

既有运营地铁线上新增高架车站轨行区 安全防护施工技术研究

欧阳文

(中铁建大湾区建设有限公司 广东 广州 511400)

摘要: 以广州市轨道交通 4 号线庆盛站结构工程成功的施工经验为背景, 介绍了既有运营地铁线上新增高架车站轨行区安全防护施工技术的具体设计及应用实施。实践证明, 该设计安全, 技术可靠, 经济性好, 可为同类预留新增地铁高架车站施工或跨既有线施工进行安全防护提供宝贵的借鉴经验。

关键词: 地铁轨行区; 安全防护; 设计; 施工

1 工程概况

庆盛地铁站(图 1)是广州市轨道交通 4 号线万胜围至金洲段的预留高架两层侧式车站。车站位于 4 号线与广深港交汇处北侧, 线路在该段呈南—北走向布置, 车站南侧为广深港庆盛高铁站, 西侧为京珠高速, 综合交通大厅南侧设置换乘通道, 实现与庆盛高铁站不出站直接换乘, 站台中心里程为 YCK44+310.353, 站台中心线轨面高程为 12.480m, 线间距为 4m, 车站总建筑面积为 11643.9m²。车站整体分为车站站房以及综合交通大厅两部分, 站厅及站台均为地面两层框架结构, 屋盖为轻型钢结构, 钢屋盖自地面起外覆于车站表面。

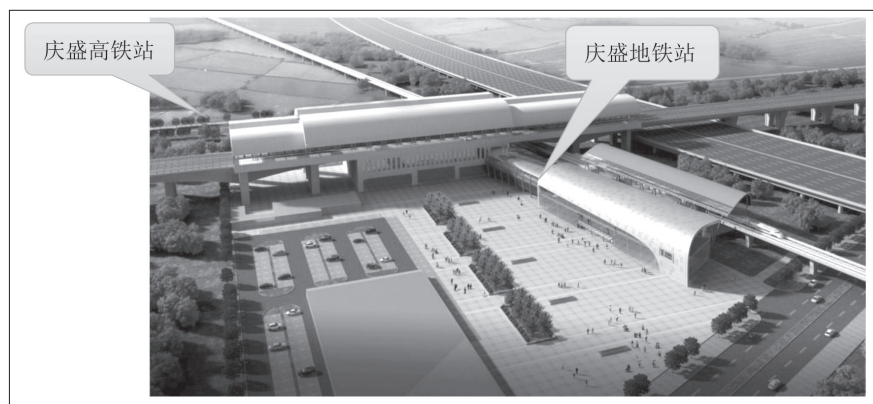


图 1 庆盛站效果图

2 轨行区安全防护设计方案

由于本站是在既有营运的 4 号线区间上新增的车站。其实施过程必须以 4 号线不停运为前提, 这一条件是本站实施的制约点, 在施工过程中按照三个施工阶段对轨行区进行围护, 确保各施工阶段防护措施紧

密替换和连接, 实现无间断围护。

2.1 第一阶段防护

第一阶段防护措施为土建施工阶段, 吊装预制站台板前的防护措施, 在确保土建施工阶段安全的同时, 保证站台层以下部分施工时列车安全运行(图 2、图 3)。

2.2 第二阶段防护

在轨行区第三阶段防护钢结构吊装前预先在站房二层楼面上安装第二阶段防护。二层站台层临时轨行区防护采用方钢防护栅栏, 搭设高度为 1.2m, 外挂密目安全网(图 4、图 5)。

2.3 第三阶段防护

为保障轨行区的安全, 在车站钢屋盖施工及站台层轨行区上方相关装修、安装施工时采取“可移动的施工平台车”对轨行区进行防护。其特点是可移动、采用节段式加工, 并可根据车站施工需要进行单元连接。防护范围为钢屋盖两端外伸 5 ~ 6m 以内范围, 防护范围长 139m, 并架设在已施工的站台层结构、设备房顶板以上及临时支承结构上, 形成理想的工作平台。其作用是在列车上方形成防护屏障, 既方便轨行区上方施工作业又能防护运行中的列车及设施。

如图 6 所示, 第三阶段防护钢结构工程由 41 组施工防护台车组成, 其中每组防护台车由 4 根 H 型钢钢立柱、2 根主钢梁、14 根次钢梁组成的门式框架结构。防护台车上铺 4mm 厚花纹钢板, 两侧安装施工防护网, 使整个轨行区形成全封闭状态, 为形成施工流线型作业, 施工防护台车采用工厂预制, 现场拼装、吊装的方法进行施工作业, 其中单组施工防护台车重量为 4.8t, 台车跨距

