

Research on the Non-blasting Excavation Technology of Connecting Arch Tunnel Adjacent to the Sensitive Area of Oil Reservoir

Hong'an Zhou Shuxiang Jia

Sinohydro Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610500, China

Abstract

The paper combined with China Zhejiang province Daishan 526 national road reconstruction project nanfeng tunnel import in Shanghai Oil and Gas Co., Ltd., Daishan Oil Storage and Transportation Branch of the actual situation of the reservoir, by changing the tunnel of the south peak tunnel construction, the main tunnel tunnel in the construction of construction technology, meet the specification and the actual construction conditions, effectively speed up the construction progress, get good economic benefits and social benefits.

Keywords

sensitive area of petroleum reservoir; non-blasting excavation of tunnel; construction technology

紧邻石油库敏感区连拱隧道非爆破开挖技术研究

周红安 贾书祥

中国水利水电第五工程局有限公司, 中国·四川·成都 610500

摘要

论文结合中国浙江省岱山526国道改建工程南峰隧道进口位于上海石油天然气有限公司岱山石油储运分公司库区内的实际情况, 通过改变洞身掘进施工工艺完成南峰隧道进口贯通施工, 主要就隧道进口剩余段洞身掘进施工工艺的施工技术上的总结, 在满足规范及实际施工条件前提下, 有效加快施工进度, 获得较好的经济效益和社会效益。

关键词

石油库敏感区; 隧道非爆破开挖; 施工技术

1 引言

随着国民经济的飞速发展, 高等级公路在中国的发展规模日新月异, 隧道发展也呈现出强大的发展势头, 连拱隧道较分离式隧道具有造型美观、线形流畅、占地面积小、空间利用率高、可避免隧道洞口路基或桥梁分幅建设等优点。同时, 在隧道长度较短、环境保护要求较高时连拱隧道也表现出较强的优越性。因此, 近年来双连拱隧道在高等级公路中被广泛应用, 在紧邻铁路、化工厂等复杂环境的隧道开挖施工是一大难题。

2 概况

中国浙江省舟山市 526 国道改建工程地处岱山岛, 路线主线共有 2 座隧道, 均为连拱隧道, 分别为北峰隧道工程及南峰隧道工程, 南峰隧道桩号为 K18+626~K18+925, 暗

洞 185m, 明洞 110m, 南峰隧道进口位于上海石油天然气有限公司岱山石油储运分公司库区内, 隧道进口现状边坡为石油库区 30 年前爆破开挖形成的破碎带, 隧道底板距石油库区地面高差 10m, 与跨石油公司消防水池的南峰跨线桥顺接, 边坡未进行任何防护的裸露边坡, 边坡岩石已进入强风化, 常有落石, 存在较大的安全隐患, 隧道正下方为石油库区容量约 5000m³ 的消防水池, 距隧道进口不足 10m, 以保证石油公司原油储罐容量为 50000m³ 储油罐 (2 个 20000m³, 1 个 10000m³)、20000t 级原油码头的消防应急; 隧道进口左侧为库区 630KVA 箱式变压器, 距洞口不足 25m; 右侧为石油公司倒班楼, 内有化工实验室, 距洞口不足 40m。在上述复杂环境下为解决隧道爆破开挖的震动对现状边坡、消防水池、倒班楼及变压器的影响, 结合现场实际情况, 对隧道开挖方法进行了优化, 采用了一种“TY370 管棚钻车钻孔+绳锯+破碎锤”进行切割破碎岩石的非爆破方法进行隧道开挖。紧邻石油库敏感区连拱隧道非爆破开挖施工工法是通过工艺改进研究, 并经反复验证的成果, 适应于隧道敏感区非爆破开挖施工的方法, 经科技查新填补了国内同行业技术空白, 取得了明显的社会效益和经济效益。

