

# 801 堆第一阶段退役职业外照统计分析

白志强

(中核四〇四总公司, 甘肃兰州 732850)

**摘 要:** 对 801 堆第一阶段退役职业外照射进行了统计分析, 并与堆运行期间的监测结果进行分析比较, 提出了今后减少职业外照射的措施和建议。

**关键词:** 反应堆退役; 职业外照; 统计分析

作业人员职业性外照射水平是选择核设施退役方案、确定退役工艺技术路线的主要参考因素, 也是评价退役工程质量和退役活动实施成效的重要依据。美国等西方国家在比较退役诸方案时已把职业辐照减至最小列入首要因素进行考虑, 我国虽无明确规定, 但在具体工程实施时, 严格执行 GB18871—2002 规定, 并把第一类器官职业性辐照年限值从 50mSv 降为 20mSv 进行控制。

801 反应堆是我国第一座进行退役并完成第一阶段退役全部工作的大型核设施, 完成 20 个子项的工作, 投入劳务工日 440785 个, 作业人员职业性外照总量为 14.6241 人·Sv。下面就其第一阶段退役中职业性辐照进行综合分析。需要指出的是 801 反应堆从投产到第一阶段退役结束, 一直未建立内照监测手段, 这里仅对外照情况进行分析。

## 1 第一阶段退役的外照射监测原理及仪器

### 1.1 监测原理

利用固体储能元件, 当其受到电离辐射性能吸收一些辐射能, 并把它储存下来, 经过一定的加热过程, 其所储存的能量以光的形式释放出来, 它的发光量与辐照剂量成一定的比例关系, 利用这种关系就可定量测出作业人员的辐照剂量。

### 1.2 主要监测仪器

- 通常采用 FJ—377 热释光剂量仪, 测量时间为 20 秒, 升温周期为 5 秒, 大剂量场合在 FJ—377 热释光剂量仪基础上辅之以个人剂量笔。
- 退火炉。高温退火采用 SRJX—3—9 箱型电阻炉, 退火温度为摄氏 240 度, 退火时间为 20 秒; 低温退火采用 DX—3 型退火炉, 退火温度为摄氏 135 度, 退火时间为 240 秒。

## 2 监测结果及分析

801 反应堆第一阶段退役从 1990 年 6 月开始到 2000 年 12 月结束, 历时 11 年多, 累计涉及的监测人数为 2951 人·年, 总职业性辐照集体剂量当量为 14.62765 人·Sv, 年人均剂量当量为 5.1mSv, 个人年剂量当量最大为 48.7mSv。作业人员职业性辐照统计情况列于表 1、表 2。

表 1 第一阶段退役作业人员职业性辐照逐年统计表

年份	监测人数 (人·年)	集体剂量当量 (人·Sv)	平均剂量 (mSv)	个人最大剂量 (mSv)
1990	360	1.5388	4.3	40.5
1991	398	1.4195	3.6	42.7
1992	286	2.1349	7.5	48.7
1993	313	2.0239	6.5	45.5
1994	293	1.7606	6.0	46.5
1995	239	1.1443	4.8	23.8
1996	204	0.9220	4.5	24.0
1997	227	1.0641	4.7	24.7
1998	197	0.9083	4.6	37.4
1999	227	1.0695	4.7	48.3
2000	207	0.9741	4.7	38.8
	2951	14.62765	5.07	48.7

从表 1 可知：集体剂量当量最高的年份是 1992 年和 1993 年，分别为 2.1349 人·Sv 和 2.0239 人·Sv，年平均个人受照剂量也较高，分别为 7.5mSv 和 6.5mSv。主要原因是这两年放射性废物清理打捞工作全面展开，其投入的人员较多，作业现场辐射水平较高，尤其热铀元件和 502 靶件、挤水棒、不锈钢销子等活化部件均主要在此时间内打捞，因而导致这两年集体剂量当量和年人均剂量当量相对较高；而 1990 年至 1991 年由于处于退役初期，工作未全面铺开，作业面均较小，因此作业人员群体剂量也较前述小；从 1995 年以后，年集体剂量当量和年人均剂量当量基本趋于稳定，年集体剂量当量一般在 0.91~1.14 人·Sv 之间，年人均剂量当量在 4.5~4.7mSv 之间（见图 1），其主要原因是经过几年的工作，以热铀元件清理打捞为标志的放射性清理打捞工程基本完成，作业现场的放射性剂量水平有所降低，加之，经过几年的退役工程实践，在作业人员职业辐射防护方面采取了一些有效措施所致。

