



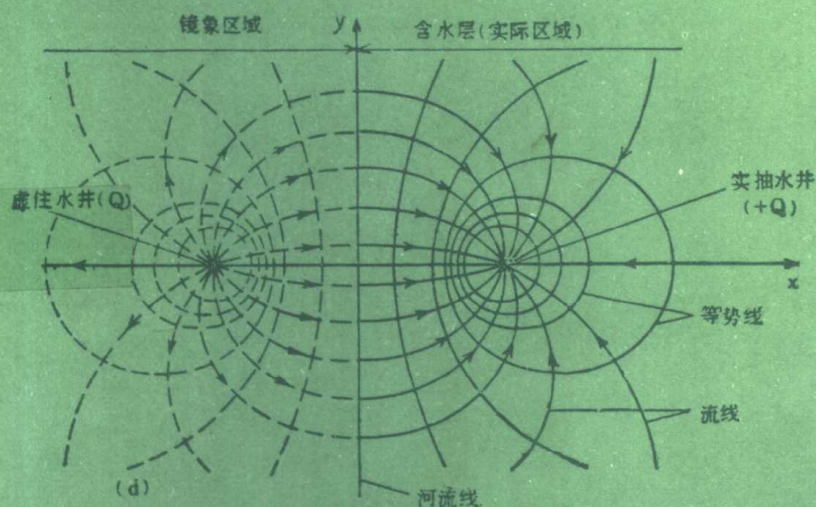
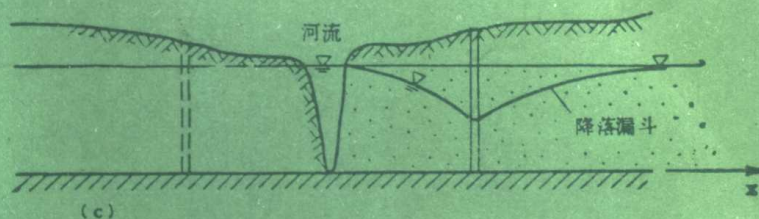
普通高等教育地质矿产类规划教材

991207

地下水动力学

(第二版)

薛禹群 主编



地质出版社

普通高等学校地质矿产类规划教材

地下水动力学

(第二版)

南京大学	薛禹群	朱学愚	吴吉春
长春地质学院	李同斌	林绍	林绍
河北地质学院	贾贵庭		

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书叙述了地下水运动的基本原理、计算方法和实验方法。全书共分八章。内容包括渗流理论,地下水运动的数学模型及其解法,地下水向河渠的运动,地下水向井的运动和计算含水层参数的方法,地下水动力学中几个主要新领域的若干问题及研究地下水运动的实验室方法等。书末附有水力学基础。

本书是在1986年版《地下水动力学原理》的基础上修编而成的。著者对原版本中的一些内容进行了全面删改;部分进行了更新,汲取了国内外的最新研究成果。

本书可作为高等院校有关专业的教材,也可供水文地质科研人员、工程技术人员参考。

本书经地质矿产部水文地质课程教学指导委员会1994年5月审查通过,同意作为高等学校教材出版。

图书在版编目(CIP)数据

地下水动力学/薛禹群主编.-2版.-北京:地质出版社,1997.9

普通高等学校地质矿产类规划教材

ISBN 7-116-02354-2

I. 地… II. 薛… III. 地下水动力学-高等学校-教材. N. P641.2

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第03693号

地质出版社出版

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:戴鸿麟

责任校对:田建茹

北京科技印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:15.25 插页:18页 字数:345000

1997年9月北京第二版·1997年9月北京第一次印刷

印数:1—2550册 定价:13.50元

ISBN 7-116-02354-2
P·1764

第一版前言

地下水动力学是水文地质或水文地质工程地质等专业的一门重要的专业基础理论课。学习本课程目的在于掌握地下水运动的基本理论，能初步运用这些基本理论分析水文地质问题，并能建立相应的数学模型和提出适当的计算或模拟方法，对地下水进行定量评价。本课程要求学生重点掌握各种条件下地下水稳定流和非稳定流的解析解的原理和方法，深刻理解其适用条件。

