



# 闸室墙移动模架低坍落度混凝土 整体现浇施工工艺

姚平, 沈菊燕

(中交二航局第三工程有限公司, 江苏 镇江 212021)

**摘要:** 结合京杭运河杭州八堡船闸闸室墙施工的特点, 研制了闸室墙整体浇筑移动模架及皮带机输料系统。高大闸室墙通过移动模架整体支立定型钢模板, 结合皮带机输料系统浇筑低坍落度混凝土工艺, 实现一次性整体浇筑, 避免了分层缝渗水、错台等缺陷, 有效地解决了大体积混凝土采用常规泵送工艺坍落度大易形成裂缝的问题, 提高了施工工效及闸室墙内在和外观质量。

**关键词:** 闸室墙; 移动模架; 低坍落度混凝土; 皮带机输料系统; 整体浇筑

中图分类号: U 615

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)04-0201-06

## Integral pouring of lock chamber wall with mobile mold frame and low slump concrete

YAO Ping, SHEN Juyan

(China Communications 2nd Navigational Bureau 3rd Engineering Co., Ltd., Zhenjiang 212021, China)

**Abstract:** Considering the characteristics of the lock chamber wall in Hangzhou Babao Lock of the Beijing-Hangzhou Grand Canal, this paper introduces a mobile mold frame and belt conveyor feeding system for the integral pouring of the lock chamber wall. A set-shaped steel formwork integrally supports the high lock chamber wall through the mobile mold frame. Meanwhile, the low slump concrete pouring of the belt conveyor feeding system enables the one-time integral pouring of low slump concrete, which avoids water seepage and misalignment of layered joints. The proposed method solves the problem that large volume concrete with a high slump is prone to form cracks by the conventional pumping process, thereby enhancing the construction efficiency and internal and external quality of the lock chamber wall.

**Keywords:** lock chamber wall; mobile mold frame; low slump concrete; belt conveyor feeding system; integral pouring

闸室墙作为船闸通水通航的主要结构物, 具有较高的内在和外观质量要求, 且整体坞式结构闸室墙对防水及大体积混凝土防裂要求高, 因此需采取措施减少混凝土分层及分层缝渗水、漏浆、线形不直等外观缺陷, 大体积混凝土需避免裂缝的产生, 提高闸室墙的抗裂能力, 增加结构的耐久性。

常规闸室墙浇筑采用两种施工工艺: 1) 分段分层浇筑工艺。采用悬臂模板翻模分层浇筑<sup>[1]</sup>, 为减少温度裂缝, 采用低坍落度混凝土, 经自卸

车运输到现场后倒入吊罐, 然后通过履带吊或移动塔吊提起吊罐入仓浇筑混凝土, 此工艺解决了大体积混凝土裂缝的问题, 但分层缝多, 分缝位置易产生渗水、漏浆、错台、线形不直, 外观质量差, 由于分多层浇筑, 两侧闸室墙不同步现浇, 施工期闸室底板的受力不均匀, 且闸墙施工时间长, 工效低。2) 移动模架整体浇筑工艺<sup>[2]</sup>。在闸室设置移动模架, 通过移动模架整体支立高大模板, 之后采用 2 台泵车对称浇筑两侧闸墙, 实现

收稿日期: 2022-07-27

作者简介: 姚平 (1979—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口、航道工程施工管理工作。

一次性整体浇筑,但由于移动模架的影响,无法用吊罐浇筑低坍落度混凝土,采用泵车浇筑混凝土坍落度大、水泥用量多、水化热大、易产生温度裂缝<sup>[3]</sup>,目前国内采用此工艺的闸室墙大多有温度裂缝。

将上述两种工艺的优点结合,既可一次性整体浇筑闸室墙混凝土,提高施工效率,缩短工期,减少分层缝渗水、漏浆等质量通病,又可采用低坍落度混凝土有效减少闸室墙裂缝的产生,显著地提高了闸室墙的内在和外观质量,增加闸室墙的耐久性。本文以京杭运河浙江段Ⅲ级航道整治工程杭州段八堡船闸闸室墙施工为背景,通过移动模架一次性支立高大闸室墙模板,并结合皮带机输料系统整体浇筑低坍落度混凝土,解决了高大闸室墙整体浇筑易产生温度裂缝的难题,形成

