



中华人民共和国国家标准

GB/T 17568—2019
代替 GB 17568—2008

γ 辐照装置设计建造和使用规范

Specifications for design construction and use of gamma irradiation facilities

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB 17568—2008《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》，与 GB 17568—2008 相比，主要技术变化如下：

- 引用文件中删除了“JJG 591 γ 射线辐射源(辐射加工用)检定规程”，增加了“GBZ 128—2016 职业性外照射个人监测规范”；
- 术语和定义中增加了“运行鉴定”，修改了“加工能力”，删除了“(电离)辐射”“密封放射源”“辐射源”“放射源”“吸收剂量”“高辐射区”；
- 总则中删除了“4.1.1 许可”“4.2.1 辐射防护管理规定”“4.4 运行管理规定”和“4.6 责任”；修正了 4.3.3 关于测点位置的规定；删除了 4.5.2 关于为选址、设计等所有活动制定质量保证大纲的规定；增加了 4.3.4 放射性物质污染限值；
- 选址要求中删除了“5.2 厂址的确定”；
- 删除了“6.4.2 可编程电子系统”；对原“6.4.3 安全设施”重新进行梳理、细化，补充了水处理装置的剂量监测要求、货物输送系统与源升降机构联锁等；增加了防止卡源及应对措施条款；
- 删除了“7.2.6 混凝土的密度、强度要按设计图纸要求先做试块，合格后方可使用”；
- 删除了 9.1.1、9.2.1、9.2.3、9.2.4、9.2.5 和 9.4 等设备安装和试运行的相关管理要求；新增了“运行鉴定”条款；
- 删除了“10.1 验收程序”；
- 对 11.1 进行了简化、并将“11.2 运行人员资格”部分内容与 11.1 合并；删除了“11.3 人员培训”“11.5 放射源的增加和更换”；细化了“定期检查和维修”的内容；
- 重新编制了“辐射事故应急要求”；
- 附录 A 对各个系统依据其重要程度重新编排了章条号；附录 B 进行了简化。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国核能标准化技术委员会(SAC/TC 58)提出并归口。

本标准起草单位：中国同辐股份有限公司、环境保护部核与辐射安全中心、核工业标准化研究所。

本标准主要起草人：刘戈、陈栋梁、吴勤良、王晓涛、巴彦峰、周晓剑、宋露莹。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB 17568—1998、GB 17568—2008。

γ 辐照装置设计建造和使用规范

1 范围

本标准规定了 γ 辐照装置选址、设计、建造、运行和退役过程中的技术要求。
本标准适用于⁶⁰Co 放射源及其他放射源的 γ 辐照装置。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB 3095 环境空气质量标准
- GB/T 7465 高活度钴 60 密封放射源
- GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GBZ 2.1—2017 工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素
- GBZ 128—2016 职业性外照射个人监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

辐射加工 radiation processing
电离辐射(射线)作用于被照射物质,使其品质或性能得以改善的一种工艺过程。

3.2

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。

3.3

加工能力 throughput
在产品的某一装载密度及要求的最小吸收剂量条件下,辐照装置在单位时间内处理的物料量。
注:加工能力的单位是 m³/h。实际应用中,一般采用标准加工能力衡量辐照装置的产能。

3.4

标准加工能力 standard throughput
采用活度为 3.7×10¹⁶ Bq(100 万 Ci)⁶⁰Co 作为放射源,产品密度为 0.2 g/cm³,最小吸收剂量为 25 kGy,辐照箱容积利用率为 100%的条件下,辐照装置每小时处理产品的体积。
注:标准加工能力单位为 m³/h。

3.5

剂量不均匀度 dose uniformity ratio
U
每一辐照单元的产品中最大与最小吸收剂量之比。

$$U = D_{\max} / D_{\min} \circ$$

3.6

控制区 controlled area

对辐射工作场所划分的一种区域,在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施,以便:

- a) 在正常工作条件下控制正常照射或防止污染扩散;
- b) 防止潜在照射或限制其程度。

注: γ 辐照装置的辐照室、迷道为控制区。

3.7

监督区 supervised area

未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

注: 操作区域、控制室、通风间、设备间、水处理间等区域皆为监督区。

3.8

运行鉴定 operational qualification; OQ

获得证据,证明按照设备运行程序使用设备时,已安装的设备是在预定范围内运行,并形成文件化的过程。

4 总则

4.1 装置的组成和分类

γ 辐照装置的组成见附录 A,分类参见附录 B。

4.2 装置安全要求

4.2.1 安全原则

4.2.1.1 纵深防御

应对源采取与其潜在照射的大小和可能性相适应的多层防护与安全措施(即纵深防御),以确保当某一层级的防御措施失效时,可由下一层级的防御措施予以弥补或纠正,达到:

- a) 防止可能引起照射的事故;
- b) 减轻可能发生的任何这类事故的后果;
- c) 在任何这类事故之后,将源恢复到安全状态。

4.2.1.2 冗余性

采用的物项应多于为完成某一安全功能所必需的最少数目的物项,保证运行过程中万一某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能。例如人员入口设置 3 道以上防人误入连锁。

4.2.1.3 多元性

多元性能够提高装置的安全可靠性,可以降低共因故障,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。

4.2.1.4 独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时,不会造成其他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) 保证纵深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;
- d) 保证安全重要物项和非安全重要物项之间的独立性。

4.2.2 安全标识

在 γ 辐照装置厂房入口处和其他必要的地方,应设有电离辐射警告标志。电离辐射警告标志应按 GB 18871—2002 附录 F 中的图 F2 所示。

4.3 辐射防护准则

4.3.1 实践的正当性

γ 辐照装置的建设立项,应进行正当性分析,以确定该项目的正当性。

4.3.2 防护与安全的最优化

γ 辐照装置的设计和建造应在考虑社会和经济因素之后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平,即 ALARA 原则。

4.3.3 个人剂量控制

4.3.3.1 个人剂量限制

个人剂量限制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) 职业照射
 - 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可做任何追溯性平均),20 mSv;
 - 任何一年中的有效剂量,50 mSv;
- b) 公众照射
 - 年有效剂量,1 mSv;
 - 年有效剂量在特殊情况下,如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1 mSv,则某一单一年份的有效剂量可提高到 5 mSv。

4.3.3.2 剂量约束值

在 γ 辐照装置工程设计、运行和退役时,剂量约束值规定为:

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量值为 5 mSv;
- b) 公众成员个人年有效剂量值为 0.1 mSv。

4.3.4 放射性物质污染限值

4.3.4.1 湿法贮源 γ 辐照装置,贮源井水所含 ^{60}Co 放射性污染物质浓度应控制在 10 Bq/L 以下。

4.3.4.2 按照 GB 18871—2002 表 B11,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水平见表 1。

表 1 表面 β 放射性物质污染控制水平 单位为贝可每平方米

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}

4.3.5 辐射工作场所的划分

γ 辐照装置工作场所分为控制区和监督区,以便于辐射防护管理和职业照射控制。应对各区进行剂量监督。

4.4 剂量测量

4.4.1 γ 辐照装置应按照 A.7 的要求,设相应的剂量测量系统进行剂量监测。以保证人员、环境的安全和辐照工艺的要求。

4.4.2 γ 辐照装置启用前应进行剂量验证,合格后方可投入运行。使用的剂量计应能够溯源到国家剂量标准,并按规定进行复验。

4.4.3 γ 辐照装置在装源后、启用前应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体表面 30 cm 处,取在每一维度线性长度小于 20 cm、面积不大于 100 cm² 的空间测量的平均值。

4.5 质量保证

为了保证 γ 辐照装置的质量,确保人员和环境安全,从事辐射加工用 γ 辐照装置设计、制造、施工和运行管理的单位应当取得相应的资格证书及质量体系证书。

5 厂址选择

- 5.1 γ 辐照装置的厂址宜选择场地稳定、地质条件较好的地段。
- 5.2 按国家相关规范要求避开高压输电走廊和易燃易爆场所。
- 5.3 在抗震设防区应满足国家相关标准的要求,不应在危险地段建造辐照装置。
- 5.4 选址应满足运行内容和运行目标的需求。辐射加工用途的厂址应具备基本物流条件,科研用途的厂址应利于相关活动的开展。

