

Discussion The Causes and Disposal Measures of Common Quality Defects in Tunnel Lining Construction

Lei Zhu

China Railway Shanghai Engineering Bureau Group Sixth Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

Tunnel lining is the key process in the construction of high-speed bullet trains, if there are quality problems in the tunnel lining, it may allow the safe operation of the train to be affected at any time during the train operation. Therefore, it is necessary to continuously improve the engineering construction technology to ensure the quality of the tunnel construction lining. This paper first analyzes the causes of common quality problems in the construction of high-speed train tunnel, then discuss the corresponding prevention and correct treatment countermeasures, to give reference and reference for the correct treatment of similar quality problems.

Keywords

tunnel; lining; quality defect

探讨隧道衬砌施工常见的质量缺陷成因及处置措施

朱磊

中铁上海工程局集团第六工程有限公司, 中国·云南 昆明 650000

摘要

隧道衬砌是高铁动车修建中的关键工序, 如果隧道衬砌存在质量问题, 可能在列车运营期间随时影响到列车的安全运行。因此, 要不断提高工程施工技术, 保证隧道施工衬砌质量。论文先是对高铁动车隧道施工衬砌施工过程中比较常见的质量问题原因开展剖析, 随后论述相对应的预防及正确处理对策, 为类似质量问题的正确处理给予参照与借鉴。

关键词

隧道; 衬砌; 质量缺陷

1 引言

隧道衬砌施工是隧道工程中的关键环节, 在施工过程中会受到地质环境、设备工装状况、混凝土性能、作业人员技能水平等多方面因素的影响, 增加了隧道衬砌质量的不可控因素。地基沉降、衬砌裂缝、渗漏水、二衬背后脱空、混凝土不密实等是衬砌存在较为普遍的缺陷, 对这些缺陷的表现以及形成原因进行具体分析, 做好相应的防范和正确处理, 能够避免出现较大的质量缺陷, 确保列车的安全可靠运行。

2 隧道衬砌工程施工普遍质量缺点形成原因剖析

2.1 基础不均匀沉降及成因

由于地基承载产生差异、仰拱开挖时拱底虚渣清理不彻底等缘故, 隧道边墙处的承载力不均匀, 从而使得隧道施

工产生不均匀地基沉降。不均匀地基沉降进而导致隧道衬砌开裂, 主要有两种表现形式: 一是在隧道施工纵向产生不均匀地基沉降时, 隧道边墙部位产生垂直或斜向裂开, 并逐渐导致环形裂开; 二是在隧道施工横向产生不均匀地基沉降时, 边墙及水沟连接处产生裂缝。

2.2 衬砌裂缝及成因

隧道衬砌施工出现构造裂缝会对整体隧道工程构造的承压力强度造成危害, 也会引发其他质量问题, 对列车的安全运行构成威胁。衬砌裂缝的因素比较多, 如养护不及时、环境条件影响、人为因素干扰等。关键因素有下列几种: 第一, 在衬砌背后脱空时, 受各种惯性力的相互影响, 会向围岩一面受力, 从而造成缝隙; 第二, 设计理念和施工的不规范设计方案缺乏合理性和可行性分析, 也是造成缝隙的主要原因; 第三, 地基的不均匀沉降是导致裂缝陈胜的重要因素。此外, 在施工阶段, 工程项目施工工序分配不合理或者没严格遵守建筑施工图进行操作, 也会导致裂缝产生。

2.3 衬砌渗水及成因

隧道衬砌出现渗水往往会影响到隧道内电气设备, 也给列车运行带来极大风险, 并且影响衬砌整体美观。隧道衬砌

【作者简介】朱磊(1991-), 男, 中国安徽池州人, 助理工程师, 从事施工安全管理研究。

渗水原因主要有以下几方面：第一，初支引排不到位，导致后期初支渗水量较大；第二，防水板铺设存在缺陷，如防水板穿孔、焊接质量存在缺陷等，导致初支渗水进入防水板外侧，进而从混凝土气孔、裂缝等部位流出；第三，排水盲管施作不到位或者堵塞，施工过程中未根据渗水量大小及时增加排水盲管或者排水盲管出现反角，久而久之，水中的外加剂结晶物不断增加，导致衬砌背后的水压增加，从衬砌薄弱部位渗出。

