



铁路工程施工技术

TIELU SUIDAO GONGCHENG  
SHIGONG JISHU

李永华 主 编  
王清江 副主编

# 铁路隧道工程 施工技术

上册

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路工程施工技术

# 铁路隧道工程施工技术

(上册)

李永华 主编

王清江 副主编

中国铁道出版社

2014年·北京

## 内 容 简 介

为适应铁路隧道工程施工的需要,组织编写了《铁路隧道工程施工技术》(上册、下册),本书纳入了现行铁路隧道工程施工规范、规程、指南,选用了成熟的施工技术,内容上也力求与时俱进。

本书为上册,主要内容包括:技术标准,施工准备,施工测量,隧道工程地质及超前地质预报,洞口工程施工,钻爆开挖,装渣与运输,施工支护,监控量测,衬砌作业,施工防排水。

本书可作为工程技术人员、施工人员的施工技术资料用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

铁路隧道工程施工技术.上册/李永华主编.—北京:  
中国铁道出版社,2014.7

(铁路工程施工技术)

ISBN 978-7-113-18663-0

I. ①铁… II. ①李… III. ①铁路隧道—隧道施工  
IV. ①U459.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 109778 号

书 名: 铁路工程施工技术  
铁路隧道工程施工技术(上册)  
作 者: 李永华 王清江

策 划: 江新锡 曹艳芳  
责任编辑: 曹艳芳 编辑部电话: 010-51873017  
封面设计: 崔 欣  
责任校对: 龚长江  
责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 北京尚品荣华印刷有限公司

版 次: 2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 15.5 字数: 387 千

书 号: ISBN 978-7-113-18663-0

定 价: 39.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话: (010)51873170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504, 路电(021)73187 传真(010)63549480

# 前 言

为适应铁路隧道工程施工的需要和工程技术人员的便利,在各铁路工程业主单位和施工单位的大力支持下,我们组织一批有丰富现场施工经验的技术人员编写了《铁路隧道工程施工技术》(上册、下册)。上册主要介绍了隧道技术标准、施工准备及测量、超前地质预报与监控量测、隧道掘进与支护、衬砌作业和施工防排水;下册主要介绍了特殊岩土及不良地质地段隧道施工、施工辅助技术、TBM和盾构施工、大断面隧道施工以及施工安全风险管理等。各分册均纳入了现行铁路隧道工程施工规范、规程、指南,选用了成熟的施工技术,内容上也力求与时俱进。

本书为上册,主要内容包括:第1章技术标准;第2章施工准备;第3章施工测量;第4章隧道工程地质及超前地质预报;第5章洞口工程施工;第6章钻爆开挖;第7章装渣与运输;第8章施工支护;第9章监控量测;第10章衬砌作业;第11章施工防排水。

本书撰写分工如下:原中铁十八局集团有限公司王清江(现为重庆广播电视大学教师)负责撰写第1章、第2章、第10章;中铁十八局集团有限公司陈生负责撰写第3章;中铁二院牟元存负责撰写第4章第1~3节;河北交通职业技术学院李永华负责撰写第4章4~6节、第5章、第6章第1~3节、第7章、第8章、第11章;中铁十八局集团有限公司王栋负责撰写第6章第4节、第5节;中铁十八局集团有限公司付益武负责撰写第9章。本书由李永华任主编并负责统稿整理,王清江任副主编且协助统稿。

在编写本书的过程中,石家庄铁道大学黄守刚、李向国、康拥政、吴景龙、周亮、张力霆、王建西、张慧丽、温少芳、孙海龙、吕希奎、王晨、孙明磊对本书的编写提出了宝贵意见,中国铁道出版社石家庄铁道大学发行分部赵春虎、于超、杨晓燕参与了本书的策划、资料搜集和校对工作,对此一并表示感谢。

