

doi: 10.11720/wtyht.2018.1.27

胡玉超. 矿井无线电波透视技术探测模式研究[J]. 物探与化探, 2018, 42(1): 213–219. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1.27>

Hu Y C. A study of detection mode of mine radio wave perspective technology[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(1): 213–219. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1.27>

矿井无线电波透视技术探测模式研究

胡 玉 超

(中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039)

摘 要: 为了使矿井无线电波透视的探测效率最大化, 笔者研究了其各种工作模式, 通过数学分析得出了各种模式中主机行走距离、总探测时间、时间利用率、行走速度、可探测最大工作面长度的计算公式。以此为基础, 形成探测参数计算表。对于实际工作中的不同长度工作面的探测, 可根据此表的计算结果来选择合理的工作模式和发射时间和搬站时间, 以达到最大探测效率的目的。

关键词: 无线电波透视; 探测模式; 探测效率; 井下探测

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2018)01-0213-07

0 引言

随着国家煤炭工业“十三五”规划发布, 煤炭集约化发展已是大势所趋, 煤炭生产开发进一步向大型煤炭基地集中, 大型煤炭基地产量将占总产量的 95% 以上, 煤炭企业数量 3000 家以内, 其中 5000 万吨级以上大型企业产量占 60% 以上^[1]。随着千万吨级的特大型矿井不断建成, 随之而来的是大型、特大型采煤工作面的不断涌现。面对高效的大型矿井, 传统的矿井物探方法也要适应新的形势, 提高工作效率, 才能更好地为大型矿井服务, 充分发挥大型矿井的效率优势。

矿井无线电波透视技术是我国矿井物探的先驱, 早在 20 世纪 50 年代, 我国煤矿就用其探查工作面内的异常构造, 特别是对陷落柱、断层的探查。长期以来坑透技术发展平稳, 已经成为矿井工作面地质异常探测的常规和必备手段^[2]。无线电波透视仪主要有以下特点: 探测准确度高, 性能稳定, 透视距离远, 能满足大多数常规工作面的探测要求^[3]。但面对大型工作面时, 也暴露出一些问题, 例如: 仪器工作时间短, 一个工作面要分几次测量, 测量人员工作强度大等^[4]。本文研究矿井无线电波透视技

术各种探测模式的参数, 分析其和各种长度工作面的适用性问题, 使其能满足大型和特大型采煤工作面的探测需要。

1 无线电波透视基本原理及工作方式

同一工作面内的均匀煤层对电磁波的吸收可以看成大致不变的, 当煤层中有断层、陷落柱等各种地质构造时, 其对电磁波的吸收会发生较大的变化。发射机在一个巷道发射电磁波信号, 接收机在相对的另一个巷道接收电磁波信号, 如果工作面内存在地质异常体, 穿过工作面的电磁信号就会发生各种变化, 这种变化的电磁信号被接收机记录, 形成测量数据。利用 CT 成像原理, 对接收到的数据进行数字成像处理, 就可以计算出整个工作面的电磁波吸收系数分布图。分析该图, 对于图中吸收系数相对于均匀煤层吸收系数变大或变小的区域, 就应该对应于不同的地质异常体^[5-12]。

无线电波透视的工作方法一般有两种: 同步法和定点法。同步法为发射机和接收机同步移动, 一次接收一个值, 这种方法操作简单, 劳动强度低, 但是探测效果差, 已基本被淘汰。

定点法为发射机相对固定于发射点上, 接收机

收稿日期: 2017-03-05; 修回日期: 2017-08-14

基金项目: 十三五重大专项“井下致裂效果范围测定技术与装备”(2016ZX05045004-007)

作者简介: 胡玉超(1982-), 男, 助理研究员, 主要从事矿井物探、矿井灾害探测与防治技术方面工作。Email: hycincumt@163.com

在另一巷道一定范围内逐点沿巷道接收,观测射线呈扇形分布。当一条巷道探测完毕后,发射机和接收机交换巷道,直至整个工作面探测完毕(图1)。定点法采集数据多,探测效果较好,目前被广泛采用。按照探测使用主机的数量,定点法又可分为多种工作模式,本文重点讨论“一发一收”、“一发双收”、“双发双收”和组合模式。

