

Study on the Monitoring and Change of Subgrade Temperature and Humidity Field in Seasonal Frozen Region

Lei Xu, Yunliang Li, Lun Ji, Yiqiu Tan

School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang
Email: m13654564084@163.com, liyl-hit@163.com, jilun@hit.edu.cn, yiqiutan@163.com

Received: Dec. 22nd, 2017; accepted: Jan. 5th, 2018; published: Jan. 12th, 2018

Abstract

The monitoring scheme of the subgrade temperature and humidity field of seasonal frozen region was established, the temperature and humidity field inside the subgrade were monitored and analyzed, and the regularity of the distribution of the subgrade temperature-humidity field was studied. The study shows that the temperature of the roadbed is linearly distributed along the depth. With the temperature rising in the spring melt period, temperature rises within the depth of 1.3 m of the subgrade but decreases below the depth of 1.3 m, and the freezing depth of the area is 2.1 m. The moisture inside the embankment is linearly distributed along the depth; the humidity in the horizontal direction is basically the same, while in the spring melt period, as the surface of the roadbed melts, the humidity of the roof of the subgrade increases.

Keywords

Subgrade, Temperature-Humidity Field, Monitoring System

季冻区路基温-湿度场监测与变化规律研究

徐 垒, 李云良, 纪 伦, 谭忆秋

哈尔滨工业大学, 黑龙江 哈尔滨
Email: m13654564084@163.com, liyl-hit@163.com, jilun@hit.edu.cn, yiqiutan@163.com

收稿日期: 2017年12月22日; 录用日期: 2018年1月5日; 发布日期: 2018年1月12日

摘 要

建立了季冻区路基温-湿度场的监测方案, 对路基内部的温-湿度场进行了监测与分析, 研究了路基温-湿

度场的分布规律及时变特性。研究表明,路基内部的温度沿深度方面呈线性分布规律,随着春融期温度的升高,路基深度1.3 m范围内温度升高,而路基深度1.3 m以下温度反而降低,该地的大地冻深为2.1 m。路基内部的湿度沿深度呈线性分布,水平方向的湿度基本一致,而在春融期,随着路基表面积雪的融化,路基顶面的湿度增大。

关键词

路基, 温-湿度场, 监测系统

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国季节性冻土主要分布在东北三省、内蒙古、甘肃、宁夏、新疆北部、青海和川西等地,约占全国国土面积的 53.5%。在该地区修建公路,路基会出现冻胀、沉陷、强度变化等病害,病害会严重影响公路的运行安全及服役水平。而路基的温-湿度场分布及其变化规律是影响路基冻胀及融沉的主要因素。

毛云程等研究了季节冻土区压实黄土路基变形的影响因素,通过现场监测得到了路基水分场与温度场的变化规律[1]。刘戈基于青藏公路监测断面路基温度场的监测资料,对多年冻土上限及热状态随气候的变化情况进行了分析,得出了气候变化对多年冻土变化的影响规律[2]。范勇强对路基断面温度进行了监测和路基变形观测,得出路基土等温时程曲线[3]。刘戈通过青藏公路唐北地区路基温度场的监测资料,对工程条件下多年冻土的上限、冻融过程以及热状态等变化情况进行了分析[4]。韩春鹏等针对寒区公路路基温度场进行了观测,分析了路基冻深及冻融变化规律[5]。马巍以青藏铁路现场实体工程为背景,通过对路基内温度场的监测,研究了冻土保护措施的作用及效果[6]。

本项研究在黑龙江省齐齐哈尔市北古高速北安至古城段 K31 标段处实施了路基温-湿度场监测,此路段全年最高温度可达零上 30℃,最低温度可达零下 30℃左右。该地区全年降水较多,试验路段附近有沼泽地,路基内部的含水量较大。本文根据当地的气候特点,建立了路基温-湿度场监测系统,基于该监测系统监测了路基温-湿度场的分布特性及变化规律,为季冻区路基冻胀融沉问题的处理提供理论依据。

