

5(3)81

/4422

656971

支挡建筑与土压力

M. & A. 林伯特 著 刘盛唐 译



中国铁道出版社

支挡建筑与土压力

M. & A. 林伯特 著

刘 盛 唐 译

本书系根据 C. V. Amerongen 著
(第一卷1974年第一版及第二卷1976年第一版) 译出



中 国 铁 道 出 版 社

1982年·北京

内 容 简 介

本书为论述土压力及支挡建筑设计的专著，书中以试验所得数据为依据，提出了土压力的破坏机理及有关土力学的新概念，并导出各种情况下挡土墙的推力和被动阻力的计算“通式”；对扶壁和支壁式钢筋混凝土挡土墙、板桩墙和锚定式桩墙的计算进行了研究，并附有算例。书后附录中，对库伦和朗金理论的假设条件及其土压力计算公式进行了系统的分析和评述。

本书可供土木工程设计、科研和教学人员参考。

Retaining Walls

Vol. I Anchorages and Sheet Piling

Vol. II Study Passive Resistance in

Foundation Structure

By Marcel L. Reimbert

Andrew M. Reimbert

支挡建筑与土压力

M. & A. 林伯特 著

刘 盛 唐 译

中国铁道出版社出版

责任编辑 张善同 封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{4}$ 印张：14 字数：313千

1982年7月第1版 1982年7月第1次印刷

印数：0001—6,000册 定价：1.45元

译 者 的 话

本书原作者为M. & A. Reimbert, 中文本是根据C. V. Amerongen的英译版译出的。全书分一、二两卷, 第一卷为“挡土墙——锚固与板桩”, 第二卷为“挡土墙——基础结构中被动阻力的研究”。两卷合并出版, 书名称为支挡建筑物与土压力。

本书用改进的试验模型, 以各种散粒物质, 通过高精度的测试装置, 测定挡土墙的最大推力和最小被动阻力值, 并以较大的篇幅阐述试验所得结果, 证明散粒物质顶面无论是水平还是倾斜, 挡土墙是刚性或柔性, 墙背是垂直还是倾斜, 顶面有无超载等, 其推力楔体底角均为 $\pi/4 - \varphi/3$ 。试验还证实不管挡土墙墙背是光滑还是粗糙, 于“静止”状态时, 其推力和被动阻力的水平分力是固定不变的; 并认为施于散粒物体上集中或匀布荷载所产生的真实压力分布图形与传统采用的压力分布图形不相似。同时还证实挡墙平移的被动阻力大于转动的被动阻力, 且转动时的被动阻力系数始终小于1。著者通过墙支挡之各种散粒物质的平移、转动变形所产生的被动阻力试验, 揭示了被动阻力所具有的特性规律及最小内摩擦角与安息角的关系。

著者对各种条件下挡土墙所产生的推力和被动阻力建立了计算“通式”, 并建议在粘性土层中建造永久性支挡结构时, 不计其粘着力 C 的影响; 对扶壁式和支壁式钢筋混凝土挡土墙、板桩墙的计算进行了研究, 并附有算例。

本书以试验结果为出发点来分析研究各种状态下主动和

1430007

被动土压力所产生的条件及其规律性，与经典的库伦、朗金土压力理论有较大的差异。书后附录中，还对库伦和朗金理论的假设条件及土压力公式进行较系统的评述。这些，对我们研究土压力问题是很有启发的。

但是，这些理论纯属模型试验结果，尚须在工程实践中检验和证实其正确性。

原书中有关电算程序和量测仪器装备等节，由于篇幅所限，未予译出。

本书在翻译过程中，得到了郑象铨工程师的帮助指导并对全书作了校正。范桂珍工程师除对本书专业名词的统一描述作不少工作外，还为译本绘制了插图。对以上同志的热忱支持表示感谢。

