

《核电厂高温高压调节阀热态流通特性测试规程》

编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1、任务来源

本标准主编单位为国家电投集团科学技术研究院有限公司（以下简称“中央研究院”），参编单位包括上海核工程研究设计院有限公司、上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司、浙江三方控制阀股份有限公司、浙江工业大学。本标准依托国家科技重大专项“压水堆及高温气冷堆”课题“调节阀试验台架建设及试验验证方法研究”专题任务，主要用于规范和指导核电厂重要调节阀开展高温高压流通特性试验，旨在规定核电厂重要调节阀开展热态流通特性的测试方法和流程。

此标准经中国核能行业协会专家评审后立项、公示等程序，并于 2020 年 1 月，中央研究院向中国核能行业协会提交了标准申请工作组组成及工作计划，启动了《团体标准制修订专项技术服务合同》签订流程；2020 年 4 月下旬完成了正式合同签订。

2、主要工作过程

（一）起草阶段：

2020 年 1 月-2 月，完成标准草稿的编制。

2020 年 3 月将编制的标准草稿发给标准编制参与单位负责人，审核稿件，召开参编单位专家咨询会，提出并汇总修改意见建议，然后修改完善标准草稿，形成标准草案。各参编单位已经对标准初稿进行了审阅，提出了修改意见，已按照意见进行了修改。

2020 年 5 月召开标准草案专家咨询会，与会各位专家对本标准草案初稿进行了审阅，并提出了意见。根据专家意见对标准重新进行了修改和编排，并对专家意见逐一进行了回复。

2020年5月-7月，由于疫情影响，各参编单位交流受限，效率较低，导致计划延后，此期间主要进行了试验验证和标准修改。

（二）征求意见阶段：2020年8月进入征求意见阶段。

3、主要参加单位和工作组成员及其所作的工作等

3.1 标准主要参加单位及工作组成员名单：

国家电投集团科学技术研究院有限公司：张鹏、陈修高、石洋；

上海核工程研究设计院有限公司：奚玮君；

上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司：宋延勇；

浙江三方控制阀股份有限公司：尚群立；

浙江工业大学：陈国定、杨马英。

3.2 各参与单位所开展的具体工作：

国家电投集团科学技术研究院有限公司：前期国内外相关标准调研，标准起草阶段草稿编制；组织参编单位咨询会，对各参编单位的修改意见进行汇总并修改，形成标准草案。召开标准草案专家咨询会，并汇总专家意见，对草案进行修改，形成标准征求意见稿。

上海核工程研究设计院有限公司：对标准草稿进行审核，并提出修改意见。

上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司：对标准草稿进行审核，并提出修改意见。

浙江三方控制阀股份有限公司：对标准草稿进行审核，并提出修改意见。

浙江工业大学：对标准草稿进行审核，并提出修改意见。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准的修订符合核电行业设备可靠性评价方法发展的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则以及标准的目标、统一性、协调性、实用性、一致性和规范性原则来进行本标准的制定工作。

（1）科学性

本标准借鉴了国际标准 IEC60534-2-3 和国家标准 GB/T17231.9，同时结合我国核电厂高温高压调节阀的热态流通特性试验的实际需求，以及评价实际情况对本团体标准进行编写。

(2) 实用性

本标准规定了进行核电厂高温高压调节阀的热态流通特性试验工作的全过程，包括对试验系统、设备、仪表等要求，试验时对于样机准备、试验要求、试验程序以及试验后数据处理和报告编制等环节建立规范，以统一核电厂高温高压调节阀的热态流通特性试验方法，使其向科学化、合理化方向迈进，减少核电厂高温高压调节阀的热态流通特性试验的主观性、随意性，增加科学性、客观性，从而达到提高核能行业核电厂用高温高压调节阀管控水平的目的。

