

全国煤炭系统
首届青年地学工作者学术会议
优秀论文集

中国矿业大学、中国煤田地质总局、中国煤炭学会

吉林大学出版社

内容提要

由中国矿业大学、中国煤田地质局、中国煤炭学会联合举办的“全国煤炭系统首届青年地学工作者学术会议”于1990年12月10~13日在中国矿业大学召开。参加这次会议的177名代表分别来自地勘、煤矿、科研、高等院校等40多个单位，有151篇论文在大会上作了交流。经过煤炭系统17位著名专家教授严格认真的评审，选出了30篇优秀论文和20篇表扬论文。为了向社会展示青年人的成果，并根据多方面的要求，决定将这些论文公开出版。

本书所收集的论文内容涉及到煤田地质、水文地质与工程地质、矿井地质、物探、矿山测量等学科，反映了煤炭系统青年地学工作者近年来在生产和科研中取得的最新成果，其中不少论文还具有较高的学术理论水平。

编 委 会

主任委员：陈江中

副主任委员：沈树忠 张延庆

编委(按姓氏笔划为序)

王宏进 邓喀中 刘建华 张延庆

沈树忠 陈江中 徐志斌 崔若飞

优秀论文评审委员会成员 (17人)

钮锡锦 教授级高级工程师

景玉龙 教授级高级工程师

沈文 教授

邵震杰 教授

何锡麟 教授

陆国桢 教授

王熙曾 教授级高级工程师

叶贵钧 教授级高级工程师

管海晏 高级工程师

贾喜山 高级工程师

张国良 副教授

杨启明 高级工程师

李志鹏 教授

何国清 副教授

项远法 高级工程师

闫冰夷 高级工程师

徐龙 副教授

中国煤炭学会

中国煤田地质总局

中国矿业大学

中国矿业大学

中国矿业大学

中国矿业大学

煤炭科学院西安地勘分院

中国煤田地质总局

西安煤田航测遥感公司

煤炭科学院西安地勘分院

中国矿业大学

中国煤田地质总局

中国矿业大学

中国矿业大学

煤炭科学西安地勘分院

中国煤田地质总局

淮南矿业学院

前 言

1989年10月,中国矿业大学和中国煤田地质总局的几位青年同志发起组织的煤炭系统青年地学工作者学术会议,以交流青年地学工作者近年来的科研成果和科技实践。在酝酿和筹备过程中,他们找到中国煤炭学会,要求给予支持。中国煤炭学会作为煤炭科技工作者的学术性群众团体,支持青年科技工作者开展学术活动,为青年科技工作者在科技实践中脱颖而出创造条件是自己的职责,因此,乐意做为支持单位,同时作为支持单位的有中国矿业大学和中国煤田地质总局。

1990年12月在中国矿业大学召开了首届青年地学工作者学术会议。参加这次会议的来自40多个单位的代表177名,收到论文193篇,会议论文涉及到地质、水文工程地质、物探、矿山测量等领域,反映了煤炭系统青年地学工作者近年来在生产、科研中取得的最新成果,有的论文有较高学术水平和实用价值。

这次会议聘请了17名专家教授作为论文评审委员,评审出30篇优秀论文和20篇表扬论文,并对优秀论文作者进行了奖励。会后决定编辑出版这本论文选集。

这次会议为青年科技工作者提供了一个新成果发表、新观点探讨和新思想争鸣的论坛,加强了青年地学工作者之间的接触、交流、合作和了解。会议学术思想活跃,讨论热烈,报告内容广泛、新颖,有一定深度。

应当指出的是,这次会议从发起,争取支持单位,筹集资金,论文征集、论文筛选和评审,会议组织、接待、编辑出版论文选集等都是青年同志一手操办的,不难想象,遇到的困难是很多的,一些问题的难度是很大的,但他们发挥了最大的主观能动性,克服了一个个困难,解决了一个个难题,终于较好地完成了任务。

培养、发现和推荐青年科技人才是全社会的任务,中国煤炭学会将和社会各界配合,在建立一个全社会关心、重视青年科技人才培养和成长的良好社会环境和机制中作出自己的努力。

当前人类社会正在动荡和不安中迎接世纪之交,这是一个极富挑战又充满机会的特定历史时期,时代呼唤科学,科学呼唤青年。青年科技工作者正在成为和将要成为我国在新旧世纪交替时期的科技骨干和栋梁,肩负着光荣而艰巨的历史使命,任重而道远。

