

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50602 – 2010

球形储罐 γ 射线全景曝光现场检测标准

Radiographic testing standard for a single exposure with
 γ -ray technique of spherical tank installation

2010 – 07 – 15 发布

2011 – 02 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

球形储罐 γ 射线全景曝光现场检测标准

Radiographic testing standard for a single exposure with
 γ -ray technique of spherical tank installation

GB/T 50602 - 2010

主编部门：中 国 石 油 天 然 气 集 团 公 司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 1 年 2 月 1 日

中国计划出版社

2011 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 674 号

关于发布国家标准《球形储罐 γ 射线 全景曝光现场检测标准》的公告

现批准《球形储罐 γ 射线全景曝光现场检测标准》为国家标准,编号为 GB/T 50602—2010,自 2011 年 2 月 1 日起实施。

本标准由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年七月十五日

前 言

本标准是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2007〕126 号)的要求,由中国石油天然气第一建设公司会同有关单位共同编制完成的。

本标准共分 15 章和 1 个附录,主要内容包括:总则,基本规定, γ 射线源的选择及允许透照的公称厚度范围,球罐焊缝划线和编号,标记和胶片布置,像质计放置, γ 射线源的放置位置,曝光时间的确定,无用射线和散射线的屏蔽,胶片处理,底片质量, γ 射线防护及放射源管理,球罐钢熔化焊对接接头射线检测质量分级,检测记录、报告及底片保存,现场检测质量控制等。

本标准在编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,查阅了大量的国内外有关资料,总结了我国在球形储罐 γ 射线全景曝光方面的实践经验,同时参考了有关的标准和规范,并广泛征集了我国有关单位的意见,最后经审查定稿。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理,由中国石油天然气第一建设公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中,请各单位认真总结经验、注意积累资料,如发现需要修改和补充之处,请将意见和建议寄交中国石油天然气第一建设公司技术发展部(地址:河南省洛阳市洛龙区关林,邮政编码:471023),以供今后修订时参考。

本标准的主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 中国石油天然气第一建设公司

洛阳中油检测工程有限公司

参 编 单 位: 徐州东方工程检测有限责任公司

主要起草人: 龚 华 胡述超 李雨涤 朱锡山 华金德

刘希梅 李 鹏

主要审查人：强天鹏 刘希和 李光海 牛桂芳 刘明会

刘德才 梁丽红 周长友 郑玉刚 李丽君

熊二剑

目 次

1	总 则	(1)
2	基本规定	(2)
2.1	单位和人员	(2)
2.2	γ 射线探伤机	(2)
2.3	射线胶片	(3)
2.4	增感屏和像质计选择	(3)
2.5	观片灯	(4)
2.6	密度计	(4)
2.7	检测时机和表面状态要求	(4)
3	γ 射线源的选择及允许透照的公称厚度范围	(6)
4	球罐焊缝划线和编号	(7)
5	标记和胶片布置	(8)
5.1	标记	(8)
5.2	胶片布置	(8)
6	像质计放置	(9)
7	γ 射线源的放置位置	(10)
8	曝光时间的确定	(11)
9	无用射线和散射线的屏蔽	(12)
10	胶片处理	(13)
11	底片质量	(14)
12	γ 射线防护及放射源管理	(15)
13	球罐钢熔化焊对接接头射线检测质量分级	(16)
13.1	一般规定	(16)
13.2	圆形缺陷的分级评定	(16)

13.3	条形缺陷的分级评定	(17)
13.4	综合评级	(18)
14	检测记录、报告及底片保存	(19)
15	现场检测质量控制	(20)
15.1	检测流程控制	(20)
15.2	检测过程监督检查	(20)
15.3	检测仪器设备质量控制	(21)
15.4	检测材料质量控制	(21)
15.5	射线底片与对接接头质量评定和质量控制	(22)
15.6	检测报告、检测记录质量控制	(22)
附录 A	焊缝射线检测报告格式	(23)
本标准用词说明	(25)
引用标准名录	(26)
附:条文说明	(27)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Basic requirement	(2)
2.1	Enterprise and personnel	(2)
2.2	γ -ray source equipment	(2)
2.3	Films	(3)
2.4	Selecting of screen and IQIs	(3)
2.5	Viewing light	(4)
2.6	Densimeter	(4)
2.7	Inspection time and surface requirements	(4)
3	Choice of γ -source and acceptable radiographic range of normal thickness	(6)
4	Lineation and number of spherical tank weld	(7)
5	Mark and arranging of films	(8)
5.1	Mark	(8)
5.2	Arranging of films	(8)
6	Arranging of IQI	(9)
7	Location of γ -source	(10)
8	Time of exposure	(11)
9	Shielding of useless and scattered rays	(12)
10	Film processing	(13)
11	Film quality	(14)
12	γ -ray protection and γ -source management	(15)
13	Quality grading	(16)
13.1	General requirement	(16)

13.2	Acceptance standard of round flaw	(16)
13.3	Acceptance standard elongated flaw	(17)
13.4	Accumulation of imperfections	(18)
14	Testing record and report, saving of films	(19)
15	Quality control of locale inspection	(20)
15.1	Test flow control	(20)
15.2	Test process control	(20)
15.3	Quality control for test equipment	(21)
15.4	Quality control for test material	(21)
15.5	Quality control for films and quality viewing of weld joint	(22)
15.6	Quality control for reports and records	(22)
Appendix A	Form for RT report of weld	(23)
	Explanation of wording in this code	(25)
	List of quoted standards	(26)
	Addition; Explanation of provisions	(27)

1 总 则

1.0.1 根据钢制球形储罐(以下简称球罐) γ 射线全景曝光特点,为确保球罐检测质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于公称厚度 10mm~100mm、公称容积 $50\text{m}^3 \sim 10000\text{m}^3$ 、材质为碳素钢、低合金钢、不锈钢的球罐熔化焊对接接头焊缝 γ 射线全景曝光现场检测和焊缝质量的评定;不适用于受核辐射作用的球罐、非固定(如车载或船载)的球罐、膨胀成形的球罐和双壳结构的球罐。

