

隧道复杂地质初支大变形换拱施工技术

石万波¹ 康彦生²

中交二航局第六工程分公司

摘要: 依托某复杂地质初支大变形隧道工程,分析初支大变形分布,并提出针对性初支换拱施工技术。换拱前需暂停施工,加固初期支护变形段,打设泄水孔,释放蓄积的地下水,减小地下水压力。拆除原初期支护后再安装拱架及钢筋网片,最后喷射混凝土。通过换拱,确保了施工安全和进度。

关键词: 复杂地质;初期支护;大变形;换拱

Construction technology of tunnel arch change with large initial support deformation under complicated geological conditions

Shi Wanbo¹, Kang Yansheng²

The Sixth Engineering Branch of CCCC Second Navigation Bureau

Abstract: Relying on a large deformation tunnel project with a complex geology, the distribution of the large deformation of the initial support was analyzed, and the construction technology of the targeted initial support replacement arch was proposed. The construction needs to be suspended before the arch change, the initial support deformation section is reinforced, and the drainage hole is laid to release the accumulated groundwater and reduce the groundwater pressure. After removing the original initial support, install the arch and steel mesh, and finally spray concrete. By changing the arch, the construction safety and progress were ensured.

Keywords: Complex geology; initial support; large deformation; arch change

1 引言

在公路与铁路网高速发展的过程中,隧道工程的建设不断增加,施工过程中不可避免遭遇极端地质条件。隧道初支大变形一直是工程与研究人员的关注重点,国内外学者针对软弱围岩大变形机理、变形规律、支护结构相互作用及其原因分析进行研究:杨建民等^[1]依托郑西高铁隧道,通过理论计算和现场测试对软弱围岩隧道变形过大的原因及所采取措施的可行性进行研究;赵志刚等^[2]结合隧道地质条件及围岩特性,提出了合理有效的围岩变形控制技术及施工工艺。王伟等^[3]对洞口浅埋段初支变形及破坏特征进行分析,提出适合该隧道的变形控制措施。但目前的研究主要集中于软弱围岩大变形机理、变形规律等方面,对于软岩大变形处理的研究相对较小。本文依托某隧道,通过对初期支护换拱措施研究,确保施工进度和安全,为后续及类似工程施工大变

形控制提供参考。

2 工程概况

(1) 项目概况

某隧道位于青藏高原、黄土高原和秦岭山脉的交汇地带,按山岭区高速公路分离式断面设计,双向四车道,设计净宽10.25米,净高5米,裸洞设计最大开挖宽度为12.86米,最大设计开挖高度为10.25米。隧道左线长1134米,右线长1063米,属于中长隧道,最大埋深190.89米。隧道暗洞均采用新奥法施工,衬砌结构采用复合式衬砌。

(2) 地质情况

本文所依托隧道项目地质情况复杂,主要有以下三个问题:

围岩破碎,整体稳定性极差:隧道围岩多为中、强风化闪长岩,局部存在软弱泥夹层,围岩整体极破碎、

松散，呈碎块状结构，节理裂隙极发育，整体稳定性极差，经过开挖过程中的扰动，其自稳性差的特征愈发明显，为初期支护变形形成了先天的条件。

地下水丰富：隧道开挖过程中多处出露，裂隙渗水，初期支护施作完成后，由于阻断了裂隙水流动通道，裂隙水在靠近初期支护的岩层中蓄积，初期支护施作完成后多处渗漏水，削减了初期支护的作用。

偏压：本隧道形成偏压的原因主要有两种。第一种是由于地形地势不对称，造成隧道结构荷载不对称，从而形成了偏压；第二种是在初期支护阻断了裂隙水流动通道之后，裂隙水在靠近初期支护的岩层中不均匀蓄积，导致裂隙水压力分部不均，进而出现偏压情况。针对第一种情况，根据围岩条件、施工条件，采用了偏压段复合衬砌结构；第二种偏压情况在初期支护施作完成后的一段时间里逐步呈现，存在一定的不确定性，发现和控制在难度较大，初期支护变形有明显的加速特征。

(3) 初支大变形概况

在复杂多样的地质情况下，施工过程中多处出现局部初期支护变形侵限的情况，通过对多处变形的观测，初期支护变形主要集中在未封闭成环的一段时间内，其中在开挖施作中、下台阶时变形尤为明显，多数情况水平位移大于拱顶下沉，最大变形出现在拱腰位置，多数情况下都是一侧发生较大变形导致侵限。

3 施工准备

(1) 暂停换拱段前方施工

为确保换拱施工安全顺利的实施，在进行换拱工作前应暂停换拱段前方的施工工作，并对掌子面和已完成施工的初期支护进行临时加固。

首先利用洞渣对掌子面堆渣反压，堆渣的高度应大于掌子面高度的1/2，然后采用C25喷射混凝土对拱部及上部未进行堆渣反压的掌子面进行封闭，喷射混凝土厚度不小于10cm。当掌子面围岩状况不佳，长时间放置有较大坍塌、垮塌等风险时可考虑对掌子面局部或全断面进行注浆加固，注浆管的规格型号、布置及注浆的压力等参数可按具体情况酌情选择。

其次要对换拱段前方已施作完成的初期支护进行临时加固，防止换拱期间由于时间跨度较大而发生大变形。临时加固采用刚度较大的型钢拱架，本隧道临时加固所采用的型钢拱架为I 20a及I 20b型钢，型钢拱架的加工在钢筋场根据初期支护喷射混凝土的内轮廓“量身定做”，以保证型钢拱架与初期支护喷射混凝土紧密贴合，使型钢拱架更好的起到对初期支护支撑、加固的作

