

团体标准

T/CI XXX-2024

船舶压载水管理系统使用效能评判

Code for Design of Inactivated biological efficiency of operational
efficiency of ship ballast water management system

（征求意见稿）

2024-X-X 发布

2024-X-X 实施

中国国际科技促进会 发布

中国国际科技促进会(CIAPST)是1988年经中华人民共和国国务院科技领导小组批准而成立的全国性社会团体。制定团体标准、开展标准国际化和推动团体标准实施,是中国国际科技促进会的工作内容之一。任何团体和个人,均可提出制、修订中国国际科技促进会团体标准的建议并参与有关工作。

中国国际科技促进会标准按《中国国际科技促进会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国国际科技促进会征求意见稿经向社会公开征求意见,并得到参加审定会议的80%以上的专家、成员的投票赞同,方可作为中国国际科技促进会标准予以发布。

在本标准实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄给中国国际科技促进会标准化工作委员会,以便修订时参考。

任何团体和个人,均可对本标准征求意见稿提出意见和建议,牵头起草单位联系方式:
ecsi_chen@163.com

中国国际科技促进会

地址:北京市海淀区中关村东路89号恒兴大厦13F

邮政编码:100190

电话:010-62652520 传真:010-62652520

网址: <http://www.ciapst.org>

目 次

前 言	III
引 言	IV
船舶压载水管理系统使用效能评判	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	4
5 船舶压载水管理系统使用效能评判基本规定	4
6 船舶压载水管理系统使用效能评判	8
7 与有关法律法规和强制性标准的关系	37
8 重大意见分歧的处理依据和结果	37
9 后续贯彻措施	37

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

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

本文件由江苏科技大学提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：江苏科技大学、江苏现代造船技术有限公司、无锡蓝天电子股份有限公司、汉盛（上海）海洋装备技术股份有限公司、南京海关动植物与食品检测中心、交通运输部环境保护中心、江阴海关综合技术服务中心、CCS 青岛中心。

本文件主要起草人：刘炜、高霆、陈宁、王军、陈冠宇、陈代芬、田雯、李涛、徐金祥、韩阳春、封振、王林兴、王卓远、顾国彪、曹晓琨。

本文件为首次发布。

引 言

参照 MPEC A. 868 (20) 号决议通过的《如何控制和管理船舶压载水以减少有害生物和病原体迁移的指南》和 2004 年的 IMO 会议上正式颁布的《国际船舶压载水及沉积物管理与控制公约》，MEPC 在其第七十三届会议上批准的《压载水管理系统的调试测试指南》和 2020 年 11 月 20 日核准的《压载水管理系统试运行测试指南》等相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

本文件共分《船舶压载水管理系统设计及灭活效能检测与评判规范》《船舶压载水管理系统灭活生物效能设计》《船舶压载水管理系统生物性能测试检测》《船舶压载水管理系统使用效能评判》四个分册，主要起草人：陈宁、高霆、王军、刘炜、邓祥元、陈冠宇、田雯、杨鹏、陈代芬、徐金祥、李涛、封振、韩阳春、王宇、田立群、王林兴、王卓远、顾国彪、曹晓琨。

船舶压载水管理系统使用效能评判

1 范围

本文件规定了船舶压载水管理系统使用效能评判的相关术语和符号、基本规定、船舶压载水管理系统过滤器过滤效能评判及滤网强制更换原则、船舶压载水管理系统杀菌器传感器定期检测标定原则、压载水管理系统药剂制备与定量输送设备计量准确度检测与强制更换原则；结合现有规范和标准对供应商提供的压载水防海生物处理装置系统的关键部件进行效能检测，对性能衰减的关键部件提出强制更换要求。

本文件适用于各级检查部门对船舶压载水系统是否有效进行的检查工作。

2 规范性引用文件

美国国家卫生基金会认证 EPA/600/R-10/146 《压载水处理技术验证通用协议》

GB/T 6682-2008 《分析实验室用水规格和试验方法》

GB/T 26114-2010 《液体过滤用过滤器 通用技术规范》

GB/T 25132-2010 《液压过滤器 压差装置试验方法》

GB/T 30176-2013 《液体过滤用过滤器 性能测试方法》

GB/T 22133-2008 《流体流量测量 流量计性能表述方法》

GB 30439.2-2013 《工业自动化产品安全要求 第2部分：压力/差压变送器的安全要求》

GB/T 28474.2-2012 《工业过程测量和控制系统用压力/差压变送器 第2部分：性能评定方法》

GB/T 19258.1-2022 《杀菌用紫外辐射源 第1部分：低气压汞蒸气放电灯》

GB 28235-2020 《紫外线消毒器卫生要求》

GB/T 14424-2008 《工业循环冷却水中余氯的测定》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

船舶压载水 Ballast water

为保持船舶具有一定吃水深度或调整船体平衡，以便保证船舶航行安全平稳，而需泵入舱内、在装货时再自舱内排出的水体。

3.2

压载水管理系统 Ballast water management system

用于清除、杀死压载水中的生物或(在排放前)使其失去活性的预制、商用处理系统。供应商压载水处理产品的整体将用于实现供应商对处理效果或运行性能的主张，并以集成的方式包括所有组件。

3.3

处理水 Treated Ballast Water

压载水系统处理后排出的水。

3.4

过滤器滤饼过滤 Filter cake

含大量不溶性固体的悬浮液过滤（含量大于1%）。

3.5

流量传感器 Flow sensor

是一种用于检测液体、气体等介质的流量参数并将其转换为其他形式的信号进行输出的一种检测用仪器仪表。

3.6

压差变送器 Differential pressure transmitter

一种用于测量流体或气体压差的仪器。它将流体或气体进入的压力和流出的压力之间的差异转换为电信号输出，通常是电流信号（如4-20mA）或电压信号（如0-10V）。

3.7

符号

E_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计的相对示值误差

K_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计的流量系数

N_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计所输出的脉冲数

E_r ——流量计的重复性

$[(E_r)_i]_{max}$ ——取各校准点重复性的最大值

Δt —传感器的基本误差, °C

t_p —传感器示值（或输出值）的平均值, °C

t_x —标准水银温度计（或同等级温度标准器）的示值, °C

t_r —传感器的重复性, °C

$t_{\max}$ —3 次测量示值的最大值, °C

$t_{\min}$ —3 次测量示值的最小值, °C

f —开关频率;

t_a —输出信号的高电平时间

t_b —输出信号的低电平时间

$\Delta\lambda_p$ —紫外分析仪光源峰值波长示值误差, nm;

λ_0 —紫外分析仪光源峰值波长标称值, nm;

$\overline{\lambda_p}$ —紫外分析仪光源峰值波长 3 次测量结果的平均值, nm。

E_i —第 i 次测量的紫外辐射照度值, $i=1, 2, 3$; $\mu W/cm^2$;

$\overline{E}$ —3 次测量的紫外辐射照度平均值, $\mu W/cm^2$

C_i —第 i 次测量值, mg/L;

$\overline{C}$ —平均测量值, mg/L;

S_r —重复测量的相对标准偏差, %;

N —测量次数。

ΔS_j —第 j 个盐度检定点的盐度示值误差;

$\overline{S_j}$ —第 j 个盐度检定点盐度示值的算术平均值;

$S_{j,s}$ —第 j 个盐度检定点的标准盐度值。

σ_j —第 j 个盐度检定点的盐度测量重复度;

$S_{j,i}$ —第 j 个盐度检定点的第 i 次盐度示值;

n —第 j 个盐度检定点的测量次数;

$\overline{S_j}$ —第 j 个盐度检定点盐度示值的算术平均值。

Q_c —在流量标定曲线上对应于相对行程的流量值, 单位为升/小时 (L/h);

S_{re} —相对行程长度;

Q_{cs} —流量标定曲线在纵坐标上的截距, 单位为升/小时 (L/h)

$\overline{Q}$ — N 个相对行程长度单个流量测量值的算术平均值, 单位为升/小时 (L/h);

$\overline{S_{re}}$ — N 个相对行程长度平均值;

K_c —流量标定曲线的斜率

S_{rei} — i 相对行程长度;

Q_i — i 相对行程长度单个流量测量值, 单位为升/小时 (L/h);

N —所测相对行程长度的个数。

4 基本要求

按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》起草。参照 MEPC A.868 (20) 号决议通过的《如何控制和管理船舶压载水以减少有害生物和病原体迁移的指南》和 2004 年的 IMO 会议上正式颁布的《国际船舶压载水及沉积物管理与控制公约》，MEPC 在其第七十三届会议上批准的《压载水管理系统的调试测试指南》和 2020 年 11 月 20 日核准的《压载水管理系统试运行测试指南》等相关法律、法规和规定，在编制过程中应着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

5 船舶压载水管理系统使用效能评判基本规定

压载水管理系统无论是紫外法、惰性气体法还是电解法或药剂法，在系统的运行中都会遇到故障现象，需要船员进行必要的维护，由于压载水管理系统周边存在着电力、高温、腐蚀、噪声、湿滑及高低等多种危险状况，因此，在压载水管理系统模块单元的周边均贴有相应的危险警示标贴。此外，按不同原理和方法开发的压载水管理系统其维护由于系统单元的不同，各不相同。因此，要分别对待，按警示标识进行人员防护、环境防护和部件更换。

