

贵州小屯煤矿现代地温场特征及煤层温度分析

卢玲玲, 时文文, 潘春娟

(中国煤炭地质总局航测遥感局, 陕西 西安 710199)

[摘要] 为了研究小屯矿区现今地温场的分布规律和矿井热害防治工作, 在系统分析小屯煤矿14口钻孔测温数据的基础上, 全面阐述了该区的现今地温场分布特征, 并估算了出现一级和二级热害区的开采标高。研究表明: 小屯煤矿现今地温梯度介于 $1.74 \sim 3.94^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 之间, 平均地温梯度为 $3.21^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 地温整体较高; 在纵向上, 煤矿地温随着深度的增加不断升高, 以传导型增温特点为主, 但同时具有一定的离散性, 指示除埋深外尚有其它地质控制因素; 在平面上, 地温梯度变化较大, 局部存在高温异常与低温异常; 地温偏高的原因主要与区域地热地质条件及断裂构造有关。预测主煤层开采标高在+949 m达到一级高温热害, +759 m达到二级高温热害。本研究成果对小屯煤矿的开发具有一定的指导意义。

[关键词] 小屯煤矿; 地温梯度; 煤层温度; 影响因素

[中图分类号] P618.2; P314 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2022)04-386-06

地球内部热能通过导热率不同的岩石在地壳运移分配形成地温场。地层温度是煤炭资源开采的重要地质条件之一, 也是煤层气开采方式选择所要考虑的重要地质因素(秦勇等, 2012; 赵丽娟等, 2010), 前人对此开展过较多的研究(张连强, 2012; 任自强等, 2015; 彭涛等, 2018; 方尚武等, 2020; 李文, 2021; 朱敬忠等, 2021)。本文以贵州西部小屯煤矿为研究对象, 分析了区内14口钻孔测温资料, 其中包括近似稳态测温孔5口。通过数据处理, 计算了各测温钻孔的地温梯度, 分析了研究区垂向上和平面上地温分布特征及影响因素, 预测了煤层出现热害区的开采标高。取得的成果对分析贵州西部浅部地温场地质影响因素具有参考价值, 对厘定矿井热害等级、指导煤矿安全生产等也有所帮助。

1 地质概况

研究区位于贵州西部大方县境内, 南北长约

8 km, 东西宽约7 km, 面积 54.8817 km^2 。距离大方县城6.0 km左右, 行政区划隶属贵州省大方县小屯乡、大方镇、羊场镇管辖。区内地形总体北高南低, 地形陡峻, 高差较大。

构造上, 小屯煤矿位于大方背斜东翼, 地层呈一宽缓的单斜构造, 地层走向呈 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 倾向南东, 倾角 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。井田中部发育有北东-南西向断裂, 走向北东, 倾向南东, 以正断层为主(图1)。

区内主要揭露地层由下至上依次为: 二叠系茅口组(P_2m)、峨眉山玄武岩组($P_{2-3}em\beta$)、龙潭组(P_3l)、长兴组(P_3c); 三叠系夜郎组(T_1y), 茅草铺组(T_1m); 第四系(Q)。

区内主要含煤地层为龙潭组, 含可采煤层6层。上煤组6上、6中、6下及7号煤层全区可采, 煤层层数、间距及厚度变化较小; 下煤组煤层较多, 可采煤层为33、34煤, 分别为大部可采和局部可采。