2.4 二衬背后脱空及成因

二衬后面脱空的首要因素是人为要素，主要有以下几种：第一，在灌入水泥混凝土的操作过程中，由于灌入范围的变小，气体也越难排掉，在拱顶便会产生脱空缺点；第二，在进行拱顶水泥混凝土封底过程中时，面临混凝土输送泵推动力或是二衬台车的抗压承受能力局限，水泥混凝土填充没有到达要求的压实度，拱顶打不满，进而产生拱顶脱空；第三，没有按规定对水泥混凝土齐整度进行测量。产生二衬后面脱空的因素有很多，很大一部分因素是施工过程中没按规定操作，如水泥混凝土压实度不过关，进而在拱顶产生裂缝。

3 隧道衬砌作业常见质量缺陷的处置措施

3.1 隧道不均匀沉降的处置措施

选用各分部基坑开挖法开展基坑开挖，可合理减少基坑开挖总面积，减少每一次工程爆破装药量，以降低工程爆破作业对隧道工程施工的影响。

3.2 衬砌裂缝处置措施

针对衬砌裂缝的正确处理对策，可按照裂缝的影响情况采取多种方式。从经济效益、坚固性及其工程施工难度系数等层面整体考量，较为普遍的正确处理对策有以下几种。

3.2.1 对缝施工法

隧道衬砌及仰拱施工均分段浇筑，按照设计要求部分位置设置变形缝、施工缝等。在进行二衬、仰拱施工时应对接缝施工，确保仰拱、二衬在同一个施工缝上。这样即便出现沉降，也可以有效减少因沉降导致衬砌开裂的情况。

3.2.2 骑缝灌浆法

在缝隙比较明显时可采用骑缝灌浆法，主要是运用环氧砂浆灌进缝隙中，从而提升构造的可靠性能。在灌浆前先对缝隙进行妥善处理，为了避免裂缝的再度提高及灌浆成果，要沿着裂缝的视角挖开楔形槽，槽的间距通常为5cm、8cm，总长要超过裂缝两侧，相对高度超过裂缝相对高度。凿槽后，要将水泥混凝土碎渣及残渣处理完全，沿着裂缝的视角固定注浆管。在进行密封性妥善处理，向沟槽开挖里边灌进环氧砂浆，掌握好灌浆的压力差。灌浆完成后，将外露的注浆管切除，再涂刷染料。

3.2.3 整体切割凿除

当隧道工程施工基坑支护结构造成过大裂缝，且裂缝

附近有过大面积的脱空时，可选用整体切割凿除的方式，防止裂缝区域提高可能危害到隧道工程施工结构的使用性能和稳定性。应重点抑制凿除缺陷混凝土、新旧交替混凝土的防水及建筑钢材混凝土程序，流程有三个步骤。在整体切割凿除建筑设计施工过程中，先指定必须切割凿除的地域，依照相对应参数区分地域，再施工。在切割凿除缺点时，应凿除到产品造型设计的厚度，并将边侧调整贴紧，在凿除壁厚难以到了二衬壁厚的地方，要凿除项目前期基坑支护局部。采用铜丝刷处理切面的表面，然后用水处理干净。在新旧交替水泥混凝土结合处，使用遇水时膨胀钢板止水带和金属软管搞好防引流对策。在不可或缺的旧砼面的紧度，在关模前在二衬水泥混凝土表面涂漆防水工业涂料。依据模板处预埋的灌料孔灌入水泥混凝土，确保水泥混凝土获得充分拌和。在混凝土浇筑完成拆板后，对密封模板的孔眼部分进行压力差灌浆，灌浆完成对新老砼表面进行碾磨妥善处理，接着涂漆外墙防水涂料。划块总体切割凿除可将缝隙以及周边缺点部分所有凿除，再次浇筑混凝土，以提升总体构造质量^[1]。

