

上跨普通铁路架梁施工防护棚结构优化及应用

汉维刚

(中交一航局第二工程有限公司)

摘 要:为解决高速公路上跨普通铁路时门架式防护棚安全风险大、施工周期长及施工成本高的问题,通过创新性优化防护棚设置方式,将门架式防护棚改为倒挂式防护棚,即在小箱梁腹板位置预留孔洞,通过钢管、精轧螺纹钢、厚钢板、防电胶及工字钢形成支撑体系,将箱梁湿接缝、横隔板底部进行封闭,承受在小箱梁施工过程中掉落钢筋头、水泥浆等杂物,有效减少对既有铁路的干扰。研究结果实际应用表明:新防护棚结构施工效率高、不受铁路封锁时间限制、安全风险较低且铁路配合费大幅降低。该研究可供高速公路上跨普通铁路防护棚施工借鉴参考。

关键词:上跨铁路施工;倒挂式防护棚;小箱梁架设;封锁施工

0 引言

随着国家交通网络的不断布局与细化,高速公路跨越铁路交叉施工愈发普遍,传统防护棚设置在铁路隔离栅栏内,采用人工挖孔桩基础,需事先将影响到桩基础的通信信号电缆及接触网基础迁改完成后方可开工,迁改工程量大,费用高,周期长。现尚无从优化防护棚结构角度展开的相关研究,本文根据工程周边环境及工期要求,创新地从优化防护棚结构入手,将传统防护棚设置成倒挂式防护棚,不需进行通信信号迁改,搭设及拆除便捷。新结构及工艺实施效果良好,有效规避了传统结构及工艺在工期、成本、节能环保特别是安全风险方面的弊端。

1 工程概况

玉林(省界)至湛江高速公路在湛江西(货)站南侧上甘村附近上跨湛江铁路和东海岛铁路。拟建桥位位于东海岛铁路湛江西(货)站南咽喉区外,交叉点道路里程为 K83+831.877,东海岛铁路里程为 K15+274.1,道路与铁路交角 78°。

桥位处东海岛铁路位于直线段,为单线电气化无缝铁路,湛江铁路位于直线段,为单线非电气化无缝铁路 60 轨、钢筋混凝土Ⅱ型枕。东海岛铁路和湛江铁路平行,线间距 5.30 m。铁路两侧为路堑,地面比轨面高约 1~2 m,路基外侧有水沟,东海岛铁路水沟外侧有电缆槽和封闭网。桥位东侧约 70 m 处有 1 座(16+25+16) m 小箱梁上跨桥,桥下设计净空 7.5 m,与铁路交角 75°。

本次方案按照东海岛铁路开通后考虑。为确保铁路正常通行,需要利用“天窗点”进行封锁施

工防护棚^[1]。

1) 电力:东海岛铁路北侧有 1 条 10 kV 架空线路(型号 3×LGJ-95),路径基本与铁路平行,距离东海岛铁路约为 17 m。

2) 电气化:东海岛铁路悬挂类型采用全补偿简单链形悬挂,导线组合为 JTMH-95+CTS-120 (150 kN+15 kN)。接触线工作支悬挂点距轨面连线的高度一般为 6 000 mm,结构高度维持 950 mm。

2 方案比选

2.1 门架式防护棚

原防电棚采用门式安全防护棚架,为非承重力式防护棚,仅承受在小箱梁施工过程中掉落的钢筋头、水泥浆等杂物,只考虑防护棚架自重及施工人员荷载。防护棚面采用 I56c 工字钢作为纵梁,间距 1.0 m;施工过程中整体吊装并平移;两端固定在 2 根 45c 工字横梁上。横梁上每隔 50 cm 设置 1 道 10 cm×12 cm 的方木,并将方木和横梁绑扎牢固。方木上方铺设 2 cm 厚夹板、油毡防水层和 5 mm 厚钢板,结构示意图见图 1。钢支柱及工字钢横梁安装过程中须对接触网断电,若不能在一次封锁时间内完成,内顶棚需设置临时接地。防护棚安装完成后必须进行综合接地埋设,每片棚架的两侧埋设 2 根接地线,接地线采用铜质电缆,接地极用 ∠45×45 角钢,打入地面 3 m,立柱与角钢连接采用 12 mm 圆钢焊牢,同时连接所有地极,以连成整体导电体。接地工作须由专业电工负责,安装完毕后要进行电阻测试,要求接地电阻不大于 10 Ω,确保消除支墩的感应力。

