

长沙矿山研究院

田允明 编著

实用矿山地压

中南工业大学出版社

实用矿山地压

长沙矿山研究院 田允明 编著

中南工业大学出版社

内 容 提 要

本书根据岩体工程地质力学和岩体力学的原理与方法,通过分析典型实例,对于矿山的巷道、竖井及采矿场的地压活动规律与控制措施进行了讨论,对于地压研究方法也做了较详细的阐述。编写本书的宗旨是“实用”,因为“地压”本身就是一门应用性学科,其出发点与归宿皆在于解释和解决岩体地下工程中所遇到的实际地压问题。因此,本书可供矿山工程技术人员开展地压工作、实施地压控制时参考,也可作为科研、设计单位科技人员和大专院校师生开展室内外地压研究工作的参考书。

实 用 矿 山 地 压

田允明 编著

责任编辑:刘道德

※

中南工业大学出版社出版发行

湖南省湘潭市彩色印刷厂印装

湖南省新华书店经销

※

开本:787×1092 1/16 印张:16.75 字数:407千字

1987年6月第1版 1987年6月第1次印刷

印数:0001—1000

※

ISBN 7-81020-039 9/TD·002

统一书号:18442·010 定价:3.50元

序

我国采矿和其他地下工程建设发展很快,但由于很多地区矿岩软弱、断裂构造发育或地应力很大,地压活动加剧,井、巷、采场崩塌破坏,地下矿产资源损失严重、长期不能投产或达不到设计生产能力、危害矿区安全。传统的自重理论、松散体理论、材料力学和结构力学等由于未很好地考虑岩体特性和地质力作用,都有其局限性,有很多实际地压问题难以解决。

作者对地压理论进行过多年探讨,对几个矿山的地压专题进行过现场和室内的实验研究,参与处理过几十个矿山和其他地下工程的地压问题,有一定的理论基础和实践经验。作者编著的《实用矿山地压》有两个特点:(1)在理论上明确以岩体工程地质力学和岩体力学的原理与方法研究地压;(2)坚持“地压”为应用性学科的原则,采用理论联系实际的说理方法进行阐述。作者搜集了数十个矿山的地压资料和不少地压科研成果,对岩体的稳定性及崩落规律进行了比较深入的探讨。

《实用矿山地压》的基本内容包括三部分:①介绍作为地压研究所应掌握的岩体工程地质力学的基本知识,主要为岩石的物理力学性质、岩体结构面及结构体的物理力学性质、岩体中的应力状态和地下水的作用;②地压控制分析,以结合具体矿山地压实例的说理方法,对各种不同的岩体地质类型及采矿工程条件,阐述了平巷、竖井、采矿场和矿柱回采中的地压原因、规律及控制方法;③地压研究方法,主要包括按岩体力学和地质力学原理确定地应力场的方法,地压监测的原则与方法,岩体稳定性与崩落性的分析方法,物理模型实验方法,数值模型分析原则。

我国正在进行社会主义现代化建设,需要的矿产资源日益增多。在不良地质条件下,地压控制已成为矿床开采的重大问题,而对于大型矿床则往往需要利用地压进行采矿(如自然崩落法采矿)，“地压”已成为地下采矿和其他地下工程建设者很需要的科学知识。《实用矿山地压》主要根据岩体工程地质力学的原理、法则对地压理论进行探讨,突破了传统的地压理论,提出了新的见解。书中运用这种理论对大量的矿山地压实例进行了分析,是一本理论结合实际专著。实际上,运用岩体工程地质力学和岩体力学的原理与法则研究地压,已经引起了广泛的注意,并且在恶劣地质条件下进行地下工程建设的实践中得到了检验。因此,本书可供地下开采矿山和其他地下工程的技术人员选择地压控制方法、制定地压控制措施时参考,也可供有关的科研、设计单位的科技人员及大专院校的师生开展地压研究或学习时参考。

汪占辛

1985年9月10日

前 言

近二十几年来,我国矿山危害生产安全的地压活动频繁发生,另一方面,要利用地压强化采矿生产的矿山也多了起来。笔者参与处理过的数十个矿山地压问题,有的是矿岩软弱或断裂构造发育,井、巷、采场崩塌破坏;有的是矿岩坚硬稳固,采空区规模很大又未妥善处理,已经发生地压灾变或面临地压灾变的威胁;有的则属大型矿床,要利用地压进行高强度采矿。因此,了解岩体的稳定条件与崩落规律,控制或促成岩体崩落的方法,引起了地压和采矿工作者的广泛关注和浓厚兴趣。

地压是一门边缘学科,它要运用相邻学科的原理、法则建立本学科的理论。因此,选用什么理论进行地压研究是最基本、最关键的问题,它对地压研究的成效具有决定性的作用。

以往主要是应用古典自重理论、松散体理论、弹性理论或材料力学、结构力学等原理去研究地压。这些理论从一定角度反映了岩体的力学性态,因而解释和解决了不少地压问题。但是岩体并非单一的力学介质,而且处于地质体中,承受了和承受着地质力作用。这些决定地压属性的因素,以往的地压理论却认识不足或基本没有考虑。因此,有很多地压现象不能解释、地压活动不能控制。

