

# 三都矿区地温分布规律

曹瑜, 邹声华, 韩巧云

(湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201)

**摘要:**通过现场实测地温数据,分析了三都矿区地温场、地温梯度分布特征以及影响矿区地温分布的因素.研究发现:地温随煤层的埋深增加而增加,三都矿区的地温梯度值在正常范围内,井田-420~ -650 m水平为一级热害区,二级热害区分布在-650 m水平以下,地质构造是影响地温分布的主因.低于原始岩温的地下水,渗流速度对岩壁的温度场的影响是随着渗流速度的增加,壁面温度降低,但当渗流速度大于约 $0.7 \times 10^{-5}$  m/s时壁面温度保持恒定.研究为三都矿区的深部开采过程中,对地温的预测以及热害防治工作提供了参考.

**关键词:**深部开采;地温分布;热害分区;热害防治

**中图分类号:**TD727.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2015)03-0071-05

## Research on geothermal distribution of Sandu coal field

CAO Yu, ZOU Shenghua, HAN Qiaoyun

(School of Energy and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** According to the data obtained by field measurements, this paper analyzes the geothermal field distribution, the characteristic of geothermal gradient, and the factors affecting geothermal distribution in Sandu coal field. Results show that geothermal increases with the depth of coal. Geothermal gradient of Sandu mine is within the normal limits, and the coal field between -420 m and -650 m altitude belongs to thermal damage category I, and the thermal damage category II was under -650 m. The main factors affecting the distribution of geothermal are geological factors. When the temperature of groundwater is lower than that of original rock, the groundwater seepage velocity has influence on the temperature of the tunnel wall, i. e the flow rate increases, the temperature of tunnel wall decreases. However, when the seepage velocity is greater than  $0.7 \times 10^{-5}$  m/s, the wall temperature is kept constant. This paper has provided both the forecast for the ground temperature and the references for heat injury prevention in Sandu coal field.

**Key words:** deep mining; geothermal distribution; thermal injury division; thermal injury prevention

资兴三都煤田是湖南省三大煤田之一,属于晚三迭世的含煤建造,有周源山井田、宝源井田和唐洞八一井田,南邻鲤鱼江井田,唐一窿煤矿在其东面,西以三都平野大断层为界.三都煤田是一个向斜构造,其西北翼被三都平野断层破坏,现仅剩其东南翼,地层走向为北东倾向西北,倾角 $18^\circ \sim 25^\circ$ <sup>[1]</sup>,以断层为主.二煤层和四煤层为该井田主要开采煤层,煤层倾角 $12^\circ \sim 25^\circ$ .煤层厚度在0.2~2.0 m左右,赋存较稳定,其主要地质构造为断层、褶皱.

由于开采早期,采深不大,热害现象并不明显,矿井热害相关研究很少,对三都煤田的地温场研究非常薄弱,目前三都矿区最深已经开采到-800 m水平<sup>[2]</sup>,回采和掘进工作面温度超过 $30^\circ\text{C}$ ,相对湿度甚至接近100%,热害问题突显<sup>[3]</sup>,而矿区内地温的分布对矿井热害的形成具有决定性的影响,所以现在对矿区内的地温分布进行研究是非常有必要的.

收稿日期:2015-02-03

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(51134005)

通信作者:邹声华(1962-),男,湖南衡阳人,教授,研究方向:建筑室内环境与控制,矿山安全与环境. E-mail: zsh199074@263.net

# 1 三都矿区的地温特征

## 1.1 恒温带

通过对简易测温孔数据和资兴气象资料进行分析,确定矿区恒温带深度为 33 m,恒温带温度 20.4 ℃. 由当地的地质资料查得地面标高平均为 142 m.

## 1.2 矿区地温状况

本次对三都矿区的地温测量主要采用地面钻孔测温 and 井下巷道测温法<sup>[3]</sup>. 地面钻孔测温法是指:从地面打勘探钻孔,热电偶探头从地面钻口放入到孔底进行测量,是进行矿区地温调查常用的方法. 浅孔测温法是指:在连续工作的掘进工作面和回采工作面上,打 1 m 左右的浅孔,或利用现成的炮眼放入温度计,封住眼口,待孔内换热稳定后,测得的温度就是原始岩温,这种方法简便易行,且精确度有保障.

