去污前的全面监测、过程监测、去污后监测以及最终状态监测，另外还需要对工作区中气载放射性进行监测。

去污前全面监测实际上也就是源项调查，目的是估算放射性源项存量。常采用便携式仪器现场直接测量和取样回实验室分析相结合的方式^[41]。研究性反应堆辐射场很复杂，仅依靠测量表面沾污和取样分析已经不能满足测量要求，需要多种测量技术、分析方法有效结合进行辐射场调查。去污中的过程监测主要涉及污染对象、所处工作区、监测工具、监测参数等，确保污染对象在去污后达到控制限值以下，同时按照设备污染情况确定是否可回收利用或按废物处理。实施去污后的全面监测的目的是对过程监测的检验和认可，也是对去污过程监测的补充，需要对去污后的对象、工作区等进行全扫描监测，为接受验收监测创造条件。

有关辐射监测这部分数据库的建立需要考虑以下几点：

- a) 监测方法的确定；
- b) 监测仪表的选择；
- c) 监测记录格式和表格内容；
- d) 采样收集，建立样品库。

退役工程质量优劣的评价主要依据是辐射监测记录，需要监测记录的内容包括监测对象的名称、编号、对象尺寸、所属工作区、本底范围、测量值范围、监测方式及测点位置等。优质的监测记录应该具有完整而规范的数据信息。在退役辐射防护中，原野本底数据作为判断监测对象去污程度和分类的依据必须要记录，本底测量值短时间内会在

一定范围内变化,因此可以记录该涨落范围。本课题所建立的放射性源项实体联系图如图 3.7 所示。

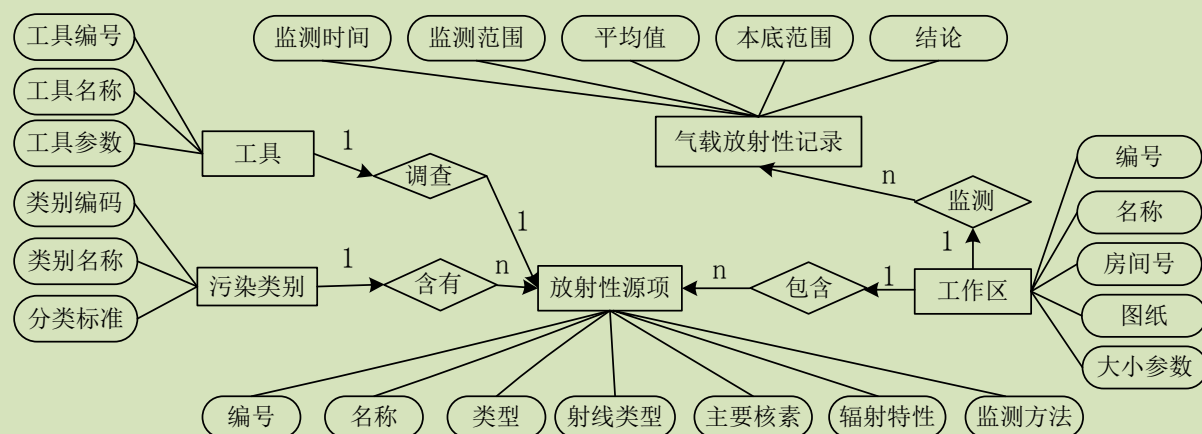


图 3.7 放射性源项 E-R 图

3.1.5 工具数据模型

退役辐射监测仪器仪表工具的选择贯穿退役工程的始末,从源项调查、过程测量、人员保健再到终态验收,都离不开仪器仪表的使用。监测工具是否能合理选择严重影响着退役的进度及安全问题。对于不同的对象,不同的使用环境,选择的监测工具也有所不同,适当的检测工具应该满足要求的量程、准确度、精密度、灵敏度,且经过标定。除了考虑工具的指标是否适合使用情景,对于使用过的工具,能够做到追溯,对于安全使用退役工具也有重要作用。

表 3.5 列举了部分退役辐射监测常用的仪器设备,由表可以看出不同监测工具的使用指标和测量对象不同。

本课题建立的退役工具实体联系图如图 3.8 所示。

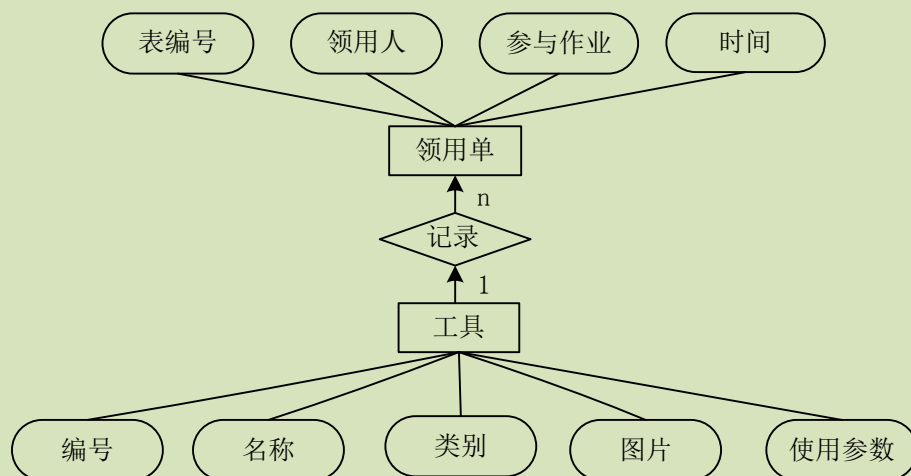


图 3.8 工具 E-R 图

表 3.5 常用工具参数表

名称	型号	主要指标	生产厂商
α 、 β 表面污染监测仪	FJ-2206	50cm ² , 0-10kcps 率表	国营 262 厂
大面积 β 地面监测仪	ZF-1	1400cm ²	中辐院
低本底 α 、 β 测量仪	FJ-2600	ϕ 100mm 本底 $\alpha < 0.4\text{cpm}$, $\beta < 4\text{cpm}$	国营 262 厂
可携式 γ 谱仪	NDSIX	NaI (TI) $\phi 75 \times 75\text{mm}$ ¹³⁷ Cs 7.8%	美国 NO 公司

3.1.6 作业数据模型

101 堆是我国首座退役反应堆，对于积累退役实践经验有重要的作用。因此，有必要追溯退役各计划作业完成情况，记录每项去污或拆除活动的作业对象、作业环境和具体人力物力安排，以及作业完成所产生的废物、人员作业受辐照的情况^[45]。本课题所建立的退役作业活动实体联系图如图 3.9 所示。

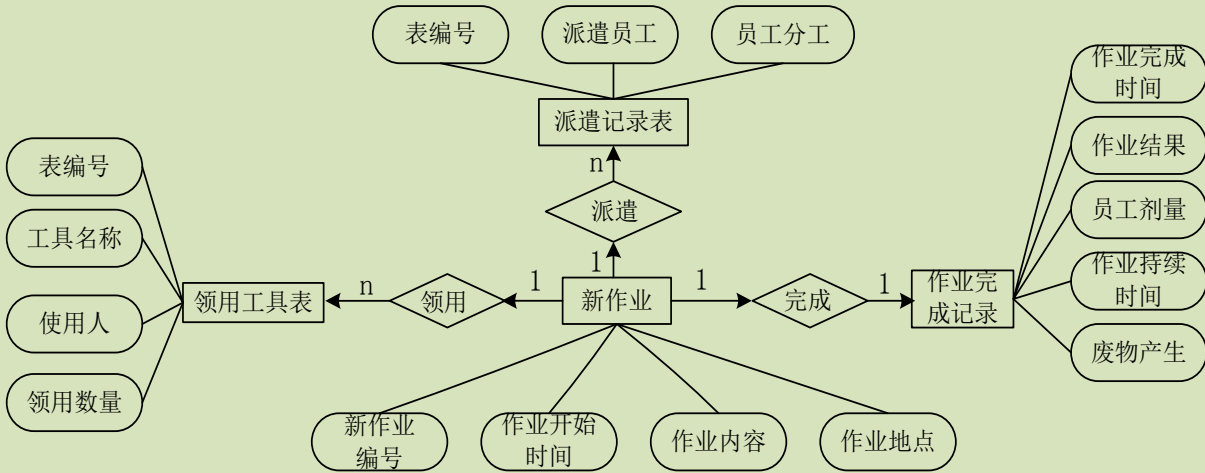


图 3.9 作业 E-R 图

3.2 数据库物理结构设计

该部分的设计目的是确定数据库的物理结构，为各实体属性分配存储空间。选择适当的数据库软件确定合理的存储结构、索引方法、存储分配等，在分配数据字段存储空间的时候使得数据冗余尽量小，提高存储效率。本课题所选择的数据库软件为在管理大量数据方面有优势的关系型数据库管理系统 SQL Sever 2005^[46]。

