

一种海上桥梁高桩承台的施工工艺

技术领域

本发明涉及一种海上桥梁高桩承台的施工工艺。

背景技术

跨海桥梁包括若干海上墩台和若干岸上墩台。在建造海上墩台时，先要进行海上桩基沉设，接着在桩基上筑造承台，然后在承台上建造墩柱，最后在墩柱之间架设主梁。而处在水域中部位置的海上墩台由于处在深水区和通航区，承台的平面尺寸最大，墩柱的高度也最高。为了消耗吸收船舶撞击时的撞击力，改变船舶行驶方向，以保护桥梁本体结构，船舶免受损伤，水域中部位置的海上墩台还要具有防撞措施，即在承台的外侧包围一圈防撞墩。目前水域中部的承台需要在水中进行施工，给施工操作带来不便。为此需要开发一种处在水域中部位置的海上承台的施工工艺。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的缺陷而提供一种海上桥梁高桩承台的施工工艺，它能大大降低施工难度，并能提高施工效率。

本发明的目的是这样实现的：一种海上桥梁高桩承台的施工工艺，涉及的承台包括主承台和一圈设在主承台的外侧的防撞承台，主承台和防撞承台的间距为 A，防撞承台的外侧设置一圈伸入防撞承台底部 B 的裙板；所述主承台的平面呈矩形并由十二根以横向三排纵向四列的方式布置的桩基支撑；一圈防撞承台的平面呈纵向窄横向宽的非正八边形，该防撞承台由三十六根桩基支撑，所述桩基为灌注桩；所述施工工艺采用钢混结构的套箱施工，该套箱由钢筋混凝土预制的套箱底板和钢侧模组成；

本发明的海上桥梁高桩承台的施工工艺，包括以下阶段：准备阶段、套箱安装阶段、套箱下放阶段、套箱底板封堵抽水阶段以及承台混凝土浇筑阶段；

所述准备阶段包括以下步骤：桩基护筒沉设、灌注桩施工、桩基护筒桩头

切平、套箱底板和裙板预制以及钢侧模制作；

进行套箱底板和裙板预制步骤时，所述套箱底板分成多片矩形的预制板块，每片预制板块覆盖 1~2 根桩基；预制板块之间设置 C 型湿接缝并预留搭接钢筋；每片预制板块上根据桩基的位置预留上大下小的一级台阶式桩孔；预制时，在每片预制板块的四个角部各自预埋一根吊杆；预制板块预制完成后，在每片位于套箱底板边缘的预制板块的外侧面上通过预埋螺栓安装用于支撑钢侧模的底托角钢；

所述钢侧模由多片侧模板拼接而成；每片侧模板的底部均支撑在所述底托角钢上，且每片侧模板通过下端固定在套箱底板上的斜撑支撑呈垂直状态；

在所述套箱安装阶段，先安装套箱底板，再安装钢侧模；套箱底板采用悬吊架安装，该悬吊架包括桩帽、反吊梁和两根第一精轧螺纹钢；所述桩帽安装在所述桩基护筒的顶部；所述反吊梁设在预制底板的桩孔的正上方；两根所述第一精轧螺纹钢的下端预埋在预制板块上并中心对称地位于每个桩孔的外侧，两根第一精轧螺纹钢的上部各自通过垫片和套筒一一对应地锚固在所述反吊梁的两头；

在安装所述套箱底板时包括以下步骤：

步骤一，先在桩基护筒上安装套箱底板的桩孔与桩基护筒之间的可漂浮空隙封堵底模，再在桩基护筒的顶端安装桩帽；

步骤二，先将起重船的吊机与矩形框式吊架连接，接着将吊架与预制板块上的四根吊杆连接，再通过起重船的吊机将预制板块吊到对应的桩基护筒的上方并将预制板块上的桩孔套到对应的桩基护筒上，然后下放预制板块，直到预制板块上的反吊梁落在对应的桩帽上，再将反吊梁与桩帽焊接固定，最后将吊架与吊杆脱离，由悬吊架支撑预制板块，使预制板块位于水面之上；

