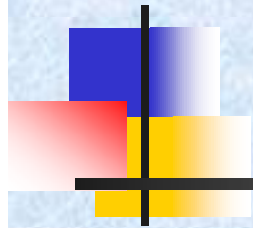


# 长螺旋旋喷搅拌水泥土帷幕桩技术研究与应用



Research and Application of Technology on Curtain Piles  
of Long Spiral Rotary Jetting and Mixing Soil-cement

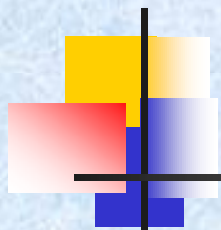
---

何世鸣 李 江 孙更元 贾城 杨敏 程金霞

(He Shi-ming, Li Jiang, Sun Geng-yuan, Jia Cheng, Yang Min, Cheng Jin-xia)

(北京建材地质工程公司 北京 100102)

(Being Building Material Geological Engineering Company)



# 1.摘要

---

北京市建委及水务局联合发布了《北京市建设工程施工降水管理办法》（京建科教〔2007〕1158号），自2008年3月1日起实施，文中要求“建设单位或者施工单位应当采用连续墙、护坡桩+桩间旋喷桩、水泥土桩+型钢等帷幕隔水方法，隔断地下水进入施工区域。”

**Abstract:** “Regulation of Debased Water in Construction Project in Beijing” is executed from March 1, 2008 published by Beijing Construction Commission and Beijing Water Authority. It requires that the development units or the construction units should adopt the water-seal curtain including succession wall, supporting piles clamped by rotary jetting piles, soil-cement piles embedded profile steel and so on to keep the ground off the construction field.






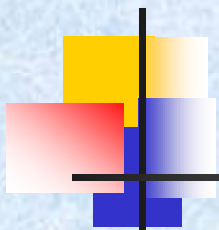


## 摘要

---

长螺旋旋喷搅拌桩工艺结合了长螺旋穿透较硬地层的能力，旋喷桩与已施护坡桩结合紧密以及搅拌桩有效控制桩径节省水泥的优点，做到了“三合一”，尤其适用于北京等硬土地层在已施护坡桩之间做帷幕，克服砂卵石等硬地层比其它方法在技术可靠、施工高效、安全文明、经济环保四方面有明显优势。并总结了十个工程实例。 **The long spiral rotary jetting and mixing technology can have some advantages over drilling the hard soil, integrating the jetting piles with the constructed supporting piles closely and controlling the proper pile diameters. The technology is applied in the curtain construction between the supporting piles especially in the hard soil.**





【关键词】 长螺旋旋喷搅拌桩 水泥土桩  
止(隔)水帷幕 硬土地层

**Key Words:** long spiral rotary jetting and  
mixing pile, soil-cement pile, water-seal  
curtain, hard soil






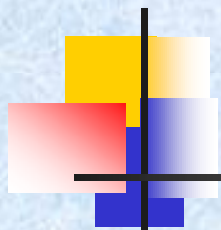


## 2.前言

---

众所周知，水泥土搅拌桩由于其施工简便、成本低廉，而被广泛应用于软土地基处理、基坑支护及止水帷幕等领域，但搅拌桩在现有设备条件下施工象北京这样较硬土层，受到极大限制，可概括为“搅不动”。单纯旋喷桩，无论单管双管三管在现有设备条件下施工较硬土层，同样受到这样或那样的限制，可概括为“喷不动”。例如北京某工程采用了在每两根钢筋混凝土护坡桩(桩中心间距1.6m)之间设置两根直径600mm的单管旋喷水泥土桩，基坑开挖后，观测止水效果并不理想，而且个别旋喷水泥土桩垂直度也未能达到设计要求。地下连续墙造价较高，不为大多数投资商接受。水泥土桩+型钢帷幕隔水方法在北京地区仍只是处于试验阶段，大型三轴五轴搅拌机遇到沙卵石等硬土层，就显力不从心。





