

# 北京新机场“锅盖效应”一维现场试验

罗汀 曲啸 姚仰平 王乃东 陈经纬

(北京航空航天大学, 北京 100083)

**摘要:** 地表覆盖层使土体表面蒸发效应受阻, 引起水分在不透气的覆盖层下集聚, 导致覆盖层下土体含水率升高的现象被称为“锅盖效应”。“锅盖效应”能够导致覆盖层下含水率升高, 进而引起一系列的工程病害。目前对“锅盖效应”的研究手段主要是案例分析、室内试验和数值模拟, 现场试验几乎未见报道。文章介绍在北京新机场试验基地进行的“锅盖效应”一维现场试验。试验采集了从 2016 年 12 月至 2017 年 4 月各个测点每日的体积含水率和温度数据。试验数据表明, 无隔断条件下的试验土体中出现“锅盖效应”, 验证“锅盖效应”是由土体中的水汽迁移所导致; 对比有隔断和无隔断试验土体体积含水率的变化, 认为隔断层能够有效的抑制“锅盖效应”。

**关键词:** 锅盖效应; 一维现场试验; 含水量; 隔断层

**中图分类号:** TU4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-131X(2019)S1-0233-07

## One-dimensional field test study on ‘pot cover effect’ of Beijing New Airport

Luo Ting Qu Xiao Yao Yangping Wang Naidong Chen Jingwei

(Beihang University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** ‘Pot cover effect’ in this paper refers to the phenomenon whereby moisture accumulates underneath an impervious cover. ‘Pot cover effect’ may lead to a high moisture rate in soil under covering and thus induce engineering disasters. At present, the main researching methods of ‘Pot cover effect’ are limited at case study, laboratory test and numerical simulation. However, there are few reports regarding on the field test of ‘Pot cover effect’. This paper introduces a one-dimensional field test of ‘Pot cover effect’ in Beijing New Airport. Two contrasting conditions, with or without an impervious layer at the depth of 45cm, are tested. The test data from December 2016 to April 2017 are collected. The test results reveal that the ‘Pot cover effect’ appears in the test soil without the impervious layer. It is verified that ‘Pot cover effect’ is caused by water vapor migration in soil. The test data of the test soil with the impervious layer show that the impervious layer can effectively suppress ‘Pot cover effect’.

**Keywords:** pot cover effect; one-dimensional field test; moisture content; impervious layer

**E-mail:** ypyao@buaa.edu.cn

## 引 言

自然界中裸露的土体与大气直接接触并能够进行自由的气体交换。裸露土体中的水分会随着季节的变化, 维持动态的平衡。土体中的水分能够以

气态水的形式蒸发到大气当中, 大气中的水分也能够通过降雨入渗进入到土体当中。同时地下水会以液态或者气态的形式向浅部迁移。

但随着各类工程的开展, 原本大面积裸露的土体被各种隔水隔气的覆盖层所覆盖。这样的例子有机场的跑道、高速公路路面、铁路无砟轨道、房屋结构等。这些覆盖层使得原本裸露的土体表面被密封。覆盖层切断了土体与大气的接触, 使得土体不能与大气进行自由水气交换, 破坏了土体中的水分动态平衡。覆盖层使得原本要蒸发至大气中的水汽在覆盖层下的土体中聚集, 导致该部分土体中的含

基金项目: 国家自然科学基金(51579005, 11272031)、国家重点基础研究发展计划项目(973 计划)(2014CB047006)

作者简介: 罗汀, 博士, 教授

通讯作者: 姚仰平, 博士, 教授

收稿日期: 2019-02-15

水率升高。李强等<sup>[1]</sup>将覆盖层使土体表面蒸发效应受阻,引起水分在不透气的覆盖层下集聚,从而导致覆盖层下土体含水率升高的现象被其称为“锅盖效应”。

“锅盖效应”能够导致覆盖层下含水率升高,进而引起一系列的工程病害。沈阳桃仙机场跑道处地下水位在埋深 30m 处,最大冻深 1.48m,跑道道肩下有 24cm 碎石层。由于机场跑道道肩下的碎石层中出现水分的聚集,冬季冻结后发生冻胀直接导致机场跑道的道肩开裂,引起工程灾害。沈阳机场的地下水水位较深,约在埋深 30m 处,并且道肩下有 24cm 的碎石层,因此沈阳桃仙机场的跑道开裂是典型的“锅盖效应”致灾案例。