限于编者水平有限,书中谬误之处敬请读者批评指正。

编者

2014年3月

# 目 录

第 1 章 技术标准	1
1.1 隧道建筑限界及衬砌内轮廓	1
1.2 曲线隧道净空加宽	5
第 2 章 施工准备	12
2.1 施工调查	12
2.2 设计文件的现场核对	12
2.3 实施性施工组织设计	13
2.4 施工作业指导书编制与施工技术交底	17
2.5 工地及营地建设	19
第 3 章 施工测量	20
3.1 施工复测与控制测量的一般规定	20
3.2 控制测量	20
3.3 施工测量	22
3.4 贯通测量	23
3.5 竣工测量	24
3.6 沉降观测及评估	25
第 4 章 隧道工程地质及超前地质预报	28
4.1 隧道工程地质及水文地质条件	28
4.2 超前地质预报的内容	30
4.3 超前地质预报设计	31
4.4 超前地质预报实施	32
4.5 超前地质预报方法	37
4.6 高风险隧道超前地质预报	52
第 5 章 洞口工程施工	55
5.1 地表处理	55
5.2 洞口段开挖与防护	56
5.3 明洞	62
5.4 洞门	76
5.5 缓冲结构	79

<b>第 6 章 钻爆开挖</b> .....	82
6.1 钻爆作业 .....	82
6.2 凿岩机具设备 .....	98
6.3 爆破器材和爆破技术 .....	105
6.4 钻爆安全作业 .....	116
6.5 基底处理 .....	118
<b>第 7 章 装渣与运输</b> .....	121
7.1 装载设备 .....	121
7.2 运输作业 .....	129
7.3 弃渣 .....	139
<b>第 8 章 施工支护</b> .....	141
8.1 喷射混凝土支护 .....	142
8.2 锚杆支护 .....	164
8.3 构件支撑 .....	171
<b>第 9 章 监控量测</b> .....	178
9.1 监控量测基本规定 .....	178
9.2 监控量测技术要求 .....	179
9.3 监控量测方法 .....	184
9.4 监控量测数据分析及信息反馈 .....	185
9.5 监控量测验收资料 .....	187
<b>第 10 章 衬砌作业</b> .....	190
10.1 衬砌主要材料与混凝土施工 .....	190
10.2 衬砌施工设备 .....	193
10.3 仰拱填充混凝土作业 .....	194
10.4 衬砌混凝土作业要求 .....	195
10.5 回填注浆及综合接地 .....	196
10.6 接触网滑道槽与闪络保护 .....	201
<b>第 11 章 施工防排水</b> .....	202
11.1 基本要求 .....	202
11.2 施工防排水 .....	203
11.3 结构防排水 .....	211
11.4 注浆防水 .....	219
<b>参考文献</b> .....	241

# 第1章 技术标准

## 1.1 隧道建筑限界及衬砌内轮廓

### 1.1.1 单线非电化铁路隧道

单线非电化铁路隧道建筑限界及衬砌内轮廓见图 1-1、表 1-1。

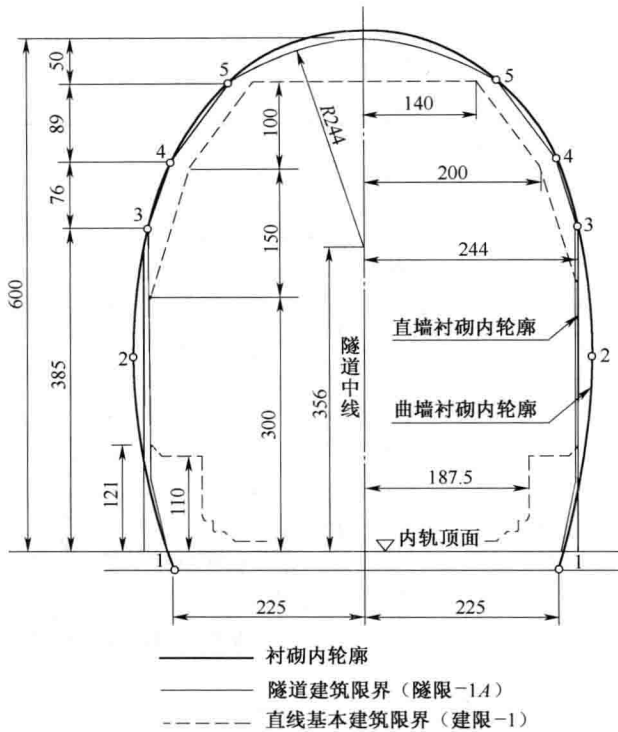


图 1-1 隧限-1A 及衬砌内轮廓(单位:cm)