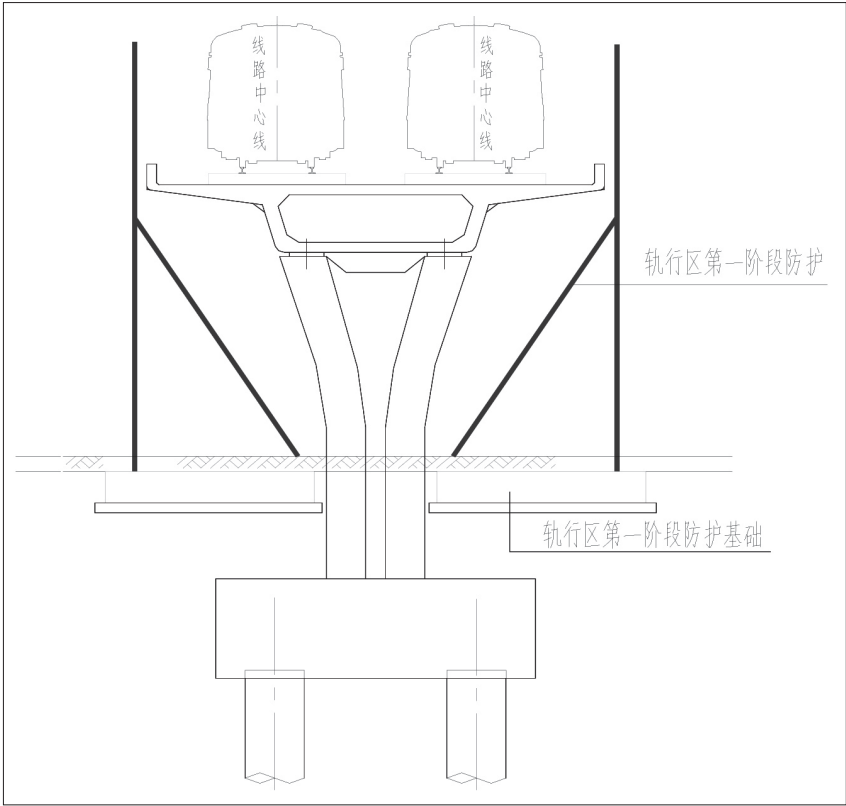


图 2 轨行区第一阶段防护施工图

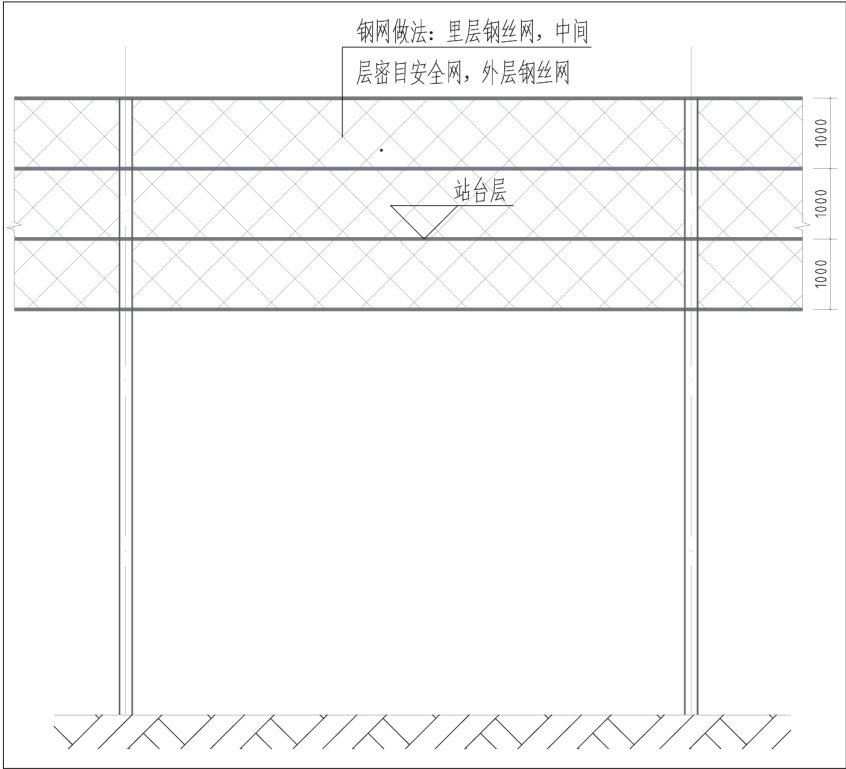


图 3 第一阶段防护措施示意图

10.5m。

图 7 ~ 图 9 分别为站台板及设备用房范围外、设备房、站台板范围临时防护平台剖面图。

3 施工工艺

3.1 车站结构施工进度

(1) 施工场地平整 (三通一平)、围蔽、输油管防护；

(2) 轨行区围护 (保证站台层以下部分施工时列车安全运行)，需夜间施工，此为第一阶段防护措施；

(3) 车站基础结构施工、站台层及标高以下现浇结构施工；

(4) 拆除有效站台范围轨行区围护，吊装预制站台板施工，需夜间施工，需注意与第一阶段防护措施拆除匹配，做到随拆随吊装预制站台板；

(5) 围闭措施施工后浇接缝，需夜间施工，此为第二阶段防护措施，在有效站台范围与第一阶段防护措施紧密替换和连接，实现无间断围护；

(6) 轨行区临时防护平台安装，需夜间施工，此为第三阶段防护措施，有效站台范围内与第二阶段防护措施同时存在，在有效站台范围外与第一阶段防护措施同时存在；

(7) 施工钢屋架柱及临时支撑；

(8) 吊装中间部分钢屋盖骨架，完成钢屋盖整体组装；

(9) 完成屋盖系统及站台层装修施工，拆除有效站台范围内 / 外所有轨行区临时防护平台，需夜间施工；

(10) 有效站台范围内第二阶段防护措施拆除，应与安全门安装紧密替换和连接，做到随装安全门随拆第二阶段防护措施，实现无间断对轨行区防护；

(11) 有效站台范围外第一阶段防护措施拆除。

3.2 第一防护阶段

3.2.1 第一防护阶段防护措施安装

第一阶段防护措施为土建施工阶段，吊装预制站台板前的防护措施，保证站台层以下部分施工时列车安全运行，安装效果见图 10。

施工工序：土方开挖—基础施工—结构柱加工安装—檩条及檩条施工—挂网施工。

结构柱安装、檩条施工及挂网施工均需夜间进行；檩条计算长度小于 6m 采用跨内一道拉条拉结，大于 6m 小于 9m 采用跨内两道拉条拉结；所有檩条采用两层拉条，约束其内外翼缘。檩条安装主要采用 M12 螺

