

公路工程集料级配检测方法及准确性提升

王 亚

南京西部路桥集团有限公司 江苏南京 210000

摘 要：社会经济的快速发展以及交通需求的增加致使公路工程建设数量与规模与日俱增，在公路工程建设中无论是何种材料路面，集料级配皆是影响其质量、性能的重要因素。合理的集料级配可优化混合料的力学性能、空隙率以及骨架结构，进而对路面耐久性、抗车辙能力产生影响，而集料级配检测方法是控制其质量的关键手段，基于此现系统性分析公路工程所应用集料级配与检测方法内涵、提升公路工程集料级配检测方法准确性的重要性，结合工程案例阐述公路工程集料级配具体检测方法，最终在此基础上总结出提升公路工程集料级配检测方法准确性的策略，以保障公路工程建设质量，希望可以为专业人士提供借鉴参考。

关键词：公路工程；集料级配检测方法；提升准确性

引言

《公路工程集料试验规程》中详细规定了集料级配检测方法步骤以及数据处理要求，而在《公路沥青路面施工技术规范》中对沥青路面沥青混合料级配范围以及级配控制要求进行了规定，这是确保公路工程路面质量的技术依据。由于在集料级配检测过程中所涉及检测方法众多，因此在实践中对任何检测活动皆需以相关标准为依据，并采取合理方式对检测方法进行优化，提升检测准确性。

1 公路工程集料级配与检测方法内涵

1.1 公路工程集料级配内涵

公路工程集料是指应用在水泥混凝土或沥青混合料中的固体颗粒物质，是构成路面及结构层的关键组成部分。根据集料来源可分为人工集料与天然材料，根据其粒径大小则可分为细集料（粒径在 0.075mm 到 4.75mm）与粗集料（粒径大于 4.75mm）。集料级配具体指不同粒径的颗粒物质在集料整体中的质量分布情况，反映了颗粒物质之间的搭配关系^[1]。通常而言，级配需与间断级配、连续级配的设计要求相符合，通过粗、细颗粒进行合理搭配，确保集料拥有更加稳定的骨架结构，用于抵抗外力所产生的影响，同时降低空隙率，提升密实程度，级配是影响公路工程应用寿命与质量的关键因素。

1.2 公路工程集料级配检测方法内涵

公路工程集料级配检测方法即通过应用技术手段精准测定在集料中不同粒径颗粒质量占比的分析过程，其最终目

的便是获取更加精准的级配数据，指导后续公路工程施工。

公路工程集料级配检测至关重要，可以确保水泥混凝土或沥青混合料实现紧密堆积，保障混合料拥有优良耐久性、强度性能，若级配不合理则会致使混合料内部空隙过大，影响工程后期应用性能与施工质量。

2 提升公路工程集料级配检测方法准确性的重要性

2.1 有利于提升工程施工质量

在公路工程施工过程中集料级配的稳定是确保工程质量的关键，检测方法的准确性，直接关乎不同施工阶段的工艺调整以及质量判断，从施工原材料进场到后续混合摊铺阶段一旦出现级配误差便会造成连锁反应^[2]。若集料级配检测不精准会导致粗、细集料比例失调，进而在后续摊铺过程中出现离析、密实度较高、压实度不足问题，引发路面整体质量下滑。而精准的级配数据可以为后期建筑工程施工拌和、运输、摊铺、压实等流程提供可靠依据，帮助施工人员提前发现级配偏差，并采取合理举措加以解决。如在拌和中精准的级配检测可确保成品混合料级配与设计要求的相符合，在施工摊铺与压实中准确级配数据，可以帮助施工人员判断混合料的压实效果与均匀性。通过实施全流程集料级配检测控制实现施工质量的规范化管理，降低因人为操作而导致的误差，对提升工程施工质量具有重要意义。

2.2 有利于延长路面应用寿命

集料级配是构成混合料设计的重要参数，会直接影响到其自身力学性能、骨架结构、空隙率以及内部构造的合理

性,通过提升集料级配检测的准确性,可确保混合料的众多性能与工程要求相符合,进而延长路面应用寿命。例如通过提升集料级配检测准确性保障混合料内部性能指标得到有效控制,使路面具备高抗车辙性、抗裂性以及耐久性,避免在后期投入应用过程中长期交通荷载、环境因素共同作用下级配偏差出现坑槽、裂缝、车辙等问题,进而延长路面应用寿命。