压载水管理系统模块单元周边警示标贴如表 1 所示。

表 1 压载水管理系统模块单元周边警示标贴

警示标识	警示标识说明
	注意警示标识
	带电危险！
	在对设备进行操作、维护、清洗和检修前必须将所有的电源切断并标记。电源包括配电或备用电源。
	在对中压紫外杀菌装置维护时，请戴防紫外线面具！
	在没有保护的情况下，长时间紫外线辐射会灼伤眼睛和皮肤。除非您穿戴操作员工具柜中提供的防紫外线面具，否则应避免直接目视开启的灯管。
	请戴保护手套！在对设备进行维护和检修时应戴保护手套。
	请戴耳套！除惰性气体系统空压机产生噪声外，其它的压载水管理系统不产生噪声，但操作人员应当注意保护听力不受船舶中其他可能存在的噪声影响。
	请穿安全工作靴！当对系统进行维护和检修时，请穿安全靴。
	小心腐蚀！清洗液可能会造成操作人员不适，避免吸入、摄取或者溅入眼睛和皮肤上。应当穿上工作服，戴上橡胶手套。
	请戴安全帽！请根据系统设备处所的有关安全规定请穿戴适当的安全帽。
	防滑！系统底座及其它表面在有油污或水时可能湿滑。
	防止失空陷落！在系统附近工作时应小心谨慎。在将设备或零件取出或放回后应注意将联接螺栓紧固。
	小心失足！在对系统进行操作前应小心可能失足的地方。
3~	三相交流电！
~	单相交流电！
	开（电源）
○	关（电源）
	接地保护！
	维修时请参照电工手册！
	热危险，等到电气设备和灯管冷却下来才能触摸。烧伤危险，不锈钢表面或暴露在太阳光下面，除非戴上手套，否则不要去碰设备不锈钢表面。

5.1 船舶压载水管理系统过滤器过滤效能评判及滤网强制更换基本规定

过滤器总压降为滤网压降和滤饼压降之和，即 $\Delta P_{\text{总}} = \Delta P_{\text{滤网}} + \Delta P_{\text{滤饼}} = 0.047 \text{MPa}$ ，但海水过滤时可设定反冲压差值。滤网堵塞后，过滤器中压差逐渐增大，当压差达到设定值时，差压控制器发出信号开始自清洗，压差降到 < 设定值时完成自清洗。

5.2 船舶压载水管理系统杀菌器传感器定期检测标定基本规定

压载水管理系统中，由于输送的压载水流量大，因此流量传感器多选取电磁流量计来监测系统压载与卸载的流量变化。该流量计对满足 MEPC. 300 (72) 规则所要求的压载水管理系统处理水量不超过其额定处理量起到监测作用。需定期检测标定。

反冲过滤单元中压差变送器对反冲过滤器滤网两侧的压差进行实时监测，控制滤网清洗器电机的启停，对滤网进行清洗，从而改善滤网的流通性，防止滤网被杂质堵塞。需定期检测标定。

温度传感器主要是用来监测紫外和光电催化杀菌单元腔内温度，防止工作水温过高在紫外灯管石英护套上产生结垢或因压载水管路中海水的流动性差而造成的腔内高温温度过高损坏密封原件。需定期检测标定。

接近开关传感器主要是用来监测过滤器与紫外杀菌器上的清洗机构的运动限位，对过滤器它用来监测清洗吸头上下移动的上位和下位；对杀菌器，它用来监测紫外灯管石英护套刮板移动的左位与右位。需定期检测标定。

压力传感器主要是监测滤器进、出水压力，惰性气体驱氧杀菌法由分子筛分离出的氮气或由惰性气体发生器生成的惰性气体注入压载水的压力，确保压力满足设计要求。需定期检测标定。

紫外强度传感器用于检测杀菌器腔内的紫外线强度，对因紫外灯管损坏，或石英护套结垢，造成的腔内紫外杀菌剂量降低发出清洗灯管护套或停机更换紫外灯管的指令。需定期检测标定。

TRO 传感器又称为总剩余氧化物质检测仪或余氯检测仪，是判断水中有效活性成分是否充分的重要参数。该传感器主要应用于药剂法和电解法杀菌压载水系统，用于监测压载水卸载时，压载水中剩余氧化物的浓度，以帮助系统确认是否要向卸载的压载水中添加中和剂。TRO 传感器需对标准液进行定期更换。

盐度计是电解杀菌法用于判断船舶是在内陆河流还是在海洋航行的监测仪器,以便电解压载水处理系统自动判别是否需要转换到用粗盐调配电解液产生次氯酸钠的操纵模式。需定期检测标定。

5.3 船舶压载水管理系统紫外杀菌器光衰特性与灯管及附件强制更换检测基本规定

定期利用标准紫外线传感器对杀菌器在清水环境下进行紫外线辐照光强的检测,如检测不达标,手动开启紫外杀菌器石英护套清洁机构,进行清洗,如清洗后仍无法测得供应商提供的紫外光照强度参数,则需对紫外杀菌器紫外灯管进行更换,更换时,操作人员需做好防护措施,戴好防护手套和呼吸罩,在现场设置好放置紫外灯管的箱桶,防止灯管破碎水银蒸汽泄漏。

5.4 船舶压载水管理系统超声辅助杀菌器声压衰减与发生器及附件强制更换基本规定

定期用观察和兆欧表结合检查,换能器振子陶瓷材料是否碎裂;用兆欧表检查与换能器相连接的插头,要求绝缘电阻大于 5 兆欧以上。如果达不到这个绝缘电阻值,评定换能器受潮。在海上情况下,为保证换能器满负荷正常工作振动面不出现穿孔情况,换能器使用 5 年后需更换。更换超声波换能器时,需对所需胶接的超声波换能器、缸体进行喷沙处理,喷沙胶接面应尽量毛,喷沙用 30 目的金刚沙,并必须保持干燥,喷沙时压缩空气经除湿处理,压力应 $\geq 6\text{KG}$ 。喷好沙的缸体和超声波换能器需进行清洗,换能器先利用甲醇进行清洗,把表面沙子等灰尘除掉,再用丙酮漂洗;超声处理器腔壁先用水冲、再用酸洗后冲洗干净,晾干后再用甲醇和丙酮各进行一次漂洗。超声处理器腔壁和超声波换能器温度在 40°C 左右时进行胶接,胶接时分别在超声处理器腔壁和超声波换能器上均匀涂上胶水,中间放上网布,然后用力压紧,胶接速度要快,每次配置胶水后胶接时间不要超过 10 分钟。把胶好的超声处理器腔放入无尘烘箱进行固化,固化温度一次加温为 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 固化 30 分钟后,二次加温到 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 固化 30 分钟后再三次加温到 80°C 固化 2 小时后自然固化 24 小时后检测连线。对固化好的超声波换能器进行检测,每个换能器的胶接阻抗约在 $250\ \Omega$ 左右, $\leq 300\ \Omega$ 。

5.5 船舶压载水管理系统药剂制备与定量输送设备输送精度检测与强制更换基本规定

当使用药剂法处理压载水时,药剂制备按每处理 10000m^3 量的压载水,需用 100Kg 的次氯酸钠颗粒粉剂制成的药剂溶液。

当对电解法和药剂法处理的压载水卸载时,需在卸载的压载水中添加适量的中和剂——硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)。通常按 1000m^3 水中投放 $3\sim 7\text{Kg}$ 的硫代硫酸钠比例配置中和剂。

因此对计量泵是药剂法和电解法是船舶在压载或卸载过程中控制次氯酸钠溶液或中和剂溶液注入压载水内剂量的设备。需定期检测标定。

6 船舶压载水管理系统使用效能评判

6.1 船舶压载水管理系统过滤器过滤效能评判及滤网使用效能评判原则

6.1.1 过滤器总压降为滤网压降和滤饼压降之和，即 $\Delta P_{\text{总}} = \Delta P_{\text{滤网}} + \Delta P_{\text{滤饼}} = 0.047 \text{MPa}$ ，海水过滤通过滤网，当过滤器中滤网内外压差达到设计值时，差压控制器发出自清洗信号，当压差 < 设计值时完成自清洗。

6.1.2 当滤网内外压差 > 设计值，且反复冲洗内外压差仍然 > 设计值，达到压差高报警值时，表明滤网严重堵塞，需要拆解清洗或更换。如果压载水装载域水质浑浊，但滤网内外压差持续正常，说明滤网破损，需要更换。

6.1.3 当水力旋分预过滤器工作时不能维持最小工作压差，压载、卸载工况工作压降大于标准值时，表明当水力旋分预过滤器产生破损，需要更换。

6.2 船舶压载水管理系统杀菌器传感器定期检测标定原则

6.2.1 流量计

6.2.1.1 计量特性

(1) 在线示值误差

流量计在校准条件下的最大允许在线示值误差分为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 、 $\pm 1.5\%$ 、 $\pm 2.5\%$ 。

