ICS 93.160

|  |
| --- |
| CCS P 13 |

基于胶囊机器人的城市排水管网病害检测技术规范

Technical specification for disease detection of urban drainage network based on capsule robot

（征求意见稿）

|  |
| --- |
|  |
|  |

2023 - XX - XX发布

2023 - XX - XX实施

**深圳市深圳标准促进会** 发布

**团体标准**

T/SZS XXXX—2023

目 次

[前 言 2](#_Toc103)

[1 范围 3](#_Toc29260)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc17938)

[3 术语和定义 3](#_Toc5835)

[4 基本要求 4](#_Toc10035)

[5 数据采集与处理 5](#_Toc31284)

[6 现场作业流程 7](#_Toc4278)

[7 管道评估 7](#_Toc2578)

[8 成果资料 7](#_Toc25860)

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专利的责任。

本文件中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本文件由深圳大学提出。

本文件由深圳市深圳标准促进会归口。

本文件起草单位：深圳大学、深圳市水务（集团）有限公司、深圳市智源空间创新科技有限公司、深圳市环水管网科技服务有限公司、深圳市智慧水务综合指挥调度和保障中心、深圳市龙岗排水有限公司、深圳市宝安排水有限公司、深圳市标准技术研究院。

本文件主要起草人：

基于胶囊机器人的城市排水管网病害检测技术规范

1 范围

本文件规定了基于胶囊机器人的城市排水管网病害检测的基本要求、数据采集与处理、现场作业流程、管道评估、成果资料。

本文件适用于采用胶囊机器人进行城镇带水排水管网内部病害检测工作。

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而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

