

优秀工程勘察设计奖作品赏析——兰州市城市轨道交通 1 号线一期工程

兰州市轨道交通 1 号线是贯穿兰州中心城区的骨干线。规划西起西固石岗，东至城关区东岗，途经原石化厂区、陈官营、崔家大滩、迎门滩、马滩、西客站、西关什字、东方红广场、东岗镇，线路全长约 34km，共设 24 座车站，其中换乘站 6 座。1 号线东西横贯兰州三大核心组团，城关核心组团、安宁-七里河核心组团、西固核心组团。全线分两期建设。

其中一期工程由陈官营站至东岗站，线路长 25.919km，全地下线路，设车站 20 座，均为地下站，其中换乘站 5 座，分别与 2 号线三次换乘、3 号线一次换乘，4 号线一次换乘，5 座换乘站中，西客站、东方红广场、五里铺站已与 1 号线同步设计、同步施工；最大站间距 2340m，最小站间距 834m，平均站距 1344m，1 号线在线路东端城关区东岗镇设东岗车辆段与综合基地 1 座，在线路起点西固区陈官营设停车场 1 座，在东岗车辆段内设 1、2、3、4、5 号线共用的控制中心 1 处，在西客站附近及东岗车辆段内设主变电站 2 座，设国铁联络线一处。

作为全国第 34 个开通轨道交通的城市，兰州特有的地形和地质条件，决定了兰州轨道交通从诞生之日起，就必然与多种世界性难题相生相伴，唯有不断创新方能取得突破。在全长 26km 的兰州

轨道交通中，诞生了一系列领先行业甚至是创造性的科技成果，使它成为中国西部又一条与众不同的代表性轨道交通线路。

一、技术难点分析

兰州城市轨道交通 1 号线是从西向东通过城市蜂腰地段的一条轨道交通主干线路，作为兰州首条轨道交通线，不仅串联了黄河两岸三滩地区，还开启了国内第一条下穿黄河的轨道交通施工先例。结合兰州气候特点，地下车站在国内首次采用直接蒸发冷却降温的通风系统，工程建设成功解决“四穿黄河、巨厚砂卵石地层、红砂岩地质、湿陷性黄土地质及交通疏解”等关键技术难题。

二、采用的主要创新手段和获得的效果

1、下穿黄河隧道修建关键技术研究

以兰州轨道交通 1 号线下穿黄河隧道工程为项目依托，实现了地铁隧道首次下穿黄河，实现了我国交通工程领域隧道修建技术的突破。在黄河上游段高水压、强透水、大颗粒、高硬度、弱胶结、高含量的砂卵石地层中采用盾构法连续性长距离的下穿河道施工，临近既有桥梁，黄河岸滩深、大竖井及河底暗挖联络通道等工程，整体建设条件世界罕遇，风险及难度可想而知，相关工艺技术仍属于不成熟或空白领域，具有显著技术特点和实施难点。

在兰州地铁 1 号线黄河隧道及后续类似穿江越河隧道工程的设计、施工中得到了广泛应用，取得了良好的社会、经济及环境效

益,整体提升了我国地铁的修建水平,研究成果达到国际领先水平,具有重要的应用推广价值。

2、第三系特殊富水粉细红砂地层深基坑围护结构信息化设计

第三系特殊富水粉细红砂地层深基坑围护结构信息化设计从基坑围护选型及基坑地下水处理措施研方面进行了全面论证,为工程建设提供重要技术支持,保证工程的顺利建设,取得了突出的经济效益、技术效益和社会效益。中国工程院钱七虎院士在兰州地铁调研时认为该地层为国内最不利、最复杂的地质条件,该地层深基坑工程为世界级难题,本次设计不仅为工程建设提供重要技术支持,而且对促进类似地层深基坑设计及地下工程学科的发展,基坑围护信息化设计过程中采用的多项设计技术含金量高,达到了国际先进水平。

3、湿陷性黄土地地区盾构隧道下穿重要建筑群综合技术研究

作为在西北湿陷性黄土地地区修建的城市轨道交通工程,兰州市城市轨道交通1号线一期工程面临着特殊的深厚湿陷性黄土地层,大粒径、弱胶结、高渗透性的砂卵石地层,以及受扰动后力学性质骤变的风化砂岩,深厚湿陷性黄土地层的湿陷沉降对盾构隧道的具体影响尚不明了,大粒径、弱胶结、高渗透性砂卵石地层对盾构机选型与地层变形的控制要求需进一步明确,而受扰动后力学性质骤变的风化砂岩对盾构施工引起的地层变形控制标准尚需明确,同时又面临着穿越大量的重特大风险源,如兰州市城市轨道交通1号线

