

# 挤扩支盘桩

## 技术开发与工程应用

JIKUO ZHIPANZHUANG  
JISHU KAIFA YU GONGCHENG YINGYONG

韩顺和 徐至钧 主 编  
汤岳衡 副主编

中国建筑工业出版社

014058094

TU473.1  
52

# 挤扩支盘桩技术开发与工程应用

徐至钧 主 编

韩顺和 汤岳衡 副主编



北航

C1745544

中国建筑工程工业出版社

TU473.1

52

图书在版编目(CIP)数据

挤扩支盘桩技术开发与工程应用/徐至钧主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 3  
ISBN 978-7-112-16393-9

I. ①挤… II. ①徐… III. ①灌注桩-桩基础-研究  
IV. ①TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 027050 号

挤扩支盘桩是利用静力挤扩技术, 既加密增强土体又扩大桩的承载面, 从而大幅度提高桩的承载力, 是多级钻扩桩(糖葫芦桩)技术的延伸和发展。本书系统总结了挤扩支盘桩技术开发与工程应用情况, 主要包括: 绪论、挤扩支盘桩的作用机理与适用土层、挤扩支盘桩的受力性状与设计计算、桩基础沉降分析、挤扩支盘桩与桩基承台构造、挤扩支盘桩施工、挤扩支盘桩施工质量检测与控制、工程应用实例、挤扩支盘桩的工程特征与经济效益分析。

供从事岩土工程科研、设计和施工人员学习参考。

责任编辑: 王 梅 杨 允

责任设计: 董建平

责任校对: 张 颖 赵 颖

挤扩支盘桩技术开发与工程应用

徐至钧 主 编

韩顺和 汤岳衡 副主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

化学工业出版社印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17¼ 插页: 1 字数: 430 千字

2014 年 7 月第一版 2014 年 7 月第一次印刷

定价: 39.00 元

ISBN 978-7-112-16393-9

(25124)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 前 言

建筑桩基是当今建筑工程领域中一大热点技术学科。随着我国建筑工程的蓬勃发展,不少高层建筑、工业厂房、重点工程、桥梁、码头等都采用桩基,由于桩基础具有较大的刚度,能承受较大的竖向荷载和水平荷载,所以桩基在建筑工程中的使用范围有所增长,据不完全统计桩基的工程约占基础工程量的 25%~30%。

新桩型和新工艺的开发是促进桩基技术进步的重要方面,20 世纪 90 年代以来,我国岩土科技工作者在这一领域开展了卓有成效的工作。将土体加固技术融入桩基技术以提高单桩承载力成为新桩型、新工艺开发的主流,挤扩支盘灌注桩是利用静力挤扩技术,既加密增强土体又扩大桩的承载面,从而大幅度提高桩的承载力。这种桩型是多级钻扩桩(糖葫芦桩)技术的延伸和发展。

挤扩桩目前已应用在高层建筑、工业厂房、桥墩、码头、冶金高炉基础、化肥工程造粒塔(越南煤头)及大型设备支承框架等,已在 500 多项工程中应用,共推广使用挤扩桩 6000 多根。工程应用实践表明,挤扩支盘灌注桩应用于非软土地区且桩长不太大的情况下,可以获得良好的技术经济效益。

挤扩支盘灌注桩由于其多级扩头的存在改变了传统等截面桩的荷载传递和变形性状,桩侧土层的荷载分担率和应力扩散度提高,桩端荷载减小,桩侧土层的性质对于桩的承载力和沉降的影响大。因此,承载力和沉降的计算、挤扩支盘的优化布置与间距、桩的最小中心距、群桩效应等都成为设计应用的新课题。随着对这一系列问题研究的深入,必将促进该项技术的应用和提高。

挤扩支盘桩是一种新型桩,它通过沿桩身不同部位设置承力盘或分支,变普通摩擦桩为变截面多支点的摩擦端承桩,从而改变了桩受力机理。具有抗震性好,沉降变形小的优点。支盘机挤扩形成承力盘及分支的同时,改善了地基土的工程性能,使承力盘周围 1.0m 范围内土的干密度提高 15%~20%。

挤扩支盘桩适合于非饱和黏性土、砂性较大的黏性土、粉土、砂土、卵砾石、风化岩层等。

由于该技术可大幅度提高桩基承载力,在施工中节约了建筑材料并减少工程量约 50% 左右。所以该技术能够取得良好的经济效益,在保证质量的同时节约工程投资(约 25% 左右),缩短工期。

采用挤扩桩的主要优点:

1. 充分利用桩身有效深度范围内各较好土层的端阻力,变摩擦型桩为多支点摩擦端承型桩;
2. 由于扩孔率大,使原小直径桩的剪切刺入型破坏模式变为大直径桩的渐进压缩破坏模式,其  $Q-s$  曲线为缓变形曲线;
3. 充分利用了各土层的承载力,使桩身单方混凝土所提供的承载力显著提高;

4. 挤扩桩承载力盘底无沉渣且盘底土经挤压密实,受荷后有很小的压缩变形就可提供较大的阻力,能有效地减少建(构)筑物的沉降变形;

5. 抗拔性能显著提高;

6. 单桩承载力的提高,使设计布桩方案更为灵活,可以使建筑结构更为合理:对某些建筑物,由于布桩的改变,可以减少底板厚度,降低底板造价并有效地减少建筑物(构筑物)的总沉降量;

7. 工期与经济分析:由于采用挤扩桩提高了单方混凝土的承载能力,降低了建(构)筑物基础的钢筋混凝土用量,缩短了基础施工工期并显著降低基础的总造价,在某些建筑中,可减小承台面积,进一步降低基础造价;

