

国家自然科学基金项目(50674085)

国家  
教育  
国家

064)

项目(NCET-06-0478)

007CB209408)资助

# 泥质巷道围岩控制 理论与实践

张 农 李桂臣 许兴亮 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

(50674085)

基金项目(50904064)

支持计划基金项目(NCET-06-0478)

国家重点基础研究发展计划(973计划)(2007CB209408)资助

# 泥质巷道围岩控制 理论与实践

张 农 李桂臣 许兴亮 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

## 内 容 提 要

本书是系统论述煤矿泥质巷道围岩遇水弱化渗流场时空分布规律、软弱夹层顶板巷道破坏机理和失稳规律与实用围岩控制技术的学术著作。主要内容包括:泥岩组分及泥化性能、软弱夹层顶板巷道失稳机理、泥化渗流及注浆控制的理论基础、泥化软岩巷道动态过程控制技术、泥质巷道围岩控制工程实践。

本书可供从事采矿工程、岩土工程等领域的科研、工程技术人员参考,亦可作为普通高等学校采矿工程及相关专业研究生、本科生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

泥质巷道围岩控制理论与实践 / 张农,李桂臣,许兴亮著. —徐州:中国矿业大学出版社, 2011.3

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0981 - 8

I. ①泥… II. ①张… ②李… ③许… III. ①泥质结构—巷道围岩—围岩变形—控制 IV. ①TD322

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 032893 号

书 名 泥质巷道围岩控制理论与实践  
著 者 张 农 李桂臣 许兴亮  
责任编辑 王美柱  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司  
开 本 850×1168 1/32 印张 8.5 彩插 4 字数 224 千字  
版次印次 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷  
定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



## 张农教授简介

1968年12月出生，安徽金寨人，博士、教授、博士生导师，2010年度“长江学者和创新团队发展计划”创新团队（研究方向：深井煤与瓦斯共采理论与实践）带头人。先后入选教育部新世纪优秀人才（2006）、江苏省“333高层次人才培养工程”中青年科技领军人才（第二层次）（2006）、江苏省“青蓝工程”中青年学术带头人（2006）、新世纪百千万人才工程国家级人选（2007）、湖南省人民政府芙蓉学者计划特聘教授（2010）和江苏省六大人才高峰计划（A类，2010）。中国能源学会常务理事、中国煤炭学会青年工作委员会副主任委员、中国煤炭工业协会煤矿支护专业委员会专家、专家组副组长、煤炭学会资深会员，《采矿与安全工程学报》、《煤矿支护》杂志编委。曾任煤炭资源与安全开采国家重点实验室副主任，现任中国矿业大学矿业工程学院副院长。

1989年以来一直专注于采动巷道围岩控制理论和支护技术、煤矿顶板安全控制及监测、无煤柱煤与瓦斯共采理论和技术方法等研究工作，直接指导过70余对矿井、250余万米的巷道支护技术试验和推广应用研究工作，成效显著，在行业内获得广泛影响和普遍认可。主持完成国家自然科学基金、省部人才支持计划等课题5项，作为课题骨干参加“十一五”国家科技支撑计划和“973”计划各1项，常年坚持深入矿区与企业联合开展科技攻关。研究成果获得国家科技进步二等奖2项（均排名第2）、省部级科技进步奖12项。近年在国内外公开发表论文70余篇，SCI、EI、ISTP检索38篇；独立出版专著2部，参与撰写2部；获国家专利授权30项。

获得中国煤炭工业协会矿用锚索技术推广先进个人（2001、2002）、徐州市首届青年科技奖（2002）、江苏省第六届优秀科技工作者（2003）、煤矿安全技术专家会诊突出贡献奖（2005）、江苏省青年科技奖（2006）、煤炭工业技术创新优秀人才（2006）、江苏省有突出贡献中青年专家（2006）、中国青年科技奖（2006）、江苏省十大杰出青年（2008）、国务院特殊津贴人员（2010）、徐州市劳动模范（2010）等荣誉称号。



