隧道工程施工图设计说明

目录

隧道工程施工图设计说明 1

目录 1

1 概述 3

1.1 工程概况 3

1.2 文件组成 3

1.3 方案审查意见及批复的执行情况 3

1.4 初步设计审查意见及批复的执行情况 3

1.5 设计依据 4

1.6 隧道总体设计原则 5

1.7 隧道设计技术标准 5

1.8 隧道概况 6

1.9 建设条件 6

1.9.1 起终点控制标高 6

1.9.2 其它控制条件 6

1.10 设计使用的主要规范、规程和资料 7

1.11 对有关公路隧道的强制性条文的执行情况 7

2 隧道工程地质条件 8

2.1 地形地貌 8

2.2 地层岩性 8

2.3 地质构造及地震 8

2.3.1 地质构造 8

2.3.2 地震 9

2.4 不良地质现象 9

2.5 岩土参数 9

2.6 水文地质条件 10

2.6.1 地下水类型 10

2.6.2 水质分析 10

2.7 隧道洞身涌水 10

2.8 隧道围岩基本分级与围岩级别划分 12

2.9 深浅埋隧道的划分 13

2.10 隧道工程地质评价 13

2.10.1 隧道进洞口工程地质评价 13

2.10.2 隧道进洞口主要工程地质问题 13

2.10.3 隧道里程 K0+130～K0+810 段 14

2.10.4 隧道出洞口工程地质评价 14

2.10.5 隧道出洞口主要工程地质问题 14

3 隧道工程设计 15

3.1 隧道总体布置、隧道线型 15

3.1.1 隧道平面设计 15

3.1.2 隧道纵断面设计 15

3.2 隧道建筑限界 15

3.3 隧道内轮廓 16

3.3.1 主洞衬砌内轮廓 16

3.3.2 车行横通道衬砌内轮廓 16

3.3.3 人行横通道衬砌内轮廓 16

3.4 洞口设计 16

3.5 洞身结构设计 16

3.5.1 明洞结构设计.....16
3.5.2 明洞侧桩板挡墙设计.....17
3.5.3 暗洞衬砌结构设计.....17
3.6 防排水设计.....18
3.6.1 设计原则.....18
3.6.2 洞口防排水.....18
3.6.3 洞身防排水.....18
3.7 路面工程.....19
3.7.1 主洞路面.....19
3.7.2 横通道.....20
3.7.3 路面技术要求.....20
3.7.4 施工技术要求.....22
3.8 横通道设计.....22
3.9 隧道内装饰设计.....23
3.10 隧道通风设计.....23
3.10.1 交通量及交通组成.....23
3.10.2 通风计算参数.....23
3.10.3 通风量计算.....24
3.10.4 通风方式选择及结果.....24
3.10.5 火灾风流控制方案.....24
3.10.6 风机的施工要求注意事项.....24
3.11 机电消防设施预留、预埋设计.....25
4 隧道施工监控量测.....26
4.1 监测目的.....26
4.2 监测项目.....26
4.3 邻近构筑物施工的安全措施.....26
5 施工组织.....26
5.1 主要施工方法.....26
5.2 主要施工工艺.....27
5.2.1 明洞施工.....27
5.2.2 隧道开挖.....27
5.2.3 初期支护.....28
5.2.4 防排水.....28
5.2.5 二次衬砌.....28
5.3 施工场地布置.....28
5.4 施工用水和交通.....28
5.5 施工通风.....28
5.6 施工排水.....29
5.7 隧道弃渣处理.....29
5.8 施工安全突发事故应急预案.....29
6 环境保护和水土保持.....29
6.1 环境保护措施.....29
6.2 水土保持措施.....30
7 隧道施工注意事项.....30

1 概述

1.1 工程概况

根据规划，未来的xx区是一个功能合理、交通发达、环境优美、第三产业繁荣、文化氛围浓厚的xx主城区。该城区分为 6 个区域：xx桥地区以居住为主，辅以配套商业服务设施和加工工业；xx地区以行政、信息、文化、科技为主，辅以商业服务；大石坝地区以居住及无污染加工为主；xx地区以金融、信息为主；xx区以对外交通及配套公共服务设施为主；xx区以商业服务、文化娱乐及居住为主。

项目所在xx片区为xx区城市拓展区域。周边交通发达、路网环绕，外接江xx路、xx流道、三横线等几条高等级市政道路，畅连xx主城各区，距市中心、机场及市内各区均在 20 分钟左右车程。 xx

路隧道工程位于xxxx片区，西以建新xx三、四期交叉口转盘为界，东xx路为界。其项目区位图如下：

图 1-2 项目区位图

1.2 文件组成

本工程施工图设计文件编制按专业进行如下分册：

第一册　道路工程

第二册　隧道工程

第三册　排水工程

第四册　照明工程

第五册　交通工程

本册为第二册隧道工程，其余部分见另册。

1.3 方案审查意见及批复的执行情况

1、补充隧道内外典型横断面布置图。

回复：同意审查意见，补充相关设计图纸。

2、优化隧道内路面结构设计，沥青表层应采用阻燃结构。

回复：同意审查意见，已修改。

3、优化交叉口设计。

回复：同意审查意见，已完善交通组织及交叉口设计。

4、增加方案平纵横比选，建议采用小净距隧道，以减小对项目周边已建建筑物的影响。

回复：同意审查意见，缩小隧道净距，增加比选方案，并完善相关设计图纸。

1.4 初步设计审查意见及批复的执行情况

1、设计说明缺附件：设计企业资质复印件；可研批复复印件；方案设计审批文件复印件；与轨道部门相关的协议、会议纪要等。

回复：按审查意见补充相关内容，可研批复复印件待下发后补充。

2、设计文件总体要求

①隧道工程初步设计文件基本完整，基本达到初步设计深度要求，拟定的总体方案可行，但缺少通风方案技术论证。

回复：按审查意见补充通风方案技术论证。详见“隧道通风设计”。

②初步设计文件有方案设计阶段的批复意见和执行情况，但缺可行性研究报告的批复及执行情况。

回复：待可行性研究完成审查后补充其的批复及执行情况。

3、建议

①增加涉及轨道交通保护区的专项设计。

②出口段有相当厚的土质边坡，应重视桩板挡墙的设计。

回复：同意专家意见，设计过程中严格重视桩板挡墙的设计。

③钢绞线锚索采用直径 15.24mm 为美标标准，建议采用国标直径 15.2mm。

回复：按审查意见将锚索采用直径改为 15.2mm。

④SC-01-20 采用 HPB235 和 HRB335 普通钢筋属淘汰产品，应按建设部规定采用高强度钢材。

回复：同意专家意见，将钢筋调整为 HPB300 和 HRB400。详见“Ⅳ级围岩普通段复合式衬砌设计图”。

⑤隧道施工是关键：应分析隧道的主要工程风险，提出防范应急预案。

回复：同意专家意见，设计补充隧道的主要工程风险，提出防范应急预案等内容，详见说明第 5 施工组织”。

⑥应简要说明弃渣场位置、运距。

回复：同意专家意见，设计简要说明弃渣场位置、运距，详见“说明 隧道弃渣处理”。

⑦增加必要的结构计算：针对典型大断面、特殊断面位置进行洞室稳定分析、周边建筑影响分析、隧道施工过程模式分析，对结构构建的强度、刚度、裂缝进行验算。或通过国内外的类似工程、尤其是本地区的类似工程，分析可比工程的规模、特点、建设条件等相同与不同点，论证本工程建设的可行性、设计的合理性，安全风险的可控性。

回复：按审查意见补充结构计算书。

4、740m 隧道，建议取消汽车横通道，设 2 道人行横通道。

回复：本项目为市政隧道，根据《建筑设计防火规范》(GB50016-2006），车行横通道设置间距最大不超过 500m，因此，本项目设置车行横通道。

5、监控量测方案，应与开挖方案相适应，应有地面建筑监控方案。

回复：同意专家意见，按审查意见调整监控量测方案，详见“监控量测设计图”。

6、补充建设条件（第三册）描述。

回复：同意专家意见，补充建设条件描述，详见“说明第 1.8 建设条件。

7、地质纵断面补充地质产状与隧道轴线的关系。

回复：同意专家意见，按审查意见补充地质产状与隧道轴线的关系，详见“隧道地质纵断面”。

8、横断面图应反映周边建筑物基础情况。

回复：同意专家意见，按审查意见补充周边建筑物基础情况，详见“隧道洞身段典型横断面设计图”。

9、建议

1）尽可能采用格栅钢架，减少型钢钢架。

回复：本项目拱顶存在大量房屋、现状道路及轨道线，为方便施工，本次设计考虑采用型钢钢架。

2）减少锚杆数量，或长短锚杆交错设置，结合岩层产状布置。

回复：同意专家意见，按审查意见调整锚杆，详见“Ⅳ级围岩普通段复合式衬砌设计图””。

3）取消仰拱拱架。

回复：同意专家意见，按审查意见取消Ⅳ级围岩衬砌段仰拱拱架，详见“Ⅳ级围岩普通段复合式衬砌设计图””。

4）边墙脚初期支护二次衬砌之间纵向排水管位置留足空间位置。

回复：按审查意见在边墙脚初期支护二次衬砌之间纵向排水管位置留足空间位置，详见“复合式衬砌设计图”。

5）隧道断面图中支护参数应删除。

回复：按审查意见删除隧道断面图中支护参数，详见“复合式衬砌设计图”。

1.5 设计依据

1、《XX市城乡总体规划（2007-2020)》(2011 年修订）

2、《XX市主城区综合交通规划（2011-2020)》

3、业主提供的《XX区XX河—XXX片区控制性详细规划整合》(2006）

4、业主提供的 1:500 地形图（2014.2）

5、收集的XX路、建新X路三期、建新X路四期施工图设计文件

6、轨道 X号线设计资料（XX市隧道工程设计院，2014.3）

7、《XX路隧道勘察报告》(XX市XX工程勘察设计院有限公司，2014.07.31）

8、《XX路隧道工程方案设计》（XX市市政设计研究院，2014.07）

9、《XX路隧道工程初步设计》（XX市市政设计研究院，2014.09）

10、《XX路隧道工程方案设计审查意见》（XX市城乡建设委员会，2014.6.17）

11、《XX路隧道工程初步设计专家审查意见》（XX市城乡建设委员会，2014.9.02）

12、初步设计批复

13、《XX、XX》（XX国际工程集团XX设计研究院）

14、《XX（xx工厂项目）二期》（XXXX工程集团XX设计研究院）

15、《XX村农转非安置房》（中国XXXX设计研究院有限公司）

16、其他相关资料。

1.6 隧道总体设计原则

（1）隧道设计遵循安全实用、质量可靠、经济合理、技术先进的基本原则。设计中基于完整的勘测、调查资料，综合考虑地形、地质、水文、气象、地震和交通量及其构成，以及营运和施工条件，进行多方案的技术、经济、环保等综合比较。

（2）全面贯彻 “重大工程百年大计”的方针，在遵守现行国家规范的同时，结合本项目实际情况进行综合考虑，强化隧道设计充分体现工程建设方面“节能、高效”的指导思想，以达到“以人为本、着眼未来、安全、经济、合理、环保”的目的。

（3）隧道支护结构的安全等级为一级。具有规定的强度、稳定性和耐久性，且符合美观和环保要求。

（4）隧道设计必须符合国家有关的土地管理、环境保护、水土保持等法规的要求，并应注意节约用地，尽量保护原有植被，妥善处理隧道弃碴。

（5）隧道主体结构按永久性建筑设计，具有规定的强度、稳定性和耐久性；加强了隧道支护衬砌、防排水、路面等主体结构设计与照明、供配电、消防、交通监控等营运设施设计之间的协调，形成合理的综合设计。

（6）隧道设计体现动态设计与信息化施工的思想，制定了超前地质预报和监控量测总体方案，施工中将根据现场实际情况动态调整隧道设计参数。

（7）隧道设计贯彻国家有关技术、经济政策，积极慎重地采用新技术、新材料、新设备、新工艺。

（8）隧道设计体现对山体自然景观的生态环境保护，洞门设计体现与自然景观相协调。

（9）隧道采用新奥法施工。隧道主体结构采用复合式隧道衬砌；隧道围岩较差、岩层破碎时，可考虑采用必要的预加固、超前支护及结构加强等措施。

（10）隧道洞口位置选择结合地形、地质及与环境协调、美化，争取“零开挖”进洞，贯彻“早进晚出”的原则。

1.7 隧道设计技术标准

1）道路等级：城市次干道（双洞六车道）。

2）隧道设计行车速度：50km/h。

3）限界：净高 H=5.0m，净宽 B=14.5 m (检修道 0.75m+路缘带 0.5m+小车道 3.5+大车道 3.75+大车道 3.75+路缘带 0.5m+检修道（兼做人行道）2.0m)。

4）隧道路面横坡：单向坡 1.5%。

5）隧道纵坡：1.25%。

6）隧道路面设计荷载：100KN。

7）隧道防水：二次衬砌砼抗渗等级不小于 P8。

8）抗震设防：地震动峰值加速度 0.05g（基本烈度Ⅵ度，采用Ⅶ度进行构造设防）。

9）隧道营运通风：

①一氧化碳（CO）允许浓度正常营运时为 150ppm；发生事故时，短时间（20min）以内，为 200ppm；

②烟尘允许浓度：正常营运时为 0.0075m^{-1}；

③隧道内发生火灾时火源热释放量：25MW；

④设计风速；

a.换气通风风速：≤2.5m/s；

b.火灾临界风速：3.53m/s；

c.隧道排烟风速：2.5m/s；

d.隧道排烟风速：≤10m/s。

⑤小时换气次数：5 次；

⑥自然风速：2.5 m/s。

10）防水等级：二级。

11）隧道结构安全等级：一级。

12）隧道结构设计基准期：100 年。

13）隧道设计洪水频率：1/50。

1.8 隧道概况

XX路接线隧道设计左、右线采用分离式双洞单向三车道隧道方案，在满足平面线型布设要求前提下，采用分离式隧道方案，两隧道线路测设中线间间距为 15m。其中隧道左线位于曲线半径 R=2200(4000)m 的圆曲线上，隧道纵坡 1.25%，右线位于曲线半径 R=1500(2500)m 的圆曲线上，隧道纵坡 1.25%。左线隧道起止桩号为：ZK0+100～ZK0+840，隧道全长 740m，右线隧道起止桩号为：YK0+100～ZK0+840，隧道全长 740m，属中隧道。

1.9 建设条件

1.9.1 起终点控制标高

西侧设计起点建新X路三期已建，建新X路四期在建，起点标高为 220m，东侧设计终点XX路已建，标高为 208m。

1.9.2 其它控制条件

1、本次设计起点与建新X路平交口南侧规划设置有一对公交停车港，距离该平交口较近，本次设计考虑只保留左侧停车港，建议右侧停车港移至交叉口北侧。

2、西侧设计起点平交口下设置人行下穿道，地通道结构部分已修建完成，内部其他附属设施尚未实施；四个方向均设置有出口，但东南角出口梯道尚未修建，目前该下穿道未投入使用。

3、安置房项目至设计起点间（K0+060～K0+120 段）现状地形为陡坡（平均坡度约 1：1.3），陡坡上有 6 个阶梯的管线台，有两个管线台位于道路红线范围内，其中一个距离道路人行道小于 0.5m，该管线台内有雨、污水管道各一个，其中雨水管道管内底标高为 217.54m，污水管道管内底标高为 217.20m。

