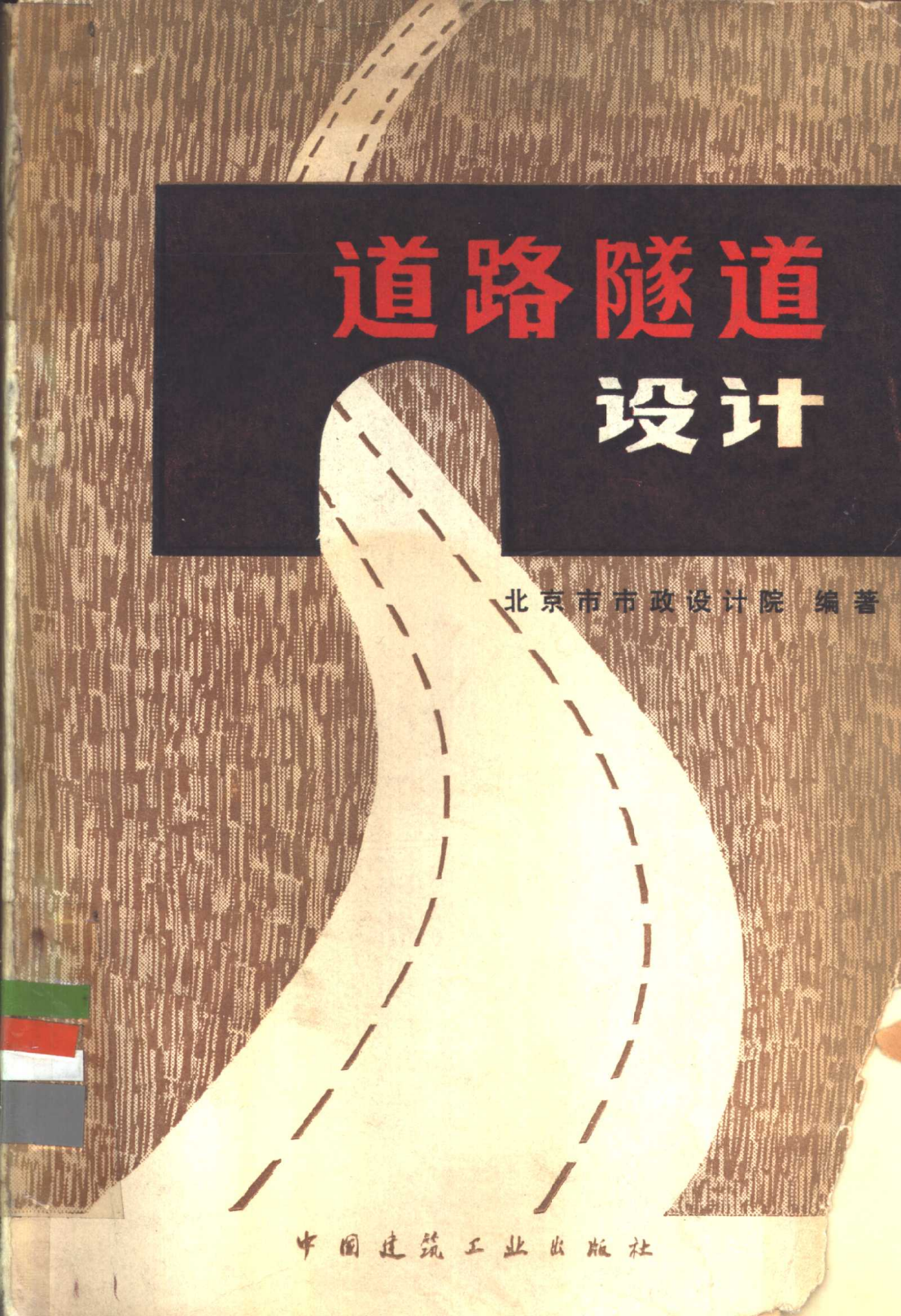


The book cover has a textured, brownish-gold background. A large, dark, arched shape in the upper center represents a tunnel entrance. A light-colored road with dashed lines enters the tunnel from the bottom and curves upwards. The title '道路隧道设计' is printed in large, bold characters, with '道路隧道' in red and '设计' in white, set against the dark tunnel background.