青年科技工作者朝气蓬勃,思想活跃,锐意改革,代表着未来和希望。青年一定能开创美好的未来,而我们伟大的祖国将为未来造就青年一代。

中国煤炭学会秘书处

1992. 5

目 录

水文地质与工程地质

1. 地下水资源中长期预测模型的研究 陈江中 (2)
2. 煤矿软岩的蠕变特征研究 彭向峰 米金科 (9)
3. 应用模糊数学法划分矿井水文地质类型的探讨 廖述荣 (15)
4. 解非稳定问题的时间差分边界元法 冷广升 王宏进 (22)
5. 徐州某煤矿塌陷区环境治理研究 葛中华 白海波 (29)
6. 岩溶水资源预测的一种新方法——随机模拟“CLD”模型简介
杜兵建 陈江中 刘修明 (34)
7. 地下水随机约束管理模型 虎维岳 (39)
8. 多源信息拟合方法在矿井底板突水预测中的应用 孙亚军 (44)
9. 论微山湖区水文地质条件的南北差异 王永红 (49)
10. 郑庄煤矿煤层黄泥化及其水文地质意义研究 贝怀成 (56)

测量与物探

11. 陀螺经纬仪定向计算模型的联系与统一 张海祥 (62)
12. 断层走向的统计分析 汪元甲 黄广龙 (73)
13. 综采覆岩移动与破坏规律的初探 康永华 (80)
14. 煤矿井下电测深理论曲线的正演模拟技术 岳建华 (91)
15. 矿山开采沉陷环境影响评价方法 郭广礼 (96)
16. 带压开采中煤层底板破坏综合物探测试 程久龙 于师健 (102)
17. 地震地层学在成煤环境研究中的应用 刘建华 (108)

煤田地质与勘探

18. 遥感技术在湖南省雪峰隆起东南部
煤田地质研究中的应用及效果 邹远跃 (117)
19. 华北聚煤区南部推(滑)覆构造与找煤方向 曹代勇 (125)
20. 定量研究煤田构造复杂程度的方法探讨 刘仰露 (133)
21. 鲁西壳内磁性界面计算与分析 刘代志 (140)
22. 湖南涟源凹陷东部叠瓦冲断带的基本特征 徐志斌 云武 (150)
23. 矿井构造信息的多重统计及其预测 徐凤银 段保鑫 (155)
24. 禹县煤田新峰一矿二₃煤层的研究 刘庆献 (162)
25. 华北聚煤区南部的对流型古地热煤变质系统 钟宁宁 曹代勇 (170)
26. 抚顺煤盆地煤系地化特征及煤层甲烷气赋存规律研究 王杰 (177)

27. 晋城矿区石炭二叠纪聚煤规律及沉积环境	郭国胜.....	(185)
28. 湘中下石炭统沉积旋回及其氧、碳稳定同位素证据	邵龙义 张鹏飞	(192)
29. 环境变化与华南二叠纪末生物绝灭事件的关系	沈树忠 张小萍 玄承锦	(198)
30. 内蒙古霍林河煤田霍林河组下含煤段植物群研究	崔金钟.....	(205)
31. 矿井地质条件分类中褶皱类别的研究	刘文平.....	(210)
32. 煤田断裂构造微观变形特征研究	姜波.....	(215)
33. 层间构造	向军.....	(222)
34. 赣中西部晚三叠世聚煤盆地形成的构造条件	吴基文.....	(230)
35. 蚌埠隆起的时代含义、演化历史与控制作用	李东平 江汉铨 程爱国	(236)
36. 京西石炭二叠系煤变质成因及煤的亚类划分	李盛林 冯彩霞.....	(241)
37. 晋中北石炭系碳酸盐岩沉积环境及成岩作用	郭英海.....	(248)
38. 淄博煤田临淄区晚石炭世火山碎屑中 鲕类化石的发现及其意义	张景宗.....	(255)

水文地质与工程地质

地下水资源中长期预测模型的研究

陈江中

(中国矿业大学地质系)

地下水资源的中长期预测是水文地质学研究的主要内容之一。但到目前为止,这个问题还没有得到圆满解决。目前采用的方法主要是数值法(有限单元法、边界单元法等)和解析法,它们都是确定性模型。但是实际的地下水资源是受多种因素控制和影响的,这些因素中有相当一部分是随机的、不确定的。当这些随机因素对地下水资源的形式起主导作用或其对地下水资源变化过程的影响不容忽视时,确定性模型的计算结果将不能反映实际情况,从而造成较大的误差。

另外,当研究区域的面积较大时(几百平方公里以上),由于基础水文地质资料不足,或由于经济等原因不能进行详细水文地质勘探,就很难再应用数值法进行地下水资源预测了。在这种条件下,其它方法(如均衡法)也不能进行中长期预测工作。因此有必要研究和寻找一种可行的地下水资源中长期预测的理论和方法。

