

隧道衬砌表面防结冰与除冰措施

Anti-icing and deicing measures of tunnel lining surface

胡朝霞 梅华 欧阳晶 朱瑛

Zhaoxia Hu Hua Mei Yangjing Ou Ying Zhu

湖南工学院 建筑工程与艺术设计学院 湖南 衡阳 421002

College of Architectural Engineering and Art Design Hunan Institute of Technology Hengyang Hunan 421002

摘要:本文首先简述了隧道内结冰的位置,一般出现在隧道洞口附近;隧道内结冰形成类型,主要有隧道内路面覆冰层、两侧洞壁形成冰柱和上部洞顶形成挂冰。然后详细介绍了隧道内防结冰的措施,主动保温措施和衬砌表面防结冰涂层。最后,介绍了隧道内除冰措施,传统除冰、微波除冰和无人机除冰。

Abstract: This paper first describes the location of ice in the tunnel, usually near the tunnel entrance; The main types of ice formation in the tunnel are the ice covering on the road surface, icicles on the two sides of the tunnel wall and ice hanging on the upper roof. Then the anti-icing measures, active insulation measures and anti-icing coating on lining surface are introduced in detail. Finally, the deicing measures in the tunnel, including traditional deicing, microwave deicing and unmanned aerial vehicle deicing, are introduced.

关键词: 隧道;衬砌;结冰;防治措施

Keywords: tunnel; Lining; Ice; Prevention and control measures

DOI: 10.12346/etr.v3i1.3096

随着我国大量隧道的通车运营后,水害冻害问题变得越来越多。在寒冷地区隧道冻害会造成衬砌开裂、剥落、挂冰和路面结冰,不仅威胁行车安全,还可能威胁结构安全,大幅增加隧道运营和维修成本。近些年来,经常能在新闻上见到北方多地铁路隧道成立“打冰队”,负责清除冬季隧道内结冰,这种现象在大部分北方和青藏地区都有出现。但是人工除冰方法不利因素太多,其它除冰方法如机械除冰和化学除冰方法也有明显缺陷。因此,隧道防结冰和除冰问题至今无法得到有效解决。这些运营隧道冻害冰害预防的失败,促使隧道工作者开始探索一些冰害防治的新技术,本文进行简要论述。

1.隧道内结冰位置与类型

1.1 隧道内结冰位置

对于一般高速公路和铁路隧道中,沿隧道纵向温度场分布规律为,两侧洞口一定范围内随外界气温变化,越靠近隧道中间部分气温稳定为正。因此,隧道内结冰一般出现在距离洞口一定范围内。但对于在东北部分地区隧道中,由于气候条件恶劣,加上铁路隧道内的列车风作用,隧道内很长的距离内都会出现负温情况,隧道内出现结冰的区域较长,甚

至出现在整个隧道范围内。

1.2 隧道内结冰类型

隧道内结冰形成类型,主要有隧道内路面覆冰层、两侧洞壁形成冰柱和上部洞顶形成挂冰现象。

隧道内路面覆冰层,主要是隧道内渗漏水溢流到路面结冰形成的。对于公路隧道,路面结冰对过往汽车影响很大,由于隧道内照明问题,司机不一定能判别出路面上结冰,这就容易发生交通事故。对于铁路隧道道面结冰,如果结冰体积不大一般不会影响到火车的正常行驶,结冰量较大就会对道面火车行驶产生影响。

隧道两侧洞壁形成冰柱,主要是由于隧道壁面渗漏水结冰形成的。如果结冰体积较小,不会影响汽车或火车的正常行驶;如果体积较大则会侵入隧道建筑限界内,影响汽车或火车的正常行驶。

隧道上部洞顶形成挂冰现象,主要是由于隧道内渗漏水产生。一般洞顶冰挂不会太长,但是危险性却是最大,一旦冰挂掉落砸中过往汽车或火车,尤其是高铁,就会造成严重事故。如果是电气化铁路,冰挂也可能造成电线短路事故。

2.隧道内防结冰措施

【基金项目】湖南省教育厅科学研究项目(19C0519,20C0572),湖南工学院大学生创新创业训练计划项目(CX2020056)。

【作者简介】胡朝霞(1987~),硕士,助教,研究方向:土木工程。

2.1 隧道主动保温措施

隧道主动保温措施就是通过人工对隧道衬砌与围岩提供热量,防止其结冰的方法。在实际工程当中,主动保温措施有:一是在衬砌内埋设电热丝、流体加热管、导电混凝土等加热装置,对围岩和衬砌进行加热;二是在隧道洞口附近安装阳光棚,可以起到避开冷风,提高隧道洞口段的温度;三是通过地源热泵等地下热能对衬砌和围岩进行加热的方法。隧道主动保温措施中,加热方法由于需要热源成本较高、能耗较高,不可能大规模采用;而安装阳光棚和地源热泵又只是在个别隧道方便采用。所以,隧道主动保温措施适应情况有限。

