



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104807603 B

(45)授权公告日 2017.09.08

(21)申请号 201510199700.2

审查员 朱亚雄

(22)申请日 2015.04.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104807603 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(73)专利权人 王庚林

地址 100054 北京市西城区姚家井二巷3号

楼4门501室

专利权人 李宁博 董立军

(72)发明人 王庚林 李宁博 董立军

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

11332

代理人 张海英 林波

(51)Int.Cl.

G01M 3/20(2006.01)

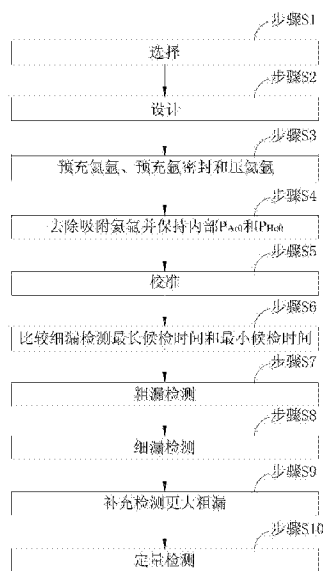
权利要求书9页 说明书30页 附图1页

(54)发明名称

氩粗漏氦细漏组合检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种氩粗漏氦细漏组合检测方法,属于密封性检测方法领域,为解决现有方法  $\tau_{Hemin}$  较低、V范围更宽时效果不够理想等问题而设计。本发明氩粗漏氦细漏组合检测方法包括步骤S1选择:初次密封性检测的具体方法为预充氩氦法,再次或多次密封性检测的具体方法为预充氩氦压氩氦法;或,初次密封性检测的具体方法选择预充氩压氩氦法,再次或多次密封性检测的具体方法选择预充氩多次压氩氦法;粗漏检测以氩气测量漏率  $R_{Ar0max}$  为判据,细漏检测以严密等级  $\tau_{Hemin}$  为基本判据,以氦气测量漏率  $R_{max}$  为表征判据。本发明氩粗漏氦细漏组合检测方法拓展了最长候检时间,有效防止了粗漏和细漏的漏检和错判,进一步解决了检测的适用性、可行性和可信性问题。



1. 一种氩粗漏氦细漏组合检测方法,其特征在于,包括步骤S1、选择:初次密封性检测的具体方法为预充氩氦法,再次或多次密封性检测的具体方法为预充氩氦压氩氦法;或,初次密封性检测的具体方法选择预充氩压氩氦法,再次或多次密封性检测的具体方法选择预充氩多次压氩氦法;粗漏检测以氩气测量漏率 $R_{Ar0max}$ 为判据,细漏检测以严密等级 $\tau_{He\min}$ 为基本判据,以氦气测量漏率 $R_{max}$ 为表征判据;对初次密封性检测可选择固定方案也可选择灵活方案,对再次或多次检测均选择灵活方案;固定方案的严密等级 $\tau_{He\min}$ 可为2000d、200d或20d,粗漏检测的氩气测量漏率判据 $R_{Ar0max}$ 可为 $7.95 \times 10^{-4} Pa \cdot cm^3/s$ 、 $2.39 \times 10^{-3} Pa \cdot cm^3/s$ 、 $7.95 \times 10^{-3} Pa \cdot cm^3/s$ 或 $2.39 \times 10^{-2} Pa \cdot cm^3/s$ ;灵活方案可选择固定方案的 $\tau_{He\min}$ 和 $R_{Ar0max}$ ,也可灵活选择 $\tau_{He\min}$ 和 $R_{Ar0max}$ ;

还包括步骤S2、设计:根据步骤S1所选择的具体方法、方案、 $\tau_{He\min}$ 和 $R_{Ar0max}$ ,设计预充氩氦、预充氩和压氩氦的压力和时间条件,设计细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{max}$ ,设计细漏检测的最长候检时间 $t_{max}$ ,设计最长粗漏检测时间 $t_{4max}$ 、最长细漏检测时间 $t_{5max}$ 及预充氩氦法的最小候检时间 $t_{3min}$ ,设计固定方案;

步骤S2.1、设计预充氩氦、预充氩和压氩氦压力和时间条件的方法为:

对首次检测的预充氩氦法,密封时预充气体的总气压 $P$ 为 $(1+10\%)P_0$ ,其中氦气分气压 $P_{He}$ 为 $(1+10\%)kP_0$ , $P_0$ 为标准大气压, $P_0=1.013 \times 10^5 Pa$ ;  $k$ 为预充氩比—— $P_{He}$ 与 $P_0$ 之比;氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $(1+10\%)P_{Ar0}$ , $P_{Ar0}$ 为正常空气中的氩气分气压, $P_{Ar0}=946 Pa$ ;其余为氮气;

对固定方案,取 $k=0.21$ ;对灵活方案, $k$ 可在 $0.03 \sim 0.5$ 间灵活取值;

初次密封性检测的具体方法选择预充氩压氩氦法,密封时预充气体的总气压 $P$ 为 $(1+10\%)P_0$ ,其中氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $(1+10\%)P_{Ar0}$ ,其余为氮气;施压气体的总气压不大于 $6P_0$ ,其中氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氦气分气压为 $P_E$ , $P_E$ 不小于 $2P_0$ ,压氩氦的时间 $t_1$ 应能保证细漏检测的氦气测量漏率判据 $R_{1max}$ 在检漏仪可检的范围;

对再次或多次检测的预充氩氦压氩氦法, $n$  ( $n \geq 1$ )次压氩氦中的氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氦气分气压为 $P_{En}$ , $P_{En}$ 应不小于 $2P_0$ ;为防止细漏漏检 $P_{En}$ 应不小于 $2P_0$ ;  $n$ 次压氩氦的时间 $t_{1n}$ 通过公式1得到,

$$\text{公式1} \left. \begin{aligned} t_{1n} &\geq \frac{1}{P_{En}} \left( \frac{1}{10e} k P_0 t_{3.0n} + 0.15 \sum_{i=1}^{n-1} P_{Ei} t_{1i} \right) \\ t_{1n} &\geq 1.2h \end{aligned} \right\}$$

式中, $t_{3.0n}$ 为预充氩氦密封结束至 $n$ 次压氩氦结束的间隔时间, $P_{Ei}$ 和 $t_{1i}$ 为各 $i$ 次压氩氦的氦气分气压和压氩氦时间;

再次或多次检测的预充氩多次压氩氦法, $n$  ( $n \geq 2$ )次压氩氦中的氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氦气分气压为 $P_{En}$ , $n$ 次压氩氦的时间 $t_{1.n}$ 通过公式1得到,其中 $k=0$ ;

步骤S2.2、设计细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{max}$ 的方法为:

对首次检测的预充氩氦法,被检件密封后在常温空气中贮存经候检时间 $t_3$ ,细漏检测的氦气测量漏率判据 $R_{2max}$ 通过公式2得到,

$$\text{公式2} R_{2max} = \frac{V k P_0}{\tau_{He\min}} \exp\left(-\frac{t_3}{\tau_{He\min}}\right)$$

式中, $V$ 为被检件的内腔容积;

以  $t_3 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2\max}$  可通过近似公式3得到,

$$\text{公式3 } R_{2\max} = \frac{VkP_0}{\tau_{He\min}}$$

对首次检测的预充氦压氦法, 被检件预充氦密封后在空气中贮存, 压氦  $t_1$  时间在常温空气中贮存候检时间  $t_2$ , 细漏检测的氦气测量漏率判据  $R_{1\max}$  通过公式4得到,

$$\text{公式4 } R_{1\max} = \frac{VP_E}{\tau_{He\min}} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_2}{\tau_{He\min}}\right)$$

或, 以  $t_1 \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_2 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{1\max}$  可通过近似公式5得到,

$$\text{公式5 } R_{1\max} = \frac{VP_E t_1}{\tau_{He\min}^2}$$

对再次或多次检测的预充氦压氦法,  $n$  ( $n \geq 1$ ) 次压氦后细漏检测的氦气测量漏率判据  $R_{2n.\max}$  通过公式6得到,

公式6

$$R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ kP_0 \exp\left(-\frac{t_{3.0n}}{\tau_{He\min}}\right) + \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He\min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\} \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He\min}}\right)$$

式中,  $t_{2.in}$  为第  $i$  次压氦结束至  $n$  次压氦结束的间隔时间,  $t_{2n}$  为  $n$  次压氦结束后在常温空气中的候检时间;

以  $t_{1i} \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式7得到,

$$\text{公式7 } R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ kP_0 \exp\left(-\frac{t_{3.0n}}{\tau_{He\min}}\right) + \frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\}$$

对再次或多次检测, 以  $t_{3.0n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式8得到,

$$\text{公式8 } R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left( kP_0 + \frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \right)$$

以  $t_{3.0n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $\left(\frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i}\right) \leq \frac{1}{10} kP_0$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式9得到,

$$\text{公式9 } R_{2n.\max} = \frac{VkP_0}{\tau_{He\min}}$$

再次或多次检测的预充氦多次压氦法,  $n$  ( $n \geq 2$ ) 次压氦后细漏检测的氦气测量漏率判据  $R_{1n.\max}$  通过公式10得到,

$$\text{公式10 } R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He\min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\} \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He\min}}\right)$$

或,以  $t_{1i} \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{1n.\max}$  可通过近似公式11得到,公式11

$$R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}^2} \left[ \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right]$$

或,对再次或多次检测,以  $t_1 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2.1n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{1n.\max}$  可通过近似公式12得到,

$$\text{公式12 } R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}^2} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i}$$

步骤S2.3、被检件的内腔容积上限  $V_{\max}$  通过公式13得到,

$$\text{公式13 } V_{\max} = \frac{L_{\max 0} \tau_{He\min}}{P_0} \sqrt{\frac{M_A}{M_{He}}}$$

式中,  $L_{\max 0}$  为细漏检测可检最大等效标准漏率,  $L_{\max 0} = 1.0 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ;  $M_{He}$  为以克为单位表示的氦气摩尔质量,  $M_{He} = 4.003 \text{ g}$ ;  $M_A$  为以克为单位表示的空气平均摩尔质量,  $M_A = 28.96 \text{ g}$ ;

步骤S2.4、设计细漏检测最长候检时间  $t_{\max}$  的方法为:

根据公式14得到与粗漏氦气测量漏率判据  $R_{Ar0\max}$  相应的  $R_{0\max}$ ,  $R_{0\max}$  为被检件内部氦气分气压等于  $P_{He0}$  时粗漏检测的氦气测量漏率判据,

$$\text{公式14 } R_{0\max} = R_{Ar0\max} \frac{P_{He0}}{P_{Ar0}} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_{He}}}$$

式中,  $P_{He0}$  为正常空气中的氦气分气压,  $P_{He0} = 0.533 \text{ Pa}$ ;  $M_{Ar}$  为以克为单位表示的氩气摩尔质量,  $M_{Ar} = 39.948 \text{ g}$ ;

根据公式15得到粗漏氦气交换时间常数  $\tau_{He0}$ ,

$$\text{公式15 } \tau_{He0} = \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}} = \frac{VP_{He0}}{R_{0\max}} = \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_{Ar}}}$$

式中,  $L_0$  为粗漏检测可检最小等效标准漏率,  $L_0 = R_{Ar0\max} \frac{P_0}{P_{Ar0}} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_A}}$ ;

根据公式16得到粗漏氩气交换时间常数  $\tau_{Ar0}$ ,

$$\text{公式16 } \tau_{Ar0} = \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} = \tau_{He0} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_{He}}}$$

根据公式17得到中漏氦气交换时间常数  $\tau_{He0.m}$ ,

$$\text{公式17 } \tau_{He0.m} = \tau_{He0} \frac{R_{0max}}{R_{max}}$$

其中,细漏氦气测量漏率判据  $R_{max} < R_{0max}$ ;

对预充氦氩法,当  $\tau_{Hemin} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2max} \geq R_{0max}$ 时,细漏检测的最长候检时间,即组合检测的最长候检时间  $t_{3max}$ 通过公式18得到,

$$\text{公式18 } t_{3max} = \frac{\tau_{Hemin} \tau_{He0}}{\tau_{Hemin} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin}}{\tau_{He0}}\right) = \frac{\tau_{Hemin} VP_{He0}}{\tau_{Hemin} R_{0max} - VP_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin} R_{0max}}{VP_{He0}}\right)$$

对其固定方案,  $t_{3max}$ 通过公式19得到,

$$\text{公式19 } \left. \begin{aligned} t_{3max} &= \frac{\tau_{Hemin} VP_{He0}}{\tau_{Hemin} R_{0max} - VP_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin} R_{0max}}{VP_{He0}}\right) \\ t_{3max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{Hemin} \end{aligned} \right\}$$

对预充氦氩法,当  $\tau_{Hemin} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2max} < R_{0max}$ 时,  $t_{3max}$ 通过公式20得到,

$$\text{公式20 } t_{3max} = \frac{\tau_{Hemin} \tau_{He0.m}}{\tau_{Hemin} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

对其固定方案,  $t_{3max}$ 通过公式21得到,

$$\text{公式21 } \left. \begin{aligned} t_{3max} &= \frac{\tau_{Hemin} P_{He0}}{kP_0 - P_{He0}} \ln\left(\frac{kP_0}{P_{He0}}\right) \\ t_{3max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{Hemin} \end{aligned} \right\}$$

对预充氩压氦氩法,当  $\tau_{Hemin} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1max} \geq R_{0max}$ 时,细漏检测的最长候检时间,即为组合检测的最长候检时间  $t_{2max}$ 通过公式22得到,

$$\text{公式22 } \begin{aligned} t_{2max} &= \frac{\tau_{Hemin} \tau_{He0}}{\tau_{Hemin} - \tau_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{Hemin}}{\tau_{He0}}\right) + \ln\left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{Hemin}}\right)} \right] \right\} \\ &= \frac{\tau_{Hemin} VP_{He0}}{\tau_{Hemin} R_{0max} - VP_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{Hemin} R_{0max}}{VP_{He0}}\right) + \ln\left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1 R_{0max}}{VP_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{Hemin}}\right)} \right] \right\} \end{aligned}$$

对其固定方案,  $t_{2max}$ 通过公式23得到,

$$\text{公式23 } \left. \begin{aligned} t_{2max} &= \frac{\tau_{Hemin} VP_{He0}}{\tau_{Hemin} R_{0max} - VP_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{Hemin} R_{0max}}{VP_{He0}}\right) + \ln\left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1 R_{0max}}{VP_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{Hemin}}\right)} \right] \right\} \\ t_{2max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{Hemin} \end{aligned} \right\}$$

对预充氦压氦氩法,当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1\max} < R_{0\max}$ 时, $t_{2\max}$ 通过公式24得到,公式24

$$t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right) + \ln \left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He0.m}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)} \right] \right\}$$

对其固定方案, $t_{2\max}$ 通过公式25得到,

$$\text{公式25} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min}^2 P_{He0}}{P_E t_1 - P_{He0} \tau_{He\min}} \left\{ \ln\left(\frac{P_E t_1}{P_{He0} \tau_{He\min}}\right) + \ln \left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{P_E t_1^2}{P_{He0} \tau_{He\min}^2}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)} \right] \right\}$$

$$t_{2\max} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$$

对预充氦压氦氩法, $n$  ( $n \geq 1$ ) 次压氦氩后,当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2n.\max} \geq R_{0\max}$ 时,细漏检测的最长候检时间 $t_{3n.\max}$ 通过公式26得到,

$$\text{公式26} \quad t_{3n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right)$$

当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2n.\max} < R_{0\max}$ 时, $t_{3n.\max}$ 通过公式27得到,

$$\text{公式27} \quad t_{3n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

对预充氦多次压氦氩法, $n$  ( $n \geq 2$ ) 次压氦氩后,当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1n.\max} \geq R_{0\max}$ 时,细漏检测的最长候检时间 $t_{2n.\max}$ 通过公式28得到,

$$\text{公式28} \quad t_{2n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right)$$

