

护拱帷幕超前支护等措施在隧道大塌方处理中的应用

丁志锋

中铁四局集团有限公司第七工程分公司

摘要: 隧道在穿越不良地质、特殊地形地段时, 由于对地质判断不准确, 在山体冲沟地段未考虑雨季地表水下渗等外因的影响, 支护强度不够, 极易发生塌方。如何有效预防施工过程中的塌方, 是保障隧道施工安全、履约工期、节省投资、提高效益的关键。

关键词: 护拱帷幕; 超前支护; 措施

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2023. 24. 027

一、工程案例

东南某隧道全长5539.40m, 最大埋深231m, 隧道于DK208+640线路右侧设置双车道无轨运输横洞1处, 长444m。该隧道横洞大里程方向DK208+860~DK208+958段洞身围岩为三叠系上统文宾山组(T3w)石英砂岩夹砂

砾岩、炭质粉砂岩, 灰色夹灰白色, 弱风化, 砂质结构, 中厚层状构造, 岩体较完整, 地下水主要为基岩裂隙水, 不发育, 该段埋深约70~105m之间^[1], 设计为III级围岩, 采用IIIb型复合式衬砌, 台阶法施工^[2]。

在该隧道横洞向大里程方向施工期间, DK208+862~+958段发生纵向长度为96m, 环向宽度约9.6~14.5m, 开挖轮廓线外深度0~13.5m, 平均深度约6.5m的大型隧道塌方, 塌方总量约5250m³。由于塌方导致DK208+862~+876段坍塌物堆积至拱顶以下1.4m至拱顶以上3.1m, DK208+876~+900段坍塌物堆积至拱顶以上3.1m至12.5m, DK208+900~+958段坍塌物堆积至拱顶以上3.1m至拱顶以下2.5m。塌方纵断面、横断面见图1图2。

