矿井窄轨铁道

李尚修 贾宝昌 林 中 著



煤炭工业出版社

矿井窄轨铁道

李尚俊　贾宝昌　林　中编

煤炭工业出版社

（京）新登字042号

内 容 提 要

本书针对煤矿窄轨铁道运输的特点，着重讲述了矿井窄轨铁道的组成及各部结构，曲线、道岔、无缝铁道和一般铁道的铺设及养护维修方法；简要介绍了相关部件的选型计算。全书贯彻了有关窄轨铁道安全运行的技术标准和规定。

本书可作为矿井铁道铺设维修工人的培训教材，也适宜从事矿山铁道运输管理工作的技术管理人员使用。

矿井窄轨铁道

李尚俊 贾宝昌 林 中编

责任编辑：李淑琴

*

煤炭工业出版社 出版

（北京安定门外和平里北街21号）

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787×1092mm 1/32 印张 7 1/8

字数 163千字 印数 1—9,100

1993年4月第一版 1993年4月第一次印刷

ISBN 7-5020-0833-0/TD·773

书号 3599 G0259 定价 5.70元

前　言

矿井窄轨铁道是煤矿生产过程中煤炭、矸石、材料、设备和人员运输的物质条件之一，是煤矿机车车辆安全经济运行的基础。窄轨铁道在煤矿运输中占有极其重要的地位，但目前国内尚无较全面、系统地介绍煤矿矿井窄轨铁道方面的专门书籍。为了保证煤矿窄轨铁道经常处于良好的工作状态，更好地发挥设备效益，必须不断地提高从事煤矿铁道运输工作的技术管理干部和工人的技术水平，为此，我们编写了《矿井窄轨铁道》一书。

本书是结合煤矿矿井窄轨铁道的实际情况及有关技术标准和规定，并参考了国家准轨铁道的有关理论和资料编写而成的，内容力求深入浅出，理论联系实际。

在本书的编写过程中，得到了许多单位和同志的帮助，并提供了宝贵资料，在此深表感谢。由于我们的水平所限，书中难免有不妥和错误之处，希望读者给予批评指正。

编　者

一九九二年十二月

目　录

第一章　概述 …… 1

第一节　矿井窄轨铁道的作用和分类 …… 1

第二节　铁道的平顺条件 …… 2

第三节　矿用机车车辆与铁道的关系 …… 8

第四节　铁道平面和纵断面 …… 15

第五节　建筑接近限界 …… 22

第二章　铁道构造 …… 26

第一节　钢轨 …… 26

第二节　钢轨接头 …… 32

第三节　轨枕 …… 44

第四节　道床及井下路基 …… 55

第五节　铁道爬行及防爬设备 …… 57

第三章　曲线 …… 61

第一节　曲线轨距加宽 …… 61

第二节　曲线外轨超高与实施 …… 68

第三节　曲线方向整正 …… 75

第四章　道岔 …… 98

第一节　道岔的分类 …… 98

第二节　单开道岔的构造 …… 104

第三节　道岔的各部尺寸及型号名称 …… 116

第四节　转辙机械 …… 129

第五节　道岔的选用 …… 137

第五章　路基 …… 140

第一节　路基的形式与组成 …… 140

第　节　路基维修…… 157
第六章　新型铁道结构 …… 162
第一节　无缝铁道…… 162
第二节　新型轨下基础…… 170
第七章　铁道的铺设 …… 175
第一节　铺轨前的准备工作…… 175
第二节　铺道…… 176
第三节　道岔及安全设施的铺设…… 185
第四节　铺轨施工中的技术要求与规定…… 189
第八章　铁道的养护维修 …… 194
第一节　铁道病害的产生及整治…… 194
第二节　铁道维修分类及标准…… 199
第　节　铁道维修作业…… 205
第四节　道岔维修及病害的整治…… 217
第五节　巡道…… 224
第六节　铁道作业安全知识 …… 228

第一章　概　　述

第一节　矿井窄轨铁道的作用和分类

一、矿井窄轨铁道的作用

矿井铁道运输是现代化矿井的主要运输方式，窄轨铁道是煤矿铁道运输的主要组成部分和基础建筑。虽然近几年发展了胶带输送机运输，但采煤所需要的材料、设备、人员，以及巷道掘进、开采出的煤和岩石，仍需用铁道运输。铁道运输的特点是能够适应运输距离的变化和巷道的弯曲，铁道既能在水平巷道铺设，也能在倾斜巷道铺设，且倾斜角几乎不受限制。因此，目前我国煤矿的地面和井下仍大量采用铁道运输。

铁道的作用是直接承担列车载重，把机车和矿车的荷载通过车轮、钢轨、轨枕、道床传播、分散到地面或井下巷道底板上，引导列车沿铁道平稳、高速地运行。铁道的设计、铺设和维修质量，是安全行车最基本的保证。

二、矿井窄轨铁道的分类

煤矿矿井现行的铁道系窄轨铁道，其轨距有 900、762、600mm 三类。根据矿井运输情况，窄轨铁道可分为主要和一般运输铁道。

主要运输铁道是指井下主要斜井绞车道、井底车场、主要运输大巷和运输石门的铁道；地面运煤、运矸干线和集中装载站车场的铁道。

一般运输铁道是指采区集中上下山材料道、坑木场、锅炉房、车库、机修厂等处的铁道（不包括采煤工作面顺槽和掘进工作面的铁道）。

煤矿地面窄轨铁道按单线重车方向的年运量划分为三个等级：

一级铁道：762（900）mm 轨距，年运量在 100 万 t 以上；

二级铁道：762（900）mm 轨距，年运量在 50～100 万 t；600mm 轨距，年运量在 30 万 t 及以上；

三级铁道：762（900）mm 轨距，年运量在 50 万 t 以下；600mm 轨距年运量在 30 万 t 以下。

三、铁道的组成

铁道由两大部分组成，即铁道下部建筑和铁道上部建筑。

煤矿地面铁道的下部建筑包括：路基及附属设备（排水和防护加固设备），桥涵建筑（桥梁、隧道、涵洞）。

煤矿井下铁道的下部建筑是巷道底板和水沟。铺设永久性铁道应是稳定、坚硬的岩层。如果因技术上的需要，巷道必须做在软岩层时，底板要砌倒拱碹。

铁道上部建筑包括：道床，轨枕，钢轨，道岔，联结零件，安全设备等。

第二节　铁道的平顺条件

铁道的轨距、水平、轨面前后高低、方向和钢轨内倾是铁道线路平顺的基本条件，是保证列车安全平稳运行的主要技术指标。

一、轨距

轨距系指铁道线路上两股钢轨头部内侧与轨道中心线

垂直的距离。轨距是指直线轨距而言，分为标准轨距、窄轨轨距和宽轨轨距3种。标准轨距为1435mm；小于1435mm的轨距称为窄轨轨距；大于1435mm的轨距称为宽轨轨距。煤矿矿井铁道属窄轨轨距，多数采用600mm和900mm，采用762mm的较少。

1. 轨距的测量

因钢轨头部两侧呈圆弧形，同时车轮轮缘也有一定的曲线形式，轮缘与铁轨的接触点，随钢轨类型不同而异，窄轨铁道轨距在轨顶下13mm处测量。

2. 游间

为了使列车在铁道上顺利运行，使车轮沿两钢轨滚动时不致被卡住，减少车轮与钢轨间的摩擦，故在轮缘与钢轨之间应有一定的空隙(图1—1)，这个空隙称为游间。游间过大，列车不稳，摇晃厉害，并且在车辆进入曲线时，易造成轮缘撞击钢轨；游间过小，则增加轮缘与钢轨间的磨耗。

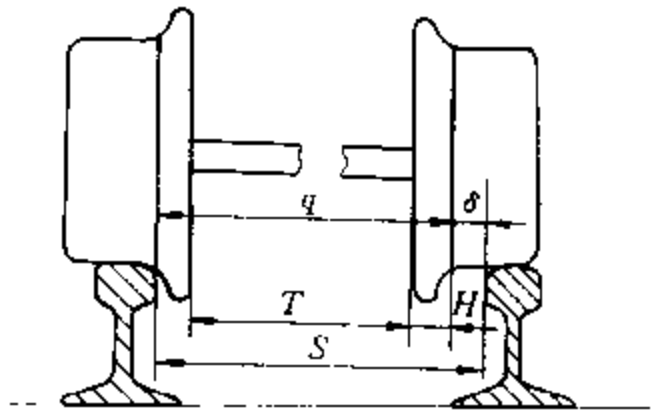


图1—1 轨距和游间

δ—游间；S 轨距；q—轮缘距；

T—轮背距；H—轮缘厚

游间可用下式计算：

$$\delta = S - q$$

式中 δ——游间，mm；

S——轨距，mm；

q——轮缘距，mm。

其中 $$q = T + 2H$$

T——轮背距，mm；

H——轮缘厚，mm。

最大游间 $\delta max = Smax - qmin$

（即最大游间＝最大轨距－最小轮缘距）

最小游间 $\delta min = Smin - qmax$

（即最小游间－最小轨距－最大轮缘距）

表 1－1 为煤矿窄轨机车车辆轮对与轨距有关的主要尺寸，可根据此表计算正常游间、最大游间和最小游间。以600mm 轨距为例计算如下：

正常游间 $\delta = 600 - 586 = 14$（mm）

最大游间 $\delta max = 605 - 571 = 34$（mm）

最小游间 $\delta min = 598 - 587 = 11$（mm）

表 1 1 煤矿窄轨机车车辆轮对与轨距有关的主要尺寸 （mm）

轨 距	轮 缘 高 度	轮缘厚度		轮 背 距			轮 缘 距		
		最大	最小	最大	正常	最小	最大	正常	最小
600	25（22）	21	15	545	544	541	587	586	571
900	25（22）	21	15	845	844	841	887	886	871
762	25（22）	21	15	707	706	703	749	748	733

注：括号内为机车的轮缘高度。

3. 轨距允许误差

轨距允许有误差，是因为列车运行时对铁道产生很大的

压力并冲击挤压钢轨，使铁道轨距不可能经常保持标准规定的公称轨距，另外，在施工中也会出现误差；如果设法保持或达到标准规定的公称轨距，不但要花费很大的代价，同时也难于实现。为此在保证安全行车的条件下，《煤矿安全规程》规定，直线段或曲线段加宽后的轨距按标准允许增加5mm或减少2mm。

为了保证列车安全运行，根据机车车辆在铁道上行驶通过曲线时，在最不利的条件下，即：轮缘最薄时，一侧轮缘紧靠钢轨，另一侧车轮也不致掉道的情况下，确定曲线最大轨距：600mm轨距不应大于620mm；900mm轨距不应大于920mm；762mm轨距不应大于782mm。

二、水平和三角坑

1. 水平

为了保证车辆行驶平稳，使两股钢轨均匀的承担荷重，在直线铁道上，左右两股钢轨顶面应位于同一水平，以保持列车平稳运行和两股钢轨磨耗均匀，因此规定左右两股钢轨顶面水平误差不得超过5mm。两股钢轨顶面的水平变化不应太急，否则，即使两股钢轨在横向的水平不超过容许误差，在纵向也将引起车体的剧烈振动。

2. 三角坑

有一种水平误差对行车造成的危害极大，如图1—2所示的三角坑。在机车车辆最大轴距的范围内，两股钢轨顶面的水平向相反变化，先左股比右股高，后右股比左股高，水平差超过5mm者称为三角坑。三角坑水平差计算方法是将两点水平差相加。煤矿窄轨井下车辆固定轴距在1.7m以内，地面车辆固定轴距在2.5m以内，如果在井下延长2m，地面延长3m范围内出现超过5mm水平差的三角坑，就会使四个

车轮中的三个压紧钢轨，一个悬空，成三条腿的现象，如果恰好在这个轮上出现很大的横向力，就可能使浮起的车轮轮缘沿钢轨爬上轨面而引起脱轨事故。因此，发现三角坑就应立即消除。

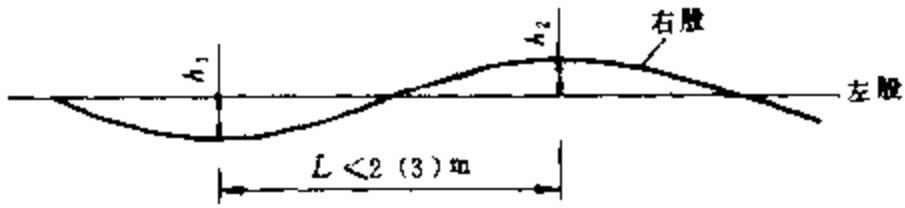


图 1—2　三角坑

三、轨面前后高低

1. 产生原因

铁道纵断面的不平顺，出现坑洼或凸起现象时，称为轨面前后高低。新铺设和经过大修后的铁道，虽然轨面是平顺的，但是经过一段时间的使用，由于雨后和矿井巷道积水，或巷道地压造成底臌，使路基状态发生变化；道床捣固坚实程度不均，联结扣件松紧不同，木枕腐朽，也会使铁道产生不均匀的下沉，造成轨面高低不平，尤其在钢轨接头附近下沉较多。

2. 危害与处理

轨面的前后高低不平，危害很大，当列车通过时，冲击动力增加，使铁道变形加速，又进一步扩大了铁道的不平顺，对铁道来说，是一个恶性循环过程。铁道纵向要求目视平顺，用 10m 弦量轨面前后高低差：主要运输铁道不超过 10mm；倾斜绞车道不超过 15mm，设计变坡点不在此限；一般运输铁道不超过 15mm（用单丝细尼龙线检查接头处前后各 5m

处)。按这个要求，保持轨面前后平顺，不断消除铁道病害，保证列车安全平稳运行，是一项重要的经常性的工作。

四、方向

1. 铁道方向不良的危害

方向是指铁道平面位置的延长，即在直线上铁道是否直顺，在曲线上铁道是否圆顺。铁道方向不良，超过允许的范围，列车运行会产生左右摆动，作用在铁道上的横向力加大，钢轨受冲击，铁道损坏加速，因此必须做到直线要直，曲线要圆。

2. 检查方法与要求

检查时，在接头前后各 5m 内选点：直线目视直顺，用 10m 弦量钢轨内侧，主要运输铁道不超过 10mm，一般运输铁道不超过 12mm；曲线目视圆顺，在外轨内侧用 2m 弦量相邻正矢差，主要运输铁道的曲线半径 50m 以上时，其相邻正矢差不超过 2mm；曲线半径为 50m 及以下时，其相邻正矢差不超过 3mm，一般运输铁道曲线段外轨内侧相邻正矢差不超过 3mm。

五、钢轨内倾

1. 钢轨内倾的设置

车轮踏面是 1∶20 的圆锥面，为了使车轮的压力通过钢轨中心传递到轨枕上，增加轨顶面和车轮的接触面，就要使钢轨适当的内倾，也就是说，每条钢轨的重直中心线应以 1∶20 向铁道内侧倾斜。在矿山，车轮踏面斜度磨损到小于 1∶40 以后还要使用较长时间，因此钢轨内倾度设置 1∶40 较合适。

对于木枕铁道，钢轨内倾度是通过倾斜垫板而设置的。钢筋混凝土轨枕的承轨台事先按钢轨内倾度的规定标准而

制作成斜面。

2. 检查与处理方法

钢轨内倾度设置不当，会使钢轨偏磨，内倾度是否正确，可以从钢轨顶面上的滚磨位置进行判断。如果滚磨面在钢轨顶部内侧，说明钢轨的内倾度不足；如果滚磨面在钢轨顶部外侧，说明钢轨内倾度过大。要根据实际情况适当地调整钢轨内倾度，使车轮压在钢轨的轴线上，以防止钢轨偏磨和伤损。钢轨向铁道外侧倾斜称为“小反”，发生此种情况应及时整修，否则会造成钢轨倾倒，影响列车安全运行。

第三节　矿用机车车辆与铁道的关系

一、机车车辆简介

1. 窄轨机车

目前我国煤矿大多数采用窄轨电机车，即直流架线式和蓄电池式两种，其构造简单，维修方便。只有少数矿井地面使用内燃机车，而防爆低污染柴油机车，目前在我国井下尚未使用。表 1—2 为煤矿广泛使用的直流架线式（7t 以上）电机车的技术特征。

2. 车辆

我国煤矿使用的窄轨车辆根据其用途，车体构造及其装卸方式的不同，分为以下几种类型：

（1）运送煤炭和矸石的车辆有：固定车箱式矿车、翻斗式矿车、底卸式矿车、侧卸式矿车、梭式矿车、仓式列车等。表 1—3 为矿车的基本参数及尺寸。

（2）运送材料设备的车辆有材料车和平板车等。表 1－4 为材料车的基本参数及尺寸，表 1—5 为平板车的基本参数及尺寸。

表 1—2　ZK 系列矿用架线式电机车技术特征

技术特征 \ 电机车型号		单位	$ZK\frac{6}{10}-7/250/9$	$ZK\frac{5}{10}-7/550/9$	$ZK14-\frac{7}{9}/250$	$ZK14-\frac{6}{9}-7/550$	$ZK20-\frac{7}{9}/550$
粘着重量		t	7；10	7；10	11	14	14
轨　　距		mm	600；762；900	600；762；900	762；900	600；762；900	762；900
受电器工作高度		mm	1800～2200	1800～2200	1800～2200	2000～3200	2400～3406
固定轴距		mm	1100	1100	1600	1700	2500
主动轮直径		mm	680	680	760	760	840
传动比			6.92	6.92	6.08	14.4	14.4
制动方式			机械；电气	机械；电气	机械；电气；空气	机械；电气；空气	机械；电气；空气
最小曲线半径		m	7	7	10	10	20
牵引力	小时制	kN	13.05	15.11	25.69	26.68	41.20
	长时制	kN	3.24	4.33	6.37	9.61	12.75

续表

技术特征 \ 电机车型号			单位	$ZK\frac{6}{9}_{6}-7/250$	$ZK\frac{6}{9}_{6}-7/550$	$ZK14-\frac{7}{9}/250$	$ZK14-\frac{6}{9}-7/550$	$ZK20-\frac{7}{9}/550$
速度	小时制		km/h	11	11	12.4	12.9	13.2
速度	长时制		km/h	17	16.2	19	17.7	19.7
牵引电动机	型号			ZQ-21	ZQ-21	ZQ-46A	ZQ-52	ZQ-82
牵引电动机	台数		台	2	2	2	2	2
牵引电动机	电压		V	250	550	250	550	550
牵引电动机	功率	小时制	kW	20.6	24	46	52	82
牵引电动机	功率	长时制	kW	7.4	9.6	19	25.5	38
牵引电动机	电流	小时制	A	95	50.5	212	105	162
牵引电动机	电流	长时制	A	34	19.6	84	50	75
外形尺寸	长		mm	4500	4500	5000	4900	7400
外形尺寸	宽		mm	1060；1360	1060；1360	1360	1355	1660
外形尺寸	高		mm	1550	1550	1600	1550	1900

表 1—3　矿车的基本参数及尺寸

型　式	型　号	容积	装载量	最大装载量	轨距	外形尺寸			轴距	轮径	牵引高	允许牵引力	卸载角	质量
						长度	宽度	高度						
		m^3	t			mm						kN	(°)	t
固定车箱式	MGC1.1—6	1.1	1	1.8	600	2000	880	1150	550	300	320	60		0.610
	MGC1.7—6	1.7	1.5	2.7	600	2400	1050	1200	750	300	320	60		0.718
	MGC1.7—9	1.7	1.5	2.7	900	2100	1150	1300	750	350	320	60		0.974
	MGC3.3—9	3.3	3	5.3	900	3450	1320	1300	1100	350	320	60		1.315
翻转车箱式	MFC0.6—6	0.6	0.5	0.96	600	1700	900	1050	500	250	320	30	40	0.380
曲轨底卸式	MDC3.3—6	3.3	3	5.3	600	3450	1200	1400	1100	350	320	60	50	1.892
	MDC5.5—9	5.5	5		900	4200	1520	1550	1350	400	430	60	50	2.900
手动底卸式	MDC1.1—9	1.1	1	1.8	900	2000	1102	1100	900	300	360	30		0.630

注：1. 高度和牵引高自轨面算起；

2. 装载量按物料松散比重 $\gamma=0.9$ 计算；
最大装载量按物料松散比重 $\gamma=1.6$ 计算。

表 1—4　材料车基本参数及尺寸

型　　号	装载量	最大装载量	轨距	外形尺寸			轴距	轮径	牵引高	允许牵引力	质量
				长度	宽度	高度					
	t		mm							kN	t
MLC1—6	1	2	600	2000	880	1150	550	300	320	60	0.520
MLC1.5—6	1.5	3	600	2400	1050	1200	750	300	320	60	0.570
MLC3—6	3	5	600	3450	1200	1200	1100	350	320	60	0.920
MLC3—9	3	5	900	3450	1320	1300	1100	350	320	60	0.940
MLC1.5—9	1.5	5	900	2100	1150	1300	750	350	320	60	0.790

注：高度和牵引高自轨面算起。

表 1—5　平板车基本参数及尺寸

型　　号	装载量	轨距	外形尺寸			轴距	轮径	牵引高	允许牵引力	质量
			长度	宽度	高度					
	t	mm							kN	t
MPC2—6	2	600	2000	880	410	550	300	320	60	0.490
MPC3—6	3	600	2400	1050	415	750	300	320	60	0.530
MPC5—6	5	600	3450	1200	480	1100	350	320	60	0.900
MPC5—9	5	900	3450	1320	480	1100	350	320	60	0.910
MPC5—9	5	900	2100	1150	480	750	350	320	60	0.780

注：高度和牵引高自轨面算起。

（3）运送人员的车辆有平巷人车和斜井人车。

（4）专用特殊车辆有：火药车、救护车、供水车、黄泥车等。

二、机车车辆与铁道的关系

由于车轮不圆，或列车通过钢轨的接头、道岔以及铁道方向不良，存在坑洼、空板、吊板等各种形式的铁道不平顺，

均会使机车车辆和铁道之间产生复杂的运动，如上下跳动，点头振动，摇晃以及蛇形运动等。这些运动都会对铁道起破坏作用，影响列车的平稳运行，甚至发生掉道脱轨事故。为使铁道适应列车安全运行的要求，应掌握列车在铁道上运行时，车轮作用于钢轨上的垂直力、横向水平力、纵向水平力对铁道的影响。

1. 垂直力

车轮与钢轨的接触点在动力作用下，产生很大的垂直力，它的大小由轮子的静压力，车体的动载与轨道的相互作用力来决定。钢轨的微小不平顺就会产生很大的附加力。所以在维修中，消灭铁道坑洼，保持铁道平顺是非常重要的。

2. 横向水平力

横向水平力是由列车的蛇形运动，以及列车通过曲线时的离心力产生的。蛇形运动是整个车辆（或个别轮对）沿轨道前进时作周期性的横向运动，如图1—3所示。当铁道方向不良时，会加剧这种运动，从而增大横向水平力，对铁道起破坏作用，影响列车的平稳运行。所以在维修时拨正铁道方向是很重要的。

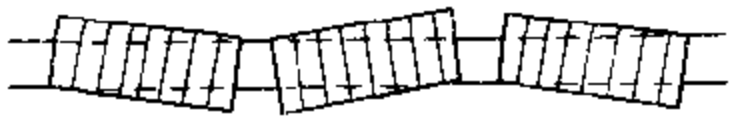


图1—3 蛇形运动

3. 纵向水平推力

列车的起动、制动或铁道的高低及三角坑都会产生对铁道的纵向水平推力。这个力将受到扣件和道床的抵抗，如果

扣件的抵抗力小于作用力，钢轨就会纵向移动；当扣件的抵抗力强大时，钢轨将带着轨枕一起移动，这种移动，称为铁道爬行。纵向水平推力是导致钢轨爬行的主要因素之一。因此在铁道维修中要保持路基和道床的稳固性，紧固好扣件以加强扣件和道床的阻力。

三、铁道与运量、轴重、速度的关系

铁道是列车运行的基础，因此，要求铁道必须与列车的运输条件相适应，以保证列车在铁道上安全、平稳和不间断地运行。运输条件主要是指运量、轴重和行车速度。

1. 铁道与运量的关系

在同等条件下，诸运输条件中，运量是决定铁道类型的主要指标。运量大，列车运行次数多，每通过一次列车，铁道就要发生一次弹性变型。钢轨在列车的重复荷载的作用下，逐步造成疲劳、损伤和磨损。如钢轨的重量轻就更加快了钢轨的磨耗与损坏，从而缩短了钢轨的使用寿命。对于运量大的铁道，提高钢轨重量是延长钢轨寿命的有效途径。例如在准轨铁道运输中，50kg/m 的钢轨比 43kg/m 的钢轨在达到磨耗限度前所能通过的累计运量可提高 48%，故运量大的主要运输铁道上采用重型钢轨是比较经济的。

2. 轴重与铁道的关系

把钢轨视为一根支承在连续弹性基础上的无限长梁，在车轮的荷载作用下，钢轨主要承受弯曲力矩，在轨顶边缘出现弯曲压应力，在轨底边缘出现拉应力。这些应力的大小随机车车辆轴重的变化而变化，当这些应力超过铁道及路基允许限度时，将使铁道与路基损坏加快。增加轴重，例如改用大型电机车，大容量矿车或运送综合采煤机械设备，都会增加铁道器材的损坏，特别是钢轨。所以，若轴重增加，必须

相应地加强铁道强度，按轴重选用钢轨类型。

3. 铁道与速度的关系

列车在铁道上行驶时，车轮对铁道的作用力，要比静止时大，再加上车轮因制造安装的误差不可能完全圆顺，车轮踏面往往因局部磨损擦伤，铁道也不可能完全平顺，这些因素都将导致运行列车的轮载要比静止轮载大很多。经过试验研究，准轨铁道、蒸汽机车的运行轮载是静止轮载的1.8倍。如果铁道刚性大，弹性差，而且不平顺，则对列车动力作用影响将更敏感。同样的行车速度，平顺的铁道压力只增加7%，当铁道出现3mm深的不平顺时，动压力将增加1.5倍。如果速度增加铁道所受的动压力将更大。由此可见，铁道坑洼不平，低接头，空板，吊板都将影响列车的运行速度。

目前，随着矿井产量的不断提高，机车车辆的轴重和运行速度都相应的加大。在行车密度大的铁道区段，为保证列车高度安全运行，降低维修与运输费用，相应提高轨型是完全必要的。我国开滦、大同、西山、阳泉等矿务局的主要运输大巷，已更换准轨铁道换下来的重型钢轨。平顶山、淮南矿务局的新建矿井采用了5t底卸式矿车，38kg/m钢轨。由于使用重型钢轨，改善了矿井运输的技术条件，提高了运输能力，效果良好。

第四节　铁道平面和纵断面

为了保证机车车辆在铁道上高速、平稳、安全地运行，铁道线路最好是又平又直，但是由于地形和矿井地质条件的限制，是难以达到的。铁道在平面上，由直线、圆曲线，以及连接直线与圆曲线的缓和曲线组成；在纵断面上有各种坡度，如上坡、下坡、竖曲线和平道等。铁道的曲线和坡度必

须限制在列车安全运行允许的范围之内。

一、铁道平面

1. 铁道平面的组成形式

煤矿窄轨铁道在平面上，一般是由直线和圆曲线组成。一个圆曲线的大小，主要由转向角和曲线半径确定。根据不同的地形条件，选择一定的转向角和曲线半径。转向角愈小，半径愈大，列车的运行条件愈好。

2. 圆曲线的构成

机车车辆在曲线上运行时产生离心力，速度愈高，半径愈小则离心力越大。当行车速度大于 30km/h 时，为了使列车从直线进入曲线，或从曲线驶离时，离心力和横向水平力不突然发生或消失，保持列车的平稳，则需要一个半径变化的曲线，把圆曲线与直线连接起来，这个曲线叫做缓和曲线。煤矿井下及地面的窄轨铁道由于行车速度较低，可以不设缓和曲线。外轨超高和内轨加宽递增与递减，可在直线段内进行。

圆曲线的基本要素（图 1—4）有曲线半径 R，转向角（即圆心角）α、切线长度 T，圆曲线长度 L，外矢距 E 等。其计算公式如下：

$$T=R\cdot \operatorname{tg}\frac{1}{2}\alpha$$

$$L=\frac{\pi}{180}R\alpha$$

$$E=R\left(\sec\frac{\alpha}{2}-1\right)$$

只有一个曲线半径的曲线称为单曲线，由两个或几个不同半径的曲线组成的曲线，称为复曲线。如果两相邻曲线的转向角方向相同，称为同向曲线；转向角方向相反的则称为反向曲线。现场一般多数采用单曲线，只有在困难的条件时

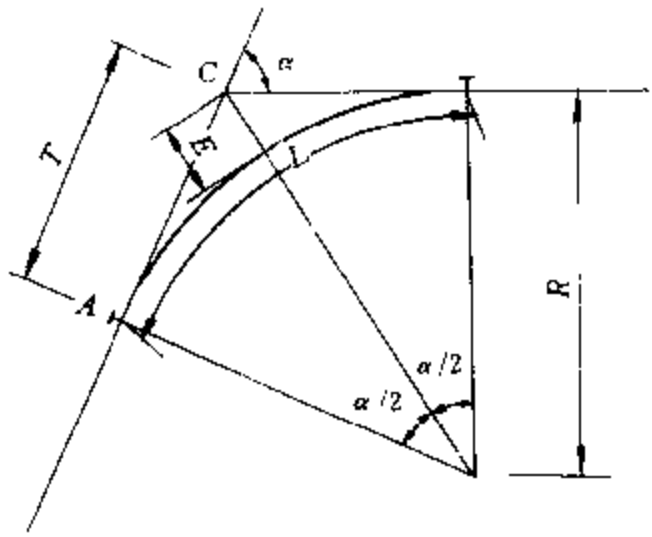


图 1　4　圆曲线的基本要素

才采用复曲线。

为了减少车辆通过两相邻曲线时发生摇晃现象，保持行车平稳和曲线的圆顺性，两相邻曲线间应插入直线段。两相邻曲线之间，夹直线的最小长度（不包括曲线外轨超高递减长度），一般 600mm 轨距干线不小于 10m，站线不小于 6m。762（900）mm 轨距干线不小于 20m，站线不小于 10m。在困难情况下也必须使机车车辆在夹直线上有一瞬间的水平位置，即在外轨超高递减后水平直线长度不小于通过机车或一辆矿车的长度。

3. 矿山窄轨铁道曲线半径的确定

矿山窄轨铁道的曲线半径，按不同行车条件选定。

当井下及地面工业广场和其它铁道在条件不好时，其曲线半径应参照下列规定：运行速度小于或等于 1.5m/s 时，不得小于通过车辆最大固定轴距的 7 倍；运行速度为 1.5～

3.5m/s 时，不得小于通过车辆最大固定轴距的 10 倍；运行速度大于 3.5m/s 时，不得小于通过车辆的最大固定轴距的 15 倍。但对于 600mm 轨距，最小曲线半径不小于 12m，对于 900mm 轨距，最小曲线半径不小于 20m。在不用机车运输的巷道，允许采用较小的曲线半径，但不应小于 9m。采用 600mm 轨距 1t 矿车的斜井甩车场，平曲线半径一般为 12～15m。762、900mm 轨距的甩车场，平曲线半径，可以根据选用矿车的参数确定。

矿井自溜滑下铁道最小曲线半径，可按表 1—6 自溜滑下铁道最小曲线半径表选取。

表 1—6　自溜滑下铁道最小曲线半径

轴　距 (mm)	≤600			601～800			801～1000		
速度 (m/s)	<1.5	1.5～3.0	>3.0	<1.5	1.5～3.0	>3.0	<1.5	1.5～3.0	>3.0
曲线半径 (m)	6	10	15	8	12	20	10	15	25

地面区间干线平面最小曲线半径，一般不小于表 1—7 的规定。

表 1—7　地面干线最小曲线半径　　(m)

铁路等级	900（762）mm 轨距		600mm 轨距	
	一般地段	困难地段	一般地段	困难地段
Ⅰ	150	100		
Ⅱ	120	80	80	50
Ⅲ	80	60	60	30

地面车站正线、到发线一般设在直线上，如受条件限制，可按不同情况分别设在不小于表 1—8 规定的同向曲线上。

表 1－8　地面车站到发线最小曲线半径　　(m)

类　别	900（762）mm 轨距		600mm 轨距	
	地形较复杂	地形特复杂	地形较复杂	地形特复杂
有调车作业	200	100	100	60
无调车作业	150	80	80	50

二、铁道纵断面

1. 铁道的坡度

铁道的纵断面是由各种坡度组成的，有平道、上坡、下坡和竖曲线。坡度是铁道两端点的标高差与其水平距离之比，如图 1－5 所示。坡度的变化用千分率（‰）来表示。如 3‰的上坡，就是在 1000m 的水平距离，铁道升高 3m。用公式表示：

$$i=\frac{H_2-H_1}{L}=\frac{\Delta H}{L}$$

式中　i——坡度，‰；

H_1，H_2——两端点的标高，m；

L——两点的水平距离，m；

ΔH——两端点的标高差，m。

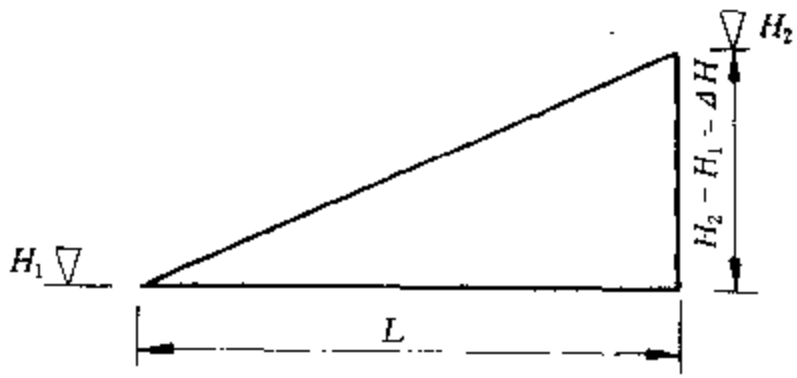


图 1－5　坡度

铁道坡度愈缓，机车牵引重量愈大。由于地形和巷道地质条件的关系，有些地段若想达到较小的坡度，就要做大量工程，增加建设费用，反之坡度过大，就要减少机车牵引重量，因此要经过技术经济比较，确定一个限制坡度。即每一条铁道按其等级，要求其最大坡度不超过某一定值，这个规定的坡度称为限制坡度。

2. 矿井工业场地内窄轨铁道坡度的规定：

（1）用机车牵引时不宜大于20‰，当受地形限制时，可按牵引计算确定。

（2）停车线上，采用1t矿车时不宜大于5‰；采用3t、5t矿车时不宜大于4‰。

（3）人推1t矿车时，一般不大于3‰；局部困难地段不宜大于5‰。

3. 矿井地面区间窄轨铁道限制坡度的规定

地面区间铁道的限制坡度，是根据铁道等级，机车车辆类型和地形条件，经技术经济比较确定，一般不大于下列规定：

（1）一级铁道762（900）mm轨距，不大于12‰。

（2）二级铁道762(900)mm轨距，不大于15‰；600mm轨距，不大于12‰。

（3）三级铁道762(900)mm轨距，不大于18‰；600mm轨距，不大于15‰。

如果地形复杂，经过比较，技术经济优越时，可采用较大坡度，但762（900）mm轨距铁道不应超过20‰；600mm轨距二级铁道不应超过15‰，三级铁道不应超过18‰。

4. 站线坡度的规定

站线一般设在平道上，如受条件限制，762（900）mm轨

距铁道有调车作业时，坡度不应大于4‰；无调车作业时，坡度不大于6‰。600mm轨距铁道有调车作业时，使用3t矿车，坡度不大于4‰。使用1t矿车，坡度不大于5‰；无调车作业时，使用3t矿车坡度不大于6‰，使用1t矿车坡度不大于8‰。

无调车作业的车站，如地形特别复杂，在保证列车起动和停车的条件上，也可根据具体情况适当加大坡度。

5. 各种提升方式的斜井井筒倾角规定

(1) 串车提升不大于25°。

(2) 箕斗提升在25°～35°之间。

6. 井下运输巷道坡度的规定

井下运输巷道的铁道采用重车下坡，空车上坡、这样既可做到合理运输，也便于排水，一般铁道坡度在3‰～5‰，最大坡度不超过7‰。

7. 窄轨铁道纵断面坡段长度的规定

为了给行车创造良好的条件，照顾施工和维修的方便，铁道纵断面坡段应尽量长一些，但由于受地形条件限制，不可能很长，坡段长度一般不宜小于一列车长度。困难情况下不宜小于列车长度的一半。

地面窄轨铁道两相邻坡段，可根据表1—9的规定，以圆曲线的竖曲线连接。竖曲线应设在无碴桥梁和曲线外轨超高度递减范围之外。

斜井绞车道甩车场，竖曲线的最小半径要保证矿车通过底弯道时，车箱不相接，并能够伸手摘挂钩。600mm轨距运行1t矿车时，甩车场最小竖曲线半径为9～12m，一般采用12～20m；900mm轨距运行3t矿车时，甩车场最小竖曲线半径为12～15m，一般采用15～20m。

表 1--9　地面窄轨铁道竖曲线标准

铁道等级	需设置竖曲线的坡度代数差（‰）		竖曲线半径（m）	
	600mm 轨距	762（900）mm 轨距	600mm 轨距	762（900）mm 轨距
1	—	6及以上	—	2000
Ⅰ	9及以上	6及以上	1000	2000
Ⅱ	9及以上	9及以上	1000	1000

第五节　建筑接近限界

为了确保行车安全，与机车车辆直接相互作用的建筑物及设施，不得侵入一定的轮廓尺寸线，我们把这种轮廓尺寸线称为建筑接近限界。为了不使列车及建筑物受损害，在铁道施工和维修中，一定要遵守有关的规定。

一、机车车辆在直线轨道上行驶的建筑接近限界

煤矿井下机车车辆的建筑接近限界即巷道净断面必须满足行人、运输、通风、安全设施、设备安装、检修和施工的需要。如果巷道的断面尺寸不够或空间利用不合理，就必然使挤、压、碰、等事故增多。因此，煤矿井下巷道断面必须符合《煤矿安全规程》的要求。

1. 巷道净断面（即支护的最大可缩后的断面）

（1）主要运输巷道和主要风道的净高，自轨面起不得低于 1.9m。

（2）架线电机车架空线的悬挂高度，自轨面算起不得小于下列高度：①在行人的巷道内、车场内以及人行道与运输巷道交叉的地方为 2m，在不行人的巷道内为 1.8m；②在井底车场内，从井底到乘车场为 2.2m；③平硐采用架线电机车

运输时，在工业场地内，不与其它道路交叉的地方为 2.2m。

2. 机车架线与巷道顶（或棚梁）

电机车架空线与巷道顶或棚梁之间的距离不得小于 0.2m。悬吊绝缘子距电机车架空线的距离，每侧不得超过 0.25m。

3. 运输巷道两侧（包括管、线、电缆）与运输设备最突出部分

新掘进的运输巷道的一侧，从巷道道碴面起 1.6m 的高度内，必须留有宽 0.8m（生产矿井的现有运输巷道留有宽 0.7m）以上的人行道，但巷道高度在 1.6～1.8m 之间，不得架设管、线和电缆。另一侧的宽度：巷道采用混凝土、金属或木料支护时，不得小于 0.3m（1987 年以前的巷道为 0.25m）；巷道采用锚喷支护、喷体支护以及砖、石或混凝土砌碹时，不得小于 0.25m（1987 年以前巷道 0.2m），巷道内安设运输机时，运输机距支护或碹墙之间最突出部分的距离，不得小于 0.4m。

人车停车地点，在巷道一侧，从巷道道碴面起 1.6m 的高度内，必须留有宽 1.0m 以上的人行道，但巷道高度在 1.6～1.8m 之间，也不得架设管、线和电缆。

4. 双轨运输巷道

在双轨运输巷道中（包括弯道），两条铁道中心线之间的距离，必须使两列对开列车最突出部分之间的空隙不得小于 0.2m。

在双轨运输巷道中，在采区装载点，两列列车车体的最突出部分之间的距离，不得小于 0.7m；在矿车摘挂钩地点，两列列车车体的最突出部分之间的距离，不得小于 1.0m，但在生产矿井的 1987 年以前巷道中，不得小于 0.7m。

车辆最突出部分和巷道两侧之间的距离列入表1－10中。在设计井巷断面时，应该给出公差，并在施工中严格执行。巷道的净高和净宽的允差一般为$^{+50}_{-20}$mm。铁道中心线偏差为±50mm，双轨中心线的间距偏差为+20mm。

表1 10 车辆最突出部分与巷道两侧的距离

地点位置 \ 尺寸名称（最小尺寸mm）		行人侧间隙	车辆中间间隙	另一侧（非行人侧）间隙C		
		A	B	支架巷道	锚喷砌碹巷道	运输机至支护或碹墙距离
运输巷道	新掘	800	200	300	250	400
	原有	700	200	250	200	400
人车停车地点	新掘	1000	200	300	250	400
	原有	1000	200	250	200	400
车场、采区装载点	新掘	800	700	300	250	400
	原有	700	700	250	200	400
矿车摘挂钩地点	新掘	800	1000	300	250	
	原有	700	700	250	200	

二、机车车辆在曲线轨道行驶的建筑接近限界

当机车车辆在曲线上行驶时，车体是一个刚体，不能弯曲，其结果将使车体的两端突出曲线的外侧，而中部则偏入曲线的内侧。如果在曲线区段上仍采用直线建筑接近限界，就使矿车与巷道内的设施之间，或矿车与地面建筑物之间，安全距离缩小，容易发生互相碰撞和挤伤人员的危险。另外由于曲线上外轨超高，车体向内倾斜，也在一定程度上影响净空。由于上述原因，曲线段的建筑接近界限应根据具体情况

予以适当加宽。曲线段巷道加宽参考值见表1—11。

表1-11 曲线段巷道加宽参考值 (mm)

运输车辆	双轨中心线加宽逆增直线段长度	巷道加宽直线段长度	巷道加宽量	
			内侧	外侧
1t矿车	2000～2500	1500	50	100
3t矿车	3000～5000	2000	100	200
电机车	5000	3500	100	200～300

第二章　铁道构造

铁道的铺设，首先是在路基面上铺设道床，在道床上铺设轨枕，再在轨枕上铺设钢轨，钢轨与钢轨之间及钢轨与轨枕之间用联结零件扣紧连接而成。

第一节　钢　　轨

一、钢轨的作用和断面

1. 钢轨的作用及要求

钢轨是铁道的主要组成部分之一，其作用是支承机车车辆的荷重并引导列车按一定的方向运行。钢轨承受来自车轮的压力、冲击力和纵向的惯性力、横向的离心力等，并将承受的力依次传导给轨枕、道床和路基，为车轮的滚动提供阻力最小的表面。在使用架线式电机车和使用信集闭的区段，钢轨还兼做轨道电路。

为了使钢轨在荷载作用下不会损伤和挠曲，要求钢轨有一定的刚度和可挠性。为使钢轨不致被车辆巨大的压力压溃或磨耗太快，要求钢轨具有足够的硬度和一定的韧性，这都取决于钢轨的材质、热处理及断面形状。

制造钢轨所用钢材的化学成分，除铁外，还含有适量的碳、锰、硅、硫、磷等元素。钢的含碳量高，可以增加其强度、硬度和耐磨性，但含碳量过高，也会使钢轨的塑性和冲击韧度降低，所以，一般钢轨的含碳量不能超过0.62%。提高锰的含量，并适当增加硅的含量，都能增加钢轨的强度、硬

度和韧性。硫、磷是有害杂质，应尽量减少，不容许超过规定的限度。

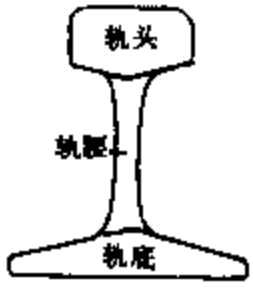


图 2—1 钢轨断面形状

为了提高轨端部的抗磨性能，防止压陷，保证钢轨全长范围内均匀磨耗，可在其两端轨面上用中频电流加热，喷水淬火。淬火后的表面硬度可比原来提高一倍以上，并仍保留较高的塑性和冲击韧性。目前，准轨铁路用重型钢轨正在进行钢轨全长淬火的试验，已取得了很好的效果。这种钢轨用在矿井里，使用寿命可以成倍延长。

2. 钢轨断面

实践证明，具有最佳抗弯性能的钢轨断面如图 2—1 所示。它是由轨头、轨腰和轨底三部分组成的宽底式工字形断面。根据使用的需要，钢轨必须有足够的强度，将承受的外力传递给轨枕。轨头的几何形状应适合车轮在钢轨上滚动的需要，应有足够的面积能够抵抗压溃和磨损，以保证钢轨有较长的使用寿命。轨底应有足够的宽度和厚度，便于将钢轨扣紧在轨枕上并能保持其稳定性。轨腰是用来抵抗因受荷载而产生的弯曲。

我国煤矿窄轨铁道使用的钢轨标准断面及其主要尺寸如图 2—2 所示。表 2—1 为煤矿窄轨铁道常用钢轨类型及主要尺寸。

二、钢轨类型及选择

1. 钢轨的分类

钢轨类型是以每米长的大致重量的千克数来表示的。我国煤矿窄轨铁道经常使用的钢轨类型有 15kg/m、18kg/m 和

表 2-1 煤矿窄轨铁道常用钢轨类型及主要尺寸表

钢轨型号 (kg/m)	标准长度 (m)	重量 (kg/m)	断面尺寸（参见图 2—2）(mm)						螺栓孔中心距 (mm)			螺栓孔径 (mm)	d (mm)
			A	B	C	D	E	F	a	b	c		
43	12.5	44.653	70	114	140	14.5	42	71	56	110	160	29	62.5
38	12.5	38.733	68	114	134	13	39	71	56	110	160	29	59.5
33	12.5	33.286	60	110	120	12.5	35	64	56	160		29	53
(30)	7—10	30.10	60.33	107.95	107.95	12.30	30.95	57.55	63.50	127		24	48.22
24	7—12	24.523	51	92	107	10.9	32	58	50	100		22	46
(22)	7—10	22.30	50.80	93.66	93.66	10.72	26.99	50	63.50	127		24	41.67
18	7—12	18.11	40	80	90	10	32	40	45.5	100		19	39
15	6—12	14.758	37	76	91	7	28.75	46	17	100		19	39
(15)	6—9	15.20	42.86	79.37	79.37	8.33	22.22	43.65	50.8	101.60		20	35.325
11	6—10	11.233	32	66	80.5	7	23	45	44	100		16	35

注：带括号的钢轨型号为开始在煤矿推广使用的产品。

24（22）kg/m，其中主要运输大巷和井底车场应采用24（22）kg/m以上的钢轨。随着矿井电机车运行速度的提高，轴重和运量的增加，30kg/m以上钢轨已开始在煤矿井下使用。

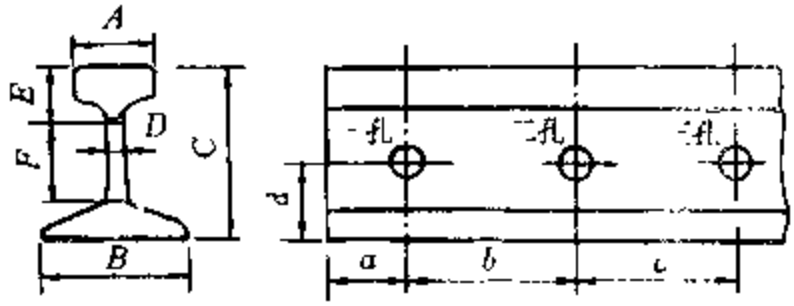


图2--2 钢轨主要尺寸

2. 钢轨轨型的选择

钢轨每米长的重量愈重，抵抗压力的能力就愈大，车辆行驶在铁道上钢轨所发生的挠曲愈小，因此钢轨必须有足够的强度和稳定性。钢轨的选择一般按下列标准：

（1）井巷铁道轨型的选择，应根据运输设备的类型、使用地点和提升方式来确定。表2—2为煤矿井巷铁道钢轨类型选择表。

表2—2 井巷铁道钢轨类型选择

使用地点	运输设备	钢轨型号（kg/m）
斜井	箕斗	24（22）～38
	人车	24（22）以上
	矿车	18～24（22）
井底车场及运输大巷	电机车	24（22）以上
	无极绳绞车	15以上

续表

使用地点	运输设备	钢轨型号（kg/m）
、 上、下山	1t矿车	15以上
	1.5t矿车	15以上
顺 槽	1t矿车	15以上
	1.5t矿车	15以上
运送综采设备的采区铁道	综采支架	24（22）以上
	综采机组及泵站	24（22）以上

（2）矿井工业场地内的轨型选择，应根据轨距和行驶机车吨位确定，轨型一般按表2—3选用。

表2—3 矿井工业场地内铁道钢轨类型选择

铁道类型	900mm轨距		600mm轨距		
	行驶14t电机车	行驶小于14t电机车或120马力内燃机车	行驶10t电机车	行驶小于10t电机车或80马力及以下内燃机车	人推车
钢轨型号（kg/m）	18～24	18	15～18	15	11～15
轨枕根数（根/km）	1500		1500		1360
道床厚度（cm）	15～20		12～15		10～12

（3）煤矿地面窄轨正线铁道铺设的轨型选择，应根据铁道等级和机车车辆最大轴重确定，表2—4为煤矿地面窄轨正线铁道类型选用表。

表 2 4 煤矿地面窄轨正线铁道钢轨类型选择

轨距(mm)	铁道等级	机车、车辆轴重(t)	钢轨类型(kg/m)	轨枕类型	轨枕根数(根/km)	道床厚度(cm)	
						土质路基	砂石路基
762(900)	I	6～10	24	钢筋混凝	1600	25	20
762(900)	I	6～10	18～24	土轨枕或	1500～1600	20	15
762(900)	II	3.5～5	15～18	木轨枕	1500～1600	15～20	15
600	I	3.5～5	15～18		1500～1600	20	15
600	I	3.5～5	15		1500	15～20	15

三、钢轨磨耗

钢轨磨耗超过一定的限度就容易折断并造成列车颠覆事故。矿井主要运输铁道上的钢轨垂直磨耗的要求是：15kg/m 钢轨的垂直磨耗一般不超过 6mm，18kg/m 钢轨的垂直磨耗一般不超过 7mm，24kg/m 钢轨的垂直磨耗一般不超过 9mm。超过上述标准的钢轨应进行更换。

再次使用更换拆除下来的钢轨时，应不属于轻重伤的钢轨；每根钢轨长度不短于 2m；钢轨轨头总磨耗或侧面磨耗建议不超过表 2—5 的规定。

表 2—5 旧轨轨头允许磨耗量 (mm)

钢轨类型(kg/m)	主要运输线路		一般运输线路	
	总磨耗量	侧面磨耗量	总磨耗量	侧面磨耗量
24	4	4	7	6
18	4	4	6	5
15	3	3	5	4

注：总磨耗量＝轨头垂直磨耗＋1/2 轨头侧面磨耗量。

第二节　钢轨接头

一、钢轨接头的型式

由于钢轨接头减弱了钢轨的整体性，鱼尾板不可能完全传递钢轨的抵抗力矩，接头本身结构薄弱，列车通过接头时，产生的冲击力较大，使铁道接头处受到的破坏比其它部位大，因而在接头地点所产生的病害较多。在铁道铺设与维修时，应注意接头型式的选用。

接头的型式，按其对轨枕的位置，可分为悬接式和承垫式两种；按其在两股钢轨上的相互位置分为相对式和相互式两种；根据用途还有特种接头。

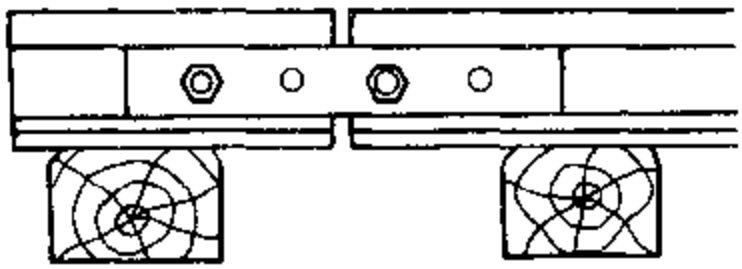


图 2—3　悬接式接头

1. 按对轨枕位置分

1）悬接式接头　这种接头如图 2—3 所示。其特点是钢轨接头悬于两轨枕之间，当车通过时，因车轮碾压后钢轨挠曲，轨端下落，鱼尾板和轨端受力较大。容易使铁道产生低接头，鱼尾板弯曲和断裂现象。为了加强接头，在配置轨枕时，可适当地把接头轨枕间距缩小，以增加接头的抗挠曲能力，这种接头的优点是弹性较好。

2）承垫式接头　其接头位于轨枕之上，由一根或两根

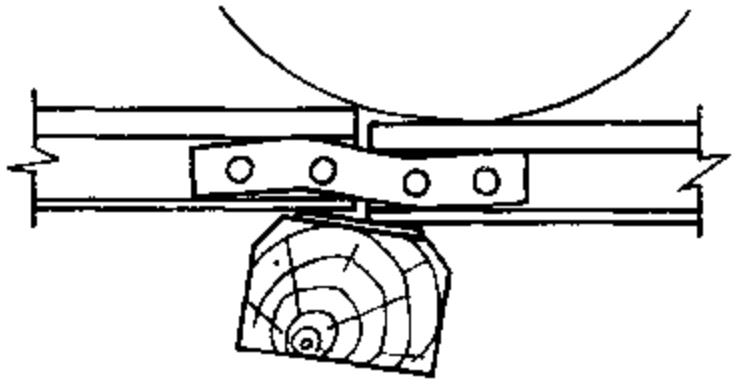


图 2—4　单枕承垫式接头

轨枕承垫。在钢轨接头之下有一根轨枕承垫的叫单枕承垫式接头，如图 2—4 所示。在列车通过时，传到轨枕上的压力，有先有后，当车轮压在一侧轨头时，轨头与其下部轨枕一侧发生弹性沉陷，而另一侧轨头与轨枕之间出现空隙，使轨枕摇动，轨枕失去稳定性。

有两根轨枕承垫在接头之下的叫双枕承垫式接头，如图 2—5 所示。两根轨枕分别承垫在两个轨头之上，轨枕之间要有 20～25mm 的间隙，使轨头有自由挠曲的可能，并具有弹性。为使轨枕间距不变可夹入木片，用螺栓固定，可以避免单枕承垫的缺点。

