

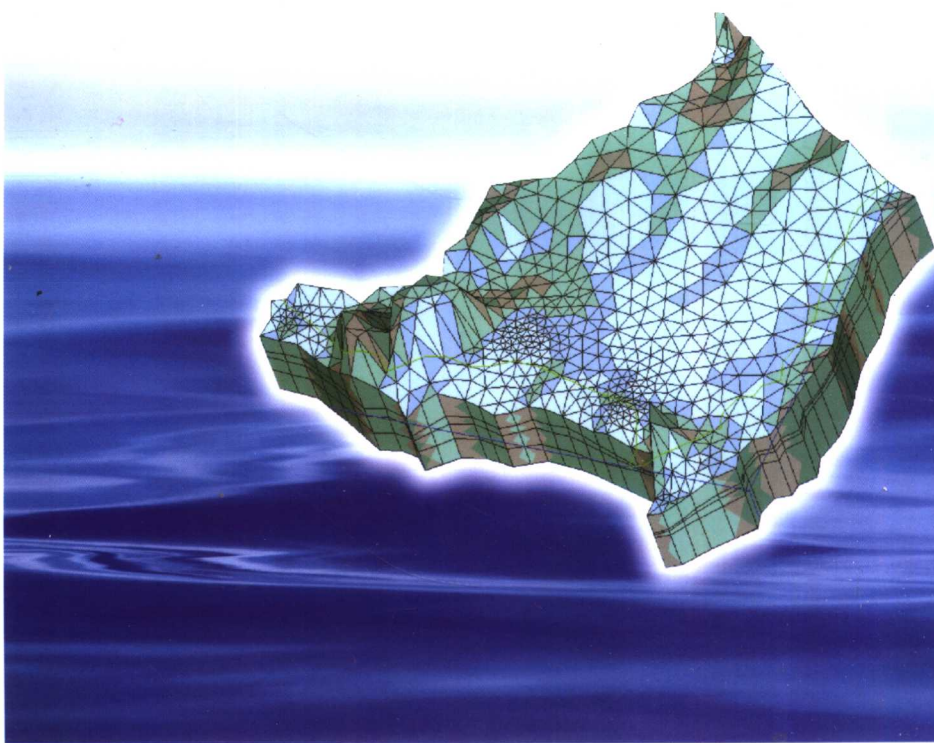


研究生国土资源类“十一五”规划教材

供水水文地质计算

● 李云峰 著

GONGSHUI SHUIWEN DIZHI JISUAN



地质出版社

长安大学教材出版经费资助
研究生国土资源类“十一五”规划教材

供水水文地质计算

李云峰 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

《供水水文地质计算》是在水文地质基本理论指导下,讲授供水水文地质计算方法的课程,其目的是使学生学会在水文地质理论指导下利用先进的计算机技术实现一系列繁琐、复杂的供水水文地质计算。教材涉及的主要计算问题包括多种条件下的潜水、承压水二维流、准三维流有限元水量计算问题、多种条件下的二维流解析法水量计算问题、多种条件下的抽水试验水文地质参数计算问题、预测方案中井内水位问题、水源地开采对环境影响评价问题、供水水质评价的有关计算与绘图问题、地下水污染评价有关的计算与绘图问题等。主要计算程序均逐段附有汉字注释,方便读者快速阅读、理解、甚至修改、调试源程序;大部分计算程序配有例题的完整原始数据文件、配套有一个用于检验计算是否正确的输出数据文件,便于读者上机练习。对于三维流数值计算,则简要介绍了当前在全世界使用最普遍的 MODFLOW、Visual MODFLOW、FEFLOW 三种软件,结合例题重点介绍了其使用、操作步骤,附有例题的全部原始数据。本书既可作为研究生教材,也可供水文地质技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

供水水文地质计算/李云峰著. —北京:地质出版社,
2007. 8

研究生教材

ISBN 978 - 7 - 116 - 05457 - 8

I. 供... II. 李... III. 供水水源 - 水文地质 - 计算机辅助计算 - 软件包, MODFLOW、VisualMODFLOW、FEFLOW - 研究生 - 教材 IV. P641 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 131795 号

责任编辑:陈 磊

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324565 (编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787 mm × 1092 mm $\frac{1}{16}$

印 张:16.75

字 数:410 千字

印 数:1—3000 册

版 次:2007 年 8 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:30.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-05457-8

