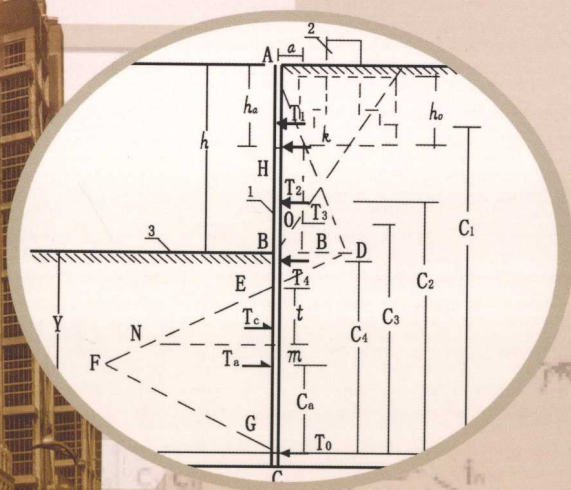


挡土板桩

• Sheet Pile Soil Retaining

李玉珊 著



013045924

TU473. 2

22

挡土板桩

李玉珊 著



TU473.2

22

辽宁科学技术出版社

沈阳



北航

C1654117

© 2012 李玉珊

图书在版编目 (CIP) 数据

挡土板桩 / 李玉珊 著. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社,
2012.12

ISBN 978-7-5381-7759-6

I. ①挡… II. ①李… III. ①挡土桩—研究 IV. ①TU473.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 260832 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 4

字 数: 100 千字

印 数: 1 ~ 1000

出版时间: 2012 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2012 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 李伟民 修吉航

特邀编辑: 王奉安

封面设计: 嵘 嵘

责任校对: 栗 勇

书 号: ISBN 978-7-5381-7759-6

定 价: 10.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

<http://www.lnkj.com.cn>

引 言

随着国民经济的发展和城市扩建改建工程力度的加大，对施工技术组织措施的要求也越来越高，“挡土板桩”应运而生，被广泛重视且应用起来。

在工业建筑和民用建筑事业中，常常会遇到新增建的工程。其基础深于相邻原有建筑物或构筑物基础，二者间距甚小，新旧基础底面高差又较大。新增建挖深基，势必危及原有建筑物的稳定和安全。因此，在原有建筑物基础与新增建基础之间增设一道挡土板桩。既能保护原建筑物的稳定安全，又能确保新挖掘基坑施工人员安全。

挡土板桩在实践与应用的不断向深层次发展中，又增添一项新技术——挡土板桩拉杆锚固。联邦德国在1958年把锚杆技术应用于深基开挖的挡土支护设施中获得成功。从20世纪60年代起，英、美、法、苏、日等发达国家陆续开始应用单层拉杆锚固新技术，并且逐步向多层次发展。70年代初期，我国北京的信托公司大厦、上海的联宜大厦、广州的华侨大厦、沈阳的鹿鸣春大厦等工程建筑均在繁华城区，基础挖深影响临近建筑物或构筑物稳定及安全，因此，均使用了挡土板桩拉杆锚固技术并获得成功。

锚杆新技术的实际应用，主要是依据现场试验所获得的技

术数据，并留有足够的安全储备值参与挡土板桩的运算工作。1988年秋开始筹备的“挡土板桩双层拉杆锚固”科学技术试验工作，向鞍钢有关部门申请立项，获得批准。事后选择鞍钢冷轧厂扩建平整机组工程，采用挡土板桩双层锚杆在实际工程施工中安排试验。为了确保万无一失，还做了一些必要而有效的防护设施的准备工作，选用2根锚杆做破坏性试验。参加本次试验的单位有东北地质局第五大队、三冶中心化验室、机械化工程公司等。1990年末，试验取得圆满成功。

