

基于 ELECTRE 法的引滦水量分配组织实施评估

王 冰¹, 陈伏龙^{2,3}, 吴泽斌⁴, 宋秋波¹, 张兵堂⁵

(1.天津市中水科技咨询有限责任公司, 天津 300170; 2.石河子大学水利建筑工程学院, 新疆石河子 832003;
3.天津大学水利工程仿真与安全国家重点实验室, 天津 300072; 4.水利部办公厅, 北京 100053;
5.武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北武汉 430072)

摘 要:为了总结水量分配方案典型案例, 为其他河流水量分配工作提供借鉴依据, 以引滦水量分配方案为研究对象, 构建准则层 4 个指标、内涵层 10 个指标和指标层 20 个指标的引滦水量分配组织实施评估指标体系; 采用 ELECTRE 法, 综合评估 30 多年来引滦水量分配组织实施情况, 结果为“良”。综合评估结果表明: 引滦水量分配方案科学合理, 组织实施过程完备严谨, 管理监督机制和制度完善, 实施效果显著, 方案可持续性降低。

关键词:引滦水量分配; 指标体系; ELECTRE ; 可持续性

中图分类号: TV213

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2017)02-0042-06

1 引言

引滦水量分配方案是为解决北京市、天津市和河北省工程性缺水而制定的, 是全国开展较早的流域水量分配方案。1983 年至今, 引滦水量分配方案实施 30 余年来, 为受水区天津市和唐山市提供了稳定的水源, 改善了区域生态环境, 促进了区域经济发展, 并间接改善了首都北京市的供水条件, 已成为相关区域经济社会发展的重要支撑。为了加快最严格水资源管理制度的实施, 加强水资源开发利用控制红线管理, 2011 年开始, 水利部选择水资源紧缺、水事矛盾突出和生态环境脆弱等的跨省河流开展水量分配工作。引滦水量分配方案作为水量分配工作开展历程中的经典案例, 具有重要的参考价值。评价引滦水量分配组织实施效果, 为其他流域跨省河流水量分配和水权制度建设提供参考, 具有十分重要的意义。

水量分配是对水资源可利用量或可分配水量向行政区域进行逐级分配的过程^[1]。早在 20 世纪 70、80 年代, 我国海河、黄河、黑河、晋江、石羊河和钱塘江河口等流域均开展了相关的水量分配工作^[2]。随着水资

源可持续利用和生态环境保护问题得到越来越多的重视, 不少学者围绕水量分配方法开展了大量的研究。张先起等^[3]利用改进的 TOPSIS 模型, 将南水北调东、中线工程置换黄河下游引黄地区的水量重新分配给上、中游地区。吴志平等^[4]针对太湖流域典型南方平原河网区的特点, 研究探讨了流域水量分配的技术路线和方法。林岚等^[5]针对嫩江流域水资源开发利用特点及未来流域水资源形势, 提出嫩江流域的地表水分配方案及下泄水量控制方案。程孟孟等^[6]构建多层次半结构性多目标模糊优选模型, 对赣江流域水资源在各用水区域之间进行了分配。

我国最早一批跨省河流水量分配方案已经执行数年, 然而, 针对水量分配方案实施效果的研究却寥寥无几。目前, 仅有周肆访等^[7]采用典型年类比分析的方法, 研究了黄河水量分配方案实施后山东段河道最低水量及入海径流量的变化; 胡智丹等^[8]采用“多数据流模型”对《黄河可供水量分配方案》(即“八七”分水方案)的形成过程和效用发挥机理进行了分析, 总结了“八七”分水方案具有借鉴的部分。引滦水量分配方案实施效果的系统研究仍不多见。因此, 本文在构建

收稿日期: 2016-05-30

基金项目: 水利工程仿真与安全国家重点实验室开放基金项目 (HESS-1405)