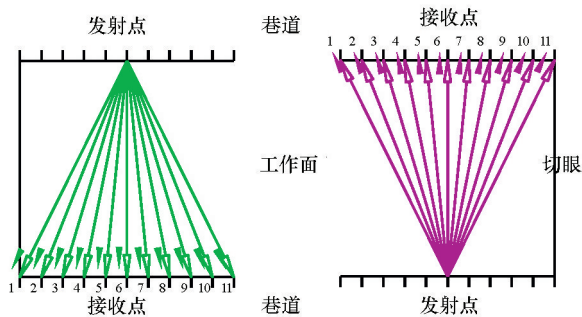


图1 定点法工作原理示意

2 工作模式

设工作面长度为 L , 发射点距为 d_1 , 接收点距为 d_2 , 每个发射点接收 n 个数据, 主机 A 、 B 、 C 、 D 的各自总行走距离分别为 W_A 、 W_B 、 W_C 、 W_D , 各主机行走距离之和为 W , 一个发射点的发射时为 t_1 , 搬站时间为 t_2 , 总工作时间为 T (不包括准备时间和交换巷道的的时间), 主机 A 、 B 、 C 、 D 的各自总工作时间分别为 T_A 、 T_B 、 T_C 、 T_D , V_{\max} 人行走的最大速度, 发射机额定工作时间为 F , 一次可以探测最长工作面的长度为 L_{\max} 。

一般地, 采用定点法时, 为了不留探测盲区, 要保证探测射线 100% 的覆盖率 (图2), 即需满足

$$d_1 - \frac{(n-1)d_2}{2} \leq 0 \Rightarrow d_1 \leq \frac{(n-1)d_2}{2},$$

一般取 $d_1 = \frac{(n-1)d_2}{2}$ 。所以本文假定 $d_1 = \frac{(n-1)d_2}{2}$, 且接收段对称。

2.1 “一发一收”工作模式

“一发一收”工作模式为最常用工作模式。设发射机为 A , 接收机为 B 。 A 依次在每个发射点发射, B 在对应位置接收数据。完成后 A 、 B 交换巷道, 重复上述过程, 完成整个工作面的探测。过程如图3所示 (探测过程按箭头方向进行, 下同)。