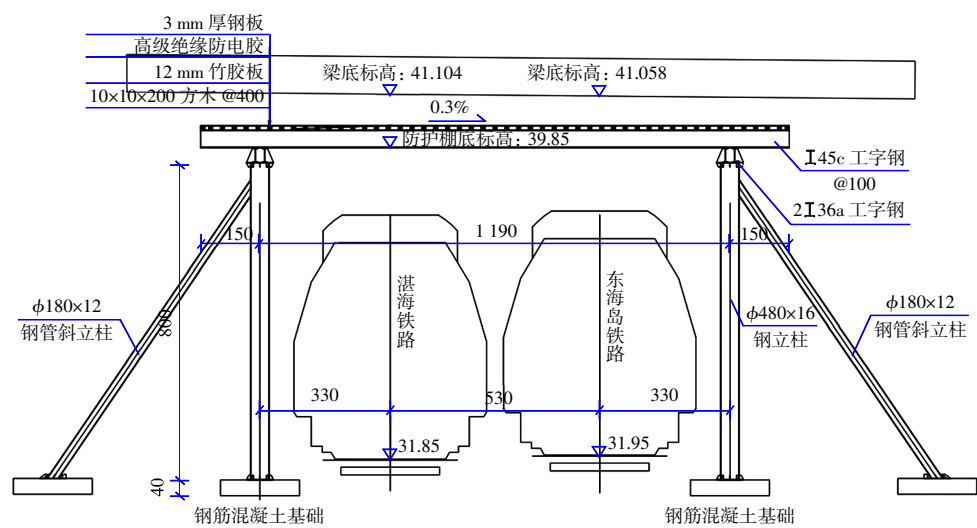


图 1 门架式防护棚

2.2 倒挂式防护棚

倒挂式防护棚利用箱梁作为支撑体系，将箱梁湿接缝、横隔板底部封闭，仅承受小箱梁施工过程中掉落的钢筋头、水泥浆等杂物，有效避免施工过程中损坏铁路设施。倒挂式防护棚采用 $\phi 32$ mm 钢筋作为横梁，每 1 m 设置 1 道，箱梁预制时

腹板提前预埋不锈钢钢管，用于横梁安装，横梁上铺设 6 mm 厚钢板，钢板与钢筋焊接牢固，钢板上方满铺防电胶^[2]。横隔板处单独设置底兜，提前在翼缘板位置预留孔，用于安装立杆(立杆采用 $\phi 32$ mm 精轧螺纹钢)，底部采用 I14 工字钢作为横梁，与立杆采用螺栓连接，结构示意图见图 2。

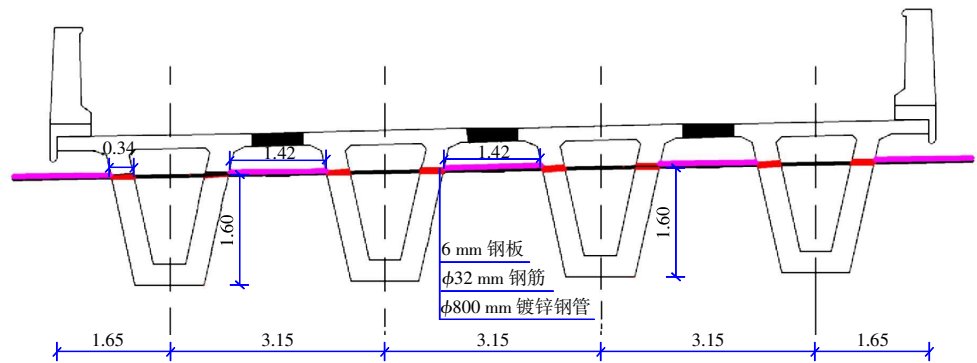


图 2 倒挂式防护棚(m)

2.3 比选结果

经比较，采用倒挂式防护棚方案可减少人工挖孔桩、条形基础、钢管立柱等施工工序，可有效缩短施工工期，降低施工成本，同时可以减少现有铁路电缆、光缆改迁工作，减少对铁路设施影响。

3 倒挂式防护棚组成

倒挂式防护棚利用箱梁作为支撑体系，由预埋钢管、 $\phi 32$ mm 钢筋，精轧螺纹钢、6 mm 厚钢板、防电胶、I14 工字钢等组成，倒挂式防护棚如图 3 所示。