## 李桂臣副教授简介

1980年9月出生，河北故城人，博士、副教授、硕士生导师。2008年获中国矿业大学采矿工程专业博士学位，2011年晋升副教授。国际岩石力学学会会员，中国矿业大学优秀创新团队成员，中国矿业大学第八批校级优秀青年骨干教师，2010年度“振华杯”煤矿支护先进个人。目前，主要从事煤矿巷道围岩控制方面的教学与科研工作。国家自然科学基金青年基金项目(50904064)负责人，中国矿业大学青年基金(2008A004)负责人，煤炭资源与安全开采国家重点实验室基金(08KF10)负责人，主持企业横向科研项目7项。研究成果获得中国煤炭工业科学技术奖二等奖1项、山东省煤炭科学技术奖二等奖1项、山东省国土资源科学技术奖二等奖1项、教育部科学技术进步奖二等奖1项。发表学术论文20余篇，EI检索7篇；授权专利17项，受理专利12项。



## 许兴亮副教授简介

1976年8月出生，山东泰安人，博士、副教授、硕士生导师。2007年获中国矿业大学采矿工程专业博士学位，2010年晋升副教授。国家“973”计划“深部煤炭开发中煤与瓦斯共采理论”(2011CB201200)课题四骨干教师，中国矿业大学青年基金(2007A006)负责人，煤炭资源与安全开采国家重点实验室基金(07KF04)负责人，主持企业横向科研项目5项。研究成果获得中国煤炭工业科学技术奖二等奖、三等奖各1项。发表学术论文20余篇，EI检索8篇；授权专利10项。

## 前 言

随着我国经济的持续快速发展,能源需求量越来越大,煤炭产量逐年大幅攀升。由于浅部资源逐渐减少和匮乏,煤炭开采逐步转向深部,而且从北到南一系列第三纪褐煤田的不断开发,使得地下巷道有相当一部分布置于泥质软岩中。泥质软岩遇水相互作用,泥化膨胀,即使在低应力条件下也会表现出典型的软岩特征,使得煤矿巷道的开挖与维护极为困难。根据对近5年淮北、淮南和徐州等矿区40余个煤矿28起煤巷冒顶事故的调查统计,46.4%的冒顶处存在顶板裂隙水。裂隙水泥化岩体进而导致锚固结构削弱或失效,常常是支护失败的重要诱因之一。为了解决这类软岩巷道支护难题,矿方一般采用高密度、小棚距重型U型棚支护,这种钢铁化的支护方式也不适应泥化软岩巷道的特殊要求,围岩压力与裂隙水的联合作用亦会造成巷道严重变形:U型钢支架严重扭曲,帮部整体移进,顶板弯曲下沉,底鼓极为严重,表现为四周全面来压。往往是前掘后修,进入“破坏—修复—再破坏—再修复”的恶性循环,造成已掘巷道的多次翻修,极大地降低了正常成巷速度,打乱了矿井正常的采掘接替平衡,直接影响煤矿安全生产,危及人身安全,仅两淮地区每年由于泥化软岩问题引起的经济损失就达数亿元。

水—岩相互作用的泥质软岩巷道以风化崩裂、遇水膨胀软化等破坏特征为显著特点,具有非线性大变形和显著流变变形特征,其变形的复杂性决定了单一支护方式难以控制的工程特征。泥化软岩工程与硬岩的情况大不相同,用硬岩的弹性或弹塑性变形理论不能充分说明该类软岩的变形和破坏机制。传统的岩石力学中关于坚硬岩石的脆性破坏模式和强度准则等已不能解释和处理泥化软岩的膨胀、流变、滑移和离子交换等变形弱化现象,必须深入研究水—岩相互作用下岩体的变形规律与破坏特点。水致泥化、膨胀软岩的大量出现,推动了煤炭开采的软岩研究向纵深层次发展,使得该类软岩研究更为紧迫。

笔者在多年现场相关科研课题研究积累的基础之上,对顶板富含裂隙水的泥质软岩巷道水—岩相互作用过程中的围岩控制问题进行了探索,本书即为对相关研究成果的总结。全书共分6章。第一章简要回顾了泥质软岩工程力学性质、水对岩体的弱化作用、泥质巷道围岩控制理论与技术等方面的研究现状,指出煤矿泥化软岩巷道围岩控制的特殊性。第二章主要研究了典型煤系泥质岩体的矿物组分与微结构特征、受载过程中各应力阶段遇水强度弱化机理及泥质巷道围岩遇水变形规律。第三章分析了软弱夹层的物理、化学、力学特性,及其层位对该类顶板巷道稳定性的影响机理,并重点研究了水作用下泥化泥岩巷道和动压作用下软弱夹层顶板巷道的失稳特征与破坏机理。第四章通过理论分析和原位窥视仪监测,得到了动压影响下泥质软岩巷道渗流场时空分布规律,并研究了控制泥岩遇水弱化的新型化学注浆技术。第五章提出了泥化软岩巷道动态过程控制

