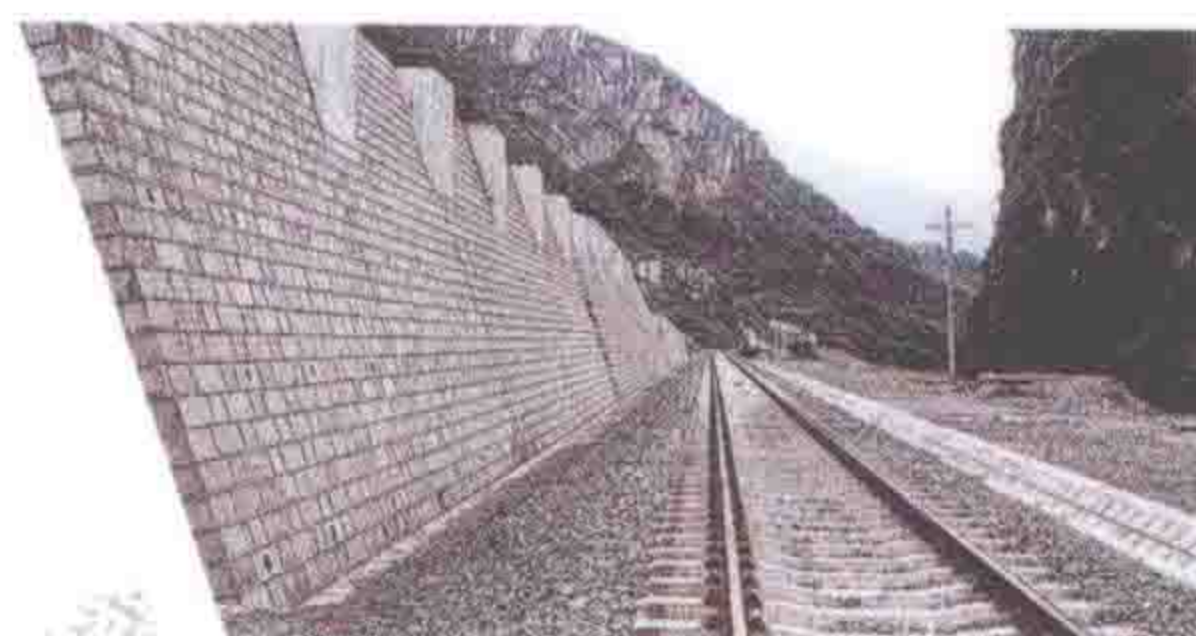


Reliability of the **Design**
of Retaining Structure

支挡结构设计**的**可靠性

魏永幸 罗一农 刘昌清 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

Reliability of the **Design**
of Retaining Structure

支挡结构设计^的可靠性

魏永幸 罗一农 刘昌清 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

铁路路基支挡结构的安全、适用和耐久至关重要,囿于现行设计标准的可靠性难以量化分析,作者基于内昆铁路、粤赣高速铁路、武广高速铁路等工程的实践总结,结合“铁路路基支挡结构极限状态设计研究”的科研成果,对路基工程可靠度理论的极限状态法设计思想进行了系统、全面的阐述,为建立和完善以概率论为基础的铁路路基支挡结构极限状态设计标准提供了支撑。

本书可供铁道工程技术等相关专业的科研及相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

支挡结构设计的可靠性 / 魏永幸,罗一农,刘昌清
著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.2
ISBN 978-7-114-13224-7

I. ①支… II. ①魏… ②罗… ③刘… III. ①铁路路基—支挡结构—结构设计—结构可靠性—研究 IV.
①U213.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 171033 号

书 名: 支挡结构设计的可靠性

著 作 者: 魏永幸 罗一农 刘昌清

责任编辑: 王 霞 王景景

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

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)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18

字 数: 405 千

版 次: 2017 年 4 月 第 1 版

印 次: 2017 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13224-7

定 价: 67.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言 Preface

铁路路基支挡结构在设计使用年限内,必须保证其可靠性——安全、适用和耐久。由于铁路路基支挡结构既属于岩土工程又属于结构工程的范畴,其建造环境的复杂程度和材料性能的不确定性比单纯的结构工程更大,施工方式多样且施工过程的质量控制难度大,实现并保证铁路路基支挡结构的可靠性并不容易。由于传统设计方法的局限性,现行的设计标准中隐含的支挡结构可靠度难以量化分析。笔者长期从事路基工程的设计及施工配合、标准编制、科学研究与技术管理工作,曾主持内昆铁路、遂渝铁路、粤赣高速公路、武广高速铁路等铁路、公路路基工程设计,对此有深刻的认识——影响铁路路基支挡结构可靠性的不确定因素很多,支挡结构在设计使用年限内要保证其可靠性,必须建立一套完整的、基于概率论的铁路路基支挡结构设计方法。

基于上述认识,为深入研究铁路路基支挡结构设计方法,笔者申请并获得了企业科技发展规划项目“铁路路基支挡结构极限状态设计研究”,组织研究团队开展了有关研究工作。该项目研究成果于2014年通过了中国铁路总公司组织的专家鉴定。通过本项目研究,对路基工程可靠度理论的极限状态设计思想有了系统、全面的认识,从支挡结构设计方法对比入手,建立了支挡结构极限状态方程,分析了支挡结构隐含的可靠指标并确定了目标可靠指标,提出了极限状态设计表达式及分项系数建议值,给出了支挡结构极限状态设计流程。

为进一步推广研究成果,以建立和完善以概率论为基础的铁路路基支挡结构极限状态设计标准,笔者联合课题主研人员,以课题主要创新成果为基础,撰写了本书。本书内容包括:基于可靠度理论的极限状态设计思想、基于可靠度理论分析路基支挡结构的难点和重点、基于概率论的土压力计算、主要支挡结构的可靠性分析和极限状态设计研究及支挡结构极限状态设计原则。

全书由魏永幸、罗一农和刘昌清合作撰写,由魏永幸负责统稿。西南交通大学硕士研究生姜涛、侯培金、孔祥峰、刘臻志、曹頔、吴世泽、张龙飞等参与了课题研究以及本书初稿的编写工作。中国中铁二院工程集团有限责任公司(以下简称中铁二院)高柏松、涂骏、王珣、李楚根、杨祥荣、刘会娟等参与了课题研究。课题研究中,中铁二院和西南交通大学十多位长期从事路基工程勘察设计和教学研究的专家提供了十分宝贵的咨询意见。本书的出版得到了中铁二院工程集团有限责任公司学术著作出版基金的支持。

本书能够顺利出版,得益于研究团队的共同努力,也与单位领导和同事的支持密不可分。在此,谨向研究团队全体成员,向给予我们关心、支持、帮助的领导、同事和朋友,表示衷心的感谢!

