

# 岩层地质超大断面地铁暗挖车站非爆开挖施工技术探究

文 / 孙 焱 中国水利水电第四工程局有限公司

**摘要：**随着经济的快速发展，我国地铁建设处于高速发展时期，然而在城市繁华区域、交通要道和人口密集地段，由于交通导改、管线迁改难度较大不具备明挖施工条件，为了不破坏现有的交通条件，往往会采用暗挖法进行地铁车站施工，由于地铁车站需要的空间大，双侧壁导坑法是暗挖法中安全性最突出的施工工法，其能够很好地控制围岩的变形，常用于断面跨度大，地表沉降控制要求严格的隧道，该方法灵活度高，对环境和交通的影响相对较小。本文依托重庆轨道交通4号线西延伸段龙溪站暗挖车站隧道工程，主要对岩层地质大断面地铁暗挖车站双侧壁导坑法采用非爆破开挖施工技术进行研究和探讨，为后续类似工程建设提供参考。

**关键词：**超大断面；暗挖车站；双侧壁导坑；非爆开挖

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.11.079

## 引言

地铁暗挖车站需要的地下空间大，需采用多导洞开挖，车站主体隧道与施工通道、出入口、风亭组以及两端区间隧道形成地下洞室群，结构受力复杂，但地铁工程往往由于施工环境限制，不具备爆破开挖条件，只能采用大型机械开挖，硬岩地层条件下机械法施工存在开挖作业面小、施工工序复杂、施工难度大、工程风险高等特点，因此对超大断面地铁暗挖车站机械法开挖施工组织的合理性就显得尤为重要。同时要求各参建方在建设过程中应注重针对工程施工环境进行详细分析，合理选择开挖工法，且结合工程复杂性特点，完善地下工程风险防控措施，合理防范风险，确保安全快速施工。

## 一、工程概况

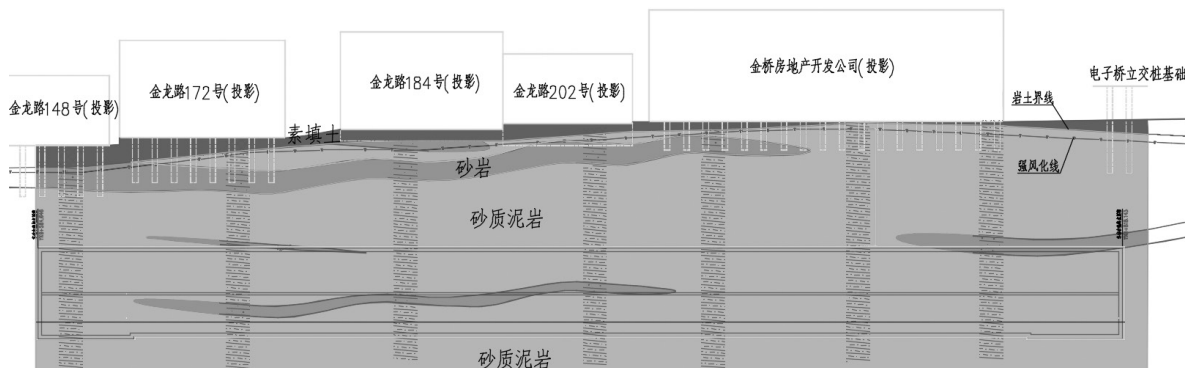
龙溪站为单拱双层地下岛式暗挖车站，车站长233.5米，宽23.4米，高19.6米，采用曲墙+仰拱的五心圆马蹄形复合式衬砌断面，断面开挖面积391.71 m<sup>2</sup>，属于超大断面隧道，共设4个出入口，2个风亭组，2个安全出口。站址位于重庆市渝北区金龙路与龙华立交交叉口，周边建筑物密集，施工环境复杂。

本站采用双侧壁导坑法进行开挖，本工法以“新奥法”

为指导，采用锚喷初期支护，各自封闭成环，充分利用围岩的自稳能力，减少工后沉降，以保证施工的安全及质量。具体为：将大断面隧道分为9个断面施工，每个断面单独开挖，最后形成一个大断面的隧道，且利用地层在开挖过程中短时间的自稳能力，采用型钢钢架+锚杆+网喷混凝土支护形式，使围岩表面形成密贴型支护结构，且用侧壁支护承担中间部分围岩的重力。

