

# 公路工程路基施工质量控制的关键技术探究

蒋典均

贵州桥梁建设集团有限责任公司

**摘要:** 为了进一步优化提升公路施工水平, 首先总结公路路基施工特征, 随后以具体工程为例介绍了公路工程路基施工质量控制关键技术, 包括路基层含水率和温度控制、路基层级配控制、摊铺厚度控制、孔隙率控制、沉降率控制, 希望能给祥光人士提供有效参考。

**关键词:** 公路工程; 路基施工; 质量控制; 关键技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.03.064

## 引言

在新时期城市程序建设发展中, 我国基础设施投资规模持续增加, 加速了公路工程建设发展, 此外, 我国地质环境相对复杂、幅员辽阔, 公路建设中容易遇到各种复杂环境, 从而影响工程质量, 为此需要严格控制公路工程路基质量, 提升整个工程的抗损性和抗耗性, 如此公路才不会因为车辆反复碾压以及自然力导致破损事故。

### 一、公路路基施工特征

结合路基在整个公路工程中的重要性分析, 需要对公路路基施工质量进行合理控制, 对现有路基修筑

技术进行不断优化和改善, 避免影响整个道路功能, 降低公路寿命。因为路基作业涵盖多样化内容, 拥有较强系统性, 路基施工效果还会受到各种不可抗力以及人为因素影响, 具体如下图所示, 为此在路基作业前需要针对各个分项工程和总工程的具体施工计划以及施工方案进行科学设计制定, 做好不同施工环节协调处理, 保障工程进度和施工方案合理性, 减少各种突发性因素会工程路基质量影响, 增强路基性能。在路基施工前, 需要通过路基试验, 进一步确定相关机械设备操作参数, 包括施工设备组合方式、数量、吨位以及型号等内容, 联系工程设计方案, 明确公路路基整体碾压次数, 提升碾压效果, 保障碾压均匀性。联系不同区域路基状况、地质环境, 灵活调整碾压参数。不同路段修筑中结合状况灵活调整碾压施工参数, 确定科学碾压方法, 保障路基两侧压实度一致性, 改善路基施工、运营中的不均匀沉降现象, 保障公路工程有序实施, 加强碾压施工控制, 优化路基平整度。控制压实层水含量, 满足路基施工密实度要求。协调机械、材料、人员等多方因素, 结合工程现实状况有序开展施工作业<sup>[1]</sup>。

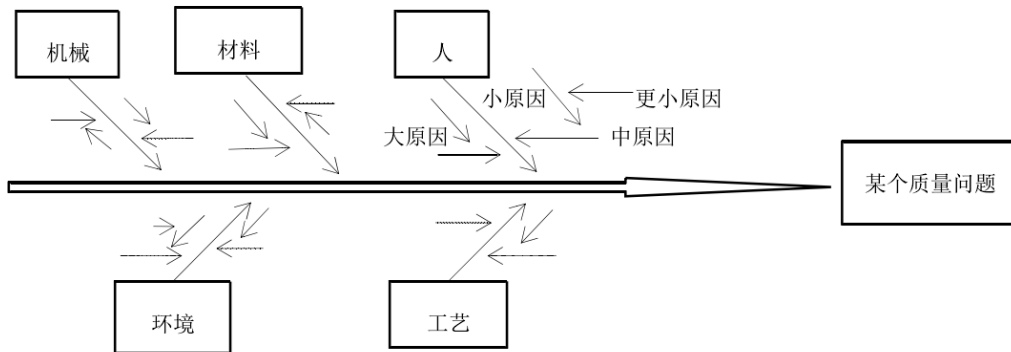


图1 路基施工影响因素

### 二、公路工程路基施工质量控制的关键技术分析

#### (一) 工程概况

某一高速公路路段的植被保护要求较高, 地质环境复杂、沙化严重、水土流失、少雨干旱, 路线全长9.12km。全线采用双向四车道高速公路设计, 设计车速100km/h, 平曲线最小半径1200m, 最大纵坡3.98%。全线主要以桥梁、路基为主, 分别有大桥7座, 涵洞32道, 服务区1处, 互通1处, 1个隧道, 路基填料是隧道洞渣。本项目位于桂中盆地北西角, 东与四堡古岛弧相邻, 南以河池—宜州断裂为界, 调查区内泥盆系一二叠系广泛发育。早古生代末的广西运动, 发生褶皱回返, 晚古生代发生块断升降活动, 区内形成伸展拗陷, 经中三叠世末的印支运动, 海水退出, 褶皱回返。境内主要经历加里东、印支、燕山三个构造运动旋回。岩性主要为泥岩、钙质泥岩夹泥灰岩, 两翼产状均较缓, 倾

