

橡胶颗粒增强聚合物水泥跑道材料分析

田宇科 赵志兵 赵新华
中电建路桥集团有限公司

摘要：本文通过试验的方式对橡胶颗粒增强聚合物水泥跑道材料进行分析，首先介绍试验所需的原材料和试件制备，然后依据试验结果分析聚灰比与跑道材料性能之间的关系，主要包括聚灰比与跑道邵氏硬度的关系、聚灰比与跑道拉伸强度的关系、聚灰比与跑道压缩复原率的关系、聚灰比与跑道回弹性的关系，希望为相关行业提供借鉴。

关键词：橡胶颗粒；增强聚合物；跑道材料

引言

现阶段，聚氨酯基材料是我国中小学校跑道所使用的材料，这种材料具有良好的使用性能，且颜色较为显著，十分美观，弹性优越，使用寿命较长。但事实上，这种材质中蕴含着对人体有害的物质，尤其是对于正处在发育时期的中小學生而言，危害性十分严重。并且，这种材质的跑道在铺设过程中，还会破坏周边的环境。因此对此项课题进行研究，探索替代聚氨酯基的材料，具有十分重要的现实意义。

一、研究背景

聚氨酯基材料是目前应用最为广泛的操场塑胶跑道材料，这种材料虽然具有良好的使用性能，但却存在毒性，容易危害人体健康安全和破坏生态环境。究其原因，主要是这种跑道的原材料为甲苯二乙异氰酸酯，这种材料属于国家规定的接触毒物。并且在跑道铺设过程中，需要使用含有重金属离子的催化剂，这种催化剂的大量使用，会对环境造成严重的破坏。比如：北京市某小学在铺设塑胶跑道后，有40多名学生集体发热，医学专家在研究后认为：跑道材料内的挥发性物质是导致本次事件的重要原因。此外，这种材料在施工阶段对基层水的敏感性较强，因此，材料使用性能会受到施工环境的直接影响，在此背景下，橡胶颗粒增强聚合物水泥跑道材料应运而生，试验和应用结果表明，这种材料的应用，有助于改善传统塑胶跑道材料的缺陷，具有良好的应用价值和可靠性。

二、试验材料和试件制备

(一) 试验材料

本次试验所选择的材料为某水泥厂生产的白水泥、聚合物乳液、淀粉砂浆专用乳液，此类乳液是指固含量为55%以上，且玻璃化温度低于-8℃的苯乙烯丙烯酸脂共聚物以及废旧橡胶颗粒，其级配如表1所示。除上述材料之外，还包括粒径大于2mm，小于4mm的三元乙丙橡胶颗粒，其颜色为红色，同时将氧化铁红作为主要颜料^[1]。

表1 橡胶颗粒的级配

粒径	3-4mm	2-3mm	1mm	<1mm
含量	31%	31%	31%	31%

(二) 试件制备

弹性层和防滑层属于水性塑胶跑道的主要构成，二者在制备材料和制备方式上存在明显的差别，具体如下所述：

(1) 弹性层：制备材料包括废旧橡胶颗粒、聚合物乳液和水泥；制备方法为摊铺固化；其厚度约为0.1cm。

(2) 防滑层：制备材料包括颜料、三元乙丙橡胶颗粒、

聚合物乳液和白水泥；制备方法为通过均匀搅拌的方式，使颜料、聚合物乳液和白水泥相融合，成为浆体，然后作为弹性层的涂料，在涂抹完成后，在上方喷洒三元乙丙橡胶颗粒，其目的在于固化防滑层。

(3) 其他试件的制备：本文所采用的试验方法是邵氏硬度法，这种试验方法对试样孔隙数量和匀质情况提出了要求，为此，在试件制备的过程中，需要将标准的聚灰比作为依据，对聚合物乳液、白水泥和颜料进行搅拌，并确保搅拌的均匀程度，在摊铺后获得试件，试件的厚度≤3mm，尺寸为300mm×300mm，在制备完成后，需要对其进行固化和养护，这个时间不得少于2周，最后根据邵氏硬度法的相关规定对试件进行裁剪。

三、结果分析

(一) 聚灰比与跑道邵氏硬度之间的关系

材料耐磨和柔韧性会由硬度所反映，如果材料的硬度过高，则脆性会增加，容易在外力的作用下断裂，而硬度过低，会导致材料耐磨性能下降。因此，有关标准对塑胶跑道硬度提出了要求，其邵氏硬度应高于45°，但不能超过60°。聚灰比与跑道邵氏硬度之间的关系如下所述：(1) 聚灰比为2.00时，跑道的邵氏硬度为47°；(2) 聚灰比为1.75时，跑道的邵氏硬度为47°；(3) 聚灰比为1.50时，跑道的邵氏硬度为54°；(4) 聚灰比为1.25时，跑道的邵氏硬度为54°；(5) 聚灰比为1.00时，跑道的邵氏硬度为62°；(6) 聚灰比为0.75时，跑道的邵氏硬度为68°。由此可见，聚灰比和邵氏硬度之间呈现出反比关系，简言之，就是聚灰比越低，邵氏硬度越大，究其原因，主要是聚合物水泥具有独特的结构，结合上文可知，固化是聚合物水泥形成的方式，在这一过程中，水泥颗粒和水化产物相当于水泥的骨架，聚合物乳液膜会被骨架所制成，最终形成一种坚固的结构。因此，在聚灰比不断降低的同时，充当骨架的水泥量却逐渐增加，跑道硬度也因此而上升^[2]。