[收稿日期] 2022-06-24 [修回日期] 2022-10-06

[作者简介] 卢玲玲(1990—), 女, 工程师, 长期从事矿井地质及煤层气地质研究方向。

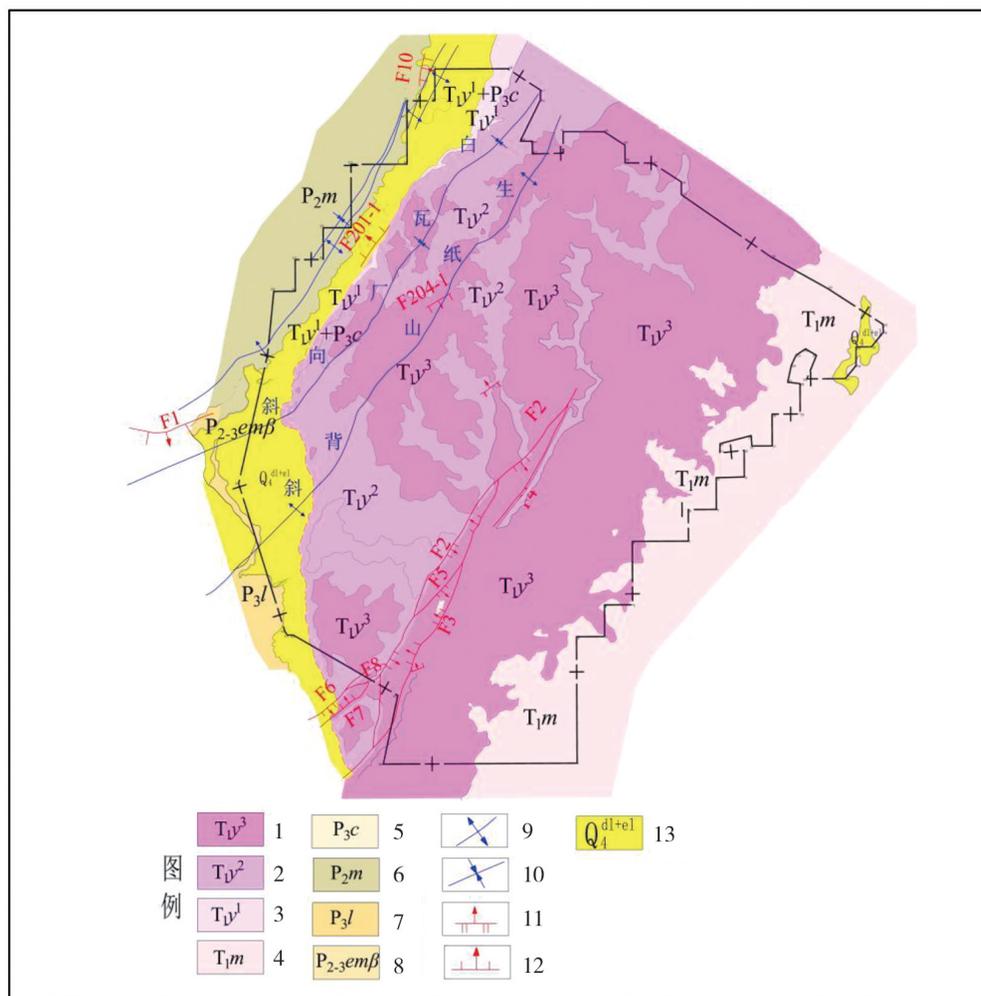


图1 小屯矿区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Xiaotun mining area

1—三叠系夜郎组九级滩段;2—三叠系夜郎组玉龙山段;3—三叠系夜郎组沙堡湾段;4—三叠系茅草铺组;5—二叠系长兴组;6—二叠系茅口组;7—二叠系龙潭组;8—峨眉山玄武岩组;9—背斜;10—向斜;11—逆断层;12—正断层;13—第四系坡积层

2 数据采集及分析

2.1 测温数据处理

研究工作共收集了区内14口钻孔的井温测井数据,其中包括5口近似稳态测温钻孔、9口简易测温钻孔(各钻孔平面位置分布如图2所示)。

因为两种测温的过程和方法不同,所以两种数据的处理方法也不同:

1. 近似稳态测温数据:一般是在完井72 h以后测得,理论上井液和岩石的温度已经基本达到平衡状态,测得的数据能客观反映地层的真实温度,因此稳态测温数据可以直接使用(谭静强等,2009)。

