

文章编号:1006—2106(2001)04—0080—05

群桩高墩大跨刚构—连续组合梁桥快速施工技术

刘金良*

(中铁十八局集团有限公司,天津 300222)

提 要: 本文详细介绍了内昆铁路李子沟大桥综合施工技术,主要有深基群桩快速施工技术、大体积混凝土温度控制与防裂技术、矩形变截面液压提升平台式爬模的研制、加工和施工技术、高墩线形控制技术、高墩大跨刚构-连续组合梁快速施工和合龙技术、机械化综合配套技术等,取得了显著技术、经济和社会效益,为今后类似工程提供了成功的经验,具有广泛的推广应用价值。

关键词: 梁桥; 快速; 施工; 技术

中图分类号: U442 **文献标识码:** A

1 工程概况及特点

1.1 工程概况

内昆铁路李子沟特大桥位于贵州省威宁县境内,全长 1 031.86 m,共 21 个墩台,桥跨布置为 7×32 预应力混凝土简支梁+一联 $(72+3 \times 128+72)$ m 预应力混凝土刚构-连续组合梁+ 8×32 m 预应力混凝土简支梁。^{0#}、1~3[#]墩为明挖扩大基础,其余均为钻孔灌注桩基础。3[#]~7[#]、12[#]为矩形空心墩;8[#]~11[#]为横向弧端形截面空心墩;13[#]~14[#]为矩形实心墩;其余为定型设计。其中 7[#]~12[#]主墩墩高分别为 58 m、70 m、94.5 m、107 m、103 m 和 45 m。7[#]、8[#]和 12[#]墩墩顶设盆式橡胶支座,9[#]~11[#]为墩梁固结,构成刚构-连续组合梁。梁部为单箱单室三向预应力混凝土箱型结构,梁底按二次抛物线设置竖曲线,梁高 4.4~8.8 m,箱宽 6.1 m,顶宽 8.1 m。

1.2 主要工程特点

1.2.1 技术复杂、科技含量高,预应力混凝土刚构-连续组合梁为我国铁路桥梁初次使用,50 根 40 m 长群桩、墩高 107 m、128 m 大跨和五孔一联长达 529.4 m

的刚构-连续组合梁组合于一桥,在中国铁路桥梁史上是罕见的,许多技术问题是以前没有遇到的。

1.2.2 工程量大,工期紧迫。全桥混凝土圬工总量 10.2 万 m^3 ,其主桥近 8 万 m^3 。该桥合同工期为 31 个月,后压缩为 21 个月,其间要跨越两个雨季、两个冬季。工期的大幅度压缩给施工技术、工程管理和资源配置等带了很大难度。

1.2.3 气候恶劣、环境条件差。桥址地处云贵高原,座落在李子沟大峡谷,年平均气温 $10 \sim 12^\circ\text{C}$,极端最高气温 32.3°C ,冬季寒冷,12 月到 1 月经常大雪封山、封路,极端最低气温 -15.3°C ;春季多风,瞬时最大风速为西南风 33 m/s,偏北风 30 m/s;夏季多雨,年平均降雨量 962.3 mm,降雨主要集中在 5~10 月;四季多雾,一年有半多时间大雾弥漫;山高路险,交通不便。恶劣的自然环境给施工造成了很大困难。

1.2.4 地质复杂。桥址位于几条断层附近和李子沟背斜轴部,构造节理特别发育,属第四系坡残积层及冲洪积地层,覆盖土层主要有砂粘土、块石土、断层角砾,厚度 5~30 m。基岩以碳质页岩为主。碳质页岩强度低,遇水遇光风化块,稳定性差。

