

$K$  —— 围岩弹性抗力系数或结构安全系数;  
 $K_s$  —— 倾覆稳定系数;  
 $K_c$  —— 滑动稳定系数;  
 $m$  —— 回填土石面坡率;  
 $n$  —— 开挖边坡坡率或地面坡率;  
 $\lambda, \lambda'$  —— 侧压力系数;  
 $\alpha$  —— 材料的线膨胀系数或轴向力的偏心影响系数;  
 $\alpha_{kh}$  —— 抗剪强度影响系数;  
 $\varphi$  —— 构件的纵向弯曲系数;  
 $\omega$  —— 宽度影响系数;  
 $\mu$  —— 泊松比或回填土石与开挖边坡间的摩擦系数。

### 其 他

$N_i$  —— 各类型列车的次数;  
 $Q_i$  —— 各类型列车的质量;  
 $V_i$  —— 实测的各类型列车的速度;  
 $V_j$  —— 均方根速度;  
 $V_{max}$  —— 设计最高行车速度;  
 $\Delta t$  —— 温度变化值。

(京)新登字 063 号

铁路隧道技术规范

(合订本)

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条14号)

北京市燕山联合印刷厂印

---

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 17.5 插页: 5 字数: 428 千

1995 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 1-7000 册

---

ISBN 7-113-01613-8/TU·349 定价: 15.30 元

## 出版说明

为了适应已经到来的全国铁路建设新高潮的需要，现将现行的铁路工程建设标准规范及其条文说明按专业合订出版。这次出版的合订本计有《铁路桥涵技术规范》、《铁路隧道技术规范》、《铁路路基技术规范》和《铁路线路技术规范》四种，共包括 19 项标准规范及 2 项具有标准性质的暂行规定。其中铁路桥涵、隧道、路基、线路的设计和施工规范共 7 项，现正根据复审结论，进行局部修订，鉴于修订文本尚待审批发布，故本合订本第一版暂按未经局部修订前的条文付印出版，以适应铁路建设现场的需求。

在执行标准规范过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料寄交主编单位，并抄送铁道部建设司标准科情所（北京市朝阳区门外大街 227 号，邮政编码 100020），供以后修订时参考。

中华人民共和国铁道部标准

# 铁路隧道设计规范

TBJ3—85

主编单位：铁道部第二勘测设计院

批准部门：铁道部

施行日期：1986年7月1日

## 通 知

由我部第二勘测设计院主编的《铁路隧道设计规范》，业经审定，并于一九八五年八月二十七日以（85）铁基字 925 号文件批准为部标准，编号为 TBJ3--85，自一九八六年七月一日起施行。本规范由我部基本建设总局负责解释。

铁 道 部

一九八五年十月二十九日

## 修 订 说 明

本规范是根据铁道部(80)铁基字794号文件的通知,在铁道部1974年发布的《铁路工程技术规范·第三篇 隧道》(试行)的基础上,将其中设计部分修订而成的。我院负责主编,铁道部第一、三、四勘测设计院,专业设计院,第二工程局,隧道工程局,铁道部科学研究所和西南交通大学参加了修订工作。

在修订过程中,进行了调查研究和部分科学试验,吸取了近几年来国内外隧道工程方面的新技术及推广新奥法的经验,对原规范做了部分修改和补充,适当调整了章节条文。同时经过反复征求意见,多次审查和协调后定稿。

本规范共分十四章,另有五个附录。其主要内容包括:总则、隧道勘测、计算荷载、建筑材料、洞口及洞门、隧道衬砌、洞内轨道和附属构筑物、结构计算、辅助坑道、防排水、通风照明、隧道施工和改建等。

鉴于本规范是在原规范基础上修订的,应做而尚未进行的科研课题还很多,近年来推行新奥法及其他新的技术进展较快,长及特长的双线隧道在我国陆续出现,总结经验和积累资料还很不够,有些内容有待在今后工作中补充和完善。此外,本规范衬砌等结构计算沿用单一安全系数方法。其钢筋混凝土构件截面强度计算公式仍按国标《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74)列示,待改用以概率理论为基础的极限状态设计方法时再行修订。

在执行过程中,希各单位结合工程实践和科学研究,认真总结经验,注意积累资料。如发现需要修改和补充之处,请将意见及有关资料寄成都铁道部第二勘测设计院,并抄送北京铁道部专业设计院,供今后修订时参考。

铁道部第二勘测设计院

一九八四年十二月

## 主要符号

### 内外力、应力

$M$ ——弯矩；  
 $N$ ——轴向力；  
 $P$ ——垂直压力；  
 $Q$ ——斜截面上的最大剪力；  
 $e_i$ ——结构上任意点  $i$  的侧压力；  
 $q$ ——垂直匀布压力；  
 $\sigma$ ——基底应力。

### 材料指标

$E_h$ ——混凝土的弹性模量；  
 $R_a$ ——混凝土或砌体的抗压极限强度；  
 $R_b$ ——围岩的饱和抗压极限强度；  
 $R_g, R_g'$ ——钢筋抗拉、抗压计算强度；  
 $R_t$ ——混凝土的抗拉极限强度；  
 $R_w$ ——混凝土的弯曲抗压极限强度；  
 $Q_{sk}$ ——斜截面上受压区混凝土和箍筋的抗剪强度；  
 $\sigma$ ——弹性抗力强度；  
 $\gamma$ ——围岩容重。

### 几何特征

$a, a'$ ——自钢筋  $A_g$  或  $A_g'$  的合力点，分别到截面近边的距离；  
 $a_k$ ——单肢箍筋的截面面积；  
 $A_g, A_g'$ ——纵向受拉及纵向受压钢筋的截面面积；  
 $A_k$ ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积；  
 $A_w$ ——配置在同一弯起平面内的弯起钢筋的截面面积；

# 目 录

## I 铁路隧道设计规范 (TBJ3-85)

第一章 总 则 .....	I-1
第二章 隧道勘测 .....	I-3
第一节 调查测绘 .....	I-3
第二节 隧道位置的选择 .....	I-7
第三节 隧道线路平面及纵断面 .....	I-8
第三章 计算荷载 .....	I-10
第一节 一般规定 .....	I-10
第二节 荷载计算 .....	I-11
第四章 建筑材料 .....	I-14
第一节 一般规定 .....	I-14
第二节 性 能 .....	I-16
第五章 洞口及洞门 .....	I-20
第六章 隧道衬砌 .....	I-22
第一节 一般规定 .....	I-22
第二节 隧道衬砌 .....	I-23
第三节 明洞衬砌 .....	I-24
第四节 特殊条件下的隧道衬砌 .....	I-26
第七章 洞内轨道 .....	I-28
第八章 洞内附属构筑物 .....	I-32
第一节 避车洞 .....	I-32
第二节 电缆槽 .....	I-32
第三节 其他设备 .....	I-33
第九章 结构计算 .....	I-34
第一节 衬砌计算 .....	I-34



第二节	洞门计算.....	I — 45
第三节	构造要求.....	I — 46
第十章	辅助坑道 .....	I — 51
第一节	一般规定.....	I — 51
第二节	横洞和平行导坑.....	I — 51
第三节	斜井和竖井.....	I — 52
第十一章	防水和排水 .....	I — 56
第一节	一般规定.....	I — 56
第二节	防    水.....	I — 56
第三节	排    水.....	I — 57
第四节	洞口及明洞防排水.....	I — 58
第十二章	运营期间的通风、供电照明 .....	I — 59
第一节	运营隧道通风.....	I — 59
第二节	供电照明.....	I — 60
第十三章	隧道施工 .....	I — 62
第十四章	隧道改建 .....	I — 68
附录一	隧道围岩岩石工程分类及其性质的划分 .....	I — 71
附录二	偏压隧道衬砌设计荷载的计算方法 .....	I — 73
附录三	明洞设计荷载的计算方法 .....	I — 75
附录四	本规范所用法定计量单位与习用的非法定计量 单位的对照和换算 .....	I — 79
附录五	本规范用词说明 .....	I — 80
附加说明	.....	I — 81

I    铁路隧道设计规范条文说明

第一章	总    则 .....	I — 1
第二章	隧道勘测 .....	I — 5
第一节	调查测绘 .....	I — 5
第二节	隧道位置的选择.....	I — 18
第三节	隧道线路平面及纵断面.....	I — 23

第三章 计算荷载 .....	II - 26
第一节 一般规定 .....	II - 26
第二节 荷载计算 .....	I - 28
第四章 建筑材料 .....	II - 36
第一节 一般规定 .....	II - 36
第二节 性    能 .....	I - 39
✓第五章 洞口及洞门 .....	I - 52
✓第六章 隧道衬砌 .....	II - 58
第一节 一般规定 .....	II - 58
第二节 隧道衬砌 .....	I - 62
第三节 明洞衬砌 .....	I - 65
第四节 特殊条件下的隧道衬砌 .....	I - 71
第七章 洞内轨道 .....	II - 75
第八章 洞内附属构筑物 .....	II - 75
第一节 避车洞 .....	II - 75
第二节 电缆槽 .....	II - 76
第三节 其他设备 .....	II - 78
第九章 结构计算 .....	II - 80
第一节 衬砌计算 .....	I - 80
第二节 洞门计算 .....	I - 96
第三节 构造要求 .....	II - 97
第十章 辅助坑道 .....	II - 100
第一节 一般规定 .....	II - 100
✓第二节 横洞和平行导坑 .....	II - 104
✓第三节 斜井和竖井 .....	I - 106
第十一章 防水和排水 .....	II - 113
第一节 一般规定 .....	II - 113
第二节 防    水 .....	II - 117
第三节 排    水 .....	II - 120
第四节 洞口及明洞防排水 .....	II - 125
第十二章 运营期间的通风、供电照明 .....	II - 128

第一节 运营隧道通风 .....	Ⅰ—128
第二节 供电照明 .....	Ⅰ—142
第十三章 隧道施工 .....	Ⅱ—143
第十四章 隧道改建 .....	Ⅱ—154

## Ⅱ 铁路隧道施工规范 (TBJ204—86)

第一章 总 则 .....	Ⅱ—1
第二章 施工准备 .....	Ⅱ—3
第三章 洞口工程 .....	Ⅱ—6
第四章 施工方法 .....	Ⅱ—8
第五章 开 挖 .....	Ⅱ—11
第六章 钻眼爆破 .....	Ⅱ—14
第一节 一般规定 .....	Ⅱ—14
第二节 钻爆设计 .....	Ⅱ—15
第三节 钻爆作业 .....	Ⅱ—17
第七章 装碴运输 .....	Ⅱ—20
第八章 施工支护 .....	Ⅱ—23
第一节 一般规定 .....	Ⅱ—23
第二节 锚喷支护 .....	Ⅱ—23
第三节 构件支撑 .....	Ⅱ—25
第九章 衬 砌 .....	Ⅱ—28
第一节 一般规定 .....	Ⅱ—28
第二节 整体式和拼装式衬砌 .....	Ⅱ—29
第三节 锚喷衬砌 .....	Ⅱ—33
第四节 复合式衬砌 .....	Ⅱ—39
第十章 明 洞 .....	Ⅱ—41
第十一章 辅助坑道 .....	Ⅱ—44
第一节 一般规定 .....	Ⅱ—44
第二节 横洞与平行导坑 .....	Ⅱ—45
第三节 斜 井 .....	Ⅱ—45

第四节    竖    井.....	Ⅲ—47
第十二章    防水和排水 .....	Ⅲ—49
第十三章    机械施工 .....	Ⅲ—54
第十四章    风水电作业和通风防尘 .....	Ⅲ—56
第一节    供风和供水.....	Ⅲ—56
第二节    供电和照明.....	Ⅲ—57
第三节    通风、防尘、防有害气体.....	Ⅲ—59
第十五章    不良地质地段的隧道施工 .....	Ⅲ—62
第一节    一般规定.....	Ⅲ—62
第二节    坍    方.....	Ⅲ—64
第三节    溶    洞.....	Ⅲ—65
第四节    流    砂.....	Ⅲ—66
第五节    膨胀性围岩.....	Ⅲ—67
第十六章    整体道床和混凝土宽枕道床 .....	Ⅲ—68
第十七章    隧道改建 .....	Ⅲ—72
第一节    一般规定.....	Ⅲ—72
第二节    改建施工.....	Ⅲ—73
附录一    隧道施工方法参考图 .....	Ⅲ—75
附录二    爆破成缝试验方法 .....	Ⅲ—80
附录三    可供选用的炸药性能和光面爆破药卷规格 .....	Ⅲ—81
附录四    周边眼装药结构参考图 .....	Ⅲ—82
附录五    锚喷支护施工记录 .....	Ⅲ—83
附录六    锚喷支护有关的试验和测定方法.....	Ⅲ—85
(一) 喷混凝土强度检查试件的制作方法.....	Ⅲ—85
(二) 喷混凝土与岩面粘结力的试验方法.....	Ⅲ—85
(三) 喷混凝土实际配合比、水灰比的测定方法.....	Ⅲ—85
(四) 锚杆抗拔力的试验方法.....	Ⅲ—86
附录七    本规范所用法定计量单位与习用 的非法定计量单位对照和换算 .....	Ⅲ—88
附录八    本规范用词说明 .....	Ⅲ—89

附加说明 ..... ■ — 90

IV 铁路隧道施工规范条文说明

第一章 总 则 ..... IV — 1

第二章 施工准备 ..... IV — 3

第三章 洞口工程 ..... IV — 6

第四章 施工方法 ..... IV — 8

第五章 开 挖 ..... IV — 11

第六章 钻眼爆破 ..... IV — 15

第七章 装碴运输 ..... IV — 20

第八章 施工支护 ..... IV — 23

第九章 衬 砌 ..... IV — 28

第十章 明 洞 ..... IV — 41

第十一章 辅助坑道 ..... IV — 44

第十二章 防水和排水 ..... IV — 49

第十三章 机械施工 ..... IV — 54

第十四章 风水电作业和通风防尘 ..... IV — 56

第十五章 不良地质地段的隧道施工 ..... IV — 62

第十六章 整体道床和混凝土宽枕道床 ..... IV — 68

第十七章 隧道改建 ..... IV — 71

V 铁路隧道喷锚构筑法技术规则 (TBJ108—92)

第一章 总 则 ..... V — 1

第二章 勘 测 ..... V — 2

    第一节 一般规定 ..... V — 2

    第二节 施工前地质调查 ..... V — 2

    第三节 施工中地质调查 ..... V — 3

    第四节 环境与施工条件调查 ..... V — 4

    第五节 围岩评价与围岩分类 ..... V — 4

第三章 设 计 ..... V — 9

第一节	一般规定 .....	V-9
第二节	材 料 .....	V-10
第三节	设计方法及衬砌参数 .....	V-12
第四节	特殊地质条件下的设计 .....	V-14
第五节	初期支护设计 .....	V-16
第六节	二次衬砌设计 .....	V-18
第七节	仰拱设计 .....	V-19
第八节	防排水设计 .....	V-19
第四章	施 工 .....	V-20
第一节	一般规定 .....	V-20
第二节	开挖方式 .....	V-21
第三节	钻爆开挖 .....	V-21
第四节	喷射混凝土施工 .....	V-23
第五节	锚杆施工 .....	V-26
第六节	钢架施工 .....	V-28
第七节	辅助施工措施 .....	V-29
第八节	防水隔离层及二次衬砌施工 .....	V-30
第九节	施工防排水 .....	V-33
第五章	监控量测 .....	V-36
第一节	监控量测计划与内容 .....	V-36
第二节	监控量测作业 .....	V-37
第三节	监控量测资料的整理与反馈 .....	V-40
第六章	质量检验与竣工验收 .....	V-41
第一节	质量检验 .....	V-41
第二节	竣工验收 .....	V-43
附录	本规则用词说明 .....	V-45
附加说明	.....	V-46
	《铁路隧道喷锚构筑法技术规则》条文说明 .....	V-47

# 第一章 总 则

**第 1.0.1 条** 本规范为国家铁路网中 1435mm 标准轨距铁路山岭隧道工程设计的准则。改建既有线或增建第二线时，在满足改建后铁路设计年度输送能力的前提下，应考虑原有铁路标准，充分利用原有线路、隧道建筑物和设备，避免大拆大改。

专为工业企业服务的标准轨距铁路隧道应按国家现行的《工业企业标准轨距铁路设计规范》设计。

按本规范进行隧道设计时，尚应符合国家和铁道部现行的其他有关标准规范的规定。

地震区隧道的设计应符合国家现行的《铁路工程抗震设计规范》的规定。

**第 1.0.2 条** 各级铁路旅客列车的最高行车速度：

I 级铁路	120km/h；
II 级铁路	100km/h；
III 级铁路	80km/h。

行车速度高于 120km/h 的铁路，应在设计任务书中提出要求，其设计标准另行规定。

**第 1.0.3 条** 铁路设计年度分为近、远两期，近期为交付运营后第五年，远期为交付运营后第十年。

随着发展需要，可以逐步扩建和改建的建筑物和设备，按近期运量和运输性质确定，并考虑预留远期发展的可能。确定不易扩建或改建的建筑物和设备，按远期运量和运输性质考虑确定。

**第 1.0.4 条** 下列项目，应按设计任务书中规定办理：

1. 铁路等级；
2. 正线数目；
3. 牵引种类；

4. 要求的年输送能力。

**第 1.0.5 条** 采用电力或内燃机车牵引的技术标准设计的铁路，如设计任务书明确需用其他牵引种类过渡时，可设计过渡性建筑物和设备。

**第 1.0.6 条** 隧道按其长度分类为：

特长隧道 全长 10000m 以上；

长 隧 道 全长 3000m 以上至 10000m；

中 隧 道 全长 500m 以上至 3000m；

短 隧 道 全长 500m 及以下。

注：隧道长度系指进出口洞门端墙墙面之间的距离，即以端墙面与内轨顶面的交线同线路中线的交点计算。计算时，双线隧道以下行线为准；位于车站上的隧道以正线为准；设有通风帘幕的洞口，以帘幕洞门为准。

**第 1.0.7 条** 隧道设计要依据足够的资料，针对地形、地质、的特点，综合考虑运营和施工条件，通过技术、经济比较分析，使确定的方案、原则和建筑结构，符合安全、经济、合理、适用的要求。

**第 1.0.8 条** 新建铁路隧道的内部轮廓，应符合国家现行的《标准轨距铁路建筑限界》及远期轨道类型的规定。

位于车站上的隧道，其内部轮廓尚应符合站场设计的规定和要求。

**第 1.0.9 条** 隧道建筑物应设计为永久性的，须具有规定的强度、稳定性和耐久性。建成的隧道应能适应长期运营的需要，方便维修作业，并具有必要的安全防护和养护设施。

**第 1.0.10 条** 在隧道勘测设计中，应对隧道弃碴作妥善处理，注意节约用地，保护农田水利。

对环境保护和节约能源，应按国家的有关规定执行。

**第 1.0.11 条** 隧道建筑结构、防排水及采用的建筑材料，应考虑地区气温的影响。

注：最冷月的平均温度在  $-5^{\circ}\text{C}$  以上者为温和地区； $-5\sim-15^{\circ}\text{C}$  者为寒冷地区； $-15^{\circ}\text{C}$  以下者为严寒地区。



## 第二章 隧道勘测

### 第一节 调查测绘

**第 2.1.1 条** 隧道勘测资料是隧道工程设计的依据，应根据不同设计阶段的任务、目的和要求，针对隧道工程的特点，确定应搜集资料的内容和范围；并认真地进行调查、测绘、勘探和试验；做到搜集资料齐全、准确，满足设计要求。

**第 2.1.2 条** 隧道工程调查内容应包括：

一、自然概况：地形、地貌特征。

二、地质条件：

工程地质特征：地层、岩性及地质构造特征，着重查清地质构造变动的性质、类型、规模；断层、节理、软弱结构面特征及其与隧道的组合关系和围岩的基本物理力学性质等。

水文地质特征：地下水类型、含水层的分布范围、水量和补给关系、水质及其对混凝土的侵蚀性等。

三、影响隧道洞口安全或洞身稳定的不良地质和特殊地质现象（如崩塌、错落、岩堆、滑坡、岩溶、人为坑洞、泥石流、流砂、盐渍土、盐岩、地温、多年冻土、雪崩、冰川等），必须查明其发生、发展的原因及其类型和规模，根据其发展的趋势，判明其对隧道影响程度。

四、通过含有有害气体或有害矿体的地层时，应查明其分布范围、成份和含量。

五、地震基本烈度等级。

六、气象资料：气温、气压、风向、风速以及雨量、雪量、寒冷和严寒地区地层的冻结深度等。

七、施工条件：建筑材料及水、电可资供应情况，交通运输现状，施工场地及弃碴条件等。

**第 2.1.3 条** 隧道工程测绘应遵守下列规定：

- 一、搜集或测绘地形图、纵断面图、横断面图等，应按设计阶段的要求办理。
- 二、测绘资料的图纸内容一般要求同时反映隧道所在地的工程地质和水文地质的情況。
- 三、在隧道洞口附近（包括辅助坑道口）应按规定设置必要的平面控制点和水准点。
- 四、测绘资料应符合规定的精度要求。

**第 2.1.4 条** 对越岭的长隧道、特长隧道和工程地质、水文地质条件复杂的隧道，应进行大面积的区域性工程地质调查、测绘，并加强地质勘探和试验工作，查清区域地质构造及工程地质和水文地质条件，除按第 2.1.2 条要求搜集资料外，当地下水发育对隧道影响较大时，应进行地下水的动态勘察。