【作者简介】周红安 (1981-), 男, 中国陕西汉中, 本科, 工程师, 从事公路工程施工、公路桥梁、公路隧道研究。

3 施工方法

3.1 施工原理

南峰隧道剩余段主洞因位于石油库敏感区的复杂环境下,采用了一种“TY370 管棚钻车钻孔+绳锯+破碎锤”进行切割破碎岩石的方式掘进。棚钻钻车进行隧道开挖断面轮廓孔及中间孔的贯穿钻孔作业;金刚石绳锯进行相邻两孔之间的岩石切割,破碎锤对钻孔、切割完的岩石进行凿岩破碎,达到隧道开挖的目的。利用岩石抗剪能力差的特点,从钻孔、绳锯切割,再到破碎解小分次、逐级破坏、分解岩石的整体性,从各个钻孔处顺绳锯切割裂缝进行破碎解小开挖^[1]。

具体工艺方法为:南峰隧道剩余非爆破段采用液压潜孔钻贯穿钻孔至进口处,分上、下台阶开挖,开挖断面轮廓线处周边孔距为 1.0m;中间孔间排距为 1.0×1.0m,上台阶钻孔结束后进行绳锯穿孔切割,从下至上相邻两孔进行两两切割,最后切割轮廓线处钻孔,所有钻孔切割完成后进行破碎锤凿岩解小施工,每进尺一榀工字钢+30~50cm 作业空间的距离进行初支施工,以此类推循环施工,达到开挖的目的。为了确保施工安全,破碎锤先破除轮廓线 1m 环形岩体,待完成上台阶“型钢支撑+锚杆+网片+喷射混凝土”后进行核心土破除开挖。下台阶间排距为 1.0m×1.0m,贯穿钻孔结束后从上至下相邻两孔进行两两切割,完成下台阶开挖机支护。

3.2 施工操作要点

3.2.1 操作要点

①施工准备。

风、水、电已布置至掌子面,支护、出渣设备及材料已做好准备,进行钻孔工作平台填筑,平台填筑采用隧道渣料进行平台分层填筑,钻孔机器为 TY370 管棚履带式钻车,通过履带行走至钻孔平台,根据测量布孔位置进行钻机、定位。

②测量放线。

待准备工作完成后,随即安排测量人员使用全站仪进行钻孔孔位放样,准确放出各钻孔位置,孔位偏差应在规范允许范围内。

③钻孔。

第一,检查设备运转是否正常,现场水量是否充足,然后将钻头前端定位在隧道测量孔位上钻孔。

第二,根据测量布孔位置钻车就位,自上而下进行逐层贯穿钻孔,间距按 1.0m×1.0m 布孔,开挖轮廓线必须布孔。

第三,钻机开钻时,可低速低压,待成孔 1.0m 后可根据地质情况逐渐调整钻速及风压。

第四,周边孔必须严格控制钻孔角度,钻进过程中常用测斜仪测定其位置,由于钻孔平均长度 24m,要求控制好轮廓线处孔的钻头角度,避免大范围的超欠挖,局部欠挖用破碎锤修整。

④岩石切割。

上台阶钻孔结束后进行绳锯穿孔切割,绳锯就位后将

金刚石串珠绳通过钻孔穿至洞外,并从相邻孔穿回至绳锯机器处进行闭环连接,启动机器进行切割,绳锯切割从下至上相邻两孔进行两两切割,最后切割轮廓线处钻孔,下台阶间排距为 1.0m×1.0m,贯穿钻孔结束后,从上至下相邻两孔进行两两切割,完成下台阶开挖机支护,上台阶、下台阶合计 158 个孔。

⑤凿岩破碎。

所有钻孔切割完成后采用挖机破碎头破碎锤凿岩解小施工,每进尺一榀工字钢间距进行初支施工,以此类推循环施工,为了确保施工安全,破碎锤先破除轮廓线 1m 环形岩体,待完成上台阶型钢支护后,在进行核心土破除开挖。

⑥出渣。

采用装载机装渣、自卸车运渣。隧道弃渣运至指定存放区域,可作为路基填料及浆砌挡墙等使用。

⑦锚喷支护。

隧道开挖经验收合格后进行支护施工,初期支护紧跟掌子面,每进尺一榀工字钢间距进行初支施工,经验收合格后,进行锚喷支护施工。

3.2.2 施工特点

与传统的施工工艺相比,本施工工艺具有以下特点:

①主要内容包括南峰隧道左、右幅主洞剩余段非爆破开挖,解决石油库敏感区复杂环境下的隧道开挖问题,节约了炸药、钻孔人工等成本。②一种“TY370 管棚钻车钻孔+绳锯+破碎锤”进行切割破碎岩石的非爆破开挖方法,具有隧道开挖轮廓线尺寸控制准确,减少超挖,对周边岩壁扰动较小,不破坏周边岩石的完整性等优点,施工质量可靠。③采用了管棚钻车钻孔开挖隧道的方法,南峰隧道进口段在石油公司复杂环境下在从掌子面至进口一次贯穿钻孔,节约了钻孔时间,提高了工作效率。④采用了采用绳锯进行隧道开挖施工,利用管棚钻车进行贯穿孔钻孔,金刚石绳从一孔穿出、从另孔穿进,形成闭环进行岩石切割,达到非爆破开挖隧道的目的。⑤钻孔、岩石切割一次完成,后续工序仅需凿岩破碎、出渣及支护等工序,节约了施工时间,提高了施工效率^[2]。⑥采用非爆破的开挖方式,减少了对周边建筑物的扰动,施工操作方便,节约了爆破开挖的成本,且又符合环保要求。⑦采用一种汽车自动伸缩防护棚,在出渣运输过程中防止渣体外泄,也控制了出渣车的超载问题,减少了施工安全风险,且又符合环保要求。

本工艺施工方法简单,质量安全风险低,效率高,成本低,使用范围广,效果良好。适用于复杂环境下连拱隧道主洞非爆破开挖施工。

4 质量控制

4.1 隧道开挖控制

洞身开挖应符合 JTG 3660—2020《公路隧道施工技术规范》要求,应严格控制欠挖,拱脚、墙脚以上 1m 范围内

严禁超挖，洞身开挖在清除浮石后应及时进行初喷支护。

施工前进行爆破试验，以便选择和确定合理的爆破参数；在开挖过程中，根据岩层变化情况，适时调整爆破参数，确保洞室开挖尺寸及光面爆破残孔率满足要求。其中，表 1 为洞身开挖实测项目内容。

4.2 初期支护控制

初期支护施工应符合 JTG 3660—2020《公路隧道施工技术规范》要求，严格把控现场钢筋网、型钢安装及喷射混凝土的质量。

钢筋直径及网格尺寸符合设计要求，钢筋网与锚杆焊接牢固，网片之间搭接长度不小于 200cm。

喷射混凝土作业分片自下而上，分段进行。分层喷射时，后层喷射在前次喷射混凝土终凝后进行，喷射作业和喷层厚度严格按照设计图纸或监理工程师指示要求进行，必须用混凝土覆盖的锚杆头，完全用喷混凝土覆盖，并保证钢筋保护层厚度，喷射混凝土表面尽量平整，确保没有干斑、疏松、裂缝、脱空、漏喷、漏筋、空鼓、渗漏水等现象。

型钢安装确保中线、标高、尺寸、安装垂直度与设计相符，安装稳固牢靠，保证钢支撑在衬砌断面以外。附件与腹杆安装位置准确，焊接牢固。

5 施工措施

5.1 安全措施

①加强安全教育，坚持开好班前安全 5 分钟教育。参加施工的各工种人员，应遵守本工种的安全操作规程。②洞内所有用电设备均需配置漏保装置，配电箱要符合“一箱、一机、一闸、一漏、一保护”。③检查清理危石，确认掌子面的安全：施钻的人员和安全员在钻孔前，同时应检查掌子面、拱顶、边坡安全状况，清理掉松动的危石。④岩石破碎时严格控制隧道进尺，先破碎周边轮廓范围的岩石，待完成支护后在破碎中间区域岩石。⑤支护台车移动时应由专人统一指挥，人员不得在靠近模板行进方向停留。⑥洞外绳线穿

