

(西德) H. 克拉茨

马伟民 王金庄 王绍林 译

采动损害 及其防护

煤炭工业出版社

TD32

8

2

采动损害及其防护

〔西德〕 H.克拉茨

马伟民 王金庄 王绍林 译



煤炭工业出版社

B 189065

内 容 提 要

本书是一本系统介绍欧洲国家“矿山岩层与地表移动及保护采动建筑物”学科的著作,全面反映了德意志联邦共和国在本学科领域中的成就。全书分为三大篇,岩体内的岩层移动;地表移动;采动建筑物的保护。第一篇用较大篇幅叙述了岩层移动问题,尤其详细地介绍了井筒附近的岩层移动及井柱的开采方法。第二篇全面介绍了各种地表移动的计算方法,并给出了综合性评述,提出了作者认为宜进一步探讨研究的课题。第三篇中详尽地介绍了德意志联邦共和国在这方面多年来行之有效的经验。

责任编辑:吴志莲

H. Kratzsch 俄译者 К. К. ГЛАЗЕНАПА

Сдвигение Горных Порода и защита Подрабатываемых
Сооружений

Издательство Недра 1978

采 动 损 害 及 其 防 护

(西德) H. 克拉茨

马伟民 王金庄 王绍林 译

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路18号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本850×1168¹/₃₂

印张16

字数392千字

印数1—2,420

1984年4月第1版

1984年4月第1次印刷

书号15035·2613 定价2.40元

译者序

德意志联邦共和国克拉茨 (H. Kratzsch) 教授所著的《采动损害及其防护》是一本系统介绍欧洲国家“矿山岩层与地表移动及保护采动建筑物”学科的著作；尤其全面反映了西德在本学科领域中的成就。中华人民共和国成立以来，在“矿山岩层及地表移动”学科中曾先后引进了苏联、波兰等国的经验。但是，翻译出版这类著作，较系统地介绍西德的经验，这还是第一次。

这本原著出版于1974年，苏联于1978年出版了俄译本。本书转译自俄译本，它既着重介绍了最新的学科水平，又扼要阐述了学科研究的历史状况。书后附有较为丰富的参考文献，为读者进一步获得本学科较完整的知识，提供了可贵的条件。

全书分为三大篇——岩体内的岩层移动，地表移动和采动建筑物的保护。书中用较大篇幅叙述了岩层移动问题，尤其详细地介绍了井筒附近的岩层移动及井柱的开采方法。这在同类书籍中是较少见的。在地表移动一篇中，全面介绍了各种地表移动计算方法，并给出了综合性评述，提出了作者认为宜进一步探讨研究的课题。在采动建筑物的保护一篇中，详尽介绍了西德多年来行之有效的丰富经验。这部著作是克拉茨教授在发展“矿山岩层及地表移动”学科的理论与实际方面所作的有益贡献。

在我国社会主义现代化建设事业中，矿物资源的充分开发具有重要意义。“矿山岩层及地表移动”学科目前已发展成为矿业学科中的重要分支。为提高和发展这一学科的科学技术水平，译者认为翻译出版这本专著是十分有益的。本书承胡昌炽同志按德文版作了校订，特致谢意。

译者 1982年9月于北京

作 者 序

1949年出版尼姆契克 (O.Niemczyk) 的著作《采动损害及其防护》以来已经廿五年。在此期间, 西德和其它国家所完成的科学研究工作使“岩层及地表移动”学科取得了重大发展, 应用了新技术——数字计算机和模拟计算机, 并在国际性报告会和讨论会上交流了经验。在研究工作蓬勃发展之后, 我从知识现状出发, 重新回顾岩层移动学科, 并将许多不同作者分散的研究成果汇集在一本书里。为使读者可以从这本书得到有关岩层与地表移动所引起的损害及保护采动建筑物问题的完整、系统的知识, 在编写本书时, 作者认为选择最有现实意义的资料和采用简明的表达方式是很重要的。为此, 在书中列出了许多新的示图和表格。