1.0.3 本标准 γ 射线检测技术等级不应低于现行行业标准《承压设备无损检测 第2部分:射线检测》JB/T 4730.2—2005 中 AB 级的规定。

1.0.4 球罐 γ 射线全景曝光检测除应符合本标准规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 基本规定

2.1 单位和人员

2.1.1 从事 γ 射线检测的单位必须持有国家质量监督检验检疫总局颁发的“特种设备检验检测机构核准证书”和环境保护部门颁发的“辐射安全许可证书”，并应在许可的范围内从事相应的检测工作。

2.1.2 从事 γ 射线检测的无损检测人员必须持有相应的“特种设备无损检测资格证书”和“放射工作人员证书”，并应具有 γ 射线检测经验，能够熟练操作检测设备，具备较全面的射线防护知识。

2.1.3 射线底片评定人员未经矫正或经矫正的近(距)视力和远(距)视力不应低于 5.0(小数记录值为 1.0)，每年应检查一次视力，测试方法应符合现行国家标准《标准对数视力表》GB 11533 的有关规定。

2.2 γ 射线探伤机

2.2.1 γ 射线探伤机应符合现行国家标准《 γ 射线探伤机》GB/T 14058 的有关规定。

2.2.2 操作前应检查 γ 射线探伤机部件及配件的完整性，并应符合下列规定：

- 1 各部件应无明显损伤；
- 2 驱动机构应灵活，无卡死现象；
- 3 输源管应无明显砸扁或损坏现象等。

2.2.3 γ 射线探伤机操作必须配备专用的个人射线报警仪及辐射场剂量监测仪器。

2.3 射线胶片

2.3.1 胶片系统应按现行国家标准《无损检测 工业射线照相胶片 第1部分:工业射线照相胶片系统的分类》GB/T 19348.1—2003 分为四类,球罐 γ 射线全景曝光宜使用 T2 型胶片。

2.3.2 当检测采用标准抗拉强度大于 540MPa 或有延迟裂纹倾向的钢材制造的球罐时,应采用 T2 或更高类型的胶片进行 γ 射线全景曝光。

2.4 增感屏和像质计选择

2.4.1 γ 射线全景曝光检测应采用金属增感屏,增感屏的厚度应按表 2.4.1 的规定选用。

表 2.4.1 增感屏厚度的选用

γ 射线源	增感屏材料	前屏厚度(mm)	后屏厚度(mm)
Se ⁷⁵	铅	0.1~0.2	0.1~0.2
Ir ¹⁹²	铅	0.1~0.2	0.1~0.2
Co ⁶⁰	铜、钢	0.25~0.7	0.25~0.7

2.4.2 像质计的型号和规格应符合现行行业标准《无损检测 射线照相检测用线型像质计》JB/T 7902 的有关规定,并按表 2.4.2 的规定进行选用。

表 2.4.2 像质计的选用(单壁透照,像质计置于源侧)

应识别丝号	线径(mm)	适合的公称厚度范围 T (mm)	
		AB 级	B 级
14	0.16	—	$8 < T \leq 12$
13	0.20	$7 < T \leq 10$	$12 < T \leq 20$
12	0.25	$10 < T \leq 15$	$20 < T \leq 30$
11	0.32	$15 < T \leq 25$	$30 < T \leq 35$
10	0.40	$25 < T \leq 32$	$35 < T \leq 45$

续表 2.4.2

应识别丝号	线径(mm)	适合的公称厚度范围 T (mm)	
		AB 级	B 级
9	0.50	$32 < T \leq 40$	$45 < T \leq 65$
8	0.63	$40 < T \leq 55$	$65 < T \leq 100$
7	0.80	$55 < T \leq 85$	—
6	1.00	$85 < T \leq 100$	—

2.4.3 当球罐壁板不等厚度时,应以薄板为基准选择像质计型号和丝号。

2.5 观片灯

2.5.1 观片灯的性能指标应符合现行行业标准《工业射线照相底片观片灯》JB/T 7903 的有关规定。

2.5.2 观片灯的最大亮度应满足评片要求且亮度可调。

2.5.3 当底片评定范围内的黑度小于或等于 2.5 时,观片灯的亮度应能保证底片透过光的亮度不低于 $30\text{cd}/\text{m}^2$,当底片评定范围内的黑度大于 2.5 时,观片灯的亮度应能保证底片透过光的亮度不低于 $10\text{cd}/\text{m}^2$ 。

2.6 密度计

2.6.1 密度计的性能指标应符合现行行业标准《射线探伤用密度计》JB/T 6220 的有关规定。

2.6.2 密度计可测的最大黑度不应小于 4.5,测量值的误差不应超过 ± 0.05 。

2.7 检测时机和表面状态要求

2.7.1 采用标准抗拉强度大于 540MPa 或有延迟裂纹倾向的钢材制造的球罐,应在焊接结束 36h 且表面检查合格后方可进行射线检测。其他钢材制造的球罐应按相关的球罐制造标准确定射线

检测时机,宜在焊接结束 24h 且表面检查合格后。

2.7.2 球罐对接接头及热影响区的表面质量(包括对接接头余高)应经外观检查合格。表面的不规则状态不得影响底片有效评定区域内对接接头及热影响区的质量评定,否则应对表面作适当的修整。

3 γ 射线源的选择及允许透照的公称厚度范围

3.0.1 γ 射线源应按下列原则进行选择：

- 1 半衰期较长；
- 2 比活度高；
- 3 能量适当,适合透照球罐厚度要求。

3.0.2 γ 射线全景曝光检测允许透照球罐母材公称厚度范围应符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 允许透照球罐母材的公称厚度范围

γ 射线源	公称厚度 $T(\text{mm})$	
	AB 级	B 级
Se^{75}	$10 \leq T \leq 20$	$14 \leq T \leq 20$
Ir^{192}	$18 \leq T \leq 100$	$20 \leq T \leq 90$
Co^{60}	$40 \leq T \leq 100$	$60 \leq T \leq 100$

