

泡沫混凝土施工技术在屋面工程中的应用探讨

胡晴

湖南省第一工程有限公司

摘要：泡沫混凝土作为一种轻质、保温、耐火材料，可有效解决屋面荷载与保温隔热问题，值得推广应用。本文首先针对泡沫混凝土的材料特性加以分析，其后详细探讨了泡沫混凝土施工技术在屋面工程中的应用要点，并围绕案例开展探讨，以期可供参考。

关键词：泡沫混凝土；施工技术；屋面工程；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.04.014

一、引言

泡沫混凝土是借助发泡机将发泡剂掺入混凝土，并通过泵送现浇或模具成型，经由养护后形成具有大量的封闭气孔的轻质保温材料。与普通的混凝土比较，泡沫混凝土的荷载小，保温隔热性能优异，且浆料施工和易性良好，与其他建筑材料具有良好的相容性，在建筑工程屋面找坡、找平、隔热层中获得广泛应用，本文主要围绕此展开分析。

二、泡沫混凝土材料特性

泡沫混凝土的制备，首先需通过泡沫水溶液加压制成具有均匀的封闭气泡的泡沫，然后按照一定比例将水泥、水、轻质材料和气泡及外加剂充分混合搅拌，最后经由现浇、自然养护后形成一种轻型材料^[1]。基本制作流程如下图1所示。

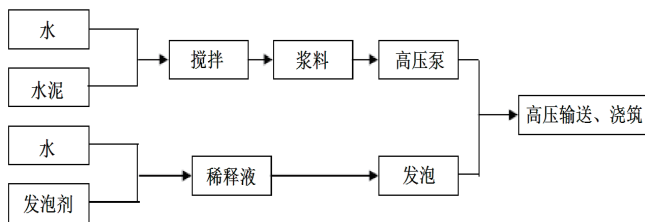


图1 泡沫混凝土制作流程图

结合相关理论与工程经验，可将泡沫混凝土材料特性归纳如下：

(1) 高强度与强度可调节性。泡沫混凝土强度和容重可以根据设计要求和工程需要在一定范围内调整，通过调整水泥浆、发泡剂的配比度来自由调整强度。泡沫混凝土气泡为互相隔开的气泡，具有较好机械强度与稳定性，混合搅拌与养护期间不会快速破灭，因此可在固化体内留下小孔隙。基于大量小孔隙的存在，实现泡沫混凝土轻质、高强的特性。根据研究显示，混合料内细孔分布越均匀、尺寸越小，则泡沫混凝土的强度越

高。

(2) 重量轻，具有低弹，耐震以及冲击能量吸收性能。泡沫混凝土内独立闭合胶质气泡的气泡膜韧性较强，且气泡间不会出现通水的情况，由此造成材料容重明显小于常规土。一般情况下，泡沫混凝土成型后密度300~1500kg/m³。

(3) 耐久性好。泡沫混凝土属水泥类材料，因此拥有相同的耐久性，基于循环荷载的作用下反复加载，无侧限抗压强度基本未出现降低的情况，可较好的承受长期荷载。

(4) 固化后具有自立性。泡沫混凝土的固化剂为水泥，浇筑4h后即会固化自立，与结构物结合紧密，因为自立状态对挡土结构基本无推挤力，减少了对墙体的侧向压力，由此可实现垂直填筑，快速地起到防护作用。

(5) 良好的施工性。泡沫混凝土因为存在大量气泡群，成品体积通常超过原材料体积3倍，流动性较好，由此施工过程中具有可泵性好、质轻，同时无需进行振捣、碾压等操作，可实现远距离或是窄小空间作业，只需使用简单设备即可完成自动化作业。通过泵压送的方法进行运送，最大运送距离可达到1500m（通采用中继泵可实现更远距离输送），最大泵送高度达30m，最大浇筑层厚可达到1m，由此整体施工效率较高，有利于缩短施工工期^[2]。