一、地下水资源形成的基本类型

对任意地下水资源系统而言,其输入(P)和输出(Q)都存在着图1所示的关系。



图1 地下水资源系统输入输出关系图

一般地,输入项 P 包含大气降水,河流渗漏等,输出项又包含地下水排泄量,人工开采量等。

对输入项 P 而言,由于河流也接受大气降水的补给,所以大气降水是输入项最主要的成分,这样就可以将输入项仅视为大气降水入渗,而其它因素(如河流渗漏等)的影响可在资源转化系数中综合反映出来。这样处理的目的是使将来建立的预测模型更为精炼。输出项 Q 就是天然条件下的地下水资源量。

图1所表示的关系有四种组合方式,它们是 $\{P\}$ 、 $\{Q\}$ 序列都足够长; $\{P\}$ 序列足够长, $\{Q\}$ 序列短; $\{P\}$ 序列短, $\{Q\}$ 序列足够长; $\{P\}$ 、 $\{Q\}$ 序列都较短。显然, $\{Q\}$ 序列足够长是最理想的预测条件。所以,实际工作中最有意义,最具有代表性的输入关系是这样的三种形式: $\{P\}$ 序列足够长, $\{Q\}$ 序列短; $\{Q\}$ 序列足够长; $\{P\}$ 和 $\{Q\}$ 序列都短。

由上述可知,若能对这三种基本类型分别建立相应的预测模型,就能达到对任一区

域进行地下水资源中长期预测的目的。

二、预测模型

根据三种基本类型的地下水资源系统输入输出的特点,可以建立相应的预测模型。

1. $P-Q$ 模型

当 $\{P\}$ 序列足够长,而 $\{Q\}$ 序列较短时,可采用该模型对 $\{Q\}$ 进行预测。该模型的一般形式是:

$$Q_t = a_0 + \sum_{j=k}^n a_j p_{t-j} \quad (1)$$

式中 a_0 为误差项, n 、 k 、 a_j 为待定参数, k 表示的是降水 P 对输出 Q 产生影响的滞后时间, n 为最大影响时间, a_j 为资源转化系数。

(1) 式物理含义是: t 时刻的资源是 Q_t 是由 k 时间以前直至 n 时间的大气降水 p_{t-j} ($j=k, \dots, n$) 经过地质体综合作用(入渗、蒸发、渗漏等)后形成的。所以,这里的资源转化系数不同于降水入渗系数。

由最小平方估计准则知: (1) 式的参数应满足下面的条件

$$\sum (Q_t - Q_t')^2 = \min \quad (2)$$

式中 Q_t' 是 t 时刻由 (1) 式求出的计算值, Q_t' 是 t 时刻实测的 Q_t 值, N 为实测资料 Q_t 的长度。

对不同的 k 值和 n 值进行计算,并结合 (2) 式表示的准则,即可最终得到适合其具体问题的参数值 k 、 n 和 a_j 。

但是直接应用 (1) 式是不能对 Q_t 进行中长期预测的。因为,即使具有直到 t 时刻的降水资源 P_t , Q_t 的预测长度也只能达到 k 。也就是说,最多只能由 (1) 式求出 Q_{t+1} , Q_{t+2} , $\dots$, Q_{t+k} 这 k 个预测值。而 k 的长度一般不超过 20 个月,这样就达不到中长期预测的目的。以前的文献在论述该问题时都只进行到这一步。

由 (1) 式知,若能预测出 P_t 的变化规律,就能对 Q_t 进行中长期预测。实际上, P_t 序列是一个非平稳随机过程,经过适当的处理和变换,可将其转化为平稳随机过程,从而可以用 AR 模型来预测 P_t 。这部分的理论方法与下面将要论及的 AR-Q 模型完全一样,在此不再详述。

从上述内容知,应用 $P-Q$ 模型进行地下水资源预测时,首先要计算出待定参数 k 、 n 和 a_j 。然后再对 $\{P\}$ 序列进行处理,用 AR 模型对其进行预测。最后再根据前二步的结果,应用 (1) 式对 Q_t 进行预测。

2. AR-Q 模型(自回归模型)

当 $\{Q\}$ 序列足够长时,可应用该模型进行预测。

由图 2 可以看出, $\{Q\}$ 序列不是围绕某一水平直线波动的,而是具有明显的季节性和周期性。这样的变化过程在数学上称为非平稳随机过程 ($\{P\}$ 序列也如此)。

一般地, Q_t 可以分解为三个组成部分,即趋势项 L_t 、周期项 D_t 和随机干扰项 E_t 。这样, Q_t 可表示为:

$$Q_t = L_t + D_t + E_t \quad (3)$$

由(3)式知,只要根据 L_t 、 D_t 和 E_t 的特征,各自选择恰当的预测模型进行外推,然后把各自外推的结果迭加起来,就能达到非平稳过程的预测目的。

但是,一个序列的趋势项和周期项不一定是由所假设的方程形式组成的。尤其是周期项不一定要用正弦波表示。另外,对序列这样分解后,模型的参数较多,显得不精炼。在这里,我们采用“子序列累加法”进行处理。

