

“十一五”国家重点图书出版规划项目
公路桥涵设计手册

PIERS AND FOUNDATIONS

墩台与基础

(第二版)

廖朝华 主编

刘红明 胡志坚 颜昌清 副主编



人民交通出版社
China Communications Press

“十一五”国家重点图书出版规划项目

公路桥涵设计手册

墩台与基础

Piers and Foundations

(第二版)

廖朝华 主 编

刘红明 胡志坚 颜昌清 副主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书以原《公路桥涵设计手册 墩台与基础》为基础,以现行标准、规范为指导,结合设计人员的使用要求以及近年来桥梁墩台与基础的建设经验对原手册进行更新、修改,在保留原手册经典理论与方法等内容的基础上补充了新的设计理论、新材料、新工艺等内容。全书共分八章,主要内容包括总则、地基、桥台、桥墩、墩台抗震设计、地基处理、基础设计、附属设施等。

本书是公路及城市道路桥梁设计人员的必备参考工具书,也可供大专院校相关专业师生学习桥梁工程课程参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路桥涵设计手册. 墩台与基础 / 廖朝华主编. —
2 版. — 北京:人民交通出版社, 2013. 9

(“十一五”国家重点图书出版规划项目公路桥涵设计手册)

ISBN 978-7-114-10554-8

I. ①公… II. ①廖… III. ①公路桥—桥涵工程—设计—技术手册②公路桥—墩台—结构设计—技术手册③公路桥—基础(工程)—技术手册 IV. ①U448.142.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 075959 号

“十一五”国家重点图书出版规划项目

公路桥涵设计手册

书 名:墩台与基础(第二版)

著 作 者:廖朝华

责任编辑:曲 乐 李 喆

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)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:37.5

字 数:870 千

版 次:1994 年 10 月 第 1 版 2013 年 9 月 第 2 版

印 次:2013 年 9 月 第 7 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10554-8

定 价:115.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

出版说明

《公路桥涵设计手册》编审委员会

编写委员会

主任委员：凤懋润

副主任委员：刘士林 刘效尧 杨高中 张喜刚

郑皆连 顾安邦 谢邦珠 廖朝华

委员：马 翥 王仁贵 王吉双 庄卫林

向中富 刘红明 朱新实 沈鸿雁

孟凡超 姜友生 高冬光 徐 岳

徐国平 焦永顺 韩 敏 鲍卫刚

詹建辉

审定委员会

万珊珊 刘新生 李守善 张继尧 苏善根

杨耀铨 周世忠 郑明珠 郑皆连 顾安邦

彭宝华

(以上名单按姓氏笔画排序)

《公路桥涵设计手册》主要编写单位

中交公路规划设计院有限公司

中交第二公路勘察设计院有限公司

湖北省交通规划设计院

四川省交通厅公路规划勘察设计院

河北省交通规划设计院

安徽省交通规划设计研究院

浙江省交通规划设计研究院

中交路桥技术有限公司

安徽省公路管理局

长安大学

同济大学

重庆交通大学

西南交通大学

厦门高格桥梁景观设计研究中心

出版说明

改革开放以来,随着我国经济建设的快速发展,公路交通作为经济发展的“先行官”得到政府的高度重视,公路桥梁建设事业更是发展迅猛,成绩斐然。20 世纪 90 年代初,为了及时总结公路桥梁设计经验,指导桥梁设计工作,在原交通部公路局的领导与支持下,人民交通出版社组织我国桥梁界专家学者,编写出版了我国第一套《公路桥涵设计手册》,包括《基本资料》、《墩台与基础》、《拱桥》、《梁桥》、《涵洞》、《桥位设计》、《桥梁附属构造与支座》七个分册。该系列手册全面系统地总结了我国几十年来积累的公路桥梁设计经验,对于推进桥梁设计理论与技术的发展起到了重要的作用。

1998 年亚洲金融危机之后,国家加大对公路交通建设的投入,高速公路“五纵七横”规划全面实施,公路桥梁建设进入了前所未有的黄金时期。在此期间,我国桥梁工作者不断探索,勇于创新,自主设计,建成了一大批跨越大江大河甚至跨越海湾的、具有世界先进水平的大型桥梁,特别是东海大桥、杭州湾跨海大桥、苏通大桥、西堠门大桥等特大桥梁的修建,更是具有里程碑的意义。青岛海湾大桥、港珠澳大桥等一批世界级桥梁正在建设,我国的桥梁发展进入了一个新时代。截至 2009 年年底,我国公路桥梁总数已达到 62.19 万座,计 2700 余万延米,其中,跨径 600m 以上的斜拉桥 11 座,跨径 1000m 以上的悬索桥 12 座(在建 5 座),拥有多项桥梁跨径的世界纪录。