2 主要施工技术

万方数据

* 收稿日期 2001—09—10 刘金良 高级工程师 男 1966 年出生 中铁十八局集团公司施工处处长

2.1 地场布置

在河谷内修建 1~12 m 钢筋混凝土便桥,线路右侧修建施工便道,贯通全桥所有墩台和作业场所。在 3[#]~4[#]墩、13[#]~14[#]墩间设塔架,布设跨度为 700 m、单钩最大起吊重量为 10 t 的双道缆索吊,覆盖全桥所有高墩。在 5[#]、9[#]、10[#]、11[#]墩分别设附着式塔吊一台;在 7[#]、8[#]、9[#]、10[#]、11[#]墩各设电梯一部;在 10[#]墩右侧设—50 m³/h、9[#]与 10[#]墩之间设—25 m³/h 混凝土搅拌站,用于主桥施工;在 2[#]、3[#]墩间和 15[#]墩右侧各设一小型混凝土搅拌站用于引桥施工。同时对人员驻地、材料存放和加工场地、水、电、通信等进行综合布置。引桥墩用提升架、塔吊提升,主桥用塔吊、输送泵、缆索吊,混凝土运输车。

2.2 群桩施工技术

2.2.1 钻机布置与钻孔顺序。在一个基坑内按图 1 所示布置了 13 台钻机同步作业,采用间隔跳跃式钻孔,以减少钻孔循环次数。循环钻机布置在桥纵向中部缆索吊下,冲击钻机布置在横桥向两端。

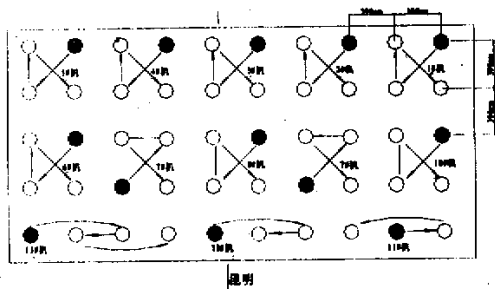


图1 钻孔桩桩位布置、编号和间隔钻孔图(先●后○)

2.2.2 泥浆排放及净化处理。13 台钻机在同一基坑内平行作业产生的大量泥浆,在坑内桩间设置了硬化的网状排泥沟,在坑外设置泥浆净化池。

2.2.3 钢筋笼的制作与安装。钢筋笼最大长度近 42 m,加工、安装按每个桩所处的位置决定,安装全部采用缆索吊,避免了对钻机作业的干扰。

2.2.4 挖孔。以 4~5 人为一小组,利用锹、镐或风镐等工具进行开挖,利用简易绞车出碴,为加快出碴进度,在基坑边设立临时弃坑,定时用机械挖运至弃土场。遇到大的弧石和完整性较好的岩层采用爆破,但严格控制药量,孔深在 3 m 以内采用火雷管起爆,深度超过 4 m 的采用电雷管起爆,孔口覆盖木板防飞石崩出。

2.2.5 护壁支撑。挖孔采用混凝土护壁支撑。护壁厚度,孔深 15 m 以内采用 15 cm;15~30 m 采用 20 cm;31~40 m 采用 25 cm。模板采用钢模,板面采用

0.5 mm 厚的薄钢板,用 $\phi=14$ mm 的二级钢筋作简易桁架式肋骨加强刚度。模板节高 1 200 mm,分四块加工,块间用螺栓连接,组装简便、快捷。在孔内搭设简易平台,通过串筒将混凝土送上平台,再由人工铲入模内。采用 30 mm 的捣固棒进行震捣,保证混凝土密实。

2.2.6 通风和防毒。本桥桩基岩层地质主要为碳质页岩,孔内产生烟尘和有害气体相对较多,尤其是孔内爆破后,排烟困难,采用轴流风机向孔底压风,孔深 15 m,正常情况每 2 h 向孔底压风一次,每次 4~6 min;孔深 30 m,每次通风时间 8~10 min,配备检测 CO 和瓦斯的仪器,经常检查孔内混和气体中 CO 及瓦斯的浓度,如超过 3%,增加通风时间,加大通风频率;如超过 5%,禁止人员下孔,并进行通风,直至符合要求。