2. 简易测温数据:简易测温为在终孔后立即

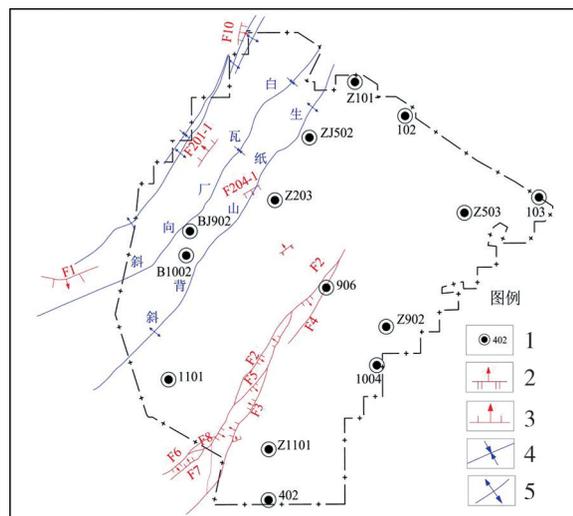


图2 测温钻孔平面分布图

Fig. 2 Layout plan of the temperature measurement boreholes

1—测温钻孔;2—逆断层;3—正断层;4—向斜;5—背斜

测量的数据,测温时井液和岩石的温度尚未完全达到平衡状态,需要经过校正处理后才能使用。一般采用“三点法”对简易测温数据进行校正,即孔底温度、中性点温度和恒温带温度三点连线作为测温曲线(卢玲玲等,2013)。

处理后的测温数据如图3、图4所示:在总体上,地层温度随着深度的增加逐渐升高,呈现出较好的近似线性关系,显示该区地温在纵向上主要

以传导型增温特点为主。

2.2 地温梯度求取

根据黔西煤田长期的测温钻孔观测资料以及其他统计资料,大方县多年年平均气温11.9℃,恒温带温度取14.2℃,恒温带深度取50 m。根据这一标准,设某一深度为Z,该深度地温为T,地温梯度为G,则有(谭静强等,2009):

