

新 型 支 挡

——锚定板挡土结构的
理论与实践

张续萱 吴肖茗等编著

中 国 铁 道 出 版 社

1996年·北京

(京) 新登字 063 号

内 容 简 介

本书主要是总结近年来锚定板挡土结构设计、施工与理论研究的已有成果, 进一步介绍近年来已广泛应用于工程建设部门的锚定板挡土结构在不同条件下的工程实录。该书内容结合实际, 图文并茂, 可供土木工程科研、设计、施工技术人员及大专院校有关专业师生参考。

新 型 支 挡

——锚定板挡土结构的理论与实践

张续萱 吴肖茗等编著

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 王俊法 封面设计 赵敬宇
冯秉明

各地新华书店经售

北京市燕山联营印刷厂印

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 9.375 字数: 247 千

1996 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 1--1500 册

ISBN7-113-02208-1/TU·483 定价: 13.40 元

前 言

为了使国内的土木工程师更全面地了解锚定板挡土结构设计，施工与理论研究的已有成果，铁道部锚定板结构研究组的有关人员一致认为有必要编写一本锚定板挡土结构理论与实践的书，进一步介绍近年来已广泛应用于工程建设部门的锚定板结构的设计理论、施工工艺及不同条件下的工程实录。编写的这本书，如能对推广与发展这类新型支挡结构起到参考与促进作用，我们将感到十分欣慰。

本书由张续莹、吴肖茗负责组织编写工作，并对全书进行了统校和定稿。中国科学院卢肇钧院士作为本书的顾问，在本书的编写过程中，始终得到了他的关心和支持。

本书编写分工如下：第一、第四章由吴肖茗，第二章由张续莹，第三章由汪惠祥（第二节）、栾代宗（第三、十节）、章新甫（第五节）、白振环（第六、十三节）、林翰钊（第六节）、彭泽仁（第八、十四节）、李长林（第十五节）、魏殿兴（第一、十二节）、吴肖茗（第一、九、十一节）、张续莹（第三、四、七、十节）等编写。王中立、陈进，姚维邦提供了原始设计资料。除了上述编写人员以外，还有路内外协作单位许多工程师们曾经共同对这项工作做出了很大的贡献，主要有曹英焯，熊庆岗、张肇伸，孙葵英、彭胤宗、张玉瓚、施传琨、刘盛唐、朱梅生、沈永良、华祖焜、李璧因等许多同志。这个科研项目的成果是在有关同志们的共同努力下取得的，在分享成果的同时，我们永远不会忘怀他们辛勤的劳动。限于我们的水平，错误之处在所难免，恳切希望读者提出批评和建议。

张续莹 吴肖茗

1994年12月北京

目 录

第一章	锚定板挡土结构的研究与发展	1
第二章	锚定板挡土结构的设计、施工与理论研究	6
第一节	结构类型.....	6
第二节	土压力计算与试验研究	10
第三节	锚定板容许抗拔力	16
第四节	锚定板挡土结构的稳定性检算	25
第五节	构件设计	33
第六节	施工工艺	43
第三章	锚定板挡土结构工程实录	54
第一节	东陇海复线袁庄锚定板立交桥台	54
第二节	武豹公路结合式锚定板桥台	70
第三节	四平公路立交桥锚定板桥台	86
第四节	韩家铺分开式锚定板桥台.....	104
第五节	乐平—德兴铁路专用线跨河锚定板桥台.....	121
第六节	天湖山铁路支线洋坑锚定板桥台.....	139
第七节	整体式锚定板桥台.....	150
第八节	整体土墙式锚定板挡墙.....	164
第九节	常州东货站港池锚定板挡墙.....	182
第十节	营口新港鲛鱼圈锚定板挡墙.....	191
第十一节	常年浸水的南平锚定板坡脚挡墙.....	208
第十二节	马营湾煤矿采空区锚定板挡墙.....	218
第十三节	无肋柱式锚定板挡墙.....	230
第十四节	高填土路堤上修筑的锚定板挡墙.....	247
第十五节	季节性冻土地区水工锚定板挡墙.....	269
第四章	应用前景与展望	290

