

NB/T 20010.12—2010

代替 EJ/T 1022.12—1996

压水堆核电厂阀门 第 12 部分：气动装置

**PWR nuclear power plant valve—
Part 12: Pneumatic actuator**

2010 - 05 - 01 发布

2010 - 10 - 01 实施

目 次

前言 .	. II
1 范围 .	. 1
2 规范性引用文件 .	. 1
3 术语和定义 .	. 1
4 一般要求 .	. 2
5 性能要求 .	. 4
6 试验方法 .	. 5
7 检验规则 .	. 7
8 标志、包装、运输及贮存 .	. 7
9 质量保证 .	. 9

前 言

NB/T 20010《压水堆核电厂阀门》分为15个部分：

- 第1部分：设计制造通则；
- 第2部分：碳素钢铸件技术条件；
- 第3部分：不锈钢铸件技术条件；
- 第4部分：碳素钢锻件技术条件；
- 第5部分：奥氏体不锈钢锻件技术条件；
- 第6部分：紧固件技术条件；
- 第7部分：包装、运输和贮存；
- 第8部分：安装和维修技术条件；
- 第9部分：产品出厂检查与试验；
- 第10部分：应力分析和抗震分析；
- 第11部分：电动装置；
- 第12部分：气动装置；
- 第13部分：核用非核级阀门技术条件；
- 第14部分：柔性石墨填料技术条件；
- 第15部分：柔性石墨金属缠绕垫片技术条件。

本部分为NB/T 20010的第12部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替EJ/T 1022.12—1996《压水堆核电厂阀门 气动装置》，与EJ/T 1022.12—1996相比主要有如下变化：

- 删除了产品标记代号；
- 对产品的输出连接法兰尺寸做了具体规定；
- 对K1、K2类气动装置增加了承压试验要求；
- 在环境要求方面对热老化、振动老化、辐照老化、事故辐照、事故模拟等试验要求和试验方法进行了修改；
- 增加了气动装置连续启闭操作寿命试验要求及试验方法；
- 增加了检验项目表。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国核电工程有限公司、上海核工程研究设计院、扬州电力设备修造厂、上海一核阀门制造有限公司。

本部分主要起草人：王晓江、乐秀辉、朱乐尧、张为、徐文才、郑超坤。

EJ/T 1022.12于1996年4月首次发布。

压水堆核电站阀门

第12部分：气动装置

1 范围

本部分规定了压水堆核电站1E级阀门气动装置(以下简称“气动装置”)的设计、制造、试验和验收的基本要求。

本部分适用于压水堆核电站核安全相关阀门(包括直线运动和部分回转运动形式的闸阀、截止阀、隔膜阀、球阀和蝶阀等)配套的开关型气动装置。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 7306 55°密封管螺纹(GB/T 7306—2000, ISO 7-1: 1994, MOD)

GB/T 7307 55°非密封管螺纹(GB/T 7307—2001, ISO 228-1: 1994, MOD)

GB/T 12222 多回转阀门驱动装置的连接(GB/T 12222—2005, ISO 5210: 1991, MOD)

GB/T 12223 部分回转阀门驱动装置的连接(GB/T 12223—2005, ISO 5211: 2001, MOD)

GB/T 13306 标牌

EJ/T 531 核电厂安全级阀门驱动装置的鉴定(EJ/T 531—2001, IEEE Std 382—1996, MOD)

JB/T 8864 阀门气动装置技术条件

HAF 003 核电厂质量保证安全规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直行程气动装置 **straight stroke pneumatic actuator**

