

煤田井温测量与煤层一、二级热害区的圈定

冯中贵

(宁夏回族自治区煤田地质局第二勘查院,宁夏 银川 750011)

摘要:目前国内煤田地质勘探中垂直深度达1 200~1 500m,部分省区采煤深度也达到了1 000m,地层温度都比较高。一般情况下,一级热害区可以通过通风可以达到降温的效果,而二级热害区就必须在井底进行人工制冷,才能确保工人的生命安全。以陶乐南部勘查区测量井温为例,确定了该区恒温带的深度为60m,温度为14.55℃,并将96.0%作为孔底温度校正系数,计算出各简易测温钻井孔底的校正温度及平均地温校正系数;据此计算平均地温梯度和煤层底板温度。依据煤层底板深度与温度作出的井温等值线,圈定煤层一级热害区(地温达到31~37℃)与二级热害区(地温大于37℃)的分布范围并计算其面积:该勘查区9-1煤层底板一级热害区0.46km²;二级热害区6.05km²。

关键词:井温测井;恒温带;地温梯度;热害区

中图分类号: P631.8

文献标识码: A

Coalfield Borehole Temperature Measurement and Delineation of Grade I and II Thermal Damage Zones

Feng Zhonggui

(The Second Exploration Institute, Ningxia Bureau of Coal Geological Exploration, Yinchuan, Ningxia 750011)

Abstract: Coal geological exploration vertical depth is 1 200~1 500m in the country at present, while mining depth has already reached at 1 000m in some provinces. Thus geotemperature at this depth is rather high, with regard to coalmine development and construction, geotemperature data is quite important. Generally, in Grade I thermal damage zones, ventilation can cool down the temperature, but in Grade II zones should use artificial refrigeration to ensure life security of miners. Taking borehole temperature measurement in the Taole south exploration area as an example, depth of constant temperature zone is 60m, temperature 14.55℃, to take 96.0% as borehole bottom temperature correction factor, calculated facility temperature measuring borehole bottom corrected temperature and average geotemperature correction factor, by these to calculate average geothermal gradient and coal floor temperature. Using borehole temperature isopleths based on coal floor depth and temperature, delineate thermal damage Grade I (with geotemperature 31~37℃) and Grade II (> 37℃) zones distribution range and area: in this exploration area, No.9-1 coal floor Grade I zone is 0.46km², Grade II zone 6.05km².

Keywords: borehole temperature logging; constant temperature zone; geothermal gradient; thermal damage zone

0 引言

井温测井是煤矿开发及矿井建井设计或井下安全措施所需地下温度资料的重要来源,是基础地质研究中获得深部地温梯度的重要手段。但目前仍有一些测井单位对井温测量重视程度不够。

地球内部的一切运动都和地热活动有关,岩石的所有性质都取决于温度。温度随着深度增加的变化决定于大地热流量和热导率。在同一地质区域内,大地热流量变化很小,因此,在大地构造特点相同的地区内,地温梯度之间的差异主要来源于岩石热导率的差异。在靠近地表的浅处,温度随着时间而变

化,这种变化和地表温度变化相对应。在自然条件下,温度随着时间变化很小,因此,一般可以把它作为稳定的地壳温度场。温度测井只能相对反映出地下岩层温度。在钻探过程中,原始温度由于井液循环会发生显著的变化。如果温度钻孔保持平静,而且不发生液体或气体循环,则这种扰动就会逐渐消失。在时间足够长的条件下,所测量的温度和地层的实际温度相近似。温度测井测量的原始温度对矿井通风设计也是较重要的。

1 地球的热场

大量地温观测资料表明,愈向地壳深处,地温愈高,地温按一定的规律随深度的增大而递增。地壳上部的温度分布不仅取决于太阳的辐射热源,而且还取决于地球内部的热源。地壳中地温分布的状态大