第一章 锚定板挡土结构的研究与发展

锚定板结构是我国铁路系统首创的一种新型支挡结构型式。这种结构具有造价低,施工方便,对各类地基的适应性较强等优点,因此无论作为桥台或挡墙都可以节省大量的圬工,还可以节约劳动力,具有较好的经济效益与社会效益。目前除了铁路系统已在推广应用外,在轻工业部、煤炭部、各省市水利、公路等部门在立交桥台、边坡支挡、路堤挡墙、坡脚挡墙等多种工程中应用,这项技术一般可节省(与重力式支挡比)工程投资 20%~30%。

锚定板结构自 70 年代中期开始列入铁道部的新技术研究计划,由铁道部科学研究院主持,并有各设计院,许多铁路局和工程局以及铁路高等院校参加共同协作研究。从 1974~1986 年间建成了近 30 座各种类型的锚定板挡土结构,从设计到施工、从科学实验和长期的现场监测到理论分析都积累了大量的资料数据,并取得了有关此项研究工作的丰硕成果。

1981~1986 年间,具有我国特色的锚定板挡土结构的工程实践和理论研究曾多次在日本、瑞典和美国召开的国际岩土工程会议上作了介绍并纳入了论文集^{〔1〕〔2〕〔3〕〔4〕},引起了同行们极大的兴趣和重视。

为了对锚定板挡土结构这项新技术成果的取得有进一步深入的了解,有必要回顾一下 20 年来历史发展的过程,可概括分为以下三个阶段:

1. 各种新型支挡结构新生、发展时期

锚定板挡墙自 1974 年首次在太焦线稍院采用,当时由铁道部科学研究院、铁道部第三设计院、铁道部第三工程局组成设计、施工科研组共同进行试验研究工作。太焦线稍院挡墙是一座 24m 高

的路肩挡墙,分为6级(每级4m)。上部三级为锚定板挡墙,下部三级为锚入山体内部的灌浆锚杆挡墙,这座挡墙1975年铺轨通车,这是我国第一座锚定板结构的挡墙^[5]。

1976~1977年间,铁道部第一设计院、铁道兵、铁道部专业设计院、铁道部第三设计院,西南交通大学等单位分别在青藏线和北京西北环321线上建立了两座不同型式的锚定板挡墙;

1978年原武汉铁路局,铁道部科学研究院,铁道部第三、四设计院、铁道部第二工程局、铁道兵等单位分别在武汉南环线武豹公路豹子澗立交桥,东陇海复线袁庄立交桥,太岚线下兰村、太岚线滨河路建成了四处锚定板桥台;

1979年铁道部第三、四设计院、铁道兵、铁道部科学研究院、上海铁路局以及轻工业部上海设计院等分别在山西古交、常州港池以及南平建立了三座锚定板挡墙;与此同时皖赣线乐平—德兴铜矿专用线过水桥锚定板桥台、四平枢纽站立立交桥台等都在设计施工中,可以说锚定板新型支挡的开拓时期处于欣欣向荣蓬勃发展的阶段。但是,这种新技术在初期的实践中由于经验不足,出现了这样那样的技术问题,因而也遇到了一些意想不到的困难和阻力。

锚定板挡土结构与刚性的挡土结构不同,在施工过程及建成以后,结构物必然会产生少量可容许的变形和位移,这是正常的现象,各设计单位在设计时对允许位移值都曾经作过估算并留有预留值,但对土压力的变化,填土的沉降等等却无资料可查阅,也无先例可依循,因此在早期设计施工中的锚定板挡土结构在建成时及运营一段时期后出现了一些技术问题,如稍院挡墙产生了较大的位移变形,填石下沉量比试验预估的大了几倍,并有2根肋柱外倾;袁庄锚定板桥台在1978年9月竣工验收时发现肋柱外侧有裂缝,虽然用显微镜观测其裂缝宽度多数小于0.2mm,但也有个别的达到0.3mm左右;太岚线分开式桥台的锚定板挡土墙在1979年竣工后发现部分肋柱上有裂缝,通车5年后由于挡土板与肋柱搭接不够以及因施工误差使墙面与钢筋混凝土梁之间的连接小梁

(1.2m)的基础压在挡土板上,造成墙面最上排部分挡土板开裂等等。针对出现的一些技术问题,科研人员十分重视,同时根据铁道部科技局与基建局的要求,对已建成的新型支挡结构进行了一次全面调查,共同认真地总结了经验,研究分析了产生这些问题的技术原因,采取了相应的补救措施,并统一了需要进一步研究的问题和方向。

