

文章编号: 0451-0712(2006)01-0016-05

中图分类号: U445.551

文献标识码: B

海上钻孔桩施工技术

曾 敏, 王开民

(铁道科学研究院 北京市 100081)

摘 要: 厦门纳潮口大桥主桥墩为 18 根桩径为 2.0 m 的钻孔桩, 桩长 70 余 m, 最多时穿过 10 层孤石, 钻孔过程中受潮汐影响, 文中介绍在复杂地质和条件下, 海上钻孔桩的施工技术及质量控制。

关键词: 海上钻孔桩; 基础施工; 质量控制

1 工程概况与桥位地质

纳潮口大桥为厦门环岛路五通~墩上段重点工程, 从海湾穿过, 全长 810.08 m, 桥梁上部结构形式为 6×40 m 一联预应力混凝土连续梁 + (58+208+58)m 三跨中承式钢—混凝土叠合梁和钢拱肋提篮拱 + 6×40 m 一联预应力混凝土连续梁, 主桥主墩采用分离式承台, 每座承台 9 根桩径为 2.0 m 的钻孔桩, 桩长不等, 为 52.5~73.5 m。为了抵抗拱座上的横向水平推力, 在左右幅主墩之间设置横系梁。

厦门海域的潮流性质属正规半日潮浅海潮流, 地形对潮流作用甚大, 平均大潮最大流速一般均小于 0.4 m/s; 高潮时水位 3.76 m, 低潮时水位 -2.48 m;

年平均波浪高 1.6 m。桥位处海床面高程在 -2.0 m 左右, 涨潮时水深近 6 m, 退潮时为滩涂。

桥位处地质情况复杂, 相邻桩位岩面起伏较大, 且孤石成群, 最长达 10 层, 孤石层厚从 3~10 m 不等, 部分呈现探头石, 孤石强度较高, 最大抗压强度达 179.10 MPa。

覆盖层厚度为 18.6~35.4 m, 主要为残积亚粘土, 属中等压缩土, 天然状态下工程性能较好, 该层局部夹有中风化、微风化孤石。

覆盖层下依次为强风化花岗岩、弱风化花岗岩、微风化花岗岩, 受断面构造影响, 岩面起伏较大, 矿物成分主要为长石、石英、云母等, 岩石自然最大强

收稿日期: 2005-07-18

代入式(7a)得:

$$A = \frac{63.752}{2.85 \times 10^7 \times 3.308 \times 10^{-8}} = 67.621 \text{ 4 m}^2$$

由式(8)得:

$$I = \frac{63.752^2}{6 \times 2.85 \times 10^7} \times \frac{1.795 \times 10^{-8}}{[7.629 \times 10^{-7} \times 2.007 \times 10^{-9} - (1.795 \times 10^{-8})^2]} = 352.900 \text{ 3 m}^4$$

由式(9)得:

$$k_w = \frac{63.572 \times 2.007 \times 10^{-9} - 2 \times 1.795 \times 10^{-8}}{63.572 \times [7.629 \times 10^{-7} \times 2.007 \times 10^{-9} - (1.795 \times 10^{-8})^2]} = 1 \text{ 194 338.05 kN/m}$$

等代结构的截面高度 h_e 可按下式计算:

$$h_e = \sqrt{\frac{12I}{A}} = \sqrt{\frac{12 \times 352.900 \text{ 3}}{67.621 \text{ 4}}} = 7.913 \text{ 6 m}$$

相应的截面宽度 b_e 为:

$$b_e = \frac{A}{h_e} = \frac{67.621 \text{ 4}}{7.913 \text{ 6}} = 8.545 \text{ m}$$

3 结语

在学习文献[1]、[2]经验的基础上, 对群桩基础等代模拟图式提出了一点改善的建议, 具有结构形式与计算公式均较简单的优点, 可供设计人员选用。

参考文献:

- [1] 杨高中, 杨征宇, 等. 连续刚构桥在我国的应用和发展[J]. 公路, 1998, (6, 7).
- [2] 袁洪. 桩基结构模拟方法[J]. 公路, 2000, (4).
- [3] 程翔云. 桩柱式高桥墩几何非线性效应分析的迭代法[J]. 公路, 2003, (8).
- [4] JTJ 024-85, 公路桥涵地基与基础设计规范[S].

