

煤和瓦斯突出技术丛书

开采解放层的 认识与实践

于不凡 编著



煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书系统地总结了我国主要突出矿井廿多年来开采解放层防治煤和瓦斯突出的经验,分析和探讨了开采解放层的一些理论问题。书中对开采解放层的机理提出了新的见解,对开采解放层后解放范围的划定提供了具体的方法和数据,最后对扩大解放层应用的前景进行了展望。

本书可供设计、科研单位和有关局矿的工程技术人员使用,也可供矿业院校的师生参考。

责任编辑:崔 岗

煤和瓦斯突出技术丛书 开采解放层的认识与实践

于不凡 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路15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 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $4^{5/8}$ 插页1

字数100千字 印数1—2,240

1986年3月第1版 1986年3月第1次印刷

书号15035·2754 定价0.80元



前 言

我国开采解放层防止突出的试验研究工作是从1958年开始的。二十多年来，经过生产现场和科研部门广大工程技术人员和工人的共同努力，在这个领域内取得了丰硕的研究成果，大大提高了我国防治煤和瓦斯突出的能力。

从1958年至今，作者作为课题组的成员，先后参加了北票、南桐、中梁山、天府等局矿开采解放层的试验研究工作，深感把这些研究成果加以推广运用有着十分重要的现实意义，同时这也是一个科研工作者应尽的责任。

本书是煤炭工业出版社组织出版的《煤和瓦斯突出技术丛书》的一个分册。它在系统地总结我国二十多年来开采解放层防治突出的基础上，探讨了解放层的一些理论问题，对解放层的机理提出了一些见解，并对解放层解放范围的划定，提供了具体的办法和数据。

如果说本书的出版，能对科研、设计单位和现场的工程技术人员有一定参考价值的话，那么应该说它是参加开采解放层这一实践的全体科技人员、干部和工人的集体智慧的结晶。作者在这里主要作了些加工整理和分析，为此，借本书出版的机会，向他们表示深切的谢意。另外，本书承蒙宋世钊同志审阅，在此也一并致谢。

目 录

前 言

第一篇 我国主要突出矿井开采解放层的 试验研究结果

第一章 试验研究简况和研究方法	1
第一节 概述	1
第二节 我国开采解放层的主要突出矿井简况	3
第三节 现场观测研究方法	3
第二章 天府煤田	23
第一节 简况	23
第二节 开采中距离上解放层	24
第三节 开采远距离上解放层	28
第四节 开采2号层对下部各煤层的影响	34
第五节 采止线处解放范围的确定	36
第六节 开采上解放层时沿倾斜的解放范围	39
第三章 中梁山煤田	41
第一节 简况	41
第二节 开采近距离下解放层	44
第三节 开采上解放层对下部各煤层的影响	47
第四章 南桐煤田	51
第一节 简况	51
第二节 开采上解放层	54
第三节 开采下解放层	59
第五章 北票煤田	62
第一节 简况	62

第二节	受邻近煤层开采影响的突出分布	64
第三节	开采上解放层	65
第四节	开采下解放层	71
第六章	湘赣地区	73
第一节	红卫煤矿	73
第二节	洪山殿煤矿	76
第三节	涌山煤矿	79
第七章	六盘水地区	81
第一节	地宗、六枝煤矿	81
第二节	老鹰山煤矿	83
	第二篇 解放作用的理论分析	
第八章	解放范围的确定	86
第一节	概述	86
第二节	解放层采动作用沿走向的分布	88
第三节	解放层沿走向的合理超前距离	95
第四节	解放作用的有效层间垂距	98
第五节	沿倾斜的解放范围	102
第六节	煤柱影响带的确定	105
第九章	解放作用机理	108
第一节	对解放作用的认识	108
第二节	残余瓦斯压力与层间瓦斯排放	110
第三节	影响解放效果的因素	114
第四节	解放层作用机理	119
第十章	扩大解放层应用的前景	122
第一节	用钻卸法开采极薄解放层	122
第二节	开采解放层结合抽放瓦斯	131
附录		134
参考文献		140

