

# 大连20万吨级船坞施工场地的防渗堵漏

中国船舶工业总公司勘察研究院 张文龙

**【摘要】**国内最大船坞建造过程中,施工场地曾遭到海水和地下水的大量涌漏。本文对造成围堰和坞区基坑中漏水原因进行了分析,并介绍了各种防渗、堵漏措施及其效果。

**【Abstract】** During construction of the largest docks in China, the leakage of seawater and groundwater occurred in the constructive site. The causes of leakage in the cofferdam and in the excavation of the dock were analysed in this paper. And various leakproof methods and effects are presented.

大连20万吨级船坞为一特大型减压排水坞,长365m、宽80m、深12.7m。建于大连香炉礁北侧臭水湾海域,原始海底标高-2~0m。采用钢板桩围堰干法施工。

该项目于1988年列为国家重点工程,1989年初开工,1993年末主体结构基本完工,预计1994年末建成投产。

坞区地层分布情况大致如下:东部和北部覆盖层厚约8~12m,自上而下依次为:流动状海底淤泥,厚1~2m;灰色淤泥质粉质粘土,厚2~3m;可塑状黄褐色粉质粘土,厚4~5m,渗透系数 $k = 2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 左右,可视为隔水层;砂砾层,厚1~2m, $k = 8 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 左右,西部和南部覆盖层厚约5~8m。海底淤泥下零星分布有较薄的黄褐色粉质粘土或砂砾层;有些地段基岩面上有硬塑状棕红色粘土, $k = 3 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ ,为隔水层。

坞区基岩为震旦系甘井子组中厚层石灰岩和南关岭组中薄层石灰岩。基岩面高低起伏,基岩中发育纵横交错的溶蚀裂隙。其中绝大多数是由倾角 $80^\circ$ 以上的高角度构造裂隙溶蚀而成,宽数十厘米。近岩面处常发育有宽达数米的溶沟、溶槽。裂隙中均被粘性土充填,透水性较差,只有少数裂隙因充填不太密实而有透水性。此外,有少量沿层面或缝合线发育而成的低角度溶蚀裂隙,倾角 $10^\circ \sim 30^\circ$ ,宽10~20cm,亦被粘性土充填。

有些裂隙的充填物与裂隙壁之间常有1~2cm宽的空隙,成为地下水活动通道。

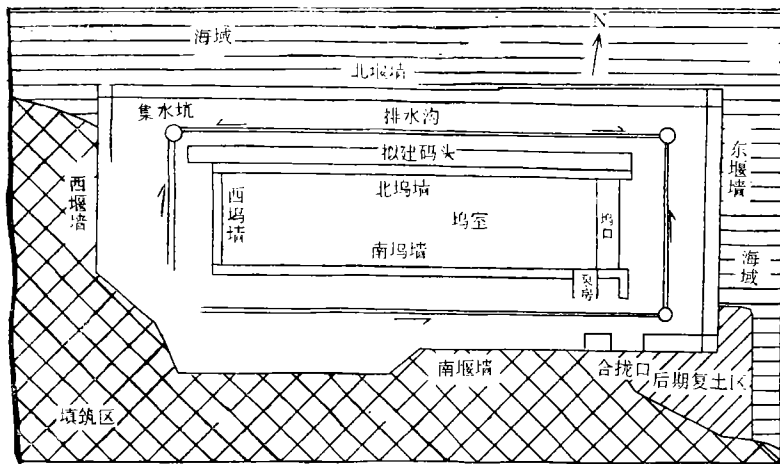
大坞施工过程中,由于坞区特定的地质条件以及施工方面的原因,施工场地遭受到大量海水、地下水的涌漏,严重干扰了正常的施工作业。为此,曾耗费大量人、财、物力进行过多种防渗堵漏工作,有成功经验,也有失败教训。

## 一、围堰堵漏

### 1. 围堰渗漏原因分析

坞区四周的钢板桩围堰东西长550m,南北宽250m,面积近 $13 \times 10^4 \text{m}^2$ (图1)。堰墙顶标高+5m。北、东堰墙采用18~19m长的钢板桩,布置间距12~15m的双排,拉杆连接,内填“山皮土”。两侧海底处设抛石棱体加固。钢板桩施打均达到设计要求,桩底达-13m左右。西、南堰墙采用12~14m长的钢板桩,单排。内侧海底处设抛石棱体加固,外侧采用袋装粘土、石屑及块石回填成陆。钢板桩施打后桩顶高低参差,有些部位高出设计标高3m以上。

