

公路路基压实度影响因素与控制措施研究

刘士进

湖北交投建设集团有限公司市政分公司 湖北 武汉 430073

【摘要】：路基是公路工程的主要承重结构，路基压实度直接影响到公路的整体强度、稳定性及使用寿命，是公路施工质量控制的主要指标。路基压实不好容易造成路面沉降、裂缝、翻浆、坑槽等病害，大幅度降低公路的通行质量与安全系数，加大后期运维成本。本文根据公路路基施工实际情况，对填料特性、土体含水量、碾压工艺、施工机械、施工环境、检测管控等主要影响因素进行系统的分析，有针对性地提出全方位、精细化的压实度控制措施，结合工程施工参数优化和工艺规范，为公路路基压实施工质量管控提供技术参考，提高公路路基施工标准化、规范化水平。

【关键词】：公路路基；压实度；影响因素；施工控制；压实工艺

DOI:10.12417/2705-0998.26.08.038

引言

公路工程建设中，路基起到传递路面荷载、分散行车压力的作用，路基施工质量好坏直接影响到整个公路工程的品质。压实度是反映路基土体密实程度的主要技术指标，本质就是路基压实后土体干密度与标准最大干密度之比，土体压实度越高，内部孔隙越小，路基整体性、强度和水稳定性越好。目前部分公路路基施工存在压实工艺不规范、参数控制不到位、现场管理粗放等现象，造成路基压实度不够，在投入运营之后，在行车荷载和自然环境的长期作用下，会引发各种病害，既影响道路通行舒适度，又容易造成交通安全隐患。因此，对路基压实度的影响因素进行深入研究，制定科学合理的施工控制措施，严格控制施工各个环节的质量，是保证公路路基施工质量、延长道路使用寿命的重要保证。

1 公路路基压实度核心影响因素分析

路基压实施工是土体颗粒重新排列、孔隙逐步压缩、土体密实度不断上升的过程，受到材料、工艺、设备、环境、管理等诸多因素的综合影响。根据现场施工经验及试验数据，可以将主要的影响因素分为六个方面，各个方面的因素互相联系、互相影响，直接影响到最终的压实效果。

1.1 路基填料特性影响

填料是路基施工的基础材料，自身物理力学性质是决定压实效果的前提条件，主要影响指标有颗粒级配、土质类型、塑性指数等。级配良好的砂砾土、碎石土等粗粒土，颗粒大小搭配合理，碾压过程中小颗粒可以充分填充大颗粒的孔隙，容易达到高密度压实效果，压实后的土体强度高、稳定性好、透水性可控，是优质路基填料。级配不良的细粒土、粉质土等填料，颗粒粒径单一，内部孔隙分布不均，在碾压过程中孔隙不能被完全消除，极限压实度低。塑性指数过高的黏土填料，土体黏结性较强、透气性较差，压实时容易出现表层压实过度、内部压实不足的现象，并且受水分的影响较大，后期很容易发生变形沉降。填料杂质含量过高、有机质含量过高，都会破坏土体

的整体结构，使压实质量变差，路基稳定性下降。

1.2 土体含水量影响

含水量属于路基压实度调控的关键动态要素，它对于压实成效有着决定性的影响力。土体颗粒之间存在内摩擦力、黏结力，碾压施工要克服土体内部阻力才能使颗粒压实。含水量适宜的时候，水分可以在土颗粒表面形成均匀的水膜，有效地润滑了颗粒界面，减小了土体内部的摩擦阻力，使土颗粒在碾压外力的作用下迅速移动、紧密排列，得到最好的压实效果。含水量低于最佳值时，土体干燥坚硬，颗粒间摩擦阻力大，同等碾压功作用下颗粒不能紧密贴合，孔隙不能充分压缩，压实度达不到设计要求。含水量大于最佳值时，土体内自由水过多，水分不能及时排出，碾压过程中很容易产生弹簧、翻浆、土体软弹等问题，表层土体被压实的同时，内部积水留存，既降低当前压实度，又造成路基后期沉降变形。不同土质最佳含水量、最大干密度有较大差别，必须采用标准击实试验准确测定。

1.3 碾压施工工艺影响

碾压工艺是人为控制的主要环节，碾压厚度、碾压速度、碾压遍数、碾压顺序等参数是否合理，直接影响压实施工质量。施工时，如果填筑分层过厚，碾压作用不能传到下层土中，就会造成表层密实而下层松散的分层压实不均现象，从而导致整体压实度不合格。分层厚度过小会造成施工工序增多、施工效率下降，造成资源浪费。碾压速度过快，压路机与土体接触时间短，碾压作用力不够，土体颗粒不能充分压实；碾压速度过慢容易造成表层土体过度碾压，产生土体松散、起皮的现象。碾压遍数不够会造成孔隙压缩不彻底，密实度低，碾压遍数过多会造成土体原有结构被破坏，颗粒破碎、表层松散，从而降低路基整体稳定性。碾压顺序不合理、分段施工接缝处理不好都会造成路基边缘、接缝处压实不足，产生质量隐患。