注:1. 本图适用于新建及改建的蒸气及内燃牵引的单线非电化铁路隧道。

2. 直线基本建筑限界与隧道建筑限界之间,可供装设照明、通信、警告信号及色灯信号等设备。

3. 曲线地段隧道建筑限界按本章 1.2 曲线隧道净空加宽计算办理。

### 1.1.2 单线电化铁路隧道

单线电化铁路隧道建筑限界及衬砌内轮廓见图 1-2、表 1-2。

表 1-1 衬砌内轮廓坐标表

(单位:cm)

点号	坐标	断面加宽 $W$									备注	
		0	10	20	30	40	50	60	70	80		
1	横距	220	225	230	235	240	245	250	255	260	特重、重、次重型	基础 襟边 点
		221	226	231	236	241	246	251	256	261	中型	
		224	229	234	239	244	249	254	259	264	轻型	
	竖距	-25 (特重、重、次重型), -20 (中型), -10 (轻型)									单侧水沟时	
2	横距	260	265	270	275	280	285	290	295	300	最大跨度点	
	竖距	228										
3	横距	245	250	255	260	265	270	275	280	285	拱脚点	
	竖距	385										
4	横距	220	225	230	235	240	245	250	255	260	拱部距限 界最近点	
	竖距	461										
5	横距	157	162	167	172	177	182	187	192	197	变换半径点	
	竖距	550										

注:1. 内轮廓各主要坐标点是以内轨顶面与隧道中线之交点为原点。

2. 双侧水沟时,1号坐标点竖距不随轨道类型变化,均为-25 cm。

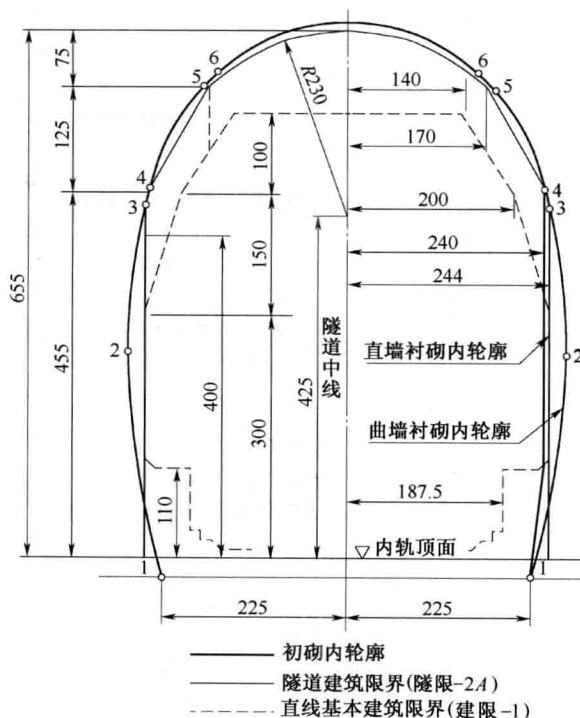


图 1-2 隧限-2A 及衬砌内轮廓(单位:cm)

注:1. 本图适用于新建及改建电力牵引的单线铁路隧道。

2. 直线基本建筑限界与隧道建筑限界之间,可供装设照明、通信、警告信号及色灯信号等设备。

3. 曲线地段隧道建筑限界按本章 1.2 曲线隧道净空加宽计算办理。



表 1-2 衬砌内轮廓坐标表

(单位:cm)

点号	坐标	断面加宽 W									备注	
		0	10	20	30	40	50	60	70	80		
1	横距	220	225	230	235	240	245	250	255	260	特重、重、次重型	基础襟边点
		221	226	231	236	241	246	251	256	261	中型	
	224	229	234	239	244	249	254	259	264	轻型		
	竖距	-25(特重,重,次重型), -20(中型),-10(轻型)									单侧水沟时	
2	横距	263	268	273	278	283	288	293	298	303	最大跨度点	
	竖距	254										
3	横距	245	250	255	260	265	270	275	280	285	拱脚点	
	竖距	435										
4	横距	245	250	240	255	260	265	270	275	280	拱部界限最近点	
	竖距	455										
5	横距	173	178	183	188	193	198	203	208	213		
	竖距	583										
6	横距	157	162	167	172	177	182	187	192	197	变换半径点	
	竖距	600										

