丫髻沙特大桥主桥安全年度维护、丫髻沙特大桥副航道桥安全年度维护及东圃特大桥安全年度维护

技术要求

2026 年 8 月

目录

第一部分　丫髻沙特大桥主桥安全年度维护 1
（一）工程概况 1
（二）执行标准 3
（三）养护范围 3
（四）养护方案 4
第二部分　丫髻沙特大桥副航道桥安全年度维护 29
（一）桥梁概况 29
（二）执行标准 30
（三）养护范围 30
（四）养护方案 31
第三部分　东圃特大桥安全年度维护 52
（一）桥梁概况 52
（二）执行标准 53
（三）养护范围 53
（四）养护方案 54
第四部分　施工投入 76
（一）　项目部人员投入表 76
（二）　机械设备最低投入表 77
（三）安全设施及劳保防护物资最低投入表 77
第五部分　其他保障 79
（一）其他保障 79
（二）应急预案 80
（三）安全防护设施 80
（四）应急响应机制 80
第六部分　围蔽方案 82
（一）围蔽原则 82
（二）围蔽方案 82
（三）人员、临时交通安全设施、车辆准备计划 91

第一部分　丫髻沙特大桥主桥安全年度维护

（一）工程概况

1.1. 桥梁概况

丫髻沙特大桥是广州市东南西环高速公路上的一座特大桥，位于海珠区西南侧丫髻沙岛的西北端横跨珠江，中心桩号为 DK43+515，小里程方向为深圳方向，大里程方向为佛山方向。丫髻沙特大桥单幅全长 1084.00m，其中主桥单幅全长 592.00m，副航道桥单幅全长 492.00m。跨越主航道为 76.00m+360.00m+76.00m 三跨连续自锚式钢管混凝土拱桥，跨越副航道为 86.00m+160.00m+86.00m 三跨连续预应力混凝土刚构桥，其余由 6 跨 40.00m 的 T 梁组成。丫髻沙主桥包括 76.00m+360.00m+76.00m 三跨连续自锚式钢管混凝土拱桥及 2 跨 40.00m 预应力混凝土简支 T 梁。桥面标准断面全宽为 32.50m，双向六车道，桥面横向布置为 0.50m（防撞护栏）+14.75m（行车道）+0.50m（防撞护栏）+1.00m（分隔带）+0.50m（防撞护栏）+14.75m（行车道）+0.50m（防撞护栏）。桥轴线与河流流向交角约 70，主航道水面净宽为 350.00m 左右，可通航万吨巨轮，副航道水面净宽 200.00m 左右，江水较浅。

丫髻沙特大桥主桥左右侧第 8 跨及第 10 跨上部结构形式为 76.00m 钢筋混凝土箱型边拱肋；左右侧第 9 跨上部结构形式为 360.00m 变高度等宽度截面钢管混凝土主拱肋；主拱肋及边拱肋共设拱上立柱 52 根，每侧 26 根；左右侧拱上立柱均设有 1 个抗震球形钢支座，全桥共 52 个；立柱及吊杆对应位置处均设置一道钢横梁，每一道钢横梁从左向右共设置 30 道竖向加劲肋，横梁间从左向右共设置 4 道小纵梁；每两个钢横梁间横向由 10 块桥面板组成，桥面板由预制[形 50 号钢筋混凝土板、现浇补偿收缩混凝土湿接缝和现浇桥面铺装层构成。全桥吊杆采用 GJ15-37 整体挤压式钢绞线拉索，共设吊杆 66 根，左右两侧对称布置，每侧 33 根；全桥系杆采用 OVMXG15-37 钢绞线拉索体系平衡水平推力，共设系杆 20 根，左右两侧每侧各 10 根；左右幅第 11 跨及第 12 跨为预应力混凝土 T 梁，梁间采用框架式横隔板，纵向设置 3 道隔板，单幅桥横向布置 7 片梁；8#、11#墩左右侧墩柱与边拱拱肋之间设置有大吨位的单向活动盆式橡胶支座，全桥共计 4 个。

钢管混凝土拱桥边跨与主跨跨度比为 0.211，边跨、主跨拱脚均固结于拱座，边跨曲梁与边墩之间设置轴向活动盆式橡胶支座，在两边跨端部之间设置钢绞线系杆，通过边拱拱肋平衡主拱拱肋水平推力，每束系杆总长约 518.00m。拱桥主拱采用中承式双肋悬链线无铰拱，计算跨度为 344.00m，矢高 76.30m，矢跨比 1/4.5，拱轴系数 m=2、k=1.317。每肋由 6Φ750 钢管混凝土组成，由横向平联板、腹杆连接成钢管混

凝土桁架。边拱拱肋为上承式双肋悬链线半拱，计算跨径 71.00m，矢高 27.30m，矢跨比为 1/5.2，拱轴系数 m=2、k=1.317。每肋由高 4.50m、宽 3.45m 钢筋混凝土箱梁组成，C50 混凝土，因转体需要，箱梁混凝土中包有钢管混凝土劲性骨架。桥墩为钢筋混凝土双柱式桥墩，基础为钻孔灌注桩基础，拱座基础为高桩承台结构及钻（挖）孔桩基础，承台下共有Φ3.0m 桩 24 根，Φ2.0m 桩 10 根。桥面铺装原为水泥混凝土铺装，后期经沥青混凝土罩面，全桥设 6 道伸缩缝，分别位于左右幅 8#墩、11#墩、13#墩顶处，其中右幅 8#墩顶伸缩缝为梳齿式，其余为模数式；该桥于 2000 年建成通车，桥面设置桥铭牌。

1.2. 历年维修加固情况

丫髻沙大桥主桥于 1998 年 7 月动工兴建，2000 年 6 月 26 日建成通车，车辆流量逐年增加，超载现象严重，出现过结构性病害。于 2011 年对大桥进行了维修加固，主要加固措施如下：

（1）对桥面系增设大纵梁，对钢横梁进行维修加固，于桥面系两端增设纵向限位索，并对现有铺装进行更换；

（2）为提高吊杆的安全系数，对大桥所有吊杆进行更换；

（3）对拱肋斜腹杆开裂焊缝进行修复处理，对拱肋钢管与混凝土脱空部位进行灌浆修补，对拱座进行增大截面加固；

（4）考虑到当时大桥支座使用状况，对拱肋立柱所有支座进行更换；

（5）拱肋吊杆锚固端增大截面加固；

（6）结构常规病害耐久性维护。

1.3. 桥梁现状

根据目前的检查情况，丫髻沙特大桥当前存在的主要病害包括：

（1）全桥涂装外层面漆普遍出现粉化，局部存在小面积的漆膜破坏，底漆外露。

（2）主拱肋腹弦杆焊缝部位存在开裂现象。

（3）吊杆存在应力损失，部分吊杆 PE 护套破损，导向轮缺失，锚头存在渗水锈蚀的现象。

（4）吊杆上锚头减震体存在挤压变形，短吊杆防水罩根部断裂。

（5）桥台、吊杆锚固区 T 面、边拱位置存在裂缝。

（6）钢横梁局部位置有出现裂缝的现象，另外连接处高强螺栓松脱、偏孔现象，表面涂层失效导致螺栓锈蚀。

（7）吊杆偏位 PE 护套挤压变形破损，吊杆近端部存在明显锈坑，防腐油脂变色失效，保护罩有积水现象且锚头锈蚀。

（8）部分墩柱存在锈胀露筋。

（9）左右线 10-16#球形支座存在滑移现象。

（10）左右线 11-13#墩板式支座存在偏压、脱空、老化开裂现象。

（11）T 梁横隔板、湿接缝存在表面裂缝，T 梁梁底及后浇带局部破损，有混凝土掉落分险；

（二）执行标准

本项目管养范围内公路及附属设施的日常管养，需执行现行《公路桥涵养护规范》（JTG5120-2021）、《公路养护技术标准》（JTG 5110-2023）、《钢管混凝土拱桥技术规范》（GB 50923-2013）、《公路钢结构桥梁养护技术规范（JTGT 5123-2025）》、《公路桥梁支座和伸缩装置养护与更换技术规范》（JTGT 5532-2023）、《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT T 722-2023）、《桥梁防雷技术规范》（GB/T 31067-2014）、《防雷减灾管理办法》（中国气象局 44 号令）、《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG 5220-2020）、《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）、《高速公路机电设施养护作业规范》（DB44/T 2432-2023）、《建筑物雷电防护装置检测技术规范》（GB/T 21431-2023）等相关规范、标准。

（三）养护范围

养护范围包括丫髻沙大桥主桥的下部结构、上部结构、桥面系的维养工作，包含第 11、12 孔（40m 预应力混凝土简支 T 梁）。具体养护范围见下表：

丫髻沙特大桥主桥养护范围表

序号	单位工程名称	备注
1	丫髻沙特大桥主桥桥梁养护检查	按实计量
2	丫髻沙特大桥主桥防雷检测	按实计量
3	丫髻沙特大桥主桥桥面铺装维护	按实计量
4	丫髻沙特大桥主桥钢结构结构维护	按实计量
5	丫髻沙特大桥主桥吊杆维护	按实计量
6	丫髻沙特大桥主桥系杆维护	按实计量
7	丫髻沙特大桥主桥钢结构涂装维护	按实计量
8	丫髻沙特大桥主桥梁体缺陷日常维护	按实计量
9	丫髻沙特大桥主桥支座维护	按实计量

10	丫髻沙特大桥主桥桥身检查车、检修平台、检修通道维护	按实计量

（四）养护方案

4.1. 桥梁经常检查

（1）养护检查及保洁范围

包括丫髻沙特大桥主桥混凝土结构、钢结构、缆索系统、桥面附属结构、其他设施等桥梁配套设备的养护巡查与经常性检查工作，专项巡查，钢箱梁裂纹检查，并做好现场记录和路产建养管理系统养护检查数据的录入工作。

（2）经常检查总体要求

经常性检查应采用目测方法配以简单工具进行测量与记录，检查应从整体状况入手，目测拱肋和桥面系整体结构线形是否平顺、有无异常变形，结构有无异常竖向振动或横向摆动。拱肋检查需检查主拱钢结构防腐体系损坏范围与程度，裸露钢管及构件有无锈蚀、涂层起皮脱落，用手锤敲击拱肋判断管内混凝土是否填充密实，主拱钢结构主要焊缝和螺栓连接应正常，拱座混凝土结构是否有开裂情况，拱座与拱肋交界的转折区及系杆锚固区混凝土应重点检查有无裂缝和积水，中承式拱拱肋与桥面系相交处的防护与结构应正常，如发现结构有裂缝应对有损伤裂缝的杆件和螺栓、焊缝等标上颜色经常观察其发展情况，并对裂缝起迄位置、缝宽等情况进行详细记录。吊杆系统检查需关注吊索尤其是短吊索的偏位是否正常，吊杆两端的锚固部位与结构相交部位的防水性能、紧固状况和锈蚀情况应正常，具体包括上下锚固区有无开裂渗水、锚头附近有无锈蚀及外罩裂纹、锚头夹片和楔块是否发生滑移、吊杆索体 PE 是否开裂破损，吊杆减振措施不得损坏失效，吊杆的钢管护套有无松动油漆脱落锈蚀、套管顶是否密封、连接处有无渗水漏水，若套管破裂吊杆可能因雨水渗入而受到腐蚀，酷暑严寒季节应加强检查和养护。系杆检查应确认系杆索不得出现松弛，系杆是否开裂，无混凝土包裹的系杆是否有锈蚀，系杆锚头和防护罩有无锈蚀、外部油漆有无损坏、连接是否松动、防锈油脂有无向外渗漏，有无锈蚀，系杆的外包钢管或套管端口不锈钢罩保护螺栓松动时应及时紧固。拱上结构及横向联结检查需查看拱上立柱上下端、盖梁和横系梁有无开裂剥落露筋和锈蚀，肋拱桥的肋间横向联结是否开裂表面剥落钢筋外露锈蚀等。混凝土结构检查应对主桥纵横梁、拱座处外包混凝土等部位查看有无裂缝渗水表面风化剥落露筋和钢筋锈蚀等，尤以混凝土结构物的渗水渗漏为最主要检查项目。

在确保安全的前提下，检查人员应顺带完成力所能及的简易维护工作，包括对护

栏、防撞设施、检修通道、钢结构等部位的松动连接螺栓进行适当补拧紧固，擦拭或清理标志标牌污渍保持标识清晰。不得对吊杆锚头、系杆连接件、支座锚固螺栓等主要承重构件的紧固件进行违规操作，发现螺栓严重锈蚀或无法紧固、构件明显损坏等情况应作为病害上报不得强行处置。检查人员须携带基础工具包包括扳手、螺丝刀、钢丝刷、清洁铲、垃圾袋、裂缝宽度仪、手锤、卷尺、相机、望远镜等，作业时不得影响正常交通且严禁进入未设置安全通道的危险区域，可借助无人机辅助巡查人工难以触及的关键部位。每次检查须当场填写桥梁经常检查记录表，详细记录缺损类型、位置、范围和初步估算的养护工作量，记录裂缝时应标注裂缝部位、走向、宽度、分布状况和长度，同时注明已完成的附带维护项目，应建立一桥一档检查台账实现病害信息可追溯可跟踪，检查记录应有检查人和检查负责人签名。按月出具经常性检查报告并建立完整台账，一般病害及时安排小修保养，严重病害立即上报并启动应急处置程序。检查人员须落实安全防护措施，穿戴反光背心和安全帽，在高速公路作业区域规范设置警示标志，附带作业时必须确保作业区域有警示隔离，定期对检查人员进行教育培训。

（3）经常检查基本要求

经常检查宜抵近桥梁结构，主要采用目测方法，并辅以简单设备（如高倍望远镜、照相机、摄像机、内窥镜、裂缝测量卡、高清无人机以及锤子等常用工具）来进行检查和记录。现场填写“桥梁经常检查记录表”是及时、准确收集信息的重要保证，填写要求准确无误，不得漏填，严禁事后回忆补填。经常检查应按桥梁的养护检查等级制定巡检周期，巡检周期宜符合下列规定：

①本桥养护检查等级为Ⅰ级，经常检查每月不应少于 1 次。

②在汛期、台风等自然灾害频发期，应提高经常检查频率。

③对支座的经常检查每季度不应少于 1 次。

经常检查中发现桥梁存在以下内容，应及时上报：

①桥梁重要部件缺损严重；

②桥梁左右幅中央分隔带盖板缺失；

③桥台、盖梁滋生大型植株（杂草灌木）；

④存在掉落趋势物体；

⑤桥底堆积大量杂物、易燃物等；

⑥发现主要部件或现有 3 类构件病害存在发展趋势；

⑦影响桥梁结构及运营安全和其他危及行人、通航、行车安全的病害。

经常检查应包括下列内容：

①桥梁结构有无异常的变形和振动及其他异常状况。

②外观是否整洁，构件表面是否完好，有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等。

③混凝土主梁裂缝是否有发展。钢结构主梁抽查焊缝有无开裂，螺栓有无松动或缺失。

④吊杆、系杆等索结构锚固区的密封设施是否完好，有无积水或渗水痕迹，密封材料等有无老化和开裂；

⑤支座是否有明显缺陷，使用功能是否正常。

⑥桥面铺装是否存在病害。

⑦伸缩缝是否堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、局部破损。

⑧栏杆、护栏有无破损、缺失、锈蚀、移动或错位。

⑨排水设施有无堵塞和破损。

⑩墩台有无明显的倾斜、损伤、开裂及是否受到车、船或漂流物撞击而受损；基础有无冲刷、损坏、悬空；墩台与基础是否受到生物腐蚀。

⑪护坡、调治构造物有无缺损、开裂、沉降和塌陷。

⑫交通信号、标志、标线、照明设施以及桥梁其他附属设施是否完好、正常工作。

⑬永久观测点及标志点是否完好。

验收标准：

经常检查每月≥1 次；在汛期、台风等自然灾害频发期应加密；支座经常检查每季度≥1 次。抵近、目测+辅助工具，当场填写“桥梁经常检查记录表”，附照片/视频存档。编制桥梁月度经常性检查报告，安排后续评定与处治。桥梁构件经常性检查频率见下表：

丫髻沙特大桥主桥经常性检查构件检查频率表				
序号	**桥梁部位名称**	**检查频率**	**备注说明**	**检查方法/方式**
1	主梁	每月 1 次	检查钢纵横梁、变形、渗水、钢结构锈蚀、螺栓松动；π型梁是否有开裂、破损现象等。	通过梁底小车及桥检车检查
2	主拱圈	每月 1 次	检查钢结构焊缝是否开裂，构件表面是否完好，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等。	人员通过攀爬检修通道到达位置检查
3	拱上建筑	每月 1 次	包括腹拱、横向联系等，检查钢结构稳定性、裂缝、涂层脱落现象等。	人员通过攀爬检修通道到达位置检查
4	吊杆	每月 1 次	上锚头、下锚头密封是否完好，有无积水、渗水、渗油痕迹，吊杆索力是否偏位，密封材料等有无老化和开裂，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等	桥面行车临停、高处借助望远镜、无人机
5	系杆	每月 1 次	锚头密封是否完好，有无积水、渗水、渗油痕迹，密封材料等有无老化和开裂，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等。	桥面行车临停、平台可观察，悬空处借助望远镜、无人机
6	桥面铺装	每月 1 次	检查是否存在波浪、凹陷、铰缝、裂缝、坑槽、车辙、拥包、剥落等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
7	伸缩缝	每月 1 次	检查堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、漏水、局部破碎、漏水等	桥面行车临停，人员下车检查
8	栏杆、护栏	每月 1 次	检查是否完好、正常工作；是否有缺失、破损、锈蚀等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查

丫髻沙特大桥主桥经常性检查构件检查频率表				
序号	**桥梁部位名称**	**检查频率**	**备注说明**	**检查方法/方式**
9	机电设备、路灯	每月 1 次	检查清晰度、完整性、损坏等	桥面行车缓速移动；人员检查
10	标志、标线	每月 1 次	检查清晰度、完整性、损坏等	桥面行车缓速移动；人员检查
11	拱座	每月 1 次	检查裂缝是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮等。	步行至边拱上下通道检查
12	边拱	每月 1 次	检查裂缝是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮等。	步行至边拱上下通道检查；高处借助望远镜、无人机
13	立柱、墩身	每月 1 次	检查立柱是否存在斜倾、锈蚀，涂层脱落；墩身是否存在锈胀露筋等。	步行至边拱上下通道检查；高处借助望远镜、无人机
14	支座	每季度 1 次	检查移位、脱空、锈蚀、破损、老化等	步行至边拱上下通道检查；高处借助望远镜、无人机
15	翼墙(耳墙、侧墙)	每月 1 次	检查倾斜、开裂、下沉、漏水等	步行到吊杆锚固平台检查
16	排水系统	每月 1 次	检查泄水管堵塞、破损、脱落等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查

丫髻沙特大桥主桥经常性检查构件检查频率表				
序号	**桥梁部位名称**	**检查频率**	**备注说明**	**检查方法/方式**
17	桥墩及基础（含冲刷）	每月 1 次	检查位移、变形、裂缝、剥落、冲刷、掏空等。汛期应增加频次。	步行至指定位置检查，高处借助望远镜
18	航标、防撞设施	每月 1 次	检查损坏、缺失、锈蚀、有效性等	近处可目视，远处借助望远镜
19	调治构造物	每季度 1 次	检查导流堤、护岸等完好情况，汛期前后应加强检查。	步行至指定位置检查

（4）恶劣天气检查工作的范围：台风、地震、特大暴雨、洪水、大型活动等需特别加强或掌握实情的检查。

（5）无人机巡检：根据《公路桥梁无人机智能巡检技术规范》（T/AOPA 0080-2025）及《低空无人机应用公路桥梁巡检技术指南（试行）》（交办公路〔2026〕8 号），无人机巡检系统应作为人工检查的有效辅助手段。设备参数应满足以下规范要求：无人机宜采用纯电驱动的多旋翼机型，具备垂直起降和稳定悬停能力，具备高精度定位能力（如搭载 RTK 模块或具备等效精度的定位系统）；任务载荷方面，可见光相机有效像素不低于 1200 万；飞行作业时，无人机与待检部位安全距离不小于 3 米。无人机巡检系统作为人工检查的有效补充手段，应建立常态化巡检机制。每半年对桥梁实施一次全面巡检，采用无人机沿预设航线对桥面系、上部结构、下部结构及附属设施进行整体扫描式影像采集，快速掌握桥梁宏观运行状态。在此基础上，将全桥划分为若干检查区段，每季度选择特定区段或特定构件（如拱肋、吊杆锚固区、系杆锚头、箱梁底板及腹板、桥墩顶部等）进行局部细致检查，通过近距离贴壁飞行和高精度影像采集，对混凝土裂缝、钢结构锈蚀、涂层脱落、锚头渗水等病害进行精准识别与记录，确保在 12 个月的一个周期内将全桥所有关键部位和构件轮检完毕，实现年度全覆盖。全面巡检侧重于面的覆盖和宏观病害筛查，局部细致检查侧重于点的精准和微观病害确认，两者互为补充。每半年巡检结束后应出具无人机巡检报告，将发现的病害与人工经常性检查记录进行比对印证，对存疑部位安排人工复核或增派无人机复飞，确保病害判识准确、无遗漏。

（6）灭火器检查：一月一次，桥上共计 4 组灭火器，逐一检查，主要检查罐体及附件完好性、保质期、有效期，填写检查记录卡，报送更换申请单。

（7）桥梁日常保洁：包括大桥梁底检查车、支座保洁、拱座周边植被清理、桥梁通道及检修平台保洁、灭火器保洁、边墩盖梁垃圾清理等保洁保养工作。

项次	工程项目（部件）名称	单位	数量	备注
1	梁底检查车保洁	次	12	梁底小车 4 台，按照月度保洁频次实施
2	支座保洁	次	2	球形支座 52 个，按照半年保洁频次实施
3	拱座周边植被清理	次	2	沙贝侧及广氮侧植被对桥梁构件缠绕污染进行清理，按照半年清理频次实施

4	桥梁通道、检修平台保洁	次	2	边拱上下通道杂物保洁，按照半年保洁频次实施
5	灭火器保洁	次	12	桥上消防设施检查，按照月度保洁频次实施
6	边墩盖梁顶砂石清理	次	1	8、11#墩盖梁 9、10#横梁垃圾清理，按照年度清理频次实施

4.2. 防雷检测

根据中国气象局第 44 号令《防雷减灾管理办法》第十三条，投入使用后的雷电防护装置应当根据国家有关建筑物防雷标准实行定期检测制度。雷电防护装置应当每年检测一次，对爆炸和火灾危险环境场所的雷电防护装置应当每半年检测一次。

（1）丫髻沙特大桥防雷装置应当每年检测一次，检测时间在 3～9 月间。

（2）防雷检测主要内容：

①测试的主要内容包括接闪器测试、接地电阻测试和避雷器的工作状态。

②避雷器的检测包括避雷针、网带、导线和金属等。这些都是非常重要的防雷设施。

③接地电阻可以正常有效地将雷电引入地面。为了避免建筑物本身带电，或者对设备和人体造成一定的伤害，如果接地装置使用时间较长，或者选用的材料耐腐蚀性较差，需要防雷检测时，接地装置应选择性挖掘一定距离。此时应根据材料的腐蚀程度采取合理的措施

④避雷器的工作检查是指在雷电检测过程中对避雷器整体工作状态的检查。主要检查电源的防雷模块和防雷插座。而且还要检查避雷器的连接线和接地线，看其整体工作状况。

（3）每年定期检查一次，包括防雷接地、防静电连接等各种设施是否正常，并上报管养单位的安全部门。

（4）检测单位须具备防雷装置检测甲级资质。

验收标准：

《防雷减灾管理办法》（中国气象局令 第 44 号）：投入使用后的雷电防护装置应当每年检测一次，对爆炸和火灾危险环境场所的雷电防护装置应当每半年检测一次。技术检测标准：《建筑物雷电防护装置检测技术规范》（GB/T 21431-2023）。

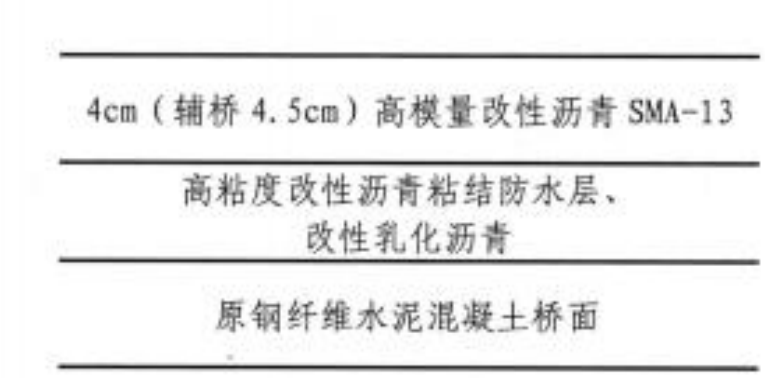
项目	验收要求
检测单位资格	必须具备具备防雷装置检测甲级资质、省级及以上气象

	主管机构认定的雷电防护装置检测资质（并在许可范围内）
检测周期	每年一次，检测时间在 3～9 月间
检测内容	接闪器（避雷针/避雷带/网）完整性、腐蚀、连接引下线导通/连接接地电阻值（设计有要求时判定合格值无要求时按 GB/T 21431 检测结论/限值）SPD/避雷器外观与连接接地电阻测试点、断接卡、防腐等
合格判据	检测报告给出每项“符合要求/不符合”，不符合项必须附整改通知单→复测合格才算闭环
归档资料	正式检测报告（带 CMA/资质章）+测试原始记录复印件+整改复测记录+上报安全部门回执

4.3.桥面铺装维护

4.3.1.高模量改性沥青 SMA-13（4cm）

根据丫髻沙特大桥以往的维修加固竣工图（2012.1.31），丫髻沙特大桥的桥面铺装结构如下图所示：



桥面铺装结构图

目前，丫髻沙特大桥主桥桥面铺装（4cm厚高模量改性沥青SMA-13）尚好。但鉴于既有桥面铺装已使用多年，在本次招标的养护周期内，难免会产生病害。如病害范围超过路面日养标准的，需按本维护方案对既有桥面铺装进行铲除更换。

更换施工时，先铣刨原桥面铺装结构后，重新摊铺4cm厚高模量改性沥青SMA-13混合料。桥面具体结构为：面层：4cm厚高模量改性沥青SMA-13；防水黏结层：高粘度改性沥青。原材料技术要求：沥青面层用高模量沥青，防水层采用高粘度改性沥青，透层沥青采用SBS改性乳化沥青。粗集料：SMA-13表面层粗集料必须符合SMA表面层用粗集料质量技术要求，同时粗集料必须质地坚硬，表面粗糙，外观接近立方体，有良好的嵌挤能力，本项目采用辉绿岩。当石料粘附性达不到要求时，在沥青中