2.3 矩形液压提升平台式爬模的设计制造

矩形液压提升平台式爬模由矩形工作平台、导管与顶杆支撑系统、液压动力系统、模板系统及附属设备等组成。其工艺原理为:将液压提升工作平台和模板分成两大相对独立体系,利用顶杆将工作平台支承于达一定强度的墩身混凝土上,以穿心千斤顶、电动油泵作动力装置、通过顶杆提升工作平台,施工人员在吊架上进行模板拆卸、提升、安装等作业。内外模板各设三层,当第三层模板混凝土灌注完毕后,提升工作平台至 1.8 m 高,拆卸并用倒链滑车分四块提升最底层模板到最顶层上,进行安装、校正、然后继续灌注混凝土。就此循环,直至墩顶拆除模板,完成梁部悬臂鹰架的安装,拆除平台

解决的关键技术:

2.3.1 平台抗扭及抗风措施。为了解决平台抗扭及强风影响,设计了抗风架,采用 32 号槽钢四组对称设置在纵向直面内外模上,通过对拉螺栓下端固定在已成墩身的混凝土上,上端用短横梁连接,加剪刀撑稳固。

2.3.2 模板收坡设计。为保证墩身外观质量和线形,模板设计成固定模板和抽动模板,模板分三节,每节高 1.5 m,按每爬升一次周长的变化,只需调换变化的角模,其余固定不动,与之匹配,内外围带连接孔也按相同规律布孔,组合尺寸准确,操作简便。

2.3.3 墩身圆弧端形侧模板加工。由于圆端型桥墩两侧圆弧部分侧模板是空间斜圆柱面,面板下料较难控制。采用剪板机直接下平行四边形面板,侧模板加工过程中,进行严格选料,模板的四边按刨边处理,组焊时精确的做工装,出厂前进行试拼,对接缝缝隙和错台超过《钢结构工程施工及验收规范》的作进一步修整,模板运至工地,工厂派人指导组装,加工的侧模板与设计圆弧线相吻合。

2.3.4 墩身弧端侧围带加工。墩身弧端侧围带是一段圆弧曲线,设计使用两根 $\square 16$ 型钢,实施中采用了钢板组焊替代型钢工艺,其要点:

2.3.4.1 组成型钢的一片钢板用自动火焰切割机仿形下料成圆弧形;

2.3.4.2 另外两片钢板用剪板机下料,然后用光板机卷弯;

2.3.4.3 将三片钢板在胎具上校正,并焊接成型;

2.3.4.4 冷却后再校正。

加工成型的弧端侧围带弧端形侧模板一起进行试拼装,再校正,吻合良好。

2.4 矩形液压平台式爬模快速施工工艺与关键技术

采用矩形液压平台式爬模快速施工圆弧端截面超百米高墩,在技术上必须对制约工期的关键工序进行创新。在实施中,主要解决了以下几个关键技术:

2.4.1 第一层墩身模板的组装。先对基顶墩底外围线进行抄平、调平,达到数点相对高差 ≤ 2 mm后,再准确划出截面框线,测出墩纵、横中心线,按模板块度尺寸在框线上分划点,按排板图确定模板的拼装顺序,从纵、横中心点起,依次组装模板。模板合龙后还要再进行抄平、校正,当模板顶标高 ≤ 2 mm,对角线误差 ≤ 5 mm后,上紧所有连接螺栓和围带钩头螺栓。

2.4.2 平台组装就位。液压平台横梁长 30 m,由三段 $\square 20$ 的槽钢组成,拼装时先摆好纵梁并调平,然后摆放横梁,上好螺栓。按千斤顶位置在墩壁内精确预留导管插入孔,在平台上安装好导管连接座,为使平台受力均匀,插入导管前要调整导管顶标高保持一致。采用双绞索吊吊装。平台吊装就位用 1~2 h。

