

公路挡土墙设计与施工技术细则

Technical Guidelines for Design and Construction
of Highway Retaining Walls

中交第二公路勘察设计研究院有限公司 主编



人民交通出版社

China Communications Press

公路挡土墙设计与施工技术细则

Technical Guidelines for Design and Construction of Highway Retaining Walls

中交第二公路勘察设计研究院有限公司 主编

人民交通出版社

2008·北京

内 容 提 要

本细则是中交第二公路勘察设计研究院有限公司总结多年来的工程实践,在编制《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)的基础上组织编写的。细则将公路挡土墙的设计理论、方法和施工工艺等归纳为实施条文。内容包括:公路挡土墙上的作用、稳定性设计验算理论,重力式、半重力式、悬臂式、扶壁式、嵌岩桩板式、锚杆、锚定板和加筋土等挡土墙的设计与施工技术、方法和要求等,并引入了经实践验证的新理论、新方法、新材料、新工艺及公路设计新理念,对现行《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)相关条文进行了细化和解释。细则中含有较多的研究试验数据、图表和算例等,可供公路挡土墙工程设计、施工时参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路挡土墙设计与施工技术细则/中交第二公路勘察设计研究院有限公司主编. —北京:人民交通出版社, 2008.1

ISBN 978 - 7 - 114 - 06957 - 4

I. 公… II. 中… III. ①公路 - 挡土墙 - 设计②公路 - 挡土墙 - 工程施工 IV. U417.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 003227 号

书 名:公路挡土墙设计与施工技术细则

著 作 者:中交第二公路勘察设计研究院有限公司 主编

责任编辑:沈鸿雁 周高瞻

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京凯通印刷厂

开 本:880×1230 1/16

印 张:19.5

字 数:420千

版 次:2008年3月第1版

印 次:2008年3月第1次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 114 - 06957 - 4

印 数:0001—5000册

定 价:55.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

挡土墙是公路建设中广泛使用的一种支挡防护构造物。随着我国公路建设事业的发展,特别是高等级公路快速发展,常用的重力式挡土墙已不能满足公路建设的需求,有待研究和发展新的挡土墙类型。为在总体上实现公路挡土墙设计的科学性、客观性及合理性,需要引入先进的可靠性设计理论,逐步以概率极限状态设计法取代过去以工程经验为主的设计方法;同时,为保证挡土墙的施工质量,提高各类型挡土墙的施工技术水平,有必要规范挡土墙的施工工艺。为此,中交第二公路勘察设计研究院有限公司结合多年来的工程实践,在编制《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)的基础上,组织编写了本细则。

本细则与原《公路路基设计规范》(JTJ 031—86)及原《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—86)中,挡土墙章节的内容比较,有如下变更与补充:

1. 除常用的重力式、半重力式挡土墙和加筋土挡土墙等内容外,新增了悬臂式、扶壁式、嵌岩桩板式、锚杆和锚定板等5种类型挡土墙的设计与施工内容。
2. 引入了经实践验证的新理论、新方法、新材料、新工艺及公路设计新理念。
3. 挡土墙结构计算采用了以极限状态设计的分项系数法为主的计算方法。挡土墙的抗倾覆稳定性、抗滑动稳定性验算,除保留安全系数法的计算规定外,增加了以分项系数设计表达式列出的稳定验算方程。
4. 车辆荷载换算等代均布土层厚度计算,采用附加荷载强度法。
5. 增列了7个附录和部分算例。
6. 强调现场搜集挡土墙设计所需地形、地质测试资料的重要性,以使设计合理,符合实际。
7. 挡土墙施工部分增加了对材料的要求、材料系数的测定、施工工艺等内容,以起到保证施工质量的作用。

本细则中有关挡土墙设计的重要原则性条文,已列入现行《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)中,故本细则可作为该规范相关条文的细化与解释。

本细则由中交第二公路勘察设计研究院有限公司组织编写。周相略、袁光宇、陈代著、龚瑞书、朱莉、孙世家、丁健华、程涛等撰写;彭扬言、崔国栋校对;邓涛、高凡丁组织协调。本细则由鲍卫刚、郑绍珪、袁伦一审稿,并予以指导和帮助,特此致谢。