挡土板桩双层拉杆锚固技术，于1991年5月通过了鞍山市科学技术委员会鉴定，被辽宁省科学技术委员会认定为省级科研成果。

本书介绍了板桩挡土墙土力学原理、挡土板桩的结构与分类、制作与施工以及事故处理等。可供有关施工单位参考。

需要指出的是，建筑物或构筑物基础下面的天然土壤是经过若干世纪的漫长年代的冲积、坡积和沉积的陈化固结作用下而形成的。而挡土板桩形成不足百年，因此其设计与计算理论尚有深化和发展空间。

著 者

2012年5月

目 录

引言

1 板桩挡土墙土力学原理	001
2 挡土板桩的类别	005
2.1 轻型木质挡土板桩	005
2.2 中型混合用料挡土板桩	005
2.3 大型混合用料挡土板桩	006
3 悬臂式挡土板桩	009
3.1 普通悬臂式挡土板桩	009
3.1.1 土压力系数	011
3.1.2 土压力的计算	012
3.1.3 土压力对板桩 G 点的距离参数	013
3.1.4 板桩嵌固深度 y 值	014
3.1.5 悬臂式挡土板桩拐点 l 值	015
3.1.6 板桩的最大弯矩值	016
3.1.7 板桩截面抵抗矩值	016
3.1.8 板桩纵向每米所需量	016
3.2 悬臂式挡土板桩外侧有附加荷载	020
3.2.1 土压力系数	022
3.2.2 土压力分布及计算	022

3.2.3 土压力对板桩 G 点的距离参数	023
3.2.4 板桩嵌固深度 y 值	024
3.2.5 板桩应力拐点 t 值	025
3.2.6 板桩最大变矩值	025
3.2.7 板桩所需截面模量	025
3.2.8 板桩纵向每米所需量	026
3.3 悬臂式板桩挡土墙外侧承受条形荷载	033
3.3.1 土压力系数	035
3.3.2 土压力分布及计算	035
3.3.3 土压力对板桩 G 点的距离参数	036
3.3.4 板桩嵌固深度 y 值	036
3.3.5 板桩应力拐点 t 值	037
3.3.6 板桩的最大弯矩值	037
3.3.7 板桩截面抵抗矩值	038
3.3.8 板桩纵向每米所需量	038
3.4 悬臂式挡土板桩外侧有浅基础	038
3.4.1 土压力系数	038
3.4.2 土压力分布及计算	039
3.4.3 土压力对板桩 G 点的距离参数	040
3.4.4 板桩嵌固深度 y 值	040
3.4.5 板桩的应力拐点 t 值	041
3.4.6 板桩的最大弯矩值	042
3.4.7 板桩所需材料截面模量	042
3.4.8 板桩纵向每米所需量	042
3.5 悬臂式挡土板桩被保护基础裸露空间	043

3.5.1 悬臂式挡土板桩的临界条件	044
3.5.2 土压力系数	044
3.5.3 土压力分布及计算	045
3.5.4 土压力对板桩 G 点的距离参数	046
3.5.5 板桩嵌固深度 y 值	046
3.5.6 板桩承受应力拐点 t 值	047
3.5.7 板桩最大弯矩值	047
3.5.8 板桩截面抵抗矩值	047
3.6 常用土方边坡参考资料	051
4 支撑式挡土板桩	052
4.1 普通支撑式挡土板桩	052
4.1.1 土压力系数	052
4.1.2 支撑式板桩临界条件	052
4.1.3 土压力分布及计算	053
4.1.4 土压力系对板桩 A 点的距离参数	053
4.1.5 板桩嵌固深度 y 值	054
4.1.6 板桩应力拐点 t 值	054
4.1.7 板桩的最大弯矩值	055
4.1.8 板桩所需截面抵抗矩值	055
4.1.9 板桩选型及排列程序	055
4.2 支撑式挡土墙外侧附加条形荷载	055
4.2.1 土压力系数	057
4.2.2 土压力分布及计算	057
4.2.3 土压力系对板桩 A 点的距离参数	058
4.2.4 支撑式挡土板桩嵌固深度 y 值	058