关于前期建成的锚定板挡土结构中,上述存在的一些技术关键问题,在第三章各工程实录中均有详述。

2. 总结经验,成熟发展,共同编制“设计原则”

为了确保行车安全,一方面做全面的调查,防止事故的发生,同时为了稳妥地发展这项新技术,由铁道部科学研究院主持这项科研工作,各铁路设计院、铁路高等院校及施工运营等单位共同参加,共同研究了存在的主要技术问题,分阶段、有步骤地对锚定板支挡结构进行研究。

1981~1983年经过大量的模型试验,现场实测与对比分析编制了锚定板桥台设计原则,1984年对“旱桥锚定板桥台设计原则”(桥台高 $\leq 10\text{m}$)⁽⁶⁾通过了部级鉴定。

1984~1987年,在锚定板桥台设计原则的基础上针对挡墙的特点,并结合实际监测的资料,在实践经验与理论分析的基础上编制了“锚定板挡墙设计原则(墙高不大于10m)”⁽⁷⁾,1988年通过了技术鉴定。

两个“设计原则”的基本内容将在第二章中作全面的阐述。设计原则中归纳了大量理论研究分析的成果,室内模型和现场试验以及工程实践的实测成果,对设计与施工都有明确详细的规定。设计原则还总结了稍院挡墙以及初期建成的几个锚定板支挡结构中存在的问题,如设计原则中作出规定:路肩式锚定板挡墙上层拉杆的长度应超过I线轨道远离墙侧的枕木端头,挡板与肋柱的搭接宽度不得小于12cm,肋柱的宽度不宜小于24cm,高度不宜小于30cm;肋柱上的拉杆拉力,肋柱弯矩、剪力和肋柱底部的水平摩阻力按刚性支承连续梁计算,并按弹性支承连续梁校核;肋柱配筋

应按上述计算的最大弯矩,两侧通长配筋,以防止在搬运、吊装、施工中可能出现的不利情况以消除肋柱由于受力不匀而产生的裂缝等。

两个“设计原则”的编制前后共经过了7~8年的时间,是全体参加的单位与科技人员,在不断积累经验,不断实践与发展中取得的成果。在研究分析、讨论过程中对本研究成果也逐步取得了共识。“设计原则”通过鉴定后可使有关单位系统地掌握这项新技术的内容和设计计算方法,避免过去由于经验不足而发生过的问題。

3. 推广应用后,成果已趋完善

按照已鉴定过的两个设计原则设计的锚定板挡土结构,如营口新港专用线鲅鱼圈锚定板挡墙、峙峰山煤矿采空区铁路高路堤挡墙、漳泉铁路洋坑锚定板桥台、洋坑无肋柱式锚定板挡墙,大多已运行使用了十年左右。这些锚定板结构墙体稳定,位移量少,各构件平直无变形,无开裂现象,有足够的安仝度,是可靠的,今后可以大力推广。这项新技术已纳入了铁道部路基设计规范(TBJ25—90)。

为了证明锚定板挡土结构使用的安仝可靠性,1992—1993年间,各有关铁路单位还参加了“锚定板挡土结构补充调查试验与验证”的工作,对14个重点结构进行了回访调查。其中对1984年以后设计的锚定板挡土结构作了肯定的评价。例如,鲅鱼圈铁路路肩墙就是一个成功的工程实例。按照“设计原则”设计的锚定板挡土结构施工验收、交付运营后并无特殊养护的要求。

两个设计原则制定以前,正常运转未出现任何异常的锚定板挡土结构如皖赣线乐德跨河桥锚定板桥台、武豹公路跨铁路立交桥台、兖石线韩家铺立交桥台、四平枢纽立交桥台、常州港池锚定板挡墙、南平锚定板挡墙、长沙井湾子锚定板挡墙、大安屯、东阿拉抽水站锚定板挡墙等也都受到了使用、养护单位的好评。

在施工完成后初期以及运营中或由于改变设计后产生过一些局部问题,经处理修整后,目前全墙整体稳定、完全可以正常使用的有北京西北环线321锚定板挡墙、武昌车站牵出线锚定板挡墙,

