

昆仑山隧道施工温度控制及施工措施

江亦元

(中铁五局集团公司青藏铁路指挥部, 格尔木 816000)

摘要 文章介绍了昆仑山隧道在采用常规通风系统条件下开挖段岩面温度场的变化趋势, 初步总结出了有利于冻土隧道施工的环境温度, 同时介绍了控制温度场的一般措施及为确保施工安全的工程措施。

关键词 冻土隧道 铁路隧道 温度控制 施工措施

1 工程概况

昆仑山隧道长1 686 m, 位于青藏高原海拔4 600 ~ 4 700 m 的连续多年冻土区, 起讫里程为DK976 + 250 ~ DK977 + 936, 是青藏线550 km 连续多年冻土区两座隧道之一, 是目前世界上高原冻土第一长隧道, 是青藏线第一大控制工程。

该隧道洞身为三叠系板岩夹片岩, 山坡为坡积角砾土、碎石土、洪积碎石土。昆仑山区属于雅合拉达合泽山旋回层, 区内岩层挤压褶皱强烈。昆仑山隧道位于两条逆冲断层间的隆起盘中, 其中进口端断层在2001年11月14日发生的8.1级地震中重新错开。隧道围岩为IV、V、VI级。

本地区年平均气温为 -3.6°C ~ -5.2°C , 极端最高气温为 23.7°C , 极端最低气温为 -37.7°C , 早晚温差大。

隧道采用复合式衬砌结构, 内层衬砌为曲墙带仰拱整体式模筑钢筋混凝土衬砌, 由于气温过低, 外层采用模筑混凝土支护取代喷混凝土支护, 防水板及隔热保温层位于内外层之间, 防水隔热层按“防水层 + 隔热层 + 防水保护层”结构形式沿隧道全长全断面铺设, 隧道大部分位于直线段, 出口段位于R为1 000 m 的曲线上, 洞身纵坡为14‰、13.4‰的单面坡。进口采用对称式明洞门, 出口采用台阶式明洞门。

隧道靠公路侧分别在DK976 + 940、DK977 + 500处设两个施工横洞, 横洞长: 1#为262 m, 2#为111 m。

2 部科研立项情况

由于在高原冻土区修建隧道在国内没有先例, 也没有经验可循, 故铁道部将“隧道施工通风技术及

施工温度场研究”列为昆仑山隧道施工中八大科研课题之一。

课题研究目的之一: 确保隧道施工期间, 施工环境能满足洞内主要作业环境温度高于 -5°C 、低于 5°C 。

试验研究内容之一: 研究可调控加温预热通风系统, 向洞内通热风。

3 洞身开挖段岩面温度场

通过采用常规通风方式, 在隧道进口于2001年12月~2002年4月进行了洞内开挖段岩面温度场的测试, 测点沿开挖断面的拱顶、拱腰、拱脚、墙中布设, 每日按8时、16时、24时观测三次。

图1为测点温度随洞深变化的关系曲线, 本曲线根据每日16时拱顶测点温度绘制。据观测, 16时温度为每天温度最高值。

图2为同一断面围岩表面温度随部位变化的关系曲线, 本曲线也根据每日16时同一断面不同测点温度绘制。

从图1可以看出, 由于隧道中施工人员和机械的热源作用产生的温室效应, 开挖段岩面温度随洞深呈升高趋势。从图2可以看出, 同一断面拱顶温度最高, 断面下方温度趋低。随着暖季的来临, 需采取适当控制温升的通风措施及确保施工安全的工程措施。

4 有利于冻土隧道施工的环境温度

由于昆仑山隧道洞身为三叠系板岩夹片岩, 且位于两条较大逆冲断层间的隆起盘中, 洞身围岩挤压褶皱强烈、节理发育, 岩层非常破碎。冻土围岩主要靠裂隙冰的粘接作用连接成整体, 维持稳定。一旦洞内环境温度超过 0°C 以上, 随着融化圈的扩大,