2.2 “一发双收”工作模式

“一发双收”工作模式, 即 1 台发射机, 2 台接收

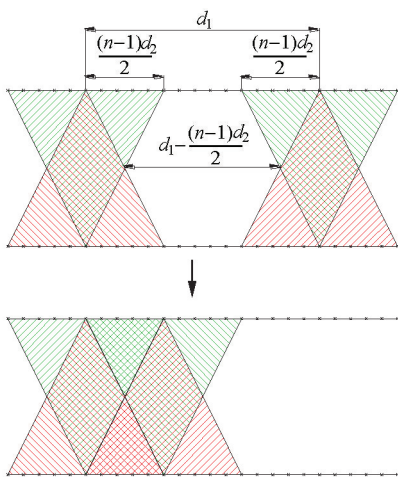


图2 射线覆盖率

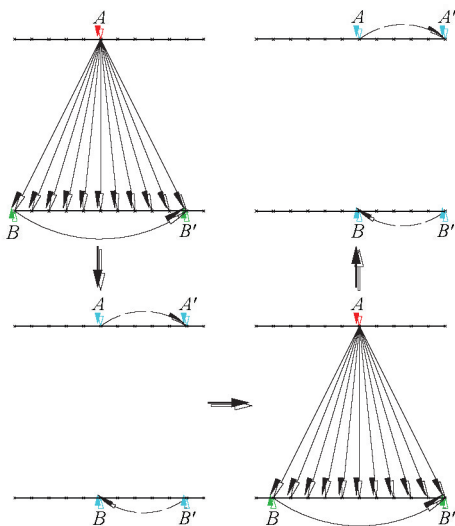


图3 “一发一收”示意

机。发射机的工作方式与“一发一收”模式保持不变, 而接收巷改为 2 台接收机配合工作。“一发双收”可分为“间隔”法和“同步”法。

2.2.1 “间隔”法

如图4所示, 设发射机为 A , 接收机分别为 B 和 C 。首先 A 在 1 号发射点发射, B 正常接收数据, C 在 2 号发射点对应接收段开始位置等待。等 1 号发射点发射完毕, A 移动到 2 号发射点发射, C 正常接收数据, 同时 B 在到 3 号发射点对应接收段开始位置等待。如此重复, 直到测量完毕。最后 A 和 B 、 C 交换巷道, 重复上述过程, 完成整个工作面的探测。

2.2.2 “同步”法

如图5所示, 设发射机为 A , 接收机分别为 B 和 C 。首先 A 在 1 号发射点发射, B 在对应接收段开始位置, C 在对应接收段中间位置同时接收, 并都只接收一半的数据。等 1 号发射点发射完毕, A 移动到

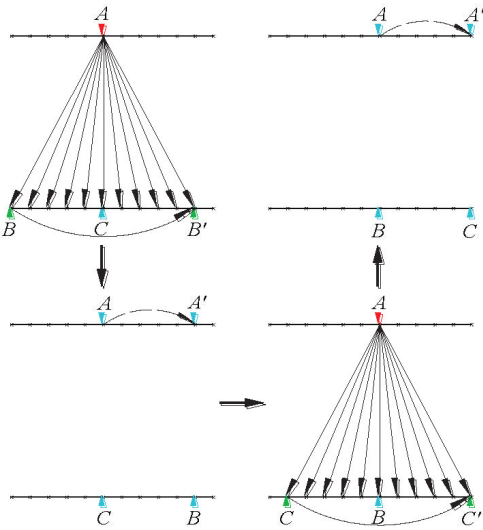


图 4 “一发双收”“间隔”法示意

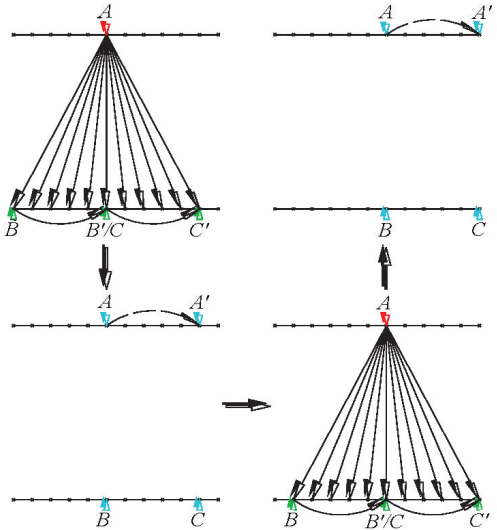


图 5 “一发双收”“同步”法示意

下一个发射点, B 移动到下一个发射点对应接收段开始接置, C 移动到下一个发射点对应接收段中间位置, 等 A 、 B 、 C 都就位后, A 开始发射, B 、 C 同时接收, 并都只接收一半的数据。如此重复, 直到测量完毕。最后 A 和 B 、 C 交换巷道, 重复上述过程, 完成整个工作面的探测。

2.3 “双发双收”工作模式

“双发双收”模式即两台发射机和两台接收机协同工作, 也可分为“间隔”和“同步”法。

2.3.1 “间隔”法

如图 6 所示, 设发射机为 A 、 B , 接收机为 C 、 D 。首先, A 在 1 号发射点发射, 在此期间, C 正常接收, B 到下一发射点待命, D 到下一发射点起始接收位置等待。等 1 号发射点发射完毕后, B 开始发射, D 开始接收, A 到下一发射点等待, C 到下一发射点起