图 3 倒挂式防护棚

4 施工方法及过程控制

4.1 防护棚安装

4.1.1 安装工艺流程

防护棚安装施工工艺流程为：施工准备→预埋孔安装→横梁及边梁防护棚安装→横隔板防护棚安装→中梁防护棚安装。

4.1.2 安装施工工艺

1) 施工准备

提前向铁路部门申报封锁施工计划，并严格按封锁时间施工。封锁施工前，进行封锁技术安全交底，包括人员组织安排、封锁股道、施工作业内容、施工次顺序及安全注意事项。进入栏栅内封锁施工人员必须穿黄色工作服或佩戴反光带，佩戴工作牌，于施工前 0.5 h 进入防护地点做好准备。提前 1 d 将施工所用的钢板、工字钢、精轧螺纹、防电胶等材料运至现场，并对材料质量、规格型号、数量进行检查。本工程封锁时间有限，施工前必须对运梁车、吊车等设备进行保养维修，并提前 0.5 h 到场。

2) 箱梁预埋管安装

湛海铁路分离桥跨铁路跨(第 15 跨)箱梁预制时预留 $\phi 800$ mm 镀锌钢管，作为防护棚的横梁安装孔。15 跨共 8 榀 40 m 预制箱梁，梁高 2.2 m，为 78°斜交箱梁。根据铁路部门要求铁路栅栏范围内需搭建防护棚，经现场实际测量可知：北侧栅栏距小里程梁端 3 m，南侧栅栏距大里程梁端 5 m，即每榀箱梁需布置 32 m 预留孔；预留孔 1 个/m 沿桥梁方向布置在腹板上方，距离底板 1.6 m 处，预留孔沿箱梁垂直方向布置，每榀箱梁预埋 33 个。

箱梁横隔板处需要单独设置防护棚，确保横隔板施工中钢筋、混凝土渣等杂物没有掉入铁路内。横隔板处防护棚利用梁顶工字钢固定精轧螺纹钢作为立杆，精轧螺纹底部利用螺栓连接方式与工字钢固定作为横梁，需提前在横隔板位置预埋孔，每个横隔板处预埋 4 个孔，共预埋 72 个孔，横隔板预埋间距与钢板预留孔一致。

3) 横梁及边梁防护棚安装

防护棚安装需要进行封锁施工，封锁时间短(仅 3 h)，且箱梁架设完成后不利于安装，因此，提前在预制场安装横梁、边梁防护棚，安装完成后与梁体固定牢固，避免吊装过程中散落。

4) 横隔板防护棚安装

箱梁架设按外边梁，中梁顺序架设，待外边梁及中梁架设完成后再安装横隔板防护棚。先在顶板预埋孔中安装 $\phi 32$ mm 精轧螺纹钢，采用螺栓与 I14 工字钢进行连接；安装完成后进行底板横梁安装，底板横梁采用 I14A 型工字钢，工字钢上提前设置螺栓孔，并与精轧螺纹钢采用螺栓连接。底板工字钢安装完成后安装钢板，钢板与工字钢焊接牢固，钢板顶部满铺防电胶^[2]。

5) 中梁防护棚安装

横隔板处防护棚安装完成后进行中梁之间钢板安装，先将箱梁预埋孔钢筋采用帮条焊的形式焊接成整体，焊接完成后安装钢板，因预埋孔离顶板距离较小(仅 0.4 m)，钢板无法安装，因此采用两块钢板拼接成整体的方式，钢板搭接 0.2 m，钢板与横梁焊接牢固，两块钢板采用点焊的形式进行连接。钢板安装完成后对部分缝隙采用止胶带处理，保证钢板与梁体无缝隙，钢板安装完成后满铺防电胶^[2]。

4.2 防护棚拆除

4.2.1 拆除工艺流程

拆除工艺流程为：施工准备→横隔板防护棚拆除→湿接缝防护棚拆除→封堵预埋孔。

4.2.2 拆除施工工艺

1) 施工准备

提前向铁路部门申报封锁施工计划，并严格按封锁时间施工。封锁施工前，进行封锁技术安全交底，包括人员组织安排、封锁股道、施工作业内容、施工次顺序及安全注意事项。进入栏栅内封锁施工人员必须穿黄色工作服或佩戴反光带，佩戴工作牌，并于施工前 0.5 h 进入防护地点做好准备。

因铁路封锁时间短，无法采用搭设支架拆除方案，所以采用桥检车拆除左右幅作业，准备 2 台桥检车，并提前考虑桥检车停放位置，做好标记，以最快速度进行作业。1 台 50 t 吊车用于材料吊运，并准备好钢丝绳、竹胶板等小型材料。