道路隧道 设计

北京市市政设计院 编著

A small color calibration strip with green, red, white, and grey squares is located on the left edge of the cover.

中国建筑工业出版社

道路隧道设计

北京市市政设计院 编著

中国建筑工业出版社

本书主要以北京修建道路隧道的实践经验，结合具体实例，介绍了道路隧道的设计方法和步骤。内容包括：道路隧道概况、方案设计、工程地质和隧道测量、线形设计、横断面设计、荷载、衬砌结构计算、喷锚衬砌设计、洞门设计、通风照明及经济分析等共十三章。

本书可供城市建设及公路部门工程技术人员参考。

参与本书编写的执笔人：

除第三、四两章外，由刘堪秀同志编写。其中常岭同志参与第七、八、十章的部分编写工作；

第三章由北京市勘察处姜廷贵同志编写；

第四章由北京市测绘处吴云同志编写；

本书最后由林治远、杨树祺、石蕴中同志修改审定。

道 路 隧 道 设 计

北京市市政设计院 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：9¹/₄ 插页：1 字数：249千字

1981年2月第一版 1981年2月第一次印刷

印数：1—5,110册 定价：0.91元

统一书号：15040·3852

前 言

随着国民经济的发展，城市道路（包括郊区公路）的等级和标准不断提高，为了缩短路线长度，减少坡度，穿越山岭和避开地上障碍物大多采用修建隧道的办法。

建国以来，我国修建了不少道路隧道，在勘测、设计、施工等方面积累了丰富的经验。但是，资料还比较零散，且缺乏统一的标准。因此，为了总结经验，提高设计质量，加快设计进度，适应新时期交通运输发展的要求，需要对道路隧道的勘测、设计进行系统的探讨。

现结合北京地区的初步经验和体会，编写了这本书。内容包括：概况、方案设计、勘测、技术设计、经济分析等五个方面，供从事道路隧道工作的工程技术人员阅读参考。

道路隧道设计政策性较强，技术上较复杂，涉及很多方面的学术领域，如隧道的主要荷载围岩压力，隧道的通风、照明、降低噪音、防水、排水、横断面布置、洞门建筑装修，喷锚衬砌结构的理论分析及结构计算等问题。所有这些，有待于今后继续深入研究探讨，不断地总结经验。本书只是根据北京的实践和参考有关资料对设计中的一些问题，提些粗浅的认识。

限于编写者的经验和水平，错误和缺点在所难免，请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 道路隧道概况	1
第二章 隧道方案设计	10
第一节 方案设计的意义	10
第二节 越岭线隧道方案设计	10
第三节 沿溪线隧道方案设计	22
第三章 工程地质	25
第一节 工程地质勘察的意义	25
第二节 隧道与工程地质的关系	25
第三节 隧道岩体稳定性分析	27
第四节 工程地质勘察阶段的划分	39
第四章 隧道测量	42
第一节 道路隧道测量的阶段	42
第二节 控制测量	43
第三节 隧道轴线的贯通及控制精度	48
第四节 测量成果的基本内容	50
第五章 线形设计	52
第一节 设计文件的编制	52
第二节 线形设计概述	53
第三节 平面设计	54
第四节 纵断面设计	59
第五节 引线设计	63
第六章 横断面设计	67
第一节 限界标准	67
第二节 横断面形式	70
第三节 人行道布置	82
第四节 路面结构	84