用。每榀型钢拱架由4个结构单位组成，每个结构单元端头焊接240mm×204mm×14mm连接钢板，每个结构单元之间连接采用M20高强螺栓，型钢之间用同型号工字钢连接，环向间距100cm，将型钢拱架连接成为一个整体。临时型钢拱架安装间距与初期支护型钢拱架间距保持一致，安装拱架时候保证拱架的垂直度，每榀型钢拱架底部用木方支垫。

(2) 初期支护变形段加固

初期支护在发生变形时多数情况下伴随着初期支护喷射混凝土开裂、型钢拱架变形等现象、此时初期支护的支撑能力已经大大削弱，随时都有垮塌的风险，因此在进行换拱施工前需要对变形段进行加固处理，加固处理主要有三种类型的加固，即安装临时新钢拱架、拱脚堆渣反压、增设锁脚锚管及打设注浆导管。

临时拱架的安装参数，安装方式可按照换拱段前方初期支护临时加固的方法进行；拱脚堆渣反压可以有效的抵消拱脚及拱腰向内的围岩及裂隙水压力，阻止初期支护继续发生水平位移，堆渣的高度可按照初期支护变形的程度确定，一般堆渣高度不宜低于2.5m左右。前两种加固的方法都是通过从外部施加力来抵抗变形和保证换拱施工过程中的安全，第三种加固方式旨在提高围岩自身及初期支护的稳定性来防止变形的继续发生，锁脚锚管和注浆锚管采用Φ42mm，壁厚4mm的热轧无缝钢管加工制成，长度分别为4m、3.5m，钢管前端加工成锥形，锁脚锚管前端1m的范围里设置Φ6mm出浆孔，呈梅花状设置，与竖直方向成45°~60°脚打入，设置的位置位于型钢拱架每个结构单元靠近下部端头，左右侧各打设两根，破除型钢拱架表面喷射混凝土之后与增设的锁脚锚管焊接牢固，数量可根据实际情况酌情增加；注浆导管除了尾部1米之外，其余位置均设置梅花状Φ6mm出浆孔。注浆导管垂直于初期支护喷射混凝土面打设，呈梅花状布置，环纵向间距1m。注浆时可根据实际围岩情况在浆液中加入一定量的水玻璃，以加快浆液的凝固，注浆压力视具体情况确定，但一般不宜小于0.5Mpa。

(3) 打设泄水孔

在富含地下水的变形段进行换拱施工时，排水工作尤为重要，在前期开挖、初期支护施工过程中已破坏了地下水流动通道，致使地下水在初期支护外侧蓄积，一方面对初期支护施加水压力，另一方面在换拱施工破除初期支护喷射混凝土时存在突泥涌水事故。

排水工作在打设注浆管时完成，在富水段打设Φ42

注浆小导管之后先不进行注浆，注浆导管和注浆管壁上设置的 $\Phi 6\text{mm}$ 可作为泄水通道进行排水，待出水量减小后再进行注浆。

4 换拱施工

(1) 拆除原初期支护

在拆除原初期支护时，只拆除该循环要破除范围内的临时型钢拱架，且每循环拆除间距以2榀拱架为宜，在需要对整环进行换拱施工时，不可一次性将整环拆除，至少分为左右两侧分两次拆除。拆除原初期支护喷射混凝土时尽量使用震动较小的方式将侵限部位拆除开挖至设计轮廓线。

(2) 安装拱架及钢筋网片

在对原初期支护喷射混凝土破除开挖完成后应在最短的时间内完成型钢拱架的安装。相邻两榀型钢拱架之间用同型号工字钢连接，拱腰位置间距1.5米，拱顶位置可适当放大连接工字钢间距。型钢拱架安装完成后，在拱腰位置设置两排锁脚锚管，每排2根，紧靠于连接工字钢下缘，与连接工字钢焊接牢固，锁脚锚管的规格参数与换拱前加固所用锁脚锚管一致，锁脚锚管的数量可根据实际情况酌情增加。钢筋网片采用 $\Phi 6.5$ 、网格尺寸为 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ ，平铺与型钢拱架之后，并与型钢拱架焊接。

(3) 喷射混凝土

在进行型钢拱架及钢筋网片安装的同时即开始准备喷射混凝土的拌和等工作，保证在型钢拱架及钢筋网片

完成安装的第一时间开始喷射混凝土的施工，防止破除部位长时间暴露而导致垮塌。喷射混凝土施工自下而上的进行，喷施过程中注意喷射混凝土的密实程度，喷射混凝土的厚度及钢拱架的保护层不得小于设计厚度。

5 结论

(1) 某隧道位于青藏高原、黄土高原和秦岭山脉的交汇地带，围岩破碎，整体稳定性极差，地下水丰富，地形偏压，地质条件复杂。

(2) 换拱前需暂停施工，加固初期支护变形段，打设泄水孔，释放蓄积的地下水，减小地下水压力。

(3) 需要对整环进行换拱施工时，不可一次性将整环拆除，至少分为左右两侧分两次拆除。

(4) 本文所述换拱施工技术经济合理，施工便捷，有力的保障了施工安全和进度。

参考文献：

[1]杨建民，舒东利，张涵，等.软岩隧道初期支护沉降机理及其工程措施研究[J].隧道建设，2018，38（4）：545-550.

[2]赵志刚，吴忠仕，王伟，杨林，冯德定.大断面浅埋黄土隧道大变形控制技术及其效果分析[J].科学技术与工程，2020，20（06）：2470-2477.

[3]王伟，李忠，沈学军，林玉刚，李赤谋，毛永强.软弱围岩隧道洞口浅埋段变形特征及控制措施研究[J].中国安全生产科学技术，2020，16（09）：103-109.