

放射性废液贮罐制造过程中耐压试验和泄漏检测试验规范性研究

王祎峰

国防科工局核技术支持中心, 北京

收稿日期: 2024年3月27日; 录用日期: 2024年4月15日; 发布日期: 2024年7月30日

摘要

核设施运行过程中, 因工艺、运行、检维修等过程产生放射性废液, 这些放射性废液须安全贮存, 以防泄漏对人员和环境造成污染和危害。放射性废液贮罐作为放射废液包容的一道重要屏障, 也是放射性废液贮存设施的重要设备, 其制造质量对设施安全运行有着重要影响, 耐压试验和泄漏试验是放射性贮罐制造过程中的重要验证环节, 本文通过分析现阶段制造过程中耐压试验和泄漏试验规范性情况, 结合技术标准要求, 提出相关管理建议和意见。

关键词

放射性废液贮罐, 耐压试验, 泄漏检测试验, 规范性

Normative Research on Tests of Pressure and Leak Detection during the Manufacture of Liquid Radioactive Waste Storage Tanks

Yifeng Wang

Nuclear Technology Support Center of SASTIND, Beijing

Received: Mar. 17th, 2024; accepted: Apr. 15th, 2024; published: Jul. 30th, 2024

Abstract

During the operation of nuclear facilities, radioactive waste liquid will be produced due to such as handling, operation, and maintenance. These radioactive waste liquids should be safely reserved to prevent leakage, or else, it will make pollution or harm to personnel and the environment. As an

important barrier of containing radioactive waste, radioactive waste storage tanks are also an important equipment for storage facilities. The manufacturing quality of these tanks has a significant impact on the safe operation of the facilities. Pressure and leakage tests are important verification links in the manufacturing process of radioactive waste tanks. This paper analyzes the standardization of pressure and leakage tests in the current manufacturing process, and proposes relevant management suggestions and opinions based on technical standard requirements.

Keywords

Radioactive Waste Liquid Storage Tank, Voltage Withstand Test, Leakage Detection Test, Normative

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

发展核能有利于保障国家能源安全、应对环境污染与气候变化问题,达到双碳目标,促进经济发展和技术进步。在整个核燃料循环过程中,核电厂、核燃料前处理及乏燃料后处理以及各种放射性同位素应用过程中会产生放射性废液,这些放射性废液需要进行安全贮存,如泄漏可能对环境产生危害,对于中、高水平放射性(以下简称中、高放)废液,在处理处置前,一般贮存在核设施或废液贮存设施内放射性废液贮罐内,这些贮罐的制造质量将直接影响废液贮存安全。国家强制标准《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)要求“对于放射性废液的处理应从系统、设备、管道、阀门与管件、焊接与安装、维修等方面加强管理,防止发生放射性废液污染事故”,“废液贮存设施应设置多重安全屏障”。贮罐就是废液贮存安全的第一道屏障[1]。根据《核燃料后处理厂建(构)筑物、系统和部件分级准则》EJ939-2014要求,中高水平放射性废液的处理及贮存设备属于放化安全级设备,具有核安全功能,要求这些设备作为第一道屏障在处于地震等极端条件下,防止放射性物质在厂区内外的释放或释放量超过规定要求,从抗震等级和质量保证分级提出了不同的管理要求,这些安全级核化工设备的质量的可靠性与核安全设备一样备受关注[2]。为了加强对相关设备制造过程的监督管理,现行通用的做法是国家核行业、核安全管理部门(以下称监管部门)对核安全级设备(含安全级核化工设备)的制造采用许可证制度,审查制造单位的资质、能力、质量保证体系等满足生产能力后颁发许可证,并要求设计、制造、安装和无损检验单位取得运行许可证后方可开展制造工作[3][4]。

受人力资源的限制,监管部门一般不采用采用全程监造的方法开展对设备制造单位的监督检查,主要是在审查相关设备制造质量计划合理性后,选取质量见证点,在制造过程中的派出监督人员对质量见证点开展监督见证,检查设备制造单位在核安全设备设计、制造、安装和无损检验活动重要过程的控制情况[2]。

监督人员职责是受国家监管部门的委托或授权,开展独立第三方检查,核实制造单位质量保证体系运行有效性,同时核实制造单位是否按照监管部门审查认可的质量保证大纲,质量计划、试验方案等开展设备制造,并检验重要试验结果满足设计要求,督促核安全设备制造单位按法规标准要求开展核安全设备制造活动,营运单位对设备制造单位的制造活动进行管控。

