

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ/T 037.1--2000

**公路水泥混凝土路面
滑模施工技术规程**

**Technical Specifications of Slipform Construction
On Cement Concrete Pavement for Highway**

2000—04—27 发布

2000—09—01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业标准

公路水泥混凝土路面滑模施工技术规范

Technical Specifications of Slipform Construction
On Cement Concrete Pavement for Highway

JTJ/T 037.1--2000

主编部门：交通部公路科学研究所
批准部门：中华人民共和国交通部
施行日期：2000年9月1日

人民交通出版社

2000·北京

关于发布《公路水泥混凝土路面
滑模施工技术规范》的通知

交公路发(2000)222号

各省、自治区交通厅，北京市交通局，上海市市政工程管理局，天津市市政工程局，重庆市交通局，其他有关单位：

现批准发布《公路水泥混凝土路面滑模施工技术规范》(JTJ/T037.1—2000)，作为推荐性行业标准，自2000年9月1日起施行。

该规程由交通部公路科学研究所主编并负责解释，人民交通出版社出版。请各单位在实践中注意积累资料，总结经验，及时将发现的问题和修改意见函告交通部公路科学研究所，以便修订时参考。

中华人民共和国交通部
2000年4月27日

前 言

1997年交通部下达了交公路发[1997]731号《关于下达1997年度公路建设标准、规范、定额等编制、修订工作计划的通知》第24项《公路水泥混凝土路面滑模施工技术规程》的编制任务。由交通部公路科学研究所负责编制。

本规程是在国家计委“八五”重点科技攻关项目(85—403—01)《高等级公路滑模摊铺水泥混凝土路面修筑成套技术研究》的研究成果、《滑模摊铺水泥混凝土路面施工指南》、正在试行的《广东省高等级公路水泥混凝土路面滑模施工技术规程》和总结1990年以来湖南、广东、湖北、河北、山东、新疆、贵州、吉林、福建、黑龙江等十多个省区1000km高等级公路水泥混凝土路面滑模施工经验的基础上编写而成。

本规程对采用滑模摊铺机械工艺施工水泥混凝土路面全过程中的原材料、配合比、工艺流程、机械配套、施工操作、质量控制等每个环节进行了规定，使建设、设计、施工、科研、监督、监理单位有章可循，目的在于确保我国水泥混凝土路面建设质量稳步提高。

由于水泥混凝土路面滑模施工在我国是新型工艺技术，在本规程试行过程中，施工管理和工程技术人员除按本规程要求进行施工作业外，还应结合当地具体情况，不断总结经验，研究新问题，注意吸收国内外最新的装备、成果和经验，使这项新技术得以不断地进步、完善和发展。

对本规程在使用过程中发现的问题和修改意见，请随时函告交通部公路科学研究所(地址：北京市西土城路8号，邮编：100088)，以便修订时参考。

主 编 单 位：交通部公路科学研究所

主要起草人：傅 智、何厚坤、刘正刚、吴逢衔、王彦莹、杨国华

目 录

- 1 总则
- 2 术语、符号
 - 2.1 术语
 - 2.2 符号
- 3 施工准备
- 4 基层
- 5 原材料和配合比
 - 5.1 原材料技术要求
 - 5.2 配合比设计
- 6 滑模摊铺工艺流程及机械设备配置
 - 6.1 工艺流程
 - 6.2 机械设备配置
- 7 滑模摊铺水泥混凝土路面施工
 - 7.1 基准线设置
 - 7.2 混凝土搅拌
 - 7.3 混凝土运输
 - 7.4 钢筋安装和混凝土布料
 - 7.5 滑模安装和混凝土布料
 - 7.6 滑模摊铺中小桥（涵）面、桥头搭板及缘石
 - 7.7 滑模摊铺混凝土路面接缝施工
 - 7.8 滑模摊铺混凝土路面修整
 - 7.9 抗滑构造施工
 - 7.10 混凝土路面养生
 - 7.11 填缝
 - 7.12 特殊气候条件下施工
- 8 施工质量管理与检查验收
 - 8.1 一般规定
 - 8.2 施工前材料与设备采购检查
 - 8.3 铺筑试验路段
 - 8.4 施工中的质量管理与检查
 - 8.5 交工验收阶段的工程质量检查验收
 - 8.6 工程施工总结

9 安全生产

附录 A 混凝土拌和物振动粘度系数试验方法

附录 B 施工质量动态管理方法

附录 C 滑模摊铺水泥混凝土路面弯拉强度评定

附录 D 本规程用词说明

附件：公路水泥混凝土路面滑模施工技术规范条文说明

编制说明

1 总则

2 术语、符号

3 施工准备

4 基层

5 原材料和配合比

6 滑模摊铺工艺流程及机械设备配置

7 滑模摊铺水泥混凝土路面施工

8 施工质量管理与检查验收

9 安全生产

1 总 则

1.0.1 目的

为在我国公路水泥混凝土路面工程中采用滑模摊铺机械施工工艺，确保水泥混凝土路面施工质量，制定本规程。

1.0.2 适用范围

本规程适用于新建或改建公路采用滑模摊铺机械施工的水泥混凝土路面工程。

1.0.3 原材料选用原则

应在确保水泥混凝土路面工程质量的前提下，因地制宜地选择路用品质优良的水泥，技术指标合格、性能稳定的砂石材料及其它材料。

1.0.4 技术内容

本规程规定了水泥混凝土路面、路缘石、钢筋混凝土中小桥桥面、桥头搭板、通道及涵洞盖板的滑模摊铺机械施工技术、质量管理与验收标准。

1.0.5 施工组织

水泥混凝土路面的滑模施工必须有详细的施工组织设计和科学实用的工艺流程。

1.0.6 相关规范

水泥混凝土路面滑模施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家颁布的现行有关标准、规范、规程的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 滑模水泥混凝土 slipform cement concrete

满足滑模机械工艺摊铺工作性、强度及耐久性等要求的较低塑性水泥混凝土材料。

2.1.2 水泥混凝土路面滑模施工 slipform construction of cement concrete pavement

一种采用滑模摊铺机摊铺水泥混凝土路面的施工工艺方式。其特征是不架设边缘固定模板，将布料、松方控制、高频振捣棒组、挤压成形滑动模板、拉杆插入、抹面等机构安装在一台可自行的机械上，通过基准线控制，能够一遍摊铺出密实度高、动态平整度优良、外观几何形状准确的水泥混凝土路面。

2.1.3 振动粘度系数 vibrating viscosity coefficient

在特定振动能量作用下，混凝土拌和物内部阻碍相对运动的摩阻能力，与内部质点的重力差成正比，与质点的运移速度成反比。它反映了振捣时混凝土拌和物中气体上升排除、集料下沉稳固的难易程度，用于测定混凝土拌和物的振捣易密性。

2.1.4 工作性 workability

混凝土拌和物在浇筑、振捣、挤压成形、抹平等一系列操作过程中，易于流动、塑形、抹面、达到稳定和密实的程度。它是拌和物流动性、可塑性、稳定性和易密性的综合体现。

2.1.5 可滑性 slipforming property

在滑模摊铺机各工作机构参数设定正确时，滑动摊铺出的混凝土路面表面平滑、尺寸稳定，不粗涩、不麻面、不拉裂，边缘不塌边、不溜肩，混凝土拌和物适宜滑模摊铺的性能。

2.1.6 基准水泥混凝土 reference cement concrete

不掺矿质混合材料或化学外加剂的水泥混凝土。在对比粉煤灰的使用效果时，为不掺粉煤灰但掺有化学外加剂的混凝土；在比较化学外加剂的使用效果时，为不掺矿质混合材料和化学外加剂，用基准水泥配制的混凝土。

2.1.7 超量取代法 over substitute method

粉煤灰混凝土与基准混凝土在等强度条件下，粉煤灰掺量超过其取代的水泥量，超过替代水泥量的粉煤灰数量扣除细集料含量的粉煤灰掺用方法。

2.1.8 超量取代系数 over substitute coefficient

粉煤灰掺入量与其所取代水泥量的比值。

2.1.9 填缝料形状系数 fillers' shape coefficient

填缝料填灌接缝时的深度与宽度之比。

2.1.10 前置（钢筋支架）法施工 front—located（reinforced guesses） construction method

水泥混凝土路面滑模摊铺过程中，在滑模摊铺机前方预先设置胀缝或带传力杆缩缝钢筋支架的一种施工方法。

2.2 符 号

- b——滑模摊铺机的摊铺宽度
- C_o ——混凝土拌和物单位体积水泥用量
- C_v ——混凝土弯拉强度变异系数、统计偏差系数
- C/W——灰水比，其倒数为水灰比
- E_c ——混凝土设计弯拉弹性模量
- f_{cm} ——混凝土设计弯拉强度
- f_{cs} ——混凝土合格判定平均弯拉强度
- f_{min} ——混凝土最小弯拉强度
- f_c ——混凝土 15cm×15cm×55cm 小梁试配弯拉强度
- f_{sp} ——水泥混凝土路面钻芯圆柱体（D: 15cm）劈裂强度
- f_s ——水泥胶砂抗折强度
- g_q ——汽车载重能力
- h——水泥混凝土路面板厚度，3m 直尺平整度最大间隙
- M——搅拌站所有混凝土搅拌楼的每小时拌和总能力
- m——台搅拌楼的每小时拌和能力
- N——运输车辆总数
- n——相同产量的搅拌楼台数
- S——单程运输距离
- S_p ——砂率
- SL——混凝土拌和物的坍落度
- SFC——路面洒水条件下的横向摩阻力系数
- t——时间，保证率系数
- TD——抗滑构造深度
- v_t ——滑模摊铺机的摊铺速度
- v_q ——车辆的运输平均速度
- W_o ——混凝土拌和物单位体积用水量
- γ_c ——新拌混凝土的容重
- η ——混凝土拌和物的振动粘度系数

3 施工准备

3.0.1 技术交底

施工前，建设单位应组织设计、施工、监理单位进行技术交底。

3.0.2 确定施工方案

施工单位应根据设计图纸、合同文件、施工条件和本规程编制滑模摊铺水泥混凝土路面施工工艺流程，确定施工方案，编制详细的施工组织设计。

3.0.3 人员培训

在滑模摊铺开始前，施工单位应对施工、试验、机械、管理等岗位的技术人员和各种技术工人进行培训。未经培训的人员不得单独上岗操作。

3.0.4 搅拌站设置

1 搅拌站宜设置在摊铺路段的中间位置。搅拌站内部布置应满足原材料储运、混凝土运输、供水、供电、钢筋加工等使用要求，并尽量紧凑，减少占地。搅拌楼应安装在上风头。确因地形等条件限制，砂石料堆场面积不足时，可在搅拌站附近设置砂石料储备转运场。

2 混凝土搅拌站应解决搅拌、清洗、养生用水的供应，并保证水质。水源供水量不足时，搅拌站宜设置体积不小于 $250\sim 500\text{m}^3$ 的蓄水池，所蓄的水量应至少满足半天以上滑模施工的需要。

3 混凝土搅拌站应保证充足的电力供应。可采用就近从电网取用电力或自建发电站保证供电。电力总容量应考虑全部施工用电设备、夜间施工照明及生活用电。配电房或发电站应设在地势高处或架高设置。

4 施工单位应确保滑模摊铺机、运输车辆及发电机等动力设备的燃料供应。离加油站较远的工地应设置油罐或油料储备库，并保证其防火、防盗安全。

5 在施工前，应储备正常施工一个月以上的砂石料。料场应建在地势较高、排水通畅的位置，其底部应采用胶凝材料处理或水泥混凝土硬化处理，严禁料堆积水和泥土污染。不同规格的砂石料之间应有隔离设施，严禁混杂。

6 在冬季、雨季和热天施工条件下，应在砂石料堆上部架设防雨、防雪、隔晒顶篷或覆盖帆布，覆盖材料的数量不宜少于正常施工时 10d 的用量。不得直接使用滴水、夹冰雪和局部曝晒过热的砂石料搅拌混凝土。

7 搅拌站原材料运输与混凝土运输车辆不应相互干扰，应设置车辆进出道口的环形道路，每台或每两台安装在一起的搅拌楼应设相对独立的运料进出口，并有临时停车场。搅拌楼下装车部位应铺筑厚度 20cm 左右的混凝土路面，并应设置清洗污水排放管沟、积水渗水坑或清洗搅拌楼的废水处理回收设备。

3.0.5 运输道路

滑模摊铺前，施工道路上的各种桥涵、通道等构造物应提前建成。确有困难不能通行时，应有施工便道。施工时应确保运送混凝土的道路基本平整、畅通，不得延误运输时间或破坏基层。

3.0.6 现场试验室

滑模摊铺水泥混凝土路面的施工工地应建立现场试验室。施工单位在备料和施工过程中，应对混凝土原材料调查取样、定期抽检和试验分析，提供符合要求的原材料和配合比试验报告，控制拌和物工作性，提供弯拉强度、钻芯劈裂强度、平整度、板厚、构造深度等自检结果。

3.0.7 原材料进场要求

应根据滑模摊铺施工进度安排，保证及时地供给各种合格的原材料。应批量检验原材料的品质，不合格的原材料不得进场。每个滑模施工工地宜设置地称，对所有进场原材料进行称量。应做好所有原材料进出场的登记、储存、保管、签发等管理工作。

3.0.8 施工机械

施工前，必须对搅拌楼、运输车辆、布料机、滑模摊铺机、拉毛养生机、锯缝机等施

工机械，经纬仪、水准仪或全站仪等测量基准线仪器和人工辅助施工的振捣棒、整平梁、模板等机具、工具及试验仪器进行全面地检查、调试、校核、标定、维修和保养，并试运行正常。对主要设备易损零部件如滑模摊铺机振捣棒等应有适量储备。

3.0.9 复桩

路面施工单位应根据设计文件，校核平面和高程控制桩，复测和恢复基层交出的路面中心线、边缘线等全部基本桩号，测量精度应满足相应公路等级路面施工测设规范的规定。

3.0.10 摊铺位置

滑模摊铺机的摊铺宽度和位置应尽可能与车道、路肩宽度和划线位置相重合，并保证设置施工基准线所需的宽度。滑模摊铺机履带应行走在基层、底基层或压实稳固的垫层上，不得行走在积水的中央分隔带或湿软土基上。

3.0.11 桥面或高架桥部位的铺装

滑模连续铺装中间分开的中小桥和通道桥面时，履带应避免或采取临时加固措施施工，护栏宜在桥面铺装完成后制作安装。在摊铺高架桥部位路面时，履带应避让高架桥的中墩，并采取加固措施通过通信井口。

3.0.12 硬路肩与路缘石

滑模摊铺机设置为悬臂式摊铺硬路肩或连体施工路缘石时，路肩底部基层位置应与摊铺路肩和缘石外侧边相重合或略宽，土路肩降雨冲刷沟槽必须回填平整并夯实。

3.0.13 通讯调度

滑模摊铺水泥混凝土路面时，应建立摊铺现场和搅拌站之间快速有效的通讯联络。在施工进行中，指挥台必须有专人不间断值班，随时联络，及时进行生产调度和指挥。

4 基层

4.0.1 一般规定

滑模摊铺水泥混凝土路面，基层的材料要求、施工工艺及质量指标应符合相应等级公路基层技术规范的规定。开始滑模摊铺前，基层须经质量检验合格。

4.0.2 滑模摊铺水泥混凝土路面，基层应符合下列要求：

- (1) 上基层宽度应比混凝土板每侧宽出 65~80cm 或与路基同宽。
- (2) 半刚性基层应具有足够的强度和耐冲刷性、适宜的刚度和防渗性；砾料基层应具有稳定的稳固性、足够的渗透排水性。
- (3) 半刚性基层的干燥收缩和温度收缩变形较小，当上基层产生纵横向断裂时，应采取有效措施防止水泥混凝土路面施工初期断板。
- (4) 基层表面应平整、密实，并及时进行养生及保护，必要时可洒透层油或做沥青表处。
- (5) 路拱和纵坡与面层一致，高程符合要求。
- (6) 应至少提供足够滑模摊铺机连续施工 10d 以上的合格基层。

4.0.3 基层类型

新建水泥混凝土路面的基层可按有关基层规范的规定选用水泥、石灰粉煤灰和水泥粉煤灰等无机结合料稳定粒料的半刚性基层，级配碎石、级配砂砾、填隙碎石等粒料基层，也可采用沥青表处、沥青贯入式、贫水泥混凝土、透水混凝土、碾压水泥混凝土基层。水泥混凝土路面（上）基层不宜采用水泥土、水泥粉煤灰土、石灰土、石灰粉煤灰土，但可用于底基层。水泥稳定类上基层，水泥用量不得小于 4%。各级公路水泥混凝土路面均不宜使用沥青表处和沥青贯入式路肩。使用了石灰土、二灰土上基层的水泥混凝土路面及沥青表处和沥青贯入式路肩的公路，路肩下部和边缘，应采用透水性好的材料做垫层或做渗水管沟。

4.0.4 旧沥青路面上加铺

原有旧沥青路面采用滑模摊铺混凝土面板加铺层，其顶面的当量回弹模量要求和补强层（最小）厚度应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTJ012）的规定。应调查原有柔性路面质量，按旧路质量等级，分别采取下列加铺措施：

- (1) 状态较好、顶面当量回弹模量符合要求的旧沥青路面是优良的水泥混凝土路面基层，可直接滑模摊铺混凝土加铺层。
- (2) 状态较差但强度能达到设计要求的，必须铲除壅包、车辙及龟裂严重的部分，填补坑槽或补强调坡后，再摊铺加铺层。
- (3) 损坏严重、强度达不到设计要求的，不得直接作基层使用，应按有关规范重新设计并施工基层。
- (4) 热天施工加铺层时，应在旧沥青路面上采取喷熟石灰浆或喷水雾降温等措施。

4.0.5 旧水泥混凝土路面上加铺

旧水泥混凝土路面上设置加铺层时，应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTJ012）的各项技术规定，并按路况调查结果，确定采用结合式、直接式或分离式加铺层。施工前，先按其不同加铺层结构要求进行旧路面板块修复稳固、接缝填封、表面清理或处置，然后采用滑模摊铺水泥混凝土或纤维混凝土加铺层。高速公路、一级公路的路面直接式和分离式加铺层，其接缝可与旧路面接缝前错 50~80cm；一般公路的加铺层，其接缝宜与老路面对齐。旧水泥混凝土路面的纵横坡不满足公路等级要求时，应采用适宜材料或混凝土调坡调拱后，等厚滑模摊铺混凝土面层。

5 原材料和配合比

5.1 原材料技术要求

5.1.1 水泥

1 特重、重交通水泥混凝土路面应采用旋窑生产的道路硅酸盐水泥、硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。中、轻交通的路面，可采用旋窑生产的矿渣硅酸盐水泥。冬季施工、有快通要求的路段可采用快硬早强 R 型水泥，一般情况宜采用普通型水泥。各级交通路面适用的水泥的抗折强度不得低于表 5.1.1-1 的规定，水泥标号 and 水泥品种宜符合表 5.1.1-1 的要求。

各级交通路面适用的水泥品种、标号和抗折强度 表 5.1.1-1

交通等级	水泥抗折强度 (Mpa)	水泥品种和标号	备注
特重	≥ 7.5	硅酸盐水泥 625、普通水泥 625、道路水泥 525	硅酸盐水泥 525、普通水泥 525、道路水泥 425 实测抗折强度达到要求使用
重	≥ 7.0	硅酸盐水泥 525、普通水泥 525、道路水泥 425	硅酸盐水泥 425、普通水泥 425 实测抗折强度达到要求亦可用
中等、轻	≥ 6.5	硅酸盐水泥 425、普通水泥 425、道路水泥 425	所有水泥无论标号大小，施工时均应以抗折强度满足要求为准

2 在高速公路、一级公路水泥混凝土路面使用掺有 10% 以内活性混合材料的道路硅酸盐水泥和掺有 6%~15% 活性混合材料或 10% 非活性混合材料的普通硅酸盐水泥时，不得再掺火山灰、煤矸石、窑灰和粘土四种混合材料。路面有抗盐冻要求时，不宜使用掺 5% 石灰石粉的 II 型硅酸盐水泥和普通水泥。

3 各级公路水泥混凝土路面所使用水泥的化学成分、物理性能等路用品质要求宜符合表 5.1.1-2 的规定。水泥进场时每批量应附有齐全的化学成分、物理、力学指标合格的检验证明。水泥的存放期不得超过 3 个月。

各级交通路面用水泥的化学成分和物理指标 表 5.1.1-2

水泥性能	特重、重交通路面	中、轻交通路面
铝酸三钙	不大于 5.0%	不宜大于 7.0%
铁铝酸四钙	不小于 15.0%	不宜小于 12.0%
游离氧化钙	不大于 1.0%	不大于 1.0%
氧化镁	不得大于 5.0%	不得大于 6.0%
三氧化硫	不得大于 3.5%	不得大于 4.0%
碱含量	怀疑有碱活性集料不得大于 0.6%，无碱活性集料不得大于 1.0%	怀疑有碱活性集料不得大于 0.6%，无碱活性集料不得大于 1.0%
混合材种类	不得掺窑灰、煤矸石、火山灰和粘土，有抗盐冻要求时，不得掺生石灰石粉	不得掺窑灰、煤矸石、火山灰和粘土，有抗盐冻要求时不得掺生石灰石粉
烧失量	不得大于 3.0%	不得大于 5.0%
细度 (80 μ m)	筛余量不得大于 10%	筛余量不得大于 10%
初凝时间	不早于 3h	不早于 2.5h
终凝时间	不迟于 10h	不迟于 10h
安定性	雷氏夹法或蒸煮法检验合格	蒸煮法检验合格
28d 干缩率	不得大于 0.09%	不得大于 0.10%
耐磨性	不得大于 3.6kg/m ²	不得大于 3.6kg/m ²

4 施工单位选用水泥时，水泥的各项路用品质必须合格，并应通过混凝土配合比试验，根据其试配弯拉强度、耐久性和工作性确定可使用水泥的品种、标号及厂家。

5 滑模摊铺水泥混凝土路面宜采用散装水泥。在散装水泥供应不上时，可采用吨包装或袋装水泥。

6 无论气温多高，散装水泥的出厂温度均应限制在 55℃ 以内，混凝土搅拌时的水泥温度不得高于 50℃。冬季施工水泥温度不宜低于 10℃。

5.1.2 粉煤灰

1 滑模摊铺水泥混凝土路面工程可掺用质量指标符合表 5.1.2 规定电收尘的 I、II 级干排或磨细粉煤灰。III 级粉煤灰除非经过试验研究论证，可用于水泥混凝土路面，否则不得使用。

粉煤灰分级和质量指标

表 5.1.2

粉煤灰等级	细度(45 μ m 气流筛筛余量)(%)	烧失量(%)	需水量(%)	SO ₃ 含量(%)
I	≤12	≤5	≤95	≤3
II	≤20	≤8	≤105	≤3
III	≤45	≤15	≤115	≤3

注：在没有气流筛的情况下，可使用 0.08mm 水泥筛，筛余量约为气流筛筛余量的 2.4 倍。

2 在水泥混凝土路面中使用 I、II 级粉煤灰时，应确切了解所用水泥中已经掺加混合材料的种类和数量。

3 粉煤灰进货应有等级检验报告。滑模施工宜采用散装干粉煤灰。使用粉煤灰的搅拌楼应增加 1 个水泥罐仓装粉煤灰。水泥混凝土路面工程不得使用湿排或潮湿粉煤灰，禁止使用已结块的湿排干燥粉煤灰。

5.1.3 粗集料

1 粗集料可使用碎石、破碎砾石和砾石。粗集料应质地坚硬、耐久、洁净。岩石的抗压强度一般不应小于所配混凝土的 1.3 倍。各级公路水泥混凝土路面使用的碎石、破碎砾石和砾石的技术要求应符合表 5.1.3-1 的规定。

2 粗集料应符合表 5.1.3-2 规定的级配要求。滑模施工水泥混凝土路面砾石最大粒径不得大于 20mm，破碎砾石和碎石最大粒径不得大于 30mm，超径、逊径含量均不得大于 5%，粒径小于 0.15mm 的石粉含量不宜大于 1%。

碎石、破碎砾石和砾石技术要求

表 5.1.3-1

项目	技术要求
石料强度	≥3 级
压碎值	≤16%
针片状颗粒含量	≤15%
泥土杂质含量(冲洗法)	≤1%
硫化物及硫酸根含量	≤1%
有机物含量(比色法)	不深于标准溶液的颜色

注：①石料强度分级应符合《公路工程石料试验规程》(JTJ054)的规定。

②砾石软弱颗粒含量不大于 5%，空隙率不大于 45%。

③变质岩和火成岩允许压碎值不大于 20%。超过时，应以混凝土试配弯拉强度达到相应等级公路的规定值与否决定取舍。

粗集料级配范围

表 5.1.3-2

类型	粒径(mm) 级配	筛孔尺寸(mm)						
		30	25	20	15	10	5	2.5
连续	5~30	95~100	67~77	44~59	25~40	11~24	3~11	0~5
	5~20			95~100	55~69	25~40	5~15	0~5
间断	5~30	95~100	67~77	44~59	25~40	25~40	3~11	0~5
	5~20			95~100	25~40	25~40	5~15	0~5

注：该表为圆孔筛，也可使用方孔筛，但应符合相应的换算关系。

5.1.4 细集料

1 细集料可采用质地坚硬、耐久、洁净的河砂、机制砂、沉积砂和山砂，细集料的技术要求应符合表 5.1.4-1 的规定。机制砂、沉积砂和山砂宜控制通过 0.15mm 筛的石粉含量不大于 1%，并应在混凝土工作性、单位用水量、弯拉强度和抗磨性等检验合格的前提下使用。

细集料技术要求

表 5.1.4-1

项目	技术要求
颗粒级配	见表 5.1.4-2
含泥量（冲洗法）	≤3%
硫化物及硫酸含量（折算为 SO ₃ ）	≤1%
有机物含量（比色法）	不深于标准溶液的颜色
云母含量	≤2%

2 滑模水泥混凝土路面用砂的级配曲线应在 I、II 区，并符合表 5.1.4-2 的级配要求，宜为细度模数在 2.3~3.2 范围内的中砂或偏细粗砂。

细集料级配范围

表 5.1.4—2

级配分区	筛孔尺寸（mm）						
	圆孔			方孔			
	10	5	2.5	1.25	0.60	0.30	0.15
通过百分率（以质量计）（%）							
I 区	100	90~100	65~95	35~65	15~29	5~20	0~10
II 区	10	90~100	75~100	50~90	30~59	8~30	0~10

5.1.5 粗细集料中当怀疑有碱活性集料或夹杂有碱活性集料时，应进行碱集料反应检验，确认无碱集料反应后，方可使用。

5.1.6 水

1 经检验，搅拌及养护用水中的有害杂质含量应符合下述规定：

- (1) 硫酸盐含量（按 SO₄²⁻ 计）小于 2.7mg/cm³；
- (2) 含盐量不得超过 5mg / cm³；
- (3) pH 值不得小于 4；
- (4) 不得含有油污。

2 海水不得作为混凝土拌和用水。

5.1.7 外加剂

1 外加剂的产品质量应符合表 5.1.7 的各项技术要求。施工单位在外加剂采购进场前，应有国家或省级外加剂检测机构认定的一等品质检报告。

混凝土外加剂产品的技术性能指标

表 5.1.7

试验项目	普通减水剂	高效减水剂	早强减水剂	缓凝高效减水剂	缓凝减水剂	引气减水剂	早强减水剂	缓凝剂	引气剂
减水率（%）	≥8	≥12	≥8	≥12	≥8	≥10	—	—	≥6
泌水率（%）	≤95	≤90	≤95	≤100	≤100	≤70	≤100	≤100	≤70
含气量（%）	≤3.0	≤4.0	≤3.0	<4.5	<5.5	>3.0	—	—	>3.0
凝结时间（mm）	初凝	-90~+120	-90~+120	>+90	>+90	-90~+120	-90~+90	>+90	-90~+120
	终凝	—	—	—	—	—	—	—	—
抗压强度比（%）	1d	—	≥140	≥140	—	—	≥135	—	—
	3d	≥115	≥130	≥130	≥125	≥100	≥115	≥130	≥100
	7d	≥115	≥125	≥115	≥125	≥110	≥110	≥110	≥100

	28d	≥110	≥120	≥105	≥120	≥110	≥100	≥100	≥100	≥90
28d 收缩率比 (%)		≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135	≤135
相对耐久性指标 (200) (%)		—	—	—	—	—	≥80	—	—	≥80
对钢筋的锈蚀作用	应说明对钢筋无锈蚀危害									

注：①除含气量外，表中数据为掺外加剂的混凝土与基准混凝土的差值或比值。

②凝结时间指标“—”表示提前，“+”表示延缓。

③相对耐久性指标大于等于 80%，表示掺外加剂的混凝土试件冻融循环 200 次后，动弹性模量保留值大于等于 80%。

2 滑模摊铺水泥混凝土路面中应使用引气剂，其它外加剂品种视现场气温、运距和混凝土拌和物振动粘度系数、坍落度及其损失、可滑性、弯拉强度、耐磨性等需要选用。

3 引气剂应选用表面张力降低值大、水泥稀浆中气泡容量多而细密、泡沫稳定时间长、不溶残渣少的产品。引气剂的品种有松香热聚物、松香皂、皂角素和文松树脂等。

4 减水剂应采用拌和物的减水率较高、坍落度损失较小、损失速率较慢的复合型减水剂。滑模摊铺水泥混凝土路面可采用引气剂、引气缓凝减水剂、引气高效缓凝（保塑）减水剂、引气早强高效减水剂、引气防冻高效减水剂等。热天施工宜使用引气缓凝减水剂或引气高效缓凝（保塑）减水剂；冷天施工宜使用引气早强高效减水剂；负温施工宜使用引气防冻高效减水剂。

选定减水剂品种前，必须与所用的水泥进行化学成分和剂量适应性检验，化学成分不适应，不得使用，必须更换减水剂品种。剂量不适应，应进行减水剂不同掺量的混凝土试验。通过减水剂掺量与混凝土减水率关系曲线的拐点，即减水剂的饱和掺量（见图 5.1.7），找到所用水泥的减水剂最佳掺量，当满足路面滑模摊铺混凝土各项技术要求时，应按满足要求的掺量使用（应不大于最佳掺量）；若不满足要求，则应更换减水剂品种。

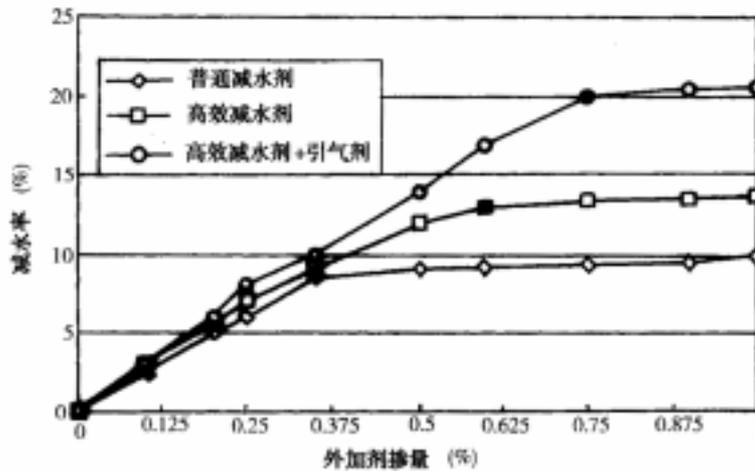


图 5.1.7 外加剂掺量与混凝土减水率关系曲线

5.1.8 养生剂

用于水泥混凝土路面施工养护的养生剂，喷洒后薄膜应密封性好、保水率高、强度和耐磨性损失小、干燥快、储存时间长而稳定、耐雨水冲刷。不得使用易被雨水冲刷掉的对混凝土强度有影响的养生剂。

养生剂的品种主要有水玻璃型、石蜡型和聚合物型三大类。乳化石蜡养生剂保水率较高，但不耐磨；聚合物型保水率居中，特点是易被雨水冲掉，属于易溶型养生剂；水玻璃型养生剂保水率较低，但可增强耐磨性，属于耐磨型养生剂。

5.1.9 钢筋

滑模摊铺水泥混凝土路面所用钢筋网、传力杆、拉杆等钢筋应符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499)和《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB13013)的技术要求。钢筋应顺直，不得有裂纹、断伤、刻痕、表面油污和锈蚀。传力杆钢筋加工时应锯断，而不得挤压切断。断口应垂直、光圆，用砂轮打磨掉毛刺，并加工成 2~3mm 圆角。

5.1.10 接缝材料

1 胀缝接缝板应选用能适应混凝土面板膨胀收缩、施工时不变形、弹性复原率高、耐久性良好的材料。可采用泡沫橡胶板、沥青纤维板、杉木板、纤维板、泡沫树脂板等，其技术要求应符合表 5.1.10-1 的规定。

胀缝板的技术要求表

5.1.10-1

试验项目	胀缝板种类		
	木材类	塑料（橡胶）泡沫类	纤维类
压缩应力（MPa）	5.0~20.0	0.2~0.6	2.0~10.0
弹性复原率（%）	>55	>90	>65
挤出量（mm）	<5.5	<5.0	<4.0
弯曲荷载（N）	100~400	0~50	5~40

注：①各类胀缝板吸水后的压缩应力：不应小于不吸水的 90%，木板应去除结疤，沥青浸泡，厚度（2.0~2.5）cm±0.1cm。

②橡胶泡沫板实测参考值：压缩应力 0.31MPa，弹性复原率 99%，弯曲荷载 27N。

2 填缝材料应具有与混凝土板壁粘结牢固，回弹性好，不溶于水、不渗水，高温时不挤出、不流淌，抗嵌入能力强，耐老化龟裂，负温拉伸量大，低温时不脆裂，耐久性好等性能。常用填缝材料有：常温施工式填缝料、加热施工式填缝料、预制多孔橡胶条制品等。高速公路、一级公路宜使用树脂类、橡胶类的填缝材料及其制品，二级及其以下公路可采用各种性能符合要求的填缝材料。

（1）常温施工式填缝料主要有聚（氨）酯、硅树脂类，氯丁橡胶、乳化沥青橡胶类等，其技术要求见表 5.1.10-2。

常温施工式填缝料技术要求

表 5.1.10-2

试验项目	一般技术要求	较高技术要求
灌入稠度（s）	<20	<10
失粘（固化）时间（h）	6~24	1~3
弹性复原率（%）	>75	>90
流动度（mm）	0	0
（-10℃）拉伸量（mm）	>15	>25
与混凝土粘结强度（MPa）	—	>1.0
粘结延伸率（%）	—	>1000

注：较高技术要求是已经在高速公路上使用的交链共混聚（氨）酯、硅树脂等填缝材料的实测数值。

（2）加热施工式填缝料主要有沥青玛蹄脂类、聚氯乙烯胶泥类和橡胶沥青类等，其技术要求见表 5.1.10-3。

加热施工式填缝料技术要求

表 5.1.10-3

试验项目	低弹性型	高弹性型
针入度（0.01m）	<50	<90
弹性复原率（%）	>30	>60
流动度（mm）	<5	<2
（-10℃）拉伸量（mm）	>10	>15

注：①按低温拉伸变形不断裂计算结果，将《公路水泥混凝土路面接缝材料》（JT/T203）中低温-10℃拉伸量由 5mm 提高到 10mm。

②低弹性型适宜在气候严寒、寒冷地区使用；高弹性型适宜在炎热、温暖地区使用。

3 使用常温和加热施工式灌注型填缝材料填缝时，宜使用背衬垫条控制填缝形状系数。背衬垫条应具有良好的弹性、柔韧性，不吸水、耐酸碱腐蚀和在热填缝时高温不软化等性

能。背衬垫条材料有聚（氨）酯、橡胶或塑料微孔泡沫等，其形状应为圆柱形，直径应比接缝宽度大 2~3mm。

4 用于制造预制橡胶嵌缝条的胶料性能应满足表 5.1.10-4 的技术要求。

预制橡胶嵌缝条胶料技术要求

表 5.1.104

性能	技术要求	
	I 类	II 类
公称硬度 (IFCD)	60	70
公称硬度公差	± 5	
最小拉伸强度 (MPa)	12	
最小扯断伸长率 (%)	250	200
(100℃, 22h 后) 最大压缩永久变形 (%)	40	
(100℃, 72h 热老化后) 耐老化性能: 硬度变化 (IFCD)	0~+12	
最大拉伸强度变化 (%)	-20	
最大扯断伸长率变化 (%)	-25	
(40℃, 96h 后, 伸长 20%) 耐臭氧性能: 一般条件: 臭氧浓度 (50ppm) 苛刻条件: 臭氧浓度 (100ppm)	不龟裂	
(-10℃, 7h) 硬度 (IFCD) 增加	15	10
耐水性: 标准室温, 7h 后的体积变化 (%)	0~15	
(压缩 50% 后) 成品填缝件压缩最小恢复率 (%): -10℃, 72h 后	88	
-25℃, 22h 后	83	
100℃, 72h 后	85	

注: 预制橡胶嵌缝条胶料分类按其最小扯断伸长率、公称硬度及其负温变化值进行分类, I 类适宜在气候严寒和寒冷地区使用; II 类适宜在气候炎热、温暖地区使用。

5 润滑粘结剂是安装预制橡胶嵌缝条专用材料, 要求粘度适中, 并有润滑作用, 使橡胶嵌缝条和混凝土缝壁牢固粘结、不透水。可选用的粘结剂有氯丁胶粘剂、聚（氨）酯胶粘剂、改性环氧树脂胶粘剂等。

5.2 配合比设计

5.2.1 基本要求

滑模摊铺水泥混凝土路面的配合比设计应当满足弯拉强度、工作性、耐久性和经济性四项基本要求。其中, 保证滑模施工的最佳工作性及其稳定性和可滑性是其独特工艺要求。

1 弯拉强度

(1) 设计弯拉强度 f_{cm} 和弹性模量 E 应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ012) 的要求, 见表 5.2.1-1。

水泥混凝土面板设计弯拉强度和弹性模量

表 5.2.1—1

交通等级	特重	重	中等	轻
设计弯拉强度 f_{cm} (Mpa)	5.0	5.0	4.5	4.0
弯拉弹性模量 E ($\times 10^3$ MPa)	30	30	28	27

