

前 言

本标准在技术内容上参考了国际原子能机构(IAEA)No. 107 安全丛书“ γ 射线和电子束辐照装置的辐射安全”(1992 版)、美国联邦法规(CFR)第 10 篇第 36 部分“大型辐照装置的许可证和辐射安全要求”(10CFR Ch. 1 97 版)、美国国家标准 N. 43. 10“固定源室式湿法贮源 γ 射线辐照装置的安全设计和使用(IV)”、N43. 7“自屏蔽式 γ 射线辐照装置的安全设计和使用(I)”等进行编制。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B 是提示的附录。

本标准由中国同位素与辐射行业协会辐射加工专业委员会和中国核工业总公司科技局联合提出。

本标准由中国核工业标准化研究所负责归口。

本标准起草单位:核工业第二研究设计院负责起草,核工业标准化研究所、中国同位素与辐射行业协会辐射加工专业委员会参加起草。

本标准主要起草人:王传祯、唐在民、张赫瑚、任伦、姜世铭、韩全胜、侯福珍。

中华人民共和国国家标准

γ 辐照装置设计建造和使用规范

GB 17568—1998

Regulations for design construction and
use of gamma irradiation facilities

1 范围

本标准规定了 γ 辐照装置设计、建造和使用的技术要求及管理规定。

本标准适用于钴-60 源、铯-137 源及其他放射源的 γ 辐照装置。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成为标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1804—1992 一般公差 线性尺寸的未注公差

GB 3095—1996 环境空气质量标准

GB 4075—1983 密封放射源分级

GB 4076—1983 密封放射源一般规定

GB 4792—1984 放射卫生防护基本标准

GB 7465—1994 高活度钴-60 密封放射源

GB 8703—1988 辐射防护规定

GB 10252—1996 钴-60 辐照装置的辐射防护与安全标准

GB 11806—1989 放射性物质安全运输规定

GB/T 15446—1995 辐射加工剂量学术语

JJG 591—1989 γ 射线辐射源(辐射加工用)检定规程

TJ 36—1979 工业企业设计卫生标准

国务院 44 号令 放射性同位素与射线装置放射防护条例

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 电离辐射(射线) ionizing radiation

由能够产生电离的带电粒子和(或)不带电粒子组成的辐射。电离辐射也叫射线。

3.2 辐射源 radiation source

能发出电离辐射的装置或物质。

3.3 放射源 radioactive source

用作致电离辐射源的任何量的放射性物质。

3.4 辐射场 radiation field

电离辐射在所考虑的介质中的空间-时间分布。

3.5 辐射加工 radiation processing

电离辐射(射线)作用于物质,使其品质或性能得以改善的一种工艺过程。

3.6 γ 辐照装置 gamma irradiation facilities

利用 γ 辐射(射线)通过安全可靠的辐射加工工艺对物品和材料进行加工的装置。它的分类见附录B(提示的附录),它的组成部分见附录A(标准的附录)。

3.7 加工能力 processing capability

辐照装置在单位时间内能够处理的物料量和吸收剂量乘积的最大值。

3.8 吸收剂量 absorbed dose

电离辐射授予质量为 dm 的物质的平均能量 $d\epsilon$ 除以物质质量 dm 的商。吸收剂量单位为戈瑞,符号为Gy,1Gy=1J/kg。

3.9 剂量测量系统 dosimetry system

由剂量计、相关的分析仪器及剂量响应校准曲线或剂量响应函数组成的测量剂量的系统。

3.10 剂量不均匀度 dose ununiformity

同批产品中最大与最小吸收剂量之比,即 $U = D_{\max}/D_{\min}$ 。

3.11 高辐射区 High Radiation Area

对于 γ 辐照装置来说,凡是那些人员可能受到剂量率超过1mSv/h照射的区域都应认为是高辐射区。例如辐照室和迷道等。

3.12 控制区 control area

凡是高辐射区均为控制区。对于 γ 辐照装置来说,辐照室迷道入口以内的区域都是控制区。

3.13 监督区 supervision area

操作区域、控制室、通风间、设备间、倒源间、水处理间及其限值为1/10~3/10年有效剂量当量的区域皆为监督区。

3.14 非限制区 non-control area

凡限值不超过1/10年有效剂量当量的工作区域为非限制区。

4 总则

4.1 装置安全规定

4.1.1 γ 辐照装置在设计、建造、安装调试及运行维修时,必须遵照国务院颁发的国发(1989)44号令和有关部门规定及本标准进行卫生安全评价。

4.1.2 γ 辐照装置卫生安全评价的标准应按本标准的规定及GB 10252—1996、GB 4792—1984及GB 8703—1988的规定。

4.1.3 γ 辐照装置的设计、建造、安装调试和管理,必须遵循下列安全原则。

4.1.3.1 纵深防御原则

纵深防御,即多级防御,是将人为干预因素降至最低程度,以便在万一发生故障或事故时,得到必要的校正或补偿。

a) 第一级防御目的是防止偏离正常运行工况。例如:工序间的必要联锁,各阶段制定相应的质量保证计划并加以实施;

b) 第二级防御目的是探测及控制对正常工况的偏离,以防止预计运行事件升级为事故工况,这一层次的要求是设置专门的系统,并制定用于防止发生这些假想始发事件或减轻其危害的运行程序;

c) 第三级防御目的是减轻事故的后果,特别是通过获得稳定而又可接受的工况达此目的。这就要求设置必要的附加设备和程序;

d) γ 辐照装置必须在所有各级防御措施到位并能发挥正常功能的条件下才能运行。

4.1.3.2 冗余性

冗余性采用比为完成某一安全功能所必需的最少数目的物项更多的物项,以便在运行过程中万一某一道物项失效或不起作用的情况下使其整体不丧失功能。例如一般联锁要有 2 道,重要的地方要有 3~4 道。

4.1.3.3 多元性

多元性能够提高装置的安全可靠性,包括系统多元性和多重剂量监测可以采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等。例如:人员出入口的安全联锁可以采用机械的、电气的、剂量的、电子的联锁。

4.1.3.4 独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时,不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用。通过功能分离和实体隔离的方法使安全机构获得独立性。为提高系统的独立性,可采取下列措施:

- a) 保证冗余性(多道联锁)各部件之间的独立性;
- b) 保证多级防御各部件之间的独立性;
- c) 保证多元性各部件之间的独立性。

4.1.4 安全标识

在 γ 辐照装置厂房入口处和其它必要的地方,应设有放射性符号与警告标示牌。放射性符号如图 1 所示:

4.1.5 放射性物质污染限值

水井贮存式 γ 辐照装置,贮源井水所含钴-60 等放射性污染物质浓度应控制在 10 Bq/L 以下。

工作人员的衣服、体表及工作场所的设备、工具、地面等表面 β 放射性物质污染控制在 GB 10252—1996 中 3.3.3 规定的水平。

4.2 辐射防护准则

4.2.1 辐射防护设计管理规定

γ 辐照装置辐射防护的设计、施工及检查验收都必须由取得相应资格的单位和人员担任。运行期间的管理按照国务院 44 号令及相关主管部门的相应规定执行。

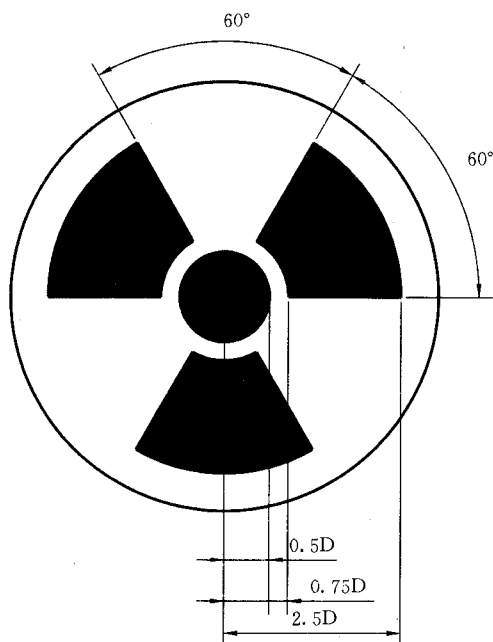
4.2.2 辐射防护的最优化

γ 辐照装置的设计和建造要求所有照射都保持在规定的限值以内,并在考虑社会和经济因素之后,必须贯彻使辐射工作人员和公众受到的照射达到“可合理达到的尽量低的水平”的原则,即:ALARA(As Low As Reasonably Achievable)原则。

4.2.3 个人剂量限值

个人剂量限值是辐射防护体系的一部分,是最优化过程中的约束条件。下列剂量限值不包括天然本底照射和医疗照射:

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量当量限值为 50 mSv;
- b) 公众成员个人年有效剂量当量限值为 1 mSv。



注

- 1 D 的尺寸根据现场确定；
- 2 颜色：底色为橙色，三叶形为黑色。

图 1

然而，这里规定的剂量限值是不允许接受的剂量范围的下限，不是允许接受的剂量范围的上限，其不能直接用于设计和工作安排的目的。在工程设计时辐射防护设计的剂量限值规定为：

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量当量限值为 5 mSv；
- b) 公众成员个人年有效剂量当量限值为 0.1 mSv；
- c) 屏蔽计算时，取不低于两倍安全系数。

4.2.4 放射工作场所的划分

γ 辐照装置分为控制区(标以红色)、监督区(标以橙色)及非限制区(标以绿色)。应对各区进行剂量监督。

4.3 剂量测量规定

4.3.1 γ 辐照装置应按照本标准附录 A3 的要求，设有相应的剂量测量系统，以进行辐射场与产品剂量监测并保证人身、设备及环境的安全。

4.3.2 γ 辐照装置启用前必须按照 JJG 591—1989 的要求，由具备相应资格的单位 and 人员进行检定合格后方能投入运行。

4.3.3 γ 辐照装置必须通过考核取得“辐射加工计量许可证”，并按规定进行复检。

4.3.4 γ 辐照装置在装源后启用前必须按照分区限值的要求对屏蔽效果进行测试。测点位置规定为检测器的探头有效中心距屏蔽墙体表面 30 cm 处，取在非线性长度大于 20 cm 的、面积不大于 100 cm² 的空间测量的平均值。

4.4 运行管理规定

4.4.1 γ 辐照装置建成后必须按照国务院 44 号令和有关主管部门相应的规定，由具备相应资格的单位 and 人员进行检查、验收并取得许可登记证后方能正式投入运行。

4.4.2 γ 辐照装置的操作人员必须按照 11.2 的规定进行培训考试合格，取得上岗证才能上岗操作。

4.4.3 所有操作都应制定操作规程、安全规程、检修规程和岗位责任制，并严格贯彻执行。

4.5 质量保证规定

4.5.1 γ 辐照装置的业主、设计、制造、施工、安装、运行管理的单位都必须按照本标准及国家有关法律

法规的规定取得相应的资格证书和质量认证。

4.5.2 γ 辐照装置的业主必须为 γ 辐照装置的选址、设计、制造、施工、安装、运行管理和退役等所有活动制定一个全面的质量保证大纲和大纲程序及作业指导文件等,并保证在全过程中贯彻执行。设计、制造、施工、安装及运营等单位应根据业主的质量保证大纲,分别对其活动制定质量保证大纲并对其有效性负责。

4.5.3 为达到质量要求必须对关键步骤和部位建立检测点,进行有效监控,并作好记录,以作为质量验证、追溯的主要依据。

4.6 责任

4.6.1 业主

业主是指 γ 辐照装置的拥有者,对装置负有全面责任。他的责任是:

- a) 完成各项审批手续,包括厂址、设计、建造、验收等各项内容的批准手续;
- b) 选择有资格的设计、制造、施工、安装及供源单位;
- c) 按照本标准和国家其他相应标准的规定需对聘用的操作人员进行培训,申领上岗合格证;
- d) 当业主为运营单位时,还应承担 4.6.6 运营单位的责任。

4.6.2 设计单位

是指有资格承担 γ 辐照装置工程及设备设计的单位。它的责任是:

- a) 接受业主的委托,按照本标准和国家其他有关标准的规定进行 γ 辐照装置工程及设备设计并按国家有关法规提供相应的技术文件;
- b) 接受业主的委托,进行工程施工、设备制造和安装调试的技术服务;
- c) 按照有关规定参加工程竣工验收工作。

4.6.3 制造单位

是指有资格和能力承担 γ 辐照装置工艺设备加工制造的单位,它的责任是:

- a) 按照设计图纸及国家有关标准规范,制造 γ 辐照装置的工艺设备;
- b) 在加工制造中应制定质保措施,认真贯彻,作好记录,并形成技术文件。

4.6.4 施工单位

是指有资格承担 γ 辐照装置土建工程和公用工程施工的单位。它的责任是:

- a) 按照设计图纸文件和国家有关标准规范,进行 γ 辐照装置土建工程和公用附属工程的施工及安装;
- b) 在施工中对设计图纸的修改部分应作好记录,以备验收和其他检查时作为工程评价用;
- c) 接受检查和验收。

4.6.5 安装单位

是指有资格和能力承担 γ 辐照装置工艺设备安装调试(包括装载放射源)的单位,它的责任是:

- a) 按照设计图纸、制造单位提供的技术文件及国家有关标准规范进行 γ 辐照装置的工艺设备的安装调试工作;
- b) 接受检查和验收。

4.6.6 运营单位

是指有资格和能力承担 γ 辐照装置运行的单位。它的责任是按照本标准和国家其他相应标准的规定进行 γ 辐照装置的日常操作运行和管理。

4.7 质量管理体系和环境管理体系认证

为了保证 γ 辐照装置的质量,确保人身和环境安全,从事辐射加工用 γ 辐照装置设计、制造、施工安装和运行管理的单位必须具备健全的质量管理体系和环境管理体系。建议向有关法定质量管理体系和环境管理体系认证机构申请认证,该认证机构必须是已经取得中国质量体系认证机构国家认可委员会(CNACR)和中国环境管理体系认证机构国家认可委员会认可的,其获得认可的业务范围应覆盖本标

准适用范围的体系认证机构。并取得相关业务范围的质量和环境管理体系认证证书。

5 γ 辐照装置的厂址选择

5.1 对厂址的要求

a) γ 辐照装置的厂址要求尽量避开破坏性地震活动区,以及地下水位过高、地下土层过软而造成建筑物下沉与倾斜等的地区;

b) 要求避开高压输电走廊和易燃易爆场所;

c) 在可能(50年内可能性为90%)发生严重破坏地震(地面水平加速度大于或等于0.3g的地震)的地区设计建造 γ 辐照装置应装备地震探测器。一旦探测器有反应动作,则放射源能自动进入全屏蔽状态。

5.2 对周围环境的要求

γ 辐照装置应建在交通运输方便,道路桥梁可承受10吨汽车运输的地方,对周围环境无特殊要求。

5.3 厂址的确定

综合上述要求,收集水文、地质、气象、人口、地理环境资料,经对地质和环境的评价后,上级主管部门审批确定厂址。

6 γ 辐照装置的设计

6.1 设计单位及其人员的资格

6.1.1 γ 辐照装置的设计单位应按本标准和国家其他有关规定的要求,持有相应的核工程设计证书或质量体系认证书。在设计文件中应有这些文件的复印件或影印件。

6.1.2 承担 γ 辐照装置的设计人员应熟悉核工程技术知识,每个工种都应有1~2名具有核工程设计经验的高级工程师或工程师对设计进行审核。

6.2 设计原则

6.2.1 设计单位应根据业主的委托任务书合理确定 γ 辐照装置的工程规模、装源量及其他附属设施。

6.2.2 设计单位应按照本标准和国家标准的规定进行 γ 辐照装置的设计。

6.2.3 设计单位在承接 γ 辐照装置设计时,应根据本标准和国家有关规定分别情况与业主商定辐照装置的具体构成:

6.3 设计计算

γ 辐照装置的屏蔽防护、通风及重要部件,应根据现有标准及出版物中的适当有效的经验证的计算方法进行计算。计算结果应在设计文件中加以说明。计算书应在设计单位妥善保存,以备复校时参考。

6.4 设计要求

6.4.1 联锁要求

γ 辐照装置必须设有功能齐全,性能可靠的安全联锁系统,对控制区,特别是出入口、源操作系统、辐照物输送系统等进行有效监控和联锁:

6.4.2 钥匙控制

放射源升降机开关、辐照室人员通道门和货物通道门的开关必须采用独立多用途钥匙或多个钥匙串结一起,这一把或一串钥匙还必须与一台有效的便携式辐射检测报警仪相连。该钥匙必须保证只有值班长或安全员才能使用。

在辐照室人员入口处应设一小校验源,例如0.37 MBq的铯-137源,安装位置应在距地面1.5 m以上。操作人员进入辐照室之前应用校验源检查剂量仪表是否正常。

6.4.3 安全设施

按照4.1.3的规定设置下列安全设施:

a) 设灯光音响信号装置,用于升源前对辐照室内外人员的警示;

- b) 在辐照室内设紧急降源和开门按钮,避免受照事故的发生;
- c) 设钴源升降与出入口门和光电联锁系统,防止人员误入辐照室而受照射;
- d) 设停电自动降源系统,避免因停电导致各监控仪表失灵而引发照射事故;
- e) 设源架迫降系统,以便在升降源发生某种故障时,使源架得以解脱;
- f) 设贮源井水位监测报警与补给系统,避免因贮源井水位下降引起辐照室内辐射剂量水平上升;
- g) 辐照室进出口、进排风口与穿墙电缆管道等处应采取相应的防止射线泄漏措施;
- h) 辐照室各可拆式屏蔽塞包括装源用屏蔽塞必须与中心控制系统联锁,以便在防护塞被卸下的情况下不能进行升源操作。

6.4.4 防火要求

辐照室内和操作区域按一级防火设计,并应设有火灾报警装置,遇有火灾险情能及时发现、报警、停机,辐射源自动降至安全位置,并能及时采取有效灭火措施。

6.4.5 供电要求

γ 辐照装置必须保证正常供电。装置运行中,当停电时间超过 10 s(不论是正常还是事故),源架必须能够自动降至安全位置,装置自动停机。辐照装置应设有必要的事故电源,当事故停电时,对监测仪表和安全联锁装置的供电时间应保证不少于 30 min,以确保安全。

6.4.6 抗震要求

在可能发生严重破坏地震地区建造 γ 辐照装置,必须设有抗震预防措施。一旦发生这种严重地震时,确保屏蔽体的完整性,确保贮源井不泄漏,确保放射源能安全回到贮存位置。

6.4.7 通风系统

根据设计装源量和辐照室空间大小,确定进排风量,以保证辐照室内臭氧及氮氧化物在空气中的浓度低于 TJ36—79 的规定值。大于 0.37 PBq(1 万居里)的干法贮源的 γ 辐照装置,贮源井必须考虑通风散热措施。