作者简介: 王冰 (1985-), 女, 河北邢台人, 博士, 工程师, 主要从事水文与水资源研究工作。E-mail: iceking1985@163.com

通讯作者: 陈伏龙 (1978-), 男, 湖南人, 副教授, 主要从事水文及水资源问题的研究。E-mail: cfl103@1shzu.edu.cn

水量分配方案指标体系基础上,采用 ELECTRE 方法对方案组织实施效果进行评估,以分析引滦水量分配方案的合理性、有效性和适用性。

2 工程概况

滦河流域包括滦河及冀东沿海诸河,发源于河北省丰宁县西北大滩界牌梁,地跨河北省、内蒙古自治区和辽宁省,流域总面积为 55 522 km²。

20 世纪 60 年代开始,华北地区降水量减少,水库蓄水量不足,加之工农业迅速发展,人口增长,需水量大幅度增加,导致京津唐水资源严重紧缺。为解决京津唐地区水资源短缺问题,1972 年,水利电力部下达修建引滦工程计划,提出在滦河干流修建潘家口和大黑汀水库,向天津市和唐山市供水(见图 1)。1983 年,国务院以国办发〔1983〕44 号文转发水利电力部关于引滦工程管理问题的报告,确定了引滦水量分配方案。1983~2013 年,引滦枢纽工程累计总供水量 366.37×10⁸m³。其中,向天津市累计供水 166.82×10⁸m³,向河北省累计供水 199.56×10⁸m³(唐山市 42.59×10⁸m³,滦下灌区 156.97×10⁸m³)。



图 1 引滦工程示意图

Fig.1 Sketch map of the Luanhe-Tianjin water diversion project

3 研究方法

3.1 基本原理

水量调度组织实施评估是一个多指标决策的问题。在多指标决策分析时,由于客观事物的复杂性、不确定性以及人类思维的模糊性,决策信息往往不能通过精确的数值表达,有些决策信息只能通过区间数形式给出。ELECTRE 方法^[9-10]是一种有效的应用比较普遍的多指标决策方法,该方法考虑了决策数据的不确

定性,能够区别、综合对待主客观因素,通过将人的决策思维具体化对各因素进行评价。ELECTRE 方法^[11]的核心思想是级别高于关系,以决策人的风险荷载为基础前提,综合决策者的偏好次序和决策数据,利用阈值函数对方案间两两比较,形成和谐矩阵和不和谐矩阵,构建可信度矩阵,通过相互对比依次排序确定决策方案。ELECTRE 方法是一种非完全补偿性的方法,即方案在某些评价指标下的高分不能弥补在其他评价指标下低分的不足^[12]。因此,该方法的评价结果更符合决策的实际状况。

3.2 方法步骤

ELECTRE 方法要求决策者给出各个属性之间相对重要性的权重和无差异、严格优于和否决 3 个门槛值。

(1) 确定阈值

假设存在 m 个方案构成方案集:

$$A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_m\} \quad (1)$$

n 个指标构成指标体系:

$$G = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_n\} \quad (2)$$

定义 $g_j(a_i)$ 为方案 a_i 的评价准则 g_j , 设 $g_j(a_i)$ 均为效益型,不失一般性。

对于方案 (a_i, a_k) , 定义如下 3 个阈值。

无差异阈值 q_j 。当方案 a_i 和方案 a_k 在准则 g_j 下的属性值之差 $\leq q_j$ 时,认为这两个方案在准则 g_j 下是无差异的。

严格优先阈值 p_j 。当方案 a_i 和方案 a_k 在准则 g_j 下的属性值之差 $> p_j$ 时,认为方案 a_i 在准则上严格优于方案 a_k 。

否决阈值 v_j 。当方案 a_i 的属性值低于方案 a_k 的属性值达到或超过 v_j 时,不再认为方案 a_i 在总体上级别高于方案 a_k 。

上述 3 个参数均由决策人确定,通常取固定值,否决阈值一般为优先阈值的 3 倍。对于任意的属性 j ,满足 $v_j \geq p_j \geq q_j \geq 0$ 。

(2) 和谐性指数和不和谐性指数

对于两个方案 a 和 b 满足 $(a, b) \in A$, 存在以下级别优先关系:

$$\begin{cases} g(a) - g(b) > p & a \text{ 强优于 } b \\ q < g(a) - g(b) \leq p & a \text{ 较优于 } b \\ |g(a) - g(b)| \leq q & a \text{ 和 } b \text{ 无差别} \end{cases} \quad (3)$$

对于所有 $j \in J$, 局部和谐指数 $c_j(a, b)$ 计算公式如下:

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{if } g_j(a) + p_j \leq g_j(b) \\ 1, & \text{if } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ \frac{g_j(b) - (g_j(a) + p_j)}{q_j - p_j}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