6 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,持有相应的资质证书和质量体系认证证书,在设计文件中应提供这些文件的复印件或影印件。
- 6.1.2 承担 γ 辐照装置设计的专业负责人应由具有核工程设计经验的高级工程师或工程师担任。

6.2 设计原则

6.2.1 设计单位应根据业主的委托书合理确定 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,在保证辐射安全基础上,尽可能提高装置加工能力、降低剂量不均匀度。

6.3 设计计算

γ 辐照装置的屏蔽防护、通风系统及重要设备,应根据现有标准及出版物中的适当有效的经验验证过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 安全联锁要求

γ 辐照装置应设有功能齐全、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安全联锁。

6.4.2 安全设施

6.4.2.1 源升降装置、辐照室人员通道门和货物通道门应由同一把独立钥匙或多个串在一起的钥匙进行控制,这一把或一串钥匙还应与一台有效的便携式辐射检测报警仪相连,如从控制台上取出钥匙,放射源则自动降到安全位置。只有获得资格且经运营单位授权运行人员才能使用该钥匙。

6.4.2.2 在辐照室所有门口醒目的地点设灯光音响信号装置,用于对辐照室外人员的警示。

6.4.2.3 在辐照室内应设置无人检查按钮,并与控制台联锁,升源前操作人员应进入辐照室内巡视检查,无人检查按钮设置位置应避免巡视检查盲区。

6.4.2.4 在辐照室内设紧急降源(一般为拉线开关)和开门按钮,紧急降源(一般为拉线开关)按钮应覆盖整个辐照室和迷道区域。

6.4.2.5 在控制台上应安装紧急停止按钮,可在任何时刻终止辐照装置的运行并将放射源降至安全位。

6.4.2.6 设置人员通道门与源升降系统联锁。如果门未关闭,不能升源;当源架在非安全位时,打不开人员通道门,如果强行打开人员通道门,则自动降源;当停电时,按正常操作程序打不开人员通道门。

6.4.2.7 设置固定式辐射水平监测仪,分别在辐照室的迷道、货物出口及水处理装置设置探头,并与控制系统联锁。分别设定剂量报警阈值。当辐照室迷道的探头探测到的辐射水平超过阈值时,人员通道门打不开;当货物出口处探头探测到的辐射水平超过阈值时,自动停止货物输送系统,同时降源,并发出声光报警;当水处理的探头探测到的辐射水平超过阈值时,自动停止水处理系统,同时降源,并发出声光报警。

6.4.2.8 在货物进出口处设置安全门(或者设置辐照容器堵门功能),与辐照容器输送配合开闭防止人员进入,并与控制系统联锁。当源架在非安全位及停电时,按照正常操作程序无法开门或无法移动辐照容器。

6.4.2.9 在人员通道入口内及货物出入口内设置防人光电,并与控制系统联锁。当源架在非安全位时,如触发电报警,则自动降源;当源架在安全位时,如光电开关未投入,则无法升源。

6.4.2.10 在辐照室人员入口处应设校验源,例如 0.37 MBq 的铯-137 源,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。

6.4.2.11 设置停电自动降源系统,避免因停电导致各监控仪表失灵而引发人员受照事故。

6.4.2.12 设置源架迫降系统,以便在升降源发生某种故障时,使源架得以解脱。

6.4.2.13 设置贮源井水位监测报警与补水系统,避免因贮源井水位下降引起辐照室内辐射剂量水平上升。当出现超低水位报警时,按正常操作程序打不开人员通道门。

6.4.2.14 辐照室应设置通风系统,并与控制系统联锁。通风系统故障时,自动降源或者无法升源。

6.4.2.15 辐照室应设置烟雾报警装置并与控制系统联锁,遇有烟雾报警时,自动停止通风系统,自动降源,货物传输系统停止运行。

6.4.2.16 辐照室各可拆式屏蔽塞包括装源用屏蔽塞应与控制系统联锁,以便在装、卸源过程中屏蔽塞被卸下的情况下,自动降源或者无法升源。

6.4.2.17 源架应设有护罩或防撞杆,并与辐照室构筑物牢固连接,其强度和结构应能有效防止货物倒塌、货物冒出、货箱倾斜、吊具脱钩等意外情况致使护罩或防撞杆变形或倾斜而卡阻源架。对于动态辐照装置,货物输送系统过源段应设有导向定位机构,并在入口设置防碰撞报警装置,该装置应与货物输送系统和源架的升降系统联锁。辐照箱门锁的结构应具有防止意外开启功能,并设置开门检测装置。源升降滑轮系统应设有防止钢丝绳脱槽的设施。

