

文章编号: 2097-096X(2025)04-0354-11

水网工程综合定价模式下水费清分方法与规则研究

陈 军¹, 张春玲², 郑 阳², 赵 潇¹

(1. 山东省调水工程运行维护中心, 山东 济南 250100; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

摘要: 完善水费收入分配机制是实现水网工程运行管理单位公平合理取得水费收入, 保障工程良性运行的关键。结合当前水网区域综合定价研究与试点, 本文基于水网工程系统供水水量传递与费用收支平衡规律, 运用“分账法”实现综合定价模式下水网区域供水水费在利益主体间科学、公平、合理清分的可行性, 提出“谁参与、谁收益”“基本与计量, 分项解耦”“单源与混合, 分期解耦”的水费清分规则, 对基本水费的“固定比例”和计量水费的“双比例”清分方法。以山东省骨干水网胶东地区为例, 对棘洪滩受水点综合水价收取的年度基本水费与计量水费在供水利益主体间进行了科学分配, 给出了相应的分配比例, 验证了方法的科学性与可操作性。研究成果可为推进水网建设运行水价形成机制创新与改革提供参考。

关键词: 水费清分; 综合定价; 水网工程; 分账法; 双比例

中图分类号: TV-9; F416.9

文献标识码: A

doi: 10.13244/j.cnki.jiwhr.20240166

1 研究背景

水网工程是一项系统工程, 各取水、输水、配水工程相互协同, 由取水工程将水源引入水网, 经输水线路网和配水管网将水源输配至沿线用户, 保障区域的供水安全^[1-2]。整个水网系统完成供水的工程可分为水源工程组、输水网、配水网三部分, 其中水源工程组与输水网实现了水网工程向区域提供原水的任务。水网工程外调原水供应价格由进入水网的水源费、水源输送的输水成本费构成。

单项水利工程供水由于取水水源单一、口门输水路径唯一, 供水价格由供水运行管理成本费用确定^[3-7], 相对单一。水网工程供水则具有多水源取水、多路径输水的特点, 因此, 需结合水网系统的供水水源、输配过程及其输水损耗解析科学测算分水点水源供水成本。进一步, 面对水网工程供水覆盖区接入不同水源共同为区域用户供水, 从优化配置水资源、提升水网工程运行管理效率, 保障供水安全视角, 改善当前因分水源、分工程定价造成同一水网系统成本差引起的水源不合理利用状况, 推进区域综合水价制度是水网建设运行水价体制改革的方向^[8-10]。当前正在开展区域多水源综合水价研究与试点^[11-13], 已有成果显示综合水价政策有利于平衡受水点水价, 促进水源优化配置与水资源可持续利用, 也有利于水网终端水费计量和收缴, 是科学合理的可持续利益分享的机制。完善计量配套设施、统一水费计收主体、创新计收方式、加强水费管理计收信息化建设和服务, 是水网工程综合定价机制推进的重要内容^[14]。水网工程成本费用“耦合”的综合水价制度下, 完善收入分配机制也是非常关键的, 是促进水网工程各运行管理单位公平合理获得收费收入, 保障工程良性运行的关键。对此, 探索科学、公平、有效的水费清分方法以保障水费收入合理分配具有重要的现实意义。

收稿日期: 2024-08-26; 网络首发日期: 2025-07-02

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/10.1788.TV.20250702.0936.001>

基金项目: 国家自然科学基金黄河水科学研究联合基金(U2243601-02-0); 中国水利经济研究会资助课题(CSWEZZ2024-03)

作者简介: 陈军(1970-), 高级会计师, 主要从事财务会计理论与实践工作。E-mail: juntime@126.com

通信作者: 张春玲(1974-), 博士, 正高级工程师, 主要从事水资源经济、水资源管理、流域生态补偿等研究。E-mail: zhangcl@iwhr.com

2 水网供水综合水费计算模型

水网工程综合水价是水网工程调引多个水源互补使用时,共同为受水区用水户供水实行的统一价格,有水源综合水价与区域综合水价,主要受调引水源水量与和分水源水价的影响。水源综合水价是对于同一受水点不区分水源实行“同点同价”,区域综合水价是对于同一受水区域,甚至同网供水区域实行“同区同价”及“同网同价”。

综合水价基于水网工程水源与输水路径二元解析,依据《水利工程供水价格管理办法》确定的受水点分水源(i)供水水价,按照水源供水量加权综合。多水源受水点综合水价模型:

$$WP_e = \sum_{i=1}^n (WP_e^i \times Q_e^i) / \sum_{i=1}^n Q_e^i \quad (1)$$

受水点多水源综合水价采用两部制模式,其中,多水源综合计量水价为各水源供水量及其计量水价加权综合。主要受各类水源供水量、供水成本水价的影响。

$$MWP_e = \sum_{i=1}^n (MWP_e^i \times Q_e^i) / \sum_{i=1}^n Q_e^i \quad (2)$$

按照《水利工程供水价格管理办法》,供水基本水费由基本水价与核定供水量或设计供水量核定,基本水费按年度计费,不受供水量的变化。加权综合采用的各类水源供水量(Q_e^i)可以按照工程设计供水规模确定,也可以按照近年实际年平均供水量确定,也可以为区域水源优化配置水量确定。

