|  |
| --- |
| 中国核能行业协会团体标准 |
| 核电厂气动阀诊断测试要求 |
| 编 制 说 明 |
| （征求意见稿） |
| 标准编制组  2021年5月 |

核电厂气动阀诊断测试要求

1. 任务来源及计划要求

根据《关于征集2020年度中国核能行业协会团体标准项目的通知》（核协科发〔2020〕9号），为积极响应核能行业协会做好团体标准建设工作的号召，提高核电厂气动阀诊断测试工作水平，特组织编制《核电厂气动阀诊断测试要求》技术标准，由中核武汉核电运行技术股份有限公司（简称中核武汉）主编，核动力运行研究所（简称核动力所）、三门核电有限公司（简称三门核电）参编。中国核能行业协会与中核武汉核电运行技术股份有限公司签署《中国核能行业协会团体标准修订专项技术服务合同》，由中核武汉核电运行技术股份有限公司主编，计划于2021年7月31日完成。

1. 标准编制组组成

本标准由中核武汉核电运行技术股份有限公司主编，核动力运行研究所、三门核电有限公司参编。标准编制组成员成如下，详见表1。

表1：标准编制组成员名单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **姓名** | **单位** | **职务/职称** | **分工** |
| 1 | 舒芝锋 | 中核武汉 | 阀门技术部主任/高级工程师 | 项目负责人，调研、标准起草、修改 |
| 2 | 沈勇波 | 中核武汉/核动力所 | 高级工程师 | 标准起草、修改 |
| 3 | 黄萍 | 中核武汉/核动力所 | 核动力维修技术中心副总工/研究员级高级工程师 | 标准审查、修改 |
| 4 | 熊昌怀 | 中核武汉/核动力所 | 副总工/研究员级高级工程师 | 技术顾问 |
| 5 | 罗伟 | 中核武汉 | 工程师 | 标准起草、修改 |
| 6 | 符帅 | 中核武汉 | 阀门技术部副主任/工程师 | 调研、标准起草 |
| 7 | 杨垦 | 中核武汉 | 工程师 | 调研、标准起草 |
| 8 | 熊星满 | 中核武汉 | 工程师 | 调研、标准起草 |
| 9 | 杨威 | 中核武汉 | 工程师 | 调研、标准起草 |
| 10 | 刘赛楠 | 中核武汉 | 工程师 | 标准起草及组织 |
| 11 | 王颖 | 中核武汉 | 工程师 | 标准起草及组织 |
| 12 | 刘夏城 | 三门核电 | 高级主管/高级工程师 | 标准起草、修改 |
| 13 | 韩杰 | 三门核电 | 高级主管/高级工程师 | 标准起草、修改 |
| 14 | 付兴成 | 三门核电 | 中级主管/高级工程师 | 标准起草、修改 |

1. 编制过程

**3.1 编制原则**

本标准的编制按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》进行编制，规定了核电厂调试和运行阶段对气动阀实施诊断测试的一般要求,特别是对诊断方法及数据分析与评估进行了重点描述。阀门出厂验收阶段的诊断测试可参照执行。本标准适用于气动调节阀和气动隔离阀，不适用于电或液驱动并由气压辅助驱动的阀门以及用于暖通系统的风阀。未包含或替代气动阀其它检测手段的相应内容，如泄漏检测、无损检测等。

**3.2 标准编制方案阶段**

2021年2月初完成了“标准编制方案”的编制，并进行了内部讨论，明确了本标准编制技术路线和主要内容大纲。

**3.3 征求意见稿编制阶段**

首先，课题组对国际、国内现行气动阀诊断测试相关标准情况进行了深入调研，包括《NB/T 20219-2013核电厂阀门诊断》、《NB/T 20078-2012压水堆核电厂安全级气动调节阀鉴定规程》、《NBT/20167-2012压水堆核电厂隔离阀鉴定规程》、《GB/T 25739-2010核电厂阀门调试技术导则》、《INPO NX-1018-2001 Joint Owners Group Air-Operated Valve Program》、《ASME OM CODE-2017》、《EPRI，NP-7412R1s，Air-Operated Valve Maintenance Guide，1996》、《EPRI 1022954,Air-Operated Valve Diagnostic Testing Guide,2011》《EPRI TR-1022646-2011 ，Air Operated Valve Evaluation Guide》等。

