

团 体 标 准

城镇燃气智能调压箱技术规范

Technical specifications of city gas smart pressure regulating
installation

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国城市燃气协会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义、缩略语.....	4
4 基本规定.....	5
5 技术要求.....	8
6 试验方法.....	18
附录 A（规范性附录）测量误差的计算.....	29

前 言

为规范城镇燃气智能调压箱，制定本标准。

本标准按照《中国城市燃气协会团体标准编写规则》的规定起草。

本标准的内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、缩略语、基本规定、技术要求、试验方法及附录。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国城市燃气标准工作委员会归口。

本标准负责起草单位：上海飞奥燃气设备有限公司

本标准参加起草单位：XXXXXXXX

本标准主要起草人：XXXXXXXX

本标准使用过程中如有建议或意见，请将意见和资料反馈给中国城市燃气标准工作委员会秘书处或负责起草单位。负责起草单位：上海飞奥燃气设备有限公司（上海市龙东大道4493号，邮政编码：201201，邮箱：pliang@fiorentini.com.cn）。

本标准为首次发布。

本标准版权为中国城市燃气协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国城市燃气协会书面许可，标准的任何部分不得以任何形式和任何手段进行复制、发行、改编、翻译和汇编。如需申请版权许可，请联系中国城市燃气标准工作委员会秘书处。

联系地址：北京市西城区金融大街27号投资广场B座6层

邮政编码：100032

电话：010-66219978

电子邮箱：cgas@chinagas.org.cn

城镇燃气智能调压箱技术规范

1 范围

本标准规定了城镇燃气（人工煤气、液化石油气、天然气、液化石油气-空气混合气等，下同）输配系统用的城镇燃气智能调压箱（以下简称智能调压箱）的基本规定、技术要求和试验方法等。

本标准适用于进口压力不大于1.6 MPa，工作温度-20℃~60℃，额定流量不大于20000 m³/h的智能调压箱。

注：凡本标准中的压力未注明的，均指表压，单位为 MPa。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 2423.1-2008	电工电子产品环境实验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423.2-2008	电工电子产品环境实验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.4-2008	电工电子产品环境实验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热
GB/T 2423.10-2008	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc和导则：振动（正弦）
GB/T 3836.2	爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设
GB/T 3836.4	爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设
GB/T 4208	外壳防护等级（IP代码）
GB/T 4857.2-2005	包装运输包装件基本试验 第2部分：温湿度调节处理
GB/T 10125-2012	人造气氛腐蚀试验盐雾试验
GB/T 14048.21	低压开关设备和控制设备 第5-9部分：控制电路电器和开关元件 流量开
关	
GB 15322.1	可燃气体探测器第1部分：工业及商业用途点型可燃气体探测器
GB/T 17626.2	电磁兼容 实验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.4	电磁兼容 实验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5	电磁兼容 实验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.8	电磁兼容 实验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
GB/T 17799.1	电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度试验
GB/T 18604	用气体超声流量计测量天然气流量
GB 27791-2020	城镇燃气调压箱
GB/T 32201	气体流量计
GB/T 36242	燃气流量计体积修正仪
GB/T 36951-2018	信息安全技术 物联网感知终端应用安全技术要求
GB/T 37025-2018	信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求
GB/T 37092	信息安全技术 密码模块安全要求
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50169	电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
HG/T 20507	自动化仪表选型设计规范
JJG 1003-2016	流量积算仪计量检定规程

ISO 8407 金属与合金的腐蚀 腐蚀试样中腐蚀生成物的清除 (Corrosion of metals and alloys - Removal of corrosion products from corrosion test specimens)

EN 15714-3 工业阀门执行器 第3部分：工业阀门用部分回转气动执行器 基本要求 (Industrial valves - Actuators - Part3:Pneumatic part-turn actuators for industrial valves - Basic requirements)

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

GB 27791界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

城镇燃气智能调压箱 city gas smart pressure regulating installation

采用智能控制器，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求，自动完成流量、压力等信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能的燃气调压箱。

注：智能调压箱由工艺装置、各类传感器、执行机构和智能控制器等部件组成。

3.1.2

工艺装置 processing installation

智能调压箱中主要用于对用气压力进行调节的装置。

注：智能调压箱的工艺装置包括调压装置、底座、支架和箱体等。

3.1.3

传感器 sensor

能感知智能调压箱中的温度、压力、位移等信息，并按照一定的规律转换成可测量数据的器件或装置。

注：智能调压箱的传感器通常由敏感元件和转换元件组成。

3.1.4

执行机构 actuator

一种能提供直线或旋转运动的驱动装置，它利用某种驱动能源并在智能控制器的某种控制信号作用下工作。

3.1.5

智能控制器 smart regulating station controller

实现传感器数据的自动采集、处理、存储、显示，下发执行机构控制指令，具有近端和远端通信功能的采用微处理电路的控制器。

3.1.6

监控平台 monitoring platform

对智能调压箱的工艺参数进行读取、管理和控制的中心，由燃气管理系统和通信设备的集合组成。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

API：应用程序接口 (Application Programming Interface)

APP：应用软件 (Application)

CPU：中央处理器 (Central Processing Unit)

GIS: 地理信息系统 (Geographic Information System)
 GPRS: 通用无线分组业务 (General packet radio service)
 HTTP: 超文本传输协议 (Hyper Text Transport Protocol)
 ICCID: 集成电路卡识别码 (Integrate circuit card identity)
 IMEI: 国际移动设备识别码 (International Mobile Equipment Identity)
 I/O: 输入/输出 (Input/Output)
 IOS: CISCO网络配置系统 (Internetworking Operating System-Cisco)
 IoT: 物联网 (Internet of Things)
 LTE: 长期演进的网络制式 (Long Term Evolution)
 NB-IoT: 窄带物联网 (Narrow Band Internet of Things)
 NR: 5G新空中接口 (5G New Radio)
 OID: 对象标识符 (Object Identifier)
 SCADA: 数据采集与监视控制系统 (Supervisory Control And Data Acquisition)
 TCP: 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)
 UDP: 用户数据报协议 (User Datagram Protocol)
 UI: 用户界面 (User Interface)
 Web: 全球广域网 (World Wide Web)
 ZigBee: 基于IEEE802.15.4标准的低功耗局域网协议

4 基本规定

4.1 一般要求

4.1.1 智能调压箱的工艺装置应适应输配工程，并应符合GB 27791的规定。

4.1.2 智能调压箱的系统架构如图1，由工艺装置、各类传感器、执行机构和智能控制器等部件组成，并根据需要配置开关电源、太阳能发电或差压发电等外供电装置，实现：监测目标对象的各类数据，并上传传感、信息、标识等信息；接收主站下发的执行控制指令，实现智能控制等功能。

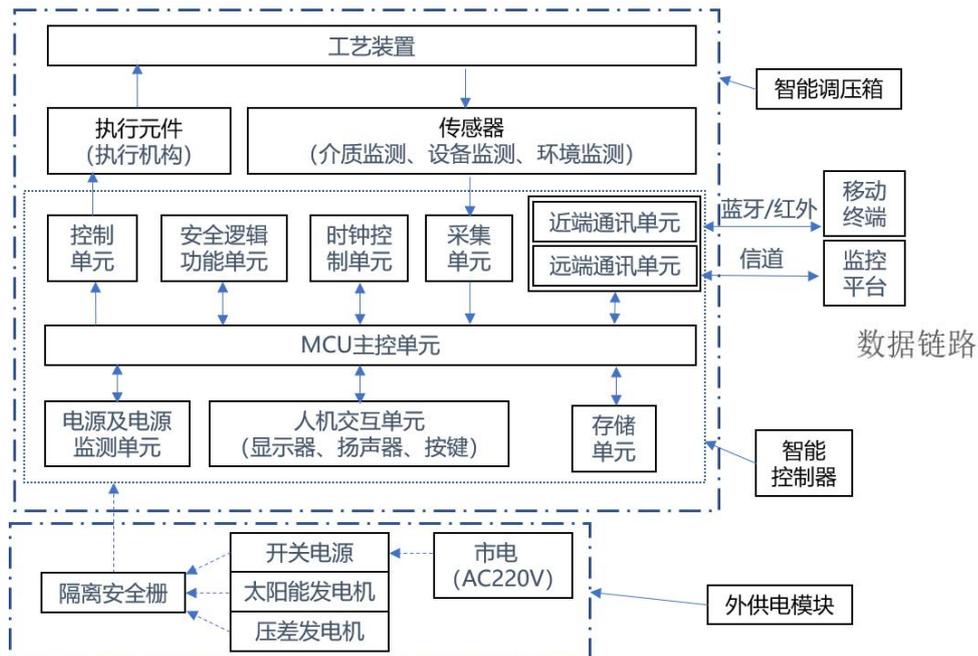
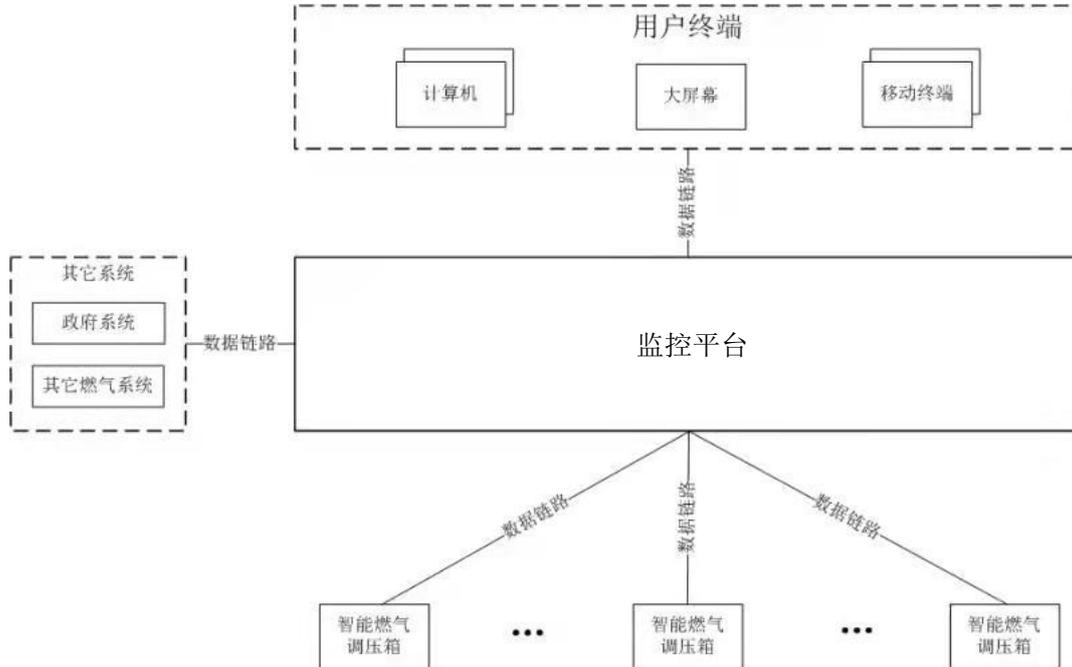


