

工程实例

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 22. 013

供水企业智慧营收计费系统设计与实现

苟婷, 白春玲, 陆鹏泽, 王飞, 朱凯
(西安航天自动化股份有限公司 研发中心, 陕西 西安 710000)

摘要: 针对传统的单一制水费计算模式,结合供水企业实际应用提出一户一表一价、一户多表多价、阶梯水价、混合用水、定比定量、总分表扣减等计费策略,基于微服务架构设计了智慧营收计费系统,实现了水量水费的精确高效计算,有效预防了拖欠水费与用水坏账的产生,显著降低了供水企业运营成本,提升了经济效益。

关键词: 供水企业; 智慧水务; 水费; 微服务; 智慧营收计费系统; 运营成本; 经济效益

中图分类号: TU991 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2024)22-0078-06

Design and Implementation of Smart Revenue Billing System for Water Supply Enterprises

GOU Ting, BAI Chun-ling, LU Peng-ze, WANG Fei, ZHU Kai
(R & D Center, Xi'an Aerospace Automation Co. Ltd., Xi'an 710000, China)

Abstract: Aiming at the traditional single water charge calculation mode, combined with the practical application of water supply enterprises, this paper puts forward billing strategies such as one meter and one price for one household, multi meters and multi prices for one household, stepped water price, mixed water use, fixed ratio and quantitative, total water meter deduction, etc.. Based on the micro-service architecture, a smart revenue billing system is designed to realize accurate and efficient calculation of water consumption and water charges, and effectively prevent the occurrence of overdue water charges and bad debts, which significantly reduces the operating costs of water supply enterprises and improves their economic benefits.

Key words: water supply enterprise; smart water; water charge; micro-service; smart revenue billing system; operating cost; economic benefit

供水系统作为城市的关键基础设施之一,因其复杂的管网结构、广泛的客户分布、大量的信息和查询、保存周期长以及对持续运营的高要求,对水务企业在客户管理、营业抄收和费用管理方面提出了更高的标准。由于传统的营业收费管理系统已经不能满足城市供水系统建设和维护管理的需求,因此有

必要采用现代化的管理方法,以计算机技术为基础,以业务管理为核心内容,构建一个统一的管理体系,以实现用户便利、企业效益提升、形象良好的对外服务目标^[1]。

智慧营收计费系统的建设涵盖自来水公司的日常运营领域,对水司有效管理水表环境、提升水表抄

收服务质量、确保抄表准确率和水费回收率^[2-3]、降低产销差率、提高供水企业的经济效益起着至关重要的作用。

1 营收计费策略

1.1 水量计算

确保水量数据准确是计费成功的关键。水量信息主要来自周期性的抄表数据。在规定的抄表日期内,采取手工抄表、移动端抄表、远程抄表等多种方式获取抄表示数。同时,为了减少计费差错,需对抄表示数进行复核,对抄表异常及时处理。在抄表管理过程中,还需要对抄表人员、移动端抄表机、远程抄表、抄表工作量、零度用户等进行相应统计与管理,确保抄表工作顺利进行。对于复核通过的抄表数据则按照下述规则进行水量计算。

1.1.1 抄见水量

① 正常情况下,抄见水量计算见下式:

$$P_{\text{正}} = C_{\text{本次}} - C_{\text{上次}} \quad (1)$$

② 水表倒转情况下,抄见水量计算见下式:

$$P_{\text{反}} = C_{\text{上次}} - C_{\text{本次}} \quad (2)$$

式中: $P_{\text{正}}$ 为正常情况下的抄见水量; $P_{\text{反}}$ 为水表倒转情况下的抄见水量; $C_{\text{本次}}$ 为本次抄见示数; $C_{\text{上次}}$ 为上次抄见示数。

1.1.2 定比、定量

① 定比

a. 主表下存在一个或多个定比,见下式:

$$P_{\text{定比}} = P_{\text{主表}} \times F_{\text{定比}} \quad (3)$$

b. 主表下存在多个分表以及一个定比或多个定比,定比比例基于主表和分表的水量差值,见下式:

$$P_{\text{定比}} = [P_{\text{主表}} - \sum_{i=1}^m P_{\text{分表}}(i)] \times F_{\text{定比}} \quad (4)$$

