

BS-1200型边坡清筛机液压系统的设计研究

何 洲

中信机电创新技术研究(北京)院有限公司 北京 100070

摘 要: BS-1200型边坡清筛机作为铁路轨道养护的关键设备,主要用于轨道道床边坡道砟的深度清筛作业,集成了道砟挖掘、输送、筛分、回填、污土输送、道床整形及轨枕清扫等多项核心功能。其作业流程可实现单侧或双侧边坡道砟的精准挖掘,通过多级输送系统将道砟转运至筛分装置,经筛分后的洁净道砟能按预设坡度完成边坡回填与整形,筛选出的废料输送至轨道外侧或后方污土车,实现道床清洁与边坡成型的一体化作业。本文以BS-1200型边坡清筛机液压系统设计为核心,基于各机械结构的动作特性与作业要求。该液压系统虽结构复杂,原理科学严谨,性能指标完全满足铁路轨道养护设备的行业标准,经实际工况验证,具备稳定性高、作业效率优、故障率低等优势,为铁路道床边坡养护作业提供了可靠的技术支撑。

关键词: 边坡清筛机; 液压系统; 液压泵; 液压马达; 液压阀; 输送带

引言

随着我国铁路路网的不断完善及列车运行速度的提升,轨道道床作为线路结构的重要组成部分,其稳定性与耐久性直接影响铁路运输安全。道床在长期运营过程中,会因列车荷载作用、雨水渗透及外部杂质侵入,导致道砟板结、孔隙率降低,进而影响道床的弹性与排水性能。因此,定期对道床进行清筛养护是保障铁路线路

安全运营的关键环节。

BS-1200型边坡清筛机作为针对轨道道床边坡清筛的专用设备,不影响轨道主体结构的前提下,完成边坡道砟的精准挖掘与筛分。BS-1200型边坡清筛机采用模块化设计,由装载车与筛分车两节车体组成,整车总长约46米,其中装载车长度约20米,筛分车长度约24米。如图1所示。

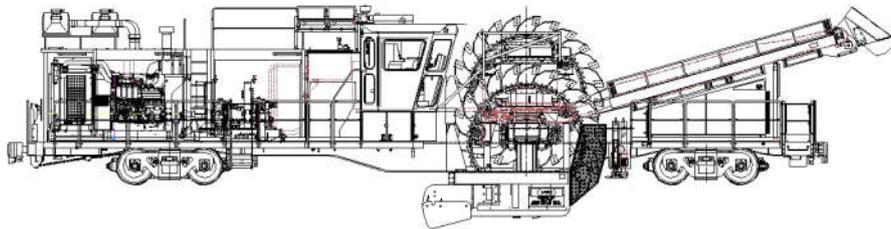


图1 BS-1200型边坡清筛机筛分车装载车外形图

装载车上安装有柴油机,冷却系统,液压泵组,液压油箱,液压系统冷却器,司机室,液压阀组,挖掘斗轮,松渣犁,2条横向输送带,1#装载输送带,燃油箱,动力转向架等。装载车作为设备的动力核心与作业执行前端,集成了多项关键系统,包括为整机提供动力的柴油机、为液压系统供能的液压泵组、存储液压油的液压

油箱、控制液压油温度的液压系统冷却器、操作人员控制中枢的司机室、实现液压回路控制的液压阀组,以及直接参与道砟挖掘与输送的挖掘斗轮、松渣犁、2条横向输送带、1#装载输送带,同时配备燃油箱与动力转向架。如图2所示。

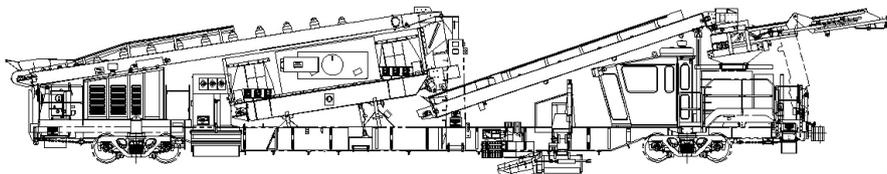


图2 BS-1200型边坡清筛机筛分车筛分车外形图

筛分车承担道砟筛分、回填与污土处理功能,其上

接装载车与筛分装置的2#输送带、回填装置、筛分装置、污土输送带、转运输送带、回转污土输送带、整形

装置、清扫轮、除尘装置和水箱，各系统协同工作，完成道砟的筛分处理与道床整形作业。

1 液压系统的组成

(1) 液压系统作为BS-1200型边坡清筛机的动力中枢，控制各执行机构的动作。液压系统采用分布式布局与集中供能相结合的设计思路，由液压泵组、液压油箱、液压冷却器、液压阀组、液压油缸、液压马达及液压管路七大核心部分组成。