式中: $c_j(a, b)$ 为局部和谐指数, 是指在属性 j 上方案 a 优于 b 的程度; $g_j(a)$ 为方案 a 的评价准则 g_j ; $g_j(b)$ 为方案 b 的评价准则 g_j ; p_j 为严格优先阈值; q_j 为无差异阈值。指数 $c_j(a, b)$ 是在准则 g_j 上支持方案 a 优于方案 n 的程度。

w_j 表示准则 g_j 的相对重要性的权重, 则和谐性指数为:

$$c(a, b) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n w_j} \sum_{j=1}^n w_j c_j(a, b) \quad (5)$$

对于所有 $j \in J$, 不和谐指数 $d_j(a, b)$ 计算公式如下:

$$d_j(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{if } g_j(b) - g_j(a) \leq p_j \\ 1, & \text{if } g_j(b) - g_j(a) \geq v_j \\ \frac{g_j(b) - (g_j(a) + p_j)}{v_j - p_j}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

式中: $d_j(a, b)$ 为不和谐性指数, 表示属性 j 上方案 a 劣于 b 的程度; v_j 为否决阈值。

(3) 赋值级别高于关系

基于和谐指数和非和谐指数, 可计算论断 $a > b$ 的 (a 优于 b) 可信度得分 $S(a, b)$ 。

$$S(a, b) = \begin{cases} c(a, b) \prod \frac{1 - d_j(a, b)}{1 - c(a, b)}, j \in J: d_j(a, b) > c(a, b) \\ c(a, b), \text{if } \max\{d_j(a, b)\} \leq c(a, b) \end{cases} \quad (7)$$

$S(a, b)$ 表示对“ a 方案在总体级别上高于方案 b ”这一结论的测度。

(4) 方案排序

采用净优势分值法^[13]挖掘各方案级别优先关系, 计算公式如下:

$$\delta_{a_i} = \sum_{k=1, k \neq i}^m S(a_i, a_k) - \sum_{k=1, k \neq i}^m S(a_k, a_i), i=1, 2, \dots, m \quad (8)$$

式中: δ_{a_i} 为方案的级别优先得分。分数越高, 满意度越高。

4 应用评估

4.1 指标体系构建

水量分配方案组织实施评估主要涵盖 4 个方面,

方案是否科学合格、方案组织实施过程是否合理、方案实施效果是否良好以及方案是否依旧适用并具有可持续性。基于水量分配方案评估目标, 提出 4 个一级指标(准则层), 即方案质量、实施过程、实施效果和可持续性; 对准则层进行内涵分析提出 10 个二级指标(内涵层), 进一步提出内涵层的三级评估指标(指标层), 共计 20 个指标。从而构建出引滦水量分配组织实施评估指标体系。见表 1 所示。

表1 专家评分隶属度统计表

Table1 The subjection degree of the expert score

目标层	准则层	内涵层	指标层	评价级别			
				优	良	中	差
方案质量	合理性	水量分配要素合理性	水量分配要素合理性	0	16	9	0
			区域间用水公平性	2	20	3	0
	衔接性	与涉水规划成果的衔接性	与涉水规划成果的衔接性	11	14	0	0
			方案来水工况	6	19	0	0
	可操作性	方案是否落实到控制断面	方案是否落实到控制断面	15	10	0	0
			编制部门的合法性	25	0	0	0
	合法性	批准机关的合法性	批准机关的合法性	25	0	0	0
			来水量预测精度	20	5	0	0
	实施过程	分水指标确定过程	确定与下达的分水指标合理性	16	9	0	0
			调度方案编制与过程监督	15	10	0	0
水量分配组织实施	实施效果	年分配水量与控制断面下泄水量	年分配水量偏离系数	4	16	3	2
			经济影响	8	17	0	0
	可持续性	综合效益影响	社会影响	9	16	0	0
			生态环境影响	2	20	3	0
	可持续性	来用水可持续性	来水可持续性	0	7	13	5
			用水可持续性	1	22	2	0
	可持续性	政策制度可持续能力	管理体制与机制	18	7	0	0
			管理制度	12	11	2	0

4.1.1 方案质量

水量分配方案质量本质是指方案具备分配水量能力的属性。分配水量的能力使得方案能够满足区域分水的需要, 方案质量是方案特征和特性的总和。全部符合特征和特性要求的方案, 就是满足分水需要的方案。由此确定 4 个二级指标, “方案合理性”、“方案衔接性”、“方案可操作性”和“方案合法性”。

