

# Hierarchical analysis of the importance of urban life line system

Bing Chen Siying Li Keyu Chai

Sichuan Haiyuan Zhitou Project Management Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

## Abstract

The urban lifeline system includes bridges and roads, power supply, water supply, drainage, natural gas supply, heating supply, and communication networks, ensuring the normal operation of cities and residents' daily lives. Given the special importance of these lifeline facilities in social and economic development, this paper conducts a hierarchical analysis of the urban lifeline system to provide theoretical support for subsequent protective measures. Through the analysis, a three-tier structure of the urban lifeline system is established: the first tier is bridge and road safety; the second tier is power and water supply; the third tier includes drainage, heating, and urban rail facilities. This hierarchical structure helps clarify the relative importance of various facilities in ensuring city operations, providing a scientific basis for the construction of urban protection systems and the formulation of emergency response plans.

## Keywords

urban lifeline system; infrastructure security; emergency response capability

# 现代城市生命线体系重要度层级分析

陈兵 李思颖 柴裸羽

四川海源智投工程管理有限公司，中国·四川成都 610000

## 摘要

城市生命线体系包括桥梁道路、电力、供水、排水、天然气供应、热力供应和通信网络等，保障着城市的正常运转和居民的日常生活。鉴于这些生命线设施在社会经济发展中的特殊重要性，本文对城市生命线体系进行了重要度层级分析，为后续防护措施的制定提供了理论依据。通过分析，确定了城市生命线体系的三层级结构：第一层级为桥梁道路安全，第二层级为电力和供水，第三层级为排水、供热和城市轨道等设施。该层级结构有助于明确各类设施在保障城市运转中的相对重要性，为城市防护体系的建设和应急预案的制定提供了科学依据。

## 关键词

城市生命线体系；基础设施安全；应急响应能力

## 1 引言

近年来，国家高度重视城市生命线体系建设，陆续出台多项政策文件，旨在提升城市基础设施的安全性和韧性。2024年12月，中共中央办公厅、国务院办公厅联合发布了《关于推进新型城市基础设施建设打造智慧城市的指导意见》，明确提出要加快推进城市基础设施生命线工程建设，推动市政基础设施的智能化改造和升级。同年8月，国务院新闻办公室举行政策吹风会，深入解读《深入实施以人为本的新型城镇化战略五年行动计划》，强调要加强城市排水防涝和实施城市生命线安全工程，提升城市安全韧性水平。北京市也在其发布的《北京市“十四五”时期城市管理发展规划》中，将城市生命线工程作为重点内容，提出要加强地下综合管廊

建设，优化城市基础设施布局，提升城市运行的安全性和可靠性。

## 2 城市生命线体系层级分析

现代城市的生命线体系由多个基础设施网络组成，这些网络相互依赖、相互支撑，构成了一个多层次、多维度的复杂系统。在分析城市生命线体系时，可将其划分为三个层级，以揭示各类基础设施在保障城市正常运转中的相对重要性。

### 2.1 第一层级：桥梁道路安全

城市桥梁道路安全体系由多个关键单元构成，这些单元共同保障着城市的交通流动和社会功能的正常运行。一般来说，城市桥梁道路安全体系可分为四个层级，其中最为关键的层级涉及城市的主要桥梁、道路网络以及连接城市的关键道路节点。对于大城市而言，城市的主干道、跨河大桥、高架桥和城市快速路等设施是城市交通流动的核心构成部

