

基于城乡供水一体化管网经济流速分析

顾健

甘肃省兰州市永登县给排水所 甘肃 兰州 730300

摘要：城乡饮水安全工程是我国改善城乡居民生活条件的重要工程，实施城乡供水一体化是加快公共基础设施向农村延伸，保障群众用水安全的一项惠民利民的民生工程^[1]。而城乡饮水安全工程主要依赖于供水一体化管网建设，其中主要包括管网建造费以及管网运行管理费用。其中整个管网的投资费用基本取决于管网流量或管道管径，因此为节约制水成本，对于供水管网经济流速的研究是十分重要的，而经济流速的取值直接确定了管径的选取，经济合理地管道流速是保证整个供水管网正常经济运行的必要条件，也对于城乡供水管网的建设具有宝贵的指导意义。

关键词：城乡一体化管网；经济流速；综合费用；

中国是世界人口大国但同时也是世界上人均水资源量最少的国家之一，甚至被列为世界最缺水国家之一^[2]。由于我国目前的城乡居民用水安全主要受经济、自然条件等因素的影响，其饮水水质存在诸多问题，另外随着城乡人口的剧增、工业用水量增长、水污染、用水效率低等问题也促使着水资源的供需矛盾变得更加突出，部分地区的水质安全指标更是长期不合格，给人民的生产生活带来了不小的隐患，所以对于城乡饮水安全问题的解决刻不容缓。而城乡供水工程就是是一项关乎人民生产生活的大计，对促进城乡发展，确保保障人民生活，改善城乡居民的饮水安全具有重要意义。其中城乡供水一体化管网是城乡供水工程的主要组成部分，其主要费用约占整个供水工程总投资的 60%~75%，甚至可能达到了 80%，同时供水管网工程可以满足城乡居民用水法人水质、水量、水压等要求，为居民用水安全提供着重要保障^[3]。因此选择合理的经济流速降低管道的总费用与运行费用是非常必要的，故本文针对城乡供水一体化管网经济流速进行分析。

1. 城乡供水一体化

现状概述

建设美丽新农村已成为当今时代农村发展的主要目的。而与此相同步的是，农村地区的基础设施建设以及生活条件的改善已经得到国家社会的逐步关注。与城市供水管理水平相较，农村的供水情况依旧存在许多的问题^[4]。而城乡供水一体化建设可以让城乡之间的基础设施差距得到明显、有效地改善。城乡供水一体化是城乡地区供水集中化的发展，也是实现城乡之间资源优化配置的有效途径。同时，城乡供水一体化在目前的发展中还面临诸多困境：其一是城乡供水一体化过程中对于部分地区的供水力度不足，城乡供水一体化的发展速度依旧相对缓慢。其二是城乡供水一体化过程中存在部分地区工程质量不过关从而引发城乡居民用水安全问题的情况。其三是城乡供水一体化建设与管理机制不尽完善，供水工程的管理与运营存在诸多不合理的地方。其四是

城乡供水工程资金投入不足，融资渠道单一。要想实现城乡供水一体化的建设与管理运作良好的目标，需要在实践中不断改善存在的问题。

城乡供水一体化工程具体施工中的问题

城乡供水一体化关乎人民生活，而给水管网承担着供水的输送和分配，是城乡供水系统的重要基础设施。设计管网的主要方法是确定各管段的直径。而各管段的直径需要根据不同的管段的流量和经济流速来确定，在流量已定基础上，需要先确定经济流速才能进一步确定管网的管径，所以，经济流速决定了整个管网的设计，合理的管网设计不仅可以提高城乡的供水安全性，还能降低工程投资费用^[5]。当前城乡一体化工程存在供水用水保障效率较低，管网部分节点压力大、爆管现象时有发生等问题。在实际的工程建设中，常常出现局部改造只将原有的旧钢管更换为同直径塑料管的现象，由于原供水压力未变，导致供水时总水量大大增加，用水量超标，造成了水资源极大浪费；另外在供水端水塔高度设计时，部分设计人员根据设计原理，采用了最不利管线的用水压力和用水量的设定，但在实际的管路运行过程中，却出现部分地方出水量超标或者部分地方用水量不足的问题。

二、现行经济流速的取值范围

目前对于水管网经济流速主要考虑方向是管网建设投资费用，运行动力费用，以及维修费用^[6]，当前以管网经济性作为优化目标建立数学模型，以经济流速作为研究对象，并以此为依据，讨论管道造价，泵站电费变化系数，电价等几个主要因素对于经济流速的影响，分析产生影响的原因和影响的趋势。经过进一步研究，给出相应的经济流速范围，而经济流速在当前数学上表现为求一定年限 t 内管网造价和管网费用之和的最小流速。由于当前，不同管径对于其对应的经济流速取值范围较大，所以本论文并未考虑管段在工程当地的实际影响因素。