3.2.1 退役数据表清单

表 3.6 列出了该系统数据库的主要数据表及各表单功能。

表 3.6 系统数据表清单

表单名称	表单功能
设备基本信息表	存储设备基本信息（设备编号、名称等）
设备类别表	设置设备类别（管系、阀门、泵等）
系统类别表	设置系统类别（重水系统、二次水系统等）
设备结构表	存储设备结构信息（尺寸、材料、重量等）
设备位置表	存储设备位置信息
设备状态维护表	设置设备状态分类
设备辐射信息表	存储设备辐射情况（表面沾污，所含核素等）
设备运行故障表	存储设备运行历史及故障事件
职员基本信息表	存储职员基本信息
职员工种表	设置工种，存储各工种信息
个人剂量表	设置工种剂量约束值及超剂量报警阈值
组织机构编码表	对各部门进行编码，存储部门信息
固体废物表	存储固体废物信息
液体废物表	存储液体废物信息
废物解控表	存储固体废物解控信息
废物包装表	存储设备包装时整体测量的信息记录
废物容器表	存储用于存放废物的废物容器信息
工具信息表	存储工具库内工具的信息
工具入库表	大量工具入库时，存储工具入库记录
工作区信息表	存储工作区位置大小等信息
源项调查表	存储源项调查中源项信息
过程监测表	过程监测时，存储过程监测信息
最终状态监测表	去污后，最终状态监测信息储存
样品表	采样监测设施时，存储收集的样品信息
工作区空气吸收剂量表	存储工作区气载放射性监测信息
职工内照射表	存储员工内照射监测信息
职工外照射表	存储员工外照射监测信息
核素信息表	存储内照射计算所需核素信息
新建作业表	新建作业时，存储所设置的新作业内容
派遣人员记录表	存储员工参与作业任务详情
工具领用表	存储作业人员领用工具的记录信息
作业工具表	存储新作业中使用工具信息
作业详情表	作业完成后，存储作业完成情况信息

图 3.10 是用 Microsoft Visio 软件对 SQL Sever 2005 中退役数据库反向工程生成的 E-R 图^{[47][48]}。该图描述了系统数据库中按照概念模型中主要实体及其属性所设计的数据表，并根据各属性特性及实体间的关系设置主外键，用于约束表间关系。限于篇幅，该图并未列出所有数据表，仅以主要数据表来说明系统数据库设计情况。

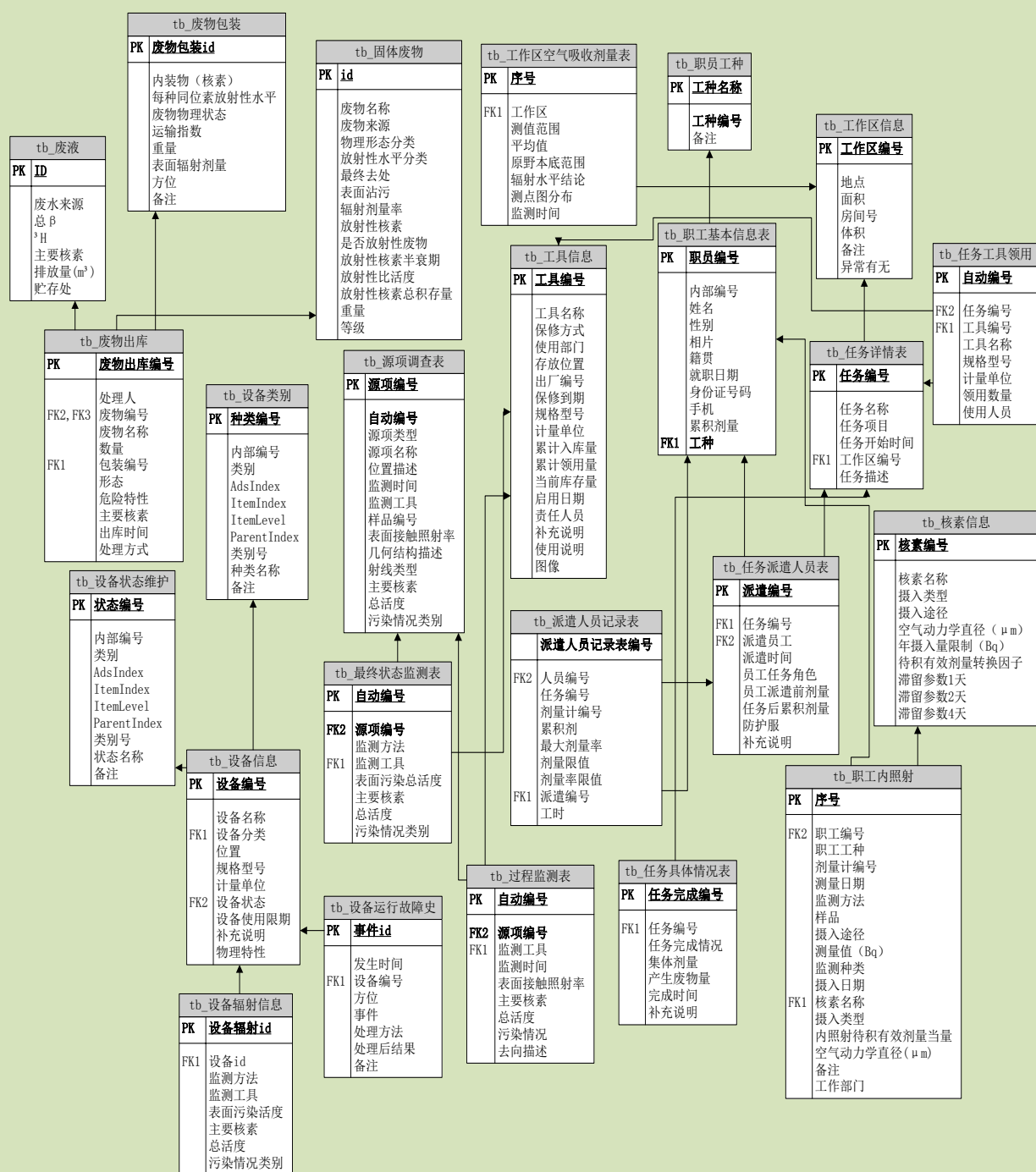


图 3.10 系统数据 E-R 图

为说明表间主、外键关系，以“tb_设备信息”表设置表间关系方法为例予以说明。在数据库中，每一个被录入系统的实体数据都为其设定唯一的编号，例如设备编号、职员编号等。设备编号及设备的基本信息属性贮存在“tb_设备信息”表中，为了区分不同的设备，将“设备编号”标识为唯一区分字段，即主键，强制设备实体的完整性，在 E-R 图中该主键以 PK 标识。当添加新数据时，系统会自动检测新数据的主键值是否与已有数据的主键值重复，若有重复将提示违反主键规则错误，终止添加。

在数据概念模型中，数据实体间存在一对一，或一对多的关系，如一台设备可以有多个运行故障记录，在概念模型中表现为一对多关系，为了约束这种关系，数据表中的主键还用于与其他表的形成外键关联。例如“tb_设备尺寸信息表”、“tb_设备辐射信息表”、“tb_设备位置表”、“tb_设备运行故障史”等表辅助“tb_设备信息”表贮存设备其他属性，引用关键字“设备编号”，标识为外键，与“tb_设备信息”表形成外键关系，强制外键约束，在 E-R 图中该外键以 FK 标识。主键被引用的“tb_设备信息”表在这种约束条件下被称为父表，其他表则为子表。在外键约束下，只有当主父表中存在某一设备编号，其他子表才能引用该设备编号，进而存储该设备其他属性值，否则系统将提示违反外键约束规则。若删除父表中某一设备，系统将自动删除引用该设备编号为外键的相关子表数据。

另外，通过主、外键设置可以减少数据的重复性，在更新数据时，维护数据完整性，约束有关系的表间数据。

3.2.2 数据库表单设计

为管理退役数据本系统建立了几十张表用于存放各数据字段，由于整个系统所涉及的实体和属性较多，限于篇幅不做一一详述，本节以部分模块调用的主要数据表的数据库存储结构为例，介绍该系统数据表物理存储结构。本系统的数据库命名规则如下：表名都是以“tb_”开头，后面配以中文名称。

(1) 表 3.7 tb_设备信息表存储的是设备的基本信息。系统设备管理模块可以根据用户需要新增、修改、删除和查询存储在该表中的数据。其表结构及字段说明如表 3.7 所示。

表 3.7 tb_设备信息表

字段	字段类型	备注
设备编号	nvarchar (20)	主键，不允许为空
设备名称	nvarchar (50)	不允许为空
物理特性	nvarchar (20)	不允许为空
设备分类	nvarchar (20)	不允许为空
生产厂商	nvarchar (20)	允许为空
设备品牌	nvarchar (20)	允许为空
生产日期	datetime	允许为空
规格型号	nvarchar (20)	允许为空
计量单位	nvarchar (10)	允许为空
启用日期	datetime	允许为空
所属系统	nvarchar (20)	允许为空

设备使用限期	datetime	允许为空
补充说明	ntext	允许为空

(2) 设备辐射信息表存储的是设备的辐射特性信息，其表结构及字段说明如表 3.8 所示。

表 3.8 tb_设备辐射信息表

字段	字段类型	备注
设备辐射 id	nvarchar (20)	主键，不允许为空
设备编号	nvarchar (20)	不允许为空
监测方法	nvarchar (20)	允许为空
监测工具	nvarchar (50)	允许为空
表面污染活度	decimal(18,2)	允许为空
主要核素	nvarchar (50)	允许为空
总活度	decimal(18,2)	允许为空
污染情况类别	nvarchar (20)	允许为空