作者简介:冯中贵(1957—),男,宁夏海原县人,高级工程师,1981年毕业于西安矿业学院,长期从事地质物探工作。

收稿日期:2011-01-25

责任编辑:孙常长

致可以分为 3 个带,即变温带、恒温带和增温带。变温带主要是受地球外部热源即太阳辐射影响的地带。地温分布具有明显的日变化、年变化、多年变化。恒温带是指地壳某一深度内,地球内部的热能与上层变温带的影响达到相对平衡。地温不再发生变化的地带。恒温带的温度各地不一,主要与地区纬度、地区位置、气候条件,以及岩性、地下水的赋存情况、植被等因素有关,一般略高于当地平均气温 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。增温带主要是受地球内部热能所控制的地带。是随深度的增加,温度增高,但到达一定的深度后,温度增加速度减慢。地温梯度是指某一深度范围地温变化率,深度每增加 100m 的地温变化值,单位为 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

2 简易测温与近似稳态测温

2.1 简易测温

检查我区一些单位的测温资料时发现,钻孔深度 1 300m,孔底温度为 33°C ,与实际情况相差甚远。其计算的地温梯度最高达 $5.90^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,最低 $0.40^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,连最基础的常识都相违背。

原来规范的要求简易测温在测量其他测井参数前后各测一次井温曲线。两次简易测温曲线一般都有一个交点,这个点叫做中性点(图 1)。也就是说,井液温度与地温相互传导的一个相对平衡的点。这个点深度位置与井液最后一次循环时间和测温(测后)时间间隔有一定的关系。利用中性点的深度与温度和测后孔底的深度与温度,可计算出该钻孔的平均地温梯度。应该说此时测温值与实际地温有差异,但梯度值与实际是较为近似的。然后根据恒温带的温度和深度,推算出各煤层底板的温度值,做出煤层底板的温度等值线图,为地质提供准确的地温资料。目前规范只要求测一条井温曲线,是无法计算平均地温梯度的,出于那方面的原因可探讨。

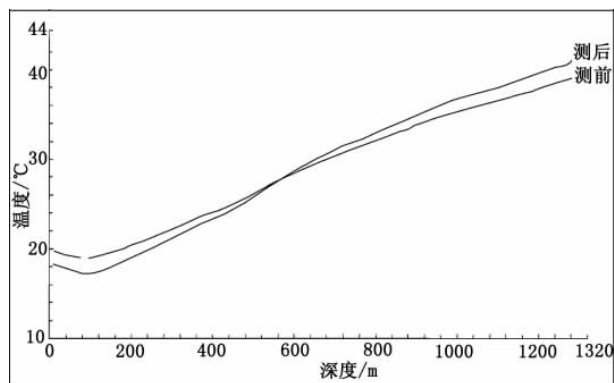


图 1 简易测温测前、测后示意图

Figure 1 A schematic diagram before and after facility temperature measurement

2.2 近似稳态测温钻孔

近似稳态测温应按测前、测后、12、12、24、24 小时间隔顺序用同一仪器进行测温,测温期间不得循环井液,井液有纵向流动的煤田孔,不应作近似稳态测温。井温仪器下井前要进行校验,其结果应符合测井规范要求。

3 恒温带温度及深度的确定

以陶乐南部勘查区测量井温为例,陶乐南部勘查区位于宁夏回族自治区银川市,隶属兴庆区管辖。勘查区呈南北向条带状展布,南北长约 17km,东西宽约 5.5km,赋煤面积约为 65.86km^2 ,属侵蚀性丘陵地貌,全区无基岩出露,地表全被古近系及第四系地层所覆盖。本次勘查共施测近似稳态测温钻孔 2 个(图 2、图 3),将钻孔深度 50~100m 之间第 2 次至第 6 次测温的数据列表如下,把近似稳态测温钻孔中同一深度不同时间所测量的温度取算术平均值,然

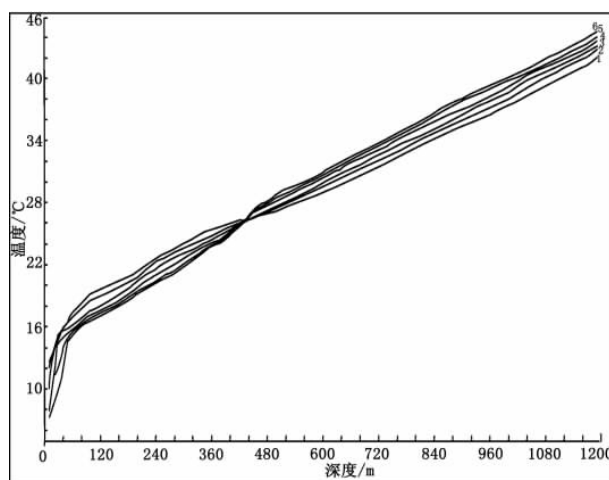


图 2 陶乐南部 702 号钻孔井温相关图

Figure 2 Taole south exploration area No.702 borehole temperature correlation diagram

