

公路棚洞

结构形式及应用

刘洪洲 张志刚 著

STRUCTURE TYPES
AND APPLICATION OF
HIGHWAY SHED-TUNNEL



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

公路棚洞结构形式及应用

Structure Types and Application of Highway Shed-tunnel

刘洪洲 张志刚 著



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

内 容 提 要

本书详细地介绍了公路棚洞结构设置的必要性、国内外现状、结构形式、分类、适用性、计算方法及设计选型流程等。全书共分为 6 章,包括棚洞结构形式及分类、棚洞的荷载结构法计算、棚洞的地层结构法计算、棚洞结构的工程适用性、棚洞设计等。本书紧密结合工程实际,内容丰富、叙述翔实、图文并茂。

本书可供从事公路设计、施工及管理的工程技术人员使用,也可作为高等院校土木及交通土建工程等专业的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

公路棚洞结构形式及应用 / 刘洪洲, 张志刚著. —

北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015. 3

ISBN 978-7-114-12022-0

I. ①公… II. ①刘… ②张… III. ①棚洞(隧道)
—结构设计 IV. ①U453.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 018566 号

书 名: 公路棚洞结构形式及应用

著 作 者: 刘洪洲 张志刚

责任编辑: 曲 乐 周 宇

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.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969

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: 中国电影出版社印刷厂

开 本: 720 × 960 1/16

印 张: 8.25

字 数: 140 千

版 次: 2015 年 3 月 第 1 版

印 次: 2015 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12022-0

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

本人很高兴应邀为刘洪洲、张志刚两位高工所著的《公路棚洞结构形式及应用》一书写一点介绍。

公路棚洞作为近年来兴起的一种新型构造物,具有公路隧道、边坡支挡、避灾减灾、节能环保等多重功能。工程实践表明,这种结构在维护公路交通功能、保护生态环境及避灾减灾方面均能够发挥重要作用,并取得良好的经济效益和社会效益。

自20世纪60年代起,我国先后修建了成昆、贵昆、南昆、内昆等铁路,数以万计的筑路建设者克服了物资极度匮乏、条件异常艰苦的困难,成功设计和建造了白果一号、红沙坪、施家嘴二号、泗公坑等单(双)线铁路棚洞和喇叭溪等三线铁路棚洞,结构形式以刚架式、墙式、柱式、悬臂式为主。进入21世纪,为适应基础设施快速发展的需要,我国开始修建高速铁路棚洞,但是目前建成实例为数不多。

20世纪70年代起,我国在低等级公路改造和新建过程中为了适应工程环境需要而先后修建了各种不同结构形式的棚洞,其代表工程有:新疆北天山悬臂刚架式棚洞、四川理县大歧棚洞、吉林图们棚洞等等;进入21世纪后,又陆续修建了宁淮高速公路南京老山棚洞、G111北京安岭梁隧道棚洞、重庆渝湘高速公路老虎山隧道洞口棚洞、小贵村棚洞和沙帽坡棚洞、四川汶川—茂县G213公路吉鱼棚洞、将军岩棚洞、南新棚洞、渭门1号与2号棚洞、四川都汶高速公路草坡段棚洞、云南高黎贡山公路棚洞等,不一而足。

本书通过对国内外棚洞的许多实例进行调研、分析,将公路棚洞结构进行分类,划分为悬臂式、柱式、墙式、刚架式等几种结构形式,书中探讨了对柱式平顶曲拱棚洞、曲肋梁圆拱式棚洞、柱式平顶双跨曲拱式棚洞等进行科学分类的合理指标;提出了棚洞计算荷载类别和荷载组合,采用荷载结构法建立力学模型;进而分析研究了悬臂式、立柱式、斜柱式、墙式及立柱平顶内拱墙式、斜腿平顶内拱墙式、曲肋梁圆拱式、桩基础立柱平顶内拱墙式、桩基础斜柱平顶内拱墙式、斜外腿中立柱双跨平顶内拱墙式棚洞结构等,获得了不同结构形式的竖向和水平向位移以及内力分布特征,指出了配筋计算所用的关键断面位置。书中着重以立柱平顶内拱式棚洞为研究对象,采用地层结构法建立计算模型,对棚洞施工过程进行了动态模拟计算,当边坡应力释放率从0变化到50%时,对棚洞结构进行了敏感性分析,针对偏压斜柱式、偏压立柱式、直壁斜柱式、直壁立柱式棚洞等不同结构形式内力进

