

离散数学课程大作业

城市供水网络的安全监测问题

姓 名： 刘宇轩

学 号： 2023112455

班 级： WLR07

任课教师： 陈建文

目录	I
----	---

目录

1 背景和意义	1
2 问题描述	1
3 研究现状分析	2
3.1 国外现状分析	2
3.2 国内现状分析	2
4 现在问题及其挑战之处	3
5 研究问题	3
6 总结	4

1 背景和意义

随着城市化进程的加快和人口的增长,城市供水系统面临着前所未有的压力。供水网络安全直接关系到居民的日常生活和生命健康,以及城市的稳定发展。然而,当前城市供水网络普遍存在设施老化、管网漏损、水质污染等问题,严重影响了供水安全;与此同时,城市供水管网存在维护成本高、管理难度大的问题,对其适时安全评价,有利于进一步发挥其保障居民生活和促进经济发展的作用^[1-2]。因此,开展城市供水网络安全监测研究具有重要的现实意义。

此外,该研究对于推动城市供水系统的智能化、信息化建设,提升城市管理水平,增强城市抵御自然灾害和突发事件的能力,具有重要的理论指导和实践价值。总之,城市供水网络安全监测问题是关乎国计民生的重要课题,其研究成果将为城市可持续发展提供有力支持。

2 问题描述

将供水设施视为节点,将管道视为边,则供水管网可以看作无向图 $G(V, E)$ 。集合 $V = V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ 代表管网节点, $e_k = (V_i, V_j) \in E$ 代表连接节点 i 与节点 j 的管道。记 R_f^k 代表管段 k 的脆弱性评估指标, R_p^k 代表管段 k 的潜在危险性评估指标, $R_{trouble}^k$ 为管段 k 的已发生危险性评估指标。则有如下等式

$$R_f^k = \alpha R_p^k + \beta R_{trouble}^k$$

其中 $\alpha + \beta = 1$,可以由熵权法或专家确定,确定了 R_f^k 的值,也就可以判断管道的安全程度。

3 研究现状分析

3.1 国外现状分析

国外对城市供水网络的安全监测问题研究现状表现为多维度、多技术的综合发展。当前，研究主要集中在以下几个方面：一是传感器技术的广泛应用，实现了对供水网络中水质、流量、压力等关键参数的精准监测；二是数据分析与处理技术的提升，通过大数据和云计算等手段，对海量监测数据进行分析，如通过神经网络构建管网节点模型^[3]，以识别潜在的安全隐患；三是风险管理研究的深入，研究者们通过构建风险评估模型，对供水网络的安全风险进行量化评估；四是智能化监测系统的开发，利用人工智能和机器学习算法，提高监测系统的自动识别和预警能力；五是跨学科合作的研究模式，环境科学、公共卫生学、信息工程学等领域的专家共同参与，形成了全方位的研究格局。总体来看，国外在城市供水网络安全监测研究方面已取得显著成效，但仍面临数据集成、模型精确度、技术普及等挑战，未来的研究将继续朝着更加智能化、精细化的方向发展。

3.2 国内现状分析

当前针对供水管网安全评估的研究主要依赖于设定权重的指标评价体系。例如，王亚楠等人开发了一种基于定权重指标的管网结构稳定性评价模型，以评估供水管网的结构稳定性；黄常等人则提出了一种基于定量分析的供水管网安全评价方法。也有一些人提供了利用熵权法进行变权重评估的处理方案。^[4]然而，这些方法未能充分考虑到不同指标在作用和性质上的差异性，当遭遇极端数据时，可能会出现对异常数据不敏感的问题^[5-6]。此外，这些评价方法在评估过程中并未考虑到管网中各个供水点的作用差异^[7]，因此难以满足实际应用中的复杂需求。