第七章 隧道的荷载	87
第一节 概述	87
第二节 地层压力	88
第三节 地震荷载	96
第八章 衬砌结构计算	98
第一节 概述	98
第二节 直墙式衬砌计算 (C.H.纳乌莫夫法)	100
第三节 按能量法计算衬砌结构	133
第四节 结构设计的类比法	203
第五节 影响衬砌内力的因素	210
第九章 喷锚衬砌设计	214
第一节 喷锚衬砌概述	214
第二节 北京道路隧道喷锚衬砌实例介绍	222
第十章 洞门设计	226
第一节 洞门的功能及形式	226
第二节 洞门设计的一般要求	240
第三节 洞门计算	242
第十一章 隧道的通风	247
第一节 通风的目的及要求	247
第二节 有害气体产生量计算	248
第三节 一氧化碳允许浓度	255
第四节 通风量计算	257
第十二章 隧道照明	260
第一节 概述	260
第二节 隧道照明标准	264
第三节 隧道洞口照明	268
第四节 隧道照明的设计	271
第十三章 隧道的经济分析	274
第一节 隧道经济分析的内容	274
第二节 几座隧道的经济分析	274
第三节 设计概算的编制	280

第一章 道路隧道概况

解放以前，全国仅有十几座道路隧道，最长的也不过200米，大部分为单车道，多半无衬砌。建国以来随着交通运输事业的发展，各地修建了不少隧道，目前，全国道路隧道数量是解放初期的十倍。

如河南省就新建了道路隧道40余座。再如，全国较长的隧道有：河南省辉陵公路上的向阳隧道长达1400米；林石路上的太行隧道长达960米；山西省大同至马头关公路上的东方红隧道长达556米；河北省平山至涉县公路上的大鬼门关隧道长达466米；四川省重庆市内的向阳隧道长达563米、哥乐山隧道长达706米，并在该市长江大桥南岸引线上拟建一座新隧道；上海穿越黄浦江的水下道路隧道长达3000余米。这些隧道的修建对改善行车条件，提高运输效率等方面起了很大的作用。

北京地区的道路隧道建设也和全国一样，得到了很大的发展。1958年密云水库正在兴建，为了沟通密云县北部山区的交通运输，发展山区经济和修建青石岭水库的需要，先在密青路上修建了二道河、横岭根、张家坟三座隧道。当时因为急于通车，按单车道修建，标准较低，且洞内无衬砌。

1965年在三雁路、京原路上陆续修建了长安岭、松树岭、担礼隧道。随着山区道路的发展，隧道不断增加，并且对单车道隧道进行了技术改造，如张家坟、二道河、古北口、横岭根等隧道都改为双车道。

截至目前，北京市新建、扩建隧道共十三座，总长度为2644.5米，详见表1-1。现将情况简介如下：

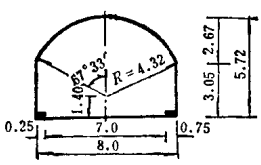
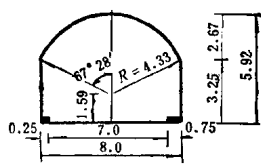
一、按分布地区密云县较多，有8座；其次在门头沟区、怀柔县。最长的长安岭隧道526.6米，最短的担礼隧道长35米。大于

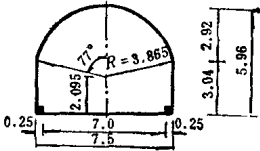
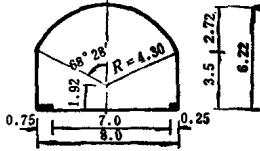
北京地区