Q_t 序列的周期长度为 12。子序列累加法的原理是:将原始的 Q_t 序列分解为 12 个子序列,记为 Q_t^i ($i=1, 2, \dots, 12$), 每个子序列的采样间隔 12 倍于原序列,这样,原始序列 Q_t 就可看成是这 12 个子序列依次交替出现的结果。可以证明,这样分解后,每个子序列都是平稳的(详见下面的实例研究)。

由此可得到对 Q_t 进行预测的 AR-Q 模型:

$$Q_t^i - \bar{Q}^i = \phi_1 (Q_{t-1}^i - \bar{Q}^i) + \phi_2 (Q_{t-2}^i - \bar{Q}^i) + \dots + \phi_q (Q_{t-q}^i - \bar{Q}^i) \quad (4)$$

式中 $\bar{Q}^i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Q_t^i(k)$, N 为 $\{Q_t^i\}$ 的长度; $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_q$ 及 q 为待定参数,这些待定参数可由下式逆推求出:

$$\begin{cases} b_1 = r_1 \\ b_{(m+1)(m+1)} = \frac{r_{m+1} - \sum_{j=1}^m b_{mj} \cdot r_{m+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^m b_{mj} \cdot r_j} \\ b_{(m+1)j} = b_{mj} - b_{(m+1)(m+1)} \cdot b_{m(m+1-j)} \\ j = 1, 2, \dots, m. \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{式中, } r_k = \frac{\sum_{i=1}^{m-k} (Q_t^i - \bar{Q}^i) (Q_{t+k}^i - \bar{Q}^i)}{\sum_{i=1}^m (Q_t^i - \bar{Q}^i)^2} \quad (6)$$

对某一 m , 若 $b_{(m+1)(m+1)} = 0$, 则有 $q=m$, $q_j = b_{mj}$ ($j=1, 2, \dots, m$). 将这些参数代入(4)式中去,即可对 Q_t^i 进行预测。将 12 个子序列的预迭加起来,就得到 Q_t 的预测值。

3. GM-Q 模型 (灰色模型)

在实际工作中常常遇到这样的情况,即输入序列 $\{P\}$ 和输出序列 $\{Q\}$ 的样本都不长,这在新的工作区尤为常见。在这样的条件下,对 $\{Q\}$ 序列建立灰色模型,就能达到预测的目的。

灰色系统是指既含有已知信息又含有未知或不确定信息的系统,它允许系统内部存在灰色变量和灰色关系(即不确定的量和关系)。由此可见,实际地下水资源系统可视为灰色系统。在地下水资源预测中常应用的是 GM(1, 1) 模型和 GM(2, 1) 模型。

对于给定的非负数据列 $\{Q_{(n)}^0\} = \{Q_{(1)}^0, Q_{(2)}^0, Q_{(n)}^0\}$, GM(1, 1) 模型的表达式为

$$\text{微分方程: } \frac{dQ^{(1)}}{dt} + aQ^{(1)} = U \quad (7)$$

$$\text{离散形式: } Q_{(k)}^{(1)} = (Q_{(0)}^{(1)} - \frac{u}{a}) e^{-a(k-1)} + \frac{u}{a} \quad (8)$$

这里 a, u 为待定系数, 其计算公式为

$$\hat{a} = [a, u]^T = (B^T B)^{-1} B^T y_N \quad (9)$$

式中,

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z} (Q_{(2)}^{(1)} + Q_{(1)}^{(1)}, 1 \\ \vdots \\ -\frac{1}{Z} (Q_{(N)}^{(1)} + Q_{(N-1)}^{(1)}, 1 \end{bmatrix}, \quad y_N = \begin{bmatrix} Q_{(2)}^{(2)} \\ \vdots \\ Q_{(N)}^{(1)} \end{bmatrix}$$

上述公式中, $Q_{(k)}^{(1)} = \sum_{s=1}^k Q^{(0)}(s)$, $\hat{Q}_{(k)}^{(1)}$ 是 $Q_{(k)}^{(1)}$ 的估计值.

应用 (8) 式求出预测值 $\hat{Q}_{(k)}^{(1)}$ 后, 再利用公式

$$\hat{Q}_{(k)}^{(0)} = \hat{Q}_{(k)}^{(1)} F_{(k)} - \hat{Q}_{(k-1)}^{(1)} F_{(k-1)} \quad (10)$$

即可求出原始序列 $Q^{(0)}$ 的预测值 $\hat{Q}_{(k)}^{(0)}$.