注: 在特重交通的特殊路段, 通过论证, 可使用设计弯拉强度 5.5MPa, 弯拉弹性模量 33×10^3 MPa。

(2) 试配弯拉强度 f_c 可按式 (5.2.1-1) 确定:

$$f_c = (1.10 \sim 1.15) f_{cm} \quad (5.2.1-1)$$

当系数取值 1.13, 相当于保证率 85% 及优秀的施工管理水平。亦可根据概率统计原理按式 (5.2.1-2) 确定试配弯拉强度 f_c 。

$$f_c = \frac{f_{cm}}{1-tC_v} \quad (5.2.1-2)$$

式中：t——保证率系数，见表 5.2.1-2；

C_v ——混凝土弯拉强度变异系数，应按施工单位统计强度偏差系数取值，无统计数据的情况下可从表 5.2.1-3 中选取。

保证率系数 t 表 5.2.1-2

保证率 (%)	80	85	90	95	98
保证率系数 t	0.84	1.04	1.28	1.64	2.05

混凝土弯拉强度变异系数 C_v 表 5.2.1—3

施工管理水平	优秀	良好	一般	差
变异系数 C_v	<0.10	0.10~.15	0.15~0.20	>0.20

(1) 路面混凝土应振捣密实，不应产生蜂窝、麻面、拉裂和倒边现象。可通过限制混凝土拌和物最大振动粘度系数和最小坍落度予以保证。

(2) 滑模摊铺后的混凝土面板边缘不应出现塌边、流角和溜肩现象，边部横向平整度和侧面垂直度保持良好。可通过限制混凝土拌和物的最大坍落度和最小振动粘度系数予以保证。

滑模摊铺机正常摊铺时，机前混凝土拌和物的最佳工作性及允许范围见表 5.2.1-4，混凝土拌和物应稳定在最佳工作性范围内，不得超出。

混凝土最佳工作性及允许范围 表 5.2.1-4

检测方法 界限	坍落度 SL (mm)		振动粘度系数 η (N / m ² · s)	摊铺速度 v t (m/min)
	砾石混凝土	碎石混凝土		
最佳工作性	20~40	30~60	150~500	1~2
允许范围	10~50	20~70	100~600	0.5~3
稳定性	30±20	40±20	300±200	正常 1.5±0.5

注：①该表适用于设置超铺角的滑模摊铺机。对于不设超铺角的滑模摊铺机，适宜的振动粘度系数为 300~500N / m² · s，施工适宜的坍落度为 15~40mm。

②新拌混凝土振动粘度系数的试验检测方法见附录 A。

3 耐久性

(1) 各级公路滑模摊铺路面混凝土应使用引气剂，视路面使用的环境要求，即无抗冻、有抗冻、有抗盐冻要求三种环境，混凝土含气量应分别达到表 5.2.1-5 中的推荐值，并宜控制在其允许偏差范围内。

路面混凝土适宜含气量推荐值 (%) 表 5.2.1-5

最大粒径 (mm)	水泥混凝土路面 无抗冻要求	水泥混凝土路面 有抗冻要求	水泥混凝土路面有抗盐冻 要求
15	5±1	6±1	7±0.5
20	4.5±1	5.5±1	6.5±0.5
25	4±1	5±1	6±0.5
30	3±1	4.5±1	5±0.5

(2) 路面混凝土满足耐久性要求的最大水灰比：高速公路、一级公路不应大于 0.44；二、三级公路不应大于 0.48。有抗冰冻要求时的高速公路、一级公路不宜大于 0.42，有抗盐冻要求时的高速公路、一级公路不宜大于 0.40，有抗（盐）冻要求的二、三级公路不宜大于 0.44。

(3) 使用符合表 5.1.1-1 要求的水泥，无抗冻性要求时的最小水泥用量不应小于 300kg/m³，如掺用粉煤灰，最小水泥用量不应小于 250kg / m³。有抗冰冻性和抗盐冻性要求时的最小水泥用量不应小于 320kg / m³，如掺用粉煤灰，最小水泥用量不应小于 270kg

/ m³。对有抗冰冻和抗盐冻要求的高速公路、一级公路，宜进行混凝土抗冻试验，其冻融循环次数不宜小于 200 次。

4 经济性

在满足上述三项技术要求的前提下，配合比应尽可能经济。以单位质量水泥获得的弯拉强度最大为经济性评价标准。

5.2.2 外加剂的应用

1 混凝土拌和物热天施工时的初凝时间不得小于 3h，小于 3h 时应采取缓凝措施，使用缓凝（保塑）型减水剂或适当加大其剂量；低温和负温施工时的终凝时间不得大于 10h，可使用促凝剂、早强剂、防冻剂，大于 10h 时，亦应采取必要的促凝、防冻措施。

2 外加剂掺量应通过适应性检验，并由混凝土试配试验确定。引气剂的适宜掺量应通过测定搅拌机口拌和物的含气量进行控制。外加剂掺量不得超过水泥用量的 5%。各种外加剂应以溶液加入，其稀释用水和原液中的水量，应从拌和时的加水量中扣除。除特殊情况外，外加剂带入混凝土的含碱量不宜大于 1.0kg / cm³。

3 减水剂与引气剂或其它外加剂复合掺用或复配时，应注意它们的可共溶性，防止外加剂溶液发生絮凝、沉淀现象。如产生絮凝现象，应分别稀释并分别加入搅拌机。有沉淀的液体或粉末外加剂，应每 1~3d 清除一次稀释池中的沉淀物。

5.2.3 确定配合比计算参数

1 水灰比 $\frac{W}{C}$ ：可依混凝土试配弯拉强度 f_c (MPa)、水泥胶砂抗折强度 f_c (MPa) 和粗集料类型按下述统计经验公式估算：

$$\text{碎石混凝土: } \frac{W}{C} = 1.5684 / (f_c + 1.0097 - 0.3485f_s) \quad (5.2.3-1)$$

$$\text{砾石混凝土: } \frac{W}{C} = 1.2618 / (f_c + 1.5492 - 0.4565f_s) \quad (5.2.3-2)$$

按上式估算出的水灰比应计入外加剂的减水作用，同时，必须满足 5.2.1 条第 3 款第 (2) 项耐久性要求的最大水灰比的规定，两者当中取小值。

2 混凝土拌和物单位体积水泥用量 C_0 ：采用 525 号道路硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥宜控制在 320~70kg / m³；采用 425 号道路硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥宜控制在 340~400kg / m³；加入粉煤灰时，最大胶材总量（水泥加粉煤灰）不宜大于 420kg / m³。

3 砂率 S_p ：应根据砂的细度模数和粗集料的种类，查表 5.2.3 取值，在软拉抗滑构造的条件下，砂率在表 5.2.3 的基础上可增大 1%~2%。硬刻槽时，则不必增大砂率。

砂的细度模数与最优砂率的关系

表 5.2.3

砂的细度模数		2.2~2.5	2.5~2.8	2.8~3.1	3.1~3.4	3.4~3.7
砂率 S_p (%)	碎石混凝土	30~34	32~36	34~38	36~40	38~42
	砾石混凝土	28~32	30~34	32~36	34~38	36~40

注：该表的使用条件：

①水灰比在 0.35~0.48 之间，使用外加剂；砾石最大粒径 20mm，碎石最大粒径 30mm，级配良好。

②破碎砾石可在碎石和砾石混凝土之间内插取值。

4 混凝土拌和物单位体积用水量 W_0 ：可按下列公式估算（集料以饱和面干状态计）：

碎石：

$$W_0 = 104.97 + 0.309SL + 11.27 (C / W) + 0.61S_p \quad (5.2.3-3)$$

砾石：

$$W_0 = 86.89 + 0.370SL + 11.24 (C / W) + 1.00S_p \quad (5.2.3-4)$$

式中：SL——混凝土拌和物的坍落度 (mm)；

S_p ——砂率 (%)；

C/W ——灰水比，其倒数为水灰比，计入外加剂的减水作用。

碎石混凝土的单位体积用水量不宜大于 160kg / m³，砾石混凝土不宜大于 155kg / m³。

5.2.4 配合比计算

配合比计算可按假定容重法或绝对体积法计算，按绝对体积法计算必须计入含气量。经计算得到的配合比，宜验算粗集料的体积百分数并不小于 70%。重要路面工程应采用正交试验法进行配合比优选。

混凝土拌和物掺粉煤灰时，其配合比计算按《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ146)中的超量取代法进行。粉煤灰超量系数：I 级灰应取 1.2~1.4，II 级灰应取 1.5~1.7。不取代水泥的超掺部分粉煤灰应代替砂，并折减用砂量。I、II 级粉煤灰的掺量应根据水泥中原有的混合材料数量和混凝土弯拉强度、耐磨性等要求由试验确定。一般情况下，水泥中已有的和混凝土中外加的混合材料总量不宜大于 30%，I 型硅酸盐（纯熟料）水泥，可加入最大掺量为水泥用量 30% 的粉煤灰；II 型硅酸盐水泥最大掺量可为 25%；道路水泥最大掺量可为 20%~30%；普通水泥最大掺量可为 15%~25%；矿渣水泥不得掺粉煤灰。

5.2.5 配合比调整

1 试验室试拌配合比

由上述各经验公式估算得出的配合比，必须在试验室内按《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053)规定的方法进行如下各项试配检验和调整：

(1) 按水泥适应性要求优选外加剂品种和掺量。由拌和物工作性试验得出其饱和减水率时的最佳掺量，并按最佳掺量使用。当所使用的水泥品种或生产厂改变时，应重新优选外加剂品种和最佳掺量。

(2) 在有减水剂和引气剂的条件下，检验拌和物的最佳工作性和含气量，坍落度或振动粘度系数应满足表 5.2.1-4 的要求，含气量及其偏差值应满足表 5.2.1-5 的规定。优选外加剂品种和掺量。

(3) 采用假定容重法计算的配合比，应实测拌和物容重，并按实测容重调整配合比，调整时水泥用量不得减小，调整后的配合比复测拌和物容重偏差不应大于±2.5%。

(4) 制作弯拉强度等试件，检验试配弯拉强度、耐久性等。

2 搅拌楼实拌配合比

滑模混凝土的试拌配合比应通过搅拌楼实际拌和检验，同时应满足滑模摊铺的工作性、混凝土耐久性和试配弯拉强度等要求。应根据料场砂石料含水量、拌和物实测容重、含气量、坍落度及其损失，调整单方混凝土粗集料用量、用砂量、加水量和外加剂掺量，但水泥用量不得减小。

3 施工配合比

经搅拌楼实拌调整好的配合比，在施工中，应根据天气、季节和运距等的变化，微调缓凝减水剂、引气剂或保塑剂的掺量，保证摊铺现场的振动粘度系数、坍落度等工作性适宜于滑模摊铺，且波动最小。同时，应根据当天不同时间的气温变化微调加水量，维持坍落度不变。其它配合比参数不得随意变更。

6 滑模摊铺工艺流程及机械设备配置

6.1 工艺流程

6.1.1 滑模摊铺应按图 6.1.1 所示施工工艺流程网络图精心组织，循序进行。

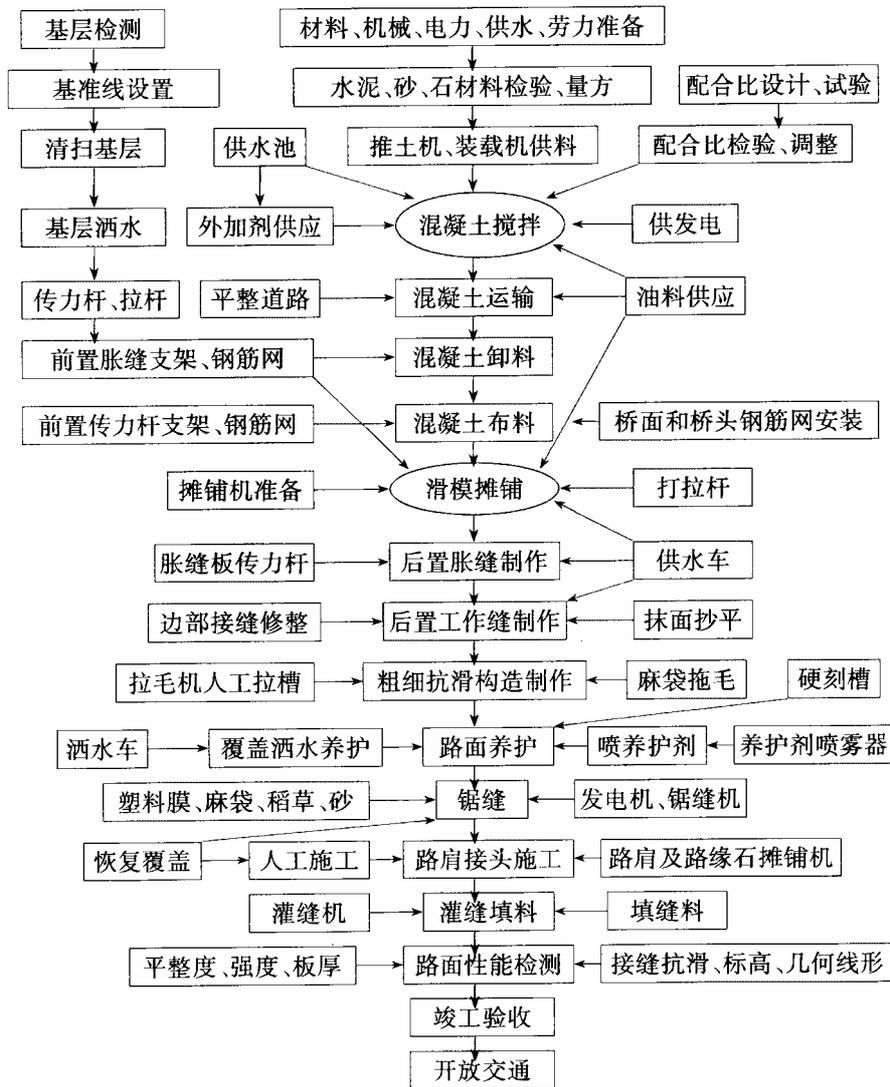


图 6.1.1 滑模摊铺水泥混凝土路面施工工艺流程网络

6.2 机械设备配置

6.2.1 一般规定

1 机械设备的选配应满足“性能先进适用、生产能力匹配、施工稳定高效”的要求。施工单位应根据路面结构设计、工期要求、公路等级等条件，按本规程的要求选择和配齐滑模施工机械。

2 水泥混凝土搅拌楼容量应满足滑模摊铺机施工速度 1m/min 的要求。最小的搅拌能力为：一次摊铺一个车道时，应稳定可靠地供应 100m³/h 以上的拌和物。一次摊铺两个车道时，应稳定可靠地供应 200m³/h 拌和物。

3 高速公路、一级公路主车道施工，宜选配一次能同时摊铺 2~3 个车道宽度 7.5~12.5m 的大型或特大型滑模摊铺机。二级以下公路路面的最小摊铺宽度不得小于单车道宽度 3.75m。硬路肩的摊铺宽度按设计确定。

6.2.2 滑模摊铺机选配

可按表 6.2.2 的基本技术参数选择。滑模摊铺机应配备螺旋

滑模摊铺机的基本技术参数表

表 6.2.2

项目	发动机功率 (kW)	摊铺宽度 (m)	摊铺厚度 (cm)	摊铺速度 (m/min)	行走速度 (m/min)	履带 数(个)	数机质 量 (t)
特大型三车道滑模摊铺机	200~300	12.5~16	0~50	0~3 (0~5)	0~15	4	57~135
大型双车道滑模摊铺机	150~200	3.6~9.7	0~50	0~3 (0~5)	0~18	2~4	22~50
中型多功能单车道滑模摊铺机	70~150	2.5~6.0	0~40 护 拦高度 80~190	0~3 (0~9)	0~15	2,3,4	12~27
小型路缘石滑模摊铺机	≤80	<2.5	<45	0~5 (0~9)	0~10	2, 3	≤10

或刮板布料器、松方高度控制板、振动排气仓、足够的振捣棒、夯实杆或振动搓平梁、自动抹平板、可提升边模板、侧向及中部打拉杆装置，需要时可配备自动传力杆插入装置。施工单位根据条件，可选择配备布料机、滑模摊铺机和拉毛养生机三台设备联合施工方式，也可只配备一台滑模摊铺机，其它由人工辅助施工。滑模连续摊铺规模较大的钢筋混凝土路面、桥面、桥头搭板时，宜配备侧向上料的布料机或自带侧向上料机构的滑模摊铺机。

6.2.3 搅拌站配置

1 滑模摊铺搅拌站配套的混凝土拌和生产能力按式 (6.2.3) 计算：

$$M=60Cbh v_t \quad (6.2.3)$$

式中：M——搅拌站所有混凝土搅拌楼的每小时拌和总能力 (m³/h)；

C——搅拌楼可靠性系数，取 1.2~1.5，根据具体情况确定；

b——滑模摊铺机的摊铺宽度 (m)；

h——水泥混凝土路面板厚度 (m)；

v_t——滑模摊铺机的摊铺速度 (m/min) (≥1m/min)。

按搅拌站所有混凝土搅拌楼的拌和总能力确定搅拌站的搅拌楼数量和型号。滑模施工，每台搅拌楼的最小生产能力不宜小于 50m³/h，搅拌楼数量应根据施工规模、搅拌设备的技术水平和可靠性等确定，一般不宜超过 4 台。可采用 1 台大产量搅拌楼或 2~3 台中产量的搅拌楼配套。搅拌楼的规格和品牌尽可能统一。搅拌站应配备适量的推土机或装载机供应砂石料。

2 搅拌楼应以强制双卧轴式或强制行星立轴式为主要机型，应优先选配间歇式搅拌楼，可使用连续式搅拌楼。连续式搅拌楼应配备两个搅拌锅或一个足够长度的搅拌锅，并应在搅拌锅上配备电视监控设备。每台搅拌楼应配备自动供料、称量、计量设备，砂含水率测量反馈控制装置，外加剂加入装置，计算机控制自动配料操作系统和数据打印设备。每台搅拌楼应配备 3~4 个砂石料仓，1~2 个外加剂池，3~4 个水泥及粉煤灰罐仓。使用袋装水泥时，还应配备水泥拆包、储存及输送设备。

6.2.4 运输车辆配置

1 滑模摊铺系统配套的运输车数量，按式 (6.2.4) 计算：

$$N: 2n (1+S \gamma_c m / v_q g_q) \quad (6.2.4)$$

式中：N——运输车辆总数 (辆) (不同产量搅拌楼分别计算再计其和)；

n——相同产量的搅拌楼台数；

S——单程运输距离 (km)；

γ_c——新拌混凝土的容重 (kN/m³)；

m——一台搅拌楼的每小时拌和能力 (m³/h)；

v_q——车辆的运输平均速度 (km/h)；

g_q——汽车载重能力 (kN/辆)。

如果汽车装载质量不同，先按小吨位计算，再折合成大吨位的汽车数目。

2 运输车辆的要求

应选配车况好、装载质量大的自卸车，远距离运输宜选配罐送车，也可选用其它滑模

混凝土专用特种大型运输车辆。自卸车后挡板应关闭紧密，运输时不漏浆撒料，卸料时抬升角度应大于 45°，车箱板应平整光滑。

6.2.5 布料设备选配

滑模摊铺素混凝土路面时，可配备一台轮式挖掘机或装载机辅助布料。滑模连续摊铺通过前置式胀缝、缩缝传力杆支架，钢筋混凝土路面、桥面和桥头搭板时，严禁大型机械直接压钢筋网及其支架，必须配备适宜的布料机械。可因地制宜地选配如下布料机械：

- (1) 配备侧向上料的布料机。
- (2) 配备带侧向上料机构的滑模摊铺机。
- (3) 挖掘机加料斗布料。
- (4) 吊车加短便桥板凳布料。
- (5) 吊车加料斗起吊布料
- (6) 混凝土罐车和汽车泵泵送混凝土布料。

6.2.6 抗滑构造施工设备

滑模摊铺水泥混凝土路面宏观抗滑构造的施工，可采用拉毛养生机和人工软拉槽制作。工程规模大、日摊铺进度快时，宜采用拉毛养生机。也可采用硬刻槽机制作，其刻槽宽度不宜小于 50cm，所配备的硬刻槽机数量及生产能力应与滑模摊铺进度相匹配。

6.2.7 切缝设备

滑模摊铺水泥混凝土路面的接缝施工，可使用软锯缝机、支架式硬锯缝机和普通锯缝机。配备的锯缝机数量及生产能力应与滑模摊铺进度相适应。

6.2.8 施工系统机械配套

使用一台滑模摊铺机施工水泥混凝土路面时的主要机械设备、仪器、机具和工具配备，一般可参照表 6.2.8 的要求进行。

一台滑模摊铺机施工主要机械和机具配套表

表 6.2.8

工作内容	主要施工机械设备	
	名称	机型及规格
钢筋加工	钢筋锯断机、折弯机、电焊机	根据需要定规格和数量
测量基准线	水准仪、经纬仪、全站仪*	根据需要定规格和数量
	基准线、线桩及紧线器	300 个桩、5 个紧线器、3000m 基准线
搅拌	强制式搅拌楼	≥50 (m ³ / h)，数量由计算确定
	装载机	2~3m ³
	发电机	≥120kW
	供水泵和蓄水池	≥250m ³
运输	运罐车*	4~6m ³ ，数量由匹配计算确定
	自卸车	4~24m ³ ，数量由匹配计算确定
摊铺	布料机*、挖掘机、吊车等布料设备	根据需要定规格和数量
	滑模摊铺机 1 台	技术参数见表 6.2.2
	手持振捣棒、整平梁、模板	根据人工施工接头需要定
抗滑	拉毛养生机*1 台	与滑模摊铺机同宽
	人工拉毛齿耙、工作桥	根据需要定规格和数量
	硬刻槽机*	刻槽宽度大于等于 50cm 数量与摊铺匹配
切缝	软锯缝机	根据需要定规格和数量
	常规锯缝机或支架锯缝机	根据需要定规格和数量
	移动发电机	12~60kW，数量由施工需要定
磨平	水磨石磨机	需要处理欠平整部位时
灌缝	灌缝机或插胶条工具	根据需要定规格和数量
养生	压力式喷洒机或喷雾器	根据需要定规格和数量

	工地运输车	4~6t, 按需要定数量
	洒水车	4.5~8t, 按需要定数量

*可按装备、投资、施工方式等不同要求选配。

7 滑模摊铺水泥混凝土路面施工

7.1 基准线设置

7.1.1 一般规定

滑模摊铺水泥混凝土路面的施工基准设置有基准线、滑靴、多轮移动支架和搬动方铝管等多种方式。根据我国的基层平整度现状，滑模摊铺水泥混凝土路面的施工基准线设置，当前宜采用基准线方式。

7.1.2 基准线形式

基准线设置形式视施工需要可采用单向坡双线式、单向坡单线式和双向坡双线式三种。单向坡双线式基准线的两根基准线间的横坡应与路面一致。单向坡单线式基准线必须在另一侧具备适宜的基准，路面横向连接摊铺，其横坡应与已铺路面一致。双向坡双线式的两根基准线直线段应平行，且间距相等，并对应路面高程，路拱靠滑模摊铺机调整自动铺成。滑模摊铺机应具备 2 侧 4 个水平传感器和 1 侧 2 个方向传感器，沿基准线滑行，摊铺出路面所要求的方向、平面、高程、横坡、板厚、弯道等。

7.1.3 基准线器具

1 基准线材料：应使用 3~5mm 的钢绞线，总长度不少于 3000m。

2 基准线桩具：基准线桩宜使用直径 12mm 的圆钢筋，总高度宜为 120cm，一端打尖，每根桩应配备一个架臂扣和一个夹线臂。架臂扣在基准线桩上可上下移动并固定，并使夹线臂可左右移动并固定。基准线桩具不少于 300 套。

3 基准线安装器具：紧线器 5 个，固定扳手 2 把，大锤 2 把，水准仪或全站仪 1 台，水准尺 2 杆，钢卷尺 2 把。

7.1.4 基准线设置

1 基准线横向支距：基准线桩固定位置到摊铺面板边缘的横向支距应根据滑模摊铺机侧模到传感器的位置而定，一般 2~4 履带跨中摊铺，两侧路面边缘宜不小于 1m 宽度，最小不得小于 0.65m。基准线上的标高应为其所在位置的路面边缘高程计入支距横坡高度后，加上设定的架设高度。

2 基准线横向间距：基准线的横向间距为摊铺宽度加一侧（单线）或两侧（双线）横向支距。双线式基准线的垂直横向线间距应相等，单线式基准线到摊铺边缘间距应相等。

3 基准线桩纵向间距：平面直线段应小于等于 10m，圆曲线段视弯道半径大小，一般可为 5~7m。在小半径弯道或山区极小半径回头弯道上，内侧宜加密到 2.5~5m，外侧宜为 3.5~7m；平面缓和曲线段和纵断面竖曲线段宜为 5~10m。实际设置基准线桩距离可小于上述值，但不得大于给定尺寸。

4 基准线桩固定：基层顶面到夹线臂的高度宜为 45~75cm，自基准线所在位置的路面边缘高程算起的基准线统一架设高度宜为 25~50cm。基准线桩夹线臂夹口到桩的水平距离宜为 30cm。夹线臂到桩顶垂直距离宜为 15cm。基准线桩应牢固打入基层 15~25cm。当打人困难时，应采用电钻钻孔后再钉牢固。

5 基准线长度：一根基准线的最大长度不得大于 450m。超过此长度并需要继续摊铺时，应续接基准线，续接方式应通过同一个过渡桩的夹线臂口平顺连接。

6 基准线张紧：基准线两端应各设一个紧线器，并应偏置在基准线桩外侧 30~50cm 处。在第一根桩与紧线器之间，应设一根扯线桩，扯线桩的夹线臂应低于基准线桩夹线臂。扯线桩应钉牢固，不因弯道水平拉力而倾斜。基准线必须张紧，每侧基准线应施加大于等于 1000N 的拉力。张紧后基准线上的垂度不应大于 1.0mm，基准线应先张紧，再扣进夹线臂

槽口。

7 已铺路面上设置基准线：连接摊铺路面或悬臂式连接摊铺硬路肩路缘石时，在已铺路面上设置基准线，可采用 20cm×20cm 混凝土底座锚固基准线桩或使用角钢焊接基准线桩。设置时，每 5m 插入路面已切割的缩缝槽内，用木楔别紧，在路面上基准线高度宜用 15~30cm。

8 中央路拱：大型双车道滑模摊铺机有固定抛物线或折线路拱两种设置。在有中央路拱的平曲线及缓和曲线路段，除应在基准线上准确反映所在位置（含超高）的高程外，在每个基准线桩处还应标示出摊铺拱中垂直高度，便于机手调整渐变路拱和横坡。

9 最小弯道半径和最大纵坡：滑模摊铺机在山区公路上可施工带超高的最小弯道半径不应小于 50m；带加长侧模板的滑模摊铺机可施工的最小弯道半径不应小于 75m，否则，应使用其它方式摊铺。摊铺机满负荷施工的最大纵坡上坡宜为 5%，下坡宜为 6%；施工山区路面的极限纵坡为 7%，如果大于 7%，应缩窄摊铺，基准线桩桩距应加密到 3.5~5m。

7.1.5 基准线精度

滑模摊铺水泥混凝土路面基准线设置精度应符合表 7.1.5 的要求。施工时宜达到规定值，验收时应满足最大允许偏差值的规定。基准线宜在摊铺前一天完成设置。基准线设置好以后，应进行校核复测，并注意防止弯道和渐变段出现差错。

滑模摊铺水泥混凝土路面基准线设置精度要求 表 7.1.5

项目		规定值	最大允许偏差
中线平面偏位 (mm)		10	20
路面宽度偏差 (mm)		+15	+20
面板厚度 (mm)	代表值	-3	-5
	极值	-8	-10
纵断高程偏差 (mm)		±5	+10
横坡偏差 (%)		± 0.10	± 0.15
左右幅连接纵缝高差 (mm)		±1.5	+9

7.1.6 施工要求

基准线设置好以后，禁止扰动。摊铺时，严禁碰撞和振动。一旦碰撞变位，应立即重新测量设定。基准线接头不得大于 1cm。每 100m 基准线不得多于 2 个接头。多风季节施工时，应缩小基准线桩间距。风力达到 5~6 级时，应停止施工。

7.2 混凝土搅拌

7.2.1 一般规定

搅拌站的配套容量和每台搅拌楼的配套设备应满足本规程 6.2.3 条的要求。水电供应应可靠，原材料应充足，最少不得少于当天施工用量。

7.2.2 配料精度。

每台搅拌楼在投入生产前，必须通过法定计量部门标定，并试拌正常。在标定有效期满或搅拌楼搬迁安装完毕，均应重新标定。搅拌楼配料计量误差不得超过表 7.2.2 的规定。施工中应经常校验搅拌楼计量精度。滑模混凝土应配备和采用有计算机自动称料和砂含水量自动反馈控制系统的搅拌楼进行生产，不得使用手动配料，禁止使用体积法计量的简易自落滚筒式搅拌机拌和。在搅拌过程中还应打印出每盘或连续称料的配料数据和误差，按需要，打印每天（周、旬、月）对应摊铺桩号混凝土配料的统计数据及误差。从打印数据发现配料误差大于表 7.2.2 计量精度要求时，应分析原因，排除故障，保证拌和计量精度。

搅拌楼的混凝土拌和计量精度要求 表 7.2.2

材料名称	水泥	粉煤灰	砂	粗集料	水	外加剂
允许误差 (%)	±1	±1	±2	±2	±1	±2

7.2.3 外加剂使用

外加剂应以溶液掺加，外加剂溶液浓度，应根据配合比试验确定的外加剂掺量，在间歇搅拌楼上，按所配备的外加剂溶液筒的容量和每盘水泥用量计算得出。连续式搅拌楼应按流量比例控制加入外加剂。加入搅拌锅的外加剂应充分溶解，并防止不同的外加剂溶液因比重不同分层富集，外加剂溶液应于施工前一天配制好，并在施工中连续不断地搅拌均匀。

7.2.4 拌和质量检验与控制

1 施工开始及搅拌过程中都应按表 8.4.1 规定的频率检验坍落度、坍落度损失、含气量、泌水率、混凝土凝结时间、砂石料含水量及混凝土容重等。按标准方法预留规定数量的弯拉强度试件。在寒冷或炎热气候下施工，混凝土拌和物从搅拌机出料时的温度应分别控制在 10~35℃之间，并应加测原材料温度、拌和物的温度、坍落度损失率和凝结时间等。

2 混凝土拌和物应均匀一致，不得有未加水的干料、未拌匀的生料和离析等现象，干料和生料禁止用于路面摊铺。一台搅拌楼每盘之间和其它搅拌楼之间，混凝土拌和物的坍落度允许误差为±1cm。试拌及滑模摊铺时的坍落度，应按最适宜滑模摊铺的坍落度值加上当时气温下运料所耗时间的坍落度损失值确定。在雨天或阵雨后，应按砂石料实际含水率及时微调加水量。

7.2.5 最短搅拌时间

应根据拌和物的粘聚性（熟化度）、均质性及强度稳定性由试拌确定最短搅拌时间。一般情况下，单立轴式搅拌机总拌和时间为 80~120s；双卧轴式搅拌机总拌和时间为 60~90s。上述两种搅拌机原材料到齐后的纯拌和最短时间分别不短于 30s、35s，连续式（双锅）搅拌楼的最短搅拌时间不得短于 40s，最长搅拌时间不宜超过高限值 2 倍。在保证拌和物质量的前提下，应科学编制搅拌计算机程序，合理压缩搅拌时间，以增加滑模混凝土的产量。

7.3 混凝土运输

7.3.1 一般规定

应根据施工进度、运量、运距及路况，按照本规程 6.2.4 条的规定配备车型和车辆总数。总运力应比总拌和能力略有富余。

7.3.2 运输时间

运输到现场的混凝土拌和物的坍落度有所损失，但必须适宜滑模摊铺。摊铺完毕允许最长时间，应根据气温及摊铺现场拌和物达到表 5.2.1~4 中规定的工作性历时确定，并宜短于拌和物的初凝时间 1h。运输允许最长时间宜短于摊铺允许最长时间 0.5h。混凝土拌和物从搅拌机出料到运输、摊铺完毕的允许最长时间应符合表 7.3.2 的规定。

混凝土拌和物运输\摊铺完毕允许最长时间 表 7.3.2

施工气温（℃）	运输允许最长时间（h）	摊铺完毕允许最长时间（h）
5~10	2	2.5
10~20	1.5	2
20~30	1	1.5
30~35	0.75	1.25

注：施工气温指 H 干坝气温。

7.3.3 运输技术要求

1 运送混凝土的车辆，在装料时，应防止混凝土离析，每装一盘料应挪动一下车位，卸料落差高度不得大于 2m。驾驶员必须了解拌和物的运输、摊铺完毕的允许最长时间，超过摊铺允许最长时间的混凝土不得用于路面摊铺。混凝土一旦在车内停留超过初凝时间，应采取紧急措施处置，防止混凝土硬化在车厢内或车罐内。

2 混凝土运输过程中要防止漏浆、漏料和污染路面。烈日、大风、雨天和冬季施工，应

遮盖自卸车上的混凝土。运输车辆每次装混凝土前，均应将车厢清洗干净并洒水湿润。

3 使用翻斗车运输混凝土时，最大运输半径不宜超过 20km，超过时，宜采用搅拌罐车运输混凝土。

7.4 钢筋安装和混凝土布料

7.4.1 钢筋安装技术要求

滑模摊铺钢筋混凝土路面、桥面、双层钢筋网桥头搭板及连接胀缝支架，在使用 6.2.5 条中的某种方式布料时，钢筋网和支架刚度均必须焊接加强。

1 单层钢筋混凝土路面钢筋网应有 4~6 根 / m^2 焊接支架钢筋。

2 在铺装桥面钢筋网之前，应先焊接梁之间的横向连接钢筋，并不应少于 3 根 / 延米，后安装锚固钢筋，再将钢筋网与锚固钢筋焊接，数量应为 4~6 根 / m^2 。层间剪应力大处（如梁端）取大值，剪应力小处（如跨中）可取小值。

3 桥头搭板或通道上部双层钢筋网，不应少于 4~6 根 / m^2 焊接环形箍筋。

4 搭板端部钢筋必须与胀缝钢筋支架相焊接，焊接点不应少于 4 个 / m。

5 钢筋混凝土路面和桥面单层钢筋网、桥头搭板双层钢筋网及连接胀缝钢筋支架的两侧宽度应小于摊铺宽度 3cm，其纵向工作缝与后铺的横向连接路面应采用侧向加密拉杆形式。桥面钢筋网横向钢筋应连续。双车道摊铺的桥面板或搭板中间均不插拉杆，不切纵缝，钢筋网整体连续，桥面板宜在反弯矩部位切缝，并用接缝钢筋补强。斜交桥涵的变形板全部在钢筋混凝土搭板上调整，锐角加密焊接钢筋网补强。滑模施工的水泥混凝土路面均宜为矩形板，并取消边缘和角隅补强钢筋。

7.4.2 混凝土布料技术要求

1 滑模摊铺普通水泥混凝土路面，必须有专人指挥车辆均匀卸料。滑模摊铺时，机前的最高料位不得高于滑模摊铺机前松方控制板顶面，料位的正常高度应在螺旋布料器叶片最高点以下，亦不得缺料。机前缺料或料位过高时，宜采用装载机或挖掘机适当布料和送料，布料应与摊铺速度相协调。

2 采用布料机施工，松铺系数应视坍落度大小由试铺确定，当坍落度在 1~5cm 时，松铺系数宜在 1.08~1.15 之间。坍落度 3cm，松铺系数宜控制在 1.1 左右。布料机与滑模摊铺机之间的施工距离应控制在 5~10m。热天日照强，风大，取小值；阴天，湿度大，无风，可取大值。

3 采用布料机以外的布料方式摊铺钢筋混凝土路面、桥面或搭板时，禁止任何机械直接开上钢筋网。宜在钢筋网外侧使用挖掘机或吊斗均衡卸料布料，也可使用便桥板凳加吊车汽车直接卸料、挖掘机布料，但均不得缺料。

7.5 滑模摊铺水泥混凝土路面

7.5.1 滑模摊铺前，应对施工现场准备工作进行如下检查：

(1) 检查板厚：每 20m 垂直于两侧基准线挂横线，用钢尺单车道测 3 点、双车道测 5 点垂直高度，减去基准线设定高度，即为单个板厚，3~5 个值平均为该断面平均板厚。每 200m 10 个断面的均值为该路段平均板厚。路段平均板厚不应小于设计板厚；断面平均板厚不应比设计板厚薄 5mm；单个板厚极小值不应比设计板厚薄 10mm。不满足上述要求时，应采取有效措施保证板厚。

(2) 检查辅助施工设备机具：拉毛养生机、布料机械、发电机等应全部到场并试运转正常。端模板、手持振捣棒、抄平梁、传力杆定位支架、拉杆、拉毛耙、工作凳、拖行工具、养生剂及其喷洒工具等所有施工器具和工具应全部到位，状态良好。

(3) 检查基层：基层局部破损应修补整平，基层上的裂缝应处理完毕，摊铺路面的基层及履带行走部位均应清扫干净并洒水湿润，积水应扫开。

(4) 横向连接摊铺检查：前次摊铺路面纵缝的溜肩胀宽部位应切割顺直。前次摊铺安装的侧边拉杆应校正扳直，缺少的拉杆应钻孔锚固植入。纵向施工缝的上半部缝壁应涂饱

满沥青。

7.5.2 滑模摊铺机工作参数初设

对滑模摊铺机所有机构工作部件应进行正确施工位置的初步设定，并将这些正确的施工参数通过试铺调整固定下来，正式摊铺时宜根据情况变化进行微调。

1 振捣棒下缘位置应在挤压板最低点以上，横向间距不宜大于 45cm，均匀排列；两侧最边缘振捣棒与摊铺边缘距离不宜大于 25cm。

2 挤压底板前倾角宜设置为 3° 左右。提浆夯板位置宜在挤压底板前缘以下 5~10mm 之间。无需设前仰角的滑模摊铺机可将挤压底板前后调水平。

3 设超铺角的滑模摊铺机两边缘超铺高程根据料的稠度应在 3~8mm 间调整。带振动搓平梁的滑模摊铺机应将搓平梁前沿调整到与挤压板后沿高程相同，搓平梁的后沿比挤压底板后沿低 1~2mm，并与路面高程相同。

7.5.3 滑模摊铺机首次摊铺位置校准

首次摊铺前，应在直线路段采用钉桩或基准线法校准滑模摊铺机挤压底板 4 角点高程和侧模前进方向。4 个水平传感器控制挤压底板 4 角高程；2 个方向传感器进行导向控制。按路面设计高程、横坡度或路拱测量设定 2~3 根基准线或 4~6 个桩，将 6 个传感器全挂上两侧基准线，并检查传感器的灵敏度和反应方向，开动滑模摊铺机进入设好的桩位或线位，调整水平传感器立柱高度，使滑模摊铺机挤压底板恰好落在精确测量设置好的木桩或基准线上，同时，调整好滑模摊铺机机架前后左右的水平度。令滑模摊铺机挂线自动行走，再返回校核 1~2 遍，正确无误后，方可开始摊铺。