本书撰写中借鉴和参考的文献已列出,但难免疏漏,在此谨向有关文献作者一并致谢。限于作者水平,书中或存在不妥,敬请读者批评指正。

作 者
2016 年 7 月

目 录 Contents

第 1 章	概述	1
1.1	支挡结构类型及发展历程	2
1.2	支挡结构的设计方法	8
1.3	支挡结构的安全度	9
第 2 章	基于概率论的极限状态设计思想	11
2.1	可靠度理论的基本概念	12
2.2	极限状态和功能函数	13
2.3	校准法	31
2.4	目标可靠指标和分项系数	32
2.5	支挡结构的可靠性分析思路	45
2.6	支挡结构基于可靠度理论的设计方法	56
2.7	支挡结构基于可靠度理论的极限状态设计流程	65
2.8	支挡结构设计中引入概率论的目的	74
第 3 章	支挡结构可靠性的难点和重点分析	75
3.1	支挡结构的设计状况	76
3.2	支挡结构的荷载和抗力	77
3.3	支挡结构的计算分析模型	81
第 4 章	基于概率论的土压力计算	83
4.1	土压力分类	84
4.2	土压力分布与支挡结构的类型	87
4.3	土压力计算对结构功能函数可靠指标的影响	90
第 5 章	重力式和衡重式挡土墙可靠性分析	95
5.1	设计状况	96
5.2	极限状态方程	102

5.3	极限状态方程中的基本随机变量	106
5.4	可靠指标计算	109
5.5	荷载分项系数和抗力分项系数	123
5.6	极限状态设计表达式	127
5.7	重力式挡土墙基于可靠度理论的极限状态设计算例	131
第 6 章	L 形挡土墙可靠性分析	135
6.1	设计状况	136
6.2	极限状态方程	138
6.3	极限状态方程中的基本随机变量	144
6.4	可靠指标	146
6.5	荷载分项系数和抗力分项系数	154
6.6	设计表达式	155
6.7	L 形挡土墙极限状态设计验证及分项系数校准	156
第 7 章	桩结构可靠性分析	163
7.1	设计状况	164
7.2	极限状态方程	166
7.3	极限状态方程中的基本变量	172
7.4	可靠指标	175
7.5	荷载分项系数和抗力分项系数	182
7.6	极限状态设计表达式	186
7.7	桩板墙极限状态设计算例	189
第 8 章	锚杆挡土墙可靠性分析	197
8.1	土压力分布和内力计算	198
8.2	稳定性验算和内部结构检算的极限状态方程	200
8.3	锚杆挡土墙的可靠指标	202
8.4	稳定性和内部结构的极限状态设计表达式	207
第 9 章	加筋土挡土墙可靠性分析简介	213
9.1	加筋土挡土墙的极限状态方程	214
9.2	加筋土挡土墙可靠指标	218
9.3	加筋土挡土墙极限状态设计	222
第 10 章	U 形挡土墙极限状态设计研究简介	225
10.1	荷载类型及设计计算	226
10.2	槽形挡土墙的极限状态方程	228

10.3 槽形挡土墙极限状态设计法 229

第 11 章 支挡结构极限状态设计原则 233

11.1 设计一般规定 234

11.2 荷载 235

11.3 抗力和平衡力系 235

11.4 设计计算 237

第 12 章 支挡结构设计参数的试验研究 245

12.1 试验的意义 246

12.2 基底摩擦系数分类试验 246

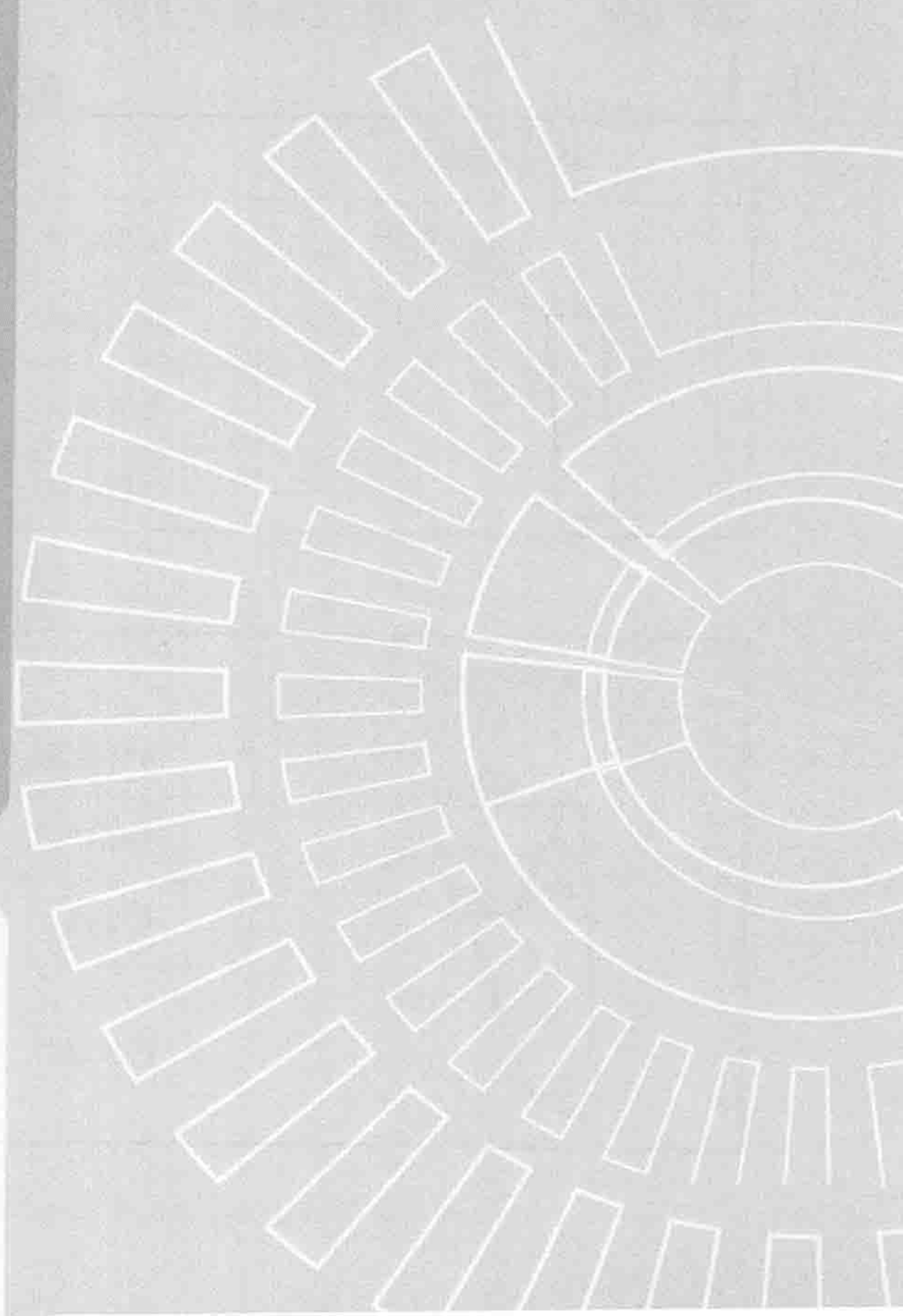
12.3 L 形挡土墙土压力计算不确定性系数试验 263

课题研究成果 275

参考文献 276

第 1 章 »