多水源受水点综合基本水费由水网向受水点供水过程取水、输水工程(j)的基本水费之和构成:

$$BWF_e = \sum_{j=1}^m BWF_e^j = \sum_{j=1}^m (BWP_e^j \times Q_0^j) \quad (3)$$

以年度为计费周期,基于综合水价的供水水费由年度相对固定的基本水费与依据年度实际供水量计算的计量水费合计构成,计算模型:

$$WF_e = BWF_e + MWP_e \times \sum_{i=1}^n Q_e^i \quad (4)$$

式中: WP_e^i 为 e 受水点 i 水源供水水价; Q_e^i 为 e 受水点 i 水源供水量; MWP_e^i 为 e 受水点 i 水源计量水价; MWP_e 为 e 受水点为多水源综合计量水价; BWF_e^j 为 e 受水点供水过程取水、输水工程 j 的基本水费; BWF_e 为多水源受水点综合基本水费; WF_e 为 e 受水点水费。

3 水网综合水费清分原则

水网综合水价将不同水源、不同工程调引、输送的供水成本进行了不同程度的耦合,水网工程水费也以综合方式统一计收,与之相应的科学合理的收入分配机制则是保障构成水网各工程有效回收供水成本、持续运行维护的基础保障。所谓水费清分是基于水网工程综合水费实际收取情况,工程管理部门按照科学的分配比例与有效的分配规则,将水费在取水、输水工程各运行管理单位间进行公平合理分配。

水费清分对象为供水活动的水费收入。广义上的水费收入不仅包含水利工程供水 OD 区间供水水费收入,还包括国家财政补贴以及其它相关成本的支出等;水费清分主体为水费收入分配的主体。水费收缴系统统一收取的全部水费收入,按照水网工程供水水源保护、采集、输送、配置等各环节服务提供者的贡献进行有效的利益分配。

水网工程水费清分遵循以下原则:

(1) 遵循“谁参与、谁收益”的原则。即谁投入谁受益,参与水网工程供水的水源保护、取水、输送、分配等供水全过程的专用设施与设备建设投入,实现水源到供水单元持续、安全、可靠的供水任务的完成。参与投入主体应获得合理的成本回收与适宜的回报,并通过水费收入偿还。

(2) 遵循“基本与计量,分项解耦”的原则。即固定的基本水费与计量水费分别实施清分结算。基本水费是补偿工程基本运行维护费用、合理偿还贷款本息相对固定的费用支出,与年度实际供水量关联不大是相对固定的水费收入。计量水费与实际供水量相关,结合计量水价的水费收入,随着实际供水量

变化。

(3)遵循“单源与混合,分期解耦”的原则。即单一水源和混合水源供水不同期,实施分期水费清分结算。多水源水网工程供水,受水源条件与调度计划安排,整个供水年度有单独水源独立供水期,也有多种水源混合供水期。单一水源和混合水源供水复杂程度不同,可考虑实行分期水费解耦,以提高解耦效率。

4 水网水费清分方法与规则

水利工程供水水费是否清分,按照何种规则清分,与供水任务完成的路径与线路,及其运行管理单位构成密切相关。供水路径及其运行管理单位方式主要有单一线路供水、多线路路径单一运行管理单位供水、多线路路径多运行管理单位供水。除去单一线路实现取水点到受水点(OD)点对点供水任务外,多线路供水路径都是水网工程供水,只是形成水网的程度不同,有简单交叉或串联水网,也有纵横交错的复杂水网,由此实现OD供水路径均将涉及多个输水水利工程,或由统一的运行管理单位管理,也会由多个不同的运行管理单位管理。水网工程综合水价制度下收取的综合水费如何科学分配进行解耦,也即水费清分,需要不同运行管理单位管辖的水网工程构建清分规则对运营管理比例进行划分,将水费收入在运行管理单位间进行分配。

4.1 水费清分方法 就目前我国水网工程建设起步阶段,供水线路路径工程组成相对简单,采用分账法是最简单、快捷、有效的清分方法^[15]。分账法清分通过构建一个指标体系来衡量水网工程供水运行管理单位的贡献度,并以此作为水费清分的依据。水网工程水费收入清分考虑构成水网各水利工程供水运行管理单位所提供的供水水源、供水工程线路、供水点数量、供水量、运营成本、服务水平等因素综合评估得到一个固定分值,然后根据该值对水网供水的综合水费收入进行分配。用 f 代表水费收入,向量 $r = [r_1, r_2, r_3, \dots, r_n]$ 代表水利工程供水运行管理单位经过综合评估后的应得收益比例(清分比例),则各运行管理单位所分配收益 c 为:

$$c = [c_1, c_2, c_3, \dots, c_n] = f \cdot [r_1, r_2, r_3, \dots, r_n] \quad (5)$$

4.2 水费比例清分规则 通常,水费收入由固定的基本水费与计量水费构成,两种水费收取时点、保障供水工程运行成本回收、维护费用等支出的类别有所差异,在水费清分时依据水费特征分项确定清分比例。

4.2.1 基本水费清分规则 基本水费通常按照双方供用水协议,于实施供水前缴纳,用于补偿工程基本运行维护费用与偿还贷款本息,保证工程在任何供需状况下都能得到有效运营,而与后期供水量关联不大,为相对固定与稳定的水费收入。

