

续上表

章 节	编写单位	编 写	审 定
第十一章 第一~五节 第六、七节 第八节	三院 专院 二院	姚以德、王泉 姚源道	贾满仓、 <u>李士敏</u> 、李钦贵
第十二章 第一节 第二节	隧道局	崔云雷、董含饴 陆茂成、崔云雷	毛遵训
第十三章 第一、二、五、六节 第三节 第四节 第七节	二院	毛遵训 毛遵训、张开鑫 郑廷全 滕兆民	滕兆民
第十四章	四院	李栋材、宁应照、林春魁	屈庆耕、吴维
第十五章 第一节 第二节 第三节 第四节	二院 二院 二院 铁建所	汪开曹、杨常伯 傅宗剑 王晓莉、郑廷全、董含饴 赵子荣	林蔚深 张开鑫 关宝树
第十六章 第一节 第二节	兰院 三院	潘昌实 陈相君、王泉	谢家然、贾满仓、孙集灼 李钦贵、屈庆耕 谢家然 刘广善
第十七章	一院	<u>李士敏</u>	孙集灼、毛遵训、屈庆耕
第十八章	成都铁校	何以余、林凤增、肖硕恒	王克家
第十九章	长院	韩玉华	<u>邝国能</u> 、林蔚深
第二十章	专院	陈唯一	莫文卿、范文田
第二十一章	西科所	唐泽民、高尔洋、韩武钲	韩武钲
第二十二章	隧道局	徐林胜、张淑敏	刘茂燊、谢世华
第二十三章	二院	达吟霞	耒禄
第二十四章	三院	刘祖培、王泉	<u>李士敏</u> 、贾满仓、孙集灼
第二十五章	二院	林蔚深	莫君政

在编写和核定过程中，徐宝贤、冯志忠、徐玉林、陈裕淦、吴宏生、汪禾、李典璜、李元豹、俞文江、赵子鹤、陈国亮、曾满元、刘鹏等同志提供了宝贵的意见和资料；本手册使用了谢家然推导的浅埋隧道地层压力计算公式；李璋、冯贻芷、李步冲等同志对全手册清样进行了校核，谨在此一并致谢。

主 编 林蔚深 1990年12月

(京)新登字063号

内 容 简 介

本手册在1978年出版的《铁路工程设计技术手册·隧道》的基础上，汇集了历年铁路隧道工程勘测设计的实践经验和近年来国内外的最新科技成果。其主要内容包括：勘测设计原则，隧道限界，围岩分类及围岩压力，隧道、明洞、棚洞衬砌及洞门设计，复合式及锚喷衬砌，围岩预加固及预支护，防水和排水，施工通风、防尘、防毒，运营通风，辅助坑道，滑坡、溶洞、瓦斯、膨胀性围岩、黄土、多年冻土及地震区隧道设计，洞内轨道及附属构筑物，施工组织，隧道改建，结构构件设计与计算，隧道工程环境保护，窄轨铁路隧道，施工机械设备及工程材料等。

本手册为隧道及地下工程技术人员的工具书，并可供大专院校有关专业师生参考。

铁路工程设计技术手册
隧 道
(修订版)

铁道部第二勘测设计院 主编

*

中国铁道出版社出版发行
(北京市东单三条14号)

责任编辑 安鸿逵 张 悦 封面设计 赵敬宇
各地新华书店经售
北京市燕山联营印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：50.25 字数：1934千

1984年3月 第1版

1995年6月第2版第2次印刷

印数：1—3000册

ISBN 7-113-01529-8/TU·332 定价：56.40元

前 言

本手册是在《铁路工程设计技术手册·隧道》(1978年版)和《铁路隧道设计规范》(TBJ 3-85)的基础上进行编写的。在编写的内容上,尽可能地考虑手册的先进性、系统性、可靠性和实用性,并增加了较多的内容,如隧道方案经济比较,圆形衬砌、复合式衬砌、锚喷衬砌,围岩预加固及预支护,施工通风及防尘防毒,射流风机通风,膨胀性围岩隧道设计,施工组织,隧道工程环境保护,窄轨铁路隧道以及一些新材料、新机具,以适应隧道工程日益发展的需要。

在编写过程中得到了铁道部建设司和中国铁道出版社的指导,并得到了各编写单位的大力支持。

本手册由铁道部第一、二、三、四勘测设计院、专业设计院,铁道部科学研究院铁建所、西南所,隧道工程局,西南交通大学,北方交通大学,长沙铁道学院,兰州铁道学院,成都铁路工程学校等单位共同编写。铁道部第二勘测设计院负责主编。

在编写过程中,广泛地搜集了隧道工程科技领域的丰硕成果及有关资料,但限于水平,难免有错误和疏漏之处,请提出意见指正。

各章(节)编写单位及编写、审定人员:

章 节	编写单位	编 写	审 定
第一章	二院	林蔚深	莫君政、陈俊虎、庄文虔
第二章	专院	郑天中	莫君政
第三章	西南交大	钟新樵	关宝树、 <u>邱国能</u> 、屈庆耕
第四章 第一~三节 第四节之一~四 第四节之五 第四节之六 第四节之七 第四节之八	专院 专院 一院 四院 专院 西南交大	李汶京、孙集灼 李汶京 谢家然 李栋材、郭中岳 李汶京 范文田	范文田、邹永尧 吴维
第五章 第一、二、三、五、六节 第四节	铁建所 北方交大	赵子荣 张弥	莫君政、关宝树
第六章 第一、二节 第三节	西科所	朱桂兰、茅伟才、高尔洋 茅伟才	林蔚深、莫君政
第七章	二院	毛遵训、韩武钲	邹永尧、姚成惠、韩武钲
第八章	一院	谢家然、李梅生	周明高、孙集灼、屈庆耕
第九章	四院	李栋材、鲁其勋	莫文卿、吴维
第十章	一院	陈兆勋、谢家然	莫君政

目 录

第一章 隧道勘测设计原则	1	四、偏压隧道围岩压力的确定	42
第一节 隧道线路平面、纵断面设计	1	五、斜交洞口衬砌围岩压力	45
一、隧道线路平面设计	1	六、斜井、竖井围岩压力的计算	46
二、隧道线路纵断面设计	1	第四章 隧道衬砌设计及计算	47
第二节 隧道位置的选择	4	第一节 一般规定与数据	47
一、地形条件与隧道位置的选择	4	一、衬砌设计要求	47
二、地质条件与隧道位置的选择	7	二、伸缩缝、沉降缝和工作缝	47
三、不良地质和特殊地质地区隧道位置 的选择	8	三、回填要求	47
第三节 隧道洞口位置的选择	11	四、衬砌断面开挖高度	47
一、根据地形条件选定洞口位置	11	五、衬砌建筑材料	47
二、根据地质条件选定洞口位置	12	六、隧道轨顶面至道床底面的高度	47
三、隧道洞口边仰坡高度的拟定	12	七、隧道轨顶面设计高程	47
第四节 相邻隧道最小间距的确定	12	第二节 衬砌类型	48
第五节 隧道线路方案的经济比较	14	一、单、双线隧道衬砌类型	48
一、项目分析比较	14	二、车站及燕尾式隧道衬砌类型	50
二、静态分析计算比较	14	第三节 衬砌基本尺寸拟定	50
三、动态分析计算比较	15	一、衬砌内轮廓	50
第二章 隧道限界	16	二、衬砌外轮廓与轴线等尺寸计算	52
第一节 现行限界标准及曲线加宽	16	三、仰拱内轮廓计算	53
一、标准轨距铁路隧道建筑限界和机车 车辆限界	16	第四节 衬砌内力计算	54
二、曲线地段隧道断面加宽计算	16	一、拱脚弹性固定于围岩上的无铰拱	55
三、曲线地段隧道加宽设置	20	二、边墙按弹性地基梁计算	57
第二节 电气化铁路隧道中接触网与限界 的关系	21	三、直墙式衬砌	61
一、接触网悬挂的类型及其在隧道内安 装的有关规定	21	四、曲墙式衬砌	63
二、支承装置及定位器在隧道内的安装 方式	22	五、偏压衬砌	65
三、锚段关节在隧道内的安装方式	25	六、斜交洞口衬砌	70
第三章 隧道围岩分类及围岩压力	26	七、仰拱	71
第一节 围岩分类	26	八、圆形衬砌	76
一、铁路隧道围岩分类	26	第五章 复合式衬砌、锚喷衬砌设计	82
二、国内其它围岩分类方法	29	第一节 一般规定	82
三、铁路隧道围岩分类与其它分类的相 互关系	30	一、适用范围	82
第二节 隧道围岩的物理力学指标	33	二、设计要求	82
一、铁路隧道围岩的物理力学指标	33	三、衬砌内轮廓及横断面设计	82
二、其它地下工程的围岩物理力学指标	35	四、设计方法	83
第三节 围岩分类与支护参数	36	五、建筑材料及技术要求	85
一、复合式衬砌设计参数	36	六、浅埋隧道设计	85
二、复合式衬砌设计参数的拟定原则	36	第二节 初期支护设计	86
第四节 围岩压力及确定方法	36	一、喷射混凝土支护设计	86
一、围岩压力的性质	36	二、锚杆支护设计	88
二、深埋隧道围岩压力的确定	37	三、钢架设计	93
三、浅埋隧道围岩压力的确定	41	第三节 二次衬砌设计	97
		一、二次衬砌的主要作用	97
		二、二次衬砌结构设计	97
		三、二次衬砌产生裂缝的原因和防止措 施	98
		四、防水层设计要求	99
		第四节 复合式衬砌计算	99