图 1.9-1 现状管线台

4、轨道X号线与XX路隧道相交断面处万兴路隧道设计标高为 212.392m，隧道结构层顶部标高分别为 221.402m，与隧道左右线相应的X号线标高为 236.77m 和 236.694m，XX路隧道结构层顶与轨道X号线的最小净距约为 14.1m，轨道与隧道结构之间的相互影响较小。

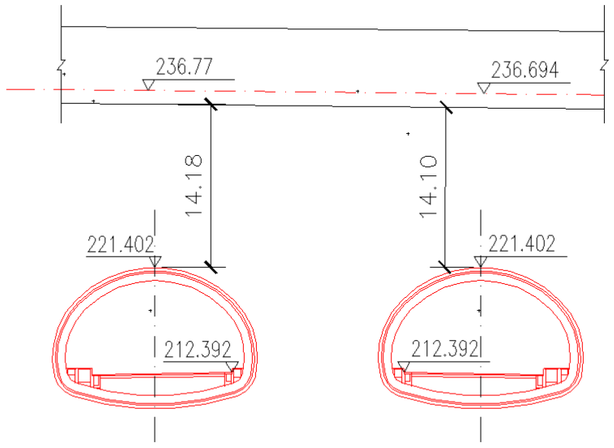


图 1.9-2 万兴路隧道与轨道标高关系图

5、道路周边地块红线已发，隧道进口处北侧的国土局安置房已基本建成，安置房标高较高，位于隧道顶部，南侧XX北岸XX与起点道路接平处未实施，隧道 K0+120～K0+300 段顶部南侧的几栋住宅楼正在建设。隧道出口北侧的XXXX为成熟住宅小区，与道路设计标高有约 6.5m

的高差，南侧鹏润蓝海也已建成，其中终点平交口接平处为商业用楼。

图 1.9-3 设计终点周边建筑

1.10 设计使用的主要规范、规程和资料

建设部 2004 年 3 月颁发的《市政公用工程设计文件编制深度规定》

中华人民共和国交通部公路工程基本建设项目设计文件编制办法：交公路发{2007}358 号

XX市城乡建设委员会 2013 年 9 月颁发的《XX市市政公用工程初步设计文件编制技术规定》

《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）

《城市道路交通规划及路线设计规范》（DBJ50-064-2007）

《公路沥青路面设计规范》（JTGD50-2006）

《公路工程抗震设计规范》（JTJ 004-89）

《公路工程技术标准》(JTG B01-2003)

《城镇道路工程施工与质量验收规范》 (DBJ50-078-2008)

《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）

《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）

《公路隧道设计规范》（JTGD70-2004）

《公路隧道交通工程设计规范》（JTG/T D71-2004）

《公路隧道通风设计细则》(JTG/T D70/2-02-2014)

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004)

《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63-2007）

《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81-2006）

《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》（JGJ114-2003）

《建筑设计防火规范》(GB50016-2006)

《公路隧道交通工程设计规范》JTG/TD71－2004)

《隧道》铁路工程技术手册

《铁路隧道喷锚构筑法技术规范》（TB 10108-2002）

1.11 对有关公路隧道的强制性条文的执行情况

（1)《公路路线设计规范》JTG D20-2006 中的强制性条文共有 5 条(包括第 6.6.1 条、第 6.6.2 条、第 6.7.2 条、第 7.9.1 条、第 12.2.6 条)，本隧道涉及到 4 条（包括第 6.6.1 条、第 6.6.2 条、第 6.7.2 条、第 7.9.1 条)，已按条文相关要求执行。

（2)《公路工程地质勘察规范》JTJ 064－98 中的强制性条文共有 8 条（包括第 3.1.4 条、第 5.2.2 条、第 5.2.3 条、第 5.3.2 条、第 5.4.6 条、第 6.2.2 条、第 6.3.1 条、第 6.4.1 条)，本隧道涉及到 3 条（包括第 3.1.4 条、第 5.4.6 条、第 6.4.1 条)，已按条文相关要求执行。

（3)《公路工程抗震设计规范》JTJ 004－89 中的强制性条文共有 13 条（包括第 1.0.4 条、第 1.0.6 条、第 1.0.7 条、第 3.1.2 条、第 3.1.4 条、第 4.1.4 条、第 4.1.5 条、第 4.1.6 条、第 4.1.7 条、第 4.1.8 条、第 5.2.1 条、第 5.3.3 条、第 5.3.6 条)，本隧道涉及到 5 条（包括第 1.0.4 条、第 1.0.7 条、第 5.2.1 条、第 5.3.3 条、第 5.3.6 条)，已按条文要求内容执行。

（4)《公路隧道设计规范》JTG D70-2004 中的强制性条文共有 12 条（包括第 1.0.3 条、第 1.0.5 条、第 1.0.6 条、第 1.0.7 条、第 3.1.1 条、第 3.1.3 条、第 7.1.2 条、第 8.1.2 条、第 10.1.1 条、第 15.1.1 条、第 15.1.2 条、第 16.1.1 条)，本隧道 12 条全部涉及，已按条文要求内容执行。

2 隧道工程地质条件

2.1 地形地貌

勘察区地貌宏观上属嘉陵江北岸侵蚀丘陵斜坡地貌。隧道进口 K0+070～K0+145 段与隧道出口 K0+685～K0+780 段原始地形较陡，由于场地地处城市中心地带，人类活动频繁，受周边建筑回填、开挖等影响，原始地形破坏严重，地面经人工改造后覆盖厚度不均的杂填土层，地形总体倾角较陡，地形坡角一般 20°～35°，现状地面高程 221.33～254.86m，相对高差约 33.53m；隧道洞身段 K0+140~K0+735 段原始地形开阔舒缓，呈缓坡或低丘状，地形坡角一般 2°～5°，现状地面高程 253.39～263.82m，相对高差约 10.43m；隧道出口段原始地形较缓，但由于场地两侧建筑物修建，原始地形破坏严重，地面经人工改造后覆盖厚度不均的杂填土层，填土后原有地形形成小型浅丘，地形坡角一般 5°～30°，局部斜坡较陡，地形坡角一般 25°～50° 现状地面高程 208.17～239.66m，相对高差约 31.49m。

2.2 地层岩性

隧道沿线钻探揭露地层有：第四系全新统的人工填土层(Q_4^{ml})、残坡积层(Q_4^{el+dl})，侏罗系中统上沙溪庙组(J_{2S})。现依据地层的新老关系对其岩性特征分述如下：

（1）第四系全新统人工填土层(Q_4^{ml})

杂填土：杂色，主要由砂岩块石、碎石和泥岩碎石、角砾，砂土、粘土和少量建筑、生活垃圾等组成。骨架颗粒含量 45～68%，粒径一般 30～600mm。堆填年限一般大于 2~5 年，结构主要呈稍密状，局部呈中密状。在场地表层均有分布，厚 0.4m～13.22m。

（2）第四系全新统残坡积层(Q_4^{el+dl})

粉质粘土：紫褐色。土多呈可塑状，干强度中等，韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，呈中等压缩性。在拟建场地零星分布，厚度 0～1.90 m。

土层与下伏侏罗系中统基岩呈不整合接触。

（3） 侏罗系中统沙溪庙组(J_{2S})

为炎热干燥氧化环境下河、湖交互相红色碎屑岩，多韵律、多旋回沉积组合，岩性为紫红色厚层状泥岩、灰色中厚层状细～中粒砂岩（局部地层含泥质砂岩）。岩体裂隙较发育～不发育，呈整体块状结构，岩体较完整～完整。

1. 砂岩:灰色、灰白色，主要矿物成分为石英、长石，含少量云母及粘土矿物，中～细粒砂状结构，薄～中层状构造，为泥、钙质胶结，以钙质胶结为主，局部砂岩段夹含泥质斑块与团块。本层呈薄～中层状位于泥岩之上或以薄层~中厚层状与泥岩岩层呈互层状。

2. 泥岩：包括泥岩、泥岩。紫红色，泥质、粉砂质结构，薄～中层状构造，主要矿物成分为粘土矿物，含钙质、砂质。整个隧道勘察区内局部泥岩夹含砂质条带与团块。泥岩岩层在整个场地均有分布，是场地内的主要地层。

项目区所在场地岩层产状较平缓，根据钻探揭露情况分析，整个场地内基岩面较为平缓，基岩面起伏较小；基岩面起伏变化较大地段主要是隧道进口段与隧道出口段，受地形条件及人工开挖等影响，基岩面高差最大 26.5m。

2.3 地质构造及地震

2.3.1 地质构造

项目位于龙王洞背斜南西翼倾伏端，岩层呈单斜状构造，无区域性断层通过，构造地质条件简单(见图 3.2)。岩层呈单斜状构造，无区域性断层通过，构造地质条件简单。根据现场调查结合周边项目勘察资料，万兴路隧道岩层产状 245°∠10°。构造裂隙调查如下：

L1：75°∠82°，间距 0.80～1.60m，走向延伸 1～3m，微张，张开度 1～3mm，裂面较平整，未见充填，结构面结合差，属硬性结构面。

L2：161°∠76°，间距 1.20～5.00m，走向延伸 1～4m，闭合~微张，未见充填，裂面较粗糙，结构面结合差，属硬性结构面。

隧道穿越区 K0+100~ K0+180 段岩体以砂岩为主； K0+180~ K0+490 段岩体以泥岩为主，局部夹含砂岩夹层；K0+490~ K0+640 段岩体以砂岩为主，局部夹含泥岩夹层；K0+640~ K0+840 段岩体以泥岩为主，局部夹含砂岩夹层。

层间裂隙不发育，岩性为渐变，属硬性结构面。

2.3.2 **地震**

根据《中国地震动峰值加速度区划图 A1》划分，勘察区抗震设防烈度为 6 度，地震动力加速度为 0.05g，设计地震分组第一组。

根据道路线路区域经验，杂填土剪切波波速 100~113m/s，属软弱土；

中风化砂岩压缩波波速 2830~3093m/s，完整性系数为 0.56~0.67，中风化泥岩属较完整；压缩波波速 2630~2846m/s，完整性系数为 0.56~0.66，属较完整；

根据中国地震动峰值加速度区划图(1/400)万 GB18306-2001 之图 A1 及中国地震动反应谱特征周期区划图(1/400 万)GB18306-2001 之图 B1。拟建万兴路所经区域的抗震设防烈度为 6 度，场地设计基本地震动峰值加速度 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.35s，其抗震设防应按《公路工程抗震设计规范》JGJB02-2013 相关规定执行。隧道左洞与右洞进口段属不利地段，隧道洞身段属有利地段，隧道左洞出口段属不利地段，隧道右洞出口段属一般地段。

2.4 不良地质现象

拟建江北区万兴路隧道工程范围，未发现断层、滑坡、危岩、软弱夹层等不良地质现象。

2.5 岩土参数

设计参数建议值按不同岩性，不同风化程度分别提供：

⑴岩体物理力学性质指标

①岩体物理性质指标直接使用岩石相应指标的统计或平均值；

②岩体的变形模量、弹性模量标准值取岩石室内试验标准值的 0.7 倍，泊松比取岩石室内试验平均值；

③岩体抗剪强度由岩石室内抗剪强度折减而成，折减系数为：内摩擦角 φ 取 0.80，内聚力 C 取 0.2；

④岩体完整性系数根据声波测试资料和钻孔岩芯质量综合提供。

⑵地基承载力

地基承载力基本值：依据岩体完整性、岩体裂隙发育程度、岩块单轴饱和抗压强度标准值按《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63-2007）确定。

⑶岩体水平抗力系数参照《工程地质勘察规范》（DBJ50-043-2005）9.2.12 选用。

⑷岩土体与锚固体粘结强度特征值、围岩与圬工的摩擦系数根据《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2002）表 7.2.3 和表 10.2.3 确定。

⑸岩石地基竖向地基系数按《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63-2007）选用；

⑹岩体静力侧压系数参照泊松比取地区经验值。

岩土体物理力学设计参数推荐值一览表见表 2.5-1。

表 2.5-1：岩土体物理力学参数推荐值

岩石名称	砂岩		泥岩		杂填土
	强风化	中风化	强风化	中风化	
天然重度(kN/m3)	23.5*	24.21	24.0*	24.99	22.5
饱和重度(kN/m3)	24.0*	24.3	24.5*	25.09	23
天然抗压强度(MPa)	/	31.5	/	10.1	/
饱和抗压强度(MPa)	/	23.4	/	6.6	/
内聚力 C（kPa）	/	550	/	286	0
内摩擦角 φ（o）	/	31.48	/	30.08	30*
抗拉强度(kPa)	/	420	/	152	/
弹性模量(MPa)		5059.33		1840.738	/
变形模量(MPa)		4826.978		1617.642	/
泊松比 μ	/	0.27	/	0.36	/
完整系数 K		0.63		0.65	/
岩质地基容许承载力基本值(kPa)	/	1000	/	800	现场实测为准
岩体水平抗力系数(MPa/m)	/	160	/	80	/
岩土体与锚固体粘结强度(MPa)	0.08	0.25	0.08	0.2	/
围岩与圬工的摩擦系数	0.35	0.45	0.35	0.4	/
岩体静力侧压系数	/	0.5	/	0.45	/

注： 1、填筑土地基容许承载力以现场实测为准。

2.岩体抗拉强度折减系数取 0.20，抗剪强度 Φ 值折减系数取 0.80，C 值折减系数取 0.20。

3.*表示参照周边工程与地区经验确定的经验取值。

拟建万兴路隧道穿越岩体岩性主要以泥岩、砂岩为主，其强风化砂岩岩体基本质量等级为Ⅴ类，中风化砂岩岩体基本质量等级为Ⅳ类；强风化泥岩岩体基本质量等级为Ⅴ类，中风化泥岩岩体基本质量等级为Ⅳ类；

拟建万兴路土、石工程分级根据《公路工程地质勘察规范》JTG C20-2011 与勘察资料确定土、石等级为Ⅲ类。

岩土体物理力学参数：

根据《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013 第 4.5.5 条与边坡岩体类型确定岩体等效内摩擦角；根据第 6.3.4 条确定岩体破裂角。土体等效内摩擦角与重度根据地区经验值确定。

砂岩岩体破裂角 60.70°，等效内摩擦角 52°；

泥岩岩体破裂角 60.04°，等效内摩擦角 45°；

裂隙面内摩擦角 18°，黏聚力 50kPa；

岩层层面内摩擦角 12°，黏聚力 20kPa；

杂填土天然状态等效内摩擦角取 30°；

杂填土天然重度为 22.5kN/m^3，饱和重度为 23.5kN/m^3

岩土界面内摩擦角 10°，黏聚力 15kPa；

岩体水平抗力系数：中风化砂岩 160MN/m^3，中风化泥岩 80MN/m^3；

土体水平抗力系数比例系数：8.0MN/m^4；

2.6 水文地质条件

2.6.1 地下水类型

拟建万兴路隧道所在场地其原始地貌隶属浅丘沟谷地貌。场区地下水富水性受地形地貌、岩性及裂隙发育程度控制，场区及场区周边未见地表水及地下水点出露。拟建隧道标高在 208.00m~219.70m 远高于拟建隧道南侧嘉陵江标高。拟建隧道地下水来源主要为大气降雨和地面水体渗漏补给，水量大小与降水因素关系密切，受气候和季节性变化较大。根据现有地下水稳定水位可知场地所在区域地下水在线状工程范围内分布不均匀，未形成统一的稳定地下水潜水面，所反映地下水属上层滞水为主。故拟建万兴路隧道线状工程范围地下水补、径、排相对简单。