了闸室墙移动模架低坍落度混凝土整体现浇施工工艺。

## 1 工程概况

京杭运河浙江段Ⅲ级航道整治工程杭州段八堡船闸工程为京杭运河杭州段新开挖航道建设的关键节点性工程,位于杭州钱塘区头格社区,为京杭运河杭州段新开挖航道的终端,项目建成后,千吨级船舶可从山东直达杭州,通过八堡船闸直接进入钱塘江。主要新建Ⅲ级双线船闸1座,其中闸室采用钢筋混凝土整体坞式结构,单线长310 m,宽23.2 m,底板厚2.5 m,每15 m一个结构段,单线共21个结构段,闸室墙高12.1 m,底宽3 m,上口宽1.2 m,单个结构段两侧闸墙对称浇筑,混凝土浇筑580 m<sup>3</sup>,为大体积混凝土结构,见图1。

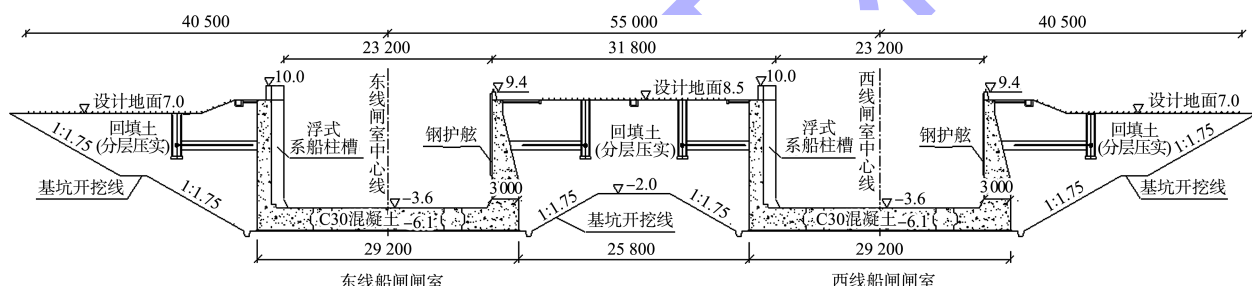


图1 双线船闸闸室墙断面结构(高程:m;尺寸:mm)

## 2 工艺原理

闸室墙移动模架采用轨道自行式框架结构,作为高大闸室墙定型钢模板整体拼装及支撑系统,移动模架组装完成后将闸室墙两侧定型钢模板整体悬吊安装在移动门架主横梁下,钢筋绑扎后,两侧闸墙一次性整体立模并采用对拉螺杆支撑牢固,混凝土浇筑后通过悬挂在移动门架横梁上的葫芦整体拆模,并通过移动模架整体移动模板至下一段循环浇筑。

闸室墙采用6~8 cm的低坍落度混凝土,经自卸车运输,挖机上料,皮带机输料入仓,通过串筒均匀分层布料,实现高大闸室墙低坍落度混凝土整体浇筑。将上料皮带机、跨闸室皮带机、横移分料皮带机组成皮带机输料系统,适用于长距离输送混凝土。

## 3 工艺流程

闸室墙移动模架低坍落度混凝土整体现浇工艺流程见图2。

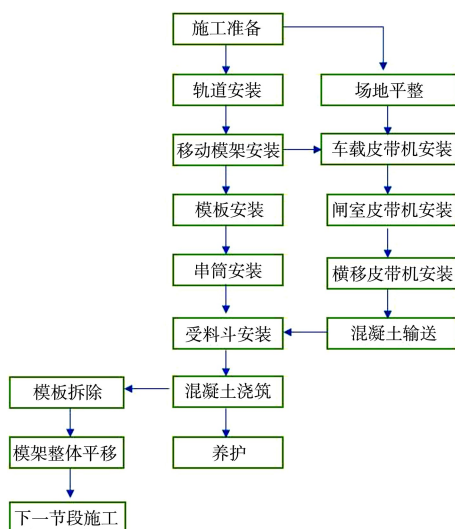


图2 闸室墙整体现浇施工工艺流程

### 3.1 自行式移动模架

移动模架为轨道自行式框架结构,整体宽 35.0 m,长 18.5 m,高 15.9 m,其中主横梁以下净高 15.0 m,配置 2 台行走电机,运行速度 2.5 m/min,主要由车轮组、支腿、主横梁、横支撑、吊梁及各组件组成,并设置有标准的作业平台和上下通道,见图 3。

