

高等学校试用教材

地下水动力学

南京大学地质学系 薛禹群 朱学愚 编著

地质出版社

高等学校试用教材

地下水动力学

南京大学地质学系
薛禹群 朱学愚 编著

地质出版社

内 容 提 要

本书讲述地下水运动的基本原理、计算方法和有关实验室方法。全书共分六章。第一章 渗流理论基础，介绍渗流的基本定律和基本微分方程及定解条件；第二章为含水层中地下水的稳定运动，第三、四两章全面地介绍地下水向集水建筑物运动的稳定流和非稳定流理论以及计算参数的方法；第五章介绍各种数值法在水文地质计算中的应用；第六章为研究地下水运动的实验室方法。书末的附录介绍了几个主要的非稳定流公式的推导过程以及线性代数方程组的解法等数学知识，供学习时参考。

本书在基础理论和基本知识方面有所加强，在内容上也有所更新，汲取了国内外的一些新成果和新资料，如考虑无压含水层迟后反应的纽曼法等。书末还附有标准曲线图版，以供计算时应用。

读者对象：可作为高等院校地质类专业教材，也可供水文地质工作者参考。

地 下 水 动 力 学

南京大学地质学系 编著
薛禹群 朱学愚

国家地质总局教育司教材室编辑

地 质 出 版 社 出 版

地 质 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1979年7月北京第一版·1979年7月北京第一次印刷

印数1—14,520册·定价2.80元

统一书号：15038·新360

(另附图表)

前 言

1977年国家地质总局下达《地下水动力学》教材编写任务后,我们在我系水文地质工程地质专业讲授地下水动力学时所编讲义的基础上,重新拟定了编写大纲,广泛地征求了兄弟院校、科研、生产单位的意见,并对教材进行了全面的修订、补充。初稿完成后,1978年6月在南京召开的教材审稿会议上又对全书进行了审阅。根据意见,编者又再次加以修改补充。

本书是根据水文地质工程地质专业对《地下水动力学》这门课的要求编写的,共分六章,包括渗流理论基础,地下水运动的稳定流理论和非稳定流理论,数值法的应用以及研究地下水运动的实验室方法。考虑到非稳定流理论几个基本公式的推导过程在正文中太占篇幅,所以放在附录中以供参考。为了便于学生学习,推导时没有引用原作者的积分变换等较复杂的数学方法。书末还附有线形代数方程组解法等必要的数学知识供学习数值法时参考。过去的《地下水动力学》中都有〈水工建筑物地区地下水的运动〉这一章,考虑到本专业以水文地质为主兼顾一般工程地质,经教材审稿会议同意,把这一章部分内容和工程地质学有关章节结合起来,放在《工程地质学》中讲授,所以本书编写内容有所删改。

本书注意了加强基础理论和符合现代科学技术发展的要求,删除或压缩了旧教材中一些陈旧的或过于繁琐而实用意义不大的一些内容,并力求反映国内外的最新成果。为了加强基础理论,本书专门有一章渗流理论基础,介绍基本定律、基本微分方程和定解条件,以适应今后本学科的发展趋势和电子计算机出现后数值法在水文地质中得到愈来愈广泛应用的这一新形势。

书中用小号字排的部分仅供参考,不列入教学内容。由于目前尚无统一的教学大纲,本书中有些段落也不一定都要进行讲授,可根据具体情况加以减缩。

在编写过程中,由于得到南京大学数学系黄正中教授、谢春红讲师、仇庆久讲师的帮助,才有可能写进深入浅出,而又保持理论上严密的几个非稳定流公式的推导过程和变分原理,使教材的质量有了进一步的提高。最后全书还经武汉地质学院北京研究生部许涓铭老师仔细审阅,并提出许多宝贵的意见,特此一并致以深切的谢意。

本书由戴水汉同志校阅、编写符号说明并负责整理工作。协助抄写和校样的有朱国荣、吴俊奇、王国强、张幼宽等同志。图件由高秀英同志清绘。特此致谢。编者还要对本书编写过程中给予帮助的兄弟院校、科研、生产单位的同志致以衷心的感谢。