大量的工程实践与关键技术攻关,使得我国桥梁建造技术与管理水平有了质的飞跃,我国桥梁建设水平已步入世界先进行列,正在由桥梁大国走向桥梁强国。在众多特大型桥梁的建设过程中,设计理念不断更新,新工艺、新技术、新材料、新设备得到推广应用,建造关键技术取得重大突破。无论是设计、施工与工程管理都积累了一大批宝贵的经验,代表了我国桥梁领域日益提高的科技水平与自主创新能力,凝聚着建桥人的智慧。认真而系统地总结,使其形成技术积累,形成我们国家桥梁建造具有自主知识产权的核心技术,更好地指导日后蓬勃开展的桥梁建设实践,其意义重大。为此,自 2005 年起,在凤懋润总工、郑皆连院士的倡议下,人民交通出版社决定在原有的《公路桥涵设计手册》基础上修订编写新版《公路桥涵设计手册》。编写该系列手册的目的就是要全面系统地总结我国公路桥涵设计经验,充分反映当前我国桥梁设计的技术水平,吸收国外桥梁设计的最新理念与技术,力求具有一定的前瞻性,使之成为桥梁设计工作者案头不可或缺的实用工

具书。

新版《公路桥涵设计手册》共十册,分别是《桥梁总体设计》、《桥位设计》、《墩台与基础》、《梁桥》、《拱桥》、《斜拉桥》、《悬索桥》、《桥梁附属构造物》、《预应力技术及材料设备》、《涵洞》,字数总计在1000万左右。该手册自2005年开始编写,历时5年,中交公路规划设计院有限公司、中交第二公路勘察设计院有限公司、湖北省交通规划设计院、四川省交通厅公路规划勘察设计院、安徽省交通规划设计研究院、河北省交通规划设计院等多家交通行业一流设计单位和长安大学等高等院校担任各分册的主编单位,总体上代表了我国桥梁设计的最高水平。谢邦珠、刘效尧、孟凡超、廖朝华、顾安邦、高冬光等一批桥梁大师、专家为本书的出版尽心尽力、精益求精,确保了本手册的编审质量,也为《公路桥涵设计手册》编写成我国桥梁领域最高水平的权威之作提供了重要保证。

对于桥梁设计者来说,通过学习和利用手册中的新方法、新技术和结构方面的创新,通过对典型设计案例的学习,能提高设计质量与效率,优化设计,降低成本,从而为业主和国家带来巨大的社会效益。对于那些刚刚走上设计岗位的年轻工程师,此手册更是指导其开展设计工作的良师益友。

在未来相当长的一段时期内,随着国家高速公路网规划、农村公路网规划的实施及西部大开发战略的进一步实施,公路建设仍将快速发展,而《公路桥涵设计手册》的及时修订再版,无疑将对今后我国的桥梁建设提供有力的技术支持。

本手册在编写过程中,得到了交通运输部领导及各参编、参审单位领导的大力支持,在此一并表示诚挚的谢意!

2011年3月

《公路桥涵设计手册 墩台与基础》(第二版)

编写委员会

主 编：廖朝华

副 主 编：刘红明 胡志坚 颜昌清

主要编写人员：张嘉翔 徐齐福 潘立华 朱秀忠

张 勇 龚文俊 易登军 彭元诚

李建中 王士华 肖 祥 黄洪超

易宗发 余泽新 戴昌林 梁 巍

魏龙海 罗 安 孙世家 刘鹏飞

袁 怡 阳先全 刘晓舟 李秀芳

前 言

《公路桥涵设计手册 墩台与基础》出版发行以来,为我国桥梁建设,特别是桥梁设计方面提供了良好的示范作用。近十年来,随着我国公路建设的大力发展,桥梁结构的数量和覆盖范围也出现了明显变化,桥梁结构耐久性设计、全寿命设计及生态设计等理论与方法得到了长足发展和推广,相关桥梁设计理念和技術也实现了新飞跃。桥梁墩台结构与基础的设计也从传统的结构功能要求扩展到“环境、景观、功能、结构、管养”一体化的综合设计。桥梁新标准、新规范也相继颁布实施,迫切需要一本能适应当前桥梁建设状况,符合新标准、新规范要求的墩台与基础方面的设计手册。因此,人民交通出版社组织编者对原设计手册进行修订。