排风烟囱的高度应根据国标 GB 3095—1996 的规定,有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。

6.4.8 水处理系统

所有湿法贮源的 γ 辐照装置都应按附录 A6 的要求设置水处理系统,以确保贮源井水水质要求,37 PBq(100 万居里)以上的辐照装置还必须设置冷却系统。

6.4.9 其他辅助系统

为确保装置的操作方便和安全, γ 辐照装置应设电视观察系统和其他辅助系统。

6.5 设计文件

6.5.1 设计文件内容

γ 辐照装置的设计单位应向业主提交下列技术文件:

- a) 工艺、剂量及防护等设计说明书及图纸;
- b) 主要设备选型及配置说明书;
- c) 设备安装操作、维修说明书及备件图纸;
- d) 建筑结构图纸及说明书;
- e) 电气、自控图纸及说明书;
- f) 通风系统图纸及说明书;
- g) 给排水及水处理系统图纸及说明书。

6.5.2 设计文件的修改

设计文件提出后,一般不得修改。当必须修改时,需由设计单位提出修改通知单。

业主及业主委托的单位提出修改要求时,应经设计单位同意,通过协商由指定单位提出修改通知单,由设计单位签字。对安全有重大影响的修改,必须经安全主管部门审批。

修改通知单应与原有图纸资料共同存档。

7 工程施工及质量监督

7.1 施工单位应具有国家颁发的乙级以上施工证书。

7.2 施工单位应严格按设计单位提供的施工图进行施工。有关变更应有设计单位提出的修改通知单和设计人员的签字。施工单位不得擅自更改图纸。

7.3 施工要求

γ 辐照装置需要厚混凝土墙作屏蔽防护,结构较复杂,并需远距离控制;防护墙内有大量的镶入预埋件。施工时应注意下列内容:

a) 严格按设计要求,做好施工准备(含必要的实验);

b) 辐照室浇灌混凝土前,各种预埋件要准确地固定在所要求的位置上,并经监理人员书面认可后,方允许浇灌;

c) 辐照室的混凝土墙体从 -0.30 到 $+2.00$ m处不得留施工缝,应连续分层浇灌,并要振捣密实,不得留下死角,尤其在镶入件处更要加强振捣,以免防护墙出现蜂窝、空洞、麻面和贯穿裂缝等缺陷;

d) 要求施工缝为锯齿形或多级台阶形,进行第二次浇灌时,应严格清理表面脏物,保证新旧结合牢固无裂缝;

e) 贮源井的施工要严格按图纸的要求进行,可根据地质条件采用不同的施工方法,如沉井或大开挖方式。做好防水层,使其达到密封要求;

f) 混凝土比重、强度要先做试块,一般比重不低于 2.3 g/cm^3 ;墙身混凝土标号不低于150号,基础混凝土不低于200号。

7.4 质量监督

除施工单位的质检人员随时进行质量检查监督外,建设单位必须有施工监理人员进行现场质量监督和检查,并作详细记录。

8 设备制造

8.1 制造单位资格

γ 辐照装置工艺设备的制造应由具备相应资格并持有许可证的单位承担。

8.2 设备制造的依据

8.2.1 设备制造应以设备施工图为依据。

8.2.2 设备施工图的修改应由设计单位按质保程序进行。

8.3 材料及元器件

8.3.1 制造设备的材料和用于设备的元器件,应符合相应标准及设计技术文件的规定,并具有质量合格证书。

8.3.2 对设备所用元器件应经逐件检验或试验合格后方可采用。

8.4 加工制造

8.4.1 机械加工表面和非机械加工表面未注公差尺寸的极限偏差,分别按GB/T 1804—92规定的GB 1804-m级和GB 1804-c级公差等级。

8.4.2 钢材表面应避免机械损伤,对明显的尖锐伤痕应进行修磨,使其圆滑过渡。修磨深度不得超过原有厚度的10%。

8.4.3 焊接

8.4.3.1 设备构件的焊接必须由考试合格的焊工担任。

8.4.3.2 重要或结构复杂的焊接件,应根据图样的要求及制造单位评定合格的焊接工艺,制定出焊接工艺规程。焊工必须严格遵守该规程。

8.4.3.3 焊接表面的外观应符合以下要求：

a) 焊缝和热影响区表面不得有裂纹、气孔、孤坑和夹渣等缺陷。焊缝上的熔渣和两侧的飞溅物必须清除干净；

b) 焊缝咬边深度不得大于母材厚度的 10%，咬边连续长度不得大于 50 mm，焊缝两侧咬边的总长度不得超过该焊缝长度的 10%；

c) 焊缝与母材应圆滑过渡，且无明显的不规则形状；

d) 对接焊缝修磨后的厚度应不小于母材的厚度。

8.4.4 源井不锈钢复面的加工制造

8.4.4.1 拼接复面中的最小钢板幅面不得小于整张钢板之半(边缘处除外)，且整张钢板不得少于井复面总面积的 60%。

8.4.4.2 复面的拼接不得出现“十字形”焊缝。

8.4.4.3 钢板对接的错边量应小于 0.5 mm。对接焊缝应保证焊透。

8.4.4.4 复面盛水的一侧，表面应光洁，焊缝应修磨光滑。必要时可采取整体抛光处理。

8.4.4.5 井复面安装就位并焊接为一体后，应符合以下规定：

a) 平面度允差：每平方米为 2.5 mm，任一平面为 15 mm；

b) 垂直度允差：任意二相邻平面之间为 2：1000。

8.4.4.6 复面的焊缝必须进行 100% 的探漏检查，并提交检验报告。探漏可采用煤油渗漏试验或其他检查方法。

8.5 检验和验收

8.5.1 设备制造的质量检验由制造厂的专门机构和人员负责。在设备制造过程中应分阶段对零部件及整机的加工质量和装配质量进行检验。质量检验以设计图样及其技术要求为依据。

