编号：21-07-021752

除氚材料中氚的回收系统
技术协议

甲方：中国工程物理研究院物资部　　乙方：绵阳市恒通机电设备有限公司

除氚材料中氚的回收系统技术协议

根据甲方招标文件（招标编号：21-07-021752）、乙方投标文件等文件资料，经甲乙双方友好协商，在平等自愿的基础上就乙方提供的“除氚材料中氚的回收系统”达成以下技术协议。

一、概述

1 设备名称

除氚材料中氚的回收系统。

2 采购数量

1 套。

3 设备使用环境

1）房间内全年气温（20~30）℃，湿度小于 60%。

2）额定电源电压：380 V/220 V/50 Hz。

4 总体要求

除氚材料中氚的回收系统主要用于除氚材料的再生和氢同位素的提取及回收。该系统可通过管线与各除氚系统相连，亦可接入可拆卸式除氚床，进行除氚材料的处理。处理的除氚材料包括金属吸气剂和分子筛两大类，处理氚的形态主要是金属氚化物和吸附氚化水。

该系统由 2 套相对独立的子系统组成，分别为分子筛吸附剂中氚化水回收系统和金属吸气剂中氚回收系统。其中，分子筛吸附剂中氚化水回收系统由氚化水回收系统前级冷凝系统和氚化水回收系统后级冷凝系统构成，其中前级冷凝系统为可移动式设备，与后级冷凝系统通过房间预设管路相连。

分子筛吸附剂中氚化水回收系统主要用于提取吸附态氚化水并以液态水形式收集，同时再生吸附剂。金属吸气剂中氚回收系统主要用于将金属氚化物中低分压的氚转变为可收集的元素态单质含氚气，同时兼顾氚化水的催化渗透回收功能。系统应具备漏率低，自动化程度高，操作方便，便于检修等特点。

系统按功能组件，主要构成包括：i）工艺管路系统、ii）气体回收功能组件、iii）泵输系统、iv）冷凝系统、v）测控系统等。系统要求安装和维护方便，整体设计结构紧凑、美观，具备过温、过压保护及自动关闭等安全功能，所有操作均可实现自动控制，具备与中控系统（另外制作）互联互通功能，中控系统可实现直接控制功能。

系统实施过程中，由需求方（甲方）提供总体工艺设计方案，择优选择具有资质的承制方（乙方）进行系统详细设计和方案/图纸设计，在方案/图纸通过甲方评审后，乙方进行标准组件的采购及验收、非标组件定制加工，组件齐套后，进行系统集成、安装、调试及性能

测试、包装与运输等全流程实施，甲方全流程监督指导。

除氚材料中氚的回收系统 2 套子系统的结构如图 1、图 2 所示（图中省略了部分对外接口的手动阀门及组件的拆检阀门）。下面对各功能组件进行简要说明：

1）工艺管路系统。主要由工艺管道、工艺阀门、气体储罐、标准接头等构成，工艺管路系统可实现氢同位素气体的缓冲储存、气体计量、气体流向控制和气氛取样等功能。

2）气体回收功能组件。包含两部分，一部分为贮氚床，实现对氢同位素气体的回收，以及管路的清洗、金属床的活化及再生等功能；另一部分为水汽催化渗透床，实现对水汽的催化分解，以及氢同位素的渗透转移。

3）泵输系统。包含三部分，一部分为转移泵组，由分子泵、真空泵及波纹管泵组成，实现对低压氢同位素气体的增压和输送，从而达到气体转移的目标；一部分为循环泵，采用波纹管泵用于驱动含水载气的循环转移；一部分为真空泵，实现系统管路、取样瓶及其他组件的初始抽空以及尾气抽空功能。

4）冷凝系统。主要由前级水冷冷凝器、后级氦冷冷凝器及储水罐构成，实现对含水载气的深度除水功能，储水罐可实现氚化水的回收和储存。

5）测控系统。实现温度、压力、流量等信号的测量、采集、记录和报警功能，实现采用“现场+远程”两种方式同步自动控制。

二、执行标准

SJ/T 31458-1994	氚气危险场所的电气安全要求
QJ 3213-2000	“氦质谱真空检漏方法”中的“氦罩法”
GB/T 13979	“氦质谱检漏仪”
GB/T 900A-2012	装备安全要求
GB 50217-2007	电力工程电缆设计规范
GB50055	通用用电设备配电设计规范
GB50093-2013	自动化仪表工程施工及验收规范
GBJ131—90	自动化仪表安装工程质量检验评定标准
GB/T50770-2013	石油化工安全仪表系统设计规范
DL/T5044	电力工程直流系统设计技术规定
GB50052-95	供配电设计规范
GBT151	《热交换器》
GB/T4213	《气动调节阀》；
GB/T 3091-2015	低压流体输送用焊接钢管