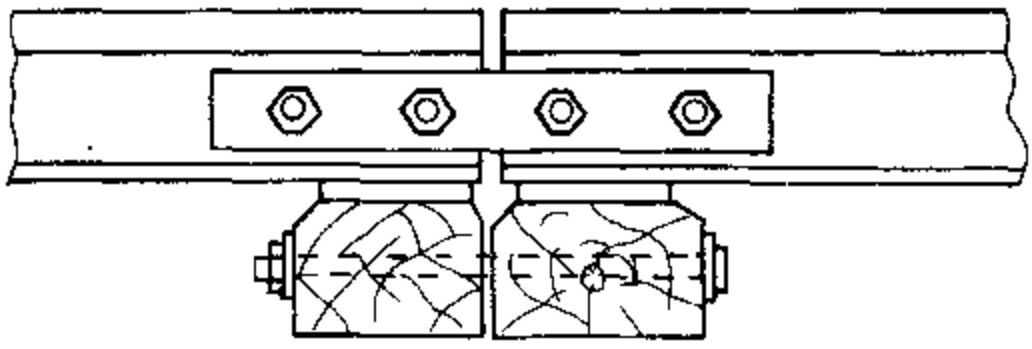


图 2—5　双枕承垫式接头

双枕承垫式接头与悬接式接头比较，优点是承垫式接头

鱼尾板受力轻，因轨枕支持轨头，接头处所发生挠曲较小，缺点是接头较强，捣固作业困难。

悬接式接头与双枕承垫式比较，哪种优越，还没有定论，我国准轨和窄轨铁道采用悬接式接头。

2. 按在两股钢轨上的相互位置分

1）相对式接头　也称对接，即两股钢轨接头左右相对，如图 2—6 所示。

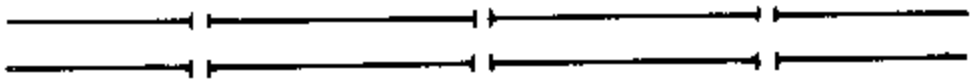


图 2—6　相对式接头

2）相互式接头　又称错接，即一股钢轨接头与另一股钢轨中点相对，如图 2－7 所示。

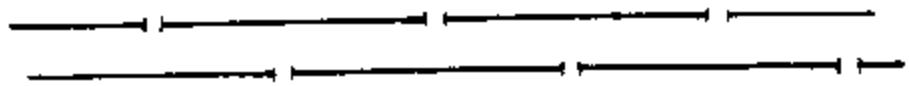


图 2　7　相互式接头

两种接头对比，其相互式接头的优点是：

（1）冲击力分散，道床维修工作量少。

（2）两股钢轨间断在不同地方，易于保持曲线的圆顺。

相对式接头的优点是：

（1）在列车通过接头时，两股钢轨的冲击作用同时发生，因此冲击次数比错接（相互式）少一半。

（2）在对接的情况下，所发生的冲击作用是平衡的，易于保持水平，而在错接的情况下，所发生的冲击是时左时右不平衡的，不易保持水平。

(3) 对接钢轨可采用机械成节铺设，错接钢轨只能逐根铺设。

矿井窄轨铁道曲线采取错接，直线采取对接。使用抱轨式人车的斜井铁道应采取错接。

3. 特种接头

根据用途，接头还有下列 3 种。

1) 异型接头　此种接头如图 2—8 所示。一条铁道在变换轨型时，在同一个接头有两种轨型用异型鱼尾板连接以保持钢轨头部内侧和轨顶的平顺。



图 2-8　异型接头

2) 导电接头　如图 2—9 所示，钢轨接头处用导线连接做架线式电机车回流导线使用。井下主要运输铁道可采用焊接轨缝，即无缝铁道。

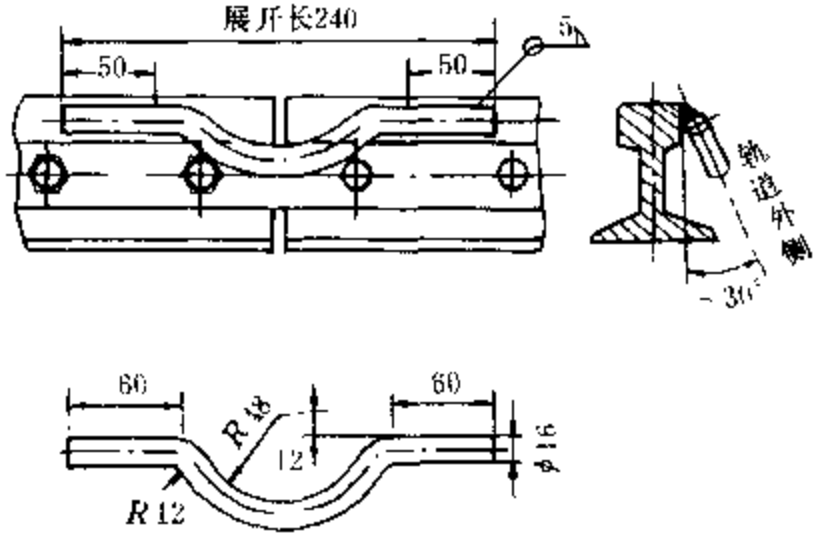


图 2-9　导电接头

3）绝缘接头　如图 2－10 所示。用在不回电的铁道和架线式电机车铁道的连接处，或用于自动闭塞区段分割闭塞区。在两轨端之间、钢轨与夹板、夹板与螺栓和螺母、钢轨螺栓孔四周，填以绝缘材料，以阻止电流的通过。

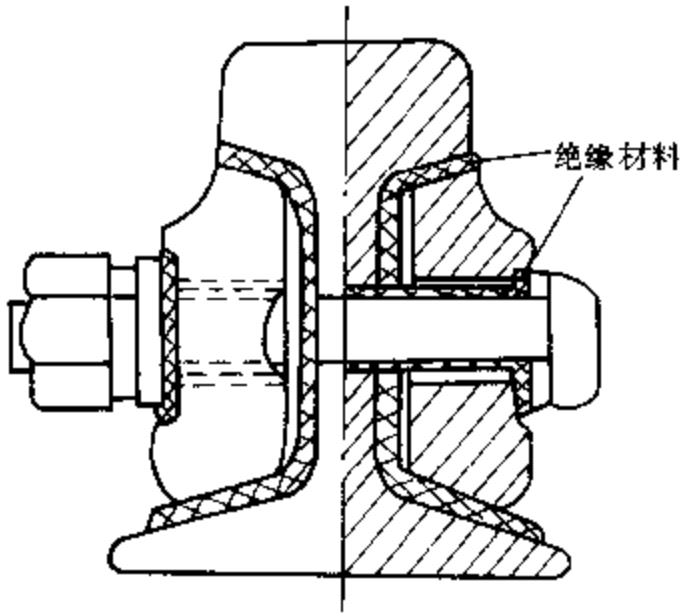


图 2－10　绝缘接头

地面铁道在下列位置不应有钢轨接头（不能避免时应将其焊接）：

（1）明桥面小桥的全桥范围内；

（2）明渠上及其挡土墙后 2m 以内；

（3）平交道口范围内。

二、接头联结零件

1．鱼尾板

鱼尾板又称夹板，它的作用是连接并夹紧两根钢轨抵抗接头剪力，制止轨头错牙。钢轨接头本身结构薄弱，列车通过接头时冲击力很大，所以要求鱼尾板上下必须与钢轨紧密

贴合，并有足够的强度，因此要用刚性和韧性好的钢材制造并进行热处理，增加鱼尾板的容许应力，提高其支撑面上的硬度和抗磨性。鱼尾板上、下部两面均有斜坡，与轨底和轨头的斜坡一致，当鱼尾板螺栓拧紧时，不能与轨腰接触。这样，当鱼尾板稍有磨耗，即可重新旋紧螺栓，保持接头连接的牢固性。

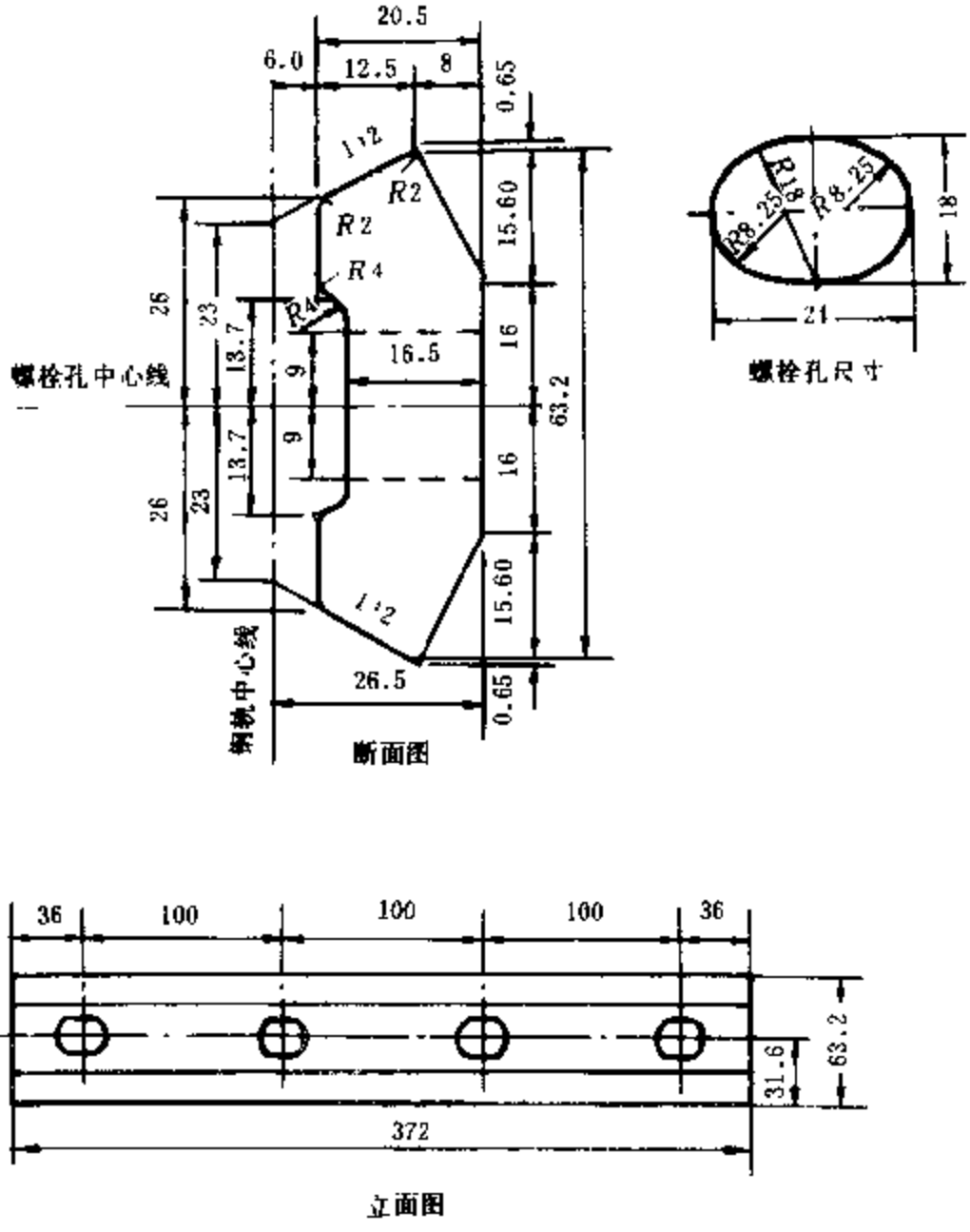


图 2－11　15kg/m 钢轨鱼尾板

目前，轻轨鱼尾板有两种基本形式，即平面夹板，如图2--11所示；角形夹板，如图2－12所示。不同类型钢轨，配合使用不同型号的鱼尾板。鱼尾板主要尺寸见图2—13和表2--6。

表2—6 鱼尾板主要尺寸表 (mm)

轨型 (kg/m)	B	H_1	H_2	L	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	孔径		重量 (kg)
										R_1	R_2	
15	63.2	20.5	16.5	372	36	100	100	100	36	18	24	2.78
(15)	53.54	17	14	409	50	102	105	102	50	18	24	2.20
18	57.8	19.5	14.5	372	36	100	100	100	36	18	24	2.33
(22)	61.73	22	16	510	63	127	130	127	53	22	29	3.80
24	69.68	24	18	426	50	100	126	100	50	21	28	3.90
24（双头）	73	24	18	426	50	100	126	100	50	21	28	4.23
(30)	71.48	24	18	561	87	127	133	127	87	22	29	5.54

为了保证鱼尾板有较高的密贴性能，在制造时其偏差不能超过表2 7允许的偏差范围。

表2—7 鱼尾板尺寸允许偏差表 (mm)

顺序	项目	允许偏差	顺序	项目	允许偏差
1	螺栓孔直径	+0.5	3	鱼尾板长	$^{+4}_{-2}$
2	螺栓孔中心间距离	±1	4	其它尺寸	±0.5

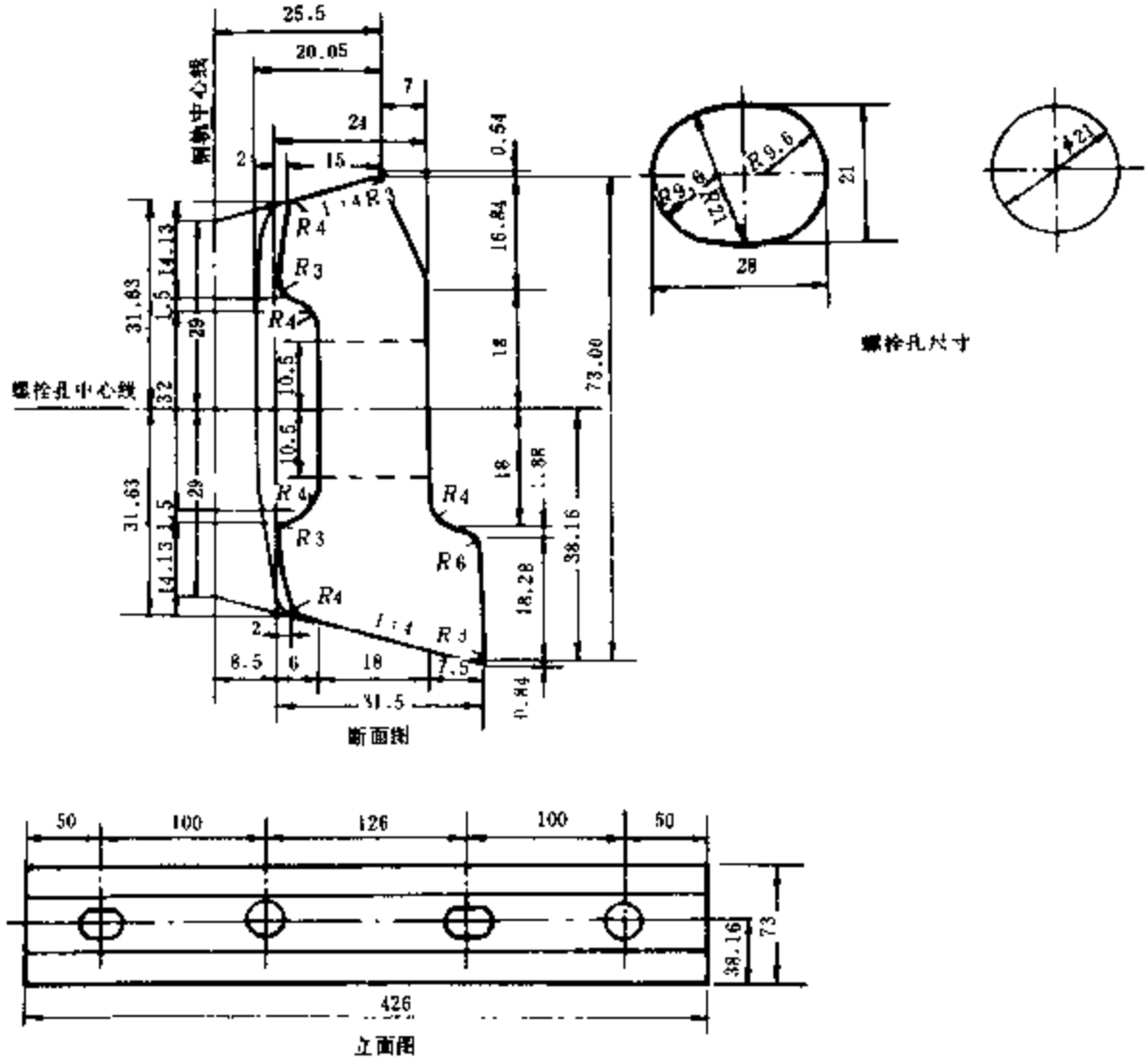


图 2—12　24kg/m 钢轨鱼尾板

2. 螺栓与弹簧垫圈

螺栓是用来连接钢轨与鱼尾板的，螺栓应使鱼尾板与钢轨连接牢固，并使其密贴。螺栓要有一定的强度，不能剪断和拉弯。15、18、24kg/m 钢轨用螺栓及其尺寸分别见图 2—14、表 2—8。

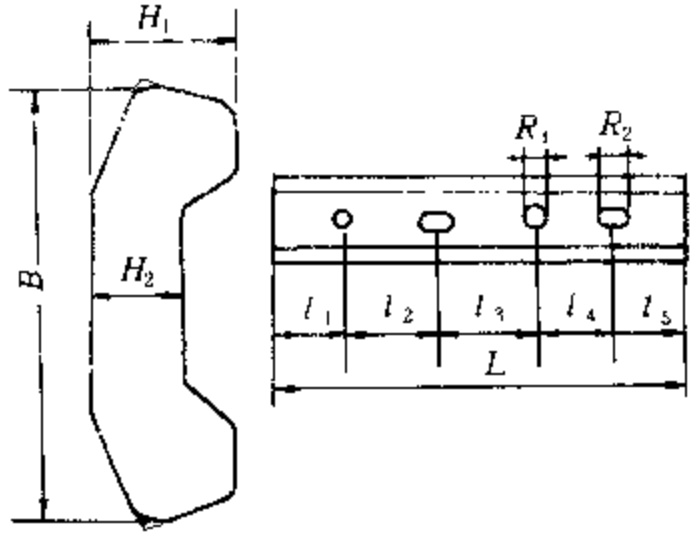


图 2--13　鱼尾板主要尺寸图

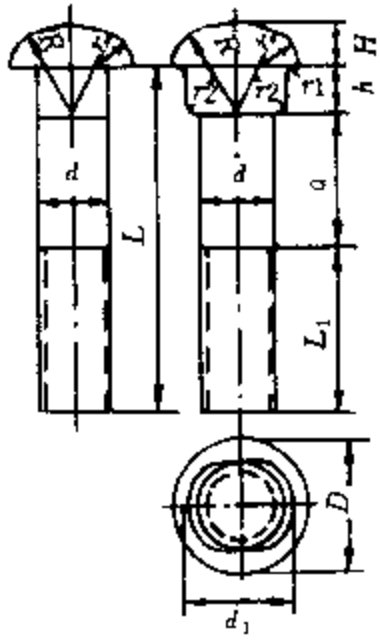
表 2—8　15、18、24kg/m 钢轨用螺栓尺寸表　(mm)

钢轨类型 (kg/m)	d	d_1	D	H	h	a	L_1	R	r	L	E	S	b	每套重量 (kg)
24	18	26	32	12	12	35	45	24	11	92	34.6	30	16	0.2973
18	16	22	28	10	10	28	35	20	8.6	73	31.2	27	16	0.1936
15	16	22	27	10	10	23	35	20	9.1	68	31.2	27	12	0.1719

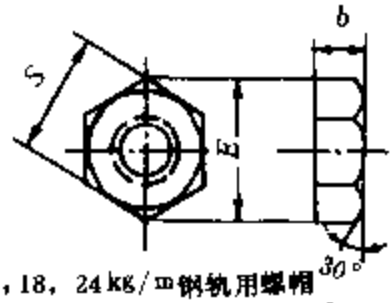
弹簧垫圈要与螺栓配套使用，用来防止螺母在列车运行时发生振动而松动退扣。弹簧垫圈要有一定的弹性和韧性。

三、接头轨缝

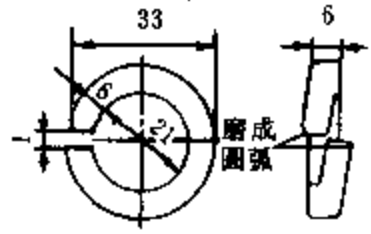
为了便于钢轨的热胀冷缩，在接头处必须留有一定的间隙（即轨缝）。轨缝大增加列车通过接头时的冲击力，地面轨缝的瞎缝过多时，夏季会造成涨轨跑道，因此对轨缝要求保持一定的间隙，其计算公式为：



15、18、24kg/m钢轨用鱼尾螺栓



15，18，24kg/m钢轨用螺帽



24kg/m钢轨用弹簧垫圈

图 2—14　15、18、24kg/m 钢轨用螺栓

$$\Delta L=0.0118\ (T-t)\ L-C$$

式中　ΔL　——计算轨缝，mm；

T　——当地最高轨温，℃；

t　——铺设钢轨时的轨温，℃；

L　钢轨长度，m；

C　——接头轨枕连接零件及道床阻力限制钢轨自由伸缩量，一般 C 取 1～2mm；

0.0118　钢轨的膨胀系数，即当轨温升降 1℃时，每米长钢轨将伸缩 0.0118mm。

计算轨缝举例如下：

某铺轨地区的最高轨温为 58℃，每根钢轨长 10m，在轨温 30℃的情况下铺设铁道，预留轨缝为：

$$\Delta L=10\times(58-30)\times0.0118-1$$

$$-2.3\text{mm}$$

在实际铺设中为了在轨温最高时，不使轨缝胀死和考虑铺轨拨道后，轨道顺直，需多留轨缝 2mm，因此轨温在 30℃时铺 10m 长钢轨，应预留轨缝 4mm。

窄轨铁道对轨缝的要求是：地面铁道轨缝夏季不大于 7mm，冬季不大于 10mm，无 3 处以上连续瞎缝；煤矿井下铁道轨缝不大于 5mm，有条件的地段推广无缝铁道。

四、接头病害

1. 接头病害的产生

由于铁道有轨缝的存在，当电机车和矿车通过接头时，将产生较大的冲击力，轨端受到严重的打击；接头的支承力较差，车轮通过时，轨端产生的挠度比其它部位大，铁道上会出现一段很短的不平顺，引起较大的冲击动力。如果养护不当或铁道铺设质量不好，使冲击动力增加，会加速钢轨和鱼尾板的损伤，因此必须及时整修接头病害。接头主要病害有：

（1）低接头，如图 2—15 所示。这种病害一般发生在道碴捣固不实，道碴脏污和排水不良的地段；

（2）夹板弯曲或断裂；

（3）钢轨和夹板发生永久挠曲；

（4）扣件松动或失效；

（5）接头轨枕失效。

通过对接头受力后实际变形状态的分析，发现引起接头冲击动力过程的有三个因素：

（1）轨缝，特别是超限轨缝；

（2）钢轨接头处两根钢轨的端头，在车轮通过的瞬间不在同一水平面上，驶入端高出驶出端而产生台阶，如图 2—16a；

(3) 接头下陷时，形成折角，如图 2—16*b*。

实际上，以上三种因素是同时出现的。车轮通过接头时，

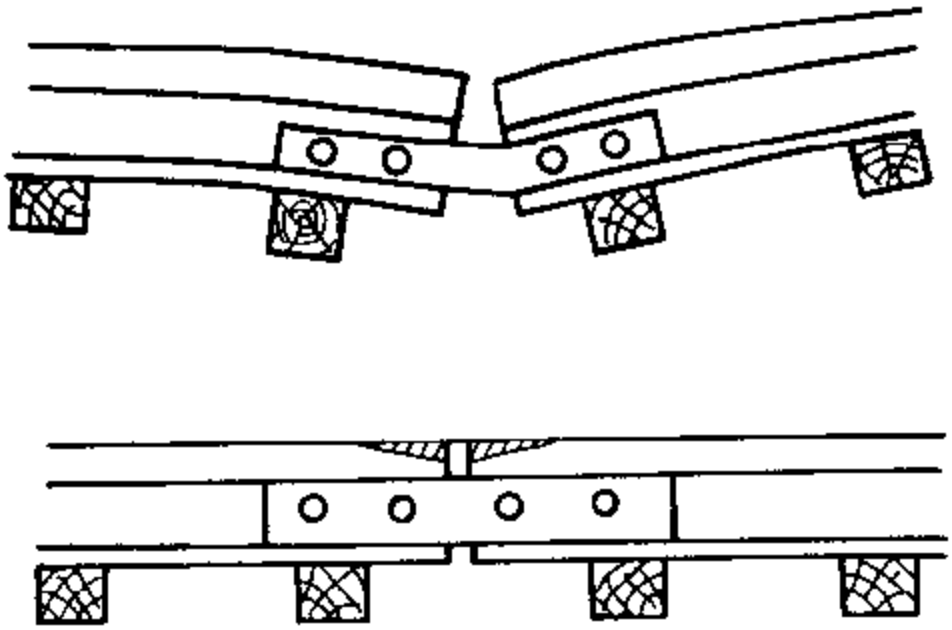


图 2 15 低接头

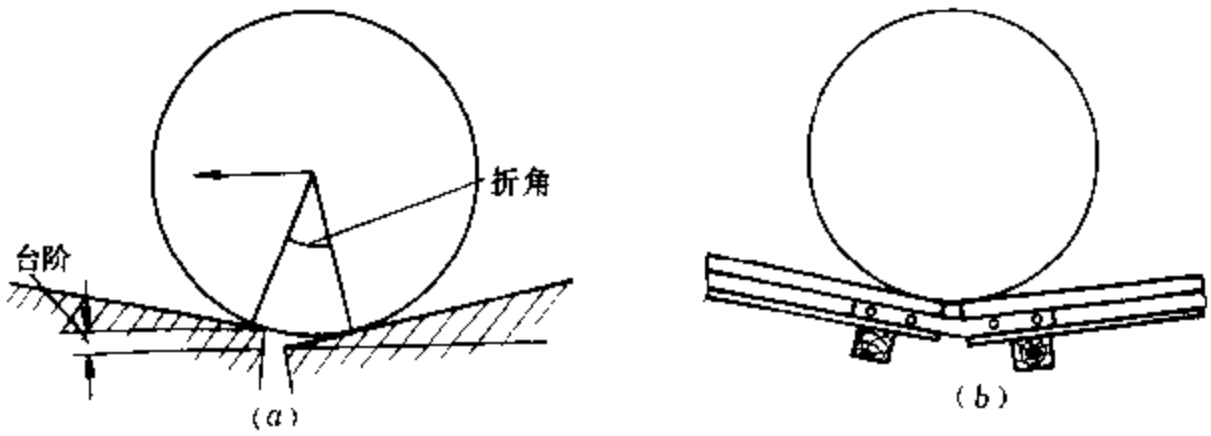


图 2—16 台阶与折角

a—台阶；*b*—折角

车轮产生的冲击动力过程与通过铁道不平顺引起的冲击动力过程一样，而这种不平顺，只有在车轮通过接头时才出现，当车轮通过以后就不存在了，即使是良好的接头，这种不平顺也是存在的。由于这种不平顺，车轮从一根钢轨转到另一根钢轨的瞬间，出现悬空而产生碰撞。如有低接头，螺栓不紧或轨缝过大，以及接头处道碴松软捣固不实等，使车轮经过接头处发生的折角增大，车轮对接头的冲击振动将越严重，就会使钢轨端部压塌或高低不平错牙。钢轨和鱼尾板发生永久挠曲，螺栓松动，使鱼尾板和钢轨腰部产生局部磨耗。

2. 接头的养护

接头是铁道的薄弱环节，是病害集中之处，如果养护不及时，就会使接头病害愈来愈严重，以致威胁行车安全，故钢轨接头是维修工作的重点。

(1) 接头轨枕的材质尽可能一致，间距符合标准规定；加强接头处的捣固，保持道床丰满，并加以夯实；在接头处更换枕木时，应将其两根枕木同时更换，以保持支承条件一致。

(2) 经常紧固鱼尾板螺栓，使接头作为一个整体来抵抗列车力，以减少鱼尾板和轨端磨耗。

(3) 及时消灭轨面高低不平，接头轨面及内侧错差不应大于 2mm，并不应有硬弯。

(4) 及时调整轨缝，保持轨缝均匀以减少冲击力。

第三节 轨 枕

一、轨枕的作用和分类

1. 轨枕的作用

轨枕位于道床和钢轨之间，是钢轨的支座。

（1）轨枕承受由钢轨传来的荷重、横向力和纵向水平力，并将其传布在道床上，因此轨枕应具有相当的坚固性、耐久性和弹性；

（2）轨枕将两股钢轨联系在一起，并固定钢轨位置，使其保持一定的距离（轨距）；

（3）固定铁道方向，使铁道不因受力的作用而产生纵向和横向位移。

2. 轨枕的分类

按照制造材料的不同，轨枕可分为木轨枕、钢筋混凝土轨枕和钢枕。按其用途可分为普通轨枕、铺设道岔的岔枕和桥梁上用的桥梁轨枕。

二、木轨枕

1. 木轨枕的优缺点

木轨枕通称枕木，是各国铁路最早采用，而且到目前仍然被普遍采用的一种轨枕。这是由于木枕的优点很多，主要优点是：富于弹性，重量轻，并可缓和列车的动力冲击作用；容易加工制造，成本低，便于运输；木枕与钢轨连接简单，铺设养护及修理方便；有较好的绝缘性能；木枕与碎石道碴之间有较大的摩擦系数，能保证轨道的稳定。木轨枕的缺点是：不容易保持轨距，增加维修工作量，容易腐朽磨损和[illegible]，使用年限短，抽换失效腐朽枕木工作量较大，木材资源有限，不能大量生产。

2. 木轨枕的选用要求

煤矿窄轨铁道的木轨枕最好采用红松、落叶松、[illegible]冷杉、云杉等木材制造。木轨枕应有足够的长度和宽度及支撑面积，保证在车轮作用下保持固定轨距。根据这个要求，煤矿用窄轨铁道的木轨枕断面形式如图 2--17 所示。各部尺寸

见表 2－9。道岔所用木轨枕选用图 2－17 中的（1）、（2）两种断面形式较好，其长度按设计要求确定。

表 2－9　木轨枕规格尺寸表

轨距 (mm)	轨型 (kg/m)	长度 (mm)	宽度 (mm)		高度 H_2 (mm)
			上宽 B_1	下宽 B_2	
600	15、18	1200	150	150	120
		1200	120	150	120
	24	1200	160	160	140
		1200	130	160	140
762	15、18	1500	150	150	120
		1500	120	150	120
	24	1500	160	160	140
		1500	130	160	140
900	15、18	1600	150	150	120
		1600	120	150	120
	24	1600	160	160	140
		1600	130	160	140
允许偏差		±20	−10	−10	±10

3. 木轨枕的防腐处理

木枕失效的原因，主要是腐朽，机械磨损及劈裂。劈裂和机械磨损会促使木枕腐朽，腐朽也会加剧机械磨损和裂缝扩大。防腐处理是延长木轨枕使用寿命的主要措施，其目的

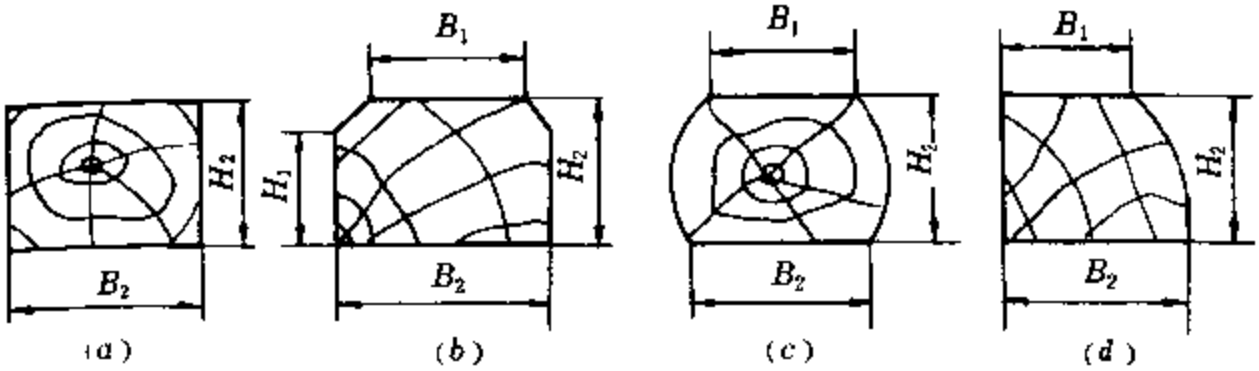


图 2—17　木轨枕断面

是防止枕木内腐朽菌类的生长。

准轨铁道用木枕的防腐办法，一般是在防腐工厂将枕木中菌类赖以生殖的养料即有机汁液抽出，再压入足够的防腐剂如水溶性的氯化锌或钠化钠，克鲁苏油等制成防腐枕木；其次是减轻机械磨损，如设垫板扩大钢轨与枕木的接触面积，减少木枕表面的单位压力；防止劈裂要在木枕上捆头和预钻道钉孔。严格控制防腐处理前的含水量，对防止木枕开裂有很大的作用。已形成的小裂缝，可先用防腐浆膏灌入并夹紧，再用铁线捆札，将裂缝紧合。

4. 铺设注意事项

在铺设木枕时，应成段将尺寸、强度及耐久性能相同的铺在一起。接头处尽量选用尺寸标准、材质优良者。注意树心朝下，有圆角则大面朝下。轨枕应排列整齐，其一端应尽量保持一条直线，单线铁道应在靠人行道的一侧取齐；双线铁道应在两线外侧取齐。轨枕中心线应与铁道中心线垂直。

三、钢筋混凝土轨枕

1. 钢筋混凝土轨枕的种类

钢筋混凝土轨枕分普通型和预应力型两种。普通型钢筋混凝土轨枕强度低，容易开裂。预应力钢筋混凝土轨枕，就是在灌注混凝土前对所配钢筋（或钢丝）施加拉力，待混凝土凝结到有一定的强度后，从轨枕两端将配筋切断，这时由于钢筋收缩给混凝土以预压力，当列车的轮载作用于轨枕时，轨枕受拉区的混凝土不会因挠曲拉力而破损。

2. 钢筋混凝土轨枕的优缺点

钢筋混凝土轨枕与木枕对比，其优点是：节约木材；能保证尺寸一致，硬度一致，使铁道的弹性均匀，稳定性高；不腐朽，使用寿命长，减少抽换工作量和维修工作量。其缺点是：弹性差，使用时应加胶垫；脆性大；电绝缘性能差；扣件连接困难；重量大不易搬运等。我国木材短缺，煤矿窄轨铁道应尽量采用预应力钢筋混凝土轨枕。

我国煤矿窄轨铁道的轨距和机车车辆类型很多，而目前尚无预应力钢筋混凝土轨枕的定型设计。各煤矿可参考准轨铁道使用的钢筋混凝土轨枕自行设计和制造。

3. 铺设注意事项

在铺设钢筋混凝土轨枕时，应注意下列各项：

(1) 钢筋混凝土轨枕应由生产或存放地点直接运到施工地点，尽量避免中转停放；在装卸、搬运过程中要做到轻起轻放，严禁摔掷。

(2) 在铺设钢筋混凝土轨枕前，要散布好道碴，并分层夯实，在保证轨枕不受损伤的情况下，可先铺轨枕后铺道碴。

(3) 铺设轨枕时，要注意轨枕中心尽量与铁道中心线重合，减少轨枕的来回拨动。

(4) 在钢轨与钢筋混凝土轨枕之间必须用胶垫、木垫板或其它材料的垫层作为缓冲垫层，避免钢轨压损轨枕的承轨

面。

（5）捣固时，不要使镐头碰到轨枕上，以免轨枕因撞击而产生裂缝、脱边等现象。

（6）在轨枕中部的 200mm（600mm 轨距铁道）、250mm（762mm 轨距铁道）、300mm（900mm 轨距铁道）的范围内严禁捣固道碴，避免轨枕中部支承在道床上。在钢轨的接头处及曲线地段的外侧应加强捣固。

四、轨枕的配置

1. 轨枕配置的间距要求

轨枕配置要有一定的间距。轨枕间距是根据轨型、鱼尾板螺栓孔的位置，钢轨长度和每千米铁道所铺设轨枕的数量而确定的。在一节钢轨上接头处所受的冲击力，比钢轨其它处所受的冲击力要大，因此接头处轨枕间距要小些，从而使路基面、道床、钢轨和轨枕本身受力都会小一些，并使轨距、方向易于保持。但也不能过密，间距过小不易捣固，反而影响铁道质量。

每节钢轨有三种不同的轨枕间距，即接头间距、过渡间距和中部间距。悬接式接头处轨枕的间距 c 要比钢轨中部轨枕间距 a 小，而在 a 与 c 之间还有一个过渡间距 b，一般应 $a>b>c$，如图 2—18 所示。

轨枕间距可按下式计算：

$$a=\frac{L-c-2b}{n-3}$$

式中 a——钢轨中部轨枕中心间距，应取整数，mm；

b——a 与 c 之间过渡间距。可假定 $b=\frac{a+c}{2}$，mm；

c——钢轨接头轨枕中心间距，其值根据钢轨及配件类型、轨枕配置而定，一般规定 15、18kg/m 钢

轨取 440mm，24kg/m 钢轨取 480mm；

L——每节钢轨连同一个轨缝的长度，mm；

n——每节钢轨下的轨枕根数。

计算时，先采用 $b=\frac{a+c}{2}$，则 $a=\frac{L-2c}{n-2}$

将计算所得的 a 值（取整数），再根据 a 及 c 值，求出 b 值，即

$$b=\frac{L-c-a\ (n-3)}{2}$$

对于无缝铁道，轨枕间距可按平均值进行布置。

15、18、24kg/m 钢轨轨枕间距分别列入表 2—10 和表 2—11中，以便在使用中查找。

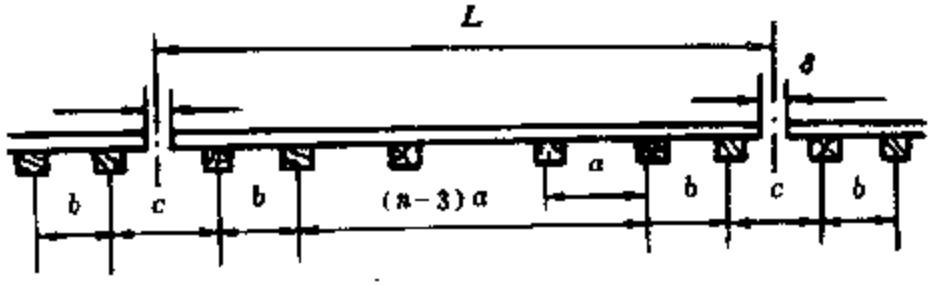


图 2 -18　轨枕布置图

2. 轨枕配置要求

如使用钢筋混凝土轨枕的铁道，在距木枕道岔两端，应各铺 5 根以上木轨枕。钢筋混凝土轨枕与木轨枕分界处，如遇有钢轨接头，须保持木枕延伸至钢轨接头外 5 根轨枕以上作为过渡段，以保持铁道的弹性一致。

五、中间连接零件

钢轨与轨枕之间的连接称为中间连接，中间连接零件通称扣件。其主要功能是把钢轨固定在轨枕上，并阻止钢轨相

表 2·10 24kg/m 钢轨轨枕配置表

钢轨长度 (m)	每 km 钢轨数 (根)	每 km 轨枕数 (根)	每节钢轨轨枕数 (根)	轨枕间距 (mm)		
				c	*b*	*a*
12	83.33×2	1750 (1743)	21	480	534	581
		1667 (1660)	20	480	544	614
		1583 (1577)	19	480	563	650
		1500 (1494)	18	480	588	690
		1417 (1411)	17	480	611	736
11	91×2	1729	19	480	535	591
		1638	18	480	553	628
		1547	17	480	573	670
		1456	16	480	596	718
10	100×2	1700	17	480	542	603
		1600	16	480	564	646
		1500	15	480	587	696
		1400	14	480	616	754
9	111×2	1665	15	480	549	619
		1554	14	480	578	670
		1443	13	480	608	731
8	125×2	1750	14	480	534	587
		1625	13	480	563	640
		1500	12	480	590	705
7	143×2	1716	12	480	540	605
		1573	11	480	575	672
		1430	10	480	617	756
6	167×2	1670	10	480	554	631
		1503	9	480	600	721

注：1. 括号内每 km 轨枕数系按每 km83 根钢轨计算；
2. 表中每 km 钢轨根数×2 系指两根钢轨。

表 2—11　15、18kg/m 钢轨轨枕配置表

钢轨长度 (m)	每 km 钢轨数 (根)	每 km 轨枕数 (根)	每节钢轨轨枕数 (根)	轨枕间距 (mm)		
				c	b	a
12	83-33×2	1750 (1743)	21	440	509	586
		1667 (1660)	20	440	530	618
		1583 (1577)	19	440	551	654
		1500 (1494)	18	440	570	695
		1417 (1411)	17	440	589	742
25	31×2	1729	19	440	515	596
		1638	18	440	535	633
		1547	17	440	558	675
		1456	16	440	583	723
10	100×2	1700	17	440	527	608
		1600	16	440	545	652
		1500	15	440	571	702
		1400	14	440	603	760
9	111×2	1665	15	440	533	625
		1554	14	440	560	677
		1443	13	440	588	739
8	125×2	1750	14	440	516	594
		1625	13	440	543	648
		1500	12	440	575	713
7	143×2	1716	12	440	529	612
		1573	11	440	563	680
		1430	10	440	605	765
6	167×2	1670	10	440	543	640
		1503	9	440	587	732

注：1. 括号内每 km 轨枕数系按每 km83 根钢轨计算；
2. 表中每 km 钢轨根数×2 系指两根钢轨。

对于轨枕作横向和纵向的移动。由于木轨枕和混凝土轨枕的材质不同，中间连接的扣件也不相同。

1. 木轨枕扣件

钢轨与木枕的固定是用道钉将钢轨、垫板与木枕钉在一起。其优点是零件少，安装方便；缺点是钢轨受荷载而上挠时会使道钉浮起，受到列车横向力的挤压，轨距不易保持。

道钉一般采用具有足够韧性的钢料制成，应保证弯曲180°而不折断。用于24kg/m钢轨的道钉如图2－19；用于15、18kg/m钢轨的道钉如图2－20所示。

垫板使用在轨底与枕木之间，主要作用是把列车的压力传布于木枕的较大面积上，以减少木枕的机械磨损。使用垫

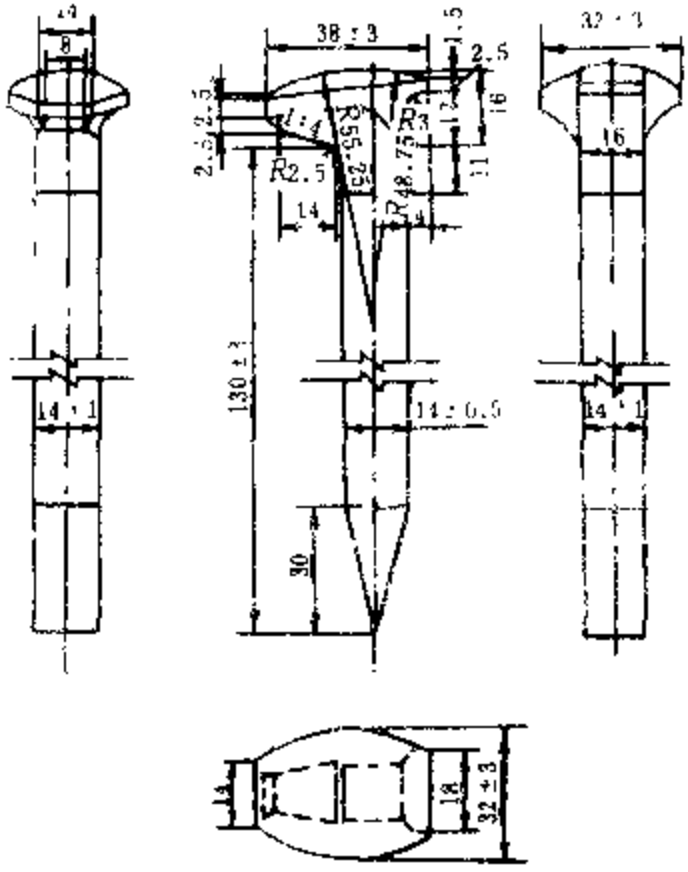


图2－19　24kg/m钢轨用道钉

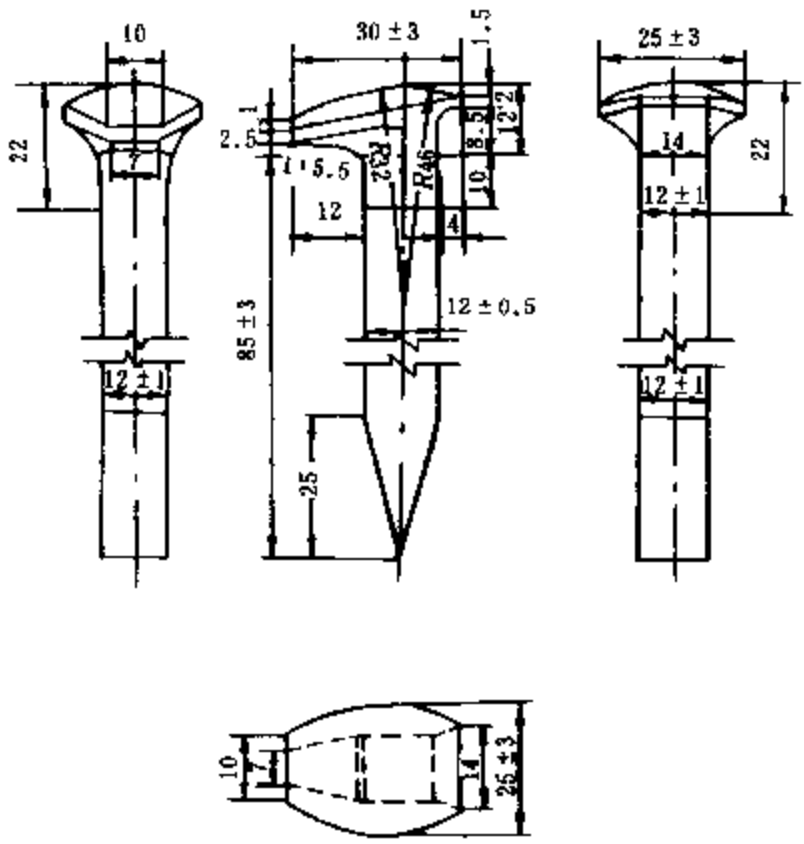


图 2—20　15、18kg/m 钢轨用道钉

板的优点是：

（1）传布压力面积大，减少枕木机械破损和压坏枕木面；

（2）因垫板联系道钉可以同时受力，对保持轨距有利；

（3）便于保持钢轨 1/40 的内倾。

2. 钢筋混凝土轨枕扣件

煤矿窄轨铁道钢筋混凝土轨枕与钢轨的连接扣件主要有两种方式，一种是木栓普通道钉方式，即在钢筋混凝土轨枕与道钉连接的位置，预埋或后装木栓，利用道钉与木栓的挤压力来扣住钢轨。其优点是造价低，铺轨工作简单方便，排

除故障快，对曲线加宽的适应性大；缺点是木栓易腐朽，道钉容易松动，维修工作量大。木栓材质宜采用水曲柳、桦木、枫木等硬质杂木，并经防腐和防水处理。道钉尺寸宜比同类级木枕道钉稍长。

另一种是螺栓扣板式，即利用螺栓和扣板扣住钢轨，其优点是牢固、耐用、扣压力大，轨距易保持；缺点是造价高，铺轨工作复杂，尤其是当车辆掉道时容易砸坏螺栓，不易维修。

第四节　道床及井下路基

一、道床的作用和材质

1. 道床的作用

道床即道碴层，是铁道组成部分之一，为轨枕的基础，其主要作用是：

（1）把轨枕的载荷均匀地传布到路基面上；

（2）便于拨道和起道；

（3）排除铁道积水，保持枕木的干燥；

（4）保持铁道的稳定，阻止轨枕纵向和横向移动；

（5）增加铁道的弹性。

2. 道床的材质

对道床的材质有如下要求：

（1）坚韧并有一定的弹性；

（2）具有良好的排水性能，吸水性小；

（3）耐冻性强，不易风化，道碴颗粒间要有较大的摩擦力；

（4）不易被磨碎，捣碎；

（5）不易被风吹动或被水冲走。

煤矿窄轨铁道对道碴材质和粒度在标准中规定：

（1）井下道碴可因地制宜地采用碎石、卵石以及不易风化、不自燃的坚硬矸石。碎石、矸石的粒度为10～40mm，不得掺有碎末；

（2）地面道碴除与上述品种粒度相同外，尚可采用不含泥的河沙及熔炉矿渣。

二、道床断面

合理的道床断面，与保持道床本身和整个铁道的稳定性，减少铁道的维修工作量具有很大的关系。道床断面包括三个主要特征：道床厚度（轨枕底面以下至路基面）、道床顶面宽度及道床边坡度。他们的尺寸视铁道上部建筑类型、路基土质及铁道平面（直线或曲线）等条件而定。煤矿地面各级铁道道床断面尺寸见表2—12。

表2—12　地面窄轨铁道道床断面尺寸

轨距（mm）	铁路等级	道床厚度（cm）		道床顶面宽度（cm）	道床边坡
		土质路基	沙面路基		
762（900）	Ⅰ	25	20	180（190）	1∶1.5
	Ⅱ	20	15	180（190）	1∶1.5
	Ⅲ	15～20	15	180（190）	1∶1.5
600	Ⅱ	20	15	150	1∶1.5
	Ⅲ	15～20	15	150	1∶1.5

道床应有足够的厚度，根据实验表明，从轨枕传到道床上的压力是不均匀的。道床传到路基上的压力，随着厚度的增加，单位面积上的压力就愈小，愈均匀，但道床太厚了就不经济。道床厚度，应以保证传到路基面的最大压力小于路基面的允许应力，以路基顶面不发生永久变形为原则。

井下道床厚度不小于10cm，个别底板突出处不小于5cm。倾角大于15°的斜井和主要上下山铺设的铁道，应考虑防滑措施。

道床顶面应比轨枕面低3cm，而道床顶宽应根据枕木长度而定，一般比枕木宽30cm。在半径等于或小于150m的曲线上，曲线外侧道床要加宽10cm。

道床须铺设平整，道碴饱满，轨枕埋入道床2/3。为了防止道床积水，应加设横截水沟，将道床积水疏导到水沟中去。

三、井下路基

路基是铁道的基础，是铁道的重要组成部分，路基的好坏对铁道的质量影响很大。

对于矿井铁道是以巷道底板做为路基的。一般铺设永久铁道的巷道底板应为稳定、坚硬的岩石。巷道底板若为软岩层，要砌倒拱碴，道床厚度应增至20cm，并加强水沟管理，及时疏干积水。

地面窄轨铁道的路基，在此不加赘述，详见第五章。

第五节　铁道爬行及防爬设备

一、铁道的爬行

1. 铁道爬行的产生原因

列车运行时，车轮作用于钢轨上，除对铁道产生竖直力和横向水平力外，还由于车轮的滑动和滚动，同时产生纵向水平力。而使钢轨纵向位移，有时带动轨枕一齐移动，此种现象称做铁道爬行，这个纵向水平力称为爬行力。

铁道爬行的原因十分复杂，它同轨底与垫板间的相对滑动有关。爬行现象常常发生在钢轨受荷载作用而挠曲的时候。钢轨因受机车车辆动荷载作用而发生挠曲时，钢轨断面

发生转动，轨顶受压而缩短，轨底被拉长。图 2—21 表示在车轮滚过时，轨底与轨枕一起做前后弹性移动的情况。图中 ab 表示钢轨每一点上随着车轮的驶近，依次发生转动。当车轮驶过，钢轨恢复平直时，钢轨底部开始回缩，而前面已被车轮压住，这时，回缩只能在车轮已离开的一端来实现。结果钢轨被拉向前移动，产生与行车方向一致的爬行。

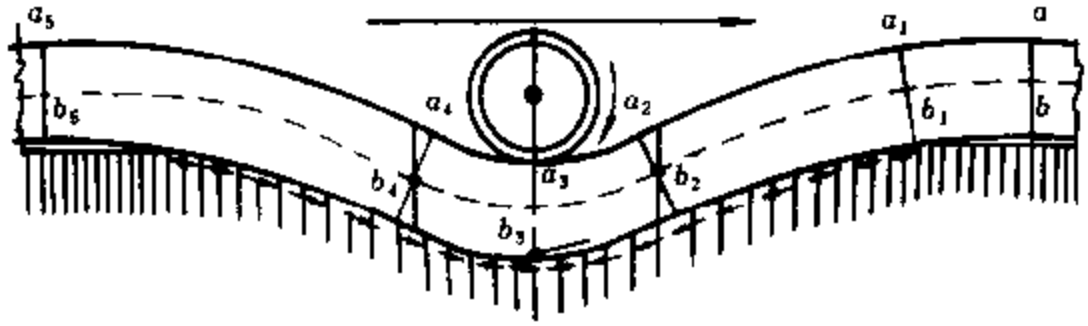


图 2—21　钢轨的爬行过程

机车在启动和运行时，由于机车车轮粘着力的影响，会产生一种与行车方向相反的力。在列车制动地段，对钢轨产生与行车方向一致的纵向水平位移，促使钢轨沿着行车方向爬行。

此外，车轮经过接头时，特别是在高速和轨缝大时，轨头受到打击发生振动，增加了对钢轨的纵向水平推力，使铁道爬行。

从上可见，行车速度愈高，轴重愈大，钢轨愈轻，扣件的扣压力愈小，则爬行量愈大。在复线上，爬行方向与行车方向相同，在重载下坡轨道的爬行量最大。对于倾斜井巷的轨道爬行更为严重。

2. 铁道爬行的危害

铁道爬行对铁道的危害很大。爬行区段的一端使接头挤

成连续瞎缝，而促使地面铁道胀轨跑道。另一端轨缝被拉大，造成夹板螺栓被拉弯或拉断。铁道爬行有时带动轨枕位移，使轨枕离开捣固坚实的道床，造成铁道沉落，产生低接头。铁道爬行带动扣件位移，拉裂或拉斜轨枕，从而造成扣件松动，轨枕歪斜，使轨距超限，严重地危及行车安全。

3. 防止铁道爬行的措施

防止铁道爬行，其根本措施是提高铁道抵抗纵向移动的阻力，铺设防爬设备、加强中间扣件的扣压力，经常地压紧浮起道钉，及时调整轨缝，拧紧夹板和螺栓，夯实道床以提高道床阻力等。

二、防爬设备

1. 穿销式防爬器的构成

煤矿窄轨铁道使用穿销式防爬器，如图 2—22 所示。它是由带挡板的轨卡及穿销组成，轨卡的一边紧紧地卡住轨底，另一边与轨底之间的间隙用楔形穿销楔紧，使之牢固地

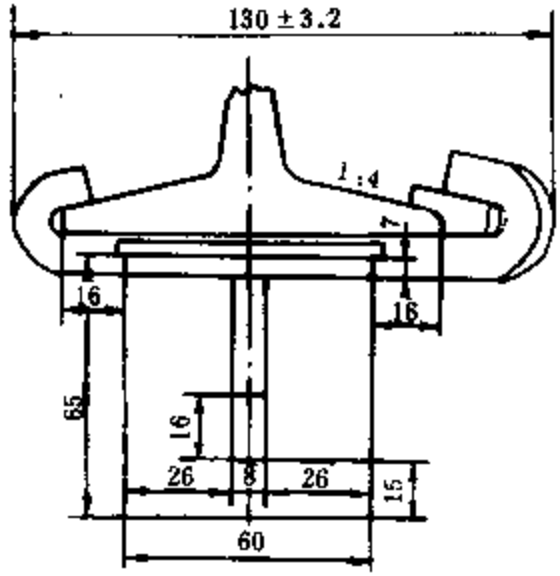


图 2—22 24kg/m 钢轨用穿销式防爬器

卡在轨底上。

2. 防爬器及防爬设备的安装

穿销式防爬器应成对地安装，在有两个方向爬行的铁道上，应在相反方向同时安装，否则，当反向有爬行时，会使对向防爬器的楔形穿销在轨卡内松弛或使挡板离开轨枕，失去防爬作用。同一轨枕的两侧不得同时安装防爬器。防爬器应尽量安装在钢轨中部。

为了充分利用穿销式防爬器的防爬能力，还须将一对防爬器和3～4根枕木，用防爬支撑联系起来，成为一组防爬设备，共同抵抗由防爬器传来的铁道爬行力。安装防爬设备时，对于两方向运量显著不同的单线铁道，可参照图2－23安装。防爬支撑可用木制，也可用石料，或钢筋混凝土制造。

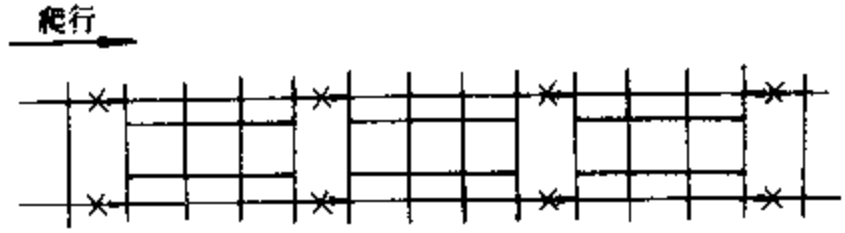


图2－23　防爬设备安装布置图

第三章　曲　　线

曲线是铁道的薄弱环节之一，在构造上与直线相比，有以下特点：

（1）需将轨距适当加宽，使机车车辆能顺利地通过；

（2）在曲线外轨设置超高度，以平衡列车行驶于曲线上所产生的离心力，使内外轨受力均等；

（3）在曲线上的建筑接近限界，须进行适当加宽，使列车安全运行；

（4）曲线铁道在列车动力作用下，其平面位置容易发生变化，需进行曲线加强和方向整正等工作。

第一节　曲线轨距加宽

一、轮轨内接形式

铁道的曲线形式为圆曲线，铁道曲线半径即为圆曲线半径。列车行经曲线时，轮轨间的相互接触关系称为轮轨内接。

在曲线上为了能使机车车辆顺利地通过，轨距需要加宽，因为机车车辆的走行部分有一定长度的固定轴距，而车轴不能转动，固定轴距间的轮缘成一直线进入曲线。在曲线部分，四个车轮与曲线轨道有以下四种接触形式：