第一篇 我国主要突出矿井开采 解放层的试验研究成果

第一章 试验研究简况和研究方法

第一节 概 述

所谓解放层，一般是指在突出矿井的煤层群中首先进行开采的无突出危险煤层。开采解放层后，对有突出危险的煤层产生解放作用，使之消除或减少突出的危险性，从而达到防止煤和瓦斯突出的目的。矿井中所有煤层都有瓦斯突出危险时，可以选择危险程度最低的煤层作为解放层，但在开采中还必须采取防止煤和瓦斯突出的措施。

根据解放层的位置不同，可分为上解放层和下解放层。位于被解放层上部的叫上解放层，反之叫下解放层。

根据解放层与突出层之间的垂距（ h ）大小，可分为近距离、中距离和远距离解放层。各类解放层可大体划分如下：

- （1）近距离解放层 $h < 10$ 米；
- （2）中距离解放层 $10\text{米} \leq h < 60\text{米}$ ；
- （3）远距离解放层 $h \geq 60\text{米}$ 。

众所周知，迄今为止开采解放层仍然是防止煤和瓦斯突出最有效、最经济的措施。从1933年法国最先使用这项措施

以来，已在有突出的国家中得到普遍使用，如中国、苏联、波兰、捷克斯洛伐克、保加利亚、日本、英国、比利时、荷兰等。

我国自1958年以来，也先后在北票、南桐、中梁山、天府、松藻等局矿进行了开采解放层防止煤和瓦斯突出的试验，取得了显著的效果。以后又逐渐在红卫、立新、六枝等局矿进行了推广应用。采用开采解放层这一措施后，在被解放区域，基本上消除了煤和瓦斯突出，从而大大减少了突出的发生，促进了安全生产。以重庆地区为例，自1958年开始试验，1962年即基本在全地区推广使用，突出次数1961年为155次，1966年以后则大幅度下降为每年10~20次（参见表1-1）。除石门揭开煤层外，由于采取了预先开采解放层这一措施，已基本上控制了突出的发生。

我国经过长期的试验研究，对开采解放层这一措施，不

表 1-1

年份	南桐局	中梁山矿	天府矿	北票局	年份	南桐局	中梁山矿	天府矿	北票局
	突 出 次 数					突 出 次 数			
1951			1	2	1964	6	1	1	23
1952				4	1965	23	4		17
1953			1	6	1966	70		1	26
1954			8	20	1967	14			17
1955			2	27	1968	2			19
1956				28	1969	5			50
1957		1	1	24	1970	9		3	32
1958	40	8	6	64	1971	18	1		34
1959	57		6	68	1972	7		5	36
1960	63	17	12	49	1973	5	2	5	
1961	148	7	1	69	1974				
1962	25	3	3	58	1975				
1963	28	1	1	48	1976				

但积累了丰富的实践经验，而且对解放层的作用机理等一些理论问题，也有了一定深度的认识，并使之逐步发展，完善了开采解放层结合抽放瓦斯这一具有我国自己特色的综合措施。

第二节 我国开采解放层的主要 突出矿井简况

我国采用开采解放层防止突出措施的先后有10余个矿务局，30余个矿井。现把我国开采中距离解放层、近距离解放层、远距离解放层的主要突出矿井的简要地质和开采条件分别列于表1-2、1-3、1-4中。

第三节 现场观测研究方法

为了确定解放作用的效果，并划定解放范围，目前国内外主要是依靠现场的观测进行研究，即观测与测定被解放层的应力变形状态与瓦斯动力参数的变化，以及解放层回风道的瓦斯涌出量变化。国外，还配合进行大量的模拟试验和工程数学计算，并逐步向工程计算确定解放效果有关参数的方向过渡。