五十年代形成了岩体力学,六十年代建立了岩体工程地质力学及其相关学科,深入地揭示了岩体的力学性质,尤其是对作为地质体一部分的岩体的力学性质有了深刻的认识。同时,地压学科也有了很大进展。

因此,不拘泥于地面土木工程和人工材料的力学理论,注意岩体地质及地下工程的特殊性,运用岩体工程地质力学和岩体力学的原理与方法,总结和发展地压研究成果,确为应需之举。

笔者岩体工程地质力学和岩体力学的理论基础浅薄,虽知负此重任非己之能,但作为地压工作者,深感献谋于地压控制与地压利用、发展采矿工业和其他地下工程建设为己之责。为此,经多年努力写了《实用矿山地压》献给读者。

由于地压研究的内容包括岩体的稳定性与崩落性,而且关于岩体稳定的概念也因工程条件而异(例如采矿与水工建设关于岩体稳定的概念就是不同的),本书仅从岩稳定性方面对矿山地压进行了讨论。

“地压”是一门应用性很强的学科,它的出发点与归宿皆在于解释与解决地下工程建设中遇到的实际地压问题。当然这就是编写《实用矿山地压》的目的。

《实用矿山地压》承蒙汪占辛教授进行审阅,并且写了“序”;在本书写作过程中,得到宋育仁高级工程师和其他许多同志的多方支持与帮助,均在此表示衷心感谢。为了写作本书,搜集了很多资料,除了正式发表的以外均未列入参考文献,特请提供了有关资料的同志原谅。

由于作者理论水平不高、实践经验不足,《实用矿山地压》的缺点、错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者

1985年9月

目 录

第一章 绪论

第一节 地压学科的形成与发展	(1)
第二节 关于地压的概念	(4)
第三节 地压研究的任务	(6)

第二章 岩体工程地质力学基本知识

第一节 岩石的物理力学特性	(8)
一、岩石的容重	(8)
二、岩石的孔隙性	(9)
三、岩石的膨胀性	(9)
四、岩石的水理性	(10)
五、岩石的各向异性	(12)
六、岩石的弹性性质	(12)
七、岩石的应力—应变特性	(15)
八、岩石的流变特性	(16)
九、岩石的动力特性	(18)
第二节 岩石强度理论	(18)
一、莫尔强度理论	(19)
二、内部摩擦理论	(25)
三、格里菲斯理论	(26)
第三节 岩体的物理特性	(28)
一、岩石与岩体的关系	(28)
二、岩体的结构特性	(29)
三、岩体的质量指标	(31)
第四节 岩体的力学特性	(32)
一、应力—应变关系	(32)
二、岩体应变与时间的关系	(33)
三、体积应变与强度的关系	(34)
四、应力分布状态受结构面影响	(35)
五、岩体强度的不连续性	(36)
第五节 岩体的破坏机理与强度条件	(37)
一、结构面不发育的整体性岩体	(38)
二、块裂结构岩体	(39)
三、碎裂结构岩体和散体结构岩体	(44)

第六节 岩体中的应力状态	(47)
一、岩体应力的一般状态	(47)
二、构造应力场产生的原因及其特征	(49)
三、构造应力分布规律	(53)
第七节 地质环境对岩体性状的影响	(55)
一、地应力	(55)
二、地下水	(55)
三、地温	(56)

第三章 巷道地压

第一节 巷道失稳破坏的基本情况	(57)
一、巷道围岩中的应力分布状态	(57)
二、巷道围岩的变形与破坏	(58)
三、影响巷道稳定性的主要因素	(59)
第二节 关于巷道地压学说	(60)
一、古典自重理论	(61)
二、松散体理论	(61)
三、弹性体理论	(63)
四、弹塑性体理论	(64)
第三节 巷道地压控制原理	(66)
第四节 新奥法的基本原理与应用	(68)
一、新奥法的基本原理	(68)
二、新奥法的某些实践	(73)
三、新奥法的特点、适用条件与存在问题	(74)
第五节 矿山巷道地压的典型实例	(76)
一、移动岩体中的巷道地压	(77)
二、软弱岩体中的巷道地压	(80)
三、高地应力软弱岩体中的巷道地压	(88)

第四章 竖井地压

第一节 表土层中的竖井地压	(103)
第二节 基岩中井壁压力的计算	(105)
第三节 地质构造对竖井稳定性的影响	(107)
一、地质构造对井筒围岩应力场的影响	(107)
二、贯截竖井断层对井筒稳定性的影响	(108)
三、表土层受牵引移动, 井口破坏	(110)
四、节理岩体中的竖井稳定问题	(111)