为了满足教学需要本书匆促交稿出版,不妥之处在所难免,希望同志们在教学和阅读过程中予以指出,以便今后进行修订。

编 者

一九七八年八月

符号与量纲

符 号	说 明	量 纲
$[A]$	矩阵	
a	1. 压力传导系数 2. 实际抽水井至直线边界的距离	$L^2 T^{-1}$ L
B	越流因素 (漏水因素)	L
$[B]$	矩阵	
b	1. 地下水流宽度 2. 实际抽水井至直线边界的距离	L L
C	1. 导电率 (导电系数) 2. 比例常数或积分常数 3. 电容	T^{-1} (C. G. S 静电系单位) L (C. G. S 静电系单位)
$\operatorname{ch} x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$	双曲余弦函数	
$\operatorname{cth} x = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$	双曲余切函数	
D	1. 疏干因素 2. 有限单元法的研究区域	L
$D(W)$	扩散系数	$L^2 T^{-1}$
d	1. 集水建筑物的宽度 2. 平均粒径 3. 抽水井至边界的距离 4. 隔水顶板至海平面的距离	L L L L
E	1. 电场强度 2. 泛函	$L^{-\frac{1}{2}} M^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$ (C. G. S 静电系单位)
E_s	含水层固体骨架的垂向压缩模量	$ML^{-1} T^{-2}$
E_w	液体的体积压缩模量	$ML^{-1} T^{-2}$
e	1. 自然对数的底 2. 有限单元法中的任意单元	
$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-y^2} dy$	x 的误差函数	
$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$		
$= \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-y^2} dy$	误差函数的补函数	
$\exp(y)$	即 e^y	
F	电流通过的横断面	L^2
$F\left(u, \frac{r}{B}\right)$	不考虑弱透水层贮存水释放时的越流系统	

符 号	说 明	量 纲
井函数		
$F(\mu, \beta)$	越流系统井函数	
$\{F\}$	线性代数方程组已知项组成的列向量	
$G(\lambda)$	无越流承压含水层定降深井函数	
$G\left(\lambda, \frac{\gamma_w}{B}\right)$	越流系统定降深井函数	
g	重力加速度	LT^{-2}
H	水头 (水位)	L
$H(u, \beta)$	考虑弱透水层贮存水释放时的越流系统井函数	
井函数		
H_a	不完整井的有效带厚度	L
H_b	第一类边界水头	L
H_c	毛管水头	L
H_d	总水头	L
H_f	淡水的水头	L
$H_{i,j}$	结点 (i, j) 处的水位	L
$H_{i,j}^t$	结点 (i, j) 处 t 时刻的水位	L
H_m	函数类 C_0 中使 $E(H)$ 达到极小的函数	
H_n	测压水头	L
H_0	抽水前的初始水位, 即初始水头	L
H_r	总水头损失或作用水头	L
H_s	盐水的水头	L
H'	抽水停止后某一时刻的恢复水位	L
H^*	浸润面上各点的水头	L
$\overline{H}$	水头的线性插值函数	L
$\{H\}$	未知结点水头值的列向量	
h	无压含水层 (潜水流) 的厚度	L
h_c	毛管压力水头	L
h_m	无压含水层的平均厚度	L
h_n	测压高度	L
h_0	无压含水层的原始饱水厚度	L
h_r	引用水头值	L
h_w	抽水时抽水井内的稳定水位	L
h'_w	水头损失	L
I	电流强度	$L^{-\frac{3}{2}} M^{-\frac{1}{2}} T^{-2} (C. G. S \text{ 静电系单位})$
$I_0(x)$	第一类零阶虚宗量贝塞尔函数	
$I_1(x)$	第一类一阶虚宗量贝塞尔函数	
i	1. 曲线斜率	
	2. 电流密度	$L^{-\frac{1}{2}} M^{-\frac{1}{2}} T^{-2} (C. G. S \text{ 静电系单位})$
i_l	曲线拐点处的斜率	
J	水力坡度	

