

## 透水砖研究现状及其影响性能因素

赵礼兵, 王帅, 李国峰, 刘立伟

(华北理工大学矿业工程学院, 河北 唐山 063210)

**摘要:** 透水砖是用矿山尾矿和废渣制备出的一种路面砖, 因在众多领域得到应用, 透水砖的研究成为世界各国的热点。本文阐述了透水砖的概念、国内外发展现状、透水砖的制备工艺流程、透水砖的分类、特点和影响其性能的因素。

**关键词:** 透水砖; 烧成温度; 透水系数; 成型压力

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2019.05.002

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2019) 05-0006-03

随着社会经济的快速发展, 城市化区域不断扩大, 大多数路面材质为水泥和沥青, 并且这些材质都没有透水功能, 部分地区水泥和沥青路面已经达到 80% 左右, 这就会引起城市路面硬化率较高, 雨雪天气容易大面积积水, 下水急剧减少而引起的地面塌陷和“城市沙漠化”等问题。透水砖是以自身的一些特点, 通过透水 and 透气性来使水渗入到地下, 保持土壤润湿, 又可通过补充地下水来减缓城市气温和地表温度过高等问题的一种材料。

尾矿是在选矿分选过程中产出最后的固体废弃物, 是最主要工业固体废弃物之一。2013 年, 我国尾矿总产生量 16.49 亿 t<sup>[1]</sup>, 同比增长 1.73%, 尾矿综合利用量为 3.19 亿 t, 同比增长 7.96%, 综合利用率为 18.9%。2015 年, 我国尾矿产量已经超过 146 亿 t, 截止 2015 年底尾矿堆存超过 75 亿 t<sup>[2]</sup>。透水砖可以减少尾矿占地面积, 提高资源的利用率, 在给环境减轻负担的同时增加经济效益, 并且透水砖的色彩会给城市增加艺术美感。

## 1 透水砖的发展历程

由于全世界对透水砖的需求量增大, 研究者对透水砖的各项性能都在不断提高来满足社会需求。德国、日本和美国等国家都制定了推广透水性

能路面的相关法规, 取得了巨大的成效<sup>[3]</sup>。德国从 20 世纪 60 年代起就采用了透水材料铺装路面, 到 2010 年, 把全国城市的 90% 的路面改造为透水路面<sup>[4]</sup>。日本为解决地下抽水而下沉的这个问题, 推行了“雨水地下还原”对策, 应用于公园广场、城市道路等方面, 截止 1996 年东京透水性材料的铺设就已经达到了 49.5 万 m<sup>2</sup>。在 1960 年, 美国就使用透水沥青路面来取代其他路面, 在 20 世纪 70 年代开始美国的佛罗里达州也已经铺设透水路面<sup>[5]</sup>。

国内对透水砖的探索比较晚, 但也获得了较大的进展。从 1995 年问世到 2005 年, 普通水泥透水砖平均每年推广不足 10000 m<sup>2</sup>。2006 年全国普通水泥透水砖的应用量突增到 100 万 m<sup>2</sup> 左右<sup>[6]</sup>, 2008 年全国透水砖市场容量已达到 500 万 m<sup>2</sup> 左右。近几年来透水砖已经迎来了一个全新的时期, 以北京、上海、天津和西安为例, 仅这四大城市的总需求量已经超过 1 亿 m<sup>2</sup> 以上<sup>[7]</sup>, 这还不包括城市新建发展的需求部分。假如按总量的 10% 来计算需求量的话, 年需求量已超过 1000 万 m<sup>2</sup>。市场需求也促进了我国透水砖的发展, 2005 年 7 月由咸阳陶瓷研究院起草的陶瓷透水砖的相关标准通过审议并开始试施, 透水砖行业标准不仅更好地规范了透水砖市场, 也更好地促进透水砖的健康发展<sup>[8]</sup>。

收稿日期: 2018-06-11; 改回日期: 2018-07-27

基金项目: 河北省自然科学基金(E2017209174); 河北省自然科学基金(E2018209089)

作者简介: 赵礼兵(1978-), 男, 硕士, 副教授, 主要从事矿产资源综合利用技术研究工作。

## 2 透水砖的分类和特点

### 2.1 透水砖分类

透水砖总体可分为陶瓷透水砖和非陶瓷透水砖两大类<sup>[9]</sup>。陶瓷透水砖是以尾矿和废渣作为主要材料,先经过破碎和混料,再成型和干燥,最后焙烧制得。非陶瓷透水砖与陶瓷透水砖本质区别就是不需要烧制成型,它的主要原料为无机非金属材料,经过粘结剂成型、养护和固化,制备出符合国家标准指标的砖体材料。

