

小浪底水利枢纽工程投资分摊研究

杨义灿 郑垂勇 史安娜

(河海大学技术经济学院 南京 210098)

摘 要 水利枢纽工程投资费用合理分摊是正确计算各部门效益的前提,本文首先使用主次分摊法、枢纽指标系数分摊法、效益比例分摊法、可分离投资费用-剩余效益分摊法等常用方法对小浪底枢纽工程投资费用进行分摊.为了使投资费用分摊更加合理,在常用分摊方法的基础上,着重运用离差平方法对该工程进行了分摊,并对各种方法下的运算结果进行了比较分析.

关键词 小浪底 水利枢纽 投资分摊 离差平方法

中图分类号 TV6 ;TV9

黄河小浪底水利枢纽工程是本世纪我国建设的最伟大的工程之一,是一座以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉、发电等的大型综合利用水利工程.为了使小浪底电站的运行能够逐步走向市场,真正做到自主经营、自负盈亏,需要对工程投资进行合理的分摊.

1 小浪底工程概况

小浪底水利枢纽工程位于河南省洛阳市以北约 40 km 的黄河干流上,上距三门峡水利枢纽 130 km,下距郑州黄河京广铁路大桥 115 km.坝址控制流域面积 69.4155 万 km²,占黄河流域总面积的 92.2%,坝址处实测多年平均径流量 405.5 亿 m³,控制 91.2%的径流量.实测多年平均输沙量 16 亿 t,控制了近 100%泥沙.该工程位于黄河中游的最后一段峡谷出口,处于承上启下、控制黄河水沙的关键位置上,所处的位置是三门峡水库以下唯一能取得较大库容的坝址.它既可控制黄河下游洪水,又可利用其库容拦蓄泥沙,长期进行调水调沙运用,可有效减缓黄河下游因淤积而逐年抬高河床的状况.该工程的建设对从根本上治理黄河,对黄河流域乃至全国的社会经济发展,都具有重大的战略意义,是本世纪内我国建设的最伟大的工程之一.

1.1 工程目标

该工程开发目标是:以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉和发电,蓄清排浑,综合利用,除害兴利.

a.防洪:工程建成后,可保持长期防洪库容 40.5 亿 m³,使下游防洪标准由 60 年一遇提高到 1 000 年一遇.与三门峡、陆浑、故县水库联合运用后,可以实现 100 年一遇洪水不用东平湖分洪,并控制花园口站流量不超过 15 000 m³/s;1 000 年一遇洪水不用北金堤滞洪区,从而可避免 16.7 万 hm²耕地、140 多万人口和中原油田的巨大淹没损失,并可有效地控制洪水,减少滩区淹没损失.

b.防凌:黄河下游河道呈东北向流入渤海,该段河道上宽下窄,每年冬春之交,上段已解冻而下段仍封冻,致使冰块壅塞,甚至形成冰坝,危及堤防安全.据分析,凌汛期下泻流量需控制在 300 m³/s,才能解除凌汛威胁,为此需防凌库容 38 亿 m³.三门峡水库蓄水位受潼关高程水位限制,只能调蓄 18 亿 m³,小浪底水库建成后,可以拦蓄凌汛水量 20 亿 m³,两库联合运用,可基本解除凌汛威胁.

c.减淤:治理黄河的关键在于有效地控制泥沙.该工程建成后,可拦蓄泥沙约 100 亿 t,还有 10 亿 m³的库容可进行调水调沙运用,从而改善黄河的水沙关系,可使黄河下游河床约 25 年内不淤积抬升,并在 50 年内可减少下游 2~3 次大堤加高费用.

d.供水、灌溉:黄河下游控制灌溉面积约 267.7 万 hm²,但每年平均实灌面积 117.3 万 hm²,年引水量 80~100 亿 m³.由于黄河来水丰枯不匀,又缺乏足够的水量调节能力,灌溉用水保证率仅为 32%.近年来,沿河

工农业迅猛发展,城市供水急剧增长,黄河下游断流现象日益严重,断流长度、断流历时逐年增加,水资源的供需矛盾日趋尖锐.水库建成后,平均每年可增加 20 亿 m^3 的调节水量,黄河下游 167.7 万 hm^2 灌溉用水保证率可提高到 65%,抗旱时灌溉面积可达 267.7 万 hm^2 ,可保证向青岛供水 10 亿 m^3 ,还可向京津地区送水 20 亿 m^3 .

e.发电 不浪底水电站设计装机容量 180 万 kW,设计保证率为 90%,保证出力 28.39 万 kW/25.38 万 kW (前 10 年/后 10 年),初期运行 32 年,多年平均发电量 45.99/58.51 (亿 kW·h) (前 10 年/后 10 年),是河南电网中理想的调峰电站.