根据沿线地下水的赋存条件、水理性质及水力特征，沿线地下水可划分为第四系松散层孔隙水、基岩裂隙水。

⑴松散层孔隙水

松散层孔隙水不连续分布在人工填土层和残坡积层中，动态变化幅度大，水质成分由含水介质的性质决定，水量大小受地貌和覆盖层范围、厚度、透水性制约，主要由大气降水补给，受季节、气候影响大。人工填土层与残坡积层中的松散层渗透系数较大，主要受大气降雨和地面水体渗漏补给，通过土体内部空隙排泄下渗至下覆岩体内并最终汇集于勘查区外低洼地带。由于勘察区地处城市中心，市政排水系统完善，通过大气降雨与地表渗流补给水体较小，故勘察区内松散层孔隙水水量较小（但由于城区内市政管网密布，在不利工况下可能在局部透水岩层中出现局部地下水富集等情况）。

由于勘察区隧道进口段与出口段局部杂填土块石含量较高，杂填土渗透性较好，低洼地段有利于局部水体蓄存，故在隧道进口段与出口段局部可能出现水量较大的渗水。

⑵基岩裂隙水

基岩裂隙水包括风化裂隙水和构造裂隙水。风化裂隙水分布在浅表层基岩强风化带中，为局部上层滞水，水量小，受季节性影响大，各含水层自成补给、径流、排泄系统。构造裂隙水分布于厚层块状砂岩层中，以层间裂隙水或脉状裂隙水形式储存；泥岩相对隔水，水量稍小，动态不稳定。该类地下水主要赋存于基岩裂隙中，水量较小，由于岩层倾角较缓，隧道穿越段地层主要为泥岩，局部砂岩互层，隧道埋深较浅，勘察区内基本不存在潜水。项目所在地高程远高于南侧嘉陵江水位，故场地位于库区水位以上，项目所在地不会受到库区水位影响。

2.6.2 水质分析

场地地下水水质类型为 HCO3·SO4-Ca 型水，侵蚀性 CO2 含量低，根据《岩土工程勘察规范》（GB50021－2001）第 12 章第 2 节评价标准判断：地下水对混凝土结构、混凝土结构中钢筋及钢结构具有微腐蚀性。

2.7 隧道洞身涌水

本次勘察拟采用地下水动力学水平坑道疏干法对隧道涌水量进行分段预测。

拟建江北区万兴路隧道工程区间水文地质条件简单，根据本次勘察，地下水主要为上层滞水和基岩裂隙水的形式存在，分布不连续，受大气降水补给，无统一地下水位，水量受季节影响较大。

本次勘察拟采用地下水动力学水平坑道疏干法与水文地质比拟法对隧道涌水量进行预测。

1、地下水动力学水平坑道疏干法

依据前文地质资料，隧道穿越岩层主要为侏罗系中统沙溪庙组的泥岩（局部夹含砂岩岩层，呈夹层或互层状），根据抽水及压水试验结合勘探揭示岩体裂隙发育情况，结合当地经验，隧道

涌水量及基坑涌水量计算的渗透系数，应采用试验的大值平均值，取沙溪庙组泥岩岩层综合渗透系数 K=0.33m/d、填土渗透系数 K=1.524m/d。按地下水坑道疏干法计算公式如下：

$$Q = BK\frac{(2S-M)M}{R}$$

式中：Q——水平坑道涌水量（m^3/d）

B——水平坑道长度（m）

S——水平坑道疏干降深（m）

R——水平坑道影响范围（潜水 R=2S（MK）$^{0.5}$、承压水 R=10S（K）$^{0.5}$）

M——含水层厚度（m）

K——渗透系数（m/d）

对上述地层的涌水量计算见表 2.7.1。

计算结果详见下表:

表 2.7-1：隧道开挖基坑涌水量估算表

采用方法	里程		长度（B）	渗透系数（K）	降深（S）	含水层厚度(M)	影响半径（R）	涌水量（Q）
			m	m/d	m	m	m	
地下水动力学水平坑道疏干法	左线	K0+100～K0+130	30	0.33	24.7	33.38	163.96	32.29
		K0+130～K0+770	640	0.33	24.7	33.38	163.96	688.84
		K0+770～K0+840	70	1.524	11.6	11.6	97.55	147.16
	右线	K0+100～K0+130	30	0.33	30.35	36.55	210.81	41.45
		K0+130～K0+810	680	0.33	30.35	36.55	210.81	939.59
		K0+810～K0+840	30	0.33	30.35	36.55	210.81	41.45

根据上述方法得到的拟建隧道洞室预测涌水量可知，左线隧道涌水量 868.28m^3/d，右线隧道涌水量 1022.49m^3/d，由于左线隧道与右线隧道间距小，故采用涌水量预测最大值 1022.49m^3/d 为隧道平均涌水量，最不利工况最大涌水量乘以系数 2.0，故不利工况最大涌水量为 2044.9m^3/d。

2、水文地质比拟法

根据拟建万兴路隧道水文地质情况，拟采用水文地质比拟法对隧道涌水量进行预测。在拟建万兴路隧道附近存在数条已建成城市市政隧道，在充分分析场地周边已建隧道水文地质及涌水量情况下，采用比拟法对万兴路隧道涌水量进行预测，预测方法公式详见如下：

$$Q = Q_1\frac{S \bullet F}{S_1 \bullet F_1}$$

Q—设计隧道涌水量，m^3/d；

Q1—相似隧道涌水量，m^3/d；

S—设计隧道水位降低值，m；

S1—相似隧道水位降低值，m；

F—设计隧道开挖面积，m^2；

F1—相似隧道已开挖面积，m^2；

由于拟建万兴路隧道补给主要来源于大气降水与少量地表水，故隧道涌水量主要与隧道所在区水位下降值及其所覆盖区域有关。本次采用距离万兴路隧道距离约 2.0 公里的江北区观音桥商圈东大道隧道涌水量作为计算参照，计算结果如下：

表 2.7-2 隧道开挖基坑涌水量估算表

采用方法	里程	长度（L）	对比隧道平均降深（S）	拟建隧道平均降深（S）	对比隧道影响面积（A）	设计拟建隧道影响面积（A）	已建隧道涌水量（Q）	设计拟建隧道涌水量（Q）	设计拟建隧道最大涌水量（Q）
		m	m	m	kM2	kM2	M3	M3	
水文地质比拟法	左线	840	32.6	30.5	0.27	0.10	1748.3	666.4	1332.7
	右线	840	36.7	30.5	0.34	0.10	1969.1	529.5	1058.87

根据上述方法得到的拟建隧道洞室预测涌水量可知，左线隧道涌水量 666.4m^3/d，右线隧道涌水量 529.5m^3/d，由于左线隧道与右线隧道间距小，故采用涌水量预测最大值 1332.7m^3/d 为隧道平均涌水量，最不利工况最大涌水量乘以系数 2.0，故不利工况最大涌水量为 2665.4m^3/d。

拟建隧道与所在区域地下水状态总体属较贫乏，隧道地下水出水状态主要以为潮湿或点滴状出水，但局部填土段与层间裂隙发育段涌水量状态主要以淋雨状或涌流状出水。由于隧道穿越城市居住区，地下雨污水排水系统与给水系统密布，突发情况下（如地下管网破裂等）在短时间内局部区域可能存在较大水量蓄积，可能出现涌水等破坏。

综上所述，隧道穿越岩体段预测涌水量属较小，穿越杂填土段涌水量一般。在隧道设计过程中应充分考虑隧道所在地段局部涌水的可能性。

2.8 隧道围岩基本分级与围岩级别划分

本次勘察隧道围岩分级按照《公路隧道设计规范》JTG D70-2004 附录 A 中的隧道围岩分级标准执行。首先根据隧道围岩饱和抗压强度、裂隙发育情况、风化程度、岩体完整性系数和纵波波速进行围岩基本分级。然后根据地下水状态进行围岩分级修正，从而确定围岩的最终级别。具体执行中主要考虑隧道起拱线至拱顶以上 2 倍或 2.5 倍压力拱高范围内的岩体特征。

围岩初定分级

岩体基本质量指标 BQ 值的计算

据《公路隧道设计规范》JTG D70-2004，第 3.6 节：

计算公式为：BQ=90+3Rc+250Kv

当 Rc＞90Kv+30 时，取 Rc=90Kv+30

当 Kv＞0.04Rc+0.4 时，取 Kv=0.04Rc+0.4

计算结果见表 2.8-1、2。

表 2.8-1　　隧址区围岩左线定量分级表

里程桩号	围岩岩性	饱和抗压强度（MPa）	完整性系数	BQ 值	定量分析
K0+100～K0+130	砂岩	23.4	0.63	317.7	Ⅳ
K0+130～K0+770	泥岩	6.6	0.65	272.3	Ⅳ
K0+770～K0+840	填土	/	/	/	Ⅵ
*1.隧道岩性主要以泥岩为主，局部含有薄~中厚层状砂岩，由于岩层层面较缓且夹砂岩岩层厚度较小，故隧道围岩岩性为泥岩，夹含砂岩岩层开挖厚度小未单独分段。					

表 2.8-2　　隧址区围岩右线线定量分级表

里程桩号	围岩岩性	饱和抗压强度（MPa）	完整性系数	BQ 值	定量分析
K0+100～K0+130	泥岩	6.6	0.65	272.3	Ⅳ
K0+130～K0+810	泥岩	6.6	0.65	272.3	Ⅳ
K0+810～K0+840	泥岩	6.6	0.65	272.3	Ⅳ
*隧道岩性主要以泥岩为主，局部含有薄~中厚层状砂岩，由于岩层层面较缓且夹砂岩岩层厚度较小，故隧道围岩岩性为泥岩，夹含砂岩岩层开挖厚度小未单独分段。					

在综合考虑隧道围岩定性与定量分析基础上，考虑隧道围岩特征、地质环境等因素对岩体基本质量指标 BQ 进行修正。确定修正后的［BQ］值，按［BQ］值结合隧洞埋深及经验等综合方法对隧道围岩进行分级（详见表 2.8-1）。隧道各级围岩分布见 1:500 工程地质纵断面图。隧道所处地层地下水主要为潮湿或点滴状出水为主，K1 取 0.2（围岩等级Ⅳ），K1 取 0.4（围岩等级Ⅴ）；由于隧道轴线与结构面走向夹角大于 60°，结构面倾角小于 30°，故 K2 取 0.3，隧址区处于低地应力区，K3 取 0.0。

表 2.8-1 隧道左线围岩级别划分表

起讫桩号	长度(米)	围岩类别	[BQ]	Kv	Rc (Mpa)	K1	K2	K3	BQ
K0+100～K0+130	30	Ⅳ	267.7	0.63	23.4	0.2	0.3	0	317.7
K0+130～K0+770	640	Ⅴ	222.3	0.65	6.6	0.2	0.3	0	272.3
K0+770～K0+840	70	Ⅵ	/	/	/	/	/	/	/

表 2.8-2　隧道右线线围岩级别划分表

起讫桩号	长度(米)	围岩类别	[BQ]	Kv	Rc (Mpa)	K1	K2	K3	BQ
K0+100～K0+130	30	Ⅴ	222.3	0.65	6.6	6.6	0.2	0.3	272.3
K0+130～K0+810	680	Ⅴ	222.3	0.65	6.6	0.2	0.3	0	272.3
K0+810～K0+840	30	Ⅴ	222.3	0.65	6.6	0.2	0.3	0	272.3

隧道出口段由于岩体裂隙发育且上覆一定厚度土层。结合定性与定量分析并综合地区相关工程项目资料与经验，对隧道围岩分级确定如下（详见下表 2.8-3、4）：

表 2.8-3　隧道左线围岩级别划分综合确定表

起讫桩号	长度(米)	围岩类别	综合围岩类别
K0+100～K0+130	30	Ⅳ	Ⅴ

K0+130～K0+770	640	Ⅴ	Ⅳ
K0+770～K0+840	70	Ⅵ	Ⅵ

表 2.8-4　隧道右线围岩级别划分综合确定表

起讫桩号	长度(米)	围岩类别	综合围岩类别
K0+100～K0+130	30	Ⅴ	Ⅴ
K0+130～K0+810	680	Ⅴ	Ⅳ
K0+810～K0+840	30	Ⅴ	Ⅴ

2.9　深浅埋隧道的划分

根据《公路隧道设计规范》JTG D70-2004，深埋与浅埋洞室原则上以 2 倍（Ⅰ～Ⅲ类）或 2.5 倍（Ⅳ～Ⅵ级）倍荷载高度 Hq 为划分界限。洞室埋深 h≥2.5Hq 为深埋洞室；H＜h＜2.5Hq，浅埋洞室；h＜Hq，超浅埋洞室。其中：

$$H_p = (2 \sim 2.5)h_q$$

$$h_q = q / r$$

$$q = \gamma h$$

$$h = 0.45 \times 2^{s-1} \omega$$

$$\omega = 1 + i(B-5)$$

S----------围岩级别；

h----------荷载等效高度（m）；

H_p--------浅埋隧道分界深度（m）；

B---------隧道跨度（m）；

i---------B 每增减 1m 时的围岩压力增减率，B<5m，i=0.2；B>5m，i=0.1；

道路左线：

本次勘察所涉及左线与右线隧道跨度 17.0m，高 8.6m。当穿越隧道围岩级别为Ⅳ类时，经计算荷载高度 hq=7.92m，Hp=19.8m；当穿越隧道围岩级别为Ⅴ类时，经计算荷载高度 hr=15.84m，Hp=39.6m。根据深浅埋分段原则按围岩类别分段，拟建隧道左线及右线均属浅埋隧道。

2.10　隧道工程地质评价

2.10.1　隧道进洞口工程地质评价

隧道进洞口桩号 K0+100.00～K0+130.00，进洞口 K0+100.00 处路面设计高程 218.75m。隧道进洞口位于城市中心干道，地形较为平缓，洞口上覆岩体厚度约 0.9~11.8m 覆土层为杂填土，厚度 1.80-5.50m，无不良地质现象发育。按设计方案形成仰坡，仰坡坡向 271º，洞轴线与地形等高线近于垂直。

场地位于龙王洞背斜南西翼倾伏端，隧道进口段岩层呈单斜产出，产状 245°∠10°。构造裂隙调查如下：

L1：75°∠82°，间距 0.80～1.60m，走向延伸 1～3m，张开度 1～3mm，裂面较平整，大部分无充填，局部充填粘粒，结合差，属硬性结构面。

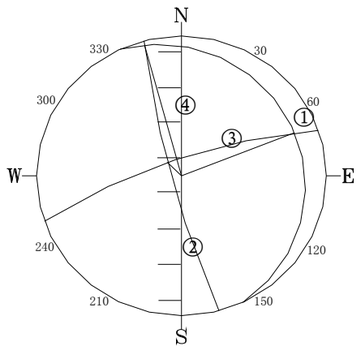
L2：161°∠76°，间距 1.20～5.00m，走向延伸 1～4m，闭合，无填充，裂面较粗糙，结合差，属硬性结构面。