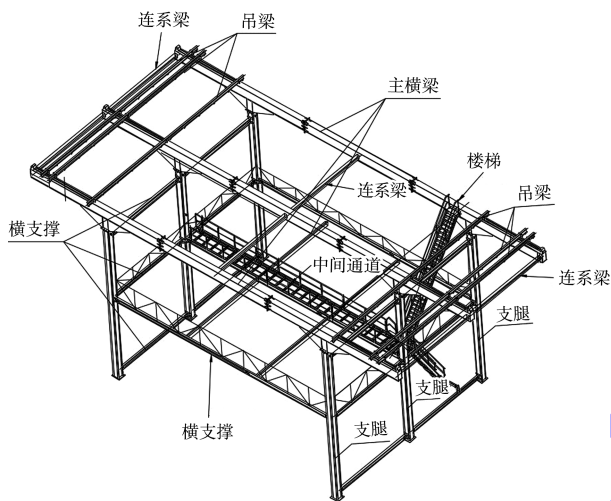


图3 移动模架结构

移动模架安装在闸室底板铺设的钢轨上,由支腿上的车轮组控制模架移动,通过遥控开关控制电动马达驱动车轮组行走。

模架支腿及横梁均采用箱型结构,单排 3 列钢支腿,两侧支腿共 6 条,对称布置,每列支腿上部通过主横梁连接,形成框架结构,模架主横梁顶安装 3 道吊梁,通过滚轮组左右移动,每道吊梁设置 9 个 5 t 手拉葫芦进行模板挂设。高大闸室墙模板通过汽车吊吊装至各个手拉葫芦,然后拼装成 2 片整体定型钢模板,通过手拉葫芦移动吊梁下滚轮组实现模板的整体安装和拆模。

整体模板每片质量为 30 t,4 片共 120 t,为确保移动模架支拆模板的安全稳定,在主横梁上设置移动模架应力监控系统,通过智能化监控平台对横梁的应力及挠度进行实时监控,超过阈值及

时自动预警。

### 3.2 模板整体安装

闸室墙身迎水面、临土面模板均采用整体定型钢模板,面板厚 6 mm,横肋为 [10 槽钢、间距 300 mm,模板竖向背肋为双拼 [18 槽钢、最大间距 1 500 mm。

模板先在闸室拼装台座上安装成 6 块,检测其平整度,合格后再进行整体吊装,模板安装工艺流程为:拼装上层模板→利用模架系统吊至顶部→拼装中层模板→螺栓连接上、中层模板→起吊至顶部→拼装下层模板→螺栓连接中、下层模板→调整模板拼缝、平整度→安装完成。模板采用  $\phi 25$  mm 精轧螺纹钢作为对拉螺杆,提高模板刚度和混凝土表面平整度。

### 3.3 移动模架应力监控系统

闸室墙模板质量为 120 t,通过手拉葫芦悬挂于移动模架 3 根主横梁上,承受模板的全部重力,用有限元软件建模验算模板的强度和刚度,见图 4。为监测移动模架使用过程中最大受力和挠度,防止模架运行或拆模时混凝土对模板的吸附力造成横梁应力和挠度偏大,在受力最大的中间横梁上布设应力和倾角传感器,通过对主梁跨中上、下翼缘板应力、悬臂端变形等关键参数进行实时监测,掌握移动模架受力状态、及时发现潜在的安全隐患,并对超限的监测数据进行实时预警,保证移动模架运行安全可靠,监控系统界面见图 5。