符 号	说 明	量 纲
J_m	潜水流平均水力坡度	
J_x, J_y, J_z	水力坡度在 x, y, z 方向上的分量	
$J_0(x)$	第一类零阶贝塞尔函数	
$J_1(x)$	第一类一阶贝塞尔函数	
K	渗透系数	LT^{-1}
K_c	紊流运动时的渗透系数	LT^{-1}
K_f	淡水的渗透系数	LT^{-1}
K_m	平均渗透系数	LT^{-1}
K_r	径向渗透系数	LT^{-1}
K_s	盐水的渗透系数	LT^{-1}
K_x, K_y, K_z	x, y, z 方向的渗透系数	LT^{-1}
K_1, K_2	第一、第二个含水层的渗透系数	LT^{-1}
K', K''	上覆、下伏弱透水层的渗透系数	LT^{-1}
$\frac{K'}{m'}$	越流系数	T^{-1}
$K_0(x)$	第二类零阶虚宗量贝塞尔函数	
$K_1(x)$	第二类一阶虚宗量贝塞尔函数	
k	含水层的渗透率	L^2
L	电流线长度或试验模型长度	L
L_b	建筑物地下轮廓的水平投影	L
L_s	建筑物地下轮廓的垂直投影	L
l	1. 两平行边界间的距离 2. 汇线或过滤器的长度	L L
l_L	集水管长度	L
$\lg x = 0.434 \ln x$	常用对数	
$\ln x = 2.303 \lg x$	自然对数	
M	承压含水层厚度	L
m_a	含水层顶板至过滤器顶部的距离	L
m'	弱透水层厚度	L
m', m''	上覆、下伏弱透水层厚度	L
N	抽水试验次数	
N_i, N_j, N_m	结点 i, j, m 的基函数值	
N_{im}	虚井的数目	
N_L	集水管数目	
n	1. 岩石的孔隙度 2. 渗流区边界的外法线	
p	压强 (静水压强或动水压强)	$ML^{-1}T^{-2}$
p_a	大气压力	MLT^{-2}
p_c	毛管压强	$ML^{-1}T^{-2}$
p_w	流体压强	$ML^{-1}T^{-2}$
Q	流量 (涌水量)	L^3T^{-1}
$\bar{Q}$	引用流量	L^2

符	号	说	明	量	纲
Q_r		断面 r 处的流量		L^3T^{-1}	
Q'		干扰井群的单井流量		L^3T^{-1}	
q		1. 单宽流量或单位涌水量		L^2T^{-1}	
		2. 单位面积流量		LT^{-1}	
R		1. 影响半径		L	
		2. 电阻		$L^{-1}T(C, G, S \text{ 静电系单位})$	
Re		雷诺数			
r		1. 观测孔至抽水井的距离		L	
		2. “大井”半径 (即等值圆半径或引用半径)		L	
		3. 排水渠半径		L	
r_c		1. 不完整井的假想半径		L	
		2. 辐射井的套管半径		L	
r_l		观测孔至虚井的距离		L	
r_L		集水管半径		L	
r_t		排水管、渠半径		L	
r_w		抽水井半径		L	
r_1		A 点至实井的径向距离		L	
r_2		A 点至虚井的径向距离		L	
$\bar{r}$		加权对数平均距离		L	
S		贮水系数 (释水系数)			
S_s		贮水率		L^{-1}	
S_w		饱和度			
S_y		滞后重力排水的贮水系数 (即给水度)			
S_1, S_2		第一、第二个含水层的贮水系数			
S', S''		上覆、下伏弱透水层的贮水系数			
s		水位降深或渗流途径长度		L	
s_1, s_2		第一、第二个含水层中的水位降深		L	
s'_1, s'_2		上覆、下伏弱透水层中的水位降深		L	
$\frac{s}{\sum Q_i}$		单位流量的降深		$L^{-2}T$	
s_o		修正后的水位降深		L	
s_{cw}		辐射井的水位降深		L	
s_d		1. 河渠水位突变的幅度		L	
		2. 无压含水层中完整井的井函数 (纽曼法)			
$\text{sh}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$		双曲正弦函数			
s_l		1. 虚井的水位降深或水位抬高		L	
		2. 拐点处的水位降深		L	
s_{max}		最大水位降深		L	
s_w		抽水井内的水位降深		L	
s_{wt}		无压含水层中实际观测到的水位降深		L	
s'		1. 水位恢复时抽水井内的剩余降深		L	