本次调查共对 39 个钻孔进行测量,其中:近似稳态温度测量孔 2 个,井田勘探简易测量孔 32 个,掘进工作面和回采工作面浅孔测温钻孔 5 个. 测点分布如图 1 所示.

由于勘探阶段简易测温是钻探停止后立刻测量的,而在钻探过程中钻孔受到钻头的冲击以及泥浆的干扰,钻孔处的原始地温分布遭到破坏,所测的温度与原始地温有出入,一般认为钻孔 72 h 后测量的温度已经非常接近真实温度,因此所测温度需要修正<sup>[4]</sup>. 掘进工作面和回采工作面所测的温度为新揭露的岩石或煤层,所测温度已经非常接近原岩温度,不需要修正. 本文通过井田内的 2 个近似稳态测温钻孔所测的温度数据进行分析计算,得出孔底地温修正系数为  $\beta = 95.5\%$  (表 1),由此系数就可以对各个简易温度测量孔的底端温度进行修正. 简易温度测量孔和浅孔测温孔所测数据见表 2.

表 1 孔底温度校正系数计算

孔号	测量深度/m	温度/℃		孔底地温修正系数( $T_1/T_2$ )/%
		第 1 次 $T_1$	72 h 后 $T_2$	
2002	100	21.0	21.8	96.3
	200	22.6	23.6	95.8
	300	24.7	25.9	95.4
	400	27.1	28.5	95.1
	500	29.7	31.2	95.2
	600	32.1	33.6	95.5
	100	21.3	22.1	96.4
C608	200	22.9	24.1	95.0
	300	25.2	26.5	95.1
	400	27.5	28.7	95.8
	500	29.7	31.4	94.6

平均值  $\beta = 95.5\%$

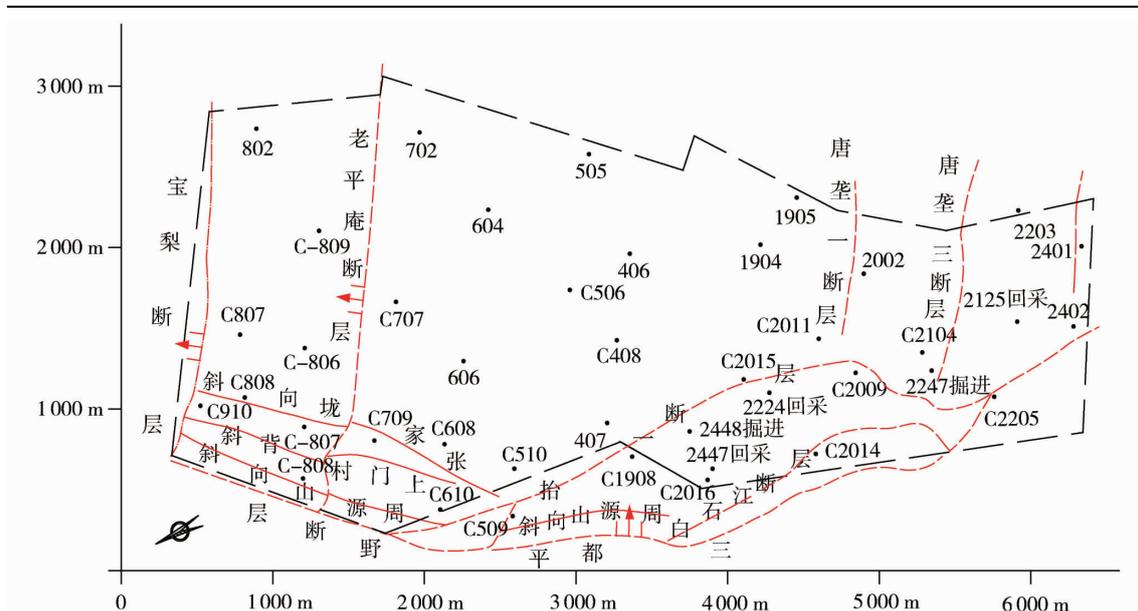


图 1 三都矿区主要地质构造及地温测点分布

$$G = (\beta T - T_{\text{恒}}) / (H - H_{\text{恒}}).$$

式中, $G$ :温度梯度; $\beta$ :孔底地温修正系数; $T$ : $H$ 埋深所测的地温; $T_{\text{恒}}$ :恒温带温度; $H$ :测点埋深; $H_{\text{恒}}$ :恒温带深度.

