

新奥法施工在洞库工程浅埋软弱围岩中的应用

王恒林

(福建地矿建设集团公司 福建 福州 350003)

摘 要 拟建的某洞库工程存在浅埋、软弱、破碎围岩,采用新奥法施工修建。介绍了其施工难点及施工工艺。

关键词 新奥法 超前小导管支护 格栅钢支撑 锚喷支护

中图分类号 :TU94⁺2 文献标识码 :B 文章编号 :1672-7428(2004)09-0010-04

1 工程概况

某洞库工程建筑面积约 5000 m²,洞库呈 U 字形,主洞 335 m,设 2 个引洞,引洞横断面为圆拱直墙式,开挖宽度 5.7 m,高度 6.0 m,断面积 32 m²,引洞段长度各为 80 m。

引洞口段约 30 m 范围内埋深 2.0~16.0 m,属于浅埋洞,地面横坡小于 15°,无偏压,地层为残积层、全风化粗粒花岗岩、破碎带,开挖后洞库围岩表面整体湿润,部分地段有涌水。

围岩稳定时间很短,约数小时至数日,按《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB 50086-2001)的围岩分级,此软弱段围岩级别属于 V 级(最差的一级)。

2 洞库开挖、支护施工方法选择和施工顺序

洞库施工方法的选择,主要根据工程地质及水文地质条件、施工条件、围岩类别、洞库埋深、断面尺寸,以施工安全为前提和工程质量为核心,并结合洞库的使用功能、施工技术水平、施工机械装备、工期要求和经济可行性等因素综合考虑研究选择。

施工方法采用全断面法开挖,短进尺、弱爆破,每次掘进长度控制在 1.5 m 以内,开挖后及时采用格栅钢架、系统锚杆、挂钢筋网和喷射混凝土进行联合支护。由于围岩稳定时间很短,为了施工安全,选择超前支护作为辅助施工手段。

主要施工顺序:超前支护→测量放样→开挖→初喷混凝土→格栅钢架→系统锚杆→挂钢筋网→喷射混凝土。

3 洞口防护

进洞前做好洞口边、仰坡防护和洞顶截水沟施工,以防止地表水渗透和确保边、仰坡稳定,保证进

洞安全。边、仰坡防护采用锚杆挂钢筋网和喷射混凝土进行联合支护。

锚杆布设:全长粘结砂浆锚杆,锚杆为 Ø22 mm 钢筋,材料为 20MnSi,长度间距 1.0 m,梅花形布置。

挂钢筋网:Ø8 mm 钢筋,20 cm×20 cm 布设。

喷射混凝土:混凝土标号为 C20,厚度为 15 cm。

截水沟沿边、仰坡外 5~10 m 进行布设,断面为 0.6 m×0.6 m。

4 超前支护

保护围岩是新奥法施工的一个重要原则,在浅埋、软弱围岩中,洞顶无法靠围岩自身形成承载拱,掌子面也不稳定。为此,开挖前必须采用超前支护辅助手段进行预支护,以保证开挖施工安全。超前支护基本上是借助构件的抗弯刚度发挥作用的,因此应采用抗弯刚度大的构件。施工采用注浆超前小导管具有支护围岩和改良围岩的功能。

洞口第一排 5 m 采用双层注浆超前小导管支护,从第二排开始采用单层注浆超前小导管支护,每排搭接长度≥1 m,如图 1 所示。钢管末端支撑在格栅钢架支撑上。

(1)布孔:钢管间隔为 40 cm,双层时,钢管上下层错开布置。

(2)钻孔:钢管孔采用 YT-28 型风动气腿式凿岩机和 Ø50 mm 钻头进行钻孔。

注浆超前小导管孔倾角为:洞口第一排采用水平施作,倾角 0°,从第二排开始采用倾角 10°施作。

(3)安装:采用 YT-28 型风动气腿式凿岩机,卸掉回转机构,进行来回冲击。钢管为 Ø42 mm 无缝钢管,钢管的构造见图 2,管前端做成尖楔状。注浆孔在管前部 4 m 范围内按梅花形布置,钻好 Ø6 mm 的