中交第二公路勘察设计研究院有限公司

二〇〇七年十月

84	.....	.....	.....
52	.....	.....	.....
52	.....	.....	.....
52	.....	.....	.....
22	.....	.....	.....
00	.....	.....	.....
00	.....	.....	.....
1	总则 .....	.....	1
2	术语和符号 .....	.....	3
2.1	术语 .....	.....	3
2.2	符号 .....	.....	6
3	勘测设计原则与公用构造 .....	.....	9
3.1	勘测设计基本原则 .....	.....	9
3.2	调查、勘测和资料搜集 .....	.....	10
3.3	挡土墙公用构造 .....	.....	11
4	作用(或荷载) .....	.....	14
4.1	作用(或荷载)的分类与组合 .....	.....	14
4.2	常用作用力计算 .....	.....	16
5	基础设计和稳定性验算 .....	.....	21
5.1	基础一般构造 .....	.....	21
5.2	地基计算 .....	.....	22
5.3	稳定性验算 .....	.....	26
6	重力式和半重力式挡土墙 .....	.....	30
6.1	一般规定 .....	.....	30
6.2	一般构造 .....	.....	31
6.3	设计计算 .....	.....	32
7	悬臂式挡土墙 .....	.....	37
7.1	一般规定 .....	.....	37
7.2	一般构造 .....	.....	37
7.3	设计计算 .....	.....	38
8	扶壁式挡土墙 .....	.....	40
8.1	一般规定 .....	.....	40
8.2	一般构造 .....	.....	40
8.3	设计计算 .....	.....	41
9	嵌岩桩板式挡土墙 .....	.....	47
9.1	一般规定 .....	.....	47
9.2	一般构造 .....	.....	47

9.3 设计计算	48
10 锚杆挡土墙	52
10.1 一般规定	52
10.2 一般构造	53
10.3 设计计算	55
11 锚定板挡土墙	60
11.1 一般规定	60
11.2 一般构造	61
11.3 设计计算	63
12 加筋土挡土墙	67
12.1 一般规定	67
12.2 一般构造	71
12.3 设计计算	73
13 挡土墙施工	83
13.1 施工准备	83
13.2 挡土墙基础	84
13.3 防、排水设施	87
13.4 沉降缝与伸缩缝	88
13.5 墙背填料	89
13.6 重力式挡土墙	90
13.7 悬臂式挡土墙和扶壁式挡土墙	93
13.8 嵌岩桩板式挡土墙	99
13.9 锚杆挡土墙	103
13.10 锚定板挡土墙	107
13.11 加筋土挡土墙	111
附录 A 土压力计算	120
附录 B 地基土的承载力特征值与工程性质	130
B.1 地基土的承载力特征值	130
B.2 地基土的工程性质	134
附录 C 圬工挡土墙材料标准	143
附录 D 填料与筋带的似摩擦系数现场试验方法	149
附录 E 钢件的防锈和隔离处理	151
附录 F 筋带拉力试验	152
附录 G 填料电阻率测试方法	154
附件 公路挡土墙设计与施工技术细则条文说明	157
1 总则	159
2 术语和符号	161

3	勘测设计原则与公用构造	163
4	作用(或荷载)	168
5	基础设计和稳定性验算	186
6	重力式和半重力式挡土墙	206
7	悬臂式挡土墙	217
8	扶壁式挡土墙	219
9	嵌岩桩板式挡土墙	221
10	锚杆挡土墙	227
11	锚定板挡土墙	232
12	加筋土挡土墙	246
13	挡土墙施工	279
附录 A	土压力计算	295
附录 C	圬工挡土墙材料标准	303

1 总 则

1.0.1 为了提高公路挡土墙设计和施工的技术水平,保证工程质量,适应公路建设发展的需要,特制定本细则。

1.0.2 本细则适用于新建和改建公路路基工程或路线外工程的永久性挡土墙工程。

1.0.3 在公路挡土墙设计和施工中,应贯彻执行国家的技术经济政策,按照以人为本的可持续发展观,做到安全至上、合理布局、合理选材、节约资源、降低全寿命周期成本、技术先进、质量优良、公众满意、人工环境与自然环境相和谐。