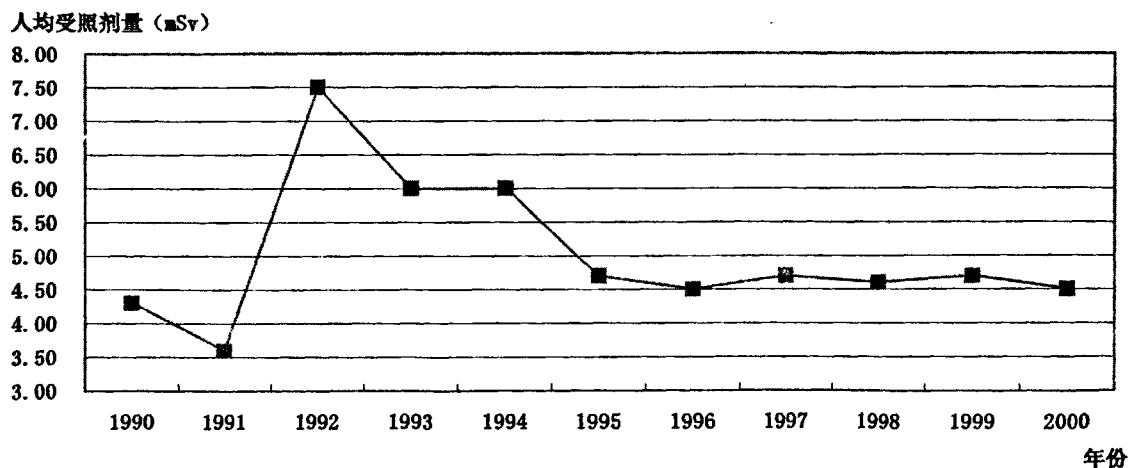


图 1 退役期间人均职业受照分布图

表 2 第一阶段退役各子项职业性辐照统计表

序号	子项名称	施工时间 (年)	累计剂量 (mSv)	投入工日	每工日的剂量 (mSv)
1	放射性废物清捞分装贮存工程	5	5572.7	190405	0.0293
2	主厂房内废物清理与处置	5	670.0	2593	0.2584
3	放射性泥沙收集贮存	1	226.4	3998	0.0566
4	工艺运输水池清洗去污	1	855.0	6072	0.1408
5	强放密闭水池箱井去污	3	600.0	4444	0.1350
6	工艺房间清洗去污	5	762.7	3907	0.1952
7	冷却塔淋水板拆除处置	3	60.0	9076	0.0066
8	放射性污染构件去污	4	505.4	31926	0.0158
9	防护水箱高铬水解毒处理	2	127.7	4008	0.0319
10	铝块、防护套圈水泥固定	2	1006.0	6170	0.1631
11	一回路保温层拆除	1	195.6	4800	0.0408
12	118a 井建设	1	64.1	4684	0.0137
13	105B 清洗系统建设	1	77.0	13520	0.0057
14	102 厂房改临时废物库	2	887.6	7468	0.1189
15	120 地下排水系统整治	1	12.0	2580	0.0047
16	服务、公用设施改造	4	600.5	58848	0.0102
17	辐射场测量与放射性源项调查	8	626.1	24661	0.0255
18	科研试验工程	10	1657.1	24983	0.0663

各子项工程每工日的平均剂量(mSv)

