

小城镇安全供水实时监控模型建立及其应用

马旭丽^{1,2}

(1. 天津市滨海新区大港节约用水事务管理中心, 天津, 300270; 2. 南开大学 环境科学与工程学院, 天津, 300270)

摘要: 针对由多水源、多供水系统、多供水企业、多管理部门等造成的小城镇安全供水保障率低的现实问题, 基于危害分析与关键控制点(HACCP)理念, 建立了供水关键节点实时控制数学模型。该数学模型将供水系统关键部位的水量、水压、水质等实时数据作为输入数据, 与供水系统设计值和国家标准确定的正常范围值进行比较和赋值。当模型中供水系统赋值求和为0时, 表示关键部位正常, 当赋值大于或等于“1”时, 则相应关键部位报警。模型实例应用结果表明, 该模型可以降低小城镇供水系统在供水生产、加工、输送过程中的风险, 对提高小城镇安全供水保障率具有重要意义。

关键词: 小城镇; 安全供水; HACCP; 实时监控; 关键点; 数学模型

中图分类号: TU991 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2014)04-0189-05

Development and Application of Real-time Control Model of Water Supply Safety Control System in Small Towns

MA Xuli^{1,2}

(1. Water Conservation Office of Dagang, Binhai New Area of Tianjin, Tianjin 300270, China;
2. School of Environment Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300270, China)

Abstract: Low guarantee rate of water supply safety in small towns is caused by the occurrence of too many water sources, water supply systems, water supply enterprises, and administrative departments. Based on the concept of Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP), a real-time control mathematical model of key nodes of water supply was developed. The mathematical model adopted the water yield, water pressure, and water quality of key positions in the water supply system as input data, and compared them with the design values in the water supply system and those presented in the national standard and then assigned appropriate values to them. On one hand, when the sum of assigned values was "0", it indicated that the critical position is normal. On the other hand, when the sum of assigned values was greater than "1" or equal to "1", an alert can be reported for the corresponding position. Application of the model on the water supply safety in a small town was analyzed, which suggested that the mathematical model is of important significance to decrease the risks in the process of water production, process, and transfer in the water supply system, and therefore to improve the guarantee rate of water supply safety in small towns.

Key words: small town; water supply safety control; HACCP; real-time control; critical control point; mathematical model

1 小城镇安全供水现状及存在问题

小城镇供水在管理、供水来源、供水方式等方面存在一些独特性, 比如: 多部门管理(由于行政分区或其他原因, 可能同时受省部级、市水务局(或水务集团)、区县水务局或水务集团、各级自来水公司、大型驻区企业等多个部门管理), 管理效率较低; 供水存在多种来源(同时存在外调水、地表水、地下水、再生水、海水淡化水等), 影响供水水质, 给水源

调配与管理均带来不便与困难; 多个水厂和多个供水管网系统并存(同时存在市级、区级、大型企业自备水厂等多个供水公司), 不同供水单位的取水水源地、处理工艺、供水规模、服务范围等各不相同, 加上不同归属、不同时期建设的供水主干管网多为树状供水管网, 之间互不相连, 一旦局部管网出现问题, 就会造成大面积停水。因此小城镇供水可靠性普遍较差。

目前, 提高小城镇供水安全保障率的普遍措施有两种: 一是安装一些在线监测设备, 了解出水水质、水压、水量等数

收稿日期: 2013-08-21 修回日期: 2014-01-21 网络出版时间: 2014-06-11
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.04.001.html>
基金项目: 天津市水务局科技项目“大港多水源调配”(津水资 2012-45)
作者简介: 马旭丽(1977-), 女, 辽宁鞍山人, 高级工程师, 主要从事安全供水及环境管理方面研究。E-mail: magong1977@163.com

