

输配水系统技术经济计算 及其电算应用

〔苏〕 A. E. 贝拉恩等著
姜乃昌 秦成生 李鸿禧 编译
王国生 校

江苏工业学院图书馆
藏书章

输配水系统技术经济计算 及其电算应用

〔苏〕 A. E. 贝拉恩等著
姜乃昌 秦成生 李鸿禧 编译
王国生 校

目 录

译者的话	(1)
------------	-----

第一章 影响选择给水及配水系统的因素

§ 1 给水系统的要求	(5)
§ 2 设计的技术经济指标	(6)
§ 3 给水构筑物工作可靠性的概念	(10)
附1—1 给水系统可靠性分类及其有关规定	(17)
§ 4 给水管网供水系统的选择	(25)
§ 5 水塔设置地址的选择	(29)
§ 6 向给水管网供水的最佳水泵工作曲线绘制	(30)
附1—2 水塔(高位水池)和清水池调节容量电算程序 (PN—1—1) 和例题	(33)

第二章 输水管和给水管网的技术经济计算

§ 7 给水管道造价公式中的参数分析	(37)
附2—1 给水管道造价公式中 a 、 b 、 α 参数确定的电算 程序和例题(PN—2—1)	(42)
§ 8 压力输水管的技术经济计算	(50)
§ 9 采用方案比较法选择最经济压力输水管径	(56)
§ 10 运行费用逐时变化情况下给水管道技术经济计算	(60)
附2—2 界限流量电算程序及例题(PN—2—2)	(71)
§ 11 自流式压力输水管最经济管径的确定	(76)
附2—3 保证控制点规定压力下自流式——压力输水管 电算程序和例题(PN—2—3)	(80)
§ 12 给水管网技术经济计算的电算应用	(85)

附2—4	给水管网技术经济电算程序 (PN—2—4)	(102)
附2—5	用高斯——约当消去法解线性方程组求x根的电 算程序 (PN—2—5)	(113)
附2—6	通用方法电算程序和例题 (第一类方法) (PN —2—6)	(115)
附2—7	给水环状管网水力平差计算的通用方法	(129)

第三章 离心泵特性曲线 $H=f(Q)$ 及 $N=f(Q)$ 的解析式

§ 13	单泵工作	(136)
附3—1	离心泵 $Q\sim H$ 特性曲线方程的二种拟合方式: 1. 最小二乘法拟合; 2. 抛物线法拟合	(139)
§ 14	离心泵组的联合工作	(148)
附3—2	多台泵并联工况的电算法	(151)
§ 15	离心泵调节的解析特性	(156)
附3—3	多台并联水泵调速电算程序和例题	(160)

第四章 水泵输水管联合工作计算

§ 16	水泵向单水塔输水	(169)
§ 17	水泵向多水塔输水	(172)
§ 18	沿线有定点出流时的输水管路流量	(176)
§ 19	输水管路沿线具有增压泵站	(180)
附4—1	多泵多塔多节点的输水系统的数解计算	(182)
§ 20	输水管路所需分段数的确定	(186)
§ 21	输水管过水能力增大的方法	(192)

第五章 水泵、输水管、管网及水池(水塔)联合工作 计算

§ 22	课题的提出及其解决	(198)
------	-----------	-------

§ 23	对置水塔给水管网系统的水泵供水量的确定	(199)
附5—1	多水源泵站、管网输水系统的数解计算	(202)
§ 24	向管网输水水泵的选择	(210)
§ 25	输水系统联合工作的电算分析及水塔调节容积 确定	(218)
§ 26	无水塔管网系统采用电子计算机对水泵经济工况 的选定	(230)
§ 27	几个泵站向管网供水时的优化配水	(233)

第六章 气压供水系统的计算

§ 28	供水配水系统中压力调节构筑物形式的选择	(256)
§ 29	气压供水设备的计算	(257)
§ 30	选择气压供水系统的水泵及其经济的工作条件 计算	(263)
§ 31	有气压设备的配水管网计算	(266)
§ 32	用电子计算机计算分散设置水泵的管网供水和配 水量	(272)

第七章 钻井取水的输配水系统计算

§ 33	由钻井供水的管路系统计算的特点	(275)
§ 34	单井向压力水池供水的计算	(276)
§ 35	几个井向一个压力水池供水的计算	(281)
§ 36	由井经输水管向对置水库的管网供水的计算	(288)
§ 37	由各个井分别向无水塔管网供水的计算	(291)

译 者 的 话

本书根据苏联 А. Е. 贝拉恩、П. Д. 霍鲁西所著《Технико—Экономические Расчеты Водопроводных Систем на ЭВМ》即《输配水系统技术经济计算及其电算应用》一书译出。该书由苏联乌克兰苏维埃社会主义共和国 (УССР) 高等和中等专业教育部批准作为“给水排水”专业的教学参考书，由基辅“苏联高等教育联合出版社”1979年出版。

