

861856

岩体工程地质分析

王继光 著

岩体工程地质分析

王继光 著

西南交通大学出版社

内 容 简 介

全书共分八章，第一章介绍当前工程地质学发展的特征；第二章介绍岩体的概念及其研究途径；第三章至第六章分别介绍岩体裂面、微裂隙、岩体分类、地应力与构造应力场等问题；第七章结合我国实际介绍山坡岩体移动问题；第八章介绍碳酸盐类的岩体稳定问题。

本书可配合工程地质学及岩体力学的教学，作为高等院校工程地质专业学生的教学参考书，也可供从事工程地质专业的教学、科研和生产人员学习和使用。

岩 体 工 程 地 质 分 析 YANTI GONGCHENG DIZHI FENXI

王继光 著

西南交通大学出版社出版发行
(四川 峨眉)

西南交通大学出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：5.5

字数：122千字 印数：1~1000册

1988年3月第一版 1988年3月第一次印刷

ISBN 7-81022-018-7

P 001

定价：0.95元

前 言

研究岩体也必须象以动态概念来研究岩石圈那样的观点来指导思维，来拟定研究的方法，而这一点通常又是被忽略的！

若是把岩体看成是一种和地壳发展互不联系的物质，来拟定研究的途径和方法，往往局限于研究者的主观愿望的设想，在实验的假设条件中选择适于其所拟定的模式（无论有意或无意）来进行，这样，其研究成果大多是和实际情况（岩体所处的实际地质环境控制下的具体动态）相距甚远，甚至于是不符合的。

作为岩石圈的一个极小的组成部分——岩体，同样，也是曾承受过自其成岩阶段和后期构造扰动的影响；而且甚或在目前仍处于近代缓慢运动影响下的物质。前者体现在岩体内部的微小构造痕迹（有时并不明显）并可能和岩体的物理力学行为存在着机制关系，后者则体现在现代岩体在岩体原始应力所表现的特色。

以动态的概念来处理岩体研究的问题是指如何把岩体内在的某些因素的变化和岩体整体所处的状态相联系进行的分析研究。

作为动态的指标用以说明岩体状态的内部因素要涉及到微观范围内若干要素，主要如微裂隙的密度与个体的变化以

及肉眼可辨的岩体的颗粒和晶粒所表现的构造和结构上的变化等。

这些要素体现岩体在经受历次能量变化影响所遗留的（或说是所固有的）特征，而且在一定程度上左右其将来的力学行为的趋向，在外界条件适合下就会表现出各种各样的工程地质现象。

作为岩体的工程地质条件，其遭受的风化作用的性质和程度也是不可忽视的。本编主题在于说明探求岩体的力学行为的内在机理，对其它于此从略，但这不等于不重视风化条件的分析。

某些实例说明，从工程上评论似乎是解决了的问题，但实质上却未必是已彻底解释其所以然的工程地质问题，而且某一地区的成功经验，对于另一地区也只能作为参考性质的比拟。这足以说明，谋求岩体力学行为机理的解释，在提高其普遍指导性的进一步研究，除组成岩体本身的诸种特征外，在应用上还要联系其所处的地质环境。只有在这种研究途径和方法所积累的资料，才似乎可以说是近乎实际的。

本编是教学资料的整理。文中所涉及的参考资料及其相应的注释，目的在于引导初学者的自力学习和钻研。

著者 1986 于成都

目 录

前 言

第一章 绪 论

- 一、当前工程地质学发展的特征..... 1
- 二、现状和趋势..... 3
- 三、工程地质和地质力学分析..... 5

第二章 岩体及其研究途径展望

- 一、岩体的基本概念..... 9
- 二、岩体工程地质问题及其研究现状..... 9
- 三、岩体结构的地质基础及其工程地质
的研究..... 13
- 四、岩体问题研究的展望..... 18

第三章 岩体裂面问题

- 一、研究裂面的意义..... 27
- 二、裂面的基本性质及其定量标志..... 29
- 三、影响抗剪强度的因素..... 33
- 四、关于 c 值的问题..... 44