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序 一

当今地下水水文学，即水文地质学的一个重要发展趋势是定量化、计算机化和智能化。虽然从 20 世纪 60 年代以来，我国在水资源评价中已逐步引进和发展了有限元和有限差分等数值方法，同时也出版了许多这方面的专著和译著，但还没有一本完全采用计算机方法解决供水水文地质计算问题的研究生教材。

李云峰教授多年从事地下水水文学的教学和研究工作，曾在国内外杂志上发表了大量关于供水水文地质计算的学术论文，受到专家的赞赏，其教学和科研成果得到公认和好评。李教授针对许多大学本科毕业生和研究生走上工作岗位仍不具备上机完成较复杂水文地质计算能力和不会自己动手编制常用水文地质计算程序、独立实现相应计算的局面，编著了这本《供水水文地质计算》研究生教材，不仅填补了国内的一个空白，而且具有理论意义和实用价值。

《供水水文地质计算》一书全面系统地介绍了供水水文地质计算中存在的主要计算问题，其中包括多种条件下的潜水、承压水二维有限元水量计算问题，多种条件下的二维流承压水解析法计算问题，多种条件下的抽水试验水文地质参数计算问题，预测方案中井内水位问题，水源地开采对环境的评价问题等。在三维流数值模拟计算中，简要介绍了当前在全世界普遍使用的 MODFLOW、Visual MODFLOW、FEFLOW 三种软件的使用和操作步骤。书中还列出了所有源程序和实例，可供读者使用。特别应当指出的是该书所特有的内容：第七章供水水质评价的计算问题，针对数十年来地下水对混凝土侵蚀评价方法中存在的两大缺陷：①水样间的侵蚀性指标没有可比性、不能独立地构成鉴定标准；②难以定量地绘制各类侵蚀分区图等，推出了多个新的判别式，包括两种分解性侵蚀判别式、一种结晶性侵蚀判别式、一种分解结晶复合性侵蚀判别式，实现了定量绘制各类侵蚀分区图的功能；第八章地下水污染评价有关的计算问题。

总之，该书系统性、逻辑性强，在学术方面有创新见解，文字简明通顺，极具可读性，是一本优秀著作和研究生教材。

李竞生

2007 年 4 月 30 日

序 二

供水水文地质学的重要任务就是对地下水的资源量及水质作出准确评价，随着计算机技术的快速发展，各种先进的计算方法被引入到了供水水文地质计算领域，这就要求水文地质工作者在掌握水文地质基本理论的同时，应能够熟练地使用相关的计算机技术，解决本专业领域的实际问题。遗憾的是，迄今为止，国内相关教材在地下水水质、水量评价及水文地质参数计算方面，多注重的是理论推导，对学生动手能力及计算机应用能力的培养则十分欠缺。

李云峰教授撰写的这本研究生教材——《供水水文地质计算》，全面系统地介绍了供水水文地质计算的主要问题，其中包括多种条件下潜水、承压水二维有限元的水量计算，多种条件下的二维流承压水解析法计算，多种条件下的抽水试验水文地质参数计算，预测方案中井内水位计算，水源地开采对环境的影响评价等，书中还介绍了当前在全世界普遍使用的三维流模拟软件 MODFLOW、Visual MODFLOW、FEFLOW 的功能及其使用和操作步骤。本教材的主要特点是：

(1) 结构严谨，思路清晰，层次分明，条理清楚，文字流畅，行文简练，文图引用恰当，图文并茂；

(2) 在教材内容上，作者紧密结合目前供水水文地质计算中的主要问题，不但对理论方法进行了深入浅出地讲解，同时配有大量的计算程序、计算实例，详细地讲解了计算程序的使用方法和步骤，强调了学生动手能力和计算机应用能力的培养；

(3) 把作者多年来科研工作的成果及经验引入到了教材中，可以说这本教材是作者几十年教学、科研和生产实际工作的结晶；

(4) 教材中对许多问题的讨论，具有很高的理论水平和独到的见解。

(5) 作者在教材中对供水水质评价及地下水污染评价的讨论，巧妙地解决了原评价方法难以绘图表示评价结果的问题，这是本教材独有的，在其他著作和教材中尚未见到类似论述。