技术与软弱夹层顶板巷道安全控制技术体系。第六章介绍了几个泥质巷道围岩控制的工程实例。

本书是本课题组近 10 年来关于泥质巷道围岩控制研究成果的总结,是课题组集体智慧的结晶。本书编写过程中,博士研究生赵一鸣、于宪阳、张念超、司光耀,硕士研究生张海韦参与了部分材料的收集与整理工作,在此表示感谢。同时,本书许多实测结果和科研成果的取得得到了有关现场工程技术人员的帮助,在此一并表示感谢。

由于水平有限,书中难免存在一些缺点和不足,恳请专家、学者不吝批评和赐教。

著 者

2011 年春于中国矿业大学



## 目 次

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 引言.....	1
第二节 文献综述.....	3
第三节 存在的问题 .....	19
<b>第二章 泥岩组分及泥化性能</b> .....	23
第一节 泥岩组分及浸水崩解性实验 .....	23
第二节 泥岩强度弱化及渗透性实验 .....	34
第三节 泥化岩体工程力学性质分析 .....	45
第四节 泥质巷道围岩遇水弱化效果分析 .....	60
第五节 泥质巷道围岩遇水变形规律 .....	67
<b>第三章 软弱夹层顶板巷道失稳机理</b> .....	73
第一节 软弱夹层的概念、分类及基本特性.....	73
第二节 软弱夹层层位对巷道稳定性的影响 .....	86
第三节 水作用下软弱夹层顶板巷道破坏机理 .....	98
第四节 动压作用下软弱夹层顶板巷道破坏机理.....	112
<b>第四章 泥化渗流及注浆控制的理论基础</b> .....	135
第一节 泥质岩体基本渗流特征.....	135
第二节 泥质岩体受载过程渗透性动态变化.....	138

第三节	泥岩巷道的渗流空间分布特征·····	144
第四节	控制泥化的化学注浆机理·····	157
第五节	化学注浆技术·····	162
<b>第五章</b>	<b>泥化软岩巷道动态过程控制技术·····</b>	<b>172</b>
第一节	概述·····	172
第二节	软弱夹层顶板巷道安全评判及安全分级·····	178
第三节	软弱夹层顶板巷道围岩强化控制技术·····	201
<b>第六章</b>	<b>工程实践·····</b>	<b>221</b>
第一节	大倾角泥化夹层诱发全断面变形失稳巷道 围岩控制·····	221
第二节	锚杆锚固区边缘无水条件下软弱夹层顶板 巷道围岩控制·····	231
第三节	水与动压作用下软弱夹层顶板巷道 围岩控制·····	238
第四节	厚层泥岩受砂岩裂隙水渐次弱化巷道 围岩控制·····	248
<b>参考文献</b> ·····		<b>255</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 引 言

泥质岩石是世界上分布最广泛的一种岩石,仅泥岩和页岩就占地球表面所有岩石的 50%左右,它们的存在与工程建设息息相关,在很多情况下对工程的稳定起控制作用。泥质软岩遇水弱化问题从 20 世纪 60 年代就作为世界难题被提了出来,世界上很多大型水工事故就是由泥岩与水相互作用而引发的,如美国圣佛兰西斯坝、法国布泽坝的垮塌,都是由于坝体被水软化后沿泥化夹层滑动造成的。在地下工程中,特别是煤矿生产建设中常遇到地下水涌入,由此产生的矿井大量突水是井巷工程的主要障碍和威胁之一,其次是由水的泥化作用引起的工程围岩软化流变等大变形支护难题。裂隙水对巷道围岩的侵蚀弱化及其对支护结构的破坏作用,在巷道围岩控制中十分突出,严重地影响着矿井支护的安全状况。