第四章 微裂隙问题

- 一、微裂隙及其在岩体研究中的意义..... 58
- 二、岩石微裂隙与其矿物组成的关系..... 61
- 三、微裂隙的扩展与微断裂作用..... 64

四、微裂隙的类分	68
第五章 岩体分类问题	
一、分类的概念和意义	82
二、现行分类的情况	84
三、铁道工程地质勘测中的岩体分区问题	91
第六章 地应力、构造应力场及其推论问题	
一、岩体的天然应力状态	101
二、构造应力场及其推论	106
三、关于活断层及其对区域稳定性 评价的意义	112
第七章 山坡岩体移动问题	
一、概述	122
二、山坡岩体移动的类型和特征	123
三、不同移动类型的最终破坏面的 情况（实例）	129
四、岩体移动类型各论	133
第八章 碳酸盐类的岩体问题及其它	
一、由于矿物成份的变化引起的岩体变形	151
二、石灰岩的孔隙、裂隙（裂面） 和地下水问题	156
三、能源地下储藏室的建筑	159

第一章 绪 论

一、当前工程地质学发展的特征

工程地质学所探讨的问题，无论是天然的地质作用或是人为的地质作用所引起的，就其表现的方式和范围说虽然是多样的，然而究其根源，无非是围绕岩土所发生的现象。关于土的问题，在有关土的学科（土质学、土力学等）中无论在理论或是实验处理方面，在当前说，都远比对岩质的研究成熟，而岩体的问题尚有待发展。隧道和地下洞室的本体、水工建筑物的基础以及岩质边坡等，其基本物质都是承受着一定天然荷载并被区域构造应力所控制着的天然岩体，而非人工合成的材料。一切设计必须从它们的现状出发而少选择余地。这样无论在建筑或是工程地质学方面都提出了新课题。联系建筑的目的，在岩体研究这一分支学科中，似也展示了如下特征：

(1) 是探讨岩体动态发展中的未来，而非以往。例如，某处岩体处于当前地质环境条件下，其整体稳定性如何？如果发生破坏的话，其表现又如何？在这种过程中，其制约岩体强度和力学性能表现的内在因素的发展变化的规律又如何？上述等等都属于应探求解答的课题。这些，不论是在目的上或是方法上都不同于对地史的变迁以及传统的对地区的构造变动的研究。但这后二者于探求该岩体动态的未来却有极密切的关系，因为它们提供了岩体的现存地质条件。探索岩

体在现状条件下将作如何发展的这种趋向，也可以说是当代工程地质学之不同于传统地质学的一特点。

(2) 是探讨在条件变化过程中的岩体动态特征。岩体的同种动态不但随地质条件的区域性变化而表现不同，而且在岩体的开拓过程中也是在不同程度地变化着的。许多实例说明，就是在这样的变化过程中，由于事先未能了解其规律，而当其条件突然变化时而发生不可收拾的岩体变形（通称为工程地质现象）。隧道和人工边坡，其实质就是改变了天然岩体的固有结构而成的建筑物。从开挖时期起直到建筑完成，实际也是它们之间相互适应的过程，随时都有可能触发岩体的变形。研究岩体在这样的过程中性状演变的机理或者说探求它们在变化过程中的规律是岩体研究的另一重要方面。

工程地质工作者如果仅限于就建筑物的要求来考虑在现状下的哪些地质条件是有利的而哪些是不利的，忽略考虑在施工过程中以及建筑竣工后，该地段的地质条件所可能发生的变化并对其结果作出适当的预测的话，将不能认为是全面的。

