

# 紧邻地铁基坑支护工程设计

王建华<sup>1</sup>, 吴厚信<sup>2</sup>, 周宏益<sup>3</sup>, 左新明<sup>4</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 广东省地质建设工程勘察院, 广东 广州 510080; 3. 广东省物料实验检测中心, 广东 广州 510080; 4. 河北省地矿局国土资源勘查中心, 河北 石家庄 050081)

**摘要:**紧邻地铁基坑支护必须确保地铁运营的安全, 具有难度大、支护安全储备高的特点。结合广州市林和村改建项目 A 地块临近地铁基坑支护工程实例, 通过三维数值分析计算, 基坑位移、稳定性均可满足设计要求。并对薄弱点进行加强监测。最后通过实测值复核计算值, 实测值基本控制在计算值范围内。

**关键词:**深基坑工程; 基坑支护; 内支撑支护

中图分类号: TU473.2 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2011)11-0071-05

**Design of Foundation Pit Support Project Close to the Subway/WANG Jian-hua<sup>1</sup>, WU Hou-xin<sup>2</sup>, ZHOU Hong-yi<sup>3</sup>, ZUO Xin-ming<sup>4</sup>** (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. Guangdong Geological Engineering Investigation Institute, Guangzhou Guangdong 510080, China; 3. Guangdong Province Material Testing Center, Guangzhou Guangdong 510080, China; 4. The Center of Land and Recourse Exploration, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

**Abstract:** The safety of subway operation must be ensured in the construction of foundation pit support project close to the subway with great difficulty and high safety margin. This paper describes an engineering practice of foundation pit support close to the subway, by the three-dimensional numerical analysis, the displacement and stability of the excavation met the design requirement and the weak points were mainly monitored. According to the check calculation on measured values, the measured values were controlled in the range of calculated values.

**Key words:** deep foundation pit project; foundation pit support; inside bracing

## 0 引言

20 多年来, 随着我国国民经济建设速度的发展, 国内 20 多座城市先后发展轨道交通建设, 城市化建设进程加快。由于城市各种工程的施工进度不一, 使紧邻地铁各种基坑支护工程随之增加, 紧邻地铁基坑的情况多种多样。地铁与基坑的时间分布关系主要有基坑开挖时地铁已建、在建和规划等 3 种情况; 地铁与基坑的空间分布关系主要有: 基坑紧邻地铁(含正在运营)一侧或两侧、紧邻地铁的上方或下方等。紧邻地铁的基坑支护工程的周边环境和地质情况也十分不一, 对基坑支护工程的影响十分大。考虑到紧邻地铁基坑的特殊性, 支护设计常见的支护类型有地下连续墙加内支撑、支护桩加内撑和桩加梁托换技术等。

本文根据广州市林和村改建项目 A 地块临近地铁基坑支护工程的实例说明紧邻地铁基坑支护工程的技术要求、设计、围护结构的分析、计算和实测、施工、监测的结果, 通过支护结构所发挥的关键性作用、计算及实测值的对比分析, 从而肯定紧邻地铁基

坑支护工程的设计方案。

## 1 工程概况

拟建场地 A 区位于广州市林和村改造地块(自编号 A1 和 A2)。拟建回迁住宅 6 栋, 地上 49 层, 地下 2 层,  $\pm 0.000$  m 相当于绝对高程 16.60 m, 地面绝对高程 15.50 m, 计入地下室底板和垫层厚度后, A1 区基坑开挖深度约 8.30 m, A2 区基坑开挖深度约 7.90 m。

### 1.1 A1 区基坑周边环境

东面: 地下室边线距地铁一号线区间 10.20 m; 相应范围地铁隧道顶标高约为 5.175 m(城建高程), 底标高约为 -1.405 m(城建高程);

南面: 待建 B 区, 现为一空地, 设计的基坑也存在紧邻地铁基坑支护工程的问题;

西面: 地下室边线距建国酒店大厦地下室边线(建国酒店 11 层, 地下室 2 层)约 14.0 m;