有关瓦斯压力、瓦斯流量的测定方法，已在许多书刊中有所介绍，此处不再重复，本节将着重介绍现场广泛采用的观测应力变形状态的方法和现场测量煤层透气性的简便方法，以及测量煤体温度的方法。

一、煤层及岩体变形的测量

危险煤层的应力状态和瓦斯动力参数的一系列重大变化，均是由于开采解放层引起的岩石移动所造成的。因此，

表 1-2

煤 田	矿 井	开采 深度 (米)	解 放 层					被 解 放 层	层 间 垂 距 (米)	层间岩性 简 况
			层 号	位 置	倾 角 (度)	采 高 (米)	采长 (米)			
天府	磨心坡矿	360	7	上	60	0.5~0.6	120	9	25	页岩, 砂岩
南桐	鱼田堡矿	300	6	下	30	1~1.3	60	4	36	砂质灰岩, 页岩, 砂岩
南桐	原东林井	200	6	下	86	1.5	110	4	36	砂质灰岩, 页岩, 砂岩
南桐	南桐一井	200	5	下	30	0.7~1	60	4	22	砂质灰岩, 页岩, 砂岩
松藻	松藻一井	250	10	下	30	0.5	60	8	21	砂质灰岩, 页岩, 砂岩
松藻	松藻二井	250	6	上	30	0.8~1	60	8	16	砂质灰岩, 页岩, 砂岩
北票	台吉一井	500	3 A	上	50	1.5	40	4	28	坚硬砂岩, 细砾岩
北票	台吉一井	530	3 C	上	46	0.8	42	4	19	坚硬砂岩, 细砾岩
北票	台吉三井	440	2	上	62	1.2	44	3	22	坚硬砂岩, 细砾岩
白沙	红卫里王庙井	150	5	上	30	0.8	44	6	30	砂岩, 砂页岩
涟邵	洪山殿蛇形山井	250	1 上	上	30	1.15	76	3 中	35	砂岩, 砂页岩
涟邵	洪山殿蛇形山井	250	1 上	上	30	1.15	76	4	45—50	砂岩, 砂页岩
乐平	涌山二井	280	4	下	70	2.7	64	6	53	粉砂岩
六枝	地 宗	270	3	上	50	1.23	60	7	43	细粒砂岩, 页 岩
水城	老鹰山矿	390	8	上	28	1.3	120	12	21	砂岩粉砂岩
鸡西	滴道四井	500	19	下	24	1.3	80	20	71	砂 岩

表 1-3

煤田	矿井	开采深度 (米)	解 放 层					被解放层	层间垂距 (米)	层间岩性 简 况
			层名	位置	倾角 (度)	采 高 (米)	采长 (米)			
中梁山	中梁山南井	200	2	下	65	0.7	110	1	3 ~ 7	粉砂岩
南桐	鱼田堡煤矿	300	3	上	30	0.5 ~ 0.7	40	4	6 ~ 9	粉砂岩, 砂岩
南桐	南桐一井	316	3	上	27	0.6	40	4	6 ~ 10	粉砂岩, 砂岩
鸡西	滴道四井	500	13	上	24	0.6	80	12	6 ~ 12	砂 岩

表 1-4

煤田	矿井	开采深度 (米)	解 放 层					被解放层	层间垂距 (米)	层间岩性 简 况
			层号	位置	倾角 (度)	采 高 (米)	采长 (米)			
天府	磨心坡矿	500	2	上	60	0.5 ~ 0.6	120	9	70 ~ 90	砂岩, 石灰岩
天府	刘家沟矿	450	3	上	60	0.5 ~ 0.7	120	9	75	砂岩, 石灰岩
天府	刘家沟矿	450	5	上	60	1.1	120	9	64	砂岩, 石灰岩
北票	冠山二井	400	3 A	上	41	1.4	110	4 $\frac{1}{2}$	60	砂 岩, 砂质页岩