在封闭的气体回路中,依靠压缩空气的作用使输出轴作直线运动的气动装置。

3.2

角行程气动装置 **quarter turn pneumatic actuator**

在封闭的气体回路中,依靠压缩空气的作用使输出轴作小于360°回转运动的气动装置。

3.3

气动装置的行程 **stroke of pneumatic actuator**

在压缩空气的作用下,气动装置输出轴沿其轴线方向的线位移或绕其轴线中心的角位移。

3.4

气动装置的故障安全位置 **fail-safety position of pneumatic actuator**

在丧失气源和/或电源情况下,气动装置能将阀门驱动到对核电厂安全有利的位置,一般为关闭或开启位置。

4 一般要求

4.1 气动装置性能应符合本部分或技术规格书的要求，加工质量应符合图样要求。

4.2 气动装置设计应包括下列内容：

- a) 设计图样；
- b) 有关技术条件及计算书等技术文件；
- c) 单项试验和综合试验大纲。

4.3 气动装置由下列部件组成：

- a) 薄膜室或气缸；
- b) 膜片或活塞；
- c) 活塞杆；
- d) 手动操作机构（当技术规格书有要求时）；
- e) 行程指示机构（当技术规格书有要求时）；
- f) 附件，包括（但不限于）：
 - 电磁阀；
 - 减压过滤器；
 - 油雾器（气缸式）；
 - 行程开关。

4.4 气动装置的类别包括：

- a) 按电气鉴定程序划分，可分为以下三类：
 - 1) K1 类气动装置——安装在核反应堆安全壳以内，在地震荷载下和在正常、事故和/或在事故后环境条件下仍能执行其规定的功能；
 - 2) K2 类气动装置——安装在核反应堆安全壳以内，在正常环境条件下和在地震荷载下仍能执行其规定的功能；
 - 3) K3 类气动装置——安装在核反应堆安全壳以外，在正常环境条件下和在地震荷载下以及对某些设备所规定的事故环境条件下能够执行其规定的功能。
- b) 按结构类型划分，可分为活塞式和膜片式；
- c) 按进气方式划分，可分为单作用和双作用；
- d) 按动作方式划分，可分为直行程和角行程；
- e) 按作用方式划分，可分为气开式和气关式。

4.5 工作环境条件包括：

- a) 各类气动装置的正常使用环境条件见表 1；
- b) 各类气动装置的特殊使用环境条件见表 2；
- c) 各类气动装置的事故工况环境条件见表 3；
- d) 上述各类气动装置的工作环境条件，如另有规定，则应按技术规格书执行。

4.6 气源条件包括：

- a) 工作压力：0.4MPa~0.9MPa，特殊要求需在技术规格书中注明；
- b) 工作介质：清洁、干燥的空气，不得含有腐蚀性气体、溶剂或其他液体；
- c) 露点：<-20℃；
- d) 工作介质温度：5℃~60℃。

4.7 气动装置与阀门的连接型式和尺寸应符合 GB/T 12222、GB/T 12223 的有关规定或按用户技术规格书要求执行。

- 4.8 重量超过 30kg 的气动装置，一般应有一个能承受气动装置整体重量的起吊装置，在缺少起吊装置的情况下，制造厂应说明装拆要求。
- 4.9 必要时，气动装置应带手动机构，或有能够临时安装手动机构的接口，以方便在气源或电源中断时，应能用手动操作机构进行阀门的启闭操作。
- 4.10 气动装置应有就地开关指示，并能将启闭信号输出。
- 4.11 带缓冲装置的气动装置，其缓冲行程长度应符合 JB/T 8864 的规定，并应有缸体外调节其缓冲作用的机构。
- 4.12 薄膜室（气缸）进出口的螺纹尺寸应符合 GB/T 7306 和（或）GB/T 7307 的规定。

表1 气动装置正常使用环境条件

环境条件	鉴定程序的分类	
	K3	K1、K2
环境温度	5℃~40℃	5℃~55℃
最大相对湿度	100%	100%
水流	从各个方向喷射	从各个方向喷射
大气压	0.097MPa~0.106MPa	0.097MPa~0.106MPa
灰尘	严重	忽略不计
盐分	海洋大气	海洋大气
最大空气流速	10m / s	10m / s
γ 辐射累积剂量	-	250kGy

表2 气动装置特殊使用环境条件

环境条件	鉴定程序的分类	
	K3	K1、K2
环境温度	50℃	60℃
相对湿度	100%	100%
绝对压力	-	0.49MPa(在反应堆安全壳承压和密封试验期间)
喷淋水含硼酸浓度	-	250mg/L ^a
^a 此处考虑的为设计基准事件，超设计基准事件另行考虑（按技术规格书）。		