**第 2.1.5 条** 根据隧道工程地质调查、测绘和勘探、试验的成果应对隧道围岩体作出质量评价；并按表 2.1.5—1 的规定确定围岩类别；当有弹性波（纵波）速度测试数据时，亦可参照表 2.1.5—2 确定；预报隧道开挖后，可能出现坍方、滑动、膨胀、挤出、岩爆、突然涌水及瓦斯突出等的地段，并提出相应的工程措施意见。

铁路隧道围岩分类 表 2.1.5—1

类别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后的稳定状态 (单线)
	主要工程地质特征	结构特征和完整状态	
Ⅲ	硬质岩石〔饱和抗压极限强度 $R_b>60\text{MPa}$ ( $600\text{kgf/cm}^2$ )〕；受地质构造影响轻微，节理不发育，无软弱面（或夹层）；层状岩层为厚层，层间结合良好	呈巨块状整体结构	围岩稳定，无坍塌，可能产生岩爆
Ⅳ	硬质岩石〔 $R_b>30\text{MPa}$ ( $300\text{kgf/cm}^2$ )〕；受地质构造影响较重，节理较发育，有少量软弱面（或夹层）和贯通微张节理，但其产状及组合关系不致产生滑动；层状岩层为中层或厚层，层间结合一般，很少有分离现象；或为硬质岩石偶夹软质岩石	呈大块状砌体结构	暴露时间长，可能会出现局部小坍塌，侧壁稳定，层间结合差的平缓岩层，顶板易塌落
	软质岩石〔 $R_b\approx 30\text{MPa}$ ( $300\text{kgf/cm}^2$ )〕；受地质构造影响轻微，节理不发育；层状岩层为厚层，层间结合良好	呈巨块状整体结构	

续表 2.1.5—1

类别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后的稳定状态 (单线)
	主要工程地质特征	结构特征和完整状态	
Ⅱ	硬质岩石 [ $R_b > 30\text{MPa}$ ( $300\text{kgf/cm}^2$ )]：受地质构造影响严重，节理发育，有层状软弱面（或夹层），但其产状及组合关系尚不致产生滑动，层状岩层为薄层或中层，层间结合差，多有分离现象；或为硬、软质岩石互层	呈块（石）碎（石）状镶嵌结构	拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定，爆破震动过大易坍塌
	软质岩石 [ $R_b = 5$ 以上 $\sim 30\text{MPa}$ ( $50$ 以上 $\sim 300\text{kgf/cm}^2$ )]：受地质构造影响较重，节理较发育；层状岩层为薄层、中层或厚层，层间结合一般	呈大块状砌体结构	
Ⅲ	硬质岩石 [ $R_b > 30\text{MPa}$ ( $300\text{kgf/cm}^2$ )]：受地质构造影响很严重，节理很发育，层状软弱面（或夹层），已基本被破坏	呈碎石状压碎结构	拱部无支护时可产生较大的坍塌，侧壁有时失去稳定
	软质岩石 [ $R_b = 5$ 以上 $\sim 30\text{MPa}$ ( $50$ 以上 $\sim 300\text{kgf/cm}^2$ )]：受地质构造影响严重，节理发育	呈块（石）碎（石）状镶嵌结构	
	土：1. 略具压密或成岩作用的粘性土及砂类土 2. 黄土 ( $Q_1, Q_2$ ) 3. 一般钙质、铁质胶结的碎、卵石土、大块石土	1、2 呈大块状压密结构；3 呈巨块状整体结构	
Ⅳ	石质围岩位于挤压强烈的断裂带内，裂隙杂乱，呈石夹土或土夹石状	呈角（砾）碎（石）状松散结构	围岩易坍塌，处理不当会出现大坍塌，侧壁经常小坍塌，浅埋时易出现地表下沉（陷）或坍塌至地表
	一般第四系的半干硬～硬塑的粘性土及稍湿至潮湿的一般碎、卵石土、圆砾、角砾土及黄土 ( $Q_3, Q_4$ )	非粘性土呈松散结构，粘性土及黄土呈松软结构	
Ⅴ	石质围岩位于挤压极强烈的断裂带内，呈角砾、砂、泥松软体	呈松软结构	围岩极易坍塌变形，有水时土砂常与水一齐涌出，浅埋时易坍塌至地表
	软塑状粘性土及潮湿的粉细砂等	粘性土呈蠕动的松软结构 砂性土呈潮湿松散结构	

注：① 关于隧道围岩岩石工程分类及其性质的划分见附录一。

② 层状岩层的层厚划分：

厚层：大于  $0.5\text{m}$ ；

中厚层： $0.1 \sim 0.5\text{m}$ ；

薄层：小于  $0.1\text{m}$ 。

③ 风化作用对围岩分类的影响，可从以下两方面考虑：

结构完整状态方面：当风化作用使岩体结构松散、破碎、软硬不一时，应结

合因风化作用造成的各种状况，综合考虑确定围岩的结构完整状态；  
岩石类别方面：当风化作用使岩石成份改变，强度降低时，应按风化后之强度确定岩石类别。

④ 遇有地下水时，可按下列原则调整围岩类别：

在Ⅵ类围岩或属于Ⅴ类的硬质岩石中，一般地下水对其稳定性影响不大，可不考虑降低；

在Ⅳ类围岩或属于Ⅲ类的软质岩石，应根据地下水的类型、水量大小和危害程度调整围岩类别，当地下水影响围岩稳定产生局部坍塌或软化软弱面时，可酌情降低1级；

Ⅱ类、Ⅰ类围岩已成碎石状松散结构，裂隙中并有粘性土充填物，地下水对围岩稳定性影响较大，可根据地下水的类型、水量大小、渗流条件、动水和静水压力等情况，判断其对围岩的危害程度，适当降低1~2级；

在Ⅰ类围岩中，分类已考虑了一般含水情况的影响，但在特殊含水地层（如处于饱水状态或具有较大承压水流时）需另作处理。

⑤ 本表中“类别”和“围岩主要工程地质条件”栏，适用于单线、双线和多线隧道，但不适用于特殊地质条件的围岩（如膨胀性围岩、多年冻土等。）

铁路隧道围岩分类  
(按弹性波纵波速度划分) 表 2.1.5—2

围岩类别	Ⅵ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
围岩弹性波速度 $V_p$ (km/s)	$>4.5$	$3.5\sim4.5$	$2.5\sim4.0$	$1.5\sim3.0$	$1.0\sim2.0$	$<0.1$ 饱和状态的土 $<1.5$

**第 2.1.6 条** 在隧道施工过程中，根据对隧道围岩的直接观察和量测、试验结果，进一步判定坑道围岩的稳定性和核定岩层构造、岩性及地下水情况。当发现设计文件与实际情况不相符时，应及时修改围岩类别，并变更衬砌设计。

**第 2.1.7 条** 确定荷载和进行隧道结构计算所需要的围岩物理力学指标设计参数，宜通过勘探和试验手段取得。当无表 2.1.7 项目试验资料时，可应用工程类比法参照表列数值选用，但应在施工中加以验证。

各类围岩的物理力学指标 表 2.1.7

围岩类别	容重 $\gamma$ kN/m <sup>3</sup> (tf/m <sup>3</sup> )	弹性抗力系数 $K$ MPa/m (tf/m <sup>3</sup> )	变形系数 $E$ GPa (tf/m <sup>2</sup> )	泊松比 $\mu$	计算摩擦角 $\phi$
Ⅵ	26~28 (2.6~2.8)	1800~2800 [(1.8~2.8)×10 <sup>5</sup> ]	$>50$ ( $>5\times10^6$ )	0.1~0.15	$>78^\circ$
Ⅴ	25~27 (2.5~2.7)	200~1800 [(1.2~1.8)×10 <sup>5</sup> ]	20~50 [(2.0~5.0)×10 <sup>6</sup> ]	0.12~0.20	70°~78°

续表 2.1.7

围岩类别	容重 $\gamma$ kN/m <sup>3</sup> (tf/m <sup>3</sup> )	弹性抗力系数 $K$ MPa/m(tf/m <sup>3</sup> )	变形系数 $E$ GPa(tf/m <sup>2</sup> )	泊松比 $\mu$	计算摩擦角 $\phi$
Ⅰ	23~25 (2.3~2.5)	500~1200 [(0.5~1.2)×10 <sup>5</sup> ]	5~25 [(0.5~2.5)×10 <sup>6</sup> ]	0.15~0.30	60°~70°
Ⅱ	19~22 (1.9~2.2)	200~500 [(0.2~2.2)×10 <sup>5</sup> ]	2~10 [(0.2~1.0)×10 <sup>6</sup> ]	0.20~0.35	50°~60°
Ⅲ	1.7~2.0 (1.7~2.0)	100~200 [(0.1~0.2)×10 <sup>5</sup> ]	<2 (<0.2×10 <sup>6</sup> )	0.30~0.45	40°~50°
Ⅳ	15~17 (1.5~1.7)	<100 (<0.1×10 <sup>5</sup> )	<1 (<0.1×10 <sup>6</sup> )	0.35~0.50	30°~40°

注：本表数值不包括黄土地层。

## 第二节 隧道位置的选择

**第 2.2.1 条** 隧道位置应选择在稳定的地层中。宜避免穿越工程地质、水文地质极为复杂和严重不良地质地段，若必须通过时，应有充分的理由和切实可靠的工程措施。

**第 2.2.2 条** 越岭线路的长隧道和特长隧道，应进行大面积的方案研究。对可能穿越的垭口，拟定不同的越岭标高及其相应的展线方案，通过区域工程地质调查、测绘，结合线路条件以及施工、运营条件等因素，全面进行技术经济比选确定。

**第 2.2.3 条** 河谷线路沿河傍山地段，当线路以隧道通过时，线路宜向山侧内移，避免隧道一侧洞壁过薄、河流冲刷和不良地质对隧道稳定的不利影响。

当出现隧道群或桥隧群时，应同线路内移或取直线路、修长隧道等方案的比选。

滨临水库地区的隧道要注意水库坍岸等对隧道稳定性的影响，并采取相应的工程措施。

**第 2.2.4 条** 选定隧道位置的同时，应注意洞口位置和有关工程的处理。洞口不宜设在不良地质、排水困难的沟谷低洼处或不稳定的悬崖陡壁下，应尽量避免严重的滑坡、崩塌、岩堆或泥石流

等地段。对于须设置辅助坑道和运营通风的隧道，应综合考虑其设置条件和要求。

**第 2.2.5 条** 新建双线或增建第二线时，应进行修一座双线隧道和修两座单线隧道的比较。当遇松软地层、不良地质或在黄土地区时，以修两座单线隧道为宜。

两相邻隧道的最小净距，应按围岩地质条件、隧道断面尺寸及施工方法等因素确定。一般情况，可采用表 2.2.5 的数值。

两相邻单线隧道间的最小净距 m 表 2.2.5

围岩类别	Ⅵ	V ~ IV	Ⅲ	Ⅱ	I
净距	$(1.5 \sim 2.0)B$	$(2.0 \sim 2.5)B$	$(2.5 \sim 3.0)B$	$(3.0 \sim 5.0)B$	$>5.0B$

注：B 隧道开挖断面的宽度，m。

第三节 隧道线路平面及纵断面

**第 2.3.1 条** 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。

**第 2.3.2 条** 隧道纵向坡度设置的规定：

一、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。

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。

二、位于长大坡道上长于 400m 的隧道，其坡度不得大于最大坡度按规定折减后的数值。内燃、蒸汽牵引的铁路还应检算列车通过隧道的速度，如低于表 2.3.2 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 km/h

表 2.3.2

隧道长度 m	蒸 汽 牵 引		内燃牵引
	单线隧道 双线隧道	单机牵引 单、双机牵引	单线隧道双机牵引
≤400	不小于计算速度		不小于计算速度
401~1000	25（但不小于计算速度）		30
1001~4000	30		35
>4000	35		40

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。

三、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。

四、Ⅰ、Ⅱ级铁路相邻坡段的坡度差大于 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

**第 2.3.3 条** 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，其路肩标高，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在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。

# 第三章 计算荷载

## 第一节 一般规定

**第 3.1.1 条** 隧道结构设计应根据结构的特性按表 3.1.1 所列的荷载，就其可能的最不利组合情况计算。

隧道荷载

表 3.1.1

荷载分类		荷载名称
主要荷载	恒 载	结构自重 围岩压力 土压力 混凝土收缩和徐变的影响
	活 载	列车活载 公路活载 渡槽流水（设计立交明洞时） 冲击力 列车活载所产生的土压力
附加荷载		落石冲击力 制 动 力 冻 胀 力 温度变化的影响 灌浆压力
特殊荷载		地震力 施工荷载

**第 3.1.2 条** 明洞荷载组合时应遵守下列规定：

一、明洞顶回填土压力，当有落石危害需检算冲击力时，只计洞顶实际填土重力（不包括坍方堆积土石重力）和落石冲击力的影响。



二、当设置立交明洞时，应分别情况计算列车活载、铁路活载或渡槽流水的垂直荷载。

三、当明洞上方与铁路立交、填土厚度不足 1m 时，应加算列车冲击力，洞顶无填土时，应计算制动力的影响。

四、深基础明洞外墙计算列车活载时，不考虑列车的冲击力、制动力。

注：铁路列车竖向活载按中华人民共和国铁路标准活载，即“中—活载”的有关规定计算。

公路活载按交通部现行的《公路工程技术标准》及《公路桥涵设计规范》的规定办理。

**第 3.1.3 条** 计算荷载应根据隧道所处的地形、地质条件、埋置深度、结构特征和工作条件、施工方法、相邻隧道间距等因素，按有关公式计算或依工程类比决定。施工中如发现与实际不符，应及时修正。对地质复杂的隧道，必要时应通过实地量测来确定设计荷载值及其分布规律。

## 第二节 荷载计算

**第 3.2.1 条** 计算深埋隧道衬砌时，围岩压力按松驰荷载考虑，其垂直及水平匀布压力可按公式 (3.2.1) 及表 3.2.1 确定。

一、垂直匀布压力：

$$q = 0.45 \times 2^s \gamma \omega \quad (3.2.1)$$

式中  $s$  — 围岩类别，如 IV 类围岩即  $s=4$ ；

$\gamma$  — 围岩容重；

$\omega = 1 + i(B-5)$  — 宽度影响系数，其中  $B$  为坑道宽度，m； $i$  系以  $B=5\text{m}$  的围岩垂直匀布压力为准， $B$  每增减 1m 时的围岩压力增减率。当  $B < 5\text{m}$  时，取  $i=0.2$ ； $B=5\sim 15\text{m}$  时，取  $i=0.1$ ； $B > 15\text{m}$  时， $i$  可参照 0.1 采用。

二、水平匀布压力：

围岩水平匀布压力

表 3. 2. 1

围岩类别	Ⅵ~Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
水平匀布压力 $e$	0	$<0.15q$	$(0.15\sim0.3)q$	$(0.3\sim0.5)q$	$(0.5\sim1.0)q$

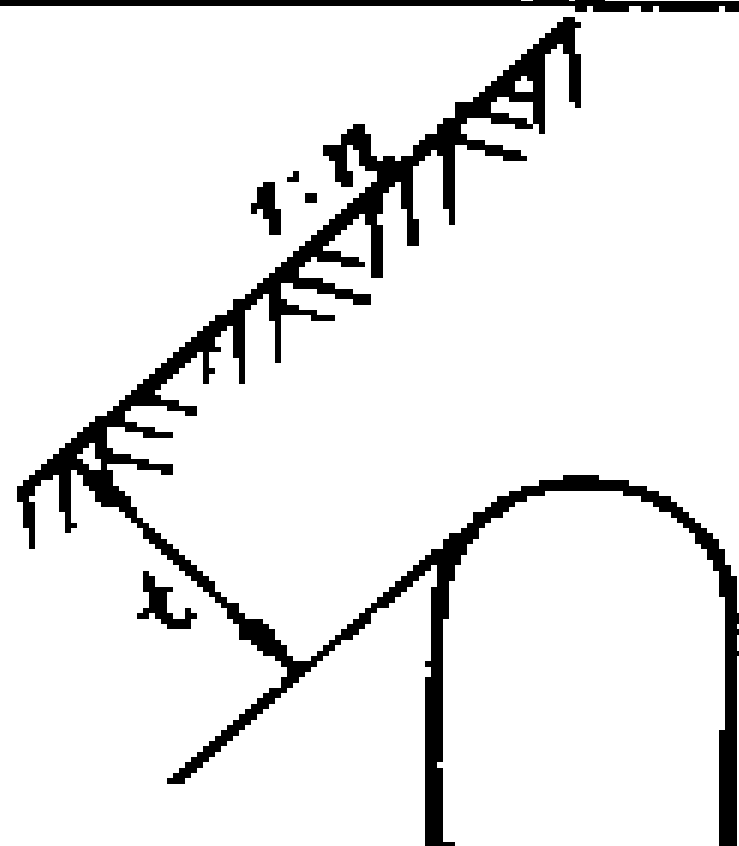
注：公式（3. 2. 1）及表 3. 2. 1 适用于下列条件：

- ① $H/B<1.7$ ， $H$  为坑道高度，m；
- ②不产生显著偏压力及膨胀性压力的一般围岩；
- ③采用钻爆法施工的隧道。

**第 3. 2. 2 条** 隧道是否承受偏压力，应视地形、地质条件以及外侧的围岩覆盖厚度而定。一般情况下，Ⅲ类及以下围岩，地面倾斜，单线隧道外侧拱肩至地表面的垂直距离（ $t$ ）等于或小于表 3. 2. 2 所列数值时，应按偏压隧道设计。

偏压隧道外侧围岩覆盖厚度  $t$  值 m

表 3. 2. 2

地面坡 Ⅰ : $n$					
	1 : 1	1 : 1.5	1 : 2	1 : 2.5	
围岩类别					
Ⅲ <sub>石</sub>	5	4	4		
Ⅲ <sub>土</sub>	10	8	6	5.5	
Ⅱ	18	16	12	10	

注：Ⅰ Ⅰ类围岩可通过计算确定

2 双线隧道的  $t$  值应适当增加。

**第 3. 2. 3 条** 计算Ⅲ类及以下围岩的偏压隧道衬砌，其垂直压力和水平压力可按附录二有关公式确定。

**第 3. 2. 4 条** 明洞回填土压力（垂直的或侧向的）应按洞顶设计填土的全部重力（包括一定数量的坍方堆积土石重力）计算确定。填料的物理力学指标，当无试验资料时，可按表 3. 2. 4 采用。回填土石所产生的荷载，可按本规范附录三的公式确定。

填料的物理力学指标

表 3. 2. 4

填料名称	容重 $\gamma$ $\text{kN/m}^3$ ( $\text{tf/m}^3$ )	计算摩擦角 $\varphi$
干砌片石	20 (2.0)	$30^\circ$
回填土石	19 (1.9)	$35^\circ$

**第 3. 2. 5 条**    作用于洞门墙墙背的主动土压力可按库伦理论计算。当墙背仰斜（即墙背向地层倾斜）和直立时，土压力采用水平方向。

第四章 建筑材料

第一节 一般规定

第 4.1.1 条 隧道工程的建筑材料，可按表 4.1.1—1 和表 4.1.1—2 选用，其标号不应低于表列的规定。

洞门建筑材料 表 4.1.1—1

材料种类 工程部位	混凝土或钢筋混凝土	片石混凝土	砌体
端 墙	150 号	150 号	100 号水泥砂浆砌片石、块石镶面或混凝土预制块镶面
顶 帽	150 号		100 号水泥砂浆砌粗料石
翼墙和洞口挡土墙	150 号	150 号	75 号水泥砂浆砌片石（严寒地区用 100 号水泥砂浆砌片石）
侧沟、截水沟、护坡等			50 号水泥砂浆砌片石（严寒地区用 75 号水泥砂浆砌片石）

注：①砌体包括石砌体和混凝土块砌体。  
②严寒地区洞门用混凝土整体浇筑时，其标号不应低于 200 号。  
③片石砌体的胶结材料采用小石子混凝土砌筑时，其最低标号及相应的适用范围与水泥砂浆同。

衬砌建筑材料 表 4.1.1—2

材料种类 工程部位	混凝土	片石混凝土	钢筋混凝土	喷混凝土	砌体
拱 圈	150 号		200 号	200 号	100 号水泥砂浆砌粗料石或混凝土块
边 墙	150 号	150 号	200 号	200 号	100 号水泥砂浆砌片石
仰 拱	150 号	150 号	200 号		
棚洞盖板			200 号		
铺 底	100 号				
仰拱填充	100 号	100 号			
水沟沟身及电缆槽身	150 号				
水沟盖板及电缆槽盖板			150 号		

**第 4.1.2 条** 建筑材料的选用，应符合下列规定：

一、选用的建筑材料应符合结构强度和耐久性的要求，同时，必须考虑其抗冻、抗渗和抗侵蚀性的需要。

二、如有侵蚀性水的经常作用时，结构物的混凝土或砂浆均应采用具有抗侵蚀性能的特种水泥配制，其抗侵蚀性能的要求，应视水的侵蚀性特征而定。

三、在寒冷及严寒地区隧道受冻害影响的地段，宜采用整体式混凝土衬砌，混凝土标号应适当提高。

**第 4.1.3 条** 砌体和混凝土（包括钢筋混凝土、片石混凝土）所用的工程材料除应符合国家规定的标准和要求外，尚应符合下列规定：

一、片石、块石标号不应低于 300 号，粗料石不应低于 400 号，混凝土块标号不应低于 150 号。有裂缝和易风化的石料不应采用。

二、混凝土用的粗骨料，应使用坚硬耐久的天然卵石或由坚硬耐久的岩石制成的碎石，亦可使用卵石与碎石的混合物。

三、片石混凝土内片石掺用量不应超过总体积的 20%，片石标号不应低于 300 号。

注：石料的标号系指边长为 20cm 的立方体试块的抗压极限强度，以  $\text{kgf/cm}^2$  表示，试验时取三个饱和湿度试块的抗压极限强度的平均值。