掺加耐热、耐水、长期性能好的抗剥落剂。细集料：SMA的细集料采用辉绿岩机制砂。矿粉：沥青混合料的矿粉采用石灰岩矿粉，矿粉干燥、洁净，能与沥青有良好的粘结能力。

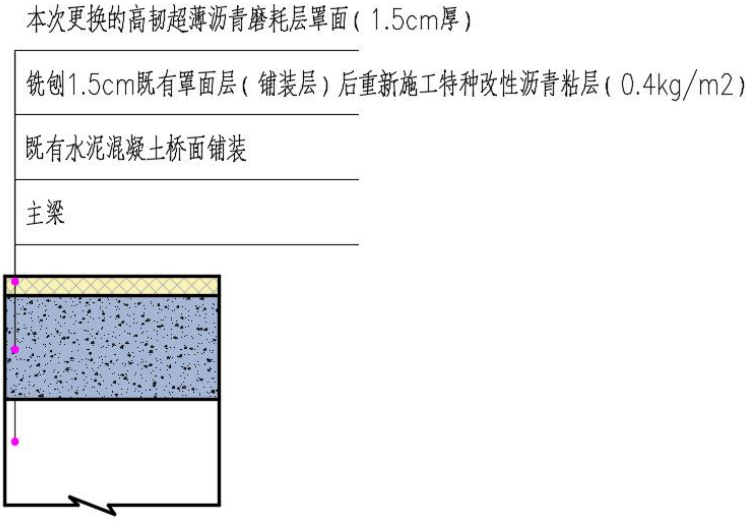
4.3.2.铣刨后重铺 1.5cm 高韧超薄沥青磨耗层罩面

养护期内，若为轻微病害，也可采用薄层沥青进行修复，不增加桥梁恒载，重构路面抗滑性能，改善平整度，恢复路表功能。

（1）施工顺序如下：现场确定需更换罩面的车道范围；进行施工路段交通围蔽；铣刨掉 1.5cm 厚既有破损罩面层（铺装层）；喷洒特种改性沥青粘层；摊铺高韧超薄沥青磨耗层罩面；恢复路面标线；撤除围蔽，开放交通。

（2）对选定的目标配合比和最佳油石比进行验证，确保工程施工中能满足各项指标。

（3）施工前，在热料仓取样进行生产配合比设计，级配曲线应接近目标级配，并采用目标配比的最佳油石比进行室内试验和试拌验证，确保满足技术要求后按最终确定的标准配合比进行工程施工和质量控制。



桥面铺装层结构示意图

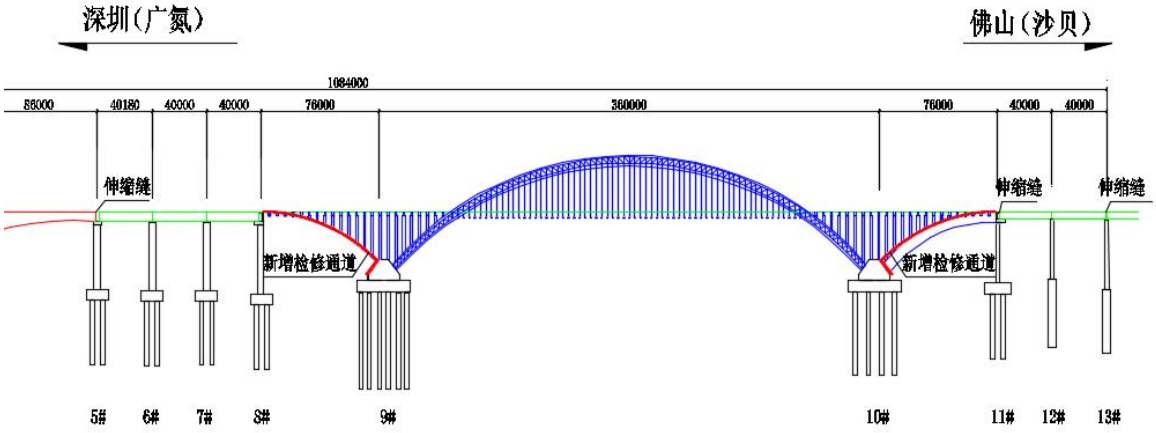
4.4.梁底小车保养与维护

（1）桥梁梁底设置检修小车2套；养护单位按照每月检查一次的频率对设备状态进行检查并试运行。如出现电机或其他零件故障时，应联系原厂家进行配件的更换和维修，相应费用合同已进行支出，如涉及大修或者因其他原因导致设备报废的情况，应及时上报。

4.5.边拱上下永久性通道

拟在主桥边拱位置各设置一套永久性人员检修通道，供桥梁日常检查、维修和养护人员上下通行使用。主要工程内容包括：设置总长度约 95.4m（年平均工程量）的永久性钢结构检修通道；通道沿拱座、边拱肋采用之字形布置；通道净宽约 100cm，全宽约 120cm（根据现场空间条件局部需适当调整）；栏杆高度 160cm 的防护栏杆；通道两侧设置踢脚板；在通道中部设置一个休息平台；在拱座下方约 2.6m 高差位置设置固定式梯笼爬梯；梯笼段设置完整防滑踏步；全线设置两条独立安全生命线；所有主要钢构件采用不锈钢或热浸镀锌防腐；结构按广州地区室外环境和台风作用进行验算；结构应满足永久性使用、安全通行和日常维护要求。

丫髻沙特大桥主桥新增检修通道位置示意图



4.6.吊杆养护

吊杆的经常检查频次应按照技术状况确定，技术状况 1 类 1 次/2 月，2 类 1 次/月，3 类 2 次/月，4 类及以上 4 次/月；短吊索检查频率较同状况索提升一级。检查时重点关注以下部分：吊杆外观，防护套有无开裂、鼓包、破损、老化；减振装置有无移位、脱落；锚固端，锚头有无渗水、锈蚀，销轴有无磨损、卡死；吊杆线形及异常监测；运行状态有无异常振动、异响。吊杆养护应在年初形成计划及专项方案，报业主单位审批同意后开展。

每月目测检查吊杆防护的渗水、损坏情况，重点关注吊索尤其是短吊索的偏位是否正常，吊杆两端的锚固部位与结构相交部位的防水性能、紧固状况和锈蚀情况应正常，具体包括上下锚固区混凝土有无开裂渗水、锚头附近有无锈蚀及外罩裂纹、锚头夹片和楔块是否发生滑移、吊杆钢索有无断丝，吊杆索体的防护体不得出现开裂破损，

吊杆减振措施不得损坏失效，吊杆的钢管护套有无松动油漆脱落锈蚀、套管顶是否密封、连接处有无渗水漏水，若套管破裂吊杆可能因雨水渗入而受到腐蚀，酷暑严寒季节应加强检查和养护，如发现渗水锈蚀等异常情况，应立刻安排当月打开对应保护罩进行详细检查，结合实际情况进行维护。吊杆锚头打开养护以不小于 3 年为一周期，确保在 3 年的周期内将全部 132 个锚头逐一打开进行全面检查维护。打开检查时，应重点检查锚杯内是否有积水、潮湿，防锈油脂是否结块或乳化失效，锚杯是否锈蚀，发现问题应及时将积水排出烘干并采用防水材料封堵，对有损坏的钢护筒与套管之间的防水垫层及阻尼垫层应及时更换并进行搭接处防水处理。

吊杆防护层按照月度进行检查，发现表面损伤应及时修复，防止病害加剧。若防护层损伤已伤及钢绞线，应剥开防护层检查钢丝锈蚀情况，经除锈和涂刷防锈漆处理后，恢复拉索防护层。对于较为严重的防护层损伤，还可通过外部缠包 PE 带或氟碳涂层等方式加强防护。

若锚头发生严重损伤，经上报业主单位后应采取换索措施。

吊杆养护的主要内容为：每一年度开展补充锚具防护罩内失效的防腐油脂，更换锚具内失效的防腐油脂，新油应灌注饱满均匀；对钢护筒进行涂漆防腐，更换钢护筒与套管连接处失效的防水密封装置。索体护套破损：PE 护套开裂、破损时，采用 PE 焊条熔焊修补，外部可缠包 PVF 缠包带补充防护；保护罩锈蚀重新进行防腐涂装；锚头存在积水或滴水现象的，查明渗漏水源头并修复；，锚具组件、螺栓松动的，及时紧固。

（1）吊杆锚头维护工艺流程：

①利用既有的梁下桁车作为施工平台到达吊杆下锚头，或通过拱顶通道到达吊杆上锚头。

②利用电动扳手，将需维护的吊杆锚头保护罩进行拆除。

③利用钢丝刷及二甲苯清除吊杆锚头上附着的旧油脂，并用除锈剂对锚头表面上的锈蚀部分进行除锈处理。

④清除钢垫板锈蚀部分，并对渗油钢垫板涂抹 MF860L 聚硫化密封胶。

⑤对于开裂的吊杆保护罩打磨出光鲜的金属面，然后用电焊机进行满焊。

⑥用手动打磨工具对保护罩锈蚀处进行打磨，打磨等级为 St3.0 级，并对保护罩及钢构件进行防腐涂装。

⑦锚头涂抹 IRIS-255 防腐油脂，锚头每个位置的涂抹厚度不小于 5mm 且每个锚头涂抹 2.2kg 以上的防腐油脂。

⑧将 PZ 防腐聚氨酯用搅拌器进行搅拌均匀，估算出每个保护罩使用量，按需量将 PZ 发泡剂倒入保护罩内，将保护罩安装至锚垫板上，扭紧螺栓。方可进行下一个锚头维护。

⑨如打开保护罩后发现吊杆锚头防腐措施状态良好，宜采用简单清理锈迹、补注防腐油脂后恢复安装，并做好过程记录。

4.7.系杆养护

本桥系杆与导向轮存在偏位、系杆 PE 局部破损等问题。需对偏位导向轮进行更换，对破损 PE 进行修复。全桥共设系杆锚头 44 个，需逐一检查。每月目测检查系杆索不得出现松弛，系杆是否开裂，系杆锚头和防护罩有无锈蚀、外部油漆有无损坏、连接是否松动、防锈油脂有无向外渗漏、钢套筒有无锈蚀，系杆的外包钢管或套管端口不锈钢罩保护螺栓松动时应及时紧固。系杆锚头打开养护以不小于 3 年为一周期，确保在 3 年的周期内将全部 44 个锚头逐一打开进行全面检查维护。打开检查时，应重点检查锚杯内是否有积水、潮湿，防锈油脂是否结块或乳化失效，锚杯是否锈蚀，发现问题应及时将积水排出烘干并采用防水材料封堵，对有损坏的密封设施应及时更换并进行防水处理。

（1）系杆表面 PE 修复工艺流程

①病害位置位于下层系杆时可采用梁底小车到达指定位置进行施工后，第二情况为在病害位于顶层及中层位置时需用切割机将系杆保护罩进行冷切割清除。并将保护罩骑扣在未施工的系杆保护罩上，用绳子穿过不锈钢保护罩固定孔，环向骑扣绑牢在其他未施工的系杆保护罩上。

②用小刀将破损位置热缩带进行切割清理，并用 3#砂纸打磨清除聚乙烯套管外壁的粉化层和污染层，用干净干燥的白布擦拭表面无污迹。采用专用焊枪进行修补。

③处理完成后，利用热缩带对表面进行缠包。

（2）系杆锚头维护工艺流程

①表面清理

将锚头原有防腐油脂和保护层清除干净：用棉布和板刷进行初步清理，清理范围包括锚头外表面及锚头内螺纹部分；对于残留的旧涂装油脂，可采用煤油、柴油或碳氢清洗剂进行清洗；清理完成后用干净棉布擦干，确保锚头表面干燥、无油污、无杂物。

②除锈处理

对于存在锈蚀的锚头，应进行除锈处理：采用钢丝刷、砂纸或电动除锈工具进行手工除锈；除锈完成后，应用压缩空气吹扫干净，确保表面无锈渣、无粉尘。

③涂刷防锈脂

除锈完成并经检查合格后，应及时涂刷防锈脂：防锈脂应均匀涂刷在锚头外表面及内螺纹部分；涂刷应不少于两道，确保覆盖全面、厚度均匀；涂刷后应自然晾干，不得在潮湿环境中施工。

④灌注防腐油脂

对于采用油脂防护的锚头，应采用高压油枪向锚头防护罩内压注防腐油脂：防腐油脂应符合设计要求，具有良好的防锈、防水性能；灌注应饱满，确保油脂充满整个锚头腔体；灌注完成后应检查是否有漏油现象。

⑤包覆保护

防腐处理完成后，应采用缠绕膜或玻璃丝布进行包覆保护：缠绕膜应紧密缠绕，搭接宽度不小于 50mm；玻璃丝布包裹应不少于两层，并涂刷配套树脂；包覆应完整、严密，无破损、无遗漏。

⑥保护罩安装

防腐和密封处理完成后，安装不锈钢保护罩；保护罩安装应牢固、密封，与锚头连接处应设置密封垫圈。

4.8.钢结构涂装维护

（1）本桥钢结构涂装体系

对全桥钢结构外表面涂装锈蚀脱落部分重新进行刷漆涂装，涂装工艺及技术要求应满足《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT T 722-2023）中的相关要求。

丫髻沙特大桥钢结构外表面涂装采用 S07 体系。

钢结构涂装体系

涂层	材料成分	涂刷道数	厚度
底漆	环氧富锌底漆	1 道	80μm
中间涂层	环氧云铁中间漆	1~2 道	150μm
面漆（第一道）	丙烯酸脂肪族聚氨酯面漆/氟碳树脂漆	1 道	40μm
面漆（第二道）	氟碳面漆	1 道	30μm
总干膜厚度			300μm

（2）主要维修工艺

①锈蚀处理

锈蚀处理的维修方法主要是除锈和涂装。对钢结构维护性涂装多采用手工清理除锈，新钢梁初始涂装或运营中钢梁的整孔重新涂装多采用喷砂清理除锈涂装材料体系，

不论是局部维护性涂装，还是全结构重涂，所用材料仍应符合原设计涂层体系不同腐蚀部位要求。

②维修流程与工序

钢结构锈蚀涂层维修流程与工序

步骤	方法
养护准备	根据损坏部位，组织人员，配备相关设备物资，进行交通管制或设置作业防护区。
涂层清理	清理需进行涂层的伸缩缝表面，去除可能存在的污垢、氧化皮、铁锈、毛刺和油漆涂层等。
表面处理	对表面进行打磨或拉毛或其他相关处理，使涂装表面满足相关的质量规范要求。
喷漆	应当在处理受损表面后 2h 内进行第一次喷涂。第一层涂层应当至少与相邻的涂层重叠 50mm。后续涂层应当喷涂在前道涂层边缘 30mm
养护防护	设置必要的防护措施，防止新的涂漆被破坏或污染。待涂漆完全干燥满足通行要求后，清理现场，恢复交通。
注意事项	面漆涂装后，如发现有气泡，凹陷孔洞，剥离锈蚀或针孔锈等现象时，应将漆膜刮除并经表面处理后，再按规定涂装时间隔层次予以
	涂装均匀，无明显起皱、流挂，附着应良好。在雨、雾和较大灰尘的条件下，禁止涂刷养护。

（3）验收要求：

项目	合格标准
表面处理	达到工艺文件规定的清洁度与粗糙度（无油、无松锈、无氧化皮残留，粗糙度满足涂料商要求）
涂层道数与干膜总厚	单点≥设计干膜厚度（300μm 方案值）且平均厚度≥设计值，局部允许偏差按涂料体系技术条件与合同要求
外观	涂层均匀、无流挂、无起皱、无漏涂、无气泡、无针孔锈点
附着力	按设计要求做划格/拉开法，满足涂料体系要求

4.9.混凝土结构梁体缺陷日常维护

运营期内，混凝土结构养护工作包括：裂缝处理、缺陷修复等。具体的混凝土结构养护和相应方法如下表所示。

混凝土结构养护维修方法

加固维修项目		加固维修方法
混凝土结构	裂缝处理	（1）对于裂缝宽度小于 0.15mm 的裂缝可以采用环氧砂浆或环氧胶泥进行表面封闭处理 （2）对于裂缝宽度大于 0.15mm 的裂缝可以采用灌注化学灌缝胶的方式进行处理
	缺陷修复	（1）表层缺陷：涂抹环氧砂浆、环氧修补胶 （2）大范围缺损：立模浇筑混凝土进行修补

（1）缺陷修复：

①混凝土表面要凿成方波形和锯齿状，且凿至坚实层，判断的标准是以能够看见新鲜混凝土为宜；

②清理混凝土病害部位时注意不要损伤梁体原有钢筋（尤其是主筋）；

③在混凝土表面破损清理完毕后用钢刷清除钢筋表面的浮锈（普通混凝土破损则不存在除锈）；

④应清除混凝土表面的油污、油脂、蜡状物等有机污物。

⑤在混凝土破损区域的清理完成后以及钢筋防锈、除锈处理工作完毕后按照桥梁维修养护相关规定及要求，采用环氧砂浆

⑥对破损区域进行修补，要求修补后结构表面平整密实，且厚度不得小于 2cm;

⑦修补区域如处于潮湿状态，应采取相应措施使修补位置保持干燥，或选用能在潮湿状态下施工的材料，确保修补质量；

⑧应根据材料物理化学特性、修补厚度以及气候条件等因素做好养护工作。

（2）裂缝封闭

对桥面板、拱座及边拱拱肋等所有混凝土构件中宽度 δ ＜0.15mm 的裂缝，无论缝宽大小，在进行裂缝的灌浆过程中一并封闭，根据不同裂缝情况，封闭前先对裂缝部位进行处理，然后用封缝材料进行裂缝表面封闭。

①定位：确定需进行封闭的作业裂缝位置。

②表面处理：用砂轮机、钢丝刷等工具，清除表面灰尘、油渍、污垢，露出混凝土新面，然后再用毛刷蘸甲苯、丙嗣、酒精等有机溶液，把缝两侧擦拭干净并保持干燥。

③修补胶拌合：裂缝一般封闭采用环氧树脂材料，施工前应先进行试配，以便于施工时间的掌握和可灌性。一定要拌和均匀，不得有色差。

④底胶施工：用毛刷粘胶涂刷于要求裂缝封闭的混凝土表面。涂刷应细密重叠和均匀，保证涂刷环氧树脂基液不流淌或流淌后应及时补刷，固化后胶膜均匀、密实封闭裂缝。

⑤封缝：用刮板抹一层厚 1mm 左右、宽 20～30mm 环氧树脂胶，沿已经涂刷底胶的表面，从一端向另外一端进行封闭，保证封闭连续、均匀、密实，防止产生小孔和气泡。

⑥固化找平：待环氧树脂胶固化后，用角磨机将其表层打磨平整，并将粉尘清理干净，确保修补宽度一致，转角平顺。

（3）裂缝压力注浆

①定位：确定需进行封闭的作业裂缝位置；

②裂缝缝口表面的处理：清除旧混凝土粘贴面上浮灰、尘土、油渍、污垢，露出混凝土新面；

③埋设灌浆嘴：待清缝处理后，调制好环氧树脂胶泥，搅拌均匀，用抹刀将少许胶刮在灌胶嘴/注入座底的四边，骑缝将灌胶嘴/注入座固定在混凝土上；灌浆嘴布置：灌浆胶嘴间距不得大于 30cm，原则上缝窄宜密，缝宽可稀。但每一条裂缝至少须有一个进胶孔和排气孔；

④封缝：同裂缝封闭工艺；

⑤封口胶的固化：密封完成后，让环氧树脂自然固化，在固化过程中防止其接触水；

⑥压气试验：待密封胶达到强度后，沿缝涂抹一层肥皂水，并从灌浆嘴向缝中通入压缩空气，若无冒泡现象，表示封闭效果良好，否则需修补；

⑦压力灌浆：灌浆之前，先接通管道，打开所有灌浆嘴阀门，用压缩空气将管道及裂缝吹干净。压胶顺序为：由缝的一端向另一端依次进行，由低端逐渐压向高端；灌注压力控制在 0.4MPa，压力逐渐升高。每次灌浆以临近的贴嘴冒浆为准，冒浆后立即用木塞塞紧；依次压灌，直至最后一个贴嘴冒浆，并用木塞塞紧，保持恒压继续压灌。保持恒压继续压灌，当进胶率小于 0.1L/min 时，再继续灌注 5min 即可停止此缝的灌浆。

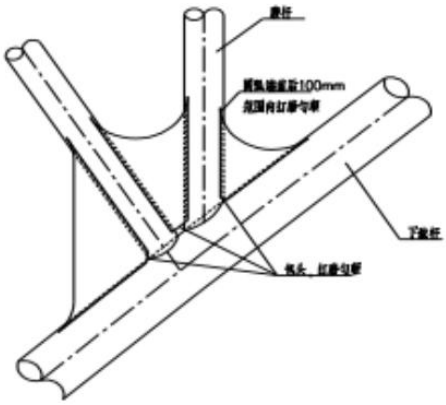
⑧拆除灌浆口及清表：灌浆后待缝内浆液初凝而不外流，拆除灌浆嘴，用环氧树脂胶泥对灌胶孔口进行封口抹平，用丙酮反复清洗，除去残余的浆液，然后用清水漂洗、晾干。

4.10.主拱肋节点疲劳裂缝修复

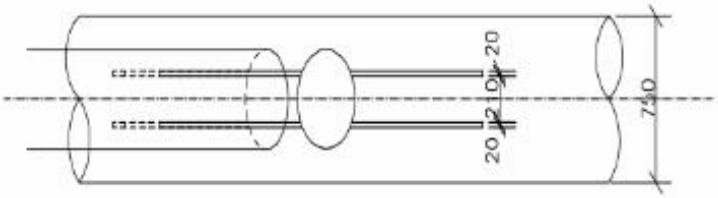
本次加固设计对杆件开裂焊缝采用先修复焊缝，再在管与管之间增设加劲板的方式进行节点补强。节点板的夹角位置预留泄水孔，施工时先进行现场测量，确定板件实际尺寸并精确下料，焊接时注意采用小线能量焊接，必要时先进行预热，预热温度可根据工艺确定，但不超过120℃。

单个节点加固的焊接工作应连续进行，焊接时应逐条进行焊接施工，不得多条焊缝同时施焊。完成首个节点加固工作后，应进行焊接质量评定，评定通过后再进行后续节点加固工作。

为了克服应力集中现象，在加劲板的端部设置圆弧过渡。



主拱肋节点加固



主拱肋节点加固平面图

4.11. 高强螺栓维修及补装

本桥纵横钢梁上有大量的螺栓，在长期行车振动环境下，螺栓容易松动甚至掉落。维护期间需定期检查螺栓情况，及时将松动螺栓进行补拧，对缺失螺栓按原有型号进行补装。



螺栓缺失及松动情况

具体工作要求如下：

（1）对全桥螺栓工作状态进行检查，并在施工图纸上做好记录。同一部位先拧紧松动螺栓，再补装缺失螺栓。

（2）本桥高强度螺栓采用扭矩法施拧。施工前应做好施拧工艺试验和板面抗滑移系数试验。

（3）摩擦面处理：摩擦面采用砂轮打磨，打磨范围不小于螺栓直径的 4 倍，打磨方向与受力方向垂直，打磨后的摩擦面应无明显不平。摩擦面防止被油或油漆等污染，如污染应彻底清理干净。对有锈迹螺栓进行除锈，施拧完成检查合格后重新涂装。

（4）缺失螺栓补装

①安装时高强螺栓应自由穿入孔内，不得强行敲打。高强螺栓的垫圈安在螺母一侧，垫圈孔有倒角的一侧应和螺母接触，不得装反（大六角头、高强螺栓的垫圈应安装在螺栓头一侧和螺母一侧，垫圈孔有倒角一侧应和螺栓头接触，不得装反）。

②螺栓不能自由穿入时，不得用气割扩孔，要用绞刀绞孔，修孔时需使板层紧贴，以防铁屑进入板缝，绞孔后要用砂轮机清除孔边毛刺，并清除铁屑。

③螺栓穿入方向宜一致，穿入高强螺栓用扳手紧固后，再卸下临时螺栓，以高强螺栓替换。不得在雨天安装高强螺栓，且摩擦面应处于干燥状态

④高强螺栓的紧固：必须分两次进行，第一次为初拧。初拧的扭矩值为终拧扭矩值的 50%。第二次紧固为终拧。为使螺栓群中所有螺栓均匀受力，初拧、终拧都应按一定顺序进行。一般接头：应从螺栓群中间顺序向外侧进行紧固。从接头刚度大的地方向不受约束的自由端进行。从螺栓群中心向四周扩散的方式进行。

⑤初拧扳手应是可以控制扭矩的，初拧完毕的螺栓，应做好标记以供确认。为防止漏拧，当天安装的高强螺栓，当天应终拧完毕。终拧应采用专用的电动扳手，如个别作业有困难的地方，也可以采用手动扭矩扳手进行，终拧扭矩须按设计要求进行。用电动扳手时，检查外露丝扣不得少于 2 扣。

（5）高强螺栓重新涂装

螺栓除锈涂装：针对轻微锈蚀的螺栓，对其及周边钢板进行除锈处理，然后重新进行表面防护涂装。

4.12. 钢梁裂缝止裂孔处理

本桥纵横钢梁等钢结构在长期使用过程中可能出现细微裂纹，为了及时防止裂缝发展，需及时在裂缝尖端位置施钻止裂孔防止裂缝发展。止裂孔直径不超过 12㎜。

4.13. 主拱爬梯维修及更换

本桥主拱肋上既有爬梯需要维护，对损坏缺失部位需要按原样进行更换恢复。

4.14. 支座更换

（1）桥梁顶升与支座更换

①交通管制

在梁体顶升施工过程中，酌情对该幅桥面交通采取限速或封闭的措施。

②顶升支点设置

在盖梁上确定放置千斤顶的位置，将主梁底板和帽梁表面的混凝土表面凿平整，并清理干净，先垫入橡胶板，再垫 1cm 厚的钢板作为垫板以防止对混凝土局部造成破坏，然后把千斤顶放在钢板上面。在梁底与千斤顶设备接触处用厚约 2cm 的钢板垫实，确保接触密合。如空间不足还可以采取做牛腿反力、临时墩等措施。