行了比较分析,得出了偏压斜柱式优于直壁斜柱式,更优于偏压立柱式和直壁立柱式的认识,以及在设计中应该加强立柱与顶板交界处和顶板与内曲墙相接处配筋的结论。本书还针对棚洞在公路工程的适用性进行探讨,研究了避灾适用性、地形地貌适用性和不同结构形式的适用性,提出了棚洞结构选型的一般流程。最后,结合工程案例分析,对棚洞结构设计及其规范化进行了初步探讨,给出了几种棚洞结构的设计案例,可供设计人员参考使用。

可以预期,随着我国国民经济快速稳定地增长和国家基础设施建设的持续推进,公路建设中的环境保护和防灾减灾任务必然将越来越艰巨,棚洞作为一种环保型结构也必将在公路交通建设中得到更加广泛的应用,为我国防灾、避灾、减灾、控灾事业贡献出更大力量。

是为序。



2014 年金秋佳日
于沪滨同济园

孙钧先生,同济大学岩土工程研究所资深荣誉一级教授、中国科学院(技术科学部)院士、中国岩石力学与工程学会名誉理事长。

前 言

21 世纪以来,随着国民经济的持续稳定发展,我国公路建设进入了快速发展的新阶段,公路建设面临着高等级公路增多、地形地质复杂、环境保护要求高等情况。在山区公路工程勘察设计中,当遇到高陡地形或需要重点保护的区域时,常以隧道形式穿越,以期最大限度减少对原有自然地貌及环境的破坏。为了在可用的路线走廊带、合理的平纵线形指标、适中的工程规模等之间取得平衡,在山区公路建设中会不可避免地出现路线傍山布设。在这种情况下,传统设计理念通常是采用放坡开挖的深路堑或者浅埋偏压的隧道,无论以上哪种选择,均会对周围的生态环境造成负面影响,有时甚至多次诱发崩塌、滑坡等地质灾害,损失难以估量。因此,在山区公路建设中,有必要寻求一种可持续的构造形式,能够适应地形地势,兼具有交通、环保与防灾的多重功能。

为了有效地解决上述问题,中交公路规划设计院有限公司组织有关专业技术人员开展了棚洞结构形式及其适应性的研究,此研究内容也是交通运输部 2007 年度西部交通科技项目《沿河傍山路段棚洞结构适应性及设计施工技术研究》(2007ZB01)的部分内容。前后研究历时 5 年,调研分析了大量国内外棚洞事例,开展了计算分析与现场测试,取得了丰硕的成果。为了进一步推广公路棚洞这种新颖的构造形式,并与公路行业的同仁交流经验,现结合工程实践应用,分工完成了本书写作。本书第 1、2、5 章由刘洪洲教授级高工负责编写,第 3、4、6 章由张志刚高工负责编写,全书由刘洪洲统稿。黄俊、胡金平、王勇、李翔、王鹏等同志参与了部分研究工作。

本书在编写过程中得到了交通运输部西部交通建设科技项目管理中心、中交公路规划设计院有限公司及招商局重庆交通科研设计院有限公司等有关领导和同事的大力支持和帮助;付梓之际,得到了人民交通出版社股份有限公司曲乐副主任的帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

限于编著者水平,书中错误或不足之处在所难免,恳请读者批评指正,以便进一步修正、补充或完善。

著者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 我国公路棚洞结构形式及其适用性研究	1
1.2 国外棚洞结构形式及其适应性研究	16
1.3 小结	20
参考文献	20
第 2 章 棚洞结构形式及分类	22
2.1 棚洞结构形式	22
2.2 棚洞的含义及分类指标	26
2.3 小结	31
参考文献	32
第 3 章 棚洞的荷载结构法计算	33
3.1 荷载分类及组合	33
3.2 结构荷载计算	35
3.3 棚洞结构的荷载结构模式	38
3.4 不同棚洞形式的对比分析	40
3.5 小结	75
参考文献	76
第 4 章 棚洞的地层结构法计算	77
4.1 地层结构计算方法	77
4.2 棚洞结构的地层结构模型	78
4.3 棚洞施工过程的数值仿真	78