3.3 隧道渗水的防治措施

整个隧道工程施工二次衬砌防引流施工流程为：基准面查验解决（查验净空及早期基坑支护表层处理）→环、竖向引流盲管安装→沉降缝、施工缝止水条安装→隐蔽查验→防潮板铺装→隐蔽查验→衬砌台车定位→灌注二次衬砌水泥混凝土→拆模保养。隧道工程施工二次衬砌的防潮根据运用水泥混凝土本身的防潮情况来完成，因此规定所选用抗渗等级高过S8的水泥混凝土。另外，在拱墙身后选用单双面自粘式HDPE复合型防水材料，规定防水层厚度超过1.5mm。在隧道工程施工缝以及建筑变形缝处设定橡胶止水带。在人行横道及机动车道与隧道工程施工对接处要严苛横版安装，保证对接光滑，在作业部位处应根据设计方案严苛作业，保质保量，防止渗漏腐蚀水泥混凝土。

3.4 二衬背后脱空处置策略

当隧道施工初支、二衬薄厚及水泥混凝土抗压强度均到达设计规定，但二衬与初支间存有脱空、初支与砂岩间存有脱空时，关键采用钻孔灌浆填充空洞以充分发挥支护、初支及软岩总体构造水平，改进和维护保养支护将来环境。规定整顿前更进一步核查缺点种类和范围，如适度钻孔取芯认证等，随后依据缺点种类按下列标准挑选处置对策。

3.4.1 二衬与初支间脱空

依据检验原料对脱空地区打孔（ $\phi 42$ 打孔）注混合砂浆（标注不低于M20）填充二衬后面空洞，打孔间隔 $1.0 \times 1.0\text{m}$ 交叠布局，打孔高度透过脱空区达基岩面，并经过实地试验开展调节，当地表水具备腐蚀性时，常用原料应依据腐蚀性环境种类选用耐腐蚀浆材，灌浆的压力调节在 $0.3 \sim 0.8\text{MPa}$ 。实地使用中可依据具体支护壁厚、缺陷范畴和衬砌后面脱孔尺寸对打孔布局开展适度调节。灌浆时，管口设定中32带丝口的管口，并且用建筑结构胶钢筋锚固在42

灌浆孔内。

说明:

①本图为衬砌与初支间存有脱空整顿对策典型性横断面图示。

②本图上 42 钻孔用以衬砌后面填充灌浆,以实现加肋衬砌及改进衬砌自然环境的实际效果。

③本图外形尺寸除建筑钢筋和锚管外径以 mm 计,其他均以 cm 计。

④本图中衬砌后面脱空区标准为图示,具体落实工前应先检测定位,并在落工流程中对空洞标准开展核查、检测。

⑤本图上灌浆孔的布局间隔为 1.0m×1.0m(梅花形),图上孔位布局仅为图示,具体打设中应依据具体的衬砌薄弱缺陷标准和衬砌后面不密实度、空洞的尺寸及标准对钻孔布局开展适度调节。

⑥灌浆材质选用微胀大混合砂浆,标注不低于 20,并经过实地实验开展调节,当地表水为腐蚀性自然环境时,常用材质应依据腐蚀自然环境种类选用耐腐蚀浆材。

⑦灌浆压力:混泥土衬砌操纵在 0.3MPa 内,建筑钢筋混凝土衬砌操纵在 0.8MPa 内。

3.4.2 初支与基岩间脱空

依据检测材料对脱空地区选用钻孔灌浆(中 42 钻孔)填充初支后面空洞,钻孔间隔 1.5×1.5m 交织布局,钻孔高度穿过基岩面不小于 1.0。灌浆材质:初支后面脱空,选用混合砂浆,标注不低于 M20;初支后面围岩不密实度,选用纯水泥砂浆,浆液砂浆配合比提议选用 0.8 : 1。并经过实地实验开展调节,当地表水具备腐蚀性时,常用材质应依据腐蚀性自然环境种类选用耐腐蚀浆材,灌浆压力操纵在 0.51.2MPa。

