

铁路工程设计技术手册

TIELU GONGCHENG SHEJI JISHU SHOUCHE

隧 道

人 民 铁 道 出 版 社

1.1.1
22
11
1

铁路工程设计技术手册

隧 道

铁道部第二设计院主编

人 民 铁 道 出 版 社

1978年·北京

内 容 简 介

本书汇集了铁路隧道工程勘测设计中的有关规定，工程实践经验和科学试验成果，设计中常用的计算公式、数据、图表、结构类型，材料机具设备的规格、性能和适用条件等资料，对于铁路隧道的施工方法和改扩建工程也作了一些简要的介绍。

本书可供铁路隧道工程技术人员参考用。

铁路工程设计技术手册

隧 道

铁道部第二设计院主编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

张家口地区印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：42 字数：1385 千

1978年6月 第1版 1978年6月 第1次印刷

统一书号：15043·6111 定价：4.50 元

前 言

遵照伟大领袖和导师毛主席关于“要认真总结经验”的教导，为了适应三结合现场设计人员的需要，根据铁道部的指示，对1962年出版的《铁路设计手册·隧道》进行重编。重编工作由铁道部第一、二、三设计院、第四工程局设计处、铁道部科学研究院西南研究所、西南交通大学、长沙铁道学院、兰州铁道学院等单位参加。第二设计院负责主编。

本手册的编写工作，是在第二设计院党委和勘测处的领导下，发动群众，深入调查研究，认真总结经验的基础上进行的，纳入了建国二十多年来修建隧道的实践经验和一些科研成果，丰富了手册的内容。在编写中，我们力求作到使手册内容丰富，准确实用，为隧道设计人员提供较为完备的参考资料。但由于我们水平有限，难免有错误之处，希望广大读者给予批评指正。

在编写过程中，得到了路内外各兄弟单位的帮助和支持，在此表示感谢。

《隧道》设计手册编写组

1976年10月

目 录

第一章 隧道建筑限界·····	1	第三节 围岩压力及确定方法·····	34
第一节 现行限界标准及曲线加宽·····	1	一、围岩压力的性质和特点·····	34
一、标准轨距铁路隧道建筑限界和机车 车辆限界(GB 146-59)·····	1	二、深埋隧道围岩压力的确定及计算方 法·····	34
二、曲线隧道断面加宽·····	1	三、浅埋隧道围岩压力的确定及计算方 法·····	37
三、曲线地段隧道的加宽·····	3	四、偏压隧道围岩压力的确定及计算方 法·····	39
第二节 电气化铁路隧道中接触网与限界的 关系·····	3	五、斜交洞口衬砌围岩压力·····	41
一、接触悬挂的种类及其在隧道内安装 的有关规定·····	5	六、斜井、竖井围岩压力估算·····	43
二、支承装置及定位器在隧道内的安装 方式·····	7	第四节 相邻隧道最小间距的确定·····	43
第二章 隧道工程地质调查及隧道位置 选择·····	10	一、《铁路工程技术规范》的规定·····	43
第一节 隧道工程地质调查·····	10	二、我国若干已成隧道相邻隧道间距参 考资料·····	43
一、隧道工程地质调查主要内容·····	10	三、我国水电部门规定·····	43
二、一般常见的地质构造调查要点·····	10	第四章 隧道衬砌设计及计算·····	45
三、隧道工程常遇见的不良地质现象调 查要点·····	10	第一节 一般规定与数据·····	45
第二节 隧道位置选择·····	11	一、衬砌设计要求·····	45
一、地形条件与隧道位置的选择·····	11	二、伸缩缝、沉降缝和工作缝·····	45
二、地质条件与隧道位置选择·····	15	三、回填要求·····	45
第三节 隧道洞口位置选择·····	20	四、衬砌断面开挖高度·····	45
一、隧道洞口位置选择的一般要求·····	20	五、衬砌建筑材料·····	45
二、不同地形地质条件的隧道洞口位 置选择·····	20	六、隧道内轨顶面至道碴层底面的高 度·····	46
三、隧道洞口边仰坡高度的决定·····	21	七、隧道内轨顶面设计标高·····	46
第四节 隧道平纵断面设计一般规定及 要求·····	21	第二节 衬砌类型·····	46
一、隧道对线路平面设计的要求·····	21	一、单、双线隧道衬砌类型·····	46
二、隧道对线路纵断面设计的要求·····	21	二、车站及其他隧道衬砌类型·····	48
第三章 隧道围岩分类及围岩压力·····	25	第三节 衬砌基本尺寸拟定·····	51
第一节 围岩分类·····	25	一、衬砌内轮廓·····	51
一、铁路隧道围岩分类·····	25	二、衬砌主要截面厚度·····	53
二、其他围岩分类和土石工程分级·····	28	三、衬砌外轮廓与轴线等尺寸计算·····	53
第二节 隧道围岩有关的物理力学指标·····	32	四、仰拱内轮廓计算·····	59
一、围岩容重(γ)·····	32	第四节 衬砌内力计算·····	60
二、饱和抗压极限强度(R_b)和容许承载 力(σ_0)·····	32	一、拱脚弹性固定于围岩上的无铰 拱·····	61
三、围岩体的计算摩擦角(φ_g)·····	32	二、边墙按弹性地基梁的计算·····	67
四、圬工与围岩接触面的摩擦系数 (f)·····	33	三、直墙式衬砌·····	80
五、围岩的弹性抗力系数(K)·····	33	四、曲墙式衬砌·····	82
六、围岩的弹性模量(E)及横向变形系 数(μ)·····	33	五、仰拱·····	85
		六、偏压衬砌·····	90
		七、斜交洞口衬砌·····	93
		八、大拱脚薄边墙衬砌·····	94
		九、连拱墙衬砌·····	96
		十、衬砌结构的矩阵分析·····	97