观测与研究岩石移动和煤层变形规律，对考察解放效果是十分重要的。

测定煤层变形主要采用深钻孔，并运用电阻式位移计和深部基点来测定煤层顶底板的相对变形。测量时，电阻式位移计与深部基点的安装位置应在巷道影响带之外。此外，还可采用浅部测桩，测定巷道壁煤层（或岩石）的变形，以作为一种辅助手段。

目前采用的DY型电阻式位移计可以对煤层进行长期的

远距离观测。如果配合相应的仪表，还可自动记录。其基本原理是通过电阻的变化来反映钻孔中两个固定点（例如煤层顶底板）之间的相对位移。由重庆煤炭研究所设计制作的DY-4型电阻式位移计的构造如图1-1所示。仪器中的弹簧6使移动杆11与孔底的煤层顶板紧密接触。当其尾端固定于煤层底板岩石中后，顶底板岩石的相对移动可使移动杆随之移动，并带动电刷15在可变电阻14上滑动，由此引起电阻值的变化。电阻值的变化与位移成线性关系。DY-4型电阻式位移计中采用了“O”型密封圈和高压密封胶，以防止渗水。

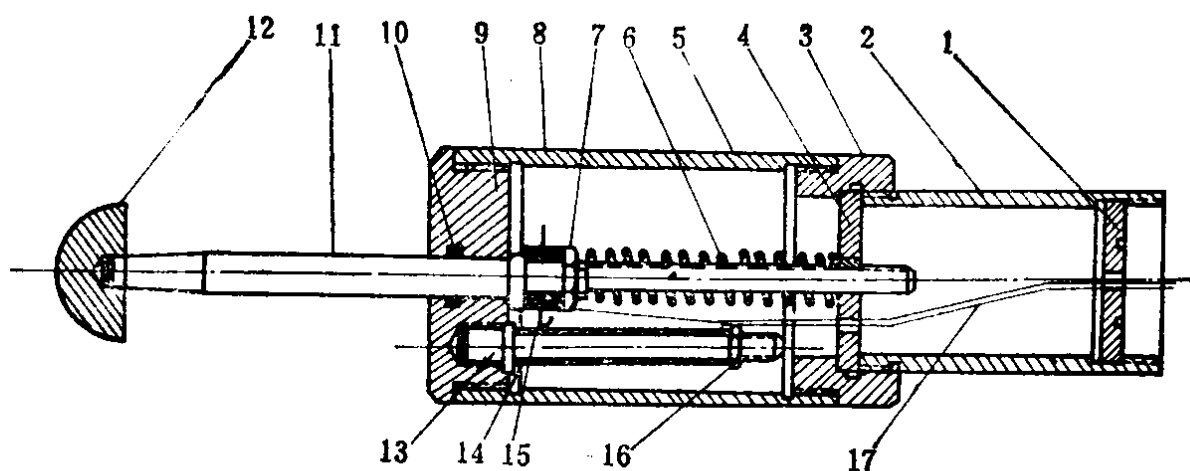


图 1-1 DY-4型电阻式位移计

1—后盖；2—护套；3—接头；4—压板；5—外壳；6—弹簧；7、16—螺帽；
8—绝缘套；9—前盖；10—“O”型密封圈；11—移动杆；12—护帽；
13—电阻轴；14—可变电阻；15—电刷；17—电线

位移计安装前，应先将钻孔内小岩块等杂物清除干净。待电阻式位移计接上尾管后，即可送入钻孔内。尾管长度根据煤层的厚度而定。在高仰角钻孔内，为防止位移计及尾管在安装过程中下坠，可在尾管的下方焊上用钢片制成的倒爪，并用水泥砂浆及木楔把尾管固定在煤层底板岩石中，固