总之，该书系统性、逻辑性、实用性强，在多方面有创新见解，是一部优秀的新编研究生教材。

钱 会

2007年5月13日

前 言

《供水水文地质计算》是在水文地质基本理论指导下,介绍供水水文地质计算方法的教材,其任务是使研究生学会在水文地质理论指导下利用先进的计算机技术实现一系列繁琐、复杂的供水水文地质计算,培养研究生上机进行科学计算的能力。这门课是一门理论性、实践性均很强的课程。

自从1945年计算机面世以来,人类开始迈进了“智能化社会”,尤其是1956年第一个高级语言FORTRAN问世以来,计算机技术迅猛发展,过去许多无法完成的复杂的科学计算得以实现,目前大量的水文地质计算也必须通过计算机来完成。由于课程及时间等因素,水文及水资源工程专业、水文地质专业、地下水科学与工程专业、环境工程专业的本科生,直到其毕业走上工作岗位,大部分仍不具备上机完成较复杂水文地质计算的能力;而刚考取水文学与水资源专业、地下水科学与工程专业的硕士研究生也没有摆脱此种状况。因此,在攻读硕士学位的阶段,必须非常重视研究生这项能力的培养。如果毕业后仍不能胜任水文地质专业较复杂的计算,这样的研究生,在走上工作岗位后是很难完成水文地质专业高层次生产和科学研究任务的。

尽管目前有大量成熟的、先进的、效率很高的水文地质计算软件供人使用,但是,作为经常从事复杂水文地质计算的高层次科技人员,在学会使用别人研制的、现成水文地质计算软件的同时,如果不能自己动手编制常用的水文地质计算程序实现相应的计算,则犹如只用一条腿走路,是十分不方便的。本教材的内容,着重培养研究生自己动手编制常用水文地质计算程序实现相应计算的能力。

本教材中的内容是作者最近二十多年来科研工作中的一部分研究内容,教材涉及的主要计算问题是供水水文地质必不可少的,其中包括多种条件下的潜水、承压水二维流、准三维流有限元水量计算问题、多种条件下的二维流解析法水量计算问题、多种条件下的抽水试验水文地质参数计算问题、预测方案中井内水位问题、水源地开采对环境影响的评价问题、供水水质评价的有关计算与绘图问题、地下水污染评价有关的计算与绘图问题,等等。对于三维流数值计算,则简要介绍了当前在全世界使用最普遍的MODFLOW、Visual MODFLOW、FEFLOW三种软件,对Visual MODFLOW、FEFLOW还结合例题重点介绍了其使用、操作步骤,附有例题的全部原始数据;上述内容均是水文学与水资源专业、地下水科学与工程专业的硕士生必须掌握的。

教材中列出的所有源程序全部由作者编制并经过多次使用无误后从FORTRAN90编辑窗口中用拷贝命令直接复制到本书稿的电子文档中的,当读者把书中源程序输入到空白的FORTRAN90编辑窗口中后,可直接存盘、编译、顺利地生成*.exe应用程序,投入运

行。主要计算程序均逐段附有汉字注释，方便读者快速阅读、理解，甚至修改、调试源程序；大部分计算程序配有例题的完整原始数据文件、配套有一个用于检验计算是否正确的输出数据文件，便于读者上机练习。

全书共分八章，第五章几种三维流数值计算软件的简要介绍由万伟锋博士翻译编写、李云峰修改（其中的“5.1.4 MODFLOW 在我国西北地区的一个应用实例”由李云峰完成）；其他七章，包括全部源程序的编制、配套例题、插图的绘制，均由李云峰完成。

本教材初稿完成之后，承蒙煤炭科学研究总院西安研究院博士生导师李竞生教授、长安大学博士生导师钱会教授审查，他们提出了宝贵的修改意见并为本书写了序，在此表示衷心地感谢！