4.4	应力释放率的敏感性分析	81
4.5	不同棚洞形式的对比	83
4.6	计算模型的建立	83
4.7	小结	86
	参考文献	87
第5章 棚洞结构的工程适应性		88
5.1	棚洞的适用条件及应用范围	88
5.2	棚洞工程地质调查及适应性	88
5.3	小结	105
	参考文献	105
第6章 棚洞设计		107
6.1	棚洞设计理念	107
6.2	棚洞设计要点	108
6.3	棚洞设计的标准化	121
6.4	小结	123
	参考文献	124

第 1 章 概 论

1.1 我国公路棚洞结构形式及其适用性研究

随着国民经济的持续稳定发展和社会进步,我国公路的国高网、省高骨架路网在向广袤的山区不断延伸的过程中,受到山区公路线形指标控制、特殊地形地貌和地质条件限制,在沿河傍山路段布设路线时,不可避免地遇到地形高差大、地质条件复杂的深切沟谷等情况,从而形成高边坡或出现浅埋、偏压的隧道(图 1-1)。由于公路傍山高边坡开挖,造成山体原有自然平衡受到破坏而失稳,表生植被破坏及水土流失而诱发滑坡、崩塌、落石及泥石流等不良地质灾害时有发生。一旦出现这种地质灾害,后果与损失将不可预见,治理难度相当大,不仅要花费巨额资金,而且也不易根治,存在着巨大的运营安全隐患。自然山体是经过漫长的地质演变而成,值得保护的不仅是地表自然生态,还有处于自然稳定状态的山体。从最近几十年的工程实践来看,公路边坡滑塌事故屡见不鲜,如 G318 西藏段 102 滑坡群路段 20 年来地质灾害从未中断,给通车行人带来很大安全隐患。另一方面,浅埋、偏压隧道的开挖,除导致结构偏载受力外,还会引起山体失稳,必须采用大量的辅助加固措施,才能保证山体及隧道主体结构稳定。



图 1-1 典型的沿河傍山公路

在山区公路规划和建设中,环境和生态保护日益受到重视,在减少深挖高填、注重公路景观和环境保护方面有了更高的要求。山区公路路线在沿河傍山段布设时,有时会遇到需要重点保护的原始森林、古遗址建筑区、河流、森林公园及自然保

护区等,路线不能以完全放坡开挖的形式通过,而采用隧道穿越这些需要重点保护的资源及景观时,不可避免地出现浅埋、偏压及浅地表沉陷等不良地质现象,工程建设对环境景观的破坏、污染较为严重。

在“以人为本,保护环境”设计理念的指导下,山区公路“大开挖、高切坡”的设计方式受到了公众越来越多的指责,甚至连偏压隧道洞口的一侧高切坡与大体积混凝土偏压挡墙也要求尽量避免。因此,为了尽可能减少山体开挖面积,有效地保护公路建设沿线的生态环境,在设计中要选用适当的结构形式,减少对自然山体的破坏。为了保证山区公路交通设施的运营安全以及保护“敏感”的生态环境,避免诱发地质灾害,寻求一种适合山区特定环境的公路支挡结构成为日益迫切的需求。在沿河傍山路段的设计中,传统方案是采用挡土墙、高边坡、偏压隧道等结构形式,但随着设计施工技术水平与环保意识的提高,针对傍山路段特殊的“V字形”“U字形”“半V字形”“半U字形”及“鸡爪形”等复杂的地形与地质条件,一种形式新颖的、适用于傍山路段的公路棚洞结构应运而生,其特点是可以最大限度地适应原始地形,减少运营期间地质灾害对公路的侵害,降低经济损失,从而较好地保护自然生态环境,并确保交通运输安全(图1-2)。以2008年5月12日我国四川发生的“汶川大地震”为例,地震后在通往震中或重灾山区的沿河傍山公路上根据地形与地质条件设置了数十处保通防灾棚洞,效果显著。抗震抢险救灾的实践充分说明了设置适宜的、满足抗震设防等级要求的棚洞结构可大大减少一些落石及小型塌