1.0.4 路基在下列情况可修建挡土墙:

- 路基位于陡坡地段,岩石风化的路堑边坡地段;
- 为避免大量填方、挖方及需要降低路基边坡高度的地段;
- 设置挡土墙后能增加边坡稳定、防止产生滑坍的不良地质地段;
- 水流冲刷严重的沿河路基地段;
- 与桥涵或隧道工程项目相连接的路基地段;
- 为节约用地、减少拆迁或少占农田的地段;
- 为保护重要建筑物、生态环境或其他需要特殊保护的地段。

设置挡土墙时,应与其他方案相比较:

- 与改移路线位置相比较;
- 与填筑路堤或加大开挖、放缓边坡相比较;
- 与拆迁干扰路基的构造物(房屋、电讯设施等)相比较;
- 与采用其他类型的构造物(桥梁、隧道等)相比较;
- 与其他防治滑坍的措施相比较。

1.0.5 应根据挡土墙与所支挡土体的稳定平衡条件,考虑作用(或荷载)的大小和方向、地形与地质状况、冲刷深度、基础埋置深度、基底承载力特征设计值和不均匀沉降、可能的地震作用、与其他构造物的衔接、施工难易、造价高低、环境特点、墙面的外观美感等因素,综合比较后确定挡土墙的类型。必要时,可采用未包括在本细则内的特殊形式的挡土墙。

1.0.6 公路挡土墙可以采用石砌体、混凝土、钢筋混凝土、土工合成材料和特殊材料作为建筑材料,其规格、标准应符合本细则有关章节的规定。鼓励采用新材料、新工艺,但应通过试验积累数据,经过技术鉴定,保证耐久、耐腐蚀,有利于环境保护,便于施工和养护。

1.0.7 应做好挡土墙施工前的准备工作,严格施工管理,遵守操作规程,文明施工,安全生产,节约施工用地,少占农田。加强对施工材料及砂浆、混凝土强度的检验工作,精心施工排水系统,精心施工基础工程和处理地基异常情况,确保工程质量。挡土墙竣工后,应按照《公路工程质量评定标准》(JTG F80/1—2004)的规定进行工程质量评定,杜绝质量不合格的挡土墙工程。

1.0.8 挡土墙工程的勘测设计阶段,应分析预测挡土墙建设对环境产生的影响,确定环境保护方案和植物措施;在施工阶段,应采用合理施工方法,尽量减少对环境的不利影响,工完场清,回归自然。

1.0.9 挡土墙设计和施工除应符合本细则的规定外,还应符合国家及交通部现行有关标准、规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 挡土墙 retaining wall

主要承受土压力,防止土体塌滑的墙式构造物。

2.1.2 重力式和半重力式挡土墙 gravity and semi-gravity retaining wall

依靠石砌圬工或水泥混凝土的墙体自重来抵抗土体土侧压力的挡土墙称为重力式挡土墙;用于软弱地基,由立壁和底板组成的混凝土墙或在墙体中加入少量钢筋来承受拉应力以减小截面尺寸和自重的混凝土墙,称为半重力式挡土墙。