(3) 设备运行故障史表存储的是设备运行期间发生故障记录，其表结构及字段说明如表 3.9 所示。

表 3.9 tb_设备运行故障史表

字段	字段类型	备注
事件 id	nvarchar (20)	主键，不允许为空
设备编号	nvarchar (20)	不允许为空
发生时间	datetime	允许为空
方位	nvarchar (50)	允许为空
事件	ntext	允许为空
处理方法	ntext	允许为空
处理后结果	ntext	允许为空
备注	ntext	允许为空

(4) 员工内照射表存储的是保健物理监测中对员工进行内照射监测所涉及的信息，其表结构及字段说明如表 3.10 所示。

表 3.10 tb_员工内照射表

字段	字段类型	备注
序号	nvarchar (20)	主键，不允许为空
职员编号	nvarchar (20)	不允许为空
职员工种	datetime	允许为空
工作部门	nvarchar (20)	允许为空
剂量计编号	nvarchar (50)	允许为空
测量日期	datetime	允许为空
监测方法	ntext	允许为空
样品	ntext	允许为空

摄入途径	ntext	允许为空
测量值 (Bq)	decimal (18,2)	允许为空
监测种类	nvarchar (20)	允许为空
摄入日期	datetime	允许为空
核素名称	nvarchar (50)	允许为空
摄入类型	nvarchar (20)	允许为空
内照射待机有效剂量	decimal (18,2)	允许为空
空气动力学直径 (μm)	decimal (18,2)	允许为空
备注	ntext	允许为空

(5) 工作区环境空气吸收剂量表用于存储工作区在某时间对环境空气吸收剂量监测所涉及的信息，其表结构及字段说明如表 3.11 所示。

表 3.11 tb_工作区空气吸收剂量表

字段	字段类型	备注
序号	nvarchar (20)	主键，不允许为空
工作区	nvarchar (20)	不允许为空
测值范围	nvarchar (20)	允许为空
平均值	decimal (18,2)	允许为空
原野本底范围	nvarchar (20)	允许为空
测点图分布	image	允许为空
监测时间	datetime	允许为空
监测工具	nvarchar (20)	允许为空
辐射水平结论	ntext	允许为空
处理后结果	ntext	允许为空
备注	ntext	允许为空

(6) 源项调查表存储的是去污前对工作区源项监测所涉及的信息，其表结构及字段说明如表 3.12 所示。

表 3.12 tb_源项调查表

字段	字段类型	备注
自动编号	int	主键，不允许为空
源项编号	nvarchar (20)	不允许为空
源项类型	nvarchar (20)	允许为空
源项名称	nvarchar (20)	允许为空
工作区	nvarchar (50)	允许为空
位置描述	ntext	允许为空
监测工具	nvarchar (20)	允许为空
样品编号	nvarchar (20)	允许为空
表面接触照射率	decimal (18,2)	允许为空
几何结构描述	ntext	允许为空
射线类型	nvarchar (20)	允许为空

主要核素	ntext	允许为空
总活度	decimal (18,2)	允许为空
污染情况类别	nvarchar (20)	允许为空

(7) 固体废物表用于存储固体废物来源、类别、辐射水平等信息，其表结构及字段说明如表3.13所示。

表3.13 tb_固体废物信息表

字段	字段类型	备注
Id	nvarchar (20)	主键，不允许为空
废物名称	nvarchar (20)	不允许为空
废物来源	nvarchar (50)	允许为空
物理形态	nvarchar (20)	允许为空
放射性水平分类	nvarchar (20)	允许为空
装箱编号	nvarchar (20)	允许为空
最终去处	ntext	允许为空
表面沾污	nvarchar (20)	允许为空
辐射剂量率	decimal (18,2)	允许为空
放射性核素	nvarchar (50)	允许为空
是否放射性废物	nvarchar (10)	允许为空
放射性核素半衰期	nvarchar (20)	允许为空
放射性比活度	decimal (18,2)	允许为空
放射性核素总积存量	nvarchar (20)	允许为空
重量	nvarchar (20)	允许为空
等级	nvarchar (20)	允许为空

(8) 任务完成情况表用于存储在任务完成后对任务的总结记录信息，其表结构及字段说明如表3.14所示。

表3.14 tb_任务完成情况表

字段	字段类型	备注
任务完成编号	nvarchar (20)	主键，不允许为空
任务编号	nvarchar (20)	不允许为空
任务完成情况	ntext	允许为空
集体剂量	decimal (18,2)	允许为空
产生废物量	ntext	允许为空
完成时间	nvarchar (50)	允许为空
补充说明	ntext	允许为空

3.3 本章小结

这部分建立了退役数据概念模型，将退役过程产生或收集到的数据分类。本章介绍了利用 SQL Server 2005 开发 101 堆退役信息数据库的后台部分，首先介绍了数据库一

般的设计方法。然后重点介绍了通过需求分析、概念设计和逻辑设计得到设备信息表、退役经费管理信息表、废物管理信息表、放射性源项信息表、辐射剂量信息表和退役人员信息表的详细内容；最后简要介绍利用 SQL Server Management Studio 创建 101 堆退役信息数据库以及数据库表。

第4章 101 退役数据管理系统的开发

4.1 系统概述

本系统采用多文档窗体 MDI 程序结构，程序中的登录，设备信息管理、辐射监测管理、废物管理、作业管理以及权限管理等都对应着一个子窗体。所开发的系统可实现的主要功能如下所示：

1. 实现数据库数据的录入、删除、修改、查询、导出、打印等基本操作。
2. 实现设备编码并可对设备的具体位置、状态、辐射水平以及员工的个人资料（如工种类别）等信息进行数据管理，同时可设置各组织部门信息。
3. 划分工作区，管理工作区图纸、大小、位置等属性；以工作区为单位，管理工作区的放射源项信息，包括设备、墙面、地板等；可管理工作区内气载放射性监测信息，并实现在工作区图纸上标注放射性监测点并保存。
4. 实现对员工内外照射情况的记录和存档；制定不同类别员工个人剂量的约束值和参考水平；多项目查询历史剂量记录；统计不同范围员工的集体剂量。
5. 按《国家废物管理条例》对新废物进行分类存储和解控、运输登记。
6. 维护退役工具各项参数，管理工具领用记录和盘点工具库。
7. 实现对退役作业的事先安排，包括作业内容、作业人员、工具选用等作业项目的设置，并可在作业后记录完成情况。
8. 在统计窗体中按照用户需要生成统计图形，且可选择不同的图形种类。

4.2 主窗体实现

打开系统后，首先出现的是用户登录窗口，输入用户名和密码，点击登录按钮，如果用户名和密码错误，系统将弹出提示对话框警告“输入用户名或密码错误”，若用户名及密码正确即进入系统主界面，如图 4.1 所示。

系统主窗体主要由应用菜单及导航菜单两部分组成。应用菜单上层次清晰的显示各功能菜单项，包括设备管理、员工管理、辐射监测、物资工具管理、核废物管理、作业管理、统计分析、基础信息维护、系统维护等功能。应用菜单为下拉式结构，各下拉菜单中功能选项在窗体左边的导航菜单中也可以显示。导航菜单的设计可使得各子功能选项的显示更直观，用户操作更快捷。