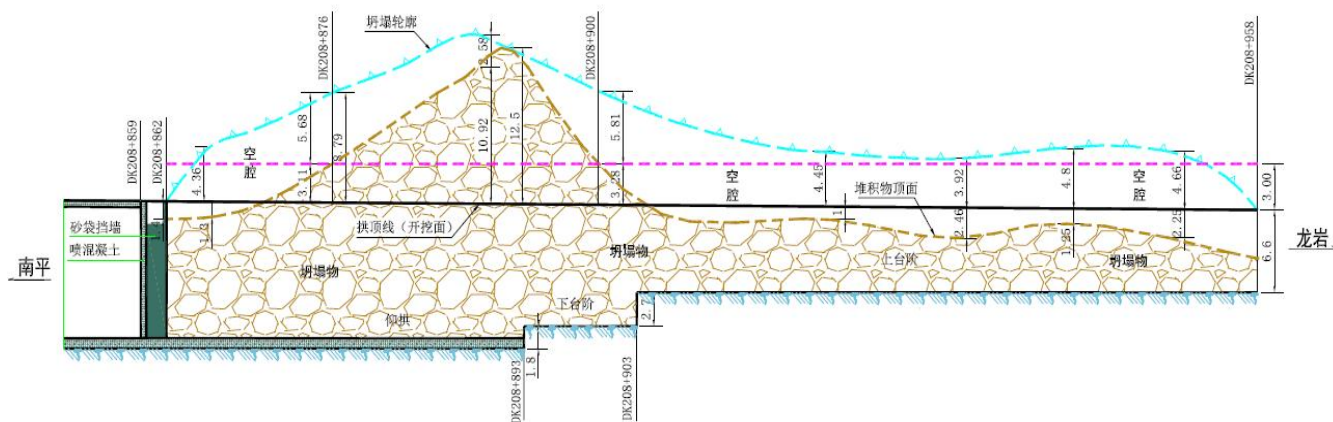


图1 塌方纵断面图

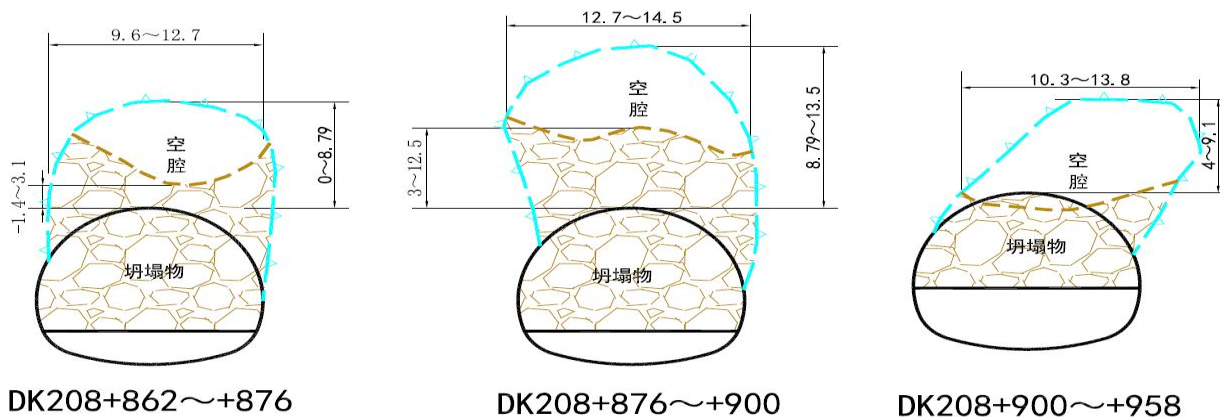


图2 塌方段典型断面示意图

二、塌方原因分析

该段开挖揭示围岩以含炭质石英砂岩夹薄层状炭质粉砂岩，灰白色夹灰黑色，围岩整体较完整，成陡倾状产出。具体原因如下：（1）从塌方体成份与体积分析，该段受大区域构造影响，在拱顶上方3~10m范围内存在缓倾状隐伏节理面（超前地质预报无法对拱顶上方的裂隙进行有效预报、且施工较难揭示该类型裂隙）^[3]，与竖直方向薄层状炭质粉砂岩软弱夹层结构面组合，形成不利组合结构面，将岩体切割成体积较大的块体，开挖形成临空面，受前方掌子面爆破的不断影响，该软弱层的层间结合力变差，随着掌子面不断向前掘进，软弱夹层失稳，导致坍塌。（2）该段开挖支护期间该地区连续降雨，强度大，持续时间长，该段地表位于冲沟地段，地表水汇水及易下渗，其造成两方面影

响，一方面降低了软弱结构面的黏结强度；另一方面塌方形成的临空面，改变了地下水的排泄路径，地下水不断向塌腔富集，造成塌腔壁相邻围岩节理裂隙中饱水量增大，围岩自稳能力进一步降低，增大了作用于初期支护上压力，导致拱部坍塌，坍塌范围逐渐扩大。

三、塌方处理措施

根据塌腔形态、规模、与隧道空间关系，结合坍塌物堆积高度情况，DK208+859~+875、DK208+900~+958段坍塌物堆积至拱顶以上3m范围内，采用“回填、超前支护、加强结构”的原则进行处理；DK208+875~+900段坍塌物堆积至拱顶以上3~12m，采用“超前注浆、超前支护、加强结构”的原则进行处理。开挖均采用三台阶临时仰拱法开挖支护，塌方段处理纵断面分段如图3。

