

智能城市道路积水处理装置

湛莹欣 周亚林 韦晓欣 周芳莹 伍茂真

重庆交通大学 重庆 400074

摘要: 通过实验设计了一套利用水能的城市路面积水处理设施。因为我国大部分地区夏季暴雨频发, 短时间大量积水堆积路面, 城市排水系统不能及时处理, 内涝对城市危害巨大, 故发明此设备, 通过加速积水下排, 解决道路积水, 保证城市交通正常运行, 维护人民群众的生命和财产安全, 对于我国解决城市内涝做出巨大贡献。

关键词: 路面积水; 超声波传感; 系统; 减涝

1. 研究背景

目前国内外气候变暖, 极端气候日益显著, 在我国夏季高强度暴雨出现次数日益频繁, 城市内涝现象严重。特别是目前城市化发展迅速, 人口密集, 城市积水现象对于城市化地区产生的影响和危害愈来愈大。危害发生不仅会严重影响城市交通, 影响人们的出行; 甚至会影响人民的财产和生命健康安全。暴雨强度大, 区域分布广, 是导致城市积水的客观因素。雨水多的地区会出现积水, 大雨强度大时间长了也会造成积水。而发生城市内涝还有一个很重要的原因, 就是城市地表下渗能力低, 排水系统设施落后导致城市排水不及时, 或垃圾堵塞排水口, 造成积水。目前多数城市采取应急处理的方式就是打开排水井井口让积水快速进入下水道。这种方式虽然效率高, 但是危险性高, 极易造成人员伤亡。

2. 设计原理

2.1 设计思路

根据水具有流动的特性构建以主机系统, 电路系统以及传感系统。随后本团队在原有的模型上解决了属性控制程序、数据缓冲管理程序等关键程序问题, 创新以监测系统软件和管理平台等问题, 最后组成新型智能城市道路积水处理系统。

我们确定采用多系统联动进行新型智能城市道路积水处理系统, 运用主控芯片多处于待机状态, 基于定时器设置内容完成相应内容, 相应执行其他操作, 传入数据给 NB-IoT 模块。在对主控制器进行电路设计时, 选择 STM32F103C8T6 单片机作为系统主控制器, 该单片机工作频率高, 内核则主要选用, ARMCortexTM - M332 中的 RISC, 并采用高速存储器为我们的装置提供有力支持。

2.2 结构设计

2.2.1 公式计算

1) 管道内部水流量计算

在正常情况下, 井盖通常是处于关闭状态, 智慧井盖内部有多个传感器对智慧井盖的内部进行检测, 当井盖内部的管道的水流量以及水的流速超过设定的正常值时, 这时极有可能正处于暴雨天气下, 闭合的井盖以及无法满足排水需求, 这是系统会打开阀门, 将井盖打开, 来保证在高强度降雨下的排水。

智慧井盖系统内的管道水流计算, 由以下方程进行控制:

$$\frac{\delta q}{\delta t} + \frac{\delta F}{\delta x} + \frac{\delta G}{\delta y} = S \quad q = \begin{bmatrix} h \\ q_x \\ q_y \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} uh \\ uq_x + gh^2/2 \\ uq_y \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} uh \\ uq_x \\ uq_y + gh^2/2 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} i \\ -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - S_{fx} \\ -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - S_{fy} \end{bmatrix}$$

式中: q 为变量矢量, 包括水深 h 以及两个方向上的单

宽流量 q_x 、 q_y ; F 、 G 分别为 x 、 y 方向上的通量矢量; t 为时间; i 为净雨速率; u 、 v 分别为 x 、 y 方向上的流速^[1]

为管底高程; g 为重力加速度; S 为源项矢量, 包括净雨源项、摩阻力源项 S_f 及底坡源项 S_b ; S_{fx} 、 S_{fy} 分别为 x 、 y 方向上的管道摩阻比降。

摩阻源项 S_f 在 x 、 y 方向上的表达式为

$$S_{fx} = gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3}$$

$$S_{fy} = gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2} / h^{1/3}$$

(式中 n 为曼宁系数)

2) 井盖升降

在正常情况下, 智慧井盖系统的井盖通常处于关闭状态, 当水位达到一定的高度, 及到井盖关闭状态下, 无法满足正常的排水要求时, 在单片机的控制下, 井盖会向上升起, 进入打开状态。为了满足井盖在关闭状态与打开状态之间的自有切换, 我们采用了采用超声波传感器来检测水位的高度, 根据水位的高度来看井内的积水程度, 然后根据积水程度的高低判断是否堵塞以及堵塞的程度, 这样来实现井盖的打开与关闭。

我们的超声波传感器采用的是 MB7066 传感器, 超声波液位传感器 MB7066 是一种体积小但坚固的耐风雨的超声波传感器, 可以在水中进行短暂的浸泡, 可以有效避免当水位过高而损坏传感器的情况。该传感器有很高的输出声功率和连续可变的增益, 能实时自动校准, 有很好的噪声抑制算法等优点, 都能有效地实现无噪声距离读数。^[2]

3) 电机的控制阀门的工作原理

所述主体的内部设置有圆环槽, 所述主体的表面. 上与圆环槽对齐的位置等距离设置有多个排水口, 所述主体的内部相对于圆环槽的一侧设置有连通室, 所述连通室的中心位置转动设置有转轴, 所述转轴上等距离设置有多个连接杆, 所述连接杆的另一端延伸至圆环槽的边缘, 且连接杆的另一端固定设置有弧形板, 所述主体的底部中心位置设置有电机, 所述. 转轴的底端贯穿主体并且与电机转动连接, 所述电机的外侧设置有密封防水罩, 所述密封防水罩与主体的底部表面通过螺纹固定连接。