注:1. 内轮廓各主要坐标点是以内轨顶面与隧道中线之交点为原点。

2. 双侧水沟时,1号坐标点竖距不随轨道类型变化,均为-25 cm。

### 1.1.3 双线电气化铁路隧道

双线电气化铁路隧道建筑限界及衬砌内轮廓见图 1-3、表 1-3。

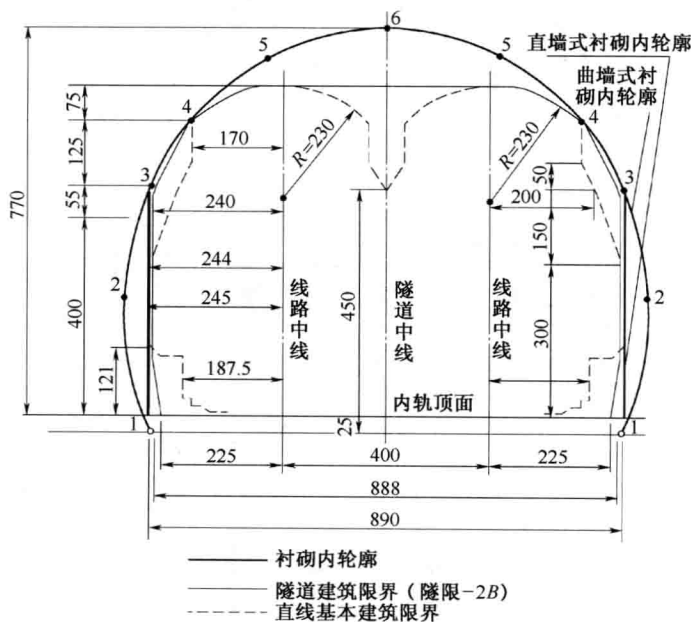


图 1-3 隧限-2B 及衬砌内轮廓(单位:cm)

注:1. 本图适用于新建及改建电力牵引的双线铁路隧道。

2. 图中内轮廓主要坐标点是按内侧线路内轨顶面线(即图中内轨顶面)与隧道中线交点为原点。

3. 直线基本建筑限界与隧道建筑限界之间,可供装设照明、通信、警告信号及色灯信号等设备。

4. 曲线地段隧道建筑限界按本章 1.2 曲线隧道净空加宽计算办理。

表 1-3 衬砌内轮廓坐标表

(单位:cm)

点号	坐标	断面加宽 W														点号说明
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
1	横距	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	内轮廓与基础襟边交点
	竖距	-25														
2	横距	493	498	503	508	513	518	523	528	533	538	543	548	553	558	衬砌内轮廓最大跨度点
	竖距	237														
3	横距	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	拱脚
	竖距	460														
4	横距	371	376	381	386	391	396	401	406	411	416	421	426	431	436	最接近限界的内轮廓点
	竖距	580														
5	横距	217	222	227	232	237	242	247	252	257	262	267	272	277	282	内轮廓半径的变化点
	竖距	712														
6	横距	0														拱顶
	竖距	770	771	773	774	775	777	778	779	781	782	783	785	786	787	

### 1.1.4 高速、准高速铁路隧道

高速、准高速铁路单线、双线隧道衬砌内轮廓见图 1-4~图 1-7。

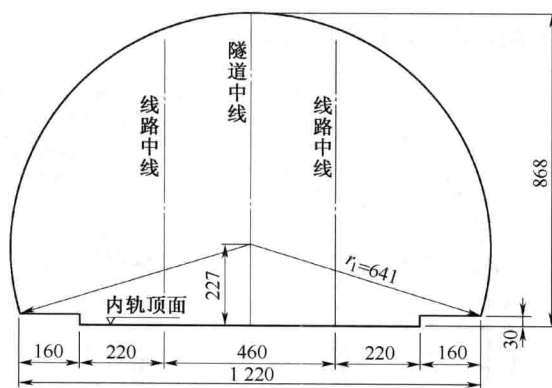


图 1-4 时速 250 km 双线隧道内轮廓(单位:cm)

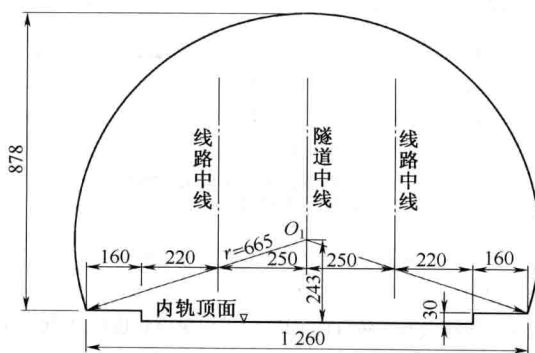


图 1-5 时速 300 km、350 km 双线隧道内轮廓(单位:cm)

