

广西凭祥大型市政隧道施工技术

谭志敏

(广西地矿建设工程有限公司, 广西 南宁 530023)

摘要:广西凭祥弄怀隧道属岩溶地区大型市政深埋越岭短隧道,跨度大、岩溶发育,根据实际工程地质情况,采用钻爆开挖法——新奥法施工,洞口及围岩较破碎地段遵循短开挖、弱爆破、超前强支护、早衬砌的原则,通过采取综合措施圆满完成了隧道的掘进开挖。

关键词:隧道;岩溶地层;新奥法;爆破;锚杆支护

中图分类号:U455.48 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)01-0076-05

Construction Techniques of Large Municipal Tunnel in Pingxiang of Guangxi/TAN Zhi-min (Guangxi Geology & Mineral Construction Engineering Co., Ltd., Nanning Guangxi 530023, China)

Abstract: Nonghuai tunnel is a large municipal tunnel in karst area of Pingxiang of Guangxi with karst development, this short tunnel is deep-buried and large-span. According to the geological conditions, drill-blast tunneling—new Austrian method was used; the principles of short cutting, weak blasting, advanced strong support and early lining were followed in broken sections of structural opening and surrounding rocks, the tunneling was successfully finished by comprehensive measures.

Key words: tunnel; karst formation; new Austrian method; blasting; bolt support

1 项目概况

广西凭祥弄怀广东商贸城项目配套隧道工程属于广西凭祥鸿大房地产开发有限公司广东商贸城二期工程规划项目,项目位于凭祥市弄怀边贸管理区广东商贸城项目内,广东商贸城距离越南同登仅一步之遥。隧道从广东商贸城二期连接弄怀广场,建成开通后,将缓解弄怀商贸区单一交通不畅的局面,扩大弄怀边贸市场,打通中国商品销往越南及东南亚国家的通道,进一步推进商贸旅游和跨境经济合作。

隧道进口紧挨弄怀边贸管理区广场,离公安边防检查站仅15 m,离5层的粤海楼20 m,广场周边分布商场、铺面、民楼,白天车辆、人员多。出口端右前方50 m为在建广东商贸城二期项目2层商铺,高于隧道口10 m的斜上方40 m处为3栋新建的2层商铺。由于商铺在隧道的上方,易受到掘进爆破的震动影响。

隧道的起讫桩号为K0+130~K10+320,全长190 m,平面线形为直线,属越岭短隧道。除隧道进、出口埋深较小为5~10 m外,其余地段埋深均在50 m以上。隧道建筑宽度16 m(建筑限界净宽14 m),建筑高度7.7 m(建筑限界净高5.0 m),净空面积91.52 m²,周长38.59 m,断面形状为马蹄形。

2 隧道工程地质、水文地质条件

2.1 地形地貌

该隧道区域属峰丛、岩溶地貌,石灰岩山体石峰高,山体陡峭,连绵起伏,地面高程321~419 m,地面相对高差约98 m,隧道进口处坡角约55°,隧道出口处坡角约85°,近呈陡立。隧道区域溶洞较发育,主要发育于山脚低洼处。隧道中线与地形等高线基本垂直,进出口自然斜坡目前尚属稳定。未见滑坡、滑塌等不良地质现象。

2.2 地层、围岩岩性

为三迭系灰岩,灰白色,中风化,隐晶质结构,岩层呈巨厚层状构造,岩体完整~较完整。岩石较坚硬,裂隙较发育。岩体基本质量等级为Ⅱ级(按公路围岩分级法),属坚硬岩。

隧道进口端K0+130~155、出口端K0+275~320围岩为Ⅲ级,中风化,岩体较完整~较破碎。岩石较坚硬,裂隙较发育;中间段K0+155~275围岩为Ⅱ级,中风化,岩石较坚硬,岩体完整,裂隙较发育。Ⅲ、Ⅱ级围岩均需爆破掘进。围岩坚固性系数 $f=6\sim10$,可钻性、可爆性较好,利于爆破。

洞口两端部分较破碎,其余均较完整,稳定性好;隧道埋深最大98 m,洞口两端形成暗挖后,埋深

收稿日期:2012-11-01

作者简介:谭志敏(1968-),男(壮族),广西合山人,广西地矿建设工程有限公司副总工程师、高级工程师,掘进工程专业,从事隧道及爆破工程技术与管理工作,广西南宁市园湖北路21号,tzm.gxnn@163.com。