度高达 234.5 MPa。

2 钻孔桩施工

根据《厦门市环岛路纳潮口大桥工程地质勘察报告》提供的地质资料,针对该桥桩基孤石较多,花岗岩强度高及工期紧等特点,拟采用冲击钻机成孔,并配泥浆正循环系统,即冲击正循环成孔,其优点是每座承台9根桩基可同时布置5台钻机钻孔,钻机分两个循环即可完成桩基施工,有利于保证工期。同时利用冲击正循环成孔,能够克服遇到孤石及在高强度花岗岩中的钻孔难度,而且因冲击钻机钻进时,孔壁被挤压密实,能有效地避免因覆盖层厚和涨潮退潮时水压的变化导致坍孔现象发生。

2.1 钢护筒插打及泥浆循环系统的设置

2.1.1 钢护筒插打

在施工平台上安装钢护筒的导向结构,导向为上下两层,并尽可能使两层间距加大,以起到良好的导向作用,确保钢护筒位置准确和垂直度。利用浮吊起吊钢护筒,在钢护筒底部距河床0.5 m左右时,进行精确定位,然后尽快将钢护筒插入海床覆盖层中,并用DZ—90震拔机插打。在海上进行钻孔桩施工

时,由于每天受到涨落潮的影响,护筒的最小打入深度应根据地质情况和桥位处的潮差计算确定,其打入深度必须满足:(1)高潮时不致因孔内外水头差过高造成坍孔;(2)低潮时不致因孔内水位高出孔外水位太多造成护筒底口反穿孔而漏浆。纳潮口大桥钻孔桩钢护筒一般穿过6 m厚的淤泥层,入粘土层2~3 m,涨潮时孔内外水头差0.5 m,退潮时孔内外水头差5.0~6.5 m,在钻孔过程中,均没有发生坍孔和护筒底口孔壁漏浆现象。

钢护筒插打时,要跟踪测量护筒的垂直度,护筒发生倾斜要及时纠正。

2.1.2 泥浆循环系统的设置

泥浆循环系统由出浆管、泥浆沉淀池、储浆池、泥浆泵、进浆管5大部分组成。在护筒上高出最高潮水位0.5 m位置开一孔并安装控制阀,控制阀连接出浆管道,出浆管道经过沉淀池后进入储浆池,并通过高压泥浆泵将储浆池内的优质泥浆抽入孔内循环利用。为避免钻渣随泥浆流入储浆池内,在沉淀池与储浆池之间的泥浆管道上安装过滤筛网。由泥浆正循环系统所完成泥浆的净化方法亦称为泥浆重力沉淀净化法。泥浆循环系统如图1所示。