第五章 采场地压

第一节 矿柱稳定性分析	(120)
一、矿柱载荷	(120)

二、矿柱应力	(121)
三、矿柱强度	(121)
四、矿柱破坏形式	(123)
第二节 缓倾斜矿山的采场地压	(124)
一、理想条件下的顶板稳定性分析	(124)
二、结构面对顶板稳定性的影响	(126)
三、底板不稳固对顶板稳定性的影响	(129)
四、缓倾斜矿体矿山地压活动特点	(129)
第三节 缓倾斜矿山的地压控制	(133)
一、充填方法控制地压	(133)
二、崩落方法控制地压	(137)
三、用矿柱维护采空区	(140)
四、矿房跨度与顶板维护	(141)
五、各种地压控制方法的适应性	(144)
第四节 急倾斜脉型矿山的地压活动	(145)
一、地质条件及开采概况	(145)
二、地压活动	(146)
三、关于地压活动规律	(167)
第五节 厚矿体矿山的地压活动	(168)
一、软弱岩体矿山的地压活动	(169)
二、回采顺序与地压活动	(171)
三、关于采空区处理与薄弱部位控制	(172)
第六节 矿柱回采中的地压控制	(179)
第一部分 矿块矿柱的回采	(179)
一、缓倾斜薄至中厚矿体矿山的矿柱回采	(179)
二、急倾斜薄至中厚矿体矿山的矿柱回采	(181)
三、厚矿体矿山的矿柱回采	(184)
第二部分 保安矿柱的回采	(185)
第七节 地表滚石	(191)

第六章 地压研究方法

第一节 概述	(194)
第二节 地应力场的确定方法	(196)
一、地应力场对于地压活动的作用	(196)
二、原岩应力场的确定方法	(197)
三、围岩二次应力状态的确定方法	(206)
第三节 地压监测	(213)
一、地压监测内容与方法选择的原则	(213)
二、岩体位移测试方法	(215)
三、压力量测方法	(216)
四、声波探测技术的应用	(219)

五、岩体破坏状态的监测	(222)
六、视电阻率测试法	(224)
第四节 赤平极射投影方法的应用	(225)
一、赤平极射投影的基本概念	(225)
二、投影网及投影作图法	(226)
三、赤平投影在地压研究中的某些应用	(229)
第五节 岩体力学性质测试	(234)
一、结构面直剪试验方法	(234)
二、限制软弱夹层膨胀的方法	(235)
三、软弱结构面压缩变形的量测	(236)
四、增加正应力的方法	(236)
第六节 模拟实验	(237)
一、概述	(237)
二、相似原理	(238)
三、实验模型分类概述	(241)
四、模型材料	(244)
五、关于实验技术的几个问题	(249)
第七节 地压研究中的数值模型	(252)

结束语

第一章 绪 论

第一节 地压学科的形成与发展

地压，首先是一个工程术语，源于指地下工程所承受的地层压力。地压又是一门应用性的边缘学科，它运用相邻学科的原理和法则，探讨地下工程岩体的稳定性与崩落规律。因为人们的任何岩体工程活动都在于破坏岩体和加固岩体，因此地压与地下工程是共存的孪生兄弟。

众所周知，人类的生活、生产和战争活动均与地下工程密切相关，所以地下工程建设总是随着社会的前进而发展。由历史学可知，我们祖国，远在商代就开始使用铜器，周朝则已进入铁器时代，可见我国采矿、冶金历史之久远。现在，在湖北铜绿山铜矿发现了完整的春秋时代的古采矿场，在浙江遂昌金矿发现有深达 150 米的宋朝采矿场，还先后在多处发掘了规模宏大的古墓葬坑，凡此等等，足见古代地下工程建设已具相当水平。

在地下工程建设中，首要的问题是安全稳定，或者说是地压控制，否则工程建设不能成功。实际上，从现在所发掘的古采矿坑和古墓葬坑都可看出，古人已比较严密地实施了地压控制，其断面形状和支护结构都是比较合理的，遂昌金矿的采矿场所留的断层隔离矿柱和支承矿柱都表明它经历了全面的考虑。正因为如此，上千年至几千年的地下工程至今完整无损。

自古以来，人类为了搞好地下工程建设，对地压控制和地压研究付出了巨大劳动、作出了重大贡献。我国最早的一本有关采矿的书、明代宋应星所著《天工开物》就有这样的论述：

“或一井而下，炭纵横广有，则随其左右阔取。其上枝板，以防压崩耳。凡煤炭取空，而后以土填其井。”既阐述了采场顶板管理方法，又说明了以充填方法处理采空区的地压控制措施。

但是，由于地压是一门边缘学科，它的成长有待于相关学科的发展；并且，地压的研究对象是处于地质体中的物理力学性质非常复杂的岩体，对于如此复杂的事物的认识，只有通过长期反复的实践才能逐渐深化。因此，尽管经历了很长的历史时期，地压仍未成为一门成熟的学科。