6.4.2.18 应设移动电视监控系统并自带照明功能,保证辐射状态下能清楚监视辐照室内和源架情况,并具有图像储存功能。

6.4.2.19 辐照室内应设喷洒装置。喷洒装置在屏蔽体内的管道应采用不锈钢材料;在屏蔽体外采取双阀门人工控制方式;应预留与消防车的接口。

6.4.2.20 以上所列各项安全要求,均适用于固定源室湿法贮源辐照装置。对于固定源室干法贮源 γ 辐照装置,无 6.4.2.7 水处理系统设置固定式辐射水平监测仪要求及 6.4.2.13 要求;对于自屏蔽式 γ 辐照装置,无 6.4.2.3~6.4.2.10、6.4.2.12、6.4.2.13、6.4.2.15~6.4.2.19 要求;对于水下 γ 辐照装置,只有 6.4.2.2、6.4.2.7、6.4.2.13 适用。

6.4.3 防火要求

辐照室和操作区厂房的耐火等级不应低于二级,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,放射源自动降至安全位置,并能及时采取有效灭火措施。

6.4.4 供电要求

γ 辐照装置应保证正常供电,装置运行中,当停电时间超过 10 s(不论是正常还是事故),源架应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后备电源,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。

6.4.5 抗震要求

在可能发生严重破坏地震的地区,设计建造 γ 辐照装置应配备地震探测器。一旦探测器有反应动作,则放射源能自动降至安全位置。

“严重破坏地震”是指设计基本地震加速度大于或等于 0.3 g 的地震。

注: g 为重力加速度。

6.4.6 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。应设置两台排风机,以保证当放射源降至井内贮存位置 5 min 后,辐照室内臭氧的浓度的限值,NO₂ 浓度(包括 NO、N₂O、NO₂ 等各种氮氧化物均换算为 NO₂ 的浓度)的限值满足 GBZ 2.1—2017 中表 1 规定的限值,即:臭氧最高容许浓度不应超过 0.30 mg/m³。NO₂ 的时间加权平均容许浓度(包括 NO、N₂O、NO₂ 等各种氮氧化物换算出的 NO₂ 浓度)不应超过 5 mg/m³。装源量大于 37×10¹⁶ Bq(100 万 Ci)的湿法贮源 γ 辐照装置,当放射源持续存放在贮源井内不工作时,应定期启动通风系统换气,以防止辐照室内贮源井水因电离辐解产生的氢气积累

至爆炸限值。设计单位应根据装源活度和辐照室的尺寸等具体参数计算出启动通风系统的时间间隔及每次通风的最小时间,并在设计文件中明确说明。

排风口的高度应根据 GB 3095 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。

6.4.7 水处理系统

所有湿法贮源的 γ 辐照装置都应设置水处理系统,以确保贮源井水水质,要求贮源井水的电导率不大于 $10\ \mu\text{S}/\text{cm}$,总氯离子(Cl^-)含量不大于 $1\ \text{mg}/\text{L}$;pH 值为 $5.5\sim 8.5$ 。

6.4.8 水冷却系统

$37\times 10^{16}\ \text{Bq}$ (100 万 Ci)以上的辐照装置应安装水冷却系统。

6.4.9 屏蔽结构

γ 辐照装置屏蔽结构设计应遵循国家现行相关规范、规程及标准的规定。

屏蔽结构混凝土的强度等级不应低于 C20,并符合有关混凝土耐久性的要求,混凝土密度不低于 $2.3\ \text{g}/\text{cm}^3$;有抗渗要求的混凝土抗渗等级不应低于 P6,最小厚度不宜小于 $250\ \text{mm}$ 。

