

铁路工程施工技术手册

隧 道

(上 册)

铁道部第二工程局 主编

中 国 铁 道 出 版 社

1995年·北京

内 容 简 介

本手册系统地介绍了铁路隧道各种施工方法、施工技术、经验数据和各种专用机具设备的性能及型号, 以及一些常用的计算公式与图表, 对喷锚支护、瓦斯及不良地质隧道的施工也给出了较详细的资料。

本手册分上、下两册。上册内容包括: 隧道施工技术资料、施工测量、隧道工程地质、施工准备、开挖、装碴运输、施工支护、施工监控量测共八章。

本手册可供铁路及其它部门隧道施工人员及大专院校有关专业师生参考使用。

铁路工程施工技术手册

隧 道

上 册

铁道部第二工程局 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 江新锡 封面设计 马 利

各 地 新 华 书 店 经 售

北京市燕山联营印刷厂印

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 13.75 字数: 352 千

1981 年 2 月第 1 版

1995 年 10 月 第 2 版 第 2 次印刷

印数: 4001—6500 册

ISBN 7-113-01992-7/TU · 432 定价: 19.60 元

前 言

铁路工程施工技术手册·隧道第一版于1981年由中国铁道出版社出版，迄今已多年。在此期间，随国家标准和铁道部有关规范的修订，铁路隧道施工技术不断发展，新技术不断应用，因此作为现场施工参考的施工技术手册，也应随之进行修订，以满足生产的需要。

本手册修订是在第一版的基础上，结合国家现行有关标准和铁道部现行的部颁规范、规则及一些成熟的经验而进行的。在修订中删去了一些不相适应的内容，补充了锚喷构筑法、瓦斯、复合式衬砌等资料。

本手册修订后仍分上下两册出版。上册包括第一至第八章，内容主要介绍隧道建筑技术资料，施工测量，隧道工程地质，施工准备，开挖装碴运输，施工支护和施工监控量测等。下册包括第九至十五章，内容主要介绍隧道衬砌、洞门与明洞结构形式及特点，施工防水排水及堵漏，不良地质地区隧道施工以及通风的防尘、供水、供电等。

这次修订由铁道部第二工程局主编，铁道部第二工程局曾华新同志审核了全稿。铁道部第二工程局潘明德、钟衍兰、朱少松、梁武韬、李慧芳、林祖铨、吕通荣、刘若章、曾华新参加编写了第一、二、四、六、十、十四、十五章，铁道部科学研究院西南分院张可诚、张蓉康、卿光全、高尔洋参加编写了第三、五、八章，铁道部隧道工程局张玉环参加编写了第十二、十三章，铁道部第五工程局卢仙源参加编写了第七、九、十二章。

目 录

第一章 隧道建筑技术资料	1
第一节 隧道建筑限界及衬砌内轮廓	1
第二节 曲线隧道净空加宽	5
第三节 衬砌结构类型及尺寸	12
第二章 施工测量	55
第一节 控制测量	55
第二节 洞内施工测量	65
第三节 贯通误差调整	94
第三章 隧道工程地质	104
第一节 隧道工程地质条件	104
第二节 地下水对隧道施工的影响	111
第三节 地质预报	122
第四章 施工准备	137
第一节 施工方法	137
第二节 施工准备	161
第三节 施工组织设计	167
第五章 开 挖	185
第一节 钻爆作业	185

第二节	凿岩机具设备	225
第三节	爆破器材和爆破技术	246
第六章	装碴运输	274
第一节	装载设备	274
第二节	运输作业	301
第三节	卸碴	338
第七章	施工支护	342
第一节	喷射混凝土支护	343
第二节	锚杆支护	375
第三节	构件支撑	394
第八章	施工监控量测	408

第一章 隧道建筑技术资料

第一节 隧道建筑限界及衬砌内轮廓

根据〔国标 (GB) 146.2—83〕绘制

一、单线非电化铁路隧道 (图 1—1, 表 1—1)

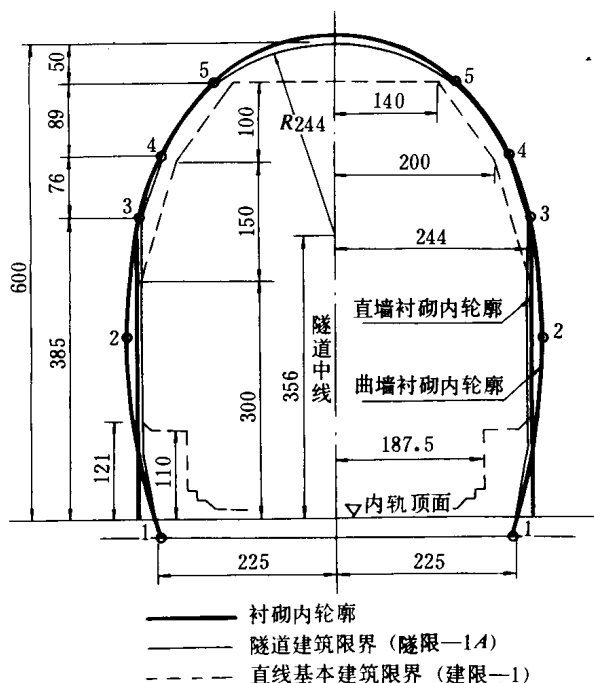


图 1—1 隧限-1A 及衬砌内轮廓 (单位: cm)