城乡供水一体化数学模型建造

城乡供水系统的费用主要包括管网的材料费用与安装管网费用，其次是开挖和回填沟槽的费用，最后是管网的新旧大修费和运行费用，其中运行费用主要包括泵站运行过程中所消耗的电费以及其他费用^[7]。通过建立城乡供水一体化费用数学模型可以进行管网经济流速计算。目前通过许多专家学者的不懈努力以及研究，对于水管网优化计算的方法有很多，主要包括树状管网、支状管网及混合管网等进行了分别的、细致地研究分析。对于经济管径的计算方法主要有动态分析方法和静态分析方法两种，其中年值法和净现值法最为常见的动态分析方法，这两种方法的计算原理是相同的，只是采取的方式不同。在经济流速的计算中，常用的两个方法分别是界限流量法及经济因素法，其中界限流量法就是对于某一地区的某种管材的每种管径都对应着一个流量范围，当供水管道的设计流量在这个范围内时即认为供水管网的管径选择对应着工程投资最经济的方案，即使工程最经济该流量范围即为该管径的界限流量。而经济因素法作为目前常用的计算方法，主要对于经济管径、经济流速的求解，确定当地的经济参数、流量是其中的关键，另外由于某一地区的经济参数不是一成不变的，因此经济管径经济流速的求解也就成了一个动态的过程，会随着时间的变化而变化，为了方便求解将某些参数根据工程实践和工程当地的实际情况进行参数化处理。

三、管网的材料费用与安装费用

管网的材料费用与安装费用为管网材料费用根据相关数据^[8]可设定为以 M1 表示。

开挖与回填管沟费用的计算

根据实际工程此项费用主要可依据以下公式计算：

$M_2 = a \cdot (B_1 \cdot V_1 + B_2 \cdot V_2)$ ，其中 M_2 表示开挖回填管沟费用， a 表示系数， V_1 与 V_2 表示开挖与回填土方量， B_1 与 B_2 表示土方开挖回填定额。

管道运行费用

管道的运行费用主要包括水泵的运行电费、其中人工费用以及维修费用根据当地实际情况价格进行计算，将总费用记为 M_3 。

(四) 管道损失等相关参数

其余参数主要是 m 、 n 、以及泵站和泵的运行效率及运行时间等，对于实际工程而言， m 、 n 反映的是管路水头损失的参数，主要与水管的管材种类及水流流态有关，一般当做常数进行处理。针对目前常用的几种水损计算公式，进行参数整理如表 1 所示。泵的效率是指有效功率与轴功率的比值，它反映了泵将原动机传递给输送液体的功率大小；泵站的效率是指泵站输出功率与输入功率的比值，反映了整个泵站的工作效率，在实际工程中，这两个参数不随管径的变化而变化，一般将这两个参数当做常数进行

处理。下图为主要管道造价：

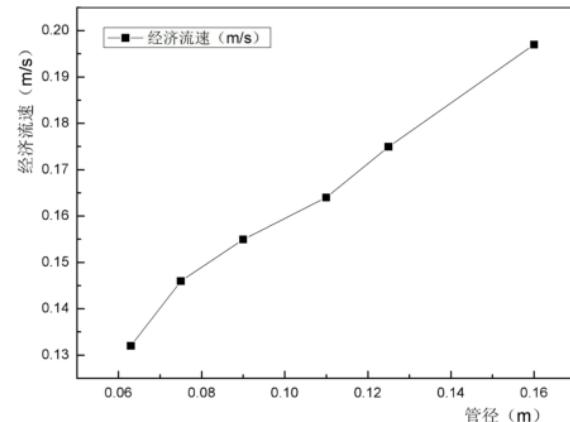
表 1 管道造价

管道种类	φ	m	n
塑料硬管, 玻璃钢管	0.948×10^5	1.77	4.77
铝管、铝合金管	0.861×10^5	1.74	4.77
石棉水泥管	1.455×10^5	1.85	4.89
新钢管、新铸铁管	5.65×10^5	1.85	5.04
旧钢管、旧铸铁管	6.25×10^5	1.9	5.1
钢筋砼管 $n=0.013$	1.312×10^6	2.0	5.33
钢筋砼管 $n=0.014$	1.516×10^6	2.0	5.33
钢筋砼管 $n=0.015$	1.749×10^6	2.0	5.33
钢筋砼管 $n=0.017$	2.24×10^6	2.0	5.33

四、工程实例

以四川省成都市某城乡集中供水工程为例，现管网以修建完成，该管网材料采用 0.8MPa 的 PE100 级管材，其供水量为 0.0053M3/S；水泵的效率以及泵站的运行效率为 80%；当地电价为 0.86 元 / (KW*h)，根据相关数据采用线性回归分析及验证方法可得表 2

表 2 当地不同管径对应的经济流速



根据上述实例可推导出相应计算公式，故可知经济流速是相对动态的概念，而且对于其影响较大的为各管段的流量与管长。

五、管网经济流速原因分析

根据实例分析，可知城乡供水一体化管网经济流速主要受以下因素影响：

在城乡供水管网建设中，由于其用水定额偏小且用水人口较少，用水量较其他地区偏小，所以城乡地区普遍需水压力偏低，而水压与水量的较小必然导致流速的减小。其次城乡供水一体化管网经济流速会受当地经济因素的影响，虽然近些年来在党和国家的大力扶持下落后地区的经济水平取得了显著的提升，但是不同地区的经济水平仍然差距巨大，因此管网的投资回收期等并不统一，所以不同地区的经济流速也不同^[9]。由以上实例可知，管道造价对经济流速的取值地影响在所有因素中占据着十分重要的位置，也就是说决定管道造价大小的取值对于城乡供水一体化管网经济流速影响巨大。以城乡供水一体化供水管网费用为目标函数，可以得到的是流量、管径、以及管长等变量。另外如果供水