**第 4.1.4 条** 锚喷支护采用的建筑材料，除遵守第 4.1.1 条及第 4.1.2 条的有关规定外，尚应符合下列要求：

一、喷混凝土的水泥标号不得低于 325 号，并优先选用普通硅酸盐水泥。细骨料采用坚硬耐久的中砂或粗砂，细度模数宜大于 2.5；砂的含水率宜控制在 5~7%。粗骨料采用坚硬耐久的卵石或碎石，粒径不应大于 15mm。

二、锚杆的杆件材料宜采用 20MnSi 或 A5 钢筋，也可采用 A3 钢筋，其直径一般为 16~22mm。

三、采用灌浆锚杆时，其胶结材料可采用普通水泥砂浆或早强水泥砂浆，砂浆标号不得低于 200 号。

四、钢筋网可采用 A3 钢筋，直径一般为 4~12mm。

## 第二节 性 能

**第 4.2.1 条** 常用建筑材料的容重按表 4.2.1 采用。

建筑材料容重  $\text{kN/m}^3$  ( $\text{tf/m}^3$ ) 表 4.2.1

材料名称	混凝土	片 石 混凝土	钢 筋 混凝土	浆 砌 粗料石	浆砌块石	浆砌片石	喷混凝土
容 重	23 (2.3)	23 (2.3)	25 (2.5)	25 (2.5)	23 (2.3)	22 (2.2)	22 (2.2)

**第 4.2.2 条** 混凝土和钢筋混凝土结构中用的混凝土标号及其极限强度应按表 4.2.2 采用。

混凝土的极限强度  $\text{MPa}$  ( $\text{kgf/cm}^2$ ) 表 4.2.2

强度种类	符号	混 凝 土 标 号						
		100	150	200	250	300	400	500
抗 压 (棱柱体 强度)	$R_c$	7.0 (70)	10.5 (105)	14.0 (140)	17.5 (175)	21.0 (210)	28.0 (280)	35.0 (350)
抗 拉	$R_t$	1.0 (10)	1.3 (13)	1.6 (16)	1.9 (19)	2.1 (21)	2.6 (26)	3.0 (30)

注：①混凝土的标号系指按标准方法制作、养护的边长为 20cm 的立方体试块，在 28 天龄期，用标准试验方法所得的抗压极限强度，以  $\text{kgf/cm}^2$  表示。

②片石混凝土的抗压极限强度可采用表中数值。

**第 4.2.3 条** 混凝土的容许应力按表 4.2.3 采用。

混凝土的容许应力  $\text{MPa}$  ( $\text{kgf/cm}^2$ ) 表 4.2.3

应力种类	符号	混 凝 土 标 号						
		100	150	200	250	300	400	500
弯曲及 偏心受 压应力	$[\sigma_y]$	3.5 (35)	5.5 (55)	7.0 (70)	9.0 (90)	10.5 (105)	14.0 (140)	17.5 (175)
弯曲拉应力	$[\sigma_{xt}]$	0.25 (2.5)	0.33 (3.3)	0.40 (4.0)	0.48 (4.8)	0.53 (5.3)		

续表 4.2.3

应力种类	符号	混 凝 土 标 号						
		100	150	200	250	300	400	500
剪应力	$[\tau]$	0.50 (5.0)	0.65 (6.5)	0.80 (8.0)	0.95 (9.5)	1.05 (10.5)	1.30 (13)	1.50 (15)

注：①片石混凝土的容许应力可采用表中数值。  
②喷混凝土的容许应力可暂按表中数值乘以系数 0.9 采用。  
③计算主要荷载加附加荷载时，除剪应力外可提高 30%

第 4.2.4 条 混凝土的受压弹性模量应按表 4.2.4 采用。

混凝土的受压弹性模量 GPa (kgf/cm<sup>2</sup>) 表 4.2.4

混凝土标号	100	150	200	250	300	400	500
弹性模量 $E_k$	20 (2.0× 10 <sup>5</sup> )	24 (2.4× 10 <sup>5</sup> )	27 (2.7× 10 <sup>5</sup> )	29 (2.9× 10 <sup>5</sup> )	31 (3.1× 10 <sup>5</sup> )	33 (3.3× 10 <sup>5</sup> )	35 (3.5× 10 <sup>5</sup> )

注：混凝土的受剪弹性模量按表列数值的 0.43 倍采用。

第 4.2.5 条 砌体的极限强度应按表 4.2.5 采用。

砌体的极限强度 MPa (kgf/cm<sup>2</sup>) 表 4.2.5

强度种类		抗 压 $R_k$					抗 剪 $R_s$
砌 体 种 类 极 限 强 度 水泥砂浆或小 石子混凝土标号		片石砌体	小石子混 凝土砌片 石砌体	块石砌体	粗料石体	混凝土 块砌体	
75		3 (30)	4 (40)				0.35 (3.5)
100		3.5 (35)	4.5 (45)	5.5 (55)	8.0 (80)	5.5 (55)	0.40 (4.0)
150		4 (40)	5 (50)	6 (60)	9 (90)	6 (60)	0.50 (5.0)

注：混凝土块高度  $h$  超过 20cm 时，表中混凝土块砌体的抗压极限强度应乘以下列提高系数  $c$ ：  
 $h \leq 40\text{cm}$  时， $c = 0.6 + 0.02h$ ；  
 $h > 40\text{cm}$  时， $c = 1.2 + 0.005h \leq 1.7$ 。

第 4.2.6 条 砌体的容许应力按表 4.2.6 采用。

砌体的容许应力 MPa (kgf/cm<sup>2</sup>) 表 4.2.6

应力种类 砌体种类 容许应力 水泥砂浆或小 石子混凝土标号	压 变 力 [σ]					剪应力 (τ)
	片石砌体	小石子混凝土砌片石砌体	块石砌体	粗料石砌体	混凝土块砌体	
75	1.3 (13)	1.6 (16)				0.14 (1.4)
100	1.5 (15)	1.8 (18)	2.5 (25)	4.0 (40)	2.7 (27)	0.16 (1.6)
150	1.8 (18)	2.1 (21)	2.8 (28)	4.4 (44)	3.1 (31)	0.20 (2.0)

注：①混凝土块高度超过 20cm 时，表中混凝土块砌体的容许压应力，应按表 4.2.5 注所列 c 值予以提高。  
②计算主要荷载加附加荷载时，除剪应力外可提高 30%。

第 4.2.7 条 砌体的弹性模量采用 10~15GPa [(1.0~1.5) × 10<sup>5</sup>kgf/cm<sup>2</sup>]。

第 4.2.8 条 钢筋混凝土结构和锚杆支护所用钢筋的技术条件应符合国标的规定，其强度及弹性模量等可参照表 4.2.8 采用。

钢筋的强度和弹性模量 表 4.2.8

钢筋种类	屈服强度 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	抗拉极限强度 MPa(kgf/cm <sup>2</sup> )	抗拉或抗压计 算 强 度 R <sub>s</sub> MPa(kgf/cm <sup>2</sup> )	弹性模量 E <sub>s</sub> GPa(kgf/cm <sup>2</sup> )	延伸 率 %
A3	240(2400)	380(3800)	260(2600)	210(2.1×10 <sup>6</sup> )	25
A5	280(2800)	500(5000)	300(3000)	210(2.1×10 <sup>6</sup> )	19
20MnSi	340(3400)	520(5200)	360(3600)	210(2.1×10 <sup>6</sup> )	16

第 4.2.9 条 钢筋的容许应力应按表 4.2.9 采用。



**钢筋的容许应力   MPa (kgf/cm<sup>2</sup>)                      表 4. 2. 9**

钢筋种类	容许应力 ( $\sigma_k$ )	
	主要荷载	主要荷载加附加荷载
A3 钢筋	130 (1300)	160 (1600)
A5 钢筋	150 (1500)	190 (1900)
20MnSi 钢筋	180 (1800)	230 (2300)

**第 4. 2. 10 条** 喷混凝土的标号为 200 号,其极限强度如下:轴心抗压为 14MPa (140kgf/cm<sup>2</sup>); 弯曲抗压为 17.5MPa (175kgf/cm<sup>2</sup>); 抗拉为 1.2MPa (12kgf/cm<sup>2</sup>)。弹性模量为 20GPa (2.0×10<sup>7</sup>kgf/cm<sup>2</sup>)。

喷混凝土与岩石的粘结力, IV 类及以上围岩不低于 0.8MPa (8kgf/cm<sup>2</sup>), II 类围岩不低于 0.5MPa (5kgf/cm<sup>2</sup>)。

注:①喷混凝土的标号系指采用喷射大板切割法,制作成边长为 10cm 的立方体试块,在标准条件下养护 28 天,用标准试验方法所得的极限抗压强度乘以 0.95 的系数。

②喷混凝土强度试块亦可用喷 10cm 或 15cm 边长的无底试模或钻取直径为 10cm 的圆柱体等非标准方法制取。但应通过在相同条件下与标准试块的对比试验,求出换算系数或公式,并换算为标准试块强度。

③粘结力可采用劈裂法或在喷层上直接拉拔测定。

## 第五章 洞口及洞门

**第 5.0.1 条** 隧道洞口位置应根据地形、地质、水文等条件，着重考虑仰坡及边坡的稳定，同时还应结合洞外有关工程及施工条件，运营要求，通过综合分析比较确定。一般情况，隧道宜早进洞晚出洞，同时应符合下列要求：

一、隧道洞口开挖的边坡、仰坡不宜过高，暴露面不宜过大。

二、当洞口处有落石、坍方、泥石流等的威胁时，可延长洞口、设置明洞或支挡建筑物。

三、线路跨沟或沿沟进洞时，应结合防排水工程的处理，确定洞口位置。

四、漫坡浅埋地形的洞口位置，宜结合弃碴的处理、填方利用、排水以及有利施工等因素，综合分析确定。

**第 5.0.2 条** 洞口应设置洞门。其结构形式有翼墙式、端墙式、柱式、台阶式等，选用时应根据洞口的地形、地质条件和工作特点而定，并应符合下列要求：

一、在松软地层中，不宜采用斜交洞门。Ⅳ类及以上岩层在采用斜交洞门时，其端墙与线路中线的交角不应小于  $45^\circ$ 。

二、设置通风帘幕的洞门或通风道洞口与隧道洞口相连时，洞门的结构型式应结合通风设备，一并考虑。

三、位于城镇、风景区、车站附近的洞门，必要时可适当考虑建筑美观的要求。

**第 5.0.3 条** 洞门构造应符合下列规定：

一、仰坡坡脚至洞门端墙墙背的水平距离一般不小于  $1.5\text{m}$ ；洞门端墙顶宜高出仰坡坡脚不小于  $0.5\text{m}$ ；

洞门端墙与仰坡之间水沟的沟底至衬砌拱顶外缘的高度一般

不小于 1m，水沟底下如有填土应紧密夯实。

二、当洞门设计有翼墙或挡土墙时，洞口路堑线路中线沿轨枕底面水平至路堑翼墙（挡土墙）面边线的距离，一边不应小于 3.5m（曲线地段系指曲线外侧）。

三、洞门端墙、翼墙、挡土墙应根据情况设置伸缩缝和沉降缝，墙身设置泄水孔。

**第 5.0.4 条** 洞门端墙、翼墙、挡土墙基础设置的规定：

一、基础必须置于稳固的地基上，并埋入地面下一定深度，土质地基埋入的深度不应小于 1m。

二、在松软地基上设置基础，当地基强度不够时，可结合具体条件采取扩大基础等措施。

三、在冻胀性土壤上设置基础时，基底应置于冻结线以下 0.25m，或采取其他措施。

**第 5.0.5 条** 洞口其他设施的设置，应遵守下列规定：

一、洞口仰坡周围设置排水、截水设施，并和路堑排水系统一并考虑布置。

二、当山坡局部土、石失稳时，结合洞口的地形地质特点，采取清刷、设置支挡建筑物等措施，力求根治，不留后患。

三、洞口仰坡及边坡土石有剥落可能时，坡面予以防护。

四、洞口设置必要的检查设备和有关的标志及巡守房屋。

## 第六章 隧道衬砌

### 第一节 一般规定

**第 6.1.1 条** 隧道应做衬砌，一般情况下采用整体式衬砌（模筑混凝土及砌体衬砌）或复合式衬砌。当地质条件适宜与施工条件许可时，可采用拼装式衬砌。在Ⅳ类及以上围岩的短隧道中，可采用锚喷衬砌（锚喷支护用作永久衬砌时的通称，包括喷混凝土衬砌、锚杆喷混凝土衬砌及锚杆钢筋网喷混凝土衬砌）。

隧道衬砌结构类型及尺寸，可根据围岩类别、水文地质条件、埋置深度、结构工作特点，结合施工条件等，通过工程类比和结构计算确定。

**第 6.1.2 条** 设置衬砌时应符合下列规定：

一、单线隧道洞口应设置不小于 5m 长的模筑混凝土加强衬砌。双线和多线隧道应适当加长。

二、围岩较差地段的衬砌应向围岩较好地段延伸，一般延伸长度为 5~10m。

三、不设仰拱的隧道，应做铺底，其厚度不得小于 10cm。

四、对衬砌有不良影响的硬软地层分界处，应设置沉降缝。

五、电力牵引的隧道，其长度大于 2000m 及位于隧道群地段和车站两端时，为了使接触网有良好的工作和维修条件，应根据需要设置接触网补偿下锚的衬砌地段。

**第 6.1.3 条** 位于曲线地段的隧道，其断面加宽，除圆曲线部份按规定办理外，缓和曲线部份可分两段加宽，即自圆曲线至缓和曲线中点，并向直线方向延长 13m，采用圆曲线加宽断面；其余缓和曲线，并自直缓分界点向直线段延长 22m，采用缓和曲线中点加宽断面，其加宽值取圆曲线之半（见图 6.1.3）。

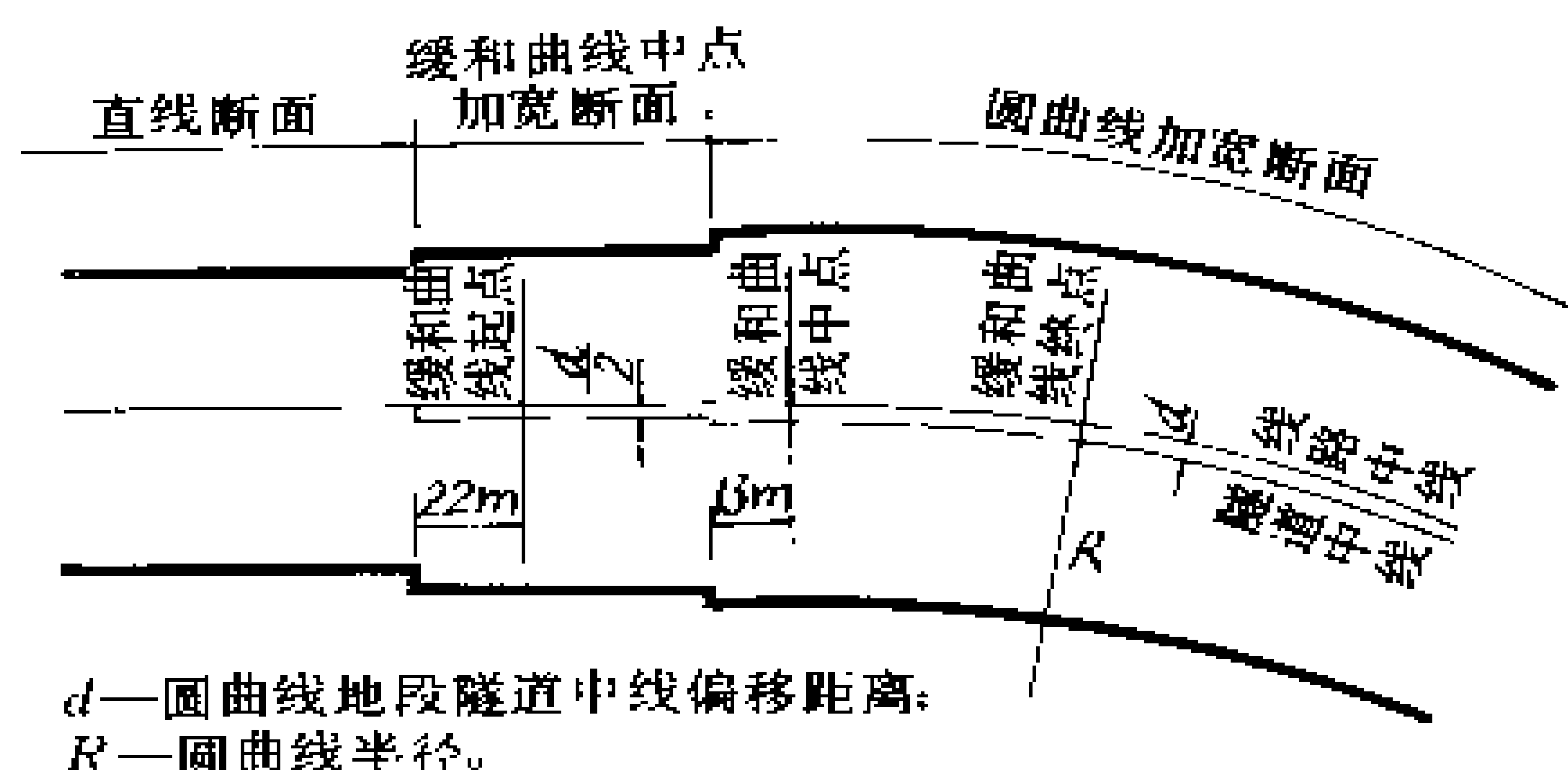


图 6.1.3 曲线地段隧道加宽示意图

位于曲线车站上的隧道及区间曲线地段的双线隧道，断面加宽值应根据站场及线路具体情况计算确定。

## 第二节 隧道衬砌

**第 6.2.1 条** 采用整体式或拼装式衬砌时，应遵守下列规定：

一、衬砌拱圈可设计为等截面或变截面形式。Ⅳ类及以上围岩地段，一般地区可采用直墙式衬砌，严寒地区采用曲墙式衬砌。Ⅲ类及以下围岩地段，应采用曲墙带仰拱的衬砌。双线隧道宜采用曲墙式衬砌。

二、因地形或地质构造等引起有明显偏压的地段，应采用偏压衬砌。

三、隧道洞口地段，当围岩为Ⅳ类及以上，线路中线与地形等高线斜交时，可采用斜交衬砌。

四、在严寒地区，应根据情况设置伸缩缝。

五、当开挖采用构件支撑时，位于Ⅳ类及以下围岩地段的拱部衬砌背后，宜压注水泥砂浆。不良地质地段或偏压衬砌地段，衬砌背后应全断面压注水泥砂浆或其他浆液。

**第 6.2.2 条** 隧道边墙的基底标高，在有侧沟的一侧，不得高于侧沟基底面；在无侧沟的一侧，不得高于隧道铺底底面；在洞门墙范围内，应加深到与洞门墙基底齐平。

**第 6.2.3 条** 采用锚喷衬砌时，应符合下列规定：

- 一、围岩完整、稳定地段，可采用喷混凝土衬砌。
- 二、在层状围岩中如遇硬软岩石互层、薄层或层间结合差及块状围岩遇裂隙、结构面切割形成危石时，可采用锚杆喷混凝土衬砌。锚杆宜与层面垂直，并应与稳定岩体联结。

三、当围岩被切割呈块（石）碎（石）状，稳定性较差时，应采用钢筋网、锚杆喷混凝土衬砌。

四、锚喷衬砌的内部轮廓线应比照整体式衬砌再适当放大，除考虑施工误差和位移量外，再预留 10cm 作为必要时补强之用。

五、遇下列情况，不宜采用锚喷衬砌：

- 1. 大面积淋水地段；
- 2. 能造成衬砌腐蚀及膨胀性地层的地段；
- 3. 严寒和寒冷地区有冻害地段；
- 4. 有其他特殊要求的隧道。

**第 6.2.4 条** 采用复合式衬砌时，应符合下列规定：

一、复合式衬砌是内外层复合而成，外层为初期支护，宜采用锚喷支护，即由锚杆、喷混凝土、钢筋网和钢架等支护形式单一或组合而成。内层为二次衬砌，一般采用模筑混凝土。

二、软弱围岩隧道确定开挖断面尺寸时，除满足隧道净空要求外，应预留适当的变形量，此量值根据围岩条件、支护刚度和施工方法等设定。

### 第三节 明洞衬砌

**第 6.3.1 条** 明洞适用于下列情况：

- 一、洞顶覆盖薄，难以用钻爆法修建隧道的地段。
- 二、受坍方、落石、泥石流等威胁的地段。

三、公路、铁路、沟渠等必须在隧道上方通过，又不适宜做暗洞或立交桥时。

**第 6.3.2 条** 明洞的结构类型应根据地形、地质、安全、经济，以及施工条件等因素，综合比较确定，同时还应遵守下列规定：

一、一般情况下、一次坍方量较大，基础设置条件较好时，宜采用拱形明洞。当外侧地形狭窄或内外墙基底软硬差别较大，或为了方便施工时，可采用棚洞。

二、在滑坡地段不宜修建明洞。如必须修建时，应采取综合整治措施，确保明洞安全。

三、在既有线上修建明洞时，宜采用对行车干扰较小的结构类型或措施。

**第 6.3.3 条** 明洞衬砌设计，应遵守下列规定：

一、明洞拱圈和路堑式明洞边墙可参照隧道整体式衬砌的规定办理。半路堑式明洞外墙宜适当加厚。

二、棚洞盖板一般采用 T 形截面构件。内边墙一般采用重力式结构，当岩层坚固完整、无水时，可采用锚杆式边墙。外侧支承结构根据落石、坍方和地基情况选用墙式、柱式或刚架式等类型。

