

跨流域调水工程经济效益的概率分析

余文学 潘民华

(河海大学技术经济学院 南京 210098)

摘要 利用数理统计和概率分析的基本原理,针对跨流域调水工程的特点,提出依据水文统计资料进行跨流域工程经济效益概率分析的水文统计资料方法,并结合跨黄、淮、海流域调水工程的实例,分析验证该方法的科学性和可行性。

关键词 流域 调水工程 经济效益 概率分析

跨流域调水工程一般属远距离输水工程,涉及范围广,跨越不同的流域和地区,影响其经济效益的因素较为复杂。由于各地区气候、降水、江河来水不同,经济发展水平不同,供水目的不同,其经济效益大小的变化幅度与变动方向均不一致。现行水利工程经济效益分析计算方法,大多采用多年平均法来计算,然后利用敏感性分析来分析各不确定因素对其经济效益的影响大小。但对跨流域调水工程经济效益分析,仅做敏感性分析是不够的,定性地估计有时会造成错误信息,导致决策的失误。而概率分析,是运用数学原理,以科学定量的分析方法,更充分地评价调水工程经济效益,从而使跨流域调水工程的决策更加深入,减少决策的风险性。

1 跨流域调水工程的特点

跨流域调水工程一般属战略性工程,它涉及社会、经济、政治、技术等许多方面。其特点是:

a. 工程的社会、经济、环境效益巨大,具有长远的战略意义。

b. 工程量大,施工期长,一般采取分段施工。

c. 由于它是解决其它流域水资源缺乏的工程措施,因此它的输水距离较一般供水

工程要长,涉及的地区较多。

d. 工程受益范围广,供水目标多,一般采取分段或分地区计算其经济效益。

e. 由于跨流域调水工程是把水资源丰富的江河来水调到水资源缺乏的江河或地区,因此必然要打破被调水流域的水资源分配现状,甚至打破源头地区原有的供水、输水体系,从而在源头地区产生负经济效益。

f. 工程涉及的地区多,工程挖压占地多,造成较大的土地损失,引起的移民安置等社会问题也较多。

g. 由于受多流域、多地区的水文、气象因素影响,工程经济效益的发挥具有波动性,而且变动情况复杂。

2 分析方法与步骤

从水利工程效益产生的特点和跨流域调水工程的特点来分析,跨流域调水工程的经济效益的变动更具广泛性,而且各地区的经济效益变动幅度与方向不同,构成复杂的变动状况。正确把握其经济效益的变动情况,关键在于分析影响它的变动因素在各地区的变动情况,以及采用何种方法才能掌握它的变动规律。

2.1 分析方法

跨流域调水工程为沿线多个地区供水,

由于各地区供水目标不完全相同,同等量的水在不同地区产生经济效益也不相同,各种变动因素对调水工程在各地产生效益的影响程度也不同。因此,对于跨流域调水工程,应分段计算其经济效益,并依据各地区的水文、气象等资料,分地区进行概率分析。

运用概率分析来评价项目效益的优劣,一是通过计算数学期望值来分析取得效益的大小,二是用标准偏差和变异系数来衡量项目效益的风险大小。供水工程经济效益的发挥受许多因素的影响,它涉及社会、经济、技术和自然条件等因素。在一定的区域范围内和一定的经济、技术条件下,供水工程经济效益的大小主要取决于该区域的可供水量。所以,在对跨流域调水工程进行经济效益概率分析时,可以在假定其它灾害和社会经济、技术等因素基本稳定的条件下,认为其经济效益发生的大小及波动直接和各年的来水量相关。因此,可以用各区域的水文统计资料来分析各区域内工程经济效益产出的大小和概率。概率分析计算公式如下。

数学期望值 E

$$E = \sum_{j=1}^n P_j B_j \quad (1)$$

式中 P_j 表示第 j 种经济效益产出情况的发生概率; B_j 表示第 j 种经济效益产出的大小。

标准偏差 σ

$$\sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^n [B_j - E]^2} \quad (2)$$

式中 B_j, E 的含义同式(1)。

变异系数 U

$$U = \frac{\sigma}{E} \quad (3)$$

以上三个计算指标中,数学期望值表示工程经济效益实际最可能出现的值,标准偏差和变异系数都是用来考察数学期望值的稳定性的。标准偏差表示经济效益发生的变量与数学期望值的偏离程度,而变异系数是从相对的角度来考察数学期望值的风险大小。由于跨流域调水工程的经济效益较大,在用偏差系数