(6) 良好的防水、防腐等性能。泡沫混凝土体积吸水率不大于28%。泡沫混凝土防水、防腐、渗透性和吸水性低，吸水率低，表面不开裂，整体性能好，具有良好的抗渗性能、抗紫外线及抗油污能力、抗酸碱盐的腐蚀性等。

(7) 良好的耐火性能。泡沫混凝土是A1级非燃性能的材料，其热传导性能低，热迁移慢，由此可较好的保护其他构件不受火灾影响，即使处于高温环境下也不会产生有害气体，耐火性能表现较好。

(8) 良好的隔热、隔音效果以及抗冻融性能。泡沫混凝土中气泡体积含有率40%~70%，导热系数（干态，25℃）在0.09~0.22W/(m·K)之间，隔热、隔音以及抗冻融效果均较好。

(9) 良好的经济、社会、环境效益。泡沫混凝土主要由水泥与发泡剂组成，无有害物质，施工噪音小。现阶段土建工程往往造成大量的废弃土出现，而泡沫混

凝土可以利用工程弃土，有利于成本节约、环境保护。

三、泡沫混凝土施工技术在屋面工程中的应用要点

泡沫混凝土是一种轻质的保温材料，将其应用于屋面施工中，能够改善屋面保温隔热性能，降低屋面荷载，具有良好的应用和推广价值。泡沫混凝土应用关键点可归纳如下：

（一）泡沫混凝土制备

根据泡沫混凝土制备工艺，泡沫混凝土导热系数、蓄热系数等指标主要受气泡结构的影响，当泡沫混凝土发泡越多时，其蓄热、隔热效果越明显^[3]。经研究表明，密度在300~600kg/m³内的泡沫混凝土，其导热系数为0.08~0.23W/(m·k)，其热阻值提高约20倍。从这个方面考虑，发泡剂掺量越多越好，但其干密度、抗压强度可能随之下降。因此，为了满足工程设计和技术规范要求，应参考《泡沫混凝土砌块》(JC/T1062-2007)和《蒸压加气混凝土性能试验方法》(GB/T11969-2008)开展泡沫混凝土配合比试验，在确保泡沫混凝土干密度、强度的基础上满足保温隔热性能要求。为确保泡沫混凝土配制质量，可在施工现场应配备专业液压泵，安排专人进行配合比控制，拌制时间以浇筑前20min为宜，随浇筑随拌制，不得提前拌制，以满足泡沫混凝土质量控制要求。

（二）屋面基层处理

为了确保屋面浇筑质量，避免基层杂质混入泡沫混凝土，应在施工前清理基层表面灰尘、浮浆。针对基层存在的开裂、蜂窝等问题，应及时进行密封处理。如基层过于干燥，则可能造成泡沫混凝土水分流失，因此可在浇筑前适当洒水处理，应注意不能形成积水。同时，针对屋面预埋管线，应做好预铺、预留工作，待准备工作完成后即可进行泡沫混凝土浇筑^[4]。

（三）泡沫混凝土浇筑

在泡沫混凝土浇筑施工前，应结合工程量、泡沫混凝土初凝时间合理配置机械设备，避免在浇筑过程中出现施工中断问题，确保浇筑施工连续性。在浇筑施工中，应采取分层浇筑方式，将屋面划分为多个施工段，每层浇筑高度800mm以内，待上一层泡沫混凝土达到初凝后再进行浇筑。为了避免泡沫混凝土浇筑对已浇筑界面造成冲击作用，出料口至浇筑界面垂直距离不得超过300mm。在浇筑过程中，可采用橡皮锤轻击浇筑界面方式进行振捣，严禁采用机械振捣方式，以免影响泡沫混凝土结构性能。在泡沫混凝土浇筑完成后，可使用木抹子进行抹平处理，并及时处理干净屋面浇筑界面接缝^[5]。