洞口水量受地表水及大气降水控制，在雨季可能有一定量的地表水从填土层与岩体裂隙中渗出。

2.10.2　隧道进洞口主要工程地质问题

隧道轴线与岩层走向呈大角度相交，进口位置斜坡坡度缓，主要由土层及砂泥岩互层构成，洞口围岩等级为Ⅴ类，成洞条件一般。

隧道洞口为浅埋段，上覆土层厚度不均，进洞口左侧填土厚度较大，自左向右厚度减小，隧道洞口可设置洞门端墙。隧道进洞口处原始地形边坡坡向 262°，坡度约 7°~18°，表层覆盖杂填土厚度约 1.80-5.50m。隧道洞口仰坡坡向 270°，仰坡可按环境要求进行放坡。按《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）附录 A 判定该段边坡岩体类型属Ⅲ类，边坡安全等级为一级。根据赤平极射投影图 5.4.1-3 可知，隧道进洞口仰坡主要受岩层层面和 2#裂隙与层面交线控制，仰坡岩体可能出现掉块破坏；进洞口仰坡与岩层层面呈顺向，虽岩层层面较缓，但在不利工况下存在受裂隙切割后出现局部顺向滑移的可能，左侧洞口上覆土体厚度较薄，稳定性主要受自身强度控制，建议将进洞口仰坡坡顶填土层清除，右侧洞口上覆土体较厚，通过传递系数法对仰坡稳定性进行计算（计算表格详见附表）。天然工况下边坡稳定性系数 1.08，饱和工况下稳定性系数 1.065，边坡处于基本稳定状态，建议采用重力式挡墙在仰坡适当位置进行支挡。隧道进洞口两侧按设计建议采用桩板挡墙支护进和坡面锚杆+喷射混凝土护面后洞口仰坡稳定性较好。



结构面、线产状表

产状 / 结构面	倾向(°)	倾角(°)
①层面	245	10
②裂隙	75	82
③裂隙	161	76
④边坡	270	89
⑤交线	165	2
⑥交线	248	10
⑦交线	135	74

图 2.10-1 万兴路隧道进口仰坡赤平极射图

2.10.3 隧道里程 K0+130～K0+810 段

隧道里程K0+130～K0+810段为洞身段,其中K0+130～K0+685段地表为现有道路与人行横道，横向地形坡角1°～4°，纵向地形坡角1°～2°，K0+685.00~ K0+810.00段为修建嘉华大桥北延段开挖边坡及原始地形，横向地形坡角5°～27°（局部存在陡坎）。表层土厚最大2.80m，岩土层界面倾角5°～45°（临近出口K0+770～K0+810段左侧为半山华府小区处存在较深填土段，岩土界面较陡，最大填筑厚度约14.8m）。拟建隧道覆盖层厚度22.10m~38.8m。本段围岩为中等风化泥岩（局部含砂岩夹层），完整性属较完整，成洞条件好，围岩基本级别为Ⅳ类；该段隧道预测涌水量为939.59 m^3/d，最大涌水量1409.38m^3/d，湿润或点滴状出水。

拟建隧道K0+120～K0+160段顶部左侧为一层高砼的已建幼儿园，幼儿园基础为桩基础，安全等级为一级，围岩级别为Ⅴ级，幼儿园基础底部距离隧道顶最小距离为18.65m。为减小隧道施工对幼儿园的影响，使幼儿园相邻基础间沉降位移差与其间距的比值满足规范要求。本段施工采用短进尺机械开挖。因此，本段隧道施工对幼儿园影响较小。

拟建隧道K0+130～K0+810段顶部左侧为大坪村安置房，右侧为国兴北岸江山在建建筑，临近出洞口右侧为鹏润蓝海小区。其中左侧安置房基础为扩展基础，安全等级为一级，围岩级别为Ⅳ级，基础底部距离隧道顶最小距离为26.86m，为减小隧道施工对安置房的影响，使安置房相邻基础间沉降位移差与其间距的比值满足规范要求。K0+100~K0+300施工采用短进尺机械开挖。因此，本段隧道施工对安置房影响较小；右侧国兴北岸江山在建建筑基础距离隧道开挖轮廓线最近距离为18.5m，安全等级为一级，围岩级别为Ⅳ级，建筑基础45°放大角位于隧道底板下。右侧鹏润蓝海小区距离隧道开挖轮廓线最近距离为20.62m，建筑基础45°放大角位于隧道底板下。因此，本段隧道施工对右侧国兴北岸江山、鹏润蓝海小区影响较小。

拟建隧道在K0+579.839下穿轨道9号线，轨道9号线目前为规划阶段。根据规划资料，轨道9号线在该段以隧道的形式通过，万兴路隧道顶距离轨道9号线隧道底部最近距离为14.1m。隧道安全等级为一级，围岩级别为Ⅳ级。为减小万兴路隧道施工对周围围岩的扰动，并根据《万兴路隧道工程轨道交通专项审查意见》，要求轨道交通控制保护区范围内的隧道开挖不得采取爆施工，具体桩号为K0+545~K0+670；并要求位于轨道交通控制保护区外的隧道开挖工程应严格控制爆破震速，传递至轨道区间隧道衬砌上的爆破震速不得大于1.5cm/s。

洞身接出口段K0+770～K0+810左侧填土厚度大且岩土界面较陡，最大填筑厚度约14.8m，建议采用明挖法进行施工。

洞身段穿越岩体产状较平缓，在施工开挖过程中易出现缓倾岩层塌落、塌顶破坏。建议在洞身开挖过程中采取短进尺开挖，强支护等相应支护措施对洞顶岩体进行支护。

2.10.4 隧道出洞口工程地质评价

隧道出洞口桩号K0+810～K0+840段，路面设计高程209.50m。隧道出洞口为原始地形，出洞口段地形较复杂，洞口上部为基岩出露岩壁，坡度较大。隧道左洞出洞口为填方区域（最大填土厚度11.80m），隧道右洞出洞口为泥岩岩体，上覆杂填土（厚度约3.9m）；隧道右洞出洞口围岩为泥岩，上覆中厚~巨厚层状泥岩厚约6.6m，无不良地质现象发育，仰坡坡向91º，洞轴线与地形等高线近于垂直。

场地位于龙王洞背斜南西翼倾伏端，隧道进口段岩层呈单斜产出，产状245°∠10°。构造裂隙调查如下：

L1：75°∠82°，间距0.80～1.60m，走向延伸1～3m，张开度1～3mm，裂面较平整，大部分无充填，局部充填粘粒，结合差，属硬性结构面。

L2：161°∠76°，间距1.20～5.00m，走向延伸1～4m，闭合，无填充，裂面较粗糙，结合差，属硬性结构面。

洞口水量受地表水及大气降水控制，在雨季可能有一定量的地表水从填土层与岩体裂隙中渗出。

2.10.5 隧道出洞口主要工程地质问题

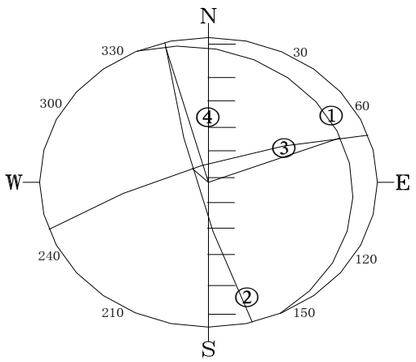
隧道轴线与岩层走向呈大角度相交，出口位置斜坡坡度陡，主要由土层及泥岩组成，由于隧道出洞口段为浅埋隧道段，洞口围岩等级综合评定为Ⅴ级，成洞条件一般。

隧道出洞口主要工程地质问题：1）隧道左侧出洞口穿越杂填土体稳定性问题 2）隧道出洞

口段左洞偏压问题 3）出洞口仰坡稳定性问题。

由于拟建隧道出洞口左洞为杂填土填方区，岩土界面较陡，隧道施工可能出现沿岩土界面滑移的可能，且杂填土自身强度低，稳定性差，施工难度大，隧道出洞口成洞困难，故建议左洞出洞口段采用明挖法进行施工（清除杂填土土体）。

隧道出洞口右洞围岩为泥岩岩体，根据赤平极射投影图 2.10-2 可知，隧道出洞口右洞仰坡主要受 1#裂隙和 1#裂隙与 2#裂隙交线控制，仰坡岩体可能出现掉块破坏。建议按设计方案进行放坡后喷射混凝土护面处理后裂隙结构面对仰坡稳定性影响小。综上所述，建议左侧洞口可提前至 K0+770 处采用明挖施工成洞（即桩号 K0+770 处为暗挖施工与明挖施工分界节点桩号），隧道右侧进洞口仰坡形成条件较好，可按设计方案进行支护后成洞。



结构面、线产状表

结构面＼产状	倾向(°)	倾角(°)
①层面	245	10
②裂隙	75	82
③裂隙	161	76
④边坡	90	89
⑤交线	165	2
⑥交线	248	10
⑦交线	135	74

图 2.10-2 万兴路隧道出口右洞仰坡赤平极射图

3 隧道工程设计

3.1 隧道总体布置、隧道线型

隧址选择既要服从路线的总体走向，又要综合考虑隧道沿线的地形、地貌、地质、水文、气象、经济、地面及地下构筑物、地面交通、施工条件和运营条件等因素，合理调整线路平剖面，尽可能使本项目的建设既安全又经济、合理。

3.1.1 隧道平面设计

万兴路接线隧道设计左、右线采用分离式双洞单向三车道隧道方案，在满足平面线型布设要求前提下，采用分离式隧道方案，两隧道线路测设中线间间距为 15m。其中隧道左线位于曲线半径 R=2200(4000)m 的圆曲线上，隧道纵坡 1.25%，右线位于曲线半径 R=1500(2500)m 的圆曲线上，隧道纵坡 1.25%。左线隧道起止桩号为：ZK0+100～ZK0+840，隧道全长 740m，右线隧道起止桩号为：YK0+100～ZK0+840，隧道全长 740m，属中隧道。

3.1.2 隧道纵断面设计

隧道纵断面设计除综合考虑以上因素外，还考虑了隧道内交通条件、行车安全、防灾救援等因素，隧道左线纵断面设计时采用-1.25%/ 1008.24m 的单向坡，隧道右线纵断面设计时采用-1.25%/ 1008.44m 的单向坡。

（平纵面指标详见隧道表和相关设计图）。

3.2 隧道建筑限界

隧道建筑限界及内轮廓尺寸根据《城市道路工程设计规范》（CJJ 37-2012）、《公路隧道设计规范》（JTG D70-2004）、《公路工程技术标准》（JTG B01-2003）、重庆市《城市道路交通规划及路线设计规范》（DBJ50-064-2007）、重庆市规划局的批复意见、初步设计专家审查意见等要求，结合本线技术标准拟定。

1、隧道主洞及隧道内其他各种洞室的建筑限界均以满足规范要求，且隧道内各项设备均不得侵入建筑限界内，隧道内路面为-1.5%的单面横坡。

2、限界净宽：

（1）隧道主洞：

1）限界净宽为 14.5m(检修道 0.75m+路缘带 0.5m+小车道 3.5+大车道 3.75+大车道 3.75 +路缘带 0.5m+检修道（兼做人行道）2.0m)。

2）限界净高：5.00m。

（2）车行横洞建筑限界净宽：

1）限界净宽为 4.5m。

2）限界净高：5.00m。

（4）人行横洞建筑限界净宽：

1）限界净宽为 2.0m。

2）限界净高：2.5m。

3.3 隧道内轮廓

主隧道及隧道内各洞室的内轮廓以建筑限界为基础，考虑衬砌结构受力特性、围岩变形特征、装修、工程造价和安装各种营运管理设施的要求拟定。

3.3.1 主洞衬砌内轮廓

根据建筑限界要求以及电缆沟、排水沟、隧道通风需要以及机电设施等所需空间尺寸确定了衬砌内轮廓断面型式。拟定为三心圆曲边墙结构。

3.3.2 车行横通道衬砌内轮廓

衬砌内轮廓拟定为两心圆曲边墙结构。

3.3.3 人行横通道衬砌内轮廓

衬砌内轮廓拟定为单心圆直边墙结构。

3.4 洞口设计

隧道洞口设计除按“因地制宜、早进晚出”的原则确定外，还充分考虑了洞口工程与周围景观、地形地貌相协调，尽可能避开不良地质和高边坡，洞门型式综合全线景观、人文要求、环境保护、行车安全等因素确定。

1、洞口位置、洞门形式的确定

（1）隧道进口

隧道进口地形陡峭，洞口位置主要由 3S 行程、景观要求及边、仰坡共同控制，隧道进口桩号（左线 ZK0+100、右线 YK0+100）左、右线采用合建端墙式洞门，结合绿化、景观要求进行设计。

（2）隧道出口

隧道出口右洞地形陡峭，左洞地形平缓，洞口位置主要由景观要求及边、仰坡共同控制，隧道出口桩号（左线 ZK0+840、右线 YK0+840）左、右线采用合建端墙式洞门，结合绿化、景观要求进行设计。

2、洞口结构：

（1）为减少洞口段病害的发生，同时考虑到环保、绿化及抗震的要求，在隧道进、出口及浅埋地段结合地形、地质情况设置钢筋混凝土明洞结构及复合式加强衬砌对该段结构予以加强。

2）明洞结构设计采用荷载-结构模型进行结构计算分析。

3）明洞结构采用整体式钢筋混凝土衬砌，根据洞顶边坡稳定需要确定拱顶回填土厚度及回填土石顶面横坡；浅埋暗挖段采用超前大管棚及型钢钢架等辅助措施加强支护。

3、洞口护坡：

（1）永久防护：洞口及明洞地段永久护坡结合绿化、景观要求，采用锚杆挡墙及植草护坡，明洞顶在回填耕植土上种植草皮绿化。

（2）临时防护及超前支护：隧道洞口明洞段临时边、仰坡、明暗分界处直开挖面及出口洞门背后开挖面均采用锚、网、喷支护。同时于进、出口地段拱部各设置一环 Φ108 大管棚及型钢钢架加强支护进洞，保障施工安全。

4、洞口截、排水系统：

（1）隧道洞门端墙顶设置 0.6*0.4m 排水沟，通过 D200 管道接入市政排水系统。

（2）洞口边、仰坡开挖边缘线外 5～10 外，根据地形、地质情况设置浆砌片石截水天沟，防止雨水冲刷洞口边、仰坡，影响边坡的稳定性，同时建立完善的洞口防排水系统，保障隧道施工和运营安全。

（3）隧道内侧沟水与洞外排水系统衔接过渡，将地下水排出隧道外。

5、洞口景观：

根据业主意见，隧道洞口景观设计由专业景观单位进行专项设计。

3.5 洞身结构设计

3.5.1 明洞结构设计

明洞支护参数如下表。

表 3.5-1 明洞衬砌支护参数表

明洞类型	拱墙(cm)	仰拱(cm)
路堑式明洞	80(钢筋砼)	80(钢筋砼)

明洞地基承载力不应小于 0.30MPa，若承载力特征值较低，地基采用 C15 片石混凝土换填等措施进行处理，待达到设计强度后，应立即浇筑仰拱混凝土，其它施工应严格按照《公路隧道施

工技术规范》(JTG F60－2009)相关要求进行施作。

3.5.2 明洞侧桩板挡墙设计

（1）材料

明洞左侧临时支护采用桩板挡墙进行支护，设计采用截面尺寸为 1.6×2.0m 的桩，桩间中心距为 5m，采用 C30 钢筋砼现浇。桩间采用现浇挡土板支护，挡土板厚度为 30cm，嵌入地面以下深度不小于 0.5m。

