《综合管廊智能化巡检机器人通用技术标准》
编制说明

一、工作简况

根据中国标准化协会[2018]310号文件的批复，按照《中国标准化协会标准管理办法》的规定立项批复开展工作，编制工作的开展主要包括以下几个阶段：

1、准备阶段（2018.12～2019.2）

（1）组成编制组：按照参加编制标准的条件，通过和有关单位协商，落实标准的参编单位及主要起草人员。参编单位为8家，主要起草人14人。

（2）制定编制工作大纲（草案）：在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，结合国家现行相关标准情况制定了本规程的内容及章、节组成。

（3）召开编制组工作会议（启动会）：2019年2月28日北京城市管理科技协会主持召开了《综合管廊智能化巡检机器人通用技术标准》编制组工作会议（启动会）编制组正式成立。会议确定了主编单位、参编单位和主要起草人、标准应纳入的主要内容。编制组成员对编制工作进行了讨论，初步确定了工作分工和进度安排。

2、标准编制工作阶段（2019.3～2019.6）

标准编制工作阶段主要做了以下几项工作：

（1）调研工作：包括对现行相关标准、规范的研究，以及对新科技、新技术适用性应用情况的调研。调研、编制中着重考虑本标准的普适性，先进性和可操作性。

（2）编写标准草稿及研讨工作：根据标准编制大纲确定的工作原则及分工责任，逐级开展标准的研究编制工作。编制组根据编制工作计划，召开了四次编制工作讨论会议，对标准编制过程中的技术问题进行分析研讨，对已起草标准的主要章、节内容进行深入细致地讨论，对标准各部分提出了具体的修改意见和建议。标准中大部分内容已在会议上取得了一致性意见，根据会议研讨的内容对各阶段草稿进行修改完善，形成征求意见稿，并按计划进行征求意见工作。

编制组主要成员单位包括： 北京市市政工程研究院、大连世安科技股份有

限公司、深圳市施罗德工业集团有限公司、北京隆科兴科技集团股份有限公司、深圳市翰德智能机器人有限公司、上海波汇科技有限公司、中铁建设集团有限公司、北京城市管理科技协会

主要起草人：姚嘉、樊大岳、王勇、吴洋、王远峰、刘元德、孙楠、宗延杰、韩锋、王强、王光明、张丽莉、王璠、高宇

编制过程中北京市市政工程研究院和北京城市管理科技协会姚嘉、王光明、张丽莉、王璠、高宇等负责编写统筹工作、《前言》、《范围》部分的编写；由大连世安科技股份有限公司主持编写轮式机器人相关章节；由深圳市瀚德智能机器人有限公司和深圳市施罗德工业测控有限公司主持编写轨道式机器人相关章节。

其他单位按照各自专业辅助编写。

二、标准编制原则主要内容

本标准按照 GB 1.1 给出的规则进行编写，规程制定所依据、引用的现行法律、法规、标准包括：

GB 4208 外壳防护等级（IP 代码

GB 3836 爆炸性环境

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB 50838 城市综合管廊工程技术规范

GB/T 51274 城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准

主要技术内容包括：本规程主要技术内容包括：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语；4 分类；5 工作环境要求；6 技术要求；7 试验；8 检验；9 标志、包装、运输、贮存。