GB/T 13958-1992　焊接质量控制要求

GB/T 19869.1-2005 钢镍及镍合金的焊接工艺评定试验

JB4708　《钢制压力容器焊接工艺评定》；

GB 985-1988　气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口基本形式与尺寸

GB/T983　《不锈钢焊条》

CB50236－98　现场设备，工业管道焊接工程施工及压力管道工艺评定

GB150-2011　压力容器设计

GB/T25198-2010　压力容器封头

JBT4737-95　椭圆形封头

GB 5959.2-2008　电热装置的安全

GB/T 10066.1-2005　电热设备的试验方法

GB/T 10067.1-2005　电热装置基本技术条件

GB50054　《低压电气配电系统设计规范》；

GB4942.2　《低压电器外壳防护等级》

DL 5028-1993　电力工程制图标准

JB/T10551　真空技术

GB50052-1995　供配电系统设计规范

GB50054-1995　低压配电设计规范

GB14048.5-93　低压开关设备和控制设备

GB14048.5-93　低压开关设备和控制设备

GB4064-83　电气设备安全设计导则

HG/T 20505-2000　过程测量与控制仪表的功能标志及图形符号

HG/T 20513-2000　仪表系统接地设计规定

HG/T 20509-2000　仪表供电设计规定

及其他相关标准

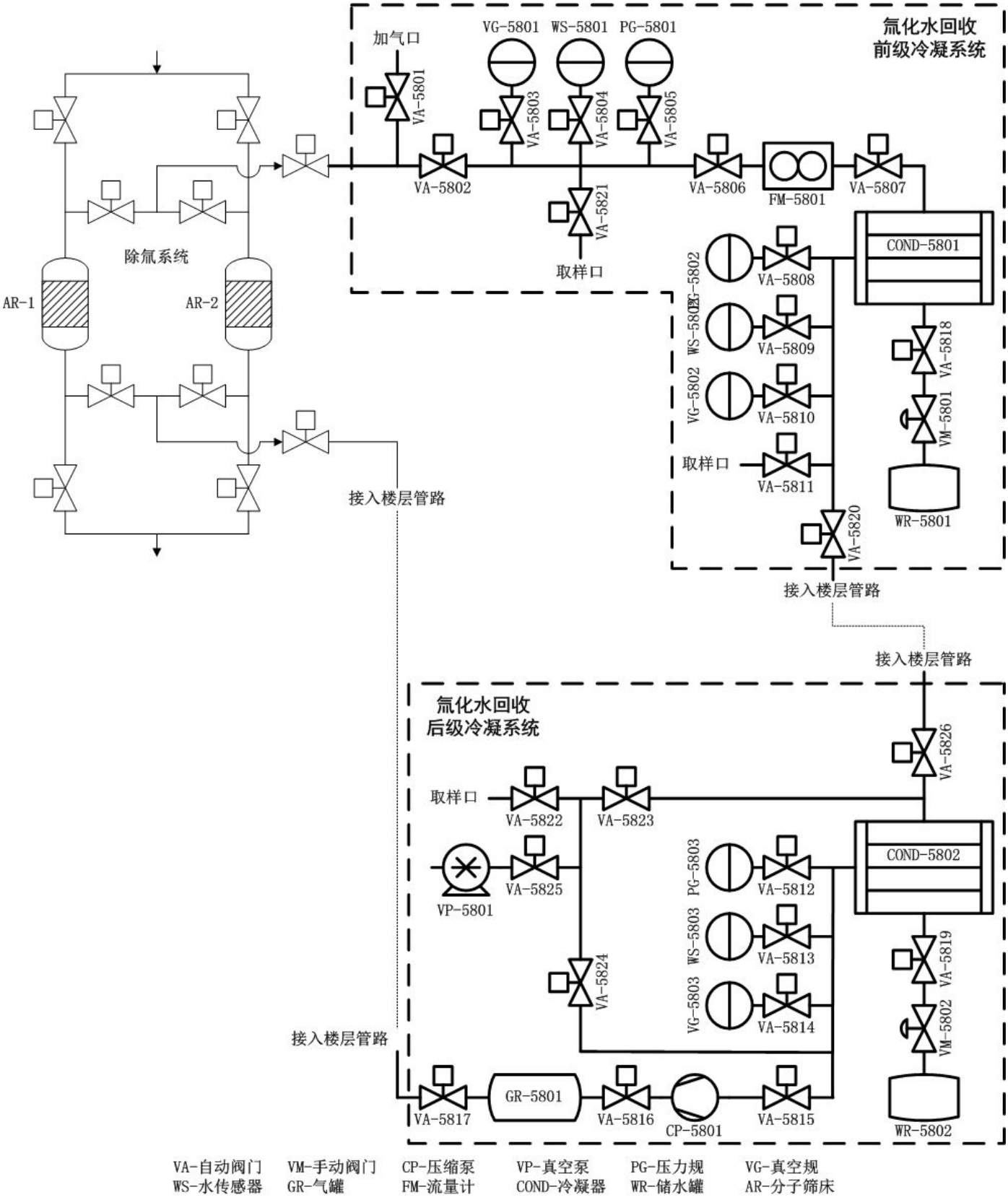

图 1 分子筛吸附剂中氚化水回收系统结构示意图

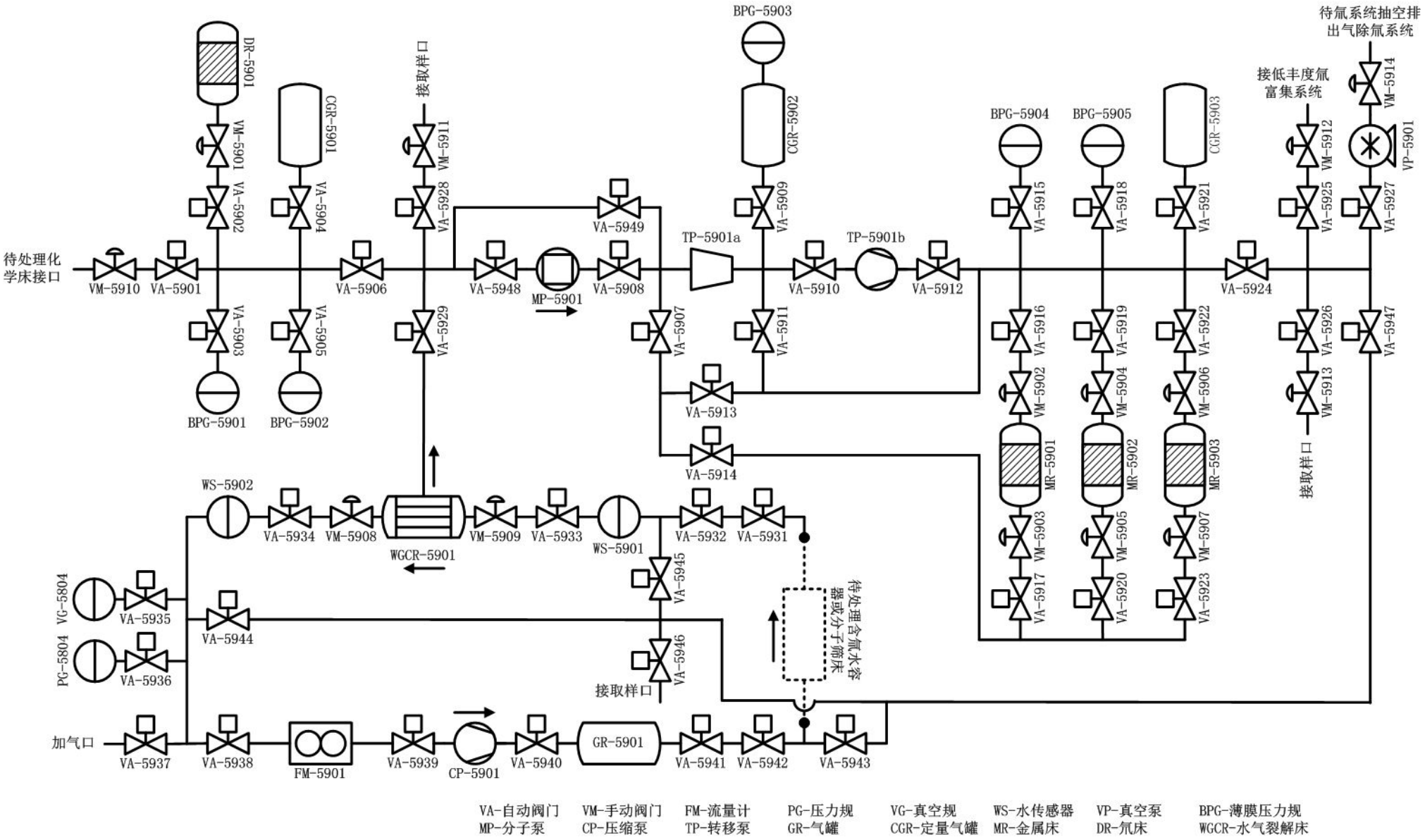

图2 金属吸气剂中氚回收系统结构示意图

三、技术要求

3.1 主要技术指标要求

系统技术要求见表 1。乙方应根据系统整体指标，设计贮氚床、水汽催化渗透床、冷凝器等结构及尺寸，并计算贮氚床、催化氧化床等的装料量，经甲乙双方认可后确定。系统内部的零部件数量除了下表 1 明确要求的，其余可以参考图 1 和图 2 进行配置，但零部件的性能参数要求需满足表 1。

表 1 系统技术要求

级别	序号	名称	技术指标