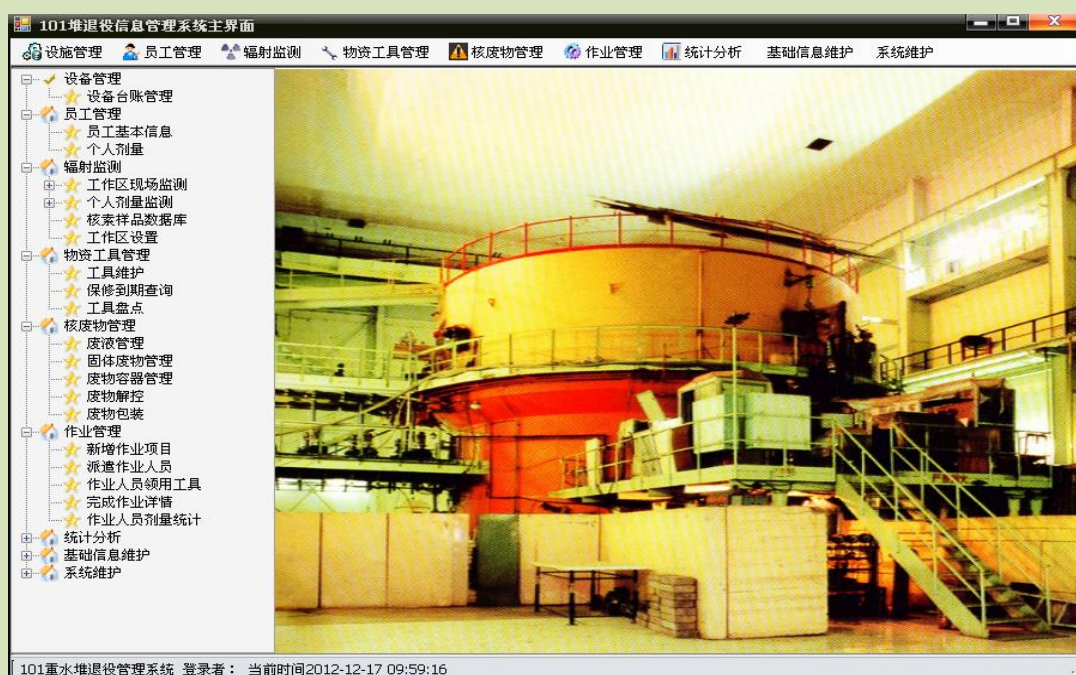


图 4.1 101 堆退役数据管理系统主窗体

4.3 子窗体实现

4.3.1 设备管理模块

选择【设备管理】|【设备台账管理】菜单命令，进入设备数据维护窗体，如图 4.2 所示，该窗体的主要功能是对设备各项信息的浏览和维护。在该窗体中，表格用于显示“tb_设备基本信息表”中的数据，若单击某一行设备信息，则表格下方的“设备基本信息”、“设备辐射状态信息”、“尺寸参数”、“位置信息”、“运行故障史”框体中将列出数据库中该设备相关表中属性数据。设备基本信息框体中，“设备分类”、“物理特性”、“所属系统”、“购置部门”、“设备状态”等文本框的可选项均包含在下拉列表中，用户可根据具体情况进行选择，如“设备分类”下拉列表中可选项包含管道、泵、阀等，“所属系统”下拉列表中包含重水系统、二次水系统、电气系统等，“设备状态”下拉列表中包含已去污、未去污、运行、故障、已拆除、已移除等，下拉列表中的内容是由用户通过窗体设置或者通过遍历数据库中已存在项自动生成的。

用户可以在该界面上方便的完成设备的新增、删除、修改等操作。若用户需要新增设备可以点击工具栏的【新添】按钮，填写表格下方的设备各项属性，填写完成后点击【保存】按钮即可保存新增信息。若要删除某一设备信息，在表格中单击选中，然后点

击删除即可。若要修改信息，先在表格选中所要修改的那条信息，所选中的信息将显示在下面的详细项目中，修改项目后保存。

为方便查看和提高界面的友好度，系统将 101 堆各系统和设备类别以树形图的形式在窗体左边栏显示，设备状态在点击【选择状态】按钮后弹出的窗口中进行选择，用户可通过设备类别和状态在表格中查看各类设备信息。点击查询按钮，系统将弹出查询项目选择窗体，供用户选择查询项目及项目内容。表单中显示的查看或查询结果，点击导出按钮，表格数据将被导出到 excel 中，方便多图形化统计和打印数据。

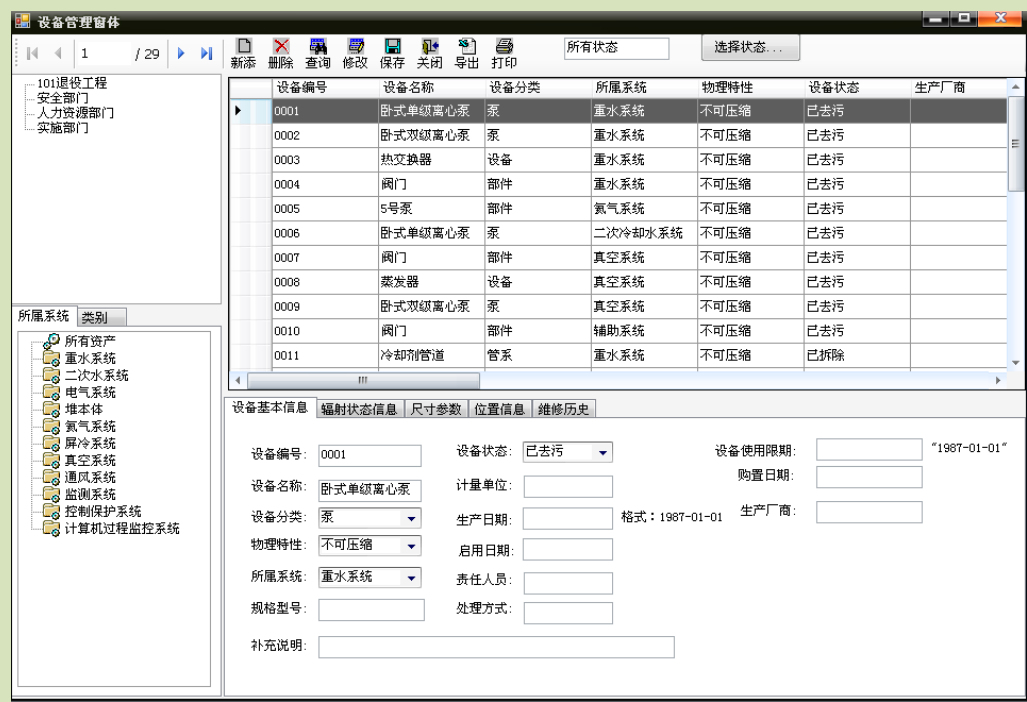


图 4.2 设备管理窗体

4.3.2 员工信息管理模块

该模块有三个子模块：员工基本信息管理、个人剂量管理、组织机构维护，分别实现对员工个人信息、剂量信息的管理以及设置组织机构功能。

选择【员工管理】|【员工基本信息】菜单命令，进入员工信息管理窗体，如图 4.3 所示，该窗体的主要功能是对员工个人信息的浏览和维护。系统可按姓名快速查找员工信息，并在窗体表格中显示查询结果，单击选中一行信息，系统将自动把该员工的个人剂量数据和其参与工作日志导入表格下方的列表里，以供用户浏览。选择工具栏中的新增按钮，将弹出新增员工窗体见图 4.4，填写相关内容，具体包括职员编号、姓名、年龄、部门、工种等基本信息。在该窗体中还可以添加员工的照片，而职员的编号由系统根据数据库中已有数据加 1 自动生成。如果信息填写不全或信息格式错误，系统都会提

示错误，只有正确填写完这些信息，才能完成员工的新增。职员的信息可以随时修改，双击某行或单击选中某行再选择修改按钮，都将弹出修改窗体，修改完成后点击保存即可。该窗体中的工作日志框体是该员工所有作业的派遣记录，作业派遣表是在建立作业任务的过程中生成的，在这里可以修改工作日志下数据，但不可以新增和删除。

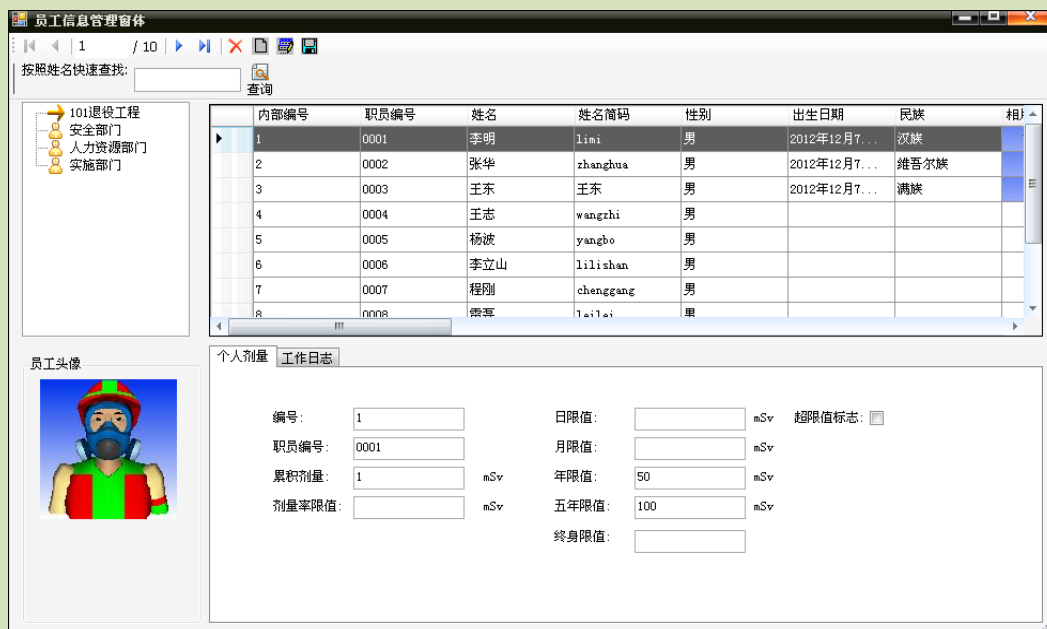


图 4.3 员工信息管理窗体



图 4.4 新增员工窗体

选择【员工管理】|【个人剂量信息】菜单命令，将进入个人剂量管理窗体，如图 4.5 所示，它的主要功能是维护个人剂量约束值信息，用户可以根据国家辐射防护标准

对不同工种员工受照剂量限值进行设置，一旦员工累积剂量或剂量率超出限值，超剂量标记将提示危险。



图 4.5 个人剂量信息维护窗体

选择【员工管理】|【机构设置及编码】菜单命令，将进入组织机构设置窗体，如图 4.6 所示，该窗体主要用于设置部门编码。左边栏的树形图清楚列出所有组织部门，单击每个带加号的项目将展开其下属部门列表。用户可以通过使用右边各个按钮对机构分布图进行修改，如单击【增加为子级】便在当前部门下增加一个子部门，在机构名称文本框下设置新部门名称后单击修改，即将新部门保存到数据库内，并且在树形列表中显示。