概 述



支挡结构广泛地应用于铁路、公路、建筑地基、机场、港口等工程建设之中。铁路路基支挡结构的类型较多,其可靠性与铁路的安全性、适用性和耐久性密切相关。随着铁路工程的快速发展,将支挡结构的可靠性从定性规定发展到定量描述,大家在不断提出这样的需求。影响支挡结构可靠性的因素较多,包括环境因素(自然环境、地质条件等)、技术因素(勘测、设计、施工、养护等)、结构自身因素(类型、材料等)等,其中,支挡结构设计的可靠性,反映了支挡结构可靠性所处的水平。

1.1 支挡结构类型及发展历程

1.1.1 支挡结构主要类型

支挡结构包括挡土墙、抗滑桩、锚杆、预应力锚索等支挡,支撑和锚固结构,用来支撑和加固填土或山坡土体以保持其稳定。在铁路、公路等路基工程中,支挡结构主要用于承受土体侧向土压力,广泛应用于稳定路堤、路堑、隧道洞口以及桥梁两端的路基边坡和加固地基等。在水利、矿场、房屋建筑等工程中,支挡结构主要用于加固山坡、基坑边坡和河流岸壁等。在不良地质灾害区域,支挡结构主要用于加固或拦挡不良地质体——滑坡、崩塌、岩堆体、软基等,拦挡落石、泥石流等。支挡结构属于岩土工程和结构工程,随着我国国民经济水平的提高,基础设施建设不断发展,支挡结构的应用越来越广泛,特别是在铁路、公路路基及建筑基础工程中所占的比重也越来越大。铁路工程中常用的支挡结构见表 1-1~表 1-15。

重力式挡土墙 表 1-1

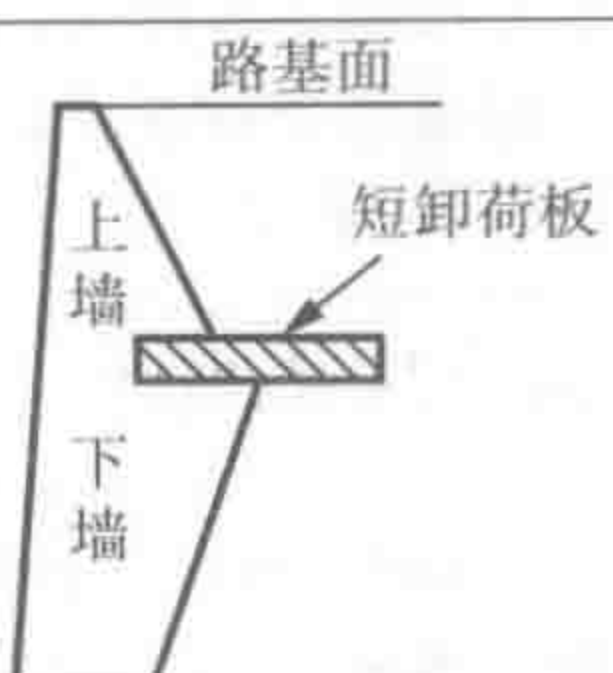
结构示意图	说 明	
	工作原理	依靠墙身自重支挡侧向土压力
	采用材料	混凝土、片石混凝土或浆砌片石
	主要特点	形式简单、取材容易、施工简便
	适用范围	一般地区、浸水地区和地震地区路堤与路堑地段

衡重式挡土墙 表 1-2

结构示意图	说 明	
	工作原理	利用墙体自重及衡重台上的填土重力共同抵抗土压力
	采用材料	混凝土、片石混凝土或浆砌片石
	主要特点	胸坡陡,在陡坡地区可降低墙高
	适用范围	适用于一般地区和浸水地区,可用于地震地区,主要设置在地面横坡较陡的路肩和路堤地段,也可用于拦挡落石的路堑地段

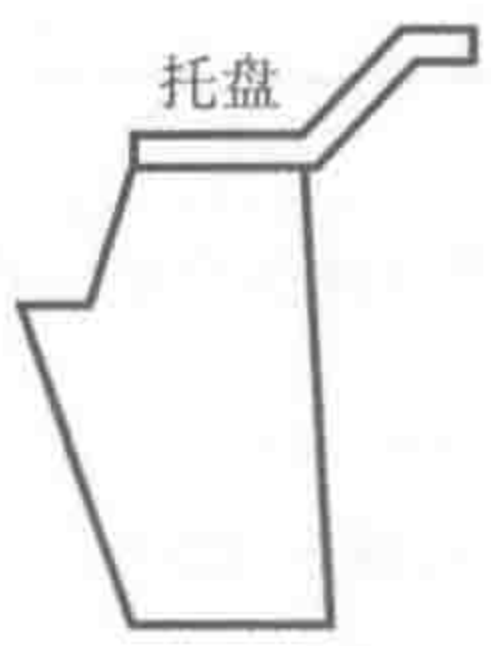
短卸荷板式挡土墙

表 1-3

结构示意图	说 明	
	工作原理	利用卸荷板上的填土重力及墙体自重共同抵抗土压力
	采用材料	混凝土(墙身)、钢筋混凝土(卸荷板)
	主要特点	卸荷板减小了下墙土压力,增加了全墙抗倾覆稳定性,节省了墙身材料
	适用范围	可用于一般地区路肩和路堤地段,墙高大于 6m 且地基具有较大的承载能力

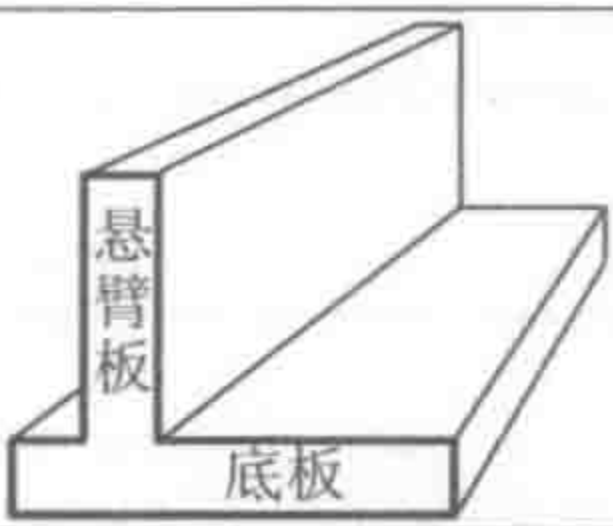
托盘式挡土墙

表 1-4

结构示意图	说 明	
	工作原理	除与衡重式挡土墙相同的作用外,墙顶的钢筋混凝土托盘及道砟槽可承受线路上部建筑和列车重力
	采用材料	混凝土(墙身)、钢筋混凝土(托盘)
	主要特点	可降低墙高、缩短横向距离
	适用范围	山区地面陡峻地带或受既有线建筑物影响横向空间受限制时,且地基承载力较高