正文中引用的书刊, 只是在书末参考文献中经常引用的著作, 并不意味着它们的质量有高低。

本书可供矿山测量人员、采矿工程师、建筑师、土建工程师在实践中参考。也有助于大学生和研究生从中得到该学科的整体概念。此外, 在急需了解本学科领域内的某些知识时, 本书也是有用的: 例如, 处理由于开采使土地所有者受到损失的诉讼事宜; 或者在城市建筑设计时考虑房屋可能受到破坏的问题。若要详细了解在本书中仅作简单介绍的一些专门课题, 还必须求助于专门的刊物和相应的著作。

H. 克拉茨 1974年5月于柏林

目 录

绪 论	1
第一篇 岩体内的岩层移动	
第一章 回采工作面上方的移动过程	6
§ 1-1 从岩层移动观点区分采矿方法	6
§ 1-2 回采区顶底板移近量	9
§ 1-3 影响移近量的因素	18
§ 1-4 顶板岩层的水平移动	25
第二章 岩体变形	29
§ 2-1 顶板岩层中的移动分带	29
§ 2-2 岩体的竖向移动和变形	30
§ 2-3 岩体的水平移动和变形	36
§ 2-4 倾斜岩层的移动过程	38
§ 2-5 浅部开采时地表陷坑	41
§ 2-6 移动随时间的发展过程	42
第三章 岩体移动的计算	45
§ 3-1 计算中的一般前提	45
§ 3-2 回采区内顶底板移近量的计算	46
§ 3-3 岩层移动的计算	57
第四章 井筒附近的岩层移动	81
§ 4-1 岩层移动引起的井筒支护的损坏	81
§ 4-2 井壁变形计算方法的基础	84
§ 4-3 井壁变形计算	88
§ 4-4 开采影响的叠加	92
§ 4-5 岩体竖向拉伸和压缩变形	93
第五章 有计划地开采井柱	96
§ 5-1 保护井筒防止开采影响的措施	96
§ 5-2 井柱范围内的开设计	99
§ 5-3 防护井壁免受采动引起的损坏	105

第六章 岩体采动程度的影响	111
§ 6-1 若干次回采的综合影响	111
§ 6-2 相邻开采区的边缘影响	113
§ 6-3 煤层群开采时顶底板移近量的变化	115
§ 6-4 采空区中冒煤柱引起的压力	120
§ 6-5 矿压随时间的变化	122
§ 6-6 泥质岩层的膨胀	124

第二篇 地 表 移 动

第七章 地表移动的基本原理	128
§ 7-1 地表移动的研究史况	128
§ 7-2 开采水平煤层时的地表移动	130
§ 7-3 盆地形成的特征	138
§ 7-4 开采倾斜煤层时的地表移动	142
第八章 地表下沉预计	146
§ 8-1 预计方法的分类	146
§ 8-2 下沉预计的经验方法	147
§ 8-3 分布函数法	161
§ 8-4 理论模型法	197
第九章 地表水平移动预计	212
§ 9-1 水平移动预计的特点	212
§ 9-2 重心法	214
§ 9-3 积分格网法	217
§ 9-4 根据倾斜值预计水平移动值	227
§ 9-5 理论模型法(弹性和塑性的)	230
§ 9-6 在岩体模型上观测水平移动	234
§ 9-7 外国采用的水平移动预计方法	239
第十章 地表移动的时间因素	252
§ 10-1 时间因素的意义	252
§ 10-2 地表移动时间过程的分析	254
§ 10-3 地表移动时间过程的预计	268
§ 10-4 国外对时间因素的研究	285
§ 10-5 移动参数最大值的确定方法	293
§ 10-6 关于地表移动预计的几点评论	297