步骤三，参照步骤二逐片安装其余的预制板块，直至完成整个套箱底板安装；

步骤四，先焊接各个预制板块之间湿接缝的搭接钢筋，再浇筑湿接缝的混凝土，形成完整的套箱底板；

在安装钢侧模时，先在套箱底板的外侧面上的底托角钢的顶面上安装两层止水膨胀胶板，再在底托角钢的顶面上逐片安装侧模板，相邻的侧模板之间采

用两列螺栓拼接，拼接面上在两列螺栓的中间和两侧各设置一道止水胶条；钢侧模与底托角钢之间通过多根间隔设置的竖向拉杆连接，钢侧模的下部内侧面与套箱底板的搭接面的下部之间设置一层止水膨胀胶板，并用结构胶填充钢侧模的下部内侧面和套箱底板的搭接面的上部之间的缝隙；然后将侧模板的斜撑的下端紧固在套箱底板上；

所述套箱下放阶段包括以下步骤：

步骤一，在套箱底板上安装千斤顶下放系统，该千斤顶下放系统包括工字形吊架、扁担梁、穿心千斤顶和钢绞线；所述工字形吊架通过四根预埋在套箱底板上的第二精轧螺纹钢固定在套箱底板上并位于两根反吊梁的中间；所述扁担梁架设在两根反吊梁的顶面中部之间；所述穿心千斤顶安装在所述扁担梁的顶面中部；所述钢绞线的下端依次穿过穿心千斤顶和扁担梁后锚固在所述工字形吊架的腰的中部；

步骤二，先在桩基护筒的外侧安装两根反撑杆，反撑杆的底部通过螺栓固定在套箱底板上，反撑杆的上端自由；

步骤三，先松懈每个悬吊架上的第一精轧螺纹钢与反吊梁锚固的套筒，接着通过千斤顶下放系统中的多个穿心千斤顶步进式地将整个套箱向下吊放到水中，直到套箱底板的顶标高达至承台的设计底标高；

所述套箱底板封堵抽水阶段包括以下步骤：

步骤一，套箱下放到位后，反撑杆的顶标高也低于桩基护筒的顶标高，先将反撑杆的顶部焊接固定在桩基护筒的外表面上，再重新紧固每个悬吊架上的第一精轧螺纹钢与反吊梁锚固的套筒，使套箱的重力重新由悬吊架承受，套箱的浮力由反撑杆抵抗，然后将千斤顶下放系统拆除；

步骤二，低潮水时，将预先套装在桩基护筒上的空隙封堵底模往上提至与套箱底板紧密贴合，再在空隙封堵底模与套箱底板之间灌注含有环氧树脂的混合砂浆，凝固 1 小时，完成各个桩基护筒与套箱底板上对应的桩孔之间的间隙封堵；

步骤三，将套箱内的水抽干，形成干作业施工条件；

承台混凝土浇筑阶段包括以下步骤：

步骤一，在每个桩基护筒的外周面上沿圆周均布地焊接若干剪力键，若干

剪力键的内侧端焊接固定在桩基护筒的外表面上，若干剪力键的下端栓接固定在套箱底板的桩孔的台阶面上；

步骤二，先移除反撑杆和悬吊架，使整个套箱由剪力键支承；接着切割桩基护筒到设计顶标高，再在桩顶设计标高往上 300mm 处，用岩石劈裂棒沿桩头径向打 6~8 个插孔，插孔的深度为 40~50cm；将液压法兰分离器插入插孔中，将混凝土桩头分离出来，然后将脱离出来的混凝土桩头整体吊走，剩下桩顶上部高度为 300mm 的混凝土用风镐人工凿除；

步骤三，先在主承台和防撞承台之间设置木内模，使主承台和防撞承台分开，再在套箱内分层绑扎钢筋，然后分三层浇筑混凝土；浇筑第一层混凝土和第二层混凝土时，侧模板的斜撑浇筑在混凝土中；浇筑完第二层混凝土后，先在第二层混凝土的上方侧模板安装对拉螺杆，再割除高度为第二层混凝土顶面以上的斜撑，然后浇筑第三层混凝土；浇筑第三层混凝土时由对拉螺杆控制侧模板的垂直度；

