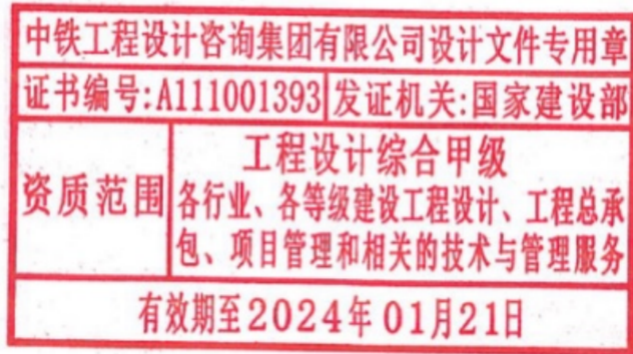


海口美兰国际机场二期扩建工程 新增涉铁工程

可行性研究报告



中铁工程设计咨询集团有限公司

二零二二年十二月

目 录

1.概述	1
1.1 设计依据	1
1.2 设计范围	1
2.项目建设背景及必要性.....	3
2.1 拟建项目地理位置	3
2.2 项目背景及建设必要性	4
2.3 既有铁路现状	7
2.4 铁路规划	11
2.5 工程建设条件	11
3.桥梁工程.....	16
3.1 设计原则	16
3.2 相关规范	16
3.3 桥梁设计标准	17
3.4 工点 14 设计方案	21
3.5 工点 16 设计方案	27
3.6 工点 17 设计方案	32
3.7 工点 18 设计方案	37
3.8 其他注意事项	41
4.管线工程.....	43
4.1 设计原则	43
4.2 相关规范	43
4.3 设计标准	44
4.4 工点 15 设计方案	44
4.5 工点 19 设计方案	47
4.6 工点 20 设计方案	50
5.指导性监测方案.....	59
5.1 邻近铁路施工影响区划分	59
5.2 监测等级	59

5.3 监测范围及内容	60
5.4 监测布点	60
5.5 监测频率	61
5.6 监测控制值	62
6.投资估算.....	62
6.1 编制依据	62
6.2 定额的采用	62
6.3 材料价格	63
6.4 措施项目、其它项目费	63
6.5 规费、税金	63
6.6 工程建设其他费用取费标准	64
6.7 基本预备费	64
6.8 涨价预备费	64
6.9 建设期贷款利息	65
6.10 投资估算	65
7. 工程招标方案.....	66
7.1 招标目的	66
7.2 编制依据	66
7.3 招标原则	66
7.4 招标范围	66
7.5 招标组织形式	66
7.6 招标方式	67
7.7 拟招标情况表	67
7.8 其他	67
8.存在问题及建议.....	68

附件一：美兰机场二期扩建工程新增涉铁工程建安费投资

附件二：投资估算表。

附图

1.概述

1.1 设计依据

(1) 《海口美兰国际机场二期扩建工程新增涉铁工程项目建议书、可行性研究报告编制合同》。

(2) 《海口美兰国际机场二期扩建工程道路及桥梁工程》规划文件。

(3) 《海南东环铁路美兰机场隧道、美兰机场站竣工图》。

(4) 《海南东环铁路美兰机场 U 型槽竣工图》。

(5) 《海南东环铁路美兰机场渡槽竣工图》。

(6) 《海口美兰国际机场雨水工程竣工图》。

(7) 天津市政工程设计研究院《海口美兰国际机场二期扩建工程道路及桥梁工程》给排水工程雨水管道计算书。

(8) 《海口美兰国际机场综合交通枢纽二期项目东进场路跨铁一体化污水提升泵站施工图设计》。

(9) 《中国铁路广州局集团有限公司关于拆除美兰机场二期扩建工程西进场路工程雨水箱涵封堵挡墙的复函（广铁工函【2021】459号）》。

(10) 业主提供的平面地形图、道路平纵横、管线等相关资料。

1.2 设计范围

海口美兰机场二期扩建工程与既有海南环岛高铁（东段）美兰隧道交叉，2019年至2021年，原涉铁工程13个工点已全部修建完成并投入使用。但依据美兰机场交通道路规划要求，T2停车楼进出口道路需要修建，另机场运营部门提出增加3号服务道桥以及海南铁路有限公司对机场西侧垂直滑行道旁已建成的安全管道提出安全隐患整改项等情况，产生7个新增涉铁工点，具体范围如下：

- (1) 工点 14：C 区纵三路涉铁桥及管廊工程；
- (2) 工点 15：C 区东环铁路污水管；
- (3) 工点 16：东垂滑道 3 号服务车道（涉铁段）；
- (4) 工点 17：T2 停车楼入口涉铁桥；
- (5) 工点 18：T2 停车楼出口涉铁桥；

(6) 工点 19: 西垂滑跨铁消防管道保护工程;

(7) 工点 20: B 区纵一路原芙蓉河新建雨水箱涵工程。

设计范围为上述工点跨越东环铁路影响范围内桥梁主体结构、雨水箱涵主体结构及管线防护工程。

2.项目建设背景及必要性

2.1 拟建项目地理位置

拟建项目位于海南省海口市，海口市地处海南岛北部，北濒琼州海峡，隔 18 海里与广东省海安镇相望；东面与文昌市相邻；南面与文昌市、定安县接壤，西面邻接澄迈县，1988 年随着海南经济特区的成立而成为海南省省会，逐步发展成为全省的政治、经济、科技和文化中心，交通邮电枢纽。

位于海南省海口市美兰区的海口美兰国际机场，是国内大型机场和区域枢纽机场，同时也是海南航空公司和南方航空公司的基地机场。

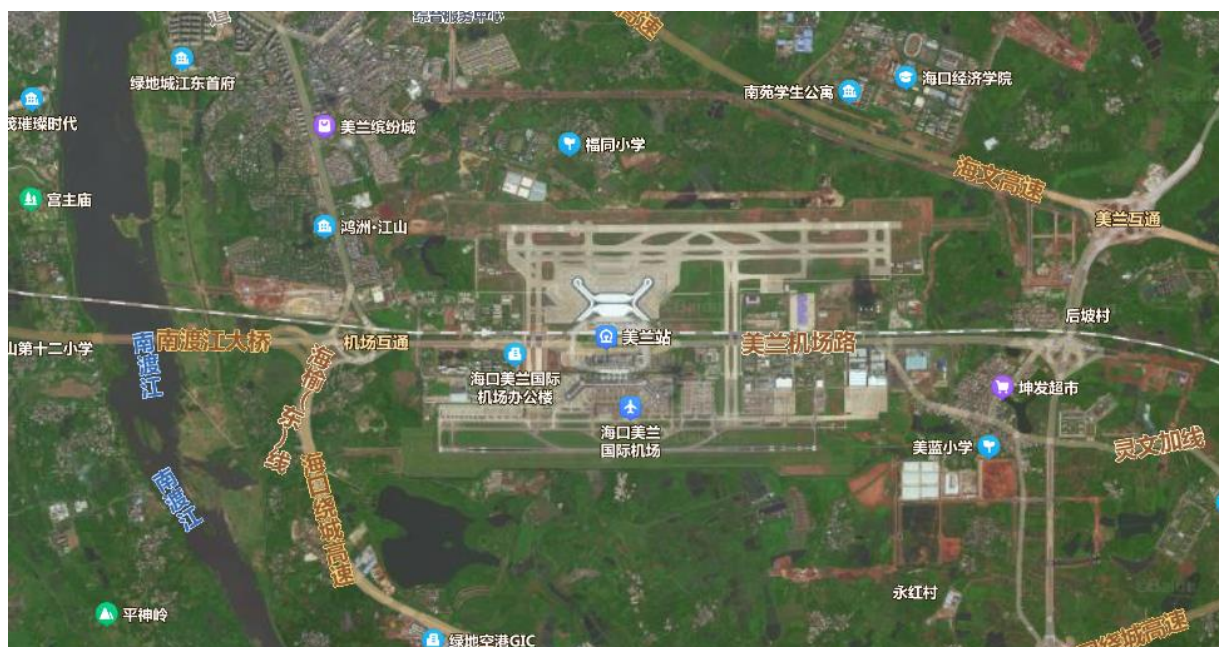


图 2-1 海口美兰国际机场地理位置

海口美兰国际机场二期扩建工程是完善海南“东西南北、两干两支”机场布局的重要环节。工程建成后，大大增强航空运输能力，显著增强海口辐射周边区域的能力，形成区域性航空枢纽，并将为海口带来大量的人流、物流、信息流，这将助推海口旅游、航空物流、报税物流以及仓储等现代服务业发展，对海口市加快美兰临空产业园建设以及实现 21 世纪海上丝绸之路战略支点城市这一战略目标有着重要意义。

海口美兰国际机场二期扩建工程，已于 2015 年 11 月 18 日开工建设，设计 2025 年旅客吞吐量 3500 万人次、货邮吞吐量 40 万吨，2021 年 12 月

2日正式投入运营。本项目为美兰国际机场二期扩建项目新增涉铁工程，建设单位是海口美兰国际机场有限责任公司。



图 2-2 海口美兰机场二期扩建工程 T2 航站楼

2.2 项目背景及建设必要性

美兰国际机场二期扩建项目于 2021 年 12 月 2 日投入运营至今，原涉铁工程 13 个工点已全部修建完成，并已投入使用。但依据美兰机场交通道路规划要求，T2 停车楼进出口道路需要修建，另机场运营部门提出增加 3 号服务道桥以及铁路管理单位对机场西侧垂直滑行道旁已建成的安全管道提出安全隐患整改项等情况，产生 7 个新增涉铁工点。

表 2-1 各工点建设必要性一览表

新增涉铁工程编号	涉铁工程名称	跨越方式	建设必要性
工点 14	C 区纵三路上跨美兰机场隧道	桥梁	该工点位于美兰机场东大门处，打通该工点，有利于污水处理厂和事故水池多个单位进出。该工点有一条 DN500 自来水管和一 DN500 的中水管未接通，影响 T2 航站楼和园林绿化供水。
工点 15	C 区东环铁路污水管	管道	T1 航站楼及相关污水，新建维修基地的污水需要通过此处排放。
工点 16	3 号服务车道上跨	桥梁	东垂滑桥梁原总规中是有 3 号服务道桥，自二期

	美兰机场隧道		投运后,此处为连接两个跑道的巡场路,现为断头路,需将此桥恢复建设,否则飞行区内的交通有安全隐患。
工点 17	进 T2 停车楼道路上跨美兰机场隧道	桥梁	根据广铁集团来函,要求此处上跨隧道的道路需采用桥梁型式跨越美兰机场隧道。
工点 18	出 T2 停车楼道路上跨美兰机场隧道	桥梁	现状出停车楼的车流与出发车流汇合使用,为临时方案,需按照总规划图修建此跨铁桥梁,以分流出停车楼的车流。
工点 19	西垂滑跨铁消防管道保护工程	管道	铁路管理单位对机场西侧垂直滑行道旁已建成的安全管道提出安全隐患整改项。
工点 20	B 区纵一路原芙蓉雨水箱涵工程	雨水箱涵	高铁综合维修段已将西进场路南侧的雨水箱涵封堵,使西进场路南侧遇大雨天路面积水,需要解决。根据广铁集团回函优化方案。

各工点主要情况汇总如下表:

表 2-2 各工点涉铁汇总一览表

工程编号	涉铁工点名称	铁路里程	跨越方式	全宽 (m)	交角 (°)	设计涉铁范围 (m)
工点 14	C 区纵三路上跨美兰机场隧道	K41+343	桥梁	3x9.1	90	43.5
工点 15	C 区东环铁路污水管	K40+168	管道包封	0.75	90	57
工点 16	3 号服务车道上跨美兰机场隧道	K39+743	桥梁	9.5	90	78
工点 17	进 T2 停车楼道路上跨美兰机场隧道	K38+936	桥梁	13.1	90	57.8
工点 18	出 T2 停车楼道路上跨美兰机场隧道	K38+447	桥梁	10.1	90	67.8
工点 19	西垂滑跨铁消防管道保护工程	K38+054	管道包封	1.05	90	74
工点 20	B 区纵一路原芙蓉雨水箱涵工程	K37+073	方涵	5.3	90	70

海口美兰国际机场二期扩建工程新增涉铁工程分布图

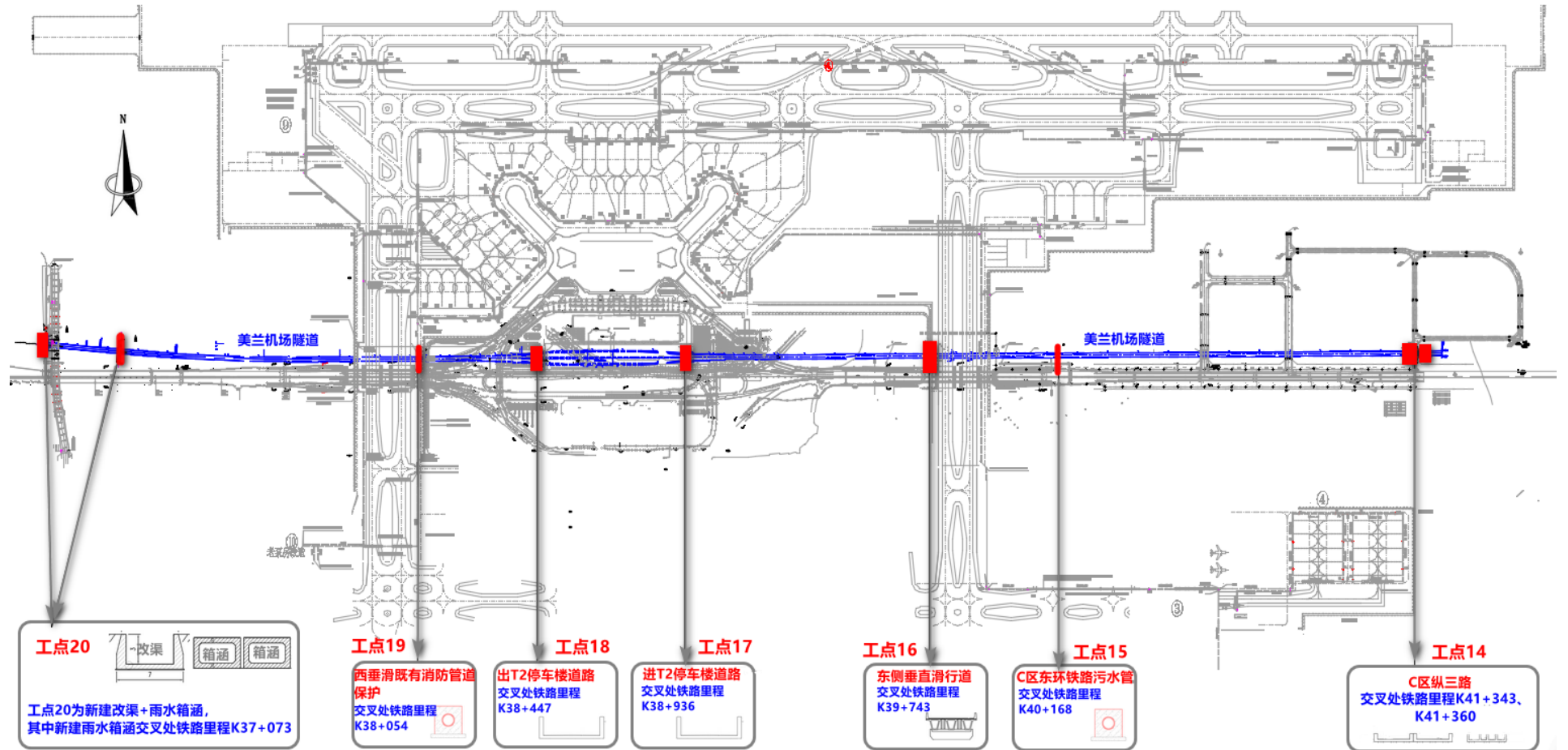


图 2-3 海口美兰机场二期扩建工程新增涉铁工程分布图

2.3 既有铁路现状

2.3.1 海南环岛高铁东段简介

海南环岛高铁东段，如图 1.3-1 所示，北起海口站，途经文昌市、琼海市、万宁市、陵水县，南至三亚站，全长 308km，于 2007 年 9 月 29 日开工建设、2010 年 12 月 30 日竣工通车。

海南环岛高铁东段，主要技术标准：铁路等级，I 级；正线数目，双线；正线线间距，4.6m；限制坡度，一般 12‰，困难 20‰；速度目标值，250km/h；最小曲线半径，5500m；牵引种类，电力；到发线有效长，450m，部分 650m（有长编组列车停靠站）；闭塞方式，自动控制；行车指挥，调度集中。

海南环岛高铁东段，全线设 15 个车站、桥梁 120 座 102km、隧道 18 座 25km，重点桥隧：海口特大桥 21.37km、美兰机场隧道 4.60km。

海南环岛高铁东段，目前，图定开行动车组 42 对/日，海口至三亚最短运营时分 86 分钟、最长运行时分 95 分钟。其中，美兰站办理旅客乘降动车组 25 对/日。



图 2-4 海南环岛高铁东段线位走向示意图

2.3.2 海南环岛高铁东段美兰机场隧道概况

海南环岛高铁东段美兰机场隧道，中心里程 K39+133（设计里程 DK19+000），长 4600m（包括美兰火车站长 536m），进口里程 K36+833（DK16+700）、出口里程 K41+433（DK21+300）。主要情况：

（1）隧道顶埋深 1.70~9.56m，隧道衬砌外宽 14.2~27.76m。隧道标准段为直墙平底拱形顶断面，大跨段底板为仰拱型式。双块式、轨枕埋入式无砟轨道。

（2）明挖顺作法施工，整体模筑衬砌。隧道基坑围护结构采用“钻孔桩+桩间旋喷桩止水+预应力锚索”或“钻孔桩+桩间旋喷桩止水+钢管内支撑”。

（3）隧道地质条件差，隧道洞身在饱和砂层中，地下水位高。

（4）为隧道考虑了抗浮措施，DK17+290~DK17+700、DK20+300~DK20+500、DK20+900~DK21+250 三段衬砌直边墙上方设置了 C30 钢筋混凝土抗浮压顶梁。抗震方面，按《铁路工程抗震设计规范》考虑了结构抗震设防。

表 2-1 高铁美兰机场隧道已有的抗浮稳定措施

序号	里程	隧道抗浮稳定措施	原因
1	DK16+700~DK16+850	隧道顶回填土石至拱顶上方 2.0m	隧道顶贴近原地面
2	DK17+290~DK17+700	隧道衬砌直边墙上方设置了 C30 钢筋混凝土抗浮压顶梁。	
3	DK19+440~DK19+550	隧道顶回填土石至拱顶上方 2.0m	
4	DK20+300~DK20+500	隧道衬砌直边墙上方设置了 C30 钢筋混凝土抗浮压顶梁，且隧道顶回填土石至拱顶上方 0.5m。	
5	DK20+900~DK21+250	隧道衬砌直边墙上方设置了 C30 钢筋混凝土抗浮压顶梁。	
6	DK21+210~DK21+300	隧道顶回填土石至拱顶上方 2.0m	

（5）全隧预测最大涌水量 $Q = 65000 m^3/d$ 。全包防水并设盖板中心沟；纵向适当距离结合施工缝并缝设置了诱导缝（约 25m）；纵、环向施工缝设

置了中埋式橡胶止水带和可维护注浆管。在与车站结构相接，隧道进出口位置共设置 4 道变形缝（变形缝里程 DK16+700、DK18+264、DK18+800、DK21+300）。