定长度约为0.5米左右。安装过程中，在孔口上要用万用表连接电缆9，以观测电阻值的变化。用木楔固定时，务必小心谨慎，使电阻位移计的电刷处在预定的位置（既可观测压缩变形，也可观测膨胀变形）。尾管的周壁钻有孔眼，使得瓦斯畅通。这样做既利于电阻位移计的固定，也便于同时抽放瓦斯。电阻式位移计在钻孔中的安装情况参见图1-2。

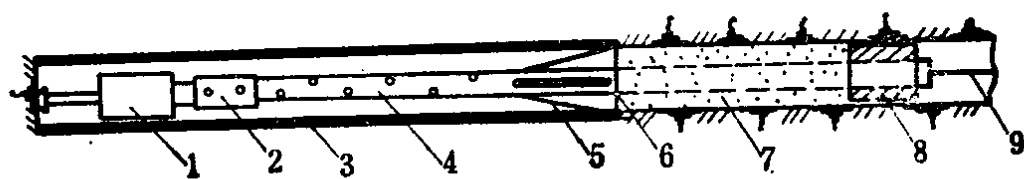


图 1-2 电阻式位移计安装示意图

1—DY-4电阻位移计； 2—接头； 3—钻孔； 4—尾管； 5—倒爪；
6—挡板； 7—水泥砂浆； 8—木楔； 9—电缆

安装前，还要在实验室中分别作出每一个电阻式位移计的位移-电阻特性曲线（图1-3）。这样在井下采用QJ-23型电桥测量电阻值时，就可通过位移-电阻（L-R）特性曲线求出位移量。

DY-4型电阻式位移计的测量范围为40毫米，灵敏度为0.1~0.3毫米。

测得钻孔任意方向的煤层变形值后，需按下列公式换算成垂直层面方向

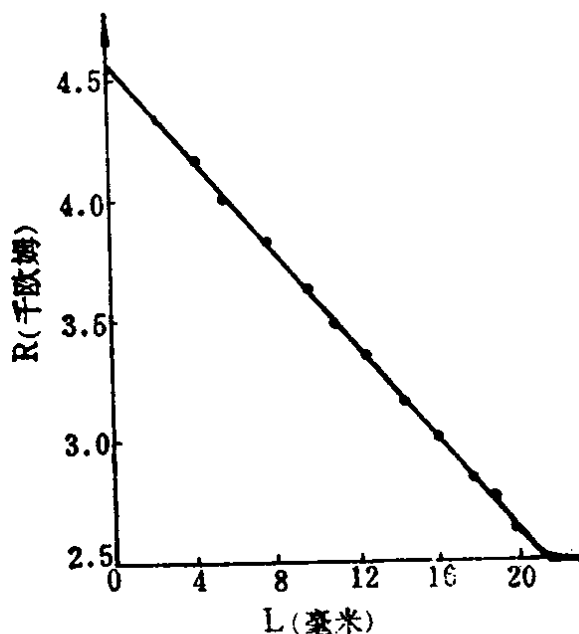


图 1-3 电阻式位移计的位移-电阻特性曲线

的变形值（公式推导参见附录 1）。

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{(\cos\gamma\cos\beta\sin\alpha + \sin\gamma\cos\alpha)^2} \quad (1-1)$$

式中 ε_0 ——垂直煤层层面方向的相对变形；
 ε ——钻孔任意方向的煤层相对变形；
 α ——煤层倾角，度；
 β ——钻孔偏角，即钻孔方位与煤层走向垂线的夹角，度；
 γ ——钻孔仰角，度。

在测量煤层变形时，也广泛采用深部基点。基点的固定可以采用木楔、木胀壳，以及水泥砂浆，但这些都分别存在着不牢固和施工不便的缺点。由实践得知，基点采用一对铁楔进行固定效果较好。铁楔是用锯成两半的钢管和钢板焊接而成。铁楔间用竹销固定，不但制作简单，而且还能保证瓦斯流通。基点的移动可以通过钢丝绳或不锈钢丝传递到钻孔口外，但此时孔口必须悬挂重锤拉伸，这样测量装置就比较复杂并且也不稳定。如果采用钢筋或钢管（直径8-10毫米）传递基点的移动，当钢筋引出孔口后，只要在钢筋末端用固定螺钉固定两块夹板，便可用百分表（或游标卡尺）直接测定两个基点之间的相对位移。图1-4所示是一对铁楔-钢筋组成的深部基点的构造及安装图。