太岚线下兰村锚定板桥台、袁庄锚定板立交桥台以及太岚线立交锚定板挡墙等。

许多新技术往往都是在克服困难,积累经验之后,才能达到成熟的阶段,锚定板挡土结构的研究同样也是在遇到挫折后,科技人员克服了由于经验不足的缺点,从理论上充实,提高自己的认识,在实践中进一步证实,从而使这种新型支挡结构在理论上与实践上逐步趋向完善。

为了总结 20 年来,由我国铁路工程科技人员所首创的锚定板支挡结构的经验,路内外各协作单位科技人员对这项研究工作所做的贡献,由铁道部科学研究院牵头组织编写了本书,并由中国科学院卢肇钧院士作为本书的顾问。目的是向国内的土木工程师和有关这方面的科研、教学工作者介绍这种新型挡土结构的设计理论和施工方法以及宝贵的工程实录经验。盼能对这种新型挡土结构的推广起到一点作用,同时也为今后的研究设计者提供参考。

第二章 锚定板挡土结构的设计、 施工与理论研究

第一节 结构类型

一、锚定板桥台

目前采用的锚定板桥台从结构形式上基本可分为两种类型：分开式与结合式锚定板桥台，结合式又可分为拼装式和整体式两种类型。

(一) 分开式锚定板桥台

分开式锚定板桥台由支承墩和锚定板挡土结构两部分构成，如图 2.1-1 (a) 所示。其中支承墩的作用与桥墩相同，仅承受由梁体传递的竖向荷载及列车制动力。锚定板挡土结构则承受路基填土土压力及活载引起的侧压力。这种结构形式受力明确，支承墩和挡土结构互不干扰。即使挡土结构产生少量位移，也不会影响桥台的正常工作。

支承墩可以做成实体墩，也可以做成双柱式或三柱式框架墩，按一般桥墩的设计方法计算。其基础可以采用扩大基础，也可以采用钻孔灌注桩等，视地基土的性质而定。

锚定板挡土结构的墙面一般由肋柱和挡土板拼装而成。为了施工和吊装方便，肋柱高度一般不宜大于 6m。当桥台台后填土较高时，肋柱可以分成几段，每段肋柱的高度可根据施工条件和吊装设备来决定。各段肋柱之间可采用榫连接，并对接头处的柱端用钢筋网加强。在肋柱底部应设置混凝土垫块基础或杯座基础。肋柱通过钢拉杆与锚定板相连接。每根肋柱可设置双层拉杆，也可设置多层拉杆。由于肋柱与拉杆连接处的水平反力受填土弹塑性变形的影响，受力比较复杂，为了减少其影响因素，通常多采用

双层拉杆肋柱。挡土板一般做成钢筋混凝土矩形板、空心板或槽形板，当肋柱间距较大时，为节省钢筋也可做成拱形板。挡土板的宽度和长度根据施工方法和吊装能力而决定。锚定板是埋在填土中的钢筋混凝土构件，借助其前方土体的抗力来平衡拉杆拉力。通过大量模型试验研究，结果表明方形锚定板比相同面积的矩形锚定板的抗拔力大，因此在实际中多采用方形板。

分开式锚定板桥台的墙面与支承墩之间，一般要留有 10~12cm 的间隙，以防止因填土位移造成墙面与支承墩相抵触。

(二) 结合式锚定板桥台

结合式锚定板桥台的挡土结构与支承墩合为一体，同时承受竖向荷载和侧向荷载。与重力式结构相比，其侧向荷载由锚定板抗拔力平衡，使桥台的受力状态有很大的改善，从而大大减轻了台身重量，基础重量及其埋置深度也随之减小，可节省较大的圬工量。结合式锚定板桥台受力状况虽然比分开式复杂，但其整体性好，基底应力比较均匀，桥台位移比分开式锚定板桥台小。已建成的几座结合式锚定板桥台的实测资料表明，桥台位移大都发生在施工期间，竣工后工作位移量甚小，一年以后基本稳定。