8. 沉降变形分析:对已采用挤扩桩的项目实测调查,建筑物的变形仅仅是采用普通刚性桩的其他建筑物变形的二分之一,且稳定速度快。因此,建筑物可能产生差异沉降远远小于同条件的其他建筑物,采用挤扩桩就能有效地保证建筑物不出现因差异沉降产生的上部结构裂缝。

“挤扩支盘灌注桩”技术,是张俊生高级工程师发明的专利技术。采用他研制的支盘挤扩机械装置,在桩孔内的合适土层进行加压挤扩,形成“支”或“盘”,实现“挤扩支盘灌注桩”。这是在施工工艺、施工机具甚至包括注桩材料等方面,对灌注桩技术的全面改进,给人们提供一项崭新的桩基新技术。“挤扩支盘灌注桩”技术的出现,为我国桩基工程中又增加了一项新的施工手段,受到工程技术人员和专家们的极大关注和欢迎。后来在北京恒基中创基础工程有限公司董事长韩顺和的带领下,自20世纪90年代初期先后取得了挤扩支盘桩及其设备的专利权,在设备的研发上投入了大量的人员和资金,不断完善和改进,其经历了1995年、1998年、2000年和2005年四次重大改进,还针对检测研制了挤扩支盘桩盘径检测仪,可以在施工过程中更好地控制成盘质量,做到精益求精。

本书由徐至钧教授级高级工程师主编,韩顺和、汤岳衡副主编。参加本书编写的人员还有杨晓龙、黄玉琴、张勇、付细泉、杨瑞清、张亦农、陈月妮、林婷、李景、曾庆良、陈静、张晓玲、赵尧钟、易亚东、徐卓、全科政、韩新涛等同志。

由于作者水平有限,书中难免有欠妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编者于北京、深圳

2013年12月

# 目 录

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....                             | 1   |
| 一、桩基领域新发展——挤扩支盘灌注桩 .....                 | 1   |
| 二、让建筑与绿色共生——使发展与生态谐调 .....               | 1   |
| 第二章 挤扩支盘桩的作用机理与适用土层 .....                | 9   |
| 一、挤扩支盘桩的作用机理 .....                       | 9   |
| 二、挤扩支盘桩技术规程对适用土层的规定 .....                | 13  |
| 第三章 挤扩支盘桩的受力性状与设计计算 .....                | 17  |
| 一、普通灌注桩的荷载传递性状 .....                     | 17  |
| 二、挤扩支盘桩竖向荷载传递性状 .....                    | 30  |
| 三、挤扩支盘桩单桩承载力分析 .....                     | 36  |
| 四、行业标准中挤扩支盘桩的单桩承载力计算 .....               | 45  |
| 五、挤扩支盘桩的设计与计算 .....                      | 50  |
| 六、挤扩支盘桩基础直接计算法 .....                     | 51  |
| 第四章 桩基础沉降分析 .....                        | 59  |
| 一、桩基础沉降分析是地基基础工程中的难题之一 .....             | 59  |
| 二、高层建筑深基础沉降研究进展和问题 .....                 | 60  |
| 三、高层建筑深基础沉降计算中实用模型和计算参数 .....            | 60  |
| 四、土的泊松比和变形模量的确定 .....                    | 64  |
| 五、按《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 的沉降计算 .....     | 67  |
| 六、挤扩支盘桩基沉降计算 .....                       | 78  |
| 第五章 挤扩支盘桩与桩基承台构造 .....                   | 80  |
| 一、《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 对桩基的构造要求 .....   | 80  |
| 二、挤扩支盘灌注桩规程的构造措施 .....                   | 85  |
| 三、按《三岔双向挤扩灌注桩设计规程》JGJ 171—2009 的规定 ..... | 90  |
| 四、桩基承台计算 .....                           | 93  |
| 第六章 挤扩支盘桩施工 .....                        | 106 |
| 一、我国桩基施工技术的现状 .....                      | 106 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 二、灌注桩施工前的准备                 | 114 |
| 三、挤扩支盘桩施工前使用的挤扩机的测试检查       | 116 |
| 四、挤扩支盘灌注桩使用的材料及技术要求         | 122 |
| 五、挤扩支盘灌注桩的成孔方法              | 127 |
| 六、泥浆护壁成孔挤扩支盘灌注桩施工           | 133 |
| 七、干作业成孔挤扩支盘灌注桩施工            | 157 |
| 八、挤扩支盘灌注桩施工                 | 166 |
| 九、挤扩支盘灌注桩的工程量计算             | 172 |
| 第七章 挤扩支盘桩施工质量检测与控制          | 174 |
| 一、挤扩支盘桩的施工质量控制              | 174 |
| 二、挤扩支盘桩质量检验                 | 177 |
| 三、挤扩支盘桩基桩检测与工程验收            | 181 |
| 四、挤扩支盘桩的质量检测                | 183 |
| 五、挤扩支盘桩的挤扩试验                | 190 |
| 第八章 工程应用实例                  | 195 |
| 第九章 挤扩支盘桩的工程特征与经济效益分析       | 220 |
| 一、挤扩支盘桩的工程特征                | 220 |
| 二、试桩对比分析                    | 221 |
| 三、挤扩桩应用成果证明                 | 228 |
| 四、挤扩支盘桩与普通灌注桩应用成果对比         | 232 |
| 五、综合技术经济分析                  | 236 |
| 附录 A 挤扩桩试桩成果汇集              | 239 |
| 附录 B 挤扩支盘桩应用工程实测沉降 (单位: mm) | 246 |
| 附录 C 挤扩支盘机的使用与维修            | 247 |
| 一、挤扩支盘机的使用与维护               | 247 |
| 二、支盘成形机的检修                  | 253 |
| 三、支盘成形机常见故障及排除              | 266 |
| 参考文献                        | 270 |