基本水费清分规则与水网工程基本水费组成密切相关。水网工程综合基本水费 BWF 的收费标准由各运行管理单位基本运行维护费用和合理偿还贷款本息等固定费用核定的基本水费 BWF_i 加和确定,即

$$BWF = \sum BWF_i \quad (6)$$

水费清分是多元综合水费组成的反向过程,由此,综合基本水费收入清分是按照标准确定时各运行管理单位基本水费占比在各单位间进行收入分配,采用“单比例清分”方式,实施年度清分。单一清分比例 r_{Bi}

$$r_{Bi} = \frac{BWF_i}{BWF} \quad (7)$$

由此,构建各运行管理单位基本水费清分比例 r_B :

$$r_B = [r_{B1}, r_{B2}, r_{B3}, \dots, r_{Bn}] \quad (8)$$

4.2.2 计量水费清分规则 计量水费通常按照双方供用水协议,于供水期(月、季、年)结束后按照双方确认的实际供水量,结合计量水价计收,用于收回工程运行管理单位完成阶段供水的成本费用支

出。水网工程按照综合计量水价计收。依据实际供水量收费，计量水费收入随实际供水量变动；综合计量水价与各工程运行管理单位供水成本密切关联。

计量水费清分规则考虑实际供水源及水量、核定的单位供水成本构成因素。水网工程供水综合计量水费收入清分是按工程运行管理单位实际计量供水成本 MWC_i 占比在各单位间进行收入分配，采用“双比例清分”方式，实施月度、季度或年度清分。

“双比例清分”作为一种进行计量水费收入清分方法，是基于受水点计收水费的各类水源供水量权重、各水源输送起点到受水点 OD 区间有效输水路径上归属水源引取、输送的各工程段成本权重，将这两步权重相乘，作为工程段运行管理单位应得的计量水费收入比例。

由此，水网工程进行计量水费收入“双比例清分”，有两个关键步骤，以图 1 双水源(O_1 、 O_2)分别经 O_1CD 输水路径和 O_2CD 输水路径组成的简单水网在受水点 D 点的计量水费清分为例。

(1) 水量比例清分。按照计量水费计收受水点 D 的供水水源(O)按照分水源供水量占比 r_{MQ} 分配至有效输水路径(O_1CD 与 O_2CD)。

$$\begin{cases} r_{MQ1} = \frac{Q_1}{Q_3} = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} \\ r_{MQ2} = \frac{Q_2}{Q_3} = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} \end{cases} \quad (9)$$

式中： Q_1 、 Q_2 分别为 O_1 水源、 O_2 水源实际供水量； Q_3 为总实际供水量； r_{MQ1} 为 O_1 水源水量清分比例； r_{MQ2} 为 O_2 水源水量清分比例。

水量比例清分的关键点在于检索 OD 区间的有效路径以及有效路径输水水源及其水量，其清分结果是后续进行水费清分的重要依据、构建科学合理的清分机制的关键步骤。

在双比例清分中，水量比例是变动的清分比例，水量比例清分的是已完成了受水点实际供水量不同水源水量的清分，清分规则主要目的是完成具体路径水源到各输水路径供水量的分配。因此计量水费清分规则主要集中在某条路径上各运行管理单位的取水、输水成本比例的划分方法上。

(2) 成本比例清分。对计量水费计收受水点 D 各有效供水路径 O_iCD 分配的水费进行二次分配，按照各自输水段服务归属运行管理单位的单方供水成本的比例 $r_{MPj} = [WS_j, r_{OjC}, r_{CDj}]$ 将收入分配到归属运行管理单位(WS_1 、 O_1C 、 CD ； WS_2 、 O_2C 、 CD)。其中， WS_j 为水源管理单位成本清分比例， r_{OjC} 为 O_jC 段输水管理单位成本清分比例， r_{CDj} 为 CD_j 段输水管理单位成本清分比例。

有效供水路径 O_1D 成本清分比例为：

$$\begin{cases} r_{WS1} = \frac{WSP_1}{WSP_1 + MWP_1 + MWP_3} \\ r_{O1C} = \frac{MWP_1}{WSP_1 + MWP_1 + MWP_3} \\ r_{CD1} = \frac{MWP_3}{WSP_1 + MWP_1 + MWP_3} \end{cases} \quad (10)$$

有效供水路径 O_2D 成本清分比例为：

$$\begin{cases} r_{WS2} = \frac{WSP_2}{WSP_2 + MWP_2 + MWP_3} \\ r_{O2C} = \frac{MWP_2}{WSP_2 + MWP_2 + MWP_3} \\ r_{CD2} = \frac{MWP_3}{WSP_2 + MWP_2 + MWP_3} \end{cases} \quad (11)$$

式中， r_{Oid} 为实施 O_i 水源供水各水源与输水管理单位计量水费清分比例向量； r_{MQi} 为 O_i 水源水量清分比例 r_{WSi} 为 O_i 水源管理单位成本清分比例； r_{O1C} 为 O_1 水源 O_1C 段(1 段)输水管理单位成本清分比例； r_{O2C} 为

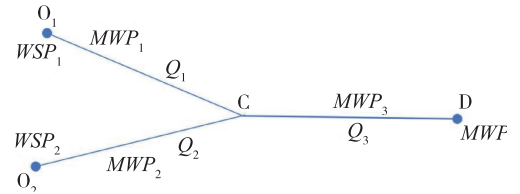


图 1 D 收水点双水源多输水路径示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the multi-water transmission path of dual water sources at the water receiving point D