（1）楔住内接　两外轮及两内轮的轮缘均紧靠钢轨，如图 3—1 所示；

（2）动力自由内接　两外轮的轮缘紧靠外轨，而两内轮的轮缘与内轨有间隙，如图 3—2 所示；

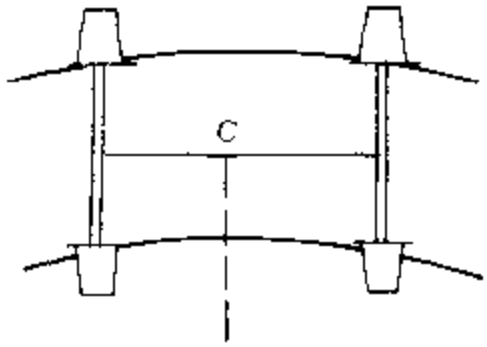


图 3－1　楔住内接

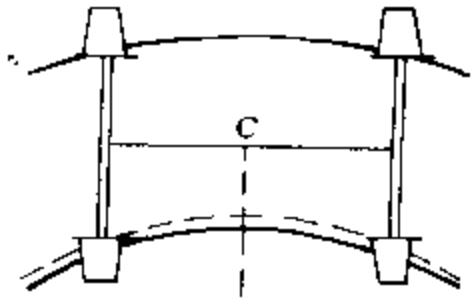


图 3－2　动力自由内接

(3) 静力自由内接　只有前轴的外轮轮缘及后轴的内轮轮缘紧靠钢轨，而且后轴与曲线半径方向一致，如图 3－3 所示；

(4) 静力强制内接　只有前轴外轮轮缘及后轴的内轮轮缘紧靠钢轨，但后轴的方向不与曲线半径相合，如图 3－4 所示。

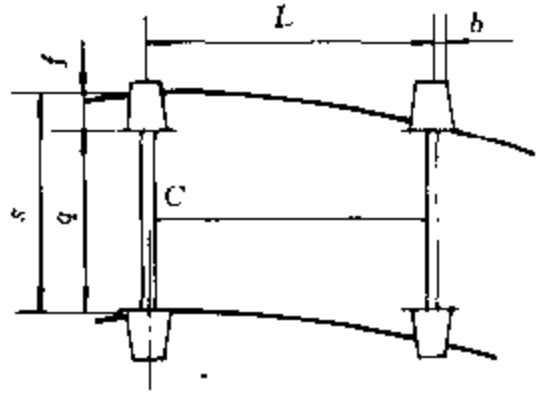


图 3－3　静力自由内接

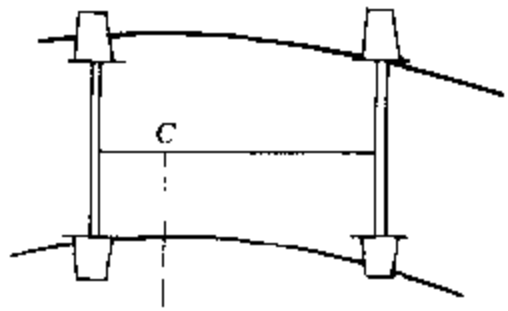


图 3－4　静力强制内接

二、曲线轨距加宽计算

曲线轨距加宽的目的是为了减小轮轨之间摩擦和横向作用力，并以此为条件确定轨距加宽值。当机车以楔住内接的形式，车轮与钢轨间要发生很大的摩擦，增加列车运行的

阻力和钢轨的侧面磨耗，这种内接一般是不允许的。动力自由内接如图 3－2，只有在列车行驶速度很高的情况下才能发生。矿井铁道运输的列车运行速度达不到动力自由内接的要求，所以煤矿窄轨铁道考虑曲线轨距加宽时应使大多数的车辆在静力自由内接的情况下通过，对其余少数车辆以静力强制内接情况通过。

由图 3－5 可知，当机车车辆以静力自由内接由直线进入曲线后，所需轨距为：

$$S=q_{max}+f$$

式中 S —— 曲线轨距，mm；

q_{max} ——机车车辆最大轮缘距，mm；

f——曲线矢距，mm。

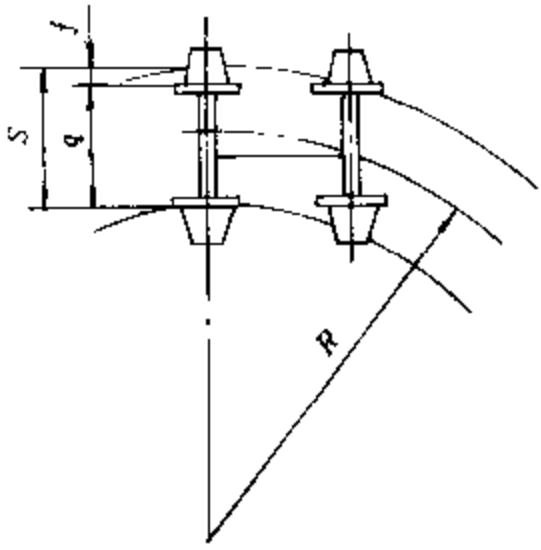


图 3－5　曲线轨距

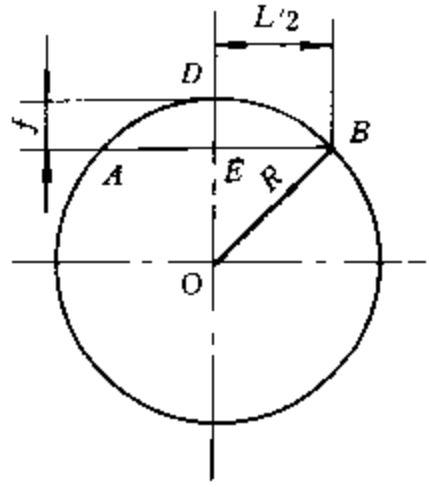


图 3－6　矢距 f 的几何关系

矢距 f 可通过图 3－6 中的几何关系计算出来。

由直角三角形 BEO 可知：

$$BE^2+OE^2=OB^2$$

设弦长 AB 为 L，半弦长 AE 为 $\frac{L}{2}$，曲线半径 OB 为 R，则

$$OE=R-f$$

则上式得：

$$\left(\frac{L}{2}\right)^2+(R-f)^2=R^2$$

$$\left(\frac{L}{2}\right)^2-2Rf+f^2=0$$

因 f 值很小，故 f^2 与其它项相比微不足道，在实际使用中可略去不计，于是得

$$\left(\frac{L}{2}\right)^2-2Rf=0$$

$$\therefore \quad f=\frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2R}=\frac{L^2}{8R}$$

因为 $\frac{L}{2}$ = 半弦长 = 轴距，以 b 代之，

则

$$f=\frac{L^2}{8R}=\frac{b^2}{2R}$$

$$\therefore \quad S=q_{max}+\frac{b^2}{2R}\times 1000$$

式中 R 和 b 的单位为 m，S、q_{max} 的单位为 mm。

三、曲线加宽的确定和实施

1. 曲线加宽值的确定

在实际工作中，不可能每段铁道只通过同一轴距的列车，曲线也不能按每一个半径都规定一个加宽值，通常是把曲线划成一定的范围来确定加宽值。此加宽值应保证多数机车车辆以静力自由内接，少数较大轴距的机车车辆，以静力强力内接形式通过曲线。

煤矿窄轨铁道根据使用机车和矿车轴距分两种情况加宽，轴距 550mm 到 1100mm 为一种，1100mm 以上为一种，

表3—1 曲 线 加 宽 值

轴距（mm）	550～1100			1100以上		
半径（m）	5	10～15	20～30	25以下	30～100	101～200
加宽值（mm）	15	10	5	10	10	5

并把曲线划分几个范围进行加宽，具体加宽数值见表3—1。

加宽轨距，虽然能够改善列车的运行条件，如果轨距加宽过大，车轮踏面覆盖钢轨面积减少，增加掉道的危险，使车辆运行摇晃，轮缘撞击钢轨，增加钢轨与车轮之间的磨耗。适当减少曲线轨距加宽，可改善车辆运行条件，避免车辆摇晃和钢轨磨耗。国内外准轨铁道都有减少曲线加宽的趋向。煤矿窄轨铁道的加宽值，根据车辆实际运行情况，也应减少。以固定轴距1.7m的机车用静力自由内接为通过条件，计算曲线轨距加宽如表3—2所示，从表中数字可以看出，100m以上半径的曲线可以不加宽，50m到100m半径曲线可以少加宽。因煤矿机车车辆的固定轴距多数在1.1m及以下，而只有少数机车的轴距为1.7m，这种机车可按强力自由内接形式通过。

2. 曲线加宽的实施

曲线轨距加宽，是把曲线内轨向内侧方向（即曲线中心方向）移动。轨距不能突然增加和减少，要有一个递增递减的过程，使列车作用在轨道上的横向水平力不突然发生或消失，避免列车振动。曲线加宽的递减应在曲线头尾以外的直线范围内进行。递减距离可与超高的递减距离相等，也可以按递减率不大于1‰进行递减。困难情况下递减率不应大于3‰，特殊困难时不大于6‰。

（1）单曲线内轨加宽的递减，自圆曲线始终（直圆、圆直）两点，按规定加宽后再向直线方向递减，其递减与超高

的递减距离相等，如图 3—7 所示。如不符合超过递减距离时，其递减率按不大于 1‰递减，困难时不大于 3‰。

表 3—2　计算不同半径曲线所需轨距　（mm）

曲线半径（m）	q_{max}		f	$S_{静}$ 静力自由内接轨距	
	600mm 轨距	900mm 轨距		600mm 轨距	900mm 轨距
200	588	888	7	595	895
150			10	598	895
100			14	602	902
80			18	606	906
50			29	617	917
30			48	636	936

注：30m 半径通过 1.7m 轴距车辆以静力强制内接通过轨距为 900mm。

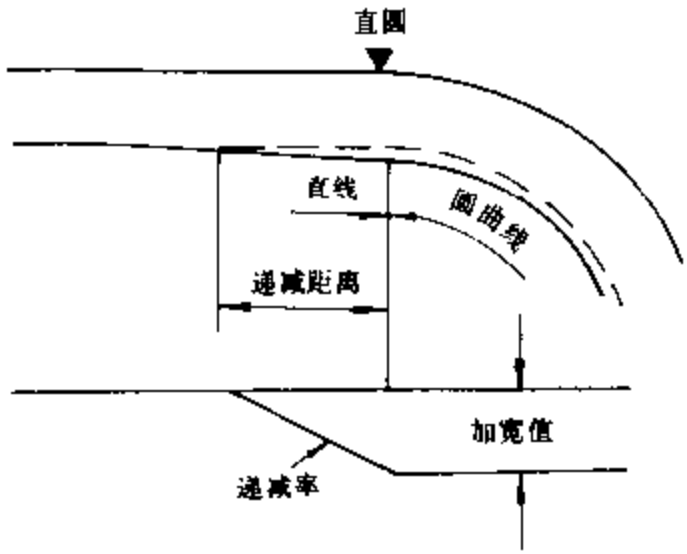


图 3·7　单曲线内轨加宽的递减

递减距离＝轨距加宽值÷递减率

（2）复曲线的两曲线轨距加宽不相等时，由较大轨距加宽向较小轨距加宽递减，如图 3—8 所示。

（3）为了减轻通过两相邻曲线时出现的摇晃，保持行车平稳和曲线的圆顺，要在两相邻的曲线间插入直线段，这个

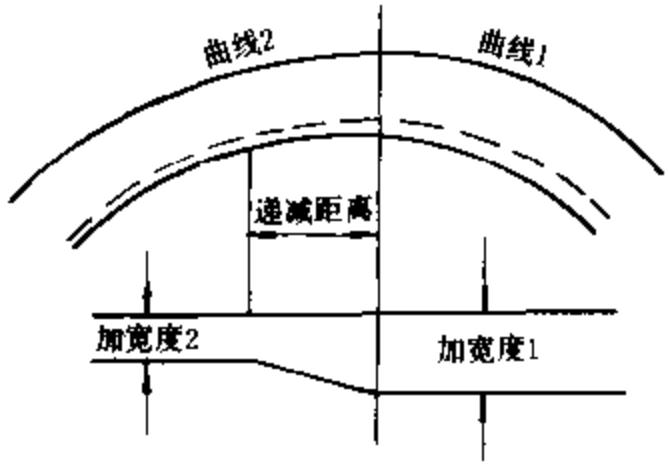


图 3—8　轨距加宽不相等的复曲线轨距加宽

直线段最小长度为：

$$L=2d+A$$

式中　L　　最小直线段长度，m；

d-　　曲线加宽的递减长度，m；

A　　机车或矿车长度，按 5m 计算。

两相邻曲线间的距离如不能满足两端轨距加宽按 3‰递减时，可以保留加宽的剩余量，如图 3—9 所示。如两曲线加

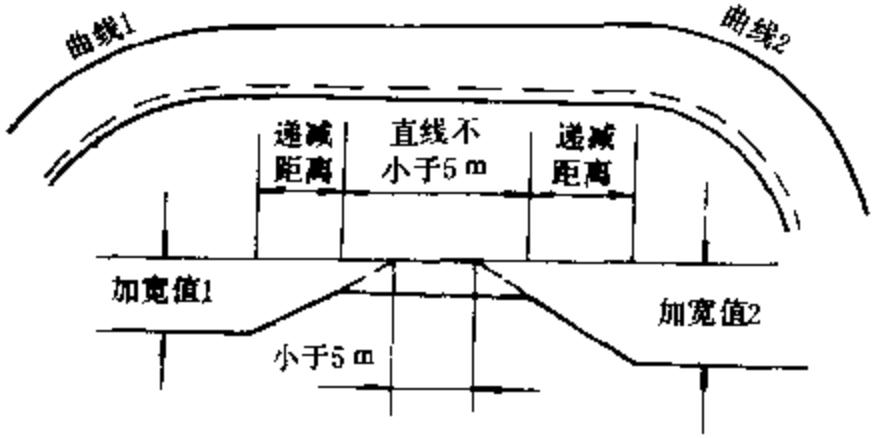


图 3--9　相邻曲线间的轨距递减

宽不相等时，则从较大轨距加宽向较小轨距加宽均匀递减，如图 3－10 所示。

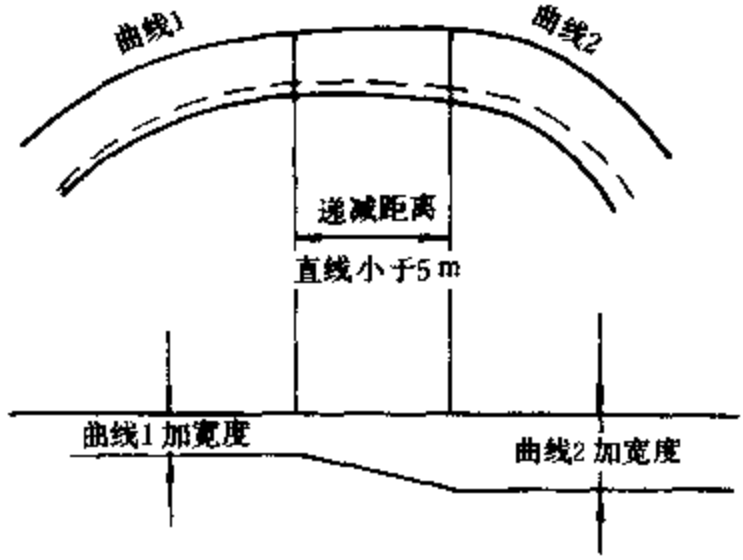


图 3—10　两相邻曲线加宽不相等的轨距递减

第二节　曲线外轨超高与实施

一、外轨超高

1. 外轨超高的原因

列车在曲线上运行时，将产生一个直线段上所没有的作用于车辆重心的离心力。在这个力的作用下，车轮轮缘挤压外轨而使外轨承受较大的压力，因而使外轨磨耗加重，增加运行阻力，严重时会造成车轮脱轨或车辆倾覆事故。为此，把外轨抬起一定的高度，借助于车体内倾的向心力来平衡离心力，使内外钢轨所受的压力相等，以保证车辆在处于平稳状态下运行。这种外轨比内轨高出的部分（h）称为超高。

2. 外轨超高值的确定

从物理学的原理得知，离心力可按下式计算：

$$J=\frac{GV^2}{gR}$$

式中 J——离心力；

G——车辆重量，kg；

V——行车速度，m/s；

R——曲线半径，m；

g——重力加速度，9.81m/s²。

从图3－11中可以看出，r 为轨顶线与水平线夹角，J 为离心力，h 为外轨超高，S 为轨顶中心线间距（762mm轨距按810mm，900mm轨距按950mm，600mm轨距按650mm计算），若使两股钢轨垂直压力相等，即 $E_1=E_2$。则 G、J 合力 N 应通过铁道中心O，可近似认为：

$$\operatorname{tg}r=\frac{J}{G}=\frac{h}{S}$$

$$\therefore \quad h=\frac{SJ}{G}=\frac{S}{G}\cdot\frac{GV^2}{gR}=\frac{SV^2}{gR}$$

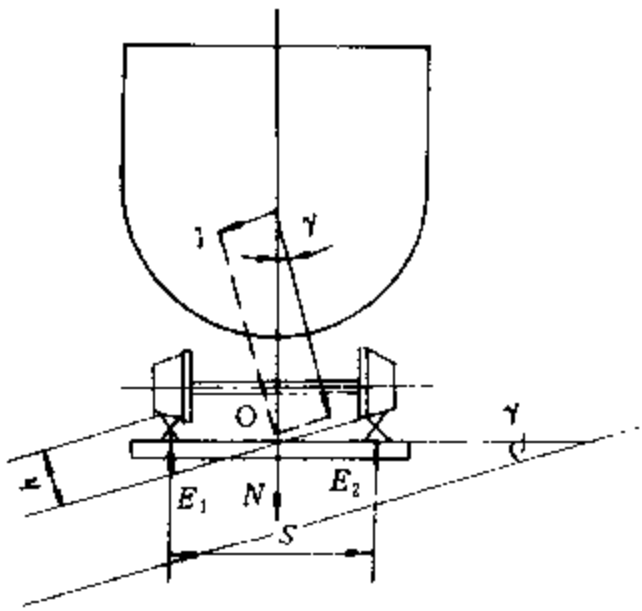


图3－11 外轨超高

g 可近似取 10m/s²，上式则可写成

$$h=\frac{100SV^2}{R}\ (\text{mm})$$

例如一段 600mm 轨距的铁道，曲线半径 R 为 30m，列车通过曲线时的平均行驶速度 V 为 4m/s，则

$$h=\frac{100\times 0.65\times 4^2}{30}=34.67\ (\text{mm})$$

外轨超高值尾数应以 5mm 进位，进位后不足 10mm 者可以不设超高。这段铁道超过可采用 35mm。

铁道上行驶的列车，有空车、重车、人车之分，所以列车通过同一曲线的实际速度并不一致，此外，在坡道上的曲线又有上下坡的不同，在同一条曲线上不可能做适应各种不同速度的超高，所以选择一个速度计算的超高并不完全适应各次列车速度的需要，因此，计算后的超高值可根据实际情况允许增加 30%或减少 20%。一般外轨超高值可参见表 3－3。

表 3－3 外轨超高值表 (mm)

半径(m) \ 轨距(mm)	600						762						900					
平均速度(m/s)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0
15	15	25	40	—	—	—	20	35	—	—	—	—	25	40	—	—	—	—
20	15	20	30	40	—	—	15	25	35	—	—	—	20	30	45	—	—	—
25	10	15	25	30	40	—	15	20	30	40	—	—	15	25	35	45	—	—
30	10	15	20	25	35	—	10	15	25	35	45	—	15	20	30	40	50	—
35	—	10	15	20	30	—	10	15	20	30	35	—	10	15	25	35	45	—
40	—	10	15	20	25	40	10	15	20	25	30	—	10	15	20	30	40	—
50	—	10	10	15	20	30	—	10	15	20	25	40	10	10	15	25	30	50
60	—	—	10	15	15	25	—	10	10	15	20	35	—	10	15	20	25	40
80	—	—	—	10	15	20	—	—	10	10	15	25	—	—	10	15	20	30
100	—	—	—	10	10	15	—	—	—	10	15	20	—	—	10	10	15	25

车辆在曲线上以低速度运行或停车时，势必产生一个较大的，未被平衡的向心力，在这个力的作用下，容易使车辆向内倾倒，所以外轨超高要有一个最大限度，即

600mm 轨距外轨超高不得超过 50mm；

762mm 轨距外轨超高不得超过 60mm；

900mm 轨距外轨超高不得超过 70mm。

列车用机车或钢丝绳牵引时，除离心力外，车辆前后有连接器的拉力作用在车辆上，为了保证车辆在稳定状态下运行，有时不需曲线外轨超高，而是要使曲线内轨超高。因此，究竟抬高外轨还是抬高内轨，需根据实际情况确定。

二、外轨超高的实施

曲线超高是通过抬高外轨来实现。曲线超高设置的是否合适，对于减少曲线钢轨磨耗和压溃，延长钢轨使用寿命，有直接关系。根据实际情况，若外轨磨耗，内轨压溃并有切压枕木现象，说明超高过大。若轨距扩大，外轨垂直磨耗严重并压溃，外轨侧面磨耗，则说明超高太小。如果发现超高设置不当，必须进行调整。

外轨超高的顺坡应在曲线两端的直线段进行。为了保证行车平稳，其顺坡率不应大于 1‰，在困难情况下不大于 3‰。顺坡长度应为：

$$L=h\div 1‰$$

式中 L ——顺坡长度；

h ——外轨超高。

困难情况下：

$$L=h\div 3‰$$

例如外轨超高为 15mm，按 1‰顺坡率计算，则顺坡长度为：

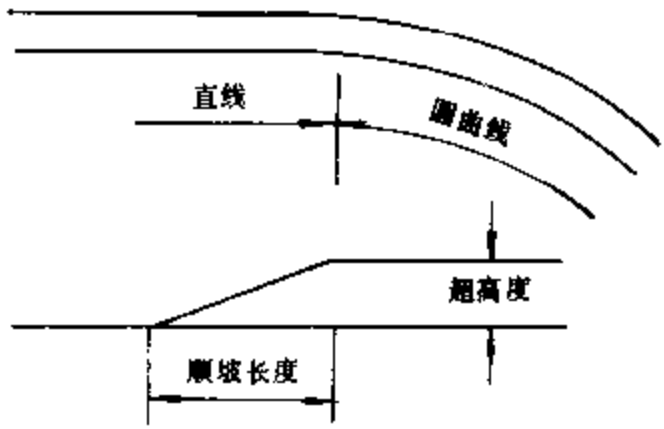


图 3　12　单曲线超高顺坡

$$L=15\div1‰=15\ (\mathrm{m})$$

（1）单曲线的外轨超高，自圆曲线的始终点按规定的超高度加高，然后再向直线顺坡，如图 3—12 所示。

（2）复曲线的两曲线由于曲线半径不同，两曲线超高不等时，从连接点起将两曲线的超高差，由较大的超高向较小的超高均匀顺坡，如图 3—13 所示。

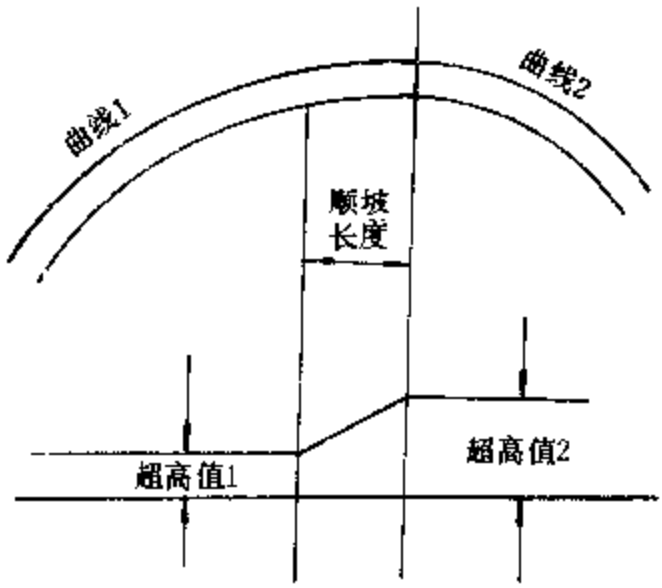


图 3—13　复曲线超高顺坡

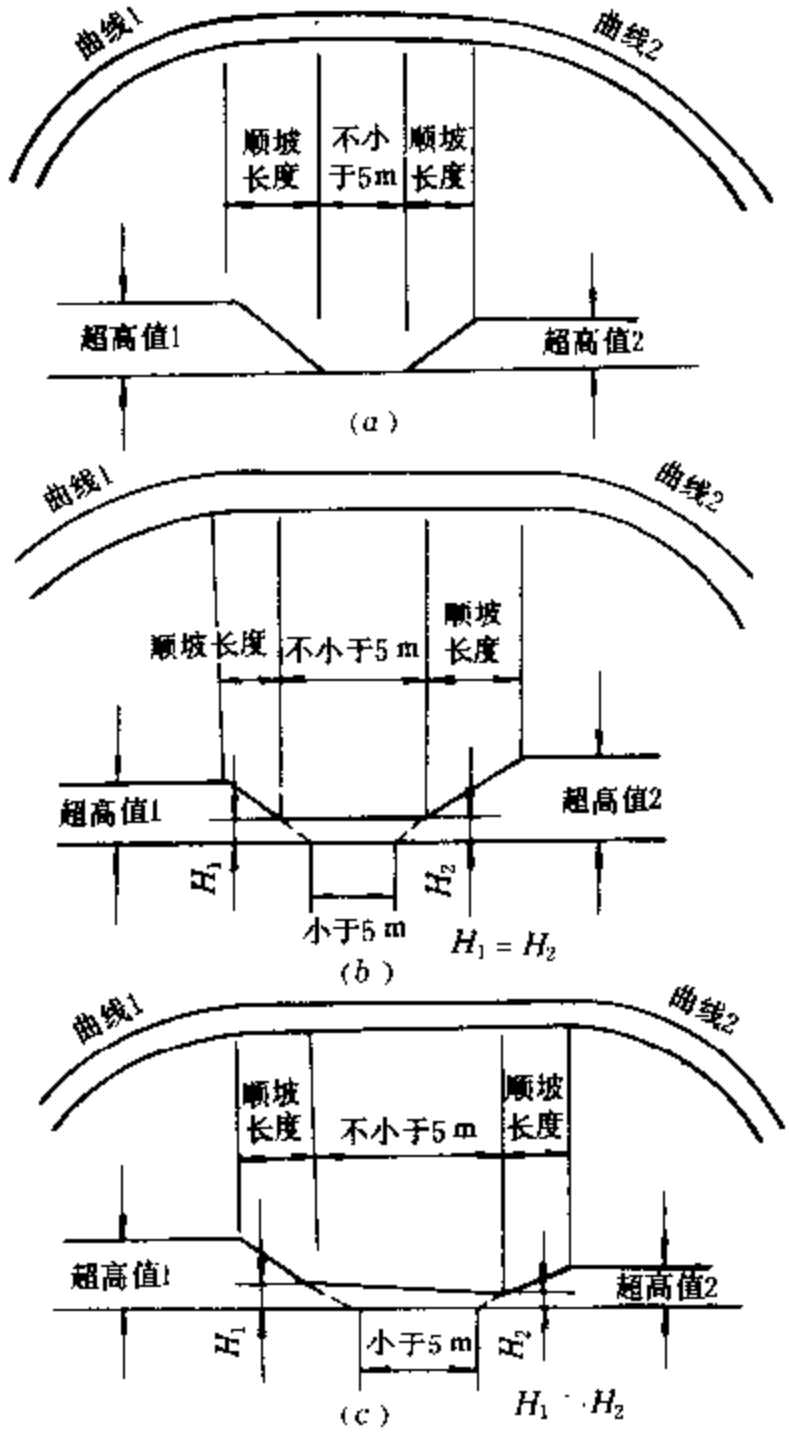


图 3—14　两同向曲线超高顺坡

（3）两同向曲线超高顺坡终点间直线段长度应不短于5m，如图3—14*a*所示。

直线段长度不足时，如两曲线超高顺坡剩余量相等，则直线部分可以保留这一剩余量的超高，如图3—14*b*；如果不等，则直线部分从较大超高向较小超高均匀顺坡，如图3—14*c*所示。

（4）两反向曲线超高顺坡终点间直线段长度不小于5m，人推矿车不得小于3m，如图3—15所示。

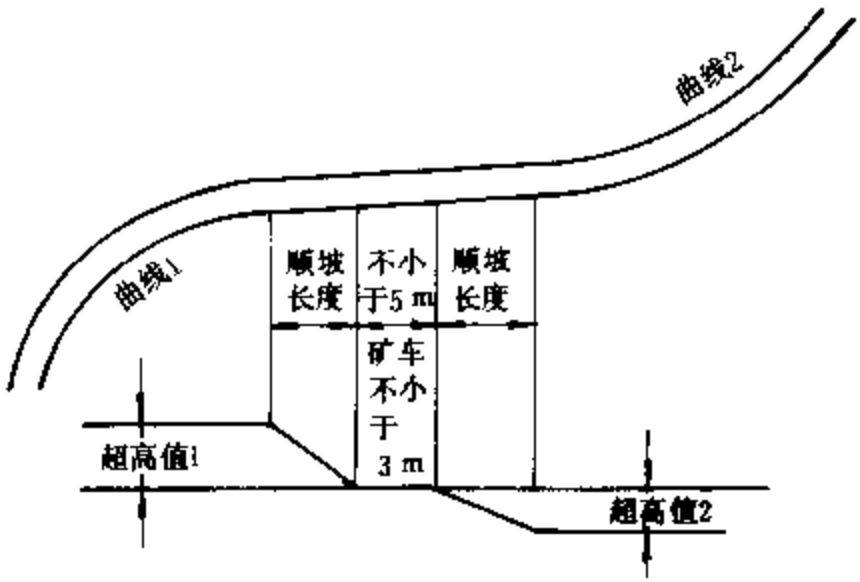


图3—15　反向曲线超高顺坡

中间直线段较短的困难地段，则外轨超高允许一半在曲线，一半在直线内顺坡，同时圆曲线始终点处，外轨超高不得少于规定的50%，两股钢轨在同一水平上的直线长准许减为一台机车或一辆矿车的长度，如图3—16所示。

三、曲线加强

列车运行在曲线时，发生横向推力，半径愈小推力愈大。此横向推力使钢轨向外移动，轨距扩大，同时带动枕木位移，使曲线变形，影响曲线圆顺，此外还增加钢轨头部侧面磨耗，

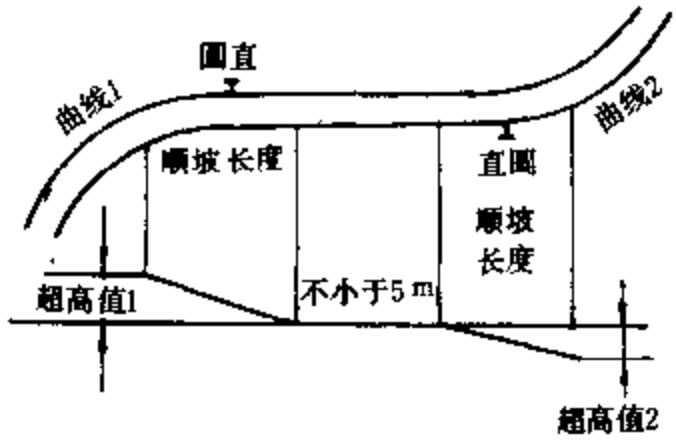


图 3—16　反向曲线困难地段超高顺坡

因此应针对曲线的具体情况，采取加强措施。

（1）采用重型钢轨，增加轨枕数量和道床的宽度，以增加铁道的稳定。

（2）安设轨距杆或轨撑以保持轨距。轨距杆如图 3—17 所示。轨撑上端撑住钢轨头部，下端用道钉与轨枕连结，或把一根枕木上的两块垫板焊接，也可以防止轨距扩大。

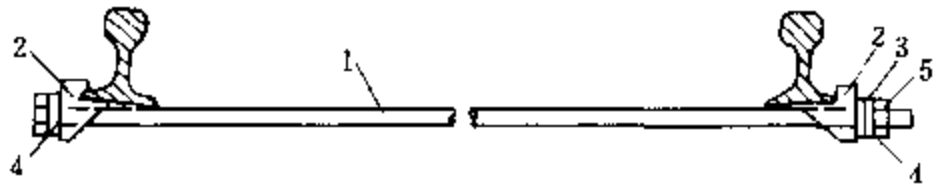


图 3—17　轨距杆

1—螺杆；2—铁卡；3—弹簧垫圈；4—垫圈；5—螺母

（3）在半径小的曲线上也可以铺设护轨，用以减少外侧钢轨所承受的横向推力，防止钢轨头部内侧的磨耗。

第三节　曲线方向整正

铁道的曲线半径很大，现场无法用测量半径的方法来检

查曲线圆度，而是利用曲线半径、弦长和正矢之间的几何关系，通过测量正矢的方法来检查曲线的圆度。

一、曲线正矢的计算

曲线半径、弦长、正矢之间的关系如图 3—18 所示。在曲线 A、B 两点连一直线，这条直线叫弦，弦上任意点到曲线上的垂直距离叫矢距，在中央点的矢距叫正矢。

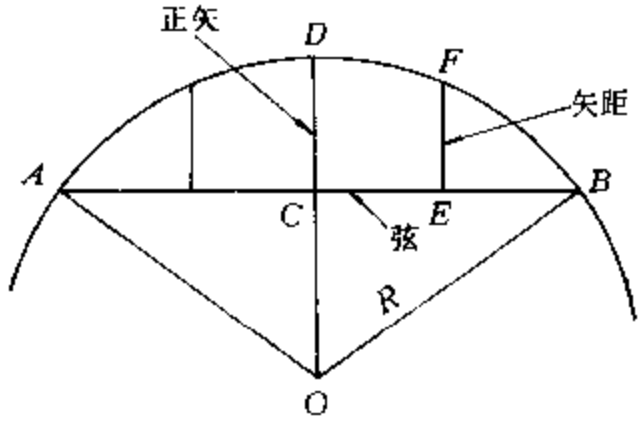


图 3—18　曲线半径、弦、正矢的关系

AB—弦；AC、CB—半弦；CD—正矢；EF—矢距

图 3—18 是一个半径为 R 的圆。AB 是长度为 L 的一条弦，OD 是垂直于 AB 的半径，并在 C 点把 AB 分为两个相等的部分。CD 称为弦长 L 的正矢，用 f 表示。

在直角三角形 OBC 中，$OB=R$，$BC=\dfrac{L}{2}$，$OC=R-f$。

根据几何学定理，则

$$R^2=(R-f)^2+\left(\frac{L}{2}\right)^2$$

由此得：

$$2Rf=\frac{L^2}{4}+f^2$$

在矿井窄轨铁道中，实际使用中的 f^2 数值很小，为了计

算方便起见，可以将 f^2 略去不计，于是得：

$$f=\frac{L^2}{8R}$$

上式中，f、L、R 三者的计量单位应当一致。但习惯上把 L、R 的单位定为 m，而把 f 的单位定为 mm，并取 $L=2$m，由此得 f 和 R 的换算关系为：

$$f=\frac{500}{R}\text{mm}$$

$$R=\frac{500}{f}\text{ m}$$

取 $L=10$m 时，则上述换算关系应为：

$$f=\frac{12500}{R}\text{ mm}$$

$$R=\frac{12500}{f}\text{m}$$

煤矿窄轨铁道曲线正矢，一般采用 2m 弦量，用 2m 弦长对应的不同半径的曲线正矢值见表 3—4。

表 3—4 曲 线 正 矢 值

曲线半径（m）	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100
2m 弦长正矢值（mm）	33	25	20	17	14	13	10	8	6	5

曲线任意点的矢距如图 3—19 所示。

$$\text{任意点矢距}=\frac{\text{左弦长}\times\text{右弦长}}{2R}\times 1000\ (\text{mm})$$

在短小曲线头尾拉一弦线（道岔导曲线及附带曲线等），可利用任意点的矢距调整曲线圆度。利用计算出的各点矢距即可拨正曲线位置，使曲线圆顺。

例如，曲线半径 50m，头尾弦长 10m，一点左弦长 7m，右弦长 3m，则

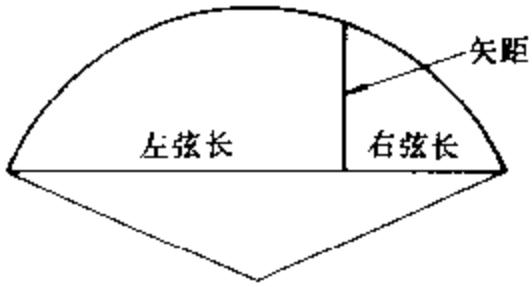


图 3—19　曲线任意点矢距

$$矢距=\frac{7\times3}{2\times50}\times1000=210\text{mm}$$

因圆曲线两端与直线连接，在连接处直圆点及圆直点的正矢为圆曲线的一半，即

$$f_{直圆}-f_{圆直}=\frac{f}{2}$$

二、曲线方向整正

铁道曲线经过列车长时间的运行，在列车动力作用下，曲线方向及位置经常变化，方向不良的曲线影响机车车辆平稳运行，机车车辆不平稳的运行，加剧对铁道的破坏，形成恶性循环，危及行车安全。为了保持曲线的圆顺性和正确位置，必须及时整正曲线。整正曲线的方法就是调整正矢使曲线达到圆顺。

整正曲线使之恢复原来的圆顺度，是通过拨动曲线的位置来实现的。而任何一点位置的变动，不仅改变了该点的正矢也改变了前后两邻点的正矢。它们是互相联系和制约的，因此必须找出正矢和拨量之间的变化关系。

1. 曲线拨道与正矢变化关系

由于铁道上钢轨是连续的，曲线上任意一点的拨动，对相邻点的正矢都有影响。如图 3—20 所示，1、2、3、4、5 为曲线上五个点，当 3 点向外移动 L_3 时，其它各点不动，则 3 点的正矢增加 L_3，而前后两点（2、4 点）的正矢各减少$\frac{L_3}{2}$；同样，如果把 2 点向外拨动 L_2，其它各点不动，则 2 点的正矢将增加 L_2，而 1、3 点的正矢各减少$\frac{L_2}{2}$。根据这个道理，曲

线上各点拨道和正矢之间的关系，可以用下面的公式表示。

$$\begin{matrix}\text{拨后}\\\text{正矢}\end{matrix}=\begin{matrix}\text{该点现}\\\text{场正矢}\end{matrix}+\begin{matrix}\text{该点}\\\text{拨量}\end{matrix}-\begin{matrix}\text{该点前后点}\\\text{半拨量之和}\end{matrix}$$

即
$$f_i = f_{i现} + L_i - \left(\frac{L_{i前} + L_{i后}}{2}\right)$$

式中 f_i ——第 i 测点拨后正矢（等于计划正矢）；

e_i ——第 i 点拨量；

$f_{i现}$ ——第 i 点拨前正矢（现场正矢）；

$f_{i前}$ ——第 i 点前测点拨量；

$f_{i后}$ ——第 i 点后测点拨量。

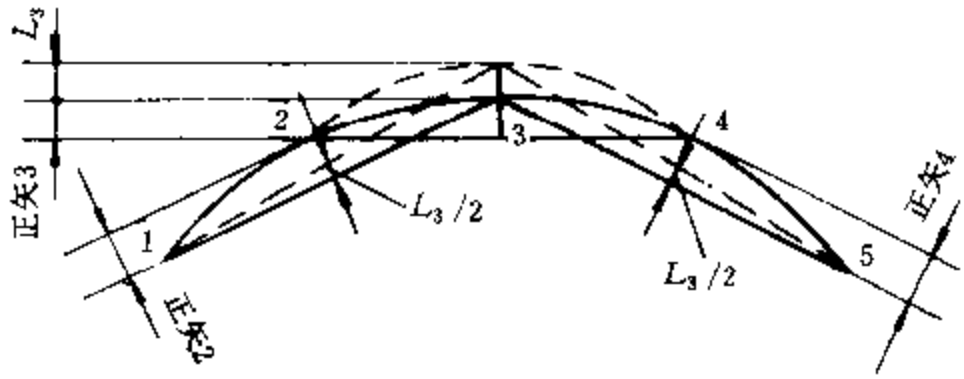


图 3—20 曲线上各相邻点正矢的影响

为保证曲线整正后的正确位置和曲度，应预先计算好每个测点的拨量，这样可使拨距最小，并保证铁道质量。

2. 整正曲线注意事项

1）曲线两端直线方向不变

整正曲线应保持两端直线方向不变，即保持曲线转角（圆心角）不变，因此曲线各测点拨前正矢（现场正矢）与拨后正矢（计划正矢）的正矢差的合计要等于零，即

全部现场正矢减全部计划正矢等于零。

正矢差分正负，当现场正矢大于计划正矢时为正数，反之为负数。

圆曲线计划正矢可按下式求得：

$$f_{计}=\frac{\Sigma f_{现}}{n-1}$$

式中 $f_{计}$——曲线计划正矢；

$\Sigma f_{现}$——曲线现场正矢合计；

n——曲线测量正矢点数。

2）曲线两端直线位置不变

为了使曲线两端直线位置不变，必须使曲线头尾的拨量为零，只有整个曲线正矢差累计的合计等于零，才能使曲线两端直线位置不变。即

所有测点的正矢差累计的合计等于零。

3. 试算修正法整正曲线的步骤

1）现场测量曲线正矢

在测量现场曲线正矢以前，应先把曲线前后直线调整量（曲线前后直线拨直后应拨量）测出，或把不正常曲线拨入曲线范围以内。如曲线方向很差应先粗拨一次。

测量时先在曲线上股钢轨按 5m（并下按 1m）排好测点，测绳一端应伸入曲线头尾直线范围内，将测点按顺序编号，测点应尽可能排在曲线头尾上。地面在无风天气用 10m 长尼龙弦线（并下用 2m 尼龙弦线）在每一测点的左右邻点间拉紧，用钢板尺量取该点的正矢。弦线两端及量尺位置均在外轨内侧的轨顶下 13mm 处。测量正矢时，要使眼、线、尺三者互相垂直，以免有视差，如图 3—21 所示。每点应至少测量 2～3 次，取平均值，准确到 mm，并将实测正矢填入表内。对限界、控制点、轨缝、路基宽度及线间距等要做好记录。

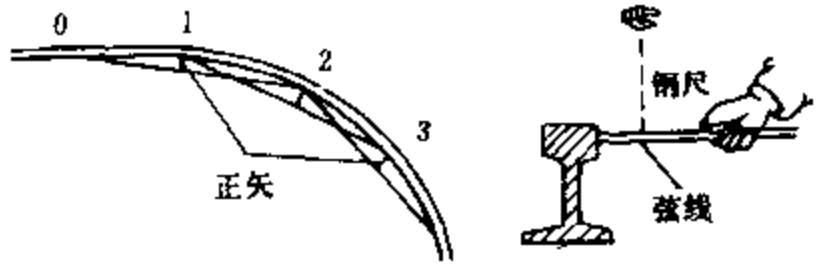


图 3－21　正矢测量

在测得的现场正矢超过标准规定时，应进行计算，以确定拨道量。如要整正半径为 100m 的曲线，现场正矢见表 3－5 第 2 栏所列的数值。

2）确定曲线头尾位置

确定曲线头尾位置，必须求出曲线中央点的位置、平均正矢和曲线长度。

（1）求曲线中央点位置

曲线中央点位置为现场正矢倒累计合计除以现场正矢合计。现场正矢倒累计见表 3－5 所列数值，它是将现场正矢从测量终点往测量始点方向，用“斜加平写”的方法累计，它的合计就是把各点累计值加在一起。

$$\text{现场正矢倒累计合}=f_{18}+(f_{18}+f_{17})+\cdots\cdots+(f_{18}+f_{17}+\cdots\cdots f_2+f_1)$$

$$=17813$$

现场正矢合计见表 3－5 第 2 栏所列，即

$$\text{现场正矢合计}=f_1+f_2+\cdots\cdots+f_{17}+f_{18}=1877$$

$$\text{因此，中央点}=\frac{17813}{1877}=9.49$$

“9.49”即表示曲线中央点在第 9 测点加 0.49×5m（每个测点间距为 5m）的位置，即第 9 测点加 2.45m 的位置。

（2）求曲线平均正矢

表 3—5　试算修正法拨道计算表

（mm）

测点	现场正矢	现场正矢倒累计	一次试算		二次试算			三次试算				四次试算					拨后正矢	备注
			计划正矢	正矢差	计划正矢	正矢差	差累计	计划正矢	正矢差	差累计	半拨量	计划正矢	正矢差	差累计	半拨量	拨量		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	1877	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	63	1877	63	0	63	0	0	63	0	0	0	63	0	0	0	0	63	直圆
3	126	1814	125	+1	125	+1	+1	126	0	0	0	125	+1	+1	0	0	125	
4	124	1688	125	−1	125	−1	0	125	−1	−1	0	125	−1	0	+1	+2	125	
5	128	1564	125	+3	126	+2	+2	126	+2	+1	−1	126	+2	+2	+1	+2	126	
6	120	1436	125	−5	126	−6	−4	125	−5	−4	0	125	−5	−3	+3	+6	125	
7	126	1316	125	+1	125	+1	−3	125	+1	−3	−4	125	+1	−2	0	0	125	
8	130	1190	125	+5	125	+5	+2	125	+5	+2	−7	126	+4	+2	−2	−4	126	

续表

测点	现场正矢	现场正矢倒累计	一次试算		二次试算			三次试算				四次试算					拨后正矢	备注
			计划正矢	正矢差	计划正矢	正矢差	差累计	计划正矢	正矢差	差累计	半拨量	计划正矢	正矢差	差累计	半拨量	拨量		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9	123	1060	125	0	125	0	+2	125	0	+2	−5	125	0	+2	0	0	125	控制点不准有拨量
10	122	935	125	−3	125	−3	−1	−1 125	−3	−1	−3	126	−4	−2	+2	+4	126	
11	126	813	125	+1	125	+1	0	125	+1	0	−4	125	+1	−1	0	0	125	
12	124	687	125	−1	125	−1	−1	125	−1	−1	−4	125	−1	−2	−1	−2	125	
13	125	563	125	0	125	0	−1	125	0	−1	−5	125	0	−2	−3	−6	125	
14	130	438	125	+5	125	+5	+4	125	−5	+4	−6	125	+5	+3	−5	−10	125	
15	123	→308	125	−2	125	−2	+2	−1 125	−2	−2	−2	124	−1	+2	−2	−4	124	
16	123	→185	125	−2	125	−2	0	125	−2	0	0	125	−2	0	0	0	125	
17	62	→62	62	0	125	0	0	62	0	0	0	62	0	0	0	0	62	圆直
18	0	→0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合计	1877	17813		+16 −14	0	+15 −15	+13 −10		+14 −14	+11 −11			+14 −4	+12 −12				

曲线平均正矢是曲线头尾的合计正矢除以曲线头尾测点数减1。

$$\text{曲线平均正矢}=\frac{1877}{16-1}=125.13$$

（3）求曲线长

根据原曲线长的分段数等于现场正矢合计除以圆曲线平均正矢：

$$\text{曲线长分段数}=\frac{1877}{125.13}=15$$

“15”表示曲线长分为15段，因每个测点间距为5m，因此曲线长为75m。

（4）确定曲线头尾位置

$$\text{直圆点}-9.49-\frac{15}{2}-1.99$$

$$\text{圆直点}-9.49+\frac{15}{2}=16.99$$

即直圆点在测点1.99，也就是测点1处加4.95m的位置上；圆直点在测点16.99，也就是测点16处加4.95m的位置上，如图3－22所示。

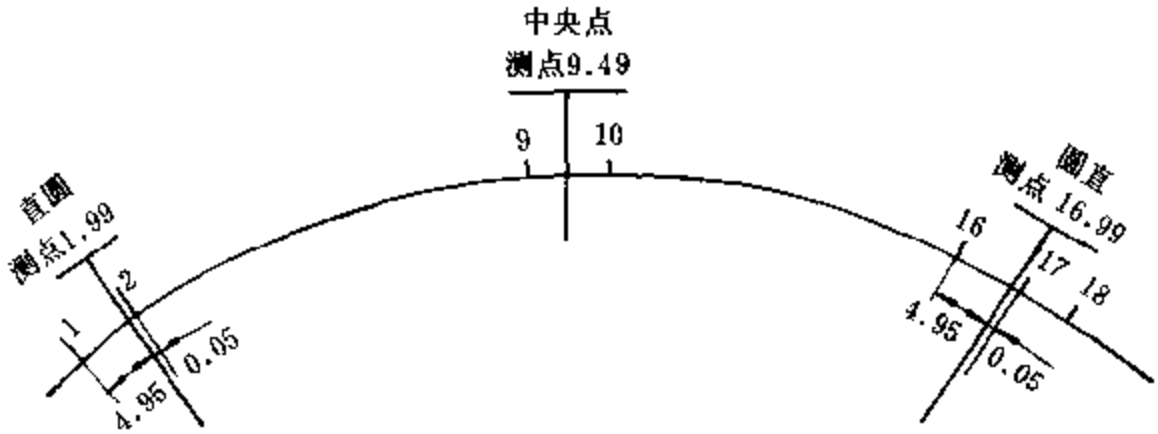


图3－22　曲线头尾位置

如直圆点与圆直点与现场正矢测点重合，计算的正矢也就是该点的理论正矢（即计划正矢）。如果它们不在测点上，就要算出它们附近测点上的计划正矢，可利用圆曲线始终点附近正矢系数乘圆曲线正矢求得，即

测点附近正矢＝正矢系数×圆曲线正矢

为了简化计算步骤，可按计算后的曲线头尾位置为测点，重新布置各测点。这样一般情况下，曲线各标桩（或标记）都在测点上，但增加了测量工作量，如曲线头尾离测点较近，可近似地把各标桩上的计划正矢当作附近测点上的计划正矢来计算。

（1）计划正矢的第一次试算

计划正矢应根据现场正矢情况确定，应尽可能的按曲线标准正矢设计。所有现场正矢减计划正矢的正矢差，正、负数相加应等于零。根据这个条件，要按现场正矢情况确定圆曲线的计划正矢。

圆曲线计划正矢等于现场正矢合计被圆曲线正矢测点减1除，见表3—5，即

$$\text{圆曲线计划正矢}=\frac{1877}{16-1}\approx 125$$

圆曲线的直圆点和圆直点的正矢为曲线正矢的1/2，则

$$\text{直圆点和圆直点计划正矢}=\frac{125}{2}=62.5$$

把计划正矢写入第4栏内。

（2）第二次试算修正计划正矢

根据曲线两端直线方向不变，正矢差合计应等于零的要求，即现场正矢减计划正矢的正矢差，正、负数值相等，如不等则需进行第二次试算。当现场正矢大于计划正矢时，正矢差为“＋”，反之为“—”。正矢差的“＋”和“—”值相

等时，正矢差合计等于零。不相等时，如果“＋”值大时，就在适当测点上加计划正矢；如果“－”值大时，就在适当测点减计划正矢。每个测点计划正矢的调整数要在1之内，以保证曲线的圆顺。

例如第一次试算正矢差合计为：16－14＝2，因此需要在适当测点加2mm的计划正矢。在表3－5中第5、6点的计划正矢分别加1。经过调整后的计划正矢列入第6栏内。

通过二次试算，满足了正矢差合计为零的要求。然后计算正矢差累计。某点差累计＝前点差累计＋该点正矢差，按表3－5中第8栏箭头所示方向用“斜加平写”法累计，差累计有“＋”和“－”之分。

(3) 第三次试算修正计划正矢

把各点正矢差累计的正、负数分别加起来，当正、负相等时满足了差累计合计为零的要求，使曲线头尾拨量为零，如差累计不等于零，则要第三次试算调整计划正矢。

调整计划正矢的方法是：在保证计划正矢不变（即正矢差合计应等于零）的原则下，适当的调整计划正矢。当把正矢差累计的正负数分别加起来，正数大时，在某测点加计划正矢，在此测点下边适当测点上减同样数值的计划正矢；负数大时，可在某测点上减计划正矢，在此测点下边适当测点加计划正矢。正矢差累计正数大时“上加下减”，负数大时“上减下加”，“适当测点”是指加减正矢两测点的点号之差乘调整量，正好为差累计的消去量。即

消去量＝计划正矢调整量×两测点号数差

表3－5第8栏中差累计的正数合计为＋13，负数合计为－10，差累计合计为＋3（即消去量为＋3），采用正矢调整量为1，加正矢与减正矢两测点号数差为3，根据正数大要

“上加下减”，在算例中把第6栏计划正矢，测点3加1，测点6减1，就可使差累计合计等于零。

计划正矢调量一般采用1。在差累计消去量大时，可以在几对测点进行调整。选择调整测点要考虑曲线的圆顺性。

通过这次调整计划正矢，满足了曲线整正的基本要求，可计算曲线拨量。某点半拨量等于该点前所有正矢差累计的合计，也就是等于前点半拨量与前点差累计之和，即

某点半拨量＝前点半拨量＋前点差累计

按表3—5第11、12栏箭头所指方向，用“平加下写”方法计算半拨量。

半拨量有正、负之分，半拨量为正号时，该点轨道要往上挑，负号时往下压。

(4) 第四次试算修正计划正矢

计算的曲线拨后正矢，拨量不大，说明计算方案比较合适。如果拨量大，影响建筑限界或需要加宽路基，铁道上有桥梁，道口，信号机等建筑物的限制，造成施工困难，要求拨量控制在一定范围内，或某测点不能有拨量时，需再次调整计划正矢，需进行第四次试算。

如表3—5中测点9处为控制点，铁道不能拨动，而通过第四次试算，该点半拨量为“－5”，需再次调整计划正矢，使该点半拨量为零。即该点以前差累计的合计为零，因第9测点半拨量即该点以前差累计合计为－5，要使第9测点以前的差累计合计为“－5”变成零，就需要调整9点以前的计划正矢，使第8点的差累计合计为零。因为原有差累计合计为“－5”，所以用“上减下加”，在测点3第9栏计划正矢上减1，在测点8第9栏计划正矢上加1，其差累计的增加量＝(8－3)×1＝5。

这样测点9的半拨量便可达到零。但从整个曲线来讲，它的差累计合计由原来的“0”变为“+5”。为使整个曲线的差累计合计仍然保持零，就必须在测点9以下适当测点上，用“上加下减”办法，把增加量消去，即在第10测点9栏计划正矢加1，在15测点9栏计划正矢减1，其消去量=(15—10)×1=5。这就使整个曲线差累计合计仍然等于零。

要减少某测点半拨量，就以这点为界，把曲线分为两段，用调整差累计合计的办法来调整计划正矢。减少拨量的测点以上部分(不包括此测点)，差累计的合计调整量就是这点半拨量的消去量。为保持整个曲线差累计合计为零，则相应的在这点以下部分调整计划正矢（调整的号数差及调整量与上部相同，加减号相反，即上部“上减下加”，下部则为“上加下减”)。

调整完半拨量后，便计算拨量，即拨量=半拨量×2。

为验证计算结果要计算拨后正矢，拨后正矢等于该点现场正矢加该点拨量，再减去前后两点半拨量之和。各点拨后正矢应与各点调整后计划正矢相等，否则应重新复核。

4. 梯形修正法拨道计算

“试算修正法”比较繁琐，梯形修正法计算比较简单。“梯形修正法”也是保证曲线两端直线方向不变的条件下，通过调整各测点的计划正矢，计算出合理的拨道方案。

1）正矢差累计的梯形修正法

如表3—6第5栏正矢差累计的合计为+3，为保持曲线头尾位置不变，要消去“+3”。用梯形修正法，在某些测点上，加上与正矢差累计合计的符号相反，总数值相同的修正量。在表3—6中需要加负数，总的修正量为—3，则以3、4、5测点上进行修正，每点修正值为“-1”写入第6栏，这样

就可以消去正矢差累计合计的“+3”，满足曲线头尾不变的要求。

表 3-6　梯形修正法拨道计算表　　(mm)