2. 路基温-湿度场监测方案

路基温-湿度场监测传感器构成如图 1 所示,主要包括温度及湿度传感器。除了传感器之外,还包括数据采集记录仪、电源及控制器、电脑等组成。

1) 传感器布置方式:传感器在路基顶面以下的竖向布置深度为 2.5 m,传感器的竖向布置间隔为 0.4 m,传感器横向布置间距为 1 m。

2) 数据采集系统构成:数据采集记录仪采集并存储数据。可以设置采样频率,自动显示。在获取采集数据后,用电脑与数据采集记录仪相联,读取记录仪采集的数据,并通过电脑对数据采集记录仪进行指令操作。

3) 电源:采用太阳能电池板及蓄电池组成的双供电模式。在白天阳光充足的情况下由太阳能电池板通过太阳能控制器直接给数据采集记录仪供电,在夜晚或阴雨天由蓄电池供电,太阳能电池板通过太阳能控制器可以给蓄电池充电。

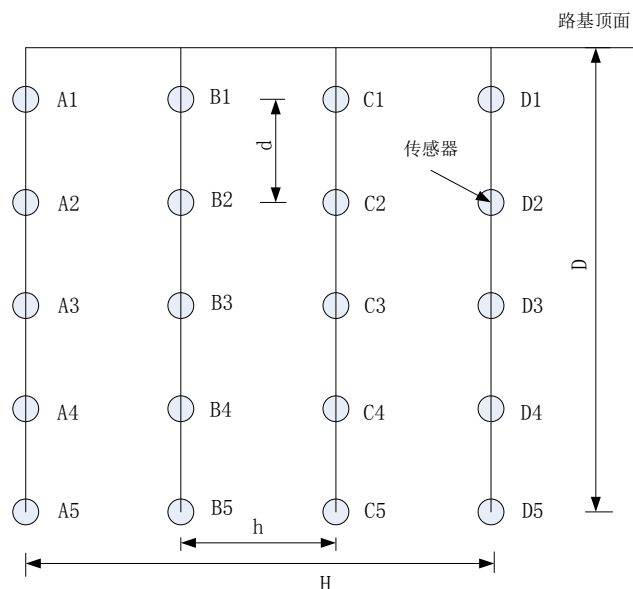


Figure 1. Temperature and humidity field monitoring scheme
图 1. 路基温-湿度场监测方案

3. 路基温度场分析

利用所建立的路基温-湿度场监测系统,对全年温度最低的1月份至春融期的升温季节2~4月的路基温-湿度场进行了数据监测。1~4月份路基内部温度场沿深度分布规律如图2所示。A、B、C、D为图1所示的四个路径,其中A路径处于路肩的位置。由图中可以看出,在1~3月份,路基内部的温度随深度增加而升高,而且温度随深度的变化近似呈线性分布规律。从图中也可以看出,在1~3月份,A、B、C、D四个路径上的竖向最末端的温度传感器测得的温度都接近 0°C ,由此可以确定当地路基的最大冻深约为2.1 m。

在4月份时,环境温度处于春融期,环境温度在升高。路基内部的竖向温度分布如图2(d)所示。路基内部竖向的温度分布规律与1~3月份的分布规律不同,在路基以下1.3 m范围内,温度近似呈线性分布,随着深度的增加温度升高。而在路基深度1.3 m以下,温度低于1.3 m处的温度。

路基内部的温度随深度增加而上升,是由于越接近路基顶面处,受环境温度、热对流、热辐射等的影响更加强烈,路基顶面位置处的温度接近环境的温度。由于外界环境温度低于路基内部的温度,从而路基内部的热量会因为热传导作用传递到大气中,路基深度越小,热交换的强度越大,损失的热量越多,其温度就越低,路基内部的温度随深度增加近似呈线性关系。