# 第一章 绪 论

## 一、桩基领域新发展——挤扩支盘灌注桩

桩基础在工程建设中已经被广泛应用。这些年来通过施工工艺、成桩机具或注桩材料等方面的不断革新，灌注桩技术也在不断的改进和提高，为建筑物提供安全可靠的基础，以适应更加复杂的建设需要。

“挤扩支盘灌注桩”技术，采用研制的支盘挤扩机械装置，在桩孔内的合适土层，进行加压挤扩，形成“支”或“盘”，实现“挤扩支盘灌注桩”。这是在施工工艺、施工机具甚至包括注桩材料等方面，对灌注桩技术的全面改进。给人们提供一项崭新的桩基新技术。“挤扩支盘灌注桩”技术的出现，为我国桩基工程中又增加了一项新的施工手段，受到工程技术人员和专家们的极大关注和欢迎。

广泛的工程实践证明，“挤扩支盘灌注桩”技术具有施工机具简单，适应土层广泛，能充分利用地基承载土层，工程造价低，可大量节省钢材和水泥，能有效减少桩长，提高桩的承载力，减少沉降量，抗水平力和抗拔力好，特别是用其他手段难以奏效的水下砂层中，采用这项技术可以挤扩形成桩基扩大头，形成大直径扩底桩。这项技术的出现扩大了桩基工程的适用范围，改善了桩基工程的使用条件。

“挤扩支盘灌注桩”技术的机理研究工作也很深入、很有成果。广泛的室内外试验证明，这项技术受力机理明确，挤扩影响范围较大，对周边土具有加固密实的效应，对土层具有验证功能，提供了支与盘的合理间距和桩径与盘径的合理尺寸。不仅有单桩承载力与沉降值的估算方法，而且通过大量工程积累也提供了这项专利技术用于指导工程的施工细则。

目前“挤扩支盘灌注桩”，其技术配套，工艺完善，检测手段明确，设计计算方法可行，是从专利技术到工程实施都得到充分肯定的一项重要新技术。从海南岛到黑龙江，从沿海到内地，已有数十项工程采用这项新技术。从普通黏性土、粉土、砂土到软土和湿陷性黄土，大量的工程实践都充分证明这是一项适用广泛，安全可靠的桩基新技术。许多地方建设行政主管部门及技术指导部门，对这项技术都给予充分认可、肯定，并建议积极推广。

## 二、让建筑与绿色共生——使发展与生态谐调

挤扩支盘桩在北京交通大学、天津大学、水利水电科学研究院等高校以及科研院所的知名专家指导下，进行了大量的实验研究，建立了该专利的理论体系。同时在天津、北京、河南、江苏、黑龙江、广东、海南等许多省市的大量工程中应用，取得了显著效果。

有关主管部门已审查通过了《挤扩支盘桩设计与施工规程》及《挤扩支盘桩施工质量检验及验收评审规定》。

国家科委于1998年4月组织专家论证,认为该桩是“以独特的挤扩方式所形成的新的桩型,对地基土层起到了挤密作用,充分发挥了桩身上下各持力层的承载作用。大幅度提高了桩的承载力”,并将挤扩支盘桩技术纳入“重点国家级火炬计划项目”,建议在全国推广应用。天津市建委于1997年召开专家审定会后,下发了“挤扩支盘桩应用认定证书”。北京市建委认为“挤扩支盘桩是一项已取得国内外专利的新技术,能有效地提高桩基承载力,节约原材料,缩短施工工期,在北京及外省市多项工程建设中得到应用,取得了良好的经济效益,是一项应用价值较高的新技术”。

### 1. 挤扩支盘灌注桩的技术发展简述

挤扩支盘灌注桩由主桩、承力盘及分支组成。在钻孔结束后,在孔内下入专利液压挤扩机,在适当位置对钻孔周围土体施以三维静压,挤扩形成承力盘或分支。一个承力盘面积是主桩截面的6~7倍。灌注混凝土后,桩身和承力盘、分支紧密结合为一体,发挥了桩土共同承力作用。该技术于20世纪90年代初问世以来,在基础工程界影响较大。

1997年4月被国家科委认定为“国家级火炬计划项目”

1997年12月被北京市科委列入“北京市重大科技成果推广计划”

1998年9月被国家科委评为“重点国家级火炬计划项目”

1998年11月被科技部、国家质量技术监督局等五部委评定为“国家重点新产品”

1999年8月再次被认定为“国家级新产品”

2003年列入国家电力行业标准《火力发电厂地基处理技术规定》DL/T 5024—2003

2003年浙江省颁布《挤扩支盘灌注桩技术规程》DB33/T 1012—2003

2005年中国工程建设标准化协会标准《挤扩支盘灌注桩技术规程》颁布 CECS192 : 2005

挤扩支盘桩通过沿桩身不同部位设置承力盘或分支,变普通摩擦桩为变截面多支点的摩擦端承桩,从而改变了桩受力机理。具有抗震性好,沉降变形小的优点。支盘机挤扩形成承力盘及分支的同时,改善了地基土的工程性能,使承力盘周围1.0m范围内土的干密度提高15%~20%,挤扩支盘桩体见图1-1。

挤扩支盘桩适合于非饱和黏性土;砂性较大的黏性土、粉土、砂土、卵砾石、风化岩层等。

由于该技术可大幅度提高桩基承载力,在施工中节约了建筑材料并减少了工程量约50%左右。所以该技术能够取得良好的经济效益,在保证质量的同时节约工程投资(约25%左右),缩短工期。

