



桥涵施工与养护

主编◎王井春 陈学玲



西南交通大学出版社

桥涵施工与养护

主 编 王井春 陈学玲

副主编 张维丽 陈佰忠



微课



视频



在线题库



动画

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书为铁路、公路职业教育特色教材，可用于高职和中职层次的桥梁工程教学，也可供从事桥梁工程职工培训及相关技术人员参考。

本书共分为三大模块，包括 15 个项目、3 个附录。模块 1 桥涵构造包括 7 个项目，分别为桥涵概论、混凝土结构基本知识、混凝土梁桥跨结构构造与墩台类型、简支梁桥在曲线上的布置原则及桥面构造、其他类型桥梁、桥梁施工图的识读、地道桥及框构桥的顶进施工。模块 2 桥涵施工包括 6 个项目，分别为桥涵施工基本知识、桥梁基础施工、桥梁墩台施工、混凝土简支梁的施工、混凝土连续梁的施工、转体施工。模块 3 桥涵养护维修包括 2 个项目，分别为桥隧养护维修概述、桥涵养护维修方法。附录融入了中华桥梁传统文化及桥梁特点的介绍。全书在内容编排上注重理论知识向实践能力的转化，能更好地满足技术技能人才识图、施工及养护维修的需要，能为现场施工技术人员提供重要的技术支持。

图书在版编目（C I P）数据

桥涵施工与养护 / 王井春，陈学玲主编. —成都：
西南交通大学出版社，2021.8

ISBN 978-7-5643-8172-1

I. ①桥… II. ①王… ②陈… III. ①桥涵工程—工
程施工—高等职业教育—教材②桥涵工程—养护—高等职
业教育—教材 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2021）第 148072 号

Qiaohan Shigong yu Yanghu

桥涵施工与养护

主编 王井春 陈学玲

*

责任编辑 韩洪黎

封面设计 曹天擎

西南交通大学出版社出版发行

（成都市金牛区二环路北一段 111 号 邮政编码：610031 发行部电话：028-87600564）

<http://www.xnjdcbs.com>

成都蓉军广告印务有限责任公司 印刷

*

成品尺寸：185 mm × 260 mm 印张：24.75

字数：616 千字

2021 年 8 月第 1 版 2021 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-8172-1

定价：65.00 元

课件咨询电话：028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

前 言

进入 21 世纪，随着新材料、新技术、新工艺的不断涌现，桥梁建设步入了一个迅猛发展的阶段，桥涵构造也发生了很大的变化。根据多年的教学经验和现场施工维护技术人员对毕业生能力的反馈，学生在桥涵认知上能否形成立体直观的形象，势必对将来的施工和维修工作产生重要影响。

为深化职业教学改革，强化职业学生实践能力，重点培养学生的桥涵识图、认知能力，为今后从事施工养护工作奠定基础，特编写了本书。本教材从弱化理论、突出技能的角度出发，在编排上适应学生的特点和知识结构，理论知识浅显易懂，以必需、够用为度，突出教材的职业针对性；以现行行业标准为依据，注意纳入铁路桥梁建设的新技术、新工艺、新方法，体现教材的先进性；结合职业定位，重点讲述应知应会的基本知识和技能，充分展示教材以技能训练为主线、以能力培养为主导的职业教育特色。

为推动信息化条件下的职业教育教学模式改革，全书配备了立体化的教学资源。本书的项目小结多以微课形式呈现，同时书中以二维码的形式增加了形象立体的施工工艺动画，使教学更加直观生动。

本书由黑龙江交通职业技术学院王井春、陈学玲担任主编，张维丽、陈佰忠担任副主编。具体分工如下：黑龙江交通职业技术学院王井春（项目 1、项目 3、项目 5），陈学玲（项目 12、项目 14），张维丽（项目 7、项目 9 任务 9.1、项目 11），陈佰忠（项目 9 任务 9.2、9.3，项目 10，附录），夏辉（项目 2、项目 4），李玉玲（项目 8）；中国铁路济南局集团有限公司济南工务段范琳（项目 6），时硕（项目 15）；中铁二十三局集团第二工程有限公司高级工程师侯俊（项目 13）。