（6）基坑支护情况如下表所示：

表 2-2 高铁美兰机场隧道施工基坑支护情况

序号	里程范围	支护方案	锚索参数	
1	DK16+700~DK17+290	排桩+旋喷桩+预应力锚索	2 道	① 锚索钻孔直径 150mm。 ② 锚索杆体采用 1860MPa Φ 15.24 mm 钢绞线，4 束或 6 束一根。 ③ 锚索水平间距 1.2m，一桩一锚。 ④ 锚索倾角 10~15°，长度 14.5~30.0m。
2	DK17+290~DK17+700	排桩+旋喷桩+内支撑	—	
3	DK17+700~DK18+130	排桩+旋喷桩+预应力锚索	2 道	
4	DK18+130~DK18+180	排桩+旋喷桩+内支撑	—	
5	DK18+180~DK18+884	排桩+旋喷桩+预应力锚索	1 道	
6	DK18+884~DK18+934	排桩+旋喷桩+内支撑	—	
7	DK18+934~DK20+000	排桩+旋喷桩+预应力锚索	2 道	
8	DK20+000~DK20+100	排桩+旋喷桩+预应力锚索	1 道	
9	DK20+100~DK20+300	排桩+旋喷桩+内支撑	—	
10	DK20+300~DK20+400	排桩+旋喷桩+预应力锚索	2 道	
11	DK20+400~DK20+500	排桩+旋喷桩+预应力锚索	1 道	
12	DK20+500~DK21+200	排桩+旋喷桩+预应力锚索	2 道	
13	DK21+200~DK21+300	排桩+旋喷桩+预应力锚索	2 道	

2.3.3 海南环岛高铁东段美兰站概况

美兰站为地下站（站厅层为半地下形式），位于现状美兰机场 T1 航站楼北侧 300m，东西走向。高铁美兰站与现状美兰机场候机楼（T1 航站楼）之间有地下联络通道。为一类建筑，建筑防火等级一级，抗震设防烈度 8 度，抗震类别为一类建筑，防雷等级二级应符合当地要求。站台层与地下隧道连接，站厅层为钢筋砼框架主题，钢屋架上盖复合钢板。站台层顶板埋深约 4.28m。

美兰站设正线 2 条、到发线 2 条，岛式站台 2 座，站台尺寸 230m（长） \times 12.5m（宽） \times 1.25m（高）。

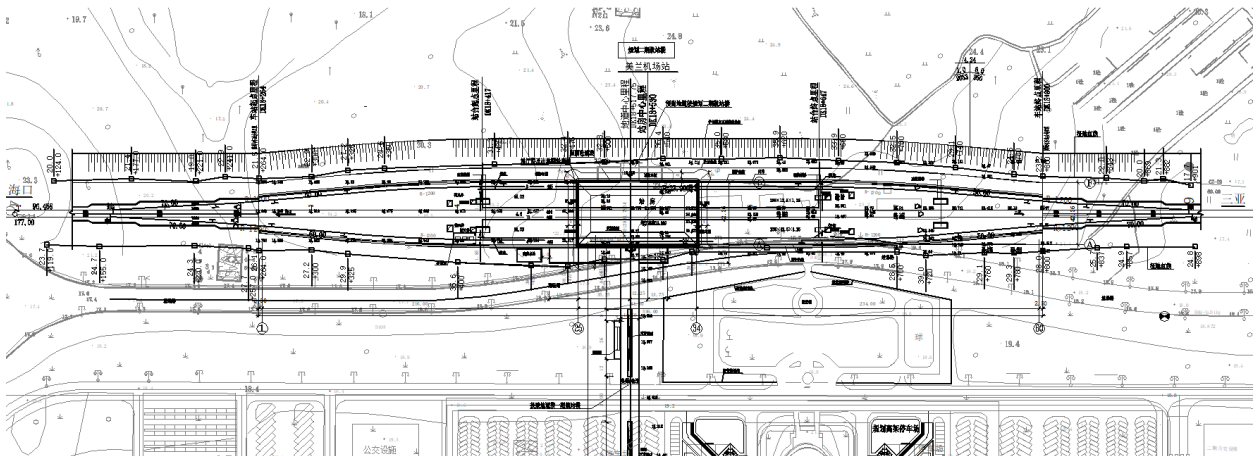


图 2-5 海南环岛高铁东段美兰站平面图

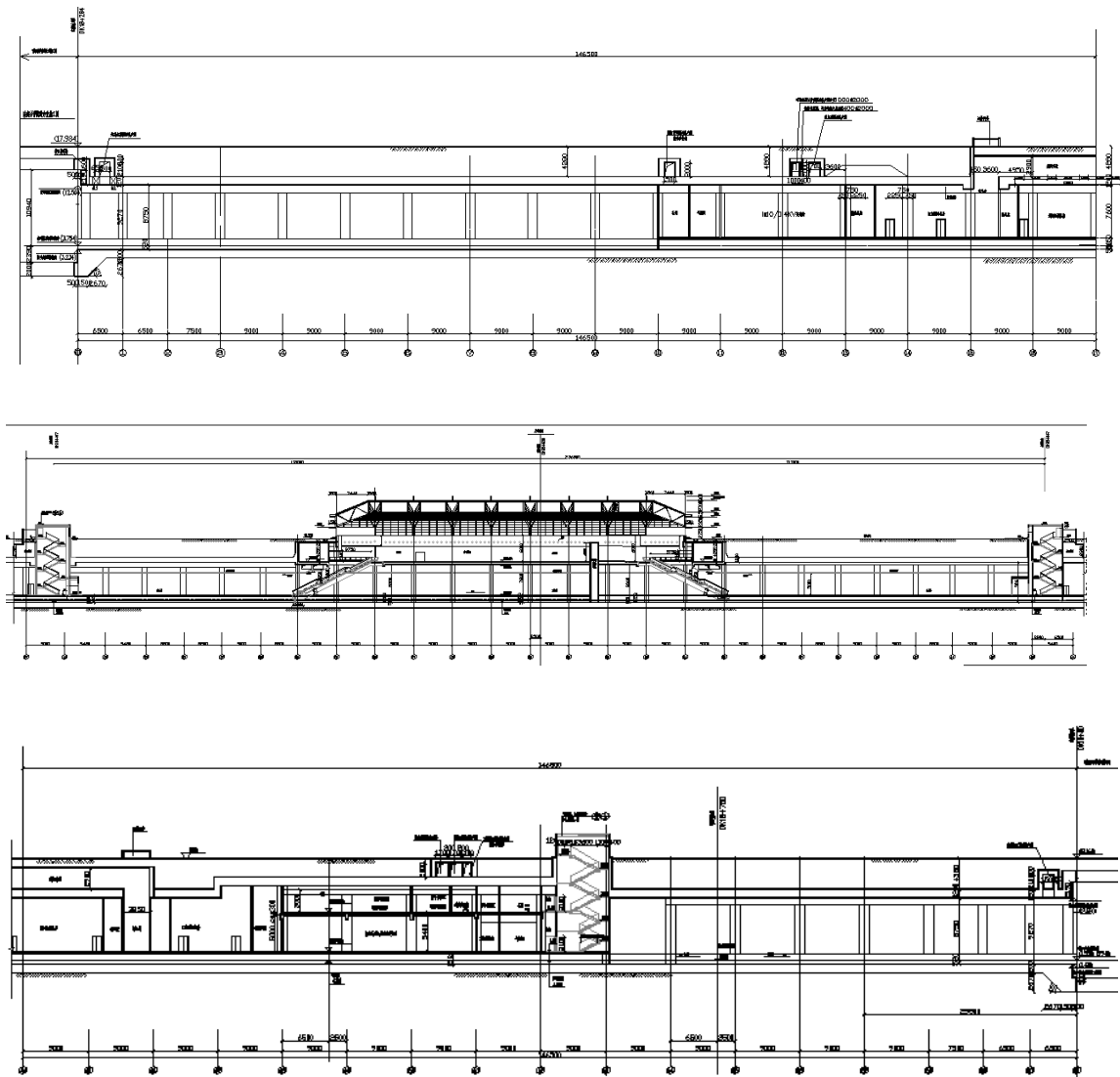


图 2-6 海南环岛高铁东段美兰站剖面图

2.4 铁路规划

涉铁范围内，除现状铁路外，暂无铁路、地铁、城际轨道的远期规划。

2.5 工程建设条件

2.5.1 自然地理位置

(1) 地形地貌

以玄武岩台地地貌单元为主，地势有起伏。

(2) 气象

拟建场地地处低纬度热带北缘，属于热带海洋气候，温暖潮湿，雨量充沛，雨季明显，日照充足，夏季炎热，冬季一般比较温暖。在季节环流控制下，4~8月受海洋气候影响，气候炎热，降水充沛，多偏南风；时年9月~翌年3月，受大陆冷高压气流影响，气候干燥，降水较少，多偏北风；每年5~10月，多热带气旋，中心最大风力达12级，甚至以上，易形成台风。

全年日照时间长，辐射能量大，年平均日照时数2000小时以上，太阳辐射量可达11~12万卡；多年平均气温为21.8℃，年平均相对湿度81%，极端最高气温为38.7℃，最低气温为0.0℃；年平均风速为1.9m/s，极大风速为35.4m/s；年平均影响本区的热带气旋3.2个；年平均气压为1012.3hPa。海口地区降水量大蒸发量，年平均蒸发量1834mm，属干燥度指数小于1.5的湿润地区。年平均降雨量为1696.5mm，最大降雨量为2864.7mm，最小降雨量为1113.2mm，日最大降雨量为284.9mm，降雨量在年内分配很不均匀，多集中在汛期，期间雨量可占全年的70~90%。

(3) 地震动峰值加速度

根据《中国地震动参数区划图》（GB 18036-2001）、《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）的划分，工程建设场地设计基本地震加速度值为0.15g，抗震设防烈度为7度，设计地震分组为第二组。按照《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008）第3.0.2条，确定建筑抗震设防分类为重点设防类（乙类）。

2.5.2 工程地质条件

(1) 地层岩性

根据野外鉴别、原位测试并结合室内土工试验成果，本次钻探最大揭露深度范围内揭示的地层从上至下可划分为 9 个主地层及 6 个亚层，即①-1 素填土、①-2 素填土、②粘土、③强风化玄武岩、④中风化玄武岩、⑤粘土、⑥粗砂、⑥-1 粉质粘土、⑦粘土、⑧-1 贝壳碎屑中砂、⑧-2 贝壳碎屑碎石、⑧-3 贝壳碎屑岩、⑨粉质粘土、⑨-1 贝壳碎屑岩、⑨-2 贝壳碎屑中砂、⑩贝壳碎屑砂砾岩，各岩土层岩性及埋藏分布特征分述如下：

①-1 素填土（Q4ml）：杂色、棕红色，稍密～中密状为主，局部密实状，干，主要由粘性土、砂组成，局部见碎石及玄武岩块石，少量地段分布混凝土块、碎砖，为飞行区场地挖方区填土，经人工压实，或经调查，堆填时间较长地段填土，性质不均匀，未完成自重固结。

①-2 素填土（Q4ml）：棕红色，松散～稍密状，干，主要由粘性土、砂组成，含较多植物根系，为新近堆积。

②粘土（Qe1）：棕红色，可塑状，为玄武岩风化残积土，干强度中等，韧性中等，切面稍光滑，无摇晃反应，局部含强风化玄武岩碎块。

③强风化玄武岩（β Q2）：灰色，隐晶质结构，气孔状构造，主要矿物成分为斜长石、辉石和橄榄石等，风化强烈，节理裂隙极发育，岩体极破碎，岩芯呈碎块状、短柱状，局部含较多风化土，岩体基本质量等级为 V 级。

④中风化玄武岩（β Q2）：灰色，隐晶质结构，气孔状～微气孔状构造，主要矿物成分为斜长石、辉石和橄榄石等，风化中等，节理裂隙较发育，岩体较破碎，岩芯呈块状～短柱状为主，岩体较破碎，岩质较软～较硬，岩体基本质量等级为 IV 级。

⑤粘土（Q1m）：灰白色、灰黄色，可塑状，干强度中等，韧性中等，切面光滑，无摇晃反应，土质均匀，局部砂含量高。

⑥粗砂（Q1m）：灰白色、灰黄色，中密状为主，饱和，主要矿物成分为石英、长石，亚圆形，颗粒较均匀，级配不良，局部粘性土含量高。

⑥-1 粉质粘土（Q1m）：灰白色、灰黄色、灰绿色，可塑状，主要由粘性土夹薄层粉细砂组成，页状层理极端发育，干强度中等，韧性中等，

切面稍光滑，无摇晃反应，局部砂含量高。

⑦粘土（N2m）：灰色、灰黄色，可塑状为主，干强度中等，韧性中等，切面稍光滑，无摇晃反应，局部砂含量高，少量地段夹贝壳碎屑轻微胶结碎块。

⑧-1 贝壳碎屑中砂（N2m）：灰黄色，饱和，中密状为主，主要由贝壳碎屑、石英砂组成，以中粒为主，粗粒次之，棱角状，级配不良，层间含较多细粒土，局部含贝壳碎屑轻微胶结碎块。

⑧-2 贝壳碎屑碎石（N2m）：灰黄色、灰白色，稍密状，饱和，碎石主要由贝壳碎屑、石英砂轻微胶结组成，颗粒呈棱角状，粒径 20~60mm，填充物主要为石英砂，含较多可塑状粘性土。

⑧-3 贝壳碎屑岩（N2m）：灰黄色、灰白色，生物碎屑结构，块状构造，主要由生物碎屑、石英砂颗粒泥钙质胶结组成，中等胶结，主要矿物为方解石、生物化石碎片及微量石英，钻进微漏水，局部地段漏水严重，孔隙较发育，岩体极破碎，为软~极软岩，岩芯呈碎块状、短柱状为主，钻进全漏水。

⑨粉质粘土（N2m）：青灰色，硬塑~坚硬状，主要由粘性土夹薄层粉细砂组成，呈韵律沉积，具水平层理，干强度中等，韧性中等，切面稍光滑，无摇晃反应，局部呈半成岩状，局部砂含量较高。

⑨-1 贝壳碎屑岩（N2m）：灰色，生物碎屑结构，块状构造，主要由生物碎屑、石英砂颗粒泥钙质胶结组成，中等胶结，主要矿物为方解石、生物化石碎片及微量石英，钻进微漏水，孔隙较发育，岩体极破碎，为软~极软岩，岩芯呈碎块状、短柱状为主。

⑨-2 贝壳碎屑中砂（N2m）：灰色，密实状，饱和，主要由贝壳碎屑、石英砂组成，次棱角状，颗粒较均匀，级配不良，层间含较多细粒土，局部含贝壳碎屑轻微胶结碎块。

（2）区域地质构造

在大地构造单元上本区位于琼北断陷内。琼北断陷南以 EW 向的王五一文教断裂为界。断裂内又以 NNW 向的长流—仙沟断裂、NNE 向的临高断裂和近 NE 向的干冲—木棠断裂为界，划分为 4 个一级构造单元，从东往

西分别是云龙隆起、福山凹陷、临高隆起和峨蔓凹陷。

场址往北 8km 为琼州海峡，往东 7km 为东寨港海湾，向西 2km 为南渡江。区域内基底以中生代花岗岩片麻岩为主，少量白垩系和下古生界地层，但大部分被第四纪的多期玄武岩残积层和海相沉积物覆盖层。

琼北地区第四纪火山活动频繁，具有多期次喷发的特点。琼北地区形体可辨的火山口有 42 个，熔岩流分布面积达 4000km²。第四纪火山活动可分 4 期：第 1 期为金牛岭期；第 2 期为多文岭期；第 3 期为东英期；第 4 期为雷虎岭期。美兰机场场址玄武岩为多文岭期，时代为中更新世（ βQ_2 ）

2.5.3 水文地质条件

（1）地表水

场地内无地表水分布。

（2）地下水

地下水主要为③强风化玄武岩、④中风化玄武岩、⑤粘土、⑥粗砂、⑧-1 贝壳碎屑中砂、⑧-2 贝壳碎屑碎石、⑧-3 贝壳碎屑岩中的孔隙型潜水、基岩裂隙水，水量较丰富，②粘土、⑤粘土、⑥-1 粉质粘土、⑦粘土属弱透水层，③强风化玄武岩、④中风化玄武岩属中等~强透水层，⑥粗砂、⑧-1 贝壳碎屑中砂、⑧-2 贝壳碎屑碎石、⑧-3 贝壳碎屑岩属强透水层，场地地下水的补给来源主要为大气降水入渗及侧向径流，排泄方式主要为大气蒸发及向低洼地段排泄。

②粘土、⑤粘土、⑥-1 粉质粘土、⑦粘土、⑨粉质粘土为弱透水层，在场地分布不连续，⑥粗砂、⑧-1 贝壳碎屑中砂、⑧-2 贝壳碎屑碎石、⑧-3 贝壳碎屑岩中地下水局部地段由于上下分布相对隔水层，局部具微承压性。根据该地区水文地质资料，该层地下水水位变幅约为 1.50m。

深层地下水为⑨-1 贝壳碎屑岩、⑨-2 贝壳碎屑中砂、⑩贝壳碎屑砂砾岩中的孔隙型微承压水，该层水埋藏深，桩基施工应注意该层微承压水的影响。

（3）水（土）对建筑材料的腐蚀性

根据前期《海口美兰国际机场二期扩建工程涉铁工程地质勘察》（二〇一八年十二月）勘察资料，判定场地地下水对混凝土结构具微腐蚀性，

对钢筋混凝土结构中的钢筋具弱腐蚀性；场地土对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。场地水和土对建筑材料腐蚀的防护措施，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB50046）的规定。

2.5.4 方案工程地质条件评价

（1）地下水、地表水对工程的影响评价

勘察期间所有勘探孔均遇地下水，所测得潜水稳定水位埋深 2.90~11.30m，高程 9.38~12.92m，根据水位地质资料表明，该区域水位变幅约为 1.50m。本次勘察在钻孔 ZK13 中对承压水水位埋深和水头高程进行了测量，所测得微承压水水位埋深为 20.80m，水头高程为 0.95m。应考虑地下水对桥梁基槽施工的影响，基槽开挖及基础施工时应做好止水、降水、排水措施。

（2）场地稳定性与适宜性评价

拟建建筑场地及其附近未发现不利于工程建设的滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降、地裂缝等不良地质作用，无全新世活动断裂，拟建建筑场地无边坡，场地稳定性较好。

3.桥梁工程

3.1 设计原则

- (1) 认真贯彻执行国家的各项政策、规定，以及国家与行业的标准、规范、规定和细则。
- (2) 满足道路规划和使用功能。
- (3) 满足铁路隧道安全运营要求，不恶化铁路现状条件。
- (4) 满足铁路行车安全要求及在施工过程中尽可能减少对铁路运输的干扰。
- (5) 桥梁结构设计在强度、稳定性、耐久性方面满足规范要求。
- (6) 不得在桥上敷设污水管、压力大于 0.4MPa 的燃气管和其他可燃、有毒或腐蚀性的液、气体管。

3.2 相关规范

- (1) 《城市桥梁设计规范》（CJJ11-2011）
- (2) 《公路桥涵设计通用规范》（JTGD60-2015）
- (3) 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362-2018）
- (4) 《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363-2019）
- (5) 《市政工程勘察规范》（CJJ56-2012）
- (6) 《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224-2014）
- (7) 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》（CJJ2-2008）
- (8) 《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）
- (9) 《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ 166-2011）
- (10) 《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》（JT/T 695-2007）
- (11) 《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T 50476-2019）
- (12) 《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310-2019）
- (13) 《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ 166-2011）；
- (14) 《铁路隧道设计规范》（TB10003-2016）
- (15) 《高速铁路设计规范》（TB10621-2014）
- (16) 《铁路桥涵设计规范》（TB 10002-2017）