屏蔽设计应保证辐射屏蔽的完整性和安全性。对于辐射屏蔽薄弱的部位(如排风和穿墙孔道等),应有防止漏束的补偿措施;辐照室屋顶厚度设计应同时考虑贯穿辐射和天空散射;迷道设计应使迷道口外辐射工作人员受照剂量满足 4.3.3 的要求;在设计装源活度时,屏蔽体外表面剂量水平也应满足 A.1.1 的要求。

6.4.10 贮源水井

确保在设计装源活度及倒装放射源时,水井上方剂量水平应满足 A.1.4 的要求。

贮源水井底部不应有贯穿件(如管道、管塞)。设计井内水处理系统等管道时,应采取适当的防虹吸措施,以防止水位因虹吸降至设计正常水位 $30\ \text{cm}$ 以下。

贮源井的钢筋混凝土外壁和底板应以混凝土本身的密实性满足抗渗和承载能力的要求;地下贮源井的混凝土不得采用氯盐掺和料。贮源井内应设不锈钢井覆面。

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:

- 工艺、辐射安全等设计说明及图纸;
- 自动控制系统软件和硬件说明及图纸;
- 设备使用、维修说明;
- 建筑、结构图纸及说明;
- 电气图纸及说明;
- 通风系统图纸及说明;
- 给排水及水处理系统图纸及说明。

6.5.2 设计文件的修改

设计文件提交业主后,业主一般不得自行修改。当不得不修改时,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。对安全有重大影响的修改,应经安全

监管部门审批。

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

7.1.1 施工单位应具有国家颁发的二级或以上施工资质证书。

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

7.2 施工要求

7.2.1 施工前应制定完备的施工方案,属于大体积混凝土的屏蔽结构还应制定大体积混凝土施工方案,施工方案经监理单位批准后实施。

7.2.2 屏蔽体结构浇筑混凝土前,应经过相关专业现场检验,并经监理人员书面认可后,方允许浇灌。

7.2.3 屏蔽体结构的混凝土墙体从 $FL-0.30\text{ m}$ ~ $FL+2.00\text{ m}$ 处不应留施工缝。 FL 为墙体高度范围内人可到达处的地面标高。

7.2.4 屏蔽体结构的施工缝为锯齿形或多级台阶形,施工缝处应有可靠的措施保证先后浇注的混凝土间良好固结无裂缝,必要时宜加设止水构造。

7.2.5 贮源井的施工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。贮源井覆面的表面平整度允许偏差为 30 mm 。

7.3 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,业主应聘请监理单位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经订货方考查、评价为“合格供方”的单位承担。

8.2 设备制造的依据

8.2.1 设备制造应以设计图纸为依据。

8.2.2 设备设计图纸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 设备所用的关键和重要元器件应经检验或试验合格后方可使用。

8.4 加工制造

8.4.1 公差

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—2000 中的 m 级

和 c 级公差等级的规定。

8.4.2 焊接

8.4.2.1 设备构件的焊接应由经过国家有关部门培训、考试合格取得相应资质的焊工担任。

8.4.2.2 对于重要或结构复杂的焊接件,制造单位应提供评定合格的焊接工艺。

8.4.2.3 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应清除干净;
- b) 焊缝咬边深度不得大于母材厚度的 10%,咬边连续长度不应超过 50 mm,焊缝两侧咬边的总长度不应超过该焊缝长度的 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不得小于母材的厚度。

8.4.3 贮源井不锈钢覆面的加工制造

8.4.3.1 覆面的钢板厚度应选择 $\delta \geq 3$ mm,一般可采用 $\delta = 3$ mm。

8.4.3.2 拼接覆面的钢板,其最小幅面不得小于整张钢板之半(边缘处除外。“整张钢板”尺寸按 2.4 m $\times$ 1.2 m 计算),且整张钢板不得少于井覆面总面积的 60%。

8.4.3.3 覆面的拼接不得出现“十字形”焊缝。

8.4.3.4 钢板对接的错边量应小于 0.5 mm。对接焊缝应保证焊透。

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

8.4.3.6 井覆面安装就位并焊接为一体后,应符合以下规定(适用于截面为矩形、凸字形及 L 形等井覆面,截面为圆形的井覆面可参照执行):