图1-2 大切坡山体格子梁支挡

方引起的地质灾害对公路的损坏,避免运营期反复清理路面塌体,保证救援通道的畅通无阻,从而确保能以较快速度输送救援物资,尽快恢复灾区正常的生产和生活秩序。

我国广大山区生态系统脆弱,地表植被稀疏,各种沟谷发育,且地表土及裸露岩体风化剥蚀严重。按照交通运输部公路环境保护设计要求,公路设计应遵循“保护优先、预防为主、防治结合、综合治理”的原则。从可持续发展的角度考虑,公路设计应在减小公路工程建设所带来的环境负面影响以及改善环境方面采取有效、可靠的措施。预防为主是设计阶段前瞻性的宗旨,因此在公路设计中应从环境保护出发,站在总体设

计的角度提出影响环境的所有因素,并事先采取必要的对策。为山区公路因地制宜地选择棚洞结构形式,做到工程构筑物与自然环境、地形的和谐统一,最大限度地保护生态环境,是公路环保型建设需重点考虑的问题。

原交通部交公路发〔2004〕第45号文《西部地区公路建设主要技术政策建议》指出:

(1) 公路建设中应考虑国土资源的综合利用,通过对设计与施工方案的比选,合理利用土地资源,促进公路建设的可持续发展。

(2) 应合理控制边坡高度,边坡防护形式应与水土保持、生态保护相结合,尽可能与自然环境相协调。

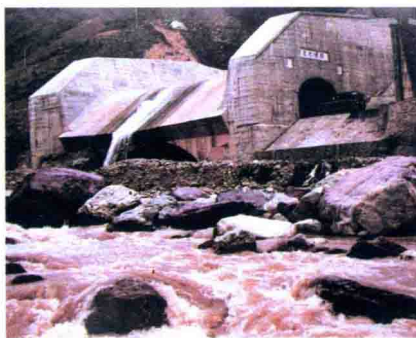
(3) 山区公路应重视隧道方案的选用,隧道洞口设计应以保证行车安全为重点。

在傍山公路建设方案比选与设计,棚洞方案具有很强的优势和工程实践基础,其形式多样、功能多种,可以有效降低棚址处边坡开挖高度,避免长大隧道或隧道群方案中巨额的运营费用,保障公路的运营安全,同时使公路建设与环境保护相结合,构造物与自然环境相协调。

我国的棚洞应用始于新中国成立后铁路工程的建设,如20世纪70年代开始修建的成昆、内昆、南昆等沿河傍山线路,根据具体地形、地势设置了许多不同形式的棚洞结构,有效防止了崩塌、滑坡及泥石流等地质灾害对铁路的侵袭,起到了“棚护+隧道”的预期作用。其中,成昆铁路地形极为复杂,谷深坡陡,线路部分路段沿河傍山布设,沿线经过牛日河、安宁河、雅砻江、金沙江与龙川江,图1-3、图1-4为成昆线上建造的棚洞工程。



a)



b)