- (17) 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》（TB 10092-2017）
- (18) 《铁路桥涵地基和基础设计规范》（TB 10093-2017）
- (19) 《铁路技术管理规程》（TG/01-2014）
- (20) 《铁路安全管理条例》（国务院令第 639 号）；
- (21) 《铁路营业线施工安全管理办法》（国铁运输监〔2021〕31 号）；
- (22) 《铁路营业线施工安全管理办法》（铁运〔2018〕105 号）
- (23) 《中国铁路广州局集团有限公司关于发布广州局集团有限公司铁路营业线施工管理细则的通知》（广铁施工发〔2021〕100 号）
- (24) 《中国铁路广州局集团有限公司关于发布广州局集团公司地方涉铁工程建设管理办法（试行）的通知》（广铁科信发〔2021〕72 号）
- (25) 《中国铁路广州局集团有限公司关于发布广州局集团公司地方涉铁工程建设管理实施细则的通知》（广铁科信发〔2021〕71 号）
- (26) 《国铁集团工电部关于加强穿（跨）越铁路营业线和邻近营业线工程方案等审查和施工安全管理的通知》（工电桥房函 48 文）
- (27) 《邻近铁路营业先施工安全监测技术规程》（TB 10314-2021）
- (28) 《铁路营业线施工管理规定》国铁运输监〔2021〕31 号
- (29) 《公路铁路交叉路段技术要求》（JT/T1311-2020）
- (30) 其它相关设计规范及规定

3.3 桥梁设计标准

(1) 根据《国铁集团工电部关于加强穿（跨）越铁路营业线和邻近营业线工程方案等审查和施工安全管理的通知》（工电桥房函 48 号文）规定：“公路、城市轨道交通和道路在铁路隧道浅埋地段上方通过时，宜采用桥梁跨越方案。”

《广铁局集团公司地方涉铁工程建设管理办法（试行）》（广铁科信发【2021】72 号）规定：“公路、城市道路在铁路隧道浅埋地段上方通过时，原则上采用桥梁跨越方案。”

本项目 C 区纵三路、进、出 T2 停车场道路、3 号服务车道均采用桥梁型式跨越美兰机场铁路隧道。

(2) 桩基与铁路隧道净距:

根据美兰机场隧道施工及相关变更图纸, 隧道结构外围护结构由钻孔灌注桩和旋喷桩组成, 本项目涉铁范围内的围护结构厚度为 1.25m~1.37m。考虑施工误差, 本项目涉铁范围内的围护结构厚度统一采用 1.5m。

为避免桩基施工对隧道结构造成影响, 根据规范桩间距要求并参照已完成涉铁工点标准: 新建桥梁桩基与隧道维护结构(支护桩)净距按不小于 2D(后做桩)标准拟定。

(3) 铁路隧道覆土控制标准

高铁美兰机场隧道洞身位于地下砂层中, 地下水位高, 隧道洞身存在地下水浮力作用。对于本涉铁工程, 部分工点施工时要对隧道上覆土体进行开挖。对隧道的抗浮稳定性进行分析计算, 得到最小覆土厚度最为控制标准。

设隧道最小覆土层厚度为 h , 地下水位按位于地表最不利情况考虑。根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011) 5.4.3 条, 美兰机场隧道抗浮应满足:

$$\frac{G_k}{N_{w,k}} \geq K_w$$

式中: G_k — 建筑物自重及压重之和 (kN)。

$G_k = G_{\text{衬砌}} + G_{\text{土体}} + G_{\text{轨道}} = \gamma_{\text{衬砌}} \cdot A_{\text{衬砌}} \cdot 1 + \gamma'_{\text{土体}} \cdot h \cdot B \cdot 1 + \gamma'_{\text{土体}} \cdot A_{\text{土体楔形}} \cdot 1 + G_{\text{轨道}}$, 其中:
 $G_{\text{衬砌}}$ 为隧道衬砌自重, $\gamma_{\text{衬砌}} = 25\text{kN/m}^3$ 为隧道衬砌重度, $A_{\text{衬砌}}$ 为隧道断面衬砌面积;
 $G_{\text{土体}}$ 为上覆土层重量, $\gamma'_{\text{土体}} = 8.5\text{kN/m}^3$ 为隧道上覆土体浮重度(同设计单位的取值, 按规范取值为 9kN/m^3 , 这里取小偏于安全), h 为最小覆土层厚度, B 为隧道断面外宽, $A_{\text{土体楔形}}$ 为隧道拱圈以上、拱顶水平线以下、直边墙向上延长线所包围的面积(楔形);
 $G_{\text{轨道}}$ 为隧道内侧沟、中心沟、踏步板、轨道板及其下的填充层的总重量, 经测算取 $23\text{kN/m}^3 \times 8.82\text{m}^2 = 202.86\text{kN/m}$ 。

$N_{w,k}$ — 浮力作用值(kN)。 $N_{w,k} = \gamma_{\text{水}} \cdot A_{\text{隧道}} \cdot 1 = \gamma_{\text{水}} \cdot A_{\text{隧道}}$ 。 $\gamma_{\text{水}} = 10\text{kN/m}^3$, $A_{\text{隧道}}$ 为隧道断面外轮廓面积。

K_w — 抗浮稳定安全系数, 一般情况下可取 1.05。

隧道抗浮最小覆土厚度可按下式计算：

$$\frac{\gamma_{\text{衬砌}} \cdot A_{\text{衬砌}} \cdot 1 + \gamma'_{\text{土体}} \cdot h \cdot B \cdot 1 + \gamma'_{\text{土体}} \cdot A_{\text{土体楔形}} \cdot 1}{\gamma_{\text{水}} \cdot A_{\text{隧道}}} \geq 1.05 \Rightarrow$$

$$h \geq \frac{1.05 \times \gamma_{\text{水}} \times A_{\text{隧道}} - \gamma_{\text{衬砌}} \times A_{\text{衬砌}} - \gamma'_{\text{土体}} \cdot A_{\text{土体楔形}}}{\gamma'_{\text{土体}} \times B} = \frac{1.05 \times 10 \times A_{\text{隧道}} - 25 \times A_{\text{衬砌}} - 8.5 \times A_{\text{土体楔形}}}{8.5 \times B}$$

计算结果详见下表 3-1 所示：

表 3-1 铁路隧道覆土控制标准计算分析表

涉铁工点编号	涉铁工点名称	设计里程	运营里程	隧道衬砌结构类型	隧道外宽 B(m)	隧道外高 H(m)	隧道衬砌面积 $A_{衬砌}(m^2)$	隧道外轮廓面积 $A_{轮廓}(m^2)$	隧道拱圈、拱顶水平线、边墙所围面积 (m^2)	隧道内无砟轨道自重 (kN/m)	计算结果最小覆土厚度 (不计压顶梁作用) (m)	现状覆土厚度 (m)	设计抗浮措施	拟定方案结构底至隧道顶净距 (m)	是否满足覆土要求或处理措施
工点14	C区纵三路上跨美兰机场隧道	DK21+210	K41+343	I型加深	13.8	11.33	35.38	145.43	16.4	8.82×23	2.56	1.11	压顶梁、回填覆土	1.11	抬高道路纵断保证现状覆土
工点15	C区东环铁路污水管	DK20+036	K40+168	IV型A及A加强衬砌	14.4	11.78	46.1	151.2	18.4		0.62	4.36	无	2.59	满足
工点16	3号服务车道上跨美兰机场隧道	DK19+610	K39+743	IV型A及A加强衬砌	14.4	11.78	46.1	151.2	18.4		0.62	4.79	无	4.79	满足
工点17	进T2停车楼道路上跨美兰机场隧道	DK18+803	K38+936	大跨段C衬砌	27.76	15.64	140.52	392.84	57.42		-0.34	5.22	无	2.2	满足
工点18	出T2停车楼道路上跨美兰机场隧道	DK18+314	K38+447	地下车站	32.76	11.67	111.988	382.3092	0	16.2×23	2.90	5.71	压顶梁	3.15	满足
工点19	西垂滑跨铁消防管道保护工程	DK17+922	K38+054	转辙机段B及B加强衬砌	15.3	12.13	48.38	164.86	20.7	8.82×23	1.10	5.6	无	3.49	满足
工点20	B区雨水箱涵上跨美兰机场隧道	DK16+940	K37+073	II型衬砌	14	11.48	38.52	143.62	17.06		1.66	3.03	无	0.7	顶进施工回填覆土

(3) 设计荷载:

汽车荷载: 城-A 级; 人群荷载: 按规范取值。

飞行区服务车道: 顶推车重 60t, 重型加油车重 80t。

(4) 横断面布置:

工点 14: C 区纵三路单幅桥宽 9.1m, 横断面布置为: 0.8m(边墙)+0.25m(安全带)+7m(行车道)+0.25m(安全带)+0.8m(边墙)。

工点 16: 3 号服务车道桥梁全宽 9.5m, 横断面布置为: 0.5m(防撞栏)+8.5m(行车道)+0.5m(防撞栏)。

工点 17: 进 T2 停车场道路桥宽 13.1m, 横断面布置为: 0.8m(边墙)+0.25m(安全带)+11m(行车道)+0.25m(安全带)+0.8m(边墙)。

工点 18: 出 T2 停车场道路桥宽 10.1m, 横断面布置为: 0.8m(边墙)+0.25m(安全带)+8m(行车道)+0.25m(安全带)+0.8m(边墙)。

(5) 桥面横坡:

机场工作区道路标准横坡为双向 1.5%。

(6) 地震基本烈度: 为Ⅷ度, 地震动峰值加速度为 0.3g;

桥梁抗震设防类别: 乙类。

(7) 桥梁结构的设计基准期:100 年;

(8) 桥梁结构的设计使用年限:100 年;

(9) 桥梁结构设计安全等级: 一级, 结构重要性系数 1.1;

(10) 结构混凝土耐久性环境类别: I 类-一般环境;

(11) 结构腐蚀环境作用等级: 护栏及受雨淋桥梁构件为 C 级, 其他构件为 B 级。

(12) 坐标系统:海口独立坐标系;

(13) 高程系统:1985 国家高程系。

3.4 工点 14 设计方案

3.4.1 工程概况

C 区纵三路与高铁隧道交叉处铁路里程 K41+343.19 (DK21+210.19), 设计采用桥梁上跨高铁美兰隧道, 桥梁中心线与铁路股道中心线夹角 90°。

根据管线竣工图显示，要通过高铁隧道的管线种类有 De315*12mm 给水管、De560*5mm 中水管、1050*500mm 通信排管、1800*1450mm 电力排管。根据高铁原设计资料，该处高铁隧道顶高出自然地面，为了抗浮要求，隧道顶回填了 2m 覆土，由于隧道顶覆土较薄，管线种类较多，管径较大，设计考虑采用管线桥形式上跨高铁美兰隧道。

穿越处铁路隧道埋深约 1.11m，隧道结构、基坑支护形式见下图所示。该段隧道结构抗浮设施为压顶梁+隧道顶回填覆土。

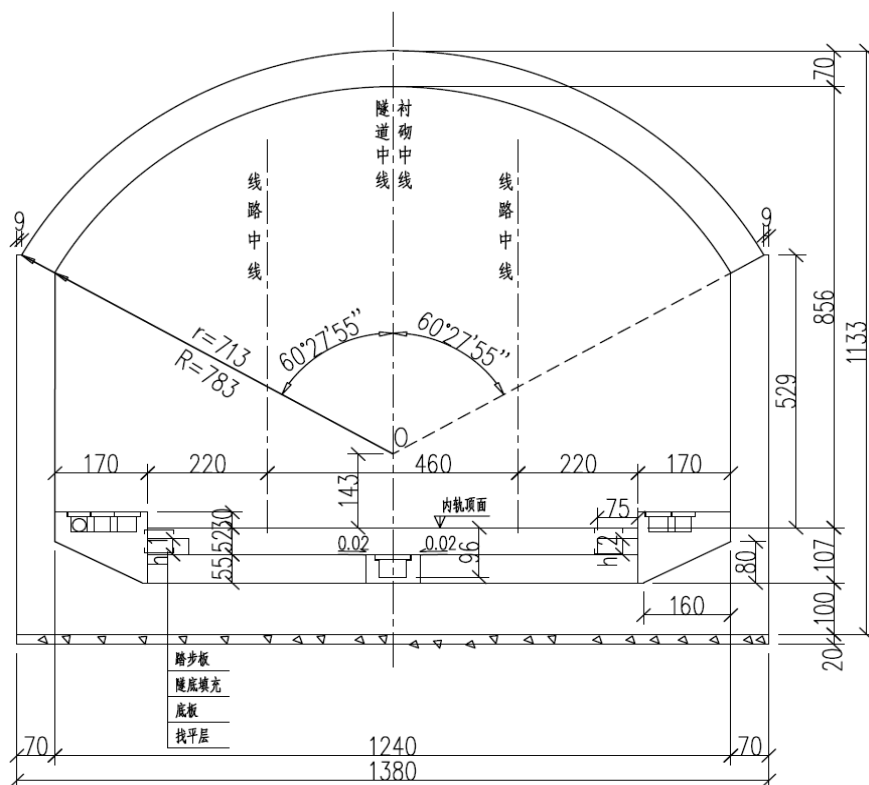


图 3-1 高铁隧道断面 DK16+827~DK16+900、DK21+200~DK21+300 (I 型衬砌)

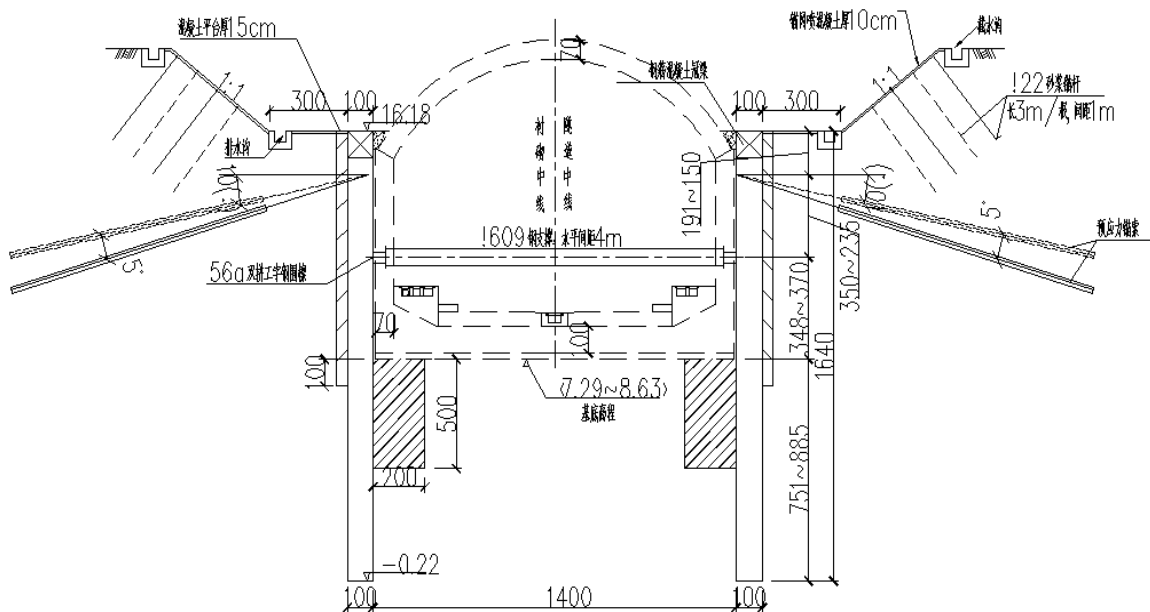


图 3-2 高铁隧道明挖施工基坑支护型式 (DK21+200~DK21+300)

3.4.2 设计荷载

汽车荷载：城-A 级；

人群荷载：按规范取值；

管线荷载：按管线实际重量取值。

3.4.3 总体布置

新建桥梁桩基与隧道维护结构（支护桩）净距 $\geq 3.0\text{m}$ ，结合高铁隧道宽度，桥梁跨径取 26m。

跨越隧道处桥梁中心路面设计标高约 20.34m，自然地面标高约 20.11m，高铁隧道顶标高为 19.0m。

3.4.4 桥型方案比选

26m 左右跨径常规结构形式为装配式混凝土箱梁、现浇混凝土箱梁、槽型梁、钢箱梁。由于纵三路道路设计标高距离隧道顶仅为 1.3m 左右，需将纵断往上抬高，受制于两侧路口标高，设计标高无法抬高太多，为减小对铁路隧道影响，按照桥梁竣工后，桥下维持既有覆土厚度的原则，需将纵断抬升 0.7m，纵断抬升后的结构形式比较如下。

表 3-1 结构形式比选表

项目	装配式混凝土 小箱梁	现浇混凝土箱 梁	现浇槽型梁	钢箱梁
行车道以下铺装+结构厚度	1.6m	1.8m	0.6m	1.6m
梁底距离隧道顶距离	为 0.3m	为 0.1m	为 1.3m	0.3m
后期养护	较好	较好	较好	桥下净空仅 0.3m，钢结构无法养护
施工便利性	吊装、施工较方便	现浇施工，高铁隧道顶上搭设支架	现浇施工，高铁隧道顶上搭设支架	吊装、施工较方便
经济性	好	较好	较好	较差
结论			推荐	

该段隧道结构抗浮设施为压顶梁+隧道顶回填覆土。槽型梁架设后，隧道拱顶覆土维持现状标准，且该段隧道已采用了压顶梁作为安全储备，隧道满足抗浮设计要求。

3.4.5 结构设计

由于机动车道路面较宽，达到 14m，横向采用两孔 26.0m 预应力混凝土槽型梁结构，每幅桥净宽为 7.5m，侧墙高 1.8m，厚 0.8m，底板厚 0.5m。

管线桥采用 1-26m 预应力槽型梁，管线分舱室设置，每个舱室两侧均设置预应力腹板，以分隔各类管线，在各管线舱室顶部设置盖板。

下部结构采用 C30 水下混凝土钻孔灌注桩基础，桩基与上部结构刚接，桩基为直径 1.2m 钻孔灌注桩。新建桩基与隧道维护结构净距大于 3.8m，大于两倍桩径。

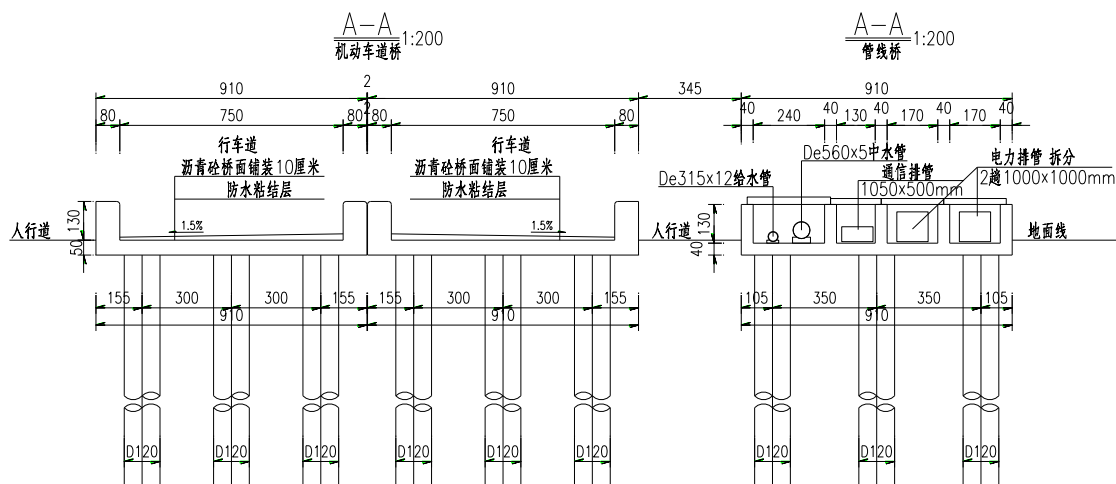


图 3-3 桥梁横断面图

桥梁施工完成后，梁底距离地面考虑 0.2m 空隙后，隧道拱顶覆土能维持现状标准，且该段隧道已采用了压顶梁作为安全储备，隧道满足抗浮设计要求。

3.4.6 建筑材料

预应力混凝土 U 型槽：C50；

管线盖板：C40；

承台（系梁）、搭板：C35；

灌注桩：C35（水下混凝土）；

支座垫石：C40 细石混凝土；

垫层：C20

钢绞线：采用高强度低松驰预应力钢绞线(GB/T5224-2014)