本教材是根据 1981 年 6 月在武汉召开的地质矿产部水文地质学教材编审委员会第一次会议上制订的本课程教学大纲编写的。考虑到从制订大纲到本教材出版，中间有五六年时间，情况已有很大变化，故在编写本教材时，根据现代地下水动力学的发展，对少数章节作了少量调整，如适当增加了有关渗透系数张量，水动力弥散（地下水污染问题）和非饱和带中地下水运动的内容，以适应现代科学的发展。各校在讲授时可视具体情况灵活掌握。

本教材共八章。第一章介绍渗流基本概念、基本定律、基本方程、定解条件、数学模型的建立和解法，是全书的基本理论部分和重点之一，要求学生深入理解和牢固掌握；第二章为地下水向河渠的运动；第三、四、五、六章全面地介绍地下水向井的运动和求参数的方法，其中第三、四章地下水向完整井的稳定和非稳定运动也是本教材重点之一；第七章介绍了本学科中几个主要的新领域的一些主要问题；第八章为研究地下水运动的实验室方法；最后附录水力学基础，作为学习地下水动力学的先行基础知识。

本教材是由南京大学和长春地质学院合编的。绪言，第一章，第二章第 4 节，第四章第 4 节，第七章第 2、3、4 节由薛禹群执笔；第一、三、五章，第七章第 1 节和附录由朱学愚执笔；第二章第 1、2、3、4 节，第四章第 1、2、3、4 节由贾贵庭执笔；第六章由滕绪金执笔；第八章由刘金山执笔。最后由薛禹群统一修改、编撰、定稿。1985 年 9 月，在水文地质学教材编审委员会大连会议上对本教材进行了全面的评审。会后由薛禹群根据会上提的意见统一修改，最后定稿，并编写了符号说明和索引。

本书图件由郑意春清绘，张彩霞植字。编者对所有为本书审订、修改、出版付出了辛勤劳动的同志，对地质矿产部水文地质学教材编审委员会致以衷心感谢。由于本书内容广泛，不当之处在所难免，恳请读者予以指正。

编 者

1986 年 1 月

第二版前言

地下水动力学是水文地质或水文地质工程地质等专业的一门重要专业基础理论课。学习本课程的目的,在于掌握地下水运动的基本理论,并能初步运用这些基本理论分析水文地质问题,建立相应的数学模型和提出适当的计算或模拟方法,对地下水资源进行定量评价。本课程要求学生重点掌握各种条件下地下水稳定流和非稳定流解析解的原理和方法,深刻理解其适用条件。

根据1981年6月在武汉召开的地质矿产部水文地质学教材编审委员会第一次会议上制订的本课程教学大纲,于1986年12月出版的《地下水动力学原理》一书发行几年来,得到了广大师生、水文地质科研人员和工程技术人员的欢迎和高度评价,曾几度重印;同时,读者也诚恳地指出了该书篇幅过多及部分内容过深的不足。因此,我们根据这几年的教学实践和学科发展,对该书进行了全面修编;并应出版社要求,将篇幅压缩1/4左右。但原书的基本风格和基本内容仍保持不变,并尽可能汲取国内、外最新研究成果。

本教材共八章。第一章介绍了渗流基本概念、基本定律、基本方程、定解条件及数学模型的建立和解法,是全书的基本理论部分和重点内容之一,要求学生深入理解和牢固掌握;第二章为地下水向河渠的运动;第三、四、五、六章全面地介绍了地下水向井的运动和求参数的方法,其中第三、四章地下水向完整井的稳定和非稳定运动也是本教材重点内容之一;第七章介绍了本学科中几个重要新领域的一些主要问题;第八章为研究地下水运动的实验室方法;书末附水力学基础,是学习地下水动力学须先行掌握的基础知识。