(1) 合理性。水量分配的要素主要包括分配对象、范围、形式和情景 4 个方面的内容; 水量分配方案的

制定,应兼顾区域间用水满足程度与效率。

(2)衔接性。流域的水量分配必须参考依照已有的涉水规划成果,否则不利于水量分配方案的顺利实施。

(3)可操作性。完善的水量分配方案应包含多种来水频率(或用水保证率)。来水(用水)工况设定越多,实际水量分配过程中可参考的依据越多,有利于提高水资源有效利用率。水量分配方案不仅确定年总分水量和各受水区年分水量,考虑输水过程及输水效率,还应包含重要水利工程、省界和水系节点等断面下泄水量。

(4)合法性。根据《水量分配暂行办法》,跨省、自治区、直辖市的水量分配方案由水利部所属流域管理机构协商有关省、自治区、直辖市人民政府制订;水量分配方案制订后需报国务院或者其授权的部门批准。

4.1.2 实施过程

水量分配方案的实施包含两个过程,首先确定年内各受水区的分水指标;其次根据分水指标,编制水量调度方案,并对调水过程中主要控制断面水量和水质进行监控和测量。因此,提出“分水指标确定过程”和“调度方案编制与过程监督”2个二级指标。

(1)分水指标确定过程。年度分水指标是“年可分配水量”依据水量分配方案确定的。流域可分配水量是由“年来水量”和“当前水库蓄水量”共同确定的。水库当前蓄水量为实时监控值,未知值即为“年来水量”,通常采用水文预报法等预测得到。因此,来水量的预测精度是分水指标可靠的前提。来水量预测方法、预测者和计量方式等的不同会造成分水指标的差异,除涉及受水区域水行政部门外,分水指标还应由第三方水行政部门校核确定。

(2)调度方案编制与过程监督。调度方案制定的类型越多,调水过程中可控环节越多,应急能力越高,越有利于水量分配方案的顺利实施。完整的水量分配监控体系能够实时监控获取水量调度过程中的水质和水量情况,能够准确的计量调度水量,实时监控水质,确保调水安全。

4.1.3 实施效果

水量分配方案实施的目的是保持区域水事和谐稳定,提高区域水资源开发利用效率,维护区域社会经济稳定发展。各受水区实际分配水量与方案应分水量的匹配性,是维持区域水事稳定的前提。由此,提出“年分配水量与控制断面下泄水量”和“综合效益影响”2个二级指标。

(1)年分配水量与控制断面下泄水量。实际来水

量、水库蓄水量和特殊用水需求等因素,易导致区域实际分水量或断面实际下泄水量与理论值(按水量分配方案制定)之间有偏差,该偏差的大小视为衡量水量分配方案执行效果优劣的标准。偏差越大且出现偏差的年份越多,说明方案对流域的适用性越差。

(2)综合效益影响。水量分配是对可分配水量向各级行政区域的再分配,科学合理的水量分配方案应该能够保证水资源效益最大化,给区域提供可靠稳定的水源、保证水源质量,在水资源管理能力提高的基础上,合理配置区域用水量、提高区域用水效率,创造稳定的投资环境,确保人们基本生活用水,改善居住生态环境。是否能支撑和促进经济社会发展、维护和改善生态环境系统、提高区域水资源管理能力,是评价水量分配实施效果的标准。

4.1.4 可持续性

水量分配方案组织实施的可持续性,是水量分配方案制定完成后,在不进行修改的前提下,为达到方案组织实施效果,可以持续维持的可能性。从主观和客观两方面,提出“来用水可持续性”和“政策制度可持续能力”2个二级指标。

(1)来用水可持续性。受气候变化和人类活动的影响,流域天然来水系列可能发生变化。将来水系列是否存在变异,变异前后系列均值差作为来水可持续性评价指标。受经济社会发展和人口增长等影响,区域用水量可能出现较大幅度变化,用水量越平稳,水量分配方案实施的可持续性越好,分析一定时期内用水系列变化情况,以用水系列增长幅度作为用水可持续性评价指标。

(2)政策制度可持续能力。调水相关工程管理、分水指标的确定以及调水过程中的协调、仲裁等均需要配套的管理体制与协商机制;用水计划的申报、调度方案的制定、水量监督计量以及突发事件的应急预案等管理制度的完善,是保证水量分配方案顺利持续性实施的必要条件。以管理体制和制度的完善性评价两项指标。

4.2 评估体系

针对水量分配的效益属性,推荐(0~59,60~69,70~89,90~100)代表(差,中,良,优)。邀请25位熟悉引滦水量分配方案制定、水量调度以及组织实施等方面的专家,对评估体系的各项指标打分,结果如表1所示。应用 ELECTRE 法,根据专家评分结果统计出各评