O_2 水源 O_2C 段(2段)输水管理单位成本清分比例； r_{CD1} 为 O_1 水源 CD段(3段)输水管理单位成本清分比例； r_{CD2} 为 O_2 水源 CD段(3段)输水管理单位成本清分比例； WSP_i 为 O_i 水源管理单位成本； MWP_1 为 1段输水管理单位成本； MWP_2 为 2段输水管理单位成本； MWP_3 为 3段输水管理单位成本。

根据双比例清分的步骤，在受水点确定供水水源及其 O_iD 区间有效输水路径上的水量分配比例 r_{MQ} 之后，再确定 O_iD 区间具体线路段的运营比例两步相乘，即可得出该线路段运行管理单位最终应分得的受水点水费收入比例 $r_{OD} = [r_{O1D}, r_{O2D}]$ 。

“双比例清分”权重相乘为计量水费在各归属运行管理单位清分比例：

$$\begin{aligned} r_{O1D} &= r_{MQ1} \cdot [r_{WS1}, r_{O1C}, r_{CD1}] \\ r_{O2D} &= r_{MQ2} \cdot [r_{WS2}, r_{O2C}, r_{CD2}] \end{aligned} \quad (12)$$

r_{CD1} 与 r_{CD2} 为同一归属运行管理单位清分比例，可考虑加和。

因此，水网工程供水计量水费分配涉及的归属运行管理单位清分比例为：

$$r = \begin{bmatrix} r_{MQ1} \times r_{WS1} \\ r_{MQ1} \times r_{O1C} \\ r_{MQ2} \times r_{WS2} \\ r_{MQ2} \times r_{O2C} \\ r_{MQ1} \times r_{CD1} + r_{MQ2} \times r_{CD2} \end{bmatrix} \quad (13)$$

式中 r 为受水点 D 各水源与输水管理单位计量水费清分比例向量。

在双比例清分中，成本比例是相对固定的清分比例，依据供水区段经监审核定的单方供水成本价格在有效供水路径的成本占比确定。

4.2.3 归集清分比例 为简化计算，考虑按照区段工程归属运行管理单位进行供水运营成本归集，即将供水线路中归属相同运行管理单位的各区段供水成本加和，以加和后的单位供水成本进行清分，确定思路如下：

若某一 OD 区间的一个受水点由一条有效供水路径输水，涉及 N 个输水线路工程段，且可能归属不同的运行管理单位负责运行维护；同时，各输水线路工程段又分成多个输水区段工程，其通常由同一运行管理单位负责运行维护。

则，将输水线路工程段 n 各输水区段单位输水成本计为 WDP_i^n 。输水区段工程归属运行管理单位 d 的单位输水成本归集则为： $WDP_d^n = \sum_i WDP_i^n (i \in d)$ ，是成本比例清分基础。

进一步，在区段单位输水成本归集的基础上，考虑有效供水路径归属运行管理单位 d 的输水线路工程段成本归集为： $WDP_d = \sum_n WDP_d^n (n \in d)$ 。

据此，有效供水路径运行管理单位 d 清分比例 r_d 的表达式为：

$$r_d = \frac{WDP_d}{\sum_d WDP_d} \quad (14)$$

水网工程实行两部制水价，区段单位输水成本包含基本水价与计量水价，按照“基本与计量，分项解耦”的原则，两部分分项清分。

(1) 区段工程基本水价依据设计供水量(新建)与核定的供水量(已建)确定基本水费(BWF_i^n)，归属同一运行管理单位 d 基本水费 BWF_d 归集后，基本水费清分比例 r_d^B 的表达式为：

$$r_d^B = \frac{BWF_d}{\sum_d BWF_d} = \frac{\sum_i BWF_i^n}{\sum_d \sum_n BWF_d^n} \quad (i \in d, n \in d) \quad (15)$$

(2) 区段工程单位输水计量成本 MWP_i^n 归属同一运行管理单位 d 归集后 MWP_d ，计量水费成本清分比例 r_d^M 的表达式为：

$$r_d^M = \frac{MWP_d}{\sum_d MWP_d} = \frac{\sum_i MWP_i^n}{\sum_d \sum_n MWP_d^n} \quad (i \in d, n \in d) \quad (16)$$

5 案例分析

5.1 案例基本概况 山东现代水网建设取得初步成效，建成的骨干水网工程如图2所示主要由南水北调东线一期工程(O_1A 、 O_1E)、引黄济青工程(O_2ATB)、胶东调水工程(ATC)、黄水东调工程(O_3T)，以及峡山水库战略水源工程(F)等，这些骨干水网工程承担着各水源的输送、供给的任务，向山东省鲁南地区3市、山东半岛地区中部4市与胶东4市、鲁北地区2市，共13个地市供水。骨干水网的常规水源工程主要为南水北调东线一期苏鲁交界长江水源工程(O_1)、打渔张引黄济青黄河水源工程(O_2)与曹店、麻湾黄水东调水源工程(O_3)等。水源工程与输供水工程对受水点，构成水网的有效输水路径，包括 O_1E 、 O_1ATB 、 O_1ATC ； O_2ATB ； O_3TB 、 O_3TC 等。

