

# 旋挖钻机多功能设计与应用探讨

秦爱国

(玉柴重工(常州)有限公司,江苏常州 213167)

**摘要:**论述了旋挖钻机多功能应用的必要性、多功能设计思路及方案,并对各功能配置及应用做了介绍。通过旋挖钻机的多功能设计,可大大拓展旋挖钻机的使用范围,降低用户设备购置成本,提高成孔质量,满足环保要求。

**关键词:**旋挖钻机;多功能;模块化设计

**中图分类号:** P634.3<sup>+</sup>1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-7428(2013)05-0048-06

**Discussion on Design of Multi-functional Rotary Drilling Rig and the Application/QIN Ai-guo** (Yuchai Heavy industry (Changzhou) Co., Ltd., Changzhou Jiangsu 213167, China)

**Abstract:** The necessity of multifunctional application of rotary drilling rig, the multifunctional design ideas and the schemes are discussed; each function configuration and the application are introduced. By the multifunctional design of rotary drilling rig, the use of rotary drilling rig can be greatly expanded, the purchase cost can be reduced and the quality of the bore-forming can be improved to meet the requirements of environmental protection.

**Key words:** rotary drilling rig; multi-functional; modular design

## 0 引言

以青藏铁路建设为契机,国产旋挖钻机取得了惊人的发展,目前已成为我国灌注桩基础施工的主要设备。

由于前几年旋挖钻机市场需求旺盛,产品供不应求,各制造商忙于上产量,对旋挖钻机工法和适用性研究较少,大多数厂家的旋挖钻机只配置伸缩式钻杆加钻斗进行一般土层钻进,钻进时采用泥浆护壁,少数厂家在强风化岩和中风化岩钻进方面取得了一些经验。

地质状况的多样性决定了施工工法的多样性与施工机具的多样性与多功能性,国内这种功能单一的旋挖钻机不适应桩基础施工中千差万别的地质状况和多种工法需求,在特殊地层,如回填土层、多溶洞石灰岩地层、厚砂卵石层、有地下河地层、有地下滑移层地层、不准泥浆护壁的建筑物附近、硬岩层、深孔等情况下作业还经验甚少。市场形势好时(如前几年高铁建设如火如荼时,灌注桩工程量巨大,采用静浆护壁的一般土层钻进的绝对量也大),钻机还能卖得出去,一旦市场工程量减少,这种功能单一的旋挖钻机由于应用面窄便出现销量急剧萎缩的局面。而且随着国家对成孔质量、成本以及环保的要求进一步提高,必将对旋挖钻机等桩工机械的应用提出更高的要求。所以如何从设计上使旋挖钻机能

够适应不同地层与工法、钻出高质量桩孔、满足环保要求就显得很有意义。

另外,桩工机械家族中除了旋挖钻机还有多功能桩架、反循环钻机、连续墙抓斗等,分别适用于不同的地层与工法,如果从设计上使旋挖钻机也具有这些设备的全部或部分功能必将大大拓展旋挖钻机的使用范围。

国外知名旋挖钻机厂家,如宝峨、土力等,其产品大都具有多功能装置接口及相关配置。

本文在借鉴国外钻机的基础上并结合国内具体情况,就如何实现旋挖钻机的多功能设计与应用进行初步探讨。

## 1 设计思路及方案

采用模块化设计方法,即以旋挖钻机主体结构为主体模块,在主体模块上设置各功能模块接口,钻机主体通过接口与不同功能模块相互组合,达到实现不同功能的目的。经初步研究,通过模块化设计,旋挖钻机可实现以下功能:

- (1) 常规旋挖作业;
- (2) 配置钢护筒驱动装置下护筒;
- (3) 配置搓管机进行全护筒作业;
- (4) 配置长螺旋进行 CFA 作业;
- (5) 配置特殊钻具进行反循环入岩钻进;

收稿日期:2013-01-23; 修回日期:2013-03-18

作者简介:秦爱国(1971-),男(汉族),河北灵寿人,玉柴重工(常州)有限公司研究院结构件室主任、工程师,矿业机械专业,从事桩工机械研制工作,江苏省常州市武进高新区常武南路 505 号, qag1028@126.com。

