



MOUNTAINOUS ROADS COMPOSITED
WITH CANTILEVERED SPACE FRAME STRUCTURE

山区整体式悬挑结构复合道路



◎ 周志祥 范 亮 徐 勇 著



人民交通出版社
China Communications Press

山区整体式悬挑结构复合道路

MOUNTAINOUS ROADS COMPOSITED WITH
CANTILEVERED SPACE FRAME STRUCTURE

周志祥 范 亮 徐 勇 著

人民交通出版社

前 言

常言道:路归路,桥归桥。这表明在传统观念中,路与桥存在明显的界限。作为长期从事桥梁及结构工程的专业人士,本人基本未涉足道路领域的工程和研究工作。但在2002~2004年期间,我有幸作为公路桥梁专家应邀参加西藏境内多条公路拓宽改造初步设计的代部审查。按交通部^①要求,我们进行了沿线实地考察,由于当初道路建设的经济和技术条件所限,山区道路多数路段均采用了半挖半填路基,途中多次遇上陡峻山区道路填方路堤局部垮塌甚至造成车毁人亡的情况,致使我们不得不绕行数十公里、甚至百公里继续完成考察任务。

山区公路采用半挖半填路基,具有施工简便、造价低廉的优点。但当山体边坡陡峻到一定程度,填方路堤增高到某一程度,路基的长期安全稳定性将会变成非常突出的主要问题。在此条件下,能否开发出一种既能保证长期安全稳定性,工程造价又相对较低,对自然环境影响相对较小的路基结构呢?本人带着这一问题,习惯性地从结构角度进行了长期的思考,并从我国古代栈道结构中得到启迪:我们的祖先在绝壁上修建一条道路,并未像现代人这样采用大挖大填的方式,而是巧妙地采用在植入岩壁的悬臂梁上搭设行道板的方式构筑栈道。古代栈道的理念固然可取,但其琴键式受力的结构方案(每一根挑梁的可靠性对栈道安全都具有决定作用)却很难为现代公路的安全运输所接受,由此本人提出“适于陡峻山区的整体式悬挑结构复合道路的修筑方法”的构想,明显提高了悬挑结构的安全储备,于2010年12月22日获得了该发明专利的授权。

自2005年开始与西藏自治区交通规划勘察设计院合作,针对国道318线西藏境内古乡至通麦K4082+830~K4082+930区段,研究完成了长100m、外悬挑宽度达3.5m的整体式悬挑结构复合道路第一个试点工程,取得了显著的经济效益和社会效益;于2007年获得交通运输部西部交通建设科技项目“山区公路悬挑结构建设技术研究”,对整体式悬挑结构复合道路开展了较为系统和深入的理论和应用研究,并相继完成了整体式悬挑结构复合道路在国道G214类乌齐至昌都段改建工程K1270+845.5~K1270+898.5区段和国道317线汶川至马尔康公路改建工程K161+070~K161+150区段的应用研究,最大外悬挑宽度达4.5m。本书即介绍了整体式悬挑结构复合道路的主要研究成果。

本书第1章概要介绍了现有山区道路外侧路基的结构类型;第2章介绍了整体式悬挑结构复合道路的基本概念;第3章通过实体有限元仿真分析认识山区道路整体式悬挑结构的力学行为;第4章探讨了悬挑结构与岩土边坡的共同作用;第5章讨论了整体式悬挑结构的尺寸拟定与结构计算方法;第6章讨论了整体式悬挑结构的结构设计 with 细部构造;第7章介绍了整体式悬挑结构复合道路的施工技术;第8章介绍了整体式悬挑结构复合道路在三依托工程中的应用情况。

^①现为交通运输部,全书同。

重庆交通大学范亮副教授和博士研究生徐勇全过程参与了整体式悬挑结构复合道路的研究工作,并与本人共同完成了本书的撰写,张学富教授对本书进行了仔细审阅。西藏自治区交通规划勘察设计院的阿旺曲觉书记和王晓东高工、重庆交通建设集团的石飞和魏河广正高工参与了整体式悬挑结构复合道路的部分研究工作。在开展“山区公路悬挑结构建设技术研究”过程中,先后得到了交通运输部、西藏自治区交通厅、重庆市交通委员会、重庆市公路局、四川省交通运输厅交通勘察设计研究院、四川兴蜀公路建设发展有限责任公司、云南省保山市交通局等单位部分专家和领导的直接支持和帮助,重庆交通大学的部分教师和研究生参与了其中的一些研究工作,在此谨向所有参与项目研究和对本书工作给予支持、指导、关心的领导、专家和个人致以真诚的感谢,同时感谢人民交通出版社对本书的撰写和出版给予的大力支持。

山区整体式悬挑结构复合道路是本人及课题组成员针对实际问题的一种新探索。由于道路工程非本人专业所长,谬误之处在所难免,真诚恳请同行读者们批评指正。

周士禛

2011年5月于重庆交通大学

目 录

第1章 山区道路外侧路基的结构类型	1
1.1 填方路堤	1
1.2 圻工挡土墙	2
1.3 预应力锚索挡土墙	3
1.4 桩板墙	4
1.5 桩基托梁挡土墙	6
1.6 轻型锚杆挡土墙	8
1.7 半桥路基	10
1.8 山区道路的问题思考	11
第2章 整体式悬挑结构复合道路的基本概念	14
2.1 整体式悬挑结构复合道路的提出	14
2.2 设计理念及工作原理	15
2.3 整体式悬挑结构道路的发展过程	16
2.4 整体式悬挑结构道路构造	18
第3章 山区道路整体式悬挑结构的力学行为	23
3.1 整体式悬挑结构的分析模型	23
3.2 活载对悬挑结构受力性能影响分析	27
3.3 环境温差对悬挑结构受力性能影响分析	28
3.4 落石对悬挑结构受力性能影响分析	30
3.5 场地条件对活载作用下结构变形的影响	34
3.6 局部软弱地基对悬挑结构受力性能影响分析	37
第4章 悬挑结构与岩土边坡的共同作用	39
4.1 地基模型的选定及参数确定	39
4.2 桩土共同作用的弹性地基梁法	47
4.3 锚杆与岩土共同作用的有限单元法	48
4.4 悬挑结构与岩土共同作用分析	49
4.5 悬挑结构与岩土共同作用的简化计算	56
4.6 算例	61
第5章 整体式悬挑结构的设计计算方法	66
5.1 总体尺寸拟定	66
5.2 整体式悬挑结构作用及其组合	68
5.3 整体式悬挑结构设计计算方法研究	74