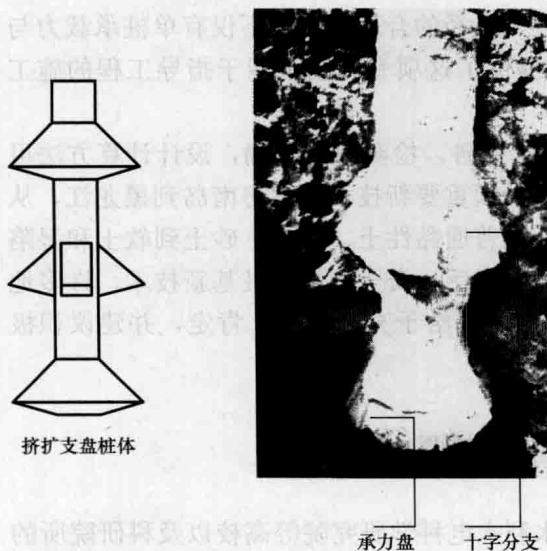


图 1-1 挤扩支盘桩体

## 2. 采用挤扩支盘桩的优点

(1) 充分利用桩身有效深度范围内各较好土层的端阻力，变摩擦型桩为多支点摩擦端承型桩；

(2) 由于扩孔率大，使原小直径桩的剪切刺入型破坏模式变为大直径桩的渐进压缩破坏模式，其  $Q-s$  曲线为缓变形曲线；

(3) 充分利用了各土层的承载力，使桩身单方混凝土所提供的承载力显著提高；

(4) 挤扩支盘桩承力盘底无沉渣且盘底土经挤压密实，受荷后有很小的压缩变形就可提供较大的阻力，能有效地减少建（构）筑物的沉降变形；

(5) 抗拔性能显著提高；

(6) 单桩承载力的提高，使设计布桩方案更为灵活，可以使建筑结构更为合理；对某些建筑物，由于布桩的改变，可以减少底板厚度，降低底板造价并有效地减少建筑物（构筑物）的总沉降量；

(7) 工期与经济分析：由于采用挤扩支盘桩提高了单方混凝土的承载能力，降低了建（构）筑物基础的钢筋混凝土用量，缩短了基础施工工期并显著降低基础的总造价，在某些建筑中，可减小承台面积进一步降低基础造价；

(8) 沉降变形分析：对已采用挤扩支盘桩的项目的跟踪调查，建筑物的沉降变形仅仅是采用普通刚性桩的其他建筑物的变形的  $1/2$ ，且稳定速度快。因此，建筑物可能产生差异沉降远远小于同条件的其他建筑物，采用挤扩支盘桩就能有效地保证建筑物不出现因差异沉降产生的裂缝。挤扩桩与普通灌注桩对比见图 1-2。

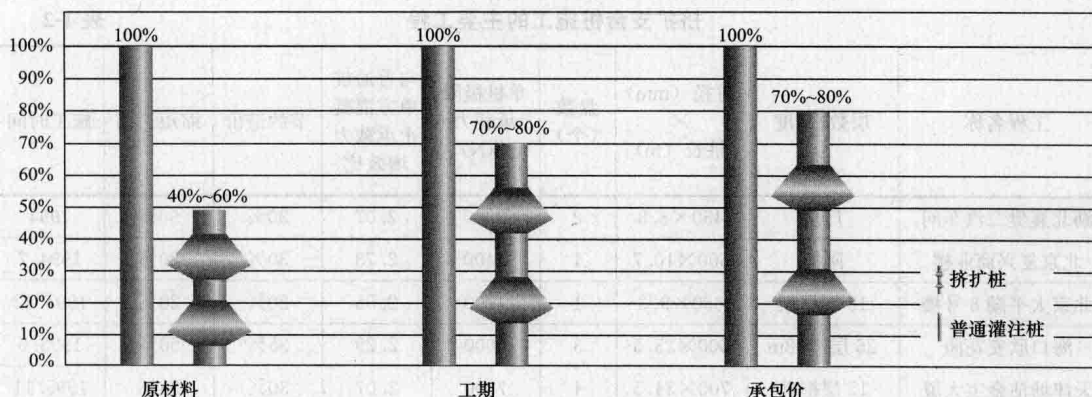


图 1-2 挤扩桩与普通灌注桩对比图

在工业建筑中应用挤扩桩的优点也很多，可以推广应用。

## 3. 挤扩支盘桩成型机设备

挤扩支盘机利用上下弓压臂侧土体的平衡力，通过单向挤压实现对盘周土体的三维密实，其弓压臂行程包络线（图 1-3），在挤压过程中挤扩支盘机会上升，使挤压效果更直观。承力盘上壁陡、下壁缓，既充分发挥了承力盘体素混凝土的抗剪能力，又有效地发挥了承力盘的轴向抗压能力。

挤扩支盘机是通过液压传动，使孔中设备的弓压臂向外撑开，形成孔洞，再逐次挤压形成承力盘孔，其挤扩压力值能反映出土层的软硬程度。挤扩支盘机实物外形见图 1-4。

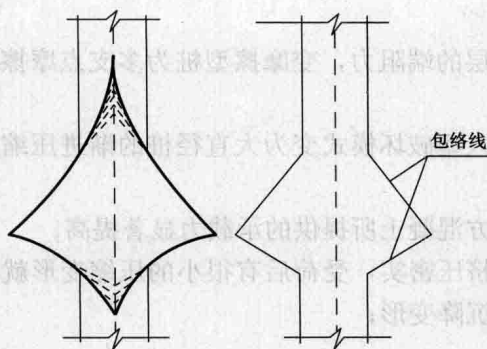


图 1-3 承力盘成形轨迹图



图 1-4 挤扩支盘机外形图

挤扩支盘桩主要构造尺寸见表 1-1。

挤扩支盘桩主要构造尺寸 (mm)

表 1-1

| 桩身直径 $d$ | 单支临界宽度 $b$ | 承力盘直径 $D$ | 承力盘高度 $h$ |
|----------|------------|-----------|-----------|
| 600~700  | 280        | 1400      | 700       |
| 600~800  | 280        | 1600      | 700       |
| 650~1100 | 380        | 1900      | 900       |
| 650~1200 | 380        | 2400      | 900       |