本教材为长安大学 2006 年度立项教材，得到了长安大学教材出版经费资助，在此表示感谢！

教材排版印刷过程中，作者的学生万伟锋博士、付晓刚硕士、张希雨硕士、何建军硕士、郭婷婷硕士参与了书稿的校对工作，在此一并表示感谢！

因编写匆忙，不尽如人意之处在所难免，敬请读者谅解。

作者 李云峰
2007 年 6 月于西安

目 次

序 一
序 二
前 言

1 利用抽水试验资料计算水文地质参数	1
1.1 抽水试验可以确定的水文地质参数	1
1.2 传统方法计算水文地质参数的局限性	2
1.3 计算机求解水文地质参数的方法和步骤	2
1.4 承压含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 、 R 值	3
1.4.1 适用条件及计算公式	3
1.4.2 计算程序	3
1.4.3 例题	4
1.5 潜水含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 、 R 值	4
1.5.1 适用条件及计算公式	4
1.5.2 计算程序	4
1.5.3 例题	5
1.6 承压含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 值	5
1.6.1 适用条件及计算公式	5
1.6.2 计算程序	6
1.6.3 计算程序配套用“查表”数据文件	6
1.6.4 例题	6
1.7 潜水含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 值	7
1.7.1 适用条件及计算公式	7
1.7.2 计算程序	7
1.7.3 计算程序配套用“查表”数据文件	8
1.7.4 例题	8
1.8 泰斯公式迭代法计算 T 、 S 值	8
1.8.1 适用条件及计算公式	8
1.8.2 计算程序	10
1.8.3 例题	11
1.9 泰斯公式用收敛级数求解 T 、 S 值	12
1.9.1 适用条件及计算公式	12
1.9.2 计算程序	13
1.9.3 例题	14
1.10 雅可布公式计算 T 、 S 值	15

1.10.1	适用条件及计算公式	15
1.10.2	计算程序	16
1.10.3	例题	16
1.11	根据稳定流抽水试验资料计算 $Q-S$ 曲线	17
1.11.1	适用条件及计算公式	17
1.11.2	计算程序	18
1.11.3	例题	20
2	二维流解析法水量计算问题	21
2.1	解析法适用条件及注意事项	21
2.1.1	解析法适用条件	21
2.1.2	解析法选用计算公式的注意事项	21
2.2	干扰井群法计算的有关问题	22
2.2.1	干扰井群法适用条件	22
2.2.2	干扰井群法基本原理	22
2.2.3	干扰井群法评价步骤与方法	23
2.3	无越流情况下二维流承压水解析法计算	24
2.3.1	适用条件及计算公式	24
2.3.2	计算程序	24
2.3.3	计算所需原始数据文件	26
2.3.4	计算结果	27
2.4	有越流情况下二维流承压水解析法计算	28
2.4.1	适用条件及计算公式	28
2.4.2	计算程序	28
2.4.3	计算所需原始数据文件	31
2.4.4	计算结果	33
2.5	傍河潜水含水层二维流解析法计算	34
2.5.1	适用条件及计算公式	34
2.5.2	计算程序	34
2.5.3	例题	37
3	二维流数值法水量计算问题	44
3.1	数值法水量计算概述	44
3.1.1	数值法水量计算的适用条件	44
3.1.2	数值法水量计算所需资料	44
3.1.3	数值法水量计算的步骤	45
3.2	承压含水层二维流有限元水量计算问题	46
3.2.1	无越流的承压含水层	46
3.2.2	有潜水及深层水越流的承压含水层	58
3.3	潜水含水层二维流有限元水量计算问题	67

3.3.1	潜水水源地内没有常年性河流、不考虑越流	68
3.3.2	潜水水源地有河流边界,有承压水越流	94
4	多层结构准三维流有限元水量计算	125
4.1	水文地质概念模型	125
4.2	地下水流模型的建立	125
4.3	计算程序	127
4.4	计算所需原始数据文件	137
4.5	计算结果	148
5	几种三维流数值计算软件的简要介绍	150
5.1	MODFLOW 简介	150
5.1.1	MODFLOW 的发展及应用范围	150
5.1.2	MODFLOW 的特点	151
5.1.3	MODFLOW 子程序包功能	152
5.1.4	MODFLOW 在我国西北地区的一个应用实例	152
5.2	Visual MODFLOW 简介	155
5.2.1	Visual MODFLOW 概述	155
5.2.2	通过实例介绍 Visual MODFLOW 的应用及操作步骤	155
5.3	FEFLOW 简介	177
5.3.1	FEFLOW 地下水模拟软件系统简介	177
5.3.2	应用实例	180
5.4	Visual MODFLOW 与 FEFLOW 共用实例的数据文件	199
6	预测方案中井内水位问题及水源地开采对环境的影响问题	210
6.1	井损问题	210
6.1.1	潜水的井损问题	210
6.1.2	承压水的井损问题	213
6.2	计算有限元法内阻问题的 Prickett 公式	216
6.3	预测方案中井内水位的计算	216
6.4	水源地开采对相邻水源地影响的评价	216
6.4.1	潜水开采对相邻水源地影响的评价	216
6.4.2	承压水开采对相邻水源地影响的评价	217
6.5	水源地开采潜水对农业灌溉影响的评价	217
7	供水水质评价有关的计算问题	218
7.1	锅炉用水水质评价的计算问题	218
7.1.1	成垢作用的计算公式及评价标准	218
7.1.2	起泡作用的计算公式及评价标准	219
7.1.3	腐蚀作用的计算公式及评价标准	219
7.1.4	锅炉用水水质评价的计算程序	219
7.1.5	锅炉用水水质评价的计算实例	220

