

透光混凝土研究进展

姜志国¹ 于 丰¹ 张 均¹ 姚 明^{1*} 夏春蕾^{2*} 杨 晶² 杨思忠³

(1.北京化工大学,北京 100029;2.北京市市政工程研究院,北京 100037;
3.北京市住宅产业化集团,北京 100161)

摘 要 透光混凝土随着模块化建筑的发展而兴起,是新生的具有艺术效果的功能建筑材料。简单介绍了透光混凝土的起源、应用特点及建筑案例,着重介绍了透光混凝土的制备工艺以及功能化进展,并对透光混凝土的发展方向进行了展望。

关键词 混凝土,透光,功能化,工艺,装饰,建筑

Research progress of light conductive concrete

Jiang Zhiguo¹ Yu Feng¹ Zhang Jun¹ Yao Ming¹ Xia Chunlei² Yang Jing² Yang Sizhong³

(1.Beijing University of Chemical Technology,Beijing 100029;2.Beijing Municipal Engineering Research Institute,Beijing 100037;3.Beijing Housing Industry Group,Beijing 100161)

Abstract Light conductive concrete, which springs up with the development of modular architecture, is a new functional building material with artistic effect. The origin, application characteristics and construction cases of light conductive concrete were briefly introduced. The preparation technology and its development, as well as the functional progress of light conductive concrete were emphatically introduced. Finally, the development direction of light conductive concrete was prospected.

Key words concrete, light transmission, functionalization, process, decoration, architecture

2001 年,匈牙利建筑师 Aron Losoncz 在布达佩斯看到一件由玻璃和混凝土做成的艺术品,突发奇想,把玻璃纤维植入水泥中,创造出一种新型的混凝土—透光混凝土^[1]。Aron Losoncz 在 2002 年申请了透光混凝土的专利,而后于 2004 年成立了 Litracon 公司,从事研究、生产以及销售透光混凝土产品。自 2008 年开始,意大利水泥集团也致力于透光混凝土的开发,其产品被用于建造 2010 年上海世博会意大利馆^[2]。意大利馆开馆后,被全球 350 多家报纸杂志争相报道,让大众直观感受到了透光混凝土的独特魅力。上海世博会之后,国内掀起了透光混凝土的研究热潮。

1 透光混凝土

透光混凝土是将光学纤维、塑料树脂等透光材料与混凝土结合,形成一种具有半透明效果的混凝土材料。这种半透明效果不仅在于透光混凝土对光线的传输能力,而且人眼能对穿过透光混凝土的点状光线进行加工、重构,让我们可以看到透光混凝土

背后物体轮廓的影像。

透光混凝土是一种新颖而高端的建筑材料。用透光混凝土作为墙体材料的建筑,生动诠释了光与影的魅力。白天,阳光能透过墙体照进室内,可改善采光,节约照明用电。夜晚,建筑内部的灯光能穿过墙体透到室外,室外能看到室内人员的身影,给建筑增添了生机与灵动性。同时,透光混凝土也是装饰材料中的新宠,透光混凝土的应用使整个空间变得轻盈、明快、通透,能达到意想不到的景观效果^[3]。

透光混凝土不仅可用来建造墙体,还可以用来制作前台、雕塑、公司 logo 和灯罩等构件。透光混凝土已有过很多成功的建筑案例,除了 2010 年上海世博会意大利馆外,还有 2011 年在曼谷建造的意大利泰国使馆^[2]、塞拉博物馆主入口大门、巴黎匈牙利大使馆接待处、伊贝维尔郊区退伍军人纪念馆以及日本东京的万宝龙专卖店等^[1]。