当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1n.\max} < R_{0\max}$ 时, $t_{2n.\max}$ 通过公式29得到,

$$\text{公式29} \quad t_{2n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

包括 $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{3n.\max}$ 和 $t_{2n.\max}$ 在内的上述 $t_{\max}$ 不小于0.5h;

步骤S2.5、为减少和防止粗漏和细漏的被检件在检测中漏检,设计最长粗漏检测时间 $t_{4\max}$ 、最长细漏检测时间 $t_{5\max}$ 及预充氦氩法最小候检时间 $t_{3\min}$ 的方法为:

对预充氦氩法、预充氦压氦氩法、预充氦压氦氩法和预充氦多次压氦氩法, $t_{4\max}$ 通过公式30得到,

$$\text{公式30} \quad t_{4\max} = \frac{1}{10} \tau_{Ar0} = \frac{1}{10} \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}}$$

$$30s \leq t_{4\max} \leq 900s$$

对预充氦氩法、预充氦压氦氩法、预充氦压氦氩法和预充氦多次压氦氩法,当细漏检测测量漏率判据 $R_{\max} \geq 0.905R_{0\max}$ 时,其中, $R_{\max}$ 包括 $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $R_{2n.\max}$ 和 $R_{1n.\max}$ , $t_{5\max}$ 通过公式31得到,

$$\left. \begin{aligned} \text{公式31 } t_{5\max} &= \frac{1}{10} \tau_{He0} = \frac{1}{10} \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}} \\ 60s &\leq t_{5\max} \leq 1200s \end{aligned} \right\}$$

并且,对预充氦氩法,  $t_{3\min}$  通过公式32得到:

$$\left. \begin{aligned} \text{公式32 } t_{3\min} &= \tau_{He0} \frac{1}{1+10l_{He,n}} \\ t_{3\min} &\leq \frac{1}{3} t_{3\max} \\ \text{或者} \\ t_{3\min} &\leq t_{3\max} - 24h \end{aligned} \right\}$$

式中,  $l_{He,n}$  为漏孔两端气压分别为  $P_0$  和 0 时, 对应  $L_0$  ( $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ) 的粘滞流系数,  $l_{He,n}$  通过公式33得到:

$$\text{公式33 } l_{He,n} = 0.5L_0^{0.314}$$

对预充氦氩法、预充氩压氦氩法、预充氦氩压氦氩法和预充氩多次压氦氩法, 当  $R_{\max} < 0.905R_{0\max}$  时,  $t_{5\max}$  通过公式34得到,

$$\left. \begin{aligned} \text{公式34 } t_{5\max} &= \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_{Ar}}} \ln\left(\frac{R_{0\max}}{R_{\max}}\right) \\ 60s &\leq t_{5\max} \leq 1200s \end{aligned} \right\}$$

步骤S2.6、设计灵活方案或固定方案的方法为:

根据给定的内腔容积  $V$ 、根据所选择的  $\tau_{He\min}$  和  $R_{Ar0\max}$ , 设计氩粗漏氦细漏组合检测具体方法的灵活方案;

密封性严密等级  $\tau_{He\min}$  检测合格的被检件, 其最大等效标准漏率  $L_{\max}$ , 由公式35得到,

$$\text{公式35 } L_{\max} = \frac{VP_0}{\tau_{He\min}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}}$$

选取内腔容积  $V$  的范围为  $0.0006\text{cm}^3 \sim 200\text{cm}^3$ , 将内腔容积  $V$  的数值分段, 进行预充氦氩法固定方案和预充氩压氦氩法固定方案的设计, 其中  $R_{2\max}$  通过公式3得到,  $R_{1\max}$  通过公式5得到; 设计  $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{4\max}$ 、 $t_{5\max}$  和  $L_{\max}$  时采用内腔容积  $V$  分段的下限值, 设计  $t_{3\min}$  时采用内腔容积分段的上限值。

2. 根据权利要求1所述的氩粗漏氦细漏组合检测方法, 其特征在于, 还包括步骤S3、预充氦氩、预充氩密封和压氦氩;

对预充氦氩法和预充氩压氦氩法, 预充气体的总气压  $P$  为  $(1+10\%)P_0$ , 其氦气分气压为  $(1+10\%)946\text{Pa}$ ; 预充氦氩法固定方案预充氦气分气压与总气压之比  $k$  为 21%, 灵活方案氦气分气压与总气压之比  $k$  按步骤2的设计; 预充氩压氦氩法预充气体中无氦气;

对预充氩压氦氩法固定方案和灵活方案, 对预充氦氩压氦氩法灵活方案, 对预充氩多次压氦氩法灵活方案, 施压氦氩气体中的氦气分气压均为  $(1+10\%)946\text{Pa}$ , 氦气分气压  $P_E$ 、 $P_{En}$  均不小于  $2P_0$ 。

3. 根据权利要求2所述的氩粗漏氦细漏组合检测方法,其特征在于,还包括步骤S4、去除吸附氩氦并保持内部 $P_{Ar0}$ 和 $P_{He0}$ ;

对密封或压氩氦被检件,去除其表面吸附应在具有正常空气中氩气和氦气分气压并常温干燥的空气环境中进行,以防止粗检错判和漏检;

为防止粗漏和细漏的漏检,若被检件预充氩氦或压氩氦后,因真空焙烘或检测,在缺少正常空气中氩气和氦气分气压的环境中经历 $\Delta t$ 时间,该 $\Delta t$ 不能大于 $\frac{1}{6}t_{max}$ ,应在空气中放置不小于 $3.23\Delta t$ 时间,使其内部氩气分气压恢复至不低于 $0.9P_{Ar0}$ ,内部氦气分气压恢复至不低于 $0.9P_{He0}$ ;粗漏检测的氩气测量漏率判据为 $0.9R_{Ar0max}$ ,细漏检测的氦气测量漏率判据仍为 $R_{max}$ 。

4. 根据权利要求3所述的氩粗漏氦细漏组合检测方法,其特征在于,还包括:步骤S5、校准;

步骤S6、比较细漏检测最长候检时间和最小候检时间;

对预充氩氦法,自密封结束至组合检测开始的细漏检测候检时间 $t_3$ 应不大于步骤S2.4设计的 $t_{3max}$ ,当细漏测量漏率 $R_{2max} \geq 0.905R_{0max}$ 时, $t_3$ 还应不小于步骤S2.5设计的 $t_{3min}$ ;

对预充氩压氩氦法、预充氩氦压氩氦法和预充氩多次压氩氦法,自最后一次压氩氦结束至组合检测开始的细漏检测候检时间 $t_2$ 、 $t_{3n}$ 和 $t_{2n}$ ,应分别不大于步骤S2.4设计的 $t_{2max}$ 、 $t_{3n,max}$ 和 $t_{2n,max}$ ;若 $t_3 > t_{3max}$ 、 $t_2 > t_{2max}$ 、 $t_{3n} > t_{3n,max}$ 或 $t_{2n} > t_{2n,max}$ ,均应进行新一次压氩氦和去除吸附氩氦后检测。

5. 根据权利要求4所述的氩粗漏氦细漏组合检测方法,其特征在于,还包括步骤S7、粗漏检测;

为防止错判和减少漏检,自被检件置于检测室内开始气体交换冲洗、抽真空开始至读取粗漏氩气测量漏率 $R_{Ar}$ 的粗漏检测时间 $t_4$ ,应不小于最小粗漏检测时间 $t_{4min}$ ,不大于步骤S2.5设计的 $t_{4max}$ ;  $t_{4min}$ 为系统稳定,检测室中不放置被检件时,氩气漏率本底 $R_{Ar0}$ 降至不大于 $\frac{1}{3}R_{Ar0max}$ 的最长时间;

若读取的被检件氩气测量漏率 $R_{Ar} \geq 0.905R_{Ar0max}$ ,判定被检件粗漏检测不合格;若 $R_{Ar} < 0.905R_{Ar0max}$ ,粗漏检测通过,进行细漏检测。

6. 根据权利要求5所述的氩粗漏氦细漏组合检测方法,其特征在于,还包括步骤S8、细漏检测;

为防止错判和漏检,自被检件置于检测室内开始气体交换冲洗、抽真空开始至开始细漏漏率积累读取数据的细漏检测时间 $t_5$ 应不少于最小细漏检测时间 $t_{5min}$ ,不大于步骤S2.5设计的 $t_{5max}$ ;  $t_{5min}$ 为系统稳定、检测室中不放置被检件时,积累细漏氦漏率本底 $R_b$ 降至不大于 $\frac{1}{3}R_{max}$ 的最长时间,其中 $R_{max}$ 包括 $R_{2max}$ 、 $R_{1max}$ 、 $R_{2n,max}$ 或 $R_{1n,max}$ ;

若读取的被检件积累氦测量漏率 $R > R_{max}$ ,其中, $R$ 包括 $R_2$ 、 $R_1$ 、 $R_{2n}$ 或 $R_{1n}$ ,判定被检件细漏检测不合格,被检件密封性不合格;若 $R \leq R_{max}$ ,判定被检件细漏检测通过,进行步骤S9补充检测更大粗漏。

7. 根据权利要求6所述的氩粗漏氦细漏组合检测方法,其特征在于,还包括步骤S10、定

量检测；

若需要进行被检件 $\tau_{He}$ 或L的定量检测,应在步骤S1中选择具体方法、灵活方案、较高的 $\tau_{He\min}$ 和适用的较低的 $R_{Ar0\max}$ ;对首次检测选择预充氦氩法或预充氩压氦氩法,对再次或多次检测,视首次检测选择的方法,选择预充氦氩压氦氩法或预充氩多次压氦氩法;

在步骤S2.6设计中针对具体的内腔容积V,设计检测的灵活方案;其中,预充氦氩法 $k=0.21$ ,各次压氦氩时间 $t_{li} < \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ ,最长候检时间 $t_{\max} < \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ ,其中, $t_{\max}$ 包括 $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{3n.\max}$ 或 $t_{2n.\max}$ ,给出细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{\max}$ 和相关的 $P_E$ (或 $P_{En}$ )、 $t_{4\max}$ 、 $t_{5\max}$ 、 $t_{3\min}$ 等检测条件,其中 $R_{\max}$ 包括 $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $R_{2n.\max}$ 或 $R_{1n.\max}$ ;

应在步骤S8细漏检测中,采用外形外表相同的、已检测为不漏的样品,验证吸附氦漏率 $R_a < \frac{1}{10} R_{\max}$ ,读取空检检测室时稳定氦气测量漏率本底 $R_b$ ,读取被检件氦气测量漏率R,其中R包括 $R_2$ 、 $R_1$ 、 $R_{2n}$ 或 $R_{1n}$ ;

对检测为密封性合格、即 $\tau_{He} \geq \tau_{He\min}$ 的被检件,通过公式36求得被检件的真正氦气测量漏率 $R'$ ,其中, $R'$ 包括 $R'_2$ 、 $R'_1$ 、 $R'_{2n}$ 或 $R'_{1n}$ :

$$\text{公式36 } R' = R - R_b$$

$R'$ 包含着被检件的吸附氦漏率和各项检测偏差;

对预充氦氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式37的渐近拟合,求得被检件的 $\tau_{He}$ :

$$\text{公式37 } R'_2 = \frac{V}{\tau_{He}} \left[ kP_0 \exp\left(-\frac{t_3}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right]$$

以 $t_3 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $kP_0 \geq 10P_{He0}$ 为条件,也可通过近似公式38求得 $\tau_{He}$ :

$$\text{公式38 } \tau_{He} = \tau_{He\min} \frac{R_{2\max}}{R'_2}$$

对预充氩压氦氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式39的渐近拟合,求得被检件的 $\tau_{He}$ :

$$\text{公式39 } R'_1 = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ P_E \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_2}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$$

或,以 $t_1 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_2 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $P_E t_1 / \tau_{He} \geq 10P_{He0}$ 为条件,通过近似公式40求得 $\tau_{He}$ :

$$\text{公式40 } \tau_{He} = \tau_{He\min} \sqrt{\frac{R_{1\max}}{R'_1}}$$

对预充氦氩压氦氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式41的渐近拟合,求得被检件的 $\tau_{He}$ :

公式41

$$R'_{2n} = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ \left[ kP_0 \exp\left(-\frac{t_{3,0n}}{\tau_{He}}\right) + \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2,in}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$$

对预充氦多次压氦法检测密封性合格的被检件,通过对公式42的渐近拟合,求得被检件的 $\tau_{He}$ :

$$\text{公式42 } R'_{ln} = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He}}\right) \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$$

已知 $\tau_{He}$ 后依据公式43求得被检件的L:

$$\text{公式43 } L = \frac{VP_0}{\tau_{He}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}}$$

所得 $\tau_{He}$ 和L均可作为具有一定检测偏差的密封性定量检测结果。

## 氩粗漏氦细漏组合检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种氩粗漏氦细漏组合检测方法。

### 背景技术

[0002] 以氦为粗漏细漏示踪气体的积累氦质谱组合检测是一种密封性检测方法,其漏检率偏高、检测可信性受到质疑,因此出现了一种以氩气为粗漏示踪气体的积累氦质谱组合的检测方法。

[0003] 以氩气为粗漏示踪气体的积累氦质谱组合检测方法是通过以氩气为粗漏示踪气体,以氦气为细漏示踪气体和多项改进,有效扩展了积累氦质谱组合检测适用的严密等级 $\tau_{\text{He min}}$ 和被检件内腔容积V的范围,改进了检测的可信性。

[0004] 该方法在 $\tau_{\text{He min}}$ 较低时、可检测的V范围不够理想,仍存在有一定的粗漏和细漏被检件的漏检率,检测的可信性还有待进一步提高。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提出一种氩粗漏氦细漏组合检测方法来进一步拓展以氩气为粗漏示踪气体、以氦气为细漏示踪气体的积累氦质谱组合检测方法适用的 $\tau_{\text{He min}}$ 和V范围并改进检测的可行性和可信性。

[0006] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 一种氩粗漏氦细漏组合检测方法,包括步骤S1、选择:初次密封性检测的具体方法为预充氩氦法,再次或多次密封性检测的具体方法为预充氩氦压氩氦法;或,初次密封性检测的具体方法选择预充氩压氩氦法,再次或多次密封性检测的具体方法选择预充氩多次压氩氦法;粗漏检测以氩气测量漏率 $R_{\text{Ar 0 max}}$ 为判据,细漏检测以严密等级 $\tau_{\text{He min}}$ 为基本判据,以氦气测量漏率 $R_{\text{max}}$ 为表征判据;对初次密封性检测可选择固定方案也可选择灵活方案,对再次或多次检测均选择灵活方案;固定方案的 $\tau_{\text{He min}}$ 可为2000d、200d或20d,粗漏检测 $R_{\text{Ar 0 max}}$ 可为 $7.95 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 、 $2.39 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 、 $7.95 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 或 $2.39 \times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ;灵活方案可选择固定方案的 $\tau_{\text{He min}}$ 和 $R_{\text{Ar 0 max}}$ ,也可灵活选择 $\tau_{\text{He min}}$ 和 $R_{\text{Ar 0 max}}$ 。

[0008] 特别是,还包括步骤S2、设计:根据步骤S1所选择的具体方法、方案、 $\tau_{\text{He min}}$ 和 $R_{\text{Ar 0 max}}$ ,设计预充氩氦、预充氩和压氩氦的压力和时间条件,设计细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{\text{max}}$ ,设计细漏检测的最长候检时间 $t_{\text{max}}$ ,设计最长粗漏检测时间 $t_{4 \text{ max}}$ 、最长细漏检测时间 $t_{5 \text{ max}}$ 及预充氩氦法的最小候检时间 $t_{3 \text{ min}}$ ,设计固定方案;

[0009] 步骤S2.1、设计预充氩氦、预充氩和压氩氦压力和时间条件的方法为:

[0010] 对首次检测的预充氩氦法,密封时预充气体的总气压P为 $(1+10\%)P_0$ ,其中氦气分气压 $P_{\text{He}}$ 为 $(1+10\%)kP_0$ , $P_0$ 为标准大气压, $P_0=1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ ;k为预充氩比—— $P_{\text{He}}$ 与 $P_0$ 之比;氩气分气压 $P_{\text{Ar}}$ 为 $(1+10\%)P_{\text{Ar 0}}$ , $P_{\text{Ar 0}}$ 为正常空气中的氩气分气压, $P_{\text{Ar 0}}=946 \text{Pa}$ ;其余为氮气;

[0011] 对固定方案,取 $k=0.21$ ;对灵活方案,k可在0.03~0.5间灵活取值;

[0012] 初次密封性检测的具体方法选择预充氩压氩氦法,密封时预充气体的总气压P为

(1+10%) $P_0$ ,其中氩气分气压 $P_{Ar}$ 为(1+10%) $P_{Ar0}$ ,其余为氮气;施压气体的总气压不大于 $6P_0$ ,其中氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氮气分气压为 $P_E$ , $P_E$ 不小于 $2P_0$ ,压氩氩的时间 $t_1$ 应能保证细漏检测的氩气测量漏率判据 $R_{1max}$ 在检漏仪可检的范围;

[0013] 对再次或多次检测的预充氩压氩法, $n$  ( $n \geq 1$ )次压氩氩中的氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氮气分气压为 $P_{En}$ ;为防止细漏漏检 $P_{En}$ 应不小于 $2P_0$ ;  $n$ 次压氩氩的时间 $t_{1n}$ 通过公式1得到,

$$[0014] \quad \text{公式1} \quad \left. \begin{aligned} t_{1n} &\geq \frac{1}{P_{En}} \left( \frac{1}{10e} k P_0 t_{3.0n} + 0.15 \sum_{i=1}^{n-1} P_{Ei} t_{1i} \right) \\ t_{1n} &\geq 1.2h \end{aligned} \right\}$$

[0015] 式中, $t_{3.0n}$ 为预充氩密封结束至 $n$ 次压氩氩结束的间隔时间, $P_{Ei}$ 和 $t_{1i}$ 为各 $i$ 次压氩氩的氩气分气压和压氩氩时间;

[0016] 再次或多次检测的预充氩多次压氩法, $n$  ( $n \geq 2$ )次压氩氩中的氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氮气分气压为 $P_{En}$ , $P_{En}$ 应不小于 $2P_0$ ;  $n$ 次压氩氩的时间 $t_{1.n}$ 通过公式1得到,其中 $k=0$ ;

[0017] 步骤S2.2、设计细漏检测氩气测量漏率判据 $R_{max}$ 的方法为:

[0018] 对首次检测的预充氩法,被检件密封后在常温空气中贮存经候检时间 $t_3$ ,细漏检测的氩气测量漏率判据 $R_{2max}$ 通过公式2得到,

$$[0019] \quad \text{公式2} \quad R_{2max} = \frac{V k P_0}{\tau_{He min}} \exp\left(-\frac{t_3}{\tau_{He min}}\right)$$

[0020] 式中, $V$ 为被检件的内腔容积;

[0021] 以 $t_3 \leq \frac{1}{10} \tau_{He min}$ 为条件, $R_{2max}$ 可通过近似公式3得到,

$$[0022] \quad \text{公式3} \quad R_{2max} = \frac{V k P_0}{\tau_{He min}}$$

[0023] 对首次检测的预充氩压氩法,被检件预充氩密封后在空气中贮存,压氩 $t_1$ 时间在常温空气中贮存经候检时间 $t_2$ ,细漏检测的氩气测量漏率判据 $R_{1max}$ 通过公式4得到,

$$[0024] \quad \text{公式4} \quad R_{1max} = \frac{V P_E}{\tau_{He min}} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_2}{\tau_{He min}}\right)$$

[0025] 或,以 $t_1 \leq \frac{1}{5} \tau_{He min}$ 、 $t_2 \leq \frac{1}{10} \tau_{He min}$ 为条件, $R_{1max}$ 可通过近似公式5得到,

$$[0026] \quad \text{公式5} \quad R_{1max} = \frac{V P_E t_1}{\tau_{He min}^2}$$

[0027] 对再次或多次检测的预充氩压氩法, $n$  ( $n \geq 1$ )次压氩氩后细漏检测的氩气测量漏率判据 $R_{2n.max}$ 通过公式6得到,

[0028] 公式6

[0029]

$$R_{2n.max} = \frac{V}{\tau_{He min}} \left\{ k P_0 \exp\left(-\frac{t_{3.0n}}{\tau_{He min}}\right) + \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He min}}\right) \right\} \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He min}}\right)$$

[0030] 式中,  $t_{2.in}$  为第  $i$  次压氦氩结束至  $n$  次压氦氩结束的间隔时间,  $t_{2n}$  为  $n$  次压氦氩结束后在常温空气中的候检时间;

[0031] 以  $t_{1i} \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式7得到,

$$[0032] \quad \text{公式7 } R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ kP_0 \exp\left(-\frac{t_{3.0n}}{\tau_{He\min}}\right) + \frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\}$$

[0033] 对再次或多次检测, 以  $t_{3.0n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式8得到,

$$[0034] \quad \text{公式8 } R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left( kP_0 + \frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \right)$$

[0035] 以  $t_{3.0n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $\left(\frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i}\right) \leq \frac{1}{10} kP_0$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式9得到,

$$[0036] \quad \text{公式9 } R_{2n.\max} = \frac{VkP_0}{\tau_{He\min}}$$

[0037] 再次或多次检测的预充氩多次压氦氩法,  $n$  ( $n \geq 2$ ) 次压氦氩后细漏检测的氦气测量漏率判据  $R_{1n.\max}$  通过公式10得到,

$$[0038] \quad \text{公式10 } R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He\min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\} \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He\min}}\right)$$

[0039] 或, 以  $t_{1i} \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{1n.\max}$  可通过近似公式11得到,

$$[0040] \quad \text{公式11 } R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}^2} \left[ \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right]$$

[0041] 或, 对再次或多次检测, 以  $t_1 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2.1n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{1n.\max}$  可通过近似公式12得到,

$$[0042] \quad \text{公式12 } R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}^2} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i}$$

[0043] 步骤S2.3、被检件的内腔容积上限  $V_{\max}$  通过公式13得到,

$$[0044] \quad \text{公式13 } V_{\max} = \frac{L_{\max 0} \tau_{He\min}}{P_0} \sqrt{\frac{M_A}{M_{He}}}$$

[0045] 式中,  $L_{\max 0}$  为细漏检测可检最大等效标准漏率,  $L_{\max 0} = 1.0 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ;  $M_{He}$  为以克为单位表示的氦气摩尔质量,  $M_{He} = 4.003 \text{ g}$ ;  $M_A$  为以克为单位表示的空气平均摩尔质量,  $M_A = 28.96 \text{ g}$ ;

[0046] 步骤S2.4、设计细漏检测最长候检时间  $t_{\max}$  的方法为:

[0047] 根据公式14得到与粗漏氩气测量漏率判据 $R_{Ar0max}$ 相应的 $R_{0max}$ ,  $R_{0max}$ 为被检件内部氩气分气压等于 $P_{He0}$ 时粗漏检测的氩气测量漏率判据,

$$[0048] \quad \text{公式14} \quad R_{0max} = R_{Ar0max} \frac{P_{He0}}{P_{Ar0}} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_{He}}}$$

[0049] 式中, $P_{He0}$ 为正常空气中的氩气分气压, $P_{He0}=0.533\text{Pa}$ ;  $M_{Ar}$ 为以克为单位表示的氩气摩尔质量, $M_{Ar}=39.948\text{g}$ ;

[0050] 根据公式15得到粗漏氩气交换时间常数 $\tau_{He0}$ ,

$$[0051] \quad \text{公式15} \quad \tau_{He0} = \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}} = \frac{VP_{He0}}{R_{0max}} = \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0max}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_{Ar}}}$$

[0052] 式中, $L_0$ 为粗漏检测可检最小等效标准漏率, $L_0 = R_{Ar0max} \frac{P_0}{P_{Ar0}} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_A}}$ ;

[0053] 根据公式16得到粗漏氩气交换时间常数 $\tau_{Ar0}$ ,

$$[0054] \quad \text{公式16} \quad \tau_{Ar0} = \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0max}} = \tau_{He0} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_{He}}}$$

[0055] 根据公式17得到中漏氩气交换时间常数 $\tau_{He0.m}$ ,

$$[0056] \quad \text{公式17} \quad \tau_{He0.m} = \tau_{He0} \frac{R_{0max}}{R_{max}}$$

[0057] 其中,细漏氩气测量漏率判据 $R_{max} < R_{0max}$ ;

[0058] 对预充氩氩法,当 $\tau_{Hemin} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2max} \geq R_{0max}$ 时,细漏检测的最长候检时间,即组合检测的最长候检时间 $t_{3max}$ 通过公式18得到,

$$[0059] \quad \text{公式18} \quad t_{3max} = \frac{\tau_{Hemin} \tau_{He0}}{\tau_{Hemin} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin}}{\tau_{He0}}\right) = \frac{\tau_{Hemin} VP_{He0}}{\tau_{Hemin} R_{0max} - VP_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin} R_{0max}}{VP_{He0}}\right)$$

[0060] 对其固定方案, $t_{3max}$ 通过公式19得到,

$$[0061] \quad \text{公式19} \quad \left. \begin{aligned} t_{3max} &= \frac{\tau_{Hemin} VP_{He0}}{\tau_{Hemin} R_{0max} - VP_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin} R_{0max}}{VP_{He0}}\right) \\ t_{3max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{Hemin} \end{aligned} \right\}$$

[0062] 对预充氩氩法,当 $\tau_{Hemin} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2max} < R_{0max}$ 时, $t_{3max}$ 通过公式20得到,

$$[0063] \quad \text{公式20} \quad t_{3max} = \frac{\tau_{Hemin} \tau_{He0.m}}{\tau_{Hemin} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{Hemin}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

[0064] 对其固定方案, $t_{3max}$ 通过公式21得到,

$$[0065] \quad \text{公式21} \quad \left. \begin{aligned} t_{3max} &= \frac{\tau_{Hemin} P_{He0}}{kP_0 - P_{He0}} \ln\left(\frac{kP_0}{P_{He0}}\right) \\ t_{3max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{Hemin} \end{aligned} \right\}$$

[0066] 对预充氦压氦氦法,当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1\max} \geq R_{0\max}$ 时,细漏检测的最长候检时间,即为组合检测的最长候检时间 $t_{2\max}$ 通过公式22得到,

$$[0067] \quad \text{公式22} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right) + \ln\left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)}\right] \right\}$$

$$= \frac{\tau_{He\min} VP_{He0}}{\tau_{He\min} R_{0\max} - VP_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min} R_{0\max}}{VP_{He0}}\right) + \ln\left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1 R_{0\max}}{VP_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)}\right] \right\}$$

[0068] 对其固定方案, $t_{2\max}$ 通过公式23得到,

$$[0069] \quad \text{公式23} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min} VP_{He0}}{\tau_{He\min} R_{0\max} - VP_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min} R_{0\max}}{VP_{He0}}\right) + \ln\left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1 R_{0\max}}{VP_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)}\right] \right\}$$

$$t_{2\max} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$$

[0070] 对预充氦压氦氦法,当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1\max} < R_{0\max}$ 时, $t_{2\max}$ 通过公式24得到,

$$[0071] \quad \text{公式24} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0,m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0,m}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0,m}}\right) + \ln\left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He0,m}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)}\right] \right\}$$

[0072] 对其固定方案, $t_{2\max}$ 通过公式25得到,

$$[0073] \quad \text{公式25} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min}^2 P_{He0}}{P_E t_1 - P_{He0} \tau_{He\min}} \left\{ \ln\left(\frac{P_E t_1}{P_{He0} \tau_{He\min}}\right) + \ln\left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{P_E t_1^2}{P_{He0} \tau_{He\min}^2}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)}\right] \right\}$$

$$t_{2\max} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$$

[0074] 对预充氦压氦氦法, $n$  ( $n \geq 1$ )次压氦氦后,当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2n,\max} \geq R_{0\max}$ 时,细漏检测的最长候检时间 $t_{3n,\max}$ 通过公式26得到,

$$[0075] \quad \text{公式26} \quad t_{3n,\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right)$$

[0076] 当 $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2n,\max} < R_{0\max}$ 时, $t_{3n,\max}$ 通过公式27得到,

$$[0077] \quad \text{公式27} \quad t_{3n,\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0,m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0,m}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0,m}}\right)$$

[0078] 对预充氩多次压氩法,  $n (n \geq 2)$  次压氩后, 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1n.\max} \geq R_{0\max}$  时, 细漏检测的最长候检时间  $t_{2n.\max}$  通过公式28得到,

$$[0079] \quad \text{公式28 } t_{2n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right)$$

[0080] 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1n.\max} < R_{0\max}$  时,  $t_{2n.\max}$  通过公式29得到,

$$[0081] \quad \text{公式29 } t_{2n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

[0082] 包括  $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{3n.\max}$  和  $t_{2n.\max}$  在内的上述  $t_{\max}$  不小于 0.5h;

[0083] 步骤S2.5、为减少和防止粗漏和细漏的被检件在检测中漏检, 设计最长粗漏检测时间  $t_{4\max}$ 、最长细漏检测时间  $t_{5\max}$  和预充氩法最小候检时间  $t_{3\min}$  的方法为:

[0084] 对预充氩法、预充氩压氩法、预充氩压氩法和预充氩多次压氩法,  $t_{4\max}$  通过公式30得到,

$$[0085] \quad \text{公式30 } \left. \begin{aligned} t_{4\max} &= \frac{1}{10} \tau_{Ar0} = \frac{1}{10} \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} \\ 30s &\leq t_{4\max} \leq 900s \end{aligned} \right\}$$

[0086] 对预充氩法、预充氩压氩法、预充氩压氩法和预充氩多次压氩法, 当细漏检测测量漏率判据  $R_{\max} \geq 0.905R_{0\max}$  时, 其中,  $R_{\max}$  包括  $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $R_{2n.\max}$  和  $R_{1n.\max}$ ,  $t_{5\max}$  通过公式31得到,

$$[0087] \quad \text{公式31 } \left. \begin{aligned} t_{5\max} &= \frac{1}{10} \tau_{He0} = \frac{1}{10} \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}} \\ 60s &\leq t_{5\max} \leq 1200s \end{aligned} \right\}$$

[0088] 并且, 对预充氩法,  $t_{3\min}$  通过公式32得到:

$$[0089] \quad \text{公式32 } \left. \begin{aligned} t_{3\min} &= \tau_{He0} \frac{1}{1 + 10l_{He.n}} \\ t_{3\min} &\leq \frac{1}{3} t_{3\max} \\ \text{或者} \\ t_{3\min} &\leq t_{3\max} - 24h \end{aligned} \right\}$$

[0090] 式中,  $l_{He.n}$  为漏孔两端气压分别为  $P_0$  和 0 时, 对应  $L_0$  ( $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ) 的粘滞流系数,  $l_{He.n}$  通过公式33得到:

$$[0091] \quad \text{公式33 } l_{He.n} = 0.5L_0^{0.314}$$

[0092] 对预充氩法、预充氩压氩法、预充氩压氩法和预充氩多次压氩法, 当  $R_{\max} < 0.905R_{0\max}$  时,  $t_{5\max}$  通过公式34得到,

$$[0093] \quad \text{公式34 } \left. \begin{aligned} t_{5\max} &= \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_{Ar}}} \ln\left(\frac{R_{0\max}}{R_{\max}}\right) \\ 60s &\leq t_{5\max} \leq 1200s \end{aligned} \right\}$$

[0094] 步骤S2.6、设计灵活方案或固定方案的方法为:

[0095] 根据给定的内腔容积V、根据所选择的 $\tau_{He\min}$ 和 $R_{Ar0\max}$ ,设计氩粗漏氦细漏组合检测具体方法的灵活方案;

[0096] 密封性严密等级 $\tau_{He\min}$ 检测合格的被检件,其最大等效标准漏率 $L_{\max}$ ,由公式35得到,

$$[0097] \quad \text{公式35} L_{\max} = \frac{VP_0}{\tau_{He\min}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}}$$

[0098] 选取内腔容积V的范围为 $0.0006\text{cm}^3 \sim 200\text{cm}^3$ ,将内腔容积V的数值分段,进行预充氦氩法固定方案和预充氩压氦氩法固定方案的设计,其中 $R_{2\max}$ 通过公式3得到, $R_{1\max}$ 通过公式5得到;设计 $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{4\max}$ 、 $t_{5\max}$ 和 $L_{\max}$ 时采用内腔容积V分段的下限值,设计 $t_{3\min}$ 时采用内腔容积分段的上限值。

[0099] 特别是,还包括步骤S3、预充氦氩、预充氩密封和压氦氩;

[0100] 对预充氦氩法和预充氩压氦氩法,预充气体的总气压P为 $(1+10\%)P_0$ ,其氦气分气压为 $(1+10\%)946\text{Pa}$ ;预充氦氩法固定方案预充氦气分气压与总气压之比k为21%,灵活方案氦气分气压与总气压之比k按步骤2的设计;预充氩压氦氩法预充气体中无氦气;

[0101] 对预充氩压氦氩法固定方案和灵活方案,对预充氦氩压氦氩法灵活方案,对预充氩多次压氦氩法灵活方案,施压氦氩气体中的氦气分气压均为 $(1+10\%)946\text{Pa}$ ,氦气分气压 $P_E$ 、 $P_{En}$ 均不小于 $2P_0$ 。

[0102] 特别是,还包括步骤S4、去除吸附氦氩并保持内部 $P_{Ar0}$ 和 $P_{He0}$ ;

[0103] 对密封或压氦氩被检件,去除其表面吸附应在具有正常空气中氦气和氩气分气压并常温干燥的空气环境中进行,以防止粗检错判和漏检;

[0104] 为防止粗漏和细漏的漏检,若被检件预充氦氩或压氦氩后,因真空焙烘或检测,在缺少正常空气中氦气和氩气分气压的环境中经历 $\Delta t$ 时间,该 $\Delta t$ 不能大于 $\frac{1}{6}t_{\max}$ ,应在空气中放置不小于 $3.23\Delta t$ 时间,使其内部氦气分气压恢复至不低于 $0.9P_{Ar0}$ ,内部氦气分气压恢复至不低于 $0.9P_{He0}$ ;粗漏检测的氦气测量漏率判据为 $0.9R_{Ar0\max}$ ,细漏检测的氦气测量漏率判据仍为 $R_{\max}$ 。

[0105] 特别是,还包括步骤S6、比较细漏检测最长候检时间和最小候检时间;

[0106] 对预充氦氩法,自密封结束至组合检测开始的细漏检测候检时间 $t_3$ 应不大于步骤S2.4设计的 $t_{3\max}$ ,当细漏测量漏率 $R_{2\max} \geq 0.905R_{0\max}$ 时, $t_3$ 还应不小于步骤S2.5设计的 $t_{3\min}$ ;

[0107] 对预充氩压氦氩法、预充氦氩压氦氩法和预充氩多次压氦氩法,自最后一次压氦氩结束至组合检测开始的细漏检测候检时间 $t_2$ 、 $t_{3n}$ 和 $t_{2n}$ ,应分别不大于步骤S2.4设计的 $t_{2\max}$ 、 $t_{3n.\max}$ 和 $t_{2n.\max}$ ;若 $t_3 > t_{3\max}$ 、 $t_2 > t_{2\max}$ 、 $t_{3n} > t_{3n.\max}$ 或 $t_{2n} > t_{2n.\max}$ ,均应进行新一次压氦氩和去除吸附氦氩后检测。

[0108] 特别是,还包括步骤S7、粗漏检测;

[0109] 为防止错判和减少漏检,自被检件置于检测室内开始气体交换冲洗、抽真空开始至读取粗漏氦气测量漏率 $R_{Ar}$ 的粗漏检测时间 $t_4$ ,应不小于最小粗漏检测时间 $t_{4\min}$ ,不大于步骤S2.5设计的 $t_{4\max}$ ;  $t_{4\min}$ 为系统稳定,检测室中不放置被检件时,氦气漏率本底 $R_{Ar0}$ 降至不

大于 $\frac{1}{3}R_{Ar0max}$ 的最长时间；

[0110] 若读取的被检件氩气测量漏率 $R_{Ar} \geq 0.905R_{Ar0max}$ ，判定被检件粗漏检测不合格；若 $R_{Ar} < 0.905R_{Ar0max}$ ，粗漏检测通过，进行细漏检测。

[0111] 特别是，还包括步骤S8、细漏检测；

[0112] 为防止错判和漏检，自被检件置于检测室内开始气体交换冲洗、抽真空开始至开始细漏漏率积累读取数据的细漏检测时间 $t_5$ 应不少于最小细漏检测时间 $t_{5min}$ ，不大于步骤S2.5设计的 $t_{5max}$ ； $t_{5min}$ 为系统稳定、检测室中不放置被检件时，积累细漏氩漏率本底 $R_b$ 降至

不大于 $\frac{1}{3}R_{max}$ 的最长时间，其中 $R_{max}$ 包括 $R_{2max}$ 、 $R_{1max}$ 、 $R_{2n,max}$ 或 $R_{1n,max}$ ；

[0113] 若读取的被检件积累氩测量漏率 $R > R_{max}$ ，其中， $R$ 包括 $R_2$ 、 $R_1$ 、 $R_{2n}$ 或 $R_{1n}$ ，判定被检件细漏检测不合格，被检件密封性不合格；若 $R \leq R_{max}$ ，判定被检件细漏检测通过，进行步骤S9补充检测更大粗漏。

[0114] 特别是，还包括步骤S10、定量检测；

[0115] 若需要进行被检件 $\tau_{He}$ 或 $L$ 的定量检测，应在步骤S1中选择具体方法、灵活方案、较高的 $\tau_{Hemin}$ 和适用的较低的 $R_{Ar0max}$ ；对首次检测选择预充氩氩法或预充氩压氩氩法，对再次或多次检测，视首次检测选择的方法，选择预充氩氩压氩氩法或预充氩多次压氩氩法；

[0116] 在步骤S2.6设计中针对具体的内腔容积 $V$ ，设计检测的灵活方案；其中，预充氩氩

法 $k=0.21$ ，各次压氩氩时间 $t_{li} < \frac{1}{10}\tau_{Hemin}$ ，最长候检时间 $t_{max} < \frac{1}{10}\tau_{Hemin}$ ，其中， $t_{max}$ 包括

$t_{3max}$ 、 $t_{2max}$ 、 $t_{3n,max}$ 或 $t_{2n,max}$ ，给出细漏检测氩气测量漏率判据 $R_{max}$ 和相关的 $P_E$ （或 $P_{En}$ ）、 $t_{4max}$ 、 $t_{5max}$ 、 $t_{3min}$ 等检测条件，其中 $R_{max}$ 包括 $R_{2max}$ 、 $R_{1max}$ 、 $R_{2n,max}$ 或 $R_{1n,max}$ ；

[0117] 应在步骤S8细漏检测中，采用外形外表相同的、已检测为不漏的样品，验证吸附氩漏率 $R_a < \frac{1}{10}R_{max}$ ，读取空检检测室时稳定氩气测量漏率本底 $R_b$ ，读取被检件氩气测量漏率 $R$ ，其中 $R$ 包括 $R_2$ 、 $R_1$ 、 $R_{2n}$ 或 $R_{1n}$ ；

[0118] 对检测为密封性合格、即 $\tau_{He} \geq \tau_{Hemin}$ 的被检件，通过公式36求得被检件的真实氩气测量漏率 $R'$ ，其中， $R'$ 包括 $R'_2$ 、 $R'_1$ 、 $R'_{2n}$ 或 $R'_{1n}$ ；

[0119] 公式36 $R' = R - R_b$

[0120]  $R'$ 包含着被检件的吸附氩漏率和各项检测偏差；

[0121] 对预充氩氩法检测密封性合格的被检件，通过对公式37的渐近拟合，求得被检件的 $\tau_{He}$ ：

$$[0122] \quad \text{公式37 } R'_2 = \frac{V}{\tau_{He}} \left[ kP_0 \exp\left(-\frac{t_3}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right]$$

[0123] 以 $t_3 \leq \frac{1}{10}\tau_{Hemin}$ 、 $kP_0 \geq 10P_{He0}$ 为条件，也可通过近似公式38求得 $\tau_{He}$ ：

[0124] 公式38  $\tau_{He} = \tau_{He\min} \frac{R_{2\max}}{R'_2}$

[0125] 对预充氩压氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式39的渐近拟合,求得被检件的 $\tau_{He}$ :

[0126] 公式39  $R'_1 = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ P_E \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_2}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$

[0127] 或,以 $t_1 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_2 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $P_E t_1 / \tau_{He} \geq 10 P_{He0}$ 为条件,通过近似公式40 求得

$\tau_{He}$ :

[0128] 公式40  $\tau_{He} = \tau_{He\min} \sqrt{\frac{R_{1\max}}{R'_1}}$

[0129] 对预充氩压氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式40的渐近拟合,求得被检件的 $\tau_{He}$ :

[0130] 公式41

[0131]

$$R'_{2n} = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ k P_0 \exp\left(-\frac{t_{3,0n}}{\tau_{He}}\right) + \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2,in}}{\tau_{He}}\right) \right\} \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He}}\right) + P_{He0}$$

[0132] 对预充氩多次压氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式42的渐近拟合,求得被检件的 $\tau_{He}$ :

[0133] 公式42  $R'_{1n} = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2,in}}{\tau_{He}}\right) \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$

[0134] 已知 $\tau_{He}$ 后依据公式43求得被检件的L:

[0135] 公式43  $L = \frac{V P_0}{\tau_{He}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}}$

[0136] 所得 $\tau_{He}$ 和L均可作为具有一定检测偏差的密封性定量检测结果。

[0137] 本发明氩粗漏氩细漏组合检测方法的首次检测不仅可选择预充氩法,还可选择预充氩压氩法,再次和多次检测不仅可选择预充氩压氩法,还可选择预充氩多次压氩法;放宽了可选择的粗漏检测氩气测量漏率判据 $R_{Ar0\max}$ ;为了减少和防止粗漏和细漏漏检,并防止错判,进一步定量拓展了最长候检时间,规定了最长最小粗漏检测时间、最长最小细漏检测时间和预充氩法的最小候检时间,并改进了定量检测的方法。这样,不仅可以进一步拓展以氩气为粗漏示踪气体的、以氩气为细漏示踪气体积累氩质谱组合检测方法适用的 $\tau_{He\min}$ 和V范围,而且能从根本上防止粗漏和细漏的漏检,进一步有效的改进了检测的可行性和可信性。

附图说明

[0138] 图1是本发明优选实施例一提供的的氩粗漏氦细漏组合检测方法流程图。

### 具体实施方式

[0139] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0140] 在本申请文件中,1、等效标准漏率L:将空气假设为单一分子,按照分子流模型,在漏孔入口处空气压力为标准大气压 $P_0$ ( $P_0=101.3\text{kPa}$ )、出口处压力低于 $1\text{kPa}$ 、温度为 $25^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 、露点低于 $-25^\circ\text{C}$ 时空气通过漏孔的流量。该值是虚拟的等效量,也称为空气标准漏率。

[0141] 2、氦气标准漏率 $L_{\text{He}}$ :按分子流模型,在漏孔入口处氦气压力为标准大气压 $P_0$ 、出口处氦气压力低于 $1\text{kPa}$ 、温度 $25^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 时氦气通过漏孔的流量。根据下式可知,各种气体标准漏率与其摩尔质量的平方根成反比:

$$[0142] \quad L_{\text{He}} = \sqrt{\frac{M_A}{M_{\text{He}}}} L$$

[0143] 式中, $M_A$ 为以克为单位表示的空气平均摩尔质量, $M_A=28.96\text{g}$ ;  $M_{\text{He}}$ 为以克为单位表示的氦气摩尔质量, $M_{\text{He}}=4.003\text{g}$ 。

[0144] 3、细漏检测:对等效标准漏率L不大于 $1.0\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 的密封件进行密封性检测。

[0145] 4、粗漏检测:对等效标准漏率L不小于 $0.1\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $0.3\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $1.0\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 或 $3.0\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 的密封件进行密封性检测。即以氩气为示踪气体的粗漏检测测量漏率 $R_{\text{Ar}0}$ 不小于 $7.95\times 10^{-4}\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $2.39\times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $7.95\times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 或 $2.39\times 10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ 的密封件进行密封性检测。

[0146] 5、粗漏检测最小可检漏率 $L_0$ :对应粗漏检测氩气测量漏率判据 $R_{\text{Ar}0\text{max}}$ ,保证可检出的最小等效标准漏率:

$$[0147] \quad L_0 = R_{\text{Ar}0\text{max}} \frac{P_0}{P_{\text{Ar}0}} \sqrt{\frac{M_{\text{Ar}}}{M_A}}$$

[0148] 式中, $R_{\text{Ar}0\text{max}}$ 为粗漏检测氩气测量漏率判据, $P_{\text{Ar}0}$ 为正常空气中的氩气分气压, $P_{\text{Ar}0}=946\text{Pa}$ ;  $M_{\text{Ar}}$ 为以克为单位表示的氩气摩尔质量, $M_{\text{Ar}}=39.948\text{g}$ 。

[0149] 6、粗漏检测等效氦气测量漏率判据 $R_{0\text{max}}$ :对应 $R_{\text{Ar}0\text{max}}$ 的保证可检出的氦气测量漏率,可以根据下式得出:

$$[0150] \quad R_{0\text{max}} = R_{\text{Ar}0\text{max}} \frac{P_{\text{He}0}}{P_{\text{Ar}0}} \sqrt{\frac{M_{\text{Ar}}}{M_{\text{He}}}}$$

[0151] 式中, $P_{\text{He}0}$ 为正常空气中的氦气分气压, $P_{\text{He}0}=0.533\text{Pa}$ 。

[0152] 7、氦气交换时间常数 $\tau_{\text{He}}$ :对应处于氦气环境中且内部为真空的密封件,内部氦气压力达到 $(1-1/e)$ 环境氦气压力所需要的时间,其中, $(1-1/e)=63.2\%$ :可根据下式计算得到;

$$[0153] \quad \tau_{\text{He}} = \frac{VP_0}{L} \sqrt{\frac{M_{\text{He}}}{M_A}}$$

[0154] 式中,V为密封件的内腔容积。

[0155] 8、粗漏氦气交换时间常数 $\tau_{\text{He}0}$ :对应粗漏检测最小可检漏率 $L_0$ 的氦气交换时间常

数,计算公式如下:

$$[0156] \quad \tau_{\text{He}0} = \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{\text{He}}}{M_A}}$$

[0157] 式中, $L_0$ 为粗漏检测最小可检漏率。

[0158] 9、粗漏氩气交换时间常数 $\tau_{\text{Ar}0}$ :对应粗漏检测最小可检漏率 $L_0$ 的氩气交换时间常数,计算公式如下:

$$[0159] \quad \tau_{\text{Ar}0} = \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{\text{Ar}}}{M_A}} = \frac{VP_{\text{Ar}0}}{R_{\text{Ar}0\text{max}}}$$