由于译者水平所限，书中一定会有许多不妥和错误之处，敬希读者批评指正。

译 者

目 录

第一卷 挡土墙、锚固及板桩

历史背景

1. 为墙所支挡的无粘性散粒物质平衡的早期近似研究	2
2. 符 号	4
3. 安息角和最小内摩擦系数	5
4. 土的粘着力及容重	8
5. 主动和被动压力	9
6. 传统理论与试验结果的初步比较	16
7. 位于散粒物质内部单元水平面积物体的稳定	21
8. 与结构稳定有关的重要因素	24
9. 以小比例尺模型试验确定最大推力和最小被动阻力的 必要性	25
10. 安全系数	26

第一篇 最大推力及最小被动阻力的确定 ——用于挡土墙设计

1. 试验程序	27
1—1 压电量测装置	27
1—2 电探测仪	30
1—3 直接测定被动阻力的装置	32
2. 试验结果	34
2—1 推力楔体范围的确定	34
2—2 散粒物质作用于挡土墙上的推力之水平分力与静 止时墙背面之条件无关	36

2—3	顶面为水平自由面的散粒物质作用于垂直墙上的 推力测定及解释	37
2—4	散粒物质的自由面倾斜成安息角时推力的测定	41
2—5	用电探仪测定极限平衡状态	46
2—6	确定为垂直墙所支挡, 其自由面成任意角度斜面 的散粒物质的推力系数和被动阻力系数	49
2—7	由具有任意角度之自由斜面的散粒物质作用, 使 墙产生转动的推力函数和被动阻力函数的第一试 验结果之简单表达式的解释	52
2—8	推力系数验证试验: 散粒物质具有水平自由面或 成安息角 ($+\alpha$) “向上” 的自由倾斜面时的推 力系数, 分别为 $[(\pi - 2\alpha)/(\pi + 2\alpha)]^2$ 和 $[(\pi -$ $2\alpha)/(\pi + 2\alpha)]^2 \cdot (1 + 2\alpha/\pi)$	64
2—9	试验证实推力和被动阻力与支挡散粒物质墙的表 面条件无关	71
2—10	关于转动位移的被动阻力补充试验	77
2—11	回填土上的超载	86
2—12	证实推力破裂楔体角的数值为 $\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{8}$ 的试验	92
3.	公式与设计图表	110
3—1	推力和被动阻力的一般公式	110
3—2	通用公式	115
3—3	安全系数	117
3—4	挡墙和被支挡物质间摩擦的考虑	117
3—5	关于上述公式应用范围的重要提示	118
3—6	关于集中荷载的补充提示	118
3—7	作用于回填料之集中荷载和平行于墙分布的 条形超载	119
3—8	特殊情况的粘性散粒物质	131
3—9	挡土墙的破坏	137
3—10	设计图表	139
3—11	设计图表使用举例	140

3—12 回填土上的超载	150
3—13 浸水与饱和土	151

第二篇 应 用

4. 圬工挡土墙和钢筋混凝土挡土墙	153
4—1 圬工挡土墙	153
4—2 钢筋混凝土挡土墙	168
4—3 用相同填料钢筋混凝土挡土墙与圬工挡土墙的经济比较	177
4—4 向后倾斜的钢筋混凝土挡土墙 ($i < 90^\circ$)	180
4—5 有扶壁或支壁的钢筋混凝土挡土墙	184
4—6 大墙趾扶壁挡土墙	197
4—7 以预制钢筋混凝土构件建筑挡土墙	199
5. 锚定块体和锚定板	203
5—1 关于锚定块体和锚定板的特殊构造	203
5—2 锚定物支承面极限位置的确定	208
6. 板桩	214
6—1 板桩用作挡土墙所承受的力	214
6—2 采用板桩截面的确定	229
6—3 钢板桩的截面特性	242
7. 补充提示与评论	247

第二卷 基础结构物中被动阻力的研究

1. 引言	251
2. 试验用的散粒物质	251
2—1 谷物	252
2—2 砂	252
3. 伴随着变形的被动阻力	253
3—1 符号一览表	253
3—2 试验装置	255