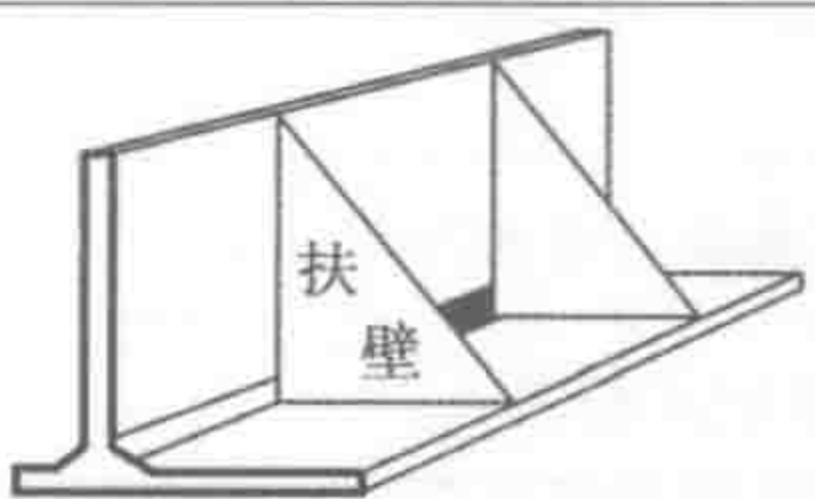
悬臂式挡土墙

表 1-5

结构示意图	说 明	
	工作原理	以墙身自重和踵板上填土自重抵挡侧向土压力
	采用材料	钢筋混凝土
	主要特点	墙身断面尺寸较小,墙高不宜大于 6m
	适用范围	石料缺乏、地基承载力较低的填方地段

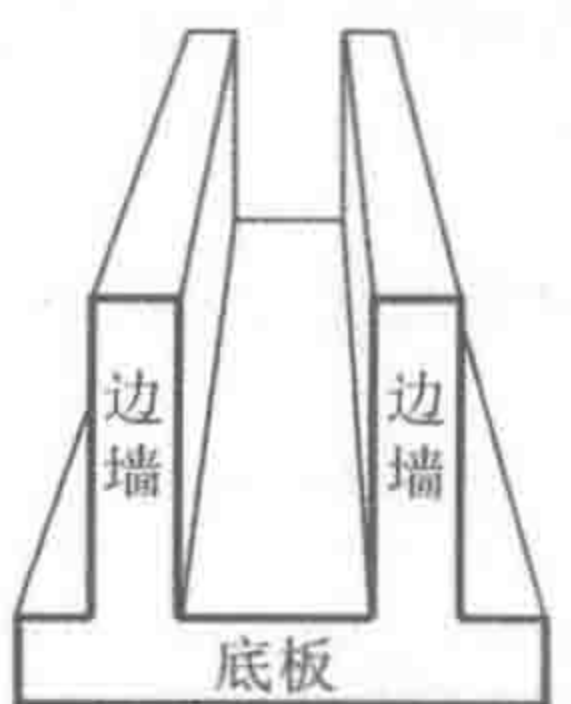
扶壁式挡土墙

表 1-6

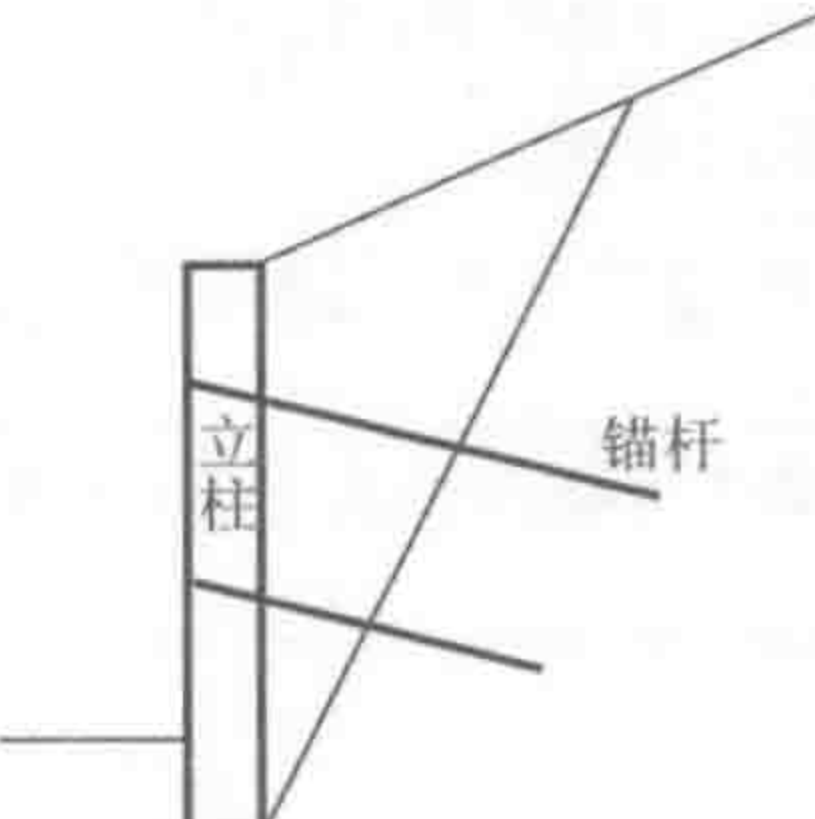
结构示意图	说 明	
	主要特点	墙身断面尺寸较小,沿悬臂式挡土墙墙长方向加设扶壁以限制墙面板变形,墙高在 6~10m 之间
	其他方面	与悬臂式挡土墙相同