一、复合式衬砌计算原则	99
二、复合式衬砌计算的数值方法	100
三、复合式衬砌计算的特征曲线法	110
第五节 现场量测和反馈分析	113
一、现场量测的意义和量测计划	113
二、现场量测的目的和量测项目	113
三、观 察	113
四、量测手段	114
五、布置量测断面和测点, 确定量测频率	116
六、量测数据的处理、应用和围岩稳定性判断	117
第六节 支护及衬砌质量检查	119
一、原材料的检查	119
二、锚杆质量检查	120
三、喷射混凝土质量检查	120
四、初期支护外观及隧道衬砌断面尺寸的检验	121
五、二次衬砌质量检验	121
第六章 围岩预加固及预支护设计	123
第一节 锚喷预加固设计	123
一、锚喷预加固类型及适用条件	123
二、锚喷预加固经验参数	123
三、锚喷预加固信息化设计	124
四、锚喷预加固施工实例	125
第二节 预支护设计	127
一、预支护类型及适用条件	127
二、预支护设计	127
三、预支护施工监测	129
四、预支护施工实例	130
五、预支护施工主要机具设备	131
第三节 注浆预加固设计	131
一、适用条件	131
二、注浆加固范围的确定	131
三、注浆段长的确定和注浆孔布置	134
四、注浆压力设计	136
五、注浆量计算	136
六、注浆材料选择和配合比设计	136
七、注浆结束标准和注浆效果评定	139
八、注浆机具设备	139
第七章 拱形明洞设计及计算	141
第一节 一般规定	141
一、适用条件	141
二、回填要求	141
三、结构构造要求	141
四、建筑材料	142
第二节 明洞类型及适用条件	142
一、一般铁路拱形明洞类型及适用条件	142
二、特殊结构及特殊基础明洞	142
第三节 明洞荷载	146
一、荷载种类	146
二、荷载计算	146
第四节 拱形明洞内力计算	151

一、单跨拱形明洞	151
二、双跨拱形明洞	168
三、深基础拱形明洞	171
第八章 棚洞设计及计算	173
第一节 一般规定	173
一、适用条件	173
二、回填要求	173
三、结构设计	173
四、建筑材料	174
五、基础处理	174
第二节 棚洞类型	175
一、单线铁路棚洞	175
二、双线铁路棚洞	178
三、三线铁路棚洞	178
第三节 棚洞荷载	178
一、荷载种类	178
二、荷载计算	178
第四节 棚洞内力计算	178
一、结构计算图式	178
二、计算公式	179
第五节 棚洞的特殊结构形式	185
一、结构形式及应用	185
二、特殊基础的处理	191
第九章 洞门设计及计算	194
第一节 洞门设计一般规定	194
一、洞门设计原则	194
二、一般规定	194
第二节 洞门及检查设备类型	195
一、洞门类型	195
二、检查设备类型	195
第三节 洞门端墙及挡(翼)墙计算	199
一、检算要求及设计参数	199
二、计算方法	200
三、稳定性和强度检算	204
第十章 洞内轨道及附属构筑物	205
第一节 洞内轨道	205
一、一般规定	205
二、碎石道床	206
三、混凝土宽枕道床	206
四、整体道床	206
五、混凝土板式道床	209
第二节 下锚区段衬砌	209
一、一般规定	209
二、下锚区段布置形式	211
三、下锚区段衬砌设置规定	212
四、绝缘梯车洞	212
第三节 避车洞	213
一、设置规定及要求	213
二、避车洞衬砌类型	214
第四节 电缆槽	214
一、设置规定及要求	214
二、电缆槽类型	215
三、余长电缆腔	216

四、隧道口电缆槽过渡段·····	218	一、粉尘的危害·····	291
第五节 其它设备·····	219	二、粉尘的防治措施·····	291
一、无人增音站洞·····	219	第十三章 隧道运营通风 ·····	297
二、信号继电器箱洞·····	220	第一节 运营隧道有害气体的防治·····	298
三、无线电通信电台箱洞·····	221	一、有害气体和卫生标准·····	298
四、无线列调中继器洞·····	221	二、运营隧道内有害气体的防治措施·····	299
五、变压器洞·····	221	第二节 列车活塞作用·····	299
六、隧道照明·····	222	一、活塞压力·····	299
第十一章 防水和排水 ·····	223	二、活塞风速·····	299
第一节 隧道防排水原则及要求·····	223	第三节 洞口风道式机械通风·····	300
一、防排水原则·····	223	一、概述·····	300
二、防排水要求·····	223	二、机械通风方式及选择·····	300
第二节 洞顶防排水·····	224	三、隧道需要风量·····	301
一、地表处理·····	224	四、无帘幕洞口风道吹入式通风·····	301
二、洞顶天沟·····	224	五、有帘幕洞口风道吹入式通风·····	307
三、明洞顶防排水·····	229	六、提前通风·····	312
第三节 洞门排水·····	229	第四节 风机的应用·····	317
一、洞门排水的主要方式·····	229	一、风机的类型·····	317
二、洞内外水沟衔接·····	231	二、风机的特性·····	317
第四节 温和地区洞内排水·····	234	三、风机的选择计算·····	319
一、一般规定·····	234	四、适用于铁路隧道运营通风的国产风 机·····	320
二、洞内排水沟·····	234	五、常用电机说明及技术参数表·····	328
三、隧道衬砌背后的排水设施·····	234	第五节 风道设计原则、风道洞门、风机 房及其它有关设计、施工参考资 料·····	332
四、泄水洞·····	239	一、风道设计原则·····	332
第五节 寒冷和严寒地区洞内排水·····	240	二、风道洞门布置及结构形式参考图·····	333
一、保温水沟·····	240	三、风机房平面、断面及设备示例图·····	333
二、中心深埋水沟·····	242	四、帘幕设计·····	333
三、防寒泄水洞·····	244	五、估算参考资料·····	338
四、配套排水设备·····	245	第六节 附表·····	346
第六节 洞内防水·····	246	一、常用通风计算算式一览表·····	346
一、压注水泥浆及化学浆液·····	246	二、单位换算表·····	349
二、防水混凝土·····	251	三、风力等级表·····	350
三、衬砌各类缝隙防水·····	254	四、气温、气湿、气压的推算·····	351
四、外贴式防水层·····	257	五、单线铁路隧道净空面积、湿周、当 量直径·····	351
五、内贴式防水层·····	257	六、摩擦阻力与局部阻力系数·····	351
六、复合式衬砌中间防水层·····	258	第七节 射流风机通风·····	356
第七节 混凝土圬工抗侵蚀措施·····	259	一、概述·····	356
一、环境水对混凝土侵蚀类型·····	259	二、射流风机通风计算·····	356
二、侵蚀性地下水对圬工的侵蚀过程·····	263	三、风机的布置·····	359
三、混凝土抗侵蚀措施·····	263	四、射流风机的性能规格·····	359
第八节 参考资料——防水材料简介·····	264	五、射流风机的安装、运用控制及其它·····	361
一、防水卷材·····	264	六、结语·····	362
二、防水涂料·····	265	第十四章 辅助坑道 ·····	363
三、密封材料·····	266	第一节 辅助坑道的选择·····	363
四、注浆材料·····	268	一、辅助坑道的作用、类型及其适用条 件·····	363
第十二章 施工通风及防尘防毒 ·····	270	二、选择辅助坑道方案的主要考虑因素·····	363
第一节 施工通风·····	270	三、辅助坑道断面设计及支护原则·····	364
一、作业环境的卫生标准·····	270	第二节 横洞、平行导坑设计·····	364
二、通风方式与布置·····	270		
三、风量计算·····	272		
四、风压计算·····	278		
五、设备选择·····	280		
第二节 防尘防毒·····	291		