北侧: 西段地下室边线距帝苑大酒店建筑边线最小距离约 22.0 m。

收稿日期: 2011-07-21; 修回日期: 2011-11-06

作者简介: 王建华(1963-), 男(汉族), 河北邢台人, 中国地质科学院勘探技术研究所高级工程师, 勘察技术与施工管理专业, 从事勘探技术研究工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, tkgew@163.com。

## 1.2 A2区基坑周边环境

东面:地下室边线距道路边线约8.0 m;

南面:待建B区,设计的基坑也存在紧邻地铁基坑支护工程的问题;

西面:地下室边线距地铁一号线区间9.40 m,相应范围地铁隧道顶标高约为4.954 m(城建高程),底标高约为-1.626 m(城建高程);

北侧:西段地下室边线距站东路边线最小距离约5.50 m。

现场区红线范围内有旧地下管线分布,红线范围外基坑东侧、西侧、北侧都有地下管线分布,但初步判定对基坑开挖和锚索施工影响不大。基坑开挖前应对管线分布做详细查明,对旧地下管线进行拆移。场地周边环境条件复杂程度为中等。

## 2 地质情况

### 2.1 地形地貌及环境条件

场地原地貌单元属剥蚀残丘地貌。现地势平坦,各钻孔孔口相对高程介于13.21~15.62 m之间,最大高差2.40 m。

### 2.2 地层结构及其工程地质特征

根据现场钻探结果,基坑开挖范围内的岩土层按成因类型自上而下分别为填土层( $Q^m$ )、残积层( $Q^{el}$ )以及白垩系( $K_{2d}$ )泥质砂岩带。分述如下。

#### (1) 填土层( $Q^m$ )

①<sub>1</sub>杂填土,杂色,主要由砣块、砖头、碎~块石等建筑垃圾组成,地下水位以下呈饱和状态。该层普遍分布。层厚2.00~4.60 m,平均2.99 m。

#### (2) 残积层( $Q^{el}$ )

泥质砂岩残积土主要为粉质粘土,呈可塑~硬塑状。场地内残积土层厚度变化较大,依据塑性状态,划分为可塑状粉质粘土②<sub>1</sub>层和硬塑状粉质粘土②<sub>2</sub>层。

②<sub>1</sub>粉质粘土,棕红色,稍湿,可塑,局部硬塑,为泥质砂岩风化残积而成。层厚1.80~12.50 m,平均3.60 m。顶面埋深2.00~4.60 m,平均2.99 m;顶面标高9.00~13.44 m,平均11.45 m。修正击数 $N=11.5$ 击。

②<sub>2</sub>粉质粘土,褐色,稍湿,硬塑,局部可塑。主要由粘粒组成,为泥质砂岩风化残积而成。层厚1.30~9.90 m,平均5.38 m。顶面埋深2.60~13.80 m,平均6.26 m。修正击数 $N=13.8$ 击。

#### (3) 基岩(K)

该场地下伏基岩主要为白垩系上统大塿山组

( $K_2d$ )泥质砂岩夹砂砾岩。基坑开挖范围内按其风化程度划分为全风化和强风化岩带。

③<sub>1</sub>全风化泥质砂岩带,褐色,岩心呈坚硬土状。揭露厚度1.30~10.00 m,平均3.21 m。作标准贯入试验31次,经杆长修正后平均锤击数 $N=26.0$ 击。

③<sub>2</sub>强风化泥质砂岩带,棕红色,岩石风化强烈,岩心呈半岩半土状。揭露厚度0.50~7.70 m,平均2.93 m。经杆长修正后锤击数 $N=36.4\sim49.4$ 击,平均42.1击。

## 3 支护设计方案

A1区:根据现场钻探结果,基坑开挖范围内自上而下分别为填土层( $Q^m$ )、残积层( $Q^{el}$ )粉质粘土以及基岩全~强风化泥质砂岩。基坑开挖深度为8.30 m,开挖范围内地质条件基本良好,基坑东侧有已建地铁一号线区间通过。根据周边环境情况、地质情况及基坑开挖深度,基坑东侧基坑支护结构采用 $\varnothing 1000@1150$ 旋挖灌注桩加一道内支撑支护。顶部小放坡,坡面喷砼 $\varnothing 8@200\times 200$ ,厚100 mm。南侧采用自然放坡支护方案,西侧及北侧采用加强型土钉墙支护方案。

