

浅谈悬臂式掘进机在中小断面隧洞施工中的应用

裴茂才，王祥

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川都江堰 611830)

摘要:悬臂式掘进机施工不仅效率高、断面成型好,而且可以简化施工设备,节约人力。以都江堰灌区毗河供水一期工程第三施工分部隧洞施工为例,对悬臂式掘进机的工作方法及适用情况做了阐述,总结了一些经验。

关键词:隧洞施工;悬臂式掘进机;掘进施工

中图分类号:TV7;TV554;TV52;TV554+.2

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)增2-0066-04

1 工程概述

四川省都江堰灌区毗河供水工程是都江堰水利工程的重要组成部分,毗河供水工程的开发任务是以灌溉、城镇供水为主,兼顾人畜用水和改善生态环境。一期工程主要建设内容包括苟家滩引水枢纽、输水总干渠一期工程(渠首~朝阳水库)、新生水库充水渠、十里河水库充水渠、鲤鱼水库充水渠、乐阳干渠及灌区15条骨干渠系配套工程等。该工程为I等工程。

第三施工分部工程总干渠长34.728 km,桩号67+243~101+971,其中有明渠11.249 km;渡槽13座,长5.5 km;隧洞19座,长17.286 km,约占总干渠长度的50%,其中最长的隧洞为鞍台山隧洞,长2 963 m(无施工支洞)。隧洞地层岩

性主要为砂岩和粉砂质泥岩互层,属软岩~较软岩。

隧洞断面为城门洞型,隧洞特性见表1,衬砌成果见表2。

表1 隧洞特性表

项 目	流 量 段	
	二	三
洞 宽 /m	4.3	4.45
洞 高 /m	4.3	4.475
直墙高 /m	2.15	2.25
断面面积 /m ²	16.51	17.79
高 宽 比	1	1.01

表2 隧洞结构衬砌成果表

流量段	围岩类型	隧洞形式	衬砌型式		衬砌厚度		备注
			边墙及顶拱	底板	边墙及顶拱/cm	底板/cm	
二	III	底板分离式	素混凝土	素混凝土	25	20	
	IV	封闭城门		钢筋混凝土	40	40	
	V	封闭城门		钢筋混凝土	45	45	
三	III	底板分离式	素混凝土	素混凝土	25	20	
	IV	封闭城门	钢筋混凝土	40	40		
	V	封闭城门	钢筋混凝土	45	45		

2 施工方案的确定

第三施工分部隧洞长度约占总干渠长度的一半,施工工期压力大,若全部采用常规钻爆法,全线作业面人员投入多,隧洞作业面人员作业安全风险大,火工产品管理风险大。因此,结合第三施

收稿日期:2016-07-26

工分部的实际情况,最终决定采用悬臂式掘进机进行隧洞掘进施工。

掘进机作为我国最近刚刚兴起的公路、铁路、水利隧道的施工装备,由煤矿采煤机改进而成,现正在逐步向全国推广,其施工快速、简便,对于整体性较好、强度较低的围岩适用性强,隧洞开挖质

量较好,给后续支护、二衬带来较大的方便。

3 悬臂式掘进机

3.1 悬臂式掘进机发展概况

自世界上第一台悬臂式掘进机于 1947 年在匈牙利诞生以来,世界上生产掘进机的主要国家已有奥地利、英国、德国、美国、日本等十几个国家、20 多家公司,所生产的掘进机累计超过 5 000 台,机型达 100 余种。