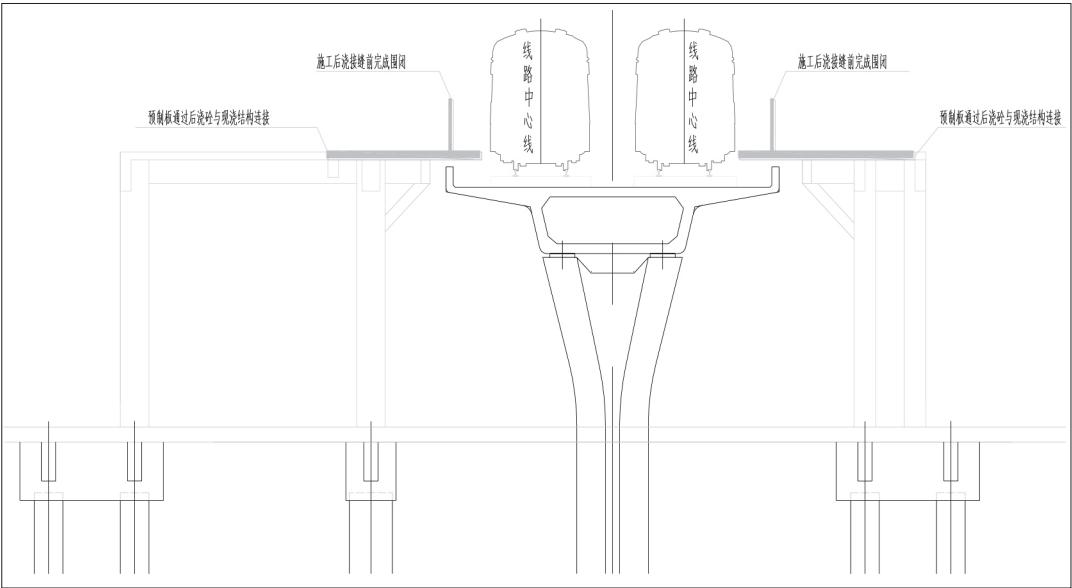


图 4 轨行区第二阶段防护施工图

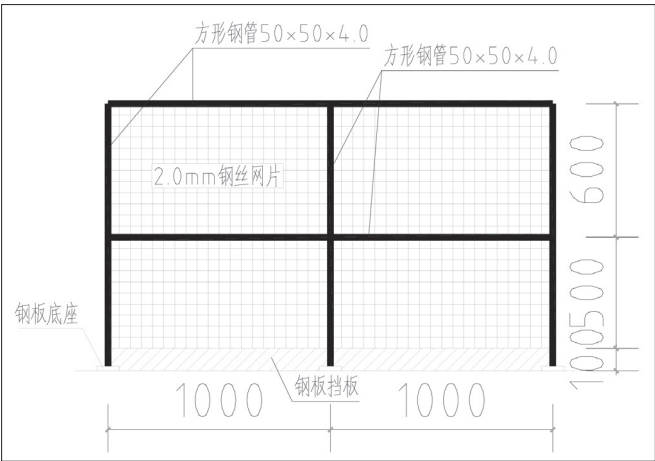


图 5 第二阶段防护措施示意图

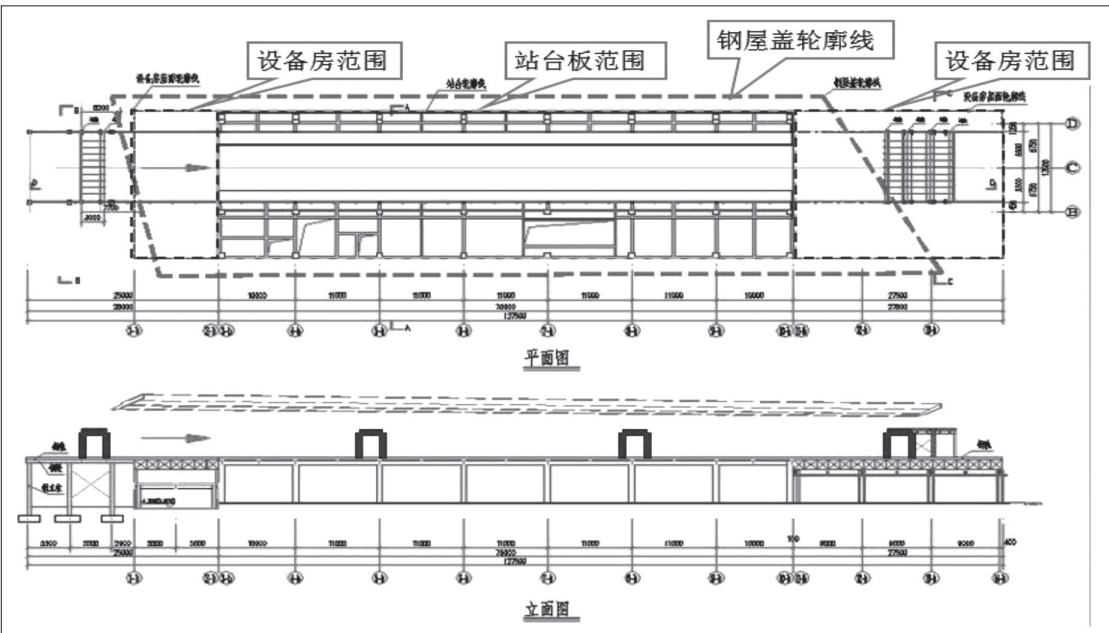


图 6 第三阶段防护平面图

栓安装固定后进行挂网施工。

3.2.2 第一防护阶段防护措施拆除

有效站台范围内防护措施随站台板的吊装拆除，拆除有效站台范围内轨行区围护，依次拆除防护网、拉杆、檩条和钢立柱。防护网、拉杆、檩条采用搭脚手架手动拆除的方式。有效站台范围外的防护措施在工程完成后拆除。

(1) 为避免零件落入轨行区造成安全隐患，

严格执行出清工作，监督人员必须全程旁站，全程记录施工过程中拆下来的零件数以便与收工时的零件数核对。

(2) 钢立柱采用人工辅助汽车吊拆除的方式拆除，先拆除斜钢立柱，为防止拆除斜钢立柱过程中直钢立柱倾倒，必要时先采取临时措施加固需要拆除的直钢立柱。

3.3 第二防护阶段

3.3.1 第二防护阶段防护措施安装

第二阶段为施工站台板阶段后浇筑缝，需夜间施工，需与第一阶段防护措施拆除匹配，做到随拆随吊装站台板，并在有限站台范围与第一阶段防护措施紧密替换和连接，实现无间断围护。