1.2 工程投资

小浪底水利枢纽工程总投资 347.46 亿元,其中国外银行贷款 92.26 亿元,国内银行贷款 27.23 亿元,政府拨款 227.96 亿元.虽然小浪底工程开发任务是多目标的,但它是以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉和发电,所以财务收入的唯一可靠来源为发电收入.为了正确测算还贷电价,使其建立在电价的市场承受能力基础之上,避免在运行期使国家背上沉重的包袱,以及在工程建成后,用控制电价计算还贷期的还贷资金中的不足部分,分析由政府拨款解决的可能性,使电站的运行能够逐步走向市场,真正做到自主经营、自负盈亏,需要对小浪底工程投资进行合理的分摊.

2 常用分摊方法在小浪底工程投资中的应用^[1,2]

目前,常用的综合利用水利工程共用部分费用分摊的方法有:平均分摊法、主次分摊法、枢纽指标系数分摊法、效益比例分摊法、替代工程投资比例分摊法、可分离费用—剩余效益分摊法、可分离费用法、抵偿年限分摊法等.根据小浪底工程的特点及获取的资料、数据,分别采用了下列常用的方法对该工程投资进行了分摊.

2.1 主次分摊法

该方法的特点是按工程担负任务的主次来进行分摊.即主要部门负担单独举办最优等效替代工程的投资费用,次要部门负担增加的费用,附属部门不负担共用工程的投资和费用.由于小浪底工程是以防洪、防凌、减淤为主,兼顾供水、灌溉和发电,因此,采用这种按主次任务来进行投资分摊,相对来说是合理的.分摊的结果是:防洪、防凌、减淤分摊 53.7%,供水灌溉分摊 24.2%,发电分摊 22.1%.

2.2 枢纽指标系数分摊法

根据各部门利用枢纽工程的某些技术经济的比值来进行分摊,一般常以库容、用水量等作为指标,其公式为

$$K_{zi} = K \cdot (V_i + V_0(V_i / \sum_{i=1}^n V_i)) / (\sum_{i=1}^n V_i + \sum_{i=1}^m V'_i + V_0) \quad (1)$$

$$K_{ci} = K \cdot V'_i / (\sum_{i=1}^n V_i + \sum_{i=1}^m V'_i + V_0) \quad (2)$$

式中: V_0 ——综合利用水库的垫底库容; K ——综合利用水利工程的总投资; K_{zi} ——综合利用水利工程中第 i 个主要受益部门的分摊投资; K_{ci} ——综合利用水利工程中第 i' 个次要受益部门的分摊投资; n, m ——主要和次要受益部门的总数目; V_i, V'_i ——主要部门 i 和次要受益部门 i' 占有的库容.

计算中,将小浪底工程库容作为技术经济指标,分摊结果为防洪、防凌、减淤分摊 47.8%,供水灌溉分摊 26.5%,发电分摊 25.7%.

2.3 效益比例分摊法

根据综合利用各部门在经济分析期内折算的效益现值(或效益年值),与该综合利用工程各部门效益现值(或效益年值)的总和的比例来分摊共用工程的投资或运行费用.其计算公式可表示为

$$K_i = K \cdot B_i / (\sum_{i=1}^n B_i) \quad (3)$$

式中: K_i ——综合利用水利工程中第 i 个受益部门的分摊投资; B_i ——第 i 受益部门在经济分析期内的效益现值或效益年值; $\sum_{i=1}^n B_i$ ——各受益部门在经济分析期内效益现值的总和或效益年值的总和.