这样的工程灾害案例还有很多。在兰州中川机场由于跑道下水分聚集造成机场跑道病害;在新疆干旱半干旱地区,由于路面覆盖层下水分的聚集导致沥青路面开裂、翻浆、不均匀沉降等灾害;敦煌机场跑道出现裂缝、鼓包等病害<sup>[2-3]</sup>。

近些年来越来越多的专家学者参与到对“锅盖效应”的研究中来。罗汀<sup>[4]</sup>、姚仰平<sup>[5-7]</sup>等主要通过室内试验、工程案例等方法验证了“锅盖效应”的存在并得到了“锅盖效应”的至灾特征,并通过分析提出了疏堵结合的防治措施;张如如等<sup>[8-9]</sup>通过数值分析的方法揭示了地表阻滞作用对跑道地基水汽运移的影响规律;滕继东等<sup>[10-12]</sup>通过数值分析的手段再现了“锅盖效应”,并对比了土体在冻结与非冻结状态下“锅盖效应”的特点。

以上结论,分别从案例分析、室内试验和数值模拟的角度印证了“锅盖效应”现象的存在,并揭示了“锅盖效应”的成灾特点。

本文介绍了在北京新机场试验基地进行的“锅盖效应”一维模型现场试验。本次试验的主要目标有三个,首先是在现场环境条件下再现“锅盖效应”。其次是验证“锅盖效应”是由土体中的水汽迁移所引起的。最后是分析隔断层对“锅盖效应”的影响。试验采集了从 2016 年 12 月至 2017 年 4 月的试验数据。

## 1 “锅盖效应”一维模型试验

### 1.1 试验特点

此次在北京新机场开展的“锅盖效应”现场试验是一个一维模型试验,该试验与已有的土体含水量监测试验最大的不同在于以下 3 点。

1) 试验设计了内径为 1.5m,高为 2.5m 的试验

试筒,对试验试筒内壁进行防水处理,保证了试验土体的内水分迁移的一维性。

2) 向试验试筒内回填试验土体的时,对试验土体的初始含水率、干密度进行的控制。

3) 在试验筒底部铺设 30cm 的碎石层,使试验土体不会受到底部边界毛细水分迁移的影响。

这 3 个特点能够保证试验土体所存在环境的边界条件是明确的并能够保证试验土体内水汽进行一维迁移。

### 1.2 试验点的基本情况与试验用土的基本参数

试验基地位于新建的北京新机场施工工地。北京新机场位是建设在北京市大兴区与河北省廊坊市广阳区之间的超大型国际航空综合交通枢纽。该地区属暖温带半湿润、半干旱大陆性季风气候区。北京新机场的总投资约 800 亿元,将建设 4 条跑道、150 个机位的客机坪、24 个机位的货机坪、14 个机位的维修机坪;建设 70 万 m<sup>2</sup> 的航站楼。

本次试验所用的试验土为机场跑道路基回填用土,在新机场试验基地取土样。

### 1.3 传感器简介及传感器含水率读数修正

选用的数据监测采集设备为土体水分温度监测系统以及与该系统配套的温湿度传感器。该监测系统的原理是频域反射法(即 FDR)。FDR 是一种基于土壤介质特性的土壤体积含水率测量方法。FDR 利用电磁脉冲原理测试土壤的表观介电常数,获得体积含水量。

该监测系统与配套的温湿度传感器能够实时监测土体的体积含水率和温度,按时记录并保存所监测到的数据。目前的研究认为,FDR 的传感器的含水率读数会受到温度的影响<sup>[13]</sup>,因此在使用 FDR 的传感器采集数据前需要通过室内试验对传感器的含水率读数进行修正。

在实验室内用现场试验用土制备出不同体积含水率的土样,土样的体积含水率分别为 6%、12%、18%、21%、28%、32%。将土样放置在直径为 30cm、高度为 10cm 的聚丙烯透明圆柱体中。在土样中埋设传感器,将土样温度由 5℃ 逐渐升至 40℃,并在这个过程中记录传感器的体积含水率读数,见图 1。