槽形挡土墙

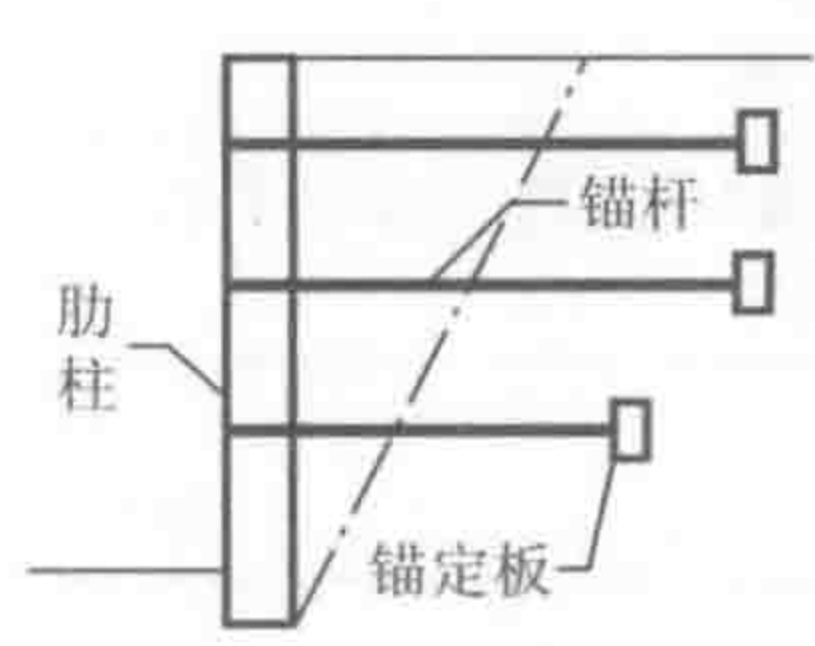
表 1-7

结构示意图	说 明	
	工作原理	由边墙抵抗侧向土压力,由底板承受路基面以上荷载,由墙身自重和底板悬出段上土体配重抵抗浮力
	采用材料	钢筋混凝土
	主要特点	墙身断面尺寸较小,支挡和支撑的作用分明
	适用范围	适用于地下水丰富,降水、排水或放坡条件受到限制的挖方地段路基,也适用于地表水丰富、排水困难的低矮填方地段路基或需要减少占地的路堤地段

锚杆挡土墙
 表 1-8

结构示意图	说 明	
	工作原理	侧向土压力作用于墙面系,通过墙面系传递于锚杆,依靠锚固段的抗拔力或钢筋抗拉力维持稳定
	采用材料	钢筋混凝土(墙面系)、钢筋(锚杆、水泥砂浆)
	主要特点	锚杆施工对山体的扰动较明挖基础结构小,构件较轻、可预制或现场浇筑,可采用单级或多级
	适用范围	适用于岩质或土质边坡加固

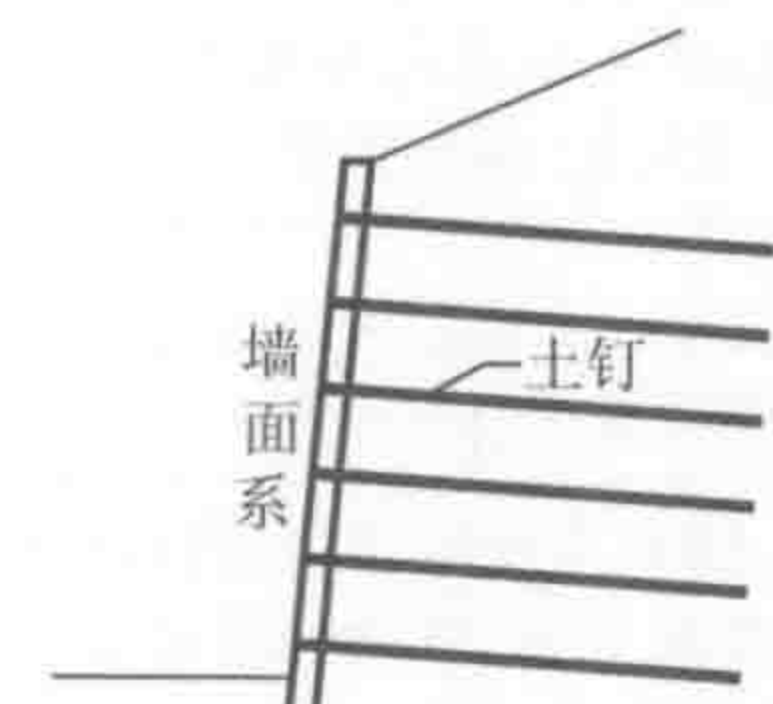
锚定板挡土墙
 表 1-9

结构示意图	说 明	
	工作原理	靠固定在稳定区的锚定板提供的抗拔力来维持墙体的稳定
	采用材料	钢筋混凝土(墙面系和锚定板)、钢筋(锚杆)
	主要特点	墙面系和锚杆均为轻型构件,可预制,锚定板需要有稳定的基础
	适用范围	适用于一般地区,置于路肩或路堤坡脚,可采用单级或双级

加筋土挡土墙
 表 1-10

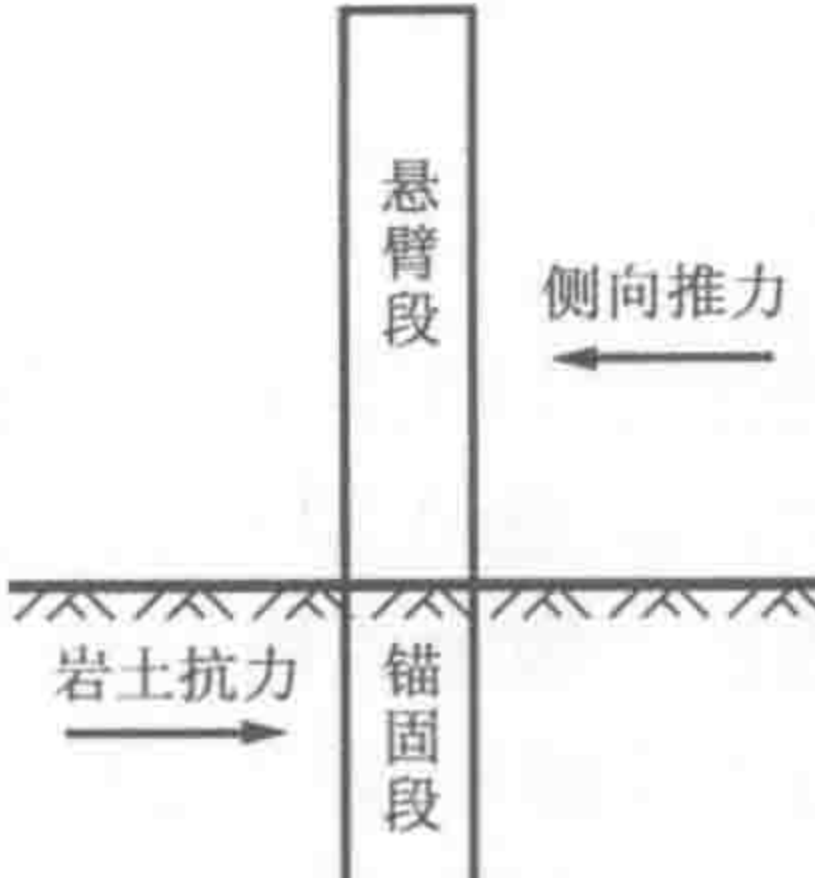
结构示意图	说 明	
	工作原理	内部由锚固段拉筋和填土间的摩阻力维持稳定;外部由加筋实体抵抗侧向土压力
	采用材料	墙面系为钢筋混凝土,拉筋有钢筋混凝土板条、钢带或土工格栅等,填料有砂类土、砾石类土、碎石类土或 C 组细粒土
	主要特点	构件轻、可预制,对地基承载力要求不高
	适用范围	适用于石料缺乏、地形平坦的地区