2.1.3 衡重式挡土墙 balance weight retaining wall

利用作用于墙背衡重台构造上的填土重力和墙体重心后移而抵抗土体侧压力的挡土墙。

2.1.4 路肩墙 verge retaining wall

墙顶面内缘高程与路基边缘高程齐平的挡土墙。

2.1.5 路堤墙 embankment retaining wall

墙顶外缘高程低于路基边缘高程,墙顶与填方路基边坡相连接的挡土墙。

2.1.6 路堑墙 cutting retaining wall

用于防止路堑边坡的坍塌或为保护路堑边坡上方的建筑物而修建在挖方边坡一侧的挡土墙,又称为上挡墙。

2.1.7 悬臂式挡土墙 cantilever retaining wall

由立壁、趾板和踵板三个钢筋混凝土悬臂构件组成的挡土墙。

2.1.8 扶壁式挡土墙 counterfort retaining wall

构造与悬臂式挡土墙相似,但沿立壁每隔一定距离加一道扶壁,将立壁与踵板连接起来的挡土墙。

2.1.9 桩板式挡土墙 pile and plank retaining wall

由抗滑桩、桩间挡土板或增设锚杆组成的平衡土体侧压力的挡土墙。

2.1.10 锚杆挡土墙 anchored retaining wall by tie rods

由钢筋混凝土柱、板和锚杆组成,依靠锚固在岩土层内的锚杆的拉力以承受土体侧压力的挡土墙。

2.1.11 锚定板挡土墙 anchored retaining wall

由钢筋混凝土柱、板,拉杆和锚定板组成,依靠埋置在破裂面后部稳定土层内的锚定板和拉杆的拉力,以承受土体侧压力的挡土墙。

2.1.12 加筋土挡土墙 reinforced earth retaining wall

由填土、筋带和镶面砌块或金属面板组成的加筋土体以承受土体侧压力的挡土墙。

2.1.13 密度 mass density

单位体积材料(包括岩石和土)的质量称为质量密度,简称密度。

2.1.14 重度 weight(force) density

单位体积材料所受的重力称为重力密度,简称重度。

2.1.15 作用 action

施加在结构上的集中力或分布力,引起结构外加变形或约束变形的原因。前者称直接作用,后者称间接作用。

1 永久作用 permanent action

在设计基准期内,量值不随时间变化的作用或其变化值与平均值相比可以忽略不计的作用。其中,直接作用亦称恒荷载。

2 可变作用 variable action

在设计基准期内,量值随时间变化且其变化值与平均值相比不可以忽略的作用。其中,直接作用亦称活荷载。

3 偶然作用 accidental action

在设计基准期内不一定出现,而一旦出现其量值很大且持续时间较短的作用。

2.1.16 抗力 resistance

结构或结构构件及其材料承受作用效应的能力,如承载能力、刚度和抗裂度等。

2.1.17 荷载 load

指施加在结构上的直接作用,包括集中力或分布力。

2.1.18 作用效应 effects of actions

结构或构件对所受作用的反应而产生的内力、应力和变形等。

2.1.19 作用效应组合 combination for action effects

由结构上几种作用分别产生的作用效应的随机迭加。

2.1.20 分项系数 partial coefficient

在极限状态设计表达式中,为了保证所设计的结构或构件具有规定的可靠度而采用的系数,分为作用分项系数和抗力分项系数两类。

2.1.21 作用标准值 characteristic value of an action

结构或构件设计时采用的各种作用的基本代表值。其值可根据设计基准期内最大作用的概率分布的某一分位数确定。

2.1.22 作用设计值 design value of an action

作用标准值乘以作用分项系数后的值。

2.1.23 材料性能标准值 characteristic value of property of a material

结构或构件设计时采用的材料性能的基本代表值。其值一般根据符合规定质量的材料性能的概率分布的某一分位数确定。

2.1.24 材料性能设计值 design value of property of a material

材料性能标准值除以材料性能分项系数后的值。

2.1.25 摩擦系数 coefficient friction

两物体接触面上的摩擦力与法向压力的比值。

2.1.26 似(视)摩擦系数 seemed coefficient friction

加筋土的筋带与填料之间的摩擦系数。

2.1.27 内摩擦角 angle of internal friction

土体摩尔包络线的切线与正应力坐标轴间的夹角。当摩尔包络线为直线时,为该直线与正应力坐标轴间的夹角。

2.1.28 综合内摩擦角 synthesis angle of internal friction

为便于计算黏性土的土压力,将黏性土的“黏结”作用折算为摩擦角迭加到黏性土的内摩擦角中,称为综合内摩擦角。

2.2 符号

A ——截面面积;

A_i ——第 i 单元筋带设计截面面积;

B ——挡土墙截面或基础底面在垂直行车方向的宽度;

b_b ——路堤式加筋土挡土墙填土坡脚至面板水平距离;

b_d ——水平荷载分布宽度;

b_H ——加筋土挡土墙简化破裂面的垂直部分与墙面板背面距离;

b_i ——第 i 单元筋带宽度总和;

C15——表示 15 级混凝土,即取边长为 150mm 的立方体试件,按具有 95% 保证率的抗压强度标准值所划分的强度级别;

c ——平均黏结力或土的内聚力;

d ——锚杆直径或计算被动土压力时假想地面的深度;