图1 智能调压箱系统架构图

4.1.3 智能调压箱与监控平台间以有线和/或无线的数据链路实现数据对接，监控平台的系统网络结构见图2。



注1：监控平台可部署在专用或者云端服务器，通过不同的数据链路方式，支持计算机、大屏幕或移动终端等用户群体的终端设备访问。

注2：监控平台通过数据链路接口与政府系统、燃气公司SCADA系统等外部系统对接，实现数据共享和系统集成。

图2 监控平台的系统网络结构

4.1.4 智能调压箱内智能控制器、仪器仪表、执行机构等所有电气设备应满足GB 50058规定的爆炸性气体环境“1区”的使用要求，防爆等级不应低于GB/T 3836.2 规定的 Exd IIB T4（隔爆）或GB/T 3836.4规定的Exib IIB T4 Gb（本安），防护等级不应低于 GB/T 4208规定的 IP65。

4.1.5 智能调压箱应按GB 50058和GB 50169的要求设置接地设施。电气设备接地电阻不应大于4Ω，控制设备的接地电阻不应大于1Ω；不同用途接地共用一个总的接地装置时，其接地电阻应采用各种接地要求的最小值，且不应大于10Ω。

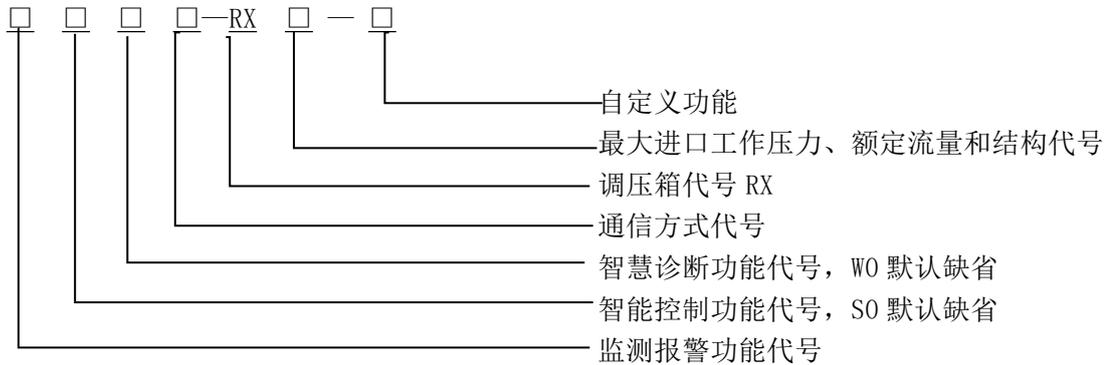
4.1.6 智能调压箱的配电线路首末端与电子器件连接时，应装设与电子器件耐压水平相适应的过电压（电涌）保护器。

4.2 型号表示方法

4.2.1 型号编制

智能调压箱的型号编制应符合下列要求：

a) 智能调压箱的型号编制按以下格式：



b) 监测报警功能代号见表 1。

表 1 监测报警功能代号

监测报警功能代号		D1	D2	D3	D4	D5
介质 监测	进口压力	—	※	※	※	※
	出口压力	※	※	※	※	※
	过滤器差压	—	—	※	※	※
	流量	—	—	—	※	※
	燃气温度	—	—	—	—	※
设备 监测	调压器开度	—	—	※	※	※
	切断阀阀位	—	—	—	—	※
	门禁	—	—	—	※	※
	电源监测	※	※	※	※	※
	燃气泄漏	△	△	△	△	△
	主管路阀门阀位监测	△	△	△	△	△
环境 监测	安全放散监测	△	△	△	△	△
	沉降	△	△	△	△	△
	应力	△	△	△	△	△
	地震	△	△	△	△	△
	视频	△	△	△	△	△
	火焰	△	△	△	△	△
	周界	△	△	△	△	△
	风力	△	△	△	△	△
洪水	△	△	△	△	△	

注：※为必选；△为可选；—为无此项。

c) 智能控制功能代号见表 2。

表 2

智能控制功能代号		S0	S1	S2	S3
智能 控制 功能	远程切断	—	※	※	※
	流量智能限制	—	—	—	※
	出口压力智能控制	—	—	※	※

注：※为必选；△为可选；—为无此项。

d) 智慧诊断功能代号见表 3。

表 3 智慧诊断功能代号

智慧诊断功能代号		W0	W1	W2	W3	W4
智慧 诊断 功能	调压器健康诊断	—	△	※	※	※
	过滤器健康诊断	—	—	※	※	※
	流量计健康诊断	—	—	—	※	※
	传感器健康诊断	—	△	※	※	※
	通信健康诊断	—	△	※	※	※
	智能控制器健康诊断	—	△	※	※	※
	调压箱故障诊断	—	—	—	—	※
注：※为必选；△为可选；—为无此项。						

e) 通信方式代号见表 4。

表 4 通信方式代号

通信方式代号	CW	CO	CR
通信方式	无线	有线	有线+无线

f) 最大进口工作压力、额定流量和结构代号，应符合 GB27791-2020 中 4.1 的相关规定。

g) 自定义功能，生产厂家根据实际情况自定义的功能，用大写字母表示，无位数限制。

4.2.2 示例

智能调压箱型号编制示例如下：

a) D1CW-RX0.4/300B

表示额定流量为300 m³/h，最大进口压力为0.4 MPa，调压管道结构为“1+1”，监测报警功能为D1，通信方式为无线的智能调压箱。

b) D2S1CO-RX1.6/600EM

表示额定流量为600 m³/h，最大进口压力为1.6 MPa，调压管道结构为其他，带后计量，监测报警功能为D2，智能控制功能为S1，通信方式为有线的智能调压箱。

c) D3S2W1CR-RX1.6/10000CM+300B-LY

表示有两路出口：其中一路出口的额定流量为10000 m³/h，调压管道结构为“2+0”，带后计量；另一路出口的额定流量为300 m³/h，调压管道结构为“1+1”，最大进口压力为1.6 MPa，监测报警功能为D3，智能控制功能为S2，智慧诊断功能为W1，通信方式为“有线+无线”，其它自定义功能为“LY”的智能调压箱。

5 技术要求

5.1 传感器

5.1.1 温度传感器/变送器

温度传感器/变送器应符合以下要求：

a) 温度传感器/变送器应带套筒，温度仪表探杆长度应小于套筒接管的长度，套筒接管伸入管道长度L宜符合HG/T 20507的要求，具体如下：

- 安装于容器本体时， $L \geq 150\text{mm}$ ；
 - 安装于超声波流量计后直管道上时，应符合GB/T 18604的要求， L 宜为 $1/3D$ ，且不超过 125mm ；
 - 安装于其他管道时， L 不宜小于 50mm ，且不超过 125mm 。
- b) 采用温度传感器时，还应满足如下要求：
- 温度传感器宜与智能控制器一体化设计；
 - 在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 的测量范围内，温度传感器测量误差不应超出 0.3°C 。
- c) 采用温度变送器时，还应满足如下要求：
- 温度变送器采用两线制， 24VDC （ $4\text{ mA} \sim 20\text{mA}$ ）模拟信号；
 - 当环境温度低于 -21.8°C 时，不宜选用带液晶显示的温度变送器；
 - 在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 的测量范围内，温度传感器测量误差不应超出 0.15°C 。

5.1.2 压力传感器/变送器

压力传感器/变送器应符合以下要求：

- a) 压力传感器/变送器应与工作介质相适应；
- b) 压力传感器/变送器的量程宜为工作压力的2倍左右，但不宜低于1.5倍或高于3倍的工作压力；
- c) 压力传感器/变送器与管道之间宜设置二阀组或针阀；
- d) 采用压力传感器时，还应满足如下要求：
- 压力传感器宜与智能控制器一体化设计；
 - 不同温度下，在压力范围内测得的压力传感器测量误差不应超出 0.5% 的满量程误差。
- e) 采用压力变送器时，还应满足如下要求：
- 压力变送器采用两线制， 24VDC （ $4\text{ mA} \sim 20\text{mA}$ ）模拟信号；
 - 当环境温度低于 -21.8°C 时，不宜选用带液晶显示的压力变送器；
 - 压力变送器准确度不应低于 $\pm 0.075\%FS$ 。