自古，人们在进行地下工程建设中，当工程被破坏时，则类比于地面工程的基础载荷进行分析，认为整个覆盖岩层都是地下工程的负载，因此而形成了地压计算中的古典自重理论。由于在浅部、软弱岩层条件下，这种计算方法能接近实际，而且这种简单的计算方法符合于人们在地面工程活动中所形成的概念，容易被人们接受，它至今仍得到广泛的应用。例如，在不稳固的岩体中开掘巷道，往往都采用承受铅垂荷载的墙拱支护结构。实践证明，按自重理论设计巷道支护，只适用于少数情况。这是因为，岩体中的最大主应力，往往不是重力而是地质构造应力，而且即使是以重力场为主，也很少有铅垂方向的主应力存在。因此，若巷道围岩不十分破碎、埋深较大、以重力场为主，支护结构过于保守，当地质构造应力较大时

结构却将破坏。

通过大量工程实践，人们发现了地下工程两个特点：①材料的特殊性：“建筑材料”（岩体）是断续的、各向异性的；②工程特性：不是用“材料”建筑工程，而是在承载（地应力）的“材料”中开挖硐体。在这个基础上提出了松散体理论，认为在岩体中开挖巷道以后，顶板将有部分岩体发生冒落，冒落边界是拱形，只有冒落部分岩体施压于巷道支架。松散体理论的这两点发现非常重要，表明对岩体及地下工程的认识深入了一大步。但它又存在很大的缺陷：a.把岩体统归于松散体不符合实际；b.只认识到重力而未考虑地质构造应力，并且认为重力应力轴总是铅垂的。因此，松散体理论的适用范围也是很小的。

随着地面工程建设的发展及其有关理论的完善，人们又主张用有关人工工程材料和地面工程结构的理论去研究地压。在地压研究中常用的学科理论有弹性理论、材料力学、结构力学等。运用这些理论的基本前提，是视岩体为均质的各向同性的弹性体，并按地面工程概念，取岩体一部分作为梁、板、柱、管分析其中的应力、应变，从而评价工程岩体的稳定性。

运用弹性理论研究地压有两个优点：①有部分岩体具有较好的弹性，解题结果可以符合于实际，对于非弹性岩体，也能得出有参考价值的定性解；②运用弹性理论可以得出完善的解析解，也能用光弹性实验方法进行应力分析，而现在还可运用电子计算机进行计算，复杂的工程条件可不受限制。但是它又有严重的缺点：首先，大多数岩体都不是均质的弹性体，尤其是在矿山地压研究中，即使是岩体稳定性问题，也往往是从岩体移动破坏的角度进行探讨。因此，弹性理论是受到限制的。第二，没有考虑地质环境的作用。

地压研究的对象是工程岩体，研究井巷地压，主要是研究井巷围岩的稳定性。对此，即使是完整岩体，也与理想条件不同。由弹性理论可知，一块中央穿孔的无限大弹性平板，边缘受力（S）后，孔附近的应力状态可表以下式：

$$\sigma_{\theta} = \frac{S}{2} \left(2 + \frac{a^2}{r^2} + 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \quad (1-1)$$

式中 a ——中心孔的半径；

r ——计算点至孔中心的距离。

由上式可见，当 $r=a$ 时，应力 σ_{θ} 达到最大值， $\sigma_{\theta \max} = 3S$ ；随着 r 增大， σ_{θ} 迅速减小，当 $r=3a$ 时， σ_{θ} 已接近于 S 。这个公式，可表示于图1-1的曲线ABC。

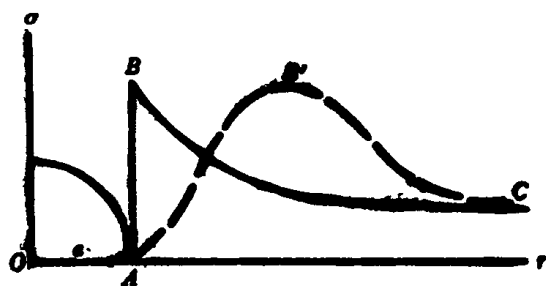


图1-1 巷道围岩中的应力分布状态不同于弹性板孔口附近的应力集中

诚然，当巷道埋深较大、延伸较长时，其中某横断面可视为平面问题。但是巷道围岩经开挖时爆力的扰动以及其中应力状态的突然改变，即使是完整的岩体也会破裂，形成一个破裂圈。在这个破裂圈内，应力不是升高而降低，超过破裂圈后才出现应力升高区，由于它承受很高应力，所以也叫承载圈，要超过巷道半径的 3 ~ 5 倍的深度以后才恢复到原岩应力状态，如图 1 - 1 中的 AB'C 曲线所示。

有人用弹性理论的解析方法和光弹性实验方法研究过采空区充填的意义。研究结果表明，不管用任何材料、任何方法充填，都不能改变围岩的应力状态。按地应力就是地压之说，充填对于控制地压毫无意义。