图1-3 用作导流槽的棚洞

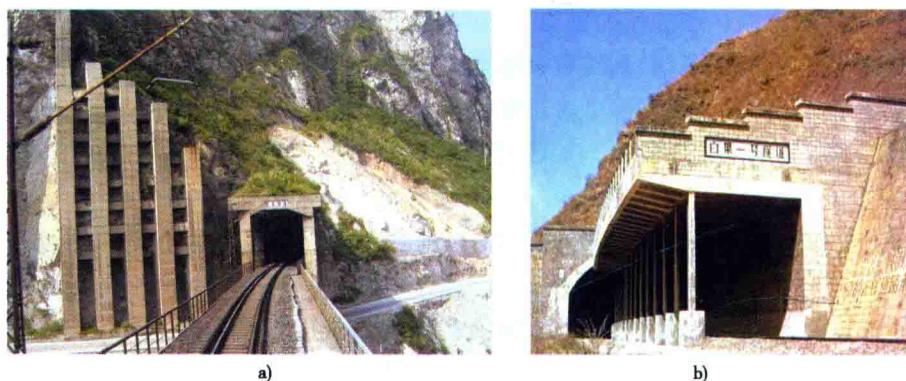


图 1-4 隧道洞口段的防崩塌、落石棚洞

内昆铁路是沿横江两岸布线,地形陡峻,属低山中峡谷地貌,受节理裂隙切割及卸荷裂隙的影响,危岩落石的出露形式较多,而且部分地段的地震烈度高,动峰值加速度达 $0.2g$ 。如红沙坪隧道出口与跨横江某大桥相连,原设计为贴壁进洞,为保证隧道出口安全,防止危岩落石,保证河道顺畅,选用了框架棚洞的结构形式,如图 1-5 所示。棚洞全长 20m,其中外端 6m 为斜撑框架,附属工程有边坡锚喷混凝土加固、挡墙与棚洞基础加固。图 1-6 为内昆线上一座傍山柱式棚洞,棚洞傍山临河而建,与周围自然环境融为一体。



图 1-5 红沙坪隧道出口棚洞

危岩落石是威胁铁路运输安全的一大“顽症”,以南昆线最为突出。据不完全统计,从 1998

年 4 月~2005 年 4 月,仅在南昆线 $K506+600 \sim K511+700$ 等 7 个区段的线路内,就曾有 202 块落石侵线上道,影响交通,为此新建了明洞、棚洞 36 处,构筑了长 3 473m 的防危岩落石“长城”,经受住了风雨等的考验。

相比于铁路建设而言,我国大规模山区公路及高等级公路的建设起步较晚。傍山公路传统的放坡开挖建设方式存在开挖与防护工程量大、对自然生态植被破坏短期难以恢复、人为痕迹明显、景观效果差、运营期维护成本高等不足。经过多年的发展,在山区公路设计、施工和运营中也开始提倡“绿色环保型建设”理念,并取得了初步的成果。如在公路隧道与山体小角度相交形成的偏压洞口设计中开始摒弃在洞口部位采取路堑偏压型、半路堑偏压型和半路堑单压型明洞等抗偏压结



图 1-6 川黔铁路傍山柱式棚洞

构形式,而采用环保型、顺应地势、地形的半路堑单压型棚洞结构。大开挖修建偏压挡墙的隧道洞口与棚洞洞口的对比见图 1-7。表 1-1 列出了我国近年来建成的部分公路棚洞实例。



a)



b)

图 1-7 公路隧道洞口挡墙与棚洞对比

我国近年来建成的部分公路棚洞实例

表 1-1

序号	名称	所在公路	长度 (m)	结构类型	建成年代 (年)	数量	功能
1	(不详)	新疆北天山公路	约百多	悬臂刚架式	1983 2012	2	防泥石流 和雪
2	大岐	四川理县大岐公路	数十	立柱平顶钢筋 混凝土结构	20 世纪 80 年代	1	防滚石 和滑塌
3	图们	吉林图们—珲春公路	数十	立柱平顶折板式 钢筋混凝土框架	20 世纪 90 年代	2	防落石

