

公路隧道软岩大变形段开挖支护技术研究

范加乐

镇安县交通运输质量监测鉴定中心 陕西商洛 711500

摘要: 软岩大变形段围岩稳定性差, 给公路隧道施工带来困难。早在“九五”期间, 就对大变形软岩隧道的施工技术进行了研究, 取得了大量的研究成果, 并应用于隧道工程的施工中。大型隧道在软岩道路施工变形过程中, 很容易产生大变形, 甚至产生塌方、顶板垮落等事故, 必须进行详细的地质调查, 合理的支护参数, 并做好施工过程中的质量控制, 有效地改善软岩变形状态, 控制围岩变形, 保证隧道支护结构的安全稳定。

关键词: 公路隧道; 软岩大变形段; 开挖支护技术

1. 隧道软岩大变形段变形特点

1.1 变形速度快, 变形量大

隧道开挖后, 围岩变形较大, 特别是在没有超前支护的断面, 变形明显。在有水区段, 水位变化率也较高。此外, 随着变形的增加, 隧道积压明显, 应做好支护完成监测, 防止围岩和衬砌结构变形进一步发展。

1.2 隧道围岩变形不均匀

由于隧道开挖方法选择不当、支护不及时等原因, 造成隧道围岩变形不均匀, 甚至造成局部侵入初期支护限界。结合隧道工程监控数据, 隧道左右侧变形不均匀比较常见。在初期支护完成后, 通过对隧道拱顶、净空收敛等进行量测, 得出隧道围岩变形存在明显的左右不对称现象。

2. 公路隧道软岩大变形成因分析

2.1 地质因素

软岩, 也称软弱围岩, 由于构造面切割、风化侵蚀, 其孔隙较疏松、胶结程度低、强度小, 公路隧道工程中的软岩大变形主要由其地质性质决定, 具体表现在开挖后, 自稳能力低。

从特征方面看, 容易发生坍塌。从变形原因看, 在隧道开挖过程中, 支撑隧道洞身的原位置围岩位置发生了变化, 形成了临空洞壁。在这种条件下, 围岩会自动调整自身的应力, 并向着隧道净空方向进行变形。继围岩挖走后, 缺失了支撑力, 此时其他地方的岩石向空洞的地方施加压力, 导致软岩变形。另外, 软岩属于膨胀岩性质, 满足膨胀条件后即会发生膨胀现象, 当其膨胀力较大的情况下, 即会将膨胀压力转移到初期支护上, 进而引发变形^[1]。

2.2 设计因素

目前, 公路隧道工程设计形成了工业化建设思路,

所以具体的支护设计参数会相对精准。但由于围岩类型多, 理论应力状态的计算即使非常精准, 也只能保障其预案性的设计方案在理论上行之有效, 而在实际施工中, 设计值与经验值之间常会存在差异, 且在各类外界条件共同作用下, 软岩受到一定的压力, 使其变形态势加强。例如, 地下水赋存量的不同, 会使水岩耦合作用在一定程度上出现差异。当水岩耦合作用力大于设计方案中的初期支护承载力时, 会使初期支护在发生变形, 其变形程度取决于水岩耦合作用力的大小。

2.3 施工因素

公路隧道工程施工中会产生一定的振动, 采用机械开挖、钻探开挖或者爆破, 均会对围岩产生扰动, 并使其内部应力发生变化, 其为保持自稳性, 会生成应力拱圈。尤其在公路隧道软岩存在较大范围的塑性屈服破坏状态下, 自稳平衡状态的应力拱圈半径会增大, 进一步使初期支护荷载加大。

同时, 施工中的开挖工法适用较差时, 也很难实现对其围岩变形的有效控制。一般会按照“先简单, 再复杂”的基本原则, 在初步开挖作业中, 控制开挖程序, 随着开挖作业的深入逐渐增加流程。开挖作业封闭不及时, 也容易使软岩受到水、空气等影响, 扩大其松动圈, 降低环状支护的应用效力^[2]。