- a) 任一平面的平面度允差为 20 mm;
- b) 任意两相邻平面之间的垂直度允差为 2.5 : 1 000;
- c) 覆面井口的位置度允差为 20 mm(以源架座标位置的纵、横中心线为基准线)。

8.4.3.7 井覆面的焊缝应进行 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有效检查方法。

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) 交付的实物是否与订货合同及包装清单(发货明细表)一致;
- c) 设备包装和装载方式是否满足安全运输的要求。

8.5.3 设备在现场安装、调试合格后,由业主进行设备验收。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

8.6.1 设备铭牌

在主要设备的适当位置应固定含以下内容的铭牌:

- 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。

8.6.2 指示标牌

控制设备中的显示仪表、警示信号、开关、操作按钮及指示灯等均应有说明其显示内容或操作目的的标牌或文字标志。

8.6.3 技术文件

随设备提交业主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) 设备承包合同中注明提供的其他相关技术文件；
- c) 包装清单(发货明细表)。

9 设备安装

9.1 设备安装调试

9.1.1 设备安装以设备安装文件、设备施工图及其他有关规定为依据。

9.1.2 设备安装前应逐一检查厂房相关的预埋件和镶入件,以及与设备安装有关的其他条件,确认符合要求后,方可进行安装。对于不符合项的处理,应经设计单位和业主认可。

9.1.3 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。

9.1.4 综合调试的通过标准为装置重载模拟运行累计 48 h,运行率不低于 95%,且发生各类停车降源故障累计次数不超过 12 次。运行率 α 以(%)表示,按式(1)计算:

$$\alpha = \frac{48 - t}{48} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

t ——各类故障引起停车时间的总和,单位为小时(h)。

9.2 装载放射源

9.2.1 装载放射源应由运营单位组织实施。

9.2.2 运营单位应事先制定装载放射源操作细则及应急预案。

9.2.3 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 剂量分布测试应按装置的使用要求进行,所使用的剂量计应能追溯到国家标准。

9.3.3 当装载源的数量和排列有变化时,应重新测试辐射场与产品的剂量分布。

9.3.4 应在升源工况下分区进行辐射安全剂量测试,以评价屏蔽防护效果。

9.4 运行鉴定

应根据规格说明书中相关参数编制运行鉴定方案,记录测试结果,并形成报告。以证明辐照装置能够按照设备的操作规程生产出合格的产品。

10 验收

10.1 验收项目

验收项目如下:

- a) 设备综合试车;
- b) 安全系统测试;
- c) 土建工程。

10.2 验收文件

验收文件如下:

- a) 工程项目立项文件;
- b) 设计任务书;
- c) 设计图纸文件;
- d) 试运行工况报告;
- e) 安全系统测试报告;
- f) 辐射场剂量分布测试报告(装源后);
- g) 操作规程及安全规章制度;
- h) 竣工报告;
- i) 工程验收报告。

11 运行

11.1 运行管理

11.1.1 γ 辐照装置建成后,应取得辐射安全许可证,方可正式运行。

11.1.2 运营单位应设有安全与防护管理机构。

11.1.3 运营单位应配备具有专业技术资格的人员,负责辐照装置在使用和运行过程中的安全。

11.1.4 运行人员应经国家主管部门认可或推荐的培训机构培训,培训合格后方可上岗。

11.2 运行人员

运行人员应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,还应熟悉:

- a) 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;
- b) 正常运行的操作规程;
- c) 管理和监督机构的法规文件等;
- d) 辐照室周围的辐射水平,应熟悉本装置的安全设施,例如:联锁系统的联锁机构、各类信号的位置、警示灯光、声响信号和可见标志等;
- e) 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;
- f) 应急处置程序、应急报告渠道和联络方式。

11.3 运行记录

11.3.1 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,包括但不限于下列内容:

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

11.3.2 装源前后应清点并做好详细的放射源台账登记,并且每年做好放射源盘查。

11.4 定期检查和维修

11.4.1 为了保证辐照装置的连续安全运行,应制定维修和检查计划,并认真实施。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。检查、维修应根据系统或部件在安全方面的重要性和故障率定期实施。

