

既有高速公路改扩建石方开挖“盘锯+绳锯组合切割”施工技术

梁瑞利

新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830000；

摘要：为了有效改变严峻的道路通行现状，缓解交通压力、提升道路服务水平、改善行车舒适性。同时，为响应国家交通强国战略需求，以节约土地资源、提高能效、控制排放、保护环境、节省投资为目标，推进“综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通”的发展，近年来，一大批既有高速公路改扩建项目先后建设。本文结合工程实例，重点阐述盘锯与绳锯组合切割在既有高速公路改扩建特殊作业环境下的石方开挖施工技术，旨在为相关类似施工领域提供技术支持。

关键词：既有高速公路；石方开挖；盘锯与绳锯组合切割

DOI：10.69979/3029-2727.25.12.006

引言

目前，我国汽车保有量约3.6亿辆，近年来，随着宏观经济的快速发展，公路交通运输量不断持续攀升，加之汽车载荷日益重型化的特点，现有公路运输能力不堪重负，压力越来越大。

为了有效缓解交通压力，对既有高速公路进行改扩建便成为改变严峻道路通行现状，解决路网发展不平衡、不充分的重要手段。

然而，在既有高速公路改扩建施工过程中，往往面临着如何在确保安全施工的前提下，最大限度地降低对原有高速公路运营管理带来影响的问题。其中石质路堑段的扩宽开挖施工，由于紧邻既有通行高速，安全施工风险极大，边坡开挖施工工艺、方法如何选择？显得尤为重要，其将直接影响到项目各管理目标的实现。

1 工程概况

本文工程实例为某国高网改扩建工程先导路段，位于台商投资区内，属地政府环保施工管理要求高。K2+700-K3+150为深路堑石方开挖扩宽段，设计由原高速双向4车道扩建为双向8车道，路基宽度42m。左侧边坡最大高度约为17.26m，右侧边坡最大高度约为37.09m。边坡开挖最近距原高速公路仅约5m，周边居民住宅区距施工点最近直线距离不足50m。

此段边坡工程地质岩性为花岗岩，分级为坚石、次坚石，饱和单轴抗压强度普遍大于60MPa，石方开挖总量约6.8万m³。

2 施工方案比选

如果采用传统的机械破碎开挖，机械振动大、噪音大、粉尘大，严重影响周边居民正常生产生活秩序，且施工过程中易产生飞石，威胁既有高速通行安全。

如果采用传统的爆破开挖施工，由于既有高速车流量大，无法半幅导改通行或临时封控管理，且近距离爆破振动施工，严重影响周边居民及高速通行安全。

如果采用静力裂解破碎开挖，由于岩体质地坚硬，施工周期长且效果无法保证，将影响总体进度目标实现；且裂解开挖后仍需进一步机械破碎解小，存在产生飞石风险，影响道路通行安全。

因此，从安全、技术、开挖效率、施工难度、环境影响等方面综合评价后，经施工方科学比对，最终决定此段路基扩宽石方开挖施工采用切割技术，以满足既有高速公路改扩建特殊作业环境下的总体管理目标要求。

盘锯与绳锯组合切割施工技术其主要原理是通过布设轨道、导轨，利用盘锯机的垂直切割及绳锯机的水平切割，再辅以人工打眼、垂直劈裂的施工工艺，将岩体切割、裂解成适合大小，最后将其装运至场外。

该施工技术优点明显：无需对既有高速公路通行进行导改、封控管理，正常的高速公路通行秩序不受影响；施工安全管理风险小，避免施工飞石侵入高速公路限界，威胁人员、车辆行驶安全；施工进度管理可控，可根据调整切割层厚度，分段、分块组织施工，满足进度目标要求；边坡开挖质量有保障，通过精准放样，可做到边坡纵向线形平顺，坡率总体可控，坡面外观效果好；石方切割料再利用价值高，通过地方国土资源部门正常手续办理，根据石料品质不同，切割块料可进一步加工成