桩板挡墙后均设置竖向 φ50mm 软式透水管，墙底设置纵向通长的 φ100mm 透水软管，通过 φ100mmPVC 管就近接入道路排水系统。

（2）构造要求

桩保护层：50mm，面板保护层：30mm；

（3）设计要点

1）本次设计桩板挡墙均为人工挖孔桩，挖孔前应复核测量基线、水准点及桩位。开挖过程中应不断检查孔的中心及直径，做好施工记录。本次设计采用动态设计，开挖时应注意观察土质及岩性变化，对照复核地质报告，出入较大时要与勘察、设计单位联系，当遇到不利土层，应会同有关单位采取处理措施。

2）桩孔内虚土沉渣清除干净，不允许对超挖部分垫土、垫砂，如有扰动或超挖应在清理干净后用 C15 级混凝土垫平。

3）桩孔穿越土层时应设置护壁，第一节挖深约 1.2m，浇钢筋混凝土护垫，其厚度增加 100mm，高度宜高出地面 150-200mm，以防杂物落入孔内。护壁应进入强风化岩层，深度不小于 1m，若岩体比较破碎，应增加护壁深度。

4）直径 16mm 及以上的钢筋应采用剥肋滚轧直螺纹连接，接头等级应达到Ⅰ级，并应按规范要求错开接头。钢筋必需具备出厂合格证明，使用前，应对钢筋进行随机抽样，做力学性能试验，满足规范要求后方可使用。钢筋笼外侧需设混凝土垫块或采用其它有效措施，确保钢筋保护层厚度。

5）本次设计桩板挡墙桩孔应跳槽开挖，间距为 1 根桩，当桩身强度达到 80%以上时方可开挖相邻桩，当桩身强度达到 100%方可施工挡板。

3.5.3 暗洞衬砌结构设计

（1）衬砌设计原则

按新奥法原理进行洞身结构设计，即以系统锚杆、喷砼、钢筋网、钢架组成初期支护与二次模筑砼相结合的复合衬砌型式；根据工程类比并结合结构验算结果拟定洞身衬砌支护参数。

（2）洞身衬砌结构支护参数

表 3.5-2 分离式隧道洞身衬砌支护参数表

项　目		Ⅴ级围岩加强段	Ⅴ级围岩普通段	Ⅳ级围岩加强段	Ⅳ级围岩普通段
初期支护	C25 喷射砼	28cm	27cm	26cm	24cm
	Φ8 钢筋网	@15×15cm	@20×20cm	@20×20cm	@25×25cm
	系统锚杆	@100×50cm L=4.0m	@100×60cm L=4.0m	@10×80cm L=4.0m	@100×80cm L=3.5m
二次衬砌		70cm	70cm	60cm	50cm
仰　　拱		70cm	70cm	60cm	50cm
辅助措施		Φ133 超前大管棚，环距 40cm	Φ108 超前大管棚，环距 40cm		
		I22a 工字钢拱、@50cm	I20a 工字钢拱、@60cm	I20a 工字钢拱、@70cm	I18 工字钢拱、@80cm

表 3.5-3 车行横通道衬砌支护参数表

衬砌类型	初 期 支 护						二次衬砌
	喷砼(cm)	锚杆		钢筋网(cm)	钢架纵距(cm)	预留变形量（cm）	拱墙(cm)
		长度(cm)	纵×横间距(cm)				
Ⅳ车	12	300	100×100	φ6.5@25	无	8	35
Ⅳ车加强	15	300	100×100	φ6.5@25	无	8	40（钢筋砼）

表 3.5-4 人行横通道衬砌支护参数表

衬砌类型	初 期 支 护					二次衬砌
	喷砼(cm)	锚杆		钢筋网(cm)	预留变形量（cm）	拱墙(cm)
		长度(cm)	纵×横间距(cm)			
Ⅳ	8	200	100×100	φ6.5@25	/	30
Ⅳ	10	200	100×100	φ6.5@25	/	35

3.6 防排水设计

3.6.1 设计原则

对于隧道顶部花漾湖区段及生态环境对地下水敏感区段等段落，应本着“以堵为主、限量排放、综合治理”的原则进行，以保护生态环境、保障坡顶居民的正常生产生活，同时确保隧道内无渗漏水现象，保证结构和设备的正常使用和行车安全。施工时及竣工后应加强隧道影响范围内生态环境、水库、地下水的动态监测。

隧道防排水按“防排堵相结合、因地制宜、综合治理”的原则进行设计；采用防、排、截、堵结合，形成完整的防排水体系，使隧道防水可靠，排水通畅，保证运营期隧道内不渗不漏，基本干燥。

3.6.2 洞口防排水

结合洞口的地形情况，于洞口边仰坡坡口外 5m 左右设截水沟，防止雨水对坡面、洞口的危害；洞口雨水不得进入隧道，经截、排水沟汇入临近路基涵洞或自然沟渠中。

3.6.3 洞身防排水

暗挖段隧道洞身防水是在二次衬砌与初期支护之间铺设高分子复合自粘防水卷材，明挖段隧道洞身防水是在明洞衬砌背后涂刷一道沥青，并铺设高分子复合自粘防水卷材，防水卷材外为 C20 细石混凝土保护层 10cm。

二次衬砌（明洞衬砌）采用防水混凝土，二次衬砌（明洞衬砌）防水砼抗渗等级不应低于 P8，即在二次衬砌（明洞衬砌）中掺入胶凝用量 8%的微膨胀高效抗裂防水剂，以提高衬砌结构的自防水能力；同时为提高二衬混凝土的耐久性，延长隧道的使用寿命，全隧道内表面喷涂 FWA-DPS 永凝液防水剂三遍。

全隧道二次衬砌施工缝设膨胀止水条、沉降缝设止水带。

高分子复合自粘防水卷材由 HDPE 片材、沥青自粘层和土工布组成，HDPE 片材厚 1mm，沥青自粘层厚 0.5mm，土工布 300g/m^2 。防水卷材通过吊绳挂于初期支护上，带吊绳处土工布与 HDPE 片材粘结必须用超声波点复合焊接，焊接点复合面积 11cmX14cm。除焊接点外土工布与片材是分离的。HDPE 片材留边约 12cm。吊绳可自由更换。其主要技术及性能指标应满足下表要求。

表 3.6.1 防水卷材主要技术及性能指标表

项目		指标	
		PE	AL
断裂拉伸强度，N/10mm ≥		130	100
断裂伸长率，% ≥		450	200
撕裂强度，N/10m ≥		120	120
不透水性	压力/Mpa	0.3	0.3
	保持时间 120min	不透水	不透水
胶料耐热度，℃ ≤		65	65
低温弯折，℃ ≤		—20 无裂纹	—20 无裂纹
剪切性能，N/10mm ≥	自粘面与自粘面	40 或粘合面外断裂	40 或粘合面外断裂
	自粘面与片材	40 或粘合面外断裂	40 或粘合面外断裂
剥离性能，N/10m ≥		40 或粘合面外断裂	40 或粘合面外断裂
与水泥砂浆粘结强度，N/10mm	剪切性能 ≥	40 或粘合面外断裂	40 或粘合面外断裂
	剥离性能 ≥	40 或粘合面外断裂	40 或粘合面外断裂
人工候化	断裂拉伸强度保持率% ≥	80	80
	胶断伸长率保持率% ≥	70	70
热空气老化[80℃x168h]	断裂拉伸强度保持率% ≥	80	80
	胶断伸长率保持率% ≥	70	70
耐碱性[10%$Ca(OH)_2$常温 x168h]	断裂拉伸强度保持率% ≥	80	80
	胶断伸长率保持率% ≥	70	70
臭氧老化[40℃x168h]200pphm		无裂纹	无裂纹

隧道衬砌排水是在衬砌拱背，防水层与喷射混凝土层之间设纵环向盲沟。纵向盲沟设在边墙底部，沿隧道两侧，全隧道贯通，环向盲沟沿隧道拱背环向布设，每 10m 一道（明洞段为 5m 一道）。并下伸到边墙脚与纵向盲沟相连，在遇有地下水较大的地段或有集中渗水地段应加设环向排水盲沟，衬砌背后的地下水通过环向排水盲沟、无纺布汇集到纵向盲沟以后，通过横向排水管，将地下水引入路缘边沟排出洞外。横向排水管每 10 米一道（明洞段为 5m 一道），地下水量较大时加密设置。

微膨胀高效抗裂防水剂应具有无氯离子，无碱含量，对钢筋无锈蚀危害，对人、畜、环境无污染、无毒、无害的特点。其主要技术及性能指标应满足下表要求。

表 3.6.2 微膨胀高效抗裂防水剂主要技术及性能指标表

检测项目			标准要求
物理性能	细度（%）	比表面积（m2/kg）	＞250
		0.08mm 筛筛余	≤12
		1.18mm 筛筛余	≤0.5
	凝结时间（h:m）	初凝	≥45min

		终凝	≤10h
	限制膨胀率%	水中 7d	≥0.025
		水中 28d	≤0.10
		空气中 28d	≥-0.020
	抗压强度 Mpa	7d	≥25.0
		28d	≥45.0
	抗折强度 Mpa	7d	≥4.5
		28d	≥6.5
	渗透高度比		≤40

全隧道内表面喷涂 FWA-DPS 永凝液防水剂三遍，以提高二衬混凝土的耐久性及防水性能，其主要性能指标应满足下表要求。

表 3.6.3　JC/T1018-2006 标注技术主要性能指标表

序号	实验项目		技术指标
			DPS
1	外观		无色透明、无气味
2	密度/g/cm3	≥	1.07
3	PH 值		11±1
4	粘度/s		11±1
5	表面张力/mN/m	≤	36
6	凝胶化时间/min	初凝	-
		终凝	≤400
7	抗渗性/渗入高度/mm	≤	35
8	贮存稳定性，10 次循环		外观无变化

表 3.6.4 地标《界面渗透型防水涂料质量检测评定标准》检测报告

序号	项目	单位	DBJ-54-2000 标准值	实测数据
1	抗压强度比	%	≥100	≥103
2	渗透深度	mm	≥2	2.8
3	48h 吸水量比	%	≤65	54
4	抗透水压力比	%	≥200	200
5	抗冻性	-20^0C-20^0C,15 次，表面无粉化、裂纹		表面无粉化、裂纹
6	耐热性	80^0C，72h 表面无粉化、裂纹		表面无粉化、裂纹
7	耐碱性	饱和氢氧化钙浸泡 168h，表面无粉化、裂纹		无粉化、裂纹
8	耐酸性	1%盐酸溶液浸泡 168 h，表面无粉化、裂纹		无粉化、裂纹
9	钢筋锈蚀	无锈蚀		无锈蚀

隧道内表面涂刷水泥基水性渗透型无机防水剂FWA-DPS永凝液防水剂的施工工艺如下：

(1)基层处理：将基面污迹、油污、灰皮、浮渣等污物去除，达到基面坚实、平整。若有蜂窝、麻面、开裂、酥松等缺陷，应事先修补，最后将基面净化。

(2)基层表面湿度要求：对正常使用情况下的混凝土或新筑的混凝土，宜先用清水润湿基面为佳。但不存明水为施工前状态。

(3)取原液按用量要求，准确计量低压喷施。严禁掺水稀释，使用前先将溶液摇晃均匀直至起泡沫，如有冻结待完全融化后再用。

(4)一般用量为3-4m^2/kg，只需单次施工即可达到防水要求，如需二次施工，可在第一次施工结束24小时后进行。喷施过程中视混凝土或水泥砂浆表面吸收程度，吸收快则需增加用量。

(5)竖立面应从底部开始施工。

(6)养护：施工结束后保持24小时内无雨水冲刷。如表面有浮物，待养护期后用清水冲洗干净，方可进行下道施工作业。

(7)施工温度：一般要求在40C-320C时无风雨天气方可施工。

3.7　路面工程

3.7.1　主洞路面

路面结构为 CF40 钢纤维混凝土 20cm+防水粘接层（由（由 0.4～0.7Kg/㎡的 GS 溶剂型粘接剂+0.2～0.4 L/㎡的改性乳化沥青组成）+6cm AC-20C 中粒式改性沥青混凝土+0.4～0.6 L/㎡的改性乳化沥青粘层+4cm 的 SMA-13 阻燃改性沥青混凝土。为了提高沥青混泥土路面的性能，在 AC-20C 中粒式改性沥青混凝土中加入抗车辙剂，掺量为沥青混凝土重量的 0.4%，即每吨混合料掺加 4 公斤。

防水粘接层由 0.7Kg/㎡的 GS 溶剂型粘接剂组成，其应具有防水效果显著、界面粘接强度高、涂膜柔性好、施工简便、无毒环保等特点。

表 3.7-1　GS-Ⅰ溶剂型粘接剂的物理力学性能及技术要求

检测项目	技术指标
外观	黑色或褐色液态
比重，kg/L	0.95

固含量，%		≥45
闪点，℃		≥26
粘度（涂 4 粘度计），S		≤15
指干时间（20℃），h		≤30
固化时间（20℃），h		≤30
附着力，MPa	20℃	≥1.0
	40℃	≥0.6
渗水系数，ml/s		≤1.0×10-8
柔韧性		不大于 1 级
铺装沥青砼后的粘接强度，MPa	20℃	≥1.0
	40℃	≥0.6
铺装沥青砼后的剪切强度，MPa	20℃	≥0.8
	40℃	≥0.4

4.0cm 厚阻燃 SMA13 沥青玛蹄脂碎石上面层中应掺入沥青用量 6-10%的隧道路面专用复合阻燃改性剂，以达到阻燃改性效果。隧道路面专用复合阻燃改性剂应具有阻燃效果好（OI 氧指数应大于 30）、掺入后不影响沥青的其它路用性能，在达到阻燃性能的同时不改变沥青的技术性能、与沥青相容性好、环保等特点，其技术指标应满足下表要求。

表 3.7-2　隧道路面专用复合阻燃改性剂的技术指标

P_2O_5（%）	>2.0
N（%）	>8.0
MgO（%）	35～50
AL_2O_3（%）	>18
密度（g/cm^3）	>2.0
分解温度（℃）	>270
吸热温度（℃）	>250
PH	5.5～7.0
粒 径	<10um
表面颜色	白色

3.7.2 **横通道**

（1）车行横通道

面层：20cm 厚 C40 混凝土面层，其设计抗弯拉强度不小于 5.0MPa；基层：C20 混凝土，厚 15cm。

（2）人行横通道

面层：10cm 厚 C40 水泥混凝土；基层：C15 混凝土，厚 20cm。

3.7.3 **路面技术要求**

1、改性乳化沥青

所用改性乳化沥青技术指标如下表。

表3.7-3改性乳化沥青技术要求

指　　标		要　　求	试验方法
1.18mm 筛上剩余量　%		≤0.3	JTJ052-2000
粘度	C255　　（秒）	40～100	
	恩格粘度	15～40	
蒸发残留物性质	针入度　25℃ 0.1mm	80～200	
	残留延度比	≥80	
	溶解度（三氯乙烯）	≥97.5	
贮存稳定性　　(CH5)		<5	
蒸发残留物含量　%		≥50	
低温贮存稳定性　（-5℃）		无粗颗粒或结块	