- (6) 配置双动力头进行中掘工法作业;
- (7) 挂装挤扩支盘成型机进行支盘桩施工;
- (8) 挂装液压扩底钻头进行扩底桩施工;
- (9) 挂装连续墙抓斗工作装置进行地下连续墙成槽施工。

钻机主体模块如图1所示,由可展宽履带底盘、回转上车、主卷扬、变幅机构、副卷扬、加压机构、桅杆、滑轮架、动力头等组成。

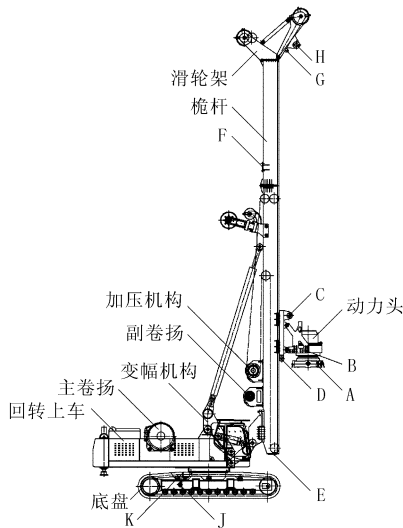


图1 钻机主体结构外形图

主体模块的设计与单一功能旋挖钻机不同,为满足上述多功能要求,主体模块上应设计以下接口:

- (1) 动力头下方设计护筒驱动器,该护筒驱动器不仅可与钢护筒相连,还可以与可拆式压盘、长螺旋钻具、反循环用旋转气室相连接(图1中A);
- (2) 动力头箱体上设计卷管器连接接口(图1中B);
- (3) 动力头滑轮架上端设计与动滑轮的连接接口(图1中C),下端设计与另一动力头相连的接口(图1中D);
- (4) 桅杆下部设计液压支腿、长螺旋导向架及钢护筒导向架连接接口(图1中E),桅杆中部设计连续墙抓斗用卷管器连接接口(图1中F);
- (5) 吊锚架上设计钢丝绳固定端口(图1中G)和油管导轮的连接接口(图1中H);
- (6) 底盘上设计搓管机安装接口(图1中J),行走装置油路上设置液压胶管过渡板(图1中K);
- (7) 液压主、辅阀应各多设置一联备用。

另外通过增设接口与模块,旋挖钻机还可以挂装振动锤、冲击锤,不过振动锤、冲击锤工作时的冲击振动对钻机的伤害太大,不建议加装。

采用模块化设计,可以使钻机很方便地扩充其它功能,实现一机多用,用户在拥有钻机主体的基础上再花少量的钱购买相应工法配置和功能模块即可实现相应功能,降低用户设备购置成本;对钻机制造商来说由于产品使用范围扩大,必将增加产品销量,取得良好的经济效益。

常规旋挖作业配置只需在主体模块上增加可拆式压盘、伸缩式摩擦(或机锁)钻杆、土钻头(或土螺旋钻头、嵌岩钻头、嵌岩螺旋钻头)即可实现,这里不再赘述,下面只介绍多功能配置及应用。