8.5.2 设备出厂前，由订货方在制造厂进行交货验收。主要包括以下内容：

a) 设备的结构、规格和材料是否符合设计图样的规定；

b) 交付的实物是否与包装清单(发货明细表)相符合；

c) 设备包装和装载方式是否符合订货合同的规定和安全运输的要求。

8.5.3 设备在现场安装、调试合格后，由用户进行设备验收。主要包括以下内容：

a) 设备安装是否符合安装技术要求的规定；

b) 设备启动和运转是否正常；

c) 设备功能和技术参数是否满足设计标准与使用要求。

8.6 标志、包装和运输

8.6.1 标志

标志分为设备铭牌和指示标牌。国内销售产品标志使用中文，出口产品使用英文或中英文兼用。

8.6.1.1 设备铭牌

在主要设备的适当位置应有以下内容的铭牌：

a) 设备名称、型号；

b) 设计单位名称；

c) 制造单位名称；

d) 出厂日期。

8.6.1.2 指示标牌

设备中的显示仪表、警示信号、开关、操作按钮、指示灯等均须有说明其显示内容或操作对象的标牌或文字标志。

8.6.2 技术文件

随设备提交用户的技术文件应包括下列内容：

- a) 主要设备的操作、维修说明书;
- b) 包装清单(发货明细表);
- c) 出厂检验合格证。

8.6.3 包装

8.6.3.1 除设计技术文件中对包装要求有具体规定者外,设备出厂时由制造厂决定以整机或零部件形式进行包装。

8.6.3.2 对不同设备和机件,可根据运输方式分别采取裸装、包扎、空格箱或暗箱等不同的包装形式。但不论何种包装均应保证产品在运输过程中不受损伤。尤其对易损件的包装必须保证其在正常装运中的安全。

8.6.3.3 每件包装物均应标志总件数和件号。在裸装或包扎件上无法书写时,可采用薄铁皮或塑料标签固定在适当部位。

必要时还应作其他标志,如“小心轻放”、“不准倒置”、“防潮”等。

设备如系铁路运输或航运,还需注明发货站(港)、到货站(港)和发货单位、收货单位等发货标志。

8.6.4 运输

8.6.4.1 运输方式由订货方决定并在订货合同中注明。

8.6.4.2 如系公路运输,应注意包装件的合理装载,并采取必要的固定及其他保护措施,以防止运输中造成机械损伤或锈蚀。

9 设备安装和试运行

9.1 设备安装调试

9.1.1 设备安装应由具备相应资格并持有许可证的单位承担。

9.1.2 设备安装以设备安装文件或设备施工图及有关资料为依据。

9.1.3 设备安装前应逐一检查相关的预埋件和镶入件,确认符合要求后,方可进行安装。对于不符合项的处理,应经业主和设计单位认可。

9.1.4 设备安装后,由设计和制造单位按设计单位编制的调试大纲对各系统分别进行单独调试。单调合格后进行综合调试。

9.1.5 综合调试的通过标准为装置重载模拟运行 48 h,运行率不低于 95%。运行率按下式计算:

$$\text{运行率} = \frac{48 - t}{48} \times 100\%$$

式中: t ——各类故障引起停车时间的总和, h。

9.2 装载放射源

9.2.1 装载放射源必须在装置综合调试合格后进行。

9.2.2 装载放射源应在安全防护主管部门监督下,由使用单位组织实施。

9.2.3 使用单位应事先制定装载放射源操作细则,并经安全防护主管部门审核认可。

9.2.4 操作人员在装源前应以模拟源棒进行装源操作训练,并达到熟练程度。

9.2.5 吊装源罐前应严格检查吊车和吊具,并试吊与源罐质量相当的重物加以检验。

9.2.6 放射源装载后,应仔细检查源棒就位情况及源架状态。只有在确认源棒就位准确,且源架处在安全状态后方可进行升源操作。

9.3 剂量测试

9.3.1 辐射场与产品的剂量分布测试应在放射源装载后,装置投入运行前进行。

9.3.2 剂量分布测试由国家主管部门授权的单位按 JJG 591—1989 进行,并签发计量检定证书。

9.3.3 当装载源的源强和排列有变化时,必须重新测试辐射场与产品的剂量分布。

9.3.4 装源后在升源工况下,应分区进行辐射安全剂量测试,以评价屏蔽防护效果。本项测试应由安全

防护主管部门授权的单位承担,并提交测试报告,由主管部门签发证书。

9.4 试运行

9.4.1 辐照装置试运行应在综合调试合格、装源和剂量测试后并取得国家有关主管部门的许可证,或认可后方可进行。

9.4.2 使用单位应制定试运行操作规程并组织实施。

9.4.3 试运行中,操作人员应作好各项记录,作为工程验收的评价依据。

10 γ 辐照装置的验收

γ 辐照装置建成后,应由上级主管部门会同有关部门对装置进行验收。

10.1 验收程序

a) 由使用单位和设计单位联合检查试车,试运行一段时间确认 γ 辐照装置符合本标准之规定后,由业主向主管部门提出验收申请;

b) 有关主管部门进行各项测试后,提供测试报告并签发“许可证”;

c) 运行人员(包括操作和管理)应取得上岗合格证;

d) 由主管单位组织审查文件,实地分项检查并通过工程验收报告。

10.2 验收项目

a) 土建工程;

b) 设备综合试车;

c) 安全测试;

d) 工程概预算。

10.3 验收文件

a) 工程项目立项文件;

b) 设计任务书;

c) 设计图纸文件;

d) 竣工报告;

e) 试运行工况报告;

f) 安全测试报告;

g) 剂量场测试报告;

h) 操作规程及安全规章制度;

i) 工程决算报告;

j) 工程验收报告。

11 γ 辐照装置的运行

11.1 运营单位和运行人员的责任及资格

11.1.1 运营单位必须要有相应管理或监督机构颁发的使用放射源的许可证。

11.1.2 运营单位必须能按照许可证条件熟悉和保证装置的安全运行。

11.1.3 运营单位要配备 1~2 名具有资格的人员,负责辐照装置在使用和运行过程中的安全。他必须具有以下技能:

a) 受过理论培训,对所从事工作的电离辐射特性具有必要的知识;

b) 熟悉设备结构性能并对处理事故的应急措施有比较透彻的了解;

c) 了解并掌握国家及有关主管部门颁发的有关规定和装置的操作规程。

11.1.4 运行人员应由身体健康,并经相应的管理及监督部门批准,取得上岗许可证的人担任。

11.1.5 运行人员必须熟悉 γ 辐照装置的基本结构、运行和保养,辐射防护的原则和实际操作;正常运

行和应急运行的操作规程;管理和监督机构的管理条例等。

11.1.6 运行人员必须了解辐照室周围地区的剂量水平。应熟悉区域内的安全设施,例如:联锁系统各种锁、各类信号的位置、警告灯光、声光信号和可见标志等。

11.1.7 运行人员应熟悉所用的放射性监测仪表以及管理部门对个人剂量监测的要求。

11.1.8 运行人员必须具备能操作放射源和相关设备的能力,并具有运行日志记录能力。

11.1.9 运行人员还应了解应急联络渠道和方式。

11.2 人员培训

所有从事电离辐射工作的人员都应经过培训,以便他们能按照放射性工作条例的要求进行工作。

11.2.1 操作辐照装置的人员必须接受下列教育:

- a) 辐射防护基础知识;
- b) 国家的有关法规;
- c) 辐射加工基本知识;
- d) 辐射剂量学基本知识;
- e) 辐照装置的安全系统、警告标志和符号;
- f) 辐照装置的组成部分、结构性能及操作程序;
- g) 辐照装置的安全运行管理,事故处理程序及应急措施。

11.2.2 运行人员经过培训,并具备操作及事故处理能力后才能允许其在控制台独立操作。

11.2.3 单位主管定期对运行人员的安全表现进行检查和评议,以保证法规、许可证条件、操作及事故处理程序的遵守,并进行安全教育。检查内容包括:

- a) 应用于辐照装置的辐射防护基础知识;
- b) 国家法规中的有关要求;
- c) 运行人员个人所应完成的操作与事故处理程序;
- d) 辐照装置中曾出现的问题及事故情况记载;
- e) 运行人员有关安全方面的表现;
- f) 装置检查和维修的有关结果。

11.3 运行记录

每个运行人员在值班时,应按照规定完成运行日志的记录。日志应详细记录辐照装置的重要活动事项,一般包括下列内容:

- a) 运行工况;
- b) 发生的故障及排除方法;
- c) 辐照产品的情况;
- d) 外来人员进入辐照室佩带的个人剂量计的读数;
- e) 维修;
- f) 其他。

11.4 放射源的增加和更换

由于放射源的活度随着时间的增加而衰减,为了保持一定的生产能力,需要定期补充放射源。补充时为保持剂量均匀度,源架上的源要重新排列。

放射源使用期满后,为保证安全,应将其运走,以便进行控制性处理。这项工作可由源的供应商来完成,也可由用户直接与贮存废源单位联系,进行处理。

11.5 定期检查和维修

为了保证辐照装置的连续安全运行,必须制定维修和检查计划,并认真实施。

11.5.1 检查和维修应由受过培训和具有一定技术水平的人员进行。

11.5.2 定期检查和维修的主要项目:

- a) 控制系统的使用性能;
- b) 源位置指示器的功能;
- c) 源升降系统的功能和缆绳磨损情况;
- d) 源罩定位情况;
- e) 产品输送系统;
- f) 安全联锁系统的使用功能;
- g) 池水的放射性和电导率;
- h) 池水补给系统的使用性能;
- i) 烟雾报警的使用性能;
- j) 固定式和便携式辐射监测仪表;
- k) 周围环境的监测;
- l) 通风系统和其他。

11.5.3 检查和维修可按项目以每周、每月或每半年检修一次。

11.5.4 检查中发现故障或缺陷应及时排除并作记录,否则辐照装置不许运行。

11.6 事故处理与应急响应计划

11.6.1 为保证所有人员了解事故危害并熟悉应急响应的各项要求,要预先编制事故处理的应急响应计划,一旦发生事故,能立即按应急规程进行操作,避免事故进一步扩大。

11.6.2 事故发生后,必须:

- a) 尽量限制个人和集体的受照剂量;
- b) 控制事态发展,尽量采取措施以使厂区恢复正常工况;
- c) 对伤员及超剂量受照人员分别进行处理和救治。

11.6.3 任何事故都必须如实记录,按照规定向主管部门报告,以便主管部门对事故情况进行调查和评价。

11.6.4 源损坏和泄漏的处理

确认放射源已发生泄漏,应立即停止使用辐照装置,并关闭水循环系统和通风系统,以防止污染扩散。同时要尽快上报有关管理和监督部门,并与放射源的供应商和制造厂取得联系,迅速采取处理措施。

破损源及污染物应经有关管理和监督部门的批准,才能进行处理。

11.6.5 放射源提升系统及产品箱卡阻源架等事故的处理

应按下列方式进行处理:

- a) 应保持辐照室的出入口门处于受控状态;
- b) 通过分析、检查其外部指示器和剂量率的测量,确定放射源的位置;
- c) 应根据辐照的产品情况,采取相应的措施,如加大通风量,防止因照射时间过长而导致产品过热燃烧;
- d) 制定补救行动计划时要根据收集到的有关事故原因,制定采用放射源源架迫降机构、采用特殊工具、使用遥控装置或采用附加移动式屏蔽组件等措施进行处理的各种方案,并提出对处理事故的工作人员进行剂量监督的方案;
- e) 应当按照规定报告上级主管部门,必要时通知设计单位和制造厂。补救措施要经有关部门批准,方可行动。

11.7 日常管理和监督

为保证装置安全运行应对操作人员进行严格管理和监督。

11.7.1 要建立强有力的管理体制,明确规定各岗位职责、机构管理程序和适合各级人员的培训制度。在运行程序中要列出有关工种人员的姓名和职责。

11.7.2 建立持证上岗的严格管理制度和相应的培训制度。

11.7.3 操作人员必须佩带适用的个人剂量计,并保存好剂量记录。

11.7.4 做好装置运行日志的记录。记录应包括所完成的辐照产品的有关情况,装置的运行状况,故障和维修的细节。

11.7.5 外来人员一般不应进入辐照室和控制室。确有必要进入的一定要进行逐个登记,并有专人带领,按照进出辐照室的有关规定办理。

11.7.6 对装置进行改进或对某些参数进行修改,须经专家论证上报主管部门批准后才能进行。对所有改动必须详细准确地加以记录,并对记录作永久性保存。

11.7.7 接受国家有关部门授权的单位或个人持证依法对 γ 辐照装置进行日常监督。

12 退役

12.1 强制退役

因年久失修或不符合本标准和有关安全规定且无法改造的 γ 辐照装置应强制其退役。 γ 辐照装置退役,须由业主向主管部门申请,提出退役计划和措施,得到批准后方可实施。在有关部门的监督下做好放射源的转移和回收,作好设备、井水、水池的去污、清洗等工作。经测定达到安全水平无危害后方可进行封存或拆除,并记录存档。