**【作者简介】**陈兵（1972-），男，中国四川成都人，本科，高级工程师，从事城市安全研究。

分，它们承载着重要的交通流量，任何一条主干道的中断都可能导致整个城市交通的瘫痪。

在城市桥梁道路安全体系中，最为关键的层级通常为位于市区及其外围的跨江大桥、环城高速、重要交通枢纽等节点，这些关键设施承担着城市内外交通的主要负担，连接了不同区域之间的交通流动。尤其是大型跨江桥梁或高速公路桥梁，承载的交通流量和运输需求相当庞大，这些桥梁通常设计有较高的承载能力和防灾能力。桥梁的设计和建造依赖于严格的工程标准和规范，如《公路桥梁设计通用规范》（GB 50010-2010）、《城市桥梁设计规范》（GB 50688-2011）以及《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T D60-2015）等，这些标准确保了桥梁在正常使用条件下的稳定性和抗震性能。接下来，城市内的次要桥梁、辅道以及大型交叉口构成了交通网络的第二层级，这些设施同样对城市交通起着支撑作用。特别是在高峰时段，这些次要桥梁和道路为市区外的流动提供了重要的缓解作用。随着城市道路交通量的增加，对于这些次要桥梁和辅道的维护和加固工作变得尤为重要，确保其长期稳定运行以防止交通事故和设施损坏。第三层级则包括城市内的次级道路、区域性桥梁以及辅路，这些设施位于交通网络的外围，承担着低频次的交通任务，且大部分集中于住宅区和商业区。尽管它们的承载量相对较小，但仍然对保障居民日常出行、社会功能的正常运作起着基础性作用。在这一层级，通常采用定期检查和维护策略，通过

道路表面修补、裂缝填充、桥梁支座更换等方式，确保交通畅通。最末端层级则主要涉及街道、城市道路、小型桥梁及其交叉口等设施，这些是城市桥梁道路安全网络的末端构成部分。虽然这些设施对整个城市的交通网络影响相对较小，但其保障城市居民日常出行和小规模交通流动的作用不可忽视。

## 2.2 第二层级：电力与供水网络

城市电力与供水网络是保障现代城市运行的核心基础设施，其稳定性和可靠性对于维持城市的日常运转和居民生活至关重要。在城市电力供应和供水系统中，网络的构成可以分为两个主要层级。每个层级都有其特定的功能和保障目标，彼此间相辅相成，共同支撑城市的基础设施运作。

电力供应网络的第一个层级是区域大型发电厂与高压变电站。大型发电厂通常位于城市周边或区域外，其主要任务是产生并输送电力至城市。这些发电厂包括燃煤、天然气、核能以及可再生能源发电厂，产生的电力通过大型高压变电站进入高压输电网。典型的高压输电线路通常采用110千伏至220千伏的电压等级，用于长距离的电力传输。在这些高压变电站中，电力被转换为适合进一步输送至城市内部的电压水平，保证了电力系统的高效传输。在此过程中，变电站的设计需要考虑到电力负荷、电压稳定性以及抗灾能力等多重因素。高压输电网的设计依赖于严密的网络规划和调度，以确保在高峰期和极端天气条件下的电力供应不受影响。



图1 某城市电力供应中高压配电网络拓扑示意图

供水网络的第一个层级则由区域水源地、供水厂及大型供水管网组成。水源地通常分布在城市周围，通过河流、水库或地下水资源提供水源。供水厂将这些水源经过净化、消毒等一系列处理工艺后，转化为符合饮用水标准的水，输送至市区。通过大型供水管网，水被分配到不同的区域，并通过各类压力调节设备确保供水的稳定性。供水厂的设计不仅要满足日常用水需求，还要在极端天气条件下保持水源的稳定供应。为了应对不同的水质标准和突发事件，供水厂还

配备了先进的水质监测系统和应急供水方案，以保证水质的安全。

在第二个层级，电力和供水网络的分配系统分别由市区的配电站和配水管网组成。对于电力供应来说，市区的大型高中压变电站将电力分配至35千伏至110千伏的配电网，进一步通过中低压配电网将电力供应给居民和各类用电终端。配电网的设计和运行要求具备高度的自动化和智能化，以实现实时监控、负荷调节和故障预警，减少因设备老化、

过载等原因造成的停电事故。在供水系统中，水通过市内的中压和低压管网被输送至各个用户。供水管网的结构复杂且分布广泛，涵盖了从水厂至家庭和工业用户的各类管道，通常采用钢管、PE管、PVC管等材料。随着城市的扩展，管网的布局和压力管理也需要根据不同区域的水需求和地理条件进行优化调整。电力与供水网络的两个层级构成了城市核心基础设施的支撑系统，而这些系统的安全性与稳定性直接关系到城市的社会经济活动。在现代城市中，这些系统不仅仅依赖于传统的人工管理，还广泛运用了智能化管理、物联网技术、实时数据监测等新兴技术，提升了系统的自愈能力和应急响应效率。在极端自然灾害或人为破坏的情况下，电力与供水网络需要具备高度的韧性和灵活性，确保在最短时间内恢复供给。