据;二是建设供水管理系统,对历史数据进行分析,对实时数据进行查看。这些措施主要针对的是已经生产出来的水,即对最终产品的质量检测,无法实现预控。本文拟借鉴危害分析与关键控制点(Hazard Analysis Critical Control Point,简称 HACCP)原理,建立供水关键节点实时控制数学模型,为小城镇供水管网系统安全运营提供技术支持。拟研究的供水系统分属于省级、区级和企业等多级部门管理,主要由 8 个独立的供水管网系统构成,水源主要有 2 种地表水和地下水、中水、海水淡化水等 5 种,其水质特点和处理工艺各不相同,且由 10 个自来水厂及供水公司负责供水。

2 小城镇安全供水实时监控模型理论基础

2.1 HACCP 基本原理

HACCP 是基于在食品加工过程对消费者确保安全的预防管理体系,它是 20 世纪 60 年代由美国的 Pillsbury 公司、Natick 实验室以及国家航空和航天局(NASA)共同开发的,目前已被世界各国广泛应用。在国际贸易中,HACCP 体系认证与 ISO9000 认证、环保认证已被公认为世界范围内生产安全食品的准则。

与传统的最终产品质量检测的思路不同的是,HACCP 管理体系关注的是在整个生产过程中存在的潜在危害,旨在从生产的过程中对危害进行有效预防和控制。HACCP 体系

包含七个基本原理:危害分析、确定关键控制点(Critical Control Point,简称 CCP)、确定关键限值、确定监控 CCP 的措施、确立纠偏措施、确立有效的记录保持、建立审核程序。

可见,CCP 是 HACCP 系统的重要组成部分。通过对 CCP 的监控,可以有效确保产品在整个生产过程中的安全。CCP 的数量取决于产品或生产工艺的复杂性、性质和研究的范围等。

2.2 小城镇供水安全关键节点 HACCP 计划

为了建立供水系统 HACCP 管理体系,首先应根据《中国生活饮用水标准》(GB 5749-2006)、《生活饮用水水源水质标准》、《城镇供水厂运行、维护及安全技术规范》等饮用水相关标准,通过对小城镇供水系统情况进行调查,充分了解其供水现状,绘制供水系统管网 CAD 图,明确责任区划;然后在此基础上,将饮用水视为一种特殊的食品,参考 HACCP 在食品领域中实施的过程,选择对水源、水厂、输配水管网、二次供水以及多水源统一调度等供水系统的重要环节设置供水安全关键点,进行危害分析和控制。

2.2.1 水源 HACCP 计划

参考 HACCP 在食品行业的实际应用案例,水源的 HACCP 计划见表 1,其中关键限值依据的是水源水质标准。

表 1 水源 HACCP 计划实施

Table 1 Implementation of HACCP plans for water source

| CCP | 显著危害 | 关键限值 | 监控 | | | | 纠偏措施 | 记录 | 验证 |
|-----|------|-------------|--|--------------------|------------------|--------------------------|--|---------------------|--------------------------------|
| | | | 内容 | 方法 | 频率 | 执行 | | | |
| 水质 | 水质污染 | 生活饮用水水源水质标准 | 检测 CJ 3020-93 所列出的相关水质项目,可参考本文生活饮用水水源水质表 | GB 5750 生活饮用水标准检验法 | 至少每季度采样一次作全分析检验。 | 由城乡规划、设计和生活饮用水供水等单位负责执行。 | 对于严重不达标的水源,应切换水源,停止取水;对不严重的应增加处理工艺,保证处理效果。 | 由执行者记录每次的检测数据并签名备案。 | 生活饮用水供水单位主管部门、卫生部门负责监督和检查执行情况。 |

2.2.2 水厂 HACCP 计划

水厂是供水系统的重要组成部分,也是保证供水水质安全的核心处理部门,因此将其作为多水源供水 HACCP 管理体系的关键控制点。为保证 HACCP 计划的有效实施,各水厂需要根据自身具体实际,制定合理、严格的运行管理制度。

在制定水厂 HACCP 管理计划时,应充分考虑制水工艺,加强处理主体构筑物的维护管理。水厂工艺过程危害分析及关键控制点见表 2。例如,常见的水处理工艺过程 HACCP 计划见表 3。