考察时,作为绝对值指标, σ 可能很大,难以直接比较,所以必须用变异系数 U 来衡量。

2.2 分析步骤

根据上述分析,一般情况下进行跨流域调水工程经济效益概率分析时,可按下面的步骤进行:

a. 划分区段。根据工程规划设计,收集沿线水文资料,并依据水文资料和供水目标来划分区段,注意在划分区段时要考虑各段的水文代表资料。

b. 选择各区段的水文代表资料(长系列),并选择各区段的典型水文年和计算典型水文年的发生概率。

c. 分段计算工程在各典型水文年产生的经济效益。

d. 以各区段水文年发生的概率作为工程经济效益的发生概率来计算各区段工程经济效益的数学期望值。

e. 计算各区段数学期望值的标准偏差。

f. 计算各区段数学期望值的变异系数。

g. 综合分析,得出结论。

3 实例分析

某跨流域调水工程,跨越黄、淮、海三大流域,涉及沿线六省(市)(在此以 A, B, C, D, E, F 表示)。在分析计算其经济效益及其变动情况时,以省(市)边界划分区段,并收集各区段的水文代表资料。各典型水文年的增供水量是依据可调水量和各区段的来水量平衡后的结果。供水目标为沿线的农业供水、城镇供水、工业供水和环境改造(含氟区)。按照多年平均增供水量计算出的各区段经济效益如表 1 所示。

表 1 多年平均法计算的供水效益 万元

区段	农业效益	工业效益	生活效益	效益合计	单方水效益 /元·m ⁻³
A	19 140	5 591	-	24 731	0.16
B	2 892	226	-	3 118	0.526
C	25 807	45 195	8 880	79 880	0.271
D	24 447	9 755	9 026	43 228	0.503
E	-	86 779	26 297	113 076	1.315
F	-	37 979	-	37 979	1.266
合计	72 286	185 525	44 203	302 014	0.439

对该工程经济效益的概率分析,仅选择丰、平、枯三种水文代表年来计算,根据工程设计任务书,不同水文年工程向各区段增供水不同,详见表2。

表2 各区段不同水文年型的增供水量 亿 m³

典型年	区 段						合计
	A	B	C	D	E	F	
多年平均	16.0	1.9	30.7	8.6	8.6	3.0	68.8
1959~1960	35.3	9.4	41.2	9.2	2.7	2.2	100.0
1966~1967	62.8	15.4	28.3	9.4	6.0	1.8	123.7
1977~1978	39.2	13.3	27.8	4.0	4.8	3.0	92.1
1978~1979	49.4	15.1	32.0	9.2	8.3	2.6	116.6
1968~1969	15.6	0	35.3	10.5	10.9	3.2	75.3
1972~1973	6.0	0	27.4	9.2	11.8	3.0	57.4
1981~1982	26.1	6.2	35.6	10.0	8.1	2.2	88.2

根据收集到的水文资料,选择各区段的丰、平、枯水文代表年,并计算各段丰、平、枯水文年的发生概率,以此作为不同经济效益产出水平发生的概率。各区段丰、平、枯水文年统计结果见表3。

表3 各区段代表湖泊、河流水文年统计

区 段	丰水年数	平水年数	枯水年数
A 湖	10	5	16
B 湖	10	5	16
C 湖	9	3	19
D 湖	9	4	18
E 湖	10	5	16
甲 河	6	4	21
乙 河	4	2	25
丙 河	6	2	23

分析各区段的水文资料可知:1959~1960水文年型,调水沿线A、B两段为平水年,而D、E两段为枯水年;1966~1967水文年型,A、B、C三段为枯水年,D、E两段为平水年;1977~1979水文年型,A、B两段为枯水年,C段为平水年,D、E两段为丰水年。以上分析出的丰、平、枯水文年主要是相对各区段的水文资料而定。由此可以看出,各区段的水文变化比较大,变化方向不一致。因F段没有合适的、相关的长系列水文资料,故对F段未做概率分析。

根据选取的丰、平、枯水文代表年,依据各典型水文年各段的可增供水量和单方水效益,计算各段丰、平、枯水文年的经济效益,计算结果见表4。

根据各区段的水文资料,计算相应各段

的湖泊或河流的丰、平、枯水文年发生概率,以此代表各区段不同经济效益产出水平的发生概率,计算成果见表5。

表4 各区段不同水文年经济效益值

项 目	区 段				
	A	B	C	D	E
丰水年型	1972 ~ 1973	1968 ~ 1969	1972 ~ 1973	1977 ~ 1978	1977 ~ 1978
增供水量 /亿 m ³	6.0	0	27.4	4.0	4.8
产出效益 /万元	13620	0	79186	20120	63120
平水年型	1959 ~ 1960	1959 ~ 1960	1977 ~ 1978	1966 ~ 1967	1966 ~ 1967
增供水量 /亿 m ³	35.5	9.4	27.8	9.4	6.0
产出效益 /万元	80131	18048	80342	47282	78900
枯水年型	1978 ~ 1979	1966 ~ 1967	1959 ~ 1960	1968 ~ 1969	1968 ~ 1969
增供水量 /亿 m ³	49.4	15.4	41.2	10.5	10.9
产出效益 /万元	112138	29568	119068	52875	143335