步骤四，先拆除钢侧模，再采用绳锯法切割套箱底板，保证套箱底板与主承台和防撞承台分离。

上述的海上桥梁高桩承台的施工工艺，其中，进行套箱底板和裙板预制步骤时包括以下工序：

- 1) 搭设型钢平台，作为预制板块的预制底模；
- 2) 根据桩基的中心坐标在预制底模上放样桩孔的位置，并调节好标高；
- 3) 在预制底模上绑扎预制板块内的钢筋，并安装好各类预埋件，预埋件包括四根一一对应地设在预制板块的四个角部的吊杆；
- 4) 在预制位于套箱底板边缘的预制板块时，要在预制底模上安装裙板侧模，并紧固好裙板侧模与预制底模的对拉螺栓；
- 5) 浇筑混凝土，24 小时后拆除裙板侧模和预制底模。

上述的海上桥梁高桩承台的施工工艺，其中，所述空隙封堵底模由自下而上叠置的环形木模板、环形泡沫底板和橡胶垫圈组成。

上述的海上桥梁高桩承台的施工工艺，其中，在进行套箱安装阶段的步骤二时，还要观察预制板块的标高和水平位置，根据观察结果调节第一精轧螺纹钢上的垫片和套筒的位置，将预制板块的高程偏差调整至 $\leq 5\text{mm}$ ，再利用径向

设在桩孔的台阶面上的千斤顶调整预制底板的平面位置偏差至 $\leq 10\text{mm}$ 。

本发明的海上桥梁高桩承台的施工工艺具有以下特点：

1.采用钢混结构的套箱，即套箱底板由多个混凝土预制板块拼接而成，套箱侧模采用钢侧模，使得整个套箱的运输更加方便，有利于节约运输空间，节省运输成本；

2.套箱在海上安装时无需搭设施工平台，而是先利用悬吊架系统借助桩基护筒的支撑在高于水面的位置拼接套箱底板，接着利用拼接好的套箱底板作为施工平台安装套箱侧模，再利用千斤顶下放系统将整个套箱下放至水中的设计标高，然后在低水位时抽干套箱内的水并完成套箱底板与桩基护筒的密封，最后在套箱内依次绑扎钢筋和浇筑混凝土，完成水中承台的施工，施工全过程在无水环境下进行，大大降低了施工难度，并提高了施工效率；

3.在套箱下放到位后，在套箱底板的桩孔与桩基护筒之间连接剪力键，既能避免套箱的水平移动，同时能使整个套箱的重量分散给剪力键并传递给各个桩基护筒支撑，有利于提高套箱底板和承台的承载能力，使得套箱底板和承台在承受桥梁的重量时更加不容易出现开裂的情况。

附图说明

图 1a 是本发明的施工工艺中涉及的高桩承台的平面图；

图 1b 是图 1B 中的 A1-A1 向视图；

图 1c 是图 1B 中的 A2-A2 向视图；

图 2a 是本发明的施工工艺中涉及的套箱的俯视图；

图 2b 是本发明的施工工艺中涉及的套箱底板的分块示意图；

图 2c 是图 2a 中的 A-A 向视图

图 2d 是图 2c 中 P 部位的放大图；

图 3 是本发明的施工工艺在套箱安装阶段采用的悬吊架的俯视图；

图 4 是本发明的施工工艺在套箱下放阶段采用的千斤顶下放系统的立面图；

图 5 是本发明的施工工艺中在套箱下放阶段采用的千斤顶下放系统的平面布置图；

图 6 是本发明的施工工艺在套箱底板封堵抽水阶段采用的既拉又撑体系的

立面图；

图 7 是本发明的施工工艺在承台混凝土浇筑阶段采用的剪力键与桩基护筒连接的结构示意图；

图 8 是本发明的施工工艺在承台混凝土浇筑阶段时的示意图。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明作进一步说明。