控制岩体动态的地质条件，除明显的（即肉眼可见的），例如，构造格局的支配和裂隙穿插的关系等以外，还有潜在的，也就是蕴育在岩体本身所固有的物质结构，而这些要靠间接的数据和微观结构的关系来说明。只有把这种内在的固有特征和宏观的构造裂隙穿插的关系相结合的基础上来探讨岩体整体力学性状的因果机理，才是比较正确的途径。在这里，我们可以利用恩格斯所说的一段话：“……不过凡表面上看去是偶然性在起作用的地方，其实这种偶然性本身始终是服从于内部隐藏着的规律的。全部问题在于发现

这种规律。”如果用于对岩体的研究和思维的准则，也是适宜的。但具体来说，所谓内部隐藏着规律，在岩体研究中，可以理解为：(1) 蕴育在从始生以及成岩过程中，其组成物质（颗粒或晶粒、胶结物质）的调整、移动所遗存的特点；(2) 成岩过程中以及成岩后，经历构造变动直接赋予的（同生的）和后期影响所蕴育的与力学形状表现有关的特征。探求岩体在这两者共同制约下的动态表现的规律，也可以说是当前岩体研究的中心问题。

然而若对于我们当前所见到的关于工程地质学科的探索 and 研究的文献来说，这样的以地质基础为背景的深入研究成果，还是极少见的。

二、现状和趋势

当前工程地质学科在探索和研究方面的发展趋势，似可以作如下的概括：

(1) 局限于以“工程需要”为主导的工程地质学概念并由此衍变为单纯谋求防护的措施的作法，通常是套用实验公式试求数据，反过来作为决定工程建筑物设计的依据。在边坡工程的设计中这似乎已成为习惯作法。又由于这种作法在初期基本上是以土力学为基础的公式，因而在某些教学和学习观点中也形成了“工程地质学即地质学加土力学”的倾向。在生产上这样的作法似乎象是有效措施，实际上往往种下不良后果的因素。这是有例证可作说明的。同时，也应当看到，即使是土体在天然状态下，也是多种多样的，而不是某一固定方式的范畴所完全适用的。

(2) 拘泥于岩石力学为主导的工程地质学。由于岩体通

常不是单一的岩石,而且又各有其地质环境,因而对它的工程地质评价以及力学性状的分析,既不能局限于传统岩石学的岩石组成成份观点,也不能局限于岩石力学的单纯实验观点。最重要的是不能脱离它所处的地质环境的现状,前二者只能作为辅助的手段。无论解决生产问题,还是从事理论研究都应由此点出发。然而根据所见的资料,说明当前在这方面还未得到应有的重视。

(3) 注意到岩体是裂隙和块石的组成体。以人为砌块,象形建筑物,模拟其受力方向,测其面间的应力分布和集中情况,进行分析。这是比较注意从实际出发的研究观点。但岩体的天然裂面组合情况是复杂的,随其所在地区的构造体系,往往表现为特有的格局特征,其中也蕴育着相应的区域应力态势。在此基本条件下,又由于存在着局部的天然荷载不同,以及于施工阶段不恰当的措施所造成的影响等诸种因素,这就决定了:即使采用以实际例子为原型进行模拟实验处理,也必须先期对该区岩体所表现的断裂与该区所显示的构造线作序次分析,根据地质力学原则作出正确结论。在此基础上拟定实验的方案,才有可能获得近似实际的结果。这样才能较好地把区域的构造变动的背景和相应的该区蕴育着的应力态势联系起来,并以之与该区的区域应力实测结果进行对比分析。如果是这样的话,无疑这项综合分析结果对于上述模拟实验将会有直接指导的意义。然而迄今这样的研究报道也不多见。

由以上概述可见,目前在工程地质学的研究工作中,其目的性和采用的途径是不同的,因而关于成果的报道也是多种多样的。所以为了整个学科的发展,为探求对岩体的力学

性状起制约的内在因素与所表达的数值间的关系的明确有效的方法和途径来说，都有待进一步发展。

前述情况之出现，特别是在我国，可能与工程地质学科发展的历史背景有关。这里不拟详述。概括言之有二：（1）无论国际间或国内，对于所谓“工程地质学”尚未形成在认识上一致的学科概念（2）在我国从事工程地质学范畴工作的人尚存在着由于专业观点不同而在作法和主张也不同的情况，如工程师的强调经验，工程界的岩石力学旧范畴，以及传统地质学方法的束缚。