一、横洞、平行导坑断面的选拟	364	第三节 地震力	481
二、横洞设计	365	一、计算假定	481
三、平行导坑设计	367	二、地震力分类及计算	481
四、平巷交岔点设计	367	第四节 地震区隧道设计	483
第三节 斜井、竖井设计	367	一、隧道设计	483
一、斜井、竖井位置的选择	367	二、拱形明洞设计	485
二、斜井设计	370	三、棚洞设计	485
三、竖井设计	378	第五节 地震区隧道洞门设计	486
四、井下洞室设计	396	一、设防措施	486
第四节 辅助坑道的处理	399	二、洞门设计	486
第十五章 滑坡、溶洞、瓦斯地层和膨胀性		第十八章 隧道施工组织设计	487
围岩隧道设计	400	第一节 施工组织设计的基本原则	487
第一节 滑坡地层隧道设计	400	第二节 施工组织设计的内容	488
一、滑坡推力计算	400	一、概述	488
二、滑坡的综合整治措施	409	二、施工准备工作	488
三、工程实例	415	三、施工方法	488
第二节 岩溶处理	426	四、施工组织设计图	488
一、岩溶发育的条件	426	五、洞口施工场地平面布置图	488
二、岩溶对隧道工程的影响	427	六、临时房屋	490
三、工程治理措施	427	七、其它措施	490
第三节 含瓦斯煤系地层隧道设计	440	八、附表	490
一、含瓦斯煤系地层的特征	440	第三节 施工方法与施工进度	491
二、坑道中瓦斯的检测	441	一、施工方法的选择原则	491
三、瓦斯等级及允许浓度	442	二、选择施工方法应注意的问题	491
四、瓦斯的防治	442	三、施工方法及程序	491
五、煤尘	442	四、隧道平均月成洞参考指标	506
六、瓦斯涌出量及施工通风风量计算	443	第四节 施工组织设计图	510
七、含瓦斯煤系地层隧道设计、施工要点	444	一、编制施工组织设计图的基本原则	510
第四节 膨胀性围岩隧道设计	444	二、施工组织设计图的编制	510
一、膨胀性围岩的类型和特性	444	三、编制施工进度计划图	511
二、膨胀性围岩物理力学指标和判别标准	444	四、实例一	516
三、膨胀性围岩隧道设计、施工原则	446	五、实例二	516
四、膨胀性围岩隧道施工要点	447	第五节 施工组织设计有关指标	520
第十六章 黄土、多年冻土地区隧道设计	451	一、劳动力用量	520
第一节 黄土地区隧道设计	451	二、材料用量	521
一、黄土地区分布情况	451	三、水、电用量	521
二、黄土的特征	451	四、施工机械台班用量	522
三、黄土地区隧道设计	452	第十九章 隧道改建	525
四、黄土隧道洞门设计要求	458	第一节 隧道改建设计的基本资料	525
五、黄土隧道设计、施工注意事项	458	一、调查和收集设计资料的主要内容	525
第二节 多年冻土地区隧道设计	458	二、关于我国铁路隧道衬砌标准设计的 简要资料	526
一、多年冻土的分类与分布	459	第二节 隧道改建方案	529
二、多年冻土的工程地质特征	460	一、改建方案	529
三、多年冻土地区隧道设计	469	二、选择改建方案时应注意的问题	532
第十七章 地震区隧道设计	475	第三节 隧道改建的结构处理和设计	533
第一节 地震对隧道的影晌和设计烈度	475	一、隧道改建时围岩压力的计算	533
一、地震对隧道的影晌	475	二、衬砌裂缝的分析	534
二、设计烈度	475	三、衬砌裂缝处理与结构加固	535
第二节 抗震设计规定	477	四、拆除旧衬砌,重建新衬砌	537
一、隧道抗震设计规定	477	五、采用预制构件补建隧道衬砌	539
二、挡土墙抗震设计规定	479	六、落底和整治道床时的线路临时支承	540
		七、整治隧道翻浆冒泥的新材料	543

第四节 改建施工临时行车限界与施工车架.....	543	第一节 空气压缩机.....	650
一、临时行车限界.....	543	一、3~9m ³ /min低压小型活塞式空气压缩机.....	650
二、脚手架及车架的实例.....	543	二、10~100m ³ /min低压活塞式空气压缩机.....	650
第二十章 结构构件设计与计算	546	第二节 凿岩机械与辅助设备.....	650
第一节 混凝土和砖石结构.....	546	一、凿岩机械.....	650
一、按破坏阶段设计.....	546	二、凿岩辅助设备.....	654
二、按容许应力设计.....	548	第三节 装载运输机械.....	659
三、构造要求.....	548	一、装岩机械.....	659
第二节 钢筋混凝土结构.....	549	二、装载机械.....	665
一、按破坏阶段设计.....	549	三、转载机械设备.....	666
二、按容许应力设计.....	556	四、运输机械.....	666
三、构造要求.....	563	第四节 牵引机车.....	676
第三节 钢结构.....	567	一、窄轨蓄电池式电机车.....	676
一、计算数据.....	567	二、窄轨内燃机车.....	676
二、构件计算(按容许应力).....	568	三、充电用整流设备.....	676
三、连接计算.....	571	第五节 支护机械设备.....	679
四、构造要求.....	577	一、锚杆机及注眼器.....	679
五、轻型钢结构的若干规定.....	578	二、混凝土喷射机、灌浆机及喷浆机.....	683
第四节 木结构.....	584	三、混凝土衬砌机械.....	683
一、计算数据.....	584	四、其它辅助设备.....	687
二、构件计算(按容许应力).....	584	第六节 提绞设备.....	693
第二十一章 工程材料	587	一、提升机与提升绞车.....	693
第一节 混凝土.....	587	二、提升容器.....	693
一、水泥.....	587	第七节 掘进机及挖掘机.....	704
二、砂.....	596	一、部分断面巷道掘进机.....	704
三、石.....	596	二、全断面隧道掘进机.....	704
四、水泥砂浆和砌体.....	597	三、单斗挖掘机.....	704
五、混凝土.....	598	第八节 抽水机械.....	704
六、水泥砂浆锚杆及喷射混凝土.....	606	一、常用离心式清水泵.....	704
第二节 石料.....	607	二、离心式杂质泵.....	704
一、隧道工程常用石料的规格.....	607	三、离心式吊泵.....	710
二、石料的物理力学指标.....	607	四、潜入式离心水泵.....	710
第三节 木材.....	608	第九节 变压器及发电机.....	714
一、普通锯材的分类和规格.....	608	一、中小型三相电力变压器.....	714
二、电杆、桩木、坑木的规格和质量要求.....	608	二、矿用三相电力变压器.....	714
三、木材材质标准.....	608	三、隔爆型移动变电站.....	716
四、常用木材容许应力和弹性模量.....	609	四、发电机组.....	716
五、枕木.....	610	第二十三章 隧道工程环境保护	720
第四节 钢材.....	612	第一节 隧道工程各设计阶段环境保护要求.....	720
一、钢筋.....	612	一、可行性研究阶段.....	721
二、中空钢.....	614	二、勘测设计阶段.....	726
三、角钢.....	615	三、施工阶段.....	728
四、工字钢.....	621	第二节 隧道工程环境保护措施.....	728
五、热轧普通槽钢.....	624	一、生态环境的保护.....	728
六、钢轨.....	625	二、环境污染防治.....	729
七、钢板.....	631	三、弃碴处理.....	732
八、钢管.....	634	第二十四章 窄轨铁路隧道	733
九、钢丝绳.....	636	第一节 一般规定.....	733
十、螺栓.....	642	一、轨距.....	733
十一、螺母.....	646	二、适用范围.....	733
第二十二章 机械设备	650		

三、线路等级.....	733	二、常用截面的力学特征.....	742
四、列车最高行车速度.....	733	三、常用材料重度.....	746
五、平面及纵断面.....	733	四、隧道洞门仰坡开挖体积计算.....	747
六、外轨超高.....	734	五、静定梁内力计算公式.....	750
七、衬砌、洞门及其它.....	735	六、超静定梁内力计算公式.....	755
第二节 现行限界标准及曲线加宽.....	735	七、刚架内力计算公式.....	761
一、762mm轨距铁路限界标准.....	735	八、无铰等截面圆拱内力计算.....	773
二、600mm和900mm轨距铁路限界标准.....	736	九、弹性地基梁系数.....	774
三、1000mm轨距铁路限界标准	736	十、制图标准摘编.....	776
四、曲线隧道断面加宽.....	736	十一、工程地质、水文地质图例符号.....	777
第二十五章 附录.....	740	十二、法定计量单位.....	787
一、数学公式.....	740	十三、《铁路隧道工程质量评定验收标准》TBJ417—87的有关规定	790

第一章 隧道勘测设计原则

第一节 隧道线路平面、纵断面设计

一、隧道线路平面设计

(一) 《铁路隧道设计规范》TBJ3-85(以下简称《隧规》)第2.3.1条规定:“隧道内的线路宜设计为直线。如因地形、地质等条件限制必须设为曲线时,宜采用较大的曲线半径,且以设在洞口附近为宜,在隧道内不宜设置反向曲线。”以利施工、运营及养护。

隧道以外线路曲线接近洞口时,在不恶化线路的条件下,应尽量使“缓直点”至洞口距离不小于22m,以避免洞门及洞口衬砌加宽。

在限于地形、地质条件,隧道内必须设置反向曲线时,宜尽量使用较长的夹直线,夹直线长度不宜小于44m,以避免受两端曲线的影响而重叠加宽。

(二) 在蒸汽、内燃机车牵引线路上,长度在1.5km或2.0km左右的隧道,要尽可能地考虑常年风向对隧道通风的影响,有助于改善隧道自然通风条件。

(三) 对于有可能伸入车站且地质条件较差的隧道,为减少施工困难、优化车站作业条件,应尽量采取其它工程措施避免站线进入隧道。当难以避免时,应结合地形、地质、站内作业要求、技术经济等条件,据以研究分修、并修等衬砌结构设计方