经过调研分析发现，我国已有气动阀出厂调试等阶段的基本参数检测技术标准，但缺少指导核电厂气动调节阀、气动隔离阀诊断测试规范化开展的标准，与气动阀诊断直接相关的标准仅有2013年中广核集团主编的《NB/T 20219-2013核电厂阀门诊断》，其对现有的核电厂阀门诊断技术及应用进行了简要总结，为诊断测试提供了一般性工作方法，包括通用型阀门诊断技术（声发射检测法阀门内漏诊断、声学探测法阀门性能诊断、红外热成像法阀门泄漏诊断、阀门密封性试验）和控制型阀门诊断技术（电动阀门诊断、气动阀门诊断），指出了电动阀和气动阀诊断测试试验的类型和主要参数，但缺乏阀门诊断测试频度要求、参数采集具体要求、诊断测试具体实现方法、参数标准确定与参数评估等实质性的内容，无法有效指导阀门诊断测试实际应用，自2013年发布以来并未得到有效应用。

项目组也开展了国际调研，对当前美国在气动阀诊断领域的规范和标准进行了研究，学习并研究了AP1000核电厂在气动阀诊断方面的实施要求。

课题组经过调研和分析总结，基本确定了本标准的编制思路，即对成熟的美国相关技术标准进行转化，结合国内核电厂诊断测试优秀经验成果，形成适用于国内核电厂的气动阀诊断测试规范。

2021年2月16日，完成征求意见稿初稿，项目组内讨论后进行了认真修改。

2021年5月7日，标准征求意见稿内部修改版进行公司内部评审，接受公司相关专家的评审和指导，明确了后续修改方向。

2017年5月31日，针对评审会专家意见对征求意见稿初稿进行修改，并再次组织内部讨论和修改完善，通过公司审查，形成了标准征求意见稿。

**3.4 送审稿编制阶段**

XXXXXX

**3.5 报批稿编制阶段**

XXXXXX

1. 调研和分析工作的情况

**4.1 气动诊断测试技术及其应用**

1980年以来，在核电厂安全运行报告中出现了相当数量的电动阀可靠性和安全性的事件报告。美国三哩岛事故后，美国电力科学研究院（EPRI）在杜克能源公司设立了一个研究项目，最早使用应变片测量阀门，检测结果表明，大约3/7的阀门在模拟的动态工况测试时不能够保证密封。此后，美国核管会（NRC）连续发布85-03号、89-10号、96-05号公告，要求核电厂必须定期开展电动阀的可运行验证试验，确认阀门能够在设计基准工况下实现其安全功能。基于类似的结构特点，以及相同的安全功能设计要求，气动阀周期性可运行性验证试验在美国也开始作为一项通用要求在核电厂广泛开展。由于核电厂一回路系统的特定功能，阀门的开关会引起系统瞬态导致很多阀门并不能在动态工况下去验证其可运行性，因此核电厂运行阶段一般通过静态工况下的阀门诊断测试获取相关参数，通过对参数的分析验证其可运行性，这种测试方法为核电厂满足核安全监管当局要求提供了便捷且有效的途径。

气动阀诊断技术在90年代起源于美国，是气动阀预测性维修的有效手段，目前在全世界核电厂都得到了较大范围的推广和应用。不需要解体阀门，通过在阀门开关过程中对气动阀执行机构性能、阀杆推力、行程、定位器性能等参数进行测量，通过综合分析，掌握阀门性能指标，识别阀门故障，为气动阀状态维修提供技术指导，保证气动阀安全可靠运行。

目前，国外主要的核电气动阀诊断测试系统包括Emerson公司FlowScanner系统、Teledyne公司QuikLook系统、CRANE公司Viper20系统和VOTES infinity系统、AREVA 公司UltraCheck系统、Westinghouse公司AirCEt系统等，国内自主开发的气动阀诊断测试系统主要有中核武汉公司OFVD-II系统等，其他系统未广泛使用或处于研究阶段，所以国内核电厂诊断测试工作仍依赖国外进口的气动阀诊断测试系统。

在我国，阀门诊断技术早已引进在各核电厂应用，覆盖了调试阶段和大修阶段，使用效果充分证明了诊断测试技术对气动阀调试、维修和性能检测等方面的优势，有效的降低了阀门盲目解体、过度维修的现状，为核电厂大修进度缩短和阀门可靠性提高提供了有力的技术支持，特别是国内三门和海阳AP1000核电厂依据气动阀专项管理大纲实施规范化的气动阀诊断测试工作，成为国内核电厂气动阀诊断测试的先进代表。但是，除三门和海阳核电厂外，大部分其他核电厂仍停留在阀门故障诊断环节即查找故障原因，无定期诊断测试计划或者测试计划不科学，缺少统一的诊断方法及数据分析与评估标准，气动阀诊断测试不规范，难以真正达到阀门预测性维修的要求。