## 二、岩层地质大断面暗挖车站非爆开挖工法及设备选型研究

大断面暗挖车站非爆开挖设备一般根据开挖工法、岩层强度以及隧道开挖断面尺寸选择，该地铁车站拱顶埋深23~28米，覆岩为15.1米~23.6米，重庆轨道交通4号线西延段位于川东南弧形地带，华蓥山帚状褶皱束东南部，构造骨架形成于燕山期晚期褶皱运动，本站揭示地层上部为第四系全新统人工填土，下伏基岩主要为侏罗系中统沙溪庙组砂岩和砂质泥岩为主，岩体基本质量等级为IV和V级，砂岩岩芯单轴抗压强度天然值为37.3MPa，饱和值为28.0MPa；砂质泥岩天然抗压在天然抗压强度为13.5MPa，饱和抗压强度为8.2MPa，该地铁车站地质纵断面如下：



由于该地铁车站采用9导洞双侧壁导坑法，车站开挖宽度达到23.4米之间，高度达到19.6米，单导洞开挖宽度为6~8米，开挖高度为5~8米，结合岩层强度常用的岩层隧道开挖设备及方法有悬臂凿岩机开挖、液压破碎锤开挖以及水磨钻机+液压岩石劈裂机施工方

法，具体施工方法如下：

### (一) 悬臂掘进机开挖

悬臂掘进机主要构件包括机械本体部、截割部、铲板部、运输机，配套系统分为电控系统、水系统、液压系统和除尘系统，截割部主要负责掌子面开挖，铲板部

负责切割的土方,水系统负责截割头的降温和开挖除尘。其具体作业为:悬臂掘进机就位后,切割头采取自下而上,左右循环切削,从底部开挖到拱部完成后,再按S型或Z型左右循环向上的切割路线逐级切割以上部分,直至修整到准确设计断面。掘进完成后利用掘进机切割头将初支台车运至掌子面进行初期支护(钢拱架架设、喷射混凝土)施做,掘进机则后退至不影响后续施工的位置等待下一循环掘进工序。

**(二) 液压破碎锤开挖施工**

SY485型液压破碎锤和PC135型挖掘机配合开挖,50型侧翻装载机就自卸式汽车配合出渣。其中,SY485型液压破碎锤主要负责中间大面积土石方凿除,每边预留0.3~0.5米采用PC135挖掘机进行岩面修整,开挖轮廓经测量复测符合要求后进行初期支护施工。然后采用侧翻型50装载机装渣,最后采用小型自卸式汽车运输至场地临时渣池,SY485破碎锤破碎作业后后退至洞口或错车道,然后进行出渣和支护作业施工<sup>[1]</sup>。

**(三) “水磨钻机+液压岩石劈裂机”施工方法**

沿隧道轮廓周边采用取芯钻水平密排取芯,后在隧道掌子面工作面上人工手持风钻按设计钻孔,钻孔完毕后用液压式岩石劈裂机劈裂岩石,用液压冲击锤或风镐修边。

**(四) 开挖方法及设备选型分析**

悬臂掘进机具有低噪音、振动小、扰民小、技术先进的特点,能够有效控制隧道超欠挖,能确保隧道施工过程中地表建(构)筑物的安全稳定,缺点如下:一是需要的空间较大,车站内各导洞间转换作业较为受限;二是车站需进行多导洞同步开挖,悬臂掘进机无法满足上下多台阶同步作业,整体工效较低;三是悬臂掘进机开挖时需喷水对截割头进行降温、除尘,施工用水与破碎的泥岩混合后形成泥浆,无法及时清运。液压破碎锤及挖掘机破碎作业采用多种型号液压破碎锤协调作业具备开挖作业灵活,施工效率高等特点,可同时投入多台

设备协同作业,缺点如下:一是噪音较大,进洞初期周边干扰多;二是多台开挖设备协同作业散热及烟尘多,对通风要求高;三是岩层地质超欠挖控制难度大。水磨钻机+液压岩石劈裂机整体工效较低,一般适用于强度较高,小端面开挖<sup>[2]</sup>。

综合以上原因,采用多种型号液压破碎锤及挖掘机协同作业较适宜该车站施工。

**三、大断面地铁暗挖车站开挖顺序、断面控制和纵向步距控制研究**

**(一) 施工通道规划及体系转换**

暗挖车站施工通道根据周边施工环境,一般分为暗挖斜井、明挖竖井以及临近暗挖车站的明挖区间等进行施工通道组织。

**1. 通道宽度及坡段选择**

通道宽度需根据地质情况、施工机械设备宽度进行选择,同时每间隔150米左右设置一处错车道,通道坡度一般结合机械爬坡能力、安全进行考虑,一般控制在13%之内<sup>[3]</sup>。