E ——主动土压力标准值;

E_x ——主动土压力标准值的水平分量;

E_y ——主动土压力标准值的竖直分量;

e_0 ——轴向力的偏心距;

f_a ——地基承载力特征值;

f_d ——挡土墙构件材料的设计值;

f'_a ——修正后的地基承载力特征值;

F_k ——竖向力标准值;

F_d ——计入分项系数后的竖向力组合设计值;

f' ——筋带与填料间的似摩擦系数;

f_k ——地基承载力标准值、挡土墙构件材料的标准值;

f_{sk} ——钢筋或钢带的强度标准值;

G ——挡土墙自重标准值(包括基础襟边上的土重);

H ——挡土墙高度或加筋体高度;

H_1 ——加筋体简化破裂面上部高度;

H_2 ——加筋体简化破裂面下部高度;

H' ——加筋体上路堤填土高度;

h_0 ——车辆附加均布荷载换算等代均布土层厚度;

h_1 ——加筋土挡土墙墙顶填土重力换算均布土层厚度;

k ——材料抗力或地基承载力特征值提高系数;

k_a ——主动土压力系数;

- k_b ——加筋土挡土墙全墙抗拔稳定系数;
 k_c ——抗滑动稳定系数;
 k_j ——静止土压力系数;
 k_0 ——抗倾覆稳定系数;
 L ——沿行车方向挡土墙长度或垂直行车方向加筋体底面宽度;
 L_a ——锚杆的有效锚固长度;
 L_i ——筋带总长度;
 L_{ai} ——筋带的有效锚固长度;
 L_{fi} ——活动区的筋带长度;
 L_{ci} ——加筋土挡土墙深度 z_i 处的荷载分布宽度;
 M ——作用或荷载引起的弯矩;
 M_d ——计入分项系数的弯矩组合设计值;
 $M5$ ——表示强度等级为 5 级的砂浆,即采用边长 70.7mm 的立方体砌体标准试件测得的 28d 抗压强度平均值所划分的强度级别;
 $MU50$ ——表示强度等级为 50 级的石料,即采用边长 70mm 的石料标准试件测得的抗压强度平均值所划分的强度级别;
 N_k ——轴向力标准值;
 N_d ——轴向力组合设计值;
 p ——基底平均压应力;
 $p_{\max}$ ——基底最大压应力;
 $p_{\min}$ ——基底最小压应力;
 q ——车辆荷载附加荷载标准值;
 $R(\cdot)$ ——结构抗力函数;
 S ——作用效应的组合设计值;
 S_x ——筋带结点水平间距;
 S_y ——筋带结点垂直间距;
 T ——切向力或筋带抗拔力;
 V ——作用或荷载引起的剪力;
 V_d ——计入分项系数的剪力组合设计值;
 T_i ——第 i 单元筋带所受拉力;
 W ——水浮力或在脚标中表示与水有关;
 w_L ——液限,按百分比计;
 X ——代表水平方向;
 Y ——代表竖直方向;
 z ——土压力作用点至计算截面的距离;
 z_0 ——计算水位以上加筋体高度;
 z_c ——加筋土挡土墙顶面水平荷载的影响深度;

- z_i ——第 i 单元结点至加筋体顶面垂直距离;
 z'_i ——计算水位以下的第 i 单元结点与计算水位高差;
 α ——过墙背顶点的竖直面与墙背的夹角;
 β ——墙顶填土表面与墙顶水平面的夹角;
 δ ——墙背与填土间的摩擦角,或称外摩擦角;
 φ ——填料的内摩擦角;
 φ_0 ——黏性土填料的综合内摩擦角;
 γ ——材料或土的重度;
 γ_0 ——结构重要性系数;
 γ_G ——恒载分项系数;
 γ_{Q1} ——主动土压力分项系数;
 γ_R ——挡土墙结构或构件抗力计算模式不定性系数;
 γ_f ——挡土墙构件材料或岩土性能的分项系数;
 μ ——基础与地基间的摩擦系数;
 σ ——应力;
 ψ_K ——砌体偏心受压构件承载力影响系数或混凝土轴心受压构件弯曲系数;
 ψ_{ZC} ——作用(或荷载)综合效应组合系数。