表 2 水厂工艺过程危害分析及关键控制点

Table 2 Hazard analysis and critical control points of the water plant process

| (1) 过程 | (2) 确定在这一步骤中的潜在危害 | (3) 存在的危害是否显著 | (4) 用什么预防措施来防止危害 | |
|-----------|----------------------|------------------|---------------------|-------------------------|
| 预处理 | 生物法 | 短流及水流阻塞 | 否 | 严格操作规范,定期观测填料状态 |
| | 氧化剂 | 氧化副产物 | 是 | 通过实验,准确判定氧化剂的投量。严格操作规范。 |
| | 沉淀法 | 处理后没有达到预期浊度降低要求 | 否 | 增加停留时间 |
| | 中和法 | 没能有效调节与原水 pH | 否 | 用过实时的在线监测,准确计算酸碱投量 |
| 常规处理 | 混凝 | 难形成絮体 | 是 | 增加混凝剂,添加助凝剂 |
| | 沉淀 | 对絮体的去除效果差 | 是 | 增加停留时间 |
| | 过滤 | 滤池缺陷 | 是 | 增加对滤池反冲洗,排出初滤出水 |
| | 消毒 | 病原体存活 | 是 | 优化消毒剂剂量和接触时间 |
| 清水池 | 二次污染 | 是 | 保持设施完整性、保持良好的卫生条件 | |
| 深度处理 | 出水不达标 | | | |
| 污泥处理 | 脱水率低,脱水液污染 | 否 | 严格按照相关操作规范 | |

表3 水厂工艺过程 HACCP 计划编制
Table 3 HACCP plan form of water plant process

| CCP | 显著危害 | 关键限值 | 监控 | | | | 纠偏措施 | 记录 | 验证 |
|-----|-------|--------------|-------------|------|----|-----|---------------|------------------|--------------|
| | | | 内容 | 方法 | 频率 | 执行 | | | |
| 混凝 | 难形成絮体 | 絮体大小 | 观测形成絮体是否正常 | 观察法 | 连续 | 监测员 | 增加混凝剂, 添加助凝剂 | 监测员将改变的药剂投加量记录在案 | 监督员每日核对记录的数据 |
| 沉淀 | 效果差 | 浊度 ≤ 5NTU | 监测浊度 | 在线监测 | 连续 | 监测员 | 增加消毒步骤 | 同上 | 同上 |
| 过滤 | 滤池缺陷 | 出水浊度 ≤ 10NTU | 监测浊度 | 在线监测 | 连续 | 监测员 | 进行反冲洗, 增加消毒步骤 | 同上 | 同上 |
| 消毒 | 不达标 | GB5749-2006 | 标准列出的水质检测项目 | 在线监测 | 连续 | 监测员 | 重新进入处理工艺, 再处理 | 同上 | 同上 |
| 出水 | 不达标 | GB5749-2006 | 同上 | 在线监测 | 连续 | 监测员 | 同上 | 同上 | 同上 |

2.2.3 输配水系统 HACCP 计划

原水在经过处理后, 将通过水泵的提升, 由输配水管网送往用户, 选取的关键控制点主要包括:

(1) 管网的最不利水头处, 主要是各独立管网的末端节

点。由于距离供水源头较远, 为些节点处常常出现压力不足的现象。

(2) 管网改造处连接的节点。这些节点关系着改造后的供水状况。输配水系统危害分析见表 4。

表4 输配水系统危害分析

Table 4 Hazards analysis of water distribution system

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-------|---------------|-----------|-----------------------|----------|
| 过程 | 确定在这一步骤中的潜在危害 | 存在的危害是否显著 | 用什么预防措施来防止危害 | 是否为关键控制点 |
| 水泵与泵站 | 气蚀现象 | 否 | 严格操作规范, 加强日常维护 | 否 |
| 配水 | 二次污染 | 否 | 保持管网压力和良好的卫生条件 | 否 |
| 输水管网 | 漏水、水头不足、爆管 | 是 | 进行管网改造, 保证管网压力、加强日常维护 | 是 |