2 制备工艺

透光混凝土经过多年发展,其制备工艺也经历

作者简介:姜志国(1965-),男,博士,主要从事聚氨酯基功能高分子材料研究与应用开发。

联系人:姚明;夏春蕾。

了多次发展与创新。在整个透光混凝土的制备工艺中,最难实现的是透光材料在水泥砂浆中的排布和定位。笔者对透光混凝土制备工艺的关注集中在透光材料的分散方式和定位方法,也主要从透光纤材料分散与定位这一角度去研究透光混凝土的制备工艺。

2.1 平铺法

Litracon 公司作为最早生产透光混凝土的企业,所采用的制备工艺就是平铺法。根据该公司在2003年公布的技术资料显示,其透光混凝土制备工艺大致有以下几个步骤:(1)在加长模具中平铺一层砂浆;(2)沿模具的纵向铺上一层透光纤材料,使透光纤之间保持平行;(3)振捣砂浆或是给模具施加机械力,让透光纤材料沉入砂浆中;(4)重复上述3个步骤直到砂浆和透光纤充满模具;(5)待砂浆固化后,取出水泥条,将其沿横向切割,制成多块透光混凝土砌块^[4]。

此方法最大的特点是铺一层砂浆后,紧接着铺一层透光纤,纤维层和砂浆层交替出现。这种制备工艺不需要复杂的模具,但不足的地方在于水泥浆体厚度不易控制,制得的透光混凝土的透光层厚度不均匀,透光单元的分布毫无规律。

2.2 原位浇注法

有中国专利^[5]提供了一种透光混凝土的制备方法,先在半固化水泥砂浆上打孔,然后在孔中浇注透明树脂,待树脂与砂浆一起固化后脱模,形成透光混凝土。此种制备工艺可依靠不同的钻孔位置,精确制得不同透光样式的透光混凝土。另外,此种制备工艺所用透光材料为树脂,其价格远低于目前透光混凝土普遍使用的透光纤材料。

2.3 模具定位法

有专利^[6]提供了一种透光混凝土构件及其制造工艺方法。此种制备工艺采用3块光纤固定模板,在3块光纤固定模板上钻出大量直径略大于光纤的光纤圆孔。并在3块光纤固定模板上的两边中部钻取用于穿过固定螺杆的螺杆圆孔,使其上下两块光纤固定模板的螺杆圆孔位置一致,而且中间这块的螺杆圆孔位置相对于上下两块的螺杆圆孔位置错开一定距离。将光纤穿过3块光纤固定板的光纤圆孔,而后移动中间一块光纤固定模板,使3块光纤固定模板的螺杆圆孔对齐,并用螺杆固定,其后浇注砂浆固化成型。此方法能制备出透光材料分布较为均匀的透光混凝土,但只适用于对较粗的透光纤纤维丝的定位,对于较细的透光纤纤维丝不具备良好的定位

效果。

另外,还有中国专利 200710007521.X^[7]还提供了一种透光混凝土生产模组及其快速生产方法,可依照不同设计要求制得不同尺寸、不同透光率的透光混凝土块。该方法所用模具见图1。由图可知,模具的顶模和底模上有规则的孔洞,透光纤丝依次穿过顶模和底模上的孔洞,从而实现对透光材料的规则定位。用此种方法生产出来的透光混凝土,不仅透光层厚度均匀,而且透光单元在水泥块端面的分布也是规则的。但此方法存在两点不足,一是将透光纤丝穿过顶模和底模孔洞这一过程,工作量较大,操作缓慢;二是相邻底模间有大量透光纤未被制备在透光混凝土中,透光纤材料利用率低,提高了成本。

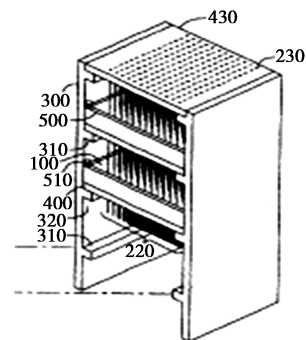


图1 专利 200710007521.X 模具示意图
(100:透光混凝土单元;220:出光端;230:卡止部;
300:侧模;310:定位部;320:内表面;400:底模;
430:顶模;500:边模;510:定位栓)