三、主要试验（或验证）情况

为保证本标准的通用性、实用性及适用性，编制组结合各参编单位特点，对现有部分厂家生产的管廊巡检机器人进行试验验证，主要试验验证情况如下：

（1）运动速度试验

（a）试验方法

巡检机器人运行速度检测应按如下步骤进行试验：

a)在试验场地划出 50m 的测量区间，预先设定导航轨迹，标出始端线和终端线；

b)使巡检机器人自主导航行驶，保持直线驶过始端线和终端线，记录其驶过始端线和终端线所用时间，计算行驶速度；

c)试验重复进行 2 次，取平均值。

（b）试验结果

运动速度试验结果见表 1。

表 1 运动速度试验

试验次数	时间（S）	速度（m/s）
1	48	1.042
2	47	1.064
平均值	47.5	1.053

（2）直行跑偏量试验

（a）试验方法

无轨式巡检机器人直行跑偏量检测应按如下步骤进行试验：

a)在平整的试验地面上取 50m 测量区间，划出横向始端线、终端线和纵向控制线；

b)巡检机器人位于始端线处，并使巡检机器人运动中心线与纵向控制线平行；

c)巡检机器人启动后，在不调整转向的情况下通过测量区间；

d)在终端线处停止行走，以初始轨迹切线延长线为基准，测量 50m 距离内巡检机器人的跑偏量 e；

e)试验重复进行 2 次，取平均值。

（b）试验结果

直行跑偏量试验结果见表 2。

表 2 直行跑偏量试验

试验次数	偏离距离（m）	直行跑偏量（%）
1	3.24	6.48
2	3.12	6.24
平均值	3.18	6.36

（3）爬坡能力试验

（a）试验方法

无轨式巡检机器人应按如下步骤进行试验：

a)选择坡度为 20° 的坡面且长度不少于 2m 的斜坡进行爬坡能力试验，以 h 与 a 的比值确定；

b)将巡检机器人正对试验装置的斜坡坡道，停在斜坡前沿；

c)操作巡检机器人直行，使其行走至坡道上，再从坡道行走至坡底；

d)试验重复进行 2 次。

（b）试验结果

爬坡能力试验结果见表 3。

表 3 爬坡能力试验

试验次数	h（cm）	a（cm）	爬坡能力（° ）
1	85	175	25.91
2	88	180	26.05
平均值			25.98

（4）转弯半径试验

（a）试验方法

无轨式巡检机器人原地自转能力检测应按如下步骤进行试验：

a)将巡检机器人停放在试验场地的转弯性能测试区（测试区已画有不同转弯半径的同心圆）；

b)在转弯性能测试区进行巡检机器人原地转向试验；

c)操作巡检机器人顺时针和逆时针各转动 1 次并测定，取其平均值确定转弯半径。

（b）试验结果

转弯半径试验结果见表 4。

表 4 转弯半径试验

试验次数	车体长*宽（cm）	转弯半径（cm）
1	21.5*21.5	21.5

2	21.5*21.5	21.5
平均值		21.5

（5）越障能力试验

（a）试验方法

a)在试验场地上布置越障试验装置，宽度应大于巡检机器人的宽度；

b)越障试验装置的高度应不小于 50mm；

c)巡检机器人正对越障试验装置，停在越障试验装置前沿；

d)操作巡检机器人直行，使其越过越障试验装置，试验重复进行 2 次。

（b）试验结果

越障能力试验结果见表 5。

表 5 越障能力试验

试验次数	障碍物高度（cm）
1	5.2
2	5.1
平均值	5.15

（6）制动能力试验

（a）试验方法

在 1m/s 的运动速度下，对巡检机器人下发制动指令，测量制动距离，试验重复进行 2 次。

（b）试验结果

制动能力试验结果见表 6。

表 6 制动能力试验

试验次数	制动距离（m）
1	0.15
2	0.18
平均值	0.165

（7）定位性能试验

（a）试验方法

巡检机器人导航定位性能应按如下步骤进行试验：

a)在测量区间上，预先标定导航轨迹，并标明预设点位置、始端线和终端线；

b)设定巡检机器人自主行走路线、预设点位置和运动速度（1m/s）；

c)观察并记录巡检机器人的自主行走路线，并测量巡检机器人的自主导航定位误差；

d)试验重复进行 2 次，记录行进方向上重复导航的定位误差。

（b）试验结果

定位性能试验结果见表 7。

表 7 定位性能试验

试验次数	定位误差（mm）
1	46
2	36

（8）巡航能力试验

（a）试验方法

巡检机器人巡航能力应按如下步骤进行试验：

a)在模拟场地设置一个循环巡检任务；

b)启动巡检机器人执行循环任务，连续进行，中间不允许补充能量；

c)巡检机器人在正常试验周期内若出现电量不足报警等情况，判定续航时间不满足要求。

（b）试验结果

巡航能力试验结果见表 8。

表 8 巡航能力试验

试验次数	巡航时间（h）
1	6.0
2	6.4

（9）充电性能试验

（a）试验方法

在试验场地内选取任一充电装置，在该充电装置附近对巡检机器人发布自主充电命令，观察其是否停靠于选取的充电装置，并正确执行自主充电命令。

（b）试验结果