即超过 6 m,大部分埋深在 50~80 m。洞口边坡、仰坡属岩质边坡,开挖时边坡稳定性较好。

围岩分布及其特征见表 1。

2.3 水文地质条件

表 1 围岩分布及特征表

围岩级别	岩体完整性系数 K_v	里程桩号	段长 /m	围岩岩土特征	饱和单轴抗压强度 R_a /MPa
II	0.72	K0+155~275	120	岩性为中风化灰岩,岩石较坚硬,岩体完整,裂隙较发育,有方解石充填,需爆破掘进	65
III	0.61	K0+130~155 K0+275~320	25 45	岩性为中风化灰岩,岩石较坚硬,岩体较完整~较破碎,裂隙较发育,均被方解石充填,需爆破掘进	65

该隧道区地表水主要汇集于山沟低洼处,水量受季节降水影响。地表水汇集处低于隧道地面高程,对隧道施工影响不大。

拟建隧道位置未见地下水。地下水主要赋存于溶蚀裂隙和溶洞中,为岩溶水,含水量较丰富,受大气降水补给,水量季节性变化较大。在隧道进口坡脚低洼处,当大雨过后,岩溶水就会从低洼处的溶洞中大量冒出,并将很快流失。隧道区内岩溶水位均低于隧道设计高程,进行隧道施工时,受地下岩溶水影响较小。

综合分析,隧道范围内工程、水文地质条件较好,掘进时无大涌水,也不易产生围岩垮塌现象,对掘进、支护都有利。

3 总体施工方案

根据拟建隧道实际工程地质情况,选用新奥法施工,采用复合式衬砌,初次支护以喷射砼、锚杆和钢筋网为主要手段,部分辅以格栅拱架(主要在隧道进、出口处)加强支护,以超前锚杆作为施工的辅助措施;二次衬砌采用整体式现浇砼。

(1)隧道较短,但是建筑宽度达 16 m,建筑高度 7.7 m,净空面积 91.52 m²,面积大、跨度大,断面设计为马蹄形,开挖及支护施工难度较大,因此隧道开挖采用钻爆法——光面爆破,在破碎地段分台阶 2 次开挖,控制好爆破用药量,减少对围岩的扰动,保证开挖轮廓圆顺,减少超挖,不允许欠挖。

(2)初次支护紧跟开挖面,爆破以后立即对围岩进行初喷、打设锚杆、挂钢筋网、初喷厚度 ≤ 4 cm,喷射砼分 1~3 次复喷达到设计要求,并覆盖钢筋网和锚杆露头。

(3)初期支护达到设计要求后的地段距开挖面的距离 ≥ 10 m。

(4)二次衬砌砼采用液压衬砌台车,浇筑采用商品砼,机械泵送,一次成型。

图 1 为隧道总体施工程序图。

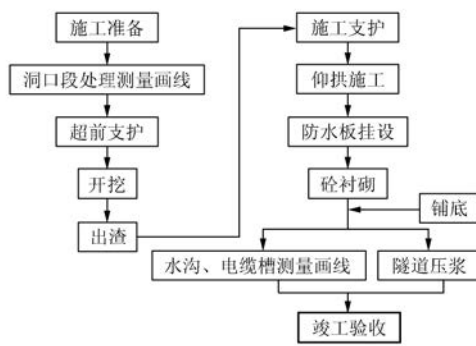


图 1 隧道总体施工程序图

4 洞身施工

根据隧道进、出口的围岩情况,决定从隧道出口向进口方向掘进,采用钻爆法施工,风动凿岩机钻孔,装载机装渣配套自卸翻斗车无轨运输。在开挖过程中,严格遵守新奥法施工的基本原则:“少扰动,早喷锚,勤量测,紧封闭”。

4.1 施工技术

暗洞施工采用分部台阶上下断面法(下断面为仰拱)开挖,先从隧道进口端开挖上半断面,待上半断面开挖、支护完成后,再进行下半断面仰拱的开挖。在上断面的开挖中,拱顶、边墙采用 D25 中空注浆锚杆、钢筋网和喷射砼进行初期支护。拱部、边墙二次衬砌施工时采用全断面模板衬砌台车施作,以提高砼的整体性,减少施工缝。

4.1.1 开挖作业工序流程(图 2)