（四）泡沫混凝土养护管理

屋面浇筑完成后，泡沫混凝土养护以覆膜自然养护

为主。在泡沫混凝土初凝抹平处理后，应及时覆盖薄膜，将泡沫混凝土与空气完全隔离，防止水分蒸发，养护期为28d。在泡沫挥发完后，混凝土表面形成塑料膜，从而保证泡沫混凝土保温隔热性能^[6]。在夏季施工中，由于天气温度较高，应在薄膜上加盖麻袋并洒水湿润，防止泡沫混凝土水分蒸发过快形成丝状裂缝。

四、案例分析

（一）工程概况

本项目占地面积约53万m²，单体楼25栋，总建筑面积达到28万m²，采用框架结构。本项目为平屋面，找坡层设计选用现场搅拌的泡沫混凝土，其中，最薄位置为30mm，排水坡度2%，在控制找坡度同时做好保温工作。

（二）施工准备

（1）技术准备：本工程施工前科学编制施工方案，全面确定材料技术标、配合比、施工计划、劳动力组织，并做好施工班组的技术交底工作。

（2）现场准备：本工程泡沫混凝土选用的PC32.5水泥，水泥、发泡剂产品均需检验合格后方可进场，发泡剂具体指标见表1。当泡沫质量满足如下要求时，则认为满足泡沫混凝土生产要求：①1h后泡沫沉陷距≤10mm；②1h沁水量≤80mL；③泡沫倍数≥20倍。

表1 发泡剂性能指标表

序号	指标	项目	性能要求
1	理化指标	pH值	9~10
		外观	暗褐色透明液体
		20℃下挥发性有机物(g/L)	<50
2	环保指标	游离甲醛(g/kg)	<1.0
		氨释放量(g/kg)	<0.1

（3）泡沫混凝土施工配合比：结合本工程设计与泡沫混凝土相关施工经验，决定将设计密度控制在300~400kg/m³，经由试配后确定最优配合比，如下表2所示。

表2 泡沫混凝土配合比表（每立方米）

序号	项目	强度	
		C0.5	C1.0
1	干密度(kg/m ³)	300	400
2	水泥(kg)	245	345
3	水灰比(W/C)	1:0.6	1:0.75
4	发泡剂(kg)	1.2	1.1
5	空气(%)	65	60

