

分部法开挖特大断面隧洞钻爆设计简析

张念木

(国家电力公司水电水利规划设计总院, 北京 100011)

摘要: 结合水电工程建设实际, 举例简析分部法开挖特大断面隧洞的钻爆设计原理。

关键词: 分部法; 开挖隧洞; 钻爆设计

中图分类号: TV 52

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0043-02

1 问题的提出

隧洞是诸多水利水电工程主要地下建筑物之一, 近几十年来, 隧洞无论是在建筑规模、机械化程度、施工技术与施工管理等方面都得到迅速发展。许多工程都设计了特大断面, 所谓特大断面即其面积大于 120 m^2 或跨度大于 12 m 。特大断面隧洞开挖, 其方法主要是钻爆法和掘进机掘进法。但是大量实践证明, 随着钻爆和挖运机械的发展, 对于直径大于 5 m 的隧洞, 采用掘进机开挖在经济上并不见得合理。掘进机虽适应岩石性能较广、开挖速度快、对围岩破坏小、施工安全, 但初期设备投资很大(例如: 西安至安康铁路隧洞使用的进口掘进机, 每台设备费约 3.5 亿人民币, 开挖直径 8 m 左右, 设备长度达 290 多 m , 且替换刀具十分昂贵), 机械长度大且笨重, 应用于长隧洞开挖, 使用效率不到 60% , 开挖硬岩还比较困难。目前, 特大断面开挖仍较多采用钻爆法施工, 70 年代和 80 年代常用的正台阶法和反台阶法已被快速、综合机械化水平高的分部法所取代。笔者仅介绍一下钻爆设计。

2 分部法示意

分部法就是由于断面过大, 超过现有多臂台钻参数控制范围, 不能全断面开挖而采取先开挖上部, 再开挖下部的办法。先全断面开挖第 I 部分, 全部打通后再开挖第 II 部分。已形成的第 I 部分为第 II 部分的钻爆开挖起临空面的作用, 故第 II 部分开挖类似于露天爆破。第 I 部分打通后还可以为第 II 部分起通风作用。对于第 I 部分, 采用全断面开挖法, 就是在整个断面上一次爆破成型的开挖方法。待掌子面前进一定距离后, 即可紧跟工作面喷锚支护, 及时加固围岩。

3 钻爆设计分析

本文以开挖平洞为例简析分部法开挖特大隧洞

断面的钻爆设计。以黄河上游某电站的导流洞为设计对象, 隧洞岩性为石英片岩(角闪片岩), 属 II 类围岩 X 级岩石, 爆破岩块松散系数 1.6 ; 所处岩体地下水不发育。隧洞开挖断面见图 1。

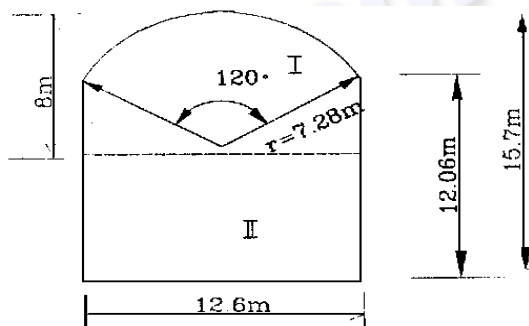


图 1 开挖断面及分部开挖图

根据断面尺寸, 选瑞典的 TH480 型四臂台车钻孔, 行车时外形尺寸: $14\ 500\text{ mm} \times 3\ 000\text{ mm} \times 3\ 450\text{ mm}$ (长 \times 宽 \times 高); 定点钻孔范围: $12.9\text{ m} \times 8.0\text{ m}$ (宽 \times 高); 钻孔深度: $5\ 130\text{ mm}$; 钻头直径: 48 mm 、 102 mm (套钻)。因地下水不发育, 选用 2 号岩石铵梯炸药, 爆力 320 m l , 猛度 12 mm , 殉爆距离 5 cm , 装药密度 $0.95\sim 1.05\text{ g/cm}^3$, 临界直径 20 mm 。雷管选用二系列 20 段的塑料导爆雷管; 利用雷管引爆普通导爆索, 然后由导爆索网络引爆炸药。所选药卷见表 1。