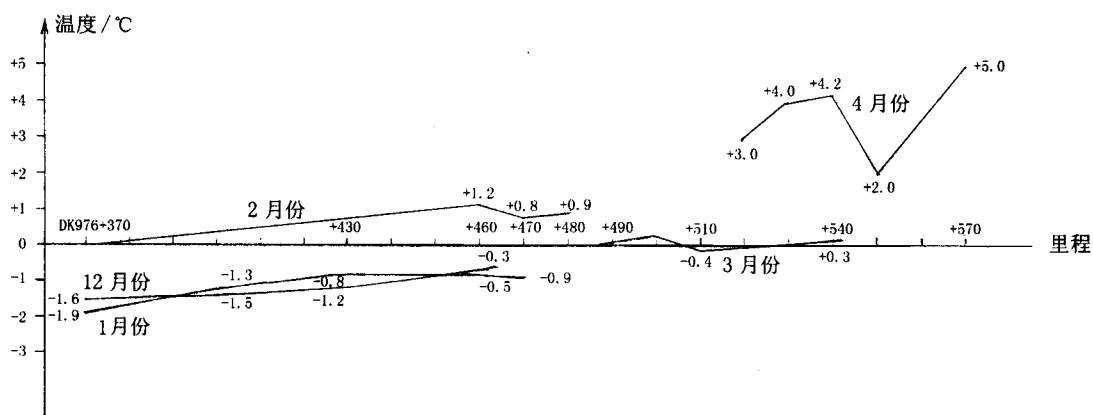


图1 开挖段围岩表面温度随洞深变化的关系曲线

Fig. 1 Relationship between rock face temperature and tunnel length in the excavated section

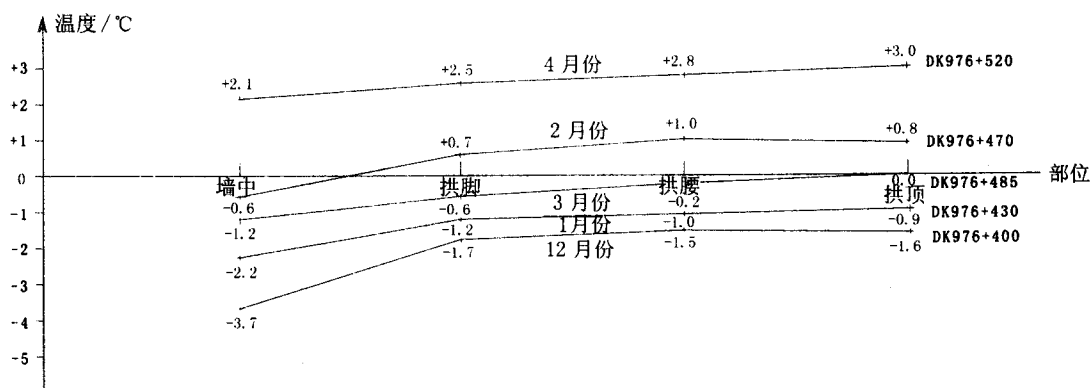


图2 开挖段同一断面围岩表面温度随部位变化的关系曲线

Fig. 2 Relationship between rock face temperature and position at the same cross section

融化圈内的围岩就会发生掉块及坍塌,如不及时采取工程措施或施作一次模筑支护,就会危及施工安全。根据开工以来的施工实践,围岩破碎、整体性差的冻土隧道开挖段施工环境温度宜控制在 $-5^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 以内,这对控制融化圈、保护冻土、确保隧道施工安全是最理想的。

5 温度控制措施

由于国内无高原冻土隧道施工先例,通过施工证明,不宜采用加温预热通风系统向洞内通热风的通风方式。随着暖季的到来,洞内温度呈正温升高趋势,如何降低工作面的环境温度,是确保施工安全、保护冻土面临的一大难题。由于隧道计划于9月底贯通,经咨询国内研究机构及风机厂,可调控制冷通风系统研制周期已不能满足工期要求,对昆仑山隧道施工已无现实意义。