角一般在15°~17°之间。为一短轴向斜。该段路线跨越沟谷, 主要通过填方路基方式通过, 结合现场勘测绘资料, 节理裂隙发育, 岩体破碎, 强风化层深度大概在10到15米之间, 坡脚部位地势平缓, 整个填方体相对稳定, 因为路基填筑高度较高, 在针对路基实施初步加载后容易产生不均匀沉降现象。对应边坡建议清除表土后进行台阶开挖填筑, 通过冲击碾压加固措施处理填方体, 对于基底部软土部位进行全面换填, 坡面设置衬砌拱, 发挥出良好防护功能, 边坡高度为20.9米。

#### (二) 路基铺层含水与温度控制

地基表层为松散土且厚度低于30厘米条件下, 可以在清除杂草后碾压到90%压实度, 如果松散层超出30厘米厚, 需要率先翻开, 并分层压实到90%压实度。

特殊路段软基处理中如果浅填、零填路段是淤泥, 则应该做好路基排水换填, 保障路基稳定性。如果路床

整体含水量较高，应该形成合理排水措施，对道路实施有效排水处理。

路基排水系统主要包括边沟、排水沟、截水沟、天然河沟、渗沟、急流槽以及跌等部分构成。原则上路基排水不能对水塘鱼池以及农田灌溉形成干扰。填方路基两端增加施工C20砼排水沟，通常道路尺寸是梯形沟，具体尺寸为0.6米×0.6米，挖方路段增加施工现浇砼边沟，道路为矩形沟，尺寸为0.6米×0.8米，边沟上层增设盖板，需要条件允许，可以按照浅蝶形设置边沟。挖方边坡各级坡面通常会设置2米宽平台，率先增设挡块，对上层坡面流水进行拦截，或利用急流槽把水流引入路基边沟当中。

因为此次工程区域存在较大温差，填石路基填料内部水分较少，冻融现象会导致整个路基冻害，为此低温和含水量会直接影响冻融，冻融反过来会影响路基，填石路基碾压施工中需要确定最佳含水量。经过击实实验得到填石料内部水量最佳值是3.94%，石料具有较强透水性，无法合理保持水分，为此需要利用专门洒水设备向混合料实施均匀洒水。借助洒水装置面向料场内自然风干填料实施大量均匀洒水，促进填石料综合含水量达到预期水量目标，缩减工程洒水量，随后实施装料、卸料、摊铺，等同于对材料进行二次均匀混合加班。整平后针对路基两端的水量较少部位可以在碾压前借助专门洒水设备实施水分补充，提高压实效果<sup>[2]</sup>。

### （三）路基层级配控制

此次工程路段中针对隧道实施爆破挖掘后会形成海量弃渣，在不影响公路生态环境基础上，需要优化处理隧道弃渣，为此可以将隧道弃渣当成路基填料，改善堆

放场地问题，有效缩减工程成本。此次隧道弃渣料普遍是通过岩石爆破形成的少量土以及大粒径块碎石，粗粒料低于70%条件下，需要适当增加粗颗粒扩展最高干密度，如果粗粒料超出70%，额外添加粗颗粒容易降低最高干密度，扩大压缩模量，降低孔隙比和压缩系数，但在不断添加粗粒料后，会产生粗颗粒架空结构，扩大压缩系数。此外，因为良好透水性、较大压实密度、较高抗剪强度、较低沉降变形，可以率先在料场堆放洞渣料，实施综合处理后满足路基填料标准，辅助路基填筑。如果粗粒料含量是30%到40%，粗骨料发挥出填充、影响功能，该种条件下，细填料数量直接影响路基填料压实度，如果粗集料含量在40%到70%之间，粗细集料混合填充，发挥着共同骨架功能，该种条件下，细集料和粗集料性质以及填充效果会直接影响整个压实性能。在粗集料总量持续扩大中，填料压实特性朝着粗粒料偏移，在粗粒料超出70%条件下，粗粒料成为支撑骨架，细粒发挥出一种影响和填充功能，其中可以借助室内筛分试验对材料质量进行检测，得到材料初始级配。针对公路中弃渣堆料以及隧道不同区域实施取料检测了解到公路路基填筑所用废弃渣料满足工程规范要求，是一种优良级配<sup>[3]</sup>。