案。

(四) 位于复线铁路预留二线地段,长度在1.5km左右或以上的隧道,可采取分期建设投资时,根据1986年《隧道分期建设设计方案汇编》资料,在地形、地质、隧道长度、衬砌类型、辅助坑道、运营通风等条件全部相同的情况下,与双线隧道一次建成方案得出比较结果为:采用“燕尾式(喇叭口)地段一次建成洞内分修方案”为最经济、合理(隧道越长越经济),如图1-1-1平面所示;其次为“隧道两线分修,线间距20~30m,缓建2线方案”,如图1-1-2断面所示;再次为“隧道连拱并修缓建2线方案”,如图1-1-3断面所示。可供借鉴。

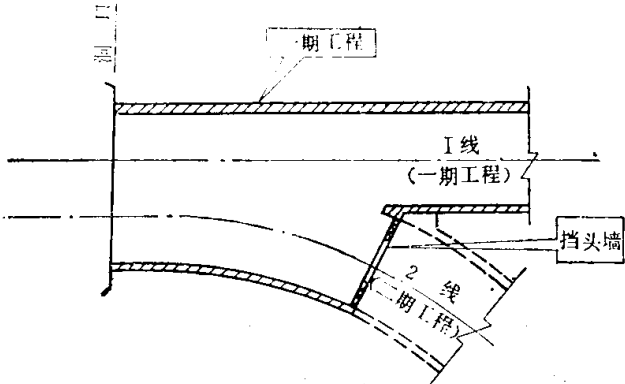


图 1-1-1

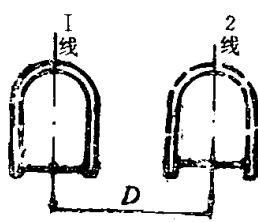


图 1-1-2

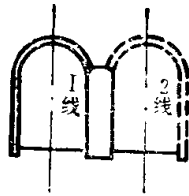


图 1-1-3

二、隧道线路纵断面设计

(一) 洞口路肩最低高程

按《隧规》第2.3.3条规定:“当隧道洞口位于滨河可能被洪水淹没地带、水库回水影响范围或受山洪威胁地段,其路肩高程,应高出设计水位加波浪侵袭高度和壅水高度至少0.5m。设计水位的洪水频率标准 I、II 级铁路为1/100, III 级铁路为1/50。若观测洪水(包括调查可靠的有重现可能的历史洪水)高于上述设计洪水频率标准时,则应按观测洪水设计,但当观测洪水的频率在 I、II 级铁路超过1/300, III 级铁路超过1/100时,则分别采用1/300和1/100设计”。

设计水位的确定尚应考虑由于弃碴影响而导致河床抬高的因素。

(二) 隧道纵向坡度设置的规定

1. 《隧规》第2.3.2条规定:“隧道内的坡道可设置为单面坡道或人字坡道,地下水发育的长隧道宜用人字坡。”

单面坡有利于紧坡地段争取高度及长隧道运营通风;人字坡有利于施工排水及出碴运输,但不利于运营通风。

“隧道纵向坡度不宜小于3‰,在寒冷及严寒地区地下水发育的隧道宜适当加大坡度。”(最冷月的平均温度在-5℃以上者为温和地区;-5~-15℃者为寒冷地区;-15℃以下者为严寒地区)。

2. “隧道内尽可能设计为长坡段。当隧道位于两端货物列车以接近计算速度运行的凸形纵断面的分坡平段,允许坡段长缩短至200m。”

隧道一般不应设在平坡道上;如必须设置平坡段时,其洞内排水沟底部应有不小于1‰的坡度。

3. 隧道内线路纵断面最大设计坡度应符合《铁路线路设计规范》GBJ90-85(以下简称《线规》)第二章第二节有关规定。

(三) 隧道坡度折减

1. 采用各种牵引种类的铁路,位于长大坡道上长度大于400m的隧道,其坡度不得大于最大坡度乘以表1-1-1系数所得的数值。

位于曲线地段的隧道，应先进行隧道折减，再进行曲线减缓。

各种牵引种类的隧道内线路
最大坡度系数 表 1-1-1

隧道长度 (m)	电力牵引	内燃牵引	蒸汽牵引	
			单机牵引	双机牵引
401~1000	0.95	0.90	0.90	0.85
1001~4000	0.90	0.80	0.80	0.75
>4000	0.85	0.75	0.70	0.65

注：① 电力或内燃牵引时，最大坡度系数不分单、双机牵引，也不分单、双线隧道。
② 蒸汽牵引的双线隧道内线路最大坡度系数，单、双机牵引均采用单机牵引数值。

2. 内燃、蒸汽牵引的铁路，列车通过隧道的最低速度要求如表1-1-2。
3. 内燃、蒸汽牵引的铁路还应检算列车进入隧道的速度，如低于表1-1-2规定时，应在洞外设计加速缓坡。

内燃、蒸汽牵引列车通过隧道的
最低速度 V_s (km/h) 表 1-1-2

隧道长度 (m)	牵引种类	蒸汽牵引		内燃牵引
		单线隧道单机牵引，双线隧道单、双机牵引	单线隧道双机牵引	
≤400		计算速度	计算速度	计算速度
401~1000		25 (但不小于计算速度)	30	计算速度
1001~4000		30	35	25
>4000		35	40	25

注：蒸汽牵引的列车在相邻两隧道间走行不足30s时，应作为一个隧道长度选取通过速度。如按走行距离计，可取表1-1-3的数值。

相邻隧道作为一个隧道选取通过
速度的隧道间最大距离(m) 表 1-1-3

作为一个隧道的长度(m)	单线隧道单机牵引，双线隧道单、双机牵引				单线隧道双机牵引			
	前进	非德	建设	解放	前进	非德	建设	解放
≤400	208	183	225	125	208	183	225	125
401~1000	208	208	225	208	250	250	250	250
1001~4000	250	250	250	250	292	292	292	292
>4000	292				333			

如图1-1-4所示，设置加速缓坡后，应使牵引货物列车机车头部到达隧道低端洞口C点时，列车速度达到表1-1-2所列的 V_s 值。

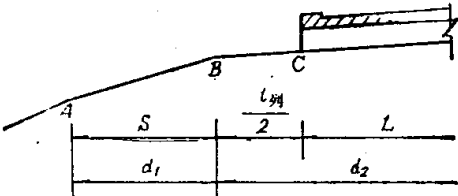


图 1-1-4 隧道加速缓坡示意图

L —隧道全长； $\frac{l_{列}}{2}$ —半个远期货物列车长；
 d_1 —(s)加速缓坡范围；
 d_2 — $(\frac{l_{列}}{2} + L)$ 隧道坡度折减范围。

如图1-1-5所示，若列车通过第二隧道的最低速度 $V_{s(2)}$ 要求大于通过第一隧道的最低速度 $V_{s(1)}$ 时，则第二隧道的加速缓坡按其需要伸入第一隧道。为减少设计坡段，也可将第二隧道的加速缓坡占用AB段全长，使两个加速缓坡衔接起来，此时第一隧道的坡度应先按本隧道的需要折减，然后再减去为将列车速度自 $V_{s(1)}$ 提高到 $V_{s(2)}$ 的加速缓坡减缓值。

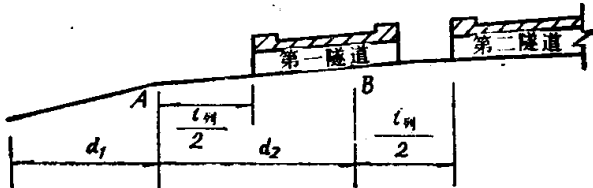


图 1-1-5 隧道毗连时的加速缓坡示意图

d_1 —第一隧道加速缓坡范围；
 d_2 —第二隧道加速缓坡范围。

若 $V_{s(2)}$ 小于 $V_{s(1)}$ 时，则仅需设计第一隧道的洞前加速缓坡，两隧道间露天地段的坡度与第二隧道的线路坡度相同。

(四) 隧道内竖曲线的设置要求

1. 当 I、II 级铁路相邻坡段的坡度代数差大于3‰、III级铁路大于4‰时，应以竖曲线连接。竖曲线的半径在 I、II 级铁路为10000m，III级铁路为5000m。竖曲线不应与缓和曲线重叠。
2. 竖曲线的几何要素如图1-1-6。

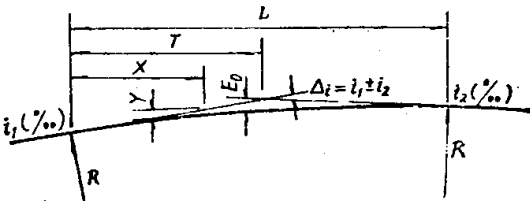


图 1-1-6 竖曲线的几何要素

3. 竖曲线几何要素计算式

(1) 切线长度，m； $T = \frac{R}{2000} \Delta i$ (1-1-1)

