

西藏土门格拉煤矿井巷热状态及其稳定性

李树德 郭东信*

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

西藏土门格拉煤矿于1964年11月—1967年5月先后开拓竖井、斜井及平硐进行井下开采。竖、斜井以平硐连通(图1)。为取得多年冻土地区进行井下开采确定合理的通

风方法、予测围岩融化层的变化、以及评价井巷工程稳定性的科学依据,我们曾在开拓和运营期间对井巷气温、围岩温度、融化圈的形成以及稳定性作了系统观测研究。本文

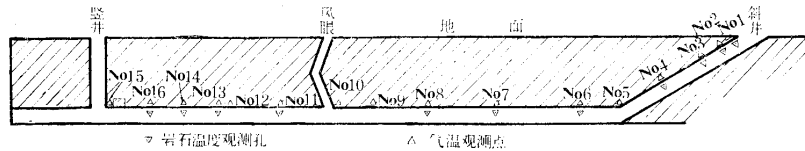


图1 井巷垂直剖面及测温点示意图(水平比例尺1:4000)

将已得资料作初步整理分析。

一、冻土及自然条件概况

土门格拉煤矿地处藏北高原东北部,海拔4950米以上。气候严寒,年平均气温 -5.3°C ,冻结期长达7个月之久,年降水量350毫米左右。矿区所属地质构造系唐古拉复背斜的南翼,倾角为 50° — 70° 的单斜岩层。出露的主要地层是侏罗、白垩系含煤地层。

区内多年冻土连续分布,厚度达70—110米,年平均地温 -1.6°C — -1.7°C ,年变化深度为12—13米。据钻孔及井下实测资料,45米深处的冻土温度为 -0.6°C — -0.9°C 。

季节融化层的厚度依岩性、植被、地表水分状况的差异变化在1.6—4.0米。松散层的冻土构造多是整体状、砾岩状及层状。基岩风化带的上部主要是裂隙状,风化带之下部多为层状或裂隙状。

井巷工程布置在矿区西南小龟山、玉带山的山前缓坡地带。该处地表裸露,植被稀少,碎石遍布。松散层厚达3.0—5.0米,岩性为碎石夹亚砂土。该处季节融化深度达3.5—4.0米,成为区内季节融化层最厚的地带。

二、井巷气温及围岩温度状态

竖井和斜井于1966年5月初以平硐连

*西藏自治区交通局科研所吕世纲同志参加了部分观测工作。

通。贯通之前各自为独立通风体系，此时以机械通风为主；贯通之后，利用地面与井下天然气压差进行自然通风。

资料表明，贯通以前虽然井巷气温受大气温度控制，但随远离井口其影响减弱，到一定距离大气温度变化对井巷气温的影响会逐渐消逝〔1〕，平硐 1965年10月19—20日的气温观测结果充分的说明了这一认识（图2）。因此导致不仅夏季（6—9月）井巷出



图2 1965年10月19日到20日平硐气温变化

现正温，而且冬季（11—12月）掌子面至井口的一段距离内依然出现正温（见图3）。冬季井巷出现正温的原因是通风机械功率小，随着距井口距离增加空气对流减弱，使掌子面附近所产生的热量（机械及人为活动生热）不能得到完全的交换。热量积累致使气温上升，一般温度在2—4℃之间。与此相应，由掌子面至井口40—60米距离内岩石温度升高，形成0.5—1.0米厚的融化圈。

随着井巷气温变化，岩石温度产生类似变化。岩石温度的变幅随距井口和井壁距离的增加而减小，同时岩石温度的改变落后于同一点气温的变化，滞后的历时长短，取决于距井口及井壁的距离。在斜井距井壁0.5米深处的岩石温度改变，距井口5.5米处滞

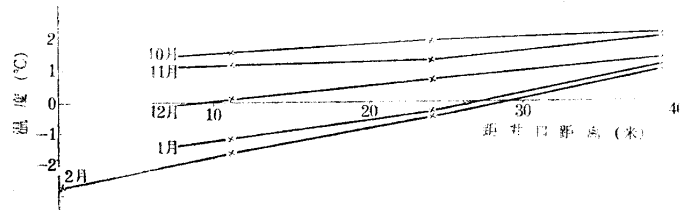


图3 平巷冬季月份气温沿深度的变化

后于气温1到1个半月，13米处为1个半到2个月。随岩石温度变化，井巷岩石产生季节冻结与融化层。夏季斜井由井口往下，由厚变薄形成喇叭形融化圈。融化圈之长度大约为28米，自井口（5.5米处）附近大致以2米的厚度往下尖灭，至28米处（距井口斜距）融化圈厚度约为0.1—0.2米。冬季，由于气温下降，不仅融化圈被冻结，同时在融化圈之外更大的范围内形成“冷圈”〔2〕。冷圈的岩石温度低于岩石天然温度2.0—7.0℃。