请参阅图 1 至图 8，本发明的海上桥梁高桩承台的施工工艺，涉及的承台包括主承台 101 和一圈设在主承台 101 的外侧的防撞承台 102，主承台 101 和防撞承台 102 的间距 $A=0.8m$ ，防撞承台 102 的外侧设置一圈伸入防撞承台 102 底部 $B=2m$ 的裙板 103；主承台 101 的平面呈矩形并由十二根以横向三排纵向四列的方式布置的桩基 4 支撑；一圈防撞承台 102 的平面呈纵向窄横向宽的非正八边形，该防撞承台 102 由三十六根桩基 4 支撑，桩基 4 为灌注桩（见图 1a、图 1b 和图 1c）。

本发明的施工工艺采用钢混结构的套箱施工，该套箱由钢筋混凝土预制的套箱底板和钢侧模组成。

本发明的施工工艺包括以下阶段：准备阶段、套箱安装阶段、套箱下放阶段、套箱底板封堵抽水阶段以及承台混凝土浇筑阶段；

准备阶段包括以下步骤：桩基护筒沉设、灌注桩施工、桩基护筒桩头切平、套箱底板 1 和裙板预制以及钢侧模 2 制作；

套箱底板 1 分成多片矩形的预制板块 10，每片预制板块 10 覆盖 1~2 根桩基 4（见图 2a 和图 2b）；预制板块 10 之间设置 C 型湿接缝 1A 并预留搭接钢筋；每片预制板块 10 上根据桩基 4 的位置预留上大下小的一级台阶式桩孔 1B，桩孔 1B 下部的半径比桩基护筒 4A 的半径大 75mm；在每片预制板块 10 的四个角部各自预埋一根吊杆；

进行套箱底板和裙板预制步骤时包括以下工序：

- 1) 搭设型钢平台，作为预制板块的预制底模；
- 2) 根据桩基的中心坐标在预制底模上放样桩孔的位置，并调节好标高；
- 3) 在预制底模上绑扎预制板块内的钢筋，并安装好各类预埋件，预埋件

包括四根一一对应地设在预制板块的四个角部的吊杆；

4) 在预制位于套箱底板边缘的预制板块时，要在预制底模上安装裙板侧模，并紧固好裙板侧模与预制底模的对拉螺栓；

5) 浇筑混凝土，24 小时后拆除裙板侧模和预制底模；

预制板块 10 预制完成后，在每片位于套箱底板 1 边缘的预制板块 10 的外侧面上通过预埋螺栓 30 安装用于支撑钢侧模的底托角钢 3，底托角钢 3 的顶面至预制板块 10 的顶面距离为 20cm；

钢侧模 2 为墙包底结构，即钢侧模 2 的底部与套箱底板 1 的外侧面搭接 20cm；钢侧模 2 由多片侧模板拼接而成，每片侧模板的高度为 5.2m，长度为 3m；每片侧模板的底部均支撑在底托角钢 3 上，且每片侧模板通过下端固定在套箱底板 1 上的斜撑 20 支撑呈垂直状态；斜撑 20 的支撑高度为 4m（见图 2c 和图 2d）；

在套箱安装阶段，先安装套箱底板 1，再安装钢侧模 2；套箱底板 1 采用悬吊架安装，该悬吊架包括桩帽 40、反吊梁 41 和两根第一精轧螺纹钢 42；桩帽 40 安装在桩基护筒 4A 的顶部；反吊梁 41 设在预制底板 10 的每个桩孔 1B 的正上方；两根第一精轧螺纹钢 42 的下端预埋在预制板块 10 上并中心对称地位于每个桩孔 1B 的外侧，两根第一精轧螺纹钢 42 的上部各自通过垫片和套筒一一对应地锚固在反吊梁 41 的两头（见图 3）；

在安装套箱底板时包括以下步骤：

步骤一，先在桩基护筒 4A 上安装套箱底板 1 的桩孔 1B 与桩基护筒 4A 之间的可漂浮空隙封堵底模，该空隙封堵底模由自下而上叠置的环形木模板 61、环形泡沫底板 62 和橡胶垫圈 63 组成，再在桩基护筒 4A 的顶端安装桩帽 40；

