

隧道内长枕埋入式无碴轨道施工工法

(TGJGF-03·04-47)

中铁三局集团有限公司

一、前言

2002年在秦沈客运专线沙河特大桥上成功铺设了长枕埋入式无碴轨道。为进一步扩大长枕埋入式无碴轨道的适用范围,解决长大隧道维修困难的问题,铁道部于2001年下达科研开发项目“隧道内长枕埋入式无碴轨道的试验研究”,由铁道科学研究院、铁道第二勘测设计院和中铁三局集团联合承担。

中铁三局集团在我国无碴轨道前期研究和类似工程施工的基础上,参考国外施工经验,对隧道内长枕埋入式无碴轨道施工技术开展了深入研究,经过在渝怀铁路鱼嘴二号隧道内的施工实践,总结完善形成本工法。

二、工法特点

1. 针对隧底不同的岩层情况,采用精确控爆、加强排水、彻底清渣、混凝土快速封闭施工等一系列完整严密的施工工艺,确保了道床板下基础工程质量。

2. 自主研发的专用铺装定位龙门吊、专用轨排运输平车和轨排支撑架等施工设备和机具,结构新颖,操作方便。

3. 研发了一套实用、高效的轨排精确测量调整控制技术,建立起满足粗、精调要求的基标系统,提出了相应调试方法。

4. 开发了工艺先进的“分离移动式混凝土拌合、泵送系统”。

三、适用范围

适于高速铁路、客运专线长大隧道和城市轨道交通工程。对桥梁、车站、石质路堑地段的长枕埋入式无碴轨道施工和整体道床施工有参考价值。

四、工艺原理

轨排生产、存放基地、混凝土搅拌站安设在隧道一个洞口附近,通过临时轨与道床板上工具轨顺接。道床两侧铺设专用铺装定位龙门吊走行轨。轨排由专用轨排运输车沿道床工具轨运至铺设部位,由龙门吊起吊铺设,然后安设轨排支撑架,利用精确控制测量技术调整轨排位置。专用混凝土运输车沿工具轨走行至施工位置附近,通过安置在专用轮对上的移动式混凝土泵车近距离泵送、浇筑道床板。道床板施工完成后,进行无缝线路施工,并精调轨道几何形位。

五、施工工艺

(一) 工艺流程(见图1)

(二) 施工准备

组织现场调查和设计图纸会审,编制实施性施工组织设计。

对交接的隧道两端洞口的导线点和水准点进行贯通测量,并按设计要求埋设基标。

平整场地,布置轨排生产基地和混凝土拌合站。

(三) 施工方法

1. 隧底基础施工

隧底开挖时,应根据地质情况选择合理的施工方法。若采用钻爆法,必须进行爆破试验,并严格控制钻孔的外插角、钻孔深度和装药量。对于软弱泥岩,为防止爆破破坏隧底基岩,隧道全断面开挖时,下部预

留 40cm 左右,主断面开挖后再用风镐开挖。

对于隧底基岩遇水弱化和车辆碾压对基岩的不良影响,施工中从两方面入手解决:一方面,在隧道内建立了完善的排水系统,仰拱和铺底开挖前,在来水方向设围挡,水流过大时利用管道或水槽通过仰拱施工地段,开挖后,在低洼处设置集水坑和横向水沟,及时抽排,在隧道围岩渗水处和泉眼处设置集水坑或接软管,及时抽排水,将施工面水流及时排出,确保施工面无积水;另一方面,仰拱铺底衬砌紧跟开挖工作面,仰拱铺底采用栈桥法施工。仰拱和铺底开挖后出渣时要彻底清除浮渣、松岩和积水。岩石破碎地段,隧底处理后及时用混凝土封闭。然后铺设钢筋,浇筑仰拱及填充或铺底混凝土。避免车辆在隧底直接碾压。

2. 轨排组装

轨排生产场地采用厚 5cm C20 级混凝土硬化。钢轨、轨枕及扣件等材料进场时须严格检验,合格后分类吊卸、堆码在堆放场内。根据轨节表编制轨排组装计划。人工配合龙门吊组装轨排,钢轨、轨枕吊运和组装严格按相关技术标准和操作规程进行,确保轨枕间距、方正及扣件的正确安装。轨排组装完成后进行检查验收,合格后按编号顺序堆放。