土钉墙
 表 1-11

结构示意图	说 明	
	工作原理	内部由土钉锚固段抗拔力或钢筋抗拉力维持稳定;外部由加筋实体抵抗侧向土压力
	采用材料	墙面系材料包括钢筋网和喷射混凝土构成的面层,土钉为钢筋和水泥砂浆
	主要特点	墙面系和拉筋均为轻型构件
	适用范围	可用于一般地区及破碎软弱岩质边坡加固

锚 固 桩

表 1-12

结构示意图 	说 明	
	工作原理	由其锚固段侧向地基抗力来抵抗悬臂段传来的侧向力
	采用材料	钢筋混凝土
	主要特点	结构形式简单,截面有矩形、T形和圆形
	适用范围	常用于稳定滑坡、加固土质和软弱松散岩质路堑边坡、侧向约束软弱地基

桩板式挡土墙

表 1-13

结构示意图 	说 明	
	工作原理	侧向土压力传递于挡土板,再由挡土板传递于桩上,由桩的锚固段侧向地基抗力来抵抗悬臂段传来的侧向力
	采用材料	钢筋混凝土
	主要特点	桩身形式简单,截面有矩形、T形和圆形;挡土板有矩形、槽形等
	适用范围	适用于一般地区、浸水地区和地震区的路堑和路堤地段,也可用于滑坡等特殊路基

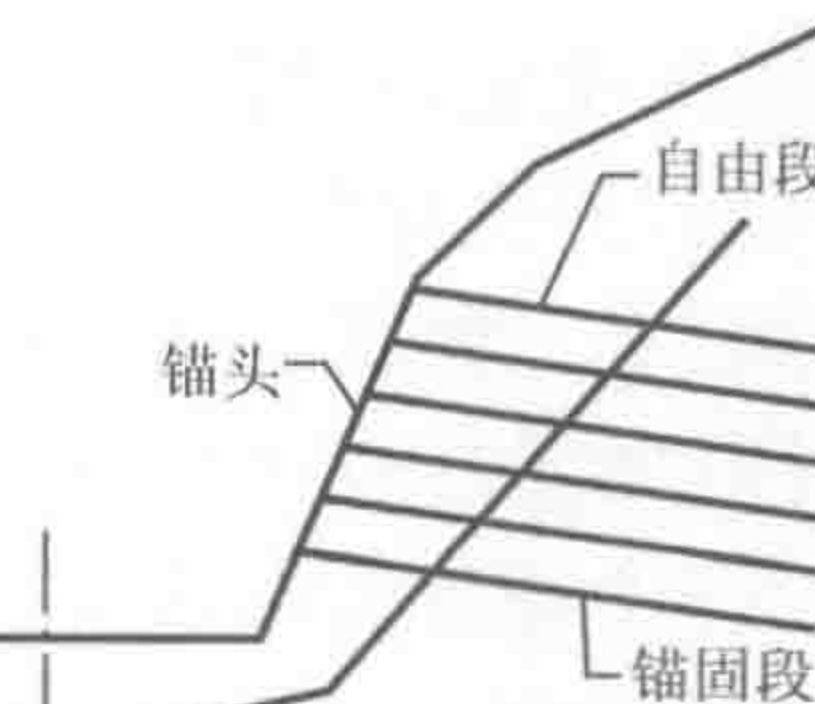
桩基承台挡土墙

表 1-14

结构示意图 	说 明	
	工作原理	由挡土墙自重抵抗侧向土压力,将倾覆和稳定力系通过承台传递于桩基,由桩的锚固段侧向地基抗力来抵抗
	采用材料	混凝土(墙)和钢筋混凝土(桩基承台)
	主要特点	形式上具备挡土墙和锚固桩的特点,计算上是挡土墙和桩的组合
	适用范围	适用于地基承载力不满足需要或表层地基不稳定的地段

预 应 力 锚 索

表 1-15

结构示意图 	说 明	
	工作原理	通过对锚索施加预应力以加固岩土体,使其达到稳定状态或改善结构内部的受力状态
	采用材料	锚索(主要为钢绞线),锚固体为水泥砂浆,外锚结构一般为钢筋混凝土等
	主要特点	轻便、灵活,外锚结构形式多样
	适用范围	可用于土质、岩质地层的边坡及地基加固

1.1.2 支挡结构的发展历程

对表 1-1~表 1-15 中支挡结构的演变过程及结构分析如下:

1) 以实体圬工为主的刚性挡土墙

早期,我国石料来源丰富,石砌重力式挡土墙是我国广泛采用的主要支挡结构。这种挡土墙形式简单,墙身一般采用水泥砂浆砌片石,有时也用灌注混凝土。20 世纪 50 年代,为适应西南山区地形陡峻的特点,在重力式挡土墙的基础上,中铁二院独创了衡重式挡土墙。衡重式挡土墙是我国山区铁路应用较广泛的一种挡土墙形式,在公路等其他行业中也得到推广运用。衡重式挡土墙较以往的重力式挡土墙可节省圬工 20%~30%,但当挡土墙较高时,墙身截面还是很大。因此,又出现了一种改进的结构形式——卸荷板式挡土墙。由于卸荷板的存在,板上的填料增加了墙体自重,卸荷板减小了下墙土压力,全墙抗倾覆稳定性增加,可节省墙体圬工,从而节省工程投资,但该墙型的上下墙墙身截面抗剪强度潜在一定风险。

2) 钢筋混凝土挡土墙

长期以来重力式挡土墙在支挡工程中一直占有主导地位,但由于其截面大、圬工数量多、施工进度慢,在地形困难、石料缺乏地区应用不便,其使用上的缺点日益突出。因此,支挡结构轻型化一直是岩土工程技术在工程实践中的一个发展趋势。

(1) 悬臂式和扶壁式挡土墙

悬臂式和扶壁式挡土墙在国外已广泛采用,近几年,国内在铁路、公路等建设工程中已经大量采用。悬臂式挡土墙可看成由衡重式挡土墙的上墙增大且背坡直立演变而成,底板则可看成衡重式挡土墙的下墙减小并向横向延伸而成。这样的变化使土压力的水平力和竖向力分别由悬臂和底板承担,把“衡重台”上填料增大墙身自重的作用发挥到极致,挡土墙也从刚性结构向柔性结构转化,墙身由实体圬工转变为功能明确的钢筋混凝土构件。扶壁式挡土墙是在悬臂式挡土墙的基础上,通过沿纵向增加扶壁减小悬臂的变形,以达到增加墙高的目的。悬臂式和扶壁式挡土墙以钢筋混凝土和填料,置换了重力式挡土墙的实体圬工。