2.4.3 模板提升与装配

2.4.3.1 模板解体:拆除拉杆模板脱模后,将模板及其围带解体成 4 大块;

2.4.3.2 模板提升:先将拆下的模板提升到相邻的上节模板处,提升工作通过悬挂在平台纵横梁的多个倒链进行;

2.4.3.3 模板装配:弧端模板和直面固定模板直接提升到原位安装,根据排板图对称抽换角模,模板上口周长与墩身对应截面周长相一致。

2.4.4 模板提升后的混凝土灌注。液压平台式爬模快速施工要求,从混凝土灌注开始 1 h 后要爬升工作平台,混凝土初凝时间要长;灌完混凝土后停止爬升工作平台的时间要短,混凝土的终凝时间要短。混凝土配制时掺加高效减水剂,制成流态混凝土,以改善混凝土和易性和缓凝性能。流态混凝土每板灌注高度控制在 1.2 m;最后一层 30 cm 掺加高效早强减水剂,混凝土

坍落度小。

2.4.5 钢筋接长。钢筋双层,直径 $\phi 25$,焊接工作量很大,钢筋按 3 层模板 4.5 m 高为一循环设置,每板接长 1/3。

2.4.6 墩顶施工。墩顶附近的结构复杂,有进入洞、永久检查梯、梁部施工外部悬臂膺架顶埋件、内部梁顶托架牛腿等。

2.4.7 冬期施工措施

2.4.7.1 砂石料加热:安装一台 1.0 m³ 的蒸汽锅炉,保证入模温底不低于 10℃;

2.4.7.2 墩身保温:用铁皮将外吊架密封至平台以上 1.2 m,吊架内安放 50~60 个蜂窝煤炉,加上一定数量的碘钨灯,混凝土表面用棉被覆盖。

2.4.7.3 混凝土内部安装散热管,注入凉水循环,降低混凝土内部热量,减少内外温差,保证其差值 < 25 ℃,防止混凝土开裂。

2.5 大跨刚构-连续梁组合梁快速施工

为了实现快速施工,对制约工期的关键工序的施工方法和工艺进行了优化。

2.5.1 0# 梁段施工。0# 段长 12 m,高 8.8 m,悬出墩外侧达 2 m,混凝土 360 m³,是梁部施工难度最大、施工时间最长的梁段。0# 梁施工布置见图 2。

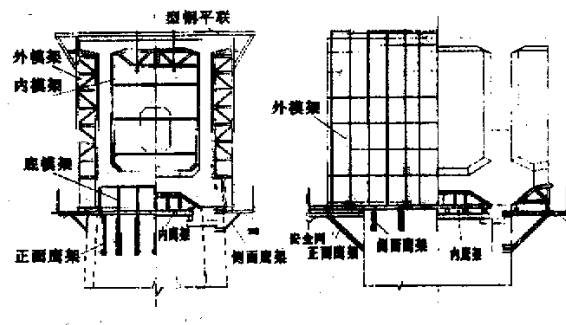


图 2 0# 段施工布置图

2.5.1.1 内部膺架:刚构墩内梁底设内部膺架,墩顶设钢牛腿,牛腿上安装型钢梁,梁上立型钢柱、分配梁,铺设模板。利用墩身施工的液压平台,用塔吊单根吊装型钢梁就位,安装速度快,安全;

2.5.1.2 外部膺架是支承梁两边悬出 2.0 m 的模板、底模架和混凝土的重要结构,悬臂膺架采用两根 20 号槽钢加工成三角形桁架,为减少非弹性变形,膺架接点全部采用焊接连接,墩身每侧设 7 片增大刚度。在墩身顶的外侧面预埋带螺母的锚板,螺栓连接即可完成膺架的安装;

2.5.1.3 顺桥向悬臂端底模板,采用板面为 4 mm 厚

的大块钢模板,提前在地面组拼,与底模架连成一体,整体吊装就位;

