

金忠青·著
周志芳

工程水力学反问题

河海大学出版社

责任编辑 王其超

特约编辑 马敏峰

熊水斌

装帧设计 尹长宝

ISBN 7-5630-0832-2



9 787563 008322 >

ISBN 7-5630-0832-2

TV122 定价: 25.00 元

工程水力学反问题

金忠青 著
周志芳

河海大学出版社

责任编辑 王其超
特约编辑 马敏峰 熊水斌

工程水力学反问题
金忠青 周志芳 著

出版发行:河海大学出版社
(地址:南京市西康路1号 邮编:210098)
经 销:江苏省新华书店
印 刷:河海大学印刷厂

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10 字数 258 千字
1997年5月第1版 1997年5月第1次印刷
印数 1-1500 册

ISBN 7-5630-0832-2

TV·122

定价:25.00 元

内 容 简 介

本书为我国第一本关于工程水力学反问题的专著,系统地阐述工程水力学反问题的理论、解法和工程应用实例。作者拓宽了反问题的内涵,把工程水力学反问题分为参数控制反问题、源项控制反问题、边界条件控制反问题、初始条件控制反问题和形状控制反问题五大类,分章予以说明。研究的对象包括 Laplace 方程、Poisson 方程、热传导方程、对流-扩散方程、经验方程作为控制方程的系统。求解方法包括形式解、解析解、脉冲谱法、离散-优化法、脉冲谱-优化法、摄动法等,最后统一于现代控制论的分布参数系统最优控制方法。内容涉及水工建筑物特别是泄水建筑物的设计、地下水渗流控制、污染物排放控制等众所关心的领域。书中结合工程实践,给出大量工程应用实例。

本书可供土木、水利、水电、交通、环境、地质行业的科技工作者和研究生阅读参考。

序

我见过诸多种不同文字的关于水力学、流体力学、工程水力学的教科书和专著,却第一次见到关于工程水力学反问题的专著。读者手中的这本书,无疑是国内第一本关于工程水力学反问题的专著;在国外有不少关于不同领域反问题的专著、文集,但在工程水力学领域,如此系统、深入论述反问题的专著,恐亦为首次面世。

在科学技术的各个领域,反问题正在像正问题一样受到愈益增长的重视,其原因正如作者所指出:人类社会经济的发展已经迫切需要在总结各类自然现象内在规律的基础上,不仅能预测各类自然现象,而且能按人类的需求控制自然现象,使不同的系统按照人类的需求运行。在“从预测到控制”的转变过程中,反问题的研究成果必将起重要的推动作用。从这个意义上可以说,本书关于工程水力学反问题的研究成果把水力学、流体力学、工程水力学的研究推向了新的阶段,开创了新的局面,其学术价值、社会效益、经济效益将为今后的工程实践所不断证明。

本书的特色在于系统地创新,具体表现在以下三个方面。

一、本书第一次把工程水力学反问题的研究系统化,构建了工程水力学反问题研究的严整的理论框架。传统的反问题研究通常局限于反演参数。本书作者从数理方程必备的五要素和工程实践亟待解决的实际问题出发,把反问题分为参数控制反问题、源项控制反问题、边界条件控制反问题、初始条件控制反问题和形状控制反问题五大类,理论上严谨,工程实践上几乎包容了土木、水利工程勘测、规划、设计、施工、管理各阶段提出的各种各样的反问题。这一理论构架不仅适用于工程水力学,也适用于其它学科和工程领域。

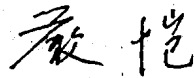
二、本书在探索不同类型反问题的多种求解方法之后,首次把现代控制论的理论和方法引入反问题的研究,从更深的层面揭示出求解反问题的实质就是实现对系统的最优控制,求解反问题的各类方法均可纳入现代控制论的解算方法。求解反问题与现代控制论殊途同归,异曲同工。

三、工程实践是本书的出发点和归宿。本书研究的对象包括 Laplace 方程、Poisson 方程、热传导方程、对流-扩散方程、经验方程作为控制方程的系统,反问题的类别包括前述各类反问题,内容涉及水工建筑物特别是泄水建筑物的设计、地下水渗流控制、污染物排放控制等众所关心的领域。问题的提出均来源于工程实践,研究的成果均可应用于工程实践。书中给出大量工程应用实例,可供土木、水利、水电、交通、环境、地质行业的科技工作者和研究生学习参考。

作者集十多年研究成果于一书,锲而不舍,克有所成。我把贾岛《剑客》诗改两个字,作为给读者的推荐词:

十年磨一剑,
霜刃未曾试。
今日把示君,
谁有疑难事?