围堰施工过程中,在坞室范围用挖泥船预挖土,挖至-5m标高。1991年初围堰合拢后开始抽水,发现漏水十分严重,总漏入水量高达 $38000 \text{m}^3/\text{d}$ 。如将围堰内水位抽至-5m标高时,推算漏水量将达 $60000 \text{m}^3/\text{d}$ 以上,根本无法疏干施工场地,更不能确保下一步的正常施工。



1:4000

图 1 大连20万吨级船坞施工场地平面图

对此巨量漏水原因，一时众说纷云。有人担心可能存在将围堰内外海水相互沟通的溶洞而导致巨量漏水。为此，曾在围堰外侧布置了大量钻孔，试图查找到基岩中的过水溶洞，然后封堵。我们分析，坞区四周数百米以外均有燕山期辉绿岩分布，因此坞区古老的震旦系石灰岩岩体受构造变动后必定十分破碎，不存在发育大型水平溶洞的地质条件，而主要发育高角度的溶蚀裂隙。虽然有相当多的钻孔在基岩面以下遇到数米甚至十多米厚的土层，但不能解释为水平溶洞，而正是遇到了这种高角度的被粘性土充填的溶蚀裂隙（图2）。基岩溶蚀裂隙中充填物与溶沟溶槽中充填物是一致的，均属更新统棕红色粘土，坞区基岩中发育的是古老的埋藏型岩溶，不存在将海水沟通的大型过水通道。继续耗费人力、物力在基岩中查找漏水通道是徒劳无益的。

据观察，海水大量涌漏主要发生在南堰墙和西堰墙，特别是东南角的合拢口部位。而位于海域部分的北、东堰墙附近未见海水大量涌漏迹象。这是由于该处土层厚且分布均匀，双排钢板桩插入隔水性较好的可塑状粘性土层后，取得了良好隔水效果。而南、西堰墙处，基岩面埋藏浅，土层分布不均，

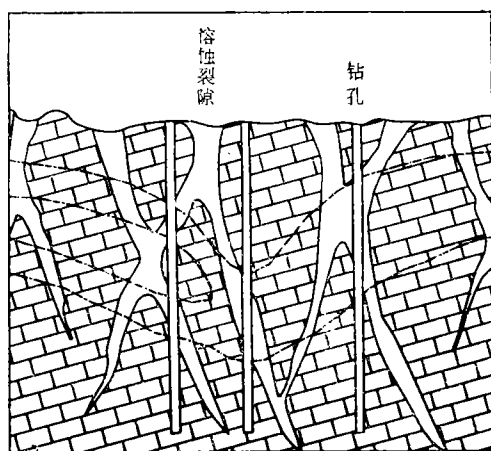


图 2 钻孔与被粘性土充填的高角度溶蚀裂隙关系示意剖面图

图中虚线是将钻孔遇基岩面以下土层时错误地解释为水平溶洞时的情况

有些部位存在原有抛石带，致使钢板桩遇基岩突出处或块石时无法打入，在钢板桩末端与基岩面之间留下一道宽狭不等的间隙，其中充填物极大多数为打桩前用于换垫海底淤泥的砂砾、石屑，成为海水向围堰内涌漏的主要通道。特别在合拢口部位，为使挖泥船能驶离围堰水域，事先开挖过深槽，将原有土层挖除，使渗漏更为严重。

南、西堰墙外虽经填筑，但填料主要是块石、碎石和石屑。底部虽抛填了一些袋装

粘土,但抛填时随意性很大,形成不了统一的隔水层。经测定,袋装粘土层 $k=1.176 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ ,袋装粘土与基岩接合部 $k=0.214 \text{ cm/s}$ ,而砂、石屑、块石层中动水位基本上与潮水位一致,无法求取 $k$ 值。填筑区内的地下水水位随潮水同步涨落,成份与海水一致,因此围堰外的地下水是与海水直接沟通的。海水通过填筑区由钢板桩下端漏水带向坞区涌漏,这是围堰渗漏的主要原因。