表 1 选用药卷参数表

药卷直径 d_2 /mm	长度 /cm	每卷装药量 G /g
25	20	100
32	20	150
45	25	400

3.1 全断面开挖的钻爆设计

隧洞开挖钻爆设计时, 第 I 部分作为全断面来设计, 第 II 部分作为下部扩大开挖。

3.1.1 炮孔布置

为了提高爆破效率, 就得增加自由面, 为此, 在断面中部先掏出一个缺口, 然后再扩大, 此缺口即为掏槽孔, 为了崩落大量岩石而布置的炮孔叫崩落孔,

靠近设计线的炮孔叫周边孔, 见图 2。

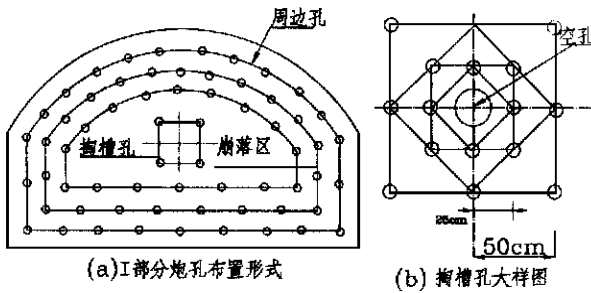


图 2 炮孔布置图

3.1.2 炮孔设计

(1) 掏槽孔。其作用是增加爆破临空面, 布置形式应根据岩性、岩层构造、断面大小和钻爆方法定, 掏槽孔数应在满足需要的前提下力求最少, 但不宜少于 2 个。这里选用单向掏孔, 即所有掏槽孔都互相平行且垂直于工作面, 再留出部分孔不装药, 作为其它炮孔爆破的临空面。采用药卷直径 $d_2 = 45 \text{ mm}$ 的炸药, 参考有关标准, 装药系数取 $\tau = L_1/L = 0.7$, 掏槽区平均单耗为 $10 \sim 15 \text{ kg/m}^2$, 孔深取 5.1 m 。

(2) 周边孔。周边孔布置在开挖断面的四周, 用以控制开挖断面的轮廓和规格, 以保证开挖断面符合设计要求。周边孔的爆破属于光面爆破, 要求孔口距开挖边线 $10 \sim 20 \text{ cm}$, 以利孔口略向外倾斜, 施工中取 15 cm 。

光爆参数: 四臂台车钻头直径为 38 mm , 故炮孔直径取 40 mm , 药卷直径 25 mm , 不偶合系数 $\eta = d_1/d_2 = 1.5$ 。参考 SDJ212-83《水工建筑地下开挖工程施工技术规范》, 炮孔孔距 $a = 60 \text{ cm}$, 则炮孔密集系数 $m = a/W = 0.857$, 孔距系数 $m = a/d_1 = 1.38$ 。

质量控制: 开挖壁面不平整度是衡量光面爆破质量的重要指标, 不准欠挖, 尽量减少超挖。开挖壁面岩石的完整性通常用岩壁上炮孔的保留率来衡量, 对于光面爆破, 坚硬岩壁上半个炮孔的保留率不少于 70% 。围岩只能有轻度破坏, 岩壁无明显裂隙。

装药结构: 药包结构对光面爆破的效果有着重要影响, 通常要求在设计药包结构时, 能使炸药量沿炮孔长度均匀分布, 线装药密度符合设计要求, 能保证设计规定的不偶合系数值。当采用间接装药时, 药卷间的空气间隔长度要保证在 $10 \sim 30 \text{ cm}$ 范围内。为了克服炮孔底部岩石的夹制力, 保证预裂缝贯通到底, 应适当增加孔底药量, 装加强药包 ($d_2 = 32 \text{ mm}$, 药量: 150 g/卷)。孔底段药量的增加值与岩性的软硬、钻孔深度、炸药性能等因素有关。参考葛洲坝水电站孔底装药量的增加值: 当炮孔深度为 $5 \sim 10 \text{ m}$ 时, 增加值为 $(2 \sim 3) Q_x$, Q_x 为线装药密度。根

