

浅谈城乡供水工程输配水管管径确定

王舒¹ 唐利明² 汪绍波³

1. 华蓝设计(集团)有限公司; 2. 广西壮族自治区城乡规划设计院; 3. 广西壮族自治区水利科学研究院

摘要: 给水管网是供水系统的重要组成部分, 在城市和农村供水工程设计中, 首要任务是管径的确定。合理的管径设置, 能在保证用户所需用水量、用水水压的前提下, 减少工程投资、降低能耗及提高经济效益。本文以“四川某城乡供水一张网建设项目”为工程实例, 简述给水管管径的确定过程及分析思路, 可为其他相似工程的设计提供参考。

关键词: 供水管网; 管径确定; 城乡供水; 管网平差

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.041

2019年至今, 中央一号文件连续六年强调指出“有条件的地区推进城乡供水一体化”, 在此背景下, 供水管网的建设是实现城乡供水一体化强有力的供水基础。在城市和农村供水工程设计中, 首要任务是管径的确定, 设计阶段常运用管网平差软件确定给水管径。

在城乡供水一体化项目中, 供水管网由城市延伸、覆盖至乡镇。受经济发达程度、用水习惯、住房标准等因素影响, 县城和村镇的用水定额、时变化系数及人口增长率存在一定差异。因此, 在进行管网平差定管径时, 如何确定平差流量、如何对整个管网进行流量分配等问题亟待解决。

本文以“四川某城乡供水一张网建设项目”为工程实例, 详细介绍给水管管径的确定过程及分析思路, 为其他相似工程的设计提供指导、借鉴。

一、工程概况

夹江县地处四川西南部, 整个地势由西北向东南构成山地、平坝、台丘分明的地貌轮廓。随着县城的快速发展, 自来水厂管网建设大大滞后于县城的建设步伐, 新城区及村镇自来水普及率过低, 原有供水工程已不能满足现状城镇居民及农村居民的需求, 更无法满足未来发展的要求。本工程供水服务范围包括夹江县城、甘江镇、马村镇、吴场镇、新场镇、黄土镇及镇区周边农村, 建设内容为: 在现状供水管网的基础上, 改扩建给水管网、加压泵站以满足区域内绝大部分用户的用水需求。

二、管网计算主要参数

(一) 供水规模确定

结合当地实际情况, 县城人口及村镇人口年自然增长率分别取6%、-2%进行人口预测, 预测2035年(远期)县城及村镇人口分别为10.94万、14.74万, 城乡人口共计25.68万。

采用分项指标法^{[1][2]}、综合用水量指标法^[3]分别对城镇及农村的供水规模进行预测。

1. 分项指标法

(1) 村镇远期水量预测

村镇最高日居民用水定额根据《村镇供水工程技术规范》进行取值。夹江县村镇所在地气候和地域分区为

四区, 洗涤设施及卫生设施较为齐全, 最高日居民生活用水定额为90~130L/(人·d), 从实际出发, 依据供水现状及发展规划, 确定2035年最高日居民生活用水指标为120L/(人·d), 集中供水率为90%。村镇最高日需水量预测结果如表1所示为4.45万m³/d。

表1 村镇远期供水规模预测表

项目名称	单位	水量	备注
Q ₁ : 最高日居民用水量	万 m ³ /d	1.59	
Q ₂ : 公共建筑用水量	万 m ³ /d	0.24	取 15%Q ₁
Q ₃ : 饲养畜禽用水量	万 m ³ /d	0.37	取 20% (Q ₁ +Q ₂)
Q ₄ : 企业生活用水量	万 m ³ /d	1.04	
Q ₅ : 浇洒道路和绿地用水量	万 m ³ /d	0.32	取 10% (Q ₁ +Q ₂ +Q ₃ +Q ₄)
Q ₆ : 管网漏损水量和未预见水量	万 m ³ /d	0.89	取 25% (Q ₁ +Q ₂ +Q ₃ +Q ₄ +Q ₅)
总和	万 m ³ /d	4.45	

(2) 县城远期水量预测

县城最高日综合生活用水定额根据《室外给水设计标准规范》进行取值。夹江县属二区II型小城市, 最高综合生活用水定额为110~220L/(人·d), 结合夹江县城市性质及用水特征, 确定2035年最高日居民生活用水指标为210L/(人·d), 集中供水率为100%。县城最高日需水量预测结果如表2所示为3.37万m³/d。

表2 县城远期供水规模预测表

项目名称	单位	水量	备注
Q ₁ : 最高日综合生活用水量	万 m ³ /d	2.30	
Q ₂ : 工业企业生活用水量	万 m ³ /d	0.23	
Q ₃ : 浇洒道路和绿地用水量	万 m ³ /d	0.25	取 10% (Q ₁ +Q ₂)
Q ₄ : 管网漏损水量	万 m ³ /d	0.28	取 10% (Q ₁ +Q ₂ +Q ₃)
Q ₅ : 未预见水量	万 m ³ /d	0.31	取 10% (Q ₁ +Q ₂ +Q ₃ +Q ₄)
总和	万 m ³ /d	3.37	