符 号	说 明	量 纲
	2. 弱透水层中的水位降深	L
s^*	水泵停抽后的水位回升值	L
T	导水系数	$L^2 T^{-1}$
T_1, T_2	第一、第二个含水层的导水系数	$L^2 T^{-1}$
T', T''	上覆、下伏弱透水层的导水系数	$L^2 T^{-1}$
t	抽水时间	T
$\text{th}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	双曲正切函数	
t_i	1. 渐近线交点的时间	T
	2. 拐点处的时间	T
t_0	渐近线的截距	T
t_p	水位恢复试验中抽水持续的时间	T
t_{wt}	延迟重力排水已不再影响降深的开始时间	T
t'	抽水停止后的恢复时间	T
$\bar{t}$	加权对数平均时间	T
u	1. 实际流速	LT^{-1}
	2. 积分变量	
	3. $u = \frac{r^2 S}{4 T t}$	
	4. 电位	$L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$ (C. G. S 静电系单位)
V	体积	L^3
V_s	岩石颗粒的体积	L^3
v	渗透速度	LT^{-1}
v_0	河渠水位上升(或下降)的速度	LT^{-1}
v_x, v_y, v_z	x, y, z 方向的渗透速度分量	LT^{-1}
$W(u)$	无越流承压含水层的井函数(泰斯井函数)	
$W(u, \frac{r}{M}, \frac{l}{M})$	无越流承压含水层中不完整井的井函数	
$W(u_{a,y}, \frac{r}{D})$	无压含水层中完整井的井函数(博尔顿法)	
$W(u_h)$	当河渠水位突变时, 承压含水层的井函数	
$W(u_q)$	当河渠定流量排水时, 承压含水层的井函数	
w	体积含水量	
x	1. x 方向的坐标	L
	2. 积分变量	
$Y_0(x)$	第二类零阶贝塞尔函数	
$Y_1(x)$	第二类一阶贝塞尔函数	
y	1. y 方向的坐标	L
	2. 积分变量	
z	1. z 方向的坐标	L
	2. 隔水底板的高程	L
z_i	集水管离原始潜水面的距离	L

符 号	说 明	量 纲
α	含水层固体骨架的垂向压缩系数	$M^{-1}LT^2$
$\frac{1}{\alpha}$	延迟指数	T
β	液体的体积压缩系数	$M^{-1}LT^2$
Γ	渗流区边界	
$\Gamma(x)$	伽玛函数	
γ	水的容重	$ML^{-2}T^{-2}$
γ_f	淡水的容重	$ML^{-2}T^{-2}$
γ_s	盐水的容重	$ML^{-2}T^{-2}$
Δ	三角形单元的面积	L^2
Δh	抽水井渗出面高度	L
δ	导电介质厚度	L
ε	单位时间单位水平面积上大气降水的入渗量或潜水的蒸发量	L
θ	角度	
λ	模型的比例尺	
μ	1. 给水度或饱和差 2. 水的动力粘滞系数	$ML^{-1}T^{-1}$
μ_f	淡水的动力粘滞系数	$ML^{-1}T^{-1}$
μ_s	盐水的动力粘滞系数	$ML^{-1}T^{-1}$
ν	水的运动粘滞系数	L^2T^{-1}
ξ	不完整井的渗透阻力系数	
π	圆周率, 其值为3.1416	
ρ	1. 水的密度 2. 电阻率	ML^{-3} T (C. G. S静电系单位)
σ	钻孔间距	L
σ_z	作用在含水层固体骨架上的垂向应力	$ML^{-1}T^{-2}$
τ	抽水开始以后的时间	T
$\Phi(u_1, \frac{r}{d})$	隔水边界附近承压含水层的井函数	
$\Phi'(u_1, \frac{r}{d})$	补给边界附近承压含水层的井函数	
φ	势函数	由 φ 所代表的内容而定
φ_R	边界上的势函数	同上
φ_w	井壁上的势函数	同上
Q	权函数	
ω	过水断面面积	