2、改性沥青

铺装层采用阻燃改性沥青，其技术要求如下表。

表3.7-4 隧道内阻燃改性沥青技术要求

技 术 指 标	复合阻燃改性沥青
针入度 15℃、100g、5s　(0.1mm)	18.5
针入度 25℃、100g、5s　(0.1mm)	37.4
针入度 30℃、100g、5s　(0.1mm)	51.1
延度 5℃、5cm/min　　(cm)	25.1
软化点 TR&B　　(℃)	90.2
针入度指数 PI	2.1
氧指数	31
弹性恢复 25℃(%)	91.0

闪点(℃)	300
针入度比，%	74.5
质量损失(%)	0.08
延度（5℃），mm	21

3、抗车辙剂

在AC-20C中粒式改性沥青混凝土中加入抗车辙剂，掺量为沥青混凝土重量的0.4%，即每吨混合料掺加4公斤。其技术要求如下表。

表3.7-5 抗车辙剂的技术要求

指　　标	要　求
粒径	≤4mm
密度	1.0±0.1g/cm^3
软化点	130℃
熔融指数	≥8g/10min
添加抗车辙剂的沥青混凝土动稳定度	≥6000 次/mm

4、集料及矿粉

为满足隧道复合路面的功能要求，选用花岗岩卵石破碎的集料作为隧道铺装面层SMA13用粗集料，石灰岩作为细集料。AC-20采用石灰岩作为集料。粗集料、细集料应满足我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTG　F40—2004)中的表C.8及表C.11中的要求。

花岗岩卵石破碎的粗集料的1:3细长扁平颗粒含量必须<15%，1：5细长扁平颗粒含量应<5%。洛杉矶磨耗损失应小于28%。石料磨光值(BPN)应不小于42，且石料破碎面积不低于90%。

改性沥青SMA13所用石料的级配组成需满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG　F40—2004）中对高速公路和一级公路石料的分级要求。

采用符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG　F40—2004）中技术要求的石灰岩矿粉。施工中应保持矿粉干燥无结团，结团的矿粉不得直接使用。

5、　纤维

纤维是用于SMA混合料中的稳定剂，采用木质素纤维，纤维生产厂家应提供纤维产品质检报告。

6、抗剥落剂

为保证沥青混合料中石料与沥青的粘附性，在石料与沥青的粘附达不到4级或4级以上的条件下，需使用抗剥落剂来改善其间的粘附性。

7、混合料级配组成与性能要求

SMA13混合料设计级配应满足表中的技术要求。AC20C混合料设计级配组成及性能要求按规范执行。 SMA13沥青用量(油石比)推荐范围6.0～7.5%，需现场进行配合比设计并检验性能后确定。设计混合料的体积特性及性能需满足表中的技术要求。纤维推荐用量为SMA13混合料重量的0.4%。SMA13面层抗剥落剂推荐用量为沥青用量的0.3～0.4%。此外对沥青混合料还要求VCA≤VCADRA。

表 3.7-6 铺装面层 SMA13 混合料级配

通过筛孔（mm）	通过率　%
16.0	100
13.2	90～100
5	55～75
4.75	20～32
2.36	16～24
1.18	14～20
0.60	12～18
0.30	11～17
0.15	10～14
0.075	8～11

表3.7-8铺装面层SMA13混合料性能要求

技术指标	要　　求
空隙率 Va　%	3.0～4.0
矿料间隙率 VMA　%	≥17.0
沥青饱和度 VFA　%	70～85
马歇尔稳定度　KN	＞6.2
流值　（0.1 mm）	20～50
马歇尔残留稳定度　%	≥80
60℃动稳定度 DS　次/mm	≥3000
冻融劈裂残留强度比　%	≥75
-10℃低温弯曲极限应变	＞2×10-3

击实次数	两面各 50 次

3.7.4 **施工技术要求**

3.7.4.1 对基面的技术要求

对于水泥混凝土面板的缩缝、胀缝、施工缝，先清除缝内杂物，再填入填缝料。水泥混凝土面板应采取凿毛和清除表面浮浆等技术措施，以确保与沥青层之间的粘接力，且应检查水泥混凝土面板的平整度，在平整度符合要求的条件下，即可进行粘接层涂布。

3.7.4.2 对粘接层的技术要求

施工前将水泥混凝土基面清扫干净，GS粘接剂混合均匀后涂刷在水泥混凝土基面上，24小时后可进行防水卷材铺设和乳化沥青洒布施工，防水卷材的铺设必须与基面充分贴实，无漏空，以确保防水卷材与基面的有效粘接。

3.7.4.3 改性沥青混凝土施工技术要求

隧道路面专用复合阻燃改性剂的用量为沥青用量的5%。

隧道路面专用复合阻燃改性剂可直接加入热沥青中，确保搅拌20min以上。

隧道路面专用复合阻燃改性剂可在改性沥青生产完成后直接加入沥青改性设备高速剪切混合乳化机的胶体磨中，剪切20min即可，制成阻燃改性沥青，然后导入带搅拌的储存罐中，恒温至175～180° C。

为防止加入阻燃剂后的沥青在长时间储存时发生少量离析影响沥青性能和阻燃效果，要求带有搅拌设备。

3.7.4.4 沥青混凝土施工技术要求

粘接剂洒布完毕并完全固化后，按要求铺上防水卷材，并立即铺筑沥青混凝土。

沥青混合料在拌和前，应认真检验原材料的质量，只有符合部颁标准要求的材料才能进场使用，并在施工过程中随时进行抽检。

沥青混合料在拌和前，应进行认真的级配设计，在检验所设计的混合料的性能指标达到设计要求的条件下，才允许作为沥青拌和站的目标控制级配。

沥青混凝土拌和站在拌和沥青混凝土前，应认真校核拌和机的计量精度，在确认计量精度达到设计要求时，才允许进行拌和。

沥青拌和站在拌和沥青混合料时，应保证足够的拌和时间，以保证混合料拌和均匀，无花白料。

沥青混合料在运输过程中，如果气温较低或等候时间过长，应采取保温措施，以免温度降低太快，影响沥青混合料的摊铺和压实。

已运到施工现场的沥青混合料在保证拌和站能满足摊铺机需要的条件下，应尽可能快的摊铺，以免温度降低太快，影响压实效果。混合料的摊铺温度应大于165℃，终压温度应大于120℃。

当摊铺机出现故障并认为在短期内无法修复时，应就地做成一条接缝；当日施工完毕，应在完毕处做成一条垂直接缝。

压路机应视摊铺时的气温和沥青混合料的温度情况，紧跟摊铺机进行碾压。在碾压过程中压路机的重复碾压宽度应不小于压路机轮宽的三分之一。

隧道内铺装施工时应采取恰当的通风排气措施，保证施工现场有足够的亮度和通风，以使施工可以顺利进行。施工完毕后的路面应在24h内禁止一切车辆通行。

3.7.4.5 抗车辙剂施工技术要求

为了提高添加抗车辙剂的精确度以及避免因人工添加产生的安全事故，添加抗车辙时应使用带电子称重功能和随机打印功能的添加设备添加。

在热集料干拌时将一定比例的JTJ-130型抗车辙剂一次性投入，应适当延长搅拌时间10~15秒。

掺加抗车辙剂后，沥青混合料出料温度、摊铺温度和初压温度比同等气温下普通沥青料提高10~20℃。

3.8 横通道设计

按照《建筑设计防火规范》(GB50016-2006)的要求，为方便左右隧道洞内的联系和发生事故时的救援与逃生，隧道设置了横通道。当隧道发生火灾等事故时，左右洞互为救援和逃生通道。为了方便隧道检修和救援，在隧道洞外设置联系道，以便左右线车辆在紧急情况下换道行驶。

(1)人行、车行横通道根据《建筑设计防火规范》(GB50016-2006)结合防灾救援的需求进行布置，车行、人行横通道以 90° 与左、右线隧道相交，横通道结构及防水设计与正洞相同，在

与正洞相交处进行结构加强，本隧道共设 1 处车行横通道，2 处人行横通道。

(2)车行横通道设置间距可取 200～500m,并不得大于 500m;人行横通道设置间距可取 250～300m，并不大于 300m；车行横通道底面与行车主洞路面齐平，人行横通道底面与检修道顶面齐平。

3.9 隧道内装饰设计

隧道检修道以上2.7m范围内隧道内部侧墙装饰采用8mm厚乳白色装饰板，沿隧道全长设置。装饰板应采用配套专用龙骨支架及相关配件固定于隧道边墙上。装饰板应采用A1级不燃材料，具有易清洁、耐酸、耐碱、抗冻融等特性。

隧道内部防火装饰板以上部分装饰应采用隧道专用防火涂料，其中要求防火涂料和混凝土的粘结强度不小于0.1Mpa；干密度不大于800kg/m³；耐水性（经30天试验）涂层不开裂、起层、脱落；耐火极限不小于2小时，厚度为15mm，其中底层厚14mm，面层厚1.0mm，为黑色。防火涂料装饰层与装饰板之间应有不小于15cm的搭接长度。

采用的隧道装饰板材，其技术指标如下表：

表3.9 隧道内装饰板材的技术要求

密度 g/ c m³		≥1.8
吸水量 g/100c m²		≤ 0.5
湿涨率%		≤ 0.5
不透水性		24h 后无滴水
燃烧性能	基板	A 级
抗冻性		经 25 次冻融循环，不出现破裂分层
抗折强度（气干状态）Mpa		≥50
抗冲击强度 KJ/m²		≥ 4.0
耐洗刷性 10000 次		无明显变化
耐酸性		不起泡、不脱落、不开裂
耐碱性		不起泡、不脱落、不开裂
耐溶剂性 丁酮 100 次		不露底
铅笔硬度 H		≥6
耐沾污性 %		≤ 8
耐候性 h 变色 <2.0		2000
抗冻性		25 次冻融循环后无破裂分层
放射性		环保 A 级
石棉		100%不含有石棉成分
表面贴面颜色		保证 20 年不变色

洞内装饰采用的涂料、饰材等的样口及特性数据应送设计、监理及业主单位会审，正式施工前应作试验段，合格后方可正式施工。

3.10 隧道通风设计

3.10.1 交通量及交通组成

根据工可报告中本项目所在区域历年交通量和交通组成采用“四阶段预测”法预测远景交通量和交通组成，结果见下表：

表3.10-1 隧道高峰小时交通量及车辆组成表

设计年度	小型客车	大型客车	小型货车	中型货车	大型货车	拖挂、集装箱	混合车辆合计
2015	1567	381	639	219	85	42	2933
2020	2304	560	940	320	125	61	4310
2025	2616	637	1068	365	142	69	4897
2035	3200	778	1305	446	172	85	5987

注：表中高峰小时交通量按 12%计算。上下行隧道交通比例组成为 1：1

3.10.2 通风计算参数

通风计算参数见下表：

表3.10-2 通风计算参数表

隧道名称	隧道长度(m)	纵坡(%)	隧道断面积(m2)	隧道设计车速(km/h)	隧址平均海拔高度(m)	CO 递减率(%)	当量直径

万兴路隧道	左洞	740	1.25	99.45	50	280	0.015	8.85
	右洞	740	1.25	99.45	50	280	0.015	8.85

3.10.3 通风量计算

根据隧道高峰小时交通量、火灾临界分速、换气通风次数及排烟风速，分别对稀释 CO、烟雾（包括交通正常及交通阻塞）工况、换气工况、火灾时抑制烟雾及热量扩散工况及火灾后排烟工况分别进行计算，其中当火灾工况时，设计按上下行隧道同时只有一条隧道发生火灾，且发生火灾隧道一次只有一个着火点考虑；以一般大客车（或一般卡车）的火灾释放热量计算火灾救援时的临界控制风速，计算得临界风速 Vcr＝3.53m/s。结果见下表：

表 3.10-3 左线隧道需风量表（风量单位：m^3/s）

计算工况	稀释 CO 所需风量		稀释烟雾所需风量		换气	火灾
	正常行车	交通阻塞	正常行车	交通阻塞	换气频率	临界风速
计算行车速度	50	10	50	10	5 次/h	3.53
2015	32	35	27	80	73.12	165.65
2020	35	38	33	82	73.12	165.65
2025	48	50	55	91	73.12	165.65
2035	55	57	90	98	73.12	165.65

表 3.10-4 右线隧道需风量表（风量单位：m^3/s）

计算工况	稀释 CO 所需风量		稀释烟雾所需风量		换气	火灾
	正常行车	交通阻塞	正常行车	交通阻塞	换气频率	临界风速
计算行车速度	50	10	50	10	5 次/h	3.53
2015	15	25	16	35	73.12	165.65
2020	18	22	19	55	73.12	165.65
2025	35	42	21	67	73.12	165.65
2035	48	43	90	88	73.12	165.65

由上表知，本隧道设置射流通风机主要用于火灾和突发事件的防灾救援。

3.10.4 通风方式选择及结果

根据本项目隧道的长度、交通量大小及组成、自然风方向、大小及各种工况所需风量，选择射流风机纵向式通风，根据隧道限界以上净空及射流风机和安装件所需净空，隧道初步选择了直径 1000mm（叶轮直径）、带消音装置的射流风机。并且要求射流风机逆转风量不低于正转正向风量的 95%。当隧道发生火灾时，在环境温度为 250° C 情况下射流风机应能正常运转 60min 以上，根据要求初步选择带有 2D 消音装置的 SDS（R）-10-4P-8-33° 双向射流通风机作为计算，计算结果见下表：

表 3.10-5 双向射流式通风机性能参数表

型号	风量 m3/s	出口风速 m/s	电机		带消声器		
			功率 KW	风机功率 KW	推力 N	声压 dB(A)	重量 kg
SDS（R）-10-4P-8-33°	26.1	33.2	30	28.3	981	66	850

表 3.10-6 隧道风机计算结果表

方案		桩号	小计（台数）
隧道左线		ZK0+250	2
		ZK0+560	2
		ZK0+700	2
隧道右线		YK0+250	2
		YK0+560	2
		YK0+700	2
合计			12

3.10.5 火灾风流控制方案

当隧道发生火灾时，着火隧道风机启动向行车方向送风；邻近隧道进出口射流风机均应向洞内送风(即出口方向的射流风机逆向运转)，使隧道内形成正压，以保证开放的人行及车行横通道中形成吹向火灾隧道的新鲜风流，避免火灾隧道的烟气窜入邻近隧道，同时立即打开隧道间车行（人行）横通道；风机送风时隧道内的风速宜不小于 2.5m/s（要求大于火灾回流风速）。此时沿行车方向着火点前方的车辆和人员迅速向下行隧道出口方向（或沿车行横洞）撤离。 待火场下风方向的人员和车辆撤离后，关闭隧道内所有通道门，开动全部射流风机向隧道出口吹风，使洞内纵向风速大于设计临界风速（Vcr＝3.53m/s），消防人员从着火隧道上风侧（或从邻近隧道通过车行横洞）方向到达火场救灾灭火。