- 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第二节曲线隧道断面加宽计算办理。

衬砌内轮廓坐标表 (cm)

表 1—1

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			
	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		
3	竖距	228											
	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		
5	竖距	461											
	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-25cm。													

二、单线电化铁路隧道 (图 1—2, 表 1—2)

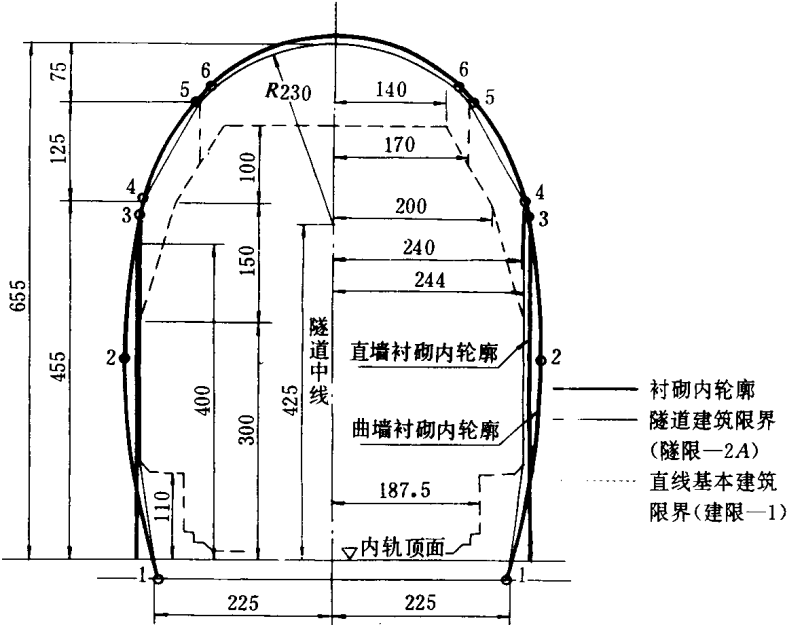


图 1—2 隧限-2A 及衬砌内轮廓 (单位: cm)

- 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第二节曲线隧道断面加宽计算办理。

衬砌内轮廓坐标表 (cm)

表 1—2

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	240	245	250	255	260	265	270	275	280	拱 部 距 限		
	竖距	455											
5	横距	173	178	183	188	193	198	203	208	213	界 最 近 点		
	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-25cm。

三、双线电化铁路隧道 (图 1—3, 表 1—3)

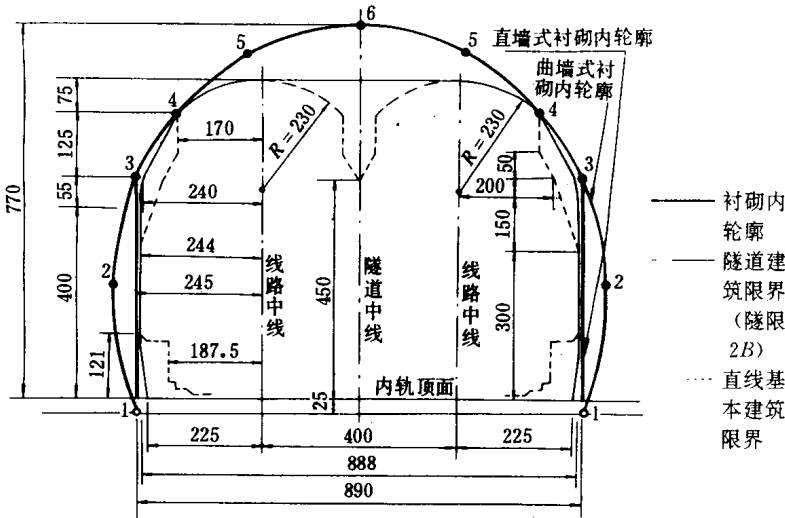


图 1—3 隧限—2B 及衬砌内轮廓 (单位: cm)

- 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第二节曲线隧道断面加宽计算办理。

衬砌内轮廓坐标表 (cm)

表 1—3

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	

四、各级超限货物装载限界图 (图 1—4, 图 1—5)