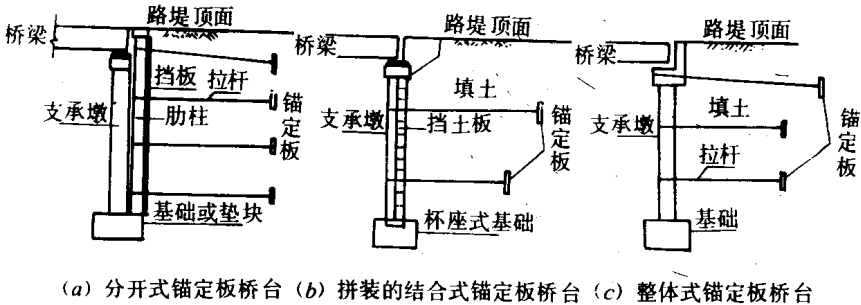


图 2.1-1 锚定板桥台类型

1. 拼装的结合式锚定板桥台

拼装的结合式锚定板桥台是由支承墩和挡土板拼装而成。锚定板通过钢拉杆直接与支承墩相连接(如图 2.1-1(b)所示)。原武汉铁路局设计与铁道部科学研究院共同设计的武豹公路跨铁

路立交桥桥台即为拼装式的结合式锚定板桥台，由三柱式框架组成支承墩，并于填土侧布置拱形挡土板拼装而成。土压力由挡土板传递给支承墩，再通过拉杆将水平力传递给锚定板。

这种桥台的支承墩采用现场灌注，挡土板可采用工厂或现场预制。

2. 整体式锚定板桥台

整体式锚定板桥台是结合式的又一种类型。它由实体矩形断面的整体支承墩，用钢拉杆与锚定板相连接而构成（如图 2.1—1(c) 所示）。铁道部第三勘测设计院设计的太岚线滨河路铁路立交桥以及兖石铁路一座低高度梁立交桥桥台均采用整体结合式锚定板桥台。

整体式桥台适合于现场灌注，结构的整体性能好，台身位移小。

结合式锚定板桥台在设计时应预留梁缝及支座活动量，一般不要小于 10cm。

分开式和结合式锚定板桥台各有优缺点，可以根据实际情况因地制宜选用。

除上述形式的锚定板桥台外，还有一些其他结构形式。例如在重力式桥台的下部设置拉杆和锚定板用来提高桥台的抗滑稳定性，或在钻孔桩双柱式桥台的顶部设置拉杆和锚定板用以减小台顶位移并减少桩身配筋等混合形式的桥台结构。

二、锚定板挡土墙

锚定板挡土墙按其使用情况可分为路肩墙、货场墙、码头墙和坡脚墙等，如图 2.1—2(a) ~ (d) 所示。

按墙面的结构形式可分为柱板拼装式和无肋柱式锚定板挡土墙。柱板拼装式挡土墙由肋柱与挡土板拼装而成，根据运输和吊装能力可采用单根肋柱也可以分段拼接，上下肋柱之间用榫连接。按肋柱上的拉杆层数还可分为多层拉杆和双层拉杆锚定板挡土墙。无肋柱式锚定板挡土墙墙面板可采用矩形板或十字形板拼装

而成，墙面板直接用钢拉杆与锚定板连接。见图 2.1-2 (e)、(f)。

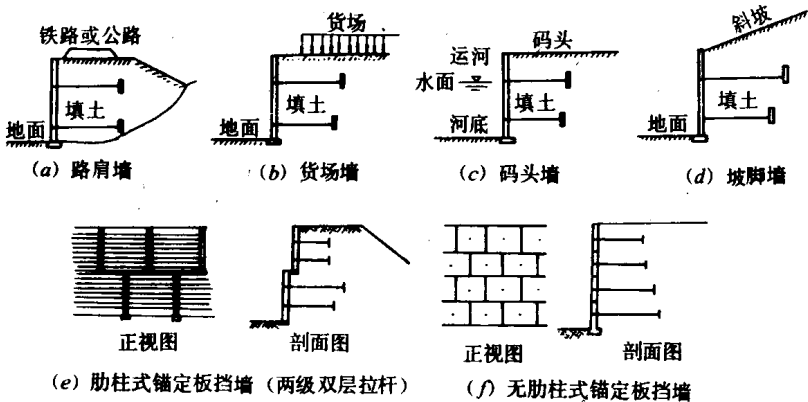
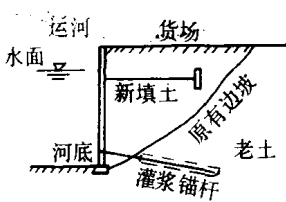