7.5.4 初始摊铺路面参数校正

在开始摊铺的 5m 内，必须对所摊铺出的路面标高、边缘厚度、中线、横坡度等技术参数进行复核测量。机手应根据测量结果及时缓慢地在滑模摊铺机行进中反向旋转滑模摊铺机上水平传感器立柱手柄，校准挤压底板摊铺路面的高程和横坡，误差应在表 7.1.5 的规定值范围内。及时调整拉杆打入深度及压力和抹平板的压力及边缘位置。检查摊铺中线时，应在设方向传感器的一侧，通过钢尺测量基准线到滑模摊铺机侧模前后的横向距离，有误差时，缓慢微调前后两个方向传感器架立横梁伸出的水平距离，消除误差。禁止停机剧烈调整高程、中线及横坡等，以免严重影响平整度等质量指标。从滑模摊铺机起步—调整—正常摊铺，应在 10m 内完成，并应将滑模摊铺机工作参数设置固定保护起来，不允许非操作手更改或撞动。第二天的连接摊铺，应先检查滑模摊铺机挤压底板 4 个角点的位置，再将滑模摊铺机后退到前一天做了侧向收口工作缝的路面内，到挤压底板前缘对齐工作缝端部，开始摊铺。

7.5.5 滑模摊铺机的操作要领

1 机手操作滑模摊铺机应缓慢、匀速，连续不间断地摊铺。滑模摊铺速度，根据拌和物稠度和设备性能可控制在 0.5~2.0m / min 之间，一般宜为 1m / min 左右。当料的稠度发生变化时，先调振捣频率，后改变摊铺速度，参见表 5.2.4-1，不得料多时追赶，然后随意停机等待，间歇摊铺。

2 摊铺中，机手应随时调整松方高度控制板进料位置，开始应略设高些，以保证进料。正常状态下应保持振捣仓内砂浆料位高于振捣棒 10c 左右，料位高低上下波动宜控制在 ±4cm 之内。

3 滑模摊铺机以正常摊铺速度施工时，振捣频率可在 6000~11000r / min 之间调整，宜采用 9000r / min 左右。应防止混凝土过振、漏振、欠振。机手应随时根据混凝土的稠度大小，调整摊铺的速度和振捣频率。当混凝土显得偏稀时，应适当降低振捣频率，加快摊铺速度，但最快不得超过 3m / min，最小振捣频率不得小于 6000r / min；当新拌混凝土偏干时，应提高振捣频率，但最大不得大于 11000r / min，并减慢摊铺速度，最小摊铺速度宜控制在 0.5~1m / min；滑模摊铺机起步时，应先开启振捣棒振捣 2~3min，再推进。滑模摊铺机脱离混凝土后，应立即关闭振捣棒。

4 滑模摊铺纵坡较大的路面，上坡时，挤压底板前仰角宜适当调小，同时，适当调小抹平板压力；下坡时，前仰角宜适当调大，抹平板压力也宜调大。抹平板合适的压力宜为板

底 3 / 4 长度接触路面抹面。

5 滑模摊铺弯道和渐变段路面时，单向横坡，使滑模摊铺机跟线摊铺，应随时观察并调整抹平板内外侧的抹面距离，防止压垮边缘。摊铺中央路拱时，计算机控制条件下，输入弯道和渐变段边缘及拱中几何参数，计算机自动控制生成路拱；手控条件下，机手应根据路拱消失和生成几何位置，在给定路段范围内分级逐渐消除或调成设计路拱。

6 摊铺单车道路面，应视路面的设计要求配置一侧或双侧打纵缝拉杆的机械装置。侧向拉杆装置的正确插入位置应在挤压底板的中下或偏后部。拉杆打入分手动、液压、气压几种方式，压力应满足一次打（推）到位的要求，不允许多次打入。同时摊铺 2 个以上车道时，除侧向打拉杆装置外，还应在假纵缝位置中间配置 1 个以上中间拉杆自动插入装置，该装置有机前插和机后插 2 种配置。前插时，应保证拉杆的设置位置；后插时，要保证其插入部位混凝土的密实度。带振动搓平梁和振动修复板的滑模摊铺机应选择机后插入式；其它滑模摊铺机可使用机前插入式。打入的拉杆必须处在路面板厚的中间位置。中间和侧向拉杆打入的高低误差不得大于±3cm；倾斜及前后误差不得大于±4cm。

7 机手应随时密切观察所摊铺的路面效果，注意调整和控制摊铺速度，振捣频率，夯实杆、振动搓平梁和抹平板位置、速度和频率。软拉抗滑构造表面砂浆层厚度宜控制在 4mm，硬刻槽路面的砂浆表层厚度宜控制在 2mm 左右。

8 连接摊铺时，滑模摊铺机一侧履带上前次水泥混凝土路面的时间应控制在养护 7d 以后，最短不得少于 5d。同时，钢履带底部应铺橡胶垫或使用有挂胶履带的滑模摊铺机。纵向连接摊铺路面时，应对连接纵缝部位人工进行修整，连接纵缝的横向平整度符合表 8.4.3 不同公路等级的要求。并用钢丝刷刷干净粘附在前幅路面上的砂浆，应刷出粗细抗滑构造。

7.5.6 滑模摊铺中出现问题的处置

滑模摊铺的表面应平滑，几何形状规矩，不应出现麻面、拉裂、塌边、溜肩等病害现象，出现问题应立即查找原因，迅速采取措施。

1 摊铺中应经常检查振捣棒的工作情况。发现路面上在横断面某处多次出现麻面或拉裂现象，表示该处的振捣棒出了问题，必须停机检查或更换该处的振捣棒。摊铺后，发现路面上留有发亮的振捣棒拖出的砂浆条带，则表明振捣棒位置过深，必须调整正确位置至振捣棒底缘在挤压底板的后缘高度以上。

2 在摊铺宽度大于等于 8m 的双（多）车道路面时，若左右卸了两车稠度不一致的混凝土时，摊铺速度应按偏干一侧设置，并将偏稀一侧的振捣棒频率迅速调小。

3 滑模摊铺路面出现横向拉裂现象，应从如下几方面进行检查：

（1）拌和物局部或整体过硬、离析，集料粒径过大，不适宜滑模摊铺，或在该部位摊铺速度过快，振捣频率不够，混凝土未振动液化而拉裂。应降低摊铺速度，提高振捣频率。

（2）挤压底板的位置和前仰角设置是否变化，前倒角时必定拉裂，前仰角过大，亦可能拉裂，应在行进中调整前 2 个水平传感器，即改变挤压底板为适宜的前仰角，消除拉裂现象。

（3）拌和物较干硬或等料停机时间较长，起步摊铺速度过快，也可能拉裂路面。等料停机时间较长时，应间隔 15min 开启振捣棒振动 2~3min；起步摊铺时，宜先振捣 2~3min，再缓慢推进。

4 当混凝土供应不上，或搅拌楼出现机械故障等情况时，停机等待时间不得超过当时气温下混凝土初凝时间的 2 / 3，超过此时间，应将滑模摊铺机开出摊铺工作面，并做施工缝。当滑模摊铺机出现机械故障，应紧急通知后方搅拌楼停止生产，在故障停机时间内，滑模摊铺机内混凝土尚未初凝，能够排除故障，允许继续摊铺，否则，应尽快将滑模摊铺机拖出摊铺工作面。故障排除后，重新起步摊铺。

7.5.7 平面交叉口变宽段和匝道路面的滑模施工

遇到平面交叉口、收费站广场或匝道变宽段路面时，只要摊铺宽度小于滑模摊铺机固定宽度，可采用滑模摊铺机跨一侧或两侧模板施工方式，模板顶面应粘贴橡胶垫，模板顶面高程应低于路面高程 3mm，滑模摊铺机的振捣仓在模板上部应加隔板，施工时应关闭隔

板外侧的振捣棒。

7.5.8 滑模摊铺结束，必须及时地做下面两项工作：

(1) 将滑模摊铺机驶离工作面，先将所有传感器从基准线上脱开，并解除滑模摊铺机上基准线自动跟踪控制，再升起机架，用水冲洗干净粘附的混凝土，已结硬在滑模摊铺机上的混凝土，应轻敲打掉。清理干净后，应对与混凝土接触的机件喷涂废机油或吹（措）干防锈。同时，对滑模摊铺机进行当日保养，加油加水，打润滑油等。

(2) 设置横向施工缝。应先将滑模摊铺机振动仓内脱出的厚砂浆铲除丢弃，然后设置施工缝端模和侧模，插入拉杆和传力杆，并用水准仪测量面板高程和横坡。为使下次摊铺能紧接着施工缝开始，两侧模板应向内各收进 2~4cm，且宜小不宜大，长度与滑模摊铺机侧模板等长或略长。软做横向施工缝应符合本规程 7.7.2 条第 1 款的技术要求。可采用第二天硬切齐施工缝端部作法，切缝部位应满足平整度、高程和横坡要求，可使用缩缝传力杆钢筋支架，上部锯开，下部凿除混凝土，也可锯开后在端部垂直面上钻眼，插入传力杆，再连接施工。连接接头施工，除应测量高程和横坡外，辅以人工振捣密实，应采用长度 3m 以上抄平器保证端头和结合部位的平整度。

7.6 滑模摊铺中小桥（涵）面、桥头搭板及缘石

7.6.1 中小桥（涵）面和桥头搭板的连续铺装准备使用滑模技术修建的公路，其水泥混凝土路面板、胀缝、钢筋混凝土搭板、中小桥、通道桥桥面和涵洞盖板的钢筋混凝土铺装层，应符合下述使用滑模摊铺机连续铺装的规定：

(1) 桥面铺装层的厚度和配筋应根据设计或成功工程的经验确定，厚度宜厚不宜薄；配筋宜强不宜弱；切缝宜少不宜多。中小桥、通道桥桥面和涵洞盖板的钢筋混凝土可按设计设置单层或双层钢筋网，钢筋网、抗剪架立钢筋、胀缝的锚固、焊接和安装符合本规程 7.4.1 条的要求。

(2) 桥头沉降应基本稳定，钢筋混凝土桥头搭板可采用厚搭板和设枕梁及加强肋双层钢筋网薄搭板。厚搭板可不设枕梁，常用厚度宜为 35~45cm；设钢筋混凝土枕梁或加强肋薄搭板可与路面等厚度，但枕梁和加强肋均应按设计计算设受力钢筋。正交和斜交搭板最短边长度不宜小于 10m。

(3) 桥面、搭板与路面混凝土强度应一致，连续铺装的桥面和桥头搭板钢筋混凝土，当混凝土施工抗折强度大于等于 5.5~5.75MPa 时，对应的碎石混凝土抗压强度不应小于 35MPa，砾石混凝土抗压强度不应小于 40MPa，一般应在 35~45MPa 之间。用于桥面铺装的混凝土中不宜加粉煤灰。

(4) 滑模连续铺装中桥桥面时，摊铺前应验算桥面板、翼缘承载能力和桥梁挠度是否满足所使用的大型滑模摊铺机上桥摊铺作业的要求。首先，应保证滑模摊铺机安全，其次，应满足桥面平整度要求。大吨位滑模摊铺机上桥摊铺的挠度及下桥反弹量不宜大于 3mm。

(5) 钢筋混凝土桥面及搭板应具备 6.2.5 条中规定的任何一种布料设备。

(6) 桥梁护栏宜在滑模摊铺路面后施工，如果必须先施工，应保证不妨碍滑模摊铺机铺装桥面。高速公路、一级公路滑模摊铺机履带行走在分幅桥梁中空部位或通讯井口时，应采用适当的加固保障措施。

(7) 滑模摊铺机履带上桥台阶部位应提前 2~3d 铺设好混凝土坡道，长度不短于钢筋混凝土搭板，铺装的裸梁板上履带行进部位应铺适宜的垫层保护，或铺装好防水找平层，防止压漏翼缘板、破坏锚固钢筋或挂坏滑模摊铺机履带。

7.6.2 中小桥（涵）面和桥头搭板连续滑模铺装施工

1 桥面基准线设置：中小桥上的基准线桩可与桥梁上的锚固钢筋暂时焊接固定，间距不大于 10m。

2 桥面连续滑模铺装：滑模摊铺机应缓慢、匀速、连续不断地摊铺胀缝、搭板、桥面、通道或涵洞盖板钢筋混凝土。上、下桥面，应及时调整侧模高度，使边缘尽量少振动漏料，并用人工适当修整平整度不足的边缘。离路面埋深超过 1m 以上的涵洞，设置单层钢筋网时，可先布下部的混凝土，然后摆放钢筋网，再布上部的料，最后滑模摊铺。连续摊铺时，胀

缝板顶面位置最高，仅比路面低 2cm，应旋转或提升振捣棒组在路表面以上位置振捣，并摊铺通过。

3 连续摊铺钢筋混凝土搭板：搭板加上枕梁或加强肋梁的总厚度不得大于 45cm。大于此厚度必须先用人工浇捣、振实枕梁和加强肋梁，再摊铺双层钢筋混凝土搭板。桥面板和桥头搭板的钢筋混凝土按抗磨要求，上表面的钢筋保护层厚度不应小于 5cm。

4 应精确放样桥面两端台背接缝和安装伸缩缝位置，摊铺前，宜在伸缩缝、台背接缝底部设隔离层和在垂直面安装稳固的胀缝板，隔离材料可选用 1~2cm 的木板、纤维板或沥青纸毡。在桥面摊铺后，剔除未硬化混凝土或硬化后锯除并打毛，然后按规定安装伸缩缝或加强台背接缝，这些部位的混凝土抗压强度应保证大于等于 40MPa，并宜加入钢纤维。

7.6.3 路缘石滑模施工

中小型滑模摊铺机，可在边缘安装路缘石模具，整体一次摊铺路面及路缘石，并可采用悬臂式连体摊铺硬路肩及路缘石，最大可悬臂摊铺的路肩宽度不大于 2.75m。小型专用滑模摊铺机仅能摊铺路缘石。为保证路缘石的密实度，必须在路缘石模具前方 10~20cm 配备一根小直径的振捣棒。路缘石的高度高于路面，应经常开动螺旋布料器供料或人工补料，保证路缘石前方振动仓内料位充足。路缘石模具必须在垂直和平面上设置 3° 左右的挤压喇叭口，保证挤压成形。施工路缘石应配备与其形状相同的抹面工具，局部料稀坍落部位，待混凝土稍硬后进行适当修整。在设计泄水槽部位应趁软挖掉路缘石，并抹成与泄水槽相接的平面喇叭口。

7.7 滑模摊铺混凝土路面接缝施工

7.7.1 纵向接缝

混凝土板的纵缝必须与路中线平行。纵缝间距（即板宽）应根据滑模摊铺机摊铺宽度、路面总宽、车道分隔线和硬路肩位置综合确定。钢筋混凝土路面、桥面、搭板纵缝由设计和滑模摊铺机摊铺宽度确定。

1 纵向缩缝

当水泥混凝土路面使用滑模摊铺机一次摊铺两个车道宽度时，应设置纵向缩缝，其位置宜按车道宽度设置。拉杆靠滑模摊铺机配备的中间拉杆插入装置在滑模摊铺过程中自动控制间距压入，其构造采用假缝拉杆型，见图 7.7.1-1。缩缝上部的槽口，应采用硬切缝法施工，切缝技术要求应符合本规程 7.7.3 的规定。

2 纵向施工缝

当滑模摊铺机一次摊铺宽度小于路面总宽度时，有纵向施工缝。位置宜与车道线一致，其构造采用平缝加拉杆型，见图 7.7.1-2。纵向施工缝的拉杆，在前一次摊铺时，应采用滑模摊铺机的侧向拉杆装置插入。根据滑模摊铺机打拉杆装置的方式，插入时的拉杆或为直的或为“L”形的。L 形拉杆长度较短，应按拉杆长度和间距进行等拔出强度换算。连接摊铺前，应将 L 形拉杆扳直，再摊铺连接部分路面。



图 7.7.1-1 纵向缩缝构造

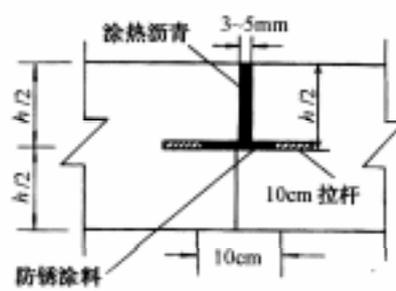


图 7.7.1-2 纵向施工缝构造

7.7.2 横向接缝

1 横向施工缝

每天摊铺结束或摊铺中因故中断，且中断时间超过初凝时间的 2/3 时，应设置横向施

工缝。横向施工缝的位置宜与胀缝或缩缝相重合。横向施工缝应与路中心线垂直。横向施工缝构造采用平缝加传力杆型，见图 7.7.2-1。横向施工缝应采用焊接牢固的钢制端头模板。每 1.5m 不应少于 1 个钉钢钎的垂直固定孔。端模上插入传力杆的水平孔间距为 30cm，内径 33mm，边侧传力杆到自由边距离不宜小于 15cm，每根传力杆必须在端模上离孔口外侧 10cm 处通过横梁焊接内径 33mm、长度 5cm 的短钢管进行水平位置固定，见图 7.7.2-2。其施工应符合本规程 7.5.8 条第 2 款的技术要求。

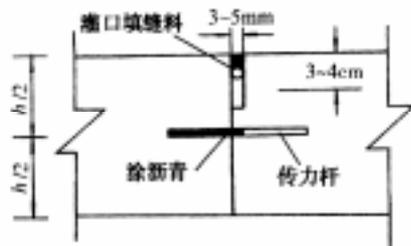


图 7.7.2-1 横向施工缝构造

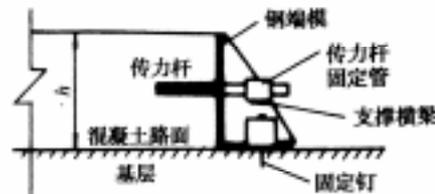


图 7.7.2-2 工作缝端模

2 胀缝设置

(1) 胀缝间距：滑模摊铺水泥混凝土路面的胀缝设置间距视施工季节气温确定，热天施工，不宜设胀缝；春秋季节施工，宜在两个构造物间距大于等于 500m，冬季低温施工，宜在两个构造物间距大于等于 350m 时，在两个构造物之间的路面中间位置设一道胀缝。构造物、平纵曲线等处的胀缝按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ012) 的规定设置。

(2) 滑模摊铺水泥混凝土路面胀缝钢筋支架：其构造应采用加强钢筋支架加传力杆型，加强钢筋支架一侧的宽度应大于等于 50cm，总宽度大于等于 100cm。支架纵向钢筋和箍筋直径为 12~16mm，箍筋间距为 20cm，见图 7.7.2~3。胀缝板应与路中心线垂直，缝壁垂直，缝隙宽度一致，缝中完全不连浆。

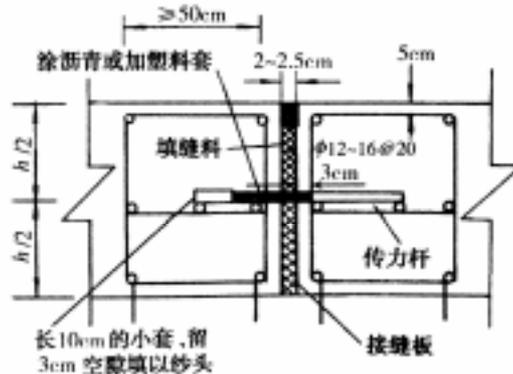


图 7.7.2-3 胀缝构造

(3) 连接桥头搭板位置的胀缝：其加强钢筋支架应与钢筋网一侧相焊接，焊接点不应少于 4 个 / m。也可在钢筋混凝土搭板一侧取消胀缝支架，直接焊接在双层钢筋网上，并增加箍筋，数量不得少于原有支架。

3 胀缝施工

滑模摊铺水泥混凝土路面的胀缝宜采用前置法施工，也可采用预留胀缝位置，热天再施工胀缝，但应设胀缝加强传力杆钢筋支架。前置法施工时，应预先加工好胀缝钢筋支架，传力杆无沥青涂层的一端焊接在支架上，接缝板夹在两支架之间。施工前运至现场，无布料机（件）时，待摊铺至胀缝位置前方 1~2m 处，将支架准确定位，用钢钎将支架和胀缝板锚固在基层上，保证支架不推移，胀缝板不倾斜，然后卸料或布料，用手持振捣棒振实胀缝板两侧的混凝土，滑模机摊铺通过；有布料机（件）时，应将带传力杆的缩缝支架和胀缝支架提前安装固定，采用侧向上料方式施工。中间胀缝位置宜与缩缝重合。连接搭板的胀缝，在滑模连续铺装搭板和桥面前，应与钢筋网同时加工安装好。胀缝宜不待混凝土硬化，即剔除胀缝板上部的混凝土，嵌入 2cm×2cm 的木条，修整好表面。在填缝之前，凿去接缝板顶部的木条，涂粘结剂后，嵌入多孔橡胶条或灌填缝料。胀缝板及钢筋支架两侧，宜各短于摊铺宽度 3cm。胀缝板应连续贯通整个路面板宽度。

4 横向缩缝

缩缝应等间距布置，一般采用 5m 板长。不宜采用 1/6 斜缩缝和不等间距的缩缝。当不得不调整板长时，最大板长应小于等于 5.5m，最小板长不宜小于板宽。在路面上的平面

交叉口横向变宽度处的缩缝，可以设计并切割成小转角的折线，在有拉杆的纵缝处，缩缝切口必须缝对缝。板锐角处，应设角隅钢筋补强。

在重、中、轻交通的公路水泥混凝土路面上，横向缩缝可采用假缝型，不设传力杆，见图 7.7.2-4a)。在邻近胀缝或路面自由端的 3 条缩缝内，横向缩缝采用假缝加传力杆型，前置式传力杆钢筋支架的构造见图 7.7.2-4b)。传力杆无涂料一侧焊接，有涂料一侧绑扎。

在特重交通量的水泥混凝土路面上或渠化交通严重的收费站广场，全部缩缝宜设传力杆。传力杆可用滑模摊铺机配备的传力杆自动插入装置在摊铺时植入，或使用图 7.7.2-4b) 钢筋定位支架前置法施工。无论哪种方式，都应在路侧缩缝切割位置做标记，保证切缝在传力杆中间以上。前置式缩缝的钢筋定位支架必须有足够的刚度，传力杆应准确定位，应于摊铺之前在基层表面放样，并用钢钎将其锚固在基层上，用手持振捣棒振实传力杆高度以下的混凝土，然后进行滑模摊铺。

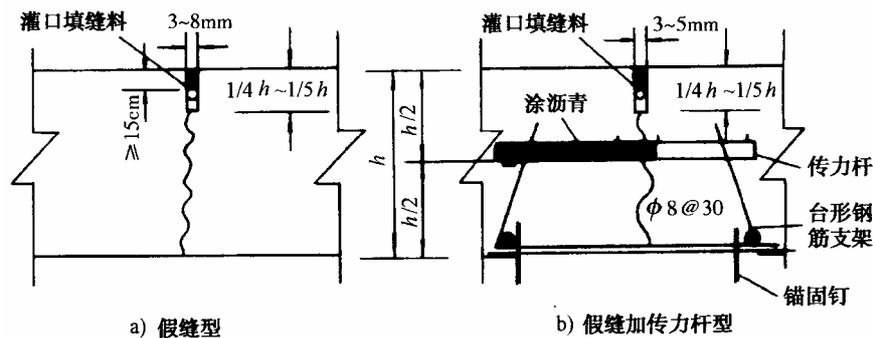


图 7.7.2-4 横向缩缝构造

5 传力杆及胀缝板设置精度

传力杆和胀缝板设置精度应符合表 7.7.2 的要求。

传力杆及胀缝板安装精度技术要求

表 7.7.2

项目	技术要求 (mm)	测量位置
传力杆端上下左右偏斜误差	≤10	在传力杆两端测量
传力杆在板中心上下左右误差	≤20	以板面为基准测量
传力杆沿路面纵向前后偏位	≤30	以缝中心线为准
胀缝板倾斜误差	≤20	以板底为准
胀缝板的弯曲和位移误差	≤10	以缝中心线为准

注：胀缝板不允许混凝土连浆，必须完全隔断。

7.7.3 切缝

横向缩缝、施工缝上部的槽口，应采用切缝法施工。切缝方式有全部硬切缝、软硬结合切缝和全部软切缝三种。采用哪种切缝方式视施工地区下午 1-3 时最高温度与凌晨 1-3 时最低温度的温差决定，见表 7.7.3。

施工气温与防止断板应采用的切缝技术

表 7.7.3

白天夜间温差 (°C)	切缝方式	缩缝切深
<10	以 200 度时积控制硬切缝，最长时 间不得超过 24h	硬切缝 1/4~1/5 板厚
10~15	每隔 1~2 条提前软切缝，其余用硬 切缝补切，软硬结合	软切深度 4~5cm，补深 1/4 板厚，已 断开的缝不补切
>15	宜全部软切缝，抗压强度约为 1~1.5MPa，人可行走	软切缝深大于等于 5cm，未断开的接缝， 应硬切补深到不小于 1/4 板厚

注：①注意降雨后刮风引起路面温度骤降，面板温差在表中规定范围内，应按表中方法提前切缝。

②度时积：自拌和起算的混凝土平均温度与延续时间的乘积。

前后连接摊铺，对先摊铺好的混凝土板沿切缝已断裂的地方，应做上记号。后摊铺路面切缝时，已断开的缩缝应提前软切缝。

纵向缩缝可全部硬切缝，最长时间不宜超过 48h。

7.8 滑模摊铺混凝土路面修整

7.8.1 重摊铺过程中的修整

滑模摊铺机应采用自动抹平板装置进行抹面，以消除表面气孔和石子移动带来的缺陷。自动抹平板的压力不可过大，应随摊铺的纵坡变化随时调整。适宜的抹平板压力是路面不出现影响平整度的“W”形砂浆楞。对表面上少量局部麻面和明显缺料部位，应在挤压板后或搓平梁前，最迟在抹平板前表面补充适量砂浆，由搓平梁和抹平板机械修整。滑模摊铺的混凝土面板在下列情况下，可用人工进行局部少量修整：

(1) 人工操作抹面抄平器修整摊铺机后表面的缺陷，禁止整个表面用加铺薄砂浆层修补路面标高。

(2) 对打侧向拉杆时被挂坏的侧边；滑模摊铺机连续铺装桥面时上桥梁台阶，振捣漏料部位；抹平板未抹到的边缘；及出现倒边、塌边、溜肩现象处，应顶侧模或上部支方铝管，边缘补料修整。左右连接摊铺的纵缝处应进行适量修整。

(3) 对滑模摊铺机起步摊铺段及施工接头，应采用水准仪抄平，采用大于 3m 的方铝管边测边修整。

7.8.2 路面硬化后的修整

如果混凝土路面已硬化，发现施工接头或局部平整度不满足要求，可在水泥混凝土路面摊铺后 3-10d 内，用最粗级磨头的水磨石机研磨到规定平整度。

7.9 抗滑构造施工

7.9.1 滑模摊铺水泥混凝土路面抗滑构造的技术要求

高速公路、一级公路竣工时的路面抗滑构造深度应为（铺砂法）：抗滑构造深度 $TD \geq 0.8mm$ ，同时应满足 $r_0 \leq 1.2mm$ ；横向摩阻力系数 $SFC \geq 0.55$ 。其它公路竣工时 $0.6mm \leq TD \leq 1.0mm$ 。要求抗滑构造深度均匀，不损坏构造边棱，亦不影响施工好的路面平整度。

7.9.2 滑模摊铺水泥混凝土路面抗滑构造的施工制作应符合下述规定：

(1) 滑模摊铺机后宜设钢支架，拖挂 1-3 层叠合麻布、帆布或棉布，洒水湿润后，软拖制作细观抗滑构造，布片接触路面的拖行长度以 0.7~1.5m 为宜，细度模数偏大的粗砂，拖行长度取小值，偏细中砂，取大值。人工修整过的路面，细观抗滑构造已被抹掉，必须再拖麻袋处理，以恢复细观抗滑构造。也可不拖毛，直接使用抹平板抹出的“鱼鳞”形细观抗滑构造，以增强耐磨性，前提是横向摩阻力系数应满足要求。修整表面时，应使用木抹。

(2) 当日施工进度超过 500m 时，宏观抗滑构造制作宜选用拉毛机械施工，没有拉毛机时，可采用人工拉槽方式。在混凝土表面泌水完毕 20~30min 内应及时进行拉槽。拉槽深度应为 2~3mm，槽宽 3~5mm，槽间距 15~25mm。可施工等间距和非等间距的抗滑槽，同时考虑减小噪声时，宜采用后者。每耙之间衔接间距应保持一致。

(3) 采用硬刻槽方式制作宏观抗滑构造时，其几何尺寸与（2）款相同。硬刻槽机重量宜重不宜轻，最小整刻宽度不应小于 50cm，硬刻槽时不应掉边角，路面摊铺 3d 后可开始硬刻槽，并宜在两周内完成。

(4) 对平整度不佳的路面施工接头、桥面、桥头搭板，局部经磨平达标后，应采用人工凿毛或喷砂法做出细观抗滑构造，宏观抗滑构造可采用硬刻方式制作。

7.10 混凝土路面养生

7.10.1 养生方式选择

混凝土板抗滑构造软拉制作完毕后应立即养生。滑模摊铺水泥混凝土路面宜采用喷洒养生剂及保湿覆盖的方式养生。在雨季或养生用水充足的情况下，也可采用覆盖砂、旧麻袋、草袋、草帘、稻草等洒水湿养生方式。不宜使用围水养生方式。昼夜温差大的地区，路面摊铺后 3d 内宜采取覆盖保温措施防止发生裂缝和断板。

7.10.2 养生剂养生

水泥混凝土路面采用喷洒养生剂方式养生时，养生剂喷洒剂量、成膜厚度、适宜的喷洒时间应通过现场试验确定。喷洒养生剂的厚度应足以形成完全封闭的薄膜；喷洒应均匀，成膜厚度应一致；喷洒后的表面不得有颜色差异；喷洒时间宜在表面混凝土泌水完毕后进行；喷洒高度宜控制在 0.5~1m。除喷洒上表面外，面板两侧也应喷洒。单独采用一种养生剂养生时，保水率应达到 90% 以上，一般不应小于 300ml / m² 原液，也可采用两种养生剂喷洒两层或喷一层养生剂再加覆盖。当水泥混凝土路面泌水较多时，应延迟喷洒养生剂的时间，待泌水基本结束后再喷洒养生剂。

7.10.3 盖塑料薄膜养生

盖塑料薄膜的时间，以不压没细观抗滑构造为准。薄膜厚度（韧度）应合适，宽度应大于覆盖面 60cm。两条薄膜对接时，搭接宽度不应小于 40cm，薄膜在路面上应加细土或砂盖严实，并防止被钢筋挂烂及被风吹破或掀走。养生期间应始终保持薄膜完整，薄膜破裂时应立即补盖或修补。

7.10.4 覆盖洒水湿养生

使用麻袋、草袋等覆盖物养生，应及时洒水，在任何气候条件下，均应保证覆盖物底部在养生期间始终处于潮湿状态，并由此确定每天洒水遍数。

7.10.5 养生时间

养生时间应根据混凝土弯拉强度增长情况而定，当大于等于设计弯拉强度的 80% 时，可停止养生。一般养生天数宜为 14~21d，不应少于 14d。掺粉煤灰的水泥混凝土路面，最短养生时间不宜少于 28d。

7.10.6 养生期保护

混凝土板在养生期间和填缝前，严禁人、畜、车辆通行，在达到设计强度 40%，撤除养生覆盖物后，行人方可通行。在确需行人、牲畜、畜力车、人力车、汽车横穿平面道口时，在路面养生期间，应搭建临时便桥。

7.11 填 缝

7.11.1 一般规定

混凝土板养生期满后，缝槽口应及时填缝。在填缝时，必须保持缝内清洁，防止砂石等杂物掉入缝内。填缝材料应符合本规程表 5.1.10-2、表 5.1.10-3 和表 5.1.10-4 的技术要求。

7.11.2 采用常温施工式或加热施工式填缝料填缝，应符合下列规定：

(1) 填缝前，应采用压缩水和压缩空气彻底清除接缝中砂石及其它污染物，确保缝壁及内部清洁、干燥。

(2) 当使用常温施工式聚（氨）酯和硅树脂等填缝料时，按规定比例将两组份材料按 1h 所需灌缝量混合均匀，并应随拌随用。当使用加热施工式填缝料时，将填缝料加热至规定温度。加热过程中应不断搅拌均匀，将填缝料熔化并保温使用。

(3) 灌注填缝料必须在缝槽口干燥清洁状态下进行，缝壁检验擦不出灰尘为可灌标准。适宜的缩缝填缝形状系数应在 2~4 之间，填缝灌注深度宜为 2~3cm。高速公路、一级公路应使用专用工具，先挤压填入多孔泡沫塑料柔性背衬材料，再填缝。二、三公路使用（聚氯乙烯）胶泥类、（改性）沥青类等灌缝料时，最浅灌入深度不得小于 3cm。填缝料的灌注高度，夏天宜与板面齐平，冬天宜低于板面 1~2mm。填缝必须饱满、均匀、连续贯通。填

缝料应与缝壁粘结好，不开裂，不渗水。

(4) 常温施工式填缝料的养生期，冬季宜为 24h，夏季宜为 12h；加热施工式填缝料的养生期，冬季宜为 2h，夏季宜为 1h。在填缝料养生期内（特别是反应型常温填缝料在固化前），应封闭交通。

7.11.3 采用预制嵌缝条填缝，应符合下列规定：

(1) 嵌入嵌缝条必须在缝槽口干燥清洁状态下进行。

(2) 粘结剂应均匀地涂在缝壁上部（1/2 以上深度），形成一层连续的约 1mm 厚的粘结剂膜，以便粘结紧密，不渗水。

(3) 嵌缝条在嵌入过程中应使用专用工具，在长度方向应既不拉伸也不压缩，保持自然状态；在宽度方向应压缩 40%~60% 嵌入。嵌缝条高度宜为 2.5cm。

(4) 填缝粘结剂固化后，应将胀缝两端多余的嵌缝条齐路面边缘裁掉。

(5) 嵌缝条施工期间和粘结剂固化前，应封闭交通。

7.11.4 纵缝填缝

纵向缩缝填缝应与横向缩缝相同。各级公路高填方（路基高度大于等于 10m）路段、桥面、桥头搭板部位的纵向施工缝在涂沥青的基础上，还应切缝并灌缝。一般路段，上半部已饱涂沥青的纵向施工缝可不切缝、填缝。

7.12 特殊气候条件下施工

7.12.1 一般规定

滑模摊铺水泥混凝土路面时，应有专人负责接收和报告气象预报工作，遇有降雨、大风和寒流侵袭时，不得进行滑模施工。

7.12.2 滑模摊铺混凝土路面特殊气候条件的施工应符合下述规定：

1 雨天施工

滑模摊铺过程中遭遇降雨，当降雨影响路表面质量时应停止施工。雨季施工时应准备足够的防雨篷或塑料薄膜。防雨篷支架宜采用焊接钢结构，材料宜使用帆布或编织布，以便在突发雷阵雨时，遮盖刚铺好的路面。严防路面和无模板支撑的低侧边缘冲垮破坏。已被阵雨轻微冲刷过的路面，平整度和细观抗滑构造符合要求者，宏观抗滑构造宜硬刻槽恢复。平整度经研磨能够符合要求的，或覆盖塑料薄膜，降雨压力将细观抗滑构造压没的，应先磨平，后凿出细观抗滑构造，再硬刻槽恢复宏观抗滑构造。对被暴雨冲刷后，路面平整度严重劣化的部位，应尽早铲除重铺。

2 刮风天施工

在日照较强，空气干燥的春秋多风季节或山区、沿海经常刮风地区，应采取表 7.12.2 的养生抹面措施防止路面发生塑性收缩开裂。影响塑性收缩开裂的首要因素是风速，当风速大于等于 4~6m/s，日照较强，相对湿度小于等于 50%，摊铺 23h 内不养生的路面产生塑性收缩开裂的水分临界蒸发率为 0.50kg/h·m²。刮风天，要用风速计在现场定量测风速或观测刮风引起的自然现象，确定风级，然后，按表 7.12.2 提供的养生或抹面措施防止塑性收缩开裂。

刮风天水泥混凝土路面防止塑性收缩开裂养生措施

表 7.12.2

风力	相应自然现象	风速 (m/s)	防路面塑性收缩开裂养生措施
1 级轻风	烟能表示风向，水面有鱼鳞波	≤1.5	正常施工，压力 1~3MPa，喷洒一遍养生剂，原液剂量 300ml/m ²
2 级轻风	人面有感，树叶沙沙响，风标转动，水波显著	1.6~3.3	宜减小压力，喷头放低并加厚喷洒一遍养生剂，剂量 450ml/m ²
3 级微风	树叶和细枝摇晃，旗帜飘动，波峰破碎，产生飞沫	3.4~5.4	路面摊铺完成后，立即喷洒第一遍养生剂，拉毛后，再喷洒第二遍养生剂，两遍剂量共 600ml/m ²
4 级和风	吹起尘土和纸片，小树枝摇动，水波出白浪	5.7~7.9	除拉毛前后喷两遍养生剂外，还需覆盖塑料薄膜，两遍剂量共 600ml/m ²

5级清劲风	有叶小树开始摇动，大浪明显，波峰起白沫	8.0~10.7	使用抹面机械抹面，加厚喷一遍剂量450ml/m ² 的养生剂并覆盖塑料薄膜或麻袋、草袋，使用钢刷做细观抗滑构造，使用硬刻槽机刻出宏观抗滑构造，无机械抹面措施时，应停止施工
6级	大树枝摇动，电线呼呼响，出现长浪，波峰吹成条纹	10.8~13.8	无法正常操作，路面来不及采取任何防裂养生或抹面措施就开裂了，必须停止施工

注：该表的使用条件是日照较强，相对湿度小于等于50%。

3 热天施工

夏季，当现场气温高于30℃时，宜避开中午施工，可选择在早晨、傍晚或夜间施工。若不能避开，应采取对砂石料堆设遮阳篷，抽用地下冷水拌和，自卸车加遮盖，加缓凝剂、保塑剂或适当加大缓凝减水剂剂量等技术措施施工。无论在什么情况和条件下，混凝土拌和物的温度不得超过35℃。夏季高温季节施工时，应随时加测气温和水泥、拌和水、拌和物及路面温度。必要时加测混凝土水化热。

4 冬季施工

冬季负温施工，当最低温度为-3℃以上，应采用路面保温覆盖措施施工。最低气温-10℃以上，应同时使用保温覆盖和加防冻剂的冬季负温施工方式。搅拌机出料温度不得低于10℃，摊铺混凝土温度不得低于5℃。在养生期间，应始终保持混凝土板温度在5~10℃之间，最低不得低于5℃，否则，应采用热水拌和混凝土。冬季负温施工前，要优选防冻剂种类及其掺量，钢筋混凝土路面和桥面不宜采用氯盐类防冻剂，钢纤维混凝土路面和桥面不应使用氯盐防冻剂，不宜使用（亚）硝酸盐类防冻剂。不得不使用上述防冻剂时，应同时加阻锈剂。应通过试验得出使用防冻剂时混凝土表面结冰的最低临界负温值和达到抗冻临界弯拉强度（≥1.0MPa）时的覆盖保温养生天数。冬季负温施工覆盖保温养生的最少天数不得少于21d。养生方式为先洒养生剂，加盖塑料薄膜保湿，再盖保温材料保温。冬季施工，应采用R型水泥或单位体积水泥用量较多的425号水泥，不掺粉煤灰，应随时检测气温和水泥、拌和水、拌和物及路面的温度。