5.1.3 差压传感器/变送器/报警仪

差压传感器/变送器/报警仪应符合以下要求：

- a) 差压传感器/变送器/报警仪应与工作介质相适应；
- b) 差压传感器/变送器/报警仪的量程宜至少为 $0\text{ kPa} \sim 160\text{kPa}$ ；
- c) 差压传感器/变送器/报警仪与过滤设备之间宜设置五阀组或针阀；
- d) 采用差压传感器时，还应满足如下要求：
- 差压传感器宜与智能控制器一体化设计；
 - 不同温度下，在压力范围内测得的差压传感器测量误差不应超出 0.5% 的满量程误差。
- e) 采用差压报警仪时，还应满足如下要求：
- 差压报警仪宜与智能控制器一体化设计；
 - 差压报警仪报警值的准确度不应低于 $\pm 5\%$ 。
- f) 采用差压变送器时，还应满足如下要求：
- 差压变送器采用两线制， 24VDC （ $4\text{ mA} \sim 20\text{mA}$ ）模拟信号；
 - 当环境温度低于 -21.8°C 时，不宜选用带液晶显示的差压变送器；
 - 差压变送器准确度不应低于 $\pm 0.075\%FS$ 。

5.1.4 调压器阀位传感器

调压器阀位传感器应符合以下要求：

- a) 调压器阀位传感器应与选用的调压器相匹配，宜与智能控制器一体化设计；
- b) 调压器阀位传感器的有效电气行程应满足调压器的阀位行程要求；
- c) 调压器阀位传感器的位移速度应大于调压器的阀芯反应速度；
- d) 调压器阀位传感器的安装方式应采用螺纹安装；
- e) 在行程范围内，调压器阀位传感器测量误差不应超出0.3%的满量程误差。

5.1.5 计量仪表

计量仪表应符合以下要求：

- a) 流量计应符合GB/T 32201的要求，应根据燃气压力、流量和气质等情况选择，安装及使用应符合相关标准及规范的要求；
- b) 流量计的实际工作流量范围，应在其保证测量精度的流量范围内；
- c) 流量计用于贸易计量时，准确度等级不宜低于1.0级；用于内部结算或监控时，准确度等级不宜低于1.5级；
- d) 流量计前应安装过滤精度不低于50 μm的过滤器。涡轮流量计应水平安装，罗茨流量计宜垂直安装；
- e) 流量计计量的流量应转换成参比状态下的标准流量，流量计量仪表应配备流量积算和记录功能，应进行温度、压力和压缩系数的修正补偿，体积修正仪应符合GB/T 36242且准确度不应低于0.5级。

5.1.6 可燃气体探测器/传感器

可燃气体探测器/传感器应符合以下要求：

- a) 可燃气体探测器/传感器应与工作介质相适应；
- b) 可燃气体探测器/传感器宜布置在可燃气体释放源的最小频率风向的上风侧，安装位置在调压箱顶部下方30cm处，检测点与释放源的距离不宜大于4m；
- c) 可燃气体探测器具有标准的数字通信信号或模拟信号(4 mA~20mA)，并应符合GB 15322.1的要求；
- d) 采用可燃气体传感器时，还应满足如下要求：
 - 可燃气体传感器宜与智能控制器一体化设计；
 - 可燃气体传感器和智能控制器采用TTL、I2C通信协议；
 - 测量精度：不低于±5%；
 - 工作电流：不大于50mA；
 - 响应时间： $T_{90} < 20s$ ；
 - 测量范围：0~5%VOL/0~100%LEL。

5.1.7 行程开关

行程开关应符合以下要求：

- a) 适用于关键阀门阀位、切断阀阀位、快开盲板位置或门禁等；
- b) 行程开关为机械式时，宜采用3A、24VDC接点信号；
- c) 行程开关为接近式时，宜满足电压6VDC~36VDC且检测距离4mm~10mm的要求。

5.1.8 自动放散监测仪表

自动放散监测仪表应符合以下要求：

- a) 自动放散监测仪表宜采用流量开关或泵吸式，电压24VDC(10VDC~30VDC)。
- b) 流量开关应符合GB/T 14048.21的要求，型式检测时的输出方式为继电器输出SPDT 3A。
- c) 泵吸式探测器应符合GB 15322.1的要求，泵吸式检测时的流量不应小于300ml/min、输出方式为4mA~20mA信号或开关量信号。

5.2 执行机构

5.2.1 电动执行机构

电动执行机构应符合以下要求：

- a) 电动执行机构应符合GB/T 26155的要求，包括电机、齿轮减速器、联轴器、力矩传感器、手轮、手轮自动断开装置、就地阀位显示以及安全平稳运行所需的其它部件；
- b) 电动执行机构的扭矩按阀门扭矩的1.3倍~1.5倍，应有限位保护功能；
- c) 电动执行机构的电源电压220VAC 50HZ单相或380VAC 50HZ三相；
- d) 电动执行机构应具有限位保护、过力矩保护、正反向联锁保护，电机过载、过热保护，防冷凝的加热保护和控制回路过载及短路保护，相位自动校正能力；
- e) 用于电动执行机构的行程开关应满足5.1.7的要求；
- f) 电动执行机构为调节型时，应满足接受4~20mADC的模拟控制信号，并能输出4~20mADC的阀门开度反馈信号。

5.2.2 气动执行机构

气动执行机构应符合以下要求：

- a) 气动执行机构应符合EN 15714-3的要求，包括手轮，限位开关，减压过滤阀，电磁阀等部件；
- b) 气动执行机构的扭矩按阀门扭矩的1.3倍~1.5倍，应有限位保护功能；
- c) 气动执行机构的储气罐应满足阀门开关次数不少于2次；
- d) 用于单作用气动执行机构宜选2位3通电磁阀，用于双作用气动执行机构宜选2位5通电磁阀，且电磁阀电压不应高于24VDC；
- e) 用于气动执行机构的行程开关应满足5.1.7的要求；
- f) 气动执行机构为调节型时，应满足接受4mADC~20mADC的模拟控制信号，并能输出4mADC~20mADC的阀门开度反馈信号。

5.2.3 电磁阀

电磁阀应符合以下要求：

- a) 适用于实现紧急切断阀的远程切断；
- b) 宜选用流通口径大于等于5.5mm、阀体材质为316SS、电压不大于24VDC的直接作用式电磁阀。

5.3 智能控制器

5.3.1 结构和材料

5.3.1.1 智能控制器的结构应符合以下要求：

- a) 智能控制器由外壳、控制主板、天线、电池、数字和模拟量输入输出通道等组成；
- b) 智能控制器宜与传感器采用一体化设计；
- c) 智能控制应配置RS485或以太网等接口，用于和第三方智能设备进行通信或参数配置；

d) 智能控制器应带液晶显示和操作键盘，通过液晶显示智能调压箱实时运行数据以及电池电压（电量）、网络通信信号、开关量状态、报警/故障等状态参数，通过键盘可设置通信、报警阈值等参数；

e) 智能控制器内部主控板及液晶屏均有可靠固定，不易移位或松脱；

f) 智能控制器的进线、出线应在底部，并可承受轴向插拔力。

5.3.1.2 智能控制器的所有零部件均应采用有质量保证的材料制造，以防止在额定工作条件下发生各种形式的退化。

5.3.2 外观

智能控制器的外观应符合以下要求：

a) 智能控制器表面应光洁，不得有毛刺、划痕和开裂等缺陷；

b) 显示器应亮度均匀，不出现笔划残缺或显示闪烁的现象；

c) 智能控制器的连接器应牢固可靠，线缆表面完好，无破裂、压痕。

5.3.3 智能控制器功能

5.3.3.1 参数设定功能

智能控制器可通过按键、RS485 串口、本地蓝牙或红外、监控平台设置通信参数、报警阈值等参数。

5.3.3.2 显示功能

智能控制器应设置液晶显示器，可显示检测到压力、温度、流量、阀位、电池电压（电量）、网络通信信号、开关量状态和报警/故障等参数。

5.3.3.3 监测预警功能

根据供气需要，配置智能调压箱的工艺参数、设备运行状态或周界环境的监测和报警功能，并应符合如下要求：

a) 智能控制器应能主动定时上传监测数据至监控平台；

b) 以下监测数据达到上限或下限报警值时，应能主动上报监控平台或发送管理人员移动端：

——进、出口压力、温度、流量、燃气质量或加臭量等工艺参数；

——调压器开度、自动放散、手动放散、换热管破管、快开盲板位置或噪音等设备运行状态；

——沉降、应力、地震、视频、火焰、周界、风力或洪水等周界环境。

c) 关键阀门阀位、切断阀阀位、过滤器差压、燃气泄漏或门禁等设备运行状态，应能针对不同的异常情况，通过报警码进行显示报警量并向监控平台或管理人员移动端发送报警信息；

d) 智能调压箱应设置掉电报警和电池欠压监测及报警。当智能控制器电池电压低于设定值时，应向监控平台或管理人员发送报警信息；对连接外接供电的智能调压箱，当外电切断后，应向监控平台或管理人员发送报警信息；

e) 智能控制器具备自动检测通信信号的功能；

f) 管理人员应能利用移动终端查看智能调压箱的运行状态。

5.3.3.4 智能控制功能

5.3.3.4.1 远程开关和切断功能

根据供气需要，配置智能调压箱的远程开关和切断功能，并应符合如下要求：

- a) 宜在智能调压箱的进出口、流量路、过滤路和调压路等处设置执行机构，并通过监控平台进行远程开关或功能支路间的切换控制；
- b) 安全切断阀安装远程切断装置时，应能实现远程切断、就地复位。