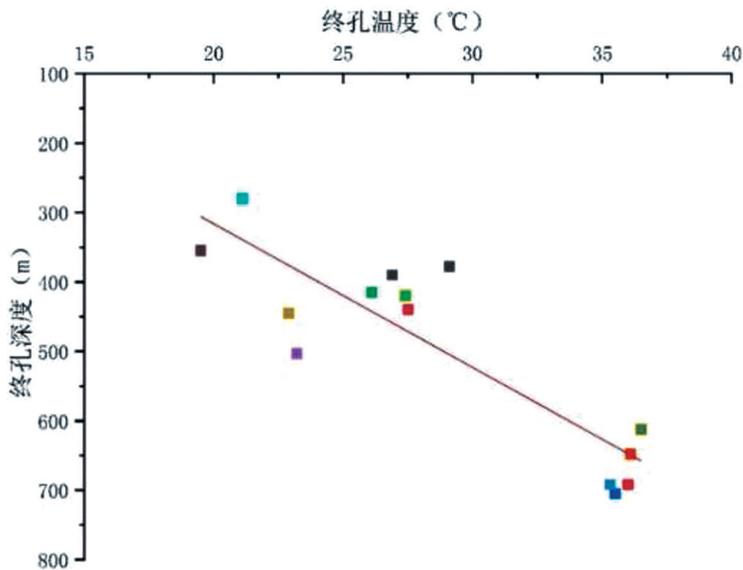


图3 钻孔深度-温度关系图

Fig. 3 Relationship diagram of the borehole depth and temperature

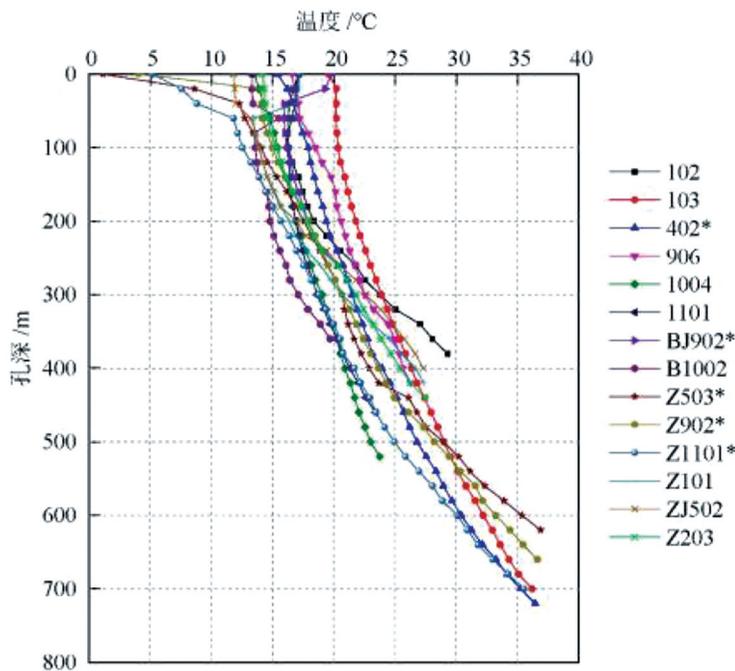


图4 测温钻孔温度-埋深曲线图

Fig. 4 The curve of measured borehole depth and temperature

$$G = \frac{T-14.2}{(Z-50)/100} \quad (\text{公式 1})$$

按照这一基准,对小屯煤矿内 14 口钻孔的测温数据按(公式 1)进行处理,得出区内地温梯度变化在 1.74~3.94℃/100 m,平均 3.21℃/100 m(表 1)。其中地温梯度小于 3℃/100 m 的钻孔有 3 个,地温梯度介于 3℃/100 m~3.5℃/100 m 的钻孔有 8 个,地温梯度大于 4℃/100 m 的钻孔有 3 个。

表 1 地温梯度统计表

Table 1 Statistical table of geothermal temperature gradients

孔号	井底深度/m	孔底温度 (℃)	地温梯度 (℃/100 m)
102	378.00	29.1	3.94
103	692.00	36	3.24
402	705.00	35.5	3.25
906	415.00	26.1	3.26
1004	503.00	23.2	1.99
1101	445.00	22.9	2.20
BJ902	280.00	21.1	3.00
B1002	354.84	19.5	1.74
Z503	612.00	36.5	3.61
Z902	648.00	36.0	3.38
Z1101	692.00	35.2	3.29
Z101	420.00	27.4	3.53
ZJ502	390.00	26.9	3.37
Z203	440.00	27.5	3.21

2.3 地温梯度分布特征

进一步分析发现,区内地温梯度存在如下变化特征:

地温梯度反映了随着深度的增加岩层温度增加的缓慢。图 4 中显示地温梯度随着深度的增加逐渐减小直至稳定,浅层地温梯度相对较高,在 0~100 m 测深范围内变化幅度较大,呈大幅减小趋势。当埋深大于 100 m 时,各钻孔地温梯度变化非常稳定,深部甚至会出现小幅增长。地温梯度都随着钻孔深度的增加而逐渐减小,最后趋于稳定。

对每个测温钻孔数据进行分析,发现 103 号钻孔在深度 570~692 m 之间为一级高温区,平均地温梯度 3.24℃/100 m。402 号钻孔深度在 570.00~705.00 m 之间为一级高温区,平均地温梯度为 3.25℃/100 m。Z503 号钻孔在深度 520.00~612 m 之间为一级高温区,平均地温梯度 3.61℃/100 m。Z902 号钻孔在深度 540.00~648 m 之间为一级高温区,平均地温梯度 3.38℃/

100 m。Z1101 号钻孔在深度 565~692 m 之间为一级高温区,平均地温梯度 3.29℃/100 m。Z101 号钻孔平均地温梯度 3.53℃/100 m,煤系地层底板(深约 400 m)处地温约 27℃。ZJ502 号钻孔平均地温梯度 3.37℃/100 m,煤系地层底板(深约 390 m)处地温约 26℃。Z203 号钻孔平均地温梯度 3.21℃/100 m,煤系地层底板(深约 390 m)处地温约 25℃。

结合以往井田测温情况及本次钻孔测温数据成果分析,区内地温总体随地层埋藏深度的增加而增加,平均地温梯度 3.21℃/100 m。

3 结果与讨论

3.1 研究结果

3.1.1 地温场特征

进一步分析,发现研究区内地温梯度总体较高,平均值 3.21℃/100 m(大于 3.00℃/100 m),为地温异常区,但又存在一定的差异,在局部地带略偏低。主要存在如下特征:

(1)不同钻孔的地温梯度变化较大,最高为 3.94℃/100 m,最低为 1.74℃/100 m,差值在 2.2℃/100 m。随着深度的增加,温度虽整体上呈增高的趋势,但也存在一定的离散性,尤其是在深度 400~500 m 范围,不同钻孔的测温数据存在一定差距,显示控制地温梯度的因素除了埋深之外还有其它影响因素(图 3,图 4)。

(2)地温梯度平面分异较大,总体分布格局为“北高南低”。在中部偏南区域地温梯度差异明显,存在地温梯度异常低区(1004 孔、1101 孔、B1002 孔)。

3.1.2 主煤层温度预测

基于地温梯度与钻孔测温数据,预测了上组 7 号煤和下组 34 号煤的温度分区情况(图 5,图 6)。

根据本次钻孔测温数据,按照井田平均地温梯度 3.21℃/100 m 统计分析:本井田开采上、下组煤在标高约+949 m 之下地温大于 31℃,进入一级高温区。上组煤最低标高约+880 m,地温约 33.6℃,即开采上组煤层时地温均小于 37℃,无二级高温区。下组煤在标高约+759 m 之下地温大于 37℃,进入二级高温区,而下组煤最低标高约+720 m,故下组煤存在二级高温区(图 5,图 6)。