## 2 旋挖钻机多功能配置及应用

### 2.1 钢护筒驱动配置及应用

#### 2.1.1 钢护筒驱动配置

在主体模块基础上增加以下模块可实现钢护筒驱动工法(如图2):伸缩式摩擦(或机锁)钻杆;旋挖钻具(土钻头、短螺旋钻头等);连接花筒、护筒、护筒鞋。

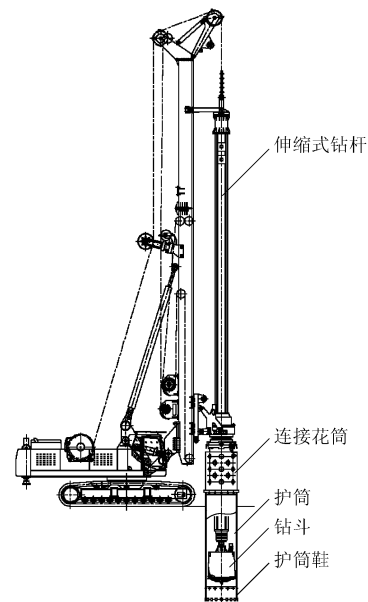


图2 钢护筒驱动配置外形图

#### 2.1.2 钢护筒驱动应用

钢护筒驱动装置在回填土层、浅层砂卵石层、多溶洞石灰岩层等易坍塌地层及不准泥浆护壁的建筑附近可以发挥其明显优势。作业时动力头通过驱动盘、连接盘、连接花筒将扭矩传给钢护筒、护筒鞋,使钢护筒、护筒鞋产生旋转运动,同时旋挖钻机加压装置下压对护筒、护筒鞋进行加压,这样边旋转边下压使护筒钻入地层。钢护筒钻入与旋挖取土交替进行,保证了在回填土层、浅层沙卵石层、多溶洞石灰岩层中钻进时不塌孔、不漏水、不浪费混凝土。

如果不需要下护筒时,只需将花筒卸下,换上可拆式压盘即可用于常规钻进。

## 2.2 旋挖钻机配置搓管机及其应用

### 2.2.1 功能配置

该功能配置如图3所示,在钻机主体基础上增加以下模块:(1)伸缩式钻杆;(2)旋挖钻具(土钻斗、短螺旋钻头)或冲抓斗;(3)可拆式压盘(接于动力头下方);(4)搓管机(如图4所示)。

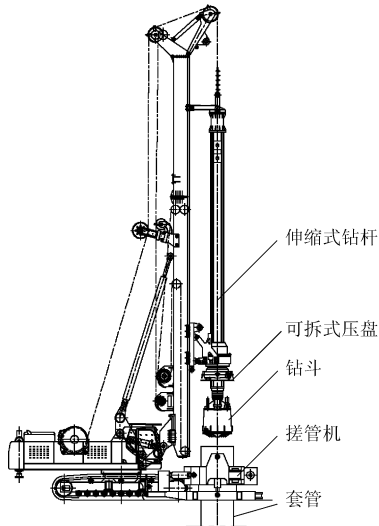


图3 搓管机配置外形图

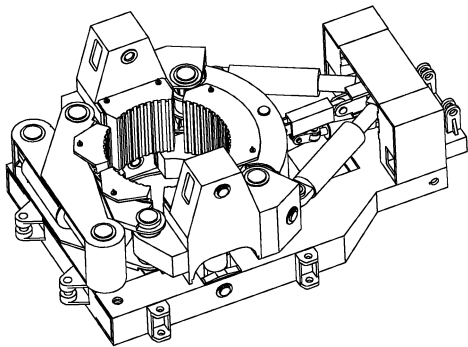


图4 搓管机外形图

搓管机与钻机底盘上安装接口相接,动力借用钻机动力,由于行走装置油路上设置有液压胶管过渡板,使用时将行走马达油管卸下,接上搓管机油管即可。

### 2.2.2 应用

钢护筒驱动配置由于受到动力头扭矩和加压力、起拔力限制,所下护筒直径与深度都有限。而旋挖钻机与搓管机配合使用,由于搓管机可实现较大扭矩、加压力和起拔力,所下护筒直径和深度都大得多,甚至可以实现全护筒施工。施工时搓管机搓入套管与旋挖取土交替进行,直至达到设计孔深,成孔

过程无泥浆、不塌孔,更环保,更安全,桩孔规则,无泥皮和沉渣,混凝土用量可准确控制,浇注质量高,桩承载力高。

## 2.3 长螺旋配置及应用

### 2.3.1 系统配置

旋挖钻机亦可配置长螺旋钻具进行长螺旋连续钻进管内泵压注浆成桩(CFA)施工。该系统要求钻机在主体模块的基础上增加以下模块:动滑轮、桅杆支腿油缸、钻杆导向架、混凝土输送弯管、长螺旋钻杆加长节(可选)、内部带混凝土管的空心螺旋钻杆、长螺旋钻头等(如图5所示)。