多种建筑使用石材；通过湿式作业、清洁能源设备的使用，减少噪音、振动、粉尘，减少了资源浪费和环境污染，有效地降低了对周边居民正常生产生活的干扰，提高了绿色施工文明程度。

3 施工工艺流程

施工准备→测量放样→清理岩面覆土→初始作业平台施工→盘锯垂直切割→绳锯水平切割→人工垂直劈裂→石方外运→交工验收。

4 施工技术要点

4.1 施工准备

1. 技术准备：熟悉、复核图纸；进行现场核对和地质水文情况调查；路基测量控制点及断面复核完成；本项目实施性施工组织设计、单位工程施工组织设计及单位工程开工报告、分部分项工程作业指导书编制及审批程序完成；三级技术交底工作完成等。

2. 资源准备：施工人员已按要求基本到位；施工主要机械设备提前进场并进行试机、调试，机械性能良好并完成进场验收，技术指标符合要求。

3. 现场准备：施工用水、用电及施工便道已接通至现场；路堑坡顶截水沟及临时排水设施已完善；石质路堑边坡临时安全防护设施 SNS 主动防护网及被动防护钢管排架等已施工完成。石质路堑边坡临时安全防护系统示意图如图 1 所示。

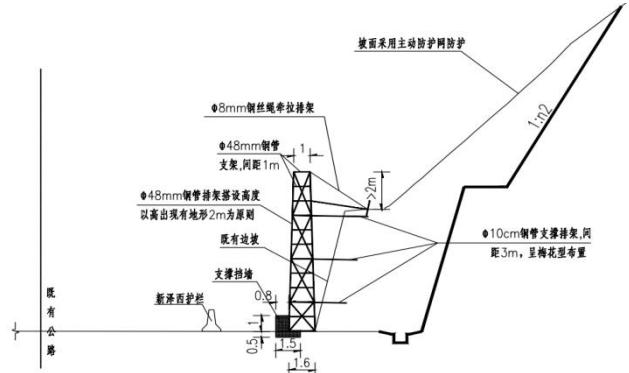


图 1：石质路堑边坡临时安全防护系统示意图

4.2 测量放样

测量放样前，对施工图提供的导线点、水准点进行复测，桩位坐标进行复核，必要时应加密布设控制点。导线、高程控制点复测成果需经监理工程师批复同意后，方可用于施工现场测量放样。

根据路基横断面设计图及实测标高进行边坡开口线放样，每间隔 20m 一个测量断面，地形变化大时，测量断面应加密。做好桩位标识并埋设护桩，以便施工过

程中损坏点位时可及时恢复。

4.3 清理岩面覆土

按照设计坡率要求做好边坡开口线控制，用挖掘机清理施工段落红线内的表土、杂草、树木及岩面覆土等，分类按土石方调配要求运输至弃土场或路基填筑区域。

紧邻既有高速公路边坡临空面作业时，根据施工进度，逐层拆除坡面 SNS 主动防护网，由外向内，使用挖掘机缓慢清理覆土。

岩面覆土清理完毕，测量复核土石分界断面。当土石数量误差超过规范或设计要求时，应及时联系业主、监理、设计等单位进行现场查看。

4.4 初始作业平台施工

清理后的岩体因表面不平整，无法保证盘锯机与绳锯机配合使用正常循环的施工。因此，正式作业前，应先采用绳锯机垂直、水平切割岩体，整修出盘锯机初始作业平台。

初始作业平台面积大小以便于机械切割及装运为宜，一般沿线路纵向不小于 15m，横向不小于 4m。基于此作业面最低要求，在山体内侧测量放样出绳锯机纵向水平穿绳孔的布设位置。

使用潜孔钻机纵向水平施工绳锯机穿绳孔。施工时，应严格控制钻进角度、方向及速度。

成孔后，人工穿入一根 PVC 管，再在 PVC 管尾部连接一根细钢丝绳穿过孔洞，通过牵引钢丝绳将金刚石串珠绳穿过孔洞。最后将穿过孔的串珠绳首尾闭合连接（采用专用的挤压连接件连接），安装于绳锯机的主飞轮及导向飞轮上。