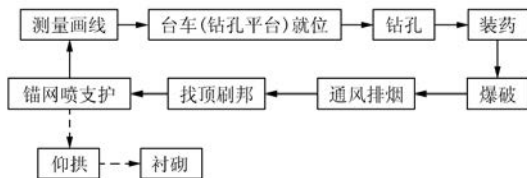


图 2 开挖作业工序流程图

4.1.2 爆破设计

采取半断面(即除仰拱外)法开挖,爆破开挖分 2 部分进行,上部为高 7.7 m 的上半断面,下部为厚近 2 m 的底板和仰拱。先开挖上半断面至 100 m

后,再回头从洞口往里半幅开挖底板和仰拱,半幅开挖完后,继续开挖另一个半幅底板和仰拱。

下半部分即底板和仰拱开挖为临空水平面刷扩帮爆破,爆破条件较好,施工时沿宽度方向布 2 排水平孔,孔距 1.2 m、排距 1.0 m、炮眼深 2.0 m、装药系数 40%,采用连续装药结构,毫秒塑料导爆管雷管同段起爆。

下面是高 7.7 m、宽 16 m 的上半断面的开挖爆破设计。

4.1.2.1 钻孔

钻孔采用风动凿岩机 YT-24、自制 3 层简易凿岩平台进行钻孔作业。

4.1.2.2 掏槽方式

采用 3 级复式楔形斜眼掏槽(见图 3),每对掏槽眼呈近似对称形,掏槽眼由浅变深,与工作面的夹角由小变大。

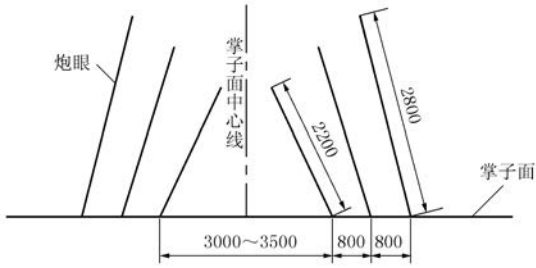


图 3 复式楔形斜眼掏槽平面示意图

4.1.2.3 钻爆参数的确定

4.1.2.3.1 炮眼深度(L)

- (1)对Ⅲ类围岩按小进尺循环考虑, $L=1.5\text{ m}$ 。
- (2)对Ⅱ级围岩岩, $L=2.5\text{ m}$ 。

以隧道中心线为起点,最外层的掏槽眼眼底超深于周边眼、辅助眼 10 cm。

4.1.2.3.2 炮眼间距

(1)掏槽眼:采用三级复式楔形斜眼掏槽,每级掏槽眼水平距离为 50~80 cm,上下距离 60 cm,同一级左右掏槽眼之间的水平距离为 3.0~5.0 m。

(2)周边眼:按光面爆破设计,以减少爆破对围岩的扰动。

周边眼距离: $E=(8\sim12)d$,一般为 50 cm(其中 d 为炮眼直径)。

周边眼抵抗线即周边眼至内圈眼距离为: $W=(1\sim1.5E)$,一般取 60 cm。

(3)辅助眼:80~100 cm。

4.1.2.3.3 炸药用量

(1)单位炸药消耗 q :根据实际施工经验并参考有关资料, q 值一般为 0.8~1.0 kg/m³,取 0.9 kg/m³。

(2)循环装药量 Q :

$Q=SLq\eta=95\times2.5\times0.9\times90\%=192.4(\text{kg})$

式中: S ——隧道开挖断面积,95 m²; η ——爆破效率。

实际装药中,根据实际炮眼数目、炮眼类别进行装药,但总药量不超过上述计算结果。

4.1.2.3.4 炮眼数目 N

$$N=qS\eta L_{\text{药}}/(\Delta G)$$
$$=1.0\times95\times90\%\times0.2/(0.6\times0.2)$$
$$=143(\text{个})$$

式中: L ——药卷长度,0.2 m; Δ ——炮眼装药系数,取 0.6; G ——单个药卷质量,0.2 kg。

表 2 为炮眼参数表。炮眼布置如图 4 所示。

表 2 炮眼设计参数表($L=2.5\text{ m}$)