参加这次修编的有南京大学的薛禹群、朱学愚、吴吉春,长春地质学院的李同斌、林绍志和河北地质学院的贾贵庭。绪言,第一章,第四章第4节,第七章第2、3、4节,以及符号、量纲说明和索引由薛禹群、吴吉春执笔;第五章、第七章第1节和附录由朱学愚执笔;第二章,第四章第1、2、3、4节由贾贵庭执笔;第三、六章由李同斌执笔;第八章由林绍志执笔;最后由主编薛禹群在吴吉春的协助下,统一修改、编撰、定初稿。其中有三章,由于与第一版相比,初稿改动甚少,不符合出版要求,最后定稿时主编作了较大更动,以压缩篇幅。1994年5月,水文地质课程教学指导委员会对本教材进行了全面评审,会后由薛禹群根据会上提出的意见统一做了修改,最后定稿。

编者对所有为本书审订、修改、出版付出辛勤劳动的同志,以及地质出版社教材室致以衷心感谢。本书内容广泛,不当之处在所难免,恳请读者给予指正。

编者

符号与量纲

符 号	说 明	量 纲
A	面积	L^2
a	加速度	LT^{-2}
	相对粗糙度	
	压力传导系数	L^2T^{-1}
	井中心到边界的垂直距离	L
	分水岭距左河距离	L
B	宽度	L
	越流因素	L
b	裂隙宽度	L
	井中心到边界的垂直距离	L
C	电容	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$
	Chezy 系数	$L^{1/2}T^{-1}$
	井损常数	$L^{-5}T^2$
	容水度	L^{-1}
	多孔介质热容量	$ML^{-1}T^{-2}K^{-1}$
C_w	水的热容量	$ML^{-1}T^{-2}K^{-1}$
c	反映裂隙、孔隙间水量交换的系数	$L^{-1}T^{-1}$
	浓度	ML^{-3}
c_0	含示踪剂液体的浓度	ML^{-3}
	初始浓度	ML^{-3}
c_R	相对浓度	
c_s	与最大密度 ρ_s 对应的浓度	ML^{-3}
c^*	注入水的浓度	ML^{-3}
$\bar{c}$	第一类边界上给定的浓度	ML^{-3}
D	水力弥散系数 (弥散系数)	L^2T^{-1}
	疏干因素	L
	扩散系数	L^2T^{-1}
D'	机械弥散系数	L^2T^{-1}
D''	多孔介质中的分子扩散系数	L^2T^{-1}
D_d	溶液中的分子扩散系数	L^2T^{-1}
D_L	纵向弥散系数	L^2T^{-1}
d	直径	L
	含水层颗粒平均粒径	L
	含水层顶板到过滤器顶部距离	L
	隔水顶板到海平面的垂直距离	L
d_s	弱透水层厚度	L
E	体积弹性系数 (弹性模量)	$ML^{-1}T^{-2}$

F	力	MLT^{-2}
G	重力	MLT^{-2}
g	重力加速度	LT^{-2}
H	总水头, 水头	L
	孔隙中水头	L
H_f	裂隙中水头	L
	淡水水头	L
H_n	测压管水头	L
H_0	水头初值, 潜水流初始厚度	L
	咸淡水界面坡脚处的潜水位	L
H_r	上下游水头差	L
H_z	河水水位	L
$\bar{H}$	平均水头	L
H^*	浸润面上的水头	L
h	液柱高度	L
	潜水流厚度	L
	等效淡水水头 (参考水头)	L
	咸淡水界面在隔水顶板以下深度	L
h_c	毛管压力水头	L
h_f	淡水高出海平面的高度	L
	沿程水头损失	L
h_j	局部水头损失	L
h_m	潜水流平均厚度	L
h_s	淡咸水界面位于海平面下的深度	L
	井壁水位	L
h_w	井中水位	L
I	电流	I
	水动力弥散单位时间通过单位面积的溶质质量	$ML^{-2}T^{-1}$
I_s	溶液中分子扩散单位时间通过单位面积的溶质质量	$ML^{-2}T^{-1}$
I'	机械弥散单位时间通过单位面积的溶质质量	$ML^{-2}T^{-1}$
I''	分子扩散单位时间通过单位面积的溶质质量	$ML^{-2}T^{-1}$
$I_\nu(x)$	第一类 ν 阶虚宗量 Bessel 函数	
i	斜率	
	电流密度	IL^{-2}
i_E	早期直线段斜率	
i_L	后期直线段斜率	
i_p	曲线拐点处斜率	
J	水力坡度	
$J_\nu(x)$	第一类 ν 阶 Bessel 函数	
K	渗透系数	LT^{-1}
K_c	紊流时渗透系数	LT^{-1}
K_d	垂向、水平渗透系数比值	
K_f	含水层对淡水的渗透系数	LT^{-1}
K_p	平行层面的 (等效) 渗透系数	LT^{-1}
K_r	水平径向渗透系数	LT^{-1}