(2) 槽型挡土墙

槽型挡土墙是一种较新的结构形式,由钢筋混凝土底板和边墙组成。从断面形式上可看成由左、右两个悬臂式挡土墙拼接而成,边墙抵抗墙背土压力或水压力,底板承受路基面以上荷载,全墙通过自重及填土配重抵抗地下水的浮力,通过底板、边墙及其全断面防水层阻止路基本体外地表水或地下水浸入至路基面,从而保持结构的稳定性。

3) 加筋体支挡结构

(1) 加筋土挡土墙

加筋土工程起源于法国,而后在世界各国迅速发展。加筋土挡土墙主要由墙面板、拉筋和填料组成,利用填料与拉筋间的摩擦作用,把侧向土压力传递给拉筋,使土体保持稳定,并以这一复合结构抵挡加筋土体后部的土压力,从而保持整个结构的稳定。加筋土挡土墙的筋带不仅连接了墙面板和破裂面之外的稳定土体,而且通过对填料的加筋形成了与重力式挡土墙相同的功能。加筋土挡土墙的主要受力构件是筋带。虽然设计中通常将筋带所受拉力直接传递到墙面上,但实测显示,填土侧向力传递到墙面板上时已经很小。由此可知,通

通过对填料加筋,改变了侧向土压力的传递方式和传递结果,侧向土压力不是直接传递于外部墙面板,而是分摊到加筋体内部的每条筋带上,以衰减的方式向墙面传递。

(2) 土钉墙

土钉墙是在隧道新奥法基础上发展起来的一门边坡支挡新技术,通过钢筋等高强度长条材料对原位岩土体进行加固,从而提高原位岩土体的“视凝聚力”及其强度,使被加固土体形成了性质与原来大为不同的复合材料“视重力式挡土墙”。由此看来,土钉墙的支挡原理与加筋土挡土墙是类似的,不同的是加筋土挡土墙是对填土加筋,土钉墙是对原位土加筋。由于原位土本身存在自稳能力,所以在土压力的计算上,土钉墙与加筋土挡土墙不一样。加筋土挡土墙背虽然受力很小,但还是按照平衡筋带峰值拉力的模式对面板结构进行设计(包裹式加筋土挡土墙除外),而土钉墙的墙面,直接按构造要求进行设计。锚固段的抗拔,加筋土挡土墙通过填料和筋带的摩擦力来实现,土钉墙通过注浆锚固体与原位岩土间的摩擦力或者钢筋与注浆锚固体之间的摩擦力来实现。这两种支挡结构的主要受力构件均是加筋构件。

4) 锚杆(索)支挡结构

20世纪40~50年代,美国、法国、联邦德国等国家就开始利用锚杆加固水电站边坡、隧道及洞口边坡等,我国20世纪50年代开始引进锚杆技术,最初在煤炭行业中使用,随后又在水利、铁道、建筑、国防工程中逐渐推广。锚杆挡土墙是由钢筋混凝土肋柱、墙面板和锚杆组成的支挡结构,它依靠锚固在稳定岩土层内锚杆的抗拔力平衡墙面处的土压力。锚杆墙与土钉墙的区别在于锚杆间距大,锚杆作为主要的构件,其抗拉和抗拔功能与土钉相似,但没有土钉加筋原位岩土体形成“视重力式挡土墙”的功能,故没有外部稳定性检算。结构设计是对锚杆和墙面系分别进行设计。

预应力锚索技术用于岩土工程在国外已有很长的历史,阿尔及利亚首次将锚索用于水电工程的坝体加固。20世纪70年代,我国开始将该项技术在国防、水电、矿山、铁路等领域逐步推广。预应力锚索是通过对锚索施加张拉力以加固岩土体使其达到稳定状态或改善内部应力状况的支挡结构。锚索是一种主要承受拉力的杆状构件,它是通过钻孔和水泥砂浆将钢绞线固定于深部稳定地层中,在被加固体表面对钢绞线张拉产生预应力,从而达到使被加固体稳定和限制其变形的目的。预应力锚索与非预应力锚杆的主要不同在于:一个是主动受力,一个是被动受力。预应力锚索的外锚结构很多,常用的有垫墩、垫块、垫板、地梁、格子梁、柱、桩、墙等。锚杆墙上的锚杆,可以施加预应力,杆体材料可采用高强钢筋和钢绞线,这种结构在建筑边坡支护中应用广泛。高强度的钢绞线预应力锚索与锚固桩相结合,就形成了预应力锚索桩。总之,锚索的外锚结构不同,锚索承受的拉力计算模式就不同,单就锚索构件来说,其主要功能与锚杆的钢筋一样,是抗拔和抗拉。

5) 锚固桩支挡结构

锚固桩是抗滑桩、桩板墙及预加固桩的统称,最早的锚固桩是抗滑桩。抗滑桩是我国铁路行业20世纪60年代开发、研究的一种抗滑支挡结构。1966年,中铁二院在成昆铁路沙北1号滑坡及甘洛车站2号滑坡中首次采用钢筋混凝土挖孔桩来加固稳定滑坡。目前,锚固桩广泛应用于高路堤、高路堑边坡支挡、滑坡抗滑、斜坡软弱地基的侧向约束等。锚固桩桩间采用挡土板挡土称为桩板墙;锚固桩上加设锚索称为锚索桩;当锚固桩与桩间挡土墙、土钉