8 施工质量管理与检查验收

8.1 一般规定

8.1.1 质量管理

水泥混凝土路面滑模机械施工应根据全面质量管理的要求,建立健全有效的质量保证体系,实行严格的质量、工期和投资控制、工序管理与岗位责任制度,对施工各阶段的质量应进行检查、控制、评定,达到所规定的质量标准,确保施工质量及其稳定性。

8.1.2 监理制度

水泥混凝土路面滑模机械施工应实行监理制度,滑模摊铺现场和搅拌站应有旁站监理工程师,除施工企业应按规定项目、批量或频率进行自检外,工程监理应按有关规定进行质量抽查与认定,各级质量监督站及工程建设单位(业主)应对工程质量进行监督。

8.1.3 质量管理内容

施工质量管理与检查验收应包括施工准备、铺筑试验路段、施工过程中质量控制与管理、检查与交工验收和施工总结。滑模摊铺水泥混凝土路面新型施工技术在我国尚处在推广试行阶段,使用该技术时,应深入进行全员技术培训,提高施工管理水平,严格质量检查验收等关键控制环节。

8.2 施工前材料与设备采购检查

8.2.1 当地原材料调研

在施工准备阶段,应依据设计要求、施工经验和规模,对工程附近的水泥厂、钢铁厂、电厂粉煤灰、外加剂厂、砂石料场、施工沿线水源、电力供应状况等进行实地踏勘和调研。确认符合建设水

泥混凝土路面的原材料质量、品种、规格,原材料的供应量、供应强度和供给方式、运距等。明确采用商品混凝土或自产混凝土以及施工沿线在何处适合建设大型混凝土搅拌站。通过调研优选,初步选定原材料供应厂商。并请这些厂商向试验室提供试验和检验原材料,并附产品合格证和出厂证明书。

8.2.2 原材料确定和配合比优化

路面开工前,试验室应对计划使用的原材料进行质量检验和混凝土配制试验,进一步优选原材料并优化配合比,出具原材料检验及配合比试验报告,并应通过监理对原材料抽检和配合比试验验证,报请业主正式审批。然后,通知材料供应厂商和施工单位。施工单位应对通过符合质量要求的原材料厂商进行招标,确定原材料供应厂商,并签订原材料供应合同。重要的原材料供应合同,如水泥、外加剂、养生剂等不仅应签署供应总量、方式及日供给量,而且应明确其检验技术指标、退货等要求,并应通过监理及业主认可。确定和处置好搅拌站场地后,开始供应和储备原材料。

8.2.3 原材料批量检验

原材料进场以及施工过程中发生材料来源或规格变化时,应将相同料源、规格、品种的原材料作为一批,分批量分别检验,并储存。原材料的检验项目和频率见表 8.2.3。大规模路面工程一般需要 2 个以上的水泥厂供应水泥,不同厂家的水泥或粉煤灰,即使品种标号等完全相同,也应分别存放,不得混装在 1 个水泥罐仓内,在水泥罐换装水泥时,必须清仓再灌。

8.2.4 设备采购和检查验收

大型滑模摊铺机和搅拌楼等应公开招标采购。新设备到场后,应逐项检查验收,在厂家售后服务技术人员现场指导下安装调试。搅拌楼应通过法定计量单位的计量标定,应对搅拌站及水泥混凝土路面滑模摊铺机械和设备的配套情况、性能、计量精度等进行全面检查。搅拌楼和滑模摊铺机经摊铺试验路段检验,达到生产能力和全部质量指标,方可验收通过,进行支付。

混凝土原材料的检测项目和频率

表 8.2.3

材料	检查项目	检 查 频 率	
		高速公路、一级公路	二、三级公路
水	抗折强度、抗压强度及标号	1 500t, 1 批	1 500t, 1 批
	安定性	1 500t, 1 批	1 500t, 1 批
	凝结时间	2 000t, 1 批	3 000t, 1 批
	标准稠度用水量	2 000t, 1 批	3 000t, 1 批
	细度	2 000t, 1 批	3 000t, 1 批
	f-CaO 含量	必要时, 每标段不少于 3 次	必要时, 每标段不少于 3 次
	MgO 含量	必要时, 每标段不少于 3 次	必要时, 每标段不少于 3 次
	SO ₃ 含量	必要时, 每标段不少于 3 次	必要时, 每标段不少于 3 次
	铝酸三钙	必要时, 每标段不少于 3 次	必要时, 每标段不少于 3 次
	铁铝酸四钙	必要时, 每标段不少于 3 次	必要时, 每标段不少于 3 次
	干缩率	必要时, 每标段不少于 3 次	必要时, 每标段不少于 3 次
	耐磨性	必要时, 每标段不少于 3 次	必要时, 每标段不少于 3 次
	碱度	开工、施工、结束测 3 次	开工、施工、结束测 3 次
	混合材料种类及数量	开工、施工、结束测 3 次	开工、施工、结束测 3 次
	温度	冬、夏季施工随时检测	冬、夏季施工随时检测
水化热	冬、夏季施工随时检测	冬、夏季施工随时检测	
粗集料	颗粒外观(针片状、超径和逊径含量)	2 000m ³ , 1 批	4 000m ³ , 1 批
	颗粒级配	2 000m ³ , 1 批	4 000m ³ , 1 批
	含泥量	1 000m ³ , 1 批	2 000m ³ , 1 批
	压碎值	1 000m ³ , 1 批	2 000m ³ , 1 批
	含水量	随时	随时
	松方单位重	施工需要时	施工需要时
砂	颗粒外观(河砂、山砂、机制砂)	必要时	必要时
	颗粒粗细(细度模数)和级配	1 000m ³ , 1 批	2 000m ³ , 1 批
	含泥量	1 000m ³ , 1 批	2 000m ³ , 1 批
	含水量	随时	随时
	松方单位重	施工需要时	施工需要时

续上表

材料	检查项目	检查频率	
		高速公路、一级公路	二、三级公路
外加剂	减水剂(最优)减水率	10t, 1批	10t, 1批
	液体外加剂的含固量	10t, 1批	10t, 1批
	液体外加剂的比重	200kg, 1次	200kg, 1次
	粉状外加剂的不溶物含量	10t, 1批	10t, 1批
	引气剂引气量	2t, 1批	3t, 1批
	气泡细密程度和稳定性	随时	随时
养生剂	养生剂保水率	开工前或有变化时	开工前或有变化时
	弯拉强度保持率	开工前或有变化时	开工前或有变化时
	含固量	施工需要时	施工需要时
	成膜时间	随时	随时
	浸水软化性	随时	随时
水	pH值	开工前和水源有变化时	开工前和水源有变化时
	含盐量	开工前和水源有变化时	开工前和水源有变化时
	硫酸根含量	开工前和水源有变化时	开工前和水源有变化时

注：①所有项目开工前,均应检验。

②数量不足一批时,按一批检验。

③当原材料规格、品种、生产厂、来源变化时,必检。

8.3 铺筑试验路段

8.3.1 一般规定

所有公路滑模摊铺水泥混凝土路面工程,在正式摊铺水泥混凝土路面前,均必须铺筑试验路段。试验路段长度不应小于200m,高速公路、一级公路宜在主线路面以外进行试验路段的摊铺。路面厚度、摊铺宽度、基准线设置、接缝设置、钢筋设置等均应与实际工程相同。

8.3.2 试验路段分为试拌及试铺两个阶段,通过试验路段应达到下述目的:

(1)试拌检验搅拌楼性能及确定合理搅拌制度;试铺检验滑模

摊铺系统全部主要机械的性能和生产能力,检验机械种类、数量、实际生产能力配套及组合的合理性。提供主要机械性能和生产能力检验结果和改进措施。

(2)通过试拌确定搅拌楼上料速度,拌和容量,搅拌均匀所需时间,新拌混凝土坍落度、振动粘度系数、含气量、泌水量、离析性和生产使用的混凝土配合比。

(3)通过试铺确定基准线设置方式,滑模摊铺机的适宜工作参数,包括摊铺速度、振捣频率调整范围、夯实杆深度和频率、挤压底板前仰角度设置、超铺角度设置、侧模板可调整方式和位置、中间和侧向拉杆打入情况、振动搓平梁的设置位置、自动抹平板位置和压力等。

(4)使全体工程技术、施工及设备操作人员熟悉并掌握各主要机械正确的操作要领和所有工序、工种正确的施工方法。检验全套施工工艺流程。

(5)检验确定人工辅助施工的修整机具、工具、模具种类和数量,发电机、电焊机、钢筋工、混凝土工、拉毛方式及劳动力数量和定员位置等。按施工工艺要求确定施工组织形式和人员编制。

(6)通过试铺应建立健全混凝土原材料,新拌混凝土坍落度、含气量、泌水量,路面弯拉强度、平整度、构造深度、板厚、接缝顺直度等全套技术性能检验手段,熟悉检验方法。建立滑模施工系统的全面质量管理体系。

(7)确定施工产量和进度,制订施工进度计划。

(8)检验无线通讯和快速生产调度指挥系统。确定施工管理体系。

8.3.3 总结试铺效果

在试铺中,施工单位应认真做好记录,监理工程师或质监站应监督检查试验段的施工质量,及时与施工单位商定有关结果。试验段铺筑结束后,应由业主、施工单位和监理会商讨论试验结果,提出改进意见和注意事项,施工单位应就各项试验结果、改进措施和注意事项提出试验路段总结报告,上报监理和业主批复,取得正

式开工资格。

8.4 施工中的质量管理与检查

8.4.1 一般规定

1 水泥混凝土路面滑模施工必须得到主管部门的开工令后，方可开工。

2 施工单位应随时对施工质量进行自检。自检混凝土原材料、拌和物和水泥混凝土路面项目和频率按表 8.2.3 和表 8.4.1 规定进行。监理工程师或质量监督人员应进行抽检或旁站监督，对施工单位的检验结果进行检查认定。当施工、监理、监督人员发现异常情况时，应加大检测频率，找出原因，及时处理。在恢复正常后，再降低检测频率。高速公路、一级公路应利用计算机实行动态质量管理，其方法见附录 B 的规定。

混凝土拌和物及水泥混凝土路面的检验项目和频率 表 8.4.1

材料	检查项目	检 查 频 率	
		高速公路、一级公路	其它公路
混 凝 土 拌 和 物	坍落度及其均匀性	每天施工测 3 次，有变化时随测	每天施工测 3 次，有变化时随测
	坍落度损失率	开工、气温较高和有变化时随测	开工、气温较高和有变化时随测
	振动粘度系数	配合比试拌，原材料和配合比有变化时测	配合比试拌，原材料和配合比有变化时测
	含气量	每天测 1~2 次，有抗冻要求 2~4 次	每天测 1~2 次，有抗冻要求 2~4 次
	泌水率	必要时测	必要时测
	容重	每天施工测 1 次	每天施工测 1 次
	温度	必要时测，冬季、夏季每天 1~2 次	必要时测，冬季、夏季每天 1 次
	凝结时间	必要时测，冬季、夏季每天 1~2 次	必要时测，冬季、夏季每天 1 次
	水化热	冬季、夏季施工必要时测	冬季、夏季施工必要时测
	离析	随时观察	随时观察

续上表

材料	检查项目	检查频率	
		高速公路、一级公路	其它公路
混凝土路面	弯拉强度	每班留 2~4 组试件,日进度小于 500m 取 2 组,大于等于 500m 取 3 组,大于等于 1000m 取 4 组,测 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v	每班留 1~3 组试件,日进度小于 500m 取 1 组,大于等于 500m 取 2 组,大于等于 1000m 取 3 组,测 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v
	钻芯劈裂强度	每 3km 每车道钻取 1 个岩芯,硬路肩为 1 个车道,测平均 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v 、板厚 h	每 3km 每车道钻取 1 个岩芯,硬路肩为 1 个车道,测平均 f_{cs} 、 f_{min} 、 C_v 、板厚 h
	3m 直尺平整度	每半幅车道 100m 2 处 10 尺	每半幅车道 200m 2 处 10 尺
	动态平整度	所有车道连续检测	所有车道连续检测
	板厚	每 100m 路面摊铺宽度内左右各 2 处,连接摊铺每 100m 路面边缘 1 处并参考岩芯高度	每 100m 路面摊铺宽度内左右各 1 处,连接摊铺每 100m 路面边缘 1 处并参考岩芯高度
	抗滑构造深度	铺砂法:每幅 200m 2 处	铺砂法:每幅 200m 1 处
	横坡度	水准仪:每 200m 6 个断面	水准仪:每 200m 4 个断面
	接缝顺直度	20m 拉线测:每 200m 6 条	20m 拉线测:每 200m 4 条
	摊铺中线偏位	经纬仪:每 200m 6 点	经纬仪:每 200m 4 点
	纵断高程	水准仪:每 200m 6 点	水准仪:每 200m 4 点
	路面宽度	尺测:每 200m 6 处	尺测:每 200m 4 处
	切缝深度	尺测:切缝后每 200m 6 处	尺测:切缝后每 200m 4 处
	灌缝饱满度	尺测:每 200m 接缝测 6 处	尺测:每 200m 接缝测 4 处
	连接摊铺纵缝高差	尺测:每 200m 纵向工作缝,每条 3 处,每处间隔 2m 测 3 尺,共测 9 尺	尺测:每 200m 纵向工作缝,每条 2 处,每处间隔 2m 测 3 尺,共测 6 尺
	胀缝缺陷	每条观察填缝及啃边断角	每条观察填缝及啃边断角
	胀缝板连浆	每条胀缝板安装时测量	每条胀缝板安装时测量
	胀缝板倾斜	尺测:摊铺宽度内每块胀缝板的两侧	尺测:摊铺宽度内每块胀缝板的两侧
	胀缝板弯曲和位移	尺测:摊铺宽度内每块胀缝板 3 处	尺测:摊铺宽度内每块胀缝板 3 处
	胀缝、缩缝传力杆偏斜	钢筋保护层仪:每车道 4 根	钢筋保护层仪:每车道 3 根
	断板率	数断板面板的块数占总块数的比例	数断板面板的块数占总块数的比例

3 施工中,应由专门质量检验机构负责施工质量的检查与试验。除施工单位按下述规定自检外,监理、质检站必须按规定频率抽检。

4 桥面、桥头搭板及钢筋混凝土路面的钢筋应具有出厂质量证明书,焊接绑扎等钢筋加工的检验按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041)的有关规定执行。

5 搅拌站对每台搅拌楼所拌拌和物按表 8.4.1 的要求检测,除了满足滑模可摊铺性外,应注意观察拌和物的匀质性和检验其坍落度的稳定性。

8.4.2 关键技术指标的检验

施工中,水泥混凝土路面应按表 8.4.1 规定的检查项目和频率检测,其平整度、弯拉强度和板厚三大质量指标要求为:

1 平整度:3m 直尺检测平整度,作为施工过程中质量控制的检测项目;平整度仪检测的动态平整度结果,作为竣工验收时工程质量的评定依据。施工时,当采用 3m 直尺测高速公路、一级公路纵向平整度时,应有 90% 以上的数据小于等于 3mm,其它公路应有 90% 以上数据小于等于 5mm。对局部不达标的部位,应按 7.8.2 条的规定研磨到符合要求。连接滑模摊铺路面纵向施工缝的横向平整度要求为:高速公路、一级公路 3m 直尺平均值应小于等于 3mm,极值小于等于 5mm。其它公路 3m 直尺平均值应小于等于 5mm,极值小于等于 7mm。

2 弯拉强度:滑模摊铺水泥混凝土路面弯拉强度的评价,以搅拌楼生产的混凝土在标准振动台上制作、标准养生的小梁弯拉强度为准。路面混凝土弯拉强度的施工检查频率见表 8.4.1。应按照《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ 053)规定的标准取样方式、模具、制作方法、养生和压断方式测弯拉强度和断块抗压强度。断块抗压强度仅作参考。弯拉强度宜采用三参数评价,即统计平均值(组数较少时为合格判定弯拉强度)、最小值和统计偏差系数。各级公路弯拉强度合格标准规定见附录 C。弯拉强度的统计偏差系数不应大于 12%。

3 板厚:滑模摊铺水泥混凝土路面在施工中应严格控制板厚,并应在设置基准线后滑模摊铺前进行测量控制。通过基准线检测板厚的方法见 7.5.1 条第(1)项。每天施工基准线设置好后,须在旁站监理工程师监督下测量待摊铺路面的板厚。监理工程师签字确认预计摊铺路段的板厚合格,方可开始当日摊铺。基层高程有误差部位,可在高程误差允许范围 $\pm 1\text{cm}$ 内调整基准线高程,调整最短长度不应小于 50m。基层高程不足面板偏厚部位,应直接摊铺厚面板,不得在施工中设薄垫层或调低面板标高。摊铺后板厚测量可以侧面尺测为准,当板厚不足时,应以一块板内平均厚度(钻芯)作为返工判定依据。

8.4.3 质量检验技术要求

滑模摊铺混凝土路面施工过程中,施工单位自检的检查方法和频率应按表 8.4.1 的规定进行。路面全部技术指标的质量检验方法、频率和评定标准见表 8.4.3,其中部分质量指标在《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071)中表 5.2.2 基础上作了适合滑模施工特点的增补。增加了连接滑模摊铺纵缝高差、切缝深度、胀缝板连浆、倾斜、弯曲和位移、传力杆偏斜的检测要求。

各级公路滑模摊铺水泥混凝土路面质量要求 表 8.4.3

项次	检查项目		规定值或允许值		检查方法和频率
			高速公路、一级公路	其它公路	
1	弯拉强度(MPa)		100%符合附录 C 的规定		符合表 8.4.1 的规定
2	板厚度(mm)		代表值大于等于 -5; 极值大于等于 -10		尺测:频率符合表 8.4.1 规定
3	平整度	σ (mm)	≤ 1.5	≤ 2.5	平整度仪:每车道连续检测 每 100m 计算 σ 、IRI
		IRI(m/km)	≤ 2.5	≤ 4.2	
		最大间隙 h (mm)	≤ 3 ($\geq 90\%$)	≤ 5 ($\geq 90\%$)	3m 直尺:频率符合表 8.4.1 规定
4	抗滑构造深度(mm)		0.8~1.2	0.6~1.0	铺砂法:频率符合表 8.4.1 规定
5	相邻板高差(mm)		≤ 2	≤ 3	3m 直尺测:每条横向胀缝、工作缝 3 点,每 200m 纵横缝 2 条,每条 3 点

续上表

项次	检查项目	规定值或允许值		检查方法和频率
		高速公路、一级公路	其它公路	
6	滑模连接摊铺纵缝高差(mm)	平均值小于等于3 极值小于等于5	平均值小于等于5 极值小于等于7	3m直尺测:频率符合表8.4.1规定
7	接缝顺直度(mm)	≤10		20m拉线测:频率符合表8.4.1规定
8	中线平面偏位(mm)	≤20		经纬仪:频率符合表8.4.1规定
9	路面宽度(mm)	≤±20		尺测:频率符合表8.4.1规定
10	纵断高程(mm)	≤±10	≤±15	水准仪:频率符合表8.4.1规定
11	横坡度(%)	≤±0.15	≤±0.25	水准仪:频率符合表8.4.1规定
12	断板率(‰)	≤2	≤4	
13	脱皮、印痕、裂纹、露石、缺边、掉角(‰)	≤2	≤3	
14	路缘石顺直度和高度(mm)	≤20	≤20	20m拉线测:每200m4处
15	填缝饱满度(mm)	≤2	≤3	尺测:频率符合表8.4.1规定
16	切缝深度(mm)	≥50	≥50	尺测:频率符合表8.4.1规定
17	胀缝表面缺陷	不应有	不宜有	
18	胀缝板连浆(mm)	≤20	≤30	尺测:每条胀缝板安装时测
	倾斜(mm)	≤20	≥25	尺测:频率符合表8.4.1规定
	弯曲和位移(mm)	≤10	≤15	尺测:频率符合表8.4.1规定
19	传力杆偏斜(mm)	≤10	≤13	钢筋保护层仪:频率符合表8.4.1的平均值

8.4.4 资料整理

施工单位的质检结果应按1km为单位整理成表格,作为支付依据。当发现异常时,应停止施工,分析原因,并采取措施。经监理同意后方可复工。对于滑模机械施工水泥混凝土路面的关键工序宜拍摄照片或进行录像,作为现场记录保存。

8.5 交工验收阶段的工程质量检查验收

8.5.1 申请交工验收

水泥混凝土路面完工后,施工单位应将全线以每公里为一个评定路段,按表 8.4.3 的要求和本规程施工过程规定的检验项目、频率,提交检测结果、试验数据、施工总结报告及全部原始记录等齐全资料,申请交工验收。

8.5.2 交工验收要求

业主、监理和质监部门收到施工单位的申请交工验收报告并确认资料齐全后,首先对照施工单位交工自检报告数据和监理、质监部门施工阶段进行的抽检数据是否吻合,然后按表 8.4.3 规定的检查项目和验收频率进行交工检查和验收。发现异常情况时,应按下述条款进行处理:

1 评定路面混凝土弯拉强度,除采用小梁试件弯拉强度作为评定依据外,还应进行路面钻芯取样,并以圆柱体劈裂强度折算的弯拉强度值作为路面强度不足的返工判定依据。石灰岩、花岗岩等碎石混凝土圆柱体($D = 15\text{cm}$),劈裂强度 f_{sp} 与 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 55\text{cm}$ 小梁的弯拉强度 f_c 的关系,在无本工程的统计公式时,可参照式(8.5.2)计算:

$$f_c = 1.868f_{sp}^{0.871} \quad (8.5.2)$$

高速公路、一级公路工程应通过试验得到各自工程的统计公式。

一般情况下,钻芯频率按表 8.4.1 规定。当小梁弯拉强度不足,有争议时,每公里每车道取 3 个以上岩芯,确定返工与否。

2 所有行车道均应连续检测动态平整度,标准见表 8.4.3。对局部路段、施工接头、桥面行车明显感到跳动的部位必须进行磨平处理,然后再恢复抗滑构造。

3 因上基层或桥梁上横坡不足,造成一侧板厚偏薄,另一侧偏厚时,要求返工重铺的标准为整块面板平均板厚与设计厚度之差大于等于 10mm。

8.6 工程施工总结

8.6.1 竣工文件

施工单位应根据国家竣工文件编制规定,提出施工总结报告和质量管理与测试报告或采用新材料、新技术的研究报告,连同竣工图表,形成完整的施工档案资料,一并交业主及档案管理部门。

8.6.2 施工总结报告

主要内容应包括工程概况、设计图纸及变更、基层资料、原材料、施工组织、机械及人员配备、施工工艺、进度、工程质量评价、工程预决算等。

8.6.3 施工质量管理与测试报告

主要内容应包括施工管理体制、质量保证体系、试验段铺筑报告、施工质量达到或超过现行规范规定情况、原材料和混凝土检测结果、施工中路面质量自检结果、交工复测结果、工程质量评价、原始记录像册和录像资料等。

8.6.4 滑模施工经验总结

在省内或当地首次采用滑模技术施工时,应同时提交试验研究报告。总结成功经验,失败的应分析原因,提出改进意见和措施。

9 安全生产

9.0.1 一般规定

应根据滑模机械化施工特点,做好安全生产和保卫工作。施工前,施工单位应对员工进行安全生产教育,树立安全第一的思想。

9.0.2 滑模施工安全生产规定

施工过程中,应制定搅拌楼、运输车辆、滑模摊铺机及其辅助机械设备的操作规程,并在施工中严格执行。

1 在搅拌楼的拌和锅内清理粘结混凝土,无电视监控的搅拌楼,必须有两人以上,方可进行,一人清理,一人值守操作台。有电视监控的搅拌楼,必须打开电视监控系统,关闭主机电源,并在主开关上挂警示红牌。搅拌楼机械上料时,在铲斗及拉铲活动范围内,人员不得逗留和通过。

2 运输车辆倒退时,车辆应鸣后退警报,并有专人指挥和查看车后。

3 施工中,布料机支腿臂、松铺高度梁和滑模摊铺机支腿臂、搓平梁、抹平板上严禁站人及操作。夜间施工,在滑模摊铺机上应有明亮的照明和明显的示警标志。滑模摊铺机停放在通车道路上,周围必须设置明显的安全标志,夜间应以红灯示警。

4 施工中所有机械设备禁止机手擅离操作台,严禁用手触摸或用工具处理正在运转的机(构)件。

5 所有施工机械、电力、燃料、动力等的操作部位,严禁吸烟和任何明火。

9.0.3 交通安全

施工现场必须做好交通安全工作。交通繁忙的路口应设立标

志,并有专人指挥。夜间施工,路口及基准线桩附近应设置警示灯或反光标志,专人管理灯光照明。

9.0.4 用电安全

施工机电设备应有专人负责保养、维修和看管,确保安全生产。施工现场的电线、电缆应尽量放置在不通车、人、畜通行部位。

9.0.5 安全防护

现场操作人员必须按规定配戴防护用具。有毒、易燃的燃料、填缝材料操作时,其防毒、防火等应按有关规定严格执行。

9.0.6 其它

滑模摊铺机、搅拌楼、储油站、发电站、配电站等重要施工设备上应配备消防设施,确保防火安全。

工地所有施工设备和机具,在停工或夜间必须有专人值班保卫,严防原材料、机械、机具及零件等丢失。

附录 A 混凝土拌和物振动 粘度系数试验方法

A.1 目的和适用范围

本方法用于测定最大粒径不大于 40mm 的混凝土拌和物振动状态粘度系数。它适用于测定塌落度小于 25cm, 维勃工作度时间不大于 15s 的新拌砂浆和混凝土拌和物的振动粘度系数。不适用于无砂大孔混凝土、振碾混凝土和纤维混凝土。

A.2 仪器设备

A.2.1 振动器

1 标准振动台: 负载下的振幅 0.35mm, 空载时的振幅 0.5mm, 振动频率 $3\ 000 \pm 200$ r/min。

2 维勃工作度仪振动台: 工作频率 50Hz, 空载振幅 0.5mm。

A.2.2 容器

1 金属圆筒, 内径 300 ± 3 mm, 高 250mm, 壁厚 3mm, 底厚 7.5 mm。容器应不漏水并有足够的刚度, 上有两个把手。用于直接在标准振动台上测定。

2 金属圆筒, 内径 240 ± 3 mm, 高 200mm, 壁厚 3mm, 底厚 7.5 mm。容器应不漏水并有足够的刚度, 上有两个把手, 底部外伸部分可用螺母将其固定在维勃振动台上。用于维勃振动台测定。

A.2.3 捣实器

底部直径 80mm, 厚度 6mm, 其上开 10mm 孔洞 8 个; 手柄直径 16mm, 高度 280mm, 固定为整体。

A.2.4 秒表

应能够掐出两个时间值。

A.2.5 游标卡尺

精度 0.01mm。钢尺, 精确到 1mm, 长度 300mm。

A.2.6 小球 10 只。

A.2.7 电子秤或磅秤:量程 100kg,精度 1g。

A.2.8 其它:馒头、小铲、木尺、铁锹等。

A.3 试验步骤

A.3.1 用电子秤称出容器的质量 W_0 (kg)。

A.3.2 在容器底部放入小球两只,间距 100mm,然后分三层装混凝土拌和物,每层用捣实器捣 25 次,第一层应不使小球位置变化,最后一层应抹平。捣实时,应防止拌和物及容器产生振动。

A.3.3 开启振动台,将装好混凝土拌和物的容器放在振动台中部,同时掐秒表,掐出两只小球完全振出混凝土拌和物的时间 T_1 、 T_2 (s),精确到 0.01s,如用维勃振动台做,必须将容器与振动台的固定螺丝上紧,使振动台与容器联结成整体。

A.3.4 将装混凝土拌和物的容器从振动台上取下,称其质量 W_2 (kg),测量混凝土拌和物距离上沿不同位置的高度 H_1 、 H_2 、 H_3 、 H_4 、 H_5 (cm),精确到 1mm,计算平均值 $h = (H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5)/5$ 。

A.4 试验结果计算

A.4.1 求出容器内混凝土拌和物的高度 H (cm):

$$H = H_0 - h \quad (\text{A.4.1})$$

式中: H_0 ——圆筒内高度(cm)。

A.4.2 计算混凝土拌和物的质量 W (kg)和密度 ρ_c (kg/cm³):

$$W = W_2 - W_0 \quad (\text{A.4.2-1})$$

$$\rho_c = \frac{W}{V} \quad (\text{A.4.2-2})$$

其中 $V = \pi R^2 H$ (cm³) (A.4.2-3)

A.4.3 计算小球的密度 ρ_b (kg/cm³):

$$\text{小球的质量 } W_b = 2.45 \text{ (g)} = 2.45 \times 10^{-3} \text{ (kg)}$$

$$\text{小球直径 } D = 3.7936 \text{ (cm)}$$

$$\rho_b = \frac{W_b}{V_b} \quad (\text{A.4.3-1})$$

其中小球的体积 $V_b = \pi D^3/6(\text{cm}^3)$ (A.4.3-2)

A.4.4 求出两只小球振动浮出的平均时间:

$$T = (T_1 + T_2)/2 \quad (\text{A.4.4})$$

当两只小球的振动浮出时间相差 15% 时,应重做试验。

A.4.5 混凝土拌和物振动粘度系数计算公式:

$$\eta = \frac{2r^2 g T (\rho_c - \rho_b)}{9H} (\text{N/cm}^2 \cdot \text{s}) \quad (\text{A.4.5})$$

式中: r ——小球半径(cm);

g ——重力加速度,取 9.8m/s^2 ;

T ——两只小球振动浮出混凝土拌和物的平均时间(s);

H ——容器内混凝土拌和物的高度,即小球浮出通过混凝土拌和物的距离(cm);

ρ_c, ρ_b ——分别为混凝土拌和物和小球的密度(kg/cm^3)。

A.5 试验结果处理

取相同配合比和试验条件的混凝土拌和物三次试验的平均值作为振动粘度系数的测量值,当其中单个试验结果的误差超过平均值的 15% 时,应剔除;当两个数据的误差均超过 15% 时,应重做试验。

如果用同一拌混凝土拌和物连续做三次试验时,应控制混凝土拌和物出搅拌机的时间不超过 45min,超过 45min,应重新拌和相同的混凝土拌和物,重做未完成的试验。

混凝土拌和物的拌和应采用搅拌机,不宜采用人工手工拌和;拌和好的混凝土拌和物应堆好并覆盖塑料布防止水分蒸发。

混凝土原材料的取样、称量、拌和、试验室温度和湿度等控制与《混凝土试件制作及养护方法》(T 0510—94)相同。

附录 B 施工质量动态管理方法

B.0.1 施工单位应以试验检测质量指标的变异系数(或标准差)作为施工水平的主要评价指标。任何施工单位都应总结施工经验,按本规程第 8 章的要求建立各项施工质量指标变异系数的允许界限值,作为企业管理的目标。施工单位的施工目标,应不低于本规程第 8 章表 8.4.3 的规定要求。

B.0.2 高速公路、一级公路施工过程中,施工单位宜利用计算机建立工程质量数据库,随时将检测结果输入数据库,同时分阶段(一定日期或桩号)计算出平均值 \bar{X} (期望值)、极差 R 、标准差 S 及变异系数 C_v ,汇总整理。记录的内容应包括取样地点、试验员、试验项目、试验方法、试验结果及合格与否的评定等。

B.0.3 施工质量宜采取平均值和极差管理图(\bar{X} - R 图,如图 B.0.3-1)

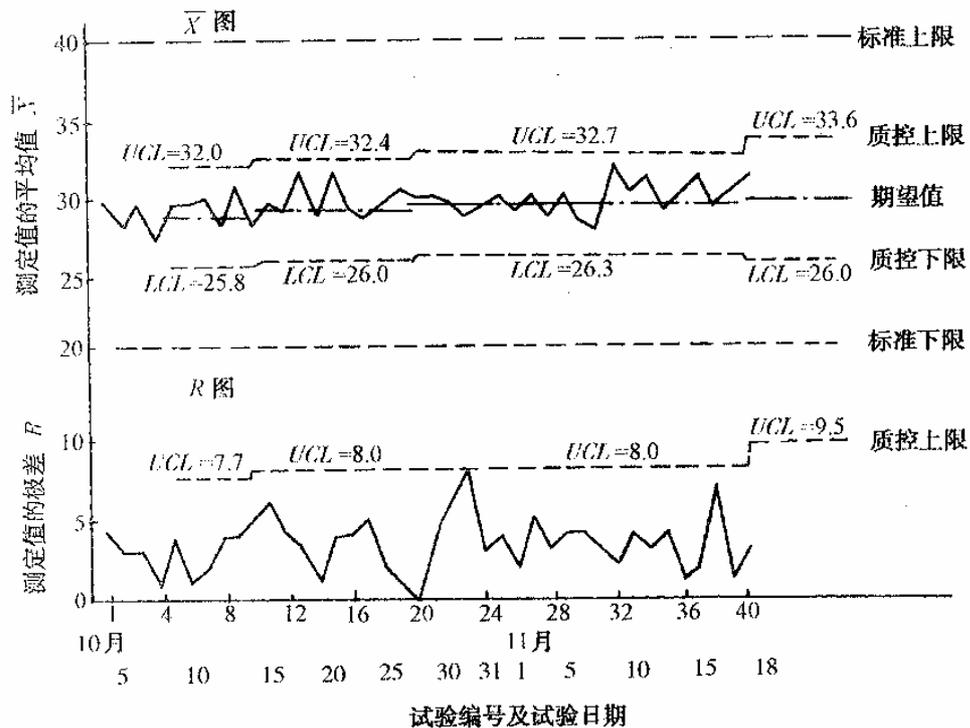


图 B.0.3-1 工程质量指标管理图示例(抗压强度(MPa))
(图中每一个点为每次测定的三个试件的平均值 \bar{X} 或极差 R)

\bar{R} ——一个阶段各组检测结果的极差 R 的平均值；
 A_2 、 D_3 、 D_4 ——由检测结果的试验组数决定的管理图用的系数，见表 B.0.4。

管理用图系数表

表 B.0.4

一组检测结果的 试验次数 n	d_2	d_3	A_2	D_4	D_3
2	1.128	0.853	1.880	3.267	—
3	1.693	0.888	1.023	2.575	—
4	2.059	0.880	0.729	2.282	—
5	2.326	0.864	0.577	2.115	—
6	2.534	0.848	0.483	2.004	—
7	2.704	0.833	0.419	1.924	0.076
8	2.847	0.820	0.373	1.864	0.136
9	2.970	0.808	0.337	1.816	0.184
10	3.078	0.797	0.308	1.777	0.223
∞	—	—	$\frac{3}{d_2\sqrt{n}}$	$1 + 3\frac{d_3}{d_2}$	$1 - 3\frac{d_3}{d_2}$

B.0.5 在 \bar{X} - R 管理图和直方图中可标出本规程第 8 章表 8.4.3 规定的质量标准或允许差范围。当超出此范围，即施工不合格时，应予以处理。

B.0.6 在 \bar{X} - R 管理图和直方图中可标出企业管理目标的允许范围。当超出此范围，即施工水平下降时，应研究对策。

B.0.7 施工结束后，施工单位宜汇总全部数据，计算出平均值、标准差及变异系数，绘制整个工程的施工质量直方图或正态分布曲线，作为下一个工程的企业目标。

B.0.8 水泥混凝土路面弯拉强度施工质量动态管理可参照本附录对抗压强度质量动态管理的方法进行。

附录 C 滑模摊铺水泥混凝土路面 弯拉强度评定

C.0.1 滑模摊铺混凝土弯拉强度试验方法可使用标准小梁法或钻芯劈裂法,试件使用标准方法制作,标准养生时间 28d(路面钻芯劈裂时间宜控制在 28~56d 以内,不掺粉煤灰宜用前者,掺粉煤灰宜用后者)。按表 8.4.1 所列检查频率,高速公路和一级公路每工作班留 2~4 组试件,日进度小于 500m 取 2 组,大于等于 500m,取 3 组,大于等于 1 000m,取 4 组。其它公路每工作班留 1~3 组试件,日进度小于 500m 取 1 组,大于等于 500m,取 2 组,大于等于 1 000m,取 3 组。每组 3 个试件的平均值作为一个统计数据。

C.0.2 混凝土弯拉强度的合格标准

1 试件组数大于 10 组时,混凝土平均弯拉强度合格判断式为:

$$f_{cs} = f_{cm} + K\sigma$$

式中: f_{cs} ——混凝土合格判定平均弯拉强度(MPa);

f_{cm} ——混凝土设计弯拉强度(MPa);

K ——合格判定系数(见附表 C.0.2);

σ ——混凝土弯拉强度均方差。

合格判定系数

附表 C.0.2

试件组数 n	11~14	15~19	≥20
K	0.75	0.70	0.65

当试件组数大于 20 组时,高速公路和一级公路滑模摊铺水泥混凝土路面最小弯拉强度 f_{min} 不得小于 $0.85f_{cm}$,其它公路允许有一组最小弯拉强度 f_{min} 小于 $0.85f_{cm}$,但不得小于 $0.75f_{cm}$ 。各级公路滑模摊铺水泥混凝土路面统计偏差系数 C_v 不应大于 12%。

2 试件组数等于或小于 10 组时,试件平均弯拉强度不得小于 $1.05f_{cm}$,任一组试件的最小弯拉强度 f_{min} 均不得小于 $0.85f_{cm}$ 。

C.0.3 当标准小梁合格判定平均弯拉强度 f_{cs} 、最小弯拉强度 f_{min} 和统计偏差系数 C_v 中有一个数据不符合上述要求时,应在不合格路段每公里每车道钻取 3 个以上 $D = 15\text{cm}$ 的岩芯,实测其劈裂强度,通过式(8.5.2)换算弯拉强度,其平均弯拉强度 f_{cs} 和最小值 f_{min} 必须合格,否则,应返工重铺。

附录 D 本规程用词说明

D.0.1 对规程条文执行严格程度的用词,采用以下写法:

1 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择,在条件许可时,首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”或“可”;反面词采用“不宜”。

D.0.2 条文中应按指定的其它有关标准、规范的规定执行,其写法为“应按……执行”或“应符合……要求(或规定)”。

如非必须按指定的其它有关标准、规范的规定执行,其写法为“可参照……”。

附件

中华人民共和国行业标准

**公路水泥混凝土路面
滑模施工技术规范**

JTJ/T 037.1—2000

条文说明

编制说明

我国公路水泥混凝土路面建设规模巨大,发展速度很快,截止1998年底已经建成各级公路水泥混凝土路面83 652km,目前,每年在建的水泥混凝土路面的里程约15 000km以上。因此,急待采用大型滑模机械化的施工技术来进行混凝土路面工程施工,稳步提高水泥混凝土路面工程的施工质量。使铺筑的水泥混凝土路面密实、平整、耐久,并具有良好的抗滑性能。