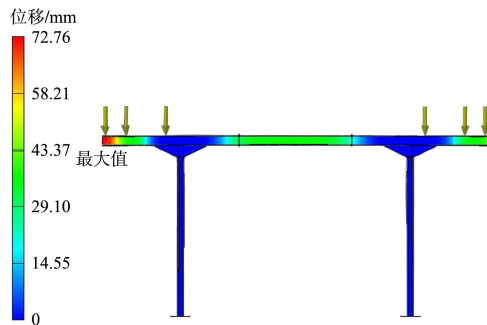


图4 移动模架位移云图

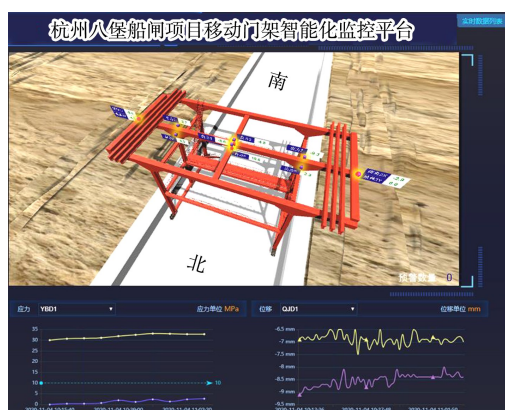


图5 移动模架智能化监控平台

### 3.4 皮带机输料系统

#### 3.4.1 闸墙低坍落度混凝土浇筑工艺比选

常规的低坍落度混凝土浇筑采用吊罐、长臂挖机、皮带机3种工艺。吊罐浇筑工艺受移动模架的影响无法实现；长臂挖机浇筑工艺在长臂挖机举高过程中，挖斗内混凝土料洒落不可行；皮带机浇筑低坍落度混凝土在高度方向上的垂直输送难度较大，高差越大输送的难度越大，高差较小的水平或小倾角输送低坍落度混凝土是皮带机的优势。因此，可将皮带机设置在闸室墙后开挖的边坡顶上，皮带机距离开挖坡顶线3 m，保证边坡的稳定，边坡顶高程6.0 m，闸室墙顶高程8.5 m，高差仅2.5 m。

#### 3.4.2 皮带机输料系统组装

为保证移动模架的稳定、减少地基不均匀沉降，闸室墙两侧墙体需对称同步浇筑。在闸墙后侧

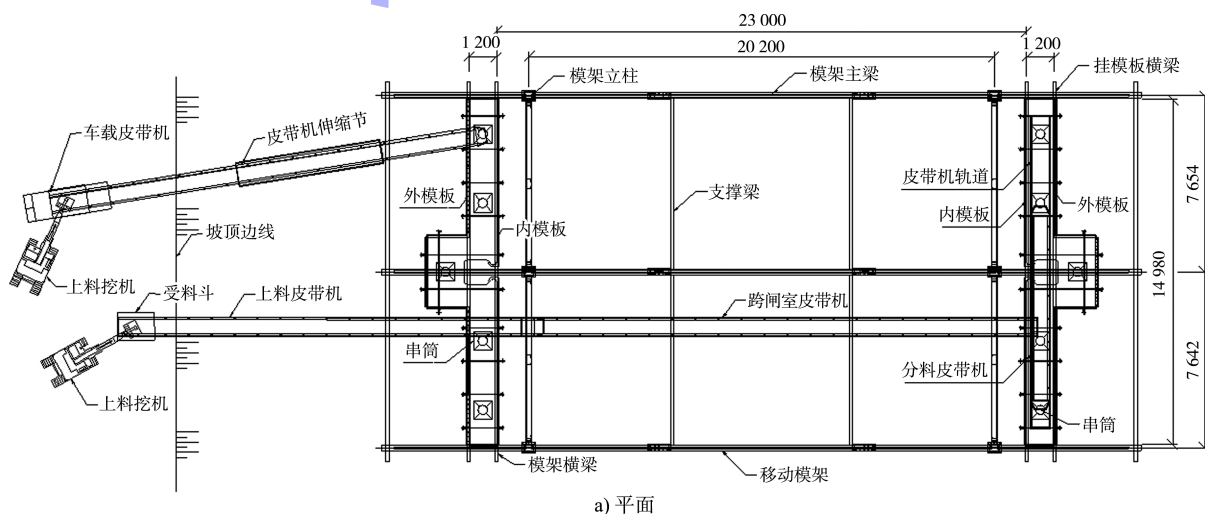
坡顶设置1台18 m跨距车载可伸缩旋转皮带机，通过遥控皮带机分层均匀浇筑靠近边坡侧闸墙；另一侧闸墙输送距离远，采用皮带机输料系统进行供料。

皮带机输料系统包括上料、跨闸室、横移分料皮带机3部分，输送距离达43 m。在闸室坡顶设置上料皮带机、在移动模架上设置跨闸室皮带机、在闸墙顶设置横移分料皮带机组成皮带机输料系统，每个皮带机均可遥控运转，见图6。

1) 上料皮带机采用型钢支架固定于坡顶，在上料端安装受料斗，另一端与跨闸室皮带机连接，用挖机上料。上料皮带机就位前对场地进行平整、压实，下铺10 mm厚钢板，保证地基承载力满足要求。

2) 跨闸室皮带机根据两侧闸室墙的距离制作，采用25 t汽车吊进行吊装，两端固定在移动模架支腿上部连系梁上，中部用 $\phi 22$  mm钢丝绳吊挂在主梁的中部连系梁下，减少皮带机受力挠度。

3) 横移分料皮带机为可移动式双向皮带机，通过双向牵引卷扬机在支撑轨道上移动。安装前先在主梁悬挑端下方设置悬挂架；然后用25 t汽车吊配合将横移分料皮带机安放其中，悬挂于闸室墙浇筑部位上方，并垂直于跨闸室皮带输送机。