通过试验发现,该传感器的含水率读数与温度呈线性关系。根据试验结果得到传感器含水率读数修正公式,见式(1)。

$$\theta = \theta_i - \kappa(T - T_0) + \theta_0 \quad (1)$$

式中: $\theta$  为修正后的土体体积含水率; $\theta_i$  为传感器

显示的土体体积含水率； $T$ 为传感器显示的土体温度； $T_0$ 为 20℃； $\kappa$ 为温度修正的斜率值，根据试验结果  $\kappa$ 取 0.12； $\theta_0$ 为偏差值， $T_0$ 取不同值对应的偏差值也不同，根据试验结果在  $T_0$ 取 20℃时， $\theta_0$ 为 2%。

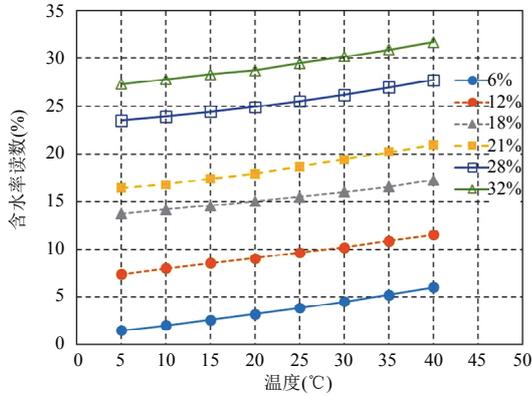


图 1 传感器含水率读数修订试验数据

Fig.1 Test data for moisture content revision of sensors

根据式 (1) 可以对传感器所显示的土体体积含水率读数进行修正。下文中展示的试验土体体积含水率监测值均为修正后的值。

### 1.4 试验设计

北京新机场试验基地进行的“锅盖效应”一维模型试验设置有两个对比的工况。工况 (1) 的试验条件为：试验土体的顶部铺设混凝土覆盖层，试验土体中间埋设传感器；工况 (2) 的试验条件为：在埋深 45cm 处布设隔水隔气的隔断层，其他条件与工况 (1) 完全相同。试验工况见表 1。

表 1 现场试验的两种工况条件

Table 1 Two field test cases

工况	隔断层位置	填土种类	覆盖层材料	覆盖层厚度
(1)	无	粉质黏土	混凝土	10cm
(2)	埋深 45cm	粉质黏土	混凝土	10cm

试验的隔断层材料为塑料布，铺设隔断层能够完全阻止隔断层上下土体的水分和气体交换，起到阻隔水分和水汽迁移的作用。隔断层与试验筒壁间进行密封处理，防止水汽通过隔断层与试验筒壁的缝隙向上迁移。

在北京新机场试验基地进行的“锅盖效应”一维模型试验主要试验步骤有：①开挖试验坑；②试验坑中埋设两个预制的试验试筒；③对试验试筒内壁进行防水处理；④在试验筒底部铺设碎石层；⑤控制回填试验土体含水量；⑥称量并分层回填试验土，保证试验土体的干密度；⑦回填的同时在设计位置埋设传感器、隔断层；⑧浇筑混凝土覆盖层；⑨对

试验土体的温度及含水量进行监测。

试验试筒为两个规格完全相同的预制的混凝土管，混凝土管的外径 1.8m，内径 1.5m，高 2.5m。在试验筒内的底部铺设 30cm 的碎石层。传感器布设在试验筒俯视平面的中心位置，传感器沿埋深垂直向下布设一排，两个工况的传感器布设深度位置一致。测点距覆盖层距离分别为 0、3cm、6cm、10cm、15cm、20cm、30cm、45cm、60cm、90cm、140cm 和 200cm。试验设计的剖面图见图 2。