3—3 试验中散粒物体的外形	256
4. 关于板墙表面条件的试验	258
4—1 由于板墙的水平平移之有关被动阻力试验	258
4—2 由于板墙沿斜面上升或斜面下降平移时有关被动 阻力的试验	260
4—3 附注	263
5. 关于平移被动阻力试验	264
5—1 散粒物体产生的平移被动阻力的变形特性阶段	265
5—2 具有水平顶面的物质	268
5—3 具有顶面成向上安息角 ($+\alpha$) 的物质	278
5—4 具有顶面成向下安息角 ($-\alpha$) 的物质	283
5—5 关于具有水平顶面或倾斜顶面的物质试验结论	289
6. 极限被动阻力系数	292
7. 关于具有倾斜顶面的散粒物质在平移被动阻力试验时推力 系数的确定	293
7—1 垂直墙	293
7—2 斜墙	294
7—3 结论	301
8. 关于散粒物质在适应阶段与弹-塑平衡阶段的变形所产生 的平移被动阻力	302
8—1 结果的研究	302
8—2 特殊情况: 除细砂外的试验砂	304
9. 振动与夯实对散粒物质的变形所产生被动阻力的影响	306
9—1 振动的细砂	306
9—2 压密实的砂	308
9—3 重夯坚实的细砂	310
9—4 结论	312
10. 散粒物质承受超载的变形	314
10—1 引言	314
10—2 关于具有水平顶面并承受超载的散粒物质的平移	

被动阻力试验	315
10—3 试验步骤	315
10—4 试验	316
11. 散粒物质的扩张现象所产生的平移被动阻力	318
11—1 定义	318
11—2 关于无限延伸的散粒物体扩张现象的试验	319
11—3 关于具有三角形横截面的散粒物体扩张现象的试验	320
11—4 附注	321
11—5 小米	321
11—6 细砂	324
12. 模型最小尺寸的研究	325
12—1 试验结果	326
12—2 物质横跨宽度 L 所产生的平移被动阻力的系数	328
12—3 提示	330
12—4 若干补充论述	331
12—5 物质的高度对物质产生被动阻力变形的影响	332
13. 在实验室内参数 X 的实际测定	333
14. 随转动被动阻力产生的变形	336
14—1 引言	336
14—2 具有水平或倾斜顶面物质的转动被动阻力的试验	337
15. 随趾端阻力产生的变形	347
15—1 引言	347
15—2 细砂试验	352
15—3 表示散粒物质产生阻力时变形的诸直线交会	352
16. 提要与公式	356
16—1 引言	356
16—2 物质的适应平衡阶段	356
16—3 物质的弹-塑性平衡阶段	357
16—4 振动的散粒物质或压密实的土或者未受扰动 土的变形	359

16—5 重夯坚实物质的变形	359
16—6 具有粘性颗粒物质的变形	360
16—7 物质的塑性平衡阶段	360
17. 板桩墙和隔板挡墙设计的计算	361
17—1 板桩	361
17—2 隔板墙	376
18. 确定散粒物质的最小内摩擦角	382
18—1 散粒物质最小内摩擦角 φ_0 的确定	383
18—2 试验	384
18—3 试验散粒物质的沉陷	397
18—4 湿细砂的内摩擦角	398
18—5 对挡土墙设计的实际影响	403
18—6 用摩擦板法与三轴压缩试验装置所得试验 结果的比较	404
18—7 结论	405
18—8 第18部分最后的重要附注	405
19. 附录	406
19—1 主动压力楔体的二面角及推力系数值的分析研究	406
19—2 被支挡的具有倾斜顶面的物质推力系数的理论证明	422
19—3 负有超载的被支挡物质的推力系数理论证明	433
参考文献	437