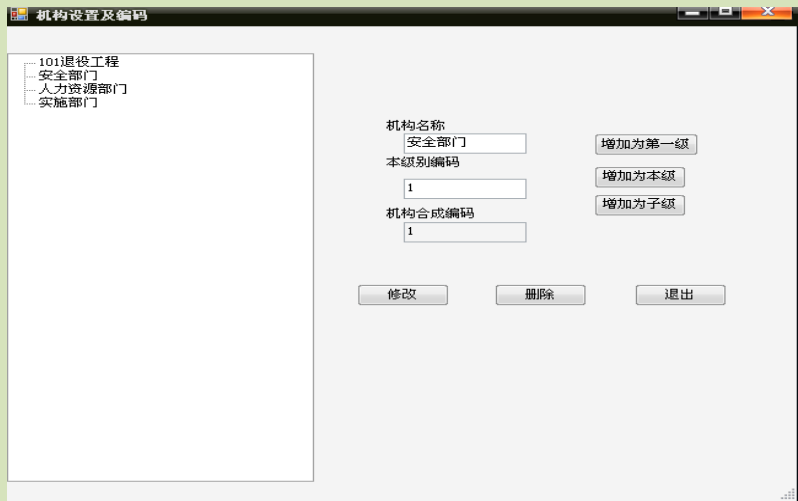


图 4.6 机构设置编码窗体

4.3.3 辐射监测模块

该子系统模块分为工作区现场监测与个人剂量监测两个功能模块，分别用于对工作区辐射剂量水平的管理和个人内外照射剂量监测的管理。

1. 工作区现场辐射监测

工作区现场监测功能模块根据退役工程监测小组的工作流程及工作内容又可分为现场设施辐射监测和气载放射性监测，设施辐射监测又可分为去污前源项监测、去污中监测、去污后全面监测三个子模块。由于去污中、去污后两个子模块的实现方法及监测属性类似于去污前子模块，因此在这里只介绍去污前源项监测子模块。去污前源项监测子模块的主要功能是维护源项调查时工作区内放射性源项信息，监测对象可能是工作区内设备、墙面、管道等。图 4.7 中所示的窗体实现对工作区的设置和维护，对所划分的工作区进行编码，设置工作区信息包括地理位置、区域类型、几何大小和图纸等。

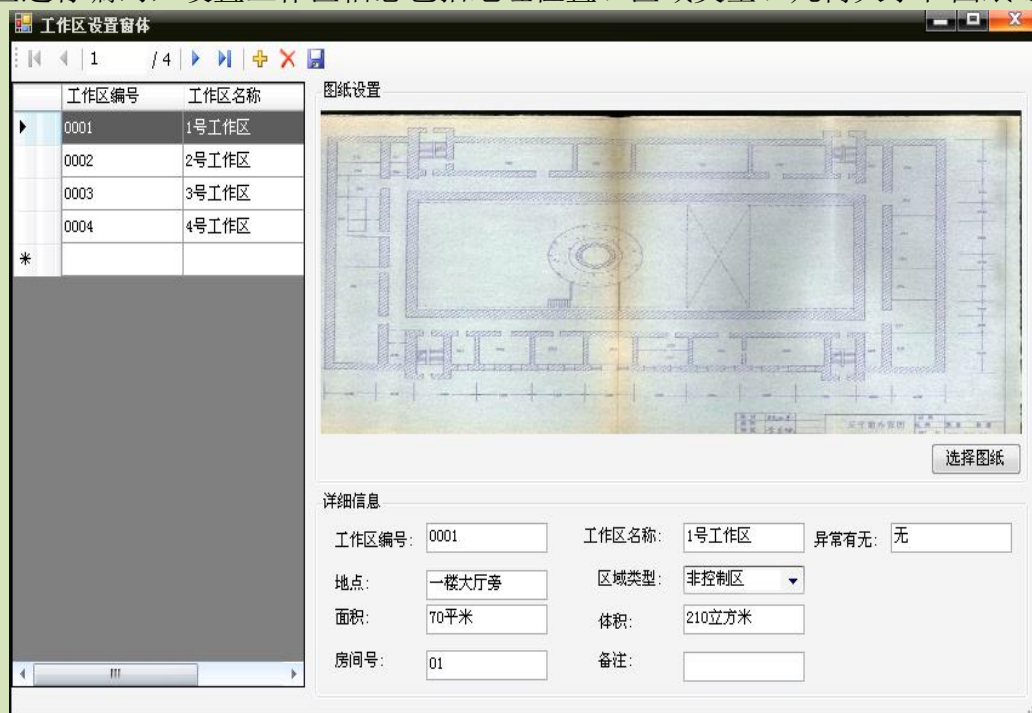


图 4.7 工作区设置窗体

由工作区设置窗体设置的所有工作区名称将被列入去污前源项监测窗体左侧的工作区树形列表中，如图 4.8 所示。选中某一工作区，右表将列出位于该工作区的放射性源项清单，包括源项的位置、几何形状、放射性水平等，便于用户进一步估算该工作区的剂量水平和统计各工作区源项分布及总放射性核素沉积量^[49]。

去污前源项监测窗体

1 / 5

自动编号: 1

源项编号: 0001

源项类型: 管状源

源项名称: 80号管源

工作区: 1号工作区

监测时间: 2012年12月 8日

监测工具: FJ-2007测量仪

样品编号:

表面接触照射率: 3.7×104 Bq/cm2

位置描述: 离南墙面1米

几何结构描述: 内径4英寸, 外径10英寸, 长3米

射线类型: γ射线

主要核素: 60Co

总活度:

污染情况类别: 污染类

工作区

1号工作区

2号工作区

3号工作区

4号工作区

自动编号	源项编号	源项类型	源项名称	工作区	位置描述	监测时间
1	0001	管状源	80号管源	1号工作区	离南墙面1米	
2	0002	点源	1号点源	1号工作区	离墙面3米	
3	0003	管状源	80号管道源	1号工作区	离北墙面1米	
4	0004	线源	60号线源	1号工作区	离南墙面3米	2012年12月
5	0005	分布体积源	1号部件源	1号工作区	离南墙面3米	2012年12月
*						

图 4.8 去污前源项监测窗体

2. 工作区气载放射性监测

工作区气载放射性监测子模块的主要功能是管理工作区内气载放射性监测信息。如图 4.9 所示, 对于气载放射性监测需要维护的数据包括空气吸收剂量测量时间、原野本底范围、测值范围及用于评价工作区剂量水平的空气吸收剂量平均值等。选中右侧列表中某一工作区, 表格中将列出数据库中所有该工作区气载放射性监测记录。

气载放射性监测窗体

1 / 8

序号: 1

工作区: 1号工作区

监测时间: 2012-2-1 00:00:00

测值范围: 97.2-105.1 nGy/h

平均值: 98.30 nGy/h

原野本底范围: 70.4 - 123.8 nGy/h

辐射水平结论: 非控制区

设置测点图

生成工作区剂量水平走势图

工作区

1号工作区

2号工作区

3号工作区

4号工作区

序号	工作区	测值范围	平均值	原野本底范围	辐射水平结论
1	1号工作区	97.2-105.1	98.30	70.4 - 123.8	非控制区
2	1号工作区	97.2-105.1	108.30	70.4 - 123.8	非控制区
3	1号工作区	97.2-105.1	110.30	70.4 - 123.8	非控制区
4	1号工作区	97.2-105.1	104.30	70.4 - 123.8	非控制区
5	1号工作区	97.2-105.1	106.30	70.4 - 123.8	非控制区
6	1号工作区	97.2-105.1	99.30	70.4 - 123.8	非控制区
7	1号工作区	97.2-105.1	103.80	70.4 - 123.8	非控制区
8	1号工作区	97.2-105.1	113.80	70.4 - 123.8	非控制区
*					

图 4.9 气载放射性监测窗体

点击【设置测点图】后进入【监测点标记窗体】, 可在工作区图纸上标记测点位置,

标记内容及格式可设置，标记完后点击保存将图纸存放在相应数据库表单中，如图 4.10 所示。若点击【生成工作区剂量水平走势图】，如图 4.11 所示，将生成该工作区随时间变化的空气吸收剂量平均值。该窗体可用于评价工作区剂量水平，根据测量数据工作区将被划分为控制区、非控制区、高污染区。