第 6 章 整体式悬挑结构的设计与构造	83
6.1 立柱和墙体	83
6.2 车行道板	87
6.3 挑梁及内纵梁	89
6.4 内侧锚固体系	93
6.5 路面构造	96
6.6 外侧边坡防护	98
6.7 结构断缝的设置	99
6.8 设计软件的编制	100
第 7 章 整体式悬挑结构复合道路的施工技术	102
7.1 整体悬挑结构总体施工顺序	102
7.2 立柱、挡土墙及基础施工	103
7.3 锚固体系施工	108
7.4 挑梁、行道板的制作安装与结整	112
7.5 施工期的安全与保通技术	114
7.6 整体式悬挑结构复合道路的施工监控	115
第 8 章 工程应用	119
8.1 国道 318 线西藏境内古乡至通麦段试点工程	119
8.2 西藏昌都试点工程	126
8.3 四川马尔康试点工程	139
主要参考文献	143

第1章 山区道路外侧路基的结构类型

山区道路总体上可分为挖方路基、填方路基和半挖半填路基三类。针对整体式悬挑结构复合道路的适宜条件,以下仅介绍山区道路外侧路基已有的主要结构类型。

1.1 填方路堤

当外侧边坡相对较缓,填方高度相对较低时,通常采用填方路堤方式补足道路欠宽部分(图1-1)。填方路堤的设计和施工相对简单,工程费用也较低,是目前山区道路采用外侧路基方案。

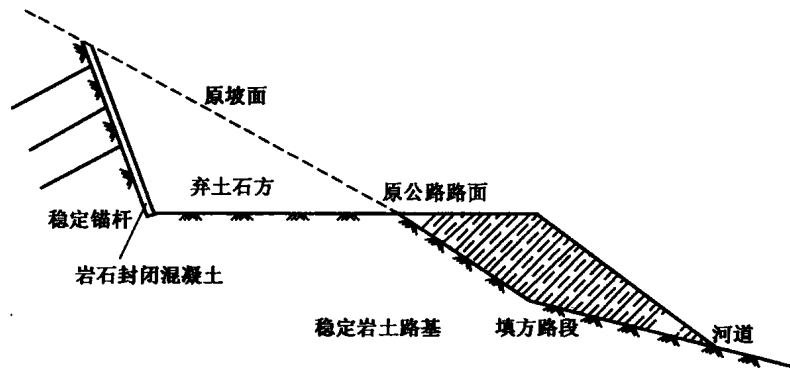


图1-1 填方路堤断面示意图

但是对于外侧边坡较陡路段,若采用填方来进行拓宽路基,将会导致高填方路堤。目前,高填方路堤道路存在以下问题:

(1)高填方路堤使路基用土量大,取土占地多,破坏地表植被,引起水土流失,减少耕地面积;高填方路堤使道路占地宽度增加,提高了工程造价。

(2)高填方路堤沉降量大,边坡陡峻,容易遭暴雨冲刷出现塌方,边坡防保加固工程量大;养护困难,费用较高;施工难度大,需要机械数量多;工作时间长,增加了施工工期。

(3)高填方路堤使自然景观被破坏;与周围环境不协调,不能满足人们视觉、心理上舒适、安全的需要。

(4)高填方路堤使交通事故死亡率提高;此外,由于高填方路堤路面远高于原地面,使两旁遮挡建筑物减少,容易使驾驶员产生眩光现象,影响行车安全。

(5)高填方路堤道路占地面积大;高填方路堤若采用填土自然放坡,则会使道路用地成倍增加,有悖于全社会倡导的资源节约理念。

因此,应尽量避免采用高填方路堤。当受地形地质限制必须采用时,也应综合考虑,采取

必要的措施,最大限度地降低路基高度,减少工程造价,提高道路整体效益。

1.2 圬工挡土墙

挡土墙是支承路基填土或山坡土体、防止填土或土体变形失稳而承受侧向土压力的建筑物。挡土墙通过自身的重力或借助部分土体的重力共同对不能维持自身稳定的土体进行加固,以保持路基的稳定,确保道路运输的安全、畅通。

圬工挡土墙根据其工作原理可以分为重力式挡土墙和衡重式挡土墙两类。

重力式挡土墙是各国较早采用的形式,它利用墙体重力保持自身的稳定。它取材容易,多用浆砌片(块)石砌筑,形式简单,施工简便,适用范围广泛。但是由于重力式挡土墙依靠自身重力维持平衡,墙身截面大,圬工数量较大,因此对地基承载力要求高,不适于在软弱地基上修建;当墙体过高时,耗材过多且开挖方量较大,对原有地貌破坏较大(图 1-2)。

普通重力式挡土墙依靠墙身自重支撑土压力,一般多采用片块石砌筑,在缺乏石料地区有时也用混凝土修建。重力式挡土墙圬工量较大,但其断面形式简单,施工方便,可就地取材,适应性较强,在道路工程中应用最为广泛。重力式挡土墙应有排水设施,以疏干墙后土体,避免墙后积水形成静水压力,减少寒冷地区回填土的冻胀压力,消除黏性土填料浸水后的膨胀压力。为避免地基不均匀沉陷引起墙体开裂,应在地质条件变化处设置沉降缝;为防止圬工硬化收缩及温度变化产生裂缝,应设置伸缩缝。沉降缝和伸缩缝可合并设置,一般墙长 10 ~ 15m 设置一道。重力式挡土墙的墙背,应根据地形条件、挡土墙作用等因素,采用仰斜、俯斜、垂直或折线形。墙背坡度一般不宜缓于 1 : 0.3。