监督人员的做法是识别对核安全设备有重要影响的关键环节,对设备制造单位的质量计划选取质量见证点,通常选取的是“设备制造单位施工前先决条件检查”及“重要试验”,这些质量计划点后续往

往无法通过记录进行核实；并对所选监督点开展监督见证检查，核实核安全设备制造单位将开展的活动满足法规、标准规范的要求，核设施营运单位对设备制造单位开展的监造活动有效性，以加强对制造过程的规范性控制，确保设备制造质量。

文章介绍了中、高放废液贮罐制造过程中开展的相关耐压试验及泄漏试验的目的，分析了试验原理及方法，结合监督见证过程中发现的调整试验顺序的情况，明确监督见证中关注点及相关试验工艺规范性对制造质量的影响，结合目前制造情况，提出了在国内放化安全级以及核安全级设备制造过程中安全监管相关建议。

2. 设备制造中的耐压试验和泄漏试验

放射性废液贮存设施内，中、高水平放射性废液贮罐容积不等，可以有1至几百 m^3 ，对于容积较大的贮罐，一般采用将不锈钢板轧制成型后焊接成筒体，在核设施现场将各节筒体与封头等部件进行焊接组装成型，制成整体贮罐。在通过对焊缝进行RT(射线探伤)等无损检测合格后，根据技术要求，依次进行耐压试验和真空泄漏试验，以验证放射性废液贮罐整体的强度及密封性是否满足放射性废液的贮存安全。部分体积较小的放射性废液贮罐一般在制造完成后(非在安装现场制造的)，即使是在制造单位经过压力试验，但在运抵安装现场后，为了检验在贮罐运输过程中有无损坏，安装前也需进行压力试验工作。

耐压试验和泄漏试验，是设备制造安装和无损检验过程中的两个重要试验，我中心监督人员在一次对中、高放废液贮罐制造过程的水压试验和真空氦检漏试验监督见证中，制造单位、监理及营运单位试验现场人员拟调整制造过程的耐压试验(水压试验)与真空泄漏试验(真空氦检漏试验)的顺序，认为仅仅调整试验顺序，调整顺序后每个试验均严格按照试验方案的步骤要求开展是合理的，因制造、监理和营运单位三个单位的人员均向监督人员提出要调整要求，监督人员当时对压力试验和泄漏试验的标准的认识也不足，仅根据设计制造工序中，水压试验在真空氦检漏试验前，要求现场试验按照设计确定的工序进行，否则就应进行办理变更手续，试验最终按照质量计划中的工序开展。几个月后，在对相关单位另外一个废液扬液器制造监督过程中，制造单位的技术负责人也向监督人员提出拟变更两个试验顺序的要求，他也认为调整两个试验的顺序是合理的；对此，笔者也询问了相关监督人员对这两个试验顺序的认识，大家对此意见也不统一；为此，针对监督见证过程中相关单位制造过程拟调整试验顺序这个问题，结合对相应的标准进行研究，认识到两种试验目的不同，明确了擅自调整试验顺序可能导致贮罐制造质量存在不确定性，同时，结合对相关试验规范性及试验过程介绍，确定监督过程中的重要关注点，可以对今后开展类似设备的相关试验监督见证检查工作提供参考。

按一般工业设备制造管理规定，针对管道、容器类设备，为了保证运行的安全，凡是承压设备(如真空设备、压力容器等)，承压管道(如化工工艺管道、氧、燃气管道、动力管道、热力管道、消防管道等)在制造、安装完毕后，均需进行压力试验，以检查设备各部分，特别是接头、焊缝等处是否有泄漏[5]。根据GB150-1压力容器第1部分通用要求，如内部贮存介质毒性程度为极度、高度危害或者不允许有微量泄漏的容器，应在耐压试验合格后进行泄漏试验[6]。

放射性废液贮罐工作时需保持内部轻微负压，以保证贮罐内废液呼排废气正常情况下不会进入到周边环境，但相应体积较大的放射性废液贮罐，贮罐需要承受贮存的放射性废液本身重力产生的压力，数十米高的放射性废液也对贮罐底部产生接近0.1 MPa的压力，放射性废液贮罐作为阻止放射性释放的一道屏障，不允许放射性废液产生微量泄漏，为此，根据技术规格书要求，设计时要求中、高放废液贮罐制造时应进行耐压试验和泄漏检测试验。