3 小城镇安全供水实时监控模型的构建与运行

3.1 模型构建

建立小城镇安全供水各关键点 HACCP 计划以后, 还需要构建一个易识别、可操作的数学模型, 才能保证实时数据最高效的被系统统计分析。小城镇安全供水实时关键点控制数学模型原理见图 1。将关键控制点进行编号, 输入基准值, 正常范围参数, 以及权重, 通过与正常范围的比对进行计算之后得出供水系统运行状况, 并能够实时显示关键控制点水质水量参数。通过对某一区域所有关键控制点的输出值进行加和运算可以得出该区域的运行状况。

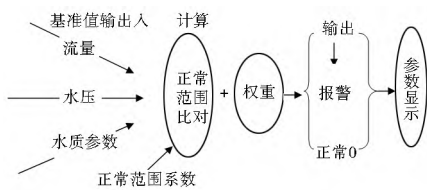


图1 关键控制点数学模型原理

Fig. 1 Schematic diagram of the mathematical model with control points

模型输入的基准值包括流量、水压和水质参数, 而水质参数主要是表 4.2 列出的参数; 模型需要输入各个参数的权重根据其供水系统安全影响的程度进行确定, 其中水量和压力以及感官性状指标所占比重应加大, 而且随着供水安全要求的提高可以另行调整。

3.2 计算方法

(1) 水量(Q)和水压(P)计算。

目的是判断对应关键控制点水量和水压是否在正常范围内运行。一般规定其正常运行范围 $0.5Q_{标准} \leq Q \leq 1.5Q_{标准}$ 。

若满足正常范围, 将其赋值为 0, 若不满足则赋值为 1, 再乘以对应权重, 可以得出该关键控制点是否正常。

如某关键控制点为 $S_i\{P_i, Q_i, \text{浊度}_i, pH_i, Fe_i, \dots\}$, 则:

输入基准值 $\{P_{i0}, Q_{i0}, \text{浊度}_{i0}, pH_{i0}, Fe_{i0}, \dots\}$ 和实际运行参数 $\{P_i, Q_i, \text{浊度}_i, pH_i, Fe_i, \dots\}$, 以及正常范围的系数 $\{[a1, b1], [a2, b2], \dots\}$ 。

判定:

如果 $a1 \cdot P_{i0} \leq P_i \leq b1 \cdot P_{i0}$, 则 $P_i = x_j = 0$ 。

如果 not $P_i = x_j = 1$, 于是便得以下函数:

$$\text{sgn}(x_j) = \begin{cases} 1, & x_j = 1 \\ 0, & x_j = 0 \end{cases} \quad (1)$$

报警系统判定公式为:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i\right) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^n w_i x_i > \theta \\ 0, & \sum_{i=1}^n w_i x_i \leq \theta \end{cases} \quad (2)$$

式中: θ 为阈值。

当 $y = 1$ 时, 表示异常运行, 将报警; 若 $y = 0$ 表示正常运行。

对于区域供水系统来说, 设区域内的关键控制点为 $s_i, i \in \{1, 2, 3, 4, \dots\}$, 对应输出值为 y_i , 判断区域正常运行的函数为 $g(s)$, 则计算公式为:

$$g = g\left(\sum_{i=1}^n y_i\right) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^n y_i > 0 \\ 0, & \sum_{i=1}^n y_i \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

当 g 为 1 时表示该区域运行异常; 当 g 为 0 时, 表示正常运行。

4 小城镇安全供水实时监控模型实例

选取某小城镇供水系统中的一个关键点 S_5 作为实例, 进行分析。

4.1 参数编号

选取关键节点 S_5 的 8 个水质水量参数作为检测指标,

包括压力、流量、pH、浊度、耗氧量、铁、氯化物、总硬度, 分别用字母 P_5 、 Q_5 、 pH_5 、 Z_5 、 COD_5 、 Fe_5 、 Cl_5 、 C_5 表示。