续上表

序号	名称	所在公路	长度 (m)	结构类型	建成年代 (年)	数量	功能
4	灵山路	安徽绩溪公路	数十	钢筋混凝土框架	2008	1	保护山体环境, 保证行洪
5	(不详)	甘肃 G310(牛北公路)	约百多	排架简支结构	2006	9	防滚石和滑塌
6	老山	南京宁淮高速公路	376	单幅,平顶斜柱	2005	1	保护生态 环境与景观
7	老虎山	重庆渝湘高速公路	41.7	单幅,圆弧形 斜柱曲墙平顶	2010	1	保护生态 环境与景观
8	小贵村	重庆渝湘高速公路	169.2	单幅,直柱曲墙平顶	2010	1	保护生态 环境与景观
9	沙帽坡	重庆渝湘高速公路	181.7	双幅框架斜柱 - 中立柱 - 曲墙平顶	2010	1	保护生态 环境与景观
10	山王庙	重庆石忠高速公路	136.78	双幅框架 - 直墙平顶	2009	1	保护生态 环境与景观
11	安岭梁	北京 G111	49	斜柱平顶曲墙	2008	2	保护生态 环境与景观
12	高黎贡山 防雪棚洞	云南怒江贡山 县高黎贡山公路	约 100	单幅,直柱平顶	2014	5	防雪和结冰
13	滨江路广 州援建	四川汶川县威州滨江路	212	立柱曲墙	2010	1	防滚石和滑塌
14	(不详)	四川汶川 Y018 公路	200	平顶斜腿立柱轻型结构	2011	1	防滚石和滑塌
15	草坡段	四川都汶公路	250	组合式钢架	2012	1	防滚石和滑塌
16	福堂隧 道洞口	四川映汶高速公路	300	柔性防护钢架网格结构	2012	2	防滚石和滑塌
17	吉鱼	四川 G213	66	直腿平顶框架	2011	1	防滚石和滑塌
18	将军岩	四川 G213	210	直腿平顶框架	2011	1	防滚石和滑塌
19	南新	四川 G213	156	直腿平顶框架	2011	1	防滚石和滑塌
20	国际饭店	四川 G213	约 240	直腿平顶框架	2011	1	防滚石和滑塌
21	十里沟	四川 G213	约 150	直腿平顶框架	2011	1	防滚石和滑塌
22	渭门二号	四川 G213	约 120	直腿平顶框架	2011	1	防滚石和滑塌
23	渭门一号	四川 G213	约 170	直腿平顶框架	2011	1	防滚石和滑塌
24	风动岩	四川青川 S105	82	门型框架结构	2013	1	防滚石和滑塌

续上表

序号	名称	所在公路	长度 (m)	结构类型	建成年代 (年)	数量	功能
25	未命名	四川 G317	2 854	框架结构	2011	10	防滚石和滑塌
26	未命名	云南 G214(德钦— 香格里拉二级公路)	2 726	封闭式框架结构	2013	3	防雪棚
				直墙顶部格栅式结构	2013	1	防滚石
27	石就	云南隔河界— 德钦公路	60	斜腿直墙式结构	2013	1	防滚石和滑塌
28	黑沟隧 道出口	陕西十天高速公路	45	直墙拱形	2011	1	保护环境, 防滚石

公路棚洞在近年来才陆续获得推广应用。棚洞作为一种新型工程结构,体现了“安全实用、造型新颖、环保节能”的特点,是山区公路环保型建设的一种新技术、新手段。傍山地段棚洞结构充分体现了“设计、施工、运营一体化,集安全通行、避灾减灾、生态节能于一身”的新型理念,在设计阶段应充分考虑避免过大施工扰动和运营期地质灾害的侵袭。

棚洞结构在对既有山区公路改造中经常被采用,在既有沿河傍山公路沉陷、滑坡、落石及垮塌等病害的治理中,使用棚洞结构可有效处置上下边坡的病害及完善防排水系统。甘肃天水牛北公路自建成运营以来,由于受地形条件限制,加之原设计标准低、防护排水设施不完善、公路抗灾能力弱,加之近几年车流量剧增、车辆超载等原因,导致沉陷、滑坡、翻浆等公路病害现象极为严重。尤其是2003年以来,随着降雨量增大,沿线水毁频繁,路基路面损害更为严重,沿线多次出现交通中断,严重影响道路畅通和安全。因此,在牛北公路改造过程中,设计者及施工单位以处置上下二元边坡病害,完善防、排水及安全设施为重点,在公路沿线9处易发生滑坡和泥石流的地方,设计了9处防灾棚洞,效果显著。

在吉林图们江边的图们至珥春公路上,为防止高陡边坡的落石影响交通、威胁车辆及行人的安全,在无法采取既有安全措施稳定山体岩石的前提下,设计者设计了吉林省内首座公路棚洞结构(图1-8)。棚洞按5段设置,其间设断缝,主要结构由框架组成。洞内净宽8.5m,行车道路面由半幅钢筋混凝土底板和半幅混凝土路面组成。棚洞顶上填1.0m厚炉渣和0.5m厚黏土,将结构简化为顶板、内墙、底板和框架4部分。