3. 精确测量控制施工

施工采用自己研发的能确保轨排铺设精度的测量控制施工技术。该技术包括:

(1) 建立一套能满足精度要求的基标系统 方向控制基标设置在线路中线上。方向加密基标设置在道床外侧:现场在距中线 1.48m 处两侧分别埋设加密基标点,纵向间距 2.5m。测量仪器采用捷创力 620 型全站仪,基桩采用中心刻画十字丝的长 25cm 的 $\phi 14$ 钢筋。基桩顶端应略低于隧道铺底面以免碰撞。

水准控制基标设置在水沟边墙上,间距 15m,钢筋端头高出混凝土面 2cm 左右。水准加密基标与线路左侧方向加密基标统一设置。测量仪器采用精密水准仪和铟钢塔尺,测量时前后视距离应大致相等,其差不宜大于 10m。

考虑后期轨排调整过程中的简易性和实用性,利用水准基标点在隧道壁上定出内、外轨顶面线,用墨线沿隧道全长弹出。利用方向基标点定出线路中线法线点,在施工过程中控制轨排端头方正,并可以此确定轨排就位时中线点里程。施工现场的做法如下:两人同时在线路两侧方向加密基标点上吊垂球,两人拉无弹性细线连接两吊点,并延伸至隧道壁上作点,每边在两个不同高度上各作一个法线点,并竖向用墨线弹出。