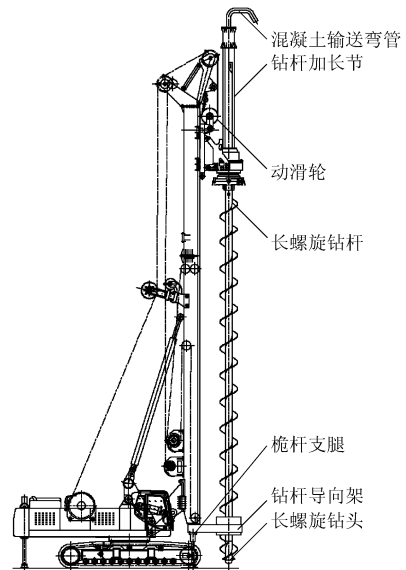


图5 长螺旋配置外形图

该系统应用时要求将动力头与加压机构脱开,动力头与钻具全部由主卷扬钢丝绳通过动滑轮悬吊,工作时靠工作装置自重及螺旋钻具自身旋入力进尺。

### 2.3.2 应用

CFA工法工艺过程为:(1)长螺旋钻孔至预定深度;(2)将混凝土通过钻杆内腔压注至孔底,边灌混凝土边提升钻杆,直至混凝土灌满整个桩孔;(3)将钢筋笼压入或振入混凝土中。

CFA工法钻进与输土同时进行,效率很高,在钻小孔( $\varnothing 400 \sim 800$  mm)、浅孔( $< 30$  m)时有着不可替代的优势。施工时采用干式回转钻进,无需泥浆循环,避免了废浆污染,既简化了钻掘设备和工艺,也有利于环境保护,施工成本低,无振动、无噪声、无污染、满足相关法律法规的要求,适用于环境质量要求较高的城市桩基础施工。

## 2.4 气举反循环入岩钻进配置及应用

### 2.4.1 系统配置

在钻机主体基础上增加以下配置可实现气举反循环入岩钻进(如图 6 所示):(1)旋转气室(接于动力头下方);(2)伸缩式钻杆;(3)输气管;(4)空压机;(5)反循环入岩钻斗。

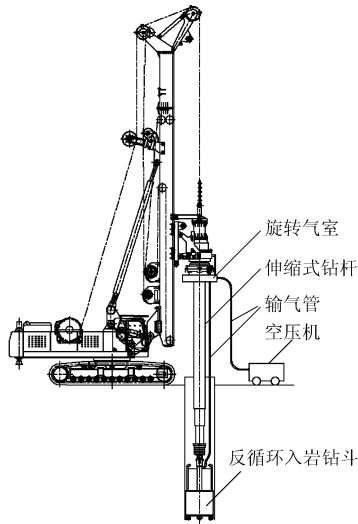


图 6 反循环配置外形图

该系统对于钻机的要求是需设计一旋转气室(气龙头)接在动力头下方,作为输气管道旋转部分与非旋转部分的转换部件。该气室与动力头连接接口尽量与钢护筒驱动装置接口一致,以方便实现各模块之间互换。

### 2.4.2 应用

该钻进系统是旋挖钻机与气举反循环钻进工艺的组合,在钻斗一个钻进循环内可实现连续排渣。该钻进方式实现的关键在于反循环入岩钻斗(见图 7),该钻斗分为上下两部分,下部为牙轮筒钻,上部为容渣斗,在筒壁上设有进气管与排渣管。钻进时

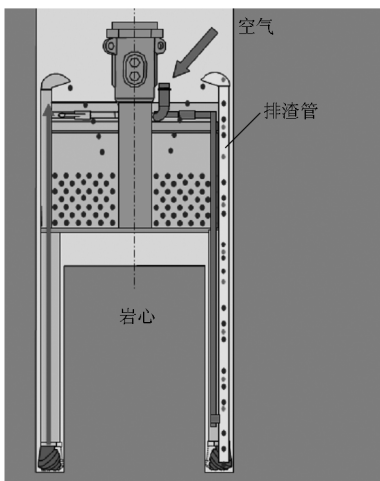


图 7 反循环入岩钻斗及排渣示意图

孔底破碎下来的岩屑在压缩空气的携带下进入容渣斗。待容渣斗装满渣土后,将钻斗提出并卸渣,孔内余下的柱状岩心用十字形岩心钻头或嵌岩锥形短螺旋钻头进行破碎后再用捞砂斗捞出。在有节理发育的地层,岩心亦可被整块取出。

