

发泡混凝土在屋面保温中的施工关键技术

尹富义 杨锋

陕西建工第十二建设集团有限公司

摘要：随着社会和经济的持续发展，人民的生活水平越来越高，对各类工程项目和项目的需求越来越高。建筑企业要在市场上取得优势，必须积极引进新材料和新技术，使其施工质量得到最大限度地提高。发泡混凝土作为一种新型建筑材料，其防火、防水、隔热、保温性能优良，施工工艺简便，施工费用低廉，可促进工程进度、质量管理和整体效益的顺利实现。本文从发泡混凝土的特点和优越性出发，对发泡混凝土的施工技术在工程中的应用进行了探讨。

关键词：发泡混凝土；屋面保温；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.04.006

发泡混凝土，也叫泡沫混凝土，它是利用发泡机的发泡装置，使发泡剂在机械作用下充分发泡，再将泡沫和水泥浆均匀搅拌，再由发泡机的抽吸系统进行现场浇筑或模塑，再由自然养护而成的一种新型的轻质绝热材料。其主要特征是在混凝土中形成许多密封的孔洞，从而达到轻量化、保温隔热的目的。发泡混凝土有着保温隔热性能好、节能环保、重量轻、强度高、施工便捷等优点，可以用在建筑物屋面的找坡、找平、保护、保温。

一、发泡混凝土的特性优势

发泡混凝土是一种与一般混凝土不同的多孔混凝土。发泡混凝土与普通混凝土最大的不同之处在于，发泡混凝土中没有粗集料，而是充满了密封的泡沫。发泡混凝土的主要物理指标如表1所示。

表1 发泡混凝土的主要物理指标

表观密度/(kg/m ³)	导热系数/(W/(m·K))	抗压强度/MPa
110~170	0.045~0.052	0.2~0.4
170~230	0.052~0.065	0.4~0.7
230~380	0.065~0.090	0.7~2.8
380~520	0.090~0.130	2.8~5.1

(一) 轻质高强，吸水率低

发泡混凝土因其具有较多的闭合间隙，其密度通常在300kg/m³~1000kg/m³之间，与普通混凝土相比，发泡混凝土明显是轻质的，并且因其内部存在着许多微小的孔洞，而且由于在室内静气流的保温、隔音效果较好，比一般混凝土高20~30倍。发泡混凝土中的微小孔洞大部分是封闭的，这些孔洞彼此不连通，外界的水分难以渗入，通过测试发现，其吸水性在5%以下，具有很好的物理性能。

(二) 节约施工成本

对于板状材料的绝热，在进行保温之前，必须先找平结构，找坡，然后才能进行板材保温，而发泡混凝土在结构的基础上仅需对其进行表面处理即可，其具有找

坡与保温双重作用，而且不需在保温层下进行平整。与板状材料的保温比较，现浇发泡混凝土省去了找坡、找平等工序，且施工工艺相对简单，在实际施工中可大大缩短屋面工程的工期，同时，发泡混凝土还具有找平层、找坡层和保温层的双重作用，可以极大地节省屋顶工程的建设费用。

(三) 施工工艺简单，整体性能好

传统的板材隔热层在施工过程中难以与基层表面进行良好的粘结，在施工结束后，如果不加重视，容易出现空鼓、脱层、开裂等问题，从而影响到屋面的隔热性能。发泡混凝土是现浇的，它对地基的要求不高，只要把屋面结构表面清理干净，就可以很好地与原有的建筑表面相结合，而不会出现空鼓等不良现象。

(四) 具有良好的环保性能

发泡混凝土是以水泥、发泡剂为主，大部分发泡剂是中性的，不含甲醛、甲苯等，因此对环境没有任何污染。同时，发泡水泥还可以使用粉煤灰、矿渣等工业废弃物，不会出现原料紧缺的情况，而且发泡混凝土还可以再循环使用，与当今社会节能、环境友好的理念十分契合。

二、发泡混凝土的应用

发泡混凝土是一种由发泡剂和胶凝物质组成的混凝土，它具有良好的降噪、隔热、保温、轻质等优势。因此，发泡混凝土作为一种新型的新型材料，在我国的发展趋势下，发泡混凝土在我国的发展中占有举足轻重的地位。下面略述几种应用。

第一类是发泡混凝土，用于建筑工程中的挡土墙和护坡。比如在很多港口的墙壁上，都会采用发泡混凝土，发泡混凝土因为其重量轻，可以很好的控制岸壁的横向荷载。近年来，发泡混凝土广泛应用于公路边坡，可以改善边坡的整体稳定性，而在一些砂质地区，采用发泡混凝土进行蓄水，效果更好。