4.2.5 支撑式挡土板桩应力拐点 t 值	059
4.2.6 挡土板桩最大弯矩值	060
4.3 支撑式挡土板桩在主动土压力区域有附加荷载	065
4.3.1 土压力系数	066
4.3.2 土压力分布及计算	066
4.3.3 土压力和附加荷载与板桩 A 点距离	067
4.3.4 支撑式板桩的嵌固深度 y 值	067
4.3.5 支撑式板桩应力拐点 t 值	068
4.3.6 支撑式板桩的最大弯矩值	069
4.4 拉锚式挡土板桩	069
4.4.1 土压力系数	069
4.4.2 土压力分布及计算	070
4.4.3 土压力与板桩上端 G 点的距离参数	071
4.4.4 挡土板桩的嵌固深度 y 值	071
4.4.5 板桩应力拐点 t 值	073
4.4.6 拉锚式挡土板桩的最大弯矩值	073
4.4.7 拉锚式板桩所需截面抵抗模量	073
4.5 多层次支撑式挡土板桩	078
4.5.1 多层次支撑式挡土板桩的临界条件	078
4.5.2 土压力系数	079
4.5.3 土压力分布及计算	080
4.5.4 土压力系对板桩 H 点的距离参数	080
4.5.5 多层次支撑式挡土板桩的嵌固深度 y 值	081
4.5.6 多层次支撑式挡土板桩应力拐点 t 值	082
4.5.7 多层次支撑式挡土板桩的最大弯矩值	082

4.6 深层次支撑式挡土板桩	086
4.6.1 挡土板桩临界条件和工程地质勘察报告 资料	086
4.6.2 土压力系数	086
4.6.3 土压力分布及计算	087
4.6.4 土压力与 N_1 点之间距离	088
4.6.5 深层次支撑式挡土板桩嵌固深度 y 值	088
4.6.6 深层次支撑式挡土板桩应力拐点 t 值	089
4.6.7 深层次支撑式挡土板桩的最大弯矩值	089
4.7 拉杆锚固资料介绍	089
5 挡土板桩制作与施工	091
5.1 板桩制作	091
5.1.1 工厂化制作	091
5.1.2 现场露天制作	092
5.1.3 板桩运输	092
5.2 板桩施打入土层	092
5.2.1 现场板桩分组定位	092
5.2.2 挖掘土方	093
5.3 板桩的微观动态管理	094
5.3.1 板桩倾斜位移的测量定位	094
5.3.2 板桩倾斜位移的观测时间	094
5.3.3 新基础坑内暗沟排水	095
5.4 锚杆制作及施工	095
6 挡土板桩事故处理案例	098
6.1 案例1	098

6.2 案例2	099
6.3 案例3	101
6.4 案例4	103
7 拔桩重复利用	105
7.1 拔桩利益分成问题	105
7.2 拔桩施工程序的安排	106
8 挡土板桩典型工程案例	108
8.1 金融大厦挡土板桩工程	108
8.2 中行大厦挡土板桩工程	108
8.3 800 t 液压机基础挡土板桩工程	109
8.4 冷轧厂 1.5 m 轧机组深基挡土板桩工程	111
8.5 本溪市五金交化大厦挡土板桩工程	111
附录: 钢管混凝土板桩选用参考表	113

1 板桩挡土墙土力学原理

挡土板桩是应用土力学挡土墙的库伦理论和挡土墙乌勒契基的应用公式参数为指导方针而进行运算的。

板桩挡土墙的计算工作中，应充分考虑黏性土壤凝聚力的问题，因为地基土壤经过漫长年代坡积或沉积的陈化固结作用，促使土壤中颗粒之间存在着很强的凝聚力 c 值。因之，在板桩设计中将 c 值参与运算，将获得较为安全稳定的经济设计方案。

挡土板桩为了简化计算，可根据板桩所处的实际临界条件，主动土压力区域板桩悬臂部分是在施工降水位以上，而嵌固部分是在饱和水状态下的土壤中。前者充分利用 c 值的作用，而后者 c 值的 $1/3$ 与地下水的静水压力和水的浮力以及所处饱和土壤之中而做相互抵消的基本假定。