## 2. 围堰堵漏方法及效果

### (1) 钻孔灌浆

施工单位曾将钻孔灌浆作为南堰墙、西堰墙堵漏的主要方法,进行了大量工作(见表1),历时近半年,耗资130多万元,却未能取得预期效果。

表1 钻孔灌浆工作量

钻孔类别	数量(个)	总进尺(m)	用途
地质孔	50	743	查找漏水点
注(压)水试验孔	12	120	注水压水试验
灌浆孔	87	1062	注水试验、压浆
灌浆检查孔	25	235	灌浆后检查效果
合计	174	2160	

由于钢板桩内侧存在抛石棱体,且为斜坡地形,无法进行钻孔作业,故钻孔灌浆均是在钢板桩外侧 $0.8 \sim 1.0 \text{ m}$ 处进行的。

灌浆材料一般采用纯水泥浆,也进行过水泥、水玻璃双液灌浆。灌浆压力采用 $0.1 \sim 0.5 \text{ MPa}$ 。灌浆过程中浆液灌入量常常难于控制,有时出现一孔压入浆液、另一孔冒浆的情况。

经灌浆后检查,处于钢板桩外侧的岩屑经水泥胶结凝固后形成了一些不透水囊状体,而位于钢板桩端部附近的岩屑、砂砾层中很少有水泥浆凝结,取出的岩屑依然松散、透水,常发生坍塌、埋钻、夹钻事故。这是由于钢板桩下端过水通道中水流流速最大,且水流方向与灌浆压力方向一致,均由

外向内,浆液难于在此静止凝固(图3)。由于围堰外侧过水断面太大,灌浆后形成的一些不透水囊状体实际上起不到堵漏的作用,经大量灌浆后,围堰内漏入水量并无明显减小。

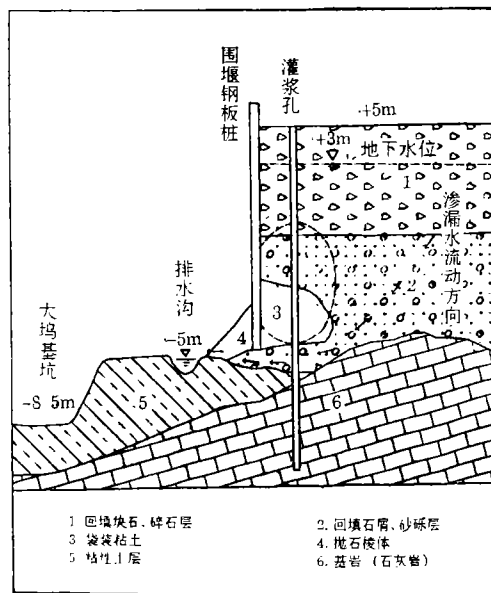


图3 围堰灌浆处地层结构示意图  
图中虚线处为灌浆后形成的不透水囊状体

### (2) 复打钢板桩

考虑到西、南堰墙部位地层复杂,填料中有块石等情况,原先按终止贯入度要求施打钢板桩不一定均已达到可能插入的最大深度,因此采用振动锤对钢板桩进行了二次复打。第一次复打后,钢板桩入土面积增加 $192 \text{ m}^2$ ;第二次复打324根桩,只有61根下沉,入土面积只增加 $10.5 \text{ m}^2$ 。有些钢板桩连扣处已出现变形、开脱,表明钢板桩下端已抵达基岩面或大块石,达到了可能插入的最大深度,故终止复打。

显而易见,复打后,不但使桩下漏水带过水断面面积减少 $202.5 \text{ m}^2$ ,而且使漏水带充填物受挤密后透水性有所减小。因此堵漏效果十分明显。至1991年10月底,大坞基坑内积水已基本疏干,整个围堰内漏入水量已下降到 $17000 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右。复打钢板桩是使围

堰漏水量大幅度减小的主要原因。

(3) 围堰外侧海域覆土

至1991年末,由于臭水湾北岸大连化工厂排渣造成围堰外海域回淤,填筑区填土自沉压密,渗水带内孔隙逐渐被充填以及施工场地残留水被疏干等原因,使围堰内渗水量逐渐降至12000m<sup>3</sup>/d左右。其中近三分之二水量是外侧海水通过围堰东南角合拢口附近由钢板桩下端的渗水带漏入的,漏水量达7600m<sup>3</sup>/d。因此,决定在合拢口东侧尚未填筑的海域,利用开挖大坞基坑的粘性土在围堰外侧覆土(图1)。