3.4.7 附属工程

(1)桥面铺装层：沥青铺装采用 4cm 厚细粒式沥青混凝土(AC-13C 改性沥青)+6cm 厚中粒式沥青混凝土(AC-20C 改性沥青)，其厚度和材料性能与道路铺装顶面两层混凝土相同。

(2)防水层：采用 SBS 改性沥青防水粘结层。

(3)支座：槽型梁与桩基设置为刚接形式，不设支座。

(4)伸缩缝：不设置伸缩缝。

(5)搭板：桥台台后行车道范围内设置搭板，搭板长 8m，厚 35cm。搭板纵、横坡与道路相同。

（6）桥下排水

桥下设置排水沟，桥下排水由排水沟引出后就近接入场区排水系统。

（7）混凝土防腐涂装

为了防腐及景观效果，对槽型梁腹板的内外侧及顶面进行混凝土防腐涂装。

（8）桥面排水

桥面排水不设置泄水管，沿道路纵坡排水。

3.4.8 指导性施工组织

（1）施工顺序

施工准备、场地清方、平整场地→施工桥梁桩基→贝雷梁支架施工→槽型梁现浇施工→桥台后浇段及牛腿、搭板施工→施工桥面系、防撞墙。

（2）施工方法

1) 桩基施工

桥梁桩基采用钻孔桩，采用旋挖钻，高铁隧道两侧高度范围内设置全段钢护筒跟进，桩基钢筋笼分节安装。

2) 墩台、盖梁施工

现浇施工。

3) 上部施工

采用贝雷梁支架原位现浇施工，支架采用三排单层加强型贝雷梁，加强型贝雷梁横向布置间距为1.5m，在贝雷梁上满铺钢板后，再在上方现浇槽型梁。槽型梁底板端部留后浇段，待槽型梁腹板预应力张拉完毕后，拆除支架，落梁就位，浇筑墩顶后浇段，形成墩梁固结体系。

（3）理论工期

理论工期为 150 天。其中平整场地 10 天，桥梁桩基施工 30 天，搭设贝雷梁支架及基础 20 天，槽型梁现浇施工 50 天，浇筑牛腿及搭板 20 天，施工桥面系及附属结构 20 天。

3.5 工点 16 设计方案

3.5.1 工程概况

东侧垂直滑行道 3 号服务车道与高铁隧道交叉处铁路里程 K39+743.35 (DK19+610.35)，设计采用桥梁上跨高铁美兰隧道，桥梁中心线与铁路股道中心线夹角 90° 。

该处铁路隧道顶覆土 4.79m，穿越处铁路隧道结构、基坑支护形式见下图所示。

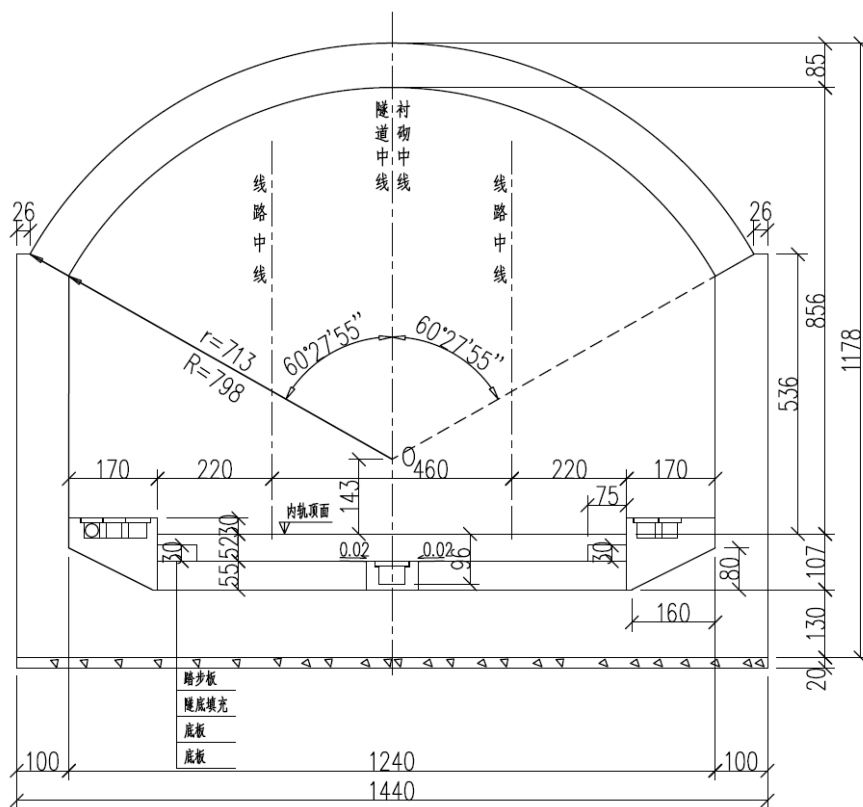


图 3-4 高铁隧道断面 DK19+111~DK19+300、DK19+400~DK20+200、DK20+500~DK20+900

(IV 型 A 及 A 加强衬砌)

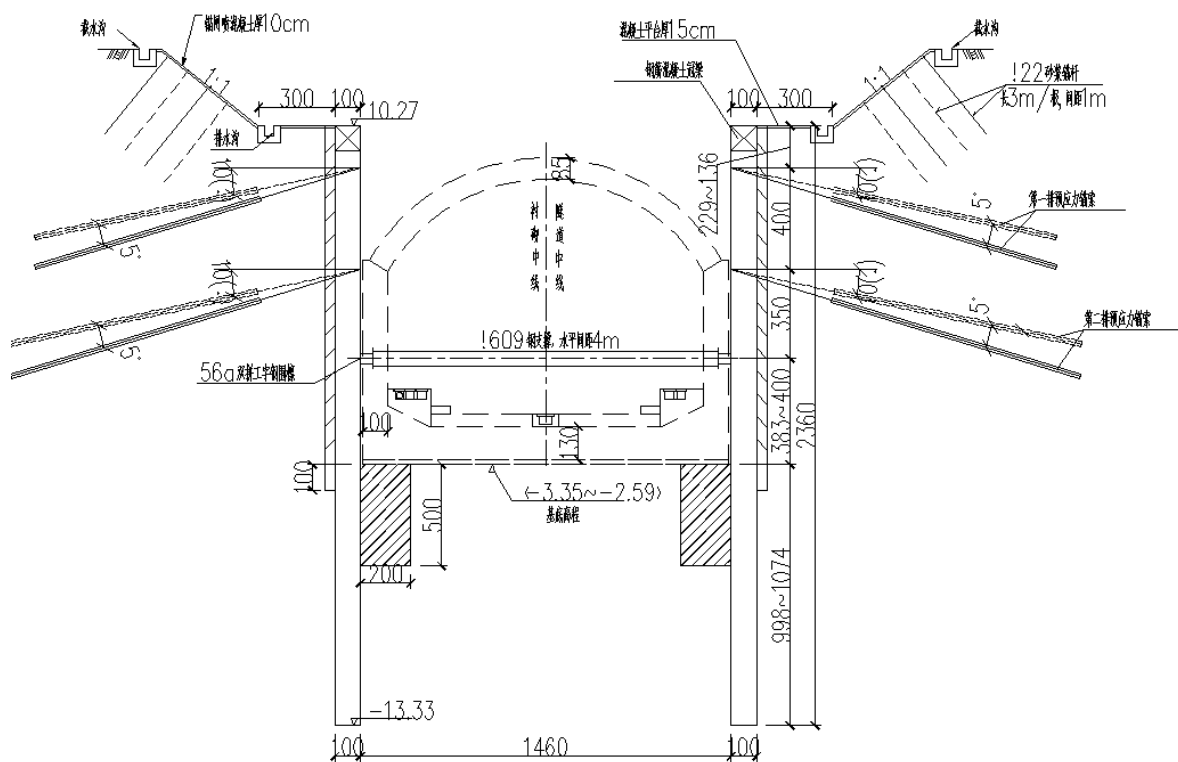


图 3-5 高铁隧道明挖施工基坑支护型式 (DK19+600~DK19+700)

3.5.2 设计荷载

汽车荷载：城-A 级；（飞行区服务车道）顶推车重 60t，重型加油车重 80t。

3.5.3 总体布置

新建桥梁桩基与隧道维护结构（支护桩）净距 $\geq 3.0\text{m}$ ，结合高铁隧道宽度，桥梁跨径取 35m。

跨越隧道处桥梁中心路面设计标高约 18.7m，自然地面标高约 13.23m，高铁隧道顶标高为 8.44 m。

3.5.4 桥型方案比选

35m 左右跨径常规结构形式为装配式混凝土箱梁、混凝土箱梁、槽型梁、钢箱梁。由于道路设计标高距离隧道顶覆土有 10.2m 左右，高铁下方梁形选择相对较多。

表 3-2 结构形式比选表

项目	装配式混凝土	现浇混凝土	现浇槽型梁	钢箱梁
----	--------	-------	-------	-----

	小箱梁	箱梁		
行车道以下铺装+结构厚度 (m)	2.0	2.2	0.6	2.0
桥下净空 (m)	3.47	3.27	4.87	3.47
后期养护	较好	较好	较好	钢结构维修养护较多
施工便利性	吊装、施工较方便	现浇施工，高铁隧道顶上搭设支架	场外预制后，特殊架桥机架设施工	吊装、施工较方便
经济性	好	较好	较好	较差
结论	推荐			

考虑到钢箱梁养护不便，现浇梁、槽型梁施工相对不便，且槽型梁为上翻梁，结合地面标高，上翻部分漏出地面 2.3m 左右，影响美观。小箱梁施工方便，且东侧滑行车道 4 号服务车道桥为 20+35+20m 先简支后连续小箱梁，故采用与 4 号服务车道桥一致的小箱梁结构。

3.5.5 结构设计

桥梁上部结构为先简支后连续的预制小箱梁结构。箱梁高 1.8m。预制箱梁上设 10cm 厚 C40 现浇层，再铺设 10cm 沥青混凝土。

下部结构采用直径 1.5m 钻孔灌注桩，上接盖梁，盖梁上设支座。新建桩基与隧道维护结构净距不小于 7.3m。本桥在每片梁下设置抗震支座。

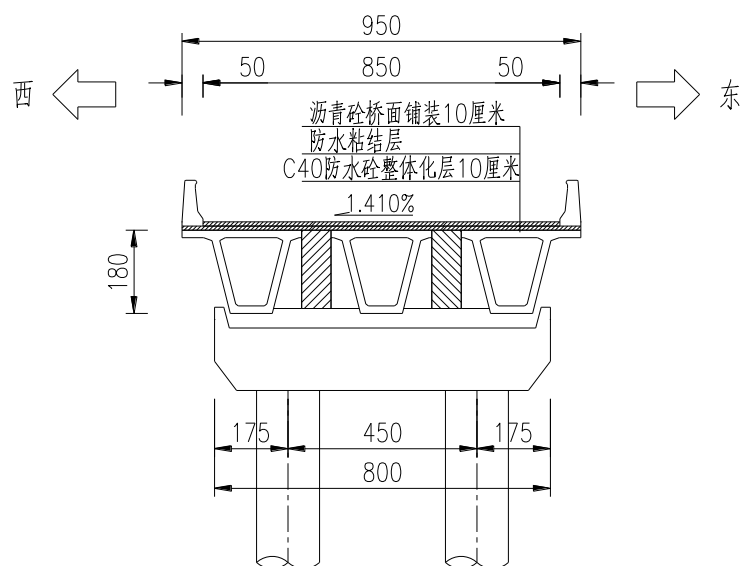


图 3-6-3 号服务桥横断面

桥梁施工不存在对既有隧道顶土体进行开挖，满足隧道抗浮要求。

3.5.6 建筑材料

预应力混凝土小箱梁：C50；

墩柱、盖梁、防撞护栏：C40；

承台（系梁）、搭板：C35；

灌注桩：C35（水下混凝土）；

支座垫石：C40 细石混凝土；

垫层：C20

钢绞线：采用高强度低松驰预应力钢绞线(GB/T5224-2014)

3.5.7 附属工程

(1) 检修措施

为了方便支座检修，在盖梁两侧设置检修通道（高 1.6m、宽 1.5m）。

(2) 桥面铺装层

沥青铺装采用 4cm 厚细粒式沥青混凝土（AC-13C 改性沥青）+6cm 厚中粒式沥青混凝土（AC-20C 改性沥青），其厚度和材料性能与道路铺装顶面两层混凝土相同。

(3) 防水层：采用 SBS 改性沥青防水粘结层。

(4) 支座

设置抗震支座。

垫石采用强度等级不低于 C40 的细石混凝土，垫石顶面应水平。

(5) 搭板

桥台台后行车道范围内设置搭板，搭板 0 号台侧长 8m，3 号台侧长 5.4m（考虑与民航院上跨机场路桥梁桥台牛腿直接连接），厚 35cm。搭板纵、横坡与道路相同。

(6) 防撞护栏

桥梁防撞护栏采用 SS 级。

(7) 减震垫块和抗震挡

每联箱梁在伸缩缝位置梁端加设减震橡胶垫板，采用环氧树脂粘结在梁端处。

(8) 桥面排水

桥面排水采用纵坡排水。

(9) 混凝土防腐涂装

为了防腐及景观效果，对小箱梁外侧进行混凝土防腐涂装，颜色可根据建设单位选择。

3.5.8 指导性施工组织

(1) 施工顺序

施工准备、场地清方、平整场地→施工桥梁桩基→墩台、盖梁施工→小箱梁架设施工→浇筑湿接缝、横隔板→牛腿及搭板施工→施工桥面系、防撞墙。

(2) 施工方法

1) 桩基施工

桥梁桩基采用钻孔桩，采用旋挖钻，高铁隧道两侧高度范围内设置全段钢护筒跟进，桩基钢筋笼分节安装。

2) 墩台、盖梁施工

现浇施工。

3) 上部施工

小箱梁采用架桥机施工，然后浇筑湿接缝、横隔板。

(3) 理论工期

理论工期为 160 天。其中平整场地 10 天，桩基施工 30 天，墩台及桥下检修通道施工 30 天，梁体架设及负弯矩钢束张拉 20 天，湿接缝施工 20 天，浇筑牛腿及搭板 20 天，施工桥面系、防撞墙及附属结构 30 天。

3.6 工点 17 设计方案

3.6.1 工程概况

进 T2 停车楼道路与高铁隧道交叉处铁路里程 K38+936 (DK18+803)，设计采用桥梁上跨高铁美兰隧道，桥梁中心线与铁路股道中心线夹角 90° 。

DK18+800 为隧道与地下车站三亚端结构分界线，该处铁路隧道顶覆土 5.22m，穿越处铁路隧道结构、车站结构及基坑支护形式见下图所示。

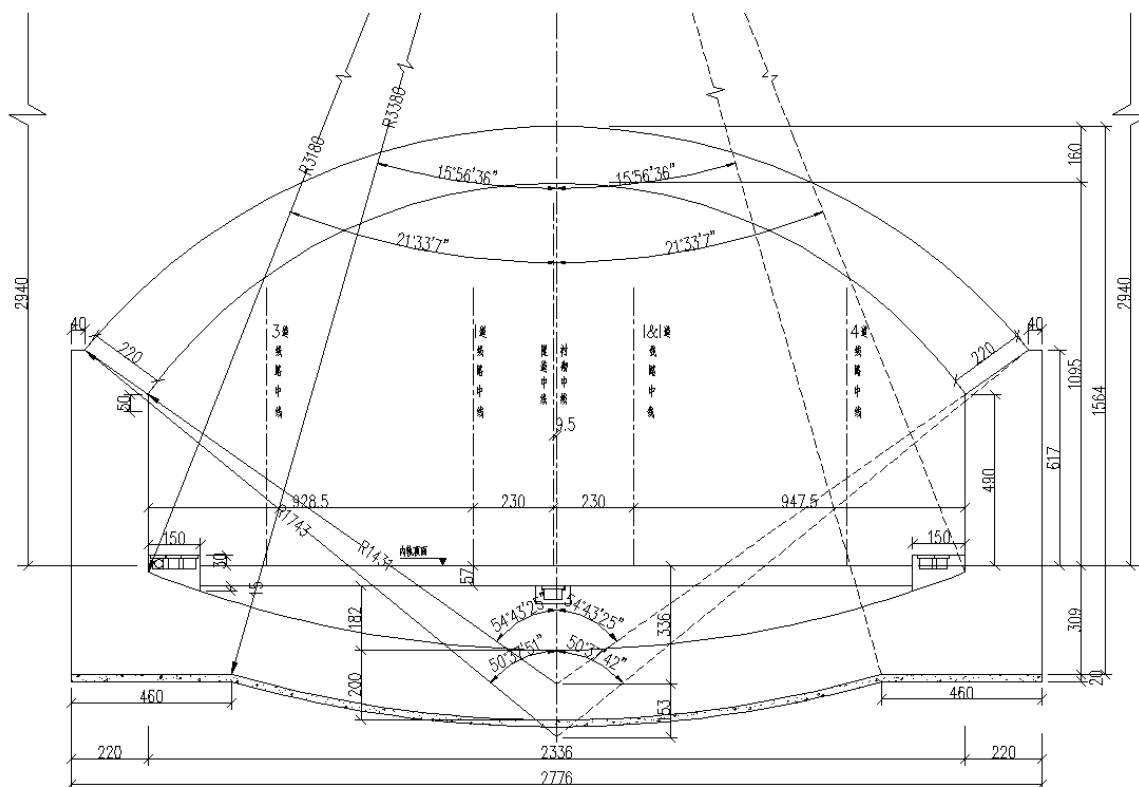


图 3-7 高铁隧道断面 DK18+800~DK18+830 (大跨段 C 衬砌)

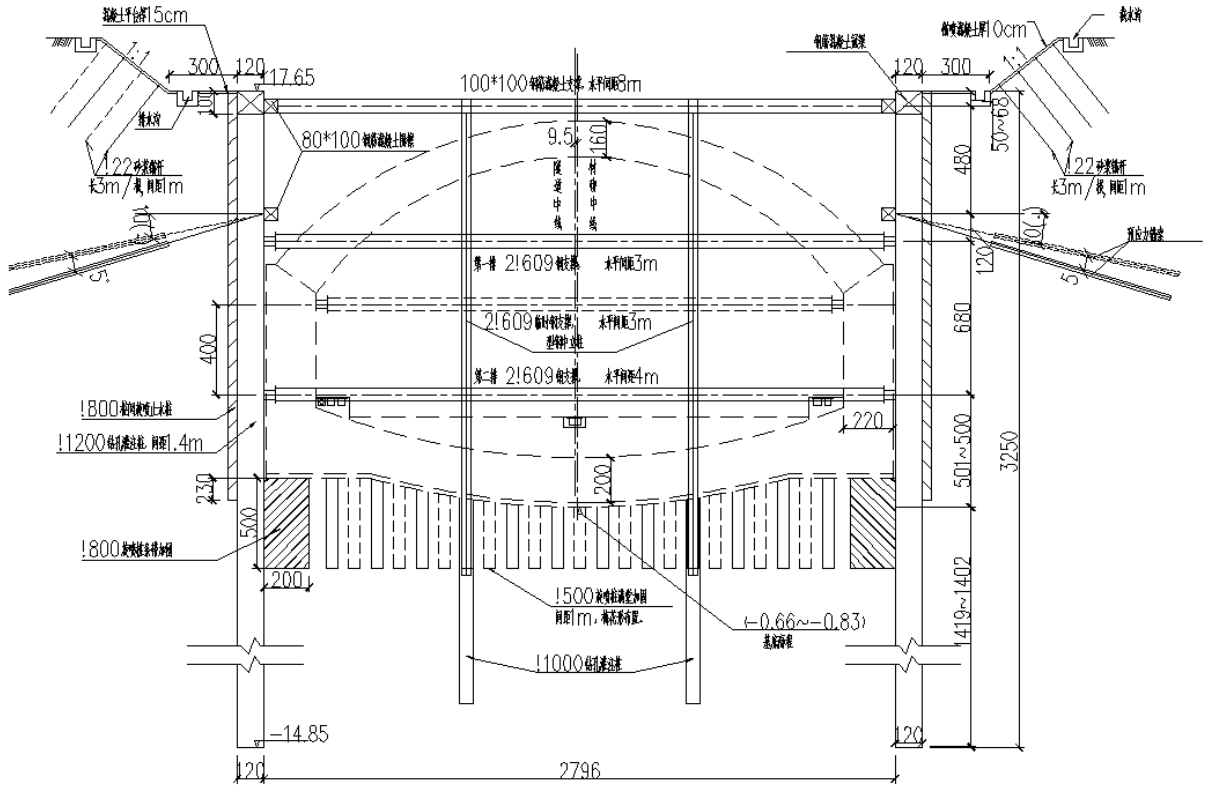


图 3-8 高铁隧道明挖施工基坑支护型式 (DK18+800~DK18+830)