7.2	工程建设用水水质评价	222
7.2.1	分解性侵蚀	222
7.2.2	分解结晶复合性侵蚀	232
7.2.3	结晶性侵蚀评价	236
7.3	农业灌溉用水水质评价	241
7.3.1	农业用水评价方法及标准	241
7.3.2	农业用水评价的计算程序	241
7.3.3	农业用水评价的计算实例	242
7.4	地下水质量综合评价	243
7.4.1	地下水质量评价方法及计算公式	243
7.4.2	地下水质量评价的计算程序	244
7.4.3	地下水质量评价的计算实例	246
8	地下水污染评价有关的计算问题	251
8.1	地下水污染现状的概念	251
8.2	地下水污染现状分区的有关计算问题	251
8.2.1	地下水污染现状评价方法及计算公式	251
8.2.2	地下水污染现状评价的计算程序	252
8.2.3	地下水污染现状评价的计算实例	254
	主要参考文献	256

1 利用抽水试验资料计算水文地质参数

1.1 抽水试验可以确定的水文地质参数

抽水试验是获取多项水文地质参数最直接、最可靠、最常用的手段。通过不同性质（稳定流还是非稳定流）、不同场地配置（带观测孔还是不带观测孔、带几个观测孔）、不同试验方案（稳定流抽水试验布置几个落程、要求稳定的时间，非稳定流抽水试验抽水延续的时间）的抽水试验，可以分别获取含水层渗透系数 K 、影响半径 R 、承压含水层导水系数 T 、压力传导系数 a 、弹性储水（释水）系数 S 等参数^[1-4]。

利用抽水试验资料分别求取上述水文地质参数时，其繁简、难易程度差别较大。一般而言，稳定流抽水试验资料能求取的水文地质参数少且计算简单，例如在无界承压含水层中，一个主孔抽水、布置有两个观测孔的稳定流抽水试验，可借助下式利用其抽水试验资料计算含水层渗透系数 K ：

$$K = \frac{Q}{2\pi M(s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (1-1-1)$$

式中： K 为渗透系数（m/d）； Q 为抽水试验主井的稳定涌水量（m³/d）； M 为承压含水层厚度（m）； s_1 为观测孔 1 的稳定水位降深（m）； s_2 为观测孔 2 的稳定水位降深（m）； r_1 为观测孔 1 的主距，即观测孔 1 的孔心到主孔孔心的距离（m）； r_2 为观测孔 2 的主距，即观测孔 2 的孔心到主孔孔心的距离（m）。

这个计算就很简单，可以不用编制计算程序，在抽水试验现场用计算器就可完成计算。

但是，有一些稳定流抽水试验资料求取水文地质参数的计算就不像上式那么简单。例如无界承压含水层，一个主孔抽水、没有观测孔的稳定流抽水试验，则须借助下边两个公式利用其抽水试验资料计算含水层渗透系数 K 及影响半径 R ：

$$K = \frac{Q}{2\pi M s_w} \ln \frac{R}{r_w} \quad (1-1-2)$$

$$R = 10s_w \sqrt{K} \quad (1-1-3)$$

式中： R 为抽水试验的影响半径（m）； s_w 为主孔的稳定水位降深（m）； r_w 为主孔的井半径（m）；其他各符号含义同前。

这个计算就不那么简单了，因为用到的两个公式中，各包含有两个未知数，不能用解方程组的方法求其解，需用逐渐逼近、多次迭代的方法求其近似解。用计算器虽然也可完成计算，只是要反反复复地迭代计算若干次，所以，最好编制计算程序来完成计算。