名称	深度 /m	数量 /个	装药系 数/%	单个炮眼 装药量/kg	药量 小计	段别
掏槽 I	1.8	6	0.65	1.2	7.2	1
掏槽 II	2.2	6	0.65	1.4	8.4	3
眼 III	2.6	6	0.65	1.6	9.6	5
辅助眼	2.5	64	0.55	1.4	89.6	6、7、8、9、10
周边眼	2.5	46	0.45	1.2	55.2	11、12
底板眼	2.5	15	0.55	1.4	21	13

4.1.2.4 爆破器材及爆破网路

炸药:采用 2 号岩石乳化炸药,其规格为 $\varnothing35\text{ mm}\times200\text{ mm}$;周边眼用药为小药卷,规格 $\varnothing32\text{ mm}\times200\text{ mm}$ 。

雷管:炮眼内采用毫秒塑料导爆管雷管,塑料导爆管脚线长 5 m。起爆用电雷管。

采用非电(导爆管)起爆网路。三级复式楔形斜眼掏槽段别分别为 MS1、MS3、MS5,第一圈、第二圈、第三圈辅助眼段别分别为 MS6、MS7、MS8,、第四圈辅助眼为 MS9、MS10,两侧周边眼为 MS11,顶板周边眼为 MS12,底板周边眼为 MS13,整个工作面共分 11 个段别。

网路连接采用并簇接法,即把工作面上炮眼分成几个区域,将每个区域的导爆管簇联成十束导爆管,用瞬发导爆管雷管将十束导爆管联成一束,再用瞬发电雷管引发整个网路,电雷管用起爆器击发。起爆线采用专用铜芯电缆,起爆站设在洞口外安全地带。

4.1.2.5 装药

实测每个炮眼的深度,根据实际情况校核每孔用药量,炸药的分配、加工在单独设置的工房内进行,加工好后编号由专人负责装药,装药时严格按操作规程进行,在装完炸药后用预先拌制的炮泥填塞。

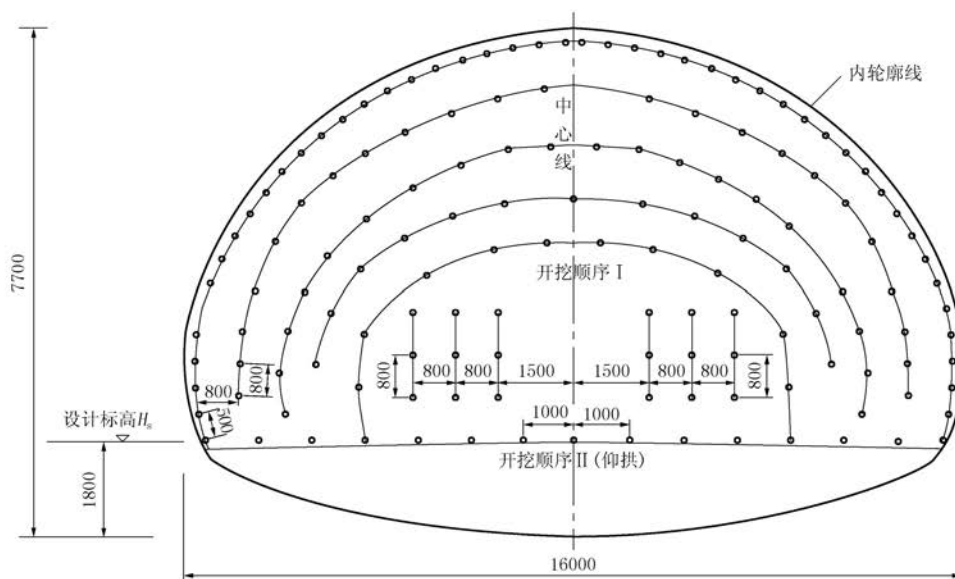


图 4 炮眼布置图

4.2 超前锚杆

在围岩软弱、破碎地段预先进行超前锚杆、格栅拱架支护。

超前锚杆主要设置在隧道中间的Ⅳ级围岩或Ⅲ级围岩破碎地段。锚杆采用 $\text{Ø}22$ mm 钢筋, 环向间距均为 50 cm, 实际施作时锚杆方向应根据岩体结构面产状确定, 以尽量使锚杆穿透更多的结构面为原则, 外插角采用 $5^\circ \sim 15^\circ$ 不等。采用早强药卷作为粘接材料, 每排锚杆的纵向搭接长度也要求不小于 1.0 m。