墙相结合时,称为预加固桩。锚固桩支挡结构的主要构件是锚固桩,该结构通过锚固于稳定地层的锚固段的岩土侧向抗力,来平衡悬臂段传来的侧向力。

1.2 支挡结构的设计方法

支挡结构经历了设计模型由粗略到精细、结构从单一到多样的过程,从经验设计逐步发展到建立一定的设计理论体系。

1.2.1 现行路基支挡结构设计方法概述

结构设计的方法,在可靠性分析方面,从定性的、经验向定量的、以概率为基础的方向发展,这些设计方法可归纳如图 1-1 所示。

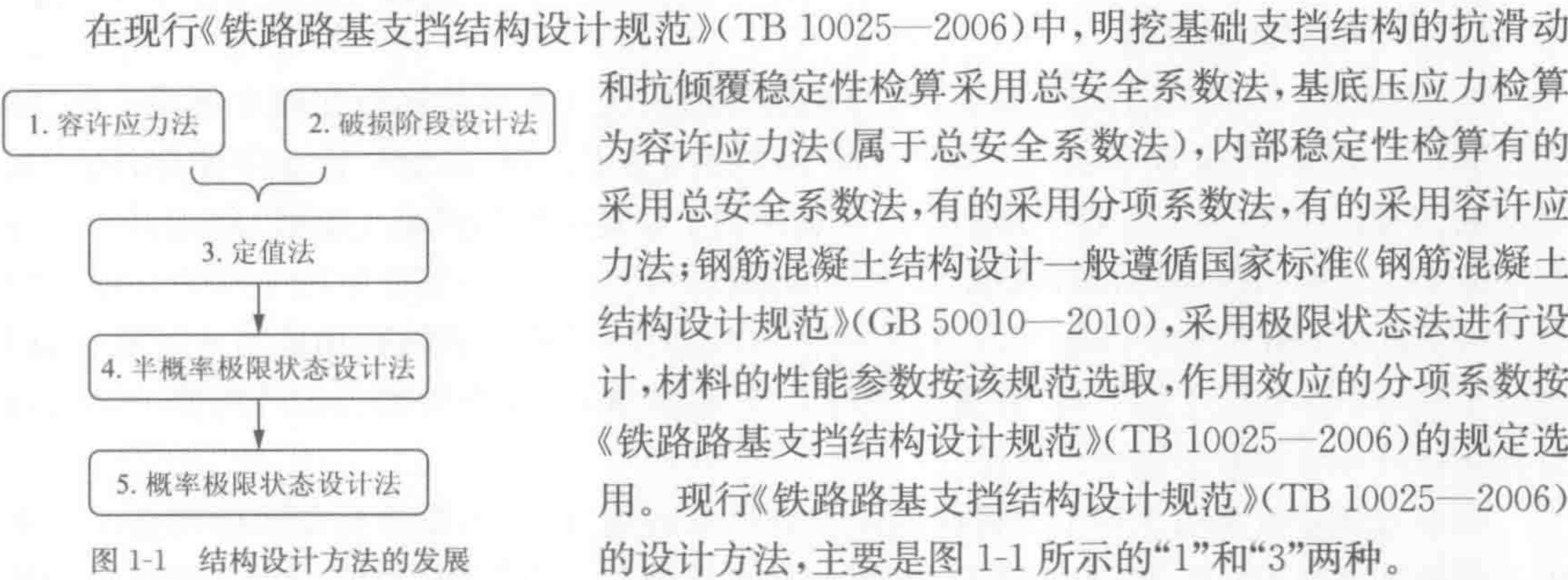


图 1-1 结构设计方法的发展

1.2.2 现行路基支挡结构设计方法面临的问题

1) 支挡结构可靠性指标未知

影响支挡结构可靠性的因素是来自多方面的。传统的设计方法是 将支挡结构的可靠性用总安全系数 K 来保证,这种设计方法被称为“总安全系数法”。经过长期的实践积累,已经形成了稳定的设计模式,但由于总安全系数法不考虑设计参数的随机性,很难反映真实的结构可靠程度,同时,也影响结构的经济性。

现行《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2006)中,采用总安全系数法的检算项目,其安全储备到底多少,很难量化——对结构的某项功能来说,即便是选用的设计参数和计算模式完全一样,也未必能说安全系数相同、可靠性就一样,因为没有考虑参数的随机性;不同的功能检算,更不能直接用安全系数来判断可靠性的 大小,挡土墙的抗倾覆和抗滑动就是很好的例子——抗倾覆的安全系数大于抗滑动安全系数,但实际工程中,重力式挡土墙倾覆的可能性更大。另外,虽然在钢筋混凝土构件和锚杆(索)的设计方法中采用了极限状态形式,但该规范中给出的分项系数有些是通过反算或参考相关规范而得的,并没有对结构做基于可靠度理论的研究,缺乏对可靠性进行度量的具体指标(可靠度、失效概率和可靠指

标),而这些指标是反映结构可靠性的最直接且直观的指标,对这些指标的分析研究,也是基于概率论的极限状态设计的核心问题。

2) 支挡结构功能检算状态不明确

以挡土墙的外部稳定性检算要求为例,见表 1-16,传统的设计方法给出了功能检算所要达到的要求,但对于此时结构处于什么状态没有给出系统的划分。比如,一般地区地基承载力达到容许应力时,地基处于弹性状态,而在地震情况下,由于地震是偶然事件,规范规定地基承载力可以高于容许应力,地基有可能还处于弹性状态,但也有可能进入塑性状态,这两个状态下结构的安全度显然是不同的。

挡土墙外部稳定性要求 表 1-16

项 目 名 称		地震状况	洪水位状况	一般地区或常水位状况
全墙	抗滑动稳定系数	≥ 1.1	≥ 1.2	≥ 1.3
	抗倾覆稳定系数	≥ 1.3	≥ 1.4	≥ 1.6
	基底 偏心 距 e	$[\sigma] > 600\text{kPa}$	$\leq B/3$	$\leq B/4$
		$[\sigma] = 500 \sim 600\text{kPa}$	$\leq B/4$	$\leq B/6$
		$[\sigma] = 200 \sim 500\text{kPa}$	$\leq B/5$	$\leq B/6$
		$[\sigma] < 200\text{kPa}$	$\leq B/6$	$\leq B/6$
	墙趾 和基 底平 均压 应力	未风化至弱风化的硬质岩	$\leq 1.2[\sigma]$	$\leq [\sigma]$
		未风化至微风化的软质岩		
		基本承载力 $\sigma_0 > 500\text{kPa}$		
		$150\text{kPa} < \sigma_0 \leq 500\text{kPa}$		
		$100\text{kPa} < \sigma_0 \leq 150\text{kPa}$		

由表 1-16 可知,各种状态下,各项功能检算采用了不同的安全系数,安全系数随着设计状况出现的可能性减小而减小。这显示出以前的设计体系已经有了可靠性分级的概念,但以上安全系数是根据经验而得,其数值来源的依据不明,其代表的安全储备到底多大,也不清楚。不能达到这些要求时,结构是不是就一定破坏了,设计者不甚了解。显然,有些条件不满足时,结构并不会破坏。

理解可靠性指标的相对性和可靠指标分级的概念,有助于上述问题的解决。

目前,支挡结构的可靠性主要由安全系数来保证。现有的主力、附加力、特殊力的组合形式是否能反映支挡结构的实际情况;采用的安全系数所提供的储备是否能满足由于外界因素的变化(例如:降雨、列车提速等)对结构所产生的作用要求;设计中如何选取合适的物理力学参数,其适用范围如何确定;设计者是决定选用通用图,还是进行个别设计;施工质量对支挡结构安全性的影响等,此类问题亟待解决。

1.3 支挡结构的安全度

影响支挡结构安全性的因素很多,研究对安全性影响的因素或分析现有安全系数的储