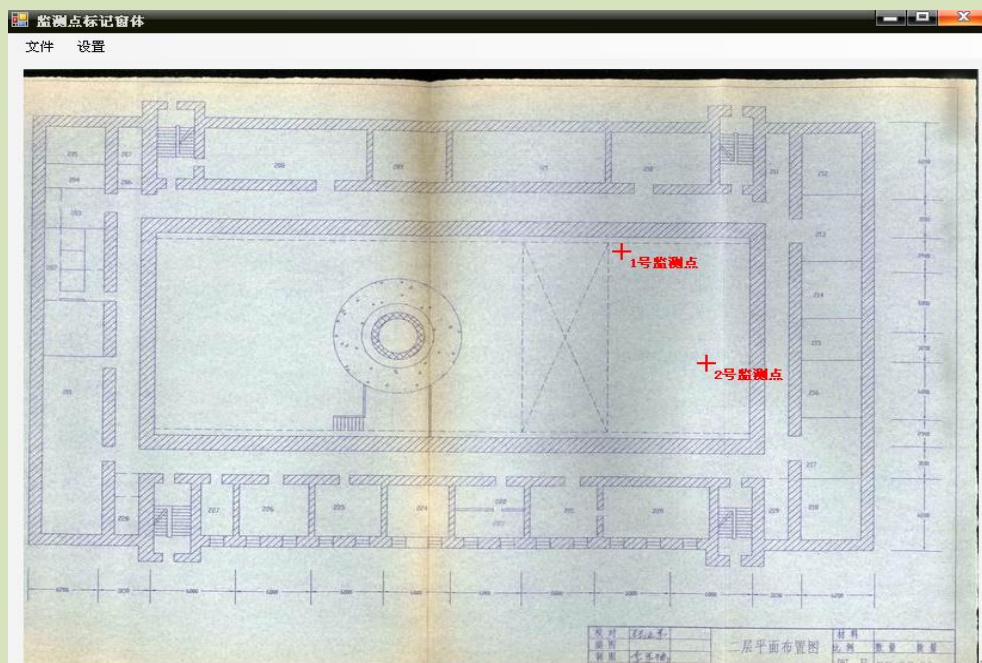


图 4.10 监测点标记窗体



图 4.11 工作区空气吸收剂量走势图

3. 个人剂量监测

个人剂量管理子模块的主要功能是实现员工受照剂量的监测信息维护，个人辐射监测是针对体外辐射源的外照射监测和体内放射性物质引起的内照射监测。因此该模块也分为了外照射维护窗体和内照射维护窗体，两种窗体实现形式类似，这里仅介绍内照

射录入窗体的主要功能，实现的窗体如图 4.12 所示。

为某员工录入内照射信息时，首先在【剂量计编号】下拉列表中选择剂量计，并从【职工编号】下拉列表中选择被测员工，系统将根据职员编号自动导入该员工工种及部门，用户根据实际测量情况填写监测时间及监测值等数据，从核素数据库中选择测量得知的摄入核素名称，系统自动从核素数据库中导入该核素摄入类型、空气动力学直径，计算出该员工内照射待积有效剂量当量，单击保存按钮，存入数据库。

图 4.12 内照射信息录入窗体

4. 个人剂量查询窗体

选择【个人剂量监测】|【个人剂量查询】菜单命令，进入个人剂量查询窗体，如图 4.13 所示。该窗体提供了多种查询方式，可限定部门、工种、测量时间、测量值范围进行组合查询，也可直接输入员工编号单纯查询个人监测表单。若未选择员工编号，默认情况下单击查询，系统将查询出所有部门、所有工种在默认时间区间和剂量区间内的监测数据表单。完成查询条件限定后，选择查询辐射种类，单击【查询】，查询结果将显示在下面的表格中。单击【导出】按钮，表格中的查询结果就导出到 excel 文件中。单击【重置】，系统自动还原到的默认条件设置状态。

5. 集体剂量统计窗体

选择【个人剂量监测】|【集体剂量统计】菜单命令，进入集体剂量统计窗体，如图 4.14 所示。类似个人剂量监测，可选择查询部门、工种及监测时间区间等限定条件，右边表格将列出符合条件的员工剂量数据，并计算这些员工日集体累积剂量和总累计剂量，并以图形方式显示日集体剂量和累积集体剂量随时间变化曲线。



图 4.13 个人剂量查询窗体



图 4.14 集体剂量统计窗体

4.3.4 物资工具管理模块

选择【物资工具管理】|【工具信息维护】菜单命令，进入工具信息维护窗体，如图 4.15 所示，该窗体用于维护工具各属性参数。工具的新增与修改都可以在“工具信息”栏中进行填写。单击表格中某一行工具信息，“工具信息”栏将列出该工具的详细

信息，而“领用工具”栏将列出该工具的使用记录。



图 4.15 工具信息维护窗体

4.3.5 核废物管理模块

该系统中废物的管理分为固体废物管理和液体废物管理，以固体废物的管理为例介绍该类系统窗体主要功能。

选择【废物管理】|【固体废物管理】菜单命令，进入固体废物管理窗体，如图 4.16 所示。单击新增按钮，用户可在表格下方框体中输入新增废物的信息，包括废物的名称、来源、水平情况、所含核素等数据，并从【废物容器】下拉列表中选择还未装满的废物容器，若该次装箱后，该容器已满，需要单击【容器是否装满】为选中状态，使该容器标记为已满。单击保存废物各项信息的同时也将更改数据库中使用容器“是否装满”和“是否装有废物”的状态字段，数据库中废物容器的维护窗体见图 4.17。单击表格中某废物数据，若该废物已经被解控，其解控登记单将被列于窗体下方，便于查看。窗体左侧采用树形图列出了废物污染情况种类和物理特性种类，以及装有废物的容器编号。用户可通过单击各类别名称或选择容器编号，查看相应废物信息，比如选择编号 0001 的容器，右侧表格将列出编号 0001 容器内所装所有废物的信息。



图 4.16 固体废物管理窗体



图 4.17 废物容器维护窗体

选择【废物管理】|【废物解控】菜单命令，将进入废物解控窗体，如图 4.18 所示。窗体上方表格列出了废物库中所有未解控的废物信息，选择需要解控的废物数据行，系统将所选废物编号导入下方【解控对象编号】文本框中，填入解控时测量的各项信息，及参考标准，单击保存，生成废物解控登记表，列于下方表格。



图 4.18 废物解控窗体

选择【废物管理】|【废物运输】菜单命令，进入废物运输管理窗体，如图 4.19 所示。该窗体上方表格中列举出已装满废物的容器信息，单击需要运输包装的废物，容器编号将被导入【容器编号】文本框中。废物出库运输前首先要进行辐射监测和标记，用户需要按废物运输起始点要求填写运输前监测项目数据，将测得的每种同位素放射性水平、运输指数及表面辐射剂量等数据填入项目文本框中，单击保存生成出库运输包装单，系统将自动撤销废物数据库中相关废物容器及废物的存储信息，并且将该废物的出库运输测量值存入废物包装数据库内。



图 4.19 废物运输窗体

4.3.6 作业管理模块

选择【作业管理】|【新建作业】菜单命令，将进入新建作业项目窗体，如图 4.20 所示。系统将自动按新建顺序为作业设置唯一编号。用户需将作业名称、作业内容、作业开始时间及作业描述填入相应文本框内，确认后单击保存，即在作业数据库中新增一个作业。



图 4.20 新建作业窗体



图 4.21 派遣作业人员窗体

完成作业新建后，单击【作业管理】|【派遣作业人员】菜单命令，进入派遣作业人员窗体，如图 4.21 所示，该窗体的作用是为新作业选择参与作业的作业人员。用户可以先单击任务编号下拉列表，选择之前新建的作业编号，系统将该新作业的作业名、内容及时间等信息导入相应文本框内。该窗体面板的第一个表格用来显示作业人员信息，以供用户选择。在姓名文本框中输入查询人姓名可快速查询员工信息并显示在表格

中。双击某员工信息行，系统自动将该员工的编号及个人累积剂量导入下方派遣员工文本框和员工派遣前剂量项。选择完作业员工后，还需要填写派遣时间，并为员工分配的角色。单击确定后将生成作业人员派遣表单，显示于第二个表格。若要为一个作业任务选择多个参与人，可以在选定新任务编号后，重复选择员工办法，单击确定后，可在表格中看到同一个任务编号下，不同派遣人的多张派遣表。完成作业人员选择后还需要选择【作业管理】|【作业人员工具领用】菜单命令，进入工具领用窗体，如图 4.22 所示，该窗体的作用是在完成作业人员工作安排后，为作业人员从物资工具库中选择工具。实现方法类似于派遣作业人员窗体，窗体上方的表格用于显示工具库内工具信息，工具信息可按工具名称进行查询，双击某一工具后，该工具编号和规格型号被导入下方项目栏中。使用人员下拉列表中列举了该任务参与作业人员，从中选择使用人，填写领用数量后，单击【保存】按钮，则生成工具领用单，显示于下方的作业领用工具表格中。一个任务生成多张作业工具领用单，即一个作业任务可以选择多个工具。

工具领用窗体

1 / 2

查询

工具名称:

剂量计编号	剂量计名称	型号	量程	监测类型	最小探测活度	报警阈值	参考辐射
0001	袖珍直读式电...		0-1.3mC/kg	γ		天2.5μSv,...	
0002	指环个人剂量计		0.001-5Gy	β-γ			
0003	LiF热释光剂量计		0.1mSv-10Sv	γ,快中子			
0004	荧光玻璃个人...		2.58×10 ⁻² mC...	γ,热中子			

任务编号: 0001

工具编号: 0001

领用数量:

使用人员:

工具名称: 袖珍直读式电离室

工具领用自动编号: 0003

自动编号	任务编号	工具编号	工具名称	规格型号	计量单位	领用数量	使用人员
1	0001	0001	袖珍直读式电...			1	李明
2	0001	0002	指环个人剂量计			1	李立山