## 2.前言

---

为此人们开始积极地改进方法，采用复合的方式解决问题便应运而生。经查专利技术，公开号**CN1078519**专利公开了“钻孔注浆成桩法及钻具旋喷装置”（**92106176.5**）采用了在长螺旋钻具上设置旋喷装置的方法，扩大了旋喷和长螺旋两种工艺的适用范围。公开号**CN2223653**专利公开了“喷搅注浆处理地基装置”（**95216200.8**），提供了一种用深层搅拌法和高压喷射法相结合的喷浆处理地基装置，以达到增大地基面积、增大承载力的目的。








## 2.前言

---

公开号CN1504613专利公开了“防水桩挡墙的成型方法及其使用的螺旋钻机”，其防水桩挡墙的成型方法，包括以下步骤：（1）用螺旋钻机钻孔，钻到设计的旋喷深度时，开动泥浆泵，调整水泥浆喷嘴的喷射压力和螺旋钻钻杆的钻进速度，使水泥浆喷嘴旋喷水泥浆，形成扩孔护壁；（2）待钻孔达到设计的钻孔深度时，使钻杆停止转动，此时一边提升钻杆，一边压灌混凝土，混凝土压灌到设计高度时，形成混凝土桩；（3）根据设计的需要按上述步骤依次成桩，形成防水挡墙。





## 2.前言

---

另一种防水桩挡墙的成型方法，其包括以下步骤：（1）用螺旋钻机钻孔；（2）待钻孔达到设计的钻孔深度时，使钻具停止转动，调整喷嘴的方向、钻具的提升速度和喷嘴压力，此时一边提升钻具，一边压灌混凝土，同时定喷水泥浆，定喷到设计高度后，定喷停止，混凝土压灌到设计高度时，移开钻具，将钢筋笼插入桩孔内的混凝土中至钻孔底部，形成钢筋混凝土桩；（3）根据设计的需要按上述步骤依次成桩，形成防水挡墙。



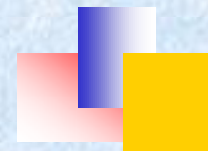




### 3已有专利技术存在的不足

---

专利“钻孔注浆成桩法及钻具旋喷装置”（92106176.5）主要用于形成扩大头；“喷搅注浆处理地基装置”（95216200.8），主要用于地基处理，提高承载力。“防水桩挡墙的成型方法及其使用的螺旋钻机”（02153752.6），其中防水桩挡墙的成型方法主要用于在制作钢筋混凝土护坡桩的同时利用旋喷定喷形成防水挡墙。现就“防水桩挡墙的成型方法”存在的不足进行分析。





## 3已有专利技术存在的不足

---

**3.1 可行性差：**以北京地区直径800mm护坡桩支护体系为例，桩间距一般1.5~1.6m常用，桩间净距为0.7~0.8m，采用上述任何一种旋喷方法，其喷射半径至少要达到0.4~0.45m才可保证形成连接好的“防水挡墙”，保证止水效果，但是从北京地区基坑开挖来看，还没有一个成功的实例。换言之，该方法在大部分情况下，要形成可靠的“防水挡墙”，距离实践还有一段距离。

**3.2 施工参数不匹配：**采用边压灌混凝土边旋喷提升钻具，两者之间需要一个合适的匹配参数，否则只能保证其中一项的正常效果，如果保证压灌混凝土连续（其泵量固定），喷射的效果则保证不了，反之亦然。要保证喷射的效果，则压灌混凝土连续就有困难。

