

# 斜坡摊铺机在灌区渠道工程边坡衬砌混凝土施工中的应用

度进朗<sup>1</sup> 度益彰<sup>2</sup>

1 澧县澧阳平原灌区管理处 2 湖南省洞庭水利水电建设有限公司

DOI:10.32629/hwr.v9i12.6727

**[摘要]** 针对传统灌区渠道边坡衬砌混凝土施工效率低、质量不稳定等问题,本文系统研究了斜坡摊铺机在该领域的应用技术。通过分析设备工作原理、优化施工工艺参数、加强关键环节控制,促进边坡衬砌作业向标准化发展。实践表明,斜坡摊铺机可提高施工效率、改善混凝土密实、并降低人工依赖度。该技术打破了传统施工方法的局限性,为大型灌区渠道工程建设提供了高效的技术路径。

**[关键词]** 斜坡摊铺机; 灌区渠道; 边坡衬砌; 混凝土施工; 机械化作业

中图分类号: S275 文献标识码: A

## The Application of slope pavers in the Construction of slope lining Concrete for Irrigation District Channel Projects

Jinlang Tuo<sup>1</sup> Yizhang Tuo<sup>2</sup>

1 Lixian County Liyang Pingyuan Irrigation District Management Office

2 Hunan Dongting Water Conservancy and Hydropower Construction Co., LTD.

**[Abstract]** Aiming at the problems of low construction efficiency and unstable quality of concrete lining for traditional irrigation district channel slopes, this paper systematically studies the application technology of slope pavers in this field. By analyzing the working principle of the equipment, optimizing the construction process parameters, and strengthening the control of key links, the slope lining operation is promoted to develop towards standardization. Practical experience shows that slope pavers can enhance construction efficiency, improve concrete compaction, and reduce reliance on manual labor. This technology breaks through the limitations of traditional construction methods and provides an efficient technical path for the construction of large-scale irrigation district channel projects.

**[Key words]** Slope paver Irrigation district channel Slope lining Concrete construction Mechanized operation

### 引言

灌区渠道作为国家水网基础设施的关键组成部分,其边坡衬砌质量直接关系到输水效率。传统人工衬砌方式存在施工进度慢、质量波动大、劳动强度高问题,难以满足现代水利工程标准化建设需求。近年来,随着工程机械技术的快速发展,斜坡摊铺机凭借其适应性强、作业效率高应用优势,在水利工程施工领域逐渐受到关注,但现有研究主要集中在公路路基施工,针对灌区渠道特殊工况的适应性研究相对匮乏。基于此,本文依据灌区渠道工程特点,深入探讨斜坡摊铺机在边坡衬砌混凝土施工中的应用技术,通过设备选型优化、工艺流程再造、质量控制体系构建,全面提高工程施工效率。

### 1 工程概况

澧县澧阳平原灌区自1998年开始至2018年陆续实施了19期续建配套与节水改造工程建设,衬砌硬化渗漏渠道、加固改造病险建筑物。但由于灌区建设年代久远、早期建设标准低,仍存在

部分工程设施破损老化、信息化建设滞后等问题,制约了灌区工程设计效益的充分发挥。为保障粮食安全、推进水利与农业现代化发展,建设单位拟实施澧阳平原灌区续建配套与现代化改造工程。<sup>[1]</sup>

主要建设内容包括:干、支渠防渗衬砌76.242km,干渠除险加固1.464km,排水沟改造30.576km,渠系主要建筑物改造等。其中干渠防渗衬砌31.3Km,混凝土9.6万m<sup>3</sup>,衬砌面积约64万m<sup>2</sup>。支渠防渗衬砌44.9Km,混凝土1.9万方,衬砌面积约19万m<sup>2</sup>。干渠底板混凝土衬砌厚度20cm,边坡混凝土衬砌厚度12cm。混凝土强度等级均为C25,抗渗等级W6。渠道为梯形断面,干渠内坡1:1.5-1:2,底宽6-15m,边坡斜长3-7.9m,支渠内坡1:0.2-1:2,底宽0.6-3m。项目设计施工工期为24个月。

### 2 斜坡摊铺机技术特点与选型

2.1 设备工作原理与结构组成

澧阳平原灌区工程选用三一重工SLP-5000型轨道式斜坡摊

铺机, 适配坡度1:1.2-1:3.0, 摊铺厚度80-300mm, 集成高频振捣棒、平板振动器、滑模系统, 有效密实C25低坍落度混凝土, 并配套徐工MG2200激光抹光机控制平整度±8mm/2m, 中联PT300人工平台保障细部施工, 山河智能SJ80智能切缝机实现缝宽8±0.5mm、缝深60±2mm。整套装备利用轨道刚性支撑、液压无级调速、激光数字纠偏, 确保衬砌厚度公差±3mm, 全面提升渠系混凝土施工精度。关键技术参数如下表所示:

表1 关键技术参数

参数类别	技术指标
坡度适应范围	25°~45°
摊铺宽度	3.0~8.0 m(可调)
振捣频率	120~200 Hz(可调、插入式高频振捣棒)
行走速度	0.5~3.0 m/min
整平精度	8 mm / 2 m
动力系统	90~130 kW 柴油机
自动调平精度	±0.5°

### 2.2 设备选型依据与最终确定

综合比选国内外设备性能参数、地域适应性、全生命周期成本, 项目最终确定采用三一重工SLP-5000型轨道式斜坡摊铺机作为核心设备。该决策基于三点考量: 一是该设备在湖南软土地区已有成功应用案例, 适应性验证充分; 二是针对C25低坍落度混凝土(60±10mm), 其变频振捣系统可根据混凝土实时稠度动态调整120-200Hz振频参数, 密实效率较传统设备提高; 三是国产设备在湖南地区拥有完善的服务网络, 2小时应急响应机制可有效降低雨季施工中断风险。

## 3 轨道斜坡摊铺机在灌区渠道边坡衬砌工程中应用的工艺技术

### 3.1 施工前准备工作

工作人员先检查已经完成渠坡面修整, 削坡后的平整度不大于±10mm/2m, 清除尖锐物, 保证坡面无凸起障碍; 同时, 铺设土工膜防渗层并完成接缝处理, 其表面平整度误差应控制在±10mm以内, 避免摊铺机行走时产生颠簸。接着, 优化混凝土供应体系, 根据设备摊铺速度、单次作业长度, 合理布置搅拌站位置, 保证运输时间不超过初凝时间的1/2, 且出机坍落度维持在60±10mm范围内。此外, 需要预先完成设备组装、调试、操作人员培训, 特别针对坡度感应系统、振捣频率调节、紧急制动装置进行专项测试, 最后组织设计、施工、监理单位开展联合技术交底, 明确摊铺顺序, 尤其针对渠顶、渠底转折部位制定专项施工方案, 确保各环节无缝衔接, 为机械化连续作业创造最优条件(见图1)。

### 3.2 轨道式斜坡摊铺机施工工艺流程

#### 3.2.1 轨道安装与设备就位

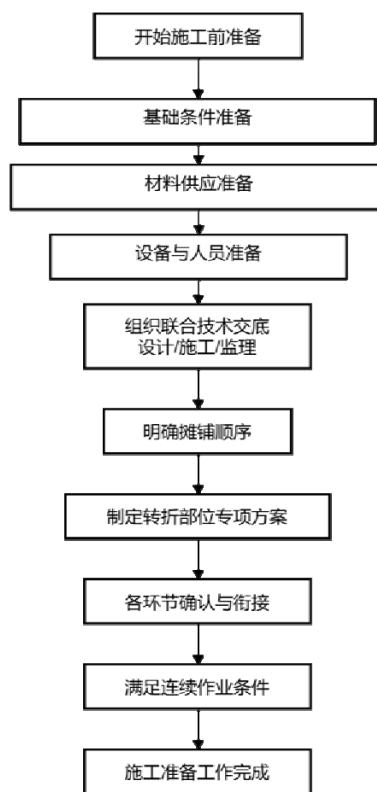


图1 施工准备

渠底混凝土衬砌完成并达到70%强度、坡面修整及土工膜铺设完成后, 采用全站仪沿渠线精确放样, 每隔6m设置控制桩, 弯道段适当加密, 其间距一般为3m。下部轨道安装在渠底混凝土上。上部轨道安装在边坡帽石同一个高程平面内, 铺设在距帽石边钢模以外0.5m处, 轨道下铺设垫板。轨距误差±10mm, 轨道高程和设计线形偏差控制在±5mm以内, 接头错台不超过2mm。设备进场采用模块化分体运输, 在渠顶平台完成组装。空载测试时验证行走稳定性, 负载测试则模拟满负荷工况, 监测传动系统温度上升和振捣系统相位同步性, 保证各执行机构协调的一致性。

#### 3.2.2 混凝土布料与摊铺

布料由挖掘机沿坡面均匀布料, 厚度控制在设计值1.25倍。等到轨道式摊铺机启动后, 以恒定速度1.8±0.2m/min下行作业, 激光导向系统实时纠偏, 螺旋布料器转速根据混凝土流动性动态调整(8-12rpm)。在渠身标准段, 摊铺机全宽作业; 到达渠底转折部位前5m, 操作人员启动预设程序, 设备自动降低速度到0.8m/min, 增加振捣时间25%, 同时调整振捣梁俯仰角, 匹配曲率变化。混凝土供应中断超过60分钟时, 立即启动切缝程序, 在合理位置设置伸缩缝, 避免形成无规则裂缝。通过轨道约束, 设备行进轨迹偏差控制在±1.5mm, 显著优于履带式设备, 为高精度衬砌奠定基础。