在观测中，如果百分表量程不够，可以调整固定在钢筋上的夹板，读出调整前后的百分表读数值（即调整量）累加在位移量中，即

$$\text{位移量} = \text{当天读数} - \text{初读数} + \text{调整量}$$

由于钻孔中温度变化不大，故可不作温度校正。换算垂直层面方向的变形公式同前。

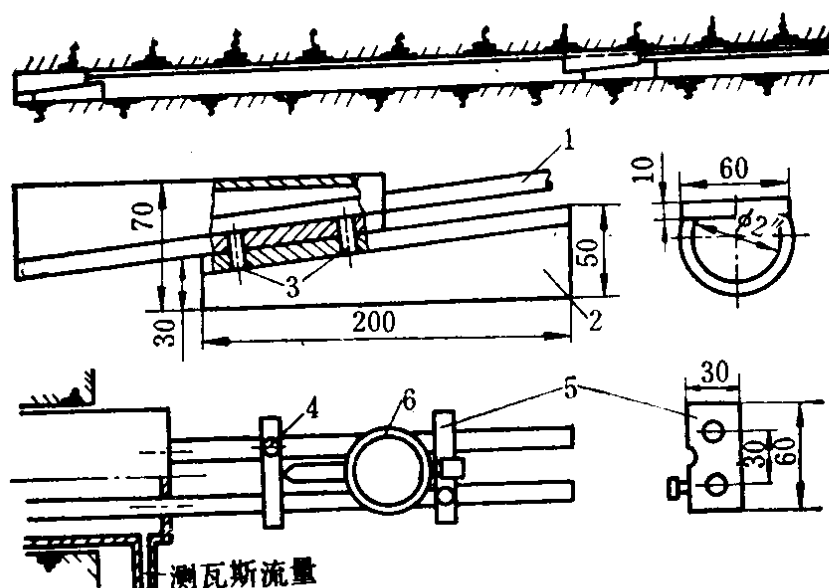


图 1-4 深部基点构造及安装示意图

1—钢筋（直径为10毫米）； 2—铁楔； 3—穿竹销； 4—固定螺钉；
5—夹板； 6—百分表

观测岩帮变形时，可采用浅部测桩。一般垂直煤层打一
对直径为 42 毫米、长1.5米的钻孔，用水泥砂浆把测桩固定
在钻孔内，为免除岩石表面风化对测定的影响，应在孔口留
0.5~1.0米不封孔。测杆的一端固定在测桩上（用螺丝调整
距离），另一端架在测桩上滑动，并用百分表测量测桩间距
的变化（图1-5）。这种方法的测量结果虽受巷道影响，但
由于加工及安装简易，所以常作为一种辅助手段。

在英、美等国，为了观测岩石移动及变形，研制成功了
较先进的 E-H 型钻孔位移计。E-H 型钻孔位移计（图1-6）
的基本原理与 DY-4 型电阻式位移计相同，即通过电阻变化
测出钻孔中两固定点之间的位移。但E-H型钻孔位移计采用
了液压固定器（图1-7）锚定，这就使其安装、回收都比较
方便，并可配合指示器和记录仪进行连续遥测。E-H型钻孔
位移计的测量范围为76.2毫米，分辨度为0.05毫米。