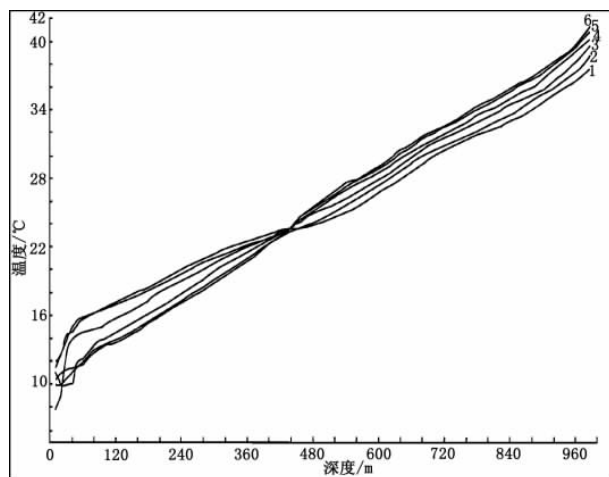


图 3 陶乐南部 1302 号钻孔井温相关图

Figure 3 Taole south exploration area No.1302 borehole temperature correlation diagram

后计算出每 10m 之间的温度差值。从表中可以看出,702、1302 钻孔中分别在 60~70m、50~60m 之间温度差值最小,分别为 0.26℃、0.14℃,说明了地表气温变化和地下地温梯度增温变化在 50~70m 之间达到平衡,所以确定钻孔恒温带深度时,将钻孔的深度进行算术平均,求取深度值为 60m。第 6 次测温是在钻孔内泥浆停止循环至少 72h 以后进行测量的,测量的温度与相同深度岩层的自然温度基本接近,分别取两个钻孔在第 6 次 60~70m、50~60m 深度处的温度取算术平均值,得到温度值为 14.55℃。按照实测近似稳态测温钻孔的测量成果,列表计算并对比确定得出恒温带的深度为 60m,温度为 14.55℃(表 1)。恒温带的深度和温度应为一区间值,但为了计算平均地温梯度,暂定一确定值。

表 1 陶乐南部勘查区近似稳态测温
钻孔 50~100m 温度一览表

Table 1 Data sheet of Taole south exploration area
approximation steady state temperature measuring
borehole 50~100m temperatures

孔号	深度/m	测次温度/(°)					平均值 /(°)	差值 /(°)
		2 次	3 次	4 次	5 次	6 次		
702	50	16.5	15.9	15.4	15.0	14.1	15.38	0.68
	60	17.3	16.3	15.8	15.6	15.3	16.06	0.26
	70	17.5	16.5	16.1	15.9	15.6	16.32	0.40
	80	17.9	16.8	16.5	16.3	16.1	16.72	0.32
	90	18.2	17.2	16.9	16.5	16.4	17.04	0.36
	100	18.6	17.6	17.2	16.9	16.7	17.40	
1302	50	17.7	16.5	14.0	13.7	13.6	15.10	0.14
	60	17.8	16.6	14.2	13.9	13.7	15.24	0.40
	70	17.9	16.7	14.8	14.5	14.3	15.64	0.42
	80	18.2	16.8	15.5	15.0	14.8	16.06	0.22
	90	18.3	16.9	15.8	15.3	15.1	16.28	0.24
	100	18.6	17.2	15.9	15.5	15.4	16.52	