本次修订以第一版《公路桥涵设计手册 墩台与基础》为蓝本,以《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)、《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01—2008)等现行标准、规范为指导,结合设计人员的使用要求及近年来桥梁墩台与基础的建设经验,对原设计手册进行更新、修改、补充。在保留原手册经典理论与方法等内容的基础上,本手册补充了新的设计理念、新材料、新工艺等内容。在章节布局上,本手册体现了从荷载、材料、土的性质等总体到墩台、基础及附属构造等细部的逻辑关系;在内容编排上,本手册结合新规范引入了新的设计荷载标准、材料取值和土体分类,更新了传统墩台结构的设计理论与构造措施,补充了高墩、斜坡上的基础等内容,突出了墩台的抗震设计理论与方法,并增补了各结构的主要施工工艺与流程。

本手册共分八章,主要包括总则、地基、桥台、桥墩、墩台抗震设计、地基处理、基础、附属设施等内容。编写工作具体分工如下:第一章由中交第二公路勘察设计院有限公司廖朝华编写。第二章由中交第二公路勘察设计院有限公司刘红明主持编写。其中第一节由张嘉翔编写,第二节由刘红明编写,第三节由徐齐福编写,本章由刘红明统稿。第三章由中交第二公路勘察设计院有限公司廖朝华主持编写。其中第三节由潘立华编写,第四节由朱秀忠编写,其余由廖朝华编写,本章由廖朝华统稿。第四章由武汉理工大学胡志坚主持编写。其中第二节由张勇编写,第三节由龚文俊编写,第五节由易登军编写,第七、八节由彭元诚编写,其余由胡志坚编写,本章由胡志坚统稿。第五章由同济大学李建中编写,本章由廖朝华统稿。第六章由中交第二公路勘察设计院有限公司刘红明主

持编写。其中第一节由王士华、肖祥编写,第二节由刘红明编写,第三节由黄洪超编写,本章由刘红明统稿。第七章由武汉理工大学胡志坚主持编写。其中第一、二、五节由胡志坚编写,第三节由易宗发编写,第四节由余泽新、戴昌林编写,第六节由梁巍、魏龙海编写,第七节由罗安、孙世家编写,第八节由刘鹏飞、袁怡编写。本章由胡志坚统稿。第八章由中交第二公路勘察设计研究院有限公司颜昌清主持编写,其中第一、三节由阳先全编写,第七、八节由刘晓舟编写,其余由颜昌清编写,本章由颜昌清统稿。本手册最终由廖朝华、胡志坚统稿、定稿。

特别感谢长安大学徐岳教授、重庆交通大学向中富教授、中交公路规划设计院有限公司袁洪教授级高级工程师、中交路桥技术有限公司鲍卫刚教授级高级工程师、湖北省交通规划设计研究院詹建辉教授级高级工程师、安徽省交通规划设计研究院陈修和教授级高级工程师及原人民交通出版社沈鸿雁主任等专家学者对本书提出的修改意见和建议。另外,武汉理工大学交通学院研究生蔡磊、代涛、唐杏红、肖霞、曾珍、张明辉、吴大健、吴亮等参与了本册文字的编排与插图工作,在此一并表示感谢。

由于编写水平和收集资料的限制,书中难免有遗漏和错误,请读者予以指正,以便下次再版时补充修订。

编者

2013年6月

目 录

第一章 总则	1
第一节 适用范围与一般规定	1
第二节 作用	1
第三节 主要材料	18
第二章 地基	26
第一节 地基土的分类和性质	26
第二节 地基土中应力分布与计算	42
第三节 土压力	56
第三章 桥台	62
第一节 桥台设计原则与构造	62
第二节 桥台计算	74
第三节 实体(重力式)桥台	75
第四节 框架式桥台	78
第五节 轻型桥台	105
第六节 加筋土桥台	127
第七节 锚碇(拉)板式桥台	138
第八节 桥台帽梁(盖梁)	141
第九节 桥台施工	144
第四章 桥墩	149
第一节 桥墩设计原则及适用类型	149
第二节 实体(重力式)桥墩	159
第三节 柱式桥墩	176
第四节 轻型桥墩	239
第五节 空心薄壁墩	256
第六节 柔性排架桩墩台	277
第七节 高墩	304
第八节 其他桥墩	307
第五章 墩台抗震设计	319
第一节 概述	319
第二节 地震作用	324
第三节 抗震分析	326
第四节 抗震验算	333
第五节 墩柱构造细节设计	336