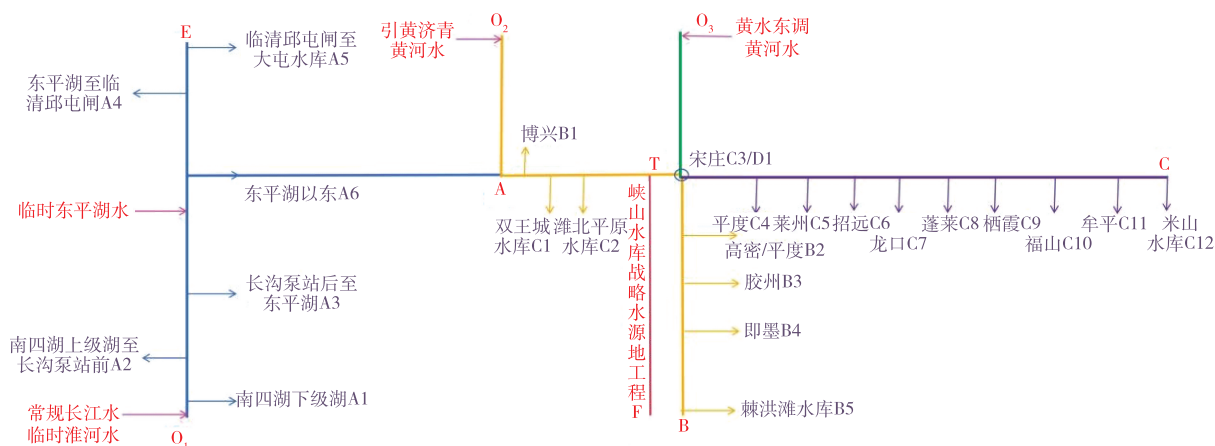


图2 山东省骨干水网工程构成示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the composition of the backbone water network project in Shandong Province

本文选择山东省骨干水网工程供青岛市棘洪滩受水点计收供水水费为例开展水网综合水价制度下水费清分。棘洪滩受水点供水水源为长江水源、引黄济青黄河水源和黄水东调黄河水源、东平湖水源、引黄济峡峡山水源五类水源，输水路径为 O_1ATB 、 O_2ATB 、 O_3TB 、 FTB 。受水点水费收入清分计算采用的数据主要取自2020年调水工程供水定价成本监审报告与运行统计数据等。

5.2 水费收缴与清分主体 山东省调水工程运行维护中心承担着省管调水工程水费收缴的任务，在山东省未建立进一步统一调度运行管理机构，山东省骨干水网工程的水费收缴主体还是以山东省调水工程运行维护中心为主。

山东省骨干水网工程与供水相关的工程主要包括骨干水网工程引取水的水源工程、不同供水路径的输水工程，以及供水安全保障工程，其对应的运行管理单位为供水水费分成的主体。棘洪滩受水点处于水网工程引黄济青工程段，对于供水水费的清分涉及到向水源工程运行管理主体、输水工程运行管理主体与供水保障工程运行管理主体，具体结合基本水费与计量水费供水成本覆盖的工程相关。

5.3 水费清分点与时段

5.3.1 供水水费清分点 棘洪滩受水点是处于骨干水网引黄济青工程供水线路上的分水点，也是水网向青岛市区供水水量的计量点，供水水费结合实际供水量按照基本水费加计量水费计收，该受水点也为其供水水费清分点。

5.3.2 供水水费清分时段 按照山东省调水工程运行维护中心与青岛市人民政府供用双方签订的供水协议，骨干水网统一每个调度年开始前(10月1日)缴纳基本水费，调度年结束后(次年9月30日)按照实际受水量缴纳年度计量水费。

(1)基本水费清分时段：由于基本水费于供水前按照年度收取，与后期当年的实际供水无关，为

此，基本水费的清分也按照年度进行清分。同时，为保障工程的基本运行，与调度年初始将收取的基本水费在各工程运行管理单位间进行清分。

(2)计量水费清分时段：由于计量水费于调度年供水结束后按照实际受水量缴纳，为此，结合实际供水量，在上一调度年供水结束完成计量水费收缴后完成上年度计量水费在各工程运行管理单位间的清分。

5.4 棘洪滩受水点供水成本构成 遵循“谁参与、谁收益”的原则，基于水网工程水源与输水路径解析确定的供水水价成本构成是开展水费清分的基础依据。结合近年水网工程运行成本费用监审结果，核算棘洪滩受水点供水水价基本水费(表1)、计量水价(表2)构成。

表1棘洪滩受水点供水成本基本水费构成

(单位:万元)

Table 1Composition of basic water charges for water supply costs at the point of the Jihongtan Reservoir

(Unit: 10⁴yuan)

工程类别	水源工程段	引黄济青工程/ 胶东调水工程输水段	黄水东调工程输水段	峡山水库战略 水源地工程	供水基本 水费合计
运行管理单位	南水北调东线总公司	山东省调水工程运行维护中心	山东水发黄水东调工程有限 公司	峡山水库管理服务中心	基本水费
基本水费	7932	15325	10014	2115	35387

表2棘洪滩受水点供水成本计量水价构成

(单位:元/m³)