比这更为复杂的求取水文地质参数的计算还有，像非稳定流抽水试验资料求取水文地质参数。举例：无界承压含水层，一个主孔定流量抽水，在距主孔 r 处观测降深历时值 $t_i - s_i$ （ $i=1, 2, \dots, n$ ）；则利用下面的泰斯公式计算含水层参数 T 、 S ：

$$s = \frac{Q}{4\pi T}W(u) \quad u = \frac{Sr^2}{4Tt} \quad (1-1-4)$$

式中： T 为承压含水层导水系数（ m^2/d ）； u 为泰斯井函数自变量； S 为承压含水层弹性储水（释水）系数（量纲为一）； $W(u)$ 为泰斯井函数， $W(u) = \int_u^\infty \frac{1}{y} e^{-y} dy$ ； Q 为抽水试验主井的稳定涌水量（ m^3/d ）。

用计算器是无法完成这个计算的，因为其中涉及被称为泰斯井函数的一个指数积分 $\int_u^\infty \frac{1}{y} e^{-y} dy$ 。过去，泰斯公式计算含水层参数传统通用的方法有配线法——又称为标准曲线对比法，还有直线图解法。

1.2 传统方法计算水文地质参数的局限性

如前所述，利用泰斯公式计算含水层参数传统的方法有配线法——又称为标准曲线对比法，还有直线图解法。其中的配线法又分为降深—时间配线法、降深—时间、距离配线法等多种。这些方法对于计算含水层参数是行之有效的，解决了由于把抽水试验资料直接代入泰斯公式计算含水层参数时难以逾越的繁琐计算的难题。用配线法代替了繁琐的计算，使含水层参数的确定得以完成。

但是，这种配线法有着很大的局限性，配线法求参数都需要在透明的对数坐标纸上把抽水试验资料按照相应的标准曲线的形式绘制成曲线，再与标准曲线进行对比，找出包括待求参数的几个关系式，然后再计算出参数之值^[1]。属于直线图解法的 $s - \lg t$ 直线图解法、 $s - \lg(t/r^2)$ 直线图解法等多种，也都需要在单对数坐标纸上把抽水试验资料绘制成相应的曲线，找出包括待求参数的几个关系式，然后再计算出参数之值。

可以看出，无论是配线法还是直线图解法，都需要先把抽水试验资料在坐标纸上绘制成相应的曲线，然后再找出几个关系式，最后再计算出待求的参数之值。这些绘制曲线的工作完全是手工劳动，计算过程完全依靠人的双手绘点、连线、配线、记录数据、代入公式计算，不但步骤烦琐、工作量大、工作效率低，难以实现批量化、自动化生产，而且抽水试验资料绘制曲线、配线、找点等过程中，人为误差难以避免，有出现错误的可能。

1.3 计算机求解水文地质参数的方法和步骤

在这一章中，我们将通过编制计算程序通过计算机实现水文地质参数的计算，比如上一节的泰斯公式计算含水层参数，将通过编制计算程序来直接把非稳定流抽水试验资料代入泰斯公式的级数表达式中求解水文地质参数，彻底解放手工劳动，使水文地质参数的计算实现批量化、自动化。不但省去了大量的手工工作，方便、快捷，而且只要计算程序无误、录入原始数据准确，计算结果是绝对可靠的。退一步讲，即使录入的原始数据有误，因为原始数据是通过数据文件输入计算程序的，也是容易检查、便于纠正、方便重新运行程序输出计算结果的。

计算机求解水文地质参数一般经过下面的几个步骤：

(1) 整理抽水试验原始资料，录入试验数据：把抽水试验现场记录的原始资料整理、

分析,全部录入计算机,绘制成相应的表格、曲线。

(2) 选择合适的计算公式:按照含水层是否承压、抽水试验主孔的性质(完整井、非完整井)、是否有观测孔及观测孔的个数、抽水试验是否呈稳定状态等条件,选择合适的计算公式。

(3) 编制计算程序:以已选用的计算公式为核心、以抽水试验原始数据为依据,编制计算程序。

(4) 录入计算程序配套的表格数据:这里不是指抽水试验的原始数据,而是不受抽水试验影响的、计算公式中需要查表获取的某些理论数据或经验数据,例如“1.6 承压含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 值”与“1.7 潜水含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 值”中均用到的表 1-6-1 “根据单位涌水量确定影响半径 R 经验值一览表”,需要在计算程序运行前就事先录入计算机、等待调用。