#### 3.2.3 振捣密实与表面整平

轨道式摊铺机采用二级振捣系统, 设备前部配置高频插入式振捣棒阵列, 间距300mm, 深入混凝土内部进行深层振捣, 有效

排除气泡,有效促进骨料重排;后部设有滑模及平板振动器,进行二次密实并消除表面气孔,具有整平、提浆等功能。振捣参数根据混凝土配合比动态调整,对于粗骨料粒径20mm的C25混凝土,插入式振捣棒频率设定在120~200Hz,振幅2.5mm,行进速度匹配振捣时间为15~20s/m<sup>2</sup>,确保每立方米混凝土接受3000次以上有效振击。在振捣过程中,操作人员应监控混凝土液化状态,当表面泛浆、无气泡冒出且不再显著下沉时,作为达到最佳密实度。同时,控制系统实时监测各振捣单元工作电流,自动平衡能量分配,防止发生局部过振。运行速度控制为0.8~1.2m/min,表面平整度误差不超过8mm/2m。对于渠顶收边、渠底转折部位,采用人工辅助精修,使用专用铝合金刮尺沿着模板边缘精细找平,消除机械作业盲区。

### 3.2.4抹面压光

抹面采用混凝土抹面机进行,人工辅助。混凝土抹面机采用抹盘和抹片分别抹面。抹盘抹面起到挤压及提浆整平功能,抹片抹面起到压光收面功能。

精平作业后,使用抹盘进行第一次抹面,对混凝土表面进行挤压及提浆找平。混凝土初凝前,采用抹片进行第二次抹面,使混凝土表面平整、光滑、无抹痕。

抹面全程通过数字倾角传感器进行表面平整度控制,确保表面平整度误差不超过8mm/2m,有效提高抹平效率。对于抹面机无法触及的部位采用人工操作平台人工辅助压光,确保压光无死角。

抹面压光施工采用原浆收光,严禁洒水、撒水泥、加砂浆。

### 3.2.5养护措施实施

衬砌混凝土属于薄板结构,抗裂要求较高,必须加强养护措施,保证湿润养护时间。混凝土表面抹面压光完成、混凝土初凝后,立即覆盖土工布或草袋,洒水养护,保持混凝土表面持续湿润;养护期宜为14~28d,混凝土养护应有专人负责并详细记录。

### 3.3关键技术控制点

轨道安装采用电子水准仪每6m测量一点,轨道高程误差±10mm,直线度3mm/10m,接头平顺度2mm,为设备提供稳定基础。混凝土配合比针对轨道式摊铺特点进行优化,坍落度60±5mm,掺加0.9kg/m<sup>3</sup>聚丙烯纤维增强抗裂性,砂率保证低坍落度下的可

施工性。在过程质量控制中,采用“双闭环”机制,内环通过设备内置传感器实时监测振捣电流、行走速度、表面平整度<sup>[2]</sup>;外环由质检员每10m断面抽检厚度、平整度、密实度。在伸缩缝处理时,先用高精度切缝机形成规则缝隙,再用高压气枪和工业吸尘器清理缝内碎屑,最后用专用工具将闭孔泡沫塑料板压入缝内,并保证上层填充聚氨酯密封胶的深度符合设计要求,其与混凝土粘结强度≥1.2MPa,位移能力达到±25%<sup>[3]</sup>。切缝要把握好时机,以防“断板”。针对湖南多雨气候,建立三级应急响应机制:小雨(<5mm/h)持续作业但加强表面覆盖;中雨(5~10mm/h)完成当前段落后退场;大雨(>10mm/h)立即启动防雨预案,已经完成段落覆盖防雨布,边缘设置导水槽防止雨水冲刷。施工中断超过60分钟时,必须在横断面中心位置切缝,避免形成不规则裂缝,有效提高衬砌整体性,降低后期维护成本<sup>[4]</sup>。

## 4 结语

轨道斜坡摊铺机在灌区渠道边坡衬砌工程中的应用,有效打破了传统施工方法效率,通过集成化作业流程、精准控制体系,实现了混凝土摊铺、振捣、整平的一体化完成,全面提高施工效率,大幅度降低了安全风险,为大型水利工程建设提供了机械化施工模式。未来,随着智能控制和BIM技术的深度融合,斜坡摊铺工艺将进一步向自动化、精准化方向发展,为国家水网基础设施高质量建设注入新动能。

### [参考文献]

- [1]杨振杰.水利工程边坡衬砌混凝土预制块标准化预制施工的关键技术[J].大众标准化,2025(18):31-32,35.
- [2]孙龚圆.陡边坡渠道薄壁混凝土衬砌施工技术的应用[J].湖南水利水电,2025(3):4-6.
- [3]向阳,黄立传,陈崇德.非直线型渠道边坡混凝土衬砌施工工法研究[J].水电与新能源,2021,35(8):36-39.
- [4]骆诗财,廖文斌.渠道边坡衬砌混凝土便捷式滑模快速施工技术探讨[J].湖南水利水电,2024(2):26-29.

### 作者简介:

虞进朗(1971--),男,汉族,湖南澧县人,大学本科,工程师,水利工程管理。