

反井钻井法施工特长公路隧道的通风竖井

刘志强

(北京中煤矿山工程有限公司 北京市 100013)

摘要: 为解决特长公路隧道竖井施工的技术难题, 结合国内反井钻机技术发展, 以及由此形成的反井钻机法施工竖井工艺和技术, 提出公路隧道竖井施工技术, 以供施工单位参考。

关键词: 公路隧道; 通风竖井; 反井钻机; 凿井工艺

长大公路隧道从施工期间到投入运行, 都必须解决好通风问题, 除了具备条件的部分隧道可以采用分支隧道或斜井通风外, 大部分隧道需要建设通风竖井。通风竖井由于和隧道有较大的高差, 短隧道采用自然通风就能达到较好的通风效果; 长大隧道可以采用强制式通风, 通过风机压入和抽出方式相结合, 保证隧道的新鲜风流。公路隧道竖井特点明显, 存在一定的施工难度, 而且工期较紧, 必须选择合理的施工方法。

1 公路隧道特点分析

公路隧道穿过山脉, 一般隧道中间可以看作除向上方向外, 为无限厚岩体, 只能靠通风竖井和大气接触, 自然或强制通风, 形成隧道内外空气交换, 解决隧道施工和运行期间通风问题。竖井一般设在隧道中部, 隧道通风竖井的上口在山顶, 也就是施工进口在上部, 竖井施工时需要解决施工所要求的“四通一平”, 需要修筑交通道路, 架设缆线、管路, 清理出一定面积的施工场地, 还需要有足够的场地存放排出的岩渣(采用正向普通凿井的开挖方法), 施工过程也会对环境造成不同程度的污染。因此, 应该尽量利用现有的技术, 利用已施工工程, 减少临时工程的工作量, 降低对环境的污染。

2 竖井施工工艺

竖井是矿山建设中经常采用的解决通风、运输和安全出口的井筒形式, 有几百年的竖井开凿历史, 有成熟的施工经验和施工方法。其中煤炭开采所建

设的竖井, 需要穿过复杂地层, 施工难度大, 形成了钻井、冻结、注浆等多种处理复杂地层的方法, 由于技术和管理水平的提高, 施工速度达到月进尺 100 m, 大大改善了安全状况。地下采矿竖井一般下部没有出口(在井筒建设期间), 只能采用由上向下的施工方法。在电站、地铁、交通、污水井的施工, 由于有下部出口, 一般采用了反井施工方法。

3 反井法施工竖井技术分析

反井也称天井, 主要指矿山工程中溜矿、行人、运料、通风、充填、探矿等, 属于矿山井巷工程, 断面直径一般为 1.2~2 m 的圆形、方形或矩形断面为 1.5 m × 1.5 m ~ 2.5 m × 2.5 m, 高度一般为 30~60 m, 最高达几百米竖井或斜井。也可以指采用由下向上施工这类竖井的凿井方法。

用反井法(导井法)施工竖井, 是指利用普通反井法、吊罐法、爬罐法或反井钻机由下向上先施工一个小断面导井, 然后, 利用导井作为溜渣孔, 由上向下采用爆破法扩大到设计断面, 扩大过程进行必要的临时支护, 再砌筑所要求的混凝土结构。这种方法充分利用反井法的速度快和钻眼爆破法的破岩效率高特点, 实现竖井井筒快速施工。对于高速公路隧道通风竖井, 可以采用反井法施工, 这种施工工艺和普通由上向下的凿井方法施工工艺比较有以下优点。

(1) 破岩效率高。

由于有导井的自由面存在, 扩大施工时爆破效率提高(钻爆法炮眼利用率一般在 85%)。采用这种方法施工, 精心布置炮眼, 可将爆破效率提高 5%~

10%,并且有利于实现深孔光面爆破。

(2) 提高装岩速度。

装岩是普通法施工竖井循环中最繁重的工序,消耗工时多、效率低,通常占整个开挖循环用时的50%以上。我国虽然已拥有斗容为 0.4 m^3 、 0.565 m^3 、 0.6 m^3 等多种型号的抓岩机,但装岩、清底速度仍很低,直接影响了掘进速度,因此,加快凿井速度的关键在于提高装岩速度。采用反井法施工出导井后,爆破下来的岩石直接落到下部隧道内,用装载机装车汽车运输。正是由于利用导井,很好地解决了岩石的装运问题,所以可以大大提高凿井速度,同时由于吊桶只作人员和材料运输,吊桶容积和绞车的型号都可减小,凿井井架上也省掉了翻矸台和溜矸槽等设施。

(3) 井壁质量高。

采用反井钻机钻出溜矸孔,为光面爆破创造了良好的条件,减小对围岩的破坏作用;可采用锚喷作临时支护和液压滑模作永久支护,减少井壁接茬,提高井壁质量。

(4) 节省施工期间通风和排水设备。

普通法施工井筒,需安设临时通风设备和提吊系统,而导井存在后,可以利用导井下部原有的通风系统,解决掘进过程中的通风问题。同时井筒的涌水可以从导井流到井下隧道内排出,节省吊泵等临时排水设备,降低成本,提高掘进速度。

4 反井钻机及反井钻井工艺

近几年工程实践证明,与吊罐、爬罐相比,反井钻机施工具有更安全、高效、快速的优点。1962年,美国罗宾斯公司研制成第一台有钻杆反井钻机,这台钻机驱动控制系统都在上部,由上向下钻进导孔,钻导孔同时将钻杆放到下部,在下部和扩孔钻头相连,再由下向上扩孔,最后形成反井。目前大多数反井钻机是这种类型,只是具体结构有所不同。图1是反井钻机施工反井示意图。德国、芬兰、日本、前苏联等国,相继研制出多种类型反井钻机,用于矿山、水电、城建、交通等地下工程建设中。

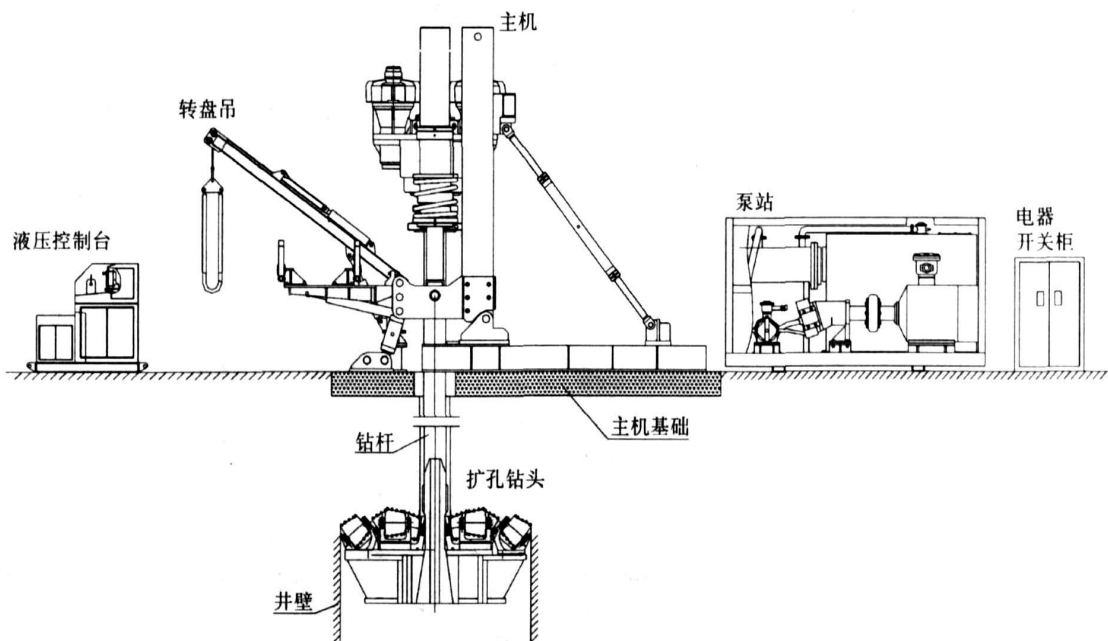


图1 BMC400型反井钻机

北京中煤矿山工程有限公司(煤科院北京建井研究所),从20世纪80年代初,承担了国家“七·五”重点攻关项目“LM-120型反井钻机研制”任务,先后研制成功用于煤炭软岩工程的LM系列反井钻机,包括LM-90、LM-120和LM-200型反井钻机。从1992年开始研制用于水电等坚硬岩工程的BMC系

列反井钻机,包括BMC100、BMC200、BMC300和BMC400型反井钻机,反井钻机技术参数见表1。最大钻孔深度达到562m,最大孔直径为3.5m。获国家、煤炭、电力和其他省部级科技进步奖10多项,在煤炭、水电、冶金、交通等领域广泛采用,为国内地下工程建设做出了巨大贡献。

表1 反井钻机型号及技术参数

机型	BMC100	BM C200	ZFY1.4/300(BM C 300)	ZFY2.0/400(BMC 400)	LM 90	LM 120	LM 200
导孔直径/mm	216	216	244	270	190	216	216
扩孔直径 /m	1.0	1.2	1.4	2.0	0.9	1.2	1.4
钻孔深度/m	100	200	300	400	90	120	200
钻杆直径/mm	176	182	203	228	160	176	182
推力/kN	200	350	550	1 650	200	250	350
拉力/kN	500	850	1 250	2 450	400	500	850
扭矩/(kN·m)	20	35	64	80	15	35	40
功率/kW	62.5	86	128.5	128.5	52.5	62.5	82.5
驱动方式	液压	液控	液压	液压、电控	液压		

反井钻机主要分为地面和地下两部分。地面部分有:主机、泵站、操作控制、电器开关等;地下部分包括普通钻杆、稳定钻杆、导孔钻头、扩孔钻头、破岩滚刀等。钻进工艺如图1所示,钻机安装在井筒上部的混凝土基础上,利用三牙轮钻头,由上向下钻进导孔,随着钻进深度的增加,逐渐接长钻杆,直到和下部隧道贯通,拆下导孔钻头,连接扩孔钻头,由下向上扩孔,导孔钻进时采用循环泵清洗孔内岩渣,扩孔时滚刀破碎的岩石靠自重落到下部隧道内,由装载机装车运输。

5 工程实例

秦岭终南山特长隧道是西安~安康高速公路穿越秦岭主脊的控制性工程,设计行车速度为80 km/h,主洞长度18 020 m,双洞总长度36 040 m,在山岭公路隧道中长度排世界第二位,总规模长度排世界第一。结合本工程通风量及地形条件,采用3条竖井通风,分别将东线、西线隧道分成4个通风段,最长段长4 948 m,最短段长3 782 m。竖井原计划采用钻爆法正向施工,后经方案比较,采用反井钻机先施工导井,再用爆破法扩大到设计断面的方案,这种工艺在减少施工对环境的影响方面更有优势。北京中煤矿山工程有限公司承担的1号、3号竖井导井反井钻井施工任务,1号竖井位于秦岭北坡石砭峪沟中游左侧约40 m,竖井中心地面高程1 126 m,设计深度为190.033 m;3号竖井位于秦岭南大东沟中游左侧约50 m,竖井中心地面高程1 429.6 m,深度为392.772 m。1号竖井采用BMC300型反井钻机施工,3号竖井采用BMC400型反井钻机施工,导井直径为1.4 m,2006年7月设备进点,到10月中旬完成全部导井施工,移交进行下一步扩大和支护工作。表2为两口井反井钻井、施工技术统计,图2为

BMC300型反井钻机施工现场照片。

表2 1号、3号竖井反井钻井施工技术统计

项目	1号竖井导井	3号竖井导井
实际钻井深度/m	170.00	380.00
设计开挖直径/m	11.00	11.50
岩石类型	混合花岗岩、混合片麻岩	
抗压强度/MPa	干燥82~325,饱和67~264	
反井钻机型号	BMC300	BMC400
导孔直径/mm	241	270
导井直径/m	1.4	1.4
导孔开钻时间	2006年7月17日	2006年7月18日
导孔结束时间	2006年7月31日	2006年8月25日
扩孔开始时间	2006年8月23日	2006年9月5日
扩孔结束时间	2006年9月15日	2006年10月13日
导孔钻速/(m/d)	11.33	9.74
扩孔钻速/(m/d)	7.08	9.74
综合成井速度/(m/d)	4.36	4.87
钻孔偏斜率/%	0.27	1.0

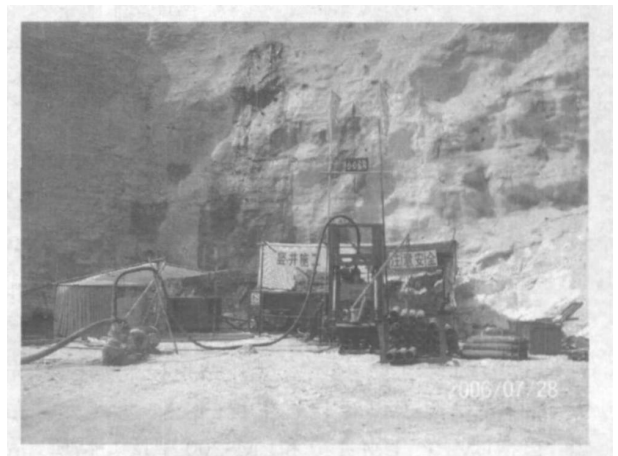


图2 BMC300型反井钻机施工终南山1号通风竖井

特长隧道通风井设计与施工探讨

吕康成¹, 杨荣尚², 李高旺², 陈旭²

(1. 长安大学公路学院 西安市 710064; 2. 陕西西汉高速公路有限公司 西安市 710064)

摘要: 特长公路隧道的通风系统设计合理与否, 对整个隧道的工程造价及后期运营有着至关重要的影响。针对目前一些特长隧道通风井设计与施工中出现的問題, 介绍了选择竖井与斜井时的影响因素, 以及若干典型施工方法; 结合隧道通风斜井可采用自下而上的反井法施工的特点, 提出了注意应用倾角为 $32^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的陡斜井的建议, 并简要探讨了其实施方案; 通过某特长隧道通风井设计方案的比较, 分析了各种通风井的施工难点及可行的应对工程措施。

关键词: 特长隧道; 通风井; 设计; 施工

随着我国公路建设的快速发展, 长度超过 5 000 m 的特长隧道大量出现。由于稀释特长公路隧道内的有害气体比较困难, 所以特长公路隧道建设中面临的首要问题便是隧道的通风问题。特长隧道的复杂通风系统不仅使隧道工程造价急剧增加, 而且还使隧道运营费用大幅上升。相对于一般的隧道工程而言, 国内在特长隧道通风系统设计和施工方面的经验还比较欠缺, 有时会因为缺少施工经验而使设计的工程无法施工, 有时会因为过多地考虑了施工而使通风系统能耗较大。所以, 在我国倡导节约型社会的背景下, 认真搞好特长隧道的通风设计对公路建设的可持续发展具有重要意义。特长隧道通风系统涉及通风方式、机械设备和通风井工程等诸多方面, 本文仅就通风井设计中的有关问题进行讨论, 并以陕西省境内的某特长公路隧道的通风井方案比较为

例, 对若干特殊的施工方案予以简要说明。

1 斜井与竖井的选择

1.1 地形地质条件的影响

国内目前设有通风井的公路隧道多为特长山岭隧道。这些山岭隧道皆因为山大沟深才使其成为特长隧道。地形条件常是通风井方案选择的首要依据。如果选择竖井方案, 则必须井口地面比较平坦, 并且井口容易使人员与施工设备通达。因为不论采用何种竖井施工方法, 井口地面的井架和提升绞车都是必需的, 没有平坦的地面, 施工将无法进行。斜井则有所不同, 可直接利用反井法自下而上施工, 可以不考虑井口地面平整与否。当然, 在斜井采用正井法施工时, 也要求井口容易使人员与施工设备通达。比较而言, 竖井对井口的位置与地形要求高, 斜井要求较低。

收稿日期: 2006-11-13

6 结语

高速公路长大隧道通风竖井, 采用先用反井钻机施工导井, 然后再用爆破方法扩大的施工工艺, 在施工速度、质量、安全方面具有明显的优势, 特别是占地少, 环保效益非常显著, 由于出渣在隧道内, 不破坏植被也不影响环境。这种工艺在高速公路建设中有广泛的推广应用前景。

在终南山高速公路隧道通风竖井工程, 采用 BMC400 和 BMC300 型反井钻机钻成深度在 170~380 m, 直径为 1.4 m 的 2 条导井, 钻速快、质量好,

开辟了高速公路隧道竖井施工的新途径, BMC400 型反井钻机还将应用于湖南邵怀高速公路雪峰山隧道通风竖井导井施工中。反井钻井施工技术将为我国高速公路建设做出更大贡献。

参考文献:

[1] 赵秋林, 魏军政. 秦岭终南山特长公路隧道竖井设计及施工方法探讨[J]. 公路, 2005, (8).

[2] 陈璋, 陈光明, 程久胜, 等. 龙潭隧道竖井、斜井设计[J]. 公路, 2005, (8).