[0160] 10、中漏氦气交换时间常数 $\tau_{\text{He}0.m}$ :细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{\text{max}}$ 小于 $R_{0\text{max}}$ 时,内部氦气分气压为 $P_{\text{He}0}$ 、在真空中氦气漏率为 $R_{\text{max}}$ 被检件的氦气交换时间常数:

$$[0161] \quad \tau_{\text{He}0.m} = \tau_{\text{He}0} \frac{R_{0\text{max}}}{R_{\text{max}}}$$

[0162] 11、严密等级 $\tau_{\text{He}min}$ :合格被检件允许的最小氦气交换时间常数。

[0163] 12、预充氦氩法:应用于初次检漏被检件,内部预充含有一定比例氦气氩气的氮气,密封后进行以氩气为粗漏示踪气体、以氦气为细漏示踪气体的积累氦质谱粗漏细漏组合检测的具体方法。

[0164] 13、预充氩压氦氩法:应用于初次检漏被检件,内部预充含有一定比例氩气的氮气,密封后施压一定分压力的氦气和氩气一定时间,进行以氩气为粗漏示踪气体、以氦气为细漏示踪气体的积累氦质谱粗漏细漏组合检测的具体方法。

[0165] 14、预充氦氩压氦氩法:对内部预充氦气氩气的被检件再次或多次检漏,施加一定压力的氦气和氩气一定时间,然后进行以氩气为粗漏示踪气体、以氦气为细漏示踪气体的积累氦质谱粗漏细漏组合检测的具体方法。

[0166] 15、预充氩多次压氦氩法:对内部预充氩气的被检件再次或多次检漏,施加一定压力的氦气和氩气一定时间,然后进行以氦气为粗漏示踪气体、以氦气为细漏示踪气体的积累氦质谱粗漏细漏组合检测的具体方法。

[0167] 16、初次检测的预充氦氩法和预充氩压氦氩法固定方案:为对选择的严密等级、具体方法和粗漏检测氩气测量漏率判据,规定内腔容积分段,规定固定的预充氦氩或预充氩压氦氩条件,规定细漏检测氦气测量漏率判据、最长最小候检时间、粗漏检测最长时间和细漏检测最长时间的检测方案。其中,固定方案是具有一定检测偏差的、易于操作的简易方案。

[0168] 17、初步检测的预充氦氩法和预充氩压氦氩法、再次或多次检测的预充氦氩压氦氩法和预充氩多次压氦氩法灵活方案:为对选择的严密等级、具体方法和粗漏检测氩气测量漏率判据,对具体的内腔容积,规定预充氦氩、预充氩和压氦氩中氩气的固定条件,灵活规定压氦氩中的氦气条件、灵活规定细漏检测氦气测量漏率判据、最长最小候检时间、粗漏检测最长时间和细漏检测最长时间的检测方案。灵活方案能进行更为准确些的检测,但需灵活具体地设计计算检测条件和细漏检测测量漏率判据。

[0169] 本发明氩粗漏氦细漏组合检测方法所需的检测仪器与工装主要有:预充氦氩密封装置、压氦氩箱、检测室、标准漏孔、积累氦质谱组合检漏仪等。

[0170] 其中,预充氦氩密封装置应符合如下要求:预充气体压力为1.00~1.10倍标准大气压 $P_0$ ;可以抽真空至10Pa以下;可以预充氮氦氩混合气体,其中氦气分气压与总气压的比值为0.934%,氦气分气压与总气压的比值为21.0%或3%~50%,其余为氮气;可以预充氮氩混合气体,其中氦气分气压与总气压的比值为0.934%,其余为氮气;氦气氩气比值的偏差均不超过 $\pm 5\%$ ;元器件在预充气体中密封。

[0171] 压氦氩箱应符合如下要求:最高应能承受绝对压力为压氦氩总气压的内压及绝对压力为标准大气压的外压;可以抽真空至10Pa以下;施压气体中,氦气分气压为 $P_{Ar0} = 946\text{Pa}$ ,氦气分气压为设计的 $P_E$ 或 $P_{E,n}$ , $P_E$ 、 $P_{E,n}$ 和 $P_{Ar0}$ 的偏差均不超过 $\pm 5\%$ ;箱内初始压力为最高压氦氩总气压时,40h内的压降应小于初始气压的10%。

[0172] 检测室应符合如下要求:有效容积应能满足检漏要求并尽量小,放入被检件后检测室的净空间容积不大于被检件内腔容积 $V$ 的50倍;密闭后应能抽真空至5Pa以下;应能放入标准漏孔或有标准漏孔接口,或能以最近的距离与标准漏孔相连接。

[0173] 标准漏孔应符合如下要求:氦气和氦气标准漏孔漏率标称值能校准和覆盖的测量漏率范围应满足氦气粗漏检测和氦气细漏检测要求;在校准或检定有效期内使用。

[0174] 在进行氦粗漏氦细漏组合检测时,积累氦质谱组合检漏仪应满足相应标准和本检测方法的要求,连接检测室的氦质谱检漏系统应满足如下要求:

[0175] 1、检漏系统应按维护制度予以正常维护保养,应工作在温度 $25_{-3}^{+3}$  °C、相对湿度不超过50%,无氦气和氦气污染的洁净室内环境中。

[0176] 2、具有以氦气为示踪气体的粗漏检测功能,粗漏测试可以不通过、也可以通过对氦气泄露的积累进行,但测试气体通道不可与深冷泵相连接;具有以氦气为示踪气体的细漏检测功能,细漏测试的测试气体可经过深冷泵、通过积累进行,也可以不经过深冷泵、不通过积累进行。

[0177] 3、启动检漏系统并调整检漏仪工作参数,使检漏仪预热并工作一段时间,采用规定的验证方法,证实检漏系统已处于稳定工作状态。在稳定工作状态下,检漏仪空检时粗漏检测的氦气测量漏率稳定本底值 $R_{Arb}$ 应不大于粗漏检测氦气测量漏率判据 $R_{Ar0max}$ 的1/3,细漏检测的氦气测量漏率稳定本底值 $R_b$ 应不大于细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{max}$ 的1/3。

[0178] 4、能够给出粗漏检测时,氦气测量漏率与从换气冲洗、抽真空开始的粗漏检测时间的关系曲线,能够依据发明内容和实施例中的规定,设定是否进行粗漏积累测试、粗漏检测氦气测量漏率判据 $R_{Ar0max}$ 、最小检测时间 $t_{4min}$ 、最长检测时间 $t_{4max}$ 和进行粗漏检测的时间 $t_4$ 。

[0179] 5、能够给出细漏检测时氦气测量漏率与细漏检测时间的关系曲线,能够依据发明内容和实施例中的规定设定是否进行细漏积累测试、细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{max}$ 、最小检测时间 $t_{5min}$ 、最长检测时间 $t_{5max}$ 和开始细漏积累检测的时间 $t_5$ 。

[0180] 6、需要时,在系统经重新稳定后应再次采用规定的验证方法,证实检漏系统已处于稳定工作状态,再进行其它被检件的检测。

[0181] 7、采用清洁的氮气对检测室换气冲洗或检测后充气,以利于减轻对检漏系统的氦气氦气污染。

[0182] 被检件应该满足以下要求:

[0183] 应控制被检件焊接材料结构和焊缝、金属、玻璃及陶瓷的表面状况,应减少或清除

其表面的指印、焊剂、有机材料,以避免在预充氦氩、预充氩、压氦氩和贮存时表面吸附更多的氦气氩气。

[0184] 应采取措施以保证被检件不存在不稳定漏孔和密封焊核环外的缝隙和次腔体。

[0185] 被检件密封时充入的氦氩混合气体或氩混合气体、施压的氦氩气应为干燥洁净的气体。

[0186] 被检件预充氦氩或预充氩密封和压氦氩后应保存在干燥清洁且氦气氩气含量正常的常温空气环境中,保持清洁不被粘污,以减轻对氦质谱检漏系统的污染,避免堵塞漏孔。

[0187] 工作过程中必须遵守如下安全规程:

[0188] 使用的氮气、氦气和氩气气瓶应符合安全法规和标准的要求;压氦氩箱和连接管道必须经过1.5倍施压气体压力的强度试验;施压压力应不高于被检元器件所能够承受的压力;控制压氦氩箱加压和排气速率,达到施压气压的加压时间和排气时间均不得小于20s。

[0189] 优选实施例一:

[0190] 本优选实施例提供一种氩粗漏氦细漏组合检测方法,对现有以氩气为粗漏示踪气体、以氦气为细漏示踪气体的积累氦质谱组合检测方法做了改进。

[0191] 步骤S1、选择:

[0192] 依据基本判据——严密等级 $\tau_{\text{Hemin}}$ ,依据积累氦质谱组合检漏仪可检的氩、氦测量漏率范围和氩气氦气漏率本底,依据被检件检漏的历史、内腔容积及其去除后表面吸附氦氩漏率的水平,初次密封性检测选择预充氦氩法、预充氩压氦氩法固定方案或灵活方案,再次或多次检测选择预充氦氩压氦氩法或预充氩多次压氦氩法灵活方案,选择粗漏检测氩气测量漏率判据 $R_{\text{Ar0max}}$ 。

[0193]  $\tau_{\text{Hemin}}$ 由产品规范或合同规定,当产品规范或合同规定的密封性要求是等效标准漏率 $L_{\text{max}}$ 时, $\tau_{\text{Hemin}}$ 通过公式35得到。

[0194] 固定方案可选择的 $\tau_{\text{Hemin}}$ 为20d、200d和2000d,灵活方案的 $\tau_{\text{Hemin}}$ 可选择以上值,也可灵活选择。

[0195] 初次检测时一般选择检测灵敏度较高、适用 $\tau_{\text{Hemin}}$ 和V范围更宽的预充氦氩法,但当 $\tau_{\text{Hemin}}$ 较低、V较大时适宜选择预充氩压氦氩法;初次检测时除对要求更为准确检测的几只或十几只样品,一般应选择易于操作、但具有一定检测偏差的固定方案;几只或十几只样品也可选择能更准确地进行检测,但需灵活具体地设计检测条件和细漏检测氦气测量漏率判据的灵活方案。

[0196] 对再次和多次检测,如果初次检测采用的是预充氦氩法,则选择预充氦氩压氦氩法灵活方案;如果初次检测采用的是预充氩压氦氩法,则选择预充氩多次压氦氩法灵活方案。

[0197] 对固定方案,如表1和表2所示,依据被检件结构和内腔容积V,以 $R_{\text{Ar0max}}$ 大于被检件在干燥空气中表面稳定吸附氩漏率 $R_{\text{Ara}}$ 的3倍为前提, $R_{\text{Ar0max}}$ 可选的数值包括 $7.95 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 、 $2.39 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 、 $7.95 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 或 $2.39 \times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ;对灵活方案,视被检件在干燥空气中的稳定吸附氩漏率 $R_{\text{Ara}}$ ,可选择以上值,也可灵活选择 $R_{\text{Ar0max}}$ 。

[0198] 步骤S2、设计:

[0199] 针对步骤S1所选择的 $\tau_{He\min}$ 、具体方法、方案和 $R_{Ar0\max}$ ,设计确定预充氦氩、预充氩和压氦氩条件,设计细漏检测的氦气测量漏率判据 $R_{\max}$ 和相应的 $L_{\max}$ ,设计细漏检测的最长候检时间 $t_{\max}$ ,设计粗漏检测的最长时间 $t_{4\max}$ 、细漏检测的最长时间 $t_{5\max}$ 及预充氩法的最小候检时间 $t_{3\min}$ ,设计固定方案。

[0200] 步骤S2.1、设计预充氦氩、预充氩和压氦氩压力和时间条件的方法如下:

[0201] 对首次检测的预充氦氩法,密封时预充气体的总气压为 $(1+10\%)P_0$ ,其中氦气分气压 $P_{He}$ 为 $(1+10\%)kP_0$ , $k$ 为预充氦比—— $P_{He}$ 与 $P_0$ 之比,氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $(1+10\%)P_{Ar0}$ ,其余为氮气;对固定方案,取 $k=0.21$ ,对灵活方案, $k$ 可取 $0.21$ ,也可以在 $0.03\sim 0.5$ 间灵活取值;

[0202] 对首次检测的预充氩压氦氩法,密封时预充气体的总气压 $P$ 为 $(1+10\%)P_0$ ,其中氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $(1+10\%)P_{Ar0}$ ,其余为氮气;施压气体的总气压应不大于 $6P_0$ ,应能为被检件所承受,其中氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氦气分气压为 $P_E$ ,为防止细漏中大漏被检件在细漏检测中漏检, $P_E$ 应不小于 $2P_0$ ,压氦氩的时间 $t_1$ 应能保证细漏检测的氦气测量漏率判据 $R_{1\max}$ 在检漏仪可检的范围;

[0203] 对再次或多次检测的预充氦氩压氦氩法, $n$  ( $n \geq 1$ )次压氦氩中的氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氦气分气压为 $P_{En}$ ,为防止细漏漏检, $P_{En}$ 应不小于 $2P_0$ , $n$ 次压氦氩的时间 $t_{1n}$ ,通过公式1得到:

$$[0204] \quad \text{公式1} \quad \left. \begin{aligned} t_{1n} &\geq \frac{1}{P_{En}} \left( \frac{1}{10e} k P_0 t_{3.0n} + 0.15 \sum_{i=1}^{n-1} P_{Ei} t_{1i} \right) \\ t_{1n} &\geq 1.2h \end{aligned} \right\}$$

[0205] 式中, $t_{3.0n}$ 为预充氦氩密封结束至 $n$ 次压氦氩结束的间隔时间, $P_{Ei}$ 和 $t_{1i}$ 为各 $i$ 次压氦氩的氦气分气压和压氦氩时间。

[0206] 对再次或多次检测的预充氩多次压氦氩法, $n$  ( $n \geq 2$ )次压氦氩中的氩气分气压 $P_{Ar}$ 为 $P_{Ar0}$ ,氦气分气压为 $P_{En}$ , $P_{En}$ 应不小于 $2P_0$ ;  $n$ 次压氦氩的时间 $t_{1..n}$ 通过公式1得到,但其中 $k=0$ 。

[0207] 步骤S2.2、设计细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{\max}$ 的方法如下:

[0208] 对首次检测的预充氦氩法,被检件密封后在常温空气中贮存经候检时间 $t_3$ ,细漏检测的氦气测量漏率判据 $R_{2\max}$ 通过公式2得到:

$$[0209] \quad \text{公式2} \quad R_{2\max} = \frac{VkP_0}{\tau_{He\min}} \exp\left(-\frac{t_3}{\tau_{He\min}}\right)$$

[0210] 以 $t_3 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 为条件, $R_{2\max}$ 可通过近似公式3得到:

$$[0211] \quad \text{公式3} \quad R_{2\max} = \frac{VkP_0}{\tau_{He\min}}$$

[0212] 对首次检测的预充氩压氦氩法,被检件预充氩密封后在空气中贮存,压氦氩 $t_1$ 时间后在常温空气中贮存经候检时间 $t_2$ ,细漏检测的氦气测量漏率判据 $R_{1\max}$ 通过公式4得到:

$$[0213] \quad \text{公式4} \quad R_{1\max} = \frac{VP_E}{\tau_{He\min}} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_2}{\tau_{He\min}}\right)$$

[0214] 以  $t_1 \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_2 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{1\max}$  可通过近似公式5得到:

$$[0215] \quad \text{公式5 } R_{1\max} = \frac{VP_E t_1}{\tau_{He\min}^2}$$

[0216] 对再次或多次检测的预充氦压氦法,  $n$  ( $n \geq 1$ ) 次压氦后细漏检测的氦气测量漏率判据  $R_{2n.\max}$  通过公式6得到:

[0217] 公式6

[0218]

$$R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ kP_0 \exp\left(-\frac{t_{3.0n}}{\tau_{He\min}}\right) + \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He\min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\} \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He\min}}\right)$$

[0219] 式中,  $t_{2.in}$  为第  $i$  次压氦结束至  $n$  次压氦结束的间隔时间,  $t_{2n}$  为  $n$  次压氦结束后在常温空气中的候检时间;

[0220] 以  $t_{1i} \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式7得到:

$$[0221] \quad \text{公式7 } R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ kP_0 \exp\left(-\frac{t_{3.0n}}{\tau_{He\min}}\right) + \frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\}$$

[0222] 对再次或多次检测, 若距首次检测的时间较短, 即以  $t_{3.0n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式8得到:

$$[0223] \quad \text{公式8 } R_{2n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left( kP_0 + \frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \right)$$

[0224] 以  $t_{3n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $\left(\frac{1}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i}\right) \leq \frac{1}{10} kP_0$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \frac{1}{\tau_{He\min}}$  为条件,  $R_{2n.\max}$  可通过近似公式9得到:

$$[0225] \quad \text{公式9 } R_{2n.\max} = \frac{VkP_0}{\tau_{He\min}}$$

[0226] 对再次或多次检测的预充氦多次压氦法,  $n$  ( $n \geq 2$ ) 次压氦后细漏检测的氦气测量漏率判据  $R_{1n.\max}$  通过公式10得到:

$$[0227] \quad \text{公式10 } R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \left\{ \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He\min}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right\} \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He\min}}\right)$$

[0228] 以  $t_{1i} \leq \frac{1}{5} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{1n.\max}$  可通过近似公式11得到:

$$[0229] \quad \text{公式11 } R_{1n.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}^2} \left[ \sum_{i=1}^n P_{Ei} t_{1i} \exp\left(-\frac{t_{2.in}}{\tau_{He\min}}\right) \right]$$

[0230] 对再次或多次检测,若距首次检测时间较短,即以  $t_1 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2..n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_{2n} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$  为条件,  $R_{In.\max}$  可通过近似公式12得到:

$$[0231] \quad \text{公式12 } R_{In.\max} = \frac{V}{\tau_{He\min}} \sum_{i=1}^n P_{Er} t_{Li}$$

[0232] 步骤S2.3、适用的被检件内腔容积上限  $V_{\max}$  通过公式13得到:

$$[0233] \quad \text{公式13 } V_{\max} = \frac{L_{\max 0} \tau_{He\min}}{P_0} \sqrt{\frac{M_A}{M_{He}}}$$

[0234] 式中,  $L_{\max 0}$  为细漏检测可检最大等效标准漏率,取  $L_{\max 0}$  为  $1.0 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 。

[0235] 步骤S2.4、为防止细漏中大漏的被检件在细漏检测中漏检,为获得更长的候检时间,设计细漏检测最长候检时间  $t_{\max}$  的方法如下:

[0236] 取与粗漏氩气测量漏率判据  $R_{Ar0\max}$  相应的  $R_{0\max}$ 、粗漏氦气交换时间常数  $\tau_{He0}$ 、粗漏氩气交换时间常数  $\tau_{Ar0}$  和中漏氦气交换时间常数  $\tau_{He0.m}$  为:

[0237]  $R_{0\max}$  为被检件内部氦气分气压等于  $P_{He0}$  时,根据公式14可得到粗漏检测的氦气测量漏率判据,

$$[0238] \quad \text{公式14 } R_{0\max} = R_{Ar0\max} \frac{P_{He0}}{P_{Ar0}} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_{He}}}$$

[0239] 根据公式15得到粗漏氦气交换时间常数  $\tau_{He0}$ :

$$[0240] \quad \text{公式15 } \tau_{He0} = \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}} = \frac{VP_{He0}}{R_{0\max}} = \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_{Ar}}}$$

[0241] 式中,  $L_0$  为粗漏检测可检最小等效标准漏率,  $L_0 = R_{Ar0\max} \frac{P_0}{P_{Ar0}} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_A}}$ 。

[0242] 根据公式16得到粗漏氩气交换时间常数  $\tau_{Ar0}$ :

$$[0243] \quad \text{公式16 } \tau_{Ar0} = \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} = \tau_{He0} \sqrt{\frac{M_{Ar}}{M_{He}}}$$

[0244] 当细漏氦气测量漏率判据  $R_{\max} < R_{0\max}$  时,根据公式17取中漏氦气交换时间常数  $\tau_{He0.m}$  为:

$$[0245] \quad \text{公式17 } \tau_{He0.m} = \tau_{He0} \frac{R_{0\max}}{R_{\max}}$$

[0246] 对预充氦氩法,当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2\max} \geq R_{0\max}$  时,细漏检测的最长候检时间,即组合检测的最长候检时间  $t_{3\max}$  通过公式18得到:

$$[0247] \quad \text{公式18 } t_{3\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right) = \frac{\tau_{He\min} VP_{He0}}{\tau_{He\min} R_{0\max} - VP_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min} R_{0\max}}{VP_{He0}}\right)$$

[0248] 对其固定方案,  $t_{3\max}$ 通过公式19得到:

$$[0249] \quad \left. \begin{aligned} \text{公式19} \quad t_{3\max} &= \frac{\tau_{He\min} VP_{He0}}{\tau_{He\min} R_{0\max} - VP_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min} R_{0\max}}{VP_{He0}}\right) \\ t_{3\max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{He\min} \end{aligned} \right\}$$

[0250] 对预充氦氩法, 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2\max} < R_{0\max}$ 时,  $t_{3\max}$ 通过公式20得到:

$$[0251] \quad \text{公式20} \quad t_{3\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

[0252] 对其固定方案,  $t_{3\max}$ 通过公式21得到:

$$[0253] \quad \left. \begin{aligned} \text{公式21} \quad t_{3\max} &= \frac{\tau_{He\min} P_{He0}}{kP_0 - P_{He0}} \ln\left(\frac{kP_0}{P_{He0}}\right) \\ t_{3\max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{He\min} \end{aligned} \right\}$$

[0254] 对预充氩压氦氩法, 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1\max} \geq R_{0\max}$ 时, 细漏检测的最长候检时间, 即组合检测的最长候检时间  $t_{2\max}$ 通过公式22得到:

$$[0255] \quad \text{公式22} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right) + \ln\left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)} \right] \right\}$$

$$[0256] \quad = \frac{\tau_{He\min} VP_{He0}}{\tau_{He\min} R_{0\max} - VP_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min} R_{0\max}}{VP_{He0}}\right) + \ln\left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1 R_{0\max}}{VP_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)} \right] \right\}$$

[0257] 对其固定方案,  $t_{2\max}$ 通过公式23得到:

$$[0258] \quad \left. \begin{aligned} \text{公式23} \quad t_{2\max} &= \frac{\tau_{He\min} VP_{He0}}{\tau_{He\min} R_{0\max} - VP_{He0}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min} R_{0\max}}{VP_{He0}}\right) + \ln\left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1 R_{0\max}}{VP_{He0}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)} \right] \right\} \\ t_{2\max} &\leq \frac{1}{10} \tau_{He\min} \end{aligned} \right\}$$

[0259] 对预充氩压氦氩法, 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1\max} < R_{0\max}$ 时,  $t_{2\max}$ 可通过公式24得到:

$$[0260] \quad \text{公式24} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \left\{ \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right) + \ln\left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He0.m}}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)} \right] \right\}$$

[0261] 对其固定方案,  $t_{2\max}$ 通过公式25得到:

$$[0262] \quad \text{公式25} \quad t_{2\max} = \frac{\tau_{He\min}^2 P_{He0}}{P_E t_1 - P_{He0} \tau_{He\min}} \left\{ \ln\left(\frac{P_E t_1}{P_{He0} \tau_{He\min}}\right) + \ln\left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{P_E t_1^2}{P_{He0} \tau_{He\min}^2}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He\min}}\right)}\right] \right\}$$

$$t_{2\max} \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$$

[0263] 对预充氦压氦法,  $n$  ( $n \geq 1$ ) 次压氦后, 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2n.\max} \geq R_{0\max}$  时, 细漏检测的最长候检时间  $t_{3n.\max}$  通过公式26得到:

$$[0264] \quad \text{公式26} \quad t_{3n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right)$$

[0265] 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{2n.\max} < R_{0\max}$  时,  $t_{3n.\max}$  通过公式27得到:

$$[0266] \quad \text{公式27} \quad t_{3n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

[0267] 对预充氦多次压氦法,  $n$  ( $n \geq 2$ ) 次压氦后, 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1n.\max} \geq R_{0\max}$  时, 细漏检测的最长候检时间  $t_{2n.\max}$  通过公式28得到:

$$[0268] \quad \text{公式28} \quad t_{2n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0}}\right)$$

[0269] 当  $\tau_{He\min} > \tau_{He0}$ 、 $R_{1n.\max} < R_{0\max}$  时,  $t_{2n.\max}$  通过公式29得到:

$$[0270] \quad \text{公式29} \quad t_{2n.\max} = \frac{\tau_{He\min} \tau_{He0.m}}{\tau_{He\min} - \tau_{He0.m}} \ln\left(\frac{\tau_{He\min}}{\tau_{He0.m}}\right)$$

[0271] 为保证多件或批量被检件的检测可行, 以上  $t_{\max}$  ( $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{3n.\max}$  和  $t_{2n.\max}$ ) 应不小于 0.5h。

[0272] 步骤S2.5、为减少和防止粗漏和细漏的被检件在检测中漏检, 设计最长粗漏检测时间  $t_{4\max}$ 、最长细漏检测时间  $t_{5\max}$  及预充氦法最小检测时间  $t_{3\min}$  的方法如下:

[0273] 对预充氦法、预充氦压氦法、预充氦压氦法和预充氦多次压氦法,  $t_{4\max}$  通过公式30得到:

$$[0274] \quad \text{公式30} \quad t_{4\max} = \frac{1}{10} \tau_{Ar0} = \frac{1}{10} \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0.\max}} \left. \vphantom{t_{4\max}} \right\}$$

$$30s \leq t_{4\max} \leq 900s$$

[0275] 对预充氦法、预充氦压氦法、预充氦压氦法和预充氦多次压氦法, 当细漏检测测量漏率判据  $R_{\max}$  ( $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $R_{2n.\max}$  和  $R_{1n.\max}$ )  $\geq 0.905R_{0\max}$  时, 通过公式31得到  $t_{5\max}$ :

$$[0276] \quad \text{公式31} \quad t_{5\max} = \frac{1}{10} \tau_{He0} = \frac{1}{10} \frac{VP_0}{L_0} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}} \left. \vphantom{t_{5\max}} \right\}$$

$$60s \leq t_{5\max} \leq 1200s$$

[0277] 并且, 对预充氦法, 通过公式32得到  $t_{3\min}$ :

$$\left. \begin{array}{l}
 t_{3\min} = \tau_{He0} \frac{1}{1 + 10l_{He.n}} \\
 \text{公式32 } t_{3\min} \leq \frac{1}{3} t_{3\max} \\
 \text{或者} \\
 t_{3\min} \leq t_{3\max} - 24h
 \end{array} \right\}$$

[0279] 式中,  $l_{He.n}$ 为漏孔两端气压分别为 $P_0$ 和0时, 对应 $L_0$  ( $\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ )的粘滞流系数, 通过公式33得到 $l_{He.n}$ :

$$[0280] \quad \text{公式33 } l_{He.n} = 0.5L_0^{0.314}$$

[0281] 对预充氦氩法、预充氩压氦氩法、预充氦氩压氦氩法和预充氩多次压氦氩法, 当 $R_{\max} < 0.905R_{0\max}$ 时, 通过公式34得到 $t_{5\max}$ :

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{公式34 } t_{5\max} = \frac{VP_{Ar0}}{R_{Ar0\max}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_{Ar}}} \ln\left(\frac{R_{0\max}}{R_{\max}}\right) \\
 60\text{s} \leq t_{5\max} \leq 1200\text{s}
 \end{array} \right\}$$

[0283] 步骤S2.6、设计灵活方案或固定方案的方法如下:

[0284] 针对给定的内腔容积 $V$ , 选择的 $\tau_{He\min}$ 和 $R_{Ar0\max}$ , 依据以上方法和适用公式, 进行各种氩粗漏氦细漏组合检测具体方法灵活方案的设计;

[0285] 密封性严密等级 $\tau_{He\min}$ 检测合格的被检件, 其最大等效标准漏率 $L_{\max}$ , 由公式35得到,

$$[0286] \quad \text{公式35 } L_{\max} = \frac{VP_0}{\tau_{He\min}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}}$$

[0287] 设计氩粗漏氦细漏组合检测预充氦氩法和预充氩压氦氩法固定方案的方法如下:

[0288] 选取内腔容积 $V$ 的最大范围为 $0.0006\text{cm}^3 \sim 200\text{cm}^3$ , 依次按 $0.0006\text{cm}^3 \leq V < 0.002\text{cm}^3$ ,  $0.002\text{cm}^3 \leq V < 0.006\text{cm}^3$ , …… , 进行内腔容积分段。针对选择的预充氦氩法或预充氩压氦氩法具体方法, 依据公式1至35中适用公式表达的有关方法设计固定方案, 其中 $R_{2\max}$ 通过公式3得到,  $R_{1\max}$ 通过公式5得到; 设计 $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{4\max}$ 、 $t_{5\max}$ 时采用内腔容积 $V$ 分段的下限值, 设计 $t_{3\min}$ 时采用内腔容积分段的上限值。设计的预充氦氩法固定方案见表1, 预充氩压氦氩法固定方案见表2。表1和表2中的“/”均表示不适用。

[0289] 步骤S3、预充氦氩、预充氩或压氦氩:

[0290] 依据步骤S2的设计进行预充气体密封或压氦氩。将密封被检件放置于预充氦氩装置中, 抽真空10Pa以下, 先充入压力 $(1+10\%)946\text{Pa}$ 的氩气, 再充入氦气使气压达到 $(9.34 \times 10^{-3} + k)(1+10\%)P_0$ , 然后充入氮气使总气压 $P$ 达到 $(1+10\%)P_0$ 进行密封; 预充氦氩法固定方案 $k=0.21$ , 灵活方案优先取 $k=0.21$ , 也可按步骤S2.1设计在 $0.03 \sim 0.50$ 间取值; 对预充氩压氦氩法 $k=0$ ;  $k$ 的偏差不大于+5%。预充氦氩法固定方案所预充气体, 也可采用变压吸附法制造的氮气加占总量21%的氦气。变压吸附法制造的氮气, 去掉了空气中的氧气、二氧化碳、水和有机气体, 保留着空气中的氮气和氩气氦气。

[0291] 对预充氩压氦氩法、预充氦压氦氩法和预充氩多次压氦氩法的压氦氩,将被检件放入压氦氩箱中,抽真空至10Pa以下。在2min内,先充入压力 $P_{Ar}$ 为946Pa的氩气,再按步骤S2.1设计的氦气分气压 $P_E$ 或 $P_{En}$ 充入氦气, $t_1$ 或 $t_{1n}$ 时间内保持压氦氩总压力,其中 $P_E$ 和 $P_{En}$ 均不小于 $2P_0$ , $P_E$ 、 $P_{En}$ 、 $t_1$ 和 $t_{1n}$ 的偏差均不大于+5%。

[0292] 应记录保存预充氦氩或预充氩的 $P_{Ar}$ 、k值和密封时间;记录保存每次压氦氩的氦气分气压 $P_{Ar}$ ,氦气分气压 $P_E$ 、 $P_{En}$ ,压氦氩时间 $t_1$ 、 $t_{1n}$ 和压氦氩结束时间。

[0293] 表1 预充氦氩法积累氦质谱组合检测固定方案

[0294]

内容参数 V分液 ( $cm^3$ )	$P_{Ar}$ (Pa· $cm^3/s$ )	$L_{Ar}$ (Pa· $cm^3/s$ )	预充氦法 $t_{vac}=20s$															
			预充氦法累积分压 $P_{Ar,acc}$ (Pa· $cm^3/s$ )															
			7.93E-4				2.39E-3				7.93E-3				2.39E-2			
			$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)	$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)	$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)	$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)
0.002~<0.006	2.46E-5	4.36E-5	1.83E-1	1.62E3	2.38E2	7.53E1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
0.006~<0.02	7.39E-5	1.31E-4	6.10E-1	4.16E3	7.14E2	2.37E2	7.53E1	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
0.02~<0.06	2.46E-4	4.36E-4	1.83E2	1.14E3	9.03E2	7.53E2	4.72E-1	4.53E3	7.92E2	2.51E2	1.03E-1	1.02E3	2.38E2	7.53E1	/	/		
0.06~<0.2	7.39E-4	1.31E-3	6.10E2	2.75E3	9.03E2	1.20E3	1.57E2	1.14E3	9.03E2	7.53E2	3.49E-1	4.16E3	7.14E2	2.38E2	8.63E-1	1.62E3		
0.2~<0.6	2.46E-3	4.36E-3	1.83E3	4.80E3	9.03E2	1.20E3	4.72E2	3.99E3	9.03E2	1.20E3	1.03E2	1.03E3	7.53E2	7.53E2	2.86E-1	4.16E3		
0.6~<2	7.39E-3	1.31E-2	/	/	/	/	1.57E1	4.80E3	9.03E2	1.20E3	3.49E2	2.75E3	9.03E2	1.20E3	8.63E-1	1.14E3		
2~<6	2.46E-2	4.36E-2	/	/	/	/	/	/	/	/	1.03E1	4.80E3	9.03E2	1.20E3	/	/		
内容参数 V分液 ( $cm^3$ )	$P_{Ar}$ (Pa· $cm^3/s$ )	$L_{Ar}$ (Pa· $cm^3/s$ )	预充氩法 $t_{vac}=20s$															
			预充氩法累积分压 $P_{Ar,acc}$ (Pa· $cm^3/s$ )															
			7.93E-4				2.39E-3				7.93E-3				2.39E-2			
			$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)	$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)	$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)	$P_{Ar}$ (Pa)	$P_E$ (Pa)	$t_1$ (s)	$t_{1n}$ (s)

[0295] 续表1

[0296]

产率等级 $\eta_{\text{max}}=200\%$																		
内腔容积 V 分段 ( $\text{cm}^3$ )	$R_{\text{max}}$ ( $\text{Pa}\cdot\text{cm}^2/\text{s}$ )	$L_{\text{max}}$	检测器灵敏度系数 $R_{\text{detection}}$ (Percent%)															
			7.95E-4				2.39E-3				7.95E-3				2.39E-2			
			$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)
2~<6	2.46E-3	4.36E-3	1.83E2	4.80E2	9.00E2	1.30E3	4.72E1	2.99E2	9.00E2	1.30E3	1.05E1	1.14E2	9.00E2	1.30E3	2.80E2	4.53E1	9.00E2	1.30E3
6~<20	7.39E-3	1.31E-2	/	/	/	/	1.57E2	4.80E2	9.00E2	1.30E3	3.49E1	2.73E2	9.00E2	1.30E3	8.63E2	1.14E2	9.00E2	1.30E3
20~<60	2.46E-2	4.36E-2	/	/	/	/	/	/	/	/	1.03E2	4.80E2	9.00E2	1.30E3	2.80E2	2.99E2	9.00E2	1.30E3
60~<200	7.39E-2	1.31E-1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8.63E1	4.53E2	9.00E2	1.30E3
产率等级 $\eta_{\text{max}}=300\%$																		
内腔容积 V 分段 ( $\text{cm}^3$ )	$R_{\text{max}}$ ( $\text{Pa}\cdot\text{cm}^2/\text{s}$ )	$L_{\text{max}}$	检测器灵敏度系数 $R_{\text{detection}}$ (Percent%)															
			7.95E-4				2.39E-3				7.95E-3				2.39E-2			
			$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (h)	$R_{\text{max}}$ (s)	$R_{\text{max}}$ (g)	$R_{\text{max}}$ (g)

[0297] 表2 预充氙压氩氙法积累氦质谱组合检测固定方案





[0302]

内腔体积 V分腔 (cm <sup>3</sup> )		压紧条件 P <sub>5</sub> (P <sub>5</sub> ) (Pa)		t <sub>5</sub> (h)		R <sub>0.05mm</sub> (Pa·cm <sup>2</sup> /s)		L <sub>0.05mm</sub> (Pa·cm <sup>2</sup> /s)		粗漏测漏率列表 R <sub>0.05mm</sub> (Pa·cm <sup>2</sup> /s)																																			
										7.93E-4				2.39E-3				7.93E-3				2.39E-2																							
										V <sub>0.05mm</sub> (h)	V <sub>0.05mm</sub> (s)	V <sub>0.05mm</sub> (e)	V <sub>0.05mm</sub> (h)	V <sub>0.05mm</sub> (h)	V <sub>0.05mm</sub> (s)	V <sub>0.05mm</sub> (e)	V <sub>0.05mm</sub> (h)	V <sub>0.05mm</sub> (h)	V <sub>0.05mm</sub> (s)	V <sub>0.05mm</sub> (e)	V <sub>0.05mm</sub> (h)	V <sub>0.05mm</sub> (h)	V <sub>0.05mm</sub> (s)	V <sub>0.05mm</sub> (e)																					
0.6~<2	4	5	1.47E-5	4.80E2	9.00E2	1.20E3	2.23E2	9.00E2	1.20E3	8.09E1	9.00E2	1.20E3	7.87E1	9.00E2	2.39E-2																														
																2	10	1.47E-5	4.80E2	9.00E2	1.20E3	2.23E2	9.00E2	1.20E3	7.88E1	9.00E2	1.20E3	7.87E1	9.00E2	2.39E-2															
																															4	10	2.93E-5	4.80E2	9.00E2	1.20E3	2.23E2	9.00E2	1.20E3	7.89E1	9.00E2	1.20E3	4.10E1	9.00E2	7.93E-2
2~<6	4	5	4.89E-5	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	2.23E2	9.00E2	1.20E3	8.87E1	9.00E2	2.39E-2																														
																2	10	4.89E-5	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	2.23E2	9.00E2	1.20E3	8.86E1	9.00E2	2.39E-2															
																															4	2.5	7.33E-5	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	2.27E2	9.00E2	2.39E-2			
																																											2	5	7.33E-5
20~<60	4	2.5	2.44E-4	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	2.39E-2																														
																2	5	2.44E-4	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	2.39E-2															
																															4	2.5	7.33E-4	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	2.39E-2			
																																											2	5	7.33E-4
60~<200	4	2.5	7.33E-4	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	2.39E-2																														
																2	5	7.33E-4	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	2.39E-2															
																															4	2.5	7.33E-4	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	1.20E3	4.80E2	9.00E2	2.39E-2			
																																											2	5	7.33E-4

[0303] 续表2

[0304]

严密等级  $q_{v,max}=2000\text{h}$

内腔容积 V 等级 ( $\text{cm}^3$ )	压紧条件		$E_{L,max}$ ( $\text{Pa cm}^2/\text{s}$ )	$L_{L,max}$ ( $\text{Pa cm}^2/\text{s}$ )	粗漏率列表的 $P_{L,max}$ ( $\text{Pa cm}^2/\text{s}$ )													
	$P_e$ ( $\text{Pa}$ )	$t_i$ (h)			7.97E-4			2.39E-3			7.97E-3			2.39E-2				
					$h_{L,max}$ (h)	$q_{v,max}$ (s)	$P_{L,max}$ (s)	$h_{L,max}$ (h)	$q_{v,max}$ (s)	$P_{L,max}$ (s)	$h_{L,max}$ (h)	$q_{v,max}$ (s)	$P_{L,max}$ (s)	$h_{L,max}$ (h)	$q_{v,max}$ (s)	$P_{L,max}$ (s)		
0.002~<0.006	5	180	1.87E2	2.38E2	1.20E3	1.87E2	7.97E1	1.20E3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			5.40E1	7.14E1	1.20E3	5.40E2	2.37E2	1.20E3	5.40E2	7.14E1	1.20E3	5.40E2	7.14E1	1.20E3	5.40E2	7.14E1	1.20E3	5.40E2
0.006~<0.02	5	60	1.44E3	9.00E2	1.20E3	1.44E3	7.97E2	1.20E3	1.44E3	9.00E2	1.20E3	1.44E3	9.00E2	1.20E3	1.44E3	9.00E2	1.20E3	1.44E3
			9.60E2	9.00E2	1.20E3	9.60E2	7.97E2	1.20E3	9.60E2	7.97E2	1.20E3	9.60E2	7.97E2	1.20E3	9.60E2	7.97E2	1.20E3	9.60E2
0.02~<0.06	4	40	3.08E3	9.00E2	1.20E3	3.08E3	9.00E2	1.20E3	3.08E3	9.00E2	1.20E3	3.08E3	9.00E2	1.20E3	3.08E3	9.00E2	1.20E3	3.08E3
			9.60E2	9.00E2	1.20E3	9.60E2	9.00E2	1.20E3	9.60E2	9.00E2	1.20E3	9.60E2	9.00E2	1.20E3	9.60E2	9.00E2	1.20E3	9.60E2
0.06~<0.2	4	30	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3
			1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3
0.2~<0.6	2	40	1.73E3	9.00E1	1.20E3	1.73E3	9.00E1	1.20E3	1.73E3	9.00E1	1.20E3	1.73E3	9.00E1	1.20E3	1.73E3	9.00E1	1.20E3	1.73E3
			4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3
0.6~<2	4	5	1.47E7	1.47E7	1.20E3	1.47E7	1.47E7	1.20E3	1.47E7	1.47E7	1.20E3	1.47E7	1.47E7	1.20E3	1.47E7	1.47E7	1.20E3	1.47E7
			1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3	1.74E3	1.20E3	1.74E3
2~<6	2	40	5.88E7	5.88E7	1.20E3	5.88E7	5.88E7	1.20E3	5.88E7	5.88E7	1.20E3	5.88E7	5.88E7	1.20E3	5.88E7	5.88E7	1.20E3	5.88E7
			1.73E3	1.73E3	1.20E3	1.73E3	1.73E3	1.20E3	1.73E3	1.73E3	1.20E3	1.73E3	1.73E3	1.20E3	1.73E3	1.73E3	1.20E3	1.73E3
2~<6	4	5	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3
			4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3
2~<6	4	10	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3	4.80E3	1.20E3	4.80E3
			3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3
2~<6	2	20	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3
			3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3	3.08E3	1.20E3	3.08E3

[0305] 续表2

[0306]

检测等级  $P_{He0} = 2000$

检测条件	检测等级 $P_{He0} = 2000$												
	$P_2$ ( $P_1$ )			$L_{vac}$ ( $P_1$ $cm^2/s$ )			$R_{vac}$ ( $P_1$ $cm^2/s$ )			$R_{vac}$ ( $P_1$ $cm^2/s$ )			
				$P_{vac}$ (h)	$P_{vac}$ (s)	$P_{vac}$ (h)	$P_{vac}$ (s)	$P_{vac}$ (h)	$P_{vac}$ (s)	$P_{vac}$ (h)	$P_{vac}$ (s)	$P_{vac}$ (h)	$P_{vac}$ (s)
6 ~ <20	4	2.5	7.33E-7	1.31E-3	4.80E3	9.00E2	1.20E3	4.80E3	9.00E2	1.20E3	4.80E3	9.00E2	1.20E3
20 ~ <60	4	10	2.93E-6	4.36E-3	3.08E3	/	/	3.08E3	/	/	3.08E3	/	/
	2	30	2.93E-6		3.08E3			3.08E3			3.08E3		
60 ~ <200	4	2.5	2.44E-6	1.51E-2	/	/	/	4.80E3	/	/	4.80E3	/	/
	4	10	9.77E-6					3.08E3			3.08E3		
	2	20	9.77E-6	/	/	/	/	3.08E3	/	/	3.08E3	/	/
	4	2.5	7.33E-6					4.80E3			4.80E3		
	4	10	2.93E-5	/	/	/	/	3.08E3	/	/	3.08E3	/	/
	2	20	2.93E-5					3.08E3			3.08E3		

[0307] 步骤S4、去除吸附氦氩并保持内部 $P_{Ar0}$ 和 $P_{He0}$ ：

[0308] 组合检测前，应去除预充氦氩、预充氩和压氦氩在被检件表面形成的吸附氦，应去

除经历过潮湿环境表面形成的较多的吸附氩,去除应在具有正常空气中氩气和氦气分气压并常温干燥的空气中进行,一般采用自然存放去除,用干燥空气吹淋可加速,不能加温焙烘,不能在真空条件下去除。

[0309] 去除过程不应对被检件造成直接或潜在的损伤,所用时间一般不宜超过细漏检测最长候检时间 $t_{\max}$ 的 $2/3$ ,以保证在最长候检时间之内完成被检件的组合检测。

[0310] 去除吸附氩氦后应验证被检件表面吸附氩和吸附氦所形成的测量漏率,粗漏检测时吸附氩漏率 $R_{Ar}$ 应不大于氩气测量漏率判据 $R_{Ar0\max}$ 的 $1/3$ ,细漏检测时吸附氦漏率 $R_a$ 应不大于氦气测量漏率判据 $R_{\max}$ 的 $1/3$ 。验证可采用相同外形外表的3只被检件比对样品进行,这些样品已经检测为不漏,将实际测量漏率减去检漏仪本底即为吸附漏率。

[0311] 被检件预充氩氦、预充氩或压氩氦后,应保持被检件内部的氩气分气压为 $P_{Ar0}$ ,保持内部氦气分气压不小于 $P_{He0}$ 。若因真空焙烘或检测,被检件在缺少正常空气中氩气和氦气

分气压的环境中经历 $\Delta t$ 时间,该 $\Delta t$ 应小于 $\frac{1}{6} t_{\max}$ ,必须在空气中放置不小于 $3.23 \Delta t$

时间,使其内部氩气分气压恢复至不小于 $0.9P_{Ar0}$ ,内部氦气分气压恢复至不小于 $0.9P_{He0}$ ;这时,粗漏检测的氩气测量漏率判据取为 $0.9R_{Ar0\max}$ ,细漏检测的氦气测量漏率判据仍为 $R_{\max}$ 。

[0312] 步骤S5、校准:

[0313] 积累氦质谱组合检漏仪的标准应对粗漏检测的氩气漏率和细漏检测的氦气漏率分别进行,校准应能有效覆盖粗漏检测和细漏检测的判据范围。校准时,应将标准漏孔置于检测室内或接至检测室,或以最短的距离与检测室相连。校准应在每次开机稳定后,每次设备状态改变(如检测室更换、深冷泵再生和调节阀调整)稳定后进行。

[0314] 步骤S6、比较细漏检测最长候检时间和最小候检时间:

[0315] 对预充氩氦法,自密封结束至组合检测开始的细漏检测候时间 $t_3$ ,应不大于步骤S2.4设计的 $t_{3\max}$ ;当细漏测量漏率判据 $R_{2\max} \geq 0.905R_{0\max}$ 时, $t_3$ 还应小于步骤S2.5设计的最小候检时间 $t_{3\min}$ 。对预充氩压氩氦法、预充氩氦压氩氦法和预充氩多次压氩氦法,自最后一次压氩氦结束至组合检测开始的细漏检测候检时间 $t_2$ 、 $t_{3n}$ 和 $t_{2n}$ ,应分别不大于步骤S2.4设计的最长候检时间 $t_{2\max}$ 、 $t_{3n.\max}$ 和 $t_{2n.\max}$ 。