衡重式挡土墙是指利用衡重台上部填土的重力和墙体重心的后移而抵抗土体侧压力的挡土墙。利用衡重台上的填土和全墙重心后移增加墙身稳定,减小断面尺寸。墙胸陡,下墙背仰斜,可降低墙高,减少基础开挖,适用于山区、地面横坡陡的路肩墙,也可用于路堑墙或路堤墙(图 1-3)。

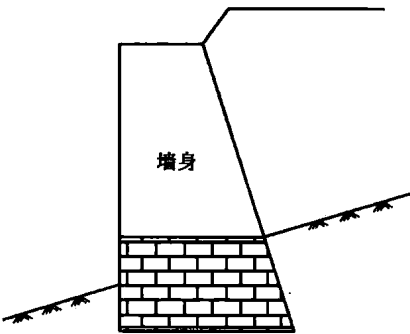


图 1-2 重力式挡土墙图

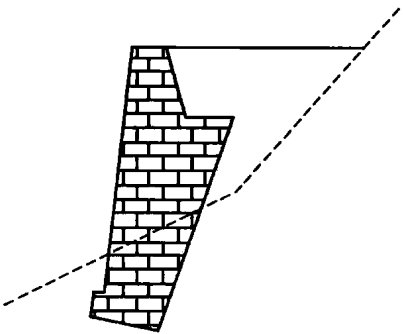


图 1-3 衡重式挡土墙

衡重式挡土墙利用衡重台上的填料和全墙重心后移增加墙身稳定,减小墙体断面尺寸。衡重式挡土墙墙面坡度较陡,下墙墙背又为仰斜,故可降低墙高,减少基础开挖工程量,避免过多扰动山体的稳定。作为路堑墙,有时还可利用台后净空拦挡山坡碎落物。衡重式挡土墙基底面积较小,对地基承载力要求较高,应设置于较坚实的地基上。衡重台宽度通过计算、验算

确定。衡重式挡土墙和普通重力式挡土墙一样,一般多为石砌圬工,其构造要求及其他技术规定与普通重力式挡土墙基本相同。

衡重式挡土墙有以下较其他形式挡土墙优越的特点:利用衡重台上填土重力和墙身自重共同作用维持其稳定;使地基应力分布均匀;在材料用量上比重力式或半重力式挡土墙少;基础开挖和回填方量大大减少;衡重台上的较大的容纳空间使上墙墙背增加缓冲墙后,可作为拦截崩坠石用。

衡重式挡土墙的优点在于利用衡重台上部填土的土压力作用和全墙重心的后移来增加墙身的稳定,减小断面尺寸。它的墙面陡直,下墙墙背仰斜,可大大降低墙高,减少基础的开挖量,适用于山区、地面横坡陡的路肩墙,也可用于路堑墙或路堤墙。一般在设置重力式挡土墙墙高超过 $8 \sim 10\text{m}$ 时,就可以考虑采用衡重式挡土墙。衡重式挡土墙的几种常用的结构形式,有卸荷板式衡重式挡土墙。卸荷板又称减压板,它的作用是增加挡土墙的抗滑移稳定性,它的位置根据计算来确定;桩墙结构的形式,在挡土墙基础不能满足要求或墙身要求太高时,可以采用此结构形式。衡重式挡土墙的断面尺寸一般为:上墙与下墙的比例为 $4:6$,衡重台宽度为墙高的 $0.25 \sim 0.35$ 倍,墙顶取 $0.3 \sim 0.6\text{m}$,胸坡坡度采用 $1:0.05$,上墙俯斜坡度为 $1:0.25 \sim 1:0.45$,下墙仰斜坡度为 $1:0.25 \sim 1:0.30$ 。墙面一般为直线形,其坡度应与墙背坡度相协调。同时,还应考虑墙趾处的地面横坡,在地面横向倾斜时,墙面坡度影响挡土墙的高度,横向坡度越大,影响越大。因此,地面横坡较陡时,墙面坡度一般为 $1:0.25 \sim 1:0.20$,矮墙时也可采用直立;地面横坡平缓时,墙面可适当放缓,但一般不缓于 $1:0.35$ 。在设计挡土墙时,断面形式不宜变化过多,以免造成施工困难,并且应当注意不影响挡土墙的外观。

1.3 预应力锚索挡土墙

预应力锚索挡土墙(图 1-4)由预应力锚索和钢筋混凝土墙面组成。锚索一端与工程结构物连接,另一端通过钻孔、插入锚索、灌浆、养护等工序锚固在稳定地层中,以承受土压力对结构物所施加的推力,从而利用锚索与地层之间的锚固力维持结构物的稳定。

预应力锚索锚固段的钢绞线以水泥浆(或树脂、水泥砂浆)为介质与深层岩体结合在一起形成内锚,在边坡抑制梁上设置外锚,张拉锚索施加预应力,通过锚索孔承压垫的锚固梁将锚索集中荷载均匀作用到边坡岩土体来抑制边坡变形,从而达到加固边坡的目的。

我国现阶段的锚固技术——预应力锚索技术是 20 世纪 80 年代以来广泛应用于岩土工程的一项新技术。预应力锚索技术用于整治滑坡及边坡加固,具有施工机动灵活、施工快、安全、造价低等特点,因此在道路、铁路建设中广泛应用于整治滑坡、加固顺层边坡、加固软质岩的高边坡等工程中。

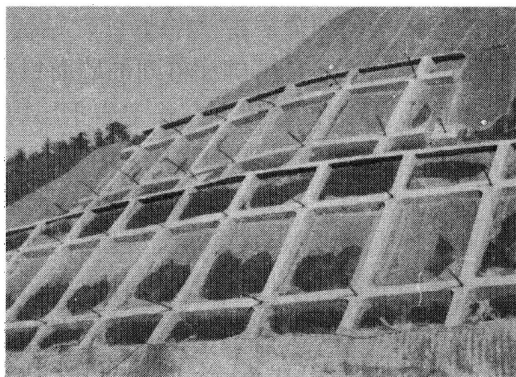


图 1-4 预应力锚索挡土墙

通过对国内外现有比较成熟的预应力锚索锚固技术及对锚固体体系现行设计方法所依据的

基本理论的分析,预应力锚索锚固及其性能的研究主要侧重于对预应力材料、锚具、张拉体系等因素的研究。而这方面的研究还落后于工程实践,特别是设计计算方法还不成熟,大多数设计主要凭经验和工程类比法来确定预锚参数,无法从理论上完善、定量地说明预应力锚索的力学效应和加固机理,对于具体的施工工况下的锚固效果、特别是握裹力的研究与测试,土质对于应力锚索锚固性能的影响及施工工艺、材料本身对其性能的影响等方面的研究也比较缺乏。