5.3.3.4.2 流量智能限制功能

根据供气需要，配置智能调压箱的流量智能限制功能，并应符合如下要求：

- a) 应能以本地或远程控制方式设定一天或一周内不同时间段的瞬时流量限定值，流量限定值偏差不应超出±1.5%，且应没有超调量；
- b) 紧急情况下，智能调压箱应能通过监控平台以随机定点进行瞬时流量限定值的调整。

5.3.3.4.3 设定压力智能调整功能

根据供气需要，配置智能调压箱的设定压力智能调整功能，并应符合如下要求：

- a) 应能以本地控制或远程方式设定一天或一周内不同时间段的出口设定压力；
- b) 紧急情况下，智能调压箱应能通过监控平台以随机定点进行出口设定压力的调整；
- c) 根据现场使用需要，出口设定压力可以为2个值或多个值；
- d) 智能调整后，智能调压箱出口压力与调整目标值的偏差不应超出±1.5%出口压力设定值，且应没有超调量；
- e) 智能调整前、后，智能调压箱的出口压力设定误差均应符合GB27791-2020中6.5的要求。

5.3.3.5 智慧诊断功能

5.3.3.5.1 健康诊断功能

根据供气需要，对智能调压箱进行健康评价，并应符合如下要求：

- a) 在智能调压箱运行之前，宜通过对调压器、过滤器、流量计、传感器、智能控制器等核心部件的固有或原始属性进行初始健康评价，反映智能调压箱初始健康状态；
- b) 智能调压箱运行时，宜基于对调压器、过滤器、流量计、传感器、智能控制器等核心部件的固有或原始属性随着时间的延续而产生的变化或衰减进行的健康评价，反映智能调压箱运行状态下的静态健康状态；
- c) 智能调压箱运行时，应借助于运行经验、知识、观察及对发展变化规律的了解，对检测和监测的压力、流量、阀位等数据按相关标准构造数学模型进行健康评价，反映智能调压箱运行状态下的动态健康状态。

5.3.3.5.2 故障诊断功能

根据供气需要，对智能调压箱进行故障诊断，并应符合如下要求：

- a) 宜结合智能调压箱的工作原理、结构特点、运行状态参数，对已发生或将来可能发生的故障进行检测、分析；
- b) 宜借助于运行状态参数、运行经验、知识、观察，对智能调压箱的故障类型进行定位，诊断具体故障部位和故障原因，为故障恢复提供支撑。

5.3.3.6 间接流量计算功能

智能调压箱没有安装流量计时，根据供气需要，宜配置智能调压箱的间接流量计算功能，间接计算流量的不确定度应满足如下要求：

- a) 流量值小于等于额定流量且不小于额定流量的10%时，不确定度不应大于5%；
- b) 流量值小于额定流量的10%且不小于额定流量的5%时，不确定度不应大于10%。

5.3.3.7 数据存储功能

智能控制器应存储历史数据不少于3个月。

5.3.3.8 校时功能

智能控制器应具备通过监控平台进行校时的功能。

5.3.3.9 远程固件升级功能

智能控制器应具备通过监控平台远程升级固件的功能；升级后，智能控制器的参数设定功能、显示功能、监测预警功能、智能控制功能、智慧诊断功能、间接流量计算功能、数据存储功能和校时功能等应分别符合5.3.3.1、5.3.3.2、5.3.3.3、5.3.3.4、5.3.3.5、5.3.3.6、5.3.3.7和5.3.3.8的要求。

5.3.3.10 开机自检功能

智能控制器应具备开机时对主要硬件模块，如显示、供电、传感器、存储、通信等模块进行自检的功能，在发现不能正常工作的硬件模块时给予提示和报警。

5.3.4 性能

5.3.4.1 静态电流

智能控制器静态电流不应大于200uA。

5.3.4.2 最大工作电流

智能控制器最大工作电流不应大于300mA。

5.3.4.3 上报成功率

上报成功率按公式（1）计算。在试验条件下， η 不小于 98%，现场条件下， η 不小于 95%。

$$\eta = n_1/n \times 100\% \dots\dots\dots$$

（1）

式中：

η —— 上报成功率；

n_1 —— 上报成功的次数；

n —— 上报的总次数。

5.3.4.4 防爆防护

智能控制器的防爆防护应符合以下要求：

a) 在环境温度为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 的范围内，智能控制器应符合GB/T 3836.2规定的防爆标志为Exd IIB T4（隔爆）或GB/T 3836.4中规定的防爆标志为Exib IIB T4 Gb（本安）的要求；

b) 在环境温度为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 的范围内，智能控制器应符合GB/T 4208规定的防护等级为IP65的要求。

5.3.4.5 绝缘电阻

在温度为 $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度45%~75%、大气压力86kPa~106kPa条件下，智能控制器各接线端子与外壳间绝缘电阻应不小于20M Ω 。

5.3.4.6 绝缘强度

在温度为15℃~35℃、相对湿度45%~75%、大气压力86kPa~106kPa条件下，智能控制器各端子之间及与外壳之间施加50 Hz、500 V的试验电压，保持1 min应不出现击穿或飞弧现象。

5.3.4.7 电磁兼容性

5.3.4.7.1 智能控制器按6.4.4.7.1~6.4.4.7.4试验后应能自动恢复正常，并符合下列要求：

- a) 电快速瞬变脉冲群抗扰度应符合GB/T 17626.4中1级的要求；
- b) 静电放电抗扰度应符合GB/T 17626.2中2级接触放电和3级空气放电的要求；
- c) 工频磁场抗扰度应符合GB/T 17626.8中3级的要求；
- d) 浪涌抗扰度应符合GB/T 17626.5中2级的要求。

5.3.4.7.2 外电源供电的智能控制器按6.4.4.7.5进行直流反向保护试验后应能自动恢复正常；进行外电中断试验过程中不应出现程序紊乱和功能缺陷等故障。

5.3.4.7.3 复查智能控制器的显示功能、监测预警和智能控制功能，应分别符合5.3.3.2、5.3.3.3和5.3.3.4的要求；复测各传感器的测量误差，应符合5.1的要求。

5.3.4.8 耐环境性能

按6.4.4.8.1~6.4.4.8.3分别进行智能控制器的静态低温试验、静态高温试验和交变湿热试验后，复查智能控制器的外观、监测预警和智能控制功能，应分别符合5.3.2、5.3.3.3和5.3.3.4的要求；复测各传感器的测量误差，应符合5.1的要求。

5.3.4.9 盐雾试验

按6.4.4.9.1进行智能控制器的盐雾试验后，复查智能控制器的外观、监测预警和智能控制功能，应分别符合5.3.2、5.3.3.3和5.3.3.4的要求；复测各传感器的测量误差，应符合5.1的要求。

5.3.4.10 抗震性

按6.4.4.10.1~6.4.4.10.3进行智能控制器的抗震性试验后，复查智能控制器的外观、监测预警和智能控制功能，应分别符合5.3.2、5.3.3.3和5.3.3.4的要求；复测各传感器的测量误差，应符合5.1的要求。

5.3.4.11 耐久性

按6.4.4.11.1~6.4.4.11.3进行智能控制器的耐久性试验，试验期间和试验后均应正常工作，试验前后主示值和各分量的误差偏差绝对值不应超过最大允许误差绝对值的1/2。

5.3.5 供电

5.3.5.1 锂电池供电

智能控制器使用一次性锂电池供电时，应满足如下要求：

- a) 一次性锂电池的可用容量不应小于1年；
- b) 智能控制器应能实时显示电池当前电量；
- c) 电池断电期间，数据不应丢失。

5.3.5.2 外电源供电

智能控制器使用外电源供电时，外电源应符合智能控制器防爆参数要求，且满足如下要求：

a) 应有可使用容量不小于72h的可充电电池作为内部电池，当外电源失电时，内部电池应能自动切换至工作状态；当外电源恢复供电时，内部电池应能自动退出工作状态；

b) 内部电池供电时，智能控制器宜自动切换至低频工作模式（数据采集和上报频次下降，远程控制功能关闭）；

c) 主页面应能显示外电源供电或内部电池的相应图标；

d) 外电源和内部电池断电期间，存储数据不应丢失。

5.4 通信

5.4.1 通信链路接口

5.4.1.1 有线通信方式

智能调压箱内基于有线通信方式的各种通信接口要求如下：

a) 应具备有线方式的通信接口，例如RS485、以太网等；

b) 宜具备远程扩展I/O模块通信接口；

c) 宜具备与智能设备通信的接口，例如智能仪表、流量计等。

5.4.1.2 无线通信方式

智能调压箱内基于无线通信方式的各种通信接口要求如下：

a) 可以设计为无线通信方式的网络，如蓝牙、ZigBee、GPRS、NB-IOT、LTE、NR等；

b) 可以设计为无线通信方式的远程I/O模块；

c) 智能设备可以设计为无线通信方式。

5.4.2 通信功能

5.4.2.1 智能调压箱应符合如下通信规约要求：

a) 通信报文中分为包括注册报文报、上报报文、配置报文、查询报文、控制报文和结束报文等；

b) 注册报文应包含智能控制器的用户卡号、设备地址等；

c) 上报报文应包含时间、电池电量、网络信号、当前实时数据、历史记录和上报类型等；

d) 配置报文应包含序列号、仪表时钟、采样周期、发送周期、补传周期、IP地址、端口号、超时时间、重连间隔、采集数据的上下限限制和通信密钥等；

e) 查询报文应包含采样周期、供电类型、电池电量、采样数据和异常数据等；

f) 控制报文应包含输出压力调节、切断阀控制和流量设置等；

g) 结束报文应包含校时信息等。

5.4.2.2 智能调压箱与监控平台间的数据通信应符合如下要求：

a) 智能调压箱至少应支持6组模拟量数据上传，如压力、温度、差压等，并可选择；

b) 智能调压箱应支持累计流量、瞬时流量、间接流量计算和上传，并可选择；

c) 智能调压箱至少应支持6路开关量报警数据上传，如差压、门禁、切断、泄漏等，并可选择；

d) 智能调压箱应支持供电方式及电池电量等数据上传，支持外电切断及电池低电量等报警数据上传；

e) 智能调压箱应支持控制状态（运行、停止）、控制模式（调压、限流、曲线控制）的上传和控制指令接收；

f) 因网络环境造成数据无法上传时，智能调压箱应有失败重传机制，多次重传失败后，应能将数据储存在本地，本地存储数据时间不应小于3个月；待网络恢复后，智能调压箱将数据补传至监控平台；

