**PbLi-SCO2试验件换热器**

**研制技术规格书**

**二O二四年八月**

PbLi-SCO2试验件换热器

研制技术规格书

（签署页）

**西安交通大学： 年 月 日**

**乙供单位： 年 月 日**

目录

[1. 概述 4](#_Toc164102075)

[2. 供货范围 4](#_Toc164102076)

[2.1 主题内容 4](#_Toc164102077)

[2.2 服务内容 5](#_Toc164102078)

[3. 引用文件、标准规范 5](#_Toc164102079)

[4. 技术要求 6](#_Toc164102080)

[4.1 基本要求 6](#_Toc164102081)

[4.2 主要性能要求 6](#_Toc164102082)

[4.1.1 设备性能参数 6](#_Toc164102083)

[4.1.2 运行环境 8](#_Toc164102084)

[4.1.3 总体要求 8](#_Toc164102085)

[4.1.4 技术要求 9](#_Toc164102086)

[4.1.5 材料要求 9](#_Toc164102087)

[5. 制造要求 9](#_Toc164102088)

[5.1 焊接要求 9](#_Toc164102089)

[5.2 机加工及装配要求 11](#_Toc164102090)

[6. 铭牌和标识 12](#_Toc164102091)

[7. 文件和记录 13](#_Toc164102092)

[8. 检验及试验 14](#_Toc164102093)

[8.1 板片蚀刻质量检测 14](#_Toc164102094)

[8.2 扩散焊接组织金相检测 14](#_Toc164102095)

[8.3 室温拉伸实验 14](#_Toc164102096)

[8.4 设备耐压试验 14](#_Toc164102097)

[8.4 氦质谱试验 16](#_Toc164102098)

[8.4 外观焊缝的缺陷检测 16](#_Toc164102099)

[9. 包装、储存和运输 16](#_Toc164102100)

[10. 调试 17](#_Toc164102101)

[11. 安装 17](#_Toc164102102)

[12. 人员培训及技术服务 17](#_Toc164102103)

[13. 进度要求 17](#_Toc164102104)

[14. 质量保证要求规定 17](#_Toc164102105)

[15. 检验验收 18](#_Toc164102106)

[15.1 检验验收 18](#_Toc164102107)

[15.2 保修 18](#_Toc164102108)

[16. 保密要求 19](#_Toc164102109)

[17. 交货准备 19](#_Toc164102110)

[附图1 热交换器简图 20](#_Toc164102111)

**CRAFT SCO2项目**

**PbLi-SCO2试验件换热器**

**研制技术规格书**

#  概述

PbLi-SCO2试验件换热器是为CRAFT SCO2热工试验平台项目设计和制造的专用产品，主要完成SCO2工质与PbLi工质的换热。本技术要求对PbLi-SCO2试验件换热器（以下简称PbLi-SCO2换热器）提出了设计、制造、试验、运输、安装及验收方面的技术要求，并规定了供货商的职责和供货范围，作为采购合同的技术附件。

应严格遵循通用化、系列化原则，确保通用性和可扩展性；应遵循可靠性、维修性、安全性、测试性、保障性，确保设备可靠、使用和维修方便；应严格贯彻执行有关国家标准。

本技术要求提出的是最低限度的要求，并未对所有技术细节做出规定，也未完全陈述与之有关的所有规范和标准。供货商应提供符合本技术要求及其它未列出的有关工业标准、规范和导则要求的优质设备（或系统）。并满足甲方在详细设计阶段进一步细化而提出的其它的一些设备的功能、性能和可靠性方面的要求。

本技术要求的解释和修改权归甲方所有。

#  供货范围

## 2.1 主题内容

供货方（以下简称乙方）应根据西安交通大学（以下简称甲方）的需求，提供 1 台结构完整、功能完备、性能可靠、满足技术指标要求的回热器设备（以下简称热交换器），乙方应对热交换器的完整性和正确性负责。乙方供货范围应至少包括表 1的内容。

表 1 供货范围

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 数量 | 备注 |
| 1 | PbLi-SCO2换热器 | 1 台 | 见附图 |
| 2 | PbLi-SCO2换热器 | 4 片 | 冷热侧各2片 |
| 3 | 铭牌 | 2片 |  |
| 4 | 测试报告及合格证 | 1套 |  |

