

抽水蓄能电站 工程地质问题分析研究

THE ANALYSIS AND RESEARCH
ON ENGINEERING GEOLOGICAL PROBLEMS
IN PUMPED STORAGE POWER STATION

李广诚 韩志诚 贾煜星 等编著



地震出版社

抽水蓄能电站 工程地质问题分析研究

李广诚 韩志诚 贾煜星 等编著

地震出版社

【内容提要】抽水蓄能电站是一种特殊的水电工程。由于建筑物布置与周围环境条件不同于常规水电工程,其工程地质问题也在诸多方面具有其特殊性。本书汇集了国家电力公司北京勘测设计研究院地质工作人员近年来撰写的有关抽水蓄能电站工程地质问题分析研究的部分论文。文集从蓄能电站工程地质勘察基本理论、区域地质与地应力问题、上水库工程地质问题、厂房水道系统工程地质问题、下水库工程地质问题、其它工程地质问题、蓄能电站中的新技术、新方法和岩体试验与监测八个方面论述了抽水蓄能电站中出现的主要工程地质问题及其分析方法。文章紧密结合工程实际,既具有较强的实用性,也具有一定的理论概括,对今后蓄能电站工程地质的勘察研究有一定的参考借鉴意义。

图书在版编目(CIP)数据

抽水蓄能电站工程地质问题分析研究 / 李广诚等编著.
北京:地震出版社, 2001.6
ISBN 7-5028-1862-6

I. 抽... II. 李... III. 抽水蓄能电站—工程地质—文集 IV. P641-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第12298号

抽水蓄能电站工程地质问题分析研究

李广诚 韩志诚 贾煜星 等编著
责任编辑:李和文

出版发行:地震出版社

北京民族学院南路9号	邮编:100081
发行部:68423031 68467993	传真:68423031
门市部:68467991	传真:68467972
总编室:68462709 68423029	传真:68467972
E-mail: seis@ht.rol.cn.net	
经销:全国各地新华书店	
印刷:北京地大彩印厂印刷	

版(印)次:2001年6月第一版 2001年6月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:515千字

印张:20.125

印数:0001~1000

书号:ISBN 7-5028-1862-6/TV·3(2405)

定价:45.00元

版权所有 翻印必究

前言

抽水蓄能电站是电网运行中起调峰填谷作用的电站。做为一种大型的土建工程，它既有常规水电站的一般性，又有其自己的特殊性。实际上由于蓄能电站工程建筑结构的复杂性，其对工程地质环境的要求要比常规电站更为严格，工程地质问题也因而更为复杂。

国家电力公司北京勘测设计研究院是我国最早从事大型抽水蓄能电站勘测设计的单位，从 70 年代初起就开始进行华北地区抽水蓄能电站的规划选点工作，先后进行了北京十三陵抽水蓄能电站、河北省张河湾抽水蓄能电站、山东省泰安抽水蓄能电站、山西省西龙池抽水蓄能电站、北京板桥峪抽水蓄能电站、内蒙古呼和浩特抽水蓄能电站等工程的勘测设计工作以及华北、山东地区抽水蓄能电站的规划选点工作。多年的实际工作，使北京勘测设计研究院积累了大量的宝贵资料和工程经验，在工程地质勘察方法、工程地质问题分析方法、工程地质问题的处理等方面也做了许多研究并获得了诸多成果。本书将北京勘测设计研究院近年来地质技术人员撰写的部分论文汇集成册，做为本院在抽水蓄能电站工程地质分析研究的一个总结。同时它也可供从事抽水蓄能电站勘察设计和水利水电工程的地质技术人员，特别是年轻的地质工作者在进行同类工作时借鉴参考。

书中的论文涉及到了抽水蓄能电站中区域地质、地下厂房及水道系统、上水库、下水库、试验监测等方面的工程地质问题以及分析研究有关工程地质问题采用的新技术、新方法。论文内容大部分是作者以工程实际资料为基础，结合工程地质学及相关学科的有关理论撰写而成。有些论文侧重普遍规律的总结，具有一定的理论性和对同类工程的指导性；有些论文基础资料翔实，对其它工程具有一定的类比性。《论文集》中的某些论文曾在国内各级刊物中公开发表，为了保持文集的完整性，此次也将这些论文一并收入。

应该指出的是，由于各篇论文撰写的时间不同，文中的某些资料和工程地质结论与目前实际情况可能有所出入。但为了能让读者了解到该工程地质问题的研究过程与原貌，这些论文在收入时未做修改，部分在文尾加了说明。