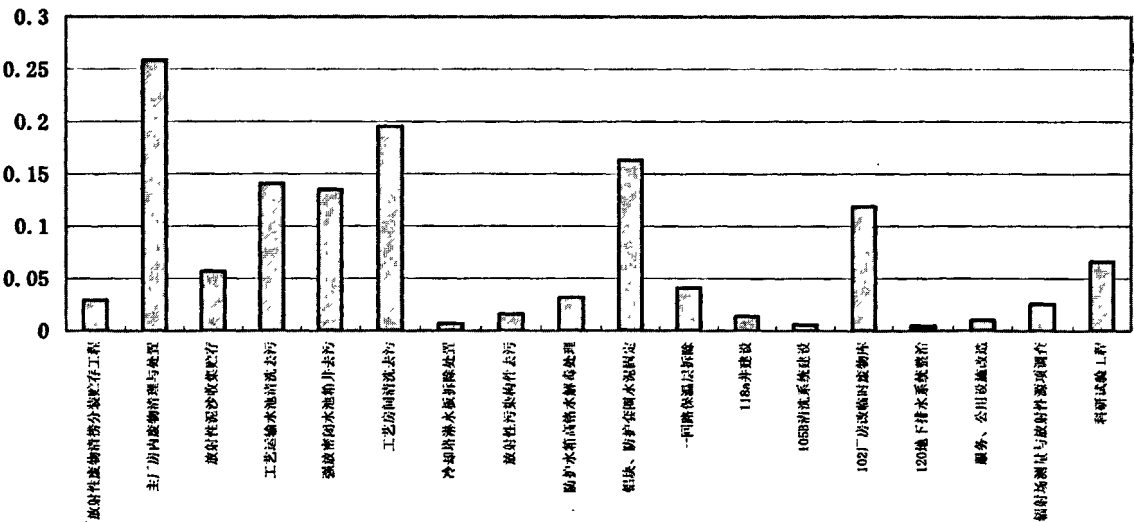


图 2 反应堆第一阶段退役每工日平均剂量直方图

从表 2 可知：在 801 工程第一阶段退役活动中，集体剂量当量最高的工程和平均工日剂量当量最高的工程均是放射性废物清理打捞与分装贮存工程。这主要是由于该工作是 801 工程第一阶段退役的关键性工作，具有施工周期长（约 5 年）、技术难度大、放射性水平高等特点；且

处于 801 堆退役的起步阶段, 虽然从施工的组织管理到安全和质量保证方面都制定了相应的规章制度, 并结合现场实际研制了二十余种简单实用的打捞措施, 但由于该工程涉及到 408 元件、502 靶件、钴-60 源、挤水棒销子等堆内活动部件的清理打捞, 因此总体剂量还是比较高。该工程累计投入工日 190405 个, 作业人员最多时达 398 名; 而集体剂量当量和平均工日剂量当量最低的是 120 地下排水系统系统整治, 由于该工作基本在地下一 22 米的作业区域内进行, 该区域离反应堆活性区较远, 作业区域周围只受到放射性轻微污染。因此, 环境对作业人员的辐射较低。从表 2 综合分析可知: 在辐射防护措施基本一致的情况下, 无论是作业人员总的辐射剂量还是工日平均辐射剂量都与现场辐射场强弱成正比关系。

### 3 反应堆第一阶段与运行期间剂量当量比较

反应堆第一阶段退役期间与运行期间相比, 集体剂量当量、人均剂量当量均大幅度下降。年均集体剂量当量由 10.9376 人·Sv 下降为 1.3596 人·Sv; 年人均剂量当量由 17.37mSv 下降为 5.07mSv。其主要原因是退役期间大剂量操作相对减少, 并采取了严格有效的组织管理和操作措施以及无发生辐射防护和污染事故等所致。

表 3 反应堆第一阶段退役与运行期间个人剂量当量区间人数分布

剂量区间 (mSv)	各剂量区间的人数占监测总人数的份额 (%)			
	运行期间		第一阶段退役	
	范 围	平均值	范 围	平均值
0~5	12~49	22.5	67~82	73
1~15	21~68	40.4	8~29	18
15~25	1~32	20.1	1~10	5
25~50	1~24	10.0	0~9	3
大于 50	0~21	7.3	0	0

从表 3 可看出, 第一阶段退役与运行期间相比, 个人剂量各区间的人数分布向小剂量区间转移。运行期间年个人剂量主要在 (5~15) mSv 范围内, 而退役期间 73% 以上的被监测人员年个人剂量为 5mSv 以下。

### 4 结论及建议

反应堆第一阶段退役在现有技术条件和管理方式下, 由于采取了相应的措施, 作业人员职业辐照是比较低的, 达到了预期安全管理和控制目标, 但与国外核设施退役作业人员的职业辐照相比还有待于进一步控制。随着人们对核设施退役职业辐照认识水平的提高和技术措施、管理手段的不断完善, 反应堆第二阶段退役作业人员职业辐照控制还需在以下几个方面进一步深化:

(1) 进一步建立健全法规、标准体系, 特别是对退役过程中作业单元的标准体系建立应引起高度重视。

(2) 强辐射场作业应进一步完善管理程序, 采取相应的管理和技术措施, 首先消除“热点”, 并将职业健康安全管理体系纳入退役施工组织体系, 不断总结经验, 提高退役工作辐射防护管理水平。

(3) 加强对作业现场自动控制技术、远距离遥控操作技术和屏蔽技术的科研开发, 尤其是

要研发一些符合人体工学特点的小型屏蔽式拆除工器具、去污装置、局部通排风装置以及完善的内外照监测手段，提升退役工作的整体技术含量。

(4) 坚持以人为本的人性化职业辐照管制原则，合理安排作业程序、施工周期和作业时间，控制作业现场操作人数，大剂量场采用限人、限时、分层清除“热点”等方式，争取以可合理达到的最小职业辐照来实现最大的退役作业价值。

(5) 强化辐射监测和组织管理措施，针对第二阶段退役工作的特点，推行职业辐照目标管理，并辅之以技术、安全和经济措施，确保职业辐照目标的实现。

**参考文献：**

- [1] W·J·Manion , T·S·LaGuardia (美) .退役手册[M].北京：原子能出版社，1991.211~215
- [2] 于忠良，潘其富.801 反应堆第一阶段退役工程总报告[R]（内部资料）.2001.79~81