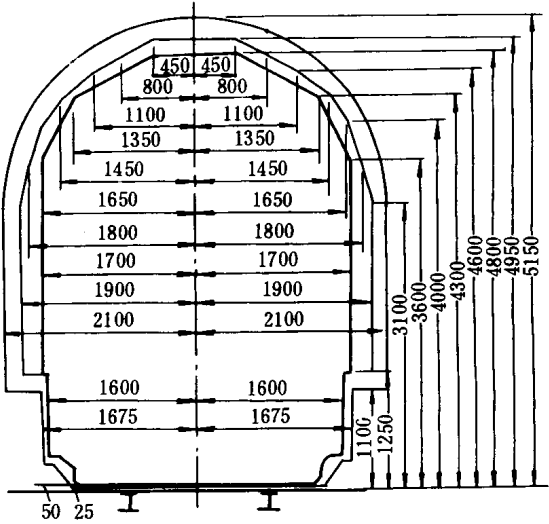


图 1—4 一级超限 (单位: mm)

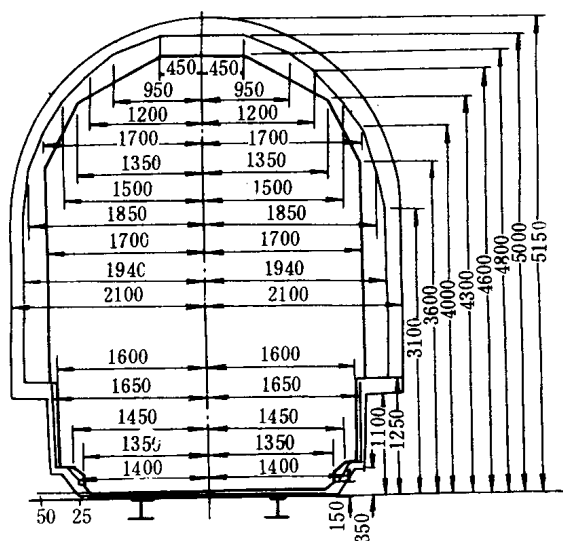


图 1—5 二级超限 (单位: mm)

第二节 曲线隧道净空加宽

一、曲线隧道断面加宽计算

(一) 单线曲线隧道

1. 断面加宽计算:

$$\text{曲线内侧加宽 } W_1 = \frac{4050}{R} + \frac{H}{150} \cdot E \quad (\text{cm}) \quad (1-1)$$

$$\text{曲线外侧加宽 } W_2 = \frac{4400}{R} \quad (\text{cm}) \quad (1-2)$$

$$\text{总加宽值 } W = W_1 + W_2 = \frac{8450}{R} + \frac{H}{150} \cdot E \quad (\text{cm}) \quad (1-3)$$

2. 曲线外轨超高:

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

以上式中:

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 $\arctg \frac{E}{150}$ 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)。

(二) 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 W_3 按下列两种情况计算:

(a) 当外侧线路的外轨超高大于内侧线路的外轨超高时。

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

(b) 在其它情况下

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

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

$\frac{H}{150} \cdot E$ 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—6。

(三) 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

$$d_1 = 200 - \frac{1}{2} (W_1 - W_2 - W_3) (\text{cm}) \quad (1-9)$$

外侧线路中线至隧道中线的距离

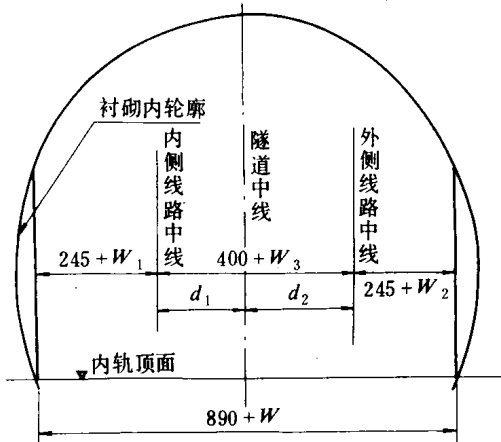


图1 6 双线曲线隧道断面加宽示意图 (单位: cm)

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

(四) 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 (见表 1—4、表 1—5、表 1—6)

单线非电化曲线隧道断面加宽值 表 1—4

曲线半径 R (m)	最高行车速度								
	$V = 120\text{km/h}$			$V = 100\text{km/h}$			$V = 80\text{km/h}$		
	E (cm)	W (cm)	d (cm)	E (cm)	W (cm)	d (cm)	E (cm)	W (cm)	d (cm)
4000	2.5	9	3.5	2	8	3	1	5	1.5
3000	3.5	13	5	2.5	10	3.5	1.5	7	2
2500	4.5	16	6	3	12	4	2	9	3
2000	5.5	19	7.5	4	15	5.5	2.5	11	3.5
1800	6	21	8	4	16	5.5	2.5	12	3.5
1500	7.5	26	10	5	19	6.5	3	14	4
1200	9	31	12	6.5	25	8.5	4	18	5.5
1000	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