3.0.3 对于公称厚度重叠部分,采用放射源宜按 Se^{75} 、 Ir^{192} 、 Co^{60} 顺序选用。

3.0.4 当球罐对接接头两边的公称厚度不等时,应以较薄厚度为准。

4 球罐焊缝划线和编号

4.0.1 划线时,宜根据每张底片的透照长度,在球罐壁外侧垂直于焊缝方向等距离划出底片定位线。环缝划线时,必须将丁字焊缝布置于底片中间部位,应以 0° 为基准,并按 $0^{\circ} \rightarrow 90^{\circ} \rightarrow 180^{\circ} \rightarrow 270^{\circ}$ 顺序从小到大编号。纵缝应按 $0^{\circ} \rightarrow 90^{\circ} \rightarrow 180^{\circ} \rightarrow 270^{\circ}$ 顺序从小到大编焊缝号,从上到下由小到大对底片进行编号。也可采用其他有效的定位和识别编号方式。

4.0.2 焊缝划线和编号时,必须保证能够实现可追溯。

5 标记和胶片布置

5.1 标 记

5.1.1 划线后的焊缝表面应做出永久性 or 半永久性标记,还应使用有效的方法对标记部位进行记录。

5.1.2 识别标记宜包括球罐编号、焊缝编号、底片编号等,每道焊缝的第一张底片必须摆放工程编号、透照日期等。返修后的透照还应有返修标记 R_1 、 R_2 ……

5.1.3 定位标记可使用搭接标记或其他有效的标记。搭接标记可采用“↑”或片位号铅字。

5.1.4 底片定位标记和识别标记应放在底片适当的位置,必须距离焊缝边缘至少 5mm 以外的部位。

5.2 胶 片 布 置

5.2.1 胶片布置应按先环缝、后纵缝的顺序贴片。相邻胶片应有搭接,并保持下一张胶片压在前一张的片尾上;搭接长度宜基本相同,且不应小于 15mm。贴片时应采取防雨、防风、防滑动等措施。

5.2.2 胶片可采用松紧带加磁铁或其他有效方法进行固定。

6 像质计放置

6.0.1 像质计应放在射线源一侧,并应垂直横跨被检焊缝表面。

6.0.2 球罐 γ 射线全景曝光时,每条环向对接焊缝至少应在圆周上等间隔地放置 3 个像质计,其中一个像质计宜放置在该焊缝的第一张底片处。其他每条对接焊缝至少应放置一个像质计且宜放置在该焊缝的第一张底片处。

6.0.3 当像质计无法放在射线源一侧时,可放置于胶片一侧,但应做对比试验,以此修正应识别像质计丝号,保证实际透照的底片灵敏度满足要求,还应在适当位置放置“F”标记以示区别。

6.0.4 透照补片和返工片,每张底片均应放置像质计。

7 γ 射线源的放置位置

7.0.1 γ 射线源的放置位置应根据球罐的结构形式和规格按下列方法确定：

1 对于等壁厚球罐， γ 射线源应置于球罐的球心位置。中心距偏差应小于或等于球罐直径的 5‰，且不应大于 100mm；

2 对于不等壁厚球罐， γ 射线源可偏心放置，放置位置应根据球罐壁厚分布情况，在保证 K 值不大于 1.03 的情况下计算确定，使球罐各部位胶片接受照射量基本相同。

7.0.2 不等壁厚球罐， γ 射线源置于球罐中心位置曝光时，可采用两次曝光法或多次曝光法。

8 曝光时间的确定

8.0.1 采用计算尺法确定曝光时间时,应根据即日源强(活度)、球罐半径(焦距)、球罐壁厚和胶片型号算出最佳底片黑度所需曝光时间。

8.0.2 采用计算仪法确定曝光时间时,应将要求达到的底片黑度值和其他实际透照参数输入 γ 射线源曝光时间计算仪中直接求出曝光时间。

8.0.3 采用公式计算法确定曝光时间时,应按下式计算:

$$t = \frac{XR^2 \cdot 2^{\delta/T_h}}{A \cdot K_r(1+n)} \quad (8.0.3)$$

式中: t ——曝光时间(h);

X ——胶片上的照射量(C/kg);

R ——焦距(m);

δ ——球罐壁厚(mm);

T_h ——射线的半价层(mm);

A ——拍片时 γ 射线源的活度(Bq);

K_r —— K_r 常数[C · m²/(h · kg · Bq)];

Se⁷⁵: $K_r = 1.39 \times 10^{-15}$ C · m²/(h · kg · Bq);

Ir¹⁹²: $K_r = 3.29 \times 10^{-15}$ C · m²/(h · kg · Bq);

Co⁶⁰: $K_r = 9.20 \times 10^{-15}$ C · m²/(h · kg · Bq);

n ——散射比。

8.0.4 三种确定曝光时间的方法得出的结果基本上相同,在实际应用中宜使用计算尺法。

9 无用射线和散射线的屏蔽

9.0.1 无用射线和散射线应采用金属增感屏或铅板等方法进行屏蔽,减少对底片质量的影响。

9.0.2 对球罐全景曝光时,应对背面散射线防护程度有怀疑的部位(如下极板)进行检查。检查背散射线防护时,应在胶片暗盒的背面贴附“B”铅字(高度 13mm,厚度 1.6mm),在正常方式曝光和暗室处理后,若在底片上出现黑度低于周围背景黑度的“B”字影像,则表明背面散射线防护不足,应采取措施减少散射线或对散射线进行屏蔽。若底片上不出现“B”字影像或出现黑度高于周围背景黑度的“B”字影像,则背散射防护符合要求。

10 胶 片 处 理

10.0.1 胶片可采用自动冲洗或手工冲洗方式进行处理,并宜采用自动冲洗方式。

10.0.2 胶片自动冲洗时,应按自动洗片机说明书和胶片说明书要求控制显影、定影过程,并应及时补充药液,使底片黑度在允许范围内。

10.0.3 手工冲洗时,应采用槽浸方法,配制显影、停影和定影药液,并应根据胶片说明书推荐的配方、温度和时间按胶片说明书要求操作。定影后的底片应经循环水充分处理后自然晾干或在干燥箱内烘干。