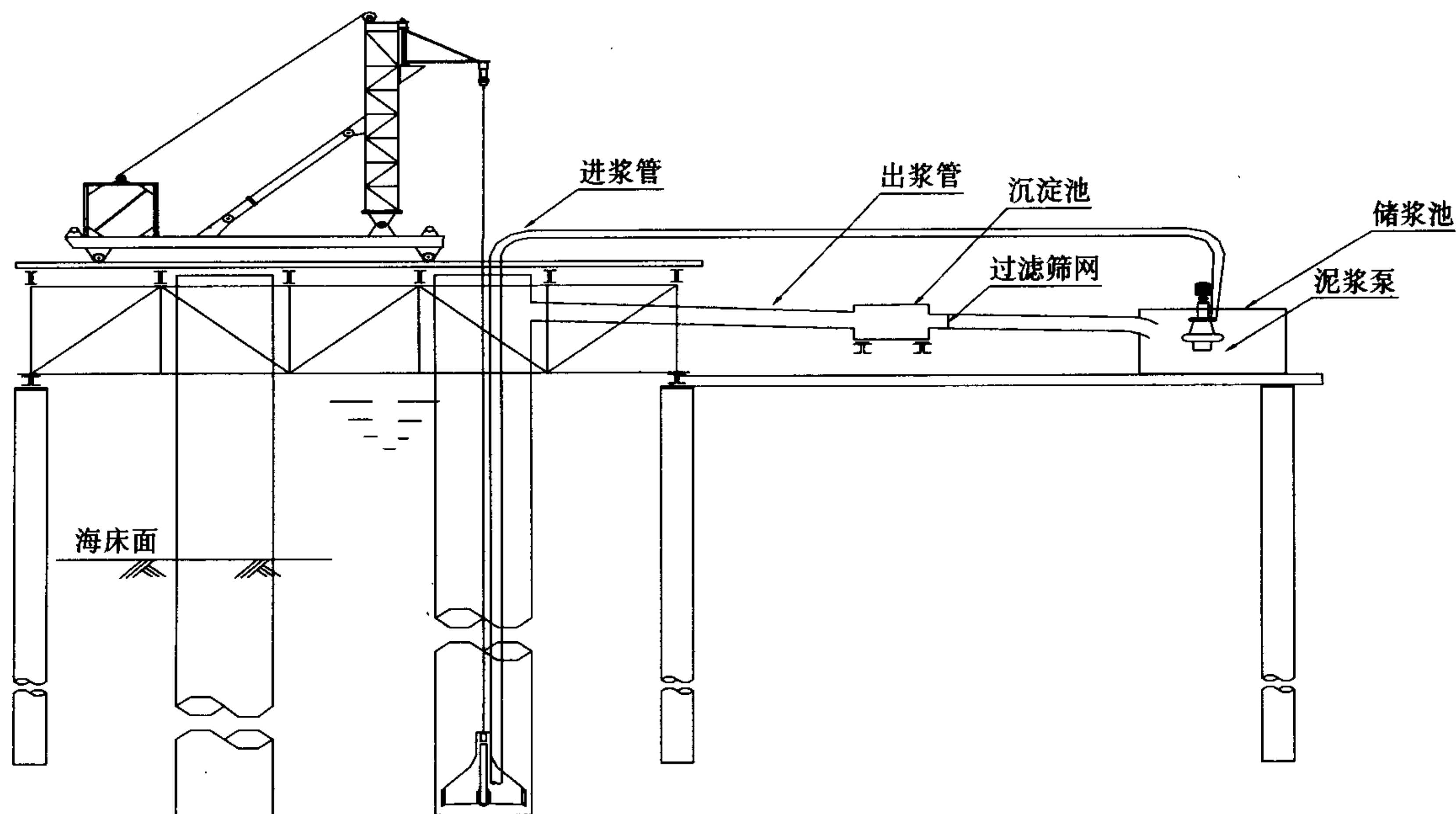


图1 泥浆循环系统

2.2 钻进工艺

纳潮口大桥位于钟宅海湾出口处,淤泥及粘土层较厚,钻孔桩施工时,钻前在孔内宜少量投放粘土,并适量加入直径为15 cm左右的片石,顶部抛

平。为防止坍孔、粘钻或埋钻等事故的发生,采用1.0~2.0 m的低冲程高频率反复冲砸,将片石、泥膏挤入孔壁,确保孔壁坚实不致坍塌。在覆盖层中钻进时,一般泥浆较浓,其相对密度为1.20~1.40,粘

度为20 s,胶体率在95%以上。并通过泥浆正循环排渣,在出沉淀池处人工配合清渣。

在高强度花岗岩中钻进时,为了使钻头以较大的能量冲击岩面,加快钻进速度,采用4~5 m 冲程冲砸,此时冲程不宜过大,否则,钻头磨损太快,甚至会发生钻头断裂现象。通过泥浆正循环净化泥浆时,要求勤排渣,尽量将含砂率降低到10%以下,并保持泥浆相对密度为1.20~1.30,胶体率在95%以上,同时将粘度适当增大到22 s,以增强泥浆悬浮携带钻渣的能力,但粘度也不应过大,否则会影响泥浆泵的正常工

作,增加泥浆净化难度。

纳潮口大桥桥位处孤石成群,其中7号墩左幅8号桩基钻孔时,穿过10层孤石,由于孤石表面不平,而且部分呈现出探头石,尤其是孤石均处在覆盖层中,钻进时经常发生歪钻、滑钻及卡钻等现象,给施工带来很多困难。处理类似问题通常的做法是回填片石,采用小冲程冲砸。在该桥施工过程中,部分桩基通过回填片石的处理办法取得了一定的效果,但由于大部分孤石表面倾斜严重,加之孤石周围土层强度很低,回填片石后作用甚微,因此采取了水下爆破的处理方案,利用地质钻机在孤石上钻取小孔,根据经验和理论计算确定炸药量,使爆破后的孤石破裂,并不得造成坍孔。通过水下爆破处理后,再回填片石小冲程冲砸,遇到孤石的多根桩基在钻进时均顺利解决了所遇到的问题。

