ICS 13.280
F 79

EJ/T 1096—1999
eqv ISO 10648—2:1994

密封箱室密封性分级及其检验方法

Containment enclosures:
Classification according to leak tightness and associated checking method

1998-12-30发布
1999-04-01实施
中国核工业总公司发布

前　言

本标准是等效采用国际标准ISO 10684-2:1994《密封箱室——第二部分：密封性分级及相关的检验方法》编写而成的。在编写本标准时将原国际标准ISO 10648-2中的“引言”部分的内容并入了本标准第一章“范围”之中，并按GB/T1.1—1993对原国际标准的编写格式进行了修改。

本标准发布后，将同新制定的其它箱室标准一起，代替老的一套箱室核行业标准。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E和附录F都是提示的附录。

本标准由全国核能标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：核工业标准化研究所。

本标准主要起草人：吴录平。

ISO前　言

ISO（国际标准化组织）是由各国标准化团体（ISO成员团体）组成的世界性的联合会。制定国际标准的工作通常由ISO的技术委员会完成。各成员团体若对某技术委员会已确立的标准项目感兴趣，均有权参加该委员会的工作。与ISO保持联系的各国际组织（官方的或非官方的）也可参加有关工作。在电工技术标准化方面ISO与国际电工委员会（IEC）保持密切合作关系。

由技术委员会正式通过的国际标准草案提交各成员团体表决，国际标准需取得至少75%参加表决的成员团体的同意才能正式通过。

国际标准ISO 10648-2是由ISO/TC 85核能技术委员会的辐射防护第二分技术委员会制定的。

ISO 10648在总标题“密封箱室”下包括下面两个部分：

——第一部分：设计原则

——第二部分：密封性分级以及相关的检验方法

ISO 10648本部分的附录A到附录F都是提示的附录。

1　范围

本标准规定了密封箱室的密封性分级以及下述各阶段检验密封性的方法：

——在工厂进行的出厂检验；

——验收检验；

——投入使用前进行的检验；

——使用期间的周期性检验。

本标准的目的在于为制造厂、供货商、用户及审管部门就检验密封箱室密封性和确定泄漏率的检验方法提供统一的原则。

检验的对象是装备基本部件（见EJ/T 1108—1999）的密封箱室。所有开口（例如手套接盘和通风开口）都用密封配件或密封性盖子密封。

如果还要使用其它箱室部件，就应当进行考虑到这些部件的因素的新的控制检验。

本标准适用于处理、操作下列物质的箱室或箱室线：

——为保护人员和环境而需要包容的放射性和/或有毒物质；

——要求特殊气氛和/或无菌气氛的敏感物质。

它不适用于：

——压力容器；

——密封源；

——放射性物质的运输包装；

——核反应堆的安全壳、一回路和容器。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 10627—89 气体分析 标准混和气的制备 静态容积法

EJ/T 1108—1999 密封箱室设计原则

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 密封箱室 containment enclosure

防止包容在某一小环境中的物质泄漏到外部环境中或防止外部环境中的物质渗透进小环境内部，或者二者兼而有之的包容系统。

3.2 小时泄漏率T_f hourly leak rate

密封箱室在正常工作条件（压力和温度）下1h的泄漏量F与该密封箱室的体积V的比值。即：

$$T_f = F / V$$

T_f的单位是小时的倒数（h^{-1}）。

4 密封箱室密封性分级

密封箱室根据其小时泄漏率T_f的分级见表1。

对于密封箱室的验收检验，在1000Pa的压差下测量泄漏率；对于密封箱室使用期间的检验，在正常的箱室工作压差（一般为250Pa左右）下测量泄漏率。

泄漏率大于4级的密封箱室不属于本标准的范围。

表1 密封箱室根据其小时泄漏率的分级

级别	小时泄漏率，T_t h^{-1}	示 例
1[1)]	$\leqslant 5\times10^{-4}$	具有受控惰性气氛的密封箱室
2[1)]	$<2.5\times10^{-3}$	具有受控惰性气氛或长期具有有害气氛的密封箱室
3	$<10^{-2}$	长期具有有害气氛的密封箱室
4	$<10^{-1}$	可能产生有害气氛的密封箱室