(二) 聚灰比与跑道拉伸强度的关系

塑胶跑道很容易在外力的作用下而损坏，比如：如果塑胶跑道质量不佳，可能会被蹬力所损坏，因此，塑胶跑道的拉伸强度和承载变形能力必须符合相关规定。通常情况下，跑道的拉伸强度应大于0.7MPa，而扯断伸长率应大于90%。聚灰比与跑道拉伸强度和扯断伸长率的测试结果如下所述：(1) 聚灰比为2.00时，跑道的拉伸强度为1.34MPa、扯断伸长率为342%；(2) 聚灰比为1.75时，跑道的拉伸强度为1.37MPa、扯断伸长率为357%；(3) 聚灰比为1.5时，跑道的拉伸强度为1.38MPa、扯断伸长率为283%；(4) 聚灰比为1.25时，跑道的拉伸强度为1.33MPa、扯断伸长率为253%；(5) 聚灰比为1.00时，跑道的拉伸强度为1.12MPa、扯断伸长率为210%；(6) 聚灰比为0.75时，跑道的拉伸强度为1.00MPa、扯断伸长率为112%。由此可见，随着聚灰比的不断缩小，跑道拉伸强度和扯断伸长率呈现出先增后减的趋势变化，但最低值依然高于国际规定，表明这种塑胶跑道具有良好的性能。

(三) 聚灰比和浆集与跑道压缩复原率的关系

塑胶跑道在使用过程中, 不仅会受到上述几种因素的影响, 还需要承担非常大的压力, 简言之, 就是塑胶跑道在承受压力后, 需要在短时间内复原, 以此来保证跑道的质量, 国际要求塑胶跑道的压缩复原率应大于95%。本文所研究的跑道, 其压缩复原率会受到聚灰比和浆集的影响, 本次试验通过对比的方式, 分析了聚灰比和浆集比喻跑道压缩复原率的关系, 具体如下所述: (1) 聚灰比为2.00时跑道压缩复原率为96.3%, 浆集比为0.20时跑道压缩复原率为95.42%; (2) 聚灰比为1.75时跑道压缩复原率为96.2%, 浆集比为0.25时跑道压缩复原率为95.53%; (3) 聚灰比为1.5时跑道压缩复原率为96.2%, 浆集比为0.30时跑道压缩复原率为95.52%; (4) 聚灰比为1.25时跑道压缩复原率为95.8%, 浆集比为0.40时跑道压缩复原率为95.92%; (5) 聚灰比为1.00时跑道压缩复原率为95.21%; (6) 聚灰比为0.75时跑道压缩复原率为95.10%。由此可见, 在聚灰比不断下降的情况下, 压缩率呈现出先增加后缩小的变化, 但最低值依然符合国际要求。浆集与压缩复原率的关系也同样如此, 能够满足国际要求。

(四) 聚灰比与跑道回弹性的关系

回弹性能显著是塑胶跑道受到人们欢迎的重要原因, 吸收运动冲击的能力就是所谓的回弹性, 一般情况下, 运动员在回弹性良好的跑道上运动, 会感到十分舒适, 与运动成绩存在一定程度上的关联。

聚合物水泥具有非常小的弹性, 故水性塑胶跑道需要将橡胶颗粒作为增强跑道弹性的主要材料。在这种情况下聚灰比和浆集与跑道回弹性之间存在正比关系, 随着橡胶含量的增加, 跑道回弹性能会持续上升。如下所述:

聚灰比为2.00时, 跑道回弹性能为15.64%; (1) 聚灰比为2.00时, 跑道回弹性能为15.64%; (2) 聚灰比为1.75时, 跑道回弹性能为15.53%; (3) 聚灰比为1.50时, 跑道回弹性能为15.24%; (4) 聚灰比为1.25时, 跑道回弹性能为14.64%; (5) 聚灰比为1.00时, 跑道回弹性能为15.43%; (6) 聚灰比为0.75时, 跑道回弹性能为15.68%;

(五) 综合分析

结合上文可知, 压缩复原率与浆集比之间的关系为正比关系, 浆集比越高, 压缩复原率越高。但浆集比和回弹性之间的关系却是反比关系, 浆集比越高, 回弹性越低。以性能需求为切入点, 得知在浆集比为0.2时, 如果压缩复原率高于95%, 则代表橡胶颗粒增强聚合物水泥材料与要求相符。另一方面, 浆集比提高代表所使用的聚合物乳液增加, 材料制备成本也会因此而上升。因此, 应在确保材料质量与要求相符的条件下, 对浆集比进行有效的控制。

