

# 浅谈电力载波通信技术在二次供水系统中的应用

王 飞

上海连成（集团）有限公司 上海 201812

**摘 要：**随着人们生活水平的不断提高，对入户龙头水压的要求也越来越高。由于季节、温度和昼夜的用水变化较大，水量的变化系数是非常的大，常规的水泵出口恒压控制，往往达不到用户末端压力恒定的要求，特别是高峰用水时段，大流量的用水情况下，用户家里经常会出现压力波动，水压低的情况，又难以达到舒适用水的要求。本文介绍的供水系统将电力载波通信技术与末端恒压供水系统有效的结合在一起，不仅解决了通讯不稳易受干扰的问题，又有效的保证了用户水压的稳定可靠，具有明显的节能降耗的经济效益，同时还延长了设备寿命。

**关键词：**末端恒压；电力载波；节能降耗

## 引言

目前二次供水系统基本采用出口恒压的模式实现供水，随着人们生活水平的不断提高，对入户龙头水压的要求也越来越高。由于季节、温度和昼夜的用水变化较大，水量的变化系数是非常的大，如果出口恒压控制系统采用最大流量时的末端供水压力作为目标压力，那么在用水低峰时末端压力会偏大，造成管网压力富余，能源浪费；如果出口恒压控制系统采用小流量时的末端压力作为目标压力，那么在用水高峰时末端压力偏低，高层用户供水不足。

最好的解决是对管网末端用户侧的水压的进行采集，控制末端出水压力稳定，但受现场环境影响，压力传感器采用有线或无线的方法传递信号都比较困难，实

现末端恒压有一定的难度。

本文介绍的供水系统是将电力载波通信技术与二次供水系统有效的结合在一起，利用电力载波通信技术将末端最不利点的压力信号传输至泵房二次供水控制系统中，真正实现末端压力恒定，该控制系统不仅解决了通讯不稳易受干扰的问题，又提高了二次供水从源头到龙头的供水稳定性，保障了用户用水的舒适性。

## 1 二次供水系统简介

### 1.1 二次供水系统结构图

二次供水是指使用专业的设备设施将市政供水存储起来，并对其再次加压，然后通过管道将水供给高层用户家中进行使用的过程。其结构图如（图1）所示：

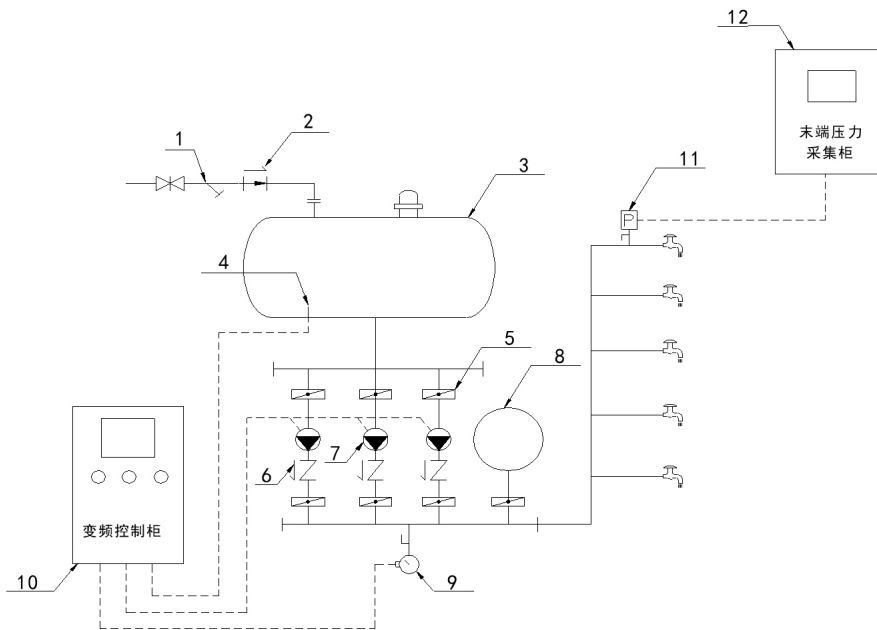


图1 二次供水系统结构图

二次供水系统主要由以下组成：(1)Y型过滤器、(2)倒流防止器、(3)稳流罐、(4)低液位保护系统、(5)蝶阀、(6)止回阀、(7)泵组、(8)系统气压罐、(9)管路出口压力检测系统、(10)变频控制系统、(11)末端压力变送器、(12)末端压力采集柜。