A2区:根据现场钻探结果,基坑开挖范围内自上而下分别为填土层( $Q^m$ )、残积层( $Q^{el}$ )粉质粘土以及基岩全~微风化泥质砂岩、砾砂岩。基坑开挖深度为7.90 m,开挖范围内地质条件基本良好,基坑西侧有已建地铁一号线区间通过。根据周边环境情况、地质情况及基坑开挖深度,基坑支护结构采用 $\varnothing 1000@1150$ 、 $L=9000\sim 13000$  mm旋挖灌注桩加一道内支撑支护。桩后侧设 $\varnothing 550@400$ 、 $L=7000\sim 9000$  mm深层搅拌桩止水。

基坑支护设计如图1~3所示。

## 4 围护结构的分析、计算和实测

### 4.1 三维模型建立

三维模型建立的顺序是:基坑平面界定→支护桩、内支撑和立柱的平面布置→定义区段剖面(开挖深度、岩土物理力学参数和支撑点高程)→定义边界条件→协同计算。其中,基坑支护岩土参数取值见表1。

### 4.2 基坑设计要点

(1)必须采用有效的止水帷幕;

(2)支护桩旋挖桩必须具有足够的嵌固段,桩嵌固段入坑底不少于3 m,若坑底遇微风化时应不

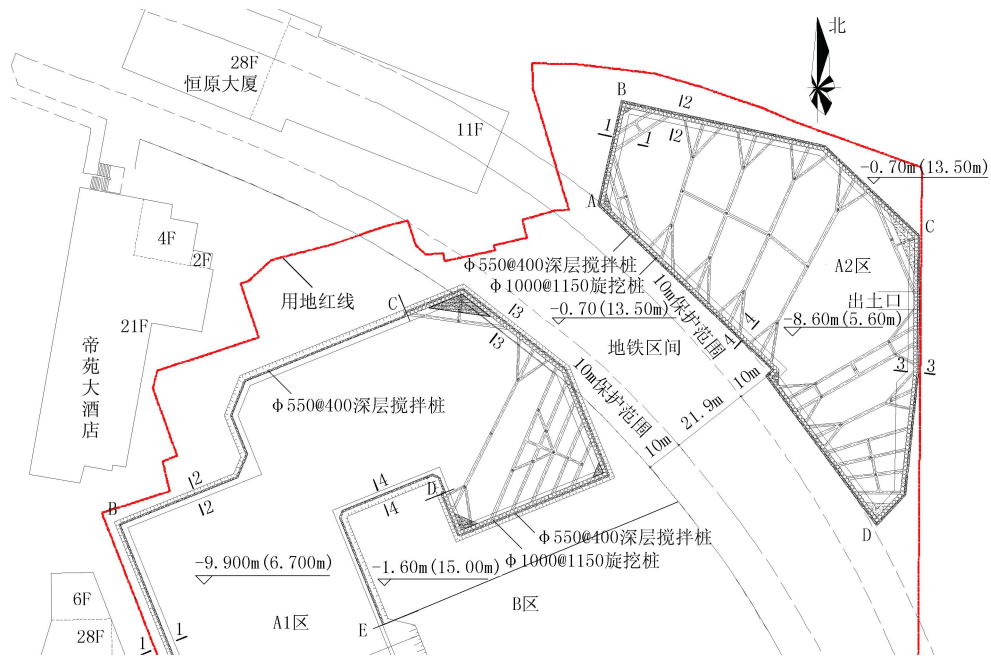


图1 基坑支护总平面图

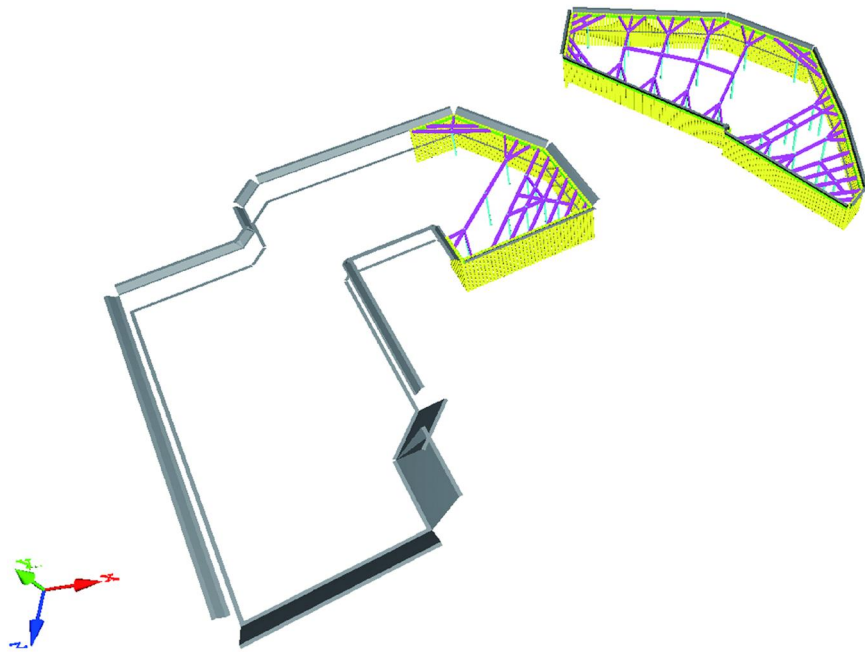


图2 基坑支护三维模拟图

表1 各土层物理力学性质指标

层号	岩土名称	状态	重度 $\gamma$ ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	直接快剪	