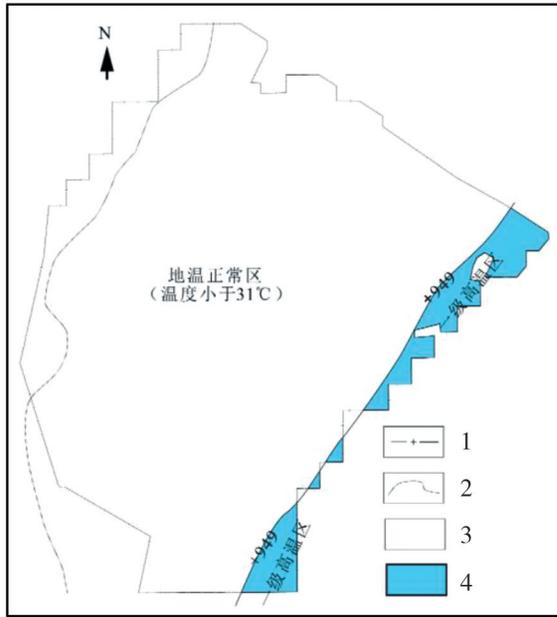


图5 上组7煤地温分区图

Fig. 5 Upper group 7 coal geothermal zoning map

1—小屯预留区范围;2—7煤露头线;3—正常地温区;4—一级高温区

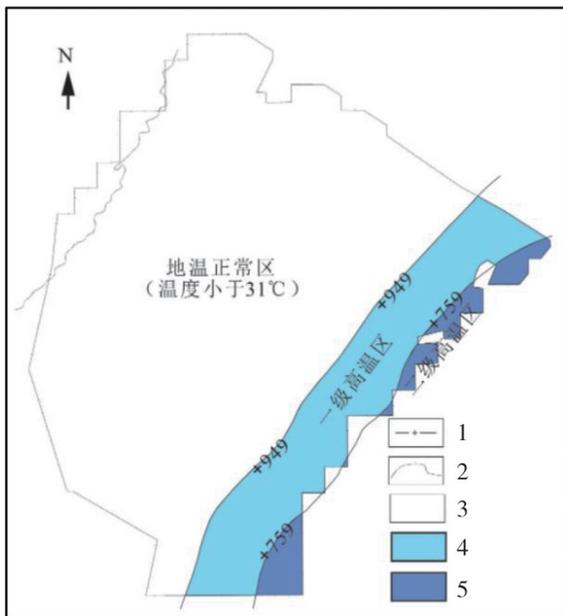


图6 下组34煤地温分区图

Fig. 6 Lower group 34 coal geothermal zoning map

1—小屯预留区范围;2—34煤露头线;3—正常地温区;4—一级高温区;5—二级高温区

3.2 有关讨论

3.2.1 地温梯度偏高的原因

(1)与区域地热地质条件有关(杨荣康等, 2014)。贵州西部的地热地质条件好,平均地温梯度一般在3~3.5℃/100 m,茅口组为区域上的第

五热储单元的热储层、龙潭组为该单元的隔热保温盖层。

小屯煤矿处在第五热储单元封闭条件良好的大方背斜中,背斜的北部亦称锅厂穹隆,本身就是贵州省地热增温率最高的区域之一。

(2)与断裂带构造有关。构造运动极易产生褶皱和断裂等形态,不仅会引起岩石热物理性质在水平方向和垂直方向上的变化,而且影响浅部热流与深部热流的运移交换,致使地温场发生改变,导致局部地温出现异常(朱绍军等, 2008;张晗彬等, 2018)。

小屯矿区位于扬子板块川滇黔盆地黔北断拱三级构造单元大方背斜东翼,羊厂坝向斜西侧。井田西部煤系浅部地段受褶皱及断层的影响局部倾角达20°~40°。研究区西北侧发育有白瓦厂向斜及生纸山背斜两大褶皱;中南部发育有北东向断裂带。整体来看,井田北部测温钻孔的平均地温梯度要大于中部及南部;在井田中部断裂带附近存在几处异常低温区。煤层埋深是影响地温分布的最主要因素,埋深越大,地温越高。但是局部的低温异常显示出该区域地温场控制因素复杂。