式中: $P_{\text{定比}}$ 为定比水量; $P_{\text{主表}}$ 为主表总抄见水量; $P_{\text{分表}}(i)$ 为第*i*个分表抄见水量; $F_{\text{定比}}$ 为定比值; m 为分表总数量。

② 定量

定量作为计费主表抄见水量的一部分,该值必须是一个大于1的整数。

a. 定量变更

因用水客户变更用水性质引起的定量变更,定量的值将根据日期进行分段计算。定比、定量定比、定量同时存在时,计算描述如图1所示。

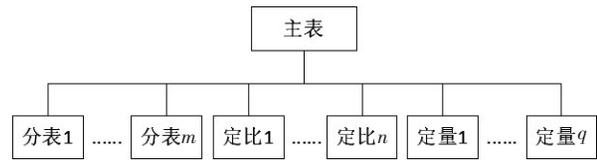


图1 分表定比定量

Fig.1 Fixed ratio and quantitative of submeter

如果用水客户没有设定定比和定量的计算顺序,则先计算定量,然后再计算定比,计算公式如下:

$$P_{\text{定量}} = F_{\text{定量}} \quad (5)$$

式中: $P_{\text{定量}}$ 为定量水量; $F_{\text{定量}}$ 为定量值。

b. 定比比例

定比比例基于主表和分表的水量差值进行计算,具体见下式:

$$P_{\text{定比}} = [P_{\text{主表}} - \sum_{i=1}^m P_{\text{分表}}(i) - \sum_{k=1}^q P_{\text{定量}}(k)] \times F_{\text{定比}} \quad (6)$$

式中: $P_{\text{定量}}(k)$ 为第*k*个定量水量; q 为定量总数量。

1.1.3 主分表扣减

① 主分表扣减顺序

主表下存在多个同级分表时,主表扣减分表水量的顺序为:首先扣减子户的水量,其次扣减实抄分表水量,再次扣减定量定比水量。

② 主分表扣减计算

在主表和分表之间进行扣减之前,需要先计算各分表的抄见水量。

1.1.4 结算水量

各水价标准下的结算水量计算公式如下:

$$P_{\text{结算}} = P_{\text{抄见}} + P_{\text{退补}} \quad (7)$$

式中: $P_{\text{结算}}$ 为结算水量; $P_{\text{抄见}}$ 为抄见水量; $P_{\text{退补}}$ 为退补水量。

1.2 水费核算

供水企业采取从水费计算到审核最后形成应收的全过程管理,以确保水费的有效回收。该管理方式是供水企业实现水费管理的重要手段,同时也占据了水费管理系统的核心地位。

核算管理根据客户的抄见水量数据、计费档案、优惠策略、水价标准^[4]等信息来计算水量和水费,并对水费计算结果进行审核,针对审核异常的数据进行相应处理,根据实际需要,可以发起并执

行水费退补。

1.2.1 基本水费计算

若用户为单费率计费方式,则水费计算公式如下:

$$M_{\text{基本}} = P_{\text{结算}} \times R_{\text{基本}} \quad (8)$$

式中: $M_{\text{基本}}$ 为基本水费; $R_{\text{基本}}$ 为基本水价。

若用户为阶梯浮动计费方式,则水费计算公式如下:

$$M_{\text{阶梯}} = \sum_{i=1}^s [P_{\text{结算}}(i) \times R_{\text{阶梯}}(i)] \quad (9)$$

式中: $M_{\text{阶梯}}$ 为各档阶梯水费之和; $P_{\text{结算}}(i)$ 为第*i*档阶梯结算水量; $R_{\text{阶梯}}(i)$ 为第*i*档阶梯浮动水价;*s*为阶梯总档数。

对于在当月内发生变更或需要分次计算的用户,在计算基本水费时,需要按照变更前后的抄见水量以及对应的基本水量水价进行分段计算。

如果在当月进行了调价,并且在调价日无法完成抄表,此时系统记录调价日期及调价前后水价,在本账期内算费时,系统自动根据抄表周期内的日均用水量乘以调价日前和调价后相应的天数来确定调价前后的水量,然后根据调价前后的水价进行分段计算。在水费核算环节,核算人员可通过查看水量水费详情了解详细的水费计算结果,并可根据实际或特殊情况,进行调价前后的水量修订。