3 勘测设计原则与公用构造

3.1 勘测设计基本原则

3.1.1 挡土墙设计,应贯彻和谐、自然的路基防护原则,应维护自然景观的完整性,充分考虑公路与自然环境相协调、挡土墙与公路景观相协调、挡土墙与其他构造物及植被防护相协调,营造景观的多样性,在具有地域文化特色的路段,挡土墙设计宜传承文脉、彰显地区特性。

3.1.2 挡土墙结构应满足下列使用功能要求:

- 能承受正常施工和正常使用时可能出现的各种作用(或荷载);
- 在正常使用时具有良好的工作性能;
- 在正常维护下具有足够的耐久性;
- 在地震发生时及发生后,仍能保持必要的稳定性。

3.1.3 本细则采用以分项系数的极限状态法为主的设计方法,按以下两类极限状态进行设计:

(1) 承载能力极限状态。当挡土墙出现下列状态之一时,应认为超过了承载能力极限状态:

- 整个挡土墙结构或挡土墙组成部分作为刚体失去平衡;
- 挡土墙构件或联结部件因材料强度不足而破坏,或因过度的塑性变形而不适于继续加载;
- 挡土墙结构变为机动体系或构件丧失稳定。

(2) 正常使用极限状态。当挡土墙出现下列状态之一时,应认为超过了正常使用极限状态:

- 影响正常使用或影响外观的过大变形;
- 影响正常使用或耐久性能的局部破坏。

3.1.4 挡土墙构件承载能力极限状态设计的基本条件是结构抗力设计值应大于或等于计入结构重要性系数的作用(或荷载)效应的组合设计值,一般表达式为:

$$\gamma_0 S \leq R(\cdot) \quad (3.1.4-1)$$

$$R(\cdot) = R(f_d, \alpha_d) \quad (3.1.4-2)$$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_f} \quad (3.1.4-3)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,按本细则第 3.1.5 条的规定采用;

S ——作用(或荷载)效应的组合设计值;

$R(\cdot)$ ——挡土墙结构抗力函数;

f_k ——抗力材料的强度标准值;

f_d ——抗力材料的强度设计值;

γ_f ——结构材料、岩土性能的分项系数;

α_d ——结构或结构构件几何参数的设计值,当无可靠数据时可采用几何参数标准值。

3.1.5 挡土墙的结构重要性系数应符合表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 结构重要性系数 γ_0

墙 高	公 路 等 级	
	高速公路、一级公路	二级及以下公路
$\leq 5.00\text{m}$	1.00	0.95
$> 5.00\text{m}$	1.05	1.00

3.1.6 挡土墙构件按正常使用状态设计时,应根据不同设计目的,分别采用作用(或荷载)效应标准组合、作用(或荷载)短期效应组合、作用(或荷载)长期效应组合进行设计,使变形、裂缝等作用(或荷载)效应的设计值应符合下式的规定:

$$S_d \leq C \quad (3.1.6-1)$$

式中: S_d ——变形、裂缝等作用(或荷载)效应的设计值;

C ——设计对变形、裂缝等规定的相应限值。

当采用作用(或荷载)效应标准组合时,作用(或荷载)效应的组合设计值 S_d 可按公式(3.1.6-2)计算:

$$S_d = S_{GK} + S_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{QiK} \quad (3.1.6-2)$$

式中: S_{GK} ——永久作用(或荷载)标准值的效应;

S_{Q1K} ——在作用(或荷载)组合中起控制作用的一个可变作用(或荷载)标准值的效应;

S_{QiK} ——第 i 个可变作用(或荷载)标准值的效应;

ψ_{ci} ——第 i 个可变作用(或荷载)的组合值系数,当计算地基应力时,可取等于 1.0。

当采用作用(或荷载)短期效应组合、作用(或荷载)长期效应组合时,作用(或荷载)效应的组合设计值计算,应符合《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)的相关规定。

3.2 调查、勘测和资料搜集

3.2.1 挡土墙的调查、勘测和资料搜集工作应按照《公路勘测规范》(JTG C10—