图 4.22 工具领用窗体

最后，当该作业任务在实际操作完成后，选择【作业管理】|【完成作业详情】菜单命令，进入【完成作业详情】功能窗体，如图 4.23，该窗体的作用是记录完成作业的各项信息，将其保存在数据库内。在任务编号下拉列表中选择任务编号，填写任务完成情况，产生废物量，持续工时，及员工所受剂量，单击确定将所填写的信息保存在任务详情库里。为了更详细的查询作业情况，窗体下方的两个表格分别用于显示所选任务的派遣人员和所领用工具。单击生成报表将生成任务作业报表，报表中将详细列出该任务

的内容、参与人、工具领用及完成情况、废物产生、人员受照剂量等信息。



图 4.23 历史作业查询窗体

完成作业后，该系统可实现作业人员剂量率比较，实现窗体见图 4.24。在【任务编号】下拉列表中选择所关注的任务编号，核实自动生成的任务名称正确与否，【任务人员】下拉列表将列出所有参与该作业任务的员工，单击【导入该次任务剂量图表】，选择该员工的辐射数据文件，在下方图表中生成该员工剂量率曲线图。该系统支持*.txt 数据文件格式，该文件需包含序号和剂量率数据，两者间用“,”分隔，空格被忽略。



图 4.24 任务剂量窗体

4.3.7 统计分析模块

选择【统计分析】菜单命令，进入统计窗体，该窗体用于根据用户需要生成统计图表。在图的下方可选择统计图的 X、Y 轴字段，比如选择设备污染情况分类作为 X 轴字段，设备数量作为 Y 轴字段，系统将根据设备数据库中各类设备的数目进行统计并生成图形。图形选择框中可选择统计图形种类，有三种表现形式：线形图、饼状图、柱状图；另外还可选择平面或立体显示方式，点击显示点标将把 Y 轴的具体数据值标记在图形上。如图 4.25 显示的统计结果表明数据库中处于非污染、活化类、污染类的设备数目分别是 3、15、6；图 4.26 的统计结果表明数据库中有 2 台设备未拆除、5 台设备已拆除、3 台设备已处置、10 台设备已去污、4 台设备仍在运行状态。

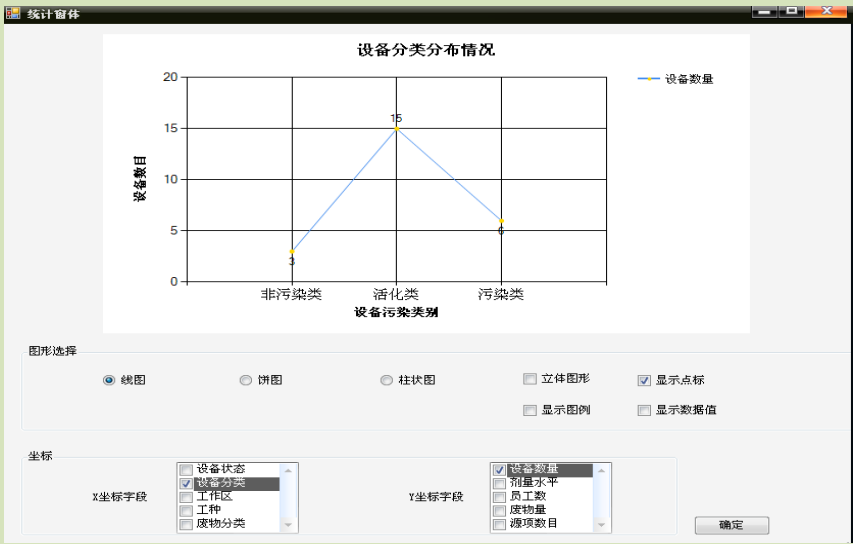


图 4.25 设备污染情况统计图



图 4.26 设备状态分布统计图

4.4 本章小结

本章对系统进行了详细设计，建立了基于客户端/服务器（C/S）体系的 101 堆退役信息管理系统。在需求分析、系统设计的基础上，结合数据库设计使用面向对象语言对系统各功能模块进行编码实现，在系统测试中按照退役管理需求对 101 堆退役数据库数据进行严格管理及处理，并实现将数据信息导出、生成报表、统计图形等功能，达到了预期的研究目的。

结 论

本课题针对已经于 2007 年底退役的 101 重水研究堆搭建了一个退役信息数据库及数据库管理系统。在系统调研阶段阅读了大量中外退役相关资料，所开发的系统借鉴了国外已有反应堆示范工程退役管理系统模型，也结合了 101 研究性反应堆的实际情况。在系统的实际开发中，以退役过程知识为出发点，利用计算机数据库技术、信息管理系统开发技术开发了 101 堆退役数据管理系统，系统按业务功能划分模块，层次结构分明，易于分工协作。

课题研究主要研究工作和工作成果如下：

1. 通过调查分析退役领域数据，利用数据库设计方法，建立了数据库概念模型，该概念模型独立于数据库管理系统软件（DBMS），是搭建数据库的基础，亦可用于其他如 Oracle 、 Access 等 DBMS 对反应堆退役数据库的开发。

2. 基于所建立的数据库概念模型，利用 SQL Sever 2005 关系数据库管理系统设计实现了 101 堆退役数据库，实现了对不同数据类型的存储（图片、时间、辐射数据等），并根据不同数据类型的需求分配存储空间，利用数据表关系视图建立数据约束关系，保证了数据的完整性。

3. 采用 UML 建模语言进行系统建模，立足于实际操作流程，分析用户需求，利用面向对象的编程方法，使得程序可重用性高。

4. 基于所搭建的数据库及系统设计模型，基于 Visual Studio 2008 系统开发平台，利用 C#语言开发了客户端 101 堆退役数据管理系统。在编码过程中，将经常使用的函数类编码为公共类型，如数据库连接类、数据库查询类。最终开发的系统程序界面美观、运行速度快捷、数据冗余小、代码可重用性强。

5. 所开发的退役数据管理系统实现了按退役工作分工管理退役设备、员工信息、工作区信息、放射性源项信息、废物信息、作业活动信息等数据，能够完成数据的录入、修改、删除、查询等操作，还具有强大的统计功能，统计出的数据可生成各类图形，为了保障数据的安全性，系统还设置了用户口令及使用权限。

6. 在退役工作区管理中，能够查看工作区地图，并在地图上动态地标标注监测点位置和设置相应信息。

7. 系统还可与 Excel 办公软件之间实现数据的传递，系统数据可导出到 Excel 中编辑或打印，另外还可以读取按一定格式存储的辐射数据 TXT 文件，在系统中生成图线。

本课题研究在以下几个方面还存在缺点，在以后的研究发展中有待改进：

1. 由于研究性反应堆数据种类多，属性多样，不同的场景可能侧重的数据属性不一样，比如估算废物总体积时需要列举所有设施设备的尺寸，管道关注长度与内径，阀门关注厚度与表面积，该系统采用统一的格式录入数据，可能导致有些数据主要属性被弱化或忽略。

2. 退役活动多，缺乏标准和法规，各个活动没有标准流程遵循，国外很多不同的设施会因地制宜的选择退役方法，因此在缺乏实地考察经验，不能具体问题具体分析的情况下，制定系统流程缺乏事实认证，可能过于精简，特别是系统对场址的辐射监测和废物管理的部分，还应该更贴合实际操作需求。

3. 系统缺乏对拆除工艺、经费、法律法规的数据管理。

这些不足之处，有部分原因来自于由于本人对数据库软件的使用掌握得还不够成熟，更多的原因来自于缺乏完善的需求调研分析。由于反应堆退役在国内尚没有可以借鉴的案例，只有一些废物库及核设施基地的退役工作总结，对退役数据管理系统开发只有借鉴国外相关文献，同时还缺乏对实际情况的考察和研究，系统分析中想象用户可能会产生的需求占了很大比重，没有明确完善的需求分析，开发过程中对于要实现什么功能，需要什么数据，经常踟躇不前。要保证 101 堆退役信息数据库管理系统满足退役工程的全部功能，还需要更深入的分析领域问题。相信在不久的将来，经过改进和完善的 101 堆退役信息数据库管理系统能够服务于退役工程实施过程，保证我国核反应堆退役工作安全进行，有效节省人力物力。

参考文献

- [1] 夏延龄. 101 重水研究堆退役. 21 世纪初辐射防护论坛第三次会议暨 21 世纪初核安全论坛第一次会议论文集. 中国北戴河: 中国环境科学学会核安全与辐射环境安全专业委员会, 2004: 51-58 页
- [2] 张文惠. 101 重水研究堆三十年的技术发展. 原子能科学技术, 1988, 22(5): 513-520 页
- [3] 孙东辉. 核设施退役技术发展现状. 核化工三废处理处置学术交流, 深圳, 2007
- [4] 马福邦, 林诚格. 研究性重水反应堆 HWRR 改建设计研究. 核科学与工程, 1981, 1(1): 20-26 页
- [5] 任宪文. 核设施退役的环境安全. 辐射防护通讯, 2006, 26(1): 1-5 页
- [6] 赵世信. 反应堆工程退役简介. 核动力工程, 1991, 12(4): 44-48 页
- [7] International Atomic Energy Agency. Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors. Safety Standards Series No. WS-G-2.1, IAEA, Vienna, 1999:15-20P
- [8] 丁丽, 李睿之, 周一东, 王玉林. 101 重水研究堆安全关闭过渡期放射性源项调查. 原子能科学技术, 2012, 6(20): 53-56 页
- [9] 仲言. 重水研究堆. 北京: 原子能出版社, 1989: 17-63 页
- [10] Colin Nayliss and Kevin Langley, Nuclear Decommissioning Waste management and Environmental Site. Elsevier, 2003:15-20P
- [11] 郭喜良, 孙庆红, 谷存礼. 核设施退役源项调查会议-IAEA 专家报告内容简介. 辐射防护, 2005, 25(1): 62-65 页
- [12] I-Hsin Chou, Chin-Feng Fan. Conceptual Nuclear Decommissioning Knowledge Management System Design. The Third International Conference on Information Technology and Applications (ICITA'05), 2005
- [13] M. Ishikawa, M. Kawasaki, M. Yokota. JPDR decommissioning program plan and experien. Japan Atomic Energy Research Institute, Japan, 2000
- [14] Yukihiro, Yoshiki, Mitsuo. Development of Decommissioning Engineering Support System (DEXUS) of the Fugen Nuclear Power Station. NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2004, 41(3): 367-375P