表3 气动装置事故工况使用环境条件

环境条件	鉴定程序的分类	
	K3 ^a	K1 ^b
冲击能量	0~2J	0~2J
γ 辐射累积剂量	-	0.6MGy
环境温度	-	60℃~156℃
绝对压力	-	0.16MPa~0.55MPa
^a 对某些特殊类型的电动装置，其事故工况下的环境条件比较特殊，应符合专用技术规格书的规定。		
^b 此处环境条件为 LOCA，严重事故工况应符合专用技术规格书的规定。		

- 4.13 活塞杆端部为内、外螺纹时，应有标准扳手适用的扁榫或扳手口。
- 4.14 气动装置控制回路的设计要考虑在满足阀门行程时间要求的前提下，适当采取措施防止关闭对阀座的冲击。
- 4.15 针对材料及配套件，除非另有要求，安全壳内的气动装置外露金属零件禁止使用铝、锌和它们的合金。

电磁阀工作电压为48V DC（波动范围：39V~53V）或按技术规格书要求。

电磁阀、行程开关的基本性能应符合国标的有关规定，并能适应核级气动装置的工况环境，其鉴定要求应满足EJ/T 531，亦可与气动装置一起进行相关试验。特殊要求由技术规格书做出规定。

密封件及其他非金属材料应耐老化、耐辐照、耐高温，便于更换与检修，其正常环境下连续使用寿命不得少于二年。

润滑油（脂）、涂料等材料，均应能满足相应标准的要求。

主要零部件的材料应有出厂合格证和质量证明书。

外购件应有出厂合格证和(或)质量证明书。

5 性能要求

5.1 气动装置承压零件的强度试验在1.5倍的最大工作压力下进行，保持压力10min后，用肥皂泡检测，不允许有目测可见的渗漏及损坏现象。

5.2 气动装置外表面应平整、光滑，不得有裂纹、毛刺及磕碰等影响外观质量的缺陷，表面涂层或化学处理层应附着牢固、平整、光滑、色泽均匀，无油污、压痕和其他机械损伤，同时应便于清洗污垢。

5.3 当配有手动操作机构时，面向手轮（柄），逆时针旋转为开阀，顺时针旋转为关阀。同时在手轮（柄）处应有开关方向指示。

气动装置的手轮操作力不应超过300N，短时操作力不应超过600N。气动装置的手动机构应能在不干涉气动操作的位置机械锁紧。

5.4 对气动装置用1.1倍最大工作压力进行密封试验，对活塞式单作用和双作用的气动装置，分别从一侧和双侧（交替）进气，从各自背压一侧泄漏出的空气量应不超过 $(3+0.15D) \text{ cm}^3/\text{min}$ （标准状态）；从端盖、活塞杆处泄漏出的空气量不超过 $(3+0.15d) \text{ cm}^3/\text{min}$ 。对膜片式气动装置，薄膜室充气后应无泄漏。

注：D为气缸内径，d为活塞杆直径，单位为毫米（mm）。

5.5 在空载的情况下，对气室内按表4输入规定的气压。其动作应平稳，无卡阻及爬行现象。

5.6 在0.4MPa的空气压力下，气动装置启、闭两个方向的输出推力或转矩值、行程均应不小于气动装置标牌所标示的数值，且动作灵活，不允许各部位出现永久变形及其他异常现象。

5.7 带缓冲机构的气动装置，当活塞运动到行程终端位置时，不允许出现冲击现象。

5.8 气动装置应能承受10000次连续启闭操作（启—闭循环为一次）寿命试验，试验后行程和推力（或转矩）不得低于额定值。

5.9 K1、K2类气动装置应在经过138℃、300h的热老化后仍能保持规定的功能。

5.10 K1、K2类气动装置应在经受250kGy的辐照老化后仍能保持规定的功能。

5.11 气动装置应在2000次带载循环操作后仍能保持规定的功能。

5.12 K1、K2类气动装置在绝对压力为0.49MPa，每次3min，共15次外部加压的情况下（或按技术规格书要求进行），壳体及各主要零部件不得损坏，试验后要求气动装置工作正常。

5.13 气动装置应在规定的振动环境下运行，并保持其规定的功能。

5.14 气动装置固有频率应大于33Hz，在发生SL2（安全停堆地震动）期间和之后应能够继续运行，并保持其规定的功能。

5.15 K1类气动装置应在600kGy事故辐照环境下和事故辐照环境后仍能保持其规定的功能。

5.16 K1类气动装置应能证明其在设计基准事件的温度、压力、湿度和喷淋环境下的可运行性。

6 试验方法

6.1 强度试验

以水或压缩空气为介质，按1.5倍的最大工作压力（允许使用的最高压力值），向薄膜室（不含膜片）或气缸内施加压力，并保持压力10min后，其结果应符合5.1的规定。用空气进行试验时，应采取安全防护措施。