纳潮口大桥桩基施工时,由于合理地选择了钻孔方式及处理孤石的办法,在覆盖层中钻进时平均进尺为25 cm/h,在岩石中钻进时平均进尺7 cm/h,平均一个孔成孔时间为20 d,主桥的36根桩基长度合计为1 936 m,共用47 d完成了钻进。

2.3 泥浆的制备

钻孔泥浆由水、粘土(或膨润土)和添加剂组成,钻孔过程中泥浆在孔壁形成一层泥皮,阻隔孔内外渗流,保护孔壁,同时泥浆还能起到悬浮钻渣,使钻进正常进行。

粘土以水化快、造浆能力强、粘度大的膨润土或地表土为好,当粘土性能较差时,可在泥浆中掺入适量纯碱 Na_2CO_3 ,但在用海水制备泥浆中加入纯碱效果并不明显。因此纳潮口大桥钻孔桩施工时均选用膨润土造浆,它具有拌制容易、相对密度低、粘度好、含砂量少、失水率小、泥皮薄、固壁能力高、钻具回转阻力小、钻进快等优点。在粘土层中钻进时,膨润土用量可按孔内水量的3%掺加;在花岗岩中钻进时,

膨润土掺量可提高到8%~10%。同时,为了提高利用海水制备泥浆的性能,必要时宜少量掺加羧甲基纤维素(简称CMC),掺量一般为孔内水重的0.005%,CMC对保护孔壁、防止泥浆沉淀及改善泥浆性能具有很好的效果。

2.4 清孔

钻孔达到设计标高,经终孔检查后,应立即进行清孔,以达到降低泥浆的相对密度、粘度、含砂率等指标及清除钻渣,减少孔底沉淀厚度的目的,防止桩底沉渣过厚而降低桩基的承载力。同时确保桩基水下混凝土的顺利灌注及桩基质量,避免断桩事故的发生。纳潮口大桥桩基施工时间紧、任务重、质量要求高,在施工过程中,必须对每道工序尤其是混凝土灌注前的泥浆指标及孔底沉渣厚度进行严格控制,确保桩基一次优良率为100%。

2.4.1 清孔要求

孔底沉渣厚度: $<5\text{ cm}$;

泥浆相对密度:1.03~1.10,粘度17~20 s,含砂率 $<2\%$,胶体率98%。

2.4.2 清孔方法

为了保证清孔后的各项指标达到设计及规范要求,该桥采用了泥浆净化器和泥浆泵进行机械清孔,不仅清孔速度快,而且质量好,有助于工程高效、高质、经济、文明地进行。清孔后的指标均优于设计及规范要求,为桩基的顺利灌注创造了有利的条件。清孔原理见图2所示。

2.4.3 清孔设备

2.4.3.1 泥浆净化器

泥浆净化器主要适用于基础工程施工中采取泥浆固壁、循环钻进工艺的大孔径的桩基工程,有以下几个方面的优点:

(1)泥浆的充分净化,有利于控制泥浆指标和减少卡钻事故,提高成孔质量;

(2)对土渣的有效分离,有利于提高造孔功效;

(3)泥浆的重复使用,有利于节约造浆材料,降低施工成本;

(4)泥浆的闭路循环净化方式及较低的渣料含水率有利于减少环境污染;

(5)最大泥浆处理能力,可根据工程需要选定,纳潮口大桥选用了ZX-200型泥浆净化器,泥浆净化率达到 $200\text{ m}^3/\text{h}$,净化除砂(0.074 mm 粒级)效率高,可达90%以上;