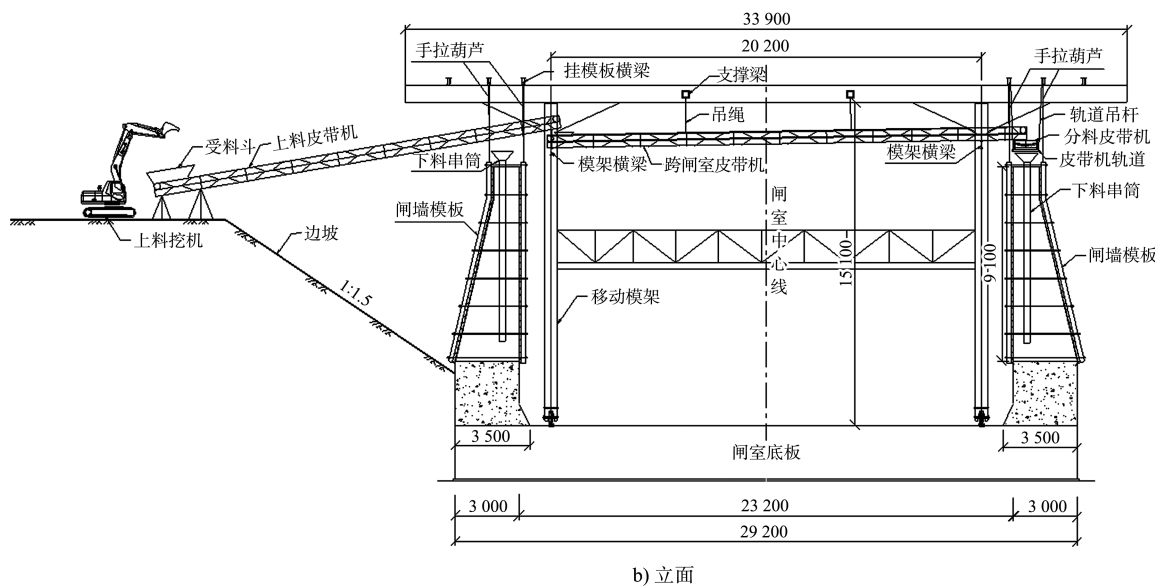


图 6 皮带机浇筑闸室墙（单位：mm）

3.5 低坍落度混凝土浇筑

3.5.1 混凝土配合比

为减小水灰比及水泥用量，降低水化热产

生的温度裂缝，闸室墙采用低坍落度混凝土，坍落度控制在 8 cm 左右<sup>[4]</sup>，闸室墙配合比见表 1。

表 1 闸室墙配合比

强度等级	水胶比	水泥/ (kg·m <sup>-3</sup> )	粉煤灰/ (kg·m <sup>-3</sup> )	矿粉/ (kg·m <sup>-3</sup> )	碎石/ (kg·m <sup>-3</sup> )	砂/ (kg·m <sup>-3</sup> )	水/ (kg·m <sup>-3</sup> )	减水剂/ (kg·m <sup>-3</sup> )	坍落度/ mm
C30	0.47	158	94	63	1162	754	148	2.2	80±20

3.5.2 混凝土浇筑

闸室墙模板支立验收合格后，两侧墙身同时浇筑，靠近边坡侧闸墙由车载皮带机对准串筒受料口均匀布料；另一侧闸墙在闸室墙后坡顶处固定一上料皮带机，其出料口对准跨闸室皮带机受料口，跨闸室皮带机的出料口又对准闸墙上横移分料皮带机。低坍落度混凝土采用小型自卸车运输，通过挖机卸料至上料皮带机受料斗。开启 3 个皮带机进行混凝土浇筑，首先通过上料皮带机将混凝土运送至横移分料皮带机；然后双向牵引卷扬机在支撑轨道上移动，将下料口对准闸墙上设置的串筒均匀布料，一层闸室墙混凝土厚 30~50 cm，来回移动横移分料皮带机，实现闸墙的整体浇筑。

4 应用效果

闸室墙移动模架低坍落度混凝土整体现浇工艺在八堡船闸项目上成功应用，每段闸室墙从模板支

立到混凝土浇筑完成拆模总体施工时间仅需 8 d，较分层浇筑工艺节省 16 d。每段闸墙采用皮带机浇筑混凝土时间仅需 10 h，较吊罐浇筑工艺节省时间 50%。单线闸室墙共 21 段，6 个月完成了全部闸室墙浇筑施工，节省了大量人工、机械设备成本。