还有一种更为方便快捷的透光混凝土生产方法^[8],此制备工艺也是通过带有规则孔洞的隔板实现对透光纤纤维丝的定位,所用模具见图2。由图可知,在布置好透光纤纤维丝后,浇注水泥砂浆,待砂浆固化后再切割成需要的长度,制得多块透光混凝土砌块。相比专利 200710007521.X 所用模具,其带孔隔板数目较少,缩短了穿插纤维所消耗的时间,

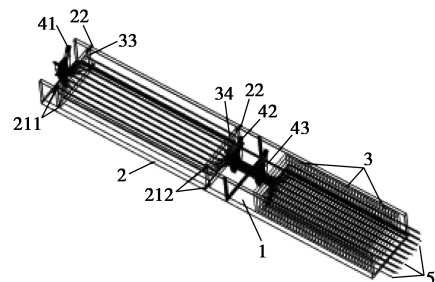


图2 专利 201210070586.X 模具示意图
(1:预备槽;2:成型槽;3:隔板;5:光纤;22:固定销;
33:第一隔板;34:第二隔板;41:第一固定夹;42:第二固定夹;
43:第三固定夹;211:左成型槽固定孔;212:右成型槽固定孔)

提高了生产效率。另外,此制备工艺对透光纤维材料的浪费较少,降低了成本。

2.4 纺织法

中国专利 201110316717.3^[9]提供了一种水泥基透光材料及其制备工艺。此方法所用模具见图 3。由图可知,将透光纤维束置于铝合金压条间并锚固上,通过梭子牵引,将透光纤维丝束压入梳子状侧板的底部,在定位孔排 8 中插入一根定位铁杆。将光纤拉直,用梭子牵引着透光纤维丝束继续前进,将透光纤维丝束压入另一侧梳子状侧板的底部,再插入一根定位铁杆。拉远后再在转向孔排 9 中插入第一根转向铁杆,用梭子牵引透光纤维丝束绕着转向铁杆回转 180°,而后再插入一根定位铁杆。重复上述步骤直到纤维铺满整个模具。用此方法制备的透光混凝土端面上透光纤维布置非常均匀,排列规整有序,但是同样有很多透光纤维没被制备在透光混凝土中,提高了生产成本。

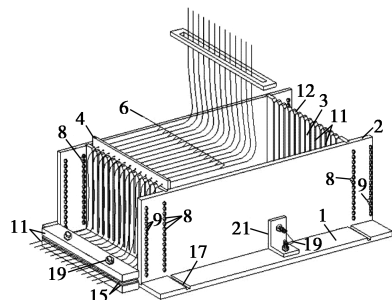


图 3 专利 201110316717.3 模具示意图

(1:底板;2:竖排孔侧板;3:梳子状侧板;4:梭子;6:光纤束;
8:定位孔;9:转弯孔;11:开口缝;12:V 形口;15:弹性橡胶皮;
17:定位槽;19:螺栓;21:角铝合金)

2.5 静电分散

中国专利 201210266298.1^[10]提供了一种独特的透光混凝土制备方法。用静电发射器对透光纤维束两端头释放静电,将两个已分散开的透光纤维束端头分别插入到两个光纤固定槽的速凝浆体内,静置至速凝浆体终凝。将已固化的速凝浆体从两个光纤固定槽中脱离并固定在待浇注混凝土的模板内侧,然后再浇注混凝土,待混凝土硬化后脱模。此工艺最大的优点是不需要人工去穿插透光纤维丝,实现了透光纤维的快速分散,工艺较简单,但是制品端面上透光单元分布不均匀。