第六节 抗震措施.....	338
第七节 计算示例.....	340
附录 A 梁桥结构基本周期的近似公式.....	350
附录 B 圆形和矩形截面屈服曲率和极限曲率计算.....	352
附录 C 开裂钢筋混凝土截面的等效刚度取值.....	354
第六章 地基处理.....	355
第一节 软弱地基加固处理.....	355
第二节 特殊地基及处理.....	369
第三节 不良地质.....	382
第七章 基础设计.....	385
第一节 基础类型与构造.....	385
第二节 扩大基础.....	393
第三节 承台.....	418
第四节 桩基础.....	432
第五节 沉井基础设计.....	499
第六节 地下连续墙.....	532
第七节 基础沉降计算.....	544
第八节 斜坡上的基础.....	547
第八章 附属设施.....	561
第一节 桥墩防撞.....	561
第二节 基础防护.....	571
第三节 桥头搭板.....	575
第四节 台后填土及台后排水.....	579
第五节 破冰体.....	580
第六节 锥体护坡及溜坡.....	581
第七节 检修设施.....	581
参考文献.....	584

表 1-2-1

可变作用代表值组合表

表 1-2-2

作用名称	作用类别	作用代表值	作用效应组合
永久作用	永久作用	标准值	永久作用
可变作用	可变作用	标准值	可变作用
偶然作用	偶然作用	标准值	偶然作用

第一章 总 则

第一节 适用范围与一般规定

本手册作为工具书,主要适用于各等级新建和改建公路上一般性桥梁的桥台、桥墩和基础等下部结构设计,也可供公路桥梁施工、监理技术人员参考使用。

公路工程勘察设计必须贯彻“安全、耐久、节约、和谐”的设计理念。公路桥涵墩台与基础的设计应遵循因地制宜、就地取材的原则;结合我国经济、技术条件,吸取国内外先进经验,积极采用新技术、新材料、新设备、新工艺;节约用地,重视环境保护,注意与其他建设工程的协调,使设计符合“技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理、保护环境”的要求。

公路桥涵墩台与基础的设计应符合现行公路设计技术标准、规范及设计细则的规定。

为满足公路交通运输的需要,保证汽车长期正常运行不受限制,公路桥涵墩台与基础应设计为永久性结构。墩台与基础结构在施工、运营过程中应具有规定的强度、稳定性、刚度和耐久性,并应适当考虑墩台造型美观以及与周围环境的协调。

墩台与基础类型的选定,应根据路线、地形、地质、水文、气象、环境、桥梁上部结构、作用效应、材料、施工条件和经济等因素综合考虑。

第二节 作 用

一、作用分类、代表值和作用效应组合

(1)公路桥涵设计采用的作用分为永久作用、可变作用和偶然作用三类,见表 1-2-1。

(2)公路桥涵设计时,对不同的作用应采用不同的代表值。

永久作用应采用标准值作为代表值。

可变作用应根据不同的极限状态分别采用标准值、频遇值或准永久值作为其代表值。承载能力极限状态设计及按弹性阶段计算结构强度时,应采用标准值作为可变作用的代表值。正常使用极限状态按短期效应(频遇)组合设计时,应采用频遇值作为可变作用的代表值。

偶然作用取其标准值作为代表值。

(3)作用的代表值按下列规定取用:

作用分类

表 1-2-1

编 号	作用分类	作用名称
1	永久作用	结构重力(包括结构附加重力)
2		预加力
3		土的重力
4		土侧压力
5		混凝土收缩及徐变作用
6		水的浮力
7		基础变位作用
8	可变作用	汽车荷载
9		汽车冲击力
10		汽车离心力
11		汽车引起的土侧压力
12		人群荷载
13		汽车制动力
14		风荷载
15		流水压力
16		冰压力
17		温度(均匀温度和梯度温度)作用
18	偶然作用	支座摩阻力
19		地震作用
20		船舶或漂流物的撞击作用
21		汽车撞击作用

永久作用的标准值,对结构自重(包括结构附加重力),可按结构构件的设计尺寸与材料的重度计算确定。

可变作用的标准值应按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)有关规定采用。

可变作用频遇值为可变作用标准值乘以频遇值系数 Ψ_1 。可变作用准永久值为可变作用的标准值乘以准永久值系数 Ψ_2 。

偶然作用应根据调查、试验资料,结合工程经验确定其标准值。

(4)作用的设计值规定为作用的标准值乘以相应的作用分项系数。

(5)公路桥涵结构设计应考虑结构上可能同时出现的作用,按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行作用效应组合,取其最不利效应组合进行设计。