级配会影响路基施工质量，假如填料级配不良，会使整个路基形成病害隐患，级配作为各级填料粒径颗粒分配状况，可以借助筛分试验操作。明确此次路基工程最佳级配，对级配设计填料实施自然风干，维持相同含水量，把所有填料不均匀系数维持在15到20之间，对应击实土石比是1: 9、2: 8、3: 7、4: 6，总计四种配比填料，并得到土石比以及击实密度数据：

表1 不同土石比和击实密度记录

土石比例 (土: 石)	击实密度 (g/cm <sup>3</sup> )	不均匀系数 (Cu)	级配组成							
			不同筛孔 (mm) 总计百分含量 (%)							
			0.5	1	2	5	10	20	40	60
1: 9	2.300	5.6	/	/	5	10	30	40	90	100
2: 8	2.320	18.7	/	5	15	20	35	50	75	100
3: 7	2.270	16	5	10	15	30	45	70	85	100
4: 6	2.242	16.7	5	10	20	40	50	65	85	100

通过分析发现，基于相同击实条件下，如果粗颗粒含量是80%，则能够得到最大击实密度，渣料级配方面，如果为最大密度，可以判断对应颗粒级配是最佳级配，即土石比是2: 8左右，结合弃渣级配曲线，能够进一步优化提升路基现场施工指导质量。

### （四）摊铺厚度控制

此次工程合同段根据公路标准实施设计，路基范围对应压实标准以重型压实为主，并针对整个路堤进行分

层铺筑，均匀压实，道路局部区域可以利用小型压实设备实施压实处理，交界填挖中可以采取冲击填挖以及强夯处理。填石路堤压实应该满足下列标准，分层厚度控制在50厘米以下，如果利用20吨以上型号的振动压路机开展道路压实试验，对应压实顶层相对稳定，停止下沉或没有轮迹条件下，判定道路处于密实状态。路基压实按照重型击实试验标准，满足下表规定，碾压中，压实机按照先慢后快、先轻后重标准施工。

表2 路基压实度和最低强度要求

路基部位	压实度 (%)	路面底面下层深度 (cm)	CBR (%)	填料最高粒径 (cm)
上路床	≥96	0-30	8	10
下路床	≥96	30-80	5	10

立足于压实度层面分析，初步确定某个压路机后，层厚较浅层能够得到较高压实度，但立足于整体层面分

析，尽管表面铺设层较薄但压实度较高，便会降低碾压效率，导致成本增加，影响工程经济性。此次工程

碾压施工中，主要应用LSS320PB 20t振动压路机，静压线压力是每厘米460N，激振力是330KN，强振激振力为360KN，碾压作用面在实施面积换算后得到0.85平方米，振轮直径是1.6米，振动轮宽是2.13米。此次，路基工程中较高路段的施工高度在30m到40m之间，结合FLAC3D软件进行模型创建分析，设置为30厘米，50厘米以及70厘米不同厚度，整体应该设置4到5个坡，不同坡高度是8米左右，经过现场实地检验发现1：1.75的坡比标准摊铺层为11层，各层厚度是70厘米，如果是1：1.5的坡比，则可铺设层是8层，各层厚度为70厘米，三层为30厘米，三层为50厘米，整个铺层厚度应该符合弃渣填料施工性质，满足压实设备处理方法以及碾压吨位要求<sup>[4]</sup>。

填料粒径组成会直接影响路基压实效果，路基填料密实度和填料粒径组成不可分割，随着材料级配变化会从不同程度上影响路基密实度。合理控制细颗粒含量能够增强路基填筑密实度。通过分析发现，粗料含量处于30%到40%之间，粗料只发挥着填充以及影响功能，该种条件下细料颗粒性质以及组成结构会影响填料压实效果，如果粗料量为40%到70%，则粗细料同步发挥出骨架功能，该种条件下，粗细料性质以及混合填充会影响路基压实度。路基填筑主要有分层铺筑碾压施工为主，因为填料层厚度会直接影响碾压效果，为此在施工实践中需要合理控制，从碾压质量层面分析，随着松铺厚度降低，会提升压实度，拥有良好碾压效果。结合施工进度分析，松铺厚度厚度越高越好。如果填料层相对较厚，不会轻易碾压填料，因此会影响材料压实度。填料层过薄，容易导致碾压过度，出现石料破碎等问题，影响实际压实质量。具体标准规范内缺少路基压实厚度标准规定，结合工程施工经验，基于传统密实强度，通常将路基分层填筑厚度维持在40厘米到70厘米之间，在具体施工中，针对路基两端设置标杆，代表各层填料厚度，并根据标杆具体标记实施上料摊铺作业。