第三篇 采动建筑物的保护

第十一章 采动建筑物的受力状态	302
§ 11-1 采动建筑物的受力状态.....	302
§ 11-2 地基的应力-应变关系	304
§ 11-3 作用于基础墙的土压力.....	307
§ 11-4 作用于采动建筑物的摩擦力.....	313
§ 11-5 地表弯曲引起地基反力的变化.....	317
§ 11-6 荷载随时间的变化.....	324
第十二章 地下开采对地面各种建筑物的损害	330
§ 12-1 采动损害的特点.....	330
§ 12-2 住房及其工程设备的采动损害.....	332
§ 12-3 工业厂房及其设施的采动损害.....	343
§ 12-4 交通运输构筑物和工程管线的采动损害.....	346
§ 12-5 地下开采对地下水状态的影响.....	362
§ 12-6 露天矿场附近地表沉降对建筑物的损害.....	365
§ 12-7 废旧巷道上方地表破坏.....	368
§ 12-8 非采矿原因引起的损坏.....	369
第十三章 采动损害的法规	377
§ 13-1 概述.....	377
§ 13-2 矿山企业与地产所有者之间的法律关系.....	379
§ 13-3 建筑物价值降低的计算.....	387
§ 13-4 承担采动损害责任份额的计算.....	397
第十四章 减小采动损害的措施	403
§ 14-1 防护措施的种类.....	403
§ 14-2 减小采动损害的采区布置方法.....	405
§ 14-3 保护建筑物的建筑结构措施.....	420
§ 14-4 区域规划.....	439
结束语	443
符号	445
参考文献	447

绪 论

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

地下大面积开采有用矿物，使采空区的上覆岩层下沉，以至地面形成陷坑、陷槽、裂缝、台阶，甚至形成竖向和水平方向的移动达到若干米的下沉盆地。欧洲的许多煤田，从上世纪中叶开始，这种地表变形已对建筑物、结构物、道路和农业带来严重的损害。受损的业主开始向采矿者提出赔偿损失的要求，有时还提出诉讼。为了防止在诉讼中提出无根据的赔偿要求，采矿企业的矿山测量人员从本世纪初开始在矿上建立观测站，对地表移动进行系统观测。在综合这些观测成果和进行地表移动过程的理论探讨的基础上，产生了新的科学领域——采动损害及其防护，并且从1931年开始在德国高等矿业学院中讲授这门课程。

早先认为，为了估计各矿造成损害的份额，从而确定赔偿损失各矿应承担的费用，只要知道地面建筑物受损害的程度和开采影响作用于建筑物的时间就够了。然而，随着采矿工业的发展和在将被采动的地区修建房屋和建筑物的数量及价值的增大，向采矿企业提出赔偿要求的数字也大大增高，促使这些企业主自己着手作一切努力，以减小开采对地面影响的程度。因此，目前“岩层与地表移动及保护建筑物”学科的主要任务是：

研究采区上方岩层及地表移动的计算方法；

研究岩层与地表移动作用于建筑物、结构物和井巷的应力的计算方法；

研究合理的开采方法、结构的保护措施和各种建筑物在矿区内的合理布局等，以减小开采的有害影响。

由上述任务可见，采动损害及其防护的学科属于岩土工程学

的范畴。然而，除了分析地表移动过程和岩体结构外，还应研究矿山测量的其它边缘学科，如采矿法、土地法、采矿学、建筑学、岩土力学、交通道路、农业、水文地质及城市规划等。

在设计新的井巷和地面建筑物时，采取防护措施的依据是：开采计划平面图，岩层移动观测资料和地表移动、变形预计成果。在居民点、工业企业和道路下开采的可能性，要看用于所采取的防护措施和修理受损对象的费用在经济上是否可接受。

随着开采深度的增加，基本巷道（其中包括井筒）也落到开采影响范围之内，从而必须采取措施，保护井巷不受开采的损害。因为这仅仅是由于岩层移动引起的，与采场周围附加支撑压力的增大或岩体内部的卸载和冒落现象无关。自然，这些问题就要由矿山测量人员用研究岩层与地表移动学科所获得的方法来解决。所以早在三十年代，在这个学科的课题中就包括了关于回采井筒保护矿柱的计划问题、保护井壁问题，并从井柱中采出大量的矿藏。

最后，采动损害及防护学科还解决安全问题。采取采矿技术和结构防护措施，可以保证矿区内的运输设施、地面和地下运输线、公用建筑物和纪念性建筑物等维持正常使用，不受到破坏，也保证居民的生命不受到威胁。