气举反循环入岩钻进系统在岩石单轴抗压强度达 40~200 MPa 时仍能有效钻进,常常成为嵌岩桩施工时最后几米入硬岩的最佳解决方案。

## 2.5 中掘工法配置及应用

### 2.5.1 系统配置及工作原理

该钻进系统要求配置如下(如图 8 所示):(1)动滑轮;(2)混凝土输送弯管;(3)下动力头;(4)出渣接头;(5)钢护筒;(6)内部带混凝土管的空心螺旋钻杆;(7)桅杆支腿;(8)护筒导向架;(9)长螺旋钻头。

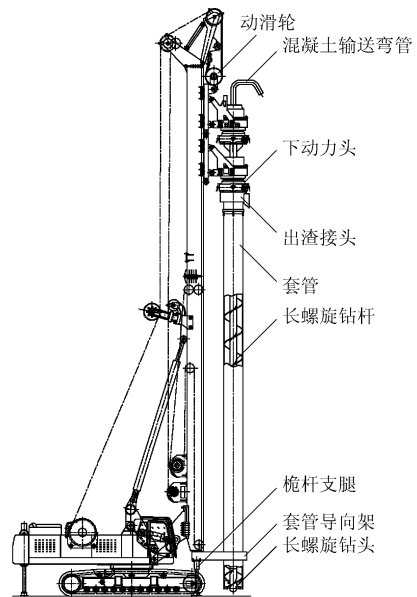


图 8 中掘工法配置外形图

该钻进系统要求在原动力头下方再安装一个动力头,两动力头通过连杆联为一体,工作时上动力头驱动长螺旋钻具进行顺时针旋转钻进,下动力头驱动钢护筒进行逆时针旋转钻进。全部工作装置重力由主卷扬钢丝绳通过动滑轮悬吊,工作时靠工作装置自重进尺。

### 2.5.2 应用

中掘工法在已有高大建筑物旁边施工时优势明显。由于受到原有建筑物的压力,钻孔时孔壁所受压力是不均匀的,极易塌孔,更危险的是可能对原建筑物基础造成影响。此系统在钻进时套管始终跟进,起到了稳定原有建筑物基础的作用,而且没泥浆污染,无振动冲击,无噪声,是一种非常环保的施工方式。

### 2.6 挂装挤扩支盘成型机或扩底钻头

#### 2.6.1 配置

除钻机主体外,另需:(1)卷管器;(2)摩擦式伸缩钻杆;(3)液压胶管(长度根据孔深定);(4)挤扩支盘成型机或扩底钻头。如图 9 所示。

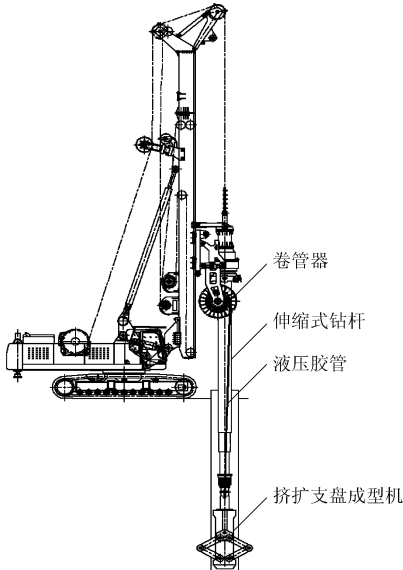


图 9 挂装挤扩支盘成型机示意图

实现这两种工法的关键在于在动力头下方设置卷管器,用于缠绕液压胶管,该液压胶管将液压动力输送给孔内的挤扩支盘成型机的挤扩油缸或扩底钻头的展开油缸进行工作,油路可以从辅阀备用联接出,也可以借用不同时工作的其它油路,如展宽油缸油路。

#### 2.6.2 应用

挤扩支盘桩技术是 20 世纪 90 年代发展起来的一种新型桩基技术。挤扩支盘桩是在原普通灌注桩基础上增加承力盘或承力分支而成,图 10 为普通桩与挤扩支盘桩的对比,由于增加了承力盘,挤扩支盘桩单方承载力是普通灌注桩的 2 倍以上。由于单桩