据规范, 这里取 $Q_x = 258 \text{ g/m}$, 药卷长 20 cm 。四臂台车 TH480 钻孔深度取 5.1 m , 故增加值为 $(2 \sim 3) Q_x$, 取增加值为 $2Q_x = 2 \times 250 \text{ g} = 500 \text{ g}$, 非加强药包 $d_2 = 25 \text{ mm}$, 药量: 100 g/卷 。装药结构为不偶合间隔装药, 见图 3。

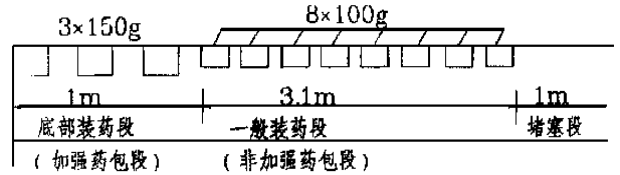


图 3 钻孔深度内装药结构布置图

(3) 崩落孔。崩落孔布置在掏槽外围, 炮孔数目大致均布在开挖面上。崩落孔通常与开挖面垂直, 孔底落在同一平面上, 以保证爆后开挖面比较平整。采用药卷直径 $d_2 = 45 \text{ mm}$, 长度 $l = 25 \text{ cm}$, 药量: 400 g/卷 , 装药系数 $\tau = 0.65$, 炮孔深度 5.1 m 。

炸药单耗: $q_b = 0.78 \text{ kg/m}^3$

单孔药量: $Q_b = L \tau Q / l = 5.1 \times 0.65$

$\times 400 / 0.25 = 5.14 \text{ (kg/孔)}$

上部开挖分为 3 区: 周边区、崩落区和掏槽区。

$S_b = S - S_1 - S_2 = 87.5 - 1.0 - 87.5 - 64 = 63 \text{ (m}^2\text{)}$

崩落区药量: $Q_b = q_b S_b L = 0.78 \times 63 \times 5.1 = 250.62 \text{ (kg)}$

崩落区孔数: $N = Q_b / Q_b = 250.62 / 5.14 = 49 \text{ 孔}$

炮孔布置及装药结构孔距 11 m , 排距 11 m 。

3.2 下部扩大开挖

下部扩大开挖, 周边采用预裂爆破法。即首先爆破布置在轮廓线上的深孔, 形成一条沿设计轮廓延伸的贯穿裂缝, 在它的屏蔽下进行主体开挖部位的爆破。达到保护设计轮廓线外的保留岩体不受爆破破坏的目的。

主要参数计算如下:

(1) 炮孔装药量:

线装药量 $Q_x = 0.36 [R_{\text{压}}]^{0.63} a^{0.67} = 594 \text{ (g/m)}$

式中 $[R_{\text{压}}] = 2000 \text{ g/cm}^2$ —— 岩石抗压强度;

$a = 50 \text{ cm}$ —— 钻孔直径。

(2) 炮孔间距 a : 取炮孔直径的 10 倍, 即 48 cm 。

(3) 不偶合系数 η 采用不偶合装药, 药卷直径 $d_2 = 25 \text{ mm}$ 的铵梯炸药, 药卷长度 20 cm , 每卷药量 100 g 。

$\eta = d_1/d_2 = 48/25 = 1.92$

(4) 炮孔堵塞长度: 取 0.9 m 。

(下转第 103 页)

够的合同依据,特别是现场的原始同期记录等证据,用以驳回这种不合理的索赔申请,取决于其管理能力和水平。所以,从某种意义上讲,进行国际合同管理,特别是索赔和反索赔,也是业主、工程师和承包商之间管理能力和管理水平的较量。

为了尽量减少和避免索赔的产生,业主和工程师应做好以下工作:

(1) 编制好招标文件。

招标文件是投标文件和合同文件的基础,在其编制阶段最好由有国际工程管理经验丰富的人员对其进行详尽的斟酌和推敲。招标文件和合同文件(尤其是特殊应用条款以及技术规范中的可操作部分)中的疏忽、遗漏、含糊、自相矛盾以及失误等都会成为合同实施中产生争端、纠纷和索赔的原因。