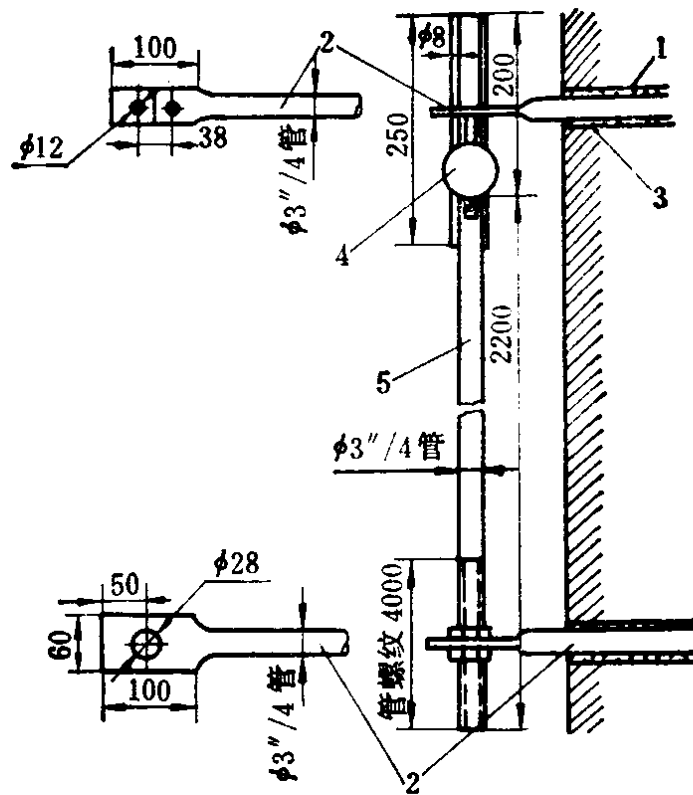


图 1-5 测桩安装示意图

1—钻孔；2—测桩；3—水泥砂浆；4—百分表；5—测杆

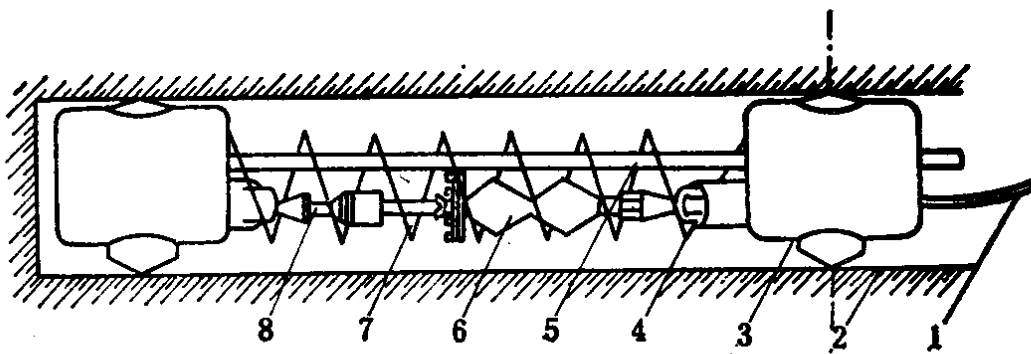


图 1-6 E-H型钻孔位移计结构系统图

1—电缆；2—钻孔；3—液压固定器；4—球窝接头和套筒接头；5—安装杆；6—橡胶密封器；7—液压管；8—电位传感器

二、煤层及岩体应力状态变化的测量

(一) 采用岩体声波法测量

岩体声波法测试是近年来发展起来的一种新测试方法。它通过研究一定频率的声波在岩体中的传播特征，来判断岩体的受力状态，物理、力学性质和结构面分布特征。由弹性理论可知，当弹性波在无限介质中传播时，其传播速度为

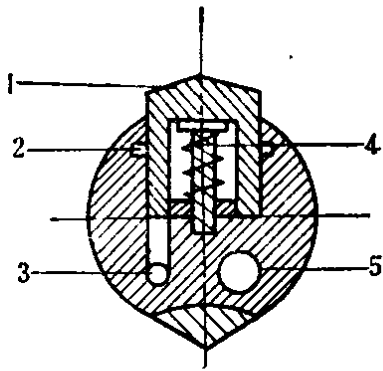


图 1-7 液压固定器剖面图
1—活塞；2—“O”形密封圈；3—油孔；4—弹簧；5—安装杆的孔

$$v_p = \sqrt{\frac{E_d}{\rho} \cdot \frac{(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}} \tag{1-2}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{E\mu}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1+\mu)}} \tag{1-3}$$