## 2.2 服务内容

乙方应提供至少包含以下服务内容：

（1）热交换器的制造、检验、出厂试验、文件提交、包装、运输等，其中热交换器应具有可供吊运的吊耳和供安装固定的支座，由乙方设计、制造；

（2）售后服务：热交换器的保修期从验收合格之日起计算，为期一年。在规定的保修期内，乙方应对热交换器的质量负责，并免费提供技术咨询和技术支持。若在保修期内发生任何质量问题，在接到甲方通知后，乙方须在 3天之内免费到现场进行维修和处理，需要更换或新增设备或组件，乙方须免费予以提供。保修期满后，乙方应长期提供技术咨询和技术支持，甲方提出维修需求，乙方须派出维修工程师到现场。

## 2.3 文件供应

评审时，乙方需要提交PbLi-SCO2换热器设计计算书、二维及三维图纸、换热设备性能分析报告、力学计算报告、应力仿真报告、材料化学成分分析报告、蚀刻及焊接技术证明材料、设备无损检测试验大纲、质保大纲、业绩证明材料、公司资质证明、换热器生产及交付计划（MIP表）。

项目应随一起提交材料：PbLi-SCO2换热器设计蓝图、设计计算书、换热设备性能分析、力学计算、应力仿真分析、材料化学成分复验报告、设备无损检测试验大纲及试验记录、质保大纲。具体可参考第7章节内容，上述材料需要签章并通过甲方认可后有效。

# 引用文件、标准规范

压力容器设计、制造、检验与验收 GB 151《热交换器》、GB/T 150-2011《压力容器设计、制造、检验与验收标准》

受压元件用钢板标准/供货状态 GB/T24511-2017《承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带》