只有在结构上可能同时出现的作用,才进行其效应组合。当结构或结构构件需做不同受力方向的验算时,则应以不同方向的最不利作用效应进行组合。

当可变作用的出现对结构或结构构件产生有利影响时,该作用不应参与组合。实际不可能同时出现的作用或同时参与组合概率很小的作用,按表 1-2-2 的规定不考虑与其他作用效应的组合。

可变作用不同时组合表 表 1-2-2

作用 编 号	作 用 名 称	不与该作用同时参与组合的作用编号
13	汽车制动力	15,16,18
15	流水压力	13,16
16	冰压力	13,15
18	支座摩阻力	13

施工阶段作用效应的组合,应按计算需要及结构所处条件而定,结构上的施工人员和施工机具设备均应作为临时荷载加以考虑。组合式桥梁当把底梁作为施工支撑时,作用效应宜分两个阶段组合,底梁受荷为第一个阶段,组合梁受荷为第二个阶段。

多个偶然作用不同时参与组合。

(6)按持久状况承载能力极限状态设计时,公路桥涵结构的设计安全等级,应根据结构破坏可能产生后果的严重程度划分为三个设计等级,并不低于表 1-2-3 的规定。

公路桥涵结构的设计安全等级 表 1-2-3

设计安全等级	桥 涵 结 构	设计安全等级	桥 涵 结 构
一级	特大桥、重要大桥	三级	小桥、涵洞
二级	大桥、中桥、重要小桥		

注:本表冠以“重要”的大桥和小桥,是指高速公路和一级公路、国防公路及城市附近交通繁忙公路上的桥梁。

(7)公路桥涵结构按承载能力极限状态设计时,应采用以下两种作用效应组合:

①基本组合。永久作用的设计值效应与可变作用设计值效应相组合,其效应组合表达式为:

$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0 \left(\sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Qj} S_{Qjk} \right) \tag{1-2-1}$$

或
$$\gamma_0 S_{ud} = \gamma_0 \left(\sum_{i=1}^m S_{Gid} + S_{Q1d} + \psi_c \sum_{j=2}^n S_{Qjd} \right) \tag{1-2-2}$$

式中: S_{ud} ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应组合设计值;

γ_0 ——结构重要性系数,按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)规定的结构设计安全等级采用,对应于设计安全等级一级、二级和三级分别取 1.1、1.0 和 0.9;

γ_{Gi} ——第 i 个永久作用效应的分项系数,按表 1-2-4 采用;

S_{Gik} 、 S_{Gid} ——第 i 个永久作用效应的标准值和设计值;

γ_{Q1} ——汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)的分项系数,取 $\gamma_{Q1} = 1.4$;当某个可变作用在效应组合中的值超过汽车荷载效应时,则该作用取代汽车荷载,其分项系数应采用汽车荷载的分项系数;对专为承受某种作用而设置的结构或装置,设计时该作用的分项系数取与汽车荷载同值;计算人行道板和人行道栏杆的局部荷载,其分项系数也与汽车荷载取同值;

S_{Q1k} 、 S_{Q1d} ——汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)的标准值和设计值;

γ_{Qj} ——在作用效应组合中除汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)、风荷载外的其他第 j 个可变作用效应的分项系数,取 $\gamma_{Qj} = 1.4$;但风荷载的分项系数取 $\gamma_{Qj} = 1.1$;

S_{Qjk} 、 S_{Qjd} ——在作用效应组合中除汽车荷载效应(含汽车冲击力、离心力)外的其他第 j 个可变作用效应的标准值和设计值;

ψ_c ——除汽车作用效应(含汽车冲击力、离心力)外的其他可变作用效应的组合系数,当永久作用与汽车荷载和人群荷载(或其他一种可变作用)组合时,人群荷载(或其他一种可变作用)的组合系数取 $\psi_c=0.8$;当除汽车作用效应(含汽车冲击力、离心力)外尚有二种其他可变作用参与组合时,其组合系数取 $\psi_c=0.7$;尚有三种可变作用参与组合时,其组合系数取 $\psi_c=0.6$;尚有四种及多于四种的可变作用参与组合时,其组合系数取 $\psi_c=0.5$ 。