表2 三都矿区四煤钻孔测温资料

孔号	测点埋深/m	测量孔底温度/℃	修正孔底温度/℃	温度梯度/(℃/100 m)
2203	111	20.8	21.78	1.77
1905	125	20.9	21.88	1.61
2401	158	21.1	22.09	1.36
505	292	22.6	23.66	1.26
1904	313	24.6	25.76	1.91
802	322	24.5	25.65	1.82
2402	346	24.8	25.97	1.78
C2104	450	26.7	27.96	1.81
2125 回采	462	28.7	—	1.93
C2009	483	28.8	30.16	2.17
604	492	28.5	29.84	2.06
406	512	28.9	30.26	2.06
2247 掘进	512	29.7	—	1.93
C2205	522	28.9	30.26	2.00
2224 回采	542	31.2	—	2.12
C-809	572	29.3	30.70	1.91
C506	612	31.5	32.98	2.17
C408	642	31.4	32.88	2.05
C2015	662	29.9	31.31	1.73
C2014	663	30.2	31.62	1.78
2447 回采	702	34.7	—	2.15
C707	712	33.5	35.08	2.16
2448 掘进	717	33.9	—	2.11
C2016	735	32.9	34.45	2.01
C910	742	31.8	33.30	1.82
C807	762	33.8	35.39	2.06
C-806	792	34.6	36.23	2.08
606	792	35.1	36.75	2.15
C1908	792	33.4	34.97	1.92
C-808	822	32.1	33.60	1.67
407	842	36.1	37.80	2.15
C808	862	33.7	35.29	1.80
C-807	892	34.9	36.54	1.88
C709	912	35.4	37.07	1.90
C509	942	36.4	38.12	1.95
C510	962	38.1	39.90	2.10
C610	972	38.4	40.21	2.11

由表可知三都矿区地温梯度范围为 1.26 ~ 2.17 ℃/hm, 平均值为 2.08 ℃/hm, 增温级平均为 48.08 m/℃, 属于正常地温梯度区域范围<sup>[5]</sup>.

### 1.3 地温分布规律

由钻孔测温所得的数据进行回归分析可得, 井田的地温随煤层埋深的增加而增加(如图2所示), 呈现出比较好的线性关系, 四煤的煤层底板地温计算公式为

$$T = 0.02055H + 19.19. \quad (1)$$

式中, $H$ :煤层埋深, m; $T$ : $H$ 埋深处煤层的原始岩温, ℃.

四煤底板温度:井田四煤层测温范围为 31 ~ - 850 m, 底板温度 21.78 ~ 40.21 ℃, -420 ~ -650 m 水平的大部分区域为一级热害区, -650 m 水平以下大部分属于二级热害区<sup>[6]</sup>. 由于受三都平野断层、白石江断层、抬桥垄断层、唐垄系列断层和地下水活动以及等因素的影响, 在同一等高线上温度不一定相同. 但煤层底板等高线分布趋势与等温线的分布趋势相似, 如图 3 所示.