四、橡胶颗粒改性掺量对水泥砂浆性能的影响

传统砂浆粘聚性和保水性能偏低, 在应用后可能会导致收缩裂缝的产生, 为促进砂浆抗裂性能的增强, 自20世纪70年代以来, 人们致力于研究聚合物砂浆的研究, 但聚合物砂浆的应用效果不容乐观, 其不足之处为粘结性和耐久性很难得到保证, 与使用要求存在一定偏差。虽然改善水泥砂浆韧性的方法较多, 但掺加橡胶颗粒的方法由于具有良好的效果, 故受到了学者的高度重视, 成了相关领域的研究热点。国外研究结果表明, 将废旧轮胎橡胶颗粒掺入到混凝土之中, 会导致混凝土抗压强度和弹性模量有所下降, 但曲率延性会增加90%左右。在水泥砂浆中应用橡胶颗粒, 会使其韧性、抗冲击势能得到改善。接下来, 本文会以试验的方式, 对橡胶颗粒改性掺量对水

泥砂浆性能的影响进行简要分析。

本次试验所选择橡胶颗粒掺量为6种, 分别是0%、6.5%、13%、18%、23.5%和28%。不同掺量对水泥砂浆各项性能的影响不同。研究表明, 随着橡胶颗粒掺加量的增加, 混凝土材料的抗折强度会呈现先增后降的趋势。另有研究成果表明, 橡胶颗粒掺加量越多, 混凝土韧性和变形性能越强。为验证上述研究结果的准确性, 在试验开始前准备体积为100mm×100mm×50mm的试验材料, 该材料为抗压强度试样, 所准备的抗折材料的体积为30mm×30mm×120mm。在掺加不同比例的橡胶颗粒后, 得到了如下的试验结果: (1) 橡胶掺加量为0, 试样抗压强度为37MPa, 抗折强度为5.0MPa; (2) 橡胶掺加量为6.5%, 试样抗压强度为31.2MPa, 抗折强度为4.65MPa; (3) 橡胶掺加量为13%, 试样抗压强度为25.4MPa, 抗折强度为4.12MPa; (4) 橡胶掺加量为18%, 试样抗压强度为20.3MPa, 抗折强度为4.3MPa; (5) 橡胶掺加量为23.5%, 试样抗压强度为19.1MPa, 抗折强度为3.68MPa; (6) 橡胶掺加量为28%, 试样抗压强度为17.3MPa, 抗折强度为5.4MPa;

试验结果表明, 橡胶颗粒掺量的提升, 会使水泥砂浆的压折比下降, 这表明橡胶颗粒掺加, 可以有效改善水泥砂浆的韧性, 究其原因, 主要是橡胶颗粒属于弹性体, 在水泥砂浆中所起到的作用是微弹性, 能帮助水泥砂浆结构对应变能进行吸收, 其变形能力和韧性会得到改善。在抗压强度试验中, 掺加橡胶颗粒的砂浆试件在被破坏时, 其形态相对完整, 并未产生劈裂声音, 其弹性变形能力较为显著, 而普通砂浆的裂缝会快速蔓延, 呈现出扩大的趋势, 且产生的劈裂声响较大。在抗折试验时, 掺加橡胶颗粒的试样, 没有完全断裂, 而普通试样则完全断裂^[4]。

五、机理分析

传统跑道所使用的材料强度偏低, 而本文所研究的橡胶颗粒增强聚合物水泥跑道材料, 不仅强度较高, 且可以实现使用过程中的各种性能。聚合物水泥性能会受到聚合物乳液和水泥之间相互作用以及结构的影响。

目前, 研究领域认为聚合物胶乳膜在水泥水化物中穿梭, 并与水化产物相连, 促使水化产物不断生长, 同时与膜进行交织, 在此基础上, Ca₂晶体会与膜和水泥基体表面通过镶嵌的方式连接, 此时, 膜起到的作用为较接, 最后, 聚合物膜的网架构就会缓慢形成, 这就是聚合物乳液的成膜机理^[5]。

结论

综上所述, 试验结果表明, 橡胶颗粒增强聚合物水泥跑道材料在各项性能上, 均与国际要求相符, 具有使用和推广的价值。

参考文献

- [1] 冀彩云, 高正勇, 崔小飞. 橡胶混凝土的力学性能和耐久性试验研究[J]. 新型建筑材料, 2020, 47(07): 61-64.
- [2] 陈永锋, 袁松年, 任隽丰, 等. 橡胶颗粒对透水混凝土强度和透水性能影响研究[J]. 山西建筑, 2020, 46(15): 3-5.
- [3] 张胜强, 芮晓丽, 徐坚栋, 等. 磁敏弹性体的制备及磁致响应模型的研究概述[J]. 橡胶工业, 2018, 65(11): 1313-1318.
- [4] 一种耐油增强型丁苯橡胶类聚合物颗粒的制备方法[J]. 橡胶科技, 2017, 11(04): 47.
- [5] 刘晓斌, 王栋民, 张亮, 等. 橡胶颗粒增强聚合物水泥跑道材料的研究[J]. 新型建筑材料, 2017, 37(01): 8-10.