在工程实践中，用弹性理论研究地压，有很多地压现象不能解释，很多地压活动不能控制。例如在金川矿区，地应力很大，有些区段岩体软弱破碎，巷道破坏严重。有人按弹性能释放原理解释巷道破坏原因，主张用让压支架去支护巷道，结果未能奏效。

人们在实践中发现，有些岩体具有较好的弹性性质，有些岩体具有较好的塑性性质，而且弹性岩体在高应力状态下会向塑性转化。因此主张用弹塑性理论研究地压。显然，对于较软弱的岩体或埋深较大的巷道围岩，采用弹塑性理论进行研究具有现实意义。

软弱岩体主要具有塑性性质。比较完整坚硬的岩体，载荷超过屈服点以后就进入塑性状态，岩体力学性质的转化，可以用莫尔—库仑塑性条件来表述：

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \cdot \sin\varphi + C \cos\varphi \quad (1-2)$$

当弹塑性物体受到增量载荷产生较大的变形时，通常把它的变形分解成弹性、塑性变形增量进行分析，从而得出应力、应变数值解。

象弹性理论一样，运用弹塑性理论研究地压也能得出完善的数学解析解，也可进行有限元分析。不过工程问题的数学解(尤其是解析解)，一般要作很大的简化。在地压研究中，如果把重要的岩体地质及工程因素都忽略，则将使研究得出谬误的结果。

运用弹塑性理论研究地压，考虑了部分岩体的重要性质(塑性)，但岩体决非单一力学介质，而且地质环境对于岩体力学性质的影响没有考虑，因此这个理论用于解决实际地压问题也受到很大限制。地压研究的成效，决定于对岩体属性认识的深化。

通过长期实践人们进一步发现，从宏观看，多数岩体不是连续的均质体；从微观看，没有连续而均质的岩体；在通常条件下，岩体的破坏皆是沿不连续面发生的；当地质环境及工程条件不同时，岩体将有特殊的破坏形式发生。对于岩体性质的认识，基本上揭露了岩体的力学本质。因此使岩体力学大大地推进了一步——五十年代开始形成了岩体力学之学科。六十年代以来，国际上出现了研究工程岩体的地质力学 (Geomechanics)、岩土工学 (Geotechnology)、岩体工程地质学 (Инженерная Геология Скальных Массивов) 等。在七十年代初，我国创建了岩体工程地质力学。这些相近学科的建立，标志着人们对于岩体的认识跨进了新阶段。

岩体工程地质力学的核心，是把工程岩体视为置身于地质体中的结构体，它主张把地质调查与力学分析结合起来评价工程岩体的稳定性。在进行地质调查时所遵循的基础学科是工程地质学和李四光教授所倡导的地质力学，在进行力学分析时则大力引进岩体力学的合理分析方法。

岩体工程地质力学及其相近学科的建立，引起了地压研究者的很大兴趣，以其基本原理用于地压研究和地压控制，为之展现了新的前景。

由于岩体工程地质力学、岩体力学和其他相邻学科的建立与发展，对于岩体的力学属性有更深地揭示，给地压研究开辟了新途径；采矿和其他地下工程建设的高速度发展，给地压科研提供了更丰富的内容，这门古老的学科获得了新的生命，甚至使人感到它好像是一门新生的学科。

由于相邻学科的发展和地压科研的广泛开展，把地压学科推上了新阶段，并且在工程实践中显示了它的功效：在高地应力的松软破碎岩体中建设井巷和三千米以下的深部采矿均已获得成功，而用传统方法在如此条件下控制地压则简直是不可能的。

尽管如此，“地压”仍然没有成为一门成熟的学科，很多实际问题的解决和地压控制措施的实施尚依赖于实践经验，甚至古典自重理论仍支配着地下工程建设。地压理论的发展与普及还远远落后于地下工程建设的需要。