价指标属性值,逐级对比,计算出4个等级的级别优先得分,再根据得分大小判断引滦水量分配及其实实施评估的评价级别。

4.3 评估结果

(1)阈值。根据隶属度数据特性给出 ELECTRE 评价法的阈值。由于各指标隶属度数据特性是一致的,均是由专家评分落在某个级别区间的人数组成,故各指标应有相同的阈值。评价阈值如表2所示^[14]。

表2 引滦水量分配组织实施评估阈值

Table2 The assessment threshold of the water allocation in the Luanhe-Tianjin water diversion project

评价指标	无差别阈值 q	优先阈值 p	否决阈值 v
所有指标	0	3	5

(2)和谐矩阵和不和谐矩阵。根据公式(4)和计算得到完整的和谐矩阵,根据公式(6)计算得到“水量分配要素合理性”指标的不和谐矩阵,分别如表3和表4所示。

表3 和谐矩阵

Table3 The harmonious matrix

	优	良	中	差
优	1	0.3390	0.9449	0.9577
良	0.6657	1	0.9577	1
中	0.5180	0.0557	1	1
差	0.2936	0.3390	0.9449	1

表4 “要素合理性”指标的不和谐矩阵

Table4 The disharmony matrix of the element rationality index

指标	优	良	中	差
优	0	1	0	0
良	0	0	1	0
中	0	1	0	0
差	0	1	0	0

(3)级别高于关系。根据式(7)计算得到赋值级别高于关系矩阵如表5所示。

(4)方案排序。根据式(8)计算“净优势分值”排序结果如表6所示:

可以看出,最高得分为1.67,所属评价级别为“良”。因此,引滦水量分配组织实施综合评估的结果为“良”。

结合水量分配组织实施评估体系专家打分表可知:引滦水量分配方案是科学合理的,方案组织实施过程较为完善严谨、环节控制力较强;水量分配方案

表5 级别高于关系矩阵

Table5 The outranking relation matrix

	优	良	中	差
优	1	0	0.9449	0.9577
良	0.6657	1	0	1
中	0.5180	0	1	1
差	0.2936	0	0.9449	1

表6 引滦水量分配组织实施评估级别排序结果

Table6 The assessment result of the water allocation in the Luanhe-Tianjin water diversion project

评价级别	优	良	中	差
级别优先得分	0.43	1.67	-0.37	-1.72
排序结果	2	1	3	4

的组织实施给津唐地区带来了显著的经济社会生态效益,但随着来水量和天然降水量减少,引滦工程实际分水量和理论应分水量偏差较大,导致方案实施效果呈逐渐减弱趋势;方案组织实施配套的管理机制和制度比较完善;引滦工程的可供水量逐渐减少,区域用水量不断增加,使得方案可持续性处于相对较低的级别。

5 结论

(1)本文将 ELECTRE 评价法应用于水量分配组织实施评估中,方法考虑了偏好在决策环节里的弱偏好关系及不可比性,方法科学可行、结果合理;

(2)根据水量分配组织实施评估目的,构建包含目标层、准则层、内涵层和指标层4个层级、20个指标的评估体系,该评估体系考虑水量分配影响因素全面,影响因素覆盖度高,能够合理反映评估目的;

(3)ELECTRE 法评价引滦水量分配组织实施评估结果为“良”,说明方案总体可达到制定的目标,具有可供借鉴的宝贵经验,同时方案组织实施过程中本身存在一些不足,应通过对方案及其组织实施过程、应急机制等的进一步优化,达到水资源效益最大化以及区域经济社会稳定发展的目的。

参考文献:

[1] 岑栋浩,邵东国,肖淳,等. 河流水量分配系统的研发与应用[J]. 南北水调与水利科技, 2011,9(4):102-105. (CEN Donghao, SHAO Dongguo, XIAO Chun, et al. Development and application of the river water distribution system [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2011,9(4):102-105. (in Chinese))

[2] 沈大军, 孙雪涛. 水量分配和调度 [M]. 北京: 水利水电出版社, 2010:1-3. (SHEN Dajun, SUN Xuetao. Water Allocation and