## 1.2 二次供水系统控制方式

### 1.2.1 出口压力恒定供水模式

二次供水设备提供小区居民生活有足够的水量与水压，通常是通过供水设备出水总管上压力采集检测系统(9)采集的压力信号与设定压力值比较来控制变频水泵(9)的转速，从而实现闭环控制供水设备出口压力恒定，这种供水方式是日前广泛应用的控制方式。影响二次供水设备出口压力的因素：

①供水垂直高度：指供水设备到供水末端的垂直高度；

②沿程损失：沿程损失是指水流流动过程中由于固体壁面的阻滞作用而产生的摩擦阻力所造成的水头损失，计算公式如下<sup>[2]</sup>

$$h_f = \gamma \frac{l v^2}{d 2g} \quad (1)$$

式中：

$h_f$ ：沿程阻力损失

$\gamma$ ：沿程阻力系数（与流体的粘度，雷诺数Re和管道表面的粗糙度有关）

$l$ ：管长（m）

$d$ ：管径（m）

$v$ ：断面平均流速（m/s）

$g$ ：重力加速度（m/s<sup>2</sup>）

③局部损失：局部损失是流体在流动过程中遇到的各种障碍和变化，导致流动状态发生急剧变化，进而产生旋涡、回流等现象。局部损失的原因包括：a.流体运动速度和方向的变化：当流体在管道或通道中流动时，如果遇到管道截面突然扩大或缩小、弯头或其他形状变化，流体的速度和方向会发生变化，这种变化会导致旋涡和回流的形成，从而产生能量损失。

b.旋涡的产生：在管道截面变化处，流体速度的突然变化会在流体质点之间产生摩擦，将机械能转化为热能而耗散，此外旋涡的不断脱落和生成也是一个能量耗散的过程。

④碰撞损失：在小直径管道中流出的流体速度较高，而在大直径管道中的流体速度较低，两者在流动过程中必然要碰撞，产生碰撞损失。局部损失计算公式如下<sup>[2]</sup>：

$$h_j = \epsilon \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

式中：

$h_j$ ：局部阻力损失

$\epsilon$ ：局部阻力系数

$v$ ：断面平均流速（m/s）

$g$ ：重力加速度（m/s<sup>2</sup>）

④末端水龙头的水压：末端水压力是指在供水管道的末端以一定流量取水的压力值。

由公式（1）和公式（2）可知在同一供水系统中二次供水设备出口压力与流速的平方成正比，如果出口恒压控制系统采用最大流量时的末端供水压力作为目标压力，那么在用水低峰时因流速变慢，损失减小，末端水龙头的水压会偏大，造成管网压力富余能源浪费；如果出口恒压控制系统采用小流量时的末端压力作为目标压力，那么在用水高峰时沿程损失和局部损失变大又会导致末端水龙头压力偏低，高层用户会出现压力波动，难以达到舒适用水的要求，更甚者最高层用户会出现缺水断水的现象。

### 1.2.2 末端压力恒定供水模式

末端压力是指在一个管网系统中处于管道最后面部分的压力。末端压力恒定系统是通过采集二次管网末端（最高、最远、最不利点）的压力传感器（11）的水压信号与设定压力值比较来控制变频水泵（9）的转速，从而实现闭环控制供水设备末端水压恒定的控制模式。此控制模式直接采集末端的水压控制末端压力的恒定，不受沿程损失和局部损失的影响；这种控制方式不仅可以提高二次供水从源头到龙头的供水稳定性、保障用户用水的舒适性，又可以节约因过大压力所白白消耗的能量。