2.1. 耐压试验

压力试验的目的是检验管道、容器、设备等的强度(也称为强度试验)，同时检查管道、容器、设备中

薄弱如焊缝、接头等是否存在泄漏(也称为密封性试验或严密性试验),根据实验的介质和目的、要求不同,耐压试验一般可分为液压试验、气压试验、气液组合试验三种。按照管道、容器、设备实际使用环境,一般可以分为工作中承受内压和外压两种。

以下介绍各种试验的基本方法,了解试验过程,供监督人员在设备制造过程中的相关试验监督见证过程中,识别存在的质量及安全风险做参考,判定试验过程是否满足设计要求。

2.1.1. 液压试验

液压试验是强度试验,也可以兼做密封性试验。液压试验是在被试验的设备内充满介质(一般使用去离子水),通过压力泵向被试设备内增压,形成一定的压力,通过试验介质产生压强对容器壁及焊缝接头等进行强度试验。一般的液压试验中试验的液体应满足 GB150.4 或相关标准要求[7]。针对容积较小的放射性贮罐,一般采用此种方法检测,简述如下:

1) 试验压力和温度

监督人员还应根据关注试验压力、环境满足设计要求,试验压力过大可能造成设备的损坏,过小可能导致试验不能有效发现泄漏。

液压试验的压力按照公式(1)确定:

$$P_T = 1.25P \frac{[\sigma]}{[\sigma]'} \quad (1)$$

式中 P —被试设备的设计工作压力(MPa);

P_T —液压试验压力(MPa);

$[\sigma]$ —试验温度下材料许用应力;

$[\sigma]'$ —试验温度下材料许用应力。

具体试验压力及温度的控制要求,监督人员应根据实际的试验方案或设计图纸中的具体技术要求进行核实。

2) 液压试验工艺方法

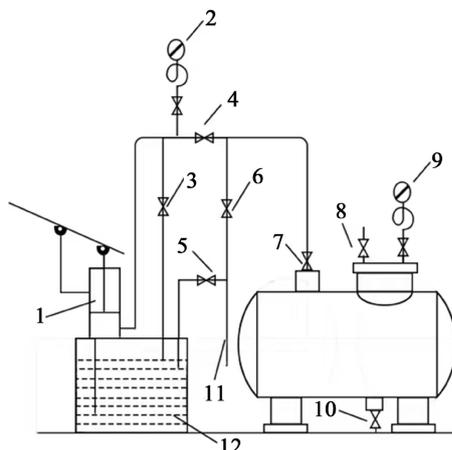
图 1 是液压试验装置示意图。对于小型的中、高放废液贮罐制造过程中采用液压试验,一般采用去离子水作为试验介质。

液压试验过程中在受试贮罐上设有进液口 7 和出气孔 8。以及压力表 9。试验开始,先打开阀门 5、6、7 和出气孔 8,由供液管 11 通过阀门 5、6 灌满贮罐和设备,直到废液从出气孔 8 溢出为止,此时关闭阀门 5、6 和 8,开启阀门 4,开动试压泵 1,对设备进行加压,压力泵压力可由压力表 2 读取,设备内压力由压力表 9 读取。

3) 液压试验注意事项

监督人员对液压试验过程合规性除了应关注是否按照试验方案和设备制造质量计划开展,还应注意以下方面,以确定试验过程是否规范,试验结果是否满足要求:

① 压力表 9 上的读数应平稳地增加,说明试验过程正常。(监督人员应关注仪表是否检定并在有效期内,这里有效期应与试验方案中采用的标准进行核实,不能仅仅根据经验,如 ASME BPVC-3 第 1 册,ND 分卷 3 级部件 ND-6534 中要求“所有试验压力表应对照标准静载荷试验机或经标定的标准压力表进行标定。试验压力表应在每次试验或一系列试验以前进行标定。一系列试验实指在不超两个星期时间内,用相同一个或几个试验压力表进行一组试验”。这就与通常计量压力仪表检定周期 6 个月或 1 年不一致;同时应关注仪表量程,如量程过大可能造成读数不准确,轻微的泄漏无法即使发现。)