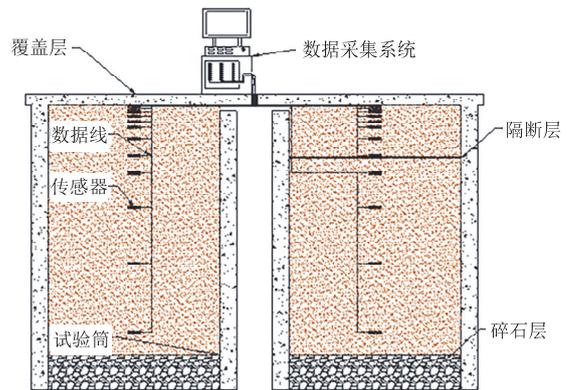


图 2 试验剖面图

Fig.2 Test profile

### 1.5 试验施工方法简述

在现场圈定试槽的位置，按照试验设计的要求将试验试筒埋设在试验场地中，见图 3。



图 3 埋设试验试筒

Fig.3 Set up test tube

在试验试筒内壁贴塑料膜，对试验试筒内壁进行防水处理。按照试验设计要求，在试验试筒底部铺设碎石层，见图 4。

控制回填土体的含水量，用微波法测定土体的含水量，通过加热的方法降低土体含水量，通过搅拌方式保证土体含水量均匀。试验土体进行分层回填并埋设传感器。在试验试筒顶部浇筑混凝土覆盖

层, 见图 5。现场取土样测定回填并压实后试验土体的干密度。各分层回填土体的干密度的平均值为  $1.31\text{g}/\text{cm}^3$ 。



图 4 铺碎石层

Fig.4 Spread gravel layer



图 5 浇筑混凝土覆盖层

Fig.5 Cast concrete cover

## 2 试验数据分析

本次现场试验采集了从 2016 年 12 月至 2017 年 4 月间试验土体的温度与体积含水率数据, 在这期间试验土体完整的经历了一个冬季的气温变化的影响。

### 2.1 隔断层对温度场分布的影响

图 6 展示了 2016 年 12 月 24 日、2017 年 4 月 24 日两个试验坑中土体温度数据。图 6 中所示温度数据表明, 处在有、无隔断层条件下的温度分布基本一致。这说明了隔断层的铺设没有影响土体中温度的传导, 没有改变土体中温度的分布。两试验工况条件下的土体所处的温度场一致。

### 2.2 冬季前后的土体含水率分布

对比冬季前后工况 (1) 无隔断层条件下体积含水率分布的变化, 对含水量冬季前后变化进行分析, 见图 7。

图 7 为无隔断层条件下的试验土体在 2016 年

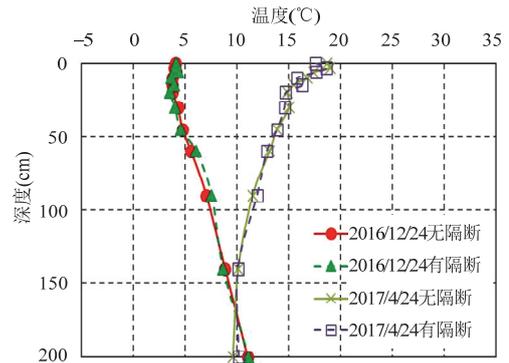


图 6 无隔断层和有隔断层的土体温度分布

Fig.6 The temperature distribution of the two cases

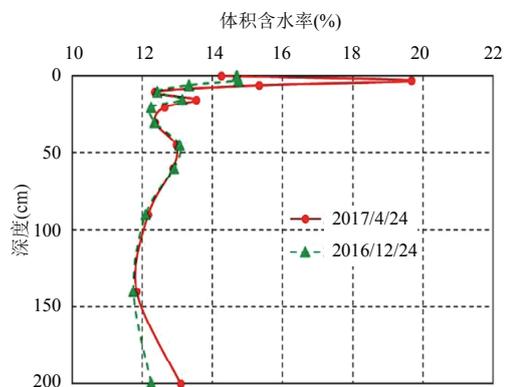


图 7 2016 年 12 月 24 日与 2017 年 4 月 24 日无隔断层含水率分布

Fig.7 Water content gradients in December 24, 2016 and April 24, 2017 without impervious layer

12 月 24 日与 2017 年 4 月 24 日体积含水率分布图, 可以发现经历了完整的一个冬季后处在埋深 0~20cm 位置的试验土体的体积含水率普遍上升, 其中埋深位置为 3cm 处的体积含水率增量最大。选择埋深位置为 3cm 和 15cm 的两测点为分析浅部含水量变化的特征点。经过了一个冬季, 埋深 3cm 位置的试验土体的体积含水率由 12.74% 增长到了 17.98%, 增长量为 5.24%。埋深 15cm 位置的试验土体的体积含水率由 11.13% 增长到了 12.62%, 增长量为 1.49%。通过直观的数据值, 可以发现经过了一个冬季, 浅部土体的体积含水率出现了明显的上涨。这说明经过一个冬季后, 覆盖层下的浅部土体的含水率出现了上升, 试验土体中出现了“锅盖效应”。