十一、先拱后墙法施工阶段衬砌强度检 算	106
第五节 喷锚衬砌设计	110
一、设计原则	110
二、验算	111
第五章 明洞设计及计算	113
第一节 一般规定	113
一、适用条件	113
二、回填要求	113
三、结构构造要求	113
四、建筑材料	114
五、基础设置	114
第二节 明洞荷载	114
一、荷载种类	114
二、荷载计算	115
第三节 明洞类型	143
一、明洞的类型及适用条件	143
二、特殊结构明洞及应用	157
三、特殊基础处理及适用条件	166
第四节 明洞内力计算	170
一、拱形明洞	170
二、棚洞	176
第六章 洞门设计及计算	191
第一节 设计一般规定	191
一、洞门设置原则	191
二、一般规定	191
第二节 洞门类型及检查设备类型	192
一、洞门类型	192
二、检查设备类型	210
第三节 洞门计算	210
一、设计控制条件及有关规定的	210
二、土压力计算及图表	210
三、翼墙式隧道门计算算例	217
第七章 隧道内附属构筑物	228
第一节 道床	228
一、碎石道床	228
二、整体道床	229
三、轨枕板道床	237
四、洞内外线路内轨面与道床面的衔接 处理	240
第二节 避车洞	241
一、设置规定	241
二、避车洞衬砌类型	241
第三节 电气化隧道内的附属构筑物	242
一、下锚段衬砌	242
二、绝缘梯车洞	245
第四节 其它附属构筑物	246
一、电缆槽	246
二、信号继电器箱洞	251
三、无人增音站洞	251
四、隧道内变压器室	252
五、隧道运营照明	252
第八章 防水和排水	256
第一节 隧道防排水原则及一般规定	256
一、隧道防排水要求	256
二、隧道的治水原则	256
三、隧道防排水的一般规定	256
第二节 隧道洞顶防排水	257
一、地表处理	257
二、洞顶天沟	258
三、明洞顶防排水	260
第三节 洞门排水	262
一、洞门排水的主要方式	262
二、洞内外水沟衔接方式	263
第四节 温和地区洞内排水	270
一、洞内排水沟	270
二、隧道衬砌背后的排水设施	273
三、泄水洞	273
第五节 寒冷和严寒地区洞内排水	277
一、保温水沟	277
二、深埋渗水沟	279
三、防寒泄水洞	281
四、配套排水设备	281
第六节 洞内防水	283
一、压注水泥浆及化学浆液	283
二、防水混凝土衬砌	288
三、衬砌各缝防水	290
四、外贴式防水层	292
五、内贴式防水层	292
第七节 混凝土抗侵蚀措施	293
一、环境水对混凝土侵蚀类型	293
二、环境水侵蚀性标准	294
三、混凝土抗侵蚀措施	297
第九章 运营隧道有害气体的防治	299
第一节 运营隧道有害气体的防治措施	299
一、有害气体和卫生标准	299
二、运营隧道内有害气体的防治措施	300
第二节 列车在隧道中的活塞作用	300
一、活塞风的计算	300
二、列车出洞后洞内风速渐变过程的计 算	303
第三节 自然通风	303
一、自然通风影响因素	303
二、自然通风压头	304
三、空气容重计算	304
第四节 运营隧道机械通风	306
一、机械通风方式及其选择	306
二、通风道设计	307
三、风量计算	309
四、通风阻力计算	310
五、风道系统的风量分配	311
六、帘幕设计	313
七、无帘幕洞口风道式风量分配计算	313
第五节 通风机的选择	315
一、通风机的类型	315
二、通风机的特性曲线	316

三、通风系统特性曲线	316	三、黄土隧道衬砌设计	410
四、风机设计运转工况点(或工作点) 的确定	316	四、施工注意事项	417
五、轴功率计算	317	第二节 多年冻土地区隧道设计	417
六、用图解法选择通风机、风道口的面 积	320	一、多年冻土的分布	417
第六节 参考资料	320	二、多年冻土工程地质特征	418
一、通风机	320	三、多年冻土地区隧道建筑物设计	429
二、中型异步电动机	331	第十三章 地震区隧道设计	433
三、洞门布置及结构型式参考图	332	第一节 地震对隧道的影响和地震烈度	433
四、局部阻力系数	334	一、地震对隧道的影响	433
五、单位换算、风力等级表	338	二、地震烈度与地震震级	433
六、气温、气湿、气压的推算	340	第二节 铁路隧道抗震设计规定	436
七、单线隧道净空面积、湿周、断面水 力直径	341	一、总则	436
第十章 辅助坑道	346	二、隧道抗震强度与稳定性验算	436
第一节 辅助坑道的选择	346	三、抗震措施	437
一、辅助坑道类型及其适用条件	346	第三节 地震力	437
二、选设辅助坑道方案需要考虑的主要 因素	346	一、地震力计算假定	437
三、辅助坑道对提高隧道成洞速度的作 用	347	二、地震力的计算	437
四、辅助坑道的开挖和支护	347	第四节 地震区隧道建筑物设计	439
第二节 横洞和平行导坑设计	348	一、隧道衬砌设计	439
一、横洞设计	348	二、明洞设计	441
二、平行导坑设计	350	三、洞门设计	442
第三节 斜井和竖井设计	355	第十四章 施工方法	443
一、斜井和竖井位置的选择	355	第一节 施工方法的选择	443
二、斜井设计	355	一、施工方法选定原则	443
三、竖井设计	361	二、施工程序安排要求	444
四、斜井和竖井提升计算	366	三、导坑断面的选择	444
第四节 辅助坑道的处理	366	四、隧道平均月成洞速度参考指标	445
一、处理的一般原则	366	第二节 施工方法	445
二、辅助坑道的一般处理措施及要求	366	一、隧道施工方法及程序	445
第十一章 滑坡、溶洞及含瓦斯地层隧道设 计	368	二、洞口段隧道施工方法	456
第一节 滑坡地区隧道设计	368	三、单线拱形明洞施工方法	460
一、滑坡推力计算	368	四、其他有关的施工方法	464
二、综合整治措施	372	第三节 施工机具的选用和配备	467
三、工程实例	375	一、施工机具	467
第二节 溶洞处理	387	二、风、水、用电量估算	467
一、岩溶发育的一般规律	387	第十五章 隧道改建	471
二、岩溶对隧道工程的影响	387	第一节 隧道改建设计的基本资料	471
三、工程措施	387	一、设计资料的调查和收集	471
第三节 含瓦斯地层隧道设计	405	二、我国铁路隧道衬砌标准设计图的简 要资料	476
一、含瓦斯地层的特征	405	第二节 改建方案的比较和选择	476
二、地下坑道中瓦斯的量测	406	一、改建方案	476
三、瓦斯的防治	406	二、方案比选时应注意的问题	480
四、瓦斯涌出量和施工通风风量计算	408	第三节 隧道改建的结构处理和设计	480
第十二章 黄土、多年冻土地区隧道设计	410	一、隧道改建时围岩压力的估算	480
第一节 黄土地层隧道设计	410	二、衬砌裂缝的分析	480
一、黄土地层的特点	410	三、隧道衬砌裂缝处理与结构加固	481
二、黄土的主要物理力学指标	410	四、拆除旧衬砌,重建新衬砌	484
		五、采用预制构件补建隧道衬砌	488
		六、落底和整治道床时的线路临时支承	491
		第四节 临时行车限界与施工车架	493
		一、临时行车限界	493
		二、脚手架及车架的实例	494