第二阶段防护施工工序为站台板吊装—防护围蔽—浇筑缝施工。

为了保证施工不影响行车安全，第二阶段分为多个小段施工，每段的防护需要在一个班(一个晚上)内完成。施工分为 3 个步骤。

第 1 步：随站台板吊装，随安装第二阶段防护措施。吊装预制站台板需与第二阶段防护措施拆除匹配，做到随拆随吊装预制站台板(图 11)。

第 2 步：预制板吊装完成(图 12)。预制板吊装调整至指

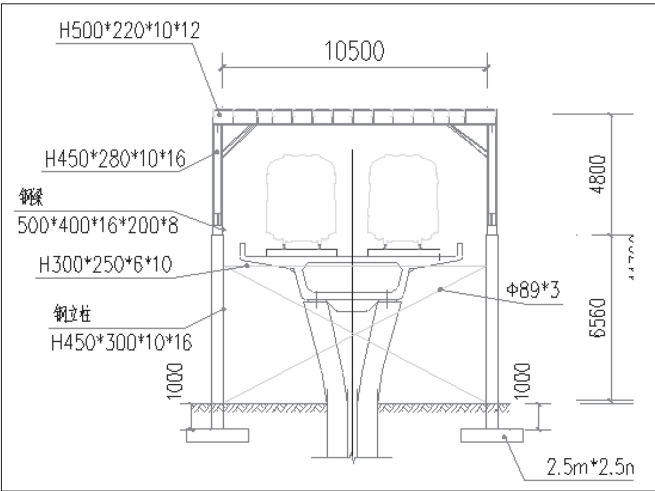


图 7 站台板及设备用房范围外临时防护平台剖面图



图 10 第一阶段防护安装效果图

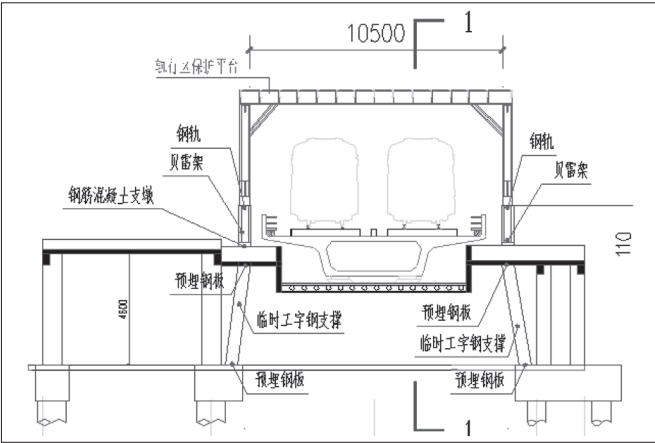


图 8 设备房临时防护平台剖面图

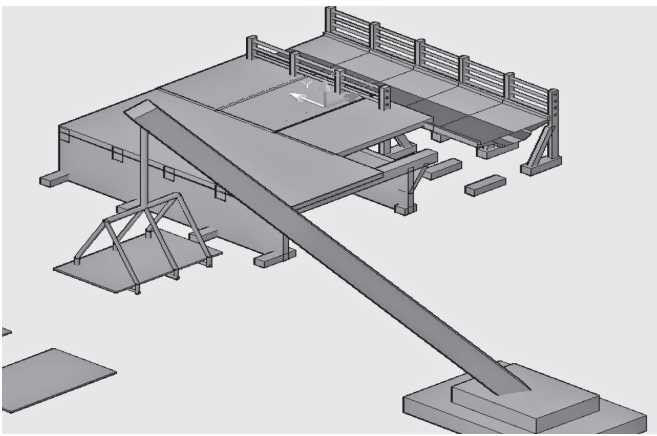


图 11 吊装预制站台板及第二阶段防护措施拆除示意图

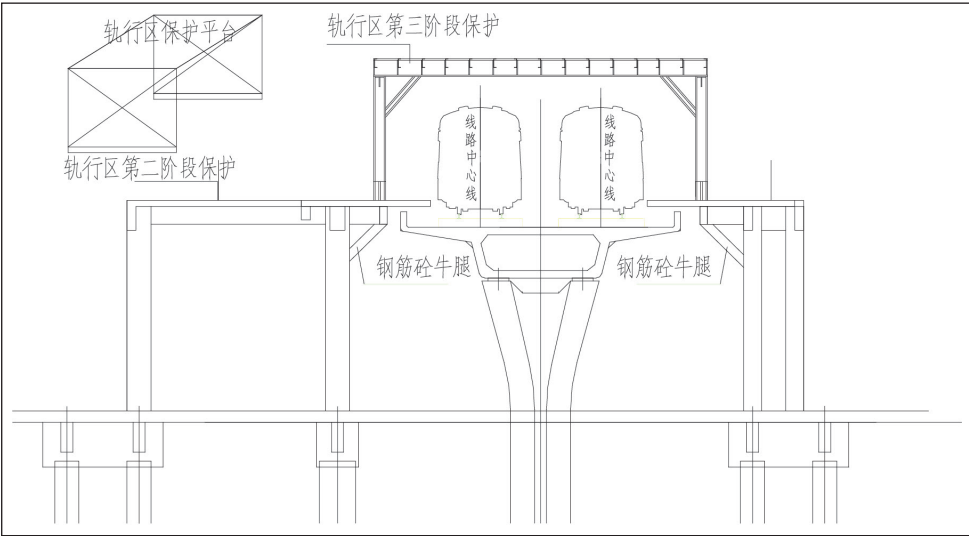


图 9 站台板范围临时防护平台剖面图

定位置后，为防止预制板倾覆，应先采取临时措施固定预制板。

第 3 步：第二阶段防护完成围蔽（图 13）。
第二阶段防护围蔽应在浇筑前完成，在有效站台范

围内与第一阶段防护措施紧密替换和连接，实现无间断围护。

3.3.2 第二防护阶段防护措施拆除