#### 4. 挤扩支盘桩施工的主要工程 (表 1-2)

挤扩支盘桩施工的主要工程

表 1-2

| 工程名称               | 层数/高度      | 桩径 (mm)<br>×<br>桩长 (m) | 盘数<br>(个) | 单桩极限<br>承载力<br>(kN) | 与普通桩<br>单方混凝土承载力<br>增效比 | 节约造价 | 缩短工期 | 施工时间    |
|--------------------|------------|------------------------|-----------|---------------------|-------------------------|------|------|---------|
| 湖北襄樊二汽车间           | 厂房         | 450×8.8                | 2         | 2000                | 2.07                    | 30%  | 50%  | 1994    |
| 北京复兴商业楼            | 刚架         | 600×10.7               | 1         | 4400                | 2.73                    | 30%  | 20%  | 1994.7  |
| 北京太平湖 8 号楼         | 16 层框架     | 650×9.3                | 1         | 4200                | 2.55                    | 20%  | 20%  | 1994.12 |
| 海口欣安花园             | 26 层 98m   | 600×23.5               | 3         | 6000                | 2.29                    | 35%  | 50%  | 1995.6  |
| 天津塘沽金宝大厦           | 15 层框剪     | 700×34.5               | 4         | 7800                | 2.07                    | 30%  | 38%  | 1995.11 |
| 哈尔滨一面街综合楼          | 18 层       | 450×15                 | 3         | 3300                | 1.81                    | 28%  | 30%  | 1995.11 |
| 北京发展大厦             | 框架         | 700×23.5               | 3         | 7000                | 2.70                    | 30%  | 70%  | 1996.2  |
| 北京四环制药厂            | 厂房         | 400×7                  | 1         | 810                 | 4.00                    | 50%  | 30%  | 1996.5  |
| 天津万顺温泉花园           | 31 层 100m  | 700×42.2               | 4         | 7700                | 1.70                    | 25%  | 20%  | 1997.10 |
| 中国泛旅实业发展<br>股份有限公司 | 框架单柱单桩     | 700×19                 | 3         | 3500                | 2.50                    | 30%  | 30%  | 1997.11 |
| 河南焦作万方铝业车间         | 排架         | 500×17.2               |           | 3300                | 2.30                    | 52%  | 30%  | 1998.1  |
| 天津新华园商住楼           | 9~14 层 3 栋 | 620×20.79              | 3         | 5400                | 2.73                    | 30%  | 70%  | 1998.5  |
| 天津万隆大厦             | 15 层       | 620×20.79              | 4         | 5600                | 1.90                    | 25%  | 20%  | 1998.5  |
| 天津嘉海花园             | 18 层 7 栋   | 620×29.4               | 2         | 4550                | 1.80                    | 30%  | 25%  | 1998.11 |

## 二、让建筑与绿色共生——使发展与生态协调

续表

| 工程名称                     | 层数/高度             | 桩径 (mm)<br>×<br>桩长 (m) | 盘数<br>(个) | 单桩极限<br>承载力<br>(kN) | 与普通桩<br>单方混凝土承载力<br>增效比 | 节约造价 | 缩短工期 | 施工时间    |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-----------|---------------------|-------------------------|------|------|---------|
| 天津滨海热电厂                  | 排架结构              | 500×26                 | 2         | 9000                | 1.90                    | 30%  | 25%  | 1998.11 |
| 天津新文化小区                  | 15~24 层           | 650×19                 | 2         | 5600                | 1.50                    | 20%  | 20%  | 1999.1  |
| 北京回龙观经济<br>适用房小区         | 地下车库              | 600×7.35<br>抗拔         | 1         | 1680                | 2.80                    | 15%  | 30%  | 1999.10 |
| 北京中华女子学院                 | 框架                | 620×12                 | 2         | 2400                | 1.90                    | 30%  | 30%  | 2000.5  |
| 北京丽馨园商住楼                 | 30 层 2 栋          | 650×19.3<br>抗压         | 3         | 6800                | 1.90                    | 30%  | 30%  | 2000.10 |
| 北京丽馨园商住楼                 | 地下车库              | 650×11.5<br>抗拔         | 1         | 2000                | 1.90                    | 30%  | 30%  | 2000.10 |
| 天津美震大厦 2 期               | 7~20 层            | 620×25                 | 3         | 5200                | 1.50                    | 20%  | 20%  | 2001.11 |
| 信息产业部 15 所科技<br>创新大楼     | 主楼 16 层框剪         | 650×31.7               | 3         | 7000                | 2.10                    | 40%  | 25%  | 2002.3  |
| 信息产业部 15 所科技<br>创新大楼     | 裙楼 4 层框架          | 500×14.1               | 2         | 2400                | 2.45                    | 40%  | 25%  | 2002.3  |
| 天津中豪世纪花园                 | 3 栋 26 层          | 650×23                 | 3         | 6000                | 1.80                    | 30%  | 20%  | 2002.3  |
| 天津水榭花园                   | 3 栋 27 层          | 650×28                 | 4         | 6800                | 1.70                    | 25%  | 35%  | 2002.5  |
| 北京焦化厂                    | 厂房烟囱              | 620×37                 | 2         | 4000                | 2.00                    | 30%  | 25%  | 2003.3  |
| 北京中关村西区<br>观景平台          | 宽 100m×<br>跨度 36m | 900×17.9               | 3         | 12120               | 2.83                    | 50%  | 25%  | 2003.5  |
| 河北王滩电厂<br>(2×600MW)      | 主厂房、锅炉            | 700×35                 | 2         | 9000                | 2.00                    | 30%  | 25%  | 2003.8  |
| 天津美震 3 期                 | 4 栋高层             | 620×23.5               | 3         | 4600                | 1.90                    | 30%  | 25%  | 2003.11 |
| 河北秦皇岛电厂 3 期<br>(2×300MW) | 主厂房、锅炉            | 700×19                 | 2         | 5600                | 2.00                    | 30%  | 30%  | 2004.3  |
| 河北黄骅电厂<br>(2×600MW)      | 主厂房、锅炉            | 700×37.6               | 4         | 8000                | 2.00                    | 25%  | 30%  | 2004.4  |
| 北京酒仙家园                   | 地下车库              | 650×18<br>抗拔           | 2         | 2000                | 2.50                    | 40%  | 30%  | 2004.5  |
| 河北唐山开滦焦化厂                | 主厂房、烟囱            | 620×25                 | 2         | 4000                | 2.10                    | 35%  | 25%  | 2005.3  |
| 北京地铁奥运支线<br>奥林匹克公园站      | 站台                | 850×24.5               | 2         | 8088                | 1.90                    | 40%  | 30%  | 2005.9  |
| 北京地铁奥运支线<br>森林公园站        | 站台                | 800×28<br>抗拔           | 2         | 8000                | 2.00                    | 30%  | 30%  | 2005.12 |
| 天津国华津能发电厂<br>(2×1000MW)  | 主厂房、锅炉            | 800×45                 | 4         | 10000               | 2.3                     | 50%  | 45%  | 2006.1  |
| 安徽淮北临涣电厂<br>(2×300MW)    | 主厂房               | 700×34.8               | 3         | 7000                | 2.00                    | 20%  | 20%  | 2006.2  |
| 浙江凯旋万豪<br>大酒店工程          | 2 栋 21 层          | 800×64                 | 4         | 8000                | 1.50                    | 20%  | 20%  | 2006.3  |