1.4 压实机械设备影响

压实机械的性能、选择以及工况状态都会直接影响到碾压作用力的大小以及压实的均匀性。不同种类的压路机其压实原

理、作用深度、压实效果等均存在较大差别，静力压路机依靠自身重量来完成静态压实，适合于表层整平压实，作用深度小；振动压路机通过高频振动叠加静压力，可以有效地破碎土体颗粒、压缩深层孔隙，压实深度和压实效率更高，适合于路基主体压实作业。施工过程中如果机械设备选型与填料土质、填筑厚度不相适应，就会造成压实质量不合格。压路机吨位不足、振动频率异常、设备老化故障等都会造成碾压作用力不够、压实不均。另外小型边角区、基坑周边等特殊部位不能用大型压路机覆盖，缺少小型压实设备补压，会造成部分压实盲区，使局部压实度不够。

2 提升公路路基压实度的精细化控制措施

2.1 严控路基填料质量

从源头控制填料质量，建立填料进场检验制度，所有进场填料必须提前进行颗粒级配、塑性指数、有机质含量、含水量等指标的检测，不得使用不合格的填料。优先采用级配连续、稳定性好、含泥量低的砂砾土、碎石土等粗粒土填料，控制填料粒径，最大粒径不超过分层填筑厚度的三分之二，防止大粒径骨料集中堆积形成压实空洞。对于粉质土、高塑性黏土等不良填料，不得直接用作路基填料，可掺入石灰、水泥等固化材料进行改良，改善土体颗粒结构，减小塑性指数，提高土体的压实性能。填料堆放时做好分区隔离、防雨防渗，防止填料混杂、受潮变质，从材料源头保证压实施工基础质量。

2.2 精准管控土体含水量

含水量控制是压实质量控制的关键，施工前对项目所用填料进行标准击实试验，准确测定最佳含水量、最大干密度，作为施工控制的依据。现场填筑施工时用快速水分检测设备实时检测土体含水量，保证含水量控制在最佳范围内，误差不大于 $\pm 2\%$ 。对于含水量低的土体，采用均匀洒水闷料的方式补水，洒水后充分拌合，静置闷料2-4小时，保证水分渗透均匀，防止表层含水、内部干燥。对含水量超标的土体进行及时的翻晒、通风晾晒，必要时加入干料拌合调整含水量，达到指标要求后方可进行碾压。阴雨天气停止填筑施工，已填筑的土层及时进行覆盖防护，防止雨水渗透造成土体含水量超标。

2.3 优化碾压施工工艺

2.3.1 落实试验段前置施工

正式大面积路基填筑碾压前，必须选取地质条件、填料性质、施工环境具有代表性的路段进行试验段施工，杜绝无参数、无方案盲目施工。试验段施工主要目的就是确定适合本项目最优施工参数，重点验证分层填筑厚度、碾压设备组合、碾压行驶速度、碾压遍数、碾压顺序等关键指标。通过对试验段压实度检测数据进行对比分析，选出压实度达标、施工效率最高、质量稳定的最佳参数组合，编制专项碾压施工方案，确定各个工序的施工标准，对现场施工人员、设备操作人员进行专项技

术交底，从而指导全线标准化施工。

2.3.2 严控分层摊铺厚度

分层摊铺厚度直接影响碾压作用力的传递深度以及土体压实均匀性，是压实工艺控制的基本指标。施工时严格按薄铺慢压、分层压实的原则进行施工，不得超厚摊铺碾压。按照前面不同填料所对应的施工参数进行差异化控制摊铺厚度，砂砾土、碎石土等粗粒土摊铺厚度控制在20~30厘米，粉质土、黏土及改良土摊铺厚度控制在15~20厘米。摊铺完毕后用平地机精细整平，消除局部高低差，保证摊铺层面整体平整，保证后续碾压作业受力均匀，防止出现局部压实度不均、下层松散的分层质量缺陷。

2.3.3 规范碾压作业流程与参数

统一标准化碾压作业流程，严格按照先轻后重、先慢后快、先边缘后中间、先静压后振动的原则进行施工，分阶段完成初压、复压、终压三道工序，保证压实质量层层达标。初压用轻型压路机低速静压，快速平整摊铺土层表面，固定土体结构，消除表层松散颗粒，为后续振动碾压打下基础；复压用重型振动压路机作业，高频振动击碎土体团聚颗粒、压缩内部深层孔隙，是提高路基密实度的关键工序；终压用静压方式收尾，彻底消除碾压轮迹，平整路基表面，改善路基整体平整度。严格控制碾压行驶速度，严禁超速或者慢速施工。静压作业速度控制在1.5~3.0km/h，振动碾压速度控制在2.0~4.0km/h，使压路机和土体的接触时间足够长，碾压作用力能充分传递到土体内。同时精准控制碾压遍数，根据填料类型选择相应的标准遍数进行施工，避免碾压遍数不够造成孔隙压缩不彻底、压实度不达标，也不过分碾压破坏土体原生结构，造成颗粒破碎、表层起皮松散等现象。