有效范围内第二阶段防护措施拆除，应与安全门安装紧密替换和连接，做到随装安全门随拆第二阶段防护措施，实行无间断对轨行区的防护。

3.4 第三防护阶段
由于本车站为在已通车运行的 4 号线区间新增的车站，施工过程中必须确保地铁正常、安全运行，故轨行区第三阶段防护钢结构安装必须在晚上请点作业时间内进行吊装，防护钢结构采用

在施工现场先加工好钢柱、钢梁，在当天请点作业施工前组立和拼装，然后在施工作业令内吊装固定。

3.4.1 第三防护阶段钢结构施工段划分
第三阶段轨行区防护措施钢结构（随土建站台层预制

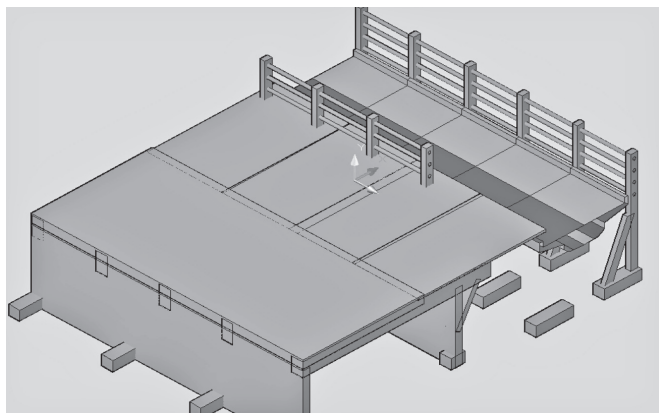


图 12 预制板吊装完成

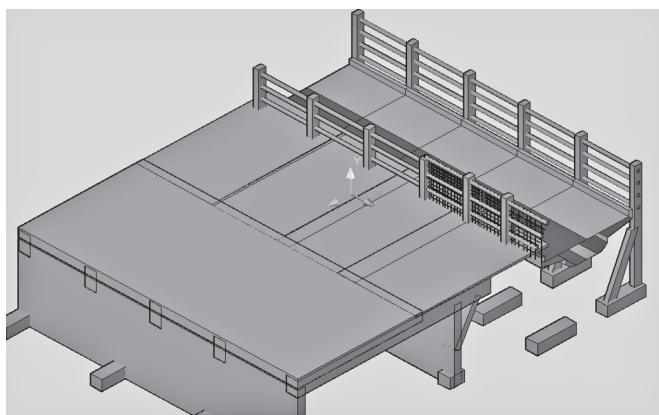


图 13 第二阶段防护围蔽及浇筑缝完成

板吊装进度进行) 施工分为三个阶段。

第 1 施工段: 1-b 轴分界点站台层以下钢结构部分。

第 2 施工段: 1b-5b、13b-16b 贝雷架。

第 3 施工段: 1b-16b 施工防护台车。

3.4.2 第三防护阶段防护措施钢结构安装

第三防护阶段防护措施钢结构安装路线为站台层以下钢结构(站台层轨道梁及轨道槽)的安装和站台层以上部分施工防护台车的安装。施工分为 3 个步骤。站台板及设备用房范围外临时防护平台搭建见图 14、图 15, 第三阶段防护平台安装整体效果见图 16。