K_v	垂直层面的（等效）渗透系数	LT^{-1}
K_z	垂向渗透系数	LT^{-1}
K^f	裂隙渗透系数	LT^{-1}
K_1, K_2	弱透水层 1、2 的渗透系数	LT^{-1}
K^0	淡水条件下的渗透系数	LT^{-1}
$K_v(x)$	第二类 ν 阶 Bessel 函数	
k	渗透率	L^2
k_r	相对渗透率	
l	距离, 长度	L
	过滤器长度	L
	海水入侵深度	L
l'	含水层顶板到过滤器底部距离	L
l_0	起始断面到承压流转为无压流处距离	L
M	含水层厚度	L
	(层状含水层) 总厚度	L
M_0	过滤器中部至隔水底板距离	L
m	质量	M
	水头带数目	
m_1, m_2	弱透水层 1、2 的厚度	L
n	孔隙度	
	外法线方向	
	井数、降深次数、流带数目	
n_e	有效孔隙度	
n_x, n_y, n_z	外法线方向单位矢量在各坐标轴上投影	
P	压力	MLT^{-2}
	单位面积的抽水量	LT^{-1}
Pe	Peclet 数	
p	压强	$ML^{-1}T^{-2}$
p_a	大气压强	$ML^{-1}T^{-2}$
p_c	毛管压强	$ML^{-1}T^{-2}$
p_w	水的压强	$ML^{-1}T^{-2}$
Q	流量 (涌水量)	L^3T^{-1}
Q_{pf}	单位体积含水层单位时间从孔隙流入裂隙的水量	T^{-1}
Q_r	断面 r 处流量	L^3T^{-1}
q	单宽流量	L^2T^{-1}
	单位涌水量	L^2T^{-1}
	单位体积含水层中源或汇的流量	T^{-1}
q_0	流向海洋地下淡水单宽流量	L^2T^{-1}
R	影响半径	L
	水力半径	L
	电阻	$L^2MT^{-3}I^{-2}$
Re	Reynolds 数	
Re_c	临界 Reynolds 数	
R_m	模型总电阻	$L^2MT^{-3}I^{-2}$
R_0	引用影响半径	L

X

R^*	模拟井流的电阻	$L^2MT^{-3}I^{-2}$
r	径向距离	L
	电阻	$L^2MT^{-3}I^{-2}$
r_c	假想半径 (井中心到空间流动带边缘的距离)	L
r_0	沿此圆布置群井的圆半径	L
r_w	水井半径	L
$\bar{r}$	无量纲距离	
r_1	观测孔到实井的距离	L
r_2	观测孔到虚井的距离	L
r^*	等效距离、等效半径	L
S_w	饱和度	
S_{w_0}	不能再降低的饱和度	
s	水位降深或抬高	L
	导体截面积	L^2
	距离	L
s_d	无量纲降深	
s_f	裂隙中水位降深	L
s_p	停抽时刻水位降深	L
	拐点处水位降深	L
s_w	抽水井中水位降深	L
s'	剩余降深	L
	修正后的水位降深	L
s^*	停抽后任一时刻水位上升值	L
T	导水系数	L^2T^{-1}
	温度	K
T_0	温度初值	K
T_p	(平行层面) 等效导水系数	L^2T^{-1}
T^f	裂隙导水系数	L^2T^{-1}
T_1, T_2	弱透水层 1, 2 的层水系数	L^2T^{-1}
t	时间	T
t_E	抽水早期 $s-t$ 直线段在 $s_d=0$ 轴上的截距	T
t_L	抽水后期 $s-t$ 直线段在 $s_d=0$ 轴上的截距	T
t_p	主井停抽时间	T
	拐点处出现的时间	T
t_s	自抽水开始至观测孔水位下降速度为零的时间	T
	无量纲时间	
t_{w_t}	迟后重力排水已不再影响降深的开始时间	T
t_y	无量纲时间	
t'	抽水停止后的恢复时间	T
$\bar{t}$	相对时间 (无量纲时间)	
U	电位	$L^2MT^{-3}I^{-1}$
	势函数	L^2T^{-2}
u	流速	LT^{-1}
	实际平均流速	LT^{-1}