(5) 检验程序计算结果的正确性:用已知计算结果的抽水试验资料代入程序进行计算,检验程序的计算结果是否正确。

(6) 把抽水试验数据按计算程序调用的格式编辑成数据文件,并用计算程序调用的名称存盘。

(7) 运行程序进行计算。

本章中,除了像泰斯公式计算含水层参数这样的较复杂计算之外,对几个用计算器就可以计算的简单的求参公式,也编制了简单的计算程序、给出了例题及计算结果供读者练习之用,目的是用最简单的计算作为开头,使读者先尝试到成功的喜悦,增添学习的兴趣和信心,为后面的复杂计算奠定基础。

1.4 承压含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 、 R 值

1.4.1 适用条件及计算公式

本程序适用于无界承压含水层,一个主孔抽水、没有观测孔的稳定流抽水试验,利用稳定流抽水试验资料计算含水层渗透系数 K 及影响半径 R ,计算公式如下:

$$K = \frac{Q}{2\pi Ms_w} \ln \frac{R}{r_w} \quad (1-4-1)$$

$$R = 10s_w \sqrt{K} \quad (1-4-2)$$

式中: R 为抽水试验的影响半径 (m); 其他各符号含义同前。

1.4.2 计算程序

```
c name: zwcl.for, 承压含水层稳定流单孔抽水试验计算 K、R 值
c 计算公式: K=Q/(2πMs_w)ln(R/r_w) R=10s_w√K
open(1,file='qm421.txt')
read(1,*)q,am,rw,sw
close(1)
R0=500
ak0=1000
20 ak=q/(2*3.1415926*am*sw)*alog(R0/rw)
```

```

R = 10 * sw * sqrt(ak)
wk = abs(ak - ak0)
if( wk. le. 0. 01) goto 30
ak0 = ak
R0 = R
goto 20
30  write( *, * ) 'k = ', ak, '(m/d)      R = ', R, 'm'
    open(1, file = 'k421. txt')
    write(1, * ) ' Q(m3/d) M(m) rw(m) ',
* ' sw(m) R(m) k(m/d)'
    write(1, 10) q, am, rw, sw, R, ak
    close(1)
10  format(4f8. 2, f8. 0, f10. 2)
    stop
    end

```

1. 4. 3 例题

某承压含水层厚 100m，均质等厚、各向同性、水平无限延伸，布置一个单孔抽水试验，主孔井半径为 0. 15m，用 2000m³/d 的流量抽水，水位稳定后主孔的水位降深为 5m，试计算含水层的渗透系数。

1. 4. 3. 1 抽水试验原始数据文件

首先，按照 zwc1. for 的要求，编辑数据文件 qm421. txt 如下：

```

2000. 00      100. 00      . 15      5. 00
Q (m3/d)      M (m)      rw (m)      sw (m)

```

1. 4. 3. 2 计算结果

录入 zwc1. for 源程序，调用 fortran 软件对 zwc1. for 进行编译链接，生成 zwc1. exe 文件；运行 zwc1. exe 文件，得到输出文件 k421. txt，击开后显示如下^[5-7]：

```

Q (m3/d)      M (m)      rw (m)      sw (m)      R (m)      K (m/d)
2000. 00      100. 00      . 15      5. 00      102.      4. 15

```

即含水层的渗透系数 K 等于 4. 15m/d，影响半径 R 为 102m，计算结束。

1. 5 潜水含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 、 R 值

1. 5. 1 适用条件及计算公式

本程序适用于无界潜水含水层，一个主孔抽水，没有观测孔的稳定流抽水试验，利用稳定流抽水试验资料计算含水层渗透系数 K 及影响半径 R ，计算公式如下：

$$K = \frac{Q}{\pi(2h_0 - s_w)s_w} \ln \frac{R}{r_w} \quad (1-5-1)$$

$$R = 2s_w \sqrt{h_0 K} \quad (1-5-2)$$

式中： h_0 为潜水含水层厚度 (m)，其他各符号含义同前。

1. 5. 2 计算程序

c name: zwq1. for, 潜水含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 、 R 值

```

c 计算公式:  $K = Q / (\pi(2h_0 - sw)sw) \ln(R/rw)$   $R = 2sw \sqrt{h_0 K}$ 
open(1, file = 'qm422. txt')
read(1, *) q, h0, rw, sw
close(1)
R0 = 500
ak0 = 1000
20 ak = q / (3. 1415926 * (2 * h0 - sw) * sw) * alog(R0/rw)
R = 2 * sw * sqrt(h0 * ak)
wk = abs(ak - ak0)
if(wk. le. 0. 01) goto 30
ak0 = ak
R0 = R
goto 20
30 write(*, *) 'k = ', ak, ' (m/d)      R = ', R, 'm'
open(1, file = 'k422. txt')
write(1, *) ' Q(m3/d) h0(m) rw(m) ',
* 'sw(m) R(m) k(m/d) '
write(1, 10) q, h0, rw, sw, R, ak
close(1)
10 format(4f8. 2, f8. 0, f10. 2)
stop
end