4.3 初期支护

全断面开挖中, 实施周边眼弱爆破是减少扰动周围围岩和的超、欠挖的良好方法, 在Ⅲ类围岩开挖中, 减少超挖, 及时封闭, 做好围岩的加固。

初期支护紧跟掌子面及时施作, 控制围岩变形, 最大限度地发挥围岩的自承能力, 喷射砼标号为 20 号, 采用湿喷工艺, 增加密实性, 减少回弹量, 改善作业环境。

Ⅲ级围岩洞口段锚杆采用 D25 中空注浆锚杆, 采用单层 $\text{Ø}8$ mm 钢筋网, 以格栅拱作为加强措施, 格栅拱用 $\text{Ø}25$ mm 钢筋和 $\text{Ø}10$ mm 钢筋加工而成, 喷射砼厚 24 cm, 锚杆露头加设配套钢垫板, 施工时采用专用注浆设备和注浆工艺, 确保注浆饱满, 保证锚杆与围岩全粘结, 垫板安装时应紧贴岩面。

Ⅲ级围岩段采用 $\text{Ø}22$ mm 早强药卷锚杆, 单层 $\text{Ø}6$ mm 钢筋网, 喷射砼厚 15 cm。

Ⅱ级围岩采用局部 $\text{Ø}22$ mm 早强药卷锚杆, $\text{Ø}6$ mm 钢筋网, 喷射砼厚 10 cm。

4.4 二次衬砌

根据隧道断面形状、几何尺寸制作整体式液压模板台车作为二次衬砌台车。二次衬砌施工前, 台车必须准确就位, 支撑牢固。

二次衬砌砼灌注使用商品砼, 采用砼输送罐车运输、轨道自动行走液压起臂整体模板衬砌台车、砼输送泵车灌注的方法进行, 由下而上, 对称分层, 先墙后拱灌注, 入模倾落自由高度 ≥ 2.0 m, 插入式振捣棒振捣。

明洞及Ⅲ级围岩洞口段拱顶、边墙采用 C25 钢筋砼, 明洞厚 70 cm, 洞口段厚 50 cm; Ⅲ级围岩段拱顶、边墙采用 C25 砼, 厚 45 cm; Ⅱ级围岩段拱顶、边墙采用 C25 砼, 厚 40 cm。

各级复合衬砌支护参数如表 3 所示。

5 洞口施工

本隧道洞口边坡、仰坡属岩质边坡, 主要由中风化灰岩组成边坡体, 灰岩呈块状结构、巨厚层状构造, 岩体较完整, 洞口边坡、仰坡在开挖时边坡稳定性较好。

为保证成洞面开挖的稳定与安全, 洞口设置超前支护, 沿设计开挖轮廓线预打超前锚杆, 同时进行钢拱架支撑加强支护。尽量减少洞口开挖工程量, 避免大挖大刷而引起边坡坍塌。

施工时, 采取眼深 1.0 m 的浅眼爆破法开挖, 爆破时用废旧地毯、竹夹板覆盖好, 防止个别飞石事故发生。形成掌子面后, 按洞身进行爆破开挖。洞口浅埋地段单循环进尺控制在 1.0 m。

表 3 隧道各级复合衬砌支护参数表

衬砌 类型	围岩 级别	初 期 支 护				预留变 形量/cm	二次衬砌 (C25 砼)
		锚 杆	钢 筋 网	喷射砼	钢 拱 架		
S1 (明洞)							拱顶、边墙(钢筋砼)70 cm,仰拱(钢筋砼)70 cm
S4	Ⅲ级围岩 洞口段	D25 中空注浆锚杆, $L = 3.5$ m,间距 100 cm × 100 cm	单层 Ø8 mm 钢筋网, 间距 20 cm × 20 cm	C20 喷射砼, 厚 24 cm	Ø25 mm 格栅拱 架,间距 100 cm	10	拱顶、边墙(钢筋砼)50 cm,仰拱(钢筋砼)50 cm
S3	Ⅲ级围岩	Ø22 mm 早强药卷锚杆, $L =$ 3.5 m,间距 120 cm × 120 cm	单层 Ø6 mm 钢筋网, 间距 20 cm × 20 cm	C20 喷射砼, 厚 15 cm		8	拱顶、边墙 45 cm,仰拱 40 cm
S2	Ⅱ级围岩	局部 Ø22 mm 早强药卷锚杆, $L = 3$ m,间距 150 cm × 150 cm	单层 Ø6 mm 钢筋网, 间距 20 cm × 20 cm	C20 喷射砼, 厚 10 cm		5	拱顶、边墙 40 cm