绳锯机置于切割段落纵向一侧，场地平整后，调整设备机头工作标高应与穿绳孔处于同一水平面内。

旋转调整设备机头，使串珠绳处于垂直切割位置，再次测量复核，确认切割角度准确。沿自行导轨前后调整绳锯机位置，以使串珠绳可根据切割面积适时调整张力大小，确保切割施工安全正常。

首层岩石垂直切割完成后，沿穿线孔位置重新水平布设串珠绳，调整串珠绳外侧面标高略高于靠山一侧，避免施工时切割泥水向外漫流，且可保证切割后的岩体总体内倾，确保施工安全。

再次调整绳锯机位置及绳锯张力大小，对首层岩石进行水平切割。

通过绳锯机的垂直、水平切割施工，使得岩体分离。为避免机械破碎飞石影响既有高速通行安全，采用人工风镐打眼，使用钢楔锤击劈裂，将石料进一步分解成可

方便装运大小的石块，用挖掘机、叉装机等装车，自卸车运输出场外，完成初始作业平台施工。

4.5 盘锯垂直切割

清理干净初始作业平台岩面上的杂物，按照岩体纵向长度、横向宽度尺寸大小，提前规划分段、分块施工数量，测放出盘锯机切割位置线。

沿放样线人工布设安装盘锯机的行走轨道，纵向以线路设计纵坡为控制依据，轨道单节长度为4m，布设中心间距1.05m，采用木楔调整两侧轨面水平，用水平尺沿纵向间距每5m检查一处，再使用螺栓、横向连接钢筋及预埋于岩面上的锚固钢筋等将轨道固定牢靠。

本工程实例采用双刀盘锯机，锯片直径3.6m，切割宽度 $1.36\sim1.90$ m。轨道安装固定后，吊装盘锯机至轨道起始位置，采取有效制动并使用轨道防溜滑装置以保证盘锯机机身稳定。

盘锯机刚启动时，不得负载运行，应经调试，运行平稳后，方可进行岩石垂直切割。施工过程中，采用快走浅切施工方法，保持机身垂直，匀速稳定，不得突然加速、加大切割深度，以免过载，卡塞锯片，增大电机负荷。

盘锯机沿轨道来回往复，循环切割，根据现场施工情况，一般控制每层切割厚度为1.5m左右。作业时，注意施工用水的连续供应，以保证锯片的有效冷却、排砂及润滑^[1]。

当纵向切割距离过长时，可增加作业面，横向切割分段施工。每段之间平行作业，彼此为独立施工单元。分段长度应根据绳锯机最大驱动绳锯长度及切割面积大小来确定，一般以30m~50m为宜。（盘锯机垂直切割施工如图2所示）。



图 2：盘锯垂直切割

4.6 绳锯水平切割

绳锯水平切割施工前，应于施工段纵向一侧平整场地，安装绳锯机导轨与设备，导轨每节段长度为2m，根据实际场地情况及作业面要求，导轨布设总长控制在8m~12m之间，条件允许时，可适当加长。

沿岩石切割体内侧垂直切缝及外侧临空面环绕布设串珠绳，同样保证水平切割面外侧标高略高于内侧。安装串珠绳时，将绳锯机运行至导轨前端，调整设备机头与切割面处于同一水平面，再将闭合连接后的串珠绳通过设备主飞轮及导向飞轮进行安装，然后，前后缓慢移动，调整绳锯机位置，调节串珠绳水平张力，使之松紧适中。

为防止串珠绳外露部分下坠拖地，水平切割施工前，可在其下部铺垫废旧轮胎。

启动设备，稳定运行后，通过设备在导轨上的缓慢后移对岩石进行水平切割，一般控制设备移动速度为4m/min~6m/min。刚开始切割岩石时，切割速度不宜过快。正常施工时，飞轮线速度一般为25m/s~45m/s。切割过程中应注意串珠绳的磨损情况，保证冷却水的持续供应（水不仅用来对串珠绳降温，同时与岩石粉末共同起到一定的润滑作用）^[2]。

