

流动电流混凝投药系统被控对象模型辨识

杨振海 李圭白

(水工业新技术研究室)

摘 要 本文采用时域法对流动电流混凝投药测控系统被控对象模型进行辨识。首先在生产现场测得的“广义对象”的阶跃响应曲线,再由该曲线确定被控对象的数学模型。

关键词 给水处理; 数学模型; 流动电流

分类号 TU991.22

0 引言

采用流动电流反馈实现混凝投药自动控制在我国是近几年开展的一项新技术,国外也只有少数国家在 80 年代才开始应用。流动电流混凝投药测控系统被控对象的模型形式如何,国内外尚未见报道。在流动电流混凝投药测控系统设计和运行时,需要深入的了解被控对象的动态特性,为合理的选择执行装置、设计控制器和参数整定提供必要的理论依据。然而,混凝过程非常复杂、无法通过理论分析(解析法)得出对象的动态特性表达式,因此,本文采用生产现场实测的方法测得被控对象的阶跃响应曲线,并由此确定被控对象的数学模型,为系统设计和运行提供必要的理论依据。

1 流动电流混凝投药系统的构成及工作原理

1.1 系统构成

流动电流混凝投药自动控制系统框图见图 1。该系统是由以下各部分构成:

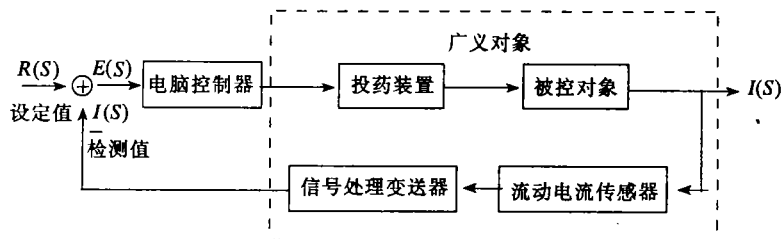


图 1 流动电流混凝投药系统结构框图

收稿日期: 1996-05-28

杨振海 男 副教授/哈尔滨建筑大学市政环境工程学院 (150008)

国家自然科学基金资助项目

1.1.1 传感器

基于流动电流产生原理, 对水样中微粒的荷电状况进行检测。在圆柱形检测室内有一活塞和套筒, 活塞在驱动装置的带动下往复运动, 促使液体沿筒和活塞表面流动, 并带动双电层的扩散层一起运动而产生流动电流。

1.1.2 信号处理变送器

将传感器产生的微弱交变信号进行放大、滤波、同步整流等处理, 使之成为能反映投药量大小的标准信号送入电脑控制器。

1.1.3 电脑控制器

将传感器检测到的流动电流信号与系统设定值相比较后, 按某种控制规律控制执行装置准确投加药量。

1.1.4 执行装置

由变频调速柜和投药泵组成, 变频调速器接受电脑控制器的指令, 通过改变输出频率来调节投药泵的电机转速, 从而调节投药量的大小, 以此来保证系统设定值的恒定, 进而保证混凝效果。

1.1.5 被控对象

混合环节。

1.2 系统工作原理

原水加药混合后, 取部分水样流经传感器, 由文献[1]可知, 传感器产生的流动电流与传统上用来描述胶体脱稳程度指标—— ζ 电位成正比, 因此它同样可以反映水中胶体的脱稳状况, 而且在一定生产工艺条件下, 流动电流值与沉淀池出水浊度有某种对应关系。所以将要求的沉淀池出水浊度对应的流动电流值作为系统的目标值, 由电脑控制器将传感器检出的流动电流值与该目标值相比较, 并按某种控制规律, 控制变频柜通过投药泵调节混凝剂投量, 将系统的流动电流值控制在某一允许的范围内, 即可实现混凝投药自动控制, 并保证混凝效果。

2 系统动态模型的辨识

被控对象的动态特性是指被控对象的某一输入量发生变化时, 其被控参数随时间变化的特性, 而对象动态特性的数学表达式叫做数学模型。在此测得的“广义对象”(即投药装置, 流动电流检测器和被控对象归并到一起)动态特性。

2.1 阶跃响应曲线的测取

图 2 为测试广义对象阶跃响应的原理框图, 测试步骤如下:

1. 将变频柜置为手动状态, 并通过手动旋钮降低其输出频率, 将投药量降至能满足生产要求的最低值, 为能向系统施加一个较大幅度阶跃输入做准备。
2. 经过一段时间, 待系统输出——流动电流值稳定后, 向系统施加一个幅值合适的阶跃扰动, 即通过手动电位器旋钮增加变频调速器的输出频率, 使投药量增至某一数值。增加的幅度应足够大, 以减小随机干扰引起的测量误差。
3. 增加投药量的瞬时记为 $t=0$ 时刻, 此后每隔 15s 读取一次流动电流检测值, 并

以增量表示，直至流动电流值基本稳定为止。

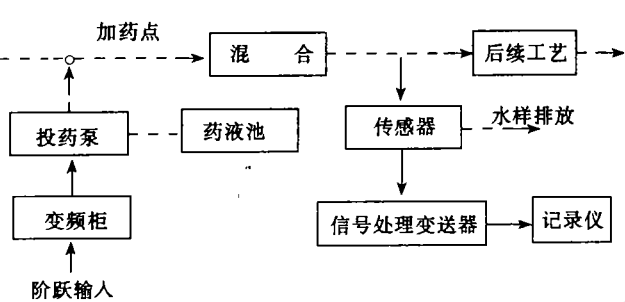


图 2 测试对象阶跃响应曲线的原理框图

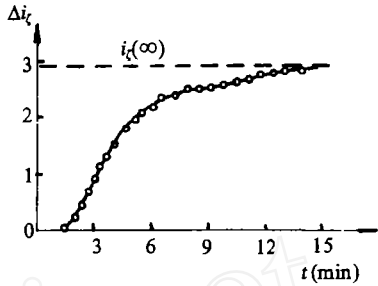


图 3 广义对象的阶跃响应曲线

表 1 是在三亚市青田水厂测得的一组具有代表性数据，利用该组数据绘制的广义对象的阶跃响应曲线见图 3。

表 1 流动电流(增量值)随时间变化数据表

$t(s)$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
$\Delta i_s(mA)$	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.14	0.28
$t(s)$	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285
$\Delta i_s(mA)$	0.43	0.62	0.78	0.89	1.09	1.28	1.34	1.50	1.59	1.65
$t(s)$	300	315	330	345	360	375	390	405	420	435
$\Delta i_s(mA)$	1.80	1.83	1.88	1.94	2.03	2.05	2.13	2.15	2.17	2.20
$t(s)$	450	465	480	495	510	525	540	555	570	585
$\Delta i_s(mA)$	2.23	2.20	2.28	2.25	2.35	2.30	2.39	2.40	2.43	2.45
$t(s)$	600	615	630	645	660	675	690	705	720	735
$\Delta i_s(mA)$	2.51	2.50	2.51	2.55	2.63	2.67	2.70	2.70	2.71	2.71
$t(s)$	750	765	780	795	810	825	840	855	870	885
$\Delta i_s(mA)$	2.71	2.74	2.76	2.79	2.83	2.81	2.80	2.80	2.82	2.81
$t(s)$	900	...	...	1800						
$\Delta i_s(mA)$	2.82	...	...	2.80						

为得到具有普遍意义的结果，利用同样的测试方法，在我国南北方不同水源地和不同工艺条件的水厂、对流动电流混凝投药系统的“广义对象”的阶跃响应曲线进行了测试，其结果见图 4。

2.2 由响应曲线确定对象的传递函数

由图 3 和图 4 所示的阶跃响应曲线可以看出，尽管各地水质不同(三亚青田水库水、深圳雁田水库水、韩江水、洞庭湖水和松花江水)，水厂工艺条件不同，被测水样的取样位置也不同，但测得被控对象的阶跃响应曲线的形状是很相似的，它们都具有以下特征：(1) 纯滞后特性；(2) 受到扰动后，通过对象的自身调节能力都能达到新的平衡，即具有自平衡能力；(3) 各曲线起始速度较慢，曲线呈 S 状，表明对象是二阶或二阶以上的过程，在此简化为二阶。将具有以上特性的阶跃响应曲线与已归纳的标准传递函数的阶跃响应曲线^[2]相对比，可以确定，流动电流混凝投药测控系统的被控对象为具有自平衡能力的纯滞后二阶惯性环节，其传递函数表达式为：

$$H(s) = \frac{\Delta I_s(s)}{\Delta I_c(s)} = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-\tau_0 s} \quad (1)$$