因此, 当 $\{P\}$ 、 $\{Q\}$ 序列都较短时, 可应用 $GM(1, 1)$ 模型进行地下水资源预测.

有时, $GM(1, 1)$ 模型的预测精度是不能满足要求的. 提高灰色模型预测精度的一种基本思想是“残差辨识法”, 它是将预测值 $\hat{Q}_{(k)}^{(0)}$ 与原值 $Q_{(k)}^{(0)}$ 的差 (记为 $\epsilon_{(k)}^{(0)}$) 再建立 GM 模型, 然后将其预测值迭加在原来的预测值上, 以提高预测精度. 若需要, 这种措施可一直进行下去, 直到精度满足要求为止 (检验精度的方法有相对误差分析、关联度分析等).

三、实例研究

前面详细地介绍了地下水资源中长期预测的模型和求解方法, 现在就应用这些理论方法对某地的地下水资源进行预测研究.

华北某地地下水资源系统的总面积为 12750 km^2 , 主要含水层是寒武系和奥陶系的碳酸盐岩地层. 该系统的周边界均为隔水边界. 地下水的主要补给来源是大气降水 (占总补给量的 80%), 其次是地表河流的渗漏补给 (给占总补给量的 19%). 地下水以泉群的形式向外排泄.

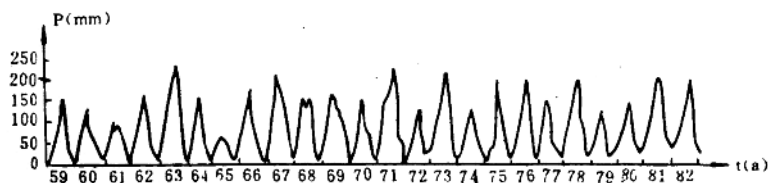


图 2. 系统输入 P 的历时曲线

该系统内有 24 年的降水资料 (P) 和输出资料 (Q), 示于图 2 和图 3. 现分别应用上述的三种模型对地下水资源进行预测.

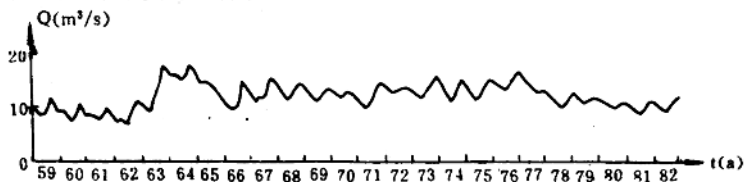


图 3. 系统输出 Q 的历时曲线

1. $P-Q$ 模型

假设降水序列 $\{P\}$ 的长度为 24 年 (288 个月), 而 $\{Q\}$ 序列只有 1960—1963 年 (48 个月) 的资料, 此时应选择 $P-Q$ 模型 (即 (1) 式) 进行预测. 首先, 应用 1960—1961 年的实测的 Q 值对参数进行估计, 结果见表 1; 然后, 再应用 1962—1963 年的资料对该模型进行检验, 结果见表 2. 由表 2 知, 该模型的精度是较高的.

表 1. $P-Q$ 模型参数值计算表

j	$n=11$					$k=1$					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$a_j(10)^{-2}$	1. 295	1. 615	1. 786	2. 168	1. 695	1. 228	1. 288	2. 593	2. 732	2. 287	1. 29

表 2. 计算值与实测值对比表

月 年		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1962	实测	9. 33	8. 92	8. 53	8. 16	7. 80	7. 45	7. 13	9. 04	10. 95	12. 86	12. 53	12. 21
	计算	11. 43	10. 88	10. 54	9. 87	9. 46	9. 10	8. 05	10. 17	11. 66	13. 17	13. 21	12. 75
1963	实测	11. 90	11. 60	11. 30	11. 01	10. 73	10. 46	10. 19	12. 51	14. 83	17. 15	16. 94	16. 72
	计算	11. 29	11. 02	11. 19	10. 81	10. 69	11. 49	9. 56	12. 35	16. 15	18. 14	18. 14	17. 14

为了预测 Q , 首先需对 P 进行预测. 根据前述的“子序列累加法”原理, 将 $\{P\}$ 分为 12 个子序列, 分别用 P_i^j ($i=1, 2, \dots, 12$) 表示. 利用式 (6) 求出每个子序列的自相关系数 r_i . 由于 $\{P\}$ 序列的样本容量为 24, 所以其随机区间为 $(-0.4001, +0.4001)$.