覆土后,该处漏水量减少约1000m<sup>3</sup>/d,以后随着时间的推移,漏水量又进一步减小,使整个坞区外排水量维持在10000m<sup>3</sup>/d左右,为大坞正常施工创造了条件。

二、砂砾层防渗

1. 砂砾层分布及砂砾层中承压水补给来源

在坞区北部及东部,上部粘性土与下部基岩面之间普遍分布有一层砂砾层,层面标高为-9.5~-11.5m,厚度为1~2m,东部

坞口以东可达3~4m。透水性好, $k = 8 \times 10^{-2}$  cm/s左右。(图4)

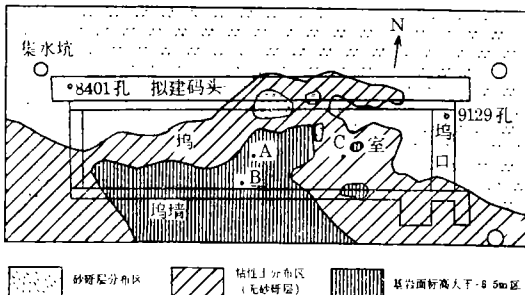


图4 大坞基坑地层分布及主要冒水点位置平面图

开挖基坑过程中,首先在坞区西北角发现有一个1984年海域钻探时未曾封堵的钻孔(图4上8401孔)孔口有大量地下水涌出,涌水量达64.28m<sup>3</sup>/d,经接管测定,水头标高为-6.6m,高出当时开挖面0.8m。在以后进行施工勘察过程中,凡位于砂砾层分布范围内的钻孔,揭穿砂砾层层面后即有承压水从孔口涌出,涌水量各处不一(表2)。其中位于坞口北端的9129孔涌水量最大,达254.79m<sup>3</sup>/d,水头高出孔口1.3m。

表2 砂砾层分布区钻孔涌水量

孔号	8401	9115	9116	9117	9126	9128	9129	9131	9133	9142	9151	合计
涌水量 (m <sup>3</sup> /d)	64.28	11.92	51.93	67.65	67.95	129.53	254.79	85.80	41.21	30.23	11.92	816.91

经数月观察,这些钻孔的涌水量经久不衰,表明此砂砾层中承压水有充沛的补给来源。据测试分析,坞区砂砾层中承压水补给来源主要有以下两种:一种是围堰外侧海水通过砂砾层在海底的露头处向坞区砂砾层作横向补给。因为坞区砂砾层实际上是外侧海域广泛分布的砂砾层向坞区的延伸部分,具有直接的水力联系。另一种是围堰内侧集水沟内汇集的围堰渗漏水通过坞区西北角和东北角的二个挖穿砂砾层的集水坑渗入坞区砂砾层进行补给,坞区西北部砂砾层分布区抽水试验结果也证实了这种补给方式(图5)。

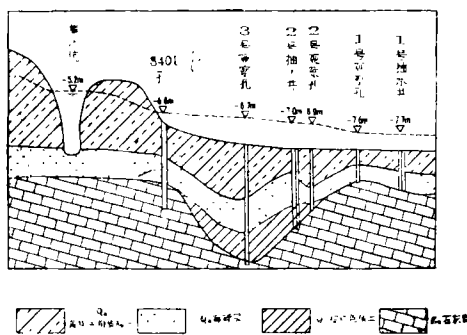


图5 坞区西北部砂砾层分布区抽水试验孔地质剖面图  
图中虚线为钻孔中承压水静止水位连线

据分析,由砂砾层下部基岩裂隙水自下而上的补给量是微不足道的。

## 2.砂砾层承压水对大坞施工的影响

### (1)危及坞口深基坑施工安全

按设计要求,坞口基础必须建造在基岩上。此处基岩面标高一般为 $-13\text{m}$ ,最深处为 $-18\text{m}$ 。为此,需要在标高 $-8.5\text{m}$ 的基础上再开挖一条长 $96\text{m}$ 、宽 $19\text{m}$ 、深 $4\sim 9\text{m}$ 抵达基岩面的坞口基坑。坞口北段、中段分布有较厚砂砾层,承压水水量亦特别大。开挖时将大面积揭穿这一砂砾层。如不事先采取有效措施,基坑中必将发生大量涌水,估计涌水量将达 $7000\text{m}^3/\text{d}$ 左右。更为严重的是,位于坑壁坡脚处的砂砾层在 $6\text{m}$ 左右高水头所产生的强大动水压力下将会发生涌塌,易导致基坑边坡开裂、失稳,进而危及基坑外侧抛石棱体及钢板桩围堰的安全。