当设备运行至导轨尾端时，应停止切割施工。在无负载状态下，将设备运行至导轨前端，根据切割面积变小情况，重新调整串珠绳长度。调整时，用钢丝剪剪短串珠绳，采用液压钳挤压连接件进行牢固连接。然后，安装调整好的串珠绳，再次启动设备，往复循环施工，直至水平切割完成。（绳锯机水平切割施工如图3所示）。



图 3：绳锯水平切割

4.7 人工垂直劈裂

经过垂直、水平切割后的岩石呈长条矩形形状，结合现场机械施工能力及方便施工的原则，还需进一步对切割后的岩石进行人工分解。分解前，沿横向一定距离（2m左右）均匀布点，使用气动风枪人工打眼，然后放

入钢楔，人工锤击，垂直劈裂直至岩石分块解体。最后，通过浅斗挖掘机、叉装机、自卸车（或平板车）配合施工，将岩石运出场外。（人工垂直劈裂施工如图4所示）。



图4：人工垂直劈裂分解

4.8 交工验收

此后每层按照盘锯垂直切割及绳锯水平切割的方法，辅以人工垂直劈裂施工，如此循环，直至施工至路床要求的设计标高。

施工过程中，应严格测量控制，确保边坡平台尺寸及边坡总体坡率符合设计要求。

完工后，及时清理松散岩面，报相关单位进行验收，符合要求后，方可进行下道工序，完善坡面防护及防排水工程。

5 其他说明事项

1. 盘锯刀头磨损严重或脱落影响切割效率与效果时，应及时对金刚石刀头进行更换。更换刀头时，采用高频焊机非接触式焊接方法，使用铜银焊片、硼砂或者焊膏进行焊接，可完整保护刀头的强度。过程中，应使各金刚石刀头焊接位置处于同一垂直断面内，以保证切割效果最佳^[3]。

2. 采用顶部手拉葫芦进行锯盘更换安装时，盘锯机应采取支撑加固措施，操作过程应规范安全，注意保持机身的垂直与稳定。

3. 绳锯机导轨工作平面必须保持水平，可采用木楔调整固定，确保导轨间的进给棘轮齿条对接准确。

4. 安装串珠绳时，应保证串珠绳上的箭头方向与绳锯的运行方向一致。对于有些使用过后的绳锯，若看不清箭头方向，可以根据串珠上的金刚石颗粒的工作方向来识别绳锯的方向。串珠绳从新到旧，其运动方向必须始终一致。

5. 绳锯机水平切割施工过程中，应及时在已完成的垂直切缝（约2cm）中插入支撑钢楔，防止岩石局部坐压，压住运转中的串珠绳，造成串珠绳报废或事故。（垂直切缝插入支撑钢楔如图5所示）。



图5：垂直切缝插入支撑钢楔

6. 盘锯及绳锯湿式作业中产生的泥水应通过岩石水平切割面内倾后低处一侧汇集，集中经沉淀设施处理，符合要求后方可排放。

7. 为保证施工过程作业安全，沿每层岩石水平切割面外侧距边0.5m处，纵向设置防护栏杆或安全土埂（宽约1.0m，高约0.6m），根据施工进展情况，随时拆除或恢复。

6 结束语

综上所述，盘锯与绳锯组合切割技术通过清洁能源机械设备的使用，采用湿式施工工艺，可有效解决既有高速公路改扩建特殊作业环境下的安全性、环保性要求等施工难题，对相关领域安全施工、绿色环保施工以及高质量发展具有重大的意义，可为相关类似工程领域施工提供技术参考。

参考文献

- [1] 林天华. 圆盘式矿山荒料锯切机的操作[J]. 石材, 2010. 03 期.
- [2] 杨志红. 金刚石串珠绳锯在石材加工中的应用[J]. 石材, 2008. 01 期.
- [3] 龙伟民、朱坤、乔培新. 金刚石锯片焊接技术研究[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2002, (03) .

作者简介：梁瑞利，男，（1978.11-），西安交通大学，土木工程，就职单位：新疆北新路桥集团股份有限公司，项目总工程师，工程师。