随着我国经济的持续快速发展,能源需求量越来越大,煤炭产量逐年大幅攀升。由于浅部资源逐渐减少和匮乏,煤炭开采逐步转向深部,而且从北到南一系列第三纪褐煤田的不断开发,使得地下巷道有相当一部分布置于泥质软岩中。泥质软岩遇水相互作用,泥化膨胀,即使在低应力条件下也会表现出典型的软岩特征,使得煤矿巷道的开挖与维护极为困难。根据对近 5 年淮北、淮南

和徐州等矿区 40 余个煤矿 28 起煤巷冒顶事故的调查统计, 46.4% 的冒顶处存在顶板裂隙水。裂隙水泥化岩体进而导致锚固结构削弱或失效, 常常是支护失败的重要诱因之一。为了解决该类软岩巷道支护难题, 矿方一般采用高密度、小棚距重型 U 型棚支护, 这种钢铁化的支护方式也不适应泥化软岩巷道的特殊要求, 围岩压力与裂隙水的联合作用造成巷道严重变形: U 型钢支架严重扭曲, 帮部整体移进, 顶板弯曲下沉, 底鼓极为严重, 表现为四周全面来压。往往是前掘后修, 进入“破坏—修复—再破坏—再修复”的恶性循环, 造成已掘巷道的多次翻修, 极大地降低了正常成巷速度, 打乱了矿井正常的采掘接替平衡, 直接影响煤矿安全生产, 危及人身安全, 仅两淮地区每年由于泥化软岩问题引起的经济损失就达数亿元。

水—岩相互作用的泥质软岩巷道以风化崩裂、遇水膨胀软化等破坏特征为显著特点, 具有非线性大变形和显著流变变形特征, 其变形的复杂性决定了单一支护方式难以控制的工程特征。泥化软岩工程与硬岩的情况大不相同, 用硬岩的弹性或弹塑性变形理论不能充分说明该类软岩的变形和破坏机制。传统的岩石力学中关于坚硬岩石的脆性破坏模式和强度准则等已不能解释和处理泥化软岩的膨胀、流变、滑移和离子交换等变形弱化现象, 必须深入研究水—岩相互作用下岩体的变形规律与破坏特点。水致泥化、膨胀软岩的大量出现, 推动了煤炭开采的软岩研究向纵深层次发展, 使得该类软岩研究更为紧迫。

笔者在多年现场相关科研课题研究积累的基础之上, 对顶板富含裂隙水的泥质软岩巷道水—岩相互作用过程中的围岩控制问题进行了探索。围绕动压扰动下巷道围岩渗流通道的动态发育和裂隙水流动态侵入, 以及由此导致的泥质岩体力学性能劣化及支护作用弱化失效, 开展在水—岩相互作用条件下巷道围岩变形机理、变形规律以及控制手段的研究, 相关研究成果对煤矿巷道围岩

控制具有普遍的理论价值和实践指导意义。

## 第二节 文献综述

近几十年来,泥化软岩工程支护技术和基础理论的研究工作越来越受到学术界的重视,在地面岩土工程尤其是水利工程中,对水—岩相互作用泥质软岩稳定性已经进行了很多研究。但对煤矿特殊条件下的煤系泥质岩体在受动压扰动情况下,发生水—岩相互作用的控制难题还没有进行系统研究。在国内,1996年“煤矿软岩工程技术研究推广中心”的成立,是我国软岩工程技术在矿业领域研究繁荣的标志。经许多学者的共同努力,如对甘肃金川矿区软岩问题的全国性科技攻关和全国各矿区广泛展开的软岩专项治理等,使得我国在软岩控制理论和软岩基础理论研究方面取得了长足的进展。但已有的研究成果过多集中在破碎软岩、高应力软岩方面,对泥质岩体遇水条件下的泥化软岩的研究还没有引起足够的重视和提升至足够的高度。下面对已有的相关研究分三个方面分别介绍:泥质软岩工程力学性质、水对岩体的弱化作用、泥质巷道围岩控制理论与技术现状。

### 一、泥质软岩工程力学性质

泥质软岩工程力学性质主要包括:矿物成分,特别是关键的膨胀性黏土矿物成分;岩体微观结构;流变特性及非线性大变形;工程岩体力学理论。

#### 1. 矿物成分对力学特性影响

人们很早就注意到岩石成分对岩石力学性质的影响,早在20世纪50年代,国外就开始了软岩矿物成分与其物理力学特性关系的研究,如K. Norrish和日本学者须藤俊男研究了软岩中蒙脱石的力学膨胀作用。我国学者陈宗基(1983)提出了软岩扩容的膨胀