4.2 数据获取

试验中连续监测了十天, 测样频率为每天 1 次, 均采用国家标准方法进行测定。表 5 是在线监测的数据。

4.3 函数赋值

首先判断关键节点 S_5 每天监测的各参数数值是否在正常运行范围内, 判断依据见表 6。

表 5 关键控制点在水质水力特性检测

Table 5 Test results of water quality and hydraulic characteristics at the critical control points

| 时间(d) | 参数 | | | | | | | |
|-------|-------|---------|-----|-----|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | 压力(m) | 流量(LPS) | pH | 浊度 | 耗氧量/(mg · L ⁻¹) | 铁/(mg · L ⁻¹) | 氯化物/(mg · L ⁻¹) | 总硬度/(mg · L ⁻¹) |
| 1 | 20.0 | 49.2 | 7.1 | 0.7 | 2.4 | 0.20 | 205 | 390 |
| 2 | 19.9 | 49.3 | 7.3 | 0.8 | 2.6 | 0.21 | 202 | 389 |
| 3 | 10 | 49.1 | 7.2 | 0.8 | 2.4 | 0.22 | 211 | 395 |
| 4 | 20.1 | 48.8 | 7.4 | 0.9 | 2.4 | 0.18 | 208 | 394 |
| 5 | 20.1 | 48.9 | 7.2 | 0.7 | 2.5 | 0.19 | 208 | 394 |
| 6 | 20.2 | 48.9 | 7.2 | 0.7 | 2.6 | 0.19 | 209 | 390 |
| 7 | 19.8 | 48.9 | 7.2 | 0.7 | 2.5 | 0.20 | 210 | 382 |
| 8 | 19.8 | 35 | 7.3 | 1.5 | 2.5 | 0.21 | 211 | 387 |
| 9 | 19.9 | 49.1 | 7.3 | 0.8 | 2.6 | 0.19 | 211 | 389 |
| 10 | 20.2 | 49.1 | 7.4 | 0.9 | 2.4 | 0.19 | 207 | 389 |

表 6 关键控制点对应参数正常运行判断依据

Table 6 Judgment criteria of normal operation for corresponding parameters at critical control points

| 参数 | 正常范围 | 对应函数 |
|-----|--------------------|-------------------|
| 压力 | $15 < P_5 < 25$ | $\text{sgn}(x_1)$ |
| 流量 | $45 < Q_5 < 55$ | $\text{sgn}(x_2)$ |
| pH | $6.5 < pH_5 < 8.5$ | $\text{sgn}(x_3)$ |
| 浊度 | $Z_5 < 1$ | $\text{sgn}(x_4)$ |
| 耗氧量 | $COD_5 < 3$ | $\text{sgn}(x_5)$ |
| 铁 | $Fe_5 < 0.3$ | $\text{sgn}(x_6)$ |
| 氯化物 | $Cl_5 < 250$ | $\text{sgn}(x_7)$ |
| 总硬度 | $Y_5 < 450$ | $\text{sgn}(x_8)$ |

判断监测数据是否属于正常范围, 并对函数 $\text{sgn}(x_i)$ 进行赋值: 正常时, $\text{sgn}(x_i) = 0$; 异常时, $\text{sgn}(x_i) = 1$ 。对 S_5 前 4 天的数据进行函数赋值, 见表 7。

表 7 $\text{sgn}(x)$ 函数

Table 7 $\text{sgn}(x)$ function. 函数

| 时间(d) | 函数 | | | | | | | |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | $\text{sgn}(x_1)$ | $\text{sgn}(x_2)$ | $\text{sgn}(x_3)$ | $\text{sgn}(x_4)$ | $\text{sgn}(x_5)$ | $\text{sgn}(x_6)$ | $\text{sgn}(x_7)$ | $\text{sgn}(x_8)$ |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4.4 函数计算