### 2.2 透水砖的特点

透水砖是由废料经过一系列的加工制备成的绿色环保型材料。其特点包括:(1)通过其透水性和透气性,让雨水及时的向地下渗入,即可使土壤里的水分和地下水得到补充,又可使土壤保持充足的湿润度,同时有助于城市地面植物的生长;(2)它能吸收水分和多余的热量,还能调节地表局部的温湿度,对调节城市气候和地表温度起到了一定的效果;(3)可减轻城市排水和预防洪水,对处理污水和避免公共水域的污染起到了突出的作用;(4)可以试现雨后不积水,雪后不打滑,方便市民安全出行<sup>[7]</sup>;(5)透水砖表面呈现出微小凹凸,可避免路面反光,吸收车辆行驶过程中产生的噪音,增加车辆通行的舒适度和提高安全性;(6)透水砖色彩多样、自然朴试,可以与周围色调完美的结合在一起,更能突出城市的层次美和艺术感。

## 3 制备条件对透水砖性能的影响

影响透水砖的因素有很多,如透水系数和透水砖的强度,此外还有原料、烧成温度、粒度、助溶剂添加量等。透水砖的表征方法包括:样品的力学性能、抗压强度、抗折强度、耐磨性能、透水系数、保水性能和表现体积密度的测定。

### 3.1 烧成温度对透水砖的影响

透水砖的性能指标有时为此消彼长,所以要全面考虑它们的关系,根据自己需求进行相对应的配比。李国昌<sup>[10-11]</sup>试验结果表明,烧成温度的逐渐提高或者降低对透水砖的气孔率、成型压力影响不显著,但抗折和抗压强度随着烧成温度的提高呈上升趋势;在黄金尾矿为主要原料的研究中发现,气孔率与烧成温度成正比,随着烧成温度升高,透水系数先上升后下降<sup>[12]</sup>;同时在赤泥透水砖的研

究中最终得出骨料的烧制温度为1150℃<sup>[13]</sup>。戴武斌等<sup>[14]</sup>在试验探索中发现,透水砖的烧成温度与力学性能成正比,而随着烧成温度提高,气孔率下降。李利方<sup>[15]</sup>利用陶瓷制备透水砖时,发现烧制温度与气孔率和吸水率成反比,体积密度与烧成温度成反比,最终烧制温度定在1100℃。

可以看出烧成温度较高或较低时,都会导致裂纹或风裂等烧成缺陷,但在可调控范围内降低烧成温度会节约能源和提高透水性的目的。透水砖制备时烧成温度一般都很高,因此对烧制设备选择也比较严格。

### 3.2 保温时间对透水砖的影响

保温时间对透水砖的制备起到比较重要的作用。在保温时间较长时,会导致透水砖的骨架变形。当保温时间较短,样品里的粘结剂的熔融程度不高,气孔较多,并且气孔孔径也大<sup>[16]</sup>。廖奇丽<sup>[17]</sup>在研究透水砖性能的时候发现,直接加温到顶点,而中间部分不保温会导致透水砖黑心或变形等缺陷。

汪永清<sup>[18]</sup>在研究陶瓷透水砖中发现,保温时间延长抗折强度有递增的趋势,在保温时间超过45 min时,孔隙半径呈下降趋势,透水系数降低,最终保温时间选择为30 min。饶玲丽<sup>[19]</sup>制备透水砖时发现,在相同的烧成温度下,保温时间不同时,空隙率和透水系数与保温时间呈反比,强度随保温时间的延长而提高,试验最终确定保温时间1 h。吕淑珍<sup>[20]</sup>在制备陶瓷透水砖时,详细说明了在烧成温度1150℃时,保温时间的延长,会导致抗压强度提高,透水系数降低。

### 3.3 抗压强度和成型压力对透水砖性能的影响

不同街道对透水砖的抗压强度也是有不同要求的,有数据显示人行横道抗压强度一般不小于30 MPa、轻型车道一般不小于40 MPa、重型车道一般不小于50 MPa。

成型压力对透水砖的生坯影响较大,压力较大会影响透水性,也会造成尺寸过大;压力过小时,生坯强度过低会造成半成品损耗过大,成品裂纹增多<sup>[21]</sup>。李德忠<sup>[1]</sup>在制备高强度透水砖中证明,成型压力随着抗压强度的增加而增大,透水系数与成型压力成反比。赵亚兵等人<sup>[17]</sup>在制备环保型的透水砖的过程中发现,随成型压力增大,样品的吸水率和透水系数呈减小趋势,但是抗压和抗折强度呈上升趋势。戴武斌<sup>[10]</sup>在研究环保型透水砖时发现,相对粒径较窄时,成型压力对透水系数影响很小。

李国昌<sup>[8]</sup>利用黄金尾矿制备透水砖时,详细阐述了成型压力和练泥遍数的增加、保温时间的延长均会降低透水系数。李利方<sup>[15]</sup>用陶瓷制备透水砖时,发现成型压力可以直接影响坯体的强度、致密度和烧结度,最终确定成型压力为 10 MPa。