电机阀门控制原理: 我们采用了 stm32 单片机来实现对阀门的控制, 该马达控制器通过将该传感器的数据反馈给该真实开口的信号与该阀的真实开口信号相对比, 然后根据该

调整器所提供的的一个电流信号 (4-20 mA) 确定该阀的开启状态, 并且在该状态下, 该微控制器 stm32 接收到该偏斜信号后, 利用该信号来控制该压电阀, 使得通过该压电阀的大量压缩气体流入该阀片限位器的腔内; 带动阀门板运动或旋转, 从而使阀门板精确定位。以此来实现电机对阀门的控制其中包含的组件主要及其主要功能:

(1) 该系统使用了微型单片机控制芯片作为微处理器单元, 通过芯片 AD 模块实现了阀门定位器的数据采集和动作控制功能。

(2) 该系统还配备了一个显示模块, 采用了 LCD 人机界面。通过这个显示模块, 用户可以直观地查看阀门的工作状况和警报信息。

(3) 系统还有一个电源模块, 能够为单片机和其他模组提供 5V 电源。

(4) 为了实现数据的收集和处理, 系统配备了一个数据收集装置。能够对电机的信号进行处理和电平转换, 然后将其输入到微处理器中进行进一步的处理。

(5) 系统还包含一个驱动模块, 用于传输由微控制器发送的执行信号到相应的执行机构, 以实现阀芯的移动或转动。

(6) 通信组件。这种系统的应用将会提高阀门定位的准确性和效率, 并在工业自动化领域中发挥重要作用。^[3]

在智慧井盖进行工作的情况中, 需要对管道中的水流压强进行计算, 这样能更方便的将管道内部的实时数据反馈给系统, 达到更好的检测作用, 同时, 对压强进行实时监控, 还可以防止意外事故的发生, 比如管道破裂等。当水流在管道内进行流动时。其压强的计算公式为:

$$\text{伯努利方程: } p + 1/2 \rho v^2 + \rho gh = c$$

其中, p 是液体在某一点上的压力, v 是液体的流动速度, ρ 是液体的密度, g 是引力的加速度, h 是那一点的位置, C 是一个常数。

3. 模型试验

考虑可能存在的最大洪水流速 (30m/s) 按 1: 1 的比尺制作模型并对该模型进行实验, 测定井盖处于打开时, 从井口往里深入时静压、水流速度随不同深度的变化曲线, 然后得到其相互关系, 曲线如下:

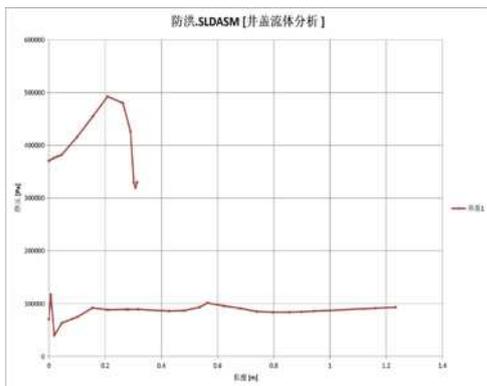


图 1 水流速度的变化曲线图

在模型条件下可以验证：竖井水流速度随深度增加而减弱，静压也随着深度增加有所减弱但有所波动，根据静力和流速变化的分析，金属筛网处和下方小门处静压较大，可以适当提高材料强度，通过进一步分析，存在合理的选材可以保证产品成本的同时质量优良。（井盖处应选择强度高，耐腐蚀的金属材料，金属筛网和下方小门选择强度较高，耐腐蚀的金属材料）

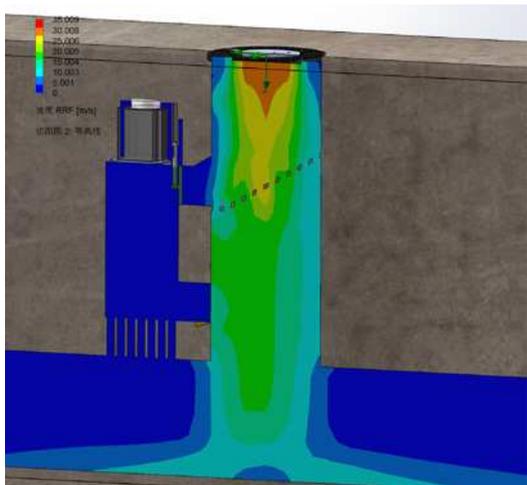


图 2 井盖流体分析图

4. 创新特色

4.1 结构简单高效

能够在短时间内加速路面积水下排，快速缓解因暴雨

城市道路路面积水，缓解城市内涝。保证道路交通安全，解决城市交通因积水拥挤问题。同时内部的垃圾处理装置，很好的规避了因垃圾堵塞进而影响水流下排。也对暴雨内的路面垃圾进行收纳，方便后续处理。



图 3 实物分析图

4.2 建设成本低廉

直接在现行的城市管道上对于城市管道进行改造升级，无需进行大规模改造建设。减少人力物力，建设时间段，效率高。

4.3. 安全可靠

本装置不仅在井盖上面设置防跌落装置，同时管内的垃圾拦截网也能起到一定的保护作用。整体装置能够在暴雨之中保护人民的生命和财产安全。

参考文献

- [1] 侯精明,董美君,李东来,马越,姬国强,张松. 超标暴雨下城市雨水管网排水效果——以西安市沣西新城为例[J]. 地球科学与环境学报; 工程科技 II 辑. 2023,45(02): 427-436.
- [2] 张宏伟,孙影. 基于单片机的智能井盖监控系统的设计[J]. 大庆师范学院学报, 2021,41(03):104-110.
- [3] 杜梦婷. 智能阀门电动执行机构控制系统研究[D]. 南京理工大学, 2019.12.