始接收位置等待。如此重复, 直到测量完毕。最后 A 、 B 和 C 、 D 交换巷道, 重复上述过程, 完成整个工作面的探测。

2.3.2 “同步”法

如图 7 所示, 设发射机为 A 、 B , 接收机为 C 、 D 。首先 A 在 1 号发射点发射, C 在对应接收段开始接收位置而 D 在对应接收段中间位置同时开始接收, 并都只接收一半接收段的数据, 而 B 到下一发射点等待。等 1 号点发射完毕后, A 移动到下一个发射点等待, C 移动到 B 对应接收段开始位置而 D 移动到 B 对应接收段中间位置, 等 C 、 D 都就位后, B 开始发射, C 、 D 同时开始接收, 并都只接收一半接收段的时间。如此重复, 直到测量完毕。最后 A 、 B 和 C 、 D 交换巷道, 重复上述过程, 完成整个工作面的探测。

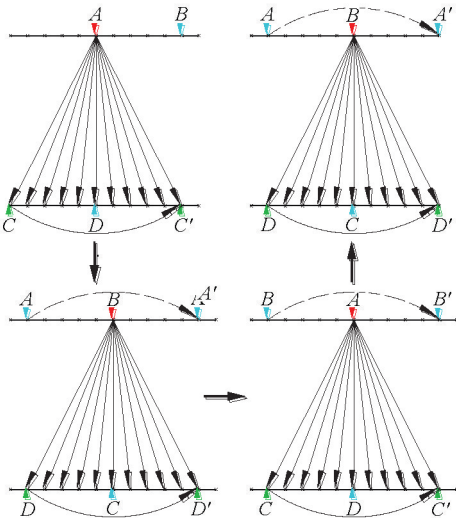


图 6 “双发双收”“间隔”法示意

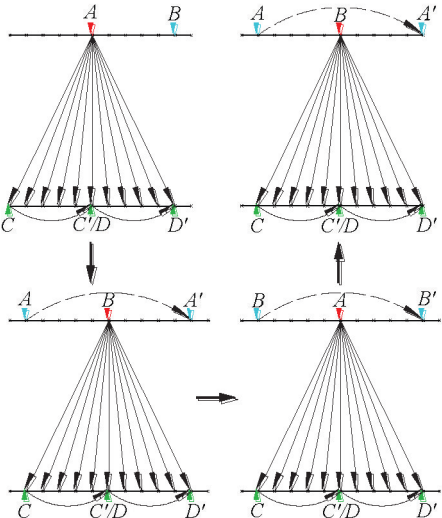


图 7 “双发双收”“同步”法示意

2.4 组合模式

对于超长工作面,可以考虑用组合模式来进行探测。由于发射机要相互干扰,所以同一时刻只能有 1 台发射机工作,多于 2 台发射机无意义,因此只考虑 1+1 的组合,即两个探测组,其发射机分别在不同巷道,交替发射接收,直到探测完毕。

2.4.1 “一发一收”的组合模式

如图 8 所示,设发射机为 A 、 C ,接收机为 B 、 D , A 、 B 为一测量组, C 、 D 为另一测量组。 A 位于一条巷道 1 号发射点, B 位于对应接收段开始位置, C 位于另一条巷道 1 号发射点, D 位于对应接收段开始位置。首先 A 发射, B 接收。等 A 发射完后, C 开始发射, D 开始接收,与此同时 A 往下一个发射点移动, B 往对应接收段开始位置移动。等 C 发射完成后, A 开始发射,与此同时 C 往下一个发射点移动, D 往对应接收段开始位置移动。如此重复,直到测量完毕。