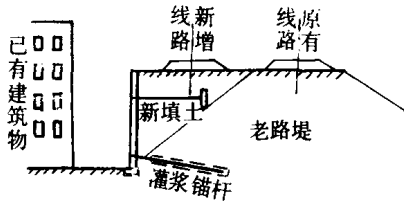
图 2.1-2 锚定板挡土墙类型

锚定板挡土墙还有单级和多级之分，单级锚定板挡土墙的高度通常不大于 6m。分级设计时，上、下两级墙之间可留有平台，平台宽度一般不小于 1.5m。为了减少因上级墙肋柱下沉对下级墙拉杆的影响，上级墙的肋柱与下级墙肋柱沿线路方向的位置应该相互错开。见图 2.1-2 (e)。

上述按不同情况分类的各种锚定板挡土墙，还可以相互组合使之成为型式多样，适合各种具体使用条件的锚定板挡土墙。也可以根据周围环境及地质地形条件设计成锚定板和锚杆联合使用的挡土墙。如图 2.1-3 所示的常州东货场码头墙和某处铁路单线路堤改为双线路堤的设计方案，这两种情况分别是在靠近老边坡处修建货场码头和在原有路堤边坡上增加一个路肩墙。设计上上层拉杆利用锚定板锚固在新填土中，下层拉杆采用灌浆锚杆固定在原有边坡内。这样可充分利用原有边坡，发挥锚定板和锚杆的优越性。既不占用原有路堤坡脚以外的地面，又不增加太多的工程量，是最经济合理的结构形式。



(a) 常州货场码头墙



(b) 某单线路堤改为双线的设计

图 2.1—3 锚定板与锚杆联合使用的挡土墙

第二节 土压力计算与试验研究

一、土压力计算方法

锚定板挡土结构与重力式结构形式不同，墙面变形及受力机理均有所不同。为了探索锚定板结构墙背土压力的计算方法及其沿墙高的分布，铁道部锚定板结构研究组对已建成的锚定板结构进行了长期的现场实测、室内模型试验以及有限单元法计算。通过对试验及计算结果的分析研究，提出了锚定板挡土结构的土压力计算方法。

(一) 恒载土压力

1. 恒载土压力计算方法

为保证锚定板挡土结构的安全可靠，又使计算不致过于繁杂，并尽量与铁路工程设计规范中采用的土压力计算公式相一致。建议在锚定板结构设计时，由填土重量产生的恒载土压力按库伦主动土压力公式计算并需乘一个增大系数。即按以下公式计算：

$$E_r = \frac{1}{2} \gamma H^2 \lambda_r B m_r \quad (2.2-1)$$

式中 E_r ——恒载土压力的水平分力 (kN)；

γ ——填土容重 (kN/m³)；

H ——计算土层的高度 (道碴及线上设备重量按换算土层高度计算) (m)；当锚定板挡墙为双级墙时， H 为

上下级墙高之和；

λ_r ——主动土压力系数；

B ——桥台路基主墙面或挡墙墙面计算宽度(m)；

m_e ——土压力增大系数，对于锚定板桥台，建议取 $m_e = 1.05 \sim 1.20$ ，对于锚定板挡土墙，建议取 $m_e = 1.20 \sim 1.40$ 。

2. 填土参数选择

土压力计算中，墙面板与填料之间的墙背摩擦角 δ 采用 $\phi/2$ 。 ϕ 表示填料的综合内摩擦角，可以根据试验确定，如果没有试验资料，可按以下规定采用：

对于锚定板桥台，当填料为一般渗水性土壤时，采用综合内摩擦角 $\phi = 33^\circ$ ，当填料为一般粘性土时，采用 $\phi = 30^\circ$ 。

对于锚定板挡土墙，综合内摩擦角 ϕ 和容重 γ 可参考表 2.2-1 所列数值选用。

填料的物理力学指标

表 2.2-1

填料种类		综合内摩擦角 ϕ	容重 (kN/m^3)
细粒土		$30^\circ \sim 35^\circ$	17、18
粗粒土	砂类土	35°	17、18
	砾石类土、碎石类土	40°	18、19