本书在编写过程中，得到了中铁二院北方公司高级工程师朱标、中交第二公路工程局有限公司铁路工程公司高级工程师王富强的大力支持，同仁们也提供了很多建设性意见和相关资料，在此一并表示感谢！

由于编者水平和掌握的资料有限，疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者
2020 年 9 月

目 录

模块 1 桥涵构造

项目 1 桥涵概论	3
任务 1.1 桥涵在交通工程中的地位和桥梁发展趋势	3
任务 1.2 桥涵的概念与要求	4
任务 1.3 桥梁的组成与分类	5
任务 1.4 涵洞的类型与组成	10
任务 1.5 桥涵的设计荷载	14
任务 1.6 桥梁的孔径与净空	16
任务 1.7 桥梁支座	20
任务 1.8 桥涵设计规范、标准设计图、施工图	25
项目 2 混凝土结构基本知识	27
任务 2.1 钢筋混凝土	27
任务 2.2 混凝土	28
任务 2.3 钢 筋	31
任务 2.4 钢筋与混凝土的共同作用	35
任务 2.5 混凝土结构耐久性的基本知识	37
任务 2.6 预应力混凝土结构的基本知识	42
任务 2.7 钢筋混凝土构件	48
项目 3 混凝土梁桥桥跨结构构造与墩台类型	54
任务 3.1 钢筋混凝土简支梁	54
任务 3.2 预应力混凝土简支梁	64
任务 3.3 预应力混凝土连续梁桥	68
任务 3.4 桥墩作用与类型	73
任务 3.5 桥台作用与类型	76
项目 4 简支梁桥在曲线上的布置原则及桥面构造	80
任务 4.1 铁路简支梁桥在曲线上的布置原则	80
任务 4.2 铁路桥面构造	83

任务 4.3	公路桥面构造	86
任务 4.4	桥梁附属设备	89
项目 5	其他类型桥梁	93
任务 5.1	拱桥	93
任务 5.2	悬索桥	101
任务 5.3	斜拉桥与刚架桥	104
项目 6	桥梁施工图的识读	111
任务 6.1	桥涵施工图的基本知识	111
任务 6.2	钢筋混凝土梁桥施工图识读	113
任务 6.3	圆端形桥墩构造与施工图识读	116
任务 6.4	T形桥台构造与施工图的识读	122
任务 6.5	T形截面预应力混凝土简支梁施工图的识读	126
任务 6.6	钻孔灌注桩施工图的识读	136
项目 7	地道桥及框构桥的顶进施工	142
任务 7.1	涵洞及框构桥的构造	142
任务 7.2	顶进前的准备工作	146
任务 7.3	顶进组织及工艺	155
任务 7.4	各种顶进方法	159

模块 2 桥涵施工

项目 8	桥涵施工基本知识	169
任务 8.1	桥梁施工方法的分类	169
任务 8.2	桥梁施工准备	174
任务 8.3	支架及模板工程	177
任务 8.4	高性能混凝土施工	186
任务 8.5	钢筋工程	199
任务 8.6	钢筋下料长度计算	202
项目 9	桥梁基础施工	209
任务 9.1	明挖基础施工	209
任务 9.2	钻（挖）孔灌注桩施工	218
任务 9.3	承台施工	228

项目 10 桥梁墩台施工	233
任务 10.1 混凝土墩台施工	233
任务 10.2 高桥墩施工	240
任务 10.3 桥面及附属工程	248
项目 11 混凝土简支梁的施工	256
任务 11.1 简支梁的制造	256
任务 11.2 预应力混凝土先张梁	260
任务 11.3 预应力混凝土后张梁	267
任务 11.4 梁的安装	278
项目 12 混凝土连续梁的施工	288
任务 12.1 有支架就地浇筑	288
任务 12.2 悬臂施工及顶推安装法	291
任务 12.3 悬臂浇筑施工	299
任务 12.4 逐孔施工法	313
项目 13 转体施工	321
任务 13.1 转体施工	321
模块 3 桥涵养护维修	
项目 14 桥隧养护维修概述	333
任务 14.1 桥隧建筑物养护维修的意义及任务	333
任务 14.2 铁路桥隧建筑物修理技术标准	336
项目 15 桥涵养护维修方法	350
任务 15.1 圯工梁拱及墩台的维护	350
任务 15.2 钢桥的维修	360
任务 15.3 桥梁支座保养及维修	370
附录 A 桥梁发展概况	375
附录 B 高速铁路桥梁	379
附录 C 框架式台座	387
参考文献	388