第二节 关于地压的概念

在岩体中开挖了巷道，若巷道周围的岩体不够稳固就可能发生破坏、崩塌，要是其中架设了支架，它就要承受围岩的压力，如果支架强度不足以抵抗围岩的压力，则将发生破坏，

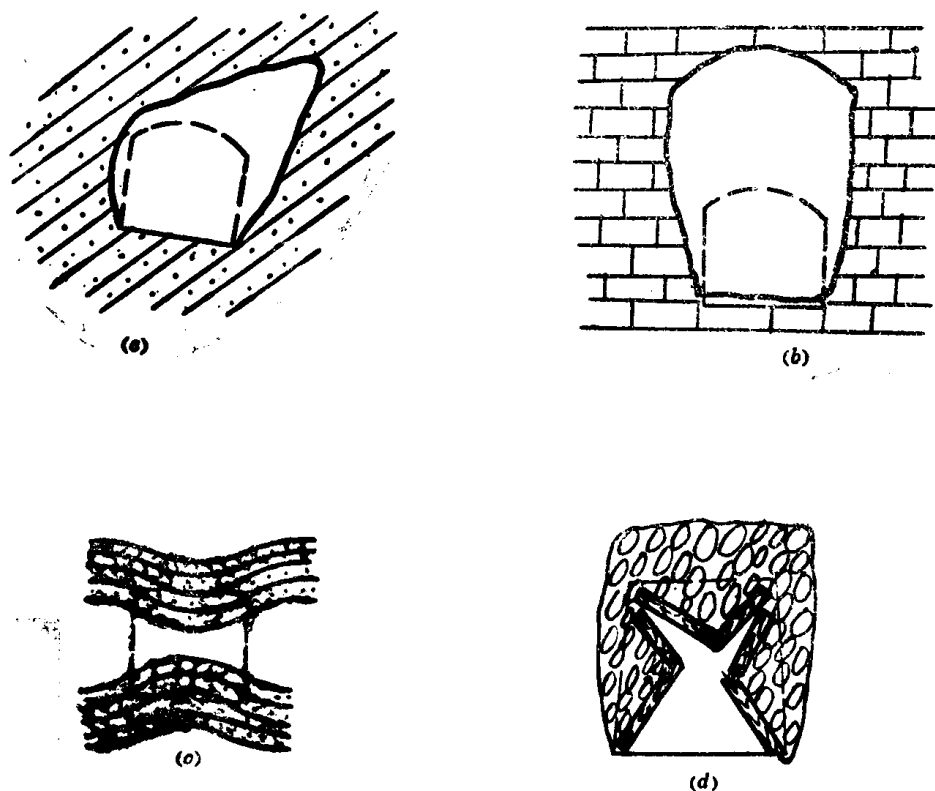


图1-2 巷道的几种破坏形式

如图 1-2 所示。巷道围岩或支架破坏的现象即所谓地压现象。由于巷道开挖于地层之中，它所承受的压力就是地层压力。因此从狭义上说，地压就是指巷道中的支架所承受的地层压力。

但是地下工程建设是发展的，规模越来越大，空间形态也越来越复杂，采矿工程尤其如此。工程围岩移动破坏所反映的地压现象也就有很大差异：有的仅局部破裂、剥落，有的却纵横几公里发生移动塌陷；有的仅发生人耳难以觉察的声响，有的却发生巨雷般震响、数公里至数十公里的地震效应。在矿山，通常把这些现象都称为地压现象。由于“地压”首先是一个工程术语，它的概念要随着（地下）工程建设的发展而发展。因此，从广义上说，“地压”的概念应该是指地下工程活动所引起的任何形式的围岩失稳破坏的过程。

有关“地压”的术语还有“地压显现”、“地压活动”和“冲击地压”等，它们的含义应该是不同的。“地压显现”，是指围岩或支护体在地压作用下发生了明显的变形、移动、破裂、破坏或声响等，使人的五官不能觉察的“地压”成为可见、可闻的物理现象。人们通常是通过地压显现特征分析地压发展状态，判断地压的性态。“地压活动”则是指由于工程开挖引起了围岩内部的应力活动，使之发生变形移动直至失稳破坏的整个过程，即包括隐潜与显现的地压现象，寓有地压发展变化的“动”的概念。从这个意义上说，地压活动是与地下工程同生同灭的孪生兄弟。而“冲击地压”是与“岩石突出”、“岩爆”等相关联的，是指受高地应力作用的弹性岩体，在其中进行采掘作业时，巨大的弹性变形能突然释放，引起岩石爆裂冲击。因此，“冲击地压”与强烈的激剧性地压活动具有不同的含义。

所谓围岩，是指地下工程周围的岩体，是地质体的一部分。所以在从岩体稳定性研究地压时，不但要考虑围岩的物理力学性质，还应顾及它所处的地质环境。围岩与地质体没有天然的界线，而是根据分析地下工程稳定性之需要，人为地划分出来的一部分地质体。因此，实际上不应有确定的定量标准，因为对于不同的地质与工程条件，围岩所包含的范围也不同。

有的作者把地应力与地压混为一谈。这是不妥的。因为，“地压”首先是一个工程术语，有了地下工程活动才产生了“地压”的概念；而地应力，对于原岩应力而言，是与人类的工程活动无关的自然存在。虽然地压活动与地应力有关，但二者却是完全不同的两个物理概念。

“地压”与“地应力”既是学术概念问题，也是工程实际问题，在工程实践上若混淆了这两个概念则可能给地压控制造成失误。众所周知，地压活动不仅与地应力有关，还与围岩的物理力学性质、地下水、工程的开挖及支护状态等有关。按地应力设计井巷支护显然是不合理的。