11 底片质量

11.0.1 底片上的定位标记和识别标记应显示完整、位置正确。

11.0.2 底片评定区范围内的黑度 D 应符合下列规定：

1 AB级： $2.0 \leq D \leq 4.0$ ；

2 B级： $2.3 \leq D \leq 4.0$ 。

11.0.3 在底片上能够观察的像质计灵敏度应符合表 2.4.2 的规定。

11.0.4 在底片有效评定区内不应有划痕、折痕、水迹、指纹、霉点、药膜脱落、污染等影响缺陷评定的伪缺陷。

12 γ 射线防护及放射源管理

12.0.1 γ 射线的防护应符合现行国家标准《电离辐射防护与放射源安全基本标准》GB 18871 和《工业 γ 射线探伤放射卫生防护要求》GB 18465 的有关规定。

12.0.2 在 γ 射线全景曝光现场必须划出安全防护区域,设置控制区和监督区,并设置警戒标志(警示牌、警戒灯、警戒绳等),必要时应设专人警戒。安全距离可按下式进行计算:

$$R_x = [AK_r / (2^{d/T_h} P)]^{1/2} \quad (12.0.2)$$

式中: R_x ——安全距离(m);

P ——安全剂量限值。

12.0.3 γ 射线作业前,应向有关部门提交放源申请,批准后方可进行放源操作。

12.0.4 放射工作人员应配备个人射线报警仪和个人剂量计。现场还应配备辐射场剂量监测仪器。

12.0.5 γ 射线源应放置在专用的储存库,储存库与其他人员活动场所应保持安全距离。

12.0.6 γ 射线源的运输应使用专用车辆,并应由专业人员随车押运。

13 球罐钢熔化焊对接接头射线检测质量分级

13.1 一般规定

13.1.1 对接接头中的缺陷应按性质区分为裂纹、未熔合、未焊透、条形缺陷和圆形缺陷五类。

13.1.2 对接接头的质量等级应根据对接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度,划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级。

13.1.3 Ⅰ级对接接头内不应存在裂纹、未熔合、未焊透和条形缺陷。

13.1.4 Ⅱ级和Ⅲ级对接接头内不应存在裂纹、未熔合和未焊透。

13.1.5 对接接头中缺陷超过Ⅲ级者应为Ⅳ级。

13.1.6 当各类缺陷评定的质量级别不同时,应以质量最差的级别作为对接接头的质量级别。

13.2 圆形缺陷的分级评定

13.2.1 圆形缺陷应用圆形缺陷评定区进行质量分级评定,圆形缺陷评定区应为一个与焊缝平行的矩形,其尺寸应符合表 13.2.1 的规定。圆形缺陷评定区应选在缺陷最严重的区域。

表 13.2.1 圆形缺陷评定区尺寸 (mm)

母材公称厚度 T	$T \leq 25$	$25 < T < 100$
评定区尺寸	10×10	10×20

13.2.2 在圆形缺陷评定区内或与圆形缺陷评定区边界线相割的缺陷均应划入评定区内。应将评定区内的缺陷按表 13.2.2-1 的规定换算为点数,并按表 13.2.2-2 的规定,评判对接接头的质量级别。

表 13.2.2-1 缺陷点数换算表

缺陷长径 D (mm)	$D \leq 1$	$1 < D \leq 2$	$2 < D \leq 3$	$3 < D \leq 4$	$4 < D \leq 6$	$6 < D \leq 8$	$D > 8$
缺陷点数	1	2	3	6	10	15	25

表 13.2.2-2 各级允许的圆形缺陷点数

评定区 (mm×mm)	10×10			10×20	
母材公称厚度 T (mm)	$T = 10$	$10 < T \leq 15$	$15 < T \leq 25$	$25 < T \leq 50$	$50 < T \leq 100$
I 级	1	2	3	4	5
II 级	3	6	9	12	15
III 级	6	12	18	24	30
IV 级	缺陷点数大于 III 级或缺陷长径大于 $T/2$				

注：当母材公称厚度不同时，取较薄板的厚度。

13.2.3 底片评定人员应将圆形缺陷的黑度作为评级的依据，将黑度大的圆形缺陷定义为深孔缺陷，对接接头存在深孔缺陷时，对接接头质量应评为 IV 级。

13.2.4 缺陷的尺寸小于表 13.2.4 的规定时，分级评定不应计该缺陷的点数。

表 13.2.4 不计点数的缺陷尺寸

母材公称厚度 T (mm)	缺陷长径 (mm)
$T \leq 25$	≤ 0.5
$25 < T \leq 50$	≤ 0.7
$T > 50$	$\leq 1.4\% \cdot T$

13.3 条形缺陷的分级评定

13.3.1 各级对接接头允许的条形缺陷长度应符合表 13.3.1 的规定：

表 13.3.1 各级对接接头允许的条形缺陷长度(mm)

级别	单个条形缺陷最大长度	一组条形缺陷累计最大长度
I	不允许	
II	$\leq T/3$ (最小可为 4)且 ≤ 20	在长度为 $12T$ 的任意选定条形缺陷评定区内,相邻缺陷间距不超过 $6L$ 的任一组条形缺陷的累计长度不应超过 T ,但最小可为 4
III	$\leq 2T/3$ (最小可为 6)且 ≤ 30	在长度为 $6T$ 的任意选定条形缺陷评定区内,相邻缺陷间距不超过 $3L$ 的任一组条形缺陷的累计长度不应超过 T ,但最小可为 6
IV	大于 III 级	

- 注:1 L 为该组条形缺陷中最长缺陷本身的长度; T 为母材公称厚度,当母材公称厚度不同时取较薄板的厚度值;
- 2 条形缺陷评定区是指与焊缝方向平行的、具有一定宽度的矩形区, $T \leq 25\text{mm}$,宽度为 4mm; $25\text{mm} < T \leq 100\text{mm}$,宽度为 6mm;
- 3 当两个或两个以上条形缺陷处于同一直线上,且相邻缺陷的间距小于或等于较短缺陷长度时,应作为 1 个缺陷处理,且间距也应计入缺陷的长度之中。