2.2 隧道内防结冰涂层

(1) 疏冰涂层

疏冰涂层是一种含有低表面能的物质,冰在其表面的粘附力很小,在各种自然作用力如振动、风、重力的作用下,冰会很容易脱落。在自然界中公认的表面能最低的物质为含氟物质和有机硅。

氟原子具有很强的极性,其很难与其他基团发生范德华力,具有较低的表面能。所以,如果将含氟物质涂抹在隧道衬砌壁面,则会出现涂层浸润性不好的问题,水与隧道衬砌壁面粘结力差,极易滚落下来。有机硅涂层具有比较低的玻璃化转变温度,且硅氧烷基团与水分子之间有较强的斥力,被认为是制备防覆冰涂层的一种最佳材料。如果将其涂覆在隧道壁面衬砌混凝土表面,也可以减小对冰的粘附力,起到抗结冰的作用。

(2) 超疏水涂层

超疏水表面由于具有粗糙微结构和低表面能的特点,使其接触角大于 150° ,滚动角小于 10° ,从而表现出极强的疏水性质,引起了人们对其极大的关注。超疏水表面由于极强的疏水性质,而具有耐脏耐水性、自清洁性、防结冰性等性质,尤其是防结冰性,已经成为防结冰领域的热门研究方向。其表面的防结冰机理就是由于水滴和表面接触面较小,延水滴在上面结冰的时间,同时还有表面疏水而对水的极小粘附力,只要表面有一定倾斜水滴就会滚落,也就不会有水滴积累与结冰。隧道衬砌表面是倾斜较大或朝向下,隧道内路面也有一定横坡,很适于超疏水表面的防结冰机理。

(3) 油浸润超光滑涂层

油浸润超光滑涂层是在基底上面涂覆一层具有低表面能的润滑油,由于其表面能低且光滑,介质不易在表面粘附。如果在隧道衬砌混凝土表面涂覆油浸润超光滑表面,则水滴在该表面的滚动角非常小,水滴极易在衬砌表面滚落,减小了在表面结冰的机会。即便结冰,也可以有效减小冰在表面

的粘附力,这样也更易于除冰。

3. 隧道内除冰措施

3.1 传统除冰

隧道内除冰方法有很多,传统的除冰方法有人工除冰、机械除冰、化学除冰等。传统的人工除冰方法操作简单直接,但难以进行大规模的除冰作业,对人身安全也无法保障,人工工作效率低下影响交通的运行。机械除冰在隧道中使用较多,操作方便,能耗较低,但是工作效率不高,尤其是会对衬砌表面造成损伤。化学除冰方法是采用氯化钠、尿素等化学试剂融冰除冰,虽然能简便快捷除冰,但会腐蚀,且造成环境污染。

3.2 微波除冰

微波加热在日常生活中应用有微波炉和烤箱,除此之外在工业中也有广泛的应用。由于微波加热具有可控性强、无污染清洁等优点,以及对含水体加热快,相比红外加热更具有优势。目前,微波除冰在道路路面除冰领域开展了较多的研究,也有不少学者设计了除冰车,其相关的研究成果可以借鉴运用于隧道衬砌表面除冰。

3.3 无人机除冰

无人机是近几年开始广泛使用于各行各业的。而采用无人机或机器人除冰,不需要人员爬上爬下,人员安全能够得到保障,并且操作效率也很高。如果采用无人机搭载激光除冰,其作业空间更为灵活,采用人机协同也更加方便,且能够去除传统作业盲区。目前,无人机除冰已经在电力等行业开展了大量研究工作,并进行了一些实践,可以考虑开展隧道除冰相关实践研究广州。

4. 结语

衬砌表面结冰病害一直是隧道的难题,虽然已经有众多专家学者提出了很多解决方法,但由于各种法均有其优缺点和适用情况,不能彻底解决。本文通过借鉴电力、航空等领域防覆冰方面的研究,简要介绍了一些可运用于隧道内防结冰和除冰的措施,以利于各位专业学者开展相关研究提供参考。

参考文献

- [1] 陈捷.含氟润滑油超光滑表面防覆冰性能研究[D].杭州:浙江工业大学,2015.
- [2] 李军野.铁路隧道微波除冰装置的研制[D].成都:西南交通大学,2017.
- [3] 邝江华,邹德华,江维,等.超高压输电线悬垂绝缘子串激光除冰机器人构型设计研究[J].电力科学与工程,2021,37(1):25-32.