模块 1 桥涵构造

项目 1 桥涵概论

【项目描述】

桥梁与人类生活密切相关。没有桥梁，我们的生活将大受限制，更不会有今天四通八达的公路与铁路把世界如此紧密地联系在一起。本项目将从桥涵的概念与要求、组成与分类、设计荷载、孔径与净空、支座，以及设计规范、标准设计图和施工图等方面阐述桥涵的基本知识。

【项目目标】

- (1) 能绘制桥梁结构简图，并在图中标注桥梁系列术语；
- (2) 能按规范要求进行桥梁支座布置；
- (3) 能解读桥涵活载图示。

任务 1.1 桥涵在交通工程中的地位和桥梁发展趋势

一、桥涵在交通工程中的地位

建立四通八达的现代化交通网，大力发展交通运输事业，对于发展国民经济、加强全国各族人民的团结、促进文化交流和巩固国防等方面，都具有非常重要的作用。在公路、铁路以及水利建设中，为了跨越各种障碍（如江河、沟谷或其他线路等），必须修建各种类型的桥梁与涵洞，因此桥涵是交通工程中的重要组成部分，而且往往是保证全线早日通车的关键。它的工程量一般较大，需要较长的施工时间，大桥往往是交通工程的控制工程；它的建筑费用在整个交通工程费用中占有较大的比重，在建造中需要较多的建筑材料、劳动力和资金；它也是确保运输畅通的重要环节，一旦遭到破坏，修复较困难，在国防上有重要意义；同时它还与水陆交通、工农业生产、水利建设和人民生活等有密切关系。因此，对桥涵的设计和施工都必须予以足够的重视。

二、现代桥梁发展趋势

- (1) 大跨度桥梁向更长、更大、更柔的方向发展。
- (2) 具有高强度、高弹性模量、轻质的新材料得到广泛的开发和应用。
- (3) 大型深水基础工程得到广泛应用。
- (4) 在设计阶段采用计算机辅助手段进行有效的快速优化和仿真分析，运用智能化制造系统在工厂生产部件，利用 GPS 和遥控技术控制桥梁施工。

(5) 桥梁建成交付使用后, 将通过自动监测和管理系统保证桥梁的安全和正常运行, 一旦发生故障或损伤, 将自动报告损伤部位并提出养护对策。

(6) 更重视桥梁美学及环境保护。

桥梁是人类最杰出的建筑之一, 闻名遐迩的美国旧金山金门大桥, 澳大利亚悉尼港桥, 英国伦敦桥, 日本明石海峡大桥, 我国上海杨浦大桥、南京长江二桥、香港青马大桥, 这些著名大桥都是一件件宝贵的空间艺术品, 成为陆地、江河、海洋的景观以及城市标志性建筑。宏伟壮观的澳大利亚悉尼港桥与现代化别具一格的悉尼歌剧院融为一体, 成为今日悉尼的象征。因此, 21 世纪的桥梁结构必将更加重视建筑艺术造型, 重视桥梁美学和景观设计, 重视环境保护, 达到人文景观同环境景观的完美结合。