$$u = \frac{r^2 \mu^*}{4Tt}$$

$\bar{u}$	实际平均流速	LT^{-1}
V	体积	L^3
V_b	多孔介质样品总体积	L^3
V_d	潜水面下降时排出的水体积	L^3
V_i	入渗总量	L^3
ΔV_0	典型单元体积 (REV)	L^3
V_s	固体颗粒体积	L^3
V_v	孔隙体积	L^3
$(V_v)_e$	有效孔隙体积	L^3
$(\Delta V_v)_0$	REV 中的空隙体积	L^3
$(V_w)_0$	REV 中水的体积	L^3
v	断面平均流速	LT^{-1}
	渗流速度 (渗透速度、比流量)	LT^{-1}
v_c	临界流速	LT^{-1}
W	功	ML^2T^{-2}
	单位时间单位面积上的入渗量	LT^{-1}
	单位时间单位面积 (或体积) 上垂向水量交换	LT^{-1} (或 T^{-1})
X	单位质量的质量力在 x 轴方向的分量	LT^{-2}
x	坐标	L
	湿周	L
x_s	驻点坐标	L
x_w	抽水井到海岸的距离	L
$\bar{x}$	无量纲距离	
Y	单位质量的质量力在 y 轴方向的分量	LT^{-2}
y	坐标	L
y_s	驻点坐标	
Z	单位质量的质量力在 z 轴方向的分量	LT^{-2}
z	坐标	L
	位置水头	L
	标高	L
z_0	假想过滤器与真实过滤器交点纵坐标	L
α	多孔介质压缩系数	$M^{-1}LT^{-2}$
	延迟指数的倒数	T^{-1}
	水迁移系数	T^{-1}
	多孔介质弥散度	L
	弥散度	L
	模拟比	L
α_L	纵向弥散度	L

α_p	孔隙压缩系数	$M^{-1}LT^2$
α_s	有效岩石压缩系数	$M^{-1}LT^2$
α_T	横向弥散度	L
β	液体体积压缩系数	$M^{-1}LT^2$
	模拟比	
	热弥散度	L
Γ	研究区边界	
Γ_1, Γ_2	第一、第二类边界	
γ	容重	$ML^{-2}T^{-2}$
	承压水迁移系数	T^{-1}
γ_f	淡水容重	$ML^{-2}T^{-2}$
γ_s	海水容重	$ML^{-2}T^{-2}$
δ	表示水流通道形状特征的系数	
	咸淡水界面在海面以下深度为该处淡水高出海面高度的倍数	
	导电介质厚度	L
	作用在多孔介质表面的压强	$ML^{-1}T^{-2}$
ε	密度差率	
η	密度耦合系数	L^3M^{-1}
θ	角度	
	含水率	
θ_0	不能再降低的含水率	
θ_s	饱和含水率	
λ	沿程阻力系数	
	热动力弥散系数	$MLT^{-3}K^{-1}$
λ_c	多孔介质热传导系数	$MLT^{-3}K^{-1}$
λ_v	热机械弥散系数	$MLT^{-3}K^{-1}$
μ	给水度或饱和差	
	动力粘滞系数	$ML^{-1}T^{-1}$
μ_1	淡水粘滞系数	$ML^{-1}T^{-1}$
μ_s	贮水率	L^{-1}
	岩块贮水率	L^{-1}
μ^*	贮水系数	
μ_s^f	裂隙贮水率	L^{-1}
μ^f	裂隙贮水系数	
ν	运动粘滞系数	L^2T^{-1}
ξ, ξ_a, ξ_b, ξ_0	不完整井阻力系数	
π	圆周率 3.1416	
ρ	密度	ML^{-3}
	径向距离	L
	电阻率	$L^3MT^{-3}I^{-2}$