**2. 通道与车站接驳位置选择**

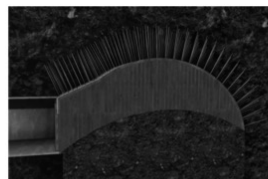
根据车站长度,最少设置2处接驳口,一个接入车站站厅层,一个接入车站站台层。

**3. 通道与车站体系转换**

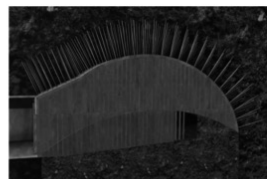
施工通道开挖至车站接口位置,拱形钢架过渡为门型钢架,采用485型液压破碎锤分段分台阶进行挑顶段施工,按照车站轮廓开挖成型后,同步根据渐变高度架设门型钢架、施作锚杆等初期支护,上台阶开挖支护完成后进行下台阶开挖和支护施工。挑顶段开挖至车站另一侧轮廓线后,逐榫施做横通道范围内车站环形拱架,并设置锁脚锚杆,安装钢筋网片,喷射混凝土,完成受力转换后,破除门型钢架侧壁支腿,分导洞进行车站开洞施工,完成施工通道至车站开挖体系转换。具体步序如下:



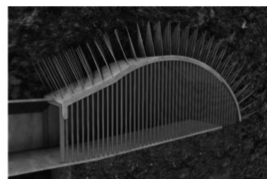
步骤1:通道拱形钢架过渡为门型钢架



步骤2:通道上台阶挑顶



步骤3:通道下台阶挑顶



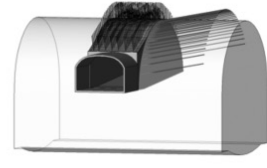
步骤4:挑顶段门型钢架安装



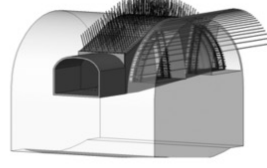
步骤5:通道挑顶段喷护成型



步骤6:挑顶段车站环形钢架安装



步骤7:施作车站超前支护



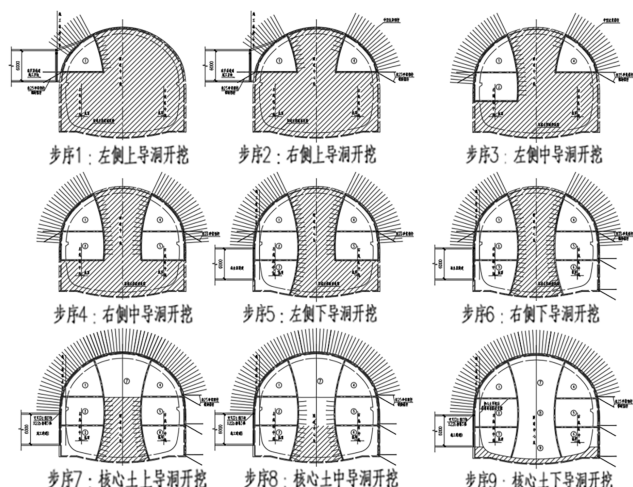
步骤8:破除门型钢架进行车站开挖

**(二) 各导洞开挖步序优化研究**

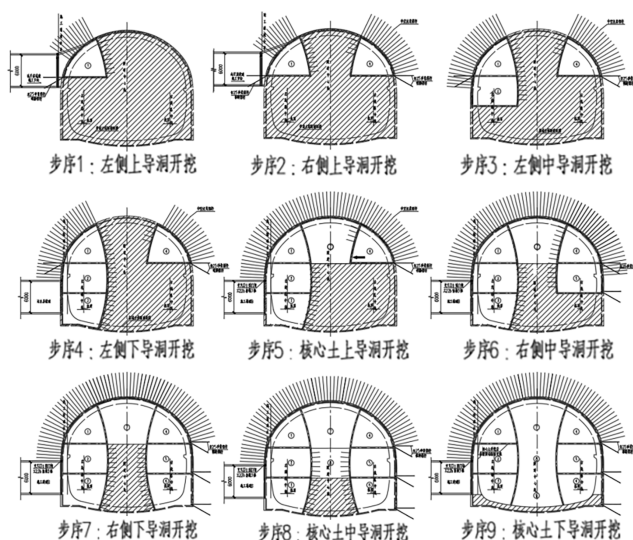
常规双侧壁导坑法施工步序:从施工通道支通道进入站厅层开挖左侧上导坑①号导洞、然后开挖右侧上导坑④号导洞,然后分别开挖左侧中导坑②号导洞和右侧

中导坑⑤号导洞,然后从主通道进入站台层进行左侧下导坑③,同时横向开挖连接通道进行右侧下导坑⑥号导洞开挖,双侧初支落底,然后局部回填洞渣依次开挖核心土上、中、下部⑦⑧⑨导洞开挖,然后进行仰拱浇筑,