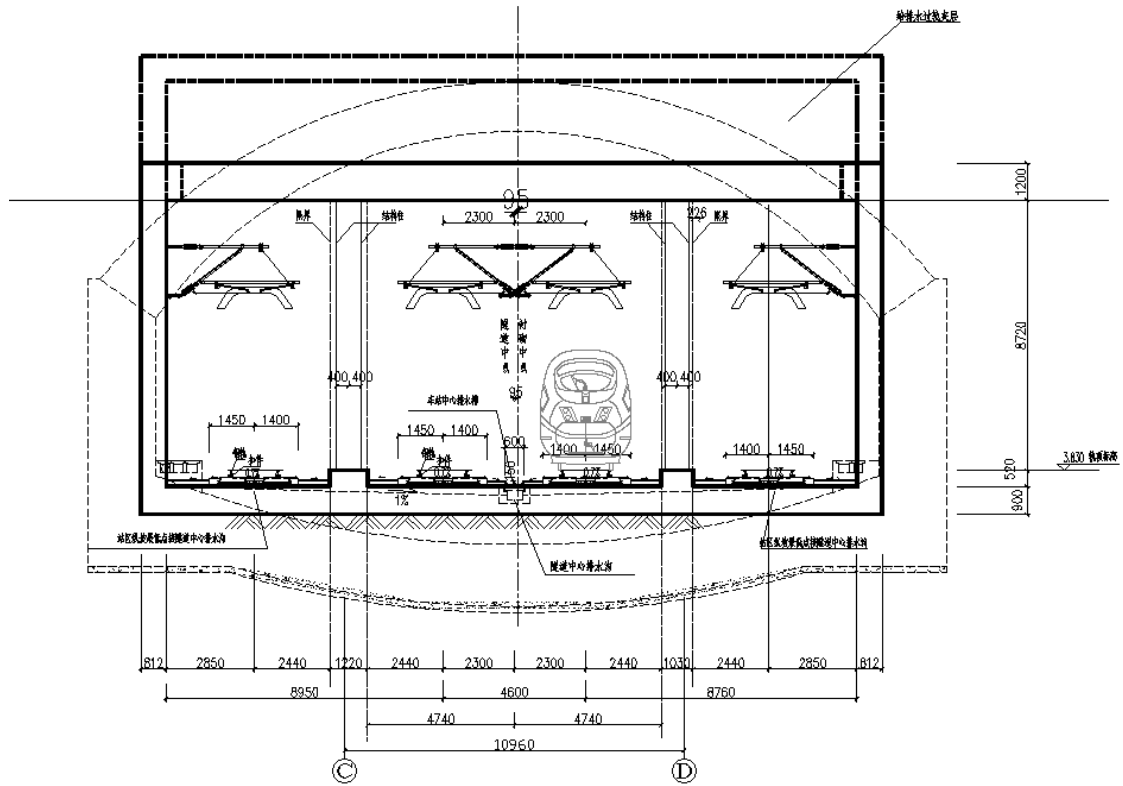


图 3-9 地下车站接口处断面图 (DK18+800)

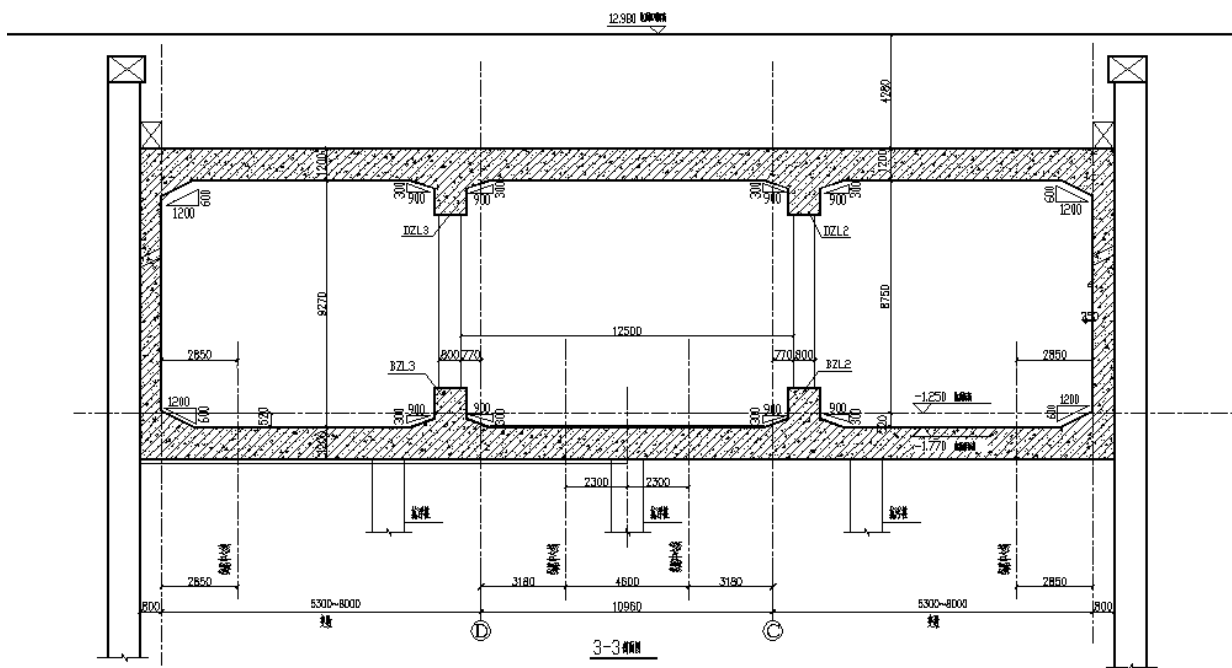


图 3-10 地下车站明挖施工基坑支护型式 (DK18+800~DK18+750)

3.6.2 设计荷载

汽车荷载：城-A 级；

人群荷载：按规范取值；

3.6.3 总体布置

新建桥梁桩基与隧道维护结构（支护桩）净距 $\geq 3.0\text{m}$ ，结合高铁隧道宽度，桥梁跨径取 40m。

跨越隧道处桥梁中心路面设计标高约 19.3m，自然地面标高约 21.7m，高铁隧道顶标高为 16.48m。

3.6.4 桥型方案比选

40m 左右跨径常规结构形式为装配式混凝土箱梁、混凝土箱梁、槽型梁、钢箱梁。道路设计标高距离隧道顶覆土有 2.8m 左右，桥型方案比选如下：

表 3-3 结构形式比选表

项目	装配式混凝土 小箱梁	现浇混凝土 箱梁	现浇槽型梁	钢箱梁

行车道以下铺装+结构厚度 (m)	2.2	2.4	0.6	2.2
梁底距离隧道顶距离 (m)	0.6m	0.4m	2.2m	0.6m
后期养护	较好	较好	较好	桥下净空受限, 钢结构养护困难
施工便利性	吊装、施工较方便	现浇施工, 高铁隧道顶上搭设支架	现浇施工, 高铁隧道顶上搭设支架	吊装、施工较方便
经济性	好	较好	较好	较差
结论			推荐	

考虑到钢箱梁养护不便, 小箱梁、现浇梁考虑梁高后, 距离隧道顶覆土隧道抗浮系数较小, 并尽可能减少隧道顶部开挖, 故推荐槽型梁方案。

3.6.5 结构设计

采用 1 孔 40.0m 预应力混凝土槽型梁结构, 桥净宽 11.5m, 跨中梁高 4m, 支点梁高 5.0m, 侧墙厚 0.8m, 底板厚 0.5m。

下部结构采用 C30 水下混凝土钻孔灌注桩基础, 桩基与上部结构刚接, 桩基为直径 1.5m 钻孔灌注桩。新建桩基与隧道维护结构净距大于 4.1m, 大于两倍桩径。

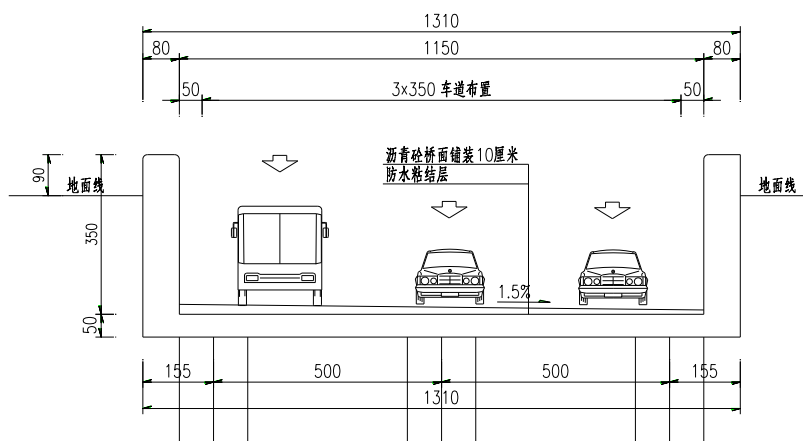


图 3-12 桥梁横断面

桥梁施工完成后，梁底距离地面考虑 0.2m 空隙后，梁底地面距离隧道顶覆土为 2.0m，满足隧道抗浮要求。

3.6.6 建筑材料

预应力混凝土 U 型槽：C50；

承台（系梁）、搭板：C35；

灌注桩：C35（水下混凝土）；

支座垫石：C40 细石混凝土；

垫层：C20

钢绞线：采用高强度低松弛预应力钢绞线(GB/T5224-2014)

3.6.7 附属工程

(1)桥面铺装层：沥青铺装采用 4cm 厚细粒式沥青混凝土(AC-13C 改性沥青)+6cm 厚中粒式沥青混凝土(AC-20C 改性沥青)，其厚度和材料性能与道路铺装顶面两层混凝土相同。

(2)防水层：采用 SBS 改性沥青防水粘结层，具体要求详见《水泥混凝土桥面热沥青防水粘结层施工技术要求》。

(3)支座：槽型梁与桩基设置为刚接形式，不设支座。

(4)伸缩缝：不设置伸缩缝。

(5)搭板：桥台台后行车道范围内设置搭板，搭板长 10m，厚 35cm。搭板纵、横坡与道路相同。

(6)桥下排水

桥下排水由汇水边沟引出后，由总体设计单位设计接入场区排水系统。由于涉及不同设计单位的排水系统对接，施工前应向相关设计单位确认后，方可施工。

(7)混凝土防腐涂装

为了防腐及景观效果，对槽型梁侧墙的内外侧及顶面进行混凝土防腐涂装，颜色可根据建设单位选择。

(8)桥面排水利用道路纵坡排水。

3.6.8 指导性施工组织

(1) 施工顺序

施工准备、场地清方、平整场地→施工桥梁桩基→贝雷梁支架施工→槽型梁现浇施工→桥台后浇段及牛腿、搭板施工→施工桥面系、防撞墙。

(2) 施工方法

1) 桩基施工

桥梁桩基采用钻孔桩，采用旋挖钻，高铁隧道两侧高度范围内设置全段钢护筒跟进，桩基钢筋笼分节安装。

2) 墩台、盖梁施工

现浇施工。

3) 上部施工

采用贝雷梁支架原位现浇施工，支架采用三排双层加强型贝雷梁，加强型贝雷梁横向布置间距为 1.1m，在贝雷梁上满铺钢板后，再在上方现浇槽型梁。槽型梁底板端部留后浇段，待槽型梁腹板预应力张拉完毕后，拆除支架，落梁就位，浇筑墩顶后浇段，形成墩梁固结体系。

(3) 理论工期

理论工期为 150 天。其中平整场地 10 天，桥梁桩基施工 30 天，搭设贝雷梁支架及基础 20 天，槽型梁现浇施工 50 天，浇筑牛腿及搭板 20 天，施工桥面系及附属结构 20 天。

3.7 工点 18 设计方案

3.7.1 工程概况

出 T2 停车楼道路与高铁地下车站交叉处铁路里程 K38+447.322 (DK18+314.322)，设计采用桥梁上跨高铁地下车站，桥梁中心线与铁路股道中心线夹角 90°。

穿越处地下车站覆土为 5.71m，车站结构及围护结构见下图所示。

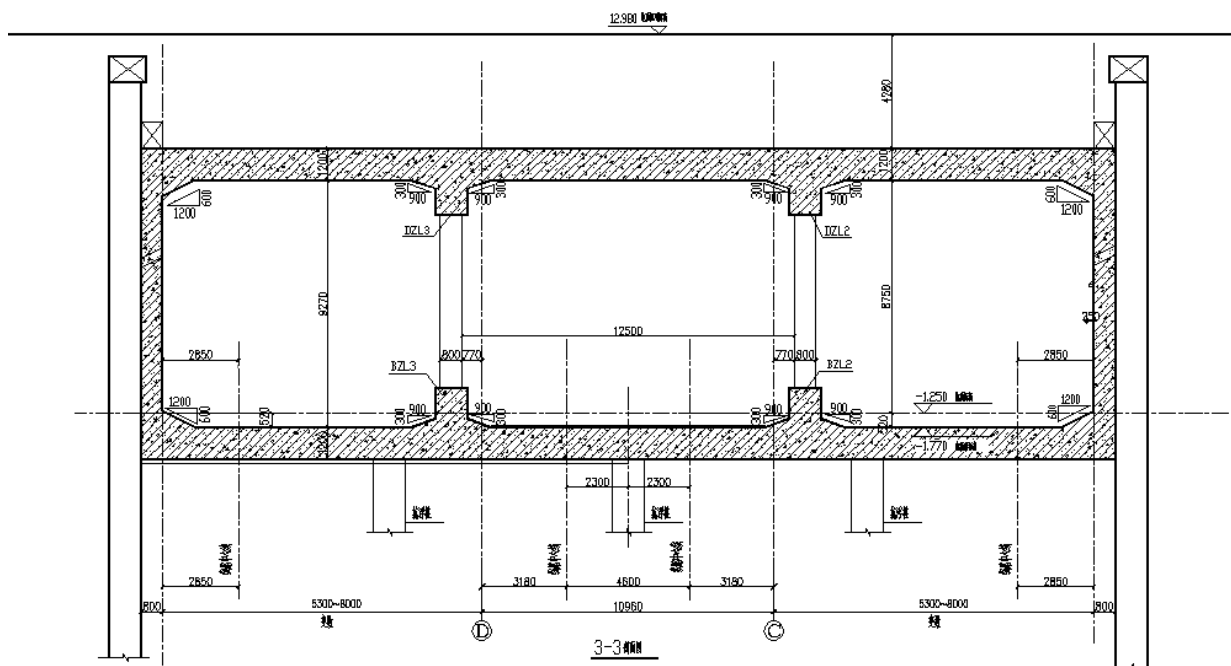


图 3-13 地下车站明挖施工基坑支护型式 (DK18+264~DK18+417)

3.7.2 设计荷载

汽车荷载：城-A 级；

人群荷载：按规范取值；

3.7.3 总体布置

新建桥梁桩基与隧道维护结构（支护桩）净距 $\geq 3.0\text{m}$ ，结合高铁隧道宽度，桥梁跨径取 50m。

跨越隧道处桥梁中心路面设计标高约 17.45m，自然地面标高约 19.41m，高铁隧道顶标高为 13.70m。

3.7.4 桥梁方案比选

50m 左右跨径常规结构形式为混凝土连续箱梁、槽型梁、钢箱梁、钢桁梁。道路设计标高距离隧道顶覆土有 3.75m 左右，由于两侧地块及道路距离高铁较近，桥梁结构只能做一跨，故桥型方案比选如下：

表 3-4 结构形式比选表

项目	混凝土箱梁	现浇槽型梁	钢箱梁	钢桁梁
行车道以下铺装	3.2	0.6	2.4	1.3

桥梁施工完成后，梁底距离地面考虑 0.2m 空隙后，梁底地面距离隧道顶覆土为 2.95m，满足隧道抗浮要求。

3.7.6 建筑材料

预应力混凝土 U 型槽：C50；

承台（系梁）、搭板：C35；

灌注桩：C35（水下混凝土）；

支座垫石：C40 细石混凝土；

垫层：C20

钢绞线：采用高强度低松弛预应力钢绞线(GB/T5224-2014)

3.7.7 附属工程

（1）桥面铺装层：沥青铺装采用 4cm 厚细粒式沥青混凝土(AC-13C 改性沥青)+6cm 厚中粒式沥青混凝土（AC-20C 改性沥青），其厚度和材料性能与道路铺装顶面两层混凝土相同。

（2）防水层：采用 SBS 改性沥青防水粘结层，具体要求详见《水泥混凝土桥面热沥青防水粘结层施工技术要求》。

（3）支座：槽型梁与桩基设置为刚接形式，不设支座。

（4）伸缩缝：不设置伸缩缝。

（5）搭板：桥台台后行车道范围内设置搭板，搭板长 10m，厚 35cm。搭板纵、横坡与道路相同。

（6）桥下排水

桥下排水由汇水边沟引出后，由总体设计单位设计接入场区排水系统。

（7）混凝土防腐涂装

为了防腐及景观效果，对槽型梁腹板的内外侧及顶面进行混凝土防腐涂装，颜色可根据建设单位选择。

（8）桥面排水

桥面排水采用纵坡排水。

3.7.8 指导性施工组织

（1）施工顺序

施工准备、场地清方、平整场地→施工桥梁桩基→贝雷梁支架施工、

平移平台桩基及支架施工→槽型梁现浇施工→槽型梁拖拉平移后落梁就位→桥台后浇段及牛腿、搭板施工→施工桥面系、防撞墙。

(2) 施工方法

1) 桩基施工

桥梁桩基采用钻孔桩，采用旋挖钻，高铁隧道两侧高度范围内设置全段钢护筒跟进，桩基钢筋笼分节安装。

2) 墩台、盖梁施工

现浇施工。

3) 上部施工

由于设计位置隧道较宽，超过贝雷梁架设跨度，考虑在设计位置西侧 80m 处搭支架现浇施工，支架采用三排双层加强型贝雷梁，跨度 40m 跨越高铁隧道，加强型贝雷梁横向布置间距为 1.1m，在贝雷梁上满铺钢板后，再在上方现浇槽型梁。槽型梁底板端部留后浇段，待槽型梁腹板预应力张拉完毕后，将槽型梁落梁至拖拉平台，然后拖拉平移 60m 至设计桥位。拖拉平台采用 $\phi 1.2\text{m}$ 钻孔桩，桩长 25m，桩间距 3m，上设三排加强型贝雷梁作为滑道支架。槽型梁移至设计桥位处后，再一次落梁就位，浇筑墩顶后浇段，形成墩梁固结体系。

(4) 理论工期

理论工期为 150 天。其中平整场地 10 天，桥梁桩基施工 30 天，搭设贝雷梁支架及基础 20 天，槽型梁现浇施工 50 天，浇筑牛腿及搭板 20 天，施工桥面系及附属结构 20 天。