```

1. 5. 3 例题

某潜水含水层厚 42m, 均质等厚、各向同性、水平无限延伸, 布置一个单孔抽水试验, 主孔井半径为 0. 2m, 用 3853m³/d 的流量抽水, 水位稳定后主孔的水位降深为 5. 18m, 试计算含水层的渗透系数。

1. 5. 3. 1 抽水试验原始数据文件

首先, 按照 zwq1. for 的要求, 编辑数据文件 qm422. txt 如下:

```

3853          42. 00          0. 2          5. 18
Q (m3/d)    h0 (m)          rw (m)          sw (m)

```

1. 5. 3. 2 计算结果

录入 zwq1. for 源程序, 调用 fortran 软件对 zwq1. for 进行编译链接, 生成 zwq1. exe 文件; 运行 zwq1. exe 文件, 得到输出文件 k422. txt, 击开后显示如下:

```

Q (m3/d)    h0 (m)          rw (m)          sw (m)          R (m)          K (m/d)
3853. 00     42. 00          . 20           5. 18          316.          22. 12

```

即含水层的渗透系数 K 等于 22. 12m/d, 影响半径 R 为 316m, 计算结束。

1. 6 承压含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 值

1. 6. 1 适用条件及计算公式

本程序适用于无界承压含水层, 一个主孔抽水, 没有观测孔的稳定流抽水试验, 利用稳定流抽水试验资料计算含水层渗透系数 K , 计算公式如下:

$$K = \frac{Q}{2\pi Ms_w} \ln \frac{R}{r_w} \quad (1-6-1)$$

式中：各符号含义同前。

与“1.4 承压含水层稳定流单孔抽水试验计算 K 、 R 值”不同的是，影响半径 R 没有采用经验公式确定，而是根据单位涌水量采用查表的方法来确定（表 1-6-1）。

表 1-6-1 根据单位涌水量确定影响半径 R 经验值一览表

单位涌水量 / ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)	100 ~ 7.2	7.2 ~ 3.6	3.6 ~ 1.8	1.8 ~ 1.2	1.2 ~ 0.7	0.7 ~ 0
影响半径 / m	400	200	75	38	18	8

1.6.2 计算程序

c name: zwc2. for, 无界承压含水层稳定流单孔抽水试验计算渗透系数

c 计算公式: $K = Q / (2\pi Ms_w) \ln(R/r_w)$

```

dimension qq(7),rl(7)
open(1,file='qm421.txt')
read(1,*) q,am,rw,sw
close(1)
open(1,file='qr423.txt')
read(1,*)(qq(i),rl(i),i=1,7)
close(1)
q1 = q/sw/24
do 40 i=1,7
if(q1.le.qq(i).and.q1.gt.qq(i+1)) goto 50
40 continue
50 r = rl(i+1)
aK = q/(2*3.1415926*am*sw)*alog(r/rw)
30 write(*,*) 'K=',aK,'(m/d)      R=',r,'m'
open(1,file='K423.txt')
write(1,*) ' Q(m3/d) m(m)      rw(m)',
* ' sw(m) R(m) K(m/d)'
write(1,10) q,am,rw,sw,r,aK
close(1)
10 format(5f10.2,f10.2)
stop
end

```

1.6.3 计算程序配套用“查表”数据文件

即计算程序根据单孔抽水试验单位涌水量到表 1-6-1 中查对应的影响半径 R 值的数据文件 qr423.txt，简称“查表”数据文件，该查表数据文件 qr423.txt 应当与计算程序 zwc2. for 密不可分，缺少 qr423.txt 时 zwc2. for 无法运行。

编辑查表数据文件 qr423.txt 如下：

100 400 7.2 200 3.6 75 1.8 38 1.2 18 0.7 8 0 0

1.6.4 例题

例题及抽水试验原始数据文件同 1.4.3。