(2) 认真搞好评标工作。

一些国际承包商在投标时通常会带一些附加条件。这些条件有时是明确提出,有时则隐含在某些条款之中。这些条件在实质上改变了招标文件的要求,削弱了业主的权力和(或)承包商的责任。在评标时,应将这些问题作为响应性问题提出来并予以纠正,以消除以后产生争议和索赔的隐患。

(3) 做好经常性的协调工作。

经常性的现场协调工作非常重要。特别是在同一个工程分成若干个标段分别由不同的承包商施工的情况下,现场协调工作更为繁重。对于现场经常产生的不同标承包商之间的施工干扰、工序之间的衔接、场地和道路的占用、当地材料的供应等问题,在合同文件中虽然都有原则性规定,但任何合同文件对现场出现的千差万别、千变万化的各种情况如何

处置,不可能面面俱到。这些问题如果不及时解决,就有可能影响工期和(或)增加成本,并成为索赔“事件”。但如果有力而适时的现场协调,当问题处于萌芽状态时就及时解决,即可避免索赔的产生。

(4) 认真做好现场的工程原始资料(同期记录)的记录和整理。

除了少量的、由于对合同文件的分歧产生的索赔以外,大多数的索赔事件都发生在现场。因此,工程师的现场施工记录尤为重要。施工记录包括:施工日志(日记)、现场记录地质素描、质量验收凭证、现场录象和照片、会议纪要、工程师和承包商的来往信函等等。这些工程原始资料是解决索赔和争议的最有力的证据。应当把这些资料进行认真的整理和妥善的保管。

(5) 认真配合争议评审团工作。

按照国际咨询工程师联合会(FIDIC)标准合同要求,当工程师协调失败,并相应作出工程师决定,而承包商或业主有一方不服时,则可诉诸国际仲裁机构或经济法庭,但这样做既花费金钱又浪费时间,是双方都不愿意的。根据世界银行的建议,现在,在很多工程都成立了争议评审团。评审团通常根据工程规模、潜在风险的大小,以及雇佣费的高低等因素决定。对工程师的决定,一方不服时,可提交争议评审团进行听证,并在规定的相应时间内作出其建议。工程师应尽力配合评审团的工作,为评审团提供必要的条件和资料,以使他们作出公正合理的建议。

作者简介:

鞠其凤(1973年-),男,重庆垫江人,四川二滩国际工程咨询有限公司工程师,学士,从事水电工程施工监理工作。

(上接第44页)

(5) 孔底段装药量的增加值:加强药包采用 $d_2 = 32\text{ mm}$, 药包长度 20 cm , 每卷重 150 g , 共3包。

形成预裂缝后,主体开挖部位采用浅孔爆破法。上部已开挖成型,可起临空面的作用,所以下部主体开挖部位的爆破相当于露天浅孔爆破。

炸药单耗: $q_b = 0.78\text{ kg/m}^3$

单孔药量: $Q_b = L \pi G / l = 5.10 \times 0.63 \times 100 / 0.2 = 1.61(\text{kg})$

主爆区面积: $S = (12.6 - 0.6 \times 2) \times (7.7 - 0.6 \times 2) = 74.1(\text{m}^2)$

炮孔数目: $N = q_b S L / Q_b = (0.78 \times 74.1 \times 5.1) / 1.61 = 183(\text{孔})$

3.3 起爆网络

由里向外,一圈一圈地逐圈爆破,每一圈先爆

下部,再爆两边,其次上部,以避免先爆上部产生的石渣给下部爆破带来的难度。下部先爆周边孔,再爆主体部分。

3.4 出渣运输

为充分发挥装载机与自卸汽车的效率,结合断面尺寸、机械的性能参数,采用BJ370A 20t自卸汽车配D2L-50型轮胎式 3 m^3 装载机运输出渣,经校核机械的转弯半径、卸料高度与装料高度均满足要求。经计算装载机的生产效率为 $130\text{ m}^3/\text{h}$,自卸汽车的生产效率为 $32.5\text{ m}^3/\text{h}$,故需8辆自卸车配2台装载机。

作者简介:

张念木(1976年-),男,山东人,国家电力公司水电水利规划设计总院助理工程师,从事水电工程设计及管理工作。