第十六章 结构构件设计计算	197	第十八章 机具设备	594
第一节 混凝土和石砌结构	497	第一节 空气压缩机性能规格	594
一、按破坏阶段设计	497	第二节 凿岩机具	595
二、按容许应力设计	500	一、凿岩机性能规格	595
三、构造要求	501	二、凿岩机气腿支架性能规格	597
第二节 钢筋混凝土结构	501	三、风镐及风铲性能规格	598
一、按破坏阶段设计	502	四、钻孔台车性能规格	598
二、按容许应力设计	510	五、隧道掘进机性能规格	599
三、构造要求	516	第三节 装碴运输机具	600
第三节 钢结构	521	一、装碴机性能规格	600
一、计算数据	521	二、运输机具性能规格	602
二、构件计算	524	第四节 牵引机车	604
三、连接计算	532	一、电瓶车	604
四、构造要求	532	二、内燃机车性能规格	605
五、轻型钢结构的若干规定	533	第五节 混凝土衬砌机具	605
附录一、型钢钉线排列及钉孔尺寸表	534	一、碎石机和磨砂机	605
附录二、焊缝代号	537	二、拌和机	607
附录三、钢结构的标准及代号	540	三、混凝土捣固机	608
第四节 木结构	541	第六节 灌浆、喷浆和喷射混凝土机械	610
一、计算数据	541	一、灌浆机	610
二、构件计算	542	二、喷浆机	610
第十七章 工程材料	544	三、混凝土喷射机	610
第一节 水泥	544	第七节 卷扬起重机械	611
一、水泥主要品种、规格及特性	544	一、电动卷扬机	611
二、主要水泥的标准抗压抗拉强度	544	二、手摇卷扬机	612
三、水泥其他品种特性及用途	545	第八节 抽水机械	613
第二节 砂浆、混凝土及喷射混凝土	547	一、单级单吸式离心水泵	613
一、砂浆	547	二、单吸多级分段式离心水泵	615
二、混凝土	547	三、潜水泵	619
三、喷射混凝土	556	第九节 变压器与发电机	619
第三节 石料	556	一、低压变压器	619
一、石料性质	556	二、DJN 单相配电变压器	620
二、隧道衬砌石料的规格	557	三、KSG 系列三相油浸式矿用变压器	620
第四节 木材	557	四、KSG 型三相干式防爆型矿用变压器	620
一、木材标准	557	五、柴油发电机	621
二、木材材积	560	附录	
第五节 钢铁材料	562	一、常用常数及数学公式	622
一、钢筋	562	二、各种截面的力学特征	626
二、角钢	565	三、各种常用材料容重	628
三、工字钢	571	四、隧道仰坡体积计算	628
四、槽钢	573	五、静定梁内力计算公式	632
五、钢轨	574	六、超静定梁内力计算公式	638
六、钢板	577	七、制图标准摘编	644
七、钢管	577	八、工程地质图例符号	654
八、钢索	580	九、国外 10 公里以上铁路隧道概况表	660
九、螺栓	585		
十、螺母	591		

第一章 隧道建筑限界

第一节 现行限界标准及曲线加宽

一、标准轨距铁路隧道建筑限界和机车车辆限界 (GB 146-59)

车限—1

(一) 隧道建筑限界

隧限—1甲 及 隧限—1乙
(单线) (双线)

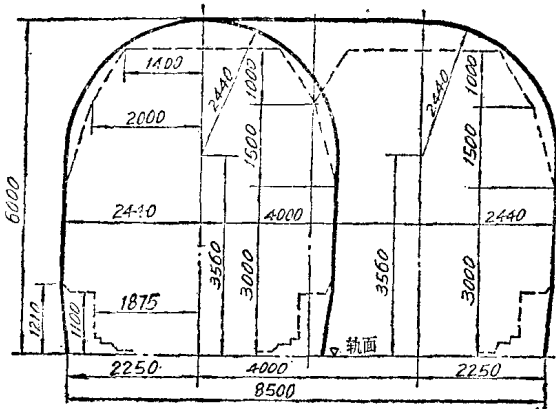


图 1-1

----- 直线建筑接近限界。

隧限—2甲 及 隧限—2乙
(单线) (双线)

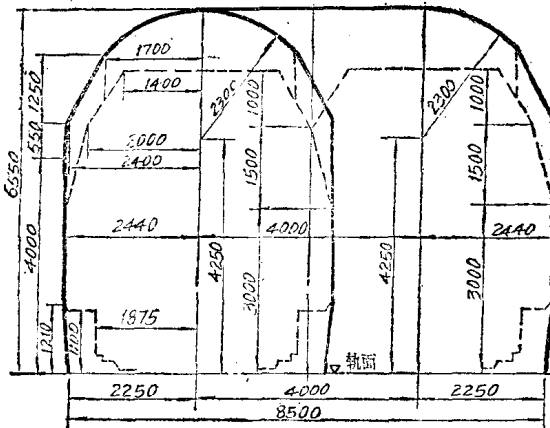


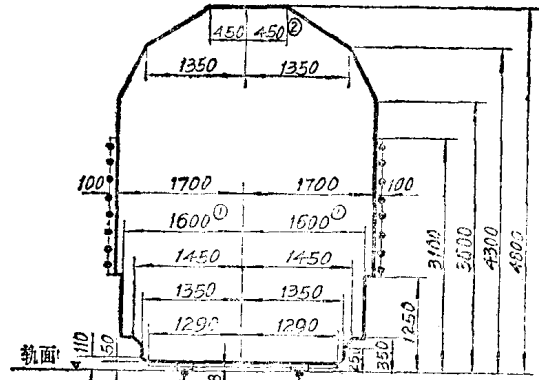
图 1-2

----- 直线建筑接近限界。

图 1-1 所示的隧道建筑限界适用于新建及改建, 蒸汽及内燃牵引的单线及双线铁路区段, 图 1-2 适用于电力牵引区段, 其货物列车的装载高度应不超过 5300 毫米。在直线建筑接近限界与隧道建筑限界之间, 可以装设照明、通信、警告信号及色灯信号等设备。

(二) 机车车辆限界

“车限—1”(图 1-3) 适用于新制造的蒸汽、电力和内燃机车及各种车辆。



●—●—●— 列车信号接近线路限界。

----- 弹簧上下震动限界。

----- 机车闸瓦、撒砂管端口限界。

图 1-3

图中注①新造电力机车为 1675。图中注②新造电力机车为 750。(新造通过机械化驼峰调车场的机车车辆的下部限界尚有几处细部规定, 此处没有绘引)。

(三) 铁道部关于执行限界国标的补充规定

国标 GB 146—59 系 1959 年 1 月经国家科委批准, 并自 1959 年 4 月 1 日起实施的。1960 年 5 月 24 日铁道部以铁整武(60)字第 1402 号部令指示, 电化隧道净空高度不得低于 6.75 米。这是认为在当时的技术条件下, GB 146—59 规定的电化隧道限界高度 6.55 米, 不能充分满足安装接触网的要求而提出的。此后我国设计的电化隧道的净空高度都采用 6.75 米(拱部衬砌内轮廓系三心圆尖拱), 即比国标规定高出 20 厘米。

