

蒋树屏 著

山区公路大跨异型棚洞结构

 科学出版社
www.sciencep.com

山区公路大跨异型棚洞结构

蒋树屏 著

科学出版社

北 京

U418.3
J584

序

随着我国国民经济的蓬勃发展和社会生活的长足进步，在广大山区公路规划和建设中的环境保护问题已日益受到人们关注，在减少深挖高填、注重公路景观和生态维护等方面提出了更严、更高的要求。

棚洞工程在山区公路环境保护与防灾减灾方面具有重要的作用，引起了业界的广泛关注，并已取得了很好的实践成果，其中，蒋树屏研究员就是在这方面工作上具有代表性的一位。他长期从事公路隧道的设计、科学研究和工程咨询工作，积累了丰富的经验。经过多年来的探索与实践，在山区公路路线走廊困难地段、沿河岸沟谷地段、路线傍山布置地段，以及隧道洞口外单侧高大边坡地段等许多场合，他提倡洞口外的路堑构造物应该顺应地形，尽可能地设置棚洞和半隧道，达到保护边坡与自然环境的目的，即傍山穿行，顺其自然，保护边坡。现在他将自己关于棚洞建设方面的技术成果和工程经验系统地整理成书，是一件很有意义的工作，弥足珍贵。

该书深入详细地阐介了山区公路棚洞的结构形式、可行性、适用性和经济性。对山区公路棚洞的总体设计原则、勘察要点、结构与防排水设计以及棚洞回填及绿化等工程上的主要方面，均有论述。在棚洞荷载确定的基础上，进行了棚洞结构的内力计算以及棚洞与山体的耦合相互作用计算。书中还研究了棚洞工程的地震稳定性、棚洞抗落石冲击和洞侧立柱抗汽车冲击的动力性能；介绍了棚洞边坡开挖及防护，基础、结构、防排水施工以及棚洞顶部回填工艺；提出了棚洞监控量测的目的、要求与方法，以及监测数据处理与反馈技术。书中进一步综合介绍了棚洞工程施工质量评定准则、基础与边坡工程质量评定标准、棚洞-混凝土结构评定标准以及棚洞防水工程评定标准等，这些也都有独到见解。结合多处棚洞的工程实践，书中详细论述了斜柱曲墙-两车道、斜柱曲墙平顶-三车道、直柱曲墙平顶-两车道、曲墙平顶-两车道双幅、直墙平顶框架-两车道、双幅与连拱-两车道等六种棚洞工程实例的工程背景、设计与施工情况。书中的其他一些内容，如棚洞动力分析等是第一次提出和研究的宝贵心得。我深信，该书对今后我国山区公路建设及其他相近各项岩土工程、隧道工程的科技进步均会有所助益，各方面的重要借鉴价值也是可以预期的。

这里，我还想写一点在多年交往中对作者的一点印象。

蒋树屏研究员长期担任重庆交通科研设计院总工程师，现在是该院院长、国家山区公路工程技术研究中心主任，同时担任交通部专家委员会委员、中国公路学会隧道工程分会理事长、中国土木工程学会隧道与地下工程分会副理事长、中国岩石力学与工程学会常务理事等许多处学术技术职务。他曾留学日本，20 世纪 80 年代末应召回国后，面对当时国内公路隧道技术落后的局面，他从几件实事抓起：一是组建公路隧道专业科研与设计队伍，并筹建了国内第一所公路隧道与岩土实验室；二是发起成立中国公路学会公路隧道分会；三是主持编写一系列的公路隧道设计-施工-养护技术规范。这些都为后来开展公路隧道科学实验、凝聚人才、规范设计施工行为和提高工程质量打下了坚实基础。他长期坚持公路隧道的科研、勘测设计和技术开发，默默奉献、锲而不舍，具有强烈的事业心和责任心。他淡泊名利，善于理论联系实际，为提高我国公路隧道科技水平作了大量开拓性工作，并取得了许多丰硕研究与技术成果。

该书在新型棚洞结构的受力分析和设计与施工等方面都有所创新，这是十分难能可贵的。然而，我国山区公路环境保护与防灾减灾的建设和深化研究任重道远。在此预祝奋斗在第一线的建设者们，百尺竿头、更进一步，在今后的的工作中取得更大的成就。