常用末端压力信号采集的方式：

a.有线信号传输：采用屏蔽电缆线将末端压力传感器（11）检测的4~20mA的电流信号传输至二次供水变频控制柜（10）中。此种传输方式布线距离比较长，模拟信号衰减比较明显，而且长距离传输信号易受环境因数干扰，压力信号不稳定，末端恒压调节亦不太稳定。

b.无线信号传输：在末端压力采集柜（12）中装置无线发射装置，无线发送装置将末端压力传感器（11）采集的压力信号通过4G无线网络通信技术传输至二次供水变频控制柜（10）中，变频控制柜内的无线信号接收装置完成信号接收与解析。由于二次供水泵房基本设置在地下室中，地下室的4G无线网络并无全部覆盖，这就导致了末端的压力信号无法及时、准确传输至变频柜中，末端压力恒定实现就比较困难。

通过上文介绍可知采用末端压力恒定的控制方式比出口压力恒定的控制方式在供水稳定、舒适方面以及节能效果都显著的优势，但是末端压力恒定控制系统又存在着末端压力信号无法及时、准确传输的风险，这就导致了末端压力恒定控制系统没有得到广泛的应用。

## 2 电力载波在二次供水系统中的应用

本文介绍的控制系统能够有效的避免上述传输方式所面临的困扰，本文介绍的供水系统是将电力载波通信技术与二供水系统有效的结合在一起，利用电力载波通信技术将末端最不利点的压力信号传输至泵房二次供水控制系统中，真正实现末端压力恒定，该控制系统不仅解决了通讯不稳易受干扰的问题，又提高了二次供水从源头到龙头的供水稳定性，保障了用户用水的舒适性。

### 2.1 电力载波原理

电力载波是指将低频信号调制到高频载波上通过电力线路进行传输的一种电力通讯方式。电力载波的原理如下：发送端将数字量或者模拟量信号输入到高频载波上，使其成为高频电信号，然后将其输入到电力线路上。接收端的通信设备，从电力线路上接收到高频信号，经过滤波、解调等处理后，便提取出所需的信号<sup>[1]</sup>。

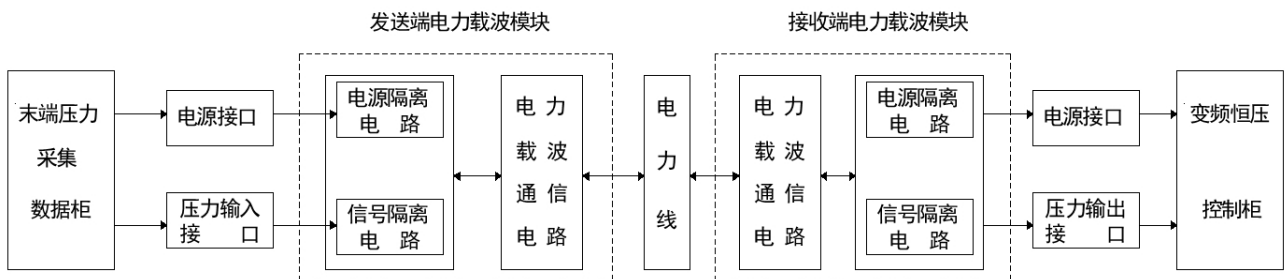


图2 电力载波通信拓扑图

主要包括：

(1) 末端压力数据采集柜：放置在末端供水管网压力变送器处，柜内设置电源模块给压力变送器和发送端电力载波模块提供电源。

(2) 压力变送器：连接在供水管网末端，用于采集供水管网末端最不利点出水压力。

发送端电力载波模块：放置在末端数据采集柜内，用于将末端压力的压力模拟信号进行采集处理并转化成高频信号通过电力线路发送出去。

(3) 电力线：住宅小区供电力电缆线，用于高频信号传输。

(4) 接收端电力载波模块：放置在变频恒压控制柜内，接收端通过电力线路接收到发射端发送的高频电信号，将其转化成数字信号。然后，接收端会对接收到的

### 2.2 电力载波通信模块

电力载波模块是电力载波通信系统中的关键设备之一，它的作用是将数字信号或者模拟信号转为高频载波信号，并通过电网进行传输。具体作用包括：

(1) 接收和处理发送信号：电力载波模块接收和处理电源产生的电能，并将低频信号进行调制，转换为高频信号，是其能够在电力线路上传输。

(2) 实现数据传输：通过电力载波模块，数字或者模拟信息能够被转换为高频载波信号，实现在电力线路上进行数据传。因而，电力载波模块被广泛应用于电力系统的通信和控制中。