ρ_0	淡水密度	ML^{-3}
ρ_s	最大密度	ML^{-3}
σ	表面张力	MLT^{-2}
	总应力	$ML^{-1}T^{-2}$
	电导率	$L^{-3}M^{-1}T^3I^2$
	井间距一半	L
σ_s	粒间应力	$ML^{-1}T^{-2}$
σ'	有效应力	$ML^{-1}T^{-2}$
	越流系数	T^{-1}
τ	切应力	$ML^{-1}T^{-2}$
	抽水开始以后的时间	T
τ_0	管壁对水流的切应力	$ML^{-1}T^{-2}$
φ	势函数	L
	已知函数	
ψ	流函数	L^2T^{-1}
	基函数	
	压力水头的负值	L
Ψ_i	注水井井壁温度	K

目 录

第一版前言

第二版前言

符号与量纲

绪 言	1
第一章 渗流理论基础	3
§ 1—1 渗流的基本概念	3
一、地下水在含水岩石中的运动	3
二、地下水和多孔介质的性质	3
三、贮水率和贮水系数	5
四、渗流	8
五、渗流速度	9
六、地下水的水头和水力坡度	10
七、地下水运动特征的分类	10
八、地下水流态的判别	11
§ 1—2 渗流基本定律	14
一、Darcy 定律及其适用范围	14
二、渗透系数、渗透率和导水系数	16
三、非线性运动方程	17
§ 1—3 岩层透水特征分类和渗透系数张量	17
一、岩层透水特征分类	17
二、渗透系数张量	18
§ 1—4 突变界面的水流折射和等效渗透系数	19
一、越过透水性突变界面时的水流折射	19
二、层状岩层的等效渗透系数	20
§ 1—5 流网	22
一、流函数	22
二、流网及其性质	24
三、流网的应用	27
§ 1—6 渗流的连续性方程	28
§ 1—7 承压水运动的基本微分方程	30
§ 1—8 越流含水层(半承压含水层)中地下水非稳定运动的基本微分方程	33
§ 1—9 研究潜水运动的基本微分方程	35

一、Dupuit 假设	35
二、Boussinesq 方程	37
§ 1—10 定解条件	39
一、边界条件	40
二、初始条件	43
§ 1—11 描述地下水运动的数学模型及其解法	43
一、地下水流问题的数学模型	43
二、地下水流问题的解法	45
第二章 地下水向河渠的运动	47
§ 2—1 河渠间地下水的稳定运动	47
一、潜水的稳定运动	47
二、承压水的稳定运动	52
§ 2—2 河渠间地下水的非稳定运动	53
一、河渠水位迅速上升（或下降）为定值时，河渠间地下水的非稳定运动	54
二、河渠水位变化时，河渠间地下水的非稳定运动	57
三、应用分析	58
第三章 地下水向完整井的稳定运动	61
§ 3—1 概述	61
一、水井的类型	61
二、井附近的水位降深	61
§ 3—2 地下水向承压水井和潜水井的稳定流动	63
一、承压水井的 Dupuit 公式	63
二、潜水井的 Dupuit 公式	65
三、Dupuit 公式的应用	68
四、Dupuit 公式的讨论	69
§ 3—3 非线性流情况下的地下水向完整井的稳定运动	71
一、承压水井	71
二、潜水井	71
§ 3—4 越流含水层中地下水向承压水井的稳定流动	72
§ 3—5 流量和水位降深关系的经验公式	76
§ 3—6 地下水向干扰井群的稳定运动	80
一、叠加原理	80
二、干扰井群	82
§ 3—7 均匀流中的井	85
§ 3—8 井损与有效井径的确定方法	87
第四章 地下水向完整井的非稳定运动	90
§ 4—1 承压含水层中的完整井流	90
一、定流量抽水时的 Theis 公式	90
二、流量变化时的计算公式	94