滑模摊铺水泥混凝土路面施工技术,是国际上建设高质量高速公路水泥混凝土路面的现代化大型机械施工成熟技术,从1990年以来,我国为了建设高等级公路的水泥混凝土路面,从国外引进了大约150余台套滑模摊铺机及配套搅拌、运输设备。

国家计委“八五”重点科技攻关项目(85—403—01)《高等级公路滑模摊铺水泥混凝土路面修筑成套技术研究》的研究成果表明,水泥混凝土滑模摊铺施工技术,是适合我国国情、有广阔应用前景的新型施工技术。该技术在国家经贸委、交通部的大力支持下,正在全国近一半省区范围内推广使用,自1991年我国开始进行该技术的研究和推广以来,截止1999年底,已经使用滑模摊铺技术建设了1 200余公里的高等级公路,其中高速公路700余公里,从原材料、配合比、机械装备配套、工艺流程、滑模施工路面和路缘石、连续铺装钢筋混凝土中小桥(涵)桥面和桥头搭板,到施工质量管理与检查验收,均积累了丰富的施工经验。

为了使滑模摊铺水泥混凝土路面施工技术能够得到更加广泛的推广使用,彻底改变我国在高等级公路水泥混凝土路面施工中的落后工艺状况,提高和保障其施工质量,充分发挥我国水泥等资源优势,带动国民经济健康发展,急需制定《公路水泥混凝土

土路面滑模施工技术规程》，对其施工的每个环节进行规范，使设计、建设、质监、监理和施工单位有章可循，为此，交通部下达了交公路发(1997)731号《关于下达1997年度公路建设标准、规范、定额等编制、修订工作计划的通知》第24项《公路水泥混凝土路面滑模施工技术规程》(试行)的编制任务。由交通部公路科学研究所负责编制。

本规程及其条文说明，主要根据交通部公路科学研究所、河北省交通厅、湖南省交通厅和重庆公路科学研究所完成的“八五”国家重点科技攻关项目(85—403—01)中《高等级公路滑模摊铺水泥混凝土路面施工成套技术研究》课题的科研成果和所编制的《滑模摊铺水泥混凝土路面施工指南》，结合湖南、广东、湖北、福建、吉林、山西、贵州、黑龙江、山东、新疆、河北等省区交通厅9年来推广滑模技术施工所积累的经验，特别是交通部公路科学研究所于1994年同广东省交通厅合作编制的《广东省高等级公路滑模摊铺水泥混凝土路面施工技术规程》(试行，该规程已于1998年颁布试行)编写而成。

本规程重在编写多年来行之有效的成熟的滑模施工技术内容，对于正在试验研究中的内容，则留待以后成熟后增补。涉及到设计规范需要增补的内容，待设计规范修订时提出，本施工规程不作叙述。凡与现行技术标准、规范、规程一致的内容，均不作引用，仅指明“应符合有关规定”。对现行规范进行了适宜滑模施工修改的内容、表格列在规程中。在编制中，凡与国家 and 行业现行标准、规范、规程不同的内容均有研究和施工试验作为基础，并在说明中指出。对我国尚无技术规范，滑模施工中又必须使用的内容，参照国外有关规定，并结合我国在工程中发现的问题，进行原则编写，具体内容暂列条文说明中。这样编制的目的是使资料 and 规定尽量齐全完备，只要认真贯彻本规程，谨慎操作，善于总结，可以施工出较高质量的滑模混凝土路面。

本规程共分9章，其中第5、第6、第7、第8章提出了水泥混凝土路面滑模施工的原材料、配合比、工艺流程、机械配套、滑模摊铺

技术要点、操作要求和质量检验等尽量详细的规定。

在本规程试行过程中,施工管理人员和工程技术人员除按本规程要求进行施工作业外,还应结合当地具体情况,不断总结经验,研究新问题,注意吸收国外最新的装备、技术、工艺、成果和经验,使滑模摊铺水泥混凝土施工新技术不断进步、完善和发展。

本规程的解释权在交通部公路科学研究所,对本规程及其条文说明的意见和在使用过程中发现的问题,请各单位和工程技术人员随时函告交通部公路科学研究所,以便修订时参考。

由于本规程在我国为首次编写,不足之处,恳请各位专家和广大工程技术人员提出宝贵修改意见。

1 总 则

1.0.1 目的

实践证明,采用大型滑模机械化施工,是提高我国高等级公路工程质量的有效途径。而水泥混凝土路面的大型滑模机械化施工技术的大量推广应用尚处于起步阶段,需要相应的施工技术规程来指导,使我国在采用滑模摊铺机施工水泥混凝土路面时,各设计、施工、建设、质监和监理单位有章可循。

1.0.2 适用范围

本规程适用于“新建和改建公路采用滑模摊铺机械工艺施工的水泥混凝土路面工程”。在编制过程中有两种意见:一种意见是适用于高等级公路(如广东);另一种意见适用于三级以上公路。实际上,我国期待滑模技术成为高等级公路可以依托的施工技术。但在发达国家,不少等外和乡村公路也采用小型滑模摊铺机施工。因此,以不提公路等级为好。编制中的质量技术指标评价只涉及到三级公路,三级以下公路可参照三级公路执行。

1.0.3 原材料选用原则

水泥混凝土路面以往的施工规范着重地强调了就地取材、经济合理的原则,本规程则着重强调原材料的质量品质、技术指标及其稳定性。编写为“应在确保水泥混凝土路面工程质量的前提下,因地制宜地选择路用品质优良的水泥,技术指标合格、稳定的砂石材料及其它材料。”首先,贯彻质量第一的原则,其次,才是就近取材和经济性,这意味着材料选择指导思想的变化。实际工程应用这个原则时,可能会遇到远运原材料,增加费用等一系列问题。尽管如此,从保障水泥混凝土路面设计使用寿命 30 年来看,依然应该将大宗原材料质量放在首要地位,应该明确的是原材料质量包含着工程的长远经济性。

1.0.4 技术内容

本规程限定的适用工程范围:“水泥混凝土路面、路缘石、钢筋

混凝土中小桥桥面、桥头搭板、通道及涵洞盖板的滑模摊铺机械施工、质量管理与验收的标准。”大桥和特大桥的桥面连续铺装、滑模施工护栏等均有相当规模的施工实践,但欠成熟,本规程暂不编入,待修订时再增补。

1.0.5 施工组织

编写施工组织和工艺流程的要求。

1.0.6 相关规范

阐述与相关规范的关系。“水泥混凝土路面滑模施工除应符合本规程的规定外,尚应符合国家颁布的现行有关标准、规范、规程的规定。”具体相关规范按现行编制要求不列举。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1~2.1.8 本规程条文中已作规定的或意义明确无需解释的术语未列出。列举了滑模水泥混凝土、水泥混凝土路面滑模施工、振动粘度系数、工作性、可滑性、基准水泥混凝土、超量取代法、超量取代系数等关键术语。

2.1.9 填缝料形状系数为填缝时应控制的接缝深度和宽度之比。这个术语概念是从国外引进的。如果填缝料不控制形状系数,从填缝料所受的拉应变来讲,势必在过深部位先拉裂、过浅部位会被尖锐硬物切断而提前失效。严格讲,各级公路路面的填缝均应控制形状系数,方可保证填缝料经久耐用。

2.1.10 接缝钢筋支架的前置法施工是滑模施工特有的,其施工程序为:

(1)预先加工用于定位传力杆的钢筋支架,并将传力杆无沥青涂层的一端焊接在支架上;

(2)摊铺面板至离胀缝位置 1~3m 时,将支架定位,并锚固(固定)在基层上;

(3)卸混凝土混合料于支架上及周围,经手持振捣棒将传力杆下部振捣密实后,滑模摊铺机铺过(支架);

(4)路面摊铺后,软嵌胀缝条或待混凝土硬化后,切割缩缝。

2.2 符号

本规程原则上采用正文中使用过的交通行业多数标准、规范所习用的符号、代号,同时符合《符号、代号标准编写规定》(GB 1.5)。

3 施工准备

3.0.1~3.0.3 技术交底、确定施工方案和人员培训

实践证明,施工前,进行详细技术交底、确定施工方案、加强人员培训是必需的。根据各施工单位的施工机械、现场条件,按滑模摊铺混凝土路面施工新工艺流程编制详细的施工组织设计和实施方案。对施工管理人员、试验技术人员和操作技术工人进行滑模摊铺施工的技术培训,规定未经培训的人员不允许单独上岗操作,从实践看是十分必要的。

3.0.4 搅拌站设置

混凝土路面滑模施工搅拌站设置,是施工准备工作的重点。本规程结合工程实践提出了占地、供水、供电、燃料、运输、场地处置等详细的技术指标和要求,特别规定砂石料堆场底部应采用(宜含胶凝材料)底基层、基层或混凝土进行硬化处置 10~15cm,上部搭建防雨、防雪、隔晒顶篷的要求。实践证明,这些都是做好混凝土路面滑模施工质量的必要措施,必须防止混凝土原材料在搅拌站发生积水、二次污染和混杂;防止使用淌水、夹雪、局部温度过高或表面尘土污染的砂石料配制混凝土,它将严重影响新拌混凝土的匀质性和弯拉强度。例如,装载机铲运刚淋过雨正在淌水的砂石料,在正常的拌和制度下,首先,非吸附的自由水根本无法测准砂石料含水量,搅拌加水量会失控;其次,表面厚吸附水膜中拌和不进水泥,或因吸水率过高,在摊铺机超高频振动下,会产生板底大量流浆现象,严重影响混凝土的弯拉强度。对比国外滑模摊铺混凝土砂石料采用与水泥一样的罐装措施,国内沥青混凝土路面施工规范有相同的要求。有鉴于此,有必要严格规定,确保混凝土原材料质量。

搅拌楼清洗废水的回收、澄清和利用,在我国环境保护要求越来越高的情况下,逐渐会提上议事日程。在北美和欧洲国家,所有混凝土搅拌楼清洗废水均要求必须加以回收、澄清,再拌和混

土,不允许排入江河湖泊,也不允许建渗水坑,污染地下水。我国进口的发达国家的大部分搅拌楼均有此设备,而我国施工单位经常不予采购,实际上,这点钱是值得花的。

3.0.5 运输道路

实践证明,道路不平整会增大混凝土的离析程度和延长运输时间。施工运输车辆行驶在已完工的基层上,若不采取适当分流措施,将会碾坏基层。

3.0.6 现场试验室

规定每个进行混凝土路面滑模施工的工地应建立对原材料、新拌混凝土、混凝土路面检测设备齐全的现场试验室,混凝土试验全部采用标准条件,这对防止和及时发现弯拉强度不足等问题,保证施工质量是必不可少的。

3.0.7 原材料进场要求

规定设置磅站称量原材料,将使施工单位有效地实现对工程投资的控制。滑模施工速度快,使用的原材料数量和日供应强度很大。在我国的实践中,几乎所有滑模工地都发生过由于水泥或粉煤灰供应中断而不得不停工的现象,保证工地储备不多的原材料的及时供应、准确计量、验收、储备和保管,对保证工期,提高工效,充分发挥滑模摊铺技术强大的高速生产能力,提高施工单位的施工经济效益,意义重大。

3.0.8 施工机械

混凝土路面滑模施工的设备必须成龙配套,并始终处于良好的可施工状态。做好机械设备的检查、调试、标定、维修和保养十分重要。进口滑模摊铺机(以下简称摊铺机)应特别注意做好易损配件的储备,发生问题再从国外买进,工期将不允许,一般的经验是摊铺机振捣棒施工 20km 左右的高速公路,大部分将被磨坏,需要更换。

3.0.9 复桩

正确的测量放样是所有路面施工必须的,一是复测基层控制桩,二是恢复基层丢失的路面桩。并满足相应公路等级混凝土路

面施工测设和几何尺寸等质量控制的要求。

3.0.10 摊铺位置

指出确定摊铺平面位置的原则,保证履带行进位置的坚实度。目前摊铺机的摊铺宽度不可能达到所有路面全宽度施工的要求,摊铺机转移工点不易,分缝和施工顺序安排要慎重研究确定。

3.0.11 桥面或高架桥部位的铺装

规定桥面铺装的施工程序和履带位置的加固措施。这是能够进行桥面滑模铺装的基本前提。

3.0.12 硬路肩与路缘石

硬路肩与路缘石施工准备的要求。

3.0.13 通讯调度

施工经验表明,缺乏有效的无线通讯联络,将使施工各环节配合失调甚至使指挥系统失灵,将严重影响大型机械化滑模施工的速度和效率。

4 基 层

4.0.1 一般规定

基层施工方式与质量必须符合有关规范的要求,方可开始面层施工。

4.0.2 基层技术要求

(1)基层宽度:为保证摊铺机施工作业,根据基准线和摊铺机履带行走宽度,规定基层宽度比混凝土板每侧宽出 65 ~ 80cm 或与路基同宽,中央分隔带底基层应连通。《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)中规定宽出 50 ~ 60cm,从目前使用的大中型摊铺机看来宽度不足。除了履带行走宽度,还有架设基准线的宽度。不宜将基准线桩钉在松软路堤的斜坡上,基准线钉桩宽度一般需要 1m 左右。但是,不能由于钉桩宽度不足而增大路基宽度,大大增加路基工程量。钉桩宽度不足,应采用加长钢桩等措施克服。本规范未作限定。

(2)基层要求:根据水泥混凝土路面工程使用经验,特别强调半刚性基层的耐冲刷性、防渗性和粒料基层、透水基层的稳固性、透水性。

(3)基层防裂和裂缝处置:要求半刚性基层变形较小;当基层开裂时,应采取有效措施防止施工初期路面断板。具体做法可以用热沥青粘贴不小于 1m 宽度的油毛毡或土工布。水泥混凝土路面由于基层或路基断裂而引发断板,也属于反射裂缝性质,一般反映在施工早期,混凝土路面强度尚未达到足以抵抗断裂的程度,加上路面并非全断面铺满,温差造成的裂缝宽度的变化将产生横向传递,拉裂铺好的路面板。实践证明,粘贴油毛毡或土工布是减少施工早期断板的有效措施。另外一种使用过的方法是对应基层裂缝提前软切缝,也能够有效地防止混凝土路面反射裂缝,但这样做会带来路面板缩缝间距的调整和变化,短板应力小,长板应力大,各自的使用寿命不同,因此,除非不得已,不宜采用此方法。

(4)基层养生和防护:可在半刚性基层上采用各地已经成功使用的洒透层油或沥青封层的做法。首先,在施工期间,对半刚性基层进行了有效的保护;在使用过程中,对路基和基层进行了有效的防水防渗保护,有利于路基和基层的稳定,同时,减小基层和路面之间的摩阻力,有利于防止断板。

(5)对基层路拱、纵坡和高程的要求:如果基层路拱、纵坡和高程不符合要求,局部板厚、边缘板厚将大受影响,无法满足等厚度面板要求,面板的应力状态和使用年限就有较大差别。

(6)工作面要求:保证提供滑模摊铺机连续施工 10d 以上并检验合格的基层场面对于快速滑模施工是必要的。基层的生产能力和施工速度必须快于路面滑模施工的速度,若配合不好,会造成路面停工等窝工现象。另一方面,面层摊铺之前,基层必须合格,要求取得 7d 浸水抗压强度,交验基层有个过程,10d 是合适的。其次,在基层强度不足时施工路面,滑模摊铺机履带会碾坏基层,应加以防止。

4.0.3 基层类型

用于混凝土路面的水泥稳定基层水泥用量不小于 4%,在国内外的研究中已有定论。我国仍有不少高速公路基层使用 3% 的水泥用量。在《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034)中已明确规定高等级公路上基层不得使用石灰土,但仍然有采用的,特此强调。在二、三、四级公路上,我国不少地方采用“一白两黑”(中间是水泥混凝土路面,两侧路肩是很薄的沥青表处或沥青贯入式)的横断面结构,调查证明,这种渗透水的“蓄水槽”结构的混凝土路面损坏最快、断板最多、破坏最严重。应采取边沟和垫层排水措施加以改善,否则,不应使用。粒料基层具有良好的渗透排水性和扩散裂缝的作用,按《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034)规定可用于各级公路,但要求足够的压实度,防止履带打滑、啃破基层。我国有 50cm 厚粒料基层上的水泥混凝土路面使用 40 年以上的良好记录。是重要而有效的水泥混凝土路面基层结构类型。

4.0.4 旧沥青路面上加铺

旧沥青路面上水泥混凝土加铺层工程为数不少,而且会越来越多。不少地方将状态相当好的旧沥青路面刨掉重铺基层和新路面,不仅浪费资源,而且,新建路面结构层性能不及已经沉降稳定的老路面上加铺层,同时,老路面材料不加利用将无处堆放,造成较多的环境和公路两侧污染,社会影响也不好。《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)对旧沥青路面加铺层叙述较少,本规程按旧沥青路面承载力、强度和質量状态良好、中、差分别采取不同措施加铺。该写法与沥青路面施工规范相同。热天施工加铺层时,为保证加铺层水泥混凝土路面质量,参照美国 ACPA 的水泥罩面工程指南,要求采取在旧沥青路面上喷熟石灰浆或喷水降温措施,使水泥混凝土板底失水和凝结不致过快而形成板底开裂。

4.0.5 旧水泥混凝土路面上加铺

我国在旧水泥路面上加铺层的施工要求,在《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)中第 9 章有详细阐述,本规程笼统写,强调按路况调查结果采用结合式、直接式和分离式加铺层形式,强调旧路面板块修复稳固、接缝填封、表面清理或处置。

高速公路、一级公路路面的直接式和分离式加铺层,参照美国 ACPA 的水泥罩面工程指南规定其接缝与旧路面接缝前错 50 ~ 80cm,是为了在定向行驶的车轮作用下,使前后两块旧水泥混凝土路面板同时受力,改善应力状态和保证接缝的荷载传递。一般公路车辆走向交错,加铺层接缝宜与老路面对齐,与设计规范相同。

旧水泥混凝土路面的纵横坡采用适宜材料或混凝土调坡调拱后,应等厚滑模摊铺混凝土面层。加铺层调坡在摊铺机给定的最大厚度范围($\leq 45\text{cm}$)内,可一次摊铺。但是,为了保持路面板的应力状态符合层状体系结构计算结果和保持面板厚度不致相差过大,规定等厚摊铺面层。只有在原有路面横坡偏大,即路拱中间面板薄(不小于设计板厚)两侧面板厚时,方可采用不等厚摊铺,做成受力状态良好的拱形加铺层。

5 原材料和配合比

5.1 原材料技术要求

5.1.1 水泥

1 抗折强度、窑形、R型水泥

本规程对水泥抗折强度和标号的写法,比现行设计规范要细致,见表 5.1.1-1。特别强调,无论水泥标号多少,均应以其实测水泥抗折强度为准来选择和使用。首先是现行设计规范中所规定的标号由抗压强度确定,经常并不完全代表水泥的抗折强度,而混凝土路面的第一力学指标是其弯拉强度。例如,425 号普通水泥,有的抗折强度高达 8MPa,可否在高等级公路上使用?其次,目前滑模摊铺水泥混凝土的水灰比在 0.35 ~ 0.46 之间,经常使用的是 0.42 ~ 0.44 的水灰比,与水泥标准软练砂浆的水灰比基本一致,此时,水泥的抗折强度是混凝土弯拉强度不可逾越的上限。水泥的抗折强度不高,即使抗压强度和标号满足设计规范的要求,也可能做不到设计施工保证率所要求的试配混凝土弯拉强度大于等于 5.5 ~ 5.75MPa 的要求。

关于水泥的抗折强度,本规程在编写过程中使用的是 1992 年国家标准,1999 年底,中国建筑材料科学研究院编制,国家质量技术监督局发布了向 ISO 国际标准靠拢的新标准(过渡期 1 年)。新标准有如下重要改变:

(1)水泥胶砂水灰比由原来的 0.44 ~ 0.46 增大到 0.50。

(2)水泥胶砂用标准砂改变,由过去基本是单一粒径改变为级配石英砂。

(3)对水泥胶砂搅拌、振动成形机具及模具进行了修改。

我们关心的是水泥标准变化后对水泥的抗折强度影响有多大,本规程表 5.1.1-1 中给出的路面用水泥抗折强度是否合适,编者使用中国建材研究院《ISO 水泥胶砂强度检验方法宣贯技术资

料汇编》中所做的新老标准对比试验结果,进行了 44 组 28d 抗折强度数据的统计分析,统计分析表明,尽管新标准使水泥的抗压强度降低约 9.7MPa 左右,水泥的标号将全部降低一级,525 号降低为 425 号,425 号降低为 325 号,但抗折强度降低较小,新老标准的平均抗折强度仅相差 0.22 ~ 0.33MPa,因此,维持表 5.1.1-1 中第二栏对水泥抗折强度要求不变,这将意味着抗折强度无形中提高了 0.22 ~ 0.33MPa,特重交通为 7.72 ~ 7.73MPa;重交通为 7.22 ~ 7.33MPa,中、轻交通为 6.72 ~ 6.83MPa。该表中第三、四栏完全按新标准要求。从我国正在建设和已经建成的高等级公路水泥混凝土路面来看,所用的水泥抗折强度基本都大于 8.0MPa,同时,在本规程征求意见过程中,有几个省区提出应将高速公路、一级公路水泥混凝土路面用水泥的抗折强度规定为不小于 8.0MPa。证明本规程对路面水泥抗折强度要求,按新标准执行时,在实践中仍然可行。

对特重和重交通水泥混凝土路面上特别规定应采用旋窑水泥,二、三级公路宜采用旋窑水泥。主要理由是立窑水泥的游离氧化钙和氧化镁含量较高,水泥性能稳定性较差。立窑水泥在烧成过程中,窑中间和边缘、上部与下部的烧成温度不同。

研究表明,即使安定性合格的水泥,水泥中的游离氧化钙和氧化镁含量对路面混凝土的耐动载交通条件下的疲劳循环周次有 3 ~ 5 倍的影响,构成影响混凝土路面使用寿命能否达到 30 年的关键因素。因此规定用于特重和重交通路面的水泥, $f - \text{CaO} \leq 1.0\%$, $\text{MgO} \leq 5.0\%$ 。对此,要充分认识和理解静载结构与动载混凝土路面及钢筋混凝土桥梁对水泥要求的实质性差别。对水泥的安定性,本规程首次提出高速公路、一级公路要用雷氏夹进行检验,它不仅检验水泥安定与否,通过试验能同时了解水泥的变形和开裂特性。

本规程从防止路面发生温度裂缝出发,规定除冬季施工可采用 R 型水泥外,其它季节宜使用普通型水泥。散装水泥出厂温度无论气温多高,均应限制在 55℃ 以内。搅拌混凝土时的水泥温度

不得大于 50℃。我们在实际工程中热天气温较高的情况下,发现运到搅拌站的水泥温度有时高达 70~90℃,再加上使用水化热高的 R 型快硬早强水泥,R 型水泥的铝酸三钙偏高,不仅收缩很大,而且水化热峰值较高,造成了严重的温度裂缝,温度裂缝为板中裂缝,严重时才会上下贯通,反映到表面上,而轻微时是板中发现不了的潜在裂缝,危害很大。规定热天施工应使用普通型水泥,是考虑温度裂缝除了与水泥温度有关外,还与水泥水化发热量有关,亦应进行限制。规定冷天应使用放热大的 R 型快硬早强水泥,且宜使用水泥用量较大的 425 号水泥。主要从冬季低温或负温施工,蓄热早强出发,有利于混凝土路面尽早达到抗冻临界强度。

2 路面工程用水泥对混合材料的限制:混凝土路面用水泥要求变形小,耐磨性强,而影响这两项性能的主要因素在于水泥中掺入的混合材料,特别是非活性混合材料影响很大。编者在广东和湖南高速公路水泥路面滑模施工质量相当好的路段上,已经发现个别路段存在大量表面微细收缩裂缝,下雨时会看得很清楚,其原因是水泥变形过大,水泥的变形和耐磨性能取决于掺入了收缩很大、不耐磨的混合材料。所以,本规程增加了对五种混合材料的限制性条款。水泥中掺入的粘土、煤矸石、火山灰将引起混凝土严重收缩和磨损,窑灰是水泥碱度的主要来源,高速公路、一级公路均不得掺入。水泥磨细中加入的生石灰石粉是造成水泥抗盐冻性差的根源,有抗盐冻性要求时,路面用水泥不得掺石灰石粉。

3 水泥化学成分和物理指标:满足公路路面工程使用品质的水泥化学成分、物理性能列入表 5.1.1-2 中。为了对比现行水泥规范的要求,将路面常用四种水泥的化学成分、物理性能汇总在表 5.1 中,供业内人士全面了解其性能并与路用品质对比。许多施工单位对于水泥不合格品和废品的技术要求、项目、指标等知之甚少,一般仅对水泥标号有确切的了解。使用了废品水泥都不知道,工程质量和权益自然得不到保障。本规程从水泥的化学品质上,特别对水泥中的游离氧化钙、氧化镁和碱度提出明确要求。这三者不合格,超出过多,水泥混凝土路面即使不行车也会自动崩溃。

路面常用水泥的化学成分和物理指标汇总表 表 5.1

水泥性能	道路水泥 (GB 13693)	硅酸盐水泥 (GB 175)	普通水泥 (GB 175)	矿渣水泥 (GB 1344)
铝酸三钙	不得大于 5.0% #	—	—	—
铁铝酸四钙	不得小于 16.0% #	—	—	—
游离氧化钙	旋窑不得大于 1.0% # 立窑不得大于 1.8% #	—	—	—
氧化镁	不得大于 5.0% *	不宜大于 5% ~ 6% *	不宜大于 5% ~ 6% *	不宜大于 5% ~ 6% *
三氧化硫	不得大于 3.5% *	不得大于 3.5% *	不得大于 3.5% *	不得大于 4.0% *
碱含量	供需双方商定	双方商定或有 活性集料不得 大于 0.6%	双方商定或有 活性集料不得 大于 0.6%	供需双方商定
混合材 种类及掺量	0 ~ 10% 活性 #	I 不掺 #, II 小于 等于 5% 石灰石粉 或矿渣 #	6% ~ 15% 活性 混合材, 5% 窑灰, 小于等于 10% 非活性混合材	20% ~ 70% 矿渣 #
烧失量	不得大于 3.0% #	I ≤ 3.0% # II ≤ 3.5% #	不得大于 5.0% #	—
细度 (80 μ m)	筛余量 # 不得大于 10%	比表面积 # 大于 300m ² /kg	筛余量 # 不得大于 10%	筛余量 # 不得大于 10%
初凝时间 终凝时间	不早于 1h* 不迟于 10h #	不早于 45min* 不迟于 390min #	不早于 45min* 不迟于 10h #	不早于 45min* 不迟于 10h #
安定性	蒸煮必须合格*	蒸煮必须合格*	蒸煮必须合格*	蒸煮必须合格*
28d 干缩率	不得大于 0.10% #	—	—	—
耐磨性	不得大于 3.6kg/m ²	—	—	—

注：① * 号项中，任一项不符合标准指标者，为废品。

② # 号项中，任一项不符合标准指标者或强度低于商品标号时，为不合格品。

路用水泥中的三氧化硫含量，我国一贯控制较严，在道路水泥、硅酸盐水泥和普通水泥中均为 SO₃ 含量不得大于 3.5%，矿渣

水泥 SO_3 含量不得大于 4.0%。水泥学术界对此有不同看法,首先,我国使用的补偿收缩水泥、膨胀水泥及膨胀剂中均靠大量的三氧化硫;其次,我国研制的道路混凝土增折剂主要靠增加三氧化硫成分。迄今为止,没有在实际工程上观察到膨胀剂和增折剂带来的硫酸盐侵蚀问题。同时,三氧化硫是粉煤灰等活性混合材料的激发剂,它的含量偏少,对混合材料发挥活性和增长强度都不利。由此,有专家提出,不用混合材料的混凝土可控制三氧化硫含量小于等于 3.5%;水泥或混凝土中使用混合材料,可控制三氧化硫含量小于等于 5.0%。按现代混凝土材料科学观点,不用混合材料,对抗碱集料反应等化学侵蚀性是很不利的。尽管如此,在没有更深入的研究以前,本规程维持原有的三氧化硫限制条件。

水泥的碱度,现行标准《硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥》(GB 175)规定由供需双方商定,若使用活性集料,不得大于 0.6%。本规程规定“当发现所用的集料有碱活性或怀疑有碱活性时,水泥的碱度不得大于 0.6%,”并对怀疑有碱活性的粗细集料进行碱活性集料检验。“无碱活性集料时,水泥的碱度 $\text{NaO}_2 + 0.658\text{K}_2\text{O}$ 不得大于 1.0%。”。这条规定对于我国三北地区使用大量的较高碱水泥建设水泥混凝土路面具有重要意义。碱集料反应中,有碱活性集料是必备条件之一,无碱活性集料,不会发生此反应。国内其它行业如水利工程,40 多年来一直遵循此规定,没有在最容易发生碱集料反应的水工混凝土结构上发生此类问题。但目前国际上和国内有的行业限制很严,如民航机场工程,规定水泥碱度不得大于 0.6%。我国公路行业根据实际情况,在保证不出现碱集料反应破坏的前提下,宜适当放宽限制。

我国的不少公路混凝土路面工程早期破损严重,除了施工质量而外,与对水泥的路用品质了解不多、重视不够、控制不严有很大关系,特别是高等级公路,这个问题已很严峻,到了非严格加以规范不可的时候。必须明确,不是任何一种水泥或任何规定品种的水泥,都能用来建路架桥的。对比高速公路沥青路面对沥青材料的要求:一般国产沥青不能用,要用重交通道路沥青,目前甚至

对进口沥青也要求使用改性沥青。相比之下,我国高速公路对水泥的要求太宽松,这对发展高速公路水泥混凝土路面和保证工程质量十分不利。建设水泥路面应该花大力气研究水泥的路用品质。签订水泥供销合同时,不仅要求总数量和日供应强度,同时应明确签订有关水泥路用品质技术条款,分清法律和经济责任。本规程同时提出了施工单位对水泥技术指标按公路等级划分的检验项目和频率要求。目的是加强现场检验和控制。

4 规定路面工程选用的水泥,各项路用品质必须合格,强调应通过混凝土配合比试验,路面混凝土各项技术指标满足要求方可使用,而且,水泥一旦选定,不得随意变更。

5 本规程规定水泥宜使用散装水泥,在散装水泥和粉煤灰供应不上时,可采用吨包装或大袋装水泥或粉煤灰,但应配备拆包和泵送水泥、粉煤灰的设备。远距离运输,也允许使用吨包装水泥和袋装水泥,但 50kg 一袋小包装水泥往往因用量过大,实践证明,拆包不及,一般均供不上使用,规定不宜使用。

5.1.2 粉煤灰

1 粉煤灰品级:粉煤灰是一种活性混合材料,掺在路面混凝土中,必须满足两个条件:要求活性高,只能使用 I、II 级干排灰,只有静电除尘装置中 2、3、4 级电场的干灰及磨细粉煤灰才符合路面使用要求。III 级灰除非经过试验研究,论证可用于水泥混凝土路面,原则上不得使用在混凝土路面工程中。

2 粉煤灰掺量(详细规定在 5.2.4 条中):粉煤灰使用在路面混凝土中,基本原则是要保证其全部水化并发挥强度及其它效益。路面混凝土中的掺量不可超过水泥中的混合材加上混凝土掺的粉煤灰总量不大于 30% 的要求。那种认为粉煤灰作充填料的观点是非常有害的,试问泥土和石粉能否作充填料,为何要限制?这是基于目前研究得到的粉煤灰和水泥体系的胶凝材料理论,粉煤灰水化靠水泥水化后释放出的氢氧化钙,产生二次水化,才能生成具有胶凝性能并提供后期强度的水化硅酸钙和水化铝酸钙,水泥当中能够产生的氢氧化钙是有限的,两者之间必定有一个最大或称

最优的配伍关系存在,国内外的研究已经确认,粉煤灰能够全部水化的最大量为纯硅酸盐水泥的 28%,超出的部分不仅不会对后期强度有贡献,而且与土和石粉一样有害无益:收缩大、开裂多、易断板。本规程规定最大粉煤灰用量同时应考虑水泥中已掺的混合材料量,两者之和最大不得超过 30%。粉煤灰水泥混凝土使用超掺法时胶材总量大于纯水泥混凝土,其变形大,抗裂性较差,早期强度偏低,断板几率大增,养生不佳,影响耐磨性。路面养生条件不比试验室。另外混凝土路面面积大,养生条件相对较差,尽管内部强度较高,但表面易失水干燥,造成耐磨性不足。完全失水干燥的路表面粉煤灰不可能水化,强度和耐磨性必定很差。

规定使用较低的粉煤灰掺量另一理由是充分注意到我国使用最多的是普通水泥,其中在水泥厂已经掺有 15% 以内的混合材料,这与国外的波特兰(纯熟料)水泥使用高掺量粉煤灰有很大差别。中国建材研究院最近按 ISO 标准对我国水泥进行的试验表明,我国的 525 号水泥强度仅相当于国外的 42.5MPa 水泥,国际上发达国家的波特兰水泥强度一般不小于 60MPa,可见,中国水泥的活性和强度与国外有较大差距。因此,在我国公路路面工程上追求高掺量粉煤灰肯定会带来一系列问题。我国已有在普通水泥中掺 45% 的粉煤灰将一条二级公路路面做坏的实例。高掺量的粉煤灰无论在理论和实践上都存在问题,使用时必须慎重对待。此外,粉煤灰掺量过小(10% 以下),粉煤灰提供微珠含量太少,增加和易性、降低碱度、后期强度增长等的作用不显著,而且占用一个水泥罐仓,影响施工效率发挥,滑模施工亦不宜采用过小掺量,实际滑模路面工程使用 525 号普通水泥时,正常粉煤灰掺量宜在 10% ~ 15% 以内。

3 粉煤灰的使用:施工经验表明,使用湿粉煤灰时新拌混凝土中会有搅拌不开的粉煤灰小团块,它与泥块和高风化岩石集料一样,严重影响混凝土的强度,并使路面出现许多坑洞,影响行驶质量和路面耐久性,规定禁止使用。使用粉煤灰时,储存、运输等要求与水泥相同,同时,在搅拌楼上需要增加一个罐仓,计量时,先

称水泥,然后,累计计量粉煤灰。

在混凝土路面工程中使用粉煤灰的基本原则是扬其长而避其短,首先,必须保证混凝土路面的 28d 强度要求,而后,利用其长期强度高特点增加强度储备,延长使用寿命,以保障混凝土路面弯拉强度和耐久性质量为首要目标,不得本末倒置,为了环保和其它要求使用大掺量或高掺量粉煤灰。

5.1.3 粗集料

1 品质要求:本规程表 5.1.3-1 中对现行设计规范中混凝土路面使用的碎石压碎值进行了修改,设计规范中规定浅成或喷出火成岩的压碎值为 21% ~ 30%,施工实践证明,这么大的压碎值肯定达不到混凝土路面最低弯拉强度大于等于 4.5MPa 或对应的抗压强度大于等于 30MPa 的要求。在我国高速公路水泥混凝土路面上,显然更难于满足特重和重交通量高速公路、一级公路路面混凝土弯拉强度大于等于 5.0MPa,抗压强度大于等于 35MPa 的要求。编者认为:高速公路、一级公路水泥混凝土路面粗集料,无论哪种岩石集料的压碎值均不得大于 20%。

在承受很大破坏力的高等级公路水泥混凝土路面上,实践证明,当集料强度过低,风化程度过大,粗集料本身有微细裂缝时,再多的水泥和再低的水灰比对保障弯拉强度 5.0MPa 以上均无效,弯曲断裂破坏将首先从粗集料开始。编者 1996 年在 312 国道最西端新疆果子沟重山区路段进行二级公路水泥混凝土路面滑模摊铺时,全部果子沟 50 余公里基本上为石灰岩冲沟,但沟内任何一处的石灰岩无论碎石和砾石,均不能满足水泥混凝土路面 4.5MPa 的抗折强度要求。从抗折强度试件断口可见,岩石全部断裂,而弯拉强度最高值仅 4.3MPa,平均值 4.0MPa。仔细观察粗集料石灰岩,其中每块集料都充满微细裂缝,压碎试验得出的压碎值为 23.6%。考察当地的气候风化条件,我们了解到,该地夏季山坡阳面太阳直接照射下的岩石表面温度 55℃,冬季最低气温 -43℃,表面岩石受到的年温差达 98℃。岩石受到了强烈的自然风化作用,解理、裂隙和微裂纹强烈发育,满沟的岩石均无法达到制作水

泥混凝土路面弯拉强度 4.5MPa 的要求,不得不在 70km 以外,赛里木湖边寻找合适的碎石料场,加工并远运粗集料。

鉴于我国高速公路水泥混凝土路面破坏较多,其中粗集料强度指标过低是原因之一,有必要在《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)中统一规定,提高高等级公路水泥混凝土路面粗集料的强度和降低其压碎值。本规程表 5.1.3-1 中规定,滑模摊铺水泥混凝土路面碎石、砾石的压碎值均不得大于 16%,变质岩或火成岩的最大压碎值不得大于 20%。当压碎值不满足此要求时,按试配混凝土弯拉强度试验结果达到相应公路等级的弯拉强度要求与否决定取舍,高速公路、一级公路则应按是否达到试配弯拉强度大于等于 5.5MPa 而定。

经查证,设计规范压碎值偏大的原因是套用了沥青路面的压碎值表,没有注意到沥青路面的压碎试验吨位比水泥路面大一倍。既然是水泥混凝土路面,压碎值的试验和标准应统一到《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ 053)上。

高速公路、一级公路可使用砾石和破碎砾石,但应严格控制软弱颗粒含量。国际上使用寿命最长达 60~80 年的水泥混凝土路面均为砾石混凝土,砾石混凝土独特的优点是耐疲劳循环周次比碎石高 2~3 倍。在路面 5MPa 的设计弯拉强度中有 2.3MPa 是提供抗疲劳的。因此,砾石可用于修筑高速公路和一级公路,但砾石岩石品种较杂,不单一,必须控制软弱颗粒带来的不利影响。

从粗集料粒形考虑,高速公路、一级公路使用的碎石宜采用反击式、冲击式、锤式锥式碎石机生产的规格优良碎石,不宜使用单级颚式破碎机,路面混凝土的针片状含量要少,方正颗粒要多。碎石不应使用风化程度较高的岩石破碎,并不得在雨天生产。风化程度较高的表面附近的岩石,属于软弱颗粒,软弱颗粒在水泥混凝土路面上所起的作用与泥块近似,数年后会留下较多坑洞。所以,粗集料中的软弱颗粒与泥块一样均应严格加以限制。