步骤二，先将起重船的吊机与矩形框式吊架连接，接着将吊架与预制板块 10 上的四根吊杆连接，再通过起重船的吊机将预制板块 10 吊到对应的桩基护筒 4A 的上方并将预制板块 10 上的桩孔 1B 套到对应的桩基护筒 4A 上，观察预制板块 10 的标高和水平位置，根据观察结果调节第一精轧螺纹钢 42 上的垫片和套筒的位置，将预制板块 10 的高程偏差调整至 $\leq 5\text{mm}$ ，并利用径向设在桩孔 1B 的台阶面上的千斤顶调整预制板块 10 的平面位置偏差至 $\leq 10\text{mm}$ ，然后下放预制板块 10，直到预制板块 10 上的反吊梁 41 落在对应的桩帽 40 上，再将

反吊梁 41 与桩帽 40 焊接固定，最后将吊架与吊杆脱离，由悬吊架支撑预制板块 10，使预制板块 10 位于水面之上；此时预制板块 10 的重力通过第一精轧螺纹钢 42、反吊梁 41 和桩帽 40 传递到桩基护筒 4A 上；

步骤三，参照步骤二逐片安装其余的预制板块，直至完成整个套箱底板安装，此时每个预制底板上的悬吊架构成悬吊架系统；

步骤四，先焊接各个预制板块 10 之间的湿接缝 1A 的搭接钢筋，再浇筑湿接缝 1A 的混凝土，形成完整的套箱底板 1；

在安装钢侧模时，先在套箱底板 1 的外侧面上的底托角钢 3 的顶面上安装两层止水膨胀胶板 31，再在底托角钢 3 的顶面上逐片安装侧模板，相邻的侧模板之间采用两列螺栓拼接，拼接面上在两列螺栓的中间和两侧各设置一道止水胶条；钢侧模 2 与底托角钢 3 之间通过多根间隔 1.5m 设置的竖向拉杆 2A 连接，以约束套箱底板 1 水平向移动；钢侧模 2 的下部内侧面与套箱底板 1 的搭接面的下部之间设置一层止水膨胀胶板 31，并用结构胶 32 填充钢侧模 2 的下部内侧面和套箱底板 1 的搭接面的上部之间的缝隙，然后将侧模板的斜撑 20 的下端紧固在套箱底板 1 上（见图 2c 和图 2d）；

套箱下放阶段包括以下步骤：

步骤一，在套箱底板 1 上安装千斤顶下放系统，该千斤顶下放系统包括工字形吊架 50、扁担梁 52、穿心千斤顶 53 和钢绞线 54；工字形吊架 50 通过四根预埋在套箱底板 1 上的第二精轧螺纹钢 51 固定在套箱底板 1 上并位于两根反吊梁 41 的中间；扁担梁 52 架设在两根反吊梁 41 的顶面中部之间；穿心千斤顶 53 安装在扁担梁 52 的顶面中部；钢绞线 54 的下端依次穿过穿心千斤顶 53 和扁担梁 52 的穿孔后锚固在工字形吊架 50 的腰的中部（见图 4 和图 5）；

步骤二，先在桩基护筒 4A 的外侧对称地安装两根 4m 长的反撑杆 6，反撑杆 6 的底部通过螺栓固定在套箱底板 1 上，反撑杆 6 的上端自由；

步骤三，先松懈每个悬吊架上的第一精轧螺纹钢 42 与反吊梁 41 锚固的套筒，接着通过千斤顶下放系统中的多个穿心千斤顶 53 步进式地将套箱向上抬升 20cm，使套箱由悬吊架系统支撑转换为千斤顶下放系统支撑，再将套箱向下吊放到水中，使套箱的重力通过套箱底板 1、第二精轧螺纹钢 51、工字形吊架 50、钢绞线 54、穿心千斤顶 53、扁担梁 52、反吊梁 41、桩帽 40 传递到桩基