③试顶

在正式顶升前应进行试顶，试顶高度不超过 1cm，试顶时发现异常状况应及时停止顶升。

④顶升

每个千斤顶由专人负责，随时测量，保证每个千斤顶处的顶升高度基本保持一致。在横梁间增设若干个钢筋混凝土预制块形成临时固定点，以增加接触点和面积，提高顶升系统的稳定性，确保桥梁整体安全。

⑤修复支座垫石

如果支座垫石、钢板有病害，应在顶起梁去除原有支座后进行相应的处治，支座下方用高标号环氧树脂砂浆找平，精确计算出需增加的高度。

⑥更换支座

在梁底上钢板除锈和支座垫石修复完成后，把新支座按照标记安装到位。

⑦梁体回位

落梁时将梁体缓慢落下，并采取与顶升相同的监控保障措施。

⑧验收标准：

项目	允许偏差/合格要求
支座中心偏位	横桥向≤2mm；顺桥向≤5mm（按 JTGF80/1-2017 表 8.12.6 口径）
支座高程	满足设计；设计未要求时一般±5mm
支座四角高差	承压力≤5000kN 时≤1mm；＞5000kN 时≤2mm
垫石/钢板	标高与平整度满足要求；环氧砂浆找平

	强度达标且无空鼓
防尘罩/螺栓/硅脂	齐全、润滑到位、无杂物堆积
顶升过程	按方案分级加载、同侧同步、全过程监控（位移/应变/百分表），试顶≤1cm 无异常再正式顶升

4.15. 桥身检查车、检修平台、检修通道及出入口维护

（1）对桥身检查车的维护内容如下：

序号	内容	方法
1	有无杂物堆放	清扫干净、杂物清理
2	连接螺栓是否松动	重新拧固
3	结构件防腐是否失效	打磨后按设计图纸修补
4	安全装置是否完好、线路是否老化	有问题进行更换
6	升降机遥控系统是否完好	若损坏及时维修

（2）检修车维修内容方法

序号	内容	方法
1	运行是否顺畅	断电查明原因，及时处理
2	连接螺栓是否被剪断	更换
3	升降平台无法升降	断电查明原因，及时处理
4	限位挡块螺栓是否松动	及时更换
5	焊缝出现裂纹	焊缝重新补焊
6	表面防护层失效	打磨并按设计要求补涂

功能验收：行走运行：全程无卡阻、无异响、无啃轨；限位/急停/遥控/变频器报警正常结构：螺栓无松动、焊缝无裂纹（对可疑处磁粉/超声按方案抽检）、防腐层无失效。电气：电器功能正常、线路绝缘与固定合格。安全资料：作业区布设撤除记录+维修工单闭环签认。

（3）检修平台安全网完善

现有系杆锚头检修平台为钢管结构，钢管间距较大，临空面没有设置安全网，本次维护需增加安全网。



系杆锚头检修平台现状

4.16.工程数量表（单个年度）

序号	子　目　名　称	单位	数量	备注
	丫髻沙特大桥主桥			
	养护检查			
1	桥梁经常检查	次	12	含钢结构裂纹检查、灭火器检查等，详细要求见方案
2	无人机巡查	次	**2**	主要针对经常检查人员无法达到的位置
3	恶劣天气巡查	次	**2**	恶劣天气加密巡查，出巡查报告
4	防雷检测	次	1	
	日常养护			
5	**桥梁通道、检修平台等位置保洁（车行道外）**	**次**	**2**	**桥梁检修平台及出入口维护（钢结构加固、修复、涂装、保洁），包含大件垃圾清理、植被、盖梁顶泥沙清理等工作**
6	混凝土裂缝及缺陷处置			

6.1	混凝土裂缝处治（封闭）(裂缝宽度<0.15mm)	m	200	
6.2	混凝土裂缝处治（灌缝）(裂缝宽度≥0.15mm)	m	200	
7	墩身锈胀	㎡	10	
8	T 梁梁体缺陷修复	㎡	10	
9	梁底检修小车保养与维护	次	12	梁底设置检修小车 2 套，按照每月检查一次的频率对设备状态进行检查并试运行。如出现电机或其他零件故障时，养护单位应联系原厂家进行配件的更换和维修。含桥检小车日常保洁。
10	20m 桁架式桥检车	台班	7	养护过程备用，按实计量
11	QLS30 登高车	台班	7	养护过程备用，按实计量
12	计日工	工日	30	养护过程备用，按实计量
	预防养护			
13	钢结构涂装修复	㎡	2000	
14	桥梁钢梁止裂孔施工	个	10	
15	主拱圈节点疲劳裂缝修复	处	10	Q345D 钢材节点板，含尺寸测量、制作、安装
16	钢横梁、纵梁高强螺栓更换	颗	100	
17	吊杆维护			
17.1	吊杆上下锚头维护	个	44	
17.1.1	吊杆锚头开罩检查维护	个	30	打开保护罩后，状态良好的锚头可采用该方式维护：打开保护罩、检查除锈、补注防腐油脂、恢复防护罩等施工

17.1.2	吊杆锚头开罩除油维护（含补油脂）	个	14	打开保护罩后，状态较差锚头可采用该方式维护：打开保护罩、检查除锈、排查原因并处理、全部更换防腐油脂、恢复防护罩等施工
17.2	吊杆局部维护（吊杆 PE 修复）	处	1	
17.3	短吊杆锚头防水罩裂缝修复	处	1	
18	系杆维护			
18.1	系杆锚头维护（+大小里程桥台位置短系杆锚头）	个	15	
18.1.1	系杆锚头开罩检查维护	个	5	打开保护罩后，状态良好的锚头可采用该方式维护：打开保护罩、检查除锈、补注防腐油脂、恢复防护罩等施工
18.1.1	系杆锚头开罩除油维护（含补油脂）	个	10	打开保护罩后，状态较差锚头可采用该方式维护：打开保护罩、检查除锈、排查原因并处理、全部更换防腐油脂、恢复防护罩等施工
18.2	系杆局部维护（系杆 HDPE 修复）	处	50	
19	系杆锚固区顶面防水施工	m2	30	
20	**系杆预埋管孔道油性蜡注浆**	**孔**	**5**	**按每孔灌注 20L 油性蜡考虑**
21	系杆锚固平台安全网维护	㎡	100	采用钢网
	修复养护			
22	板式支座更换			
22.1	GJZF4(300x400x66)板式支座	个	5	

22.2	GJZF4(300x400x67)板式支座	个	9	
22.3	GJZF4(300x400x69)板式支座	个	5	
23	排水系统修复			
23.1	Φ315HDPE 排水管维修及更换	m	50	
23.2	Φ150HDPE 排水管维修及更换	m	20	
24	桥面铺装修复	㎡	2000	
24.1	4cm 高模量改性沥青 SMA-13	m2	1500	
24.2	桥面薄层沥青罩面（1.5cm）	㎡	500	
24.3	桥面铺装混凝土热熔灌缝	m	500	
25	系杆导向轮更换			
25.1	橡胶向轮更换(含保护罩拆装）	个	10	
	专项养护			
26	主拱爬梯维修及更换	处	10	补强维修、更换维护等。（仅除锈涂装则不在此计量）
27	新增边拱上下通道	t	27.066	镀锌钢管

交通围蔽工程数量在预算清单中考虑，总额控制。

第二部分　丫髻沙特大桥副航道桥安全年度维护

（一）桥梁概况

丫髻沙特大桥副航道桥起止桩号为 DK42+727~DK43+219,中心桩号 DK42+973，小里程方向为深圳广氮方向，大里程方向为佛山沙贝方向。该桥为双幅桥，桥梁单幅长 492.00m,共 7 跨，跨径组合均为 40.18m+(85.82+160.00+85.82)m+40.18m+ 2×40.00m。桥面标准断面全宽为 32.50m,双向六车道，横向布置为 0.50m（防撞护栏）+14.75m（行车道）+0.50m（防撞护栏）+1.00m（分隔带）+0.50m（防撞护栏）+14.75m（行车道）+0.50m（防撞护栏）。该桥上部结构采用预应力混凝土简支 T 梁（每孔横向布置 7 片）和预应力混凝土连续刚构，其中 85.82+160+85.82m 三跨连续预应力混凝土刚构采用单箱单室截面形式，由等高及变高度梁段组成，刚构根部梁高 9.00m,跨中 6.50m 范围内梁高为 2.50m,其余 70.00m 范围内梁体下缘按二次抛物线规律变化，边跨根据主墩中线对称变化，剩余 9.11m 段设等高梁；本桥采用三向预应力体系，纵向和横向预应力束采用高强度钢绞线，竖向预应力采用直径 32mm 的精轧螺纹粗钢筋；T 梁设有板式橡胶支座 112 个，连续刚构设有 GPZ3000DX 型单向活动盆式橡胶支座 8 个。下部结构主墩采用钢筋混凝土双薄壁墩，薄壁墩横桥向宽度 8.10m,与箱梁下缘一致，边墩用板式墩加墩帽，引桥桥墩为钢筋混凝土双柱式桥墩，基础为钻孔灌注桩基础。桥面铺装原为水泥混凝土铺装，后期经沥青罩面，左右幅共设 8 道伸缩缝，其中左右幅 1#~3#及左幅 4#伸缩缝为模数式伸缩缝，右幅 4#伸缩缝为梳齿式伸缩缝，分别布置在 1#墩、2#墩、5#墩、8#墩顶。该桥于 2000 年建成通车，桥面设置桥铭牌。

1.1.丫髻沙辅航道桥加固历史

2004 年 7 月对该桥的检查检测中发现其主要存在腹板斜向开裂、跨中底板横向开裂和跨中下挠过大等问题；并于 2006 年对丫髻沙副航道桥主要采取以下加固措施：

（1）体外预应力。利用体外索增加全桥的纵向预应力度，体外索布置于箱梁内部。

（2）粘贴(灌注)钢板。主要用于中跨和边跨腹板开裂区域及中跨跨中底板开裂区域，用以提高结构刚度，限制裂缝的进一步发展，提高结构的承载能力。

（3） 增大截面。由于增加的纵向预应力作用，结构的双薄壁墩和承台的受力增加，在中墩墩顶、墩底及承台采用增大截面法作为补强措施。

（4）2021 年—2022 年期间，管养单位对丫髻沙副航道桥左右幅部分裂缝进行封闭、蜂窝麻面、露筋位置进行修补。

1.2.丫髻沙大桥副航道桥现状

根据目前检查情况，丫髻沙大桥副航道桥目前存在的主要病害包括：

（1）桥面铺装病害：沥青路面坑槽，部分路段混凝土板块破碎；

（2）伸缩缝橡胶条底部脱空；

（3）刚构梁箱梁梁内外底板、腹板，翼缘板存在裂缝；刚构梁箱梁外杂物垃圾堆积；

（4）刚构梁箱内外原加固钢板存在螺栓脱落、钢板空鼓、锈蚀的现象；

（5）刚构梁箱内外体外预应力锚头轻微漏油，保护罩锈蚀，箱内体外索表层 PE 保护套普遍存在开裂现象，体外索转向支架钢构件及螺栓存在锈蚀，部分钢束存在松动的现象；

（6）板式支座偏压、脱空、老化开裂，盖梁建筑垃圾堆积，挡块挤压开裂。

（7）墩身表面开裂，局部位置破损露筋，水中墩涂层失效剥落，存在锈胀露筋的情况。

（二）执行标准

本项目管养范围内公路及附属设施的日常管养，需执行现行《公路桥涵养护规范》（JTG 5120-2021）、《公路养护技术标准》（JTG 5110-2023）、《公路桥梁支座和伸缩装置养护与更换技术规范》（JTG/T 5532-2023）、《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG 5220-2020）、《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）等相关规范、标准。

（三）养护范围

养护范围包括丫髻沙大桥副航道桥的下部结构、上部结构、桥面系的维养工作。具体养护范围见下表：

丫髻沙特大桥副航道桥养护范围表

序号	单位工程名称	备注
1	丫髻沙特大桥副航道桥桥梁经常检查	按实计量
2	丫髻沙特大桥副航道桥桥面铺装维护	按实计量
3	丫髻沙特大桥副航道桥体外索结构及相关设施维护	按实计量
4	丫髻沙特大桥副航道桥梁体内部及设施维护	按实计量
5	丫髻沙特大桥副航道桥桥身检查车及出入口维护	按实计量
6	丫髻沙特大桥副航道桥梁体缺陷日常维护	按实计量

7	丫髻沙特大桥副航道桥支座维护	按实计量

（四）养护方案

4.1.桥梁经常性检查

（1）总体要求

经常性检查应采用目测方法配以简单工具进行测量与记录，重点关注关键截面裂缝、预应力体系及结构变形等核心指标。关键截面裂缝检查需覆盖各中间支座及其附近区段的顶板和中性轴以上的腹板裂缝、各跨跨中及其附近区段的底板和中性轴以下的腹板裂缝、L/4 和 3L/4 截面的腹板裂缝、桥墩处梁顶部开裂以及刚构固结处混凝土开裂缺损，用裂缝宽度仪测量裂缝宽度，记录裂缝的起终点位置、长度、宽度和走向等信息，混凝土裂缝大于 0.2 毫米时应详细记录并跟踪观测。预应力体系检查需查看预应力钢束锚固区段混凝土有无开裂破损，沿预应力筋的混凝土表面有无纵向裂缝，箱梁腹腔内是否有积水，结构锚固区密封设施是否完好。结构变形检查方面，应检查跨中下挠是否超过规范要求限值，桥面线形及结构有无异常变位情况。箱梁内部检查需查看腹腔内是否有积水、通风是否良好，梁端头和底面是否清洁、是否生长苔藓杂草等植物。混凝土结构检查应目测观察混凝土表面的清洁状况及风化剥落露筋锈蚀等病害情况，量测表面病害面积。

在确保安全的前提下，检查人员应顺带完成力所能及的简易维护工作，包括对护栏、防撞设施、检修通道等部位的松动连接螺栓进行适当补拧紧固，擦拭或清理标志标牌污渍保持标识清晰。不得对支座锚固螺栓、预应力锚头等主要承重构件的紧固件进行违规操作，发现构件明显损坏等情况应作为病害上报不得强行处置。检查人员须携带基础工具包包括扳手、螺丝刀、钢丝刷、清洁铲、垃圾袋、裂缝宽度仪、手锤、卷尺、相机、望远镜等，作业时不得影响正常交通且严禁进入未设置安全通道的危险区域，可借助桥检车、支架、升降车等工具设备或无人机辅助检查箱梁内部等高空难以触及部位。每次检查须当场填写桥梁经常检查记录表，详细记录缺损类型、位置、范围和初步估算的养护工作量，记录裂缝时应标注裂缝部位、走向、宽度、分布状况和长度，同时注明已完成的附带维护项目，应建立一桥一档检查台账实现病害信息可追溯可跟踪，检查记录应有检查人和检查负责人签名。按月出具经常性检查报告并建立完整台账，一般病害及时安排小修保养，严重病害立即上报并启动应急处置程序。检查人员须落实安全防护措施，穿戴反光背心和安全帽，在高速公路作业区域规范设

置警示标志，附带作业时必须确保作业区域有警示隔离，定期对检查人员进行教育培训。

（2）基本要求

经常检查宜抵近桥梁结构，主要采用目测方法，并辅以简单设备（如高倍望远镜、照相机、摄像机、内窥镜、裂缝测量卡、高清无人机以及锤子等常用工具）来进行检查和记录。现场填写“桥梁经常检查记录表”是及时、准确收集信息的重要保证，填写要求准确无误，不得漏填，严禁事后回忆补填。经常检查应按桥梁的养护检查等级制定巡检周期，巡检周期宜符合下列规定：

①本桥养护检查等级为Ⅰ级，经常检查每月不应少于 1 次。

②在汛期、台风等自然灾害频发期，应提高经常检查频率。

③对支座的经常检查每季度不应少于 1 次。

（3）经常检查中发现桥梁存在以下情况，应及时上报：

①桥梁重要部件缺损严重；

②桥梁左右幅中央盖板缺失；

③桥台、盖梁滋生大型植株；

④存在掉落趋势物体；

⑤桥底堆积大量杂物、易燃物等；

⑥发现主要部件及现有 3 类以上构件病害存在发展；

⑦影响桥梁结构及运营安全和其他危及行人、行船、行车安全的病害。

（4）经常检查应包括下列内容：

①桥梁结构有无异常的变形和振动及其他异常状况，梁体线形平顺，无异常下挠、振动；结构无异常声响；整体刚度、稳定性符合设计要求。其中体外索经常性检查内容为：重点关注箱梁内部的通风与排水状况，确保箱内无积水。检查体外束 PE 外护套是否损伤；锚具护罩是否松动、是否存在渗油或油脂流出迹象；体外束是否有异常振动；钢制构件涂装层是否完好。鉴于箱梁内部环境封闭潮湿，需重点检查锚垫板及预埋管道口是否存在锈迹或渗水痕迹。

②外观是否整洁，构件表面是否完好，有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等。

③混凝土主梁裂缝是否有发展，箱梁内是否有积水。混凝土梁体：无开裂、剥落、露筋、钢筋锈胀、渗水；预应力锚固区无开裂、渗水、封锚破损；梁体内部无积水、通风良好；梁体涂层无破损剥落。钢-混凝土组合梁：结合面无滑移、开裂、掀起；预制桥面板接头无开裂、渗水、错位。墩梁固结区：无开裂、变形、渗漏，混凝土无剥落、露筋，连接部位无损伤。过渡墩身支座无脱空、错位、锈蚀，限位装置完好；

墩身无开裂、沉降。

④支座是否有明显缺陷，使用功能是否正常。

⑤桥面铺装是否存在病害铺装层纵横向裂缝、坑槽、车辙、拥包、桥头跳车等；伸缩装置锚固区混凝土开裂、型钢/梳齿板断裂、橡胶条老化破损、过车异响跳车。

⑥伸缩缝是否堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、局部破损。

⑦人行道、缘石有无破损、剥落、裂缝、缺损和松动。

⑧栏杆、护栏有无破损、缺失、锈蚀、移动或错位。

⑨排水设施有无堵塞和破损。

⑩墩台混凝土有无开裂、剥落、露筋、锈蚀；墩台无异常沉降、倾斜、变位；基础无冲刷、损坏、掏空，河床无异常淤积；调治构造物完好，无损坏；水下基础（水位变化时）无冲蚀、裂缝。墩台是否受到车、船或漂流物撞击而受损；墩台与基础是否受到生物腐蚀。

⑪翼墙（侧墙、耳墙）、调治构造物有无缺损、开裂、沉降和塌陷。

⑫交通信号、标志、标线、照明设施以及桥梁其他附属设施是否完好、正常工作。

⑬其他显而易见的损坏或病害。

⑭桥梁设置的观测用的点、传感器及引线等也应作为桥梁附属设施，纳入管理检查维护。

验收标准：经常检查每月≥1 次；在汛期、台风等自然灾害频发期应加密；支座经常检查每季度≥1 次。

抵近、目测+辅助工具，当场填写“桥梁经常检查记录表”，附照片/视频存档。

编制桥梁月度经常性检查报告，安排后续评定与处治。

桥梁构件经常性检查频率见下表：

丫髻沙辅航道桥经常性检查构件检查频率表				
序号	**桥梁部位名称**	**检查频率**	**备注说明**	**检查方法/方式**
1	混凝土连续刚构梁	每月1次	检查桥梁整体结构有无异常的变形和振动及其他异常状况；外观是否整洁，构件表面是否完好，有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等。裂缝（是否存在“八字形裂缝”）是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	箱内可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜、无人机。
2	体外预应力	每月1次	检查锚头密封是否完好，有无积水、渗水、渗油痕迹，密封材料等有无老化和开裂，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮等。	可通过盖梁检修平台到达位置检查
3	T梁	每月1次	检查裂缝是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜。
4	横隔板、湿接缝	每月1次	检查裂缝是否有发展，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜。
5	圆柱墩、薄壁墩	每月1次	检查裂缝是否有发展，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等。	可步行至指定位置检查，远处借助望远镜。
6	盖梁	每月1次	裂缝是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	可通过盖梁检修平台到达位置检查
7	桥面铺装	每月1次	检查是否存在波浪、凹陷、铰缝、裂缝、坑槽、车辙、拥包、剥落等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
8	支座	每月1次	检查堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、漏水、局部破碎、漏水等	可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜。
9	护栏	每月1次	检查是否完好、正常工作；是否有缺失、破损、锈蚀等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查

丫髻沙辅航道桥经常性检查构件检查频率表				
序号	**桥梁部位名称**	**检查频率**	**备注说明**	**检查方法/方式**
10	伸缩缝	每月1次	检查堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、漏水、局部破碎、漏水等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
11	排水设施	每月1次	检查泄水管堵塞、破损、脱落等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
12	交通信号	每月1次	检查清晰度、完整性、损坏等。	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
13	照明设施	每月1次	检查清晰度、完整性、损坏等。	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
14	观测点、标志点	每季度1次	检查清晰度、完整性、损坏等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车至指定位置检查

（5）恶劣天气检查工作的范围：台风、地震、特大暴雨、洪水、大型活动等需特别加强或掌握实情的检查。

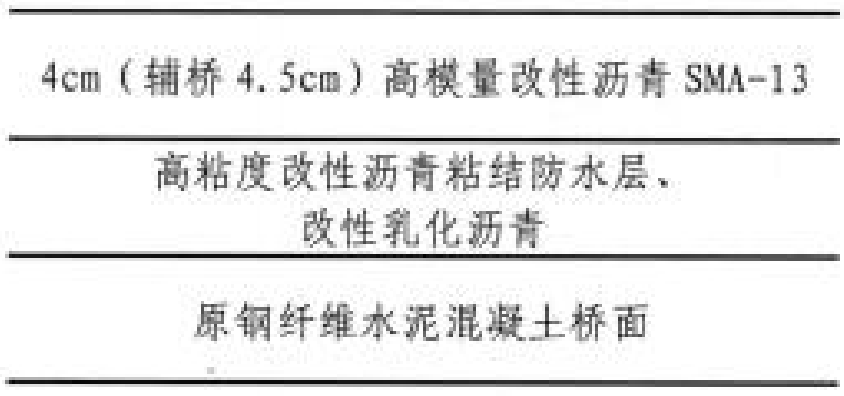
（6）无人机巡检：根据《公路桥梁无人机智能巡检技术规范》（T/AOPA 0080-2025）及《低空无人机应用公路桥梁巡检技术指南（试行）》（交办公路〔2026〕8 号），无人机巡检系统应作为人工检查的有效辅助手段。设备参数应满足以下规范要求：无人机宜采用纯电驱动的多旋翼机型，具备垂直起降和稳定悬停能力，具备高精度定位能力（如搭载 RTK 模块或具备等效精度的定位系统）；任务载荷方面，可见光相机有效像素不低于 1200 万；飞行作业时，无人机与待检部位安全距离不小于 3 米。无人机巡检系统作为人工检查的有效补充手段，应建立常态化巡检机制。每半年对桥梁实施一次全面巡检，采用无人机沿预设航线对桥面系、上部结构、下部结构及附属设施进行整体扫描式影像采集，快速掌握桥梁宏观运行状态。在此基础上，将全桥划分为若干检查区段，每半年选择特定区段或特定构件（箱梁底板及腹板、桥墩顶部等）进行局部细致检查，通过近距离贴壁飞行和高精度影像采集，对混凝土裂缝、钢结构锈蚀、涂层脱落等病害进行精准识别与记录，确保在 12 个月的一个周期内将全桥所有关键部位和构件轮检完毕，实现年度全覆盖。全面巡检侧重于面的覆盖和宏观病害筛查，局部细致检查侧重于点的精准和微观病害确认，两者互为补充。每半年巡检结束后应出具无人机巡检报告，将发现的病害与人工经常性检查记录进行比对印证，对存疑部位安排人工复核或增派无人机复飞，确保病害判识准确、无遗漏。

（7）桥梁日常保洁：包括大桥梁底支座保洁、桥梁通道及检修平台保洁、边墩盖梁垃圾清理等保洁保养工作。

4.1.桥面铺装维护

4.2.1. 高模量改性沥青 SMA-13（4.5cm）

根据丫髻沙特大桥以往的维修加固竣工图（2012.1.31），丫髻沙特大桥副航道桥的桥面铺装结构如下图所示：



桥面铺装结构图

目前，丫髻沙特大桥副航道桥桥面铺装（4.5cm 厚高模量改性沥青 SMA-13）尚好。但鉴于既有桥面铺装已使用多年，在本次招标的养护周期内，难免会产生病害。如病害超过路面日养标准的，需按本维护方案对既有桥面铺装进行铲除更换。

更换施工先铣刨原桥面铺装结构后，重新摊铺 4.5cm 厚高模量改性沥青 SMA-13 混合料。桥面具体结构为：面层：4.5cm 厚高模量改性沥青 SMA-13 防水粘结层：高粘度改性沥青。原材料技术要求：沥青面层用高模量沥青，防水层采用高粘度改性沥青，透层沥青采用 SBS 改性乳化沥青。粗集料：SMA-13 表面层粗集料必须符合 SMA 表面层用粗集料质量技术要求，同时粗集料必须质地坚硬，表面粗糙，外观接近立方体，有良好的嵌挤能力，本项目采用辉绿岩。当石料粘附性达不到要求时，在沥青中掺加耐热、耐水、长期性能好的抗剥落剂。细集料：SMA 的细集料采用辉绿岩机制砂。矿粉：沥青混合料的矿粉采用石灰岩矿粉，矿粉干燥、洁净，能与沥青有良好的粘结能力。

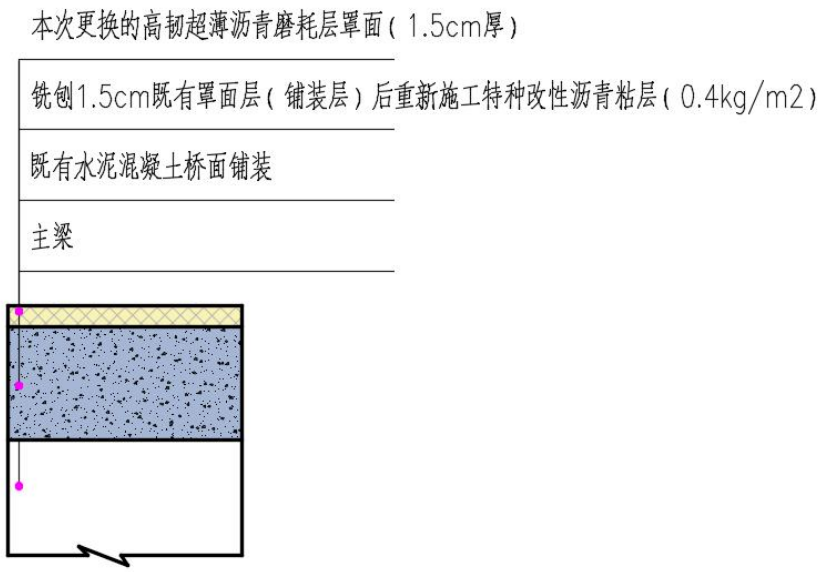
4.2.2.铣刨后重铺 1.5cm 高韧超薄沥青磨耗层罩面

养护期内，若为轻微病害，也可采用薄层沥青进行修复，不增加桥梁恒载，重构路面抗滑性能，改善平整度，恢复路表功能。

（1）施工顺序如下：现场确定需更换罩面的车道范围；进行施工路段交通围蔽；铣刨掉 1.5cm 厚既有破损罩面层（铺装层）；喷洒特种改性沥青粘层；摊铺高韧超薄沥青磨耗层罩面；恢复路面标线；撤除围蔽，开放交通。