值得注意的是,这种测量模式下,不需要交换巷道测量。且可以看成是“双发双收”模式的另外一种方法,即“交叉”法。

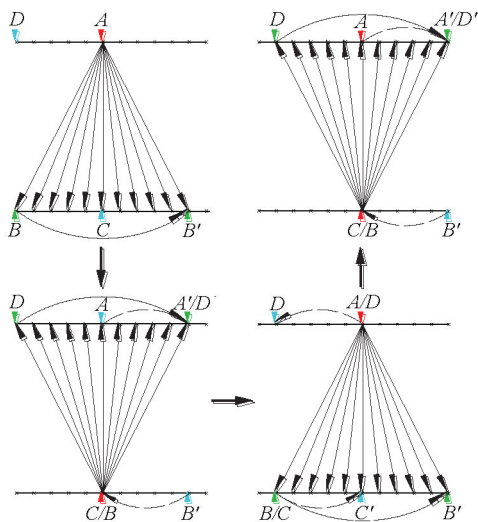


图 8 “一发一收”的组合示意

2.4.2 “一发双收”的组合模式

如图 9 所示,设发射机为 A 、 D ,接收机为 B 、 C 、 E 、 F 。 A 、 B 、 C 为一测量组, D 、 E 、 F 为另一测量组。每组采用“一发双收”同步法。 A 位于一条巷道 1 号发射点, B 位于对应接收段开始位置, C 位于对应接收段中间位置, D 位于另一条巷道 1 号发射点, E 位于对应接收段开始位置, F 位于对应接收段中间位置。首先 A 发射, B 、 C 同时接收,并且都只接收半段数据。等 A 发射完后, D 开始发射, E 、 F 同时开始接收,并且都只接收半段数据,与此同时 A 往下

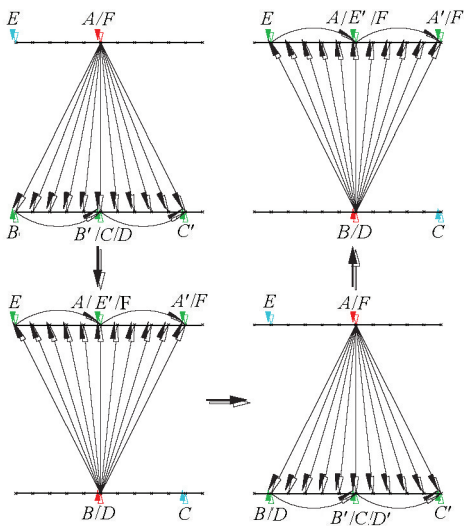


图 9 “一发双收”的组合示意

个发射点移动, B 往对应接收段开始位置移动, C 往对应接收段中间位置移动。等 D 发射完成后, A 开始发射,与此同时 D 往下一个发射点移动, E 往对应接收段开始位置移动, F 往对应接收段中间位置移动。如此重复,直到测量完毕。

3 探测模式分析

对上述各工作模式进行分析,得出各种模式中主机行走距离、总探测时间、时间利用率、行走速度、可探测最大工作面长度的计算公式,详见表 1。

按最大可探测工作面长度分类,可将工作模式分为三类:第一类为“一发一收”和“一发双收”,第二类为“双发双收”(把“一发一收”的组合模式看成“双发双收”模式的“交叉”法),第三类为“一发双收”的组合。每类中不同组合模式的最大可探测长度是一样的,但第三类的探测长度为第二类的 2 倍,第二类的为第一类的 2 倍。

按总探测时间和总时间利用率,工作模式可分为两类:第一类为“一发一收”和“一发双收”,第二类为“双发双收”和组合模式。各类中不同模式的总探测时间和总时间利用率是一样的。要减少总探测时间,第一类模式需减少发射时间与搬站时间之和,第二类模式只需减少发射时间即可。对于总时间利用率,第一类的小于第二类,和发射时间、搬站时间有关;而第二类的是常数,且达到了最大值 100%。