土壤凝聚力使得主动土压力值减少，其值如式(1-1)：

$$T_0 = 2 \times c \times h \times \tan(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \quad (1-1)$$

式中， T_0 ——应减少主动土压推力值；

c ——土壤凝聚力；

h ——板桩悬臂高度；

φ ——土壤内摩擦角。

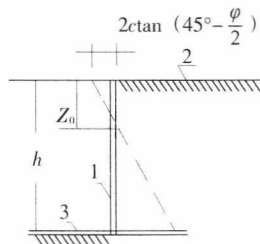
板桩挡土墙处于黏性土壤时，土的压强如式 (1-2)：

$$\delta_a = \gamma z \tan 2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) - 2c \tan(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

当 $z=0$ 时可得：

$$\delta_a = -2c \tan(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \quad (1-2)$$

土的压强负值表示拉应力。当深度 Z 值增加时，则 δ_a 逐渐由负值变小而等于 0，如图 1 所示，主动土压强度 δ_a 等于 0 时的相应深度 Z_0 。



1-板桩 2-地面 3-基础地坑

图1 悬臂式板桩挡土墙

$$Z_0 = \frac{2cn}{\gamma} \tan(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \quad (1-3)$$

式中， n ——土的覆盖层系数；

γ ——土壤容重；

Z ——计算深度；

Z_0 ——主动土压强度等于 0 时的相应深度值。

挡土板桩的简化计算中涉及到的基本假定、客观临界状况和实际条件分别叙述如下：

(1) 在工业与民用建筑工程中，其新建、改建或扩建工程

的新增建基础往往深于相邻的原有基础，二者相距甚小，二者基底面高差很大，又没有放坡条件，新基挖方将危及相邻原有基础的稳定和安全使用。必须采取有效的技术措施，即增设板桩挡土墙借以保护原有基础的稳定正常使用和施工人员的安全作业。

(2) 板桩挡土墙在正常工作条件下，需满足稳定性和有足够的强度，即板桩材料强度和组合构造刚度要保证施工人员的安全并储备系数为1.5倍的技术保障。

(3) 板桩挡土墙的简化计算方法的基本假定概念，在其土的主动土压力、被动土压力和附加荷载的共同作用下，按挡土墙库伦土力学静力极限平衡的原理和援引乌勒契基应用公式参数为理论指导而建立的应用方程式、表达式和关系式如下：

①挡土板桩承受轴向水平推力的总和应等于0，所建立的方程式： $\sum H=0$ 。

②挡土板桩端点的力矩总和应等于0，所建立的方程式： $\sum M_G=0$ 或 $\sum M_A=0$ 。

③挡土板桩应力拐点处剪力应等于0，所建立的应用方程式： $\sum Q=0$ 。

(4) 板桩挡土墙在设计与计算时，由于施工期间降水而考虑 c 值的作用，一般通常情况下板桩计算，假定饱和状态下土壤静水压力和浮力与基土 c 值的1/3相抵消。

挡土板桩多半为垂直（特殊情况有倾斜）于地表水平面打入土层的指定深度并且组成相应稳定可靠的挡土墙壁面。对于敏感性较强而且是重要的或是永久性的板桩挡土墙，其部分设施在地下水位之中，应根据具体所处的临界条件而考虑水的浮

力和静水压力，采用人工降水时还要注意施工期间砂土微小颗粒流失所造成的危害。

一般情况下，地下水位较高，土壤的空隙大，渗透系数大于 20 m/d ，会危及板桩挡土墙的稳定，应给予适当的技术处理，其中包括板桩埋入地下（嵌固部分）处于饱和水的影响。对于海岸、港口、码头、河沿边的水工建筑基础的挡土板桩，需要将水的浮力、静水压力、潮期直接冲刷影响等因素加入挡土板桩的运算工作。