2.5.1.4 外侧模板。利用挂篮外模,4.5 m+3 m+4.5 m 分单元组拼,外侧模架用 12[#]槽钢组焊,外模架与外模板提前拼装,按单元成对用缆索吊双钩吊装就位;

2.5.1.5 内模板。除梗肋部分作特殊加工外,其余全为组合钢模板;

2.5.1.6 灌注混凝土。预应力筋布置复杂、非预应力筋密集、要求一次灌注成型。采取在混凝土中掺加缓凝剂,缓凝时间为 8 h,混凝土的坍落度控制为 14~18 cm。灌注平台设在连接外模架的型钢上,采用缆索吊提升。0[#]梁段施工用 23 天时间。

2.5.2 1[#]梁段施工

挂篮在工厂进行刚度试验,测出弹性变形与非弹性变形值。挂篮安装在 0[#]段完成并安装完底板后进行。底板和主桁架提前在地面拼装,缆索吊吊装就位。

外模架及外模板以 0[#]梁段两端 4.5 m 为单元,用缆索吊与倒链滑车可实现快速向 1[#]梁段滑移就位;内模架顶部设计成活动可调,撑杆设伸缩灵活的可调丝杆,挂篮组装就位后,穿入内滑梁,用倒链滑车可快捷滑移到位,调整后即可进行钢筋绑扎、灌注混凝土等作业。1[#]梁段施工共用 7 天。

2.5.3 循环段施工

循环段施工通过对内模架连接方法的改进,使内模架能在内滑梁上自由滑移,实现快速脱模与快速就位,波纹管防堵塞和用卷扬机牵引长束绞线等技术,节省了时间加快了施工进度,全桥纵向 510 根管道,未出现一次堵塞,把挂篮施工速度提高到 5 天一段。

2.5.4 合龙段施工

本桥 5 个合龙段,合龙段为第 17[#]梁。在 16[#]梁顶、底板各预埋 4 块构件,在 9[#]与 10[#]、10[#]与 11[#]T 构间的 16[#]梁增加顶座及后撑,用于刚构梁合龙时顶梁。合龙施工体外支撑用 25 号槽钢,体内采用临时钢绞线束,配重采用道碴,模板用挂篮。9[#]与 10[#]T 构、10[#]与 11[#]T 构间的中跨合龙因为 T 构之间龄期差别较大需要顶梁,顶梁完成后,才将内模滑出→所有吊带、吊杆打紧—模板紧贴已浇梁段混凝土—穿入钢绞线→体内体外锁定—配重→完成灌混凝土前的所有工作。浇注时间选在一天的最低温度时,浇注过程中,每浇注 5 t 混凝土,对合龙段两侧配重道碴各卸去 2.5 t。三天混凝土强度达到 80% 以上后,拆出底板、顶板的锁定撑梁,对合龙束进行补充张拉、压浆。

按照上述方法,一个合龙段 5~7 天,实现了合龙快速施工。

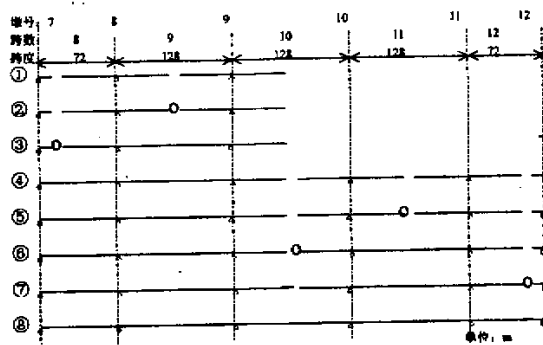


图3 主跨合龙顺序

注:①完成 7[#]墩顶梁段、8[#]、9[#]T 构;②第 9 跨合龙;③第 8 跨合龙;
④完成 12[#]墩顶梁段、10[#]、11[#]T 构;⑤第 11 跨合龙;⑥第 10 跨合龙;
⑦第 12 跨合龙;⑧拆除 8[#]墩临时固接,放松为活动支座。