一期工程面临的长距离平行下穿张掖路地下商业步行街，被穿越建筑群种类繁多、结构形式复杂、基础形式多样，房屋基础与隧道结构的最小净距不足 1m。项目依托科研从地下商业步行街与密集建筑群保护角度出发，基于特殊地层条件，重点研究了盾构法隧道地层位移规律与构筑物风险控制标准，与国内外同类研究或技术相比，本项目具有显著特点，一方面是由特殊的地质条件决定的，另一方面则是由被保护构筑物的特点及其与隧道的空间关系决定的。所得研究结论在考虑结构刚度影响的沉降槽宽度系数与地下构筑物沉降变形预测模型、考虑结构刚度影响的沉降槽宽度系数与地下构筑物沉降变形预测模型、满足盾构管片错位变形控制要求的地层湿陷变形控制标准、以及富水弱胶结大粒径砂卵石地层的盾构掘进施工微扰动控制技术等方面都具有较为明显的创新性！研究成果整体达到国际先进水平，具有显著的经济效益与推广效应。

4、氯盐与硫酸盐强腐蚀环境下地铁结构混凝土耐久性设计研究

依托兰州市城市轨道交通 1 号线一期工程腐蚀性环境地层，进行了氯盐和硫酸盐耦合环境下混凝土耐久性试验，通过超声检测及电化学测试手段分析了试验数据，得出了地铁结构混凝土在腐蚀性环境下的损伤机理与劣化规律。通过多种试验研究给出了影响混凝土耐久性的配比参数，在《混凝土结构耐久性设计规范》基础上给出了优化配合比设计的指标，得出了兰州地区腐蚀性环境水胶比在

0.35 附近时混凝土耐久性表现最好的结论，对后续类似工程具有针对性的指导意义。基于兰州轨道交通 1 号线实际工程，设计基于恒电流加速钢筋锈蚀的加速寿命试验方案，得到了裂缝展开到 0.2mm 时的临界腐蚀电流密度为 $4.03\text{Ua}/\text{cm}^2$ ，可作为寿命预测时该评价指标的失效阈值，并验证了 Wiener 随机过程在混凝土耐久性退化过程建模的有效性，具有创新性。提出了一种采用 Copula 函数联合多随机退化因素，进行混凝土服役寿命预测的方法，对兰州地铁结构混凝土在现场服役环境下达到地铁工程 100 年设计使用寿命的要求，有很好的前瞻性和实用价值。在混凝土寿命预测的方法研究与应用方面达到国际先进水平。

5、蒸发冷却通风系统设计

兰州市城市轨道交通 1 号线一期工程是甘肃省兰州市第一条建成通车的轨道交通线路，也是国内首条全线采用直接蒸发冷却通风系统，作为兰州市首条建设线路（同时也是西北干燥地区的首条地铁线路），工程设计充分结合兰州气候条件，专题综合研究，创新性在全线地下车站采用自然冷源（无人工电制冷）、绿色节能的直接蒸发冷却通风降温系统的工程技术方案（国内地铁首创），并在地下车站站台边缘设置非封闭全高站台门，非空调季充分利用列车运行活塞风进行自然通风，最大限度降低后期的运营耗能，全线共节省地下空间面积合计约 2038.3m^2 （节地）、无制冷剂使用（清