任务 1.2 桥涵的概念与要求

一、桥涵的基本概念

桥梁: 铁路(公路)跨越天然障碍物或人工设施的架空建筑物。

涵洞: 横穿铁路(公路)路基, 用以排洪、灌溉或作为通道的建筑物。

二、桥涵的一般要求

桥涵设计应符合安全可靠、先进成熟、经济适用、保护环境的要求。

为满足运输的需要, 保证车辆长期正常运行, 新建桥涵均应设计为永久性建筑。桥涵主体结构应按 100 年使用年限设计。

桥涵结构在制造、运输、安装和运营过程中, 应具有规定的强度、刚度、稳定性, 并应满足轨道平顺性、列车运行安全性和旅客乘坐舒适性的要求。

桥涵应满足运营、检查、维护和应急抢修要求, 并具有良好的耐久性。结构应简洁美观, 力求标准化, 便于制造和机械化施工。

结构设计应力求技术先进、经济合理, 在保证设计要求的前提下, 使桥涵的建筑费和运营费最低, 工期最短, 所用人力和材料最省, 养护简易。桥涵结构的建筑材料应根据制造水平和材料供应情况选用, 可采用混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土或钢材。

桥涵孔径必须保证设计频率洪水、流冰、流木、泥石流、漂流物等安全通过, 并应考虑壅水、冲刷对上下游的影响, 确保桥涵附近路堤的稳定, 便于养护和维修。

桥梁设计应结合环境, 考虑造型美观。

三、桥与涵的区别

涵洞与桥梁最基本的区别是: 涵洞一般置于路堤下部, 其结构轴线横穿路堤, 铁路涵洞顶至轨底的填方厚度不应小于 1.2 m, 因此在涵洞处路堤通常是连续的; 而桥梁则通常使路堤

断开，即路堤不连续。铁路涵洞的标准孔径最大为 6.0 m（公路为 5 m 以内），出入口通常设有端墙和翼墙。

任务 1.3 桥梁的组成与分类

一、桥梁的组成

桥梁主要由上部结构、下部结构和附属结构组成。

1. 上部结构

上部结构也称桥跨结构，即梁桥支座及以上或拱桥起拱线以上跨越桥孔的结构，包括承重结构（如梁、拱等）、桥面、支座等。桥跨结构主要承受车辆活载和车辆运行所产生的各种力以及风力等作用，并将这些荷载连同桥跨结构自重传到下部结构。

2. 下部结构

下部结构包括桥墩和桥台。将全部荷载传至地基的底部奠基部分，称为墩台的基础。桥墩即支承相邻桥跨结构，并将其荷载传给地基的建筑物；桥台即连接桥跨结构和路基的支挡建筑物，它支承桥跨结构，把上部结构传来的荷载连同它本身的重量和所受的外力传到地基。桥台又是桥梁与路堤衔接的结构物，其两侧有锥体护坡，用来保证桥台与路堤很好的衔接，并保证桥头路堤的稳定。

3. 附属结构

除上部结构和下部结构外，还有附属结构物，如防护设备及调节河流建筑物，在桥位的上下游还常设有导流堤、防洪堤、丁坝和护岸等导流结构物。这些结构物的作用是引导水流均匀而顺畅地通过桥孔、减轻桥下河床变形和保护附近河岸。

二、桥梁的分类

（一）按桥跨结构受力基本特征分类

1. 梁 桥

桥的上部结构由梁组成的称为梁桥（也称梁式桥）。

梁桥的承重结构是实腹梁或桁架梁，它的受力特征是在竖直荷载作用下支座只有竖向反力。承重结构是实腹梁时，梁只承受弯矩和剪力，不承受轴向力；桁架梁的杆件主要承受轴向力。

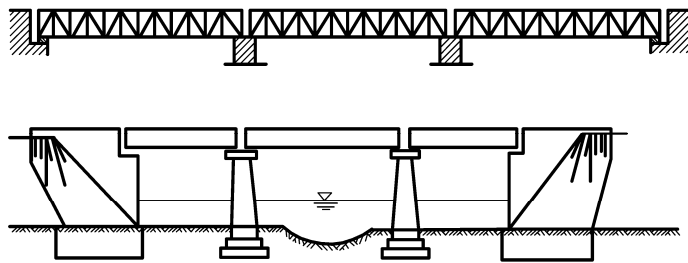
梁桥又分简支梁桥、连续梁桥和悬臂梁桥。

（1）简支梁桥：两端为铰支承的梁 [上部结构分跨简支于桥墩（台）上，该桥型梁端坐落在固定支座和活动支座上]；简支梁桥对外是静定结构，垂直荷载作用下最大弯矩在跨中，支座处为零，一般适用于中、小跨径；地基不均匀变形对梁内力无影响，若一跨破坏，对邻跨无影响，它可以预先分段制造，分跨架设。该类桥整体性较差，材料利用率不高，并有较

