

国内掘进机与引进掘进机在隧洞施工中的比较

周雪琼, 郑道明

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:我国在四十年前已制造出掘进机,产品已进入实用阶段,但与国外同期掘进机相比,其在技术性能、产品质量、使用寿命等方面存在太大差距,不得不停止生产。从20世纪80年代开始我国引进国外生产的掘进机,所引进的掘进机在施工中取得了一定的成功施工经验,但也不乏教训。对掘进机的掘进施工进行了总结分析,提出了建议和对策,供同行参考。

关键词:掘进机;隧洞;刀盘;维护保养;比较

中图分类号:TV554;TV52;TV53+9

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)增1-0107-04

1 概述

20世纪中叶,我国原水电部组织上海水电勘测设计院机械设计室和北京水电学院机电系等单位联合研究设计了刀盘直径为3.4 m的全断面岩石掘进机,该项目被列为国家科委重点科研项目,并在1966年研制出SJ34型、刀盘直径为3.4 m的全断面岩石掘进机,由水电部上海水工机械厂生产组装完成,这台掘进机被用于杭州的玉皇山、宝石山人防工程进行工业性试验。在20世纪70年代初,水电部上海水工机械厂相继又研制出刀盘直径为5.5 m、5.8 m、6.8 m的掘进机,并在北京落坡岭、贵州猫跳河等工地进行试验,从试验中获得了设计、制造、设备性能、施工等方面的数据与经验。

2 国产掘进机的应用

1976年,由铁道兵徐州机械制造厂研究制造出了一台刀盘直径为5.5 m的全断面掘进机,该掘进机于1989年前在引大入秦38号隧洞中应用,该隧洞围岩为砂岩,掘进机一共掘进了1 600 m,掘进过程中,达到最高日进尺11 m,最高月进尺100 m。该掘进机在掘进过程中由于导向较差,掘进后的隧洞左、右摆动较大;加之38号隧洞地质条件太差,掘进机在掘进时沉陷在38号隧洞内。

1981年,在河北省丰润县“引还入陡”工程新王庄引水隧洞施工时,使用了第二代SJ—58A型全断面岩石掘进机,该掘进机由上海水工机械厂研制,刀盘直径为5.8 m。由于该掘进机的主机性能有所提高,后配套设备比较完善,在新王庄引

水隧洞掘进时创造了国产掘进机最高月进尺202 m,平均月掘进进尺92.5 m,最高日进尺19.85 m。该掘进机于1983年转入古人庄隧洞施工,隧洞长1 300 m,隧洞前段长447.4 m的围岩为白云质砂岩和石灰岩,隧洞掘进时日平均进尺3.2 m,日最高进尺21.6 m,月平均掘进进尺159.1 m,最高月进尺达到213.4 m。该掘进机在开挖隧洞后半段的坚硬石英砂岩时,由于刀具材质较差,磨损严重,最终平均月进尺只有50 m左右。

由煤炭科学研究院上海分院设计的EJ30全断面岩石掘进机由上海第一石油机械厂制造,掘进机的刀盘直径为3 m,该掘进机从1977至1982年期间分别在江西萍乡、河北迁西、山西怀仁三个工程的隧洞开挖中共掘进了2 633 m,掘进施工中平均月进尺为90 m(隧洞有水掘进)、150 m(隧洞无水掘进)、最高日进尺为14.5 m、最高月进尺为218.3 m。从国产掘进机的应用资料可以看出,国产掘进机与同时间段国外掘进机相比还有很大的差距,但为下一步掘进机的发展、设计提供了宝贵经验。国产掘进机进尺情况见表1。

3 引进国外(TBM)掘进机在国内隧洞施工中的应用

我国于20世纪80年代修建的广西天生桥二级水电站共有3条10 km长的引水隧洞,隧洞开挖直径为10.8 m,该隧洞开挖引进了两台美国罗宾斯公司制造的掘进机(353—196、353—197)。在引水隧洞掘进过程中,隧洞出现了大规模溶洞、暗河、断层、岩爆等极其复杂的地质情况,同时,掘进机配件供应又不及时,两台掘进机经历了125

收稿日期:2014-06-28

表 1 国产掘进机掘进进尺水平表

序号	机型	国家	隧洞名称	洞径 /m	掘进长度 /m	岩石条件	平均日进尺 /m	最高月进尺 /m	最高日进尺 /m
1	SJ-53	中国	西洱河	5.3	613.54	花岗岩	4.38	50.91	5.4
2	SJ-34	中国	杭州玉皇山人防工程	3.4	78.2	石灰岩	3	41.24	12.57
3	SJ-34	中国	杭州玉皇山人防工程	3.4	277.72	凝灰岩	6.6	48.52	8.71
4	SJ-58	中国	西洱河水电站引水隧洞	5.8	247.63	花岗岩	4.5	46.61	6.35
5	SJ-68	中国	猫跳河水电站引水隧洞	6.8	220	白云质灰岩	6	43.6	8.37
6	SJ-58	中国	引达入陡引水隧洞	5.8	1 444.6	砂岩 灰岩	6.85	202	19.85
7	SJ-58	中国	古王庄引水隧洞	5.8	1246	砂岩 灰岩	6.85	213.4	21.35
8	铁道兵造	中国	引大入秦 38 号隧洞	5.5	1 500	泥质 砂岩		100	11
9	上海重工	中国	山西古交矿区	5	3 654	凝灰岩		202	12.7
10	EJ32	中国	云南羊场隧洞	3.2	2 500	凝灰岩	2.02	260.2	13.6
11	SJ-45	中国	福建龙门隧洞	4.5	219	白云质灰岩	3.6	51	9.62
12	EJ30	中国(煤科院)		3	2 633			218.3	14.5
13	改 EJ30	中国(煤科院)	贵州省南山煤矿	3.2	780				

个月的掘进,一共完成隧洞掘进进尺 7 700 m,平均月进尺 61.6 m 左右,未能发挥出掘进机应有的效益。

20 世纪 90 年代初,中国华水水电工程公司与意大利 C. M. C 公司联营体中标甘肃省引大入秦工程 30A、38#、39#隧洞。30A 与 38#隧洞采用美国罗宾斯公司制造的 1811—256 型双护盾 TBM 进行施工。在长度为 11.649 km 的隧洞中有断层 23 条,洞内涌水量达 150 L/s。经过 13 个月的掘进和衬砌,完成了 11 649 m 隧洞的施工,1991 年 3~9 月掘进机连续月进尺均在 1 000 m 以上,最高月进尺达 1 300.8 m,周进尺为 312 m,日最高进尺为 65.5 m,工期从原来的 18 个月缩短为 13 个月。

辽宁省大伙房输水工程采用 3 台开敞式 TBM 同时进行掘进,其中 TBM1、TBM2 采用相向掘进,TBM3 自出口向上游掘进,3 台 TBM 承担掘进长度近 50 km。TBM1 在掘进开挖施工中经历了顺坡掘进、弯道掘进、单向掘进长度 10.4 km,在三种不利的施工条件下,最高月进尺达到 1 058.1 m,最高日进尺为 57 m。国内在水利、水电、铁路等隧洞中引进 TBM 施工的部分工程见表 2。

4 国内、外掘进机性能比较

4.1 动力之比较

通常,业内用掘进机刀盘总功率与刀盘直径之比来评价掘进机的功率大小。我国自己制造的直径为 3.2 m 的刀盘掘进机驱动功率为 250 kW,而国外同等刀盘的掘进机的驱动功率为 300 ~

900 kW,国外掘进机驱动功率远大于国内掘进机驱动功率。同时,将国内、外直径 3.2~3.4 m 的掘进机刀盘作业推力进行比较可知,我国制造的直径 3.2 m 的掘进机刀盘作业推力为 3 000~3 950 kN,而国外同直径掘进机刀盘推力近 6 000 kN。对掘进机刀盘驱动功率和刀盘推力进行比较得知,国产掘进机刀盘驱动功率与刀盘推力过小,切削力不足,从而使掘进进尺低,达不到设计的掘进进尺,这是国产掘进机的缺陷之一。

4.2 刀具材质之比较

为了加快掘进速度,降低刀具的成本,刀具的材质是关键。刀具在掘进机掘进中不断被磨损,当刀具被磨损到一定高度后,降低了刀具对岩石的破碎能力;另一方面,边刀的磨损也会使洞径的开挖尺寸减小。刀具材质的优良是决定刀具使用寿命的关键,它能降低刀具损耗、延长刀圈寿命,减少掘进过程中换刀的次数。当刀具使用时间增长,节省更换刀具的时间,就能够提高 TBM 的利用率,进而降低工程成本。而国内钢材较差、刀具磨损快,换刀具次数多,这是国产掘进机缺陷之二。

4.3 国外掘进机的适应性

隧洞掘进机(TBM)是目前国际上最先进的长大隧洞施工设备,采用机械式破岩,具有施工安全、对隧洞围岩扰动小、掘进速度快、适应各类不同围岩掘进的特性。而国内掘进机适应性较差,则为其缺陷之三。

4.4 掘进机的掘进导向装置

罗宾斯、维尔特机型采用 ZED 系列激光导向

装置,可以用于直线或曲线掘进导向,组合靶与双轴倾斜仪可以转向(转向靠人工,定位靠经纬仪),以便在隧洞曲线段时不遮挡激光发生器投来的激光束,激光束投向组合靶中透明的光电二极板及前方反向镜,反向镜又把光束反向到二

极管板上,这样投入的激光束与反向的激光束两者重合或偏离,由光转化成电,电再转化为数字,同时在 PC 控制台屏幕上显示出掘进机的位置、方向、仰角和转角偏差值,从而可以及时对掘进机进行纠正。

表 2 国内采用国外掘进机所施工的部分工程表

序号	机型	国家 (制造商)	隧洞名称 (承包商)	洞径 /m	掘进长度 /m	岩石名称	平均日进尺 /m	最高月进尺 /m	最高日进尺 m
1	R353-197	美国 (罗宾斯)	广西天生桥电站引水隧洞 (武警水电一总队)	10.8	4 800	结晶灰岩			
2	1811-256	美国 (罗宾斯)	甘肃省引大入秦 30A 引水 隧洞 (CMC-意大利公司)	5.53	11 649	泥岩、砂岩	40	1 300.8	65.5
3	1811-256	美国 (罗宾斯)	甘肃省引大入秦 38#引水 隧洞 (CMC-意大利公司)	5.53	5 800	砾岩、砂岩		1 401.6	75.2
4	205-277	美国 (罗宾斯)	引黄入晋主干线 8 号隧洞 CMC-SELI 集团(意大利)	6.13	12 000	石灰岩		810(平均 月进尺)	65.8
5	1617-290	美国 (罗宾斯)	引黄入晋南干线 4 号、	4.82 ~	6 635	石英砂岩、 泥灰岩、 砂砾岩		784(平均 月进尺)	
	1617-290		5 号北、5 号南、6 号、		19 302				
	154-273-1		7 号北、7 号南隧洞 Impregilo(意大利)		6 208				
	154-273-1				13 978			1 821.49	
6	155-274	美国 (罗宾斯)	引黄入晋 5 标段 (CMC-意大利公司)	4.82	13 000	石灰岩、 泥灰岩			
7	TB880E	德国 (维尔特)	秦岭铁路隧洞北口 (中铁隧道局)	8.8	5 200	混合花岗 岩、片麻岩		528.48	33.36
8	TB880E	德国 (维尔特)	秦岭铁路隧洞南口 (中铁 18 局)	8.8	5 600	混合花岗 岩、片麻岩		512.7	40.5
9	TB880E	德国 (维尔特)	磨沟岭隧洞 (中铁隧道局)	8.8	5 000	石英片岩、 大理岩夹 云母			
10	1217-303	美国 (罗宾斯)	云南昆明掌鸠河引水洞 (CMC-意大利公司)	3.66	21 530	砂质片岩、 石英岩、 石灰质砂岩			
11	MB264-310	美国 (罗宾斯)	大伙房引水工程 TBM ₁ 段 (北京振冲公司)	8.03	19 810	混合花岗 岩、混合 岩、凝灰岩	(月平均 进尺) 586.1	1 058.1	57
12	TB880E	德国 (维尔特)	大伙房引水工程 TBM ₂ 段 (中铁隧道局)	8.03	19 220	安山岩、凝 灰岩、混 合岩	(月平均 进尺) 452.4	731.8	42
13	MB264-311	美国 (罗宾斯)	大伙房引水工程 TBM ₃ 段 (辽宁省水利工程局)	8.03	18 490	凝灰岩、混 合岩、凝灰 质泥岩	(月平均 进尺) 590.3	1 111	63.5
14	s--301	德国 (海瑞克)	新疆大坂引水工程 (山西省水利工程局)	6.76	19 714	安山岩、流 纹岩、炭 质岩		月掘进 进尺 910	
15	TB593E/TS	德国 (维尔特)	青海引大济湟引水工程 (中铁隧道局)	5.93	19 970	闪长岩、石 英岩泥质 粉砂岩		月掘进 进尺 700	