（2）对选定的目标配合比和最佳油石比进行验证，确保工程施工中能满足各项指标。

（3）施工前，在热料仓取样进行生产配合比设计，级配曲线应接近目标级配，并采用目标配比的最佳油石比进行室内试验和试拌验证，确保满足技术要求后按最终确定的标准配合比进行工程施工和质量控制。



桥面铺装层结构示意图

4.3. 体外索的养护

体外预应力锚头打开养护以 3 年为一周期，确保在 3 年的周期内将全部 72 个锚头逐一打开进行全面检查维护，每年按计划完成 24 个锚头的打开检查，其中状态良好的锚头可采用简单方式维护，即打开保护罩、检查除锈、补注防腐油脂、恢复防护罩；状态较差的锚头应采用细致方式维护，即打开保护罩、检查除锈、排查原因并处理、全部更换防腐油脂、恢复防护罩。根据年度维护计划，状态良好按简单维护的锚头约为 14 个，状态较差需细致维护的锚头约为 10 个。打开检查时，应重点检查锚杯内是否有积水、潮湿，防锈油脂是否结块或乳化失效，锚杯是否锈蚀，发现问题应及时将积水排出烘干并采用防水材料封堵，锚头防腐油脂出现流失或变质失效时应及时补注或更换。

体外索的检查养护内容如下：检查锚头是否有渗油、锚固块开裂、体外束松弛或 PE 护套破损、锚头锈蚀严重等现象。对发现的锚具防护罩内油脂变质或不足的情况，应先用土工布擦除废旧油脂，经检查确认锚具内部干燥清洁后，再用专用防腐油脂涂抹锚头，扣上保护罩。最后应采用聚氨酯密封胶（或专用密封膏）进行严密封堵，防止湿气侵入导致钢绞线锈蚀。体外索外护套局部破损应使用 PE 焊枪热熔修复或缠包热缩带修复；钢构件及索夹定期防腐涂装；转向块、锚垫板锈蚀处除锈重涂；锚固区开裂处采取裂缝灌浆或粘贴碳纤维进行处置。

施工工艺流程流程如下：

施工平台搭设 → 锚头外观检查与评估 → 密封罩/防护罩拆除 → 锚头清洁 → 锚头除锈 → 防腐油脂检查与更换 → 防护罩安装 → 验收

（1）施工平台搭设

体外预应力锚头位于箱梁内部施工平台的搭设应根据现场条件确定：

箱梁内施工：利用箱梁内空间搭设移动脚手架或作业平台，平台应稳固可靠；

梁端施工：依托盖梁检修平台进行施工；施工平台周围应设置安全防护栏杆和安全网施工平台搭设完成后必须经项目部验收合格方可使用；作业人员必须佩戴安全帽，系安全带，安全带应高挂低用；

（2）锚头检查

打开锚头保护罩，通过目测和专业工具进行以下检查：

锚具外观检查：锚具表面有无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹；锚头渗水检查：锚具是否渗水、锈蚀，是否有锈水流出的痕迹；锚固区混凝土检查：锚固区混凝土是否开裂，锚栓是否松动，锚孔周围混凝土表面是否出现裂缝；防腐油脂检查：打开锚具后盖是否积水、潮湿，防锈油是否结块、乳化失效；防护罩检查：体外索锚具护套是否松脱，是否有油脂流出；钢构件检查：钢制构件表面的涂层有无损坏，构件是否锈蚀；结合面检查：锚固装置与原结构的结合面有无明显错动。

（3）检查频率

依据相关养护规范要求：体外预应力加固体系经常检查与桥梁检查频率保持一致。

（4）锚头清洁

将锚头原有锚头保护罩拆除，用棉布和板刷对锚头进行初步清理，清理范围包括锚头外表面及锚头内螺纹部分；对于残留的旧涂装和油污，可采用煤油、柴油或专用清洗剂进行清洗；清理完成后用干净棉布擦干，确保锚头表面干燥、无油污、无杂物；锚固区混凝土表面应清理干净，无松动混凝土、无油污。

（5）锚头除锈

对于存在锈蚀的锚头，应进行除锈处理：采用钢丝刷、砂纸或电动除锈工具进行手工除锈；除锈完成后，应用压缩空气吹扫干净，确保表面无锈渣、无粉尘。

（6）防腐油脂更换

如发现防腐油脂出现流失或变质失效时，应及时补注或更换：将失效的防腐油脂清除干净；对锚头内部进行清洁和干燥处理；注入新的专用防腐油脂；防腐油脂应充

满锚头腔体，确保无空隙。

（7）防护罩安装

防腐处理完成后，安装密封防护罩：安装带有注油口和排气口的密封罩；密封罩应采用可拆卸式设计，便于后续检查维护；从注油口压注专用防腐油脂，直至密封罩内充满油脂，排气口均匀出油；密封罩与锚头连接处应设置密封垫圈，确保密封可靠；密封罩安装应牢固、密封。



体外预应力束锚头状况

4.4. 桥身出入口维护

4.4.1 检修平台安装及维护

（1）钻孔

①M16 化学螺栓的孔径为 18mm。打孔时应使用 18mm 的钻头进行钻孔，以确保螺栓能够顺利插入。

②M16 化学螺栓的孔深应不小于 190mm。打孔时应使用合适的钻头进行钻孔，确保孔深不小于 190mm，以保证螺栓能够固定在混凝土中。

③M16 化学螺栓的孔应垂直于混凝土表面。打孔时，应使用水平尺或激光仪等工具确保孔的垂直度，以保证螺栓能够垂直插入并固定在混凝土中。

④M16 化学螺栓的孔应清洁干净。打孔完成后，应清除孔内的灰尘和碎屑，并保持孔内干燥，以确保化学螺栓能够与混凝土紧密粘合。

⑤M16 化学螺栓打孔需要使用合适的钻头和钻机。推荐使用混凝土钻孔机或冲击钻进行打孔作业。在选择钻头时，应确保其直径与螺栓孔径相匹配。此外，为提高打

孔效率和精度，可以使用带垂直度调整功能的钻机，以确保孔的垂直度。

锚栓钻孔质量要求		
序号	检查项目	允许偏差
1	锚孔深度（mm）	0,+5
2	锚孔垂直度	±2%
3	锚孔位置	±5

（2）螺栓连接

①安放螺栓前，锚孔再次用鼓风机清理一遍，确认无灰尘、钻渣。

②再次清孔后先放入药剂，然后打入螺栓，把药剂搅拌均匀。

③用电动工具将螺栓钻入孔中，最后待药剂完全凝固后拧上垫片和螺母。

④螺栓安放应牢固稳定，不得有松动。

⑤待螺栓完全凝固硬化后吊装构件至相应位置，用螺母连接，连接应牢固稳定。

（3）施工准备

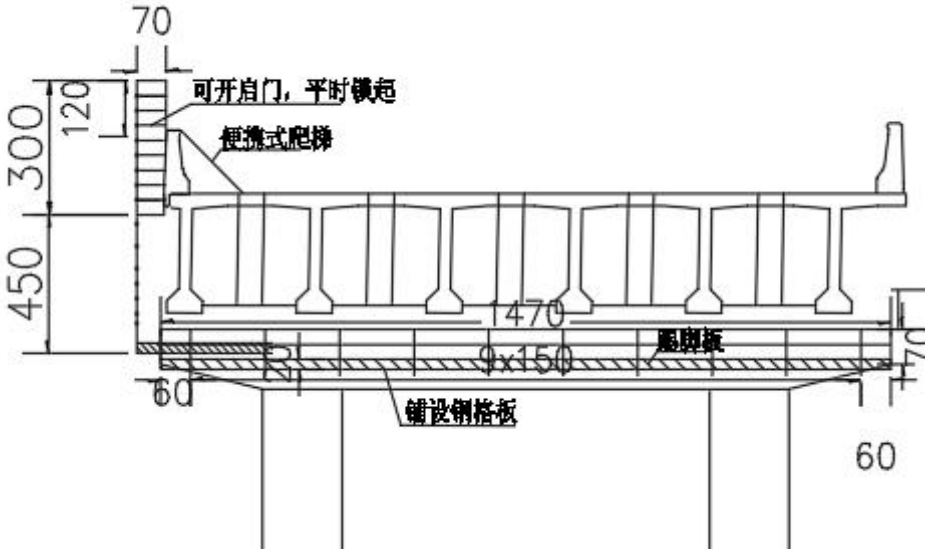
场地应平整夯实，工作面干净整洁，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

（4）钢结构下料加工

钢材进厂后在下料前应对钢材的性能进行复验，证明钢材成品的化学成分和力学性能及允许偏差值符合规范要求，应有产品制造商提供的产品质量证明书、检测报告，产品合格证。所有钢构件在制作前均放 1:1 施工大样，复核无误后方可下料。钢材加工前应进行校正、使之平整，以免影响制作精度。切割前应将钢材切割区域表面的铁锈、污物等清除干净，切割时应保证切割部位准确、切口整齐，切割后应清除毛刺、熔渣和飞溅物。

（5）焊接拼装：爬梯和可开启式门拼装

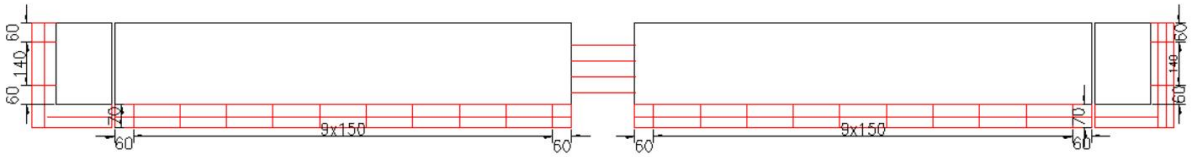
检修爬梯与桥梁防撞护栏底座、桥梁翼缘板、盖梁通过锚栓连接，形成稳定结构。检修爬梯竖杆以及顶部用 L80×6mm 角钢，梯棍采用 D33.5*4 圆钢管，爬梯长度 4.5m，爬梯竖杆沿桥纵向间距 70cm，梯棍间距 30cm。检修爬梯下部伸至检修平台位置并连接。可开启式门长度 3m、宽高 70cm、横杆及竖杆均采用 L80×6mm 角钢焊接，门高 1.05m 平时上锁，防止非工作人员进入，检修时可用便携式爬梯进入，由工作人员打开。



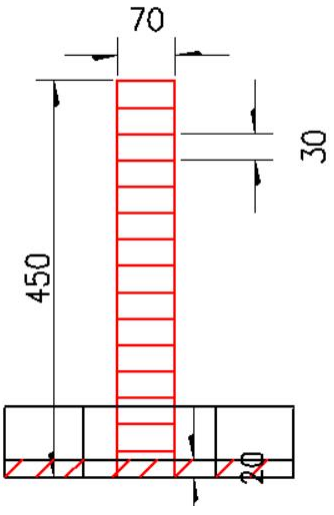
检修爬梯立面布置图

（6）检修平台拼装

各独立桁架结构之间通过水平横杆、水平纵杆连接。检修平台宽度 70cm，护栏高 0.8m，护栏立杆间距为 1.5m，底部设置 20mm 踢脚板。设计方案中的竖杆、水平横杆、水平纵杆均采用 L80×6mm 角钢，三角桁架结构沿引桥端部横截面 1.5m 间距设置，水平纵、横杆上铺钢格板作为检修平台。



检修平台平面图



检修爬梯剖面图

（7）焊接要求

①焊接技术人员、焊接检验人员、焊工都应具有相应的特种作业证书。

②角焊缝连接的部件应密贴，根部间隙不宜超过 2mm；当接头的根部间隙超过 2mm 时，角焊缝的焊脚尺寸应根据根部间隙值增加，但最大不应超过 5mm。

③焊缝焊瘤、凸起或余高过大，应采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属、焊缝凹陷、弧坑、咬边或焊缝尺寸不足等缺陷应进行补焊；焊缝未熔合、焊缝气孔或夹渣等，在完全清除缺陷后应进行补焊。

④焊缝应饱满，无漏焊缺焊、焊缝宽度满足设计要求。

⑤主体结构的焊接必须达到三级焊缝质量等级的要求。

（8）钢结构运输和堆放

①钢构件运输前应分类包装、零件和较小部件应按品种堆箱，包装部分应随带装箱清单及有关文件。

②钢构件在运输、装卸和堆放过程中应采取措施减少搬运次数。构件立放时，应设置临时支撑，并绑扎固定。

③钢构件堆放场地应事先平整夯实，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

④钢构件在工地存放时应使构件的腹板垂直于地面放置，以防止变形扭曲。

（9）检查验收

①检修平台牛腿的连接处是否牢固，牛腿需要有足够的强度、刚度，平台整体安装稳定性是否可靠。

②螺栓连接是否正常，如发现异常，需要及时处理或更换。

③可开启式门是否有锁，防止非工作人员进入，防止闲杂人等攀爬。

④检查使用材料及尺寸是否符合设计要求，外观是否整洁、美观。

4.4.2 人孔爬梯工艺流程及操作要点

（1）施工准备

场地应平整夯实，工作面干净整洁，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

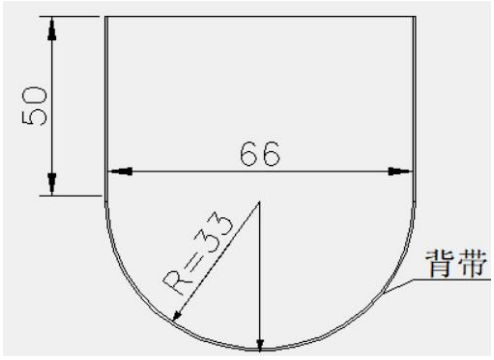
（2）钢结构下料加工

钢材进厂后应按合同核对其型号、规格、数量等。螺栓或钢材类别和规格应符合设计要求。应有产品制造商提供的产品质量证明书、检测报告，产品合格证。在下料前应对钢材的性能进行复验，证明钢材成品的化学成分和力学性能及允许偏差值符合规范要求之后方可下料，所有钢构件在制作前均放 1:1 施工大样，复核无误后方可下料。钢材加工前应进行校正、使之平整，以免影响制作精度。切割前应将钢材切割区域表面的铁锈、污物等清除干净，切割时应保证切割部位准确、切口整齐，切割后应

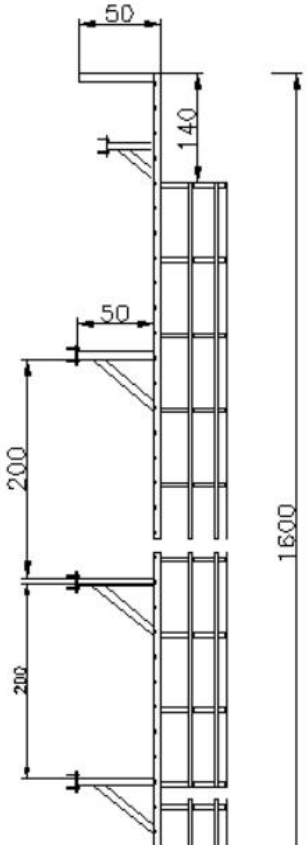
清除毛刺、熔渣和飞溅物。

（3）人孔爬梯的拼装尺寸说明

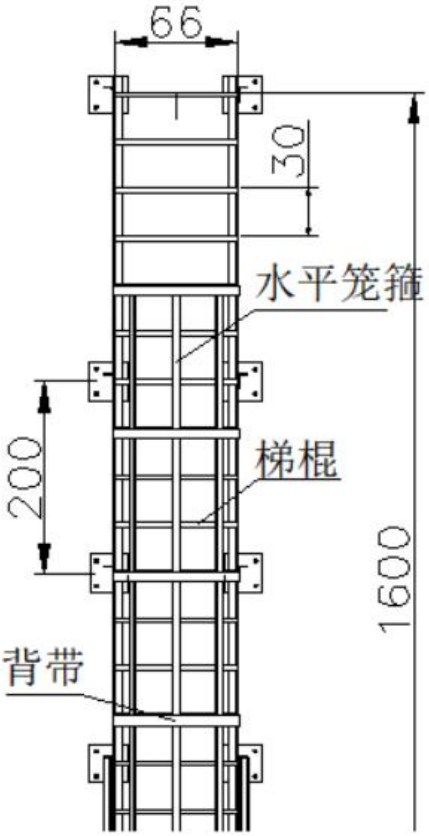
副航道连续梁与简支梁连接段设置人孔爬梯，人孔爬梯与桥墩用 M10*100 化学螺栓连接，形成稳定结构。人孔爬梯宽度 66cm，梯梁用 L80×6mm 角钢，梯棍采用 D33.5*4 圆钢管，梯棍竖向间距 30cm，梯梁距桥墩 50cm，梯梁结构之间通过梯棍连接。支撑采用 L80×6mm 角钢三角桁架，垫板用 15*15cm 钢板焊接，垫板预留 4 个锚栓孔，支撑沿竖向每 2m 分别在左右侧设置共两道。梯笼背带采用 40*4mm 钢板预制成 R33 半圆形，水平笼箍采用 40*4mm 钢板设置 5 道间距 30cm。



背带正视图



爬梯侧视图



爬梯正视图

（4）人孔爬梯焊接要求

①焊接技术人员、焊接检验人员、焊工都应具有相应的特种作业证书。

②角焊缝连接的部件应密贴，根部间隙不宜超过 2mm；当接头的根部间隙超过 2mm 时，角焊缝的焊脚尺寸应根据根部间隙值增加，但最大不应超过 5mm。

③焊缝焊瘤、凸起或余高过大，应采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属、焊缝凹陷、弧坑、咬边或焊缝尺寸不足等缺陷应进行补焊；焊缝未熔合、焊缝气孔或夹渣等，在完全清除缺陷后应进行补焊。

④焊缝应饱满，无漏焊缺焊、焊缝宽度满足设计要求。

⑤主体结构的焊接必须达到三级焊缝质量等级的要求。

（5）钢结构运输和堆放

①钢构件运输前应分类包装、零件和较小部件应按品种堆箱，包装部分应随带装箱清单及有关文件。

②钢构件在运输、装卸和堆放过程中应采取措施减少搬运次数。构件立放时，应设置临时支撑，并绑扎固定。

③钢构件堆放场地应事先平整夯实，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

④钢构件在工地存放时应使构件的腹板垂直于地面放置，以防止变形扭曲。

（6）钻孔

①M10 化学螺栓的孔径为 12mm。打孔时应使用 12mm 的钻头进行钻孔，以确保螺栓能够顺利插入，钻孔开始位置为距离地面 3m 位置。

②M10 化学螺栓的孔深应不小于 100mm。打孔时应使用合适的钻头进行钻孔，确保孔深不小于 100mm，以保证螺栓能够固定在混凝土中。

③M10 化学螺栓的孔应垂直于混凝土表面。打孔时，应使用水平尺或激光仪等工具确保孔的垂直度，以保证螺栓能够垂直插入并固定在混凝土中。

④M10 化学螺栓的孔应清洁干净。打孔完成后，应清除孔内的灰尘和碎屑，并保持孔内干燥，以确保化学螺栓能够与混凝土紧密粘合。

⑤M10 化学螺栓打孔需要使用合适的钻头和钻机。推荐使用混凝土钻孔机或冲击钻进行打孔作业。在选择钻头时，应确保其直径与螺栓孔径相匹配。

锚栓钻孔质量要求		
序号	检查项目	允许偏差
1	锚孔深度（mm）	0,+5
2	锚孔垂直度	±2%
3	锚孔位置	±5

（7）螺栓连接

①安放螺栓前，锚孔再次用鼓风机清理一遍，确认无灰尘、钻渣。

②再次清孔后先放入药剂，然后打入螺栓，把药剂搅拌均匀。

③用电动工具将螺栓钻入孔中，最后待药剂完全凝固后拧上垫片和螺母。

④螺栓安放应牢固稳定，不得有松动。

⑤待螺栓完全凝固硬化后吊装构件至相应位置，用螺母连接，连接应牢固稳定。

（8）检查验收

（1）人孔爬梯梯身和梯底的连接处是否牢固，梯体需要有足够的强度、刚度和稳定性，爬梯整体安装稳定性是否可靠。

（2）螺栓连接是否正常，如发现异常，需要及时修理或更换。

（3）爬梯距离地面的高度是否符合设计要求，防止闲杂人等攀爬，以及爬梯的宽度距离等。

（4）检查使用材料及尺寸是否符合设计要求，外观是否整洁、美观。

4.5. 混凝土结构养护维修方法

运营期内，混凝土结构养护工作包括：缺陷修复、裂缝处理、具体的混凝土结构养护和相应方法如下表所示：

混凝土结构养护维修方法

加固维修项目		加固维修方法
混凝土结构	裂缝处理	（1）对于裂缝宽度小于 0.15mm 的裂缝可以采用环氧砂浆或环氧胶泥进行表面封闭处理 （2）对于裂缝宽度大于 0.15mm 的裂缝可以采用灌注化学灌缝胶的方式进行处理
	缺陷修复	（1）表层缺陷：涂抹环氧砂浆、环氧修补胶 （2）大范围缺损：立模浇筑混凝土进行修补

（1）缺陷修复：

①混凝土表面要凿成方波形和锯齿状，且凿至坚实层，判断的标准是以能够看见新鲜混凝土为宜；

②清理混凝土病害部位时注意不要损伤梁体原有钢筋（尤其是主筋）；

③在混凝土表面破损清理完毕后用钢刷清除钢筋表面的浮锈（普通混凝土破损则不存在除锈）；

④应清除混凝土表面的油污、油脂、蜡状物等有机污物。

⑤在混凝土破损区域的清理完成后以及钢筋防锈、除锈处理工作完毕后按照桥梁维修养护相关规定及要求，采用环氧砂浆

⑥对破损区域进行修补，要求修补后结构表面平整密实，且厚度不得小于 2cm;

⑦修补区域如处于潮湿状态，应采取相应措施使修补位置保持干燥，或选用能在

潮湿状态下施工的材料，确保修补质量；

⑧应根据材料物理化学特性、修补厚度以及气候条件等因素做好养护工作。

（2）裂缝封闭

对桥面板、拱座及边拱拱肋等所有混凝土构件中宽度δ＜0.15mm的裂缝，无论缝宽大小，在进行裂缝的灌浆过程中一并封闭，根据不同裂缝情况，封闭前先对裂缝部位进行处理，然后用封缝材料进行裂缝表面封闭。

①定位：确定需进行封闭的作业裂缝位置。

②表面处理：用砂轮机、钢丝刷等工具，清除表面灰尘、油渍、污垢，露出混凝土新面，然后再用毛刷蘸甲苯、丙嗣、酒精等有机溶液，把缝两侧擦拭干净并保持干燥。

③修补胶拌合裂缝一般封闭采用环氧树脂材料，施工前应先进行试配，以便于施工时间的掌握和可灌性。一定要拌和均匀，不得有色差。

④底胶施工：用毛刷粘胶涂刷于要求裂缝封闭的混凝土表面。涂刷应细密重叠和均匀，保证涂刷环氧树脂基液不流淌或流淌后应及时补刷，固化后胶膜均匀、密实封闭裂缝。

⑤封缝：用刮板抹一层厚1mm左右、宽20～30mm环氧树脂胶，沿已经涂刷底胶的表面，从一端向另外一端进行封闭，保证封闭连续、均匀、密实，防止产生小孔和气泡。

⑥固化找平：待环氧树脂胶固化后，用角磨机将其表层打磨平整，并将粉尘清理干净，确保修补宽度一致，转角平顺。

（3）裂缝压力注浆

①定位：确定需进行封闭的作业裂缝位置；

②裂缝缝口表面的处理：清除旧混凝土粘贴面上浮灰、尘土、油渍、污垢，露出混凝土新面；

③埋设灌浆嘴：待清缝处理后，调制好环氧树脂胶泥，搅拌均匀，用抹刀将少许胶刮在灌胶嘴/注入座底的四边，骑缝将灌胶嘴/注入座固定在混凝土上；灌浆嘴布置：灌浆胶嘴间距不得大于30cm，原则上缝窄宜密，缝宽可稀。但每一条裂缝至少须有一个进胶孔和排气孔；

④封缝：同裂缝封闭工艺；

⑤封口胶的固化：密封完成后，让环氧树脂自然固化，在固化过程中防止其接触水；

⑥压气试验：待密封胶达到强度后，沿缝涂抹一层肥皂水，并从灌浆嘴向缝中通入压缩空气，若无冒泡现象，表示封闭效果良好，否则需修补；

⑦压力灌浆：灌浆之前，先接通管道，打开所有灌浆嘴阀门，用压缩空气将管道

及裂缝吹干净。压胶顺序为：由缝的一端向另一端依次进行，由低端逐渐压向高端；灌注压力控制在 0.4MPa，压力逐渐升高。每次灌浆以临近的贴嘴冒浆为准，冒浆后立即用木塞塞紧；依次压灌，直至最后一个贴嘴冒浆，并用木塞塞紧，保持恒压继续压灌。保持恒压继续压灌，当进胶率小于 0.1L/min 时，再继续灌注 5min 即可停止此缝的灌浆。

⑧拆除灌浆口及清表：灌浆后待缝内浆液初凝而不外流，拆除灌浆嘴，用环氧树脂胶泥对灌胶孔口进行封口抹平，用丙酮反复清洗，除去残余的浆液，然后用清水漂洗、晾干。

4.6.支座更换

（1）桥梁顶升与支座更换

①交通管制

在梁体顶升施工过程中，酌情对该幅桥面交通采取限速或封闭的措施。

②顶升支点设置

在盖梁上确定放置千斤顶的位置，将主梁底板和帽梁表面的混凝土表面凿平整，并清理干净，先垫入橡胶板，再垫 1cm 厚的钢板作为垫板以防止对混凝土局部造成破坏，然后把千斤顶放在钢板上面。在梁底与千斤顶设备接触处用厚约 2cm 的钢板垫实，确保接触密合。如空间不足还可以采取做牛腿反力、临时墩等措施。