(2) 根据不同施工阶段要求,不同作业人员采用粗、精调两种控制标准进行作业 作业班组按方向→

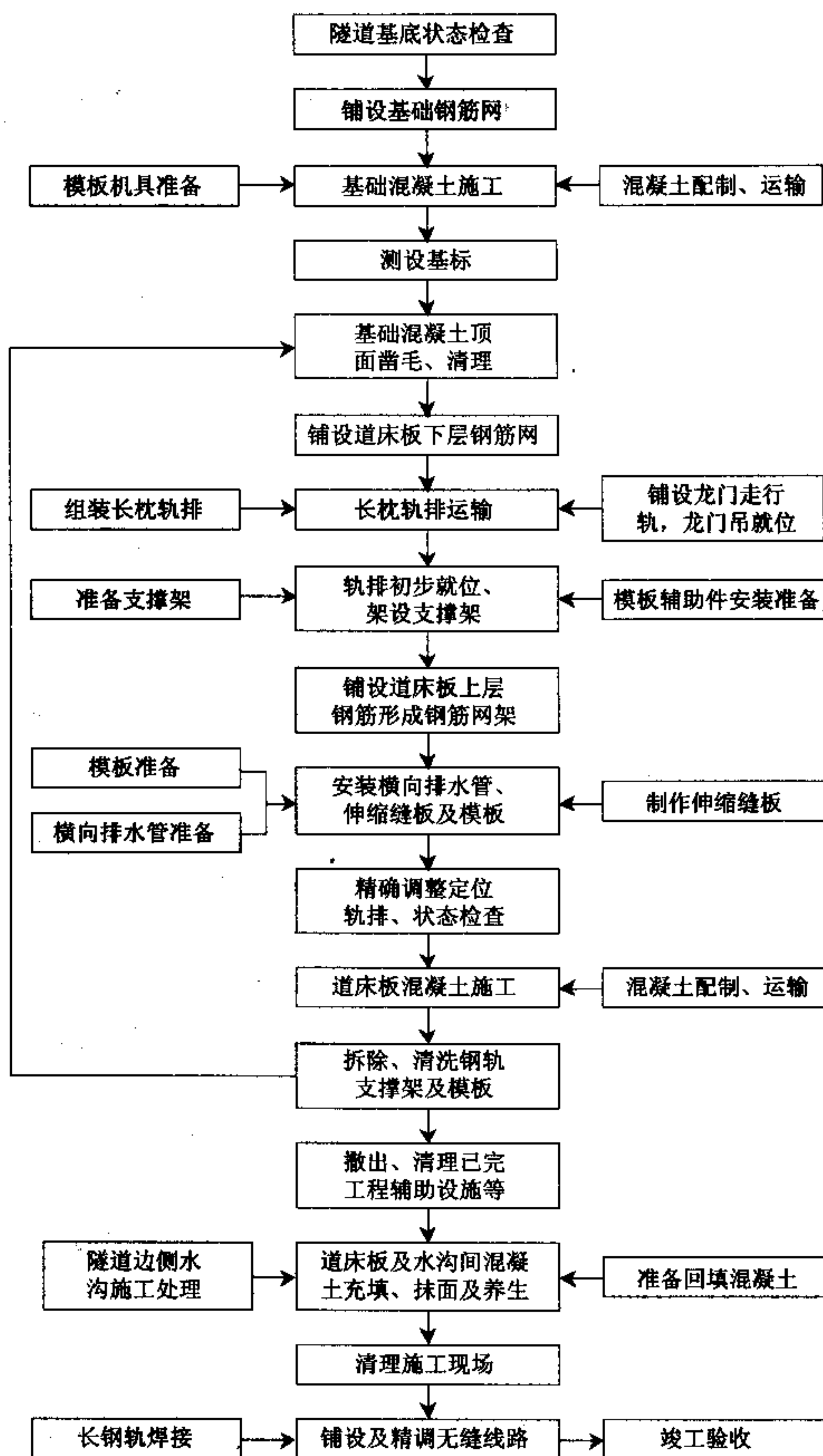


图 1 施工流程

水平→方向→水平的顺序进行两次轨排粗调,为绑扎钢筋和支立模板创造条件。轨排方向测量方法如下:在方向加密基标点上吊垂球,采用检验合格的钢尺或钢卷尺,测量基标点与钢轨外缘之间的水平距离与设定距离比较,根据其差值采用起道机横向调整轨排。轨排方向调整后,通过调整轨排支撑架支腿竖向丝杠调整轨排水平,方法如下:以隧道边墙上的内外轨顶面线为基准,两人牵拉无弹性细线,一人观察水平拉线与钢轨顶面相对位置。在曲线地段,可连线外轨顶面,在内轨顶面处检查线下距离,根据超高值进行调整。采用相同方法进行第二次粗调作业,达到钢筋绑扎及支模要求。现场粗调轨排高程和中线偏差控制在10mm。粗调由作业班组进行。

钢筋绑扎和模板支立结束后,技术人员采用精密水准仪和铟钢塔尺按水平→方向→水平→方向→水平→方向的顺序对每个调整架处钢轨顶面高程进行检查,利用轨排支撑架支腿竖向丝杠调整轨排超标处的高程。然后用全站仪在方向控制基标上支镜,后视远方控制基标点,测量轨排支撑架处前视点位置与轨排中线位置偏差。现场在前视点吊垂球,测量钢轨内缘至吊点的水平距离。通过调整轨排支撑架横向水平丝杠精确调整轨排中线方向。然后进行第二遍精调作业,混凝土浇注施工前,还应进行一次精调复测。浇注过程中,全过程监控轨排方向和水平,监督现场对轨排的扰动情况,发现中线、水平超标必须立即处理。保证轨排架设达到设计精度。

4. 混凝土施工

采用“分离流动式混凝土拌合、泵送系统”进行混凝土施工,即在洞外设置混凝土拌合站,采用专用混凝土运输车,利用洞内已成型无碴轨道工具轨进行有轨运输,通过移动式泵车近距离泵送。

道床板混凝土施工包括隧道内基标测设、专用龙门吊走行轨铺设、隧底基础顶面凿毛及清理、底层钢筋绑扎、龙门吊吊运轨排就位、鱼尾板联结轨排、调整架吊运和安装、粗调轨排几何形位、轨距和轨枕间距检查和调整、轨枕纵向联结钢筋就位、PVC管和道床施工缝板安装、顶层钢筋绑扎、上下层钢筋连结、模板支固、安装拖式混凝土泵输送管、精调轨排几何形位、模板位置调整、轨排几何形位复测、混凝土轨枕润湿、轨枕纵向钢筋孔堵塞、混凝土浇注、轨排几何形位监测、抹面、养生、走行轨拆卸、吊运及安装等诸多工序,各工序需合理安排,情况允许时应尽可能安排并行施工,以提高工效,缩短工期。