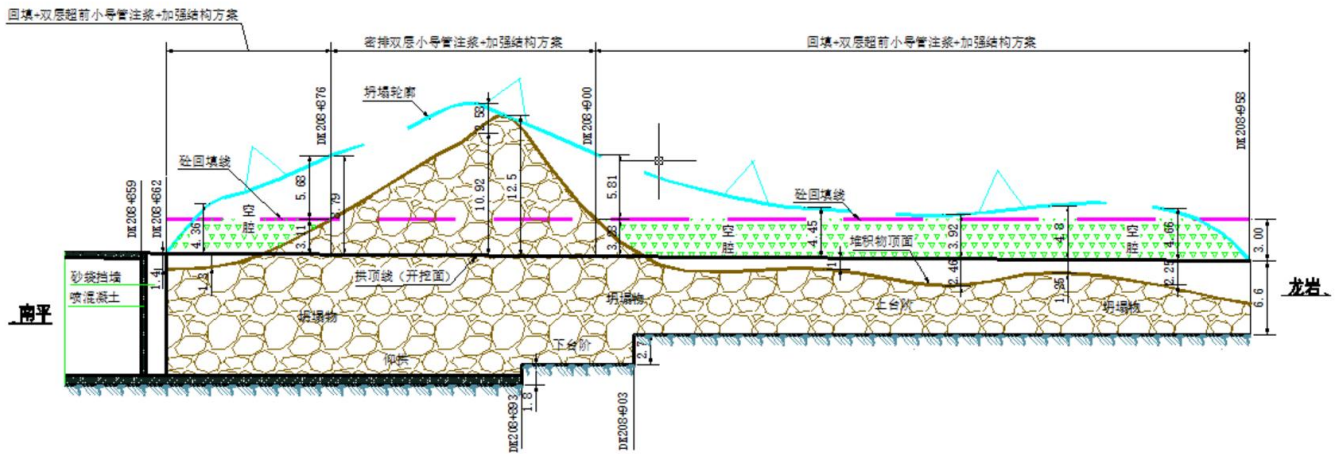


图3 塌方段处理纵断面分段示意图

具体措施：（1）在坍塌段后方设置安全警戒线，加强坍塌段后方及地表的监控量测工作。（2）在DK208+859~+862段采用20cm厚C30网喷混凝土临时补强（内嵌I18型钢架、0.8m/榀）；DK208+859.5~+862段设置2.5m厚砂袋挡墙，砂袋挡墙表面采用50cm厚C25网喷混凝土封闭。（3）在确保坍塌段后方安全的情况下，DK208+859~+877、DK208+900~+958段采用C20混凝土回填塌腔至拱顶以上3m形成护拱，保护坍塌段开挖支护安全。（4）隧道开挖至DK208+877处时，在上半断面施作2m厚C30混凝土封堵墙，利用封堵墙对DK208+875~+900段实施上半断面开挖轮廓线外5m周边

超前帷幕注浆。（5）DK208+859~+958段拱部150°范围设置超前长管棚注浆预支护，局部回填不密实、存在坍塌物的部位采用超前小导管补强。（6）重新开挖拆除DK208+859~+958已施作的支护结构，开挖后采用加强型复合式衬砌，初期支护采用25cm厚C30网喷混凝土，二次衬砌采用60cm厚C35双肢钢筋混凝土。（7）坍塌段环向盲管、横向排水管加密至4m一道，塌腔处理时预埋足够的排水管，将塌腔内积聚的地下水引排至隧道中心沟排放。（8）待DK208+859~+958段二次衬砌施作完毕并达强度的100%后，拱顶以上5m范围内塌腔采用C20混凝土回填密实，拱顶5m范围以外采用2m厚的C15泡

沫混凝土回填，形成缓冲层。（9）施工过程中加强洞内变形监测，编制监控体系应急方案，确保塌方处理过程中施工安全。

通过3个月的有效组织，该塌方段安全、快速通过，为后续隧道施工创造了工作面。

四、结论

通过此大塌方的原因分析及处理过程，可以得出：

（1）隧道塌方会给施工带来极大安全风险及经济损失。因此在施工前要充分考虑地质变化、地形地貌变化、地区施工期间的特殊季节综合因素的影响，根据变化及时采取加强支护等必要的预防措施，避免隧道塌方的发生。

（2）严格规范施工，采取短进尺、弱爆破、强支护、早衬砌、勤量测的施工原则组织隧道施工，既可以降低隧道塌方的风险，也可以对特殊地质、地形条件下的突然塌方进行有效预警，及时撤出工作面的人员、设

备，确保施工期间的安全。

（3）隧道塌方一旦发生，应及时分析原因，对未塌方段在确保安全的前提下进行有效的加固处理，防止塌方继续扩大。

（4）塌方段的处理要制定切实可行的专项处理方案，组织专家论证后，严格按方案实施，在确保安全的前提下，快速、高效处理，防止处理过程中出现二次塌方及给后期运营过程中带来安全风险。

参考文献

[1] 曹秀蒙. 郑万高铁苏家岩隧道应力应变施工技术[J]. 建筑技术开发, 2020, 47(07): 54-56.

[2] 刘天长. 大跨度铁路隧道顺层偏压软岩大变形治理及施工技术[J]. 工程机械与维修, 2021(04): 240-242.

[3] 陈德健, 刘宇. 硬质岩地层隧道塌方特点及处理方案研究[J]. 铁道建筑技术, 2019(z2): 147-150.