4月份路基竖向温度分布规律与1~3月份不同。路基1.3 m以下的温度要低于1.3 m以上的温度。在4月份随着环境温度的升高,路基进入春融期,路基从环境吸引热量。但由于环境温度仍然相对较低,环境温度的影响深度只在路基深度为1.3 m范围内,在该范围内路基从环境吸引热量,使得在该范围内路基的温度相对升高。在4月份以前,在路基深度1.3 m以上的温度要低于1.3 m以下的温度,在4月份以后,随着环境温度的升高,路基上部温度不再降低而开始回升,这样由于4月份的初始阶段,在1.3 m的深度的上下位置处存在着温度差,所以热量会从1.3 m以下的高温区向1.3 m以上的低温区传递,从而导致了1.3 m以下的区域路基的温度持续降低,从而在整个路基深度内,温度呈现非线性分布的特征。

图1所示的A、B、C、D四个路径上的五个传感器监测的温度随时间(1~4月份)的变化规律如图3所示。从图中可以更为明确的看出路基不同位置的温度随时间的变化规律。对比四幅图可以看出,接近

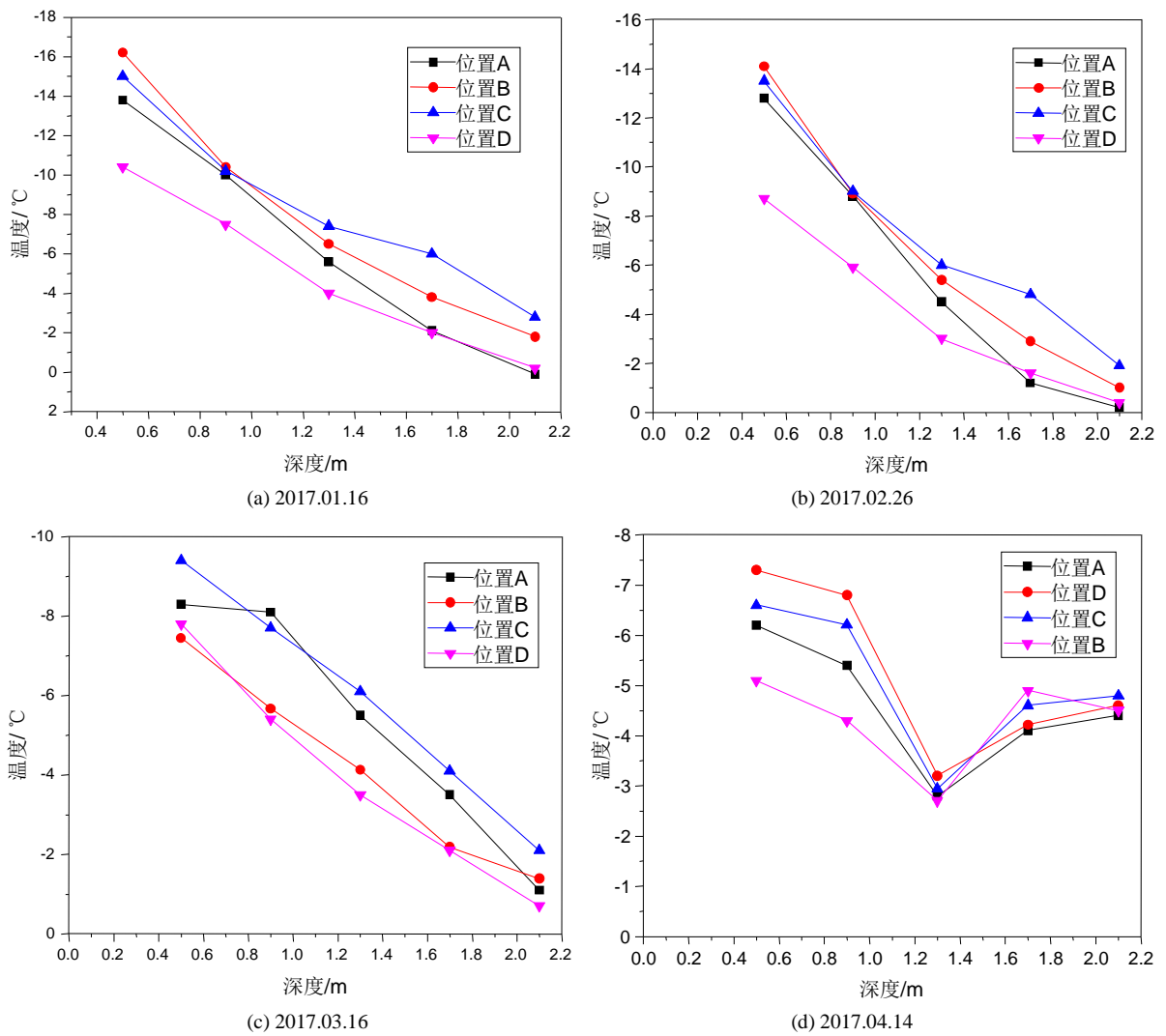
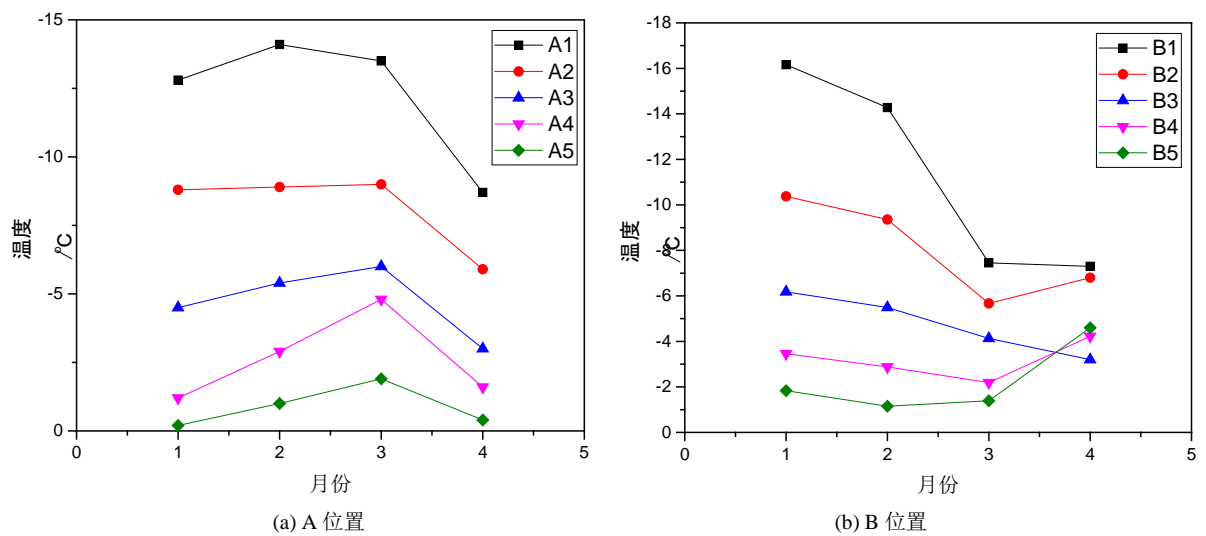