- [15] 刘中坤, 彭敏俊, 朱海山, 成守宇, 巩诚. 核设施退役虚拟仿真系统框架研究. 原子能科学技术, 2011, 9(20): 1083-1086 页
- [16] 刘永阔, 谢春丽, 夏虹. 虚拟现实技术在普贤核电退役工程中的应用. 应用科技, 2009, 36(12): 48-52 页
- [17] Dukjin-dong, Yuseung-ku, Daejon. Conceptual Data Modeling on the KRR-1&2 Decommissioning Database. Korean Nuclear Society, 2002, 34(6): 610-618P.
- [18] Satoshi YANAGIHARA, Takenori SUKEGAWA. Development of computer system for planning and management of reactor decommissioning. Journal of nuclear science and technology, 2001, 38(3): 193-202P
- [19] A.Alemberti, P.Castagna. IDMT-Integrated Decommissioning Management Tools. Ansaldo Nuclear Division of Italy. International Symposium on Nuclear Energy SIEN 2005" Nuclear Power New Challenge" October 23-27, 2005.Bucharest-Romania.:1-7P.
- [20] Halden VR Centre, Institute for energiteknikk. OECD Halden Reactor Project, Norway, The VRdose Software System: User Manual, Report and Usability Test
- [21] Yukihiro, Iguchi. Development of a Decommissioning Engineering Support System of the Fugen NPS. 11th International Conference on Nuclear Engineering, Tokyo, JAPAN, ICONE11-36270
- [22] Naiburg J. Eric, Maksimchuk A. Robert. UML for Database Design. Boston: Addison-Wesley, 2001: 9, 11, 13P
- [23] Norman, R.J. Object-oriented Systems Analysis and Design. Prentice Hall International, Inc., New York, 1996:431P
- [24] 吴丽翔. 101 堆退役数据库管理系统及其概念模型设计. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学本科论文, 2011: 60-66 页
- [25] 罗上庚, 张振涛, 张华. 核设施和辐射设施的退役. 中国环境科学出版社, 2010, 5(1): 45-69 页, 117-154 页
- [26] 刘书田, 刘兆军, 赵志强. 核设施退役辐射检测及其仪器仪表应用. 核电子学与探测技术, 2006, 26(4): 525-529 页
- [27] 丁丽, 李睿之, 周一东, 王玉林. 101 重水研究堆安全关闭过渡放射性源项调查原子能科学技术, 2012, 46(6): 716-720 页
- [28] 罗顺忠, 顾建德, 张太明等. 核设施退役辐射检测与场址调查手册. 原子能出版社,

- 2002, 10(1): 25-32 页
- [29] 冯焜. 基于 J2EE 的进销存系统设计与实现. 电子科技大学硕士论文, 2011: 10-28 页
- [30] H.S Park, J.S Shon, K.J Kim, J.H Park, K.P Hong, S.H. Conceptual data modeling of the integrated database for the radioactive waste management. Korea Atomic Energy Research Institute. WM'03 Conference, February23-February 27, 2003, Tucson: 305-353P
- [31] 谢星星, 沈懿卓. UML 基础与 Rose 建模实用教程. 清华大学出版社, 2008, 10(1): 106-130, 204-225 页
- [32] 燕宏城. 核设施环境与三废数据管理系统的研制. 原子能科学技术, 1998, 3(32): 2, 110-113 页
- [33] 赵华松. 核设施退役中关于放射性废物最小化的思考与实践. 放射性废物处理处置学术交流会论文集, 合肥, 2007: 10 页
- [34] 傅铅生. 信息系统分析与设计. 西安: 国防工业出版社, 2009, 6(2): 124-135 页
- [35] W.J.Manion, T.S.LaGuardia. 核设施退役手册. 北京: 原子能出版社, 1991: 5-1 页, 11-40 页, 146-186 页
- [36] 任宪文, 刘文仓. 核设施退役废物管理. 辐射防护通讯, 2008-8, 28(4): 1-7 页
- [37] GB8703-1995, 放射性废物分类
- [38] 罗上庚. 放射性废物管理发展中值得重视的几个问题. 世界科技研究与发展, 2000, 22(4): 38 页
- [39] 金可. 核电站放射性物质信息管理系统的设计与实现. 大连理工大学硕士学位论文, 2007: 50-55 页
- [40] 黄治俭. 核设施退役工程中的辐射监测和质量保证. 辐射防护通讯, 1992, 3: 14-19 页
- [41] 刘林, 邱小平, 赵娟妮, 夏艳芳. 核设施退役辐射监测仪表的使用. 民营科技, 2011, 7(10): 56-59 页
- [42] 林宝灵, 冯志华. 基于 WEB 的个人剂量网络管理系统. 第六届全国核仪器及其应用学术会议论文集: 144-148 页
- [43] 宋易阳, 何力华. 内照射个人剂量数据管理和评价程序. 辐射防护, 1997-7, 17(4): 287-292 页

- [44] 顾有军.放射性区域辐射监测网络系统的研究与设计. 青岛科技大学硕士学位论文, 2010: 3-10 页
- [45] VRdose 评估系统及其在日本普贤核电退役工程中的应用. 辐射防护通讯, 2007, 27(6): 40-43 页
- [46] 黄开枝, 康会光, 于永军. SQL Server2005 中文版基础教程. 北京: 清华大学出版社, 2007: 133-218 页
- [47] 徐国智, 汪孝宜. SQL Server 数据库开发实例精粹. 电子工业出版社, 2006, 1: 1-18, 536-627 页
- [48] 谢维成, 苏长明. SQL Server 2005 实例精讲. 北京: 清华大学出版社, 2008, 2: 2-3 页
- [49] 邢宏传, 周荣生, 徐济望. 退役核设施放射性存留量估算方法研究. 核动力工程, 2005, 26(6): 544-547 页
- [50] 刘扬, 韩义. 核设施退役方法学和工艺学. 北京: 原子能出版社, 1996, 12: 66-70 页
- [51] 周一东, 夏延龄, 张伟国, 王玉林. 101 堆退役初步规划. 全国核与辐射设施退役学术研讨会论文集, 2007, 11(1): 7-9 页
- [52] 何春俐. 建模语言 UML 的研究. 机械管理开发, 2010, 25(1): 177-180 页
- [53] Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson. The Unified Modeling Language User Guide. Addison Wesley, 1999:56-60P
- [54] C.H.Westcott. Object-Oriented Systems Analysis. Prentice Hall International, Inc, 1996:20P
- [55] John van, Hoven. Information Resource Management Stewards of Data. Information System Management, 1999,6(1): 166-200P
- [56] Y. Iguchi, et al., "Development of a decommissioning engineering support system of the Fugen NPS," ICONE11-36270,2003: 50P
- [57] A.J.Perrin and A.Speirs. Improving Welded Product Design, the Welding Institute,1971: 130P
- [58] Masanori Izumi, Yoshiki Kanehira. Development of Decommissioning Engineering Support System for the Fugen NPS. 13th international conference on nuclear engineering, may 16-20, 2005, Beijing, china. ICONE13-50199

攻读硕士学位期间发表的论文和取得的科研成果

致 谢

感谢指导教师刘永阔副教授。本人此次论文研究方向及研究方法的确定，都是在刘永阔老师的悉心关怀指导下找到问题突破口，并顺利完成此次论文研究的。本次论文研究内容是一个全新课题，刘老师渊博的理论知识、严谨的学术态度及丰富的工程实践对本人此次论文研究提供了不少帮助。在两年多的研究生学习中，刘老师不仅仅教会我大量的专业知识，还教会我学习的方法，培养我对待学习、工作的态度，使我受益匪浅。特别向刘老师致以深深的敬意和由衷的感谢！

感谢沈永福、凌霜寒、吴小天同学在软件编码方面提供了大量的帮助和许多新颖的思路，帮助我解决了许多难题。

感谢师弟吴丽翔同学，他在本科毕业论文撰写过程中所取得的成果对本人课题研究起到了很大的启发作用，他的一些研究方法使我受益颇多。

感谢潘熙希在论文撰写过程给予我的帮助，帮助我解决了很多论文格式调整的问题。

此外，还要感谢于小洋对我的关心和支持，没有他的监督，我难以顺利完成毕业论文。

谢谢所有帮助过我的人，谢谢大家！