测点	现场正矢	计划正矢	正矢差	正矢差累计	修正量	半拨量	拨量	拨后正矢	备　注
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	→0	→0	0	0	
2	63	63	0	0	→0	→0	0	63	直圆
3	126	125	+1	+1	→−1	→0	0	126	(+1)
4	124	125	−1	0	−1	0	0	125	直圆
5	128	126	+2	+2	−1	−1	−2	126	(+1)
6	120	126	−6	−4		0	0	125	(−1)
7	126	125	+1	−3		−4	−8	125	
8	130	125	+5	+2		−7	−14	125	
9	125	125	0	+2		−5	−10	125	
10	122	125	−3	−1		−3	−6	125	
11	126	125	+1	0		−4	−8	125	
12	124	125	−1	−1		−4	−8	125	
13	125	125	0	−1		−5	−10	125	
14	130	125	+5	+4		−6	−12	125	
15	123	125	−2	+2		−2	−4	125	
16	123	125	−2	0		0	0	125	
17	62	62	0	0		0	0	62	圆直
18	0	0	0	0		0	0	0	
合计	1877	1877	+15 −15	+13 −10					

差累计合计数值大时，要在较多测点上修正。为了使曲线圆顺，相邻测点修正量应排列成梯形的渐变的形式，渐变量为 1mm。相邻测点的修正量相同。如用几个梯形修正时，

在两个梯形之间，至少要有两个测点不做修正，以保证拨后曲线圆顺。

梯形修正差累计与调整计划正矢的原理相同。修正差累计，就是调整计划正矢，如在表 3—6 中，测点 3 差累计修正“—1”，相当于在该点的计划正矢调整“+1”。由于测点 3 的计划正矢调整“+1”，对测点 4 的差累计也影响“—1”，所以测点 4 上修正“—1”是不影响该点计划正矢的。同理测点 5 的计划正矢也不受影响。由测点 5 过渡到测点 6，修正量由“—1”变为“0”，也相当于在测点 6 上的计划正矢调整“+1”。所以在测点 3、4、5 上的差累计各修正“—1”，等于在测点 3、6 上分别把计划正矢调整“+1”和“—1”（与表 3—5 相同）。即

某点计划正矢调整量＝前点修正量－该点修正量

梯形修正法半拨量的计算与试算法相同，但需考虑修正量，即

某点半拨量＝前点半拨量＋前点差累计＋前点修正量

修整后的拨后正矢为：

某点拨后正矢＝该点计划正矢＋（前点修正量－该点修正量）

2）半拨量的梯形修正法

半拨量大时，要把它减少，也可以用梯形修正法。方法与修正差累计一样，但为了使整个曲线的差累计合计为零，要用上下两个数值相同，正负号相反的两个梯形来修正，使修正量互相抵消。如曲线的上部半拨量“—”号大，要用正号梯形修正。在下部用数值相同符号相反的负号梯形修正；如曲线上部半拨量“+”号大，要用负号梯形来修正，在下部用数值相同的正号梯形修正。

从差累计及半拨量的定义可知，某测点的修正量为

“－1”，在它下面各测点的半拨量都减“1”；反之，如果修正量为“＋1”，在它下面各测点的半拨量都加“1”。一个梯形的总修正量，会影响在它下面各测点的半拨量，影响值都是这个梯形总修正量，直至下面用同一个符号相反，数值相等的梯形来反修正为止，因此可根据需要来控制某一测点的半拨量。如表3－6第9测点，原半拨量为“－5”，要使这个测点无拨量，就要在它之上用同一个总修正量为“＋5”的正号梯形，在它之下用数值相等的负号梯形，方可达到测点9的半拨量为零，测点10、11各测点半拨量也修正“＋5”变为“＋2”、“＋1”，在测点11以下因设置数值相等的负号梯形，各测点的半拨量才能恢复到原状。

3）梯形修正法的综合利用

正矢差累计及半拨量的梯形修正法，可以同时综合地用一次梯形修正，即在修正半拨量的梯形中，同时考虑正矢差累计合计的修正量。

5. 简易拨道计算法

简易拨道计算法，是利用拨道前后测点正矢相互影响的关系，计算拨道量。这种计算方法简单，拨道量较小。主要缺点是控制不了曲线头尾位置。简易拨道计算步骤是：

1）测量现场正矢

测量方法与试算法相同，将实测正矢列入表3－7中第2栏。

2）调整正矢

各测点现场正矢相差很大时应先调整，使曲线各点正矢尽量接近曲线标准正矢。以表3－7为例，曲线4、5、6点实测正矢分别为114、144、113等，把测点5的正矢减20mm，则测点4、6的正矢要增加10mm，调整后的正矢为124、124、

表3—7 简易拨道计算表 (mm)

测点	现场正矢	调整量			调整正矢	计划正矢	正矢逆差	第一次修正量			第二次修正量			拨量	拨后正矢	备注
		前影响量	调整量	后影响量				前影响量	修整量	后影响量	前影响量	修整量	后影响量			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	0				0	0			0				0	0		
1	63				63	63				+1		+1	0	+1	62.5	曲线头
2	122				122	125	+3		+3	0	0	0	0	0	+3	124.5
3	126				126	+2 125	−1		0	0	0	0	0	0	124	
4	114			+10	124	125	+1	+1 0	+1	0	0	0	0	+1	124	
5	144		−20		124	125	+1	0	+1	+1	0	+1	0	−18	125	
6	113	+10			123	125	+2	0	+2	−1	0	−1	0	+1	124	
7	129				129	125	−4	+1	−3	+1	0	+1	0	−2	125	
8	121				121	125	+4	−1	+3	0	0	0	−1	+3	126.5	
9	127				127	125	−2	+1	−1	−2	0	−2	−1	−3	125.5	
10	129				129	125	−4	0	−4	−1	−1	−2	−1	−6	127	
11	126				126	125	−1	−2	−3	−1	−1	−2	0	−5	125.5	
12	126				126	125	−1	−1	−2	0	−1	−1	0	−3	125	
13	123				123	125	+2	−1	+1	0	0	0	0	+1	125.5	
14	125				125	125	0	0	0		0	0		0	125.5	
15	63				63	63	0	0	0		0	0		0	63	曲线尾
16	0													0	0	
合计	1751				1751	1751	+13 −13								1752.5	

123，接近于其它测点的正矢，填入第 6 栏。

3）计划正矢

计划正矢根据现场实测平均正矢和曲线标准正矢来设计，以减少曲线拨量，如果计划正矢与现场正矢不等时，可用试算法的调整方法，适当的调整计划正矢。

表 3－7 中圆曲线测点数为 15 个，现场正矢合计为 1751mm，则圆曲线现场正矢$=\frac{1751\text{mm}}{15-1}=125\text{mm}$。100m 半径曲线标准正矢也是 125mm，因此各测点计划正矢可按 125mm 设计，如果计划正矢与现场正矢合计不相等，需适当调整计划正矢。

4）正矢逆差

正矢逆差　计划正矢－调整正矢

正矢逆差“＋”“－”应相等。如果“＋”数多，就在适当测点上减计划正矢，反之“－”数多，就在适当测点加计划正矢。调整计划正矢时，要考虑曲线的圆顺性，每个测点正矢的调整量不要太大，一般为 1mm。

5）修正量（参见表 3－7）

第一次修正量(10 栏)：第 1 测点的修正量等于该点的正矢逆差，第 2 测点及以下各点的修整量等于该点的正矢逆差与前影响量(9 栏)之和。修整量前后影响量的分配如 10 栏箭头所示，即某测点前点(9 栏)和后点(11 栏)影响量等于该点修正量的一半。修正量为单数时(如 1、3、5 等)，影响量的 0.5 可以去掉，只用到整数，影响量的符号与修正量相同。

第二次修正量(13 栏)：第 1 测点修正量等于第一次后影响量，第 2 测点及以下各点修正量等于第一次后影响量与本次前影响之和。这样反复修正，直到后影响量没有超过 1 的测点时为止。

6）拨量

拨量＝调整量＋各次修整量

例如：测点5的拨量＝－20＋1＋1＝－18

拨量为正数时，钢轨向外拨（向上挑），拨量为负数时，钢轨向里拨（向下压）。

表 3－8　简易正矢计算表　　(mm)

测点	现场正矢	调整量			调整正矢	计划正矢	正矢逆差	第一次修正量			第二次修正量			拨量	拨后正矢	备注
		前影响量	调整量	后影响量				前影响量	修整量	后影响量	前影响量	修整量	后影响量			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	0				0	0	0				0			0	0	0
1	63				63	63	0		0	+1		+1	0	+1	62.5	曲线头
2	122				122	125	+3	0	+3	0	0	0	0	+3	124.5	
3	126				126	125	−1	+1	0	0	0	0	0	0	124	
4	114			+10	124	125	+1	0	+1	0	0	0	0	+1	124	
5	144		−20		124	125	+1	0	+1	+1		+1	0	−18	125	
6	113	+10			123	125	+2	0	+2	−1		−1	0	+1	124	
7	129				129	125	−4	+1	−3	+1		+1	0	−2	125	
8	121				121	125	+4	−1	+3	0	0	0	−1	+3	126.5	
9	127				127	125	−2	+1	−1	−2		−2	0	−3	125.5	
10	129			+1	130	125	−5	0	−5	0	−1	−1	0	−6	126.5	
11	126		−2		124	125	+1	−2	−1	−1	0	−1	0	−4	126	
12	126	+1			127	125	−2	0	−2	0	0	0	0	−2	125.5	
13	123				123	125	+2	−1	+1	0	0	0	0	+1	125	
14	125				125	125	0	0	0	0	0	0		0	125	
15	63				63	63	0	0	0		0			0	63	曲线尾
16	0				0	0	0	0	0			0		0	0	
合计	1751				1751	1751	+14 −14									

7）拨后正矢（表 3－7 第 16 栏）

$$\text{任一点拨后正矢} = \text{该点现场正矢} + \text{拨量} - \frac{\text{前点拨量} + \text{后点拨量}}{2}$$

例如：测点 6 的拨后正矢$=113+1-\dfrac{(-18-2)}{2}$

$=114+10$

$=124$

简易拨量计算法的计划正矢，与拨后正矢是不相等的，计算的拨后正矢应符合曲线正矢标准要求，如不符合标准可适当加以调整。在表 3－8 中测点 10 与相邻测点正矢差较大需进行调整，在第一次修正后各测点的后影响量均不大于 1，就不再修整。

6. 曲线正矢个别调整计算表

如曲线正矢只有个别测点不良，可进行局部调整，如表 3· 9 所列。

表 3－9　个别调整计算表　　(mm)

测点	现场正矢或拨后正矢	
1	0	
2	63	
3	115	115＋10＝125（因测点 4 内拨 20，本点影响＋10）
4	145	145－20＝125（在此点内拨 20）
5	115	115＋10＝125（因测点 4 内拨 20，本点影响＋10）
6	125	
7	135	135－10＝125（因测点 8 外拨 20，本点影响－10）
8	105	105＋20＝125（在此点外拨 20）
9	135	135－10＝125（因测点 8 外拨 20，本点影响－10）
10	63	
11	0	

7. 曲线拨道

曲线各点的拨量确定后，为避免计算基础的现场正矢发生变化，应立即进行拨道。

拨道常用的方法是把活动桩（铁钎）打在曲线外侧，使外轨作用边到活动桩的距离，在拨道后为一常数，按此常数拨道即可。因铁道有弹性，拨道时要留一定的回弹量，回弹量的大小随钢轨类型，拨道量的大小而异（曲线轨道下压比上挑回弹力大）。

曲线拨动时，由于曲线的上挑和下压，而使曲线伸长和缩短，其伸长和缩短就要拉长或缩小接头轨缝。因此在拨道前一定要查清曲线轨缝情况，判别是否能满足拨道后的需要，如轨缝不能满足要求，就要在拨道前把轨缝调整好。

若平均拨量为正数，曲线外拨，曲线长度伸长，轨缝拉大；反之曲线缩短，轨缝缩小。

用公式表示为：

$$\text{拨后曲线伸缩量}=\frac{\text{平均拨量}\times\text{拨道长度}}{\text{曲线半径}}$$

式中伸缩量及平均拨量以 mm 计，拨道长度及半径以 m 计。

$$\text{平均拨量}=\frac{\text{各点正、负拨量代数和}}{\text{测点数}}$$

$$\text{轨缝平均伸缩量}=\frac{\text{拨后曲线伸缩量}}{\text{曲线接头数}}$$

拨道时，在曲线上以外股为准，而直线上以里程方向右股为准，复线直线地段以每条线路的里股为准。

三、曲线维修

曲线是铁道的薄弱环节，其构造复杂，有外轨超高和顺坡，内轨加宽和递减。从受力情况看，有未被平衡的水平力，

此外，中间扣件容易松动，钢轨容易磨耗或压溃。为了提高行车速度，降低维修成本，延长铁道使用寿命，保证行车安全，就必须做好曲线铁道的维修工作。

1. 曲线方向不良的预防和整治

曲线方向不良对铁道质量影响很大。曲线方向不良说明曲线半径有变化，这样列车通过时未被平衡的离心力就大，引起车轮撞击铁道，破坏铁道方向，造成轨距水平超限等弊病，促使钢轨不均匀磨耗加重，如不及时整治，将危及行车安全。预防和整治曲线方向不良的方法有：

(1) 保持正确的曲线位置和正矢，加强日常养护。采用“拨、改、弯”相结合的方法，即 2m 以内方向不良用改道的方法，2m 以上方向不良采用拨道方法，对钢轨硬弯所引起的方向不良，用弯道器矫正。如道床不稳可采取夯实和加宽外股道床，增加道床阻力。

(2) 保持铁道水平、轨距。轨距、水平不良，会使曲线变形，因此就必须按规定保持好超高和加宽。矫正硬弯钢轨，上好拉杆，保持道床清洁，加强捣固，及时消灭坑洼，消灭接头“支嘴”和低接头，在改道作业时注意正矢不要超限。

(3) 锁定铁道，防止爬行。

(4) 保持好曲线头尾方向，如曲线两端的直线方向不良，或把曲线拨成直线，都容易产生“鹅头”，因此在曲线整正时，必须拨好两端直线方向，消灭“鹅头”。

2. 整治不正常磨耗钢轨

轨道的超高设置不当、方向不良，钢轨内倾不合适、不涂油等都会引起钢轨不正常磨耗。因此，必须使曲线保持圆顺，抬好超高，保持正确的钢轨内倾，对半径小、轮缘与钢轨磨耗严重地点的钢轨进行涂油。

第四章　道　　岔

道岔是矿井窄轨铁道中不可缺少的重要组成部分。它是把两条或两条以上的铁道，在平面上进行相互连接或交叉，从而引导机车车辆由一条铁道进入另一条铁道的设备。道岔零件较多，构造复杂，养护比较困难，是铁道上部建筑的薄弱环节。

第一节　道岔的分类

一、煤矿窄轨铁道标准道岔

1. 普通单开道岔（图 4 -1）

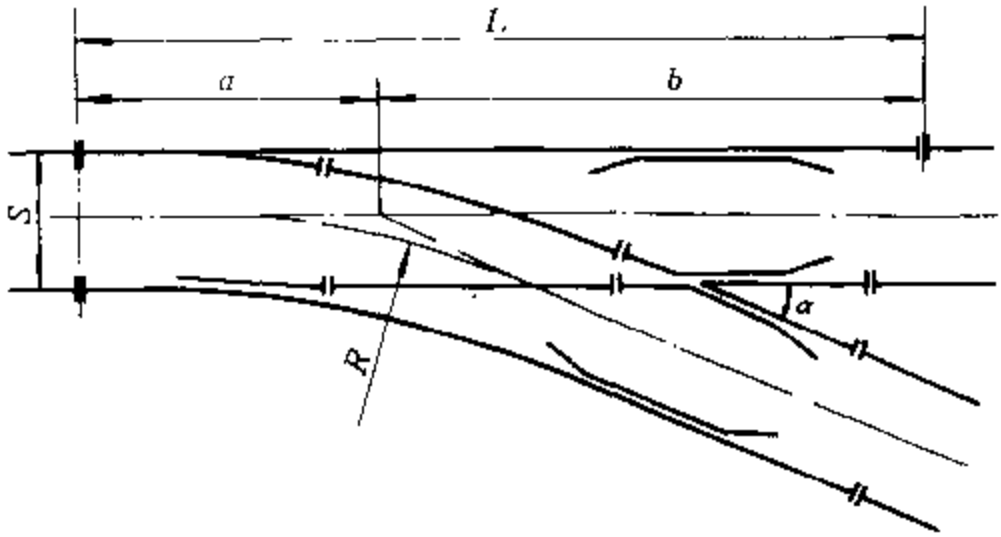


图 4－1　普通单开道岔

这种道岔是将一条铁道分为两条铁道的设备，有直股和曲股，分左开和右开。站在尖轨前向道岔尾部看，曲股向左

的为左开道岔，曲股向右的为右开道岔。

2. 对称道岔（图 4—2）

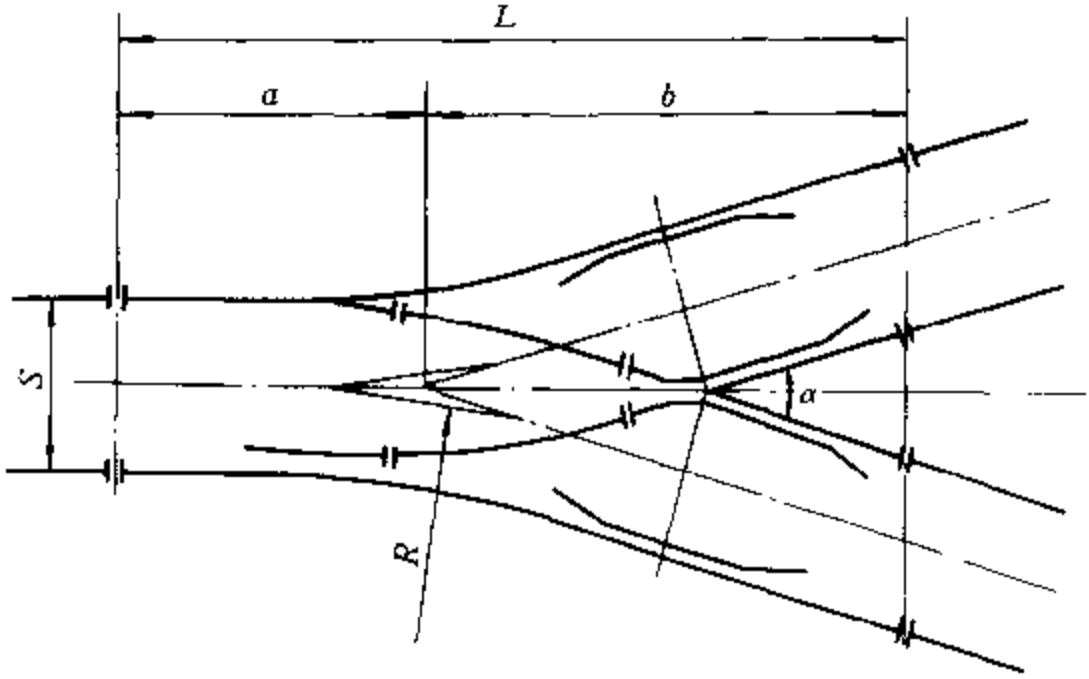


图 4-2 对称道岔

对称道岔又称双开道岔，是将铁道向左右对称分开的设备。两侧都是曲股，并对称于直股中心线（即辙岔角的平分线）。

3. 渡线道岔（图 4—3～4—4）

渡线道岔是连接两条相邻铁道的设备。由两组相同号数的单开道岔和一段连接轨组成的单渡线道岔。它是在列车由一条铁道驶入另一条相邻铁道时使用。图 4—3 是单渡线道岔。

图 4-4 所示的道岔是由四组相同号数的单开道岔和一组菱形交叉构成交叉渡线道岔，即由两组方向相反的单渡线重叠在一起，供两条铁道上的列车双向交叉行驶之用。

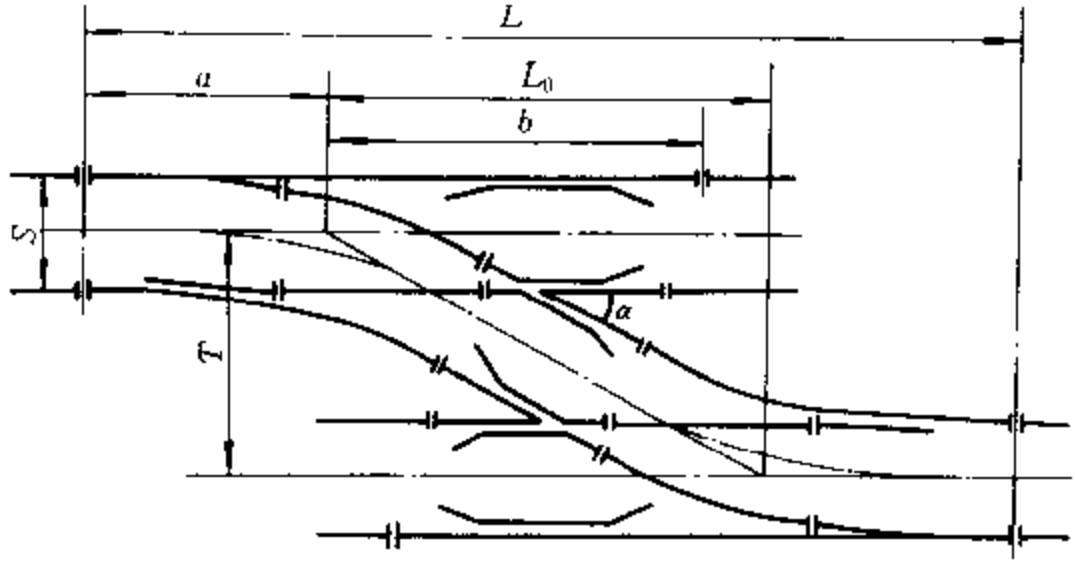


图 4 · 3　单渡线道岔

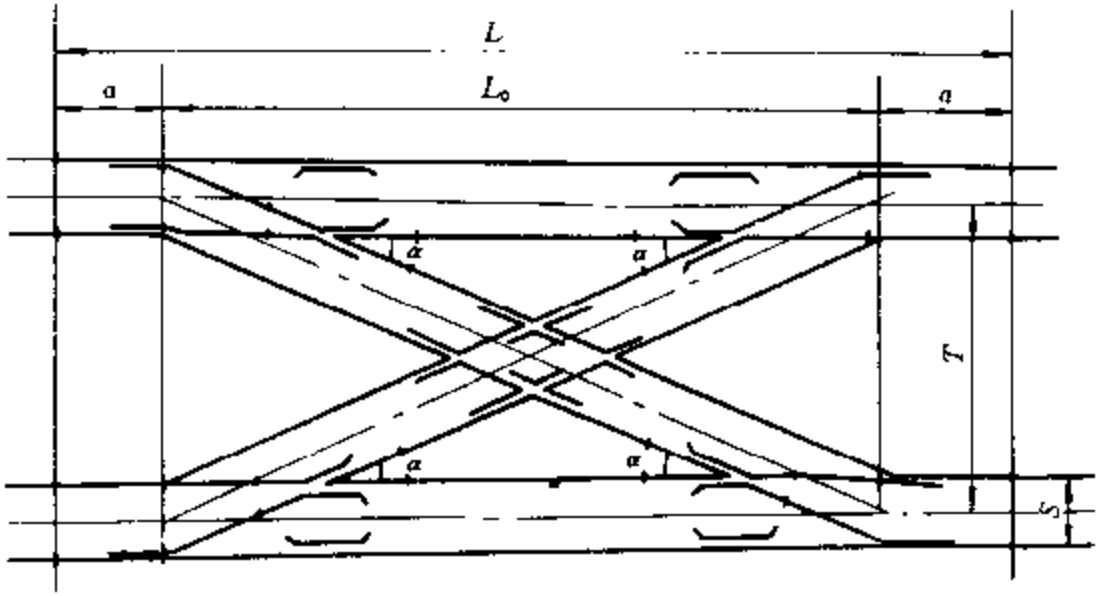


图 4　4　交叉渡线道岔

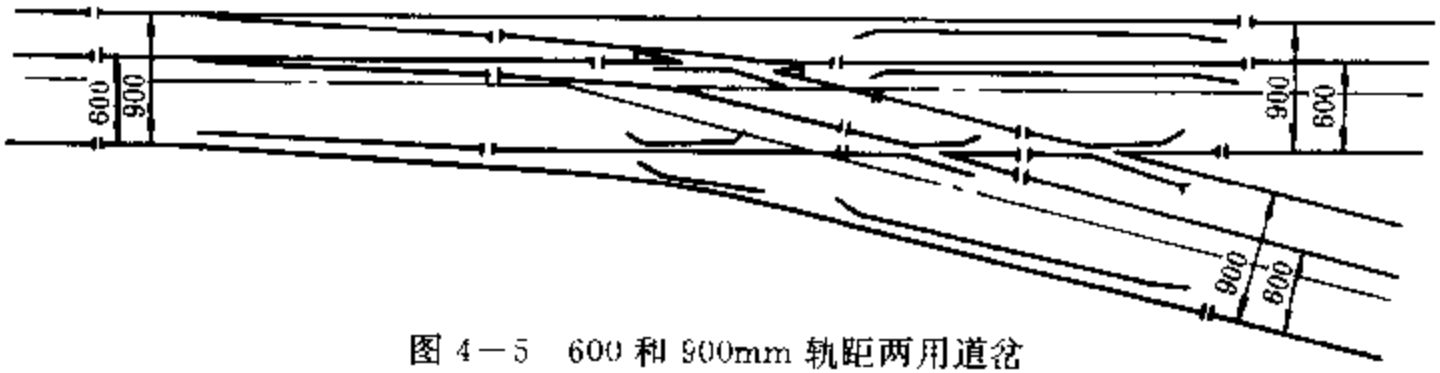


图 4—5　600 和 900mm 轨距两用道岔

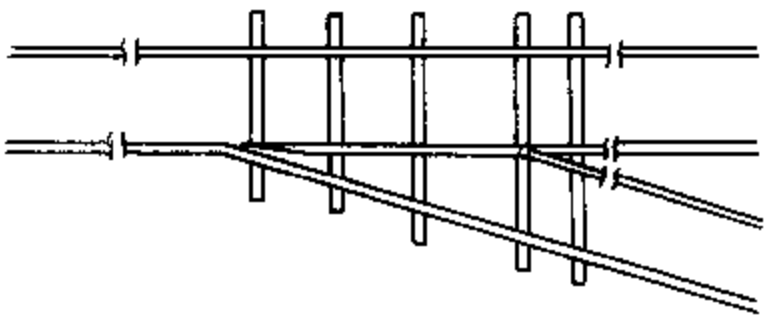


图 4—6　施工简易道岔

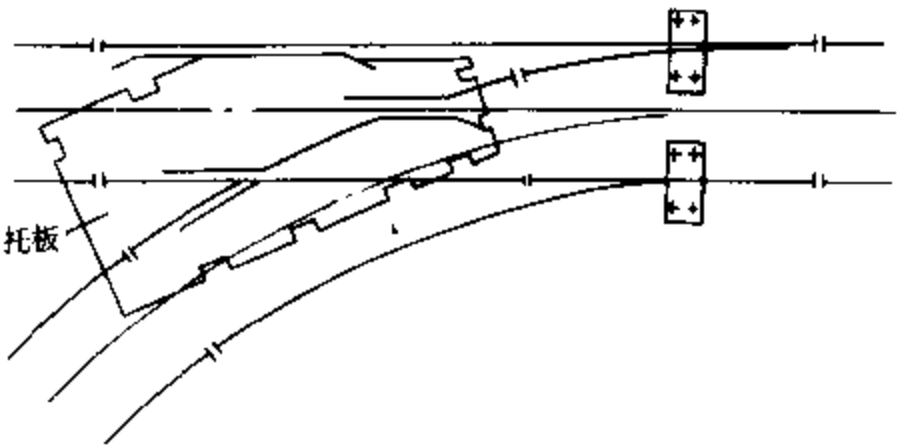


图 4—7　单轨无极绳运输铁道的单开道岔

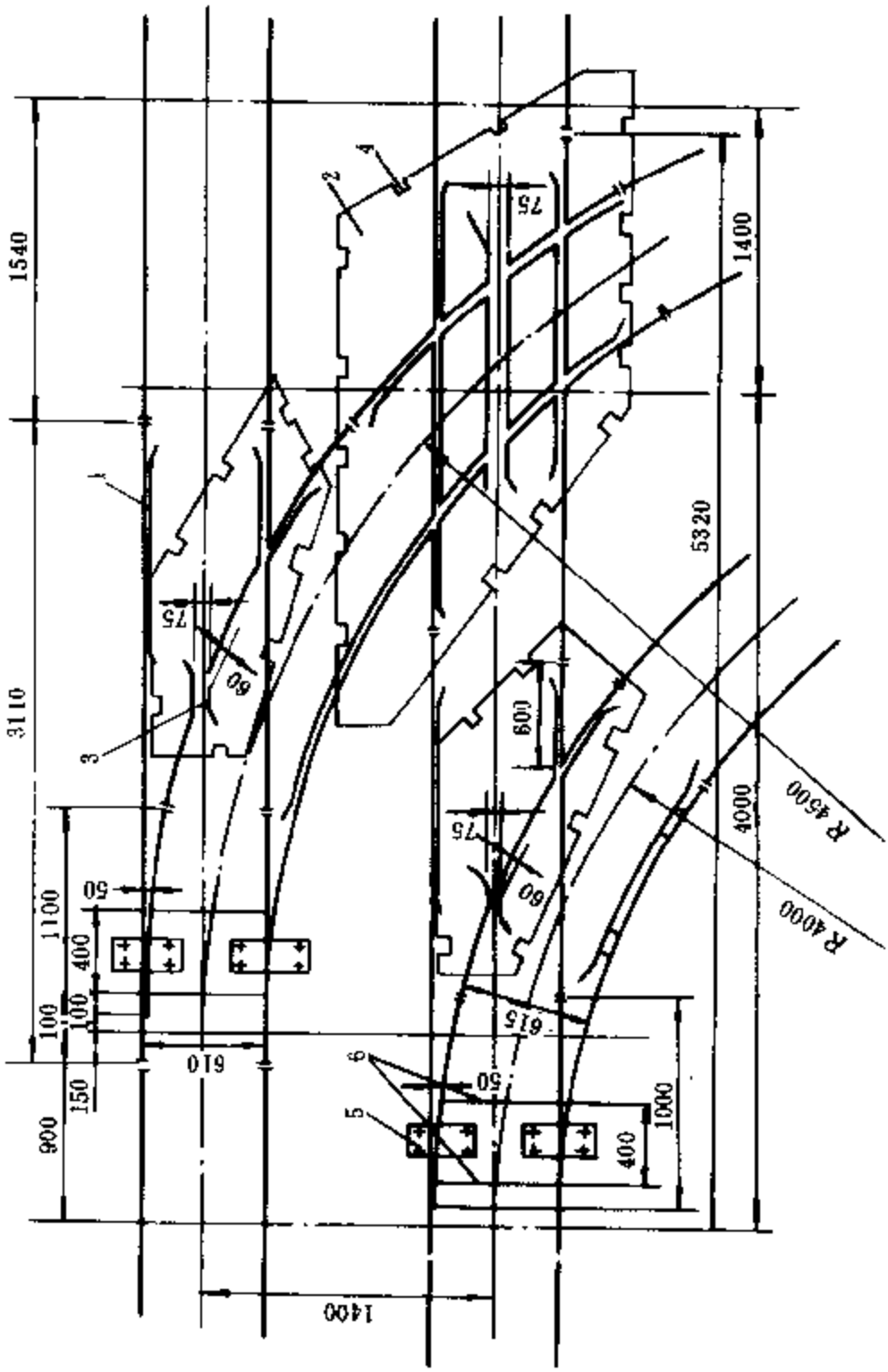


图 4　8　双轨无极绳运输铁道的渡线道岔

二、煤矿使用的特殊道岔

1. 600、900mm 轨距两用道岔

图 4—5 所示为在轨距为 900mm 的两条钢轨之间，附设一条钢轨组成一组 600mm 轨距的铁道，同两用道岔相接，构成可同时行驶轨距为 600mm 和 900mm 的电机车和矿车，也可用 900mm 轨距电机车牵引 600mm 轨距的矿车。

2. 施工简易道岔（又称驴尾巴道岔）

此种道岔如图 4—6 所示，其特点是加工简单，使用方便，因而在井巷施工中广泛应用，但正式投入生产运行，一定要更换成标准道岔。

3. 无极绳道岔

此种道岔有两种型式，用于单轨无极绳运输铁道的单开道岔，如图 4—7 所示；用于双轨无极绳运输铁道的渡线道岔，如图 4—8 所示。

4. 菱形交叉和直角交叉道岔

图 4—9 所示为固定的交叉装置，也称死交叉。

5. 转盘

转盘能够转动 360°，供机车或车辆转向之用，如图 4—10 所示。

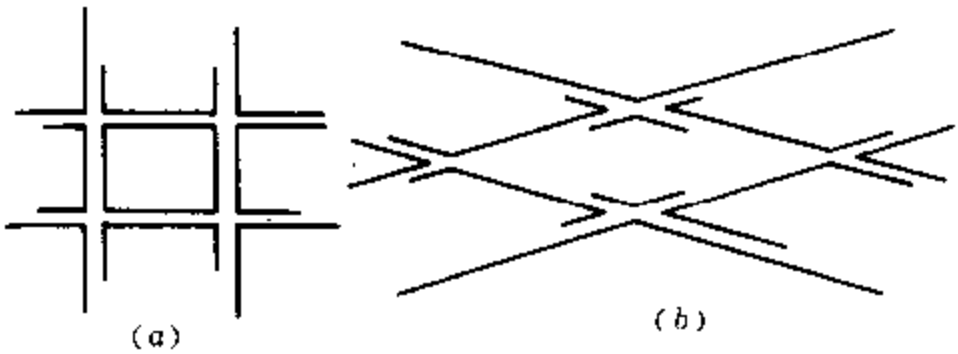


图 4—9　固定的交叉装置

a—直角交叉；*b*—菱形交叉

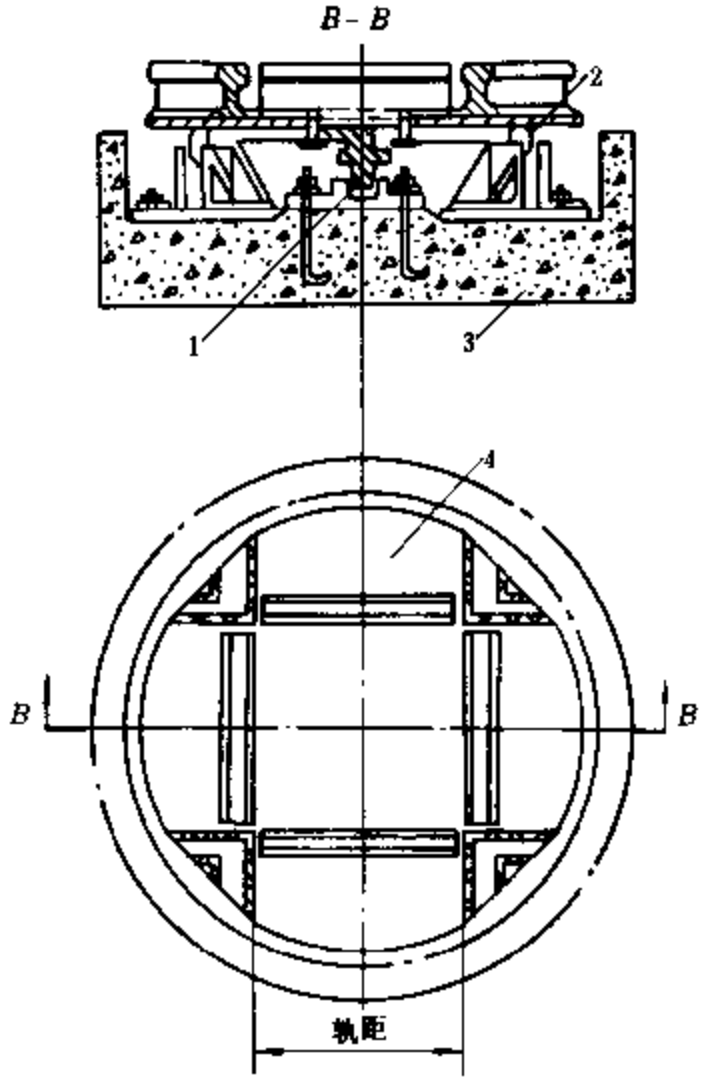


图 4—10　转盘

1—转轴；2—滚轮；3—混凝土基坑；4—转盘面板

第二节　单开道岔的构造

煤矿窄轨铁道标准道岔中，现场大量使用的是普通单开道岔。它的结构简单，具有代表性，因此以下重点讲述单开道岔。图 4—11 为普通单开道岔的整体结构。

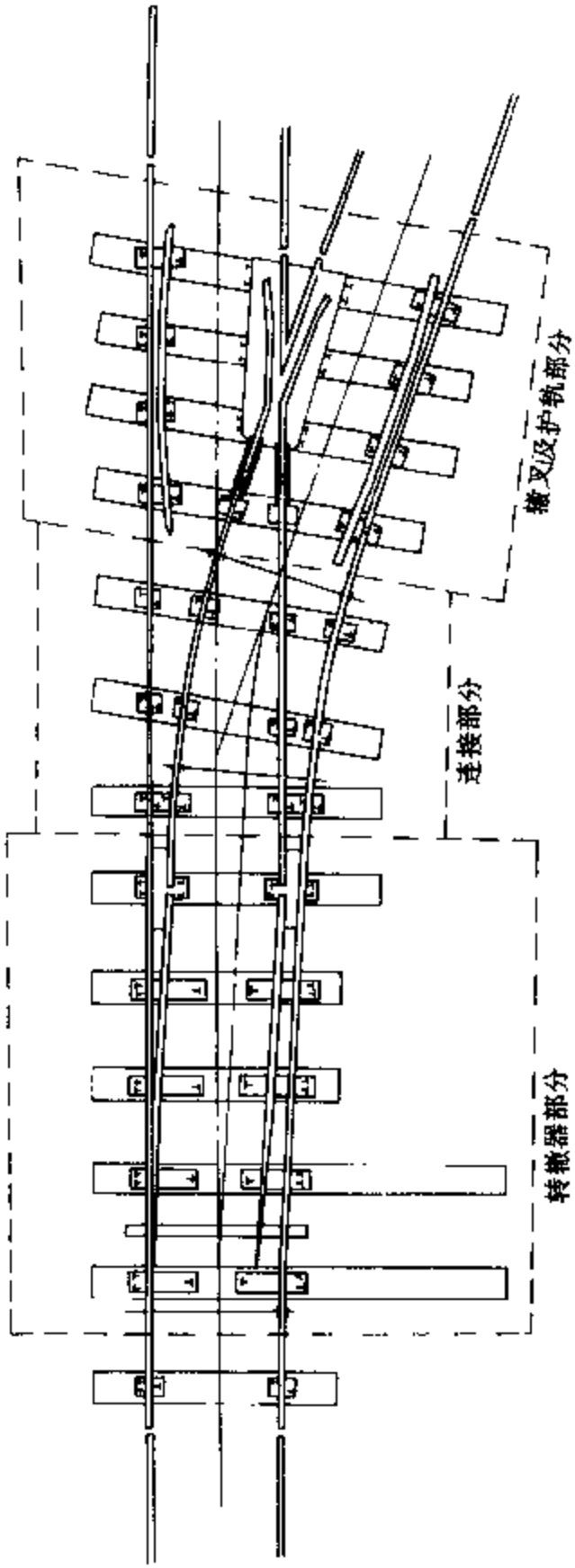


图 4－11　单开道岔的整体结构

单开道岔主要由转辙器部分、连接部分、辙叉及护轨部分以及岔枕等组成。

一、转辙器部分

转辙器部分是引导机车或车辆进入道岔不同方向的导向设备。它是通过扳动尖轨使其在不同的位置上，引导列车沿道岔直股或曲股运行。转辙器是由两根基本轨、两根尖轨、各种连接零件及转辙机械等组成，如图 4—12 所示。

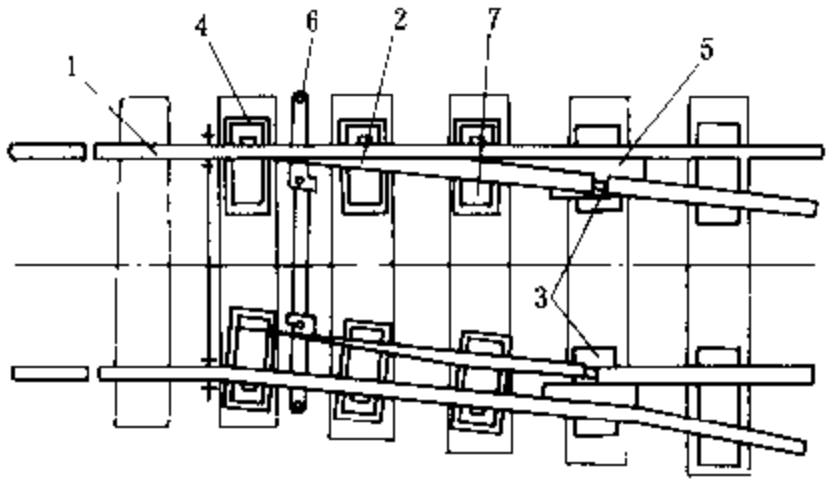


图 4－12　转辙器部分

1—基本轨；2—尖轨；3—跟部结构；
4　轨撑；5—间隔铁；6—连杆；7—滑床板

1. 基本轨和尖轨

基本轨是由普通钢轨制成的，分直股和曲股。为了保持一定的轨距，曲股基本轨要弯折成适当的折线。基本轨除具有与普通钢轨相同的功用外，还与尖轨一起承受机车车辆的水平力。为了防止基本轨横向移动，在外侧尖轨范围内的基本轨设有轨撑。

尖轨是转辙器中的重要部件之一，它是用与基本轨同类

型的钢轨，经过刨切而成。尖轨分直线型和曲线型两种，煤矿窄轨铁道使用的是直线型尖轨，这种尖轨适用于左、右开道岔，铺设更换方便，加工简单。直线尖轨工作边与基本轨工作边之间的夹角β称转辙角，也是尖轨的冲击角，如图4—13所示，其值见表4—1。尖轨的长度，随着道岔号码的不同而异。尖轨太长不便扳动；尖轨短使冲击角增大，当列车进入侧股时车轮撞击尖轨，使水平压力和动能损失加大，运行不稳，影响行车速度。

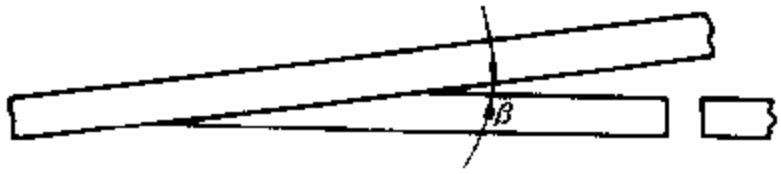


图4—13　尖轨转辙角

表4—1　直尖轨转辙角β的数值表

轨型 (kg/m)	轨距			
	600mm		900mm	
	辙叉号	β	辙叉号	β
15和18	2	≤5°		
	3、4、5	≤3°	3、4	≤3°
	6	≈2°	5	≤2°30′
			6	≈2°
24	3、4、5	≤3°	3、4	≤3°
	6	≈2°	5	≤2°30′
			6	≈2°

直尖轨是将轨底切去一部分，叠盖在基本轨的轨底上，基本轨放在滑床板上，而尖轨则放在同一滑床板的滑床台上，使尖轨轨底比基本轨轨底抬高$h$mm，如图4—14所示

(h 值列于表 4—2 中)。这是为了减少尖轨轨底的刨切量，以增加尖轨的断面强度。尖轨工作面刨切斜度为 1∶5，如图4—15 所示。

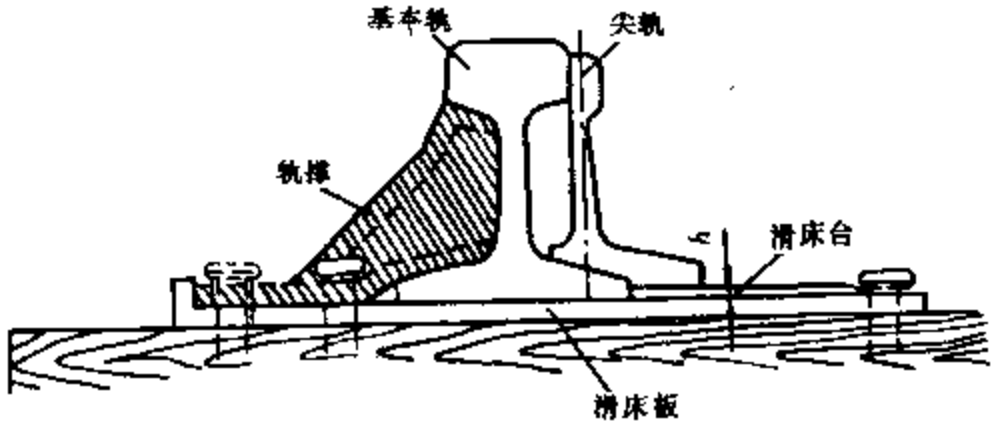


图 4—14　尖轨轨底与基本轨

表 4—2　尖轨轨底抬高和尖端降低值

轨型 (kg/m)	15	18	24
轨底抬高值 h (mm)	4.5	3	4
尖端降低值 h_d (mm)	17	17	22
20 断面降低值 h_{20} (mm)	1	2	2

为了保证尖轨具有承受车轮压力的足够强度，在尖轨顶宽 20mm 以前部分，应完全由基本轨受力，尖轨前部轨顶低于基本轨轨顶的降低值 h_d 和 h_{20}如图 4－15 所示，其值列入表 4－ 2 中。

在尖轨顶宽 20mm 处，车轮由基本轨逐渐过渡到尖轨上，尖轨顶逐渐高出基本轨 4mm 左右。尖轨尖端必须与基本轨贴合，刨切部分尾端最大缝隙不得大于 2mm，如图 4—16 所示。尖轨轨底与滑床贴合，轨底斜坡与基本轨轨底重迭面允许缝隙不大于 1mm，见图 4—17 所示。

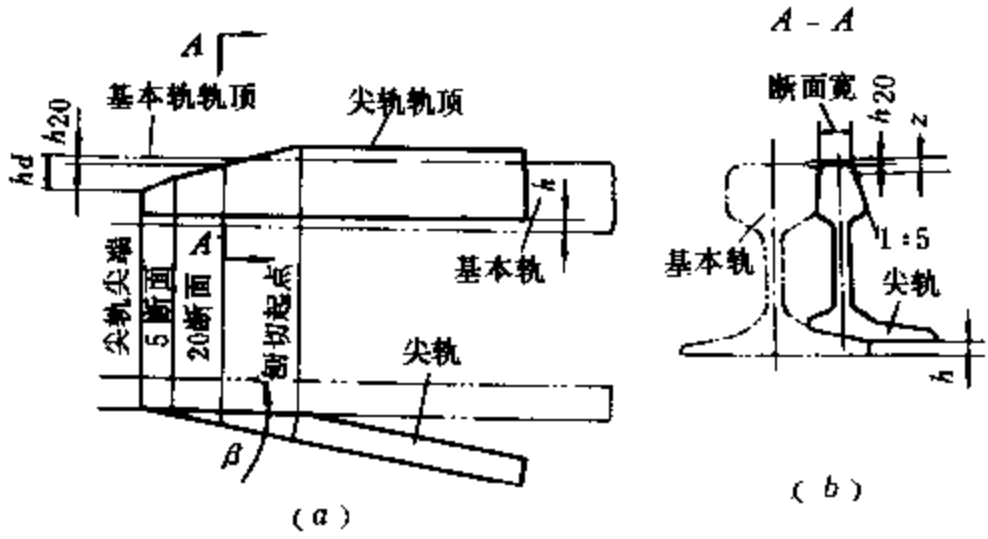


图 4　15　尖轨前部轨顶与基本轨

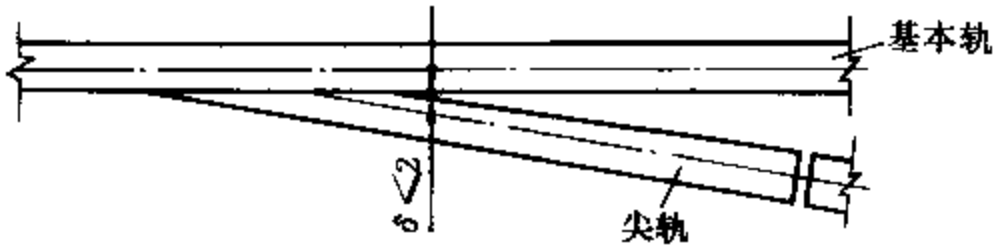


图 4—16　尖轨刨切部分与基本轨

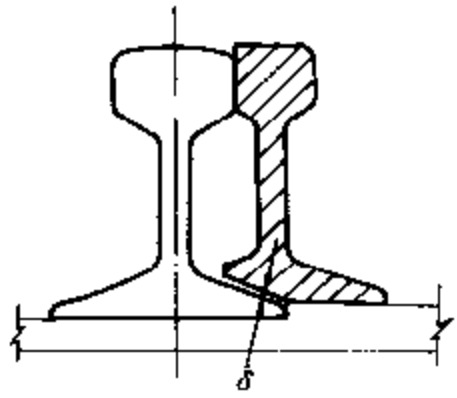


图 4—17　尖轨轨底与基本轨

2. 尖轨跟部结构

尖轨跟部结构是转辙器部分的连接点。它能使尖轨根据

不同的转辙要求在平面上左右摆动，列车通过时保持稳定。跟部结构是由间隔铁、鱼尾板、套管、螺栓等组成，如图 4—18 所示。

尖轨跟部一般采用间隔铁——弯折夹板式的尖轨跟部结构（又称活接头）。活接头的第一根螺栓外有一套管，套管的一端顶靠弯折夹板，另一端顶靠间隔铁，同时在轨缝处把夹板向铁道中心线一边略为弯折，使尖轨与弯折夹板之间有一定的间隙。这样，即能保证跟部的连接具有一定的牢固性，又可使尖轨尖端左右灵活摆动。弯折夹板需特制，分左弯和右弯，弯折部分要刨切，以免卡车轮。

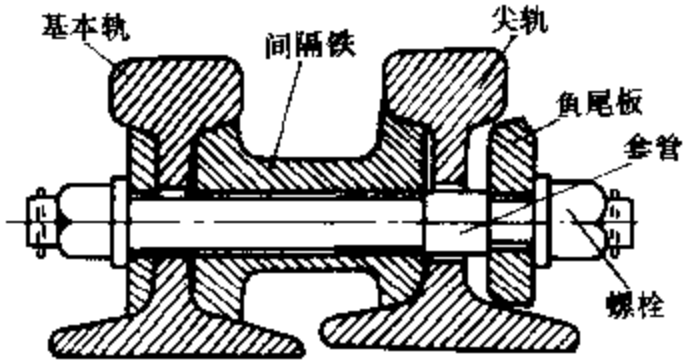


图 4－18　尖轨跟部

尖轨跟部轨缝，2 号单开和对称道岔为 6mm，3 号及 3 号以上单开道岔为 4mm，以减少车轮对接头的冲击。尖轨跟部与基本轨之间设有间隔铁，其作用是保持尖轨跟部与基本轨有固定的间隔宽度，增强根部的稳定性和抗压能力，保证车轮的正常通过。尖轨间隔铁按构造形式有左右之分，安装时应注意反正。

3. 其它零件

为了保证尖轨扳动灵活而又稳定牢固，在尖轨跟部的接头和尖轨同基本轨的连接方面，配备了一些必要的零件。

1）连接杆

连接杆的作用是把两根尖轨连接成为一个整体，既能固定两尖轨的距离，又能防止列车通过时，尖轨产生剧烈跳动。它的数量视尖轨长度而定，一般装1～2根。连接杆和尖轨的连接螺栓不能太紧，从而使尖轨扳动灵活。

2）轨撑和滑床板

为了增强基本轨与尖轨接触部分的横向稳定性，在基本轨外侧安装轨撑，滑床板外侧做成板肩，作为轨撑的支座。轨撑应与基本轨密贴，间隙不大于1mm。轨撑的作用是承受横向力防止基本轨产生横向移动。

尖轨下部的轨枕面上所设的滑床板，是用来承托由尖轨和基本轨传来的压力并将其传递到岔枕上。每块滑床板都有一个凸出的平台，它保证尖轨在平台上能正常的左右平滑摆动，凸出的平台还具有阻止基本轨向内侧移动的作用。为了减少尖轨摆动时的阻力，在使用中应定期对滑床板进行清扫，并涂以润滑油。

3）撑铁

尖轨靠着基本轨一侧的腰部装有撑铁。借以把车轮的横向力传递给基本轨。它可以防止因尖轨与枕木没有道钉固定，在列车通过时被车轮横向压力挤弯而扩大轨距。使车轮作用于尖轨的横向力，通过撑铁传递给基本轨。尖轨与基本轨密贴时，撑铁应恰好与基本轨的轨腰贴靠。尖轨跟部工作面与基本轨工作面要保持一定的距离，24kg/m钢轨尖轨跟距Ug为107mm，15kg/m钢轨尖轨跟距Ug为96mm，其允许误差及撑铁顶端与基本轨腰的间隙要求如图4－19所示。

4．道岔曲基本轨的弯折

从转辙部分到导曲线之间的轨距变化较大，为了更好地

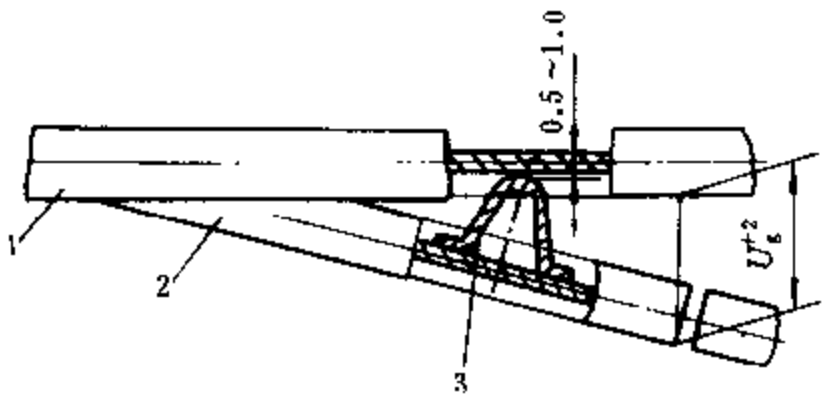


图 4 · 19　撑铁

1—基本轨；2—尖轨；3—撑铁

保持轨距，需要将曲基本轨加以弯折，弯折的位置叫曲折点，弯折的尺寸根据轨距变化的大小和距离确定。曲基本轨有两个曲折点，第一曲折点距尖端 70～80mm 范围内，如距尖轨尖端远了，尖轨尖端的轨距必然要大，反之，轨距要小。尖轨尖端突出于基本轨曲折点，使车轮撞击尖轨尖端，加速尖轨磨损，危及行车安全。第二曲折点为尖轨的跟部，如果曲折度过大时，会使间隔铁与基本轨不密贴，如曲折度过小，使间隔铁安设困难。

二、辙叉和护轨

辙叉和护轨部分包括辙叉、护轨、安装护轨的基本轨及其它连接零件，如图 4—20 所示。

1. 辙叉

辙叉由心轨和翼轨组成，它是使列车能够由一股铁道驶向另一股铁道的设备。单开道岔的辙叉有两种型式：钢轨组合式和整体铸造式。

钢轨组合式辙叉的叉心用普通钢轨刨切拼合而成，如图 4　20 所示；翼轨用普通钢轨弯折刨切而成，在翼轨和心轨间，用不同尺寸的间隔铁及螺栓连成一体，以保持相互间的

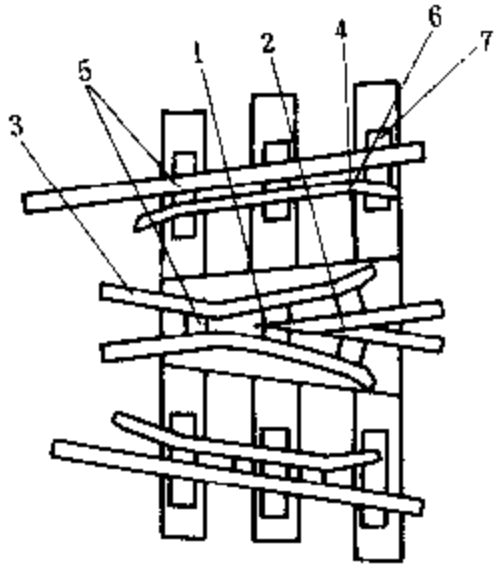


图 4－20　辙叉和护轨部分

1—长心轨；2—短心轨；3　翼轨；4—底板；
5—间隔铁；6—护轨；7—护轨垫板

正确位置，并形成必要的轮缘槽。

叉心的两个作用边之间的夹角称辙叉角。辙叉角的交点称叉心理论尖端，由于制造工艺上的原因，不能把理论尖端制作出来，而实际上的尖端有 7.5mm 左右的宽度，称为辙叉心实际尖端如图 4－21 所示。辙叉咽喉是翼轨工作边的开始弯折处，也是两翼轨工作边之间的最窄距离。