预应力锚索的锚固效果受内锚、外锚、预应力大小、锚索安装角等因素影响。内锚的性能直接决定了锚索锚固能力,受锚固段长度、浆体浆结强度、索孔的大小及孔壁岩质等因素的影响;外锚的效果取决于初期支护强度、锚索垫片的强度和锚具的承载能力。如果初期支护的承载能力小,垫片可塑性大,在高预应力作用下,表层会产生较大的沉陷变形,导致锚索预应力损失,影响加固效果。另外,如果钢绞线索发生滑移,也会导致预应力损失,甚至导致锚索完全失效,危及加固工程的安全。而在内锚、外锚均满足设计要求的情况下,锚索的锚固效果取决于预应力的大小及锚索安装角,预应力越大,切向刚度就越高,边坡抗滑能力就越强。考虑到这些主要的影响因素,对预应力锚索的内锚、外锚、预应力大小、锚索安装角度等仍有待研究。

与传统的开挖弃土拓宽山区道路方式相比,预应力锚索设计能更好地控制由于对原有地貌的破坏而引起的地质灾害,但是由于钻孔、灌注、施加预应力等一系列施工工序需要专门的设备、专业的施工队伍,该种结构相比之下施工较为复杂,对于一些落后的山区,有可能由于这些原因而导致该种方案不可行。同时,预应力锚索挡土墙的混凝土墙面使得原有坡面难以绿化,对环保不利。

1.4 桩板墙

桩板墙拓宽路基是利用桩板墙或预应力锚索桩板墙为路基结构支挡体系,减少填方支挡工程和挖方边坡高度的路基断面(图 1-5),是一种“土拱”思路。它具有结构轻盈、自然环境破坏小、工程投资省、路基安全可靠等特点,适用于山区斜坡陡基路段,特别是挖(填)边坡与自然横坡近平行的超薄层挖(填)方,即“贴膏药”和“刮胡子”路段。

桩板式挡土墙是由桩和桩间的墙面板共同组成的,为便于施工,一般为直立式。它对边坡的扰动较小,依靠的是锚固在稳定岩土层内的抗拔力来平衡墙面处的土压力。桩板承受土压力作用,它的稳定是靠桩底端有一定入土深度后的被动土压力。桩的截面一般为矩形,而墙面板可采用槽形板、空心板或微弯拱板。桩板挡土墙可根据其受力的不同分成为 3 种类型:悬臂式桩板挡土墙、锚定式桩板挡土墙、内支撑式桩板挡土墙。

桩板墙的设计采用抗滑桩设计步骤:

(1) 首先根据路基填方推力大小、地形及地层性质,拟订桩长、锚固深度、桩截面尺寸及桩间距。

(2) 根据地质钻探资料选定地基系数,然后计算桩的变形系数及其计算深度。

(3) 根据桩底的边界条件采用相应的公式计算桩身各截面的变位、内力及侧壁应力等,并计算确定最大剪力、弯矩及其部位。

(4) 校核地基强度。

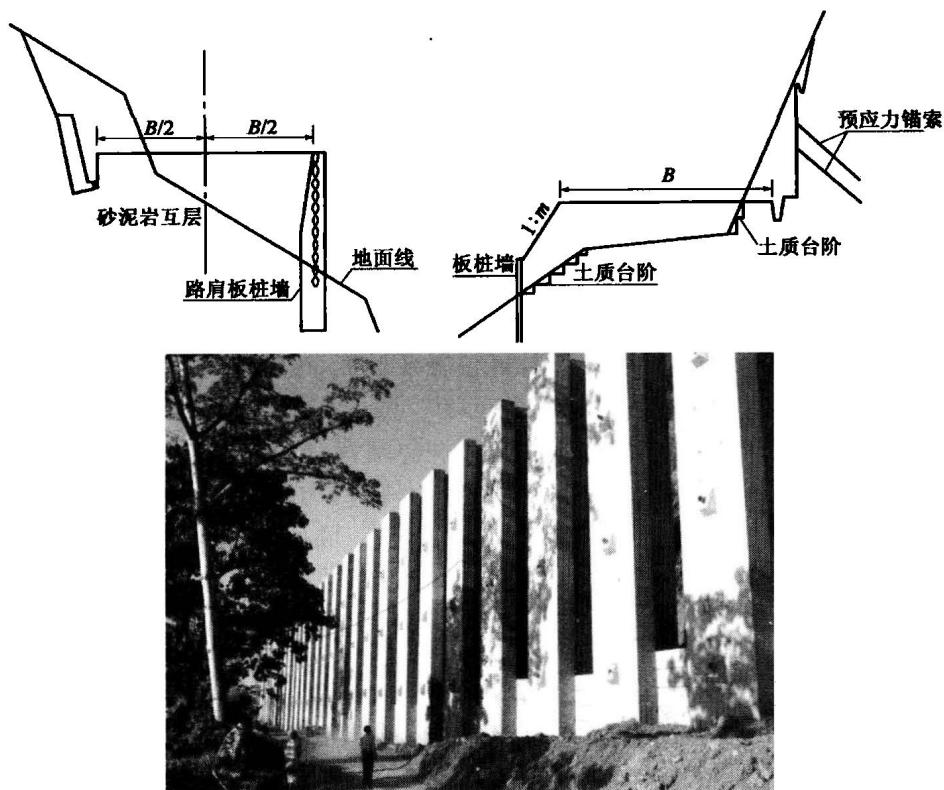


图 1-5 桩板墙

(5)绘制桩身的剪力图和弯矩图,并进行配筋设计。

悬臂式桩板挡土墙(图 1-6),由于桩板不设支撑,桩板的稳定性完全靠下部分两侧土压力维持,此结构的位移较大,同时,截面弯矩与高度 h 的平方成正比,随墙高增大很快。悬臂式桩板挡土墙易绕底端 b 点以上某点 O 转动产生破坏。