我国于上世纪 60 年代开始掘进机的研制工作,最初是仿制前苏联生产的 ΠK - 3 型,但其技术落后,性能和可靠性均很差,未能在生产中广泛应用。我国掘进机的研制和应用真正起步是在 1979 年引进了 100 余台国外掘进机之后。当时的国内煤机厂分别引进了奥地利生产的 AM - 50 型掘进机和日本生产的 S - 100 型掘进机,同时引进了两种掘进机的制造技术和先进的加工设备,逐步实现了两种掘进机的国产化制造,基本上结束了中小型掘进机依赖进口的局面。但是,由于所引进的技术水平较低,机型相对落后,国产设备仅适合在较好的煤巷中使用,使用范围受到很大限制。“八五”期间,我国又相继开发出了 3 种重型掘进机,即:EJB - 160、EJB - 160H 和 EJB - 132 型掘进机,其中 EJB - 160 型掘进机获得国家科技进步二等奖,达到了 20 世纪 90 年代初国际先进水平,该机的研制成功,标志着我国掘进机研究制造水平和挖掘机械化水平迈上了一个新台阶,使国产掘进机可经济切割抗压强度 80 MPa 的岩石,使用范围不断扩大。进入 21 世纪,我国悬臂式掘进机的生产制造企业遍地开花,掘进机型号不断完善,国内已形成年产 2 000 余台的掘进机加工制造能力,掘进机的设计、生产、使用也进入了一个较高的水平。目前国产掘进机的切割功率最大可达 418 kW,机重 155 t,可切割普氏系数 $f=10$ 中等硬度的岩石巷道。

3.2 悬臂式掘进机的结构组成

掘进机由切割部、铲板部、第一运输机、本体部、行走部、后支承、液压系统、水系统、润滑系统、电气系统构成,第二运输机根据实际出渣设备进行自配(图 1)。

4 掘进机施工方法

掘进机洞挖施工程序:施工准备→掘进机施工→石方运输→支护施工→下一个循环。

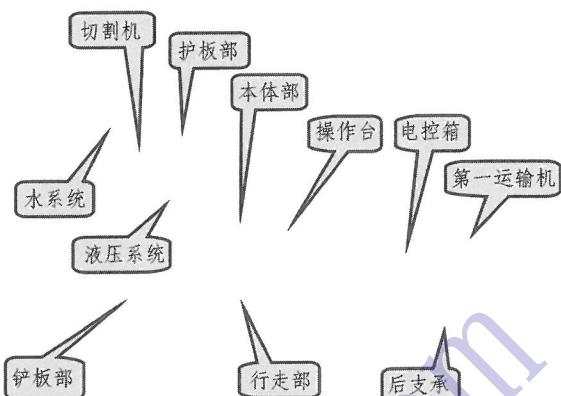


图 1 掘进机结构图

4.1 施工准备

开挖前,测量放线完成后,掘进机就位即可进行开挖施工。在隧洞掘进过程中,经常校核布置在顶拱、两侧边墙的激光指向仪,以确保隧洞轴线符合设计、规范要求。

4.2 掘进机作业

4.2.1 掘进工艺

工作面采用“一次切割成形,二次局部修整”,即切割头从工作面中间截面的底部开始切割,利用切割部的上下、左右移动以及行走功能,按切割规定的路线使切割头扫过隧洞截面可切割出初步断面的形状,若切割断面与实际所需要的形状和尺寸有一定的差别,可进行二次修整,以达到断面尺寸要求;切下的石渣由铲板收集,通过传动皮带交由自卸汽车运走。

4.2.2 具体工艺

(1)掘进机操作顺序。

启动油泵电机 → 启动第二运输机 → 启动第一运输机 → 启动星轮 → 启动切割头,以此作为开动顺序。当没有必要开动装载时,也可以在启动油泵电机后启动切割电机。当启动油泵电机时,与其直接相连的油泵随之启动,供给液压油。