钢轨组合式辙叉各部分之间联系很差，零件较多，养护维修困难，使用寿命短，目前我国煤矿窄轨铁道已开始逐步采用锰钢整铸辙叉来代替钢轨组合式辙叉。

整铸辙叉是用高锰钢浇铸而成，其主要尺寸和钢轨组合式辙叉相同。由于钢材中含有 10%～14%的锰，所以这种辙叉具有较高的强度和耐磨性，使用寿命长，一般的使用寿命比钢轨组合式辙叉长 6～10 倍；零件少，结构坚固，能够保持轮缘槽及控制尺寸的正确，提高行车的平稳性和安全性；

整铸辙叉还具有铺设方便，日常维修简单的特点，磨损后经堆焊可以重复使用，并且节省钢材，维修费用低，今后应大量采用。

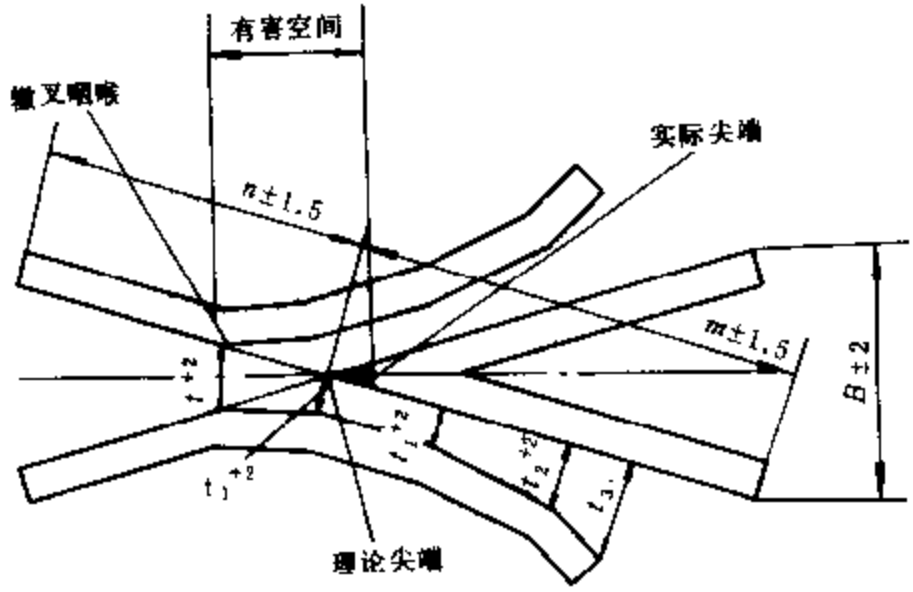


图 4－21　辙叉

2. 护轨

从咽喉到叉心的实际尖端之间，轮缘在此失去钢轨引导，这段轨线中断的空隙，称为道岔的“有害空间”。为了防止车轮通过较大的有害空间时，叉心受到撞击或车轮进入异侧，必须在其两侧设置护轨，以引导车轮的正确行驶方向。

护轨是采用普通钢轨经弯折刨切而成，用间隔铁及螺栓与基本轨连接，形成必要的轮缘槽，引导车轮正常行驶。

3. 辙叉号码

道岔号码也就是辙叉号码，是用辙叉角（一般用 α 表示）的大小来衡量，如图 4－22 所示。其计算方法为：

$$M=\frac{1}{2}\mathrm{ctg}\,\frac{\alpha}{2}=\frac{a}{b}$$

式中 M——辙叉号码；

α——辙叉角；

a——从岔心理论尖端沿 α 角平分线到 CD 线的长度；

b——心轨工作边点 C 通过并垂直 α 角平分线到另一心轨工作边点 D 的距离。

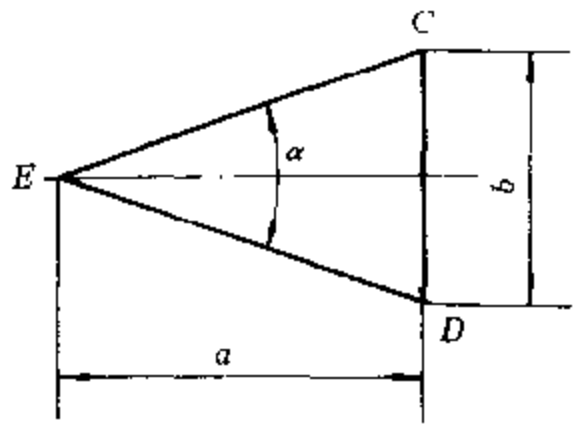


图 4－22 辙叉角

辙叉号码越大，辙叉角越小，道岔曲线半径就越大，允许列车侧向通过的速度就愈高。可见，大号码道岔比小号码道岔对行车有利，因此在条件允许的情况下应尽量采用较大号码的道岔。各种号码的辙叉角度为：2 号道岔，α 角为 28°04′20″；3 号道岔，α 角为 18°55′30″；4 号道岔，α 角为 14°15′；5 号道岔，α 角为 11°25′16″；6 号道岔，α 角为 9°31′38″。

三、连接部分

道岔的连接部分有曲连接轨两根（即曲导轨包括基本轨曲线部分），直连接轨两根（即直导轨包括直基本轨中间部分）。通过直曲连接轨把转辙部分和辙叉部分连接起来，曲导轨曲线起点距尖轨跟部 230mm，导曲线终点根据轨距和道岔号码不同而异。

导曲线半径的大小，取决于道岔号码的大小。道岔号码愈大，半径就愈大，列车通过速度就可提高。行车速度与道岔曲线半径的关系是：

（1）行车速度小于或等于 1.5m/s 时，选用道岔的曲线半径，不得小于通过车辆最大轴距的 7 倍；

（2）行车速度在 1.5～3.5m/s 之间时，选用道岔的曲线

半径，不得小于通过电机车矿车的最大轴距的 10 倍；

（3）行车速度大于 3.5m/s 时，选用道岔的曲线半径不得小于通过电机车的最大轴距的 15 倍；

（4）串车提升时，使用的单开道岔一般不得小于 4 号。

道岔处因条件不允许而不设超高和轨底坡，要严防反超高的发生。为了防止轨距扩大，导曲线处要设轨距拉杆。

四、岔枕

道岔一般以使用木枕为主，仅有少数铺设固定道床的地点试铺钢枕。岔枕的功用与普通轨枕相同。

岔枕断面和普通枕相同，只是长度不同。岔枕断面要标准，岔枕要按道岔总布置图铺设。辙叉下面铺设的枕木，应布置成与辙叉的中心线垂直。

第三节　道岔的各部尺寸及型号名称

道岔各部分的尺寸，有一定的标准，它是保证机车车辆能够安全和平顺的通过。所以在养护维修时，对此应有足够的重视。

一、道岔的主要尺寸

为了使用上的方便，现将各种型号的道岔主要尺寸列出，供读者参考。

1. 单开道岔的主要尺寸

道岔直股铁道的中心线与曲股铁道的中心线的交点，称为道岔中心。从道岔中心到基本轨前端的距离 a，称为道岔前长。从道岔中心到辙叉尾端的距离 b，称为道岔后长。从基本轨前端至尾端的距离 L，称为道岔全长。一般道岔的全长应包括前端和后端两个标准轨缝的半数（共 5mm），道岔前长 a 和后长 b，以及尖轨前基本轨长度都各包括半个轨缝长

(2.5mm)。普通单开道岔主要尺寸如图4—1和表4—3所示。

表4—3 单开道岔主要尺寸表

型号	主要尺寸 (mm)			
	辙叉角α	a	b	L
DK615—2—4	28°04′20″	1649	1851	3500
DK615—3—6	18°55′30″	3218	2882	6100
DK615—4—12	14°15′	3340	3500	6840
DK615—5—15	11°25′16″	3117	4233	7350
DK615—6—25	9°31′38″	4026	5124	9150
DK618—2—4	28°04′20″	1714	1986	3700
DK618—3—6	18°55′30″	3334	2766	6100
DK618—4—12	14°15′	3472	3328	6800
DK618—5—15	11°25′16″	3251	4149	7400
DK618—6—25	9°31′38″	4287	4713	9000
DK624—3—6	18°55′30′	3383	2717	6100
DK624—4—12	14°15′	3496	3404	6900
DK624—5—15	11°25′16″	3258	4142	7400
DK918—3—9	18°55′30″	3694	3706	7400
DK918—4—15	14°15′	3710	4690	8400
DK918—5—20	11°25′16″	4070	5630	9700
DK918—6—30	9°31′38″	4540	6660	11200
DK924—3—9	18°55′30″	3735	3665	7400
DK924—4—15	14°15′	3726	4674	8400
DK924—5—20	11°25′16″	4066	5734	9800
DK924—6—30	9°31′38″	4507	6693	11200

2. 对称道岔的主要尺寸

对称道岔是单开道岔的一种特殊形式，它具有以下几种特点：

(1) 道岔的两曲股对称于直股中心线（即辙叉角的平分线）；

(2) 当对称道岔的尖轨长度，辙叉号码与单开道岔相同

时，其尖轨工作边与直股钢轨工作边所夹的转辙角为单开道岔转辙角的一半，辙叉的工作边与直股中心线之间的夹角为单开道岔辙叉角的一半。故其导曲线半径比单开道岔约大1倍；

（3）当对称道岔的导曲线半径与单开道岔相同时，对称道岔的长度比单开道岔短；

（4）在保持相同的过岔速度条件下，对称道岔可以比单开道岔采用更小号码的道岔。

对称道岔与同号码的单开道岔相比，它具有增大导曲线半径和缩短道岔长度的特点，所以，它适于三角线使用。对称道岔的型号和主要尺寸见图4－2和表4－4所示。

表4－4　对称道岔主要尺寸表

型　　号	主　要　尺　寸　（mm）			
	辙叉角α	a	b	L
DC615－2－6	28°04′20″	2102	1898	4000
DC615－3－9	18°55′30″	1880	2880	4760
DC615－3－12	18°55′30″	2000	2880	4880
DC618－2－6	28°04′20″	2168	1932	4100
DC618－3－9	18°55′30″	1952	2748	4700
DC618－3－12	18°55′30″	2077	2723	4800
DC624－3－9	18°55′30″	1945	2755	4700
DC624－3－12	18°55′30″	2064	2736	4800
DC918－3－9	18°55′30″	1946	3554	5500
DC918－3－20	18°55′30″	2405	3495	5900
DC924－3－9	18°55′30″	1939	3561	5500
DC924－3－20	18°55′30″	2375	3525	5900

3. 渡线

连接两条平行或近似平行的铁道设备称为渡线道岔，如图4－3所示，其主要尺寸见表4－5。

表 4—5　渡线道岔的型号和主要尺寸

型　号	主要尺寸（mm）					
	辙叉角 α	a	b	L	T	L_0
DX615—4—1212	14°15′	3340	3500	11405	1200	4725
DX615—4—1213	14°15′	3340	3500	11799	1300	5119
DX615—4—1216	14°15′	3340	3500	12980	1600	6300
DX615—5—1513	11°25′16″	3117	4233	12669	1300	6435
DX615—5—1516	11°25′16″	3117	4233	14154	1600	7920
DX618—4—1212	14°15′	3472	3328	11669	1200	4725
DX618—4—1213	14°15′	3472	3328	12063	1300	5119
DX618—4—1216	14°15′	3472	3328	13244	1600	6300
DX618—5—1513	11°25′16″	3251	4149	12937	1300	6435
DX618—5—1516	11°25′16″	3251	4149	14422	1600	7920
DX624—4—1213	14°15′	3496	3404	12111	1300	5119
DX624—4—1216	14°15′	3496	3404	13292	1600	6300
DX624—5—1513	11°25′16″	3258	4142	12951	1300	6435
DX624—5—1516	11°25′16″	3258	4142	14436	1600	7920
DX918—4—1516	14°15′	3710	4690	13720	1600	6300
DX918—4—1519	14°15′	3710	4690	14901	1900	7481
DX918—5—2016	11°25′16″	4070	5630	16060	1600	7920
DX918—5—2019	11°25′16″	4070	5630	17545	1900	9405
DX924—4—1516	14°15′	3726	4674	13752	1600	6300
DX924—4—1519	14°15′	3726	4674	14933	1900	7481
DX924—5—2016	11°25′16″	4066	5734	16052	1600	7920
DX924—5—2019	11°25′16″	4066	5734	17537	1900	9405

4. 道岔型号名称组成说明

在道岔型号中，单开、对称、渡线道岔分别用 DK、DC 和 DX 来表示：615、618、624、918 和 924 数列中的前一个字“6”和“9”代表 600mm 和 900mm 轨距。“15”、“18”和“24”分别代表轨型。名称中的第二段即两短线间的数字为辙岔号码。单开和对称道岔的尾数是代表道岔曲线半径(m)。渡线道岔的尾数中，前两个数字代表导曲线半径，后两个数字代表两线中心距 T，T 的单位为 dm（0.1m）。单开和渡线道

岔均有左向和右向之分，右向道岔不标注，左向道岔应在型号末尾加注“左”字。

道岔型号举例：

A. 900mm 轨距，24kg/m 轨型铁道用的 5 号道岔，20m 导曲线半径，单开道岔的型号为：

DK924－5－20。

B. 600mm 轨距，18kg/m 轨型铁道用 4 号道岔，12m 导曲线半径，线路间距 T＝1300mm，左向渡线道岔的型号为：

DX618－4－1213 左。

二、轮对尺寸和道岔轨距

道岔是为通过机车车辆而设置的，轮对和车轮尺寸与道岔的轨距有直接关系，因此，必须掌握轮对和车轮的基本参数。

1. 轮对及车轮踏面与轨距有关的尺寸

机车车辆轮轴组的轮背距 T_b 应符合下列条件：

600mm 轨距的轮轴组　$T_b=544^{+1}_{3}$mm；

762mm 轨距的轮轴组　$T_b=706^{+1}_{-3}$mm；

900mm 轨距的轮轴组　$T_b=844^{+1}_{3}$mm。

车轮踏面形状及尺寸如图 4－23 所示，轮缘厚度 d 为 21mm，轮缘最大允许磨耗 δ 为 6mm。实际轮缘距和轮缘厚度的测量点在距车轮踏面 11mm 处。轮缘的名义厚度 d' 为 25mm。踏面允许磨耗 δ 为 6mm。

2. 道岔的轨距

为了使列车能够顺利地通过道岔，减少车轮轮缘对钢轨挤压和减轻钢轨的磨耗，必须正确设置各部轨距。道岔的尖轨尖端、尖轨跟部及导曲线的轨距都要适当加宽，其加宽值与道岔号码、导曲线半径等有关。道岔各处轨距可参见表 4－6，其轨距允许偏差见图 4－24。

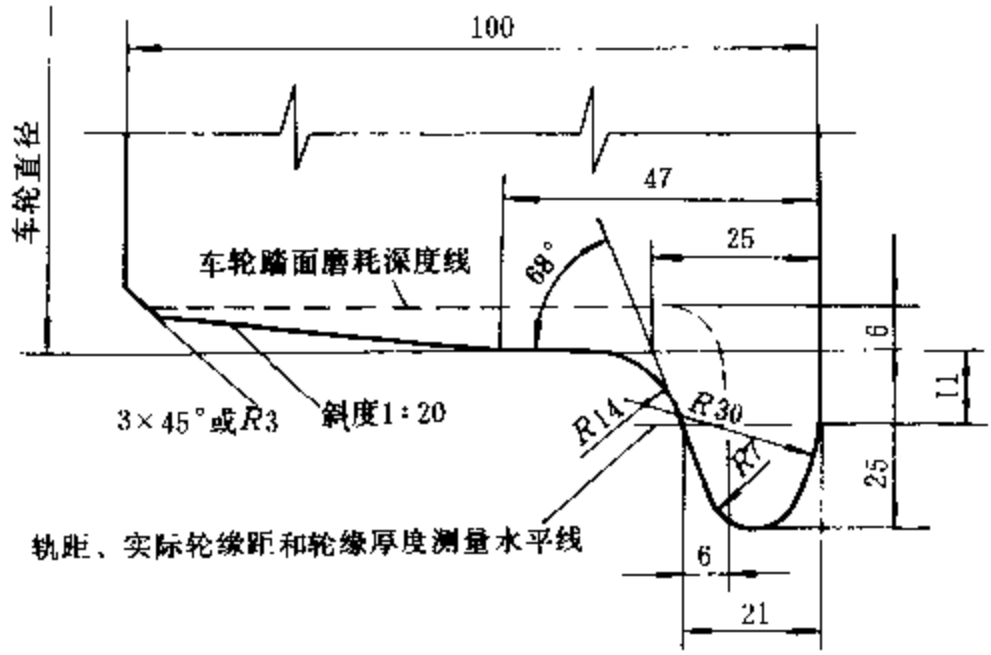


图 4－23　车轮踏面形状及尺寸

表 4－6　道岔各处轨距

道岔类型	轨距 (mm)	钢轨类型 (kg/m)	道岔号码 M	导曲线半径 R (m)	道岔前后端 S (mm)	尖轨 尖端 S_d (mm)	尖轨 正向跟部 S_g (mm)	尖轨 侧向跟部 $S'_{g\cdot}$ (mm)	尖轨 曲线起点终点 S_q (mm)	心轨和护轨工作边间距 P (mm)
单开 (DK)	600	15、18	2	4	600	606	606	606	605	572
单开 (DK)	600	15、18、24	3	6	600	605	605	605	605	572
单开 (DK)	600	15、18、24	4	12	600	605	605	605	611	572
单开 (DK)	600	15、18、24	5	15	600	605	605	605	610	572
单开 (DK)	600	15、18	6	25	600	605	605	605	608	572
对称 (DC)	600	15、18	2	6	600	605	605	605	605	572
对称 (DC)	600	15、18、24	3	9	600	605	605	605	608	572
对称 (DC)	600	15、18、24	3	12	600	605	605	605	611	572
单开(DK)	900	18、24	3	9	900	905	905	905	908	872
单开(DK)	900	18、24	4	15	900	905	905	905	910	872
单开(DK)	900	18、24	5	20	900	905	905	905	908	872
单开(DK)	900	18、24	6	30	900	905	905	905	908	872
对称(DC)	900	18、24	3	9	900	905	905	905	908	872
对称(DC)	900	18、24	3	20	900	905	905	905	908	872

注：本表所列轨距是 1967 年的煤炭工业部标准，按本表规定的递减率偏大，易造成铁道不直，故在维修时可酌情递减。

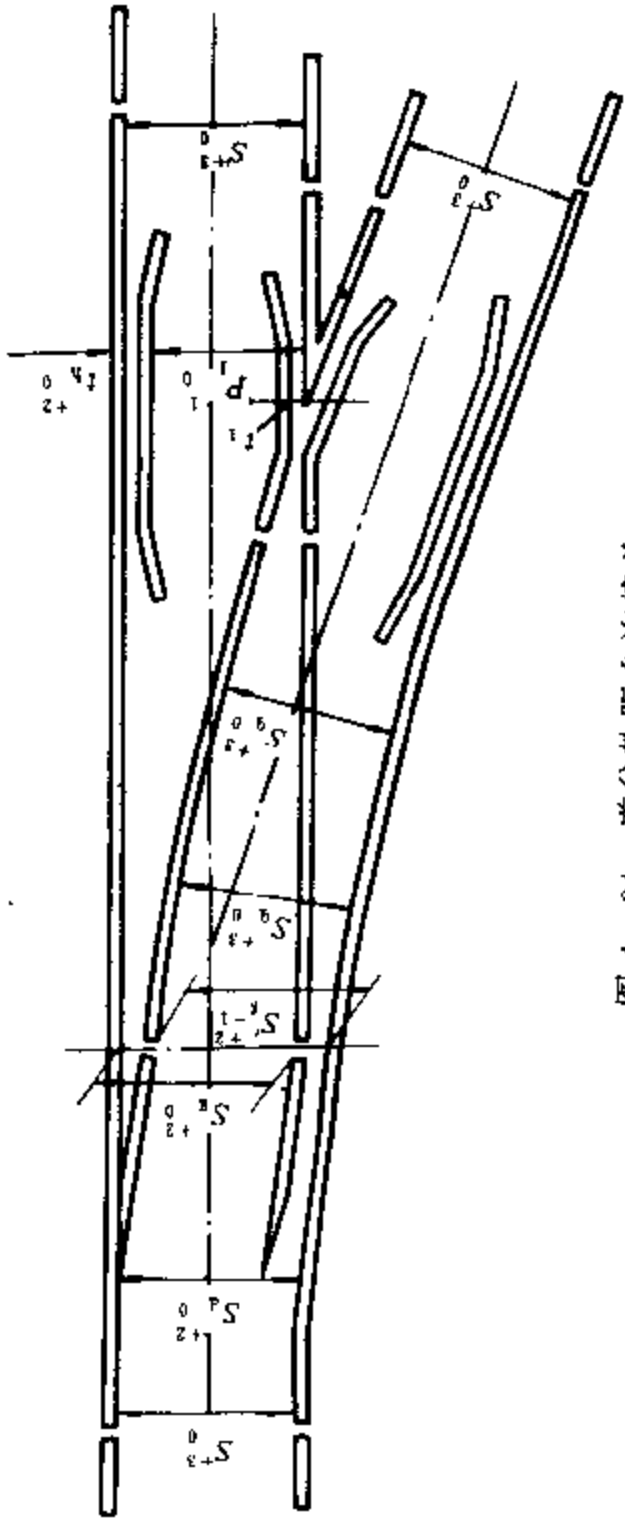


图 4－24　道岔轨距允许偏差

为了行车平顺、道岔各部分轨距加宽需要按一定标准递减：

（1）尖轨尖端轨距加宽按不大于1‰，困难时不大于3‰的递减率向外递减。两组尖轨相对的道岔（即“对口”道岔）间的夹直线，在两尖轨尖端向直线递减后，中间应有不短于3m的标准轨距地段，若少于3m，可不递减；

（2）尖轨跟部轨距加宽递减、直股按不大于3‰的递减率；

（3）从尖轨跟部到导曲线的轨距加宽由跟部均匀递增到导曲线起点；

（4）道岔前端与另一道岔后端相连时，尖轨尖端轨距可按不超过6‰递减，如不能按此数递减时，可加大前面道岔辙叉轨距4mm。

三、转辙器各部尺寸

尖轨跟端间距U_g是尖轨根部的工作边同基本轨工作边的距离。从图4－25可知，U_g和尖轨跟端轮缘槽宽度t_g计算公式为：

$$U_g=t_g+b$$

$$t_g=S_g-T_b-d$$

式中 U_g——尖轨跟部间距，mm；

S_g——尖轨跟端轨距，mm；

T_b——轮背距，mm；

d——轮缘厚度，mm；

b——尖轨跟端钢轨头部宽度，mm；

t_g——最小轮槽宽，mm。

为了保证最小轮背距和最小轮缘厚度的轮对能顺利通过道岔，而不致撞击尖轨的非工作边，所以留有4mm的间隙，

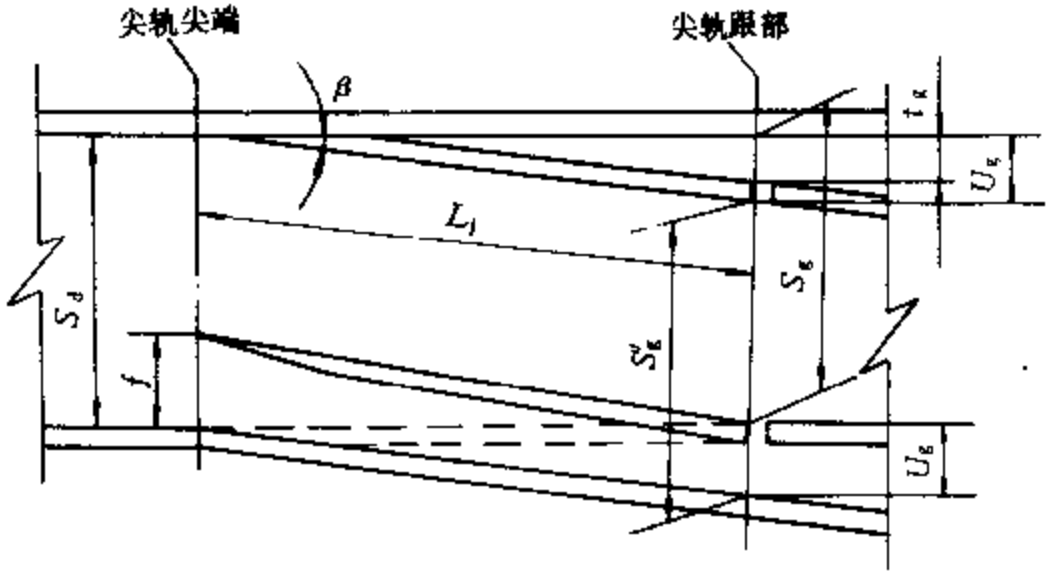


图 4—25　转辙器各部尺寸

表 4—7　标准道岔转辙部件主要参数

道岔类型	尖轨长度 L_1 (mm)	尖轨结构形式	适用道岔号码	适用半径 (m)	尖轨跟距 U_g (mm)	转辙角 β	尖端轨距 S_d (mm)	跟部轨距 S_g (mm)
615	950	曲线	2	4	125	4°24′50″	606	606
	1900	直线	3、4、5	≤15	96	2°53′46″	605	605
	2500	直线	6	25	96	2°12′2″	605	605
	950	直线	2、3 对称	≤12	96	2°53′46″	605	605
618 918	1000	曲线	2	4	125	4°40′32″	606	606
	2000	直线	3、4、5	≤15	96	2°45′5″	605 905	605 905
	2400	直线	5	20	96	2°17′33″	905	905
	2700	直线	6	≤30	96	2°2′55″	605 905	605 905
	1000	直线	2、3 对称	≤20	96	2°45′5″	605 905	605 905
624 924	2100	直线	2、4、5	≤15	107	2°55′14″	605 905	605 905
	2500	直线	5	20	107	2°27′11″	905	905
	2800	直线	6	30	107	2°11′24″	905	905
	1050	直线	3 对称	≤20	107	2°55′14″	605 905	605 905

尖轨跟端轮缘槽宽度为：

$$t_R \geqslant 56\text{mm}$$

在选定了尖轨长度 L 后，转辙角 β 为：

$$\beta = \arcsin \frac{U_g}{L}$$

如果给定了转辙角 β，也可用此式计算尖轨长度 L。

尖轨开程 f 是指尖轨切削部分尖端的非工作边同基本轨工作边之间的距离，如图 4－25 所示。尖轨尖端开程 f 为：

$$f = 80 \sim 110\text{mm}$$

窄轨道岔转辙部件主要技术参数见表 4－7 的规定值。

四、辙叉及护轨尺寸

辙叉及护轨的平面布置如图 4－26 所示，辙叉主要技术参数见表 4－8。

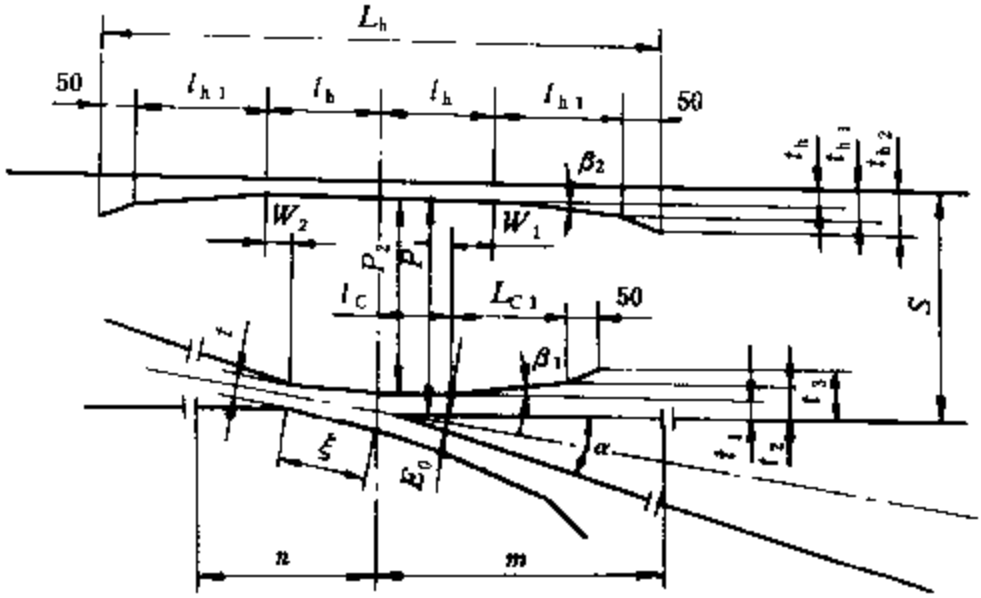


图 4　26　辙叉及护轨的平面布置

1. 辙叉咽喉轮缘槽宽度

辙叉咽喉轮缘槽宽度的大小，直接和行车安全有关，如果咽喉过窄，车轮通过时，就会撞击翼轨，并且加速翼轨的损坏。咽喉轮缘槽最小的宽度，是以最小轮背距和最薄轮缘的轮对，紧靠基本轨一侧行驶的，以轮缘不撞击辙叉的翼轨为计算依据，即

$$\begin{matrix}\text{辙叉咽喉最小宽}\end{matrix}=\text{轨距}-\left(\begin{matrix}\text{最小}\\\text{轮背距}\end{matrix}-1+\begin{matrix}\text{最薄}\\\text{轮缘厚}\end{matrix}\right)+3$$

∵ 600mm 轨距的轮对的轮背距 $T_b=544$mm；

900mm 轨距的轮对的轮背距 $T_b=844$mm；

轮缘厚度为 21mm，其允许磨耗值为 6mm，则

最薄轮缘厚度 $d=21-6=15$（mm）

∴ 600mm 轨距最小咽喉宽

$t_{最小}=600-(541-1+15)+3=48$(mm)

900mm 轨距最小咽喉宽

$t_{最小}=900-(841-1+15)+3=48$(mm)

式中 +3 ——轨距允许误差；

−1——机车在车重作用下，车轴上翘后，使轮背距缩小值。

窄轨道岔辙叉咽喉实际尺寸：2 号辙叉为 52^{+2}mm；3 号辙叉为 50^{+2}mm；4 号及以上辙叉为 48^{+2}mm。咽喉也不能太宽，太宽时就会增大有害空间，于行车不利。

2. 护轨工作边至心轨工作边和翼轨工作边的间距

(1) 见图4 26，为了保证车轮不撞击叉心，辙叉心轨工作边至护轨工作边的间距 P_1 为：

$$P_1 \geqslant T_b+d$$

式中 P_1——辙叉心轨工作边至护轨工作边的间距，mm；

T_b ——轮背距，mm；

d——轮缘厚度，mm。

表 4-8 标准道岔辙叉主要参数 (mm)

轨型 (kg/m)	辙叉号码	m	n	t	t_s	l_h	l_{h1}	b	α
15	2	440	178	44	52	150	38	213	28°4′20″
	3	650	440	44	50	350	320	214	18°55′30″
	4	700	480	44	48	370	236	174	14°15′
	5	800	520	44	48	470	300	159	11°25′16″
	6	1100	660	44	48	530	345	183	9°31′38″
18	2	620	160	44	52	175	50	300	28°4′20″
	3	750	450	44	50	400	280	246	18°55′30″
	4	780	500	44	48	410	266	194	14°15′
	5	880	550	44	48	470	295	175	11°25′16″
	6	1030	600	44	48	520	320	171	9°31′38″
24	3	750	450	44	50	400	247	246	18°55′30″
	4	900	480	44	48	430	215	223	14°15′
	5	1100	600	44	48	500	290	219	11°25′16″
	6	1200	650	44	48	570	339	199	9°31′38″

注：t_s——喉部实际宽度，

t——喉部理论宽度。

将轮背距 T_b 和轮缘厚度 d 取最大值，代入式中，则

600mm 轨距道岔辙叉心轨工作边至护轨工作边的间距

$$P_1 \geqslant 545+21 \geqslant 566 \text{ (mm)}$$

900mm 轨距道岔辙叉心轨工作边至护轨工作边的间距

$$P_1 \geqslant 845+21 \geqslant 866 \text{ (mm)}$$

窄轨道岔规定：600mm 轨距辙叉心轨工作边至护轨工作边间距不小于 572mm；900mm 轨距辙叉心轨工作边至护轨工作边间距不小于 872mm。

如果这个间距小于规定的数值，辙叉心轨尖端就会被车轮撞击，有导致车轮进入异线的可能，造成掉道或翻车事故。

（2）翼轨工作边至护轨工作边间距 P_2 为：

$$P_2<T_{hmin}$$

即 600mm 轨距翼轨工作边至护轨工作边间距 $P_2<541mm$；

900mm 轨距翼轨工作边至护轨工作边间距 $P_2\leqslant 841mm$。如果这个间距 P_2 大于 541（841）mm，则轮对的两轮缘就会卡住翼轨和护轨，列车通不过去。但此数值也不应小于 536（836）mm，若太小时，翼轨轮缘槽过大，加大了有害空间，如果护轨内移，车轮就会撞击叉心，造成脱轨。

3. 辙叉和护轨等处轮缘槽宽度（见图 4—26 和表 4—9）

护轨中间平直段轮缘槽宽度 t_h 为 28^{+2}mm，这是根据轮背距 T_h 为 $544\pm\frac{1}{3}$mm 或 $844+\frac{1}{3}$mm 及最大轮缘厚 21mm 来确定的。因各矿现有车辆轮轴组的特征不同，应适当加以调整 t_h 值。护轨中间部分的平直段的长度，是从辙叉咽喉起至辙叉心理论尖端的两倍，为安全起见，每侧加 20～150mm。在平直段两端，将护轨弯折一个角度，使之顺利地引导车轮进入平直段，这个角度叫缓冲角，即图 4—26 中的 β_1 和 β_2，其值如表 4—10 所列，这段长度叫缓冲段。护轨中心与心轨理论尖端相对。

表 4—9　辙叉及护轨各处轮缘槽宽度　（mm）

t			t_1	t_2-t_{h1}	t_3-t_{h2}	t_h
辙叉号	实际	理论				
2	52^{+2}	44	34^{+2}	51^{+2}	65	28^{+2}
3	50^{+2}					
4 及以上	48^{+2}					

表 4--10　翼轨和护轨缓冲角

辙　叉　号　M	$\beta_1=\beta_2$
2	5°
3、4	3°
5、6	2°30′

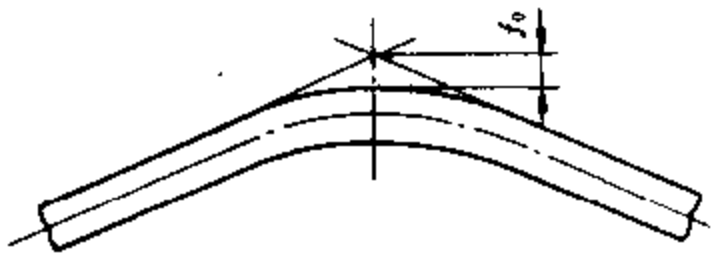


图 4－27　翼轨喉部曲形

翼轨喉部曲形外矢度 f_0 如图 4－27 所示，其值为：2 号辙叉，$f_0\leqslant$ 4mm；3 号辙叉，$f_0\leqslant$ 3mm；4 号及以上辙叉，$f_0\leqslant$2mm。

尖轨跟部、护轨和辙叉等处轮缘槽深度 h_c ≥38mm，见图 4－28。

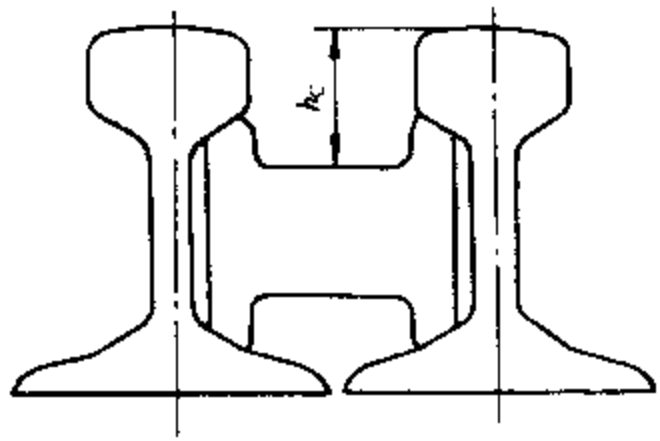


图 4--28　轮缘槽深度

第四节　转 辙 机 械

转辙机械一般有手动扳道器、弹簧扳道器和电动转辙机等。

一、手动扳道器

手动扳道器是通过前后扳动安装在底座上的手柄，使拉杆带动尖轨往复运动，完成道岔转换轨道的任务。手动扳道器如图 4－29 所示，扳道器的底座和手柄配重是用铸铁铸造而成，底座安装在尖轨岔枕上，根据尖轨开程和拉杆的长度来确定底座的安装位置。手动扳道器设置示意图见图 4－30，其设置位置尺寸见表 4－11。

二、弹簧扳道器

在一条轨道上需要双向通过列车，而另一条轨道只需要单向通过列车的道岔所使用的转辙机械，可采用弹簧扳道器。目前使用的标准设计的弹簧板道器有 I 型弹簧扳道器，如图 4－31 所示；I 型弹簧扳道器，如图 4－32 所示。 I 型和 I 型弹簧扳道器设置示意图见图 4－33，其设置尺寸列于表 4--12 中。

表 4－11　手动扳道器设置位置

道岔型号		尖轨长度 (mm)	手动扳道器设置尺寸 (mm)			
			l_1	l_2	F	α(近似值)
单开道岔	DK615	950	1101	1118	80	165°
		1900	1089	1109	93	170°
		2500	1088	1104	97	171°
	DK618	1000	1101	1128	77	162°
		2000	1093	1112	94	170°
		2700	1092	1108	98	171°
	DK918	2000	1243	1262	94	170°
		2400	1243	1260	96	171°
		2700	1242	1258	98	171°
	DK624	2100	1092	1110	95	171°
	DK924	2100	1240	1260	95	171°
		2500	1240	1258	97	172°
		2800	1240	1256	98	172°

续表

道岔型号		尖轨长度（mm）	手动扳道器设置尺寸（mm）			
			l_1	l_2	F	α（近似值）
对称道岔	DC615	950	1109	1109	76	163°
	DC618	1000	1113	1113	77	162°
	DC918	1900	1263	1263	77	162°
	DC624	1050	1109	1109	79	165°
	DC924	1050	1050	1050	79	165°

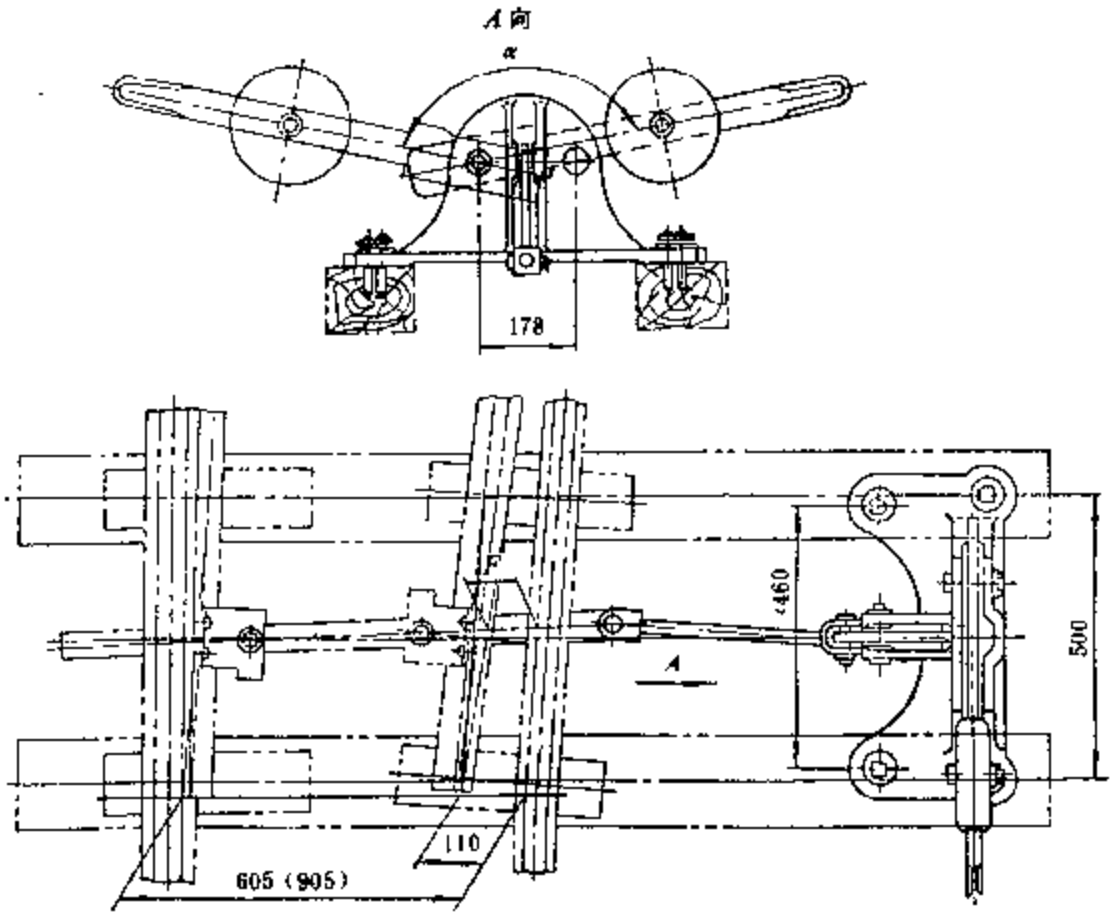
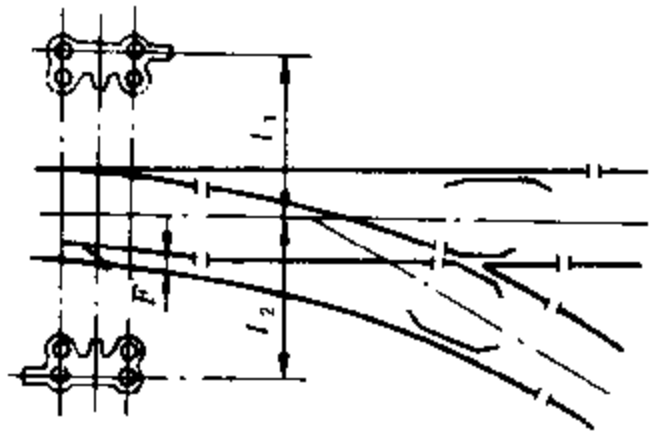
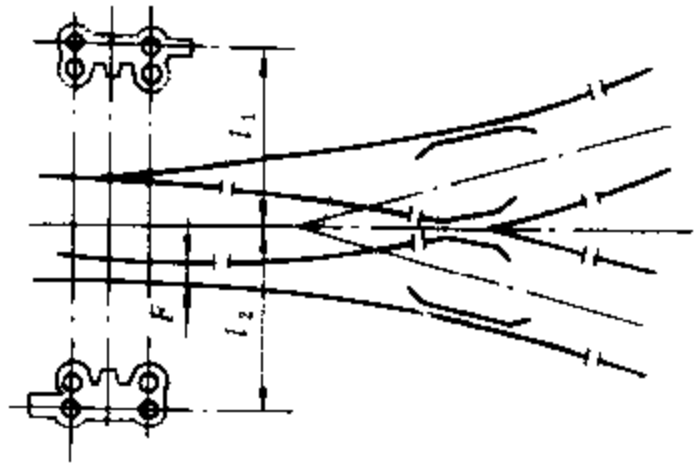


图 4—29　手动扳道器



(a)



(b)

图 4—30　手动扳道器设置示意图

a—单开道岔设置示意图；b—对称道岔设置位置示意图

表 4—12　弹簧扳道器设置尺寸　　(mm)

道岔型号		尖轨长度	Ⅰ型弹簧扳道器设置尺寸		Ⅱ型弹簧扳道器设置尺寸	
			l_1	l_2	l_1	l_2
单开道岔	DK615	950	1166	1183	976	994
		1900	1161	1180	971	991
		2500	1162	1178	973	989

续表

道岔型号		尖轨长度	Ⅰ型弹簧扳道器设置尺寸		Ⅱ型弹簧扳道器设置尺寸	
			l_1	l_2	l_1	l_2
单开道岔	DK618	1000	1164	1191	975	1001
		2000	1165	1184	976	995
		2700	1166	1182	977	992
	DK918	2000	1315	1334	1126	1145
		2400	1316	1333	1126	1143
		2700	1316	1332	1127	1142
	DK624	2100	1163	1183	973	994
	DK924	2100	1313	1333	1123	1143
		2500	1314	1331	1124	1142
		2800	1314	1330	1125	1141
对称道岔	DC615	950	1172	1172	982	982
	DC618	1000	1176	1176	987	987
	DC918	1000	1326	1326	1137	1137
	DC624	1050	1174	1174	985	985
	DC924	105	1324	1324	1135	1135

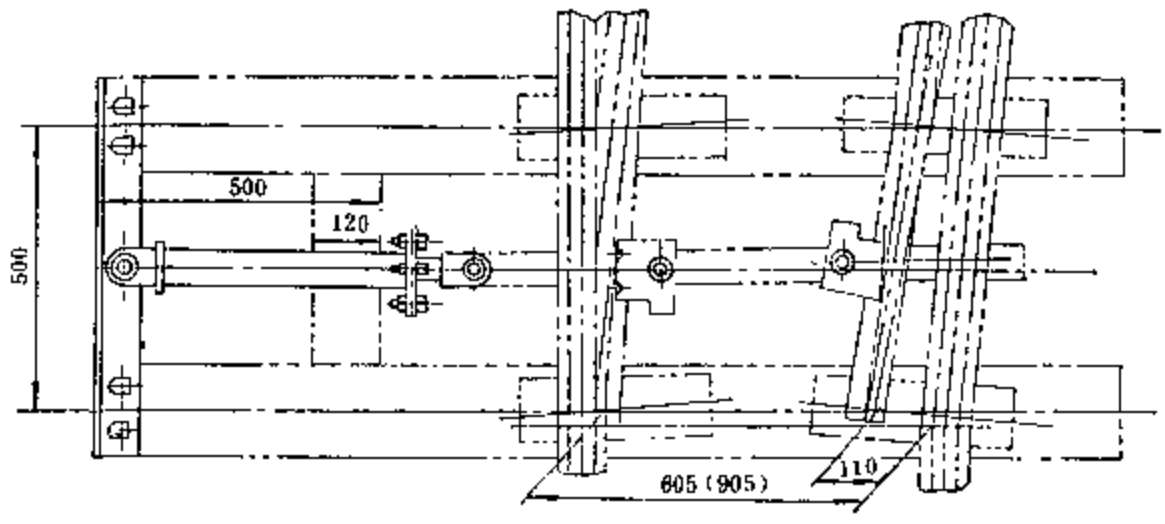


图 4—31　Ⅰ型弹簧扳道器

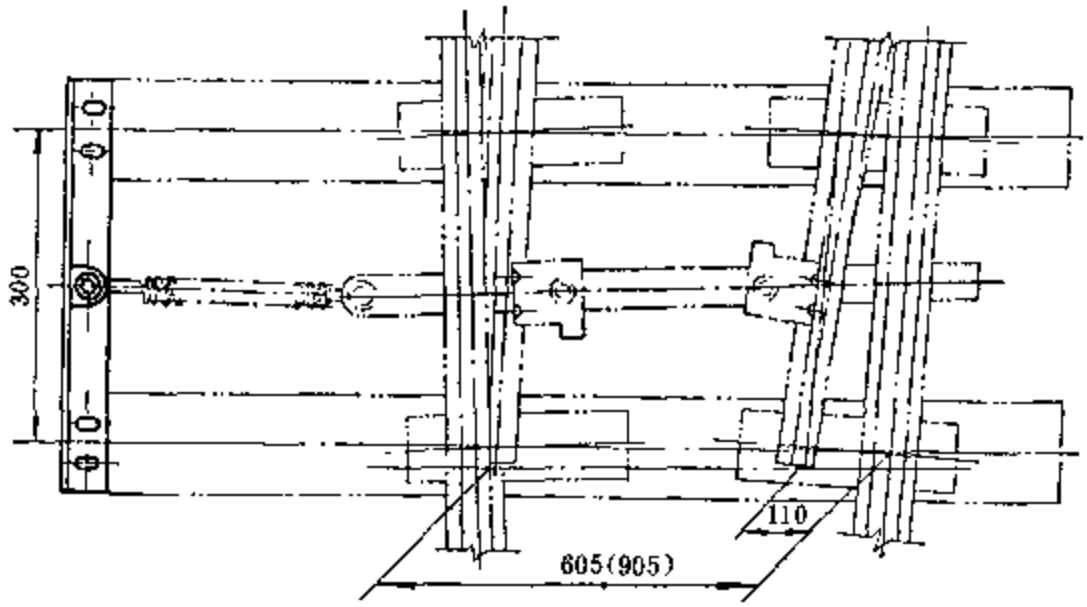


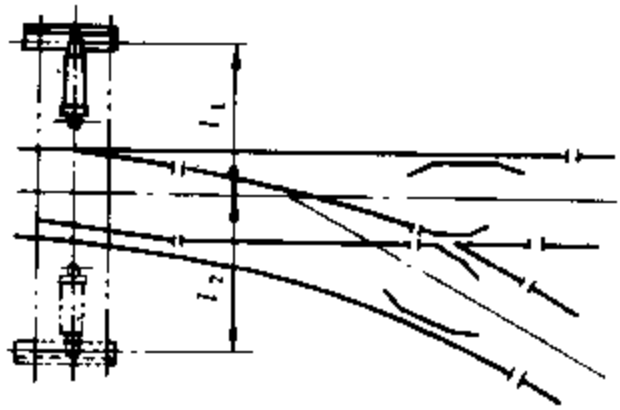
图 4－32　Ⅱ型弹簧扳道器

三、电动转辙机

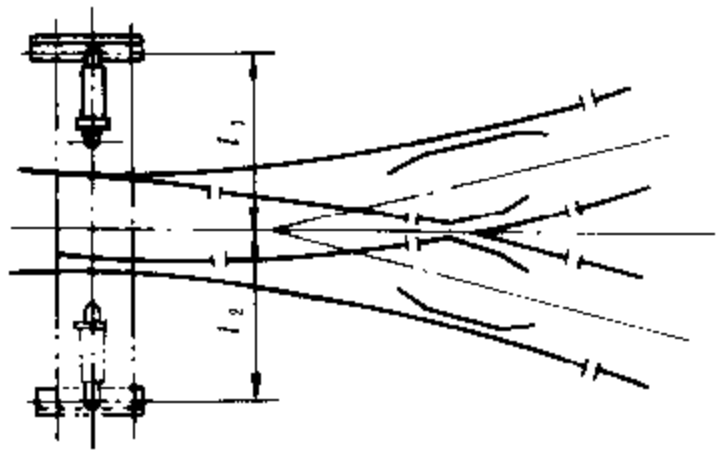
电动转辙机可以代替人工扳道岔，用以实现对道岔的远距离操纵和监视，是铁道运输自动化不可缺少的设备之一。电动转辙机按其操作动力分有：电磁式、电动机式和气动式三类，其中电磁式和气动式构造比较简单，维修方便，牵引力大，但因动作快，冲击力大，道岔转换对岔尖损伤较大，且保护机构不全，使用较少；电动机式具有挤岔、夹石等保护机构，操作系统简单，在电气集中，可控道岔和其它场合中广泛采用。

道岔的远距离操作、监视不同于人工扳动的道岔，后者操作时，人可监视它的扳动情况和尖轨与基本轨的密贴状况，前者因操作时人员远离现场，因此，对道岔、电动转辙机必须提出特殊要求：

1. 道岔尖轨



(a)



(b)

图 4－33　1 型、Ⅱ型弹簧扳道器设置示意图

a—单开道岔设置位置示意图；b—对称道岔设置示意图

道岔尖轨必须按照图纸要求正确地加工和安装，各部紧固件齐全，尤其是拉杆与道岔之间连接点螺丝不得晃动。每天应检查各连接点，清理运动部分，不得堆积煤泥或杂物。

2. 电动转辙机

（1）要有足够的牵引力（一般要求大于 120kg），动作行程以及密贴侧压力，保证尖轨与基本轨的充分密贴及密贴后

的侧压力。

（2）有可靠的表示机构，具体地说，在道岔转辙后，应正确地发出定、反位表示信号；当因夹石或挤岔，尖轨与基本轨的间隙超过安全行车所要求的最大极限间隙时发出故障信号，并能自动反位，不准机车行驶。

（3）发生挤岔事故时，电动转辙机本身机构不能被挤坏（有挤脱离合器），当尖轨与基本轨的间隙超过 4mm 时，发出故障信号。

以上对道岔、电动转辙机的具体要求，要通过轨道工、电气维修工的配合实现。尤其要注意电动转辙机应正确地表示道岔的尖轨与基本轨的密贴状态，这是安全行车的基础，必须切实保证。

图 4－34 为 DKZZ 型电动转辙机动作原理图。其动作过程是：电动转辙机中的电动机经一对伞齿轮带动丝杠 6 转动，套在丝杠上的螺母与端板 4 和两根套管组成行程定位套 2，由于丝杠可以反正转动而带动行程定位套 2 作直线往复运动；另外，由拉杆 5 与端板 7 和两根套管组成行程定位套 3，

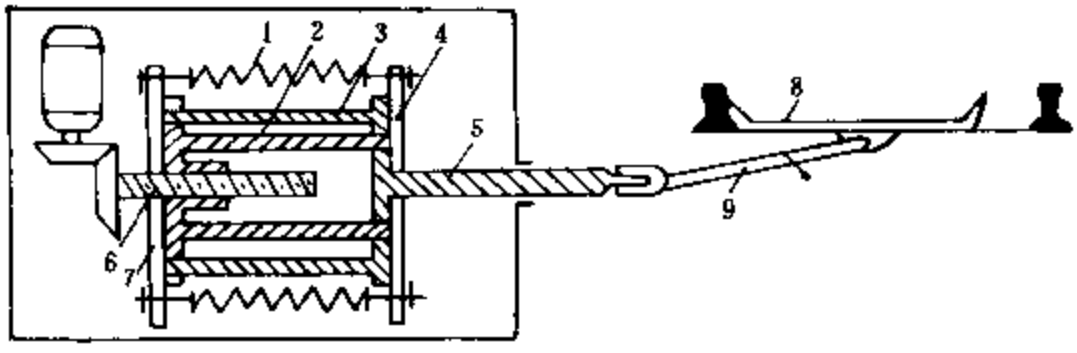


图 4－34　DKZZ 型电动转辙机动作原理图

1—拉伸弹簧；2—行程定位套；3－行程定位套；4—端板；
5—拉杆；6· 丝杠；7—端板；8—连杆；9—连臂

也可以进行往复移动。正常工作时行程定位套 2、3 由 6 根弹簧 1 连在一起移动，并经拉杆 5、连臂 9 和连杆 8 带动岔尖摆动。DKZZ 型电动转辙机技术特征列于表 4－13 中。

DKZZ 型电动转辙机可与 DK 型电子遥控机配套使用（即司控道岔），也可作为集中控制的执行机构，在无电的情况下，可以人工摇动，在挤岔时能自动返回。

表 4 13 DKZZ 型电动转辙机技术性能

项目		DKZZ－2 型	DKZZ－3 型
电动机	型号	AO－7114 三相异步电动机	AO－7114 三相异步电动机
	功率（W）	550	370
	电压（V）	交流 380、220、127	交流 380、220、127
尖轨行程（mm）		60～110	80～160
道岔与基本轨侧压力（Pa）		＞600	＞60
弹簧伸长位置时总压力（Pa）		＞2400	＞180
转换道岔的时间（s）		＜2.5	＜2
重量（kg）		60	75