编 号	1	2
修建性质	新 建	新 建
隧道名称	横 岭 根	贾 峪
修建年份	1970~1971	1969~1970
长度(米)	494.5	68.5
纵 坡 (%)	0.2~1.7	4.37
工程地质概况	隧道位于前震旦纪云蒙山期片麻状花岗岩侵入体之下, 岩层产状倾向SE92°, 倾角30°~35°。岩石整体性好, 抗风化力强, 分布面积大, 厚度一般在7米以上, 局部地段有小坍方	为片麻状花岗岩, 风化不严重, 节理不十分发育, 围岩较稳定
岩石坚硬系数 f_{KP}	2~4	4~7
横断面型式		
洞内衬砌情况	(1)洞口两端各一段钢筋混凝土衬砌厚50厘米 (2)中间喷锚衬砌厚15~20厘米局部加钢筋网	(1)同左 (2)中间锚杆
路 面 结 构	路面用300号水泥混凝土厚15厘米, 底层为100号贫水泥混凝土整平	路面用300号水泥混凝土厚15厘米, 底层为100号贫水泥混凝土整平
排 水 措 施	隧道内无排水措施。有淋水现象, 应考虑排水措施	隧道内未设边沟, 洞口外设截水涵洞及水沟
洞 门 型 式	150号水泥混凝土现浇一字型洞门	75号砂浆砌块石一字型洞门
施工方法及 施 工 单 位	全断面掘进, 第一建筑公司施工	上导洞阶梯型掘进全断面开挖 密云县民工施工
施工支撑情况	有临时支撑	无临时支撑
备 注	在旧隧道东侧, 两条轴线距离37~42M	

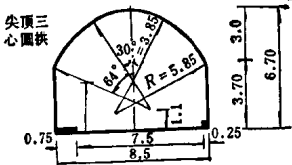
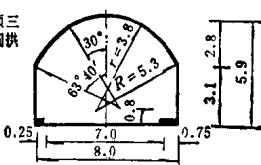
隧 道 一 览 表

表 1-1

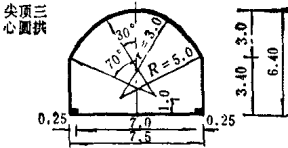
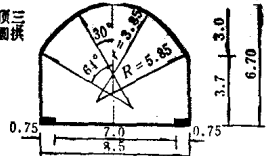
3	4
新 建	新 建
南 对 峪	烟 筒 沟
1970	1970
283.4	300.6
3.0	3.35
位于前震旦纪云蒙山片麻状花岗岩, 属于梧桐豪—青松岭大断层东侧正断层、逆断层, 逆掩断层均在此地带出现, 西洞口有一逆掩断层岩石破碎风化, 有断层泥和淋水现象	隧道穿过分布很广的片麻状花岗岩, 处于区域性构造的组成部分, 在一逆断层的上盘通过, 节理裂隙较发育, 隧道与断层走向相近, 反倾角由缓变陡
4~6	5~7
	
(1) 洞口两端各一段钢筋混凝土衬砌厚 50 厘米 (2) 中间喷锚衬砌, 局部为水泥混凝土全断面衬砌	(1) 同左 (2) 中间局部喷锚衬砌
路面用 300 号水泥混凝土厚 15 厘米, 底层为 100 号贫水泥混凝土整平	路面用 300 号水泥混凝土厚 15 厘米, 底层为 100 号贫水泥混凝土整平
设单侧边沟, 洞口外设排水涵洞	设单侧边沟, 洞口外设排水涵洞
75 号砂浆砌块石八字型洞门	75 号砂浆砌块石一字型洞门
上导洞阶梯型掘进全断面开挖 密云县民工施工	上导洞阶梯型掘进全断面开挖 密云县民工施工
局部有临时支撑	无临时支撑
东洞口在曲线上, 洞门加宽	东洞口在曲线上, 洞门加宽