(2) 液压泵组。液压泵组作为液压系统的动力源，采用整体集成式设计，通过分动箱与柴油机输出轴连接。液压泵组前后布置2个分动箱，分动箱采用“一入多出”的动力分配结构，将柴油机输出的动力精准分配至不同的液压泵。其中，最前端安装有1台电动应急液压泵，该泵在主液压系统故障或柴油机无法启动时启动，为设备关键执行机构提供动力，保障设备在紧急情况下的安全撤离。前部分动箱上集成安装了1个三联泵与3个双联泵，后部分动箱则安装了2个三联泵、1个双联泵与1个单泵，整个泵组共计19个液压泵。

(3) 液压油箱。液压油箱上总容积为1100L。内置两个吸油过滤器，安装有液位传感器，温度传感器，空气过滤器等。油箱内部安装有2个吸油过滤器，过滤器精度为80 μm 。液位传感器实时监测油箱内液压油的液位高度，当液位低于预设阈值时，会向控制系统发送报警信号，提醒操作人员及时补充液压油，防止液压泵因吸空损坏；温度传感器则实时采集液压油的温度，当油温超过42 $^{\circ}\text{C}$ 时，控制系统会自动启动液压冷却系统；空气过滤器安装在油箱顶部的加油口处。油箱底部设置有放油阀与排污口，便于定期排放油箱底部的沉淀杂质与老化液压油，油箱侧壁安装有透明液位计，操作人员可直观观察油箱内液压油的液位与油质状态，为日常维护提供便利。

(4) 液压阀组。液压阀组是液压系统的“控制中枢”，负责调节液压油的压力、流量与方向，实现各执行机构的动作控制。BS-1200型边坡清筛机液压系统根据各执行机构的功能需求，将液压阀组分为走行阀组、挖掘阀组、输送阀组、整形阀组等多个模块化阀组，分别布置在靠近各执行机构的位置。液压阀组采用集成式设计，将多个液压阀集成在一个阀块上，通过内部油道实现各阀之间的连接，减少外部管路的数量，降低泄漏风险，同时提高阀组的整体刚度与抗振动能力，适应设备

在轨道上行驶时的振动工况^[1]。

(5) 液压油缸与液压马达是液压系统的执行元件。BS-1200型边坡清筛机液压系统共配备了20余支液压油缸，分别用于驱动松渣犁的升降与摆动、挖掘斗轮的升降与偏转、整形装置的升降与角度调节、清扫轮的升降等动作。部分液压油缸上安装有行程开关或位移传感器，行程开关用于控制油缸的极限位置，防止油缸超程损坏；位移传感器用于实时采集油缸的伸出长度，将信号反馈至控制系统，实现油缸位置的精准控制。

(6) 液压马达用于驱动各输送带、走行和挖掘斗轮的旋转运动。马达均配备有液压制动，当马达停止工作或系统失压时，制动自动生效，防止输送带或挖掘斗轮因惯性继续运动，确保作业安全。

(7) 液压管路。液压管路作为液压油的输送通道，负责连接液压泵组、液压阀组、液压油缸、液压马达等各部件。管路分为钢管与软管两类，根据不同的安装位置与工作条件选用。钢管主要用于固定安装且振动较小的部位。软管主要用于连接运动部件或振动较大的部位。液压管路均采用管夹固定，避免管路在设备行驶或作业过程中因振动产生位移或碰撞，同时减少管路的振动噪声。

2 液压系统设计

(1) BS-1200型边坡清筛机液压系统采用分系统独立控制、集中供能的设计原则，根据设备的作业功能，将液压系统划分为泵组液压系统、走行液压系统、冷却系统、1#输送带液压系统、2#输送带液压系统、污土输送带液压系统、转运输送带液压系统、回转污土输送带液压系统、挖掘斗轮液压系统、松渣犁液压系统、整形装置液压系统、清扫轮液压系统、应急泵液压系统13个子系统。

(2) 边坡清筛机的作业流程进行拆解，挖掘-输送-筛分-回填-污土排出-道床整形-轨枕清扫全链条作业，不同作业环节的执行机构对动力需求、动作精度、响应速度的要求差异显著。若采用单一液压回路驱动所有机构，不仅会导致回路复杂、控制精度下降，还可能因某一机构故障影响整体作业。

(3) 液压泵组共包含19个液压泵，每个泵根据所驱动子系统的负载特性、流量需求与控制精度要求，选用不同类型的液压泵（闭式变量泵或齿轮泵），并确定相应的排量参数，确保动力供给与子系统需求精准匹配。如表1