[0316] 当候检时间 $t_3$ 小于 $t_{3\min}$ ,应待符合要求后开始检测;当候检时间不超过最长候检时间时,检测程序进行步骤S7;当候检时间大于最长候检时间时,重新按步骤S2进行设计,从步骤S3开始进行新一次的压氩氦和去除吸附氩氦后检测。

[0317] 步骤S7、粗漏检测:

[0318] 为了防止错判和减少漏检,自被检件置于检测室开始换气冲洗、抽真空开始至读取粗漏氩气测量漏率 $R_{Ar}$ 的粗漏检测时间 $t_4$ ,应不少于最小粗漏检测时间 $t_{4\min}$ ,不大于步骤S2.5设计的 $t_{4\max}$ 。 $t_{4\min}$ 为系统稳定、检测室中不放置被检件时,氩气本底漏率 $R_{Arb}$ 降至不大于 $\frac{1}{3}R_{Ar0\max}$ 的最长时间。

[0319] 粗漏检测时,可不通过也可通过对氩气泄露的积累测试氩气测量漏率,但测试泄露气体的通道不可与深冷泵连接。

[0320] 若测试的被检件 $R_{Ar} \geq 0.905R_{Ar0\max}$ ,判定被检件密封性不合格;若 $R_{Ar} < 0.905R_{Ar0\max}$ ,步骤S7粗漏检测通过,被检件仍置于真空检测室内,继续进行步骤S8的细漏检

测。一旦检测到粗漏被检件,之后应通过空检检测室,使 $t_{4\min}$ 时的 $R_{Arb}$ 不大于 $\frac{1}{3}R_{Ar0\max}$ ,然后再进行其它被检件的粗漏检测。

[0321] 即使在组合检测的最长候检时间 $t_{\max}$ 之内,也应执行步骤S4中保持 $P_{Ar0}$ 和 $P_{He0}$ 及粗漏判据的规定;密封或一次压氩后的两次组合检测之间未在空气中放置前一次组合检测时间 $\Delta t$ 的3.23倍时间,未取粗漏测量漏率判据为 $0.9R_{Ar0\max}$ ,后一次粗漏检测会存在更大的漏检可能性。

[0322] 步骤S8、细漏检测:

[0323] 依据所采用的积累氦质谱检漏仪的性能,当细漏氦气测量漏率判据小于一定值(如 $5 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 或 $1 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ),被检测的泄露气体需通过深冷泵并进行积累质谱测试;当细漏氦气漏率判据大于一定值(如 $5 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 或 $1 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ ),被检件的泄露气体可不通过深冷泵,也可不进行积累,直接进行质谱测试。

[0324] 为防止错判和漏检,自被检件置于检测室内开始换气冲洗、抽真空至开始细漏漏率积累读取数据的细漏检测时间 $t_5$ ,应不少于最小细漏检测时间 $t_{5\min}$ ,不大于步骤S2.5设计的 $t_{5\max}$ 。 $t_{5\min}$ 为系统稳定、检测室中不放置被检件时,氦气漏率或积累氦气漏率本底 $R_b$ 降至不大于 $(1/3)R_{\max}$  ( $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $R_{2n.\max}$ 或 $R_{1n.\max}$ )的最长时间。

[0325] 若读取的被检件氦气测量漏率或积累氦气测量漏率 $R$  ( $R_2$ 、 $R_1$ 、 $R_{2n}$ 或 $R_{1n}$ )  $> R_{\max}$ ,判定被检件细漏检测不合格,被检件密封性不合格;若 $R \leq R_{\max}$ ,判定被检件细漏检测通过,继续步骤S9补充检测更大粗漏。

[0326] 当能有效剔除粗漏被检件并有效执行步骤S4中保持 $P_{He0}$ 及细漏判据的规定时,被检件经预充氩、预充氩或压氩后,在细漏检测最长候检时间之内,被检件的多次细漏检测均是有效的。

[0327] 步骤S9、补充检测更大粗漏:

[0328] 为防止粗漏漏检,对通过步骤S7粗漏检测、步骤S8细漏检测的被检件,特别是对步骤S2.6设计中所给出的 $t_{4\max} < 900\text{s}$ 的被检件,补充以外观检测法等有效方法,检测步骤S7中可能漏检的更大粗漏。若补充检测发现存在更大粗漏,判定被检件密封性不合格;若补充检测未发现更大粗漏,则最终判定被检件密封性合格。

[0329] 若不采取有效的方法补充检测更大粗漏,也可最终判定通过步骤S7和步骤S8检测的被检件密封性合格,但此时存在一定的粗漏漏检风险。

[0330] 步骤S10、定量检测:

[0331] 若需要进行被检件 $\tau_{He}$ 或 $L$ 的定量检测,应在步骤S1中选择具体方法、灵活方案、较高的 $\tau_{He\min}$ 和适用的较低的 $R_{Ar0\max}$ 。对首次检测选择预充氩法或预充氩压氩法,对再次或多次检测,视首次检测选择的方法,选择预充氩压氩法或预充氩多次压氩法。

[0332] 在步骤S2.6设计中,针对具体的内腔容积 $V$ ,设计检测的灵活方案:其中,预充氩法 $k = 0.21$ ,各次压氩时间 $t_{li} < \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ ,最长候检时间 $t_{\max}$  ( $t_{3\max}$ 、 $t_{2\max}$ 、 $t_{3n.\max}$ 或 $t_{2n.\max}$ )  $< \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ ,给出细漏检测氦气测量漏率判据 $R_{\max}$  ( $R_{2\max}$ 、 $R_{1\max}$ 、 $R_{2n.\max}$ 或 $R_{1n.\max}$ )和相关的 $P_E$  (或 $P_{En}$ )、 $t_{4\max}$ 、 $t_{5\max}$ 、 $t_{3\min}$ 等检测条件。

[0333] 应在步骤S8细漏检测中,采用外形外表相同的、已检测为不漏的样品,验证吸附氦漏率  $R_a < \frac{1}{10} R_{\max}$ ,读取空检检测室时稳定氦气测量漏率本底  $R_b$ ,读取被检件氦气测量漏率  $R$  ( $R_2$ 、 $R_1$ 、 $R_{2n}$ 或 $R_{1n}$ )。

[0334] 对检测为密封性合格、即  $\tau_{He} \geq \tau_{He\min}$  的被检件,通过公式36求得被检件的真正氦气测量漏率  $R'$  ( $R'_2$ 、 $R'_1$ 、 $R'_{2n}$ 或 $R'_{1n}$ ):

[0335] 公式36  $R' = R - R_b$

[0336] 这里的  $R'$  包含着被检件的吸附氦漏率和各项检测偏差。

[0337] 对预充氦氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式37的渐近拟合,求得被检件的  $\tau_{He}$ :

[0338] 公式37 
$$R'_2 = \frac{V}{\tau_{He}} \left[ kP_0 \exp\left(-\frac{t_3}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right]$$

[0339] 以  $t_3 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $kP_0 \geq 10P_{He0}$  为条件,也可通过近似公式38求得  $\tau_{He}$ :

[0340] 公式38 
$$\tau_{He} = \tau_{He\min} \frac{R_{2\max}}{R'_2}$$

[0341] 对预充氩压氦氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式39的渐近拟合求得被检件的  $\tau_{He}$ :

[0342] 公式39 
$$R'_1 = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ P_E \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_2}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$$

[0343] 以  $t_1 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $t_2 \leq \frac{1}{10} \tau_{He\min}$ 、 $P_E t_1 / \tau_{He} \geq 10P_{He0}$  为条件,也可通过近似公式40求得  $\tau_{He}$ :

[0344] 公式40 
$$\tau_{He} = \tau_{He\min} \sqrt{\frac{R_{1\max}}{R'_1}}$$

[0345] 对预充氦氩压氦氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式41的渐近拟合,求得被检件的  $\tau_{He}$ :

[0346] 公式41

[0347]

$$R'_{2n} = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ \left[ kP_0 \exp\left(-\frac{t_{3,0n}}{\tau_{He}}\right) + \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2,in}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$$

[0348] 对预充氩多次压氦氩法检测密封性合格的被检件,通过对公式42的渐近拟合,求得被检件的  $\tau_{He}$ :

[0349] 公式42 
$$R'_{1n} = \frac{V}{\tau_{He}} \left\{ \sum_{i=1}^n P_{Ei} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t_{1i}}{\tau_{He}}\right) \right] \exp\left(-\frac{t_{2,in}}{\tau_{He}}\right) \exp\left(-\frac{t_{2n}}{\tau_{He}}\right) + P_{He0} \right\}$$

[0350] 已知 $\tau_{He}$ ,依据公式43求得被检件的L:

$$[0351] \quad \text{公式43} \quad L = \frac{VP_0}{\tau_{He}} \sqrt{\frac{M_{He}}{M_A}}$$

[0352] 以上所得 $\tau_{He}$ 和L,均可作为具有一定检测偏差的密封性定量检测结果。

[0353] 本发明氩粗漏氦细漏组合检测方法在可选择的具体方法中增加了预充氩压氦氩法和预充氩多次压氦氩法;可选择的粗漏检测氩气测量漏率判据 $R_{Ar0max}$ 增加了 $2.39 \times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 一档。进一步给出了减少和防止粗漏和细漏漏检和防止错判的一系列方法:给出了进一步定量拓展最长候检时间的方法,改进了去除被检件表面吸附氦氩、保持被检件内部氦气氩气分气压及规定相应判据的方法,给出了确定最小压氦压力、预充氦氩法最小候检时间、最长最小粗漏检测时间和最长最小细漏检测时间的方法;改进了定量检测的方法。从而进一步扩展了积累氦质谱组合检测方法适用的严密等级 $\tau_{Hemin}$ 和内腔容积范围,有效防止了粗漏和细漏的漏检和错判,不仅使之更加适用、便捷,而且解决了检测的可行性和可信性问题。

[0354] 优选实施例二:

[0355] 本优选实施例提供一种氩粗漏氦细漏组合检测方法。该方法至少包括步骤S1、选择:初次密封性检测的具体方法为预充氦氩法,再次或多次密封性检测的具体方法为预充氦氩压氦氩法;或,初次密封性检测的具体方法选择预充氩压氦氩法,再次或多次密封性检测的具体方法选择预充氩多次压氦氩法;粗漏检测以氩气测量漏率 $R_{Ar0max}$ 为判据,细漏检测以严密等级 $\tau_{Hemin}$ 为基本判据,以氦气测量漏率 $R_{max}$ 为表征判据;对初次密封性检测可选择固定方案也可选择灵活方案,对再次或多次检测均选择灵活方案;固定方案 $\tau_{Hemin}$ 可为2000d、200d、20d或其它值,粗漏检测 $R_{Ar0max}$ 可为 $7.95 \times 10^{-4} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 、 $2.39 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 、 $7.95 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 、 $2.39 \times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 或其它值;灵活方案可选择固定方案的 $\tau_{Hemin}$ 和 $R_{Ar0max}$ ,也可灵活选择 $\tau_{Hemin}$ 和 $R_{Ar0max}$ 。

[0356] 该方法的后续步骤不限,除了优选实施例一中所示的步骤,还可以是其它的检测后续步骤,能拓展以氩气为粗漏示踪气体、以氦气为细漏示踪气体的积累氦质谱组合检测方法适用的 $\tau_{Hemin}$ 、V范围并改进检测的可行性和可信性即可。

[0357] 本领域技术人员知悉,通过实施例进行描述的本发明,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对这些特征和实施例进行各种改变或者替换。另外,在本发明的指导下,可以对这些特征和实施例进行修改以适应具体的情况,而不脱离本发明的精神和范围。例如,进一步定量拓展最长候检时间的方法,保持被检件内部氦氩分压的方法,设计确定细漏最长最小检测时间的方法,设计确定最小候检时间的方法,压氦压力不小于 $2P_0$ 的规定,定量检测的方法,可直接或经一定的条件转换,适用于改进一种基于定量确定最长候检时间的氦质谱细检漏方法、一种多次压氦和预充氦压氦的氦质谱细检漏方法和一种积累氦质谱粗漏细漏组合检测元器件密封性的方法;设计确定再次或多次检测氩气测量漏率判据的方法,适用于改进一种多次压氦和预充氦压氦的氦质谱细检漏方法;将 $R_{Ar0max}$ 转换为 $R_{0max}$ 时设计确定粗漏最长最小检测时间的方法,适用于改进一种积累氦质谱粗漏细漏组合检测元器件密封性的方法。因此,本发明不受此处所公开的具体实施例的限制,所有落入本申请的权利要求内的实施例都属于本发明保护的范畴。

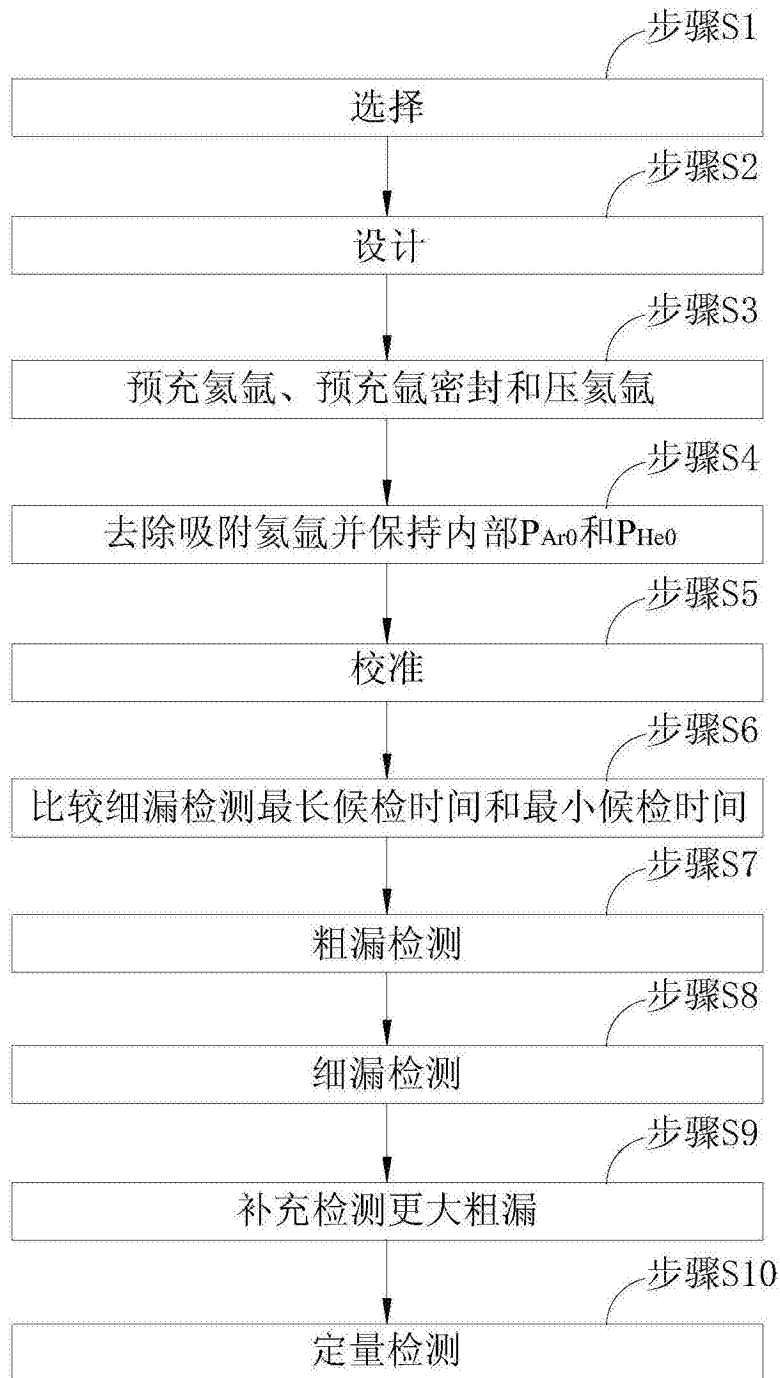


图1