g) 智能调压箱与监控平台通信时应具有自动校时功能。

5.4.2.3 智能调压箱应有RS485、红外或蓝牙接口等短距离数据通信接口，用于现场调试、参数修改、设备自检和固件升级等。

5.4.3 通信响应

智能调压箱的通信响应应符合如下要求：

- a) 近端数据通信时，通信延时不应大于0.5s；
- b) 远端数据通信时，通信延时不应大于30s。

5.4.4 通信频次

智能调压箱的通信频次应符合如下要求：

a) 采用内电源供电的智能调压箱，通信频率不应大于1次/d；发生报警后，通信频率不应小于1次/min；

b) 采用外电源供电的智能调压箱，外电源供电时，通信频率至少1次/min；发生报警后，通信频率应不小于1次/min。

5.4.5 信息安全

5.4.5.1 智能调压箱宜采用GB/T 37092规定的三级及以上密码模块或通过国家密码管理部门核准的硬件密码产品实现密码运算和密钥管理。

5.4.5.2 通信报文数据内容应支持数据校验、加解密和认证签名，可以实现对监控平台下发的指令进行验签和解密，同时对上报数据进行加密和签名，以确保数据安全和完整性，具体应符合以下要求：

- a) 传输完整性应满足GB/T 37025-2018中7.1的要求；
- b) 传输保密性应满足GB/T 37025-2018中7.8的要求。

5.4.5.3 智能调压箱对监控平台的访问控制应符合GB/T 36951-2018中5.4.2 c)和5.4.2 d)的要求。

5.4.5.4 智能调压箱的失效保护应符合GB/T 36951-2018中6.4.4的要求。

5.4.5.5 智能调压箱的物理接口安全应符合GB/T 36951-2018中6.4.7的要求。

5.4.5.6 智能调压箱的数据可用性应符合GB/T 36951-2018中5.5.1的要求。

5.5 外观和外形尺寸、标志

5.5.1 外观和外形尺寸

5.5.1.1 智能调压箱的外观和外形尺寸应符合GB27791-2020中6.1的要求。

5.5.1.2 智能控制器还应符合5.3.2的要求。

5.5.2 标志

5.5.2.1 铭牌

铭牌应固定于明显的位置，其内容至少包括：

- a) 制造单位名称；

- b) 产品名称;
- c) 产品型号;
- d) 进口压力 (范围);
- e) 出口压力设定值 (有多路不同出口压力的, 应分别填写);
- f) 关闭压力或关闭压力等级 (有多路不同出口压力的, 应分别填写);
- g) 额定流量;
- h) 燃气种类;
- i) 设备重量;
- j) 产品编号;
- k) 生产日期。

5.5.2.2 其它标识

在设备的明显部分还应有: 商标、TS标志特种设备制造许可证 (压力管道) 编号 (属于特种设备时)、安全标志、起吊标志、设备进出口标志及其它安全警告及提示标志, 如防火标志、公用或其他紧急情况时使用的电话号码标志等。

6 试验方法

6.1 试验条件

- 6.1.1 工作场地应清洁无尘, 通风良好, 相对湿度应不高于85%, 温度为室温。
- 6.1.2 智能调压箱工艺及设备试验用仪表应符合如下GB27791-2020第7.1的规定。
- 6.1.3 智能控制箱的各类传感器、执行机构和智能控制器试验用仪表应符合如下规定:
 - a) 温度校准用标准仪器的测量准确度不应大于0.1℃;
 - b) 压力校准用标准仪器的准确度不应大于0.1%FS;
 - c) 位移校准用标准仪器的准确度不应大于0.1%FS;
 - d) 流量校准用标准仪器的准确度不应大于1.5%;
 - e) 无影响智能控制器正常工作的机械振动和外磁场。

6.2 传感器

6.2.1 温度传感器/变送器

- 6.2.1.1 查看制造商提供的设计文件, 确认结果应符合5.1.1 a) 和5.1.1 c) 的要求。
- 6.2.1.2 采用温度传感器时, 还应按如下方法检查其测量误差:
 - a) 将温度传感器插入恒温设备;
 - b) 分别检测-20℃、20℃和65℃三个温度点, 设定温度误差不超过±2.0℃;
 - c) 记录每个温度点的温度标准仪器的标准温度值和智能控制器显示屏显示的温度值;
 - d) 按照附录A的A.1计算温度传感器的测量误差, 应符合5.1.1 b) 的要求。

6.2.2 压力传感器/变送器

- 6.2.2.1 查看制造商提供的设计文件, 确认结果应符合5.1.2 a) 、5.1.2 b)、5.1.2 c) 和5.1.2 e) 的要求。
- 6.2.2.2 采用压力传感器时, 还应按如下方法检查其测量误差:
 - a) 将压力传感器接入标准压力仪器上;

b) 设置三个温度点，-20℃、0℃、65℃，分别在不同温度下检测压力满量程的0%、50%、100%三个压力点，实际设定压力值误差不超过检定规定值的±5%；

c) 分别记录各温度点下每个压力点的压力标准仪器上的标准压力值和智能控制器显示屏显示的压力值；

d) 按附录A的A.2计算测量压力传感器测量的最大允许引用误差，应符合5.1.2 d)的要求。

6.2.3 差压传感器/变送器

6.2.3.1 查看制造商提供的设计文件，确认结果应符合5.1.3 a)、5.1.3 b)、5.1.3 c)和5.1.3 f)的要求。

6.2.3.2 采用差压传感器时，还应按如下方法检查其测量误差：

a) 将差压传感器接入标准压力仪器上；

b) 设置三个温度点，-20℃、0℃、65℃，分别在不同温度下检测差压满量程的0%、50%、100%三个压力点，实际设定差压值误差不超过检定规定值的±5%；

c) 分别记录各温度点下每个差压点的压力标准仪器上的标准压力值和智能控制器显示屏显示的差压值；

d) 按附录A.3计算测量差压传感器测量的最大允许引用误差，应符合5.1.3 d)的要求。

6.2.3.3 采用差压报警仪时，还应按如下方法检查其测量误差：

a) 将差压报警仪接入标准压力仪器上；

b) 在-20℃、0℃、65℃下，分别缓慢升高差压值，直至智能控制器显示屏显示差压报警；

c) 计算差压报警时标准压力仪器上的读数与差压报警仪设定值的偏差，不应大于±5%，且应符合5.1.3 e)的要求。

6.2.4 调压器阀位传感器测量误差

6.2.4.1 查看制造商提供的设计文件，确认结果应符合5.1.4 a)、5.1.4 b)、5.1.4 c)和5.1.4 d)的要求。

6.2.4.2 应按如下方法检查调压器阀位传感器的测量误差：

a) 将位移传感器接口与标准位移输出接口连接；

b) 设定满量程的0%、25%、50%、75%、100%位移点，设定的行程量应不超过检定规定值的±5%；

c) 记录每个位移点下标准仪器显示的标准行程距离，换算成满量程的百分比，并且记录智能控制器显示屏显示的行程百分比；

d) 按附录A的A.3计算测量位移传感器测量的最大允许引用误差，应符合5.1.4 e)的要求。

6.2.5 流量计

查看制造商提供的设计文件，确认结果应符合5.1.5的要求。

6.2.6 可燃气体探测器/传感器

6.2.6.1 查看制造商提供的设计文件，确认结果应符合5.1.6 a)、5.1.6 b)和5.1.6 c)的要求。

6.2.6.2 采用可燃气体传感器时，还应按如下方法检查其测量误差：

a) 按厂家规定对试样进行校正。将试样连接到智能控制器后开始测试，将浓度分别为20%LEL、40%LEL、60%LEL的试验气体通入试样。试验期间，每个浓度的试验气体至少应保持60s，记录试样的浓度显示值，应符合5.1.6 d)要求；

b) 采用直流电源分析仪给试样供电, 持续测试6h, 通过直流电源分析读出试样平均工作电流, 应符合5.1.6 d)要求;

c) 将试样接入智能控制器并接通电源, 手动触发试样开始检测, 预热完成后, 实用标定罩对装置充气, 流量设定为0.5L/min; 持续通入60%LEL的可燃气体, 记录显示值达到真实值90%的时间, 应符合5.1.6 d)要求。