1-压力泵；2、9-压力表；3、4、5、6-阀门；
7-进液阀门；8-出气阀门；10-排液阀门；11-
进液管；12-储液槽。

Figure 1. Hydraulic test structure diagram

图 1. 液压试验装置示意

- ② 如压力表的指针跳动，说明贮罐内有空气，应继续排气。
- ③ 如压力表的指针不动，甚至反转，说明阀门或管路泄漏，应停止加压，维修后重新加压。
- ④ 加压时，应保持压力缓慢均匀上升，建议每分钟不超过 0.15 MPa (监督人员关注是否根据具体实验方案开展，避免为了赶试验进度，升压过快)。
- ⑤ 当压力升至 0.3~0.4 MPa 时，应暂停加压，进行一次检查确认泄漏情况，必要时可拧紧贮罐上的人孔(设备孔)和法兰上的紧固螺栓(先泄压后拧紧螺栓)。
- ⑥ 在加压过程中如发现大量漏液，应泄压后进行维修，如轻微漏液，可持续缓慢加压，同时观察漏液量是否增加，以充分暴露全部缺陷，后期一并修理(如出现此类情况，本次见证结论为“不通过”)。
- ⑦ 当加压达到试验压力时，试压泵停车，关闭阀门 4，在试验压力下历时 5 min，此时不再作详细检查，然后稍启开阀门 3 和 4，使压力降至工作压力进行检查。
- ⑧ 检查时，使用木锤，沿各接缝的两侧(每侧约 150 mm)轻轻敲打，如无泄漏和变形，且压力表 9 上的压力值也维持不变，则表示液压试验合格。
- ⑨ 试压完毕，打开排液阀门 10，同时开启出气阀门 8，将设贮罐中的废液排净。

在监督见证过程还应关注以下的情况，确保试验安全及试验结果准确：

- ① 在试验的贮罐容器承受压力时，特别是超压情况下，贮罐和管道具有一定危险性，如果其上某处或接口经受不住试验压力，就会被击穿，射出的液流可能造成周边设备损坏或人员伤害，因此，试压时必须设定专门区域，确保安全。若天气寒冷，使用去离子水为水压试验的介质时，还应考虑防冻问题，试压完毕后，必须将水放净，以防去离子水冻结导致设备损坏。
- ② 当液压试验用水为试验介质时，水的温度低于周围气温露点的温度时，设备外壁上可能出现空气中水汽凝结形成的水珠。试验人员采用以下方法区别是水汽凝结还是渗漏，将水珠擦掉后，观察是否又有水珠继续出现，同时观察压力表表压有否下降；还应测量贮罐容器壁温是否高于露点(如识别不准确，可能造成误判)。

2.1.2. 充水试验

针对容积为几十至数百 m^3 的中、高放废液贮罐，由于工作状态贮罐注入液位较高，将贮罐中充满废

液后，重力作用贮罐底部也会产生较大的压力，所以在设计中采用充去离子水试验进行贮罐严密性检查和贮罐强度检查。

1) 先决条件检查

在开始充水试验前，监督人员应核实以下先决条件是否满足：

- ① 充水前，所有与贮罐有关的焊接必须全部结束。
- ② 贮罐本体及附件必须全部安装完成。
- ③ 焊接药皮、飞溅、焊疤等已清理干净，所有焊缝已酸洗钝化。
- ④ 充水试验合格前与贮罐相连的正式工艺管线不得连接。
- ⑤ 贮罐所有焊缝无损检测，所有焊缝成形进行了全面的无损检测检查记录。(注意：在检查时，除了核实所有焊缝均进行了无损检测，且检测结果合格，还应延伸检查前期确认涉及焊缝质量的不符合项的处理记录，不符合项应全部关闭。)
- ⑥ 贮罐已完成试验前的检查验收。
- ⑦ 经检测合格的试验用水源确定后，临时管线、阀门及机具准备到位，进水、排水管线已安装并保持通畅。

2) 充水试验步骤

监督人员核实确认上述条件满足后，可按照以下程序开展充水试验：

施工准备→水管、水泵安装、调试→贮罐清理、透气孔检查→充水至设计最高液位→保持 48 h→检查是否异常变形、渗漏检查→抽水、临时管线拆除→贮罐内水渍清理、清洁。

3) 试验合格判定依据

贮罐的严密性应以充水试验过程中贮罐无渗漏为合格。充水过程中，对贮罐变形进行观察，充水到设计最高液位后，保持 48 h，若无异常变形和渗漏等现象即为合格。应注意试验中的保压时间应满足设计要求。