③试顶

在正式顶升前应进行试顶，试顶高度不超过 1cm，试顶时发现异常状况应及时停止顶升。

④顶升

每个千斤顶由专人负责，随时测量，保证每个千斤顶处的顶升高度基本保持一致。在横梁间增设若干个钢筋混凝土预制块形成临时固定点，以增加接触点和面积，提高顶升系统的稳定性，确保桥梁整体安全。



梁体顶升更换支座梁体顶升和过程监控

⑤修复支座垫石

如果支座垫石、钢板有病害，应在顶起梁去除原有支座后进行相应的处治，支座下方用高标号环氧树脂砂浆找平，精确计算出需增加的高度。

⑥更换支座

在梁底上钢板除锈和支座垫石修复完成后，把新支座按照标记安装到位。

⑦梁体回位

落梁时将梁体缓慢落下，并采取与顶升相同的保障监控措施。

⑧验收标准：

项目	允许偏差/合格要求
支座中心偏位	横桥向≤2mm；顺桥向≤5mm（按JTGF80/1-2017表8.12.6口径）
支座高程	满足设计；设计未要求时一般±5mm
支座四角高差	承压力≤5000kN时≤1mm；＞5000kN时≤2mm
垫石/钢板	标高与平整度满足要求；环氧砂浆找平强度达标且无空鼓
防尘罩/螺栓/硅脂	齐全、润滑到位、无杂物堆积
顶升过程	按方案分级加载、同侧同步、全过程监控（位移/应变/百分表），试顶≤1cm无异常再正式顶升

4.7.工程数量表（单个年度维护）

序号	子　目　名　称	单位	数量	备注
	丫髻沙特大桥副航道桥			
	养护检查			
1	经常检查	次	12	巡查要求及内容见方案
2	恶劣天气巡查	次	2	恶劣天气加密巡查，出巡查报告
3	无人机巡查	次	2	主要针对经常检查人员无法达到的位置，出巡查分析报告
	日常养护			

4	桥梁通道、检修平台等位置保洁（车行道外）	次	2	桥梁检修平台及出入口维护（钢结构加固、修复、涂装、保洁），包含大件垃圾清理、植被、盖梁顶泥沙清理等工作
5	混凝土缺陷处置			
5.1	梁体裂缝封闭(裂缝宽度<0.15mm)	m	200	
5.2	梁体裂缝灌注(裂缝宽度≥0.15mm)	m	200	
6	墩身锈胀	㎡	20	
7	T 梁混凝土梁体缺陷	㎡	30	
8	20m 桁架式桥检车	台班	7	按需备用，按实计量
9	QLS30 登高车	台班	7	按需备用，按实计量
10	计工日	工日	30	按需备用，按实计量
	预防养护			
11	箱梁原加固钢板维护（箱梁外）			
11.1	箱梁原加固钢板维护	㎡	100	
11.2	原加固钢板空鼓注浆	㎡	30	
12	箱梁体外预应力设施维护			
12.1	体外预应力锚头维护	个	24	
12.1.1	系杆锚头开罩检查维护	个	14	打开保护罩后，状态良好的锚头可采用该方式维护：打开保护罩、检查除锈、补注防腐油脂、恢复防护罩等施工
12.1.2	系杆锚头开罩除油维护（含补油脂）	个	10	打开保护罩后，状态良较差锚头可采用该方式维护：打开保护罩、检查除锈、排查原因并处

				理、全部更换防腐油脂、恢复防护罩等施工
12.2	箱梁内部体外预应力索架、索夹除锈涂装	个	10	
12.3	箱梁内部体外预应力索 PE 护套维护	m	100	
13	箱内爬梯	t	3	新增镀锌钢结构爬梯 16 道，每道梯长约 2.4m
	修复养护			
14	板式支座更换			
14.1	GJZ(300x400x66)板式支座更换	个	23	
14.2	GJZF4(300x400x67)板式支座更换	个	14	
15	排水系统修复			
15.1	Φ150HDPE 排水管维修及更换	m	50	
16	桥面铺装修复	㎡	1500	
16.1	4.5cm 高模量改性沥青 SMA-13	m2	1000	
16.2	桥面薄层沥青罩面（1.5cm）	㎡	500	
16.3	桥面铺装混凝土热熔灌缝	m	600	
	专项养护			
17	刚构梁 4#盖梁新增检修平台安装及维护	t	6.593	

交通围蔽工程数量在预算清单中考虑，总额控制。

第三部分　东圃特大桥安全年度维护

（一）桥梁概况

东圃特大桥是跨越珠江主航道及辅航道，是通往番禺的一个主要通道，小里程方向为深圳方向，大里程方向为佛山方向。该桥为双幅桥，桥梁全长 1093.50m，共 3 联 13 跨，其跨径组合为（51+3x80+51.）m+6m+(106+2x160+106)m+3x30m。桥面标准断面全宽为 32.50m，双向六车道，横向布置为 0.50m（防撞护栏）+14.75m（行车道）+0.50m（防撞护栏）+1.00m（分隔带）+0.50m（防撞护栏）+14.75m（行车道）+0.50m（防撞护栏）。主航道是 4 跨双肢薄壁墩预应力混凝土连续刚构箱梁桥，跨径组合为 106m+2x160m+106m，副航道是 5 跨双肢薄壁墩预应力混凝土连续刚构箱梁桥，跨径组合 51m+3x80m+51m。主航道及辅航道间采用 6m 钢筋混凝土等截面箱梁进行过渡。北引桥由 12 跨 20m 预应力混凝土简支空心板梁、4 跨 30m 预应力混凝土简支 T 梁和 4 跨预应力混凝土等截面连续箱梁组成，目前北引桥已更名为“东圃互通立交南主线桥”；南引桥是 3 跨 30m 预应力混凝土简支 T 梁（每幅每跨横向布置 6 片）；20#、25#、26#、30#墩顶采用盆式橡胶支座，26#、31#~33#跨采用板式橡胶支座。21#、22#、23#、24#、27#、28#、29#墩为双肢薄壁式桥墩，25#、26#、30#、31#、32#、33#墩为双柱或三柱式桥墩，桩基础均为钻孔灌注桩。桥面铺装原为水泥混凝土铺装，后期已进行沥青薄层罩面。左右幅分别设有 4 道伸缩缝，其中 L3#、R2#、R3#伸缩缝为多缝式模数伸缩缝、L4#、R4#伸缩缝为单缝式模数伸缩缝、L1#、L2#、R1#伸缩缝为梳齿式伸缩缝。设计荷载等级：汽车－超 20 级，挂车-120。

1.1.东圃特大桥加固历史

东圃特大桥桥梁各跨跨中均较存在一定的下挠；主墩及箱梁各部位均存在一些裂缝；针对上述病害，2007 对东圃大桥进行了加固，加固内容为：

（1）体外预应力。利用体外索增加全桥的纵向预应力度，体外索布置于箱梁内部。

（2）粘贴(灌注)钢板。主要用于中跨和边跨腹板开裂区域及中跨跨中底板开裂区域，用以提高结构刚度，限制裂缝的进一步发展，提高结构的承载能力。

（3）增大截面。由于增加的纵向预应力作用，结构的双薄壁墩和承台的受力增加，在中墩墩顶、墩底及承台采用增大截面法作为补强措施。

（4）2021 年—2022 年期间，管养单位对丫髻沙副航道桥左右幅部分裂缝进行封闭、蜂窝麻面、露筋位置进行修补。

（5）2022 年—2023 年期间，管养单位对丫髻沙副航道桥左右幅部分裂缝进行封闭、蜂窝麻面、露筋位置进行修补。

1.2.东圃特大桥现状

（1）伸缩缝橡胶条底部脱空；

（2）箱梁梁底板、腹板。翼缘板存在裂缝，刚构梁箱内顶板局部存在渗水结晶现象，刚构梁箱内杂物堆积；

（3）体外预应力锚头漏油，防腐油漆失效，保护罩锈蚀，箱内体外索表层 PE 保护套普遍存在开裂现象，体外索转向支架钢构件及螺栓存在锈蚀，部分钢束存在松动；

（4）T 梁横隔板、湿接缝存在表面裂缝，T 梁梁底局部破损，原建设期湿接缝施工模板未拆除，有混凝土掉落分险；

（5）板式支座偏压、老化开裂，挡块挤压开裂；

（6）墩身表面开裂，局部位置破损露筋，水中墩涂层失效剥落，存在锈胀露筋的情况；

（二）执行标准

本项目管养范围内公路及附属设施的日常管养，需执行现行《公路桥涵养护规范》（JTG5120-2021）、《公路养护技术标准》(JTG 5110-2023)、《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG 5220-2020)、《公路养护安全作业规程》(JTG H30-2015)\、《高速公路机电设施养护作业规范》（DB44/T 2432-2023）等相关规范、标准。

（三）养护范围

养护范围包括东圃特大桥的下部结构、上部结构、桥面系等维养工作。具体养护范围见下表：

东圃特大桥养护范围表

序号	单位工程名称	备注
1	东圃特大桥桥梁经常性检查	按实计量
2	东圃特大桥体外索结构及相关设施维护	按实计量
3	东圃特大桥桥面铺装维护	按实计量
4	东圃特大桥梁体内部及设施维护	按实计量
5	东圃特大桥伸缩缝、排水设施日常维护	按实计量

6	东圃特大桥桥身检查车及出入口维护	按实计量
7	东圃特大桥梁梁体缺陷日常维护	按实计量
8	东圃特大桥支座维护	按实计量

（四）养护方案

4.1.桥梁经常检查

（1）总体要求

经常性检查应采用目测方法配以简单工具进行测量与记录，重点关注关键截面裂缝、预应力体系及结构变形等核心指标。关键截面裂缝检查需覆盖各中间支座及其附近区段的顶板和中性轴以上的腹板裂缝、各跨跨中及其附近区段的底板和中性轴以下的腹板裂缝、L/4 和 3L/4 截面的腹板裂缝、桥墩处梁顶部开裂以及刚构固结处混凝土开裂缺损，用裂缝宽度仪测量裂缝宽度，记录裂缝的起终点位置、长度、宽度和走向等信息，混凝土裂缝大于 0.2 毫米时应详细记录并跟踪观测。预应力体系检查需查看预应力钢束锚固区段混凝土有无开裂破损，沿预应力筋的混凝土表面有无纵向裂缝，箱梁腹腔内是否有积水，结构锚固区密封设施是否完好。结构变形检查方面，应检查跨中下挠是否超过规范要求限值，桥面线形及结构有无异常变位情况。箱梁内部检查需查看腹腔内是否有积水、通风是否良好，梁端头和底面是否清洁、是否生长苔藓杂草等植物。混凝土结构检查应目测观察混凝土表面的清洁状况及风化剥落露筋锈蚀等病害情况，量测表面病害面积。

在确保安全的前提下，检查人员应顺带完成力所能及的简易维护工作，包括对护栏、防撞设施、检修通道等部位的松动连接螺栓进行适当补拧紧固，擦拭或清理标志标牌污渍保持标识清晰。不得对支座锚固螺栓、预应力锚头等主要承重构件的紧固件进行违规操作，发现构件明显损坏等情况应作为病害上报不得强行处置。检查人员须携带基础工具包包括扳手、螺丝刀、钢丝刷、清洁铲、垃圾袋、裂缝宽度仪、手锤、卷尺、相机、望远镜等，作业时不得影响正常交通且严禁进入未设置安全通道的危险区域，可借助桥检车、支架、升降车等工具设备或无人机辅助检查箱梁内部等高空难以触及部位。每次检查须当场填写桥梁经常检查记录表，详细记录缺损类型、位置、范围和初步估算的养护工作量，记录裂缝时应标注裂缝部位、走向、宽度、分布状况和长度，同时注明已完成的附带维护项目，应建立一桥一档检查台账实现病害信息可追溯可跟踪，检查记录应有检查人和检查负责人签名。按月出具经常性检查报告并建

立完整台账，一般病害及时安排小修保养，严重病害立即上报并启动应急处置程序。检查人员须落实安全防护措施，穿戴反光背心和安全帽，在高速公路作业区域规范设置警示标志，附带作业时必须确保作业区域有警示隔离，定期对检查人员进行教育培训。

（2）基本要求

经常检查宜抵近桥梁结构，主要采用目测方法，并辅以简单设备（如高倍望远镜、照相机、摄像机、内窥镜、裂缝测量卡、高清无人机以及锤子等常用工具）来进行检查和记录。现场填写“桥梁经常检查记录表”是及时、准确收集信息的重要保证，填写要求准确无误，不得漏填，严禁事后回忆补填。经常检查应按桥梁的养护检查等级制定巡检周期，巡检周期宜符合下列规定：

①本桥养护检查等级为Ⅰ级，经常检查每月不应少于 1 次。

②在汛期、台风等自然灾害频发期，应提高经常检查频率。

③对支座的经常检查每季度不应少于 1 次。

（3）经常检查中发现桥梁存在以下内容，应及时上报；

①桥梁重要部件缺损严重；

②桥梁左右幅中央盖板缺失；

③桥台、盖梁滋生大型植株；

④存在掉落趋势物体；

⑤桥底堆积大量杂物、易燃物等；

⑥发现主要部件及现有 3 类以上构件病害存在发展；

⑦影响桥梁结构及运营安全和其他危及行人、行船、行车安全的病害。

（4）经常检查应包括下列内容：

①桥梁结构有无异常的变形和振动及其他异常状况，梁体线形平顺，无异常下挠、振动；结构无异常声响；整体刚度、稳定性符合设计要求。其中体外束经常性检查内容为：重点关注箱梁内部的通风与排水状况，确保箱内无积水。体外束外护套是否损伤；锚具护罩是否松动、是否有油脂流出；体外束是否有异常振动；钢制构件涂装层是否完好；由于箱梁内部环境封闭潮湿，需定期检查锚垫板及预埋管道口是否存在锈迹或渗水痕迹。

②外观是否整洁，构件表面是否完好，有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等。

③混凝土主梁裂缝是否有发展，箱梁内是否有积水。混凝土梁体：无开裂、剥落、露筋、钢筋锈胀、渗水；预应力锚固区无开裂、渗水、封锚破损；梁体内部无积水、通风良好；梁体涂层无破损剥落。钢-混凝土组合梁：结合面无滑移、开裂、掀起；预制桥面板接头无开裂、渗水、错位。墩梁固结区：无开裂、变形、渗漏，混凝土无剥落、露筋，连接部位无损伤。过渡墩身（如有）支座无脱空、错位、锈蚀，限位装置完好；墩身无开裂、沉降。

④支座是否有明显缺陷，使用功能是否正常。

⑤桥面铺装是否存在病害铺装层纵横向裂缝、坑槽、车辙、拥包、桥头跳车等病害；伸缩装置锚固区混凝土开裂、型钢/梳齿板断裂、橡胶条老化破损、过车异响跳车。

⑥伸缩缝是否堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、局部破损。

⑦人行道、缘石有无破损、剥落、裂缝、缺损和松动。

⑧栏杆、护栏有无破损、缺失、锈蚀、移动或错位。

⑨排水设施有无堵塞和破损。

⑩墩台混凝土有无开裂、剥落、露筋、锈蚀；墩台无异常沉降、倾斜、变位；基础无冲刷、损坏、掏空，河床无异常淤积；调治构造物完好，无损坏；水下基础（水位变化时）无冲蚀、裂缝。墩台是否受到车、船或漂流物撞击而受损；墩台与基础是否受到生物腐蚀。

⑪翼墙（侧墙、耳墙）、调治构造物有无缺损、开裂、沉降和塌陷。

⑫交通信号、标志、标线、照明设施以及桥梁其他附属设施是否完好、正常工作。

⑬其他显而易见的损坏或病害。

⑭桥梁设置的观测用的点、传感器及引线等也应作为桥梁附属设施，纳入管理检查维护。

验收标准：Ⅰ级桥：经常检查每月≥1 次；在汛期、台风等自然灾害频发期应加密；支座经常检查每季度≥1 次。

抵近、目测+辅助工具，当场填写“桥梁经常检查记录表”，附照片/视频存档。编制桥梁月度经常性检查报告，安排后续评定与处治。

桥梁构件经常性检查频率见下表：

东圃特大桥经常性检查构件检查频率表				
序号	桥梁部位名称	检查频率	备注说明	检查方法/方式
1	混凝土连续刚构梁	每月 1 次	检查桥梁整体结构有无异常的变形和振动及其他异常状况；外观是否整洁，构件表面是否完好，有无损坏、开裂、剥落、起皮、锈迹等。裂缝（是否存在“八字形裂缝”）是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	箱内可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜、无人机。
2	体外预应力	每月 1 次	检查锚头密封是否完好，有无积水、渗水、渗油痕迹，密封材料等有无老化和开裂，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮等。	可通过盖梁检修平台到达位置检查
3	T 梁	每月 1 次	检查裂缝是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜。
4	横隔板、湿接缝	每月 1 次	检查裂缝是否有发展，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜。
5	圆柱墩、薄壁墩	每月 1 次	检查裂缝是否有发展，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等。	可步行至指定位置检查，远处借助望远镜。
6	盖梁	每月 1 次	裂缝是否有发展，是否存在积水，外观有无损坏、开裂、剥落、起皮，锈迹等	可通过盖梁检修平台到达位置检查
7	桥面铺装	每月 1 次	检查是否存在波浪、凹陷、铰缝、裂缝、坑槽、车辙、拥包、剥落等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
8	支座	每月 1 次	检查堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、漏水、局部破碎、漏水等	可通过盖梁检修平台到达位置检查。远处借助望远镜。
9	护栏	每月 1 次	检查是否完好、正常工作；是否有缺失、破损、锈蚀等	桥面行车缓速移动或临停，人员下

东圃特大桥经常性检查构件检查频率表				
序号	桥梁部位名称	检查频率	备注说明	检查方法/方式
				车检查
10	伸缩缝	每月 1 次	检查堵塞、卡死，连接部件有无松动、脱落、漏水、局部破碎、漏水等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
11	排水设施	每月 1 次	检查泄水管堵塞、破损、脱落等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
12	交通信号	每月 1 次	检查清晰度、完整性、损坏等。	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
13	照明设施	每月 1 次	检查清晰度、完整性、损坏等。	桥面行车缓速移动或临停，人员下车检查
14	观测点、标志点	每季度 1 次	检查清晰度、完整性、损坏等	桥面行车缓速移动或临停，人员下车至指定位置检查

（5）恶劣天气检查工作的范围：台风、地震、特大暴雨、洪水、大型活动等需特别加强或掌握实情的检查。

（6）无人机巡检：根据《公路桥梁无人机智能巡检技术规范》（T/AOPA 0080-2025）及《低空无人机应用公路桥梁巡检技术指南（试行）》（交办公路〔2026〕8 号），无人机巡检系统应作为人工检查的有效辅助手段。设备参数应满足以下规范要求：无人机宜采用纯电驱动的多旋翼机型，具备垂直起降和稳定悬停能力，具备高精度定位能力（如搭载 RTK 模块或具备等效精度的定位系统）；任务载荷方面，可见光相机有效像素不低于 1200 万；飞行作业时，无人机与待检部位安全距离不小于 3 米。无人机巡检系统作为人工检查的有效补充手段，应建立常态化巡检机制。每半年对桥梁实施一次全面巡检，采用无人机沿预设航线对桥面系、上部结构、下部结构及附属设施进行整体扫描式影像采集，快速掌握桥梁宏观运行状态。在此基础上，将全桥划分为若干检查区段，每半年选择特定区段或特定构件（箱梁底板及腹板、桥墩顶部等）进行局部细致检查，通过近距离贴壁飞行和高精度影像采集，对混凝土裂缝、钢结构锈蚀、涂层脱落等病害进行精准识别与记录，确保在 12 个月的一个周期内将全桥所有关键部位和构件轮检完毕，实现年度全覆盖。全面巡检侧重于面的覆盖和宏观病害筛查，局部细致检查侧重于点的精准和微观病害确认，两者互为补充。每半年巡检结束后应出具无人机巡检报告，将发现的病害与人工经常性检查记录进行比对印证，对存疑部位安排人工复核或增派无人机复飞，确保病害判识准确、无遗漏。

（7）桥梁日常保洁：包括大桥桥梁通道及检修平台保洁、边墩盖梁垃圾清理车行道外等保洁工作。

4.2 体外索的养护

前期对东圃大桥两幅均采用了增设体外预应力束的方式进行加固，体外预应力束总长为 664m。体外预应力锚头打开养护以 3 年为一周期，确保在 3 年的周期内将全部 72 个锚头逐一打开进行全面检查维护，每年按计划完成 24 个锚头的打开检查，其中状态良好的锚头可采用简单方式维护，即打开保护罩、检查除锈、补注防腐油脂、恢复防护罩；状态较差的锚头应采用细致方式维护，即打开保护罩、检查除锈、排查原因并处理、全部更换防腐油脂、恢复防护罩。根据年度维护计划，状态良好按简单维护的锚头约为 14 个，状态较差需细致维护的锚头约为 10 个。打开检查时，应重点检查锚杯内是否有积水、潮湿，防锈油脂是否结块或乳化失效，锚杯是否锈蚀，发

现问题应及时将积水排出烘干并采用防水材料封堵，锚头防腐油脂出现流失或变质失效时应及时补注或更换。



箱梁内部体外预应力束



体外预应力束锚头状况

体外索的检查养护内容如下：检查锚头是否有渗油、锚固块开裂、体外束松弛或PE 破损、锚头锈蚀严重等现象，对发现的锚具防护罩内油脂不足应打开锚头用土工布擦除废旧油脂后，再用专用防腐油脂涂抹锚头后，扣上保护罩。最后填补聚氨酯泡沫密封，防止湿气侵入导致钢绞线锈蚀。体外索外护套局部破损应使用 PE 热熔修复或缠包热缩带修复，钢构件及锁夹定期防腐涂装；转向块、锚垫板锈蚀处除锈重涂；锚固区开裂处采取裂缝灌浆或粘贴碳纤维进行处置。

施工工艺流程流程如下：

施工平台搭设 → 锚头外观检查与评估 → 密封罩/防护罩拆除 → 锚头清洁 → 锚头除锈 → 防腐油脂检查与更换 → 防护罩安装→ 验收

（1）施工平台搭设

体外预应力锚头位于箱梁内部施工平台的搭设应根据现场条件确定：

箱梁内施工：利用箱梁内空间搭设移动脚手架或作业平台，平台应稳固可靠；

梁端施工：依托盖梁检修平台进行施工；施工平台周围应设置安全防护栏杆和安全网施工平台搭设完成后必须经项目部验收合格方可使用；作业人员必须佩戴安全帽，系安全带，安全带应高挂低用；

（2）锚头检查

打开锚头保护罩，通过目测和专业工具进行以下检查：

锚具外观检查：锚具表面有无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹；锚头渗水检查：锚具是否渗水、锈蚀，是否有锈水流出的痕迹；锚固区混凝土检查：锚固区混凝土是否

开裂，锚栓是否松动，锚孔周围混凝土表面是否出现裂缝；防腐油脂检查：打开锚具后盖是否积水、潮湿，防锈油是否结块、乳化失效；防护罩检查：体外索锚具护套是否松脱，是否有油脂流出；钢构件检查：钢制构件表面的涂层有无损坏，构件是否锈蚀；结合面检查：锚固装置与原结构的结合面有无明显错动。

（3）检查频率

依据相关养护规范要求：体外预应力加固体系经常检查与桥梁检查频率保持一致；

（4）锚头清洁

将锚头原有锚头保护罩拆除；

用棉布和板刷对锚头进行初步清理，清理范围包括锚头外表面及锚头内螺纹部分；对于残留的旧涂装和油污，可采用煤油、柴油或专用清洗剂进行清洗；清理完成后用干净棉布擦干，确保锚头表面干燥、无油污、无杂物；锚固区混凝土表面应清理干净，无松动混凝土、无油污。

（5）锚头除锈

对于存在锈蚀的锚头，应进行除锈处理：采用钢丝刷、砂纸或电动除锈工具进行手工除锈；除锈完成后，应用压缩空气吹扫干净，确保表面无锈渣、无粉尘。

（6）防腐油脂更换

如发现防腐油脂出现流失或变质失效时，应及时补注或更换：将失效的防腐油脂清除干净；对锚头内部进行清洁和干燥处理；注入新的专用防腐油脂；防腐油脂应充满锚头腔体，确保无空隙。

（7）防护罩安装

防腐处理完成后，安装密封防护罩：安装带有注油口和排气口的密封罩；密封罩应采用可拆卸式设计，便于后续检查维护；从注油口压注专用防腐油脂，直至密封罩内充满油脂，排气口均匀出油；密封罩与锚头连接处应设置密封垫圈，确保密封可靠；密封罩安装应牢固、密封。

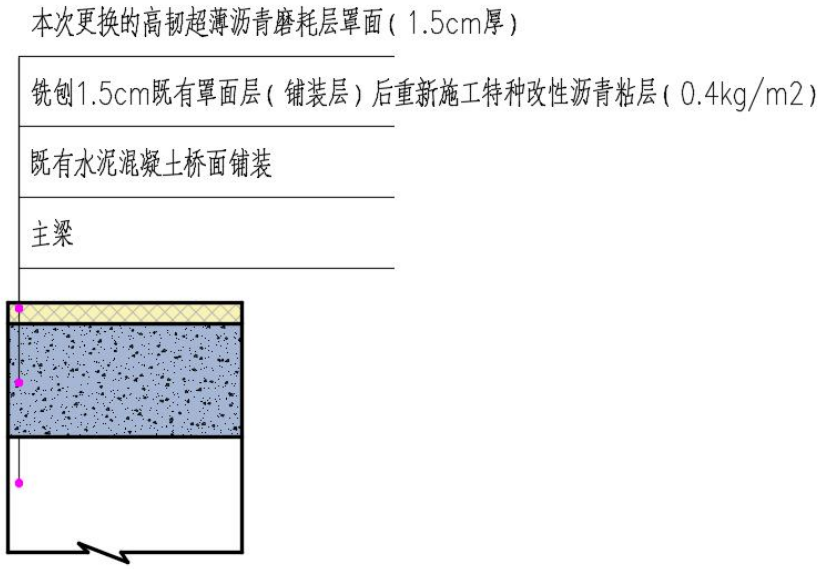
4.3 桥面铺装维护——铣刨后重铺 1.5cm 高韧超薄沥青磨耗层罩面

养护期内，桥面既有薄层沥青罩面可能出现的破损，拟采取先铣刨掉破损的薄层沥青罩面（1.5cm 厚），再重铺 1.5cm 高韧超薄沥青磨耗层罩面的养护方案，不增加桥梁恒载，重构路面抗滑性能，改善平整度，恢复路表功能。