3.8 其他注意事项

(1) 邻近隧道两侧的桩基施工前，应参照竣工图纸，对隧道围护结构上的预应力锚索做探挖，剪断后方可开始桩基钻孔施工。

(2) 本项目多数工点为挖方，在隧道上方施工时，应注意分层、分块开挖。在隧道上方施工时，严禁大型机械挖方及碾压，应采用人工挖土转

运，如需压实应采用人工压实。施工中应对铁路隧道结构及内部铁路设施做好监测，保证铁路运营安全。

(3) 施工前应对铁路设备进行详细调查，受影响的铁路设备设施应进行迁改防护。

4. 管线工程

4.1 设计原则

- (1) 认真贯彻执行国家的各项政策、规定，以及国家与行业的标准、规范、规定和细则。
- (2) 满足管线规划和使用功能。
- (3) 满足铁路隧道安全运营要求，不恶化铁路现状条件。
- (4) 满足铁路行车安全要求及在施工过程中尽可能减少对铁路运输的干扰。
- (5) 结构设计在强度、稳定性、耐久性方面满足规范要求。

4.2 相关规范

- (1) 《铁路技术管理规程》（TG/01-2014）
- (2) 《给水排水工程管道结构设计规范》（GB50332-2002）
- (3) 《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB50268-2008）
- (3) 《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）
- (4) 《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）（2015 版）
- (5) 《铁路桥涵设计规范》（TB 10002-2017）
- (6) 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》（TB 10092-2017）
- (7) 《铁路桥涵地基和基础设计规范》（TB 10093-2017）
- (8) 《铁路安全管理条例》（国务院令第 639 号）；
- (9) 《铁路营业线施工安全管理办法》（国铁运输监〔2021〕31 号）；
- (10) 《铁路营业线施工安全管理办法》（铁运[2018]105 号）
- (11) 《中国铁路广州局集团有限公司关于发布广州局集团有限公司铁路营业线施工管理细则的通知》（广铁施工发〔2021〕100 号）
- (12) 《中国铁路广州局集团有限公司关于发布广州局集团公司地方涉铁工程建设管理办法（试行）的通知》（广铁科信发〔2021〕72 号）
- (13) 《中国铁路广州局集团有限公司关于发布广州局集团公司地方涉铁工程建设管理实施细则的通知》（广铁科信发〔2021〕71 号）
- (14) 《国铁集团工电部关于加强穿（跨）越铁路营业线和邻近营业

线工程方案等审查和施工安全管理的通知》（工电桥房函 48 文）

- （15）《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》（TB 10314-2021）
- （16）《铁路营业线施工管理规定》国铁运输监[2021]31 号
- （17）其它相关设计规范及规定

4.3 设计标准

（1）铁路隧道覆土控制标准

高铁美兰机场隧道洞身位于地下砂层中，地下水位高，隧道洞身存在地下水浮力作用。对于本涉铁工程，部分工点施工时要对隧道上覆土体进行开挖。对隧道的抗浮稳定性进行分析计算，得到最小覆土厚度最为控制标准。详见 3.3 节表 3-1 所示。

- （2）管线设计使用年限:50 年；
- （3）雨水箱涵防水等级：一级；
- （4）结构混凝土耐久性环境类别：I 类-一般环境；
- （5）坐标系统:海口独立坐标系；
- （6）高程系统:1985 国家高程系。

4.4 工点 15 设计方案

4.4.1 工程概况

根据 C 工作区排水工程设计资料及上位污水泵站相关设计资料，工点 15 为新建 DN300 污水管道上跨既有东环铁路隧道，工点 15 泵站出水管至消能井之间采用 DN300 涂塑复合钢管，此段为压力流管道。涂塑复合钢管基管采用 Q235-A 焊接钢管，DN600 基管壁厚 $\geq 9\text{mm}$ ，DN300mm 基管壁厚 $\geq 9\text{mm}$ ，基管规格及性能应符合《焊接钢管尺寸及单位长度重量》（GB/T21835-2008）、《低压流体输送用焊接钢管》（G/T3091-2015）的要求。管道连接方式采用双密封焊接形式。管道工作压力 0.15MPa。实验压力为 0.9MPa。

管线与东环铁路隧道交叉里程为 K40+168（DK20+036），交叉角度为 90°。隧道结构覆土深度为 4.36m。隧道结构及围护结构布置见下图。

4.4.2 设计荷载

本工点为既有管线保护工程，地面堆积荷载标准值 10kN/m^2 。

4.4.3 方案比选

为防止管线在铁路上方发生渗漏，一般采用外设钢筋混凝土套管或包封方式，由于本工点南侧既有两根直径 500 航油管线，埋深约 1.5m。管线需上跨航油管道和铁路隧道上方通过，由于钢筋混凝土套管结构尺寸较包封结构大，上跨航油管线上方覆土不足，并增加铁路隧道上方开挖深度。综上所述，采用管线外侧钢筋混凝土包封加固方式上跨铁路隧道。

4.4.4 总体布置

根据 C 工作区排水工程设计资料及上位污水泵站相关设计资料，工点 15 为新建 DN300 污水管道上穿既有东环铁路隧道，为避免管线后期运营使用对既有铁路隧道产生影响，对新建管线采用包封加固措施。

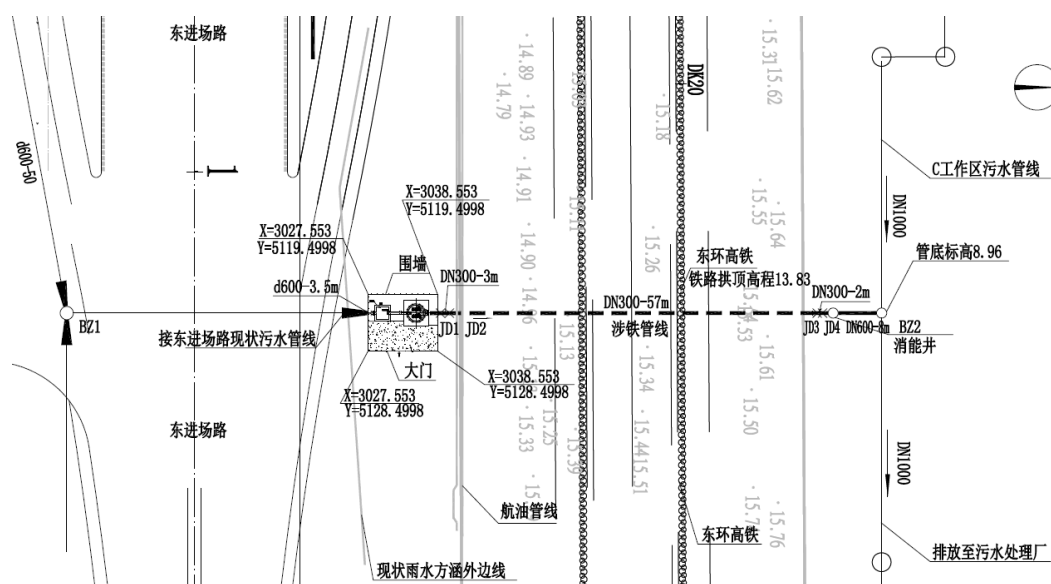


图 4-3 工点 15 新建污水管线上穿铁路隧道平面示意图

新建污水管线上跨既有东环铁路隧道区段长 57m，拟采用钢筋混凝土包封形式对管线进行加固，并于每 20m 包封结构设置 30mm 变形缝一道。

管线及包封采用明开槽方式进行施做，基坑边坡采用“喷混+挂钢筋网”方式支护，回填应分层对称进行，具体要求按《给排水管道工程施工及验收规范》（GB50268-2008）执行。

4.3.4 建筑材料

(1) 包封材料

混凝土为 C25，钢筋采用 HPB300、HRB400 级钢筋。

4.3.5 指导性施工组织

(1) 管线邻近既有铁路隧道施工，应采取分段施工，每段长度不应大于 20m，且每段施工完成后应及时回填再行实施下一段管线。要求施工严格控制施工精度，严禁破坏铁路隧道支护结构及防水结构。开挖不得扰动基底原状土层。

(2) 基坑回填土宜采用粘性土，不准用腐殖土、淤泥及工程性质不良的粉土，填土含水量以接近最佳含水量为宜。

(3) 机械车辆等应尽量远离隧道结构正上方，减少机械施工对隧道结构的扰动，并及时将土方外弃运输至指定的弃碴场。

(4) 现场施工时，对注意对既有油管进行防护，严禁对其产生不利影响。

4.5 工点 19 设计方案

4.5.1 工程概况

工点 19 为海南铁路有限公司对机场西侧垂直滑行道旁已建成的安全管道提出安全隐患整改项，对现状 DN400 消防管道进行包封加固处理，采用明开槽方式进行钢筋混凝土加固保护。

现状消防管与东环铁路交叉里程为 K38+054 (DK17+922)，交叉角度为 90°。隧道结构覆土深度为 5.61m。隧道结构及围护结构布置见下图。

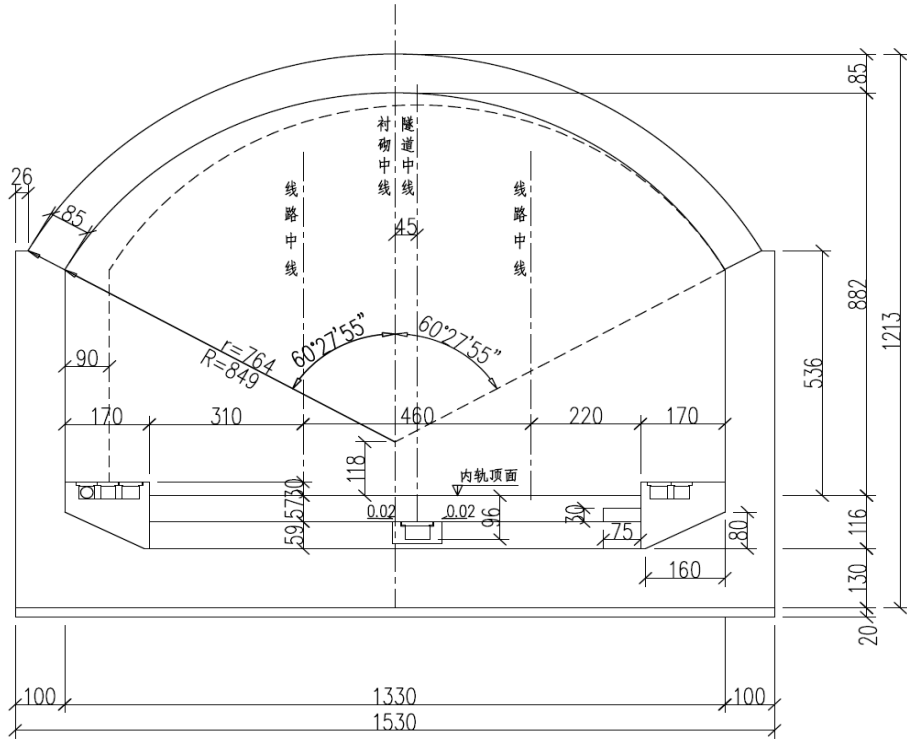


图 4-4 高铁隧道断面 DK17+782~DK17+929 、DK17+953~DK18+100、DK19+034~DK19+111
(转辙机段 B 及 B 加强衬砌)

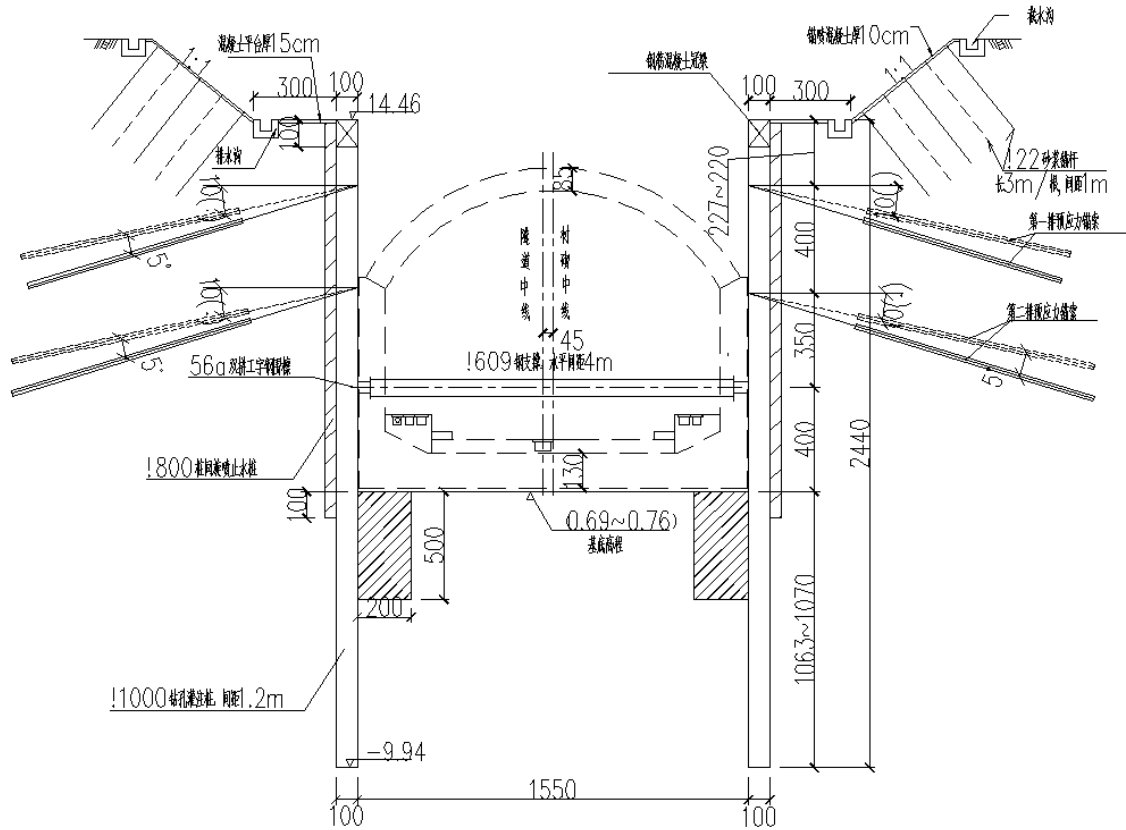


图 4-5 高铁隧道明挖施工基坑支护型式(DK17+859~DK17+929)

4.5.2 设计荷载

本工点为既有管线保护工程，地面堆积荷载标准值 10kN/m^2 ，原管道压力值不变。

4.5.3 总体布置

根据飞行区消防施管线布置，工点 19 现状消防水管于既有东环铁路隧道上方穿过，为避免管线后期运营使用对既有铁路隧道产生影响，于原位对管线采用包封加固措施。

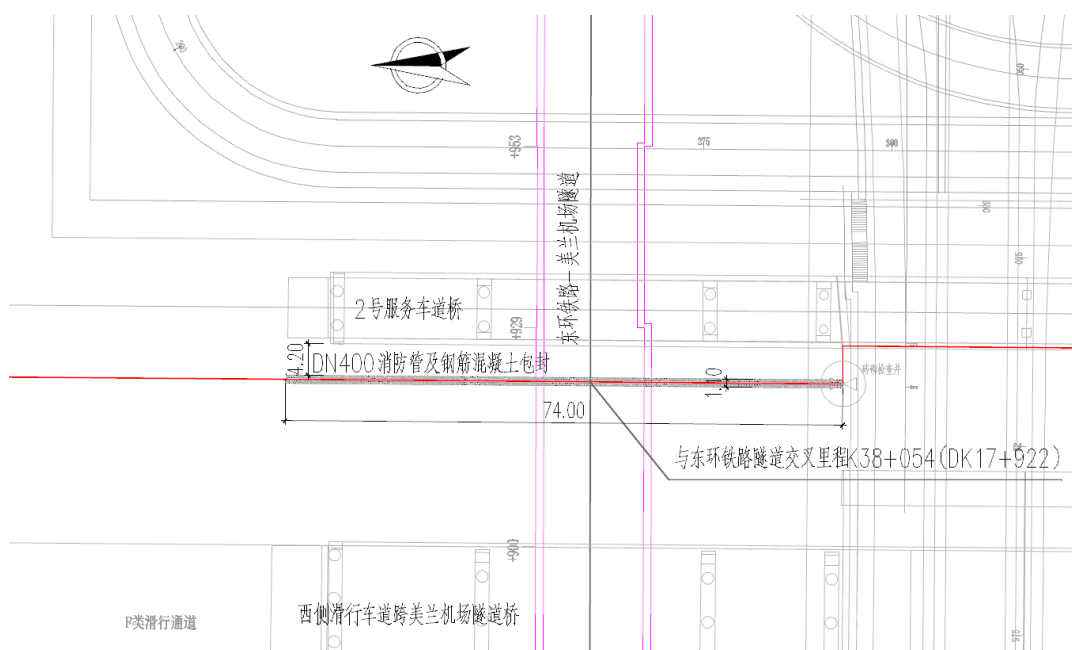


图 4-6 工点 19 现状消防管线上穿铁路隧道平面示意图

对现状消防管线进行原位包封加固处理，拟采用钢筋混凝土包封形式，并于每 20m 包封结构设置 30mm 变形缝一道。基坑采用明开槽方式进行施做，边坡采用“喷混+挂钢筋网”方式支护。基坑回填应分层对称进行，具体要求按《给排水管道工程施工及验收规范》（GB50268-2008）执行。

4.5.4 建筑材料

包封材料采用钢筋混凝土衬砌，混凝土采用 C25，钢筋采用 HPB300、HRB400 级钢筋。

4.5.5 指导性施工组织

(1) 管线加固邻近既有铁路隧道施工，应采取分段施工，每段长度不

应大于 20m，且每段施工完成后应及时回填再行实施下一段管线加固。要求施工严格控制施工精度，严禁破坏铁路隧道支护结构及防水结构。开挖不得扰动基底原状土层。

(2) 基坑回填宜采用粘性土，不准用腐殖土、淤泥及工程性质不良的粉土，填土含水量以接近最佳含水量为宜。

(3) 机械车辆等应尽量远离隧道结构正上方，减少机械施工对隧道结构的扰动，并及时将土方外弃运输至指定的弃渣场。

(4) 施工过程中应注意对邻近桥梁、墩台等既有构筑物进行防护。

4.6 工点 20 设计方案

4.6.1 工程概况

(1) 排水工程现状

根据天津市市政工程设计研究院编制的《海口美兰国际机场综合交通枢纽二期项目雨水排入铁路渡槽方案设计文件》，海口美兰国际机场综合交通枢纽二期项目范围内的雨水以航站区 P180 轴为界，分为东西两部分，经雨水管道收集，分别排放至西进场路北侧现状渡槽及东垂直滑行道西侧的玉屋溪改造方涵。其中以航站区 P180 轴为界，T1 及 T2 航站楼西侧区域，西进场路及西进场路南侧地块的雨水通过雨水收集系统，排入西进场路北侧铁路渡槽，总收水面积 137.61ha，总水量 23.7m³/s。

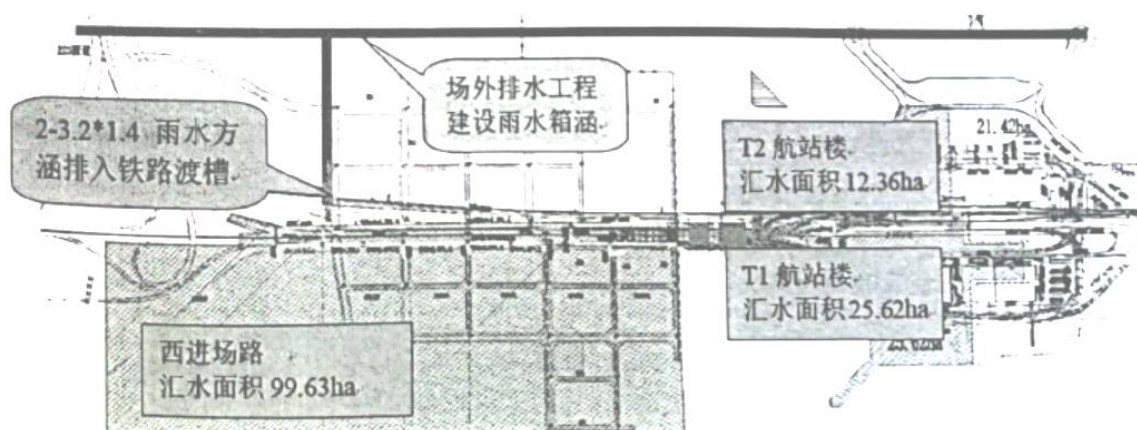


图 4-7 汇水面积示意图

(2) 铁路渡槽设计情况

海南东环铁路美兰机场渡槽位于铁路里程 K36+822.32 处，为衔接机场公路既有涵及排水沟需要而跨越铁路 U 型槽段修建，渡槽全长 35.48m，槽梁形状为 U 型，长 28.4m。断面尺寸 2-3x2m。渡槽设计流量为 $Q_{1\%}=21.6\text{m}^3/\text{s}$ 。