可喜的是，本书的作者绝大多数是 80 年代以后毕业的年轻的地质工作人员，他们目前是我院地质工作的骨干力量。这也从一个侧面表明了我国水利水电勘察行业后继有人、蓬勃发展的良好势头。

80 年代以后，抽水蓄能电站的勘察设计和建设在我国蓬勃展开，许多兄弟单位也都先后开始了蓄能电站的勘测设计工作。他们在工作中，也积累了许多宝贵的经验并科学合理地解决了许多工程地质问题，其中有些问题是我院地质人员不曾遇到、不曾研究过的。因此，我们也想借本书抛砖引玉，在兄弟单位中进行交流并得到有关专家同行的批评指导，以此提高我们的地质勘察工作水平。

本书由李广诚、韩志诚统筹策划，李广诚完成了论文的组织 and 统稿工作，李广诚、韩志诚、刘文元、米应中、黄一和完成了论文的修改、审阅、校对工作。贾煜星完成了版式

2007/09

设计和全书的编辑、排版工作。李院忠、徐文凯、刘春宇、王玲玲、李凤群等完成了部分论文和图件的录入、扫描和绘制工作。在此一并致谢！

本书的编著得到北京国电公司及勘测科研分公司的资助，并得到张志修经理的大力支持，在此表示特别感谢！

由于编者和作者的水平所限，同时也由于时间仓促，本书中难免有错误和疏漏之处。恳请各位读者见谅，同时也希望能将您的意见及时转告我们，以便我们改正。

编 者

2000 年 11 月

目 录

第一部分 抽水蓄能电站工程地质勘察基本理论

浅论工程地质问题决策理论与方法·····	李广诚	(3)
抽水蓄能电站工程地质系统分析及其简化方法·····	李广诚	(12)
抽水蓄能电站地下地质工程影响因素分析·····	韩志诚	(22)
抽水蓄能电站工程地质问题特征及其分类·····	李广诚	(30)
抽水蓄能电站地下厂房方案比选原则及其在泰安工程中的应用·····	张东升	(39)
抽水蓄能电站场址的勘察研究·····	刘德良	(45)

第二部分 区域地质与地应力问题

西龙池抽水蓄能电站区域稳定性分析·····	刘文元	(51)
十三陵抽水蓄能电站地下厂房区初始地应力研究·····	胡玉成	(62)
板桥峪抽水蓄能电站断裂构造发育规律及其对工程设计的影响·····	马子金	(68)

第三部分 上水库工程地质问题

十三陵抽水蓄能电站上水库西外坡岩体稳定分析·····	宫海灵	(76)
十三陵抽水蓄能电站上水库北岸岩体滑坡稳定分析·····	韩志诚	(83)
抽水蓄能电站上水库渗漏及其危害分析·····	米应中	(92)
西龙池抽水蓄能电站羊老蹄上水库软弱夹层工程地质预测·····	刘文元	(97)
张河湾抽水蓄能电站上库大坝地基软弱夹层初步分析·····	高 明	(102)
泰安蓄能电站上库地质有利条件的充分利用及防渗方案优化选择·····	王亚群	(110)
张河湾抽水蓄能电站上水库主要工程地质问题及评价·····	高茂华	(116)

第四部分 厂房及水道系统工程地质问题

十三陵抽水蓄能电站地下地质工程因素分析·····	韩志诚	(127)
十三陵抽水蓄能电站地下厂房位置的选择·····	韩志诚 李广诚	(137)
十三陵抽水蓄能电站地下工程围岩特性及厂房稳定分析·····	韩志诚	(144)
十三陵抽水蓄能电站地下洞室几个地质工程问题及处理·····	韩志诚	(152)
十三陵抽水蓄能电站水道系统工程地质特征及工程地质问题的处理·····	宫海灵	(161)
十三陵抽水蓄能电站压力管道塌方分析·····	韩志诚	(170)
张河湾抽水蓄能电站引水发电系统的工程地质研究·····	黄一和	(176)
板桥峪抽水蓄能电站地下厂房位置及其轴线方向的选择·····	米应中	(179)
西龙池抽水蓄能电站地下厂房工程地质条件分析与评价·····	王少川 李院忠	(186)

第五部分 下水库工程地质问题

- 十三陵蓄能电站下库河床粘土层渗透特征及其成因模式研究·····李广诚 (195)
- 西龙池抽水蓄能电站下水库覆盖层的工程地质特性分析·····刘文元 徐文凯 (200)
- 西龙池抽水蓄能电站坪上下水库右岸高陡边坡的稳定性研究···富宝鑫 刘文元 (211)