式中: τ_0 —— 纯滞后时间;

T_1, T_2 —— 时间常数;

ΔI_c —— 广义对象的输入, 即为变频调速器的控制输入电流;

$\Delta I_s(s)$ —— 广义对象的输出;

K —— 放大系数, 在此定义为广义对象的输出达到稳态值时的变化量 $\Delta I_s(\infty)$ 与广义对象的输入变化量 ΔI_c 之比即, $K = \frac{\Delta I_s(\infty)}{\Delta I_c}$

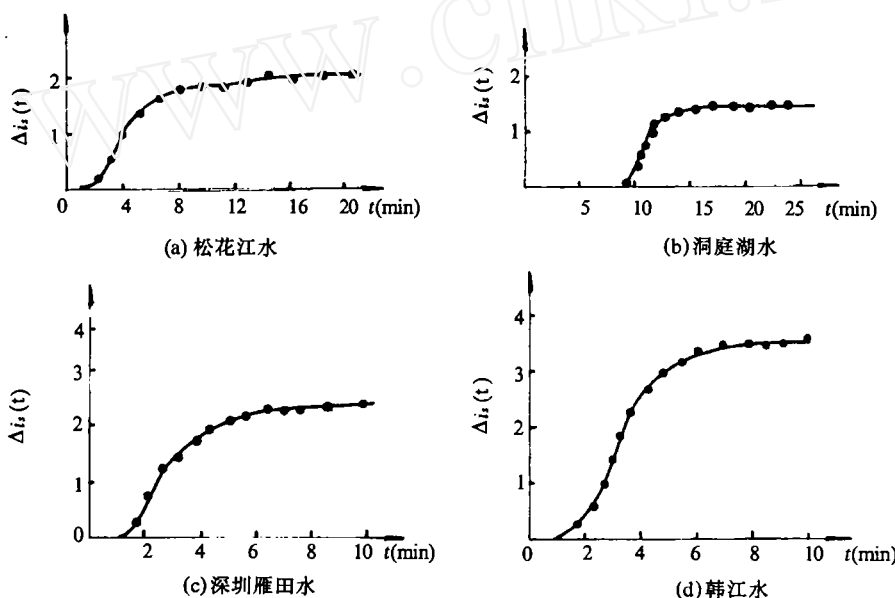


图4 不同水厂被控对象的阶跃响应曲线

式(1)为流动电流混凝投药测控系统被控对象的传递函数表达式, 它是系统最佳控制器设计和整定控制器参数的理论依据。

更进一步, 由测得数据估计出式(1)中各参数值及辨识结果正确性的验证等内容, 将在它文另行说明。

3 结论

1. 流动电流混凝投药测控系统的被控对象为具有自平衡能力的纯滞后二阶惯性环节, 其传递函数表达式由式(1)给出, 它是选择控制方案和整定控制器参数的理论依据。笔者根据该模型设计的控制器在多家水厂运行都取得了良好的效果。

2. 本文所建立的数学模型为流动电流混凝投药测控系统被控对象的通用模型形式, 当水厂工艺条件不同、取样点位置不同时, 模型参数 —— 放大系数 K 、时间常数

T_1 、 T_2 和滞后时间 τ_0 都将发生变化, 并需要依据生产现场测得的数据来确定。

参 考 文 献

- 1 崔福义, 李圭白. 流动电流及其在混凝控制中的应用. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1995
- 2 涂植英, 朱麟章. 过程控制系统. 北京: 机械工业出版社, 1988, 20 ~ 30

Identification of Object Model in Streaming Current Coagulant Dosage Detecting and Control System

Yang Zhenhai Li Guibai

Abstract In this thesis, the mathematical model of the streaming current coagulant dosage detecting and control system (SCDDCS) at the controlled object was identified using analysis method in time domain. First on the production site, the pulse response of generalized object was measured on line, next, the mathematical model of the controlled object was determined according to pulse response.

Key words feed water treatment; mathematical model; streaming current