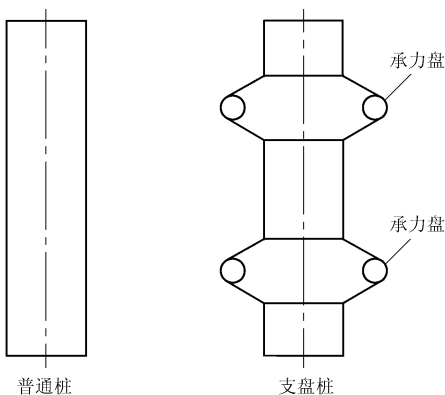


图 10 普通桩与支盘桩对比示意图

的承载力大,在荷载相同的情况下,可比普通灌注桩缩短桩长、减小桩径或者减少桩数,乃至减小承台尺寸,因此能节省投资、缩短工期,通常可以节约基础费用约 20%,缩短工期 25% 左右。

同样桩径下,扩底桩比普通桩提高承载力 30%~50%,在相同承载力的情况下,可比普通灌注桩减小桩径或者减少桩数,因此能节省投资、缩短工期,

因此在桩基础设计中越来越多地使用扩底桩。近年来液压式扩底钻头的应用日益广泛,因此旋挖钻机应具有相应配置以方便施工。

### 2.7 挂装连续墙抓斗工作装置

#### 2.7.1 配置

在钻机主体基础上配置以下模块可实现连续墙成槽施工:(1)油管导轮;(2)液压胶管(长度根据槽深定);(3)卷管器;(4)摩擦式伸缩钻杆(缩短型);(5)连续墙抓斗工作装置(导向架和抓斗)。如图 11 所示。

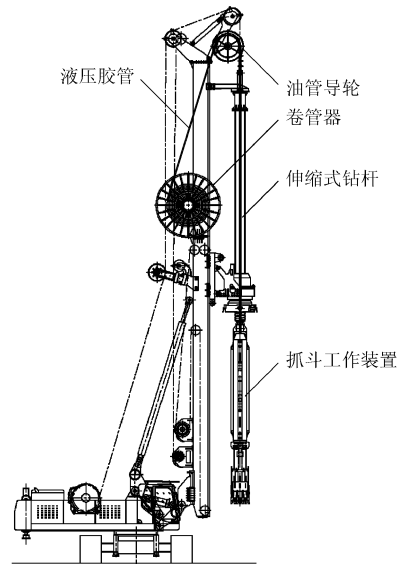


图 11 挂装连续墙抓斗示意图

实现该功能的关键在于在桅杆中部设置卷管器,用于缠绕随工作装置进入槽内的液压胶管。该胶管用于给抓斗工作装置油缸输送液压油,该油路从主阀备用联接出。卷管器采用液压马达驱动,马达油路来源于辅阀备用联。在工作装置下放时胶管被动下放,在工作装置提升时,卷管器自动反转,缠绕胶管。

本配置钻杆与抓斗工作装置刚性连接,且有动力头与随动架对钻杆进行导向,相对于常规连续墙设备的柔性连接,更容易保证成槽垂直度,可以省却常规抓斗的纠偏装置。

### 2.7.2 应用

地下连续墙技术广泛应用于地铁、高层建筑地下室、地下停车场及水利建设中作为承重、挡土、防渗、截流之用。采用模块化设计,旋挖钻机可方便的改装为连续墙抓斗,也就是说用户拥有一台旋挖钻机,再投入较少资金购置连续墙抓斗工作装置,便可承揽连续墙的施工,节约用户成本,扩大产品使用范围。

### 3 结语

地质状况的多样性以及随着国家对桩基础施工的质量、成本控制、环保要求的进一步提高,必将对桩工机械,尤其是旋挖钻机的应用提出更高要求,但目前国内市场上的旋挖钻机大都功能单一,不适应千差万别的地质状况和多种工法需求,成孔质量不高,有污染,用户可选余地小,设备应用面窄,限制了旋挖钻机的进一步发展和制造商利润的进一步提高。如果能实现旋挖钻机的多功能设计与应用必将使上述状况有所改观。

采用模块化设计方法可实现旋挖钻机的多功能应用,模块化设计的关键在于各功能接口的设计。

钻机主体通过功能接口与不同功能模块相组合,达到了实现多功能的目的。

通过本文的探讨,说明旋挖钻机的多功能设计与应用是可行的。通过旋挖钻机的多功能设计,可大大拓展旋挖钻机的使用范围,降低用户设备购置成本,提高成孔质量,满足环保要求,促进我国旋挖钻机技术的进一步发展。