### (2)影响坞墙钻孔灌注桩施工

按设计方案,为解决西坞墙、北坞墙地基承载力不足等问题,在坞墙下布置有 $\phi 800\text{mm}$ 钻孔灌注桩1550根(后来减少为454根,其余均改为明开挖)。这些桩均需抵达或嵌入基岩,采用冲击钻成孔。虽然大坞基坑底标高为 $-8.5\text{m}$ ,高出砂砾层层面 $1\sim 3\text{m}$ ,但由于砂砾层中承压水水头高出地面 $1\sim 2\text{m}$ ,因此在冲击成孔揭穿砂砾层时,将有承压水从孔口涌出,影响孔壁稳定和混凝土的浇灌。试桩时发现,试桩孔孔口涌水量高达 $427.75\text{m}^3/\text{d}$ 。由于承压水上涌严重影响了灌注桩的施工进度和成桩质量,同时也增大了大坞基坑内的渗漏水量。

## 3.砂砾层防渗方法及其效果

### (1)临时性帷幕灌浆

主要用于坞口基坑开挖中的砂砾层防渗。坞口砂砾层中承压水主要依靠东、北二个方向砂砾层的横向补给,包括海域砂砾层露头和东北角集水井二个补给源。为此,采用帷幕灌浆切断坞口砂砾层承压水的补给来源。在坞口东、北二侧布置了三排灌浆孔,

排距 $1\text{m}$ ,孔距 $3\text{m}$ ,交错布孔;西侧布单排灌浆孔,孔距 $1.5\text{m}$ 。孔深均进入基岩面下 $2\text{m}$ 。自下而上分段加压灌浆,直至砂砾层层面以上 $1\text{m}$ 。此项工作历时近2个月,帷幕总长 $410\text{m}$ ,累计灌浆孔332个,总进尺 $3500\text{m}$ ,耗水泥 $1650\text{t}$ ,耗资近300万元。

开挖基坑后证实,效果十分理想。整个坞口基坑渗漏水量只有 $400\text{m}^3/\text{d}$ ,且均是从坑沿上方渗入的地表水。坑壁下部的砂砾层已成为坚实不透水的胶结层,无渗水迹象。

### (2)高压定喷

主要用于西坞墙、北坞墙砂砾层分布区。西、北坞墙外侧布有 $\phi 800\text{mm}$ 钻孔灌注桩,桩距 $2\text{m}$ 。为隔断桩间砂砾层中承压水渗流通道,在桩间轴线中心布1个 $\phi 108\text{mm}$ 钻孔,抵达基岩面。在孔内下喷浆导管,利用水压 $25\sim 30\text{MPa}$ 的高压水、气压 $0.5\text{MPa}$ 的压缩风和水灰比 $1:1$ 、浆压 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ 的水泥浆从三重导管中沿轴线方向同时双向喷出,自下而上定向喷浆成墙。经喷后检测,墙体内压力水试验的单位吸水量达到了预定要求,均小于 $0.03\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}\cdot\text{m}$ 。局部开挖检查后也证实效果十分理想,桩与桩之间形成一道水泥墙,墙体厚度平均为 $10\sim 12\text{cm}$ ,墙与桩接触处厚达 $18\sim 20\text{cm}$ 。有效地隔断了坞区内外砂砾层中地下水的水力联系。为将坞墙钻孔灌注桩由原定1550根减少为454根,为大部分地段改为明开挖创造了条件。这样不但加快了施工进度,而且在确保质量的基础上节省投资376万元。

## 三、基岩裂隙涌漏水治理

### 1.基岩裂隙涌漏情况及原因分析

大坞基坑在挖完土方后,中西部南侧有大片基岩裸露,面积约占基坑总面积的三分之一(图4)。最高处高出基坑设计标高 $5\text{m}$ 。基岩中裂隙极大部分已被粘性土充填,大部分区域未见明显的裂隙水涌冒现象。仅在坞区中部南侧有4处较明显冒水点,涌漏水量总