续表

| 工程名称                                          | 层数/高度        | 桩径 (mm)<br>×<br>桩长 (m) | 盘数<br>(个) | 单桩极限<br>承载力<br>(kN) | 与普通桩<br>单方混凝土<br>承载力<br>增效比 | 节约造价 | 缩短工期 | 施工时间    |
|-----------------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|------|------|---------|
| 浙江桐乡光大<br>花园二期                                | 5 栋 16 层     | 620×37                 | 3         | 7000                | 1.9                         | 40%  | 30%  | 2006.3  |
| 天津国投津能发电厂<br>(2×1000MW)                       | 主厂房、锅炉       | 800×50                 | 3         | 12000               | 1.50                        | 15%  | 20%  | 2006.4  |
| 邯钢集团 500 万吨<br>炼钢工程                           | 高炉、热风炉       | 900×22                 | 3         | 12000               | 2.00                        | 30%  | 30%  | 2006.8  |
| 沧州中铁装备制造<br>材料有限公司工程                          | 炼铁、炼钢、<br>轧钢 | 800×36                 | 3         | 16000               | 1.70                        | 25%  | 25%  | 2007.5  |
| 越南宁平化肥厂工程                                     | 厂房           | 820×62                 | 3         | 14000               | 1.80                        | 20%  | 25%  | 2008.3  |
| 嘉晨集团营口天盛<br>重工装备有限公司                          | 炼铁、炼钢、<br>轧钢 | 850×45                 | 3         | 7000                | 1.90                        | 30%  | 30%  | 2011.5  |
| 内蒙古鑫旺再生资源<br>有限公司粉煤灰生产<br>氧化铝桩基工程             | 厂房、自备<br>电厂  | 800×45                 | 4         | 12200               | 2.30                        | 40%  | 30%  | 2011.7  |
| 鹤岗市华鹤煤化股份<br>有限公司大型煤化工<br>基地 120 万吨/年<br>甲醇项目 | 厂房           | 650×60                 | 1         | 6600                | 1.70                        | 30%  | 30%  | 2011.7  |
| 内蒙古华电呼伦贝尔<br>2×600 万吨/年褐煤<br>多联产项目            | 厂房           | 1000×45                | 2         | 11000               | 1.90                        | 30%  | 30%  | 2011.8  |
| 唐山中浩化工有限<br>公司 4 万吨/年聚甲醛<br>项目桩基工程            | 厂房           | 700×30                 | 2         | 7600                | 1.80                        | 25%  | 25%  | 2011.10 |
| 锡林郭勒盟东乌旗<br>2×500 万吨/年<br>褐煤提质项目              | 厂前区          | 800×35                 | 2         | 10000               | 2.20                        | 30%  | 30%  | 2012.10 |

工程实例见图 1-5~图 1-16。



图 1-5 淮北临涣电厂 (2×300MW)

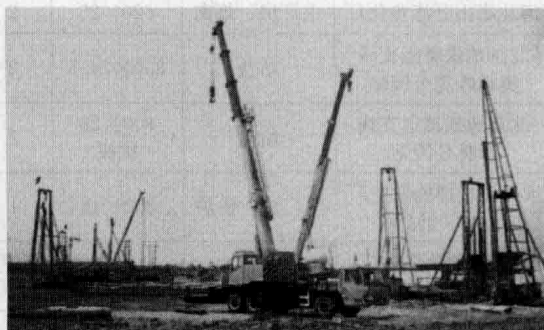


图 1-6 天津国投津能发电厂 (2×1000MW)