4 现在问题及其挑战之处

城市供水网络安全检测问题研究面临的问题和挑战主要体现在以下几个方面：

首先，供水网络结构复杂，覆盖范围广泛，这使得安全检测系统需要处理海量数据，并应对各种不同类型的管网布局。如何设计出高效、准确的检测算法，以适应这种复杂网络结构，是一大挑战。

其次，供水网络中的安全隐患具有多样性和不确定性，包括物理损坏、化学污染、生物污染等，这要求检测系统能够识别和预测多种潜在风险，这对于检测技术和方法提出了更高的要求。

再者，实时监测与快速响应的需求对检测系统的时效性提出了挑战。如何在短时间内准确识别问题，并迅速采取措施，是当前研究需要解决的问题。

此外，供水网络安全检测还面临着设备成本和运行维护的高昂代价。如何在保证检测效果的前提下，降低成本，提高系统的经济性，是研究者需要考虑的问题。

最后，随着信息技术的发展，供水网络安全检测系统还需应对网络安全问题，确保检测数据的安全性和可靠性，防止信息泄露和恶意攻击。

总之，城市供水网络安全检测问题的研究面临着技术、经济、时效性和安全性等多方面的挑战，这要求研究者不断创新，以期为城市供水安全提供有力保障。

5 研究问题

由于问题较为复杂，可以先简化这个问题，以笔者的能力只足够研究一部分，即只考虑水压影响确定 R_p^k 的数值。由于水压只与水源相对位置关系相关，不妨考虑最远处的路径长为 L 。这时无向图 $G = (V, E)$ 变为 $G = (V, E, \omega)$ ，其中 ω 为各边权值组成的集合。而管段 k 的最短距离可

以由Dijkstra算法或Floyd算法求得记为 $mind_k$ ，因此

$$R_p^k = 1 - \frac{mind_k}{L}$$

这是一个已经进行归一化的变量，相应的其他变量也应当进行归一化，最后得到的 R_f^k 也为一个值为0到1之间的量。而 R_f^k 越大，管段 k 越危险。

6 总结

在实际工程中问题将会更加复杂，除了水压以外还可能存在化学物质腐蚀、管道结构等问题，建模也要比现在的模型更加精确，传统的算法可能失效，同时熵权法也可能违背正确的逻辑，专家给出的系数可能主观性过强。以上分析仅是对工程问题的简单抽象与部分个人想法的总结，离散数学有利于将复杂的自然语言问题抽象为特定的代数语言问题，并在数学推理中给出一定思路。进一步研究可能需要结合机器学习相关知识，将供水管道再次抽象成多个相互作用的神经网络。当遇到异常数据时，可能需要先进行一次数据清洗，去除不合理的数据，再对剩余数据进行进一步拟合，可能会对大范围数据以及模型精确度方面做出部分创新。对于影响系数的确定，可能要对熵权法进行改进，创造新的一种确定算法。

参考文献

- [1] 付海林;刁新依;张小莹. 供水管网防护设施数值模拟研究[J].水利规划与设计,2021(07):76-81.
- [2] 卢耀忠. 城市供水管网现状分析及基于EPANET的优化设计[J].四川建筑,2023(03):278-280+283.
- [3] Tornyeviadzi Hoese Michel;Owusu-Ansah Emmanuel;Mohammed Hadi;Seidu Razak. *A sustematic framwork for dynamic nodal vulnerability assessment of water distribution networks base on multilayer networks*[J].Reliability Engineering and System Safety,2022.
- [4] 王超. 基于复杂网络和变权重层次分析法的城市供水管网安全评价[J].水利技术监督,2024(03):289-295.
- [5] 宋朝阳. 供水管网运行安全风险评价研究进程[J].净水技术,2023(S1):50-55+112.
- [6] 宋源;刘世光;戚宇瑶;谢磊. 城市综合市政管网安全评价方法[J].净水技术,2023(04):159-168+183.
- [7] 杨浩志. 基于复杂网络的城市供水管网DMA分区及水力安全可靠性评价[D].天津理工大学,2022(07).