2.3 有利于降低施工成本并实现资源合理利用

提升集料级配检测方法的准确性可以有效指导施工过程中材料精准配比,因此对降低施工成本并实现资源合理利用至关重要。例如:当检测方法准确时可识别混合料中粗细集料比例和目标设计偏差,降低不必要的水泥、沥青应用量,同时精准的级配控制可以使粗细集料发挥自身性能,在保障路面应用质量的基础上减少单方面材料消耗,使砂石、沥青等资源得以有效利用,进而降低施工成本。

2.4 有利于保障工程监管与验收的科学性

公路工程验收和质量监管的主要依据便是集料级配检测结果,因此提升集料级配检测方法准确性有利于保障工程监管与验收的科学性。一方面,精准的级配检测数据可反映出混合料的实际级配状态,为后期工程验收提供技术参数,让公路工程与设计规范和要求相符合。另一方面,有效的级配检测结果可以为监督管理部门提供更加客观的评价标准,识别施工中存在的质量问题,进而确保工程监管与验收的科学性。

3 工程案例

某公路工程位于河南省,总长度为 25km,在施工过程中所应用的沥青混凝土原材料较多,施工质量要求相对严格,需要将拥有高品质的材料应用到施工建设中,采用集料级配检测方法对其质量实施检验,以确保工程顺利实施并提升施工质量,具体集料类型与指标要求如表 1 所示。

表 1 集料类型与指标要求

类型	细集料	粗集料
常见物质	天然砂或石屑等	矿渣或碎石
粒径大小要求	0.075mm 到 4.75mm	粒径 >4.75mm
堆积密度	$\geq 1400\text{kg/m}^3$	1450 到 1650kg/m^3
表观密度	$\geq 2500\text{kg/m}^3$	$\geq 2600\text{kg/m}^3$
空隙率	$\leq 44\%$	$\leq 47\%$
针片状含量	$\leq 10\%$ 到 12%	$\leq 15\%$

4 公路工程集料级配具体检测方法

4.1 堆积密度检测

堆积密度具体指单位体积松散集料的密度,反映出集料在常规状态下的密实程度,直接关系到沥青混合料应用量以及空隙率。粗细集料的堆积密度检测则需要应用标准容量筒,其中对于细集料需应用规格为 1L 的容量筒,对于粗集料则应用规格为 30L 的容量筒,天平精度为 0.1 克,烘箱温度维持在 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。在检测过程中首先选取 50g 样品,将其烘干,分 3 层方式装入容量筒中,每一层样品皆需振捣,距离容量筒底部约为 100 mm,之后刮平筒口,称量其质量,对于细集料则选取 1kg 烘干样品,分两次将其装入 1L 容量桶中,对其质量进行称重。最终堆积密度为集料的整体质量 / 容量桶的容积,最终得出结果应与表一要求相符合。

4.2 表观密度检测

表观密度具体指单位体积集料的质量,系统反映出集料密实程度。检测方法主要应用网篮法。对于粗集料需要取 1kg 烘干集料,将其浸入到 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 水中,时间维持在 24 小时,之后将其悬挂在网篮中称量水中质量;对于细集料则取 500g 烘干集料,采取相同方式称取,最终表观密度为集料干质量 / (集料干质量 + 水质量 - 水中质量),如果与表一等同。

4.3 空隙率检测

空隙率具体指在集料颗粒间并未被填充的空间占据总体积的百分比,是用于评价混合料密实程度与沥青用量的重要参数,可以有效反映出集料颗粒的填充状态。具体检测过程为:首先选取具有代表性的集料通过清洗、烘干,到达横纵后,经过标准筛将其筛分确定级配组成,之后剔除其中超粒径颗粒,在检测时,需将粗集料应用捣实法,将集料分为三层装入一定容积容量瓶中之后应用捣棒将其均匀插捣 25 次,保障颗粒间实现紧密排列,而在细集料检测中则利用塌落法将集料分为三层采取同样方式匀插捣 25 次,将筒顶刮平后提起,检测塌落体的堆积体积,一切完成后根据容量桶容积,对比实际填充体积和理论最大体积之间所存在区别,进而判断空隙率与要求是否相符合。计算方法为 $(1 - \text{堆积密度} / \text{表观密度}) \times 100\%$,

4.4 针片状含量检测

针片状含量是集料长径比或粒径比例与规范不符合的颗粒,直接影响沥青混凝土力学性能与混合料密实度,检测

中主要应用常规检测。其中常规检测需从拌和站料堆中随机取出集料约 2kg, 用标准筛按粒径分级分别放入不同容器, 记录每粒径区间内的总颗粒数与针片状颗粒数, 将各粒径区间的针片状含量按质量加权平均得到混合料的总针片状含量。在针片状含量检测过程中应注意轻拿轻放, 避免因碰撞而导致将断裂颗粒判定为针片状。