接管材料标准 GB/T13296-2013《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》

焊接工艺评定 NB/T47014-2011《承压设备焊接工艺评定》

焊接规程 NB/T47015-2011《压力容器焊接规程》

焊接材料订货技术条件NB/T47018-2017《承压设备用焊接材料订货技术条件》

容器制造尺寸公差 HG/T 20584-2011《钢制化工容器制造技术要求》第九章

测量接口的布置标准 GB/T27698.1-2011《热交换器及传热元件性能测试方法》

压力容器无损检测标准 NB/T47013《承压设备无损检测》

产品包装、装卸、运输、贮存标准 GJB1443-1992《产品包装、装卸、运输、贮存的质量管理要求》

ASME VIII 压力容器建造规则

ASME IX 焊接、钎接和粘接评定

GB/T 1184 形状和位置公差、未注公差值

GB/T 1804 一般公差、线性尺寸的未注公差

项目中所涉及的设计图纸需要双方会签确认方可进行加工制造，每张图纸上需标明设计、校对、审核、审查、审定的人员与所属单位。

#  技术要求

## 4.1 基本要求

在保证设备功能性能需求的前提下，利用成熟和已经过充分验证的技术，使产品工作稳定可靠；采用模块化的控制单元，提高品质和可维修程度。

## 4.2 主要性能要求

### 4.1.1 设备性能参数

1. 换热器主要技术参数如下：

表2 PbLi /SCO2中间换热器设计工况参数表

|  |
| --- |
| 工况1（低温模式） |
| 序号 | 项目 | 参数 | 项目 | 参数 |
| 1 | 热侧工质 | PbLi | 冷侧工质 | SCO2 |
| 2 | 热侧流量 | 依计算 | 冷侧流量 | 依计算 |
| 3 | 热侧入口压力 | 1 MPa | 冷侧入口压力 | 7-15 MPa |
| 4 | 热侧入口温度 | 450 ℃ | 冷侧入口温度 | 350.0℃ |
| 5 | 热侧出口温度 | 400 ℃ | 冷侧出口温度 | 390.0℃ |
| 6 | 热侧压降 | ≤0.05MPa | 冷侧压降 | ≤0.05MPa |
| 7 | 热负荷 |  最低10kW，最高50 kW |
| 8 | 设计裕量 | ≥10% |
| 工况2（高温模式） |
| 序号 | 项目 | 参数 | 项目 | 参数 |
| 1 | 热侧工质 | PbLi | 冷侧工质 | SCO2 |
| 2 | 热侧流量 | 依计算 | 冷侧流量 | 依计算 |
| 3 | 热侧入口压力 | 1 MPa | 冷侧入口压力 | 7-15 MPa |
| 4 | 热侧入口温度 | 600 ℃ | 冷侧入口温度 | 410.0℃ |
| 5 | 热侧出口温度 | 460 ℃ | 冷侧出口温度 | 依计算，最高450℃ |
| 6 | 热侧压降 | ≤0.05MPa | 冷侧压降 | ≤0.05MPa |
| 7 | 热负荷 | 最低10 kW，最高50 kW |
| 8 | 设计裕量 | ≥10% |
| 9 | 热侧接管 进|出 | DN80|DN80（参考，供应商最终核算） | 冷侧接管进|出 | DN80|DN80（参考，供应商最终核算） |
| 10 | 芯体重量 | 供应商核算 |

注：PbLi-SCO2中间换热器的超二冷却剂侧最高运行压力要求达到15MPa，设计压力参照压力容器设计标准确定。PbLi-SCO2中间换热器需作为实验段之一在超二回路允许的压力、流量、温度条件下进行实验测试。

1. 热工质液态金属LiPb的物性参数参考公开文献，冷工质超临界CO2的物性参数使用NIST 10.0物性包的参数进行计算；
2. 换热器基体材料推荐选择镍基合金钢、P92材质、310S材质等（如选用其他材料性能应不低于推荐材料），并满足抗腐蚀设计。因此，在原本壁厚设计参数的基础上推荐留腐蚀余量至少1 mm；
3. 液态锂铅工质侧的流体流速应小于1m/s，液态锂铅侧应考虑温度低于熔点凝固的风险，应增设温度测点；液态锂铅侧应考虑设计压力远低于CO2侧可能发生破口事故，需要增设压力爆破片等压力泄压方式。

**表4.4 PbLi物性参数表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 物性 | 单位 | 关联式 |
| *ρ* | kg/s | *Ρl* = 10520.0-1.189·T |
| *cp* | J/(kg·K) | *cp·l*= 194.74 – 9e-03·T |
| *β* | K-1 | *βl*= (11.221 + 1.531e-3·T)e-5 |
| *k* | Pa-1 | *kl*= 1e-10 |
| *h* | J/kg | *hl*= 194.74(*T-Tm*)-4.5e-3(*T*2*-Tm*2)+ *v*(1-*βT*)(*P-Pm*) + *hl0* |
| *u* | J/kg | *ul*= *hl* - *Pv* |
| *s* | J/(kg·K) | *sl*= 194.74ln(*T*/*Tm*)-9e-3(*T-Tm*)+ *βv*(*P-Pm*) + *sl0* |
| *Pv* | Pa | *Pvl*= 1.4508e-57×(T-273.15)^20.025 |
| *λ* | W/(m·K) | *λl*=1.9463 + 1.96e-2·T |
| *σ* | N/m | *σl*=459.4 – 0.04×(T-518) |
| *μ* | Pa·s | *μl* = 0.00914-1.77459e-05·T+9.5521e-9·T^2 |



### 4.1.2 运行环境

环境温度： 5~50℃

环境压力： 常压

相对湿度： 5%~95%

### 4.1.3 总体要求

a. 乙方根据本技术要求完成设备的方案设计（包括支撑、载荷）、图纸、加工工作，并附带（但不限于）对于PbLi-SCO2热力设计，液态金属侧防堵塞、防破口事故、防腐蚀的设计对策，制造工艺流程，产品检测方案及往期业绩证明材料，质保大纲，并提交设计图纸与设计文件。

b. 甲方有权在合同签订后对热交换器的整体尺寸、芯体的内部结构及设计参数做适当修改，修改时采用文件通知乙方执行。

c. 乙方的设计文件应由甲方批准后执行。

d. 乙方在投标时应评估产品制造的工艺风险，并在投标文件中明确写出。

e. 本技术条件未尽事宜，以及制造过程中出现的问题，由甲方和乙方协商解决，乙方不得随意更改设计文件。

f. 热交换器检验过程中使用的量具、仪器、仪表等应检验合格，并在有效期内，有相应的计量或质量检查部门出具合格证书。

g. 乙方对于外购的材料、零部件负有全部责任。

h. 两个试验段应能够进行必要的试验验证，例如，进行SCO2工质的试验测试，测试压力应>8MPa，测试温度应>200℃等，能够提交详尽的测试验证及验收方案优先作为选择。