表1 液压泵功能参数表

泵编号	类型	排量 (cc)	最高压力 (bar)	驱动系统
P01	闭式变量泵	100	420	1# 输送带/走行系统
P02	闭式变量泵	100	420	2# 输送带/走行系统

续表:

泵编号	类型	排量 (cc)	最高压力 (bar)	驱动系统
P03	闭式变量泵	100	420	污水输送带/走行系统
P04	闭式变量泵	100	420	转运/回转污水输送带/走行系统
P05	闭式变量泵	100	420	走行系统
P06	闭式变量泵	100	420	走行系统
P07	闭式变量泵	100	420	左侧挖掘斗轮/走行系统
P08	闭式变量泵	100	420	右侧挖掘斗轮/走行系统
P09	齿轮泵	35.8	280	左侧挖掘斗轮辅助系统
P10	齿轮泵	58	280	筛分装置系统
P11	齿轮泵	19.2	210	左侧横向输送带系统
P12	齿轮泵	19.2	210	右侧横向输送带系统
P13	齿轮泵	55	280	液压油循环系统
P14	齿轮泵	58	280	左侧装载机开式系统
P15	齿轮泵	58	280	右侧装载机开式系统
P16	齿轮泵	10.8	210	冷却器系统
P17	齿轮泵	8.3	210	应急泵系统
P18	齿轮泵	35.8	280	左侧筛分车开式系统
P19	齿轮泵	35.8	280	右侧筛分车开式系统

分动箱端口输出功率: 如图3

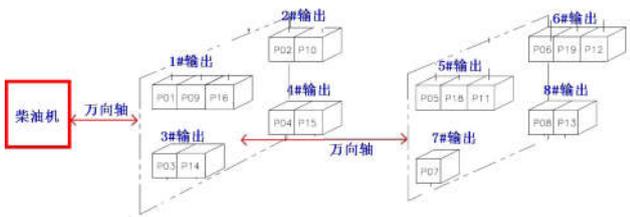


图3 液压泵组输出布局图

- 1#输出 = P01+P09+P16 = 185+45+13 = 243kW
- 2#输出 = P02+P10 = 185+72 = 257 kW
- 3#输出 = P03+P14 = 185+60 = 245 kW
- 4#输出 = P04+P15 = 185+60 = 245 kW
- 5#输出 = P05+P18+P11 = 185+20+37 = 242 kW
- 6#输出 = P06+P19+P12 = 185+20+37 = 242 kW
- 7#输出 = P07 = 185 kW
- 8#输出 = P08+P13 = 185+1 = 186 kW

(4) 分动箱作为连接发动机与液压泵组的核心部件, 其功率分配方案直接决定系统能否在复杂工况下稳定运行。通过计算8个输出端口的功率总和(1#~8#输出功率186~257kW), 最终确定按最大峰值功率设计, 兼容瞬时负载的分配原则。大部分子系统的常规功率消耗稳定, 仅5#~6#输出端(驱动走行+横向输送带+筛分车开式系统)会出现瞬时高功率242kW, 但持续时间仅10秒左右。2#输出端功率最高257kW^[2]。

(5) 功率冗余设计, 保障系统安全运行。所有输出

口按最大峰值功率257kW设计, 核心考量包括瞬时负载兼容, 5#~6#输出端的242kW瞬时功率低于257kW, 按最大峰值设计可避免瞬时负载超过分动箱承载极限。

(6) 作业场景冗余, 设备可在坡道、曲线线路等复杂场景作业, 此时走行系统、挖掘系统的功率消耗会增加5%~10%, 冗余设计可应对场景变化带来的负载波动。后期升级空间, 需对设备进行功能升级, 分动箱的高功率承载能力可避免重新设计动力传递系统。明确19个泵不同时满负载工作, 通过PLC控制系统实现各子系统的时序控制, 避免多泵同时满负载导致发动机过载。

结束语

本文通过介绍边坡清筛机的系统结构, 配备所需的液压驱动。液压系统按照各个机械结构的动作, 应急动作, 安全等各方面考虑。从空间, 标准, 成本等各个维度考虑, 设计出合理, 性能稳定, 质量可靠的液压系统。鉴于该系统在边坡清筛机中的重要作用, 无论是生产人员、调试人员还是用户方, 都得到了认可。实践证明, 该系统改造后, 性能稳定可靠, 操作方便, 适合各种工况, 故障率低, 性能稳定。

参考文献

[1]赵静一,张齐生.液压系统设计与分析[M].北京:机械工业出版社,2018.
 [2]中国铁建高新装备股份有限公司.铁路线路大型养路机械[M].北京:中国铁道出版社,2015.