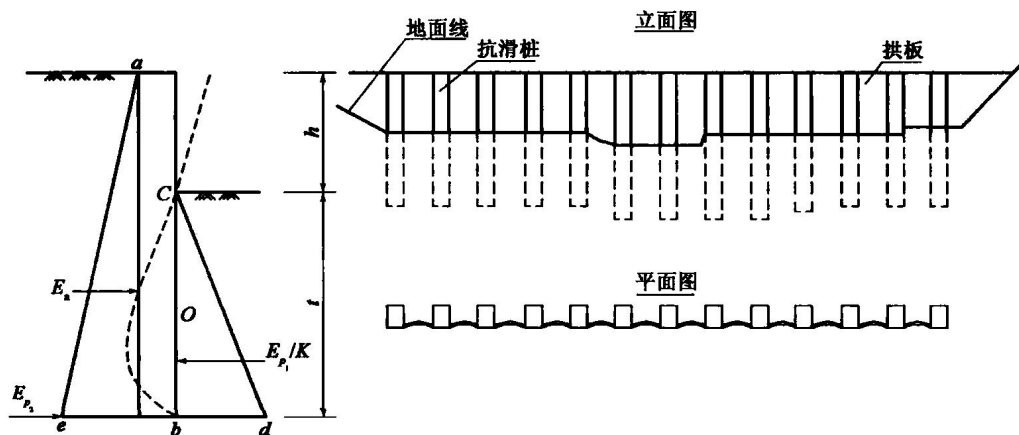


图 1-6 悬臂式桩板挡土墙

现在通用的桩板墙大部分采用悬臂桩,在已建成的桩板墙中大多数是成功的,有效地抵挡了山体压力,保证了边坡稳定,但是因为桩板墙主要承受水平荷载,悬臂桩在结构上不尽合理,

其截面通常都很大,埋深长,钢筋用量多。单根桩造价少则几万元,多则十几万元。桩板墙工程大,耗资多,也有少量桩板墙出现了各种问题,产生了一定的不利影响,因此改进桩板墙的结构设计应根据具体情况进行改进。

锚拉式桩板墙,是克服桩板墙高度受到限制而发展起来的一种新型支挡。锚拉式桩板墙由墙面桩、挡土板、锚定桩(或锚定洞)、拉索及锚具五大部件组成(图 1-7)。通过钢拉杆、依靠埋置在填料中的锚定板所提供的抗拔力来维持挡土墙的稳定,它与锚杆挡土墙的区别是它不是靠钢杆与填料的摩阻力来提供抗拔力的,而是由锚定板提供抗拔力的。墙面板所受的土压力由墙后填料及外荷载引起。由于挡土板、拉杆、锚定板及填料的相互作用,影响土压力的因素很多,如填料性质、压实程度、拉杆位置及长度、锚定板大小等,这是一个很复杂并涉及土与结构相互作用的问题。目前对此问题一般作一些假定和简化来加以计算。当验算全墙稳定性时,可将各层锚定板的连线视为假想墙背,按库仑主动土压力计算;当计算

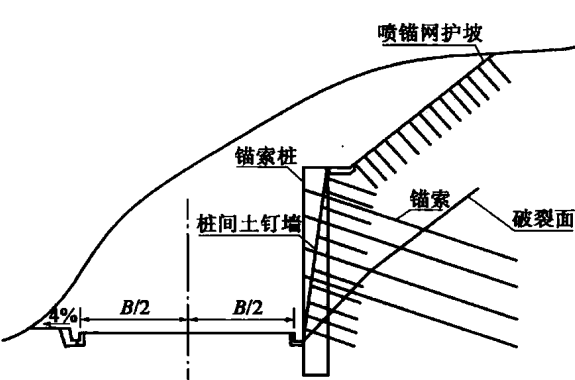


图 1-7 锚拉式桩板墙(尺寸单位:mm)

各构件的内力时,由于墙面板与填土的相对位移较小,墙面板附近的土体很难达到主动极限状态,故土压力值大于库仑主动土压力计算值,可以采用库仑主动土压力公式计算,然后乘以增大系数(增大系数一般采用1.2 ~ 1.4)。

该结构适用于站内高挡陡坡路堤,由于一般的支挡措施墙高受到限制,更显示了锚拉式结构的优越性。锚拉式桩板墙可用于一般地区、浸水地区和地震区的路堑和路堤支挡,也可用于滑坡等特殊路基的支挡工程。

锚拉式桩板墙要求在稳定的陡坡地层、覆盖土较薄、基岩节理不发育、无大的构造现象、岩层风化轻微的地段应用,最好是在后层次坚石地段应用,以保证墙面板锚固段、锚定桩有足够的强度,因此不适用于大型滑坡、大堆积、顺层滑坡地段。设计时视墙面板、锚定桩、拉索为一整体超静定结构,因此当采用该结果类型时,必须加强室内结构模型试验和现场测试,优化设计,强化施工质量,确保结构稳定。由于受地形的限制,加宽宽度有限,施工仍存在一定难度。

1.5 桩基托梁挡土墙

高速道路由于路基面较宽,在陡峭的山区地带线路稍微外移则为桥或高填路基,向内侧移则为隧道或深挖方,桥、隧方案的工程造价均较高,加上山区地带桥隧太多容易造成大量的弃方,污染环境,为了消化弃方、节约工程造价,填方段因地制宜采用了桩基托梁挡土墙。

由于一般的衡重式挡土墙对地基的要求较高,在地基承载力不能满足设计要求的地区,通常在挡土墙下设置托梁和桩基,利用托梁将挡土墙上所受作用力传递给桩基,以满足对地基承载力的要求,这样就形成了桩基托梁挡土墙结构。因此,桩基托梁挡土墙常常作为一种