目 录

符号与量纲	V
绪论	1
第一章 渗流理论基础	4
§ 1. 渗流的基本概念	4
一、水在岩石的孔隙和裂隙中的渗透	4
二、渗透速度 (渗流速度)	4
三、流线	6
四、测压高度和测压水头	6
五、水力坡度	10
六、液体运动的两种状态	10
七、地下水运动特征的分类	11
§ 2. 渗流的基本定律	13
一、达西定律 (线性渗透定律) 及其适用范围	13
二、非线性渗透定律	16
§ 3. 岩层透水性的分类	16
§ 4. 渗流的连续性方程	17
§ 5. 研究承压水非稳定运动的基本微分方程	19
一、弹性贮存的概念	19
二、基本微分方程	21
§ 6. 研究潜水非稳定运动的基本微分方程	25
§ 7. 地下水稳定运动的基本微分方程	27
§ 8. 非饱和带 (包气带) 中地下水运动的基本微分方程	28
§ 9. 定解条件	32
§ 10. 海岸带含水层中地下水的运动	34
一、稳定界面的近似解	34
二、运动界面的近似解	37
第二章 含水层中地下水的稳定运动	41
§ 1. 均质岩层中地下水的稳定运动	41
一、承压含水层中地下水的单向运动和平面运动	41
二、潜水含水层中地下水的平面运动	44
三、地下水的承压——无压运动	48
四、潜水的幅射运动	49
五、地表有均匀入渗时, 潜水在河间地块的运动	50
§ 2. 非均质岩层中地下水的稳定运动	54
一、越过透水边界的水流折射	55
二、层状岩层中的渗流	56

三、岩层透水性沿水平方向急剧变化时, 水平隔水层上潜水的运动	60
四、在透水性变化复杂的岩层中地下水运动的近似计算	61
第三章 地下水向集水建筑物运动的稳定流理论	63
§ 1. 集水建筑物的类型	63
§ 2. 地下水向均质岩层中完整井的运动	63
一、完整抽水井	64
二、完整抽水井裘布衣公式的讨论	70
三、完整注水井	79
四、承压——无压井	79
§ 3. 地下水向层状构造的非均质含水层中的完整井的运动	80
§ 4. 地下水向直线边界附近的完整井的运动	81
一、半无限含水层	82
二、象限含水层	87
三、扇形含水层	89
四、条状(带状)含水层	91
五、矩形含水层	96
§ 5. 地下水向不完整井的运动	97
一、地下水向不完整井运动的特征	97
二、无限厚含水层中的承压不完整井	97
三、含水层厚度有限时的承压不完整井	102
四、潜水不完整井	103
§ 6. 干扰井	107
一、任意排列的干扰井群	107
二、直线排列的干扰井群	113
三、不完整干扰井	116
§ 7. 地下水向水平集水建筑物的运动	117
一、单个集水建筑物(排水渠、管, 集水管、廊道)的计算	117
二、二条平行水平排水渠的计算	119
三、排水渠系统的计算	120
第四章 地下水向集水建筑物运动的非稳定流理论	121
§ 1. 承压含水层中地下水向完整井的非稳定运动	121
一、基本方程	121
二、根据非稳定流抽水试验资料确定水文地质参数	134
三、当流量阶梯状变化时, 单井非稳定流的计算	147
四、降深不变时, 单井非稳定流的计算	148
五、直线边界附近的单井非稳定流计算	152
§ 2. 不考虑弱透水层贮存水的释放时, 半承压含水层中地下水向完整井 的运动	158
一、基本方程	159
二、根据抽水试验资料确定水文地质参数	163
三、降深不变时, 半承压含水层中单井的非稳定流计算	176