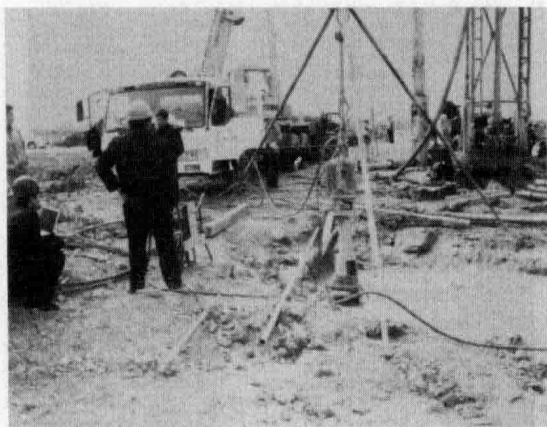


图 1-7 天津国华津能发电厂 (2×1000MW)



图 1-8 北京丽馨园商住楼



图 1-9 森林公园站

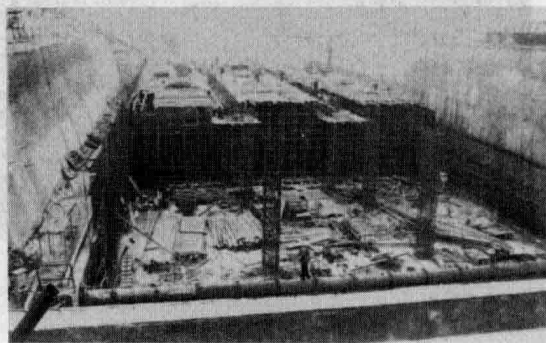


图 1-10 奥林匹克公园站



图 1-11 中关村景观平台

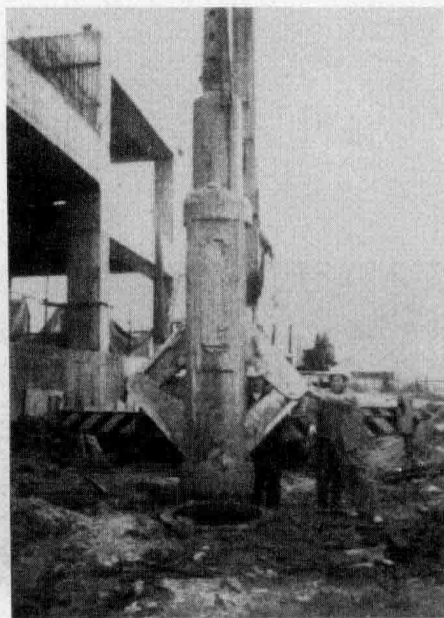


图 1-12 北京回龙观经济适用房小区  
地下车库工程



图 1-13 北京酒仙公寓



图 1-14 北京太极大厦



图 1-15 天津万隆大厦

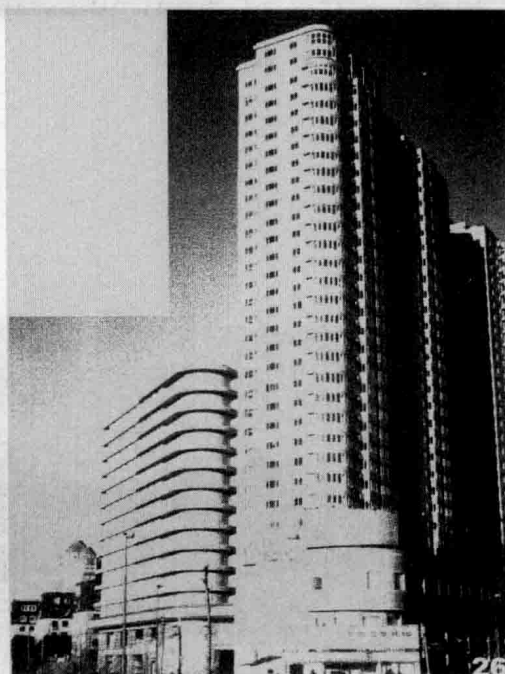


图 1-16 天津万顺温泉花园

## 第二章 挤扩支盘桩的作用机理与适用土层

### 一、挤扩支盘桩的作用机理

挤扩支盘灌注桩作为一种新型桩基，其作用机理可概括为以下几点。

#### 1. 灌注桩的特点

灌注桩按其成桩过程对桩侧土体的影响程度，可分为非挤土灌注桩（普通灌注桩）、部分挤土灌注桩（挤扩支盘桩）和挤土灌注桩（沉管灌注桩）三大类。主要有以下特点：

（1）除沉管灌注桩外，各种灌注桩在施工过程中无大的噪声和振动。

（2）可根据土层分布情况任意变化桩长，可根据同一建筑物的荷载分布与土层情况采用不同桩径或桩型，对于承受侧向荷载的桩可设计成有利于提高水平承载力的异型桩、变截面桩。

（3）可穿过各种软硬夹层，将桩端置于坚实土层和嵌入基岩，还可扩大桩底以充分发挥桩身强度和持力层的承载力。

（4）桩身钢筋可根据荷载大小与性质及荷载沿深度的传递特征，以及土层的变化配置，配筋率远低于预制桩。

#### 2. 挤扩支、盘可充分利用各承载土层

挤扩支盘灌注桩是采用普通钻机成孔，通过专用挤扩装置液压挤密成支或承力盘，属于部分挤土灌注桩。在所需挤扩支或盘的土层，支盘成型设备施加较大的油缸压力（10～28MPa），最大挤扩压力可达3000kN，对土强力挤密成分支或承力盘。因此不仅加大了桩侧、桩端承载面积（以直径600mm支盘桩为例，一个挤扩成1.6m承力盘的面积是桩身截面面积的7倍），同时还对分支或承力盘上下的桩周土进行了挤密加固，提高了地基土的承载力和桩侧摩阻力。

1994年6月试验研究关于《多分支承力盘成型装置支盘成型压密效果试验报告》的试验研究结论指出：

（1）多分支承力盘成型挤密的效果是明显的，成型挤密的影响范围水平方向在距桩孔外边1.0m以内，垂直方向在0.5m以内，干密度的提高幅度最大可达15%～20%左右。