经检验, 12 个子序列的自相关系数 r_i 在 $k \geq 3$ 时全部落在随机区以内, 所以这 12 个子序列都是平稳序列. 这样, 就可用以 AR 模型来描述 P_i^j 的变化规律, 即

$$P_i^j - \bar{P}^j = \phi_1 (P_{i-1}^j - \bar{P}^j) + \phi_2 (P_{i-2}^j - \bar{P}^j) + \dots + \phi_{q_i} (P_{i-q_i+1}^j - \bar{P}^j) \quad (11)$$

式中的 $\bar{P}^j$ 是序列 $\{P_i^j\}$ 的样本均值, 其它符号的意义同前. 利用式 (5) 和样本数据可以求出式 (11) 中的待定参数, 从而可对 $\{P_i^j\}$ 进行预测. 最后, 将由式 (11) 预测出的 P_i^j

代入到式 (1) 中, 即可求出该系统 1989~1995 年的地下水资源量. 预测结果示于表 3.

表 3 地下水资源 $P-Q$ 模型预测值

Q 年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1989	11.08	10.33	10.19	9.67	9.32	9.01	9.22	10.00	10.78	12.62	13.03	11.54
1990	10.03	9.66	9.51	8.78	8.55	8.09	8.36	9.24	9.87	11.32	11.94	10.43
1991	10.71	10.29	9.83	10.05	9.59	9.27	9.33	9.02	10.17	11.03	10.41	10.22
1992	10.11	9.74	9.55	9.27	9.27	8.59	8.03	8.22	9.67	10.89	11.13	11.02
1993	11.87	10.43	10.52	10.66	9.57	10.40	9.22	7.91	9.79	12.03	14.77	15.15
1994	14.63	11.19	11.32	11.96	11.27	10.98	10.27	9.33	9.49	11.26	11.55	11.63
1995	11.17	10.42	9.36	9.89	10.74	8.82	7.79	8.24	9.76	10.01	11.33	11.26

2. $AR-Q$ 模型

该系统实测的 $\{Q\}$ 序列较长, 故可以直接应用 $AR-Q$ 模型进行预测. 经计算 (与上面预测 $\{P\}$ 的过程完全一样), 可求出 1989~1995 年的地下水资源量, 结果示于表 4.

表 4 地下水资源 $AR-Q$ 模型预测值

Q 年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1989	10.12	9.63	9.51	9.22	9.29	8.34	7.06	7.83	10.04	11.87	9.82	9.57
1990	9.75	9.26	9.07	9.54	8.03	8.59	8.29	9.39	10.21	10.71	10.33	10.05
1991	11.59	10.78	10.56	10.34	10.19	9.58	8.79	9.42	10.28	12.77	12.42	10.53
1992	12.12	11.88	11.62	11.27	11.27	10.86	11.09	11.45	12.07	13.22	12.98	12.11
1993	11.73	11.05	10.92	10.77	8.82	9.83	10.52	11.54	11.92	12.03	14.36	13.88
1994	13.27	12.55	12.42	11.99	11.78	12.03	12.59	12.07	12.79	13.52	14.18	13.86
1995	12.79	12.54	12.03	11.78	11.05	11.21	11.13	12.42	13.05	14.08	13.29	12.62

3. $GM-Q$ 模型

假设此时只有 1981~1982 年的 $\{Q\}$ 资料, 需要对 1983 年的资料量进行预测. 在这种情况下, 前两种方法均不能奏效, 只能应用灰色模型进行预测.

首先, 应用 $GM(1, 1)$ 模型进行预测, 但检验结果表明预测精度不高, 为此又采用残差辨识法和周期修正法对 $GM(1, 1)$ 的预测结果进行了修正. 修正后, 预测模型的精度有了较大的提高, 整个预测结果见表 5, 其中的 $Q^{(0)}$ 是实测值, $\hat{Q}^{(0)}$ 是预测值.

表 5

地下水资源 GM-Q 模型预测值

月 年		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1981	$Q^{(0)}$	10.05	9.59	9.16	8.74	8.34	7.96	7.60	8.64	9.76	10.71	10.67	9.62
	$Q^{(1)}$	9.64	9.31	8.99	8.69	8.44	8.10	7.82	8.97	10.13	11.28	10.97	10.67
1982	$Q^{(0)}$	9.64	9.31	8.99	8.69	8.44	8.10	7.82	8.97	10.13	11.28	10.97	10.67
	$Q^{(1)}$	9.28	9.34	9.40	9.46	9.52	9.58	9.64	9.70	9.77	9.83	9.89	9.95
1983	$Q^{(0)}$	10.02	10.08	10.15	10.27	10.34	10.41	10.47	10.54	10.61	10.67	10.74	10.94

四、结论

本文对地下水资源系统不同的输入、输出关系建立了相应的预测模型。将这些模型组合起来,就能对实际工作中所遇到的不同的地下水资源系统进行中长期预测,这至少在一定的程度上为解决大区域内地下水资源中长期预测的问题提供了理论方法。