四、考虑非抽水含水层水位下降时, 单井非稳定流的计算	179
§ 3. 考虑弱透水层贮存水的释放时, 半承压含水层中地下水向完整井的 运动	185
一、基本方程	185
二、根据抽水试验资料确定水文地质参数	191
§ 4. 无压含水层中地下水向完整井的非稳定运动	195
一、考虑无压含水层迟后疏干的博尔顿法	195
二、考虑无压含水层各向异性和迟后反应的纽曼法	207
§ 5. 地下水向不完整井的非稳定运动	221
§ 6. 辐射井的非稳定流计算简介	225
§ 7. 井群干扰的非稳定流计算	228
一、群井抽水时降深的计算	228
二、根据群井抽水试验资料计算承压含水层水文地质参数的通用直线法	229
§ 8. 河渠附近地下水的非稳定运动	231
一、当河渠水位突然变化时, 河渠附近地下水的非稳定运动	231
二、当河渠水位等速升降时, 河渠附近地下水的非稳定运动	233
三、当地下水向河渠的排泄量(或河水的渗漏量)固定时, 河渠附近地下水的 非稳定运动	233
第五章 数值法在水文地质计算中的应用	237
§ 1. 有限差分法及其在水文地质计算中的应用	238
§ 2. 有限单元法的基本原理——变分原理	250
§ 3. 稳定流问题的有限单元法(里茨法)	255
§ 4. 非稳定流问题的有限单元法(里茨法)	266
§ 5. 非线性椭圆型方程和非线性抛物型方程的有限单元法	272
§ 6. 应用有限单元法解题的具体步骤	273
§ 7. 研究非稳定流问题的伽辽金法	280
§ 8. 利用水均衡原理推导非稳定流问题的有限单元法——单元均衡法	289
一、基本方程的建立	289
二、几何量的坐标表示	292
三、用坐标表示的水均衡方程	293
第六章 研究地下水运动的实验室方法	297
§ 1. 流网及其应用	297
§ 2. 电拟(电模拟)试验原理	300
§ 3. 连续介质电拟试验	301
一、模型材料	301
二、模型设计	302
三、测量原理和工作方法	304
四、试验成果整理	306
§ 4. 研究地下水稳定运动的电阻网模拟试验	307
一、基本原理	307

二、模型布置	309
三、工作方法	310
§ 5. 研究地下水非稳定运动的“R—C”网络模拟和“R—R”网络模拟	312
一、“R—C”网络模拟	312
二、“R—R”网络模拟	317
§ 6. 其它模拟方法	319

附录

I、求证无越流补给承压含水层中地下水向完整井的非稳定运动问题	323
II、求证不考虑弱透水层本身弹性释放时, 存在越流补给情况下, 半承压含水层中地下水向完整井的非稳定运动问题	327
III、求证无压含水层中地下水向完整井的非稳定运动问题	333
IV、格林公式	340
V、线性代数方程组的解法	342
一、改进平方根法 (LDL^T 法)	343
二、追赶法	348
三、叠代法	351
VI、坐标变换问题	353
VII、 Γ 函数	356
VIII、贝塞尔函数	359

附图

- 承压含水层中完整井定流量抽水时的 $W(u)——\frac{1}{u}$ 标准曲线
- 承压含水层中完整井定流量抽水时的 $W(u)——u$ 标准曲线
- 不考虑弱透水层贮存水释放, 半承压含水层中完整井定流量抽水时的 $F(u, \frac{r}{B})——\frac{1}{u} \left[\text{或 } F(u', \alpha)——\frac{1}{u'} \text{ 或 } F(u'', \frac{r}{B_1})——\frac{1}{u''} \right]$ 标准曲线
- 不考虑弱透水层贮存水释放, 半承压含水层中完整井抽水稳定状态时的 $K_0(\frac{r}{B})——\frac{r}{B}$ 标准曲线
- 考虑弱透水层贮存水释放, 半承压含水层中完整井定流量抽水时短时间的 $H(u, \beta)——\frac{1}{u}$ 标准曲线
- 无压含水层中完整井定流量抽水时的 $W(u_a, y, \frac{r}{D})——\frac{1}{u_a} \left(\text{或 } \frac{1}{u_y} \right)$ 标准曲线 (博尔顿法)
- 无压含水层中完整井定流量抽水时的 S_d-t_y (或 t_s) 标准曲线 (纽曼法)
- 无越流补给承压含水层中不完整井定流量抽水时的 $W(u, \frac{r}{M}, \frac{l}{M})——\frac{1}{u}$ 标准曲线

