

# 在临海深厚块石区域搅拌桩止水帷的施工方法研究

## Research on the Construction Method of the Water-stop Curtain of the Stirring Pile in the Deep rock Area Near the Sea

杨宽 彭典华 曹孟

Kuan Yang Dianhua Peng Meng Cao

中冶集团武汉勘察研究院有限公司 中国·湖北 武汉 430000

MCC Group Wuhan Survey and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

**摘要:** 某沿海项目地基为填海造陆形成,地层上部为吹填砂(含块石层),下部为深厚淤泥,其中块石体积大,深基坑止水帷幕施工难度大。论文主要介绍在基坑支护工程施工过程中,连续成槽对上部砂层中含块石的处理及止水帷幕的施工,供类似工程参考。

**Abstract:** The foundation of a coastal project is formed by reclamation, the upper part of the stratum is filled with sand (including a rock layer), and the lower part is deep silt, the volume of the rock is large, and the construction of the water-stop curtain for the deep foundation pit is difficult. This paper mainly introduces the treatment of the block stone in the upper sand layer and the construction of the water-stop curtain during the construction of the foundation pit support project, which can be used as a reference for similar projects.

**关键词:** 沿海; 块石层; 深基坑; 止水帷幕; 填海造陆

**Keywords:** coastal; rock layer; deep foundation pit; water-stop curtain; land reclamation

**DOI:** 10.12346/etr.v4i3.5761

## 1 引言

随着中国的经济不断发展,科学技术的不断进步,人们对生活空间的要求越来越高,而实际上人们地上可利用的空间越来越小,很多沿海城市通过填海造陆或不断地挖掘地下空间来扩大生活空间,填海造陆一般是通过抛石形成U型护堤,再在U型护堤中间进行土石回填,回填完成后,地基上部地层往往含有大量块石,且分散不均匀<sup>[1]</sup>,给地下空间工程建设带来巨大挑战。例如,支护桩成桩过程中出现塌孔、三轴止水帷幕施工过程中无法穿透或卡钻等现象,论文中的项目位于沿海区域,场地原始地貌为滩涂,通过抛石形成U型护堤,由于海水浮力及浪击作用,部分块石产生移动,沿着滩涂地形分布且分散不均匀,部分抛石埋置较深,护堤形成后,在其中间进行吹填砂回填,场地回填完成后地势平

坦。抛石分散不均匀,地下空间工程建设难度大,论文以灌注桩+三轴搅拌桩+两道内支撑+被东区加固支护体系为案例,介绍基坑支护工程在填海区域遇到抛石的处理方法,供类似项目借鉴。

## 2 工程概况

基坑面积约2万m<sup>2</sup>,周长为590米,深度为15.5~17.5m,原始地形地貌属于浅海滩涂地貌,经填海造地平整而成,填海过程中主要采用抛石填海工艺,场地三面环海,场地回填完成后标高为3.0m,上部地层主要为吹填砂层,呈松散状态,强透水层,吹填砂层渗透系数为 $2.0 \times 10^{-2}$ cm/s左右,下部地层主要为质粉质黏土、粉砂。

地下水类型主要为存于吹填砂层、淤泥质粉质黏土、粉

【作者简介】杨宽(1989-),男,硕士,工程师,从事项目管理与地基基础研究。

砂中的孔隙型潜水，水位埋深较浅，主要受大气降水、海水补给，水位随季节变化，地下水径流较快，地下水排泄以径流为主，以蒸发为次。地下水位埋深在 2.70~3.50m，水位标高受海水潮汐位影响而变化。

论文主要采用灌注桩 + 搅拌桩止水帷幕 + 两道内支撑 + 桩前被动区加固的支护形式<sup>[2,3]</sup>，进行基坑支护施工过程中，为防止地下水渗入基坑内，在基坑支护桩外侧进行单排搅拌桩止水帷幕施工，搅拌桩相互搭接，在基坑支护桩外围形成一圈封闭性止水体系，但地层中含块石、抛石、卵石及建筑垃圾时，不采取相应措施将块石、抛石、卵石及建筑垃圾掏出，搅拌桩在该区域土层内施工难度大，介绍在临海深厚块石区域搅拌桩止水帷幕的施工方法，供类似工程参考。

### 3 止水帷幕方式选择

#### 3.1 止水帷幕施工难点

场地三面环海，地下水与海水连通，地下水径流较快，水源充足，并且吹填砂层（含抛填块石层）透水性极强，在基坑开挖前必须做好基坑止水帷幕，阻止地下水径向流动涌入基坑。目前常规的止水帷幕做法有 3 种方式，即深层水泥搅拌桩、高压旋喷止水桩和地下连续墙，主要的难点有：

①该地块由于三面环海，多级放坡空间不足，无法采用分层分级支护及处理。

②深层水泥搅拌桩，主要通过钻杆下钻、喷浆、搅拌，当遇到块石容易产生卡钻现象，因此必须采取适当措施将块石掏出，否则深层水泥搅拌桩施工工艺无法在该场地顺利实施。

③高压旋喷止水桩，水泥浆通过钻杆高压喷射来对四周土体进行切割而形成水泥柱状体，桩与桩之间相互切割搭接，最终形成连续的止水帷幕。但由于该块石层孔隙较大，会造成水泥浆的大量流失，很难形成水泥柱状体，从而起不到形成止水帷幕的功效<sup>[4]</sup>。

④若采用水泥挡土墙结构需进行深层水泥搅拌桩施工，难以穿越块石填土层；而桩和内支撑结构及地下连续墙和内支撑结构形式，在支护桩施工中采用常规工艺进行成桩 / 槽，难度很大，塌孔严重，工期较长，效率降低。