本文所论及的理论方法不仅适用于地下水资源预测,而且同样可以应用于地下水动态预测、矿井涌水量预测等问题。

由于计算复杂、工作量大,文中所有的计算过程都是在计算机上完成的。

参考文献(略)

煤矿软岩蠕变特征研究

——淮南潘三井为例

彭向峰 米金科

(中国矿业大学)

煤矿软岩巷道问题已成为煤矿生产和建设中的一大难题,软岩巷道围岩变形量大,矿压作用时间长,有些软岩巷道虽然并未破坏,但是由于其超量的变形与位移,必须重新返修。煤矿巷道是一种服务年限较长的设施,其服务年限一般在30年以上,围岩在如此长的时间内由于蠕变特性,其变形特征与强度特征必然会发生变化,而了解这些变化是正确设计支护型式的基础。在以前的设计中,设计人员往往只以岩石的瞬时变形与强度特征为依据,因而设计的支护往往每隔几年就必须返修,给煤矿生产带来许多经济损失。所以,研究软岩的蠕变特征,从岩石的力学性质随时间变化的观点出发,正确合理地设计巷道支护型式必然具有十分重要的意义。本文通过对淮南潘集三号井软岩试样的实验研究,提出了软岩变形的本构关系及岩石的长期强度特征,并提出了依据简单蠕变试验判别岩石长期强度的方法。

一、试验条件

岩石的蠕变试验至今没有定型设备,各单位依据自己的实际情况设计自己的设备,本次实验采用的设备如图1所示,它采用重物杠杆加载的方式;用4分表测量岩样变形。

试验岩石取自安徽淮南矿务局潘集三号井,岩性分别为黑色粘土岩和炭质泥岩,这两种岩石形成的围岩失稳破坏都极为严重,岩石强度较低。

二、岩石的一般工程地质性质

1. 软岩的物质组成与结构

岩石的物质组成与微结构是岩石变形和破坏的物质基础,搞清软岩的物质组成与微结构特点对研究软岩变形与强度特征是十分必要的。表1为潘三软岩的主要物质组成特点。从表

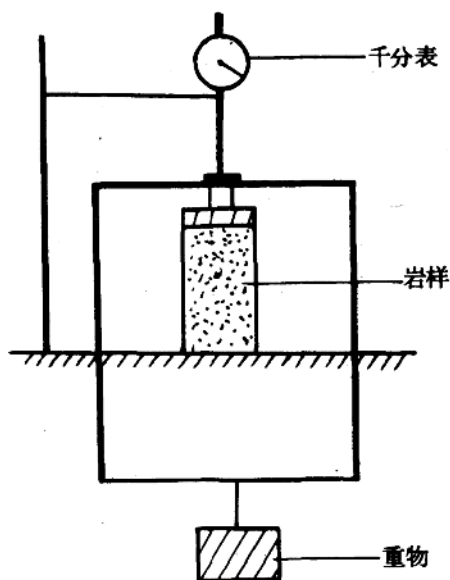
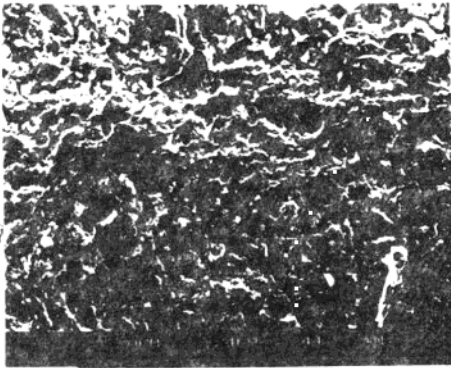


图1 蠕变试验仪

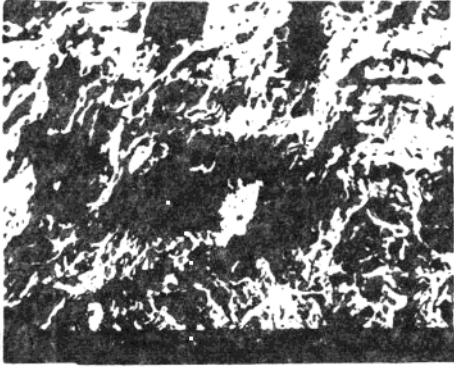
中可知,粘土矿物和有机质总含量近40%,而粘土矿物中蒙脱石含量又较高,这就决定了其在长期载荷作用下,必然会产生较大的流动变形、且长期强度较低.另外,我们还分别研究了这两种岩石的微观和亚微观结构,这种结构对其变形与破坏也具有一定的控制作用.从扫描照片上我们可以看出(见图2),由于这两种岩石经受了漫长的成岩过程,颗粒之间多数呈胶结连接,即片状矿物相互叠置,通过晶胞结合力相互连接,