6 隧道施工监控量测

主要工作是对洞口浅埋地段地表下沉观测、洞室周边位移变形(水平收缩、底板变形)、拱顶下沉监控量测,通过加强施工监控量测工作,及时掌握围岩应力、应变状态、结构工作状态,及时调整施工方法、爆破参数,制定合理的施工措施和支护手段,积极往动态信息化施工方向努力,节约工程费用,保证施工安全。

本隧道围岩完整性较好,变形极小,施工中初次支护进行了适当减弱。

同时利用全站仪对隧道掘进方向、断面大小进行控制,每一次钻眼前,均通过测量在工作面画出中线和隧道轮廓线,指导掘进作业,防止超欠挖。

7 隧道施工防水与排水

7.1 防排水原则

(1)隧道施工防排水与永久防排水设施相结合,以防、截、排、堵为治水措施,保证在二次衬砌施工前,现场具有防水层的施工条件。

(2)本隧道地下水情况简单,主要为岩溶水,其受大气降水补给,水量季节性变化较大,施工时节是旱季,涌水量较小,施工中选择顺坡排水。

7.2 隧道地表防排水

(1)进洞前,在洞口顶开挖和砌筑截水沟、排水沟,截止山体地表水流入水沟。

(2)地表的坑洼、钻孔等采用不透水材料或土壤填塞,并分层回填分层夯实。

7.3 隧道洞内外防排水构造施工

隧道洞内防排水构造,按设计要求,采用防水土工布,环向排水用软式透水管和左右侧设纵向排水沟。

7.3.1 衬砌防水

铺设复合防水层前应裁掉出露的锚杆端部,暗洞段复合衬砌间设防水层,防水层由 400 g/m²无纺

土工布和 1.5 mm 厚乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)防水卷材组成,采用无钉工艺铺设。EVA 防水卷材宜采用自粘式,可与后浇二次衬砌砼粘为一体,在施工缝和沉降缝处设背贴式止水带,渗漏的地下水在防水板敷设范围为自拱顶部至边墙下部引水管。

隧道防水剂采用 HEA 型防水剂,掺量为水泥用量的 6%~8%。

施工缝采用缓膨胶止水条防水,沉降缝采用中埋式橡胶止水带防水。

7.3.2 衬砌排水

隧道开挖后,根据各级围岩地下水发育状况,在岩面环向布设 Ω 形弹簧排水管,以引排围岩渗漏水至基底纵向水管内,使隧道初期支护内排水良好。为消除二次衬砌背后的净水压力,在初期支护与防水层之间每间隔一定距离设置一处 HC-3.5 半圆软式透水管,再将透水管与边墙纵向排水管连接,然后通过横向引水管,将水引入中心纵向排水管排出洞外。中心排水管纵坡与隧道纵坡一致,每 100 m 设置一处检查井,洞外通过设置的横向排水沟,将水排入排水沟或边沟集水井。中心排水管采用 Ø40 cm 双壁打孔波纹管。

8 结语

(1)对于大型隧道,施工前,首先应根据实际地质情况、隧道断面形式、尺寸、埋置深度、施工机械装备确定总体方案及具体施工方法,选择正确的施工方法对隧道工程的正常掘进至关重要。

(2)隧道洞口的开挖,必须先进行超前锚杆支护,加固好仰坡围岩,采用少药量、短进尺、少扰动的爆破方法步步为营、循次渐进往前掘进,这样的方法有利于成洞,安全施工也得到保证。洞口明挖部分爆破时须做好覆盖、遮挡等防护措施,防止飞石事故发生,减少不必要的影响施工的纠纷。

(3)在掘进至附近有建筑物的地带时,洞身开
(下转第 84 页)

护栏杆,并悬挂安全防护网。平潮等可正常施工期间,应防止人员落水。并且所有施工人员戴好安全帽、穿防滑鞋、救生衣上班。

(6)交通船在起锚、抛锚等海上作业过程中,或人员上下交通船时,防止人员落水。交通船应有2名船老大,在靠岸或停靠勘探船时,必须等船停稳后,再让人员上下交通船。在钻孔正常钻进期间,交通船应单独抛锚停泊在钻船附近,处于待命状态。