12.2 放射源的退役

达到使用寿命期的放射源应及时退役,延长使用应进行必要的检验和专家评估并经有关部门批准。退役的放射源应按 11.4 的规定处理。

12.3 标识

被强制退役而未办退役手续的 γ 辐照装置,该地不得用于新建其他房产和设施,并应在显著位置做出标志和记录存档并加强管理。

附录 A

(标准的附录)

γ 辐照装置的组成部分

A1 密封放射源

A1.1 钴-60 放射源

辐照加工用钴-60 放射源采用双层不锈钢包壳密封。它具有生产容易、运输操作和使用方便、γ 射线能量高、半衰期长、价格便宜等优点,是目前辐照加工中使用最多的一种放射性同位素。使用寿命为 10~15a。

钴-60 放射源的半衰期为 5.27a,γ 射线的平均能量为 1.25 MeV,比活度一般为 0.74TBq/g~4.44 TBq/g(20Ci/g~120Ci/g)。

钴-60 放射源的安全性能和质量,应符合国家标准 GB 4076—83 和 GB 7465—94 的要求,且必须具有相应的证明文件。

A1.2 铯-137 放射源

铯-137 放射源也是辐照加工中使用较多的一种放射性同位素,它的半衰期为 30.17a,γ 光子的能量为 0.6616 MeV,比活度一般为 0.925 TBq(25Ci)/g。

作为铯-137 放射源的氯化铯在水中是高度可溶的,故不推荐使用在湿法贮源的 γ 辐照装置中。

A1.3 其他放射源

反应堆乏燃料也可以做工业辐照加工用放射源。这种源不能用于食品辐照处理。

A2 放射源的操作系统

A2.1 源架

源架是为盛载和布置放射源以形成特定辐射场的专用设备。一般采用不锈钢材料制造。源架因辐照装置的规模、用途或辐照工艺的不同而采用不同的结构型式和尺寸。

A2.1.1 类型

常用的源架有以下几种类型:

a) 线源

单根棒状放射源或排列成一条直线的多根放射源,垂直装载在源架的中心位置,形成“线状”源。线源仅用于装源量较小的辐照装置。

b) 筒状源

若干条线状放射源等距离垂直装载在以源架中心线为轴线的圆柱面上,形成“筒状”源。筒状源的装源量一般比线源大,但也只用于规模不大的辐照装置。

c) 单板源

将若干放射源按垂直或水平方向有序地装载在一个平板式的源架上,形成“板状”源。板源的容量可以很大,一般用于大型辐照装置。

d) 双板源

装置中同时使用以一定间距平行放置的两块板源,称为“双板源”。双板源也用于大型辐照装置。

A2.1.2 对源架的基本要求

- a) 放射源在源架上的装载安全可靠;
- b) 放射源的装卸方便易行;
- c) 保证放射源不受机械损伤;

d) 提出水面后能迅速排空积水。

A2.1.3 源架保护

为了保护源架的安全,应设有防止货物碰撞的保护装置。

A2.2 源升降机

源升降机是牵引源架使之在井下存放位置和井上工作位置之间做升降运动的机械设备。

A2.2.1 类型

按驱动方式,源升降机有电动、液压和气动三种类型。

A2.2.2 功能

- a) 源架在井下存放位置和井上工作位置的定位;
- b) 源架位置指示;
- c) 驱动系统的过力矩保护;
- d) 断电自动降源;
- e) 源架迫降;
- f) 建立以升降源为中心的安全联锁。

A2.3 长杆工具

长杆工具是用于源井内进行水下操作的手动工具。一般包括长杆夹钳、长杆钩和长杆水下照明灯等。

设计长杆工具时,应注意以下事项:

- a) 用于制造长杆的材料,其密度不得小于 1 g/cm^3 ;
- b) 长杆工具的首端和末端均应设有不小于 10 mm 的进水孔和排气孔。

A2.4 放射源的运输容器

是用来运输或当检修需要时暂时存放放射源的容器。一般用铅或贫铀等重金属作屏蔽材料。运输容器必须符合 GB 11806 的要求。

A3 剂量测量系统

A3.1 辐射安全监测

- a) 设固定式 γ 辐射剂量监测设备,用于监测放射源处于贮存或照射状态,以灯光和音响形式显示;
- b) 设贮源井水位和井水放射性污染监测设备,用以保证水层屏蔽厚度和井水的清洁。

A3.2 个人剂量测量

配备个人剂量计和剂量报警器,用于记录正常运行个人累积剂量值及避免工作人员受照。

A3.3 环境剂量监测

配备便携式剂量监测仪,用于进行工作场所和外部环境的剂量监测。

A3.4 吸收剂量监测

配备工艺剂量测量实验室,用于进行辐照场与产品吸收剂量的监测。

A4 辐照室

A4.1 屏蔽体

为了将强辐射减小到公众可以接受的水平,采用混凝土、铁、铅、贫铀等重材质构成阻挡辐射的屏蔽即屏蔽体。在设计最大装源量的前提下,屏蔽体外剂量率不应超过 $2.5 \mu \text{ Sv/h}$ 。

A4.2 迷道

在辐照室设计中采用迷宫式出入口,可以有效地减少出入口处的辐射水平,从出入口到辐照室所经过的曲折通道就构成迷道。在设计最大装源量的前提下,迷道口处的剂量率不应超过 $2.5 \mu \text{ Sv/h}$ 。

A4.3 干法贮源室

在辐照室内设置干式贮源井或贮源容器,放射源在非照射状态时应退到井下或容器内。

A4.4 湿法贮源水池

在辐照室内设一深水井,源在非照射状态时应降入水井下,以达到屏蔽目的并可在其中完成装换放射源操作。

A4.5 检修用贮源室

在检修 γ 辐照装置、贮源井和容器时,必须首先移走放射源,为此设计了各种形式的检修用源室,如湿法贮源井下的副井,就是在水井下设置的小防护井。也可以将源转移到专门的容器内。另外还可有特殊的倒源室,以满足运输容器与源架之间的倒装。