第 1 步: 站台板以下部分钢结构的施工。该部分钢构件位于轨行区桥梁以下两侧, 钢构件柱脚采用螺栓连接, 撑杆采用焊接, 随土建基础安装预埋件。

第 2 步: 钢型材进场后, 按图纸加工成钢构件成品(包括型钢立柱、柱支撑、贝雷架和钢板槽), 并进行防腐涂装, 用起重设备运输至安装部位。该部分钢构件安装顺序为: 钢构架加工成成品—涂装防腐油漆—拼装成台车单元—顶部花纹钢板封盖—两侧防护网的安装。

第 3 步: 钢构件的安装。由于该部位钢构件需等 4 号线列车停运的时间段才能进行施工, 安装时间紧迫, 安装前做好安装计划表, 计算每道工序耗用的时间, 不断调整工作量。构件吊装前, 保证主够的灯光照明, 吊机提前

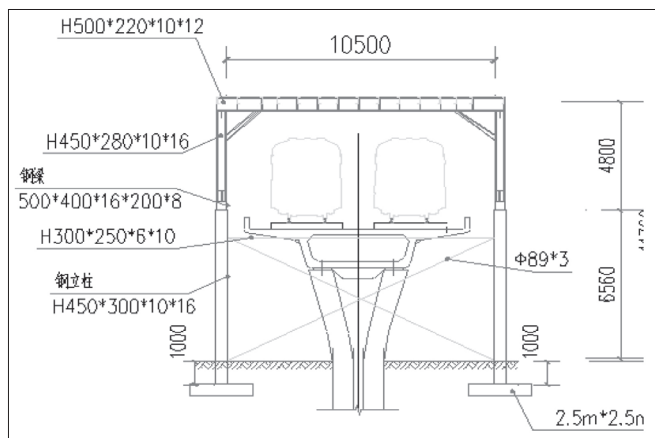


图 14 站台板及设备用房范围外临时防护平台剖面图

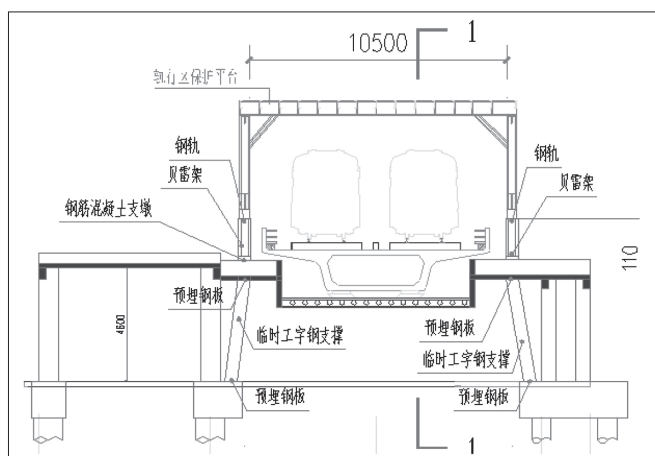


图 15 设备用房临时防护平台剖面图



图 16 第三阶段防护平台安装效果图

1h 就位, 做好支腿、钢构件绑扎等准备工作, 需要转运的构件提前转运至能够安装的范围以内。准备工作完成后, 在建设方规定的时间范围内合理、有序地安排施工。该部分钢结构安装顺序为 1-b 轴两侧钢立柱及其支撑构件的安装—贝雷架及其支撑构件的安装—钢板槽的安装。

第 4 步: 事先在预制站台上安装钢板预埋, 用于固定站台上安装的钢板槽, 预制站台板施工完成后, 安装钢板槽, 钢板槽与预埋钢板。

连接采用焊接，焊缝长度不宜过长，分段点焊，且焊缝长度不应少于 5cm。焊接时，控制两侧板壁的变形，板壁安装两侧延安装方向每个预埋钢板处加设加劲板，且加劲板以点焊的方式连接，焊缝不宜过长，避免钢板槽的变形。钢板槽安装时，控制其平整度、轴线方向偏差，尤其控制与站台板两侧、贝雷架顶部钢板槽对接的平整度及其轴线方向偏差。

第 5 步：移动台车采用节段式拼接，每节长度 3m。吊装从站房北端开始，采用 25t 汽车吊吊装，将防护台车吊装至轨道梁上，然后采用人工助力推动到安装位置，与各个单元固结成整体。