铁路 K36+336.54~K36+832.54 段南侧天沟按 0.35% 的坡接入渡槽，通过渡槽排到铁路北侧。天沟为梯形沟，底宽 1.0m，高 1.2m。

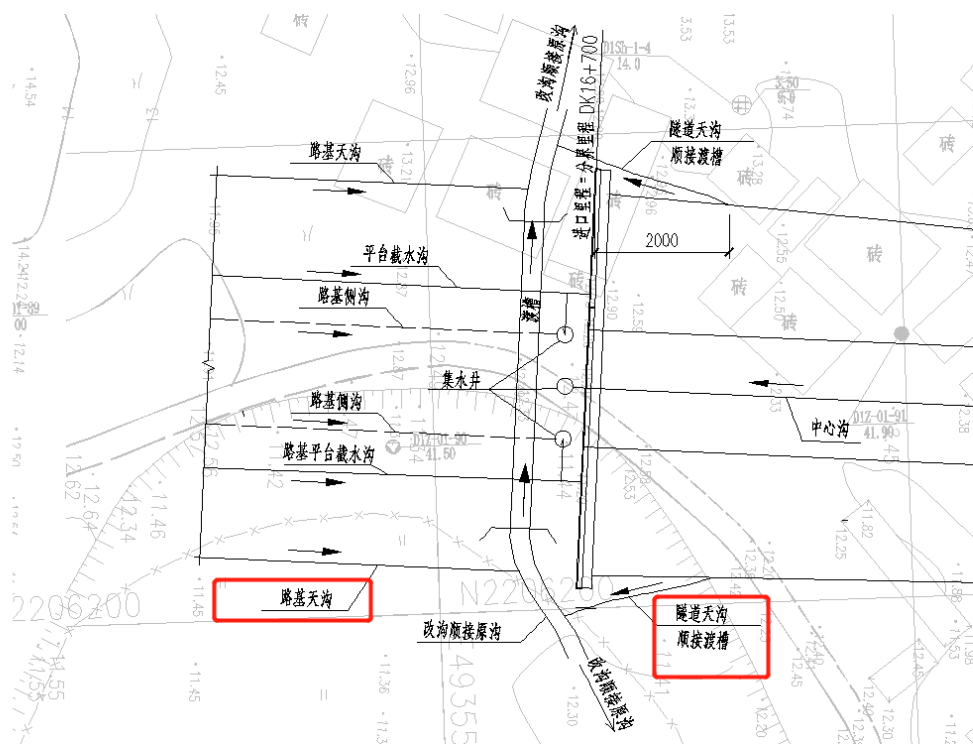


图 4-8 铁路排水示意图

海南环岛高铁东段美兰机场隧道，在隧道进口端 K36+860 左右侧分别设置 1 号、2 号泵站，进口 1#-2#泵站正常雨季时，每泵站单台启动次数：10 次/小时，每次启动 0.0833 小时，每泵站每小时排出水流量：1624 m^3/h ，2 个泵站每小时排出水流量：3248 m^3/h 。台风特大雨季时每泵站根据雨量情况最大可以 2 个水泵连续不断满负荷排水，2 泵站每小时排出水流量可达到：7800 m^3/h 。

根据铁路排水设置情况，测算铁路系统汇入渡槽流量为 7.6 m^3/s 。

(3) 区域水系分布

美兰国际机场一期排洪沟位于机场南侧围墙边，主要将玉屋溪、芙蓉河中间截断改道并汇集机场排洪沟向西排入南渡江。



图 4-9 铁路排水示意图

(4) 现状情况

因既有美兰机场隧道铁路渡槽排水能力有限，高铁综合维修段将西进场路南侧的雨水箱涵（将扩建区域排水引入既有美兰机场隧道渡槽）封堵，使西进场路南侧区域无排水出路，迫切需要解决。

4.6.2 总体布置

既有渡槽设计流量为 $Q_{1\%}=21.6\text{m}^3/\text{s}$ ，其中铁路系统汇入渡槽流量 $7.6\text{m}^3/\text{s}$ ，其余为机场路涵洞汇入的机场路西侧区域汇水。天津市政院提供的雨水设计流量计算已含西进场路南侧汇水面积，本次设计在充分利用既有渡槽过水能力，并对既有渡槽下游沟渠截弯取直，拉直现有渡槽出口与场外排水河沟正对接，使渡槽下游排水更为顺畅。另外将其余部分雨水提前截流，从美兰机场隧道上方通过。拟在铁路里程 $K37+072.54$ ($DK16+940$) 处设 $2-2.2\times 1.2\text{m}$ 雨水箱涵上跨美兰机场隧道。

上跨处铁路隧道埋深约 3m，铁路隧道结构及围护结构见下图。

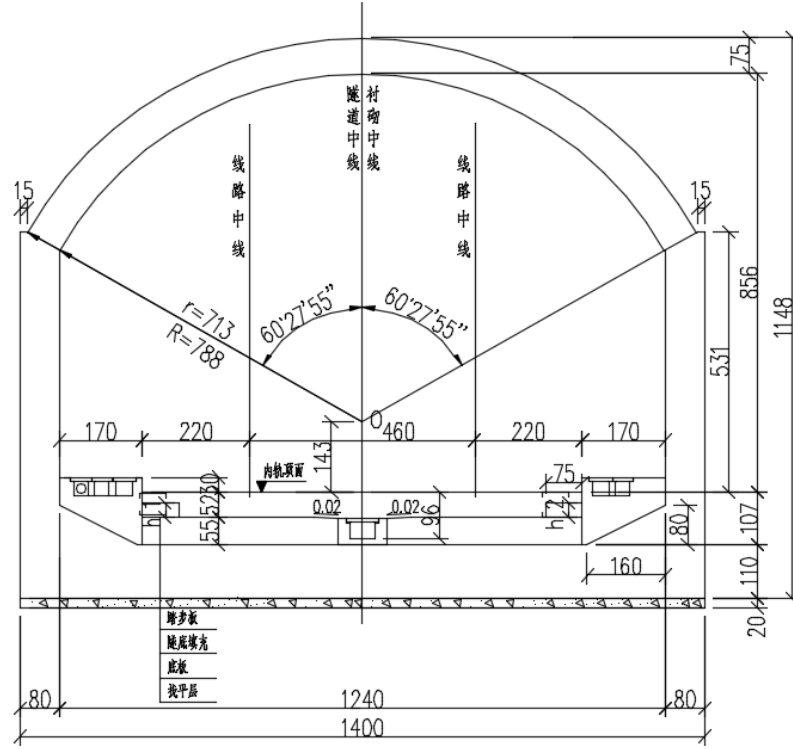


图 4-10 高铁隧道断面 DK16+900~DK17+000 (II 型衬砌)

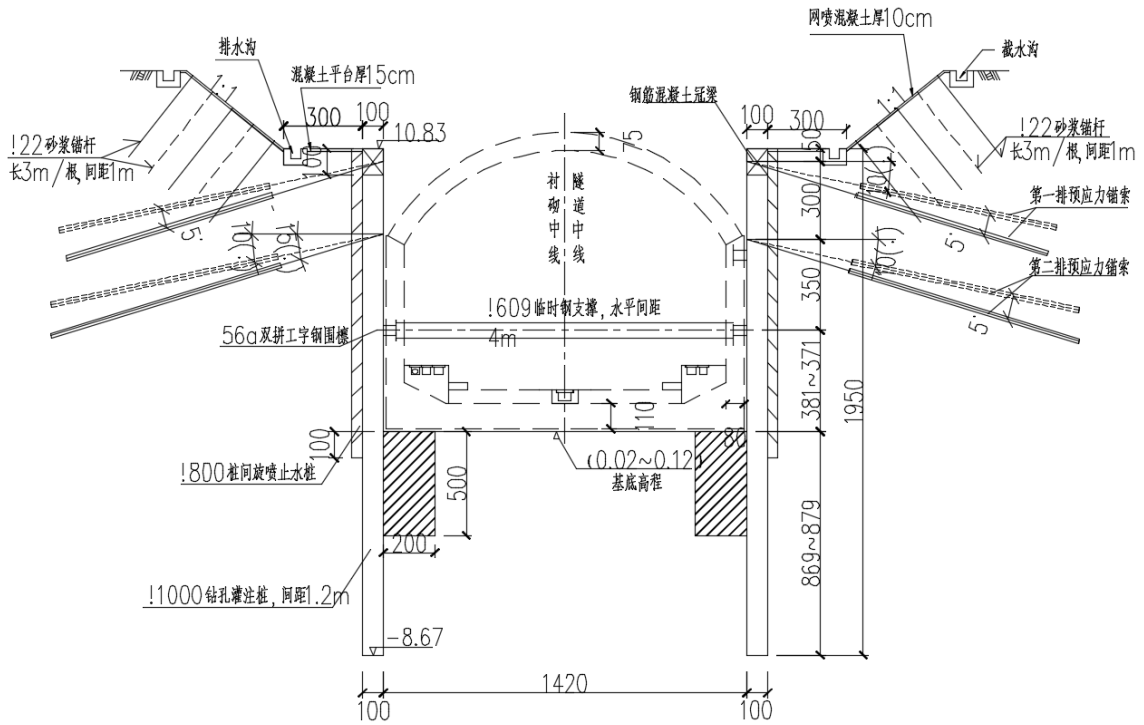


图 4-11 高铁隧道明挖施工基坑支护型式 (DK16+900~DK17+000)

4.6.3 设计方案

(1) 改渠

顺接既有渡槽下游沟渠，拉直现有渡槽出口与场外排水河沟正对接，使渡槽下游排水更为顺畅。改渠长度约 50m。

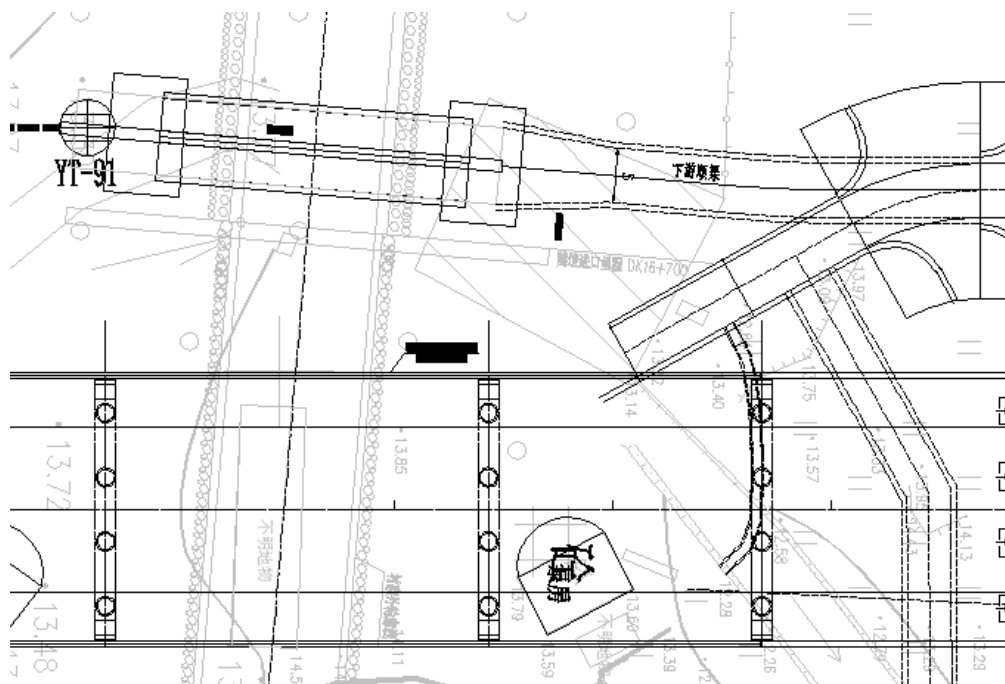


图 4-12 改渠平面布置图

上游雨水箱涵接至渡槽后，需将渡槽上游至机场路涵洞之间的沟渠填平，截断原上游渠道汇水，接入渡槽的雨水管道排入渡槽最大流量应小于 $14\text{m}^3/\text{s}$ 。

(2) 跨美兰机场隧道防护涵

雨水箱涵于东环铁路 K37+072.54 隧道顶上方穿过，与东环铁路正交，结构形式为 $2-2.2 \times 1.2\text{m}$ 雨水箱涵，上跨铁路防护长度 70m。两侧接市政雨水涵。

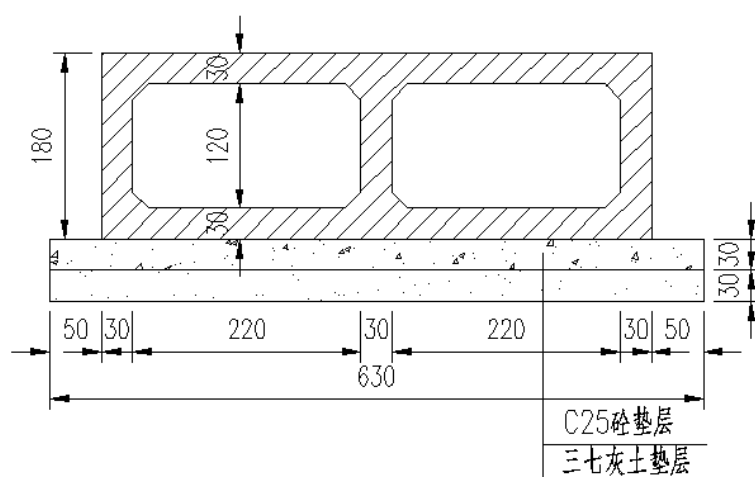


图 4-13 雨水箱涵横断面图

穿越处隧道顶覆土厚度约 3m，由于受雨水管道标高限制，防护涵顶面距现状铁路地面埋深约 0.5m。涵底距隧道结构顶净距约 0.7m。

为减少隧道上方土体卸载影响，防护涵采用顶进法施工。就位后回填覆土以满足隧道抗浮要求。

纵向防护涵分为 3 节，节段长度为 20+30+20m，其中隧道上方 30m 节段采用顶进施工，工作坑设置在铁路北侧，由北向南顶进施工。两侧 20m 节段采用基坑明挖现浇施工。

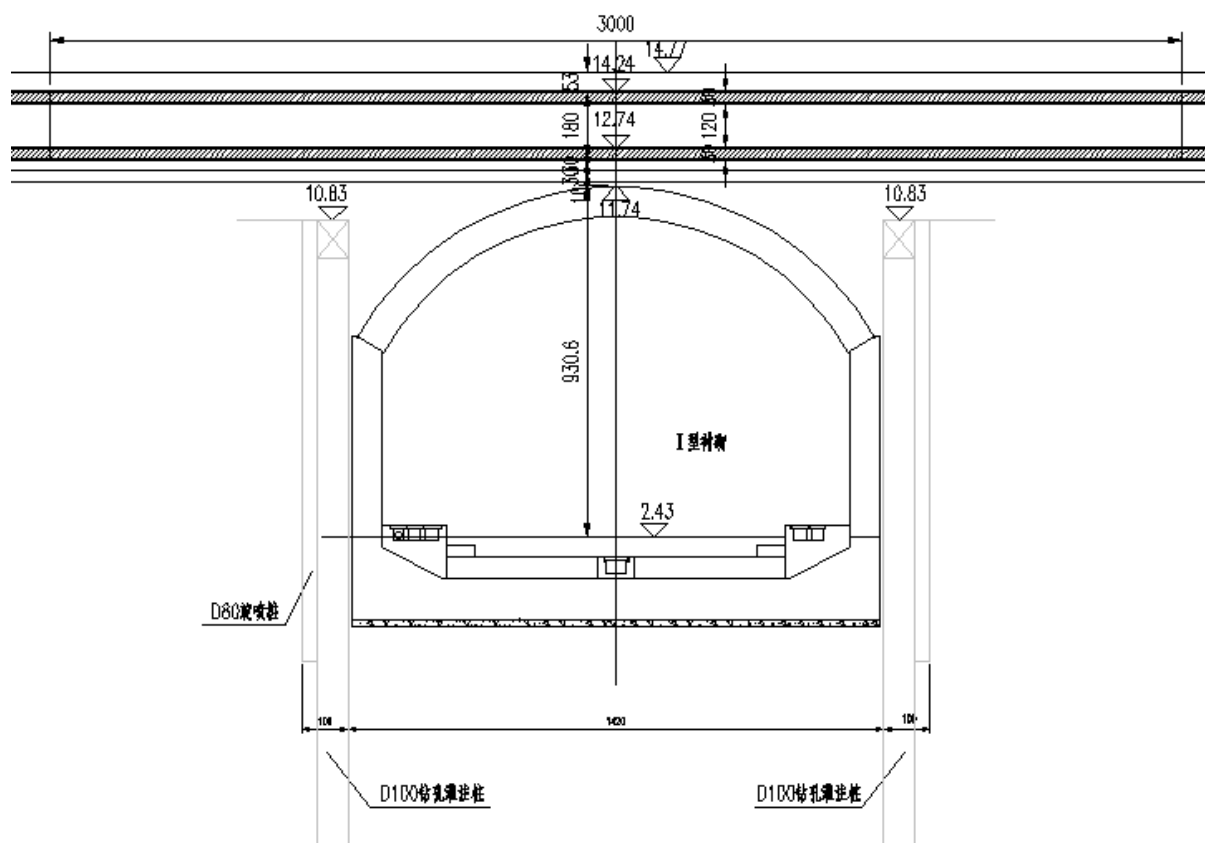


图 4-14 雨水箱涵纵断面图

4.6.4 主要材料

(1) 混凝土

框架防护涵主体采用 C40 混凝土，抗渗指标不小于 P8，混凝土碱含量应符合《混凝土碱含量限制标准》（CECS53）的要求。

(2) 普通钢筋

HPB300 钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》（GB1499.1-2017）；HRB400 钢筋应符合国家标准《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》（GB1499.2-2018）的规定。

直径 $\leq 10\text{mm}$ HPB300 级钢筋

直径 $> 10\text{mm}$ HRB400 级钢筋

(3) 防水层

雨水箱涵防水等级按照一级控制。

雨水涵外壁、内壁均涂抹两道聚氨酯防水涂料。

雨水涵顶板顶设氯化聚乙烯防水卷材，并设 5cm 厚 C40 细石聚丙烯腈纤维混凝土保护层。

防护涵沉降缝防水构造如下图所示：

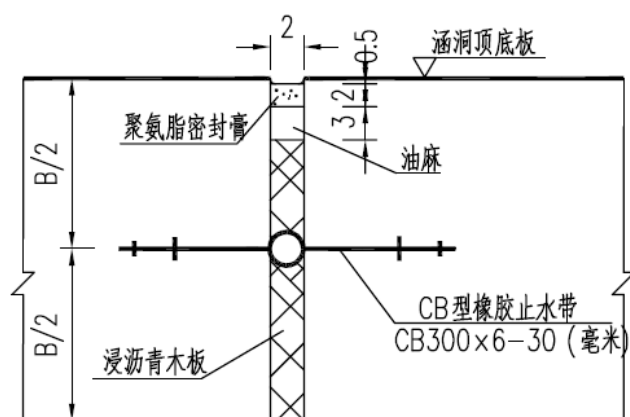


图 4-15 沉降缝防水构造图

除特殊注明外，本设计中所采用的材料等级、性能参数应符合《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》的有关规定。