孙 钧

2009 年仲夏日于同济园

孙钧先生系中国科学院院士，同济大学资深荣誉教授（终身、一级）。历任国际岩石力学学会副主席暨中国国家小组主席，中国岩石力学与工程学会理事长，中国土木工程学会副理事长。国内外知名岩土力学与隧道及地下工程专家。

前 言

在建设高速公路时，常常碰到地形高差大、地质复杂和需要重点保护建筑、森林、河流、水库等情况。路线以隧道穿越这些需要重点保护的资源及景观时，不可避免地出现了浅埋、偏压等不良地质现象，工程建设对环境景观的破坏较为严重。自然山体经过漫长的地质年代，值得珍惜的不只是地表的植被等自然生态，还有自然稳定的地质体。对自然状态的干扰不仅破坏了生态环境，也导致了地质灾害。因此山区公路建设的同时应更加重视环境保护与山体稳定。这是公路建设者的责任和义务。随着国民经济的发展和社会的进步，在山区的公路规划和建设中，环境保护日益受到重视，在减少深挖高填、注重公路景观和环境保护方面提出了更高的要求。

经过多年的实践与探索，我们认为，在山区公路路线走廊困难地段、沿河岸沟谷地段、路线傍山布置地段、隧道洞口外单侧高大边坡地段，其路堑构造物应顺应地形，提倡设置棚洞、半隧道，以达到保护边坡和自然环境的目的，即傍山穿行，顺其自然，保护边坡。

本书是国内第一本关于公路棚洞方面的专著，是我们隧道工程研究团队长期从事公路棚洞的设计、科学研究和工程咨询工作的总结。

本书阐述了我国山区公路建设与维护的特点，归纳了山区公路棚洞的特点，对棚洞的主要结构型式（半拱斜柱式、半拱直柱式、门式直柱式、门式斜柱式、全拱式）进行了计算分析对比。本书认为选择棚洞形式时，既要考虑结构受力条件，还应考虑山体条件、周边环境、交通运营、经济合理等多方面因素，进行综合分析后确定。书中还综述了棚洞的应用现状，展望了棚洞的发展趋势，认为随着国民经济的发展和环保意识的增强，棚洞结构在我国山区公路建设中将越来越有价值和发展空间。

书中给出了棚洞设置的原则；详细讨论了拱形棚洞、半拱形棚洞和框架形棚洞的组成与适用条件；通过路堑与棚洞方案的技术可行性、安全可靠性及社会经济环境效益对比，揭示了棚洞形式的优越性；基于“安全适用、技术先进、经济合理、造型新颖、节省能源、生态环保”的理念，提出了山区公路棚洞结构的总体设计原则；给出了山区公路棚洞结构设计阶段的工作重点、勘察要点、结构与防排水、棚洞回填及绿化的设计要点与简图；给出了棚洞荷载的计算方法；进行了棚洞结构内力的理论计算；通过棚洞与山体耦合有限元分析，揭示了棚洞施作时机、回填材料刚度对棚洞及边坡的影响。

书中通过棚洞工程大量工况的动力有限元分析,对棚洞结构的抗震、滚石和汽车撞击进行了较系统深入的研究。计算表明:棚洞结构具有良好的抗震性能;棚洞上方填土吸收了大量的滚石碰撞能量,充分发挥了缓冲作用,使棚洞结构具有很强的抗滚石冲击的能力;棚洞结构也具有优越的抗汽车撞击能力。

棚洞建设的成败除了取决于结构设计的可靠性外,施工过程也是成功的关键。棚洞结构的施工工序比较多,涉及的专业也很广。根据棚洞边坡的施工特点,书中确定了棚洞边坡开挖步骤与要点,明确了棚洞边坡防护、基础、结构、防排水施工以及棚洞顶部回填的材料、施工机具、作业条件、操作工艺和施工注意事项。

棚洞监控量测是判断临时边坡和棚洞结构是否安全的重要措施,也是保证施工安全、确保工程质量、指导施工、进行施工管理、提供设计反馈信息的主要手段。书中提出了棚洞工程监控量测目的和要求,给出了监测方案的编制方法、组织实施措施、监测仪器的选用标准、监测警戒值的确定原则及棚洞监测的主要内容。通过监控量测数据分析与反馈,以修正设计参数和指导施工。