Figure 2. Distribution of subgrade temperature field
图 2. 路基温度场分布



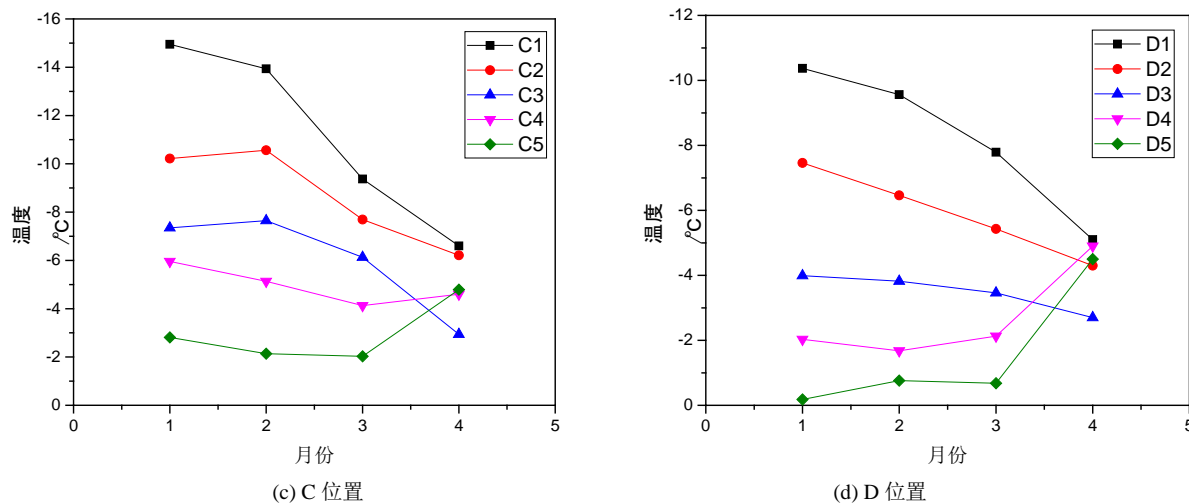


Figure 3. Time-variant characteristic of subgrade temperature field
图 3. 路基温度场时变特性