护筒 4A 上，直到套箱底板 1 的顶标高达承台的设计底标高；每根桩基护筒 4A 上的空隙封堵底模随套箱的下放压入水中；

套箱底板封堵抽水阶段包括以下步骤：

步骤一，套箱下放到位后，反撑杆 6 的顶标高也低于桩基护筒 4A 的顶标高，先将反撑杆 6 的顶部焊接固定在桩基护筒 4A 的外表面上，再重新紧固每个悬吊架上的第一精轧螺纹钢 42 与反吊梁 41 锚固的套筒，使套箱的重力重新由悬吊架承受，套箱的浮力由反撑杆 6 抵抗，形成既拉又撑体系（见图 6），然后将千斤顶下放系统拆除；

步骤二，低潮水时，将预先套装在各个桩基护筒 4A 上的空隙封堵底模往上提，直至环形泡沫底板的顶面与套箱底板 1 的底面紧密贴合，并使橡胶垫圈 63 进入桩孔 1B 与桩基护筒 4A 的间隙中，再在空隙封堵底模与套箱底板 1 之间灌注含有环氧树脂的混合砂浆 60，凝固 1 小时，完成各个桩基护筒 4A 与套箱底板 1 上对应的桩孔 1B 之间的间隙封堵；

步骤三，将套箱内的水抽干，形成干作业施工条件；

承台混凝土浇筑阶段包括以下步骤：

步骤一，在每根桩基护筒 4A 的外周面上沿圆周均布地焊接 7~8 个剪力键 7，每个剪力键 7 的内侧端焊接固定在桩基护筒 4A 的外表面上，每个剪力键 7 的下端栓接固定在套箱底板 1 的桩孔 1B 的台阶面上（见图 7）；

步骤二，先移除反撑杆 6 和悬吊架，使整个套箱的重量转换为由剪力键 7 来支承，接着移除桩帽 40，并切割桩基护筒 4A 到设计顶标高，再在桩顶设计标高往上 300mm 处，用岩石劈裂棒沿桩头径向打 6~8 个孔，孔深为 40~50cm；将液压法兰分离器插入打出的孔中，将混凝土桩头分离出来，然后将脱离出来的混凝土桩头整体吊走，剩下桩顶上部高度为 300mm 的混凝土用风镐人工凿除；

步骤三，先在主承台和防撞承台之间设置木内模，再采用绳锯法切割套箱底板，保证主承台和防撞承台分离，再在套箱内分层绑扎钢筋，并分三层浇筑混凝土；第一层混凝土的浇筑高度为 1m；第二层混凝土的浇筑高度为 2m；第三层混凝土的浇筑高度为 3m；浇筑第一层混凝土和第二层混凝土时，侧模板 2 的斜撑 20 浇筑在混凝土中；浇筑完第二层混凝土后，先在第二层混凝土的上

方，即 4.7m 高的位置的侧模板 2 安装对拉螺杆 2B，再割除高度为第二层混凝土顶面以上的斜撑 20，然后浇筑第三层混凝土（见图 8）；

步骤四，拆除钢侧模。

以上实施例仅供说明本发明之用，而非对本发明的限制，有关技术领域的技术人员，在不脱离本发明的精神和范围的情况下，还可以作出各种变换或变形，因此所有等同的技术方案也应该属于本发明的范畴，应由各权利要求所限定。

权 利 要 求 书

1.一种海上桥梁高桩承台的施工工艺，所述承台包括主承台和一圈设在主承台的外侧的防撞承台，主承台和防撞承台的间距为 A，防撞承台的外侧设置一圈伸入防撞承台底部 B 的裙板；所述主承台的平面呈矩形并由十二根以纵向三排纵向四列的方式布置的桩基支撑；一圈防撞承台的平面呈纵向窄横向宽的非正八边形，该防撞承台由三十六根桩基支撑，所述桩基为灌注桩；所述施工工艺采用钢混结构的套箱施工，该套箱由钢筋混凝土预制的套箱底板和钢侧模组成；所述施工工艺包括以下阶段：准备阶段、套箱安装阶段、套箱下放阶段、套箱底板封堵抽水阶段以及承台混凝土浇筑阶段；其特征在于，