埋深 30~140cm 位置的试验土体的含水量变化很小, 选择 45cm 和 90cm 埋深位置测点为两个特征点进行分析。同样经过一个冬季, 埋深 45cm 位置的试验土体的体积含水率的变化量为 -0.07%。埋深

90cm 位置的试验土体的体积含水率的变化量为 0.05%。深部土体含水率变化数据说明,在远离覆盖层的深部土体中没有出现含水率上升的情况。

另外埋深 200cm 处,试验土体的含水量也发生了上涨,其体积含水率由 10.25% 增长到了 11.13%,增长量为 0.88%。并且从整体含水量分布数据来看,2017 年 4 月 24 日试验土体内的含水率分布整体要高于 2016 年 12 月 24 日试验土体内的含水率分布,这说明试验筒内有新水分补充进来。由于试验土体底部为 30cm 厚的碎石层,碎石层下部土体中的水不能通过毛细作用传过碎石层向上迁移至试验筒中,因此认为试验土体中增长的水量是由土体中的水汽迁移补充所致。这也验证了“锅盖效应”是由水汽迁移所导致的。

通过对图 7 中数据的分析,得到了以下的结论:①经过一个冬季后,无隔断条件下的试验土体中出现了“锅盖效应”;②“锅盖效应”是由水汽迁移所导致的。

### 2.3 隔断层对“锅盖效应”的抑制作用

对比冬季前后工况(1)有隔断层条件下体积含水率分布的变化,对含水量冬季前后变化进行分析,见图 8。

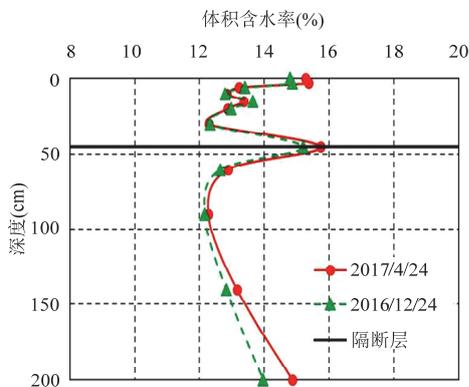


图 8 2016 年 12 月 24 日与 2017 年 4 月 24 日有隔断层含水率分布

Fig.8 Water content gradients in December 24, 2016 and April 24, 2017 with impervious layer

图 8 为有隔断层条件下的试验土体在 2016 年 12 月 24 日与 2017 年 4 月 24 日体积含水率分布图。经历了完整的一个冬季后处在隔断层上部的试验土体的体积含水率基本没有发生变化。埋深 3m 位置的试验土体的体积含水率的变化量为 0.06%。埋深 30cm 位置的试验土体的体积含水率的变化量为 0.05%。浅部土体的体积含水率在冬季前后几乎没有变化。

埋深 45m 位置的试验土体体积含水率的变化量为 0.05%。埋深 90cm 位置的试验土体体积含水率的变化量为 0.1%。深部位置土体的含水率也基本没有变化。这说明在铺设隔断层的工况条件下,试验土体中没有出现“锅盖效应”。

对比图 7 与图 8 中试验数据所得结论,同样的温度条件经历了相同的时间,在无隔断条件的试验土体中出现了“锅盖效应”,而在铺设隔断层条件下的试验土体中没有出现“锅盖效应”,这说明隔断层能够抑制“锅盖效应”。

通过对图 8 中数据的分析,得到了以下的结论:①经过一个冬季后,有隔断条件下的试验土体中没有出现“锅盖效应”;②隔断层能够抑制“锅盖效应”。

### 2.4 隔断层作用原理分析

李强等<sup>[1]</sup>认为“锅盖效应”的产生机理是:由于气候等原因导致土体浅部与土体深部产生了足以驱动土体中水汽迁移的温差,在此温差的作用下土体中的水汽向浅部移动,并在覆盖层下的土体冷凝(冻)并聚集。

从“锅盖效应”的产生机理中,可以总结出产生“锅盖效应”必须要同时满足两个条件:条件一为有充足的能够自由补给的水汽;条件二为有足够驱动水汽迁移的温差。将充足的水汽补给条件称为“锅盖效应”产生的内因。将温差条件称为“锅盖效应”产生的外因。只有同时满足内因和外因两个条件,土体中才会产生“锅盖效应”。