收稿日期 2004-07-28

作者简介:王恒林(1948-)男(汉族),江苏人,福建地矿建设集团公司副总经理、高级工程师,地球物理专业,从事工程施工技术研究和施工管理工作,福建省福州市五四路 285 号。

注浆孔,以便钢管顶入地层后对围岩空隙注浆。

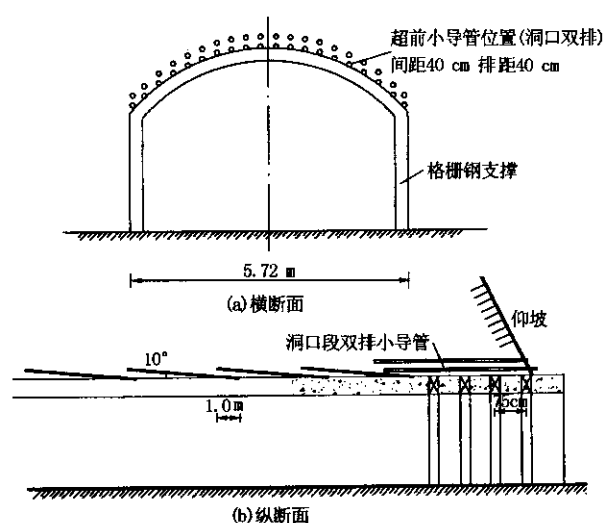


图1 超前支护示意图

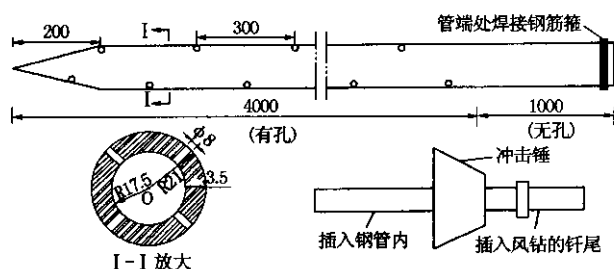


图2 钢管及冲击锤示意图

(4) 注浆:采用 UB3C 注浆机,1:1 水泥浆,注浆压力为 0.5 ~ 1.0 MPa,在孔口处设置止浆塞。

5 开挖

5.1 每次开挖长度的确定

在软弱围岩中,每次开挖长度与掌子面稳定有密切关系,虽然已采用了超前预支护,但也要缩短每次进尺,根据本工程地质条件,每次进尺控制在 0.8 ~ 1.5 m。

5.2 开挖

开挖施工要注意加强对开挖面前方的工程地质和水文地质的调查,准备好应急措施(包括改变施工方法),以确保施工安全和工程进度。

(1) 钻炮眼:使用钻眼台架(自制)和风动气腿式凿岩机全断面一次钻炮眼。由于围岩易掉块,要根据地质结构情况合理布置炮眼。

(2) 装药放炮:钻炮眼全部完成后进行装药连线,然后将台架退至洞外的安全地点,再起爆,保证一次爆破成形。严格控制装药量,采取少装药弱爆破方法。

(3) 出渣:使用 ZLC50 型侧卸式装载机将岩渣铲运到洞口卸入自卸汽车。

6 钢拱架支撑

在软弱围岩段坑道开挖后,要求早期支护必须具有较大的刚度,以阻止围岩刚度变形和承受部分松弛荷载。钢架支撑整体刚度较大,既可以提供较大的早期支护刚度,以可很好地与锚杆、钢筋网、喷射混凝土组合,构成合理支护,增加支护功能的有效性,对洞库断面变形的适应性好。