3. 软岩大变形段开挖方法

公路隧道软岩大变形段围岩稳定性差, 开挖施工过程中应尽可能缩小开挖断面, 减少对围岩的扰动。V级以上围岩的隧道开挖通常采用三台阶七步法、侧壁导坑法、CD法或CRD法等方法, 这几种方法可采用多次、小断面或增设临时支撑进行开挖。通过采取缩小开挖断面、增加临时支护、控制装药量、采用机械开挖的措施以减少扰动。开挖前做好超前支护, 开挖后及时进行初期支

护,进行仰拱支护封闭成环,减少或控制围岩变形,保证围岩的结构稳定。

本文以微台阶法施工为例,这是在三台阶七步法的基础上改进而来的。微台阶法是在开挖过程中将上、中、下三个台阶的长度控制在5m以内,尤其是中上台阶,应同步开挖同步支护,上台阶开挖后洞渣通过中台阶运出。微台阶法可以缩短上下台阶连接时间,及时施作锁脚锚杆,进行仰拱支护封闭成环,可有效避免拱架连接不顺和鼓包凸起,缩短仰拱步距和封闭时间,控制围岩变形。微台阶法可以将仰拱步距控制在15~20m,仰拱封闭时间控制在15~20d。另外,在施工过程中,还应该充分考虑中上台阶的高度,以便于进行上台阶出渣和支护施工。为了缩短上台阶高度、做好各班组之间的工作交接,微台阶法开挖不设置核心土。但如果隧道掌子面有明显的纵向位移,应保留核心土,并应尽可能减少核心土的长度。施工中应适当加快上台阶的开挖支护速度,通过快速施工、及时封闭成环来减少围岩变形^[1]。

4. 软岩大变形段支护要点分析

4.1 机械开挖

为了降低开挖对公路隧道软岩大变形段围岩的扰动,应尽量选择机械开挖的方式。施工机械可选择挖掘机、破损锤、铣挖机等,较爆破开挖施工可有效降低对围岩的扰动,防止产生大变形。由于隧道开挖断面空间较小,限制了挖掘机和破碎锤的工作,也会产生较大的超欠挖。而铣挖机的多齿合金钻头可实现360°转动,可按照要求对围岩进行凿除,且开挖断面光滑圆顺,可有效控制超欠挖,因此应优先选用铣挖机进行开挖。另外,铣挖机是靠钻头将围岩将渣体剥落,不是采用振动冲击破损岩体,对围岩扰动小,更有利于控制围岩变形。

4.2 钢拱架强度

在公路隧道软岩大变形段初期,支护通常选用钢拱架+锚杆+钢筋网+喷射混凝土联合支护的方式,而钢拱架的强度通常决定了初期支护整体结构的强度和稳定性。在软岩大变形段,隧道初期支护的变形往往较大,可以达到几厘米甚至十几厘米,如果钢拱架强度不足,容易出现初支侵入二次衬砌,甚至造成初期支护总体结构的失稳破坏。因此,必须选择强度较高的钢拱架,与喷射混凝土、锚杆等结构组合成为稳固的初期支护结构^[1]。

在普通V级围岩地段,常采用I 18或I 20工字钢作为钢拱架使用,布置间距为750mm左右。但对于跨度较大的软岩大变形地段,采用I 20b工字钢作为钢拱架,布置间距为500mm,仍会使初期支护产生较大变形,在

产生大变形后,甚至需要采用换拱进行处理。经过分析,采用壁厚背宽的H型钢代替工字钢作为钢拱架,可有效控制初支变形,提高初期支护结构的稳定性。

4.3 锁脚锚杆

钢拱架底部容易出现应力集中,如处治不当,则很容易产生下沉和收敛变形。设置缩脚锚杆可有效提高拱架底部的稳定性,控制初期支护结构变形。缩脚锚杆通常采用砂浆锚杆,锚杆长度、砂浆饱满度、安装质量都是决定钢拱架稳定性的关键。工程实际中采用注浆钢管和型钢连接配合锁脚的方式,使用钻机沿拱脚斜向下钻孔,然后埋入注浆钢花管。在拱脚部位采用型钢作为纵向连接,在型钢中间割孔供钢花管穿过,将钢花管与拱架连成一体,达到缩脚的目的。