6.2 外观检查

目视检查气动装置，其结果应符合5.2的要求。

6.3 手轮旋向、手轮力及手动机构机械锁紧位置检查

当配有手动操作机构时，检查手轮旋向、手轮力及手动机构机械锁紧位置，其结果应符合5.3的要求。

6.4 密封试验

6.4.1 概述

下列6.4.2和6.4.3中的a)和b)两种试验方法任选一种，皆可认为气动装置密封性能符合要求。

6.4.2 气缸密封试验

气缸密封试验包括：

- a) 气动装置气缸在空载状态下，节流阀全开，并保持气缸静止放于水槽中，向气缸内输入1.1倍最大工作压力的压缩空气（对双作用式从两进气口交替进气），保压3min，检查活塞、活塞杆处的泄漏量，其结果应符合5.4的规定。
- b) 气动装置在空载情况下，向气缸中输入1.1倍最大工作压力的压缩空气（对双作用式从两进气口交替进气），切断气源，检查压力表指示压力，数值稳定后持续5min，以表压不降为合格。

6.4.3 薄膜室密封试验

薄膜室密封试验包括：

- a) 将1.1倍最大工作压力的压缩空气输入薄膜室中，切断气源，检查压力表指示压力，数值稳定后持续10min，以表压不降为合格。
- b) 将1.1倍最大工作压力的压缩空气输入薄膜室中，在气室的各密封处涂检漏剂检查，应无泄漏。

6.5 空载试验

向承压气室内按表4输入规定的气压，排气侧通向大气，对气动装置进行开关操作，其结果应符合5.5及5.7之规定，带缓冲机构的气缸，试验时缓冲阀应完全打开。

表4 空载试验压力

气缸结构	试验压力 MPa
一侧缸内带储能弹簧	0.4
双向进气无弹簧	0.03

6.6 负载试验

将气动装置安装在试验台上，向气室内施加 0.4MPa 的压缩空气，测量气动装置的输出转矩或推力，同时对行程限位、开度指示、手动机构等部件逐一进行检查，其结果应符合 5.6 及 5.7 之规定；带缓冲机构的气动装置，当活塞运动到行程终端位置时，不允许出现冲击现象。

6.7 寿命试验

将气动装置安装在试验台上，在额定载荷下进行 10000 次带载循环操作试验，试验后测量行程和推力（或转矩）值，其结果应符合 5.8 的规定。寿命试验样机不进行承压、抗震、老化试验和事故模拟试验。

6.8 热老化试验

气动装置在干燥的空气中加热至 138℃，并保持该温度 300h。热老化后按 6.2 ~ 6.6 要求进行性能检查，试验结果应符合 5.9 规定。

对不同于138℃的试验温度，试验时间见EJ/T 531。试验方法及步骤见EJ/T 531。

6.9 辐照老化试验

辐照老化试验应在干燥的空气中进行。 γ 累计辐照剂量为250kGy，剂量率为 $0.25\text{Gy} / \text{s} \pm 0.14\text{Gy} / \text{s}$ 。辐照前后应测量气动装置的性能特性，不得产生明显的变化。辐照老化后按6.2~ 6.6 的要求进行性能检查，试验结果应符合5.10的规定。

试验方法及步骤见EJ/T 531。

6.10 机械磨损老化试验

气动装置应在加载情况下，完成 2000 次循环操作运行。循环操作后按 6.2~6.6 要求进行性能检查，试验结果应符合 5.11 规定。

6.11 承压试验

将气动装置置于绝对压力为0.49MPa(或按技术规格书要求)的压力容器内进行外部气体加压试验，每次加压到规定值并保持3min，共进行15次。循环加压后按6.2~ 6.6要求进行性能检查，试验结果应符合5.12规定。