(2) 半个竖曲线长度, m; $\frac{1}{2}L \approx T$ (1-1-2)

(3) 竖曲线纵距, m; $y \approx \frac{x^2}{2R}$ (1-1-3)

(4) 竖曲线外距, m; $E_0 = \frac{T^2}{2R}$ (1-1-4)

(5) 竖曲线高程, m; $H = h \pm y$ (1-1-5)

式中 Δ_i ——两相邻坡段的坡度代数差;
 R ——竖曲线半径, m;
 x ——竖曲线横距, m;
 h ——计算点的坡度线高程, m;
 y ——竖曲线上计算点的纵距, m; 凹形竖曲线取“+”号, 凸形竖曲线取“-”号。

4. 两相邻坡段的坡度代数差 Δ_i 的半个竖曲线长度 $L/2$ 见表1-1-4。

半个竖曲线长度 表 1-1-4

Δ_i (‰)	$L/2$ (m)		Δ_i (‰)	$L/2$ (m)	
	$R=10000$	$R=5000$		$R=10000$	$R=5000$
4	20	10	18	90	45
5	25	12.5	19	95	47.5
6	30	15	20	100	50
7	35	17.5	21	105	52.5
8	40	20	22	110	55
9	45	22.5	23	115	57.5
10	50	25	24	120	60
11	55	27.5	25	125	62.5
12	60	30	26	130	65
13	65	32.5	27	135	67.5
14	70	35	28	140	70
15	75	37.5	29	145	72.5
16	80	40	30	150	75
17	85	42.5			

注: 当 $R=10000$ m 时 $L=5\Delta_i$
 $R=5000$ m 时 $L=2.5\Delta_i$

5. 竖曲线纵横距关系值见表1-1-5。
表中 x 值按水平距离计, y 值为垂直 x 的竖向数值。

(五) 隧道线路纵断面设计注意事项

- 1. 在接近需要或确定需要设置机械通风的隧道, 当有条件时, 纵坡宜放缓一些, 以提高列车速度, 有利于运营通风。
- 2. 隧道地区若有较大的常年恒风向, 当条件许可时, 宜尽量将洞身的上坡方向设计与常年恒风

竖曲线纵横距关系值 表 1-1-5

x (m)	y (mm)		x (m)	y (mm)	
	$R=10000$ m	$R=5000$ m		$R=10000$ m	$R=5000$ m
1	0.05	0.1	31	48.05	96.1
2	0.20	0.4	32	51.20	102.4
3	0.45	0.9	33	54.45	108.9
4	0.80	1.6	34	57.80	115.6
5	1.25	2.5	35	61.25	122.5
6	1.80	3.6	36	64.80	129.6
7	2.45	4.9	37	68.45	136.9
8	3.20	6.4	38	72.20	144.4
9	4.05	8.1	39	76.05	152.1
10	5.00	10.0	40	80.00	160.0
11	6.05	12.1	41	84.05	168.1
12	7.20	14.4	42	88.20	176.4
13	8.45	16.9	43	92.45	184.9
14	9.80	19.6	44	96.80	193.6
15	11.25	22.5	45	101.25	202.5
16	12.80	25.6	46	105.80	211.6
17	14.45	28.9	47	110.45	220.9
18	16.20	32.4	48	115.20	230.4
19	18.05	36.1	49	120.05	240.1
20	20.00	40.0	50	125.00	250.0
21	22.05	44.1	51	130.05	260.1
22	24.20	48.4	52	135.20	270.4
23	26.45	52.9	53	140.45	280.9
24	28.80	57.6	54	145.80	291.6
25	31.25	62.5	55	151.25	302.5
26	33.80	67.6	56	156.80	313.6
27	36.45	72.9	57	162.45	324.9
28	39.20	78.4	58	168.20	336.4
29	42.05	84.1	59	174.05	348.1
30	45.00	90.0	60	180.00	360.0

向相同或接近, 以利洞内排出有害气体, 避免或减少机械通风需克服逆风的不利影响。

3. 在蒸汽、内燃牵引的线路上位于车站附近的隧道, 当出站进洞为上坡时, 列车进洞速度应不

小于表1-1-2规定速度。当出洞进站为上坡时，应尽量减少通风时间。

4. 在设置整体道床的隧道内，应尽可能避免在整体道床地段设置竖曲线，以利施工和养护。

第二节 隧道位置的选择

隧道工程对线路技术条件、工程造价、施工工期等都起着控制作用。因此，在铁路勘测设计中，如何正确地选好隧道线路，是一个十分重要的课题。

隧道方案的选定，受地形、工程地质、水文地质、线路技术条件、施工机具及技术水平、工期、运营养护要求以及工程和运营费用等多种因素的影响，其它如辅助坑道及运营通风的设置条件、施工场地、弃碴处理、运输便道的利用及引入等因素亦存在不同程度的影响。

要选择好隧道线路位置，一般说来，主要应对沿线的地形、地质作详尽的了解，充分掌握这两方面的资料，认识它们之间的内在联系，分清主次，统筹研究，处理好近期与远期、隧道工程与其它工程的关系，就可选择出较为理想的隧道线路位置和恰当的隧道进出口位置。

一、地形条件与隧道位置的选择

隧道位置的选择，一般受地形条件的制约。就地形条件而言，可分为越岭隧道与河谷傍山隧道两大类（有时沿河绕行太远，也须考虑取直越岭方案）。

(一) 越岭隧道

越岭线路的特点是要克服很大的高差，线路长

度和平面位置又取决于线路纵坡。因此，选择越岭隧道位置时，应综合分析，慎重比选。

越岭隧道主要应解决的问题是：垭口的选择、过岭高程的确定、垭口两侧线路展线方案的布局，其三者是相互联系又相互影响的。如何处理好三者之间的关系相当重要。因此，要全面考虑垭口的位置、高程、地形条件、地质情况和不同的洞外展线方式，方能做好方案的比选工作。

1. 地形与隧道平面位置的选择

垭口是选定越岭隧道线路方案的控制点。因此，应根据线路走向及地形条件选择可供越岭的垭口，一般应以线路顺直（接近航空方向），隧道长度最短的垭口作为越岭隧道方案比选的基础。对于稍远离或远离线路航空方向的垭口，如果该垭口高程较低、山梁较薄、地质情况较好并有良好引线或展线条件的越岭隧道方案，均不能轻易放弃并应经过周密地调查研究，对有比选价值的垭口和沟谷进行方案比较。

如图1-2-1 (a)、(b) 所示为沙木拉打越岭长隧道的方案比选平、纵断面示意，在越西~泸沽两控制点间，在线路航空方向及其附近，共找到*1、*2、*3、*4四个垭口，可作为越岭隧道位置的比选方案。除*1垭口高程较低外，其余三个垭口高程与泸沽的高差达700m，各方案线路沿河谷顺坡而