1975 年 6 月 26 日, 铁道部(75)铁基字 666 号文, 要求统一采用的单线铁路隧道衬砌内轮廓, 其高度非电化为 6.15 米, 电化为 6.65 米。文中并指出, 内轮廓以能满足现行的限界国标(GB 146—59)的要求即可。另外, 根据使用上的要求, 《铁路工程技术规范》第 4—23 条对车站隧道还规定: 从站内最外侧的站线中心线至隧道边墙的距离不应小于 3 米, 在梯线和平面调车牵出线的有调车人员上下车作业的一侧, 不应小于 3.5 米。

二、曲线隧道断面加宽

(一) 加宽的原因

1. 由于车辆纵轴与线路中线有偏距(图 1—4)。
2. 由于曲线外轨超高引起车辆对垂直位置的倾斜(图 1—5)。

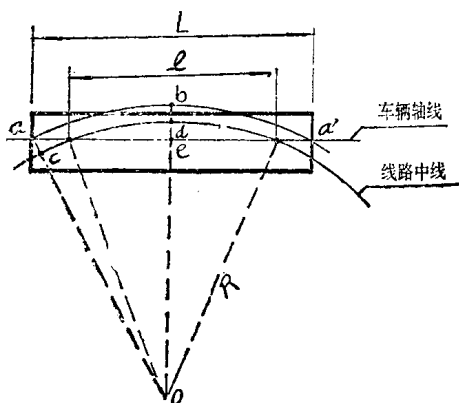


图 1-4

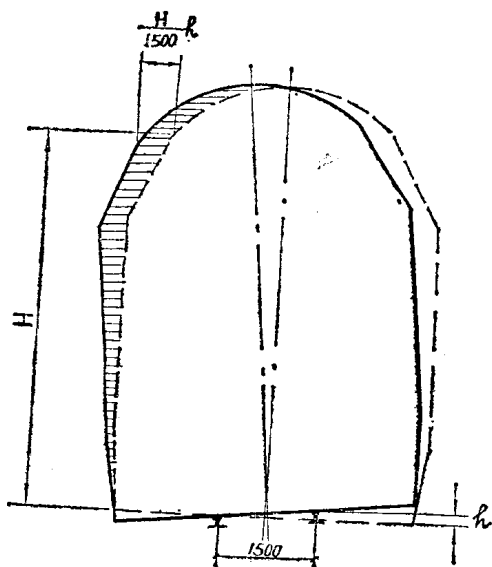


图 1-5

计算中采用车辆最大长度 $L=26$ 米, 车辆前后转向架间距 $l=18$ 米(由 $l = \frac{L}{\sqrt{2}} = \frac{26}{\sqrt{2}} = 18.3848 \approx 18$ 米)而得, 计算点高度 H 按不同情况分别确定。

(二) 加宽办法

1. 单线曲线隧道加宽

内侧加宽:

$$W_1 = de + \frac{H}{1500}h = \frac{l^2}{8R} + \frac{H}{1500}h$$

$$= \frac{40500}{R} + \frac{H}{1500}h(\text{mm})$$

外侧加宽:

$$W_2 = ac = bc - de = \frac{L^2}{8R} - \frac{l^2}{8R}$$

$$= \frac{44000}{R}(\text{mm})$$

内外侧总加宽:

$$W = W_1 + W_2 = \frac{84500}{R} + \frac{H}{1500}h(\text{mm})$$

2. 双线曲线隧道加宽

双线曲线隧道的内侧加宽 W_1 及外侧加宽 W_2 与公式(1-1)同, 两线路间距的加宽 W_3 按下列两种情况计算:

当外侧线路的外轨超高大于内侧线路的外轨超高时:

$$W_3 = \frac{84500}{R} + \frac{3600}{1500} \times \frac{h}{2}(\text{mm}) \quad (1-2)$$

在任何其他情况下:

$$W_3 = \frac{84500}{R}(\text{mm}) \quad (1-3)$$

双线曲线隧道总加宽

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

3. 位于车站内的双线或多线曲线隧道的加宽

车站曲线隧道的内侧加宽 W_1 及外侧加宽 W_2 亦与公式(1-1)同, 两相邻线路间距的加宽 W_3 按下述情况分别计算。

当外侧线路的外轨超高大于内侧线路的外轨超高时, 在车站上两正线间:

$$W_3 = \frac{84500}{R} + \frac{2000}{1500} \times \frac{h}{2}(\text{mm}) \quad (1-4)$$

当内侧线路无外轨超高时, 在车站上正线与相邻线间:

$$W_3 = \frac{84500}{R} + \frac{2000}{1500}h(\text{mm}) \quad (1-5)$$

在任何其他情况下

$$W_3 = \frac{84500}{R}(\text{mm}) \quad (1-6)$$

上述诸式中:

R ——曲线半径(m);

H ——自轨面算起的计算点高度(mm);

h ——外轨超高值(mm), 计算 W_3 时为外侧线路的外轨超高值。

在公式(1-2)中 3600 毫米系“车限-1”最外侧顶角距轨面的高度。公式(1-4)及(1-5)中 2000 毫米系人身最大高度。

在公式(1-1)中“ $\frac{H}{1500}h$ ”项系因外轨超高所需要的加宽值, 亦可将隧道建筑限界绕内侧轨顶中心转动 $\arctg \frac{h}{1500}$ 角求得, 要注意的是按转限界法求得的加宽值与所选用的衬砌内轮廓形状有关。

GB 146—59 还规定, 计算电气化铁路隧道曲线加宽时, 主要干线外轨超高用 160 毫米。远期行车速度不能确定时, 当 $R \leq 1200$ 米一律采用 $h = 160$ 毫米, $R > 1200$ 米, 则用最高行车速度 160 公里/小时, 反求超高及加宽。

《铁路工程技术规范》规定, 各级铁路最高行车速度 V : I 级铁路为 120 公里/小时, II 级铁路为 100 公里/小时, III 级铁路为 80 公里/小时。曲线外轨超高 $h = \frac{7.6 V^2}{R}$, 最大不得超过 150 毫米。

4. 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距离 d , 其计算公式为:

单线隧道:

$$d = \frac{1}{2} (W_1 - W_2) (\text{mm}) \quad (1-7)$$

双线隧道:

内侧线路中线至隧道中线的距离

$$d_1 = 2000 - \frac{1}{2} (W_1 - W_2 - W_3) (\text{mm})$$

外侧线路中线至隧道中线的距离

$$d_2 = 2000 + \frac{1}{2} (W_1 - W_2 + W_3) (\text{mm}) \quad (1-8)$$

W_1 、 W_2 及 W_3 的数值根据(1-1)~(1-6) 诸式计算。

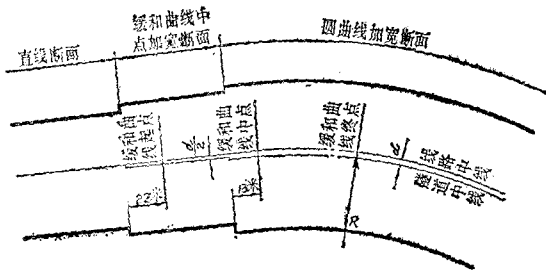
位于不同半径之曲线隧道, 在各种最高行车速度下所需的加宽值列于表 1-1~表 1-3 中。