第六部分 其它工程地质问题

- 十三陵抽水蓄能电站地下厂房砾岩的工程地质特征·····韩志诚 郭义华 (221)
- 岩体卸荷及其地质工程问题研究·····韩志诚 (228)
- 地下水在岩基地下工程中的地质灾害分析·····李广诚 (235)
- 对李家庄地下厂房勘探平洞涌水原因的初步分析及处理措施·····王宏新 (241)
- 呼和浩特抽水蓄能电站站址方案选择·····贾煜星 (247)
- 西龙池抽水蓄能电站工程区岩溶发育规律·····王宏新 (256)

第七部分 蓄能电站中的新技术新方法

- 孔间电磁波透射及层析成像技术在蓄能电站厂房中的应用·····刘文元 付恕民 (267)
- 抽水蓄能电站岩体高压水渗透特性研究及其在板桥峪电站中的应用·····米应中 (272)

第八部分 岩体试验与监测

- 十三陵抽水蓄能电站地下厂房围岩观测与分析
·····崔诗礼 齐俊修 杨国华 刘 力 刘克贤 (280)
- 泰安抽水蓄能电站岩体变形和抗剪强度试验研究·····刘 力 贡保臣 (286)
- 十三陵抽水蓄能电站岩墙对穿锚索锚固荷载观测及应用·····刘凤成 (292)
- 张河湾抽水蓄能电站地应力测量试验研究·····齐俊修 寥椿庭 (297)

附录：工程简介

- 北京十三陵抽水蓄能电站·····(305)
- 河北省张河湾抽水蓄能电站·····(307)
- 北京板桥峪抽水蓄能电站·····(308)
- 山西省西龙池抽水蓄能电站·····(310)
- 山东省泰安抽水蓄能电站·····(312)
- 内蒙古呼和浩特抽水蓄能电站·····(314)

抽水蓄能电站工程地质勘察基本理论

- 浅论工程地质问题决策理论与方法
- 抽水蓄能电站工程地质系统分析及其简化方法
- 抽水蓄能电站地下地质工程影响因素分析
- 抽水蓄能电站工程地质问题特征及其分类
- 抽水蓄能电站地下厂房方案比选原则及其在泰安工程中的应用
- 抽水蓄能电站场址的勘察研究

浅论工程地质决策理论与方法

李广诚

【摘 要】 本文从解决工程决策问题的角度出发,论述了决策的基本概念、工程决策问题研究在实际工作中的意义,提出了工程地质系统分析基本方法、工程地质决策基本方法(经验判断法、工程类比法、优劣对比法和决策分析法等)和工程地质决策 EAPDF 基本程序。

【关键词】 决策 工程地质系统 系统分析 决策方法 决策程序

工程中的每一个工程地质问题的最终解决都要落实到决策问题上。目前工程地质问题的决策,大部分是定性的,有时是由工程技术人员或一些专家依据他们的实际工程经验进行“拍板”决策。虽说这种以拍板方式进行的决策在相当多的情况下是正确的,但是由于缺少科学的决策程序和决策方法,在某些场合这种决策就或多或少地带有盲目成分,轻者造成经济上的不合理,重者可能导致决策的失误从而引发工程事故。

本文从解决工程决策问题的角度出发,针对工程地质问题的特性,以数理统计及有关计算方法为工具,以系统科学及决策论为理论基础,探讨研究在实际工程中对于工程地质问题的科学的决策程序和决策方法,使工程中的决策由直觉和经验阶段进入到科学的决策阶段。

1. 课题研究在实际工作中的意义

战略性: 一个工程地质问题不管是大是小,应用系统科学分析的方法进行分析研究,可以使问题研究的更全面,并使工作思路具有战略的高度。也易于抓住主要矛盾和关键问题。

指导性: 面对一个工程地质问题,当我们把其做为一个完整的系统进行分析研究,并确定了系统中各影响因素之间的相互关系以及对该工程地质问题的决策方法后,就有利于指导我们从何处考虑问题、搜集资料、分析研究问题,从而作出科学的、正确的决策。

经济合理性: 在实际工作的决策中,经济是否合理往往是决策中的制约因素之一。但在以往的地质工作中技术问题和经济问题往往是脱节的甚至是对立的。本文的决策方法在相当多的方面考虑到了经济效益问题,从而使工程地质决策具有了更强的经济合理性。