编 号	5	6
修 建 性 质	新 建	新 建
隧 道 名 称	大 龙 门 沟	柏 查 子
修 建 年 份	1970~1971	1972~1974
长 度 (米)	79.5	63.4
纵 坡 (%)		2.88
工程地质概况	为片麻状花岗岩, 北口与断层相邻, 节理发育, 有淋水现象, 风化严重, 南口有球面风化, 但岩层较新	位于前震旦纪黑云母石英片岩, 岩性单一, 局部有花岗岩, 页岩沿片理侵入, 附近有两个小断层其中F ₁ 在北洞口碰到, 受它影响洞口岩石破碎, 节理发育延伸较长
岩石坚硬系数 f_{RP}	3~5	3~5
横 断 面 型 式		
洞内衬砌情况	(1) 洞口两端各一段钢筋混凝土衬砌厚40厘米 (2) 中间喷锚衬砌	(1) 同左(厚度50厘米) (2) 中间拱部为150号水泥混凝土厚40厘米, 直墙为120号浆砌块石厚50厘米
路 面 结 构	路面用300号水泥混凝土厚15厘米, 底层为100号贫水泥混凝土整平	路面为300号水泥混凝土厚10厘米, 底层为100号贫水泥混凝土整平
排 水 措 施	隧道内无边沟, 洞口外设排水涵洞	隧道内无边沟, 洞口外设排水涵洞
洞 门 型 式	75号砂浆砌块石一字型洞门, 南洞口为斜交洞门, 交角为57°30'	75号砂浆砌块石洞门, 北洞口为八字型, 南洞口为一字型
施 工 方 法 及 施 工 单 位	上导洞阶梯型掘进全断面开挖 密云县民工施工	上导洞贯通后全断面开挖 怀柔县民工施工
施 工 支 撑 情 况	北口设明棚, 无临时支撑	无临时支撑
备 注	洞口在曲线上, 洞门加宽	

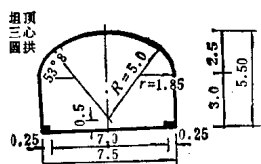
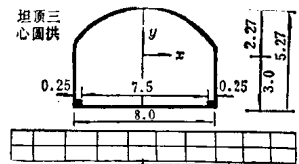
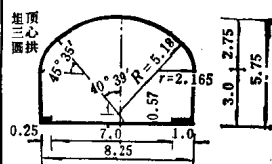
续表

7	8
新 建	新 建
分 水 岭	长 安 岭
1973~1975	1965~1966
101.6	526.6
2.5	2.39
位于前震旦纪片麻状花岗石, 岩性单一, 构造明显, 风化一般, 岩石较坚硬, 附近有两个小断层, 规模较小, 隧道位于该断层的上盘, 有四组发育节理, 造成岩石完整性较差, 对施工不利	为灰绿色凝灰质砂岩, 岩石剪切节理发育, 地表复盖较厚土夹石3~5米, 主要有四组节理分别与隧道平行和垂直, 以高角度居多
4~7	3~8
	
(1), (2)同左 中间局部喷锚	(1)同左 (2)中间水泥混凝土全断面衬砌厚30~50厘米局部地段不衬砌
同编号 6	原设计路面为 300 号水泥混凝土厚12厘米, 底层用贫水泥混凝土整平 施工改为沥青表面处理
隧道内设单侧排水沟, 洞口外设涵洞	隧道内设单侧排水沟 洞口外设涵洞
75号砂浆砌块石一字型洞门	150号水泥混凝土现浇一字型洞门
同编号 6	上下导洞先拱后墙 市政二公司施工
无临时支撑	有临时支撑
横断面型式同松树岭隧道, 模板重复使用	

261070 5

编 号	9	10
修建性质	新 建	新 建
隧道名称	担 礼	松 树 岭
修建年份	1965~1966	1964~1965
长度 (米)	35	289
纵 坡 (%)	0.38	0.58
工程地质概况	为奥陶系 马家沟 西北 洞 石灰岩, 围岩完整性好, 未风化, 节理裂隙走向与隧道基本斜交, 对隧道影响不大	为白云质灰岩, 石质坚硬, 西洞口位于碎石土夹石组成的沟底岩堆中, 层厚 5~10米, 东口岩层较薄 2~4米
岩石坚硬系数 f_{KP}	6~8	5~8
横断面型式		
洞内衬砌情况	(1) 洞口两端各一段水泥混凝土衬砌厚 40 厘米 (2) 中间不衬砌	全隧道用 150 号水泥混凝土衬砌厚 40~60 厘米
路面结构	原设计路面为 300 号水泥混凝土厚 12 厘米, 底层用贫水泥混凝土整平 施工改为沥青表面处理	路面为 250 号水泥混凝土厚 10 厘米, 底层为贫水泥混凝土整平
排水措施	隧道内不设边沟	隧道内设双侧排水沟
洞 门 型 式	75 号砂浆砌块石一字形洞门	150 号水泥混凝土现浇一字形洞门
施工方法及 施工 单 位	上下导洞先拱后墙 民工施工	交通部公路一局施工
施工支撑情况	无临时支撑	局部临时支撑
备 注		交通部公路设计院设计

