

EBZ260 悬臂式掘进机在软岩隧洞开挖中的应用

唐光雯，王波，王小红

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 都江堰 611830)

摘 要: 毗河供水一期工程引水隧洞采用 EBZ260 悬臂式掘进机对软岩隧洞实施开挖。介绍了该掘进机的适用范围、技术参数和主要配置情况,从掘进机的截割方式、除尘装置的正确使用等多个方面对掘进机隧洞开挖工艺和技术进行了阐述,总结了掘进机的各项特点。

关键词: 隧洞开挖;EBZ260 悬臂式掘进机;软岩;截割;毗河供水一期

中图分类号: TV7;TV52;TV53;TV554 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2184(2019)04-0019-04

Application of EBZ260 Cantilever Excavator in Soft Rock Tunnel Excavation

TANG Guangwen, WANG Bo, WANG Xiaohong

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract: EBZ260 cantilever excavator is used to excavate soft rock tunnel in the diversion tunnel of Pihe Water Supply Phase I Project. This paper introduces the application scope, technical parameters and main configuration of the excavator, expounds the excavation process and technology of the excavator from several aspects such as the cutting mode of the excavator and the correct use of the dust removal device, and finally summarizes the characteristics of the excavator.

Key words: tunnel excavation; EBZ260 cantilever excavator; soft rock; cutting; Pihe Water Supply Phase I Project

1 概 述

毗河供水一期工程由引水枢纽、总干渠、干渠、充水渠及灌区渠系工程等组成,所处区域主要为川中丘陵地貌,地形特征为浑圆状、长条状平顶山丘、山梁与侵蚀洼地、冲沟,地面高程一般为 300~520 m,相对高差 50~150 m。该段隧洞穿越山脊、山嘴、垭口和沟间山体,地层为白垩系上统灌口组(K2g)、下统白龙组(K1b)和苍溪组(K1c),侏罗系上统蓬莱镇组(J3p)和遂宁组(J3s)地层,岩性为砂岩和粉砂质泥岩互层,除总干渠龙泉山和金水桥隧洞砂岩属中硬岩外,其余均属软岩~较软岩。Ⅲ类围岩约占隧洞总长度的 18%,砂岩为中厚~厚层状中硬岩或较软岩,成洞条件及围岩稳定性相对较好,施工时局部存在掉块及小规模坍塌;Ⅳ类围岩约占隧洞总长度的 64%,由弱风化砂岩、新鲜粉砂质泥岩组成,层状~薄层状结构;Ⅴ类围岩约占隧洞总长度的 18%,由强风化岩体、弱风化粉砂质泥岩、断层破碎带、褶皱

核部、地表水体影响较强和地下水活动强烈洞段组成,呈碎裂状、碎块状及薄层状结构。围岩成洞条件及稳定性差,岩层倾角大多小于 5°,特别是粉砂质泥岩层间结合力弱,施工时洞顶存在脱层坍塌等问题。项目部经过多次现场开会论证,最终决定引进煤矿用悬臂式掘进机进行隧洞掘进^[1,2]。

2 悬臂式掘进机

2.1 悬臂式掘进机的结构组成

EBZ260 悬臂式掘进机由切割机构、铲板总成、第一运输机、本体总成、行走机构、后支承、操纵台、液压系统、除尘喷雾系统、电气系统、润滑系统、护板、标识与涂装构成。

2.2 适用范围

EBZ260 悬臂式掘进机适用于煤巷、半煤岩巷以及全岩的巷道掘进,亦可在铁路、公路、水电、水利工程等软岩隧洞施工中使用。该掘进机最大定位截割断面可达 30 m²,施工中经济截割岩石硬度为 30 MPa,最大截割岩石硬度为 40 MPa,要

求环境温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$,坡度为 $\pm 18^{\circ}$ 。悬臂式掘进机在岷河水利工程的软岩隧洞掘进中除去临时支护等时间,掘进机每天净工作时间为 12 h,最高日进尺为 12 m,平均日进尺为 9 m。悬臂式掘进机在岷河供水一期工程小断面隧洞实际施工中,其掘进效果证实了其性能优越,能确保在中小断面隧洞掘进施工中的安全和工期要求。

2.3 掘进机的维护与保养

为了能更好地在隧洞掘进时正确使用悬臂式掘进机,使用前应详细阅读掘进机使用说明书,操作时应正确进行操作,使用期间及时对掘进机进行维护与保养。

(1)掘进机应使用同一品牌的液压油,并按说明书中的规定及时更换液压油。

(2)悬臂式掘进机工作时,当油温超过 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时应及时停止掘进机工作,并对液压系统及冷却水系统实施检查,待油温降低后再开机工作。

(3)在掘进机掘进期间,应按照使用说明书的规定及时给掘进机加润滑油和润滑脂。

(4)掘进机截割时要关注截齿是否已损坏,若截齿损坏应及时更换,若不及时更换会损伤截齿座。截割时,要观察截齿是否旋转顺畅,若不顺畅需用铁锤击打,使截齿旋转顺畅。

(5)掘进机在现场装配时,对各种螺栓的装配一定要按说明书对各螺栓扭矩力矩进行锁紧。掘进机工作期间,要定期检查各部分螺栓是否出现松动,避免因螺栓松动造成设备的损坏。

2.4 除尘要求

在隧洞采用悬臂式掘进机掘进时,根据隧洞的长、短其通风方式可采用“长压、短抽”“长压、短抽、短压”的方式,EBZ260 悬臂式掘进机除尘喷雾系统采用环形三层水幕除尘,分内、外喷雾水路。外供水经一级过滤后分为两路,第一路经球阀、二级过滤、减压阀直接通往切割机构,由切割头内的喷雾喷嘴喷,以起到冷却截齿及减尘作用;第二路经球阀、二级过滤、减压阀、水冷却器(冷却液压系统用油)及切割电机(冷却切割电机)后再分为两路:一路通往喷水架,由外喷雾喷嘴喷出,另一路通往风机。其特点为:

(1)掘进施工时,采用长压、短抽通风除尘系统能有效实现粉尘的就地净化,特别是对呼吸性粉尘具有较高的除尘效率。

(2)掘进机采用独特高效、高适应性湿式除尘技术,达到了耗水量小、脱水效率高、有效节约水资源的效果。掘进机定时排污、换水对作业环境不会造成污染。

(3)掘进机在截割施工期间,为保证施工时的除尘效果,每班截割后应及时清洗除尘器。

(4)掘进机使用除尘装置时,一定要根据风筒的压入风量确定除尘风机的吸入风量。除尘器风量的计算公式为:

$$Q_{\text{吸}} = S \times V(0.8 \sim 0.9) \times Q_{\text{压}}$$

式中 S 为隧洞掘进断面积, m^2 ; V 为压入风速 m/s ; $Q_{\text{吸}}$ 为除尘风机吸入的风量; $Q_{\text{压}}$ 为风筒压入的风量。

2.5 洞内的通风、排水与测量

施工时隧洞的空气质量主要取决于通风设计和隧洞开挖方式以及洞内的运输方式。掘进机开挖不会产生有害气体,运输采用低污染的内燃机车(以上机械仅有较少的废气污染),从而使得掘进机施工时隧洞中的通风效果较好。

(1)洞内通风。采用轴流式风机配合波纹管从掘进机掌子面往洞外抽风降尘,在掌子面形成负压,洞外新鲜的空气从掘进巷道内流入,从而保证整个巷道内的空气质量。

(2)洞内施工排水。施工时为顺坡排水,考虑到隧洞长度较大、坡度较缓,采用了以自然排水为主、辅以人工水泵抽水的方式进行排水。按隧洞设计结构在其右侧开挖了断面尺寸为 $0.3\text{ m} \times 0.3\text{ m}$ 的排水沟并间隔 300~500 m 设集水坑,坑内设水泵 1 台,裂隙水及施工污水从排水沟顺坡排或将其抽至洞外的水池或移动水容器净化后排出。

(3)逆坡排水时,主要采用集水坑接力抽取的方法,即在右侧间隔 300~500 m 的合适位置设集水坑,坑内设水泵 1 台,裂隙水及施工污水接力抽取后排出。

(4)将隧洞内的施工污水和地下水排出到洞口,在洞口外事先预埋了一根直径为 1 m 的混凝土预制管,预制管与修建的沉淀池相连(沉淀池容积约为 200 m^3),洞内排出的污水和地下水只有经沉淀池处理后才能排到排水沟中。

(5)洞内测量。采用在隧洞断面特征点设置激光指向仪的方式对隧洞边墙与顶拱进行控制,

使掘进机在截割施工时有效控制边线与顶拱。

3 施工工艺

EBZ260 悬臂式掘进机的施工工艺主要分为以下几种工况：

(1) 利用截割头上下、左右移动截割, 可以截割出初步断面形状, 该截割断面与实际所需要的形状和尺寸有一定的差别, 可以进行二次修整以达到断面尺寸的要求。当截割较软的岩石时, 采用高速截割可以达到快速掘进的目的, 切割下来的岩渣块小并方便出渣, 截割采用左右循环向上的截割方法, 其切割路线见图 1。

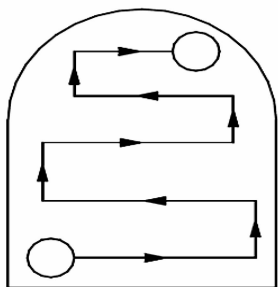


图 1 掘进机切割路线图

(2) 当掘进机截割的围岩硬度大 ($7 \leq f \leq 10$) 且围岩为同种岩石时, 掘进机采用低速截割, 掏槽时应将截割部位处于水平和机器中心位置进行钻进, 并根据岩石硬度和节理发育情况决定钻进的深度, 一次钻进的最大深度以不超过 220 mm 为宜, 然后用截割头扩窝后再继续钻进。掏槽的深度取决于岩石的硬度及发育情况, 最大的掏槽深度以不超过 700 mm 为宜, 然后利用掏槽进行横向切割^[3]。

(3) 当掘进机截割面的围岩硬度不一致时, 掏槽孔位置应选在岩石硬度较软处进行钻孔, 然后在掏槽孔处进行横向切割^[4]。施工中掘进机良好的截割方法能够得到更多与更好的自由面, 截割岩体时更容易使岩石破裂并达到快速对岩体截割的目的, 且能降低掘进机截齿的损坏并降低截齿的消耗率。掘进机采用的切割方式见图 2。

(4) 掘进机截割卧底或收集底料时, 应注意观察铲板的位置, 此时应确保将铲尖与底板压接后再进行作业, 以防止截割头处于最低位置时其星轮与截割部的下面相碰, 该情况会损坏掘进机。

(5) 掘进机在隧洞内截割时机械应保持稳定, 当机械出现不稳定时, 不能用铲板将机体抬起或

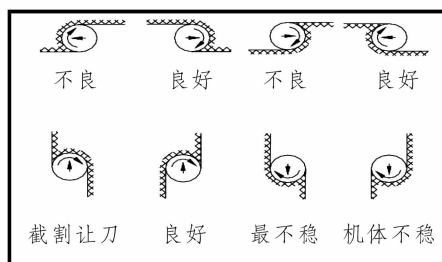


图 2 掘进机切割方式示意图

用铲板侧面靠住洞壁岩石用以保证截割时的稳定性, 这种方式会损坏掘进机。

(6) 掘进机在截割硬度较大的围岩时, 悬臂式掘进机易发生侧摆脱, 此时应及时打开侧支撑以增加掘进机的稳定性。掘进机准备前行时, 在推动行走手柄前应先收回侧支撑, 否则会损坏机器。

(7) 悬臂式掘进机在截割围岩时, 应打开外喷水雾控制阀, 喷水量不能小于 30 L/min, 喷水压力不能大于 3 MPa^[5]。截割时是否打开内喷雾可根据施工使用情况确定。外喷雾的作用: ①冷却液压系统, 避免掘进机油温过高; ②冷却截割电机; ③冷却截割齿, 降低截割齿的消耗率; ④掘进机截割时降低粉尘。

(8) 悬臂式掘进机在截割含水过多的岩层时, 为减少隧洞齐头部位积水过多的状况, 可以通过切换外喷水三通阀将喷雾水自二运后部放出, 随皮带输送机输送到出渣车后运出洞外。

4 开挖效果

毗河供水一期工程引水隧洞采用 EBZ260 悬臂式掘进机进行隧洞掘进的隧洞有: 鞍台山隧洞、巨齿龄隧洞、麻柳沟隧洞及碉堡梁隧洞。其中鞍台山隧洞出口段于 2015 年 9 月 8 日正式掘进, 至 2016 年 4 月 29 日完成 1 515.11 m 隧洞掘进; 巨齿龄隧洞进口段于 2015 年 9 月 9 日正式掘进, 至 2016 年 4 月 4 日完成 1 105.5 m 隧洞掘进。除去临时支护等时间, 掘进机每天的净工作时间为 12 h, 最高日进尺为 12 m, 平均日进尺为 9 m。EBZ260 悬臂式掘进机在毗河供水一期工程中, 小断面隧洞实际施工过程中开挖速度快、超挖少、安全高效, 开挖质量有保证, 隧洞开挖工作进展顺利, 各条隧洞如期完成。在实际隧洞开挖过程中, EBZ260 悬臂式掘进机取得以下效果。