1.2.2 各项代征水费计算

用户各项代征水费计算方式:

$$M_{\text{代征}} = P_{\text{结算}} \times R_{\text{代征}} \quad (10)$$

式中: $M_{\text{代征}}$ 为各类代征水费; $R_{\text{代征}}$ 为各项代征水价。

1.2.3 水费审核

审核当月水费核算周期内的水量和水费,确保水费无漏发、无错发,从而保证水费计算的精确性。系统根据预置的水费异常判定规则对水费计算结果进行审核,在审核过程中如果发现异常,可采取单户重算、撤销两种方式对异常结果进行处理。若选择单户重算,则系统自动为该户生成临时计划,并按照目前的抄表数据自动流转至水量复核环节,水量复核人员通过上门排查,复核抄表数据是否准确,并根据水量复核结果,继续完成抄核算费流程;若选择撤销操作,则对该户本次抄表数据进行撤销作废。撤销后,该户水表读数还原至上期抄表读数,抄表工作将随着下期抄表任务开展。水费审核通过后,再进行水费发行。

2 智慧营收计费系统设计

2.1 系统架构

系统基于工业互联网体系^[5]架构进行设计,即“四横三纵”。其中,“四横”为工业互联网体系架构的横向组件,包括基础资源层(边缘层)、云计算资源中心(工业 IaaS 层)、数据中心(工业 PaaS 层)、业务系统(工业 SaaS 层)。“三纵”为工业互联网体系架构的纵向层次,包括运行维护与支持体系、智慧水务标准体系、安全保障体系。详细架构见图 2。

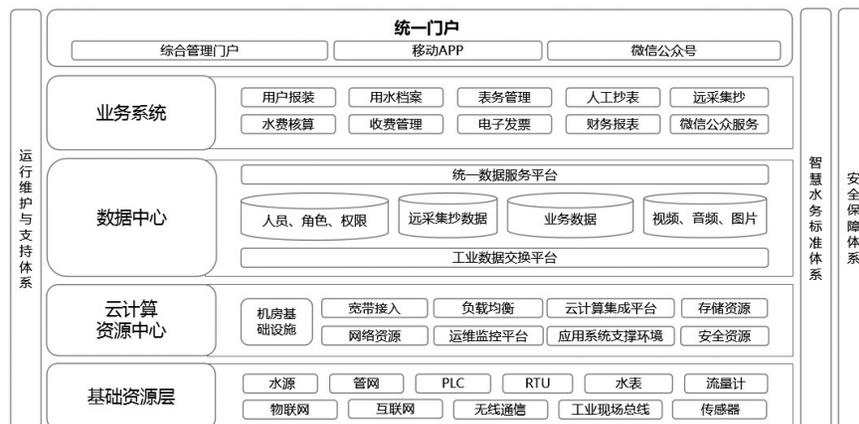


图 2 智慧营收系统架构

Fig.2 Smart revenue system architecture

① 基础资源层:通过将计量表、传感器等物理设备连接到工业互联网,实现数据的采集、传输以及异构数据的协议转换与边缘处理,构建工业互

联网平台的数据基础。

② 云计算资源中心:将基础设施资源作为服务提供给用户,包括计算设施(如服务器、虚拟机)、

存储设备(如NAS、SAN等)以及网络设备(如交换机、路由器和防火墙等)。

③ 数据中心:提供工业数据管理,对外统一开放数据接口服务,帮助企业构建数据分析能力,实现数据价值挖掘。

④ 业务系统:形成面向不同应用场景下的各类业务系统,为供水企业、用水客户等提供更高效、更智能的决策支持和业务服务。

⑤ 运行维护与支持体系:建立完善的运营支撑体系,包括技术支持、在线客服服务、市场推广等方面,确保营收计费系统的可用性和可持续发展。

⑥ 智慧水务标准体系:智慧水务系统建设标准、监测与预测标准、管网运营标准、应用标准、安全标准共同构成了智慧水务的标准体系,为面向智慧水务的营收计费系统的建设和运营提供了指导和规范,提高了系统的运营效率和管理水平。