实用性: 在工程地质研究中,目前常常存在两种偏差:要么使研究高深化,包容多种现代理论、复杂模型和繁琐计算,其研究结果在实际工作中很难采用;要么是属于工程实例的总结,缺少数理和普遍规律的研究。本文试图将二者有机地结合起来,即以解决实际工程问题为目的,又努力建立起较为完整的决策理论。

高层次性: 本课题的目的就是试图建立起一套较为完整的理论。为高层次的工程地质人员对工程地质问题的决策提供一套理论和方法。

2. 决策的基本概念

决策 (Decision 或 Decision-making) 是指人们为了实现某种特定的目标,运用科学的



理论,系统地分析主客观条件,提出各种预选方案,并从中选择出做为行动纲领的最优方案。所谓决策,就是人们为了达到一定目标,从若干个可能的策略(例如行动、方案等)中选取效果最好的策略的过程。

科学的决策,不仅仅是对行动方案作最后选择,最后的选择仅仅是整个决策过程中的一个环节。决策是一个过程,它包括提出问题、制定目标、拟定方案、分析评价,最后从数种可行的方案中选一种最佳的或比较理想的方案。

所谓科学的决策就是按照科学的方法和程序,由有关专业人员运用可行性研究和技术经济分析的理论与方法,就所要决策的问题进行定性和定量的分析和评价,并在此基础上作出最优选择和决定。

要提高决策水平,就必须使决策科学化。这包括两个方面:一是要做出科学的决策(Scientific Decision),二是要科学地进行决策(Scientific Decision-making)。前者讲的是结果,后者讲的是过程。

决策方案就其效果来说有四种可能类型:

反效方案(Dia-effective Plan) 选择的方案与决策目标相反,不但达不到目标反而离目标更远。未起好作用,反而起了坏作用。

无效方案(Non-effective Plan) 即不能解决问题的方案。虽然起不了坏作用,也解决不了实际问题。

有效方案(Effective Plan) 对于实现决策目标有效,是一种可行的决策方案。但有效方案可能同时有几个,有效的程度可能大小不同。有效方案不一定是最优方案。

优效方案(Best Effective Plan) 工程实际中常常并不满足于仅仅能解决问题就够了,而是要在几种有效且可行的处理方案中选择一种在技术、经济、施工条件以及副作用等几个目标中达到综合最优的方案,这就是优效方案。

3. 工程地质系统分析

3.1 工程地质系统基本概念

要进行决策,首先要对所研究的工程地质问题及其系统有一个清楚的了解。搞清要决策的问题,影响这一决策的因素,各因素与决策结果的关系及影响程度等等。实际上,工程地质决策问题的基础,或者说决策的第一步,就是进行工程地质系统分析研究。

在工程建设中,任何一个工程地质问题,不论其大小,都是一个完整的、复杂程度不等的系统——工程地质系统(Engineering Geological System 简称 EGS)。这种工程地质系统包含着地形地貌、地层岩性、地质构造、岩石(体)物理力学指标、施工方法、工程造价、乃至机器设备、人员组织、社会环境等多种因素。利用系统科学的研究方法,解决工程地质实际问题无疑会使我们的工作技术上更科学、经济上更合理、安全上更可靠。

系统中各影响因素对于系统影响程度的衡量标准常常不是唯一的。例如断裂构造对于洞室稳定系统的影响,可以从塌方量判别,也可以从开挖量、支护工作量、工程造价等几种因素判别。具体采用那种标准视工程实际情况和其它影响因素对于系统影响的方式而定。遵



循的原则应该是力求使系统分析简化, 力求使各个影响因素之间具有可比性。

工程地质系统与其它系统一样具有整体性、集合性、层序性、相互性、目的性和环境适应性等特点。同时在一个系统中还存在着母系统与子系统、动态系统与静态系统、线性系统与非线性系统、封闭系统与开放系统等关系。

3.2 系统评价方法

系统的评价包括两个方面: 一是构成系统各因子的评价, 二是系统的综合评价。

任何系统都是由几个因子构成的。如地下厂房工程地质系统就包括岩性、断层、裂隙、地下水、地应力等几个因子。假设一个系统是由 n 个因子构成的, 系统因子的评价就是依据一定的标准, 分析计算构成系统的各因子的评分, 即计算系统的 v_1 、 v_2 、 v_3 、 $\dots$ 、 v_n 值(图 1)。