所述准备阶段包括以下步骤：桩基护筒沉设、灌注桩施工、桩基护筒桩头切平、套箱底板和裙板预制以及钢侧模制作；

进行套箱底板和裙板预制步骤时，所述套箱底板分成多片矩形的预制板块，每片预制板块覆盖 1~2 根桩基；预制板块之间设置 C 型湿接缝并预留搭接钢筋；每片预制板块上根据桩基的位置预留上大下小的一级台阶式桩孔；预制时，在每片预制板块的四个角部各自预埋一根吊杆；预制板块预制完成后，在每片位于套箱底板边缘的预制板块的外侧面上通过预埋螺栓安装用于支撑钢侧模的底托角钢；

所述钢侧模由多片侧模板拼接而成；每片侧模板的底部均支撑在所述底托角钢上，且每片侧模板通过下端固定在套箱底板上的斜撑支撑呈垂直状态；

在所述套箱安装阶段，先安装套箱底板，再安装钢侧模；套箱底板采用悬吊架安装，该悬吊架包括桩帽、反吊梁和两根第一精轧螺纹钢；所述桩帽安装在所述桩基护筒的顶部；所述反吊梁设在预制底板的桩孔的正上方；两根所述第一精轧螺纹钢的下端预埋在预制板块上并中心对称地位于每个桩孔的外侧，两根第一精轧螺纹钢的上部各自通过垫片和套筒一一对应地锚固在所述反吊梁的两头；

在安装所述套箱底板时包括以下步骤：

步骤一，先在桩基护筒上安装套箱底板的桩孔与桩基护筒之间的可漂浮空隙封堵底模，再在桩基护筒的顶端安装桩帽；

步骤二，先将起重船的吊机与矩形框式吊架连接，接着将吊架与预制板块上的四根吊杆连接，再通过起重船的吊机将预制板块吊到对应的桩基护筒的上方并将预制板块上的桩孔套到对应的桩基护筒上，然后下放预制板块，直到预制板块上的反吊梁落在对应的桩帽上，再将反吊梁与桩帽焊接固定，最后将吊架与吊杆脱离，由悬吊架支撑预制板块，使预制板块位于水面之上；

步骤三，参照步骤二逐片安装其余的预制板块，直至完成整个套箱底板安装；

步骤四，先焊接各个预制板块之间湿接缝的搭接钢筋，再浇筑湿接缝的混凝土，形成完整的套箱底板；

在安装钢侧模时，先在套箱底板的外侧面上的底托角钢的顶面上安装两层止水膨胀胶板，再在底托角钢的顶面上逐片安装侧模板，相邻的侧模板之间采用两列螺栓拼接，拼接面上在两列螺栓的中间和两侧各设置一道止水胶条；钢侧模与底托角钢之间通过多根间隔设置的竖向拉杆连接，钢侧模的下部内侧面与套箱底板的搭接面的下部之间设置一层止水膨胀胶板，并用结构胶填充钢侧模的下部内侧面和套箱底板的搭接面的上部之间的缝隙；然后将侧模板的斜撑的下端紧固在套箱底板上；

所述套箱下放阶段包括以下步骤：

步骤一，在套箱底板上安装千斤顶下放系统，该千斤顶下放系统包括工字形吊架、扁担梁、穿心千斤顶和钢绞线；所述工字形吊架通过四根预埋在套箱底板上的第二精轧螺纹钢固定在套箱底板上并位于两根反吊梁的中间；所述扁担梁架设在两根反吊梁的顶面中部之间；所述穿心千斤顶安装在所述扁担梁的顶面中部；所述钢绞线的下端依次穿过穿心千斤顶和扁担梁后锚固在所述工字形吊架的腰的中部；