Table 2Measurement of water supply cost at the point of the Jihongtan Reservoir

(Unit:yuan/m³)

水源	水源工程取水		引黄济青工程/胶东调水工程输水		黄水东调工程输水		受水点计量 水价
	运行管理单位	计量水价	运行管理单位	计量水价	运行管理单位	计量水价	
东线水	南水北调东线总公司	0.977		0.753			1.730
东平湖水	东平湖管理局	0.659		0.753			1.412
引黄济青黄河水	山东省黄河河务局	0.174	山东省调水工程运	0.818			0.992
引黄济峡峡山水	峡山水库管理服务中心	0.754	行维护中心	0.753			1.507
黄水东调黄河水	东营水行政部门	0.424		0.753	山东水发黄水东调 工程有限公司	3.859	5.036

5.5 水网供水水费清分比例 依据“基本与计量，分项解耦”的原则，基本水费一般采用年度固定比例清分，计量水费结合调度年实际供水量按照双比例清分计量水费。

5.5.1 基本水费清分比例 棘洪滩受水点基本水费清分主体包含：

水源工程清分主体：南水北调东线总公司；
输水工程清分主体：南水北调东线总公司、山东省调水工程运行维护中心、山东水发黄水东调工程有限公司，保障工程峡山水库管理服务中心。

结合基本水费构成，运用式(7)确定固定清分比例 r_B ，结果如表3所示。

据此，对于棘洪滩受水点实际每年缴纳的基本水费收入按照各供水相关运行管理单位的基本水费成本构成的固定比例进行分成。

表3棘洪滩受水点基本水费清分比例

Table 3Allocation proportion of basic water charges at the point of the Jihongtan Reservoir

工程类别	水源工程段	引黄济青工程/胶东调水工程输水段	黄水东调工程输水段	峡山水库战略水源地工程
运行管理单位	南水北调东线 总公司	山东省调水工程运行维护中心	山东水发黄水东调 工程有限公司	峡山水库管理服务中心
基本水费清分比例 r_B	22.4%	43.3%	28.3%	6.0%

5.5.2 计量水费清分比例 棘洪滩受水点计量水费清分主体包含：

水源工程清分主体：南水北调东线总公司、山东省黄河河务局、东营市水行政主管部门、东平湖管理局、峡山水库管理服务中心。

输水工程清分主体：南水北调东线总公司、山东省调水工程运行维护中心、山东水发黄水东调工程有限公司。

计量水费实行“双比例清分”，与清分时段实际供水量相关，其中水量清分比例为动态比例，成本清分比例为固定比例。

结合计量水价构成，运用式(10)，确定成本清分比例 r_{MP} ，结果如表4所示。

表4 棘洪滩受水点计量水费成本清分比例

Table 4 Cost allocation proportion for metered water charges at the point of the Jihongtan Reservoir				
水源	成本清分比例 r_{MP}			
	水源工程段	引黄济青/胶东调水工程输水段	黄水东调工程输水段	成本清分比例合计
东线水	56%	44%		100.0%
东平湖水	47%	53%		100.0%
引黄济青黄河水	18%	82%		100.0%
引黄济峡峡山水	50%	50%		100.0%
黄水东调黄河水	8%	15%	77%	100.0%

按照清分时段(年)各水源的实际总引水量情况与受水点水源构成确定本清分时段(年)水量清分比例 r_{MQ} 。骨干水网工程引取长江水源、引黄济青黄河水源、黄水东调黄河水源、东平湖水源、引黄济峡峡山水源五类水源，通过输水工程向山东省受水区输送。按照受水区供水年度各受水点水源情况，棘洪滩受水点五类水源均供给，因此，考虑近年各水源实际引水量，分析五类水源的占比情况如表5所示，该比例即为棘洪滩受水点的水量清分比例。

由水量清分比例与固定成本清分比例，按照公式(9)进一步计算棘洪滩受水点计量水费清分比例 r 如表6所示。清分主体涉及南水北调东线总公司、山东黄河河务局、东平湖管理局、东营水行政部门、山东省调水工程运行维护中心与山东水发黄水东调工程有限公司。

据此，棘洪滩受水点该年实际收取的计量水费收入，可按照以上“双比例”确定的各供水相关运行管理单位的比例水进行分成。若当年该受水点收取3.558亿元的计量水费，水源工程运行管理单位、

表5 棘洪滩受水点计量水费水量清分比例

Table 5 Water volume allocation proportion for metered water charges at the point of the Jihongtan Reservoir		
水源	水网工程水源 引水量/ 10^4m^3	水量清分 比例 r_{MQ}
东线水	18344	25%
东平湖水	6518	9%
引黄济青黄河水	33219	46%
引黄济峡峡山水	5430	7%
黄水东调黄河水	9488	13%
合计	73000	100%

表6 棘洪滩受水点计量水费清分比例

Table 6 Allocation proportion of metered water charges at the point of the Jihongtan Reservoir								
工程类别	东线水源 工程段	东平湖水 源工程段	引黄济青黄河 水源工程段	引黄入峡峡山 水源工程段	黄水东调黄河 水源工程段	引黄济青工程/胶 东调水工程输水段	黄水东调 工程输水段	水费清分 比例合计
清分主体	东线总公司	东平湖管 理局	黄河河务局	峡山水库管理 服务中心	东营水行政部 门	山东省调度运行 中心	黄水东调有 限公司	
水费清分比例 $r = r_{MQ} \times r_{MP}$	14%	4%	8%	4%	1%	59%	10%	100%