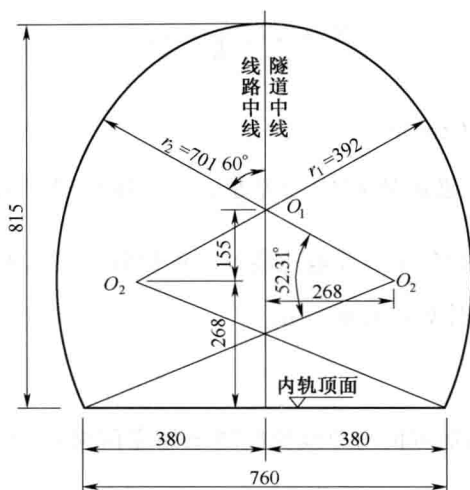


图 1-6 时速 250 km 单线隧道内轮廓(单位:cm)

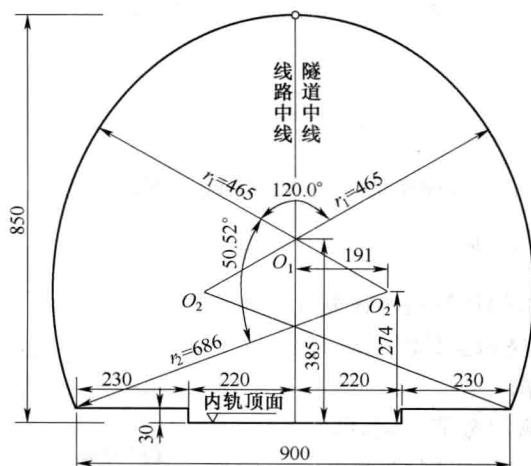


图 1-7 时速 300 km、350 km 单线隧道内轮廓(单位:cm)

## 1.2 曲线隧道净空加宽

### 1.2.1 曲线隧道断面加宽计算

(1) 单线曲线隧道

1) 断面加宽计算

$$\text{曲线内侧加宽} \quad W_1 = \frac{4\,050}{R} + \frac{H}{150} \cdot E \text{ (cm)} \quad (1-1)$$

$$\text{曲线外侧加宽} \quad W_2 = \frac{4\,400}{R} \text{ (cm)} \quad (1-2)$$

$$\text{总加宽值} \quad W = W_1 + W_2 = \frac{8\,450}{R} + \frac{H}{150} \cdot E \text{ (cm)} \quad (1-3)$$

## 2) 曲线外轨超高

$$E = 0.76 \frac{V^2}{R} (\text{cm}) \quad (1-4)$$

式中  $R$ ——曲线半径(m);

$V$ ——最高行车速度(km/h);

$\frac{H}{150} \cdot E$ ——因曲线外轨道超高所需的加宽值,可将隧道建筑限界绕内侧轨顶中心转动

$\arctan \frac{E}{150}$ 角求得,单线非电化隧道可近似取  $2.7E$ ,电化隧道近似取  $2.8E$ ;

$H$ ——自轨面算起的计算点高度(cm)。

## (2) 双线曲线隧道

## 1) 断面加宽计算

双线曲线隧道的内外侧加宽值与单线曲线隧道加宽值相同;两线路间距的加宽值按下列两种情况计算:

① 当外侧线路的外轨超高于内侧线路的外轨超高时

$$W_3 = \frac{8450}{R} + \frac{360}{150} \times \frac{E}{2} (\text{cm}) \quad (1-5)$$

② 在其他情况下

$$W_3 = \frac{8450}{R} (\text{cm}) \quad (1-6)$$

$$\text{总加宽值 } W = W_1 + W_2 + W_3 (\text{cm}) \quad (1-7)$$

$\frac{H}{150} \cdot E$  可取近似值  $3.1E$ 。

2) 曲线外轨超高  $E$  值的计算同单线曲线外轨超高

双线曲线隧道断面加宽示意图 1-8。

## (3) 隧道中线偏移距离

由于曲线隧道内外侧加宽值不同,断面加宽后隧道中线应向曲线内侧移动一距离  $d$ ,其计算公式:

## 1) 单线隧道

$$d = \frac{1}{2}(W_1 - W_2) (\text{cm}) \quad (1-8)$$

## 2) 双线隧道

内侧线路中线至隧道中线的距离

$$d_1 = 200 - \frac{1}{2}(W_1 - W_2 - W_3) (\text{cm})$$

(1-9)

外侧线路中线至隧道中线的距离

$$d_2 = 200 + \frac{1}{2}(W_1 - W_2 + W_3) (\text{cm}) \quad (1-10)$$

(4) 不同半径曲线隧道  $v=80 \text{ km/h}$ 、 $v=100 \text{ km/h}$ 、 $v=120 \text{ km/h}$  的  $W$ 、 $E$ 、 $d$  值(表 1-4、

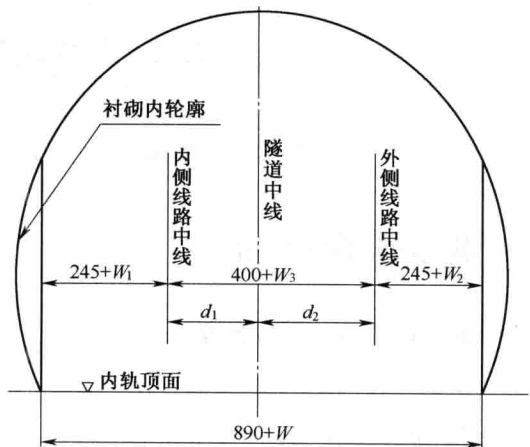


图 1-8 双线曲线隧道断面加宽示意图(单位:cm)

表 1-5、表 1-6)

表 1-4 单线非电化曲线隧道断面加宽值

曲线半径 $R$ (m)	最高行车速度								
	$v=120$ km/h			$v=100$ km/h			$v=80$ km/h		
	$E$ (cm)	$W$ (cm)	$d$ (cm)	$E$ (cm)	$W$ (cm)	$d$ (cm)	$E$ (cm)	$W$ (cm)	$d$ (cm)
4 000	2.5	9	3.5	2	8	3	1	5	1.5
3 000	3.5	13	5	2.5	10	3.5	1.5	7	2
2 500	4.5	16	6	3	12	4	2	9	3
2 000	5.5	19	7.5	4	15	5.5	2.5	11	3.5
1 800	6	21	8	4	16	5.5	2.5	12	3.5
1 500	7.5	26	10	5	19	6.5	3	14	4
1 200	9	31	12	6.5	25	8.5	4	18	5.5
1 000	11	38	14.5	7.5	29	10	5	22	6.5
800	13.5	46	17.5	9.5	36	12.5	6	27	8
700	15	51	19.5	11	41	14	7	31	9
600	15	53	19.5	12.5	47	16	8	35	10.5
550	15	55	19.5	14	52	18	9	39	11.5
500	15	56	19.5	15	56	19	9.5	42	12
450	15	58	19	15	58	19	11	48	14
400	15	60	19	15	60	19	12	53	15.5
350	15	63	19	15	63	19	14	61	18
300	15	67	19	15	67	19	15	67	19

表 1-5 单线电化曲线隧道断面加宽值

曲线半径 $R$ (m)	最高行车速度								
	$v=120$ km/h			$v=100$ km/h			$v=80$ km/h		
	$E$ (cm)	$W$ (cm)	$d$ (cm)	$E$ (cm)	$W$ (cm)	$d$ (cm)	$E$ (cm)	$W$ (cm)	$d$ (cm)
4 000	2.5	9	3	2	7	2.5	1	5	1
3 000	3.5	12	4.5	2.5	9	3	1.5	7	2
2 500	4.5	15	6	3	11	4	2	9	2.5
2 000	5.5	19	7	4	15	5	2.5	11	3
1 800	6	21	8	4	15	5.5	2.5	11	3
1 500	7.5	26	10	5	19	6.5	3	13	4
1 200	9	31	12	6.5	24	8.5	4	18	5
1 000	11	38	15	7.5	29	10	5	22	6.5
800	13.5	48	18.5	9.5	36	12.5	6	27	8
700	15	54	21	11	42	14.5	7	31	9
600	15	56	21	12.5	49	17	8	35	10.5
550	15	57	20.5	14	54	19	9	39	11.5
500	15	59	20.5	15	59	20.5	9.5	42	12.5
450	15	61	20.5	15	61	20.5	11	49	14.5
400	15	63	20.5	15	63	20.5	12	54	16
350	15	66	20.5	15	66	20.5	14	63	19
300	15	70	20.5	15	70	20.5	15	70	20.5