1）对于要采用1级和2级密封箱室的具体情形，所要求的密封性的级别必须由设计者、用户和审管部门决定。通常，当要求较高的气体纯度时由于技术原因要采用1级密封箱室。

5 密封箱室泄漏检验方法

密封箱室泄漏检验方法有三种：含氧法（见5.1）、压力变化法（见5.2）和恒压法（见5.3）。

除了特殊情况（大尺寸、复杂形状或有已安装就位的设备）外，应根据所选择的密封性级别按如下规定确定泄漏检验方法：

a）对于1级密封箱室的检验，必须采用含氧法；

b）对于2级和3级密封箱室的检验，可以采用压力变化法；

c）对于3级和4级密封箱室的检验，可以采用恒压法。

对于验收检验，通常要进行更严格的检验（检验时的压差比工作条件下的压差大4倍左右）。

如果不易得到密闭系统，则必须装上模拟密闭件（护套、袋等）进行检验。

如果用碳钢制造密封箱室并上漆，则上漆前和上漆后都必须进行泄漏检验。

如果密封箱室被污染了，必须特别小心以避免放射性污染扩散。使用高效微粒空气过滤器（HEPA）是可以防止污染扩散的常用方法。

5.1　含氧法（见附录F中〔1〕）

5.1.1　原理

只有在密封箱室保持一定负压的情况下才能采用这种方法。

这种方法主要在于测定事先用惰性气体净化过的密封箱室内部的氧气浓度的增加与时间的函数关系。事先用惰性气体净化密封箱室的目的在于把箱室内残余的氧气浓度降低到与要测的泄漏率相容的水平。

通过从检验开始到检验结束之间密封箱室中氧气浓度的变化，可以利用下式导出密封箱室的小时泄漏率T_f：

$$T_f = 300\frac{O_{2f} - O_{2i}}{t \times 10^6}$$

式中：O_{2f}——检验结束时的氧气体积浓度，以体积百万分比（vpm）表示；

O_{2i}——检验开始时的氧气体积浓度，以体积百万分比（vpm）表示；

t——检验持续的时间，min。

300 = 60×100/20，其中60表示每小时60min，100/20表示空气中氧气通常占20%。

5.1.2　仪器和设备

含氧法使用的仪器和设备（见图1）包括：

a）氧分析仪　对溶剂和碳氢化合物蒸气不敏感、具有测量对应于1级、2级和3级密封箱室小时泄漏率或验收检验测量小于$10^{-2}h^{-1}$的小时泄漏率的分辨率（推荐的测量范围：0到1000vpm，见附录F中[1、2、3]）；

b）气密性循环泵　对碳氢化合物和溶剂不敏感；

c）压力调节器　能够在整个检验过程中使限定的箱室内部的相对压力的变化范围维持在100Pa以内；

d）校准仪器　通过向回路中引人已知量的氧气，调整和校准氧分析仪（例子见GB/T 10627—89）；

e）过滤设备　用来防止测量系统的污染。

5.1.3　程序

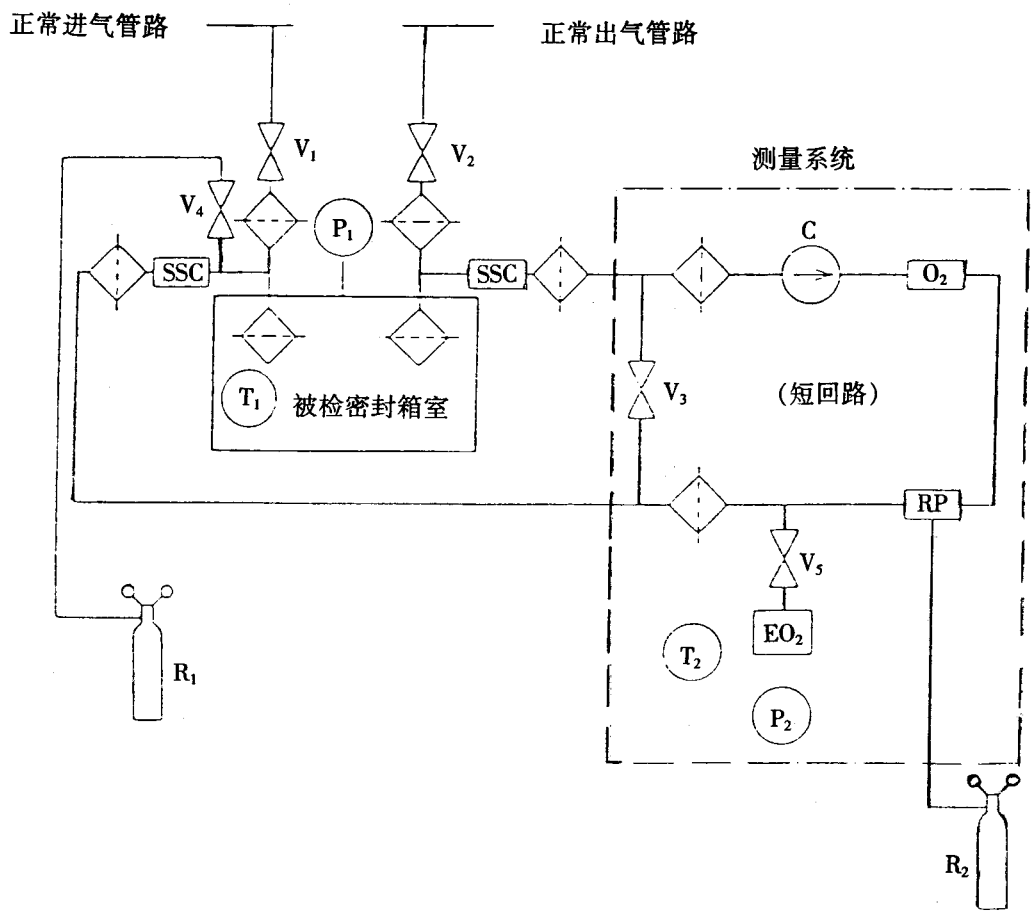
让不活泼气体（高纯度氮气或氩气）流经箱室足够长的时间以净化箱室，连续监测氧气的浓度。如果必要，可以使用混合设备（例如在箱室内安装风扇）。