13.4 综合评级

- 13.4.1 圆形缺陷评定区内同时存在圆形缺陷和条形缺陷,应进行综合评级。
- 13.4.2 综合评级,应对圆形缺陷和条形缺陷分别评定级别,并应将两者级别之和减一作为综合评级的质量级别。

14 检测记录、报告及底片保存

14.0.1 检测过程中,应对检测的内容进行记录,包括现场检测的各种参数和射线探伤布片图等,记录的内容应准确、完整。

14.0.2 检测结束,应出具检测报告,内容应包括工程名称、工程编号、球罐编号、球罐材质和规格、 γ 射线源种类及活度、曝光时间及其他透照参数、像质计丝径或丝号、缺陷性质、缺陷大小、缺陷评定级别、焊缝返修情况、透照日期及相关人员签字等。报告的格式可符合附录 A 中表 A.0.1、表 A.0.2 的规定。

14.0.3 射线底片、检测报告及现场检测记录应妥善保存,保存的期限不应少于 7 年。

15 现场检测质量控制

15.1 检测流程控制

15.1.1 现场射线应按流程图 15.1.1 进行检测：

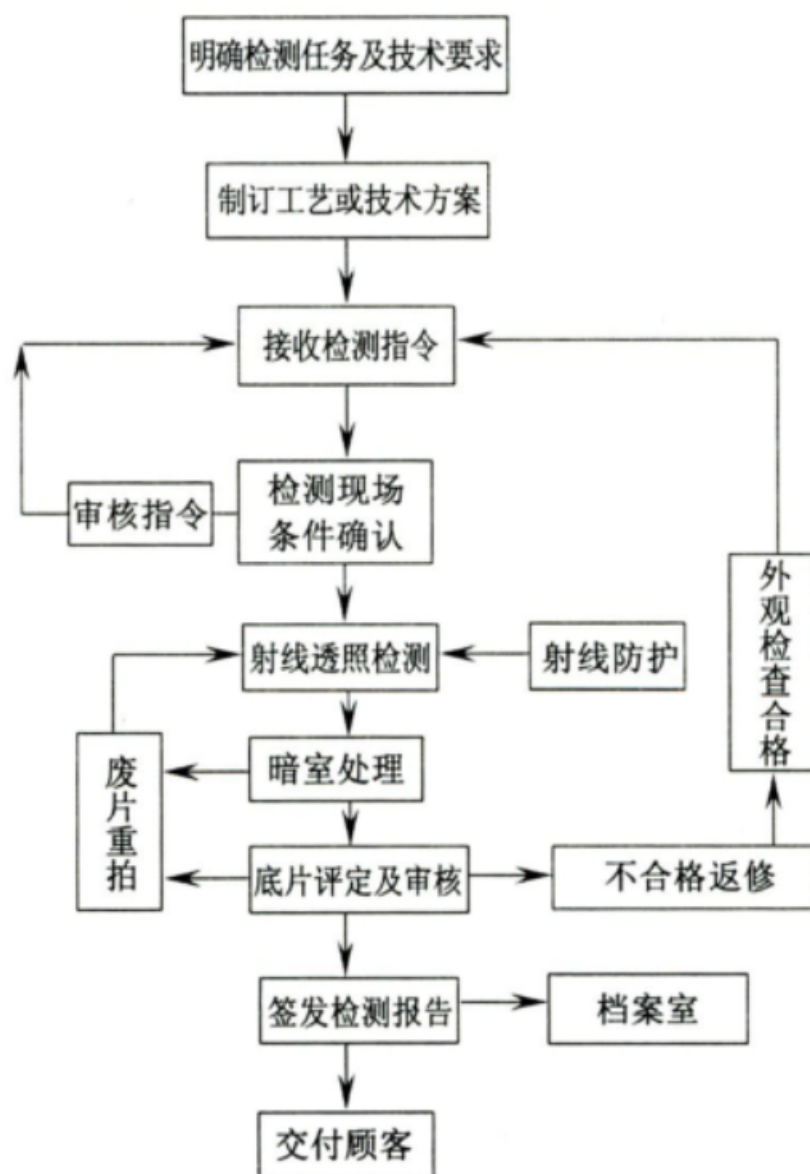


图 15.1.1 射线检测流程图

15.2 检测过程监督检查

15.2.1 整个检测过程应实施过程监督，过程监督应分为准备阶段、现场检测阶段和检测结果评定阶段，并应符合下列规定：

1 准备阶段:检测人员应持证上岗,仪器设备、检测材料、检测工艺、环境条件等应满足操作要求,射线防护措施应完善;被检表面质量应经外观检查,满足现行国家标准《球形储罐施工及验收规范》GB 50094 要求;检测委托单内容应齐全并应经检测责任工程师审核确认;

2 现场检测阶段:检测操作方法、过程应与检测工艺相符合;

3 检测结果评定阶段:检测记录应及时、完整、准确,射线底片质量应符合要求,对接接头质量评级应准确,检测报告与检测记录应一致。

15.2.2 过程监督检查工作应由检测责任工程师负责。

15.3 检测仪器设备质量控制

15.3.1 检测前,应对 γ 射线探伤机性能进行检查。检查应包括以下内容:

1 γ 射线探伤机各部件(包括整套源机零部件)应齐全完整;驱动缆、输源管可顺直放置,应无外伤;源机各部件应连接紧密、可靠;

2 应将驱动缆与输源管空对连接,进行无源试摇。在摇动过程中,应能轻松顺利将驱动钢丝输送到输源管顶部。否则应进行检查,必要时应请厂家处理,排除故障后方可使用。

15.3.2 密度计及密度片应在校验有效期内并应符合本标准第 2.6.2 条的规定。观片灯的性能应符合本标准第 2.5 节的规定。自动洗片机应经自校并应满足性能要求。