线人员必须正确佩戴安全绳；穿绳切割时严禁损坏主动网。

⑦装渣前和装渣过程中应观察围岩状况，发现松动危石或塌方征兆应通知领班人员，处理后再行装渣。支护结构是否处于安全状态。⑧支护前应检查确认掌子面、拱顶、边帮的安全状况，清理掉松动的危石，在清理危石时，遇有紧急情况及时通知相关人员及机械撤离。

5.2 环保措施

①成立相应的施工环境卫生管理机构，在施工过程中严格遵守国家和地方有关环境保护的法律法规。加强对施工材料、生产设备、废气、废渣的控制和治理，遵守有关防火及废弃物处理的规章制度，随时接受相关单位的安全检查。

②将施工场地和作业限制在工程建设允许的范围内，合理布置，各种标识齐全，做到工完、料尽、场地清，确保施工现场文明整洁。③优先采用环保的机械设备，降低施工噪音，减少焊接烟尘排放。④洞内生产废水抽排至洞外三级沉淀池内，经沉淀后采用污水一体化处理设备进行处理，合格后回用，避免对生态环境造成污染。

6 施工应用

本工程应用于南峰隧道主洞进口桩号 K18+630-K18+657 段，在紧邻石油库敏感区，隧道进口正下方为石油库区容量约 5000m³ 的消防水池的复杂环境下，采用了一种“TY370 管棚钻车钻孔 + 绳锯 + 破碎锤”进行切割破碎岩石的方式掘进。利用岩石抗剪能力差的特点，从钻孔、绳锯切割，再到破碎解小分次、逐级破坏、分解岩石的整体性，从各个钻孔处顺绳锯切割裂缝进行破碎解小开挖，达到隧道开挖的目的。有效解决了紧邻石油库敏感区复杂环境下，连拱隧道非爆破开挖施工的问题，通过一种“TY370 管棚钻车钻孔 + 绳锯 + 破碎锤”进行切割破碎岩石的方式掘进，大大提高了施工效率，节约施工成本，经济和社会效益显著。由于具有通用性强的特点，对类似的紧邻石油库敏感区复杂环境下的连拱隧道开挖支护施工具有推广应用前景。

表 1 洞身开挖实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方式和频率
1 Δ	拱部超挖 (mm)	I 级围岩 (硬岩)	平均 100, 最大 200	全站仪: 每 20m 检查 1 个断面, 每个断面自拱顶起每 2m 测 1 点
		II、III、IV 级围岩 (硬岩、中硬岩、软岩)	平均 150, 最大 250	
		V、VI 级围岩 (硬岩、破碎岩、土)	平均 100, 最大 150	
2	边墙超挖 (mm)	每测	+100,0	
		全宽	+200,0	
3	仰拱、隧底超挖 (mm)		平均 100, 最大 250	

7 结语

综上所述，通过对南峰隧道进口石油库区剩余贯通段隧道洞身非爆破开挖方法的技术研究，创新优化传统工艺，采用一种“TY370 管棚钻车钻孔 + 绳锯 + 破碎锤”进行贯通钻孔切割破碎岩石的方式掘进。有效解决了紧邻石油库敏感区复杂环境下，隧道洞身爆破开挖的施工难题，大大提高

了施工效率，节约施工成本，经济和社会效益显著。由于具有通用性强的特点，对类似的紧邻石油库敏感区复杂环境下的连拱隧道开挖支护施工具有推广应用前景。

参考文献

[1] JTG 3660—2020 公路隧道施工技术规范[S].
 [2] 褚夫蛟,刘敦文.上穿输水隧洞公路隧道爆破开挖安全控制研究[J].爆破,2017,34(4):159-166.