由外轨超高所需的加宽值, 无论是按公式 $\frac{H}{1500}h$ 计算或按限界转动求得, 一般都是以计算点或控制点的水平位移值作为全部内侧加宽值。因此在判定衬砌内侧是否侵限时, 要注意可能只是计算点或控制点附近侵限, 而不是全部衬砌内侧侵限。

三、曲线地段隧道的加宽

对于新建的曲线地段隧道, 为了保证运营净空要求及便于施工, 可按下列方式加宽:

(一) 位于曲线地段的隧道, 其断面加宽, 除圆



d ——圆曲线地段隧道中线偏移距离;
 R ——圆曲线半径。

图 1-6 曲线地段隧道加宽示意图

曲线部分按规定办理外, 缓和曲线部分一般可分两段加宽, 即自圆曲线至缓和曲线中点, 并向直线方向延长 13 米, 采用圆曲线加宽断面; 其余缓和曲线, 并自缓和曲线起点向直线段延长 22 米, 采用加宽值为圆曲线之半的断面 (图 1-6)。

位于曲线车站上的隧道, 断面加宽值应根据站场线路具体情况计算确定。

(二) 当隧道位于反向曲线上, 且其间公切线长度小于 44 米时, 重叠部分按两端不同的曲线半径分别核算其内外侧加宽值, 实际加宽值应采用其中较大者。

(三) 不同宽度衬砌衔接可在两拱架间顺接 (整体灌注混凝土衬砌) 或错台相接 (石衬砌)。

第二节 电气化铁路隧道中接触网与限界的关系

电气化铁路中, 牵引变电所输出的电能通过供电线送到接触网的接触线供给电力机车。和洞外地段一样, 电气化铁路隧道中, 接触网由接触悬挂, 支承装置及定位器等部分组成 (图 1-7)。

接触悬挂包括接触线、吊弦和承力索 (在简单悬挂时仅有接触线)。电力机车的受电弓从接触线得到电能。支承装置用来支承接触悬挂, 并将荷载传到拱部衬砌及围岩上。定位器使接触线对受电弓中

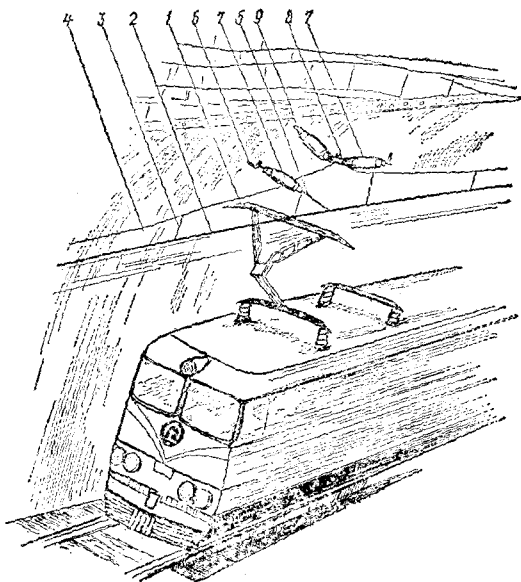


图 1-7

- 1—受电弓
 - 2—接触线
 - 3—吊弦
 - 4—承力索
 - 5—定位管
 - 6—定位埋入杆
 - 7—绝缘子
 - 8—承力索线夹
 - 9—悬挂埋入杆及连接零件
- 接触悬挂 (包括 1, 2, 3, 4)
- 定位器 (包括 5, 6, 7)
- 支承装置 (包括 8, 9)

表 1-1

曲线隧道加宽表

序 号	曲线半 径 R (米)	曲线外 轨超高 h (毫米)	曲线地段水平距离的增加量 (毫米)				隧道内两线路中线间 W ₃		单 线 隧 道		单线隧道中 线偏移距离 $d = \frac{1}{2}(W_1 - W_2)$ (厘米)
			曲线内 侧 $W_1 = \frac{40500}{R} + \frac{h}{1500}$		曲线外 侧 $W_2 = \frac{44000}{R}$		内 侧 线 路 无 外 轨超高时, 车 站上正线与相 邻线间		总 加 宽 $W = W_1 + W_2$ (厘米)		
			H 1500-h (系根据 限界转动方法求得)		外 侧 线 路 外 轨 超 高 大 于 内 侧 线路外轨超高时		任何 其他 情况		非电化	电化	
			40500 R	④	⑦	⑧	⑩	⑪			
1	4000	25	70	65	⑦	⑧	⑩	⑪	⑬	⑭	
2	3000	35	95	92	55	40	55	9	9	3	
3	2500	45	122	119	79	50	75	13	12	4.5	
4	2000	55	148	146	83	65	95	16	15	6	
5	1800	60	161	159	110	59	115	19	19	7	
6	1500	75	200	200	129	55	125	21	21	8	
7	1200	90	238	249	145	105	155	26	26	10	
8	1000	110	290	299	180	130	190	31	31	12	
9	800	135	354	377	215	159	239	38	38	15	
10	700	150	392	420	270	195	285	45	48	18.5	
11	600	150	392	420	309	220	329	51	54	21	
12	550	150	392	420	320	240	349	53	56	21	
13	500	150	392	420	335	255	355	55	57	21.5	
14	450	150	392	420	350	270	370	56	59	20.5	
15	400	150	392	420	370	299	399	58	61	20.5	
16	350	150	392	420	399	310	419	60	63	20.5	
17	300	150	392	420	420	340	449	63	66	20.5	
18	250	150	392	420	460	380	489	67	70	20.5	
					520	440	540	73	76	20.5	

注: 1. 表内②栏 $h = \frac{7.6V^2}{R} \leq 150$ (毫米), 计算时取 $V = 120$ 公里/小时。2. 表内数值⑦、⑩、⑬按《铁路工程技术规范》表 1-2 抄列。其余均根据四舍五入的原则, ③~⑥ 栏按 1 毫米取整, ②、⑧、⑨、⑬、⑭ 栏按 5 毫米取整, ⑪、⑫ 栏按 1 厘米取整。3. 表内④、⑤ 栏由于外轨超高所需的加宽值, 系按铁道部 (75) 铁基字 666 号文批复的单线铁路隧道衬砌内轮廓, 根据“隧限一甲”、“隧限一甲”、“隧限一甲”限界转动方法计算求得。