15.4 检测材料质量控制

15.4.1 射线胶片、显影粉(液)、定影粉(液)、像质计应有出厂合格证明(合格证)。

15.4.2 使用前应对射线胶片、显影粉(液)、定影粉(液)、增感屏、暗袋、像质计等进行检查,合格后方可使用。

15.5 射线底片与对接接头质量评定和质量控制

15.5.1 底片评定前,应首先检查底片质量是否合格,不合格底片不得评定。

15.5.2 评片室环境条件应满足底片评定的基本要求。

15.5.3 对接接头应按质量评级要求进行缺陷定性、定量、定级、定位。

15.5.4 底片评定应采用复评制。

15.6 检测报告、检测记录质量控制

15.6.1 检测原始记录应在检验现场或检验过程中逐项进行填写。记录的填写应字迹端正、清晰、文字通顺、条理清楚,技术术语应使用准确,应采用法定计量单位,并应使用钢笔或签字笔进行填写。

15.6.2 检测原始记录和检测报告应包含足够的信息,记录应完整、准确,其相关人员签字应齐全。

15.6.3 报告与记录应保证一致性。

附录 A 焊缝射线检测报告格式

A.0.1 焊缝射线检测报告应符合表 A.0.1 的规定

表 A.0.1 焊缝射线检测报告

工程名称：	工程编号：	球罐编号：	报告编号：	
球罐规格		球罐材质		
球罐壁厚(mm)		透照方式		
源种类		设备型号		
源活度(Bq)		曝光时间(min)		
焦点尺寸(mm)		胶片型号		
增感屏及厚度		胶片规格(mm)		
像质计丝径或丝号		冲洗方式		
显影液配方		显影条件(min/℃)		
照相技术等级		底片黑度		
焊缝长度(mm)		检测比例		
合格级别		检测标准		
最终评定结果	I 级(张)	II 级(张)	III 级(张)	IV 级(张)
缺陷及返修情况说明				
1. 本台球罐返修共计 处,最高返修次数 次。 2. 超标缺陷部位返修后经复验合格。 3. 返修部位原缺陷情况见射线检测底片评定表。				
检 测 结 果				
1. 本台球罐焊缝质量符合 级的要求,结果合格。 2. 底片评定结果和检测位置详见焊缝射线检测报告(续页)及射线检测布片图(另附)。				
报告人(资格)	审核人(资格)		无损检测专用章	
年 月 日	年 月 日		年 月 日	

A.0.2 焊缝射线检测报告(续页)应符合表 A.0.2 的规定

表 A.0.2 焊缝射线检测报告(续页)

工程名称: 工程编号: 球罐编号: 报告编号:

[illegible]

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 标准中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《 γ 射线探伤机》GB/T 14058
- 《工业 γ 射线探伤放射卫生防护要求》GB 18465
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871
- 《无损检测 工业射线照相胶片 第 1 部分:工业射线照相胶片系统的分类》GB/T 19348.1
- 《承压设备无损检测 第 2 部分:射线检测》JB/T 4730.2
- 《射线探伤用密度计》JB/T 6220
- 《无损检测 射线照相检测用线型像质计》JB/T 7902
- 《工业射线照相底片观片灯》JB/T 7903
- 《标准对数视力表》GB 11533
- 《球形储罐施工及验收规范》GB 50094

中华人民共和国国家标准

球形储罐 γ 射线全景曝光现场检测标准

GB/T 50602 - 2010

条文说明

制 定 说 明

《球形储罐 γ 射线全景曝光现场检测标准》GB/T 50602—2010 经住房和城乡建设部 2010 年 7 月 15 日以第 674 号公告批准发布。

为便于广大咨询、设计、施工、生产、科研、高等院校等有关单位和人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《球形储罐 γ 射线全景曝光现场检测标准》编制组按章、节、条顺序,编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(3 3)
2	基本规定	(3 4)
2.1	单位和人员	(3 4)
2.2	γ 射线探伤机	(3 4)
2.3	射线胶片	(3 4)
2.4	增感屏和像质计选择	(3 4)
2.5	观片灯	(3 5)
2.6	密度计	(3 5)
2.7	检测时机和表面状态要求	(3 5)
3	γ 射线源的选择及允许透照的公称厚度范围	(3 6)
4	球罐焊缝划线和编号	(3 8)
5	标记和胶片布置	(3 9)
5.1	标记	(3 9)
6	像质计放置	(4 0)
7	γ 射线源的放置位置	(4 1)
8	曝光时间的确定	(4 2)
9	无用射线和散射线的屏蔽	(4 3)
10	胶片处理	(4 4)
11	底片质量	(4 5)
12	γ 射线防护及放射源管理	(4 6)
13	球罐钢熔化焊对接接头射线检测质量分级	(4 7)
13.1	一般规定	(4 7)
14	检测记录、报告及底片保存	(4 8)
15	现场检测质量控制	(4 9)

15.1	检测流程控制	(49)
15.2	检测过程监督检查	(49)
15.3	检测仪器设备质量控制	(49)
15.4	检测材料质量控制	(49)
15.5	射线底片与对接接头质量评定和质量控制	(50)
15.6	检测报告、检测记录质量控制	(50)

1 总 则

1.0.2 用 Se^{75} 、 Ir^{192} 、 Co^{60} 为射线源对球形储罐进行全景曝光时,本标准规定的适用材质及厚度范围可基本涵盖国内球形储罐施工的现状。

1.0.3 根据《压力容器安全技术监察规程》要求, γ 射线检测技术等级按现行行业标准《承压设备无损检测 第 2 部分:射线检测》JB/T 4730.2—2005 标准不低于 AB 级执行。

2 基本规定

2.1 单位和人员

2.1.1~2.1.3 这三条规定了从事 γ 射线检测的单位和人员的前提条件。

2.2 γ 射线探伤机

2.2.1、2.2.2 这两条要求对 γ 射线探伤机设备完好状况检查、射线报警仪器配备等进行严格控制,从而确保检测工作能够顺利进行、安全防护达到相关要求、应急事故及时正确处理等。