相近学科——矿山岩石力学与岩层移动的区别如下：矿山岩石力学主要是研究地下井巷及采场附近岩体应力状态的变化和结构的破坏，其目的在于减小顶底板移近量、防止冲击地压、尽量减小矿柱尺寸的降低矿物损失，以及利用矿压开采等。因此在矿山岩石力学中，注意的中心是由于开采而使静力平衡破坏的“岩体——支护或矿柱体系（载荷模型）”。与此不同，在岩层移动学科中，首先研究的是处于距采区很远的岩层移动影响之下的“表土——建筑物基础或井筒支护”体系（移动模型）。尼姆契克在他的教科书“采动损害及其防护”（1949年）中建议，将矿山岩石力学列入岩层移动学科范围在目前是不恰当的。因为尽管它们共同的研究目的都是降低损害和保证安全，但是要解决的问题的

性质完全不同，而且从采矿法的观点它们也有区别。因此本书仅分为三个部分：第一是研究岩体中由开采引起的基本上未破碎的岩层的移动；第二研究接近地表在地面建筑物基础范围内松散岩层的移动；第三是研究对采动建筑物的保护措施。

本书的主要注意力集中在象西德鲁尔区和萨尔区这样的人烟稠密的煤田条件下岩层与地表移动问题。在鲁尔区和萨尔区，目前是在深750米处不留煤柱大面积开采中厚煤层群。因此，上覆岩层在被支护的开采空间后面象弯曲平板一样，煤被采出后立即下沉，而且只在采面附近破碎。开采厚金属矿和岩盐矿时覆岩下沉情况也与此相似，不过这些地方由于留有未采的残柱而使下沉过程减缓。露天矿边坡附近，由于地下水位降低也使地表发生较大的下沉。煤矿区的采动过程的规律，建筑物受损的发展性质及防护方法，基本上也都与其它采矿工业地区一样。唯有在开采脉状金属矿体和开采石油、天然气时，开采对地面建筑物不造成有害影响。

目前，西德的采矿工业与从国外进口燃料和其它矿物原料进行竞争，“采动”学科的意义就更大。因为要保证在建筑地区下方采出地下资源，同时又必须降低保护建筑物支付的成本（在煤炭工业中占采煤成本的6~8%）。这样，在保证国家矿物资源方面，“采动”学科可促使国家从对外依赖中解放出来。



第 一 篇

岩体内的岩层移动

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

第一章 回采工作面上方的移动过程

§ 1-1 从岩层移动观点区分采矿方法

岩层的移动在岩体内部从开采区附近的坚固岩石开始，一直发展到地表建筑物基础和农田下的松散覆盖层。矿产被采出，形成人为的采出空间，悬空的岩层失去支撑，使采空区上方的岩层在重力作用下弯垂下来，而且变形一直扩展到地表。采出空间的体积有一定程度的减小。采出空间体积的减小在时间上如何发展，决定着上部岩层的移动数值。这些上部岩层的移动，正是研究岩层和地表移动计算方法中的主要研究对象。类似巷道那样的采出空间，由于它的宽度不大，它们的顶底板移近量对覆岩移动过程起次要作用。

现在研究开采方法对岩层移动过程的影响。

从研究岩层移动的观点，最合理的是按顶板管理的性质区分开采方法。所谓顶板，就是采出空间上部的岩层。顶板管理方法可以划分为三组^[60]：

1. 利用矿柱支撑顶板（留矿柱的开采方法）

假如顶板难以控制，或者是由透水层组成，则在各回采空间之间留下矿体不采，使顶板在回采期间不发生移动。这种开采方法用于开采厚的和围岩坚硬的岩盐和金属矿。此时矿体被巷道划分成许多块段，然后在块段内进行回采（房式采矿法），或者开扩巷道，采出侧翼块段（横巷回采法）（图1）。矿房之间或横巷之间留下支撑顶板的矿柱，在上覆岩层重力作用下可能逐渐变形。例如，开采岩盐矿时常发现，一百年之后所留的盐柱才完全压垮，地表移动过程才结束。因此应该认为，研究留矿柱开采的移动过程时，岩体变形过程持续时间很长，应考虑其流变性，也

就是要考虑时间因素，以及考虑决定岩层破裂性质的标准（脆性和粘性）。

还可以人为地将石油和天然气的开采也划归留矿柱采矿法这一类。因为有孔隙的岩石具有承载能力。不采出而留在地下，起着支撑的作用。属于这一类的还有用溶浸法开采岩盐矿，在岩体内留下不被水溶解的盐柱，用以支撑顶板。