特殊情况下，可采用悬臂式棚洞。

三、在气温变化较大的地区，应根据情况设置伸缩缝。

**第 6.3.4 条** 明洞基础设计，除按第 6.2.2 条要求办理外，尚应遵守下列规定：

一、拱形明洞位于软弱地基上或两侧边墙地基软硬不均时，应采取措施，如设置仰拱、整体式基础、桩基、加深基础等。

二、外边墙基础深度超过路基面以下 3m 时，宜设置横向拉杆或用锚杆锚固于稳定的岩层内，如是棚洞立柱，宜加设纵撑与横撑。

三、明洞受河岸冲刷影响地段，应根据情况设置防护。

四、外墙基础趾部距外侧稳固地层的边缘，应保持适当的水平距离。若地基为坚硬完整的岩层时，基础可割切成台阶。

五、局部地段外墙基础设置困难时，可采用拱、梁跨越。

**第 6.3.5 条** 明洞顶回填土的厚度和坡度，应根据明洞的用途和要求而定。为防御落石、崩坍的需要而设的明洞，回填土的厚度一般不小于 1.5m。设计填土坡度一般为 1:1.5~1:5。

对山坡存在有严重的危石、崩坍威胁时，应予以清除或加固处理。

**第 6.3.6 条** 明洞边墙背回填，应视明洞类型、围岩类别、设计要求和施工方法而定：

一、衬砌设计考虑了围岩弹性抗力作用，则边墙背超挖部分应用混凝土或水泥砂浆砌片石回填。

二、衬砌设计只计墙背围岩（或回填土）主动土压力时，边墙背回填料的内摩擦角，不应低于地层的计算摩擦角或设计的回填料的计算摩擦角。

**第 6.3.7 条** 明洞顶上的过水渡槽，其过水断面的设计，应按有关排洪、灌溉标准办理，并注意有无泥石流的影响。

#### 第四节 特殊条件下的隧道衬砌

**第 6.4.1 条** 通过松散堆积层、流砂层及软弱、膨胀性围岩的隧道衬砌设计，应遵守下列规定：

一、衬砌应采用曲墙带仰拱的结构，必要时，可采用钢架混凝土结构，其钢架可兼作临时支护。

二、通过松散堆积层或流砂层，衬砌背后除按第 6.2.1 条第五款压浆外，必要时还可向围岩中压注水泥砂浆等以加固地层。

三、通过软弱和膨胀性围岩，宜采用复合式衬砌。

四、根据具体情况，应对地表水和地下水作出妥善处理。

**第 6.4.2 条** 通过黄土地层的隧道，应按其土壤分类及物理力学性能确定衬砌结构，一般采用曲墙带仰拱的衬砌。



位于隧道附近地表的冲沟、陷穴、裂缝应予以回填、铺砌，并做好地表水的引排设施。

**第 6.4.3 条** 穿越岩溶、洞穴的隧道，其处理措施应视空穴大小、有水无水和充填情况，及其与隧道的关系而定：

一、对空穴水的处理应因地制宜，采取截、堵、排的治理措施。

二、干、小空穴，可采取堵塞封闭。有水大空穴，不宜堵塞封闭时，可根据具体情况，采取梁、拱跨越。

三、与隧道周围接触的空穴岩壁，强度不够或不稳定时，应采取支顶、锚固等措施。

**第 6.4.4 条** 通过瓦斯地层的隧道，应根据地层含瓦斯的情况，瓦斯逸出量和压力，采取下列相应措施：

一、宜采用带仰拱的封闭式衬砌，用混凝土灌筑，并提高混凝土的密实性和抗渗性。

二、严密封填衬砌施工缝隙。

三、向衬砌背后或地层压注水泥砂浆，或采用内贴式、外贴式防瓦斯层，加强封闭。

## 第七章 洞内轨道

**第 7.0.1 条** 洞内轨道类型和洞外线路标准一致，应按表 7.0.1 设置。

正线轨道类型

表 7.0.1

项 目			单 位	特重型	重 型	次重型	中 型	轻 型
最高行车速度			km/h	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$	100	80
轨道条件	钢 轨		kg/m	$\geq 70$	60	50	43	43~38
	轨枕根数	预应力混凝土枕 (混凝土枕，下同)	根/km	1840 ~1760	1760	1760 ~1680	1680 ~1600	1600 ~1520
		木 枕	根/km	1840 ~1760	1840	1840 ~1760	1760 ~1600	1600
	道床厚度	非渗水土路基	cm	$\frac{30}{20}$	$\frac{30}{20}$	$\frac{25}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{15}$
		岩石、渗水土路基						
			cm	35	35	30	30	25

**第 7.0.2 条** 洞内使用的钢轨应按表 7.0.1 确定的轨道类型采用。

长度为 1000m 以上的隧道内，宜采用同级的耐腐蚀钢轨或比洞外轨道重一级的钢轨，并宜铺成无缝线路。当正线曲线半径为 450m 及以下时，宜采用同级的耐磨钢轨。

**第 7.0.3 条** 新建和改建隧道采用混凝土枕或木枕地段，应符合下列规定：

- 一、洞内线路曲线半径大于 300m，应铺设混凝土枕。
- 二、在长度为 300m 及以上的隧道内轨道应予加强，加强标准（比表 7.0.1 所列配置数标准的增加值）如下：

混凝土枕 80 根/km，木枕 160 根/km。但每公里最多铺设根数，混凝土枕为 1840 根，木枕为 1920 根。

**第 7.0.4 条** 洞内道床可设置为预应力混凝土宽枕（混凝土宽枕，下同）道床、整体道床或碎石道床，并应符合下列要求：

一、长度为 1000m 及以上的隧道或改建铁路采用重型及以上轨道时，宜铺设宽混凝土枕道床，条件适宜时，亦可铺设整体道床。

二、洞内采用单层道床，其厚度按洞外岩石、渗水土路基标准铺设。在改建铁路的隧道内，如有困难，木枕轨道的道床厚度可减至 20cm。

三、道床应有良好的防、排水设施。

**第 7.0.5 条** 洞内铺设碎石道床应符合下列要求：

一、隧道两端各 100m 的引线上，应铺设碎石道碴，但轻型轨道可采用筛选卵石道碴。

二、道床碴肩至边墙（或高侧水沟）间应以道碴填平。

**第 7.0.6 条** 洞内铺设混凝土宽枕应符合下列要求：

一、线路曲线半径为 300m 及以上的地段。

二、道床基底应坚实、稳固，排水良好。

三、道床由面碴带（枕底垫层）和底层组成。面碴带厚度为 5cm，底层厚度不应小于 20cm。改建铁路的隧道，如按上述标准将引起大量改建工程时，底层厚度可酌情减小，但不应小于 15cm。

四、枕间之缝隙应有防水、防污措施。

**第 7.0.7 条** 洞内铺设整体道床（包括钢筋混凝土支承块式、整体灌注式）时，应符合下列要求：

一、线路曲线半径为 400m 及以上的地段。

二、道床厚度 应不小于 35cm。道床底超挖部分应用混凝土回填。

三、道床基底必须干燥、稳定。当地质条件较差时，应设置仰拱或进行特殊处理。

四、整体道床与碎石道床之间应铺设道床弹性逐渐变化的过渡段，其长度不小于 7.5m。

五、道床必须设置伸缩缝。

六、每公里整体道床的轨下支承块数量，按表 7.0.7—1 所列数目铺设。

铺设支承块数目 对/km 表 7.0.7 1

轨道类型	铺 设 数 目	
	直 线	曲线（包括缓和曲线）
特重型、重型、次重型	1760	1840
中型、轻型	1680~1600	1760~1680

七、整体道床材料规格应不低于表 7.0.7—2 规定。

整体道床材料规格 表 7.0.7—2

工程部位 材料种类	支承块	道 床	人 行 道	填 充
钢筋混凝土	300 号			
混 凝 土		300 号	150 号	150 号

**第 7.0.8 条** 混凝土宽枕及整体道床直线部份的扣件，可选用调高量较大的弹性或刚性不分开式扣件，整体道床曲线部份应选用弹性分开式扣件。

**第 7.0.9 条** 位于曲线地段的外股钢轨，新建铁路和改建铁路分别按公式（7.0.9—1）、（7.0.9—2）设置超高。

$$h=\frac{7.6V_{\max}^2}{R} \tag{7.0.9-1}$$

式中  $h$  ——外轨超高，mm；

$V_{\max}$  ——设计最高行车速度，km/h；

$R$  ——曲线半径，m。

$$h=\frac{11.8V_{\text{计}}^2}{R} \tag{7.0.9-2}$$

式中  $V_j$ ——均方根速度，其计算式为：

$$V_j = \sqrt{\frac{\sum N_i Q_i V_i^2}{\sum N_i Q_i}}$$

其中  $N_i$ ——各类型列车的次数，列/天；

$Q_i$ ——各类型列车的质量，t；

$V_i$ ——实测的各类型列车速度，km/h。

曲线外轨最大超高不得超过 150mm。单线铁路上、下行行车速度相差悬殊时，不得超过 125mm。

外轨超高应在缓和曲线全长内递减顺接；未设缓和曲线者，可按不大于 2‰的递减率在直线段顺接；复曲线地段在正矢递减范围内进行顺接。

# 第八章 洞内附属构筑物

## 第一节 避 车 洞

**第 8.1.1 条** 洞内大小避车洞应交错设置在隧道两侧边墙上，大避车洞之间设置小避车洞。其间距和尺寸采用表 8.1.1 的数值，并应符合下列规定：

- 一、隧道长度为 300~400m 时，可在隧道中间设一个大避车洞，长度小于 300m 时，可不设大避车洞。
- 二、洞口接桥或路堑，当桥无避车台、路堑侧沟无平台时，应与隧道一并考虑布置大避车洞。
- 三、避车洞不得设于衬砌断面变化处或沉降缝处。工作缝、伸缩缝应避开避车洞。

避车洞间距和尺寸 m 表 8.1.1

名 称	一 侧 间 距		尺 寸		
			宽	深	高（中心高）
大避车洞	碎石道床	300	4.0	2.5	2.8
	混凝土宽枕道床或整体道床	420			
小避车洞	碎石道床	60	2.0	1.0	2.2
	混凝土宽枕道床或整体道床				

注：双线隧道小避车洞每侧间距按 30m 设置。

**第 8.1.2 条** 避车洞建筑结构的規定：

- 一、避车洞应衬砌，其类型应和隧道衬砌类型相适应。
- 二、避车洞底面应与道床、人行道或侧沟盖板顶面齐平。

## 第二节 电 缆 槽

**第 8.2.1 条** 当通信、信号和电力电缆等通过隧道时，宜设

置电缆槽。电缆槽的布置和设置条件，除符合有关专业的要求外，尚应符合下列规定：

一、通信、信号电缆可设在一个电缆槽内，也可以分设，但通信、信号电缆必须和电力电缆分槽敷设。如分槽敷设有困难时，电力电缆可沿隧道墙壁架设，但应有必要的防护措施。

二、通信、信号电缆槽的弯曲半径一般不小于 1.2m，电力电缆槽的弯曲半径通常为电缆外径的 6~30 倍。

三、槽底有高低差时，纵向应顺坡连接。

四、电缆槽应设盖板，盖板顶面应与避车洞底面或道床顶面齐平，当电缆槽与水沟同侧并行时，应与水沟盖板齐平。

**第 8.2.2 条** 隧道长度大于 500m 时，需在设电缆槽同侧的大避车洞内设置余长电缆腔，间距约 500m 设一处，隧道长 500~1000m 时，可只在中间设置一处。

### 第三节 其他设备

**第 8.3.1 条** 隧道内如需设置无人增音站时，其位置可根据通信要求确定，亦可与大避车洞结合使用，但需将大避车洞加深 2.5m；如不能结合时，则另行修建无人增音站，其尺寸一般同大避车洞。

**第 8.3.2 条** 无人增音站内应预留通信电缆出入通路和预埋接地装置的接地体。并应有防排水措施，要求做到不渗水、不漏水。

**第 8.3.3 条** 隧道内如需设置变压器洞、信号继电器箱洞及无线电通信电台箱洞等设施时，可根据有关专业要求办理。

**第 8.3.4 条** 电力牵引的长隧道，如需设置存放维修接触网的绝缘梯车洞，宜利用施工辅助坑道或避车洞修建，其间距约 500m 设一处。

# 第九章 结构计算

## 第一节 衬砌计算

**第 9.1.1 条** 隧道和明洞衬砌按破坏阶段检算构件截面强度。根据结构所受的不同荷载组合，在计算中，应分别选用不同的安全系数，并不应小于表 9.1.1—1 和表 9.1.1—2 所列数值。按所采用的施工方法检算施工阶段强度时，安全系数可采用表 9.1.1—1 和表 9.1.1—2 “主要荷载加附加荷载” 栏内数值乘以折减系数 0.9。

混凝土和砌体结构的强度安全系数      表 9.1.1—1

破坏原因 荷载组合 圬工种类	混 凝 土		砌 体	
	主要荷载	主要荷载加附加荷载	主要荷载	主要荷载加附加荷载
混凝土或砌体达到抗压极限强度	2.4	2.0	2.7	2.3
混凝土达到抗拉极限强度	3.6	3.0		

钢筋混凝土结构的强度安全系数      表 9.1.1—2

破坏原因 荷载组合	主要荷载	主要荷载加附加荷载
钢筋达到计算强度或混凝土达到抗压或抗剪极限强度	2.0	1.7
混凝土达到抗拉极限强度（主拉应力）	2.4	2.0

**第 9.1.2 条** 计算隧道整体式衬砌时，应考虑围岩对衬砌变形的约束作用，如弹性抗力。弹性抗力的大小及分布，根据衬砌在荷载作用下的变形、回填情况和围岩的变形性质等因素，可采用局部变形理论，由公式（9.1.2）计算确定。

$$\sigma=K\delta$$

(9.1.2)



式中  $\sigma$  ——弹性抗力强度；

$K$  ——围岩弹性抗力系数，可按表 2.1.7 选用；

$\delta$  ——衬砌向围岩的变形值。

计算明洞时，如墙背围岩对边墙变形有约束作用，则应考虑弹性抗力的影响。

**第 9.1.3 条** 计算锚喷衬砌和复合式衬砌的初期支护，可采用弹塑性数值解法或近似解析解法进行计算，并结合工程类比法和监控量测进行修正。

计算复合式衬砌时，初期支护应按主要承载结构计算。二次衬砌在Ⅳ类及以上围岩可作为安全储备，按构造要求设计，在Ⅲ类及以下围岩，应按承载结构设计。

**第 9.1.4 条** 锚喷衬砌和复合式衬砌初期支护的允许相对收敛值，应根据围岩地质条件等因素和现场量测结果分析确定，也可参照表 9.1.4 选用。

允许水平相对收敛值（%） 表 9.1.4

围岩类别	埋 深 m		
	<50	50~300	301~500
Ⅳ	0.1~0.3	0.2~0.5	0.4~1.2
Ⅲ	0.15~0.5	0.4~1.2	0.8~2.0
Ⅱ	0.2~0.8	0.6~1.6	1.0~3.0

注：① 水平相对收敛值系指实测收敛与两测点间距离之比。  
② 硬质围岩的隧道取表中较小值，软质围岩的隧道取表中较大值。  
③ 本表所列数值可在施工过程中通过实测和资料积累作适当修正。  
④ 拱顶下沉允许值一般按本表数值的 0.5~1.0 倍采用。

**第 9.1.5 条** 对受温度影响显著的刚架和截面厚度大的超静定结构，应考虑温度变化和混凝土收缩的影响。

一、隧道各部构件受温度变化影响产生的变形值，应根据当地温度情况与施工条件所确定的温度变化值等按下式计算：

$$\Delta l = l \cdot \Delta t \cdot \alpha \tag{9.1.5}$$

式中  $\Delta l$  ——温度变化引起的变形值，m；

$l$  ——构件的计算长度, m;

$\Delta t$  ——温度变化值,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\alpha$  ——材料的线膨胀系数, 钢筋混凝土和混凝土的线膨胀系数采用  $1.0 \times 10^{-5}$ 。

二、混凝土收缩的影响可假定用降低温度的方法来计算, 对于整体灌注的混凝土结构相当于降低温度  $20^{\circ}\text{C}$ ; 对于整体灌注的钢筋混凝土结构相当于降低温度  $15^{\circ}\text{C}$ ; 对于分段灌注的混凝土或钢筋混凝土结构相当于降低温度  $10^{\circ}\text{C}$ ; 对于装配式钢筋混凝土结构可酌予降低温度  $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

三、计算超静定拱圈温度应力和混凝土收缩应力时, 可根据实际资料考虑混凝土徐变的影响; 如缺乏具体资料, 则可近似地分别采用混凝土弹性模量的 0.70 和 0.45 倍按弹性体系进行计算。

**第 9.1.6 条** 隧道和明洞衬砌的混凝土偏心受压构件, 其轴向力的偏心距不宜大于 0.45 倍截面厚度; 对于半路堑式明洞外墙、棚式明洞边墙和砌体偏心受压构件, 则不应大于 0.3 倍截面厚度。基底偏心距应符合表 9.2.1 的规定。

**第 9.1.7 条** 明洞的基底应力不得大于地基容许承载力。

**第 9.1.8 条** 半路堑单压式明洞、悬臂式明洞和受力情况类似挡土墙的棚式明洞内墙等, 其滑动稳定系数和倾覆稳定系数应符合表 9.2.1 的规定。

**第 9.1.9 条** 计算隧道和明洞带仰拱的衬砌, 当先做仰拱后建边墙时, 应考虑仰拱对结构内力的影响, 当仰拱在边墙之后修建时, 则可不考虑。

**第 9.1.10 条** 混凝土和砌体矩形截面中心及偏心受压构件的抗压强度应按下式计算:

$$KN \leq \varphi \alpha R_a b h \quad (9.1.10)$$

式中  $R_a$  ——混凝土或砌体的抗压极限强度, 按表 4.2.2 和表 4.2.5 采用;

$K$  —— 安全系数，按表 9.1.1—1 采用；  
 $N$  —— 轴向力；  
 $b$  —— 截面的宽度；  
 $h$  —— 截面的厚度；  
 $\varphi$  —— 构件的纵向弯曲系数，对于隧道衬砌、明洞拱圈及墙背紧密回填的边墙，可取  $\varphi=1$ ；对于其他构件，应根据其长细比按表 9.1.10—1 采用；  
 $\alpha$  —— 轴向力的偏心影响系数，按表 9.1.10—2 采用。

混凝土及砌体构件的纵向

弯曲系数 表 9.1.10—1

$H/h$	<4	4	6	8	10	12	14	16
纵向弯曲系数 $\varphi$	1.00	0.98	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72
$H/h$	18	20	22	24	26	28	30	
纵向弯曲系数 $\varphi$	0.68	0.63	0.59	0.55	0.51	0.47	0.44	

注：①表中  $H$  为构件的高度， $h$  为截面短边的边长（当中心受压时）或弯矩作用平面内的截面边长（当偏心受压时）；  
 ②当  $H/h$  为表列数值的中间值时， $\varphi$  可按插值采用。

偏心影响系数 表 9.1.10—2

$e_0/h$	偏心影响系数 $\alpha$	$e_0/h$	偏心影响系数 $\alpha$
0	1	0.25	0.625
0.05	0.925	0.30	0.550
0.10	0.805	0.35	0.475
0.15	0.775	0.40	0.400
0.20	0.700	0.45	0.325

注：①表中  $e_0$  为轴向力的偏心距。  
 ②表中  $\alpha=1-1.5e_0/h$ 。

**第 9.1.11 条** 从抗裂要求出发，混凝土矩形截面偏心受压构件的抗拉强度应按下式计算：

$$KN \leq \varphi \frac{1.75 R_t b h}{\frac{6e_0}{h} - 1} \quad (9.1.11)$$

式中  $R_t$ ——混凝土的抗拉极限强度，按表 4.2.2 采用；其他符号同前。

注：计算表明，对混凝土矩形截面构件，当  $e_0 \leq 0.20h$  时，系抗压强度控制承载能力，可不必按本式计算；当  $e_0 > 0.20h$  时，系抗拉强度控制承载能力，可不必按公式 (9.1.10) 计算。

**第 9.1.12 条** 对于隧道和明洞衬砌的拱脚截面，当混凝土为间歇灌注或边墙用砌体、拱圈用混凝土时，仅需根据公式 (9.1.10) 计算截面的抗压强度，其偏心距要求同第 9.1.6 条砌体构件规定，安全系数应采用表 9.1.1—1 砌体数值。