**4.2 标准编制思路**

**4.2.1 我国现有相关标准体系分析**

我国已有气动阀出厂调试等阶段的基本参数检测技术标准，缺少直接指导核电厂气动调节阀、气动隔离阀诊断测试规范化开展的标准，还有一些与气动阀诊断测试相关的标准，主要包括：

1. NB/T 20219-2013核电厂阀门诊断：该标准对现有的核电厂阀门诊断技术及应用进行了简要总结，为诊断测试提供了一般性工作方法，包括通用型阀门诊断技术（声发射检测法阀门内漏诊断、声学探测法阀门性能诊断、红外热成像法阀门泄漏诊断、阀门密封性试验）和控制型阀门诊断技术（电动阀门诊断、气动阀门诊断），指出了电动阀和气动阀诊断测试试验的类型和主要参数，但缺乏阀门诊断测试频度要求、参数采集具体要求、诊断测试具体实现方法、参数标准确定与参数评估等实质性的内容，无法有效指导阀门诊断测试实际应用，价值有限；
2. GB/T 25739-2010核电厂阀门调试技术导则：该标准规定了气动隔离阀、气动调节阀等阀门的调试方法、试验要求和验收准则，主要是检查基本状态和初步设置，无法测试出阀门具体性能指标；
3. GB/T 4231-2008 气动调节阀：该标准规定了气动调节阀的技术要求、试验方法、检验规则等，对气动调节阀基本误差、回差、死区、始终点偏差、额定行程偏差等常规性能参数进行了具体要求；
4. NBT/20167-2012压水堆核电厂隔离阀鉴定规程：该标准规定了用试验法进行能定隔离阀（闸阀和截止阀）的鉴定试验项目、试验方法、试验条件和验收准则；
5. NB/T 20078-2012压水堆核电厂安全级气动调节阀鉴定规程： 该标准规定了安全级气动调节阀鉴定所采用的通用试验项目、试验条件、试验方法和验收准则。

**4.2.2国外现有相关标准体系分析**

美国作为核电厂阀门诊断技术研发和应用的先驱，其法规、标准、导则等较为完善。早在2000年，美国JOG（Joint Owner Group）组织气动阀（AOV）用户工作组发布了NX-1018 《AOV PROGRAM》，作为美国核电厂气动阀专项管理的行业参考标准，对核电厂实施AOV诊断的范围和管理要求进行了明确；美国电力科学研究院（EPRI）自1996年以来发布多份指导文件用于气动阀诊断技术实施的指导，主要包括：

1. 《EPRI，NP-7412R1s，Air-Operated Valve Maintenance Guide，1996》用于气动阀维修指导，介绍了气动阀诊断技术用于气动阀预防性维修以及诊断案例的分析；
2. 《EPRI 1022954,Air-Operated Valve Diagnostic Testing Guide,2011》对气动阀诊断测试实施进行了详细指导；
3. 《EPRI TR-1022646-2011，Air Operated Valve Evaluation Guide》对气动阀受力及计算进行详细介绍；

在美国发布强制性法规之前，美国国内各核电集团一般都根据JOG大纲以及EPRI文件编制了用于企业内部的规范文件。2015年ASME OM 委员会起草了强制性附录Ⅳ—轻水堆核电厂气动阀役前和在役试验，在2017版ASME OM CODE中最终批准并发布，这一条款的落实，使得气动阀诊断在美国将作为一项国家层面的法规要求，不久的将来将是一项强制性要求。

**4.2.3 本标准编制思路确定**

在我国，阀门诊断技术早已引进在各核电厂应用，除三门和海阳核电厂依据气动阀专项管理大纲实施规范化的气动阀诊断测试工作外，大部分其他核电厂仍停留在阀门故障诊断环节即查找故障原因，无定期诊断测试计划（频度）或者测试计划不科学，缺少统一的诊断方法及数据分析与评估标准，气动阀诊断测试不规范，难以真正达到阀门预测性维修的要求；此外，我国核电行业对阀门诊断测试技术缺少规范性指导的统一文件（如EPRI发布了系列指导文件），导致气动阀诊断系统被作为一种普通工具使用，对其测量结果缺少明确的验收准则、趋势管理等。综上所述，基本确定了本标准的编制思路，参考三门AP1000核电厂对气动阀诊断的实施要求，并结合国内核电厂近20年的气动阀诊断测试工作经验积累，形成适用于国内核电厂的气动阀诊断测试规范。