将表 7 中函数 $\text{sgn}(x_j)$ 进行加和。

$$y = f\left(\sum_{j=1}^8 X_j\right) = \begin{cases} 1 & \sum_{j=1}^8 X_j \geq 1 \\ 0 & \sum_{j=1}^8 X_j = 0 \end{cases} \quad (4)$$

当 $y = 0$ 时, 表示正常运行; $y \geq 1$ 时, 报警。

关键点 S_5 的赋值函数计算结果见表 8。可知, 在第 3 天和第 8 天, 会反馈报警信息, 说明关键点 S_5 点在第 3 天和第 8 天时水质水量出现异常, 需要进行检测和维修。

表 8 计算实例

Table 8 Calculation example

| 时间(d) | 函数 | |
|-------|--------------------|-----|
| | $\sum_{j=1}^8 X_j$ | Y |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 1 |
| 9 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |

5 结语

本文基于危害分析与关键控制点(HACCP)原理建立的关键控制点数学模型, 能够实时掌握供水管网的运行状况, 快速而准确地诊断故障, 可以为供水管网改造工程提供技术支持。今后可进一步以该模型为基础, 建立小城镇安全供水实时控制计算机系统, 从而实现供水系统的信息化管理, 提高管理效率。

参考文献(References):

[1] 杨吉龙, 韩冬梅, 肖国强. 天津滨海新区供水安全分析[J]. 中国

- 农村水利水电, 2011, (5): 64-67. (YANG Ji long, HAN Dong mei, XIAO Guomei. An Analysis of Water Supply Security in the Binhai New Area in Tianjin[J]. China Rural Water & Hydropower, 2011, (5): 64-67. (in Chinese))
- [2] 储诚山, 程道辉, 苏小红. 基于遗传算法和 GIS 的给水管网水力模拟[J]. 中国农村水利水电, 2006(2): 70-72. (CHU Chengshan, CHENG Dao hui, SU Xiaohong. Hydraulic Calculation of Water Distribution Network Based on Genetic Algorithm and GIS[J]. China Rural Water & Hydropower, 2006(2): 70-72. (in Chinese))
- [3] 王郑, 都伟杰, 曹世玮. 管网平差教学程序开发初探[J]. 宁夏工程技术, 2007, 6(2): 157-159. (WANG Zheng, DU Wei Jie, CAO Shi wei. Study on teaching program in pipe networks[J]. Ningxia Engineering Technology, 2007, 6(2): 157-159. (in Chinese))
- [4] Chang Ni Bin, Pongsanone N P, Ernest A. Comparisons between a Rule-based Expert System and Optimization Models for Sensor Deployment in a Small Drinking Water Network[J]. Expert Systems with Applications, 2011(38): 10685-10695.
- [5] Chang Ni Bin, Pongsanone N P, Ernest A. A Rule-based Decision Support System for Sensor Deployment in Small Drinking Water Networks[J]. Journal of Cleaner Production 2012, 29 30: 28-37.
- [6] Sedki A, Ouazar D. Hybrid Particle Swarm Optimization and Differential Evolution for Optimal Design of Water Distribution Systems[J]. Advanced Engineering Informatics, 2012(26): 582-591.
- [7] 张馨予, 李树平. 基于 EPANET-MSX 的多水源供水管网余氯模拟研究[J]. 河南科学, 2010, 28(2): 216-219. (ZHANG Xunyu, LI Shuping. Study on Simulation of Residual Chlorine in Multi Source Water Distribution System with EPANET-MSX[J]. Henan Science, 2010, 28(2): 216-219. (in Chinese))
- [8] 马洪涛, 王军, 张卫红. 基于 GIS 与 EPANET 的昌平新城再生水管网规划[J]. 中国给水排水, 2008, 24(24): 32-35. (MA Hong tao, WANG Jun, ZHANG Wei hong. Recycled Water Network Planning for Changping New Town Based on GIS and EPANET[J]. China Water & Water Ater, 2008, 24(24): 32-35. (in Chinese))
- [9] 刘志扬. HACCP 食品安全管理体系在我国的应用[J]. 科技经济市场, 2011(1): 48-50. (LIU Zhiyang. Application of HACCP Food Safety Management System in China[J]. Science & Technology Economy Market, 2011(1): 48-50. (in Chinese))
- [10] Hulebak, K L, W Schlosser. Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) History and Conceptual Overview[J]. Risk Analysis, 2002, 22(3): 547-552.
- [11] 杨虎, 李谷, 关智勇. HACCP 在淡水养殖中的应用及推广[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(1): 132-135. (YANG Hu, LI Gu, GUANG Zhiyong. Application and Promotion of HACCP in Freshwater Aquaculture[J]. Hebei Agricultural Sciences, 2011, 50(1): 132-135. (in Chinese))
- [12] 黄福南. 危害分析关键控制点(HACCP)[J]. 食品与发酵工业, 2002, 28(2): 5. (HUANG Funnan. Hazard Analysis and Critical Control Point(HACCP)[J]. Food and Fermentation Industry, 2002, 28(2): 5. (in Chinese))
- [13] GB/T19 538 2004, 危害分析与关键控制点(HACCP)体系及其应用指南[S], 2004. (GB/T 19 538-2004, Hazard Analysis and Critical Control Point(HACCP) System and its Application Guidelines[S], 2004. (in Chinese))
- [14] Mortimore S, Wallance C. HACCP system [J]. Food Technol, 1991, 45
- [15] 夏雁, 周红霞, 于青. HACCP 系统在济宁市市政自来水生产中的应用[J]. 预防医学论坛, 2007, 13(6): 515-516. (XIA Yan, ZHOU Hongxia, YU Qing. Application of HACCP System in the Production of Tape Water in Ji'ning City[J]. Preventive Medicine Tribune, 2007, 13(6): 515-516. (in Chinese))