**第 9.1.13 条** 钢筋混凝土受弯和偏心受压构件的截面最小配筋率（仅计受拉区钢筋），应符合表 9.1.13 的规定。

**第 9.1.14 条** 钢筋混凝土受弯构件的截面强度，应按下列公式计算（图 9.1.14）：

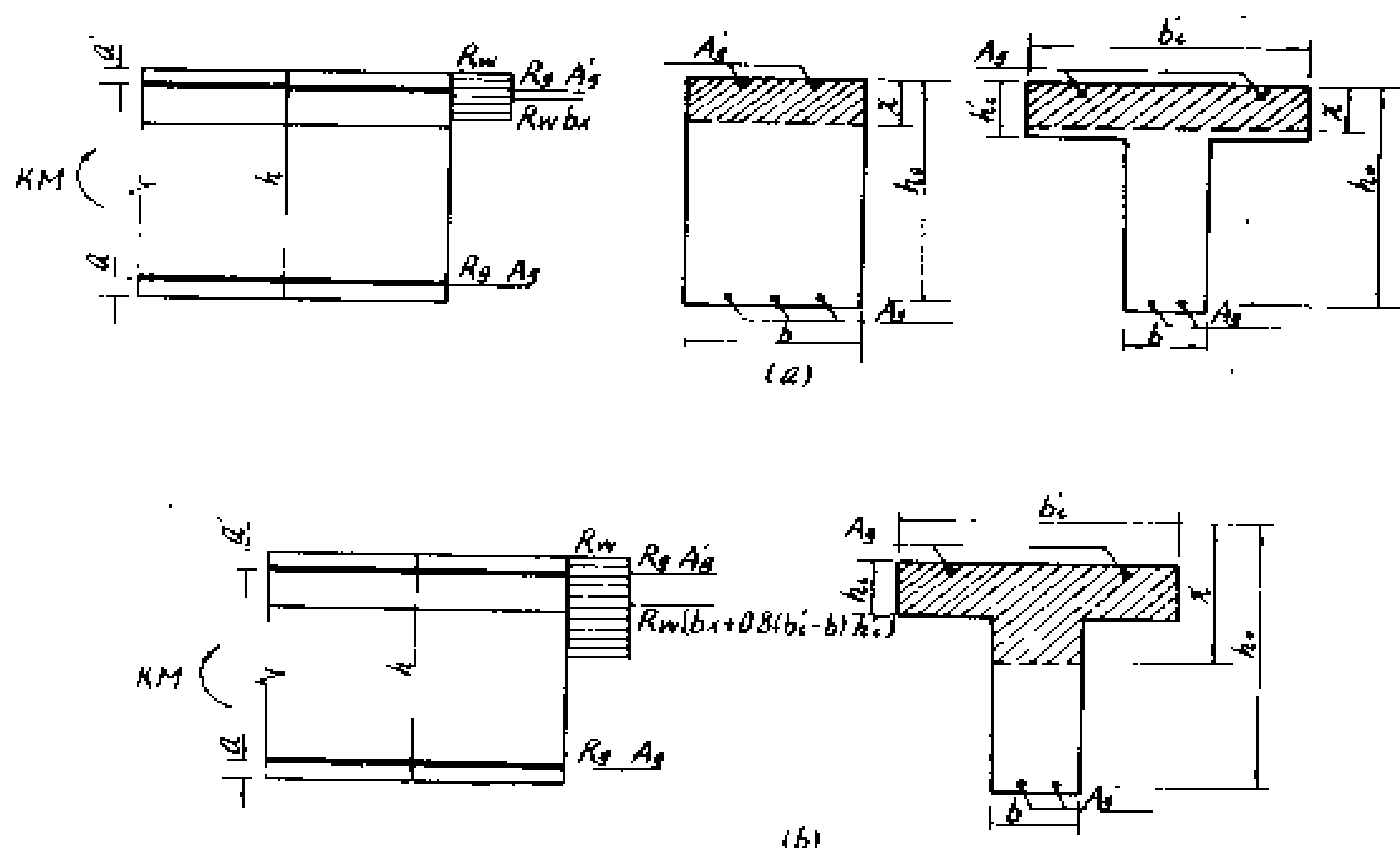


图 9.1.14 钢筋混凝土受弯构件截面强度计算图

(a) 受压区面积为矩形； (b) 受压区面积为 T 形。

截面最小配筋率 (%)

表 9. 1. 13

钢筋种类	混 凝 土 标 号			
	150	200	250~400	500
A3 钢筋	0.10	0.15	0.20	0.25
A5 钢筋	0.10	0.10	0.15	0.20
20MnSi 钢筋	0.10	0.10	0.15	0.20

一、对于受压区面积为矩形时:

$$KM \leq R_w b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_g A_g' (h_0 - a') \quad (9.1.14-1)^*$$

此时,中和轴的位置按下式确定:

$$R_g (A_g - A_g') = R_w b x \quad (9.1.14-2)^*$$

二、对于受压区面积为 T 形时:

$$KM \leq R_w \left[ b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + 0.8 (b_i' - b) h_i' \left( h_0 - \frac{h_i'}{2} \right) \right] + R_g A_g' (h_0 - a') \quad (9.1.14-3)$$

此时,中和轴的位置按下式确定:

$$R_g (A_g - A_g') = R_w [b x + 0.8 (b_i' - b) h_i'] \quad (9.1.14-4)$$

按上述公式计算受弯构件时,混凝土受压区的高度应符合公式(9.1.14—5)、(9.1.14—6)的要求,截面强度应符合公式(9.1.14—7)的要求。但在构件中如无受压钢筋或计算中不考虑受压钢筋时,只需符合公式(9.1.14—5)的要求。

$$x \leq 0.55 h_0 \quad (9.1.14-5)$$

$$x \geq 2a' \quad (9.1.14-6)$$

\* 为当 T 形截面时,式中的  $b$  应为  $b_i'$ 。

$$KM \leq 0.5 R_w b h_0^2 \quad (9.1.14-7)$$

式中  $K$  ——安全系数,按表 9.1.1—2 采用;  
 $M$  ——弯矩;  
 $R_w$  ——混凝土弯曲抗压极限强度,  $R_w = 1.25 R_a$ ;  
 $R_s$  ——钢筋的抗拉或抗压计算强度,按表 4.2.8 采用;  
 $A_s, A_s'$  ——受拉和受压区钢筋的截面面积;  
 $a, a'$  ——自钢筋  $A_s$  或  $A_s'$  的重心分别至截面最近边缘的距离;  
 $h$  ——截面高度;  
 $h_0$  ——截面的有效高度,  $h_0 = h - a$ ;  
 $x$  ——混凝土受压区的高度;  
 $b$  ——矩形截面的宽度或 T 形截面的肋宽;  
 $b_s'$  ——T 形截面受压区翼缘计算宽度,按表 9.1.14 所列各项中的最小值采用;  
 $h_s'$  ——T 形截面受压区翼缘的高度。

**T 形截面受压区翼缘宽度** **表 9.1.14**

序 号	考 虑 情 况	肋 形 梁	独 立 梁
1	按跨度 $l$	$\frac{1}{3}l$	$\frac{1}{3}l$
2	按梁肋净距 $S$	$b + S$	
3	按翼缘高度 $h_s'$ ( $h_s'/h_0 \geq 0.1$ )		$b + 12h_s'$

**第 9.1.15 条** 矩形和 T 形截面的一般受弯构件,其截面应符合下式要求:

$$KQ \leq 0.3 R_a b h_0 \quad (9.1.15)$$

式中  $K$  ——安全系数,按表 9.1.1—2 采用;  
 $Q$  ——剪力;  
 $b$  ——矩形截面的宽度或 T 形截面的肋宽;  
其他符号同前。

**第 9.1.16 条** 在计算斜截面的抗剪强度时,其计算位置应按

下列规定采用：

- 一、支座边缘处的截面(图 9.1.16a、b 截面 1—1)；
- 二、受拉区弯起钢筋弯起点处的截面(图 9.1.16a 截面 2—2、3—3)；
- 三、受拉区箍筋数量与间距改变处的截面(图 9.1.16b 截面 4—4)；

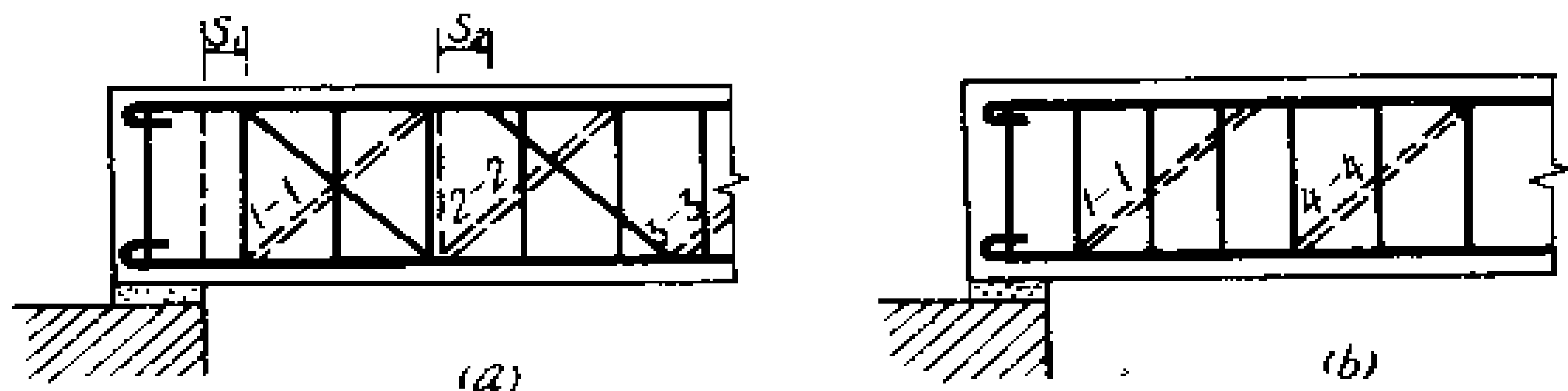


图 9.1.16 斜截面抗剪强度的计算位置图

1—1——支座边缘处的斜截面；2—2、3—3——受拉区弯起钢筋弯起点的斜截面；  
4—4——箍筋数量与间距改变处的斜截面。

**第 9.1.17 条** 矩形和 T 形截面的受弯构件，当仅配有箍筋时，其斜截面的抗剪强度应按下列公式计算：

$$KQ \leq Q_{kh} \quad (9.1.17-1)$$

$$Q_{kh} = 0.07R_c b h_0 + \alpha_{kh} R_g \frac{A_k}{S} h_0 \quad (9.1.17-2)$$

式中  $Q$ ——斜截面上的最大剪力；

$Q_{kh}$ ——斜截面上受压区混凝土和箍筋的抗剪强度；

$\alpha_{kh}$ ——抗剪强度影响系数，应按下列规定采用：

$$\text{当 } \frac{KQ}{bh_0} \leq 0.2R_c \text{ 时,} \quad \alpha_{kh} = 2.0;$$

$$\text{当 } \frac{KQ}{bh_0} = 0.3R_c \text{ 时,} \quad \alpha_{kh} = 1.5;$$

当  $\frac{KQ}{bh_0}$  为中间数值时， $\alpha_{kh}$  值按直线内插法取用；

$A_k$  ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积,  $A_k = na_k$ , 此时, 箍筋的间距应符合表 9.3.6—2 的要求。

$n$  ——在同一个截面内箍筋的肢数;

$a_k$  ——单肢箍筋的截面面积;

$s$  ——沿构件长度方向上箍筋的间距;

$R_g$  ——箍筋的抗拉计算强度, 按表 4.2.8 采用。

**第 9.1.18 条** 矩形和 T 形截面的受弯构件, 当配有箍筋和弯起钢筋时, 其斜截面的抗剪强度应按下列公式计算:

$$KQ \leq Q_{kh} + 0.8R_g A_w \sin\theta \quad (9.1.18)$$

式中  $Q$  ——在配置弯起钢筋处的剪力, 按第 9.1.19 条的规定采用;

$A_w$  ——配置在同一弯起平面内的弯起钢筋的截面面积, 弯起钢筋的间距应符合第 9.3.5 条的要求;

$\theta$  ——弯起钢筋与构件纵向轴线的夹角。

**第 9.1.19 条** 计算弯起钢筋时, 剪力  $Q$  值可按下列规定采用(图 9.1.16a):

一、当计算第一排(对支座而言)弯起钢筋时, 取用支座边缘处的剪力值;

二、当计算以后的每一排弯起钢筋时, 取用前一排(对支座而言)弯起钢筋起点处的剪力值。

**第 9.1.20 条** 矩形和 T 形截面的受弯构件, 如能符合下列要求时:

$$KQ \leq 0.07R_a b h_0 \quad (9.1.20)$$

则不需要进行斜截面的抗剪强度计算, 而仅需根据表 9.3.6—2 的规定, 按构造要求配置箍筋。

**第 9.1.21 条** 钢筋混凝土矩形截面的大偏心受压构件( $x \leq 0.05h_0$ ), 其截面强度应按下列公式计算(图 9.1.21):

$$KN \leq R_w Bx + R_g (A'_g - A_g) \quad (9.1.21-1)$$



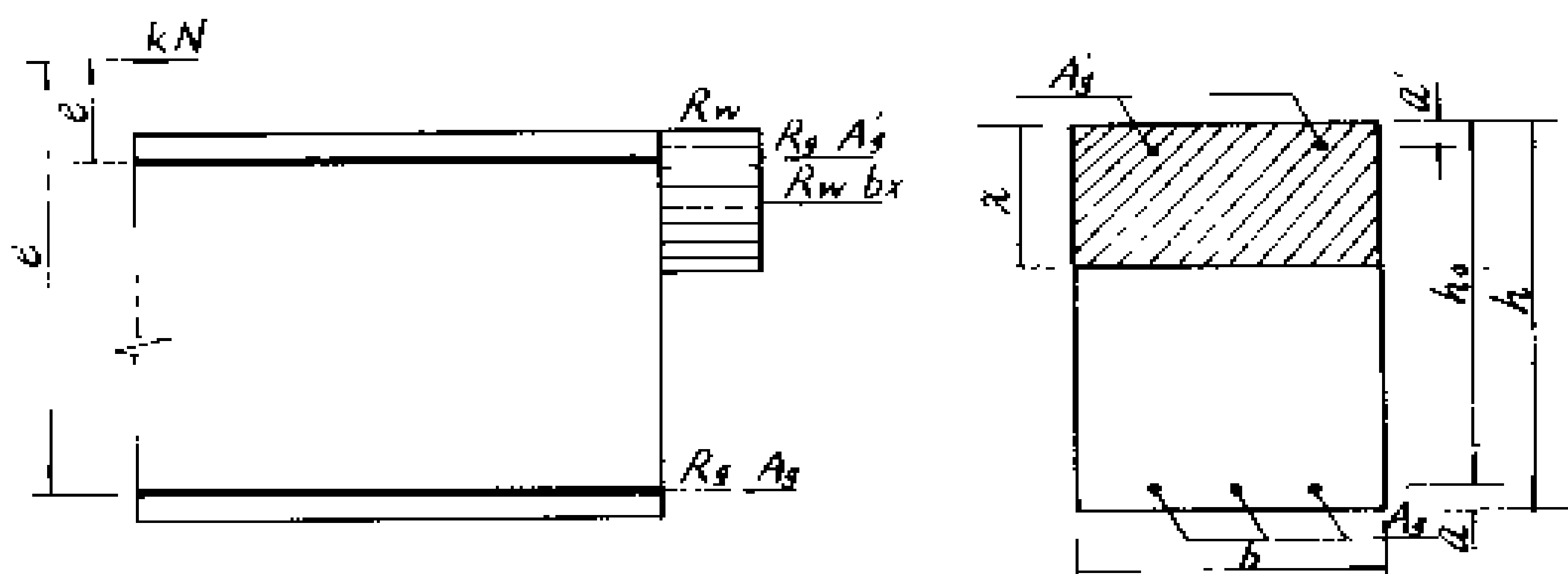


图 9.1.21 钢筋混凝土大偏心受压构件截面强度计算图

$$\text{或 } KNe \leq R_w b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_g A_g' (h_0 - a') \quad (9.1.21-2)$$

此时,中和轴的位置按下式确定:

$$R_g (A_g e \mp A_g' e') = R_w b x \left( e - h_0 + \frac{x}{2} \right) \quad (9.1.21-3)$$

当轴向力  $N$  作用于钢筋  $A_g$  的重心与钢筋  $A_g'$  的重心之间时,公式(9.1.21-3)中的左边第二项取正号;当  $N$  作用于  $A_g$  和  $A_g'$  两重心以外时,则取负号。

如计算中考虑受压钢筋时,则混凝土受压区的高度应符合公式(9.1.14-6)要求,如不符合,则按公式(9.1.21-4)计算:

$$KNe' \leq R_g A_g (h_0 - a') \quad (9.1.21-4)$$

式中  $N$  —— 轴向力;

$e, e'$  —— 钢筋  $A_g$  和  $A_g'$  的重心至轴向力作用点的距离;

其他符合同前。

如按公式(9.1.21-4)求得的构件截面强度比不考虑受压钢筋更小时,则计算中不应考虑受压钢筋。

**第9.1.22条** 钢筋混凝土矩形截面的小偏心受压构件( $x >$

$0.55h_0$ ), 其截面强度应按下式计算(图 9.1.22):

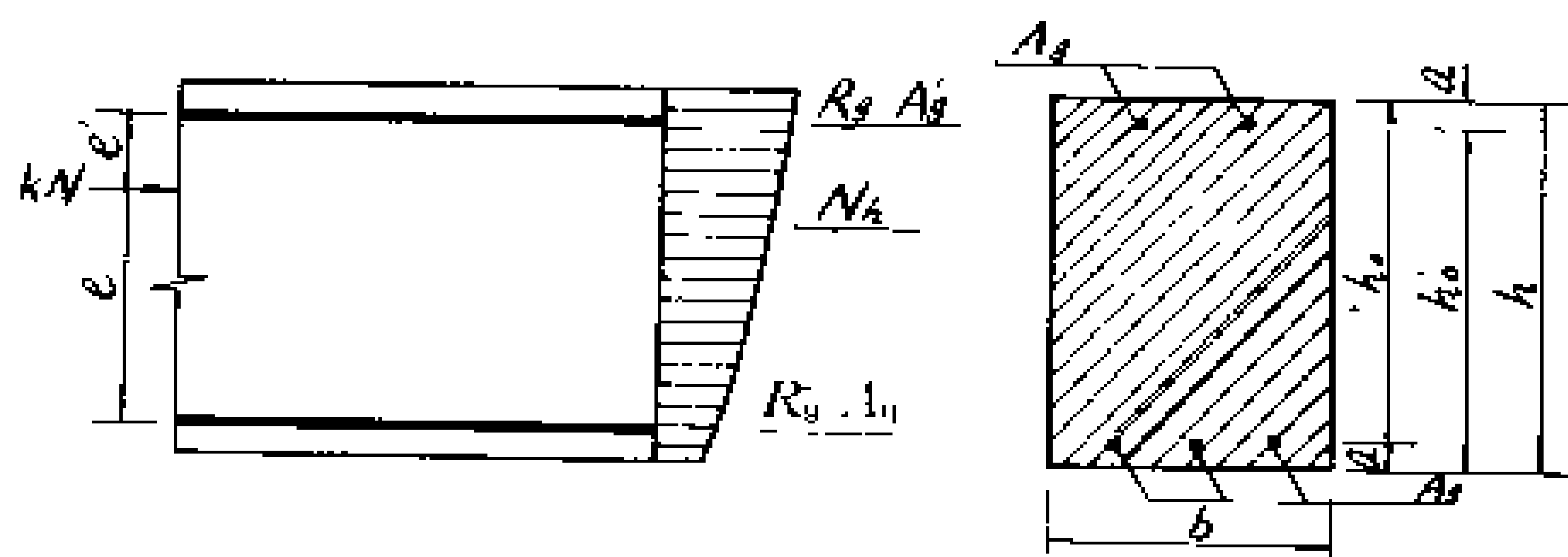


图 9.1.22 钢筋混凝土小偏心受压构件截面强度计算图

$$KNe \leq 0.5R_a b h_0^2 + R_g A_g' (h_0 - a') \quad (9.1.22-1)$$

如轴向力  $N$  作用于钢筋  $A_g$  的重心与钢筋  $A_g'$  的重心之间, 则尚应符合下列要求:

$$KNe' \leq 0.5R_a b h_0'^2 + R_g A_g (h_0' - a) \quad (9.1.22-2)$$

式中符号同前。

**第 9.1.23 条** 计算钢筋混凝土矩形截面的偏心受压构件时, 应考虑构件在弯矩作用平面内的挠度使轴向力偏心距增大的影响。此时, 应将轴向力的偏心矩  $e_0$  乘以偏心距增大系数  $\eta$ 。 $\eta$  值按下式计算:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{KN}{10\alpha E_a I_0} H^2} \quad (9.1.23)$$

式中  $K$  ——安全系数, 按表 9.1.1—2 采用;

$E_a$  ——混凝土的受压弹性模量, 见表 4.2.4;

$I_0$  ——混凝土全截面(包括钢筋)的换算截面惯性矩;

$H$  ——构件的高度;

$\alpha$  ——与偏心矩有关的系数, 按下式计算:

$$\alpha = \frac{0.12}{0.3 + \frac{e_3}{h}} + 0.17$$

当  $e_3/h \geq 1$  时, 取  $\alpha = 0.26$

对于隧道衬砌, 明洞拱圈和墙背紧密回填的明洞边墙, 以及当构件高度与弯矩作用平面内的截面边长之比  $H/h \leq 8$  时, 可取  $\eta = 1$ 。

偏心受压构件, 除应计算弯矩作用平面的强度以外, 尚应按轴心受压构件验算垂直于弯矩作用平面的强度。此时, 不考虑弯矩的作用, 但应按表 9.1.23 考虑纵向弯曲系数。

钢筋混凝土构件的纵向弯曲系数 表 9.1.23

$H/h$	$\leq 8$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
纵向弯曲系数 $\varphi$	1.00	0.98	0.95	0.92	0.87	0.81	0.75	0.70	0.65	0.60	0.56	0.52

## 第二节 洞 门 计 算

**第 9.2.1 条** 洞门(包括隧道门和明洞门)可视作挡土墙, 按容许应力检算其强度, 并应检算绕墙趾倾覆及沿基底滑动的稳定, 检算时应符合表 9.2.1 的规定。

洞门墙主要检算规定 表 9.2.1

墙身截面压应力 $\sigma$	$\leq$ 容许应力
墙身截面偏心距 $e$	$\leq 0.3$ 倍截面厚度
基底应力 $\sigma$	$\leq$ 地基容许承载力
基底偏心距 $e$	岩石地基 $\leq B/4$ 土质地基 $\leq B/6$ ( $B$ —墙底厚度)
滑动稳定系数 $K_s$	$\geq 1.3$
倾覆稳定系数 $K_o$	$\geq 1.5$

