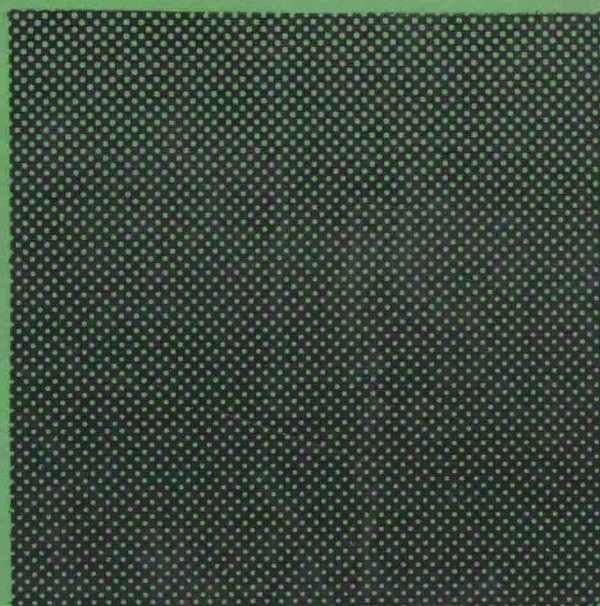


铁路工程设计技术手册

# 隧道

TIELU GONGCHENG SHEJI JISHU SHOUC



● 中国铁道出版社



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

1995年·北京

(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、[邝国能]、屈庆耕             |
| 第四章<br>第一~三节<br>第四节之一~四<br>第四节之五<br>第四节之六<br>第四节之七<br>第四节之八 | 专院<br>专院<br>一院<br>四院<br>专院<br>西南交大 | 李汶京、孙集灼<br>李汶京<br>谢家杰<br>李栋材、郭中岳<br>李汶京<br>范文田 | 范文田、邹永尧<br><br><br><br>吴维 |
| 第五章<br>第一、二、三、五、六节<br>第四节                                   | 铁建所<br>北方交大                        | 赵子荣<br>张弥                                      | 莫君政、关宝树                   |
| 第六章<br>第一、二节<br>第三节   | 西科所                                | 朱桂兰、茅伟才、高尔洋<br>茅伟才                             | 林蔚深、莫君政                   |
| 第七章   | 二院                                 | 毛遵训、韩武钰  | 邹永尧、姚成惠、韩武钰               |
| 第八章   | 一院                                 | 谢家杰、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、谢家杰  | 莫君政                       |

续上表

| 章 节                                    | 编写单位                  | 编 写                                  | 审 定                                  |
|--|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 第十一章<br>第一~五节<br>第六、七节<br>第八节          | 三院<br>专院<br>二院        | 姚以德、王泉<br>姚源道                        | 贾满仓、 <u>李士敏</u> 、李钦贵                 |
| 第十二章<br>第一节<br>第二节                     | 隧道局                   | 崔云雷、董含饴<br>陆茂成、崔云雷                   | 毛遵训                                  |
| 第十三章<br>第一、二、五、六节<br>第三节<br>第四节<br>第七节 | 二院                    | 毛遵训<br>毛遵训、张开鑫<br>郑廷全<br>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<br>第一节<br>第二节<br>第三节<br>第四节       | 二院<br>二院<br>二院<br>铁建所 | 汪开曹、杨常伯<br>傅宗剑<br>王晓莉、郑廷全、董含饴<br>赵子荣 | 林蔚深<br><br>张开鑫<br>关宝树                |
| 第十六章<br><br>第一节<br>第二节                 | 兰院<br>三院              | 潘昌实<br>陈相君、王泉                        | 谢家然、贾满仓、孙集灼<br>李钦贵、屈庆耕<br>谢家然<br>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>邴国能</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、韩武征                          | 韩武征                                  |
| 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                                  | 未禄                                   |
| 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