洁环保），每年节省电能折算可减少二氧化碳排放约 3600 多吨，研究成果达到了国际先进水平。

三、工程实景照片

1. 下穿黄河工程照片



图 1 黄河实景



图 2 下穿黄河走向



图3 下穿黄河盾构始发

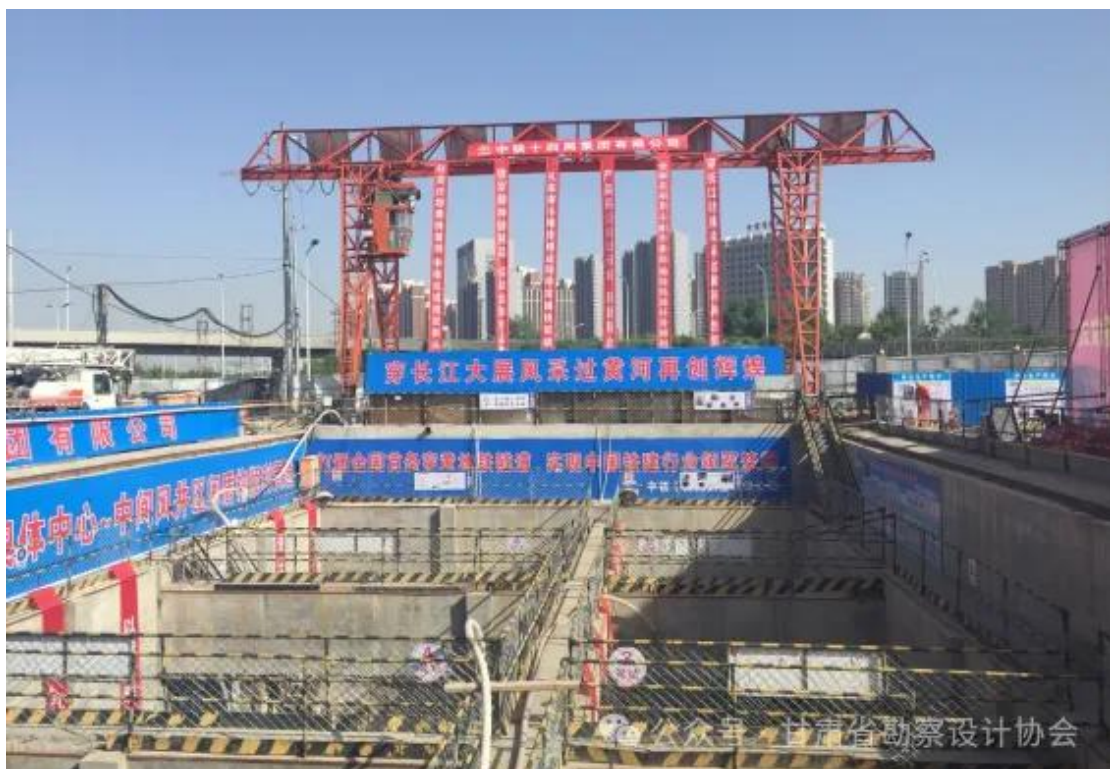


图4 下穿黄河深竖井



图8 下穿黄河成型隧道



图5 四穿黄河圆满贯通仪式

2. 车站装修



图 1 陈官营站装修实景



图 2 城市学院站装修实景



图 3 东方红广场站装修实景



图 4 兰州大学站装修实景

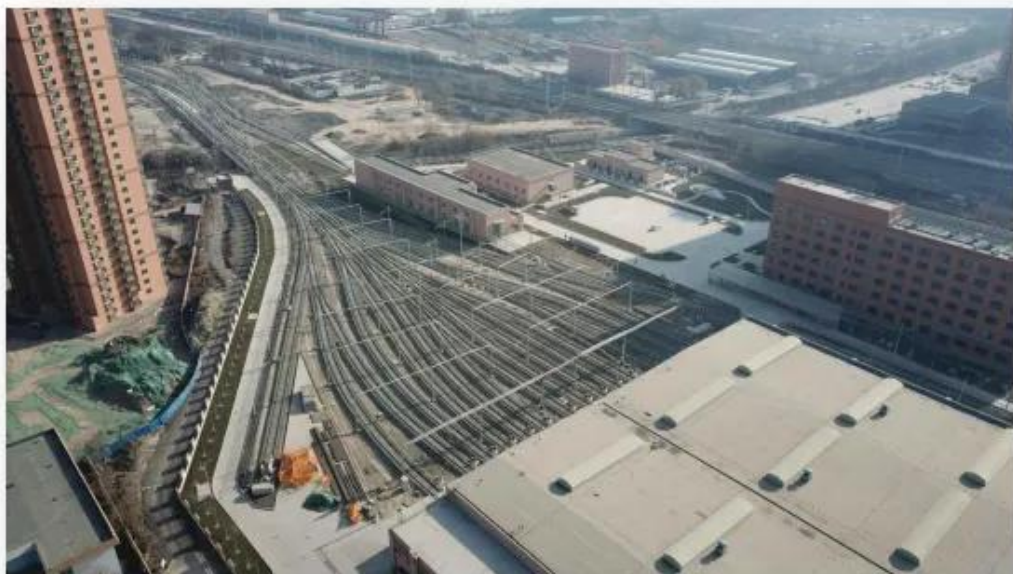


图5 车站文化背景墙（一）



图6 车站文化背景墙（二）

3. 车辆段与综合基地



公众号·甘肃省勘察设计协会

图1 陈官营停车场



公众号·甘肃省勘察设计协会

图2 停车列检库



图 3 东岗车辆段