(6)渣料筛分能力可根据钻孔进尺快慢调整,筛

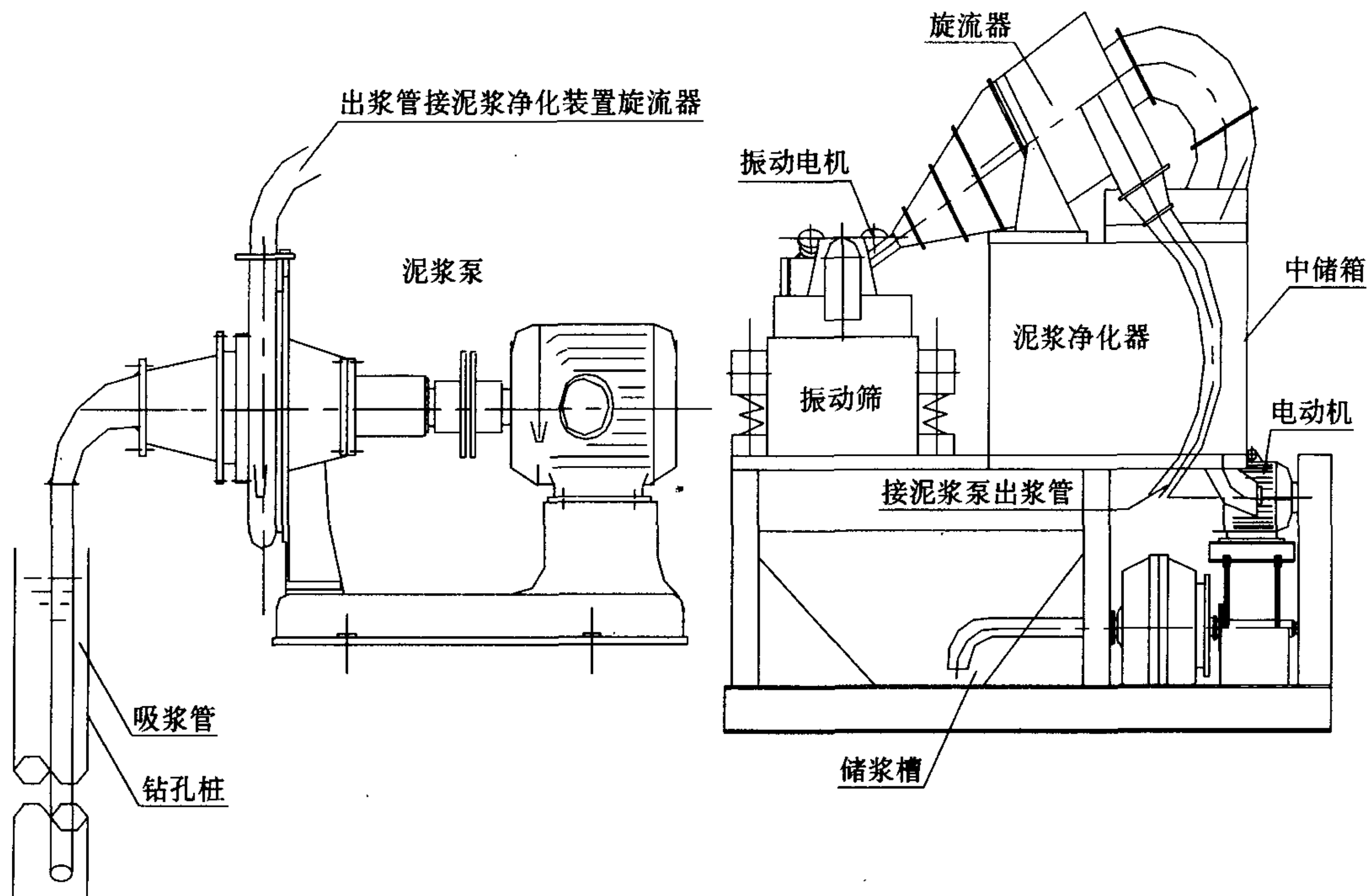


图2 泥浆净化装置清孔原理

分出的渣料含水率小于30%；

(7)处理泥浆最大比重小于1.2,粘度40 s 以下,含砂率小于20%。

主要组成部分:振动筛、泵系统(渣浆泵、驱动电机、流量控制分配阀)、旋流器。

工作原理:反循环泥浆泵由孔底抽吸出的泥浆通过总进浆管输送到泥浆净化装置的粗筛,经过其振动筛选将粒径在1.5 mm 以上的渣料分离出来,经过第一道筛的泥浆进入装置的储浆槽,由除砂机的渣浆泵从槽内抽吸泥浆,在泵的出口具有一定储能的泥浆沿输浆软管从水力旋流器进浆口切向射入。通过水力旋流器分选,粒径微细的泥砂由旋流器下端的沉砂嘴排出落入细筛,细筛脱水筛选后,较干燥的细渣料分离出来。经过第二道筛选的泥浆循环返回储浆槽内,处理后的干净泥浆从旋流器溢流管进入中储箱,然后沿总出浆管输送回孔内。