### 参考文献:

- [1] 黎中银,焦生杰,吴方晓.旋挖钻机与施工技术[M].北京:人民交通出版社,2010.
- [2] 王景祥.旋挖钻机及其施工工法[J].建筑机械,2010,(8)(上半月刊).
- [3] 宋刚.全回转套管施工工艺拓展研究及应用[J].建筑机械,2010,(7)(上半月刊).
- [4] 周红军.旋挖钻进技术适用性的初步研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8).
- [5] 周红军,蒋国盛,张金昌.国产旋挖钻机市场现状分析及发展建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8).
- [6] 王三牛,李洪,宋刚,等.多功能旋挖钻机长螺旋钻具的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5).
- [7] 王毅斌,王振志,秦爱国.挤扩支盘成型机及其应用[J].探矿工程,2000,(1).

## 江苏页岩气可采资源量约 1.55 万亿 $m^3$

《中国矿业报》消息(2013-05-14) 江苏省页岩气资源勘查开发工作专家咨询组日前成立,包括4名中科院院士在内的10位国内知名专家受聘。与此同时,江苏省“页岩气勘查开发利用专项规划(2013~2018年)”及“页岩气资源调查评价2013年度工作计划”也启动编制。这意味着江苏省勘探开发页岩气正式起步。

据国土资源部调查,江苏10万 $km^2$ 的地表之下,分布有3套可形成页岩气的黑色泥页岩层系,是难得的能源宝藏。业内人士分析指出,以江苏为主的下扬子地区与四川、重庆等所在的上扬子地区,处于同一个构造板块,具有一致的发展演化历史和基本相同的沉积层序,江苏的页岩气甲烷含量超过90%,品质优于美国。

目前,江苏已被确定为全国页岩气勘探开发的五大优选

地区之一,可采资源量约有1.55万亿 $m^3$ ;页岩气勘探开发有利区面积5.07万 $km^2$ ,占全省面积的一半,在各省(区、市)中排列第6位。最近,中石化在句容、黄桥等地钻井试验,找到了良好的气苗。“国内外勘探实践证明,页岩气的富集程度在埋藏1500~4000m之间最好,江苏发现的浅部气苗仅是‘冰山一角’。”江苏省能源局有关人士说。

据介绍,按江苏省政府的要求,江苏省页岩气勘探有限公司已注册成立,接下来将与南京大学等单位合作,向国土资源部门申请勘探资质,及早启动勘查工作。江苏省初步拟定20条勘查路线,主要分布在南京幕府山、六合、汤山等地,钻进深度在2000m左右。目前,中石化与英国石油公司合作,初步选择黄桥老区1000 $km^2$ 为页岩气合作意向区块。

## 广西印发方案 确定2013年找矿突破目标

《中国国土资源报》消息(2013-05-06) 广西壮族自治区国土资源厅印发《2013年度广西找矿突破战略行动实施方案》明确,年内要新增资源量稀土30万t、铝土矿6000万t、锰矿2000万t。

方案明确,2013年启动30片以上国家级整装勘查区或自治区重点勘查区地质工作,完成和正在实施的基础地质调查面积达全区国土面积的50%以上;继续实施南丹县大厂矿山密集区深部锡多金属矿战略性勘查、凤山县金牙金矿接替资源勘查等项目钻探施工,启动天等县天等锰矿、河池五圩

锑多金属矿接替资源勘查等国家资金安排项目勘查工作;继续申报国家资金新开项目,启动第二期矿山接替资源潜力评价工作;继续实施自治区财政安排的岑溪佛子冲铅锌矿外围,南丹县大厂拉么、茶山、五一等矿山外围勘查;鼓励和引导矿山企业自筹资金开展矿山深部勘查工作。

据悉,为保障地质找矿实现新突破,广西厅出台了健全组织管理体系、加强组织领导,努力筹措资金,加强对财政出资项目实施监督管理,加强探矿权监督管理,发挥地勘行业主管局作用等五大举措。