充电性能试验结果见表 9。

表 9 充电性能试验

试验次数	充电时间（h）
1	1.9
2	1.8

（10）环境信息检测试验

（a）试验方法

巡检机器人环境信息检测功能应按下列步骤进行试验：

a）将巡检机器人放置在试验区域，设置环境信息参数报警阈值；

b）将已知浓度的标准气体分别输入巡检机器人的气体检测设备进气口，模拟检测环境参数到达报警阈值；在巡检机器人行进路线上正向设置静止状态的非网状障碍物；

c）观察巡检机器人是否在超过环境信息报警阈值或遇到障碍时是否发出异常警报。

（b）试验结果

环境信息检测试验结果见表 10。

表 10 环境信息检测试验

序号	名称	参数内容	
1	温度传感器	测量范围	-40° C 至+125° C
		测量精度	±0.2℃(典型值)
		响应时间	≤30s
2	湿度传感器	测量范围	0-100%RH
		测量精度	±0.7%RH(典型值)
3	O_2含量传感器	分辨能力	0.01%vol
		响应时间	不大于 30s

		检测范围	0-200ppm
4	H_2S 含量传感器	分辨能力	0.1 %ppm
		响应时间	不大于 30s
		检测范围	0-2000ppm
5	CH_4 含量传感器	分辨能力	0.1%LEL
		响应时间	<30s
6	CO 含量传感器	分辨能力	0.1%ppm
		响应时间	<30s
		检测范围	0-100%LEL 或 0-5.0%甲烷
		探洲距离	0-1.3 米
7	避障传感器	响应时间	不大于 100ms
		检测范围	0-30%vol
8	烟雾含量传感器	检测范围	0-200ppm
		分辨能力	土 5%L
		响应时间	小于 30s

（11）静电放电抗扰度试验

（a）试验方法

巡检机器人静电放电抗扰度试验应符合 GB/T 17626.2 的有关规定。

（b）试验结果

试验后机器人仍正常工作。

（12）射频电磁场抗扰度试验

（a）试验方法

巡检机器人射频电磁场抗扰度试验应符合 GB/T 17626.3 的有关规定。

（b）试验结果

试验后机器人仍正常工作。

（13）工频磁场抗扰度试验

（a）试验方法

巡检机器人工频磁场抗扰度试验应符合 GB/T 17626.8 的有关规定。

（b）试验结果

试验后机器人仍正常工作。

（14）高温试验

（a）试验方法

按 GB/T 2423. 2 中“试验 Bb” 的规定进行，温度：80℃，试验时间：2h。

（b）试验结果

机器人工作正常。

（15）低温试验

（a）试验方法

按 GB/T 2423.1 中“试验 Ab” 的规定进行，温度：-20℃，试验时间：2h。

（b）试验结果

机器人工作正常。

（16）湿热交变试验

（a）试验方法

按 GB/T 2423.3 中“试验 Ca”的规定进行湿度 90%及湿度 5%试验，持续时间 2h 的湿热交变试验。

（b）试验结果

机器人工作正常。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利的应用。

五、社会效益、对产业发展的作用等情况

由于目前我国的综合管廊产业发展仍处于起步阶段，管廊智能化巡检机器人更是缺乏相关标准与之配套，为综合管廊的设计、建设、运营带来诸多不便。此外，智能化巡检机器人通过智慧化的手段对综合管廊进行安全高效的运维管理，也契合当前我国大力倡导的“智慧管廊”理念。通过制定本标准，可对综合管廊智能化巡检机器人的推广及使用提出技术要求，从而确保市场的有效运转，避免了行业乱象，由此提高了综合管廊的管理效率，减少了人力、财力、物力的巨大浪费。此外，综合管廊是我国未来市政基础建设发展的重点，本标准的制定势必

会推动其他相关规范的发展，逐步填补我国于该领域的空白。

六、与国际、国外对比情况

本标准制定过程中没有采用国际标准。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

当前我国并无综合管廊智能化巡检机器人的相关标准，而复杂的工作环境以及多样的巡查需求使得传统的工业机器人难以满足管廊运行维护的需求，因此并无相关标准可以参照执行。本标准以综合管廊日常巡检项目为依据，提出智能化巡检机器人的功能要求，结合管廊内特殊的工作环境及使用要求，提出智能化巡检机器人的性能要求，并形成相应的检验规则、试验方法。

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

本标准为中国标准化协会标准，属于自愿性标准，供社会和会员自愿采用。

十、贯彻标准的要求和实施建议

通过论坛、培训等方式对面向管廊设计、运维等标准涉及的对象进行宣贯，并对实施后应用情况跟踪回访，检验标准的应用实效。达到相应标准应用周期进行修订。

十一 、废止现行有关标准的建议

本标准的制定，无替代性标准。

十二、其他应予说明的问题

暂无其他需要说明的事项。