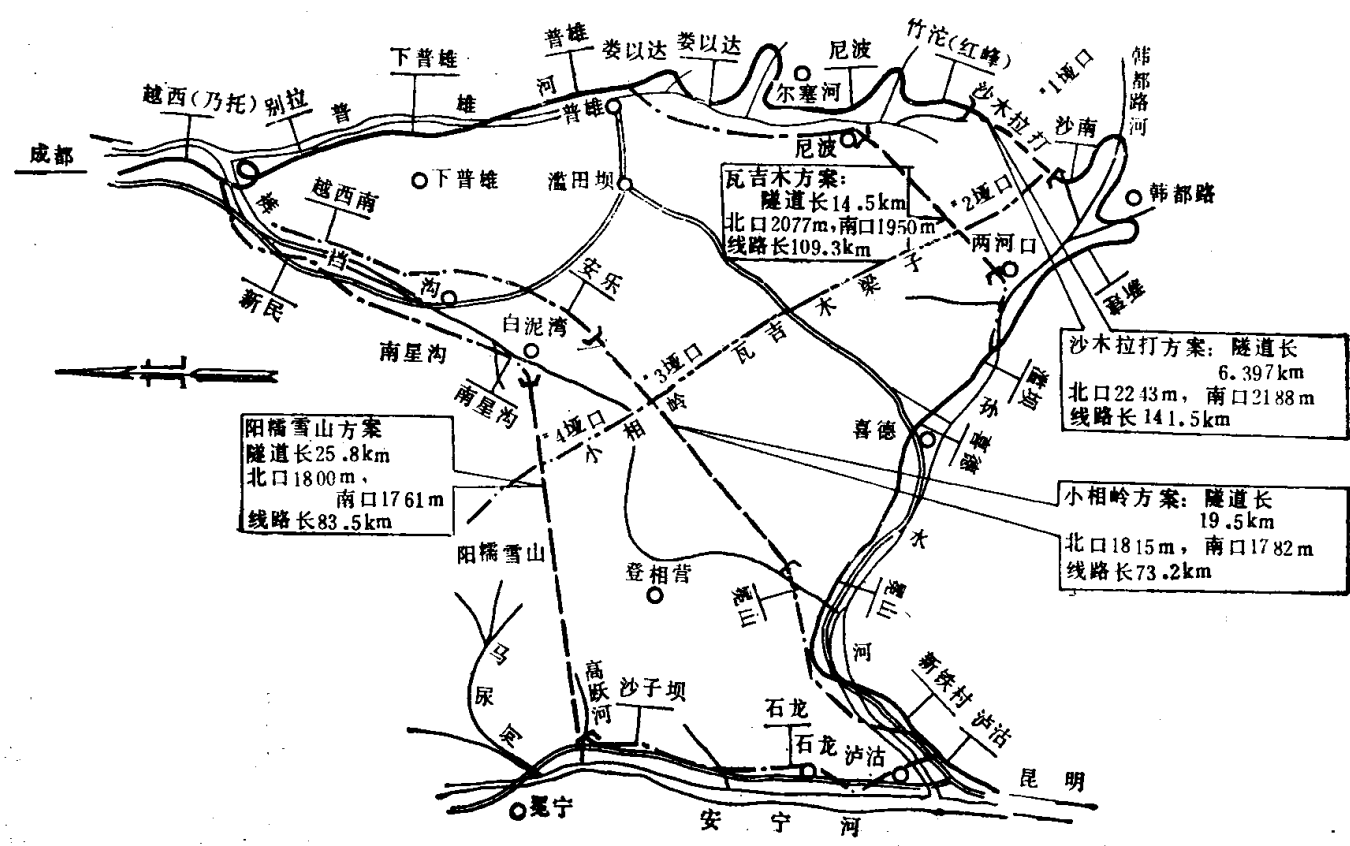


图 1-2-1 (a) 平面

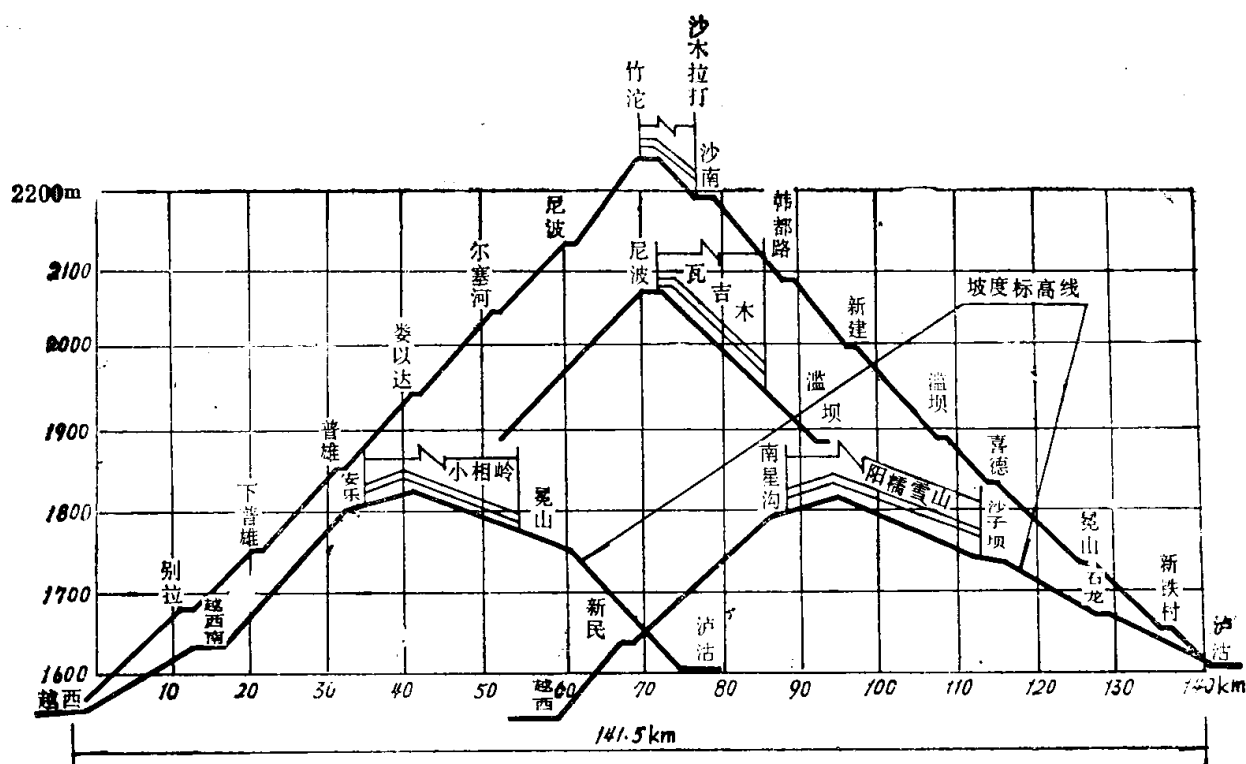


图 1-2-1 (b) 纵断面

下，地势开阔，都有展线条件。通过比选，*3垭口最靠近航空方向，线路长度最短，其越岭隧道长度为19.5km；*4垭口稍偏离航空方向，越岭隧道最长为25.8km，其造价最高；*2垭口偏离航空方向稍远，其越岭隧道长度为14.5km，两端引线工程较大；*1垭口线路较长，但越岭隧道最短，仅为6.379km，就当时技术条件及施工工期等因素，经综合比选后，确定采用*1垭口越岭隧道方案。

2. 地形与隧道立面位置的选择

在同一个垭口越岭时，可以按不同的隧道线路高程，定出几个不同长度的越岭隧道方案。其一般规律是：当隧道洞口高程高时，隧道长度短，要求线路拔起高度大，因而展线长，导致两端引线工程增大，运营养护条件较差。若降低越岭高程可减少展线和缩短线路长度，减少拔起高度，改善运营条件，但越岭隧道长度则相应地增长。

图1-2-2所示，系穿越冕山山脉分水岭的越岭

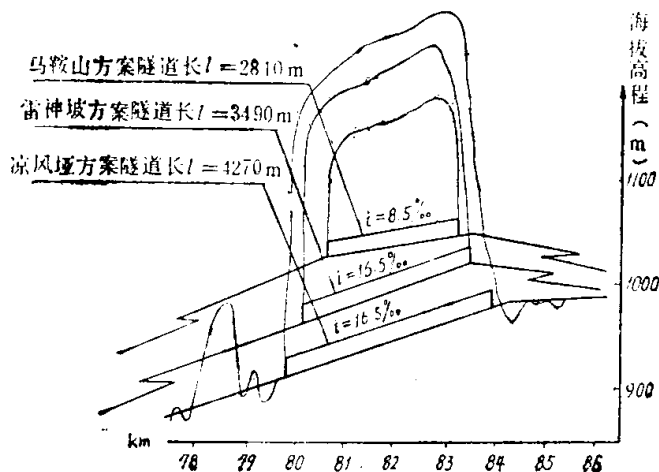


图 1-2-2

隧道选线实例。

凉风垭垭口地形陡峻，山梁薄，分水岭两侧地面高差较大。根据地形及分水岭两侧沟谷等具体情况，在不同高程位置上选择了三个主要方案：马鞍山方案越岭隧道长2810m，洞口位置最高，隧道最短，线路拔起高度最大，展线最长，运营条件相对亦较差；雷神坡方案越岭隧道长3490m，其高程较马鞍山方案为低，线路条件亦有所改善；凉风垭方案越岭隧道长4270m，越岭高程较上两方案均低，线路顺直，展线最短，但越岭隧道最长，在两控制点比较段之间，隧道总长及其它工程较少，总造价也低，与马鞍山方案相比较，越岭高程降低达96m，线路长度缩短14.7km，并避开了一段岩溶地区，经比选后采用了越岭隧道最长的凉风垭方案。

综上所述，拟定隧道穿越分水岭时的高程是越岭线路选择中的一个重要环节。随着我国隧道设计与施工技术水平和施工机械化程度的逐步提高，为使铁路运量满足和适应国民经济发展的需要，在技术可行、经济合理的条件下，应充分认识越岭长隧道方案的优越性，并可通过慎重比选确定。

(二) 沿河、傍山隧道

在沿河、傍山选线时，由于受地形条件的限制，线路平面位置可移动的范围不大。由于沿线河道水流冲刷，河床下切以及地质条件等因素影响，常遇到崩塌、落石、滑坡、坍岸、泥石流等不良地质。如采用隧道及其它工程设施相结合，即可增大线路的自由度，提高线路避免或克服上述不良地质的适应能力。此时应根据地形、地质条件对沿河傍山的隧道群与靠山内移修建长隧道的各种可行方案进行比选，以求得技术可行、经济合理、便于施工

的线路方案。

1. 裁弯取直隧道

河曲地段，沟谷发育，山嘴山洼交错，线路沿河蜿蜒，往往线路增长，桥隧毗邻，工程量大，运营条件差，并常伴有一些不良地质病害工程的出现。若裁弯取直以隧道方案通过，则线路顺直，工程单一，运营条件好。当遇此情况选择隧道位置时，应对沿河绕行短隧道群方案与裁弯取直的长隧道方案进行技术、经济多方案比选确定。