续上表

曲线半径 R (m)	最 高 行 车 速 度								
	$V=120\text{km/h}$			$V=100\text{km/h}$			$V=80\text{km/h}$		
	E	W	d	E	W	d	E	W	d
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
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

单线电化曲线隧道断面加宽值

表 1—5

曲线半径 R (m)	最 高 行 车 速 度								
	$V=120\text{km/h}$			$V=100\text{km/h}$			$V=80\text{km/h}$		
	E	W	d	E	W	d	E	W	d
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
4000	2.5	9	3	2	7	2.5	1	5	1
3000	3.5	12	4.5	2.5	9	3	1.5	7	2
2500	4.5	15	6	3	*11	4	2	9	2.5
2000	5.5	19	7	4	15	5	2.5	11	3
1800	6	21	8	4	15	5.5	2.5	11	3
1500	7.5	26	10	5	19	6.5	3	13	4
1200	9	31	12	6.5	24	8.5	4	18	5
1000	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

双线电化曲线隧道断面加宽值

表 1—6

曲线半径 R (m)	$V=120\text{km/h}$						
	最大外 轨超高 E (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 (cm)	线路中线距隧道中线的距离		断面加宽 W (cm)
		d_1 (cm)	d_2 (cm)		d_1 (cm)	d_2 (cm)	
直 线	0	200	200	0	200	200	0
4000	2.5	199	206	15	197	205	11
3000	3.5	198	209	20	196	207	16
2500	4.5	197	211	26	195	209	21
2000	5.5	197	214	32	194	211	26
1800	6	197	215	35	193	212	28
1500	7.5	196	219	44	191	214	35
1200	9	195	223	53	190	218	42
1000	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

续上表

曲线半径 R (m)	$V=100\text{km/h}$						
	最大外 轨超高 E (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 (cm)	线路中线距隧 道中线的距离		断面加宽 W (cm)
		d_1 (cm)	d_2 (cm)		d_1 (cm)	d_2 (cm)	
直 线	0	200	200	0	200	200	0
4000	2	200	206	13	198	204	10
3000	2.5	200	207	17	198	205	13
2500	3	200	209	21	197	206	16
2000	4	200	212	27	196	208	21
1800	4	200	212	29	196	209	22
1500	5	200	215	36	195	210	27
1200	6.5	199	219	45	194	214	34
1000	7.5	199	222	53	193	216	40
800	9.5	199	228	67	191	220	51
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

续表

曲线半径 R (m)	$V=80\text{km/h}$						
	最大外 轨超高 E (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 (cm)	线路中线距隧 道中线的距离		断面加宽 W (cm)
		d_1 (cm)	d_2 (cm)		d_1 (cm)	d_2 (cm)	
直 线	0	200	200	0	200	200	0
4000	1	202	204	10	200	202	6
3000	1.5	202	205	14	200	204	10
2500	2	202	207	18	199	205	13
2000	2.5	202	209	23	199	206	16
1800	2.5	202	210	24	199	206	17
1500	3	203	212	29	198	207	20
1200	4	203	215	37	198	210	26
1000	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: 1. 表1—4~表1—6中粗折线以上部分表示能达到最高行车速度的曲线半径;

2. 计算 E 值时按四舍五入原则以0.5cm取整, E 值最大采用15cm。

二、曲直线隧道的衔接

1. 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 13m,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 22m,采用加宽值为圆曲线加宽值的一半的断面。如图 1—7 所示。

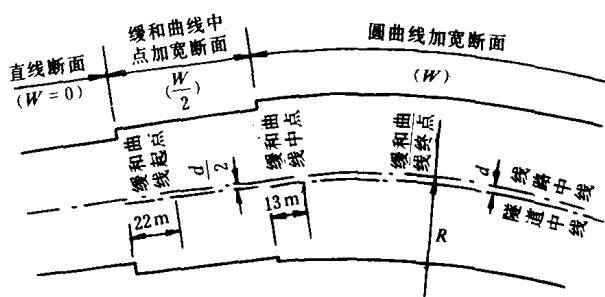


图 1—7 曲直线衔接示意图

2. 隧道位于反向曲线上,当其公共切线长度小于 44m 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。

3. 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。

第三节 衬砌结构类型及尺寸

一、单线非电气化铁路隧道衬砌

(一) V 类围岩衬砌断面

1. V 类围岩大拱脚薄边墙喷混凝土(或喷浆)衬砌断面及尺寸,见图 1—8 和表 1—7。