2.1.3. 气压试验

气压试验也是强度试验，将压缩空气打入待检查设备内，以验证设备强度是否满足设计要求。

鉴于气压试验与水压试验相比灵敏、迅速，且试验气体不易污染被试验设备，但危险性较大，试验过程中必须采取可靠的安全措施，监督人员在监督过程中首先应核实现场安全措施落实情况，

1) 气压试验使用条件

气压试验可在下列情况下使用：

- ① 设备的设计和结构不便于充满液体时。
- ② 设备的支承或结构不能承受充满液体的载荷时。
- ③ 承压设备内部盛水放出后不容易干燥，实际使用工况不允许剩余水分时[1]。

2) 气压试验前先决条件

因气压试验的气体压缩后气体的压缩比大，储能高，如果有裂口薄弱环节，压力释放产生冲击波，释放的能量大，对试验人员带来较大的安全风险，所以气压试验前必须认真检查设备质量，如贮罐的焊缝必须经过 100%探伤检查。

监督人员应现场核查是否按要求开展 100%无损探伤，使用的仪表是否检定、量程是否满足设计要求，尤其是现场安全保护措施的完备性，如不满足要求，不得开展后续试验。

3) 气压试验步骤

监督人员应关注试验过升压过程及保压的时间，避免升压过快造成设备损坏及带来安全风险。

① 应保证试验压力缓缓上升,升至规定试验压力 10%,保压 5 min 后,对所有连接部位和焊接接头进行初次检查,如有泄漏,修补后重新试验,确认无泄漏后,继续缓慢升压到试验压力的 50%后,观察无异常后,压力应按逐级每级 10%左右逐步增加到试验压力,保压 10 min,然后降至设计工作压力,保压时间足够后,进行检查,在此期间,压力应保持不变。试验过程中若出现异常情况或泄漏,应立即停止升压。

② 用肥皂水涂在焊接接头和接缝处检查是否产生气泡判定泄漏情况,确定泄漏部位[7]。

4) 试验压力和温度

气压试验和气液组合试验采用的压力系数如式(2)所示:

$$P_r = 1.25P \frac{[\sigma]}{[\sigma]'} \quad (2)$$

式中: P —被试设备的设计工作压力(MPa);

P_r —液压试验压力(MPa);

$[\sigma]$ —试验温度下材料许用应力;

$[\sigma]'$ —试验温度下材料许用应力;

监督人员在试验前,应与设计要求核实,确认试验压力和温度条件满足要求。

2.1.4. 气液组合试验

因工业设备规模不断扩大,生产实际中使用很多大型压力容器,只能在现场组焊,这些大型压力容器由于液压试验时液体质量对设备和基础的影响以及设备结构的限制,往往不能采用液压实验,如充水后设备太重,可能导致设备本体变形,且受到容积和压力源的限制,也不能采用气压试验,为此,在实际操作过程中,采用先向设备内注入部分液体,再用压缩气体加压代替液压试验。考虑气液组合试验时如发生泄漏,气液共存状态的压缩气体产生破坏的危害性大于液压试验,且气液组合试验过程中稳压困难,试验限制条件同水压试验,风险介于水压试验和气压试验之间,经济性一般,因此工业实践中采用此试验方式较少。本文在此就不详细介绍。

2.2. 泄漏试验

液压试验主要是强度试验,也可以兼做密封性试验,但是针对介质毒性极高、高度危害或者不允许有微量泄漏的容器,应在耐压试验合格后进行泄漏试验。中、高放废液的特点符合上述的条件,所以设计上均要求进行泄漏试验,泄漏试验包括气密性试验以及氨检漏试验、卤素检漏试验和氦检漏试验等[1]。监督见证过程中应注意试验人员资质,如泄漏试验中,如氨检漏属于无损检测的一种,试验人员应取得相应的资格证书。

2.2.1. 气密性试验

气密性试验一般设计时考虑与强度试验一并进行,如试验介质不同,才分别进行。用气体做密封性试验的介质时,采用向承压设备内打入气体后,待混合气体温度稳定后,检查气体在每小时(至少 1 h)内的泄漏率是否满足规定,当泄漏量超标后,可在接缝处涂肥皂水查出泄漏处后修复。