（4）施工设备：水泥发泡机、混凝土输送泵、手推车、空气压缩机以及计量磅秤、2m靠尺等。

（三）泡沫混凝土施工技术应用情况

1. 施工流程

本工程屋面找坡层基本施工流程如下图2所示。

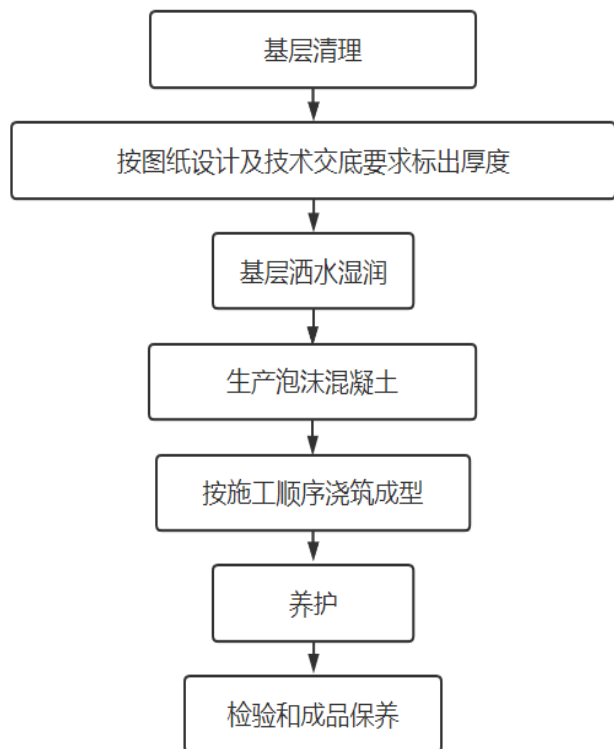


图2 屋面找坡层基本施工流程

2. 施工控制要点

(1) 做好屋面基层的清理工作，完成出屋面管道、通风井穿屋面结构板处的细部处理工作，同时标定找坡层的标高，做好洒水湿润工作。

(2) 发泡混凝土生产时需严格按设计方案计量，确保投料准确，每盘投料顺序如下：水泥→水，发泡剂→水。完成投料后，搅拌2min，确保浆液充分搅拌均匀。

(3) 混凝土输送泵检测正常后投入使用，并做好电源调整与调试工作。

(4) 将泡沫混凝土设备生产干密度设定为300~400kg/m³，测试合格后方可开浇筑作业的。检测过程中一旦发现容量过小或是过大，则严禁投入使用，避免影响找坡层找坡强度、保温性能。

(5) 泡沫混凝土浇筑面需平整，且做到一次成型，浇筑达标定高度滞后使用尺杆进行刮平处理。

(6) 泡沫混凝土浇筑完毕后需在48~72h内施工砂浆保护层，要求砂浆保护层与泡沫混凝土良好结合，且保护层必须抹平压光，确保无翻浆起灰的问题。

(7) 泡沫混凝土试块每500m³留置1组，完成制作后标养。

3. 质量控制

(1) 严格按相关规范与设计要求确定泡沫混凝土品种、规格，现场搅拌时要求计量准确、搅拌均匀^[7]。

(2) 找坡层施工过程中应保证无大型坑凹，且坡向正确、表面抹光。大面积泡沫混凝土施工完成后，需采用2m靠尺对表面平整度进行检查，要求空隙≤5mm，同时无疏松、起砂等问题发生^[8]。

(3) 泡沫混凝土的验收应严格按照相关规范（如：GB50345-2012、GB50207-2012、GB50411-2007）开展，做好试块留置与性能检测工作。

(4) 泡沫混凝土浇筑前需做好各种预埋件、水管、排气孔的埋设工作，不得在保护层内凿孔、埋设管线。

五、结语

综上所述，泡沫混凝土是一种轻质且高强的材料，同时在防水、防、隔音、隔热等方面均表现较好，目前已经在建筑工程屋面施工中获得了推广应用。在工程实践中，为实现泡沫混凝土的性能最大化，应根据项目实际情况合理开展泡沫混凝土配合比试验设计工作，并严格控制好拌制生产过程，稳步落实各道施工步骤，切实保证泡沫混凝土最终施工质量达标，满足工程要求。

参考文献

[1] 王静文, 刘旭照, 尹泽飞, 袁晓波. 泡沫混凝土生产应用现状与前景分析[J]. 中国建材科技, 2018, 27(06): 44-47.

[2] 陈桥梁, 谭睿. 浅析泡沫混凝土在建筑工程屋面保温中的应用及质量控制[J]. 建材发展导向, 2018, 16(08): 25-27.

[3] 张树珺, 李密, 王萌会. 泡沫混凝土配合比优化设计及施工技术研究[J]. 建筑技术, 2016, 47(09): 849-852.

[4] 滕飞, 朱雄兵, 夏铎廷. 泡沫混凝土屋面保温施工工艺研究[J]. 四川建材, 2019, 45(09): 15-16.

[5] 卜娜蕊, 张思卿, 廖静, 刘超. 轻质泡沫混凝土在高寒地区的应用及施工工艺研究[J]. 河北建筑工程学院学报, 2019, 37(01): 65-68.

[6] 李伟. 地铁停车场上盖屋面超大面积泡沫混凝土施工技术[J]. 城市住宅, 2019, 26(08): 167-168.

[7] 滕华忠. 新型泡沫混凝土研究及其在屋面中的应用[J]. 建筑节能, 2017, 45(07): 78-79+107.

[8] 李建永, 刁书磊, 左雷. 泡沫混凝土在工程中的应用[J]. 山西建筑, 2016, 42(13): 120-121.

作者简介：胡晴（1977-），男，湖南常德人，工程师，本科，工作方向：建筑工程。