将处于工况(1)无隔断层、工况(2)有隔断层条件下的试验土体简化为一维土柱的模型进行分析,图 9(a)为工况(1)无隔断模型,图 9(b)为工况(2)有隔断模型。

模型(a)的土体下部有水汽的补充,因此其满足“锅盖效应”产生的内因。假设模型(a)土体的上下表面温差足够驱动水汽迁移即满足“锅盖效应”产生的外因,那么土体中的水汽就会源源不断的向浅部迁移,并在覆盖层下聚集,此时模型(a)中就会产生“锅盖效应”。

由于隔断层的存在,将模型(b)分为上部的土柱 I 和下部的土柱 II 两部分,土柱 I 和土柱 II 中的水汽不能进行自由交换,因此土柱 I 得不到充足的水汽补充,无法满足“锅盖效应”产生的内因,在土柱 I 中无法产生“锅盖效应”;土柱 II 的底部有足够的水汽补充,但土柱 II 所对应的温差为隔断层与底部的温度差,如果合理控制隔断层的位置,使土柱 II 的温差始终不足以驱动水汽迁移,就破坏了土

柱 II 中“锅盖效应”产生的外因,使土柱 II 中无法产生“锅盖效应”。

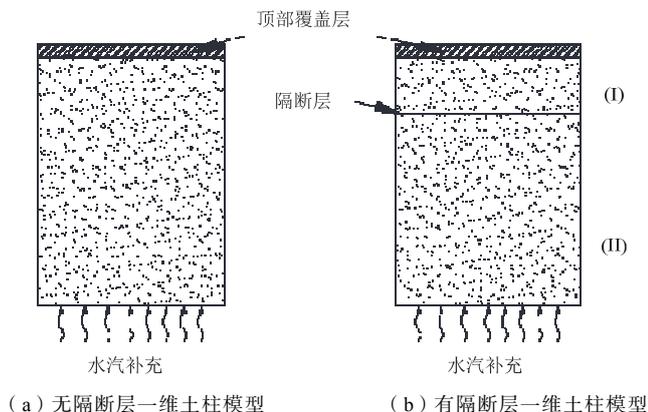


图 9 一维土柱模型图

Fig.9 One-dimensional soil model

总结上述,通过设置隔断层,能够使处于隔断层上部的土体中没有充足的水汽补充,破坏了“锅盖效应”产生的内因;同时使处于隔断层下部的土体中的温差不足以驱动水汽的迁移,破坏了“锅盖效应”产生的外因。隔水隔气的隔断层能够抑制“锅盖效应”的产生,本质上是因为隔断层破坏了“锅盖效应”产生的机理。

### 3 结论

本文介绍了在北京新机场试验点进行的“锅盖效应”现场一维模型试验。试验设置了有隔断层和无隔断层两个对比工况。试验采集了一个完整冬季的试验数据。本试验的具体结论如下。

(1) 经过一个冬季后,无隔断条件下的试验土体中出现了“锅盖效应”。

(2) “锅盖效应”是由水汽迁移所导致的。

(3) 经过一个冬季后,有隔断条件下的试验土体中没有出现“锅盖效应”,隔断层能够抑制“锅盖效应”。

(4) 隔断层是通过破坏“锅盖效应”形成的内因或外因而起到抑制“锅盖效应”的作用的。

#### 参 考 文 献

[1] 李强,姚仰平,韩黎明,等. 土体的“锅盖效应”[J]. 工业建筑, 2014, 44(2):69-71 (Li Qiang, Yao Yangping, Han Liming, et al. Pot-cover effect of soil [J]. Industrial Construction, 2014, 44(2): 69-71 (in Chinese))  
 [2] 姚仰平,王琳,王乃东,等. 锅盖效应的形成机制及其防治[J]. 工业建筑, 2016, 46(9): 1-5 (Yao Yangping, Wang Lin, Wang Naidong, et al. Mechanism of forming