4 煤层一、二级热害区的圈定

4.1 简易测温孔底测量温度的校正

由于简易测温是在泥浆停止循环短时间内进行测量的,测井前后所测量的温度与在相应深度岩层的自然温度是有一定差异的。因而要进行孔底温度校正,才能得到各个钻孔孔底较为真实的温度。通常可以认为,钻孔测井后 72h 所测量的温度与同深度岩层的真实温度非常接近,所以把近似稳态测温钻孔的第 2 次(测后或零时)与第 6 次(72h)500m~孔底测量的温度列表,并进行计算,得出孔底温度校正系数。本井田的孔底温度校正系数:96.0%。也就是说第 2 次测量的井温是相应深度岩层真实温度的 96.0%。以此为依据就可以计算出各简易测温钻井孔底的校正温度,平均地温校正系数(表 2)。

表 2 钻孔温度校正系数计算表

Table 2 Calculation of borehole temperature correction factor

孔号	深度/m	次数		
		T ₂	T ₆	T ₂ /T ₆
702	500	27.5	28.6	96.2%
	600	29.6	30.8	96.1%
	700	31.9	33.1	96.4%
	800	33.9	35.6	95.2%
	900	36.0	37.7	95.5%
	1000	38.2	39.9	95.7%
1302	500	26.9	27.8	96.8%
	600	29.7	31.0	95.8%
	700	32.6	34.0	95.9%
	800	34.9	36.5	95.6%
	900	37.5	39.3	95.4%
	平均地温校正系数			96.0%

4.2 地温梯度的计算方法

地温梯度就是钻孔深度每增加 100m,地温变化的数值,其公式为:

$$T_{G100}=100\times\frac{T_2-T_1}{H_2-H_1},$$

式中: T_{G100} ——地温梯度(℃/100m); H_1 ——恒温带的深度(m); T_1 ——恒温带的温度(℃); H_2 ——钻孔孔底的测量深度(m); T_2 ——钻孔孔底的测量校正温度(℃)。

根据以上公式,就不难计算出每个测温钻孔的平均地温梯度,表 3 所列都为钻孔的平均地温梯度。以陶乐南部 502 号钻孔为例,在以井温和孔深的二维坐标系中制作井温相关图时(图 4),量出恒温点和井底校正温度点,用光滑曲线连接恒温点、中性点和井底校正温度点,就可以得到该钻孔的地温校正曲线。

4.3 煤层一、二级热害区的圈定

在测温钻孔的井温相关图上,量出 9~1 煤底板的深度对应在校正曲线(近似稳态测温为 72h 所测曲线)上的温度,其它钻孔则利用平均地温梯度计算出煤层底板深度所对应的温度(表 4),作出井温等值线,圈定了煤层一、二级热害区(图 5),一级热害区是指地温达到 31~37℃区域;二级热害区是指地温大于 37℃区域,计算了煤层热害区面积(表 5)。

5 结语

我们测量的各勘探区布置的测温钻孔都在总孔数的 50%以上。简易测温在实际测量工作中,能够具备近似稳态测温(需要把钻孔保留一个相当长的时间)的钻孔较少,所以大量钻孔测温采用简易测温。简易测温所得到的钻孔资料为非稳态钻孔温度,

表 3 钻孔井底校正温度及地温梯度一览表

Table 3 Data sheet of borehole bottom corrected temperature and geotemperature gradient

孔号	井底测量 深度/m	井底测量 温度/℃	井底校正 温度/℃	地温梯度 /℃·100m ⁻¹
502	1 284	41.10	42.81	2.31
503	1 260	51.40	53.54	3.25
701	976	43.60	45.42	3.36
801	855	40.95	42.66	3.52
802	1 140	52.51	54.70	3.70
903	1 294	53.10	55.31	4.34
1001	850	39.89	41.55	3.40
1002	1 140	49.93	52.01	3.46
1003	1 274	54.20	56.46	3.44
1101	720	29.20	30.42	2.38
1103	1 270	45.60	47.50	2.72
1201	752	38.65	40.26	3.69
1202	1 035	45.87	47.78	3.39
1204	1 249	46.50	48.44	2.84
1301	741	35.32	36.79	3.25
702	1 193	44.60	恒温孔	2.64
1302	987	43.30	恒温孔	3.09
平均地温梯度				3.09