输水工程运行管理单位7个清分主体分别按照14%、4%、8%、4%、1%、59%、10%的比例进行分配,实现将供水收入真正公平反哺给供水运行管理单位,保障工程供水效益的持续发挥。

5.6 供水水费清分合理性分析 对水网工程水费管理单元基本水费的“单比例清分”与计量水费的“双比例清分”的方式,均对各计价水费在引取水、输配水运行管理单位间进行了100%的清分,实现了水费的完全闭合分配。这个方法实现了水费收入完全清分,满足了水网各工程运行成本费用需求。

基本水费“固定比例清分”与计量水费的“双比例清分”方法的清分主体按照“谁贡献、谁分配”的原则确定。参与水网工程供水的“引、取、输、保”等工程所做出的贡献都将通过合理的水费清分方式获得水费分配比例,实现了收取水费能在为做出贡献的各供水单位间进行公平分配,该方法更具科学性与实践性。

“双比例清分”方法考虑到计量水费计收的主要影响因素,通过实际供水量比例分配与供水成本比例分配的综合,实现收取计量水费的分配,避免了片面因素影响水费分配的合理性与公平性。

6 结论

(1)综合水价模式下水网工程水费清分遵循“谁参与、谁收益”“基本与计量,分项解耦”“单源与混合,分期解耦”的原则,实现服务水网工程供水全过程设施与设备的建设运行主体获得合理的成本回收与适宜的回报,同时考虑两部制水价模式基本水费与计量水费收缴的特点,以及在独立水源供水与混合水源供水时期的复杂程度不同,分别进行分项、分期清分,提高水费清分的精准与效率。

(2)水费清分的规则充分考虑不同类型水费标准的成本构成与特点,以及引起收缴水费动态变化的不同水源的实际供水水量进行综合水费收入的分配。基本水费收入清分规则结合供水全过程基本水费缴纳标准构成项,按照归集后各运行管理单位基本水费的占比在各单位间进行收入分配,采用“单比例清分”方式,实施年度清分;计量水费清分规则考虑实际供水源及水量、核定的单位供水成本构成因素,采用“双比例清分”方式,实施月度、季度或年度清分。

(3)通过对山东省骨干水网工程综合水价模式下棘洪滩受水点水费清分案例,表明基本水费“单比例清分”、计量水费“双比例”清分的方式充分考虑了水网工程综合两部制水价制度下两类水费收入的基本特性和水网供水水源及其水量水费收支平衡规律,有效实现水费收入在各利益主体间的有效分配,也体现该水费清分规则与方法步骤逻辑性强、科学合理,可为推进水网工程供水价格机制改革提供技术支撑。

参 考 文 献:

- [1] 钮新强. 国家水网规划建设体系及关键问题探讨[J]. 长江技术经济, 2023(5): 24-30. (NIU Xinqiang. Insights on planning and construction of the national water network[J]. Technology and Economy of Changjiang, 2023(5): 24-30. (in Chinese))
- [2] 蒋云钟, 冶运涛, 赵红莉, 等. 智慧水利解析[J]. 水利学报, 2021, 52(11): 1355-1368. (JIANG Yunzhong, YE Yuntao, ZHAO Hongli, et al. Analysis of (smart water conservancy[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2021, 52(11): 1355-1368. (in Chinese))
- [3] 国家发改委. 水利供水工程供水价格管理办法[A]. 2022. (National Development and Reform Commission. Measures for the Management of Water Supply Prices for Water Conservancy Projects[A]. 2022. (in Chinese))
- [4] 国家发改委. 水利工程供水定价成本监审办法[A]. 2022. (National Development and Reform Commission. Measures for the Supervision and Examination of Water Supply Pricing Costs for Water Conservancy Projects[A]. 2022. (in Chinese))
- [5] 尹明万, 贾玲, 甘泓, 等. 水权转让定价方法及其应用综述[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2010, 8(4): 258-265. (YIN Mingwan, JIA Ling, GAN Hong, et al. A review on the pricing method of water rights transfer and its application[J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydro power Research, 2010, 8(4):

258-265. (in Chinese))