### 4.1.4 技术要求

a）整机表面应处理整洁，无锈蚀，无划痕、裂纹、突起或凹陷，不需刷油漆。

b）可靠性与维修性：承受极端工况（600℃、12MPa）不发生破坏：>0.4 h；

c）平均故障时间> 1000 h，制定维修、清洗等策略。

### 4.1.5 材料要求

a. 零部件制造和焊接应采用满足设计图纸和本技术要求规定的材料，并说明选用的理由，建议不低于310S材质。

b. 本技术规格书规定采用的材料如需改动，应书面通知甲方，并获得甲方同意。

c. 热交换器所使用锻件可采用 NB/T47010 中的三级锻件，管材可参考 GBT 14976 中，封头上接管可采用锻件加工，板材可按照 GB/T3280 执行，可采用三级锻件切割后制作板片。

d. 应对所选材料的化学成分及常温力学性能进行复验。

### 4.1.6 测点要求

试验段需要在PbLi侧进出口设置温度传感器各两个，压力传感器接口各一个；

设备上需要设置爆破片，设备上需要设置不少于4个的压力测点，用以检测PbLi侧的压降；

需要在SCO2侧进出口设置温度传感器各三个，压力传感器接口各一个。

# 制造要求

## 5.1 焊接要求

热交换器芯体采用扩散焊接，其余采用常规焊接方式。对于常规焊接，乙方应参照 NB/T47014 以及 NB/T47015 的规定进行焊接工艺评定。常规焊接的焊接及检测要求见表 5.1：

表 5.1 常规焊缝执行要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **焊缝部位** | **参照技术****规格书** | **焊材及焊接****规程** | **焊缝检验及判定** |
| 1 | 进出口管，包括与接头焊接部分 | NB/T 47015NB/T 47013 | 焊接规程由制造厂家编制，设计方确认 | 焊缝选用 NB/T47013.2（I 级合格）或者 NB/T47013.3 探伤 I 级 合格。所有焊缝表面均采用NB/T47013.5。 |
| 2 | 进出口接管与芯体焊接部分 | NB/T 47015NB/T 47013 | 焊接规程由制造厂家编制，设计方确认 | 焊缝选用 NB/T47013.2 探伤，I 级合格。所有焊缝表面均采用NB/T47013.5。 |
| 3 | NB/T47013.3 超声检测，NB/T47013.2 射线检测，NB/T47013.5 渗透检测 |
| 注：已有焊接工艺支持的焊缝无需重新开展焊接工艺评定 |

当发现焊接接头中有裂纹或其他超标缺陷时，在查明并排除导致出现缺陷的原因之前， 应停止相应工件的所有焊接工作。必要时，由乙方焊接操作人员和检验人员进行研究，根据检验结果判断焊接接头的质量，并制定排除导致出现缺陷的原因和不合格焊缝返修的措施。这些措施应获得乙方焊接技术负责人的批准，并通报甲方。由乙方焊接技术负责人做 出恢复焊接的决定。对于探伤到的不合格的焊缝可进行补焊，缺陷只能补焊一次。

热交换器的芯体采用真空扩散焊接，应遵循 ASME 中扩散焊接的要求，乙方应该进行焊接工艺试验，合格后编写扩散焊接规程，并提交甲方批准后执行。扩散焊接应在在密闭 环境中进行，搭建永久性或临时性芯体装配区。芯体装配前对板片清洁度逐张检验，板片上无深度＞0.01mm的划伤、缺陷、刀痕迹等。板片及其上的开孔、板片边缘上应无锐棱、毛刺、油污、粘胶、金属屑、灰尘等影响扩散焊接质量的缺陷。扩散焊接前检查板片装配 后顺序无误，冷板、热板无装混现象，每块板块侧边可用激光进行标记，方便检查。