支挡结构体系出现在工程实际中。桩基础,一方面可以满足上部结构对地基承载力的要求,另一方面可以起到加固边坡的作用。当挡土墙基础置于碎块石土上,由于基岩面较陡,加载后很可能形成基础沿基岩面下滑,此时设桩基托梁挡土墙,将水平推力及竖向压力均传递至完整基岩上。

桩基托梁挡土墙是挡土墙与桩的组合形式,由托梁相连接,桩基托梁来源于建筑桩基和桥梁桩基,主要用于解决挡土墙结构基础承载力较低的矛盾,并且在滑坡地段可以起到稳定滑坡的作用。挡土墙一般为衡重式。桩基托梁挡土墙的特点是扩大了一般圬工式挡土墙的使用范围,当地面陡峻或地表覆盖为松散体、地表稳定性较差时,采用桩基托梁挡土墙可将基底置于稳定地层中,从而节约上部挡土墙截面,节约圬工,减少对坡体干扰。

桩基托梁挡土墙应用范围和适用条件如下:

- ①主要用于河岸严重冲刷、陡坡岩堆、稳定性较差的陡坡覆盖土、基岩埋藏较深、与既有线紧邻等地段路基。
- ②当山坡较陡、覆盖土层稳定性较差、基岩埋藏又较深时,可采用桩基托梁挡土墙。
- ③当既有线陡坡路堤平行增建第二线,采用挖台阶浆砌防护、预留土埂临时支护、跳槽开挖基坑等临时支护措施不能满足行车和施工安全时,可采用路肩式或坡脚式的桩基托梁挡土墙。

桩基托梁挡土墙的施工工艺流程如下:桩基定位→锁口护壁浇筑→搭设提升平台→人工挖孔→孔内渣土吊运→护壁立模混凝土浇筑→护壁整修→安装钢筋笼→浇筑桩身混凝土→桩基检测→开挖托梁土石方→凿除锁口护壁→立托梁模板→托梁钢筋绑扎→托梁混凝土浇筑→衡重式路肩挡土墙 C20 片石混凝土浇筑或 M7.5 浆砌片石浆砌→立帽石模板→浇筑帽石混凝土。

桩基托梁挡土墙中的挡土墙一般为重力式和衡重式挡土墙。根据工程设计需要,可以选择不同的结构形式,如单排桩基、多排桩基及锚索(杆);也可根据工程设置位置分为路堤式和路肩式,见图 1-8。桩基托梁挡土墙结构类型截面见图 1-9。