CJJ181-2012 城镇排水管道检测与评估技术规程

DB44/T1025-2012 城镇公共排水管道检测与评估技术规程

GB3836 爆炸性气体环境用电气设备

CJJ6 城镇排水管道维护安全技术规程

CJJ68 城镇排水管渠与泵站维护技术规程

3 术语和定义

CJJ181和DB44/T 1025中界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

胶囊机器人 capsule robot

一种用于带水排水管网检测的漂浮式机器人。

3.2

胶囊机器人检测 capsule robot detection

采用胶囊机器人进行管网检测的方法，简称胶囊检测。

3.3

胶囊移动端应用软件 capsule mobile terminal application software

一种用于管网检测时控制胶囊采集数据的移动端应用软件。

3.4

管道预处理 pipeline pretreatment

将不满足胶囊机器人作业要求的管道进行提前处理使其满足作业要求的前期工作方式。

3.5

偏离度 deviation degree

胶囊机器人镜头取景方向与管道中轴线偏差的表示方法。

3.6

惯性测量 inertial measurement

胶囊机器人在管道内进行病害定位的方法，通过内置惯导装置，测量机器人在管道空间中的角速度和加速度，并以此解算出其运动轨迹。

3.7

相对定位 relative positioning

胶囊机器人病害定位的计算方法，通过胶囊机器人管道内运动轨迹与投放检查井的位置比对计算出病害位置。

3.8

定位误差 positioning error

胶囊机器人惯性数据解算的病害位置与实际病害位置的差值，是胶囊机器人检测管道病害定位精度的表示方式。

3.9

图像矫正 image correction

胶囊机器人鱼眼镜头获取影响畸变纠正的处理方法。

4 基本要求

4.1一般规定

**管道检测现场作业应符合现行CJJ6《城镇排水管道维护安全技术规程》的有关规定。现场使用的检测设备﹐其安全性能应符合现行GB3836《爆炸性气体环境用电气设备》的有关规定。现场检测人员的数量不得少于2人。**

4.2环境要求

4.2.1 检测作业期间天气应为晴天或阴天，降雨时停止检测。

4.2.2 基于胶囊机器人适用于城市带水管网病害检测，当现场条件无法满足时，应采用提高水位等措施，管道内水位应不小于管道直径的20%。

4.2.3 管道内水流速度一般为0.2m/s-2m/s。

4.2.4 管道管径应不小于200mm。

4.2.5 管道长度应不大于4000m，胶囊机器人连续作业时间与设备待机时间相匹配。

4.2.6 当有下列情形之一时应中止检测：

a）检测设备在被检测管道内无法推进时；

b）检测设备与胶囊移动端应用软件无法连接时；

c）检测设备出现断电等造成影像无法完整获取或回传时；

d）检测设备镜头磨花、进水、沾有泥浆或其他污物等影响图像质量时；

e) 管道内充满雾气影响图像质量时；

f) 检测设备出现定位失败时；

g) 其他原因无法正常检测时。

4.3 设备要求

4.3.1 设备应有合格证、专业鉴定机构的有效鉴定（校准）证书。

4.3.2 设备应每年校准一次。

4.3.3 设备应结构坚固，抗跌落迫害有效高度不小于2米。

4.3.4 设备应密封良好，具有良好的防水性，防水性能不低于IPX7。

4.3.5 设备应具备较好环境适应性，能在0℃-50℃气温条件下和潮湿、恶劣的排水管道环境中正常工作。

4.3.6 设备应具备惯性测量功能，病害定位误差不大于0.5m。

4.3.7 设备现场作业在补光灯达到最亮时，待机时间不小于120分钟。

4.3.8 设备内置存储支持更换，存储容量不小于32GB。

4.3.9 设备应具备在断电或其它因素条件下导致已进行的作业中断时，影像数据可自动存储。

为获取排水管网内部清晰图像数据及相对应的位置信息，胶囊机器人关键元器件性能参数需满足以下要求：

表1 设备参数表

| **项目** | **关键参数** |
| --- | --- |
| 视频分辨率 | ≥1920\*1080 |
| 低照度 | 低照度相机，低照度＜0.001Lux |
| 摄像视角 | ≥185° |
| 摄像功能开启 | 上电自动开启摄像功能 |
| 连续摄像时间 | ≥120分钟 |
| IMU | IMU数据采集≥200hz |
| 摄像补光灯 | 多档可调光源 |
| SD卡存储 | 支持32GB及以上容量存储 |
| 自动存储 | 支持视频自动存储，视频和IMU数据按照时间戳写入文件 |
| 胶囊配重 | 配重可调节 |

4.4 检测要求

4.4.1 胶囊机器人的行进方向应与水流方向一致。

4.4.2 胶囊机器人移动轨迹应与管道轴线一致，偏离度不大于管径的10%。

4.4.3 胶囊机器人作业时移动速度控制在2m/s以内且尽可能保持匀速移动。

4.4.4 胶囊机器人进行现场检测前应提前通过控制软件测试设备功能。

4.4.5 胶囊机器人投放时应保持设备处于水平状态，注意镜头碰撞与溅水。

4.4.6 作业检查井内外温差较大时，需提前两边开盖静置不小于30分钟或进行通风处理。

4.4.7 检测完成后应由复核人员通过胶囊移动端应用软件查看视频完整度、清晰度与惯性测量数据是否满足规定要求，对不满足要求的检测结果的管道重新检测。

4.4.8 现场作业时应根据工程要求记录好作业人员、检查管段等资料，相关表格见附录A。

4.5 影像要求

4.5.1 采集影像数据应完整、连续、清晰，具备回看功能。

4.5.2 影像应可导入专业判图软件中并自动生成工程信息。

4.5.3 每一段影像数据应对应一段惯性测量数据。

4.5.4 影像判读缺陷应清楚，可以根据缺陷的尺寸对缺陷进行分类分级。

4.5.5 缺陷处图像应采用截图软件提取，数量不少于2张。

4.5.6 无法确定的缺陷类型或等级应在评估报告中加以说明。

5 数据采集与处理

5.1数据采集手段

胶囊机器人采用非实时无线数据传输方式，通过移动端应用软件连接控制，以采集待检测管道的视频数据与病害位置数据。具备打开与关闭胶囊机器人的录像、标记胶囊机器人所采集数据的地理空间信息、下载胶囊机器人检测完成后所得到的图像与惯性测量数据等功能，其主页面包含信息显示、系统配置、视频录制、下载功能模块、胶囊文件管理、本地视频回看等模块。