根据现场施工条件，防护台车的钢构件需要在施工完成后的站台板上进行施工，方便晚上吊装作业。钢型材进场后，按施工图纸要求加工成成品构件，每个防护台车为 3m 一个单元，共计 41 个单元。由于防护台车安装需夜间进行，且时间很短，吊装前需精确计算每段工序所耗用的时间，合理安排每次的工作量。施工防护台车吊装采用 4 股钢丝绳分别固定于台车立柱上，钢丝绳的长度统一，台车与台车之间采用螺栓连接，沿台车立柱上、中、下设置三道通长攻牙螺杆，拧紧攻牙螺杆螺母完成台车与台车之间的连接。按照设计图纸留轨道槽，在单元钢构底下安装 4 个 8cm 宽的实心轴轮，使桁架稳固。将单元桁架起吊到落点位置。

3.4.3 第三防护阶段防护措施钢结构拆除

完成屋盖系统及站台层装修施工，拆除有效站台范围内 / 外所有轨行区临时防护平台，需夜间施工。

防护平台拆除从车站北端开始，分节拆除后，顺轨道移至钢屋盖覆盖范围外，再采用吊车进行吊开，如图 17 所示。

4 主要施工安全技术措施

4.1 轨行区第三阶段防护钢结构吊装安全技术措施

(1) 本工程由于是在既有 4 号线轨行区旁施工，必须对吊装施工人员进行轨行区施工安全专项培训，告知轨行区施工安全风险及安全隐患，并对施工作业人员进行轨行区安全技术交底。

(2) 严格按照广州地铁运营总部批复的施工作业令规定的作业时间和空间进行施工，在作业时间内做到工完场清，任何人都不能擅自进入轨行区及桥面，作业完毕后检查是否有零件掉入轨行区，确认无误后方可离开。

(3) 在轨行区第三阶段防护钢结构吊装施工期间，为确保运营及施工安全，应对可能出现的突发情况，根据已批准施工方案，需要运营车辆慢行通过，降低该区段运行速度，建议列车在该区间限速运行，速度限制在 50km/h 以下，建议限速时间段至庆盛站结构工程施工完成为止。

(4) 施工前编制详细的轨行区第三阶段防护钢结构吊装作业指导书，并在施工作业前组织全体相关施工人员进行学习，让每一个参与施工的人员对施工过程以及各自的任

(5) 吊装作业应严格按照《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》(JGJ 276-2012) 进行操作，专职安全员全程盯控，严格执行“十不吊”标准。

4.2 轨行区防护台车防倾覆措施

(1) 因防护台车的长方体尺寸(轴中交轴中)长 × 宽 × 高为 10.9m × 3m × 4.2m，按施工最不利因素考虑，3m(宽)方向为最不利因素方向，需延宽度方向设置防倾覆措施，按照以上施工方法，第一榀单元台车就位前，在轨道槽端部设置 16mm 厚钢板挡边，挡边高度大于实心轴轮高度，且挡边纵向方向设置两块三角形加劲板，加劲板与挡边及贝雷架横梁焊接，使之与贝雷架结构连接成整体。

(2) 按上述吊装顺序及施工方法，第一榀防护台车就位后，用 4 根钢丝绳一端分别绑扎于钢柱柱脚部位，另一端绑扎于贝雷架横梁上，用锁扣扣紧。

(3) 各防护台车之间的连接有台车立柱立面连接、顶部平台板连接。其中，台车立柱立面连接需在延钢立柱纵向上下设置 $\phi 25\text{mm}$ 实心圆钢拉结，实心圆钢加工成 U 型，U 型钢圆两端与事先在钢柱上焊接好的钢板(已

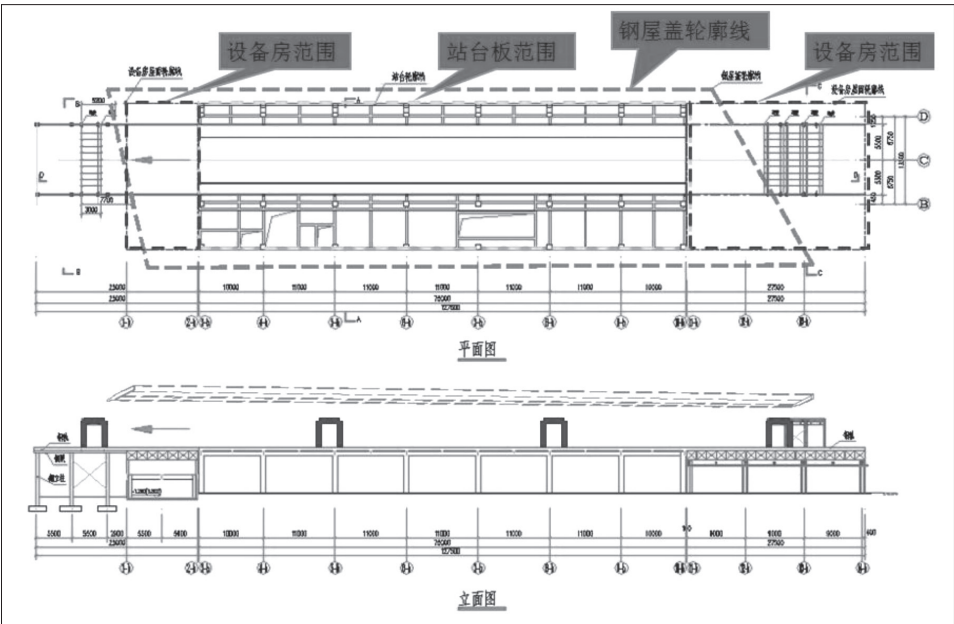


图 17 防护平台拆除图

钻孔)连接,使单元台车与单元台车连接成一个整体。顶部 4mm 花纹钢板的连接需事先在主钢梁上焊接好螺栓,单元台车与单元台车之间有 8~10cm 的缝隙,用裁切好的 40cm 宽的花纹钢板铺盖,开孔后用螺母连接于螺栓上,压实,拧紧。