步骤二，先在桩基护筒的外侧安装两根反撑杆，反撑杆的底部通过螺栓固定在套箱底板上，反撑杆的上端自由；

步骤三，先松懈每个悬吊架上的第一精轧螺纹钢与反吊梁锚固的套筒，接着通过千斤顶下放系统中的多个穿心千斤顶步进式地将整个套箱向下吊放到水中，直到套箱底板的顶标高达到承台的设计底标高；

所述套箱底板封堵抽水阶段包括以下步骤：

步骤一，套箱下放到位后，反撑杆的顶标高也低于桩基护筒的顶标高，先将反撑杆的顶部焊接固定在桩基护筒的外表面上，再重新紧固每个悬吊架上的第一精轧螺纹钢与反吊梁锚固的套筒，使套箱的重力重新由悬吊架承受，套箱的浮力由反撑杆抵抗，然后将千斤顶下放系统拆除；

步骤二，低潮水时，将预先套装在桩基护筒上的空隙封堵底模往上提至与套箱底板紧密贴合，再在空隙封堵底模与套箱底板之间灌注含有环氧树脂的混合砂浆，凝固 1 小时，完成各个桩基护筒与套箱底板上对应的桩孔之间的间隙封堵；

步骤三，将套箱内的水抽干，形成干作业施工条件；

承台混凝土浇筑阶段包括以下步骤：

步骤一，在每个桩基护筒的外周面上沿圆周均布地焊接若干剪力键，若干剪力键的内侧端焊接固定在桩基护筒的外表面上，若干剪力键的下端栓接固定在套箱底板的桩孔的台阶面上；

步骤二，先移除反撑杆和悬吊架，使整个套箱由剪力键支承；接着切割桩基护筒到设计顶标高，再在桩顶设计标高往上 300mm 处，用岩石劈裂棒沿桩头径向打 6~8 个插孔，插孔的深度为 40~50cm；将液压法兰分离器插入插孔中，将混凝土桩头分离出来，然后将脱离出来的混凝土桩头整体吊走，剩下桩顶上部高度为 300mm 的混凝土用风镐人工凿除；

步骤三，先在主承台和防撞承台之间设置木内模，使主承台和防撞承台分开，再在套箱内分层绑扎钢筋，然后分三层浇筑混凝土；浇筑第一层混凝土和第二层混凝土时，侧模板的斜撑浇筑在混凝土中；浇筑完第二层混凝土后，先在第二层混凝土的上方侧模板安装对拉螺杆，再割除高度为第二层混凝土顶面以上的斜撑，然后浇筑第三层混凝土；浇筑第三层混凝土时由对拉螺杆控制侧模板的垂直度；

步骤四，先拆除钢侧模，再采用绳锯法切割套箱底板，保证套箱底板与主承台和防撞承台分离。

2. 根据权利要求 1 所述的海上桥梁高桩承台的施工工艺，其特征在于，进行套箱底板和裙板预制步骤时包括以下工序：

1) 搭设型钢平台，作为预制板块的预制底模；

2) 根据桩基的中心坐标在预制底模上放样桩孔的位置，并调节好标高；

3) 在预制底模上绑扎预制板块内的钢筋，并安装好各类预埋件，预埋件包括四根一一对应地设在预制板块的四个角部的吊杆；

4) 在预制位于套箱底板边缘的预制板块时，要在预制底模上安装裙板侧模，并紧固好裙板侧模与预制底模的对拉螺栓；

5) 浇筑混凝土，24 小时后拆除裙板侧模和预制底模。

3.根据权利要求 1 所述的海上桥梁高桩承台的施工工艺，其特征在于，所述空隙封堵底模由自下而上叠置的环形木模板、环形泡沫底板和橡胶垫圈组成。

4.根据权利要求 1 所述的海上桥梁高桩承台的施工工艺，其特征在于，在进行套箱安装阶段的步骤二时，还要观察预制板块的标高和水平位置，根据观察结果调节第一精轧螺纹钢上的垫片和套筒的位置，将预制板块的高程偏差调整至 $\leq 5\text{mm}$ ，再利用径向设在桩孔的台阶面上的千斤顶调整预制底板的平面位置偏差至 $\leq 10\text{mm}$ 。