# 目 录

|   |    |                               |    |
|---|----|-------------------------------|----|
| <b>第一章 隧道勘测设计原则</b> .....                   | 1  | 四、偏压隧道围岩压力的确定.....            | 42 |
| <b>第一节 隧道线路平面、纵断面设计</b> .....               | 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  | <b>第四章 隧道衬砌设计及计算</b> .....    | 47 |
| <b>第二节 隧道位置的选择</b> .....                    | 4  | <b>第一节 一般规定与数据</b> .....      | 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<br>的选择.....               | 8  | 三、回填要求.....                   | 47 |
| <b>第三节 隧道洞口位置的选择</b> .....                  | 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 |
| <b>第四节 相邻隧道最小间距的确定</b> .....                | 13 | <b>第二节 衬砌类型</b> .....         | 48 |
| <b>第五节 隧道线路方案的经济比较</b> .....                | 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 | <b>第三节 衬砌基本尺寸拟定</b> .....     | 50 |
| 三、动态分析计算比较.....                             | 15 | 一、衬砌内轮廓.....                  | 50 |
| <b>第二章 隧道限界</b> .....                       | 16 | 二、衬砌外轮廓与轴线等尺寸计算.....          | 52 |
| <b>第一节 现行限界标准及曲线加宽</b> .....                | 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<br>车辆限界.....              | 16 | <b>第四节 衬砌内力计算</b> .....       | 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 |
| <b>第二节 电气化铁路隧道中接触网与限界<br/>    的关系</b> ..... | 21 | 三、直墙式衬砌.....                  | 61 |
| 一、接触网悬挂的类型及其在隧道内安<br>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<br>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 |
| <b>第三章 隧道围岩分类及围岩压力</b> .....                | 26 | 七、仰拱.....                     | 71 |
| <b>第一节 围岩分类</b> .....                       | 26 | 八、圆形衬砌.....                   | 76 |
| 一、铁路隧道围岩分类.....                             | 26 | <b>第五章 复合式衬砌、锚喷衬砌设计</b> ..... | 82 |
| 二、国内其它围岩分类方法.....                           | 29 | <b>第一节 一般规定</b> .....         | 82 |
| 三、铁路隧道围岩分类与其它分类的相<br>互关系.....               | 33 | 一、适用范围.....                   | 82 |
| <b>第二节 隧道围岩的物理力学指标</b> .....                | 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 |
| <b>第三节 围岩分类与支护参数</b> .....                  | 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 | <b>第二节 初期支护设计</b> .....       | 86 |
| <b>第四节 围岩压力及确定方法</b> .....                  | 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 | <b>第三节 二次衬砌设计</b> .....       | 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<br>施.....   | 98 |
|   |    | 四、防水层设计要求.....                | 99 |
|   |    | <b>第四节 复合式衬砌计算</b> .....      | 99 |