4.3 车站站房设备层屋面轨行区围蔽措施

(1) 单元台车按上述方法安装且固定后,实施轨行区围蔽,沿站台板一周设置方管护栏,在南面设置唯一的进出口供夜间请点作业施工人员上下通道,作业时间到点后,清理现场,施工人员离开后第一时间完成进出口的封闭,此为第一道围护。在设备房二层楼面与贝雷架交接处用方管骨架及钢丝网固定于混凝土梁板上,围护高度为 2m,实施轨行区全封闭,且贴上醒目标签(禁止攀爬),此为第二道围护。第一道围护南面设置进出口供夜间施工人员通行,第二道围护实施全封闭,直至工程完工且经竣工验收合格后拆除。

(2) 轨行区平台两端头上部都设置 1.1m 高围栏,围立杆采用 $\phi 30\text{mm} \times 2.5\text{m}$ 钢管,挂网做法同平台立面,防止物品从轨行区平台上部掉入轨行区,影响列车运行。

4.4 既有线施工对地铁运营设备设施的防护方案

(1) 在轨行区第三阶段防护钢结构吊装作业前,已在站房二层楼面上做好第二阶段轨行区安全防护,并在上/下楼梯做临时门,上锁。由专人保管钥匙,24h 监护,禁止人员在未经允许下靠近桥梁两侧进行施工作业。

(2) 对轨行区内重要管、线、设备设施进行了解,确定轨行区第三阶段防护钢结构吊装施工是否会影响设备设施,必要时采取拉设警戒线或安设防护栅栏等安全警示标识。

(3) 轨行区第三阶段防护钢结构吊装施工期间,配置专职安全员,全过程盯控轨行区既有设备设施。专职安全员在轨行区第三阶段防护钢结构吊装固定完成后将进入轨行区进行全面检查,确保无材料、工具等遗漏在轨行区内,确保施工对轨行区设备设施无影响。

(4) 轨行区第三阶段防护钢结构吊装施工人员不需进入轨行区,吊装施工时将要求任何人都不能进入轨行区,任何人都不允许直接或间接接触碰触轨行区内设备设施等,确保人员不会对轨行区设备设施造成影响。

(5) 轨行区第三阶段防护钢结构吊装施工采取可靠措施保证轨行区第三阶段防护钢结构的平稳,避免碰撞轨行区内设备等。

5 施工效果与经验

广州地铁 4 号线庆盛站结构工程的成功实施,积累了在既有运营地铁线上新增高架车站轨行区安全防护设计与施工的宝贵经验。

(1) 施工前需积极沟通配合运营单位,严格按照运营

单位批复的请点作业施工,并提前做好相关准备工作,做好交底工作,施工中需加强对轨行区线路及设备的防护,施工后及时清点作业工具及材料,做到工完场清、料清、工具清;

(2) 既有线上作业时间极短,不足 2.5h,且需在夜间列车停运间隙作业,通过优化设计,在每榀第三阶段防护平台下设置 8 个滑轮,有效减小了防护平台与槽道的摩阻力,防护平台吊装效率从每晚 1~2 榀跃升至每晚 5~6 榀,施工功效显著,站台层上防护平台推移人员从每侧需 6 人减少至每侧 3 人,经济效益明显;

(3) 既有线防护、施工需实行请点作业制度、点名交底制度、跟班值班制度、材料清场制度,每作业班次后,严格要求工人执行材料清场制度,运营、监理以及施工各值班员一起对轨行区进行全面的清查场制度;

(4) 通过分阶段安全防护设计,采取施工与运营完全隔离的防护措施,设计轨行区第一、二、三阶段防护,从而在两侧和垂直方向防护轨行区,将施工区和轨行区彻底隔离,有效防止施工对运营既有线行车的影响;

(5) 第三阶段防护平台采用分块工厂预制、现场单榀组装、轨行区吊装拼接的方式进行安装,安装拆除方便快捷,在保证质量的同时,减少吊装起重量,节约了成本,提高了功效,理论上说,可根据防护段长度,自由无限制地延伸,实用性较强。

6 结语

庆盛地铁站是全国第一个跨既有运营地铁线上预留新增的高架车站,采取边建设边运营的方式进行施工,其钢屋架需横跨既有运营地铁 4 号线,且需紧贴既有地铁线施工,施工精度和既有线安全防护要求极高。通过分阶段安全防护设计,采取施工与运营完全隔离的防护措施,设计轨行区第一、二、三阶段防护,从而在两侧和垂直方向防护轨行区,将施工区和轨行区彻底隔离,有效防止施工对运营既有线行车的影响。该技术在保证施工安全、提高了施工效率的同时,保证了广深港高铁和地铁 4 号线的正常运营和安全,最大限度减少对运营的影响。

参考文献:

- [1] 王巍伟,唐小凡.既有线施工安全防护措施分析[J].施工技术,2013,42(增刊):353-356.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局.地下铁道工程施工及验收规范:GB/T 50299-2018[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑施工起重吊装工程安全技术规范:JGJ 276-2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.