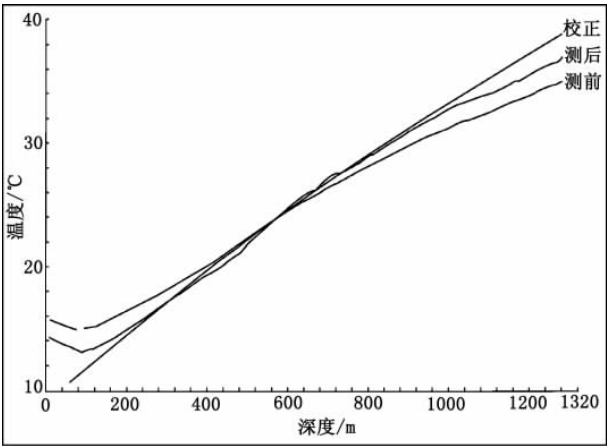


图 4 陶乐南部 502 号钻孔地温校正曲线图

Figure 4 Taole south exploration area No.502 borehole geotemperature correction curves

故其资料在使用时不能与近似稳态测温资料等同, 需要根据近似稳态测温孔热恢复规律进行相应的校正。目前采用的校正方法总体上属三点校正法。三点校正法是采用井底校正的温度、中性点和恒温带的温度 3 个点的连接线当做近似稳态地温曲线。煤田测温与煤层一、二级热害区的圈定都是按照上述方法进行的, 其结果和实际基本吻合。

参考文献:

[1] 黄作华,叶庆生.煤田测井综合解释[M].西安矿业学院,1980.

表 4 陶乐南部勘查区部分钻孔 9-1 煤层底板温度

Table 4 No.9-1 coal floor temperature of part boreholes in Taole south exploration area

孔号	煤层底板深度/m	煤层底板温度/℃
1101	699.47	28.45
1103	1237.96	42.92
1201	723.03	38.10
1204	1230.55	45.38
1301	717.55	34.85
1302	955.52	39.00

表 5 陶乐南部勘查区热害区面积一览表

Table 5 Data sheet of thermal damage zone areas in Taole south exploration area

煤层	面积/km ²	
	一级热害区	二级热害区
9-1	0.46	6.05

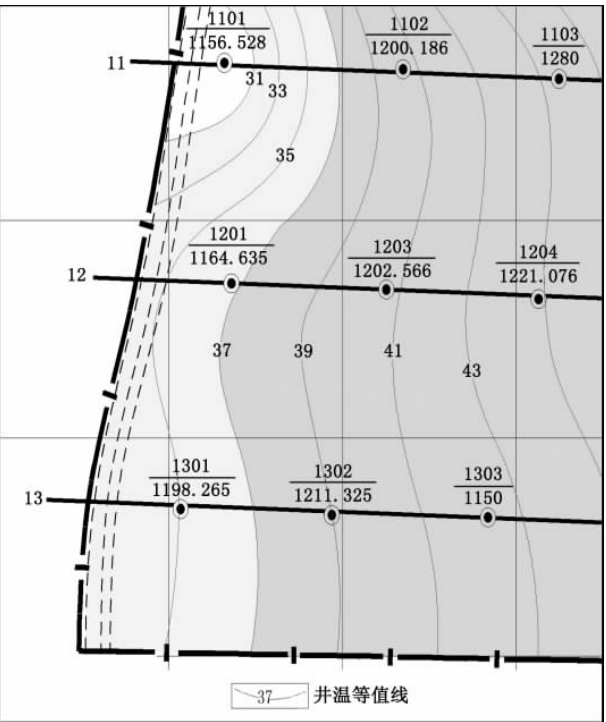


图 5 陶乐南部某热害区部分井温等值线示意图

Figure 5 A schematic borehole temperature isopleths of a thermal damage zone in Taole south exploration area

[2] 郭崇光,李振栓,等.水文地球物理测井方法与应用[M].北京:煤炭工业出版社,2006.

[3] 段铁梁.井温资料在水文地质中的应用[J].中国煤田地质,1989,(1):24-29.

[4] 潘语录,田贵发,栾安辉,等.测井方法在青海木里煤田冻土研究中的应用[J].中国煤炭地质,2008,20(12).

[5] 郭崇光;山西煤田岩溶水勘探中井温曲线分析及应用[J];中国煤田地质;1993 年 04 期

[6] 杨惠中. 简易井温曲线的近似稳态校正方法探讨 [J]. 江苏煤炭, 2007, (3).