单线非电气化铁路曲线隧道加宽表

表 1-2

曲线半径 R (米)	最高行车速度											
	$V=160$ 公里/小时			$V=120$ 公里/小时			$V=100$ 公里/小时			$V=80$ 公里/小时		
	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)
4000	50	16	6.5	25	9	3.5	20	8	3	19	5	1.5
3000	65	20	8.5	35	13	5	25	10	3.5	15	7	2
2500	80	25	10.5	45	16	6	30	12	4	20	9	3
2000	95	29	12.5	55	19	7.5	40	15	5.5	25	11	3.5
1800	110	34	14.5	60	21	8	40	16	5.5	25	12	3.5
1500	130	46	17	75	26	10	50	19	6.5	30	14	4
1200	150	46	19.5	90	31	12	65	25	8.5	40	18	5.5
1000	150	48	19.5	110	38	14.5	75	29	10	50	22	6.5
800	150	50	19.5	135	46	17.5	95	36	12.5	60	27	8
700	150	51	19.5	150	51	19.5	110	41	14	70	31	9
600	150	53	19.5	150	53	19.5	125	47	16	80	35	10.5
550	150	55	19.5	150	55	19.5	140	52	18	90	39	11.5
500	150	56	19.5	150	56	19.5	150	56	19	95	42	12
450	150	58	19	150	58	19	150	58	19	110	48	14
400	150	60	19	150	60	19	150	60	19	120	53	15.5
350	150	63	19	150	63	19	150	63	19	140	61	18
300	150	67	19	150	67	19	150	67	19	150	67	19
250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	73	19

注：1. 表内粗折线以上部分表示能达到最高行车速度的曲线半径。

2. 表内外轨超高 h 、断面加宽 W 及隧道中线偏移距离 d 根据计算求得，其计算办法和取整原则同表1-1。

心保持一定位置，并承受接触线的水平力。为了保持接触线内有一定的张力，减少气温变化时弛度的增减和安全供电及检修的需要，将链形悬挂的接触线按一定长度分段（称为锚段），在每段两端安设自动张力补偿器（安设在下锚的地方）。隧道内设补偿器处，衬砌需要加宽及加高（下锚段衬砌详见第七章第三节）。

本节就接触网与隧道限界有关的主要问题作些介绍，供隧道设计人员参考。

一、接触悬挂的种类及其在隧道内安装的有关规定

接触悬挂分简单悬挂及链形悬挂两种。《铁路工程技术规范》第10—36条规定：接触网一般采用链形悬挂，……。不符合国标GB146—59“隧限—2”的隧道，不能采用链形悬挂时，可采用带吊弦的简单悬

挂，其运行速度以不超过75公里/小时为宜。第10—37条规定：接触线最大弛度时距轨面的最低高度，在符合“隧限—2”的隧道内为5700毫米（5300毫米的超限货物可带电通过）。

此外，对隧道内接触网空气绝缘距离，《铁路工程技术规范》暂定不得小于：

1. 带电体距接地体：300毫米；
2. 电力机车运行时受电弓瞬间的极限位置距接地体：200毫米；
3. 绝缘子接地侧瓷裙距接地体：150毫米。

下面简单介绍两种悬挂方式及温度张力补偿方式。

1. 简单悬挂。在支承装置绝缘子下所悬挂的只是吊弦和接触线（图1-8）。这种悬挂方式简单，无承力索，支承装置负荷较小，要求的净空也较低，建造投资较少。但因弛度较大，弹性较差，故不适

单线电化铁路曲线隧道加宽表

表 1-3

曲线半径 R (米)	最高行车速度											
	V=160公里/小时			V=120公里/小时			V=100公里/小时			V=80公里/小时		
	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)	h (毫米)	W (厘米)	d (厘米)
4000	50	15	6.5	25	9	3	20	7	2.5	10	5	1
3000	65	20	8.5	35	12	4.5	25	9	3	15	7	2
2500	80	25	10.5	45	15	6	30	11	4	20	9	2.5
2000	95	30	12.5	55	19	7	40	15	5	25	11	3
1800	110	35	15	60	21	8	40	15	5.5	25	11	3
1500	130	42	18	75	26	10	50	19	6.5	30	13	4
1200	150	49	21	90	31	12	65	24	8.5	40	18	5
1000	150	51	21	110	38	15	75	29	10	50	22	6.5
800	150	53	21	135	48	18.5	95	36	12.5	60	27	8
700	150	54	21	150	54	21	110	42	14.5	70	31	9
600	150	56	21	150	56	21	125	49	17	80	35	10.5
550	150	57	20.5	150	57	20.5	140	54	19	90	39	11.5
500	150	59	20.5	150	59	20.5	150	59	20.5	95	42	12.5
450	150	61	20.5	150	61	20.5	150	61	20.5	110	49	14.5
400	150	63	20.5	150	63	20.5	150	63	20.5	120	54	16
350	150	66	20.5	150	66	20.5	150	66	20.5	140	63	19
300	150	70	20.5	150	70	20.5	150	70	20.5	150	70	20.5
250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	76	20.5

注：1. 表内粗折线以上部分表示能达到最高行车速度的曲线半径。

2. 表内外轨超高h、断面加宽W及隧道中线偏移距离d根据计算求得，其计算办法和取整原则同表1-1。

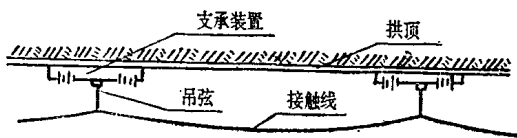


图 1-8

于高速列车通过。

2. 链形悬挂。在支承装置的绝缘子下悬挂承力索，接触线通过很多吊弦而悬挂在承力索上(如图1-9)。

这种方式弛度较小，弹性较好，一般电化铁路都采用这种悬挂方式。

在支承装置处，接触线到承力索悬挂点的距离

叫“结构高度”，这一高度是决定电化隧道建筑限界的主要尺寸之一。

接触悬挂会随温度变化而伸缩，为了避免气温高时，接触线伸长，弛度过大，气温低时，接触线缩短，以致拉断导线或损坏支承装置，必须对接触线作张力调整。通常是在接触线两端安设自动调整张力的补偿器，在温度变化时，接触线能沿线路自动移动而维持其张力不变。链形悬挂的补偿方式有全补偿及半补偿两种。半补偿链形悬挂仅接触线有张力调整，而承力索无张力调整(图1-9)，这样在温度变化时，接触线张力虽然不变，但承力索弛度有变化，对接触线弛度还有一定影响。这种调整方式简单，支承装置也不太复杂。全补偿链形悬挂在承力索和接触线两端都有自动调整张力的补偿器(图1-10)，因承力索张力也不变，故接触线没有