在成昆线，采用裁弯取直、线路内移、加长隧道的方案较多，包括短隧道群改为长隧道的有25处，长约83km，约占线路全长的8%。图1-2-3所示，为裁弯取直的关村坝隧道选线实例。

关村坝隧道位于金口河至道林子间，原设计沿大渡河绕行，线路迂迥长达16.6km，其间有隧道8座总长4.2km（最长的隧道不足2km），大中桥2座共长124m，土石方 $2.15 \times 10^6 \text{m}^3$ ，还通过枕头坝至中坪溪长达8km的不良地质地段，且要占用不少农田，因而研究了裁弯取直作长隧道的方案。经过比选，采用了现行6107m长的关村坝隧道方案。裁弯取直后与绕行方案相比，计缩短线路10.1km，减少了25个弯道和车站一处，避开了不良地质地段，占用农田显著减少，工程单一，还可节约大量运营费，为安全行车创造了良好条件。

又如衡广复线坪石至乐昌之间，于1987年5月通车的大瑶山双线隧道，全长14.3km，位于南岭山脉南麓圆螺角至永济桥弓形河湾处，如图1-2-4所示。既有单线铁路坪石至乐昌线路全长53.2km，沿武水东岸依山傍水蜿蜒而行，河谷狭窄，两岸坡陡，冲沟发育，共有曲线130个，占该段线路长度的64.7%，其中半径小于400m的曲线65个，占该段线路长度的32.8%，最小半径229m，路基防护

工程已占该段的1/3以上，每年雨季路基病害仍在不断发生，还有13.14km线路低于设计洪水位，技术标准低，通过能力小，为京广铁路南段的控制区段。

为不干扰既有铁路运营，妥善解决铁路线与水库争地的矛盾，做了考虑预留水库裁弯取直的长隧道方案和不考虑水库多次跨河的沿河线方案，并对单、双线以及不同坡度等各种方案进行比选。由于沿河线路曲线多，隧道成群，隧道与挡墙相连，施工互相干扰，洞口偏压、斜交，接长明洞等工程量亦大，且因沿河傍山地质复杂，要通过四处滑坡、2.2km顺层及鹅公岱错落群等不良地质地段，鉴于上述情况，在增建复线时，经过全面比选，采用了裁弯取直的大瑶山隧道方案，线路较沿河线短11km，减少车站4个，线路顺直，运营费省，洞身地质条件好，有利于施工，保存了武水峡谷水库水利资源和航运条件，避免了施工运营干扰和弃碴对武水河道的淤塞。其缺点是运营通风困难，本段复线需提早电化，致使初期工程费用有所增加。

又如宝成线略阳站以南云峻山隧道至灵岩寺隧道间，既有线路长2.4km，原修建隧道750m/7座，通车后逐年增建至1012m/9座，同时还增建了大量的山坡和河岸防护工程；因1981年水害，出现滑坡201.5m/2处，河岸冲刷58m/1处，危岩落石及桥涵堵孔漫道等病害，又新建明洞599m/7座，共计处理沿线病害全长1871m。如当初以2000m长隧道方案通过，既缩短线路又改善平面条件，总投资省，安全度高。水害整治中也曾考虑此方案，终因在既有线上投资较大，废弃工程多而未予选用，但可供借鉴。

2. 沿河傍山隧道

沿河傍山线路靠河时，往往出现桥隧相连，隧

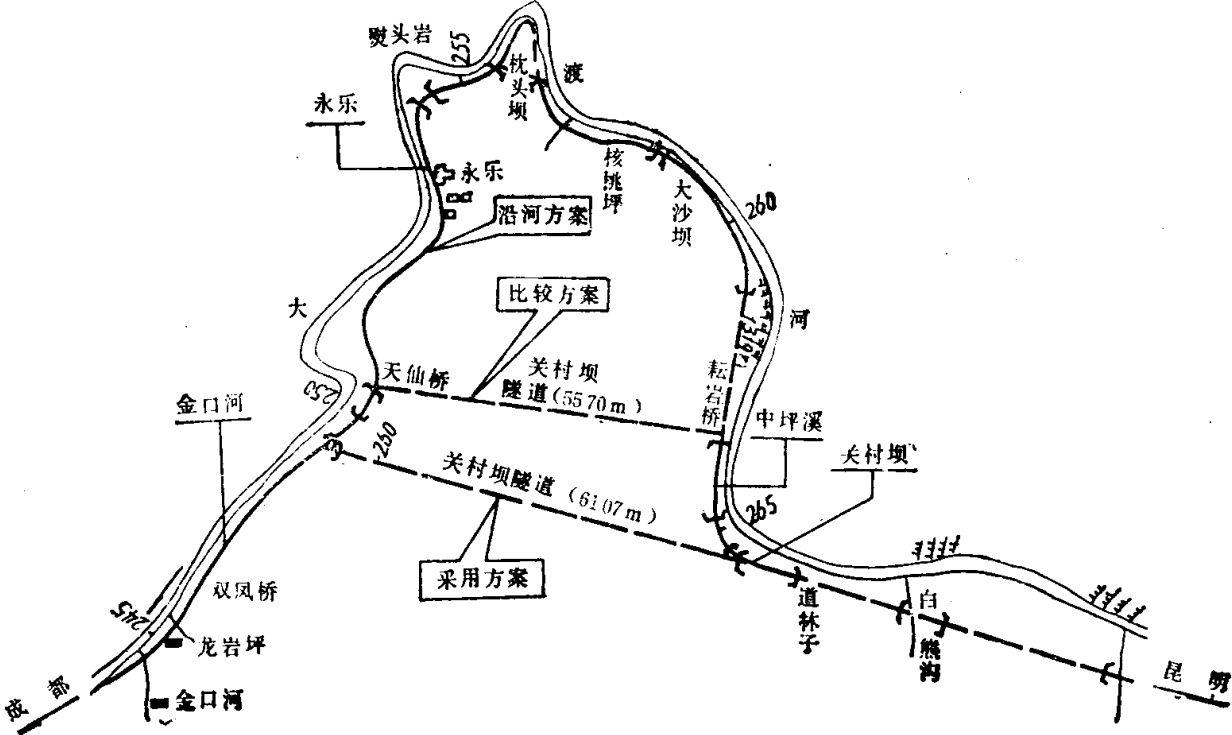


图 1-2-3 关村坝隧道平面示意图

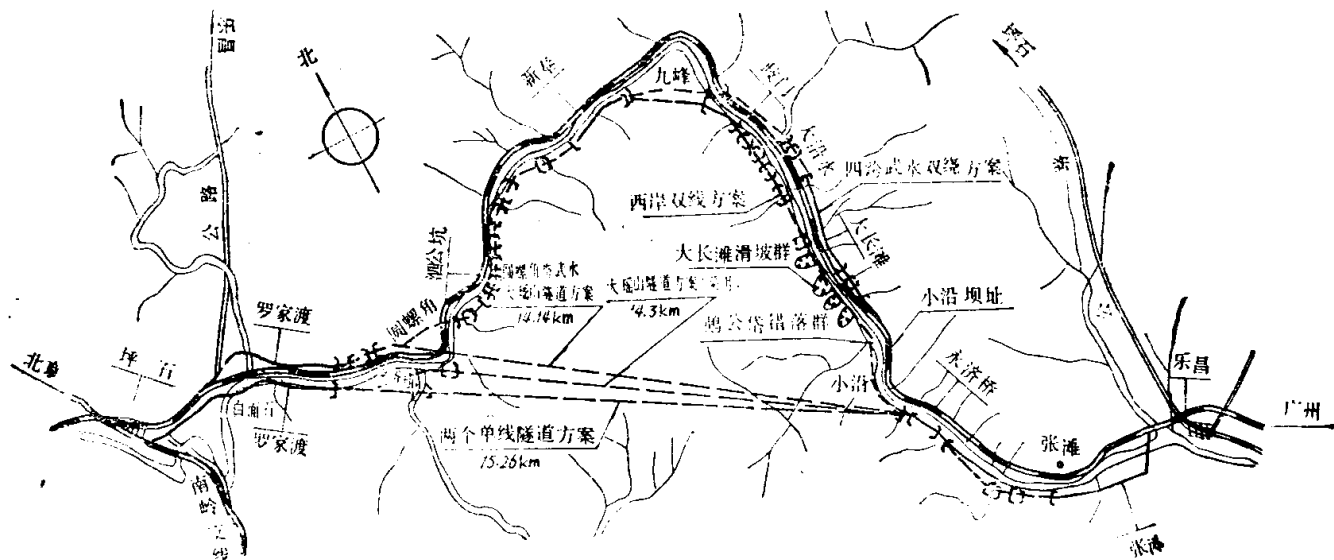


图 1-2-4 大瑶山隧道方案平面示意图

道短、桥梁高，路基工程大，且隧道洞壁薄，多偏压，施工时常有坍塌露天之虞，各类工程施工相互干扰大；若线路内移，则桥梁可相应缩短，桥高降低，各类工程施工干扰减少，但可能出现路基高边坡防护工程。