效应问题。他把膨胀划分为：碎胀(扩容引起的体积膨胀)、物理化学作用产生的自由膨胀、弹性变形恢复引起的流变膨胀。曲永新、罗鸿禧、于双忠、夏佳、齐伟和贾志远等从软岩矿物组成、扩容及物化膨胀联合作用的角度研究了软岩特性。李洪志、彭涛、何满潮、温春莲、陈新万、周翠英等研究了不同矿物含量与含水率对岩石力学性质的影响。

## 2. 微观结构对物理力学特性影响

软岩的微结构与岩体的各向异性总是密切相关,特别是煤系泥质软岩由于地质成因和地质构造导致岩体各向构造和成分的显著不同,增加了岩体的各向异性程度。目前,一些岩石力学工作者已注意对各向异性效应的微观机理研究,早在 20 世纪 70 年代, M. Friedman(1975)在他的《岩石的破裂评述》一文中曾简要地介绍了岩石破裂的亚微观、微观方面的研究及重要进展。王幼麟等的研究表明,沉积类岩石具有明显的各向异性,当应力作用时,会产生局部附加应力。

裂隙岩体的各向异性和裂隙方位的非对称性会导致变形和破坏过程中裂隙的分歧,而且裂隙作为水力通道,孔隙作为储水空间,它们对水—岩耦合作用有着显著影响。B. H. 奥西波夫基于结构联结的观点系统地讨论了微观结构对软岩的物理力学性质的影响。吴恩江、韩宝平等研究了水—岩作用微观信息特征及对孔隙演化的影响,通过对大量岩块系统分析,建立了水—岩作用下的孔隙结构演变模式。王树义、闫海明分析得出,地质构造对沉积岩地层构造裂隙起主导控制作用。傅雪海、秦勇等根据对煤岩体宏观与显微裂隙的系统统计与观测,计算了孔隙的分形维数和面密度维数,分析了煤变质程度与裂隙发育程度的关系。

## 3. 软岩流变与非线性大变形力学特点研究

流变性是指岩石的应力—应变关系与时间因素有关的性质,岩石的流变性包括蠕变、应力松弛和弹性后效。在岩体的力学特

征和力学响应方面,岩体的本质为不连续的各向异性流变体。陈宗基对软岩的流变特性研究曾经做出了独特的贡献,早在1959年,他就把流变理论引入岩石力学,1981年,他根据对长江葛洲坝坝基泥化夹层的研究,利用松弛试验,提出了确定长期强度的本构方程。郭志针对软岩存在状态的易变性和围岩压力与时间效应进行分析,认为软岩强度用流变强度极限比较合理,并给出了流变强度极限和取值区间。刘高提出了结构性流变的观点,即结构面依应力状态而发生与时间相关的力学响应,致使工程岩体表现出显著的流变。范秋雁(1995)通过研究蠕变与弹塑性变形之间的相互关系及围岩流变的机理,将复杂的黏弹塑性问题转化为简单的弹塑性问题近似求解。

泥化软岩属于大变形岩体,就大变形岩土工程而言,其设计必须依据非线性大变形力学理论。在这方面的杰出研究者有孙钧、朱维申和 R. L. Taylor 等人。非线性大变形力学区别于线性小变形力学,它不仅反映岩石材料变形,还反映岩体结构变形。这突破了传统理论的小变形假设,认为大变形岩体介质已进入塑性、黏塑性和流变性的阶段,不仅本构关系(物理方程)是非线性的,而且几何方程也是非线性的。在整个力学过程中,已经不服从叠加原理,力学平衡关系与各种载荷特性、加载过程密切相关。但是这些大变形理论最终所要建立的是(大变形)黏弹塑性模型,并没有考虑水的弱化因素,所以不能反映动态水影响下的岩体变形规律,由于泥化软岩对水诱因十分敏感,故水—岩耦合作用模型的形成尚需相当长的研究过程。由于工程实际的迫切需要,以及建立模型的规律总是经历从简单到复杂、再从复杂到简单的过程,所以抓住主要影响因素建立较为简单的近似模型是当前研究应加强的一项工作。