最后进行二衬浇筑，9个导坑具体步序及施工组织示意图如下所示：



优化后双侧壁导坑法施工步序：从施工通道支通道进入站厅层开挖左侧上导坑①号导洞、然后开挖右侧上导坑④号导洞，然后①号导洞拉开步距后，开挖左侧中导坑②号导洞上台阶，错开步距后进行中导坑②号导洞下台阶开挖，形成同侧导洞上下开挖，然后从主通道进入站台层进行左侧下导坑③，单侧初支落底后从右侧上导坑④号导洞侧向开挖核心土上部⑦导洞，然后依次开挖右侧中导坑⑤号导洞和下导坑⑥号导洞开挖，最后进行核心土中、下部⑧⑨导洞开挖，然后进行仰拱浇筑，最后进行二衬浇筑，9个导坑具体步序及施工组织示意图如下所示：



根据该车站综合施工条件和工况，通过施工实践，两种步序优缺点如下：一是常规施工步序在两侧落底后若不在侧导洞回填平台，核心土解除时机械只能站立于核心土纵向开挖，纵向放坡距离较长，加大了纵向步距，制约了二衬施工推进，优化后工法机械可站立与侧导洞解除核心土；二是常规施工步序双侧落底后进行核心土解除时，作业平台回填工作量大，同时需拆除临时横撑，

优化后步序单侧落底后解除核心土，解决了核心土解除作业平台回填问题，减少了工程量，同时提前解除核心土，右侧导洞和核心土中下导坑由上向下进行破除作业，施工效率极大提高；三是常规施工步序双侧核心土落底后与施工通道接驳坡度较大，物流运输困难，优化后步序先落地一侧接主通道，另一侧接支通道，物流组织效率极高；四是常规开挖步序较相对优化后步序较为安全，优化步序提前解除核心土存在一定风险，在覆岩较浅的车站不适用，但由于该地铁站覆岩厚度较大，地层较为均匀，同时无地下水，结合监测数据情况采取信息化动态施工，根据不同地层情况合理进行施工步序优化，保证了车站安全快速施工<sup>[4]</sup>。

### (三) 开挖断面控制及纵向步距控制研究

标准 12 米岛式站台车站结构净宽一般为 21 米，车站开挖宽度达到 23 ~ 24 米之间，高度达到 19 ~ 20 米之间，按照 9 导洞双侧壁导坑法开挖，平均开挖宽度为 6 ~ 8 米，开挖高度为 5 ~ 8 米，由于机械施工开挖设备爬坡能力限制，无法形成上下同步作业，因此采用机械开挖时，可将单导洞优化成上下台阶分层高度优化为 2 ~ 3 米，多层次进行开挖，以形成同侧导洞上、下导洞前后同步开挖，同时将单导洞开挖断面面积有效控制在 50 平方米以内，降低了施工风险。

根据机械作业平台施工需求及安全步距要求，485 型破碎锤正常作业平台长度为 12 米，因此左、右导坑开挖按照错开 5 米平行作业，同侧上、中导坑，中下导坑错开 10 ~ 15 米，核心土上部、中部错开 10 米，中部、下部错开 5 米，仰拱和二衬及时跟进，保证仰拱滞后不大于一模长度，二衬紧跟仰拱<sup>[5]</sup>。

### 结语

综上所述，岩层地质大断面暗挖车站非爆开挖施工，可根据地质条件、周边环境和作业条件选择合适的开挖设备和工法，同时结合监测数据情况采取信息化动态施工，对各导洞开挖顺序，断面尺寸及纵向步距合理选取，在保证安全的前提下，改善施工效率，避免施工过程中出现坍塌等问题，进而全面提升工程施工的进度和经济效益。

### 参考文献

[1] 李克先, 李术才, 赵继增. 大跨度暗挖地铁车站开挖工序优化研究 [J]. 地下空间与工程学报, 2017, 13(05): 1329-1337.

[2] 于金龙, 李文光, 李满, 等. 岩石地层地铁车站双侧壁导坑法施工技术研究 [J]. 山西建筑, 2018, 44(03): 182-184.

[3] 李广. 地铁车站超浅埋大跨度暗挖隧道的施工技术研究 [J]. 工程机械与维修, 2024, (03): 155-157.

[4] 刘海强. 超大断面浅埋暗挖地铁车站施工技术 [J]. 中国住宅设施, 2024, (01): 154-156.

[5] 张恒, 李朝旭, 何江, 等. 浅埋暗挖特大断面地铁车站施工工法研究 [J]. 四川建材, 2021, 47(02): 90-92.