(1)EBZ260 悬臂式掘进机的截割头采用国际一流技术,设计单刀力大,切割头采用仿真技术优化设计,外形为圆锥台形结构,在其圆周螺旋分布了 74 把截齿,截齿布置合理,破岩能力强。切割减速机为两级行星齿轮转动,输入转速为 1 487/736 r/min,输出转速为 54/27 r/min。截割电机功率为 260/200 kW,截割扭矩大,是行业 EBZ200 标准型截割扭矩的 1.5 倍。能有效、经济地截割硬度为 40 MPa 的全岩断面,最大定位截割断面可达 30.5 m²。

(2)增加了具有可调力的水平支撑。EBZ260 悬臂式掘进机设计了一套后支撑系统,支撑伸出后可顶到洞壁、收回后与机身同宽的水平支撑油缸其压力可调,掘进机截割时,其有效地加强了掘进机工作时的稳定性。掘进机接地比压小,适应底板范围广,0.168 MPa 的接地比压使其设备能适应软底板。

(3)据测试,掘进机在截割硬度高的砂岩隧洞时粉尘含量高达 1 000 mg/m³。而悬臂式掘进机除尘喷雾系统采用环形三层水幕除尘,分内、外喷雾水路,内喷雾水压力为 3 MPa。外来水经一级过滤后分为两路,第一路经球阀、减压阀直接通往切割机构,由切割头内喷雾嘴喷出,起到冷却截齿及灭尘作用,从而有效减少了截割时产生的粉尘对操作手的伤害,保证了隧洞中工作人员的身心健康。

(4)装运效率高。第一运输机位于机体中部,岩渣装运很容易在铲板和第一运输机处卡料,这是制约进尺的关键。掘进机第一运输机前溜槽通过销轴与铲板相连,构成双摇杆滑移机构,铲板转动时第一运输机实现随动。采用液压马达直接驱动链轮、带动刮板链组实现岩渣料的运输,使岩渣料输料连续通畅,卡料次数减少,进而提高了装运

效率。

5 结 语

随着中国基础设施建设步伐的加快,水利、水电与交通等基础设施建设项目增多,隧洞工程越来越多,加之社会对隧洞施工质量的要求越来越高,工期越来越短,提高隧洞施工质量和工作效率已成为施工单位的迫切需要。随着施工工艺的发展,技术的进步,隧洞施工已由过去的半机械化逐渐发展到综合机械化。实践证明:在浅埋、围岩破碎隧洞施工中,采用悬臂式掘进机在掘进中具有灵活性、连续性的特点。同时,其在掘进时具有高效、安全的优越性能,在国内隧洞工程中已得到愈来愈多的应用。岷河供水一期工程总干渠隧洞洞挖采用掘进机施工取得了良好的效果,表明在隧洞施工中采用悬臂式掘进机掘进经济可行。悬臂式掘进机施工不仅施工效率高、断面成型好,而且可以简化施工设备,节约人力,特别是其不需要爆破,对围岩扰动小,施工安全得到了保证。

参考文献:

[1] 王卿权.浅析悬臂式掘进机的发展概况与趋势[J].矿业装备,2012,2(10):94-95.
[2] 陈同宝,钱沛云,陶 峥.我国悬臂式巷道掘进机技术的现状与发展[J].煤矿机电,2000,21(5):58-62.
[3] 王宗敏.软岩隧洞的开挖支护研究——以悬臂式掘进机的应用为例[J].水电与新能源,2014,28(10):5-8.
[4] 张希良,王炳河,张立军,刘知义.悬臂式掘进机在软岩隧道施工中的应用[J].铁道建筑技术,2001,18(4):28-30.
[5] 李维军.EBZ-160 悬臂式掘进机在水利隧洞工程中的应用探究[J].甘肃农业,2010,13 (11):71-72.

作者简介:

唐光雯(1982-),女,重庆荣昌人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工
王 波(1978-),男,四川都江堰人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工
王小红(1981-),女,四川中江人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

杨房沟水电站河床坝段 8 号坝段第一层混凝土开盘浇筑

2019 年 1 月 1 日,由水电七局一分局承担大坝工区施工的杨房沟水电站大坝河床坝段 8 号坝段第一层混凝土开盘浇筑,标志着双曲混凝土大坝河床坝段建基面混凝土实现全覆盖节点目标。2018 年 10 月 31 日杨房沟水电站大坝首仓混凝土浇筑。此次河床坝段建基面已全部覆盖混凝土,从而为 2019 年安全度汛及坝体混凝土浇筑创造了有利条件。杨房沟水电站位于四川省凉山彝族自治州木里县境内的雅砻江中游河段,总装机容量 1 500 MW,是国内首个采用 EPC 模式的百万千瓦级水利水电工程。电站挡水建筑物采用混凝土双曲拱坝,坝顶高程 2 102 m,正常蓄水位高程 2 094 m,最大坝高 155 m,共有 18 个坝段。