#### 4. 工程岩体力学理论研究

连续介质理论:是以连续介质假设为基础,借助于固体力学、

材料力学来认识岩石稳定性问题。其研究方法分为两类:一类是建立岩体力学模型,运用本构关系与破坏准则得到解析解,从而计算分析岩体的稳定与破坏;另一类是采用数值计算方法和计算机技术,根据不同的数值计算方法得到数值解。

解析解的理论解法,本质上是建立岩体力学模型,采用数学方法对岩体弱面等缺陷进行处理,“只要能估算出层面和节理的平均影响程度,就可以用连续介质理论以足够的精度解决岩石力力学问题”。块体理论:真正考虑岩体结构面的影响,并将之运用到岩体力学计算中的是 R. E. Goodman 等人(1968),其提出了无厚度接触单元(即 Goodman 节理单元)。其特点是直接以岩体中节理的分布形态和力学特征为基础,进行应力、应变和稳定性计算。基于有限差分,同时考虑了界面单元,ITASCA 咨询集团公司开发了软件 FLAC(Fast Lagrangian Analysis in Continua),即连续介质快速拉格朗日分析法。P. A. Cundall(1971)提出的刚性块离散单元法,将具有不连续变形性质的节理岩体视为被结构面分割成的各自独立的岩块,岩块沿结构面可无限制地变形,岩块本身为刚性块体。Cundall(1986)进一步完善了块体自身可变形的离散元法,ITASCA 咨询集团公司利用此结果并与边界元法耦合,开发出大型商业软件 UDEC 和 3DEC,是目前对节理化岩体进行数值计算有效的方法,该方法较好地反映了岩体变形的实质,在岩体工程中得到了广泛应用。基于拓扑学原理,以赤平极射投影和矢量运算为工具,石根华创立了关键块体理论。随后在关键块体理论上,石根华进一步提出了不连续块体变形理论,以模拟复杂加载条件下离散块体系统的非连续大变形行为。这些块体理论,从根本上克服了连续介质力学的缺陷。

岩体力学数值计算方法,采用的工具是以有限单元法、边界元法、离散元法等数值计算方法为理论基础而编撰的计算软件,如 ADINA、UDEC 和 FLAC 等,可以求解较为复杂的岩体工程问



题。但是由于对岩体的各种结构面、弱面的等效处理并未能真实反映出岩体的客观复杂性和力学行为本质,以及无法准确得到岩体力学参数,使人们怀疑计算机模拟是否可靠,从而大大限制了计算机分析技术的发展。

## 二、水对岩体的弱化作用

地下水是煤矿井巷工程等地下工程施工的主要障碍和威胁之一,不同巷道具有不同岩性、地层和地质构造,但在施工中常会遇到同一个问题,即地下水流入。在巷道开挖中,最大的危害一般是从裂隙高度发育并饱含水的岩体中产生的大量突水,其次是由于水的作用引起的工程围岩弱化大变形支护难题。因此,地下工程支护迫切需要了解地下水对围岩的弱化作用,以探寻有效的治理措施。

煤系沉积软岩是一类特殊岩体:在天然状态下较为完整、坚硬,力学性能良好,而遇水后短时间内迅速膨胀、崩解和软化,而造成岩体的损伤并导致其力学性质快速大幅度降低。研究表明:软岩在饱水条件下,力学性质将发生很大的降低,尤其是对于含有黏土矿物特别是膨胀性矿物、易溶性矿物和有机质的泥质软岩,其影响更甚。地下水与岩体之间的相互作用十分复杂,一方面地下水改变着岩体的物理、化学及力学性质,另一方面岩体也改变着地下水自身的物理、化学性质及化学组分。运动着的地下水对岩体产生三种作用,即物理的、化学的和力学的作用。研究表明,水对沉积岩力学性质的影响程度明显高于岩浆岩和变质岩,且不同含水量对沉积岩体力学性能影响不同。含水量亦影响岩石变形特征,随含水量增加,岩石的力学特性劣化,其程度受岩性所控制,主要取决于岩石胶结状况、结晶程度和是否含有亲水性黏土矿物等因素。