⑦ 安全保障体系:系统采用VPN、双向网闸、防火墙、病毒防护系统等手段增强网络安全;通过安全防护和防盗防火措施,确保设备的物理安全;通过数据库加密、数据备份、数据恢复等方法确保数据安全;通过安全审计、安全漏洞扫描、代码签名等措施保障应用安全。

2.2 系统功能设计

智慧营收计费系统将各子系统及数据进行整合,严格进行权限控制,将业务流程进行标准化,统一对外服务接口。其核心业务包含:用户报装系统、营业收费系统、抄表管理系统、表务管理系统。详细功能设计如图3所示。

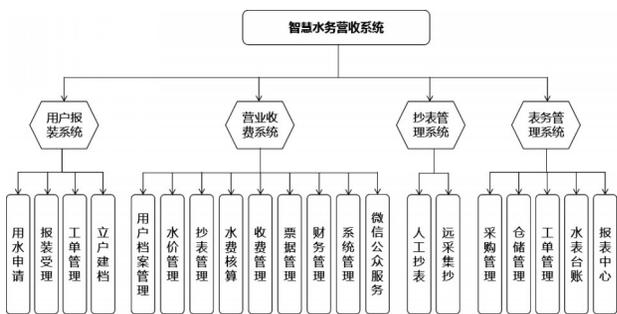


图3 系统功能设计

Fig.3 System functional design

① 用户报装系统

以往的用水报装业务中,存在着申报材料多、申请人频繁往返、业务办理周期长、办理流程繁杂等诸多问题。为了有效地解决这些问题,进一步优

化营商环境^[6],建立了用户报装系统,用水客户通过关注水司微信公众号,足不出户即可完成用水业务在线申请、申报资料远程上传、报装流程审批进度实时查看,实现“用水报装+全程网办+零跑腿”的业务办理模式,达到用水客户百分之百满意的服务目标。

② 营业收费系统

营业收费系统覆盖了供水企业日常生产经营的各个领域,通过有效管理和治理水表环境,能够显著提升水表抄收数据的准确性和服务质量,确保水费计费的精确性并提高水费回收率。该系统对于降低产销差率,提高供水企业的经济和社会效益具有至关重要的作用。该系统提供自动、手动、批量多种方式开账;支持阶梯水价^[7]、自动计算水费、异常水量分析提醒、错账调整、多种渠道收费等功能。

③ 抄表管理系统

移动抄表APP可以帮助供水企业取代传统的抄表方式,弥补传统的手工抄表和抄表机抄表的缺陷,提升抄表效率至95%以上,杜绝估抄、漏抄、错抄及“人情水”情况,快速发现用户用水异常,有效降低水司维护成本,提高抄表人员工作效率。

远采集抄系统能够适配多种智能表具的接入,具备多协议解析对接能力,极大地提升了抄表数据的准确性和实效性。

④ 表务管理系统

建立表务管理系统,对水表的全生命周期(进货、检定、调拨、领表、安装、拆表、回收、报废)进行管理。通过表务管理系统,能够追踪到每一块水表从购买、使用到报废处理的全生命周期,同时能清楚地记录每一块水表在整个生命周期中的状态和行为,从静态到动态、从指令管理到数据收集的全过程。

2.3 数据存储设计

Oracle被广泛认为是当前最常用的数据库管理工具,它拥有强大的数据处理能力、全面的关系型产品以及分布式数据处理功能。Oracle数据库对大数据的处理更加稳定,安全机制更好。