竖井筒岩石温度亦有上述过程。由井筒气温观测资料推断，融化圈的形状亦为向上开口的喇叭形，其长度不超过10米深（图

4）。

1966年5月中斜井和竖井以平硐连通，三者构成统一的通风体系，由斜井至竖井形成自然通风，使井巷气温及岩石热状态发生了根本变化。夏季，井巷气温由斜井口往竖井口方向逐渐降低，这是由于冷圈的岩石与井巷空气进行热交换，吸收了空气的热量而导致气温下降到零度左右，井巷融化圈完全消失。入冬之后，由于冬季的盛行风向——西北风从斜井口贯入井巷，井巷内气温剧烈下降至零度以下，使井巷岩石温度发生相应变化，自斜井口到竖井口形成大范围的冷圈。比岩石的天然温度低1.0—9.0℃。岩石冷圈

形成改变了井巷的工程地质条件，增强了井巷稳定性。

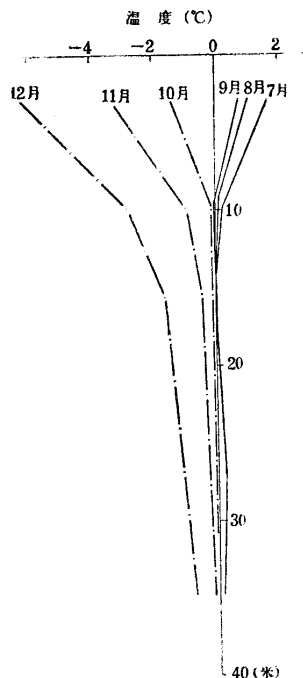


图4 竖井气温随深度变化曲线

三、影响井巷稳定性的因素

众所周知，不论是冻结的松散岩石还是基岩，其中都不同程度的含有冰。冰对岩石的胶结能力取决于岩石温度。因此在多年冻土中的井巷稳定性，不仅与岩石的性质、结构构造、裂隙发育程度以及水文地质条件有关，而且更主要的是决定于岩石的温度状态。

前已叙及，斜竖井以平峒连通以前，在竖、斜井口及掌子面附近形成融化圈。在这些地段均不同程度的产生了冒顶、塌邦等现象，严重者造成支木被压弯或折断。同时，冒顶、塌邦之后，在井巷气温作用下逐渐形

成新的融化圈，厚度不断增加，待发展到一定程度，再次产生冒顶、塌邦，最大塌空高度达1.6—1.7米。1966年5月中斜、竖井贯通之后，虽然当时大气温度已逐渐升到正温，由于受斜井口附近的井壁冷圈的影响，使由斜井口进入的气流温度迅速下降，这是井巷内当年夏季（1966年7—9月）没能形成融化圈的主要原因，同时融化圈逐渐消失，上述冒顶、塌邦现象逐渐停止发展。从1966年10月之后，整个井巷气温下降，0.5—1.0米深处的岩石温度随之降低至-1.5~-9.3°C。此期，整个井巷内冒顶、塌邦现象已完全消失。由此可见，决定井巷稳定性的根本原因是井巷气温及岩石的热状态。

据对井巷稳定性的观察，井巷稳定性除与井巷（空气与岩石）热状态有密切关系外，还严格地受着岩性、裂隙发育程度以及岩石破碎状况的控制。观察表明，冒顶、塌邦现象多发生煤层及岩石破碎、裂隙发育以及松散岩石所在的井巷地段。诸如0~13米（斜井口附近）、272~352米，377~397米均属此例，尤其是272~352米平峒更为甚之。此段巷道开于煤层之中，巷道顶部及北壁煤层顶板以下约有0.2—0.5米厚的煤层未采，同时顶板泥岩与煤层之间又夹有0.3~0.5厘米厚的冰层。在井巷正气温（1966年5月贯通以前）影响下冰层及煤层里的冰融化，造成该段巷道多处冒顶及塌邦。塌落的煤层及石块压在支木上，增加了支木负荷，因此支木产生弯曲变形和折断，其数量为这段支木总数的30%。

四、地下水对井巷开采条件的影响

竖、斜井口均开于山前缓坡地带。这里松散层较发育，主要为坡残积碎石、块石及亚砂土，厚达4—5米，同时季节融化层厚度又大，因此这一带为冻结层上水的形成和发育，提供了良好的地质条件。井巷开拓揭

冰川冻土

露了冻结层上水，在井口附近井巷两侧地下水溢出。

由斜井口往下15米深处两壁及顶部有多处地下水溢出和渗滴，总流量为0.0009~0.026升/秒。夏季，地下水溢出之后沿井底顺坡流向掌子面。由井口至11米处顶部，由于地下水溢出，松散层受到冲刷而产生冒顶和塌落，严重者与地表连通。九月末以后，随大气降水减少，井壁及顶部滴水逐渐减小。同时，随气温下降滴水成冰，在井壁及顶部形成冰瀑布和悬挂冰体。由斜井口至25米处井底及铁轨被冰层覆盖，冰层厚达0.15~0.25米。