书中给出了棚洞工程质量验收的一般原则、验收程序和组织、基础与边坡工程质量评定标准,棚洞-混凝土结构评定标准以及棚洞防水工程评定标准。

结合多年的工程实践,详细描述了重庆渝湘高速公路老虎山棚洞工程(两车道宽斜柱曲墙结构)、江苏宁淮高速公路老山棚洞工程(三车道宽斜柱曲墙平顶结构)、重庆渝湘高速公路小贵村棚洞工程(两车道宽直柱曲墙平顶结构)、重庆渝湘高速公路沙帽坡棚洞工程(两车道双幅宽曲墙平顶结构)、重庆石忠路山王庙棚洞工程(两车道双幅直墙平顶框架结构)、重庆石忠高速公路磨刀溪棚洞工程(两车道宽连拱结构)的工程背景、设计与施工情况。这些工程项目的成功实施,是本团队关于山区公路棚洞结构研究成果科学性、合理性和实用性的最好证明。

本书力求反映我国山区公路棚洞建设水平,并建立较为完善的理论与工程应用体系。希望本书能对我国山区公路棚洞的勘察、设计、施工、检测、监理、研究与教学有所帮助。鉴于著者水平和经验的局限性,书中难免有不当之处,恳请专家和读者批评指正。

参与本书内容研究、设计、监测的主要人员还有黄伦海研究员、胡学兵高工、刘元雪教授、郭云普高工、胡居义副研究员、孙建国副研究员等,对他们的辛勤劳动,著者表示深切感谢!

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
1.1 我国山区公路建设技术的特点	1
1.2 棚洞的特点与型式	9
1.3 棚洞的应用现状与发展趋势	14
第二章 棚洞在山区公路中的应用	20
2.1 棚洞设置的原则	20
2.2 拱形棚洞	22
2.3 半拱形棚洞	25
2.4 框架形棚洞	29
2.5 棚洞的经济分析	33
第三章 棚洞设计方法	39
3.1 公路棚洞总体设计原则	39
3.2 公路棚洞勘察要点	40
3.3 棚洞结构设计	41
3.4 棚洞防排水设计	52
3.5 棚洞回填及绿化	56
第四章 棚洞静力分析	59
4.1 棚洞荷载	59
4.2 棚洞结构内力计算	70
4.3 棚洞与山体耦合计算	89
第五章 棚洞动力分析	98
5.1 棚洞地震稳定性分析	98
5.2 棚洞抗冲击计算	112
5.3 棚洞立柱抗汽车冲击计算	134
5.4 棚洞动力计算结果总结	148
第六章 棚洞施工技术	149
6.1 棚洞施工基本步序	149
6.2 棚洞边坡开挖及防护	154

6.3	棚洞基础施工	167
6.4	棚洞结构施工	176
6.5	棚洞防排水施工	188
6.6	棚洞侧及顶部回填	202
第七章	棚洞监控量测	205
7.1	棚洞监控量测的目的与要求	205
7.2	棚洞监控量测的方法	206
7.3	监测数据处理与反馈技术	231
第八章	棚洞质量评定	237
8.1	棚洞工程施工质量评定准则	237
8.2	棚洞工程基础与边坡工程质量评定标准	242
8.3	棚洞-混凝土结构评定标准	253
8.4	棚洞防水工程评定标准	284
第九章	棚洞工程实例	299
9.1	重庆渝湘高速公路老虎山棚洞工程(斜柱曲墙-两车道)	299
9.2	江苏宁淮高速公路老山棚洞工程(斜柱曲墙平顶-三车道)	307
9.3	重庆渝湘高速公路小贵村棚洞工程(直柱曲墙平顶-两车道)	327
9.4	重庆渝湘高速公路沙帽坡棚洞工程(曲墙平顶-两车道双幅)	336
9.5	重庆石忠路山王庙棚洞工程(直墙平顶框架-两车道双幅)	345
9.6	重庆石忠路磨刀溪棚洞工程(连拱-两车道)	352
参考文献		359

第一章 绪 论

1.1 我国山区公路建设技术的特点

1.1.1 我国大陆山区地形概况

通常把山地、丘陵和比较崎岖的高原统称为山区，在山区修建的公路称为山区公路。在《公路工程名词术语标准》中，把公路所处地区划分为“平原地区”、“微丘地区”、“重丘地区”和“山岭地区”，其中，在“重丘地区”和“山岭地区”修建的公路即为“山区公路”，它包括在山区地区修建的国道、省道和高速公路、一级公路等各级公路。