2、标准主要内容的依据

本标准按照 GB/T 1.1-2020 的要求编写，并根据团体标准的结构和编写指南进行格式的修订。

1. 范围：说明本标准的应用的范围，以及本标准涵盖的方面。
2. 规范性引用文件：本标准相关的引用文件。
3. 术语和定义：本标准用到的相关术语的定义。
4. 符号对照表：本标准中出现的符号及对照定义。
5. 试验系统：本章包括试验样机、试验段、取压孔、测量仪表及精度和调节阀行程的相关规定。主要依据国际标准 IEC 60534-2-3 和国家标准 GB/T17231.9 中的要求以及实际试验测试的条件。试验样机为实际使用的调节阀，试验段、取压孔主要根据国际标准 IEC 60534-2-3 和国家标准 GB/T17231.9 中试验段的要求，进行设置。测量仪表及精度主要针对试验系统中各仪表的精度要求，进行统一规定，目的是是试验结果更加准确，减小由仪表产生的不确定度。
6. 试验要求：试验要求包括试验条件、试验介质、测试值允许的波动，主要依据流体力学理论原理，使测试试验流体在试验系统中有稳定的流动状态，保证试验准确无误，减小试验的不确定度。
7. 试验程序：试验程序为开展各项系数试验的程序和数据记录等要求，根据实际试验的操作流程，对试验程序进行简明要求。试验程序分为五步，第一步是试验前准备工作；第二步是额定流量系数试验；第三步是确定试验工况；第四

步是固有流量特性试验，为使调节阀的流量特性曲线更准备，增加更小开度间隔的测试要求，具体需视具体情况而定。第五步是试验数据记录，主要规定了需要记录的试验结果数据。

8 计算：主要包括阻塞流压差判定计算、雷诺数计算、流量系数计算。为避免试验工况处于阻塞流工况，需要计算工况是否处于阻塞流状态，主要依据是《调节阀使用技术》中关于阀门阻塞流的计算；为确保试验工况处于湍流状态，需要对流经调节阀的流体进行雷诺数计算，主要依据是流体力学中雷诺数的计算；流量系数计算主要依据经过公式推导得出的流量系数计算公式。

9 试验报告：主要包括试验样机信息、试验数据、试验结果、试验报告样式。为使试验报告清晰明确，规定了试验报告需要记录的内容，推荐了试验报告样式，以供此测试试验使用。

附录 A 阀门内流动状态：资料性附录，主要是流体力学中流体流动状态方面的内容。

附录 B 流量系数公式推导：资料性附录，主要依据流体力学原理，对调节阀流量系数的计算进行了公式推导。

附录 C 管道几何形状系数测试程序：规范性附录，主要规定了管道几何形状系数的测试程序，主要依据的是国际标准 IEC 60534-2-3 和国家标准 GB/T 17231.9。

附录 D：液体压力恢复系数和液体压力恢复系数与管道几何形状系数的复合系数的测试程序，主要依据的是国际标准 IEC 60534-2-3 和国家标准 GB/T 17231.9。

附录 E 试验报告样式：推荐了试验报告的样式，供本测试试验后编制试验报告时使用。

3、解决的主要问题

以主给水调节阀为例一部分核电用调节阀具有口径大、工作参数高且控制质量要求高的特点，在保障核电厂正常运行和事故后果控制方面至关重要。由于此类阀门的工作环境特殊，对其工作性能、稳定性、可靠性的要求应高于普通工业控制阀。目前，在核电设备全面国产化的大背景下研制工作已经完成，

为确保新研制的国产设备能够被放心使用，理应通过更为严格的测试来检验其性能。

本标准制定主要目的是为了规定核电厂重要调节阀开展热态流通特性的测试方法和流程。

目前现行测试标准，调节阀（或称工业过程控制阀）的国家标准 GB/T 17213.9、GB/T17213.10 以及 GB/T4213 第五部分中，对于口径大于 DN300 调节阀的流量特性免测，且规定为冷态条件。本标准主要针对大口径高温高压核电调节阀，在国家标准 GB/T 17213.9、GB/T4213 的基础上，如阀门采购使用者有热态流通特性测试需求，则可根据此标准进行测试。

除温度和阀门口径这一基本适用对象与国标不同，本标准依据所依托重大专项开展的试验工作，主要做了如下新规定：

（1）为验证调节阀压差与流量的线性度，在国家标准 GB/T4213 中规定压差不小于 35kPa 的工况基础上，在本标准中建议应根据台架性能尽量选取大压差的工况进行试验。