在研究井巷地压时，通常根据围岩的变形、破坏情况分为“变形地压”和“松动地压”，这是可以的，但是，假若又把变形地压再分为“弹性变形地压”和“塑性变形地压”，并且致力于研究“弹性地压”，那种研究是没有工程意义的。因为井巷围岩所产生的弹性变形，是在临空面形成的短暂时间内即已完成，任何人工的支护结构都不可能承受“弹性地压”。从研究地下工程（围岩）的稳定性而言，若围岩仅产生弹性变形，它是不会发生失稳破坏的。

实际上，受高地应力作用的岩体，在其中开挖井巷后，围岩会超出一般的塑性变形范围产生塑性流动，给支护体施加流动压力。这是目前地压控制的重要课题，在国际上引起了很大的注意。

由于岩体稳定性是就某种工程要求所规定的相对概念，在时间和空间上均有不同的含义，

因此关于“地压”的概念也应因工程条件不同而不同。对于水工工程，在时间上要求永久稳定，在空间上要求以控制变形来控制其稳定性，地压研究的主要内容是岩体的应力和变形分布。对于采矿工程，尤其是矿体开采，其稳定的时间要求很短（数月至数年），在程度上则是以控制岩体移动、崩落来控制其稳定性，地压研究的主要内容是岩体的移动与崩落规律。

由此可见，矿山地压是岩体力学对于地下采矿工程的特殊应用，它的研究目的、方法与内容皆具其特殊性，地压控制方法也与其他工程不同。为了搞好矿山生产建设，必须对矿山地压开展专门的研究。

第三节 地压研究的任务

地压是研究地下工程岩体稳定性与崩落规律的学科。

人类的地下工程活动，可以概括为两种截然相反的工作，即破坏岩体和维护岩体。开挖井巷、隧道或开采矿体，在于破坏岩体；而采掘体周围的岩体则要维护、使之稳定安全。在矿山，当采用崩落围岩的方法处理采空区时，就是以崩落围岩方法控制地压，即以崩落一部分岩体来维护另一部分岩体。所以地压研究应包括这两方面内容。

岩体地下工程建设是随着社会前进的步伐发展的，近二十几年来，发展速度达到了惊人的程度，工程规模之大、所处地质环境之恶劣都是空前的。农业、工业、军事和科学实验都愈来愈广泛地利用地下工程，城市建设也在向地下发展。我国的成昆铁路建设在号称地质博物馆的川滇西部峻岭峡谷之中，穿过了427座隧道。日本的青函海底隧道长达53公里，也通过了很复杂的地层。法国巴黎市一个排水隧道系统竟长达一千多公里。随着采矿工业的发展，建井深度日见增大，最深的采矿建井已超过三千公尺；采空区规模越来越大，数百万立方米的连续采空区已非少见；在恶劣地质条件下采矿已成为常事。

这些工程都有严重的岩体稳定问题需要研究解决，实际上，有些井巷工程由于地压控制未得解决，迫使工程建设中断；有些采场地压没有控制好，发生了严重的地压灾变，甚至全矿复没；有的水库崩塌而遗患千里。地压控制不仅关系到地下工程建设的成败，而且会影响到很大范围的社会安全。

地压是一门实用性学科，它的出发点与归宿都在于解释和解决地下工程的实际问题，舍此不成其为地压学科。因此复杂条件下的地下工程建设不仅为地压研究提出了大量课题，又促进了地压学科的发展。

如上所述，“地压”对于不同的工程有不同的概念，在矿山，常以研究岩体移动、崩落规律来探讨岩体的稳定性。实际上，探讨采场围岩的稳定性要研究岩体的崩落规律，对于采场生产也要研究岩体的崩落特性。

众所周知，采场地压控制是为了采矿生产安全。因此，在采场生产期间，允许围岩有一定的移动破坏或崩落；一个采场结束以后，还可以用崩落围岩的方法来控制地压。可见采场地压研究的核心是探讨岩体的崩落特性。

在采矿生产中崩落矿体时，自然希望以最经济的方法把矿石崩下来。为此，厚大矿体常采用自然崩落采矿法开采。对于这种采矿方法，其实质是如何利用地压促成矿体崩落的问题。这与地压控制相反，是要根据岩（矿）体地质条件，采取适当的工程措施（挖底、切帮、放

矿等)促使矿体崩落。这种采矿方法,生产成本低、效率高,引起了采矿和地压工作者的浓厚兴趣。

综上所述,可见地压研究的范畴非常广泛、内容非常丰富,对于矿山地压的研究任务,可以大致归纳为如下几方面:

1. 要作为地质体的一部分来研究工程岩体的物理力学性质 这是因为,首先地压研究的对象是岩体,要了解岩体在一定应力场中的力学演变性态,必须认识岩体的力学属性;同时,地下工程与地面工程不同,地下的工程岩体与地质体连为一体,任何时刻都在承受着地质力作用,因此脱离地质环境去研究岩体的物理力学性质就失去了地压研究的意义。