(2) 重复性

流量计重复性不得超过相应最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

6.2.1.2 校准条件

(1) 环境条件

① 大气环境条件一般应满足：0~45℃；相对湿度：≤90%；大气压力：(86~106) kPa；

② 工作介质应是充满封闭管道的单相稳定流体，且流速应不小于 0.3m/s。

③ 电源满足现场工况要求。

④ 场地满足安全操作要求。

⑤ 外界磁场应小到对流量计和标准表的影响可忽略不计。

⑥ 机械振动环境和噪声应小到对流量计和标准表的影响可忽略不计。

(2) 被校流量计安装现场条件

被校流量计安装现场条件应符合说明书要求。

(3) 标准表安装现场条件

- ①检查测试现场直管段是否能满足标准表前后直管段安装长度要求。
- ②测试管路与被校流量计间流量不存在分流。
- ③检查管材是否包含影响超声波正常传播的因素，如内衬的材料及厚度等。
- ④标准表测量的管道内径，管道材质，管道壁厚，衬里材质和厚度，以及测量介质类型，介质温度等都应该在标准表说明书规定的范围之内。

(4) 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备如表 2 所示。

表 2 测量标准及其他设备

序号	标准器名称	测量范围	技术指标	用途
1	标准表	公称直径 $\geq 300\text{mm}$ ，且覆盖被校流量计的正常工作范围	扩展不确定度/准确度等级/最大允许误差一般不超过被校流量计最大允许误差的 1/3	流量测量
2	测厚仪	(0~50) mm	分辨率：0.1mm	测量管道壁厚
3	钢卷尺	2m；5m；10m	Ⅱ级及以上	测量管道外径
4	秒表	大于 999s	分辨率：0.1s	计时

主标准器为标准表，一般采用计量性能满足要求的外夹式流量计或插入式流量计。标准表应有有效的检定或校准证书。其安装、使用应符合相应检定规程、技术规范或使用说明书的要求。主标准器采用插入式流量计，还需配备带压打孔工具和焊接工具。配套设备包含测厚仪、钢卷尺、秒表。配套设备的计量性能不降低标准表的计量性能，配套设备中的计量器具应有有效的检定或校准证书。

6.2.1.3 校准项目和校准方法

(1) 校准项目

流量计在线示值误差（流量系数）及重复性。

(2) 校准方法

①被校流量计安装现场条件检查

首先对被校流量计安装现场进行检查，根据流量计现场安装技术条件要求检查，应符合说明书要求。

②标准表安装现场条件检查

主标准器的换能器一般安装在电磁流量计上游直管侧或下游直管侧，具体安装条件可根据标准器的使用说明书进行调整（一般上游直管段必须大于 10D；下游直管段必须大于 5D；当上游有泵、阀门等阻件时，直管段长度至少还要延长 3~5 倍）。保证主标准器安装位置前后直管段长度要求，并避开可能产生不满管、弯头、阀门或外部管径锈蚀严重的位置，工作原理如图 1 所示。

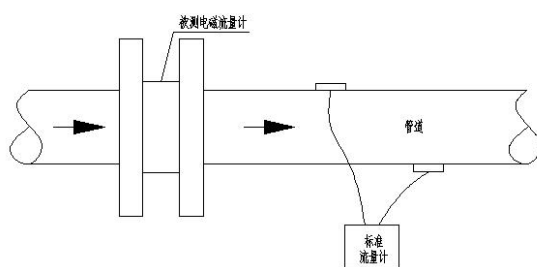


图 1 工作原理图

③根据选取的标准表类型按 5.2.4~5.2.8 给出的方法正确安装设置标准表参数。必要时带压打孔安装。

④管径测量

用量具分别在换能器安装位置附近的同一截面上大致等角分布测量 n 次外直径，或测量 n 次外周长推算出外直径，其平均值 D 按下式计算。

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

式中： n ——测量次数， $n \geq 4$ ； D_i ——第 i 点测得的管道外直径或推算出的外直径。

⑤壁厚测量

清理换能器安装位置的管壁，将管壁上的油漆、铁锈、污垢等清除干净，露出管道金属材料，在换能器安装位置均布 5 个点并打磨光滑，使用测厚仪测量管道壁厚，并取其平均值。

⑥其他参数的确定

对无法测量的参数，如管道材质、衬里材料、厚度等，根据技术资料现场确认。

⑦标准表的安装

换能器安装方式通常有 Z 法、V 法。一般为安装方便采用 V 法进行测量，此方法容易保证换能器安装距离准确。当管径较大或者管道内杂质较多导致信号较弱时，可采用 Z 法测量。将以上管道参数输入标准表内，可得出换能器安装距离 L 。根据安装距离进行安装。

⑧正确设置标准表参数，保证流量计正常工作。将与被校流量计的口径、流速相同（或接近）的标准表仪表系数置于标准表内。

⑨校准流量点的选择及校准次数

首先应对流量计的零点进行检查，流量计零点无偏差后，根据现场情况确定校准流量点，由于现场不能根据流量计的流量范围自由调控流量点，一般选取现场可调流量点的上、下限进行校准，每个流量点校准次数一般不少于三次。现场无法调节流量时可采用在一天不同时段的方法进行不同流量点的校准。

可采用累计流量或瞬时流量两种方法进行校准。一般流量波动小于 3%时采用瞬时流量进行，流量波动大于 3%时采用累计流量进行。

采用瞬时量时，则至少分别读取 20 个数值，取其平均值。瞬时流量标准值为标准装置在校准时间范围内所读取全部数据的平均值。

采用累计流量校准时，应同步采集被校设备与标准设备的起始、终止值。为减少分辨率引入的误差，应保证一次校准中流量计输出累积值的分辨率应不大于被校流量计最大允许误差绝对值的 1/10，被校流量计如果显示分辨力不足，则应按使用说明书进行调整，使其有足够显示位数。

⑩电磁流量计如果具有系数调整功能，现场可以根据校准结果进行调整，调整后需按以上步骤再次校准。

⑪校准结束后，应采取一定的保护措施，以防止特征系数被不当改动。

6.2.1.4 校准结果

校准结果应给出在线示值误差（流量系数）、重复性、校准结果的扩展不确定度。

（1）在线示值误差

流量计单次校准的相对示值误差为

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \text{ 或 } E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\%$$

式中： E_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计的相对示值误差，%； Q_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计的累积流量值， m^3 ； $(Q_s)_{ij}$ ——第 i 检定点第 j 次校准时标准器换算到流量计状态的累积流量值， m^3 ； q_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计的瞬时流量值，可为一次检定过程中多次读取的瞬时流量值的平均， m^3/h ； $(q_s)_{ij}$ ——第 i 检定点第 j 次校准时标准器换算到流量计状态的瞬时流量值， m^3/h 。

流量计第 i 校准点示值误差按下式计算：

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij}$$

式中： E_{ij} ——流量计在线示值误差； n ——校准次数。

流量计的在线示值误差 E 为流量计各校准点的示值误差中绝对值最大的误差值。

(2) 流量系数

当被检表为脉冲输出时，流量系数 K 通过下式计算

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{Q_{ij}}$$

式中： K_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计的流量系数， $(\text{m}^3)^{-1}$ ； N_{ij} ——第 i 检定点第 j 次校准时被校流量计所输出的脉冲数；

流量计第 i 校准点流量系数按下式计算：

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij}$$

流量计的流量系数 k 可通过下式计算：

$$K = \frac{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}}{2}$$

式中： $(K_i)_{\max}$ ， $(K_i)_{\min}$ ——分别为在测量范围内各校准点流量系数的最大值和最小值。

脉冲输出的流量计的相对示值误差：

$$E = \frac{(K_i)_{\max} - (K_i)_{\min}}{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}} \times 100\%$$

(3) 重复性

当每个流量点重复校准 n 次时，该流量点的重复性按下式评定：

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

或

$$(E_r)_i = \frac{1}{K_i} \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (K_{ij} - K_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times 100\%$$

式中： $(E_r)_i$ ——第 i 个测量点重复性%；

流量计的重复性

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max}$$

式中： E_r ——流量计的重复性； $[(E_r)_i]_{\max}$ ——取各校准点重复性的最大值。

(4) 流量计特征系数修正

流量计经校准后，如超过流量计最大允许误差，可根据说明书将流量计进行特征系数的修正，修正完成后流量计重新进行校准。然后将修正前系数、修正后系数及修正前后的校准结果出具在校准证书中。

6.2.2 差压变送器

反冲过滤单元中压差变送器对反冲过滤器滤网两侧的压差进行实时监测，控制滤网清洗器电机的启停，对滤网进行清洗，从而改善滤网的流通性，防止滤网被杂质堵塞。需定期检测标定。