1.总体功能性指标	1.1a	金属吸气剂中氚回收系统技术指标	• 氚的提取率：≥90%； • 氚化水汽载带气体循环流量：30 L/min； • 转移泵组漏率不高于 10^{-7} Pa·m^{-3}·s^{-1}； • 前级泵极限真空不高于 2 Pa； • 后级泵出口压力不低于 100 kPa。
	1.1b	分子筛吸附剂中氚化水回收系统技术指标	• 氚的提取率：≥90%； • 氚化水汽载带气体循环流量：50 L/min； • 前级冷凝器设计气体出口水含量不高于 DP 0℃； • 后级冷凝器设计气体出口水含量不高于 1 ppm。
	1.2	系统耐压及漏率	• 整体漏率要求（不含泵及化学床）：系统在真空度达到极限真空后，系统静态升压为 12 小时不超过 120 Pa； • 系统管路反应器承压要求不低于 0.3 MPa； • 系统极限真空度不高于 10 Pa（不含泵及化学床）； • 对系统管路抽空应在 0.5 h 内由常压达到真空度 10 Pa。
2.工艺管路系统	2.1	管道	• 管路材质：316L； • 管路规格：外径1/2英寸无缝钢管，内抛光EP级，壁厚1.6mm； • 耐压强度：不低于1 MPa； • 接口要求：焊接+VCR接口（配支撑垫片）； • 管道安装应横平竖直，保持美观，弯管留有合理的弧度；
	2.2	接头	• 焊接三通、四通、弯头、VCR接口组件等采用与管道同品牌产品； • 焊接接头、标准VCR接头及其零配件数量根据实际需求确定，并提供50%数量备件； • 焊接结构，焊接采用氩弧焊或电子束焊，确保焊透，内部不应有气孔、毛刺、孔隙等，焊接外表面打磨光洁。
	2.3	手动波纹管阀门	• 阀体材质：316L不锈钢； • 阀头材质：316L不锈钢； • 耐压强度：不低于1 MPa； • 使用寿命：不低于5000次（耐压工作下）； • 整体外漏漏率：≤1.5×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}（1 MPa工作压力下）； • 内漏漏率：≤1.5×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}； • 接口要求：1/2英寸VCR接口（配支撑垫片）。
	2.4	气动波纹管阀门	• 阀体材质：316L不锈钢； • 阀头材质：316L不锈钢； • 耐压强度：不低于1 MPa；