主要参考文献	369
--------------	-----

绪 论

地下水动力学是研究地下水在岩石孔隙、裂隙和溶洞中运动规律的科学，它是解决有关地下水定量评价和合理开发利用的理论基础。

能否正确地认识地下水的运动规律，获得符合实际的定量评价，将涉及地下水的合理开发利用和矿产资源的开采。例如，为城市和工矿企业的供水寻找地下水，不但要查明哪里有地下水，而且必须确定允许开采的水量有多少，以满足生产上的需要。因此，必须正确评价地下水资源，研究集水建筑物之间的相互干扰，以便合理布置集水建筑物。对于过量开采地下水而引起地面沉降的城市，还需要研究由此引起的一系列问题。

又如，我国北方广大农村地区，响应毛主席关于大办农业的伟大号召，大力开发利用地下水资源，旱改水，夺高产。怎样合理开发利用大面积的地下水资源，既充分利用地下水资源又不致于引起地下水资源的枯竭，是一个亟待解决的问题。

再如，为了更好地落实毛主席关于“开发矿业”的教导，大打矿山之仗，就需要妥善地处理采矿过程中碰到的地下水问题。大量涌水不仅会严重地影响采矿工作，甚至会造成淹井事故。有些矿产由于地下水问题没有解决，而暂时不能开采。因此，在矿床水文地质工作中，必须正确预测未来开采时流入矿坑的涌水量。

因此，不难看出：地下水运动规律的研究是水文地质工作的一个重要组成部分，必须给予应有的重视。

地下水运动规律的研究是以数学、物理学、水力学等学科的成就为基础，应用了数学计算、模拟试验等一系列研究方法。但是有必要指出，地下水是在天然地质体中运动的，所以研究时必须充分考虑当地的地质、水文地质条件。例如第四纪地层中孔隙水的运动和基岩裂隙——岩溶水的运动就大不相同。同样是第四纪沉积物中的孔隙水，广大堆积平原含水层中的地下水和山区河流古河床中地下水的运动又不一样。天然地质条件千变万化错综复杂，如果主次不分，样样都要考虑，势必无法计算。因此，必须对天然的地质、水文地质条件作出正确的抽象和简化，据此建立适当的数学模型。这种数学模型既要反映自然环境的主要特点，又要考虑到计算的需要和可能。这是地下水运动研究中的一个很重要的课题。正是由于这个原因，公式推导时往往引进了一些假设条件。学习和应用时，必须加以注意，以便合理地选用公式。实际工作中有时所以得出错误的计算结果，往往和不正确使用公式有关。即所选择的公式，它依据的假设条件不符合于所研究问题的实际情况。

我国和各国劳动人民在长期的生产实践中，积累了丰富的有关地下水运动的知识。十九世纪中叶，随着地下水的大规模开发利用，推动了水文地质学科的发展，开始出现现代的地下水动力学。1856年，法国人达西（Henri Darcy）在总结前人实践的基础上，通过试验提出了水在孔隙介质中渗透的线性渗透定律，即达西定律。稍后，裘布衣（J. Dupuit）以达西定律为基础，研究了单向和平面径向稳定运动，奠定了地下水稳定流理论的基础。以后地下水动力学的发展，在很长一段时间内，一直是沿着这条稳定流理论的道路前进的。地下水稳定流理论，对当时地下水动力学的发展和生产实践起过重要作用，直到今天

仍然有一定的实用价值，在一定的领域内还是有用的。稳定流理论所描绘的地下水运动是在一定条件下所达到的一种平衡状态，这种平衡状态被认为是不随时间而变化的。所以根据这一理论所建立的一系列公式有一个共同的特点，就是不包括时间这个变量。但是实际上由于天然的和人为的种种原因，地下水的实际运动状态总是在不断地发展、变化着。这种平衡是暂时的，相对的。所谓稳定只能说是在有限的时间段内的一种暂时的平衡现象。当地下水的变化极其缓慢时，可以近似地看作是一种相对的稳定状态。不稳定是绝对的，因而稳定流理论只能在某些特定条件下，解释地下水的运动状态，而无法说明从一种状态到另一种状态之间的整个发展过程。所以上述不包括时间这个变量的特点正是这种理论的最大缺陷，因而它的应用有很大的局限性。