系统采用分区表数据存储机制,按照时间维度由近及远的顺序依次建立分区^[8],假设系统在2023年投入使用,对数据库的主要账务大表进行分区存储,见图4。

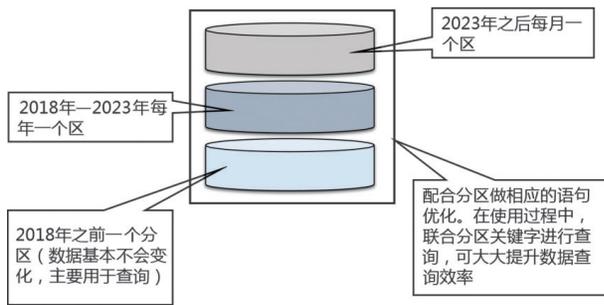


图 4 数据分区存储示意

Fig.4 Schematic diagram of data partition storage

同时,针对不同维度的数据建立数据仓库,从各业务系统抽取、转换、加载统计结果数据,以供相关业务部门查询统计。

2.4 系统开发部署架构

系统采用 Spring Cloud 微服务架构开发,使用 Consul 提供服务注册与发现^[9]。多个服务组件分布在各自独立的进程中运行,服务之间通过使用 HTTP 协议的 RESTful API^[10]进行通信,实现数据的互联互通。营收计费系统部署架构如图 5 所示。

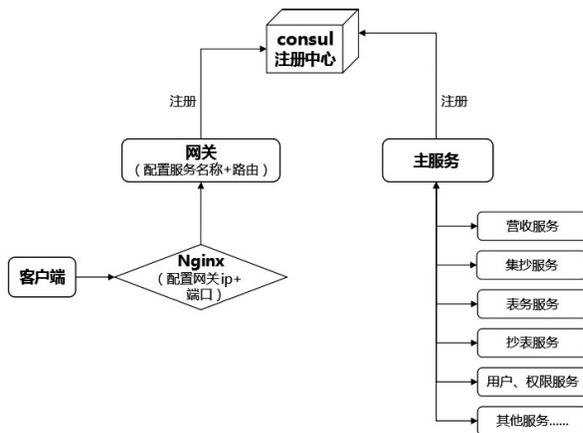


图 5 系统部署架构

Fig.5 System deployment architecture

3 智慧营收计费系统应用

智慧营收计费系统整合了包括用户档案管理、表务维护、抄表操作、水费核算、费用管理、财务处理以及查询和统计在内的完整抄表收费管理流程。借助物联网技术,能够及时地提供完整的数据反馈,从而为企业的科学化管理和领导层的决策过程提供准确的数据支撑。

目前,智慧营收计费系统已应用到多家水司。以某供水公司为例,其日均供水量 $22.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,服务人口数达 50 万人。营收计费系统上线前,用户及水表档案信息分布零散,信息缺失严重。各子系统

数据孤岛现象严重,信息不能互通。水表抄表周期长,抄表完整率及准确率低。水费计算完全依赖人工进行,周期长且准确率较低,水费发行及时率及水费回收率低,拖欠水费现象严重。营收计费系统投入使用之后,各项运行指标得到了显著改善。详细参数如表 1 所示。

表 1 系统上线前后运行指标对比

Tab.1 Comparison of operational indicators before and after putting the system online %

项目	抄表完整率	水费核算准确率	水费发行及时率	水费回收率
系统上线前	≤40	90	≤75	≤50
系统上线后	≥95	≥99	100	90

由表 1 可知,智慧营收计费系统的实施,促使抄表完整率提升到 95% 以上,水费核算准确率超过了 99%,水费发行及时率达到了 100%,结合系统完备的用户档案资料和水司科学合理的水费回收策略,水费回收率已稳步提升至 90%,显著降低了水费回收的潜在风险,有效预防了水费拖欠和坏账的产生,解决了水费回收难的问题,企业的经济效益得到明显提升。针对用水客户,系统提供了全方位高质量服务,极大地提升了业务流程办理效率及用户满意度。同时,促使居民养成节约用水的良好习惯。系统应用效果见图 6。



图 6 系统应用效果

Fig.6 Application effect of the system

4 结语

以水量计算、水价管理、水费核算为主要研究对象,重点对水量水费多重计算策略进行了研究,在传统的单一制水费计算模式的基础上进行了业务扩展,设计了满足复杂多元的用水档案设置及水费计算模式的营收计费系统,合理、及时、准确地计量收费,堵塞漏洞,提升供水企业运营管理水平及面向客户的服务水平。未来,将语音识别和自然语言处理技术应用到客户服务中,使用聊天机器人来响应客户查询和解决问题,以改进客户服务流程及用户体验;将深度学习算法、图像识别算法应用于抄表环节,可有效识别水表读数,实现水表的自动抄表和智能化管理,提高抄表效率和准确率,降低人力成本和错误率;将机器学习技术用于营收经营管理,实现基于指标知识图谱、搜索引擎的经营分析和决策支持,了解客户的用水习惯和需求,从而更好地规划生产和营收,助力水务企业智慧化发展。