另外,大量的实验研究表明,集料中的泥土和石粉含量对于混凝土弯拉强度降低较明显,更主要的是干缩大大增加,耐磨性变

差,因此,必须严格加以控制。碎石生产中,有泥土和石粉筛分系统,晴天破碎,含泥量和石粉含量均无问题,两者超标的关键是雨天生产,它们粘在碎石上筛不掉所造成的,要控制含泥量和石粉含量就必须限制雨天生产。如果运进搅拌站再来清洗,几十万立方砂石料全部清洗,困难将很大。因此,本规范除了限制粗集料中的泥土含量不大于1%以外,同时限制粒径小于0.15mm的石粉含量不宜大于1%,这是因为石粉中这个粒径以下的细颗粒,其有害作用与土相似,降低混凝土弯拉强度,增大收缩,且降低耐磨性,有必要加以限制;大于此粒径的颗粒则危害很小,量较多时,可折算为用砂量。细石粉含量超过此标准,但不大于2%,且筛除确实有困难者,应根据试配混凝土弯拉强度达标与否决定取舍,可在施工中将水泥用量适当加大到 $5 \sim 10\text{kg}/\text{m}^3$,抵消其有害作用,补偿弯拉强度之不足,这样做的前提是所施工的路面无塑性收缩裂缝及干缩裂缝;有开裂现象者,不得加大水泥用量。细石粉含量超过2%以及细石粉和土含量在集料中富积的(局部可达15%以上),必须坚决予以处理后才能再使用。

2 粗集料级配:本规程比《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ 97)中规定的粗集料最大粒径40mm小。规定粗集料碎石、破碎砾石最大粒径不超过30mm,砾石不大于20mm(均为圆孔筛)。理由是有利于得到较高的混凝土弯拉强度;有利于防止混凝土离析和塌边;有利于减少摊铺机的如振捣棒、螺旋布料器、挤压底板和侧模的磨损;有利于提高混凝土的抗冻性、耐磨性和耐疲劳性。参照国外标准,几乎所有的发达国家在混凝土路面规定的粗集料最大粒径均为方孔筛20~25mm。同时,参照《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034),水泥稳定碎石的最大粒径为方孔筛30mm。没有理由将路面的最大粒径规定的比基层还大。

最大粒径30mm的碎石粗集料的级配要求可采用二级级配集料,当二级石料不符合级配要求时,应当采用三级级配集料。级配良好对于提供足够的嵌锁力,保障弯拉强度及减小混凝土路面变形收缩,改善接缝的使用状况是有益的。表5.1.3-2是按照《公路

水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012—94)的要求编写的,实际上,其级配曲线的范围是相当宽松的。施工当中,可参照沥青路面级配要求,适当严格控制混凝土粗集料级配。在设计规范未修订前,暂维持设计规范和本施工规程的一致性。水泥混凝土级配要求比沥青路面宽松,有一种意见认为,水泥水化后是水泥石,水泥石照样提供强度,实际上,粗集料级配不好,对于控制混凝土变形,提高混凝土路面抗裂性,防止断板是相当不利的。

注意到我国各行各业的水泥混凝土粗集料筛分均采用圆孔筛,混凝土路面当然也不例外。而北美和欧盟的标准都是使用方孔筛,我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)中也规定为方孔筛。碎石厂在生产过程中,多使用方孔筛;砾石厂在边筛分边清洗过程中,多使用圆孔筛。若将方孔筛生产的碎石使用圆孔筛筛分,会发现筛分曲线发生了较大变化,最大粒径 30mm 就变成了 26.5mm 左右。圆孔筛与方孔筛的对应关系见表 5.2。

圆孔筛与方孔筛的对应关系

表 5.2

圆孔筛孔径(mm)	40	30	25	20	16	10	5	2.5
方孔筛孔径(mm)	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36

在没有圆孔筛的情况下,经建设方批准,允许使用表 5.2 对应的方孔筛。使用方孔筛时,要注意对应的级配曲线发生了相当大的变化,对此可参考沥青路面施工规范的要求。

5.1.4 细集料

1 品质要求:强调沉积砂、山砂和机制砂应在符合要求的条件下使用。

2 细度和级配:本规范规定滑模混凝土路面用砂适宜的细度模数在 2.3~3.2 之间,当无法取得中砂和偏细的粗砂时,对细度模数小于 2.2 的细砂,在采用减水率较大的高效减水剂、较小的砂率的情况下,经混凝土配合比试验研究,混凝土的强度达到设计和施工要求,工作性符合表 5.2.1-4 要求时,也能够滑模摊铺,但试验表明,细砂混凝土表面砂浆的抗磨性较差,所以,除非没有可替代的砂,不宜使用。实践证明,当砂粒过粗,细度模数达 3.3 以上,

除了路表面会严重泌水外,表面过于粗糙,很难做到规定的路面平整度和抗滑构造,不宜使用。

5.1.5 碱集料反应控制

粗细集料当怀疑有碱活性集料,或夹杂有碱活性集料时,应进行碱集料反应检验,确认无碱集料反应后,方可使用。这是防止因混凝土路面碱集料反应而膨胀酥化破坏所采取的的必要措施。

5.1.6 水

关于混凝土搅拌和养生用水规定的五项技术要求,编者曾进行过校核试验,证明了这些规定的正确有效性。实际上,由于水泥本身的 pH 值很高,为 13 ~ 14,一般的中、弱酸和盐类对水泥水化凝结时间和弯拉强度等的影响均不大。对化学有害杂质的规定主要是从耐久性要求提出的限制,其中,油污和海水不利影响较大,限制也应更严格。

5.1.7 外加剂

1 外加剂的质量等级:鉴于混凝土路面工程的重要性,本规程规定外加剂的产品质量应达到一等品的要求。连一般公路路面都不允许使用合格品,似乎要求偏严,其实不然,即使一般公路,当设计弯拉强度 4.5MPa,达到配制弯拉强度 5.0MPa 以上时,对应的抗压强度标号至少为 C30 ~ C35,而高速公路和一级公路,当设计弯拉强度 5.0MPa,加上施工保证率达到 5.50 ~ 5.75MPa,对应的抗压强度为 C35 ~ C40 级,均已达到较高标号的混凝土要求。另一方面,目前国内外外加剂市场相当混乱,假冒伪劣产品较多,规定严些对保证水泥混凝土路面和桥面摊铺质量有利。

2 滑模摊铺混凝土路面规定应使用引气剂,引气剂不仅引气而且具有普通减水剂的减水率,它可增大新拌混凝土的粘聚性,防止泌水离析,首先提高了混凝土的匀质性;引气剂所引含气量增大了混凝土中水泥浆的体积,使滑模摊铺出的路面光滑密实、平整度高、外观规矩;适宜含气量的引气混凝土,弯拉强度提高 10% ~ 15%,降低了抗弯弹性模量,减小了干缩和温缩变形,提高了抗冻性和抗渗性,缓解了碱集料反应和化学侵蚀膨胀,改善了路面混凝

土的耐候性,增强了耐久性。所以在滑模摊铺混凝土路面中应使用引气剂,其它外加剂视工程的需要选用。规定在路面混凝土中使用引气剂的要求与国际上发达国家的要求一致,是与国际标准接轨的。

3 引气剂要求:应选用表面张力降低值大、起泡容量多而细密、泡沫稳定时间长、不溶残渣少的引气剂品种。建议引气剂质量检验的摇泡试验不应采用简单清水或蒸馏水摇泡方法,而推荐在水泥浆条件下摇泡,这是因为我们已经发现,不同的引气剂在水泥稀浆和水中气泡的产率、细密度和稳定性差别较大,有时会产生误判。当然水泥稀浆比水中更符合混凝土中的真实情况。

引气剂的适宜掺量应通过搅拌机口的拌和物含气量测定进行控制(见 5.2.2 条第 2 款)。国内外所有行业混凝土含气量均以此为控制基准。水泥混凝土路面在滑模施工中,由于运距较远,运输过程中含气量有较大损失,加上滑模摊铺机上使用的是超高频振捣棒,摊铺中含气量损失也较大,所以就有一个问题,损失后的含气量对抗冻性而言是否足够,真正能够提供抗冻性的关键在于混凝土振捣后稳定下来的用显微镜测得的气泡平均间距系数,一般满足抗冻性要求的气泡平均间距系数应为 $200 \sim 250\mu\text{m}$,同时还与气泡平均直径和气泡级配有关。根据路面施工含气量损失较大的特点,建议在测定含气量时,将原来规定的分两层装料分别在振动台上振捣 25s,总振捣时间 50s,延长为各振捣 35s,总振捣时间延长到 70s 来控制 and 摹拟含气量损失大的情况。含气量测量控制应对在搅拌机口的拌和物的含气量进行测定。

中国土木工程学会混凝土耐久性委员会有专家向编者提议,公路水泥混凝土路面在有抗冰(盐)冻要求的寒冷及严寒地区,应与水工规范一样规定抗冻标号,而且必须要求做抗冻性试验。本规程规定,对有抗冰冻、抗盐冻要求的高速公路、一级公路,宜做冻融循环试验(冻融循环次数不少于 200 次),但仍未规定抗冻标号,最主要的问题是抗冻标号试验是在水饱和情况下得出的,与水工混凝土挡水结构不同的是路面上不可能达到水饱和,也就是说,目

前无论快冻法和慢冻法的试验方法和结果到底对混凝土路面而言有多强的代表性及普遍意义,路面毕竟与水中的桥墩、桥台所处的环境有很大不同。这些水中结构按现行水工的试验方法做抗冻标号试验是可行的,而路面用相同的水饱和试验做出的结果可行性如何是值得商榷的。其次,目前本规程规定的混凝土加引气剂控制适宜含气量的方法,是国内外半个世纪以上的实践已经反复证明了的,可以有效地控制路面混凝土的盐冻和冰冻破坏。再者,抗冻标号不足,仍然要返回到含气量控制上来。

试验研究表明,掺粉煤灰的混凝土,由于粉煤灰中碳的强吸附作用,引气剂掺量加倍,方可达到不掺粉煤灰混凝土的含气量,这在有抗冻要求的混凝土路面中特别重要,应给予足够的重视。水泥中混合材料含量较高,达到相同混凝土含气量的引气剂掺量增加得越多。

4 现行《混凝土外加剂应用技术规范》(GBJ 119)正在修订当中,其中某些条款已经过时。《公路水泥混凝土外加剂和掺和料应用技术规程》正在编制。更重要的是,即使符合《混凝土外加剂》(GB 8076)一等品的减水剂,针对工程所使用的某种非基准水泥而言,照样存在化学成分定性和剂量定量的不适应问题。目前已经知道,所有的普通减水剂,如木钙、木镁、木钠、糖蜜、糖钙等对水泥所使用的石膏调凝剂中的无水石膏、硬石膏、萤石膏、镁石膏、工业石膏渣、半水石膏(水泥磨机温度较高时,会使二水石膏脱水为半水石膏)基本上均存在化学上的不适应问题,使用后不是减少单位用水量,而是增加了用水量。其次,剂量适应性则主要取决于铝酸三钙的含量大小,铝酸三钙越高外加剂剂量适应性越差。不同产地的水泥中铝酸三钙含量差别较大(与检验产品所用的基准水泥不同),由于其强大的吸附能力,对几乎所有的(高效)减水剂都存在剂量不适应问题。本规程特别规定了滑模施工混凝土路面工程进行外加剂化学定性检验,实测出所用水泥在混凝土中的减水率与减水剂的最优掺量,并按最优掺量使用的要求。这是使用好减水剂的重要保证。

5.1.8 养生剂

在本规程编制中,难点最大的是养生剂,原因之一是国内没有一个国家和行业的混凝土养生剂产品或应用标准,国外的资料也较少,而混凝土路面的滑模快速机械施工又非用不可。原因之二是混凝土路面上,在喷养生剂前,已经做了粗细两级抗滑构造,表面粗糙度比其它混凝土结构光滑的表面大得多,而混凝土路面对养生剂的性能和保水效果的要求又很高。

混凝土路面使用养生剂是基于这样的共识:混凝土中的拌和用水量除了提供水泥水化反应外,只要水分不损失,足以保证养生的需要,由此看来保水率是养生剂的首要技术指标。其次,使用养生剂的另一好处是能够大大延长养生时间,只要没有开放交通,养生剂未被磨掉,路面始终处于养生当中,不受撤除养生的时间限制。

本规程在编写中只提出了对养生性能的定性要求,建议的养生剂具体参考技术要求见表 5.3。表中除保水率、抗压强度保持率和相对磨损率参照美国 ASTM 试验标准外,弯拉强度保持率、表面硬度比、含固量、耐水冲刷性、储存稳定性和干燥时间,均为编者依据路面工程的使用要求首次提出。能否作为混凝土路面养生剂产品质量的检验,需要通过实践验证和专家们的认可。为慎重起见,将表 5.3 暂列在条文说明中,供参考。

水泥混凝土路面养生剂的参考技术要求 表 5.3

项 目	技术指标	试 验 条 件
保水率(%)	> 90	标准配合比 $W/C = 0.45$, $C = 350$, $D_m = 20\text{mm}$, $S_p = 32\%$, 养生温度 $38 \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度 $32\% \pm 2\%$, 72h, 试件尺寸 $15\text{cm} \times 30\text{cm} \times 5\text{cm}$, 不养生的总失水量与涂规定厚度($250\text{ml}/\text{m}^2$)养生剂失水量之差除以总失水量的百分数
强度保持率 (%)	弯拉强度 大于等于 95 抗压强度 大于等于 95	试件尺寸 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$, 养生 3d; 试件尺寸 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 15\text{cm}$, 养生条件同上; 涂养生剂试件与完全不失水试件强度之比
表面硬度比 (%)	≥ 95	试验条件同上, 试件尺寸 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 15\text{cm}$, 使用养生剂表面和完全不失水表面维氏硬度之比

续上表

项 目	技术指标	试 验 条 件
相对磨损率 (%)	≥95	试验条件同上,试件尺寸 15cm × 15cm × 15cm,使用养生剂表面磨损率和完全不失水表面磨损率相减再相除
含固率 (%)	≥40	养生剂烘干质量与液体质量之比
耐水冲刷性	微量	养生剂烘干后,浸水 2h,不得再溶解,抗雨水冲刷
储存稳定性	不得结皮沉淀	产品使用和天然储存 6 个月后,不得结皮沉淀
干燥时间	2~4h	在气温 23 ± 2℃,相对湿度 50% ± 10%,风速 3m/s 条件下

注:保水率、弯拉强度保持率、相对磨损率试验方法参照美国 ASTM 试验标准和有关文献。其它指标为编者提出。

特别重要的是弯拉强度保持率、表面硬度比、耐水冲刷性。无论抗压强度如何,路面弯拉强度必须达到养生所要求的增长率和保持率;表面硬度比代表了使用养生剂措施后,表面的失水状况和耐磨性高低;耐水冲刷性亦相当重要,在喷完养生剂到开放交通漫长的养生时间中,路面不可能不淋雨,已经在实际工程中发现,某些聚合物单体乳化的易溶型养生剂,在下雨后,全部被雨水冲刷掉的情况,这就意味着雨水一旦冲刷路表面,路面将完全丧失养生(需要连续浇筑的大体积混凝土结构反而要求养生剂容易被水冲刷)。而大规模路面工程全线补喷养生剂几乎是不可能的。所以,规定不宜在水泥混凝土路面中使用,那怕养生剂不具备表面耐磨增强效果,也必须有耐雨水冲刷性的要求。

国内养生剂的化学品种主要有水玻璃基、石蜡基和聚合物单体树脂基三大类。经试验和工程使用证明,乳化石蜡养生剂保水率最高为 70%~85%,但不耐磨;聚合物单体树脂基保水率居中,缺点是易被雨水冲掉;水玻璃基养生剂保水率仅 60%左右,但具有表面快速硬化,增强耐磨性的特点,属于耐磨型养生剂,适用于多次喷洒中的头一遍表面喷洒,以提高耐磨性。

另一方面,目前提出的技术指标,根据交通部公路工程检测中心所检验过的国内所有养生剂的保水率来看,当养生剂的喷洒剂

量为 $200\text{ml}/\text{m}^2$ 时,全部都达不到保水率大于等于 90% 的要求(美国 ASTM 和欧盟国家的要求),仅从我国的养生剂产品检验来看,指标是偏高的。我们为了加强混凝土路面养生质量,亦不能迁就现有产品的低标准。针对现状,本规程规定了加厚剂量喷洒养生剂、喷两种双层养生剂和喷一层再覆盖塑料薄膜的双层养生措施,这类方法,国外也有不少国家在实际工程中采用。其试验基础是当养生剂的喷洒剂量提高到 $250\text{ml}/\text{m}^2$ 时,大多数养生达到或接近保水率大于等于 90% 的要求。

5.1.9 钢筋

重点强调传力杆钢筋的现场加工并必须是圆截面,由于传力杆在路面使用过程中,是要随着接缝的开合而抽动的,挤压切割的非圆截面会损坏接缝两侧的混凝土。

5.1.10 接缝材料

《公路水泥混凝土路面接缝材料》(JT/T 203)虽颁布执行时间不长,其规定的填缝材料的种类和性能仍落后于施工实践中已经使用的接缝材料。在常温施工的填缝料技术要求中除了列出《公路水泥混凝土路面接缝材料》(JT/T 203)的技术要求外,亦列出了实际高速公路工程已经采用的更高技术要求的填缝材料的技术指标,供参考。泡沫橡胶胀缝板从实测数据来看,在塑料泡沫板规定的指标范围内,归为一类。泡沫橡胶胀缝板是目前性能和使用效果较理想的高速公路胀缝板材料。

经编者对缩缝张开变形量的研究计算,本规程将加热施工式填缝料中的低弹性型的低温拉伸率(表 5.1.10-3)由大于 5mm 提高到大于 10mm,否则,肯定会拉裂。另外,参照美国 ACPA 的接缝技术指南,增加了灌缝背衬条性能要求。在填缝中控制填缝槽的形状系数在 2~4 之间和适宜深度 2~3cm,见 7.11.2 条第(3)项的规定。

增加了《公路水泥混凝土路面接缝材料》(JT/T 203)中没有的但工程中大量使用的橡胶填缝条胶料的技术要求,用于胀缝的多孔橡胶预制嵌缝条,鱼刺形、多孔形缩缝预制橡胶制品胶料的质量

控制,同时增加了胶条粘结剂的规定。实践证明,无论胀缝或缩缝使用预制橡胶嵌缝条制品,在使用中连泥带水插入接缝是不行的,须知锯缝泥浆中有水泥是要固化结硬的,泥浆块将胶条与缝壁隔开,是无法达到预期的密封效果的。因此,使用嵌缝条也必须与灌缝一样进行清缝,而且必须在干燥状态下使用粘结剂进行牢固粘结。详见 7.11.3 条规定。

5.2 配合比设计

5.2.1 基本要求

在配合比设计四项基本要求中,突出了滑模混凝土是高品质的精细混凝土路面材料,保证滑模施工的最佳工作性及其稳定性和可滑性是其独特工艺要求。这就要求严格的配合比设计和科学的试验程序,同时,也反映在原材料的严格要求和对搅拌设备及其计量精度严格的技术要求上。

1 弯拉强度

本规程表 5.2.1-1 在《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012)基础上补充了超轴载严重的特重交通的特殊路段,允许使用设计弯拉强度 5.5MPa,如(北)京大(同)高速公路。这时,弯拉强度的最小值为 5.0MPa,施工配制弯拉强度 6.3MPa,实际做到的路面混凝土钻芯弯拉强度平均值为 6.5MPa。在使用高效减水剂和高活性混合材料的条件下,做到设计弯拉强度 6.0MPa 以上的高强混凝土并使用于路面,已经没有困难。

2 工作性

滑模摊铺混凝土要保证作业一遍满足所有技术要求,其前提是可施工性要好,也就是摊铺机能够“滑”得起来。这是滑模混凝土区别于其它混凝土的重要特点。那么,对滑模混凝土工作性有两项要求:一是保证新拌混凝土排气密实的振动粘度系数要适宜,并应与摊铺速度和振捣频率形成最佳匹配,注意表 5.2.1-4 中的振动粘度系数最佳工作性范围是在施工速度 1 ~ 2m/min,振捣频率 6 000 ~ 10 000r/min 时,路面易于振捣密实的数据,而不是产生

蜂窝、麻面和拉裂时的。二是摊铺机施工后,表面砂浆厚度 4mm 左右,路表面砂浆不形成厚层,边缘稳定,不溜角塌边。最佳坍塌度规定值定在不分层溜肩上,不是发生塌边的数据。这是“八五”攻关研究振动粘度理论和实际应用的主要成果之一。规定“正常摊铺时,混凝土拌和物应稳定在最佳工作性范围内。”

3 耐久性

(1)按路面无抗冻、有抗冻和有抗盐冻三种使用环境要求规定了混凝土含气量。上述三种混凝土的含气量依次增大。含气量应达到本规程表 5.2.1-5 的推荐值。该表引自编者汇总的表 5.4,可以看到本规程的规定基本上是和各发达国家的先进标准接轨的。与国内其它土木工程行业只在有抗冻要求时使用引气剂相比,本规程使用了扩展耐久性概念——耐候性。规定所有混凝土路面无论有无抗冻要求都应使用引气剂,并达到各自的规定含气量。对于混凝土路面这种大面积体积比且暴露于野外的混凝土薄壁结构改善耐候性,减小温、湿度翘曲变形、应力和冻坏是相当重要的。几十年使用下来,混凝土路面板所产生的温度爬行和翘曲变形量是相当大的。空军某机场,使用 40 年后,混凝土板的水平爬行错位有 35cm 之多,22cm 厚 4m 见方混凝土板的自重翘曲变形量达 6cm 之大,由于没有荷载作用,板仍未断裂,但看上去几乎是个锅底。

各国路面混凝土适宜含气量推荐值(%) 表 5.4

最大粒径 (mm)	美国 ACI	英国 CP	德国 DIN ^①	日本土木 学会 ^②	中国外加 剂规范	路面无抗 冻性要求	路面有抗 冻性要求	路面有抗 盐冻要求
15	7.0	6.0	≥4.0	6.0	6.0	5±1	6±1	7±0.5
20	6.0	5.0		5.0	5.5	4±1	5.5±1	6.5±0.5
25	5.0			4.5	5.0	4.5±1	5±1	6±0.5
30			≥3.5			3±1	4.5±1	5±0.5
40	4.5	4.0	≥3.0	3.5	4.5	2±1	4±1	4.5±0.5

注:①德国 DIN 集料最大粒径分别为 16、32、64mm。

②日本土木学会含气量 3.5%对应的最大粒径为 50mm。

《公路养护技术规范》(JTJ 073)在高速公路路面的防冻、防滑

中,规定可使用除冰盐、融雪剂。按照国家建材总局和黑龙江省交通厅最新“九五”攻关项目对混凝土路面抗盐冻性研究表明,除冰盐破坏比冰冻破坏快 10 倍左右,表面砂浆脱皮可发生在冬季的前 2~3 个月内,成为我国北方地区耐久性的头号问题。按吴中伟院士的意见,目前抗盐冻采用的措施主要是使用优质引气剂并将含气量增大到 6% 左右,根据此意见在正文表 5.2.1-5 中增加了混凝土路面有抗盐冻要求栏目,平均含气量在冰冻基础上增加 1%,并提高了含气量误差要求为 $\pm 0.5\%$ 。

(2)提出了满足耐久性要求的混凝土和粉煤灰水泥混凝土最大水灰比和最小水泥用量的限制。高速公路、一级公路水灰比不大于 0.44;二、三级公路水灰比不大于 0.48。有抗冰冻要求时的高速公路、一级公路不宜大于 0.42,有抗盐冻要求时的高速公路、一级公路不宜大于 0.40,有抗冻(盐)要求的二、三级公路不宜大于 0.44。提高了有抗冻要求混凝土路面的 525 号水泥最小水泥用量:由不应小于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 提高到 $320\text{kg}/\text{m}^3$;掺用粉煤灰时,最小水泥用量由不应小于 $250\text{kg}/\text{m}^3$ 提高到 $270\text{kg}/\text{m}^3$ 。这个条款显然对有抗冻要求的混凝土路面是必需的。《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ 97—87)中规定:冰冻地区冬季施工水灰比不应大于 0.45,应予以修正。一是冰冻地区非冬季施工并没有水灰比限制,可用任意的水灰比。二是不加引气剂,实践证明即使水灰比小于 0.45 或更低,对抵抗冻害而言无济于事,高寒地区的混凝土路面在一个冬季后,水分渗透饱和部位表面砂浆就会脱皮,2~4 个冬季将全部冻酥,与碎石路面无异。即使在气候温和的地区,依然有 30 年的抗风化耐候性问题存在。

5.2.2 外加剂的使用

1 混凝土凝结时间控制要求:规定初凝时间不得小于 3h,终凝时间不得大于 10h 是为了满足弯拉强度、滑模施工可操作性和便于切缝。可通过夏季使用缓凝剂或缓凝减水剂,冬季使用早强剂或防冻剂加以控制。

2 外加剂的正确使用方法:强调由试验确定外加剂掺量,所

有外加剂均应以溶液方式加入拌和物中,并应从加水量中扣除溶液中的水量。

3 强调复配外加剂和复合使用外加剂时不发生絮凝和沉淀现象,絮凝会使参与溶液反应的一种或两种外加剂失效,外加剂的作用将相互抵消。规定 1~3d 应清除外加剂的沉淀物,防止使用外加剂带来的路面混凝土不凝固问题。特别是缓凝型减水剂的沉淀已经造成多起路面不凝固现象,虽然混凝土最终会凝结硬化,但强度已经无法达到设计要求,不得不返工。

5.2.3 确定配合比计算参数

1 水灰比:引用了国家《水泥混凝土路面引导性研究》项目(025 课题)提出的水灰比计算公式(5.2.3-1)和(5.2.3-2),并提出考虑外加剂的减水作用,同时满足耐久性要求,两者中取小值。

我国民航给出的跑道混凝土水灰比计算公式(不区分粗集料种类)如下:

$$\frac{W}{C} = 1.04 - f_c / (1.38f_s) \quad (5.1)$$

空军机场也提出了水灰比计算的两个经验公式:

$$\text{碎石混凝土: } \frac{W}{C} = 0.96 - f_c / (1.26f_s) \quad (5.2)$$

$$\text{砾石混凝土: } \frac{W}{C} = 1.03 - f_c / (1.08f_s) \quad (5.3)$$

上述公式中符号的意义与正文相同。

上述公式均可用于水灰比估算的参考。由于目前所有的水灰比计算公式均未考虑外加剂的减水作用,加上统计数据的来源有限,在滑模混凝土中使用时均具有一定的局限性。最终水灰比须通过有外加剂的混凝土试拌试验,并考虑耐久性要求来确定。目前,各地所使用的滑模混凝土的水灰比范围大致在 0.38~0.46 之间。

应该注意的是,我国 1999 年按 ISO 国际标准对水泥的技术指标做了修订,对于混凝土而言,原有的使用水泥标号和水灰比计算混凝土抗压强度公式,即

$$R = AR_c(C/W - B) \quad (5.4)$$

式中： R ——混凝土抗压强度(MPa)；

R_c ——水泥标号；

A 、 B ——统计常系数(碎石混凝土和卵石混凝土不同)。

由于1999国标中水泥标号降低一级,式(5.4)中的 A 、 B 系数已经发生了变化,由中国建筑科学院、上海和广东建筑科学研究院三个单位的试验统计结果得出的碎石混凝土 A 、 B 由0.48、0.52变为0.568、0.511,卵石混凝土 A 、 B 也将发生变化(暂未得出统计常系数)。但是,本规程正文及条文说明中给出的所有水灰比计算混凝土弯拉强度公式,与用水泥标号和水灰比计算混凝土抗压强度公式不同,均采用了水泥的实测抗折强度而不是标号,并不因为采用1999年新标准水泥标号降低而变化。除混凝土路面以外,以抗压强度为设计指标的公路混凝土结构工程在使用新水泥标号计算水灰比时,应高度重视这种变化。

2 单位水泥用量:给出了多年各地滑模摊铺时的单位水泥用量的范围,525号水泥最小水泥用量不小于 $320\text{kg}/\text{m}^3$,最大水泥用量不大于 $400\text{kg}/\text{m}^3$;使用粉煤灰水泥混凝土最小水泥用量不小于 $270\text{kg}/\text{m}^3$;最大胶材用量不大于 $420\text{kg}/\text{m}^3$;425号水泥对应的水泥用量 $340 \sim 420\text{kg}/\text{m}^3$ 。供施工时参考。

3 砂率:滑模混凝土的最优砂率选择,本规程给出了表5.2.3。国内外无相同的规定。该表的基本思想是具有可滑性混凝土的砂率必须按照其粗细程度或总表面积来选择。经过深入的研究,砂的粗细程度,即细度模数与吸附法测得的比表面积之间成反比线性关系。滑模混凝土的工作性要求是确定的,欲保持可滑性的前提是包裹砂石料的水泥浆厚度要基本保持不变,则相同工作性要求保持混凝土集料的总表面积基本不变,粗集料的表面积差别远小于砂,但碎石与砾石之间有差别,分别表示;主要影响因素是砂,砂粗时,比表面积小,应采用大砂率,提高偏小的总表面积;砂细时,应采用小砂率,降低偏大的总表面积。在该表的细度模数范围内,全部经过实际工程使用检验,效果良好,超出此范围,会出

现使用过细砂水灰比过大,弯拉强度和抗磨性不足;过粗砂表面微观抗滑构造过深和平整度不佳等问题。

4 单位用水量:正文公式(5.2.3-3)、(5.2.3-4)引自 025 课题,实践证明其计算精度基本满足滑模混凝土使用要求。最大单位用水量比《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ 97)规定的小。碎石混凝土 $160\text{kg}/\text{m}^3$,砾石混凝土 $155\text{kg}/\text{m}^3$,这有利于保持较高弯拉强度。滑模混凝土必须使用外加剂,尽管其坍落度要求比人工施工的大些,使用普通减水率的减水剂,能够达到较低单位用水量和较大坍落度的要求。日本规范规定路面混凝土的单位用水量无论碎石、砾石均不大于 $150\text{kg}/\text{m}^3$ 。我国大量的工程实际证明,这样低的单位用水量除非使用高效减水剂,否则,较难做到。要知道,控制较小单位用水量是保证混凝土路面经久耐用的重要环节。

5.2.4 配合比计算

简单的假定容重法和绝对体积法的计算公式未列出。本规程规定在重要路面工程中应采用正交试验方法,但应该注意正交试验法对试验人员的试验技能和精度要求很高,不允许在正交的每个试验中出现任何试验偏差,有一个试验数据出了问题,全部试验将报废,企图采用正交试验法减少工作量将告失败。一般工地试验室做正交试验,难度较大,成功率亦不高。重要的高速公路、一级公路水泥混凝土路面工程可委托正规试验室进行正交试验。

路面混凝土保证弯拉强度要求时,振捣密实形成了混凝土骨架密实结构以后,粗集料提供强有力的嵌锁作用相当重要。因此,本规程参考日本《水泥混凝土路面设计施工指南》,要求在配合比计算完成后,验算粗集料的充填体积百分数不小于 70%,一般应在 70%~80% 范围内,并与粗集料最大粒径和砂的细度模数有关,最大粒径越大,充填份数将增大;细度模数增大,充填份数减小。

掺粉煤灰的混凝土配合比计算,按《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146)中规定的超量取代法进行。I 级灰的超量取代取小

值,为 1.2~1.4;II 级灰取大值,为 1.5~1.7。

5.2.5 配合比调整

本条款强调了配合比调整的重要性,编写了试验室试拌配合比、搅拌楼实拌配合比和施工配合比调整范围、步骤和允许调整的内容。迄今为止,混凝土材料科学仍属于试验科学,任何混凝土配合比上的计算只能是估算,重点仍在试配调整上。其中搅拌楼实拌配合比调整相当重要,大型搅拌楼调整出的配合比与室内有相当差距。

在搅拌楼实拌调整中,与室内小型强制式搅拌机相比,存在几个问题:

(1)砂石料吸水量与室内不同,即使含水量相同,室内试验的混凝土加水量一般偏大,室外搅拌楼加水量偏小,原因是室外大堆砂石料一般温度偏低,湿度偏大,吸水量小于室内。

(2)大型搅拌楼拌和出的混凝土含气量较室内试验小得多,原因是混合料中的含气量是由拌和过程裹携进去的,大型搅拌楼满载运转时,搅拌锅内的气体空间小得多,裹进的气体少,含气量低得多。所以在有抗冻性和抗盐冻性要求的水泥混凝土路面中应按规定搅拌时间测得的含气量要求,适当加大引气剂掺量。

(3)搅拌楼现场实际拌和时,砂石料的含泥(石粉)量一般比室内要大一些,尽管不超标(局部超标应处理),但混凝土弯拉强度要低一些,如有必要,可适当加大水泥用量进行补偿。

由于上述原因,本规程规定“应根据料场砂石料含水量、拌和物实测容重、含气量、坍落度及其损失,调整单方混凝土粗集料用量、用砂量、加水量、外加剂掺量,但水泥用量不得减小”。需要在此指出的是,当发现砂石料含泥量比室内试验整体偏大,或局部少量超标时(整体含泥量超标必须处理),可根据总含泥量的大小,增加单位水泥用量 5~10 kg/m³。用略偏大的水泥用量将过高含泥(石粉)量的副作用抵消掉,条件是所摊铺的混凝土路面没有开裂现象,这是根据我国现状,不得已而为之的办法。原则上依然是应严格控制砂石料各自含泥量,尽量不超标。

施工配合比的调整中,主要是两项任务:一是根据当天不同时间的气温变化微调加水量,维持坍落度不变;二是根据天气、季节和运距等的变化,微调缓凝减水剂、引气剂或保塑剂的掺量,保证摊铺现场的混合料坍落度等工作性质始终是适宜滑模摊铺的,从而有效保证混凝土路面要求的平整度、弯拉强度和耐久性等技术指标不因温度、天气、季节和运距等的变化明显波动。其它配合比参数不得随意变更。

6 滑模摊铺工艺流程及机械设备配置

6.1 工艺流程

6.1.1 工艺流程

滑模摊铺混凝土路面施工应按精心编制的(如图 6.1.1 所示)施工工艺流程网络图精心组织,循序进行。

6.2 机械设备配置

6.2.1 一般规定

1 配套原则:选配机械设备的关键一是按工艺要求配齐,缺一不可;二是生产稳定可靠,故障率低。

2 最小混凝土生产能力:本规程根据国内滑模混凝土路面施工机械的配套经验规定:配套的水泥混凝土搅拌楼容量应满足摊铺机最低施工速度 $1\text{m}/\text{min}$ 的要求。最小的搅拌能力和运输能力为:一次摊铺一个车道时,稳定可靠地供应 $100\text{m}^3/\text{h}$ 以上的混凝土混合料。一次摊铺两个车道,不应小于 $200\text{m}^3/\text{h}$ 混凝土供应量。国内滑模施工的普遍问题是供不上混凝土,摊铺机的施工能力很强大,提出最小供料要求是实现连续不停机摊铺,提高平整度质量的关键。

3 摊铺宽度:高速公路、一级公路的正线摊铺,为了减少纵缝由于塌边溜肩带来的连接不平、低洼存水等问题,宜配备同时摊铺 2~3 个车道的大型滑模摊铺机。一般公路的最小摊铺宽度不得小于单车道宽度(3.75m)。

6.2.2 滑模摊铺机选配

摊铺机可按表 6.2.2 中特大、大、中、小四个级别的基本技术参数选择。无论是哪种设备,首先必须满足施工路面、路肩、路缘石和护栏等的基本施工要求;其次摊铺机本身的工作配件要齐全,应配备螺旋或刮板布料器、松方高度控制板、振动排气仓、夯实杆

或振动搓平梁、自动抹平板、侧向打拉杆及同时摊铺双车道的中部打拉杆装置。

滑模摊铺现场设备配套有重型和轻型之分,重型配置有布料机、摊铺机和拉毛养生机,重型设备的优点是施工钢筋混凝土路面和桥面很便捷,缺点是前台设备越多,出故障的概率越高。国内大部分为轻型配置,只有一台摊铺机,其缺点是人工辅助工作量大,且需要其它设备辅助施工钢筋混凝土桥面,但实践证明,轻型设备也能施工优质混凝土路面,国内滑模施工最快日进度和最高的平整度均是在轻型装备上实现的。

6.2.3 搅拌站配置

1 配套的混凝土拌和生产能力

按工程规模、进度等要求计算配套的混凝土搅拌站总生产能力。滑模施工,每台搅拌楼的最小生产能力不宜小于 $50\text{m}^3/\text{h}$ 。确定搅拌楼数量时,根据施工规模和搅拌设备的技术水平和可靠性,在不考虑搅拌楼可靠性系数时,应增加一台作备用。搅拌楼数量不宜仅为一台或过多,适宜的搅拌楼数量为 2~4 台。

2 搅拌站配置

混凝土搅拌楼的选配应以强制双卧轴或行星立轴为主要机型。这是国际上公认搅拌速度和效率最高,搅拌效果最好的机型。每台搅拌楼应配备齐全的自动供料、称量、计量、砂石料含水率反馈控制、有外加剂加入装置和计算机控制自动配料操作系统的设备和计算机打印设备。从间歇搅拌楼和连续搅拌楼比较来看,间歇楼搅拌精度高于连续楼,弃料少,应优先选配间歇楼。连续搅拌楼应配备两个搅拌锅或一个长度足以搅拌均匀的搅拌锅,并应在搅拌锅上配备电视监控设备。前者是为了保证拌和物的匀质性和熟化程度,后者是为了保障安全。每台搅拌楼还应配齐生产所必需的外置设备:3~4 个砂石料仓,1~2 个外加剂池,3~4 个水泥及粉煤灰罐仓。使用袋装水泥时应配备拆包和水泥输送设备。搅拌站应配备适量装载机或推土机供应砂石料。

6.2.4 运输车辆配置

1 车辆数计算

根据搅拌楼的生产能力、施工车辆的速度、运量及运距,按公式(6.2.4)估算汽车的数目 N 。该式为编者按照简单链式运输数学模型的时间方程,经简化得出,推导如下:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (6.1)$$

式中: t_1 ——装车时间;

t_2 ——单程运输时间;

t_3 ——卸车时间;

t_4 ——返回时间。

即第一辆车装运、卸车返回到搅拌楼下,最后一辆车正好装完料出发。

令 $t_1 = t_3, t_2 = t_4$, 推导前提是搅拌楼 1 台, 所有汽车载重能力相同。

在第一辆车回到搅拌楼时, 已装了 n_{q1} 辆车,

$$n_{q1} t_1 = 2(t_1 + t_2) \quad (6.2)$$

$$\text{即} \quad n_{q1} = 2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \quad (6.3)$$

装车时间: $t_1 = g_q / \gamma_c m$

单程运输时间: $t_2 = S / v_q$

将 t_1, t_2 代入式(6.3), 得

$$n_{q1} = 2 \left(1 + \frac{S \gamma_c m}{v_q g_q} \right) \quad (6.4)$$

若 n 套同一型号搅拌楼同时生产混凝土, 则需运输车辆数

$$N = 2n \left(1 + S \gamma_c m / v_q g_q \right) \quad (6.5)$$

式中: N ——运输车辆总数(辆);

n ——相同产量的搅拌楼台数;