|                        |     |                       |     |
|------------------------|-----|-----------------------|-----|
| 一、复合式衬砌计算原则            | 99  | 一、单跨拱形明洞              | 151 |
| 二、复合式衬砌计算的数值方法         | 100 | 二、双跨拱形明洞              | 168 |
| 三、复合式衬砌计算的特征曲线法        | 110 | 三、深基础拱形明洞             | 171 |
| <b>第五节 现场量测和反馈分析</b>   | 113 | <b>第八章 棚洞设计及计算</b>    | 173 |
| 一、现场量测的意义和量测计划         | 113 | 第一节 一般规定              | 173 |
| 二、现场量测的目的和量测项目         | 113 | 一、适用条件                | 173 |
| 三、观察                   | 113 | 二、回填要求                | 173 |
| 四、量测手段                 | 114 | 三、结构设计                | 173 |
| 五、布置量测断面和测点,确定量测频率     | 116 | 四、建筑材料                | 174 |
| 六、量测数据的处理、应用和围岩稳定性判断   | 117 | 五、基础处理                | 174 |
| <b>第六节 支护及衬砌质量检查</b>   | 119 | 第二节 棚洞类型              | 175 |
| 一、原材料的检查               | 119 | 一、单线铁路棚洞              | 175 |
| 二、锚杆质量检查               | 120 | 二、双线铁路棚洞              | 178 |
| 三、喷射混凝土质量检查            | 120 | 三、三线铁路棚洞              | 178 |
| 四、初期支护外观及隧道衬砌断面尺寸的检验   | 121 | 第三节 棚洞荷载              | 178 |
| 五、二次衬砌质量检验             | 121 | 一、荷载种类                | 178 |
| <b>第六章 围岩预加固及预支护设计</b> | 123 | 二、荷载计算                | 178 |
| 第一节 锚喷预加固设计            | 123 | 第四节 棚洞内力计算            | 178 |
| 一、锚喷预加固类型及适用条件         | 123 | 一、结构计算图式              | 178 |
| 二、锚喷预加固经验参数            | 123 | 二、计算公式                | 179 |
| 三、锚喷预加固信息化设计           | 124 | 第五节 棚洞的特殊结构形式         | 185 |
| 四、锚喷预加固施工实例            | 125 | 一、结构形式及应用             | 185 |
| <b>第二节 预支护设计</b>       | 127 | 二、特殊基础的处理             | 191 |
| 一、预支护类型及适用条件           | 127 | <b>第九章 洞门设计及计算</b>    | 194 |
| 二、预支护设计                | 127 | 第一节 洞门设计一般规定          | 194 |
| 三、预支护施工监测              | 129 | 一、洞门设计原则              | 194 |
| 四、预支护施工实例              | 130 | 二、一般规定                | 194 |
| 五、预支护施工主要机具设备          | 131 | 第二节 洞门及检查设备类型         | 195 |
| <b>第三节 注浆预加固设计</b>     | 131 | 一、洞门类型                | 195 |
| 一、适用条件                 | 131 | 二、检查设备类型              | 195 |
| 二、注浆加固范围的确定            | 131 | 第三节 洞门端墙及挡(翼)墙计算      | 199 |
| 三、注浆段长的确定和注浆孔布置        | 134 | 一、检算要求及设计参数           | 199 |
| 四、注浆压力设计               | 136 | 二、计算方法                | 200 |
| 五、注浆量计算                | 136 | 三、稳定性和强度检算            | 204 |
| 六、注浆材料选择和配合比设计         | 136 | <b>第十章 洞内轨道及附属构筑物</b> | 205 |
| 七、注浆结束标准和注浆效果评定        | 139 | 第一节 洞内轨道              | 205 |
| 八、注浆机具设备               | 139 | 一、一般规定                | 205 |
| <b>第七章 拱形明洞设计及计算</b>   | 141 | 二、碎石道床                | 206 |
| 第一节 一般规定               | 141 | 三、混凝土宽枕道床             | 206 |
| 一、适用条件                 | 141 | 四、整体道床                | 206 |
| 二、回填要求                 | 141 | 五、混凝土板式道床             | 209 |