6.1 钢架类型选择

根据全断面开挖方式,选择格栅钢支撑类型为连肢型,为尽量减少接头数量(接头是格栅的施工薄弱处)采用三片连接式(见图 3),这种类型架设速度最快,架设费用最低,钢料及加工费用也最便宜。

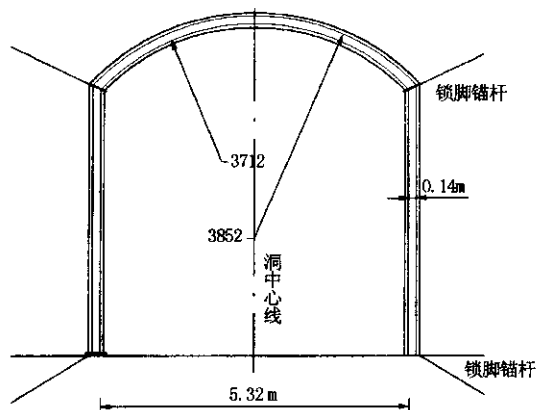


图3 格栅拱架安装图

6.2 格栅拱架主要参数

(1) 格栅拱架的主筋直径为 22 mm,材料采用 20MnSi,联系筋 $\phi 12$ mm,纵向连接钢筋采用 $\phi 22$ mm 钢筋(材料同主筋);

(2) 钢架的纵向间距在洞口前 5 m 采用 0.75 m,5 m 以后采用 1.0 ~ 1.5 m,视围岩应力情况而适当调整间距;

(3) 钢架保护厚度 4 mm;

(4) 钢架挖埋入底板深度 ≤ 15 cm;

(5) 钢架的截面高度 18 cm;

(6) 螺栓连接板接头:连接板焊接于主筋上,通过螺栓将两段钢架连接板紧连在一起(见图 4),这种接头易于安装。

6.3 制作

采用冷弯、电焊加工制作格栅钢架构件,要求尺寸准确、弧形圆顺、结构安全可靠。格栅质量的好坏直接影响到结构的安全和稳定,要把好各道加工工序的质量关。

格栅钢架在现场加工制作,设置格栅加工平台,根据格栅线型制作加工模具,将主筋放置模具上固

出渣完成后立即安排初喷 3 ~ 5 mm 厚混凝土施工 ,对开挖洞库围岩进行及时封闭 ,以防围岩松弛。若掌子面自稳性差时 ,也要喷 3 ~ 5 mm 厚混凝土覆盖掌子面。初喷混凝土不是作为轴力构件发挥作用的 ,而是防止剥离。此外通过目测喷射表面是否有龟裂发生 ,还可以获得崩塌发生的信息。

喷射混凝土复喷在挂钢筋网施作之后进行 ,尽快形成喷锚支护整体受力 ,以抑制围岩变形。

(1)原材料选用及配合比设计见表 1 ,原材料均经试验合格后才能使用。

表 1 喷射混凝土原材料及配合比设计表

材料名称	品种或规格	每 m ³ 混凝土用量/kg
普通硅酸盐水泥	P. O32. 5R	440
碎石	Ø5 ~ 16 mm	842
中粗砂	细度模数 2. 75	842
水	pH 值 7. 36	176
速凝剂	金星 - 1 型	13. 2

注 (1)砂率 50% (2)水灰比 0. 40 (3)单位体积质量 2300 kg / m³ (4)速凝剂掺量 3% (5)抗压强度 :7 天为 15. 7 MPa ,28 天为 22. 9 MPa。

(2)受喷面的处理。喷射支护前撬去岩面危石和欠挖部分 ,用高压水、高压风清除杂物 ,用高压水冲洗岩面。遇表面水量大时 ,采取措施将水集中引排 ,使之在初期支护背后形成永久性排水孔。

(3)混凝土喷射机安装调试好后 ,在料斗上安装振动筛(筛孔 10 mm) ,以避免超粒径骨料进入喷射机 ,用高压水冲洗干净检查后的受喷围岩面 ,然后即可开始喷射混凝土。