计为 $177\text{m}^3/\text{d}$ 。经爆破开挖至设计标高 $-8.5\text{m}$ 后,在原冒水区域内出现2处涌水点,即图4中A、B两处。涌水量明显增大,A点为 $220\text{m}^3/\text{d}$ ,B点在A点被封堵后迅速增大了一倍,达 $450\text{m}^3/\text{d}$ 。据分析,上述两处涌水原因主要是由于附近存在一些粘性土充填得不太密实的高角度溶蚀裂隙,且充填密度愈往深部愈差,加之爆破松动的影响,导致涌水量明显增大。

在东坞区中央,即图4中C点处,基岩面局部相对隆起,标高在 $-9\text{m}$ 左右,接近于坞区基坑开挖标高。该处在挖至 $-8.5\text{m}$ 标高后,在直径大约 $10\text{m}$ 范围内出现了许多冒水点,其中比较明显的有7处,涌水量总计为 $250\text{m}^3/\text{d}$ 。在施工单位盲目处理过程中,涌水量不断增大,总计达 $750\sim 800\text{m}^3/\text{d}$ 。成为大坞基坑内涌水量最大,也最令人担心的涌水点。

据分析,C处冒水原因与A、B两处的不同。C处浅部基岩中缓倾角层面溶蚀裂隙比较发育。这类裂隙充填密度较差,在充填粘性土与裂隙面之间常留有宽度 $1\sim 2\text{cm}$ 的空隙,成为地下水渗涌通道。裂隙水很容易通过厚度不足 $0.5\text{m}$ 的残留土层、石渣层涌出地表,形成许多水量大小不等的冒水点。

## 2.基岩裂隙堵漏方法及效果

上述三处基岩裂隙水的涌漏不但影响到坞底板的浇筑,而且如不能将其彻底封堵住,将成为大坞建成后安全使用的隐患。因为围堰拆除后,基岩裂隙水的水动力条件将更为恶化,导致坞底板下地下水大量积聚,不但增加了使用过程中的排水费用,而且有可能导致局部底板下浮托力增大,危及坞底板安全。因此,在施工期间,投入了较大人力、物力、财力对上述三处涌漏水依次实施了封堵。

### (1) A、B二处涌水点封堵

A、B二处涌水主要是由于存在充填不太密实的高角度溶蚀裂隙。因此必须首先找

寻这种裂隙,才能进行灌浆封堵。

为此,首先在A点北侧 $5\text{m}$ 处布置3个钻孔,孔距 $3\text{m}$ 。当中间1\*孔钻至 $18\text{m}$ 深度时,孔口出现涌水。即在此孔中压浆,浆液水灰比为 $0.5:1$ ,浆压 $0.2\text{MPa}$ 。不到1天,A点涌水即被封死。这时,位于A点南约 $30\text{m}$ 处的B点涌水量大幅度增加,说明二处的漏水裂隙之间是相通的。因而在B点北侧 $7\text{m}$ 处布置8个钻孔(图6中1\*~8\*孔),在其西北方向的2\*孔中出现涌水,又在此孔东侧 $1\text{m}$ 处增布9\*孔,发现涌水量更大。对此2个孔同时灌浆后,B点涌水量未见减少。经推测,可能因距离太大使得效果不明显。因而在9\*孔与B点之间增布了10\*~14\*五个孔。发现位于9\*孔与B点连线上的10\*、14\*二个孔出现涌水。对此2个孔灌浆后B点涌水逐步被封死。这时在B点东南方 $30\text{m}$ 处的坞墙基槽中出现2个冒浆点,将其封死后在这条裂隙延伸线上又出现1个冒浆点,又将其封死,终于将这一条北西~南东向高角度过水裂隙通过坞区部分全部封堵住。