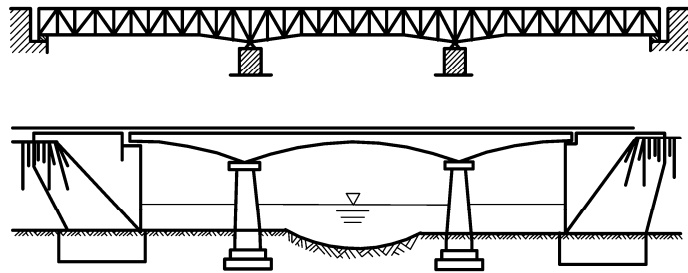
多伸缩缝，影响车辆运营平稳 [见图 1-3-1 (a)]。

(2) 连续梁桥：有三处及以上由支座支承的梁（即梁搁置在若干跨的桥墩支座上面连成一体，在中间支座上连续通过的桥梁）。在垂直荷载作用下，梁身在跨中承受正弯矩，在中间支座处承受负弯矩。当跨度较大、使用荷载也较大时，采用连续梁桥可比简支梁桥节省较多材料。连续梁桥整体性强，刚度也较大，当一跨受损坏时，邻跨可发挥作用，对修复加固有利。连续梁桥对外是超静定结构，对基础沉降要求严格，严重时可导致梁断裂，甚至破坏 [见图 1-3-1 (b)]。

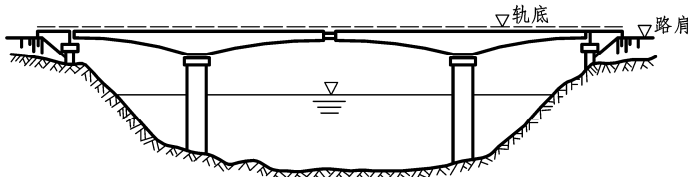
(3) 悬臂梁桥：带有悬臂部分的简支梁桥，其特点是悬臂部分受力时产生负弯矩，并可减少简支部分正弯矩。悬臂梁有简支单悬臂和简支双悬臂两种形式。悬臂梁对外是静定结构，跨越能力比简支梁大，对基础沉降适应性强 [见图 1-3-1 (c)]。



(a) 简支梁桥（桁架、实腹）



(b) 连续梁桥（桁架、实腹）



(c) 悬臂梁桥

图 1-3-1 梁 桥

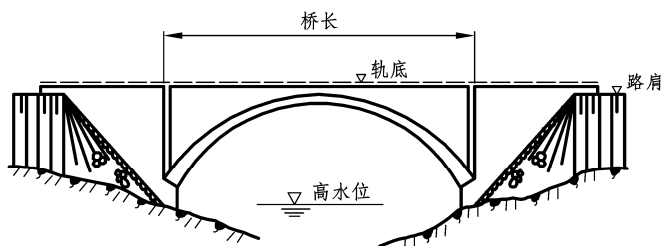
2. 拱 桥

拱桥是我国最常用的一种桥梁形式，拱桥的承重结构是拱（拱圈或拱肋），它的受力特征是在竖直荷载作用下支座有竖向反力和水平反力（拱脚推力）；铁路拱桥的承重结构通常为无铰拱，因此还有支承弯矩。拱桥的承重结构以受压为主，同时也受挠曲和剪力作用。图 1-3-2