2. 综合用水量指标法

(1) 计算公式

综合用水量指标法计算公式如下所示:

$$Q=q_1P$$

式中: Q——最高日供水规模, 万m³/d。

q₁——综合用水量指标, 万m³/d。

P——用水人口(万人)。

(2) 供水规模预测

村镇最高日综合用水定额根据《镇(乡)村给水工

程规划规范》取值。夹江县村镇属二区，人均高日综合用水量指标为0.1-0.25万m³/（万人·d），结合实际用水情况，远期2035年最最高日农村综合用水定额取250L/（人·d），用水普及率取90%。

根据《城市给水工程规划规范》（GB50282-2016），夹江县城属二区城市，县城性质为小城市，最高日城市综合用水定额0.15-0.4万m³/（万人·d）；根据《四川省用水定额》（DB51/T2138-2016），夹江县城属小城市，城市人口综合用水定额为280L/（人·d）。本次规划结合《夹江县县城供水专项规划》（2016~2030）及实际情况，远期2035年县城最高日综合用水定额取400 L/（人·d），用水普及率取100%。

经计算得农村和城镇的供水规模分别为3.31万m³/d、4.38万m³/d。

3. 供水规模的确定

供水规模 (万 m ³ /d)	村镇需水量预测值		县城需水量预测值	
	分项指标法	综合用水量指标法	分项指标法	综合用水量指标法
	3.37	3.31	4.45	4.38
均值 (万 m ³ /d)	3.34		4.42	

综合两种预测方法，并结合夹江经济社会发展情况，本次工程建设规模近期2035年（远期）村镇和县城的供水规模分别取3.50万m³/d、4.50万m³/d。

（二）高日高时水量确定

综上知村镇供水规模、县城供水规模分别为3.50万m³/d、4.50万m³/d。

依据给水规划、各种相关规程及规范，结合城镇和农村经济发达程度、用水习惯、住房标准等因素得差别，村镇和县城的高日高时变化系数分别取1.8、1.3。最终得高日高时用水量为5062.5m³/h。

（三）最小服务水头确定

根据《城市给水工程规划规范》规定，给水管网的服务压力应结合地形地貌、城市规模及当地规划等因素综合考虑，并满足城市直接供水建筑层数的最小服务水头。

根据实地调研，夹江县村镇地区大部分为2~3层楼房，因此村镇地区直接供水建筑层数按3层考虑，用户管的最小服务水头取16m。夹江县城部分，无电梯的建筑最高为6层，带有电梯的建筑可高达33层且配有增压设备，综合经济及技术可行性方面的考虑，县城地区直接供水建筑层数按6层考虑，用户管的最小服务水头取28m。

（四）经济流速的确定

管径大小由管段流量及流速决定，在管段流量已定的前提下，欲确定关键必先选定流速。本项目全部为压力流管网，通常，流速与管径呈复相关关系，流速小会使管网造价增大，但是水头损失小又能节约水泵的电耗；反之，流速大则管径小，管网造价低，但管径小会造成水头损失大会而引起电费的增加。因此，在保证用