| 三、结构构造要求               | 141 | 第二节 下锚区段衬砌            | 209 |
| 四、建筑材料                 | 142 | 一、一般规定                | 209 |
| 第二节 明洞类型及适用条件          | 142 | 二、下锚区段布置形式            | 211 |
| 一、一般铁路拱形明洞类型及适用条件      | 142 | 三、下锚区段衬砌设置规定          | 212 |
| 二、特殊结构及特殊基础明洞          | 142 | 四、绝缘梯车洞               | 212 |
| 第三节 明洞荷载               | 146 | 第三节 避车洞               | 213 |
| 一、荷载种类                 | 146 | 一、设置规定及要求             | 213 |
| 二、荷载计算                 | 146 | 二、避车洞衬砌类型             | 214 |
| 第四节 拱形明洞内力计算           | 151 | 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 | <b>第十三章 隧道运营通风</b> | 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 |
| <b>第十一章 防水和排水</b>     | 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  |     |
| 二、洞内排水沟               | 234 | 机                  | 320 |
| 三、隧道衬砌背后的排水设施         | 234 | 五、常用电机说明及技术参数表     | 328 |
| 四、泄水洞                 | 239 | 第五节 风道设计原则、风道洞门、风机 |     |
| 第五节 寒冷和严寒地区洞内排水       | 240 | 房及其它有关设计、施工参考资料    |     |
| 一、保温水沟                | 240 | 料                  | 332 |
| 二、中心深埋水沟              | 242 | 一、风道设计原则           | 332 |
| 三、防寒泄水洞               | 244 | 二、风道洞门布置及结构形式参考图   | 333 |
| 四、配套排水设备              | 245 | 三、风机房平面、断面及设备示例图   | 333 |
| 第六节 洞内防水              | 246 | 四、帘幕设计             | 333 |
| 一、压注水泥浆及化学浆液          | 246 | 五、估算参考资料           | 338 |
| 二、防水混凝土               | 251 | 第六节 附表             | 346 |
| 三、衬砌各类缝隙防水            | 254 | 一、常用通风计算算式一览表      | 346 |
| 四、外贴式防水层              | 257 | 二、单位换算表            | 349 |
| 五、内贴式防水层              | 257 | 三、风力等级表            | 350 |
| 六、复合式衬砌中间防水层          | 258 | 四、气温、气湿、气压的推算      | 351 |
| 第七节 混凝土圬工抗侵蚀措施        | 259 | 五、单线铁路隧道净空面积、湿周、当  |     |
| 一、环境水对混凝土侵蚀类型         | 259 | 量直径                | 351 |
| 二、侵蚀性地下水对圬工的侵蚀过程      | 263 | 六、摩擦阻力与局部阻力系数      | 351 |
| 三、混凝土抗侵蚀措施            | 263 | 第七节 射流风机通风         | 356 |
| 第八节 参考资料——防水材料简介      | 264 | 一、概述               | 356 |
| 一、防水卷材                | 264 | 二、射流风机通风计算         | 356 |
| 二、防水涂料                | 265 | 三、风机的布置            | 359 |
| 三、密封材料                | 266 | 四、射流风机的性能规格        | 359 |
| 四、注浆材料                | 268 | 五、射流风机的安装、运用控制及其它  | 361 |
| <b>第十二章 施工通风及防尘防毒</b> | 270 | 六、结语               | 362 |
| 第一节 施工通风              | 270 | <b>第十四章 辅助坑道</b>   | 363 |
| 一、作业环境的卫生标准           | 270 | 第一节 辅助坑道的选择        | 363 |
| 二、通风方式与布置             | 270 | 一、辅助坑道的作用、类型及其适用条  |     |
| 三、风量计算                | 272 | 件                  | 363 |
| 四、风压计算                | 278 | 二、选择辅助坑道方案的主要考虑因素  | 363 |
| 五、设备选择                | 280 | 三、辅助坑道断面设计及支护原则    | 364 |
| 第二节 防尘防毒              | 291 | 第二节 横洞、平行导坑设计      | 364 |