3.10.6 风机的施工要求注意事项

（1）隧道风机安装位置在平面上应与各预留洞室、衬砌变化处及施工缝等错开。

（2）风机安装前须进行 20 倍以上安装载荷的拉拔试验。

（3）风机安装后风机轴线水平方向高差不大于 4mm。

（4）风机安装的最低位置线与建筑限界线的距离应不小于 20cm。

（5）安装的风机预埋件和固定螺栓(锚栓)必须能承受风机静荷 20 倍以上。

（6）风机预埋件、固定螺栓(锚栓)和风机的安装需找专业的风机安装公司进行安装。

3.11 机电消防设施预留、预埋设计

根据机电、消防设施要求预留的孔洞、管线等预埋件应在二次衬砌施工时一并完成，施工时其位置在征得设计认可的情况下，方可适当调整位置，否则应按设计图中要求准确设置。

（1）为保证隧道内机电设备的安全正常营运，所有放置机电设备的洞室均设模筑混凝土和防水层以保证不渗水、漏水。

（2）隧道射流风机控制箱洞设置于隧道左侧（面向行车方向分左右）边墙上，内净空尺寸（长×高×深）为 0.9×1.0×0.35m，其底面距离检修道顶面 1.0m。

（3）在隧道内及间隔 1 个车行横通道的车道指示器同桩号处设置洞内可变情报板，隧道洞内可变情报板控制器预留洞设置于隧道边墙上，内净空尺寸（长×高×深）为 0.6×0.8×0.4m，其底面距离检修道顶面 0.8m。向上预埋 2 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至可变情报板，向下预埋 3 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至弱电电缆沟，供情报板电力电缆、通信电缆敷设。

（4）根据紧急电话布置原则，紧急电话分机在隧道内在行车方向右侧间距 100m 安装。预留紧急电话分机洞室设置于隧道边墙上，内净空尺寸（长×高×深）为 1000×2100×800mm，高度与检修道齐平，向下预埋 3 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至弱电电缆沟，用于电力电缆、通信光缆敷设；向上分别预埋 1 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至 2.8m 和 4.5m 的高度，用于有线广播及紧急电话标志的线缆敷设。根据有线广播布置原则，其在隧道内行车方向右侧约按 50 米间距布设，其中间隔一处与紧急电话同桩号设置。扬声器安装高度为 4.5 米，向下预埋 1 根可挠金属套管 LV-5-50 至弱电电缆沟处。

（5）根据 CCTV 设备布置原则，摄像机设备在隧道行车方向右侧按 135m 间距设置，摄像机安装高度为 5.2 米。在安装有摄像机桩号处预留光端机箱洞，光端机箱预留洞与摄像机同桩号，大小为 500×600×250mm，高 1000mm，向下预埋 3 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至弱电电缆沟，向上预埋 2 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至摄像机安装位置，供光缆、视频电缆、电力电缆敷设。

（6）隧道内每 50m 左右布设手动报警按钮，其距离消火栓硐室 400mm，消火栓硐室桩号见消防相关设计图。每 50m 左右预留一个手动报警按钮预留洞，其大小为 120×120×70mm，高 1300mm，预埋 1 根 LV-5-15 可挠金属钢套管下引至弱电电缆沟内。

（7）避灾引导灯设置在隧道行车方向左侧按 20m 间距设置。避灾引导灯据检修道安装高度为 1000mm，大小为 420×270×120mm(宽×高×深)。向下预埋 1 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至电缆沟。

（8）人行/车行横通道电光标志安装在隧道行车方向左侧，距离横通道侧 1m 位置处。横通道电光标志据检修道安装高度为 2500mm，在该处设接线盒 1 个，分别向下和向上预埋 1 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至强电及弱电电缆沟，为便于接线，在隧道拱顶设置一接线盒。

（9）在消防设备预留洞右上方设置消防设备指示标志，高为 2500mm，预埋 1 根 LV-5-50 可挠金属钢套管至电缆沟。

（10）根据隧道内车道指示器的布置原则，在隧道洞口和车行横通道附近布设车道指示器。隧道内的车道指示器主要位于紧急停车带中部并悬挂于隧道拱顶，若与射流风机安装位置较近，可将射流风机适当移动，使两者距离约为 50m 左右。洞内车道指示器包括左向横通道指示器、左车道指示器、中车道指示器、右车道指示器，共预埋 3 根 LV-5-50 可挠金属钢套管，由弱电电缆沟至各车道指示器处。洞口车道指示器包括左车道指示器、中车道指示器、右车道指示器，考虑到火灾光纤检测系统光缆的敷设，左车道指示器和右车道指示器处预埋 2 根 LV-5-50 可挠金属钢套管，中车道指示器预埋 1 根 LV-5-50 可挠金属钢套管，共计 5 根 LV-5-50 可挠金属钢套管。

（11）CO/VI 检测仪及风速风向检测仪在隧道中部以及隧道洞口布设。CO/VI 及 TW 设备安装在隧道行车方向右侧，CO/VI 检测器预留一个控制器孔，其大小为 400×400×300mm，高 1200mm，向下预埋 3 根可挠金属套管 LV-5-50 至弱电电缆沟内，向上预埋 3 根可挠金属套管 LV-5-50 至设备安装处（3m 高度）。另在间隔该控制器孔 10m 处再预留 2 根可挠金属套管 LV-5-50 由弱电电缆沟上引至 3m 高度。风速风向检测仪设备预埋 2 根 LV-5-50 可挠金属钢套管，由弱电电缆沟上引至设备安装处（3.5m 高度）。

（12）在车行横通道和隧道洞口附近安装区域控制器，预留区域控制器箱洞室，具体桩号详见平面布置图。内净空尺寸（长×高×深）为 800×1000×300mm，高 600mm，向下预埋 8 根可挠金属套管 LV-5-50 至弱电电缆沟，供光缆、通信电缆、控制电缆等敷设。

（13）隧道组合式消防柜洞室预留洞设置于隧道左侧（面向行车方向分左右）边墙上，内净空尺寸（长×高×深）为 1.9×1.3×0.4m，其底面距离检修道顶面 0.8m。

（14）隧道灭火器箱洞室设置于隧道右侧（面向行车方向分左右）边墙上，内净空尺寸（长×高×深）为 1.1×0.8×0.3m，其底面距离检修道顶面 0.8m。

（15）隧道还预留有各种跨车道的预留槽、管线等，具体位置及其详图详见消防、机电及其交通工程部分，凡是有洞室及设置车道、支洞显示器、照明、通风等设备处均有预留槽或预埋钢管，预留槽和预埋管与电缆槽的连接处均设手孔井。

（16）当设备洞位置同衬砌施工、结构缝干扰处可根据现场情况在设计原则范围内酌情调整。

（17）预埋管道和管件的安装，由具有相应资质的专业安装单位施工。

（18）土建预埋管道和管件，在实施过程中必须密切配合隧道机电安装单位。

4 隧道施工监控量测

4.1 监测目的

隧道施工监测是新奥法的重要组成部分，是信息化设计的重要一环，其目的可概括为预报、控制、检验、改进四个方面。

（1）预报：通过量测发现异常现象，及时预测未来形态和发展趋势，防止灾害的发生。

（2）控制：根据量测进行控制，适时调整支护参数以控制结构内力、位移、沉降，使支护结构发挥最佳工程效益。

（3）检验：根据量测资料可反馈和验证设计的正确性，求得合理、完善和创新。

（4）改进：通过量测结果可评价采用的施工技术的适用性、优越性和改进的途径。

在隧道施工中，通过对隧道围岩动态的监控量测（洞口地段还应对地表沉降进行观测），掌握围岩动态和支护结构的工作状态，利用量测结果调整设计支护参数，指导施工；通过量测预见事故和险情，以便及时采取措施防止事故发生，积累资料为以后的设计提供类比依据，确保隧道的安全，达到隧道施工安全、节约工程投资的目的。

4.2 监测项目

根据隧道的地质条件，围岩特点，设计考虑进行如下项目的量测：

采用精密水准仪进行拱顶下沉观测。

采用周边收敛计，进行围岩周边收敛量测。

采用锚杆抗拔计进行锚杆抗拔试验。

采用精密水准仪进行洞口浅埋段地表沉降观测。

由有经验的地质工程师及时进行掌子面地质观测。

由于本隧道存在现状现状道路，加上地面建筑物较多，且隧道埋深较浅，故除进行上述监控量测外，还应对相关构筑物进行爆破振动、力学行为变化的监控量测。

上述量测结果应及时分析反馈指导施工。

4.3 邻近构筑物施工的安全措施

（1）施工单位施工前应对相关构筑物作详细调查，根据调查资料，精心组织施工。据调查资料，如有必要，为确保既有构筑物的安全，应采取增加其承载力以及修复劣化、开裂部位的措施。隧道洞顶存在现状道路，隧道施工前应注意复核相关排水设计图中关于现状道路上管线的资料，如有管线时应在隧道施工过程中对管线采取迁改或保护的措施。

（2）全隧施工中皆应作好控制爆破

①为了减少爆破振动，采用多打眼少装药的原则减少一次起爆的炸药总量。

②掏槽采用微差起爆控制掏槽时间，微差间隔 50~100ms。

③掘进孔采用微差起爆技术，微差时间 100~300ms。

（3）加强监控量测

邻近构筑物监控量测分邻近构筑物监测及隧道监测。邻近构筑物监测主要监测路线左右 30 米范围内构筑物力学行为的变化、爆破振动影响、建筑物裂缝、不均匀沉降、地面沉降、爆破振速。建筑物的爆破振动速度控制值：1.5cm/s。隧道监测主要有拱顶下沉、洞内水平收敛位移量测。

5 施工组织

5.1 主要施工方法

在保证施工安全的前提下，根据地质情况合理确定施工方法，优化施工步距，提高施工进度，以“少扰动、弱爆破、短进尺、快封闭、强支撑、勤量测”的原则，合理利用围岩的自承能力，达到科学施工，高效生产的目的。隧道开挖采用光面爆破或预裂爆破技术掘进，采用多打眼少装药的原则，预留部分不装药的空孔，并减少一次起爆的炸药总量。

1、喷射混凝土采用湿喷技术；防水板采用焊接工艺，二次衬砌采用整体模板台车整体浇筑。

2、隧道开挖方法主要根据围岩级别、跨度、埋深确定。

3、根据工作实际，本隧道采用的施工方法为环形开挖留核心土法和中隔墙法。人行和车行横洞采用全断面开挖法。对Ⅴ级及以上地质条件较差的段落施工时应特别注意加强超前支护，及时施作初期支护，加强现场监控量测，切实实施动态设计与施工。

4、进洞前应作好超前支护等预加固措施，以策安全。进洞时在洞口掌子面密排两榀钢架，超前导管的尾部与之连接，以保证超前支护的稳定性。

5、隧道明挖段开挖采用人工机械开挖，禁止采用爆破，并要求对称开挖，其中隧道侧墙位于岩石段落处时，隧道侧墙进行垂直开挖，采取原槽浇筑的方式进行施工。侧墙上的岩质边坡临时刷坡线为1：0.2~1:0.5，土质边坡临时刷坡线为1：0.5~1:1，临时边坡采用锚喷支护:其中锚杆为φ22,L=3.5m砂浆锚杆,@120×120cm;C20喷射混凝土厚15cm,采用φ8钢筋网,25cm×25cm。

6、K0+768～K0+840左侧采用1.6×2.0m桩进行临时支护，桩的中对中间距为5m，桩顶标高可根据现状实际地形进行调整，保证桩顶标高与现状地形标高一致。施工中应保证桩嵌入完整中风化岩层深度应不小于桩长的1/3，同时应满足桩嵌入隧道基础下不少于8.0m的要求。

7、隧道按新奥法施工，其中Ⅴ级围岩洞口加强段复合式衬砌段采用φ108管棚预注浆辅助施工，并增设1榀/0.5mI22a型钢钢架加强支护；Ⅴ级围岩普通段复合式衬砌段采用φ42超前小导管注浆辅助施工，并增设1榀/0.6mI20a型钢钢架加强支护；Ⅳ级围岩加强段复合式衬砌段采用φ42超前小导管注浆辅助施工，并增设1榀/0.7mI20a型钢钢架加强支护；Ⅳ级围岩普通段复合式衬砌段采用φ25超前锚杆辅助施工，并增设1榀/0.8mI18型钢钢架加强支护

8、隧道暗挖段施工中应采用机械开挖或微差爆破。其中K0+100~K0+300、K0+545~K0+670需采用短进尺机械开挖。而其他段落的爆破开挖必须严格控制爆破施工中的震动效应，宜采用微差爆破，起爆时间间隔应不小于100ms预裂爆破，Ⅴ级围岩洞口加强段衬砌应保证隧道震动速度不大于4cm/s；Ⅴ级围岩普通段复合式衬砌段应保证隧道震动速度不大于6cm/s；Ⅳ级围岩普通段复合式衬砌段应保证隧道震动速度不大于8cm/s。**同时要求位于轨道交通控制保护区外的隧道开挖工程应严格控制爆破震速，传递至轨道区间隧道衬砌上的爆破震速不得大于1.5cm/s。**

5.2 主要施工工艺

隧道施工各项工序的工艺要求应严格按《公路隧道施工技术规范》（JTG F60-2009）、《锚杆喷射混凝土支护技术规范》（GB50086-2001）等规范规程执行。

5.2.1 明洞施工

（1）地质情况变化较大地段应设置沉降缝；

（2）浇筑拱圈混凝土达到设计强度70%以上时，方可撤除内外拱架；

（3）明洞拱背回填应对称分层夯实，每层厚度不得大于0.3m，其两侧回填的土面高差不大于0.5m，回填至拱顶齐平后应立即分层满铺填筑至设计高度。

5.2.2 隧道开挖

（1）施工应根据隧道洞口、洞身不同的段落和不同的围岩级别和围岩状况采用合理开挖方法。

（2）隧道爆破开挖前，必须根据开挖段围岩的地质条件、开挖断面、开挖方法、掘进循环进尺、爆破材料等因素编制详细的钻爆设计，并报监理工程师批准后实施。钻爆设计的主要内容包括炮眼布置、数目、深度和角度、装药量和装药结构、起爆方法和爆破顺序等。爆破人员应按爆破设计图表及说明严格施工，并根据爆破效果及时修正有关参数，以达到理想的爆破效果。

（3）爆破应采用光面爆破或预裂爆破，分步开挖时可采用预留光面层光面爆破。

（4）光面爆破的参数应根据工程类比法或通过现场试爆确定。在软弱围岩中开挖时，爆破开挖一次进尺应根据开挖宽度和围岩自稳时间严格控制；在坚硬完整的围岩中开挖时，应考虑有利于控制超挖因素综合确定进尺。另外，软岩爆破时周边眼间距宜控制在40cm以内，中硬岩爆破时周边眼间距不宜大于50cm。

（5）隧道开挖中，爆破围岩可能对周围建筑物产生影响时，应监测围岩爆破扰动范围和振动速度。

（6）爆破开挖时必须预留足够的变形量，避免侵限。

5.2.3 **初期支护**

（1）喷射砼采用湿喷工艺。钢架间喷砼应饱满平顺；钢架与围岩之间的间隙应用喷砼充填密实；钢架腹、背的空隙禁止填塞片、碎石或其他杂物。

（2）喷射混凝土的回弹物严禁重复利用。新喷射的混凝土应按规定洒水养护。

（3）喷射砼时，喷嘴应与受喷面保持垂直，同时与受喷面保持一定的距离，一般可取 0.6～1.0m。

（4）隧道爆破开挖后，应坚持先喷后锚的原则，即应首先初喷砼封闭岩面，然后再施作系统锚杆、挂钢筋网、架立钢架，最后复喷达到设计厚度。

（5）隧道系统锚杆为药卷锚杆及Φ25 中空注浆锚杆。药卷锚杆施作时应遵循锚固卷的使用要求，精确控制其泡水时间，随泡随用；系统锚杆方向一般应沿轮廓线法向；当软弱的岩层面和节理裂隙可能对隧道稳定性产生不利影响时，锚杆方向应尽量垂于于不利结构面施作。