（2）分支或盘成型挤密的作用，对支或盘下方土体的影响比对上方土体的影响要大。由于桩的承载力主要取决于支盘下部土的性质，因此该特点对提高桩的承载力是有利的。

#### 3. 挤扩支盘灌注桩具有广泛的适用性

挤扩支盘桩不仅可以作为承载桩，也可作为支扩桩、抗拔桩和承受较大水平荷载的桩、复合地基等。特别是对于水下难以成孔的砂砾土层，此种挤扩桩可形成理想的规则扩大头，以及在挤扩过程对持力土层进行加固挤密。如图2-1所示。

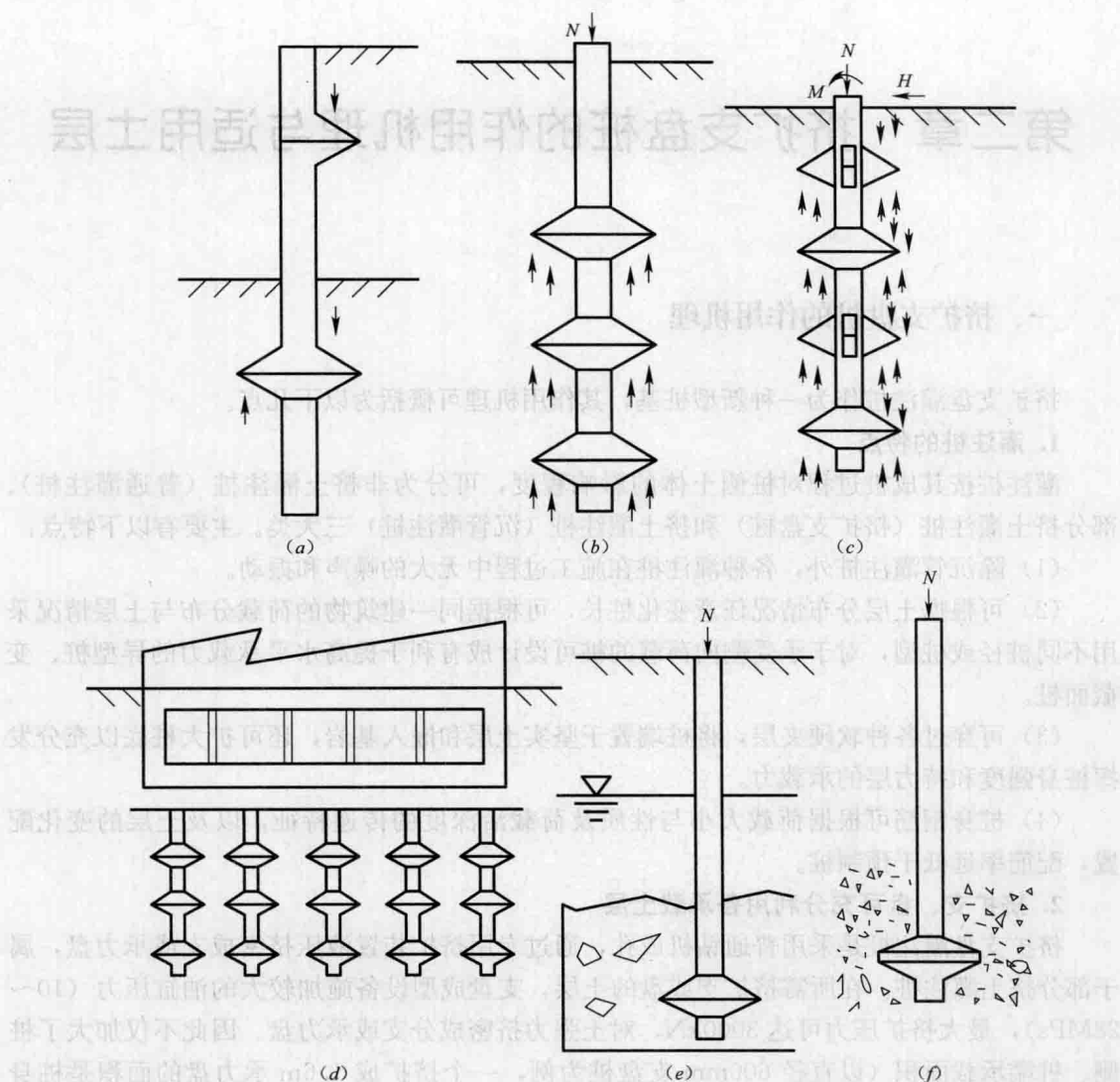


图 2-1 挤扩支盘桩的适用情况

(a) 基坑支护; (b) 承载桩; (c) 抗拔及承受较大水平力; (d) 复合地基;

(e) 人工难于形成扩大头的扩底桩; (f) 挤压砂浆或干硬混凝土用于桩尖地基加固

#### 4. 挤扩支盘桩比普通灌注桩更优越

挤扩支盘灌注桩和普通灌注桩相比具有明显的优越性, 由于挤扩支盘的有效作用, 具有图 2-2 所述优点。

#### 5. 挤扩支盘灌注桩的破坏形式

灌注桩的破坏形式可分二种情况: 第一为置于软弱土层中的摩擦桩或一般土层中的小直径桩, 为桩尖刺入破坏模式。桩端阻力分担的荷载比例较小,  $Q-s$  曲线呈陡降型。第二为大直径扩底桩。由于桩端有较大的支承面积, 以基底土的压密变形为主, 伴有少量的侧向挤出。支承于砾、砂、硬黏性土、粉土上的扩底桩, 由于端阻破坏所需位移量过大, 端阻所占比例较大, 其  $Q-s$  曲线呈缓变型, 极限承载力一般可取  $s_u = (3\% \sim 6\%)D$  控制。