第一卷 挡土墙、锚固及板桩

历史背景

由于广泛应用大型壳式墙来建造大尺寸的谷仓结构，就需要建立一套确定这种结构设计方法的最大可能性，并使它也适用于一般挡土墙的设计。

为了研究这一课题，首先的目标是根据散粒物质作用于挡土墙上的推力的有关平衡的传统的专门知识。但是，这样立即就会发现，由专门知识得到的结果与真正观察到的现象之间存在着明显的差别。

特别是，发觉为水平自由面的无粘性散粒物质所施予垂直挡墙上的实际压力，显著的小于应用库伦理论和朗金公式所确定的压力值。

可惜，到目前为止，尚无散粒物质平衡的完全满意的说明来解释所观察到的矛盾。因此，需要着手进行由于这样的平衡所引起的现象的观察，以便阐述并引出一些简单的结论，以供工程师们能够安全的和有效的设计挡土墙。

为此，需要使用高精度的量测装置和研究方法进行新的试验，就不会受到从前的研究者所曾遭受到的非难。

这样，确定推力时，借用极端敏感和高精度压电晶体，直接全部地量测散粒物质压在墙上的力，设想在试验过程中采取离开支撑散粒物质所存在的墙，来研究不受任何应力扰动而处于天然平衡状态的物质本身的平衡。

在研究关于墙作任意移动而倾向于压缩散粒物质产生的

被动阻力所进行的量测试验方法，是选用的电探测仪，它使得有可能对散粒物质受到压缩作用时相应于弹性平衡状态的低的平衡状态下进行极端精密的观察。

最后，应用直接量测被动阻力的装置，能够确定相当于高的极限平衡状态，或塑性平衡状态。

最后才能够得到以我们所建议的被动阻力公式，而精确地提供安全系数。

致力于细心的、使用完满的全套装置和应用严密的实验方法进行试验，以便排除试验中的离散度和不一致性，迅速得到恒定的结果。借助于其精确度，可以引导出自由表面为水平或倾斜的散粒物质，作用在垂直或倾斜墙上的推力（主动压力）数值和墙趋向于压缩物质而物质阻止墙有任何位移时所产生的被动阻力数值的新结论。

1. 为墙所支挡的无粘性散粒物质 平衡的早期近似研究

在过去的年月里，对于垂直墙或斜墙所支挡的散粒物质，其表面成水平自由面或位于天然的斜坡上的平衡问题，曾提出过各种不同的解。早先的解是基于库伦和朗金理论；而朗金理论考虑了Boussinesq和Résal的试验。

按照库伦理论，当构成相当于挡土墙的平衡破坏时，在散粒物质内产生一平行于墙的顶边滑面，形成物质楔体的后边界，而其前边界是墙自身的墙面。这种构思将只满足研究这个所谓破裂楔体的平衡条件，以便确定墙所产生的反力大小和散粒物质作用在墙上的相应之最大推力值。库伦的成果简单并很容易地应用于实际问题，促使了这个理论于1773年在Académie Royale des Sciences刊物上作了传播。

由于当时试验所用之装置，与现在所用的比较起来是不

完善的，所以在实际应用中表明，库伦理论与现实之间满意的吻合到这样的程度，以致使Caquot和Kerisel两个现代作者，主张“库伦理论的讨论是没有价值的，差不多过去了两个世纪，许多工程师现在仍然应用这个理论”（*Traité de Mécanique des Sols*）。

1856年，在一篇叫做“松散土的稳定性”论文中，朗金批评库伦的最大推力楔体理论，并断言，这个理论没有任何确切的科学基础。在这个领域，他建议了自己的理论，提出了作用于挡土墙上的最大推力数值的简单表达式。