表5 各种经济效益产出水平的发生概率

水文年	区 段				
	A	B	C	D	E
丰水年型	0.32	0.32	0.29	0.13	0.19
平水年型	0.16	0.16	0.13	0.06	0.07
枯水年型	0.52	0.52	0.58	0.81	0.74

根据各区段不同经济效益产出及其发生的概率,分段计算各区段经济效益的数学期望值及标准偏差和变异系数,计算成果见表6。

表6 各区段经济效益概率分析成果

指 标	区 段				
	A	B	C	D	E
E	75491.1	18263.0	103658.5	48232.7	123583.7
σ	43895.0	13160.4	19546.8	10966.0	33512.1
U	0.58	0.72	0.19	0.23	0.27

从以上分析计算可以看出,各区段经济效益的数学期望值都大于各区段按多年平均供水量计算出的经济效益值,而且各区段发挥最大经济效益的概率均在0.5以上,其中D、E两段为北方严重缺水地区,其发生最大经济效益的概率分别达到0.81和0.74;由此可见,该工程的经济效益是显著的,而且整体经济效益是稳定在一定水平上的。从表6中的标准偏差来看,由于工程经济效益巨大,标准偏差也较大,所以从绝对值上看不出数学期

望值的稳定性如何。但从变异系数上就可以看出: A, B 两段的变异系数分别为 0.58 和 0.72, 相对较大, 说明这两个区段的经济效益风险较大, 主要原因是 A, B 两段为南方水源较丰富的地区, 是调水的源头和前段, 重新进行水量平衡对其影响较大, 在决策时应该在政策上考虑补偿。而 C, D, E 三段属北方缺水地区, 其变异系数较小 (< 0.3), 说明了调水工程对该地区的重要性, 其经济效益是稳定的, 风险较小。

上述分析计算得出的结果与实际情况较为吻合, 说明本文分析方法是正确可行的。

参考文献

- 1 潘民华, 余文学. 调水工程经济效益分析方法探讨. 河海大学学报, 1992, 20(水利经济专辑): 74 ~ 80
- 2 卢石泉, 周惠珍. 投资项目评估. 大连: 东北财经大学出版社, 1993

(收稿日期: 1995 - 10 - 24)

(上接第 13 页)

附表 国内外温度配筋一览表

名 称	适用范围	最小值	建议值	最大值	说 明
美国 ACI318 钢筋混凝土结构规范(1983 年版)	一般梁板柱结构	0.14%			使用 40 级, 50 级钢筋的板 $\geq 0.2\%$, 使用 60 级钢筋的板 $\geq 0.18\%$, 间距不得大于 457 mm, 不超过板厚 5 倍。
美国陆军工程师团手册	水电站厂房		无约束 0.2% 有约束 0.4%	0.4%	若受力钢筋超过 0.4% 时不再加温度钢筋
美国垦务局	太古力第三电厂	内部构件 0.2% 外部构件 0.3% 上部构件 0.4% 暴露的板 0.5%			
新西兰 NZ3101 混凝土结构实用规范(1982 年版)	一般梁板柱结构	0.14%			钢筋间距不大于 300 mm
铁道部第四勘测设计研究院	空心桥墩壁厚 0.5 ~ 0.7 m		内表面构造, 外表面 0.12%		内表面构造 $\phi 8 - \phi 12 @ 150 \sim 200$ mm
钢筋混凝土高层结构设计及施工规定 (JZ102 - 79)	剪力墙	0.12%	0.1% ~ 0.25%		根据截面剪力大小取用不同配筋量
建筑结构 1981 年 No. 2 大型民用建筑温度和收缩变形	民用建筑		0.2% ~ 0.3%	0.3%	若受力钢筋超过 0.3% 时不再加温度钢筋
水电站厂房设计规范	厂房上部结构	0.12%		0.4% ~ 0.5%	若受力钢筋超过 0.4% ~ 0.5% 时不再加温度钢筋
混凝土结构设计规范	剪力墙		0.2%		双面双向

参考文献

- 1 刘兴法. 混凝土结构的温度应力分析. 北京: 人民交通出版社, 1991
- 2 潘家铮主编. 水工建筑物的温度控制. 北京: 水利电力出版社, 1990
- 3 王铁梦. 建筑物裂缝控制. 上海: 上海科学技术出版社, 1981
- 4 赵国藩等. 钢筋混凝土结构的裂缝控制. 北京: 海

- 洋出版社, 1991
- 5 朱伯芳等. 水工混凝土结构的温度应力与温度控制. 北京: 水利电力出版社, 1976
- 6 周氏等. 现代钢筋混凝土基本理论. 上海: 上海交通大学出版社, 1986
- 7 Bazant Z P 等. 钢筋混凝土有限元分析. 周氏等译. 南京: 河海大学出版社, 1982
- 8 吴胜兴. 混凝土结构温度应力与温度裂缝控制研究: [学位论文]. 南京: 河海大学, 1994

(收稿日期: 1995 - 07 - 07)