11.4.2 常规日检查应包括但不限于下列内容:

- a) 工作状态指示灯;
- b) 辐照室与迷道安全联锁控制显示状况;
- c) 升降源和输送系统状况;
- d) 个人剂量报警仪和便携式辐射检测报警仪;
- e) 贮源井水位;
- f) 通风系统。

11.4.3 常规月检查应包括但不限于下列内容:

- a) 固定式辐射监测仪;
- b) 紧急降源系统;
- c) 升降源和导向钢丝绳、输送系统、辐照容器;
- d) 补水时应检查补水量是否正常。如异常,应检查水井是否泄漏,并检查补水供给系统的运行状况。

11.4.4 常规半年检查应包括但不限于下列内容:

- a) 配合年检修的检测;
- b) 水质及放射性污染检测;
- c) 环境辐射水平;
- d) 全部设备和自控系统。
- e) 防卡源设施及辅助设施的检查,包括辐照箱门检测、源架碰撞开关、防撞杆及源架立柱的检查。

11.4.5 常规年检查内容:移动电视监控系统、喷洒装置。

11.4.6 营运单位应做好以上检查,采用规范化表格记录,并进行年度评估。记录应保存至辐照装置退役。

11.5 辐射事故应急要求

11.5.1 辐照装置业主或营运单位应制定辐射事故应急预案。

11.5.2 辐照装置业主或营运单位应进行必要的应急物质准备,定期检查其数量和功能。

11.5.3 辐照装置业主或营运单位应定期进行应急演练和培训。

11.5.4 辐照装置业主或营运单位应定期修订完善辐射事故应急预案。

12 退役

12.1 达到设计寿期且不再使用的或者不符合本标准安全要求且无法改造的 γ 辐照装置应予以退役。

12.2 在 γ 辐照装置退役实施前,应先移除装置中的全部放射源。达到使用寿命期的放射源应返回供应商妥善处理。

12.3 放射源移走后,应编制 γ 辐照装置退役的环境影响评价文件,经监管部门批准后实施退役。

附 录 A
(规范性附录)
γ 辐照装置的组成部分

A.1 辐照室

A.1.1 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,在距屏蔽体表面 30 cm 处,由放射源辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

A.1.2 迷道

在辐照室设计中采用迷宫式路径,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,在迷道口外 30 cm 处,平均剂量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

除货物出入口外,还应设计专门的人员通道口供操作人员进出辐照室。

A.1.3 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贮存在井下或容器内。

A.1.4 湿法贮源水池

在辐照室内设一深水井,源架在非工作状态时应位于井下贮存位置,以达到屏蔽目的并可在该位置完成装换放射源操作。距井口表面 30 cm 处,由放射源辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

A.1.5 检修用副井或容器

如果在特殊情况下需要检修贮源井或贮源容器,应首先移走放射源,为此可以在贮源井下设计副井,或将源转移到专门的容器内。另外还可以设计倒源井,以实现运输容器与源架之间源的倒装。

A.2 密封放射源

A.2.1 ^{60}Co 放射源

^{60}Co 放射源的半衰期为 5.27a,其衰变过程中产生的 γ 光子能量分别为 1.17 MeV 和 1.33 MeV。辐照加工用 ^{60}Co 放射源采用双层不锈钢包壳密封。在规定的使用环境和使用条件下,使用期限由生产厂家依据其安全性能、法规和使用要求确定。

^{60}Co 放射源的安全性能和质量,应符合 GB/T 7465 的要求,且应具有相应的证明文件。

A.2.2 ^{137}Cs 放射源

^{137}Cs 也是辐照加工中可以使用的一种放射性同位素,它的半衰期为 30.17a, γ 光子的能量为

0.661 6 MeV。 ^{137}Cs 放射源不适宜在湿法贮源的 γ 辐照装置中使用。

A.3 放射源升降系统

A.3.1 源架

源架是为装载和排布放射源棒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取不同的结构型式和尺寸。源架的类型一般分为：“线源”源架、“筒状源”源架、“单板源”源架、“双板源”源架。