甲方在扩散焊接前后应该做的检测见表 5.2，所有检测均应记录并提交甲方。

表 5.2 扩散焊接前后检测

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | **参照技术规格书** | **状态** | **检测项目及内容** |
| 1 | 板片 | ASME-SA387 GB/T5310NB/T47008 | 焊接前 | a.化学成分检查，按材料所选标准执行。 |
| 2 | 芯体侧边 | NB/T47013.5 | 焊接及热处理后 | 焊接后芯体的侧边可达的焊缝进行渗透探伤每条焊缝线性显示超过 1.5mm 或圆形显示超过 2mm， 均为不合格。 |
| 3 | NB/T47013.2 超声检测NB/T47013.3 射线检测NB/T47013.5 渗透检测 |

热交换器芯体应考虑真空扩散焊接造成的错边及压缩，外部尺寸可适当保留一定余量， 焊接后加工。最终外形尺寸及内部流道尺寸应该满足图纸要求。

## 5.2 机加工及装配要求

a. 芯体板片厚度尺寸偏差±0.05mm，表面不允许有划伤磕碰等缺陷，板片上流道外 部的尺寸厂家可留存一定余量，焊接后根据外形要求对外缘进行加工。应考虑焊 接时候厚度方向的压缩，根据工艺选取余量。

b. 钢板在扩散焊接前应抛光表面，其焊接表面粗糙度不低于 Ra 0.8µm。

c. 刻蚀加工要求

板片在刻蚀后的尺寸检测如下：

1）抽取板片总量的 10%且不少于 6 张板片对流道槽深度进行测量。若出现不合 格则逐张板片进行检查，分出不合格板片。板片流道深度用精度不低于 0.02mm 的量具或 仪器进行测量，测量点应平均分布，数量应为每张板片不少于 6 个点。板片流道深度偏差 应满足图纸要求。

2）抽取板片总量的 10%且不少于 6 张板片对流道宽度、肋宽进行测量。数量应 为每张板片不少于 6 个点。板片流道尺寸偏差应满足图纸要求。若出现不合格则逐张板片 进行检查，分出不合格板片。

3）板片蚀刻完成后必须将蚀刻液清洗干净并对板片逐张进行包装保护。清洗液可 使用分析纯酒精或丙酮，最后使用去离子水冲洗，水质按 NB/T 20001 中附录 G 的 A 级水 质。板片在蚀刻前，厂家应编制工艺要求，按工艺要求进行操作。蚀刻时必须对非流道区 域进行保护。

d. 设计文件中未注公差的倒角半径、倒角高度尺寸的极限偏差应满足 GB/T 1804 中m 级的要求。

e. 机加工的线性尺寸的一般公差按 GB/T 1804 中 m 级，非机加工的线性尺寸的一般 公差按 GB/T 1804 中 c 级。

f. 设计文件中未注形位公差应满足 GB/T1184 中的 k 级要求，设计文件中未注槽、 凸起位置的对称度公差应在槽或凸起部尺寸的公差范围内，设计文件未规定情况 下，钻头产生的圆锥、弧表面的粗糙度应不大于 Ra 12.5μm。