1. 主要技术内容的说明

**5.1本标准内容概述**

本标准内容包括前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、气动阀诊断测试频度、气动阀诊断测试条件、气动阀诊断设备、气动阀诊断测试方法、气动阀诊断测试数据分析与评估、其他要求、数据管理与报告、参考文献，共计12个部分。

**5.2 标准技术内容说明**

核电厂大量使用气动阀，一般起隔离边界或调节流体的作用，其性能状态的好坏直接影响核电厂系统安全经济地运行，是核电厂最受关注的一类阀门。为保证气动阀的设计功能，有必要对阀门动作响应性能、调节性能、密封性能等重要技术参数进行测试，应用多数据融合技术和故障诊断分析方法，及时、准确地掌握气动阀的实际性能状态，诊断出阀门故障，并指导状态维修工作的开展，还可以对维修后的阀门进行状态性能验证，有效避免人因失误。此外，通过对阀门状态性能数据的积累和有效管理，得出性能趋势曲线，识别降质趋势、预测故障发生时机，提前安排状态检修工作，避免阀门故障的发生，必要时反馈至阀门设计单位进行优化。通过这种技术方法的应用可保证核电厂气动阀运行状态的可靠性及其维修经济性，大大提高气动阀状态管理水平以及核电厂安全经济运行指标。

本标准规定了核电厂调试和运行阶段在静态工况下对气动阀实施诊断测试的一般要求，特别是对诊断方法及数据分析与评估进行了重点描述，阀门出厂验收阶段的诊断测试可参照执行。适用于气动调节阀和气动隔离阀，不适用于电或液驱动并由气压辅助驱动的阀门以及用于暖通系统的风阀。未包含或替代气动阀其它检测手段的相应内容，如泄漏检测、无损检测等。本标准可有效指导核电厂气动阀诊断测试工作实施。

1. 验证试验的情况和结果

该标准中关于气动隔离阀的部分内容已经在三门核电厂进行了试验验证，由于三门核电厂在设计上采用美国标准，其在调试和运行阶段采用的标准和规范比该标准更为严格，为使该标准在业内具有普遍适用性，通过对其他核电厂的分析研究，该标准在三门核电实际运用的基础下进行了适当修改。

中核武汉开展气动阀诊断测试已近20年，该标准中总结了气动阀诊断测试经验成果，已经在中核、中广核等国内核电厂进行了验证。

1. 采用国外先进标准情况

无

1. 与现行法规、标准的关系

本标准为新编标准，满足我国现行核电厂建设和设计的法规要求。

1. 实施标准的要求和措施的建议

本标准适用于核电厂调试和运行阶段在静态工况下对气动阀（气动调节阀和气动隔离阀）实施诊断测试，特别是对诊断方法及数据分析与评估进行了重点描述，阀门出厂验收阶段的诊断测试可参照执行。内容包括气动阀诊断测试频度、气动阀诊断测试条件、气动阀诊断设备、气动阀诊断测试方法、气动阀诊断测试数据分析与评估、其他要求、数据管理与报告等主要内容，为更规范执行气动阀诊断测试工作，逐步达到预测性维修效果，建议各核电厂根据本标准建立相应的气动阀专项管理大纲体系。

1. 废止现行有关标准的建议

无

1. 其他要说明的事项

无

1. 编制标准参考资料清单

[1] ASME OM CODE-2017

[2] INPO NX-1018-2001,Joint Owners Group Air-Operated Valve Program,Revision

[3] EPRI NP-7412R1s,Air-Operated Valve Maintenance Guide,1996

[4] EPRI 1022954,Air-Operated Valve Diagnostic Testing Guide,2011

[5] EPRI TR107322，Air-Operated Valve Evaluation Guide，1999

[6] GB/T 25739-2010,核电厂阀门调试技术导则

[7] Q/CNNC JE 20-2017,核电厂气动调节阀阀状态检测

[8] Q/CNNC JE 22-2017,核电厂气动截止阀状态检测

[9] Q/CNNC JE 17—2017,核电厂气动阀诊断试验要求

[10] NB/T 20078-2012,压水堆核电厂安全级气动调节阀鉴定规程

[11] NBT/20167-2012,压水堆核电厂隔离阀鉴定规程

[12] NB/T 20219-2013，核电厂阀门诊断