表 1-6 双线电化曲线隧道断面加宽值

曲线半径 $R(\text{m})$	$v=120 \text{ km/h}$						
	最大外轨超高 $E(\text{cm})$	外侧线路的外轨超大于内侧线路的外轨超高时			任何其他情况下		
		线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$	线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$
		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$	
直线	0	200	200	0	200	200	0
4 000	2.5	199	206	15	197	205	11
3 000	3.5	198	209	20	196	207	16
2 500	4.5	197	211	26	195	209	21
2 000	5.5	197	214	32	194	211	26
1 800	6	197	215	35	193	212	28
1 500	7.5	196	219	44	191	214	35
1 200	9	195	223	53	190	218	42
1 000	11	194	228	64	181	221	51
800	13.5	193	234	80	184	226	63
700	15	192	238	89	183	229	71
600	15	193	239	93	184	230	75
550	15	194	240	95	185	231	77
500	15	195	240	98	186	231	80
450	15	196	241	102	187	232	84
400	15	197	242	107	188	233	89
350	15	198	244	113	189	235	95
曲线半径 $R(\text{m})$	$v=100 \text{ km/h}$						
	最大外轨超高 $E(\text{cm})$	外侧线路的外轨超大于内侧线路的外轨超高时			任何其他情况下		
		线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$	线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$
		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$	
直线	0	200	200	0	200	200	0
4 000	2	200	206	13	198	204	10
3 000	2.5	200	207	17	198	205	13
2 500	3	200	209	21	197	206	16
2 000	4	200	212	27	196	208	21
1 800	4	200	212	29	196	209	22
1 500	5	200	215	36	195	210	27
1 200	6.5	199	219	45	194	214	34
1 000	7.5	199	222	53	193	216	40
800	9.5	199	228	67	191	220	51

续上表

曲线半径 $R(\text{m})$	$v=100 \text{ km/h}$						
	最大外轨超高 $E(\text{cm})$	外侧线路的外轨超高大于内侧线路的外轨超高时			任何其他情况下		
		线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$	线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$
		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$	
700	11	198	232	77	189	223	59
600	12.5	197	235	85	188	226	67
550	14	195	238	92	186	229	74
500	15	195	240	98	186	231	80
450	15	196	241	102	187	232	84
400	15	197	242	107	188	233	89
350	15	198	244	113	189	235	95
曲线半径 $R(\text{m})$	$v=80 \text{ km/h}$						
	最大外轨超高 $E(\text{cm})$	外侧线路的外轨超高大于内侧线路的外轨超高时			任何其他情况下		
		线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$	线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 $W(\text{cm})$
		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$		$d_1(\text{cm})$	$d_2(\text{cm})$	
直线	0	200	200	0	200	200	0
4 000	1	202	204	10	200	202	6
3 000	1.5	202	205	14	200	204	10
2 500	2	202	207	18	199	205	13
2 000	2.5	202	209	23	199	206	16
1 800	2.5	202	210	24	199	206	17
1 500	3	203	212	29	198	207	20
1 200	4	203	215	37	198	210	26
1 000	5	203	218	45	197	212	32
800	6	204	223	56	196	214	40
700	7	204	226	64	195	217	46
600	8	204	228	71	195	219	53
550	9	203	231	77	194	222	59
500	9.5	203	232	82	194	223	64
450	11	202	235	90	193	226	72
400	12	201	238	98	192	229	80
350	14	200	242	110	191	233	92

注:计算  $E$  值时按四舍五入原则以  $0.5 \text{ cm}$  取整,  $E$  值最大采用  $15 \text{ cm}$ 。

### 1.2.2 曲直线隧道的衔接

曲线地段隧道断面的加宽,除圆曲线部分按规定办理外,缓和曲线部分分两段加宽,即自圆曲线至缓和曲线中点并向直线方向延长  $13 \text{ m}$ ,按圆曲线采用加宽断面;其余缓和曲线由缓