2.2.2. 氨检漏、卤素检漏试验

氨检漏或卤素检漏的泄漏试验一般用于常压设备或管道,采用将一定体积分数的氨或特定卤素的压缩空气通入被测试设备或管道中,在焊缝或连接处贴上比焊缝宽的试纸,当达到试验压力后,试纸上未出现示踪气体反应显示即为合格[1]。

2.2.3. 氦检漏试验

在核化工的设备制造过程中,通常采用氦检漏试验方式进行检测,以下将主要针对该方法进行介绍。

氦检漏试验是将一定体积百分数浓度的氦气作为示踪气体,与空气一同通入被测试容器设备或管道中,用氦检漏仪对焊缝及接头检测是否存在泄漏,因为氦气分子极小,所以可以更有效地发现存在的微小缺陷。

1) 先决条件检查

监督人员应核实氦检漏试验前,应保持被试验件的表面没有油脂、油液、油漆以及其他可能妨碍的污物,如采用液体清洁被试验件或泄漏检验前进行耐压试验,则被检验试件前应充分干燥(干燥需要较长的时间)。

为了保证试验检测准确性,应检查以下三个环境因素是否满足:

- ① 检漏现场的防止有较大的通风\或处于不会因通风使检测要求的灵敏度降低的场所。
- ② 检测现场应保持在 5℃至 40℃范围内。
- ③ 试验现场不得有强烈的电磁场。

2) 试验步骤

监督人员核实确认上述条件满足后,可按照以下程序开展试验:

① 试验检测前,应测量环境温度满足设计要求,试验人员应具备相应资质(监督过程中关注现场温湿度计应检定并在有效期内,人员资质满足试验要求)。

② 检测前应对系统进行密封性试验.向被检测容器内冲入清洁干燥的压缩空气或氮气至一定压力(试验方案中规定),保压至少 1 h 后,观察被检验系统压力.若压力有明显变化,对被检系统进行修复.如果之前已经做过气压试验且合格,该步骤可以不执行(监督人员关注压力表量程及检定时间,保压时间确保满足要求)。

③ 密封性试验合格后,向被检验容器通入空气和氦气到试验压力,保证氦气浓度满足试验方案要求为止.充气完成后,用清洁干燥的压缩空气吹扫被检查面,降低环境中的氦本底,以免造成检测过程中的误报(监督时核查氦气的质量证明满足试验要求)。

④ 采用氦检漏仪对焊缝及被检查面进行检查,泄露率小于规定的标准视为合格。

3. 放射性废液贮罐制造过程的问题分析

经过上述对压力试验的原理及目的分析可以看出,水压试验和氦检漏试验的目的不同.为什么制造现场会出现调整试验顺序的想法?试验过程中为什么不采用气压试验?为什么采用了压力试验后还需要进行氦气检漏试验?通过对标准的学习,将相关原因分析如下。

3.1. 调整试验顺序的原因分析

因为一般放射性废液贮罐容器体积较大,先进行水压试验后,还需要放水并采用抽真空等方法,待贮罐内部完全干燥后,方可开展氦气检漏实验,否则可能影响氦气检漏实验的准确性.放射性废液贮罐一般体积较大,将水压试验后工作介质水排出并抽真空完全干燥需要时间较长,可能需要数十个小时或者数天,尤其是南方潮湿的试验环境下,这就延长了制造工期,制造单位为了节省工期,加快制造进度,所以拟将水压试验调整到氦气检漏试验完成前进行,这样氦气检漏试验就可以节省等待压力试验后的贮罐排水及干燥时间。

还有一个因素可能是制造人员的误解.在核行业安全设备的制造过程中,密封性试验经常采用氦检漏试验方法,氦检漏是一种无损检测的方式,在开展压力试验先决条件中,要求对所有焊缝均进行无损

检验，所以，试验人员形成氦检漏试验应在水压试验等压力试验前开展的印象。

3.2. 不采用气压试验的原因分析

用压缩空气打入承压设备内进行设备的强度试验，也可以避免水压试验后期导致的排水、干燥时间，气压试验虽然比水压试验灵敏迅速，但危险性较大。曾经出现过设备制造单位进行容器的气压试验过程中，压缩空气将封堵板头冲开，导致人员伤亡的事故。因为其安全风险较大。所以制造厂现在一般采用液压试验的方法。除了因设计结构或其他原因，不能采用水压试验时，制造厂采用气压试验。开展气压试验时，必须具备相应的场地，同时做好安全防护，避免安全事故。