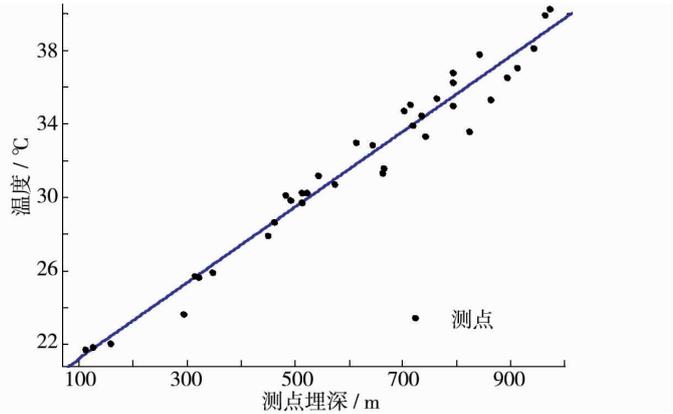


图 2 三都矿区四煤底板标高与温度的相关性

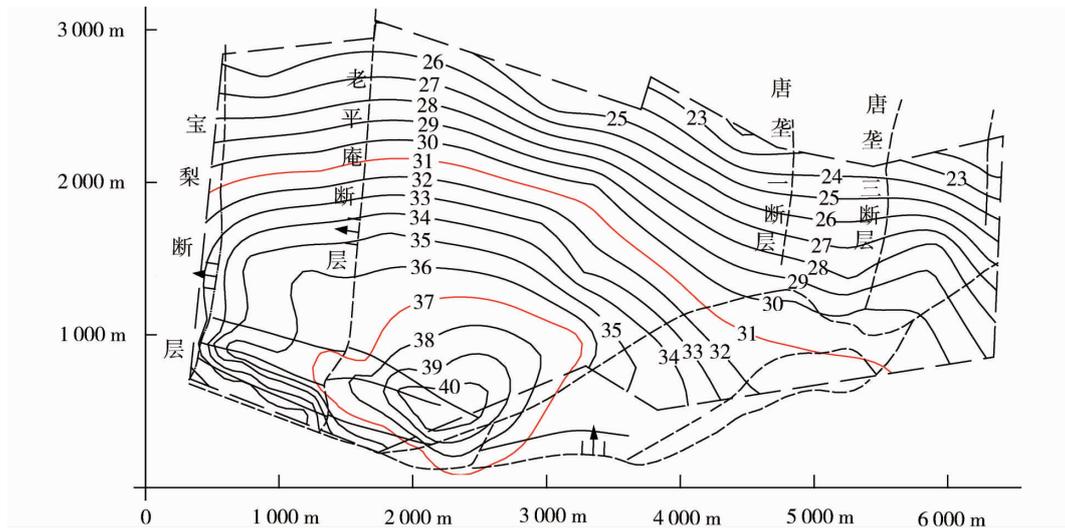


图 3 四煤煤层底板等温线

## 2 影响地温分布的因素

从以上对三都矿区的地温分布规律的研究分析可知, 影响井田地温分布的主要因素是由于地球内部热量通过岩石传导到地表形成的地温场, 这是中国地温场形成的普遍形式<sup>[7]</sup>. 同时还存在以下影响地温分布因素.

### 2.1 褶曲构造的影响

查阅相关文献可知, 温度高的区域在地层隆起部位与背斜区, 同时背斜轴部区域地温梯度大; 温度低的区域是地层凹陷部位与向斜区, 而且地温梯度小<sup>[3]</sup>.

根据表 2 中各孔的地温梯度值, 绘制出三都矿区地温梯度等值线图, 如图 4 所示. 结合图 1 的三都矿区的主要地质构造, 可知, 三都矿区地温梯度范围为 1.26 ~ 2.17 ℃/hm, 总体上深部的地温梯度要大于浅部的地温梯度, 矿区内的上门村背斜的地温梯度比其他区域的明显偏大, 达 2.4 ℃/hm, 而在周源山向斜以及张家垅向斜地温梯度则相对低, 低至 1.7 ℃/hm.

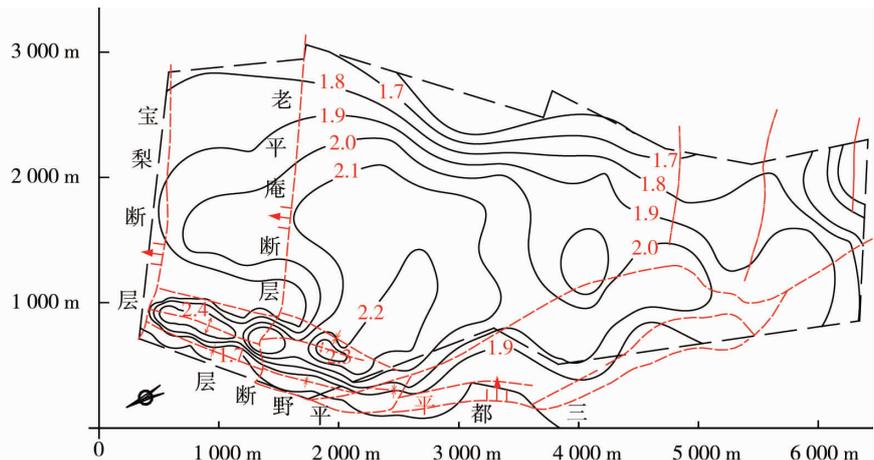


图 4 三都矿区地温梯度等值线

## 2.2 断层构造的影响

张扭性和张性断裂带是地下水运动的通道<sup>[8]</sup>,地下水温度高低和水的运动方向、速度不同会影响地温场的分布,由于压扭性压性断裂结构,挤压剧烈,岩石密度大,断面的垂直方向,地下水比较难通过与渗透.当地下水遇到阻水的压性断裂,引起地下水的聚集,这就使得地下水沿着相对容易流动和渗透的方向运动,地温场的分布随之发生改变.