输配水系统是给水系统的重要组成部分，它由水泵站、输水管、配水管网、调节构筑物（包括水塔、高位水库、清水池、压气设备等）组成。它们之间是相互联系、相互制约，且不可分割的，“泵不离管，管不离泵”。如采用地下水源且不设净化构筑物，输配水系统还应包括取水管井、井群系统中的泵站、集水池、输水管网。这样，输配水系统对于给水系统来说，具有相对独立性，需加以重视和发展。

众所周知，城市输配水系统的投资约占整个给水系统投资的50—80%以上，在管理费用中耗于配水系统的电能约占整个管理费用的40—60%以上；全国用于输水方面的电耗约占全国发电量的1%左右。因此，城市输配水系统的合理设计、改建或扩建、运行，对于节约投资、节省电能，具有重要经济意义。我国大、中、小型城市约有300余座以上。目前，各地自来水公司在给水系统的挖潜、改造、节能的过程中，越来越重视输配水系统的合理改造、扩建和调度、运行，以及它对降低成本、节省电能的显著经济效益，迫切需

要这方面的参考书籍。

目前，全国约有30余所高等院校内设置了“给水排水”专业，普遍感到教学参考书不足，特别在输配水系统及其电算应用方面。

基于上述原因，我们于1982年翻译了本书的全文，作为本科生选修课的主要参考书，连续应用了三次，效果好。

本书的主要特点是，作者从工程实际和应用出发，把输配水系统看作一个相对独立的部分，系统地阐明了给水工程设计中最常见的输配水系统联合工作的技术经济计算的基本原理、方法；为适应目前科学技术发展水平和本学科发展需要，把电算引入了输配水系统的设计计算。这同目前已出版的书（包括教科书）相比，有其特色，它对推动学科发展，指导实际生产具有积极意义。

本书的第一章，作者用较多篇幅阐述了设计的技术经济指标和给水构筑物工作可靠性的概念。给水构筑物的可靠性在我国是一个有待研究的课题。译者在本章中附加了目前苏联规范中规定的给水系统可靠性的有关条文，以供读者参考。作者在第一章内，简扼地阐述了影响选择输配水系统内各组成部分的主要因素及其布置，译者附加了水塔（包括高位水池）、清水池调节容量计算的电算程序和例题。

本书第二章内，作者详细分析了影响管道造价的各个参数，并提出了给水环状管网水力平差计算的通用方法，以及管网技术经济计算的原理和新方法。译者附加了作者在60年代提出的给水环状管网水力平差通用方法的论文摘要，以及以下几个电算程序和例题：1. 给水管道造价公式中 a 、 b 、 α 参数确定；2. 界限流量计算；3. 保证控制点规定压力

下自流式——压力输水管计算；4. 给水管网技术经济计算；5. 用高斯——约当消去法解线性方程组求方程系数 x 的计算；6. 平差计算的通用方法。

本书第三章至第五章，作者比较全面地阐述了输配水系统中离心泵水泵站的数值解原理、方法和电算应用例题。重点介绍抛物线法解离心泵的 $H=f(Q)$ 方程；对泵站输配水系统所研究的课题，作了归纳和解释，相对于其它一些同类著作，本书在内容上比较集中，问题的提法比较明确和实用。译者为了使本书在内容的深度上更进一步，资料的提供更切合我国工程实际，在第三章列出了国产泵SH型、SA型、SLA型以及BA型的虚扬程(H_d)及虚耗(S_d)值；对离心泵的特性曲线解析式，介绍了最小二乘法的拟合方式，并对多泵多塔的输配水系统的计算，补充了具体算例，列出了数学模型，逻辑框图以及电算程序。

本书第六章至第七章，作者重点阐述了气压设备的选择和计算；取水管井与水泵——气压设备同输配水管道联合工作时输配水系统的计算方法及其电算应用，与有关同类著作相比，这部分内容尚属少见。