注: 检算高洞门墙需控制截面拉应力时, 拉应力控制值可按混凝土的抗拉极限强度(见表 4.2.2)或砌体的弯曲抗拉极限强度(可取表 4.2.5 抗剪极限强度  $R_v$  值), 给以适当的安全系数拟定。

**第 9.2.2 条** 计算洞门时,设计参数应按现场试验资料采用。当缺乏试验资料时,亦可使用表 9.2.2 所列数值。

洞门设计计算参数 表 9.2.2

仰坡坡度	计算摩擦角 $\varphi$	容 重 $\gamma$ kN/m <sup>3</sup> (tf/m <sup>3</sup> )	基底摩擦 系数 $f$	基底控制压应力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )
1 : 0.5	70°	25 (2.5)	0.6	0.8 (8)
1 : 0.75	60°	24 (2.4)	0.5	0.6 (6)
1 : 1	50°	20 (2.0)	0.4	0.40~0.35 (4.0~3.5)
1 : 1.25	43°~45°	18 (1.8)	0.4	0.30~0.25 (3.0~2.5)
1 : 1.5	38°~40°	17 (1.7)	0.35~0.40	0.25 (2.5)

**第 9.2.3 条** 钢筋混凝土洞门的截面最小配筋率应符合第 9.1.13 条的规定。选择截面时,钢筋的弹性模量与混凝土的弹性模量的比值  $n$  采用 15。

第三节 构造要求

**第 9.3.1 条** 承载的隧道建筑物各部结构的截面最小厚度,不应小于表 9.3.1 所列的数值。

截面最小厚度 cm 表 9.3.1

建筑材料种类	隧道和明洞衬砌			洞门端墙翼墙 和洞口挡土墙
	拱 圈	边 墙	仰 拱	
混 凝 土	20	20	20	30
片石混凝土		50	50	50
浆砌粗料石 或混凝土块	30	30		30
浆砌块石		30		30
浆砌片石		50		50

**第 9.3.2 条** 混凝土基础台阶的坡线和竖直线之间的夹角,不应大于 45°;如为砌体基础,则不应大于 35°。

**第 9.3.3 条** 锚喷衬砌及复合式衬砌初期支护的设计参数,可参照表 9.3.3-1 和表 9.3.3-2 选用。

锚喷衬砌的设计参数 表 9.3.3-1

围岩类别	单 线	双 线
VI	喷混凝土厚度 6cm	喷混凝土厚度 6~10cm;必要时设置锚杆,长度 1.5~2.0m,间距 1.2~1.5m
V	喷混凝土厚度 6~10cm;必要时设置锚杆,长度 1.5~2.0m,间距 1.2~1.5m	喷混凝土厚度 8~12cm;设置锚杆,长度 2.0~2.5m,间距 1~1.2m;必要时配置局部钢筋网
IV	喷混凝土厚度 8~12cm;设置锚杆,长度 2.0~2.5m,间距 1~1.2m;必要时配置钢筋网	喷混凝土厚度 10~15cm;设置锚杆,长度 2.5~3.0m,间距 1m;配置钢筋网

- 注:① III 类及以下围岩采用锚喷衬砌时,设计参数应通过试验确定。  
② 边墙喷混凝土的厚度可取表列参数的下限值,如边墙围岩稳定,可不设置锚杆和钢筋网。  
③ 配置钢筋网的网格间距一般为 15~30m,钢筋网保护层不小于 2cm。

复合式衬砌初期支护的设计参数 表 9.3.3-2

围岩类别	单 线	双 线
IV	喷混凝土厚度 5~10cm;设置锚杆,长度 2.0m,间距 1~1.2m;必要时局部设置钢筋网	喷混凝土厚度 10~15cm;锚杆长度 2.5m,间距 1~1.2m;必要时配置钢筋网
III	喷混凝土厚度 10~15cm;锚杆长度 2~2.5m,间距 1m;必要时配置钢筋网	喷混凝土厚度 15cm;锚杆长度 2.5~3.0m,间距 1m;设置钢筋网
II	喷混凝土厚度 15cm;锚杆长度 2.5m,间距 0.8~1.0m;设置钢筋网,应施作仰拱	喷混凝土厚度 20cm;锚杆长度 3.0~3.5m,间距 0.8~1.0m;设置钢筋网,必要时设置钢架,应施作仰拱
I	喷混凝土厚度 20cm;锚杆长度 3.0m,间距 0.6~0.8m;设置钢筋网,必要时设置钢架,应施作仰拱	通过试验确定

注:采用钢架时,宜选用轻型钢材制作;钢架的喷混凝土保护层不应小于 4cm。

**第 9.3.4 条** 光钢筋端部半圆弯钩的内半径不得小于钢筋直

径的1.25倍,并在钩的端部留一直段,其长度为钢筋直径的3倍(图 9.3.4)。

螺纹钢筋的直弯钩与光面钢筋的直弯钩相同,但其内半径不得小于钢筋直径的 2.5 倍。

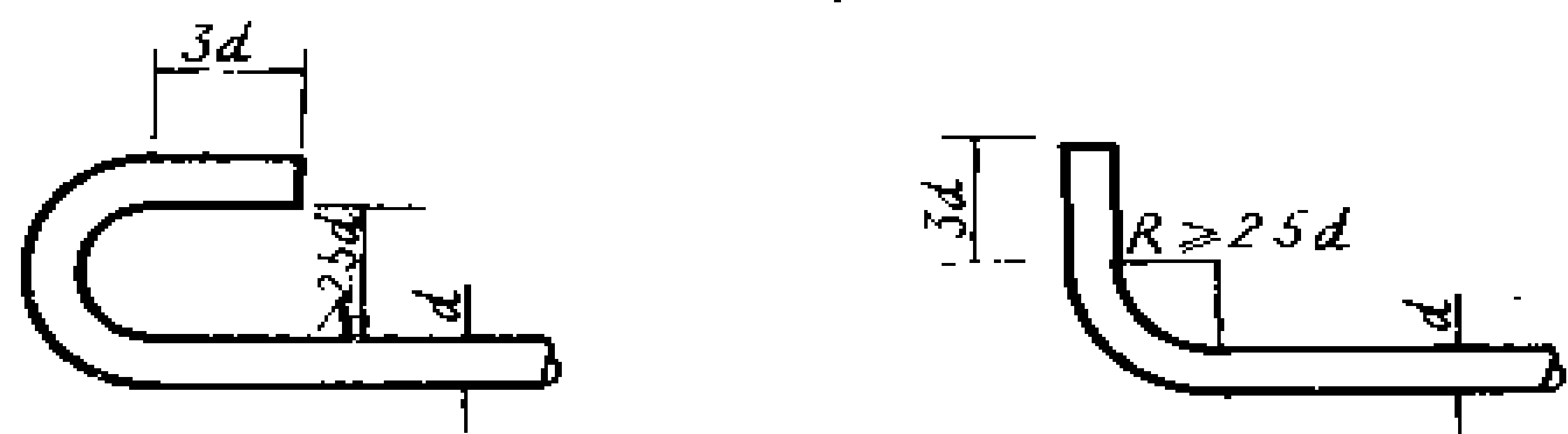


图 9.3.4 钢筋标准弯钩图

第 9.3.5 条 钢筋的锚固及最小弯曲半径规定如下：

一、钢筋的锚固规定见表 9.3.5。

钢筋的锚固规定 表 9.3.5

锚固条件 \ 钢筋类别		A3 光 钢 筋	20MnSi、A5 螺纹钢筋
受压钢筋自不受力 处算起的锚固长度	$\geq 30d$	不设弯钩	
	$< 30d$	10d 加直钩	
	$\geq 20d$		不设弯钢
	$< 20d$		10d 加直钩
受拉构件的钢筋按 粘结力计算的锚固 长度	在无横向压力 区域	30d 加半圆钩	20d 加直钩
	在有横向压力 区域	15d 加半圆钩	10d 加直钩
受弯构件,偏心受 压构件的受拉钢筋 自不受力处算起的 锚固长度	在压力区	10d 加直钩	10d 不设弯钩
	在拉力区(在 困难情况下)	20d 加半圆钩	20d 加直钩
弯起钢筋当伸到压 力区的长度	$\geq 20d$	不设与纵筋平行的直 段,端部采用直钩	不设与纵筋平行的直 段,且不设弯钩
	$< 20d$	设与纵筋平行长度为 10d 的直段,并加直钩	设与纵筋平行长度为 15d 的直段,不设弯钩

注:d 为钢筋直径。

二、钢筋的最小弯曲半径：

A3 钢筋—— $10d$ ，A5 和 20MnSi 钢筋—— $12d$ 。

**第 9.3.6 条** 钢筋的直径和间距应符合表 9.3.6-1～9.3.6-3 的要求。

柱中钢筋的直径和间距 mm 表 9.3.6—1

类 别	直 径 $d$	间 距
纵向受力钢筋 (主筋)	$\leq 12$	净距 $\leq 50$ 中距 $\geq 350$
箍 筋	$\leq 6$ ; $\leq d/4$ ( $d$ 为主筋中的最大直径); 纵向钢筋配筋率 $> 3\%$ 时, $\leq 8$	$\geq 400$ ; $\geq$ 截面的短边尺寸; $\geq 15d$ (绑扎骨架中) 或 $\geq 20d$ (焊接骨架中); 在绑扎的搭接接头 $l_d$ 范围内, 当搭接钢筋为受压时, $\geq 10d$ ; 为受拉时, $\geq 5d$ ( $d$ 为主筋中的最小直径)
构造钢筋	偏心受压柱当截面高度 $h \geq 600\text{mm}$ 时, 应在柱长边设置, $d = 10 \sim 16$ , 间距 $\geq 500$	

梁中钢筋的直径和间距 mm 表 9.3.6—2

类 别	直 径 $d$	间 距
纵向受力钢筋 (主筋)	梁高 $h \geq 300\text{mm}$ 时, $\leq 10$ ; $h < 300\text{mm}$ 时, $\leq 6$	净距 $\leq d$ , 同时下部钢筋 $\leq 25$ , 上部钢筋 $\leq 30$ 。下部钢筋多于两排时, 其横向中距应比下面两排的中距大一倍
箍 筋	梁高 $h \leq 250\text{mm}$ 时, $\leq 4$ ; $250\text{mm} < h \leq 800\text{mm}$ 时, $\leq 6$ ; $h > 800\text{mm}$ 时, $\leq 8$ ; 配有计算的受压钢筋时, $\leq d/4$ ( $d$ 为受压钢筋中的最大直径)	梁高 $150\text{mm} < h \leq 300\text{mm}$ 时, $150 \sim 200$ ; $300\text{mm} < h \leq 500\text{mm}$ 时, $200 \sim 300$ ; $500\text{mm} < h \leq 800\text{mm}$ 时, $250 \sim 350$ ; $h > 800\text{mm}$ 时, $300 \sim 500$ ( $KQ > 0.07R_{cb}bh$ 时取小值, 反之取大值)
构造钢筋	1. 架立钢筋: 梁跨 $l < 4\text{m}$ 时, $d \leq 6$ ; $l = 4 \sim 6\text{m}$ 时, $d \leq 8$ ; $l > 6\text{m}$ 时, $d \leq 10$ 2. 梁侧构造钢筋及拉筋: 梁高 $h > 700\text{mm}$ 时, 在梁两侧面沿高度每隔 $300 \sim 400\text{mm}$ 应设一根 $d \leq 10$ 的构造钢筋, 并以拉筋联系。拉筋直径一般与箍筋同, 间距 $500 \sim 700$ , 常为箍筋间距的倍数。	

注：当按计算需设置弯起钢筋时，前一排（对支座而言）的弯起点至最后一排的弯终点的距离不应大于表 9.3.6—2 中  $KQ > 0.07R_{cb}bh$  时的箍筋间距。

板中钢筋的直径和间距 mm 表 9.3.6 - 3

类 别	直 径 $d$	间 距
纵向受力钢筋 (主筋)	受力钢筋: 常用 6、8、10	受力钢筋: 一般 $\leq 70$ ; 板厚 $h \leq 150\text{mm}$ 时, $\geq 200$ ; $h > 150\text{mm}$ 时, $\geq 1.5h$ , 且 每米宽度内不应少于 3 根
构造钢筋	分布钢筋 常用 $d=4、5、6$ , 宜采用较密的间距 (200~300)	

第 9.3.7 条 钢筋混凝土构件中受力钢筋的混凝土保护层最小厚度应符合表 9.3.7 的规定。

混凝土保护层最小厚度 cm 表 9.3.7

构件厚度	保护层最小厚度	
	非侵蚀性环境	侵蚀性环境
$<15$	1	1.5
15~30	3	3.5
31~50	3.5	4
$>50$	4	5

注:①采用蒸汽机车牵引时,隧道衬砌用侵蚀性环境栏内数值。  
②明洞和洞口,不论牵引种类,均可用非侵蚀性环境栏内数值。



## 第十章 辅助坑道

### 第一节 一般规定

**第 10.1.1 条** 选设横洞、斜井、竖井或平行导坑作辅助坑道，应根据隧道长度、施工期限、地形、地质、水文等条件，结合通风、排水及弃碴的需要，通过技术经济比较确定。

**第 10.1.2 条** 辅助坑道的断面尺寸应根据运输要求、地质条件、支护类型、设备外型尺寸及技术条件、人行安全及管路布置等因素确定。若需作为通风之用，则应核算其面积。

**第 10.1.3 条** 辅助坑道在一般情况下应设永久性支护。选用支护类型时，可优先采用锚喷。

洞口、辅助坑道岔洞处及与正洞连接处应加强。

对有特殊用途的辅助坑道，如作为泄水洞、运营通风道等应按要求设衬砌。

**第 10.1.4 条** 辅助坑道不予利用时，其处理办法应符合下列规定：

- 一、整理排水系统，使其畅通无阻；
- 二、加强薄弱环节及易坍塌地段的衬砌；
- 三、封闭辅助坑道洞口及与正洞相交的连接段。

### 第二节 横洞和平行导坑

**第 10.2.1 条** 傍山、沿河隧道需设辅助坑道时，宜先考虑采用横洞。其设置的位置应考虑施工需要和施工主攻方向。横洞与隧道中线连接处的平面交角以  $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$  为宜；并应有向洞外不小于 3‰的下坡。

**第 10.2.2 条** 长度在 3000m 以上或确有特殊需要的隧道，

当不宜采用其他类型辅助坑道时，可采用平行导坑。

其位置的选定应符合下列要求：

一、宜设在地下水来源的一侧。

二、与隧道的净距应按地质条件、施工方法等因素确定，一般采用 15~20m。如将来有可能扩大为第二线隧道时，应按表 2.2.5 规定办理。

三、坑底标高应低于隧道底面标高 0.2~0.6m。

**第 10.2.3 条** 平行导坑宜采用单车道断面，隔适当距离设置错车道，错车道的有效长度一般为 1.5 倍列车长度。

**第 10.2.4 条** 平行导坑横通道的设置应遵守下列规定：

一、间距应根据施工需要和工程进度确定，一般不小于 120m。其位置可结合隧道避车洞位置设置，宜避免通过断层、岩层破碎等不良地质地段。

二、与隧道中线的交角，一般为 40°。

**第 10.2.5 条** 平行导坑应设置水沟，其过水断面、沟底坡度等，应根据排水需要和正洞排水统一考虑。

### 第三节 斜井和竖井

**第 10.3.1 条** 长隧道在埋置不深和地质条件较好的地段，为满足工期要求，需增加工作面时，可考虑采用斜井。

在不宜设置斜井时，可采用竖井。

斜井和竖井井口不应设在可能被洪水淹没处。井口位置的标高应高出洪水频率为 1/100 的水位至少 0.5m。如设于山沟低洼处，必须有防洪措施。

**第 10.3.2 条** 斜井和竖井的布置应遵守下列规定：

一、斜井：

1. 斜井提升方式应根据提升量、斜井长度及井口地形选择。各种提升方式的斜井倾角规定如下：

箕斗提升	不大于 35°；
------	----------

串车提升	不大于 $25^{\circ}$ ;
胶带输送机提升	不大于 $15^{\circ}$ 。

2. 与隧道中线连接处的平面交角一般采用  $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。

3. 井身纵断面不宜变坡,井口和井底变坡点应设置竖曲线。竖曲线半径一般采用  $12\sim 20\text{m}$ 。

4. 斜井必须设置宽度不小于  $0.7\text{m}$  的人行道,倾角大于  $15^{\circ}$  时应设置台阶。

串车斜井和箕斗斜井每隔  $30\sim 50\text{m}$  可设一个躲避洞。

## 二、竖井:

1. 平面位置以设在隧道中线的一侧为宜,与隧道的净距一般为  $15\sim 20\text{m}$ 。

2. 竖井断面一般采用圆形。井筒内应设置安全梯。

3. 井筒与井底车场连接处(或称马头门)应能满足通过隧道内所需的材料和设备的要求。

4. 竖井应根据使用期限、井深、提升量,并结合安装维修等因素,选用钢丝绳罐道、钢罐道或木罐道。

**第 10.3.3 条** 斜井和竖井井底车场,应根据地质条件、运量要求、提升方式、运输设备等因素,结合调车安全、作业方便等要求,合理布置。

**第 10.3.4 条** 斜井和竖井井底应根据涌水量和施工组织安排选定地下水的排出方式和相应的设施。根据井身长度、提升方式、使用期限及便利施工等因素考虑各种洞室的设置。

**第 10.3.5 条** 斜井和竖井的衬砌设计应遵守下列规定:

一、斜井井口段和地质较差的地段,宜作衬砌。

二、竖井井口应设混凝土或钢筋混凝土井颈。马头门应作模筑混凝土衬砌。井口段、通过地质条件较差的井身段及马头门的上方宜设壁座。其型式、间距可根据地质条件、施工方法及衬砌类型确定。

**第 10.3.6 条** 斜井和竖井内人员和材料升降时的最大速度:

一、斜井：

最大速度不应超过表 10.3.6 所列数值。

斜井内最大速度 表 10.3.6

斜井长度 m	最 大 速 度 m/s		
	升降人员	串车升降物料	箕斗升降物料
不大于 300	3.5	3.5	5
大于 300	5	5	7

二、竖井：

1. 竖井中用罐笼升降人员的最大速度，按下列公式计算：

$$V=0.5 \sqrt{H} \qquad (10.3.6-1)$$

但不得大于 12m/s。

2. 竖井中升降物料时的最大速度，按下列公式计算：

$$V=0.6 \sqrt{H} \qquad (10.3.6-2)$$

上两式中  $V$ ——最大速度，m/s；

$H$ ——提升高度，m。

**第 10.3.7 条** 当斜井、竖井采用单绳提升时，钢丝绳的安全系数不小于表 10.3.7 的数值。

钢丝绳安全系数 表 10.3.7

使 用	情 况	安 全 系 数
专 用	升 降 人 员	9
	升 降 物 料	6.5
兼 用	升 降 人 员	9
	升 降 物 料	7.5

**第 10.3.8 条** 斜井、竖井提升装置的滚筒上缠绕钢丝绳的层

数，不得大于表 10.3.8 所列数字。

钢丝绳缠绕层数 表 10.3.8

井 别	使 用 情 况	层 数
竖 井	升 降 人 员	1
	升 降 物 料	2
斜 井	升 降 人 员	2
	升降物料；30°以下，斜长超过 600m 升降人员	3
	30°以下，斜长超过 600m 升降物料	4

**第 10.3.9 条** 天轮到绞车滚筒上的钢丝绳最大内外偏角不得超过1°30′。当滚筒上钢丝绳层数大于一层时，一般不大于1°10′。

**第 10.3.10 条** 斜井和竖井在建井和使用期间，必须有相应的安全措施。井在适当位置设挡车设备，严防溜车。竖井还应设置可靠的防坠器。

倾角在 15°以上的斜井应有轨道防滑措施。

# 第十一章 防水和排水

## 第一节 一般规定

**第 11.1.1 条** 新建和改建隧道，应对地表水和地下水作妥善处理，洞内外应有完整的防排水设施，以保证结构和设备的正常使用和行车安全，要求做到：

- 一、拱部不滴水，边墙不淌水，安装设备之孔眼不渗水；
- 二、隧底不涌水，道床不积水；
- 三、在有冻害地段的隧道，拱部和边墙基本上不渗水，衬砌背后不积水。

**第 11.1.2 条** 隧道防排水应采取“防、截、排、堵结合，因地制宜，综合治理”的原则，达到防水可靠、经济合理的目的。

## 第二节 防水

**第 11.2.1 条** 隧道防水措施如下：

- 一、混凝土衬砌应满足抗渗要求。混凝土的抗渗标号，寒冷地区冻害地段和严寒地区不宜低于 S6，其余地区不宜低于 S4。
- 二、施工缝、沉降缝、伸缩缝应有加强的防水措施。
- 三、围岩破碎渗水、易坍塌地段，宜采用注浆加固围岩和防水，当水量大时，应采用化学浆液。在注浆地段，应采取措施防止堵塞排水设施。
- 四、防治衬砌漏水，可根据具体情况，结合引排措施，敷设衬砌内、外防水层或夹层防水层。