|                                  |     |                           |     |
|----------------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 一、横洞、平行导坑断面的选择                   | 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 |
| <b>第十五章 滑坡、溶洞、瓦斯地层和膨胀性围岩隧道设计</b> | 400 | <b>第十八章 隧道施工组织设计</b>      | 487 |
| 第一节 滑坡地层隧道设计                     | 400 | 第一节 施工组织设计的基本原则           | 487 |
| 一、滑坡推力计算                         | 400 | 第二节 施工组织设计的内容             | 488 |
| 二、滑坡的综合整治措施                      | 409 | 一、概述                      | 488 |
| 三、工程实例                           | 415 | 二、施工准备工作                  | 488 |
| 第二节 岩溶处理                         | 426 | 三、施工方法                    | 488 |
| 一、岩溶发育的条件                        | 426 | 四、施工组织设计图                 | 488 |
| 二、岩溶对隧道工程的影响                     | 427 | 五、洞口施工场地平面布置图             | 488 |
| 三、工程治理措施                         | 427 | 六、临时房屋                    | 490 |
| 第三节 含瓦斯煤系地层隧道设计                  | 440 | 七、其它措施                    | 490 |
| 一、含瓦斯煤系地层的特征                     | 440 | 八、附表                      | 490 |
| 二、坑道中瓦斯的检测                       | 441 | 第三节 施工方法与施工进度             | 491 |
| 三、瓦斯等级及允许浓度                      | 442 | 一、施工方法的选择原则               | 491 |
| 四、瓦斯的防治                          | 442 | 二、选择施工方法应注意的问题            | 491 |
| 五、煤尘                             | 442 | 三、施工方法及程序                 | 491 |
| 六、瓦斯涌出量及施工通风风量计算                 | 443 | 四、隧道平均月成洞参考指标             | 506 |
| 七、含瓦斯煤系地层隧道设计、施工要点               | 444 | 第四节 施工组织设计图               | 510 |
| 第四节 膨胀性围岩隧道设计                    | 444 | 一、编制施工组织设计图的基本原则          | 510 |
| 一、膨胀性围岩的类型和特性                    | 444 | 二、施工组织设计图的编制              | 510 |
| 二、膨胀性围岩物理力学指标和判别标准               | 444 | 三、编制施工进度计划图               | 511 |
| 三、膨胀性围岩隧道设计、施工原则                 | 446 | 四、实例一                     | 516 |
| 四、膨胀性围岩隧道施工要点                    | 447 | 五、实例二                     | 516 |
| <b>第十六章 黄土、多年冻土地区隧道设计</b>        | 451 | 第五节 施工组织设计有关指标            | 520 |
| 第一节 黄土地区隧道设计                     | 451 | 一、劳动力用量                   | 520 |
| 一、黄土地区分布情况                       | 451 | 二、材料用量                    | 521 |
| 二、黄土的特征                          | 451 | 三、水、电用量                   | 521 |
| 三、黄土地区隧道设计                       | 452 | 四、施工机械台班用量                | 522 |
| 四、黄土隧道洞门设计要求                     | 458 | <b>第十九章 隧道改建</b>          | 525 |
| 五、黄土隧道设计、施工注意事项                  | 458 | 第一节 隧道改建设计的基本资料           | 525 |
| 第二节 多年冻土地区隧道设计                   | 458 | 一、调查和收集设计资料的主要内容          | 525 |
| 一、多年冻土的分类与分布                     | 459 | 二、关于我国铁路隧道衬砌标准设计的<br>简要资料 | 526 |
| 二、多年冻土的工程地质特征                    | 460 | 第二节 隧道改建方案                | 529 |
| 三、多年冻土地区隧道设计                     | 469 | 一、改建方案                    | 529 |
| <b>第十七章 地震区隧道设计</b>              | 475 | 二、选择改建方案时应注意的问题           | 532 |
| 第一节 地震对隧道的影响和设计烈度                | 475 | 第三节 隧道改建的结构处理和设计          | 533 |
| 一、地震对隧道的影响                       | 475 | 一、隧道改建时围岩压力的计算            | 533 |
| 二、设计烈度                           | 475 | 二、衬砌裂缝的分析                 | 534 |
| 第二节 抗震设计规定                       | 477 | 三、衬砌裂缝处理与结构加固             | 535 |
| 一、隧道抗震设计规定                       | 477 | 四、拆除旧衬砌,重建新衬砌             | 537 |
| 二、挡土墙抗震设计规定                      | 479 | 五、采用预制构件补建隧道衬砌            | 539 |
|                                  |     | 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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /min低压活塞式空气压缩机 | 650 |
| <b>第二十章 结构构件设计与计算</b> | 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、锚杆机及注水器                             | 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 |
| <b>第二十一章 工程材料</b>     | 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 | <b>第二十三章 隧道工程环境保护</b>                 | 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 | <b>第二十四章 窄轨铁路隧道</b>                   | 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                                | 739 |
| <b>第二十二章 机械设备</b>     | 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.....                        | 781 |
| 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。