3 采用的研究试验方法

3.1 液压爬升系统的爬升试验

通过对穿心千斤顶的分级负重爬升试验,检测各千斤顶及整个操作系统的性能,以确定限位板安装高度,保证平台的调平和稳定爬升。

3.2 模板组拼检验

出厂前对模板进行组拼,测量组拼后各部位的尺寸,检测模板整体刚度,以检验加工精度,验证设计效果,保证墩身施工质量。

3.3 挂篮刚度试验

挂篮在工厂进行刚度试验,分 6 级加载、2 级卸载。通过加载实验测定挂篮的弹性变形和非弹性变形值,检验各部件的连接情况,测定施工数据,为安装挂篮预留沉落量提供依据。

3.4 缆索吊自动限载

缆索吊在安装完毕后,除完成静载、动载试吊外,为保证缆索吊在各种工况下的安全运行,还必须给卷扬机安装自动限位(吨位)装置,并对其自动限位装置进行检验。

3.5 电梯安全试运行

电梯在正式运行前要进行各种试验,包括坠落试验、上下限开关检验、试运转检验,确保作业人员的安全。

3.6 施工阶段抗风研究

根据风荷载的特性,结合有关国家规范,对施工过

程中桥梁主体结构及临时结构进行抗风检算,根据检算结果采取相应措施,保证全桥施工抗风的安全性。

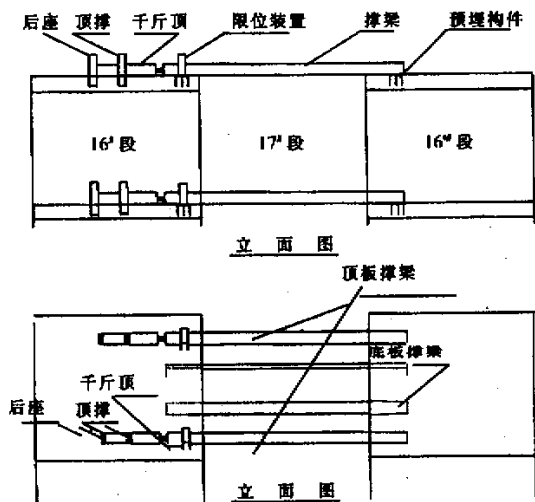


图 4 合龙段顶梁构件布置图

4 结论与思考

4.1 采取一墩布置多台钻机同步作业,坑内设置网状排水沟,坑外设循环泥浆池,缆索吊下钢筋笼等措施,50 根群桩成桩不超 4 个月。挖孔成桩:采取全孔齐挖不循环,微型电钻打眼小爆破,通风机排烟,边挖边护壁,强化现场管理抓“三防”等措施,50 根群桩成桩不过 80 天。

4.2 采取用水化热低的矿渣 425[#] 水泥,掺加活性混合材料粉煤灰,掺加 HB-2 型缓凝剂,对骨料进行冷却,“斜面分层、薄层浇注、连续推进、一次到顶”的浇注工艺,“内排外保”,减少混凝土内外温差和用干净的砂、压力水冲洗粗骨料等综合措施,使一次连续灌注 3 403 m³ 的大体积承台,没有发生开裂。

4.3 采用 32 号槽钢立柱与剪刀撑构成的抗风架,解决了平台的抗风与抗扭,从墩顶往下按坡率和模板每爬升一次周长的变化,外模板设计为固定与抽动两种模板,墩身竖向板缝从顶到底一条线,保证了墩身外观质量和线形的美观。