整治衬砌裂损、混凝土不密实、施工缝隙等引起的漏水，可以在衬砌圬工内压注水泥浆或化学浆液，在施工缝隙处涂抹或嵌填防水材料。

五、有侵蚀性地下水时，应针对侵蚀类型，采用抗侵蚀性圬工；压注抗侵蚀性浆液；有条件时可敷设防水、防蚀层。

**第 11.2.2 条** 隧道地表沟谷、坑洼积水、渗水对隧道有影响时：宜采用疏导、勾补、铺砌和填平等措施，废弃的坑穴、钻孔等应填实封闭，防止或减少地表水下渗。

**第 11.2.3 条** 隧道附近的水库、池沼、溪流、井泉的水，如有可能渗入隧道，影响农田灌溉及生活用水时，应采取措施处理。

### 第三节 排 水

**第 11.3.1 条** 隧道排水措施如下：

- 一、洞内纵向应设排水沟，横向应设排水坡。
- 二、围岩地下水出露处所宜在衬砌背后设竖向盲沟或排水管（槽），集水钻孔等引排。需要时设环向盲沟、纵向盲沟组成的排水系统。对于颗粒易流失的围岩，不宜采用集中疏导排水。
- 三、当地下水发育，含水层明显，又有长期补给来源，洞内水量较大时，根据情况可利用或设置辅助坑道、泄水洞等作为截、排水设施。
- 四、锚喷支护地段局部渗漏水，锚喷前应采取措施将水引离排除。

**第 11.3.2 条** 洞内设置排水沟应遵守下列规定：

- 一、水沟坡度应与线路坡度一致。在隧道中的分坡平段范围内和车站内的隧道，排水沟底部应有不小于 1‰ 的坡度。流入排水沟的隧底横向排水坡不小于 2‰。
- 二、单侧水沟应设在地下水来源的一侧，如地下水来源不明时，曲线隧道水沟可设在曲线内侧，直线隧道水沟可设在任一侧；有仰拱的隧道宜采用侧沟；当地下水较大或长隧道和采用混凝土宽枕道床或整体道床的隧道，宜设双侧水沟；双线隧道可设置双侧或中心水沟。水沟的侧面应设有足够的进水孔。

- 三、水沟断面视水量大小选定，应有足够的过水能力。水沟

的设置应便于清理和检查，并应铺设盖板。

四、寒冷和严寒地区冬季有水的隧道：最冷月平均温度在 $-10^{\circ}\text{C}\sim-15^{\circ}\text{C}$ 之间，宜设置双侧保温水沟；最冷月平均温度在 $-15^{\circ}\text{C}\sim-25^{\circ}\text{C}$ 之间，宜设置中心深埋水沟；最冷月平均温度低于 $-25^{\circ}\text{C}$ ，宜设置防寒泄水洞。其配套排水设施应能防寒，保证流水畅通。

**第 11.3.3 条** 隧道全长在 100m 及以下（干旱地区 300m 及以下），且常年干燥，可不设洞内排水沟。

#### 第四节 洞口及明洞防排水

**第 11.4.1 条** 洞口防水和排水措施如下：

一、隧道、明洞和辅助坑道洞口应设置截水沟和排水沟。

二、多雨地区，为防止洞门仰坡范围地表水下渗和冲刷，根据具体情况采取防护措施。

三、洞外路堑的水不宜流入隧道。当出洞方向路堑为上坡时，宜将洞外侧沟做成与线路坡度相反，且一般不小于 $2\text{‰}$ 的坡度；当隧道全长小于 300m，如路堑水量较小，且含泥量少，不易淤积，修建反向侧沟将增加大量土石方和圬工工程等困难条件下，路堑侧沟的水可经隧道流出，但应验算隧道水沟断面，不够时应予扩大，并在高端洞口设置沉淀井。

**第 11.4.2 条** 明洞的防水和排水措施如下：

一、明洞顶部应设置必要的截、排水系统。

二、靠山侧边墙顶或边墙后，应设置纵向和竖向盲沟，将水引至边墙泄水孔排除。

三、衬砌外缘应敷设外贴式防水层。明洞与暗洞接头处，应做好防水处理。

四、回填土表面宜铺设粘性土隔水层，并与边坡搭接良好。



## 第十二章 运营期间的通风、供电照明

### 第一节 运营隧道通风

**第 12.1.1 条** 防治列车在隧道内排放的烟气和有害气体，结合具体情况，综合采用下列方法：

- 一、提高列车通过隧道的行驶速度；
- 二、洞内铺设混凝土宽枕道床或整体道床；
- 三、设置机械通风；
- 四、高峰浓度持续时间较长处的小避车洞宜安装防烟门；为工作人员配备防毒口罩等。

**第 12.1.2 条** 运营隧道内空气的卫生标准：列车通过隧道后 15min 以内，空气中一氧化碳浓度应在  $30\text{mg}/\text{m}^3$  以下，氮氧化物（换算成  $\text{NO}_2$ ）浓度应在  $5\text{mg}/\text{m}^3$  以下。

**第 12.1.3 条** 隧道是否设置机械通风，应根据牵引种类、隧道长度、隧道平面与纵断面、道床类型、行车速度和密度、气象条件及两端洞口地形条件等因素综合考虑确定。对单线隧道一般规定如下：

- 一、蒸汽机车牵引的隧道，长度在 1.5km 以上或内燃机车牵引、长度在 2km 以上，宜设置机械通风；
- 二、隧道长度虽小于上述数值，但自然通风条件不良，难以在规定时间内达到容许卫生标准时，亦宜考虑设置机械通风。

**第 12.1.4 条** 运营隧道机械通风方案，应根据技术、经济条件，考虑安全、效果等因素，综合比较确定合理的通风方式。

机械通风方式可以选用洞口风道式（设帘幕或不设帘幕）、斜井式、竖井式等。

一般采用洞口风道通风（设帘幕或不设帘幕）。当隧道较长，

在允许通风时间内不能满足通风要求时，可采用分段通风。

当运营通风需要利用斜井、竖井、横洞等辅助坑道时，其设置的位置与断面尺寸，应结合隧道通风的要求，统一考虑确定。

**第 12.1.5 条** 配置通风设备时，通风机所需供给的有效风量，应按挤压为主的原理进行计算，并考虑列车通过隧道的活塞作用和自然风的影响。

通风机供给的洞内风速不应大于  $6\text{m/s}$ 。

**第 12.1.6 条** 机械通风的设置，应遵守下列规定：

一、采用洞口风道通风方式时，一般采用吹入式通风。通风机设于低洞口端，通风设备宜设在洞外。当必须设在洞内时，机房和设备应有防潮、防锈蚀的措施。

二、通风机的类型宜选用风量大、压头低的轴流式通风机。风机传动应配套，一般选用电力传动。

三、设置为有帘幕通风时，帘幕结构应轻便、刚劲、启闭灵活和具有充分的安全设施，并应有与信号联锁的装置。

四、无帘幕洞口风道通风的设置，风道与隧道的夹角宜设计得小些，风道口与风道的过风面积及风机选型应使通风系统处于较佳的工作状态。

五、通风设备的基础应置于稳固的地基上。

**第 12.1.7 条** 机械通风的设备在安装，应及时施工并交付运营使用。

## 第二节 供电照明

**第 12.2.1 条** 隧道照明电源的设置应符合下列规定：

一、隧道养护作业照明，应根据需要设置移动电源；长度在  $1000\text{m}$  及以上的隧道，如附近有可利用的电源时，应予以供电，并在洞内装设照明插座。

二、直线上全长  $1000\text{m}$  及以上、曲线上全长  $500\text{m}$  及以上并允许较多行人通过的隧道，如附近有可利用的电源时，应设置固

定的电力照明。

**第 12.2.2 条** 隧道照明的设置应符合下列要求：

一、电力照明采用固定式灯具，装置高度（距轨面）一般为 3.5～4m；

二、养护作业用的照明插座，一般设在避车洞处，装置高度（距轨面）不宜低于 1.5m；

三、隧道内一般采用三相四线式供电，控制开关应集中装设在隧道口便于操作处；

四、电气设备应有防潮、防腐蚀措施。在有瓦斯泄出的隧道内还应有防爆设施；

五、隧道内无人增音站内维护作业用照明，应与隧道照明一并考虑，并设置照明插座。

**第 12.2.3 条** 隧道内采用混凝土槽敷设电力电缆时，应符合下列要求：

一、电缆一般敷设于电缆槽内，如有可能浸水或油污时，应将电缆敷设于沟架上。

二、电缆槽内应铺设细砂或自熄性泡沫塑料垫层并加盖板。

三、电缆在沟底敷设时应互相分开，其距离不宜小于 100mm。

**第 12.2.4 条** 当沿隧道边墙架设电力电缆时，应符合下列要求：

一、支持钢索用的托架，其间距在直线部分不宜大于 20m，曲线部分不宜大于 15m。

二、钢索每隔 300～500m 应设一耐张段。

三、钢索上悬挂电缆固定点的距离不宜超过下列数值：电力电缆为 750mm，控制电缆为 600mm。

四、在潮湿流水处所电缆与墙壁间的距离不应小于 50mm。

## 第十三章 隧道施工

**第 13.0.1 条** 编制指导性施工组织设计, 主要包括施工方案, 施工安排, 施工进度和需用的劳动力、主要材料、施工机具、电力、运输等数量以及有关安全、技术、节约等措施, 据以指导施工。一般情况下, 应符合下列要求:

一、结合现有的施工技术水平和机具设备情况, 经过综合比较, 选定施工方案。

二、建筑材料和动力资源的利用, 要因地制宜, 就地取材, 尽量节约能源和木材。

三、根据材料来源和交通运输情况, 选定经济、合理的运输方案和方法。

四、施工机具的配备, 要选型配套, 并尽量提高机械化水平。

五、统筹安排供风、供水、供电等设备, 满足施工要求。

六、大力推广采用先进技术和经验, 提高劳动生产率。

七、确保工程质量和施工安全。

**第 13.0.2 条** 隧道施工方法的选用, 应根据工程地质和水文地质资料, 结合断面大小、衬砌类型、隧道长度、工期要求等因素综合研究确定。

对地质变化较大的隧道, 选用的施工方法要有较大的适应性, 当需要变更施工方法时, 较少的影响施工进度。

安排开挖作业, 应尽量减少对地层的扰动和破坏, 抑制围岩变形, 充分利用围岩的自承能力。

**第 13.0.3 条** 隧道采用钻爆法施工, 一般可选用全断面法, 台阶法和导坑法等。有条件时, 可采用掘进机开挖法。当隧道通过特殊不良地质地段时, 宜结合具体情况研究采用特殊的施工方

法，如压注水泥砂浆加固地层法、盾构法或冻结法等。

洞口地质条件较差时，可采用导坑引进，而后由洞内向洞外方向扩大，灌拱。

在松软地层中采用先拱后墙法施工时，马口开挖应跳槽施工，根据围岩情况，马口可错开或对开。

**第 13.0.4 条** 明洞的施工方法，可选用全断面明挖先墙后拱法、明拱暗墙先拱后墙法和墙拱交替法。

**第 13.0.5 条** 采用分部开挖时，导坑断面尺寸应符合第 10.1.2 条的规定。

一般上导坑采用单车道断面，下导坑采用双车道断面；在地层松软或破碎易坍地段，下导坑宜用单车道断面。

**第 13.0.6 条** 施工程序的安排，应适应地质条件和保证施工安全、工程质量以及进度等要求，一般采用平行作业。

**第 13.0.7 条** 石质隧道施工应采用光面爆破技术，严格控制开挖断面，不应有欠挖。隧道的允许超挖值，应符合表 13.0.7 的规定。

隧道允许超挖值 cm 表 13.0.7

围岩条件类别 开挖部位	硬岩、一般相当于 Ⅵ类围岩	中硬岩、软岩相当 于Ⅴ～Ⅲ类围岩	破碎、松散岩石及 土质相当于Ⅰ～ Ⅱ类围岩（一般不 需爆破开挖）
	平均 10 最大 20	平均 15 最大 25	平均 10 最大 15
拱部			
边墙、仰拱、隧底	平均 10	平均 10	平均 10

**第 13.0.8 条** 支护的位置，应根据坑道地质条件，结合施工方法，并应符合下列规定：

一、支护方式视围岩稳定程度，可采用先挖后支、随挖随支或先护后挖等方法。

二、支护类型应优先采用锚喷支护。结合地质条件和具体情

况，也可选用构件支撑。

特殊困难地段，可用钢构件支撑，并结合初砌作为永久结构骨架之用。

三、构件支撑的设计宜采用定型的拼装式结构，力求简单、牢固、易于装拆、多次倒用。

**第 13.0.9 条** 隧道施工出碴及进料，应根据施工方法、机具设备、运量要求等，选择装碴及运输方式。一般以机械装碴、机动车牵引为基本方式。其线路布置和运输设施要满足装、运、卸和调车编组作业的需要。洞内有轨运输线路，未铺设双车道地段，宜设置必要的错车线，其有效长度应符合第 10.2.3 条的规定。线路铺设的技术标准，应满足机车、车辆和机具安全运行的要求。洞内采用无轨运输时，运输道路应铺设路面。

**第 13.0.10 条** 隧道衬砌作业应遵守下列规定：

一、衬砌作业应与开挖作业互相配合，根据地质条件，保持合理的间距。

二、采用锚喷支护时，支护施作应适时进行。当遇不良岩层时，支护必须紧跟开挖工作面。

三、采用复合式衬砌时，二次衬砌的施作时间一般应满足收敛速度小于  $0.1 \sim 0.2\text{mm/d}$ ，或拱顶位移速度小于  $0.07 \sim 0.15\text{mm/d}$ ，此外收敛量已达总收敛量的  $80 \sim 90\%$ 。

四、混凝土衬砌拆模，应在混凝土具有足够强度，能够承受结构自重和外荷载时，方能进行。

五、采用石料或混凝土块砌筑拱圈，按先拱后墙法施工时，应在拱脚处设置钢筋混凝土托梁。

**第 13.0.11 条** 隧道拱、墙背回填的一般规定：

一、隧道拱墙背的空隙，必须回填密实，并与衬砌同时进行；

二、拱、墙脚以上  $1\text{m}$  范围内的超挖，一般应用同级混凝土回填；

三、其余部位的空隙，可视围岩稳定情况，空隙大小，采用混凝土，片石混凝土，浆砌片石或干砌片石回填。

**第 13.0.12 条** 在不良地质地段施工，应结合具体情况研究处理，一般可采取下列措施：

- 一、防治水、短掘进、弱爆破、及时支护、加强衬砌。
- 二、采取临时支护与永久衬砌结合使用，避免抽换支撑。
- 三、在松软地层中进行开挖与支护，应预留足够的沉落量。

**第 13.0.13 条** 含瓦斯地层隧道的施工，除参照现行《煤矿安全规程》有关规定外，并应符合下列要求：

- 一、加强危险区域的通风；
- 二、洞内机电设备，必须采用防爆型；
- 三、当瓦斯含量高、压力大时，可采用超前钻孔和其他排放措施；
- 四、必须安设沼气自动检测报警断电装置等安全措施。

**第 13.0.14 条** 隧道施工防排水，结合具体情况，可采取下列措施：

- 一、根据坑道围岩涌水量大小和线路坡度情况，一般采用顺坡排水和机械抽水排水。
- 二、施工期间的防排水设施宜与运营防排水统一考虑。
- 三、地下水发育的隧道，可采用超前钻孔预探和排水。
- 四、当坑道涌水严重，施工困难时，可采用注浆堵水或井点降水法施工。

**第 13.0.15 条** 在施工期间应对隧道出水部位、水量大小、变化规律、补给情况及水质等，做好观测和记录，据以修改衬砌设计或改善防排水设施。

**第 13.0.16 条** 隧道施工作业环境必须符合下列卫生标准：

- 一、坑道中氧气含量：按体积计，不得低于 20%。
- 二、粉尘允许浓度：每立方米空气中含有 10% 以上游离二氧化硅的粉尘为 2mg；含有 10% 以下游离二氧化硅的水泥粉尘为

6mg；二氧化硅含量在 10% 以下，不含有毒物质的矿物性和动植物性的粉尘为 10mg。

### 三、有害气体浓度

1. 一氧化碳：不大于  $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。当施工人员进入开挖面检查时，浓度可为  $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，但必须在 30min 内降至  $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2. 二氧化碳：按体积计，不超过 0.5%。

3. 氮氧化物换算成二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 为  $5\text{mg}/\text{m}^3$  以下。

### 四、瓦斯（甲烷 $\text{CH}_4$ ）浓度；

1. 总回风道风流中，应小于 0.75%；

2. 从其他工作面进来的风流中，应小于 0.5%；

3. 开挖面装药爆破前，应小于 1.0%；

4. 开挖面超过 2% 时，人员必须撤至安全地点。

### 五、隧道内气温不得超过 $28^\circ\text{C}$ 。

**第 13.0.17 条** 隧道施工必须采用综合防尘措施，即加强机械通风、湿式凿岩、喷雾洒水、个人防护等。在水源缺乏地区，可采用带有捕尘设备的干式凿岩。

**第 13.0.18 条** 施工通风方式应根据导坑掘进长度、施工方法和设备条件确定：

一、一般的通风方式可用压入式、吸出式和混合式，较长的隧道宜组成混合式通风。

设有辅助坑道的隧道，应充分利用辅助坑道作为通风巷道。

二、管道通风的风管直径不宜太小，也可由计算决定。应妥善安排进出口风路，避免造成循环风流。

三、当独头较长、风量需要较大、风压需要较高时，可采用两台或数台通风机并联和串联，并联和串联的通风机应采用同型号的通风机。

**第 13.0.19 条** 施工通风设计应符合下列要求：

一、风量：按 1 人每分钟供给新鲜空气  $3\text{m}^3$ ；采用内燃机械作业，1kW 供风量不宜小于  $3\text{m}^3/\text{min}$ ；必要时，应另有消除废气污



染的措施。

二、风速：全断面开挖时应不小于  $0.15\text{m/s}$ ，坑道内不小于  $0.25\text{m/s}$ ，均不应大于  $6\text{m/s}$ 。

**第 13.0.20 条** 隧道施工供电照明应符合下列要求：

一、隧道施工供电电压一般可用  $400/230\text{V}$  三相四线系统两端送电。动力线的电压一般采用  $380\text{V}$ 。

二、输电线路的容许电压降，在线路末端不应超过  $10\%$ 。

三、当隧道较长，电压降较大，可用  $6\sim 10\text{kV}$  高压电路进洞，但应符合铁道部现行的《铁路电力设计规范》的有关规定。

四、洞内照明线路的电压：

(一) 作业地段，额定电压不应超过  $36\text{V}$ ；

(二) 成洞地段或不作业地段可用  $220\text{V}$ 。

## 第十四章 隧道改建

**第 14.0.1 条** 改建或增建第二线隧道,可采用新建铁路有关规定。

既有隧道改建,当工程较大或改建条件困难时,可根据具体情况,提出满足运输要求和符合技术条件的改建标准或保留较低标准的理由和措施,报铁道部批准。

**第 14.0.2 条** 隧道改建方案,应根据技术标准、运输要求、结合地形、地质、线路条件、附近大型建筑物的影响、运营情况和既有隧道现状,通过技术经济比较确定。

**第 14.0.3 条** 隧道改建选用的工程措施及施工方法,应以保证运营和施工的安全为前提,尽量减少对运营的干扰并方便施工。

**第 14.0.4 条** 改建曲线地段的单线隧道,其断面的加宽,除圆曲线部分应符合规定外,缓和曲线部分,自圆曲线与缓和曲线的分界点向缓和曲线方向延伸 13m 范围内,应采用圆曲线加宽值,自缓和曲线中点向直线方向延伸 13m 处应采用圆曲线加宽值的一半。自缓和曲线与直线的分界点向直线方向延伸 22m 处为开始加宽的起点。其余部分的加宽值,可根据以上三点的加宽值,按直线变化插入进行检查,如不能满足上述要求时,应予以处理(见图 14.0.4)。

**第 14.0.5 条** 隧道改建应根据设计要求收集资料。对既有隧道应重点查明:

- 一、净空尺寸;
- 二、轨道、衬砌、洞门、防排水系统及附属建筑物现状;
- 三、围岩不稳定地段,施工坍方部位及处理情况;