2.3 射线胶片

2.3.1、2.3.2 由于 γ 射线检测的底片对比度、清晰度、颗粒度都不如 X 射线检测底片,特别是其裂纹检出率明显不如 X 射线检测底片。因而本标准规定尽可能优先选用高梯噪比的胶片,尽量弥补上述性能的不足。

2.4 增感屏和像质计选择

2.4.1 增感屏厚度的选用按现行行业标准《承压设备无损检测 第2部分:射线检测》JB/T 4730.2—2005 执行,特别是当 γ 射线源采用 Co^{60} 时,利用钢或铜屏有利于改善清晰度,提高灵敏度。当透照场所有背射线时,应适当增加后屏厚度,且后屏厚度不得小于前屏厚度。

2.4.2 本条明确规定使用线型像质计,其型号和规格应符合现行行业标准《无损检测 射线照相检测用线型像质计》JB/T 7902 的规定。识别丝号或线直径参照现行行业标准《承压设备无损检测

第2部分:射线检测》JB/T 4730.2—2005 标准规定。

2.4.3 当球罐壁板为不等厚度时,应以薄板为基准选择像质计型号和丝号,以确保射线照相灵敏度。

2.5 观片灯

2.5.3 由于观片灯亮度直接影响观片的最小可见对比度从而影响人眼对底片影像的识别能力,所以对观片灯的亮度做此规定。

2.6 密度计

2.6.1 底片黑度是射线检测灵敏度的重要因素,为了能准确测量出射线照相底片的黑度,对密度计做此规定。

2.7 检测时机和表面状态要求

2.7.1 为防止延迟裂纹的漏检,根据现行国家标准《球形储罐施工及验收规范》GB 50094 及《钢制球形储罐》GB 12337,做出此检测时机要求。

2.7.2 为避免球罐焊缝表面的不规则状态影响射线检测底片缺陷的正确评定做此规定。

3 γ 射线源的选择及允许透照的 公称厚度范围

3.0.1 作为球罐全景曝光用的 γ 射线源不仅要求有适当的半衰期、较大的穿透力,同时还要求 γ 射线源本身稳定性好,成本低廉,常用作 γ 射线检验的放射性同位素及其特性参数见表 1。

表 1 常用 γ 射线源的特性参数

γ 射线源	Se ⁷⁵	Ir ¹⁹²	Co ⁶⁰	Cs ¹³⁷	Tm ¹⁷⁰
平均能量(MeV)	0.206	0.355	1.25	0.661	0.072
半衰期	120d	74d	5.27a	33a	128d
$K_r[R \cdot m^2/(h \cdot Ci)]$	0.204	0.472	1.32	0.32	0.0014
比活度	中	大	中	小	大
透照厚度(钢,mm)	5~40	10~100	40~200	15~100	3~20
价格	较高	较低	高	高	中

由表 1 可见,从半衰期、平均能量、穿透力,经济性及易获得性等综合考虑,本标准推荐适合球罐 γ 射线全景曝光的同位素为 Se⁷⁵、Ir¹⁹²、Co⁶⁰。

3.0.2 因 γ 射线的能量不可调节,所以在低于适用厚度范围应用 γ 射线照相其灵敏度将急剧下降,故国内外射线检测标准对 γ 射线对钢的适用穿透厚度范围均有规定,见表 2。

表 2 γ 射线对钢的适用穿透厚度范围

标准名称		穿透厚度 W(mm)		
		Se ⁷⁵	Ir ¹⁹²	Co ⁶⁰
欧洲 EN1435	A 级	$10 \leq W \leq 40$	$20 \leq W \leq 100$	$40 \leq W \leq 200$
	B 级	$14 \leq W \leq 40$	$20 \leq W \leq 90$	$60 \leq W \leq 150$
JB/T 4730.2—2005	A、AB 级	$10 \leq W \leq 40$	$20 \leq W \leq 100$	$40 \leq W \leq 200$
	B 级	$14 \leq W \leq 40$	$20 \leq W \leq 90$	$60 \leq W \leq 150$

参考以上国内外标准对钢的适用穿透厚度范围的规定,本标准做此规定。但去除了现行行业标准《承压设备无损检测 第2部分:射线检测》JB/T 4730.2—2005 标准中的中心法透照时最小透照厚度可取下限值的一半的规定, Se^{75} 最大透照厚度降到20mm, Ir^{192} 最小透照厚度降到18mm,比现行行业标准《承压设备无损检测 第2部分:射线检测》JB/T 4730.2 标准的最小透照厚度要求更为严格,从而更好的控制透照灵敏度。

3.0.3 本条主要从检测灵敏度考虑,同时兼顾半衰期、穿透力、经济性、安全防护的难易程度及易获得性等综合方面因素,推荐选用顺序为 Se^{75} 和 Ir^{192} , 其次选择 Co^{60} 。

3.0.4 当球罐对接接头两边的公称厚度不等时,应以较薄厚度为准来选择适宜的 γ 射线源。从而确保透照灵敏度。

4 球罐焊缝划线和编号

4.0.1 本条对 γ 射线检测的布片和底片的编号提出了推荐意见,但规定必须将丁字焊缝布置于环缝底片中间部位,以确保丁字焊缝的透照质量。

5 标记和胶片布置

5.1 标 记

5.1.1 正确的定位和标识可增加射线底片的可追溯性,同时减小缺陷定位误差,从而避免返修差错。

5.1.3 搭接标记是连续检测时的透照分段标记,对球罐进行 γ 射线检测时一般为100%检测,所以用分段标记即可起到搭接标记作用,本标准中定位标记可不用中心标记,使用搭接标记或片位号铅字。

6 像质计放置

6.0.2 由于全景曝光时 γ 射线场射线强度的不均匀性和 γ 源位置的可能偏差,将导致球罐表面各点的检测灵敏度不一致,本条规定了像质计的数量,从而可基本保证球罐各点的透照灵敏度的监测。