5. 过渡段施工

过渡段施工严格按照设计要求和相关技术标准进行。轨排铺设前,分三次上碴碾压。铺设后,及时上碴整道,拨顺轨道方向,消灭反超高及三角坑,确保施工质量。

6. 无缝线路施工

施工采用长钢轨换铺法。在道床板上放置滚轮,利用长轨推送装置将长轨推送就位。将长钢轨放散、焊接、锁定为无缝线路。应力放散时,先拆除扣件,将滚筒垫置在钢轨下部,借助撞轨器撞击钢轨,使钢轨内部应力迅速、均匀、彻底放散,钢轨经撞击回弹后,应目视顺直。锁定焊接前必须进行型式检验,焊接作业严格按操作规程进行。落槽锁定时,各小组锁定人员迅速撤除滚筒,安装弹条,以保证锁定后钢轨内部应力均匀。左右股钢轨放散、焊接、锁定宜交叉进行,保证轨温差不大于3℃,接头相错量不大于100mm。

六、机具设备(见表1)

表1 机具设备

序号	设备名称	规格型号	数量	备注
1	装配龙门吊	$L_p = 12\text{m}, 150\text{kN}$	2台	洞外设备
2	主、从动运轨排车	90t	2台	洞内设备
3	专用铺装定位龙门吊	$L_p = 3.2\text{m}, 100\text{kN}$	2台	洞内设备
4	调整架	3.1m×1m	42件	
5	混凝土搅拌站	50m ³ /h	1座	
6	专用轮对	自制	1台	
7	直轨器		2台	
8	直角道尺	自制	2把	
9	万能道尺		2把	
10	测力扳手		2把	
11	全站仪	SET2000	1台	
12	精密水准仪	NS3-1	1台	

七、劳动组织(见表2)

表2 劳动组织

序号	分 工	人数	说 明
1	现场负责人	1	现场施工管理,协调各部门工作
2	技术负责人	1	技术问题总体负责
3	技术人员	4~6	现场施工测量、技术交底及试验
4	领工员	3	现场协调各班组工作
5	安全员	1	全面负责现场安全
6	机电班	6	现场电力设施管理及维修、机械操作及维修
7	隧底处理班	3	隧道基底凿毛
8	钢筋班	8	钢筋下料、搬运、绑扎
9	轨排组装班	10	轨料卸车、轨排组装
10	轨排架设班	8	轨排架设与粗调
11	轨排精调班	6	轨排精调
12	模板支架班	8	模板安装、拆卸,施工缝板安装
13	混凝土班	10	混凝土拌合、运输、浇注、养生
14	无缝线路施工班	8	长钢轨铺设、放散及锁定
15	轨道精调班	6	轨道几何形位精调

八、质量控制

(一)质量标准

长枕埋入式无碴轨道目前尚无正式的施工规范与质量检验评定标准。本工法主要执行《渝怀铁路鱼嘴二号隧道内长枕埋入式无碴轨道施工技术条件》。各阶段施工允许偏差见表3~表9。新建工程采用本工法时,必须按相关施工规范与质量检验评定标准执行。

表3 无碴轨道基础施工允许偏差

序号	项 目	允 许 偏 差
1	基础顶面高程	+0, -20mm
2	基础表面平整度	凹陷深度不大于4mm/m 或低洼长度不超过50mm

表4 轨排架设的允许偏差

序号	检查项目	偏 差 要 求
1	轨枕间距	±5mm
2	轨 距	+2、-1mm,变化率不得大于1‰
3	水 平	以一股钢轨为准,与设计高程偏差在±2mm之内;两股钢轨相对水平差不得大于1mm;在6.25m范围内,不得有大于1mm的三角坑
4	轨 向	以一股钢轨为准,与线路中线偏差在±1mm之内,最大矢度不得大于1mm/10m 弦
5	高 低	最大矢度不得大于2mm/10m 弦。