第五节 道岔的选用

一、电机车、矿车与道岔的选用关系

无论从道岔各组成部分结构的强度、稳定性和整体性来看，还是从道岔的平面、纵断面、养护维修的复杂性来看，都足以说明道岔是铁道上的薄弱环节之一，是影响行车速度的重要因素。如果只提高机车在区间运行的速度，而不能相应地提高通过道岔时的速度，则效益不大，因为机车通过道岔时的频繁减速，使全段无法达到正常行车速度而影响机车效能的发挥，所以，在选择道岔型号时，必须考虑所通过的电机车、矿车的规格及行驶速度，使其相互适应。

单开和对称道岔允许行驶电机车、矿车的类别及通过速度可参见表 4—14。

二、采用不同轨型道岔的原则

铁道上应采用同轨型的道岔，当采用不同轨型道岔时，道岔可以选用较铁道轨型高一级的钢轨，不允许采用低一级轨型的钢轨。使用不同轨型道岔时，道岔前后应各铺设一节与道岔轨型相同的钢轨。

表 4—14　单开和对称道岔允许行驶车辆和速度表

道岔型号	允许行驶车辆类别	允许行驶速度（m/s）
DK615—2—4	1t 矿车	≤1.5
DK615—3—6	<1.5t 矿车	1.5～3.5
DK615—4—12	7t 及以下电机车	1.5～3.5
DK615—5—15	7t 及以下电机车	1.5～3.5
DK615—6—25	7t 及以下电机车	1.5～3.5
DC615—2—6	<1.5t 矿车	1.5～3.5
DC615—3—9	1.5t 矿车	1.5～3.5
DC615—3—12	7t 及以下电机车	1.5～3.5
DC618—2—4	1.5t 矿车	≤1.5
DK618—3—6	1.5t 矿车	1.5～3.5
DK618—4—12	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK618—5—15	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK618—6—25	7～10t 电机车	1.5～3.5
DC618—2—6	1.5t 矿车	1.5～3.5
DC618—3—9	1.5t 矿车	1.5～3.5
DC618—3—12	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK624—3—6	3t 矿车	1.5～3.5
DK624—4—12	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK624—5—15	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK624—5—9	3t 矿车	1.5～3.5
DC624—6—12	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK918—3—9	3t 矿车	≤1.5

续表

道岔型号	允许行驶车辆类别	允许行驶速度（m/s）
DK918—4—15	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK918—5—20	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK918—6—30	7～10t 电机车	1.5～3.5
DC918—3—9	3t 矿车	≤1.5
DC918—3—20	7～10t 电机车	1.5～3.5
DK924—3—9	3t 矿车	≤1.5
DK924—4—15	14t 机车	1.5～3.5
DK924—5—20	14t 电机车	1.5～3.5
DK924—6—30	14t 电机车	1.5～3.5
DC924—3—9	3t 矿车	≤1.5
DC924—3—20	14t 电机车	1.5～3.5

注：渡线道岔按相应的单开道岔选择。

第五章　路　　基

路基是铁道的基础，其状态好坏直接影响铁道质量和行车安全，因此必需做好路基的维修养护工作。

第一节　路基的形式与组成

一、路基的形式

路基按其路面与原地表相对位置间的填挖方的不同有以下六种。

（1）路堤　--路基全是由填方筑成，如图 5—1 所示。

（2）路堑——路基全是由挖方筑成，如图 5—2 所示。

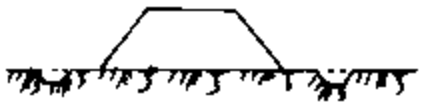


图 5—1　路堤

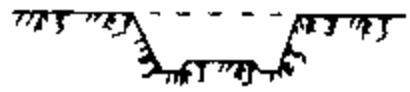


图 5—2　路堑

（3）半路堤——路基一半是填方，一半是挖方，道床置于填方的路基之上，如图 5—3 所示。



图 5　3　半路堤



图 5—4　半路堑

（4）半路堑——路基一半是挖方，一半是填方，道床置于挖方的路基上，如图 5—4 所示。

（5）半路堤半路堑——路基一半是填方，一半是挖方，道床置于填挖方之上，如图 5—5 所示。

（6）不填不挖路基——如图 5—6 所示。



图 5—5　半路堤半路堑

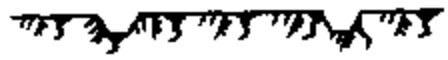


图 5 -6　不填不挖路基

二、路基的组成

路基是由路基本体、排水、防护和加固部分所组成。

1. 路基本体

1）路基本体的组成

路基本体是路基的主体，是由天然土或砂石填筑成路堤，或在天然地面挖出路堑而成。它直接支承铁道，承受列车通过铁道时传来的荷载。

路基顶面的形状分有路拱和无路拱两种。路拱的作用是使雨水能迅速排走以免停留浸湿土壤。用砂石等渗水性填筑的路基不设路拱；普通土路基设有路拱。单线铁道的路拱，规定采用梯形断面，上宽比轨枕短 0.2m，600mm 轨距拱高 0.06m，762（900）mm 轨距拱高 0.1mm。复线铁道的路拱采用三角形，600mm 轨距拱高 0.1m；762（900）mm 轨距拱高 0.15mm。

在路基中部上面铺道床，道床外面的部分叫路肩，路肩的宽度不得小于0.4m。路肩的作用是：

（1）加强路基的稳定性，主要是增加路堤核心土体因受路基面上传来的压力而向外侧挤压的抵抗力；

（2）防止道碴滚落到路基面以下两侧边坡上；

（3）安装铁道标志、信号等；

（4）便于堆放铁道大修、维修必需的材料、工具和小车等，以及便于工作人员的通行和避车。

路基两侧的斜坡称为路基边坡。边坡的坡度是以边坡上下两点的垂直距离和水平距离之比来表示的，如1∶1.5的坡度是指路基垂直高1m时，其上坡角与下坡角的水平距离为1.5m。

路基高度和深度，是指路基中心地面到路基顶面的垂直距离，有路拱时，则量路肩边缘的高度。路基边坡高度是从路肩边缘到路堤坡脚或路堑顶的垂直高度。

路基的宽度应满足下列条件：

（1）有足够的宽度以铺设铁道；

（2）有足够宽度的路肩；

（3）满足限界的要求。

天然护道是路堤坡脚或路堑堑顶，留出1～2m的天然地面，以便保持路基边坡的稳定。

2）路基顶面宽度计算

为铺设铁道上部建筑所需要的路基顶面宽度，因采用的上部建筑类型和路基土质的不同而异。

600mm轨距，土质单线路基直线地段路基顶面宽度，如图5—7所示，其计算公式如下：

$$W=A+2B+2X$$

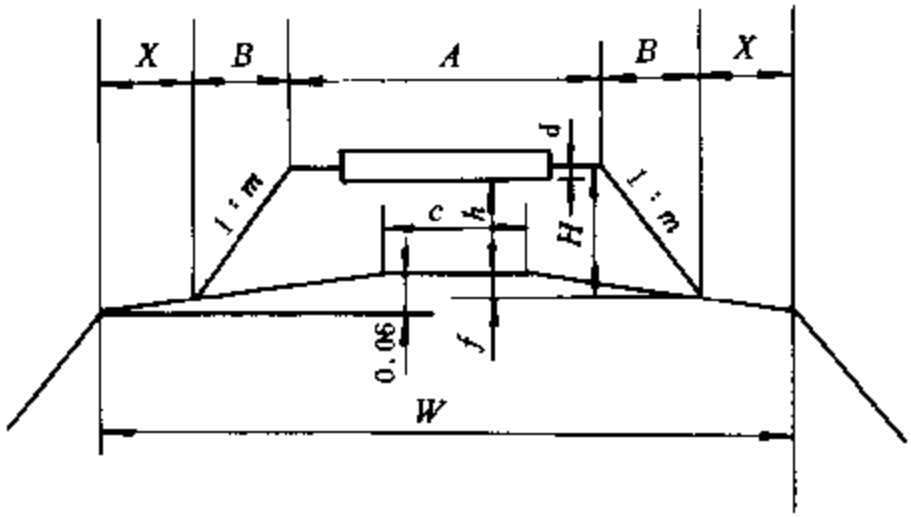


图 5－7　路基顶面宽度

式中　W ——路基顶面宽度，m；

A ——道床顶面宽度，m，一般为轨枕长＋0.3m；

X ——路肩宽度，一般不小于 0.4m；

B ——道床顶部坡角与下部坡角的水平距离，m。

$$B=mH$$

m ——道床边坡陡度值；

H ——道床顶面至下部坡角的垂直距离，

$$H=d+h+f$$

式中　d ——轨枕埋入道床深度＝轨枕厚度－0.03m；

h 　轨枕下道床厚度，m；

f ——$\left(B+\dfrac{A-C}{2}\right)\left(\dfrac{0.06}{\dfrac{W-C}{2}}\right)=\left(B+\dfrac{A-C}{2}\right)\left(\dfrac{0.12}{W-C}\right)$

C ——路拱水平宽度＝轨枕长－0.2m，

故　$$B=m\left(d+h+\left(B+\frac{A-C}{2}\right)\left(\frac{0.02}{W-C}\right)\right)$$

即　$$B=\frac{m\ (d+h)\ (W-C)\ +0.06m\ (A-C)}{W-C-0.12m}$$

所以

$$W=A+\frac{2m\ (d+h)\ (W-C)\ +0.12m\ (A-C)}{(W-C-0.12m)}+2X$$

如以 600mm 轨距为例计算路基顶面宽度如下：

道床顶面宽度	$A=1.5$m
道床厚度	$h=0.2$m
路拱水平宽	$C=1$m
轨枕埋入道床深度	$d=0.09$m
道床边坡陡度值	$m=1.5$
路肩宽度	$X=0.4$m

则

$$W=1.5+\frac{2\times1.5\times(0.2+0.09)\times(W-1)+0.12\times1.5\times(1.5-1)}{W-1-0.12\times1.5}+2\times0.4$$

$$-2.3+\frac{0.87W-0.78}{W-1.18}$$

解 $W^2-4.35W+3.494=0$

$$W\approx3.1\ (\text{m})$$

也可以用简易算法求路基顶面宽度：

取 $f=\frac{2}{3}$拱高

因为 600mm 轨距铁道路基拱高 0.06m，所以 $f=\frac{2}{3}\times0.06=0.04$m

根据上述已知条件，则

$$W-A+2B+2X=A+2mH+2X$$

$$=A+2m\ (d+h+f)\ +2X$$

$$-1.5+2\times1.5\times\ (0.2+0.09+0.04)\ +2\times0.4$$

$=3.29$（m）

≈ 3.3（m）

《煤炭工业设计规范》规定单线区间直线地段路基面的宽度一般按表 5—1 选取。

3）路基加宽

在曲线地段由于曲线外轨设置超高，双线和多线地段的线间距要加大，所以曲线地段路基也要加宽。单线路基加宽，根据不同的超高，不同的曲线半径，有不同的加宽值。加宽值等于外轨超高值乘以道床边坡陡度值。

曲线路基侧加宽，应自外轨超高顺坡起点开始逐渐增加至顺坡终点达到最大值。

表 5　1　路基顶面宽度

铁道等级	土壤种类	道床厚度（m）	路基顶面宽度（m）	
			762（900）mm 轨距	600mm 轨距
1	非渗水土	0.25	4.0	
	岩石渗水土	0.20	3.6	
2	非渗水土	0.20	3.8	3.3
	岩石渗水土	0.15	3.4	3.0
3	非渗水土	0.20	3.8	3.3
		0.15	3.8	3.1
	岩石渗水土	0.15	3.4	3.0

双线或多线的曲线路基加宽，除因设置外轨超高路基要加宽外，还要将曲线线间距的加宽值一同考虑进去。

曲线段邻线间中心线的水平距离和线路中心线与建筑接近限界的水平距离要加宽，其原因是列车在曲线上行驶时转向架随铁道之曲度可以转动，但因车身是整体不能随之弯曲，所以车体两端突出于曲线外侧，而中部偏入于曲线内侧，因而相邻两曲线上的车辆之间的净空减少，如图 5　8 所示。

如果相邻两曲线的外侧铁道外轨超高大于内侧铁道超高度，外侧铁道上车体的倾斜度也影响两线间净空，如图 5－9。为了保持相邻曲线上车体有一定净空，以及铁道上的车辆与邻近建筑物保持一定净空，就需要加宽路基。

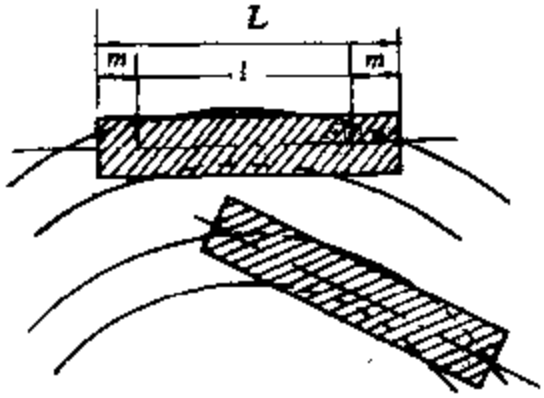


图 5－8　相邻两曲线上车辆之间的净空

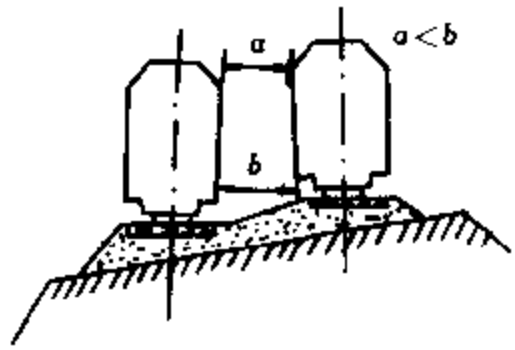


图 5－9　相邻两曲线上车体的净空

由图可见，曲线上建筑接近限界的加宽多少与车体长度、两转向架中心销距离或固定轴距及曲线半径大小有关。

车辆因外轨超高（h）而引起的车体内倾，所需要的内侧加宽量（X），可由图 5－10 所示的图形来计算，并近似地取两钢轨踏面间距离（S_1），如 600mm 轨距为 640mm，762mm 轨距为 800mm，900mm 轨距为 950mm。因外轨超高车体内倾在距轨面高度 H 处，内倾量 X 可按下式计算：

$$\because \quad \frac{X}{H}=\frac{h}{S_1} \qquad X=\frac{H}{S_1}h$$

∴　曲线内侧需要的总加宽量 $W_{内}$ 为：

$$W_{内}=\frac{l^2}{8R}+\frac{H}{S_1}\Delta h$$

$\Delta h=h_1-h_2$；h_1＝外线外轨超高值，

h_2＝内线外轨超高值。

曲线外侧需要的加宽 $W_{外}$，如图 5－11 所示：

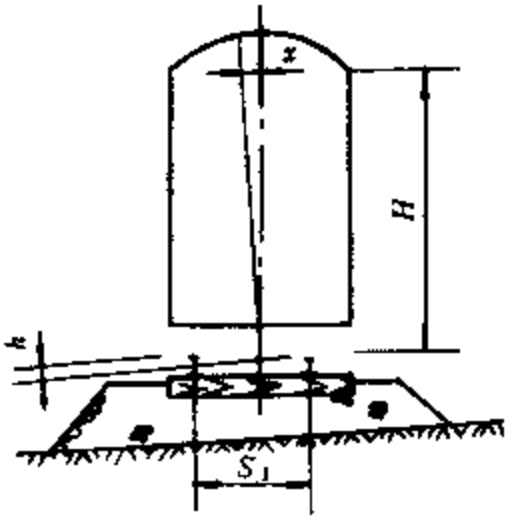


图 5－10　车辆因外轨超高而引起的车体内倾

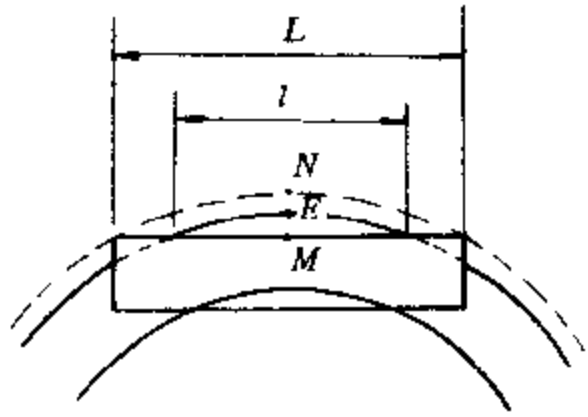


图 5－11　曲线外侧加宽

$$W_{外}=NE=NM-EM=\frac{L^2}{8R}-\frac{l^2}{8R}$$

曲线铁道中心线与建筑接近限界的水平距离，依建筑物在曲线的内侧或外侧，按上式 $W_{内}$、$W_{外}$ 分别计算。

在两个相邻曲线铁道间应加宽的距离 W 为：

$$W=W_{内}+W_{外}=\frac{l^2}{8R}+\frac{H}{S_1}\times\Delta h+\frac{L^2}{8R}-\frac{l^2}{8R}$$

$$=\frac{L^2}{8R}+\frac{H}{S_1}\times\Delta h$$

如外侧曲线超高等于或小于内侧曲线超高，则

$$W=\frac{L^2}{8R}$$

地面区间直线地段的双线间距，按机车车辆最大宽度加 0.4m，但不得小于 1.6m；762mm 轨距铁道采用内燃、蒸气

机车，最大宽度为 2.9m 时，其间距为 3.5m。

区间曲线的相邻铁路间距的加宽值按上边公式计算。

区间曲线地段路基面，当 600mm 轨距，曲线半径小于或等于 150m，762（900）mm 轨距铁道曲线半径小于或等于 200m 时，外侧应加宽 0.1～0.2m。

2. 路基排水

水对路基的危害最大，由于水的冲刷或渗透，使路基降低了稳定性，许多路基的病害（如边坡坍落，冲刷，滑坡，翻浆冒泥，冻害等）多因排水不良而造成，因此路基排水是非常重要的。

路基水害有两种，地表水和地下水，这两种水都要排除，以保证路基的稳固。

为防止雨水侵蚀路基上壤，冲刷边坡，路基地表要设的排水设备主要有：

1）路堑侧沟

路堑侧沟如图 5－12 所示。它设置于路堑的路肩外侧，用以汇集和排除路堑边坡面及路基范围的地面水。如果有截水沟时，则为汇集和排出截水沟与侧沟间及侧沟至路基表面范围内的地表水。

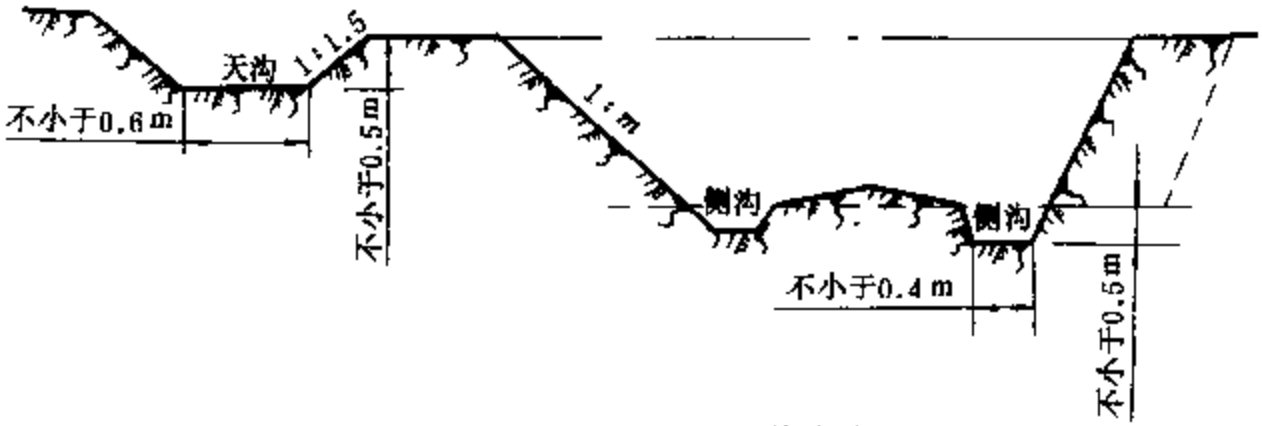


图 5 12 路堑侧沟和截水沟

2）截水沟（又称天沟）

截水沟设置于路堑顶边缘以外的适当距离处（见图 5—12），用以截引其上方的地面水，以防止其冲刷和浸蚀路堑边坡或流入路堑内。是否设置截水沟或需要设置几道截水沟，应视具体情况而定。

3）排水沟

排水沟如图 5—13 所示。它设置于路堤上坡的一侧或两侧，用以截引流向路堤的地面水，防止积存和危害路基。

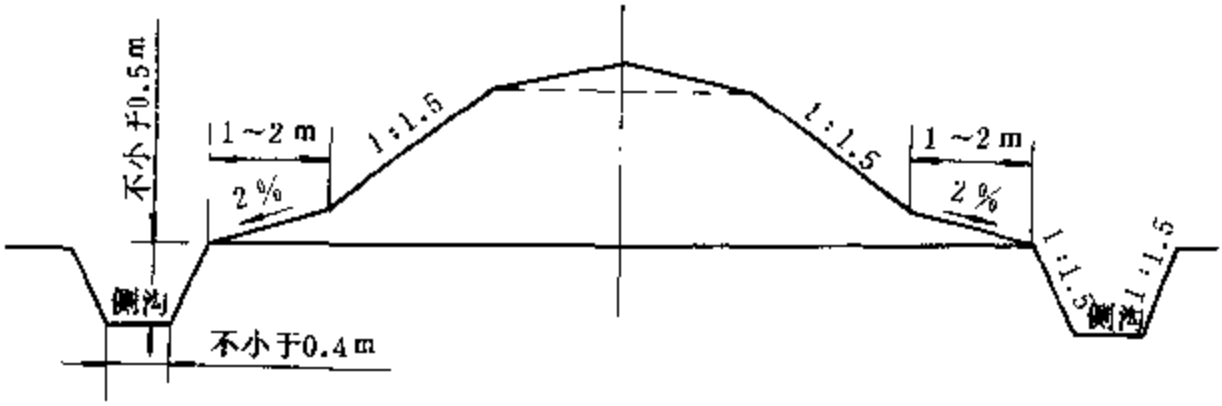


图 5—13　排水沟

侧沟，截水沟，或排水沟的横断面尺寸，应当考虑流量的大小，保证水流畅通，其底宽一般不小于 0.4m，深度不小于 0.5m，在石质路堑中可采用较小的侧沟，底宽和深度皆可减至 0.3m。

侧沟边坡随土质而定，一般靠线路一侧为 1∶1，外侧应与路堑边坡相同，但有坡脚平台时外侧可为 1∶1。

在砂性土壤中，两侧边坡坡度应不陡于 1∶1.5；在黄土和黄土类土壤中，两侧边坡应不陡于 1∶1，沟底纵向坡度不小于 2‰，以免水沟淤塞。

4）各种路堤侧沟横断面

（1）无取土坑的路堤（图 5－13）

①路堤坡脚应设天然护道，路堤高度在 2～6m 以内时，护道宽度可采用 1m，路堤高度在 6m 以上时，护道宽度可采用 2m；

②排水沟纵坡一般为 3‰～8‰；

③路堤后期为复线时，其设置复线一侧的护道宽度为复线间距加 1～2m。

（2）有取土坑的路堤（图 5－14）

①护道宽度与无取土坑路堤的①、③条相同；

②取土坑纵坡为 3‰～8‰。

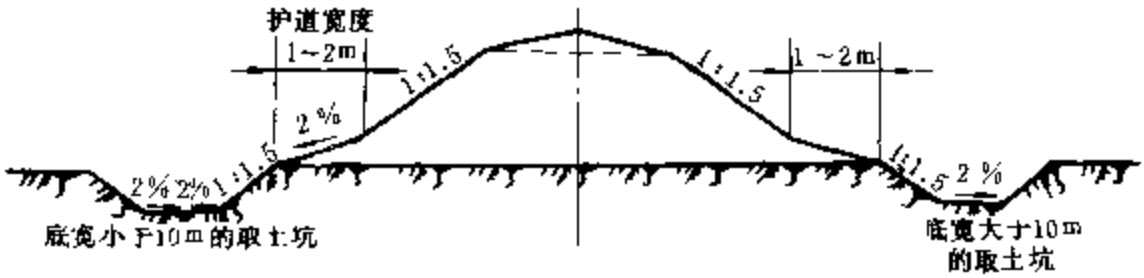


图 5－14　有取土坑的路堤

（3）用石块填筑的路堤（图 5－15）

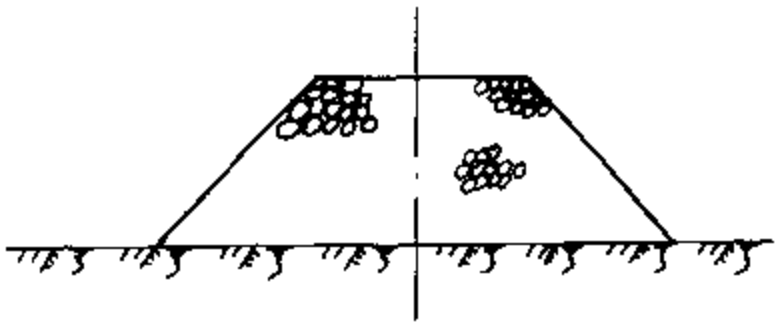


图 5－15　用石块填筑的路堤

（4）平缓山坡上的路堤

地面横坡缓于1∶5时，如图5－16所示；地面横坡陡于1∶1.5但缓于1∶1.25时，如图5－17所示。

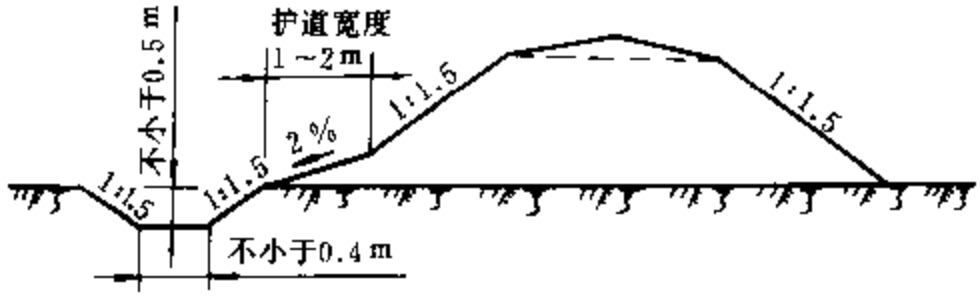


图5 16 平缓山坡上的路堤（地面横坡缓于1∶5时）

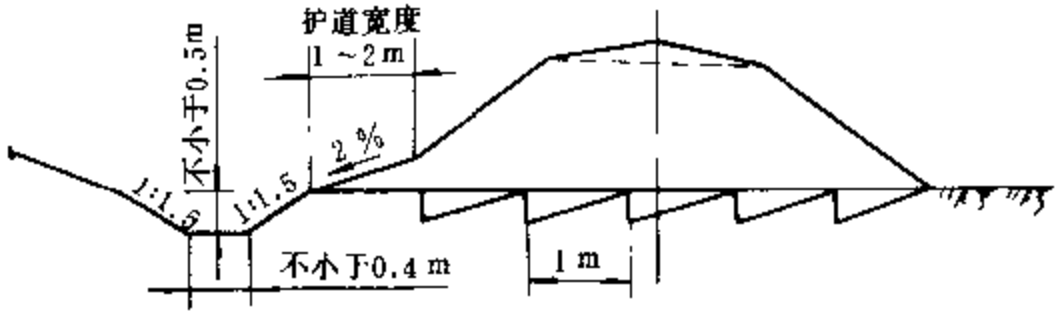


图5－17 平缓山坡上的路堤

（地面横坡陡于1∶1.5但缓于1∶1.25时）

①截水沟纵坡一般为2‰～8‰，护道宽同前；

②路堤后期为复线，第二线位置如设于有护道的一侧，则护道宽度为复线间距加1～2m；

③当地面横坡陡于1∶10但缓于1∶5时地面应清除草皮再填土；

④填石路堤边坡陡度根据石块尺寸及性质而定，路堤面下0.3m内不得使用大于0.15m的石块，路堤面均不作路拱。

（5）无弃土堆的路堑（图 5－13）

①在砂类土、黄土、易风化的岩石和不良土质路堑中，沿路肩边缘水平面，在侧沟外路堑边坡脚外应设 0.5～1m 宽的平台；

②天沟纵坡不小于 2‰；

③路基后期为复线时，第二线位置，若设于有天沟的一侧，则堑顶至天沟边缘的距离应为复线间距加 3～5m。

（6）有弃土堆的路堑（路堑深度大于 3m，见图 5－18）

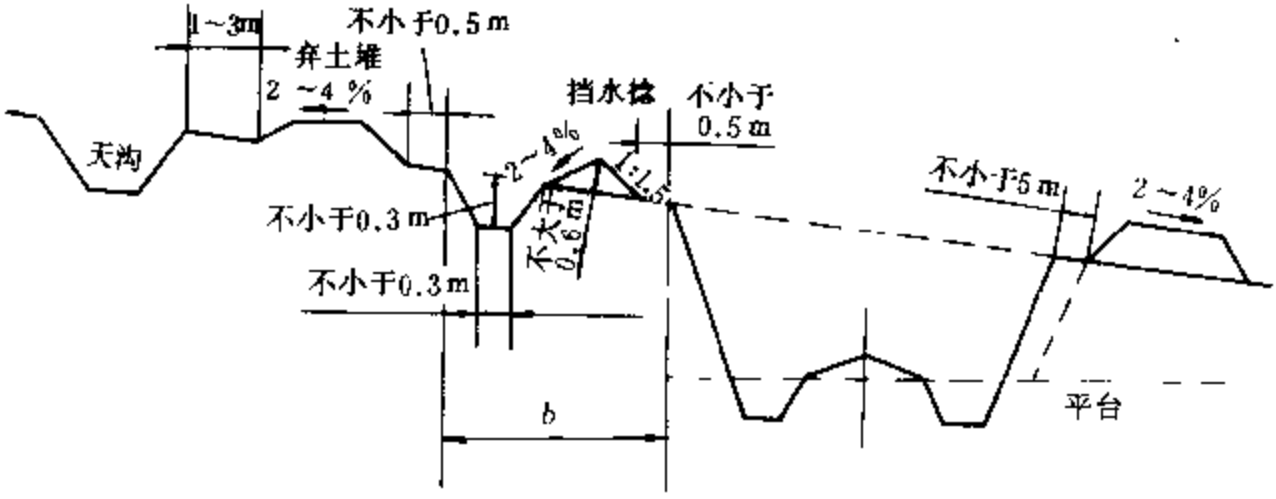


图 5－18　有弃土堆的路堑

①高地一边的堑顶至弃土堆坡脚的距离 b 一般为 3～5m，而在松软土壤中其距离为 5m 加路堑边坡的高度；

②天沟纵坡不小于 2‰；

③路基后期为复线时，在预设第二线的一侧其堑顶至弃土堆坡脚之距离应加上复线间距；

④弃土堆可置于铁道两侧，在上坡一侧可连续堆弃，而在铁道下坡一侧，每隔一段留一开口为 1m 以上的缺口以便排水。

（7）不易风化的岩石路堑（图 5－19）

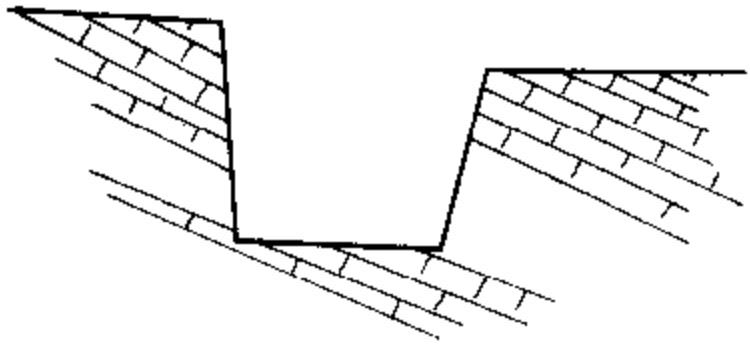


图 5－19　不易风化的岩石路堑

（8）易风化的岩石路堑（图 5－20）

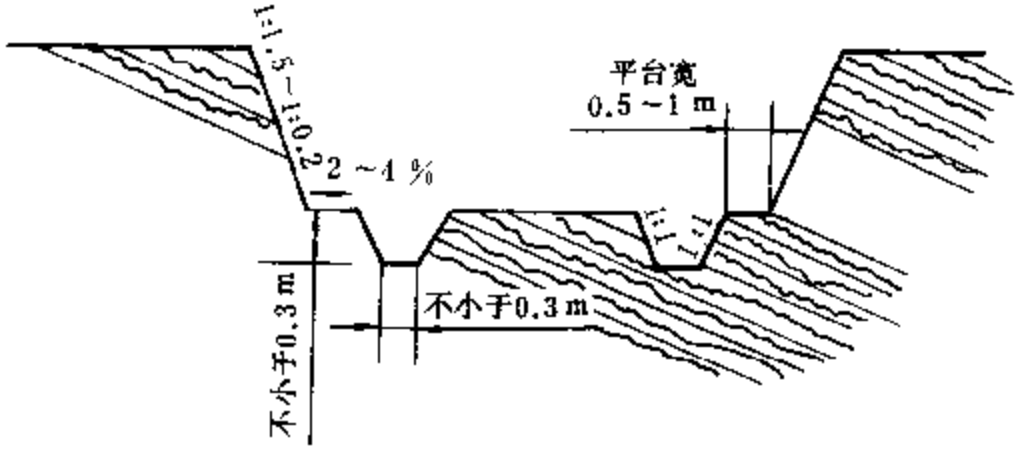


图 5－20　易风化的岩石路堑

（9）黄土路堑（图 5－21）

如果水沟土质松软或水的流速较大易于被水冲刷的水沟，容易产生基床病害的侧沟流水量较大地段的截水沟和排水沟等，都需采取加固措施，防止冲刷和渗漏。

水沟的加固措施，根据水的流速，土壤状况有：平铺草皮，干砌片石，浆砌片石，砂浆抹面，三合土保护层等。

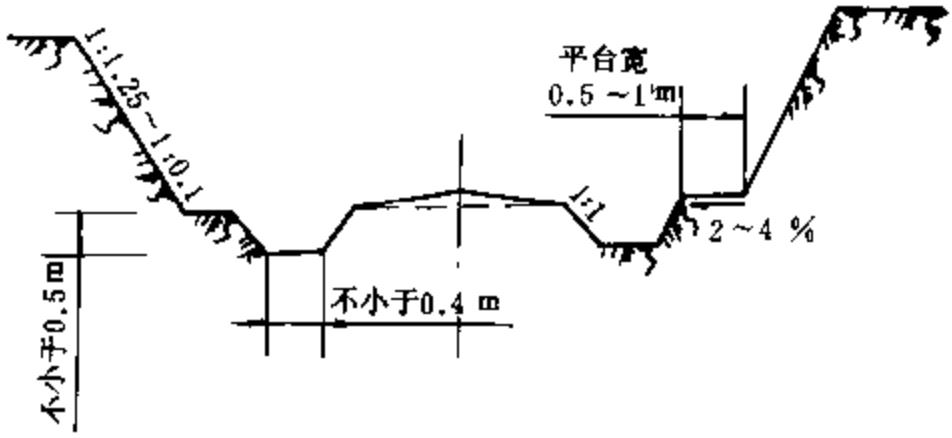


图 5－21　黄土路堑

在水量大的地段，边坡又不易保持稳定的土壤中，可以用浆砌片石，浆砌砖或钢筋混凝土做成的长方形断面的水槽来代替水沟（图 5—22）。土质水沟，纵向坡度大于 8‰时，则应用跌水（图 5－23）或急流槽（图 5－24）。跌水台阶高度为 0.2～1.5m，急流槽的坡度最大可按 1∶2 施工。

在井下更须切实注意排水工作。铁道的一侧要设置排水沟，以便使道碴里的水泄出来，会同巷道的水流，经过排水沟流进水仓。要经常清理水沟，保持流水畅通，特别是绞车道水沟必须完善，否则水流太急冲刷道床和底板。

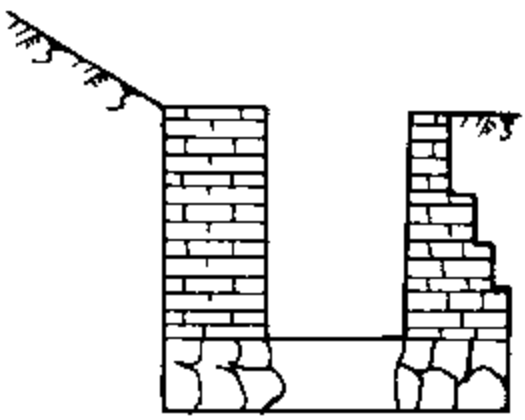


图 5　22　水槽

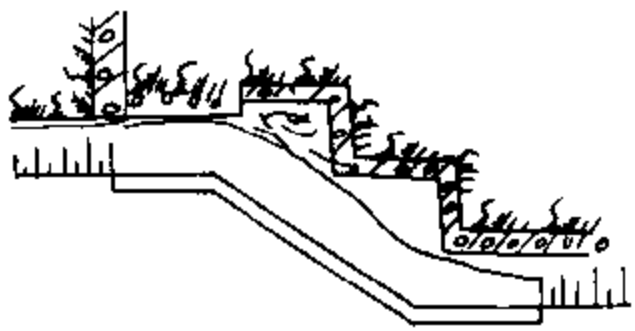


图 5－23　跌水

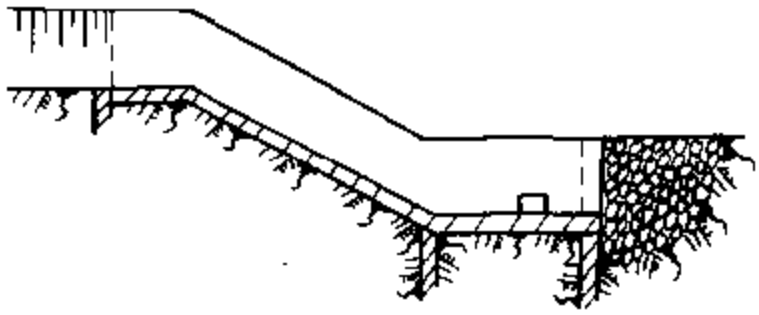


图 5—24　急流槽

根据水量的大小，巷道底板岩层的坚硬程度和服务时间等条件，可以采用混凝土水沟，如图 5—25 所示。水沟上沿不能高于底板，以使道床内的水流进水沟。

3. 路基的加固和防护

1）路基的加固

为了防止路基滑动，保证路基巩固，设挡土墙或扶壁。挡土墙如图 5—26 所示，是用来支承和拦挡土体，保护边坡的。挡土墙种类很多，一般用的是靠自己重量来支挡土体，防止坍滑的重力式挡土墙。如果土体不用连续支挡，可采取断续支挡，这种结构称为扶壁，如图 5—27 所示。

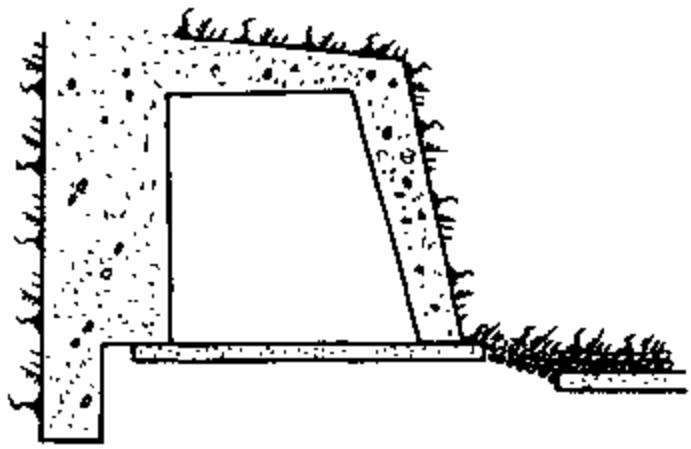


图 5—25　井下水沟

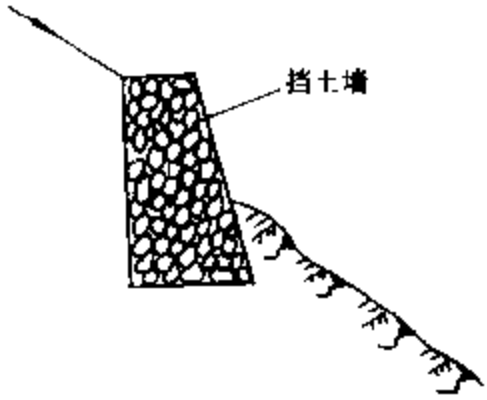


图 5－26　挡土墙

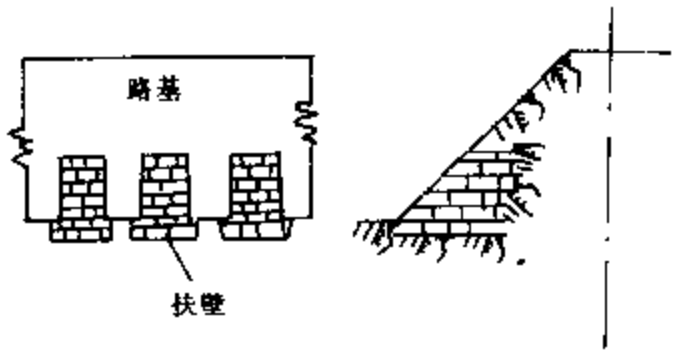


图 5－27　扶壁

2）路基的防护

路基防护有坡面防护和冲刷防护。

（1）坡面防护

路基边坡面易受大气、降水、冰冻、风蚀等自然界的影响，出现表土剥落，岩层风化碎裂，水流冲刷等现象，长期下去破坏路基，影响路基的稳定性，所以必须搞好路基坡面的防护工作。坡面防护主要有以下几种：

①植草。植草是在土壤的表面层，利用植物的根茎缠绕盘结，形成一个坚固的层面，以防止地面水流的冲刷，和缓严寒、太阳曝晒、风吹等因素对坡面的影响。

在路基边坡或天然斜坡上植草，草种应选择根茎茂密，茎叶低矮，不畏干旱、冰冻、耐践踏，而且生长繁殖迅速，便于播种的多年生草木，草种应避免选一年生的草，因为这种草每年枯萎，草根腐朽，使土多孔隙松软，容易为雨水冲走。

植草防护一般适合于坡度不小于 1∶1.5 的斜坡。过陡的边坡，植草工作不易进行，亦不利于草的生长。

②铺砌草皮。在不适于草木生长的斜坡土壤上，可以铺设草皮，在草皮之下，铺一层 6～10cm 的种植土，为了使铺

盖上能和天然土层紧密结合，应将斜坡略微锄松。

（2）冲刷防护

在路基经常被水流、波浪的冲刷与浸蚀的地段，会发生岸坡变形以致破坏，所以对路基岸坡要加以防护。岸坡防护措施，可根据水的流速，河道地形等条件，采用铺草皮，种防护林，干砌或浆砌片石，填石抛石，石笼等防护办法以防冲刷。

第二节　路 基 维 修

路基变形会引起轨距水平高低和方向的变化，影响铁道质量，威胁行车安全。因此，必须有计划地加强路基维修，保持路基本体稳固，排水防护和加固部分（挡土墙、扶壁和副堤）良好。

路基的病害很多，主要有滑坡，下沉，冲刷，基面冻起和翻浆冒泥，坍方落石等。产生路基病害的主要原因是路基排水不良，土质不好。防治路基病害，必须做好日常维修。路基维修包括以下几方面。

一、基面维修

路基顶面必须经常保持无坑洼，无杂草，排水畅通。

由路基顶面向下 1m 左右的范围内是基床部分，这部分受列车动力和气候影响较大，因此常发生变形。基床变形的病害主要表现为下沉，翻浆冒泥及冻害。

1. 造成下沉、翻浆冒泥的原因及整治措施

1）产生原因

（1）道床脏污，排水不良；

（2）路面道床有杂草，路肩突起，阻碍道床排水；

（3）路基面土质不良，强度不够；

（4）枕木下方的道碴厚度不足或薄厚不均，致使列车通过时增加对路基的压力，尤其在钢轨接头处，车轮冲击力大，道床和基面受力更大。

路基和道床排水不良，致使路基面长期积水，路基面土壤含水量增加，造成路基松软，列车运行以后，使路基变形，道床下沉，铁道产生吊板和暗坑。雨季时地表水和地下水渗浸路基面，则产生翻浆冒泥现象，造成行车不平顺，影响行车安全。

2）整治措施

翻浆冒泥可分为：道床翻浆、路基面翻浆和岩石裂隙翻浆（指石质路基）等三种，根据不同情况，采取不同的整治方法。

（1）渗沟

由于地下水造成翻浆冒泥，可用纵向渗沟来截断，引走地下水降低基床下的地下水位，渗沟纵向坡度不小于5‰。

为了排除道碴陷槽内积水，保持道床清洁加固路基边坡，可设置道床横向盲沟。盲沟的排水坡度不小于10%，宽度不小于1m。为了防止渗水，其底部用三合土（白灰：砂子：炉渣=1：3：6）夯实或用浆砌片石抹面加固。

（2）砂垫层

对于基面土质不良，由于地下水影响基面翻浆，除用渗沟来降低地下水位外应设置砂垫层，以隔离道碴与基面接触，整正破坏了的基面，阻止基面泥浆污染道床。砂垫层材料可用中砂，顶宽为枕木长减0.2m，边坡为1：2，厚10～15cm。

（3）封闭层

风化的石质基面翻浆，裂隙翻浆，或者吸水性较大，并易于液化的粘土层基面翻浆，用不透水的掺合料做封闭层，用

以隔离地表水。这样做可以防止或减轻基面的软化或风化，阻隔泥浆污染道床，以保持基面的坚固性。

封闭层用沥青掺合料和石灰掺合料效果较好。

（4）换土

对于基床土质松软，造成基床下沉变形，道碴陷槽等病害的处所，更换路基面土壤是有效的防止措施。把软弱土层挖掉，换成砂性土，砂、石灰和炉渣的三合土等，这种方法称为换土，以提高基床的稳固性。

2. 冻害形成的原因及整治措施

1）产生原因

冻害是寒冷地区的主要路基病害。它使平整的铁道变成高低不平，影响行车平稳和安全。冻害形成的原因是路基排水不良，路基或道床内积水，冬天结冻时，体积胀大，使路基或道床冻起。土质不同，含水量不同，结冻后路基膨胀也不一样。石质路基一般不出现冻起现象，由于路堑含水较多，所以路堑地段比其它地段冻害严重。

冻害分表面冻害和路基冻害。表面冻害是由于道床不洁和道床沉陷使道床内积水冻结而产生的，这种冻害一般是入冬结冻时道床冻起，到春天解冻时就降落。路基冻害，是路基地下水冻结面产生的，这种冻害发生时间较晚，解冻后也不能很快地降落，故危害时间较长。

2）整治措施

根据冻害的具体情况，应采取不同的整治方法。对土壤透水系数小，水分不易排除的，可在路基面设置炉渣垫层来隔地下水以防其渗入路基面；如冻胀是地下水位高的原因，则需在路基一侧或两侧修筑渗沟，以降低地下水位，以防冻害的发生。

夏季翻浆冒泥的处所，冬季易发生表层冻害，因此处理好翻浆冒泥病害就可防止冬季的表层冻害。

一旦冻害出现，就要进行整治，其方法是用“冻害垫板”。根据冻起的高度，把钦道均匀地顺坡，顺坡长度一般为冻起高度的200倍。道岔辙叉及转辙部分不能有坡度变化点。

冻害垫板分为两种，即顺垫板和横向垫板。顺势板是顺盖轨底垫，其厚度为3、6、9、12、15mm等几种，这种垫板用在原来没有垫板的铁道。另一种为横垫板，是横向垫在轨底。

横垫板有以下几种：

（1）小型垫板长度与轨板相同，宽度为110～120mm，厚度有3、5、8、10、15、20、25mm7种。

（2）小型垫板长250mm，宽110～130mm，厚度为25、30、40、50mm两种。

（3）大型垫板长350mm，宽110～130mm，厚度有40、50、60、70、80和90mm6种。

二、边坡维修

路基边坡病害主要有：边坡裂缝、坑穴、滑坡等。产生的原因主要是路基土质不良和雨水浸蚀。在土质路基中由于雨水冲刷和浸蚀使路基被冲刷和土壤被湿软，造成边坡变形、坑穴、裂缝。石质路基边坡，由于自然条件作用和列车振动影响，往往出现裂缝，这样地面水渗入造成滑坡，塌方。在山区由于山洪暴发，出现泥石流或洪水冲垮边坡。

边坡维修要做好以下工作：

（1）定期清理水沟，做到排水畅通。渗水沟的出口必须完整，防止堵塞，并要经常检查，发生问题及时处理。

（2）对土质路基裂缝或坑穴，要用同类土壤或粘土填补

夯实。上质路堑出现的裂缝，要进行勾缝。对于不稳的边坡要根据情况进行处理或设置支挡建筑物。

（3）削平路肩凸起部分，保证路基和道床排水良好。

第六章　新型铁道结构

第一节　无 缝 铁 道

钢轨接头是铁道的薄弱环节。由于接头的存在，使钢轨的连续性受到破坏，列车通过接头时发生冲击和振动，造成行车不稳，进而使钢轨和连接零件的伤损、磨耗加剧，减少钢轨、枕木和机车车辆的使用寿命，维修费用增加。另外钢轨接头增加列车运行阻力，又是发生钢轨爬行的主要原因之一。

将普通钢轨焊接成长轨，消灭或减少钢轨接头称为无缝铁道，是改善铁道运行条件的良好方法。

无缝铁道在国铁主要干线已大量铺设，煤矿井下铁道开始推广使用，通过多年来的实践，已取得较好的效果。

一、无缝铁道的优点

（1）增强了钢轨的连续性和整体性，减少了接头病害的产生。

（2）行车平稳，减少冲击振动次数，减轻了对铁道的破坏，噪音小。

（3）可延长钢轨、机车车辆使用寿命。

（4）节省了接头连接零件所需的钢材和行驶架线式电机车所需的接头连接导线，降低铁道维修费用。

（5）解决了行驶电机车的铁道接头的连接导线断面小，或因连接不良而加大回馈电阻，从而减少了杂散电流，消除

了不安全的隐患。

二、无缝铁道的使用要求

1. 钢轨内的温度力和温度应力

钢轨受“热胀冷缩”的影响要伸长或缩短。

一根不受任何限制的轨条将随轨温变化而发生自由伸缩。其自由伸缩量为：

$$\Delta L=\alpha \cdot L \cdot \Delta t$$

式中 α——钢轨的线膨胀系数，即每米长的钢轨，当轨温变化1℃时，钢轨伸缩量为0.0000118m（即$\alpha=0.0000118\text{m}/℃$）；

L——钢轨长度，m；

Δt——轨温变化度数，℃。

由上式可知，当温度变化时，若不准钢轨伸缩，钢轨内部必然受力，这个力是由于轨温变化所引起的，故叫温度力P_t。在钢轨断面上单位面积（cm^2）所受的温度力叫作温度应力σ，温度应力按下式计算：

$$\sigma=E \cdot \varepsilon=E \cdot \frac{\Delta L}{L}=E \cdot \frac{\alpha \cdot L \cdot \Delta t}{L}=E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

式中 E——钢轨的弹性模量，$E=21\times10^4\text{MPa}$；

ε——钢轨的应变系数，$\varepsilon=\frac{\Delta L}{L}$。

所以，$\sigma=21\times10^4\times0.0000118\times\Delta t\approx2.5\Delta t$（MPa）

当轨温变化时，钢轨内部所承受的温度力，其大小为：

$$P_t=\sigma \cdot F=2.5\times100F.\Delta t=250F \cdot \Delta t\ (\text{N})$$

式中 F——钢轨的断面面积，cm^2。

以目前铺设的24kg/m钢轨为例，因轨温变化所产生的温度力为：

$$P_t=250F \cdot \Delta t=250\times31.24\times\Delta t=7810\Delta t\ (\text{N})$$

从上式可知，轨温变化1℃时，24kg/m钢轨所产生的温度力为7810N。焊接的长钢轨温度力与钢轨长度无关，与轨温变化度数 Δt 成直线比例关系，所以，在一定的温度变化条件下只要轨道的稳定能够得到保证，钢轨长度可以不受任何限制。降低钢轨内部温度力的关键，在于如何控制轨温的变化幅度 Δt。因此选择锁定轨温是十分重要的，一般选择最高和最低轨温的平均值。

2. 铁道阻力

在无缝铁道上，铁道被锁定后不能作纵向自由伸缩，这种阻止钢轨和轨道框架（钢轨、轨枕钉连在一起称为轨道框架）移动的阻力称为铁道阻力。它有接头阻力、扣件阻力、道床阻力和框架钢度。

（1）接头阻力　主要是钢轨与鱼尾板的摩擦力及与螺栓的抗弯力或抗剪力有关。为了保证接头经常保持足够的阻力，应在通过一定运量后对接头螺栓全面拧紧一次。

（2）道床阻力　道床阻力分纵向及横向两种。道床阻力是由轨枕的底面，侧面和端面与道床之间的摩擦而产生的。道床纵向阻力阻止轨枕在道床中作纵向位移，对无缝钢轨伸缩起限制作用，横向阻力阻止轨枕在道床中作横向位移，可防止无缝铁道胀轨、跑道。

（3）扣件阻力　它是各种中间扣件和防爬设备共同抵抗钢轨沿轨枕面伸缩移动的阻力。它与扣件类型、拧紧程度和防爬设备类型、配置数量有关。扣件阻力必须大于道床纵向阻力，才能保证钢轨不沿轨枕面伸缩移动，否则钢轨将沿轨枕面移动，使道床阻力不能充分发挥作用。因此，在无缝铁道上，要求使用强有力的扣件。

（4）框架钢度　钢轨和轨枕钉连在一起，亦具有阻止胀

轨跑道的能力，把这种能力称为框架钢度。

3. 煤矿无缝铁道铺设地点

煤矿地面窄轨铁道的接头连接零件和铁道中间扣件，道床阻力及框架钢度等与国铁主要干线相比，尚不能适应无缝铁道的要求，铺设无缝铁道有待于进一步研究和试验。但井下不受太阳辐射的影响，常年轨温变化不大，温度力完全可以被上述阻力所克服。通过在北京、山西、河北等省市统配煤矿的多年实践，无缝铁道适宜在煤矿井下铺设。凡井下使用年限超过 5 年的主要运输大巷、主要提升斜巷及主要上下山等，均可铺设无缝铁道。

三、无缝铁道的焊接

1. 焊接准备

1）电焊机的选择

根据窄轨铁道及电源情况，可选择直流或交流弧焊机。一般绞车道的铁道及蓄电池机车行驶的铁道，可使用交流弧焊机。有架线做电源的运输大巷铁道，可使用直流弧焊机。开滦矿务局林西电焊机厂生产的可控硅逆变弧焊机有 250V 和 550V 两种产品，体积小，容量大，适合有架线的运输大巷做焊接铁道使用。

2）电焊条的选择

冶金工业部部颁标准 YR220～63 规定：15～24kg/m 轻轨根据含碳量分为两类，即普通轻轨“P”类和硬轻轨“T”类。由元素含量表来看，不论是平炉钢还是转炉钢，这两类轻轨均为普通碳素钢，其最高含碳量不大于 0.6%，含硫量最大不大于 0.065%，含磷量最大不大于 0.085%。为了保证轻轨接头焊缝的抗拉、抗弯强度和防止焊接接头脆硬，应选择焊条含碳、硫、磷低于钢轨含量为宜，保证焊缝不出现裂纹，焊