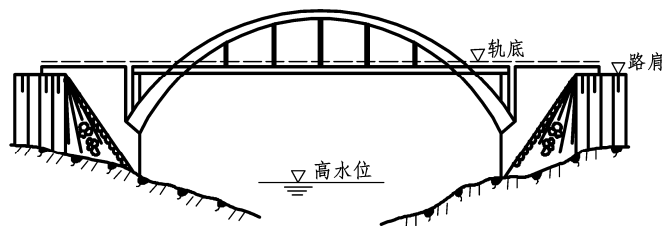
为拱桥图式，图（a）为上承实腹拱，图（b）为中承空腹拱。

3. 刚架桥

刚架桥的桥跨结构和墩台刚性连接成一整体，在竖直荷载作用下和拱一样有竖向反力和水平反力；无铰刚架还有支承弯矩。刚架以受挠曲为主，也有轴向力和剪力。图 1-3-3 为刚架桥图式，图（a）为门形刚架桥，图（b）为斜腿刚架桥。该类桥整体性好，具有较好的刚度和抗震性能。

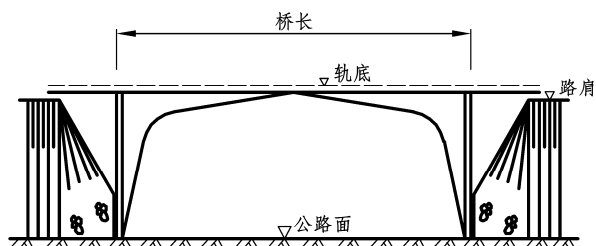


（a）上承实腹拱

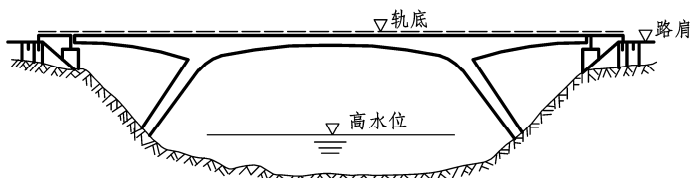


（b）中承空腹拱

图 1-3-2 拱 桥



（a）门形刚架桥



（b）斜腿刚架桥

图 1-3-3 刚架桥

4. 组合体系桥

组合体系桥是不同体系组合共同承载的桥。图 1-3-4 为组合体系桥图式，其中图（a）和图（b）为梁、拱组合体系；图（c）为斜拉桥，是梁、索组合体系。

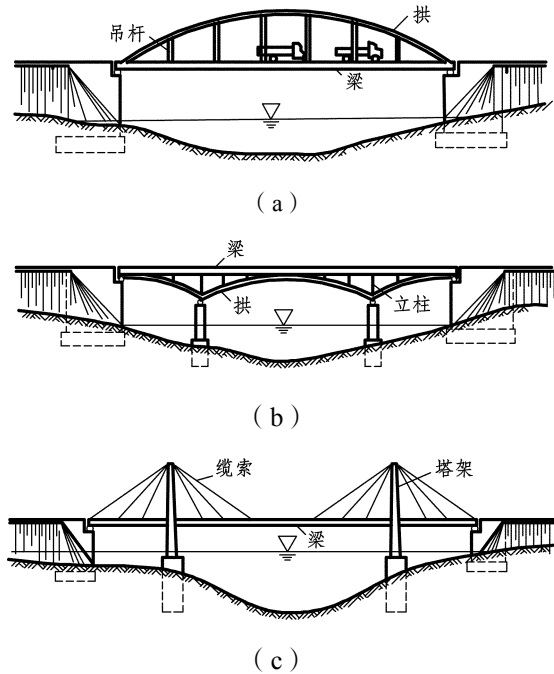


图 1-3-4 组合体系桥

5. 悬索桥

悬索桥又名吊桥，是大跨桥梁的主要形式之一，具有跨越能力大、受力合理等特点。悬索桥与其他桥型相比，其跨径越大，相对材料耗费越少，桥的造价相对也越低。

（二）按桥梁长度分类

1. 铁路桥梁按桥长分类

- （1）特大桥：桥长 500 m 以上。
- （2）大桥：桥长 100 m 以上至 500 m。
- （3）中桥：桥长 20 m 以上至 100 m。
- （4）小桥：桥长 20 m 及以下。

其中：桥梁长度，对于梁桥，是指两桥台挡砟前墙之间的长度；对于拱桥，是指拱上侧墙与桥台侧墙间两伸缩缝外端之间的长度；对于刚架桥，是指刚架顺跨度方向外侧之间的长度。

2. 公路桥梁按单孔跨径或多孔跨径总长分类

公路桥涵的分类如表 1-3-1 所示。其中，单孔跨径是指标准跨径；梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长，拱式桥为两岸桥台内起拱线间的距离，其他形式桥梁为桥