4.6.5 指导性施工组织设计

(1) 施工方法

为减小土方开挖对隧道影响，隧道上方 30m 区段采用顶进法施工，分段开挖，分段顶进施工，两侧 20m 节段采用基坑明挖现浇施工。

(2) 施工顺序及理论工期

预计施工工期 180 天，其中施工准备及场地平整 10 天，基坑开挖及预制防护涵 60 天，分段开挖分段顶进防护涵 20 天，两侧基坑开挖现浇防护涵 60 天，基坑回填及附属结构施工 30 天。

4.6.6 施工注意事项

(1) 防护涵施工过程中必须安排足够的检查、维护、保养人员。

(2) 施工期间，应对隧道上方的土体进行监测，防止因施工引起隧道周边土体变形而导致隧道位移。

(3) 基坑开挖施工前，应针对本工程特点做好基坑应急预案及抢险方案，基坑开挖完毕后，要加强观测，一旦发现基坑定产生位移，应立即停止施工并按照应急原和抢险方案进行处理。

(4) 基坑应对称分层开挖，避免雨季施工，应在枯水期开挖施工，基坑开挖前做好截排水措施，基坑两侧设截水沟，基坑应对称分层等高开挖。

(5) 施工过程中要做好防护工作，大型施工机械不得在隧道上方逗留，隧道上方严禁堆载，以保证铁路安全。

5.指导性监测方案

根据《邻近铁路营业先施工安全监测技术规程》（TB 10314-2021）要求，对受影响的东环铁路隧道结构进行监控量测。

5.1 邻近铁路施工影响区划分

邻近铁路施工影响区范围应根据铁路营业线等级、地质条件和工程类别等因素综合确定，并可根据邻近施工对铁路运营设备设施的影响程度分为主体影响区、一般影响区和轻微影响区，具体施工影响区划分按下表要求确定。

表 5-1 邻近施工影响区划分表

铁路等级	邻近施工影响区	区域范围
高速铁路	主要影响区	基坑周边 H 范围内
	一般影响区	基坑周边 H 至 (3.0~4.0) H 范围内
	轻微影响区	基坑周边 (3.0~4.0) H 至 (4.0~5.0) H 范围内

注：（1）H 为基坑开挖深度；

（2）对于地质复杂程度、工程风险较高的工程应进行专项评估以确定邻近施工影响区范围。

5.2 监测等级

邻近施工安全监测应根据铁路营业线等级、监测对象重要程度以及邻近施工影响区范围进行分级实施，具体监测等级划分按下表要求确定。

表 5-2 监测等级划分表

邻近施工影响区	高速铁路监测区域	
	重点监测区的监测对象	一般监测区的监测对象
主要影响区	一等	三等
一般影响区	一等	三等
轻微影响区	二等	三等

注：当遇到下列情况时，邻近施工安全监测应当扩大监测范围并提高监测等级：

- 1) 轨下隧道、顶管及基坑周边土体以淤泥、淤泥质土或其他高压缩性土为主；
- 2) 邻近施工存在不良地质体或特殊岩土层；
- 3) 采用锚杆支护、注浆加固、高压旋喷桩等工程措施；

- 4) 施工期间发生严重的涌砂、漏水、冒水支护结构变形过大、邻近建（构）筑物及铁路运营设备设施变形过大；
- 5) 邻近施工采用挤密桩；
- 6) 新建铁路建设期已发现的显著差异变形地段；
- 7) 铁路运输企业常动、静态检查时线路状态出现持续变化且变化较大的地段；
- 8) 铁路运营设备设施状态异常；
- 9) 自然灾害引起监测对象变形异常

5.3 监测范围及内容

根据邻近施工影响区、相关文件及现场实际情况，结合本段地质情况、结构埋深和工程经验，本工程监测对象为既有铁路隧道结构及轨道。建议主要对 7 个新增涉铁工点影响范围内的东环铁路隧道的结构及轨道进行监测。

为了保证对本次施工风险项点的有效控制，且根据《邻近铁路营业先施工安全监测技术规程》，建议监测的主要内容为：

- (1) 既有铁路轨道竖向位移；
- (2) 既有铁路轨道水平位移；
- (3) 隧道结构竖向位移；
- (4) 隧道结构水平位移；
- (5) 人工巡检。

5.4 监测布点

监测点布置应遵循以下原则要求：

(1) 监测断面布置应能反映铁路运营设备设施的状态变化趋势，并宜与邻近施工的测点断面布置一致。

(2) 监测点应布置在监测对象的变形和内力控制点上，并不应影响和妨碍铁路运营设备设施的正常使用。

(3) 监测点应标识清楚，统一编号。

(4) 监测点布置后应与相关铁路运输企业交底，防止线上专业造成损坏。

(5) 隧道拱腰两侧应各布置至少 1 个监测点，道床两侧侧墙应各布

置 1 个变形监测点。

(5) 隧道监测点每个监测断面不宜少于 4 个，并应符合《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》附录 E 的规定。隧道监测断面间距可按下表确定。

表 5-3 单线隧道监测断面间距

监测等级	高速铁路
一等	3m~5m
二等	5m~8m
三等	8m~12m

5.5 监测频率

(1) 监测频率应根据铁路运营线等级、监测等级及工程实施阶段确定，同时应满足下表的要求。

(2) 监测期间如发生沉降数据超过预警值后必须加密监测，至少每半小时一次。

(3) 当出现下列情况之一时，应提高监测频率直至对个别点进行实时监测，并应及时向相关单位报告监测结果：

- 1) 监测数据达到预警值、报警值；
- 2) 监测数据持续变化较大或者速率加快；
- 3) 邻近工程出现异常情况；
- 4) 结构裂缝变大或出现明显新增裂缝；
- 5) 暴雨等自然灾害引起的其它变形异常情况；
- 6) 其它影响铁路设备设施使用安全的异常情况。

(4) 监测周期应包含施工期和竣工期后至少一个月的数据稳定期，当竣工一个月后，达到下列停测标准时，监测单位可提出停测申请：高速铁路：根据监测数据分析，变形趋于稳定，竣工一个月后变形速率不大于 0.5mm/月。

表 5-4 监测频率

监测频率		高速铁路
施工期间	一等	1 次/2 小时
	二等	8 次/天

监测频率		高速铁路
竣工一个月内	三等	4次/天
	一等	4次/2天
	二等	2次/4天
	三等	1次/周
竣工一个月后		根据是否达到停测标准确定是否继续监测

5.6 监测控制值

根据《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》（TB 10314-2021）对铁路隧道控制指标选取，并将控制值 60%作为预警值的，80%作为报警值，建议监控量测控制指标如下：

表 5-5 隧道结构、轨道结构变形控制值(mm)

监测项目	控制标准（mm）		
	累计量预警值	累计量预警值	控制值
隧道结构竖向位移	±3	±4	±5
隧道结构水平位移	±3	±4	±5
轨道竖向位移	±1.2	±1.6	±2
轨道水平位移	±1.2	±1.6	±2

6.投资估算

6.1 编制依据

- 1、海口美兰国际机场二期扩建工程新增涉铁项目设计 可研方案；
- 2、琼建定[2019]100 号《海南省住房和城乡建设厅关于调整海南省建设工程增值税税率的通知》；
- 3、琼建定[2018]48 号《海南省住房与城乡建设厅关于调整我省建设工程安全防护、文明施工措施费的通知》；

6.2 定额的采用

采用扩大定额指标法，并参考《海南省市政工程综合定额（2017）》，不足地方参考类似工程相关指标。

6.3 材料价格

主要材料价格按照海口市 2022 年 10 月份材料信息价计列，缺项的材料采用网络询价及市场调查价计列。

6.4 措施项目、其它项目费

1、市政工程的安全文明施工费（1 千万-5 千万以内）

1 千万以内部分： $10000000 \times 1.8\%$ 计列；

1-5 千万以内部分：（分部分项工程费+单价措施项目合计-分部分项主材费-分部分项设备费-单价措施项目主材费-单价措施项目设备费-人材机价差） $\times 1.08\%$ 计列；

安全施工费（浮动部分）：按安全施工基本费 $\times 50\%$ 计列。

市政工程的临时设施费（1 千万-5 千万以内）

1 千万以内部分： $10000000 \times 2.05\%$ 计列；

1-5 千万以内部分：（分部分项工程费+单价措施项目合计-分部分项主材费-分部分项设备费-单价措施项目主材费-单价措施项目设备费-人材机价差） $\times 1.23\%$ 计列；

3、市政工程（道路、桥涵）的夜间施工增加费：（分部分项工程费+单价措施项目合计-分部分项主材费-分部分项设备费-单价措施项目主材费-单价措施项目设备费-人材机价差） $\times 0.14\%$ 计列。

4、市政工程（道路、桥涵）的雨季施工增加费：（分部分项工程费+单价措施项目合计-分部分项主材费-分部分项设备费-单价措施项目主材费-单价措施项目设备费-人材机价差） $\times 0.67\%$ 计列。

5、零星工程费：分部分项工程费 $\times 3\%$ 计列。

6.5 规费、税金

1、社保费：（分部分项定额人工费+单价措施定额人工费+分部分项定额机上人工费+单价措施定额机上人工费） $\times 0.7 \times 28\%$ 计列。

2、税金：（分部分项工程费+措施项目费+其他项目费+规费） $\times 9\%$ 计列。

6.6 工程建设其他费用取费标准

1、代建管理费：根据美兰机场基建管理部成本采购中心审核意见，按 307.58 万元暂列，具体以实际发生为准。

2、技术服务费：根据广铁办发[2017]20 号，按建筑安装工程费的 5% 暂列，具体以实际发生为准。

3、各部门施工安全配合费：根据美兰机场基建管理部成本采购中心审核意见，按 476 万元暂列，具体以实际发生为准。

4、视频监控费：每个工点按 15 万暂列，具体以实际发生为准。

5、隧道监测费、桥梁检测费、临时接水接电、安全影响评估费、隧道全线物探费、既有渡槽结构检测费用为暂列，具体以实际发生为准。

6、建设管理费：根据财建[2016]504 号计列。

7、场地准备费及临时设施费：根据建标[2011]1 号，按建筑安装工程费的 0.5%-2%取中间值计列。

8、前期工程费：按照实际合同进行计列。

9、勘察设计费：根据计价格【2002】10 号计取。

8、招标代理费：根据计价格 [2002] 1980 号计取。

10、施工监理费：根据《建设工程监理与相关服务收费管理规定》发改价格[2007]670 号文进行计列。

11、工程保险费：根据建标[2011]1 号，按建筑安装工程费的 0.3%-0.6%，取中间值计列。

12、造价咨询费：根据美兰机场基建管理部成本采购中心审核意见，根据琼价协[2016]004 号文计列，根据甲方意见，考虑工作量按标准收费 80% 计入。

6.7 基本预备费

本阶段为可行性研究阶段，按建安工程费与其他费之和的 8% 计取。

6.8 涨价预备费

工程造价增涨预留费：按照国家计委计投资 [1999] 1340 号文件规定，物价上涨预留费不计列。

6.9 建设期贷款利息

建设期为 1 年 2 月，暂按资本金比例为 25% 计算。

6.10 投资估算

工程总投资为 10440.62 万元，其中工程建安费 5855.70 万元，工程建设其他费 3619.20 万元，基本预备费 757.99 万元，建设期贷款利息为 207.73 万元。

详见附件一：美兰机场二期扩建工程新增涉铁工程建安费投资
附件二：投资估算表。

7. 工程招标方案

为了保证项目的质量、价格和周期，本项目拟按照《中华人民共和国招标投标法》、等国家有关法令法规，对项目勘察、设计、施工、监理以及重要设备、材料等采购活动依法进行招标。

7.1 招标目的

拟进行委托招标，由具备招投标资质的代理机构对本项目的勘察、设计、施工、监理以及重要设备、材料等实行公开招标。拟通过这种公开、公平、公正的市场经济行为来选择条件优越者进行项目建设，力争用最优的技术、最佳的质量、最低的价格和最短的周期来完成本项目。

7.2 编制依据

本项目招标方案编制依据：

- 1、中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议，《中华人民共和国招标投标法》（1999.8.30 通过，2000.1.1 起施行）；
- 2、海南省发展和改革委员会，《海南省工程建设项目招标方案核准办法》，（琼发改规〔2020〕4号）；
- 3、海南省人民政府，《海南省人民政府关于调整工程建设项目招标范围和规模标准的通知》（琼府【2010】79号）。

7.3 招标原则

严格按照《中华人民共和国招标投标法》，遵循公开、公平、公正和诚实守信的原则，对本项目进行招投标工作。

7.4 招标范围

招标范围包括：勘察、设计、施工、监理以及重要设备、材料等采购活动依法进行招标。

7.5 招标组织形式

本项目招标组织形式采用委托招标。评标机构为评审委员会，由包括技术、经济、商务等方面的专家组成。

7.6 招标方式

所有工程勘察、设计、施工、监理以及重要设备、材料等采购活动依法进行招标全部采用公开招标方式。

7.7 拟招标情况表

招标基本情况见表 7-1。

表 7-1 招标基本情况表

项目	招标范围		招标组织形式		招标方式		不采用招标方式
	全部	部分	自行	委托	公开	邀请	
勘察	√			√	√		
设计	√			√	√		
施工	√			√	√		
监理	√			√	√		
设备采购	√			√	√		包含在施工内
材料采购	√			√	√		包含在施工内

7.8 其他

本项目代建方案按照中国铁路广州局集团有限公司办公室关于公布《广州局集团公司地方涉铁工程建设实施管理办法(试行)》的通知（集团办建发（2021）80号）办理。

8.存在问题及建议

(1) 本项目设计及投资估算范围：涉铁范围内桥梁主体结构、箱涵主体结构及管道防护工程，不包含道路工程、场区雨水工程设计及相关费用。不包含地方设备设施、管线及占地费用。

(2) 工点 20#上跨铁路隧道段雨水管道结构断面设计流量按照不大于 $14\text{m}^3/\text{s}$ 考虑，下阶段应根据场区雨水管线总体设计情况细化调整。

(3) 本投资估算仅计列涉铁部分相关费用，未计入民航部分相关费用。

(4) 下阶段进一步对铁路相关设备进行详细调查并完善相关迁改、过渡方案。

(5) 铁路占地费用原涉铁配套项目未发生此费用，参照已实施工程本次暂未计列。

(6) 本工程为涉铁工程，方案设计及施工图设计应经过铁路相关部门审批。下阶段应进一步细化道路设计，尽可能抬高上跨铁路段道路设计标高并考虑与两端道路衔接方案，降低在铁路浅埋隧道上部开挖施工、运营对隧道结构影响，使本项目更易通过铁路相关部门的审批。

附件一：

海口美兰国际机场二期扩建新增涉铁工程建安投资						
序号	涉铁工程名称	单位	数量	经济指标 (*/万元)	总价 (万元)	投资比例 (%)
—	建筑安装工程费				5855.70	100.00%
(-)	涉铁部分建筑安装工程费				5855.70	100.00%
1	工点14	m ²	750.75	1.87	1404.83	23.99%
2	工点15	m	57	0.75	42.93	0.73%
3	工点16	m ²	769.5	0.96	737.09	12.59%
4	工点17	m ²	543.65	2.01	1093.08	18.67%
5	工点18	m ²	523.18	3.26	1703.10	29.08%
6	工点19	m	74	0.99	73.36	1.25%
7	工点20	m ²	740	1.08	801.30	13.68%

附件二：投资估算表

海口美兰国际机场二期扩建新增涉铁工程投资估算表													
序号	名称	工点 14	工点 15	工点 16	工点 17	工点 18	工点 19	工点 20	其他	汇总(万)	占比	备注	
1	第一部分建筑安装工程费用	1404.83	42.93	737.09	1093.08	1703.10	73.36	801.30		5855.70	56.09%		
2	第二部分工程建设其他费用	240.68	126.50	189.60	216.83	263.50	128.82	199.51	2253.76	3619.20			
	2.1 铁路相关其他费	173.45	105.36	140.07	157.87	188.37	106.88	158.28	1433.72	2463.98	23.60%		
	2.1.1	技术服务费	70.24	2.15	36.85	54.65	85.16	3.67	40.07		292.78		广铁科信发[2021]72号
	2.1.2	代建管理费								307.58	307.58		广铁科信发[2021]72号
	2.1.3	施工图及方案审查费	-	-	-	-	-	-	-	48.43	48.43		广铁科信发[2021]72号
	2.1.4	隧道监测费	-	-	-	-	-	-	-	877.71	877.71		暂估, 后续以实际为准
	2.1.5	施工安全配合费	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00	68.00		476.00		广铁科信发[2021]72号
	2.1.6	铁路设备拆改防护								200.00	200.00		广铁科信发[2021]72号
	2.1.7	铁路征地									0.00		上阶段未发生
	2.1.8	临时征地									0.00		上阶段未发生
	2.1.9	视频监控	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00		105.00		广铁科信发(2021)72号
	2.1.10	地下管线探查费	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86		40.99		根据类似项目暂估
	2.1.11	安全影响评估费	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50		59.50		广铁科信发(2021)72号
	2.1.12	隧道全线物探费	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86		40.99		根据类似项目暂估
	2.1.13	既有渡槽结构检测							15.00		15.00		根据类似项目暂估
	2.2	工程建设其他费	67.23	21.14	49.53	58.97	75.13	21.94	41.23	820.05	1155.22	11.06%	
	2.2.1	建设管理费								144.41	144.41		财建[2016]504号
	2.2.2	场地准备费及临时设施费	17.56	0.54	9.21	13.66	21.29	0.92	10.02		73.20		建标 2007 164号文
	2.2.3	前期工程费(可研)								25.00	25.00		根据合同计列
	2.2.4	设计费	-	-	-	-	-	-	-	352.20	352.20		计价格 2002 10号文
2.2.5	设计评审费									17.57			
1)	方案设计评审												
2)	初步设计及施工图设								17.57			广基函[2004]199号、铁总	

海口美兰国际机场二期扩建新增涉铁工程投资估算表

序号	名称	工点 14	工点 15	工点 16	工点 17	工点 18	工点 19	工点 20	其他	汇总(万)	占比	备注
	计评审											建设(2014)299号文
2.2.6	招标代理费								30.46	30.46		根据计价格[2002]1980号
2.2.7	施工监理费								137.97	137.97		发改价格[2007]670号
2.2.8	勘察费	13.35	0.41	7.00	10.38	16.18	0.70	7.61		55.63		
2.2.9	造价咨询费									97.44		参考琼价协[2016]004号
	投资估算编制											包含在可研内
	工程概算审核								10.51			琼价协[2016]004号
	清单和清单计价编制								17.71			琼价协[2016]004号
	竣工结算审核								16.65			琼价协[2016]004号
	施工阶段全过程造价 控制服务								52.56			琼价协[2016]004号
2.2.10	临时接水接电	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00		140.00		暂估,后续以实际发生为准
2.2.11	桥梁检测费	10.00		10.00	10.00	10.00				40.00		暂估,后续以实际发生为准
2.2.12	检验监测费								15.00	15.00		暂估,后续以实际发生为准
2.2.13	工程保险费	6.32	0.19	3.32	4.92	7.66	0.33	3.61	0.00	26.35		建标 2007 164 号文
3	基本预备费	131.64	13.55	74.14	104.79	157.33	16.17	80.06	180.30	757.99	7.26%	8.00%
5	建设期贷款利息								207.73	207.73	1.99%	25%资本金
6	概(预)算总额	1777.15	182.98	1000.82	1414.71	2123.93	218.36	1080.88	2641.80	10440.62		100%