参考文献:

- [1] 沙亦鹏,王奕琪,曹娅楠.“互联网+”水务发展策略研究[J]. 中国水利,2016(2):17-19.
SHA Yipeng, WANG Yiqi, CAO Yanan. Development strategy for “internet plus” oriented water and wastewater [J]. China Water Resources, 2016(2): 17-19(in Chinese).
- [2] 林自卫. 浅议供水企业水费回收率的管理[J]. 现代商业,2011(29):146-147.
LIN Ziwei. Management of water fee recovery rate in water supply enterprises [J]. Modern Business, 2011(29):146-147(in Chinese).
- [3] 王萍,谭然. 浅谈如何提高水费回收率——以合肥供水集团水费回收为例[J]. 城镇供水,2018(3):86-89.
WANG Ping, TAN Ran. Discussion on improving water rate recovery — taking the water rate recovery of Hefei water supply group as an example [J]. City and Town Water Supply, 2018(3): 86-89(in Chinese).
- [4] 高慧忠,王晓松,孙静,等. 国内外城市居民生活水价及可承受能力分析[J]. 水利经济,2021,39(1):36-39,53,80-81.
GAO Huizhong, WANG Xiaosong, SUN Jing, et al. Domestic water price and affordability of worldwide urban inhabitants [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2021, 39(1): 36-39, 53, 80-81 (in

Chinese).

- [5] 亓晋,王微,陈孟玺,等. 工业互联网的概念、体系架构及关键技术[J]. 物联网学报,2022,6(2):38-49.
QI Jin, WANG Wei, CHEN Mengxi, et al. Concept, architecture and key technologies of industrial internet [J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2022, 6(2): 38-49(in Chinese).
- [6] 王力平. 宁波市供排水集团“七条举措”优化供水营商环境[J]. 宁波经济(财经视点),2020(1):42-43.
WANG Liping. “Seven measures” of Ningbo water supply and drainage group to optimize the water supply business environment [J]. Ningbo Economy (Finance View), 2020(1):42-43(in Chinese).
- [7] 林新真. 完善阶梯水价的思考[J]. 发展改革理论与实践,2017(7):42-44,51.
LIN Xinzhen. Reflections on improving staircase water prices [J]. Journal of Development & Reform, 2017(7): 42-44,51(in Chinese).
- [8] 张景林. Oracle数据库分区技术研究与应[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版),2021,37(6):17-20.
ZHANG Jinglin. Research and application of Oracle database partitioning technology [J]. Journal of Qiqihar University (Natural Science Edition), 2021, 37(6): 17-20(in Chinese).
- [9] 张宁溪,朱晓民. 基于 Docker、Swarm、Consul 与 Nginx 构建高可用和可扩展 Web 服务框架的方法[J]. 电信技术,2016(11):21-25.
ZHANG Ningxi, ZHU Xiaomin. Method for building a highly available and scalable web service framework based on Docker, Swarm, Consul, and Nginx [J]. Telecommunications Technology, 2016(11): 21-25 (in Chinese).
- [10] 曾青松,魏斌. 基于 RESTful API 的访问权限系统的设计与实现[J]. 电脑编程技巧与维护,2020(11):3-6.
ZENG Qingsong, WEI Bin. Design and implementation of an access rights system based on RESTful API [J]. Computer Programming Skills & Maintenance, 2020(11):3-6(in Chinese).

作者简介:苟婷(1984-),女,陕西咸阳人,硕士,高级工程师,主要研究方向为物联网、智慧业务领域(智慧水务、智慧农业、智能制造)。

E-mail:gouting_100@163.com

收稿日期:2023-10-09

修回日期:2023-10-24

(编辑:衣春敏)