**3.3 水泥用量偏大：**因该工法实质是以旋喷为主的工法，水泥用量偏大，以直径600mm钻头旋喷桩为例，每米水泥用量达200~350kg。





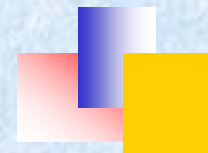


## 4 改进发明内容

---

为了克服前述专利技术的不足,作者发明了本长螺旋旋喷搅拌水泥土桩施工方法,提高了止水帷幕的可靠性。

该长螺旋旋喷搅拌水泥土帷幕桩主要是针对在已施护坡桩之间止水用,既要可靠,还要省钱;再则保证施工速度快,现场文明。采用长螺旋钻机较普通的搅拌桩机,旋喷桩机大的多的,强大动力和扭矩穿透较硬土层。帷幕桩径可根据护坡桩间距选定。其中旋喷搅拌钻具外径通常可选0.4, 0.6, 0.8。





## 4 改进发明内容

---

要保证止水效果可靠，就必须保证帷幕桩与护坡桩之间紧密结合，(1)首先，从桩位上保证，帷幕桩位于两护坡桩之间或稍偏后（外）一些，（譬如5-10cm），保证帷幕桩中心距护坡桩中心不大于45cm，帷幕桩稍偏后一些，有一点好处，即是护坡桩间土在承受土压力产生变形同时，能紧靠护坡桩，使得帷幕桩与护坡桩结合的更紧密，止水效果更好。(2)限制帷幕桩与护坡桩中心距目的是保证旋喷或定喷的半径限制在一个可靠的范围内，保证旋喷或定喷时能有效的切削、翻搅这部分土保证其均匀，达到不留“缝隙”的目的。





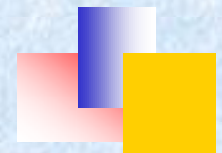


## 4 改进发明内容

---

(3)同时在施工参数上，予以保证：下钻时即采用固定速度进行旋喷，到底后上升时再以固定速度进行旋喷或定喷。(4)引孔：事先松动土层，即保证桩位准确，同时增加喷射可靠性，减小搅拌的阻力，还可事先探明地下障碍，清除或绕避。

要比“防水桩挡墙”施工方法省钱，关键是省水泥，，“防水桩挡墙”改进技术后核心是长螺旋置换后旋喷，首先需要把全孔的土排出，留下的孔需全部用水泥浆包括留下孔壁上的土混合物填充，水泥用量偏大。





## 4 改进发明内容

---

为此要省水泥，孔内的土不宜全部置换，本发明旋喷搅拌桩即使以旋喷和搅拌复合的方式形成水泥土帷幕桩，大部分土自然在孔内，通过旋喷搅拌使之均匀；用水泥量小，根据现场试验，以钻具外径 $\Phi 600\text{mm}$ ，帷幕桩外径同样达到 $\Phi 800\text{mm}$ 以上，可节约水泥50%！