2.6 机械排纤

中国专利 201110069843.3^[11]提供了一种透光混凝土制品坯料的制作设备及方法。该发明的核心是一台回转绕丝机。先将透光纤维丝缠绕在绕丝架

上制成光纤栅板,然后将若干个光纤栅板层叠固定安装在一起,组成具有稳定形状和位置关系的透光纤维阵列。最后浇注水泥砂浆,固化成型。此方法用机械方法代替了人工排纤,操作简单,生产效率高。但不足之处同样在于有不少透光纤维没被制备在透光混凝土中,这部分纤维也被浪费了。

3 功能化透光混凝土

透光混凝土作为一种新型的建筑材料,由于价格、性能等方面存在诸多问题,一直未能得到大规模应用。最近几年有不少研究团队致力于功能型透光混凝土的开发,力求拓展透光混凝土的应用范围。经过大量研究人员的努力,功能化透光混凝土的形式也渐渐丰富起来。

3.1 保温透光混凝土

建筑节能是减轻环境污染、解决能源危机的重要途径之一^[12],保温材料的应用对于建筑节能有着重要的意义。中国专利 201620109206.2^[13]报道了一种保温透光混凝土砌块。不同于一般透光混凝土的地方在于该保温透光混凝土砌块内部设有空腔,并在空腔内填充了保温材料,如聚氨酯、聚苯颗粒或是废弃岩棉等物质。此种透光混凝土兼具透光和保暖两种效果,能满足建筑节能的要求,也能够满足现代建筑墙体的多元化需求。

3.2 承重透光混凝土

传统的透光混凝土不能作为承重墙,大多用来制备非承重结构件,这极大地限制了透光混凝土的应用。针对这一不足,中国专利 201210070575.1^[14]提供了一种现场浇注透光混凝土的施工办法。该方法所用模具见图 4。由图可知,将透光纤维两端分别插入左右两个光纤固定板,并用胶水粘接。再将透光纤维束固定在钢筋上,然后浇注砂浆固化成型。这种现场浇注施工方法在透光混凝土中引入了钢筋

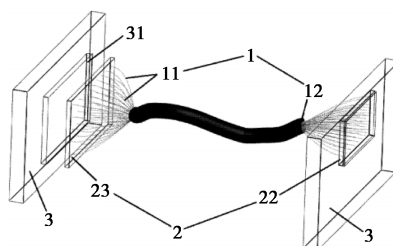


图 4 专利 201210070575.1 模具示意图

(1:光纤束;2:光纤固定板;3:混凝土模板;11:光导纤维;
12:塑料保护层;22:第一光纤固定板;
23:第二光纤固定板;31:槽)

结构,提高了透光混凝土的抗压性能,为透光混凝土作为承重墙体提供了可能性,拓展了透光混凝土的应用范围。

3.3 轻质透光混凝土

透光混凝土的基体材料是混凝土,混凝土大多特别笨重,直接使得透光混凝土制品显得沉重。中国专利专利 201180035939.6^[10]提供了一种轻质透光混凝土的制作方法。该透光混凝土的砂浆配方中加入了大量软木颗粒,所制得的透光混凝土产品的密度约为 200kg/m^3 。这种透光混凝土制品的密度较低,可用来制备以往不可能制备的轻细部件。另外,此种透光混凝土的热导率低,具有较好冻融条件下的耐受性。

3.4 高透光率透光混凝土

依靠透光纤传导光线的光纤透光混凝土,由于纤维状的透光材料对光的捕捉能力不强,直接导致其理论透光率不高。树脂透光混凝土用片状的树脂取代透光纤丝作为透光材料,增大了透光混凝土的透光面积和理论透光率。树脂透光混凝土在生产成本、产品外观、透光率和制造工艺等诸多方面区别于光纤透光混凝土。

美国专利 20110244181^[15]提供了一种树脂透光混凝土的制备方法。通过把块状树脂规则地埋入水泥砂浆中,或是通过在半固化水泥砂浆中开孔再浇注液体树脂的方法,制得了光捕捉能力更强、透光性能更好的树脂透光混凝土。