译者附加的电算程序用 Basic 语言编写，应用PC—1500袖珍计算机计算，且都经过了生产、教学实践考验。

本书第一、二章由秦戌生(衡阳工学院)编译，第三、四、五章由姜乃昌(湖南大学)编译，第六、七章由李鸿禧(湖南大学)译。书中插图由茅秋月、沈敦华等绘制。

本书承王国生同志校阅。

由于水平有限，错误欠妥之处难免，恳请批评指正。

译者1986.3.于长沙

第一章 影响选择给水及输配水系统的因素

§1 给水系统的要求

所谓给水系统乃是下列构筑物的综合体：从天然水源取水的取水构筑物；改善水质的净化构筑物；加压、储存水的调节构筑物；输水、配水以及向用户供水的管道。

给水系统需满足下列基本要求：

在构筑物的建筑和管理费用最小的条件下，安全可靠地供给所有用户所需的水量、水质和水压。

在建造给水构筑物时，最大限度地采用工业预制构件。

在给水构筑物运行时，最大限度地用机械化、自动化以及远距离电力操纵。

在建造输水、储存构筑物和配水管道方面（泵站、输水管、给水管网、调节水池），要耗费大量投资。此时，给水管道（输水管和给水管网）的投资占整个给水系统投资的50~70%。

输配水系统设计的基本任务如下：

选择输水管和给水管网中各管段的最经济管径；

选择向管网供水的水泵及其最佳工况的装置；

确定水压——水量调节构筑物最经济尺寸的参数（容积、高程），确定水泵向系统供水所需的压力。

这些任务，只有在输配水系统所有构筑物（水泵——输

水管——给水管网——调节构筑物）联合工作的条件下才能得到正确解决。

给水管网的定线及其管径选择应满足下述要求：保证给水系统的足够供水能力，以及输水管和管网运行的经济性及工作的可靠性。

提高给水系统工作的可靠程度以及降低其运行费用，可采用敷设双线或增大管径的方法来达到。但这种方法却导致构筑物建筑费用增加；另一方面，敷设的给水管道管径小于最经济管径，虽降低建筑费用，但却导致增加每年提升水和输水的电耗，增加设备运行费用。

精确地分析所有技术、经济因素，就可能使给水系统的设计，在保证每一个相互关联的构筑物的折算费用最小的条件下，达到其工作可靠性的要求。

§2 设计的技术经济指标

在给水管道的设计和施工时应满足的基本要求之一，是给水系统投资的经济效益，应选择所有给水系统的技术方案中最经济的方案。

折算费用（卢布/年）是作为比较投资经济效益的指标。藉助标准效果系数的方法把年生产成本同一次投资之和折算成以年为单位的费用，即折算费用[1、3、10、19]：

$$\Pi = C + E_n \cdot K \quad (1)$$

式中：

C——年产品成本和服务费用（年运行费用）（元/年）；

E_n ——标准投资效果系数的倒数（以年为单位）；

K ——投资费用（元）。

折算费用最小方案，其经济效果最佳。

一般说来，为简化方案比较的计算，仅比较相应设计方案有关的投资和运行费用，而不比较这些方案中相同部分。在确定方案的经济效益时，在整个投资总和中应包括同它有关的相邻工业的费用（邻接投资费用）。

C 和 K 值指标，不仅能以投资以及年运行费用之总和表示，而且能以比值方式表示，这比值以投资及年运行费用之总和同每年提升用水量之比来确定。

根据国家建筑工程管理部门指示，在苏联所有地区的标准投资有效系数 E_n ，不低于0.12即投资偿还年限不应大于8.3年。

$$\text{如 } K_0 + \Pi > K_t \quad (2)$$

式中：

K_0 ——初期投资；

Π ——构筑物经 t 年运行后的收益；

K_t —— t 年后的投资；

此时，延期 t 年后的投资必须按下列折算成初次投资；

$$K_t = B \cdot K_0 \quad (3)$$

式中：

B ——折算系数（又称定额效果系数——译注）系数可按下式确定：

$$B = \frac{1}{(1 + E_{n \cdot n})^t} \quad (4)$$

式中：

$E_{n \cdot n}$ ——分期投资的折算定额，按[1]规定，采

用0.08。

把分期投资折算成以起始年为基准，就可全面地得出第一期构筑物的投资值。

如果运行费用相当大，且在运行期间分配也极不均匀时，则应很精确地计算和比较几年甚至一次的费用。特别对于运行费用随运行时间而增加的输配水系统的经济计算，因它在运行过程中由于管壁上形成沉淀物而增加水力阻耗，从而增加提升水的电耗费用。

此外，还应考虑由于用水量和居民区建筑层数的逐年增加而新建的管道。

按公式(1)确定的折算费用时，上述因素都未被考虑，式中年管理费用C取平均值，不考虑其逐年分配的不均匀性和施工程序。因此，建议把给水管道的运行时间因素引入折算费用内。此时，折算费用的基本公式为：

$$\Pi = K + C_{\Pi.0} \quad (5)$$

式中：

$C_{\Pi.0}$ ——同运行费用有关的折算费用部分，可按
下式确定：

$$C_{\Pi.0} = \int_0^{T_{0.0}} \frac{f(c)dt}{(1 + E_{H.П})^t} \quad (6)$$

式中：

$f(c)dt$ ——运行费用随时间变化的函数关系式。

$T_{0.0}$ ——设计对象的服务年限。

在比较已拟定的给水系统设计的技术经济指标时，如果需比较用技术上最先进的新的构筑物（设备）替代还未报废的构筑物（设备），或者技术改造旧构筑物（设备）的合理性，则需应用投资效果系数公式，评定上述拟定措施的收