			• 使用寿命：不低于5000次（耐压工作下）； • 阀门开启和关闭时间：≤2s； • 整体漏率：≤1.5×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}（1 MPa工作压力下）； • 内漏漏率：≤1.5×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}； • 接口要求：1/2英寸VCR接口（配支撑垫片）。
	2.5	气体储罐	• 制造标准：乙方必须确保缓冲罐的生产厂家具备压力容器设计及制造资质，结构和尺寸设计制造符合GB 150标准规范； • 罐体材质：316L； • 漏率要求：工作压力下的漏率不高于1.5×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}； • 设计压力：≥0.3 MPa； • 容积误差：＜1%； • 壁厚要求：根据GB 150进行裕度设计； • 接口要求：预留接口焊接1/2英寸VCR接口；根据系统结构要求预留压力传感器和测温点等测控接口； • 气体储罐参考规格：30 L×4个，1 L×1个。
	2.6	取样组件	• 取样组件包含取样瓶及手动波纹管阀，以焊接方式连接； • 取样瓶容积为10 ml×5个，50 ml×5个； • 取样瓶材质：316L； • 取样瓶耐压：不低于1 MPa； • 手动波纹管阀应满足2.3条要求； • 整体外漏漏率：≤1.5×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}（1 MPa工作压力下）； • 内漏漏率：≤1.5×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}； • 接口要求：1/4英寸VCR接口（配支撑垫片），带适配系统要求的转接头。
3.气体回收功能组件	3.1	贮氚床	• 床体材质：316L； • 设计压力：≥1 MPa； • 结构与尺寸：圆柱形筒体，壁厚大于5 mm，在满足气阻条件下，外观尺寸根据整体结构和装填量确定，前后端设计过滤器避免装填粉末对后端阀门及其它设备等造成影响； • 整体漏率：≤5.0×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}； • 工作温度：300℃~800℃； • 接口要求：根据装填量适配1/4英寸或1/2英寸VCR接口； • 装填材料：采用ZrCo等贮氚合金作为装填材料，装料量初定为10 g、100 g、500 g、1000 g。
	3.2	水汽催化渗透床	• 处理能力满足水汽含量不低于DP 20℃，循环载气流量不低于30 L/min，催化渗透效率不低于80%。 • 床体材质：316L； • 设计压力：≥0.3 MPa； • 结构和尺寸：采用贵金属催化剂与钯合金管结合的形式，壁厚大于5 mm，在满足气阻条件下，外观尺寸根据整体结构和处理能力由乙方设计确定，前后端设计过滤器避免装填粉末对后端阀门及其它设备等造成影响； • 整体漏率：≤5.0×10^{-9} Pa·m^{-3}·s^{-1}； • 工作温度：300℃～800℃； • 接口要求：1/2英寸VCR接口； • 钯合金管要求及制造标准：Pd-8%Y(.at%)，除特殊规定外，其他符合YS/T 416-1999）标准规范；

			• 钯合金管选择性或分离因子：≥100000； • 最高工作压力：不高于1.0 MPa； • 钯合金管单管规格：Φ2 mm×0.08 mm×500 mm；
4.泵输系统	4.1	无油真空泵	• 极限真空度：≤1 Pa； • 抽速不低于 522 L/min； • 工艺要求：漏率（氦检）≤5×10^{-8} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$； • 接口要求：1/2 英寸 VCR 接口，KF、CF 标准接口； • 配置电磁阀，断电自保护，防止排出气返流。
	4.2	分子泵	• 极限真空度不高于 1×10^{-7} Pa； • 抽速不低于 60 L/s； • 整体漏率优于 5×10^{-8} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$； • 接口要求：1/2 英寸 VCR 接口。
	4.4	波纹管泵	• 抽速不低于 80 L/min； • 最大出口压力可达 0.2 MPa； • 整体漏率优于 5×10^{-8} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$； • 接口要求：1/2 英寸 VCR 接口。
5.冷凝系统	5.1	前级冷凝器	• 非标组件，主要用于含水载气的初步除水； • 材质：316L； • 设计压力：≥0.3 MPa； • 结构与尺寸：采用液态水制冷方式（含制冷机），预计水汽流速为50 L/min，入口水汽含量不高于DP 20℃，出口水汽含量不高于DP 0℃，外观尺寸根据整体结构确定，底部设计冷凝水出口，要求整体结构小巧紧凑，残留水量低； • 整体漏率：≤5.0×10^{-9} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$； • 接口要求：1/2英寸VCR接口。
	5.2	后级冷凝器	• 非标组件，主要用于含水载气的深度除水； • 材质：316L； • 设计压力：≥0.3 MPa； • 结构与尺寸：采用氦制冷机制冷方式，预计水汽流速为50 L/min，入口水汽含量不高于DP 0℃，出口水汽含量不高于1 ppm，外观尺寸根据整体结构确定，底部设计冷凝水出口，要求整体结构小巧紧凑，残留水量低； • 整体漏率：≤5.0×10^{-9} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$； • 接口要求：1/2英寸VCR接口。
	5.3	储水罐	• 主要用于分类贮存氚化水； • 材质：316L； • 设计压力：≥0.3 MPa； • 结构与尺寸：参考容积50 L，配备液态水入口和载气循环通路，具备液位显示功能，外观尺寸根据整体结构和设计确定； • 整体漏率：≤5.0×10^{-9} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$； • 接口要求：1/2英寸VCR接口。
6.测控系统	6.1	绝对压力传感器	量程根据实际压力选择（常态工作压力 0～500 kPa），精度：≤±0.2%F.S.，接口采用 VCR 接口。
	6.2	薄膜真空规	监测系统真空度，量程 10 Torr、1000 Torr，全量程精度优于 0.2%，VCR 接口。