4.4 31.276×10.665 m 平台用双钩缆索吊吊装快速就位,模板及其围袋按四面解体,1~2 h 完成模板快

速爬升、快速组装,吊架外用铁皮密封至平台以上 1.2 m,吊架内摆放 50~60 个蜂窝煤炉加一定数量的碘钨灯提高墩周环境温度,进行墩身冬季施工。

4.5 利用平面控制网+竖向铅直仪、全站仪综合方案,解决了高墩快速施工夜间和雾天作业与墩身线形控制工作之间的矛盾,可以在夜间,雾天进行放样作业,精度可靠。

4.6 零号段悬臂膺架采取加大刚度措施,简化了施工程序,零号段模板分单元吊装就位,缩短了组装时间,1[#] 梁段挂篮底板和主桁架分单元整体吊装,外模板从 0[#] 梁段实现快速向 1[#] 段滑移就位,循环段通过对内模架连续方法的改进,使内模架能在内滑梁上自由滑移,实现快速脱模与快速就位,波纹管防堵塞和用卷扬机牵引长束钢绞线等技术,节省了时间,加快了施工进度。

4.7 通过分析影响因数,精确调整计算值,严密观测及采取有效的技术措施,较好地掌握了铁路高墩大跨刚构-连续组合梁悬灌线形控制技术,完成的梁体线形良好,合龙相对高差主中跨为 4 mm,边中跨分别为 1 和 7 mm,边跨 3 和 8 mm,中线偏差小于 5 mm,符合规范要求,梁底曲线圆顺,梁面顺直,线形美观。

4.8 根据机械设备的配套原则和各相关条件,通过对主要机械设备的性能分析,技术选型及需用量计算和在施工中以贯彻 ISO9002 标准为切入点,狠抓机械设备配套技术的规范化管理,细化操作技术,量化技术指标,强化作业细则,形成了一套具有一定系统性和科学性的大型机械设备配套化技术。

4.9 合同工期为 32 个月,后调整工期为 21 个月,1999 年 4 月开工,2000 年 10 月完成全桥施工,施工工期为 19 个月,提前两个月完成了施工任务,确保了昆铁路总工期目标的实现;墩身线形、梁部线形控制良好,全桥混凝土质量达到内实外美,为创优、争鲁班奖奠定了基础,深受建设、监理、设计单位的好评;全桥未发生因工亡人和重伤责任事故和重大机械事故,实现了安全生产目标;这套技术适用于同类复杂桥梁的施工,具有较高的应用价值和较为广阔的应用前景。严格遵照环境保护法,施工弃碴、施工垃圾统一堆放处理,钻孔桩泥碴及其废水都经净化后排入河沟,为今后环境保护、水土保持提供了经验。

4.3 快慢车开行方案综述

从以上两个车流组织方案可以看出,在 Q 站至 Z_2 站间快慢车混合运行,从车流组织上分析是可行的。不同的开行方案,慢车(或部分慢车)在越行站停车 4 min,降低了部分列车的服务水平。为了提高服务水平,在东西延伸段考虑快慢车共线运行的方案。快车由 Z_2 直达 Q 站中间不停车,旅速达 64 km/h,慢车沿线各站均停车,服务于短途旅客。同样在 A 站开行直达快车至 F 站。

5 结束语

在大城市的中心城与卫星城之间的轨道交通线组织快慢车共线运行,不仅是必要的而且是可行的;既可以有效地缩短直达旅客的旅行时间,提高服务质量吸引更多的客流,又可以加速列车周转,减少车辆购置费,降低运营和维修成本,对运输企业经济效益的提高是显而易见的。可充分发挥轨道交通安全好、运量大、速度快、时间准、污染轻的优越性。

EXPLORATION ON ORGANIZATION OF TRAIN OPERATION FOR URBAN RAIL TRANSIT

WANG Yin-fu, LEI Zhi-hou

Xi'an Branch, First Survey and Design Institute of MOR

Abstract: The organization works of passenger train operation for large-scale urban rail transit during the earlier stage of construction should be designed according to the organization of running the express trains and the slow trains. This method may create an excellent "hardware" environment for operation departments to raise their service level. The division of running the express trains and the slow trains is aimed at running slow trains to satisfy the requirement of passengers along the rail lines up and down the trains, while running express trains to satisfy the requirement of the "long-legs" passengers up and down the trains between the surrounding cities and the surrounding cities with the central city. The basic service purpose of urban rail transit is aimed at to satisfy the requirement of different travelling distances and to shorten the travelling times.