系统的综合评价是对系统总体的优劣评价。评价一个工程地质系统的优劣, 我们既关心构成总系统各因子的优劣, 也关心该系统总体的优劣, 即系统综合评价。系统综合评价值用 V 表示:

$$V = \sum[v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n] = \sum v_i$$

系统优劣的评价与比较, 实际上就是比较各相关系统的 V 的大小。工程中一般是系统评价值最大者($V_{\max}$)为最优系统。该系统所对应的方案即为最优方案。如抽水蓄能电站规划选点阶段可能同时选择三个比较站址。通过工作如认为甲站址优于乙站址, 乙站址优于丙站址, 这就是说甲系统总体上优于乙系统, 乙系统总体上优于丙系统。

工程实际中, 各评价因子在系统中占有的地位是有所区别的, 有时是岩性起主导作用, 有时是构造或地应力起主导作用。也就是说系统中的诸因子在系统中具有不同的权重(图 1)。实际上, 决策就是权衡。权是权重, 衡是比较。不管何种决策方法其实质都是一致的, 都是权衡, 只是量化及复杂程度不一样。

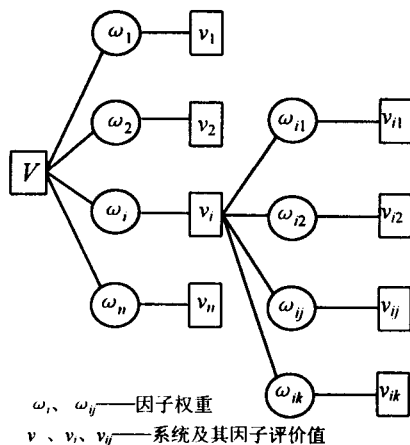


图 1 评价值与权重分配

4. 工程地质问题决策基本方法

根据决策学的基本原理结合工程地质决策问题的特征, 依据工程决策时决策影响因素及评价对比方法的量化程度, 本文将工程地质决策问题做如下分类:

定性决策:

经验判断法 Experience Judge Method (EJM 法)

工程类比法 Engineering Analogy Method (EAM 法)

定量决策:

优劣对比法 Advantage - Demerit Antithesis (ADA 法)



决策分析法 Decision-making Analysis Method (DAM 法)

4.1 经验判断法

经验分析是同理论分析相对而言的。其基本方法是凭借专家经验对工程地质问题的各种信息加以分析研究,概括出工程地质问题的系统规律及其特征,从而指导工程勘测、设计和施工。应该说,工程实践中任何工程地质问题的分析过程、分析方法的建立等都离不开经验的作用。

专家群体经验和从该工程实践本身总结出来的经验等都是工程技术人员对工程所处状态作出正确判断的基础。这种方法的显著优点在于分析判断快,而且有丰富经验的、有多专家组成的分析判断往往能获得成功。

实际上,从信息的采集、传递、分析到综合方法的选取,都离不开专家的经验判断。任何定量的方法都是建立在经过程度不同的简化和假设的模型基础之上,其应用必然受到一定条件的制约和限制。只有充分运用专家群体经验和判断力,才能更好的从总体上予以把握,减少或避免走弯路和错路。

4.2 工程类比法

工程类比法是工程实际中极其有效的一种决策方法。当我们面对一个工程地质问题,尤其是在工程勘察设计的初步阶段,在没有取得充分的工程技术资料时,工程类比法就显得尤其重要。事实上几乎在所有的工程地质分析研究中我们都采用了工程类比法,并且大多数取得了成功。尽管工程类比法是以定性分析和经验判断为主,但仍是一种重要的实用方法。

根据工程地质原理,在对两个工程进行类比时必须保证两者的工程地质条件和工程条件基本相同,即两个工程要具有一定的可比性,否则不能进行具有实用价值的工程类比。两个类比工程的地质条件和其它条件越相似,两者可比性越强。反之,两者可比性越弱。

评价可比性的指标可以用可比度来衡量,可比度的计算是将两个类比工程的评价因子(也可称类比项)依据一定的方法计算得出。

4.3 优劣对比法

当面对几种可选择的方案时,我们总要说各方案利是什么,弊是什么,哪几方面好,哪几方面不好。将这种方法应用于工程实际之中,就是优劣对比法。其步骤是:

- ①确定几个将要对比的方案;
- ②确定方案的评价因子,即各方案的可比内容。这些评价因子一般是几个方案共有的,也有时是部分方案具有或某一方案特有;
- ③分析各评价因子在不同方案中的状况;
- ④针对同一评价因子,分析评比各方案中的最优者,或据此评价因子将各方案排出优劣顺序。一般将最优者排为1,次者排为2,余此类推;
- ⑤总体分析评价各方案的优劣。各单项评价因子评优累计次数较多者,为最优方案。或者计算各方案单项评价因子的累计得分(即排序分),各方案评分总和最小者为最优方案,

最大者为最劣方案。

工程实际当中, 各评价因子对方案及方案选择的影响程度是不同的。为了使优劣对比法更加合理, 将选定的各评价因子依据实际情况和工程经验按权重进行分析、评价、比较。即给出各评价因子在工程比选中所占的权重 p_i , 并使 $\sum p_i = 100$; 总体分析评价各方案的优劣, 计算各方案单项评价的累计得分 $(a_i, b_i, c_i, \dots)$ 。各方案诸因子评分总和 $\sum a_i p_i$ 、 $\sum b_i p_i$ 、 $\sum c_i p_i, \dots$ 即为相应方案总的评分。评分总和最大者为最优方案, 最小者为最劣方案。

4.4 决策分析法

决策分析法是应用系统科学和决策学的有关理论方法进行工程问题和工程地质问题的一种决策方法。具体说就是应用决策学中风险决策和不确定决策的方法进行工程决策。

(1) 风险(概率)型决策

当要对某一工程问题进行决策时, 如果已经初步确定了几个不同的方案, 同时在采取不同的方案时, 又可以预见可能出现的几种状态, 并且出现各种状态的概率也是已知或是可以估计的, 在这种情况下所进行的决策叫概率型决策或风险型决策。

依据最优期望损益值决策准则, 风险型决策按如下程序进行:

- ①确定几个比选方案 d_i 以及已知方案的自然状态 S_j ;
- ②确定评价因子(决策判据), 如投资、发电量、塌方量等;
- ③确定(或估算)各种状态可能出现的概率 p_j ;
- ④计算各方案不同状态下的损益值 a_{ij} ;
- ⑤计算各方案在不同状态下的期望值: $E(d_i) = \sum a_{ij} p_j$ (表 1);

表 1 风险型决策矩阵表

状态	S_1	S_2	...	S_j	...	S_n
概率	$P_1(S_1)$	$P_2(S_2)$	...	$P_j(S_j)$	...	$P_n(S_n)$
d_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
...	...	...	...	...	...	...
d_i	a_{i1}	...	...	a_{ij}	...	a_{in}
...	...	...	...	...	...	...
d_m	a_{m1}	...	...	a_{mj}	...	a_{mn}

式中: $E(d_i)$ — 各方案的期望值;

p_j — 各方案出现某种状态时的概率值;

a_{ij} — 各方案各中状态下的损益值。

⑥比较各方案期望值 $E_i(d)$ 的大小, 选择最大期望值(或最小期望值)所对应的方案, 即为选定的方案。

(2) 不确定性决策

工程实际中常常无法得知采用不同方案时出现的各种状态到底有多大的可能性, 也就是说不能得到各种状态可能出现的概率值。这时上述的风险型决策就变成了不确定性决策。

在不确定性决策中, 可依据乐观决策准则、悲观决策准则、折衷决策准则和后悔决策

准则 4 种方法对工程地质问题分别进行决策。在不同的情况下,或具有不同观点、不同心理、不同冒险精神的人,可以选用不同的决策准则。

乐观准则

按乐观准则决策时,总是假定客观事物向好的方向发展。这种准则是如果决策目标是要求效益最大,就先选出每个行动方案在各种自然状态下可能得到的最大效益值。在每个方案的最大效益值中,又必然有一个相对最大的效益值,这个相对最大的效益值对应的行动方案就是最优方案。如果决策目标是要求损失最小,就先选出每个行动方案在各种自然状态下可能受到的最小损失值,在各方案最小损失值中再选择一个最小的值,其所对应的方案就是最优方案。因此乐观准则又叫 MaxMax(或 MinMin)准则。

悲观准则

按悲观准则决策时,决策者是非常谨慎保守的,他总是从每个方案的最坏情况出发,从各种可能的最坏结果中选择一个相对最好的结果。按这种准则决策,首先要求出每个行动方案在各种自然状态下可能受到的最大损失(或得到的最小效益),然后选择损失最小(或效益最大)的行动方案作为最优方案。所以悲观准则也叫 MinMax 或 MaxMin 准则。