6.2.7 行程开关

6.2.7.1 查看制造商提供的设计文件, 确认结果应符合5.1.7 b)和5.1.7 c)的要求。

6.2.7.2 分别开关安装行程开关的阀门、切断阀、快开盲板或门禁, 检查智能控制器显示屏显示的开关状态, 应符合5.1.7 a)的要求。

6.2.8 自动放散监测仪表

查看制造商提供的设计文件, 确认结果应符合5.1.8的要求。

6.3 执行机构

6.3.1 电动执行机构

6.3.1.1 查看制造商提供的设计文件, 确认结果应符合5.2.1的要求。

6.3.1.2 由监控平台或智能控制器分别向安装电动执行机构的阀门下发开关阀指令, 电动执行机构应动作, 并应符合5.2.1的要求。

6.3.2 气动执行机构

6.3.2.1 查看制造商提供的设计文件, 确认结果应符合5.2.2的要求。

6.3.2.2 由监控平台或智能控制器分别向安装气动执行机构的阀门下发开关阀指令, 气动执行机构应动作, 并应符合5.2.2的要求。

6.3.3 电磁阀

6.3.3.1 查看制造商提供的设计文件, 确认结果应符合5.2.3 b)的要求。

6.3.3.2 由监控平台或智能控制器下发远程切断指令, 电磁阀应动作, 并应符合5.2.3 a)的要求。

6.4 智能控制器

6.4.1 结构与材料

6.4.1.1 检查智能控制器的进线、出线位置, 对主控板和液晶屏的牢固性等进行验证, 对透窗的焊接质量进行测试, 均应符合5.3.1.1的要求。

6.4.1.2 核验每批次智能控制器主体材料的材质报告, 应符合5.3.1.2的要求。

6.4.2 外观

用目测法对智能控制器的外壳、铭牌、接线柱及文字、数字、符号和标志等进行检查, 核验每批次智能控制器主体材料的材质报告, 对上盖与底座的连接可靠性进行验证, 并对透窗的焊接质量进行测试, 对航空插座的牢固性进行测试, 应符合5.3.2的要求。

6.4.3 智能控制器功能

6.4.3.1 参数设定功能

根据操作指引，参数设定功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 通过智能控制器按键设定通信、报警阈值等参数，监控平台的相应设置参数应同步变化更改；
- b) 通过智能控制器RS485串口设定通信、报警阈值等参数，监控平台的相应设置参数应同步变化更改；
- c) 通过监控平台设置通信、报警阈值等参数，控制器相应参数显示页面数值与监控平台的相应设置参数应同步变化更改；
- d) 试验结果应符合5.3.3.1的要求。

6.4.3.2 显示功能

根据操作指引，通过智能控制器上的按键对控制器进行操作，在液晶显示器相应的页面中应显示检测到压力、温度、流量、阀位、电池电压（电量）、网络通信信号、开关量状态和报警/故障等参数，并应符合5.3.3.2的要求。

6.4.3.3 监测预警功能

监测预警功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 向智能控制器分别输入工艺参数、设备运行状态和周界环境等传感信号的正常值，上传数据至监控平台后，监控平台显示值、智能控制器显示值均应与输入值一致；向智能控制器分别输入大于等于上述传感信号上限值或者小于等于上述传感信号下限值时，智能控制器应能主动上报监控平台或管理人员；
- b) 向智能控制器分别输入关键阀门阀位、切断阀阀位、过滤器差压、燃气泄漏或门禁等设备运行的报警状态，智能控制器应能针对不同的异常情况，通过报警码进行显示报警量并向监控平台或管理人员移动端发送报警信息；
- c) 降低智能控制器的电池电压使其低于设定值，智能控制器应能主动向监控平台或管理人员发送电池欠压报警信息。对连接外接供电的智能调压箱，当外电切断后，智能控制器应能自动切换至内电供电模式，并主动向监控平台或管理人员发送掉电报警信息；当外电恢复后，应能自动切换至外电供电模式；
- d) 按照制造商提供的技术文件，利用移动终端向智能控制器发送智能调压箱运行状态的短信，智能控制器应能正确接收短信，并向该移动终端反馈当前智能调压箱的运行状态信息；
- e) 试验结果应符合5.3.3.3的要求。

6.4.3.4 智能控制功能

6.4.3.4.1 远程开关和切断功能

远程开关和切断功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 通过监控平台，对智能调压箱内各执行机构分别发出开阀或关阀的指令，智能控制器应能正常接收、下达，并反馈开阀或关阀到位的信息；对于有2个计量支路且每个支路均安装了执行机构的智能调压箱，通过监控平台对智能调压箱输入超出当前工作计量路额定流量的试验数据，智能控制器应能自动识别并开启第二支路；反之，则相反；
- b) 安全切断阀安装远程切断功能的执行机构时，通过监控平台对向智能控制器下达远程切断指令，安全切断阀应能正常切断；撤销远程切断指令，安全切断阀应仍处于切断状态，但现场能正常人工开启安全切断阀；

c) 试验结果应符合5.3.3.4.1的要求。

6.4.3.4.2 流量智能限制功能

流量智能限制功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 通过监控平台对智能控制器下发限流指令与限流值；
- b) 增大智能调压箱的用气量，使其大于限流值；
- c) 智能控制器响应限流指令，限流后出口压力应小于设定压力；
- d) 撤销限流指令，出口压力应缓慢恢复至设定压力，流量应恢复至限流前的用气量；
- e) 测试过程流量限定值偏差应不超出±1.5%，并应符合5.3.3.4.2的要求。

6.4.3.4.3 设定压力智能调整功能

设定压力智能调整功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 通过监控平台对智能控制器下发一天内6个不同时段（时间间隔不小于15min）的出口设定压力值，智能调压箱应根据目标值自动进行升压或降压控制；
- b) 通过监控平台对智能控制器下发设定压力调整指令与调整目标值，智能调压箱应根据调整目标值自动进行升压或降压控制；
- c) 调整结束后，智能调压箱出口压力与调整目标值的偏差应不超出±1.5%出口压力设定值，并应符合5.3.3.4.3 a)、5.3.3.4.3 b)、5.3.3.4.3 c)和5.3.3.4.3 d)的要求；
- d) 按GB27791-2020《城镇燃气调压箱》7.6的试验方法分别检查调整前、后智能调压箱的出口压力设定误差，试验结果应符合5.3.3.4.3 e)的要求。

6.4.3.5 智慧诊断功能

6.4.3.5.1 健康诊断功能

根据操作指引，智能调压箱健康诊断功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 分别改变调压器、过滤器、流量计、传感器、智能控制器等核心部件的固有或原始属性，智能调压箱初始健康值应作相应变化，并符合5.3.3.5.1 a)的要求；
- b) 改变智能调压箱的运行时间3次，智能调压箱的静态健康值应作相应变化，并符合5.3.3.5.1 b)的要求；
- c) 改变压力、流量和阀位等运行曲线，智能调压箱的动态健康值应作相应变化，并符合5.3.3.5.1 c)的要求。

6.4.3.5.2 故障诊断功能

根据操作指引，智能调压箱故障诊断功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 将压力、流量和阀位等运行曲线变更为3次不同的潜在故障曲线，智能调压箱应能对潜在故障准确判断及报警，并符合5.3.3.5.2 a)的要求；
- b) 人为设置3次不同的工艺装置故障，智能调压箱应能对故障准确判断及定位，并符合5.3.3.5.2 b)的要求。

6.4.3.6 间接流量计算功能

间接流量计算功能的试验方法应符合下列要求：

- a) 将智能调压箱与1台不确定度不低于±1%的流量计标准表串联；

b) 使智能调压箱和流量计标准表同时通过智能调压箱额定流量的5%、10%、20%、70%、100%、70%、20%、10%、5%、0%、5%等测量点，各测量点稳定2min后分别读取智能调压箱的间接流量和标准表的读数；

c) 计算智能调压箱间接流量的不确定度，应符合5.3.3.6的要求。

6.4.3.7 数据存储功能

数据存储功能的试验方法应符合下列要求：

a) 调整智能控制器存储数据时间间隔，使其满足测试周期内能储存正常工作时3个月的数据容量；

b) 人为干预智能控制器的数据发送，应不影响正常采集功能，大于6.3.3.7 a) 所述测试周期后恢复通信；

c) 智能控制器应在受到干预时实现数据存储，并能在通信恢复后将存储的数据进行补传；

d) 补传的数据量应不少于相当于正常工作3个月的数据量，并应符合5.3.3.7的要求。

6.4.3.8 校时功能

调整监控平台的系统时间，触发智能控制器的手工上报，查看智能控制器的系统时间，应符合5.4.3.8的要求。

6.4.3.9 远程固件升级功能

触发监控平台固件升级按钮，智能控制器应能在通信后能自动实现固件升级，升级过程应不影响智能控制器其它功能的实现，升级后按6.4.3.1、6.4.3.2、6.4.3.3、6.4.3.4、6.4.3.5、6.4.3.6、6.4.3.7和6.4.3.8分别复查智能控制器的各项功能，应符合5.3.3.9的要求。