通过采掘、勘探后证实压扭性质的断裂对三都矿区地下水聚集有影响<sup>[9]</sup>,如三都平野断层和抬一断层等,这些断层的特性是:地层和断裂带走向几近平行,倾斜斜角比地层倾斜角大,含水层在不同的地方被分割.本次调查对周源山-760 m掘进巷道的一处有裂隙水作用的巷道进行了观测,观测了不同的渗流速度对巷道壁面温度的影响<sup>[10]</sup>,巷道壁的温度随巷道壁的湿润度的增加而降低,随渗流速度的增加而降低,但是水渗流速度大于约 $0.7 \times 10^{-5}$  m/s时壁面温度保持恒定,这是因为此时壁面温度主要受渗流水的温度控制,渗流水的温度大约稳定在30℃,所以巷道壁面温度稳定在30℃,如表3所示.地质资料显示,周源山矿的新副井指示孔地温梯度出现异常,仅为0.43~0.80℃/hm,温度达到36℃,其原因是这些涌水来自三都平野断层及以西的承压水的影响.

表3 不同渗流速度下巷道的壁温

测点	壁面温度/℃	渗流速度/( $10^{-5}$ m/s)
1	30	3.57
2	30	1.87
3	30	0.76
4	31	0.62
5	31	0.48
6	31	0.16
7	32	0(湿润)
8	33	0(干燥)

本矿区所属地区是亚热带季风气候,12个月里,1月最冷,气温平均为6.5℃,7月最热,气温平均为27.8℃,据过去30年气象资料年平均降雨量1507.3 mm,降水量充沛,降雨集中在3~6月,最大至2055.7 mm,12个月的降雨时间5~6个月左右,所以降水对水容易流通的断层附近的地温场有较大的影响.

## 3 结论

1)三都矿区的地温随煤层的埋深增加而增加,地温梯度值在正常范围内,井田-420~-650 m水平为一级热害区,-650 m水平以下为二级热害区,这些区域在进行开采工作时必须采取人工制冷降温.

2)影响井田地温分布的主要因素是由于地球内部热量通过岩石传导到地表形成的地温场,其次还受到周源山向斜、上们村背斜、张家垅向斜构造,通过三都平野等断层与其他断层联通的涌水和气候等因素的影响;在局部井巷,由于受到裂隙水的渗流影响,会产生局部的地温异常,对于有热害的矿井,来自深处承压热水通过裂隙对浅部井巷的影响要特别引起注意.

3)随着开采深度的加大,做好详细的三都矿区的地温调查工作,加强矿井热害防治的研究力度,显得尤为重要.

### 参考文献:

- [1] 卓越,谢声. 湘南资兴三都晚三迭世含煤建造沉积特征和成煤模式[J]. 湘潭矿业学院学报,1986,2(2):9-23.
- [2] 邹声华,杨如辉,余学云. HEMS深井降温系统在唐洞煤矿中的应用[J]. 矿业工程研究,2012,27(3):52-57.
- [3] 李红,庞坤亮. 周源山煤矿深井降温系统设计[J]. 制冷与空调,2013,27(5):469-472.
- [4] 中国科学院地质研究所地热组. 我国煤矿地热特征及研究方法[J]. 煤田地质与勘探,1976(5):1-20.
- [5] 张连强. 顺和西煤矿区地热特征及其影响因素分析[J]. 中国煤炭地质,2012,24(7):29-33.
- [6] 邓孝. 改进的矿山地温类型划分[J]. 地质科学,1990,1(1):81-86.
- [7] 冯中贵. 煤田井温测量与煤层一、二级热害区的圈定[J]. 中国煤炭地质,2011,23(3):66-69.
- [8] 袁玉松,马永生,胡圣标,等. 中国南方现今地热特征[J]. 地球物理学报,2006,49(4):1118-1126.
- [9] 张帅,田道春,刘文中. 涡北煤矿地温分布规律及其影响因素分析[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版),2012,32(1):35-39.
- [10] 陈桂义,张登春,邹声华,等. 裂隙水作用下巷道围岩体温度场的数值模拟[J]. 矿业工程研究,2014,29(2):24-28.