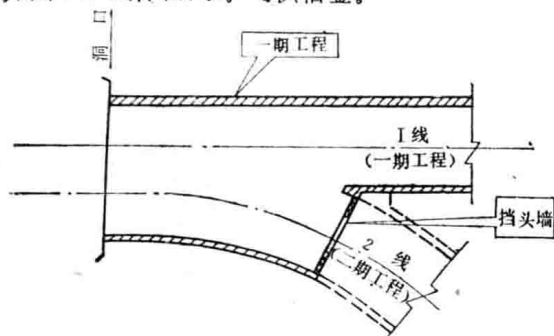


图 1-1-1

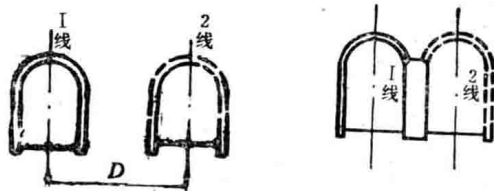


图 1-1-2

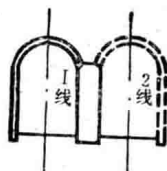


图 1-1-3

### 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，再进行曲线减坡。

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<br>(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<br>(m) | 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<br>(但不小于<br>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行走不足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<br>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。

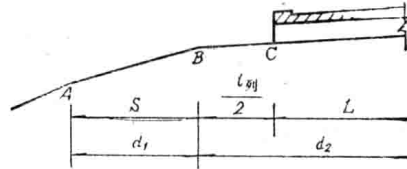


图 1-1-4 隧道加速缓坡示意图

$L$ —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 $V_{s(2)}$ 的加速缓坡减坡值。

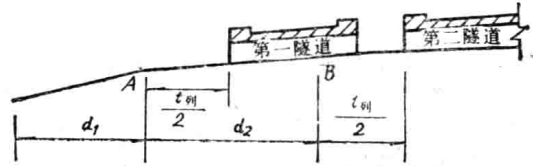


图 1-1-5 隧道毗连时的加速缓坡示意图

$d_1$ —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。

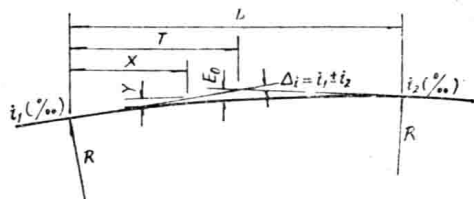


图 1-1-6 竖曲线的几何要素

#### 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  $\Delta_i$ ——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  $\Delta_i$  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

| $\Delta_i$<br>(%) | $L/2$ (m) |          | $\Delta_i$<br>(%) | $L/2$ (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  $R=10000m$  时  $L=5\Delta_i$   
 当  $R=5000m$  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

| $x$<br>(m) | $y$ (mm)   |           | $x$<br>(m) | $y$ (mm)   |           |
|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
|            | $R=10000m$ | $R=5000m$ |            | $R=10000m$ | $R=5000m$ |
| 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