(2)掘进机切割。

利用切割头上下、左右移动切割,可切割出初步断面形状,该切割断面与实际所需要的形状和尺寸有一定的差别,可进行二次修整,以达到断面尺寸的要求。

一般情况下,当切割较软的岩石时,采用左右循环向上的切割方法(图 2)。

当切割稍硬的岩石时,可采用由下而上左右

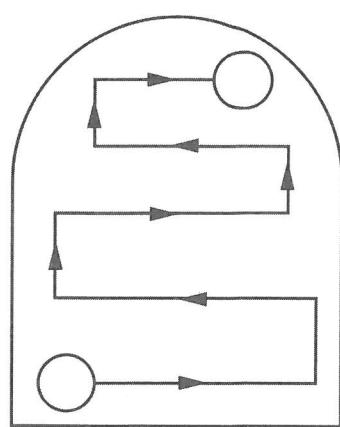


图2 左右循环向上切割示意图

切割的方法。当遇有硬岩时,不应勉强切割,对有部分露头硬岩时,应首先切割其周围部分后使其坠落。对于大块坠落体,采用适当的办法进行处理后再进行装载。当掘柱窝时,应将切割头伸到最长位置,同时将铲板降到最低位置向下掘进,在此状态下,将切割头向回收缩,将围岩拖拉到铲板附近以便装载,但还是需要用人工对柱窝进行清理。不论采用哪种方法,都应尽可能地从下而上切割(图3)。

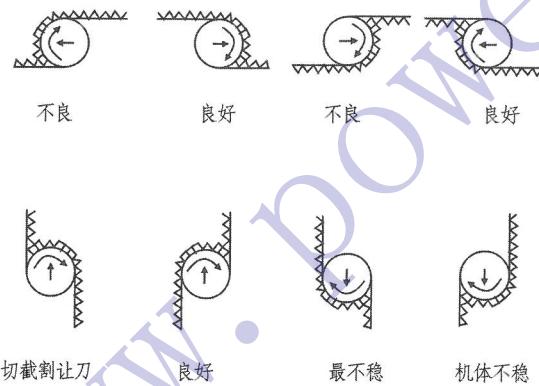


图3 特殊切割示意图

(3) 出渣及运输。

切削后,采用切割头将切削下来的渣装入第一运输机,同时采用第一运输机将其转运至第二运输机,第二运输机直接装入出渣车将其运出洞外。

掘进机完成一个循环掘进后,按照支护方案进行隧洞的临时支护之后再进入下一循环施工。

5 掘进机施工注意事项

5.1 启动前的注意事项

- (1) 非掘进机操作者,不得操作机器。
- (2) 操作者在开车前必须检查确认周围确实安全。

- (3) 必须检查并确认顶板的支护可靠。
- (4) 在每天工作前应认真检查机器状况。

5.2 操作中的注意事项

- (1)发现异常应停机检查,处理好后再开机。
- (2)不要超负荷工作。
- (3)在软底板上操作时,应在履带下垫木板(1至1.5 m间距),以加强其行走能力。