按行走距离,工作模式可分为三类:第一类为“一发一收”、“双发双收”和“一发一收”的组合,第二类为“一发双收”,第三类为“双发双收”的组合。

表 1 各探测模式参数计算公式

模式	一发一收	一发双收		双发双收		组合模式	
		间隔法	同步法	间隔法	同步法	一发一收的组合	一发双收的组合
L_{\max}	$\frac{F}{2t_1}d_1$	$\frac{F}{2t_1}d_1$	$\frac{F}{2t_1}d_1$	$\frac{F}{t_1}d_1$	$\frac{F}{t_1}d_1$	$\frac{F}{t_1}d_1$	$2\frac{F}{t_1}d_1$
T	$2\frac{L}{d_1}(t_1+t_2)$	$2\frac{L}{d_1}(t_1+t_2)$	$2\frac{L}{d_1}(t_1+t_2)$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$
T_A	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$
T_B	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$
T_C		$\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$
T_{d1}				$\frac{L}{d_1}t_1$	$2\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$	$\frac{L}{d_1}t_1$
T_E							$\frac{L}{d_1}t_1$
T_F							$\frac{L}{d_1}t_1$
S	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	100%	100%	100%	100%
S_A	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	50%	50%	50%	50%
S_B	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	$\frac{t_1}{2(t_1+t_2)}$	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	50%	50%	50%	50%
S_C		$\frac{t_1}{2(t_1+t_2)}$	$\frac{t_1}{t_1+t_2}$	50%	100%	50%	50%
S_D				50%	100%	50%	50%
S_E							50%
S_F							50%
W	$8L$	$6L$	$6L$	$8L$	$8L$	$8L$	$6L$
W_A	$2L$	$2L$	$2L$	$2L$	$2L$	L	L
W_B	$6L$	$2L$	$2L$	$2L$	$2L$	$3L$	L
W_C		$2L$	$2L$	$2L$	$2L$	L	L
W_D				$2L$	$2L$	$3L$	L
W_E							L
W_F							L
t_1	$\geq \frac{(n-1)d_2}{V_{\max}}$	$\geq \frac{(n-1)d_2}{V_{\max}}$	$\geq \frac{(n-1)d_2}{2V_{\max}}$	$\geq \frac{(n-1)d_2}{V_{\max}}$	$\geq \frac{(n-1)d_2}{V_{\max}}$	$\geq \frac{(n-1)d_2}{V_{\max}}$	$\geq \frac{(n-1)d_2}{2V_{\max}}$
t_2	$\geq \frac{d_1}{V_{\max}}$	$\geq \frac{d_1}{V_{\max}}$	$\geq \frac{d_1}{V_{\max}}$				

每类中不同模式的总行走距离是一样的。第一类的总行走距离为工作面长度的 8 倍,第二类 and 第三类的为工作面长度的 6 倍;不同的是各个模式按不同的比例把总行走距离分配到了各个主机上,其中“一发一收”、“一发一收”的组合模式为非平均分配,接收机行走距离为发射机的 3 倍,其他模式为平均分配,发射机和接收机行走的距离一样。

按发射时间、搬站时间,可把工作模式分为两类:“一发双收”“同步”法和“一发双收”的组合为一类,其他为二类。第一类的最小发射时间可为第二类的一半,即第一类的发射时间可以设得更小,探测效率更高。实际应用中,“一发双收”宜采用“同步”法,因为它们的发射时间可设得更短,探测效率更高;“双发双收”宜采用“间隔”法,因为其“同步”

法使接收机一直处于工作状态,没有休息时间,对于较长的工作面探测来说是不现实的。

一般地,设 $d_2=10\text{ m}$, $d_1=50\text{ m}$, $n=11$, $t_1=3\text{ min}$, $t_2=2\text{ min}$, $V_{\text{max}}=1.4\text{ m/s}$; $t_{1\text{min}}$ 、 $t_{2\text{min}}$ 表示 t_1 、 t_2 允许的最小取值。设工作面长度为 $2\ 000\text{ m}$ 和 $4\ 000\text{ m}$,根