6.2.2.1 工作压力（静压）

现有吸污式自清洗过滤器的压差一般为 0.03~0.05MPa。

6.2.2.2 准确度等级

差压变送器的准确度等级可分为：0.02，0.05，0.1，0.2，0.5，1.0，1.5。

采用国外引进技术生产的变送器应向所列的数值靠拢。

6.2.2.3 量程比

差压变送器的量程比可为 1：1，5：1，10：1 及以上。

6.2.2.4 零点迁移

差压变送器可附加零点迁移功能，详见表 3 所示。

表 3 零点迁移

变送器类型	迁移量
压差变送器	最大正迁移量为测量范围上限值与测量量程之差；最大负迁移量为测量两范围上限值

6.2.2.5 输出传输方式

差压变送器的输出方式可采用有线或无线传输。

6.2.2.6 输出信号

差压变送器的输出信号可为数字信号、可为满足 GB/T 3369.1 和（或）GC/T 3369.2 的模拟信号，符合物联网应用行规的基本要求。

6.2.2.7 输出接口

差压变送器的输出接口应符合 GB/T 34068 的要求。

6.2.2.8 电源

12V DC~45V DC 电源或电池供电，推荐使用 24V DC 电源。

6.2.2.9 正常工作条件

正常工作条件包括：

环境温度：-20℃~+70℃；

相对湿度：5%~95%；

6.2.2.10 结构

(1) 一般规定

差压变送器采用现场安装式结构，防护等级根据应用要求由 GB/T 4208 中选择防护等级，并按其规定进行设计。

(2) 电气连接

除接地端子外，所有端子具有充分保护，以防止偶然的接地，接线端子应具有明显标志，以便识别其功能。

6.2.2.11 要求

(1) 与准确度等级有关的要求

①差压变送器准确度等级的规定

除非另有规定，在差压变送器的测量范围内，个档量程上均应满足本标准有关准确度等级及各项技术指标等要求。当测量范围内不同量程具有不同的准确度等级时，在包括差压变送器标准和使用说明书在内的有关产品技术文件中，应明确说明。

差压变送器附加迁移功能后，其准确度等级不低于表 4 所示规定。

表 4 附加迁移后准确度等级

未加迁移	0.02 级	0.05 级	0.1 级	0.2 级	0.5 级	1.0 级	1.5 级
加迁移后	0.05 级	0.1 级	0.25 级	0.5 级	1.0 级	1.5 级	1.5 级

②差压变送器额定工作压力对量程范围要求

差压变送器额定工作压力量程范围不低于表 5 所示规定。

表 5 差压变送器额定工作压力量程范围要求

序号	测量上限（URL）	额定工作压力
1	$URL \leq 0.04\text{kPa}$	$\geq 10\text{kPa}$

2	$0.04\text{kPa} < \text{URL} \leq 2.5\text{kPa}$	$\geq 50\text{kPa}$
3	$2.5\text{kPa} < \text{URL} \leq 10\text{kPa}$	$\geq 2.5\text{MPa}$
4	$10\text{kPa} < \text{URL} \leq 250\text{kPa}$	$\geq 6.4\text{MPa}$
5	$\text{URL} > 250\text{kPa}$	$\geq 10\text{MPa}$

③与准确度等级有关的要求

差压变送器与准确度等级有关的要求不得超过表 6 的规定。

表 6 与准确度等级有关的要求

序号	项目		精度等级						
			0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5
			指标（输出量程的%）						
1	不精确度		±0.020	±0.050	±0.10	±0.20	±0.50	±1.0	±1.5
2	端基一致性误差		±0.020	±0.050	±0.10	±0.20	±0.50	±1.0	±1.5
3	回差		0.016	0.040	0.080	0.16	0.40	0.80	1.2
4	不重复性		0.010	0.025	0.050	0.10	0.25	0.50	0.75
5	死区		0.010	0.025	0.050	0.10	0.10	0.10	0.15
6	阶跃响应		稳定时间≤5s						
7	始动漂移	最大差值	0.020	0.050	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5
8	长期漂移	下限值变化	0.040	0.10	0.20	0.40	1.0	2.0	3.0
		量程变化量	0.040	0.10	0.20	0.40	1.0	2.0	3.0
通电 24h 后，开始计算。									

④有关影响量的影响

除非本部分另有规定，当影响量按 GB/T 17614.1 规定变化时，差压变送器输出变化不得超过表 7 的规定。当差压变送器为智能型时，影响量的绕度试验按 GB/T 17614.3 增加可信性功能要求。

表 7 有关影响量的影响

序号	项目		精度等级						
			0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5

			指标（输出量程的%）								
1	环境 温度	下限值温度系数及量程温度 系数		0.020/ ℃	0.05/ ℃	0.10/ ℃	0.20/ ℃	0.50/ ℃	1.0/ ℃	1.5/ ℃	
		残余下限值变化量及残余量 程变化量		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	
2	湿度	相对湿度 91%~95%时下限值 变化量及量程变化量		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	
		残余下限值变化量 及残余量程变化量		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	
		外观		无损坏							
3	机械 振动	振中(1、3 阶段)输出变化量		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	
		残余下限值变化量 及残余量程变化量		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	
		外观		无损坏							
4	倾跌	下限值变化量		允许调整							
		量程变化量		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	
		外观		无损坏							
5	安装 位置	下限值变化量		允许调整							
		量程变化量		0.01	0.02	0.05	0.10	0.25	0.50	0.75	
6	过范围	下限值变化量及量程变化量		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	
7	单向 静压 变 化	下 限 值 变 化	URL—测量上限范围								
			URL≤0.04kPa		0.040	0.10	0.20	0.40	1.0	2.0	3.0
			0.04kPa<URL≤2.5kPa		0.040	0.10	0.20	0.40	1.0	2.0	3.0
			2.5kPa<URL≤10kPa		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5
			10kPa<URL≤250kPa		0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5
8	静 压 变 值	下 限 值 变 化	W _p —静压值 MPa								
			量程≤1kPa (单位: %F. S/2.5MPa)		—	0.15	0.75	0.80	1.5	2.0	3.0
			1kPa<量程≤10kPa		0.060	0.15	0.40	0.40	1.0	2.0	3.0

	化 量	$(W_p \leq 10,$ 单位%F. S/6. 4MPa)							
		1kPa<量程 $\leq$ 10kPa $(W_p > 10,$ 单位%F. S/6. 4MPa)	0.08	0.20	0.50	0.80	1.0	2.0	3.0
		量程 >10 kPa $(W_p \leq 10,$ 单位%F. S/6. 4MPa)	0.040	0.10	0.2	0.40	1.0	2.0	3.0
		量程 >10 kPa $(W_p > 10$ MPa, 单位%F. S/6. 4MPa)	0.060	0.15	0.40	0.40	1.0	2.0	3.0
	残余下限值 变化量	$W_p \leq 6.4$	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5
		$6.4 < W_p \leq 10$	0.03	0.075	0.15	0.30	0.75	1.5	2.2
		$W_p > 10$	0.04	0.10	0.20	0.40	1.0	2.0	3.0
9	加速工作寿命试验	下限值和 量程变化量	0.02	0.05	0.1	0.20	0.5	1.0	1.5
10	绝缘电阻		1) 输出端子对接地端子(表盖或表架)不低于 $10M\Omega$ 2) 电源端子对接地端子(表盖或表架)不低于 $10M\Omega$ 3) 电源端子对输出端子不低于 $1010M\Omega$						
11	绝缘强度		无击穿和飞弧现象						
12	输出波纹		小于额定电源电压的 1%						
13	输出负载影响	下限值变化量 及量程变化量	0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5
14	电源变化	下限值变化量 及量程变化量	0.016	0.04	0.06	0.16	0.4	0.6	1.0
15	电源短时中断	稳态变化量	0.020	0.05	0.1	0.20	0.5	1.0	1.5
16	电源跌压	稳态变化量	0.020	0.05	0.1	0.20	0.5	1.0	1.5
17	电源反向保护		试验后无损坏						
18	共模干扰	下限值最大变化量	0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5

		及量程最大变化量							
19	接地	下限值变化量 及量程变化量	0.020	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5
20	电快速顺变脉冲群抗扰度(试验等级 3) ^h		B						
21	浪涌抗扰度(试验等级 3) ^h		B						
22	静电放电抗扰度(试验等级 3) ^h		B						
23	工频电场抗扰度(试验等级 4) ^h		B						
24	射频电场抗扰度(试验等级 3) ^h		A						
25	输出开路和短路		无影响						
(1)①差压变送器承受量程 125%的试验；②恢复后，稳定 30min 后测试变化量。									
(2)当额定工作压力≥16MPa 时，额定工作压力下单向过载影响为 2 倍准确度等级。									
(3)残余变化量系指静压试验起始时和结束后测量结果的差值。									
(4)绝缘电阻值根据 GB/T 15479 确定。									
(5)仅对纯模拟输出。									
(6)电源反向保持 5s。									
(7)仅对输出端子做试验。									

6.2.3 温度传感器

温度传感器主要是用来监测紫外和光电催化杀菌单元腔内温度，防止工作水温过高在紫外灯管石英护套上产生结垢或因压载水管路中海水的流动性差而造成的腔内高温温度过高损坏密封原件。需定期检测标定。