在渣浆泵出口安装了一条由反冲阀控制的支路与储浆槽连通,通过开启反冲阀可以扰动储浆槽内沉淀的渣料,使储浆槽不致因长期使用导致淤积漫浆。

2.4.3.2 泥浆泵

泥浆净化器必须与泥浆泵配合使用,泥浆泵的作用是将孔内泥浆抽吸到泥浆净化器中,并进行净化处理。

泥浆泵由孔内吸管、泵头、轴封、传动部分及出浆管组成。它主要依靠大气压力抽吸孔内泥浆,因此在具体操作时,必须保证泥浆泵旋转轴承中心至孔内泥浆面高度不得超过3 m;泥浆含砂率尽量不要大于10%,相对密度在1.40 以下,当含砂率和相对密度过大以后,泥浆泵出浆孔流量减小,抽吸泥浆速度慢,效率低;泥浆泵抽吸泥浆过程中,吸浆管必须从上至下逐渐缓慢吸至孔底,否则,会因吸浆管内泥浆浓度和高度过大造成无法抽吸甚至出现堵管现象。

纳潮口大桥主桥桩基在成孔后,通过正确使用ZX-200 型泥浆净化器和2PN 型泥浆泵,不仅清孔速度快,而且清孔质量高,泥浆的各项指标均优于设计及规范要求。灌注桩基混凝土时异常顺利,长度在70 m 左右的桩基一般3~5 h 即可完成浇注,经超声波检测主桥36 根钻孔灌注桩全部为Ⅰ类桩。

3 灌注桩过程事故处理

钻孔灌注桩在钻孔过程中,经常会遇到卡钻、掉钻及坍孔等,但在灌注桩基水下混凝土时,却会因导管埋深过大、导管漏水或混凝土质量问题等这样那样的原因,发生混凝土堵管,造成断桩。可以说,灌注桩基水下混凝土是整个钻孔灌注桩施工过程至为重要的一道关键工序,因为一旦发生混凝土堵管,几乎

没有行之有效的解决办法,一般情况下,只有将导管拔出后重新钻孔。由于混凝土中有钢筋笼,钻孔难度极大,处理起来十分棘手,不仅经济上造成巨大损失,而且耽误总体工期。正因如此,每座桥桩基施工尤其是灌注水下混凝土时,都会格外重视。如何采取切实可行的措施,是一个值得很好研究的课题,现将厦门纳潮口大桥在处理灌注水下混凝土时的一点经验予以总结,希望起到抛砖引玉的作用,以便今后遇到此类问题时,有更多的解决办法。

灌注桩基水下混凝土发生堵管,将导管拔出混凝土面并疏通后,有些地方采取二次拔球的方法,但因此时导管内液面(泥浆面或水面)高度与孔内一致,二次拔球时由于导管内液面对已灌混凝土面产生巨大的冲击,导致混凝土面被冲洗而离析,接缝处混凝土质量难以达到要求。

若将疏通后的导管直接插入混凝土面以下一定深度,用小于导管直径的取浆管将导管内的泥浆取净,并继续灌注桩基混凝土,则避免了二次拔球所造成的混凝土面被冲洗的问题,当采用清水灌注时,也可用小直径的潜水泵将导管内的水抽净的方法进行处理。

厦门纳潮口大桥主桥在桩基施工前,为防止出现混凝土堵管造成断桩事故,如图 3 所示,利用直径为 20 cm 的钢管制作了一根 6 m 长的取浆管,取浆管下端装有活门,便于取浆时自动打开,提升时自动闭合,其结构形式和作用与钻孔用取渣筒基本相同。厦门纳潮口大桥五通侧引桥 2 号墩 3 号桩灌注水下混凝土时,在距桩顶 15 m 处发生了混凝土堵管现象,通过利用取浆管取浆,约 1.5 h 将导管内的泥浆