缝磨损量与钢轨磨损量大体相当，此外还要考虑焊条的货源充足。一般可选择钛钙型结 422 低碳钢焊条或 45 号中碳钢 506 焊条。

3）调正钢轨接头

将钢轨两端接头调直垫平，异型钢轨接头要保证工作边平顺。根据焊缝的要求，调整好钢轨接缝。

4）制订施工安全技术措施

按《煤矿安全规程》规定要制订安全技术措施，经有关部门审批后才能施工。

2. 焊接的工艺要求

钢轨焊接是比较复杂的操作技术，如果操作不当，就不能保证钢轨的焊接质量。以下因素能引起钢轨的变形和受力：

（1）在所焊接的金属内温度分布不均匀；

（2）沿焊缝全长度上，施焊的时间不同；

（3）沿厚度上（多层焊接）施焊的时间不同。

因此，焊接时，力求加热均匀，减少沿厚度上（全截面）和沿长度上的施焊时间差，防止或减少产生马氏体组织。

在焊接中，按下列顺序操作：

（1）轨头除锈。沿轨条方向 20～30mm 和钢轨端面，除掉全部铁锈、油污和杂物等。

（2）在轨缝下面托一块厚度为 3～10mm 的铁托板，以便施焊时托住焊液不下流。

（3）有夹具固定钢轨接头，如图 6—1 所示。焊缝间隙既不能过宽也不能过窄，宽了增加焊条的消耗，窄了施焊时运条不方便。当使用 ϕ3.2 或 ϕ4 焊条时，其焊缝间隙为：轨底和轨腰 5～8mm，轨头 V 形坡口上宽 20mm 较适宜，如图 6—2 所示。上宽下窄的目的是留有反弯曲余量，使其冷却后钢轨

表面呈水平状态。把铁托板垫起，上夹具前调整轨底、轨顶焊缝间隙。当各部分尺寸对好之后，分别用螺杆 5 和侧向顶丝拧紧固定。在固定时还须注意防止轨底扭曲，使其在一个水平面上。

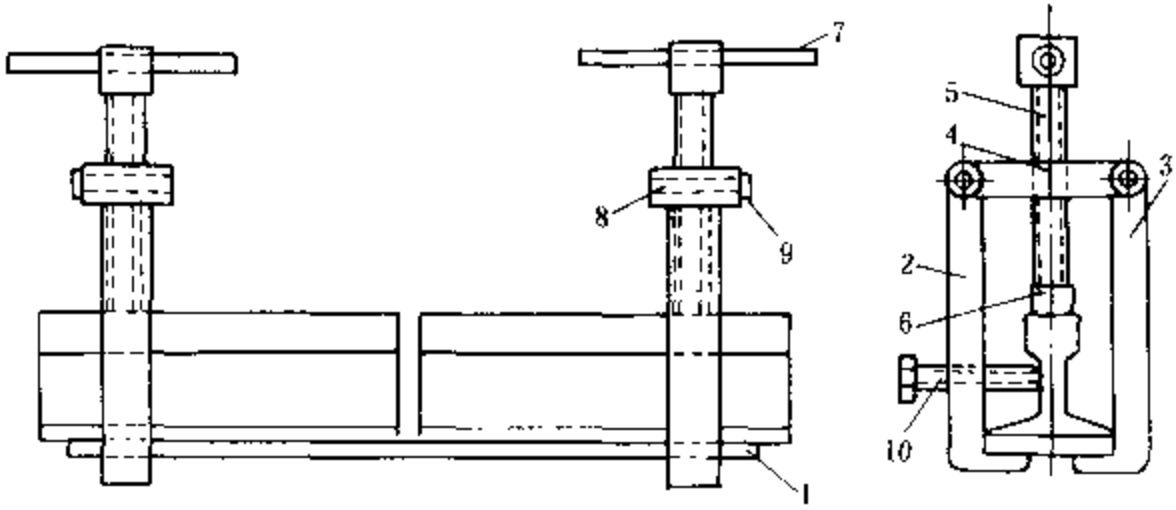


图 6 1 焊接钢轨接头夹具示意图

1—铁托板；2—固定臂；3—活动臂；4—螺母；5 -螺杆；6—顶头；7 手把；8—销钉；9—垫圈；10· 侧向顶丝

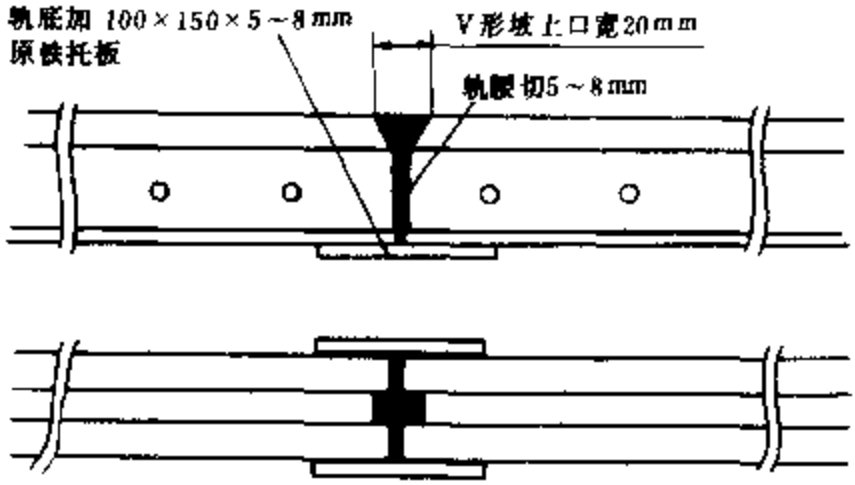


图 6—2 焊缝间隙

（4）焊接轨底。在整个操作过程中轨底焊接是比较关键的工序，它的好坏直接影响焊缝的强度。施焊时先将铁托板焊在接头端面轨底下，然后采用多层焊接法，如图 6—3 所示。

使用 180～200A 电流，逐渐往上堆焊，边堆焊边将熔渣吹出熔池，防止出现夹渣气孔等现象。施焊时必须注意将两端面母材熔化，确保焊液和母材熔为一体。焊完轨底应马上盖面，盖面时温度不能过低，也不能过高，要符合预热的温度（250～300℃）要求。

（5）轨腰焊接。用立焊方法一次焊至轨顶，最好一次焊透，这样可以不需要盖面。为了使焊缝美观，需要盖面时，必须在温度尚未降到 200℃以前进行。但是盖面不能过高（高 2～3mm，宽 13～14mm），电流调到 150～180A。

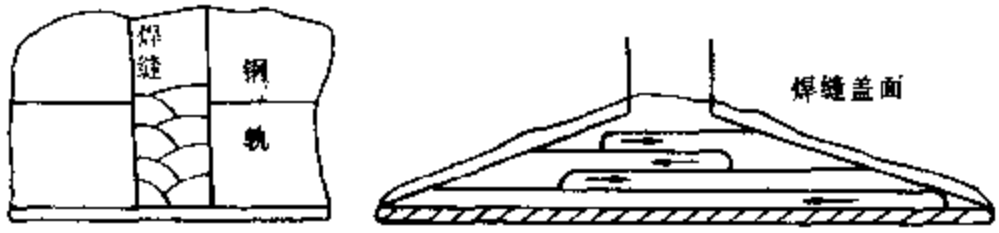


图 6－3　轨底多层焊接示意图

（6）轨顶焊接。轨顶焊缝的特点是短而厚，焊后收液率也较大。当立缝焊至与轨顶下部交界时停下来，往两侧展开，增加焊缝的长度（约与轨顶宽度相同），然后用多层焊接法往复施焊（焊波方向相反），当焊至距轨面 3～4mm 时停下来，再从两侧盖面。最后将轨面封齐，使焊缝高出轨面 1～2mm，焊缝呈红色时，立即用锤击法锤平，确保轨顶工作边的焊缝平整光滑。锤击过程使得焊缝钢的组织排列均匀，同时达到消除部分残余应力的效果。锤平后清渣。焊接电流使用 200～250A。在轨顶焊接过程中，须注意以下几点：

A．多层焊接之前，必须清渣；

B．焊接金属飞溅到钢轨上必须清除；

C. 最后用锤击法增加焊缝表面密实，减少修磨时间，但是最后一层焊缝不能太薄。

（7）修磨焊缝。用手提砂轮机或板锉进行修磨。修磨后使轨顶上、下、左、右偏差均不得超过 0.3mm，修磨后不得有“缺肉”现象，对于“缺肉”不能用点焊修补，如果必须修补须预热后才能进行。

在一个焊缝的施焊中，不要中途停止焊接。

3. 焊接钢轨的质量要求

（1）施焊后的铁道应符合《煤矿窄轨铁道质量标准》中对接头平整度、水平、方向、前后高低等的要求。

（2）焊缝不得有夹渣、砂眼、裂纹等现象，焊缝鱼鳞要一致，外形要美观。

四、无缝铁道的养护维修

无缝铁道是一种新型铁道结构，技术性强，要求严格，为充分发挥其优越性，必须针对它的基本特点，做好养护维修工作。

1. 无缝铁道焊接前后的整修工作

1）焊接前的整修工作是无缝铁道养护的基础

（1）结合铁道大修清筛道床，同时更换轨枕。

（2）铁道经过几个月运行，铁道基础基本稳定以后，再焊接无缝铁道。

（3）全面拨正铁道方向。重点是整正曲线，固定曲线头尾，保持曲线圆顺。

（4）在接头位置适当加强捣固，并补充道碴。

2）无缝铁道焊接初期的线路整修

（1）全面加强捣固。重点消灭三角坑、暗坑、空板、吊板（轨底与轨枕间隙大于 2mm 者为吊板），保持铁道平直；

（2）拨正铁道方向，矫直钢轨硬弯，保持铁道平顺。

2. 无缝铁道养护维修中应注意的问题

（1）铁道愈平直，无缝铁道的稳定性愈高。因此必须使铁道方向经常保持良好的状态，重点消灭空板、吊板和三角坑等。钢轨不得有硬弯，焊缝要保持平直，用 1m 直尺测量，矢度超过 0.5mm 时应及时整治。曲线地段的方向要做到圆顺。

（2）无缝铁道要保持足够的阻力。混凝土轨枕扣件要正，靠紧。木枕铁道的道钉齐全，不良扣件或浮离道钉不得超过 8%。

（3）防爬设备安装方式、数量应按设计规定设置齐全，作用良好。

（4）道床经常保持丰满、密实、整齐、排水良好。

（5）路基必须无翻浆，无下沉，发现影响铁道稳定的路基病害应及时整治。

（6）及时处理断轨。钢轨的折断，是无缝铁道经常发生的故障，产生断轨的原因，除钢轨本身的材质问题外，主要是焊接质量造成的，根据调查表明，绝大多数的断轨是发生在电焊接头处。

钢轨断裂对行车的危害性，因断缝的大小而异。随着列车的通过，断缝将继续扩大，严重时，就有使电机车或矿车掉道的危险，因此，发现断轨，应在交接班时间或整修班按照钢轨焊接工艺进行处理。

第二节　新型轨下基础

铁道结构一般是按照钢轨、轨枕、道床的型式构成的，随着运输量的不断增加和行车速度的提高，其弱点也就显露出来：一是轨枕支撑钢轨面积小，在车轮强大的压力下，在两

轨枕间钢轨出现较大的下挠；再有列车的动压力经轨枕传给道床是比较集中的，因而道床局部受力大，特别是倾斜井巷的铁道，由于钢轨枕木下滑，道床脏污严重，容易造成较大的铁道沉陷，使铁道出现不平顺，增加铁道维修工作量和费用，车辆也不能正常运行，影响生产。为了克服上述缺点，有些倾斜井巷和运输大巷铺设了轨枕板、整体道床等新型轨下基础。

一、轨枕板

轨枕板是在道床上连续铺设的钢筋混凝土轨下基础。它的断面比钢筋混凝土轨枕薄宽，图 6－4 为预应力钢筋混凝土轨枕板的示意图，它是连续铺设的。其优点是：

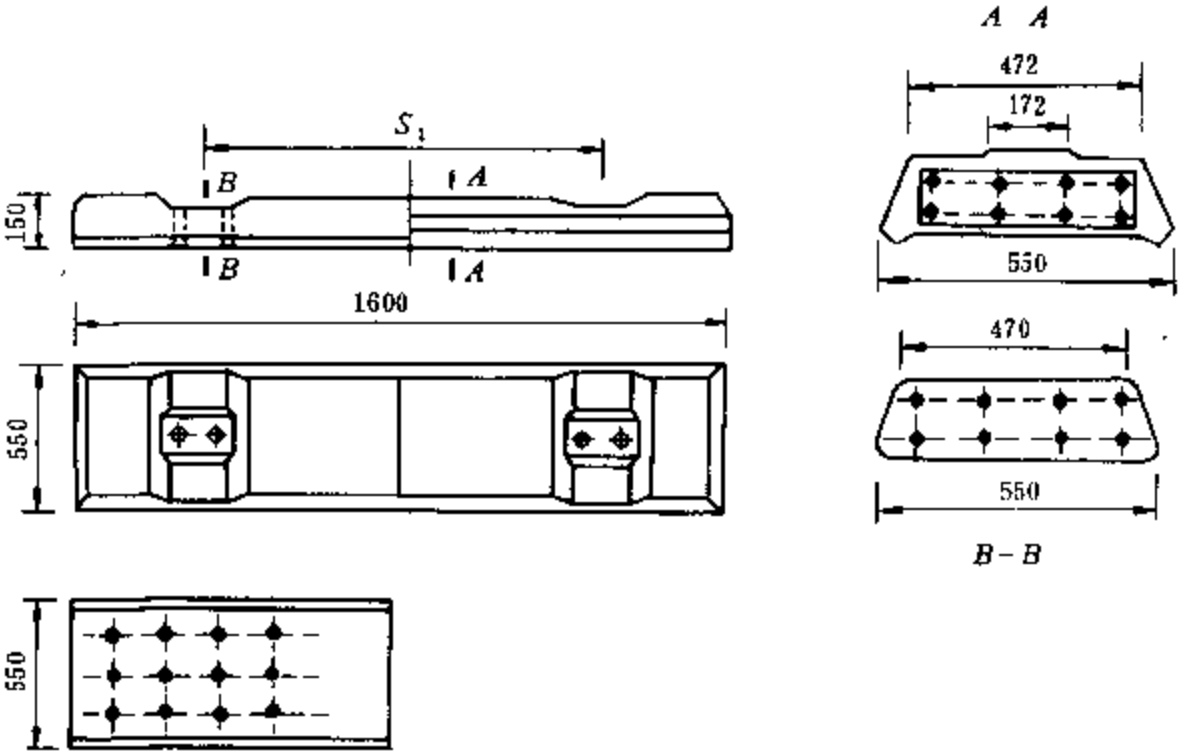


图 6－4　预应力钢筋混凝土轨枕板示意图

（1）轨枕板的底部与道床、上部与轨底接触面积大，因而改善了钢轨的受力条件，降低了道床受力和变形，使铁道稳定，行车平稳。

（2）轨枕连续铺设，轨道的沉陷较小，道床容易保持清洁，减少了日常维修的工作量。

（3）轨枕板重量大，铁道稳定性较高。

对运输繁忙，行车密度大的主要运输铁道，铺设轨枕板后，可减少维修工作量，解决行车繁忙与维修的矛盾。

在车场和装车站铺设轨枕板，可提高铁道质量，减少道床脏污，减轻铁道养护工作量。

二、整体道床

将碎石道床浇注水泥砂浆，使其成为一个整体来支承钢轨，或用混凝土、钢筋混凝土直接在路基面上筑成铁道基础来支承钢轨，这就是整体道床。此种道床适用于服务年限长的大型矿井的主要运输铁道、井底车场和主要倾斜井巷的铁道。根据一些煤矿的实践，有以下几种结构型式：

（1）直线段采用钢筋混凝土轨枕或油浸木枕的混凝土整体浇注，如图 6－5 所示。这种形式施工简单，质量好，不易变形，车辆运行平稳，维护工作量少。

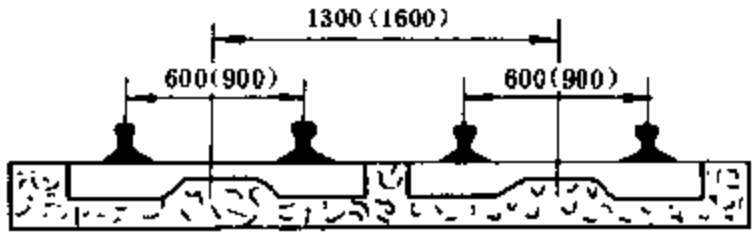


图 6　5　采用轨枕的混凝土整体道床

（2）曲线段采用 11 号矿用工字钢，混凝土整体浇注，如图 6－6 所示。尽量不要采用工字钢短枕型式，因这种型式施工质量不易掌握，扣件容易偏移，而且有时因矿车掉道砸碎钢枕周围的混凝土，造成铁道变形。

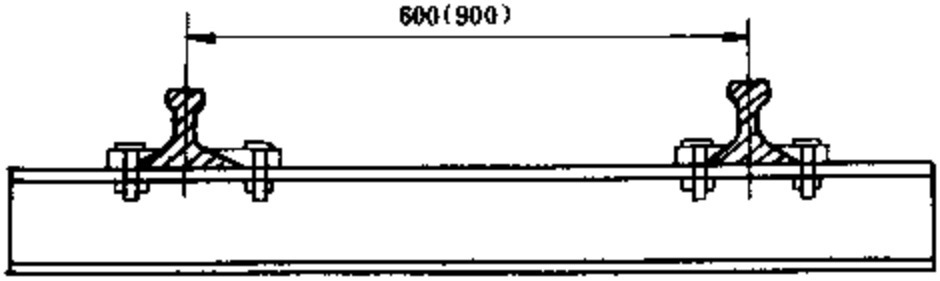


图 6　6　工字钢轨枕

（3）预埋螺栓式。用混凝土整体浇注，将钢轨扣件螺栓按规定预埋在混凝土道床上，然后铺设钢轨，如图 6—7 所示。这种形式的钢筋混凝土轨枕施工复杂，铁道施工质量不易保证，矿车掉道容易损坏螺栓，维修不便。因此较少采用。

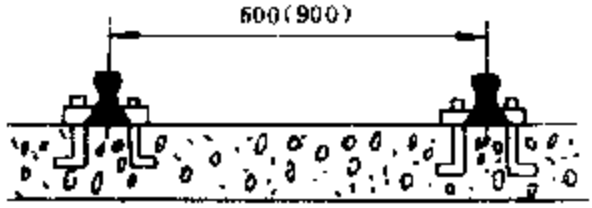


图 6—7　预埋螺栓的混凝土整体道床

（4）道岔地段应采用木枕、普通道碴道床。

通过几个煤矿在主要运输大巷采用整体道床的实践来看，证明整体道床比普通道床有以下几个方面的优点：

（1）运输事故少，基本杜绝了掉道事故，行车事故减少。

（2）降低了矿车的损坏率，减少了车架断裂、插销拉弯、车轴弯曲、车箱变形等，矿车维修费用也有所下降。

（3）提高运行速度。铺设整体道床后，提高了铁道质量，列车运行时道床承压均匀，减少了运行附加阻力，提高了运行速度。

（4）减少铁道维修人员，降低了铁道的维修费用。

（5）改善了大巷运输工作条件。由于整体道床不会产生枕木压碎，道钉挤出，道床起伏变形，中心偏移等问题，有利于铺设无缝铁道。并且，大巷内排水畅通，清扫方便，便于人员行走，有利于实现文明生产。

整体道床存在的缺点：要求施工精度高；对扣件和垫层有特殊要求；出现病害时，整治困难。

第七章　铁道的铺设

煤矿窄轨铁道，有井下和地面之分，因工程需要在铺设中有临时铁道和永久铁道两种。本章主要讲述永久铁道。

第一节　铺轨前的准备工作

一、整修路基

铺轨前的路基，按设计要求，标出铁道中心（每 20m 为 1 个点）、圆曲线起止点、道岔中心及头尾和纵断面上的变坡点。地面用标桩，井下划测点。

标桩和测点位置确定后进行水平测量，根据铁道水平（地面）或巷道腰线测量结果，按设计标高整修路基（井下为巷道底板），消灭上鼓下洼现象，误差超过 50mm 时要铲除或补填。地面路基宽度不足要加宽，井下巷道宽度不够要处理。整修底板时把巷道多余杂物全部运出，以便于永久铁道的铺设。

二、材料准备

1. 备料

按批准的工程计划，组织备料。在备料过程中要检查规格质量，不合格的材料不能进货，对钢轨、道岔及钢筋混凝土轨枕的配件，除检查质量外，还应检查是否配套。

2. 整理钢轨

新钢轨应使用钢尺，放贴在轨头面上逐一精密测量其长度的实际公差值，以每 5mm 为一级（如 10.005），用不同颜

色油漆作出标志，按级分别堆放，每一堆旁应树立标牌，注明该堆轨长与类型及数量等。

旧轨必须整理，两端顶部磨损过甚或严重塌头有硬弯无法复原者，可以锯去。锯轨时应尽量考虑少锯孔（即凡能留用的孔尽量保留），相应地计算出所锯掉的长度。并在轨端顶面上写明类型、长度，按长短差不超过 10mm 分别堆放。

堆置钢轨应以轨头朝上分层堆置，各层之间应铺放与钢轨成垂直的木垫块或旧钢轨，其间距不得大于 4m。底层应以旧枕木或废钢轨垫平，使轨底与地面隔离。

3. 修水沟

井下巷道水沟必须在临时铁道未拆除前修好。

4. 整正巷道底板、运料

在井下临时铁道拆除前，巷道底板应按设计标高整正，把全部多余杂物运出后，利用临时铁道把全部铺道材料运到施工地点。

第二节 铺 道

一、散布轨枕

（1）轨枕应在整修完备的路基上散布，每根轨下应铺设的数量须与轨枕配置相符。

（2）轨枕散布前为使其分布的位置正确，应在路基上以木桩或白灰标出各节钢轨行将铺设的位置，井下应在巷道接近铁道一侧的巷帮上标出。

（3）轨枕散布时必须注意其类型等级，站线上使用的轨枕不得散布于正线上。

（4）在钢轨接头下的木枕应选择尺寸标准及质地优良者。

（5）轨枕的一端取齐，单线铁道沿铁道里程标的左侧取齐，并下为靠人行道一侧取齐。复线铁道于两外侧取齐，站内直线各靠站台方面取齐，曲线则在曲线外侧取齐。

（6）轨枕应与铁道中心线垂直。

（7）木枕散布时，应使宽面和树心朝下。

（8）在已铺底碴或道碴的道床上散布轨枕时，注意勿使轨枕受损，并应保持道床面的完整。

（9）木枕应先钻孔，孔眼应垂直钻入，并在孔内注以防腐剂。钻孔位置应根据所铺设钢轨的类型及使用垫板尺寸事先划好，以便钉道时保持一端取齐。其钻孔直径标准比道钉杆宽度小 3mm，孔深为道钉长度的 3/4 左右，如木枕材质特殊时，应改用适当的木钻钻孔。

二、散布钢轨

（1）散布方法。应尽量使用机动车辆挂平车，不得已时可使用手推车，减少或避免人抬。

（2）布轨。直线应按对接，曲线按错接接头散布。如两曲线间直线长度短于 100m 时，可和两曲线一同采用错接接头；用对接式铺轨时，两相对钢轨的接缝，在直线上要与铁道方向成直角。曲线错接式接头变对接接头，要在曲线头尾 2m 以外的直线段上进行。

钢轨应成对铺设。同一长度的钢轨要集中使用，即成段铺设，并留有备用轨。地面布轨时，在两钢轨接头处，应预留轨缝。轨缝大小：地面按公式计算求得；并下轨缝不大于 5mm。应注意布轨时钢轨曲折蜿蜒，故轨缝可根据实际情况酌量加大，以保证铁道拨直后轨缝合乎标准。

三、初步钉道

新铺铁道用手推平车散布钢轨，要进行初步钉道以便于

平车的运行。

（1）摆正一节钢轨，要方正接头，安装鱼尾板，插入轨缝铁片，每根轨下至少应钉好 3 根枕木，即轨节中间及两端各 1 根，并在每根根木上钉 4 个道钉。

（2）安装鱼尾板每个接头先上两个螺栓，即每一钢轨头先上一个，安装螺栓时应安上弹簧垫圈（开口朝下）。在鱼尾板安装前与其钢轨接触处，钢轨、鱼尾板及螺栓应涂以润滑油。

（3）初步钉道要迅速，以利推运平车。轨节铺设时的轨缝差值因长距离的积累，造成误差；每根钢轨的长度实际上也有误差，正负值有时抵消，有时就积累增大。因此每布一节钢轨要方正接头一次。

四、窜动轨枕及散布零件

1. 轨枕位置标志及方正

（1）在直线上初步钉道后，用样板尺将轨枕的准确位置，用白铅油划在左股钢轨里面的轨腰上。

（2）在曲线上初步钉道后，将标志划于外股钢轨里面。

（3）轨枕位置标明后，以木锤或撬棍方正，使轨枕中心线与钢轨上的标志相合，且轨枕必须与钢轨中心线成直角。

2. 散布连接零件

在窜好的枕木上，按照规定的数量散布垫板及道钉，并在接头处补足螺栓及垫圈，垫板在枕木两端各放一块。

五、钉道

1. 钉道准备

（1）在钉道前每一枕木与钢轨之间应放妥垫板。

（2）安齐螺栓垫圈（开口朝下）、上紧鱼尾板，并遵照以下规定：

①除特殊情况外，螺母应向内外侧交互拧紧，这样可防止矿车掉道时切断全部螺栓。在拧紧接头螺栓时，应使用不超过 50cm 长的螺栓扳手，并不得使用铁管或其它方法接长扳手把。

②鱼尾板座与钢轨的头部下侧和轨底上侧密贴、在不妨碍钢轨伸缩条件下，应尽量拧紧螺栓，使其充分发挥支持力。

③安装鱼尾板时，铁道应按要求的轨缝填入轨缝片。

2. 钉道固定轨距

（1）用木枕铺轨时，应先固定直线左股或曲线外股的钢轨（用目力瞄正方向），置轨道尺与此股钢轨上，使其与钢轨成直角，然后调整另一股钢轨，使轨距合乎要求。

（2）钉道时应保证垫板位置正确，垫板底面与枕木应互相切实贴紧，垫板肩棱须与轨底里面贴紧，垫板不得扭斜，轨底与垫板上承面应紧密贴实。

（3）道钉应按设计要求钉足规定数量。

（4）未用垫板的枕木，每根须钉 4 根道钉，在单线上钉入的位置为面向里程终点看呈八字形，如图 7－1 所示；在双向运输量悬殊的铁道上，应面向重车方向看呈八字形；在双线或其它列车运行方向，则向列车的进行方向看呈八字形。

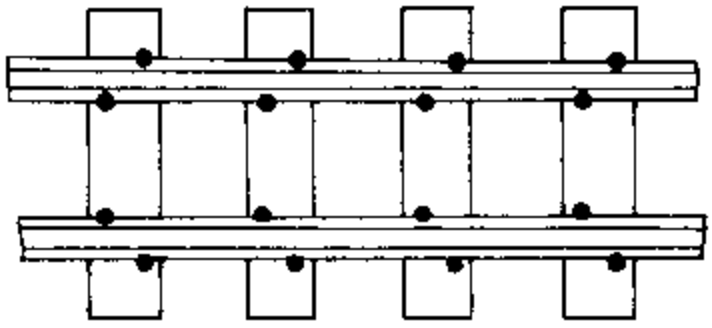


图 7－1　道钉位置图

（5）所有道钉均以钉嘴朝向钢轨，但在钢轨接头的枕木上，可根据鱼尾板的设计情况使钉嘴背向钢轨。

（6）遇断头道钉不能拔出时，应用道钉打入器将道钉穿过枕木打出。废弃的道钉孔内应填以经防腐处理的木塞。

（7）无论在线路的直线或曲线部分，铺轨时应比规定的轨距大 2mm，以便抵消列车运行后枕木被压紧而使轨距收缩。

（8）枕木上未钻好钉孔以前，严禁打道钉。

（9）轨距加宽，在铁道的曲线部分，使里股钢轨内移，轨距依照曲线加宽值（表 3—1）加宽。

5. 打入道钉

（1）栽钉

道钉栽的好坏，对打入道钉的质量，有直接关系。栽钉时，钉尖要离轨底边缘为钉厚的一半，并保持垂直，如距轨底边缘过近将挤仰道钉，过远则离缝。

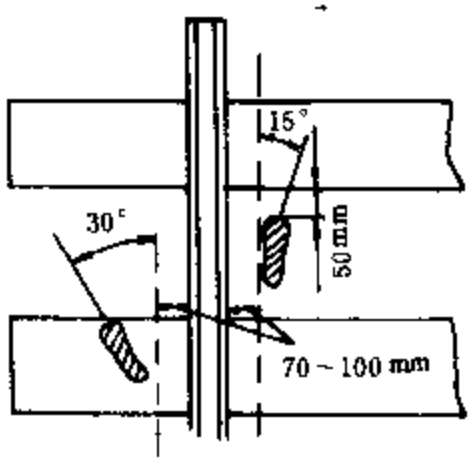


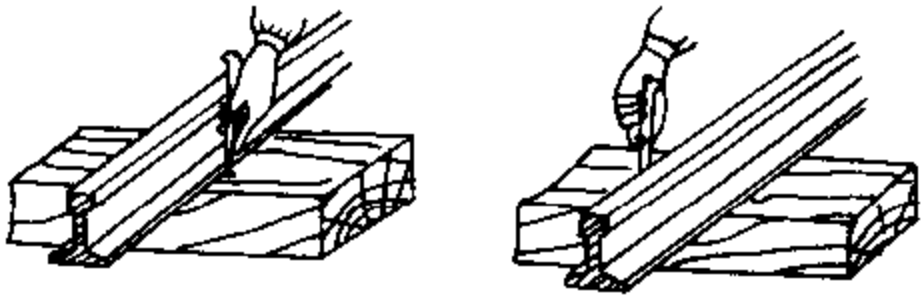
图 7—2 栽钉时两脚位置

栽钉时，两脚横跨钢轨两侧，前脚站在轨枕盒中，脚尖距前一根轨枕边约 50mm，后脚站在后面的轨枕上，两脚跟距轨底各约 70～100mm；脚尖分开，前脚与钢轨约成 15°角；后脚与钢轨约成 30°角，如图 7—2 所示。

（2）持钉及持锤的方法

正手持钉——左手大拇指、中指及无名指，紧握道钉两侧面，食指顶住道钉后面，如图 7—3*a* 所示。

反手持钉——用左手大拇指、食指夹住道钉的两侧面，后



(a)　　(b)

图 7—3　栽钉时持钉方法

面以手掌为支柱，如图 7—3b 所示。右手持锤把，手距锤头约 50mm，将锤上下活动打击道钉顶部，栽稳为止。

（3）打道钉的方法

打道钉有两种站法：一种是道钉栽好后，两脚跨在钢轨两侧，前脚从栽钉时位置向后撤一步，站在第二个轨枕盒中，轻打一下道钉，使道钉保持垂直和稳固，然后另一脚再后撤一步，站在与前脚同一轨枕盒中，两脚跟部距道钉约 800～900mm，如图 7—4 所示，这种打法，不用移动位置，就可以打钢轨两侧的道钉，而且能随时观察道钉进入的情况。另一种是根据平时的习惯，站在钢轨内侧或外侧打钉。无论哪一种方法，都必须按着稳、准、狠、轻四个要领操作。

栽好道钉后的第一锤要轻打，打准，以免将道钉打飞伤人，并防止出现歪斜等，第一锤打完后，立即观察道钉是否垂直和牢固，如发现歪斜，必须起出重打。起出时要使用撬棍，禁止用道钉锤左右敲击钉杆拨出道钉。打道钉时，中间几锤重打，两手应紧握锤把，防止锤头摇晃，而把钉打歪，最后一锤要轻打、闷打，以防止打断钉帽打伤轨底，打离、打活道钉。

4. 钉道作业

分组钉道时，左组和右组不可在同一枕木上打钉，要前

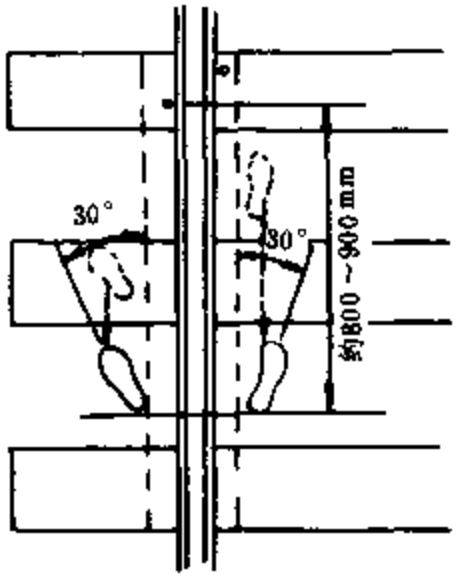


图 7—4

后错开 4m 以上，打锤小组一般 3～4 人一盘锤。3 人一盘锤时，其中 1 人压撬，1 人站在钢轨的内侧打钢轨外侧道钉，1 人站在钢轨外侧打内侧道钉；4 人一盘锤时，其中 1 人压撬，3 人站成三角形打锤。

打道钉盘锤的多少视每天铺轨进度而定，如四盘锤（必须双数）一组道尺。其中一、三单数盘打铁道左股的道钉，二、四双数盘打铁道右股道钉，同时固定其中两盘（一、二盘），打主杆木枕道钉。并在第二盘配备一组道尺，固定轨距。另两盘（三、四盘）补打道钉。

钉道钉时，先由打主杆木枕道钉的单数盘（第一盘），每隔 3 根木枕固定直线左股或曲线外股的钢轨；双数盘（第二盘）跟随在后，负责拨正钢轨，量轨距，钉入直线右股或曲线内股的道钉，固定轨距。在主杆木枕道钉打完的每小段，轨距已经固定，即可由三盘在左、在前、四盘在右、在后，将道钉补打完毕。

5. 打道钉注意事项

（1）有铁垫板地段，应在铁垫板外棱与外侧轨底靠严后，再打入道钉，以加强抗挤力。

（2）打钉前应检查锤把安装是否牢固，锤头是否有飞边，以免打飞伤人。

（3）使用道钉长度，必须保证新木枕底部有 20mm 左右厚度不打入道钉。

6. 质量要求

（1）道钉打入以后持钉力要强，不易拔出，能充分发挥抗挤、抗拔的能力。

（2）垂直打入，钉顶锤痕成豆形，其它处无锤痕。钉道时要特别注意不准出现“八害”道钉。

“八害”道钉是：

①俯：顺着轨条方向目视道钉顶帽前端向前倾斜，如图7—5所示。

②仰：顺着轨条方向目视道钉顶帽后端向后倾斜，如图7—6所示。

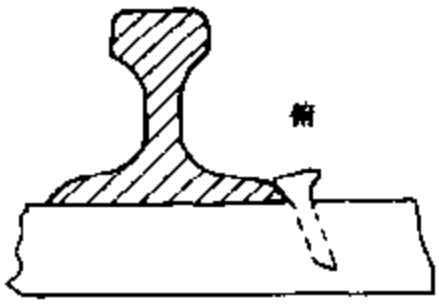


图7—5　道钉向前倾斜（俯）

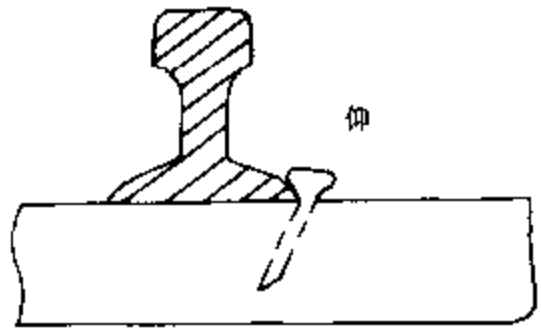


图7—6　道钉向后倾斜（仰）

③歪：垂直轨条方向目视道钉，钉杆向左右方向倾斜，如图7—7所示。

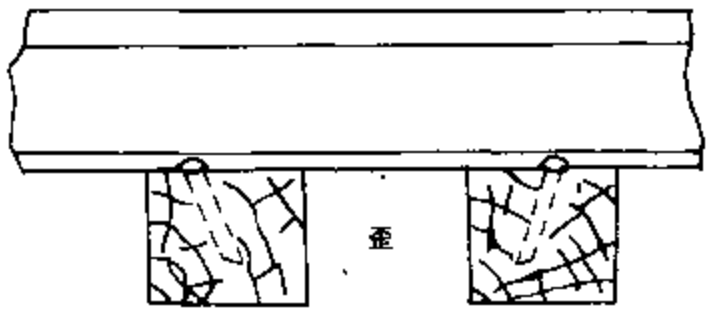


图7—7　钉杆向左右方向倾斜

④扭斜：钉帽前端与钢轨相对，但不垂直，而且仅有一个边棱与轨底边缘贴着，如图 7—8 所示。

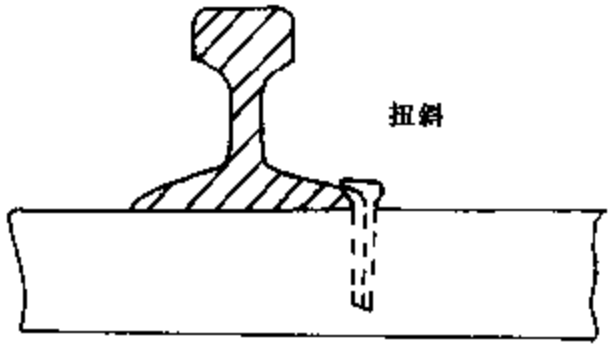


图 7—8　扭斜

⑤浮：钉帽底部与轨底面不密贴，有 2mm 以上的间隙，如图 7　9 所示。

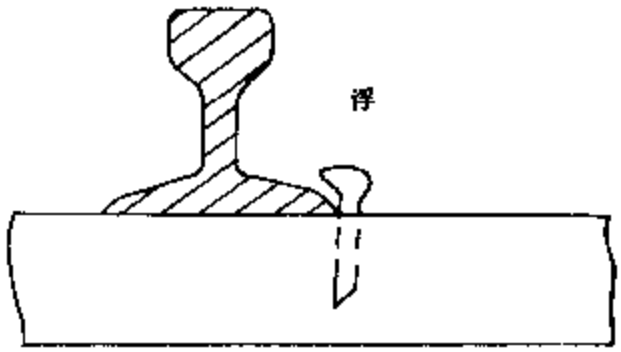


图 7—9　钉帽底部与轨底面不密贴

⑥离：钉杆与钢轨底边不密贴，有 2mm 以上的间隙，如图 7—10 所示。

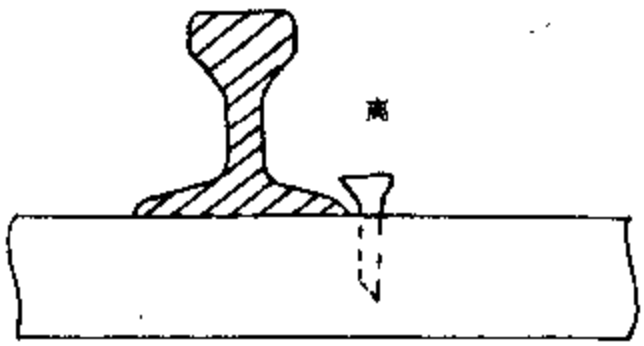


图 7—10　钉杆与钢轨底边不密贴

⑦磨：钉杆上部与钢轨底边间的接触部分磨损 2mm 以上者，如图 7—11。

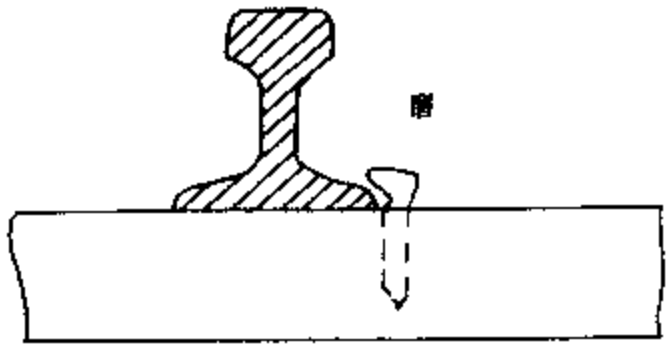


图 7—11　钉杆上部磨损

⑧弯：钉杆有弯，目视不直者，如图 7—12 所示。

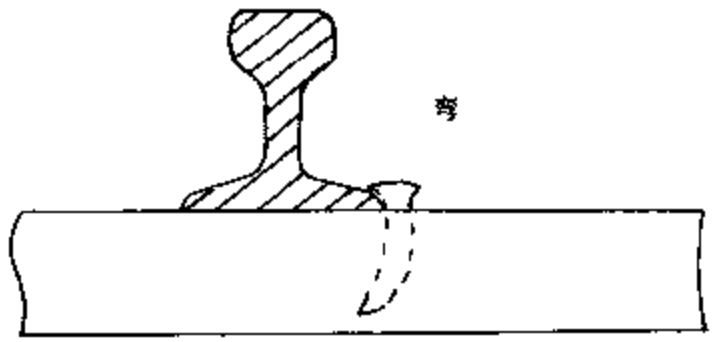


图 7—12　钉杆弯曲

第三节　道岔及安全设施的铺设

一、道岔铺设

1. 材料质量检查

道岔铺设前对道岔材料要进行检查，特别注意翼轨前部、心轨尖端与心轨后部工作边（在轨头下 13mm 用细绳拉紧），三点是否成一直线，心轨前端只能内凹、不能凸出，凹进深度不大于 1mm。全部材料质量合格方能铺设。

2. 确定道岔位置

如图 7—13 所示，根据设计和岔线的要求确定道岔中心，钉好标桩 1，然后根据道岔前长（由中心到尖轨前基本轨接头的长度）钉标桩 2，根据道岔后长（由中心到辙岔后部直股基本轨接头的长度）钉标桩 3，根据道岔中心到直股辙岔尾的长度钉标桩 4，根据道岔后长被道岔号除，所得的数值，就是直股道岔尾轨道中心至弯股道岔尾轨道中心的距离，因此便可钉标桩 5。从 1 桩到 5 桩的直线方向，便是道岔弯股连接铁道的方向。

3. 平整路基

道岔位置确定后，按设计标高和铁道中心，平整好路基面，并下按巷道中线、腰线和设计标高平整好巷道底板。

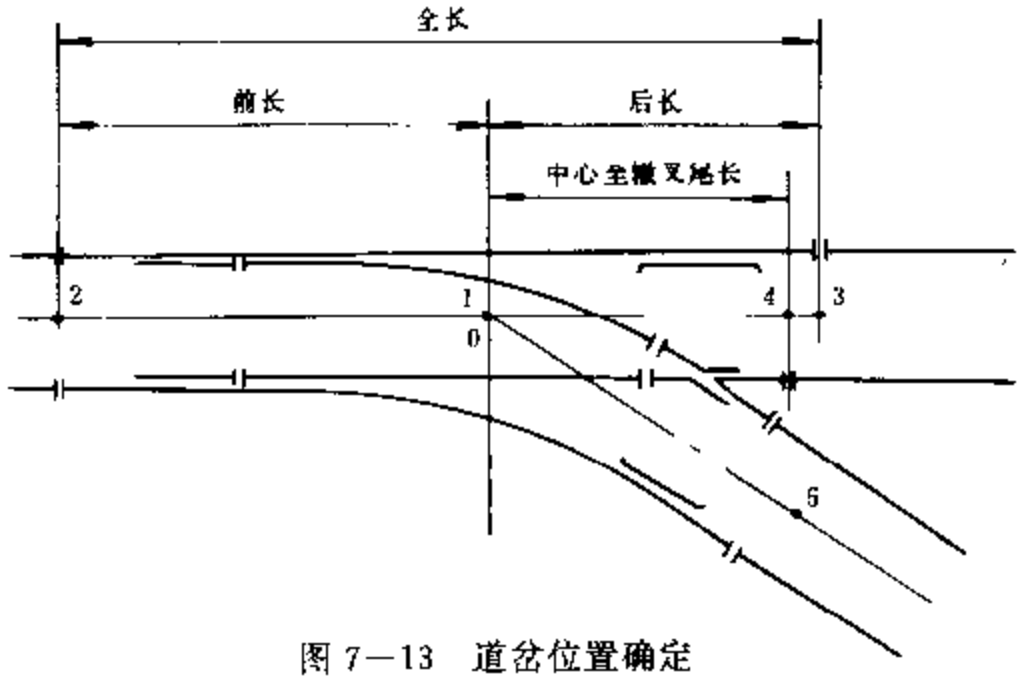


图 7—13　道岔位置确定

4. 摆放枕木

按道岔总图摆好岔枕，枕木头在直股基本轨一侧取齐。

5. 铺设道岔

1）铺设直基本轨、直导轨、尖轨、护轨和辙岔

(1) 摆放直股基本轨、直导轨、尖轨护轨和辙岔，并按中心桩位置对齐；

(2) 连接钢轨，安装尖轨、护轨并找正接头位置；

(3) 用白铅油在直股基本轨内侧划岔枕位置；

(4) 按岔枕位置方正枕木，按道岔铺设图安设连接零件；

(5) 拨正方向后钉直股基本轨，以直股基本轨为准，按轨距要求钉辙岔和直导轨。

2) 铺设曲导轨

(1) 按道岔导曲线半径弯好曲导轨；

(2) 摆放曲导轨，将尖轨跟端和辙岔前端连接好；

(3) 钉曲导轨。

3) 铺设曲基本轨、尖轨和护轨

(1) 用弯轨器做好尖轨前曲基本轨的打弯工作和按图纸所标的曲线半径弯好曲基本轨；

(2) 摆放曲基本轨和护轨；

(3) 按图纸安设连接零件；

(4) 连接钢轨、安装尖轨和护轨；

(5) 以直股基本轨和曲导轨及辙岔为准，按轨距要求钉曲基本轨。

如在通车铁道铺设道岔，在铺设完直股基本轨后同时要铺设辙岔直导轨、曲股基本轨（铺到尖轨根端）和直尖轨，经检查合格后便可通车。

4) 装设连接杆、扳道器

达到尖轨摆动灵活，尖轨与基本轨密贴。

扳道器应设在侧线一侧的两根长岔枕上。施工时先把闸座放在岔枕上，把扳道器与连接杆连接好，用道钉把闸座临时固定起来。然后，试验尖轨与基本轨密贴情况，如不密贴，

调整扳道器位置，直到尖轨密贴；扳道器位置正确后，再把扳道器用道钉固定。

道岔钢轨类型与铁道钢轨不同时，道岔前后应各铺一节与道岔同型的整根钢轨，两相邻道岔间的插入短轨不宜小于3m，困难条件下可不设。

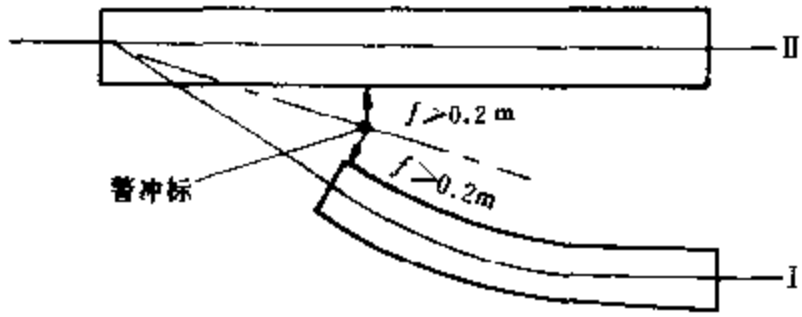
如铁道采用钢筋混凝土轨枕，应在道岔前后的铁道处铺设5根木枕做为过渡段。

在通车前要检查道岔各部轨距、水平以及尖轨与基本轨、尖轨与滑床板、基本轨与轨撑的密贴情况，对不合格的部分要及时处理好。

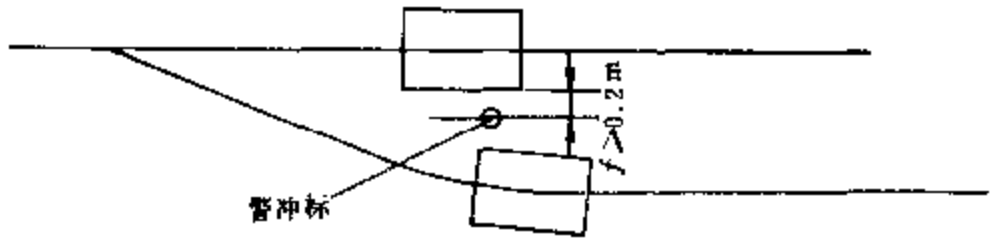
二、警冲标的设置

1. 警冲标的作用

警冲标是信号标志的一种，如图7—14*a*、*b*所示。其作



(*a*)



(*b*)

图7—14　警冲标

用是为了使停放在道岔后部两线会合处的列车或机车车辆，不妨碍邻线上的列车安全运行，所有车辆停放都不得越过警冲标。所以警冲标是确定机车车辆的停车位置，保证行车安全的标志。

2. 警冲标的位置

警冲标设在道岔后部，两股会合铁道的中间处。为了保证行车安全，其设置位置必须保证停放与运行列车最突出部分之间的距离不小于 0.2m 的地点。

第四节　铺轨施工中的技术要求与规定

一、钢筋混凝土轨枕的铺设

（1）钢筋混凝土轨枕应由生产或存放地点直接运往铺设地点，尽量避免中转或停放，在装卸搬运过程中要做到轻起轻放，严禁扔摔。

（2）道碴要在铺设钢筋混凝土轨枕前散布，并分层夯实，厚度不超过 10cm。道碴夯实整平后再铺放钢筋混凝土轨枕。待通车后，再逐步起道补充道碴，达到设计要求的道碴厚度。在保证轨枕不受损伤的情况下可先铺轨枕后铺道碴。

（3）铺设轨枕时，要注意轨枕中心尽量与铁道中心线重合，以减少轨枕的来回拨动。

（4）在钢轨与钢筋混凝土轨枕之间必须用胶垫或软木橡胶垫，层压木或塑料垫，作为缓冲层。

（5）捣固时应特别注意，不使镐头碰到轨枕上，以免轨枕因撞击而产生裂缝、脱边等现象。

（6）道碴的捣固工作，必须在轨枕底部承轨面范围内均匀地进行，并保证中部约 30cm（900mm 轨距）、25cm（762mm 轨距）、20cm（600mm 轨距）的范围内严禁捣固，以免轨枕

中部受道床支承造成断裂。在钢轨的接头处及曲线地段外侧应加强捣固。

(7) 新铺设钢筋混凝土轨枕的铁道，完工后至少要进行1～2次的全面捣固才能正式通车。机车在换铺钢筋混凝土轨枕的铁道上运行，应适当降低行车速度。对铁道状态进行观察，及时捣固，消灭暗坑浮枕、方向不良等现象。

(8) 铺用木枕的曲线段或道岔与铺设钢筋混凝土轨枕的铁道相衔接时，钢轨接头两侧要用同一类型的轨枕，其延续范围为5根轨枕。

二、新铺设铁道的整修

为保证列车安全正常地运行，铺轨后应做好以下各项工作：

(1) 拨道：应按铁道中心线拨正，直线上目视直顺，曲线上目视圆顺，按正矢检查曲线圆度。铁道中心线与中心桩位置的误差，不超过设计的±50mm。地面以中心桩为准，井下在巷道中心线挂中垂线进行检查。

(2) 校正接头。对方正误差超限者，应立即加以调正。

(3) 校正轨距。拨道后随即校正轨距，应将所有超出允许的误差加以整正，同时检查铁道轨缝大小及是否有反超高等情况。

(4) 方正枕木及补齐配件。轨枕间距应按照规定做好方正与调整工作。所有配件应增补安装齐全，达到良好程度。

(5) 做好曲线轨距加宽及递减。

在完成铺轨和上述工作后，随同道碴的运铺，还要相应地做好下列工作：

(1) 手工捣固作业

①捣固时前脚站在被捣固的轨枕上，与钢轨成5°角，在

距钢轨中心约 250～350mm 范围内移动（顺镐序自然移动），但脚尖不准伸出轨枕边缘。后脚站在两根轨枕中间，两脚跟前后相距约 200mm，并成 70°角，后脚踏在钢轨底边处，不要踏入轨底。如图 7—15 所示。

②动作要领：开始举镐时，前手必须向镐把中央移动，将镐举起，当举起后身体立直，挺胸抬头，目向前视，此时体重全部在后脚上；落镐时，当自头顶向前倾斜约 15°角时，开始用力加速打，体重由后脚移于前脚，目视落镐地点；当镐头打到道碴，而且前手向后手移动约距 100mm 时，双手用力握住镐把，防止镐头摆动，并用力向后带镐，将道碴闷住。

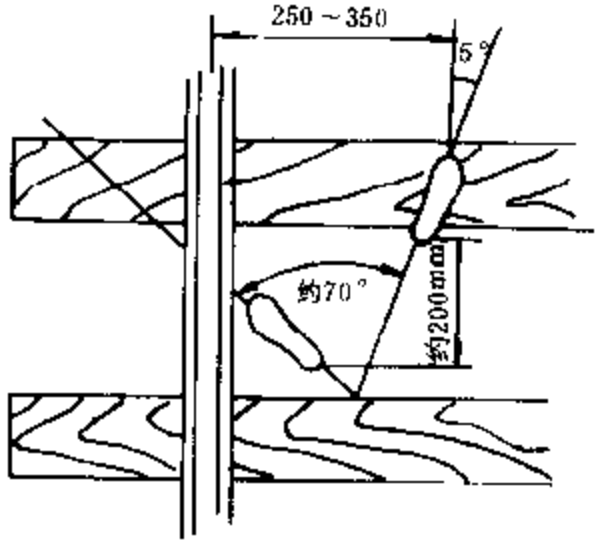


图 7—15　捣固时脚的位置

③排镐排序：根据轨距情况自钢轨中心起向两侧 200～300mm 范围内进行，先由轨底向外排，再由外向轨底排。混凝土轨枕中部 200～300mm 长度范围内，严禁捣固或串实，应与轨枕底保持有 20mm 的间隙，防止轨枕中间受力而发生上挠裂纹。

④落镐位置和角度：第一排镐，落在距轨枕底部边 10～20mm。第二排镐，适当填些道碴，落在距轨枕底边 20～30mm 处。这样做即可避免击伤轨枕，又能把轨枕底部道碴打成梯形，稳固基础。如图 7—16 所示。

落镐角度：在进行计划维修时，一般起道量很少或不起

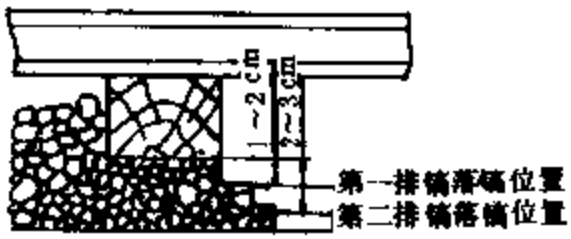


图 7—16　捣固时落镐位置

道，石碴不易打进，小石碴也易堵门，为此，在第一排镐时，落镐角度较陡，镐头与轨枕侧面垂直线约成40°角，镐头侧重向下方打，把新石碴顺利打入轨枕底深处，原有石碴则能被挤向上翻起。第二排镐加大至45°角，将轨枕底部及附近石碴挤严打紧。如图7—17所示。

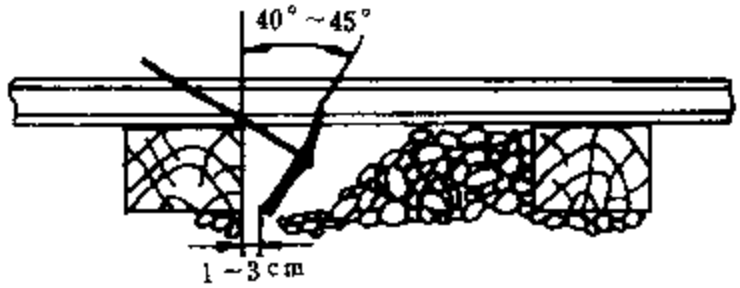


图 7—17　捣固时落镐角度

⑤技术要求与质量检查：

捣固必须做到“五够”：即捣固的力量够，镐的高度够；八面镐够；镐数够；捣固的宽度够。

捣固后的铁道应符合标准，判断捣固质量的方法是：

感觉：捣固至坚硬程度时，镐把及被捣固的轨枕，对手和脚均有短急的振动，手稍感麻木。

听音：镐头打击道碴时，如捣固坚实则发声急脆。

观看：看道碴移动情况，坚实则道碴不进入枕底，有时小石碴被打碎，如轨枕面上有砂则无跳动现象。

敲打：用铁杵敲击轨枕，坚实则发声脆，并连续跳动；但木枕腐朽、湿度大则声音发闷。在验收时，应实地考查。

（2）设置外轨超高

曲线外轨超高按公式计算或查表，设置超高时，以曲线内侧的钢轨面为标准，将外轨抬高。

（3）超高顺坡

外轨超高应在直线内顺坡，特殊地段因直线长度不足时，顺坡可延至圆曲线以内，但不得超过顺坡全长的1/2。复曲线的超高顺坡，从连接点起，小半径曲线向大半径曲线递减。如两个同向曲线之间有一段直线，超高顺坡可以向直线地段进行，但两个顺坡终点必须有一台电机车或一台矿车长度的水平距离，如其间距不足时，则直线部分从较大的超高度均匀地顺坡到较小的超高度。如两曲线相等时，则直线部分保持曲线超高度。