S ——单程运输距离(km);

γ_c ——新拌混凝土的容重(kN/m^3);

m ——一台搅拌楼的每小时拌和能力(m^3/h);

v_q ——车辆的运输平均速度(km/h)；

g_q ——汽车载重能力(kN/辆)。

链式运输的数学模型是一个相当简化的计算公式,如果车辆载重能力不同,先按小吨位计算,再折合为大吨位车辆数量。当搅拌站同时有几台容量不同的搅拌楼,则应相同容量的搅拌楼单独计算,再总和。此处所推导的公式(6.5)即正文式(6.2.4)。

运输车辆的计算也可按概率论中的排队论模型推导计算公式,也有现成的计算公式可以使用,但因其计算过于复杂,普通工程技术人员难于理解和掌握,本规程未列出。

2 运输车辆的要求

本规程规定运送新拌混凝土的车辆应选配搅拌运输车或载重能力较大的自卸车,其最大运距不应超过 20km。没有专门提出使用搅拌车,主要是由于搅拌车运输混凝土所要求的坍落度比路面施工大得多,原则上,只要新拌混凝土的坍落度大于等于 5cm 时,采用搅拌车装、卸料均相当缓慢。当然不排除经改造后可运输小坍落度混凝土的罐车,特别是在运距超过 20km 时,为防止新拌混凝土离析,这种罐车应是主要车型。

本规程规定自卸运输车辆的车况要好,车后挡板关闭紧密,不变形,运输时防止漏浆撒料。自卸车卸料时的抬升角度要大于 45°。车箱板应平整光滑,装料前应清洁和洒水湿润车厢,均为了防止粘车,便于卸料,提高卸料速度。

国内外使用在滑模摊铺水泥混凝土路面施工中的 5 种运输车型见表 6.1。后两种是专为水泥混凝土路面滑模快速施工特殊设计的特种车辆,我国尚未引进,本规程列举的目的是为了将来有可能开发此类特种车辆,满足大规模水泥混凝土路面施工建设的需求。

6.2.5 布料设备选配

在只摊铺素混凝土路面的情况下,摊铺机前可配备 1 台装载机或挖掘机。特别列举了滑模施工钢筋混凝土路面、桥面及桥头钢筋混凝土搭板连续滑模机械铺装的布料,有 6 种方式可供施工

单位因地制宜地选用,起到拓展思路,尽量采用先进施工机械之目的。

国内外运输新拌滑模混凝土的车型

表 6.1

车 种	翻斗车	改进运罐车	侧翻多斗车	半圆螺旋车*	半圆皮带车*
卸料方式	后翻固定卸	后面均匀 移动卸	侧翻 固定卸	后面均匀 移动卸	后面均匀 移动卸
方量(m ³ /辆)	4~8	6~8	24	10~20	10~20
车型	通用车	混凝土专用车	特大型车	特种车	特种车

注: * 为国外专门为滑模摊铺施工设计的特种半塑性混凝土运输车辆,国内尚未使用。

(1)配备布料机:布料机在不摊铺的车道上侧向卸料,由输送皮带将混合料输入待摊铺位置,再由布料机上的螺旋布料器分布,松方刮板布料。

(2)摊铺机自带侧向卸料斗和输送皮带等备件,由摊铺机上的螺旋布料器或刮板分料,经松方高度控制板控制振动仓内的料位。宜采用这种先进方式施工。

(3)挖掘机加料斗布料:由车辆将料卸入料斗内,由挖掘机布料到位。

(4)吊车加短便桥板凳布料:先在钢筋网上架设供汽车通行的带腿的短便桥板凳,凳腿插入钢筋网空隙内,汽车直接上便桥在钢筋网上卸料。自卸车倒足料后,用 10~20t 的汽车吊吊起两个便桥板凳,重复卸料、起吊板凳,摊铺机跟进摊铺。

(5)吊车加料斗起吊布料:先将混合料卸在料斗内,再用大吨位吊车将料斗吊到浇筑位置,由人工打开料斗浇筑混凝土。这种方式根据自卸车的吨位大小,需要 25~40t 的大吨位吊车。

(6)在铺装较长的特大桥或立交桥的钢筋混凝土桥面铺装作业中,可采用混凝土罐车和汽车泵泵送混凝土布料。

推荐选配新型自带侧向卸料斗和输送皮带等备件的摊铺机侧向卸料并布料。可以省去布料机,又具备侧向卸料并布料的功能。这种摊铺机国外已有产品供应,国内尚未引进。

目前,国内正在开发钢筋混凝土路面和桥面铺装所使用的第7种均化上料的设备,如果开发成功,将推荐在钢筋混凝土路面和桥面铺装、所有缩缝插传力杆的高速公路、一级公路水泥混凝土路面工程滑模施工中使用。

此外,国外在滑模摊铺施工当中,也有使用沥青摊铺机在摊铺机前方布料的,这种施工方式只能施工无钢筋的素混凝土路面,无法在钢筋网上布料,所以,本规程没有编入。

间断钢筋混凝土路面的施工,美国采用两台布料机,中间设一台钢筋网摆放机,再用摊铺机振捣密实、挤压成形,其接缝长度大约在15m左右。

连续钢筋混凝土路面的施工,法国还有在摊铺机的布料器前方设置滚动钢筋(网)支架施工方式,在卸料时,将钢筋网平铺在基层上,仅在钢筋网进摊铺机摊铺时,才将其挑起来,在混凝土路面当中准确定位。连续钢筋混凝土路面的钢筋连续长度达500~1000m,其端头在施工开始和结束时连接在锚固墩的胀缝上,需要手工制作。这种方式只能摊铺单层钢筋网,不能用于摊铺双层钢筋网的混凝土路面和桥面。

间断和连续钢筋混凝土路面滑模施工,由于我国高速公路钢筋水泥混凝土路面施工设备较缺乏,本规程暂未编入。实际上,我国自1999年已经在高速公路上的软基路段开始设计并使用摊铺机施工的连续钢筋混凝土路面,并正在加紧开发用于钢筋混凝土路面的均化上料专用设备。相信不久的将来会大量使用起来,待时机成熟时再编入此项内容。对超重载交通和渠化交通的收费广场使用全缩缝插传力杆的水泥混凝土路面进行了规定,详见7.7.2条第4款。

6.2.6 抗滑构造施工设备

在工程规模大、速度快时,推荐采用拉毛养生机。平整度要求高时,可采用硬刻槽机,刻槽能力应与路面滑模摊铺速度相匹配。

6.2.7 切缝设备

本规程允许使用三种切缝机:普通硬切缝机、支架硬切缝机和

软切缝机。切缝速度应与路面滑模摊铺速度相适应。

6.2.8 施工系统机械配套

按照我国的施工经验,本规程提出配齐一套完整的由一台滑模摊铺机施工的主要机械设备和机具,可参照表 6.2.8 的要求进行。特别应注意的是滑模施工的端头和接头需要人工辅助,需要人工施工混凝土路面的一整套机具、模板和工具。

7 滑模摊铺水泥混凝土路面施工

7.1 基准线设置

7.1.1 一般规定

滑模摊铺混凝土路面的基准线设置与沥青路面相似,可以有几种摊铺基准设置方式:基准线、滑靴、方铝管和多轮支架等,本规程仅推荐宜使用基准线方式,它与沥青路面摊铺上面层和中面层不同的是上基层平整度达不到路面的严格要求,国外采用除基准线以外方式施工是有条件的,就是基层必须经过精整机铣刨,3m直尺平整度小于等于3mm。我国目前的基层施工一是未用精整机,二是基层规范规定的平整度为8mm。在这种条件下,要保证滑模摊铺水泥混凝土路面的高平整度,原则上不宜采用其它简易基准设置方式。

7.1.2 基准线形式

基准线形式有如下三种:

单向坡双线式:所摊铺的混凝土面板横向坡度为单向坡,而基准线位于摊铺机两侧,这种基准线形式称为单向坡双线式。两条基准线间反映路面横坡。顺直段平面上两条基准线间距相等且平行,两条基准线的高程不同。

单向坡单线式:所摊铺的混凝土面板横向坡度为单向坡,而基准线仅位于摊铺机其中一侧(单线),已铺筑好的一侧不设基准线。这种基准线形式称为单向坡单线式。这种基准线形式在路面多次摊铺的情况下,于后次横向连接摊铺时采用。这时,修筑好的路面、边沟或缘石可作为摊铺机的不设基准线一侧的平面参考系。

双向坡双线式:所摊铺的混凝土面板横向坡为双向坡,而基准线拉于摊铺机两侧(双线)。这种基准线形式为双向坡双线式。顺直段上两条基准线完全平行,且间距相等,对应高程也相等,基准线上没有横坡。

基准线是为摊铺机上的 4 个水平传感器 2 个方向传感器提供一个精确的与路面平行的水平(横坡)和纵向(转弯)几何参考系。路面摊铺的几何精度和平整度很大程度上取决于基准线的测设精度。水平参考系的精度一般是由测桩水平面与基准线之间保持相同的距离来控制 and 保证。所以,基准线是滑模施工混凝土路面的“生命线”。准确安装设置基准线对于滑模摊铺极其重要。

7.1.3 基准线器具

规定基准线材料及其数量、基准线桩具、安装器具。架设基准线前,所有材料器具均应齐全。

7.1.4 基准线设置

为了保证基准线的准确性,本规程详细规定了架设基准线的技术细节。

1 基准线横向支距:一般 2~4 履带跨中摊铺,需要两侧边 0.65~1.5m 宽度。这个宽度称为基准线支距,这个支距横坡高度应计入每根基准线测设计算中,在平面直线路段,似非必需,可调整摊铺机上的 4 个水平传感器来保证路面横坡,但是这样施工,摊铺机主机架不水平,有扭转力作用,影响摊铺机使用寿命。但是在渐变段和曲线段上,如果不计算支距横坡高度,基准线必然是错误的。所以,无论采用何种基准线方式,在任何路段的每根基准线上都应计入支距横坡高度。

2 基准线横向间距:我国引进的摊铺机都是不变宽度的,不能摊铺弯道加宽段,因此,两条基准线的横向垂直间距始终应是相等的。最新型可变宽度能够摊铺弯道加宽段的摊铺机,国内至今尚未引进。我国目前使用的是挤压底板整体固定宽度的摊铺机,不能做弯道加宽段,它的摊铺宽度在施工前可按模块伸缩,并固定宽度施工。在施工进行中,摊铺宽度是不可变的。根据编者在德国考察变宽度摊铺机的情况,建议我国暂不引进,它在使用过程中还有些问题,它是将松方控制板、挤压底板、振捣棒组、振动搓平梁全部分解为前后交错的两截,当摊铺宽度加大,首先是振捣不均匀;其次,挤压底板交错节中间间隙中一旦挤进石子就卡住而收缩

不回。变宽度的摊铺机在弯道加宽段可以省去增加加宽部分的窄小条带,满足一次摊铺完整弯道加宽板的要求。我国高速公路弯道半径较大,几乎没有此项要求。另外,我国的路基和基层宽度往往不能满足一次整体摊铺全幅路面的要求,因此,将弯道加宽段放在硬路肩上处理是可行的。

3 基准线桩纵向间距:为了与我国基层和路面规定的 20m 桩相对应,本规程推荐采用 10m 桩距,圆曲线段视弯道半径大小,一般可用 5~7m。在小半径弯道或山区极小半径的回头弯道上,内侧宜加密到 2.5~5m,外侧宜为 3.5~7m。平面缓和曲线段和纵断面竖曲线段宜为 5~10m。实际设置基准线桩距离可以小于上述尺寸,但不得大于给定尺寸。

4 基准线桩固定:规定架线高度和夹线臂位置,强调固定牢固,打入困难者,应先钻孔再钉。

5 基准线长度:单根基准线长度不得大于 450m。这项规定的主要原因是基准线过长,全线张紧较困难。

6 基准线张紧:提出基准线上加 1 000N 的拉力,经垂度检测,此时,垂度小于等于 1mm。

7 规定在已铺路面上设置基准线的方法。

8 中央路拱:在滑模施工中,技术难度最大、出差错最多的是双向坡双线式基准线施工进出弯道的缓和曲线变路拱段。进弯道,它得从顺直路段的双向坡渐变为弯道单向坡;出弯道,再由单向坡渐变为双向坡。我国引进的摊铺机多不配置计算机辅助自动弯道操作系统,有此系统的摊铺机也不大会操作,摊铺机对操作者的技术素质要求很高,就是这个道理。手控操作渐变段的难度较大,除了必须确切了解渐变段的几何参数及其位置外,还必须确切了解摊铺机调拱手柄在每次动作后,降低的挤压底板拱点高度、可调成平面要求的前进距离以及摊铺机的调拱性能等,在给定的区间内完成单向横坡向双向路拱或相反过程的渐变。

弯道摊铺难度大的另外一点是摊铺机一旦没能确切摊铺成功渐变段和弯道曲线,是没有办法补救的。已经摊铺过的路面,如果

偏低,是贴不上混凝土或砂浆薄层的,行车道几个月表皮就脱落了。若过高,数厘米的混凝土凿磨都相当困难。

好在我国使用摊铺机多在高等级公路上,以单向坡情况为主。挤压底板是不需要调路拱的平面,只跟线,底板是无需调整的。在改变横坡方向的渐变段上是个扭面。扭面和弯道超高施工,只要基准线准确,均没有问题。

9 最小弯道半径和最大纵坡:本规程结合新疆 312 国道天山中果子沟重山区和福建龙岩漳龙高速公路混凝土路面的滑模施工所积累的山区小半径弯道、大转角回头曲线施工的宝贵经验,摸清楚了摊铺机额定满负荷可施工的上坡最大纵坡为 5%,下坡为 6%;如果施工山区路面的纵坡比此还大,只能缩窄摊铺。施工中还应注意高海拔山区摊铺机的动力损失比例,一般情况下,每上升 1 000m 高度,摊铺机的动力将损失 6%~10%左右。高海拔地区使用全宽度摊铺时,需使用发动机的增压设备。小转角弯道最小半径按侧模长度不同分别为 50~75m,大转角回头曲线最小半径为 75~100m。这些数据来之不易,是冒了数次别坏侧模的风险才取得的。

7.1.5 基准线精度

表 7.1.5 中的最大允许偏差是根据《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071)的摊铺精度要求制定的,施工中的规定值是针对设置基准线的操作标准要求的,这是因为路面的摊铺精度不可能高于基准线,要保证所摊铺出的路面满足最大允许偏差的要求必须提高基准线的设置精度,必然应根据施工经验偏严制定基准线设置精度规定值。规定另外由测工进行复核测量,用以防止出现施工差错。一般情况下基准线宜提前一天设置,主要考虑从容设置并复核基准线,才可能保证其设置精度。

7.1.6 施工要求

规定禁止碰撞和扰动基准线,多风季节施工,宜缩短基准线间距;5~6 级大风天,基准线振动大,影响平整度,应停止施工。

7.2 混凝土搅拌

7.2.1 一般规定

搅拌楼本身及其搅拌站总生产能力应满足 6.2.3 的要求。水电供应可靠,原材料充足,不得少于当天施工用量。

7.2.2 配料精度

规定搅拌楼必须通过法定计量单位的计量标定,并经常校核,不得超过规定误差,标定有效期满或搅拌楼搬迁,均应重新标定。施工中应经常校验搅拌楼计量精度。这些规定对于保证拌和物配料精度和稳定性是很重要的。

简陋的人工搅拌(试验室也不允许)和自落式滚筒搅拌机,实践证明均做不出满足摊铺机施工要求的精细、匀质、工作性稳定的混凝土。其基本要求是新拌混凝土坍落度误差不大于 $\pm 10\text{mm}$,路面混凝土不得看出有颜色差异。通过试验证明,肉眼能够分辨出新拌混凝土颜色差异时,单位用水量的误差超过了 10%,水泥误差超过了 7%。

本条规定,有计算机自动称料及控制系统的搅拌楼原则上不得采用手控生产方式,理由是,众多施工实践表明,采用手推车体积计量砂石料,数袋控制水泥,加水量用眼睛看,或只有一级加水量控制的自落式滚筒搅拌机,由于配合比的误差过大,远远达不到表 7.2.2 规定的计量精度,更达不到滑模摊铺允许的坍落度误差小于等于 $\pm 10\text{mm}$ 的要求,必定会产生塌边和麻面,至少是混凝土颜色有差别。即使是自动化的搅拌楼,当控制系统发生故障,手动操作时,由于人的反应速度较慢,人的反应时间一般在 0.2s 左右,0.2s 的料冲量肯定超过表 7.2.2 的规定。上述情况下,生产出的混凝土拌和物质量均不符合高速公路水泥混凝土路面的要求。所以,规定搅拌楼不得使用手控配料,控制系统一旦有故障,必须停机修复好后,再生产合格的混凝土。

本条要求搅拌楼打印施工时的配料数据和误差,每台搅拌楼的每天、周、旬月或整个工程的数据,均可通过施工管理计算机网

络,汇总到指挥部的总计算机。使混凝土搅拌情况、质量和用料量一目了然。举例如下:

计算机自动控制搅拌楼的配料误差,可通过计算机打印出的配料单计算,搅拌楼实际配料单数据汇总表中应有日期、时间、路面摊铺对应的桩号、配合比号、每盘体积、水灰比;水泥、掺和料、砂、两种粗集料、加水量和外加剂的实际用量和理论用量。不仅可以看到每一盘的最大误差及平均误差,而且可通过总数对比出施工当天的所有原材料配料误差。将某搅拌楼拌和 150m^3 混凝土的数据误差汇总在表 7.1 中。

表 7.1 误差数据与正文表 7.2.2-1 的规定相对比,粉煤灰误差超限,水泥误差较大,其它均满足配料精度要求,与搅拌楼操作手会商,结果反映为粉煤灰和水泥罐及输送螺旋管有间歇故障,要求排除,保证搅拌配料精度。

某搅拌楼某日生产混凝土 150m^3 的拌和误差(%) 表 7.1

材料 误差	水泥	粉煤灰	砂	小碎石 (5~10mm)	大碎石 (10~30mm)	水	外加剂 (高效引气)
每盘最大	-1.12	±2	-1.87	+3.16	+1.06	-0.65	-2.05
每盘平均	-0.85	±1	+0.37	±0.105	+0.26	-0.32	-0.68
当天总和	+0.88	+1.2	-0.23	+0.14	+0.32	+0.056	-1.39

注:①生产日期:1999年7月3日;

②地点:京大高速公路上行8m宽30cm厚;

③桩号:K12+560~K12+620;

④天气:晴,气温:21~32℃。

这个实例表明,通过对计算机控制配料打印数据的分析,我们完全可以将滑模混凝土的配料精度大大提高,真正满足搅拌技术要求,实现路面混凝土材料精良的目标。

7.2.3 外加剂使用

规定搅拌楼使用外加剂时,如何计算用量及匀化要求。

7.2.4 拌和质量检验与控制

1 拌和物检验目的在于:一方面保证搅拌生产的混凝土在施工气候条件下是能够滑模摊铺的。如测坍落度及其损失、泌水率、

凝结时间、温度、含气量和容重等。另一方面,保证弯拉强度、耐久性检验的需要。

2 规定搅拌楼不允许搅拌和卸出干料,干料毫无强度可言,严禁摊铺到路面上。同时要防止卸料离析,每一盘间均应移动卸车位置。规定滑模施工新拌混凝土匀质性的最低要求:楼与楼之间、盘与盘之间的坍落度差别应在 $\pm 1\text{cm}$ 以内。当搅拌楼较多时,测坍落度来不及,可使用凯利球来评价拌和料的匀质性,凯利球的沉入差别应小于 $\pm 5\text{mm}$ 。当发现料堆上砂石料的含水量发生变化时,应微调拌和加水量。微调加水量的目的是使混凝土已反复调整好的单位用水量、水灰比、砂率等配合比参数不变,以保证新拌混凝土的坍落度始终适宜滑模摊铺,同时保证混凝土弯拉强度的稳定。

参照国外标准,限制新拌混凝土温度无论气温高低,宜控制在 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间。低温是考虑冬季负温施工混凝土时,保证水泥的水化,获得足够的抗冻临界弯拉强度;高温用于控制夏季热天施工,防止高温开裂。

7.2.5 最短搅拌时间

滑模混凝土的最短及适宜的搅拌时间限定,需要解释均匀时的最小搅拌圈数和叶片平均最短行程,本规程没有写定,只提出了概念。按照1994年版英国A. M. NEVILLE《Properties of Concrete》一书,提出全部物料到齐,单立轴搅拌楼最小搅拌圈数大于20圈,叶片平均最短行程大于80m即可,没有新型双卧轴搅拌楼的最小圈数限制。编者通过实际检测认为,这个最小圈数偏少,最小应大于25圈以上,叶片平均最短行程不应小于100m。这与国际上混凝土权威数据不一致。具体最短搅拌时间应按机型和拌和匀质性效果而定。本规程规定最短纯搅拌时间单立轴式不小于30s,双卧轴不小于35s,连续双锅不小于40s。搅拌时间是从进料开始到拌和完成出料的时间,其中最短搅拌时间为材料到齐后的纯拌和时间。连续式搅拌时,指原材料在(两级)搅拌锅内被拌和的总逗留时间。目前我国施工混凝土路面时,最大的问题之一是混凝土生

产能力不足,无论是进口还是国产的大型搅拌楼,由于滑模混凝土是相对低塑性混凝土,几乎都达不到额定容量或标称产量。给定间歇搅拌楼容量可否更好更多更快地供给混凝土,能否在保证搅拌均匀性前提下,尽量压缩搅拌时间,按照实际情况修改搅拌楼设置的搅拌程序是一个很现实的施工问题。使用这个概念在搅拌楼上实测圈数和匀质性,再将满载圈数换算为搅拌时间,就有可能实现这个目的。编者依此方法,有效实现了将标称产量 $20\text{m}^3/\text{h}$ 的搅拌楼,在保证搅拌均匀性的前提下,提高到 $25\text{m}^3/\text{h}$ 。按照搅拌楼进料—搅拌—卸料关键线路网络图,有可重叠和改进的余地。由此提出科学编制计算机搅拌程序,合理控制搅拌时间,在保证拌和物熟化、均匀、稳定等质量要求的前提下,增加产量的要求。

7.3 混凝土运输

7.3.1 一般规定

滑模摊铺时,运输混凝土的车型和数量按 6.2.4 规定执行。由于滑模摊铺施工速度很快,当运距越来越远时,要求运输车辆数量在逐步增加,所以要求总运力应略有富余。

7.3.2 运输时间

运输时间确定的基本原则是:在当时气温下,运输到现场的混凝土拌和物必须是适宜滑模摊铺的。这里有两个时间:一个是运输允许最长时间;另一个是摊铺完毕允许最长时间,摊铺完毕的时间宜短于拌和物的初凝时间 1h。运输允许最长时间宜短于摊铺允许最长时间 0.5 h,见表 7.3.2 的规定。运输允许最长时间与《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ 97)规定相同,摊铺允许最长时间在此基础上延长了 0.5h。原因是运距增大到 20km,时间不足。热天坍落度损失问题,目前使用缓凝保塑等外加剂技术已能够有效克服。

7.3.3 运输技术要求

本规程提出了防止离析、覆盖和初凝后的混凝土处置措施。根据表 7.3.2 运输允许最长时间的规定,滑模混凝土的最大运输

半径视路况好坏和气温高低,一般不宜大于 20km。实测表明,运距大于 20km,所发生的离析现象会使摊铺出的路面平整度变差。应该明确的是,20km 运输半径,在路况很差、交通很拥挤的道路上,依然偏大。即使路况很好的新建道路,在只有混凝土运输车辆的情况下,桥涵和通道未铺装时,车辆通过这些桥涵部位的颠簸亦很强,也不宜超过 20km。因此,超过 20km 运距,要保证达到高平整度,宜对混凝土均化处理后再摊铺。运到路面施工点的混凝土能够高质量摊铺的关键在于运输途中耽搁的时间和当时气温,一般情况下,应在 1h 内完成混凝土运输。滑模混凝土在热天施工条件下,应在 45min 内运到现场。

7.4 钢筋安装和混凝土布料

7.4.1 钢筋安装技术要求

钢筋混凝土路面、桥面、双层钢筋网桥头搭板和连接胀缝的支架要求钢筋准确定位和焊接加强,并保证在布料、连续摊铺中不变形。这是由于滑模摊铺钢筋混凝土时,卸料吨位大(4~8m³混凝土),质量达 10~20t,从自卸车上一次倒下,如不加强,必定将钢筋网压变形;另一方面,摊铺机摊铺通过时,底板作用在混凝土上的挤压吨位也很大,总压力视摊铺机大小,超过 100~200kN。摊铺机是先振动后挤压成形,振动可以消除部分卸料作用于钢筋上的应力,并使其部分变形回弹,摊铺时的挤压总吨位虽很大,但底板有 2m 以上的宽度,横向长度 4~8m,所以压强并不大。底板向前的推挤压力,由于其设置的前仰角度仅 3°左右,也相当小。问题的关键在于钢筋网对于卸料压力能否抵抗得了,除了自卸车直接卸料方式要求较高外,其它可分散布料的方式问题均不大。

按滑模施工的特殊要求,对现行设计规范中有关钢筋结构部分做了适应性修改:钢筋混凝土路面和桥面单层钢筋网、桥头搭板双层钢筋网及连接胀缝钢筋支架的宽度均应小于摊铺宽度 3~5cm,其纵向工作缝与另外部分连接仍采用侧向(加密)插入传力杆形式。双幅摊铺的桥面板和搭板,中间均不插拉杆,不切纵缝,

钢筋网整体连续,斜交桥涵变形板全部在钢筋混凝土搭板上调整,锐角加密钢筋网补强,但不另做角隅钢筋网,滑模施工的混凝土路面全部为矩形板,全部取消架设有困难的边缘和角隅补强钢筋。

双层钢筋混凝土板块分缝设计概念与普通水泥混凝土路面分块是截然不同的两种结构,连续整体式双层钢筋混凝土大搭板应符合钢筋混凝土路面设计计算理论。实践证明,只要设计上依据的设计概念正确,经多年使用,没有出现问题。大搭板在设计上无论薄板和厚板,接近桥面一侧应按脱空桥板或组合梁板设计配筋,接近路面一侧应按弹性地基上的板或组合梁板设计配筋。

这些改动,与原设计规定经过充分的研究和比较,从实际工程使用效果来看,不仅是滑模工艺所必要的,而且使有关结构得到了有效加强。例如路面板中取消了所有锐角板,将所有边缘和角隅补强钢筋全部放进搭板双层钢筋网中,既利于滑模摊铺,又利用了搭板的双层钢筋加强,不再有路面锐角板断角的可能。钢筋混凝土桥面和搭板均不设接缝,既简化了施工,也不会出现接缝破坏和渗水问题。

7.4.2 混凝土布料技术要求

1 提出滑模摊铺素混凝土路面卸料和布料要求,卸料分布应均匀,不欠料也不多料,减小摊铺机的摊铺负荷。正常料位高度在螺旋布料器叶片上缘以下,最高料位高度不得高于松方控制板上缘。

2 给出了使用布料机时,按坍落度大小的松铺系数经验值范围,可供施工参考。

3 规定使用其它布料方式摊铺钢筋混凝土路面、桥面和搭板时,禁止任何机械直接开上钢筋网,防止其被压变形。

7.5 滑模摊铺水泥混凝土路面

7.5.1 摊铺前现场检查

摊铺前对现场准备工作进行全面检查是绝对必要的。

(1)板厚:板厚控制必须在摊铺前的基准线上进行,并要求旁

站监理认可,否则摊铺后不合格必须推掉重铺。规定了检查和控制板厚的技术细节。这种摊铺前控制板厚的方法是在山东泰化高速公路滑模施工中探索并施行的,效果良好。问题在于检查发现板厚偏薄将如何处置,以往的方法是铣刨基层,但实际施工证明,铣刨基层的效果并不好,一是基层表面损伤,有微裂缝,且基层厚度不足;二是铣刨后的基层部位与原有基层对面板的摩阻力相差过大,会造成路面运行前两年内断板数量大大增加。因此,必须严格控制基层标高,同时,当面板标高误差在各等级公路的允许范围内时,可适当调整面板(基准线)高程,但应在50m以上长度内调整。若超出面板标高误差允许范围,通过处理基层也无法达到板厚要求或迫不得已时,要在100m以上长度内调整标高,但要明确,此时虽保住了板厚,却丢失了标高,验收时将扣该路段标高质量分数。

(2)设备和机具:强调设备和机具全部到位,试运转证明状态良好,缺一件不可。

(3)基层:基层必须合格,清扫干净并洒水湿润,强调局部被破坏的基层应修补整平。

(4)横向连接摊铺:除了上述要求外,明确应做好各项面板连接工作:传力杆矫正补齐,切除不顺直的纵向工作缝边缘,纵缝上部涂沥青。

7.5.2 滑模摊铺机工作参数初设

摊铺开始前,应对摊铺机进行全面性能检查和正确的施工部件位置参数设定。摊铺机各工作机构施工位置的正确设定是滑模摊铺操作技术中最关键的技术环节之一,也是摊铺机调试当中最主要的内容。实际已经证明并将反复证明,工作参数设置不正确,无论如何也不可能摊铺出高质量的路面来。这些摊铺机工作参数位置设定的详细解释和为何要如此设置,需要较长的篇幅,请有兴趣的读者参阅《水泥混凝土路面滑模施工技术》或摊铺机工艺原理和配套的有关文献。根本的一点是工作参数的设定和调整,必须透彻了解振动粘度理论和严格遵循设计师所使用的摊铺机工艺设

计原理。每个工作参数的设定都有其充分的科学道理。

7.5.3 滑模摊铺机首次摊铺位置校准

规定了首次摊铺时,将路面几何参数及精度与空载摊铺机完全协调一致的对位、调整和校核方式。在顺直段摊铺起点位置钉入与挤压底板相同的4个矩形分布的木桩或拉2根线,其顶面高程分别为挤压底板的4角点高程,后两桩或线为路面对应点高程,不设前倾角的摊铺机前两桩或线亦为路面对应点高程;设前倾角的摊铺机在前两桩或线上路面高程应加上挤压底板前倾角高程。有路拱应增设拱中2个桩或1根线,后桩为路拱中点高程,不设前倾角时,前桩或线亦为路拱中点高程,设前倾角的摊铺机应在前桩线路拱高程上加挤压底板前倾角高程。将传感器挂到基准线上,并检查传感器的灵敏度和反应方向,开动摊铺机进入设好的桩位或线位,调整水平传感器立柱高度,使摊铺机挤压底板恰好落在精确测量设置好的木桩或基准线上,再校核测量摊铺机底板高程、横坡度或路拱,同时,调整好摊铺机机架前后左右的水平度。令摊铺机挂线自动行走,再返回桩顶校核1~2遍,确认正确无误后,方可开始摊铺。

7.5.4 初始摊铺路面参数校正

规定了摊铺开始时,摊铺机首次带混凝土负荷(试)摊铺时消除误差的方法、程序和保证措施。必须对所摊出的路面标高、厚度、宽度、中线、横坡度等技术参数进行仪器测量。机手应根据测量结果及时微调摊铺机上的传感器、挤压板、拉杆打入深度及压力、抹平板的压力及侧模边缘位置。侧模边缘位置是在方向传感器一侧用钢尺测量其到基准线距离来确定的,摊铺中线误差的消除是通过在行进中调整方向传感器横杆距离实现的,所有这些调整都必须是在摊铺行进中逐渐缓慢地进行调整,禁止停机调整,防止路面出现剧烈调整的棱槽。出现了严重影响平整度的棱槽,必定要丢弃部分路面重做。从摊铺机起步—调整—正常摊铺,应在10m内完成。摊铺效果达到要求的摊铺机设置时应固定并保护起来,不允许非操作手更改或撞动。

7.5.5 滑模摊铺机的操作要领

本条款规定了摊铺过程中的操作要领,这些操作要领来源于振动粘度理论和摊铺机工艺设计原理。最重要的是滑模摊铺机一次通过,就必须达到振动密实、排气充分、挤压平整、外观规矩之目的,不可能倒车重铺。欲实现此目标,既不能欠振、漏振,造成麻面或拉裂,也不得过振、提浆过厚,形成塌边或溜肩现象。为此振捣频率必须达到与速度和料的稠度的最优匹配。挤压前仰角相当于手工抹面的抹刀倾角,稠度不同,粗糙度不同,推力(剪应力)差别很大,有一个与混合料工作性匹配的最适宜的角度。客观地看每台摊铺机,都有其最佳参数设定位置,这需要摸索,这里给出的初始设定位置是经验的、大致的,是寻找和摸索最优参数的基础。

1 摊铺速度:尽量缓慢、匀速、连续不间断的摊铺作业,控制摊铺速度在 $0.5 \sim 2\text{m}/\text{min}$ 之间。不允许料多追赶,然后随意停机等待,间歇摊铺。停机次数越多,摊铺机挤压底板静止压力造成影响平整度的横向槽越多。这些原则规定与沥青摊铺机基本相同。国外最新型的滑模摊铺机,停机时,为了防止静压横槽,挤压底板后部能够自动抬起 5mm ,摊铺机启动,再回归原位。目前国内尚未引进这种停机不影响平整度的滑模摊铺机。

2 松方控制板:进料松方高度板一般控制在振捣棒以上 10cm 左右。为了摊铺高平整度路面,挤压底板下与振动仓内的混凝土之间,始终应维持相互间压力均衡,才不至于挤压力忽大忽小而影响平整度。我国现有的滑模摊铺机松方控制板要由机手操纵的,控制难度较大。关键是操作手的位置在振动仓垂直上方,观察不清楚受振动的混合料的确切高程。最新型滑模摊铺机,松方控制板是通过振动仓设置超声传感器反馈自动控制的,其平整度会更高。

3 振捣频率控制:根据混凝土的稠度给出了振捣频率的控制范围和停机等料时间过长的处置办法。

4 纵坡施工:上下坡时,应调整抹平板压力,坡度较大时,为了防止摊铺机过载,推不动,宜适当调整挤压底板前仰角。

5 弯道施工:给出了弯道施工操作注意事项。一是监视抹平板平面位置;二是在进出渐变段时,如何保证路拱的生成和消失,保证弯道和渐变段路面几何尺寸的正确性。

6 插入拉杆:为滑模施工中间和两侧打拉杆的机械配件设置规定和施工要求,滑模施工时的侧向拉杆插入必须是机械配套装置在摊铺机上打,不得用人工在已摊铺出的路面后打。滑模摊铺是没有固定模板的快速施工方式,在毫无支撑的软混凝土路面边侧或中间打拉杆,造成塌边和破坏是显而易见的。中间拉杆有前插和后插两种设置,前插应保证拉杆在摊铺机强力振捣时不移位的要求;后插应尽量消除插入上部混凝土的破损缺陷,后插应有振动搓平梁或局部振动板来保证修复插入缺陷。

7 控制表面砂浆厚度:通过滑模摊铺机各项施工参数合理科学的操作,软拉抗滑构造表面砂浆层厚度宜控制在4mm,硬刻槽路面的砂浆表层厚度宜控制在2mm左右。

8 履带上已铺路面的时间:应控制在养护7d以后,最短不得少于5d,同时,钢履带底部应铺橡胶垫或使用挂胶履带的摊铺机,防止履带损伤前幅路面。当路面分两次(或多幅)摊铺时,相对于前一次摊铺之后的横向连接摊铺,称为后次摊铺。对连接摊铺后次路面的纵缝横向平整度按公路等级提出了不同要求,高速公路、一级公路平均值不应大于3mm,极值不应大于5mm;二、三级公路平均值不应大于5mm,极值不应大于7mm,详见表8.4.3。

7.5.6 滑模摊铺中出现问题的处置

1 振捣棒:监视振捣棒的位置与工作正常与否,防止出现麻面和开裂。

2 在摊铺宽度大于等于7.5m时,对左右卸下的稠度不同的混凝土,速度应按较干的一侧设置;对偏稀一侧迅速调小振捣频率,保证施工路面密实,不塌边溜肩,保持基本相同的表面砂浆厚度。注意此款规定在某些振捣频率统一由一个旋钮调整的摊铺机上实现不了,只有在每个振捣棒的频率单独(单侧)可调整的摊铺机上可以实现。

3 控制横向拉裂:从料的稠度、操作、前仰角和起步速度几方面来防止拉裂现象,最重要的是料不得过干,以往使用施工坍落度较大的滑模摊铺机未发现拉裂现象,最近使用可施工低坍落度混凝土的机械,拉裂现象逐渐增多。应注意的是坍落度在0~1cm之间的混凝土,经常会产生拉裂现象。问题的严重性在于这种局部拉裂现象往往是贯穿到底的施工断裂,因此,要高度重视。

理论上,拉裂的关键取决于钢底模与混凝土拌和物之间及拌和物内部的抗剪强度,其理论基础是库仑—摩尔线性摩阻定律:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad (7.1)$$

式中: τ ——接触面上的切向剪应力(kPa);

c ——新拌混凝土粘聚力或称内聚强度(kPa);

σ ——接触面上的垂直应力(kPa);

ϕ ——内摩阻角,考察钢底模与拌和物之间的剪应力时,为界面摩阻角($^{\circ}$)。

混凝土路面滑模摊铺拉裂与否,最重要的是取决于三个参数:内聚强度、内(外)摩阻角(即剪应力)和最大剪切位移。按何挺继、胡永彪等人的试验研究结论,当滑模新拌混凝土的坍落度在0~7cm范围内变化时,内聚强度在2.0~34.6kPa内变化;内摩阻角变化范围为 37° ~ 60° ;最大剪切位移变化范围为7~18cm,拌和物可调整的工作性范围相当宽。可以使用增加水灰比、降低砂灰比、增大含气量、掺粉煤灰和减水剂等改善拌和物工作性的措施减小剪应力和增加最大剪切位移来防止拉裂。研究还表明,混凝土振实后,金属板挤压滑移拉裂的可能性将大大降低。同样条件下,未振捣密实的新拌混凝土更容易被拉裂,同时,在施工中可采取加强较干硬拌和物的振捣、调整挤压底板适宜的前仰角、缓慢起步摊铺等措施,亦可有效地防止滑模摊铺中的路面拉裂现象。

4 提出滑模摊铺机械故障的处置办法和要求。混凝土会硬化,通讯应便捷,调度要快,故障排除应迅速,否则,不是混凝土硬化在机械中,损坏机械,就是损失浪费大量的混凝土材料。

7.5.7 平面交叉口变宽段和匝道路面的滑模施工

1999年以前,滑模摊铺水泥混凝土路面施工遇到平面交叉口附近的变宽段和匝道回旋弯道路面时,均使用非滑模施工方式完成。实际上,只要变宽小于摊铺机的安装宽度均可以采取适当措施摊铺:一是支一侧模板或两侧模板跨模连续摊铺,进行必要的底模保护;二是滑模摊铺机振动仓要加隔板,关闭隔板外侧的振捣棒。1999年,我们在广东电白高速公路上采用这种方式,实现了对这些特殊路段的滑模摊铺,一方面保证了这些部位路面的高平整度,另一方面,滑模摊铺机铺出的匝道路面边缘是圆滑的曲线。