3.3. 进行氦检漏试验的必要性

液压试验是强度试验，目的是通过对容器壁、焊缝施加一定的压力，如容器壁、焊缝等如果存在变形、缺陷，通过施加的压力，容器、焊缝产生(微观)形变，焊缝的部分应力得到释放，这样可能导致一些之前通过无损检验未能发现的缺陷或满足无损检验标准的缺陷，暴露出来或不再满足原来的标准，这些缺陷通过后续的维修消除。氦气检漏试验在压力试验后开展，进一步加强了对贮罐、容器、管道存在缺陷的检验有效性。

3.4. 调整试验顺序的后果

设备制造单位及相关方认识不到位，认为仅仅调整试验顺序，每个试验过程均按照试验方案严格执行，加快了制造进度，对设备的制造质量不存在影响。通过分析可以看出，设计上确定先开展压力试验(强度试验)的目的是检验容器、管道系统是否能够承受规定的压力，压力试验让放射性贮罐制造过程中部件及焊缝的缺陷(如存在)充分放大，以发现设计或安装制造方面的隐患，强度试验合格后方可进行泄漏试验，其目的是检验贮罐系统的严密性，这是非常关键的试验项目，在不清楚相应的原理前，调整两个试验的顺序，可能导致制造过程存在的缺陷不能充分暴露发现，致使贮罐制造质量存疑，为后续设备的使用过程中带来不确定的安全风险。

4. 建议

目前，虽然大多数设备制造单位能够按照设计要求进行生产制造，但是在制造生产过程中，还是会因设备、环境及人员认识偏差等因素，不能完全按照设计要求去制造，导致制备制造质量的不确定性，尤其是安全重要设备，对后续核设施运行中的安全带来不确定性较大。国家监管部门也进一步加强了对核安全设备(含放化安全级设备)制造过程的安全监管，但是在相关安全设备及重要设备制造过程中监管制度、监控手段、监管人力等方面还存在一些不足，尚做不到对这些重要设备制造过程的全过程监管，只能通过制造质量计划进行选点监督，对此，对相关单位和人员建议如下：

1) 相关设备制造单位人员应加强技术标准的学习与理解，树立按规则、按照设计要求进行生产的意识，不断提升人员技术水平和安全质量意识。

2) 设备制造过程中，如需要变更，设备制造单位应与设计单位进行沟通确认后，按照经过国家监管部门审查认可的质量保证程序进行变更。设备制造单位应特别注意在生产制造过程中是否存在重大设计变更和重大不符合项，如有应向监管部门报告。

3) 监督人员对设备制造过程中监督见证检查中要关注制造过程的合规性，尤其是与设计技术规格书的一致性，对于变更要严格把关，核实是否得到设计单位的确认，变更手续是否完备且合规。特别是针对虽然经过设计单位认可并按程序办理的设计变更，应核实是否属于重大设计变更，是否按要求向监管部门报告。

4) 对于监督人员在设备制造的监督过程中,通过严格审查制造过程中的一致性,可以发现问题,但是还应加强对技术标准的学习理解,做的知其然,知其所以然,更好地提升能力,提升监督工作的规范性和有效性。

参考文献

- [1] 孙东辉, 陈式, 糕凤官. GB14500-2002 放射性废物管理规定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [2] 李思凡, 徐培昇, 陈勇, 等. EJ939-2014 核燃料后处理厂建(构)筑物、系统和部件的分级准则[S]. 北京: 核工业标准化研究所, 2014.
- [3] 民用核安全设备监督管理条例[Z]. 中华人民共和国国务院令第 500 号.
- [4] 国家国防科技工业局. 军工核安全设备监督管理办法[Z]. 科工核应安(2021) 539 号.
- [5] 崔碧海, 王蔚佳. 安装技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [6] 寿比南, 陈刚, 郑津洋, 等. GB150.1-2011 压力容器 第 1 部分: 通用要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [7] 崔军, 陈学东, 寿比南, 等. GB150.4-2011 压力容器 第 4 部分: 制造、检验和验收[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.