第二种是为建筑物地基减荷载。随着建筑业的迅速发展，大部分的建筑物都存在大群组、大高度的问题，而这些问题必然导致建筑物的自重增加。许多高层建筑都会出现严重的下陷问题，这就需要引起人们的注意了。建筑的设计要保证结构的稳定性，发泡混凝土以其轻质的优点被用作软性填料，以减轻基础的上部负荷。发泡混凝土的应用，使基础的整体稳定性得到改善。

第三种是发泡混凝土砌块。目前我国使用最多，使用最广泛的是发泡混凝土。发泡混凝土可以作为墙体的填料，在实际应用中可以有效地解决建筑物的自重问题，并具有保温、隔热、隔声、降噪等作用。

第四种是发泡混凝土用作保温层。现在很多建筑都是用发泡混凝土板来做外墙保温，也有用现浇发泡混凝土的。而且由于发泡混凝土自身含有大量的封闭气孔，

因此其隔热性能十分显著。

第五种是发泡混凝土用作轻质隔墙板。经过对GRC隔墙板、发泡水泥和固体发泡剂的研究，我们终于成功地开发出了轻质粉煤灰发泡水泥墙板工艺，该工艺极大地改善了水泥浆体的流动性，为工程带来了方便。同时，由于原料来源广泛，造价低廉，降低了项目的投资。采用轻质粉煤灰发泡混凝土墙板，可为工程建设带来巨大的经济效益、环境效益和技术效益。

第六种是发泡混凝土用作回填管线洞穴。采用600~1100kg/m³的发泡混凝土，可以将废弃的管道、废弃的油柜、废弃的下水道和其他容易发生爆炸、火灾、坍塌的空洞进行充填，既能确保安全，也能降低成本。

第七种是发泡混凝土用作运动场的修建。在建筑中，采用800~900kg/m³的泡沫混凝土，上面铺上人工草皮或者砂砾，可以作为网球、足球、曲棍球等运动场所。在发泡混凝土的上面，还可以覆盖一层塑料层和多孔沥青，让它可以作为田径场地使用。

第八种是发泡混凝土用作军事项目。发泡混凝土也可以用于军用工程，因为发泡混凝土具有较低的弹性模量和较好的减震性能，在防暴坑道、射击靶场等工程中都可以采用泡沫混凝土。

第九种是发泡混凝土用作耐火层。由于发泡混凝土具有优良的耐火性，因此需要防火的厂家都会选用它，目前在保温管的外层，一般都是用发泡混凝土作为隔热层，这样的话，效果会更好。

第十种是发泡混凝土用作园林景观项目。发泡混凝土在园林绿化中的应用是一个新的课题，它主要有仿木材料、人造山石等。当然，也有一些是用来做无土栽培的。

除了上面十种应用方面以外，发泡混凝土也广泛用于装饰材料，块状隔音楼板，防火墙绝缘，贫混凝土填层，罐底支撑，屋面边坡，复合墙板，夹芯构件，隧道减荷，回填灌浆等。

三、发泡混凝土在屋面保温中的施工工艺流程

屋面基层清理→按设计或图纸要求的厚度及放坡角度算出高低点，弹找坡线→基层浇水湿润→生产发泡混凝土→分仓浇筑发泡混凝土→养护→检验和成品保护。

四、发泡混凝土的施工技术要点

(一) 施工工艺的要点

为了更好地发挥其优越性，必须规范施工工艺，对其进行严格的质量控制。建筑工人必须掌握下列技术关键。

1. 制备泡沫

施工人员在使用这种专用的泡沫发生器时，一定要按照这种比例来配制发泡混凝土。在调配过程中要注意正确的进料，并注意进料的先后次序。在投入之前，通常需要认真、严谨地称重，把计量误差控制在可以接受的范围内。而投料顺序应该是水泥，发泡剂，水。加入完所有的原料之后，必须进行搅拌。搅拌之前，要用水将搅拌器打湿，然后再加干粉，待材料全部放入后，再搅拌2分钟左右，搅拌时间要严格控制，以确保拌

和。在均匀化发泡混凝土中加入适量的清水，按顺序加入适量的水泥（强度等级不小于32.5）。把泡沫晶体加入到匀化器中，和水泥等一些混合物继续进行搅拌，一直搅拌到可以使用位置，一次拌和量按设计量及配合比确定。