pot-cover effect and its prevention [J]. Industrial Construction, 2016, 46(9): 1-5 (in Chinese))  
 [3] 姚仰平,王琳,王乃东. 干寒区锅盖效应致灾特征及案例分析[J]. 工业建筑, 2016, 46(9): 21-24 (Yao Yangping, Wang Lin, Wang Naidong. Analysis of disaster characteristics and cases of pot-cover effect in dry and cold areas [J]. Industrial Construction, 2016, 46(9): 21-24 (in Chinese))  
 [4] 罗汀,曲啸,王乃东,等. 北京大兴国际机场冬季地温变化分析研究[J]. 工业建筑, 2016, 46(9): 17-20 (Luo Ting, Qu Xiao, Wang Naidong, et al. Geothermal temperature characteristics of Beijing Daxing International Airport in winter [J]. Industrial Construction, 2016, 46(9): 17-20 (in Chinese))  
 [5] 王乃东,马梓棋,姚仰平,等. 试验时间和初始含水率对土体水气迁移的影响分析[J]. 工业建筑, 2016, 46(9): 13-16 (Wang Naidong, Ma Ziqi, Yao Yangping, et al. Analysis of moisture migration affected by test period and initial water content [J]. Industrial Construction, 2016, 46(9): 13-16 (in Chinese))  
 [6] 罗汀,陈含,姚仰平,等. 锅盖效应水分迁移规律分析[J]. 工业建筑, 2016, 46(9): 6-9 (Luo Ting, Chen Han, Yao Yangping, et al. Analysis of water migration characteristics of pot-cover effect [J]. Industrial Construction, 2016, 46(9): 6-9 (in Chinese))  
 [7] 王乃东,李成志,姚仰平,等. 锅盖效应中土体温度场变化规律的试验研究[J]. 工业建筑, 2016, 46(9): 10-12, 20 (Wang Naidong, Li Chengzhi, Yao Yangping, et al. Research on the variation of the temperature field in soil for pot-cover effect tests [J]. Industrial Construction, 2016, 46(9): 10-12, 20 (in Chinese))  
 [8] 张如如,赵云,徐文杰,等. 温度作用下机场跑道土基中水气运移规律分析[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2016, 50(5): 822-830 (Zhang Ruru, Zhao Yun, Xu Wenjie, et al. Water-gas migration analysis in runway subgrade soil under influence of temperature [J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2016, 50(5): 822-830 (in Chinese))  
 [9] 张如如. 季节性温度变化引起机场跑道“锅盖效应”数值及试验研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016 (Zhang Ruru. Numerical and experimental research on the “pot-cover” effect in airport runways caused by seasonal temperature change [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016 (in Chinese))  
 [10] 滕继东,贺佐跃,张升,等. 非饱和土水气迁移与相变:两类“锅盖效应”的发生机理及数值再现[J]. 岩土工程学报, 2016, 38(10): 1813-1821 (Teng Jidong, He Zuoyue, Zhang Sheng, et al. Moisture transfer and phase change in unsaturated soils: physical mechanism and numerical model for two types of “canopy effect” [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2016, 38(10): 1813-1821 (in Chinese))  
 [11] 张升,贺佐跃,滕继东,等. 非饱和土水汽迁移与相变:两类“锅盖效应”的试验研究[J]. 岩土工程学报, 2017, 39(5): 961-968 (Zhang Sheng, He Zuoyue, Teng Jidong, et al. Water vapor transfer and phase change in unsaturated soils: experimental study on two types of canopy effect [J]. Chinese Journal of Geotechnical

- Engineering, 2017, 39(5): 961-968 (in Chinese))
- [12] Zhang S, Teng J, He Z, et al. Canopy effect caused by vapour transfer in covered freezing soils [J]. Géotechnique, 2016, 66(11): 927-940
- [13] Bittelli M, Salvatorelli F, Pisa P R. Correction of TDR-based soil water content measurements in conductive soils [J]. Geoderma, 2008, 143(1): 133-142

罗 汀 (1957— ), 女, 博士, 教授。从事岩土本构理论及非饱和土力学等方面研究。

曲 啸 (1988— ), 男, 博士研究生。从事非饱和土力学等方面研究。

姚仰平 (1960— ), 男, 博士, 教授。从事岩土本构理论及机场、公路、铁路中的岩土工程问题等方面研究。

王乃东 (1981— ), 男, 博士, 讲师。从事岩土本构关系与数值计算、机场规划与设计等方面研究。

陈经伟 (1992— ), 男, 硕士。从事非饱和土力学等方面研究。