6.4.3.10 开机自检功能

使显示、供电、传感器、存储、通信等硬件模块出现异常，然后开启智能控制器进行自检，自检结果，应符合5.3.3.10的要求。

6.4.4 性能

6.4.4.1 静态电流

使用直流电源分析仪给智能控制器供电，测试系统进入低功耗下的电流，应符合5.3.4.1的要求。

6.4.4.2 最大工作电流

使用直流电源分析仪给智能控制器供电，测试整机的工作电流，最大工作电流应符合5.3.4.2的要求。

6.4.4.3 上报成功率

手动对智能控制器进行500次上报操作，统计上报成功数，计算成功率，应符合5.3.4.3的要求。

6.4.4.4 防爆防护

防爆防护的试验方法应符合下列要求：

a) 按照GB/T 3836.2和GB/T 3836.4的试验方法进行智能控制器的防爆试验，应符合5.3.4.4 a)的要求；

b) 按照GB/T 4208的试验方法进行智能控制器防护等级试验，应符合5.3.4.4 b)的要求。

6.4.4.5 绝缘电阻

绝缘电阻的试验方法应符合下列要求：

a) 绝缘电阻用直流电压为500V的兆欧表测量；

b) 整个试验过程中应断开智能控制器电源；

c) 将所有输入和输出端子短接后，测量端子与外壳间的绝缘电阻，应符合5.3.4.5的要求。

6.4.4.6 绝缘强度

绝缘强度的试验方法应符合下列要求：

a) 绝缘强度用耐电压试验仪测量；

b) 整个试验过程中应断开智能控制器电源；

c) 在智能控制器各端子之间及与外壳之间施加50Hz、500V的试验电压，试验电压应从零开始增加，在5s~10s内平滑均匀升至试验电压500V（误差不大于10%），保持1 min后，平滑地降低电压至零，切断试验电源；

d) 试验结果应符合5.3.4.6的要求。

6.4.4.7 电磁兼容性

6.4.4.7.1 按GB/T 17626.4规定的试验方法进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（脉冲上升时间5ns、持续时间50ns，瞬变结束30s后重新启动），试验结束后智能控制器应能自动恢复正常（试验过程中允许出现程序紊乱和功能故障），并应符合5.3.4.7.1 a)的要求。

6.4.4.7.2 按GB/T 17626.2规定的试验方法进行静电放电抗扰度试验10次（每次间隔时间10s），试验结束后智能控制器应能自动恢复正常（试验过程中允许出现程序紊乱和功能故障），并应符合5.3.4.7.1 b)的要求。

6.4.4.7.3 按GB/T 17626.8规定的试验方法进行工频磁场抗扰度试验，试验结束后智能控制器应能自动恢复正常（试验过程中允许出现程序紊乱和功能故障），并应符合5.3.4.7.1 c)的要求。

6.4.4.7.4 按GB/T 17626.5规定的试验方法进行浪涌抗扰度试验，试验结束后智能控制器应能自动恢复正常（试验过程中允许出现程序紊乱和功能故障），并应符合5.3.4.7.1 d)的要求。

6.4.4.7.5 外电源供电的智能控制器，在其外电接线座上反向施加直流电压，保持1min，试验结束后应能自动恢复正常（试验过程中允许出现程序紊乱和功能故障）；在可充电电池供电状态下，重复外电中断试验10次（每次间隔时间不宜小于10s），试验过程中智能控制器不应出现程序紊乱和功能缺陷等故障；并应符合5.3.4.7.2的要求。

6.4.4.7.6 按照6.4.3.2的试验方法，复查智能控制器的显示功能，应符合5.3.4.7.3的要求。

6.4.4.7.7 按照6.2的试验方法，复测各传感器的测量误差，应符合5.3.4.7.3的要求。

6.4.4.7.8 分别按照6.4.3.3和6.4.3.4的试验方法，复查智能控制器的监测预警功能和智能控制功能，应符合5.3.4.7.3的要求。

6.4.4.8 耐环境性能

6.4.4.8.1 参考GB/T 2423.1-2008中“试验Ad”的试验方法，按低温-20℃的条件下保持2 h、在环境温度下放置2 h的试验温度和试验顺序进行智能控制器的静态低温试验。试验过程中，升温和降温的温度变化率不超过1℃/min，并应避免空气凝结为水。

6.4.4.8.2 参考GB/T 2423.2-2008中“试验Bd”的试验方法，按高温+65℃的条件下保持2 h、在环境温度下放置2 h的试验温度和试验顺序进行智能控制器的静态高温试验。试验过程中，升温和降温的温度变化率不超过1℃/min，并应避免空气凝结为水。

6.4.4.8.3 按20℃、40℃、20℃、65℃、20℃、0℃、-10℃、-20℃、20℃的试验温度和试验顺序进行智能控制器的交变湿热试验，试验时间为两个24 h周期，每个周期均应按GB/T 2423.4-2008中“试验Db”的规定程序进行。试验过程中，试验温度应逐渐变化，每一温度允许误差±2℃；在每一温度上应保持足够长时间（不少于2 h）；在温度下限时保持95%以上的相对湿度，在温度上限时保持93%以上的相对湿度。

6.4.4.8.4 按照6.4.2的试验方法，复查智能控制器的外观，应符合5.3.4.8的要求。

6.4.4.8.5 按照6.2的试验方法，复测各传感器的测量误差，应符合5.3.4.8的要求。

6.4.4.8.6 按照6.4.3.3和6.4.3.4的试验方法，分别复测智能控制器的监测预警功能和智能控制功能，应符合5.3.4.8的要求。

6.4.4.9 盐雾试验

6.4.4.9.1 按照GB/T 10125-2012中“5.2 中性盐雾试验”的要求进行盐雾试验，试验过程如下：

a) 试样应小心清洗并清除一切尘埃、油或影响试验结果的其他外来物质。采用清洁的软刷或超声清洗装置，用适当有机溶剂（沸点在60℃~120℃之间的碳氢化合物）彻底清洗试样。清洗后用水清洗试样，然后干燥；

b) 清洗后的试样吹干称重，精确到±1mg，用可剥塑料薄膜保护试样的显示屏；

c) 试样放置在箱内，用惰性材料（如塑料）制成或涂覆试样架，试样的下边缘应与盐雾收集器的上部处于同一水平，试验48h；

d) 试验结束后取出试样，除掉试样的保护膜，按ISO 8407 规定的物理及化学方法去除腐蚀产物，在23℃下于20%（质量分数）分析纯级别的柠檬酸二铵水溶液中浸泡10min。浸泡后，在室温下用水清洗试样，再用乙醇清洗，干燥后称重；

e) 试样称重精确到±1mg，通过计算试样暴露面积，得出单位面积质量损失；

f) 试样的质量损失应在 $70\text{g}/\text{m}^2 \pm 20\text{g}/\text{m}^2$ 范围内。

6.4.4.9.2 按照6.4.2的试验方法，复查智能控制器的外观，应符合5.3.4.9的要求。

6.4.4.9.3 按照6.2的试验方法，复测各传感器的测量误差，应符合5.3.4.9的要求。

6.4.4.9.4 按照6.4.3.3和6.4.3.4的试验方法，分别复测智能控制器的监测预警功能和智能控制功能，应符合5.3.4.9的要求。

6.4.4.10 抗震性

6.4.4.10.1 按照JJG 1003-2016中“A.10”的要求进行随机振动试验，试验过程如下：

a) 随机振动条件：

— 试验频率范围：（10 Hz~150）Hz；

— 驱动振幅加速度： $1.6\text{m}/\text{s}^2$ ；

— 振动时间：2min；

— 坐标轴数：3。

b) 在给定的频率范围内，在一个扫描循环上完成。实验过程中记录危险频率，包括机械共振频率和工作条件下导致故障及影响性能的频率。

6.4.4.10.2 按照GB/T 2423.10-2008“试验FC”规定的方法进行正弦波振动，试验条件如下：

a) 试验频率范围：（10~150）Hz；

b) 驱动振幅加速度： $2\text{m}/\text{s}^2$ ；

- c) 倍频：1个/min；
 - d) 坐标轴数：3。
- 6.4.4.10.3 运输包装件跌落的试验方法如下：
- a) 将运输包装件处于准备运输状态，按GB/T 4857.2-2005的表1中条件6规定进行预处理4 h；
 - b) 将运输包装件按GB 4856.3.4-1992中第3.5.2 a) 的要求，使其一底倾斜25 mm高度，而后使其自由跌落到刚性面上；
 - c) 任选四面，每面跌落一次；
 - d) 试验后检查包装件的损坏情况。
- 6.4.4.10.4 按照6.4.2的试验方法，复查智能控制器的外观，应符合5.3.4.10的要求。
- 6.4.4.10.5 按照6.2的试验方法，复测各传感器的测量误差，应符合5.3.4.10的要求。
- 6.4.4.10.6 按照6.4.3.3和6.4.3.4的试验方法，分别复测智能控制器的监测预警功能和智能控制功能，应符合5.3.4.10的要求。

6.4.4.11 耐久性

- 6.4.4.11.1 耐久性的试验参数见表5。

表5 耐久性试验参数

参数名	参数值
循环定义	先在环境温度等级的上限温度条件下持续7 d,然后在环境温度等级的下限温度条件下持续7 d
循环次数	2
总持续时间	28 d

- 6.4.4.11.2 耐久性的试验方法如下：
- a) 在耐久性试验前，先按6.2的试验方法测量各传感器的测量误差；
 - b) 试验期间智能控制器应处于工作状态，环境温度从上限到下限的变化速率为10K/h；
 - c) 耐久性试验期间应至少每天一次检查智能控制器工作是否正常；
 - d) 耐久性试验结束24h后，按6.2的试验方法复测各传感器的测量误差；
 - e) 计算耐久性试验前后的误差偏差，取绝对值，应符合5.3.4.11的要求。

6.4.5 供电

- 6.4.5.1 智能控制器使用一次性锂电池供电时，供电的试验方法如下：
- a) 将上传周期由1d/次更改为5min/次，计算此种模式下一次性锂电池供电当量时间；
 - b) 在未到智能控制器上传周期前，拆除内部电池，5分钟后装回，智能控制器应能显示当前电池电量；
 - c) 保持一次性锂电池供电当量时间周期，智能控制器应能正常工作；
 - d) 检查监控平台的运行曲线及数据，除拆除电池时段的数据缺失外，其余时段的运行曲线及数据均应正常，并符合5.3.5.1的要求。