2. 顶板沉落在新的基础上（充填法开采）

这种方法，采空区用破碎的矸石充填，下沉的顶板岩层及时得到支撑。顶板下沉，但不破裂，可缩性的充填体减小了顶板岩层的弯曲和离层。充填体支撑顶板的方法用于采高1~3米的薄矿层大面积长壁工作面开采；主要在采煤工业中推广使用（图2）。

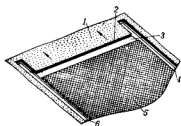


图2 走向长壁开采法（煤矿常用）

1—支撑压力区；2—采面；3—回采工作空间；4—上平巷（回风巷）；5—由冒落岩块或充填物所充满的采空区；6—下平巷（运输平巷）

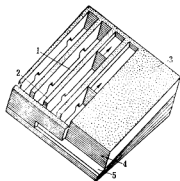


图1 正台阶房式采矿法（钾矿开采常用）

1—矿房；2—房间矿柱；3—支撑压力带；4—矿体；5—运输平巷

用长壁工作面开采法的特点是，回采工作线长，开采面积大，工作面推进快。开采后三至四年移动过程即停止，在地面上形成比较平缓的洼地——下沉盆地。

3. 顶板冒落（陷落法开采）

这种方法是人为地使采空区上方顶板冒落，不留过大的空间和悬空顶板，防止可能发生突然垮落，对进

步开采工作造成威胁。脱离老顶而大块垮落的直接顶板应该充满采空区（所谓自充）成为弯曲下沉而尚未破裂的老顶的可塑性基础。

属于陷落法类型的还有开采金属矿所采用的空场法开采和矿块法开采^[60]。空场法开采用于开采急倾斜矿体，而且是围岩足够坚固的条件；由高度超过15米的回采空间（矿房）中采出的矿物经过若干个亚阶段平巷，然后来到下部运输平巷（图3）。矿块法开采是沿矿体整个宽度直到与围岩的接触面，采出厚矿体。矿体沿整个底面积切割，然后经过下平巷用爆破和自重作用采出各个块段（图4）。用空场法陷落开采时，下水平也用类似方法回采，垮落过程一直发展到矿体顶板和上部矿柱（矿皮顶板）深处，这样可能使上覆岩层中的破碎岩石和矿柱中的矿石也随着矿石一起放出，由此在地面上形成一个盆地或地堑。

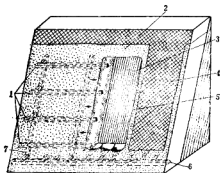


图3 空场法（急倾斜金属矿的陷落法）

1—分段巷道；2—矿皮顶板；3—矿房；4—采空区；5—矿柱；6—平巷；
7—倾斜人行道

在这里我们没有谈到沿倾向和走向的条带式开采法。这种采矿法是顺序地开采宽度相当于运输巷1~3倍的条带，主要用于开采围岩坚硬的脉状的急倾斜金属矿床。这种情况下的岩层移动量

极小，对于研究岩层移动过程而言，这种方法的意义不大。

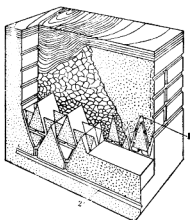


图 4 矿块陷落法
1—回采；2—平巷

§ 1-2 回采区顶底板移近量

在所有的采矿方法中，假设在某深度 h 上，开采了某个面积 A ，则采空部分上方岩体的重量为质量与重力加速度的乘积：

$$G = mg = Ah\rho g \quad (1)$$

由此，作用在矿层上的均布载荷为

$$p = G/A = h\rho g = \gamma h = 2.5h \quad (2)$$

这部分被采动岩体失去稳定的支撑。例如，假设上覆岩层深度为 800 米，平均密度 $\rho \approx 2500$ 公斤/米³，重力加速度 $g = 9.81$ 米/秒²，则上覆岩层重量产生的压力约为 2000 牛/厘米²。

被采动岩体不仅仅得到充填体或垮落在采空区内的破碎岩石的支撑，而且也得到采空区周围未采矿层部分的支撑。所以，与其它岩体没有失去联系的顶板岩层的下沉不象是许多岩块的下