7.5.8 摊铺结束的工作

规定滑模摊铺结束时,必须及时地着手做机械清洗、保养和施工接头两项工作。特别是软做横向施工缝的工艺要领为:应将摊铺机振动仓内脱出的厚砂浆铲除丢弃,设置施工缝端模,并用水准仪测量面板高程和横坡。为使下次摊铺能紧接着施工缝开始,施工时两侧的支撑模需向内各收进5cm左右,长度视摊铺机侧模板而定。在开始摊铺和施工接头时,应做好端头和结合部位的平整度。防止工作缝结合部低洼跳车。接头宁高勿低,高了可以修整磨平,而低了则难于补救。

7.6 滑模摊铺中小桥(涵)面、桥头搭板及缘石

7.6.1 中小桥(涵)面和桥头搭板的连续铺装准备

桥面连续滑模铺装是提高整个高速公路路面平整度的关键技术,特别在我国,桥涵、通道众多的条件下,也是发挥滑模机械施工高效率的前提。所以,要求创造条件更多地使用,换言之,下述条件不具备或准备不充分时,不宜勉强连续铺装,以免桥面质量、钢筋位置等无法保证。

(1)混凝土桥面铺装应按设计进行,但在现行有关规范中相当薄弱,所以本规程提出可按成功工程的经验确定,原则是针对目前桥面破损较多的现实,结合滑模铺装特点,铺装厚度宜厚不宜薄;配筋宜强不宜弱;切缝宜少不宜多。在桥梁承载力可承受范围内,提高强度标号,加大配筋量,加强钢筋锚固,目的是整体增强桥

面抗扭转、层间抗剪能力、耐疲劳性、耐磨性和抗渗性。

(2)桥头搭板:对双层钢筋网桥头搭板滑模施工细节作了规定,特别是上层钢筋网应按施工布料形式加设箍筋。尽量将桥头将来可能沉降跳车部位的距离加长,所以在桥头部分按脱空桥板设计,有最短边长不应小于 10m 的规定。桥头跳车是公路上的老大难问题,10m 搭板是从防止跳车,同时不过多增加造价来考虑的,对于一般填方路基,效果尚可,但对于工后沉降过大的高填方路基桥头,依然是不够的,还应加长。就是说,填方高度越高,填筑路基的质量越差,可能沉降量越大,搭板的长度应该越长,方可达到利用加长搭板减轻桥头跳车之目的。这个问题目前并未定量研究清楚,这里给出的定性加长搭板保守方式,有一定效果。具体高填方桥头的搭板长度应根据桥头沉降计算结果确定。同时,注意在运营期间,监视搭板脱空程度及时灌浆处理。

(3)桥面和搭板的混凝土抗压强度与路面混凝土相同,一般标号不应小于 C35。施工中应注意用于桥面铺装的混凝土中不宜加粉煤灰,更不应加较大掺量的粉煤灰。加粉煤灰的水泥混凝土,细颗粒胶材总量按超掺要求总比水泥混凝土多,收缩变形较大,对桥面抗裂不利,容易产生塑性收缩开裂和硬化裂缝。另一方面,桥面与路面的显著不同点是路面下部是实的,保湿性好,通过毛细管作用,基层乃至路基的水分可以某种程度地保障粉煤灰混凝土持续水化的需要,路面具有一定程度的粉煤灰后期持续水化,增长强度的湿度条件。而桥面下部是空的,铺装层又较薄,水分蒸发较快,不具备使粉煤灰长期持续水化,增长强度的湿度条件。后期强度得不到增长,使用粉煤灰就有害而无益,只会造成更大的开裂几率。施工中应准备并在搅拌楼计算机中输入两个配合比,一个是路面掺粉煤灰的,另一个是桥面不掺粉煤灰的,连续铺装上桥面时可快速切换。

(4)对采用滑模摊铺桥面铺装层的中桥(包括大桥及特大桥),摊铺前应验算桥面板或翼缘承载能力满足总吨位 40t 的摊铺机行驶作业的要求,并保证其挠度不影响桥面平整度。验算 40t 摊铺

机过桥时引起的跨度 10m 以上主梁挠度,因桥面卸载回弹,最大不宜超过 3mm。刚度不足,挠度较大的桥梁,虽然铺装后用 3m 直尺测量平整度不高,但车辆行驶时,按其总吨位的大小,会压掉一部分或全部反弹量,其行驶动态平整度高于静态平整度。

(5)具备适宜有效的某种钢筋网上的混凝土布料机械装备。

(6)桥面连续铺装的施工组织程序要调整,桥面先铺,后做护栏,给履带留出行走位置,同时,保证履带不踩空,分幅桥梁,中间应有加固措施。

(7)规定了提前设置好履带上桥的坡道要求和翼缘板保护措施。这是摊铺机上下桥面高台阶的需要。摊铺桥面时,履带行走部位应采用预铺混凝土辅道或木板铺垫,防止破坏锚固钢筋或挂坏履带。

7.6.2 中小桥(涵)面和桥头搭板连续滑模铺装施工

1 桥面基准线设置:桥梁跨度超过 10m 时,规定了基准线的设置方法。

2 桥面连续滑模铺装:滑模摊铺机应缓慢、匀速、连续不断地摊铺胀缝、搭板、桥面或涵洞盖板。连续摊铺时,胀缝板顶面最高位置仅比路面低 2cm,上层钢筋网离路表面为 5cm。应旋转或提升振捣棒组在路表面以上位置振捣,并摊铺通过。

3 连续摊铺钢筋混凝土搭板:强调搭板加枕梁或肋梁的总厚度大于 45cm 时,应采用人工先振捣底部,保证全部密实度和整体性。

4 桥背接缝和伸缩缝位置:给了桥面和桥头搭板的隔离措施和伸缩缝部位的处理办法。

7.6.3 路缘石滑模施工

规定摊铺机施工路缘石的施工方法及细节,尽量整体一次摊铺路面及路缘石。路缘石模具的关键除了前方振捣外,必须有 3°左右的挤压喇叭口,方可保证挤压密实度。

7.7 滑模摊铺混凝土路面接缝施工

滑模施工混凝土路面的接缝设置和施工是最复杂的一节,本

说明仅对与现行设计和施工规范不同的内容做解释。

7.7.1 纵向接缝

1 纵向缩缝

当滑模摊铺宽度大于两个车道时,设置纵向缩缝,拉杆机械自动插入,切缝法施工假纵缝。

2 纵向施工缝

滑模摊铺宽度小于路面总宽度时,连接摊铺纵向施工缝为平缝加拉杆型,拉杆由人工辅助侧面机械装置插入。

7.7.2 横向接缝

1 横向施工缝

这里将《水泥混凝土路面施工及验收规范》(GBJ 97)中的端头木模板改为钢模板。实际上,目前国内水泥混凝土路面的施工也没有采用木模板的。

2 胀缝设置

(1)胀缝间距:现行设计规范(JTJ 012)仅对构造物、平纵曲线等处的胀缝设置有明确的规定,而对上述位置以外的胀缝规定“宜尽量不设或少设”。规定得很灵活,但不确切,施工中难掌握。本规程补充“按施工季节的气温确定,热天施工,宜不设胀缝;春秋季节施工,宜在两个构造物间距大于等于 500m,冬季低温施工,宜在两个构造物间距大于等于 350m 时在构造物之间的路面中间位置设一道胀缝。”多年实践证明,这样规定确切,且效果良好。

(2)胀缝钢筋支架:这不仅是滑模连续施工胀缝的需要,而且是胀缝两侧增强抗拉强度,抵抗胀缝拉应力破坏所必需的。胀缝结构的有限元研究计算表明,水泥混凝土路面胀缝很容易早期破坏的重要原因之一是,在胀缝板两侧 30~40cm 范围内的温度加荷载拉应力已经超过了混凝土的抗拉强度,因此必须加强,而且所有混凝土路面无论施工方式为何,均应按此设置胀缝,胀缝在使用中的内应力与施工方式无关。胀缝构造采用加强钢筋环箍支架夹胀缝板加传力杆型,尽管拉应力超过混凝土抗拉强度的作用宽度为 30~40cm,为保险起见,每侧规定为大于等于 50cm,当摊铺宽度大

于等于 7.5m 以上时,加工钢筋支架可以从中间断开加工,但安装时,必须保证胀缝板连续,将混凝土完全分隔开。不是每个设计单位都能够进行胀缝的有限元计算,所以将胀缝支架的环箍钢筋的尺寸和数量规定为 $\phi 12 \sim 16\text{mm}@20\text{cm}$,见图 7.7.2-3。胀缝板应与路面中心线垂直,整幅路面胀缝位置对应连续,缝壁垂直,缝隙宽度一致,缝中完全不连浆。

(3) 桥头搭板胀缝:其加强钢筋支架可与图 7.7.2-3 相同,钢筋网一侧应与胀缝支架相焊接,每米不少于 3 个焊接点。也可在双层钢筋混凝土搭板一侧取消胀缝支架,直接焊接在双层钢筋网上,但箍筋数量不得减少。

(4) 桥背上部桥面板与搭板之间的隔离伸缩缝:其中无传力杆,中间胀缝板和表面填缝料与其它胀缝相同。这是一条承受冲击破坏最剧烈的接缝,也是破坏最快、最多、修复期最短、返修也最多的接缝,因此,疏忽不得,宜加强结构,减少破坏。当梁跨大于 10m 时设桥梁伸缩缝,当梁跨小于等于 10m 时设槽钢或角钢焊接加强胀缝两侧和上边缘,两侧钢筋网均应与槽钢和锚固钢筋相焊接,焊接点不少于每米 4 个。搭板与桥背之间除设锚固钢筋外,应垫双层沥青油毡。在硬路肩上应全部连续做到边缘。滑模摊铺过后,应软挖或刨掉该部位的混凝土,由人工安装伸缩缝和台背缝的钢结构,并填筑 C40 级钢纤维混凝土。这一条并未编制在正文中,意味着桥背接缝目前允许按常规方法施工。如果要减少桥背接缝破坏,提高其使用寿命,可按上述方式进行加强。

3 胀缝施工

胀缝滑模施工的技术关键有两条:一是保证钢筋支架和胀缝板位置准确,使滑模摊铺通过时不推移,支架不弯曲,胀缝板不倾斜。要求支架和胀缝板强有力的固定。二是胀缝板上部会提前开裂,来不及硬(双)切缝,已经弯曲断开,缝宽不一致,很难处理。解决的办法是临时软嵌 $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ 木条,保持均匀缝宽和边角完好性,直到填缝时,剔除木条(施工车辆通行期间不剔除),粘胀缝橡胶条或填缝。胀缝板及钢筋支架两侧,宜各短于摊铺宽度 $2 \sim 3\text{cm}$

的规定是保证滑模摊铺机的两侧边模板顺利通过钢筋网及其钢筋支架的措施。

4 横向缩缝

本规程规定缩缝应按 5m 板长等间距布置,不推荐 1/6 斜缩缝和不等间距的缩缝形式。1991 年,我们在河北高碑店试验路上进行过尝试,8 年观察表明,斜缩缝锐角很容易断角,按现行设计规范(JTJ 012)的要求,锐角应加角隅钢筋补强,大量的不补强的斜缩缝,必然会在几年内出问题。不等间距缩缝,短板弯拉应力小,长板弯拉应力大,疲劳应力亦如此,长板易断,且使用寿命明显缩短,达不到相同的使用期限,由此从防止断角、保持面板的相同应力水平、达到同样的耐疲劳断裂寿命和耐久性考虑,这两种形式以不设为好。国外设置这两种切缝形式主要从减小行车共振,提高舒适性出发,也决非全设。编者以为,目前在我国,舒适性、路面结构断板和破坏相比,显然保证路面结构的完好性比舒适性更重要。

对于不得已必须在接近构造物部位的路面上调整缩缝间距时,提出最大板长不大于 5.5m,最短板长不小于板宽的要求,这一点与现行设计规范(JTJ 012)不同。注意当板宽大于等于板长,最不利荷载位置已经改变到横缝边缘,现有的路面结构应力和板厚计算图式全部失效,不能使用。要尽量保持面板内的低应力水平,保证板厚设计计算时的最不利荷载位置不变化。板长应以 5m 均匀布置为妥,当面板设计厚度受到投资限制,明显不足时,可采用 4.5m 的等长缩缝来降低应力水平,抵抗重型交通量和超载破坏。

在超轴载或特重、重交通量的水泥混凝土路面上或渠化交通严重的收费站广场,全部缩缝应设传力杆。传力杆设置方式有两种:一是用滑模摊铺机配备的传力杆自动插入装置在摊铺时植入;二是使用图 7.7.2-4b) 钢筋定位支架前置法施工。后者传力杆设置精度有保证,但没有布料机的情况下,影响摊铺速度。使用传力杆自动插入装置时,混凝土的坍落度不得大于 5cm,在过稀的料中,传力杆位置有可能因自重移位。传力杆插入造成的上部破损缺陷应由振动搓平梁进行彻底修复。

5 传力杆及胀缝板设置精度

对于胀缝、施工缝和缩缝中的传力杆和胀缝板设置精度,结合国外施工规范和我们的研究,提出表 7.7.2 的规定。观察表明,传力杆设置精度不符合要求时,接缝半年内将被传力杆顶坏。这一条现行施工规范中没有。胀缝快速破坏的原因有两个:一是拉应力超过混凝土的抗拉强度;二是传力杆设置精度不够。通过钢筋支架加强固定和严格控制传力杆和胀缝板设置精度,将达到少设胀缝数量(要设必须设置好),经久耐用,不发生早期破坏之目的。

7.7.3 切缝

目前混凝土路面切缝技术有很大进展,有软切缝机、普通切缝机、支架切缝机等。编者根据我国南北方各地的施工经验观察,给出了在当地日温差条件下,使用哪种方法和切缝深度的表 7.7.3。这将有效地减少水泥混凝土路面的施工期断板率。实践已经证明,按此要求严加控制,可以将断板率控制在 1‰以内,《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071)规定的允许值为 2‰。

7.8 滑模摊铺混凝土路面修整

7.8.1 摊铺过程中的修整

摊铺机施工中,一旦发现挤压板后出现了不理想的表面,应尽早自动抹平板或振动搓平梁之前补充少量砂浆,采用机械装置修整,自动抹平板的压力不可过大,应随摊铺的纵坡变化随时调整。本条款给出了人工修整表面、边缘和接头的详细规定。

人工修整时,除了边角、纵向工作缝可用抹刀外,大面上的修整,应采用抹面宽度不小于 2m 的抹面抄平器,抹面抄平器可使用铝合金打造的五边形专用工具,也可采用自制的塑料管。禁止表面整体加薄砂浆层修补路面标高。实践证明,薄层砂浆在路面上最迟半年就将脱落。施工接头和起步段应采用水准仪抄平,并用长度 3m 以上方铝管认真整平。

7.8.2 路面硬化后的修整

路面混凝土硬化后,接头或局部平整度不满足要求,可尽早用

最粗级磨头的水磨石机研磨到公路等级的规定平整度。对磨平的宏观构造可用硬刻槽机来恢复,并用凿毛的方法来恢复细观构造。

7.9 抗滑构造施工

7.9.1 抗滑构造的技术要求

抗滑构造深度 TD 采用铺砂法量测,按式(7.2)计算:

$$TD = \frac{1000V}{\pi d^2/4} = 31\,831/d^2 \quad (7.2)$$

式中: TD ——抗滑构造深度(mm);

V ——砂的体积(25cm^3);

d ——摊平砂的平均直径(mm)。

现行质量检验评定标准(JTJ 071)中规定,高速公路和一级公路抗滑构造深度 $TD \geq 0.8\text{mm}$,其它公路 $TD \geq 0.6\text{mm}$ 。编者增补了前者还应该 $TD \leq 1.2\text{mm}$,后者 $TD \leq 1.0\text{mm}$,这个指标来自机场跑道。我们施工中发现,抗滑构造深度除了最浅的规定外,还应该最深的规定。当摊铺机施工操作不正常或混合料过稀时,表层砂浆深度过大,软拉出的宏观抗滑构造最深可达 $TD = 2.2\text{mm}$,这种局部路面的过深抗滑构造在路面上呆不住,实际使用半年左右,会整体剪断脱落,这将严重丧失路面平整度,促使冲击坑洞的产生。所以,应该将 TD 控制在既满足深度要求,又保证经久耐用的合适范围之内。

有些地区反映, $TD \geq 0.8\text{mm}$ 时,刻槽深度须达 4mm 左右,槽口易受硬质粒料挤压损坏。认为槽深 3mm , $TD \geq 0.6\text{mm}$,可显著减少此种损坏并保证抗滑要求。首先,当 $TD \geq 0.8\text{mm}$ 时,刻槽深度不一定是 4mm ,它还与槽宽和槽间距有关,这三个抗滑构造数据必须有效地相互协调,方可防止由于槽深过大带来的快速损坏问题,达到 $0.8\text{mm} \leq TD \leq 1.2\text{mm}$ 的要求。

针对此问题,编者查阅了多个国家资料,首先 TD 这项指标与设计车速、降雨强度、弯道、坡度大小及公路等级有关,英国为 $0.65 \sim 1.35\text{mm}$;法国为 1.0mm ;德国为 $0.5 \sim 0.8\text{mm}$;西班牙为 $0.7 \sim$

1.0mm;美国 PCA 规定平均值 0.8mm,最小值 0.5mm 等。对比看来,我国制定的抗滑标准略偏高一点。是否可将高速公路、一级公路抗滑标准定在 $0.7\text{mm} \leq TD \leq 1.0\text{mm}$,其它公路 $0.5\text{mm} \leq TD \leq 0.8\text{mm}$,有待抗滑规范重新规定,本规程对此拟暂不变动。各地可通过试验路段积累相关数据,为修订抗滑规范提供依据。

横向摩阻力系数 *SFC* 是用专门摩阻系数车来测量的。

7.9.2 抗滑构造施工

(1)规定滑模摊铺机后软拖麻袋和抹平板抹出的“鱼鳞”形自然细观抗滑构造的施工方法和技术要求。后一种方式之所以允许是因为,一则实测“鱼鳞”形自然细观抗滑构造的侧向摩阻系数基本满足 $SFC \geq 0.55$ 的要求;二则经过我们在湖北黄梅至黄石高速公路上所做的试验研究,软拖麻袋法作细观抗滑构造后,由于麻袋拖行,对表面有所损伤,拖麻后的表面耐磨性比抹平板抹过的“鱼鳞”形细观抗滑构造降低 50%左右。鉴于这两条理由,本规程规定可使用这种方法。问题是将这种细观抗滑构造控制均匀一致不易做到,这将对拌和物均匀稳定性要求会更高、更严。

(2)软拉宏观抗滑构造的要求:槽深 2~3mm,槽宽 3~5mm,槽间距 15~25mm。每耙(刻)之间距离与槽间距相同,槽深基本均匀。工程量较大,施工速度较快时,宜采用拉毛机施工。

(3)硬刻槽的技术要求。

(4)给出磨平后恢复粗细抗滑构造的方法。

7.10 混凝土路面养生

7.10.1~7.10.6 规定了滑模摊铺混凝土路面施工养生的各种方式,不同养生方法的做法、养生龄期和保护。滑模施工的水泥混凝土路面要求养生的面积过大,不适宜使用围水养生。现有的养生剂保水率不高,推荐加大喷洒养生剂剂量、喷洒双层养生剂或一层养生剂再覆盖塑料薄膜等养生方式保证养生效果。

粉煤灰水泥混凝土路面更要加强养生,延长养生天数为不少于 28d。这项养生要求是针对粉煤灰水泥混凝土路面只有长期保

持湿度,才能获得较高的后期弯拉强度而提出的。

7.11 填 缝

7.11.1 一般规定

我国各级公路水泥混凝土路面的接缝必须进行填缝,国外有的地方规定缩缝宽度小于等于 3mm 时不填缝,并有不少专家到中国来宣讲不填缝的做法。根据我国车辆的敞开运输方式,从车上掉下来的杂物很多,其中坚硬的砂石、玻璃、煤炭等将嵌入或灌入接缝,可使老混凝土路面缩缝张开到大于等于 20~25mm。所以,在我国必须使用填缝来保证接缝的宽度,控制接缝口破坏,提高面板间嵌锁和荷载传递能力。

7.11.2 填缝技术要求

(1)保证填缝前接缝清洁干燥:本规程参照美国 ACPA 和欧盟标准采用 3MPa 高压水或压缩空气清除接缝中的砂石杂物和清洗缝槽的作法。强调接缝槽清洗的清洁程度,具体要求是缝壁上擦不出灰尘。

(2)填缝料配制要求:常温填缝料随配随用,加热填缝料应彻底融化,搅拌均匀,并保温使用。

(3)本规程提出的利用背衬条控制灌缝料的形状系数与国外不同,美国 ACPA 提出的灌缝形状系数(灌缝部分的深宽比)不大于 1,又要达到防水密封效果,所以推荐使用双面台阶锯片将缝口做成扩大台阶形状,口宽 8~12mm,主要从填缝老化后变形能力不够,防止开裂透水角度出发。由于我国路面上杂物过多,扩口会嵌进更大、更硬的石子,造成更宽大的接缝并顶坏缝口,同时大大地削弱面板间嵌锁和荷载传递能力。两弊之中取其轻,编者认为,路面板之间传荷结构性能和保证缝口的完好性比填缝料本身老化抗裂性更为重要,填缝料是为路面服务的,其性能不够理应提高其技术标准,改进性能,达到路面使用要求,绝不可本末倒置,使路面结构迁就落后的填缝料性能。此外,填缝料即使开裂失效亦不可怕,只要加强养护工作,清除后重新灌好即可,但接缝口一旦局部少量

破坏后,将很难养护和修复。由此提出我国不做台阶口,用3~4mm宽单锯片切缝,不断开时缝宽大致为4~5mm,断开后5~7mm。直接压背衬条,然后将形状系数控制在2~4,正常灌缝深度20~30mm,最浅不得小于20mm。高速公路、一级公路应使用树脂和橡胶类填缝材料,二、三级公路可用沥青和胶泥类填缝材料,但后两类填缝料最浅不得小于30mm。经接缝张开的拉伸量、变形、脱粘和开裂计算,仅《公路水泥混凝土路面接缝材料》(JT/T 203)中加热施工填缝料低弹性、低温拉伸量大于5mm一项不满足要求外(修改为大于10mm后,满足要求),其它均可达到上述填缝低温变形要求。

施工时先用滚轮将背衬泡沫塑料垫条挤压到所要求填缝料规定的均匀深度。缩缝使用背衬泡沫塑料垫条的目的是保证所灌填缝料深度均匀,保证填缝料形状满足该填缝料不断裂、不脱粘的使用要求。

7.11.3 嵌缝条施工

根据工程已经使用嵌缝胶条的情况,本规程增加了缩缝和胀缝嵌缝预制橡胶条的规定,并且使用嵌缝胶条要求清洁并牢固粘结。实践证明,仅插入但不清洁或不粘结,使用中存在切缝浆硬化其中,密封不住,固定不牢,要么压入很深,要么丢失等一系列问题。总而言之,不清洁接缝不行,连泥带水插入胶条的接缝性能很差。不粘结也不行,不粘结要使嵌缝条不下压必须做成台阶接缝,而扩宽的台阶接缝(单面台阶也过宽)又是我们不主张使用的,嵌入硬物后的使用效果很差。

7.11.4 纵缝填缝

纵向缩缝填缝应与横向缩缝相同。各级公路高填方(路基高度大于等于10m)路段、桥面、桥头搭板部位的纵向施工缝在涂沥青的基础上,还应切缝并灌缝。这是对特殊路段的双重防水保护措施。其目的是要保证这些部位的纵缝尽量少渗水到桥面及易沉降变形的高填方和桥头路基和基层中去。施工观察表明,桥面铺装渗水,对桥梁混凝土溶蚀、冰冻、盐冻、碱集料反应和钢筋锈蚀危

害很大;高填方路基和桥头渗水,会加速和加大这些部位的工后不均匀沉降变形,促使纵横缝张开位移量增大。所以,要求更严格的双重防水密封措施。一般路段,已在面板上半部分涂饱满沥青的纵向施工缝可不切缝填缝。

7.12 特殊气候条件下施工

7.12.1 一般规定

应有专人及时准确接收和报告气象预报,不得在有降雨、大风和寒流侵袭时,强行开工摊铺水泥混凝土路面。

7.12.2 特殊气候条件的滑模施工应符合下述规定:

1 雨天施工

应当明确,当降雨影响路面质量时,应停止施工,明知降雨不应开工。本条款主要是针对摊铺中遭遇降雨而制定的。要求遮盖刚铺好的路面免遭雨水冲刷。规定已遭受降雨冲刷的路面,按平整度破坏程度不同,采取研磨平整、硬刻槽或铲除重铺措施。

2 刮风天施工

刮风天施工关键是采取有效防止塑性收缩裂缝的措施,见表7.12.2。防止塑性收缩开裂的基本措施有三项:

(1)尽早喷足量养生剂阻止蒸发。

(2)在不压坏抗滑构造的前提下,既喷大量养生剂,又尽快用塑料薄膜覆盖,阻断蒸发。

(3)保证平整度的机械抹面,压缩掉因快速蒸发形成的混凝土路面体积收缩量,略压低(1~2mm左右)表面厚度,可消除平面开裂。再喷足量养生剂,麻袋、草袋重覆盖,并保证抗滑构造。

经过开裂蒸发率的实地路面测量,编者将要采取防裂措施的开裂临界蒸发率定在 $0.5\text{kg/h}\cdot\text{m}^2$ (实测开裂最小值为 $0.53\text{kg/h}\cdot\text{m}^2$),风速 5m/s 左右,而不是国外标准的 $1.0\text{kg/h}\cdot\text{m}^2$,风速大于 6m/s 。大风天,不允许上很多人工重新手工抹面,丢失滑模施工出的优良路面平整度。经过计算,路面发生塑性收缩开裂的混凝土路表面体积收缩量为 $0.5\% \sim 1\%$ 之间,只要能够将表面压低

1~2mm,就可保证不再发生塑性收缩开裂。如果不管多大风速的天气下强制施工,必须装备整个横断面的斜压辊或人乘坐式专用抹面机。这样抹面的结果致使水泥混凝土路表面刮风天迅速硬化,无法软做粗细两级抗滑构造,必须采取钢丝刷刷出细观抗滑构造和硬刻出宏观抗滑构造的措施保证高等级公路所要求的粗细两级纹理和粗糙度。

3 热天施工

规定夏季热天施工的降温、新拌混凝土保塑和防止温度裂缝措施。保持混凝土拌和物温度不超过 35℃是控制面板温度开裂的关键。措施包括避开高温时间、砂石料遮盖、使用冷水或冰屑水、降低水泥温度和水化热等,同时应进行路面温度监测。

4 冬季施工

按实际冬季负温滑模混凝土路面施工的研究成果,规定在负温条件下,采用覆盖保温措施时的极限天气负温为 -3℃以上;采用混凝土防冻剂和覆盖保温措施时的极限负温为 -10℃。气温低于 -10℃,不得进行滑模摊铺水泥混凝土路面施工。要求优选防冻剂,使用 R 型水泥和用量较大的 425 号水泥,不掺粉煤灰,并覆盖保温养护至达到抗冻临界抗折强度 1MPa,最短 21d。

8 施工质量管理与检查验收

由于水泥混凝土路面滑模摊铺技术在国内是正在进行推广的新技术,为了保证使该项新技术具有高质量、大规模、快速度和高效益,一开始就应形成良好的管理制度、技术传统和规矩,加强施工质量管理和检查验收显得极端重要。因此,编者参照质量控制技术相当成熟完备的《沥青路面施工及验收规范》(GBJ 92—96)中的这个章节的编制模式,结合滑模机械施工的具体质量检验的技术特点,对这一章从份量到内容均进行了加强和突出。希望通过严格质量管理和检查控制,使我国的滑模摊铺水泥混凝土路面质量越做越好,并且迅速跟进和使用国际上滑模施工的最新装备和最先进的施工技术,使该新技术的推广使用面越来越宽广,技术水平越来越高,系统操作控制越来越熟练和规范,改善水泥混凝土路面的形象,使其真正实现优质高效,发挥其优化我国资源配置和对国民经济巨大的带动作用。

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.3 规定应建立全面质量管理保证体系和各项规章制度、监理制度。叙述本章其它各节的编写内容。

8.2 施工前材料与设备采购检查

8.2.1~8.2.3 编写施工前对所有原材料的调研优选确定、配合比试验验证、审批采购及储存保管的要求。

8.2.4 设备采购和检查验收

规定大型滑模摊铺机和搅拌楼等应公开招标采购。新设备到场后,应逐项检查验收,安装调试。搅拌楼应通过法定计量单位的计量标定,应对搅拌站及水泥混凝土路面滑模摊铺机械和设备的配套情况、性能、计量精度等进行全面检查。搅拌楼和滑模摊铺机经摊铺试验路段检验,达到生产能力和全部质量指标,方可验收通

过,进行支付。这条对于首次采用滑模施工技术的单位很重要,我国不少施工单位限于滑模装备知识欠缺,采购到手的设备经常是施工功能和配件不齐全,到试铺时才发现缺这少那,有些必需的功能没有,再进行配备,要到国外厂家取得,既耽误工期,又增大了投入。

8.3 铺筑试验路段

8.3.1 一般规定

规定所有公路滑模摊铺水泥混凝土路面工程,均必须铺筑试验路段,并不少于 200m。高速公路、一级公路宜在主线外试摊铺。没有做过的施工单位无论摊铺哪级公路都应做试验路段。做过的单位,由于原材料和混凝土配合比发生了变化,需要检验,同时摊铺机上设定工作参数也必须依据新情况进行调整,所以,均无一例外要求摊铺试验路段。

8.3.2 铺筑试验路段的目的

全面检验整套施工工艺中的每个施工环节、工艺流程、施工组织、进度计划、生产指挥,并进行技术和操作实地培训。

8.3.3 总结试铺效果

目的是发现问题,改进不足,为正式滑模摊铺做好更充分准备。其次,进行试验路段的质量认可和报批。

8.4 施工中的质量管理与检查

8.4.1 一般规定

1 必须得到开工令方可开工。

2 规定建立施工单位自检、监理检验和政府质量监督三级质量保障体系。

3 施工单位自检原材料、混合料和混凝土路面项目和频率按表 8.2.3 和表 8.4.1 要求进行。监理工程师或质量监督人员亦应进行抽检或旁站监督,对施工单位的检验结果进行检查认定。当施工、监理、监督人员发现异常情况,应追加试验检查。

本规程从滑模摊铺混凝土路面使用的水泥数量很大的实际情况出发,规定施工批量检验水泥抗折强度和安定性频率为 1 500t 为一批,水泥其它技术指标和其它材料批量检验要求详见表 8.2.3。检验工作量似乎很大,实际上仅相当于摊铺宽 8m、日进度 800m 路面 2~3d 的水泥总用量,单幅路面 4~6d 的用量。另一方面,在我国高速公路、一级公路水泥混凝土路面施工中,一般情况下都由建设方指定了当地质量好、信誉高的大型旋窑水泥厂及砂石料场,并按路用品质要求签订了技术指标合同,其水泥质量的稳定性和可靠程度较高。在此基础上,检验批量的规定既要确保质量,又要兼顾施工单位有试验设备并可实际做到的工作量。

4 本条款规定了施工单位对钢材质量和绑扎要求。

5 施工单位对搅拌楼生产的混合料必检项目的规定。新拌混凝土匀质性要求是:每台搅拌楼之间和一台搅拌楼前后生产的混合料,坍落度差别小于等于 $\pm 10\text{mm}$ 。规定不合格混合料特别是干料必须改作它用,不得上路摊铺。

8.4.2 关键技术指标的检验

水泥混凝土路面的三大质量指标即平整度、弯拉强度、板厚以及其它指标的检验要求、技术标准和检验频率规定。

1 本规程规定 3m 直尺平整度作为滑模施工质量控制检测项目;动态平整度作为竣工验收的质量评定依据。3m 直尺检测平整度,只反映小波长的不平整度,不反映大波长,只能作为施工过程中质量控制的检测项目。用平整度仪检测动态平整度,精度较高,能较客观地反映路面在行车过程中平整度的实际情况。作为滑模摊铺设计时速很高的高速公路、一级公路混凝土路面施工技术的配套检测手段,确定用动态平整度仪检测的结果作为竣工验收时工程质量的评定依据是合理的。

2 本规程在检验弯拉强度上有下述明确规定:混合料是搅拌楼生产过程中随机取得的;试件的成形方式应为标准振动台,而不可使用振捣棒;试件为标准尺寸,养生方式为标准养生;检验频率是高速公路、一级公路每工作班日进度小于等于 500m 留 2 组,

500~1 000m取3组;大于等于1 000m取4组;其它公路略少,见表8.4.1。28d先测弯拉强度,再测断头抗压强度,作参考。要求每公里路段采用弯拉强度平均值、最小值和统计偏差系数三参数评价,弯拉强度的偏差系数不应大于12%。

试件制作不允许用振捣棒和简易振动板振动成形是由于试验中发现,振捣棒插入振捣孔会严重降低混凝土的嵌锁能力,对混凝土弯拉强度影响很大;简易自制振动板的振捣能量无法得到有效控制,振捣烈度不够亦对弯拉强度有很大的影响。规定采用标准条件养生试件对于空调日益普及的现在,在搅拌站建设标准养生房间不成问题,但可以排除养生不规范对弯拉强度带来的不良影响。滑模施工路面实际弯拉强度,由于其振捣频率高10倍左右,即使试件放在路面上,养生条件完全相同,其比振动台成形的试件弯拉强度偏高10%左右。应该注意到本规程规定的方法是标准试验方法,虽振捣不及路面,但养生条件更好,两者相抵,比较接近路面真实弯拉强度数值。

3 本规程介绍了在滑模摊铺前,利用基准线检测控制路面摊铺板厚的方法和开工程序。目的是杜绝摊铺过后,因平均板厚薄于1cm而返工重铺,要将路面板厚不足的问题消灭在摊铺之前。

8.4.3~8.4.4 为检测资料整理、管理和编制方式。要求保存照片和录像资料。

8.5 交工验收阶段的工程质量检查验收

8.5.1 申请交工验收

规定施工单位全线交工验收的要求,提供交工验收齐全的资料和报告。

8.5.2 交工验收要求

政府质量监督和监理在交工验收时的检验要求,弯拉强度、平整度和板厚的检验标准及出现问题的处置办法。

1 规定弯拉强度偏小,每公里3个岩芯,石灰岩、花岗岩碎石混凝土,测劈裂强度用公式(8.5.2)换算弯拉强度,用平均值、最小

值和偏差系数三项指标进行最终评定。注意:当碎石种类不是上述两种岩石,公式(8.5.2)不宜使用,只能作参考。在实际工程中应用公式(8.5.2)时发现,该公式是10多年前的统计结果,当时的混凝土弯拉强度普遍偏小,用其推算的弯拉强度结果偏大,平均比小梁弯拉强度偏高6%~10%,但比较接近滑模摊铺混凝土路面切取的小梁弯拉强度,最大仅略低4%左右。

当采用砾石混凝土时,用钻芯劈裂强度 f_{sp} 推算弯拉强度 f_c 时,可参考式(8.1)计算:

$$f_c = 1.607 + 1.035f_{sp} \quad (8.1)$$

由于我国实际工程中水泥、集料、含泥量等原材料和配合比的变化较大,用式(8.5.2)、式(8.1)推算其弯拉强度结果均会有一些出入,因此,本规程同时规定“高速公路、一级公路应通过试验得到各自工程的统计公式”。特别是当岩芯弯拉强度不足,要求返工时,最有说服力的是各自工程的统计公式计算结果或直接从路面上切取的小梁实测结果。

2 动态平整度欠佳部位的处理措施。

3 为板厚的评判和返工标准。

除了一系列技术指标满足要求外,编者建议按路面施工标段全部行车道的动态平均平整度指标的奖惩标准见表8.1。美国在

动态平整度的奖惩标准

表 8.1

	$\epsilon > 20\text{in/mi}$	$\epsilon \leq 15\text{in/mi}$	$\epsilon \leq 12\text{in/mi}$	$\epsilon \leq 10\text{in/mi}$	$\epsilon \leq 5\text{in/mi}$	$\epsilon \leq 3\text{in/mi}$
美国	返工重铺	罚扣 10%	罚扣 5%	合格,全额支付	奖励 5%	奖励 10%
中国	$\delta > 2.2$	$1.8 < \delta \leq 2.2$	$1.5 < \delta \leq 1.8$	$\delta \leq 1.5$	$1.5 < \delta \leq 1.0$	$1.0 < \delta \leq 0.6$
建议	返工重铺	罚扣 10%	罚扣 5%	合格,全额支付	奖励 5%	奖励 10%

注:①美国采用的是加州平整度仪连续检测的颠簸累计绝对值 ϵ ;我国采用的是连续检测的颠簸累计方差 δ ,按每100m计算,两者之间没有定量换算关系。

②该表仅指高速公路、一级公路。执行该奖惩标准的前提是除平整度外的其它所有路面技术指标均达到相应等级公路的要求。奖励和惩罚比例按照水泥混凝土面板工程总造价计算。

高速公路水泥混凝土路面上对此有明确的规定,他们采用加州平整度仪测量,合格标准是颠簸累计值 ϵ 每英里(mi)小于等于 10 英寸(in),其奖惩标准也列在表 8.1。由于施工质量的奖惩属于建设管理部门的职责,不属于技术规程的范畴。所以,此建议只能列在条文说明中,供参考。

8.6 工程施工总结

8.6.1~8.6.4 规定水泥混凝土路面滑模施工总结的项目、要求、内容等细节。特别对首次使用的单位提出了认真总结经验和编写试验研究报告的要求。这将有利于通过不断总结经验,尽快提高使用滑模新技术的水平。竣工验收的标准应按《公路工程质量检验评定标准》(JTJ 071)的规定进行。

9 安全生产

9.0.1 一般规定

施工中应树立安全第一的思想,建立健全安全生产制度。

9.0.2 滑模施工安全生产规定

1~5 分别规定在搅拌楼、运输车辆、布料机械、摊铺机整个施工和操作过程中的安全注意事项。

9.0.3~9.0.5 对交通安全、用电安全、安全防护、消防设施及防止失窃提出明确要求。

在技术规程中制定详细的安全生产条款,似乎与纯技术有些脱离。由于滑模施工是大型机械新型技术,比人工小型机具施工的水泥混凝土路面时的危险性大得多,且一般施工单位均缺乏安全使用经验,往往对其安全生产缺乏警惕,安全防护措施不得力或重视不够。实际施工中已经发生过几起人身伤亡事故。为了杜绝再发生此类情况,在本规程中特别增设这一章。实践证明,这些安全生产规定对于保证施工正常进行和建设质量都是必不可少的。