小,岩土工程中地表变形影响范围就会增大,采空区中上方组最大变形值会向着矿柱的那一方移动。在开矿工程开采结束后,地表移动时间越短采空区达到稳定的时间就越短^[9]。采空区岩土工程中埋藏深度越深,所需移动时间越多,进行采空区达到稳定所需时间越长,长时间踩空区处于不稳定状态下就会引发岩土工程相关问题。

2.3、采空区岩土层岩土自身性质的影响

很多矿区采空区岩土工程问题受到岩土中自身性质的影响,比如岩性、力学性质等等。我们都知道岩石可以分为不同种类,如沉积岩、变质岩等,不同类型的岩石的构造、成分、属性是不同的,所以其岩石特性、抗拉强度以及抗剪程度都是不一样的,因而采空区周围岩土中岩石的特性是影响其问题的因素之一。

2.4、回填工作没做到位

很多采空区岩土工程问题是由于回填工作没做到位或者回填不实造成的。很多矿区区域地下空体复杂多样,且各地空体分布不均、断断续续,很多采空区埋藏较深,人力进去有危险,机械又不易进入,填充工作不到位甚至是没有进行填充工作,久而久之就容易形成岩土工程的问题。

3.采空区的岩土工程问题处理措施

3.1、制定严格的开采制度

矿山企业以及当地政府出台相关的制度来制约、约束相关的开矿集团的开矿工作的进行,其中包含具体的开矿流程以及每一步工作。要求工作人员严格按照一定的宽度、厚度来进行开矿工作,并且充分认识到其埋藏深度,尽可能保障在最小时间内恢复到原来状态。建立严格奖惩制度来要求各个公司、集团开矿工作,对与那些未能按照规章制度进行工作的公司、集团、个人进行严格的惩处,不包庇、不徇私。

3.2、开矿工作进行之前充分调查了解采空区岩土中岩石特性

在采矿工作开展之前,充分调研开矿区域岩土层中存在的岩石以及其主要成分、构造、特性等,了解其组合构造,预先考虑好采空区岩土工程问题,避免由于不了解岩石特性而造成的采空区岩土工程问题。必要情况下需要聘请专门的地质人员来进行分析、调查工作。

3.3、回填采空区

处理采空区岩土工程问题中最本质的内容就是改变岩土中应力集中现象,使岩土体内集中程度弱化,确保岩土工程中应力在一个比较平衡状态下,从而达到对地压力的控制和管理。这样的状态下采空区不会发生变形以及沉降,采空区能够安全稳定的存在,保障矿山以及周围的安全。这要求矿产公司集团以及公司及时的对采空区进行填充,引进先进的设备来进行填充工作,对于那些无法填充的采空区域可以选择充填处理法等方法来进行^[9]。

4.结束语

目前,矿区区域采空区的处理以及完善是一个很重要的研究课题,这对矿山工作的进行是很重要的一项工作,有着很大的影响。其中采空区岩土工程问题是影响其的一项问题,本文从开矿宽度、厚度;采矿的深度;岩土自身性质;回填工作这几个影响因素出发,并提出了相应的处理措施。采空区及时处理时或采取恰当地处理措施对矿山的安全以及开矿过程的安全有着很大的作用,因此,必须对采空区进行及时处理并采取恰当地处理措施。

参考文献

- [1] 马瑛娥. 矿山采空区岩土工程勘察方法与工程处置[J]. 世界有色金属, 2018(5):78-79.
- [2] 张博. 试论采空区岩土工程勘测[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(9).
- [3] 任洪靖. 浅谈软土地区某地铁站岩土工程勘察应注意的问题[J]. 西部探矿工程, 2019, 31(010):26-28, 32.
- [4] 王超. 采空区岩土工程勘察[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(10):1655-1660.
- [5] 王超. 采空区岩土工程勘察[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(10):1655-1660.
- [6] 陈明, 卢文波, 周创兵, 罗忆. 初始地应力对隧洞开挖爆生裂隙区的影响研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(08):2254-2258.
- [7] 陈晓林. 初始应力场对爆破作用影响的分析[J]. 四川冶金, 2002, (02):5-8.
- [8] 方秦, 孔祥振, 吴昊, 龚自明. 岩石 Holmquist-Johnson-Cook 模型参数的确定方法[J]. 工程力学, 2014, 31(03):197-204.
- [9] TANG Hai, LI Hai-bo, ZHOU Qing-chun, et al. Experimental study of vibration effect of presplit blasting[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2010, 29(11):2277-2284.
- [10] 唐明渊, 周建敏, 余红兵, 李杰. 爆破振动对不同埋深采空区稳定性影响研究[J]. 爆破, 2017, 34(03):140-144.

(上接第 49 页)

tion sequence and contour blasting method for underground powerhouses of hydropower stations[J]. Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research, 2012, 29:.

- [6] 陈明, 卢文波, 周创兵, 罗忆. 初始地应力对隧洞开挖爆生裂隙区的影响研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(08):2254-2258.
- [7] 陈晓林. 初始应力场对爆破作用影响的分析[J]. 四川冶金, 2002, (02):5-8.