- 6.4.5.2 智能控制器使用外电源供电时，供电的试验方法如下：

- a) 停止向智能控制器提供外电源供电，智能控制器应自动切换为内部电池供电，智能控制器宜自动切换至低频工作模式，智能控制器主页面应显示内部电池的相应图标；
- b) 保持内部电池供电72h，智能控制器应能正常工作；
- c) 在未到智能控制器上传周期前，拆除内部电池，5min后装回；
- d) 恢复向智能控制器提供外电源供电，内部电池应能自动退出工作状态，智能控制器应自动开启之前关闭的功能，智能控制器主页面应显示外电源供电的相应图标；
- e) 智能控制器上传结束后，检查监控平台的运行曲线及数据，除拆除电池时段的数据缺失外，其余时段的运行曲线及数据均应正常，并应符合5.3.5.2的要求。

6.5 通信

6.5.1 通信链路接口

6.5.1.1 智能调压箱使用有线通信方式时，试验方法如下：

- a) 准备不少于2台智能调压箱，通过有线方式接入监控平台（例如，通过RS485或以太网总线接入集中器，再通过集中器接入监控平台服务器），智能调压箱与监控平台之间信息交互应正常，应符合 5.4.1.1 a) 的要求。
- b) 确认检查智能调压箱是否具有扩展接口，结果应符合5.4.1.1 b) 的要求。
- c) 确认检查智能调压箱是否可通过有线接口和智能设备（如流量计等）连接，是否能正确读取智能设备的各类数据，结果应符合5.4.1.1 c) 的要求。

6.5.1.2 智能调压箱使用无线通信方式时，试验方法如下：

- a) 准备不少于2台智能调压箱，使之通过无线通信方式（如蓝牙、ZigBee、GPRS、NB-IoT、LTE、NR等方式）接入监控平台，智能调压箱与监控平台之间信息交互应正常，结果应符合5.4.1.2 a) 的要求。
- b) 智能调压箱宜具有扩展接口，可以接入蓝牙、ZigBee、GPRS、NB-IOT、4G、5G模组，应符合5.4.1.2 b) 的要求。
- c) 智能调压箱可以通过无线通信方式和智能设备（如流量计等）连接，应能正确读取智能设备的各类数据，应符合5.4.1.2 c) 的要求。

6.5.2 通信功能

6.5.2.1 通信规约的试验方法如下：

- a) 准备1台智能调压箱，并在监控平台注册该设备信息；
- b) 触发智能调压箱的手工上报，查看监控平台的注册报文和上报报文内容，应符合5.4.2.1 b) 和5.4.2.1 c) 的要求；
- c) 在监控平台设置智能调压箱的采样周期、各类报警阈值并下发配置命令，触发智能调压箱的手工上报，查看设备端的配置信息，验证下发的配置报文内容，应符合5.4.2.1 d) 的要求；
- d) 在监控平台下发智能调压箱的采样周期、供电类型、电池电量、异常数据的查询命令，触发智能调压箱的手工上报，查看监控平台的查询内容，应符合5.4.2.1 e) 的要求；
- e) 在监控平台设置调压箱出口压力或流量，并下发控制命令，触发智能调压箱的手工上报，查看设备端的出口压力或流量信息，验证下发的控制报文内容，应符合5.4.2.1 f) 的要求；
- f) 调整监控平台的系统时间，触发智能调压箱的手工上报，查看设备端的系统时间，验证下发的结束报文内容，应符合5.4.2.1 g) 的要求。

6.5.2.2 智能调压箱与监控平台间的数据通信试验方法如下：

- a) 准备1台智能调压箱，并在监控平台注册该设备信息；
- b) 触发智能调压箱的手工上报，查看监控平台的压力、温度、差压、阀位或流量等采集数据上报信息，应符合5.4.2.2 a) 和5.4.2.2 b)的要求；
- c) 触发各类设备异常，实现异常上报，查看监控平台的上报报文内容，报警数据应符合5.4.2.2 c)和5.4.2.2 d)的要求；
- d) 在监控平台设置智能调压箱出口压力或流量，并下发命令，触发智能调压箱的手工上报，查看设备端的出口压力或流量信息，应符合5.4.2.2 e)的要求；
- e) 将智能调压箱接上调试线，人为制造通信失败，在调试工具中查看设备定时上报及失败重传次数的调试信息；恢复通信链路，触发手工上报，查看智能调压箱的本地存储数据、监控平台上报报文；重传和补传数据应符合5.4.2.2 f)的要求；
- f) 调整监控平台的系统时间，触发智能调压箱的手工上报，查看设备端的系统时间，自动校时应符合5.4.2.2 g)的要求。

6.5.2.3 按照智能调压箱制造商提供的方法或工具，对智能调压箱开启本地通信并进行参数配置、固件升级，结果应符合5.4.2.3的要求。

6.5.3 通信响应

通信响应的试验方法如下：

- a) 按照智能调压箱制造商提供的近端通信方法或工具，读取智能调压箱参数配置信息，近端通信延时应符合5.4.3 a) 的要求；
- b) 触发智能调压箱的手工上报，查看监控平台的上报信息，远端通信延时应符合5.4.3 b)的要求。

6.5.4 通信频次

通信频次的试验方法如下：

- a) 准备1台智能调压箱，在监控平台注册该设备；
- b) 切换至内电源供电方式，放置48h后在监控平台上查看上报报文，上报频次应符合5.4.4 a) 中上报频次要求；触发泄漏报警或门禁报警等异常报警，在监控平台查看上报报文，上报频次应符合5.4.4 a) 中异常上报频次要求；
- c) 切换至外电源供电方式，放置1h后在监控平台上查看上报报文，上报频次应符合5.4.4 b) 中上报频次要求；触发泄漏报警或门禁报警等异常报警，在监控平台查看上报报文，上报频次应符合5.4.4 b)中异常上报频次要求。

6.5.5 信息安全

6.5.5.1 按照制造商提供的设计文件及接口文档，查看数据库关系数据表，查看密码是否加密、备份文件是否加密，应符合5.4.5.1的要求。

6.5.5.2 根据制造商提供的通信报文数据校验、加解密和数据认证签名算法，在通信过程中，监控平台填充错误的数据下发内容，查看智能调压箱是否拒绝响应；同时根据通信报文的数据校验、加解密和数据认证签名算法，填充正确的数据下发内容，查看智能调压箱是否进行正确响应，并查看通信日志是否记录完整，结果应符合5.4.5.2的要求。

6.5.5.3 根据制造商提供的用户手册，验证智能调压箱对监控平台的访问控制，结果应符合5.4.5.3的要求。

6.5.5.4 根据制造商提供的用户手册，验证智能调压箱的失效保护措施，结果应符合5.4.5.4的要求。

6.5.5.5 按照制造商提供的用户手册及接口文档，调用使用工具，验证获取数据是否经过认证、是否暴露IP地址等，结果应符合5.4.5.5的要求。

6.5.5.6 根据制造商提供的用户手册，验证智能调压箱的数据可用性，结果应符合5.4.5.6的要求。

6.6 外观和外形尺寸、标志

6.6.1 外观和外形尺寸

用直尺、卷尺等工具对智能调压箱外形尺寸进行检查，采用目测对智能调压箱、智能控制器进行外观质量检查，采用目测及焊缝检验尺等对焊缝表面形状尺寸及外观检查，应符合5.5.1的要求。

6.6.2 标志

用目视法检查智能调压箱的铭牌及其它标识，应符合5.5.2的要求。

附录 A

(规范性附录)

测量误差的计算

A.1 温度传感器测量误差的计算

温度测量误差的计算方法如下：

a) 在每个温度检定点，其温度测量误差按公式（A.1）计算：

$$E_{tj} = \frac{T_j - T_{sj}}{T_n} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

b) 温度传感器测量误差按公式（A.2）计算：

$$E_t = \pm(|E_{tj}|)_{\max} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中： T_{sj} ---第 j 温度检定点的输入值（℃）；

T_j ---第 j 温度检定点的智能控制器温度显示值（℃）；

T_n ---温度传感器的测量范围（℃）；

E_{tj} ---第 j 温度检定点的智能控制器温度测量误差（℃）；

E_t ---智能控制器的温度传感器测量误差 (°C)。

A.2 压力传感器测量误差的计算

压力测量误差的计算方法如下：

a) 在每个压力检定点，其压力测量误差按公式 (A.3) 计算：

$$E_{pj} = \frac{P_j - P_{sj}}{P_n} \times 100\% \dots\dots\dots (A.3)$$

b) 压力传感器测量误差按公式 (A.4) 计算：

$$E_p = \pm(|E_{pj}|)_{\max} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

P_{sj} ---第 j 压力检定点的输入值 (kPa) ；

P_j ---第 j 压力检定点的智能控制器压力显示值 (kPa) ；

P_n ---压力的测量范围 (kPa) ；

E_{pj} ---第 j 压力检定点的智能控制器压力测量误差 (%)；

E_p ---智能控制器的压力传感器测量误差 (%)。

A.3 位移传感器测量误差的计算

位移测量误差的计算方法如下：

a) 在每个位移检定点，其位移量测量误差按公式 (A.5) 计算：

$$E_{plj} = \frac{PI_j - PI_{sj}}{PI_n} \times 100\% \dots\dots\dots (A.5)$$

b) 位移传感器测量误差按公式 (A.6) 计算：

$$E_{pl} = \pm(|E_{plj}|)_{\max} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

PI_{sj} ---第 j 位移检定点的输入值；

PI_j ---第 j 压力检定点的智能控制器位移显示值；

PI_n ---位移传感器的测量范围；

$E_{\rho lj}$ ---第 j 压力检定点的智能控制器位移测量误差 (%)；

$E_{\rho l}$ ---智能控制器的位移传感器测量误差 (%)。