6.2.3.1 要求

- (1) 基本误差：不超过 $\pm 2.5\text{FS}$ ；
- (2) 重复性：不大于基本误差绝对值的 $1/2$ ；
- (3) 响应时间：传感器的响应时间应不大于 10s （水中）；
- (4) 负载特性（输出误差）：输出频率、电流信号的传感器，外接负载电阻在 $(0\sim 500)\Omega$ 范围内变化时，其对应示值的变化应不超过 $\pm 2.5\text{FS}$ ；

6.2.3.2 报警误差和声级强度

报警显示值与设定值的差值应不超过基本误差的1/2;报警声级强度在距其正前方1m 远处的声响信号的声压级应不小于80dB(A)。

6.2.3.3 检测内容

(1) 外观检查

传感器外壳表面应无明显划痕;金属部件不应有锈蚀和变形等缺陷;传感器外壳接插件采用航空接插头座,应安装牢固,无松动现象;机械连接部分应牢固可靠;活动部分应转动自如。

(2) 标识及标志

①传感器应标明制造单位名称、仪器名称、型号及出厂编号、制造日期、防爆标志及编号、矿用产品安全标志及编号。

②传感器应在铭牌中注明其测量范围、测量误差等主要技术指标。

(3) 通电检查

传感器显示窗应透光良好,数码、符号均应清晰、完好。显示值分辨力应不低于0.1℃,并能表示显示值的正或负。

(4) 绝缘电阻

传感器本安端(电源输入端、信号输出端)与外壳之间,常态下,其绝缘电阻不小于50MΩ。

(5) 介电强度

传感器本安端(电源输入端、信号输出端)与外壳之间应能承受电压500V、50Hz、历时1min 的绝缘介电强度,试验时无击穿和闪络现象,且漏电流不大于5mA。

6.2.3.4 检测环境条件

(1) 除环境试验或有关标准中另有规定外,试验应在下列环境条件下进行:

①温度: (15~35)℃;

②相对湿度: ≤80%;

③大气压力: (86~106)kPa。

(2) 周围无影响正常检测电磁干扰:

(3) 无露水、霜冻、雨水、阳光直射、无显著震动和冲击的场合等情况。

6.2.3.5 检测用仪器设备

(1) 一般要求

①温度计量标准器具的测量范围应满足被测传感器的测量范围要求；

②温度计量标准器具的允许误差应不大于被测传感器允许误差的1/2；

(2) 主要用仪器设备

①恒温槽或准确度等级不低于恒温槽的其它恒温设备温度范围（-10~100）℃；温场均匀性 $\leq 0.05^{\circ}\text{C}$ ；波动性 $\leq 0.05^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ 。

②标准水银温度计或准确度等级不低于标准水银温度计的其它标准器测量范围（-10~100）℃。

③频率计 频率范围：DC~10kHz，准确度： 1×10^{-4} ；分辨力：1Hz。

④数字多用表 测量范围：DCA：（0~30）mA，DCV：（0~30）V；准确度等级：0.5级。

⑤直流稳压电源 输出范围：电压（0~30）V，电流（0~3）A。

⑥电阻箱 测量范围：（0~1000） Ω ，准确度等级：0.5级。

⑦秒表 分辨力优于0.1s。

⑧声级计 A计权：（30~130）dB，分辨力：0.1dB；准确度等级：II级。

⑨绝缘电阻表 测量范围：100k Ω ~500M Ω ，500DCV，准确度等级：10级。

⑩耐压测试仪

输出交流电压：（0~5）kV，误差： $\pm 3\%$ 测量值；

漏电流测试范围：（0.5~20）mA；切断误差： $\pm 3\%$ 测量值；

定时范围：（1~99）s，连续可调，定时误差 $\pm 5\%$ 。

6.2.3.6 检测项目

（1）外观、标识标志及通电检查

（2）基本误差和重复性

（3）响应时间

（4）负载特性（输出误差）

（5）报警误差和声级强度

（6）绝缘电阻

（7）介电强度

6.2.3.7 检测方法

基本误差和重复性：

①传感器预热20min，进入正常工作状态后，根据传感器的测量范围，将传感器的温度

敏感元件插入恒温槽（或放入恒温设备）内进行测量。（在测量过程中，温度敏感元件切勿与金属物件、容器壁及容器底面接触。

②传感器的温度敏感元件插入深度应符合产品使用说明书的要求。

③新安装传感器首次检测，检测点应均匀分布在测量范围内，不得少于5 个点。

④使用中检测的传感器，检测点应均匀分布在测量范围内，不得少于4 个点。

⑤将试验温场稳定在测量范围的低温点，并把传感器的显示值调为与标准温度计示值一致，再将试验温场升至测量范围的50%处，稳定3min 后，将传感器显示值调至与标准温度计显示值一致，再观察1min，记录传感器的最大值和最小值的差值，重复测定3 次，取最大值。

⑥将试验温场稳定在测量范围的低温点，将试验温场升至测量范围的50%处，校准3 次传感器，以后的测量中不得再次校准传感器。

⑦将试验温场稳定在测量范围的低温点稳定后，依次将试验场由低温到高温稳定在各测量点，测量点在规定的测量范围内均匀分布，在各测量点稳定3min，记录标准水银温度计（或同等级温度标准器）示值、传感器的显示值和输出信号值（换算为温度值），重复测量3 次。取其算术平均值与标准水银温度计（或同等级温度标准器）示值的差值，即为基本误差。

⑧传感器基本误差按下式计算：

$$\Delta t = t_p - t_x$$

式中： Δt —传感器的基本误差，℃； t_p —传感器示值（或输出值）的平均值，℃； t_x —标准水银温度计（或同等级温度标准器）的示值，℃。

⑨传感器重复性按下式计算：

$$t_r = t_{\max} - t_{\min}$$

式中： t_r —传感器的重复性，℃； $t_{\max}$ —3 次测量示值的最大值，℃； $t_{\min}$ —3 次测量示值的最小值，℃。

6.2.3.8 响应时间

将传感器的温度敏感元件插入25℃的恒温槽（或放入恒温设备）中，显示稳定后，再稳定3min，记录传感器显示值，然后将温度敏感元件放入5℃的恒温槽中，待显示稳定后，再稳定3min，迅速将温度敏感元件插入25℃恒温槽（或放入恒温设备）中，同时启动秒表，记录传感器的显示值达到原显示值的90%所需要的时间，重复测量3 次，取其算术平均值。

6.2.3.9 负载特性

将传感器信号输出端外接500Ω 负载电阻，按9.2.7 步骤操作和计算，读取传感器在外接负载电阻为500Ω 时的输出电信号值，重复测量3 次，取其算术平均值为传感器各点输出值。换算各测量点的温度值与传感器外接负载电阻为0Ω 时的温度值之间的差值。

6.2.3.10 报警误差和声级强度

(1) 报警误差

按传感器说明书，将报警点设定在25℃，将传感器插入15℃以下恒温槽中，缓慢地对恒温槽升温，当传感器发出报警声时，读取报警示值。重复操作3 次，取3 次的平均值为传感器的报警值。按式计算报警误差。

$$\Delta A = \bar{A} - A$$

式中：ΔA—报警误差，℃；A—报警设定值，℃； $\bar{A}$ —报警值的平均值，℃。

(2) 报警声级强度

报警声级强度用声级计测量，声级计置于环境噪音不大于50dB，距传感器报警声响器轴心正前方1m 处，测量3 次，取其平均值为报警声级强度。

6.2.3.11 绝缘电阻

用绝缘电阻表分别测量传感器电源正极、负极、信号输出端与其外壳裸露金属件之间的绝缘电阻，每端测量1 次，取测量数据的最小值作为传感器的绝缘电阻值。

6.2.3.12 介电强度

用耐压测试仪红色表笔（高压端）接传感器接线端（电源输入端与信号输出端用导线连接），黑表笔（低压端）接传感器外机壳，在接线端与外壳之间，施加500V，50Hz 交流电压，历时1min。

6.2.3.13 检测结果的处理

按本标准的规定和要求对温度传感器进行检测，并出具检测报告。

6.2.3.14 检测周期

温度传感器的检测周期一般不超过1 年。温度传感器经过非正常振动、修理拆洗或更换主要元件后，应及时检测。

6.2.4 接近开关传感器

接近开关传感器主要是用来监测过滤器与紫外杀菌器上的清洗机构的运动限位，对过滤器它用来监测清洗吸头上下移动的上位和下位；对杀菌器，它用来监测紫外灯管石英护套刮板移动的左位与右位。需定期检测标定。