g. 零部件完工表面不得有锐边、擦伤、压痕、深度超标的划痕和其他机械损伤。由 加工单位进行检验。在设计文件未规定的情况下：

1）应去除毛刺、锐边和突出部分应倒圆（ 半径为 0.6mm～ 1.0mm） 或倒钝（（0.5mm～1mm）×45°）；

2）内角的倒角半径应为 0.3mm～1.0mm。

3）零件退刀槽、倒角、小沟槽表面粗糙度应不大于 Ra6.3 µm。

4）擦伤、压痕深度不得超过 0.1mm，长度 10mm。每个零件表面压痕总数量不得 超过 2个。

h. 设计文件中若无特别规定，允许采用非冲击方法校正零部件，但应在不加热和不 采用焊接方法矫形的情况下进行。除非设计文件中另有规定，应在探伤前进行校 正。

i. 设计文件未规定的情况下，小于 2mm 的半径和小于 1mm 的倒角允许不进行检验， 应通过加工工具的精度或相应的工艺流程保证尺寸公差满足要求。

j. 加工完毕后及时提供主要安装尺寸（总图中带公差的尺寸以及标注的形位尺寸）。

# 铭牌和标识

铭牌应至少标出热交换器设计压力、设计温度、水压试验压力、回热器整体尺寸、重量、冷热侧进出口接管尺寸、接管法兰规格等信息。

#  文件和记录

7.1 应该根据本采购技术规格书及标准要求编制质量文件。

7.2 成品的质量文件应提供纸质及电子版文件。

7.3 质量文件中的所有记录应为打印件或采用黑色墨水笔清晰工整地笔录，记录内容不得随意删改，所有修改均应有证明。

7.4 制造过程中允许的不符合项应形成相应的文件，应在零部件的质量文件中记录不符合项，并应对允许不符合项的原因提供必要的说明。

7.5 乙方主管承担质量文件的正确性、完整性和及时性的责任。

7.6 产品验收时乙方应提供质量证明文件，质量证明文件至少应包括以下内容：

1) 产品合格证；

2) 产品竣工图；

3) 原材料（含焊材）材质证明书；

4) 材料的复验报告；

5) 零部件材料代用单（如有）；

6) 焊接的相关质量文件；

7) 产品焊接接头无损检测报告；

8) 制造过程中的超差处理和不符合项处理情况及结果报告；

9) 制造过程中的返修情况和处理结果报告；

10) 主要结构尺寸检验结果报告；

11) 压力试验的记录和结果报告；

12) 设备装箱清单。

7.7 乙方提交的文件及资料应详细、清晰和准确，所有文件应注明生产厂家名称、文件名称、编写日期和采购合同号等，每份文件和图纸应提供纸质文件 1份和电子文档 1份。

7.8 乙方应对提交文件及资料的完整性、有效性和正确性负责，甲方有权对各阶段提交文件及资料提出意见，乙方应在规定时间内无条件地负责对文件及资料进行完善和修改， 并负责重新提交相应的文件及资料。

7.9 在执行合同期间，甲乙双方的所有正式通信来往均须遵守合同中的相关程序规定。

7.10 完工后，乙方应按《西安交通大学科研项目采购物项完工文件归档要求》的相关要求提交完工文件。

#  检验及试验

## 8.1 板片蚀刻质量检测

通过轮廓仪对于化学蚀刻板片的精度进行检测，板片厚度精度达到±0.05 mm；板片刻蚀精度达到±0.1 mm，全部板片都需要进行检测。

## 8.2 扩散焊接组织金相检测

进行预冷器和样机的扩散焊接组织金相检测，做母材的晶粒度检查，从样机上切块进行金相及晶粒度检测，焊接后组织晶粒与焊前母材的晶粒进行对比分析。

## 8.3 室温拉伸实验

进行焊接组织室温拉伸实验3组，焊接组织抗拉强度应达到原母材90%以上，结果需要符合GB24511-2009对于母材的规定。

## 8.4 设备耐压试验

8.4.1 水压试验前应用去离子水对一、二次侧进行冲洗，冲洗时间不得小于 20分钟，冲洗过程中目视检查出水口无残渣、铁屑后合格，水中氯离子含量不超过 25mg/L。

8.4.2 水压试验应该满足 GB150的相关要求，水压试验时水温应≥5℃，水中氯离子含 量不超过 25mg/L。

8.4.3 设备组焊后对二次侧应进行水压试验，水压试验压力曲线由乙方设计提供，图1所示为示例，并交由甲方认可通过后进行，每个台阶压力精度±0.3MPa，时间精度±15s。



图 1 水压图压力曲线图（示例）

8.4.4 水压试验过程中每个台阶都应该进行检查，应无渗漏、冒汗、可见的残余变形和异常响声，每个台阶保压期间压力表读数应保持不变，乙方可在整体水压前给单个部件进行水压进行检测，单个部件的水压次数不超过 1次。

8.4.5 零部件加工时应规定必要的压力试验工艺余量，试验后去除该工艺余量，以保证 技术图纸规定的尺寸。允许在压力试验、渗漏试验后加工零部件的焊接坡口，加工时应做好防异物防护。