- Operation [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2010:1-3. (in Chinese))
- [3] 张先起,梁川,刘慧卿,等. 改进的 TOPSIS 模型及其在黄河置换水量分配中的应用 [J]. 四川大学学报 (工程科学版), 2006,38(1):30-33. (ZHANG Xianqi, LIANG Chuan, LIU Huiqing, et al. Improved TOPSIS model and its application to allocation of replaced water from Yellow River [J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2006,38(1):30-33. (in Chinese))
- [4] 吴志平,李蓓. 太湖流域水量分配特点及方案编制技术方法[J]. 中国水利, 2014,(17):10-12. (WU Zhiping, LI Bei. Water allocation in Taihu lake basin features and technical methodologies for making options [J]. China Water Resources, 2014,(17):10-12. (in Chinese))
- [5] 林岚,梁团豪,尹雄锐. 嫩江流域水量分配方案及保障措施研究[J]. 中国水利, 2014,23:28-30. (LIN Lan, LIANG Tuanhao, YIN Xiongrui. Water allocation plan in the Nenjiang River basin and safeguarding measures [J]. China Water Resources, 2014,23:28-30. (in Chinese))
- [6] 程孟孟,陈进. 多层次半结构性多目标模糊优选理论在赣江流域水量分配中的应用[J]. 长江科学院院报, 2011,28(12):10-14. (CHENG Mengmeng, CHEN Jin. Application of semi-structural and multi-objective fuzzy optimal selection theory to water allocation in Ganjiang River basin [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011,28(12):10-14. (in Chinese))
- [7] 周肆访,王金童,徐征和,等. 黄河山东段水量分配方案执行效果分析与评估[J]. 人民黄河, 2015,37(4):66-68. (ZHOU Sifang, WANG Jintong, XU Zhenghe, et al. Analysis and assessment on performance of Yellow River water quantity allocation scheme in Shandong province [J]. Yellow River, 2015,37(4):66-68. (in Chinese))
- [8] 胡智丹,郑航,王忠静. 黄河干流水量分配的演变及多数据流模型分析[J]. 水力发电学报, 2015,34(8):35-43. (HU Zhidan, ZHENG Hang, WANG Zhongjing. Evolution of water allocation scheme for the mainstream of Yellow River and multiple stream model analysis [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2015,34(8):35-43. (in Chinese))
- [9] Eiji Takeda. A method for multiple pseudo-criteria decision problems [J]. Computers & Operations Research, 2001,28(28):1427-1439.
- [10] Juan Carlos Leyva-López, Eduardo Fernández-González. A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology [J]. European Journal of Operational Research, 2003, 148(1):14-27.
- [11] Raju K S, Duckstein L, Arondel C. Multicriterion analysis for sustainable water resources planning: a case study in Spain [J]. Water Resource Management, 2000,14(6):435-456.
- [12] Luitzen de Boer, Leo van der Wegen, Jan Telgen. Out ranking methods in support of supplier selection [J]. Journal of Purchasing & Supply Management, 1998,(42-3):109-118.
- [13] Tiefeng Zhang, Jinsha Yuan. Decision-aid for power distribution system planning problems using ELECTRE [A]. The 7th International Power Engineering Conference (IPEC2005) [C]. Singapore: 2005.
- [14] Lucien Duckstein, Wiktor Treichel, Samir EI Magnouni. Ranking ground-water management alternatives by multicriterion analysis [J]. Journal of Water Resources Planning & Management, 1994,120(4):546-565.

Organization and Implementation Assessment of Water Allocation in Luanhe-Tianjin Water Diversion Project Using ELECTRE

WANG Bing¹, CHEN Fulong^{2,3}, WU Zebin⁴, SONG Qiubo¹, ZHANG Bingtang⁵

(1. Tianjin Zhongshui Science and Technology Consulting Co., LTD, Tianjin 300170, China;

2. College of Water Conservancy & Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China;

3. State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Safety, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

4. General Office of Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China;

5. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: A typical case of water allocation was summarized to provide the foundation for distributing water. The water allocation plan of the Luanhe-Tianjin Water Diversion Project was discussed in this paper. The index system was set up for assessing the water allocation. The system includes four layers, 4 indexes in the criterion layer, 10 indexes in the connotation layer, 20 indexes in the indicator layer. The organization and implementation of the water allocation in the recent 30 years was comprehensively evaluated using ELECTRE. The result shows that the water allocation plan is scientific, implementation process of the plan is reasonable, supervision mechanism and management system of the implementation process are complete, and the plan implementation effect is remarkable.

Key words: water allocation in the Luanhe-Tianjin water diversion project; index system; ELECTRE; sustainability