由此，水平自由面的散粒物质，每延米墙上的推力（合力）根据朗金理论为：

$$P = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

式中 γ 为容重； φ 为内摩擦角和 h 为垂直挡土墙的高。

Boussinesq和其后的 Résal，他们反复考虑指出朗金理论没有在数学上满足墙所支挡的散粒物质的平衡条件，并提出确定作用于墙上之推力大小新建议：

$$P = \gamma \cdot A \cdot h^2$$

式中 A 为 Résal表或Caquot图所给出了的数值，它是散粒物质内摩擦角和墙斜度的函数。

但是，后来应用弹性散粒介质数学理论导得之对立公式和得出其推力的屈服下限值与从朗金公式所得的相比较是“没有最后提出更可靠的数据来叙述其计算的假设基础，而实际上，这种理论还远没有完成”（实验：“*Résistance des Matériaux et Stabilité des Constructions*”）。

因此，本书在这领域所着手进行的新试验研究报告，也不能断定其已属成功。在这里所作的，我们仅集中注意其实际情况并忽视一切（甚至背离了已承认的）而不是为试验所

α ——安息角

— α 水平面以下， $+\alpha$ 水平面以上；

α' ——物质顶面的倾斜角，

— α' 水平面以下， $+\alpha'$ 水平面以上；

φ ——物质的内摩擦角，

φ_0 ——物质的最小内摩擦角

φ' ——物质与墙背面之间的摩擦角，

二、墙

i ——墙之内侧侧面相对于水平面之倾斜角，

h_1 ——截面 s 至墙顶之垂直距离，

h ——墙的支挡面垂直高。

三、压力和作用力

P ——主动压力（单位面积），

P ——推力（由于主动压力的合力），

b ——被动压力（单位面积），

B ——被动阻力（由于被动压力的合力）。

注：在构成新的研究基础的试验结果提出以前必须讨论如下的一些特殊概念：有关安息角和土的最小内摩擦系数；回填土作用于挡土墙上的推力；关于墙趋向于产生压缩回填物质的位移时，回填物质所产生之最小被动阻力；和散粒物质的实际推力楔体。

此外，还将把挡土墙结构的传统理论与一些试验工作的结果进行对比。

3. 安息角和最小内摩擦系数

假定一重量为 P 之物体，置于与水平面成 α 角的斜面上（图 1—1—3）。

重量 P 可分解成两个力：

——垂直指向于斜面的力（法向力）：

$$N = P \cdot \cos \alpha$$

——沿斜面坡度向下并倾向于使物体沿斜面滑动的力（切向力）：

$$T = P \cdot \sin \alpha$$

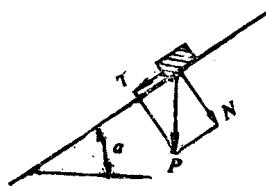


图 1-1-3

假定斜面的倾斜度增加， $\sin \alpha$ 亦增加，而斜面上之滑动物体的分力 T 达到一特定的极限值。

令 $f(\alpha)$ 表示 T/N 之比值，并令 φ_0 表示重量为 P 的物质处于相对之极限平衡状态时的角度，那么：

$$f(\alpha) = \operatorname{tg} \varphi_0$$

$f(\alpha)$ 是斜面上物体的摩擦系数。

散粒物质的自由斜面呈松散的堆积放置，构成与水平面成一定大小的天然角度 α 。相当于物质自身极限平衡状态的这个角，叫做安息角。

现在应考虑挡土墙后的散粒物质的平衡。当平衡被破坏时，物质就沿形成叫作破裂楔体之后边界的滑动面而发生破坏。

其滑动面每一点之压力与滑动面法线构成等于摩擦角 φ 之角度。当摩擦角 φ 为其最小值 φ_0 时，这时破裂楔体处于极

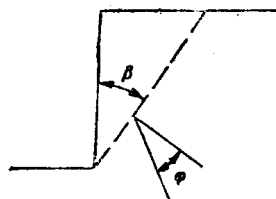


图 1-1-4

限平衡状态，而墙上作用着最大推力。这个推力值是工程师特别关心的。

因此，在这里有关极限平衡状态的条件，可以比作确定安息角 α 的基础。

为此，在下面试验报告的说明及所得结果的公式中，把