东线 21 段闸室墙全部浇筑完成后，统计闸室墙平整度、临水面倾斜、相邻段墙错台等各项指标，均符合设计及规范要求<sup>[5]</sup>，见表 2。低坍落度混凝土整体浇筑的闸室墙无分层缝，表面平整，没有结构裂缝，大大提高了外观和内在质量。

表 2 现浇混凝土闸墙检测结果

检测项目	允许偏差/mm	检测数量/段	合格率/%	备注
平整度	10	21	100	偏差在 5 mm 以内>95%
临水面倾斜	12	21	100	-
相邻段墙错台	5	21	100	-

## 5 结语

1) 闸室墙自行式移动模架整体浇筑低坍落度混凝土的施工工艺在八堡船闸成功应用,减少了分层缝渗水、漏浆等质量通病,有效降低混凝土温度裂缝,增加闸室墙的耐久性。大大缩短了施工工期,提高施工效率,节约成本。

2) 安装应力监控系统通过智能化监控平台对横梁的应力及挠度进行实时监控,增加了施工安全性。

3) 通过皮带机输料系统的组合应用,实现低坍落度混凝土的长距离输送,解决了低坍落度混凝土远距离浇筑难以入仓的难题。

4) 随着船闸高品质要求的提升,采用移动模架整体浇筑混凝土具有施工效率高、安全可靠、内在及外观质量好等优点,且低坍落度混凝土对大体积混凝土结构防裂作用显著。因此高大闸室墙低坍落度混

土整体浇筑施工工艺具有广泛的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 李冰黎,由广君,毛海滨.嘉陵江草街航电枢纽船闸工程模板的设计与施工[J].中国港湾建设,2015,35(2):28-32.
- [2] 陈广明,尚龙.15 m 高船闸闸室墙一次成型施工关键技术[J].中国港湾建设,2021,41(10):60-64.
- [3] 朱平,王海滨,刘宏新.船闸工程闸室侧墙裂缝分析与处理[J].水运工程,2006(8):116-119.
- [4] 中交第二航务工程局有限公司.船闸工程施工规范:JTS 218—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2014.
- [5] 中交第一航务工程局有限公司,福建省交通基本建设工程质量监督检测站.水运工程质量检验标准:JTS 257—2008[S].北京:人民交通出版社,2008.

(本文编辑 赵娟)

# 《加快建设交通强国五年行动计划(2023—2027年)》 印发实施

日前,交通运输部、国家铁路局、中国民用航空局、国家邮政局、中国国家铁路集团有限公司联合印发《加快建设交通强国五年行动计划(2023—2027年)》(简称《行动计划》)。

《行动计划》锚定建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国总目标,持续抓好“两个纲要”和“十四五”系列交通规划落地实施,谋划推进好“十五五”期交通运输工作,推动“三个转变”,打造“四个一流”,构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通运输体系,实现交通运输质的有效提升和量的合理增长,奋力加快建设交通强国,努力当好中国式现代化的开路先锋,为全面建设社会主义现代化国家、全面推进中华民族伟大复兴提供坚强有力的交通运输服务保障。

《行动计划》确定的行动目标是,到2027年,党的二十大关于交通运输工作部署得到全面贯彻落实,加快建设交通强国取得阶段性成果,交通运输高质量发展取得新突破,“四个一流”建设成效显著,现代化综合交通运输体系建设取得重大进展,“全国123出行交通圈”和“全球123快货物流圈”加速构建,有效服务保障全面建设社会主义现代化国家开局起步。

《行动计划》提出十大行动举措,分别为现代化综合交通基础设施建设行动、运输服务质量提升行动、交通运输服务乡村振兴和区域协调发展行动、交通运输科技创新驱动行动、交通运输绿色低碳转型行动、交通运输安全生产强化行动、交通运输开放合作提升行动、交通运输人才队伍建设行动、交通运输深化改革提升管理能力行动、加强党的建设,共包含53项具体任务。

《行动计划》要求,加强组织领导,完善工作机制,加强工作衔接,强化推进实施。加强政策保障,加大政策倾斜力度,做好各行业各专项“十四五”规划中期评估调整、“十五五”规划研究编制、年度重点工作安排等与《行动计划》的衔接。加强实施管理,细化工作方案,切实加强目标管理和过程管理,对《行动计划》目标完成情况、举措落实情况开展定期督查、评估监测。