				粘聚力 $c$ ( $\text{kPa}$ )	内摩擦角 $\varphi$ ( $^\circ$ )
① <sub>1</sub>	杂填土(Q <sup>ml</sup> )	松散	18.0	10.0	10.0
② <sub>1</sub>	粉质粘土(Q <sup>cl</sup> )	可塑	19.6	22.36	14.2
② <sub>2</sub>	粉质粘土(Q <sup>cl</sup> )	硬塑	19.8	21.10	14.8
③ <sub>1</sub>	泥质砂岩(K <sub>2</sub> d)	全风化	21.0	30.0	25.0
③ <sub>2</sub>	泥质砂岩(K <sub>2</sub> d)	强风化	22.0	50.0	30.0
③ <sub>3</sub>	泥质砂岩(K <sub>2</sub> d)	中风化	23.0		
③ <sub>4</sub>	泥质砂岩夹砾岩(K <sub>2</sub> d)	微风化	24.0		

少于 2 m;

(3) 为确保基坑安全, 确定内支撑的横向间距为 4~6 m, 截面尺寸 800 mm × 800 mm, 混凝土等级 C30, 配筋后内支撑轴力  $\leq 6000$  kN, 且支撑点高程布置需满足换撑要求;

(4) 立柱需避开工程桩、剪力墙、柱布置;

(5) 安全等级为一级, 基坑桩顶位移控制值  $s \leq 30$  mm, 支锚水平刚度系数  $k_T$  和土的水平抗力系数的比例系数  $m$  是控制基坑水平位移的关键参数。