续表

11	12	13
扩 建	扩 建	扩 建
张 家 坟	二 道 河	古 北 口
1971	1972	1971~1972
180.8	62.6	159
0.59~0.93	7.23	1.0
为片麻状花岗岩，围岩风化破碎，节理发育	距横岭根隧道较近，地质情况和横岭根隧道相似	为侏罗系火山角砾石，围岩坚硬，层理不明显，未见软弱夹层，节理裂隙不发育，扩建前仅南口顶沿层面有一处塌落和局部少量掉块
3~5	3~5	7
		
(1)洞口两端各一段钢筋混凝土衬砌厚50厘米 (2)中间喷锚衬砌	(1)(2)同左	洞口两端10米及中间11米为水泥混凝土衬砌厚40厘米，其他不衬砌
路面为300号水泥混凝土厚15厘米，底层为贫水泥混凝土整平	同编号11	同编号11厚18厘米
隧道内无边沟	同编号11	同编号11
150号水泥混凝土现浇洞口红框厚50厘米	200号水泥混凝土现浇一字形洞门	100号片石混凝土现浇一字形洞门
全断面扩洞 密云县民工施工	同编号11	全断面扩洞 公路处第一施工队施工
无临时支撑	无临时支撑	无临时支撑
	为曲线隧道，路面加宽在两侧共0.5米	

250米的有5座。

二、都是双车道，符合交通部部颁《公路技术标准》的要求，其中除有一个曲线隧道（二道河隧道）外，其余均为直线隧道。

三、横断面形式，侧墙均为直墙式。拱部形式有单心圆拱、尖顶三心圆拱、坦顶三心圆拱三种。

四、隧道所处工程地质条件一般较好，有的不做衬砌或半衬砌，围岩坚硬性系数 $f_{kp}=2\sim 8$ 。

五、洞内衬砌情况，基本采用水泥混凝土全断面衬砌。1970年以后，开始普遍采用喷锚衬砌，如横岭根隧道。

六、施工力量，大部分为民工，占70%。由建筑、市政工人修建的占30%。

施工方法分以下几种：

（一）在围岩较好时，采用上导洞阶梯形掘进全断面开挖，如柏平路的几座隧道。上导洞贯通后再全断面开挖，如怀丰路两座隧道。

（二）围岩条件一般机械化条件较高时，用全断面掘进，如横岭根隧道。

（三）上下导洞先拱后墙，如长安岭隧道。

（四）旧隧道扩建一般采用全断面开挖。

七、关于造价情况，由于施工、材料、机械、工期等方面因素，目前隧道造价较高。新建隧道，单位造价为2000~4000元/延米，一般为明开路堑的十倍。

八、喷锚衬砌，北京地区刚开始使用，由于缺乏经验，目前，在造价上与水泥混凝土整体式衬砌相比，差异不大。但具有施工方便，节省木材的优越性。

目前世界各国，尤其是一些多山的国家，如日本、意大利、瑞士等，为了提高道路标准和运输效率，修建很多道路隧道。在一些高速道路上，修建隧道累计长度，约占总里程的5%左右，工程投资约占10~15%，同时还不断地修建长隧道，如瑞士在阿

尔卑斯山将要建成世界上最长的圣哥达隧道长16.3公里。国外道路隧道发展很快的原因主要是为了满足汽车高速、安全行驶的需要，力求道路几何线形平顺。修建隧道既能缩短路程，更可降低运营费用，尤其对运输量大的道路，其效益更为显著。此外，城市隧道还可以减少城市噪音而且利于战备。