折衷准则

所谓折衷,即指在乐观准则与悲观准则之间的折衷。这种准则是假定客观既不会绝对地向好的方向发展,也不会绝对地向坏的方向发展,而是两种情况的出现都有一定的可能性,而且在不同的情况下,两种可能性之间的比例也是不同的。可以根据历史资料或经验估计出好坏两种情况所占的比例——乐观系数,然后根据乐观系数进行决策。

乐观系数用 α 表示, α 表示乐观的程度, $0 \leq \alpha \leq 1$ 。

而 $(1 - \alpha)$ 就是悲观系数,它表示悲观的程度。

当乐观系数 α 取不同值时,选择的方案可能不同。当 α 为 1 时,折中准则即成为乐观准则,而当 α 为 0 时,折中准则成为悲观准则。

$$C_i = \alpha \max_j \{ a_{ij} \} + (1 - \alpha) \min_j \{ a_{ij} \} \quad (i=1,2,3,\dots,n)$$

C_i 表示损益值。如果 C_i 表示的是效益,则 $\max[C_i]$ 对应的方案是最优方案;如果 C_i 表示的是损失,则 $\min[C_i]$ 对应的方案是最优方案。

后悔值准则

后悔值准则就是把每一自然状态对应的最大效益值视为理想目标,把它与该状态下的其它效益值之差作为未达到目标的后悔值,这样可得一个后悔矩阵。再把后悔矩阵中每行的最大值求出来,这些最大值中的最小者对应的方案,即为所求的方案。这个准则也叫最小后悔值准则或 Savage 准则。

表 2 中列出了某地下洞室可能采用的三个支护方案,各方案在三种可能的状态下出现的塌方量如表。在此情况下应用乐观、悲观和折衷准则进行决策,决策结果均为方案 C 为最优。

采用这 4 种方法有时当选的方案可能不完全相同,但每个方案都有科学的一面。要改进不确定型决策,使得到的结果更为可靠,除了选用其它决策方法外,应加强信息收集工作,尽力使不确定型决策转化为风险型决策。在风险型决策中,又要加强对未来的预测,使风险型决策转化为确定型决策。

表 2 某工程地下洞室可支护方案决策表

方 案	最不利 状态	最可能 状态	最有利 状态	乐观准则 min	悲观准则 max	折衷准则 $0.5(\max a_{ij} + \min a_{ij})$
方案 A	3.08	1.62	1.15	1.15	3.08	2.115
方案 B	1.42	0.60	0.30	0.30	1.42	0.860
方案 C	0.43	0.15	0.04	0.04	0.43	0.235
min				0.04	0.43	0.235

4.5 综合决策法

前文中的几种决策方法各有特色,各有优缺点(表 3)。工程中在不同的条件下,常常可以选用其中的一种或同时选用几种进行工程中的决策。也就是说实际中常常采用的决策方法是几种方法的综合,即综合决策法(SDM 法)。

表 3 各种决策方法的特点及其优劣对比

决策方法	特 点		优 点	缺 点
经验判断法	定性 为主	要求决策者工程经验丰富。可在无数据和系统条件不甚明了的条件下进行决策	简捷, 快速	受决策者主观影响因素较大, 易片面
工程类比法	定性 为主	要求有一至几个相似条件的工程实例	直观。可在资料少的情况下使用	完全相同的工程几乎是没有的。即使是工程条件完全相同, 在不同情况下, 决策条件也不一定一致, 因此决策结果也就不同
优劣对比法	半定量	需要分析几个方案的同异点、比较项。需要依经验判断评价因子的优劣	简单明了, 易于操作	在系统结构复杂、多方案、多因素对比时, 有时难于合理把握各因素之间的关系, 也常常难于分清谁优谁
决策分析法	定量	需在决策前确定各备选方案可能出现的状态以及各方案在不同状态下的损益值。有时需要事先进行某些数值计算	属定量决策, 可在某种程度上避免或减少人为因素的影响	需要在决策前做出大量的地质工作, 使决策系统明了化, 决策因素定量化, 并计算出不同状态下的效益值

以上谈及的均为工程地质决策的基本方法, 在决策理论中, 决策方法远不止这些, 还包括多目标决策问题、效用问题、风险性分析等等。限于篇幅, 此处不再赘述。

5. 工程地质问题决策程序

要使做出的决策成为科学决策, 就要求科学地进行决策。科学的进行决策是获得科学的决策之前提, 科学的决策是科学地进行决策之结果。

要做出科学的决策, 一是选用科学的决策方法, 二是采用科学的决策程序。实际上从某种意义上说, 科学的决策程序往往比决策方法的选取更为重要。科学的决策方法的选取是建立在科学的决策程序基础之上的。因为如果没有按照科学的决策程序进行决策, 即使决策