根据已知小浪底的效益现值,利用公式(3)进行分摊,结果为:防洪、防凌、减淤分摊 30.7%,供水灌溉分

摊 37.5%，发电分摊 31.8%。

2.4 可分离投资费用-剩余效益分摊法

这种方法在部门之间所需分摊的费用，仅是枢纽工程中的共同费用，它比原来要分摊的共用工程总费用小得多，可缩小分摊误差，分摊结果比较合理。近年来，在欧美和日本等国已得到广泛应用。它先分别估算可分离投资费用，再根据剩余效益的比例，分摊剩余投资。计算步骤如下：

a. 估算各受益部门的可分离投资现值和共同投资现值：

$$C_{id} = C \sum_{i=1}^n - C_R$$

式中： C_{id} ——第 i 部门的可分离投资现值或可分离费用现值； $C \sum_{i=1}^n$ ——综合利用工程中共用工程的总投资现值或总费用现值； C_R ——不包括 i 部门在内的相应综合利用工程中共用工程的总投资现值或总费用现值； n ——受益的部门数目； i ——受益部门序号。

综合利用水利工程的共同投资现值或共同费用现值：

$$C_{i0} = C \sum_{i=1}^n - \sum_{i=1}^n C_{id}$$

b. 计算各受益部门的合理投资费用和等效替代工程投资费用，其中小者称合理替代投资费用 C_{ia} 。

c. 合理替代投资费用现值减可分离投资费用现值，即为剩余效益现值：

$$C_{is} = C_{ia} - C_{id}$$

d. 按剩余效益的比例分摊剩余投资费用现值：

$$C_{it} = C_{i0} \cdot C_{is} / (\sum_{i=1}^n C_{is})$$

e. 可分离投资费用与分摊的剩余投资费用之和即为各部门应分摊的投资费用：

$$C_{itl} = C_{it} + C_{id}$$

f. 计算各部门应分摊的总投资费用现值

$$C_{ic} = C_{itl} + C_{iss}$$

式中： C_{iss} 为第 i 部门专用工程的投资或费用现值。

根据上述步骤，对小浪底水利枢纽工程投资费用进行分摊，结果为：防洪、防凌、减淤分摊 45%，供水灌溉分摊 29%，发电分摊 26%。

上述分摊结果表明，采用不同分摊方法计算的分摊系数存在差异。由于投资分摊问题比较复杂，根据《水利建设项目经济评价规范》的规定，对综合利用水利工程投资可以采用多种方法进行分摊计算，但由于各种方法的分摊系数并不相同，《水利建设项目经济评价规范》也没有提出应用多种分摊方法综合评价的具体准则，因此很难以某一种方法作为费用分摊的依据。鉴于这些原因，为使分摊的结果更加合理，本文在概率统计理论上，着重运用离差平方法对小浪底工程投资进行分摊。

3 离差平方法^[3]

离差平方法是一种加权综合法，由于投资分摊方法很多，不同方法分摊的系数不同，对于不同的分摊结果，可以根据其精度赋予不同的权重，然后求出综合分摊系数，作为综合利用水利工程各部门投资的分摊系数。因此，离差平方法的关键在于合理确定各种分摊方法的权重系数。

假定有 n 种分摊方法，分摊的平均值为 $\bar{x}$ ，设想存在一个权重函数，当第 k 种分摊方法的分摊系数 x_i 偏离均值 $\bar{x}$ 较大时，说明该种方法分摊的精度较差，利用权重函数求出的权重系数应该较小；反之，当偏离均值较小时，说明该种方法分摊的精度较好，利用权重函数求出的权重系数应该较大。

设权重函数为 w_i ，它应满足的条件为：(a) $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。(b) 权重系数 w_i 与离差平方 $(x_i - \bar{x})^2$ 成反向关系，即 $(x_i - \bar{x})^2$ 小则 w_i 大；反之， $(x_i - \bar{x})^2$ 大则 w_i 小。(c) 综合分摊系数的估值 C 依概率收敛于期望综合分摊系数 $\bar{x}$ 。构造权重函数

$$w_i = ((n - 1) \cdot s^2 - (x_i - \bar{x})^2)/((n - 1)^2 \cdot s^2)$$

式中样本方差

$$s^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)$$

则综合分摊系数的估值

$$C = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i$$

权重函数满足上述三个条件的证明：
对于条件(a)，

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n w_i &= \sum_{i=1}^n ((n - 1) \cdot s^2 - (x_i - \bar{x})^2) / ((n - 1)^2 \cdot s^2) = \\ &= (n(n - 1) \cdot s^2 - (n - 1)s^2) / ((n - 1)^2 \cdot s^2) = 1 \end{aligned}$$