3.4.3 二衬不密实度

当隧道衬砌混凝土的强度及薄厚均实现设计规定,但存有混泥土不密实度、有孔洞等情形时,钻孔取芯认证衬砌薄厚及抗压强度能否达到设计规定,不符合的情形下需开展桥换。若达到,则开展衬砌本身内部结构灌浆,以结构加固和密实度衬砌,提升衬砌混凝土密实度和衬砌抗压强度。注浆管安装形式为钻孔固管,钻孔外径不小于 3cm,深度依据不密实度区高度明确,并间距二衬边缘不小于 5cm,灌浆孔孔距通常为 30~50cm,灌浆材料选用极细水泥砂浆。极细水泥砂浆提议石灰可为 0.4 : 1,砂浆配合比可经过实地实验开展调节。

说明:

①本图适用解决初支身后存有空洞及或不密实区,图上衬砌类型仅为图示。具体工程施工前应先依据地质勘探及钻孔认证脱空范畴,检测精准定位,并在工程施工流程中对空洞及不密实区范畴开展核查、检测。

②本图解决方法关键确保隧道构造安全性,解决后衬砌物防水特性有一定的减少。

③本图规格除管材外径以 mm 计,其他均以 cm 计。

④本图上灌浆孔的布局间隔为 1.5m×1.5m(梅花形),图上孔位布局仅为图示,具体打设应依据衬砌身后不密实、空洞的尺寸及范畴沿隧道拱顶、拱腰、侧墙布局灌浆孔。

⑤灌浆材料:初支身后脱空,选用微胀大混合砂浆;初支身后围岩不密实,选用纯水泥浆;浆液砂浆配合比提议选用 0.8 : 1,并经过实地实验开展调节。

⑥灌浆压力:混泥土衬砌操纵在 0.5MPa 之内;混泥土结构衬砌操纵在 12MPa 之内。

⑦工程施工的注意事项:段内如要采用锚索等方法加肋不仅有衬砌时,锚索应尽可能运用灌浆孔布局,防止太多危害不仅有衬砌完好性。

4 其他质量缺陷及防治措施

在隧道工程衬砌施工过程中,有一些品质问题的缘由并非单一化的,而是在自然因素和人为失误的相互影响下造成的,而且有一些品质问题又会相互影响,像二衬背后脱空会致使裂缝,裂缝会产生渗漏、建筑钢筋露出等^[2]。总的来说,如果这类品质问题无法得到合理的解决,就会直接影响到隧道工程构造的稳定度和安全性能。

导致隧道工程衬砌质量问题的原因有很多种,为了更好地降低质量问题的产生,在作业前应做好详尽的地质勘察工作,根据勘察结论及早优化工程施工方案,防止出现构造质量问题。设计人员应深入作业一线,深入分析工程施工现场,提升方案设计的严谨性和可行性,加强对作业环节的品质安全监管,确保每道工序流程和施工方案都严格执行规范标准实际操作。遇到品质问题后,依据问题的影响水平和所处具体位置,采取相应对策开展解决,防止意外事故的发生。

5 结语

在隧道工程施工中,由于受到自然条件和人为失误操作等各种因素的影响,会发生各式各样质量问题。如果发生比较明显的结构质量问题,很有可能影响到所有隧道施工的稳定性和安全系数。对质量问题的原因和化解预防措施进行分析,在日后的工作流程中实行相应的预防措施,可有效避免类似情形的发生,同时为工作化解关键技术给予借鉴经验,多方位保障高铁隧道施工衬砌施工质量。

参考文献

- [1] 张浩然.高速铁路隧道内接触网预埋槽道施工质量缺陷及预防措施[J].工程技术研究,2020,5(21):2.
- [2] 申雪松.高速铁路隧道二衬拱顶施工质量问题和预控措施[J].工程技术研究,2020,5(18):2.