

附件 5

湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划 项 目 申 报 表

项目名称: 自来水公司动态矾耗模型——以株洲市第二水厂为例				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
于博骏	201453100128	应用统计学	男	2014
李恒通	201447100126	应用统计学	男	2014
苏文婧	201447100203	应用统计学	女	2014
邓集阶	201453100223	信息与计算科学	男	2014
指导教师	朱恩文	职称	教授	
项目所属一级学科	统计学	项目科类(理科/文科)		理科
<p>学生曾经参与科研的情况</p> <p>于博骏: 1、2016 年第九届“电工杯”全国大学生数学建模竞赛国家二等奖；</p> <p style="padding-left: 2em;">2、2016 年全国大学生数模竞赛湖南省二等奖；</p> <p style="padding-left: 2em;">3、2016 年科技立项《基于现代化研究的微信对中年人生活影响调查》获校一等奖；</p> <p style="padding-left: 2em;">4、2015 年第八届“华中杯”数模竞赛校级三等奖；</p> <p style="padding-left: 2em;">5、2016 年 6 月大学生挑战杯比赛院级一等奖；</p> <p style="padding-left: 2em;">6、2015 年获湖南省“互联网+”大学生创新创业大赛院级二等奖；</p> <p style="padding-left: 2em;">7、2016 年参与科技立项《基于复变函数的互联网 + 高等教育大数据分析》；</p> <p style="padding-left: 2em;">8、学习并掌握 C、MATLAB、SPSS、R 等软件。</p>				

李恒通: 1、2016 年全国大学生数模竞赛湖南省二等奖;
2、2015 年获湖南省“互联网+”大学生创新创业大赛院级三等奖
3、2016 年第九届华中地区大学生数学建模邀请赛二等奖;
4、2016 年第九届“电工杯”全国大学生数学建模竞赛国家三等奖;
5、2016 年参与三个科技立项——《基于现代化研究的微信对中年人生活影响调查》、《基于复变函数的互联网 + 高等教育大数据分析》和《群众对雾霾关注度调查》;
6、2016 年获湖南省“互联网+”大学生创新创业大赛院级二等奖。

苏文婧: 1、2015 年获湖南省“互联网+”大学生创新创业大赛院级二等奖;
2、2015 年长沙理工大学“理工杯”数模竞赛校级三等奖;
3、2016 年第九届“华中杯”数模竞赛校级三等奖;
4、2016 年参与科技立项《大学生各阶段考研心里变化调查与研究》。

邓集阶: 1、2016 年全国大学生数模竞赛湖南省二等奖;
2、2016 年第九届华中地区大学生数学建模邀请赛二等奖;
3、2016 年第九届“电工杯”全国大学生数学建模竞赛国家三等奖;
4、2016 参与科技立项——《动物活动量采集与评价系统》

指导教师承担科研课题情况

项目组导师朱恩文老师，博士(后)、教授、留美学者。主要研究方向：非线性时间序列分析、随机微分方程理论及其应用等。近年来发表与本项目有关的主要学术论文 30 多篇，其中 20 多篇被 SCI、EI 收录，现正主持湖南省教育厅重点项目 1 项，株洲市自来水有限责任公司横向课题 1 项，主持完成国家级和省部级课题 3 项，主持完成中国石油天然气股份有限公司湖南销售长沙分公司横向课题 1 项，2014 年获湖南省自然科学奖二等奖。

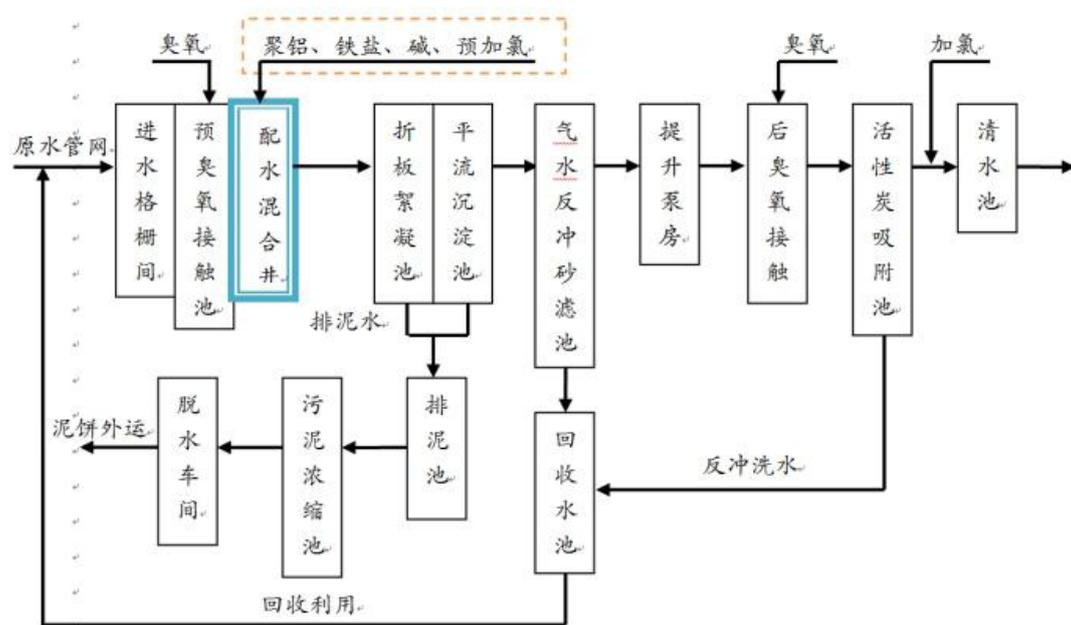
项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

1. 项目研究目的

对湖南省株洲市自来水有限责任公司第二水厂的历史矾耗数据进行数学建模，建立合理的动态矾耗模型，以指导实际生产作业，从而更科学精确地控制净水时的加矾量，合理控制原材料的消耗，节约生产成本，获得社会效益与经济效益的双赢。

2. 项目的研究内容

净水工艺流程图：



对湖南省株洲市自来水有限责任公司第二水厂进行实地调研，了解自来水净化流程，获取项目研究所需要的原始数据，其中数据包含原水浊度 (NTU)、温度、PH 值、原水流量，净水矾耗量、加矾流量，沉淀后水浊度、砂滤后浊度、碳滤后浊度，以及出厂水 PH、出厂水浊度等变量。我们的研究内容就是根据历史数据，深入挖掘数据隐含的信息，尝试多种数学模型，找到相对最优的矾耗模型，并将模型应用于生产实践之中。

(1) 读取数据库文件，对原始数据进行预处理，利用 EM 算法填补缺失值。分析原水浊度对加矾流量的影响，采用线性回归模型，建立原水浊度与加矾流量之间的一元线性回归模型。

(2) 尝试采用单因素方差分析的方法, 考察温度、PH 值、原水流量这 3 个原水参数指标是否对加矾流量存在影响。使用非线性回归预测模型带可测扰动前馈补偿的预测函数控制方法。回归模型的非线性变量用泰勒展开公式表达, 使模型结构简单、计算量小、辨识方便。此外可测扰动前馈补偿提高了过程预测值的准确性, 加强控制的抗模型失配能力^[1]。

(3) 依靠于原水参数与投矾量之间的数学模型进行前馈控制, 同时采用神经网络模型预测耗矾量来弥补前馈控制时滞长、惯性大的缺点。

(4) 使用 PID 算法, 控制器以原水浊度、流量、温度等作为水质参数, 以沉淀池水浊度作为反馈参数, 结合历史加药最佳值, 进行加矾量的计算^[2]。

国内外研究现状和发展动态

混凝是水厂水处理工艺中重要的水处理单元, 准确投加所需要的混凝剂量是获得良好的混凝效果及影响水厂运行管理成本的关键, 如何根据水厂进水水质和水量的变化确定混凝剂最佳投加量, 长期以来一直是给水行业普遍关心而又亟待解决的问题^[3]。近年来随着混凝投药理论不断发展, 逐步形成了多种比较有效的混凝控制技术。如现场模拟试验法、烧杯试验法、数学模型法、单因子控制法等^[4]。

混凝效果不但受原水水质、流量、混凝剂种类、混凝剂投加量、投加时间、投加位置和混凝方式等因素的影响, 而且具有滞后性、非线性和时变性等特征, 控制难度大, 依靠人工经验控制混凝剂投加量不能及时反映原水水质、水量变化, 劳动强度大且效果较差^[5]。因此, 实时自动投药控制系统日益受到国内外学者和管理人员的重视和关注。目前混凝剂自动投加控制方法有流动电流检测法 (SCD)、显示絮凝控制法 (FCD)、现场模拟实验法 (模拟沉淀池和滤池) 及数学模型法等^[6]。

许多学者在理论和实践上做了大量的研究工作, 提出了很多行之有效的方法, 包括最早在时滞系统控制中应用的几种经典控制方法, 主要包括自整定 PID 控制、Smith 预估控制、大林算法这几种方法^[7]。但这些经典方法或现代控制理论, 计算庞大复杂, 很难在工业中得以真正应用。

在国外, 尤其是西方发达国家, 环境保护较好, 水源状况好, 水质变化小, 因此实现投矾控制自动相对较易, 一些地方简单的比值控制就能达到较好的效果^[8]。由于我国

各地间原水水质普遍较差，且普遍受到不同程度的污染，水质因污染变化较大，使得对水质的精确检测和投药量的控制变得较难^[9]。在投矾自动控制方面，由于净水过程的大时滞和不确定性的特点，实现自动控制出水质量十分困难。国内大多数水厂的投矾控制还是依靠熟练工人的经验来控制加矾量^[10]。因此，我们需要研究一种便于操作人员操作的自动加药控制方法。

主要参考文献：

- [1] Liu Y, He X. Design of automatic control system for waterworks based on PLC[J]. Artificial Intelligence Management Science & Electronic Commerce International, 2011:4996 - 4998.
- [2] 崔琳琳，自来水混凝投药过程建模与模糊控制研究，昆明理工大学，2014.
- [3] Zhou Z, He Q, Sun G. Design of automatic control for chemical dosing system in Changcheng Waterworks[J]. Water Technology, 2013.
- [4] 王军栋，混凝投药过程非线性预测控制研究，哈尔滨工业大学，2011.
- [5] Chen D. Application of SCD Dosing Control System in Water Works[J]. Water Purification Technology, 2006.
- [6] 黄丽娟，水厂混凝投药量复合控制系统的应用，中南大学，2014.
- [7] 杨国红等，湖库型水源水厂投药控制系统建模与实例研究，西安科技大学，2013.
- [8] Gong T Z. Analyzing Automatic Chemical Dosing System for Waterworks[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2001
- [9] 李拓，基于BP神经网络的水厂混凝投药控制系统研究，昆明理工大学，2015.
- [10] 饶宁，水处理混凝投药预测控制方法研究，浙江工业大学，2013.

本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

此项目的核心在于根据湖南省株洲市第二水厂的相关历史数据建立动态矾耗模型。在生产实践中检验模型的稳定性及优越性，并利用实际生产的反馈信息进一步优化模型。课题组成员均具有扎实的数学和统计学基础，并多次在省部级及以上数学建模竞赛中获得优异成绩；项目组成员专业结构配比合理，都能较熟练地使用 MATLAB、SPSS 等统计软件，并熟练掌握 C、C++、java 等脚本语言，且在数模竞赛中多次使用过神经网络等机器学习算法。除此之外多位成员担任过“科技立项”、“互联网+”等创新实践项目的负责人，有较强的独立科研能力和团队协作能力。

株洲水厂动态矾耗建模项目是指导老师承担的项目，目前我们已经在老师的带领下参与项目的研究工作。项目成员在数学建模竞赛中成绩优异，多次获得省部级及以上的奖项，其中包括：

- 1、2016 年全国大学生数学建模竞赛湖南省二等奖；
- 2、2016 年第九届“电工杯”全国大学生电工数学建模竞赛二等奖；
- 3、2016 年第九届华中地区大学生数学建模邀请赛二等奖。

项目的创新点和特色

(1) 不同于大多数只针对正常环境和一般水质条件下的矾耗模型，我们重点关注低温低浊与高温高浊情况下的动态矾耗过程。

(2) 模型的安全可靠性高。它是根据影响水处理效果的有关水质参数建立的混凝剂投加率的数学关系式，混凝剂投加量大小与影响其大小的各种参数构成了定量关系式。

(3) 本项目旨在解决实际问题，在保证出厂水水质的前提下减少耗矾量，给水厂带来经济效益。使用非线性回归、神经网络、PID 算法和等进行建模，寻找简单实用、可操作性强、便于推广的模型。

(4) 理论研究与实际生产相结合，中期模型将运用于株洲自来水管网的实际生产作业，检验模型的精确性和可操作性，后期根据水厂实际生产作业中出现的问题，有针对性的修改模型。

项目的技术路线及预期成果

1. 项目遵循的研究思路

数据采集及预处理→利用统计软件对数据进行描述性统计分析，为建模提供思路→使用神经网络、PID 算法和规则自调整的模糊算法进行建模→寻找最优模型→模型应用于实际生产，收集生产数据，进一步优化模型→解决实际问题，带来经济效益，具体技术路线如图 1

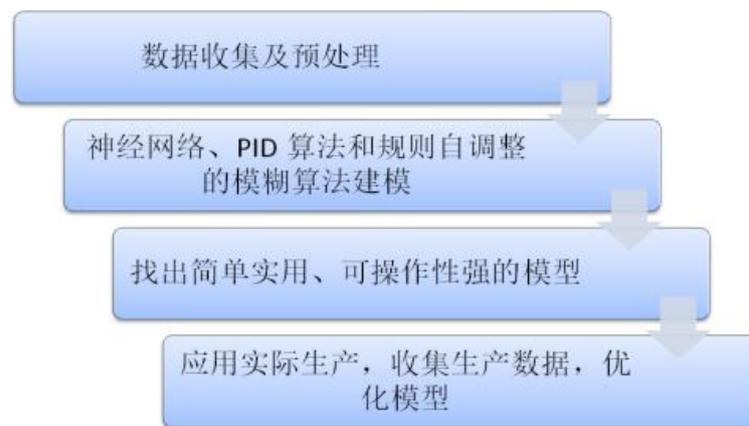


图 1 技术路线示意图

2. 预期成果

(1) 建立实用、高效的矾耗模型，在保证出厂水水质的前提下减少耗矾量，同时减少水中剩余铝的浓度，实现经济最大化，安全生产。

(2) 解决实际工作中依靠熟练工人的经验来决定投矾量导致的资源浪费和水质不稳定的问题，科学准确的指导生产。

(3) 发表相关学术论文 1~2 篇。

(4) 熟练掌握数据库文件的读取和数据处理，并掌握神经网络、PID 算法和规则自调整的模糊算法。

年度目标和工作内容（分年度写）

2016年：实地考察水厂的净水流程，获取水厂净水系统的数据库中，有关原水浊度(NTU)、温度、PH值、流量，净水矾耗量、加矾流量，沉淀后水浊度、砂滤后浊度、碳滤后浊度，以及出厂水PH、出厂水浊度，日期、班次等变量的历史数据，利用SPSS对数据进行预处理和分析；

2017年：深入挖掘数据中隐含的信息，结合国内外最新的理论研究成果，学习和掌握x线性回归、神经网络、PID算法等，寻找合适动态矾耗模型，并在水厂的实际净水作业中检验模型的有效性及其稳定性，根据试验数据，进一步优化模型；

2018年：发表1~2篇学术论文，成果总结，并结题。

指导教师意见

该项目所研究的问题有较高的学术价值和应用价值，研究背景明确，研究内容具体，研究方案可行。项目组团队具有扎实的专业基础知识，并且团队成员在本科阶段参加了课外创新项目，有一定的科研经验和较强的科研能力，这些为本项目的顺利完成提供了保障。该课题的研究对培养本科生的科研水平与创新精神具有重要作用，本人同意担任此项目的指导教师，并推荐该项目参加评审。

签字：

日期：

注：本表栏空不够可