A5 辐照物输送系统

A5.1 过源机械系统

产品在辐照室内围绕源运行的传输机械设备。通常采用有气缸推动转运箱的辊道输送系统;单轨悬挂输送系统及积放式悬挂输送系统。

A5.2 迷道输送系统

将产品从操作间(装卸料间)向辐照室转运时通过迷道的输送机械。

A5.3 装卸料操作机械

将需要辐照的产品装至迷道输送机上,并将已辐照过的产品从迷道输送机上卸下的机械设备。

A6 水处理系统

湿法贮源 γ 辐照装置,要求贮源井水的电导率 $1\sim 10\ \mu\text{S}/\text{cm}$,氯(Cl^-)离子含量不大于 1×10^{-6} ,pH值为 $5.5\sim 8.5$ 。

工业 γ 辐照装置应设水处理系统。水处理系统应采用核级离子交换树脂,且可作为应急时的污染水处理。

A7 通风系统

γ 辐照装置必须设通风系统,使辐照室内产生负压以保证空气中有害气体的含量在TJ36规定的允许范围内(其中臭氧的浓度不超过 $0.3\ \text{mg}/\text{m}^3$),且不会外泄至辐照室外。每当停止辐照后须继续通风5 min才允许人员进入辐照室。

A8 安全联锁系统

安全联锁系统是为了防止运行人员和其他人员误入辐照室受到伤害和过量辐射照射,防止或限制对设施的损害,并对产品的剂量控制在预定范围内的设施。一些安全设施是正常运行所必需的,如人员和货物的进出口门与放射源的联锁控制、防止人员误入的光电装置及踏板开关、紧急降源拉线开关和按钮等;另一些是给出报警或警告指示的,以引起对不正常的但并不是有害状态的注意;其余的是故障指示器,警告运行人员有严重问题存在,同时自动执行规定的动作,如将放射源返回屏蔽位置,以防止人员进入辐照室等。

安全联锁系统主要使用程序控制的机电器件;各种显示屏及指示器、传感器;定时器件及辐射监测仪表等。

A9 控制系统(含迷道进出口的控制)

控制系统主要是在辐照加工过程中按工艺要求完成各种工况下生产过程中的控制,并确保操作人员的人身安全和产品质量。也就是说,该系统必须设计成在任何企图先取或提供超出程序控制系统所安排的操作都将自动地紧急停止已经进行的运行。

A10 观察系统

在运行中或发生事故时,为了能直观观察辐照室内的情况, γ 辐照装置应设有电视观察系统或反光镜观察系统。

附 录 B

(提示的附录)

γ 辐照装置的分类

B1 固定源室湿法贮源 γ 辐照装置

是一种可以控制人员进入的辐照装置,其放射源被放在水井内,在不使用时,源是被充分屏蔽的,使用时,源被提升到辐照空间,此时,借助于入口控制系统,使人员不能进入该辐照空间。

这种装置的设计一般包括以下部分:

- a) 放射源必须有双层不锈钢包壳,贮存于水井中,其外壳不应有明显的腐蚀;
- b) 根据安全防护要求设计屏蔽体及贮源水井;
- c) 放射源源架及其传动系统,源的安全保护机构;
- d) 安全联锁系统,声光报警信号系统及标志;
- e) 控制系统;
- f) 剂量监测系统(包括辐照室的剂量监测、个人及产品的剂量监测);
- g) 通风及水处理系统;
- h) 装换源的操作工具;
- i) 产品定位及其输送系统(视业主要求设计);
- j) 观察系统及其他辅助系统(视业主要求设计)。

B2 固定源室干法贮源 γ 辐照装置(装源量一般在 1.85 PBq 以下)

是一种可以控制人员进入的辐照装置。其放射源装在由坚密材料(例如铅金属)构成的干容器内。在不使用时,源是充分被屏蔽的;使用时,被提升到辐照空间,此时,借助于入口控制系统,使人员不能进入该辐照空间。

这种装置的设计一般包括以下部分:

- a) 放射源必须有双层不锈钢包壳;
- b) 根据安全防护要求设计屏蔽体及贮源容器;
- c) 放射源源架及其传动系统,源的安全保护机构;
- d) 安全联锁系统,声光报警信号系统及标志;
- e) 控制系统;
- f) 剂量监测系统(包括辐照室的剂量监测、个人及产品的剂量监测);
- g) 通风系统;
- h) 装换源的操作工具;
- i) 产品定位及其输送系统(视业主要求设计);
- j) 观察系统及其他辅助系统(视业主要求设计)。

B3 自屏蔽式干法贮源辐照装置(装源量一般在 1.85 PBq 以下)

此类辐照装置的放射源完全封闭在一个用固体材料制成的干容器内,并且处于屏蔽状态。辐照室的

结构和体积设计成使人员不可能接近放射源,也不可能进入正在辐照的空间。

这种装置的设计一般包括以下部分:

- a) 放射源必须有双层不锈钢包壳;
- b) 根据安全防护要求设计屏蔽体;
- c) 放射源源架及其传动系统;
- d) 声光报警信号系统及标志;
- e) 控制按钮;
- f) 产品定位机构;
- g) 通风及剂量监测系统。

B4 静态分批辐照 γ 辐照装置

这一种辐照装置类似于附录 B1 或 B2,但不设产品输送系统。其放射源被放在充水的贮存水井或干容器内,在不使用时,源是充分屏蔽的,此时可将产品由人工搬运到辐照源周围适当的地方,人员退出后,安全系统投入,再将源提升到辐照空间。此时借助于入口控制系统,使人员不能进入辐照空间。当产品辐照完毕后,将源降至安全贮存位置,人员才能进入辐照室搬出货物再换一批。由于运行人员频繁出入辐照室对安全联锁系统要求更安全更可靠。

B5 可移动式 γ 辐照装置

将自屏蔽式辐照装置固定在大的平板车上,可用拖车将其拉到需要使用或产品集散地的辐照装置。这种装置的设计一般包括以下部分:

- a) 放射源必须有双层不锈钢包壳;
- b) 根据安全防护要求设计足够厚的屏蔽体及贮源容器;
- c) 放射源源架及其传动系统,源的安全保护机构;
- d) 安全联锁系统,声光报警信号系统及标志;
- e) 控制系统;
- f) 剂量监测系统(包括辐照室的剂量监测、个人及产品的剂量监测);
- g) 通风系统;
- h) 装换源的操作工具;
- i) 产品定位及其输送系统(视业主要求设计);
- j) 装置的运载车。