表5 轨排架设曲线20m 弦量正矢允许偏差

mm

缓和曲线的正矢与计算正矢差	圆曲线正矢连续差	圆曲线正矢最大最小值差
1	2	3

表6 道床板混凝土施工允许偏差

序号	检 查 项 目	允许偏差
1	道床板顶面宽度	±10mm
2	道床板面与轨枕顶面的相对高差	±3mm
3	道床板间伸缩缝位置	±5mm

表7 无碴轨道铺设精度(竣工后,静态)标准

mm

项目	高低	轨向	水平	轨距	三角坑
幅值	4	4	4	+4, -2	4
	(10m 弦量)		(变化率≤2‰)	(基长为6.25m)	

表 8 曲线正矢 20m 弦量允许偏差(竣工后,静态) mm

缓和曲线的正矢与计算正矢差	圆曲线正矢连续差	圆曲线正矢最大最小值差
3	4	6

表 9 焊接接头平直度允许偏差 mm/m

部 位	标准值
顶 面	0 ~ +0.3
侧 面	0 ~ +0.3
轨 底	0 ~ +0.5

(二) 质量保证措施

- 1. 研制专用铺装定位龙门吊、专用轨排运输平车、轨排支撑架和分离移动式混凝土拌合、泵送系统,确保施工进度和施工质量。
- 2. 使用合理的测量控制方法:建立一套满足粗、精调要求的基标系统;执行两次可简单操作的粗调内容;严控精密仪器配合的三循环精调;规范粗调、绑扎、支模、精调的四阶段紧密流水作业。
- 3. 执行严格的测量制度。实行施工前检查、施工中监控、施工后复核的测量制度。根据施工情况优化测量方法。
- 4. 加强检测器具的检验。开工前,必须将所有检测器具送到法定质检部门校验,施工中定期校验。关键检测器具,每次使用前必须自检,发现问题必须及时校正或更换。

九、安全措施

- 1. 编制详细的安全操作规程、细则,制订切实可行的安全技术措施。
- 2. 建立完善的安全保证体系,针对性地开展职工安全教育和上岗安全培训,坚决杜绝违章作业。
- 3. 施工现场应设专职安全防护人员,全面负责现场的安全。每班设安全检查员 1 名,随时检查各项作业中存在的安全隐患。
- 4. 加强施工机具设备管理和施工用电管理,配套机具上使用相应的安全设备,吊装作业有专人指挥。洞内各种电器设备及照明由电工统一安装并经常检修。
- 5. 严禁非施工人员入内。机械运行范围设置醒目的安全警示信号或警戒线等,并设专人指挥,严禁与作业无关人员进入危险区域。

十、效益分析

利用本工法,采用实用、高效的轨排精确测量调整控制技术和调试方法,较好地发挥了专用机具设备的功能,并对现有设备进行合理利用,形成“分离移动式混凝土拌合、泵送系统”,有效地缩短了工期,提高了效率,确保了施工质量。减少了大量的人工费和施工机械使用费,如鱼嘴二号隧此项即节约投资 21.6 万元。

长枕埋入式无碴轨道具备高速铁路所必须的高平顺性、高稳定性、安全性、舒适性、少维修等特点,是高速铁路优先选择的一种较为理想的轨道结构。

十一、工程实例

渝怀铁路鱼嘴二号隧道包含直线、圆曲线和缓和曲线,工况复杂,工期紧张。中铁三局集团在施工过程中,及时研究总结,对施工方案加以必要调整,力求提高效率,减少投资。2003 年 6 月 9 日完成全部道床板施工。2003 年 6 月 18 日完成长钢轨工地焊接、应力放散、线路锁定、轨道精调及全部附属工程施工,提前 25d 圆满完成施工任务。经综合测试,各项技术指标均达到和优于设计要求。

施工实践证明,本工法具备科学、合理、简单、实用的特点,具推广应用价值。

执笔:钱振地 徐振龙 苏 兴 秦德进 丁满录