水量、水压、水质的前提下，合理的确定流速可节省总投资提高经济效益。

本工程参照《给水排水设计手册 第03册》及各地统计资料计算确定平均经济流速如下：

管径 (mm)	平均经济流速 (m/s)
100 ≤ D < 400	0.6 ~ 0.9
D ≥ 400	0.9 ~ 1.4

三、管网平差基本思路

（一）节点流量的确定

节点流量的确定是管网平差的基础，是否合理直接影响计算的准确性。

（1）县城部分沿线流量确定

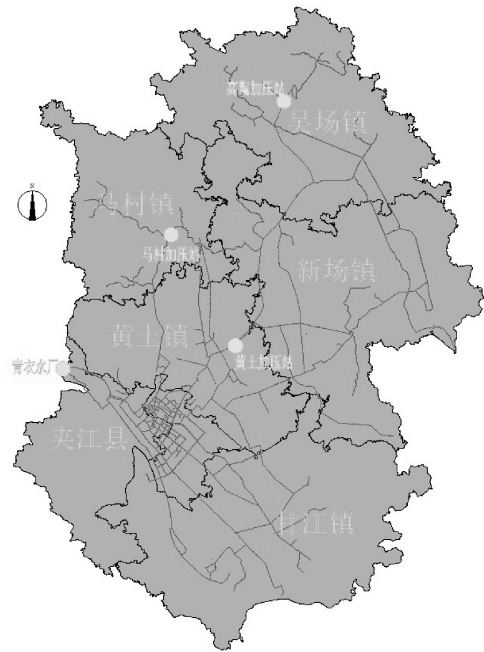


图1 供水管网示意图

县城部分的供水管网，沿线人数和用水量差别较小，采用管长比流量法来确定沿线流量。计算公式如下所示：

$$q_s = \frac{Q - \sum q}{\sum l} \tag{1-1}$$

$$q_l = q_s l \tag{1-2}$$

式中：q_s——比流量，L/（s·m）。

Q——县城高日高时总供水量，L/s。

∑q——集中流量总和（工厂等大用户集中供水作为集中流量），L/s。

q_l——沿线流量，L/s。

（2）村镇部分沿线流量确定

村镇部分的供水管网，沿线人数及水量差别非常大，为了保证各管段与实际配水量的一致性，对每根管段的服务人口进行标记。沿线流量计算公式如下所示：

$$q_l = (Q - \sum q) \cdot \frac{P_1}{P_2} \quad (1-3)$$

式中：P₁、P₂——管段服务人数、农村总服务人数。

Q——村镇高日高时总供水量，L/s。

∑q——集中流量总和（工厂等大用户集中供水作为集中流量），L/s。

q_l——沿线流量，L/s。

(3) 节点流量确定

为了便于计算，任意节点流量等于与该节点相连接各管段的沿线流量总和的一半，有集中流量时还应再加上集中流量。节点流量q_i计算公式如下所示：

$$q_i = 0.5 \sum q_l + q \quad (1-4)$$

式中：q_i——节点流量，L/s。

q——节点集中流量，L/s。

q_l——该节点相连接各管段的沿线流量，L/s。

(二) 给水管径的初步确定

本次管网计算采用了国内先进的供水管网模拟软件“杰图”进行水力计算，通过不断调试管径，直至流速、水压等参数基本满足前边确定的范围，完成管径初步确定及加压泵站的设置。

管道水头损失公式设定为海曾—威廉公式，如下所

示：

$$h = \frac{10.67q^{1.852l}}{C_h^{1.852}d_j^{4.87}} \quad (1-5)$$

式中：q——设计流量，m³/s。

l——管段长度，m。

d_j——管段设计内径，m。

C_h——海曾-威廉系数。

(三) 消防工况校核

管径初步确定后，需对管网进行消防校核复核管径。因供水服务范围为夹江县城、甘江镇、马村镇、吴场镇、新场镇、黄土镇及镇区周边农村，总人口共计25.68万，同一时间内发生火灾按2起考虑^[4]。为了保证火灾发生时，县城最不利点及各村镇中心最不利点供水压力不小于0.10MPa，对2起火灾的发生地点进行不同组合校对，每起火灾的灭火流量根据着火点发生的人口按照消防规范取值，校对组合方案如表4所示。

表3 各县城及各村镇人口数量表（万人）

县城人口	黄土村镇	甘江村镇	吴场村镇	新场村镇	马村村镇
10.94	2.27	4.72	2.65	3.10	2.00

(四) 事故工况校核

表4 消防组合校对方案

校核方案 1			校核方案 2		
火灾发生点 1	夹江县城	灭火流量：45L/s	火灾发生点 1	夹江县城	灭火流量：45L/s
火灾发生点 2	夹江县城	灭火流量：45L/s	火灾发生点 2	黄土村镇	灭火流量：20L/s
校核方案 3			校核方案 4		
火灾发生点 1	夹江县城	灭火流量：45L/s	火灾发生点 1	夹江县城	45L/s
火灾发生点 2	甘江村镇	灭火流量：30L/s	火灾发生点 2	吴场村镇	灭火流量：30L/s
校核方案 5			校核方案 6		
火灾发生点 1	夹江县城	灭火流量：45L/s	火灾发生点 1	夹江县城	灭火流量：45L/s
火灾发生点 2	新场村镇	灭火流量：30L/s	火灾发生点 2	马村村镇	灭火流量：20L/s

因管网中无水塔等高位蓄水构筑物，不存在转输工况校核，故消防工况校核后，经事故校核最终确定管径。

进行事故工况校核时，定义正常工作状态下环状管网中转输流量最大的一根管事为事故管，事故用水量按设计水量的70%考虑，通过不断调整，使得在管道任何一段发生事故时，能保证在设计水量70%的情况下满足用户水压要求。

四、结论

①受经济发达程度、用水习惯、住房标准等因素影响，村镇与县城的用水定额及时变化系数取值不一致，统一供水时，宜分开进行供水规模测算后加和确定总供水规模；其次，在管网平差时，村镇与县城宜根据各自测算规模乘以相应时变化系数确定各自高日高时用水量作为节点流量分配的基础。

②在城乡供水一体化项目中，村镇管网沿线人数和用水量不像县城那样差别较小，不能简单的采用管长比

流量法来将用水量均匀的分别在干管上确定沿线流量，为保证管径确定的准确性及合理性，宜根据供水管段服务人口确定沿线流量后再确定节点流量。

③本项目供水范围包括夹江县城、甘江镇、马村镇、吴场镇、新场镇、黄土镇及镇区周边农村，为了保障火灾时消防用水的安全性，在进行消防校核时，2起火灾发生的位置采用组合校对的形式，每起火灾灭火流量也按照各自人口进行取值。

参考文献

[1] SL310-2019村镇供水工程技术规范
 [2] CJJ-T246-2016镇（乡）村给水工程规划规范
 [3] GB50282-2016 城市给水工程规划规范
 [4] GB52974-2014消防给水及消火栓系统技术规范
 作者简介：王舒（1990-），女，汉族，广西桂林人，硕士研究生，工程师，从事市政给排水工程设计工作。