5 提升公路工程集料级配检测方法准确性的策略

5.1 优化检测技术与硬件设备

在公路工程集料级配检测过程中检测设备的精准度直接决定了检测数据的准确性, 为此优化检测技术与硬件设备必不可少。首先, 在检测过程中可以应用高精度数字化筛分设施, 如应用激光扫描仪、粒度分析仪等, 采取非接触式检测方法, 消除筛分过程中存在的误差。其次, 利用高分辨率电子设备检测集料内部实际情况, 弥补传统筛分无法有效表征复杂颗粒形状的缺陷。

5.2 确保实现规范取样

公路工程集料级配检测的准确性取决于样品是否具有代表性, 规范取样是提升集料级配检测方法准确性的首要举措。在实际取样中, 首先可应用多点分层、随机均匀的取样方式, 防范由于局部级配偏差而对整体结果产生影响。在实施料堆取样中, 遵循上中下三层、四周与中心区域分别设置 15 个取样点, 之后四分法缩分到检测所需质量, 使样品可覆盖整体级配特征。在实施沥青拌和站冷料仓取样时则应从不同仓进料口、中部和出料口取样, 避免取某一区域集料^[3]。与此同时, 实施预处理与严格控制温度并除杂。采取此种方式可从根源上使检测样品具备代表性, 进而提升检测准确性。

5.3 实施标准化筛分流程

标准化筛分流程是集料级配检测的核心内容, 在实际检测中应保障各参数统一, 同时应用轻拍筛网和旋转筛分法, 使不同粒径颗粒实现均匀分离, 对于终点的判断则应以每分钟通过量 \leq 剩余质量的 0.1% 作为评判标准。与此同时, 在筛分中可以利用自动化辅助设施, 如利用自动筛分仪弥补传统人工差导缺陷, 避免操作失误, 与此同时需重点强化对筛分过程的监督, 保障操作符合规范, 应用视频监控系统实时记录集料级配检测筛分全过程。借由标准化筛分流程, 可明显提升集料级配检测的准确性。

5.4 做好精准测量与数据处理

称量精度与数据处理是决定检测准确性的关键。一方面, 应确保称量设备符合精度要求和标准操作, 并实施定期校准, 定期对振筛机、天平等设备维护, 对相关设备进行校准, 如保障电子天平精度达到 0.1mg, 将容量筒容积误差限制于 0.5% 之内, 保障设备性能稳定。另一方面, 确保环境温度稳定, 记录数据需完整, 记录项目包括取样的总质量、各筛孔残留质量、环境温度与湿度并标注检测时间与设备编号, 在计算分析时确保严谨。通过精准称量与规范数据处理, 可降低后续计量误差, 确保检测结果可反映集料级配特征。

5.5 强化检测全过程控制

集料级配检测的准确性需通过检测、分析、改进的闭环管理实现。首先确保平行试验验证, 同一样品至少进行 2 次独立筛分, 要求关键筛孔通过率偏差 $\leq 1\%$, 若偏差超标, 需检查取样代表性、筛分操作或设备状态。其次设备与环境控制需严格, 环境温度为 10℃到 30℃。最后开展人员培训, 定期组织检测人员学习《公路工程集料试验规程》, 使其掌握规范操作细节, 将因人为检测因素而对最终检测结果所产生的影响降至最低, 最终可以实现对检测结果的动态监控, 保障路面的长期使用。

6 结束语

总而言之, 提升公路工程集料级配检测方法准确性至关重要, 有利于提升工程施工质量、延长路面使用寿命、降低施工成本并实现资源合理利用、保障工程监管与验收的科学性。公路工程集料级配检测方法众多, 无论进行何种指标的检测, 皆可通过优化检测技术与硬件设备、确保实现规范取样、实施标准化筛分流程、做好精准测量与数据处理、强化检测全过程控制, 最终有效提升检测准确性, 为高质量公路工程建设提供支撑。

参考文献:

- [1] 冯润华. 混凝土试验检测及质量控制要点研究 [J]. 砖瓦, 2025,(07):129-131.
- [2] 毛荣波. 公路水泥稳定级配碎石层试验检测技术的应用分析 [J]. 广东建材, 2024,40(11):45-47.
- [3] 罗莉, 罗林. 公路桥梁工程集料试验检测技术的应用研究 [J]. 中国住宅设施, 2024,(03):40-42.