要保证施工速度快，钻头上除了侧面对称设置2-6个喷嘴外，在底部设置一个或多个喷嘴，提高其切削，翻搅的能力，较硬土层也可快速钻进，大大减小其搅拌下钻的阻力。







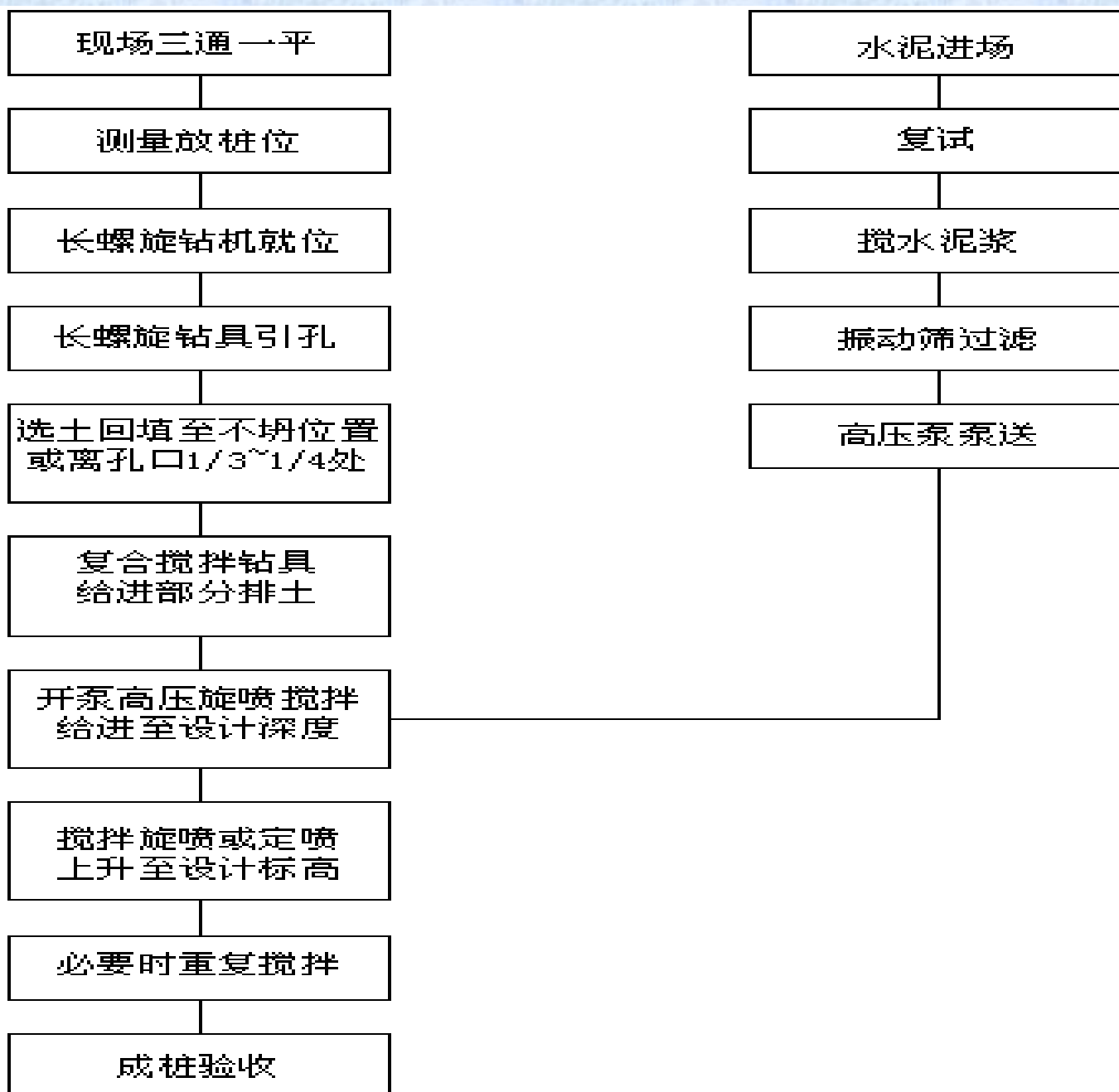
## 4 改进发明内容

---

保证现场文明施工，孔口少返浆，采用了部分长螺旋钻杆与搅拌钻具复合的钻具，进行了孔内部分取土，保证了孔口少返浆或不返浆。该复合钻具的特征是上部 $1/4 \sim 1/3$ 是长螺旋钻杆，可将孔内的土部分排出，或全长采用光杆。下部为搅拌钻具，其钻头除了在侧面（用螺旋叶片包住）对称设置2-6个喷嘴外，尚在底中设置一个或多个喷嘴，其喷嘴体与腔体采用过盈结合，或将喷嘴体加热后打入，冷却后形成密闭。为避免灌注桩已形成的“大肚子”造成帷幕桩施工困难或封水不严，可将喷嘴设计为成 $120 \sim 150$ 度角，形成异型定喷桩。