中国科学院院士、中国工程院院士
河海大学名誉校长、教授



符号说明

符 号	意 义
A	①矩阵 ②有限分析计算系数
$[A]$	有限元计算的系数矩阵
a	①传导系数 ②导压系数
a_i, a_j, a_k	有限元计算的单元形状参数
B	有限分析计算系数
$B(\varphi)$	对 φ 运算的算子
\tilde{B}	算子
$[B]$	矩阵
b	含水层厚度
b_i, b_j, b_k	有限元计算的单元形状参数
C	①积分系数 ②浓度
$C_i (i = 1, 2, \dots, 9)$	有限分析系数
C_1	积分常数
C_2	积分常数
\bar{C}	浓度 C 的象函数
$C(x)$	向量函数
c_i, c_j, c_k	有限元计算的单元形状参数
D	计算区域
D	①水动力弥散系数 ②开区域
\bar{D}	闭区域

符 号	意 义
D^*	分子扩散系数
D'	有效扩散系数
D_n	机械弥散系数
D_L	纵向弥散系数
D_T	横向弥散系数
E	①目标函数 ②单元代号
E^n	n 维欧氏空间
e	单元代号
$\text{erf}(\lambda)$	误差函数
$\text{erfc}(\lambda)$	余误差函数
F	单位体积颗粒表面的吸附量
f	①热源强度 ②源项
f	系统控制向量
f_1	体热源强度
G	①Green 函数 ②有限分析计算系数
g_i	空间坐标变量的微分算子
g	g_i 的全体
H	水头
H_0	初始水位
H^C	计算水位
H^0	观测水位
h	h_i 的全体
h	①水头 ②潜水含水层厚度

符 号	意 义
h_w	井水位
h_1, h_2	边界已知水头
h	Hilbert 空间
I	频率的个数
$I(\varphi)$	对 φ 运算的算子
i	① x 轴方向的步长数 ② 单元节点编号
J	泛函
$J_0(x)$	第一类零阶 Bessel 函数
J_e	通量密度
J_d	扩散通量
J^*	泛函极值
j	① y 轴方向的步长数 ② 单元节点编号
K	渗透系数
\mathbf{K}	① 渗透张量 ② n 维向量函数
K_e	裂隙渗透系数
k	向量值函数
k	时间步长数
$L(\varphi)$	对 φ 运算的算子
l	计算段长度
M	计算点总数
M_i	正常数
m	节点编号
N_i, N_j, N_m	三角形单元的形函数
n	① 边界外法线单位矢量

符 号	意 义
	②有效孔隙度
n	系统受控量总数
o	坐标原点
p	Laplace 变换参数
Q	①井的抽(注)水量
	②正交矩阵
Q	系统状态变量
q	①单宽流量
	②比通量
q_2	第二类边界已知流量
R	影响半径
R_d	阻滞因子
r	柱坐标中的径向距离
r	系统控制量总数
r_w	抽水井半径
S	开区域 D 的边界
s	①频率
	②降深
	③Laplace 变换参数
T	①导水系数
	②时间
t	时间
t_0	初始时间
u	系统状态向量
(u)	控制向量限制区域
u	①温度
	②势函数

符 号	意 义
u	①流速矢量 ②系统控制向量
u_i	系统控制量
$u(x, t)$	向量函数
\mathcal{U}	控制函数 u 的全体
$W(u)$	井函数
\mathcal{W}	空间加权函数矩阵
\mathbf{X}	空间坐标矢量
\mathcal{X}	空间点向量
x	x 轴方向坐标
v	系统向量
x_i	系统变量
y	y 轴方向坐标
\mathbf{Z}	向量函数
z	z 轴方向坐标
α	裂隙走向
α_L	纵向弥散度
α_T	横向弥散度
β	裂隙倾向
r	裂隙倾角
Γ	计算区域的边界
Γ_1	第一类边界
Γ_2	第二类边界
$\Gamma(D)$	状态函数空间
Ω	计算区域
w	入渗(或蒸发)强度
$w(k)$	权函数

符 号	意 义
φ	函数
λ	半衰期
λ_n	有限分析计算函数
Δx	x 轴方向的步长
Δy	y 轴方向的步长
Δt	时间步长
Δ	三角形单元的面积
∇	Hamilton 算子
μ^*	贮水系数
μ_n	有限分析计算系数
μ	给水度
θ	①主方向与坐标轴夹角 ②上风因子
ξ	局部坐标
η	局部坐标

目 录

序

符号说明

第一章 导 论	(1)
第一节 反问题概说	(1)
一、反问题是一种逆运算	(1)
二、数学物理反问题实例	(2)
三、反问题研究的发展简史	(5)
第二节 工程水力学反问题的分类和应用实例	(8)
一、参数控制反问题	(9)
二、源项控制反问题	(10)
三、边界条件控制反问题	(11)
四、初始条件控制反问题	(12)
五、形状控制反问题	(13)
六、其它类型反问题	(14)
第三节 本书概要	(15)
第二章 工程水力学反问题求解方法	(19)
第一节 解析法	(19)
第二节 脉冲谱法(PST)	(22)
一、基本算法	(22)
二、关于 PST 方法的说明	(25)
三、变形的 PST 方法	(26)
第三节 离散-优化法	(29)
一、基本概念	(29)
二、变尺度法(优化方法之一)	(30)