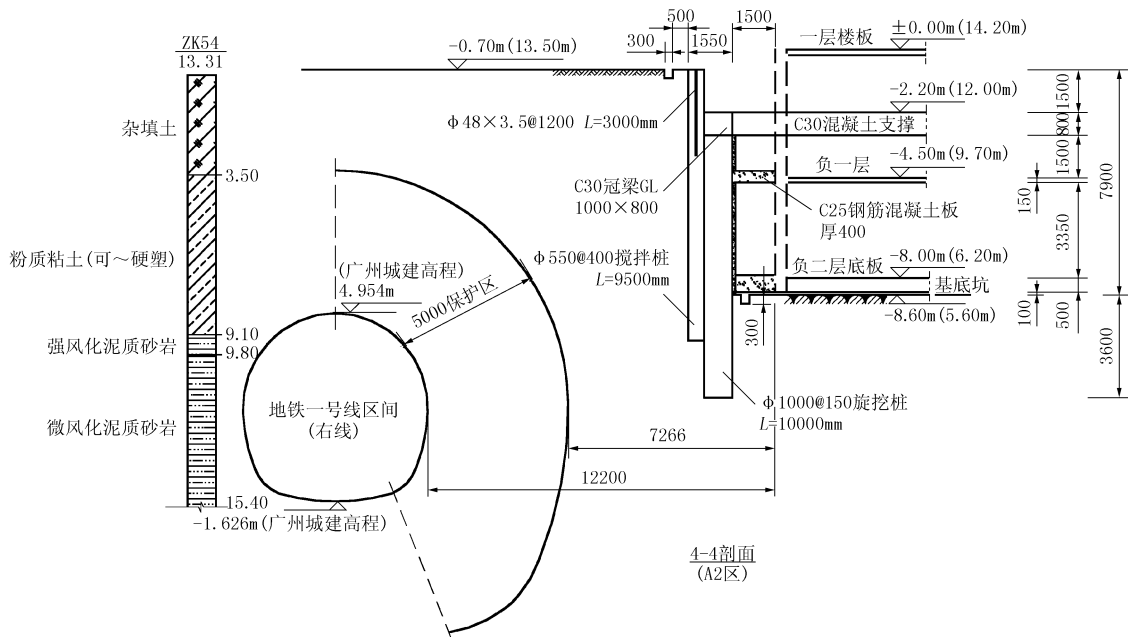


图3 基坑支护内支撑典型剖面图

### 4.3 基坑设计计算结果

基坑内支撑部位整体位移值4~17.75 mm, A1区计算最大位移分别位于基坑北侧大板角撑处和长对撑处,最大位移达17.75 mm; A2区最大位移同样分别位于基坑东侧大板角撑处和长对撑处,最大位移达15.20 mm,均略大于实测值。A1区计算最大内支撑轴力位于北侧大板角撑处,最大内支撑轴力达1800 kN; A2区计算最大内支撑轴力位于东侧大板角撑处,最大内支撑轴力达2100 kN。均略大于实测值(见图4、图5和表2)。基坑完成后的实景见图6。

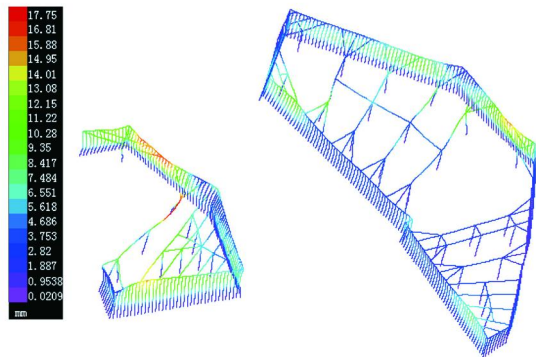


图4 基坑支护计算内支撑整体位移图

表2 基坑围护结构最大位移处计算值和实测值对比

测点位置	位移		桩顶最大位移/mm		内支撑轴力/kN	
	测点	测点	计算值	实测值	计算值	实测值
A1区3-3剖面	WY10	YLJ3	17.75	10	1800	1546
	WY13	YLJ6	14.20	10	900	950
A2区2-2剖面	WY26	YLJ21	15.20	7	2100	1585

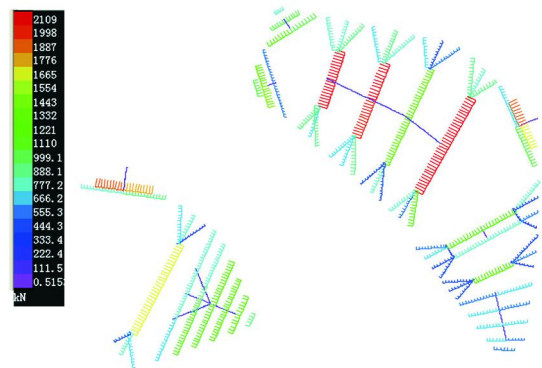


图5 基坑支护计算内支撑轴力图

### 5 结论

(1) 基坑支护 A1 区: 基坑开挖深度为 8.30 m, 开挖范围内地质条件基本良好, 基坑东侧有已建地铁一号线区间通过。根据周边环境情况、地质情况及基坑开挖深度, 基坑东侧采用旋挖灌注桩 + 一道内支撑支护方案, 南侧采用自然放坡支护方案, 西侧及北侧采用加强型土钉墙支护方案。