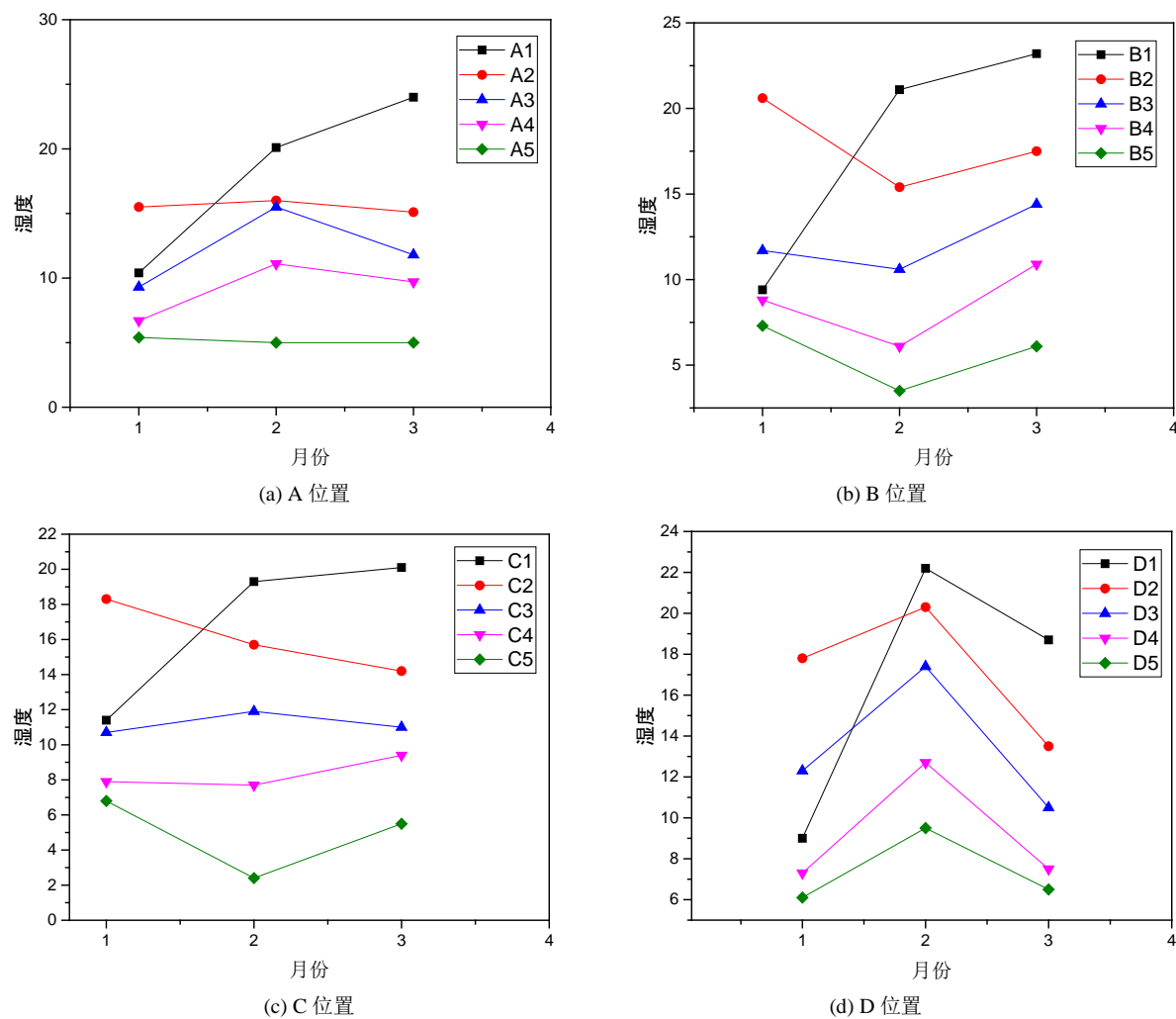


Figure 4. Time-variant characteristic of subgrade humidity field
图 4. 路基湿度场时变特性

路基表面的3排传感器(路基以下深度为1.3 m位置)监测温度在时间段1~4月份基本呈现上升的趋势。而在1.3 m以下的两排传感器监测的温度在1~3月份基本不变,而到4月份环境温度上升期,A路径由于处到路肩位置,受外界环境温度的影响较大,所以A4、A5处的温度升高。而B、C、D路径处的温度,由于前述的热传导的作用,这三处路径下部的温度不升反而下降。

4. 路基湿度场分析

1~3月份路基内部的湿度变化规律如图4所示。从图中可以看出,五个路径上的第一个传感器A1、B1、C1、D1的湿度变化相较于其它位置的湿度变化大。主要原因是在接近路基表面的位置,由于测点试验段还未加铺道路面层结构,湿度来源主要是路面积雪融化。1月份温度较低,积雪融化较少,随着温度升高,融化量增大,向路基内部的渗水增多,湿度增加。随着时间的推移,温度升高,蒸发量增大,路基内部的含水量减少,湿度降低。

通过四幅图对比发现,位于同一深度处的传感器位置,其湿度变化不是很大,主要是由于路基内部水的来源主要是外部下渗的水和地下水由毛细现象上升而来的水,而位于同一深度处的路基,其外部渗水和地下水上升的基本相同,从而同一深度位置处的湿度相近。

5. 研究结论

- 1) 建立了路基温-湿度监测系统,提出了传感器的埋设方案、数集采集方式及电源供电方案。
- 2) 对1~4月份的最低温度期及春融期路基内的温-湿度场进行了监测,分析了路基内部温-湿度场的分布规律及时变规律。
- 3) 路基温度场的分析表明,该地的大地冻深为2.1 m。路基内部的温度沿深度方面呈线性分布规律,随着春融期温度的升高,路基深度1.3 m范围内温度升高,而路基深度1.3 m以下温度反而降低。
- 4) 路基湿度场的分析表明,水平方向的湿度基本一致,而在春融期,随着路基表面积雪的融化,路基顶面的温度增大。

参考文献 (References)

- [1] 毛云程,李国玉,张青龙,张坤,穆彦虎. 季节冻土区黄土路基水分与温度变化规律研究[J]. 冰川冻土, 2014, 36(4): 1101-1106.
- [2] 刘戈,章金钊,赵永国. 气候变化对多年冻土变化的影响[J]. 公路, 2008(9): 321-323.
- [3] 范勇强,程培峰,韩春鹏. 寒区公路路基温度和变形的监测与分析[J]. 低温建筑技术, 2015, 37(2): 119-122.
- [4] 刘戈,樊凯,章金钊,吴青柏. 青藏公路工程条件下多年冻土的变化[J]. 中外公路, 2008, 28(1): 25-27.
- [5] 韩春鹏,何东坡,程培峰,任贵波,王海鹏. 寒区公路路基温度场的自动监测与特性[J]. 长安大学学报, 2011, 31(3): 21-26.
- [6] 马巍,余邵水,吴青柏,张鲁新. 青藏高原多年冻土区冷却路基技术现场实效监测研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(3): 563-571.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3458，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org