据表 1 公式,各种工作模式下探测效率对比如表 2 所示。

设发射机的额定工作时间为 3 h ,根据表 1 中的公式,计算不同工作模式下最大可探测工作面长度,如表 3 所示。

表 2 不同测线长度、不同探测模式参数对比

工作模式	工作面长 2 000 m					工作面长 4 000 m				
	一发一收	一发双收 (同步法)	双发双收 (间隔法)	一发一收 的组合	一发双收 (同步法) 的组合	一发一收	一发双收 (同步法)	双发双收 (间隔法)	一发一收 的组合	一发双收 (同步法) 的组合
T/min	400/144	400/96	240/96	240/96	240/48	800/288	800/192	480/192	480/192	480/96
T_A/min	240/96	240/48	120/48	120/48	120/24	480/192	480/96	240/96	240/96	240/48
T_B/min	240/96	240/48	120/48	120/48	120/24	480/192	480/96	240/96	240/96	240/48
T_C/min		240/48	120/48	120/48	120/24		480/96	240/96	240/96	240/48
T_D/min			120/48	120/48	120/24			240/96	240/96	240/48
T_E/min					120/24					240/48
T_F/min					120/24					240/48
W/m	16 000	12 000	16 000	16 000	12 000	32 000	24 000	32 000	32 000	24 000
W_A/m	4 000	4 000	4 000	2 000	2 000	8 000	8 000	8 000	4 000	4 000
W_B/m	12 000	4 000	4 000	6 000	2 000	24 000	8 000	8 000	12 000	4 000
W_C/m		4 000	4 000	2 000	2 000		8 000	8 000	4 000	4 000
W_D/m			4 000	6 000	2 000			8 000	12 000	4 000
W_E/m					2 000					4 000
W_F/m					2 000					4 000
$t_{1\text{min}}/\text{min}$	1.2	0.6	1.2	1.2	0.6	1.2	0.6	1.2	1.2	0.6
$t_{2\text{min}}/\text{min}$	0.6	0.6				0.6	0.6			
人数	2	3	4	4	6	2	3	4	4	6

注:“/”后面为采用最小发射时间和最小搬站时间的数据。

表 3 最大可探测工作面长度对比

工作模式	一发一收	一发双收(同步法)	双发双收(间隔法)	一发一收的组合	一发双收(同步法)的组合
最大长度/m	1 500/3 750	1 500/7 500	3 000/7 500	3 000/7 500	6 000/30 000
总耗时/min	300/270	300/360	360/360	360/360	720/720

注:“/”后面为采用最小发射时间和最小搬站时间的数据。

从表 3 可以看出,只要选取适当的工作模式和适当的收发射时间,任何长度的工作面都可以在发射机额定的工作时间内探测完毕。

4 结论

1) 在实际工作中,可以通过表 1 中的公式快速计算出总探测时间、各主机的工作总时间、各主机的行走距离等,来选择合理的工作模式、发射时间和搬站时间,从而在满足一定的工作强度条件下达到最大的探测效率。

2) 一般地,对于长度在 $1\ 000\text{ m}$ 以下的工作面,可采用“一发一收”工作模式以节省人员;长度在 $1\ 000\sim 2\ 000\text{ m}$ 的大型工作面,可采用“一发双收”工作模式以减少接收机行走距离;长度在 $2\ 000\text{ m}$ 以上的特大型工作面,可采用“双发双收”工作模式,

以减少接收机行走距离并提高时间利用率;长度在 $4\ 000\text{ m}$ 以上的超大型工作面,可采用“一发双收”的组合模式,以保证一次下井就可以完成整个工作面的探测任务。特别是“一发一收”的组合模式和“一发双收”的组合模式不需要交换巷道,所以对于那些交换巷道不便的工作面可以考虑使用,较短工作面使用前者,较长工作面使用后者。

3) 对于多台主机联合使用,要保证每台仪器的灵敏度一致。如果灵敏度出现偏差,会使探测结果不准确,甚至造成假异常,所以在探测前须做灵敏度校对。在后期数据处理中,需要对各台主机中的数据进行拼接,可开发相关的拼接软件进行自动拼接。