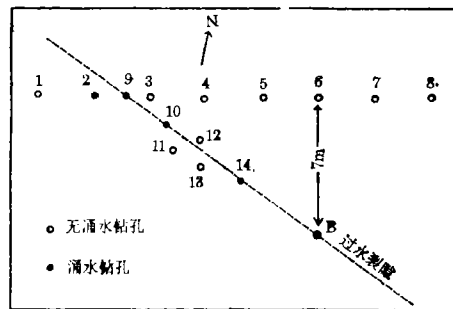


图6 封堵B冒水点时钻孔平面位置图

### (2) C处涌水点封堵

对C处涌水曾进行过二次封堵。第一次是由施工单位盲目套用对A、B处的封堵方法进行的。在C点附近先后打了29个钻孔,孔深均达到基岩面以下 $18\text{m}$ 。有些孔中出现涌水,有些孔中未见涌水。在对涌水钻孔进行灌浆后,往往是原冒水点被封死而在旁边又出现新冒水点,而且涌水量更大。同时浆

液常常从这些冒水点中溢出地表。这次封堵先后进行过4次灌浆,耗去水泥50多吨,在C点附近的基坑表面形成了一层厚数厘米,面积近1000m<sup>2</sup>的水泥壳。经封堵后的总涌水量反而增加到处理前的3倍以上。

第一次封堵以失败而告终。据分析,失败的原因主要是由于没有针对该处地质结构特点而采取相应方法。该处存在的缓倾角过水层面裂隙,(而非A、B处过水高角度裂隙那样是一条线)。由于基岩面高低起伏,过水裂隙与上覆土层之间有许多接触点,有时呈不规则接触带。基岩裂隙水可以从众多的接触点或接触带通过松散覆盖层后涌出地表。由于过水裂隙封闭性很差,压浆时浆液压力不能升高,以致浆液无法压向来水方向,而是随裂隙一起向地表涌冒,起不到封堵过水通道的作用,反而将原来的过水通道进一步冲大、贯通,使涌水量大幅度增大。

封堵C处涌水的关键是要有一个压浆盖板,使浆液能产生一定压力,在过水通道中静止凝固。为此,制订了新的封堵方案,实施第二次封堵。

首先将C点附近冒水范围内的残留土层全部挖除,并整平基岩面。在基岩面上涌水量最大的冒水点C处插入一根 $\phi 800\text{mm}$ 钢管。然后在钢管中抽水,这时周围其他冒水点涌水量减小直至不再涌水。接着在基岩面上浇筑砼垫层,作为压浆盖板。

垫层完工后,当钢管中停止抽水时,发现在垫层与基岩结合处冒水。为封堵结合面的漏水通道,在C点四周2.5~3.0m处布置了一圈共12个钻孔,孔深至基岩面下2m,灌浆塞下至垫层内0.5m处,在这些孔中压浆,浆液水灰比由3:1逐渐加浓至0.5:1,浆压控制在0.05~0.1MPa。压浆后,垫层四周已不再渗水,然后对基岩内过水裂隙进行封堵。先在距C点4.5~8.0m处布置一圈共14个钻孔,孔深12~18m,压浆后将外侧过水裂隙先行封死。接着在C点北侧2~4m处布置4个钻孔,孔深18m。将其中3个孔用木塞封塞住,选择涌水量最大,距C点2.5m处的1个孔作为压浆孔。用最大泵量压入水灰比为0.5:1的浓水泥浆。这时,C点钢管中外冒浆液浓度逐渐增大,当冒出浆液浓度达到2:1的水灰比时,即将钢管封闭。继续压浆1小时后,各冒水孔水位迅速下降,用水泥浆注满后又被吸干,直至灌浆孔浆液压力降为0.1MPa后将所有钻孔均封死。这时原来冒水范围内的过水通道全部被封堵住。仅在C点南50m的南坞墙处出现一个冒浆点,将其封堵后,全部工作终于结束。

第二次封堵共钻孔30个,耗用水泥94t。经观察,东坞区基坑内再未出现新的冒水点。这次封堵虽然耗资巨大,但最终取得了成功



(上接第54页)

的测站信息,以便能计算测定要素上的坐标及高程,并由此形成测定点的坐标及高程文件。工作站依据这两个文件,进行往后的工作,完成绘图任务。

这种作业方法要求野外采集数据工作者只要熟悉少量的测站照准点信息,其它要素诸多信息可一概不问。与按要素编号法、同

要素序号法相比,绘制草图工作量一样,测站上输入信息量工作,放到室内去编辑了,减轻野外工作与出错的机会。与常规测图比,草图毕竟是草图,可以随便一些,工作量且小了。同时提议的作业方法,即使常规仪器,只要配备PC—1500计算机,就可以采集数据,缓和了设备不足的矛盾。