2.3.4 细化接缝与盲区压实处理

路基分段分层施工所造成的施工接缝，路基特殊部位盲区等是压实质量的薄弱环节，应采取专门的压实工艺。纵向施工接缝碾压搭接宽度不小于1米，保证新旧填筑层衔接紧密、压实均匀；横向接缝采用错缝搭接施工方式，已压实成型区域预留阶梯式搭接台阶，后续填筑层与台阶紧密衔接碾压，杜绝接缝处出现裂缝、松散、沉降隐患。对于路基边坡、边角、检查井周围、构筑物两侧等大型压路机不能到达的压实盲区，不得省略碾压工序，必须使用小型振动夯、小型压路机等专用设备分层补压，反复碾压至压实度合格，保证路基全域无死角压实，消除局部质量隐患。

2.4 科学选配压实机械设备

根据路基填料种类、填筑厚度、施工段落合理选择压实设备，形成科学的碾压设备组合体系。粗粒土厚层填筑优先采用大吨位振动压路机，高频振动提高深层压实效果；细粒土、改良土填筑采用小型振动压路机配合静压压路机，防止土体过度

碾压破碎。施工前对所有的压实设备进行检修、调试,校准振动频率、碾压吨位等参数,保证设备工作正常,防止设备故障造成压实质量不合格。配备相应的小型压实设备,对边角、狭窄地段进行压实作业,消除压实盲区。根据施工进度合理安排设备数量,防止由于设备不足造成碾压遍数不够、工期延误等现象的发生。

2.5 强化施工现场环境管控

根据天气状况动态调整施工计划,高温大风天气缩短填料暴露时间,随铺随压,填筑后及时覆盖保湿,减少水分蒸发,防止土体失水干燥难以压实。阴雨天提前做好场地排水,设置排水沟、截水沟,防止场地积水浸泡路基,雨后待土层晾晒达标后再复工碾压。低温霜冻天气禁止在低温时段进行施工,防止土体冻结造成压实效果不好,必要时采取保温覆盖措施。施工前对路基基底进行平整、压实处理,保证基底承载力均匀、平整度达标,防止填筑层受力不均造成局部沉降,保证碾压作业的均匀性。

2.6 完善质量检测与现场管控体系

建立全过程质量检测体系,采用环刀法、灌砂法等标准检测方法对压实度进行检测,分层、分段开展压实度检测,合理布置检测点位,重点加密路基边缘、接缝、转角等薄弱区域的检测点位,保证检测数据的全面真实性。压实度检测不合格的

区域立即返工处理,重新碾压复检,直到达到要求为止,防止质量隐患留存在施工中。加强施工技术交底,对施工人员、操作人员进行专项培训,明确施工工艺、参数标准、质量要求,规范现场操作行为。设置专职现场值班人员,全程对填料摊铺、含水量控制、碾压等重要工序进行监督并及时纠正违规操作。建立施工质量台账,对施工参数、检测数据、施工工况进行详细的记录,保证施工过程可追溯,不断改进施工工艺,提高路基压实质量的稳定性。

3 结论

公路路基压实度受填料性质、土体含水量、碾压工艺、施工设备、环境条件和现场管理等多方面因素共同影响,各个因素互相联系、互相制约,直接影响到路基施工质量。路基压实度控制属于一项系统性、精细化的全过程工作,不能沿用传统的粗放式施工方式,要从源头控制、过程改进、全程检测入手来开展管控工作。施工过程中要严格控制填料质量,准确控制土体最佳含水量,根据试验段确定最优碾压参数,合理选择压实设备,规范标准化碾压工艺,加强施工现场环境和工序管理,建立质量检测追溯体系,从各方面消除压实质量隐患。采用多维精细化控制方式可以提高路基压实的均匀性及达标率,保证路基整体强度、稳定性、耐久性,为公路工程长期安全稳定运行打下良好的基础,可以为同类公路路基施工项目提供可靠的参考。

参考文献:

- [1] 张迪.公路路基压实度的影响因素及控制措施[J].交通世界,2023,(11):122-124.
- [2] 李俊文.农村公路路基压实度的影响因素及控制措施[J].居舍,2021,(32):57-59+180.
- [3] 赵贵.公路路基压实度的影响因素及控制措施[J].四川水泥,2015,(11):307.
- [4] 许义标.公路路基压实度的影响因素及其控制措施[J].中国新技术新产品,2013,(14):63-64.
- [5] 秦豫川.公路路基压实度的影响因素及控制措施[J].技术与市场,2011,18(11):18.