随着我国钢铁工业的不断发展，工业厂房或辅助设施的改建、扩建工程相对增加，如鞍钢半连轧浊水系统的改造、三炼钢厂的扩建、化工五炼焦厂的改造、焊管厂扩建工程、中板厂的改造、冷轧厂扩建平整机设施等。在改造、扩建工程中出现一些比较难以克服的障碍：新增建的基础与相邻原有基础之间距离很小，新基深于原基础，二者基底面高差又很大，没有开坡条件，新基挖方危及原基的稳定和使用安全等。这些都需要采取有效的技术措施——增设一道板桩挡土墙，用以保证原有建筑物的基础安全稳定和新建基础施工人员的安全。

2 挡土板桩的类别

挡土板桩所选用的建筑材料组合，需根据板桩功能、材料组合后的刚度和提高资源利用率为主要目的（图2）。

2.1 轻型木质挡土板桩

主要优势在于因地制宜、就地取材，木质材料比较丰富的产地，可以选用木料做挡土板桩。

板桩型号①②为圆木及长方形木板桩，使用时检查木料是否有缺陷和节疤，如有要严格处理保护好节疤和缺陷处，主要用加强黏结和表面用薄铁皮封死后再用，以减少拆断板桩事故发生，并且切削好桩尖头，减少板桩入土阻力。

2.2 中型混合用料挡土板桩

钢筋混凝土预制定型挡土板桩。

板桩型号③④⑤为预制混凝土方形板桩、长方形板桩（小面平行于挡土层面）和工字形板桩（工字顶立于挡土层面以利于增加抵抗模量）。在混凝土预制厂进行压力蒸养出窑后，碳化养生时间比较长，一般需要28 d，这样对施工选用上很不

利，往往被放弃。

另一个原因是养生或碳化时间不足，会使板桩经受入土层过程中的击打而产生脱皮（即竖向钢筋保护层脱落）局部损坏，影响挡土板桩的质量，混凝土预制板桩造价又省不了多少，所以后来很少被选用。

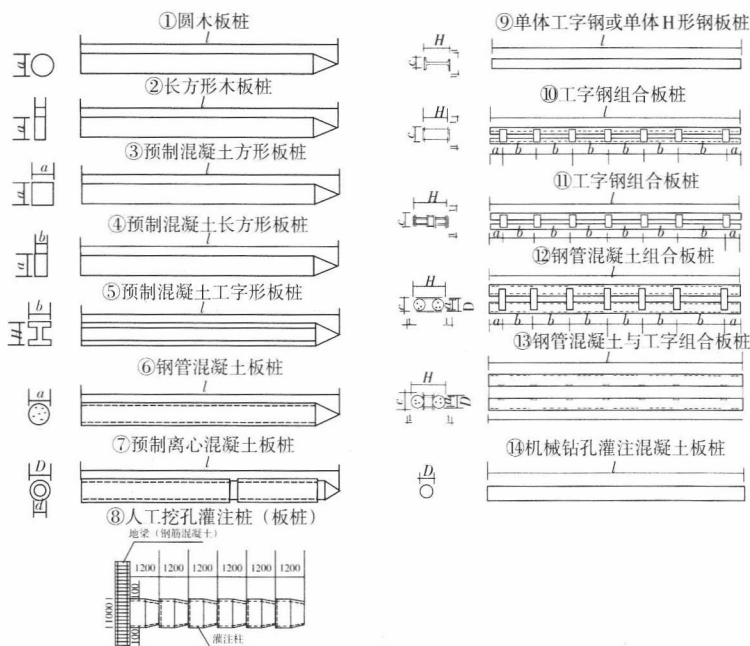


图2 板桩分类图例

2.3 大型混合用料挡土板桩

大型混合用料挡土板桩包括：板桩型号⑥~⑭各种组合式挡土板桩。

板桩型号⑥为钢管混凝土板桩。这种板桩是用钢板按螺旋