- [6] 秦长海, 甘泓, 贾玲, 等. 水价政策模拟模型构建及其应用研究[J]. 水利学报, 2014, 45(1): 109-116. (QIN Changhai, GAN Hong, JIA Ling, WANG Lin, A model building for water price policy simulation and its application[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2014, 45(1): 109-116. (in Chinese))
- [7] 严冬, 周建中. 水价改革及其相关因素的一般均衡分析[J]. 水利学报, 2010, 41(10): 1220-1227. (YAN Dong, ZHON Jianzhong. A general equilibrium analysis of water price reform and related factor[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(10): 1220-1227. (in Chinese))
- [8] 张春玲, 申碧峰, 孙福强. 水资源费及其标准测算[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2015, 13(1): 62-67. (ZHANG Chunling, SHEN Bifeng, SUN Fuqiang. Study on water resources fee and its standard calculation [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2015, 13(1): 62-67. (in Chinese))
- [9] 高慧忠, 许凤冉, 陈娟, 等. 基于水资源价值流的跨多区域横向生态补偿标准研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报(中英文), 2023, 21(3): 203-211. (GAO Huizhong, XU Fengran, CHEN Juan, et al. Study on cross regional horizontal ecological compensation standard based on water value flow[J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2023, 21(3): 203-211. (in Chinese))
- [10] 游进军, 贾玲, 杨朝晖, 等. 协调公平与效率的“四水四定”研究 I: 方法与模型[J]. 水利学报, 2024, 55(2): 158-166. (YOU Jinjun, JIA Ling, YANG Zhaohui, et al. Study on "water dominates development" based on equity and efficiency I: methodology and model[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2024, 55(2): 158-166. (in Chinese))
- [11] 吴振, 陈华伟, 仇钰婷, 等. 工业多水源综合水价分析[J]. 人民黄河, 2022(4): 85-88. (WU Zhen, CHEN Huawei, QIU Yuting, et al. Analysis of multi-source comprehensive water price for industry[J]. Yellow River, 2022(4): 85-88. (in Chinese))
- [12] 吴振, 李福林, 陈华伟, 等. 基于优化配置的多水源多环节综合水价研究[J]. 中国农村水利水电, 2021(9): 76-79. (WU Zhen, LI Fulin, CHEN Huawei, et al. Research on the comprehensive water price of multiple water source sand links based on optimal allocation[J]. China Rural Water And Hydropower, 2021(9): 76-79. (in Chinese))
- [13] 柳新厚. 龙口市实施区域综合水价的主要做法与成效[J]. 山东水利, 2021(8): 79-80. (Liu Xinhou. The main practices and results of the implementation of regional comprehensive water price in Longkou City[J]. Shandong Water Resources, 2021(8): 79-80. (in Chinese))
- [14] 王冠军, 戴向前, 周飞, 等. 关于建立水网区域综合定价机制的思考[J]. 中国水利, 2023(17): 6-9. (WANG Guanjin, DAI Xiangqian, ZHOU Fei, et al. Reflections on establishing an integrated pricing mechanism in water network areas[J]. China Water Resources, 2023(17): 6-9. (in Chinese))
- [15] 彭磊, 王多宏. 多运营主体、多系统制式下都市圈轨道交通的客票定价策略及清分系统设计[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(9): 71-75. (PENG Lei, WANG Duohong. Passenger ticket pricing strategy and clearing system design for rail transit with multiple operating entities and multiple-system modes in metropolitan area [J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(9): 71-75. (in Chinese))

Study on water fee allocation method and rules for comprehensive pricing model for water network projects

Chen Jun¹, Zhang Chunling², Zheng Yang², Zhao Xiao¹

(1. *Water Transfer Project Operation and Maintenance Center of Shandong Province, Jinan 250100, China*;

2. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China*)

Abstract: Improving the water fee income distribution mechanism is the key to realizing the fair and reasonable water fee income of water network projects and ensuring the sound operation of the projects. Combined with the current research and pilot of regional comprehensive pricing of water network, in this paper the "sub-account method" was used to realize the feasibility of scientific, fair and reasonable classification of water supply and water charges among stakeholders under the comprehensive pricing model. and the water fee allocation rules of "Who participates, who benefits", "Separation of basic and metered water fees", and "Decoupling of single-source and mixed-phase water fees" were put forward. It was made clear that the "fixed proportion" method is adopted for the allocation of basic water fees, and the "dual proportion" method is employed for the allocation of metered water fees. Taking the Jiaodong area of the backbone water network in Shandong Province as an example, the annual basic water fee and metered water fee collected by the comprehensive water price of the point of the Jihongtan Reservoir were scientifically distributed among the water supply stakeholders, and the corresponding allocation proportion was given, which verified the scientificity and operability of the method. The method can provide a reference for promoting the construction and operation of water network, and the innovation and reform of water price formation mechanism.

Keywords: water fee allocation; comprehensive water price; water network project; ledger account; double proportion

(责任编辑: 王学风)

(上接第 353 页)

Application on dam-break diffusion model of analysis of dyke and dam failure

JU Jiang, LAN Zhiliang

(*POWERCHINA Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an 710100, China*)

Abstract: The existing theories and methods of dam break flood analysis models have numerous flaws, causing the computational results to deviate significantly from engineering cases. However, the Dam Break Diffusion (DB-D) model based on the principles of river dynamics is theoretically rigorous, computationally simple and efficient, and the results are reliable. In this paper, The DB-D model is applied to analyze the failure process of the barrier lake upstream of Xiaogangjian and the influence of the initial width and depth of the break on the discharge characteristics. The undercutting erosion process of the Dongting Lake levee breach and the widening process of the breach, as well as the flow, velocity, water depth hydrograph are simulated. Taking the consecutive failures of two large rockfill dams as an example, the computational flow and velocity hydrographs of the break of the upper and lower dams, the water level drop and the undercutting process of the break elevation, and the widening process of the break are in good agreement with the measured data, and the shape changes in the longitudinal profile and cross section of the break are reasonable. The selection methods of different parameters in the analysis of the failures of barrier lakes, levees, and rockfill dams are presented, which can provide a reference for the flood control and emergency design of similar projects.

Keywords: dam break; diffusion model; earth-rock dams; barrier lake; flood control dyke

(责任编辑: 王学风)