（1）施工顺序如下：现场确定需更换罩面的车道范围；进行施工路段交通围蔽；铣刨掉 1.5cm 厚既有破损罩面层（铺装层）；喷洒特种改性沥青粘层；摊铺高韧超薄沥青磨耗层罩面；恢复路面标线；撤除围蔽，开放交通。

（2）对选定的目标配合比和最佳油石比进行验证，确保工程施工中能满足各项指标。

（3）施工前，在热料仓取样进行生产配合比设计，级配曲线应接近目标级配，并采用目标配比的最佳油石比进行室内试验和试拌验证，确保满足技术要求后按最终确定的标准配合比进行工程施工和质量控制。



桥面铺装层结构示意图

4.5.桥身出入口维护

4.5.1 检修平台安装及维护

（1）钻孔

①M16 化学螺栓的孔径为 18mm。打孔时应使用 18mm 的钻头进行钻孔，以确保螺栓能够顺利插入。

②M16 化学螺栓的孔深应不小于 190mm。打孔时应使用合适的钻头进行钻孔，确保孔深不小于 190mm，以保证螺栓能够固定在混凝土中。

③M16 化学螺栓的孔应垂直于混凝土表面。打孔时，应使用水平尺或激光仪等工具确保孔的垂直度，以保证螺栓能够垂直插入并固定在混凝土中。

④M16 化学螺栓的孔应清洁干净。打孔完成后，应清除孔内的灰尘和碎屑，并保持孔内干燥，以确保化学螺栓能够与混凝土紧密粘合。

⑤M16 化学螺栓打孔需要使用合适的钻头和钻机。推荐使用混凝土钻孔机或冲击钻进行打孔作业。在选择钻头时，应确保其直径与螺栓孔径相匹配。此外，为提高打孔效率和精度，可以使用带垂直度调整功能的钻机，以确保孔的垂直度。

锚栓钻孔质量要求		
序号	检查项目	允许偏差
1	锚孔深度（mm）	0,+5
2	锚孔垂直度	±2%
3	锚孔位置	±5

（2）螺栓连接

①安放螺栓前，锚孔再次用鼓风机清理一遍，确认无灰尘、钻渣。

②再次清孔后先放入药剂，然后打入螺栓，把药剂搅拌均匀。

③用电动工具将螺栓钻入孔中，最后待药剂完全凝固后拧上垫片和螺母。

④螺栓安放应牢固稳定，不得有松动。

⑤待螺栓完全凝固硬化后吊装构件至相应位置，用螺母连接，连接应牢固稳定。

（3）施工准备

场地应平整夯实，工作面干净整洁，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

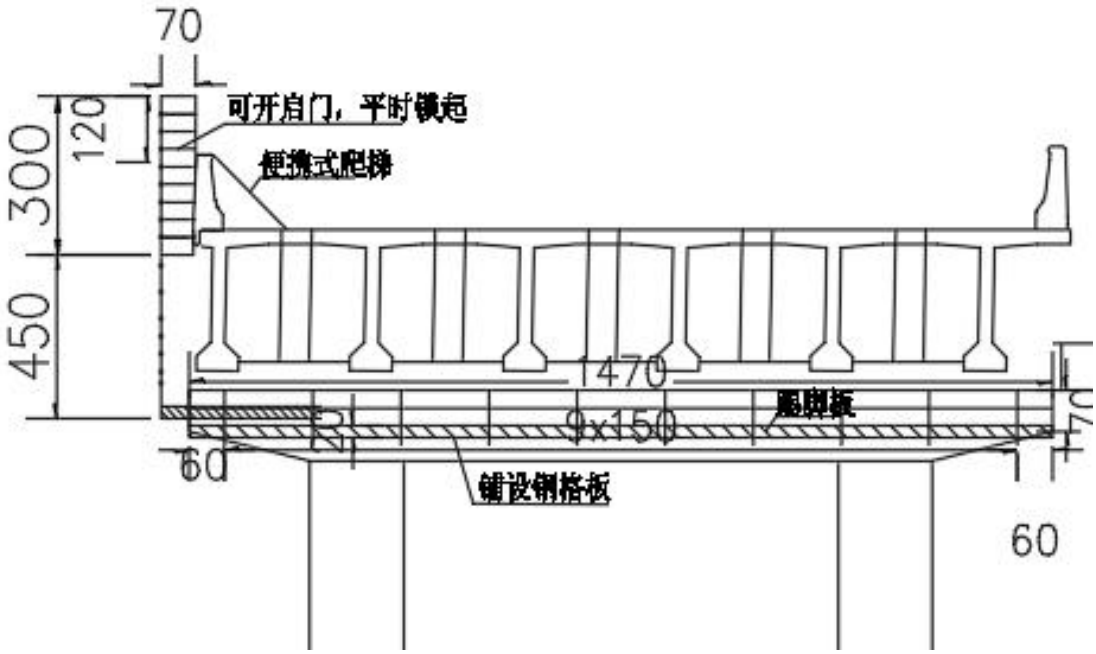
（4）钢结构下料加工

钢材进厂后在下料前应对钢材的性能进行复验，证明钢材成品的化学成分和力学性能及允许偏差值符合规范要求，应有产品制造商提供的产品质量证明书、检测报告，产品合格证。所有钢构件在制作前均放 1:1 施工大样，复核无误后方可下料。钢材加工前应进行校正、使之平整，以免影响制作精度。切割前应将钢材切割区域表面的铁锈、污物等清除干净，切割时应保证切割部位准确、切口整齐，切割后应清除毛刺、熔渣和飞溅物。

（5）焊接拼装：爬梯和可开启式门拼装

检修爬梯与桥梁防撞护栏底座、桥梁翼缘板、盖梁通过锚栓连接，形成稳定结构。检修爬梯竖杆以及顶部用 L80×6mm 角钢，梯棍采用 D33.5*4 圆钢管，爬梯长度 4.5m，爬梯竖杆沿桥纵向间距 70cm，梯棍间距 30cm。检修爬梯下部伸至检修平台位置并连

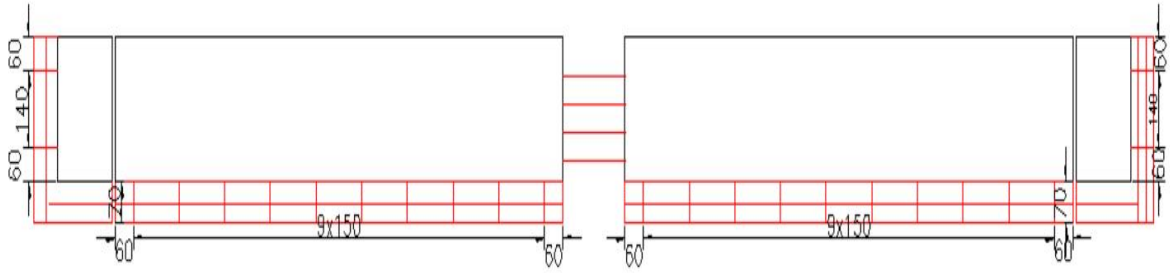
接。可开启式门长度 3m、宽高 70cm、横杆及竖杆均采用 L80×6mm 角钢焊接，门高 1.05m 平时上锁，防止非工作人员进入，检修时可用便携式爬梯进入，由工作人员打开。



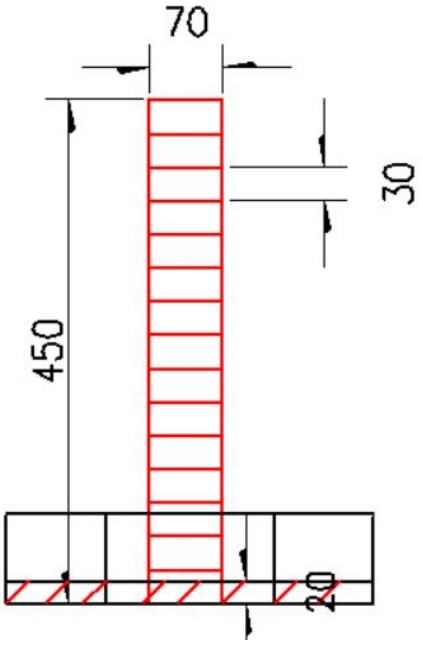
检修爬梯立面布置图

（6）检修平台拼装

各独立桁架结构之间通过水平横杆、水平纵杆连接。检修平台宽度 70cm，护栏高 0.8m，护栏立杆间距为 1.5m，底部设置 20mm 踢脚板。设计方案中的竖杆、水平横杆、水平纵杆均采用 L80×6mm 角钢，三角桁架结构沿引桥端部横截面 1.5m 间距设置，水平纵、横杆上铺钢格板作为检修平台。



检修平台平面图



检修爬梯剖面图

（7）焊接要求

①焊接技术人员、焊接检验人员、焊工都应具有相应的特种作业证书。

②角焊缝连接的部件应密贴，根部间隙不宜超过 2mm；当接头的根部间隙超过 2mm 时，角焊缝的焊脚尺寸应根据根部间隙值增加，但最大不应超过 5mm。

③焊缝焊瘤、凸起或余高过大，应采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属、焊缝凹陷、弧坑、咬边或焊缝尺寸不足等缺陷应进行补焊；焊缝未熔合、焊缝气孔或夹渣等，在完全清除缺陷后应进行补焊。

④焊缝应饱满，无漏焊缺焊、焊缝宽度满足设计要求。

⑤主体结构的焊接必须达到三级焊缝质量等级的要求。

（8）钢结构运输和堆放

①钢构件运输前应分类包装、零件和较小部件应按品种堆箱，包装部分应随带装箱清单及有关文件。

②钢构件在运输、装卸和堆放过程中应采取措施减少搬运次数。构件立放时，应设置临时支撑，并绑扎固定。

③钢构件堆放场地应事先平整夯实，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

④钢构件在工地存放时应使构件的腹板垂直于地面放置，以防止变形扭曲。

（9）检查验收

①检修平台牛腿的连接处是否牢固，牛腿需要有足够的强度、刚度，平台整体安装稳定性是否可靠。

②螺栓连接是否正常，如发现异常，需要及时处理或更换。

③可开启式门是否有锁，防止非工作人员进入，防止闲杂人等攀爬。

④检查使用材料及尺寸是否符合设计要求，外观是否整洁、美观。

4.5.2 人孔爬梯工艺流程及操作要点

（1）施工准备

场地应平整夯实，工作面干净整洁，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

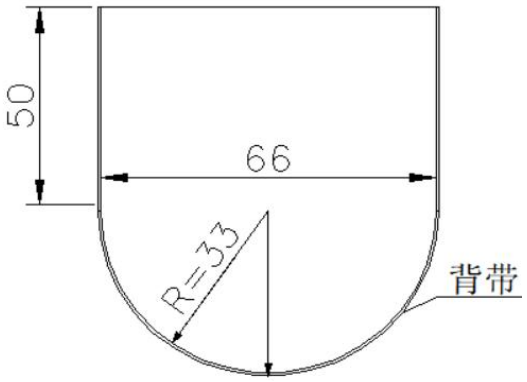
（2）钢结构下料加工

钢材进厂后应按合同核对其型号、规格、数量等。螺栓或钢材类别和规格应符合设计要求。应有产品制造商提供的产品质量证明书、检测报告，产品合格证。在下料前应对钢材的性能进行复验，证明钢材成品的化学成分和力学性能及允许偏差值符合规范要求之后方可下料，所有钢构件在制作前均放 1:1 施工大样，复核无误后方可下料。钢材加工前应进行校正、使之平整，以免影响制作精度。切割前应将钢材切割区域表面的铁锈、污物等清除干净，切割时应保证切割部位准确、切口整齐，切割后应清除毛刺、熔渣和飞溅物。

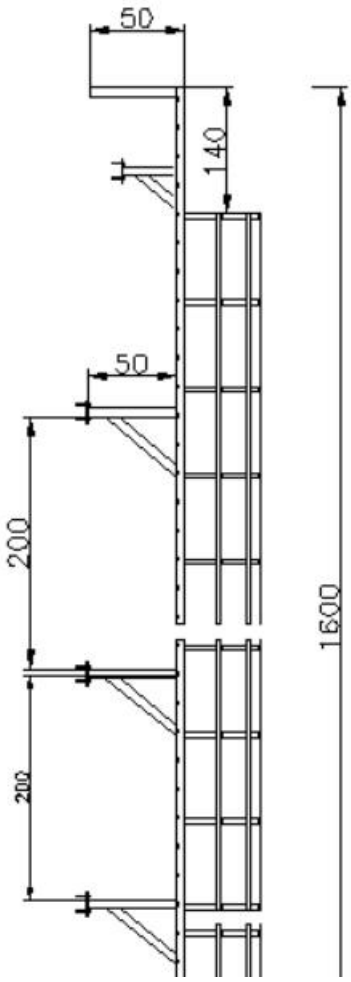
（3）焊接拼装

（4）人孔爬梯的拼装尺寸说明

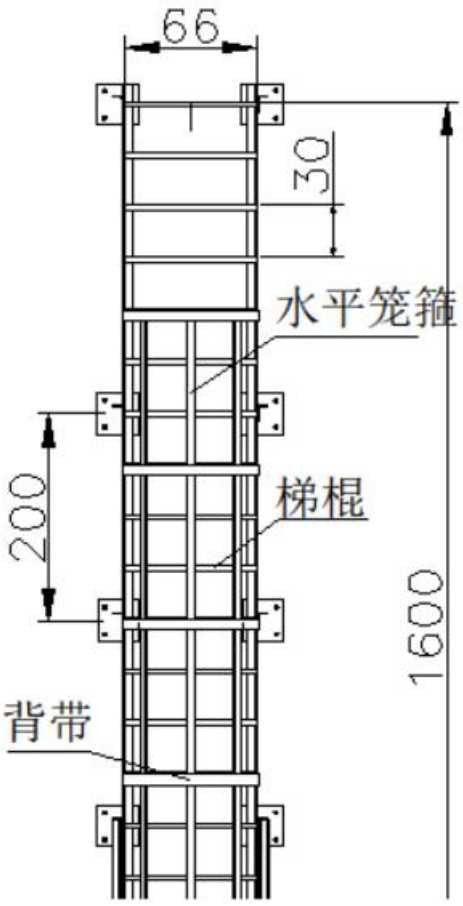
副航道连续梁与简支梁连接段设置人孔爬梯，人孔爬梯与桥墩用 M10*100 化学螺栓连接，形成稳定结构。人孔爬梯宽度 66cm，梯梁用 L80×6mm 角钢，梯棍采用 D33.5*4 圆钢管，梯棍竖向间距 30cm，梯梁距桥墩 50cm，梯梁结构之间通过梯棍连接。支撑采用 L80×6mm 角钢三角桁架，垫板用 15*15cm 钢板焊接，垫板预留 4 个锚栓孔，支撑沿竖向每 2m 分别在左右侧设置共两道。梯笼背带采用 40*4mm 钢板预制成 R33 半圆形，水平笼箍采用 40*4mm 钢板设置 5 道间距 30cm。



背带正视图



爬梯侧视图



爬梯正视图

（5）人孔爬梯焊接要求

①焊接技术人员、焊接检验人员、焊工都应具有相应的特种作业证书。

②角焊缝连接的部件应密贴，根部间隙不宜超过 2mm；当接头的根部间隙超过 2mm 时，角焊缝的焊脚尺寸应根据根部间隙值增加，但最大不应超过 5mm。

③焊缝焊瘤、凸起或余高过大，应采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属、焊缝凹陷、弧坑、咬边或焊缝尺寸不足等缺陷应进行补焊；焊缝未熔合、焊缝气孔或夹渣等，在完全清除缺陷后应进行补焊。

④焊缝应饱满，无漏焊缺焊、焊缝宽度满足设计要求。

⑤主体结构的焊接必须达到三级焊缝质量等级的要求。

（6）钢结构运输和堆放

①钢构件运输前应分类包装、零件和较小部件应按品种堆箱，包装部分应随带装箱清单及有关文件。

②钢构件在运输、装卸和堆放过程中应采取措施减少搬运次数。构件立放时，应设置临时支撑，并绑扎固定。

③钢构件堆放场地应事先平整夯实，并做好四周排水。构件堆放时，应先放置枕木垫平，不宜直接将构件放置于地面上。

④钢构件在工地存放时应使构件的腹板垂直于地面放置，以防止变形扭曲。

（6）钻孔

①M10 化学螺栓的孔径为 12mm。打孔时应使用 12mm 的钻头进行钻孔，以确保螺栓能够顺利插入，钻孔开始位置为距离地面 3m 位置。

（2）M10 化学螺栓的孔深应不小于 100mm。打孔时应使用合适的钻头进行钻孔，确保孔深不小于 100mm，以保证螺栓能够固定在混凝土中。

（3）M10 化学螺栓的孔应垂直于混凝土表面。打孔时，应使用水平尺或激光仪等工具确保孔的垂直度，以保证螺栓能够垂直插入并固定在混凝土中。

（4）M10 化学螺栓的孔应清洁干净。打孔完成后，应清除孔内的灰尘和碎屑，并保持孔内干燥，以确保化学螺栓能够与混凝土紧密粘合。

（5）M10 化学螺栓打孔需要使用合适的钻头和钻机。推荐使用混凝土钻孔机或冲击钻进行打孔作业。在选择钻头时，应确保其直径与螺栓孔径相匹配。

锚栓钻孔质量要求		
序号	检查项目	允许偏差
1	锚孔深度（mm）	0,+5
2	锚孔垂直度	±2%
3	锚孔位置	±5

（6）螺栓连接

①安放螺栓前，锚孔再次用鼓风机清理一遍，确认无灰尘、钻渣。

②再次清孔后先放入药剂，然后打入螺栓，把药剂搅拌均匀。

③用电动工具将螺栓钻入孔中，最后待药剂完全凝固后拧上垫片和螺母。

④螺栓安放应牢固稳定，不得有松动。

⑤待螺栓完全凝固硬化后吊装构件至相应位置，用螺母连接，连接应牢固稳定。

（7）检查验收

①人孔爬梯梯身和梯底的连接处是否牢固，梯体需要有足够的强度、刚度和稳定性，爬梯整体安装稳定性是否可靠。

②螺栓连接是否正常，如发现异常，需要及时修理或更换。

③爬梯距离地面的高度是否符合设计要求，防止闲杂人等攀爬，以及爬梯的宽度距离等。

④检查使用材料及尺寸是否符合设计要求，外观是否整洁、美观。

4.6 混凝土结构养护维修方法

运营期内，混凝土结构养护工作包括：裂缝处理、缺陷修复等。具体的混凝土结构养护和相应方法如下表所示：

混凝土结构养护维修方法

加固维修项目		加固维修方法
混凝土结构	裂缝处理	（1)对于裂缝宽度小于 0.15mm 的裂缝可以采用环氧砂浆或环氧胶泥进行表面封闭处理 （2)对于裂缝宽度大于 0.15mm 的裂缝可以采用灌注化学灌缝胶的方式进行处理
	缺陷修复	（1）表层缺陷：涂抹环氧砂浆、环氧修补胶 （2）大范围缺损：立模浇筑混凝土进行修补

（1）缺陷修复：

①混凝土表面要凿成方波形和锯齿状，且凿至坚实层，判断的标准是以能够看见新鲜混凝土为宜；

②清理混凝土病害部位时注意不要损伤梁体原有钢筋（尤其是主筋）；

③在混凝土表面破损清理完毕后用钢刷清除钢筋表面的浮锈（普通混凝土破损则

不存在除锈）；

④应清除混凝土表面的油污、油脂、蜡状物等有机污物。

⑤在混凝土破损区域的清理完成后以及钢筋防锈、除锈处理工作完毕后按照桥梁维修养护相关规定及要求，采用环氧砂浆

⑥对破损区域进行修补，要求修补后结构表面平整密实，且厚度不得小于 2cm;

⑦修补区域如处于潮湿状态，应采取相应措施使修补位置保持干燥，或选用能在潮湿状态下施工的材料，确保修补质量；

⑧应根据材料物理化学特性、修补厚度以及气候条件等因素做好养护工作。

（2）裂缝封闭

对桥面板、拱座及边拱拱肋等所有混凝土构件中宽度 δ ＜0.15mm 的裂缝，无论缝宽大小，在进行裂缝的灌浆过程中一并封闭，根据不同裂缝情况，封闭前先对裂缝部位进行处理，然后用封缝材料进行裂缝表面封闭。

①定位：确定需进行封闭的作业裂缝位置。

②表面处理：用砂轮机、钢丝刷等工具，清除表面灰尘、油渍、污垢，露出混凝土新面，然后再用毛刷蘸甲苯、丙嗣、酒精等有机溶液，把缝两侧擦拭干净并保持干燥。

③修补胶拌合裂缝一般封闭采用环氧树脂材料，施工前应先进行试配，以便于施工时间的掌握和可灌性。一定要拌和均匀，不得有色差。

④底胶施工：用毛刷粘胶涂刷于要求裂缝封闭的混凝土表面。涂刷应细密重叠和均匀，保证涂刷环氧树脂基液不流淌或流淌后应及时补刷，固化后胶膜均匀、密实封闭裂缝。

⑤封缝：用刮板抹一层厚 1mm 左右、宽 20～30mm 环氧树脂胶，沿已经涂刷底胶的表面，从一端向另外一端进行封闭，保证封闭连续、均匀、密实，防止产生小孔和气泡。

⑥固化找平：待环氧树脂胶固化后，用角磨机将其表层打磨平整，并将粉尘清理干净，确保修补宽度一致，转角平顺。

（3）裂缝压力注浆

①定位：确定需进行封闭的作业裂缝位置；

②裂缝缝口表面的处理：清除旧混凝土粘贴面上浮灰、尘土、油渍、污垢，露出

混凝土新面；

③埋设灌浆嘴：待清缝处理后，调制好环氧树脂胶泥，搅拌均匀，用抹刀将少许胶刮在灌胶嘴/注入座底的四边，骑缝将灌胶嘴/注入座固定在混凝土上；灌浆嘴布置：灌浆胶嘴间距不得大于 30cm，原则上缝窄宜密，缝宽可稀。但每一条裂缝至少须有一个进胶孔和排气孔；

④封缝：同裂缝封闭工艺；

⑤封口胶的固化：密封完成后，让环氧树脂自然固化，在固化过程中防止其接触水；

⑥压气试验：待密封胶达到强度后，沿缝涂抹一层肥皂水，并从灌浆嘴向缝中通入压缩空气，若无冒泡现象，表示封闭效果良好，否则需修补；

⑦压力灌浆：灌浆之前，先接通管道，打开所有灌浆嘴阀门，用压缩空气将管道及裂缝吹干净。压胶顺序为：由缝的一端向另一端依次进行，由低端逐渐压向高端；灌注压力控制在 0.4MPa，压力逐渐升高。每次灌浆以临近的贴嘴冒浆为准，冒浆后立即用木塞塞紧；依次压灌，直至最后一个贴嘴冒浆，并用木塞塞紧，保持恒压继续压灌。保持恒压继续压灌，当进胶率小于 0.1L/min 时，再继续灌注 5min 即可停止此缝的灌浆。

⑧拆除灌浆口及清表：灌浆后待缝内浆液初凝而不外流，拆除灌浆嘴，用环氧树脂胶泥对灌胶孔口进行封口抹平，用丙酮反复清洗，除去残余的浆液，然后用清水漂洗、晾干。

4.7.支座更换

（1）桥梁顶升与支座更换

①交通管制

在梁体顶升施工过程中，酌情对该幅桥面交通采取限速或封闭的措施。

②顶升支点设置

在盖梁上确定放置千斤顶的位置，将主梁底板和帽梁表面的混凝土表面凿平整，并清理干净，先垫入橡胶板，再垫 1cm 厚的钢板作为垫板以防止对混凝土局部造成破坏，然后把千斤顶放在钢板上面。在梁底与千斤顶设备接触处用厚约 2cm 的钢板垫实，确保接触密合。如空间不足还可以采取做牛腿反力、临时墩等措施。

③试顶

在正式顶升前应进行试顶，试顶高度不超过 lcm，试顶时发现异常状况应及时停止顶升。

④顶升

每个千斤顶由专人负责，随时测量，保证每个千斤顶处的顶升高度基本保持一致。在横梁间增设若干个钢筋混凝土预制块形成临时固定点，以增加接触点和面积，提高顶升系统的稳定性，确保桥梁整体安全。

⑤修复支座垫石

如果支座垫石、钢板有病害，应在顶起梁去除原有支座后进行相应的处治，支座下方用高标号环氧树脂砂浆找平，精确计算出需增加的高度。

⑥更换支座

在梁底上钢板除锈和支座垫石修复完成后，把新支座按照标记安装到位。

⑦梁体回位

落梁时将梁体缓慢落下，并采取与顶升相同的保障监控措施。

⑧验收标准：

项目	**允许偏差/合格要求（写进方案）**
支座中心偏位	横桥向≤2mm 顺桥向≤5mm（按 JTG F80/1-2017 表 8.12.6 口径）
支座高程	满足设计设计未要求时一般±5mm
支座四角高差	承压力≤5000kN 时≤1mm＞5000kN 时≤2mm
垫石/钢板	标高与平整度满足要求环氧砂浆找平强度达标且无空鼓
防尘罩/螺栓/硅脂	齐全、润滑到位、无杂物堆积
顶升过程	按方案分级加载、同侧同步、全过程监控（位移/应变/百分表），试顶≤1cm 无异常再正式顶升

4.8.工程数量表（单个年度维护）

序号	子目名称	单位	数量	备注
	东圃特大桥			
	养护检查			
1	经常检查	次	12	巡查要求及内容见方案

2	恶劣天气巡查	次	**2**	恶劣天气加密巡查，出巡查报告
3	**无人机巡查**	**次**	**2**	**主要针对经常检查人员无法达到的位置，每次出巡查分析报告**
	日常养护			
4	桥梁通道、检修平台等位置保洁（车行道外）	次	**2**	桥梁检修平台及出入口维护（钢结构加固、修复、涂装、保洁），包含大件垃圾清理、植被、盖梁顶泥沙清理等工作
5	混凝土缺陷处置			
5.1	梁体裂缝封闭(裂缝宽度<0.15mm)	m	200	
5.2	梁体裂缝灌注(裂缝宽度≥0.15mm)	m	200	
6	墩身锈胀	㎡	10	
7	T 梁混凝土缺陷修复	㎡	20	
8	20m 桁架式桥检车	台班	7	按需备用，按实计量
9	QLS30 登高车	台班	7	按需备用，按实计量
10	计工日	工日	30	按需备用，按实计量
	预防养护			
11	箱梁原加固钢板维护（箱梁外）			
11.1	原加固钢板除锈涂装	㎡	100	
11.2	原加固钢板空鼓注浆	㎡	30	
12	箱梁体外预应力设施维护			
12.1	体外预应力锚头维护	个	19	
12.1.1	系杆锚头开罩检查维护	个	10	打开保护罩后，状态良好的锚头可采用该方式维