因为岩体组成于岩石(结构体)和结构面,要掌握岩体的性质,必须分别研究岩石和节理、断层、层理等结构面的力学性质。

所谓地质力,这里主要指地应力、地下水、地温、地震等,这些因素对于岩体稳定性和崩落性有重要影响,是地压研究的重要内容。

2. 测试手段和测试方法的研究 这主要包括研究岩石和各种结构面的力学性质用什么方法进行试验、用什么仪表予以量测,支护结构所承受的载荷及其中的应力、应变状态,以及工程岩体的应力、变形、移动及崩落状态的量测技术。

3. 关于地压活动规律的研究 要针对不同的矿床类型、岩体地质条件、采矿方法及采空状况等具体情况,采用现场的岩体力学实验测试方法、工程地质力学的调查分析方法,室内的物理模拟实验和数学模型计算分析方法等,由研究工程岩体的应力活动、变形移动及崩落的发展状态,探讨地压活动规律和地压控制措施。

4. 关于岩(矿)体崩落特性的研究 这包括地压控制的围岩崩落规律和采矿生产中的矿体崩落规律研究。

采场地压控制,若非地表需要保护而采用充填方法处理采空区,一般是控制围岩崩落时间。即根据矿床回采的进度,采取工程措施使围岩逐步崩落,以保采矿生产安全。因此,为了搞好地压控制,必须深入研究采区围岩的崩落特性。

研究岩(矿)体崩落特性对于自然崩落法采矿具有重要意义。为此,要研究对于岩(矿)体的岩性、结构面发育情况、地应力状态等岩(矿)体地质条件,采取与之相适的工程措施(如拉底、切帮、放矿),使岩(矿)体达到最好的崩落(合理的崩落速度与块度)。所以实质上是利用地压采矿的问题。

5. 关于井巷支护与岩体加固的研究 随着采掘工业的发展,在高地应力、岩体软弱破碎和深度大等恶劣地质条件下建设井巷的情况愈来愈多,因此井巷地压控制也将更成为突出的问题。由于井巷工程具有普遍性,除采矿以外还有水工、道路、军工、城市建设等方面的必要工程,因此有了比较广泛、深入的研究,新奥法就是巷道地压研究新成就的标志。尽管如此,井巷的地压与支护仍有很多理论和实际问题需要研究,实际上由于地压失控而使井巷报废甚至危害全矿井下安全的实例并非稀罕。

第二章 岩体工程地质力学基本知识

地压的研究对象，是作为地质体一部分的工程岩体，而地压研究的任务，是探讨与地下工程有关的那部分岩体的稳定性与崩落性。因此可以说，地压研究的实质是探讨岩体在一定地质和工程条件下的力学演变性态。

这就是说，要研究地压必须首先研究岩石的性质、岩体的性质；岩体既是地质体的一部分，它就要受地质因素的影响，所以又要研究地质环境的作用；而岩体的力学演变是在工程活动的影响下产生的，因此还要研究工程因素的作用。为了研究地压所要掌握的岩石、岩体性质和地质因素，就是本章所要讨论的岩体工程地质力学的有关问题，而地压活动的工程条件，则将在讨论井巷、采场地压时再行研究。

研究地压之所以要首先研究岩石和岩体，因为岩体不同于通常的工程建筑材料：首先，岩体组成于多种岩石，而且即使是一种岩石，也因组构有差异、经历的地质作用不同，物理力学性质相差很大。所以说岩体不是单一的力学介质，而是多种力学介质的组合体。岩体生成以后，经历了长期的地质作用，岩体中产生了各种断裂构造，被各种地质界面所分割，成为不连续体，严重地改变了岩体的力学性质。有人认为岩体的破坏，属于破裂了的材料再破坏的问题，岩体的强度，实质上只是一种剩余强度。因此，岩体具有特殊的物理力学性质，不了解它的力学特性就不可能有效地研究它的力学演变。由于岩体组成于岩石，而岩石的特性又不能代表岩体，为了研究地压就不能不首先研究岩石和岩体的特性。

影响岩体力学演变（或者影响地压活动）的主要地质因素是地应力、地下水、地震和地温等。具有相同物理力学性质的岩体，处于不同的地质环境，将表现出不同的稳定性与崩落性。所以，这些地质因素的研究，同样是地压研究的重要内容。由于在中等开采深度以内，地温对于地压的影响并非普遍，地震的影响也是局部地区问题，在此皆不作专门的讨论。

第一节 岩石的物理力学特性

岩石，由于生成的原因，以及由于它生成以后存在于地质体之中经受了长期复杂的地质作用，它的物理力学性质是非常复杂的。出于就简避繁之目的，这里只讨论与地压研究密切相关的如下特性。

一、岩石的容重

单位体积岩石的重量称为岩石的容重。因为岩石中有裂隙或亲水物质，其组成于固体、水和空气，所以又有干、湿容重之分。干容重是用绝对干燥后的岩石试样测定，湿容重则常指饱水条件下的容重。

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= G/V \\ \gamma_w &= G_w/V \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$