设计弯桥时,当离心力与制动力同时参与组合时,制动力标准值或设计值按 70%取用。

永久作用效应的分项系数 表 1-2-4

编号	作用类别	永久作用效应分项系数	
		对结构承载能力不利时	对结构承载能力有利时
1	混凝土和圬工结构重力(包括结构附加重力)	1.2	1.0
	钢结构重力(包括结构附加重力)	1.1 或 1.2	
2	预加力	1.2	1.0
3	土的重力	1.2	1.0
4	混凝土的收缩及徐变作用	1.0	1.0
5	土侧压力	1.4	1.0
6	水的浮力	1.0	1.0
7	基础变位作用	混凝土和圬工结构	0.5
		钢结构	1.0

②偶然组合。永久作用标准值效应与可变作用某种代表值效应、一种偶然作用标准值效应相组合。偶然作用的效应分项系数取 1.0;与偶然作用同时出现的可变作用,可根据观测资料和工程经验取用适当的代表值。地震作用标准值及其表达式按《公路桥梁抗震设计细则》(JTG B02-01—2008)规定采用。

(8)公路桥涵结构按正常使用极限状态设计时,应根据不同的设计要求,采用以下两种效应组合:

①作用短期效应组合。永久作用标准值效应与可变作用频遇值效应相组合,其效应组合表达式为:

$$S_{sd} = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \sum_{j=1}^n \psi_{1j} S_{Qjk}$$

(1-2-3)

式中: S_{sd} ——作用短期效应组合设计值;

ψ_{1j} ——第 j 个可变作用效应的频遇值系数,汽车荷载(不计冲击力) $\psi_1=0.7$,人群荷载 $\psi_1=1.0$,风荷载 $\psi_1=0.75$,温度梯度作用 $\psi_1=0.8$,其他作用 $\psi_1=1.0$;

$\psi_{1j} S_{Qjk}$ ——第 j 个可变作用效应的频遇值。

②作用长期效应组合。永久作用标准值效应与可变作用准永久值效应相组合,其效应组合表达式为:

$$S_{ld} = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Qjk} \tag{1-2-4}$$

式中： S_{ld} ——作用长期效应组合设计值；
 ψ_{2j} ——第 j 个可变作用效应的准永久值系数，汽车荷载（不计冲击力） $\psi_2=0.4$ ，人群荷载 $\psi_2=0.4$ ，风荷载 $\psi_2=0.75$ ，温度梯度作用 $\psi_2=0.8$ ，其他作用 $\psi_2=1.0$ ；
 $\psi_{2j} S_{Qjk}$ ——第 j 个可变作用效应的准永久值。

二、永久作用

(1)结构自重及桥面铺装、附属设备等附加重力均属结构重力。结构重力标准值可按表 1-2-5 所列常用材料的重度计算。

常用材料的重度		表 1-2-5	
材 料 种 类	重度(kN/m³)	材 料 种 类	重度(kN/m³)
钢、铸钢	78.5	浆砌片石	23.0
铸铁	72.5	干砌块石或片石	21.0
锌	70.5	沥青混凝土	23.0~24.0
铅	114.0	沥青碎石	22.0
黄铜	81.1	碎(砾)石	21.0
青铜	87.4	填土	17.0~18.0
钢筋混凝土或预应力混凝土	25.0~26.0	填石	19.0~20.0
混凝土或片石混凝土	24.0	石灰三合土、石灰土	17.5
浆砌块石或料石	24.0~25.0		

(2)土的重力及土侧压力计算见本手册第二章第三节。

(3)水的浮力可按下列规定采用：

基础底面位于透水性地基上的桥梁墩台，当验算稳定性时，应考虑设计水位的浮力；当验算地基应力时，可仅考虑低水位的浮力或不考虑水的浮力。

基础嵌入不透水性地基的桥梁墩台不考虑水的浮力。

作用在桩基承台底面的浮力，应考虑全部底面面积。对桩嵌入不透水地基并灌注混凝土封闭者，不应考虑桩的浮力，在计算承台底面浮力时应扣除桩的截面面积。

当不能确定地基是否透水时，应以透水或不透水两种情况与其他作用组合，取其最不利者。

三、可变作用

- 1. 汽车荷载
 - (1)公路桥涵设计时，汽车荷载分为公路—I级和公路—II级两个等级。
 - (2)汽车荷载由车道荷载和车辆荷载组成。车道荷载由均布荷载和集中荷载组成。桥梁结构的整体计算采用车道荷载；桥梁结构的局部加载、涵洞、桥台和挡土墙土压力等的计算采用车辆荷载。车辆荷载与车道荷载的作用不得叠加。