三、工程地质和地质力学分析

前面已经提到，当前工程地质学的中心课题是岩体，而岩体研究不能脱离其地质环境。也曾指出，岩体大都经历过不止一次的构造变动，因此，地质力学的概念和方法，可以认为是岩体研究的基础。地质力学应用于解决工程地质的重要性，早经我国地质力学奠基者李四光*指出过，其细节将分别在以后“地应力问题”和“裂面分析”各章阐述，此处只指出在研究中两者的关系和应有的观点。

地质力学方法和概念应用于岩体问题的研究，最根本的是岩体所赋有的力学性状的宏观控制的意义。

由于和具体工程建筑相联系的岩体范围所限，除直接位于或邻近构造体系接触或干扰的地区以外，多数是和岩体所局限的区域性构造线及构造面作联系分析，但这仍属于宏观尺度的控制关系。例如，根据褶皱轴向线或系列的断裂（断层线、节理系统）所表现的特点（轴线的倾伏或断层线等的分

* 李四光：地质力学概论，1973年，科学出版社，第99页。

布排列——瓦叠或雁行等排列以及断裂面间的接触特点等），判断这些构造线的力学特征（如挤压、扭动、张裂或剪切等），了解这些特征，也就可能对于它们所扰动的岩块或是岩体原来所承受过的构造应力的影响有所了解，进而对于它们当前所处的态势，作出初步估计。也就是说，作出当前这些岩体是在何种宏观构造格局控制之下的一种推论。或者说，查清形成当前这些岩体最后阶段（遗留给我们的永久变形）的格局和它们彼此的关系是经过怎样一套变动过程才形成的？在这个基础上作出当时的构造应力场的假设。这类假设应当包括形成这全部格局的构造体系的应力场以及个体构造本身的局部应力系统两方面。后者有时可以作为直接对建筑物场地评价的依据资料，前者则对于区域性稳定的评价作参考。同时应注意到工程地质范畴中所研究处理的岩体，大多是处于地表或地表下线处的。其岩性未必总是单一性的，并且或多或少都经历过后期（近代的）构造干扰的影响，而影响的程度也未必一致。所以和应力的实测结果，在方向和数值上难求相符，只是在岩体的宏观构造格局下更有益于与其实测数据作对比分析。

地质力学中重要组成部分是结构面（在本篇中通称裂面）。分析其为压、张、扭（剪）或压扭、张扭等性状对于构造形迹的研究是重要的基本问题，这在李四光氏的专集中早已阐明。在工程地质范畴中，所有这些结构以及它们所有的力学属性正也是在分析岩体的工程地质条件时所不容忽视的关键问题。

这些结构面既是控制岩体的区域性宏观构造条件，又是直接控制岩石体的强度和稳定性（决定于面间的抗剪强度）

的决定要素。虽然当前岩石力学者通常只强调的是节理，然而实际都是地质力学所揭示的，所有的结构面在控制着岩体的力学性状和行为。不但这些结构面本身的物理特征，如波状起伏（压性）、锯齿状（张性）和光滑如镜面（扭性、剪切）等直接影响抗剪强度的实验成果，而且由这些面的力学特性所派生的在裂面两侧的结构特征，如扭面派生的羽状小断裂、岩石的局部糜棱化、压性面派生的鳞状、片状的矿物排列等，也分别在一定程度上影响这些块石（Intact Rock）的抗压、抗剪与抗拉的强度。在某些特定情况下的山坡岩体，往往由于这些特征的存在而导致严重剥离，以至于成为岩体崩落、断裂的起因。这些情况虽已不属于地质力学本题，但也可由此意识到地质力学的分析对于工程地质问题研究的重要性。

除上述以外，在工程地质范畴内，也涉及关于残余应力能量的储积和释放问题。往往在开拓由经过多次而强烈构造扰动的古老岩层所组成的岩体中造成突然释放——岩爆的现象，在探讨这类问题时，也与地质力学方法和概念的运用有密切关系。这些将在以后有关章节阐述。

主要参考资料

- 〔1〕 P.B. Attewell, I. W. Farmer: Principles of Engineering Geology, 1976, Chapman & Hall Ltd, "Preface".
- 〔2〕 Quido Záruba, Vojtech Mencl: Engineering Geology, 1976, Elsevier Scientific Publishing Company, "Introduction", "Co—Operation of

Geologists with Engineer".