中国山区面积占全国总面积的 69.24%（如表 1.1 和表 1.2 所示），这是中国地形的显著特征。其地势西高东低，大致呈阶梯状分布。

表 1.1 我国各类地形所占比例

高原	山岭	平原	丘陵	盆地
33.3%	26.04%	18.75%	9.9%	11.98%

表 1.2 我国各级海拔高度所占比例

>3000m	>2000m	>1000m	>500m	<500m
25.86%	7.04%	24.99%	16.93%	25.18%

地势的第一级阶梯是青藏高原，平均海拔在 4000m 以上。其北部与东部边缘分布有昆仑山脉、祁连山脉、横断山脉，是地势一、二级阶梯的分界线。

地势的第二级阶梯上分布着大型的盆地和高原，平均海拔在 1000~2000m 之间，其东面的大兴安岭、太行山脉、巫山、雪峰山是地势二、三级阶梯的分界线。

地势的第三级阶梯上分布着广阔的平原，间有丘陵和低山，海拔多在 500m 以下。

通常把山地延伸成脉状称为山脉。山脉构成中国地形的骨架，常常是不同地形区的分界。山脉延伸的方向称作走向，中国山脉的分布按其走向可分为五种情况。

东-西走向的山脉，主要有三列（主要包括五条山脉）：北列为天山—阴山；中列为昆仑山—秦岭；南列为南岭。

东北-西南走向的山脉，多分布在中国东部，主要有三列（主要包括七条山

脉): 西列为大兴安岭—太行山—巫山—雪峰山; 中列为长白山—武夷山; 东列为台湾山脉。

西北-东南走向的山脉, 主要分布在中国西部, 著名山脉有两条: 阿尔泰山和祁连山。

南-北走向的山脉, 主要有两条, 分布在西南和西北, 分别是横断山脉和贺兰山脉。

弧形山系由几条并列的山脉组成, 由基本上东西走向转为南北走向而与横断山脉相接, 其中最著名的山脉为喜马拉雅山, 分布在中国与印度、尼泊尔等国边界上, 绵延 2400 多公里。

我国有内蒙古高原、黄土高原、青藏高原、云贵高原等四大高原, 它们集中分布在地势第一、二级阶梯上。由于高度、位置、成因和受外力侵蚀作用不同, 高原的外貌特征各异。

1.1.2 我国山区典型地质灾害

中国地处环太平洋构造带和喜马拉雅构造带聚汇部位, 太平洋板块的俯冲和印度板块向北对亚洲板块的碰撞使中国大陆承受着最主要的地球动力作用。在印度板块与亚洲板块的碰撞边界上产生了世界上最高的喜马拉雅山脉, 并使青藏高原受压隆起; 东部因太平洋板块俯冲造成了华北、东北地壳向东拉张, 形成华北和松辽沉降大平原。这两种活动构造带汇聚和西升东降的地势反差, 不仅形成了中国大地构造和地形的基本轮廓, 同时也是形成我国地质灾害种类繁多的根本原因。

自然的变异和人为的作用都可能导致地质环境或地质体发生变化, 当这种变化达到一定程度, 其产生的后果便给人类和社会造成危害, 称为地质灾害。譬如: 崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷、岩爆、坑道突水、突泥、突瓦斯、煤层自燃、黄土湿陷、岩土膨胀、砂土液化、土地冻融、水土流失、土地沙漠化及沼泽化、土壤盐碱化, 以及地震、火山、地热害等。

我国山区地质灾害主要有: 地壳活动引起的地震、断层错动等; 斜坡岩土体运动引起的崩塌、滑坡、泥石流等; 隧道工程引起的塌方、岩爆、突水、瓦斯爆炸、地下含水层疏干等; 特殊岩土灾害如黄土湿陷、膨胀土胀缩、冻土冻融、砂土液化、淤泥触变等; 土地退化和工程行为引起的水土流失等。

全国共发育有大型崩塌 3000 多处、滑坡 2000 多处、泥石流 2000 多处, 中小规模的崩塌、滑坡、泥石流则多达数十万处。

造成这些问题, 既有地质等自然灾害的影响, 又存在技术落后等原因, 如:

- (1) 公路勘探手段与技术落后, 对特殊地质的本质研究不够。
- (2) 公路平、纵、横设计与实际地形(貌)、地质条件不符。

(3) 高边坡防护工程、高墩曲弯桥梁、大跨连拱或小净距隧道等构筑物,以及半隧道与棚洞等特殊结构的研究还不够。

(4) 公路构筑物防(减)灾技术不完善;对山区公路交通安全的研究不够深入。

(5) 以更加安全、环保、节约(能)、快捷为核心的公路建设技术以及“全寿命”设计理念与方法还没有完全被人掌握。

1.1.3 山区公路工程的技术对策

面对山区极为复杂的地形条件、频繁的地质灾害和脆弱的自然环境,我国山区公路建设的主要技术对策应为:

(1) 有针对性超前探查特殊地质问题,综合运用遥感、工程地质测绘、物探、钻探、原位测试、工程地质和水文地质试验等方法,为公路设计、施工和防灾减灾提供完整准确的基础资料,提出病害防治方案与措施。

(2) 以“生态选线”和“地质选线”的理念确定路线走向方案;应结合地形地貌等因素综合设计路基、边坡和取弃土场等;满足水土保持防护要求,避免破坏自然景观。

(3) 针对山区特殊的地理环境和自然条件,研究其公路技术标准,补充完善标准规范体系;坚持因地制宜、合理选择的原则,确保山区公路工程质量与运营安全。

(4) 路线走向与线位方案应综合考虑水文地质、环境保护等因素进行比选;路基挖深 30m 以上的路段应与隧道方案比选;路基填高 25m 以上的路段应与高架桥、半路半桥方案比选。在比选中应优先采用有利于环境保护的方案。

(5) 积极开展桥梁工程防灾、减灾技术研究,针对地震、山体滑坡、泥石流、雪灾和洪水等灾害提出桥梁工程设防标准和技术措施,提高公路桥梁抵御自然灾害的能力。

(6) 加强对隧道断层、软弱夹层、岩溶、冻土、煤系地质及瓦斯、岩爆、膨胀性围岩、高压地下水等不良地质及其危害的调查;研究山区公路隧道平纵线形、棚洞结构等方案。

(7) 确保包括急弯、大纵坡、交叉口等路段和雾、冰、雪多发区等地质病害路段以及长隧道、桥隧组合区段的安全,以提高山区公路交通运输安全性能,降低交通事故率。

1.1.4 山区公路工程的主要研究内容

1) 山区公路路基病害处治及评价技术的研究开发

(1) 研究山区公路路基病害产生机理分析、高填深挖路基病害类型划分,为

病害的评价和处治设计提供基础资料。

(2) 研究路基病害稳定性评价方法。

(3) 研究山区公路路基病害处治技术,开展病害处治设计原则及方法、处治措施适用条件及其设计计算方法、处治措施效果评价、病害处治新材料的研究及新技术和新产品的开发应用,为病害处治提供较成熟的系统化、工程化技术。

(4) 研究高填深挖路基病害处治措施安全评价体系、评价方法、评价指标、评价技术等。

(5) 研究高填深挖路基病害处治措施维修补强技术,开发新材料、新产品,并通过工程实施补充和完善相关技术。

2) 高性能路面和特殊道面修筑技术的研究开发

(1) 美国超级路面(Superpave)技术的引进、消化、推广应用和二次开发;Superpave设计相关试验设备的开发研制;Superpave设计、施工的标准化研究。