方法选用的再好也是枉然。

与一般的决策问题相同,工程地质问题的决策程序可以归纳为五个阶段 14 个步骤,即 FAPDF 决策程序(图 2)。

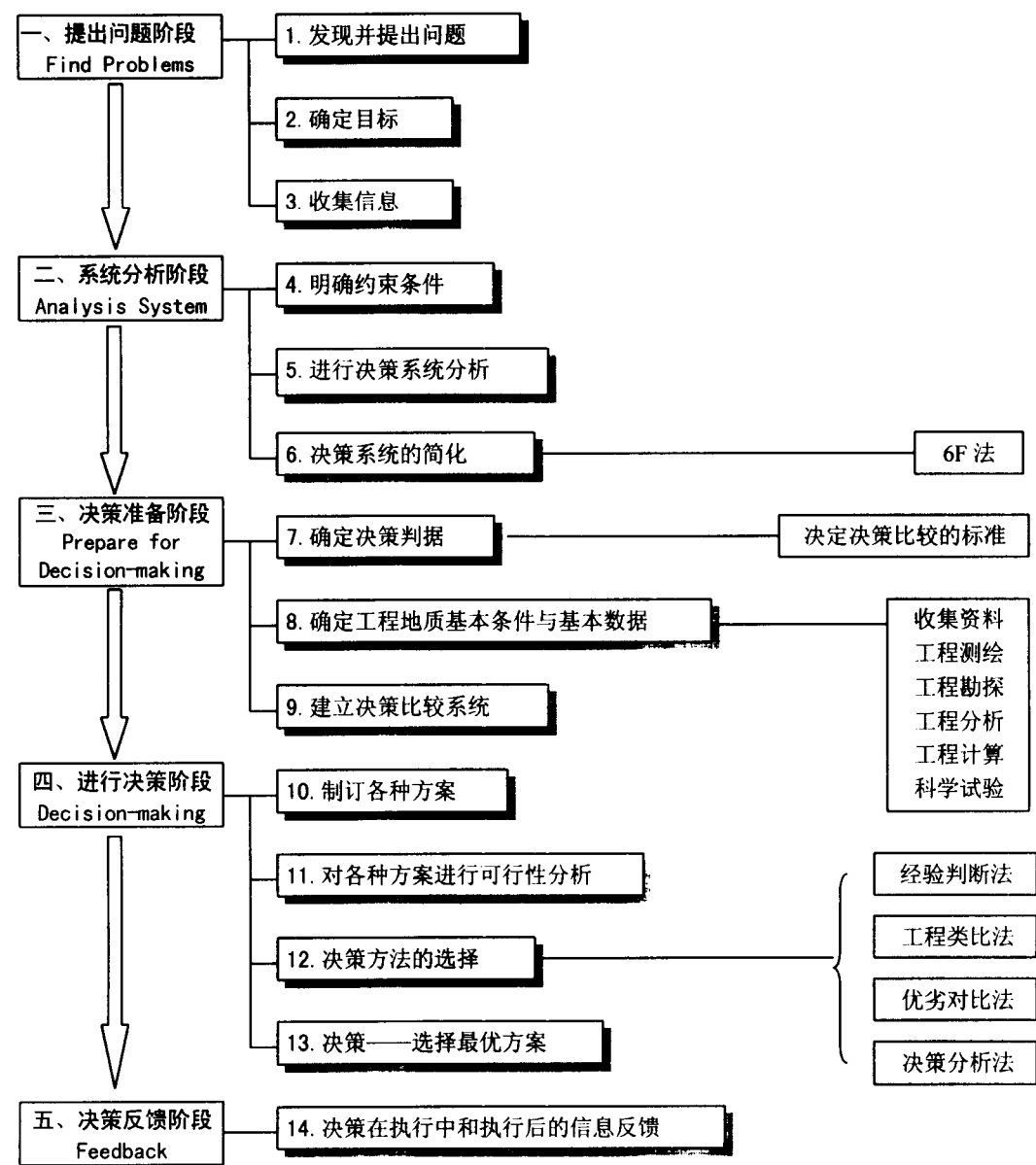


图 2 工程地质决策程序(FAPDF)图

6. 结语

由于笔者水平所限,本文的研究应该说是浅显初步的。但是,通过本课题的研究,笔