6.12 振动老化试验

分别在气动装置的三个正交轴向上施加幅值为0.75g的正弦扫描激振信号，扫描频率范围从5Hz到200Hz再到5Hz，扫描速度为2倍频程/分，每个方向施加振动的时间为90min，气动装置在模拟载荷下每15min进行一次开关操作。

6.13 抗震试验

试验应符合EJ/T 531中的有关规定，抗震试验后按6.2~6.6的要求进行性能检查，试验结果应符合5.14的规定。

6.14 设计基准事件辐照试验

辐照试验应在干燥的空气中进行。 γ 累计辐照剂量为 600kGy，剂量率为 $0.25\text{Gy/s} \pm 0.14\text{Gy/s}$ 。辐照后按 6.2~6.6 要求进行性能检查，试验结果应符合 5.15 的规定。

该试验允许结合 6.9 的要求，同时进行综合辐照试验，但试验应在抗震试验前进行。

6.15 设计基准事件湿热试验

根据工况气动装置在额定负载下按图2进行失水事故（LOCA）试验。试验方法见EJ/T 531。

7 检验规则

7.1 出厂检验

每台气动装置应进行出厂检验，检验项目的技术要求按表5的规定，全部出厂检验项目合格后由质检部门签发产品合格证明书。

7.2 抽查检验

7.2.1 抽查检验应从出厂检验检查合格的气动装置中随机抽样，抽样数不应少于每同一规格型号的5%(至少两台)。

7.2.2 抽查检验的项目和技术要求按表 5 的规定，如有一台不合格应加倍抽检，再次检验后仍有不合格时，应逐台检验。

7.3 型式检验

7.3.1 符合下列条件之一者，应做型式试验：

- a) 试制新的气动装置；
- b) 气动装置在设计、工艺或材料等方面有重大改变时；
- c) 不经常生产的气动装置再次生产时；
- d) 标准要求有较大变化时。

7.3.2 对于同结构、同材料、同工艺的产品，允许只对典型规格产品样机进行型式试验。样机的选择方法按 EJ/T 531。

7.3.3 型式检验的试验流程及技术要求按图 1 和表 5。

7.3.4 若气动装置能通过图 1 和表 5 规定的各项试验，并具备完整的试验报告，则认为样机型式试验合格。如果其中一项不合格应重新试验，或修改后重新进行图 1 和表 5 规定的各项试验。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

8.1.1 气动装置外壳上应有产品铭牌，铭牌应符合 GB/T 13306 的相关要求；

8.1.2 铭牌应固定在气动装置主箱体的明显处，且应标注下列内容：

- a) 制造厂名称;
- b) 产品名称、型号;
- c) 鉴定程序分类;
- d) 气缸工作压力;
- e) 额定输出转矩或推力;
- f) 额定行程或转角;
- g) 产品编号;
- h) 出厂日期。

表5 检验项目

序号	检验项目	出厂 检验	抽查 检验	型式 检验	技术要求
1	强度试验	—	—	—	应符合 5.1 的规定（工艺过程试验，逐个进行）
2	外观检查	√	√	√	应符合 5.2 的规定
3	手轮旋向、手轮力及手动机构机械锁紧位置检查	√	√	√	应符合 5.3 的规定
4	密封试验	√	√	√	应符合 5.4 的规定
5	空载试验	—	√	√	应符合 5.5、5.7 的规定
6	负载试验	√	√	√	应符合 5.6、5.7 的规定
7	动作寿命次数试验	—	—	√	应符合 5.8 的规定（独立样机）
8	热老化试验	—	—	√	应符合 5.9 的规定
9	辐照老化试验	—	—	√	应符合 5.10 的规定
10	机械磨损老化试验	—	—	√	应符合 5.11 的规定
11	承压试验	—	—	√	应符合 5.12 的规定
12	振动老化试验	—	—	√	应符合 5.13 的规定
13	抗震试验	—	—	√	应符合 5.14 的规定
14	设计基准事件辐照试验	—	—	√	应符合 5.15 的规定
15	设计基准事件湿热试验	—	—	√	应符合 5.16 的规定