三、单纯形法(优化方法之二)·····	(40)
四、有限差分法(离散方法之一)·····	(41)
五、有限单元法(离散方法之二)·····	(44)
六、有限分析法(离散方法之三)·····	(49)
第四节 摄动法·····	(53)
一、概 述·····	(53)
二、摄动法识别参数的原理·····	(54)
第三章 参数控制反问题 ·····	(59)
第一节 恒定流参数控制反问题·····	(59)
一、确定恒定流参数的解析法·····	(59)
二、用离散-优化法确定裂隙岩体渗透张量(二维椭圆 型方程参数控制反问题)·····	(64)
第二节 抛物型方程参数确定的形式解·····	(76)
一、一维抛物型方程参数确定的形式解·····	(76)
二、多维抛物型方程参数确定的形式解·····	(81)
第三节 一维抛物型方程参数确定的解析法·····	(90)
一、用解析法确定非恒定潜水回水的参数·····	(90)
二、用解析法确定承压完整井非恒定流的参数·····	(94)
第四节 抛物型方程参数确定的脉冲谱法(PST)·····	(104)
一、一维抛物型方程的初值问题·····	(104)
二、用脉冲谱法确定承压含水层非均质导水系数(二维 抛物型方程参数控制反问题)·····	(107)
第五节 对流-扩散方程参数控制反问题·····	(120)
一、对流-扩散方程·····	(120)
二、对流-扩散方程参数控制反问题的解析法·····	(123)
三、对流-扩散方程参数控制反问题的离散-优化法求解 ·····	(130)
第四章 源项控制反问题 ·····	(139)
第一节 抛物型方程源项控制反问题的形式解·····	(139)

一、一维源项控制反问题的形式解	(139)
二、二维源项控制反问题的形式解	(141)
第二节 用脉冲谱-优化法求解一维对流-扩散方程源项 控制反问题	(144)
第三节 用脉冲谱-优化法求解二维对流-扩散方程源项 控制反问题	(150)
第四节 控制污染源实例(源项控制)	(156)
第五章 边界条件控制反问题	(160)
第一节 抛物型方程边界控制反问题的形式解	(160)
第二节 一维对流-扩散方程的边界条件控制反问 题(脉冲谱-优化法)	(162)
第三节 二维对流-扩散方程边界条件控制反问题(脉 冲谱-优化法)	(170)
第四节 边界位置反分析	(174)
第五节 控制污染源实例(边界条件控制)	(179)
第六章 初始条件控制反问题	(183)
第一节 抛物型方程初始条件控制反问题	(183)
一、实例分析(一维非恒定渗流初始条件反问题)	(183)
二、抛物型方程初始条件控制反问题的 Fourier 级数解法	(185)
第二节 正则化方法	(187)
一、适定问题迭代解的收敛条件	(188)
二、条件适定问题及其正则化方法	(189)
第七章 形状控制反问题	(191)
第一节 概 述	(191)
第二节 形状控制反问题的边界元-优化解法	(194)
一、边界元离散对求解形状控制问题的优点	(194)
二、形状控制问题转化为优化问题	(195)
三、优化方法及算例(带自由面的重力流)	(198)

第三节	控制急流结构的水力设计·····	(200)
一、	概 述 ·····	(200)
二、	计算原理 ·····	(203)
三、	计算处理步骤 ·····	(208)
第四节	压板式短进水口的优化水力设计·····	(211)
一、	概 述 ·····	(211)
二、	优化水力设计的数学模型 ·····	(212)
三、	系统优化的数值计算方法 ·····	(220)
第五节	应用举例·····	(221)
一、	进水口的优化水力设计算例 ·····	(221)
二、	控制急流结构设计算例(扩散坎、收缩坎、扭鼻坎、 弯段、过渡段) ·····	(223)
第八章	现代控制论在工程水力学反问题中的应用·····	(235)
第一节	控制论的基本概念·····	(236)
第二节	分布参数控制系统的数学描述·····	(239)
一、	符号与术语 ·····	(239)
二、	状态方程 ·····	(241)
第三节	分布参数控制系统的重要特征·····	(244)
第四节	分布参数系统最优控制·····	(247)
一、	概 述 ·····	(247)
二、	工程水力学反问题的现代控制论求解方法 ·····	(254)
第五节	应用举例——地下水污染问题提为分布参数系 统源项控制反问题·····	(271)
一、	问题的提出 ·····	(271)
二、	最大值原理的求解应用 ·····	(275)
三、	计算机辅助优化法的求解应用 ·····	(293)
参考文献 ·····		(297)
后 记		