面系行车道长度。标准跨径为梁式桥、板式桥以两桥墩中线之间桥中心线长度或墩中心线与桥台台背缘线之间桥中心线长度；拱桥和涵洞以净跨径为准。

表 1-3-1 公路桥涵的分类

单位：m

桥涵分类	多孔跨径总长 L	单孔跨径 L_k
特大桥	$L > 1\,000$	$L_k > 150$
大桥	$100 \leq L \leq 1\,000$	$40 \leq L_k \leq 150$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_k < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_k < 20$
涵洞	—	$L_k < 5$

(三) 按桥跨结构所采用的主要建筑材料分类

1. 混凝土桥（见图 1-3-1 中的实腹梁桥）

混凝土桥分为普通钢筋混凝土桥和预应力混凝土桥两种。

2. 钢 桥（见图 1-3-1 中的桁架梁桥）

钢桥以钢材作为桥跨结构主要材料，其主要形式为板梁和桁梁两种。

3. 石 桥

铁路石桥均为石拱桥，有实腹式和空腹式两种，它仅在盛产石料的地区应用。

4. 结合梁桥

结合梁由钢筋混凝土道砟桥面板和钢梁两部分组成。两部分之间有连接物使其牢固结合，共同受力，故称“结合梁”。钢筋混凝土结合梁或型钢混凝土结构跨越能力强，施工方便，并且由于结构重量轻，有显著的抗震优势，因此适用于跨越繁忙道路或抗震要求较高的场合。

(四) 按桥面所在位置分类

1. 上承式桥 [见图 1-3-4 (b)]

桥面布置在承重结构之上者称上承式桥。

2. 下承式桥 [见图 1-3-4 (a)]

桥面布置在承重结构之下者称下承式桥。

3. 中承式桥 [见图 1-3-2 (b)]

桥面布置在承重结构中间者称中承式桥。

(五) 按桥跨结构的平面位置分类

1. 正交桥

桥跨结构轴线与它所跨越的河流流向交角为 90° （即斜交角为 0° ）。

2. 斜交桥

桥跨结构轴线与它所跨越的河流流向交角不为 90° (即斜交角不为 0°)。

通常将桥跨结构轴线的法线与河流流向相交的锐角称为斜交角。

3. 弯 桥

弯桥即曲线桥。曲线线路上的梁桥可以做成曲线梁,也可以使用多跨直梁按折线布置成曲线的形式。

(六) 按桥梁所跨越的障碍物的不同分类

1. 跨河桥

跨越河流的桥梁。

2. 立交桥

用以跨越道路或另一条铁路的桥梁。

3. 谷架桥

用以跨越山谷、洼地的桥梁。有些跨谷桥的高度和长度由地形和经济条件决定,建成的高而长的桥梁称为谷架桥(也称跨谷桥)。

4. 高架桥

用以穿越既有交通路网、人口稠密地区及地质不良地段,高架桥通常墩身不高,跨度较小,但桥梁很长,往往伸展达十余千米。

(七) 按桥梁用途分类

桥梁按其用途不同,可分为铁路桥、公路桥、公铁两用桥、人行桥、运水桥、农桥(机耕道桥)。

任务 1.4 涵洞的类型与组成

一、涵洞的类型

涵洞是一种横穿路堤的建筑物,有多种分类方式。

(一) 按用途分类

涵洞按其用途不同,可分为排洪涵洞、灌溉涵洞和交通涵洞。

(二) 按水力性质分类

(1) 无压涵洞 [见图 1-4-1 (a)]: 水体在其经过涵洞的全部流程上保持自由水面。

(2) 有压涵洞 [见图 1-4-1 (b)]: 涵洞入口处水位高于涵洞顶面,整个洞身为水流所充满。

(3) 半有压涵洞 [见图 1-4-1 (c)]: 涵洞入口被水淹没,但在入口下游的全部流程上水体仍具有自由表面。