竖井井口下14—15米深处于1965年7月14日突然发生涌水。自开始涌水至11月底流水未曾中断。最大流量达2.25升/秒，最小为0.05升/秒，流量变化与大气降水有明显关系。一般大气降水之后2—3天流量增大，当大气降水为雪、霰、冰雹时，流量最大值出现比降雪时间推迟5—6天。地下水温度较低，为0.0~0.5℃。

据井筒涌水流量与大气降水的关系分析，可以认为，井筒涌水仍然是来自冻结层上水。

竖井井口开于原露天采坑坑底，坑深15—16米。井筒四周由原采坑底至地表用冻土块及碎石回填，由于回填夯实不佳，在井筒四周形成许多孔隙，为井筒涌水留下了隐患。大气降水渗入缓坡季节融化层形成冻结

层上水。冻结层上水沿多年冻土上限流入井筒回填层，之后地下水沿回填层底（即原露天采坑底）流入井筒造成涌水。

竖井自涌水以来，由出水口至井底，井壁不同程度受到冲刷和淘空，因而造成井口附近地表发生下沉，井架稍有倾斜，用钢丝绳牵引加固维持使用。11月底之后，涌水量逐渐变小，加之气温已达零下，流水边流边冻，井筒四周冰层逐渐增厚并由出水口延续到井底。由于井筒冰层不断增厚，多次造成井筒堵塞，迫使停止生产进行井筒破冰，严重的影响了生产进度。

综合上述，对在多年冻土地区进行井下开采、井巷热状态的调制以及稳定性维护等提出如下几点看法。

1. 井巷气温是影响井巷稳定性的主要因素。因此确定合理的通风方案使其井巷岩石处于冻结状态或不能形成永久性融化圈，是保持井巷稳定性的关键。

2. 取暖建筑的布置与井口保持一定的距离，以防取暖建筑下融化盘与冻结层上水连通而导致地表水和冻结层上水流入井巷。

3. 井巷通过岩石裂隙发育、破碎的多冰地段，应按加密支护设计。

4. 经验表明，在煤层中掘进，掌子面气温为2~4℃，采空面积达14—16米²，裸露时间2—4天，井壁及顶部即发生塌落现象。因此，开于冻土（尤其是松散层、煤层）中的井巷应遵循边掘进边支护的原则。

（1979年12月26日收到）

参 考 文 献

- 〔1〕АН СССР сибирское отделение институт мерзлотоведения, Тепловые и механические процессы при разработке полезных ископаемых. 1965, Изд-во "Наука".
- 〔2〕АН СССР Коми Филиал, госстрой СССР научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений северное отделение, Теория и практика мерзлотоведения в строительстве. 1965. Изд-во "Наука".

THERMAL STATE AND STABILITY OF TUNNEL IN TUMENGELA COALMINE, XIZANG

Li Shude, Guo Dongxin

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Observations of thermal state in the tunnel of Tumegela Coal Mine show that the freezing circle and the thawing circle formed near the entrance of the tunnel change according to the variation of seasonal temperature and strongly affect the stability of it. In addition, it is also obviously influenced by the water content of the frozen soil, the property of the rock, and the degree of cracking and fragmentation. Substantial suggestions for the stability of the tunnel: 1) rational ventilation is necessary to keep the rock in frozen or to prevent it from perpetual thawing, 2) heating facilities must be kept at a definite distance from the entrance of the tunnel, 3) tunnel dug in the frozen soil must be properly framed soon after digging was raised.

跃 动 冰 川

正常的冰川运动速度，一年不过30-300米左右。可是，有些冰川会出现周期性地暴发式向前推进的现象。为了与那些流速正常的冰川有所区别，冰川学者把暴发式前进的冰川叫做跃动冰川，也有人把它叫做波动冰川、飞跑冰川或灾难性前进冰川。

现在已知，世界上至少有三百条以上的跃动冰川。仅阿拉斯加一地，就有跃动冰川二百条左右。此外，它们还分布在喀喇昆仑山、喜马拉雅山、天山、帕米尔、阿尔卑斯山、南美安第斯山、加拿大北极群岛、斯匹茨卑尔根群岛、冰岛、格陵兰岛。

跃动距离最远的世界冠军，是斯匹茨卑尔根群岛东冰盖南端的“快速生长的冰

川”。从1938年开始，在不到三年时间里，它前进了21公里，冰舌一直伸入海洋，占据海洋面积达到500平方公里。

跃动速度最快的世界记录保持者，是喀喇昆仑山南坡斯塔克河源的库西亚冰川。从1953年3月21日到6月11日为止，不到三个月时间，它前进了12公里，平均每天移动145米。

跃动冰川带给人类不少灾难。库西亚冰川毁灭性地袭击了斯塔克河谷的森林、耕地和村庄。跃动冰川还制造了很多次水灾。由于它们的跃动，有的阻塞河流引起水灾，有的滑入冰川阻塞湖，引起湖堤溃决。

(费金深)