8.4.6 除非设计图纸中有特别规定，水压试验时工装不得限制被检零部件在压力作用下 的自由变形。

8.4.7 用于压力试验的工艺设计和检验、测量仪表应保证：

1) 与被检零部件的内部腔室相连的通道应严格密封；

2) 被检零部件的内部腔室中的空气应排净，并用介质充满；

3) 测量仪表的量程应确保最优测量区域覆盖压力试验区域；

4) 试验过程中应监测压力；

5) 应检测水温。

8.4.8 压力试验回路应设置安全阀，以防止超压。试验过程中最大超压值不得大于规定最大试验压力的2%。

8.4.9 水压试验过程中压力应稳定，保压过程中，若被检零部件内水温在±3℃范围内变化时，压力值允许在±2%范围内波动，此时应采用自动记录仪连续记录试验压力和水温。

8.4.10 压力试验时，采用目视法检测残余变形。

8.4.11 若试验过程中，检验时没有发现泄漏、渗漏、可见的残余变形，且满足 8.4.8 条规定，认为压力试验合格。

8.4.12 水压试验后应排空积水，并用≥60℃的干燥的热空气吹扫。吹扫时间不少于 30分钟，待表面彻底干燥后进行下一步的工序。

8.4.13 设备整体水压并干燥后进行渗漏检测，按 NB/T47013.8 执行，检测的部位为二次侧，检测方法为 NB/T47013.8 附录F，检测结果不得有泄漏。

8.4.14 每台换热器压力和渗漏试验后应提交报告。设备整体水压试验后需测量芯体部分的外形尺寸、测量进出口接管组件的形位尺寸，并提供报告，其值应满足总图的要求。

## 8.5 氦质谱试验

依据NB/T47013《承压设备无损检测》标准，对设备进行氦质谱检测，泄漏速率应不高于1×10-7 Pa·m3/s。

## 8.6 外观焊缝的缺陷检测

换热器连接处采用电子束焊或氩弧焊焊接的方式进行，焊缝需要通过着色检测，焊缝处无明显气泡、裂纹等缺陷。检测依据B/T47014-2011《承压设备焊接工艺评定》。

#  包装、储存和运输

热交换器进行氦检合格后可不进行清洗，直接封装保护即可。氦检后如果未及时保护，则按照 8.3.1 及 8.3.11 条重新冲洗干燥后封装保护。运输和保存过程中，零部件的所有接管应冲氮气封堵和铅封。一次侧的进出口应使用塑料盖板整体封盖保护，在厂内运输和保存时，根据制造方的工艺进行封堵。

# 调试

无调试要求。

#  安装

无安装要求。

#  人员培训及技术服务

承制方负责对定购方进行设备安装、使用、维护、保养、分解组装、培训，并提供所需的技术文件和资料。

承制方负责设备硬件的技术服务，必要时参加设备对接、联调、总装配以及其它系统试验，解决试验中出现的有关问题。

#  进度要求

采购进度计划以合同签字生效之日起开始计算，乙方须在110天内交付合同规定的所有产品。

交货地点：中国科学院合肥物质科学研究院等离子体研究所（中国科学院合肥物质科学研究院等离子体研究所）。

#  质量保证要求规定

14. 1 乙方应具有完整的质量保证体系和独立的、配套的组织机构。应对本设备制造过 程中的组织、制造工艺、文件管理、采购管理、材料和零部件的标识管理、检验和试验管理、质量保证记录、监查等环节做出明确规定。

14. 2 乙方应对本设备的制造工艺、焊接质量记录、无损检验等指定专人负责，必须做到有章可循，有据可查。

14. 3 本设备采用的所有材料、零部件和服务应满足乙方质量保证程序的要求。

14. 4 甲方代表在任何时间有权到乙方进行质量监督，监督乙方所有活动满足质量保证 程序和本技术规格书的要求，乙方应对甲方代表进行质量监督提供便利，所有质量监督应有计划并提前通知乙方，甲方可以向乙方派驻厂代表。