(上接第 184 页)

- 观察, 2008(03): 20-28. (LI Borhua, LIU Chuangming, Ceng Juxin. An Empirical Analysis of the Rural Drinking Water Safety of Jiangnan Plain Based on Willingness to pay of Farmers' Perspective-In the Case of Shishou City[J]. China Rural Survey, 2008(03): 20-28. (in Chinese))
- [7] 陆建红, 徐建新, 赵鹏. 河南省农村安全饮水综合评价研究[J]. 灌溉排水学报, 2010(06): 18-22. (LU Jianhong, XU Jianxin, ZHAO Peng. Research on Comprehensive Evaluation of Rural Drinking Watersafety in Henan Province[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2010(06): 18-22. (in Chinese))
- [8] 王蕾, 朱玉春. 基于农户视角的农村饮水供给效果评价——来自 803 户农户数据的解析[J]. 农业技术经济, 2013(02): 64-71. (WANG Lei, ZHU Yuchun. Rural Water Supplying Effect Evaluation Based on the Perspective of Farmers- Analysis of the Data from 803 Households[J]. Economy of Agricultural Technology, 2013(02): 64-71. (in Chinese))
- [9] 朱慧明, 孙雄志. 基于混合先验分布的贝叶斯因子分析模型[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2007(09): 82-85. (ZHU Huiming, Sun Xiong-zhi. Analysis of the Bias Factor Mixed Prior Distributionbased on Model [J]. Journal of Hunan University (Natural Science Edition), 2007(09): 82-85. (in Chinese))
- [10] 耿金花, 高齐圣, 张嗣瀛. 基于层次分析法和因子分析的社区满意度评价体系[J]. 系统管理学报, 2007(06): 673-677. (GENG Jinhua, GAO Qisheng, ZHANG Siying. Evaluation System of Community Satisfaction Based on Analytic Hierarchy Process and Factor Analysis[J]. Journal of System Management, 2007(06): 673-677. (in Chinese))