3. 恒载土压力分布

根据现场实测资料，建议恒载土压力沿墙高的分布如图 2.2-1 所示。图中上部 $0.45H$ 内为三角形分布，下部 $0.55H$ 内为矩形分布，其合力作用点在墙底以上 $0.4H$ 处。该土压力分布图形面积与常用的三角形分布图形面积相等，由此可得：

$$\sigma_H = 0.65\gamma H \lambda_r m_e \quad (2.2-2)$$

σ_H 为墙底土压应力 (kPa)。

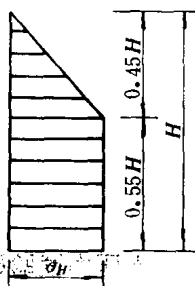


图 2.2-1 恒载土压力分布

(二) 活荷载产生的墙面侧压力

由活荷载产生的墙面侧压力及其分布图形，按重力式挡土结构的有关规定计算，设计时这部分土压力不乘增大系数。墙面所受的荷载为恒载土压力与活载产生的土压力两部分叠加。

1. 列车（车辆）产生的桥台台背侧压力

按《铁路（公路）桥涵设计规范》规定，列车（铁路）或车辆（公路）在桥台后引起的侧向压力 $E_{活}$ ，是将活荷载换算为当量均布土层厚度进行计算：

$$E_{活} = \gamma h_0 H \lambda_x B \quad (2.2-3)$$

其中 h_0 为活荷载换算当量土层厚度 (m)。

分开式锚定板桥台挡土结构部分不考虑制动力的影响，支承墩的荷载分别按铁路和公路桥涵设计规范计算。

结合式锚定板桥台不计台后填土传给墙面的制动力，台身制动力按铁（公）路桥涵设计规范计算。

桥台各种构件的设计荷载按恒载土压力与活载侧压力的最不利组合计算。

2. 挡土墙背活载侧压力

因列车荷载引起的挡土墙背侧压力，按照《铁路路基支挡结构物设计规则》的有关规定⁽⁸⁾计算。将轨道和列车荷载作为换算土柱作用在路基面上，换算土柱的高度和分布宽度应符合上述设计规则规定。

作用在挡土墙上的列车荷载应按有荷载及无荷载等不同情况进行计算。双线及站场内的挡土墙，除按股道实际作用的列车荷载计算外，还应该考虑临近挡土墙的一线、二线有荷载及无荷载等各种组合进行计算。取其最不利者作为设计荷载。

二、土压力试验研究

(一) 土压力现场试验

1. 实测土压力

土压力的现场试验包括墙面土压力和拉杆拉力测试，目的是

了解墙面实际土压力值及其分布以及肋柱的支承和基础等受力情况。

墙面土压力的测试采用土压力盒及侧压力传感器两种测试元件。拉杆拉力的测试采用钢弦式或差动式钢筋应力计；多数工点采用的是差动式钢筋应力计。具体测试方法见本书第三章有关部分的介绍。

此外，西南交通大学、铁道部第三设计院等单位还通过锚定板结构的砂模型对土压力及拉杆拉力进行了研究。^[9]

实测结果表明，大多数锚定板结构的实测土压力（未计列车荷载）大于库伦主动土压力计算值。表 2.2—2 列出了部分锚定板结构的实测土压力值及其与库伦主动土压力的比较结果。从表中数据可以看出，实测值与计算值之比大约在 1.06~1.37 范围内。个别工点如表中第一、第七项，由于实际情况与原计算条件相差较大，故其比较结果具有特殊性。实测结果分析详见本书第三章第八节和第十二节。

根据土压力实测结果提出的以库伦主动土压力计算公式为基础，引入增大系数的方法，已在一些锚定板结构中得到应用，实践证明，使用该计算方法是安全可靠的。

2. 实测土压力分布

根据部分工点的土压力实测结果绘制的土压力分布图示于图 2.2—2。图中各工点实际土压力沿墙高的分布曲线接近抛物线形，而不是常用的三角形分布。为此，建议在设计中采用图 2.2—1 所示土压力分布图示。

（二）列车荷载对墙面土压力的影响

1. 机车加载试验

为了测试列车荷载对墙面土压力的影响，在一些锚定板结构铺轨之后进行了机车加载试验。例如太焦铁路稍院锚定板挡土墙、北京环线 321 挡墙、太岚线古交挡墙及乐德专用线锚定板桥台。加载试验是以机车 25km/h 的速度驶过挡墙或者以机车静压在挡墙的路基面上，在加载前后和列车停留在挡墙附近时测试墙面土压