式中 v_p ——纵波（P波）传播速度，米/秒；
 v_s ——横波（S波）传播速度，米/秒；
 E_d ——岩石的动弹性模量，公斤力/厘米²；
 μ ——岩石泊松比，无量纲；
 ρ ——岩石密度，克/厘米³。

由上二式知，岩体中传播的声波速度，是岩石密度、动弹性模量泊松比的函数，它与岩体的性质、裂隙、孔隙率、含水量，地应力等因素有关。一般说来，岩体风化、破碎和结构面发育的部位，波速降低衰减快，频谱复杂；而当岩体受力时，波速增加，衰减减少，频谱简单。

试验证明，岩体（或岩石）所受的应力越大，其波速就越高（如图1-8所示）。由于岩石是多孔裂隙介质，而岩体又受到各种类型的结构面（节理、弱面等）的切割这就使得声波通过裂隙及结构面时，速度较低；当应力增加时，裂隙

闭合，结构面被压实，因此波速随之增加。

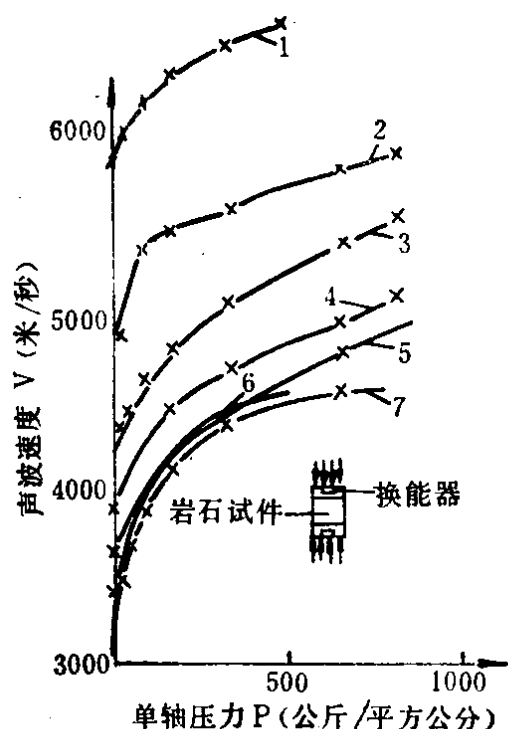


图 1-8 岩石试件的声波速度与压力关系曲线

1—大理岩；2、3、5—白色石英砂岩；4—条带石英砂岩；6—辉绿岩；7—凝灰岩

声波法考察解放层的解放作用即基于上述声波速度随应力状态变化的原理。它通常采用一对钻孔测量，此时对两钻孔间的岩体而言，其它因素都是相对不变的，随着解放层回采工作面的推进，只有应力状态发生变化。

采用双孔测试时，一发一收（参见图1-9）换能器每移动0.2米读取数值，并进行交会测量。

如果采用 SYC-2 型 声波岩石参数测定仪，由于仪器不防爆，必须采取专门的安全措施，因此最好采用属安全火花型的 CD-1 型超声波地层应力

测定器。换能器均采用15-40KC的增压式圆管型探头。如果用水耦合，则钻孔下俯时，不需其它堵孔装置，而对于有仰角的钻孔，需要配合止水栓塞。

由于用横波测量比较困难，故目前主要采用纵波测量法。纵波速度为

$$v_p = \frac{L}{t_p} \quad (1-4)$$

式中 L ——收发探头间的直线距离，米；
 t_p ——纵波在岩体中的传播时间，秒。