(2) 钢桥面沥青混凝土铺装技术的研究和开发。

(3) 隧道内沥青路面的研究和开发。

(4) 复合式路面相关技术的研究和开发。

(5) 路面早期破坏及其快速修补技术的研究和开发。

经过研究开发,对山区公路路面的结构、材料、设计方法、养护维修等形成较为系统的成套技术,同时开发出一些新材料、新产品并进行市场化、产业化。

3) 高墩高架弯坡斜桥梁施工技术的研究开发

(1) 高墩高架弯坡斜桥各组件施工中的受力状态的研究开发。

(2) 高墩高架弯坡斜桥施工控制方法和技术的研发。

(3) 高墩高架弯坡斜桥施工工艺的研究开发。

(4) 研究开发并建立高墩高架弯坡斜桥的施工数据库,为桥梁后期的健康诊断及加固维修提供参考数据。

4) 桥梁抗震技术的研究开发

(1) 桥梁抗震试验技术的研究开发,形成一套完整的包含模型建立、试验方法、数据处理、结果分析等在内的试验技术。

(2) 桥梁抗震设计方法的研究开发,通过对相关设计指南、规范和标准的制(修)订,达到为行业提供技术支撑的目的。

(3) 桥梁抗震加固技术的研究开发,基于良好的试验条件及设备,开展桥梁抗震加固的新产品、新材料、新技术的研究和开发,并进行工程化运作。

通过研究开发,在桥梁抗震试验技术方面达到国际领先水平,在桥梁抗震技术方面总体上占据世界先进水平。

5) 公路隧道设计施工及健康诊断技术的研究开发

(1) 长大公路隧道设计方法的研究开发及新型防排水材料的开发。

(2) 长大公路隧道施工监控量测及超前预报的研究开发, 为长大公路隧道的顺利施工提供强有力的技术支撑和技术保证, 尽可能减小施工中事故的发生。

(3) 小净距隧道适用条件及设计方法的研究开发。

(4) 连拱隧道适用条件及设计方法的研究开发, 开展山区公路特殊岩土体及地形地貌条件下连拱隧道设计技术的研究。

(5) 不同围岩条件下支护与二次衬砌受力特性与支护型式研究。

(6) 隧道松弛荷载预测理论及设计方法研究。

(7) 隧道衬砌裂缝及渗漏水分析, 进行隧道健康诊断技术的研究开发, 引进新技术、新设备进行隧道健康诊断, 开发新工艺、新材料、新产品进行隧道维修补强技术研究, 并进行工程化。

通过研究开发, 对山区公路隧道、水下和海底公路隧道及城市地下工程的设计方法、安全诊断技术、维修技术等形成较为系统的成套技术, 促进行业技术进步, 提升行业的整体技术地位。

6) 公路交通工程机电设计技术及新产品开发

(1) 公路隧道、桥梁和重要路段远程网络控制技术的研究开发。

(2) 公路隧道集散式总线控制方法的研究开发。

(3) 公路隧道智能管理系统及其软件的研究开发, 通过产业化形成产品进入市场化, 并通过工程化推广应用。

(4) 长大公路隧道通风方式及技术参数的研究开发。

(5) 长大公路隧道防灾技术的研究开发。

(6) 公路隧道照明节能灯具的研究开发, 形成产业化。

通过研究开发, 在公路隧道机电产品方面形成较具规模的产业化, 并向工程化、市场化方面拓展。

7) 山区公路环境工程综合技术

(1) 山区公路环境地质灾害发生、发展的室内模拟试验技术的研究开发。

(2) 山区公路环境地质灾害的监测预警技术的研究开发, 引进先进技术(如“3S”技术), 开发相应的技术平台, 为灾害的整治提供可靠的技术。

(3) 山区公路生态恢复技术的研究开发, 跟踪世界先进技术, 研究新材料、新产品, 并进行产业化、工程化。

(4) 山区公路景观设计技术的研究开发, 并实现工程化。

(5) 山区公路建设环境岩土工程预测评价技术的研究开发, 推动环境岩土工程学科的发展, 通过工程化的实施积累相关技术。

(6) 填挖方工程与地表生态环境相互作用机理及对策的研究开发。

(7) 水土流失及其环境灾害产生机理及防治技术的研究开发。

通过研究开发,对山区公路环境工程技术的灾害产生机理、处治技术、生态恢复技术及其新材料、环境岩土工程学科发展的推动都能起到积极的作用,并能形成相关的适用技术。

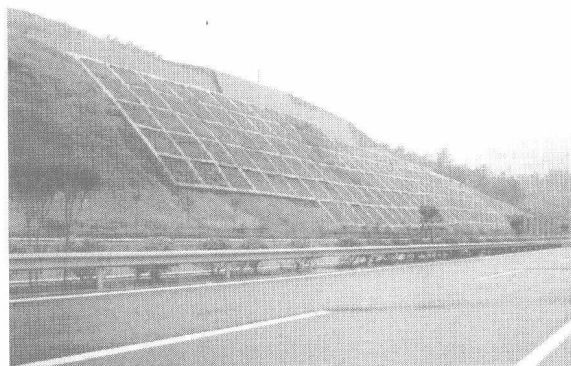
综上所述,山区公路工程技术是指在山地(山脉)、丘陵和崎岖的高原地区修建公路时的手段和方法,其目的是克服恶劣的自然条件(包括复杂地形与地质灾害等),使山区公路的建设与交通达到安全、快捷、节约、环保。