	6.3	露点传感器	监测系统水汽含量，测量范围优于（-100~20）℃，测量精度优于±2℃，VCR 接口。
	6.4	铂电阻	采用铂电阻测量定量气罐表面的温度，铂电阻精度 A 级。
	6.5	热电偶	加热炉测温采用热电偶，温度 0-1000℃，精度 0.2 级。加热炉温度测点≥3 个，其中一路用于采集温度反馈温控，一路用于安全联锁反馈信号，一路备用。
	6.6	全金属热式质量流量计（控制器）	• 精度：±0.5% F.S.； • 最大耐压：≥2.0 MPa； • 真空下整体漏率小于 1.5×10^{-9} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$； • 流量满足流速控制要求，不低于 5 SLM； • 接口要求：VCR 接口；
	6.7	加热炉	加热电炉通径应与贮氚床等气体回收功能组件的外形尺寸具有较好的匹配性，确保具有较好的保温效果，1 点式控温，额外增加 1 点监测及 1 点备用，最高加热温度：1000℃，根据加热对象实现自动升降。

3.2 系统集成与布局要求

1）阀门总数根据系统示意图，兼顾系统安全操作需要和组件拆检需求由乙方确定，并提交甲方审核。工艺管路系统的布局应体现生产工艺过程的流水线格局，安装前提供三维仿真布局方案，甲方审核通过后实施。管路、器件及组件布局整齐，安装横平竖直，弯管留有合理的弧度。

2）金属吸气剂中氚回收系统整体尺寸为不超过 4 m×3 m×2.5 m，分子筛吸附剂中氚化水回收系统整体尺寸为不超过 5 m×4 m×2.5 m。系统的集成和分解应满足运输、安装的要求，单位面积重量不超过 300 kg/m^2，具体情况可根据实际设计与甲方协商后进行调整。

3）单套子系统电功率不超过 30 KW。电气设备应符合 SJ/T 31458-1994 规定的氚气危险场所的电气安全要求，配置接地、漏电保护、过热保护、安全预警保护等设施。

4）各循环系统通过管路和阀门控制可实现自循环功能。

3.3 自动控制要求

1）该系统属于某集总系统中的一套系统，集总系统统一由“中控系统”进行控制。该中控系统采用 DCS 控制方式，分为就地和远程控制。由甲方委托的中控制作单位为系统乙方制作系统就地 DCS 控制，乙方应提供控制点位、信号类型等必需参数。

2）该系统所有操作均可实现自动控制，零部组件的选型需要满足自动控制的要求。

3）除氚材料中氚的回收系统运行时，执行的工艺任务主要包括金属吸气剂解吸、氢同位素转移、氢同位素回收，氚化水回收、氚化水处理等，均是通过自动控制实现。

4）动作和数据显示要求实现计算机显示和控制，要求可显示真空、压力、温度、流量、气动阀门开关状态，可控制温度和气动阀门的开关。

3.4 通用要求

1）本系统需实现自动控制，并由甲方委托的中控制作单位负责实施；除此之外，系统涉及的其他部分均由本系统承制方负责实施。

2）设备布置应考虑安装和更换功能组件的空间要求，便于功能模块拆卸与检修。同时，乙方需提前与中控方沟通，在系统集成时预留中控所需线槽空间，以及可移动式设备现场控制所需控制柜空间。

3）乙方承担系统的强电控制柜制作，中控单位负责系统的弱电控制柜制作。同时，乙方需为中控方进行系统就地控制的制作提供场地等必要便利措施。

4）系统的设计和集成应考虑系统的安全联锁保护，包含但不限于气体循环过程中的系统超压保护和金属床、催化床等加热组件的超温保护等。乙方在系统加工前的安全联锁设计方案应由甲方认可。