三、Theis 公式的近似表达式	94
四、对 Theis 公式和与之有关的几个问题的讨论	95
五、利用 Theis 公式确定水文地质参数	98
六、定降深井流的计算	102
§ 4—2 有越流补给的完整井流	107
一、基本方程	107
二、公式讨论	108
三、利用抽水试验资料确定越流系统的参数	110
§ 4—3 有弱透水层弹性释水补给和越流补给的完整井流	117
一、基本方程	117
二、公式讨论	120
三、利用抽水试验资料确定水文地质参数	120
§ 4—4 潜水完整井流	121
一、考虑迟后疏干的 Boulton 模型	122
二、考虑流速垂直分量和弹性释水的 Neuman 模型	128
第五章 地下水向边界附近井的运动	139
§ 5—1 镜像法原理及直线边界附近的井流	139
一、镜像法原理	139
二、直线边界附近的井流	139
§ 5—2 扇形含水层中的井流	145
一、象限含水层 (θ 角为 90°)	146
二、其他角度的扇形含水层	147
§ 5—3 条形含水层中的井流	148
第六章 地下水向不完整井的运动	152
§ 6—1 地下水向不完整井运动的特点	152
§ 6—2 地下水向不完整井的稳定运动	153
一、半无限厚含水层中的不完整井	153
二、有限厚含水层中的不完整井	156
§ 6—3 地下水向承压不完整井的非稳定运动	157
一、基本方程	157
二、根据抽水试验资料确定水文地质参数	160
第七章 地下水运动中的若干专门问题	163
§ 7—1 非饱和带的地下水运动	163
一、关于非饱和带水分的基本知识	163
二、非饱和带水运动的基本方程	165
§ 7—2 双重介质渗流学说	168
一、基本假定	168
二、微分方程的建立	169
§ 7—3 水动力弥散理论	171

一、水动力弥散现象及其机理	171
二、水动力弥散系数	174
三、对流-弥散方程及其定解条件	176
四、一维弥散问题的解	178
§ 7—4 海岸带含水层中的咸淡水界面	179
一、作突、变界面处理——静止界面的近似解	179
二、考虑过渡带的解法	182
§ 7—5 多孔介质中的热量运移	183
第八章 研究地下水运动的模拟法	185
§ 8—1 模拟的相似基础	185
一、相似模型	185
二、相似条件	186
三、相似比例	187
§ 8—2 砂槽模拟	188
一、砂槽结构	188
二、砂槽模型	189
三、模拟方法	190
§ 8—3 窄缝槽模拟	190
一、窄缝槽结构	190
二、模拟原理	191
三、窄缝槽模型	191
§ 8—4 电模拟	192
一、模拟原理	192
二、网络模型	194
三、模拟方法	196
附录 水力学基础	198
§ 1 引论	198
一、连续介质的假设	198
二、液体的基本特征及其主要的物理性质	198
三、作用于液体的力	200
§ 2 静水压力	201
一、静水压强及其特性	201
二、液体平衡的微分方程	201
三、重力作用下的液体平衡	203
§ 3 水动力学的理论基础	205
一、描述流体运动的两种方法	205
二、流线与迹线, 元流与总流, 流量与断面流速	207
三、稳定流的连续性方程	208
四、稳定流的能量方程	209

§ 4 水流阻力及水头损失	213
一、流动的两种类型——层流和紊流	213
二、水头损失的分类	215
三、沿程水头损失与切应力的关系	215
四、圆管中层流运动时过水断面上的流速分布及沿程水头损失	216
五、紊流的沿程水头损失	218
主要参考文献	220
中英文名词对照	222