其基本施工工艺流程如下：

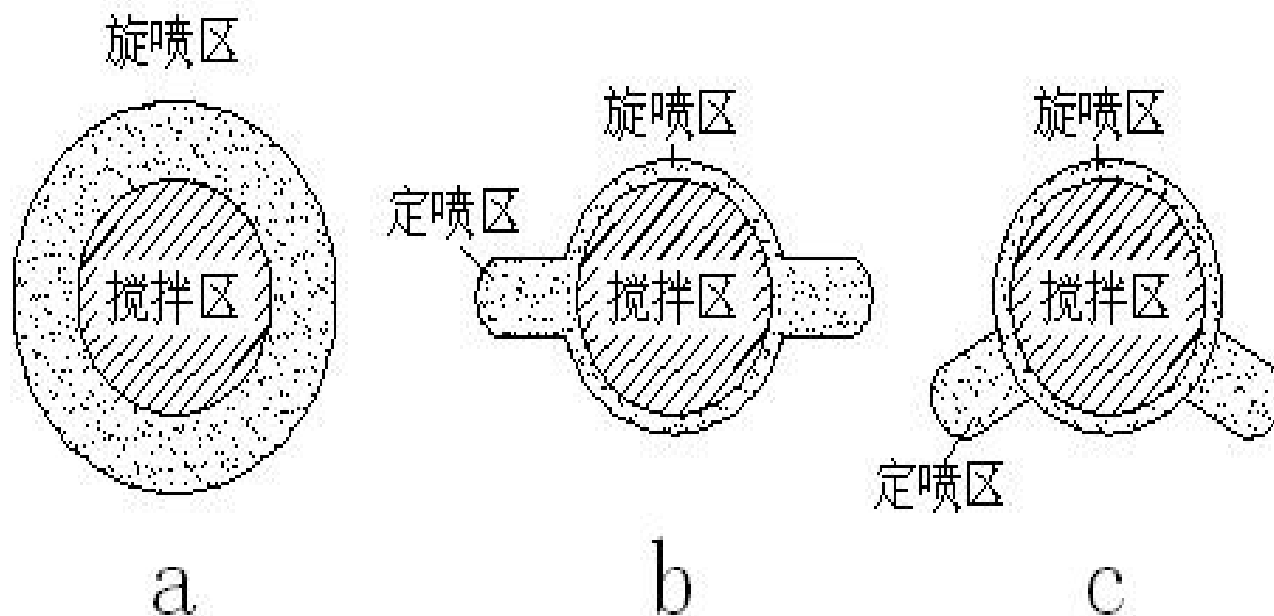






## 5、水泥土固结体的几何形状及帷幕类型

根据不同的操作工艺施工可以形成三种不同形状的水泥土固结体，如图2：





## 5、水泥土固结体的几何形状及帷幕类型

长螺旋喷搅形成水泥土固结体的有效直径主要取决于：①土的类别及其密实程度；②喷射参数（包括泵压与流量、喷嘴个数、喷嘴直径、喷搅施工时的钻进和提升速度、喷搅施工时的钻头旋转速度、复喷搅次数）；③操作工艺；④引孔半径。

工程施工时，需要根据工程特点及技术要求，选择合适的桩型及桩的有效直径，并通过现场试验确定与之匹配的施工参数。

根据长螺旋喷搅水泥土桩桩型的不同、帷幕组成方式的不同及桩体布置形式的不同，长螺旋喷搅水泥土桩帷幕可具有多种类型，如下表1：





名称	水平断面简图	组成与特点
一字搭接		交叉成孔，先施工喷搅水泥土桩后施工护坡桩，两者相互搭接形成帷幕
交错搭接		交叉成孔，先施工护坡桩后施工喷搅水泥土桩，两者相互搭接形成帷幕，其刚度较一字排列的大
喷搅水泥土桩中插型钢		在喷搅水泥土桩尚未凝固时插入承力工字钢，即可止水又能挡土，限用于浅基坑
复合土钉墙		用插入一定深度的喷搅桩和复合土钉墙构成挡土截水墙
栅格		通过栅格桩布置喷搅水泥土桩，起到挡土截水的目的，限用于浅基坑