四、渗水、漏水、涌水部位及水量、水质、冻害情况；

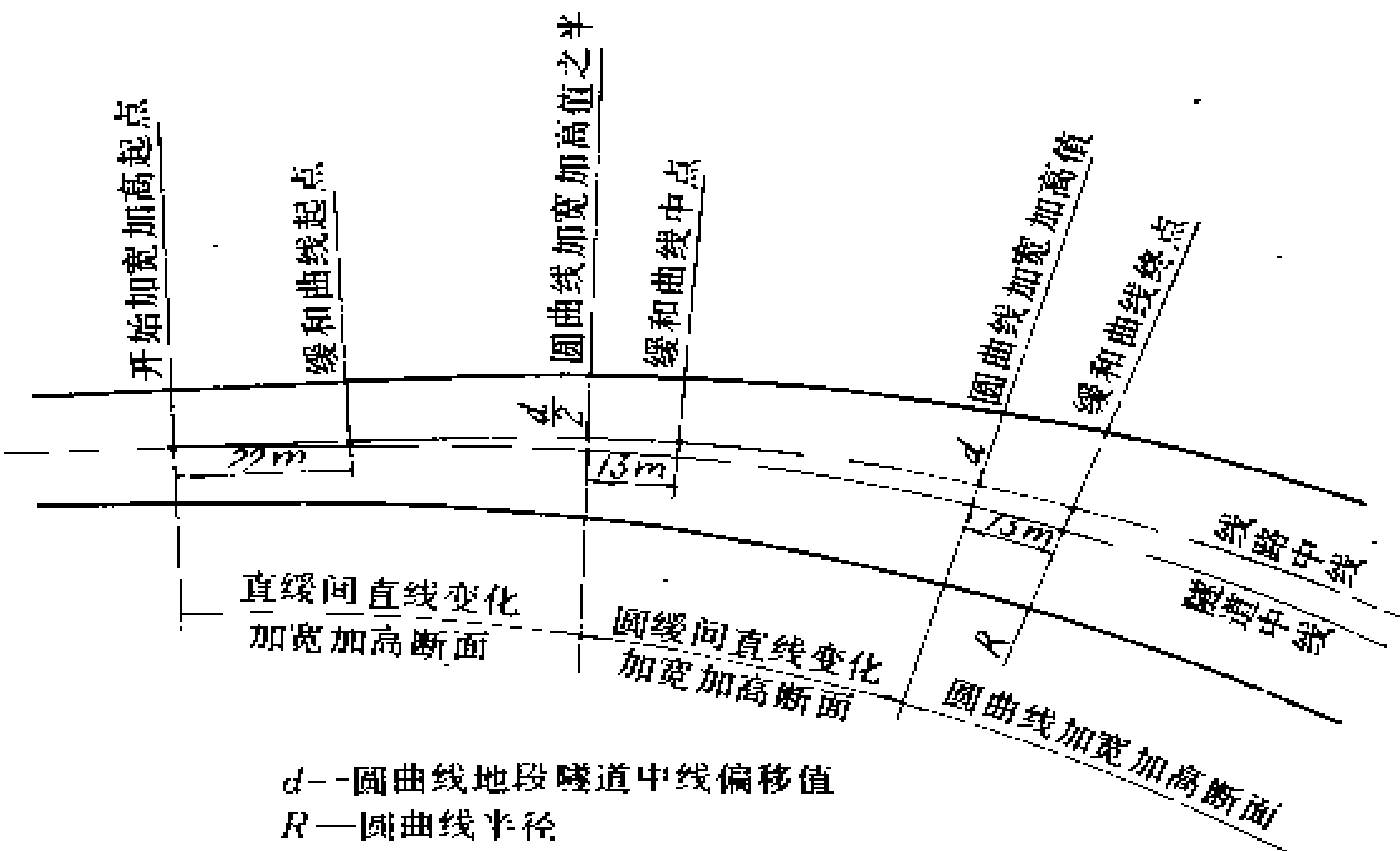


图 14.0.4 改建曲线地段隧道加宽加高示意图

五、竣工文件、历年病害整治及大修资料。

**第 14.0.6 条** 改建既有隧道,对衬砌净空不符合要求的处理办法:

一、净空宽度不足,可根据衬砌侵入限界的程度及既有线路条件,采用调整线路平面,凿除或拆换局部衬砌,以满足限界要求。

二、净空高度不足,可调整线路纵断面,落底处理;当降坡落底引起隧道两端引线地段工程改建困难,应与挑顶改建方案作比较。

三、净空宽度和高度均不足,可根据具体情况,采用局部或全部拆换衬砌的改建措施。

**第 14.0.7 条** 隧道改建时,对局部衬砌裂损或强度不够的地

段，可采用压浆、锚喷支护、设置套拱或其他加强措施。

**第 14.0.8 条** 隧道改建施工期间，应符合铁道部现行的《铁路超限货物运输规则》有关规定，提供尽量大的行车限界。施工临时行车限界不得小于机车车辆限界（车限—1）每边各加 150mm（曲线上应按规定加宽）。

在通车情况下改建既有隧道时，改建施工宜安排在区间封锁条件下进行。

在运输繁忙、隧道改建工程艰巨的情况下，为避免改建施工和运营之间的干扰，减少经济损失，在条件适合时，可在洞外铺设便线通车。

# 附录一 隧道围岩岩石工程分类及其性质的划分

## 一、岩石强度划分

将岩浆岩、沉积岩和变质岩依岩性、物理力学指标、耐风化能力及建筑材料的要求，划分为硬质岩石及软质岩石，又依饱和单轴抗压极限强度  $R_c$  与工程的关系分为四种，其标准及代表性岩石见附表 1.1。

岩石强度划分 附表 1.1

岩石类别		饱和单轴抗压极限强度 $R_c$ MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	代表性岩石
硬质岩石	极硬岩	60 以上 (600 以上)	1. 花岗岩、闪长岩、玄武岩等； 2. 硅质、钙质胶结的砾岩及砂岩、石灰岩、白云岩等； 3. 片麻岩、石英岩、大理岩、板岩、片岩等
	硬质岩	30 以上~60 (300 以上~600)	
软质岩石	软质岩	5 以上~30 (50 以上~300)	1. 凝灰岩等； 2. 泥砾岩、泥质砂岩、泥质页岩、炭质页岩、泥灰岩、泥岩、煤等； 3. 云母片岩或千枚岩等
	极软岩	5 及以下 (50 及以下)	

注：①试块直径为 5~10cm，试块高度与直径相等。  
②当地基为软质岩石时，在确保不浸水的条件下，可用天然湿度的单轴抗压极限强度。

## 二、围岩受地质构造影响程度的等级划分（见附表 1.2）

围岩受地质构造影响程度等级划分

附表 1.2

等 级	地质构造作用特征
轻 微	围岩地质构造变动小，节理不发育
较 重	围岩地质构造变动较大，位于断裂（层）或褶曲轴的邻近地段，可有小断层；节理较发育
严 重	围岩地质构造变动强烈，位于褶曲轴部或断裂影响带内；软岩多见扭曲及拖拉现象；节理发育
很 严重	位于断裂破碎带内，岩体破碎呈块石、碎石、角砾状，有的甚至呈粉末泥土状；节理很发育

## 三、围岩节理（裂隙）发育程度的划分（见附表 1.3）

围岩节理（裂隙）发育程度划分

附表 1.3

等 级	基 本 特 征
节理不发育	节理（裂隙）1~2组，规则，为构造型，多数间距在1m以上，多为密闭节理。岩体被切割呈巨块状
节理较发育	节理（裂隙）2~3组，呈X形，较规则，以构造型为主，多数间距大于0.4m，多为密闭节理，部分微张，少有充填物。岩体被切割呈大块状
节理发育	节理（裂隙）3组以上，不规则，呈X形或米字形，以构造型或风化型为主，多数间距小于0.4m，大部分微张，部分张开，部分为粘性土充填。岩体被切割呈块（石）碎（石）状
节理很发育	节理（裂隙）3组以上，杂乱，以风化型和构造型为主，多数间距小于0.2m，微张或张开，部分为粘性土充填，岩体被切割呈碎石状

## 附录二 偏压隧道衬砌设计荷载 的计算方法

Ⅲ类及以下围岩，当地面倾斜，单线隧道外侧拱肩至地表面的垂直距离（ $l$ ）等于或小于表 3.2.2 所列数值时，应按偏压隧道设计，其荷载计算方法如下：

一、垂直压力：

$$P = \frac{\gamma}{2} [(h+h')B - (\lambda h^2 + \lambda' h'^2) \operatorname{tg} \theta] \quad (\text{附 } 2.1)$$

并假定偏压分布图形与地面坡一致。

式中  $h$ 、 $h'$  分别为内、外侧由拱顶水平至地面的高度；

$B$  —— 坑道跨度；

$\gamma$  —— 围岩容重；

$\theta$  —— 上柱两侧摩擦角，当无实测资料时，可参照附表 2.1 选用；

$\lambda$ 、 $\lambda'$  —— 侧压力系数，由下式计算：

$$\lambda = \frac{1}{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha} \times \frac{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \phi}{1 + \operatorname{tg} \beta (\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \theta) + \operatorname{tg} \phi \cdot \operatorname{tg} \theta}$$

$$\lambda' = \frac{1}{\operatorname{tg} \beta' + \operatorname{tg} \alpha} \times \frac{\operatorname{tg} \beta' - \operatorname{tg} \phi}{1 + \operatorname{tg} \beta (\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \theta) + \operatorname{tg} \phi \cdot \operatorname{tg} \theta}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \phi + \sqrt{\frac{(\operatorname{tg}^2 \phi + 1)(\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha)}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \theta}}$$

$$\operatorname{tg} \beta' = \operatorname{tg} \phi + \sqrt{\frac{(\operatorname{tg}^2 \phi + 1)(\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha)}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \theta}}$$

其中  $\alpha$  —— 地面坡度角，

$\phi$  —— 围岩计算摩擦角，

$\beta$ 、 $\beta'$  —— 内、外侧产生最大推力时的破裂角。

$\theta$  值

附表 2.1

围岩类别	Ⅱ	Ⅰ
$\theta$	$(0.7 \sim 0.9) \phi$	$(0.5 \sim 0.7) \phi$

二、水平压力，按梯形分布，作用于隧道两侧的水平侧压力为：

内侧： $e_i = \gamma h_i \lambda$  (附 2.2—1)

外侧： $e_i = \gamma h_i' \lambda'$  (附 2.2—2)

式中  $h_i$ 、 $h_i'$  ——分别为内，外侧任一点  $i$  至地面的距离。



## 附录三 明洞设计荷载的计算方法

设计明洞时，其设计荷载按下述方法计算确定。

### 一、拱圈回填土石垂直压力

$$q_i = \gamma_1 h_i \quad (\text{附 3.1})$$

式中  $q_i$  ——明洞结构上任意点  $i$  的回填土石垂直压力值；

$\gamma_1$  ——拱背回填土石容重；

$h_i$  ——明洞结构上任意点  $i$  的上柱体高度。

### 二、拱圈回填土石侧压力

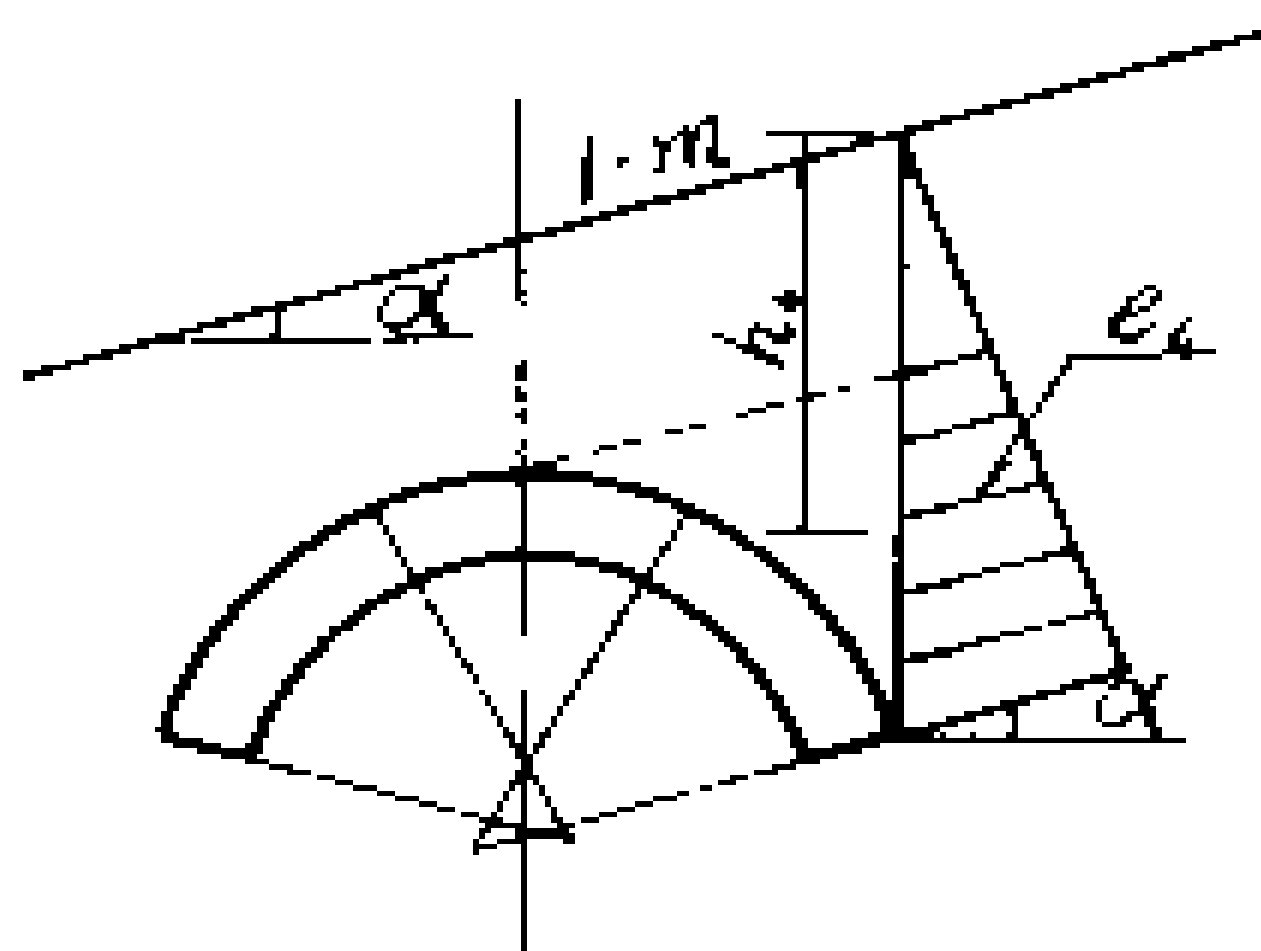
$$e_i = \gamma_1 h_i \lambda \quad (\text{附 3.2})$$

式中  $e_i$  ——任意点  $i$  的侧压力；

$\gamma_1$ 、 $h_i$  ——符号意义同前；

$\lambda$  ——侧压力系数，计算公式为：

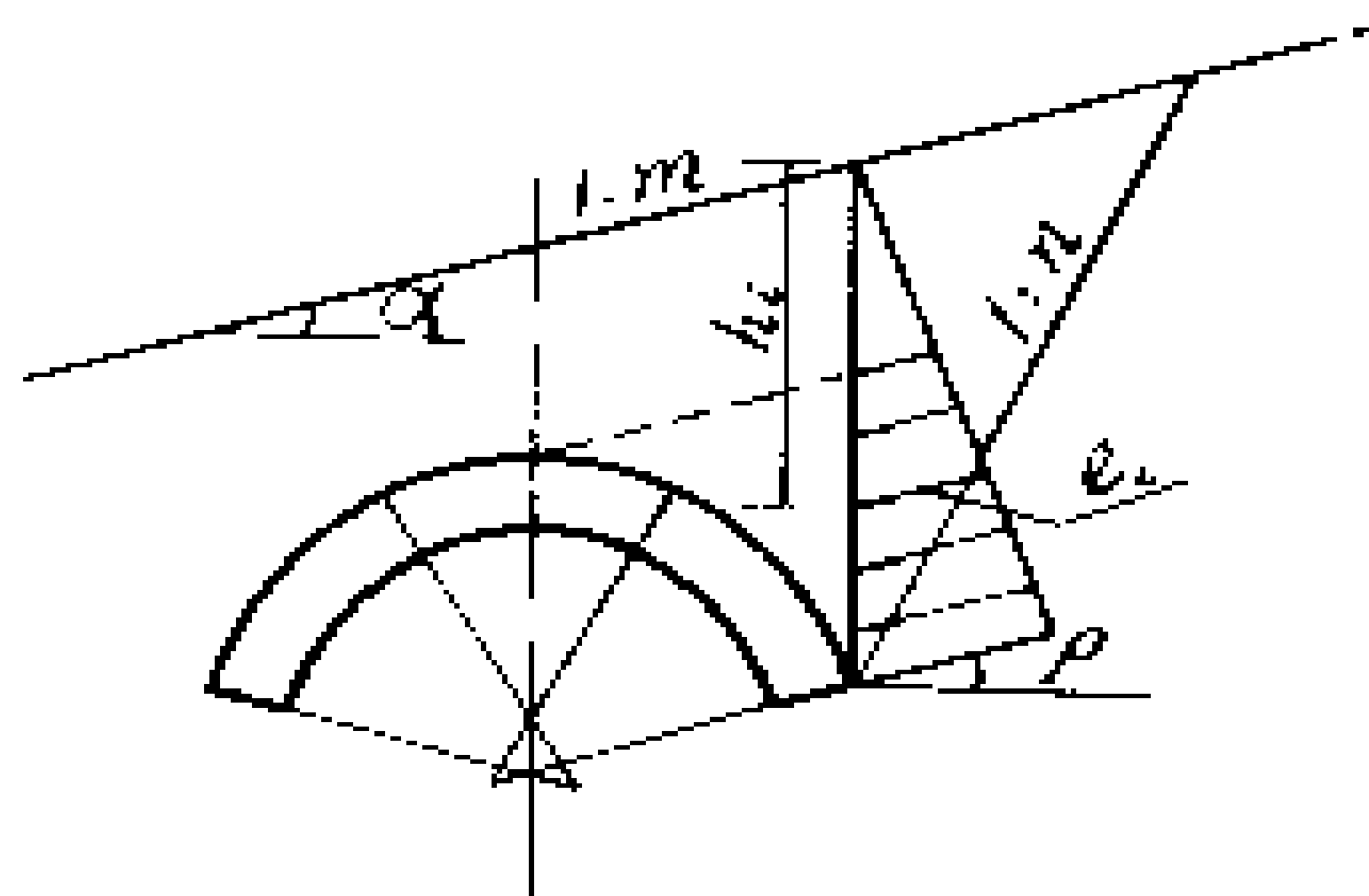
填土坡面向上倾斜（附图 3.1）按无限土体计算



附图 3.1

$$\lambda = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi_1}}$$

填土坡面向上倾斜（附图 3.2）按有限上体计算



附图 3.2

$$\lambda = \frac{1 - \mu n}{(\mu + n) \cos \rho + (1 - \mu n) \sin \rho} \cdot \frac{mn}{m - n}$$

其中  $\alpha$  ——设计填土面坡度角；

$\varphi_1$  ——拱背回填土石计算摩擦角；

$\rho$  ——侧压力作用方向与水平线的夹角；

$n$  ——开挖边坡坡率；

$m$  ——回填上石面坡率；

$\mu$  ——回填上石与开挖边坡面间的摩擦系数。

### 三、边墙回填上石侧压力

$$e_i = \gamma_2 h_i' \lambda \quad (\text{附 3.3})$$

式中  $\gamma_2$  ——墙背回填土石容重；

$h_i'$  ——边墙计算点换算高度

$$h_i' = h_i'' + \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot h_1$$

其中  $h_i''$  ——墙顶至计算位置的高度，

$h_1$  ——填土坡面至墙顶的垂直高度，

$\lambda$  ——侧压力系数，计算公式为：

**L**



—





$$\lambda = \frac{\operatorname{tg} \theta_0}{\operatorname{tg}(\theta_0 + \varphi_2)(1 + \operatorname{tg} \alpha' \operatorname{tg} \theta_0)}$$

其中  $\alpha' = \operatorname{arctg}\left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2} \operatorname{tg} \alpha\right)$ ;

$\varphi_2$  墙背回填土石计算摩擦角;

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{-\operatorname{tg} \varphi_2 + \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2)(1 + \operatorname{tg} \alpha' / \operatorname{tg} \varphi_2)}}{1 + (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_2) \operatorname{tg} \alpha' / \operatorname{tg} \varphi_2}$$

# 附录四 本规范所用法定计量单位与 习用的非法定计量单位的对照和换算

附表 4

序 号	量的名称	法定计量单位		习用的非法定计量单位		单位量值的换算
		名称	符号	名称	符号	
1	力、重力	牛(顿)	N	公斤力 吨 力	kgf tf	1kgf≈10N 1tf≈10kN
2	压力	帕(斯卡)	Pa	公斤/厘米 <sup>2</sup> 吨力/米 <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup> tf/m <sup>2</sup>	1kgf/cm <sup>2</sup> ≈100kPa 1tf/m <sup>2</sup> ≈10kPa 10kgf/cm <sup>2</sup> ≈1MPa =1N/mm <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> ≈1GPa

## 附录五 本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待：

1. 表示很严格，非这样作不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样作的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

附加说明

本规范主编单位、参加单位和  
主要起草人名单

主 编 单 位： 铁道部第二勘测设计院

参 加 单 位： 铁道部第一勘测设计院  
铁道部第三勘测设计院  
铁道部第四勘测设计院  
铁道部专业设计院  
铁道部第二工程局  
铁道部隧道工程局  
铁道部科学研究院  
西 南 交 通 大 学

主要起草人： 宁 乾 高宜端 汪彩芬  
莫君政 谢 英 李士敏  
何海仁 冯国顺 郭忠岳  
张葆荪 梁国材 曾华新  
殷兆源 关宝树

附加说明

本规范主编单位、参加单位和  
主要起草人名单

主 编 单 位： 铁道部第二勘测设计院

参 加 单 位： 铁道部第一勘测设计院  
铁道部第三勘测设计院  
铁道部第四勘测设计院  
铁道部专业设计院  
铁道部第二工程局  
铁道部隧道工程局  
铁道部科学研究院  
西 南 交 通 大 学

主要起草人： 宁 乾 高宜端 汪彩芬  
莫君政 谢 英 李士敏  
何海仁 冯国顺 郭忠岳  
张葆荪 梁国材 曾华新  
殷兆源 关宝树



附加说明

本规范主编单位、参加单位和  
主要起草人名单

主 编 单 位： 铁道部第二勘测设计院

参 加 单 位： 铁道部第一勘测设计院  
铁道部第三勘测设计院  
铁道部第四勘测设计院  
铁道部专业设计院  
铁道部第二工程局  
铁道部隧道工程局  
铁道部科学研究院  
西 南 交 通 大 学

主要起草人： 宁 乾 高宜端 汪彩芬  
莫君政 谢 英 李士敏  
何海仁 冯国顺 郭忠岳  
张葆荪 梁国材 曾华新  
殷兆源 关宝树