- [3] Charles Jaeger, **Rock Mechanics & Engineering**, 1979, 2nd Cambridge University Press, Part I, Article I, "The Historical Development of Rock Mech." P. 1—4.
- [4] F. Renter, K. J. Klengel, J. Pasek, **Ingenieurgeologie**, 1980, Leipzig, 2nd Ed., Chapter V.

第二章 岩体及其研究途径展望

一、岩体的基本概念

岩体的涵义包括体内的各种断裂面以及由这些断裂面分割并限定着的块石 (Intact Rock)。所谓岩体结构就是包括这些断裂面 (结构面) 和块石的综合。所以岩体的概念本身就包括裂隙在内, 忽略此点就无所谓岩体。有关书刊使用**节理化岩体**可能是强调岩体中的节理为主要裂面, 至于使用“裂隙岩体”或“碎裂岩体”等字样, 其提法并不确切。

除沉积岩的层理面、沉积间断接触面以及熔岩流、侵入体和先期岩层的接触部位以外, 在宏观范围内, 最普遍的就是**构造节理面**。一方面由于它们在构成岩体的性状上起主导作用, 另一方面由于它们在空间分布的几何特征以及定位、定向等的规律性比较强, 而且和更大、更广域性的, 代表某一地质时期的构造变动存在着序次的关系。因此, 在岩体研究中, 国内外不期而合, 提到岩体的断裂面 (结构面), 实际就是指节理面。国际岩石力学协会组织为便于交流并作出关于节理研究的统一称谓和研究标志的建议^[1]。不过这个建议里所规定的**节理**在概念上是否和国内通用的相同, 还有待商榷。

二、岩体工程地质问题及其研究现状

山区铁路经过的岩质山坡的坡体移动 (滑坡、崩塌和错

落)以及隧道和其它岩体工程,在现阶段已构成铁道工程地质核心问题。随现代化工业和建设的进展在特种条件要求下的地下岩体工程结构以及水库坝基等基础问题,虽都属于工程设计,细节虽不同而实质上真正的问题都集中于查清其工程地质条件特征,取得近似实际的数据。不过这在当前来说,有些仍属岩体研究中的难点。

对工程地质勘测和研究工作有实践经验的人,都可能会意识到,在其经验中出现过的下列事例:

(1) 在同一组成成份的岩石分布地带的不同部位采取的岩样,经由同一手段和处理过程的实验,其力学数值往往显示很大差异;

(2) 在指定的钻取深度取得的岩样所作的实验数据和开拓后相当于该深度所取岩样的实验数据,两相比较,分析的结果,往往不同,甚或迥异;

(3) 在矿山井下工作过的人,对采区岩层所表现的,在各方向的应力状态,不但不同而且是经常在变异中的这种现象,可能都有过体验。

这些事例暗示我们,岩石的成份对于岩石的力学特征固然有一定的关系,但这并不等于说,其成份相同,组织(Texture)相类似的岩石,在不同条件下,其力学特征也必然相同,并也说明,岩体并不等同岩石,这一基本概念,在工程地质勘测阶段是往往被忽略掉的!

上述例证也同样启示我们,岩石力学实验所提示的数值只反映所处理的特定岩样的情况,未必能说明它所代表的整个岩体的性状。因为岩样对于岩体来说,它只是一个极小单位,选取岩样的分配点布置不当,首先就失去代表岩体的真