当氧气浓度下降的速度和氧气浓度足够低（大约100vpm左右）时，停止净化过程，关闭密封箱室的排气阀。

开动压力调节器把压力调节到工作相对压力（至少为250Pa，对于验收检验为1000Pa），在这同时先使测量系统内的气体保持循环，随后同密封箱室内的气体也保持循环。

在氧分析仪读数稳定后，记下密封箱室内部的初始氧气浓度O_{2i}、气压、温度和相对压力。

经过一段时间t，t的长短与要测的小时泄漏率相应（通常为30min），记下密封箱室内部的终了氧气浓度O_{2f}、气压、温度和相对压力。



—高效粒子过滤器(HEPA)；　　SSC—自密封管接头；

R_1—净化密封箱室的惰性气瓶；　　R_2—净化测量系统的惰性气体；

RP—压力调节器；　　V_1、V_2、V_3、V_4、V_5—阀门；

C—循环泵；　　O_2—氧分析仪；

EO_2—氧气校准系统；　　P_1—差压计；

P_2—气压计；　　T_1、T_2—温度计

图1　含氧法测量系统原理图

5.1.4　含氧法的特点

这种方法特别适合于充有惰性气氛的密封箱室。这种方法能够测量很低的泄漏率。它具有对温度和气压变化不太敏感的优点。不过，这种方法需要密封箱室中的气体完全混合，特别是对于大体积密封箱室。

5.1.5　检验有效的条件

检验过程中，应当满足下述条件：

a）内部温度变化小于3℃；

b）大气压变化小于1000Pa；

c）箱室内部相对压力的变化小于50Pa。

如果这些条件没有全部满足，必须重新进行检验。但是，在这些限值范围以内，不必由于这些变化而对检验结果进行任何修正。

5.1.6　评价和检验报告

检验报告必须包括下列详细资料：

a）指出本标准是检验报告的依据；

b）得出的小时泄漏率；

c）测量条件，即：

——要考虑的装入密封箱室内的设备的体积；

——测量时系统的平衡状态（内部和外部温度、内部压力、大气压、泄漏率）；

——测量持续的时间；

——采用的单位；

d）获得的结果；

e）可能对结果造成了影响的、本标准中未规定的所有操作细节，以及可能对结果造成了影响的所有情况。

附录A（提示的附录）给出了采用含氧法进行验收检验的检验报告的示例。

5.2　压力变化法（见附录F中[4、5]）

5.2.1　原理

该方法在于测量处于负压的密封箱室内部单位时间的压力增加。

密封箱室处于正压时，也可以采用同样的方法。

有关密封性方面的要求见第4章的规定。

5.2.2　仪器

压力变化法使用的仪器（见图2）包括：

a）温度计　用于测量密封箱室内的温度，精密度好于0.1℃；

b）温度计　用于测量室温，精密度好于0.1℃；

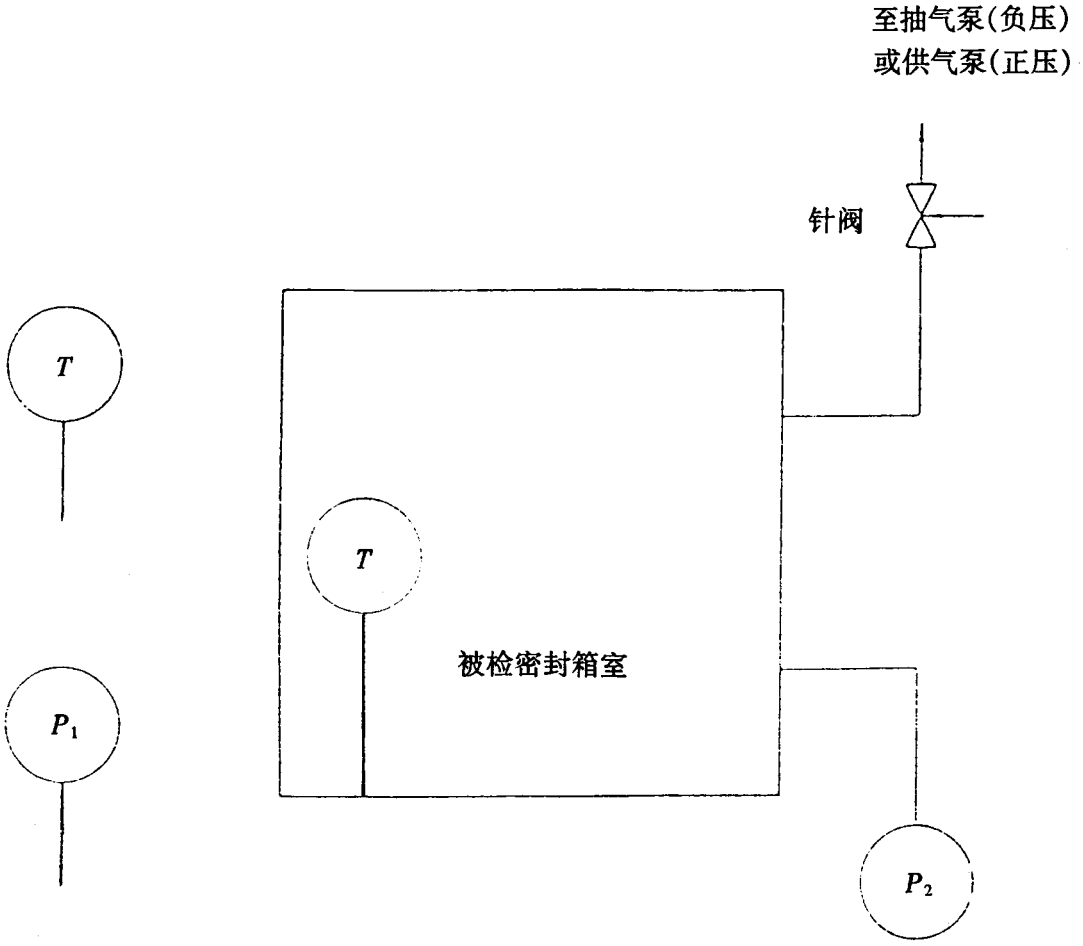
c）气压计　精密度为10Pa（例如：游标水银气压计）；

d）压差计　分度值为10Pa（例如：内充液体的斜管式压强计）。

5.2.3　程序

检验期间必须用放置在密封箱室附近的温度计和气压计测量室温和大气压。在最后封闭密封箱室的开口之前，必须把测量密封箱室内部温度的温度计悬挂在箱室内部的中心位置。必须使要检验的密封箱室内的温度和压力以及检验室的室温和气压稳定后才能开始泄漏检验。使密封箱室内的负压达到所要求的值（对于验收检验，比外部大气压低1000Pa；对于使用期间的检验，比外部大气压低250Pa），然后关闭排气阀。

当压力和温度稳定后，关闭阀门使密封箱室内部与外界隔离，测量密封箱室内的温度和负压以及外部大气压，每隔15min测一次，总共测量1h。第一次测量读数（初始读数1）和最后一次测量读数（终了读数2）用于计算，其余的中间读数用于控制检验条件。



T—温度计；　　P_1—水银或无液气压计；

P_2—精密斜管式压力计或电子微压计

图2　压力变化法测量系统原理图

5.2.4　压力变化法的特点

压力变化法操作简单，只需常用的检验仪器，所以应用广泛。

但是，这种方法对密封箱室内部温度的变化很敏感，密封箱室内部温度的变化会引起内部压力的变化。应当特别注意使检验室的门、窗保持关闭。密封箱室还应避免受阳光、发光或发热设备影响而导致温度升高。

这种方法也对大气压的变化敏感，大气压的变化可能使箱室壁变形。这种方法不能用来测量很低的泄漏率。

5.2.5　检验有效的条件

检验期间（持续1h），应当满足下列条件：

a）箱室内部相对压力的变化必须小于初始值的30%；

b）箱室内部温度的变化必须小于±0.3℃；

c）大气压力的变化必须小于100Pa；

d）如果可能，检验室室温的变化应当小于1℃。

如果没有全部满足这些条件，必须重新进行检验或采用另一种检验方法进行检验。

注：温度和压力的关系可以概括为：密封箱室内部温度变化1℃相当于内部压力变化350Pa。

5.2.6　检验报告

检验报告必须包括按规定的时间间隔测量的温度和压力。

测量数据、计算出的泄漏率和作出的评价也必须包括在检验报告中，如附录B（提示的附录）、附录C（提示的附录）和附录D（提示的附录）所示。

按3.2的定义，小时泄漏率T_f为：

$$T_f = \frac{60}{t} \times (\frac{P_n T_1}{P_1 T_n} - 1)$$

式中：t——检验持续的时间，min；

P_1——第一次读数时密封箱室内的绝对压力（外部大气压减去负压），Pa；

P_n——最后一次读数时密封箱室内的绝对压力（外部大气压减去负压），Pa；

T_1——第一次读数时的温度，K；

T_n——最后一次读数时的温度，K；

60表示1h等于60min。

注：摄氏温度θ（℃）与开氏温标T（K）之间的转换关系为：$T=\theta+273$。

例如：如果一个2级密封箱室在初始负压为1000Pa的情况下泄漏率$T_f<2.5\times10^{-3}h^{-1}$，它就满足密封性要求。这相当于压力每小时增加250Pa。

推荐使用附录C（提示的附录）所示的图解法来简化计算。

当采用附录B（提示的附录）中给出的代数计算法时，压差ΔP和温差ΔT的单位必须分别用Pa和K。

当采用附录D（提示的附录）中给出的方法时，附录D中的记录表用于按所示的方式进行的负压检验。当用于正压检验时，记录表必须进行适当的改变。

5.3　恒压法（见附录F中[6、7]）

5.3.1　原理

通过测量把与外界隔离的密封箱室内部的负压维持在某一恒定水平的排气系统的流量来计算泄漏率。该流量除以密封箱室体积，就相当于在该特定的负压下的小时泄漏率（见3.2）。

当密封箱室要在正压条件下使用时，通过测量进气系统的流量，可以采用同样的计算方法。

5.3.2　仪器和设备

除非引入体积计量器对使用一般排气系统造成了困难，在进行检验时推荐使用一般排气系统。如果体积计量器的引入对使用一般排气系统的确造成了困难，则系统必须根据有关规定进行检验。

恒压法使用的仪器和设备（见图3）包括：

a）体积计量器（用于3级密封箱室）；

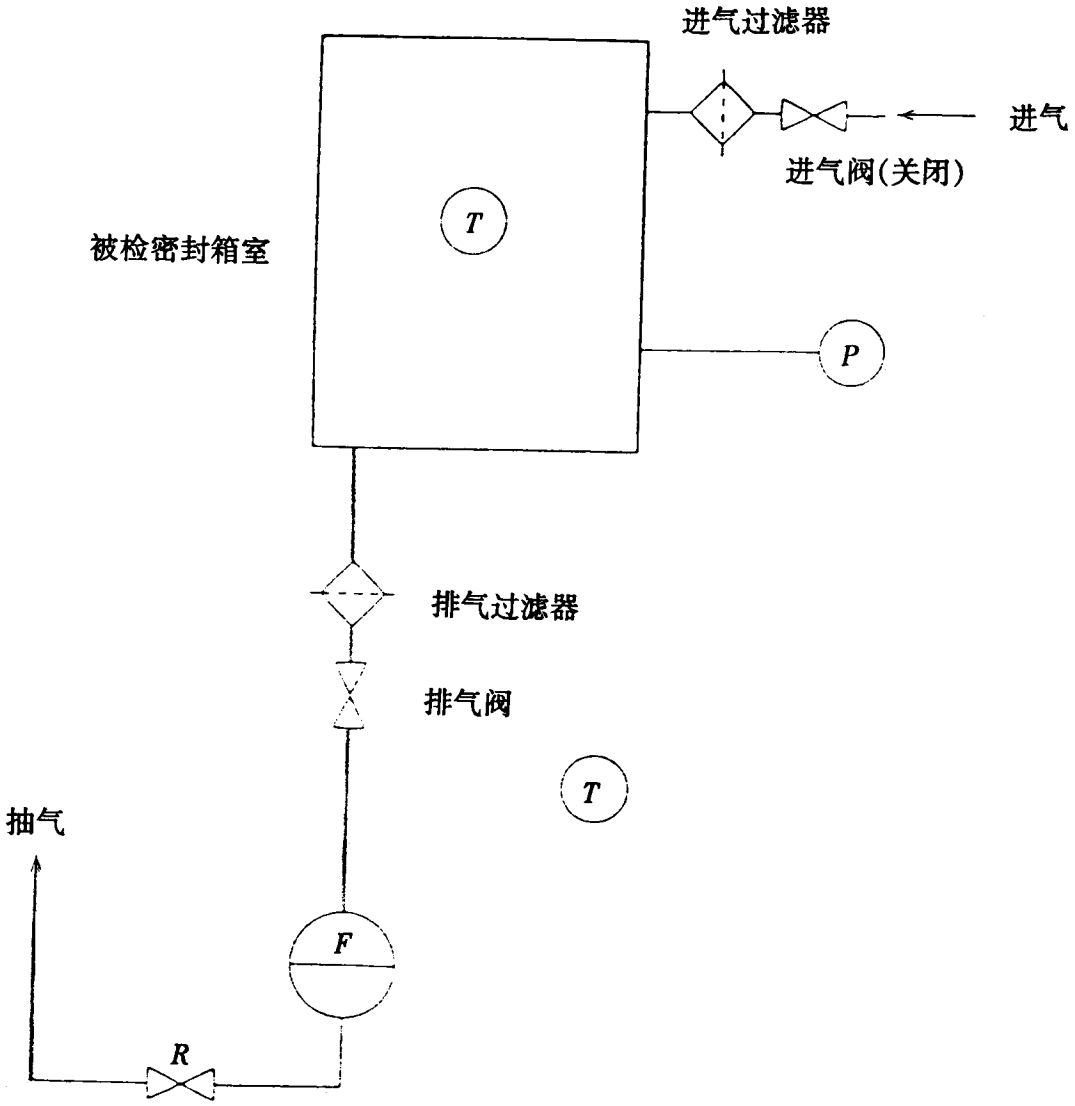
b）流量计（用于4级密封箱室）；

c）压力计；

d）温度计；

e）调节阀；

f）排气（或）进气系统。



T—温度计；

P—压力计；

F—体积计量器（用于3级密封箱室）或流量计（用于4级密封箱室）；

R—调节阀

图3　恒压法测量系统原理图

（密封箱室保持负压）

5.3.3　程序

在密封箱室正常使用所处的实际压力和温度下进行整个排气（或进气）流量的测量。如果该压力和温度有一个变化范围，则检验必须在该范围中导致泄漏率最高的压力和温度下进行。

测量期间，箱室内部与大气压之间的压差的最小值，对于运行使用期间的检验人为地定在250Pa，对于验收检验人为地定在1000Pa（见第4章）。

把密封箱室安装成正常使用状态。一旦箱室内的压力和温度达到稳定，关闭进气阀和所有其它开口，调节抽气流量以使密封箱室内的负压维持在规定的值。抽气流量除以箱室的体积，就等于该规定负压下的小时泄漏率。

当在正压下进行检验时，必须采用类似的检验程序。

5.3.4　恒压法的特点

该方法操作简单，特别适合于测量高泄漏率或大型密封箱室的泄漏率。它不是一种灵敏的方法，并且该方法还需要一台能测量很低流量的仪器。

5.3.5　检验有效的条件

测量持续的时间必须小于10min，以避免检验室内大气压变化或箱室内温度变化的影响。

5.3.6　评价和检验报告

检验报告必须包括下列详细内容：

a）指出本标准是检验报告的依据；

b）得出的小时泄漏率；

c）测量条件，即

——要考虑的装入密封箱室内的设备的体积；

——测量时系统的平衡状态（内部和外部温度、内部压力、大气压、泄漏率）；

——测量持续的时间；

——采用的单位；

d）得到的结果；

e）本标准中没有规定的所有操作细节以及可能对结果造成了影响的所有情况。

附录E（提示的附录）给出了采用恒压法进行验收检验的检验报告的一个例子。

附　录　A

（提示的附录）

密封箱室含氧法（见5.1）验收检验报告示例

1　检验基本资料

密封箱室编号：_____

送检者：_____

检验人：_____

检验日期：_____

检验地点：_____

2　被检设备

密封箱室类型：_____

材料：_____

制造厂：_____

用户：_____

注册号：_____

系列号：_____

制造日期：_____

地点：_____

投入使用的日期：_____

箱室体积：1.4m^3

装入设备的体积：0.03m^3

总检验体积（包括附加体积如过

滤器、管道等）：1.405m^3

被检箱室设备：

a）装入设备：_____

b）相连接的设备：_____

3　检验条件

密封箱室内部温度：

检验开始时20.7℃　　检验结束时：20.8℃

周围环境温度：

检验开始时20.9℃　　检验结束时：20.8℃

大气压：

检验开始时：101 000Pa　　检验结束时：101 000Pa

箱室负压：P = 1 000Pa

检验持续时间：t = 120min

4　结果

检验开始时的氧气浓度：O_{2i} = 100vpm

检验结束时的氧气浓度：O_{2f} = 180vpm

每小时空气泄漏率：

$$T_f = 300 \times \frac{O_{2f} - O_{2i}}{t \times 10^6}$$

$$= 300 \times \frac{180 - 100}{120 \times 10^6}$$

$$= 2.0 \times 10^{-4} h^{-1}$$

5　结论

根据EJ/T 1096—1999，该密封箱室的密封性符合/不符合1级密封箱室规定的泄漏率。

检验单位签章：

年　月　日

附　录　B

（提示的附录）

密封箱室压力变化法（见5.2）验收检验报告示例

——代数计算确定结果

1　检验基本资料

密封箱室编号：_____

密封箱室类型：_____

制造厂：_____

检验人：_____

检验地点：_____

采用的设备：_____

日期	时间	温度 K	大气压力 Pa	负压 Pa	绝对压力 Pa
	10:00	T_1=293.0	101 000	1 000	p_1=100 000
	11:00	T_n=292.9	101 020	950	p_n=100 070
	检验持续时间 t=60min	温差 ΔT=－0.1			压差Δp=+70