## 6、已施工程实例举例

---

### 例一：北京大学留学生公寓楼基坑工程

基坑深大部为13.2m，局部最深为15.8m。1—3号楼基坑西侧(距既有五栋六层住宅楼最近5m)支护形式为上部2m为土钉墙支护，下部为桩锚支护，桩直径800mm，桩间距1.6m。护坡桩间采用长螺旋旋喷搅拌水泥土桩帷幕止水，桩径大于900mm，桩长15.5m，共83根。







## 6、已施工程实例举例

---

### 例二：中航技大厦(凯迪克大酒店)基坑工程

地下3层，地上11层，框架剪力墙结构，基础埋深-16.0m。南侧为现状凯迪克大酒店，拟建物与凯迪克大酒店相接，凯迪克大酒店23层，地下2层，基础埋深-10.27m。两者高差5.73m。为保证地下车库施工及凯迪克大酒店安全，基坑开挖时进行边坡支护并做止水帷幕。帷幕采用了该专利技术。止水帷幕长度：南侧长100m；止水帷幕底部标高：深入基础底部2m（-18.0m）；止水帷幕顶部标高：帽梁底部：（-10.5m）。共施工71根。





## 6、已施工程实例举例

---

### 例三：廊坊管道中学宿舍楼基坑支护工程

地上8层，地下一层，剪力墙结构，筏板基础。基底埋深建筑标高为-6.85m，坑深为6.1m。宿舍楼基础边距南侧临建房墙边1.05m。地下稳定水位-2m。本工程基坑西侧和南侧拟采用桩锚支护，桩径600mm，桩间距1.1m。护坡桩间施工长螺旋旋喷搅拌桩止水帷幕，桩径大于900mm，桩长分别为10.1m、11.5m和12m。共98根。








## 6、已施工程实例举例

---

### 例四：北京顺义西单商场扩建工程

地上6层，地下2层，采用筏板基础，框架结构。基础平面约呈长方形，南北轴线长68.7m，东西宽27.6m。基坑深9~11m。既有顺义西单商场上部结构为6层，基础埋深-2.5m和-3.5m，结构型式为框架结构，基础型式为条形基础。与该基坑紧临。桩位置在两颗护坡桩心的正中。

按照现场的实际情况，在110#~135#桩（相邻建筑物为原西单商场扩建工程一期），水泥土止水帷幕桩引孔直径600mm，水泥土桩有效直径不小于800mm。在136#~156#桩（相邻建筑物为原西单商场，条形基础），止水帷幕水泥土桩引孔直径450mm，水泥土桩有效直径不小于800mm。桩间距：AB段1100mm，BC段1200mm；桩数：43根（每2根护坡桩中间布置1根帷幕桩）；桩长：AB段9.7m、BC段12.8m，进入基坑基础下长度不小于3.8m..





## 6、已施工程实例举例

---

### 例五：北京以太广场基坑工程

以太广场工程位于北京市朝阳区光华路7号。为框架结构，高度91.5-99.4m，地上15-19层，地下4层，基础埋深-20.90m。地表下10~20m为沙卵石地层。上部2~3m为土钉墙支护。下部为桩锚支护。设计护坡桩直径为800mm，桩间距1.5~1.6m，桩长22.5m。锚杆五道。帷幕桩设于护坡桩之间偏后10cm，桩径大于900mm，桩长20m。共布帷幕桩346根。





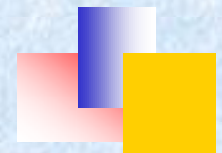


## 6、已施工程实例举例

---

### 例六：北京协和医院门急诊楼基坑工程

基坑深20m，采用上部4~7m土钉墙支护，下部桩锚支护方式。西侧为1:0.6土钉墙支护，墙后单独做一排帷幕桩。其余三侧在护坡桩间设帷幕桩。帷幕桩长分别为20m和16.65m；桩径1000mm。共布帷幕桩516根。其中埋深13.50m~20.50m为沙卵石地层，N63.5>30。冬季施工