中国专利 201310037937.1^[16]先将树脂倒入树脂成型模具中,以预制透光树脂单元,待其硬化后拆模,制得透光树脂单元。然后将预制的透光树脂单元放入混凝土成型模具中,倒入砂浆固化成型后开模,也同样制得了此类树脂透光混凝土。

树脂透光混凝土具有更好的透光性能,不仅如此,还具有生产工艺简单、制造成本低廉等优点。树脂透光混凝土能起到采光、节能、装饰等多重作用,是透光混凝土产品形式的一次重大创新。

4 展望

透光混凝土能增加室内采光,对于建筑节能具有重要的意义,并且由于其别具一格的景观效果,使得透光混凝土具有广阔的市场前景。虽然透光混凝土制备工艺在不断的发展,然而透光混凝土还没大规模的应用在建筑领域,主要源于价格的限制,究其根本是因为制造成本居高不下。目前透光混凝土高昂的成本主要来源于两个方面:一是透光纤材料;

二是人工成本。

继续开发低成本透光混凝土,将是透光混凝土今后的一个重要发展方向,最终使其价格能被市场广泛接受。降低透光混凝土成本主要从两个方面入手,一方面要寻找或开发更为廉价的透光材料;二是要实现透光混凝土制备方法从手工制造到机械制造的转变,提高生产效率,降低工人成本。就透光混凝土的制备工艺而言,机械排纤法是最具前景的制备工艺,今后需要加大此种制备工艺的研究,使其不断发展、完善。另外,随着材料科学的发展,势必会出现更多的透光材料。将新型透光材料与混凝土结合,创造出更多新形式的透光混凝土,也将成为今后透光混凝土领域一个重要的研究方向。

参考文献

- [1] 陈瑶.透明混凝土材料在建筑设计中的应用研究[D].南京:南京大学,2011.
- [2] 透光混凝土在建筑中应用以 10 年世博会意大利馆为例[EB/OL].(2017.08.07).<http://www.sohu.com/a/162837989-633342>.
- [3] 何青,王凤珍.透明混凝土在景观环境中的应用探究[J].艺术与设计:理论,2016(6):76-78.
- [4] Losonczy.Building block comprising light transmitting fibres and a method for producing the same:WO,097954A1[P].2003-11-27.
- [5] 陈苏里,朱俊红.一种透光混凝土的制备方法及透光混凝土:中国,103085154A[P].2013-05-08.
- [6] 刘锡军,刘凌霄.一种透光混凝土构件及其制造工艺方法:中国,101906836A[P].2010-12-08.
- [7] 尹衍樑.透光混凝土生产模组及其快速生产方法:中国,101234510A[P].2008-08-06.
- [8] 杨文,王军,赵日照,等.一种透光混凝土块的制备方法及其制备装置:中国,102601845A[P].2012-07-25.
- [9] 王信刚,陈方斌,章未琴.水泥基透光材料及其制备方法:中国,102503261A[P].2012-06-20.
- [10] 杨文,王军,吴静,等.一种透光混凝土的制备方法:中国,102758496A[P].2012-10-31.
- [11] 刘林.透光混凝土排纤机:中国,204331116U[P].2015-05-13.
- [12] 邵宁宁,秦俊峰,刘泽,等.基于建筑节能的墙体保温材料的发展分析[J].硅酸盐通报,2014,33(6):135-139.
- [13] 石从黎,董恒瑞,杨再富,等.透光保温混凝土砌块:中国,205502361U[P].2016-08-24.
- [14] 杨文,王军,赵日照,等.一种现场浇注透光混凝土的施工方法:中国,102605954A[P].2012-07-25.
- [15] Stefano Cangiano.Composite panel made from cementitious mortar with properties of transparency:US,0244181[P].2011-10-06.
- [16] 王信刚.一种树脂透光混凝土及其制备方法:中国,103086660A[P].2013-05-08.

收稿日期:2016-12-29