表 1

项 目	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	离子交换量	比表面积	有机质%	粘粒%	粘土矿物
灰黑色粘土岩	2.46	17.58	144.38	3.19	34.0	M40% K60%
炭质泥岩	1.82	16.22	47.48	31.6	7.0	I/M26.2% M6.20% K73.4%



(a) 黑色粘土岩



(b) 黑色泥岩

图 2 岩石微结构扫描研究

但是仍存在一定的空隙,从而形成一种特殊的微观结构——定向空洞结构,空洞是岩石的破坏源之一;其在宏观上的反映则表现为细层层理发育,从而使此两种岩石必然表现出各向异性,塑性流动大,变形持续时间长等力学特点.

2. 岩石的水理性质和物理性质

两种岩石的水理性质与物理性质如表 2

表 2 潘三软石的水理和物理性质

项目名称	比重 g/cm	含水量%	水解性	膨胀率%	塑限%	液限%	I _p
黑色粘土岩	2.59	1.47	碎裂崩解	74.07	15.36	28.04	12.68
炭质泥岩	2.49	3.13	崩解	13.5	20.56	44.14	20.58

从表中可以看出其工程地质性质较差, I_p 值大, 塑性明显.

三、岩石蠕变特征试验研究

岩石蠕变的最后结果取决于加载的大小,对淮南潘三井两种软岩的试验,一种加载较小,所加荷载小于岩石的长期强度,蠕变曲线属于稳定类型,第二种则为非稳定蠕变,所加荷载大于岩石长期强度,试验的依据主要是考虑到围岩的实际情况,即深部围岩发生稳定蠕变,浅部围岩发生不稳定蠕变。下面将分别讨论本次试验的结果。

1. 炭质泥岩稳定蠕变

(1) 试验曲线

本次测试的岩石, $R_c = 12.72 \text{ MPa}$, 尺寸为: $D_c = 30 \text{ cm}$, $h = 5.5 \text{ cm}$, 蠕变载荷为 $\delta_0 = 2.829 \text{ MPa}$, $\text{MPa} = 22\% R_c$ 。试验观察约 10 天, 其蠕变曲线如图 2 所示。从图中

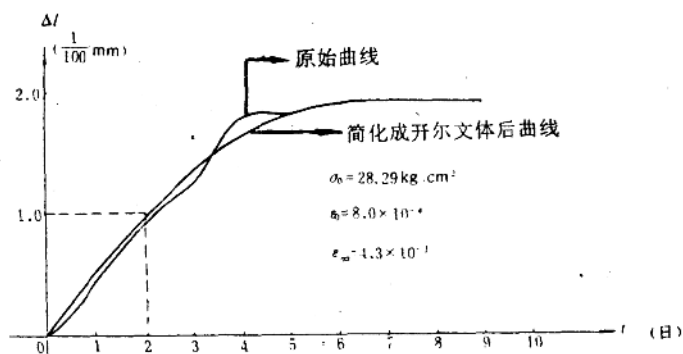


图 2 炭层泥岩稳定蠕变试验曲线

可以看出, 曲线能够较好地符合开尔文体, 故可以用开尔文体表示之。

(2) 蠕变方程及蠕变参数的求解

按广义的 Kelvin 体考虑, 其蠕变方程如下:

$$\epsilon = \frac{\delta_0}{E_h} + \frac{\delta_0}{E_s} [1 - \exp(-\frac{E_s}{\eta} t)] \quad (1)$$

$$\text{当 } t=0 \text{ 时, } \epsilon_0 = \frac{\delta_0}{E_s} \quad (2)$$

$$\text{当 } t \rightarrow \infty \text{ 时, } \epsilon_\infty = \frac{\delta_0}{E_h} + \frac{\delta_0}{E_s} \quad (3)$$

对于本试验有: $\epsilon_0 = 8.0 \times 10^{-4}$ 代入 (2) 可得:

$$E_h = \sigma_0 / \epsilon_\infty = (2.892 / 8.0) \times 10^{-4} = 3.536 \times 10^3 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_\infty = 1.145 \times 10^{-3}$$

代入 (3) 可得:

$$E_s = 8.19 \times 10^3 \text{ MPa}$$

另取 $t = 2d = 48h$, $\epsilon_t = 2 = 0.982 \times 10^{-3}$ 代入 (1) 式则有:

$$\eta = 5.26 \times 10^3 \cdot \text{MPa} \cdot h$$

于是可以求得炭质泥岩在 $\sigma < \sigma_\infty$ 时的本构方程为: