

大洞库钻爆法开挖施工

林 锥

(福建地矿建设集团公司 福建 福州 350003)

摘 要 : 拟建的某洞库工程开挖断面 101 m² , 采用钻爆法施工修建。介绍了采用的光面爆破参数、微差爆破、间隔装药结构、复式楔形掏槽等施工工艺。

关键词 : 钻爆法 ; 光面爆破 ; 楔形掏槽 ; 间隔装药

中图分类号 : TU94⁺1 文献标识码 : B 文章编号 : 1672 - 7428(2004)09 - 0029 - 03

1 工程概况

某地下大洞库工程 , 长度 500 m , 断面型式为圆拱直墙式 , 洞库开挖宽度 14.0 m , 高度 8.0 m , 开挖断面积为 101 m² , 底板纵坡为 0.8%。

该工程场地主要岩石为中硬粗粒花岗岩 , 单轴抗压强度为 80 ~ 120 MPa。岩层裂隙发育 , 有 3 组主要裂隙 , 大部分裂隙间距 < 40 cm , 个别地段存在裂隙密集区。有软夹层 , 有些地段有软泥充填裂隙 , 开挖后易产生滑动而掉落。地下水发育情况一般 , 开挖后岩面湿润 , 个别地段有滴水、涌水。

按《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB 50086 - 2001) 的围岩分级 , 围岩级别为Ⅲ ~ Ⅳ级 , 初期采用锚喷支护。

2 开挖施工方法

洞库开挖按“弱爆破、强支护、短进尺、多循环、少扰动、紧封闭”的原则进行。采用矿山法与新奥法理论相结合的上导坑法开挖。洞库开挖施工作业程序为 : 布设炮眼→钻炮眼→装药爆破→通风洒水→清危排险→初喷混凝土→锚杆施作→挂钢筋网(必要时)→出渣→二次喷混凝土→稳定性安全检查→下一作业循环。

开挖分上导坑开挖和扩挖进行施工 , 上导坑开挖超前施工 10 ~ 20 m 以后 , 上导坑开挖和扩挖平行推进。工地安装一个 300 kVA 变压器 , 钻眼机械采用 YT - 28 型气腿式凿岩机、L20/8 型和 L10/8 型空气压缩机各 1 台 , 自制自行钻眼台车(采用 4 t 东风车改装) 1 台 ; 出渣采用 LZC50 型侧卸装载机和挖掘机各 1 台 , 配 8 t 自卸汽车 3 部 , 通风采用 J3G - 400 型通风机和 Ø800 mm 胶质风筒。施工实行“钻爆、

装渣、运输”机械化一条龙作业。

主洞每循环进尺 2.7 m , 每个循环 24 h。

3 爆破材料选用

(1) 工业炸药 : 选用 2 号岩石硝铵炸药和 2 号乳化炸药。

2 号岩石膨化硝铵炸药 : 爆力 320 mL , 密度 0.85 ~ 1.00 g/cm³ , 其采用膨化硝铵为主要成分 , 加入复合燃料油等材料制成。

2 号岩石乳化炸药 : 爆力 260 mL , 密度 1.00 ~ 1.30 g/cm³。选用这种炸药主要用于底部炮眼和有水处 , 因其是以硝酸铵、硝酸钠水溶液与碳质燃料通过 B 型乳化剂乳化而成的乳脂状混合炸药 , 具有抗水性强、成形好和性能稳定的优点。

炸药卷直径 : 周边光爆眼采用 Ø25 mm 专用炸药卷 , 其它炮眼均采用 Ø32 mm 普通炸药卷。

(2) 非电毫秒迟发雷管 : 厂家供货为 1 ~ 15 段 , 其段别及延期时间见表 1。

表 1 非电毫秒迟发雷管的段别及延期时间					
段别	延期时间 /ms	段别	延期时间 /ms	段别	延期时间 /ms
1	≥13	6	150 ± 20	11	460 ± 40
2	25 ± 10	7	200 ⁺²⁰ ₋₂₅	12	550 ± 45
3	50 ± 10	8	250 ± 25	13	650 ± 50
4	75 ⁺¹⁵ ₋₁₀	9	310 ± 30	14	760 ± 55
5	110 ± 15	10	380 ± 35	15	880 ± 60

(3) 塑料导爆管 : 用来传递微弱爆轰给非电毫秒迟发雷管 , 弱爆轰在管内的传播速度为 1600 ~ 2000 m/s , 它不能直接起爆炸药。为了保证连接质量 , 塑料导爆管和非电毫秒迟发雷管由厂家直接加工成系统 , 定做加工的塑料导爆管长度为 5 m 和 7

m 两种,装箱运至工地使用。

(4)普通导爆索:它是以单质猛炸药为索芯的传爆材料,经雷管起爆后可以直接引爆其他炸药,其爆速为 6500 m/s。用于光爆眼间隔装药结构,用导爆索将各被动药卷与主动药卷相连接,以使被动药卷连续爆炸,从而减少了雷管数量和简化了装药结构,省事省时,实现减少装药量和达到控制的弱爆破的目的。

(5)火雷管:选用 8 号火雷管为击发元件,激发塑料导爆管传爆,一发 8 号火雷管可完全激发 50 根塑料导爆管传爆。火雷管与塑料导爆管连接采用电工胶布进行捆扎。

(6)导火索:其燃速为 100 ~ 125 s/m。

4 光面爆破参数的确定

光面爆破是通过调整周边眼的各爆破参数,使爆炸先沿各孔的中心线连线形成贯通的破裂缝,然后将围岩体裂解,并向临空方向抛掷。采用光面爆破能使爆破后的轮廓线符合设计要求、超欠挖少,在围岩中产生的裂隙较小,并能减少对围岩的扰动。

(1)不偶合系数 λ :采用 $\varnothing 40$ mm 的钻头钻孔,炮眼直径 D 为 42 mm,光爆眼药卷直径 d 为 25 mm,不偶合系数 $\lambda = D/d = 1.68$ 。

(2)周边眼眼距和最小抵抗线等参数采用工程类比法和现场试验进行确定:周边眼间距 E 为 516 ~ 583 mm(拱部),536 ~ 565 mm(墙部);周边眼最小抵抗线 W 为 600 mm;光爆炮眼密集系数($K = E/W$)为 0.86 ~ 0.97;周边眼装药集中度 G 为 200 ~ 300 g/m;不偶合系数 λ 为 1.68。

5 装药结构

光爆的周边眼装药集中度为 200 ~ 300 g/m(当遇软地层或较破碎岩层时取低值,若岩层较完整取高值),采用小直径药卷,借助导爆索以实现空气间隔装药,其装药结构如图 1 所示,雷管聚能穴朝向眼底。其他炮眼采用连续装药。

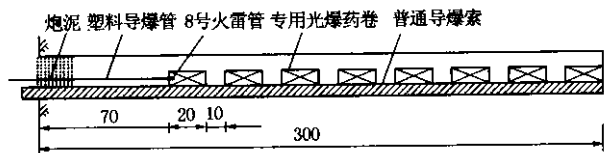


图1 光爆炮眼空气间隔装药结构图(单位:cm)

6 掏槽方式

地下洞室爆破开挖成功的关键是掏槽技术。掏

槽的成功与否直接影响爆破效果,掏槽的深度直接影响洞室掘进的循环进尺。而掏槽的成败与否,又与地质条件、掏槽深度及形式、炸药种类及装药量、起爆顺序等有关。

施工采用复式楔形掏槽方式(见图2),掏槽眼上下排间距 70 cm,掏槽炮眼深度比其他炮眼加深 20 cm,每循环进尺 2.7 m 以上。这种掏槽爆破成功率高,经 300 多个作业循环,无一出现掏槽失败。只要钻眼精度精确(达到深度、保证角度),按设计装药,一般均能取得良好的效果。

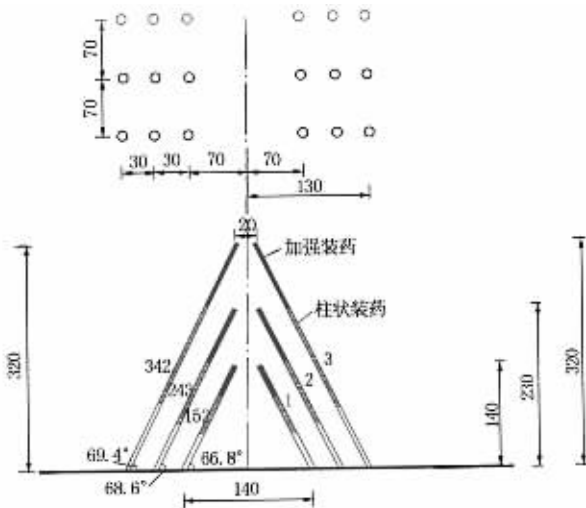


图2 三级复式楔形掏槽示意图(单位:cm)

掏槽眼底部加强装药,其集中度为 1.1 kg/m;前部装药为柱状结构,其集中度为 0.8 kg/m,炮口留出 20% 的炮眼长度不装药。

每级同时起爆,级间间隔时差不宜太短,以 25 ~ 50 ms 较合适,以保证前段爆破岩石破碎与抛掷。因此,雷管采用跳级段使用,即使用 1、3、5 段或 2、4、6 段。

7 炮眼布置

开挖炮眼布置详见图 3。洞库光面爆破的分区起爆顺序是:掏槽眼→辅助眼→周边眼→底板眼。毫秒微差有序起爆。主光面爆破主要技术经济指标为:开挖断面积 100.2 m²,单位面积炮眼数量 1.78 个/m²,预计炮眼利用率 90%,每循环爆破岩面数量 270.54 m³,预计每循环进尺 2.7 m,雷管用量 178 发,岩石消耗炸药量 0.98 kg/m³,炮眼点数 179 个,钻孔总长度 531 m,总装药量 265.88 kg。光面爆破药量分配见表 2。

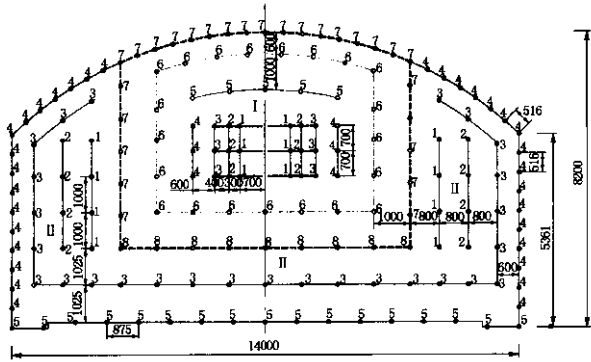


图3 洞库开挖炮眼布置图
(I、II 为开挖序号 ; 1 ~ 8 为各部分次爆破序号)

8 光面爆破施工工艺

- (1)放样布眼。为了消除或尽可能消除测量误差 ,每循环都用仪器测量放线。钻眼前 ,测量人员用红铅油准确绘出开挖断面的中线和轮廓线 ,标出炮眼位置 ,其误差不超过 5 cm ,尽可能消除开眼误差。
- (2)定位开眼。台车与洞中线平行 ,就位后对正钻孔 ,注意沟槽倾斜度 ,周边眼外插角。开眼误差在 3 ~ 5 cm 之内。
- (3)钻眼。钻工在钻眼前必须熟悉炮眼布置图。控制钻眼角度偏差的措施为 :采取先由丰富经验的钻工钻凿一个标准眼 ,插入炮棍 ,其他眼平行钻

表 2 光面爆破药量分配表

部位	序号	炮眼名称	炮眼数 /个	雷管 段别	深度 /m	炮眼装药量		合计 /kg	装药 方式	
						每孔装药量(卷 · 孔 ⁻¹)				单孔药量 /kg
						Ø25 mm	Ø32 mm			
上导坑	1	掏槽眼	6	1	1.8		9	1.35	8.10	连续
	2	掏槽眼	6	3	3.2		16	2.40	14.40	连续
	3	扩槽眼	6	5	3.2		13	1.95	11.90	连续
	4	辅助眼	6	7	3.0		12	1.80	10.80	连续
	5	辅助眼	5	9	3.0		10	1.50	7.50	连续
	6	内圈眼	21	11	3.0		10	1.50	31.50	连续
	7	拱边眼	17	13	3.0	8		0.74	12.58	间隔
	7	墙边眼	10	13	3.0		12	1.80	18.00	连续
	8	底板眼	9	15	3.0		13	1.95	17.55	连续
	小计		86		252				132.33	
扩挖	1	掘进眼	8	1	3.0		12	1.80	14.40	连续
	2	掘进眼	8	3	3.0		12	1.80	14.40	连续
	3	掘进眼	27	5	3.0		12	1.80	48.60	连续
	4	周边眼	32	7	3.0	8		0.74	23.68	间隔
	5	底板眼	17	9	3.0		13	1.95	33.15	连续
		小计		93		279				133.55
	合计		179		531				265.88	

进的方法。钻周边眼均由熟练钻工操作 ,台车下面有专人指挥 ,以确保周边眼有准确的外插角(以两茬炮的衔接台尺寸不大于 15 cm 进行控制)。同时 ,根据炮眼位置岩石的凹凸程度调整炮眼深度 ,以确保炮眼底在同一平面上。内圈眼斜率与周边眼相同。周边外插角 < 3° ,交界处台阶 < 15 cm。

(4)清孔。炮钩及小直径高压风管清炮孔。

(5)装药。分片分组按药量自上而下进行 ,雷管对号入座 ,炮泥堵口。堵塞长度 < 20 cm。

(6)联起爆网络。导爆管不能打结和拉细 ,注意连结次数 ,专人检查。引爆管距一簇导爆管自由端距离 > 10 cm。

(7)起爆。为保证起爆顺序 ,起爆雷管一律采取跳段使用(如表 2 所示) ,也就是说在同一茬炮中的雷管均为奇数或偶数 ,以避免因起爆顺序混乱而造成爆破效果差。此外 ,毫秒雷管跳段使用还可避