基坑支护 A2 区: 基坑开挖深度为 7.90 m, 开挖范围内地质条件基本良好, 基坑西侧有已建地铁一号线区间通过。根据周边环境情况、地质情况及基坑开挖深度, 基坑采用旋挖灌注桩 + 一道内支撑支护方案。

设计方案是合理、可行和安全的。

(2) 基坑支护设计的各项技术要求和措施均合乎政策法规、规范、地铁保护办的规定和要求。



图6 基坑完成后实景图

(3) 钢筋混凝土角、对撑受力均衡,支撑设计截面混凝土角撑轴力最大 6000 kN,大于计算值 2100 kN,有足够的储备。

(4) 地铁一号线隧道左、右线日运营100多万

人次,运营正常,人员安全。

(5) 紧邻地铁的基坑支护工程基坑支护设计采用桩+一道内支撑支护方案施工工艺,可在旧城区、紧邻地铁周围又有天然地基民宅和较多地下管线施工时推广和运用。

#### 参考文献:

- [1] [美]H·F·温特科思.基础工程手册[M].方晓阳,钱鸿绍,叶书麟,等译.北京:中国建筑工业出版社,1983.
- [2] 曾国熙.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.
- [3] 沈杰.地基基础设计手册.上海:上海科学技术出版社,1988.
- [4] 史佩栋.实用桩基工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [5] 杨春,赵慎中,宋珪.近地铁结构地连墙施工技术可行性分析与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):56-58.
- [6] 司呈庆,刘新伟.复杂边界条件下的基坑支护[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12):58-60,70.
- [7] 黄举松,谭金娥,李志明.边界环境复杂条件下基坑支护施工技术分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11):42-45.
- [8] 隆威,郑克清,王雅琼,等.土钉和桩锚在长沙华韵城市海岸基坑支护中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):36-38,42.
- [9] 杨生彬,刘志伟.深基坑复合支护技术三维数值模拟研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(11):32-34.
- [10] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [11] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].

## 阿特拉斯·科普柯移动动力部管理团队集体亮相,关注亚太区市场

本刊讯 2011年11月23~24日,阿特拉斯·科普柯移动动力部在中国上海余山艾美酒店举行亚太区客户活动及媒体见面会,旨在通过对整个业务部门的产品线和未来发展计划的全方位介绍,以及对近期一些整个集团重大举措的宣布,如不久前在无锡破土动工的阿特拉斯·科普柯新工厂,赢得更多潜在客户关注和信任。

2011年7月,随着移动空气部为客户提供产品的范围不断扩大,阿特拉斯·科普柯建筑技术业务领域决定将移动空气部更名为移动动力部,该名称将更准确地体现该部门的产品范围,便于客户理解。移动动力部将专注于五大“支柱”领域,即气、电、光、水以及二手设备,每个领域都包括一系列的产品,即移动式压缩机、移动式发电机组、移动式照明灯车、水泵以及二手设备。

会议期间,阿特拉斯·科普柯移动动力部总裁 Geert Follens 先生等高层就该部门未来发展方向及业务部署回答了记者的提问,Geert Follens 先生表示,“我们长期看好中国市

场,并十分愿意为中国分享我们的领先技术,将产品战略由本地化生产的产品战略转向本地化设计,为中国建筑市场注入新的活力。阿特拉斯·科普柯在无锡投资建立的新工厂就是一个非常好的案例。”

阿特拉斯·科普柯在产品研发上的不断加强以及对于中国市场的更多资金投入,一方面体现出中国乃至亚洲市场对于压缩机及动力产品不断提升的需求,同时也是阿特拉斯·科普柯对于本土客户长期承诺的有力佐证。近期阿特拉斯·科普柯推出的“超级龙”系列柴油机/电机驱动移动空压机等新型号的产品,就广泛应用于施工抢险、船舶修造、管道工程及土建工程等众多建筑领域,为中国建筑市场提供创新科技。另一方面,阿特拉斯·科普柯投资约1.5亿瑞典克朗(约合1.5亿元人民币),在中国无锡建设全新的工厂。据悉,该工厂包括一家新的压缩机装配工厂、一间测试实验室和一个研发中心,并预计于2012年7月投入使用,移动动力部旗下的生产团队将在此处工作。