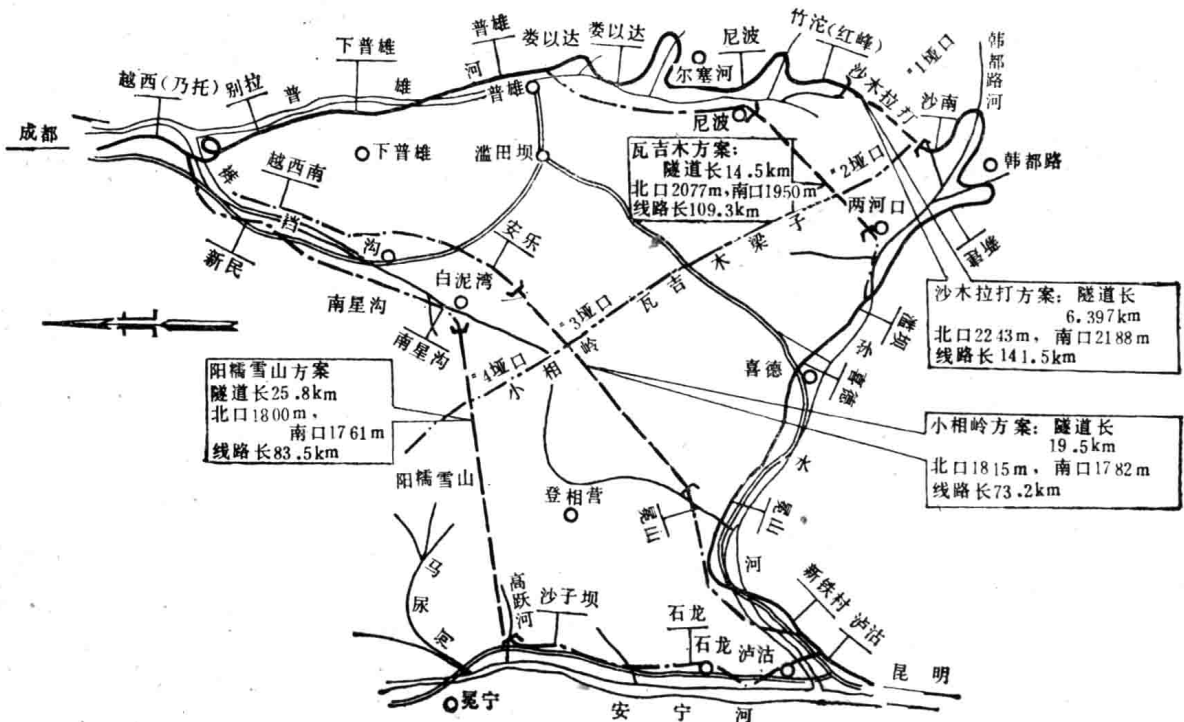


图 1-2-1 (a) 平面

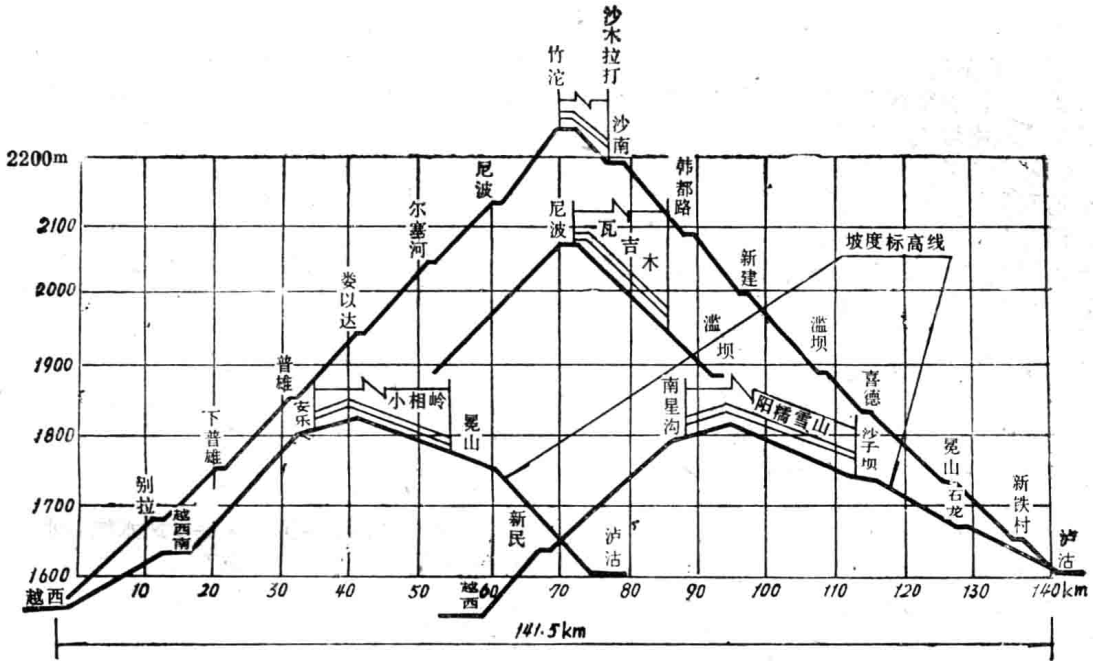


图 1-2-1 (b) 纵断面

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，系穿越娄山山脉分水岭的越岭

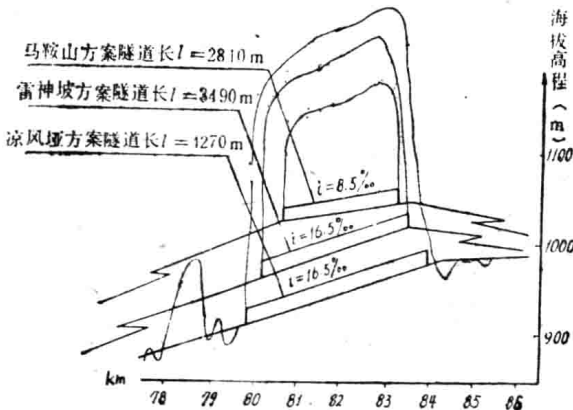


图 1-2-2