4.4 拱脚支垫及螺栓连接

在公路隧道施工过程中,由于拱脚下沉或周边位移变形,导致拱部钢拱架与中(下)台阶连接不平顺,造成中(下)台阶初支侵限。因此,在做好缩脚的同时,还要保证钢拱架底部的平整和密实,有效地控制初期支护结构变形。如:采用预制块或连接钢板作为拱脚的支撑,以保证拱架均匀受力,提高拱脚的稳定性,防止出现拱架悬空造成变形移位。钢拱架连接钢板位置时,周边位移应力集中部位需要承受较大的水平剪切力,因此必须采用高强螺栓连接的方式。实践表明,在软岩大变形路段,采用H型钢作为钢拱架的情况下,选用M30高强螺栓,可有效提高连接效果,保证初期支护结构的强度和稳定性^[2]。

4.5 锁固锚杆

初期支护结构锚杆的设计长度取决于围岩松动圈的半径,松动圈半径越大,软岩变形作用在初期支护上部的应力越大。实践表明,围岩松动圈半径为9m的垫板或螺栓的变形幅度远大于松动圈半径为6m的路段,因此应采用有效措施以提高锁固效果。普通的砂浆锚杆很难达到设计深度,可采用自进式锚杆,这种锚杆自带钻头和可接长连接,可以按照设计锚固长度进行施工。另外,自进式锚杆为中空结构,注浆效果也明显优于普通砂浆锚杆。因此,应根据软岩大变形路段的地质情况,合理选择锚杆的加固长度和类型。

4.6 纵向连接

隧道开挖后破坏了围岩原有的天然平衡,围岩内部的应力得以释放,导致隧道围岩和支护结构变形。软岩大变形隧道围岩变形复杂多向,垂直方向的变形导致产生拱顶下沉,向隧道轮廓线内侧的收敛变形,沿隧道轴

向纵向位移等等。这就要求支护结构的整体性完好,以控制围岩的变形,而纵向连接可以将拱架连接起来,提高支护结构的整体稳定性,防止在围岩应力作用下,造成拱架连接的薄弱位置破坏。采用工字钢拱架锚喷支护结构,在支护后期常出现拱架倾覆与拱架间混凝土开裂现象,其原因是纵向连接强度不足,支护结构的整体稳定性较差。实践表明,采用双根连接筋,可有效提高纵向连接强度,提高支护结构的稳定性,控制围岩变形,防止衬砌结构变形破坏^[3]。

5. 结束语

公路隧道软岩大变形段具有围岩稳定性差、初始支护结构变形大、开挖方法和支护参数设计不合理等特点,易产生大变形,甚至发生塌方和落顶事故。在软岩大变形段施工中,采用机械开挖、弱爆破、小断面开挖等方

法,减少了对围岩的扰动,有效控制了围岩变形。在隧道支护结构设计中,可通过提高钢拱强度、合理布置锚杆、锚杆、锚杆来控制围岩变形和初始支护结构,从而提高隧道整体结构的稳定性。因此,在软岩变形较大的公路隧道的设计和施工过程中,需要选择合理的开挖方法和确定支护参数,以有效控制围岩变形,保证整个隧道结构的安全稳定。

参考文献:

- [1]张平.浅埋软岩公路隧道开挖施工技术优化措施[J].设备管理与维修,2021(12):136-137.
- [2]吴军国,高飞.川藏铁路高地应力软岩大变形隧道施工方法分析[J].安徽建筑,2021,28(3):140-145.
- [3]杨选择.简谈隧道软岩大变形施工综合控制技术[J].云南科技管理,2021,34(1):55-59.