5.2数据采集软件功能

5.2.1主页面信息显示

包括胶囊电量、胶囊连接状态、LED灯光亮度、LED灯光调节、存储卡容量和胶囊位置经纬度信息等内容。

5.2.2系统配置

包括基础设置、传感器参数配置、录像设置和文件命名规则。

5.2.3视频录制

包括工程信息录入、版头信息确认以及视频录制控制。

5.2.4数据下载

具备查看下载进度条显示功能与断点续传功能。

5.2.5胶囊文件管理

具备针对使用胶囊历史视频影像和惯性测量数据保存、查看、下载功能，分别对应在不同文件夹中。

5.2.6本地视频回看

具备查看使用移动设备端所有下载的胶囊采集视频的功能。

5.3 数据处理

5.3.1 影像数据处理

胶囊机器人采用视角更宽广的鱼眼镜头，获取图像数据在提取时会产生一定的畸变，因此在病害图像截取时应有对应的算法对图像进行纠正。

影像数据处理应按下列步骤进行：

1. 判图软件导入胶囊采集影像数据；
2. 软件自动识别影像数据，病害自动提取与分类分级，出具检测报告；

c）人工复合病害判别情况，对应调整检测报告病害表；

d) 提取三四级病害，标注管网GIS图中；

e）人工完善检测管道问题清单、整改清单、诊断结果清单。

5.3.2 惯性测量数据

胶囊机器人内置惯导模块，利用惯性测量原理获取管道病害位置数据。

病害位置确定应按下列步骤进行：

1. 提取胶囊机器人内置惯性测量txt文档数据；
2. 解析txt文档数据，获取胶囊机器人管道内部运动轨迹；
3. 根据检测病害表，参照检查井定位坐标确定病害相对位置；
4. 确定病害具体位置，结合判图情况完善检测报告。

6 现场作业流程

6.1工程准备

胶囊机器人现场检测前需进行待检测管道资料收集、现场踏勘，制定工作计划。根据待检测管道工况与检测工作要求，完场收集数据的整理，人员安排、物资准备、时间规划等工作。相关表格见附录B与附录C。

6.2 现场施工

6.2.1 管道预处理

胶囊机器人适用于在水流速度0.2m/s-2m/s的管道中展开检测工作。根据4.2环境要求规定，针对不满足检测环境管道，应派遣专业人员对管道进行清淤、高压水枪冲洗、外加水流等方式对管道进行提前处理。

6.2.2 检测步骤

现场检测工作应按以下步骤操作：

a）设置安全警示区域，放置警示牌；

b）开启上下游检查井井盖；

c）按照技术要求对胶囊机器人进行业前测试；

d）投放胶囊机器人；

e）回收胶囊机器人；

f）下载视频确认影像质量，影像质量不合格情况下重复上述步骤。

7 状态评估

状态评估按照CJJ181-2012第8章规定进行。

8成果资料

胶囊机器人检测最终成果提交按照CJJ181-2012中10.0.3条规定进行。如委托方另有要求，可根据要求提交相应结果资料。资料如下：

a）《排水管道检测与评估报告》；

b）检测管道缺陷统计表、状况评估表、检测成果表；

c）检测管道问题清单、检测管道整改清单、检测管道诊断结果清单；

d）检测管道三四级病害标注清晰的CAD图纸；

e) 检测管道原始视频影像资料；

f）检测管道影像的惯性测量数据。

以上所有成果、视频及收集的电子版资料全部存于加密硬盘予以提交。

附录A

（资料性附录）

胶囊作业记录表格

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测所属片区： | | | | | 检测日期： | | | | |
| 工程编号： | | | | | 检测方式： | | | | |
| 检测地点： | | | | | 检测人员： | | | | |
| 序号 | 起始井号 | 结束井号 | 流速 | 管径走向 | 材质 | 水深 | 管径 | 距离 | 备注 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 21 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 23 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 24 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 25 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

合计距离（m）：

附录B

（资料性附录）

勘察记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 路段名称 | 管渠类型 | 管径(MM) | 井号 | 水深 | 水流 | 埋深 | 现场情况 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |

附录C

（资料性附录）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 规格型号 | 数量 | 领用日期 | 主要用途 | 备注 |
| 1 | 胶囊机器人 |  | 1 |  | 管道检测 |  |
| 2 | 平板 |  | 1 |  | 管道检测 |  |
| 3 | 伸缩杆 |  | 1 |  | 管道检测 |  |
| 4 | 对讲机 |  | 1 |  | 管道检测 |  |
| 5 | 补光灯 |  | 2 |  | 管道检测 |  |
| 6 | 拦截装置 |  | 1 |  | 管道检测 |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |

设备管理台账表