6.2.4.1 要求

(1) 外观

外观应无明显瑕疵、划痕或损伤，标志清晰完整、准确无误。

接近开关金属主体外壳表面无锈蚀，无镀层不良、露铜、发黑、螺牙损伤、粘黏的树脂或其他污物，螺纹部分清晰，无加工缺陷，无毛刺。

接近开关非金属主体外壳表面无破损、污物、烫伤凹痕缩水、裂纹、注塑缺陷的毛边或毛刺、残留树脂等不良现象，同一批塑料壳应无明显色差。

6.2.4.2 端子的识别和标志

端子的识别和标志应能清楚、永久地识别，且符合表 8 的规定

表 8 导线的连接型式与标记

型式	开关状态	接线	接线颜色	接线端子编号 ^{a、b、c}
2 接线端、交流和 2 接线端、直流（不分极性）	NO（接通）	—	除黄、绿或黄—绿双色以外的任何颜色 ^d	3
	NC（分断）			4
				1
				2
				1
	NO/NC（可编程）			4
2 接线端直流（分极性）	NO（接通）	电源+	棕色	1
		电源-	蓝色	4
	NC（分断）	电源+	棕色	1
		电源-	蓝色	2 ⁰
3 接线端直流（分极性）	NO（接通）	电源+	棕色	1
		电源-	蓝色	3
		输出	黑色	4
	NC（分断）	电源+	棕色	1
		电源-	蓝色	3
		输出	黑色	2 ⁰
3 接线端、交流和 3 接线端交	NO（接通）	L	棕色	1
		输出	蓝色	3

流/直流（分极性）			黑色	4
	NC（分断）	L 输出	棕色 蓝色 黑色	1 3 2
4 接线端直流（分极性）	通断转换（接通/分断）	电源+ 电源- NO 输出 NC 输出	棕色 蓝色 黑色 白色	1 3 4 2
8 接线端 ^t 直流（分极性）	NO, NC 和其他未定义功能	电源+ 电源- NO 输出 NC 输出 未定义 未定义 未定义 GND 屏蔽	棕色 蓝色 黑色 白色 灰色 粉红色 紫色 橙色 ^g 屏蔽 ^h	1 3 4 2 5 6 7 8 8 9 10 11 12

a 接线端子编号（除了交流接近开关和 3 接线端 8mm 连接器的接近开关）应与整体连接器插脚号相同。

b 对于具有特殊功能的、4 或 8 接线端的直流接近开关，接线端 2 或 4 一般作为功能端口而非输出端口。此时，制造商应注明接线颜色和功能。

c 对于 4 接线端的直流接近开关，接线端 2 或 4 可用于除表所列的其他输出组合。此时，制造商应注明每条线的功能。

d 两根线推荐用相同颜色线。

绿—黄双色线只用于标记保护导体（GB/T 7947-2010）。

为了保持接近开关整体持久接地安全性。绿—黄除用于标记接地保护导体外，不能用作其他用途。

e 3 针 M5/M8 连接器的接近开关的 NC 输出端应与接线 4 相连接。

f 推荐使用彩色编码。制造商应在使用说明书中标明实际使用的接线颜色。

g 没有屏蔽连接连接器。

H 带屏蔽轮机的连接器。

6.2.4.3 感应面标志

当接近开关有多个感应面或者其结构不能明显区分感应面时，应标志出感应面。

6.2.5 压力传感器

能感受压力信号，并能按照一定的规律将压力信号转换成可用的输出电信号的器件或装置。[JJF 1008—2008 定义 5.1]

压力传感器主要是监测惰性气体驱氧杀菌法由分子筛分离出的氮气或由惰性气体发生器生成的惰性气体注入压载水的压力。确保注入压载水的分压比高于溶解于压载海水中的氧气，从而驱离压载水中的氧气，达到杀菌的效果。需定期检测标定。

6.2.5.1 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本规范中引用而构成本规范的条文。

GB/T 18806-2002 电阻应变式压力传感器总规范

GB/T 15478-1995 压力传感器性能试验方法

6.2.5.2 环境条件

试验用环境条件：

温度： $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度： 45%~75%；

大气压力： 86kPa~106kPa；

在每项试验期间，允许的最大温度变化率为 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ；相对湿度范围也可由供需双方商定。

6.2.5.3 检验

(1) 检验方法

检验方法如表 9 所示，测量范围的幅值如表 10 所示。

表 9 压力传感器检验方法

序号	检验项目	检验方法	检验要求
1	尺寸	用游标卡尺或其他标准器具检测压力传感器的外形尺寸	符合芯体规格书性能要求
2	外观	采用目测法对压力传感器外观质量检验	项目：表面干净，无杂物，无残留物。焊点牢固，无虚焊，假焊
3	输入阻抗	在试验环境条件下，用万用表或相应仪表测量其输入端的阻抗。	符合芯体规格书性能要求
4	输出阻抗	在试验环境条件下，用万用表或相应仪表测量其输入端的阻抗。	符合芯体规格书性能要求
5	绝缘电阻	在试验环境条件下，用绝缘电阻测试仪测量压力传感器接线端与外壳之间的绝缘电阻。按芯体规格书性能要求测试。	符合芯体规格书性能要求
6	零点输出	在试验环境条件下，使用规格书中的供电，测试芯体的零位输出。	符合芯体规格书性能要求
7	非线性	在试验环境条件下，六点三循环，测试芯体的非线性。	符合芯体规格书性能要求
8	迟滞	在试验环境条件下，六点三循环，测试芯体的迟滞性。	符合芯体规格书性能要求
9	重复性	在试验环境条件下，六点三循环，测试芯体的重复性。	符合芯体规格书性能要求
10	准确度	按 GB/T 15478-1995 附录 A 中的公式进行计算。	符合芯体规格书性能要求
11	灵敏度	在试验环境条件下，传感器满量程输出与激励电压之比，计算芯体满足量程的灵敏度。	符合芯体规格书性能要求
12	过载试验	按芯体规格书中得最大过载压力，缓慢地输入压力，应符合芯体规格书的要求。	符合芯体规格书性能要求
13	爆破试验	在不通电、无负载状态下，缓慢地输入水压，记录破坏泄露时水压值。	符合芯体规格书性能要求
14	零点温漂	在高低温箱中，测试芯体规格书中给定的温度	符合芯体规格书性能要求

		点, 分别计算当前温度点的零点温度值, 计算零点温度漂移。	
15	热零点滞后	在高低温箱中, 将热零点漂移试验过程 3 次经过 +20℃ 时测得的零点输出值进行比较, 取其最大值和最小值求出热零点滞后。	符合芯体规格书性能要求
16	热灵敏度温漂	在高温箱中, 测试芯体规格书中给定的温度点, 分别计算当前温度点的热灵敏度温度漂移。	符合芯体规格书性能要求
17	热灵敏度滞后	在高温箱中, 将热灵敏度漂移试验过程 3 次经过 +20℃ (或室温) 时测得的满量程输出值进行比较, 取其最大值求出热灵敏度滞后。	符合芯体规格书性能要求
18	零点起始漂移	试验前停止传感器供电 2h 以上。 试验时, 对传感器施加额定激励 (试验时, 应保证激励一致), 5min 时记录传感器输入压力为零时的输出值, 并在之后的 1h 和 4h 时各记录一次, 共记录 3 次。 3 次读数中的最大差值为零点起始漂移, 与满量程输出的百分数表示。	符合芯体规格书性能要求
19	零点稳定	稳定性试验, 必须注意除了时间以外, 周围环境条件引起的变化不要掩盖由于时间引起的变化。应记录每次试验时试验条件的差异, 并尽可能确定其他影响量的影响, 对试验数据加以修正。 在规定的稳定性试验时间周期内, 传感器每月至少应连续通电 24h 一次。 在规定的条件下, 将传感器放置在恒温箱内进行试验。除非另有规定, 每次检测时应设定恒温箱的温度为 25℃ 并恒温 2h, 恒温箱的控温精度应优于 $\pm 10^{\circ}\text{C}$, 温度波动优于 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$。 a) 零点稳定性 在上述条件下, 读取传感器输入压力为零时的输	符合芯体规格书性能要求

		出值，每隔 15min 读取一次，连续读取 1h。取 5 次读数的平均值，记为 Y_{0i} ($i=1, 2, 3\cdots n$)，共检测 n 次。 找出 n 次读数 Y_{0i} 中的最大值和最小值，分别与 Y_0	
20	灵敏度稳定	检测前使被测试传感器在测量范围上限和下限位置反复移动三次。检测时依次输入测量范围下限和上限压力值，并测试其输出值，重复 5 次循环。5 次循环测得的测量范围上限输出值的平均值与测量范围下限输出的平均值之差为满量程输出值，记为 Y_{FSI}。求出灵敏度 S_0。 检定周期内，按以上方法每月至少检测一次灵敏度 S_j ($j=1, 2, 3\cdots n$)，共检测 n 次。 找出 n 次读数 S_{0j} 中的最大值和最小值，取其差值的绝对值较大者，灵敏度示值的绝对值对满量程输出的百分比为灵敏度稳定性。	符合芯体规格书性能要求
21	外磁场影响	将传感器放置在电磁场干扰试验台中，使磁场方向与传感器的轴向平行，记录传感器的零点输出值，然后施加 400A/m（均方根）的磁场信号，调整移相器($0\sim 360^\circ$)观察传感器输出的变化。按 GB/T 15478—1995 附录 A 的公式 (A38) 计算零点变化量。 试验后使传感器的轴向与磁场方向垂直再重复试验。 详细规范对灵敏度变化量由规定时，还应使传感器在具有正常激励状态下，按详细规范的规定进行试验。	符合芯体规格书性能要求
22	安装位置影响	本试验应分别在详细规范规定的安装位置和规定的最大倾斜角度下进行测量。	符合芯体规格书性能要求