(4)为提高工效和保证质量 ,喷射作业分片进行 ,先墙后拱 ,自下而上进行喷射。为防止回弹物附着在未喷的围岩面上而影响喷层与岩面的粘结力 ,按照从下往上施喷 ,呈 S 形运动 ,喷前先找平受喷面的凹处 ,再将喷头呈螺旋形缓慢均匀移动 ,每圈压前面半圈 ,绕圈直径约 30 cm ,以使混凝土喷射密实 ,力求喷出的混凝土层面平顺光滑。

(5)喷嘴与岩面的距离为 80 ~ 150 cm ,太近太远都会增加回弹量。喷射方向尽量与受喷面垂直 ,拱部尽可能以直径方向喷射 ,若受喷面被钢架、钢筋网覆盖时 ,可将喷嘴稍加偏斜 ,但不宜小于 70°。如果喷嘴与受喷面的角度太小 ,会形成混凝土物料在受喷面上的滚动 ,产生出凹凸不平的波形喷面 ,增加回弹量 ,影响喷射混凝土的质量。

(6)复喷施工分 3 ~ 4 层喷射 ,一次喷射厚度一般为 5 ~ 8 cm ,过大会削弱混凝土颗粒间的凝聚力 ,促使喷层因自重过大而大片脱落 ,或使拱顶处喷层

与围岩面形成空隙 ;如果一次喷射厚度过小 ,则粗骨料容易回弹。分层喷射的时间间隔为 15 ~ 20 min。影响喷层厚度的主要原因是混凝土的塌落度、速凝剂的作用效果和气温。

(7)严格掌握规定的速凝剂掺量 ,并添加均匀。喷射时 ,喷射手严格控制水灰比 ,使喷层表面平整光滑 ,无干斑或滑移流淌现象。

9 应用效果

(1)围岩变形得到有效控制 :经每 5 m 布点观测 ,拱顶最大下沉变形量为 10 cm ,大部分为 2 ~ 5 cm ,支护体系均未发生破坏。

(2)施工进度 :每天完成一个作业循环 ,1 号口 27 m ,施工 24 天完成 ,2 号口 30 m ,施工 25 天完成。平均每天进尺 1. 1 ~ 1. 2 m。施工过程未出现塌方 ,进展较顺利 ,做到了安全施工。

10 几点认识

(1)本工程采用注浆小导管超前支护和喷射混凝土及封掌子面的辅助工法以防止开挖工作面失稳 ,是行之有效的 ,施工安全得到了基本保证。在软弱围岩中 ,选择辅助工法时 ,必须充分地研究现场的实际条件 ,选择适当的方法(就是在同一坑道 ,同一地质条件的情况下 ,掌子面的自稳性也是有差异的)。

(2)地下工程施工 ,要像保护眼睛那样地保护围岩 ,要想方设法防止围岩的松弛 ,加强和提高围岩的自支护能力。

(3)联合支护宜联合不宜分散 ,彼此要直接地牢固相连 ,以充分发挥联合支护效应。

(4)格栅钢架支撑只有与喷射混凝土并用才能发挥其支护作用 ,而且不能立即发挥承载作用。格栅钢支撑与型钢支撑比较优点在于 :加工容易 ,且不需要大型加工设备 ;质量小 ,易于架设安装 ;因具有一定的柔性 ,能够适应围岩的变形 ,喷射混凝土完全包裹格栅 ,整体性好 ,背后不易留下空隙。但在围岩变形的场合 ,不能有效地控制围岩变形。因此在围岩变形大的场合采用型钢、钢轨等钢支撑较好。

(5)根据现代支护理论 ,地下洞室整体失稳通常是由局部破坏发展所致 ,故支护结构应早封闭 ,全面约束围岩。尤其是在软弱围岩中施工 ,尽量缩短每次开挖长度 ,除了采取各种有效技术措施外 ,强有力的现场管理非常重要。