5.2.4 **防排水**

（1）防水板及无纺布应在初期支护验收合格后方可施工，同时，应特别检查喷砼支护表面，除去露出的尖锐物，其平整度应符合 D/L<1/6 的要求（L 为相邻凸出距离，D 为凹进深度）。

（2）防水板的搭接采用热风双焊缝施工工艺，防水板搭接长度应不小于 10cm 并应保证接缝质量。

（3）隧道洞身模筑砼变形缝（洞口明暗交界面、覆盖层与基岩交界面、断层破碎带以及 V 级围岩较差的段落）设置橡胶止水带，纵向施工缝和洞身深埋段的环向施工缝应设置带注浆管遇水膨胀止水条。

（4）隧道内边墙下部的 HDPE 纵向排水暗管应外包一层无纺布，以避免土砂颗粒进入管内，造成管道淤塞。

（5）所有排水管路交叉部分，原则上均应采用市售成品。

（6）所有的纵向和横向排水管必须严格按设计的高程埋置到位，不能呈波浪状，引起积水和排水不畅；隧底横向泄水支管埋设时应严格按设计的坡度的管口高程埋置，避免积水倒流；各排水管件交叉处必须用三通或多通管连接；各打孔排水管件均外裹透水无纺布。

5.2.5 **二次衬砌**

（1）隧道边墙及拱部二次衬砌的浇筑应采用移动式液压模板台车和泵送砼整体浇筑，以保证二次衬砌的密实，超挖部分采用同级砼回填。隧道进洞前，模板台车应装配到位；每模衬砌砼应连续浇筑，一次完成。

（2）二次衬砌施作时必须先浇筑仰拱和矮边墙，然后立模进行拱部砼浇筑，矮边墙与拱墙模筑砼间的纵向施工缝宜位于电缆沟盖板以下。仰拱必须整体浇筑，不得分幅浇筑。

（3）二次衬砌砼浇筑时，应采取措施确保隧道拱部砼灌注密实，必要时应在拱部预留注浆孔，以便在二次衬砌背后进行充填注浆。

5.3 施工场地布置

施工场地布置应根据洞口地形特点，结合劳动力安排、机械设备、材料用量、工期要求、施工方法等因素进行全面综合规划。

5.4 施工用水和交通

（1）施工用水

施工用水包括湿式凿岩用水、混凝土拌合用水、清洗施工机械用水等，同时也应考虑施工人员的生活用水。

（2）施工用电

需要从隧道附近高压电接电。

（3）施工便道

隧道进出口均存在现状道路。

5.5 施工通风

根据本隧道的实际情况，施工单位应制定切实可靠的施工通风方案，本隧道施工通风建议采用独头压入式通风。

施工通风的风速和风量要求：全断面开挖时应不少于 0.15m/s，坑道内应不小于 0.25m/s，但均不得大于 6m/s；供风量应保证每人供应新鲜空气不小于 $3m^3$/min。需有备用风机，并能满足

正常施工通风要求。

隧道施工时应采取通风、防尘等措施，定期检测通风的风量、风速、风压，检查通风设备的供风能力和动力消耗，并定期测试粉尘和有害气体的浓度。

5.6 施工排水

洞内施工排水不良会造成支护结构基础下沉，开挖断面不宜稳定，隧道施工恶劣，并影响仰拱回填等结构的施工质量。因此，无论是顺坡排水还是逆坡排水都要求掌子面附近无积水，隧底无漫流水。另外，施工排水应设置临时排水沟。

当洞内逆坡排水时，应采取下列措施：

（1）必须采用机械抽水，施工单位应根据实际水量制定切实可靠的排水方案，包括：排水设备选择、排水管的断面和分段排水长度等。

（2）抽水设备的功率应大于排水量所需功率的 20％以上，并有备用抽水机。

（3）应做好停电时的应急排水准备工作。

5.7 隧道弃渣处理

弃渣必须弃放在设计指定的渣场内，不得随意堆弃，避免造成水土流失和环保破坏，弃土场必须做好挡防工程和防排水工程。

由于目前隧道周围已无弃渣场，目前暂时按 40km 运距进行考虑。

5.8 施工安全突发事故应急预案

1．针对施工中可能存在的各种突发事件，施工单位在开工前应编制详尽、完善的应急救援预案，并定期组织施工人员进行安全教育学习，定期组织救灾模拟演练。

2．针对易塌方的软弱夹层、节理裂隙发育带，在严格按照设计进行施工的同时，须加强安全监控量测，并根据变形收敛情况，及时反馈信息，确保安全。

3．为确保塌方事故中被困人员自救及有效外部救援，施工应急预案中应包括下列措施：

（1）在隧道一侧设置安全救援用钢管（掌子面前方 100m，兼作施工通风管用），二衬应及时跟进，距掌子面距离不能大于 100m。救援用钢管应能满足被困人员的逃生及送氧、送水、送液态食品的要求。

（2）在未施作二衬段设置一定数量固定电话以保证与外部的通讯联系。

（3）洞外应预备应对紧急情况所需的钢架、木材、钻机等材料和设备。

6 环境保护和水土保持

在整个施工生产和生活活动中，必须严格按国家和地方政府有关规定及设计要求做好环保、水保工作，防止破坏环境、水土流失和空气污染。

6.1 环境保护措施

（1）维护自然生态平衡

A、保护当地自然植被，尽量少砍伐林木。

B、统筹安排施工用场，尽量减少对表层土的破坏。

C、工程完工后及时进行现场清理，恢复植被。

D、采用合理的进洞方案，减少对洞口环境的破坏。

（2）临时工程环境保护

A、便道及施工营地的设置尽量减少对植被的破坏。施工场地周围应排水畅通，应充分考虑其对原地面排水的影响，以免阻挡地表径流的排泄。

B、施工营地及施工现场设固定的垃圾桶或垃圾池盛放垃圾，分类标识存放，定期清理，运至指定的垃圾处理场或废品回收利用站，不得乱扔、乱倒垃圾。施工场地的遗弃物、废油等集中进行预处理后，采用专用车辆运输至指定地点填埋。污水须经集中净化处理后排出，严禁将未处理的生产、生活污水直接排放入洞口处的沟渠。

C、施工场地和运输道路须定期洒水养护，避免产生扬尘。

（3）生活区环境保护

A、生活区的设置要相对集中，设置必要的公共卫生设施，废水净化池、化粪池，并应定期清理，避免生活垃圾污染环境。生活固体垃圾集中堆放、适时运至指定地点填埋，保持驻地清洁。

B、临时生活设施的修建、拆除时产生的固体废弃物要妥善堆放并应保护。

（4）施工中的环境保护

A、注意施工的噪音影响，尽量采用低噪音施工设备。少数高噪音设备尽可能不在夜间施工作业，必须在夜间从事有噪音污染的施工时，应采取限时作业措施。

B、对不符合尾气排放标准的机械设备，不能使用。

（5）工程完工后环境恢复

A、工程完工后应将临时设施全部拆除。对施工场地要认真清理并收集施工垃圾运至指定的位置处理或就地掩埋。

B、工程完工后对临时设施、施工工点及其他施工区域范围做好环保及生态环境的恢复工作。弃渣场尽快恢复生态环境。

6.2 水土保持措施

施工前做好防排水设施，进洞前做好洞门及洞口仰坡、边坡的防护工程和天沟的排水工程，洞内排水经处理后达标排放。

7 隧道施工注意事项

1．施工前应仔细阅读设计文件，核对隧道段路线平纵面和控制点坐标、高程等关键数据，弄清测量线、隧道中线和车道中线的相互关系，确保施工放线准确无误。

2．施工前必须复测隧道洞口段纵横地面线，如与设计不符，应及时提出，严禁盲目大挖大刷，造成人为高边仰坡。

3．施工前施工单位应仔细研究本工程岩土勘察报告，做好现场的调查研究工作，核实地形、地物，编制详细的施工组织设计、施工方案。施工方案应安全可靠，要求承包人精心组织，耐心实施，注意施工安全，加强监控量测和超前地质预报，预防突发事故，对施工中可能发生地质灾害予以充分估计，制定相应的处理预案，并于施工前准备好足够的抢险救灾物质，有效保证施工安全。

4．施工中应注意浅埋地段中间岩柱地层稳定性，必要时需对中间岩柱采取加固措施。

5．应成立隧道监控量侧和超前预报小组，配置足够的仪器设备，保证隧道超前预测预报结果的准确度，指导施工；掌握隧道围岩及支护、衬砌的应力应变状态、反馈设计。

6. 根据"新奥法"原理，图示支护衬砌参数为基本参数，实际施工时的初期支护参数应由设计代表根据监控量测的结果及实际揭露的地质条件现场确定。预留变形量可根据现场监控量测情况进行调整。

7.初期支护（包括临时支护）应紧跟开挖面及时施作，开挖后立即对围岩进行初喷、打设锚杆、挂钢筋网，初喷厚度不小于40mm，喷射混凝土分2～4次复喷达到设计要求，并覆盖全部钢筋和锚杆露头。

8．钢筋网应尽可能单根现场绑扎，并随岩面凹凸起伏，紧贴岩面。钢筋网挂网作业必须在初喷后进行，再复喷达到设计厚度。

9．IV级及以上初期支护达到设计要求后的地段距开挖面的距离不得大于10m。

10．尽早施作仰拱以便封闭成环，根据复合式衬砌设计要求，二次衬砌的仰拱应先于拱墙施作，以形成闭合受力环。

11．量测信息应及时反馈，以便施工、监理、设计随时掌握围岩和结构的工作状态，从而及时调整衬砌结构设计参数，制定合理的施工措施和支护手段，保证施工安全，节约工程费用。

12．尽量采用非钻爆法开挖或小炮开挖，炸药采用低威力、低曝速炸药或采用小直径不偶合装药、起爆采用间隔大于100ms时微差爆破。爆破每循环爆破进尺不宜过大，严格控制光面爆破的参数，优化施工工艺，控制线性超挖量。

13．地质条件差的隧道段落开挖时应“短进尺、弱爆破、多循环”作业，减少对围岩的扰动。

14．二次衬砌应采用全断面模板台车整体浇筑，机械泵送，以提高其整体性、密实性，减少施工缝。

15. 复合式衬砌施工应认真执行新奥法原则，当围岩变形过大，初期支护力不足时，除应及时增强初期支护外，亦可修改二次衬砌设计参数后提前施作模筑混凝土。

16．在进行洞口施工前,应先做好洞顶排水沟,明洞段的边仰坡防护工程,须从上到下，边开挖边防护,严禁暴露时间过长,并注意观察土体稳定性,如有失稳现象应立即停止开挖,及时采取防护措施。

17．隧道成洞面采用喷射混凝土、锚杆、挂网等加固稳定。

18. 洞口端墙或明洞基础施工时若因地质原因承载不足时，可对基础采取换填、注浆加固或加大基础等措施。

19. 施工缝、沉降缝在施工时必须竖向设置。

20. HPB300、HRB400钢筋应符合GB1499-1998和GB13014-1991要求，凡需焊接的钢筋均应满足可焊要求及《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18-2003）相关规定。钢板、工字钢采用轧制工字钢（Q235钢），钢结构的连接应符合《钢结构设计规范》（GB50017-2003）。其它图纸及说明未详尽处，按有关规范、规定办理。

21.锚杆端头必须设置垫板，锚杆孔灌浆应密实，锚杆材质的断裂伸长率不得小于16％，允许抗拉力和极限抗拉力应符合设计要求。拱部采用的中空锚杆，必须采用沿锚孔进浆，以锚杆中孔或排气管做回浆孔的工艺。

22.隧道周围存在在建和已建房屋，应采用机械开挖或静态爆破。其中K0+100~K0+300、K0+585~K0+630需采用短进尺机械开挖。

23.严格按照设计进行超前管棚、超前小导管、注浆锚杆的注浆施工，注浆施工过程中控制好注浆顺序、压力和注浆量。

24. 结构混凝土材料应符合下列要求：

二次衬砌采用C30防水钢筋混凝土，其抗渗等级不低于P8，混凝土中掺入水泥用量8%的HE高效抗裂防水膨胀剂。

高效抗裂防水膨胀剂在使用前应及时作混凝土配合比试验。

高效抗裂防水膨胀剂的混凝土在硬化后要注意养护，养护时间不得少于14天。

混凝土水胶比的最大限值为0.45；混凝土中的最大氯离子含量为0.06％。

宜采用非碱活性骨料，当使用碱活性骨料时，混凝土中的最大碱含量为3.0 kg/m^3。

25.隧道施工材料应严格按照本设计提供的材料指标进行检测，符合要求后方可使用。

26.洞内附属洞室、预埋管线等设施及各种结构缝较多，施工中应特别予以注意，严防遗漏和重叠设置，当相互干扰时，应在设计原则范围内适当错开设置。

27.隧道洞内外沟槽、管线相互交叉处应注意其平面及空间位置关系，精心组织施工，防止错位及其间距与设计不符合导致其功能受影响。

28.设计文件中采用材料均为设计中的重要参数，施工中应严格执行，不得随意更改，因特殊原因需作更改，应事先提供相关材料最新试验资料报设计院和业主审核通过，该试验检测资料应经过有关权威部门签定认可。

29. 隧道明挖段需采用人工机械短进尺开挖，禁止爆破。

30.直径≥16mm的钢筋应采用剥肋滚轧直螺纹Ⅰ级连接，连接区段内的接头率不大于50%。

31.隧道洞顶存在现状道路，隧道施工前应注意复核相关排水设计图中关于现状道路上管线的资料，如有管线时应在隧道施工过程中对管线采取迁改或保护的措施。

32.隧道附属设备预留洞室和相关预埋件应在土建阶段完成，施工前，应配合相关专业仔细核查相关预留洞室的位置及尺寸，发现问题，及时提出。土建施工时应注意隧道附属设备预留洞室和相关预埋件及管线的预留和预埋，设备和管线施工单位应派出专人配合土建单位施工。

33.施工单位应对工程施工可能存在的危险源、危害因素等进行辨识、排查，进行风险综合分析和评估，并制定风险控制计划，编制实施性施工组织，制定应急预案，设安全警示牌和逃生线路指示标识，搭设逃生平台，加强防灾报警系统。

34.本项目位于重庆市城区，弃碴远运车辆应作好遮盖防护，以免弃碴流失，污染环境；施工中产生的废碴、废液、废气均应按有关环保要求进行处理，不得随意弃置、排放。

35.隧道左洞出口左侧存在临时支护桩，桩的施工注意事项及相关指标要求应参照隧道进出口段桩板挡墙的设计，详见《第一册、道路工程》。

36.轨道交通控制保护区范围内的隧道开挖，不得采取爆施工，K0+545~K0+670需采用短进尺机械开挖；位于轨道交通控制保护区外的隧道开挖工程应严格控制爆破震速，传递至轨道区间隧道衬砌上的爆破震速不得大于1.5cm/s，以减少对九号线周边围岩的扰动，确保不影响九号线将来的建设。该项目隧道开挖设计和施工过程中，应加强解决好排水问题，应对已有钻孔实施有效封闭，避免水渗入岩体中，造成岩体强度降低。

37.其它注意事项详见相关设计文件及有关施工规范、规定及验收规范等。