5）乙方需完成系统与安装场地内所有配套接口的管路连接。

6）本文件所列所有压力值均为绝对压力值。

7）本文件所列所有计量器具均需提供第三方检定证书；

8）本文件所列所有压力容器均须确保生产厂家具备压力容器设计及制造资质，结构和尺寸设计制造符合国家或行业标准规范，并出具报告。

9）除本文件明确要求的引用标准外，乙方的设计、制造、集成应按照系统涉及的相关国家标准或行业标准执行。

10）除本文件明确约定由甲方或其他承制方提供的内容以外，本系统涉及的所有零部组件均由乙方负责承担，并确保系统满足所有功能要求和技术指标。

3.5 其他要求

1）元器件的全部构材具有抗空气和水汽腐蚀的特性，与氢的相容性好，抗氢渗透性能好；密封材料，选择延展性好的金属材料如铜、银、铝,以及耐氚辐照的聚酰亚胺材料。

2）系统连接部件用焊接方式，否则采用金属垫圈密封的连接方式。采用先进的焊接技术，比如氩弧焊、电子束焊和等离子焊；对于大的容器和接口要求采用内焊，对于小管径的焊接，要求焊透，避免组件内部出现焊缝死角。

3）各个床体和反应器筒体焊接前必须将内表面灰尘、油污清理干净，焊后先抛光后检漏，漏率不得大于 5×10^{-9} $Pa\cdot m^{-3}\cdot s^{-1}$。

4）结构组件内表面要有较高的光洁度，要求 Ra≤3.2 μm；组件在安装前要严格清洗表面和热除气，例如对管路需要经过除油、除锈、超声波清洗、烘干工序的处理；组件加工前应进行材料的无损探伤，耐压组件使用的板材应经过锻压；系统不锈钢表面进行抛光或喷砂

处理以保证美观。

5）系统布局合理，便于操作，不可出现互相干涉的情况；各焊接部位的焊缝全部进行抛光处理；所有管路采用内抛光管，内部不得有灰尘、油污；阀门固定可靠，并便于拆卸、更换。

3.6 能力要求

1）乙方应建立质量保证体系，具有有效期内的质量管理体系认证证书。在签订合同后，乙方应根据采购方质保体系文件要求制定本项目的质量计划，系统设计说明书、技术规格书，设计、安装、调试工作方案，并经采购方认可。采购方根据质量计划设点情况开展监督验证时，乙方应提供必要的支持。当质量计划、设计、安装、调试等内容发生变化时，应经采购方认可后方可实施。

2）乙方应具备气体处理工艺系统、工业自动化生产线、化工设备等相关非标设备设计、制造的业绩。

3）乙方具备非标系统组件的设计能力，具有满足本项目需求使用的机械加工、焊接及装配设备（提供证明）。针对本项目的实施，应具有或建立相对固定的，且与项目建设工作量匹配的机械、化工、电气类专业技术和技能人员。

4）乙方具备可供设备安装集成、调试、暂存以及与中控系统联合调试的场地条件，联试方案需经评审并双方认可，甲方全程参与联试过程。

5）在商务合同签订后 3 个月内，乙方提供详细的工艺系统设计方案供需方评审、签署后实施，详细设计方案的具体内容和模板由甲方规定。

6）乙方应提供本系统控制信号点位及类型，为中控系统的研制和集成提供输入，配合中控系统的承制方做好本系统的自动化工作。

四、供货范围及要求

乙方提供的设备符合甲方的要求，并对设备的完整性、可靠性和安全性负责，包括主体设备及其附属设备、随机附件等。技术协议中没有提及的地方，凡属该设备功能必须的都属乙方供货范围。设备的设计、制造、包装、运输、现场调试均由乙方负责，甲方给予必要的配合。

表 2 供货范围表

序号	品名	规格型号	生产厂家	单位	数量	备注
主体设备						
1.	除氚材料中氚的回收系统	非标	恒通机电	套	1	包含附属设备

附属设备						
2.	EP 管	1/2 英寸	上海西泽	批	1	以系统实际需求为准
3.	接头	1/2 英寸	上海西泽	批	1	以系统实际需求为准，并提供50%数量的备件
4.	手动波纹管阀门	1/2 英寸	久创智控	批	1	以系统实际需求为准
5.	气动波纹管阀门	1/2 英寸	久创智控	批	1	以系统实际需求为准
6.	气体储罐	1 升	四川远方装备	套	1	
7.	气体储罐	30 升	四川远方装备	套	4	
8.	取样组件	非标	中科恒通	套	10	含 1/4 英寸手动波纹管阀及适配转接头
9.	贮氚床	非标	中科恒通	套	4	含加热炉
10.	水汽催化渗透床	非标	西北有色院	套	1	含加热炉
11.	无油真空泵	GWSP600	沈阳纪维	台	4	
12.	分子泵	HiPace80	德国普发	套	1	
13.	波纹管泵	N1200	德国 KNF	台	3	含真空包容箱
14.	前级冷凝器	50L/min	泰州坚创	套	1	
15.	后级冷凝器	50L/min	泰州坚创	套	1	
16.	储水罐	50L	四川远方装备	套	2	
17.	绝对压力传感器	UNIK5000	德鲁克	支	4	
18.	薄膜真空规	CDG025D	英福康	支	9	
19.	露点传感器	EA2-TX-IS	密析尔	套	5	
20.	铂电阻	CWDZ00	北京星仪	支	14	
21.	热电偶	TJ36	OMEGA	支	16	
22.	全金属热式质量流量控制器	F-201CM	Bronkhorst	套	2	

五、乙方资料交付内容及交付进度

序号	资料名称	交付时间	资料数量
1	质量计划、系统设计说明书、技术规格书，设计、安装、调试工作方案、中控位点的 IO 表及 PID 图等。	合同签订后 2 个月内	电子版 1 份

2	详细的工艺系统设计方案	合同签订后 3 个月内	电子版 1 份
3	管道三维仿真布局方案	设备安装前	电子版 1 份
4	管路系统结构图及三维布局图、安装基础图纸	设备到货 2 个月前	电子版 1 份
5	设备的装箱配置清单、设备使用说明书、维护保养手册、设计及施工图纸、电气线路图纸、合格证，所有外购设备的质量证明文件、说明书、计量器具检定/校准证书、测试报告等。	验收环节	电子版及纸质签字版 1 份

六、质量保证与控制

设备加工完成后，乙方需除氚材料中氚的回收系统相应技术指标进行逐条检测，出具产品检测合格证明。质保期 3 年，在质保期内，在正常使用情况下如果有阀门、加热装置、传感器等标准元器件损坏，乙方需要免费进行更换。

七、技术服务

7.1 随机备件

配备系统调整、维修所使用的全部专用工具；提供设备容易损坏或老化的零备件清单，包括型号规格与生产厂家，覆盖表 1 中的相关种类要求。

7.2 技术资料

供方应提供本系统实施过程的全套资料，包括：

1）设备的装箱配置清单、设备使用说明书、维护保养手册、设计及施工图纸、电气线路图纸、合格证，所有外购设备的质量证明文件、说明书、计量器具检定/校准证书、测试报告；

2）设备的备件及易损件清单；

3）设备到货 2 个月前提供管路系统结构图及三维布局图、安装基础图纸、土建要求、电源要求等。

乙方对甲方所有的协作内容负有保密义务，未经甲方许可，本系统设计、制作、交付过程中产生的所有技术资料及相关信息不能提供给第三方。若发生泄露情况，需承担相应法律后果。

7.3 安装调试

甲方准备安装现场水电气条件，乙方应将系统运送到需方指定的地点安装、集成并进行整体调试，并进行现场操作培训。所调试的各项指标均应满足采购技术文件中的相关要求，对不满足技术要求的进行整改。

安装方面，系统分为分子筛吸附剂中氚化水回收系统和金属吸气剂中氚回收系统两大部

分。乙方负责各系统之间的管路连接和制作，负责各系统与处理对象在房间中的对接口的管线连接和制作。此外，乙方需配合甲方委托的中控系统制作方进行系统的集散控制系统安装（DCS）和系统联试。

7.4 人员培训

第一部分：如甲方认为必要时，乙方在厂内进行总装、调试期间，甲方派相关人员到达供方现场，乙方负责培训甲方不少于 2 名工作人员（操作、维修各 1 名），使其达到独立安全操作、调整使用、日常维修维护和快速排除故障的能力。培训内容包括设备的基本原理、操作、维修保养等知识，使甲方操作人员能独立操作和简单的维护。培训时间视甲方人员掌握情况而定。