管网在平原地区，地形相对比较平坦，加压泵站少，由于泵站的总效率一般包括泵的效率以及泵站的效率，其中泵的效率是泵的有效功率与轴功率的比值，所以泵的效率也是影响城乡供水一体化管网经济流速中一个不可忽视的参数。

最后关于管道经济流速的计算，可以通过以下方面进行：其一对于城乡供水管网经济管径的问题，可以以管网总投资费用最小为目标函数，建立城乡供水管网各部分费用数学表达式，最后对城乡供水管网经济管径的表达式进行整理分析计算。其二，针对供水管网经济流速的计算问题，可以主要针对 PE 管材进行了分析计算，在分析当地实际管材造价的基础上，计算得到合适的管道造价公式参数，再描绘出当地经济流速与管径对照表，得到的经济流速与管道之间的关系。其三，由于经济管径、经济流速的计算是一个动态的概念，是管网优化环节中必不可少的一个指标，所以在常见的经济流速取值中，往往可以根据设计者的经验或者相关技术规范进行管网的设计取值。最后，对于管道造价、管材的选择是确定管径经济流速的一个重要前提工作，在城乡供水管网中管网的建设与城市管网的建设中，最大的不同就体现在管道造价中方面，而管道造价包含闸门费用、开挖回填费用、运输费用等等，需要工作人员充分重视。

六、结语

城乡一体化供水工程是有效提升乡村供水安全的主要对策之一，乡村地区由于技术以及资金力量不足，无法为居民的生产生活提供安全水质保障。目前在我国城乡地区小型集中式供水单位需要每日为人民供水 1000 m^3 ，人分布口在 1 万以下的农村地区采用供水标准更低 [10]。在当前的发展新时期，我国要有效构建城乡一体化供水管网，采用先进保障技术，确保居民用水安全。本文基于城乡一体化管网建设，有效分析管网经济流速的影响因素，努力为城乡居民用水工程建设提供科学化、安全化技术，有效提高管网的经济流速。

由于受我国目前的城乡分布特点影响，城乡供水一体化管网的建造中，管线长度较大，所以通常采用造价较低的管道进行管网建设。由上述实例可知，城乡供水一体化管网经济流速是一个动态概念，若综合费用差距不大，可选取较为大的管径更为经济，

其次不能选用较小的管径，要保证供水安全，另外，管网流速不宜过大。在实际建设之中，根据距离可以采用泵站来减低管材压力等级，从而减低费用，不宜过分追求经济流速而造成浪费。城乡建设离不开供水系统，完善供水管网系统对于城市发展具有重要意义。城乡供水管网经济流速分析，可以有效减低工程成本，保障城乡居民生产生活用水安全，实现城乡的可持续发展。本论文以四川成都城乡供水一体化工程为例，为城乡供水一体化工程经济流速设计提供了参考，不过研究仍存在一定不足之处，未对地形等方面对于城乡供水一体化工程经济流速作出深入探讨，在今后的研究中，可进行进一步分析。

参考文献：

- [1] 依拉木丁·吾拉木 . 加快城乡供水管网建设推进城乡供水一体化 [J]. 珠江水运, 2016(24):3.
- [2] 刘淑丽, 韩庆祥, 张得同 . 城乡供水一体化管网经济流速的研究 [J]. 工程建设与设计, 2020(4):2.
- [3] 张文科 . 基于 " 互联网 + " 的城乡供水一体化监管服务模式改革探讨——以彭阳县智慧人饮工程为例 [J]. 水利水电快报, 2020, 41(10):4.
- [4] 付昕, 周小云 . 城乡供水一体化建设规划研究报告——以新余市为例 [J]. 科教导刊: 电子版, 2020(36):2.
- [5] 吴雨航、胡晓兰、喻需雯、薛英文 . 考虑资金时间价值的给水管网经济流速计算与影响因素研究 [J]. 中国农村水利水电, 2020(12):5.
- [6] 曹仕镛 . 基于城乡供水一体化项目管理研究 [J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2021(12):2.
- [7] 黄晓芬 . 城乡供水一体化建设与管理的思考 [J]. 现代经济信息, 2020(5):2.
- [8] 韩胜 . 给水管网经济流速影响因素与计算方法研究 [D]. 合肥工业大学, 2015.
- [9] 赵红书, 贾景伟 . 复杂地形条件下重力流管道输水管网设计研究进展 [J]. 贵州水力发电, 2012, 26(2):4.
- [10] 杨磊, 陶泓 . 供水系统中经济流速与管径优化节能工程试验研究 [J]. 给水排水, 2009(S2):3.