单根棒状放射源或排列成一条直线的多根放射源棒，垂直装载在源架的中心位置，形成“线源”源架。若干条线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”（亦称“花篮式源”）源架。将若干放射源棒按垂直或水平方向有序地装载在一个平板式结构的源架上，形成“单板源”源架。装置中同时使用以一定间距平行放置的两个单板源源架，称为“双板源”源架。

A.3.2 对源架的基本要求

对源架的基本要求包括：

- 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；
- e) 尽量提高射线能量利用率。

A.3.3 源升降机

源升降机是牵引源架使之在井下贮存位置和井上工作位置之间做升降运动并在贮存位置或工作位置保持停留的机械设备。

A.3.4 源升降机类型

按驱动方式，源升降机有电动、液压和气动三种类型。

A.3.5 源升降机功能

包括：源架的升降运动和在贮存位置、工作位置的定位；源架位置指示；驱动系统的过载保护；断电自动降源。

A.3.6 装卸源工具

装卸源工具是用于贮源井内装换源等水下操作的一套手动工具。一般包括长杆、夹钳、钩头和其他各种专用工具。

设计装卸源工具时，应注意以下事项：

- a) 用于制造长杆的材料，其密度应大于 1 g/cm^3 ；
- b) 每件长杆的首端和末端均应设有不小于 $\phi 10\text{ mm}$ 的进水孔和排气孔。

A.4 安全联锁系统

安全联锁系统是为了防止人员受到误照射，防止或限制对设施的损害，并将产品的吸收剂量控制在

预定范围内的设施。

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，以及定时器件及辐射监测仪表等。

A.5 控制系统

控制系统用于按工艺要求完成各种工况的控制，并确保操作人员的人身安全 and 产品质量。

A.6 剂量测量系统

A.6.1 辐射安全监测

设固定式 γ 辐射剂量监测设备，用于监测辐照室、迷道货物出口及水处理设备的剂量率水平。

A.6.2 个人剂量测量

应按 GBZ 128—2016 的要求对职业人员进行个人剂量监测，应将检测、评价结果存入用人单位档案；进入控制区的工作人员还应佩戴个人报警剂量仪，避免受到意外照射。

A.6.3 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。

A.6.4 吸收剂量监测

配备工艺剂量测量设备，用于进行辐照场与产品吸收剂量的监测。

A.7 辐照物输送系统

A.7.1 过源机械系统

在辐照室内运载产品围绕源架运行或停留，使之接受辐照的传输机械系统。通常采用的有辊道输送系统、气动单轨悬挂输送系统及积放式悬挂链输送系统等。

A.7.2 迷道输送系统

在装卸货区与辐照室之间，经过迷道运载产品的输送机械系统。通常采用的有辊道输送系统、气动单轨悬挂输送系统及悬挂链输送系统等。

A.7.3 装卸货区输送系统

位于装卸货区的运载产品的输送机械系统。通常采用的有辊道输送系统、气动单轨悬挂输送系统及悬挂链输送系统等。设有装货区和卸货区，一般为人工装卸。也可配有装卸货操作机械，通常采用的有倾斜式装卸机、升降式装卸机或堆码式装卸机等。

A.8 水处理系统

湿法贮源 γ 辐照装置应设水处理系统。水处理系统也可用于应急时井水去污处理。

A.9 通风系统

γ 辐照装置应设通风系统,随时将辐照室产生的臭氧等有害气体排放到大气中。同时,辐照室内形成负压以保证有害气体不会外泄至辐照室周围环境。



附 录 B
(资料性附录)
 γ 辐照装置的分类

B.1 固定源室湿法贮源 γ 辐照装置

此类辐照装置是一种可以控制人员进入的辐照装置,在不使用时,其放射源被放在水井内,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。

B.2 固定源室干法贮源 γ 辐照装置

此类辐照装置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(或干井)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。

B.3 自屏蔽式 γ 辐照装置

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,也不可能进入正在进行辐照的空间。

B.4 水下 γ 辐照装置

此类辐照装置的放射源贮存在充满水的水井内不移动,因而始终处于屏蔽状态,被辐照的物品移动到水下接受照射。这实际上是限制了人员接近放射源,也不可能进入正在进行辐照的空间。