第二部分：在甲方现场进行安装、调试期间由乙方技术人员对甲方相关人员进行培训和操作。

第三部分：在产品验收合格及正常运行后由乙方技术人员对甲方相关人员进行相应的培训和指导。

八、设备验收

本项目采用预验收和终验收相结合的方式进行验收。

8.1 预验收

乙方自检合格后，通知甲方采购部门并组织相关人员进行设备的预验收。合同设备的预验收程序按照以下要求进行：

1）预验收成员组成：由乙方和甲方相关人员组成。

2）预验收地点：乙方现场。

3）验收依据：双方签署的技术文件、要求；国家有关标准和行业标准。

4）预验收采用技术资料查验和现场测试方式。主要内容如下：

a）外观质量、规格型号标识；

b）关键组件、零件、材料的规格型号，技术参数检查报告单；

c）系统功能试验报告单；

d）技术资料清点；

e）备件、配件清点；

f）现场测试，各指标技术要求详见表 1，验收方法详见表 3。

5）预验收报告：预验收合格后，双方应签署预验收报告。

6）预验收中所需的全部工件材料由承制方提供，并提供检验报告。

7）预验收在得到需方代表认可后，视为预验收合格，双方签订《预验收报告》。

表 3 系统技术指标验收方法

级别	序号	名称	验收方法
1.总体功能性指标	1.1a	金属吸气剂中氚回收系统技术指标	• 由承制方提供含控温功能的 Zr_2Fe 化学床，装料量为 100 g，吸氢量为 2 L，接入金属吸气剂中氚回收系统进行氢同位素解吸、转移和回收。通过CGR-5903定量气罐进行计量，要求转移计量累积气量不低于1.8 L，表明氚的提取率：≥90%； • 通过现场测试的流量计读数来判定是否满足要求； • 采用吸枪氦质谱检漏方法，乙方提供漏率的性能测试报告； • 通过现场测试的真空压力计读数来判定是否满足要求； • 通过现场测试的真空压力计读数来判定是否满足要求。
	1.1b	分子筛吸附剂中氚化水回收系统技术指标	• 由承制方提供含控温功能的分子筛床，装料量为 10 kg，吸水量为不高于 500 g；提供容积 1 L 的储水罐；接入分子筛吸附剂中氚化水回收系统进行氢化水回收。通过储水罐液位或称重法标定冷凝回收水量，要求氢化水回收率不低于 90%，表明氚的提取率：≥90%； • 通过现场测试的流量计读数来判定是否满足要求； • 通过现场测试出口水含量的读数判定是否满足要求； • 通过现场测试出口水含量的读数判定是否满足要求。
	1.2	系统耐压及漏率	• 测试不含泵及化学床状态下，系统在真空度达到极限真空后，关闭系统外接口阀门，系统静态升压为 12 小时不超过 120 Pa； • 向测试对象充入额定压力的氩气或氮气，关闭系统所有外接阀门，包括气动和手动阀门，保压 24 小时，压力变化应小于 0.5%，系统无异常； • 极限真空：系统在不含泵及化学床的状态下，关闭系统与外连接接口，系统抽空，极限真空要求达到 10 Pa 以下； • 关闭系统循环泵、与外连接接口、以及金属床进出口阀门，对系统管路抽空，0.5 小时内由大气压力达到真空度 10 Pa 为满足要求。
2.工艺管路系统	2.1	管道	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
	2.2	接头	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
	2.3	手动波纹管阀门	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
	2.4	气动波纹管阀门	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
	2.5	气体储罐	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。（含体积标定测试报告）
	2.6	取样组件	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
3.气体回收功能组件	3.1	贮氚床	现场测试，封装前对填料进行检查，封装后外包容器耐压指标采取惰性气体保压检测，漏率指标由氦质谱检漏仪检测。同时提供相关设计报告供甲方查验。
	3.2	水汽催化渗透床	现场测试，封装前对钯合金管的外观、几何参数、耐压值、漏率等进行检测，对填料进行检查，封装后外包容器耐压指标采取惰性气体保压检测，漏率指标由氦质谱检漏仪检测。同时提供相关设计报告供甲方查验。
4.泵输系统	4.1	无油真空泵	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
	4.2	分子泵	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。

	4.4	波纹管泵	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
5.冷凝系统	5.1	前级冷凝	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
	5.2	后级冷凝器	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
	5.3	储水罐	原厂合格证和资料；甲方查验乙方或第三方相关测试数据，必要时甲方抽检。
6.测控系统	6.1	绝对压力传感器	提供出厂合格证明、资料及第三方检定/校准证书。
	6.2	薄膜真空规	提供出厂合格证明、资料及第三方检定/校准证书。
	6.3	露点传感器	提供出厂合格证明、资料及第三方检定/校准证书。
	6.4	铂电阻	提供出厂合格证明、资料及第三方检定/校准证书。
	6.5	热电偶	提供出厂合格证明、资料及第三方检定/校准证书。
	6.6	全金属热式质量流量计（控制器）	提供出厂合格证明、资料及第三方检定/校准证书。
	6.7	加热炉	现场测试，完成室温→1000℃升温，实时监测温度波动不大于±5 ℃。
注 1：对集成系统上的组件和元件采用氦质谱真空喷氦检漏方法，或者氦质谱正压吸枪检漏法，检漏方法应符合标准 QJ 3123-2000《氦质谱正压检漏方法》、QJ 3089-1999《氦质谱真空检漏方法》的要求。			

8.2 终验收

1）清点验收

a）当产品到达交货地点后，双方立即组织双方的验收人员共同按合同产品供货清单及产品装箱单对合同产品连续进行清点验收，直至清点完毕。

b）若清点数目与合同产品供货清单及设备装箱单不符或合同产品损坏，承制方应在双方约定的时间内补齐或更换，由此发生的所有费用由承制方承担。

c）双方确认合同产品清点验收合格后，双方共同签定《清点验收报告》。

2）安装后的验收

设备安装后的验收为复核性验收，由合同设备的需求方组织进行，承制方代表参加。主要验收内容有：

a）外观质量；

b）附件、配件和工具；

c）验证主要性能指标；

d）技术资料；

e）签署验收报告。

九、进度要求

合同签订后 18 个月内具备预验收条件（具体交货时间以采购人通知为准）；接采购人通知后，乙方 1 个月内供货至采购人所区指定地点；货到采购人所区指定地点后，乙方 3 个月内完成安装调试。

十、售后服务

乙方应对任何由于不当包装或防护措施不利而导致的商品损坏、损失、锈蚀、费用增长等后果负责。

设备在甲方现场正式验收合格后，才视为正式交货。设备保修期为验收合格之日起 3 年。

在保修期内，乙方对设备出现各类故障后需及时提供维修服务。对非人为造成的各类零件损坏，及时更换。所更换的部件三包期从更换之日起重新计算。设备发生故障时，乙方应在 2 天内到达需方现场。

保修期外设备在使用过程中发生故障，乙方接到甲方通知后 10 分钟内内给予答复，4 小时内到达现场。3 个工作日内给予解决方案并到达甲方现场解决问题。保修期外只收取零配件的工本费。重大问题或其他无法立刻解决的问题乙方应在两周内解决或提出明确的解决方案。

十一、其他

1. 本技术协议与商务合同具有同等法律效应。
2. 本技术协议一式肆份，甲方贰份，乙方壹份，备案壹份，经签字盖章后生效。
3. 未尽事宜，双方本着友好协商的态度共同协商解决，如有重大调整时，另签订补充协议。

以下无正文。