随着隧道大规模的修建，施工技术发展很快。目前国外隧道施工采用综合机械化，快速施工，劳动生产率成倍的提高，而工程造价大大降低。全断面岩石掘进平均月进尺最高是日本为540米，其次是美国为415米。各国都正在研究破碎岩石的新技术，如高压射水、高速粒子喷射和冲击、超声波震动、火焰喷射以及化学软化岩石等方法。其中，高速短脉冲射水的钻进系统，已接近实用阶段。

第二章 隧道方案设计

第一节 方案设计的意义

方案设计的目的，就是经过一系列的调查研究，从远近期结合、路线总体布局、施工难易程度、工程量大小等方面进行分析比较，使所选定的方案达到技术上合理，投资经济，收益较大的目的。

在方案设计时，事先要对现场作细致的调查研究，从政治、经济以及从线路、地质等技术方面进行全面比较后，方能决定取舍。既不可因循守旧，不敢采用隧道方案，也不应不做细致的方案比较，而轻率地采用不合理的隧道方案。

北京修建的道路隧道，基本都按上述要求进行过方案比较，并初步总结出确定隧道方案的一些依据，可供从事此项工作的设计人员参考。

现按越岭成隧道和沿溪线隧道两种类型方案设计，分别予以叙述。

第二节 越岭线隧道方案设计

越岭线所处的地形特点，一般是地形起伏变化大，相对高差大，河（谷）狭窄，曲折，地质构造较复杂。

越岭线是道路上常见的一种线形，路线要翻越山岭，一般要利用各种有利地形，进行展线或绕线，争取路线长度，克服其自然高差。当遇到地形特别复杂，如陡峭的山梁、悬崖、深挖的哑口、不利于展线或者线形太差时，一般就要降低技术标准，而且，还要增加施工困难与投资。此时，为了缩短路线、克服其不

利因素，提高线路标准，在有利地形和地质条件地段，选择穿越山岭的隧道通过，这种隧道称为越岭线隧道。

从越岭线隧道解决问题的性质来讲还可以分为：以节省线路长度为主的隧道和以克服地形难点为主的隧道。

一、以节省路线长度为主的隧道方案比较

当越岭线遇到地形变化较大，悬崖、陡壁等不利地形，路线通过有困难时，一般情况下有两种解决办法：一种是展线或绕线的办法，即是避开不利的地质条件或地形的办法。这样路线长度，工程数量都要增加，而且技术条件往往也较差；再一种就是寻找有利的地质或地形条件，修建隧道的办法。这样，既可避开不利的地质或地形条件且能减少路线长度，提高工程技术标准，使行车条件得到改善。究竟如何选择适当的办法，要根据实际情况进行技术、经济比较方能确定。经过比较一般情况下采用隧道方案的居多，尤其是修建些短隧道，总投资不增加（或增加不多），而技术条件能得到一定的改善。如北京地区的横岭根、南对峪、长安岭、担礼、柏查子等隧道都属于此种情况。

方案比较应包括如下内容：

（一）修建隧道与缩短路线长度的比较，即修建一公里长的隧道能缩减几公里长的路线。缩减的路线长度越多，必然越经济，从目前隧道和路线两者的造价比较，以北京地区为例是1:10的关系，即修一公里的隧道造价相当于修建10公里的路线。也就是说，修建1公里的隧道相当于缩短10公里的路线。这样，当总的工程造价不增加和少许增加的前题下，对于技术条件和行驶条件、安全行车则都能有很大的改善和提高。这是道路建设中值得重视和采取的一种措施。

（二）经济比较，如上所述，由于修建隧道后缩短路线长度的指标不等，对于总造价有的并不增加，如为1:10时；但有的则可能有所增加，如小于1:10时。不过，对于增加投资的情况，还需要考虑到施工基建投资与将来运营行驶相当一段时间内，所能节省汽油、减少汽车维修、养护等费用进行比较，这乃是长期起作