#### (五) 孔隙率控制

此次公路碾压以高频低幅为主，静压线压力是每厘米460N左右，相关激振力是330KN，强振对应激振力是360KN。结合公路路基施工规范标准可以进一步了解到中硬石料路基填筑石方对应上路堤填筑孔隙率低于22%，下路堤孔隙率低于24%，结合此次工程就分析，在施工技术和管理方面较好，整体施工效率较高，能够满足工程质量需求，符合正常控制。摊铺中注意，不同铺设厚度层下，扩大填料粒径会进一步增厚铺层厚度，基于特定厚度下，提升填筑材料粒径会扩大整个填筑结构密实度，为此于摊铺作业中，需要对松铺层厚度实施合理控制，对填料粒径进行严格把握，将填料粒径控制在500毫米以下，不能超出层厚的2/3。此次路基平整施工中需要在各层底部合理设置大粒径粗块料，并在上层分散设置小粒径填料，融入粗粒料各个空隙当中，确保得到良好嵌锁结构，提升路基表层压实度，保持良好平整状态，结束摊铺后，针对外部间隙较大区域铺撒石屑料，对大粒径填料间隙实施全面填充，摊铺中预防填料间隙空洞过大以及超粒径限制等问题。同时还需要配置

专门机械设备以及技术工人破碎、清除以及整平道路。

#### (六) 沉降率控制

沉降率属于沉降差和摊铺厚度比，借助精密水准仪对不同测量碾压施工前后高程进行精准测量，得到施工沉降量。因为此次工程中填筑路基相对较高，单纯针对5层铺层实施打点观测，一层设计四个测点，经过计算观测得到以下沉降率：

表2 各层沉降率变化

组数	各层沉降率			
1	3.47	4.15	3.61	3.42
2	4.73	4.04	2.24	2.48
3	2.98	4.37	3.46	3.72
4	3.88	3.73	3.97	4.3
5	4.89	2.74	2.33	2.82

此次施工中单层沉降率不能大于7%，结合分析发现过程能力较好，工序能力稳定施工技术以及管理相对较好，具有较高施工效率，满足工程质量要求，保持正常作业和现状持续作业。

#### (七) 压实度控制

压路机在压实施工中主要以动荷载以及静荷载为主，静荷载由压路机吨位所决定，在碾压次数持续增加中，所构成变形量是领，动荷载则是被压路机整体激振力、振幅以及频率所决定，动荷载在路基压实影响中，如果达到相应振幅限值，则压实度会随频率扩大呈现出先上升后下降的趋势，如果振动频率维持在25Hz到50Hz之间，则会得到最佳碾压效果，如果振动频率和填料固定频率较为接近，则能够使填料内部压力降低60%。如果频率固定，可以通过扩大振幅提升压实度随着振幅扩大，压路机对对面影响相继扩大，激振力渗透范围越深，则能够加深压实深度，如果振幅过高容易操作过度，导致压碎材料。为此在厚铺层以及公路路基压实中应该以高频、低幅作业为主。

#### 结语

综上所述，经济发展离不开便捷交通正常，公路作为交通出行重要方式，需要进一步强化控制工程质量，如此才能保障人们安全出行。为此在公路路基施工中需要严格按照行业标准、要求，对各个环境施工技术进行合理把握，进一步优化技术人员专业水平和综合素质，引入多样技术方法，强化路基施工质量控制，促进国内交通事业稳步发展。

#### 参考文献

- [1] 亢钰. 公路工程路基施工质量控制的关键技术探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(02): 68-70.
- [2] 梁兆瞳. 公路工程路基施工质量控制的关键技术分析[J]. 运输经理世界, 2022(31): 38-40.
- [3] 康寿平. 公路工程路基施工质量控制的关键技术研究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(02): 151-153.
- [4] 李军. 浅析公路工程路基施工质量控制技术探究[J]. 科技创新导报, 2020, 17(06): 23-24.