(7)每天早晚接收天气预报,派专人记录“施工日记”;班组应做好交接班记录,主要记录孔内和机械设备运行情况;晚上照明用电、机械设备加油等均责任到人,以防火灾。同时,确保海岸与钻探船之间的通讯畅通,提高海上钻探施工人员安全意识,在项目经理统一协调、统一指挥下,落实岗位职责,安全责任到人,使海上钻探施工在可控范围内。

(8)注意公共卫生,禁止向海上乱扔任何垃圾,包括塑料制品、生活垃圾、作业后的垃圾等。垃圾要在船上焚烧或拉回码头处理。禁止向海上排放和倾倒任何油类物质。

6.2 安全检查必要性

为促使海上勘探施工人员时刻牢记安全,除遵守上述安全规定以外,公司层面还要积极开展专项安全检查,检查从人、机、环境入手。

人的检查内容有:平台全体人员的安全意识及重视程度,查安全交底、施工日记。

机的检查内容有:钻机钢丝绳磨损情况,钻机与平台连接螺栓部位是否有松动,钢丝绳夹头螺母是否紧固,三脚架滑轮是否超过起吊能力,钻机、水泵运行是否正常,工字钢与船各焊接点是否有脱焊,锚机钢绳是否需要更换等等内容。

环境的检查内容有:海洋气象预报记录是否齐全,钻进使用过废弃浆液排放是否有记录,生活垃圾是否按照海洋公约做到集中处理。

总之,使各个环节决不能隐藏、回避、放纵安全隐患,确实实的把存在的安全隐患和问题暴露出来,再通过集思广益想办法,把安全隐患控制在萌芽状态,以确保海上钻探施工的顺利进行。

7 结语

面对市场竞争和海洋勘察恶劣的施工环境,企业在考虑投入费用的同时,还要考虑钻孔取样质量。为了使海洋勘察所投入费用合理,又能为企业取得经济效益,必须针对海域恶劣的施工环境,按实际天气情况做出正确的判定,再结合可能发生的安全危险因素,建立一系列的安全防范机制,通过预防和治本上狠下功夫,使海洋风电勘察安全处于可控状态。这一点从我公司2007年开始海洋风电勘察到至今,没有发生过一起人员伤亡事故,可以得到充分的证明。为此,把海上安全责任重于一切来抓,使项目与勘探船之间形成一个完整的管理网络,是十分必要的,也是行之有效的。

参考文献:

- [1] 刘广志.特种钻探工艺学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1992.
- [2] DL/T 5013-2005,水电水利工程钻探规程[S].
- [3] AQ 2004-2005,地质勘探安全规程[S].
- [4] 中华人民共和国经济贸易委员会.海上固定平台安全规则[Z].2000.
- [5] 赵尔信,蔡家品,贾美玲,等.海洋深水钻探船及取样技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,(S1).

(上接第80页)

挖需控制好爆破振动,即通过减少单次进尺、单个循环药量和单响药量、增加爆破段位,采用周边眼装小直径药卷的微差爆破办法,可以保护围岩,减少对遗留围岩体的扰动和损坏,并且减轻对附近建筑物的振动影响,达到顺利往前掘进的目的。

(4)洞身掘进,周边眼钻孔精度要求高,外插角度控制好可以防止隧道断面超欠挖,减少支护(喷射砼)工作量。

(5)施工过程中,仔细、认真按设计要求做好隧道的防、排水特别是永久衬砌前的防、排水工作。将隧道顶部渗透水引至横、纵向排水管道,可以杜绝隧道使用后顶部渗透水现象,减少地下水对永久支护

层的腐蚀、锈蚀作用,利于隧道的使用及维护。

参考文献:

- [1] JTJ 042-94,公路隧道施工技术规范[S].
- [2] 铁道部第二工程局.铁路工程施工技术手册——隧道(上、下册)[M].北京:中国铁道出版社,1999.
- [3] 陈明宪,李冠平.公路建设专家手册[M].北京:人民交通出版社,2010.
- [4] 关宝树.隧道工程施工要点集[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [5] 黄成光.公路隧道施工[M].北京:人民交通出版社,2006.
- [6] 于亚伦.工程爆破理论与技术[M].北京:冶金工业出版社,2004.
- [7] 汪旭光.爆破手册[M].北京:冶金工业出版社,2011.
- [8] 高攀科,毛红梅,宋秀清,等.隧道软弱断层破碎带施工控制技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):69-71.