目前采取的常规温控措施:

11月~1月份,洞外最低环境温度达 -37°C ,在

洞口搭建保暖大棚,普通风机置于大棚内,可有效地保证洞内温度处于 $-5^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 。

2月~10月份,选择日最低温度时段进行洞内爆破及通风,可有效地降低洞内工作段环境温度。每日16时温度为最高,凌晨8时温度最低,且温差较大。最低温度时段通风虽能有效地降低洞内工作段温度,但不能将这一温度降到理想的 0°C 以下,这只能靠采取及时有效的工程措施来保证施工安全。

6 工程措施

由于认为在冻土隧道施工中无法进行湿喷混凝土临时支护,故设计中设计了一次模注混凝土支护,且模注支护紧跟开挖面。一次模注与开挖工序无法进行平行作业,因此严重制约了工程进度。由于昆仑山隧道工期紧迫,必须采用有效的措施将一次模注与开挖面拉开一段距离。经现场试验,成功地解决了在冻土隧道中有效地进行喷锚临时支护的课

题,在初期支护与开挖面拉开距离后从而可确保一定时间内冻土围岩的稳定,是保证施工安全的有效手段。

通过施工实践证明,在工作段环境温度为 $+5^{\circ}\text{C}$ 以下时,通过及时施作喷锚支护及必要时进行网喷(系统锚杆为 $\phi 25$ 的中空注浆锚杆,喷混凝土厚 5 cm ,加低温早强剂及速凝剂),破碎的V级冻土围岩在5天内可保持稳定。施工中规定初期支护与开挖面距离控制在 20 m 以内,可保证施工安全。

爆破后及时利用碴堆对开挖面进行素喷混凝土(厚 $2\sim 3\text{ cm}$),及时封闭开挖面,这样能有效地减缓空气与冻土围岩的热交换,减缓冻土围岩融化进程。出碴后钻爆作业平台就位,利用钻爆平台施作锚杆,然后再次湿喷混凝土使之达到 5 cm ,必要时进行网喷或架设格栅拱架。

7 结束语

在高原连续多年冻土区修建隧道,特别是修建像昆仑山隧道这样地质复杂的高原冻土隧道,必须通过科研、试验来指导施工。昆仑山隧道自开工以来,通过9个月的施工实践,成功地解决了在冻土隧道施工中的喷锚临时支护课题,为拉开工序、平行作业及保证施工安全提供了有力的手段,总结出了有利于冻土隧道施工的环境温度范围。冬季利用保温大棚、暖季利用最低温度时段进行爆破、通风,不失为常规温控的有效手段。

(收稿日期:2002年9月3日)

〈作者简介〉

江亦元 男 副指挥长兼总工程师

Temperature control and countermeasures during the construction of Kunlunshan Tunnel

Jiang Yiyuan

(No. 5 China Railway Engineering Group, Ge'emu, 816000)

Abstract This paper introduces the tendency of temperature variation on rock face in the excavated section of Kunlunshan Tunnel with the conventional ventilation system. Furthermore it summarizes the ambient temperature suitable for the tunnel construction in frozen ground. Finally it presents the countermeasures to control temperature field and guarantee safe construction.

Key Words Tunnel in frozen ground; Railway tunnel; Temperature control; Construction countermeasure

《世界隧道》2000 年度的影响因子位居全国各类科技期刊前列

根据中国科技信息研究所2002年4月出版的《中国科技期刊引证报告2001年扩刊版》中公布的统计数据,表明《世界隧道》(2001年起更名为《现代隧道技术》)2000年度的影响因子值为0.205,在当年全国统计的2832种期刊中名列第921位,在144种交通运输类科技期刊中名列第7位,在40种铁路运输类科技期刊中名列第3位。

在科技期刊学术类质量的评估标准中,凡排名居前 $1/3$ 的期刊可称为“居前列”的期刊,可见本刊2000年度的影响因子已位居全国各类科技期刊的前列。

(范文田 供稿)