过去，地下水开发利用的规模比较小，和地下水的天然补给量相比，开采量还是一个很小的数值，所以还可以近似地用稳定流理论来描述。现在，随着工农业生产的发展，地下水的开采规模越来越大，不少地区的地下水位年复一年地发生明显的持续下降。在补给条件很差的封闭的含水构造内抽水，即使开采规模不大，也会出现这种地下水位持续下降的情况，地下水的运动呈现明显的不稳定性。所以无论地下水的补给还是地下水的开采，它们本身也都不是一个稳定的过程。对于这些情况，采用稳定流理论来精确计算就有一定困难，因而必须要求有新的理论来研究地下水运动的这一变化、发展过程。生产实践中提出的这些问题再一次推动了地下水动力学向新的水平迈进，从而促进了非稳定流理论的发生和发展。从此，地下水动力学进入了一个新的发展阶段。最早的研究成果是1935年发表的泰斯 (C. V. Theis) 公式。五十年代雅柯布 (C. E. Jacob)、汉土什 (M. S. Hautush) 等人又研究了有越流补给的情况，接着出现了考虑无压含水层迟后反应、非完整井等情况下的解析解。同时把稳定流计算中已经行之有效的叠加原理、映射法应用到非稳定流计算中来，以解决井群干扰和边界的影响以及抽水流量呈阶梯式变化等非稳定流动问题。由此可见，非稳定流理论已发展到比稳定流理论更完善、更符合实际情况了。它的最大优越性在于可以用来描述地下水运动状态的这个发展、变化过程。当然也还有很多问题有待于进一步研究，例如非均质含水层和含水层的边界形状不规则的非稳定流动问题、既考虑弱透水层的弹性释放，又考虑非抽水含水层水位下降变化的越流非稳定流理论等等。

既然如此，那么稳定流理论是不是已毫无实用价值了呢？虽然自然界中一般说来不存在稳定流，但如前述，在天然条件下或抽水试验中，某些情况下还是可以看到十分接近于稳定流的情况，即 $\frac{\partial H}{\partial t} \rightarrow 0$ 的情况。所以，稳定流还是一个很有用的概念，在一些特定的领域内，如具有定水头补给边界的岛状含水层，有定水头含水层越流补给的半承压含水层，以及在地下水补给来源充沛，开采量远远小于天然补给量的地区，经过长时间抽水以后，在抽水井附近，稳定流理论还是有用的。由于根据稳定流理论建立的公式一般比较简单，使用也方便，所以凡是能用稳定流公式解决问题的地方，可以继续使用稳定流公式。但要严格注意应用范围。主要只能根据长期抽水的结果，利用抽水井附近观测孔的观测数据计算含水层的渗透系数。在开采量远小于天然补给量的地区，在已知含水层渗透系数的情况下，可以用它来预测不同抽水流量下抽水井内及其附近地区的水位降深或根据一定的降深预测抽水井的流量。显然，对于研究大规模开采后所引起的地下水动态变化，它是无能为力的。

最后应该指出，随着电子计算机的出现和广泛使用，六十年代中期以来，数值计算法在水文地质计算中得到了推广，解决了很多用解析法难以解决的复杂水文地质条件下的计算问题。这是一条具有广阔前景的途径。它的迅速发展和应用，不仅可以解决生产实践中提出的许多复杂问题，而且反过来必然会推动地下水动力学理论向新的高度发展。

虽然一百多年来，地下水动力学得到了很大的发展，但在很多方面，特别是裂隙、岩溶介质中地下水运动的基本规律问题，还远远不能满足生产发展的需要，有待人们去研究和解决。

解放以来，在毛主席和共产党的领导下，我国的地下水动力学获得了空前的发展，解决了工农业生产和国防建设中提出的一系列理论问题和实际问题。现在，我们伟大的社会主义祖国，在华国锋同志为首的党中央领导下，高举毛主席的伟大旗帜，正在朝气蓬勃地向前发展。开发、利用、改造地下水资源的生产实践和科学实验，正以前所未有的规模进行着。优越的社会主义制度，勤劳、智慧的劳动人民和科学工作者的实践，为地下水动力学的发展提供了极好的条件。我们相信，中国人民有志气、有能力，一定能在本世纪末把我国建设成为伟大的现代化的社会主义强国，赶上和超过世界先进水平，对人类作出较大的贡献。