益。

$$E = \frac{Q_{\text{年1}} \cdot C_1 - (Q_{\text{年0}} \cdot C_0 + Q_{\text{年2}} \cdot C_2)}{K_2 - K_1} \quad (7)$$

式中:

$Q_{\text{年0}} \cdot C_0$ ——在改造前现有构筑物的年流量和每 M^3 水的成本;

$Q_{\text{年1}} \cdot C_1$ ——同上, 在改造后;

$Q_{\text{年2}} \cdot C_2$ ——同上, 采用新构筑物时;

K_1 ——改造现有构筑物的投资;

K_2 ——新建构筑物的投资。

如果新建构筑物同废弃现有构筑物有关, 则要把旧构筑物的“残余”价值加至新构筑物的投资上去。“残余”价值可由旧构筑物的原价减去其使用期内折旧费的总和求得。如果要求增加用户供水量改造给水管道时, 也要进行这些计算。

例如, 确定用新管道替换原有管道或者敷设平行补充管线的效益, 如果按式(7)计算所得的系数 $E \geq 0.12$, 则新建管道有益。

如果被比较的方案具有不同施工期, 要引入施工对象提前运行的时间, 应按下式确定同期效益。

$$\Theta_s = E_n \Phi (T_1 - T_2) \quad (8)$$

式中:

Φ ——提前运行的施工对象的预算费用;

T_1 、 T_2 ——每一被比较方案的施工期(年)。

§3 给水构筑物工作可靠性的概念

给水系统工作不仅应是经济的，而且还应是可靠的，目前可靠性问题在国民经济各方面已成为主要问题之一。

给水系统可靠性——给水系统履行本身职能的或然率，即在一定期限内给水系统供给用户所需的水量、水压和可靠水质的或然率。

可靠性的基本指标是：不间断性、耐久性、以及可维修性。

给水系统的不间断性是指，在一定时间间隔内和一定运行条件下，给水系统保持其设计工作能力的能力。

系统故障——部分或者完全不能实现系统的职能，导致系统工作能力降低或完全停止工作。

根据决定给水系统质量的参数的变化特性，故障可分为完全的或部分的故障、可逆的和不可逆的故障。

在发生完全故障时，所有用户完全停止供水，而部分故障时，对用户仍可能供应一定量的水。

突然故障是偶然发生，而逐渐故障是由于给水构筑物磨损所致。突然故障产生的原因可能是：水泵站停止供电、电机线圈烧坏、水泵零件损坏、管道破裂等等。

逐渐故障产生的原因可能是：由于管壁上长满沉积物，致使管壁粗糙度增加，或由于地下储备水量减少，致使管井中水位下降等等。

所谓可逆故障，是指有些特殊给水构筑物，本身就可消除其故障，不会停止给水系统工作，如环状给水管网中给水

管线损坏后，在它每一输水点都有两个方向供水，还有取水栓损坏等等，也属此情况。属于不可逆故障是指系统发生事故后，只有临时中断工作后才可能被排除，例如，在没有设置蓄水池时给水主干管发生事故的情况。

任何故障同时属于“不管用”，但是任何“不管用”却不能都认为是故障。辅助和贮备构筑物的“不管用”不属于故障。例如，明杆闸门的操纵盘损坏，就没有必要为检修而关闭闸门，这属一般的“不管用”。但是，如果给水管道上“不管用”闸门检修前或检修期间管道出现漏水，就必须关闭闸门，这种“不管用”也可以认为是故障。

属于可靠性的重要准则有：

在一定时间间隔期间，工作不间断性或然率 $P(t)$ ；

故障或然率 $Q(t)$ ；

不间断工作的平均时间 T_{cp} ；

相邻两次故障间的平均时间 t_{cp} ；

间断频率 $a(t)$ ；

故障强度 $\lambda(t)$ ；

不间断工作时间 t_{Σ} ；

技术寿命 Σt_{Σ} ；

工作不间断性的或然率 $P(t)$ （表示在 t 期间系统内不发生一次故障的可能性）最充分地决定给水系统的可靠性。

故障或然率 $Q(t)$ ，表示在 t 期间至少发生一次故障。

由于这一或然率是包括所有相反的现象可能出现的总和，所以

$$P(t) = 1 - Q(t) \quad (9)$$

不间断工作的或然率可采用下列数值。

$$0 \leq P(t) \leq 1$$