4.5 完善的后配套

掘进机主要由主机和相应的后配套装置组成,形成一条移动式的隧洞机械化施工作业线。掘进机主机承担开挖与装渣,剩余的工作由后配套辅助设备及相应的维修保养完成。掘进机后配套系统具备出渣运输、喷锚支护、钢拱架支护、通

风除尘、输电供气、紧急供电、给水排水、润滑保养、混凝土仰拱预制块铺设等功能。后配套系统是确保掘进机安全和持续正常作业、实现掘进机快速掘进的重要组成部分,也是掘进机实现机械化和程序化的一个整体。

而我国制造的掘进机没有完善的后配套系

统,从而造成掘进机掘进速度慢,连续作业较差,掘进机工作效率低等问题。

5 掘进机施工的管理

5.1 洞内施工管理

掘进机施工管理应根据其施工特点,在掘进施工时成立专门的掘进队伍(掘进队、保养队、运输队),掘进队应集中管理并按不同工作进行分工管理。对掘进机关键部位的操作人员应长期保持不变,并能熟练掌握设备性能与操作,满足掘进机掘进施工和维修的需要。掘进机操作手应熟悉掘进机出现的各种不同机况、判断设备故障并能及时排除。

在掘进机施工中,应实行机械工程师和机电工程师跟班作业制,随时指导操作并参与故障判断和维修,从而快速解决掘进机的设备故障。土建工程师也应跟班指导并根据不同的围岩制定合理的开挖方式、适合的支护措施,随时监视地质情况的变化,制定处理突发地质情况变化的措施,保证掘进机顺利掘进。

5.2 洞外施工管理

掘进机施工时,隧洞外的辅助工作也非常重要,混凝土站、管片制作厂、管片堆放场、刀具修理厂、配件供应、材料供应、卸渣场、电机车修理、运渣车编组以及对隧洞外的风、水、电、堆渣场管理等,上述各项工作若出现差错,都能影响到掘进机的掘进。特别应抓好掘进机刀具修理的质量。

5.3 保障系统管理

为确保掘进机的快速掘进效率,除必须保证相关材料与设备配件外,还应建立施工技术、设备

维护保养、故障诊断与检测等技术保障系统,并应周期性地对设备运转过程不间断地进行监测,其具有预防效果。在所开展的检测和诊断技术中,除油样分析外,还应依靠振动监测和机械性能等测试方法。

6 结 语

通过对国产掘进机与引进国外掘进机在国内隧洞施工中的应用情况进行进尺统计以及技术方面的分析,且由分析结果可见:掘进机在我国制造和应用的比重还存在很大的空间,特别是国产掘进机使用可靠性差、后配套设备不完善、导航系统、刀具质量、配件供应不及时等是影响国产掘进机效能正常发挥的关键因素。

国内在引进掘进机施工中的不足突出体现在技术水平和管理水平低。如果没有一套掘进机施工管理和维护管理的优秀班子,必将影响掘进机掘进速度的发挥。掘进机已引入我国 20 多年,在掘进方面取得了一定的成功经验,但也不乏教训。我们相信:只要组织起来,培养一支好的技术与管理队伍,吸收消化国外技术,一定能获得较好的施工效果。掘进机在我国水利水电、交通、铁路的隧洞掘进中,对达到降低成本、缩短建设周期,提高经济效益的目标实现将起到重要作用。

作者简介:

周雪琼(1975-),女,四川冕宁人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

郑道明(1955-),男,重庆市人,原副总工程师,教授级高级工程师,从事水利水电工程施工技术及管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 97 页)

对组织的信任度;三是努力创造相互学习、相互尊重、崇尚先进、奋发进取、弘扬正气、以情感人的氛围,努力做好传帮带工作,积极推广落实导师带徒制度;四是注意改善工作环境和提高薪酬待遇,更好地激发技术人员的工作热情;五是注意做好人才的考核评价工作,建立人才业绩及考评档案。

3 结 语

通过对以上十项主要控制措施进行总结,不难看出项目施工技术管理是施工项目管理中一项长期细致而周到的重要工作。其落脚点和出发点是安全管理、质量管理、进度控制和经济效益提

供强有力地技术支持和保证。因此,水电施工项目部应积极采取有效措施,科学规范有序地进行施工技术管理,努力干好在建施工项目,努力提高技术管理水平,努力培养高素质人才队伍,在提高经济效益上下功夫,总结经验,开拓创新,进一步把施工技术管理工作做得更好。

作者简介:

李 翔(1961-),男,江苏徐州人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

高印章(1958-),男,河北河间人,副总工程师,教授级高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)