				护：打开保护罩、检查除锈、补注防腐油脂、恢复防护罩等施工
12.1.2	系杆锚头开罩除油维护（含补油脂）	个	9	打开保护罩后，状态较差锚头可采用该方式维护：打开保护罩、检查除锈、排查原因并处理、全部更换防腐油脂、恢复防护罩等施工
12.2	箱梁内部体外索索架、索夹除锈涂装	个	17	
12.3	箱梁内部体外索 PE 护套维护	m	100	
13	箱内爬梯	t	4.51	新增镀锌钢结构爬梯 16 道，每道梯长约 2.4m
	修复养护			
14	板式支座更换			
14.1	F4(300*250*47)板式橡胶支座更换	个	8	
14.2	GJZ（300*350*57）板式支座更换	个	11	
14.3	GJZ（300*350*47）板式支座更换	个	16	
15	桥下集水管维修及更换			
15.1	Φ150HDPE 排水管维修及更换	m	50	
16	桥面铺装修复			
16.1	桥面薄层沥青罩面（1.5cm）	㎡	2425	
16.2	桥面铺装混凝土热熔灌缝	m	1000	

	专项养护			
17	盖梁平台防护栏杆安装	m	10	m

交通围蔽工程数量在预算清单中考虑，总额控制

第四部分　施工投入

为了确保三座桥养护工作的进度和养护质量，应成立专门的养护项目部。项目部人员配置不低于下表：

（一）项目部人员投入表

序号	人员	数量（个）	资格要求
1	质检工程师	1	路桥相关专业工程师，累计 3 年从事类似工程经验。
2	计划工程师	1	路桥相关专业工程师，累计 3 年从事类似工程经验，具有住房和城乡建设部颁发的注册造价工程师证书或一级造价工程师注册证(土木建筑工程专业)，或交通运输部(原交通部)颁发的甲级造价人员证书或一级造价工程师注册证(交通运输工程专业)。
3	桥梁工程师	2	路桥相关专业工程师，累计 3 年从事类似工程施工经验。其中 1 名路桥相关专业高级工程师，且从事 1 座特大桥梁施工经验。
4	试验工程师	1	持有行政主管部门核发的公路工程试验检测师资格证书或试验检测工程师资格证书，累计 3 年从事类似工程经验。
5	专职安全生产管理人员	2	具有交通主管部门颁发的有效安全生产“三类人员”C 类证书，累计 3 年从事类似工程工作经验。
6	资料员	1	资料员，累计 3 年从事类似工程经验。
7	财务负责人	1	累计 3 年从事类似工程经验。

（二）机械设备最低投入表

机械设备投入表

序号	设备名称	规格	最低 要求数量	备注
1	巡查管理车	日常巡查工作	1 辆	设备须提供证明材料，车辆以行驶证为准，其它设备以自有设备购置的发票复印件及实物照片或租赁设备合同(租赁期须满足养护期限)为准。
2	防撞车	100K	1 辆	
3	货车	4t	1 辆	
4	桥检车	日常修复	1 辆	
5	高空作业车	提升高度 20m	1 辆	
6	无人机	日常巡查工作	1 台	

（三）安全设施及劳保防护物资最低投入表

安全设施及劳保防护物资投入表

序号	名称	单位	数量	序号	名称	单 位	数量
1	交通锥	个	400	8	线形诱导标	块	1
2	限速标志 60km/h	个	2	9	作业区结束标志	块	2
3	作业区距离标志 （1km）	块	2	10	限速标志 40km/h	块	4

4	作业区长度标志（800m）	块	2	11	100K 防撞缓冲车	辆	1
5	车道数变少标志	块	2	12	注意交通引导人员警告标志	块	1
6	限速标志 80km/h	块	2	13	充电式黄闪灯	个	100
7	路栏	块	1	14	摇旗假人（太阳能电池）	个	1

第五部分　其他保障

（一）其他保障

(1)承包商没有很好地履行合同下的义务，达不到技术要求中的维护技术要求的，业主向承包商发出整改通知书(含电话通知)，承包商应按照通知书要求限期整改，否则按考核评分标准扣罚。

(2)承包商收到业主发出的整改通知书或整改书后的承诺期内(或业主以书面同意的时间内)尚未整改的，业主可提出全部或部分终止合同。

(3)如业主全部或部分终止合同，业主可以用适当的条件或方式获得终止部分维护的正常实施。承包商应对业主为获得同样的养护服务所发生的费用以及增加的合同价款负责任，该费用将由业主在合同价款支付中予以扣除。未终止部分的义务承包商仍应继续履行。

(4)合同期间，由于承包商维护不善，受到政府部门处罚或违反安全操作规程而导致工伤事故，所发生的损失均由承包商自负，业主保留延迟支付进度款及追究其责任(含经济损失)的权利。

(5)承包商必须做好安全生产措施，负责落实安全生产责任制，由于承包商措施不力(或不当)引起自身或他人的人身安全事故，由承包商负责。同时，业主扣除当年的服务费用(按医疗签定部门的受伤标准扣罚外，另作轻伤一人扣 5 万元，重伤一人扣 10 万元，死亡一人扣 15 万元处罚。)

(6)承包商在投标文件中填报的技术力量，在实际工作过程中原则上不得更换，有特殊情况需要更换的，需经业主同意后更换符合资格要求的人员，更换率不得超过 50%，超过 50%时每更换 1 人次，处罚 1 万元。

(7)维保考核评分标准：通过定期对维保单位的维护工作进行检查、评分，有效监督维保单位的工作，提高其服务质量，从而确保检测系统的正常运作。每月考核评分作为检测系统维护费支付的依据。对监控系统维保质量评分采用每季度考核评分一

次的方式进行，满分 100 分。90 为合格，如当季度考核评分小于 90 分的，按如下计算公式扣除部分当季度进度款作为罚款。计算公式：罚款金额=(90-本季度考核得分)×每季度进度款的 1%。

(8)根据本合同的维护考核评分标准，承包商承包期内的年度维护考评不合格的，业主有权终止合同。

（二）应急预案

（1）制定完善的安全应急预案，包括高空坠落、触电、火灾、水上救援等应急预案。明确应急组织机构、应急响应流程、应急救援措施等内容，确保在发生安全事故时能够迅速、有效地进行应急处置。

（2）定期组织应急演练，每年不少于 2 次，提高作业人员的应急处置能力和协同配合能力。演练结束后，对演练效果进行总结评估，及时修订和完善应急预案。

（三）安全防护设施

在作业现场设置必要的安全防护设施，如安全围栏、警示标志、照明设备等，确保作业现场的安全。对高空作业平台、水上作业船只等设备，配备齐全的安全防护装置，如防滑装置、救生装置等，保障作业人员的安全。

（四）应急响应机制

（1）应急响应流程

①建立 24 小时应急响应值班制度，应急响应人员实行轮班制，确保在任何时候都能够及时接听应急电话。应急值班电话应保持畅通，并在显著位置公布，便于相关部门和人员在紧急情况下联系。

②接到应急通知后，应急响应人员应在 10 分钟内完成出动准备，并按照规定的时间到达现场。到达现场后，立即对故障情况进行勘察和评估，制定应急处置方案。

③应急处置方案经项目负责人批准后，迅速组织实施。在应急处置过程中，应急响应人员应密切配合，确保处置工作安全、高效进行。同时，及时向相关部门报告处置进展情况。

④故障排除后，应对设备设施进行全面检查和测试，确保其正常运行。对此次应急处置工作进行总结，分析原因，总结经验教训，完善应急响应机制。

（2）应急物资储备

储备充足的应急物资和设备，包括备用航标灯、灯泡、控制设备、供电系统、安全防护用品、应急照明设备等。应急物资应定期进行检查和维护，确保其完好有效，随时可以投入使用。建立应急物资台账，记录物资的种类、数量、存放位置、有效期等信息，便于管理和调用。

（3）与相关部门的协作

加强与交通、海事、公安等相关部门的沟通与协作，建立应急联动机制。在发生重大紧急情况时，及时通知相关部门，协同开展应急处置工作，确保桥梁和航道的安全畅通。定期与相关部门进行应急演练和交流，提高协同作战能力。

（4）现场作业人员必须购买保险。

第六部分　围蔽方案

（一）围蔽原则

交通疏导方案符合《道路交通标志和标线 第 4 部分：作业区》GB 5768.4—2017。

（二）围蔽方案

在施工过程中，需将施工的相应车道进行围蔽。将对围蔽的车道进行交通疏导，减少施工对交通的影响，科学合理地安排施工。

根据该工程的施工要求和现场的实际情况，以及道路交通管理的相关规定，在路政等相关部门及业主的配合和指导下，对围蔽的路段实行交通疏导与交通控制，将施工引起的对交通之干扰降到最低程渡。

施工区域为左右线丫髻沙大桥主线左右线（K43+220-K43+930）、丫髻沙辅航道桥左右线（K42+727-K43+220）、东圃特大桥（K27+788.3-K28+881.8），施工作业控制区中分警告区、上游过渡段、缓冲区、作业区，作业控制区设置可根据现场情况适当进行调整。交通设施和措施包括疏导人员、道路反光锥、指示牌、现场道路标志标线等，为确保施工现场人员安全和施工作业空间，按照规定进行围蔽作业。为了确保作业顺利进行，施工作业区围蔽应严格按着国家标准《道路交通标志和标线第 4 部分：作业区》（GB 5768.4-2017）文件中临时作业区布置示例和移动作业区布置示例进行设定，作业区中警告区、上游过渡区、缓冲区、工作区、下游过渡区、终止区按照国家标准《道路交通标志和标线第 4 部分：作业区》（GB5768.4-2017）文件中作业区组成要求执行做到警示标志齐全，防护设施充足对施工作业人员加强安全教育。

（1）严格按国标 GB5768-2009《道路交通标志和标线》和《广州市占用挖掘道路施工作业指引手册》的规定设计，合理配置清楚明确的交通标志和设施。

（2）采用分阶段施工围蔽，作业区内部疏解配合外部区域疏解，减缓交通压力。

（3）保持交通通行原则：施工期间保证过往车辆通行，不随意封路，不随意占用车道。

（4） 自然分流与管制分流相结合的原则：通过广告宣传和交通管制，做到科学合理的分流车辆。施工路段前后有关交叉口要设置明显的交通指示牌，引导车辆行驶禁止随意停车，以保车辆顺畅通行。

（5）交通大于施工的原则：在道路施工前，要先做好交通组织方案，报交管部门批准后，先试行一段时间，经检验切实可行后再正式实施，做到先交通后施工、施

工服从交通。在必要的情况下适当延长施工工期，以确保交通安全顺畅。

（6）遵循边通车、边施工的基本原则。

（7）安全原则：本定期施工工程在现场施工期间，必须保障运营车辆的行驶安全，同时也必须保障施工车辆和桥梁施工人员的安全。

（8）畅通原则：现场施工期间，高速公路通车应保持畅通，基本上要做到保持双 向四车道通行能力，确保施工过程中社会车辆都能以一定的行车速度顺利通过，保证一定的服务水平， 同时最大限度减少因桥梁施工带来的高速公路运营损失。

（9）确保施工进度的原则：在做好交通组织的基础上，确保桥梁施工进度，尽量缩短施工周期，要保证工程在规定的工期内完成

（10）路网分流，强化管理，分步实施，加强与各级管理部门的联系，取得协助，降低交通组织的难度。

为确保施工作业期间的交通安全和道路的畅通，需制定合理的交通维护方案。

(1) 交通维护的总体原则就是要通过有效的诱导手段，根据道路交通和施工需要的实际情况合理引导交通，实现交通流畅，保证安全无事故的完成施工任务。

(2) 严格按照国家标准和规范实施占用车道的安全设施的设置，占道区前锥形交通标布 置的渐变长度按照 L=V2W/155(V≤60km/h)或 L=0.625VW（V>60 km/h）计算，式中 L=锥形交通标渐变长度（m）V=85%车位速，或占道区段限速 W=缩减之路宽（米）。

(3) 针对本项目的特殊性，结合的交通状况及现场的实施方案等，为确保施工期间的交通安全，需注意以下几点要求：

①每天作业前提前通知业主单位、交警部门及路政部门，汇报我方健康系统现场施工时桥梁封闭的里程桩号

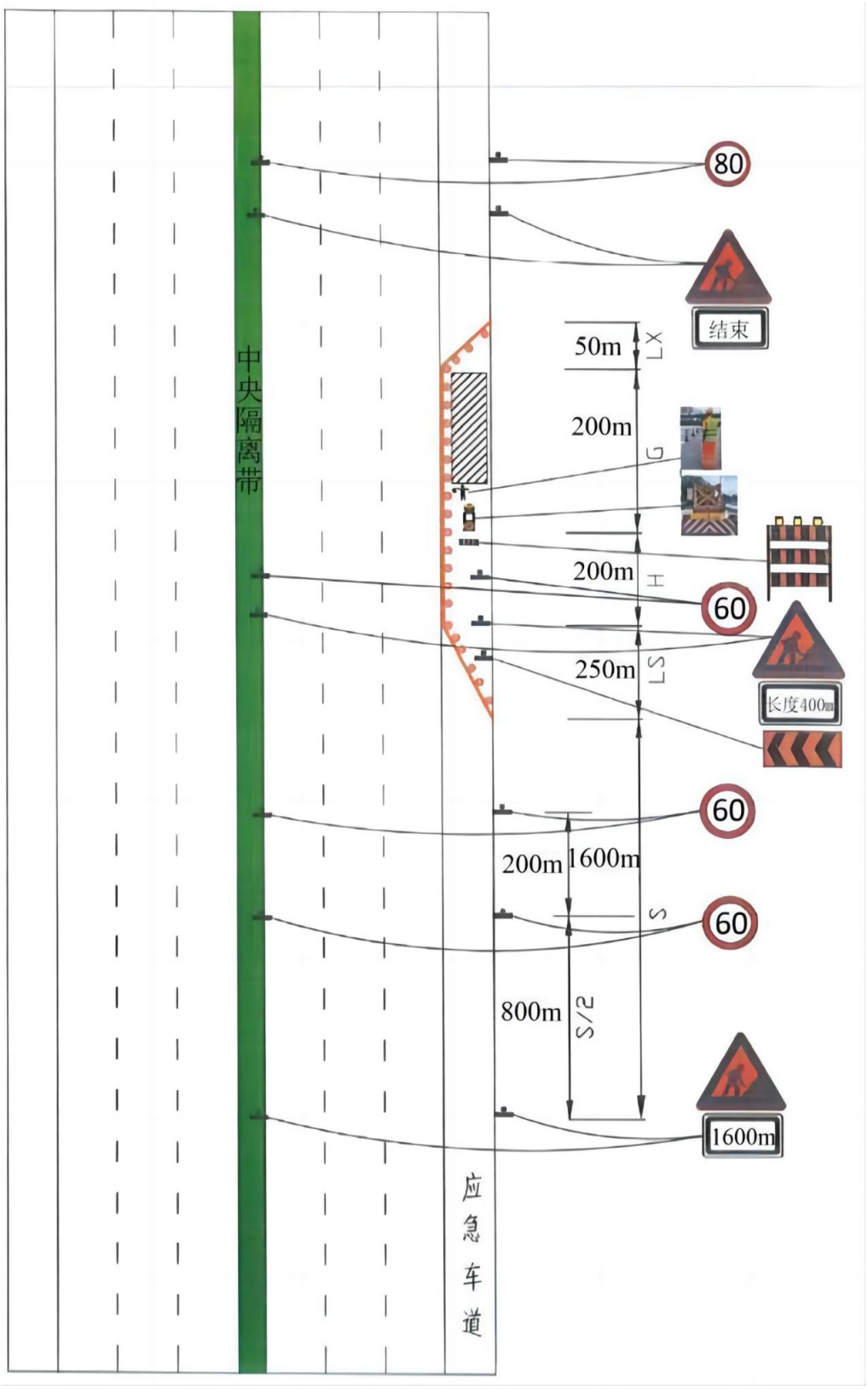
②每日工作完成后，向业主单位、交警部门及路政部门通知我单位完工时间，并及时清除路障

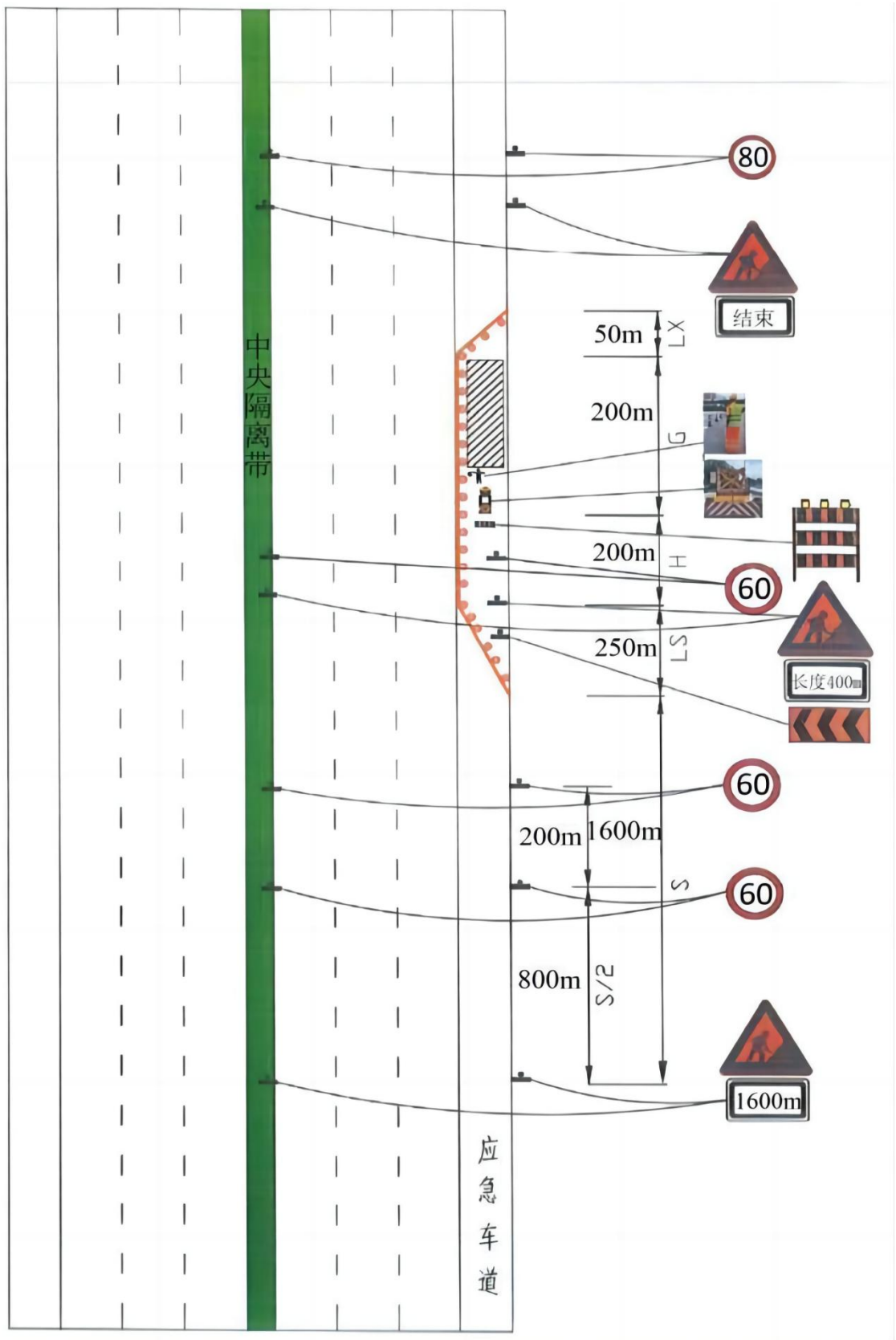
③施工作业时，只封闭单向行车桥梁内的最外侧幅车道

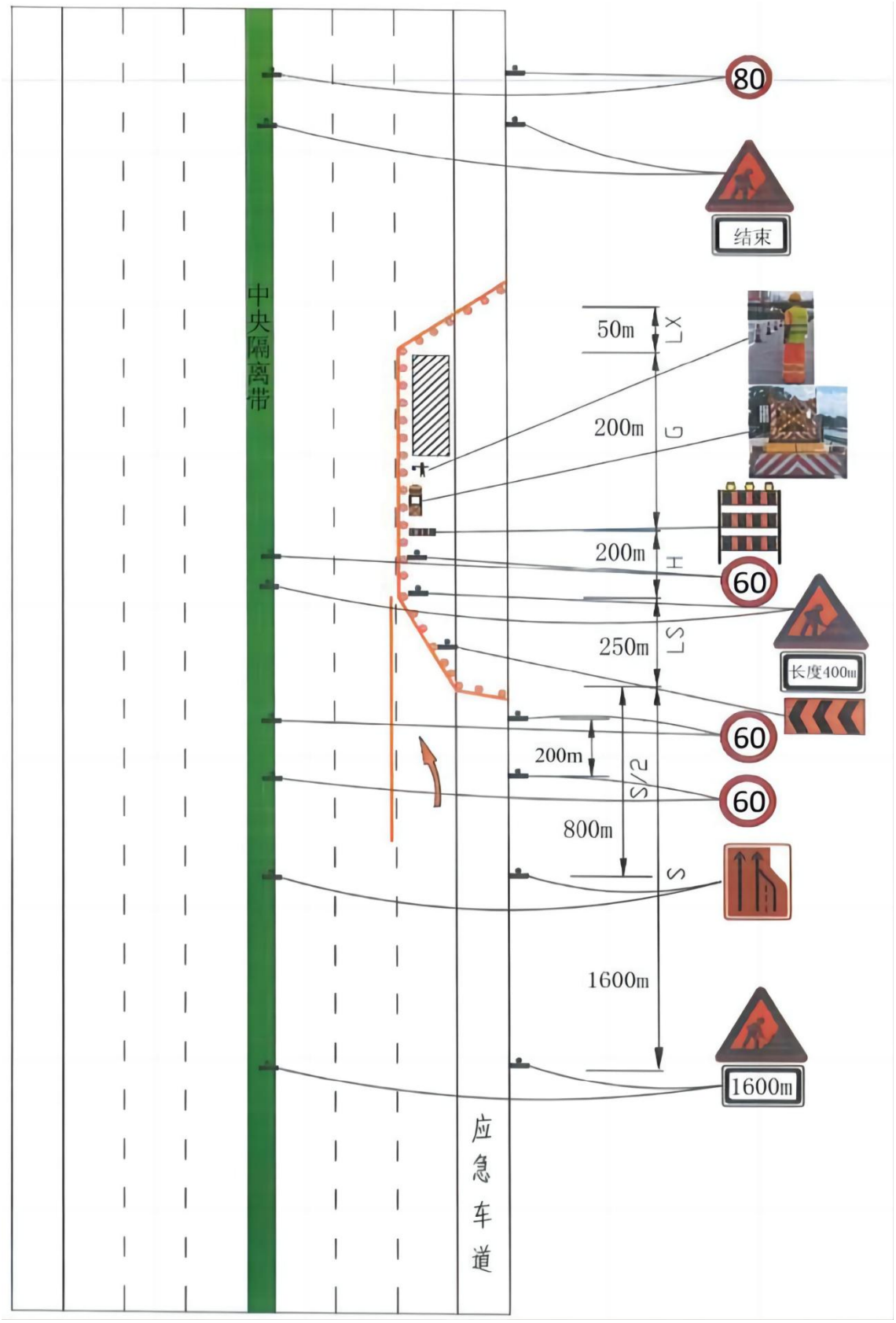
④.交通标示的摆放，由交通维护专业人员严格按照国家标准和规范实施占用车道的安全设施摆放工作。

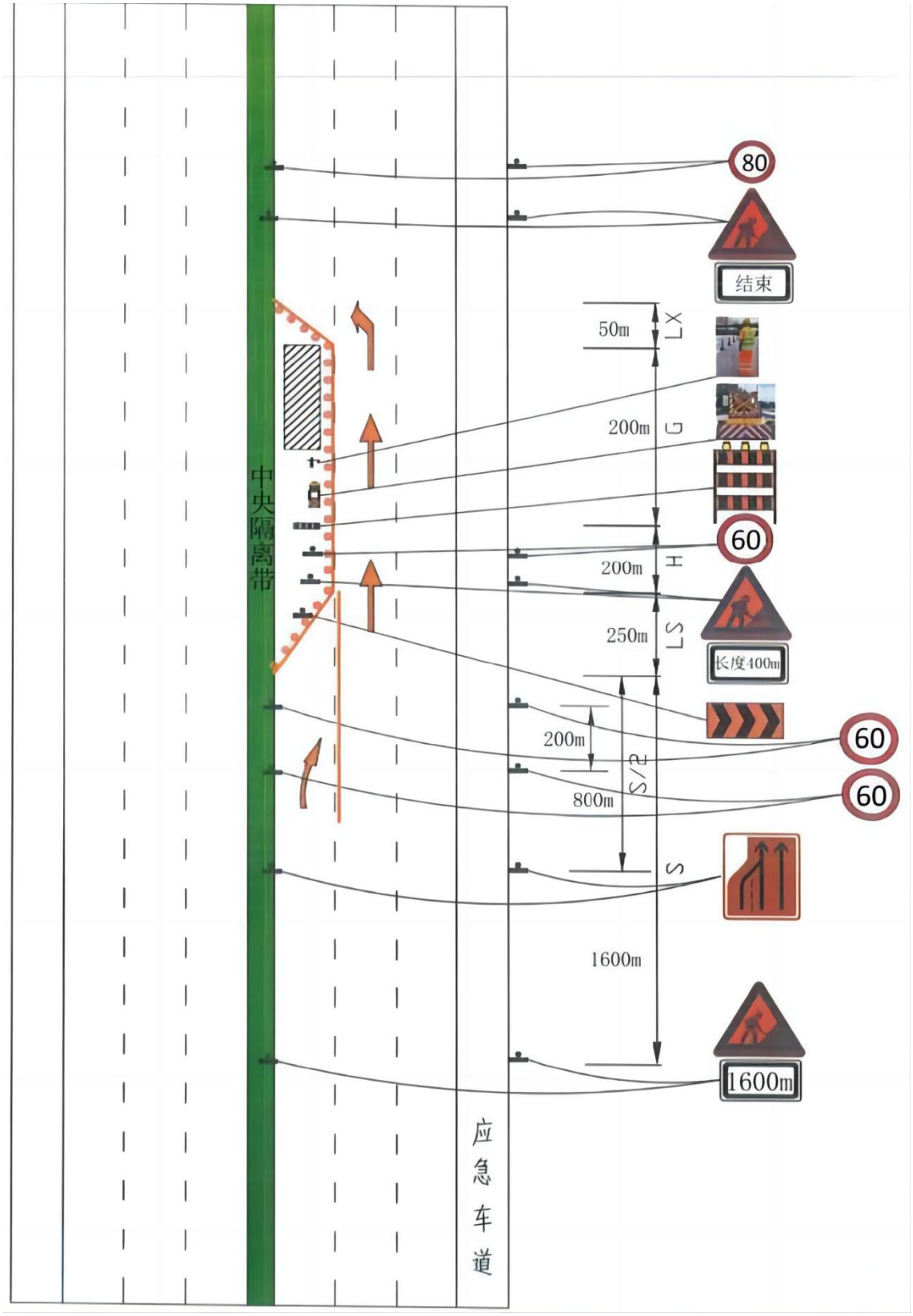
(4) 针对本项目的特殊性，结合的交通状况及现场的实施方案等，我单位针对东南西环丫髻沙特大桥、丫髻沙副航道桥和东圃特大桥三座特大桥分别制定的交通导流