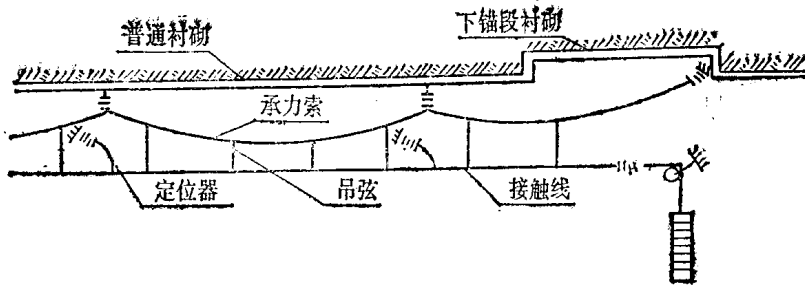


图 1-9

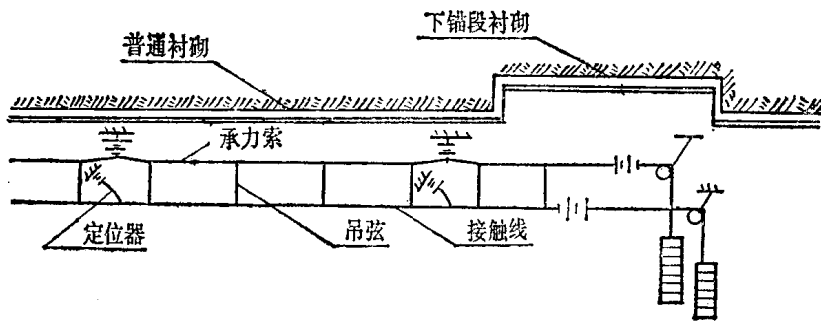


图 1-10

弛度变化，但下锚处和中心锚接处装置较为复杂。补偿方式的采用，应由技术、经济及运营条件综合比较确定。如采用全补偿链形悬挂，一旦承力索断线，事故可能比半补偿链形悬挂要大，恢复困难，故应采取动作可靠的断线制动装置或其他措施。

二、支承装置及定位器在隧道内的安装方式

电气化铁路隧道中，接触网的支承装置及其定位器都安装在衬砌拱部，为了保持带电体与接地体的绝缘距离，隧道净空对它们的安装方式有很大的影响。由于器材性能、接触悬挂种类和隧道净空的不

同，解决的办法有多种多样。下面介绍我国采用过的一些方式：

(一) 隧道净高只有 6 米左右，采用简单悬挂，支承装置及定位器安装方式如图 1—11 及图 1—12。图 1—11 用在隧道中心高度为 6050 毫米(曲线隧道为 6150 毫米)时，接触网吊弦长度仅 330 毫米左右，实际悬挂点接触线高度为 5350 毫米。图 1-12 用在隧道中心高度 ≥ 5900 毫米(曲线隧道 ≥ 6000 毫米)时，为了保证带电体接地绝缘距离，只好把安装支承装置处的拱顶凿除一部分。

(二) 在按“专隧 0001”图施工的隧道，净高 6750 毫米，拱部为三心圆，采用半补偿链形悬挂，

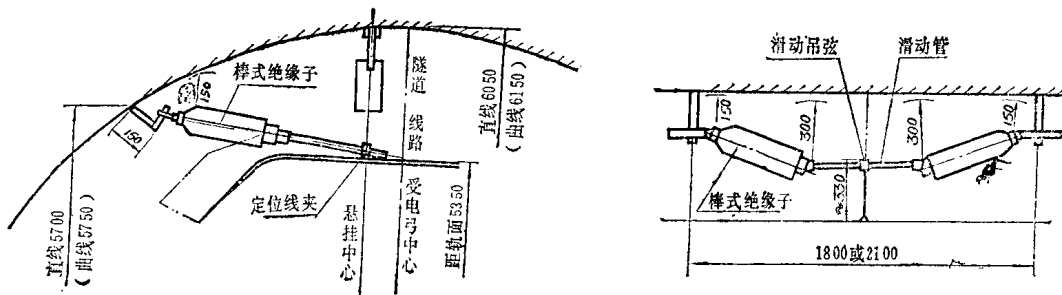


图 1-11 不凿开衬砌简单悬挂

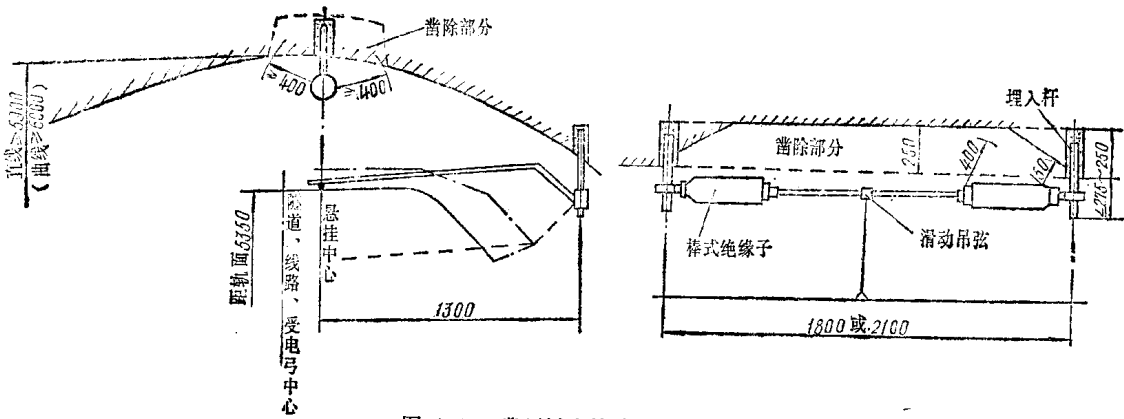


图 1-12 凿开衬砌简单悬挂

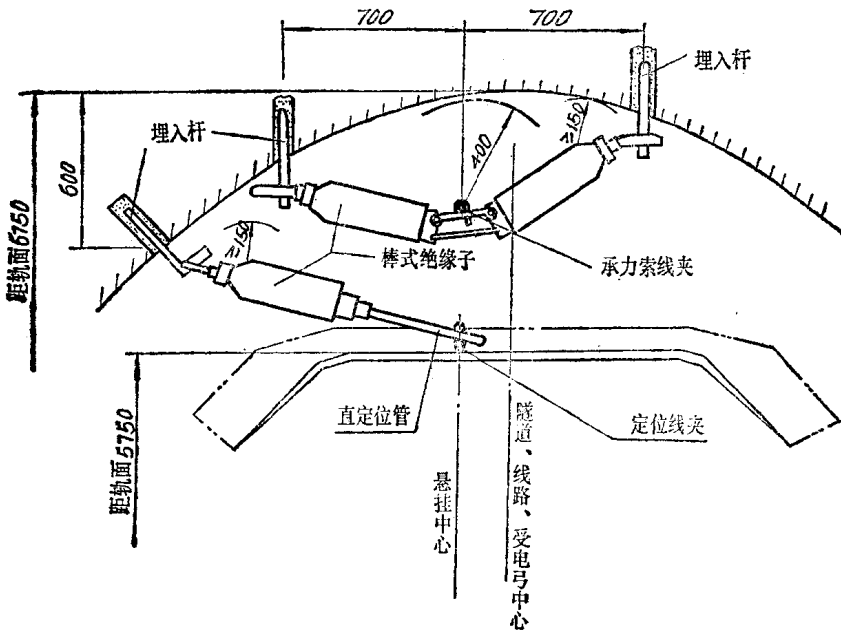


图 1-13 半补偿链形悬挂(适用于“专隧 0001”图直线隧道)