（2）目前很多调节阀不再是单一的流量特性，而是两种甚至多种流量特性组合的复合式流量特性，所以每 10%开度测试一次就会有捕捉不到流量特性细节的情况，为避免这种情况，可在流量特性变化剧烈的开度位置，改为用 5% 或更小开度间隔进行测试，具体开度需根据实际情况而定，这样测出的流量特性曲线就会更准确，更连续。

（3）对于原国标中对于“真实值”等直接引用国际标准但定义不清晰的内容，做了合理的删减和修订。

三、主要试验（或验证）情况

为验证本标准规定的合理性和先进性，标准主编单位国家电投集团科学技术研究院有限公司以浙江三方研制的“国和一号”主给水调节阀为对象进行了流通特性、气蚀、振荡等一系列测试研究。除改造试验台架，提供试验条件外，还进行了测试方法研究和测试系统软硬件的开发。

通过在热态台架上对国产主给水调节阀进行热态流通特性试验和常规流量特性试验，结果显示热态流通特性与常规流量特性确实略有不同，虽然在曲线

形状上大体相似，但具体数值上也有不同。根据试验和分析结果，建议对高使用要求的阀门进行热态流量特性试验。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

为确保非能动核电厂项目能够放心采用国产高温高压调节阀，应该通过严格的测试来检验其性能，特别是热态流量特性。本标准的制定有助于推进核电厂高温高压调节阀国产化进程，使国产核电厂高温高压调节阀的性能有一个严格的检验，促进国产调节阀性能的提升和技术的进步。

六、与国际、国外对比情况

调节阀（或称工业过程控制阀）在国际上以美国电气工程协会 IEC 60534 系列最为权威，国家标准以此为基准对应版本为国家标准 GB/T 17213 系列标准，但此系列标准主要针对的是普通工业过程调节阀，未涉及关于核电厂高温高压调节阀的热态流量特性测试试验标准。到目前为止，考虑到 IEC 60534、GB/T 17213 系列标准在调节阀流通特性试验系统的设计、试验段和取压孔等设置方面，具有一定的先进性和合理性，所以本标准中测试试验系统的部分设计参考借鉴 IEC 60534、GB/T 17213 系列标准的设计方法。

国内关于阀门流量特性测试标准除对应 IEC 60534 系列标准的 GB/T 17213，还有 GB/T 4213 和 GB/T 30832。在 GB/T 4213 第五部分中，对于口径大于 DN300 调节阀的流量特性免测，目前核电厂主给水调节阀口径都大于 DN500；GB/T 30832 仅针对普通以水为介质的阀门。在国标的基础上，可针对核电厂用高温高压调节阀进行热态流量特性试验，以适应苛刻的工况条件，获得更准确的流通特性。

目前无论是国际标准还是国家标准都没有对核电厂用高温高压调节阀做出相应的测试标准，核电厂用调节阀比普通工业调节阀工况条件更苛刻，安全等级要求更高，各方面要求都应高于普通工业过程调节阀，对其做出更加细致的标准化规定是核电厂高温高压调节阀国产化的发展要求，同时制定更加细致的

测试标准有助于推进核电调节阀国产化，促进国产调节阀性能的提升和技术的进步。

本标准主要针对的是核电厂公称尺寸大于 DN500 的大口径高温高压调节阀，本标准在国标每 10%开度进行一组流量特性试验的基础上，增加在流量特性变化剧烈的地方需细化开度试验，如每 5%、2%、1%等开度间隔进行一组流量特性试验，具体要视实际情况而定。为了保证每个开度的试验流体都是处于湍流状态，每个开度的试验都要进行雷诺数的计算，确保流体处于湍流状态。为验证调节阀压差与流量的线性度，在国家标准 GB/T4213 中规定压差不小于 35kPa 的工况基础上，基于良好实践，应根据台架性能尽量选取大压差的工况进行试验，以使试验更准确。本标准创新的添加了流量系数公式的推导附录。本标准创新的推荐了试验报告样式，以供本试验的后试验报告的编写使用。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

标准发布后，国家电投集团科学技术研究院有限公司将配合中国核能行业协会组织行业召开标准宣贯会，开展培训活动，促进该标准更好的贯彻实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。