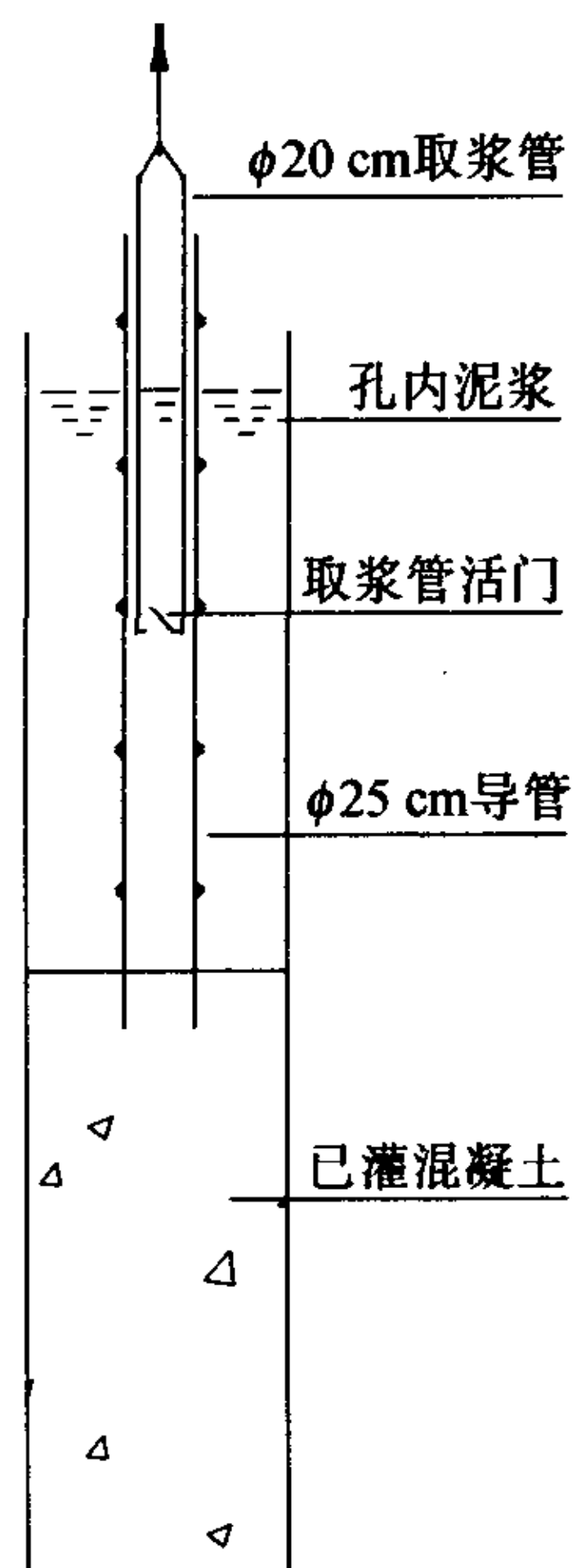


图 3 取浆管取浆

取净,并继续灌完混凝土,经超声波检测,接缝处混凝土波速几乎没有变化,检测结果为 I 类桩。

4 结语

厦门纳潮口大桥海上桩基施工,每天受潮水涨落影响,施工难度很大。但由于根据地质情况和工期紧张的特点,合理地选择了钻机型式;利用了泥浆净化装置保证了泥浆性能;灌注水下混凝土时,采取了有效的处理措施。因此在钻孔灌注桩施工过程中,每道工序都得到了很好控制,钻孔桩经超声波检测均为 I 类桩。

张石高速公路石家庄段动工

张石高速公路石家庄段于 2005 年 11 月 18 日正式动工。张石高速公路是河北省“五纵六横七条线”路网项目,纵贯太行山区 18 个县(市),全长 560 km,张家口段和石家庄段已开工建设,保定段正在紧锣密鼓地进行前期工作,于 12 月上旬开工。计划 2008 年全线建成通车。届时,石家庄到张家口大约只需要 3 h,比以往缩短 1.5 h。

张石高速石家庄段,长 80.65 km,中间隔离带宽 3.5 m,总投资 47.9 亿元,全线共设置 7 个出入口、3 个服务区、1 个停车区、5 条连接线、8 座大桥,建设标准为双向六车道,设计速度 120 km/h,计划 2008 年 10 月建成通车。这是 2005 年河北省开工建设的第 3 条高速公路,也是第一条由石家庄交通局作为业主单位,自己投资建设、管理的高速公路。

张石高速石家庄段工程分主线和支线两部分,主线从曲阳县城东接张石高速保定段进入石家庄境内,经行唐西、灵寿东、正定西、鹿泉东到达终点——石太高速公路申后立交桥,长约 65 km,支线从正定县曲阳桥村向东经吴兴镇,在拐角铺村东接京石高速公路,长 15.65 km。