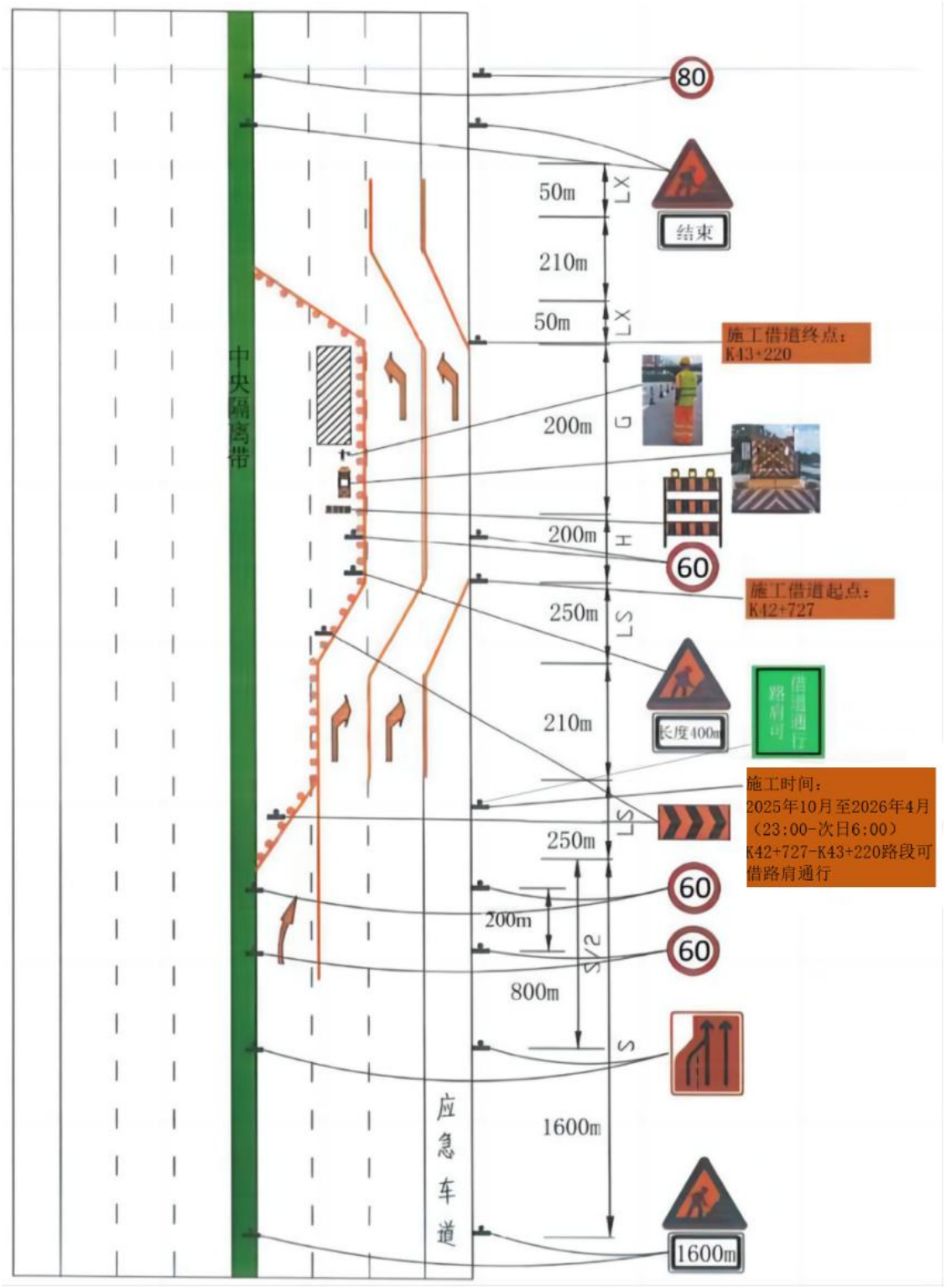
图和交通组织方案等。在施工作业时，采用封闭应急车道并占用部分行车道的方式作业，保障道路交通的正常通行，布置好各种安全警示标志，设专人负责交通指挥。

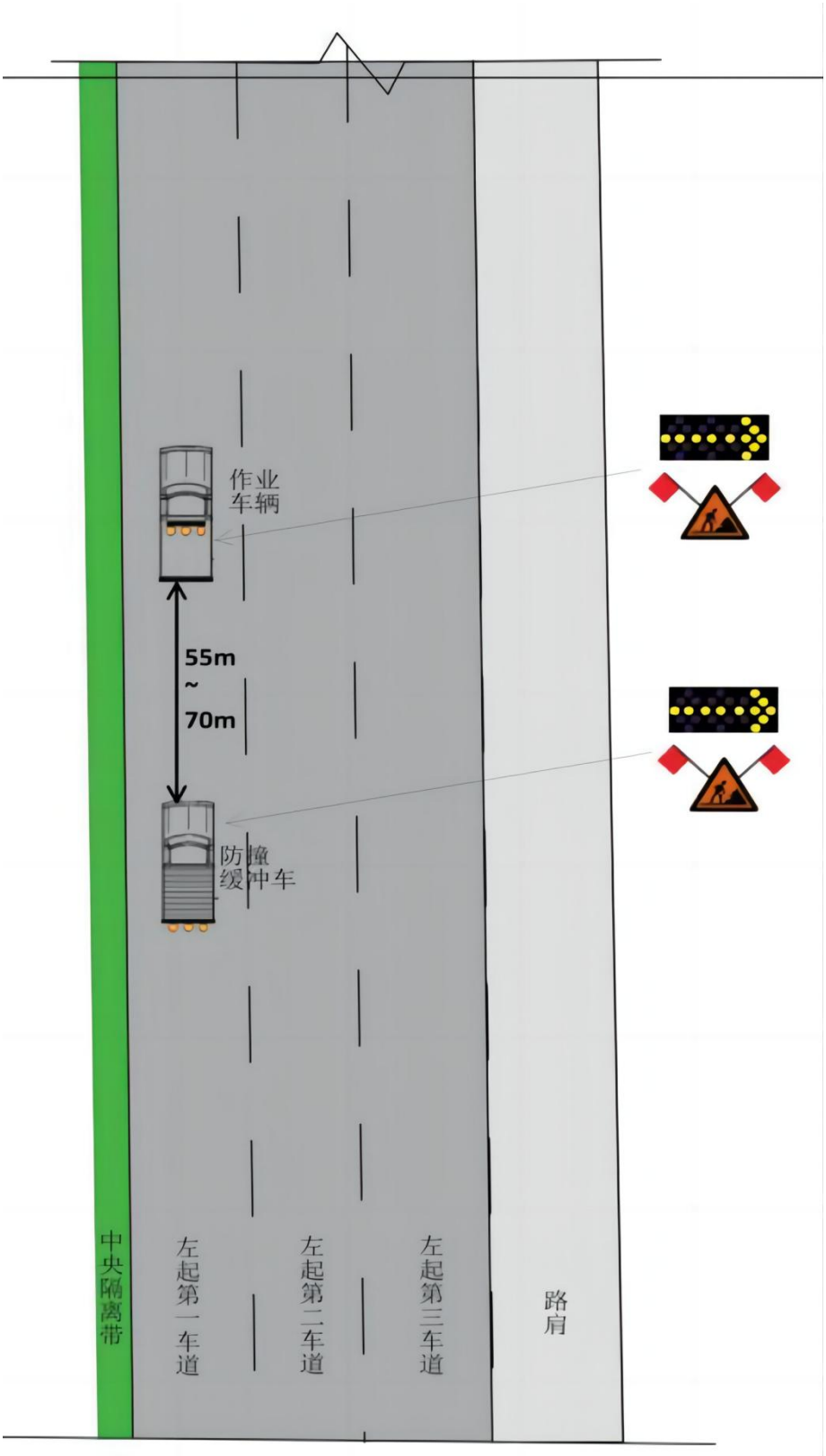


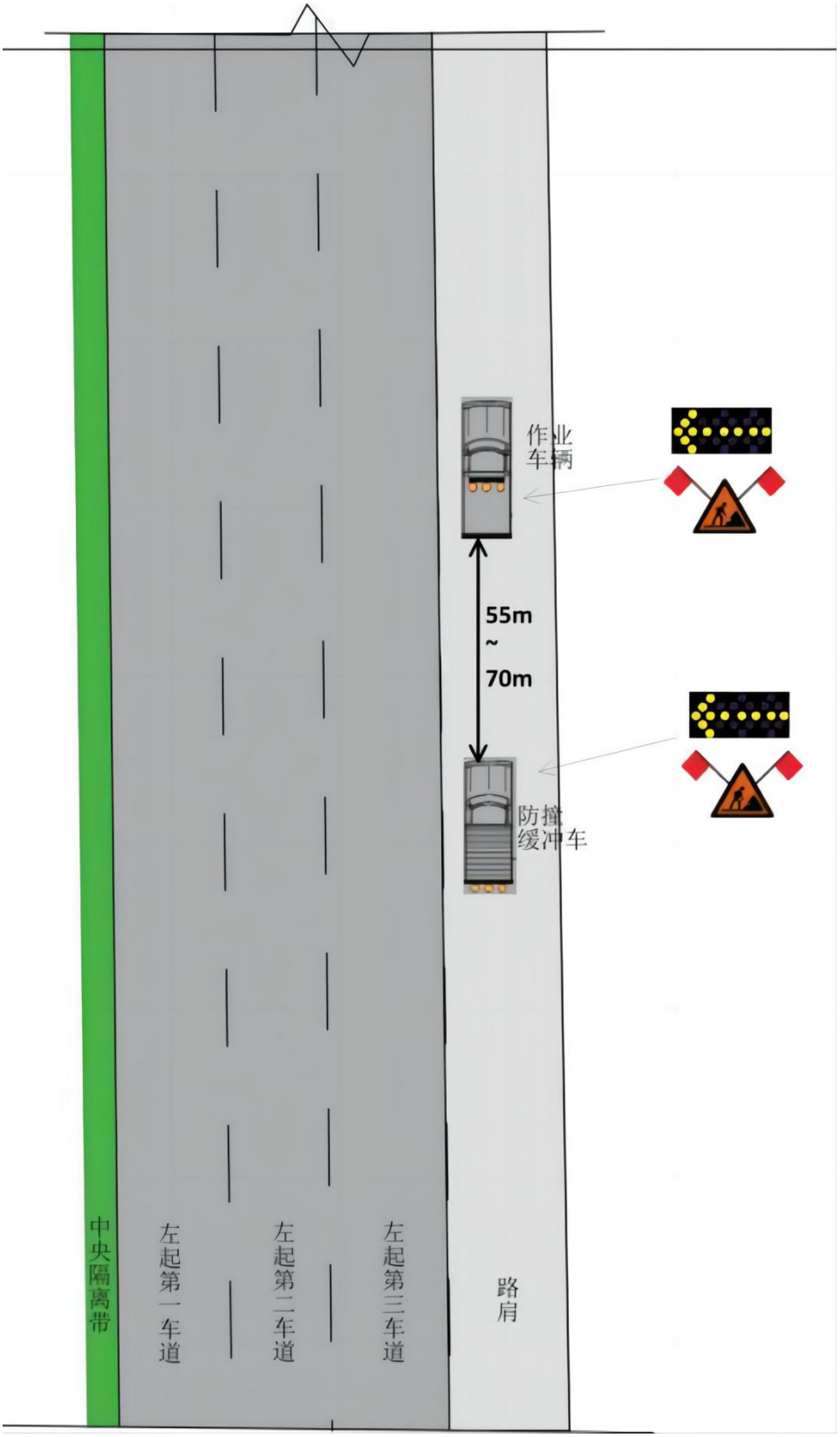

80
结束
50m
LX
200m
G
200m
H
60
250m
LS
长度400m
60
200m
1600m
S
60
800m
S/2
1600m
中央隔离带
应急车道


80
结束
中央隔离带
50m
LX
200m
G
200m
工
60
250m
LS
长度400m
60
200m
S/2
60
800m
S
1600m
1600m
应急车道


80
结束
50m
LX
200m
G
60
200m
H
250m
LS
长度400m
60
200m
S/2
800m
60
S
1600m
1600m
中央隔离带
应急车道


80
结束
50m
LX
210m
50m
LX
施工借道终点：
K43+220
200m
G
200m
H
60
施工借道起点：
K42+727
250m
LS
长度400m
借道通行
路肩可
210m
施工时间：
2025年10月至2026年4月
（23:00-次日6:00）
K42+727-K43+220路段可
借路肩通行
LS
250m
60
200m
S/2
60
800m
S
中央隔离带
应急车道
1600m
1600m


作业
车辆
55m
~
70m
防撞
缓冲车
中央隔离带
左起第一车道
左起第二车道
左起第三车道
路肩


作业
车辆
55m
~
70m
防撞
缓冲车
中央隔离带
左起第一车道
左起第二车道
左起第三车道
路肩

作业各安全围蔽设施摆放位置与数量：

（1）警告区，长度 600m：

设置 600m 作业区距离标志牌（2 块，距离工作区 760m）

设置车道数变少标志牌（2 块，距离工作区 460m）

设置“限速 60”标志牌（2 块，距离工作区 400m）

设置“限速 40”标志牌（2 块，距离工作区 200m）

（2）上游过渡区，长度 120m：

设置仿真交通指挥员

设置交通锥连续布设到终止区（间距 3m）

设置可变箭头信号和线性诱导标（各 1 个，距离工作区 100m）

（3）缓冲区，长度 41m：

设置 1000 米作业区长度标志牌（2 块，距离工作区 41m）

设置“限速 40”标志牌（2 块，距离工作区 41m）

（4）工作区，长度 960m：

设置“路栏”（1 个，工作区前设置）路栏后布设带有防撞垫的保护车辆。保护车辆后安排一名交通引导员指挥车辆通行（交通引导人员前 100m 设置注意交通引导人员警告标志）。

（5）下游过度区，长度 10m。

（6）终止区，长度 30m：

设置“结束施工”标志牌（2 块，工作区后设置 40m）

“限速 80”标志牌（2 块，工作区后设置 40m）

（三）人员、临时交通安全设施、车辆准备计划

3.1 组成人员及各成员职责

为了做好施工路段的交通管制工作，施工前将成立专门的交通安全组，小组成员架构是：项目经理为组长，项目负责人为副组长，交通安全管制班组人员 3 人。

（1）组长职责：

①结合施工实际情况，组织制定及完善交通疏解实施细则

②全面负责施工期间交通组织协调工作，贯彻执行相关法律、法规

③组织制定桥面施工期间交通突发事件的应急预案并及时做好处理工作

④全面掌握交通安全设施的进场情况，确保质量合格，保证施工期间有足够的交通安全设施使用。

（2）副组长职责：

①加强对施工现场交通组织工作进行监督和管理

②指导施工作业现场交通安全管理

③审查交通疏解方案，提出审查意见监督及检查方案

④掌握施工现场状况，对施工期间交通疏解方案进行阶段性分析和总结

⑤落实日常巡查制度

⑥负责与施工路段沿线交警、路政部门及相关部门进行协调与沟通。

（3）专职安全员职责：

①负责施工现场交通安全管理

②在施工期间严格按照交通疏解方案实施情况进行安排施工，不得随意更改现场交通安全设施。

③维持好施工现场的安全设施的完整、有效。

④关注施工现场状况，对施工期间交通疏解方案提出建议性方案，要快速排查、消除施工现场安全隐患。

⑤及时报告施工现场交通影响情况，发生事故应及时通知有关部门领导，到事故现场积极配合救援伤员等。

（4）施工班组人员职责：

①严格遵守各项安全技术操作规程和有关安全生产管理制度。

②积极参加安全培训、安全会议与学习，积极参加各种安全演练，在上岗前接受项目部的安全技术交底。

③掌握本职工作所需的安全生产知识和本岗位的安全操作技能，提高安全生产技能，增强事故预防和应急处理能力。

④了解、认识各种交通安全设施的作用，熟知其正确的设置方法并按相关技术要求设置、摆放。

⑤装、卸交通锥、标志牌等交通安全设施时应谨慎，防止割伤、砸伤，装卸时应以传递的方式，禁止抛上、扔下。

⑥设置施工标志牌时应严格按照相关技术要求，设置时应抓稳扶紧，禁止将标志牌伸入行车道内撤封时应逆着行车方向撤除交通锥、交通锥、导向灯等安全设施

⑦了解自己工作场所和工作岗位存在的危险因素、做好预防措施及事故应急措施。

⑧在设置悬挂式标牌时一定要固定牢靠，位置、方向要正确。

⑨发现事故隐患或者其它不安全因素时，应当及时向安全生产管理人员或者项目部负责人报告并主动保护现场。

（5）交通引导员设置、职责：

①提醒司机前方施工，使车辆及时变换车道

②临时导向导流反光路锥及隔离墩,对车辆实施导流管制疏通

③防止车辆冲进施工区域，保障施工人员的人身安全。

（6）施工队伍到达现场时，由施工队长向交警及监控中心报备。

3.2 车辆投入情况

为确保施工进度能得到保证，且确保施工期间施工路段的道路安全畅通以及施工完毕后能够及时将道路恢复正常通车，应投入相应多的车辆进行交通管制工作，具体见下表车辆投入情况一览表：

序号	车辆设备名称	单位	数量	用途	备注
1	小 100K 防撞车	辆	1	交通围蔽	
2	货车	辆	1	材料及线路牌、标识牌	
3	皮卡车	辆	2	运送施工人员	

3.3 交通安全设施总体布置要求

3.3.1 交通标志设置办法

（1）为保证设备维护施工期间的安全，施工路段前方设置进入施工路段警告标牌。

（2）为保证设备维护施工安全，在施工封闭路段前方采取设置标牌等措施把车速控制在 30km/h 内。

（3）交通标志一定要把标志牌装牢固，立柱必须进行加固措施。

（4）交通渠化装置应醒目、稳定、轻便：

①锥形路标：是组成渠化渐变区的主要渠化装置，用作分隔车道。锥形路标必须从上游过渡区开始顺车流方向布置，一直布置到终止区，间距为 3-5m。作业完成后，必须逆着车流方向拆除。

②导向标：设在车流方向改变的地方。

③电子导向灯：设置好后必须进行固定和加重，保证施工期间起到引导车辆行使方向的作用，方向不可错误，有需要及时更换保养。

④路栏：设在需要隔离车流的地方。

⑤导向牌：设置好后必须进行固定好和加重，保证施工期间起到引导车辆行驶方向的作用，方向不可错误。

3.3.2 交通标志的检查与维修

公路施工路段可能造成一定程度的路面缩颈情况，引发塞车现象。考虑到这一情况，以及塞车时部分司机随意越线拥挤等不良驾驶行为的不可预见因素，将在施工前与路政相关部门取得联系，争取其协助，同时派出专人配合路政人员疏导交通，必要时暂停施工或局部压缩施工长度和宽度，尽可能降低施工对交通的影响。施工作业区内的临时交通设施安排一名专人巡查，标志不全应及时增设，标志损坏应及时更换，维护工作须做到快速、及时。

3.4 交通疏解措施

3.4.1 交通疏解方案

具体交通管制方案如下：

（1）时间的管理：临时占道时间尽量减少，重大节假日不上路作业。

（2）人员的管理：工程施工前，请安全方面的专业人员对所有的员工进行安全方面的培训，让现场工作的每个人充分了解高速公路施工时的各种安全规范，严格按照安全规范要求施工，施工时合理安排人员，制定详细的施工方案，安排一定数量的专职安全员来监督现场的安全工作。

（3）车辆的管理：项目部工作使用的上道路行驶机动车，当依据法律、行政法规的规定，根据车辆用途、载客载货数量、使用年限等不同情况，定期进行安全技术检查。机动车上道路行驶前，当对机动车的安全技术性能进行认真的检查，不得驾驶安全设施或者机件不符合技术标准等具有安全隐患的机动车。

（4）道路的管理：道路上施工时，如可行的地方，可将道路划设专用车道的，在专用车道内，只准规定的施工车辆通行，其他车辆不得进入专用车道内行驶。施工前，要在距离施工作业地点来车方向安全距离处设置明显的安全警示标志，采取防护措施施工完毕，应当迅速清除道路上的障碍物，消除安全隐患。

3.4.2 确保交通安全畅通应急预案

高速公路本身要求为广大司乘人员提供安全、畅通、舒适的行驶环境，但交通事故发生往往在所难免。交通事故一旦发生，则要求施工单位快速反应，在最短的时间内恢复高速公路的使用功能。

（1）加强自身队伍建设，避免施工作业交通安全事故发生，对施工作业人员进行交通安全与法制教育，进行高速公路安全作业规程培训，使自身安全作业规范化，从自身消除安全事故隐患。

（2）成立专门的应急救援小组

①应急救援小组的任务

②收集、处理各种信息

③制定各种清障、救援方案，应急措施和作业程序等

④保证各种所需机械、设备性能状态良好，确保各种常规所需材料的保有量，保证救援小组工作高效进行

⑤在最短时间内将路障和险情排除，保持道路畅通。

（3）应急救援小组的建设

①应急救援小组架构

为了应对突发事件的发生，及时、有序、高效地处理突发事件，配备两辆作为应急救援常备车辆，具体架构由组长、副组长、专职安全员组成，由经验丰富、责任心强的现场施工人员为组员。

②对小组成员进行交通安全与法制教育，加强其安全意识和使命感

③对小组成员进行高速公路安全作业规程培训，使其熟练掌握在各种道路条件环境下的交通安全设施的规范摆放，避免二次事故发生。

④对小组成员进行安全技能教育与培训，使其正确掌握各种常规危险源的识别及常见危险品的处理方法，正确使用各种应急救援设备、工具、材料，切实提高其安全操作技能

⑤对小组成员进行必要的消防操作、医疗急救技术培训，提高应急救援水平

⑥仓库存储好足够的抢险物质、设备等。

（4）交通事故施工应急管制预案

施工过程中，密切关注现场交通情况，若过程中出现车流拥堵迹象，堵塞达到1km并后方仍有大量车辆行驶过来，及时通知路政、交警部门，并立即停止施工，清理现场，恢复通车。待交通恢复正常后，若不影响后续工序时间节点，则继续施

工，否则顺延至次日再施工。

（5）交通事故施工应急预案

①及时通知路政、交警部门将故障车辆拖往施工区域停放，保障正常行车

②若事故车辆损坏严重无法拖往施工区域停放或事故现场无法处理，开放部分没有施工的施工点，分流车辆。

（6）建立路政、交警、工程部、项目部等部门的联动机制，服从交通管理部门的指挥。

（7）紧急情况处理

施工安全事故处治。施工作业现场发生施工安全事故采取以下措施：

①抢救伤员

②保护现场并控制现场动态防止事故扩大。

③报告监管单位和上级管理部门

交通安全事故处治。施工作业区域发生与作业有关或无关的交通事故，现场人员有责任就地采取以下救急措施：

①抢救伤员，保护现场

②控制现场动态，加强明显标志，防止新的事故发生

③通知交通管理部门或高速公路管理部门以及监管单位

④报告交警。

（8）紧急情形处理联系电话

报警电话：110

消防大队：119

交通事故电话：122

人民医院急救电话：120

3.4.5 交通畅通保障措施

交通布控分流的总体方针是“提前预告、重点分流、逐级设防、现场处置”提前预告：即在车辆驶往本区域的各个方向，在可以分流的相关路网的互通立交、收费站等交通枢纽位置，提前设置大型指示牌，提示车辆绕行，提前疏导交通压力。同时，在施工区域 相邻服务区的显著位置设置提示标志牌及分流图。

重点分流：对具体路况提前预告后，在关键的互通立交、收费站等分流地点，均设专人指挥交通，确保车辆安全顺利通过。

逐级设防：在每个分流点前均设置提示牌对过往车辆进行多次提示，以免驾驶人员错过提示标志在提示标语上，做到简洁明晰，语气从温馨提示逐次加重，确保驾驶人员重视。

现场处置：在施工现场安排专职安全人员，对个别驶入重点路段的大型车辆采取及时疏导，使其顺利驶离施工区域。当有车辆在施工区域出现故障时，及时进行合理的处置。

提示标志清楚、详细，反光效果好，提示标志的设置地点、内容，经过交警、路政部门的审批。

在雨天视线不好时，根据实际需要，配以电子指示牌或安装灯光主动照射指示牌，以指示分流。

对于绕行提示牌的维护和更换，组织专门的人员及队伍负责，如需更换时，提前告知路政、交通部门，做到快速、准确。

在正式封路施工前，做好每一施工路段的应急预案，并上报交警、路政部门。

在施工时，积极配合交警、路政部门维护交通秩序。

加强信息沟通，及时将施工信息报到监控中心，以充分利用可变情报板发布路况。

现场处置：对由于施工或交通事故原因引起的现场标识、路面坑洼不平段等，应及时恢复完善，以保障交通能正常畅通。