对于条件(b)， w_i 显然与 $(x_i - \bar{x})^2$ 成反向关系。
为证明条件(c)，令

$$y_i = nw_ix_i$$

则有

$$C = \sum_{i=1}^n y_i / n$$

当随机变量 $y_1, y_2, \cdots, y_n$ 的数学期望 $E|y_i| < \infty$ 时, 则根据马尔可夫定理, $y_1, y_2, \cdots, y_n$ 服从大数定律. 即存在任意小正数 ϵ , 有下式成立：

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \{ |\sum_{i=1}^n y_i / n - \sum_{i=1}^n Ey_i / n| < \epsilon \} = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \{ |\sum_{i=1}^n y_i / n - \sum_{i=1}^n E(nw_ix_i / n)| < \epsilon \} = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \{ |\sum_{i=1}^n y_i / n - E(nx_i / (n - 1)) - \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 x_i / ((n - 1)s^2)| < \epsilon \} = 1$$

由于各种分摊方法不存在系统性偏差而仅存在随机偏差, 各种方法之间存在的差异是由随机误差引起的, 故对于任一 $i, i = 1, 2, \cdots, n$, 均有 $Ex_i = x$, 所以

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \{ |\sum_{i=1}^n y_i / n - x| < \epsilon \} = 1$$

可见 $C \xrightarrow{P} x$.

4 用离差平方法对小浪底工程投资进行分摊

根据离差平方法计算出各种分摊方法的权重系数, 结果如表 1.

表 1 各种分摊方法的权重系数

Table 1 Weight coefficient of different share methods

分摊部门	$\bar{x}$	s^2	w_1	w_2	w_3	w_4	$\sum_{i=1}^4 w_i$
防洪、防凌、减淤	44.3	0.95	0.23	0.32	0.11	0.33	1.00
供水、灌溉	29.3	0.34	0.25	0.31	0.11	0.33	1.00
发电	26.4	0.16	0.21	0.33	0.13	0.33	1.00

根据计算出的权重系数, 分别算出综合分摊系数, 具体结果如表 2.

表 2 各个分摊部门的分摊系数

Table 2 Coefficient of different share departments

分摊部门	主次分摊法	枢纽指标系数分摊法	效益比例分摊法	可分离投资费用-剩余效益法	离差平方法
防洪、防凌、减淤	53.7	47.8	30.7	45.0	46.2
供水、灌溉	24.2	26.5	37.5	28.0	29.0
发电	22.1	25.7	31.8	26.0	25.8

5 结 语

水利工程投资费用的性质在不断变化,对投资费用分摊的要求越来越高.本文在采用常用分摊方法的基础上,根据概率论原理,着重采用离差平方法,以现有分摊方法作为依据,对于不同的方法赋予不同的权重,得出的结果是 防洪、防凌、减淤为 46.2%,供水灌溉为 28.0%,发电为 25.8%,使得分摊的结果更为合理,使小浪底电站承担合理的投资费用,这对于小浪底电站的运行具有重要的意义.当然,要使分摊的方法更加精确,还要进一步完善投资分摊理论,收集更全面可靠的资料和数据.

参 考 文 献

1 水利水电规划设计总院.水利建设项目经济评价规范.北京 水利电力出版社,1994.32~33
2 詹姆斯 L D,李 R R.水资源规划经济学.常锡厚译.北京 水利电力出版社,1984.350~358
3 孟庆生,何才法,孙志盈.概率统计简明教程.南京 河海大学出版社,1993.65~71

Research of Investment Share in Xiaolangdi Key Control Project

Yang Yican Zheng Chuiyong Shi Anna

(College of Technical Economics ,Hohai Univ. ,Nanjing 210098)

Abstract The reasonable share of investment in a key water control project is the base to calculate the profit correctly. In the paper, conventional methods,such the prime-secondary share method,index coefficient method, profit proportion method and investment and profit method are used for the investment share in Xiaolangdi project. Based on the common methods of share,the method of division and square is applied to the investment share. Finally,the results of all kinds of methods are analyzed.

Key words Xiaolangdi key water control project investment share method of division and square