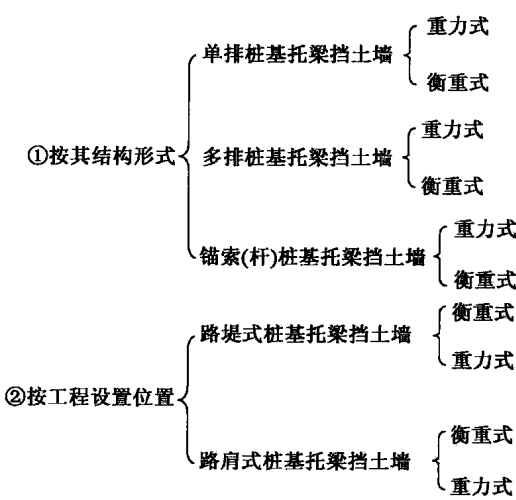


图 1-8 桩基托梁挡土墙分类

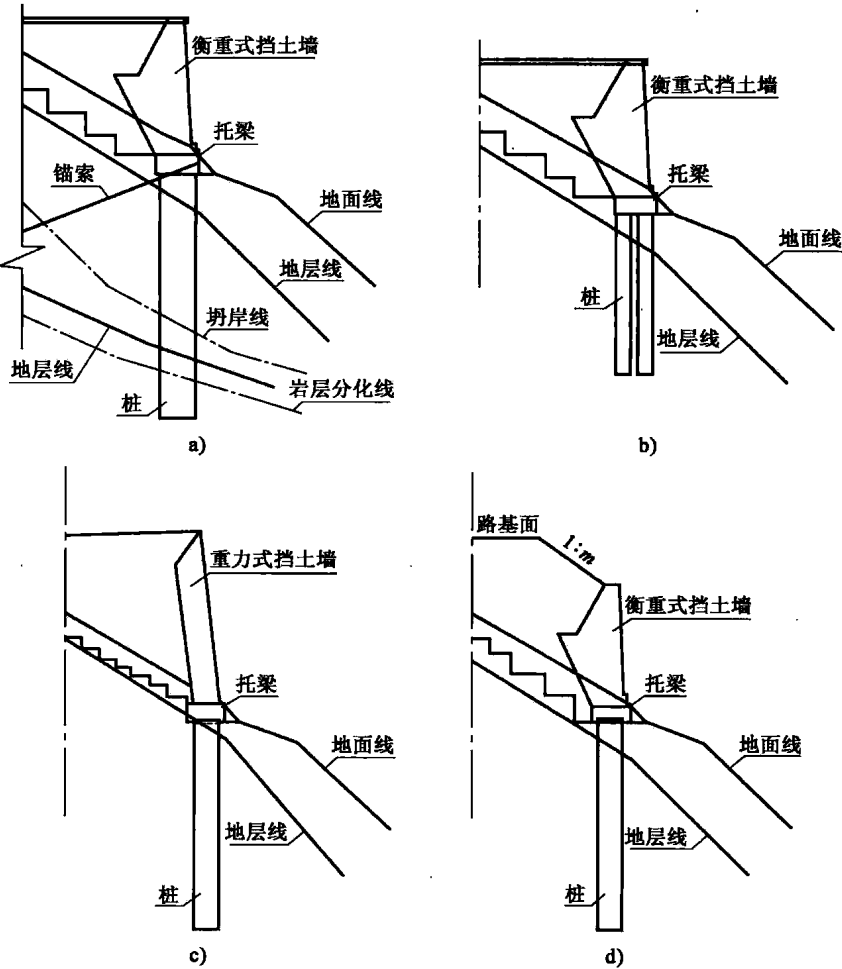


图 1-9 桩基托梁挡土墙结构类型截面示意图

a) 锚索桩基托梁衡重式路肩墙;b) 桩基(两排桩)托梁衡重式路肩墙;c) 桩基托梁重力式路肩墙;d) 桩基托梁衡重式路堤墙

1.6 轻型锚杆挡土墙

轻型锚杆挡土墙路基是山区斜坡陡基路段,为减少半填半挖支挡工程基础开挖面,减少扰动范围,利用锚杆原理扩大结构基底受力面,以减少工程数量的路基(图 1-10),它采用了一种“踩高跷”思路。轻型挡土墙路基具有基坑开挖面小、施工简单、工程投资省、墙背回填质量易控制、工程安全等特点,特别适用于基岩整体性好、斜陡地段半填半挖。锚杆挡土墙是一种新型的联合支护技术。它利用锚杆与工程结构物或挡土墙连接,另一端锚固在土层或岩层中,以承受结构物的上浮力、拉拔力或挡土墙的土压力、水压力,利用地层与锚固体的锚固力维持结构物的稳定。它具有施工灵活、方便、适用于各种复杂的地形地层、施工周期短、工程建设安全可靠、建设成本低等优点。

轻型锚杆挡土墙是利用锚杆技术形成的一种挡土结构物。一般挡土墙是靠自重来保持挡土墙的稳定性。而锚杆挡土墙是靠锚固于稳定土层中的锚杆所提供的拉力来承受结构物的挡土墙的土压力,从而保证挡土墙的稳定。它的一端与工程结构物连接,另一端通过钻孔、插入锚杆、灌浆、养护等工序锚固在稳定的地层中,以承受土压力对结构物所施加的推力,依靠锚杆与地层间的锚固力(即锚杆的抗拔力)承受土压力,

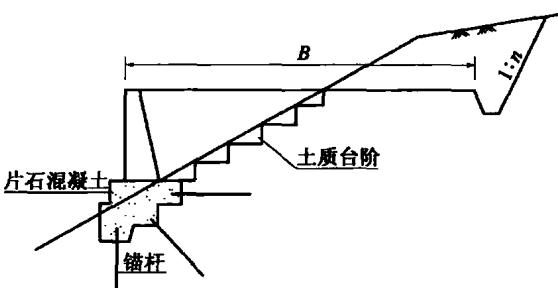


图 1-10 轻型锚杆挡土墙

维持挡土墙的平衡。按墙面的结构形式可分为柱板式锚杆挡土墙和壁板式锚杆挡土墙。柱板式锚杆挡土墙由挡土板、肋柱和锚杆组成。壁板式锚杆挡土墙由墙面板(壁面板)和锚杆组成。锚杆挡土墙土石方和圬工量都较少,施工安全,较为经济,适用于墙高较高、缺乏石料的地区或挖基困难的地段,也可用于具有锚固条件的路堑墙,对地基承载力要求不高、墙高较高时,可分级建造。

锚杆之所以能锚固在土(岩)体中作为一种新型受拉杆件,主要是由于锚杆在土(岩)体中具有一定的抗拔力。利用工程钻机在地层中成孔,埋入拉杆(粗钢筋或钢绞线)后灌注水泥砂浆(或纯水泥浆等浆体),形成支挡结构(如挡土墙)、拉杆、锚固体、土(岩)体共同作用的综合体,通过拉杆与周边水泥砂浆握裹力传到砂浆中,然后通过砂浆传到周围土(岩)体中。传递过程随着荷载增加,拉杆与水泥砂浆黏结力(握裹力)逐渐发展到锚杆下端,待锚固段内发挥最大黏结力时,就发生土与锚杆的摩阻力,直到极限摩阻力。

轻型锚杆挡土墙具有以下特点:

①结构质量轻,使挡土墙结构轻型化,与重力式挡土墙相比,可以节约大量的圬工和节省工程投资。

②利于机械化、装配化施工,可以减轻笨重的体力劳动,提高劳动生产率。

③不需要开挖大量基坑,能克服不良地基开挖的困难,并有利于施工安全。

轻型锚杆挡土墙施工工艺如下。

(1) 边坡开挖

根据设计施工图,确定边坡开挖线。先用挖掘机挖土削坡,而后用人工修整坡面,使其满足设计要求。一次开挖的高度和宽度视具体地质情况而定。

(2) 坡面初喷混凝土

为了使暴露的土体及时封闭,坡面修整好后,立即喷抹 70mm 厚的混凝土。本次施工到下一部时,由于土质情况较好且作业周期短,因此未喷混凝土而直接钻孔。

(3) 钻孔

按照设计图测放锚杆孔位,孔位偏差小于或等于 5cm。采用清水正循环钻进成孔。钻孔完成后清出孔内沉渣。

(4) 安放拉杆和注浆

成孔后,及时用人工将拉杆送入孔中。长拉杆的焊接采用搭接焊,严格按照钢筋焊接有关规范执行。注浆采用 M30 水泥砂浆,并加入适量膨胀剂。采用孔底向上灌满方式进行。注浆

过程中,严格按施工配合比拌制浆液。注浆压力控制在 0.5 ~ 0.8MPa,待一次注浆完毕,浆液若有漏失现象,及时二次补浆。

(5) 锚头制作、立柱和面板钢筋制安

锚头严格按设计制作,与立柱面板钢筋连为一体,一起浇注于混凝土中。

(6) 浇注立柱和面板混凝土

选用钢模板,清理干净,刷脱模剂后,采用管、卡牢固安装。同时,测定模板坡度使其满足要求。面板内按一定距离设置泄水管,坡脚布置一排水平泄水孔,排放土体内积水。

(7) 养护

面板脱模后,及时采用草垫遮盖按时浇水养护。轻型锚杆挡土墙的设计应注意以下方面:

① 锚杆长度宜控制在 2 ~ 4m,否则不经济。

② 加强锚杆与基础的连接强度。

1.7 半桥路基

半桥路基(图 1-11)是利用公路中央分隔带将路基分为上下行两幅的优势,以统一协调的平纵线形和固定的间隔距离,其中一幅采用桥梁,另一幅或半填半挖、或填方、或挖方的组合形式,采用一种“组合式”思路。

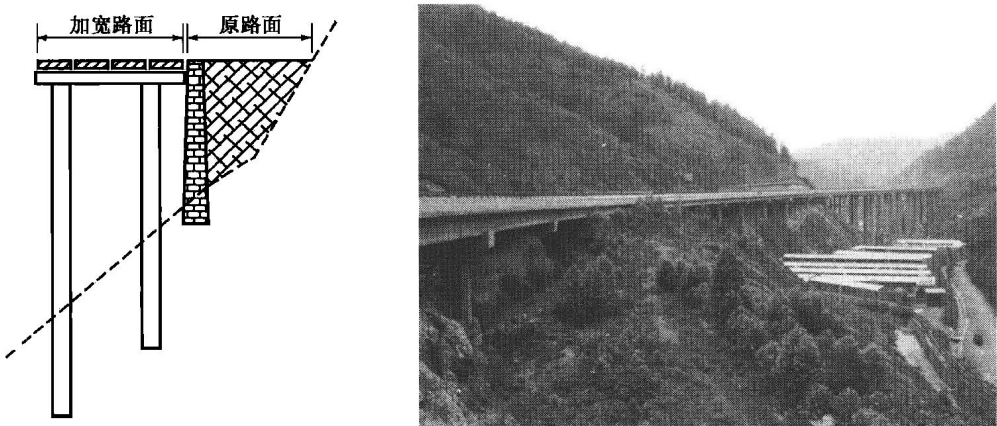


图 1-11 半桥路基

半桥路基具有占地少、上下行间相对独立而又协调统一、横向联系紧密的优势。但是从图 1-11 中可以看出,地形陡峭时,桩基埋置深度较大,桩身较长,施工难度大,工程造价高,且若在河道附近,存在压缩河道的问题,同时河流的冲刷会使基础底部掏空,存在安全隐患。此外,该类路基横断面布置欠灵活,实质为路桥分离式路基,对设置中央分隔带且宽度相等的上下行两幅道路较适应;对于通常的整幅路基,则可能存在因土质路基与外侧桥梁路基之间刚度和感温差异而产生路面不均匀沉降,结构易沿着两者交接处产生纵向裂缝,影响结构使用性能和行车舒适性。为此,目前也有沿两种路面纵向接缝设置伸缩缝的做法,这在一定程度上减轻了半桥路基结构的内部矛盾,但同时带来了工程造价和后期养护费用增加的不足。

1.8 山区道路的问题思考

传统的山区道路多以挖方和填方形成道路路基。在 20 世纪末期,随着社会的发展,道路设计标准逐步提高,在地方上基于少花钱多办事的理念,尽量减少了公路构筑物的修建,造成大量的高填深挖路段,高切坡使山体严重被切割且处于不稳定状态,高填方使原本稳定的边坡承受过量附加荷载而诱发新的地质病害,后期因病害处置的防护加固、地基处理工程的增加,导致后期维护工程费用的不断增加。施工中乱挖、乱弃土石方,大量的弃方堵塞河道,因排水系统设计不合理、施工破坏原有植被与水系等造成的水土流失,直接的后果是对自然环境造成极大的破坏,甚至破坏生态平衡,给子孙后代留下无穷的隐患。

传统的经济学认为,自然资源是一种自然存在,由于没有附加人的劳动而不具备价值,所以自然资源的存量未被纳入传统的道路效益体系之中,道路经济效益增长的指标既不反映经济效益增长导致的生态破坏、环境恶化和资源代价,也不反映自然资源存量下降及其缺乏的程度。而事实上,从长远的经济效益和社会效应看来,有必要对自然环境进行保护。目前,山区建设普遍存在以下问题。

1) 山区道路建设对生态系统的影响

在山区修建高等级道路,一般占用山林和耕地较多,大量砍伐林木,高填深挖,改变河道等,影响了几千年形成的地貌、植被、生物群落、动植物种群的数目以及动物迁移。从宏观上看,它会使自然风貌失去原始的状态;从微观上看,它会破坏生态系统的功能结构,引起内部自调功能的紊乱,以致失去平衡。因此,在道路选线、定线过程中,要从宏观和微观出发,重视对周围自然环境的保护,减少道路开发带来的不利影响。

道路的修筑对周围植被产生较大的破坏,原有植物被彻底消灭,在无人为干扰条件下,裸地上再逐步形成植物群落,一般需 2~10 年,甚至更长;特别是高速公路的全封闭、全立交,对沿线居民、车辆的流动起到一定的限制,对动物迁徙、生活有影响。如果道路通过荒地、公园、天然森林或其他生态敏感区,也会影响野生物种。调查表明,道路两侧 200m 森林中鸣禽的性别比、年龄比发生变化,繁殖率下降,其原因可能是交通噪声造成。另有研究表明:鸟类在高速公路 1.6~1.8km 的范围内繁殖不兴旺;高速公路对哺乳动物(蝙蝠除外)、爬行动物、两栖动物和不会飞的无脊椎动物来说,是个难以逾越的障碍带;活动能力大的动物沿公路走廊带状栖息而侵入其他生物群落等。

2) 山区道路建设对环境地质的影响

受特殊地形、地层岩性、地质构造等因素的影响,山区道路建设的自然环境地质灾害类型众多,主要道路地质灾害有:崩塌、滑坡、泥石流、崩塌、滑坡和泥石流、水毁、特殊土地质、地震、岩溶、风害和雪阻等。它们与道路工程活动相互联系、相互影响、相互制约,直接影响道路的工程造价和运营环境。

道路工程作为一项庞大而复杂的系统工程,需要跨越不同地区和不同地质单元区,必须大量开挖或回填土石方,修建桥梁和隧道,强烈地改变自然生态环境,从而诱发新的地质水文灾害。

(1) 影响边坡的稳定