14. 5 乙方应向甲方提交制造和检查计划，以便建立见证点计划，制造和检查计划应包括制造顺序、检验以及检验顺序等。甲方根据制造和检查计划建立见证点计划，考虑与乙方的制造过程一致，乙方应向甲方推荐见证点。

14. 6 出现质量问题时，乙方有义务配合甲方进行原因分析，按甲方要求完成质量问题归零。

#  检验验收

## 15.1 检验验收

承制方根据规格书向定购方提供经过检验合格的设备，出厂验收和入所验收可同时进行。产品出厂前，乙方需要提交MIP表并通过甲方认定，**定购方下厂参加产品的各项检验验收**，下厂验收技术条件见8节中相关要求。

验收分为出厂验收和到货验收。

**15.1.1出厂验收**

在乙方制造厂完成，主要包括以下验收内容：

（1）实物验收：出厂前，甲方对热交换器的数量、尺寸规格、外观、 附件、标识、清洁度等内容进行检查。

（2）文件验收：对乙方提供的图纸、检验及试验报告、质量保证文件等文件的完整 性、数据真实和有效性进行检查。以上合格后厂家可以发货。

**15.1.2 到货验收**

到货验收在甲方指定的交货地点进行，到货后进行开箱检查：设备的数量、规格、外观、铭牌和标识、清洁度等符合技术要求，随货文件齐备后予以验收。

## 15.2 保修

设备自定购方向最终用户交付产品之日起保修三年。

#  保密要求

16. 1 乙方承诺交付给甲方或最终需求方的产品不会侵犯任何第三方的合法知识产权或其他权益。

16. 2 本合同履行过程中及产品使用过程中，如发生任何第三方主张甲方或最终需求方侵权，乙方须负责与第三方交涉，并承担全部责任，同时还应赔偿由此给甲方造成的一切损失，应承担的损失包括但不限于：生效判决书、仲裁书、调解书中所确定的赔偿金额、和解协议确定的赔偿金额、诉讼费或仲裁费和与诉讼或仲裁相关的费用、律师费、差旅费、公证费、寻找替代性设备期间该设备在无法工作期限内可创造的价值、寻找替代性设备的费用、期间的误工费及对甲方造成的商业信誉损失等。

16. 3 在本合同履行期限内，乙方对以任何方式从甲方获知的国家秘密、技术秘密、商业秘密或其它生产及经营信息（以下简称“保密事项”）均应负有保密义务，并同意采取以下必要保密措施加以保护，法律另有规定的除外：

（1）乙方在未经甲方书面允许的情况下，不得将保密事项有偿或无偿、故意或过失的提供、明示和泄露给第三方；

（2）乙方应采取合理的保护措施，且保护措施不低于甲方现有或相关法律法规要求的保护等级，防止保密事项被第三方获得；

（3）一旦知悉上述保密事项被泄露或因一方过失泄露，知悉一方应立刻采取有效措施防止损失扩大，并及时向对方报告；

（4）如任乙方违反上述保密责任，甲方有权要求乙方承担全部责任，包括但不限于消除影响、赔偿损失、公开道歉等。

16. 4 除非另有书面约定，乙方均承认在合同履行过程中甲方提供的任何形式的资料、软件、数据等的权利属于甲方，另一方无权复制、传播、转让、许可或提供他人使用上述资源，否则应承担因此产生的一切责任，并赔偿甲方由此产生的一切损失。

16. 5 保密期限：在上述保密事项成为公共信息之前，乙方应承担上述保密责任。

16. 6 乙方相关人员离职、调离岗位或新加入参与合同事项，均受上述条款约束。

16. 7 以上保密条款长期有效，不随协议结束而失效，甲乙双方应对本协议的内容及因合作所知悉的合作方商业秘密负保密责任。

#  交货准备

设备包装完好、成套，提供产品检验合格证。

应提供以下附带的信息：

表5 设备清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 号 | 名 称 | 数 量 | 备 注 |
| 1 | PbLi-SCO2换热器 | 1台 |  |
| 2 | PbLi-SCO2换热器冷热板片 | 4张 |  |
| 3 | 图纸资料 | 1套 |  |
| 4 | 测试报告 | 1套 | 检测数据 |



附图 换热器工位P&ID图（参考）