## 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，线路迂迴长达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 $2.15 \times 10^6 m^3$ ，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

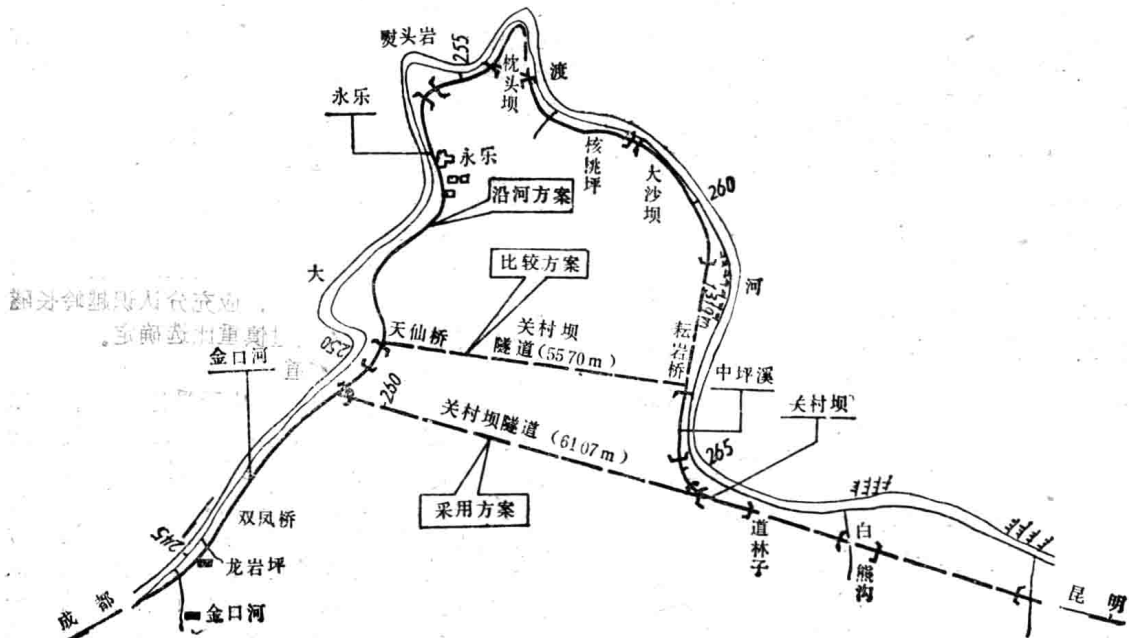


图 1-2-3 关村坝隧道平面示意图