		当详细规范未规定最大倾斜角时，应倾斜 45°； 当详细规范为规定安装位置时，至少应在垂直、水平和倒置三种位置上进行测量。 试验过程改变位置或倾斜角度以后，应使传感器稳定 15min 再进行试验。 将不同位置测得的输出值进行比较，其最大差值为输出变化量，以满量程输出的百分数表示。	
23	静压影响 (只对差压传感器)	将(差压)传感器的高压端和低压端连通，加额定静压值的 25%、50%、100%，分别在这三种静压压力下读取传感器的零点输出值，反复进行 3 次试验。 将每种静压下的 3 次读数的平均值与试验前的零点输出值进行比较，其差值的最大值为零点静压影响量，以满量程输出的百分数表示。	符合芯体规格书性能要求
24	振动	本试验按 GB/T 2423.1 0 试验 Fe 的规定进行。 试验的严酷等级按详细规范的规定。 测试并记录试验前和试验后的零点输出值，其差值为零点变化量。	符合芯体规格书性能要求
25	冲击	本试验按 GB/T 2423.5 试验 Ea 的规定进行 试验参数由详细规范规定 测试并记录试验前和试验后的零点输出值，其差值为零点变化量，以满量程输出的百分数表示。	符合芯体规格书性能要求
26	恒加速度	本试验应按 GB/T 2423.15 试验 Ga 的规定进行。 试验参数由详细规范规定。 测试并记录试验前和试验后的零点输出值，其差值为零点变化量，以满量程输出的百分数表示。	符合芯体规格书性能要求
27	湿热	本试验应按 GB/T 2423.3 试验 Ca 的规定进行。 将被试传感器放置在恒温恒湿试验箱内，在规定的温度(40℃±2℃)和湿度(91%~95%)下保持	符合芯体规格书性能要求

		48 h 后, 将传感器取出放到试验环境中, 在 10 min 内测量传感器的绝缘电阻, 2h 后测量传感器的零点输出值。	
28	其他环境试验	按详细规范中的规定进行试验。	符合芯体规格书性能要求
29	动态特性	按详细规范中的规定进行试验。	符合芯体规格书性能要求
30	加速寿命试验	将传感器安装到压力疲劳试验机上, 使传感器承受表 18 规定的正弦波形或梯形波形的交变压力试验, 波形的峰值应在表 3 规定的范围内。 试验期间允许对传感器进行冷却和中间停止, 但停止次数不应超过 5 次, 每次不超过 8h, 期间应不停止供电。 试验后卸下传感器, 恢复 24h 进行静态性能试验。	符合芯体规格书性能要求

注: 以上试验获得的数据, 按GB/T 15478-1995附录A中的公式进行计算。

表 10 测量范围的幅值

测量范围上限值 (MPa)	幅值 (量程的百分比)		交变频率, 次/min	试验周次
	谷值	峰值		
<60	≤20	70~85	≤60	105
≥60	≤25	70~80	≤45	

6.2.6 紫外强度传感器

紫外强度传感器用于检测杀菌器腔内的紫外线强度, 对因紫外灯管损坏, 或石英护套结垢, 造成的腔内紫外杀菌剂量降低发出清洗灯管护套或停机更换紫外灯管的指令。需定期检测标定。

6.2.6.1 紫外强度传感器计量特性

紫外强度传感器计量特性如表 11 所示。

表 11 紫外强度传感器计量特性

序号	技术指标	反射式	透射式
----	------	-----	-----

		254nm	365nm	(250≤A≤380) nm
1	峰值波长示值误差	±3nm	±5nm	±10nm
2	紫外辐射照度	≥30 μW/cm ²	≥80 μW/cm ²	≥300 μW/cm ²

6.2.6.2 校准项目和校

紫外分析仪应有名称、型号、编号、制造厂等内容。滤光片外观透明洁净，不应有影响装配及紫外线透过的暇疵。通电后，紫外灯管应可正常点亮。

(1) 峰值波长示值误差

首先开启光谱仪，然后打开紫外分析仪的被测光源。待光源稳定后，把光谱仪的探测器置于光源投射方向进行测试，获得的相对光谱功率分布最大值对应的波长为该光源的峰值波长，重复测量 3 次，按以下公式得出峰值波长的示值误差。

$$\Delta\lambda_p = \lambda_0 - \overline{\lambda_p}$$

式中： $\Delta\lambda_p$ —紫外分析仪光源峰值波长示值误差，nm； λ_0 —紫外分析仪光源峰值波长标称值，nm； $\overline{\lambda_p}$ —紫外分析仪光源峰值波长 3 次测量结果的平均值，nm。

(2) 紫外辐射照度

反射式紫外分析仪，放置在暗室中或用黑布遮去周围亮光（样品台带有暗箱除外）。调节紫外分析仪的光源发光面与样品台平行。接通电源，打开任意其中一光源稳定 10min 后，使用 6.2.6.2 中规定的紫外辐射照度计，将探测器受光面正对光源发光面，并根据使用情况放在距离发光面几何中心下方 10cm~20cm 处并记录下实际距离。如光源发光面为固定距离，则把探头放在样品台中间位置，同时屏蔽杂散光。

透射式紫外分析仪，放置在暗室中或用黑布遮去周围亮光（样品台带有暗箱除外）。使用 6.2.6.2 中规定的紫外辐射照度计，将探测器放置在光源平面紫外滤光片的中心位置，探头受光面垂直朝下正对光源。

测量时人员须带上紫外线防护装备，每种光源重复测量 3 次紫外辐射，取平均值为该光源的紫外辐射照度值。

$$\overline{E} = \frac{1}{3} \sum E_i$$

式中： E_i —第 i 次测量的紫外辐射照度值， $i=1, 2, 3$ ； $\mu W/cm^2$ ； $\overline{E}$ —3 次测量的紫外辐射照度平均值， $\mu W/cm^2$ 。

6.2.7 TR0 传感器

TR0 传感器又称为总剩余氧化物质检测仪或余氯检测仪，是判断水中有效活性成分是否充分的重要参数。该传感器主要应用于药剂法和电解法杀菌压载水系统，用于监测压载水卸载时，压载水中剩余氧化物的浓度，以帮助系统确认是否要向卸载的压载水中添加中和剂。TR0 传感器需对标准液进行定期更换。

余氯是指水经消毒后残留在水中的氯，是评价水体质量的重要指标，它主要用于自来水生产、医疗废水处理等领域的水质监测。余氯测定仪是采用比色法的工作原理，根据水中余氯与显色剂反应后生成的有色物质在特定波长处的吸收程度进行定量分析，其测量原理基于朗伯比尔光吸收定律：

$$A = -\lg \frac{I}{I_0} = -\lg T = kcL$$

式中：A—吸光度； I_0 —入射光强度；I—透射光强度；T—透射比；k—吸光系数；c—样品中余氯的含量；L—光通过样品的光程。

仪器主要由光源、样品室、检测器和数据处理单元等组成，如图 10 所示。



图 10 余氯测试仪结构示意图

6.2.7.1 计量特性

- (1) 示值误差：不超过±10%；
- (2) 重复性：不大于 2%；

以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据。

6.2.7.2 校准条件

(1) 环境条件

环境温度：(15~35)℃，相对湿度：15%~85%；

交流电源：(220±22)V，频率(50±0.5)Hz。

模拟游离余氯标准物质，相对扩展不确定度不大于 3% (k=2)；

总余氯标准物质，相对扩展不确定度不大于 2% (k=2)；

单标线容量瓶和分度吸量管：A 级。

6.2.8 盐度计

盐度计是电解杀菌法用于判断船舶是在内陆河流还是在海洋航行的监测仪器，以便电解

压载水处理系统自动判别是否需要转换到用粗盐调配电解液产生次氯酸钠的操纵模式。需定期检测标定。

6.2.8.1 定标

利用海水盐度标准物质对盐度计进行特定盐度值的调整或修正。

盐度计是一种在陆地、调查船和海上平台实验室使用的海水盐度测量仪器，主要由电导池、水浴、测量电路和数字显示等部分组成，其工作结构图如图 11 所示。

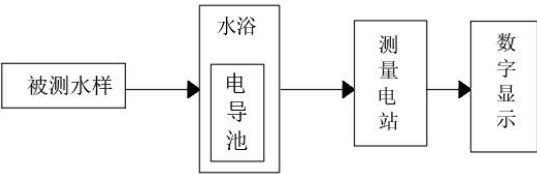


图 11 盐度计工作结构图

盐度计采用电导池设计原理，通过测量被测水样与海水盐度标准物质的电导率比值，经计算得出被测水样的盐度值。

6.2.8.2 计量性能要求

盐度计分为 0.01、0.005、0.003 三个等级，不同级别盐度计的计量性能指标列于表 12。

表 12 盐度计计量性能

序号	准确度等级	盐度测量范围	盐度最大允许误差	盐度测量重复性
1	0.01	3~42	±0.01	0.003
2	0.005	2~35	±0.005	0.0016
		>35~42	±0.01	0.0030
3	0.003	2~35	±0.003	0.0010
		>35~42	±0.01	0.0030