6.0.3 当像质计放在源侧确有困难时可放在胶片侧,但应进行对比试验。方法是在同样透照条件下在源侧和胶片侧各放置一个像质计进行透照,以此确定灵敏度差异,以保证实际透照底片灵敏度符合要求。本条参考了现行行业标准《承压设备无损检测 第2部分:射线检测》JB/T 4730.2—2005 的有关要求。

7 γ 射线源的放置位置

7.0.1 γ 射线源焦点位置的确定：

1 对于等壁厚球罐， γ 射线源应置于球罐的球心位置。中心距偏差应小于或等于球罐直径的 5%，且不应大于 100mm；主要是为了尽量减少由于焦点与球心位置的偏差而引起的底片黑度差。

2 对于不等壁厚球罐， γ 射线源可偏心放置，放置位置应根据球罐壁厚分布情况，在保证 K 值不大于 1.03 的情况下经计算确定，应使球罐各部位胶片所接受照射量基本相同。主要是为了确保球罐各部分底片黑度均符合标准要求，同时控制裂纹检出角从而确保裂纹不漏检。

7.0.2 对于不等壁厚球罐，如 γ 射线源偏心放置不能满足本标准第 7.0.1 条第 2 款时可采用两次曝光法或多次曝光法。但需确保球罐各部分底片黑度和 K 值均符合本标准要求。

8 曝光时间的确定

8.0.1 计算尺法是一种简单快捷求得曝光时间的方法,计算尺一般由 γ 射线源生产厂家提供。只要按照说明书使用,计算结果比较准确,因此优先推荐使用该方法。

8.0.2 γ 射线源曝光时间计算仪具有 γ 射线源 Ir^{192} 、 Se^{75} 、 Co^{60} 对钢铁工件透照时,计算透照曝光时间的功能,是现代化计算技术应用到射线探伤领域较新的研究成果。使用时将有关参数输入到计算器后,就会求出曝光时间。

8.0.3 曝光时间的计算公式是参考有关资料的基础上列出的。其中 A 由源生产厂家提供, X 可查“胶片接受剂量-黑度对照表”, T_h 和 n 应通过试验求得,表 3 中是一组通过试验求得的 Ir^{192} 球罐全景曝光 T_h 和 n 的数值,可供计算时参考。

表 3 Ir^{192} 透照厚度 (mm) — n, T_h 对照表 (mm)

透照厚度	透 照 厚 度					
	10	20	30	40	50	60
n	0.61	0.73	0.94	1.21	1.41	1.64
T_h	8.18	9.19	9.86	10.06	10.30	10.32

9 无用射线和散射线的屏蔽

9.0.2 本条规定了何种情况下应进行背散射防护检查、背散射检查的方法和防护措施。

10 胶 片 处 理

10.0.1 自动洗片机实现了胶片的自动处理,可克服手工处理的某些缺陷,因此本标准推荐采用自动洗片机处理。

10.0.2 胶片处理条件应符合胶片制造商的要求,从而有助于提高胶片处理质量。

11 底片质量

11.0.2 黑度是影响底片灵敏度的关键因素之一。本标准综合考虑底片黑度对比度、最小可见对比度的影响和目前观片灯亮度的现状等因素,规定该黑度范围。

12 γ 射线防护及放射源管理

12.0.1 现行国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871 和《工业 γ 射线探伤放射卫生防护要求》GB 18465 是我国目前现行射线防护最基础的标准,因此规定 γ 射线防护执行这两个标准。

12.0.2 通过公式 12.0.2 可大致计算出安全距离并设置控制区和监督区,但最终的安全距离应由环保部门的现场实测数据确定。

13 球罐钢熔化焊对接接头射线检测质量分级

13.1 一般规定

13.1.2 球罐钢熔化焊对接接头射线检测质量分级参照现行行业标准《承压设备无损检测 第2部分:射线检测》JB/T 4730.2—2005 制定。但本标准没有采用“各级别的圆形缺陷点数可放宽1点~2点”的内容。

14 检测记录、报告及底片保存

14.0.2 检测报告是检测内容和结果与有关标准符合程度的重要证据,因此对报告的内容和格式做此规定。

14.0.3 本条根据《压力容器安全技术监察规程》要求,对射线照相底片、检测报告及现场检测记录的保存期限进行了规定。

15 现场检测质量控制

15.1 检测流程控制

15.1.1 严格执行检测工艺流程,是球罐 γ 射线全景曝光的关键,对于保证检测质量至关重要。因此对现场射线检测过程采用流程图的形式进行控制,直观形象,流程清晰,操作性强。

15.2 检测过程监督检查

15.2.1 过程监督是对检测过程的人、机、料、法、环等各个环节进行控制,是控制检测质量和确保产品质量的重要措施,本条规定了具体的检查内容。

对于被检表面质量,提出应符合现行国家标准《球形储罐施工及验收规范》GB 50094 的要求。

15.2.2 检测责任工程师是无损检测质量保证的关键人员,因此规定过程监督检查工作应由其负责并对出现的问题进行处理。

15.3 检测仪器设备质量控制

15.3.1 γ 射线机性能是保证球罐 γ 射线全景曝光成败和射线安全防护的关键环节,因此本条规定检测前对 γ 射线机性能进行检查的具体要求。

15.4 检测材料质量控制

15.4.1 检测材料是保证射线底片质量的基础,因此本条规定检测器材质量控制的具体要求。

15.5 射线底片与对接接头质量评定和质量控制

15.5.1 底片是焊缝评级的依据,底片质量是检测质量的重要组成部分,因此本条强调“不合格底片不得评定”。

15.5.4 考虑到底片评定过程中,人为因素对评级的结果影响,所以本条规定底片评定采用复评制。

15.6 检测报告、检测记录质量控制

15.6.1 检测原始记录是现场检测过程、内容、工艺执行情况、结果追溯的重要依据,因此本条对记录的填写规定了详细的要求。

15.6.3 检测报告为检测产品,是检测结果的体现,只有保持报告与记录的一致性,才能使检测报告具有准确性和可追溯性。