⑤场地内块石层分布不均匀，沿支护边线影响施工的长度约 80m，如果采用地下连续墙进行施工，成本过高。

#### 3.2 止水帷幕工艺的选择

综合分析该项目的特点与难点，结合项目成本、质量、安全、工期等情况，采用深层搅拌桩做止水帷幕，进行基坑支护施工过程中，防止地下水渗入基坑内，在基坑支护桩外

侧进行深层搅拌桩止水帷幕施工，深层搅拌桩采用搭接形式，在基坑支护桩外围形成一圈封闭性止水体系，在影响深层搅拌桩成桩区域，采取有效的措施将块石、抛石、卵石及建筑垃圾掏出，回填黏性土后再继续施工，从而确保止水帷幕的连续性、防渗性。

## 4 深层搅拌桩止水帷幕的施工

### 4.1 加固体施工

止水帷幕施工前需采用旋挖钻机引孔成槽将止水帷幕施工区域内的块石掏出处理，上部地层主要为吹填砂，结构松散，自稳性较差，并且受四周大海潮汐影响，为保证后续引孔施工的安全性及可行性，沿着基坑轴线方向，采用搅拌桩机对含块石层区域进行五排搅拌桩（如图 1 所示）加固处理，止水帷幕轴线位置布置一排搅拌桩，轴线两侧分别布置两排搅拌桩，第一排施工完成后，立即进行第二排施工，以此类推，依次施工至第五排完成，搅拌桩机搅拌深度至含块石层顶面即停止搅拌；搅拌桩施工过程中需相互搭接，有利于提高搅拌桩加固体的整体强度，从而有效避免旋挖钻机施工成槽过程中出现塌孔现象。

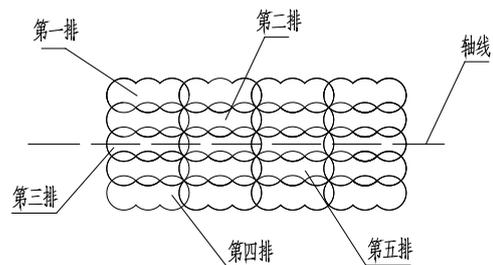


图 1 加固体布置示意图

### 4.2 引孔成槽及块石处理

待加固体搅拌桩强度达到 70% 以上，旋挖钻机引孔在已完成加固处理的搅拌桩加固体范围内沿着基坑支护方向进行引孔，引孔过程中将地层中的块石掏出，旋挖钻机引孔深度略大于止水帷幕的桩长，一般控制在 0.5m 范围内，目的是保证后期止水帷幕施工过程中不再受到含块石层的影响。旋挖钻机一次连续引孔完成的槽段的长度不宜超过 6m，待槽段完成后，将粘土或砂土回填到槽段内，回填过程中对粘土或砂土进行分层压实，间隔 6m 再进行第二个槽段施工（如图 2 所示），依次类推第三、第四等，具体连续成槽数量根据现场情况而定。

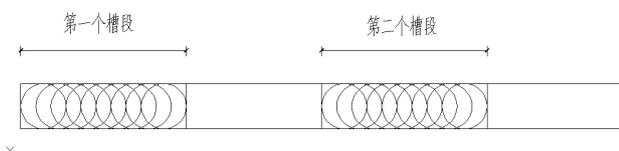


图2 引孔成槽示意图

### 4.3 止水帷幕施工

对已引孔成槽完成区域采用黏性土或砂土回填并分层压

实,达到压实度要求后依次进行已完成槽段及回填处理的止水帷幕施工,待止水帷幕强度达到70%以上,对两个槽段中间未施工区域进行引孔成槽。依次完成各槽段的止水桩施工,最终形成一圈完整的止水帷幕系统。

### 4.4 各槽段止水帷幕搭接处的处理

防止各槽段的止水帷幕形成冷缝,导致后期基坑开挖过程中出现渗漏现象,在各槽段交界区域补打一根高压旋喷桩做加强处理<sup>[5]</sup>。其中,图3为冷缝处理示意图。

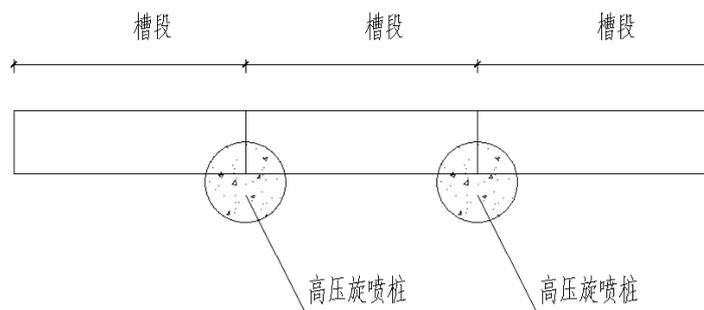


图3 冷缝处理示意图

## 5 结语

在沿海地区,抛石造陆,吹填砂层含块石的地层中,对抛石石及其赋存的地下水的处理是基坑设计和施工的关键,论文提出了在临海深厚块石区域搅拌桩止水帷幕的施工方法,可以有效地解决了搅拌桩无法在含有块石的土层施工问题,对类似的地层基坑设计及施工具有较好的推广价值。

### 参考文献

[1] 周俊龙,徐新成,石怡安.填海造陆工程中大型护岸结构施工技术

研究[J].天津建设科技,2020,30(3):34-37.

[2] GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[3] JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[4] 李云华.块石淤泥地层深基坑支护设计与施工实践[J].广东土木与建筑,2019,26(7):60-62.

[5] 厚慧敏,梁仁旺.基坑工程中的水泥搅拌桩止水帷幕及其冷缝处理[J].山西建筑,2012,38(4):73.