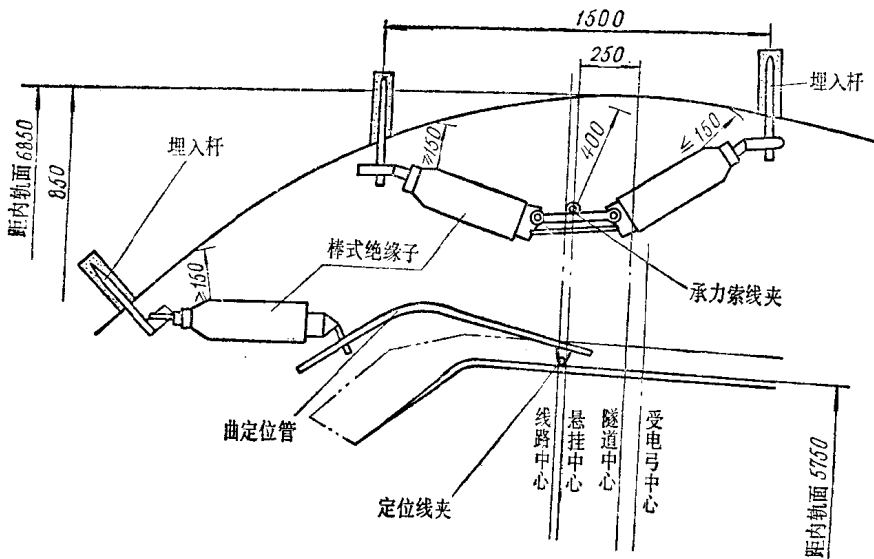


图 1-14 半补偿链形悬挂(适用于“专隧 0001”图曲线隧道)

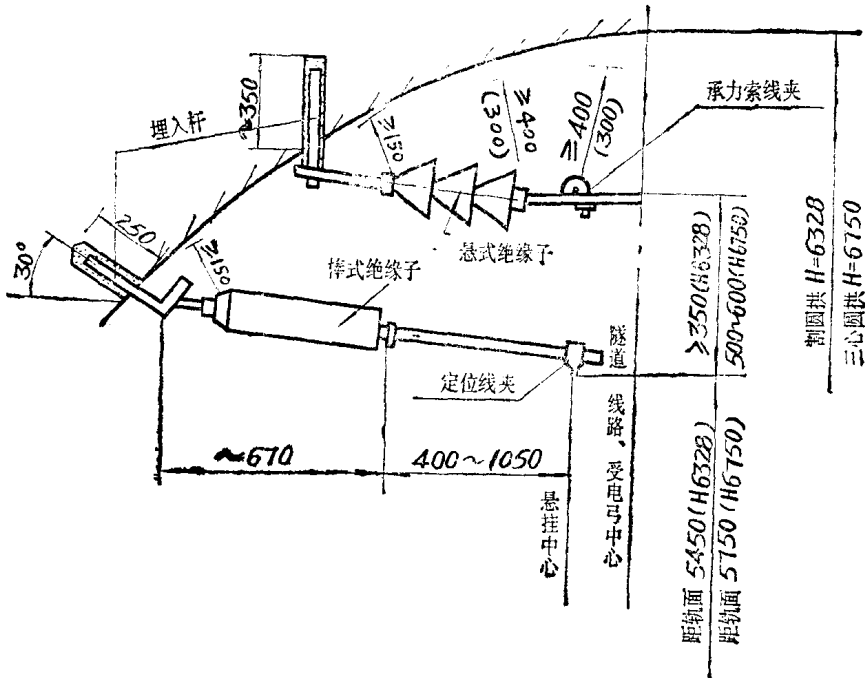


图 1-15 半补偿链形悬挂

其支承装置的绝缘子曾用棒式，布置似 V 形，支承装置及定位器安装方式如图 1-13 及图 1-14。

(三) 隧道净高 6328 毫米，拱部为割圆，采用半补偿链形悬挂，支承装置及定位器安装方式如图 1-15，支承装置采用悬式绝缘子，其造价较用棒式绝缘子低。此种方式支承装置的绝缘子大致呈水平，在按“专隧 0001”图施工采用半补偿链形悬挂的隧道内也用过，其悬挂点接触线高度 5750 毫米，弛度

100 毫米，接触线最低高度为 5650 毫米。

(四) 在按“专隧 0001”图施工的隧道，采用全补偿链形悬挂，支承装置及定位器安装方式如图 1-16。此时承力索吊在滑轮上，能自由滑动。图中接触线高度 5870 毫米，系对近期轨面而言，远期则为 5770 毫米，即接触线最低高度 5700 毫米，接触线的弛度和抬道量总计按 70 毫米考虑。

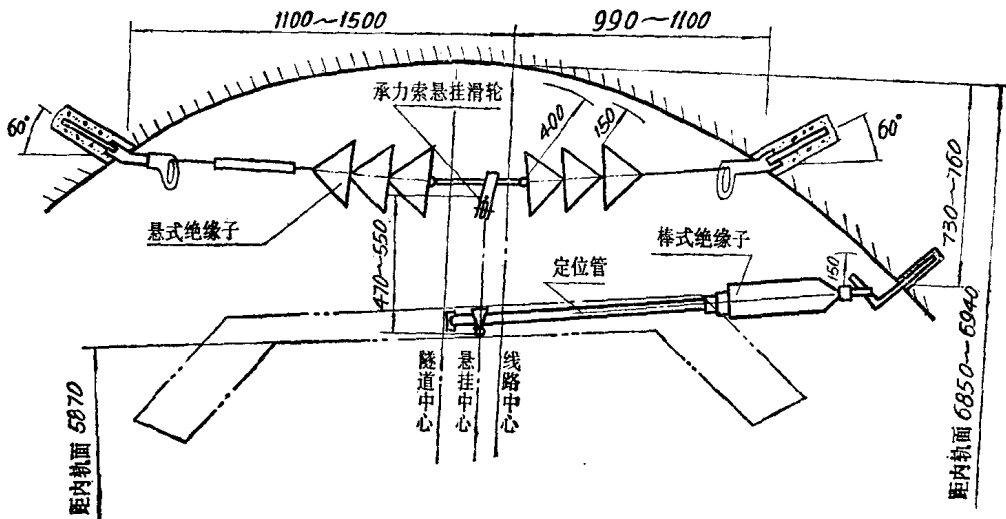


图 1-16 全补偿链形悬挂