图 1-8 吉林图们—琿春公路棚洞

安徽绩溪县灵山公路设计为三级公路,设计车速为 30km/h ,全长约 700m ,道路设计线形中有一段 $R=600\text{m}$ 的圆曲线与一段 $R=506\text{m}$ 圆曲线相连。为确保内侧灵山山体不受大的破坏,同时为保证外侧扬之河的行洪断面,在灵山突出山脚处设计一处棚洞,棚洞沿扬之河东岸穿越灵山脚底。棚洞长约 100m ,宽度为 $14.75 \sim 14.95\text{m}$,高度为 $5.5 \sim 6.6\text{m}$ 。棚洞顶部回填岩土恢复生态原状。

在新疆北天山公路 K617 线公路落石、岩崩及滑坡等重力地质灾害的治理中,易朋莹、陈洪凯(2003 年)通过分析公路边坡岩层地质特征,提出了三线刚架棚洞、悬臂式刚架棚洞与重力式挡土墙三种支挡方案,并根据当地特殊的地形、地质条件进行了方案优化,最终选择了悬臂式刚架棚洞的设计方案,如图 1-9 所示。大岐滑坡位于四川理县境内国道 317 线 K183 左侧,为一处分布于公路内边坡之上的高势能滑坡,滑体体积约 200万 m^3 。虽历经整治,大岐棚洞出口理县端的滑坡前缘仍有局部垮塌、严重飞石,对过往车辆和行人构成严重威胁,为此新增棚洞 48.83m 后,避灾效果显著,如图 1-10 所示。

图 1-10 为福建某高速公路隧道洞口在建的棚洞结构。该结构的使用主要是由于隧道洞口偏压比较严重,采用放坡开挖会严重破坏洞口自然景观,洞口植被难以恢复。采用棚洞结构后,一方面可以减少洞口开挖工程量,另一方面可以防止洞口边坡岩体垮塌掉块,且棚洞作为洞口景观的一部分,一定程度上可以改善洞口自然景观,但由于该棚洞结构设计斜柱间距密、斜柱高度小、棚洞结构短,会产生较压抑的感觉。

我国西南山区地处青藏高原东南缘与四川盆地交界的山地峡谷连接地带,地势高耸,地形复杂,地貌包括丘状高原和高原峡谷,坡度较陡。为防止边坡落石、塌方的出现,以及避免雨雪灾害导致道路中断,保障车辆的行驶安全,公路沿线会因地制宜地设置一些棚洞,棚洞通常采用较为简单的矩形结构,图 1-11 为四川甘孜

及阿坝地区的典型公路棚洞,图 1-12 为云南省的 3 处公路防雪棚洞实例。



图 1-9 新疆北天山公路防雪棚洞



图 1-10 洞口设置抗偏压棚洞



图 1-11 我国西南地区典型公路棚洞示例

为减少山区高速公路修建中大挖、大刷等对自然山体造成的破坏,在公路布线与山体斜交的情况下,有些学者也提倡在傍山洞口选择更加美观的拱式棚洞结构。由于其采光条件相对偏压明洞好,对改善隧道洞口行车条件、减小事故发生率具有重要作用,值得深入分析后应用。

尽管经过近年来的公路棚洞工程实践,人们已普遍认识到采用棚洞结构可以有效防止落石与坍塌,并能够提供一定的边坡支挡抗力,对抵御地质灾害有显著的作用,但是囿于既有经验和自然灾害的不可预知性,仍会发生棚洞横梁与柱墩因巨石滚落而断裂的情况(图 1-13),因此不断吸取众多工程经验教训,加强现场调查和设计的针对性非常重要并且势在必行。目前在规划和设计中仍有许多内容停留在棚洞研究的初级阶段,多引用类似实例进行设计,尚需要深入研究、灵活应用。

近年来,随着公路工程建设中环境保护意识的提高以及高速公路的大规模修建,环保型棚洞结构逐渐被推广应用。从已建成或在建的傍山路段的棚洞工程调研来看,棚洞除具有维持交通主功能之外,还具有防灾与环保的功能,也有作为公路隧道洞口景观来设计的情形,棚洞建成后能与周边作为背景的山体和地形很好地融合,使洞口景观的层次感十分明显。