### 3.4 骨料粒径、原料粒度对透水砖性能的影响

在制备透水砖时骨料的粒径和原料粒度对透水砖的性能影响也较为突出。周佳<sup>[16]</sup>发现骨料的粒径较大时会导致强度降低、孔隙率升高,透水率增大,最终确定骨料粒径为 2.5~10 mm。李国昌<sup>[10-11]</sup>探索发现,样品的抗压强度和抗折强度均与原料的粒度成正比,与平均孔径成反比;透水系数变化不大但也随着原料的粒度的增大呈现减小的趋势,并且气孔总体呈变大的趋势,最终在 0.25~0.18 mm 出现最优值。赵亚兵<sup>[8]</sup>在煤矸石制备透水砖的研究中发现,随着煤矸石的粒径的减小,样品的比表面积增大,由于有效孔隙随粒径的减小而降低,透水系数降低,导致吸水率、抗压强度和抗折强度均增加。

## 4 展 望

采用完善的透水砖制备工艺由矿山尾矿和废渣制造透水砖,对减少环境污染和改善生态环境有积极的作用。我们在应用和研究发展透水砖的同时,可以针对透水砖的使用年限、透水路面系统的构造设计和排水管设计等问题进行进一步研究,以便在试应用中使透水砖的性能得到充分发挥。

## 参考文献:

- [1] 李忠德,倪文,刘杰,等.铁尾矿制备高强高性能透水砖[J].新型建筑材料,2016(11):52-54.
- [2] 马亚梦,谭秀明,毛香菊.典型铁尾矿库重金属污染评价及生态修复建议[J].矿产保护与利用,2016(3):49-56.
- [3] 薛明,曹巨辉,汪宏涛,等.透水砖在环境保护领域的研究应用及发展前景[C].中国环境科学学会 2008 年学术年会,2008.
- [4] 董徐奋.透水混凝土在道路工程中的应用研究[J].四川建材;2009(6):13-16.
- [5] Smith T, Tighe S, Fung R. Concrete pavements in Canada: A review of their usage and performance[C]. Halifax, Nova Scotia: 2001 annual conference and exhibition of the transportation association of Canada, 2001: 16-19.
- [6] 唐亮.会呼吸的砖-透水砖的发展现状和发展趋势[J].住宅产业,2010(9):23-24.
- [7] 张栋,齐敏.透水砖的优势及市场前景分析[J].砖瓦,2014(1):38-40.
- [8] 赵亚兵,张新朋,吴楠,等.环保免烧煤矸石透水砖的制备方法及其透水性能[J].硅酸盐通报,2014,33(12).
- [9] 黄志勇,陈非,林甄领.透水砖对淡水资源及城市生态环境的保护综述[J].瓦砖,2016(35).
- [10] 李昌国,王萍,工艺条件对多孔透水砖基本性能的影响[J].新型建筑材料,2005(7):26-29.
- [11] 李昌国,王萍,工艺条件对多孔透水砖基本性能的影响研究[J].新型建筑材料,2005(1):15-18.
- [12] 李昌国,王萍,黄金尾矿透水砖的制备及性能研究[J].金属矿山,2006(6):78-82.
- [13] 李昌国,王萍,赤泥透水砖的制备及性能研究[J].金属矿山,2009(12):154-157.
- [14] 戴武斌,曾令可,王慧.透水砖的研究现状及发展前景[J].砖瓦,2007(8):6-10.
- [15] 李利方,孙国梁,余剑锋,等.环保釉面陶瓷透水砖的研制[J].中国陶瓷工业,2011,18(1):9-12.
- [16] 周佳,倪文,李建平.无水泥钢渣路面透水砖研制[J].非金属矿,2004(6):16-18.
- [17] 廖奇丽,江伟辉,虞澎澎,等.工艺参数对陶瓷透水砖性能影响的研究[J].新型建筑材料,2007(4):29-32.
- [18] 汪勇清,鲍志蕾,杨柯,等.利用赣南稀土尾砂制备陶瓷透水砖的研究[J].Journal of Ceramics,2015(36):260-265.
- [19] 饶玲丽,曹建新,张洪波,等.粉煤透水砖的制备研究[J].砖瓦世界,2006(9):42-44.
- [20] 吕淑珍,顾幸勇.利用萤石尾砂和珍珠岩废矿粉研制陶瓷透水砖[J].新型建筑材料,2009(8):31-34.
- [21] 马云龙.透水砖透水性和强度的影响因素[J].佛山陶瓷,2005(5):10-13.

## Current Situation and Influencing Factors of Permeable Brick

Zhao Libing, Wang Shuai, Li Guofeng, Liu Liwei

(North China university of technology, School of mining engineering, Tangshan, Hebei, China)

**Abstract:** Permeable brick is a kind of pavement brick made from tailings and waste residue. Because of its application in many fields, the study on permeable brick has become a hot spot in the world. This paper described the concept of the pervious brick, the development status at home and abroad, the process and classification of the preparation of the permeable brick, the characteristics of the permeable brick and the factors affecting the permeable brick, as well as the development trend of the permeable brick.

**Keywords:** Permeable brick; Firing temperature; Permeability coefficient; Molding pressure