### 2.3 第三层级：排水、供热与城市轨道

城市排水、供热和城市轨道系统是现代城市生命线体系的重要组成部分，这些基础设施确保了城市的功能运行、居民的基本生活需求以及城市的可持续发展。排水、供热与城市轨道系统在城市中各自承担着关键作用，并通过不同的层级结构共同保障城市的正常运作。

排水系统的第一层级包括城市主要的排水设施、泵站以及污水处理厂。排水系统负责处理城市的雨水、污水以及工业废水，确保城市在降水量大、洪水频发时不会出现内涝现象。城市排水网络通常以雨水管网、污水管网及中水回用管网构成。污水处理厂的设计必须满足一定的水质要求，常见的污水处理工艺包括生物膜法、活性污泥法以及高效沉淀法等，以确保废水排放达到国家水质标准。在一些大城市，污水处理厂的处理能力可能达到数百万吨/天，且伴随有排水管网的智能化升级，利用物联网和大数据对管网运行进行实时监控，及时调整流量分配和应急响应。

供热系统的第二层级是城市的热力供应网络，包括集中供热站、热网以及末端用户的供热设施。城市供热系统通常通过集中供热站产生热水或蒸汽，再通过热网分配至不同区域的用户。热力站的设计要求具备高效的能源转换和传输能力，通常采用高效燃气锅炉、燃煤锅炉或热泵系统。热力供应管网的压力和温度需要通过智能调控系统进行管理，以确保每个用户的供热需求得到满足。城市供热系统的设计必须考虑到城市的区域特性，冬季采暖负荷最大时的供热能力，系统通常具备冗余设计，防止在极端气候条件下发生供热中断。

城市轨道交通的第三层级是城市的地铁、轻轨和有轨电车系统。这些轨道交通系统提供了快速、高效的公共交通服务，特别是在交通密集的大城市中，轨道交通发挥着疏导交通、减少拥堵的关键作用。轨道系统的设计包括车站、轨道、列车控制系统以及电力供应系统等。城市轨道交通的建设要求根据交通需求预测来规划，通常依据城市的地理特点、人口密度和出行模式进行量体裁衣。在设计过程中，考虑到各类列车的运行速度、载客量、运营频率等因素，确保在高峰期能够维持高效的运输能力。此外，轨道交通的电力系统通常采用高压直流供电，并通过变电站进行电力调节，保障列车的稳定运行。这三大系统各自承担着不同的职能，但它们之间有着密切的关系，共同构成了保障城市生命线的重要基础设施。在日常运营中，排水系统的畅通、防止内涝、污水处理的高效处理直接影响着城市的环境卫生和居民的生活质量。供热系统则在寒冷季节为居民提供温暖，尤其是对于北方城市，供热系统的稳定性至关重要。城市轨道系统则是大城市中最为关键的交通方式之一，减少了道路拥堵，提高了交通效率。

## 3 结语

城市生命线体系的各个层级共同作用，确保了城市的日常运转和居民生活的稳定性。从桥梁道路安全、到电力与供水网络，再到排水、供热与城市轨道系统，每一层级都在保障城市功能和应急响应中扮演着关键角色。随着城市化的不断推进和基础设施的日益复杂化，各层级之间的协同效应显得尤为重要。未来，随着技术的进步和管理手段的优化，这些生命线设施将更加智能化、自动化，提升城市的韧性和应急响应能力，确保城市能够在面对各种挑战时持续稳定运行。

## 参考文献

- [1] 瞿锋,王鹏展,陈俊羽,文静,等.数字化城市照明驱动的新型城市生命线体系发展路径研究[J].照明工程学报,2022,第4期
- [2] 中国电子技术标准化研究院,华为技术有限公司.城市感知体系白皮书(2022)
- [3] 中国电子技术标准化研究院.智能无人集群系统发展白皮书,2021版
- [4] 秦博宇,王宏振,王召健,熊自明,赵金龙,卢浩,王明洋.地下空间支撑下的城市轨道交通和能源系统融合发展研究[J].中国工程科学,2023,25(1):15.