2) 横隔板防护棚拆除

先对拆除范围内钢轨进行保护，满铺竹胶板并覆盖彩条布。就位桥检车必须由专人指挥，以免触碰到铁路现有接触网，影响火车通行。利用桥检车平台进行拆除作业，所有作业人员必须佩戴安全带、安全帽等防护用品。将钢丝绳与钢板预留孔绑扎牢固，并将钢丝绳与横梁固定，拆除

底板螺栓和工字钢,再用人工拉住钢丝绳将钢板缓慢降落,并将钢板、工字钢等杂物移出铁路。

3) 湿接缝防护棚拆除

因防护棚横梁与梁底距离较大(1.6 m),无法直接拆除,需在桥检车内搭人字形爬梯进行拆除,爬梯两侧安排专人看管。将钢丝绳与钢板预留孔绑扎牢固,并将钢丝绳与横梁固定,拆除底板螺栓和工字钢,再用人工拉住钢丝绳将钢板缓慢降落,并将钢板、工字钢等杂物移出铁路,按此方法依次拆除防护棚。

4) 封堵预埋孔

清除预埋孔内钢筋等杂物,采用高强度环氧树脂砂浆封堵预埋孔,并振捣密实。

5 受力验算

1) 荷载计算

钢板自重 $F_{\text{钢板}} = 47.1 \times 10 \times 1.42 / 1\,000 = 0.668 \text{ kN}$

人和模板重量 $F_{\text{人+模板}} = 200 \times 10 / 1\,000 = 2 \text{ kN}$

2) 结构计算

单根 $\phi 32 \text{ mm}$ 钢筋线性受力 $F = F_{\text{钢板}} + F_{\text{人+模板}} = 0.668 + 2 = 2.668 \text{ kN}$

均布荷载 $q = F/L = 2.668 / 1.42 = 1.88 \text{ kN/m}$

式中: q 为单根钢筋均布荷载, kN/m ; F 为单根钢筋线性受力, kN ; L 为钢筋的长度, m 。

单根 $\phi 32 \text{ mm}$ 钢筋剪力 $= qL = 1.88 \times 1.42 = 2.67 \text{ kN}$

挠度 $= qL^4 / (8EI) = 1.175 \times 10^3 \times 1.42^4 / (8 \times 2 \times 10^5 \times 3.14 \times 0.032^4 / 64 \times 10^6) = 0.058 \text{ m}$

式中: E 为钢筋的弹性模量, MPa ; I 为截面惯性矩, m^4 。

查表^[3] $\phi 32 \text{ mm}$ 钢筋(HRB400)极限荷载为 $434.31 \text{ kN} > 2.668 \text{ kN}$, 即该防护棚结构安全。

6 倒挂式防护棚实施效果

1) 实施效果

倒挂式防护棚于2019年8月开始施工,2019

年10月完成桥面系及防护棚拆除。倒挂式防护棚施工方便快捷,提前完成节点工期;有效解决施工过程中掉落钢筋头、水泥浆等杂物的问题,且施工中不影响通信光缆、接触网等铁路现有设施,对铁路正常运行提供有效保障。

2) 工期分析

门架式防护棚施工工序复杂,对现有铁路影响极大,施工周期长,迁改工作量大;倒挂式防护棚工序简单,无需拆除现有水沟,光缆改迁等,极大程度缩短施工工期。经分析,门架式防护棚安拆需要116 d,倒挂式防护棚只需要20 d,封锁施工时间仅需要12 d,工期缩短近100 d,为后续桥面系、路面施工提供有力保障。

3) 效益分析

门架式防护棚由人工挖孔桩,条形基础、钢管大棚组成,经核算预算成本总计215.2万元;倒挂式防护棚由钢管、钢筋组成,经核算实际成本约42万元,因此,采用倒挂式防护棚节省成本约171.2万元。

7 结语

对上跨普通铁路防护棚结构的优化,大幅提升了施工效率,对项目工期紧张条件下进度节点的完成起到了至关重要的作用,此工艺成果具有技术先进、工艺合理、质量可靠、安全环保、施工成本低等特点,在玉林(省界)至湛江高速公路(广东段)成功应用,今后可对预埋孔位置进行进一步优化。总体而言,此成果对高速公路上跨普通铁路施工具有指导及推广意义。

参考文献:

- [1] TB 10314—2021,邻近铁路营业线施工安全监测技术规程[S].
- [2] JTG F80-1—2017,公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程[S].
- [3] GB/T 1499.2—2018,钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋[S].