3.2.2 热害防治的措施及建议

本井田属于地温梯度异常区,随着深度的增加,温度上升较快。在地温31℃以上,37℃以下时,也就是一级热害区,主要降温措施为矿井通风;即加大通风强度,改革通风方式,选择合理的通风系统等。在地温大于37℃以上时,单靠矿井通风难以达到降温目的,需要对矿井空气进行调整也就是增加人工制冷降温系统,采用制冷设备对矿内空气进行冷却。

[参考文献]

方尚武,李强,陈刚,等. 2020. 贵州毕节中东部地温场分布特征研究[J]. 西部探矿工程, 10: 130-136.

李文. 2021. 北京通州地温场特征及其影响因素[J]. 地质通报, 40(7): 1189-1194.

卢玲玲,秦勇,郭晨. 2013. 黔西补作勘查区现代地温场及煤层受热温度分析[J]. 中国煤炭地质, 25(10): 12-17.

彭涛,孙建锋,刘凯祥,等. 2018. 淮南煤田现今地温场特征及热储分析[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 38(2): 16-21.

秦勇,高弟,易同生,等. 2012. 贵州省煤层气资源潜力预测与评价[M]. 江苏 徐州:中国矿业大学出版社, 2012: 220-232.

任自强,彭涛,沈书豪,等. 2015. 淮南煤田现今地温场特征[J]. 高校地质学报, 21(1): 147-154.

谭静强,据宜文,张文勇,等. 2009. 淮北宿临矿区现今地温场的构造控制[J]. 煤炭学报, 34(4): 449-454.

- 杨荣康,杨丽君,王乾,等. 2014. 贵州石阡地热田地热资源量计算[J]. 贵州地质,31(2):154-157.
- 张晗彬,邓旭升,王波,等. 2018. 贵州石阡-花桥断裂构造特征及其对地热资源的控制作用[J]. 贵州地质,35(2):131-137.
- 张连强. 2012. 顺和西煤矿区地温特征及其影响因素分析[J]. 中国煤炭地质,24(7):29-33.
- 赵丽娟,秦勇,林玉成. 2010. 煤层含气量与埋深关系异常及其地质控制因素[J]. 煤炭学报,35(7):1165-1169.
- 朱敬忠,刘启蒙,琚棋定,等. 2021. 许疃煤矿地温分布规律及热害预测分析[J]. 煤炭工程,53(4):131-135.
- 朱绍军,孟召平,刘亮亮,等. 2008. 新郑矿区钻孔地温特征及其受控机制[J]. 煤田地质与勘探,36(2):47-51.

Characteristics of Modern Geothermal Fields and Analysis of Coal Seam Temperatures in Xiaotun Coal Mining in Guizhou

Lu Ling-ling, SHI Wen-wen, PAN Chun-juan

(Aerophoto Grammetry and Remote Sensing Bureau, China National Administration of Coal Geology, Xi'an 710199, Shanxi, China)

[**Abstract**] In order to research the characteristics of modern geothermal fields and heat damage prevention in Xiaotun mining area, based on systematic analysis the measured temperature data of 14 boreholes, it comprehensively accounted the current geothermal characteristics of this area, the mining elevation of one class thermal region and two class thermal region were estimated. The research shows that: the current geothermal gradient at Xiaotun coal mine ranges from 1.74 to 3.94°C/100m, with an average geothermal gradient is 3.21°C/100m, and the geothermal temperature is higher overall. Vertically, the coal mine temperature increased with depth, dominated by conductive warming characteristics, and also has a certain discrete nature. Indicated that there have other geological controls in addition to depth. On a flat surface, the ground temperature gradients have large variations. High temperature anomalies and low temperature anomalies in partial. The main reasons of high ground temperature are regional geothermal geological conditions and fracture structure. It predicted that the main coal seam at +949m excavation elevation reach one class heat damage, and at +759m excavation elevation reach two class heat damage. The results of this research have some guidance available to the development of the Xiaotun coal mine.

[**Key Words**] Xiaotun coal mine; Geothermal gradient; Coal seam temperature; Impacting factor