2. 浇筑成型

施工人员根据发泡混凝土的黏性特性，充分考虑了发泡混凝土在水中的吸水性和含气量，防止发泡混凝土中的出料管前后摇晃，并做好平整的平整工作，直至搅拌后的发泡混凝土达到稳定的泡沫状态，才能进行浇筑，另外，施工人员还要在现场根据检测采样的规范程序进行采样。注意：在发泡混凝土完全固化后，应拆除模板，最迟72小时，以免造成产品损坏。在工程中要求浇筑100mm厚的发泡混凝土时，应采用分层浇筑的方式，防止在浇筑完成的半成品和成品上产生裂缝，并严格控制各层的浇筑平整度。

3. 养护

发泡混凝土在24小时内必须进行灌水和养护，最长不能超过14个工作日。现浇的发泡混凝土在初凝之前，必须用板式振动器将其压实，然后用木条刮平，然后用木刀将其磨平；现浇的发泡混凝土在初凝之前，必须用板式振动器将其压实，然后用木条刮平，然后用木刀将其磨平；同时，要对设计的排水斜率和平坦度进行检验，技术人员要密切配合施工现场，对浇筑前后的标高进行严格的控制；如果有任何的偏差，需要进行及时的调整。在发泡混凝土快结束时，必须将分格条拆下，然后进行修补；当发泡混凝土完全凝固后，分格缝应及时用切割机进行切割，并在养护期结束后将防水密封胶嵌入到分格缝内。

在完成后的，要做好防护工作，通常36小时之内不能上人或车，在低温条件下，要适当的加长时间。发泡混凝土的施工要与其他工艺配合，在混凝土浇筑完毕后，由工地指定专人监督，严禁使用手推车、钢扶梯，在使用铲子等工具时，应注意防止损坏保温层，如果出现损坏，应立即进行修复。

(二) 控制强度的要点

影响发泡混凝土强度的因素很多，应对影响发泡混凝土强度的因素进行深入的分析 and 把握，从而制定出科学、有效的技术措施。

首先，水灰比对强度的影响。尽管从结构变化的观点来看，提高水泥混凝土的水灰比无疑会使其强度下降，但通过研究、试验和工程实践证明，在适当的条件下，发泡混凝土的强度不但不会下降，而且可以起到一定的加固效果。

其次，配合比对强度的影响。采用细集料、粉煤灰、矿渣和硅灰等不同材质的发泡混凝土，可以得到不同强度的发泡混凝土。例如，发泡混凝土的用量越大，强度等级越高，发泡混凝土的强度就越高。

再次，密度对其强度的影响。由于发泡混凝土中加入了泡沫，因此其强度与体积密度之间呈正比关系，而体积密度越大，其强度越高。

最后,添加物及维护系统对其强度的影响。目前常用的外加剂有发泡剂、减水剂、水泥强度激发剂等,在水泥中加入水泥强度激发剂可以有效地防止和控制发泡混凝土的强度下降,但在发泡混凝土中加入水泥强度激发剂后,会对发泡混凝土的强度产生不良影响。由于发泡混凝土的成型要求水灰比很高,所以养护制度的实施对发泡混凝土的强度有很大的影响,同时对防止裂缝和硬化也有很大的帮助。

总之,在工程建设中,要积极采取下列措施,确保发泡混凝土施工技术在工程中的应用:在工程建设中,应采取有效的减水剂,并严格控制低水灰比例,确保水泥比在合理范围之内;在选择混凝土配合比时,应充分考虑不同掺量对硬度的特殊影响。建筑工人应选用高质量的新型发泡剂,充分利用发泡泡沫强度高,发泡能力大,对发泡混凝土的不良影响较少;制定并严格执行前期养护措施,防止水分提前流失。

(三) 控制开裂和收缩的要点

通过对近几年国内发泡混凝土施工的调查,不难看出,吸水、开裂、收缩是工程质量中最普遍的三大问题。通常,发泡混凝土因早期养护不当、保湿措施不足或在使用中的严酷环境等原因,都会引起混凝土内部的水分蒸发,造成体积收缩、开裂或明显的吸水性。发泡混凝土的吸水性太强,会使其保温性能下降,从其制备工艺及硬化段的观测中可以看出,在发泡混凝土中,大部分的孔洞都是相对独立的闭孔,所以,吸水、开裂和收缩是关键的工作,具体的工作可以从下列途径开始:

首先,要对水泥的掺量进行严格的控制,找出最佳的掺入量,以防止因掺入量过多而引起的膨胀;其次,对水泥的选用要慎重,采用现场试验方法,最终确定所加膨胀水泥的数量及品种;再次,采用较小的成形水灰比,在适宜的湿度和温度环境条件下,改善养护质量;最后,通过采用表层或混合的方法,合理地应用防水剂,在保温层中添加防裂铁丝网,以防止裂缝问题出现。

(四) 设置防水层的要点

在采用混凝土结构时,有些建筑工人采用传统的正向防水方案,在保温层上加防水层,进行柔性防水或刚性防水,如果保护层受到损坏,则会造成防水材料损坏,或者是直接露出,从而使保温材料渗透到保温材料中,从而影响工程质量。有些项目选用的发泡混凝土具有较好的防水性能,但在实际施工中,仍有一部分水通过保温层渗入到结构中,这主要是因为隔热层上有防水层,会影响到隔热层的正常蒸发。

针对这种情况,建筑工人应抛弃传统的防水层布置方法,采用保温层覆盖于防水层之上的倒置式防水设计,使防水层得到充分的保护,并使其达到最好的防水效果。采用该技术可以防止防水层因高温而受损,从而大大提高了其使用寿命,提高了防水性能。若出现绝缘层和保护层破损,水分会透过隔热层蒸发,由于上面没有防水层,所以可以加速蒸发。在构造层与隔热层之间设有防水保护,防止了水的不断渗入结构。

(五) 墙体浇筑的要点

墙体浇筑中发泡混凝土主要被应用在夹芯墙体浇筑、免拆模浇筑、可拆模浇筑上,其中应用比较广泛的是免拆模浇筑方式。在进行无拆模浇筑墙体时,应注意到发泡混凝土的流动性大的问题,通过对墙体浇筑过程中出现的漏浆、胀模等现象的分析,对以往的施工经验进行了总结,并对难以把握的浇筑稳定、均匀的原因进行了分析,并提出了相应的改善措施。施工单位在提高发泡混凝土的稠度的同时,综合考虑发泡混凝土的物理性能、制备工艺,并组织施工。

如针对具有较高要求的中高度墙体浇筑施工,应引入添加轻骨料发泡混凝土的制备技术,通过在发泡混凝土中加入玻璃微珠、珍珠岩、聚苯颗粒、陶粒等轻质材料,并通过先进的工艺装备,使其保温、抗裂、强度得到改善,并解决了漏浆、胀模等问题。采用玻镁板、硅酸钙板、水泥木丝板、纤维水泥平板、水泥压力板、轻质混凝土板作为永久性模板,将其与现浇发泡混凝土凝固成一体形成复合保温墙体,简化施工工序,提高作业效率,缩短工期,避免模板拆除程序,通过对发泡混凝土中出现的收缩裂缝进行有效的控制,打造一种集装饰、保温、墙体功能于一身的新型自保温墙体。

结论

综上所述,与传统的板状材料保温结构比较,采用发泡混凝土作为屋顶隔热材料,在施工中既节约了工期,又节约了建设费用,由于原料选用粉煤灰、矿渣粉等,不仅节能、环保,而且还具有很好的隔热、隔音效果。因此,发泡混凝土作为屋顶隔热材料,具有很好的经济效益和节能降耗效果,在各方面都有很大的发展空间。

参考文献

- [1]李富尧,马春涛,蒋庆香.发泡混凝土在场地狭小深基坑肥槽回填的应用[C]//2021年工业建筑学术交流会议论文集(下册).[出版者不详],2021:953-954+952.
- [2]姜林伯,廖洪强,任国宏,周冬冬.工艺条件对加压发泡混凝土性能的影响[J].新型建筑材料,2021,48(06):157-161.
- [3]丁传奇.现浇发泡混凝土在建筑工程地面垫层中的应用[J].江西建材,2021(03):197-198.
- [4]杨磊,李宗洋,王晓林,蔡向阳.一种铝模+发泡混凝土轻钢龙骨隔墙组合体系与质量控制[J].建筑科技,2021,5(01):15-17.
- [5]徐叶,张智强,肖玉,张意.约束发泡混凝土保温板的基本性能研究[J].重庆建筑,2020,19(11):23-26.
- [6]邓德敏.降低发泡混凝土吸水性能的研究[J].墙材革新与建筑节能,2019(11):17-20.
- [7]裴昌吉.发泡混凝土轻质隔墙裂缝防治措施[J].四川水泥,2019(06):344.
- [8]周吴新.发泡混凝土剪力墙被动房热工性能研究[D].东南大学,2018.