免震动波峰叠加而增加对围岩的扰动。

(8)瞎炮处理。查明原因 ,迅速果断按规定处理 ,以确保安全为标准。

(9)检查。炮眼痕迹保存率 > 50% ,炮眼利用率 > 90%。

9 结语

- (1)光面爆破避免围岩因炮震而产生裂缝 ,保持了围岩的完整性 ,从而增强了围岩自身的承载力 ,这为采用锚喷支护提供了有利的条件。
- (2)在裂隙发育的地层中 ,避免裂隙扩大和产生新的裂隙 ,从而提高了围岩的稳定性。工作面很少出现“危石” ,有效地保证了施工安全 ,基本消除了落石伤人事故 ,为快速施工创造了极为有利的条件。
- (下转第 34 页)

层厚度 ≥ 30 cm。

(5)梁肋板采用4根 $\varnothing 50$ mm插入式振动棒振捣,振动棒移动间距不大于半径的1.5倍,底板及顶板采用2台PZ-50型平板式振动器振捣,平板振动器移动应均匀缓慢。振捣以砼表面泛浆、平整和不再下沉为准。

(6)桥面高程及“三度”控制。

①直线段为双向横坡2%,曲线段为超高单向横坡9%。桥面高程采用在桥中线及两侧防撞护栏内缘分别埋设角钢控制。

②砼振捣密实后,用6 m长铝合金直尺以角钢面为准,人工反复刮平,必要时局部用水泥抹,人工精平,以确保平整度及横坡度。

③砼拌和后收浆前,由熟练工人站立于特制操作平台上,以6 m直尺压条,采用特制塑料扫把沿直尺边缘横向拉毛。拉毛应线条均一、平顺,满足桥面粗糙度要求。

(7)砼施工注意事项。

①肋板及底板砼浇筑施工中,尽量避免在已浇筑完的梁肋顶部钢筋上来回行走,以免影响钢筋与砼的粘结。

②浇筑顶板砼前,应将肋板接茬面着毛处理,清除表层浮浆。受污染的钢筋应人工除污,但要避免重锤敲打。

③桥面浇筑完成后,应及时覆盖土工布洒水养生,覆盖时间以手指按压砼面无指痕为宜,养生不少于14天。

2.7 模板及支架拆除

(1)模板拆除遵循后支先卸的顺序:肋板侧模→翼板底模→底模。拆模从跨中向两端对称进行。

(2)模板拆除应先反向敲打楔块垫木,如遇支撑卡死,应斜向锯断,反向击打退楔,杜绝使用重锤

敲击。

(3)贝雷片支架拆除采用2台16 t吊车进行,由专人指挥,先将贝雷片横向移出梁外,再同步起吊落架。

3 结语

(1)软基段现浇非预应力箱梁施工难度大,切实可行的施工技术方案是确保施工质量的前提,技术方案的拟定必须以科学的试验数据为基础,反复进行论证。我公司在拟定该桥施工方案时,进行了包括临时支墩单桩承载力、支架预压等多项试验,并召开多次施工技术专题会议,确保了技术方案的可行性。

(2)一流的施工材料、设备和严格的工序检验制度,是确保施工质量的关键。我公司充分发挥自身优势,集中大量先进设备,组织最富有施工经验的技术人员参与施工。严把进场原材料质量关,所有材料需经检验合格后方可使用。加大现场各工序质量检验力度,尤其是钢筋焊接和砼拌和、浇筑等关键工序,确保了现浇箱梁的施工质量。

(3)现浇箱梁施工是个系统工程,工序复杂,尤其是现浇砼施工必须确保一次成形,工作量大,持续时间长,良好的施工组织管理是确保施工质量的必要条件。要由项目负责人统一指挥,协调各作业班组关系。施工前应做好机械设备的维修和保养工作,所有设备均应有备件;人员安排上应实行双班倒,避免过度疲劳。

(4)我公司采用上述技术方案施工太姥互通B匝道桥现浇箱梁,历时6个月完成。各项实测指标及外观线形均符合规范要求,经业主和驻地监理评定为优良工程。实践证明该桥箱梁施工技术方案切实可行。

(上接第31页)

(3)洞室成形规整,减少了掘进超挖量,超挖量可降低到2.5%,而普通爆破在同类地层的超挖量一般为10%~20%。因而减少了出渣工作量,加快了掘进进度,同时节省了衬砌材料,提高了衬砌施工进度。

(4)光面爆破不足之处在于炮眼数较一般爆破法要多一些,钻眼的准确度要求较高,需要一些特殊器材,如专用炸药卷、毫秒雷管、导爆索等。

(5)影响光面爆破效果的最大因素是地质条件的变化,断层、大而密的裂隙、岩脉均导致较大的超挖。