(1) 盐度示值误差

盐度计的盐度示值误差应不大于表 12 中盐度最大允许误差的规定。

(2) 盐度测量重复性

盐度计的盐度测量重复性应不大于表 12 中盐度测量重复性的规定。

6.2.8.3 通用技术要求

盐度计面板上各旋钮、按键、开关应准确定位，无松动现象，数据显示清晰，外壳的表面漆层应均匀牢固，光滑无划痕；盐度计应有下列标记：名称和型号、制造厂名、生产日期、出厂编号；水浴不得漏水，电导池安装牢固。

6.3 压载水管理系统药剂制备与定量输送计量准确度检测与强制更换原则

当使用药剂法处理压载水时，药剂制备按每处理 10000m³ 量的压载水，需用 100Kg 的次氯酸钠颗粒粉剂制成的药剂溶液。

当对电解法和药剂法处理的压载水卸载时，需在卸载的压载水中添加适量的中和剂—硫代硫酸钠(Na₂S₂O₃)。通常按 1000m³ 水中投放 3~7Kg 的硫代硫酸钠比例配置中和剂。

因此对计量泵是药剂法和电解法是船舶在压载或卸载过程中控制次氯酸钠溶液或中和剂溶液注入压载水内剂量的设备。需定期检测标定。

规范性引用文件：GB/T 7782-2020 计量泵

6.3.1 要求

6.3.1.1 一般要求

- (1) 泵应符合本标准的规定，并按经规定程序批准的图样和技术文件制造。
- (2) 连杆大、小头滑动轴承接触斑点面积应不低于 60%。
- (3) 调节螺纹中径公差符合 GB/T 197 的规定。
- (4) 泵密封件的技术要求符合 GB/T 9877 的规定。
- (5) 传动部件用润滑油符合 SH/T 0094 的规定。
- (6) 调量表或调节手轮的零位（或 100%）与柱塞（活塞）行程零点应进行对零（或 100%）调整。柱塞（活塞）行程零点误差要求：
 - a) 最大行程长度不超过 50mm 时，应少于 0.5%；
 - b) 最大行程长度超过 50mm 时，应少于 0.3%。
- (7) 调量表的行程调节误差在 ±0.1% 范围内；重复误差在 ±0.2% 范围内；外壳移动最小角度不超过 3° 36' 时，长针应转动。调节手轮刻度的精度应不低于 ±0.1% 的指示精度。
- (8) 隔膜计量泵中的三阀阀组和液压腔内用油选用 GB/T 11118.1 规定的液压油或 GB 2536 规定的变压器油，油中应含有消泡、防锈、防腐剂。

注：三阀阀组是指隔膜计量泵液压腔配套的包括补偿、放气、安全保护等三种功能的装置或装置的组合体。本标准中分别用补偿阀、放气阀、液压腔安全阀代表这三种功能装置。

6.3.1.2 零部件要求

- (1) 进、出口阀的阀座与阀球或阀座与阀芯的配合面应作煤油渗漏试验，3min 内无渗漏。
- (2) 泵承受压力的零、部件应进行水压试验，试验压力值按表 13 规定，保压时间应不少于

30min，受压表面和密封处不应有渗漏、变形等现象。

表 13 水压试验压力值 单位为兆帕

额定排出压力 p_{dt}	试验压力
≤ 16	泵额定排出压力的 1.5 倍
> 16	泵额定排出压力的 1.3 倍，且不小于 24MPa

(3) 隔膜泵用液压腔安全阀和补偿阀的动作应灵敏、稳定、可靠。液压腔安全阀的开启压力应为泵额定压力的 1.1~1.25 倍，且至少大于额定压力 0.2MPa。回座压力应大于或等于 0.8 倍的开启压力。如液压腔安全阀不能保证排放时，应加管路安全阀。补偿阀宜在大于或等于 80%真空度下动作。

6.3.1.3 性能要求

(1) 泵作空载和升载试验时，传动与调节机构工作平稳、润滑油温不高于 70℃，轴承温度应不高于 80℃；传动端和液力端各部件的密封应无泄漏、动力端应无异常声响并工作可靠。

(2) 连续运转试验时，传动与调节机构工作平稳、润滑油温不高于 70℃，轴承温度应不高于 80℃；动力端应无异常声响并工作可靠；在输送常温清水的条件下，柱塞计量泵柱塞填料密封的泄露量应符合表 14 的规定（填料可多次调整）。

表 14 柱塞填料密封的泄露量

泵额定流量 $Q_t/(L/h)$	泄露量
≤ 1	$\leq 0.1\%Q_t$
$> 1 \sim 10$	$\leq 0.05\%Q_t$ 或 $\leq 0.001L/h$
> 10	$\leq 0.01\%Q_t$ 或 $\leq 0.005L/h$

(3) 泵在额定条件下的实际流量值应不低于泵的额定流量值，柱塞计量泵柱塞填料的泄漏应符合表 14 的规定（填料可多次调整）。

(4) 泵在额定条件下和最大相对行程长度处的流量计量精度应不低于 $\pm 1\%$ （输送含固体颗粒液体的泵不适用），调节范围应不小于额定值。

(5) 泵在额定条件下和最大相对行程长度处的必须的京正吸入压头不大于额定值。

(6) 泵噪声值不大于表 15 的规定。

表 15 泵噪声值

额定输入功率/ kW	排出压力/ MPa		
	≤ 16	$> 16 \sim 32$	$> 32 \sim 50$
	泵噪声值/ $dB(A)$		
$\geq 11 \sim 22$	80	83	—
$\geq 2.2 \sim 7.5$	78	82	85
≤ 1.5	72	76	80

(7) 泵的振动烈度应满足:

a) 机座代号 1.6 的机座及以下机座应不大于 2.8mm/s ;

b) 机座代号 5 的机座应不大于 4.5mm/s ;

c) 机座代号 25 的机座以上机座应不大于 7.1mm/s 。

(8) 有超压、实际介质、试验温度等特殊要求时, 应进行特殊试验, 试验结果应符合设计或使用需求。

6.3.1.4 可靠性要求

(1) 泵的主要易损件的最短工作时间应不低于表 16 的规定(输送含固体颗粒液体的泵不适用), 该表规定的填料寿命不适用于液压隔膜泵柱塞(活塞)及其密封。

表 16 易损件的最短工作时间

易损件名称	介质	额定排出压力/MPa		
		<20	20~32	>32~50
		最短工作时间/h		
柱塞与柱塞衬套	清水	4200	3800	3500
	其他介质 ^a	3800	3500	3000
填料	清水	2000	1500	1200
	其他介质 ^a	1500	1000	800
进、出口阀	—	4500	4000	3500
隔膜		5000		—
^a 其他介质是指比清水条件恶劣的介质。				

(2) 在遵守运行规则的条件下, 自泵投入运行至首次大修(可以更换易损件)的累计运行寿命应不少于 16000h。

7 与有关法律法规和强制性标准的关系

遵守和符合相关法律法规和强制性标准要求。本规范满足下列强制性规范要求:

2017 年 9 月 8 日正式生效《国际船舶压载水及沉淀物控制与管理公约》。

2017 年 11 月 4 日颁布的《中华人民共和国海洋环境保护法》第六十二条中规定了“在中华人民共和国管辖海域, 任何船舶及相关作业不得违反本法规定向海洋排放污染物、废弃物和压载水、船舶垃圾及其他有害物质。……”。

2020 年 12 月 26 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过的《中华人民共和国长江保护法》第八十五条中规定了“违反本法规定, 在长江流域开放水域养殖、投放外来物种或者其他非本地物种种质资源的, ……”。

SN/T1757-2006《出入境船舶压舱水卫生监测规程》

SN/T1875-2007《出入境船舶压舱水微生物学检测规程》

SN/T1343-2003《出入境船舶压舱水消毒规程》

SN/T3553-2013《国际航行船舶压舱水重金属及农药残留检测规程》

SN/T3564-2013《国际航行船舶压舱水样本采集规程》

《海洋监测规范第七部分: 近海污染生态调查和生物监测》(GB17378.7-2007/10.1)

《水和废水监测分析方法》(第四版)

8 重大意见分歧的处理依据和结果

由于本规范编制组都是多年合作的业内专家, 在规范编制中都是从利于压载水防海生物装置系统杀灭微生物和对压载水卸载环境不造成污染或带来生物入侵角度承担规范编制工作, 未出现重大意见分歧。

9 后续贯彻措施

9.1 多批次组织公路交通行业专家及科技人员进行宣贯, 并征集身处第一线科技人员的意见建议, 为在规范修编及升为国标时提供参考借鉴。

9.2 在相关科技论坛、学术会议及科研院所介绍该规范, 推进规范与科技工作及人才培养中的应用。

9.3 编制组持续开展规范相关条文和技术的优化, 利于在规范修编及升为国标时予以完善。