如成昆线大火夹至柳田坝段，沿大渡河峡谷而行，地形陡峻，并有断续的悬岩峭壁，原拟短隧道群通过，则线路挂在岩边，上有落石、下有冲刷，上下均有病害隐患，桥隧相连，在1km多范围内有隧道0.77km/7座，大桥2座，小桥8座，挡墙5处，洞门多、工程类别复杂，施工便道与正线工程干扰，危岩落石难于处理，运营安全不易保证。经比较后采用线路内移方案，避开了不良地质地段。内移后的线路有隧道1.297km/2座，小桥涵4座，挡墙1处，线路顺直，施工干扰小，运营安全。

当线路沿河傍山，线路坡度较为自由时，如在不太宽的河段上，桥也不太高时，应尽量采用反复跨河交替利用左右岸有利地质、地形条件的方案，藉以绕避不良地质和减小隧道工程。这种反复跨河“避难就易”的方案效果很好，如在成昆线南段龙川河上阿南庄至龙骨甸段的11km范围内，跨河10处之多，既避开左右岸地质病害工点和含盐地层地段，又使洞身位置相对优越，隧道长度相应减少，取得了良好的效果。

二、地质条件与隧道位置的选择

无论是越岭线路或沿河傍山线路，在选择隧道位置时，都应力求选择在地质构造简单，岩性较好的稳固地层中通过。尽量避免通过断层、崩坍、滑坡、流砂、溶洞、陷穴以及偏压显著、地下水丰富等地质不良地段，当绕避有困难时，应尽量采取必要的工程措施。

(一) 单斜构造与隧道位置的选择

单斜构造是指成层的岩层向一个方向倾斜的地质构造。常见的工程地质问题为不均匀的地层压力、偏压、顺层滑动等现象，故隧道中线以垂直走

向穿越最为有利。按岩层的倾角不同，可分为三种情况：

1. 水平或缓倾角岩层

如图1-2-5所示，当隧道通过坚硬的厚层岩层时，较为稳定。若通过很薄的岩层，则施工时顶部易产生掉块现象，此时，以不透水的坚硬岩层作顶板为最好。

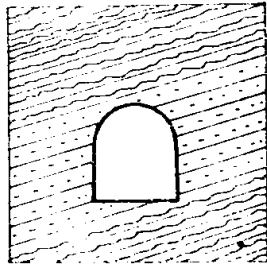


图 1-2-5

2. 陡倾角岩层

陡倾角岩层一般有偏压和不均匀压力存在，当有软弱夹层伴有有害节理切割时，易产生坍方和顺层滑动。在此情况下，如以明洞通过时应慎重对待。隧道开挖虽处于约束状态，但当开挖造成临空后，洞壁如有两组及以上结构软弱面或节理裂隙为有害组合时，亦同样将引起较大偏压或顺层坍滑。

当隧道中线可能沿两种不同岩性的岩层走向通过时，应避免将隧道置于两种不同的岩层软弱构造（破碎）带，如图1-2-6 (a) 所示；而宜将隧道置于岩性较好的单一岩层中，如图1-2-6 (b)。

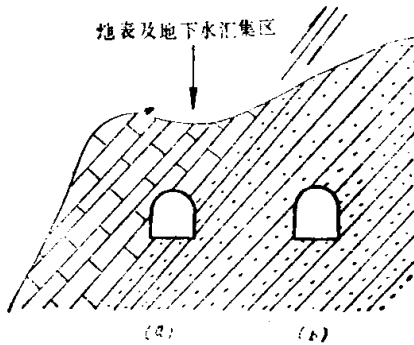


图 1-2-6

3. 直立岩层

隧道通过直立岩层时，其中线宜垂直于岩层的走向穿过，如图1-2-7所示。如隧道中线与岩层走向一致时，如前所述，仍应避免不同岩层接触带。尤应注意的是：当层状岩层较薄，并有软弱夹层，伴有微量地下水活动时，亦可产生不对称压力，在隧道开挖过程中，易产生坍塌（如图1-2-8所示），甚至会导致大的坍方，致使地面形成“天窗”，在选择隧道位置时应予重视。

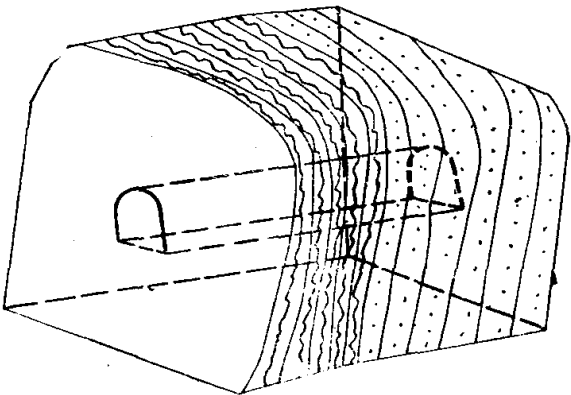


图 1-2-7



图 1-2-8

(二) 褶皱构造与隧道位置的选择

褶皱构造有向斜和背斜两种基本类型，当隧道通过褶皱构造时，应尽量避免将隧道置于向斜或背斜的轴部。如图1-2-9(a)、(b)，而应将隧道置于翼部，如图1-2-9(c)，则隧道所处的地质条件类似单斜构造。因背斜或向斜的轴部岩层均比翼部破碎，节理裂隙发育，施工时有坍塌之虞。当对隧道通过向斜和背斜轴部作比较时，则背斜较向斜略好，若向斜轴部处于含水层中，洞身开挖所出现的涌水及坍塌将比背斜严重。

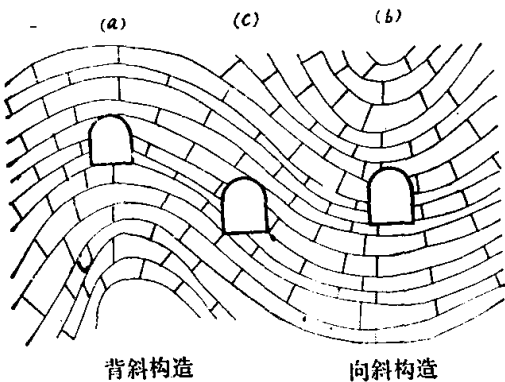


图 1-2-9

(三) 断裂构造、接触带与隧道位置的选择

断裂构造及不同岩层的接触带，其裂隙发育，并有被挤压呈破碎的块碎石角砾及断层泥存在，地下水量也较大，常呈突水涌出，一般在该处开挖隧道易产生坍塌，会给施工带来一定的困难，同时地层压力变化较大，衬砌结构亦难处置。因此，在选择隧道位置时，切忌沿着（或靠近平行）断层带或破碎带修建隧道，如图1-2-10所示，特别对于区域性大断裂，尤应注意绕避。当隧道线路必须通过断层带时，应尽量使线路与断层走向正交，如图1-2-11所示，同时应避免严重破碎带，并使通过断层的地段最短。

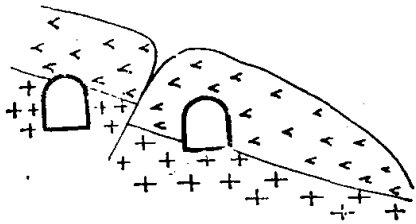


图 1-2-10

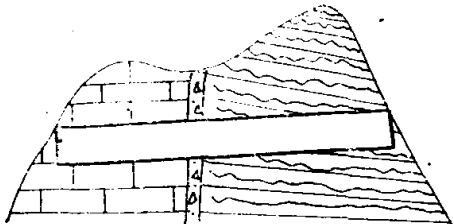


图 1-2-11

三、不良地质和特殊地质地区隧道位置的选择

(一) 不良地质地区隧道位置的选择

不良地质系指滑坡、错落、崩坍、岩堆、危岩、落石、岩溶、陷穴、泥石流、流砂、断层、褶皱、涌水及第四纪堆积层等不良地段。如线路难以绕避或绕避而有害于线路的总体性时，在技术条件许可和经济合理的条件下，亦可因地制宜地采取相应工程措施通过。

对各种不良、特殊地质地区的整治措施和结构形式，另详见有关章节，此处仅就有关隧道通过上述地区时的危害情况及隧道位置选择中应注意的事项分述于后。

1. 滑坡地区隧道位置的选择

在山区修建铁路隧道时，经常遇到滑坡，它给施工、运营可能造成极大危害，因此，当隧道线路必须通过滑坡地段时，应慎重对待。

(1) 采用隧道避开滑坡时，应使隧道洞身埋藏在滑床（可能的滑动面）以下一定厚度的稳固地层中，如图1-2-12所示，以确保施工及运营过程中滑坡滑动时不致影响隧道安全。

当隧道通过古滑坡体时，应充分预计到不致因施工开挖和运营中人为因素导致古滑坡体的复活。

(2) 当隧道或明洞必须通过滑坡体时，应在查明滑坡的成因、性质、类型、构造的基础上，采取上部减载、下部支挡、抗滑桩（墙）、地表及地下