和曲线起点向直线段延长 22 m,采用加宽值为圆曲线加宽值的一半的断面。见图 1-9。

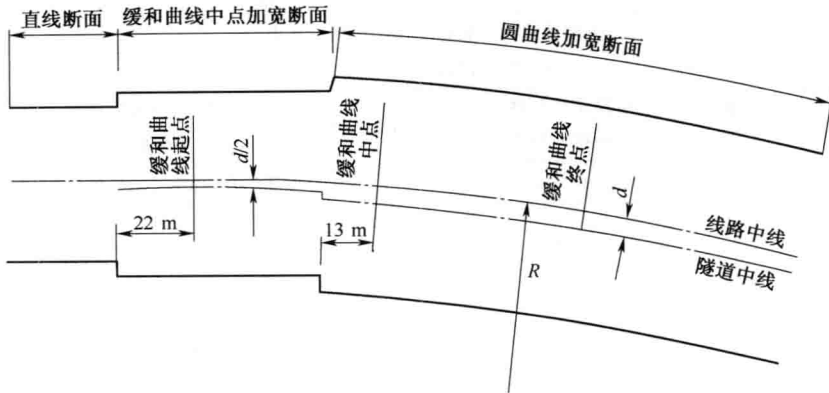


图 1-9 曲线地段隧道加宽示意图

$d$ —圆曲线地段隧道中线偏移距离

$R$ —圆曲线半径

隧道位于反向曲线上,当其公共切线长度小于 44 m 时,对重叠部分应按两端各自的曲线半径,分别核算其内、外侧加宽值,实际加宽采用其中较大值。

不同宽度衬砌衔接,可在两拱架间进行断面变化,或做成台阶形。

### 1.2.3 高速铁路曲线加宽

高速铁路的曲线半径均较大,故位于曲线上的隧道,原则上不考虑曲线加宽。

### 1.2.4 高速铁路隧道衬砌及洞内附属构筑物

#### (1) 隧道衬砌

暗挖隧道应采用复合式衬砌,明挖隧道应采用整体式衬砌。防水型隧道二次衬砌应考虑静水压力对结构受力的影响。

I、II 级围岩隧道衬砌宜采用曲墙带底板的结构形式,III~VI 级围岩隧道衬砌应采用曲墙有仰拱的结构形式。隧道衬砌内轮廓宜采用圆形断面,单线隧道可采用三心圆断面,边墙与仰拱应圆顺连接。

隧道衬砌混凝土强度等级不应低于 C30,钢筋混凝土强度等级不应低于 C35。I、II 级围岩隧道衬砌底板厚度不应小于 30 cm,混凝土强度等级不应低于 C35,并应配置双层钢筋。仰拱填充混凝土强度等级不应低于 C20。

隧道二次衬砌 IV~VI 级围岩地段宜采用钢筋混凝土;I~III 级围岩地段宜采用混凝土,并可掺加一定比例的纤维,减少混凝土表面裂纹。

#### (2) 洞内附属构筑物

隧道内设备专用洞室应根据相关专业要求设置,可不设置供维修人员使用的避车洞。隧道内应设置双侧电缆槽,电缆槽盖板应平整,铺设稳固。水沟或电缆槽结构外缘至同侧轨道中线的距离,不应小于 2.20 m,靠近道床一侧的沟(槽)身应增设构造钢筋。

隧道长度大于 500 m 时,应在洞内设置余长电缆腔,可与专用洞室结合设置。余长电缆腔应沿隧道两侧交错布置,每侧间距宜为 500 m。长度为 500~1 000 m 的隧道,可只在其中



部设置一处。

当隧道长度大于2 000 m时,可根据接触网设计要求在洞内设置下锚区段,下锚区段宜布置在地质条件较好的地段。

当隧道内接触网固定结构采用预埋滑槽时,隧道衬砌结构应采取必要的加强措施。隧道衬砌结构应按照有关专业要求预埋综合接地系统相关的设施。电缆过轨通道宜采用预埋过轨管方式。

高速铁路隧道内附属构筑物设计应考虑高速列车通过隧道时所产生的压力变化和列车风对附属构筑物结构及安装件的附加受力影响,设计时应按照最不利情况组合考虑。