Key words: urban rail transit; running express trains and slow trains; exploration

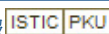
(上接第 84 页)

LIU Jin-liang

China Railway Eighteenth Engineering Bureau(Group)Co

Abstract: The article gives a minute description of the comprehensive construction technology of Lizhigou Bridge in Nei-Kun Railway Line. The main introduction includes the quick construction technology for deep foundation mass piles, the temperature control and preventing breaking technology for mass concrete, the prepare, manufacture and construction technology of rectangular variable cross section hydraulic lifting platform climbing frame, the line model control technology for high pier, the quick construction and joining technology for rigid frame-high piers, the technology of mechanization of comprehensive and complete sets, etc. It has achieved famous technologic, economic and social benefit, and provided successful experience for the future similar projects. It was worth to spread and apply widely.

Key words: beam bridge; quick; construction; technology

作者: [刘金良](#)
作者单位: [中铁十八局集团有限公司](#),
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF THE RAIL WAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2001 (4)
被引用次数: 1次

本文读者也读过(10条)

1. [潘子申](#), [潘柳萍](#), [萧子渊](#), [PAN Zi-shen](#), [PAN Liu-ping](#), [XIAO Zi-yuan](#) 液压连续提升器中锚具液压缸联接定位机构的改进[期刊论文]-[流体传动与控制](#)2004(5)
2. [李海亮](#), [米智楠](#), [LI Hai-liang](#), [MI Zhi-nan](#) 连续式同步提升液压系统的失效分析[期刊论文]-[流体传动与控制](#) 2008, 29(4)
3. [莫天玲](#), [孙毅峰](#), [周庠天](#), [刘文](#), [雷益](#) 液压提升在连续板梁同步转体提升中的应用[期刊论文]-[施工技术](#)2004, 33(7)
4. [何振起](#), [李海](#), [梁彦忠](#), [HE Zhen-qi](#), [LI Hai](#), [LIANG Yan-zhong](#) 利用地震反射法进行隧道施工地质超前预报[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2000(4)
5. [潘柳萍](#), [米智楠](#), [PAN Liu-ping](#), [MI Zhi-nan](#) 连续式液压提升器优化设计[期刊论文]-[建筑机械\(上半月\)](#) 2007(5)
6. [《铁道工程学报》投稿须知](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2009(1)
7. [李志涛](#), [萧子渊](#) 液压连续提升与下降技术的研究[期刊论文]-[液压与气动](#)2004(8)
8. [赵国利](#), [ZHAO Guo-li](#) 桥梁承台大体积混凝土施工中的温度测控及防裂技术[期刊论文]-[铁道工程学报](#)2005(2)
9. [田家琳](#), [侯德群](#), [李水明](#), [Tian Jialin](#), [Hou Dequn](#), [Li Shuiming](#) 滑模工艺在高桥墩施工中的应用[期刊论文]-[施工技术](#)2008, 37(6)
10. [潘柳萍](#), [米智楠](#), [PAN Liu-ping](#), [MI Zhi-nan](#) 液压提升器连续升降的机理分析[期刊论文]-[建筑机械\(上半月\)](#) 2007(2)

引证文献(1条)

1. [李永斌](#) 大跨径刚构—连续组合梁桥结构计算与预应力损失研究[学位论文]硕士 2005

引用本文格式: [刘金良](#) 群桩高墩大跨刚构—连续组合梁桥快速施工技术[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2001(4)