1.1.5 山区公路工程主要型式

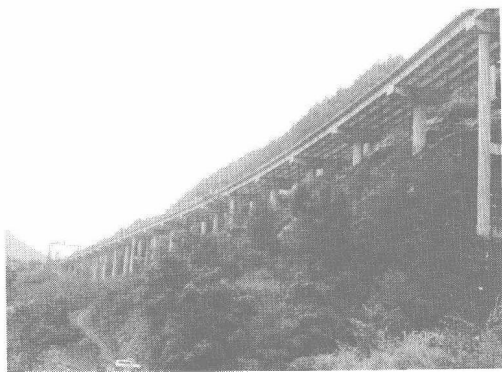
与平原公路和微丘公路相比,山区公路的建设和营运在标准确定、路线选线、环境保护、地灾防治、水灾排防和山区公路隧道、桥梁、边坡、路堤等结构物以及运行安全设施的勘察、设计、施工、养护技术各个方面具有不同的难点。山区公路工程具有路线狭窄、边坡陡峭、桥基高深、隧道密集、桥隧组合、结构复杂等技术特点,其主要型式如图 1.1 所示。



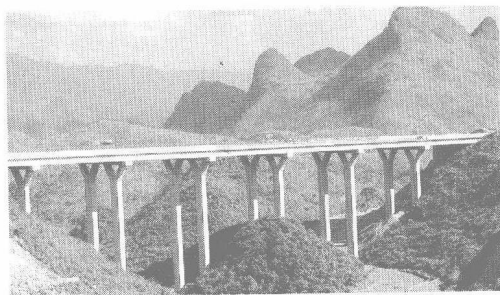
(a) 山区峡谷高速公路布设型式



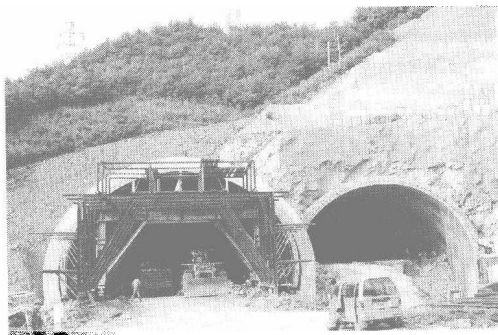
(b) 山区公路高大边坡技术型式



(c) 山区陡峭弯桥型式



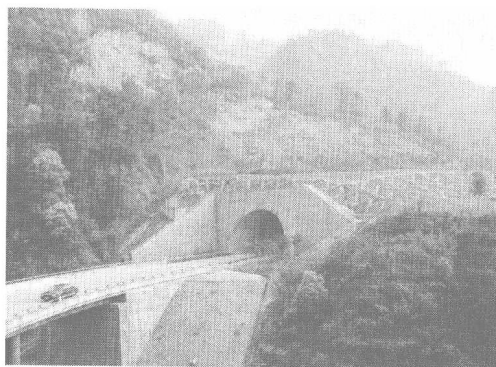
(d) 山区高墩高架桥型式



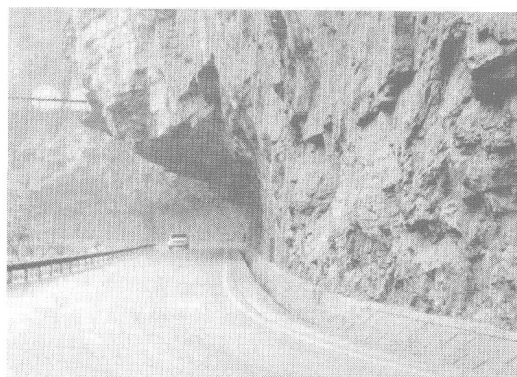
(e) 山区公路隧道型式



(f) 桥梁+隧道组合型式



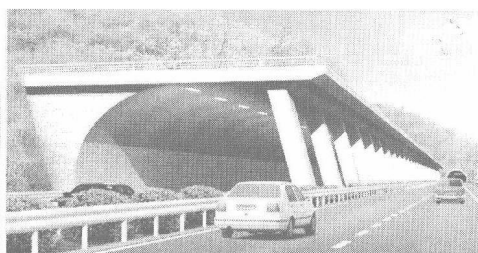
(g) 明洞结构+桥梁组合型式



(h) 沿江悬崖半隧道型式



(i) 边坡+高架弯桥+隧道组合型式



(j) 棚洞-半隧道型式

图 1.1 山区公路工程主要型式