(3) 调整信号的频率：电力载波模块能够调整载波频率，以适应不同的网络环境和数据传输需求，从而提高传输的可靠性和效率。

(4) 滤波和去干扰；由于电力系统普遍存在各种干扰和噪音，电力载波模块需要进行有效的滤波和去干扰处理，以保证数据传输信息的准确和可靠。

### 2.3 电力载波通信结构拓扑图

电力载波通讯结构拓扑图如（图2）所示：

信息进行解码，恢复出原始的压力信息并转换成4~20mA信号输出给变频控制柜。

(5) 变频恒压控制柜：控制水泵的数量、变频调节水泵的转速保证末端出水压力恒定。

### 2.4 电力载波通信的优势

电力载波是一种将低频信号调制到高频载波上，通过电力线路进行传输的通讯方式，以下是电力载波的特点：

(1) 方便使用：电力载波只需要在电源和设备之间连接载波设备，不需要专用线路，具有快速调配和使用的优点。

(2) 范围广：电力载波可在电力系统的各环节使用，如变电站、输配线路以及智能电网等。

(3) 传输速度快：由于使用高频载波进行传输，电力载波通信的传输速度非常快，适用于实时要求比较高

的应用场景。

(4) 抗干扰能力强: 电力系统的环境较为恶劣, 电力载波通信具有抗干扰能力比较强的优点。

(5) 数据传输安全性强: 传递的低频信号在高频载波上传输, 通过解调的具体算法可以实现数据传输的加密, 从而确保数据的安全性。

(6) 频段资源共享: 不占用其他频率资源, 节省成本。

### 3 电力载波技术在末端恒压中的应用关键技术及创新点

#### 3.1 突破关键技术

供水系统将电力载波通信技术与末端水压恒定供水系统有效的结合在一起, 利用电力载波通信技术将末端最不利点的压力信号传输至泵房二次供水控制系统中, 真正实现末端水压恒定, 该技术不仅解决了通讯不稳易受干扰的问题, 又提高了二次供水从源头到龙头的供水稳定性, 保障了用户用水的舒适性。

#### 3.2 技术创新点

(1) 末端压力恒定: 采集供水管网末端最不利点水压, 反馈给变频供水系统, 形成闭环控制, 管道末端压力恒定则真正实现实际意义上的恒压供水;

(2) 稳定的信号传输: 采用电力载波通讯技术对末端压力进行实时传输, 有效的避免了传统的模拟信号传输布线的麻烦和信号衰减的困扰以及无线传输信号不稳定的影响。

(3) 节能节水效果显著: 供水系统直接采集末端压力控制末端压力恒定, 不受沿程损失与局部损失的影响, 充分节省系统流量变化过程中的富余水头, 节能节水效果显著

#### 结束语

总的来说, 电力载波通信技术为二次供水控制系统的智能化管理、优化控制提供了有效的手段, 能够提高供水系统的安全性、稳定性、可靠性和适应性, 是重要的通讯方式之一。引进电力载波通信技术的二次供水系统充分节省系统流量变化过程中的富余水头, 数字化、智能化程度更高, 节能效果优于目前普遍采用的出口压力恒定的供水系统, 应用前景更加广阔。

#### 参考文献

[1]甘武、邓宏伟.电力线通信技术及其应用[J].电力建设,2004.25(11):65-66.

[2]李国斌、崔红主编.流体力学与热工基础[M].北京理工大学出版社.2016.09