8.2 包装

8.2.1 气动装置应装箱发运，并应在箱中固定。

8.2.2 包装箱应防雨、牢固。

8.2.3 包装箱外表面上应有不易擦除的标志，其内容包括：

- a) 制造厂名称、地址;
- b) 收货单位名称、地址;
- c) 产品名称、型号;
- d) “向上”、“轻放”等文字或符号;
- e) 毛重和体积（长×宽×高）。

8.2.4 气动装置出厂时应附有产品合格证、产品使用说明书和装箱单等文件。

8.2.5 装箱单应包括下列内容：

- a) 制造厂名称、地址;

- b) 产品名称、型号;
- c) 产品编号;
- d) 所附文件名称和数量;
- e) 装箱数量;
- f) 附件;
- g) 装箱日期。

8.3 运输与贮存

8.3.1 产品在运输过程中应避免剧烈碰撞。

8.3.2 产品出厂前, 外露加工表面应涂防锈油。

8.3.3 产品应存放在通风、阴凉、干燥、无腐蚀性介质的仓库内。

9 质量保证

制造厂应根据HAF 003的要求, 提交与技术规格书相一致的质量证明和相关文件。

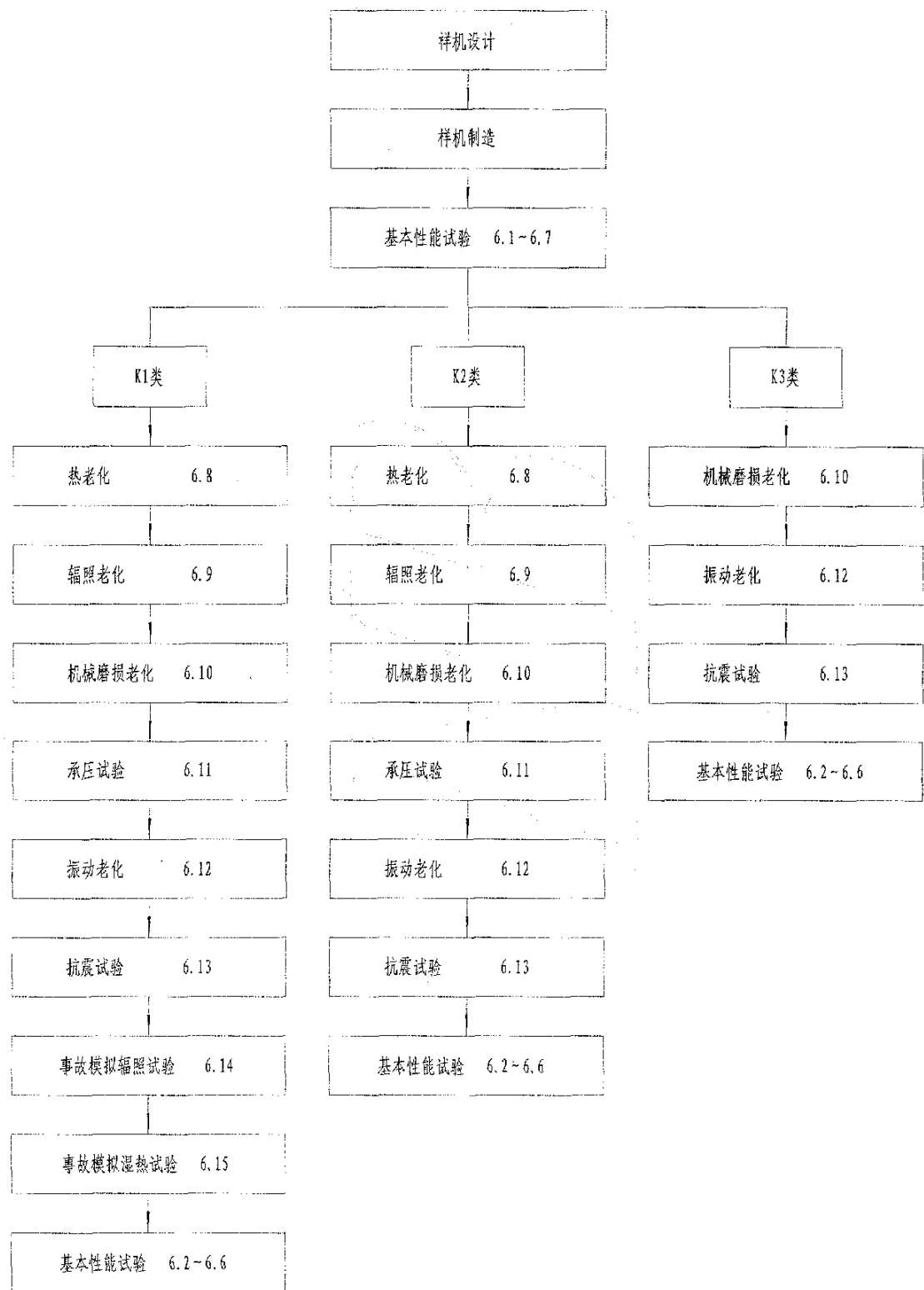
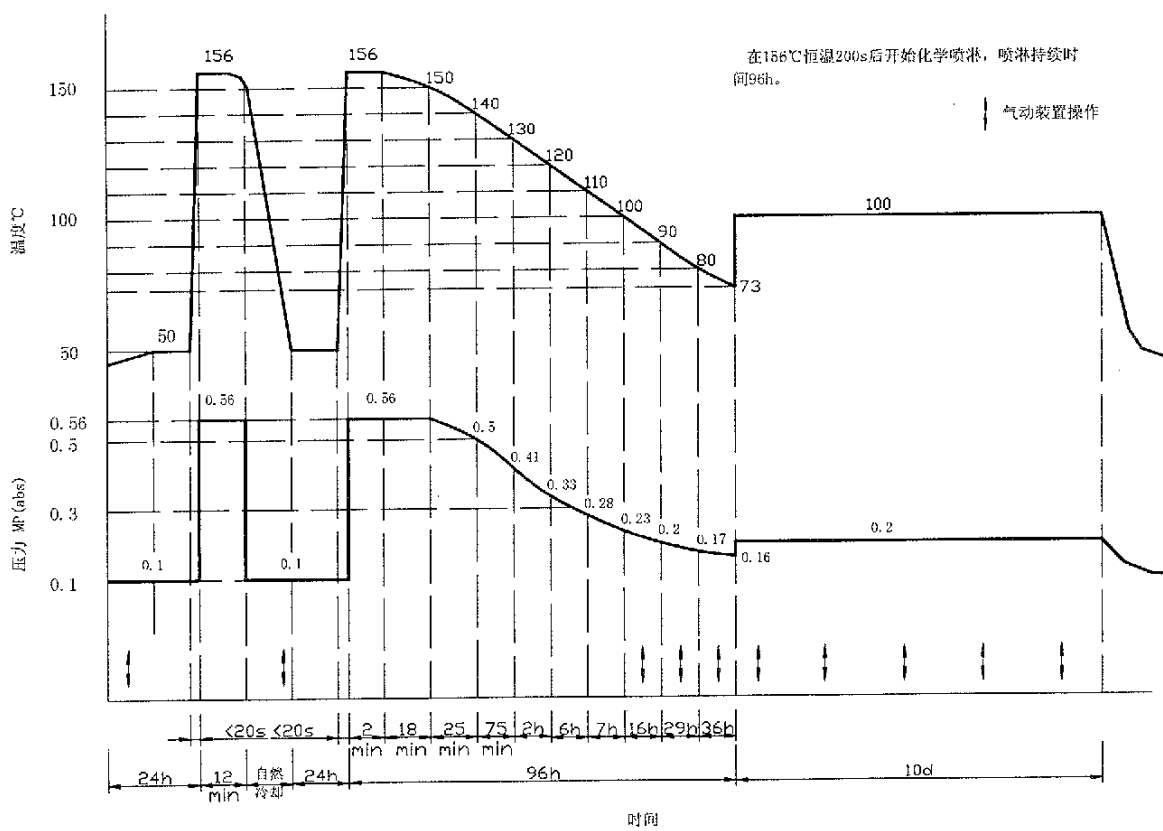


图 1 气动装置样机质量鉴定试验流程图



实际考核值是由试验曲线扣除裕量获得（裕量由用户根据实际条件决定）。

化学喷淋液可根据需要按不同配方组成。

气动装置操作循环试验应按指定时间在模拟载荷下进行，开、关各一次为一个循环，合计20次操作循环。

图 2 PWR 安全壳内 LOCA 试验参数和时间曲线