## 6、已施工程实例举例

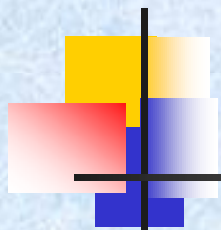
---

### 例七：清华同方广场二期科技楼基坑工程

基坑深15.2m，南侧采用上部2m砖墙下部桩锚支护方案。桩径800mm，桩间距1.6m。基坑东侧采用上部8m土钉墙支护下部桩锚支护方案。西侧和北侧采用1:0.3复合土钉墙支护方案。基坑边距南侧两栋六层居民楼分别为7.2m和11.2m。桩间布长螺旋旋喷搅拌帷幕桩，桩长15.5m,桩径1000mm，共88根。







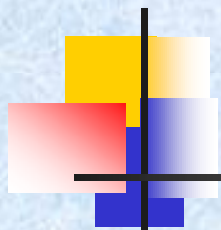
## 6、已施工程实例举例

---

### 例八：中国人民大学国学馆基坑工程

基坑深10m，上部3m土钉墙支护，下部桩锚支护，桩径600mm，间距1.2m。护坡桩间布设帷幕桩，桩径不小于900mm。共布桩400根。其中埋深-3.5m～-5.5m为细砂，含水较丰富。





## 6、已施工程实例举例

---

### 例九：山东滕州九州清晏住宅小区基坑工程

基坑深9m~14m，大部采用桩锚支护，局部采用放坡，在基坑外单独做一排止水帷幕桩。护坡桩直径600mm，桩间距1.2m。在护坡桩之间布帷幕桩，采用旋喷与定喷结合工艺。共布设3000根。







## 6、已施工程实例举例

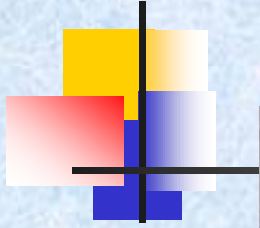
---

### 例十：云南省军区机关二期经济适用住房基坑工程

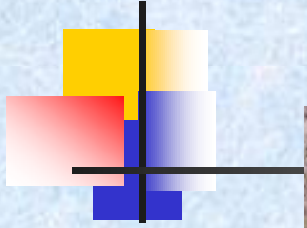
云南省军区机关二期经济适用住房位于昆明市环城东路与白塔路延长线交叉位置。拟建的地块建筑工程为功能齐备、环境较好的大型高级商住社区。总建筑面积86758 m<sup>2</sup>，其中地上建筑面积70471 m<sup>2</sup>，地下建筑面积16287 m<sup>2</sup>。建筑规划以高层商住楼为主，一栋为19层，框架剪力墙结构，位置靠环城东路，一栋为33层，框架剪力墙结构，位置靠场地西北角，其余地段为二层建筑，通设2层地下室。主要含水层及强透水层为第③层圆砾，水量较大；稳定的地下水位在现地面下0.60~2.60m。第③层圆砾层厚达10.00 m。基坑深9m，护坡桩直径600mm，间距为1.1m，桩长20.5m，钢筋笼长18.5m，帷幕桩位于护坡桩之间，直径大于800mm，桩间距1.1m，桩长20.5m。