4) 对于无线电波透视系统,目前广泛采用手动计时装置,使用整数的发射时间和搬站时间。对于大型工作面的探测,为了探测效率的最大化,发射时间和搬站时间难免出现小数,如果再采用手动计时

就会很困难,而且容易出错,所以需开发专门的自动计时装置,实现发射、接收、搬站的自动提示功能。

本研究成果也可用于其他测量方式和无线电波透视技术类似的物探方法。

参考文献:

[1] 煤炭工业发展“十三五”规划[EB/OL]. <http://www.sdpc.gov.cn/gzdt/201612/W020161230415967105993.pdf>.

[2] 刘盛东,刘静,岳建华.中国矿井物探技术发展现状和关键问题[J].煤炭学报,2014,39(1):19-24.

[3] 高一峰.无线电波透视在煤矿中的应用[J].物探与化探,2007,31(S):105-107.

[4] 吴荣新,张平松,刘盛东,等.矿井工作面无线电波透视“一发双收”探测与应用[J].煤炭学报,2010,35(S):170-174.

[5] 梁庆华,马晓莉,宋劲,等.复杂地质构造煤层坑道透视研究[J].矿业安全与环保,2010,37(1):15-17.

[6] 吴燕清.地下电磁波探测及应用研究[D].长沙:中南大学,2002.

[7] 刘天放.矿井地球物理勘探[M].北京:煤炭工业出版社,1993.

[8] 刘鑫明,刘树才,姜志海,等.基于改进振幅衰减常数的无线电波透视层析成像研究[J].地球物理学进展,2013,28(2):980-987.

[9] 刘盛东,李承华.煤层内断层在双巷声波CT重建图像中的表现[J].煤炭学报,2000,25(3):230-233.

[10] 梁庆华,吴燕清,宋劲.无线电波坑道透视探测的定性分析及其应用[J].重庆大学学报:自然科学版,2010,33(11):113-118.

[11] 程久龙,邱伟.工作面电磁波高精度层析成像及其应用[J].煤田地质与勘探,1999,27(4):62-64.

[12] 焦险峰,姜志海,刘树才.煤层变薄区坑道无线电波透视异常响应特征[J].采矿与安全工程学报,2014,31(6):1001-1004.

A study of detection mode of mine radio wave perspective technology

HU Yu-Chao

(China Coal Technology and Engineering Group Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China)

Abstract: In order to maximize the mine radio wave penetration detection efficiency, the author studied various working modes and, through mathematical analysis, obtained the calculation formula for host walking distance, total detection time, time utilization, calculation formula of walking speed, and maximum length of working face detection in various models. On such a basis, a calculation table for detecting parameters was formed. According to the calculation results of this table, reasonable working mode, emission time and moving time were selected to achieve the maximum detection efficiency.

Key words: radio wave perspective; detection mode; detection efficiency; downhole detection

(本文编辑:沈效群)

(上接 205 页)

of the main urban area of Chongqing; Zn element values are significantly higher than the national level. B, Cl, Cu and Mn elements show a high degree of spatial correlation, with structural spatial variation playing a leading role, affected by the geological background. Mo and Zn elements show moderate spatial correlation, influenced jointly by structural factors and stochastic factors. The strata play a dominant role in the distribution of elemental content, and the distribution of soil element content corresponds spatially to the strata. Soil parent rock determines soil elements content level, with the main affecting factor being rock type and the subordinate factor being the geological period of the formation of the rock. These features further explain the impact of strata on soil elements. The influences of soil type on elements are also significant. The content of Mn, Cu, Zn, Mo, B is highest in the limestone soil, and the content of Mo is the lowest in paddy soil. These results indicate that the study of the control of geological background as the dominant factor over soil elements can provide the basis for the study of the planting fertilization and agricultural distribution planning.

Key words: Yubei; geological background; soil; trace elements; influence

(本文编辑:蒋实,沈效群)