- (4)操作液压手柄时要缓慢。要经过中间位置,例如机器由前进改为后退时,要经过中间的停止位置,然后再改为后退。操作其它手柄也一样。

- (5)启动或停止电机时,要完全、彻底地避免缓慢微动。

- (6)要充分注意,避免掘进机压断电源线。

- (7)当确认安全后再起动切割头。

- (8)装载时一定要注意铲板高度的调整,行走时铲板一定要抬起。

- (9)大块围岩有可能卡在本体龙门口处而造成第一运输机停止,必须将其击碎成小块。

- (10)切割电机启动前,应先打开内喷雾,以防喷嘴堵塞。

- (11)机器行走时,不允许进行切割,否则将加大切割载荷而造成减速机损坏。

- (12)切割时,特别是切割硬岩时会产生较大的振动而造成截齿超前磨损或影响切割效率,一定要使铲板及后支承接地良好,加强其稳定性,减少振动。

- (13)设备停止工作时,截割头回缩,铲板落地。

5.3 电器操作

- (1)当司机离开司机席时,必须将设在操作箱上的急停按钮锁死,将电源开关旋至“停止”位置并将扳手取下。

- (2)当需打开门或盖时必须先停电,并将岩尘打扫干净后方可松开紧固螺栓。

- (3)检修时必须停电,特别应当注意的是:电源开关上端至电源接线柱停电后仍然带电,因此不能随意取下电源接线柱上的护板,若需检修此处时,前级馈电开关应停电。

- (4)各电器组件之间的电缆应有余地,特别

应当注意的是电源电缆不能压在履带下。

(5) 必须定期检查各导线的连接部位是否有松动现象。

(6) 各防爆部位的紧固螺栓必须确实紧固。

(7) 各电缆引入装置的密封胶圈、金属垫圈、内外接地必须接牢。

(8) 检修时不得随意改变电路元器件的型号、规格与参数。

5.4 喷 雾

掘进时如何控制粉尘非常重要。

切割头外喷雾控制阀位于司机右后侧的操作台与电控箱之间,开始掘进时应开启此阀,使切割头处喷雾,水量可控。其外喷雾喷嘴位于切割头后部和机器两侧。

另外,进行切割头内喷雾时,打开控制阀,实现切割头的内喷雾。但应注意不能单一的只使用内喷雾,而必须内、外喷雾同时使用。

5.5 掘进机的维护、保养及检修

表 3 悬臂式掘进机主要性能参数表

项 目	型 号					
	EBZ90	EBZ120	EZ160	EBZ200	EBZ230	EBZ320
整机重量 /t	23	36	47	54	80	120
长 /mm	8 040	8 550	9 340	10 440	11 470	1 300
高度 /mm	1 470	1 600	1 650	1 720	1 940	2 690
铲板宽度 /mm	2 000/2 500	2 500	2 900	3 200	3 600	3 800
定位切割范围						
高度 /mm	3 500	3 780	4 800/4 770	5 100/4 460	4 800	5 700
宽度 /mm	5 200	5 000	5 400/5 250	6 500/5 670	6 040	7 100
最大/经济切割煤岩抗压强度 /MPa	≤50	≤60	≤80/60≤90/70	≤100/85	≤130/100	
总功率 /kW	145	195	235	290	417	625
供电电压 /V	AC660/1 140	AC660/1 140	AC1 140/660	AC1 140	AC1 140	AC1 140

7 悬臂式掘进机施工具有的优缺点

悬臂式掘进机进行中小断面隧洞洞挖与传统钻爆工艺相比具有以下优、缺点。

优点:施工效率高、断面成型好,对围岩扰动小,施工安全,人员需求小(每班开挖只需 2~3 人)。

缺点:一次性投入成本高,掘进机需配置专用变压器。

8 结 语

毗河供水一期工程第三施工分部总干渠隧洞洞挖采用掘进机施工收到了较好的效果,所总结出的经验表明:在水利工程隧洞施工中采用悬臂

(1) 每班必须要求司机和维护人员对机器作一次全面检查,发现问题及时汇报处理并做到定期加油。

(2) 各部联结螺栓必须牢固可靠,严禁机器带病作业。

(3) 检查履带有无断裂损坏及松紧程度,每班检查截齿的自转和磨损情况,不能用时应及时更换。

(4) 检查电器系统、油缸、油路情况以及履带是否可靠。

(5) 清洗牙齿箱及各部件轴承,检查链条损坏情况,液压油第一次使用 400 h 应更换,以后每隔 200 h 更换一次,保证液压油的清洁。

6 掘进机选型时考虑的因素

机型选型时主要考虑机器尺寸、隧洞断面尺寸和围岩强度与类别,中小断面隧洞施工时应尽量一次开挖初步成型。表 3 摘选了国产部分掘进机的主要性能参数,仅供参考。

式掘进机掘进是经济可行的,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,特别是不需要爆破,对围岩扰动小,施工安全。在今后的类似工程、特别是火工产品管控条件复杂的地区值得推广。

参考文献:

- [1] 水工建筑物地下开挖工程施工技术规范,SL378—2007
[S].

作者简介:

裴茂才(1983-),男,河南商丘人,项目总工程师,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
王 祥(1990-),男,四川资阳人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。
(责任编辑:李燕辉)