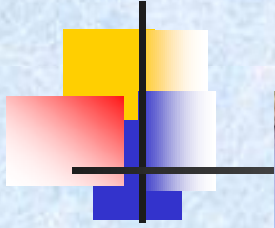




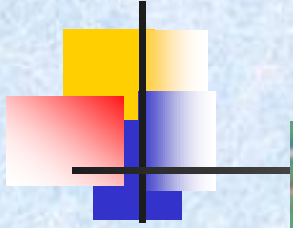








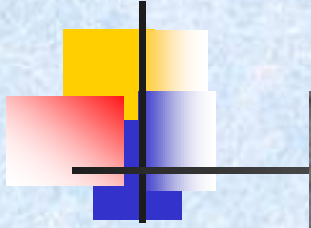




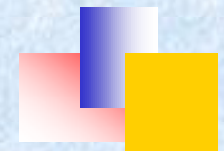
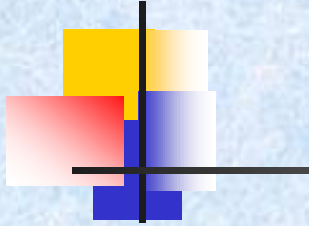








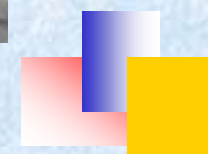
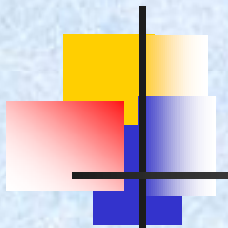




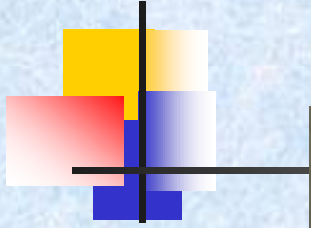


























证书号第1194100号



## 实用新型专利证书

实用新型名称：长螺旋旋喷搅拌桩复合钻具

发 明 人：何世鸣;周与诚;孙根岩;李江;田震远;张明中;王之军;贾斌;杨敏;杜高恒;陈辉;  
李长生;司呈庆;曹凤学;王建明;黄鑫峰;洪伟;程金霞

专 利 号：ZL 2008 2 0108775.0

专 利 申 请 日：2008年6月23日

专 利 权 人：何世鸣

授 权 公 告 日：2009年3月25日

本实用新型经过本局依照中华人民共和国专利法进行初步审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。缴纳本专利年费的期限是每年6月23日前一个月内。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普





证书号第395622号



## 发明专利证书

发明名称：一种水泥土桩

发明人：何世鸣；胡云平；俞春林；汪本辉；邢涛；张宝河；  
任攀；贾城；周与斌；王建明

专利号：ZL 2005 1 0082950.4

专利申请日：2005年7月7日

专利权人：何世鸣

授权公告日：2008年5月7日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。缴纳本专利年费的期限是每年07月07日前一个月内。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况，专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普



证书号第824219号



## 实用新型专利证书

实用新型名称：新型异型水泥土桩

设计人：何世鸣;李江;田震远;张明中;王之军;陈辉;李长生;曹凤学;冯成勇;刘志刚;  
贾城;司呈庆;周与诚;王建明

专利号：ZL 2005 2 0112664.3

专利申请日：2005年7月7日

专利权人：北京建材地质工程公司;中非地质工程勘察研究院;北京城建科技促进会

授权公告日：2006年10月4日

本实用新型经过本局依照中华人民共和国专利法进行初步审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。缴纳本专利年费的期限是每年7月7日前一个月内。未按规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普



2006年10月4日





证书号 第778793号



## 实用新型专利证书

实用新型名称：劲芯水泥土组合桩及输送装置

设计人：何世鸣;陈正国;田震远;周与诚;李江;张明中;陈辉;王之军;朱世平;李长生;  
贾城;王树军;司刚平;王建明

专利号：ZL 2004 2 0116299.9

专利申请日：2004年12月29日

专利权人：北京建材地质工程公司;中非地质工程勘察研究院;北京城建科技促进会

授权公告日：2006年5月3日

本实用新型经过本局依照中华人民共和国专利法进行初步审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。缴纳本专利年费的期限是每年12月29日前一个月内。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普





北京建材地质工程公司