2　结果

$$T_f = \frac{60}{t} \times (\frac{p_n T_1}{p_1 T_n} - 1)$$

$$= \frac{60}{60} \times (\frac{100070 \times 293.0}{100000 \times 292.9} - 1)$$

$$= 1.04 \times 10^{-3} h^{-1}$$

3 结论

根据EJ/T 1096—1999，该密封箱室的密封性符合/不符合2级密封箱室规定的泄漏率。

检验单位签章：

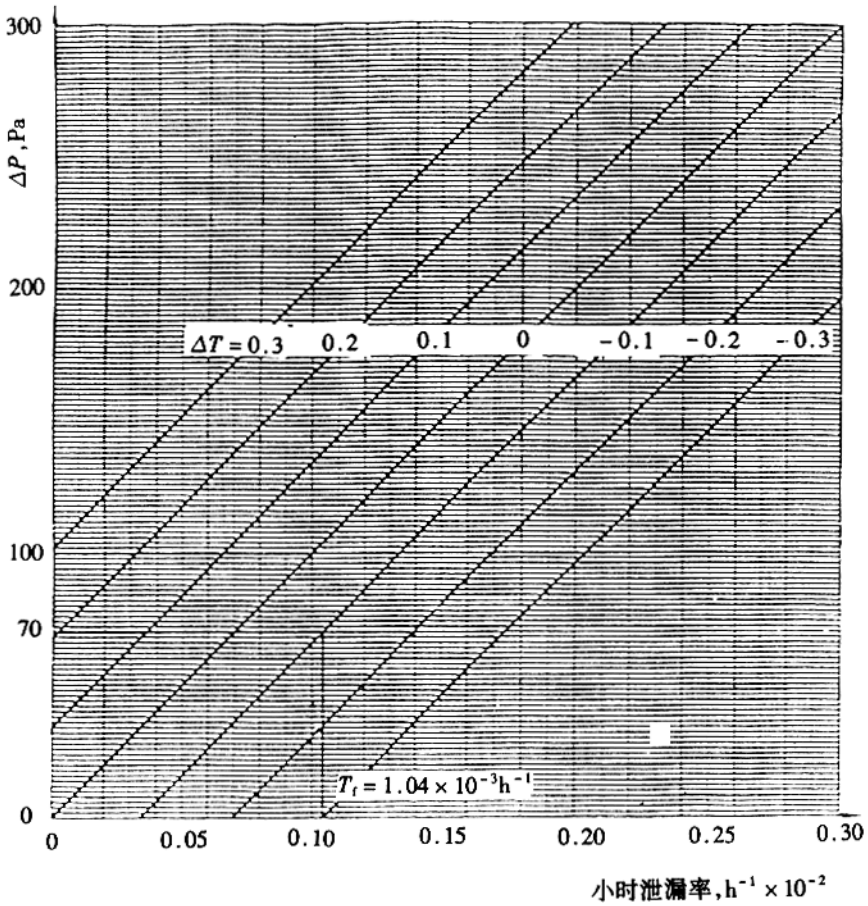
年　　月　　日

附 录 C

（提示的附录）

密封箱室压力变化法（见5.2）验收检验报告示例

——图解确定结果



例子：

P_1 = 100 000Pa，P_n = 100 070Pa，ΔP = + 70Pa

T_1 = 293.0K，T_n = 292.9K，ΔT = —0.1K

t = 60min

$T_f = 1.04\times10^{-3}h^{-1}$

结论：

根据EJ/T 1096—1999，该密封箱室的密封性符合/不符合2级密封箱室规定的泄漏率。

检验单位签章：

年　　月　　日

附　录　D

（提示的附录）

密封箱室压力变化法（见5.2）验收检验报告示例

——考虑到温度和大气压力变化的影响

1　检验基本资料

检验证书编号：_____　　密封箱室编号：_____

制造厂：_____　　状况（上漆/未上漆）：_____

检验人：_____　　检验日期：_____

检验地点：_____

2　记录表

	初始读数1	终了读数2	变化	相当于压力的变化量，Pa
密封箱室内部温度 ℃	20.0	19.9	下降 0.1℃ 上升	-34　↘
大气压力 Pa	101 000	101 020	下降 上升 20Pa	-20　↗
时间	10:00	11:00	60 min	
密封箱室内部负压， Pa	1 000.0	950		
室温（仅作记录），℃	20.0	19.9		

A　对密封箱室内部温度的变化和大气压力的变化对密封箱室内部压力的影响的修正

密封箱室内部负压终了读数2，Pa		对密封箱室温度变化的修正，Pa		大气压力变化Pa		修正后的密封箱室内部终了负压，Pa
950	+	上升	+	下降	=	896
	−	下降　34	−	上升　20		

B　密封箱室压力变化的修正

密封箱室内部负压初始读数1，Pa		上面A中得出的修正后的密封箱室终了负压，Pa		修正后的密封箱室压力变化，Pa
1 000	−	896	=	104

C　上面B中得到的结果除以初始绝对压力得出密封箱室泄漏率

$$\frac{104}{100000}$$

D

$$小时泄漏率= \frac{上面C中得出的结果}{时间，h} = \frac{1.04 \times 10^{-3}}{1} = 1.04\times10^{-3}h^{-1}$$

3　结论

根据EJ/T 1096—1999，该密封箱室的密封性符合/不符合2级密封箱室规定的泄漏率。

检验单位签章：

年　　月　　日

附　录　E

（提示的附录）

密封箱室恒压法（见5.3）验收检验报告示例

1　检验基本资料

密封箱室编号：_____

制造厂：_____

检验人：_____

检验日期：_____

检验地点：_____

采用的设备：_____

2　被检箱室特征

密封箱室类型：　×　混凝土上漆

混凝土衬不锈钢

金属

箱室体积：V = 3200m^3

装入设备的体积：v = 100m^3

附加通风：×是　　否

3　检验条件

箱室内部温度：

检验开始时:22.3℃　　检验结束时:22.3℃

检验室室温：

检验开始时:22.5℃　　检验结束时:22.5℃

大气压力：

检验开始时:101500Pa　检验结束时:101500Pa

箱室负压：

检验开始时:250Pa　检验结束时:250Pa

检验持续时间：10min

维持箱室内负压所需的流量：Q = 24m^3/h

4　结果

小时泄漏率：

$$T_f = \frac{Q}{V - v}$$

$$= \frac{24}{3100}$$

$$= 7.74 \times 10^{-3} h^{-1}$$

5 结论

根据EJ/T 1096—1999，该密封箱室的密封性符合/不符合3级密封箱室规定的泄漏率。

检验单位签章：

年　　月　　日

附 录 F

（提示的附录）

参考文献

[1] NF M 62-210,Containment enclosures—Method of control of the leak rate per hour. Enclosures of classes 1 and 2 —Method of measurement of the increase of the oxygen concentration,AFNOR,1984.

[2] NF X 20-378, Gas analysis—Oxygen analysis: Electrochemical method with solid electrolyte,AFNOR,1979.

[3] NF X 20-379, Gas analysis—Oxygen analysis: Electrochemical methods with liquid or gelled electrolyte, AFNOR,1979.

[4] Leak tests for low working pressure containers, Atomic Energy Code of Practice, AECP(R) 5,1984.

[5] DIN 25412 Teil 2,Laboreinrichtungen—Handschuhkasten—Dichtheitsprufung, DIN,1988.

[6] NF M 62-211,Containment enclosures—Method of control of the leak rate per hour—Enclosures of class 3,AFNOR,1984.

[7] NF M 62-212,Containment enclosures—Method of control of the leak rate per hour—Enclosures of class 4,AFNOR,1984.

[8] Containment enclosures—Ventilation,Filtration:PMDS Collection 〈Protection-Manipulation-Detection-Safety〉,Volume IV/1,CEA[1],1988.

---

1) CEA:Atomic Energy Centre
CEN Fontenay-aux-Roses
BP 6
F-92265 Fontenay-aux-Roses-France