（4）拨道

直线要求直顺，曲线按正矢要求进行拨道，达到圆顺。

（5）找水平

轨道水平应按质量标准找好。

第八章　铁道的养护维修

铁道经过长期行车，受列车运行产生的纵向和横向力的作用，不断发生永久变形。此种变形，一是：纵向钢轨爬行，横向轨距扩大，直曲线方向不正，铁道下沉轨面不平；二是：鱼尾板、道钉、螺栓、垫板、间隔铁、钢轨与轨枕、道岔等零部件磨损。

铁道永久变形与采用的钢轨有关，即在每公里铁道铺设轨枕相同的情况下，所采用的钢轨愈重，承受的荷载愈大，则永久变形发展缓慢，铁道维修所耗费的人工也愈少。

为了保持铁道的完好状态，对铁道要经常和定期地进行必要的修理工作，使永久变形限制在规定的范围内。例如，轨距的变化，宽不得超出 5mm，窄不得超过 2mm；直线上两股钢轨轨面高低差不超过 5mm；不容许存在小坑、三角坑和暗坑等铁道病害。因此铁道经常养护维修的任务不仅要消灭已经发生的病害，同时还要预防病害的发生。

第一节　铁道病害的产生及整治

为防止铁道各种病害的产生，要对病害产生的原因进行分析，然后采取相应的预防措施。

一、铁道沉陷的整治

1. 产生原因

由于路基不稳，道床厚度不足，捣固不实，道床养护不好等原因造成铁道沉陷和空吊板。铁道沉陷距离在 5m 以内

称为小坑。小坑有明坑和暗坑，暗坑是由于枕木与道床之间有间隙而产生的，当列车通过时下陷，通过后复原，目视不易发现。两股钢轨水平，先左股低于右股，后右股低于左股，两点相距不足一台机车或车辆的长度内，水平差超过 5mm 的称之为三角坑。小坑、暗坑、三角坑都严重地威胁行车安全，必须及时加以矫正。

2. 整治措施

为预防铁道下沉，对路基松软渗水不良的土壤，要进行更换，保证路基稳固，渗水良好。补充不足的道碴，及时找平小坑，暗坑、三角坑，保持轨面平顺。对空吊板要加强捣固，捣固质量要紧密均匀。

二、铁道爬行与胀轨的整治

1. 产生原因

防爬设备不足和失效，铁道连接零件磨损而使连接不良，捣固不均，轨缝超限等原因，都会造成钢轨爬行，铁道质量愈低劣，爬行愈严重。

由于钢轨爬行，轨缝顶严或拉大，钢轨弯曲，铁道方向不良等情况，在夏季高温时会胀轨；在冬季低温时，容易把螺栓拉弯或拉断。

2. 整治措施

为制止铁道爬行，要及时调整轨缝，打紧松动和更换失效的防爬器和防爬支撑。经常打紧浮起和更换磨损道钉。轨枕盒内的道碴必须全部填足并夯实。在维修工作中扒开道床时，要做好回填夯实工作。原有防爬设备不足的地段，根据需要增加防爬设备，直到铁道被完全锁定为止。

三、铁道方向不良及整治

1. 产生原因

由于铁道爬行，轨距超限，曲线不圆顺，铁路沉陷，道床道碴不足，轨枕两端及轨枕盒内道碴不坚实等原因，而造成铁道方向不良。

2. 整治措施

为维修好铁道方向，要及时消灭轨距超限，更换磨损超限的道钉和垫板，消灭爬行，保持标准轨底坡，使其不过大或过小。道床必须经常保持完整状态，特别是要夯实轨枕的两端和轨枕盒内道碴。地面铁道在结冻前和解冻后要拨正铁道方向。

四、钢轨和连接零件断裂及严重磨损与整治

1. 产生原因

由于铁道存在吊板、小坑，沉陷及翻浆冒泥，鱼尾板与钢轨间不密贴等现象，在列车通过时将发生剧烈下沉，使钢轨发生挠曲产生超应力现象，以及铁道上存在有伤损的钢轨，因而造成钢轨和连接零件断裂、磨损。

造成钢轨严重机械磨损的基本原因是轨距不良，铁道方向不正，曲线上超高不当。鱼尾板与钢轨接触面、螺栓及曲线上钢轨没及时涂油。道钉没有垂直打紧、打靠。钢轨爬行，轨底坡不合格以及接头松软等。

2. 整治措施

为了防止钢轨及连接零件的折断和严重磨损，要经常清除钢轨上的泥土及油垢，以便减轻锈蚀和便于发现裂纹。定期全面检查钢轨，当发现有裂纹及其它不良危及行车的重伤钢轨应当更换。轨缝必须按标准的规定设置和保持，铁道上不容许有吊板、沉陷、小坑、三角坑、翻浆冒泥及冻害等现象。也不得有弯曲及磨损的鱼尾板，不正确的轨底坡，爬行和螺栓松动的接头。为了使铺设在铁道上钢轨不受损伤，钢

轨在卸车及堆放时，不得乱扔和互相碰撞，堆放时要有平整的台垫，以免钢轨发生弯曲和内伤。截断钢轨时要用锯全部锯断，钻孔时只能用钻，不允许用烧焊等不正确的方法。

曲线要按标准设置正确的超高。在半径较小和钢轨易于磨耗的曲线上，应经常在钢轨内侧涂油或增设防止磨耗的护轮轨。在曲线上涂油不仅可以减轻钢轨的磨损，而且还可以减少曲线上的行车阻力，但不能使油滴落在轨面上。涂抹钢轨用的油料，要求挥发性小，不易流失，滑润效果好。

调整轨缝时严禁用钢轨撞击鱼尾板。更换伤损鱼尾板时要成对更换新的，或者磨损程度一致的旧鱼尾板。鱼尾板与钢轨的接触面，应用油掺铅粉涂抹，鱼尾螺栓应能自然的插入螺栓孔，并用标准螺栓扳手上紧，不准另加套管。道钉必须垂直打入，浮起的道钉必须及时打紧。经常打紧防爬器及防爬支撑，养路工作过程中需要拆除防爬设备时，工作完毕后应立即装好。

为了防止钢轨的锈蚀，必须加强道床清理和排水工作，不使钢轨埋浸在煤泥和积水之中。要有计划地整治路基病害，消除翻浆冒泥现象。彻底整治巷道、隧道内漏水现象和做好排水工作，保持巷道内的干燥。

五、枕木的严重机械破损、腐朽的预防和整治

1. 产生原因

使用未经防腐处理的枕木，铺轨时枕木未钻孔，使用未经防腐处理的道钉孔木片，木枕无垫板和不及时进行修理，道碴不洁，排水不良等原因都会造成木枕的严重机械破损和腐朽。

2. 整治措施

防止木枕的严重机械破损，要用防腐枕木，并尽可能把

尺寸、强度、韧度及耐久性相同的枕木铺设在一起，以保证整个铁道的强度及弹性均匀。钢轨接头及使用支撑和防爬器的处所，应选用品质优良，标准尺寸的枕木。铺设枕木时须使树心向下；有圆角的，宽面向下。木枕需与铁道中心线垂直，铺入铁道的木枕，要预钻道钉孔，并灌注防腐剂。钉道钉时，应使道钉尖与轨底保持约半个道钉宽的距离，并垂直打入。

改道应先拨正钢轨，再钉道钉，利用旧钉孔改道时先插入长 90mm，厚 5mm，宽较道钉大 1mm 的防腐道钉孔木片。改换道钉孔时，应将旧钉孔用经过防腐处理，尺寸略大于旧钉孔的木塞塞紧。

抽换或铺设木枕，穿入或抽出时，必须使用枕木钳。方正枕木必须使用方枕器或木锤，严禁使用铁锤。起道钉时必须使用起钉垫。

更换失效的枕木，应重点更换接头及连续失效的枕木。

抽换枕木时，应尽可能少破坏枕木底部原有的道床面。新换入的枕木必须捣固坚实，并于当天收工前和经过 2～5 日后再重新捣固一遍。堆置枕木时，须选择干燥和排水通风良好的地点，及时消除枕木堆附近的杂草和堆积物，并加覆盖，以防劈裂。

六、地面道床病害及整治

1. 产生原因

由于路基道床长草，捣固不好，道床沉陷和路基排水不良，而使道床脏污，随着道床脏污程度的增加，排水性能减低，结果将使铁道沉陷，形成比较严重的翻浆冒泥和表层冻害。

2. 整治措施

为预防道床病害，应经常保持排水性能良好，在道碴脏污地段更换枕木时，应同时清筛其附近的道碴。在起道找平小坑时必须补充清洁标准的道碴并进行捣固。更换及方正枕木的维修工作时，应先清除道床顶部的污浊面，保持底部道碴的清洁。在翻浆地段上捣固时，应先扒开轨枕四周的脏污道碴层，清除道床和路基的杂草，保持道床排水畅通。

第二节　铁道维修分类及标准

一、铁道的维修

铁道的维修是养路工作的基本任务，目的是防止铁道上一切不良现象的发生，及时消灭铁道发生的病害，保证铁道状态的经常完好，使列车安全运行和延长铁道的使用寿命。

铁道的维修，包括经常性维修和紧急补修。经常性维修是以计划预防性综合维修为主，对铁道进行一系列的找细维修工作。如改道，抬水平，拨道，调整轨缝，圆顺曲线，矫正道岔，削轨底坡，抽换保养钢轨、轨枕、连接零件，道床路基养护等。

紧急补修是为了确保行车安全而进行的紧急抢修工作，通过短时间处理，确保铁道畅通无阻。如抽换短距离的重伤钢轨和连续失效的轨枕群，改正明显超限轨距，找平铁道上急剧下沉的坑洼和水平，整治严重的翻浆冒泥等危及行车安全处所的修理工作。

二、铁道大修

铁道大修分综合大修和单项大修。

1. 综合大修

铁道综合大修包括以下内容：

（1）按设计校正改善铁道纵断面与平面；

（2）全面更换钢轨及其连接零件或抽换部分伤损钢轨，与伤损连接零件；

（3）全面更换或部分更换失效的轨枕；

（4）清筛道床或清除道床上的污脏物补足道碴，全面起道和全面捣固，改善道床断面，更换道床材料；

（5）整修或更换大修地段的道岔和抽换失效岔枕；

（6）整修路基及其排水设施；

（7）安装防爬设备；

（8）补充修理铁道各种标志。

2. 单项大修

由于铁道上部各部件磨耗不均，破坏程度不一，出现不同的问题，因而铁道大修也可以单项进行。单项大修内容如下：

（1）成段更换水泥轨枕，包括：

①清筛不清洁道床和清除道床上的污脏物；

②全面起道和捣固，改善铁道断面，补充不足道碴；

③整修路基及其排水，加固防护设备；

④安装防爬设备。

（2）成段更换新钢轨或再用钢轨，包括：

①全面更换新钢轨或再用钢轨，及伤损的或型号不符的连接零件；

②整修铁道，更换、方正修理枕木；

③安装防爬设备。

（3）成组更换新道岔或新岔枕，包括：

①成组更新道岔，或更新新岔枕；

②清筛道床或更换道床材料，做好道床排水工作；

③安装防爬设备；

④整修道岔及其前后影响范围内的铁道纵断面及平面。

（4）路基大修，包括：

因大型溜坍滑坡、冻害、铁道下沉等影响路基稳固而需整修的路基，改善坡度增设防排水设备等。

铁道完好状态的基本标志是：经常保持铁道轨距、水平、方向、高低符合规定标准，路基稳固、坚实，排水性能良好，无病害和具有整洁的外观。

为达到上述目的，铁道经常维修必须认真贯彻预防为主的有计划维修方针，按季节特点安排维修工作。整治病害必须以综合维修为基础，结合紧急补修全面整治。对曲线及道岔等铁道上的薄弱环节，更要特别注意加强养护。

三、煤矿窄轨铁道维修质量标准

1. 窄轨铁道线路的维修质量标准

（1）铁道中心线　单轨中心线应符合设计，偏差不大于设计值的±50mm；双轨中心线的间距不小于设计标准值，不大于设计值 20mm，双轨的中心位置与设计位置的偏移不大于 50mm。

检查时，井下以巷道设计中心线进行选点挂线检查；地面以中心桩为准。

（2）坡度与标高　轨面的实际标高与设计标高的偏差为±50mm，坡度误差 50m 内不超过 1/1000，即 50m 内高差不超过 50mm（包括倾斜井巷的轨道）。

井下量取腰线至轨面的垂距，地面用水准仪测量。

（3）接头平整度　钢轨接头处，两轨面高低和内侧左右错差都不得大于 2mm。

（4）铁道方向　直线段目视直顺，用 10m 弦量不超过 10mm；曲线段目视圆顺，用 2m 弦在外轨内侧量取曲线的正

矢值，相邻正矢差：半径 50m 以上时不超过 2mm，半径为 50m 以下时不超过 3mm。

（5）轨面前后高低　目视平顺，用 10m 弦量轨面前后高低不超过 10mm；倾斜井巷铁道用 10m 弦量轨面前后高低不超过 15mm，但设计变坡点不在此限。

用单丝细尼龙线（规定挠度 2mm）检查接头处前后各 5m。

（6）轨距　轨距应符合设计，直线段或曲线段加宽后，最宽都不得超过 5mm，最窄都不得小于 2mm。

在接头前后 5m 内检查，在轨面以下 13mm 处测量。

（7）钢轨　轨型应符合设计或满足运量要求，同一条铁道不得有杂拌道（在同一条线路内使用两种以上轨型的钢轨或同一线路上两股不同轨型者，称杂拌道；采取分段铺设经批准者，不在此限），钢轨磨损不超限。

矿井主要运输铁道上的钢轨垂直磨耗超过表 8－1 的限度时，应进行更换。

表 8－1　主要运输铁道钢轨的垂直磨耗

钢轨类型（kg/m）	15	18	22～24
垂直磨耗限度（mm）	6	7	9

（8）水平　直线段两股钢轨应水平，两轨顶面高低差不得大于 5mm；曲线段加超高后误差不大于 5mm。

用水平尺进行检查。

（9）轨缝　井下轨缝不大于 5mm，采用轨缝焊接工艺连接的轨缝无裂纹；地面轨缝夏季不大于 7mm，冬季不大于 10mm，无三处以上连续瞎缝。

（10）轨枕　轨枕的规格和数量应符合设计要求，无腐朽、损坏，断裂至不起作用的失效轨枕。

（11）接头方式　接头应采用悬接；直线段应对接，相对错距不大于 50mm；曲线段应错接，相对错距不小于 2m。

（12）接头连接零件　鱼尾板、螺栓、弹簧垫与轨型配套，规格符合设计要求，数量齐全、密贴、紧固有效。

（13）道钉　规格与轨型配套，数量齐全，浮离不大于 2mm；混凝土轨枕螺栓、压板紧固齐全，浮离不大于 2mm。

（14）轨枕间距　符合设计要求，误差为±50mm。

（15）捣固　道碴捣固坚实，无空板、吊板。

（16）路基　无严重塌坡、地臌、沉降现象。

（17）道床　道碴材质和粒度符合标准；道碴厚度：井下不小于 100mm（个别底板突出处不小于 50mm），地面不小于 150mm；道床整洁，道碴不埋没轨枕面（使用插爪式人车的斜井绞车道木枕必须露出 1/3）、无积水、淤泥，地面无杂草。

（18）水沟　排水畅通，水面应低于路基，井底车场及行人巷道水沟盖板应齐全、稳固。

2. 窄轨铁道道岔的维修质量标准

（1）轨距　按标准加宽后不大于 3mm；辙岔前后的轨距偏差＋3mm，－0mm。

（2）水平　尖轨前端、直曲连接轨中部和道岔后部的两股钢轨的水平偏差不大于 5mm。

（3）方向　直线目视直顺，用 10m 弦量不超过 10mm；曲线目视圆顺，用 1m 弦量相邻两点正矢差不大于 2mm，用 2m 弦量相邻两点正矢差不大于 3mm。

（4）轨面前后高低　目视平顺，用 10m 弦量不超过 10mm。

（5）接头平整度　接头处两轨面高低和内侧左右错差不大于 2mm。

（6）尖轨　尖轨尖端与基本轨密贴，间隙不大于 2mm，无跳动；尖轨损伤长度不超过 100mm，在尖轨顶面宽 20mm 处与基本轨高低差不大于 2mm。

（7）开程　尖轨开程为 80～110mm。

（8）轨缝　尖轨根部轨缝不大于 8mm，其它轨缝与线路部分的轨缝要求相同。

（9）心轨至护轨工作边间距　600mm 轨距为 572mm，偏差为＋2mm；900mm 轨距为 872mm，偏差为＋2mm。

（10）护轨　零件齐全，安装牢固，无松动、失效现象。心轨尖端与护轨工作边中心垂直相对，偏差为±50mm。

（11）辙岔　心轨在顶面宽 35mm 处和翼轨喉部的垂直磨损不超过 7mm，铆钉无松动，焊缝无裂纹。

（12）滑床板　滑床板应与轨底面贴合，其间隙不超过 2mm。

（13）基本轨与连接轨　垂直磨损不大于 7mm。

（14）轨撑　轨撑应与基本轨密贴，间隙不大于 1mm，数量齐全，无松动现象。

（15）接头连接零件　鱼尾板、螺栓、弹簧垫与轨型配套，数量齐全，紧固有效。

（16）道钉　规格符合标准，数量齐全，浮离不大于 2mm。

（17）轨枕　规格符合标准，无失效现象；轨枕间距按设计要求布置，偏差为±50mm。

（18）转辙器　拉杆零件齐全，连接牢固，动作灵活可靠。

（19）道床　道床整洁，道碴不埋没轨枕面，地面无杂草。

捣固坚实、无空板、吊板现象。

第三节　铁道维修作业

一、起道

1. 起道的意义及方法

为了增加道床弹性，找平铁道，要进行起道作业。

起道是技术要求较高的工作，由一人看道，量水平，一人拿起道机，另一个人扒碴和垫塞，此外还配合一批捣固人员。由看道人员选择起道地点，在找平铁道时，直线选择高的一股为标准，全面起道时以左股为标准，曲线以里股为标准。

标准股确定后，由起道指挥人俯身在标准股上，距起道机 10～15m 处，看钢轨下腭水平线的高低情况，指挥起道，当起平或起顺一段线路后，必须以三点作依据，根据前标准点和后标准点起平中间点。

在斜坡上起道，从上坡往下坡看道时，每点都不能低，从下坡往上坡看道时，每点都不能高，不注意这个问题，起完的铁道就会出现高低不平。

全起全捣时，起道机一般在接头中间放一次，距两端接头 4 根轨枕处各放一次，顺次向前起道即可。重起全捣或重起重捣时，如为陡坑则在坑底处放一次起道机，漫坑放置 2～3 次。起道机必须放平放稳，直线放在钢轨里口，曲线上股放在外口，以防胀轨和影响钢轨方向。

用上述方法将标准股起平后，再用水平找平另一股时，起道机要放在起道始点（起完的一端）一侧使其尽可能靠近起道机。

当铁道抬平，位置固定后，捣固人员要做好捣固工作。

道岔起道和线路一样。单开道岔的直线股以基本轨条为标准，最好从尖轨前接头开始向后起。

看水平时，水平板（尺）应放在尖轨前接头，尖轨尖端，尖轨跟部（要放两内股或两外股，看两内股水平时，应放在导轨接头上），辙叉前接头和辙叉后接头。

对一股过车多，一股过车少的道岔，起完道后，对过车少的一股用镐窜一窜即可，以列车过后水平合适为准，宁低勿高，低了可以再起道找平。

两股起平后，在前一节钢轨往回看，哪是拱腰，哪是死坑，应在钢轨上标记需要加强或减弱捣固的符号。

2. 起道操作注意事项

起道时要做到：

（1）起道用的水平板、高度板，应经常校对，保证精确无误。

（2）起道人员必须与指挥人紧密配合，动作协调，随时注意指挥人的手势和口令，动作要迅速敏捷，起道高低要适当。

（3）起道垫塞时，一律向轨枕底垫塞，做到随起随垫，在接头处起道时，接头两根轨枕要同时垫塞。

（4）起道时，为了防止回落，需要预留下沉量。一般基础密实及小石碴地段少留，基础松软及大石碴地段多留，接头和坑底多留。

（5）在混凝土轨枕地段垫塞时，于列车通过前必须在一、两根轨枕下捣固好，以防止轨枕因列车通过发生扭曲应力而折损，同时禁止用大石碴垫塞，以防形成一点支承，过车时伤损轨枕。

在列车运行的铁道上起道时，要适当的掌握起道高度。在

列车通过前，要做好起道地段的捣固顺撬。

二、改道

1. 改道的工作内容

改道一般是在拨道以后，即把一股轨条的方向拨正以后进行的。需要改道的地点，由组长根据轨道尺量得的结果，做出记号，改道由两人组成小组进行，工作内容包括：削平枕木，清扫木屑；起道钉，在道钉孔内插入木片；拨正轨距，打好道钉。

起道钉时应注意以下几点：

（1）使用爪形撬棍起钉。为避免损坏枕木及起弯道钉，起钉时应使用起钉垫，置于撬棍的起钉爪下面，撬棍垫底部面积不应过小。禁止使用石块或道钉杆代替，以免压伤轨枕和撬棍滑脱伤人。

（2）起钉时，撬棍垫要靠近钉的后部，不要离开，以免因道钉仰着成圆弧状起出，造成钉孔外侧轨枕被挤伤。

（3）起钉时，前脚站在轨枕上，后脚站在轨枕盒中，两脚略成八字形，两手紧握撬棍，前手据撬棍中心偏前，后手根据每人身体高度，握在距前手约 300～400mm 处，将撬棍插入卡住道钉，用力下压，道钉冒起约 10～20mm 时，将撬棍稍向后撤，使撬棍尖与钉帽前端相齐，用力压起撬棍，将道钉起出约 50mm 时，再将撬棍后撤一下，使撬棍尖位于钉帽中央，用力撬起道钉，当道钉被起出约 2/3 时，可用力猛向上挑，即可起出道钉。

2. 改道操作注意事项

改道时要用撬棍拨动钢轨，使之达到标准轨距后再打道钉，严禁用打道钉挤钢轨的办法进行改道。

三、钢轨及鱼尾板的更换

1. 更换钢轨

在铁道经常维修中，需要更换伤损或折断的单根钢轨。在更换以前，对准备换入的钢轨，必须事先检查其长度及高度是否与换出的钢轨相符，和相邻钢轨头部高差不得超过1mm，因此单根抽换钢轨时最好不用新轨，而使用与换出钢轨磨耗相等的旧轨。

如果新旧钢轨长度不一致时需锯轨和钻眼。单根抽换钢轨时，应将钢轨先运到工地，放于铁道内侧，和准备抽出的钢轨对齐，两钢轨相距200mm，准备更换的钢轨前后轨缝必须正常，如有瞎缝或轨缝过大情况必须事先调整，在夏季抽换钢轨时，更需注意，即使轨缝没有顶严，也要进行调整轨缝，防止接头拉开后前后钢轨伸长，使新换钢轨无法换入。

施工时首先卸下钢轨接头上的螺栓，然后起掉内侧道钉，并把外侧道钉起出少许，使其有可能把伤损钢轨向外翻转，再把新换钢轨拨入，使轨底恰好位于外侧道钉下面，然后钉好内侧道钉，压好外侧道钉。

2. 更换鱼尾板

更换鱼尾板是关系到行车安全的一项工作。更换时不能有列车通过，不许在一根钢轨的两端或两股钢轨相对的两个接头上，同时拆开接头及取下鱼尾板。

施工时，起掉接头轨枕上的道钉，然后按顺序卸下全部螺栓，取下鱼尾板，铲除钢轨端部铁锈，把涂好油的鱼尾板装上，上好已涂油的螺栓，并拧紧螺母，最后，打好全部道钉。更换接头上的鱼尾板，最好成对进行，并把换下的鱼尾板根据磨耗及损坏程度，用到次要铁道上去。

新换的鱼尾板因尚未磨损和压弯，钢轨端部势必略微抬起，接头下必然形成明的或暗的小坑。为了消灭小坑，在更

换鱼尾板之后，必须捣固接头及其邻近轨枕。

为了加强接头，如果是利用再用品时，事先要选择两块高度相同的鱼尾板。

更换鱼尾板以后的4～5天内应再次拧紧螺栓。拧紧螺栓时，应先拧中间的两个。

3. 更换螺栓

首先卸下旧螺栓。如旧螺栓卸不下来时，不能用锤击、(以免新螺栓穿入时损伤丝扣)，应先窜动钢轨然后再行更换。穿上新螺栓后，套上垫圈，再上紧螺母。新螺栓上紧后，还应把其余未换螺栓紧一下，以使受力均匀。

4. 磨耗轨端的锯截

当钢轨的端部磨耗超过规定时，可将磨耗过限的轨端锯掉一段，重新钻上螺栓孔，以便再用。

确定轨端锯截长度时，应把磨耗、破损、压扁、裂纹等伤损部分全部锯掉，而且锯掉位置还要考虑利用旧孔。

用手工锯断轨端时，先要把钢轨垫好（垫在钢轨锯断处附近)。新轨在轨头上面，旧钢轨在轨头侧面划一条直线，做为下锯标志。旧轨因轨面压有一层硬光不易下锯，应先从轨头侧面上棱处下锯。锯轨时必须全部锯断，不许用锤击或人力折断，以保持轨端平整。

四、矫直硬弯钢轨

1. 硬弯钢轨的鉴别

看——鉴定钢轨硬弯的基本方法。骑在一股钢轨上粗看，发现有弯曲现象时，再细看。通常站在离硬弯轨顶点5～10m处，背着灯光（阳光）沿着轨道线，由远到近，由近到远的看，并采取立、蹲、卧三种姿势，反复地检查左右两股钢轨。先看弯轨凸出的顶点在什么地方（轨枕上，轨枕中间)，再看

弯曲状态（平顺的，急骤的）。弯曲急而短的一般则是硬弯钢轨。

查　　用拨道的方法查找硬弯。对弯曲缓顺，长度较大的钢轨，难以区别时，就先行拨道，如拨道后又反复出现硬弯，则无疑是硬弯钢轨。

量　一用 1m 直钢板尺测量该处轨道线的矢度大小，确定是否为硬弯，一般矢度大于 1mm 及以上的都是硬弯钢轨。

判断　一根据轨枕被动的状态，确定是否为弯轨，一般凡是轨枕被轨底或铁垫板压切面积大的，压切边线距轨底远的，都是硬弯钢轨。

2. 硬弯钢轨的分类

硬弯钢轨有以下四种。

小硬弯——一般形状不正规，硬弯长度很短，约 0.5m 左右。

尖角硬弯　　弯曲顶点处为一尖角形状，一般长度为 1～2m。

凑在一起的小硬弯——一般长度为 2～3m。

弧状硬弯——弯曲长度一般在 1.5～2.5m，曲度平缓。

3. 矫直钢轨方法

1）确定矫直量

实践证明，硬弯钢轨的矫直量，不能恰好等于弯的矢度，必须留有一定的回弹量，并应注意防止因矫直量过大而造成钢轨损伤。

2）矫直时间

地面：北方地区，一般在 6、7、8 月份，如在 5、9 月份进行，时间要选择在上午 9 时以后至下午 4 时以前，其它季节，则禁止直轨工作，以免直伤钢轨。南方地区直轨工作可

在5～10月份进行。

井下：不受季节限制。

3）矫直钢轨作业

施工前，应按规定设好防护。

根据确定的每一硬弯顶点及始终点，上好弯轨器，且弯轨器的支点应正对硬弯顶点，如图8—1所示。在弯轨器的中间支点安上一块衬垫，使轨头、轨底和轨腹全部密贴，同时矫直。直好硬弯后，要看方向改道，保持轨距良好。

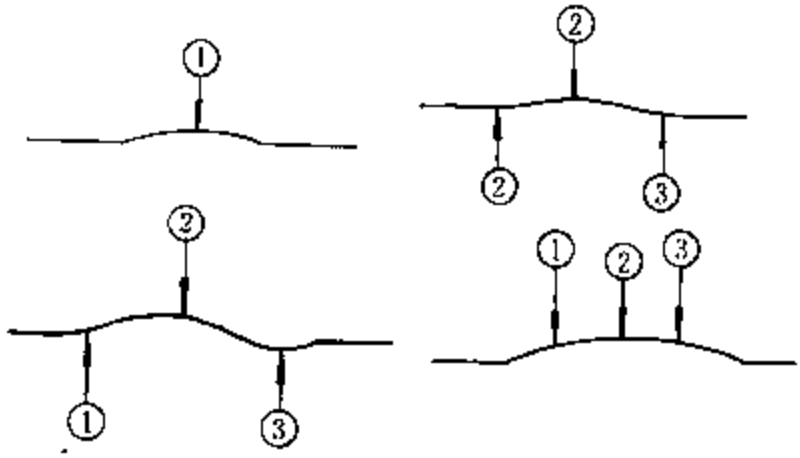


图8—1　弯轨器的支点

直轨前，要注意前后有无瞎缝，并把需矫直处凹侧上的道钉起出，直轨或改道后按规定补齐道钉。

4．整治钢轨拱背、塌腰

整治前，对拱背、塌腰的钢轨要进行调查。一般顶点位置在两根轨枕中间才是拱背塌腰。也可根据轨枕空、吊板情况，观察钢轨是否拱背、塌腰。观察时，要用线绳测出钢轨拱背、塌腰在每根轨枕上的数值，再起道钉测出每根枕木上的空吊数值。当起道钉检查空板时，一定要一次检查一根，检查完打好道钉再起下一根。如同时连续起道钉，会增大钢轨

拱背数值，影响正确性。

对有拱背、塌腰的钢轨，以换下来整直为宜，如有困难，也可用垫木板或扒开枕木底石碴的方法，利用列车碾压，逐渐把钢轨校直。

在确定拱背、塌腰病害时，应当注意铁道坑洼用起道可以找平的，应当采用起道方法找平，再进行鉴定。

五、更换轨枕

1. 更换木枕

合理使用木枕，是轨道班（队）保证铁道质量，降低成本的一项重要工作，要求按照更换轨枕标准，并结合具体情况，做到合理使用，不错换一根轨枕。

1）失效木枕的标准

（1）腐朽，失去承压能力，钉孔腐朽不能持钉又无处改孔；

（2）折断或拼接木枕接合部分分离，不能保持轨距；

（3）机械磨损，经过削平或除去腐朽木质后其厚度不足80mm；

（4）劈裂或其它情况不能承压、持钉者。

2）作业程序

更换木枕以两人为一组，工作开始前要将石碴耙子、铁锹、撬棍、起钉垫、枕木夹剪、尖镐、木钻、直钉器、道钉锤、道尺等工具拿到工作地点，放在顺手地方。

（1）扒道碴　在碎石道床地段更换木枕，开始扒石碴前，应先确认钢轨爬行方向及轨枕空和巷道的宽窄，以确定扒开哪一侧轨枕空内的道碴，作为抽换木枕的通道；深度应扒到枕底下20mm左右，宽度不可太窄，以不影响抽换轨枕为原则。扒出的石碴要堆放整齐，不得超过轨面。在扒碴时，如

石碴清洁，可先用镐刨松一下石碴，然后再用耙子将清碴扒到相邻枕木面上，如石碴内含土量较大，清、混碴应分别堆放，把清碴扒到相邻轨枕木面上，混碴扔到铁道两边，以便清筛回填。为不妨碍穿入轨枕，把旧枕抽出后，另一侧轨枕空内的石碴，也应用耙子搂上。

（2）起道钉　按图8—2所示的顺序进行，起出的道钉应放在两侧轨枕上，以便于寻找。

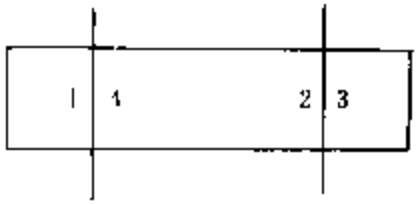


图8—2　起钉顺序

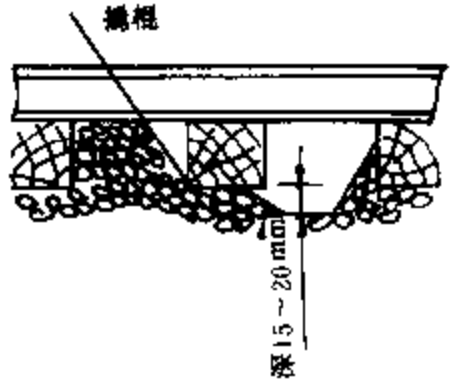


图8　3　道碴槽

（3）抽出旧枕　在扒道床时，预先将枕木底扒成如图8—3所示的形状，用撬棍将木枕拨移到道碴槽内，然后用枕木钳顺着扒开的道碴槽将木枕稳稳地拉出，禁止用镐刨的方法移出，以保证旧枕木不劈裂或伤损。抽出的旧枕要底面朝上，顺放在路肩上，以便干燥后运回。

（4）平整枕底　按照木枕的厚薄，确定平轨底的深度，其深度最好比新木枕的厚度深10～15mm，但最多不许超过20mm（平得过深须多打镐，又难以保持原来质量），宽度要大于轨枕底10～20mm。如木枕下原有道床不洁时，则应在抽出旧枕后，顺便扒出不洁道碴，清筛后回填。这样做可以预防道床翻浆、松软，木枕早期腐朽及铁道坑洼、空吊板等病

害，同时要求轨枕底扒的平，深度合适，以免新枕插入时返工。

（5）换入新木枕　树心要朝下放置，斜坡上换枕木时，如遇缺棱木枕，应使缺棱部分在道坡上方，在爬行地段，应使缺棱背向爬行方向。

打入道钉前，应先钻好道钉孔。打钉时，将轨枕撬起打入道钉，然后捣固。

（6）捣固　手工捣固按图 8－4 所示顺序，先穿好再对打。新换入的枕木要及时捣固，当班收工前再作第二遍捣固。

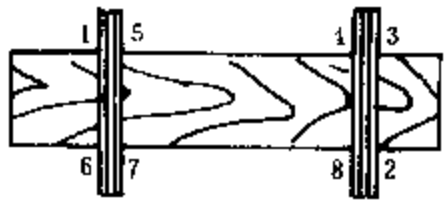


图 8　4　捣固顺序

（7）整理道床　首先将扒开的清碴，用耙子有次序地扒到轨枕盒内或两端轨枕头处，再把扒出的混碴用筛子筛过后，回填于轨枕盒内或两端缺碴处，然后用耙子平整道床并夯实。

（8）清扫　换完木枕以后，进行一次清扫。

3）更换木枕的技术要求

（1）更换木枕时，应重点换接头、曲线头尾、大坡道，消灭连续失效枕木群，做到既有重点又要均衡地更换。

（2）严禁使用未经防腐处理的木枕。新木枕更换前，要进行捆扎，以防劈裂。

（3）为了加强接头，更换接头木枕时应两根同时更换，以减少低接头。

（4）更换木枕时，应与铁道中心线相垂直，间距要符合

规定。单线铁道与人行道侧枕木头对齐；复线铁道与两外侧枕木头对齐。

（5）更换枕木在轨枕盒一侧扒石碴的选择，根据列车运行方向或钢轨爬行方向的逆向一侧。

（6）做计划维修时，更换木枕要在捣固前做好，可使新换入枕木多捣固一遍。

4）质量要求

（1）位置正确，间距及偏斜，尺量做到无误差；

（2）捣固良好，无暗坑、吊板；

（3）木枕无损伤，并应钻眼。

2. 更换混凝土轨枕

1）混凝土轨枕的失效标准

（1）开裂或折断，不能保持轨距及两端钢轨的均衡承载力；

（2）承轨槽面混凝土压溃，不能保持两股钢轨的均衡支承；

（3）钉孔损坏，挡肩破损无法修理。

2）作业程序

可参照更换木枕的方法进行，所不同的是连接零件作业应按混凝土轨枕的要求进行。

六、清筛道床和补充道碴

1. 清筛道床

维修工作中主要是清筛轨枕盒和边坡道碴。

1）作业方法

为不影响作业，又不会因互相使用工具而伤人，应分段清筛（至少隔 10 根轨枕）。清筛时用倒筛法，即清筛第一个轨枕空时，将石碴堆放于路肩上，待清筛第二个轨枕空的石

渣，回填第一个轨枕空，第三个轨枕空的石碴回填第二个轨枕空，依次类推。每筛完一空要回填夯拍好一空，以保证行车安全，每班工作结束，最后一个轨枕空，用由第一个轨枕空筛出并堆放于路肩上的石碴来回填。

2）技术要求

（1）清筛到轨枕底下50mm，轨枕头外筛到路基面（巷道底板）；

（2）清筛地段，应结合清筛做适当的起道；

（3）清筛不准破坏轨枕底道床，清筛后应加强捣固，提高铁道质量。

2. 补充道碴

因道碴不足，道床达不到标准或因清筛、起道缺少道碴时，应予以补充。

七、清理排水沟

井下大巷水沟，地面铁道的侧沟、截水沟、排水沟和渗水暗沟等的主要作用是排出矿井涌水，排出大巷和路堤、路堑边坡和路基面上的水，使路基经常处于完好状态。

大巷水沟容易被煤泥、矸石（粉）和木屑等杂物所堵塞，使水外流冲刷道床，造成空板、吊板，出现坑洼，危及行车安全，因此必须经常清挖水沟。

清理质量要求：

（1）大巷水沟要保持排水畅通，水面低于路基，井底车场及行人巷道水沟盖板齐全、稳固。

（2）地面铁道水沟每年雨季以前要进行一次彻底的清理，经过清理的水沟，底面应平整，坡度一致，边坡完整无缺。出口处坡度平缓，过陡处应有适当的加固设施。

（3）从水沟中清出的煤泥、杂物等要及时装入矿车运走，

不要堆积在人行道上和铁道上。

第四节　道岔维修及病害的整治

道岔也是铁道的薄弱环节之一，构造比较复杂，病害较多，而且许多病害是相互联系相互影响的，因此要综合整治病害，有计划有步骤地进行维修工作。

为了有计划地进行道岔的维修，每月必须对道岔各部分状态进行检查。检查的重点是：轨距、心轨工作边到护轨工作边间距，方向，轨面前后高低，捣固程度，钢轨接头，排水，岔枕质量，以及道岔各部零件是否有磨损和轧伤。根据检查结果，作出维修计划。

一、道岔的计划维修

道岔计划维修包括如下工作内容。

（1）钢轨的矫直或折弯；

（2）调整轨缝；

（3）清筛不洁道床；

（4）更换伤损钢轨，夹板和螺栓及失效岔枕；

（5）起平道岔，保持前后高低及水平的良好状态，尤其是转辙器部分，应保持轨面满足转辙机械要求的标准高度；

（6）全面捣固，重点加强辙叉、尖轨跟部、连接部分中间的两股钢轨，力求做到捣固“三够”（即长度、宽度、深度要够）；

（7）拨道：在拨正道岔本身方向的同时，还应注意道岔群和道岔前后的方向，坚持拨、改、直三结合的方法，能拨则拨，拨不好则改，改不好则直；

（8）改好各处轨距和导曲线方向，调好各处轮缘槽宽度；

（9）整修路基，清理排水沟。

二、维修道岔的几种作业方法

1. 改正道岔轨距

首先把直股的基本轨条与前后铁道串成直线，再以直股的基本轨条为标准，按照道岔各部轨距标准加以改正。

在改正基本轨轨距时，若发生尖轨竖切部分与基本轨不密贴时，应做好转辙连接杆、尖轨连接杆的调整工作，使尖轨与基本轨密贴。

2. 更换尖轨

更换尖轨工作应在轨道班（组）长的领导下进行。施工时，尽量选择在交接班时间或在准备班的列车间隔时间内进行。

施工前，应检查新旧尖轨各部尺寸，发现问题应预先修理，以免更换时发生障碍，延误时间，或换入后又出现新的病害。

施工后，应检查尖轨各部尺寸是否符合规定，如有缺陷，应及时修理，并进行转辙试验证明良好，方可恢复使用。

1）基本工作

（1）施工前通知运输调度，并设置停车信号和防护人员；

（2）拆卸尖轨连杆和跟端接头的螺栓和夹板；

（3）拨出旧尖轨；

（4）安装新尖轨；

（5）安装尖轨连接杆螺栓，并检查开程；

（6）上好尖轨跟端接头夹板和螺栓；

（7）经检查合格后，撤除停车信号和防护人员，通知运输调度。

2）施工注意事项

（1）尖轨跟端接头处螺栓长短不一，故在卸螺栓时，应

把卸下的螺栓按一定次序摆放，以防止上螺栓时拿错；

（2）新换入的尖轨如与滑床板不密贴时，可根据具体情况，加强尖轨下岔枕的捣固工作；

（3）更换尖轨应特别注意检查尖轨顶铁尺寸，不合适时，应立即修理。

3. 更换辙叉

更换作业应在轨道班（组）长领导下，由 4 名工人担任。为缩短基本工作时间，应做好各项准备工作，换入的辙叉钢轨高度，应与前后连接钢轨高度一致。

如前后接头没有轨缝时，应调整轨缝，避免新辙叉拨不进原位，而延长施工时间、妨碍行车。

由于辙叉心部分车辆压过次数比两侧多 1 倍，同时受构造限制，捣固较困难，故辙叉心与岔枕中间下沉较多，应趁换入新辙叉时彻底做好辙叉部分的捣固工作。

更换作业：

（1）施工前通知运输调度并设置停车信号和防护人员；

（2）卸辙叉前后接头的螺栓和夹板；

（3）起出道钉；

（4）抬出旧辙叉，抬入新辙叉；

（5）上好前后接头夹板、螺栓并钉好道钉；

（6）经检查合格后撤除停车信号和防护人员，并通知运输调度。

4. 更换基本轨

更换前，先要检查原尖轨高度，如新基本轨比原尖轨高出 2mm 及以上时，不能单独更换基本轨，应同时更换尖轨，基本轨高度应与连接轨高度一致。

更换作业：

（1）施工前通知运输调度，并设置停车信号和防护人员；

（2）卸基本轨前后接头螺栓和夹板；

（3）卸尖轨接头螺栓和夹板；

（4）拆卸轨距杆；

（5）起出道钉、轨撑；

（6）拨出旧基本轨，拨入新轨；

（7）上好前后夹板、螺栓，尖轨接头夹板及螺栓，并上好轨距杆；

（8）安装轨撑并钉好道钉；

（9）经检查合格后，撤除停车信号和防护人员，并通知运输调度。

5. 更换护轮轨

1）基本作业

（1）设好停车信号和防护人员；

（2）起道钉卸护轨螺栓；

（3）撤下旧护轨，拨入新护轨；

（4）安装间隔铁及拧紧螺栓，钉齐道钉；

（5）经检查合格后，撤除停车信号和防护人员。

2）注意事项

（1）更换护轨时，应使中间平直部分对准辙叉有害空间；

（2）安装护轨内侧新轨撑时，应装好新护轨及螺栓后，再将轨撑装好，然后打好道钉。

6. 更换扳道器

拆卸转辙连接杆时，应用道钉或铁板将尖轨钉住，而在撤开的尖轨与基本轨间，应用 80～110mm 长的木块把尖轨挤住，不使尖轨移动，木块顶面应低于钢轨踏面不少于 20mm。

作业程序：

（1）拆卸转辙连接杆，起道钉；

（2）取下旧扳道器底座，换上新扳道器底座；

（3）上好转辙连接杆；

（4）调整好扳道器底座位置，用道钉钉好。

三、产生道岔病害的原因和整治措施

产生道岔病害的因素较多，总的看来，一方面是道岔本身结构上的缺陷；另一方面是列车的动力作用及养护维修不当。

道岔本身结构上的缺陷是列车侧向通过道岔，从基本轨向尖轨过渡，以及通过有害空间时，运行不平顺；导曲线无超高，造成车辆推挤外轨，从尖轨到辙叉的轨距变化多，列车横向摇晃；直尖轨转辙角大，车轮冲击力大等等。

1. 道岔方向不良，轨距水平超限的原因及整治

1）道岔方向不良的原因

（1）由于道岔铺设位置不正，造成前后方向不良；

（2）辙叉位置不正，造成前后钢轨连接方向不顺；

（3）尖轨本身方向不良，道岔前后钢轨爬行，造成道岔前后移动，改变方向；

（4）捣固不均，排水不良，道岔不均匀沉陷等。

2）轨距水平超限的原因。

道岔方向不良，会造成列车摇晃厉害，致使道岔各部分间隔尺寸、轨距、水平不易保持，因而使轨距水平超限；

不良的间隔尺寸及轨距、水平也促进了道岔方向不良，两者互为因果。因此，必须同时整治方向不良及轨距、水平，主要方法是：

（1）直股以直基本轨为准，曲股以曲基本轨为准，拨正

道岔方向，与此同时，必须拨正道岔前后 30m 范围内的铁道及曲线；

（2）整修各部分不合格的零件和间隔尺寸及轨距、水平，确保合乎质量标准；

（3）加强捣固，保持道床的清洁，做好排水工作，防止铁道下沉，保持路基稳固。

2. 转辙器部分的病害及整治

转辙器部分主要病害有：尖轨跳动、尖轨不密贴、尖轨磨耗、尖轨爬行和尖轨尖端轧伤等。

1）尖轨跳动

由于尖轨跟部各连接零件磨损、套管失效、捣固不坚实、转辙器拉杆弯曲等造成列车通过时，尖轨跳动。

针对尖轨跳动的原因，根据情况可采取下列整治措施：

（1）更换和焊补连接零件，加强跟部联结；

（2）加强接头及转辙器部分的捣固；

（3）调直转辙器拉杆；

（4）尖轨跟部按标准设鱼尾板和套管。

2）尖轨不密贴

尖轨的竖切部分与基本轨不密贴的主要原因有：尖轨连接杆尺寸、扳道器位置与尖轨尖端距离不配合，造成尖轨左右摆动后，扳不严而离缝；尖轨压歪造成尖轨头部与基本轨离缝；尖轨爬行和基本轨横移出现离缝；基本轨工作边及尖轨非工作边有飞边，曲股基本轨弯折不合适；长尖轨横向刚度不足等。

整治尖轨与基本轨不密贴的主要措施是：

（1）及时剥掉基本轨及尖轨的飞边，弯好曲基本轨的弯折点，以确保基本轨与尖轨竖切部分完整靠贴；

（2）为了保证转辙器部分轨距不发生变化，可在尖轨尖端和跟部安装连接板；

（3）校正连接杆和扳道器位置，整修顶铁和跟端螺栓，更换失效套管；

（4）为了防止基本轨横移，可焊补磨耗了的滑床台、轨撑和滑床板挡肩部分，用长道钉将轨撑滑床板与枕木联结在一起。

3）尖轨轧伤及磨耗的整治

尖轨跳动、尖轨与基本轨不密贴是尖轨尖端轧伤及磨耗的主要原因，其次是基本轨垂直磨耗严重，尖轨刨切部分受力过大容易磨耗和轧伤。其整治措施是：

（1）对尖轨跳动和不密贴进行整治，确保尖轨与基本轨密贴；

（2）及时更换磨耗过限的基本轨（垂直磨损不超过7mm）；

（3）若尖轨尖端顶面过宽形成平台及锯齿形时，应及时将尖轨锉平，锉薄，严重轧伤的钢轨及尖轨要及时焊补或更换。

3. 导曲线部分的病害及整治

道岔导曲线半径小，外轨又无超高，列车通过时，产生的离心力未被平衡，从而增加了车轮对导曲线外股的推力；造成轨距扩大，曲线方向不良，外股钢轨磨耗加重及反超高等病害，此外导曲线部分的岔枕上都有四股钢轨，这样捣固质量不良会造成枕木弯曲，因而造成水平不良。其整治措施有：

（1）加强捣固；

（2）整治弯曲岔枕，设置平垫板；

（3）拨直基本轨方向，调整好尖轨跟距；

（4）安装连通垫板。

4. 辙叉护轨部分的病害及整治

辙叉护轨部分的主要病害：

（1）护轨螺栓松动，护轨槽宽增大，因而造成车轮撞击辙叉心；

（2）捣固不良造成辙叉活动；

（3）心轨和翼轨磨损。

整治措施有：

（1）加强捣固，必要时将岔枕翻转使用；

（2）紧固螺栓，调好各部间隔尺寸，特别是护轨螺栓和护轨槽宽；

（3）对心轨翼轨磨损过限的辙叉及时焊补或更换（心轨翼轨垂直磨损不超过 7mm）。

第五节　巡　　道

轨道工巡道的主要职责是：巡查铁道，处理故障，做好小修补，保持铁道状态完好，外观整洁，保证行车安全。

负责巡道的人员要掌握以下各项技术：

（1）会检查铁道、道岔、路基等发生的病害；

（2）会对铁道上发生的故障进行防护及紧急处理，如钢轨折断，胀轨跑道；巷道冒落、地臌变形，地面路基塌方落石；以及因各种原因侵入限界危及行车安全等情况的处理。

（3）会手工检查钢轨，监视伤损钢轨、夹板和辙叉心的变化情况；

（4）会小补修工作中各种项目的操作，如打紧道钉，更换道岔零件等；

（5）会正确显示和使用各种有关信号；

（6）会测列车运行速度。

一、铁道巡查

做好铁道巡查，要熟悉所管辖的铁道、巷道的情况，掌握其特点和病害变化的规律。

如井下巷道由于矿压的影响，容易发生冒顶、片帮、底臌等；由于水文地质变化，水沙充填作业和水力采煤等造成巷道大量涌水，从而冲毁道床；无缝铁道的焊接头容易被拉断等。对于地面要根据季节变化和地表沉降变化找出规律。春融期间铁道质量变化大，雨季路基容易发生翻浆冒泥、滑坡溜塌、水害等；夏季容易发生铁道方向不良，甚至胀轨跑道等。巡道人员可根据这些规律，找出自己责任区的巡查重点。

巡查时应注意：

（1）钢轨、道岔及其主要连接零件是否折损，已有伤损标记处有无变化；

（2）路基沉陷、塌方、水害、雪害、冻害等情况；

（3）如发现无缝钢轨有异状，要及时检查补焊，防止断轨；

（4）架线式电机车铁道发生螺栓松动要及时拧紧；要经常检查铁道连接线有无损坏；

（5）有无其它影响行车安全的故障，在铁道上巡查时，在单线上一般走人行道一侧的轨枕头；在双线上一般应迎着列车方向走，但要加强瞭望，防止背后来车；

（6）井下或地面夜间巡查时，要携带矿灯和信号灯；

（7）发现列车开来时（包括车场），应在 40m 以外下道完毕，无论双线或单线，任何一线来车，均应离开线路，站在人行道上或躲避硐内，禁止站在两线中间或邻线；

（8）发现通过的列车有不旋转的轮对或车轮踏面有擦

伤，发生剧烈冲击时，应及时通知司机。在列车通过后，应立即对钢轨进行全面检查；

（9）发现钢轨、辙叉折损，巷道冒顶、倒棚、塌陷等危及行车安全，需要紧急停车时，则应显示停车信号，并及时通知运输调度；

（10）在弯道多、巷道狭窄处要特别注意来往车辆；

（11）注意电机车司机和行人，如有违章现象，应及时制止并逐级上报。

二、道床和路基检查

加强矿压变化的巷道和大水冲过的道床、路基的检查和监视，及时发现险情，及时处理，以保证行车安全。

在进行检查和观测时，必须做到“四到”、“三清”、“三快”。“四到”是眼到、耳到、手到、脚到。“三清”是地点清、设备清、情况报告清。“三快”是情况发现快、报告快、处理快。

（1）巷道发现冒顶、片帮、倒棚，要在事故地点两侧各40m以外设停车信号，并及时报告调度及有关领导派人处理，保证正常通车。

（2）对地压影响发生底臌和沉降的地段，要设置观测标志，注意坡度和轨面水平的变化。当发现危及行车安全的情况，应及时汇报调度和区（队）领导加以处理。

（3）工作面发生透水或因其它原因，发生大水冲刷、浸泡巷道，应有计划地疏通水沟，加快排水。水过后，要认真检查道床，发现空板、吊板，道床坑洼，要补充道碴并加强捣固。

三、故障处理

为确保安全不间断地行车，及时排除妨碍行车的故障。

几种常见故障的处理方法：

1. 钢轨折断时应急处理方法

（1）当钢轨折损位置在木枕上，还能钉上道钉时，可以在钢轨内外侧各钉一根道钉。

（2）如钢轨折断位置稍离开枕木侧面不太远，同时又在碎石道床上，且能方动木枕时，可将碎石扒出一部分，方正一下木枕，用道钉把折断处钢轨钉牢在木枕上。

（3）在断轨处，垫上短枕木，两侧钉好道钉，临时维持通车。

（4）如断缝处拉开的间隙能穿入螺栓时，可在断缝处用两块夹板（放置夹板时要考虑两端能钉道钉）穿上螺栓夹紧，再用道钉挤靠住鱼尾板，打道钉时不能全部打入木枕，露出钉头部分靠紧夹板。这样做即能支持钢轨，又能保持夹板两端靠贴在钢轨腹部。

2. 夹板折损时应急处理方法

（1）无论单块或双块夹板折断时，都应在钢轨底上垫短轨枕，再用道钉将钢轨钉牢固。

（2）夹板折断后，应取备用同类夹板及时更换上。如暂时没有备用夹板时，可用更换下来的较合适的夹板临时换上，但应尽快用标准夹板换下临时夹板。

总之，无论发生什么样的故障，都应灵活机动处理。同时要设好防护，通知调度，严禁冒险行车。

四、铁道小修补

巡道人员对铁道进行小修补工作，是为了保证铁道设备和配件良好，外观整洁美观。因此，应很好地完成自己所管区段的这项工作。

小修补工作项目：

（1）打紧浮起道钉　浮钉要经常打和有计划地打，经常打是指每次巡查铁道时，用一个往返时间打完巡回区段内的浮钉，计划打是指按计划打好全部浮起的道钉。

（2）拧紧夹板螺栓　铁道的接头螺栓要全部发挥作用。如发现螺栓松动，应及时拧紧，缺少的及时补上。

（3）整修混凝土轨枕扣件　混凝土轨枕铁道的巡道工作与木枕铁道有所不同。混凝土轨枕铺设初期，巡道工作的重点应放在逐段拧紧夹板螺栓和扣件螺栓，注意水平及前后高低的变化，混凝土轨枕有无严重损伤，扣件有无尺寸不合等。

铁道稳定以后，除个别调整不密贴的扣板外，主要是经常检查拧紧松弛的螺母，一般螺母松紧正合适时，螺钉露出螺母1～2扣。

使用木塞的轨枕，应经常打紧浮起道钉。

（4）侧沟和排水沟有石块、煤、漂浮物和小量堆积物等，应及时清除，保持排水畅通，整平路肩做到不积水，使路基经常处于干燥状态。

（5）地面要消灭道床杂草。

第六节　铁道作业安全知识

一、一般要求

（1）从事铁道工作的工人，必须经过技术培训，熟悉达到本工种应知应会的要求。

（2）要建立岗位责任制和安全生产责任制，并认真贯彻执行。

（3）遵守劳动纪律，班前不饮酒。

（4）施工作业人员必须按规定使用各种防护用品。

（5）较大的施工项目，必须有经总工程师批准的安全作

业规程。

（6）各种机电设备必须由经过考试合格，并持有规定证件的专人操作，非司机和无证人员严禁擅自操作。

（7）巷道中如有气焊、电焊等作业时，必须按《煤矿安全规程》中的有关规定办理。

二、巷道行走

（1）上、下班要走人行道，长工具要顺巷道携带。

（2）必须在道床上行走时，应加强瞭望。

（3）严禁扒车、跳车和蹬车。

（4）横过铁道要注意架线以免触电。

（5）不应坐在铁道钢轨上或铁道中间休息和停留。

三、铁道作业

（1）铁道作业应在施工负责人的领导下进行。根据作业项目、使用机具、施工环境制定安全注意事项。

（2）在行车铁道上作业，必须携带作业标和信号灯（旗），作业标插在来车一侧，距施工地点的地面 100m 以外、井下 40m 以外（井下作业标要有照明）。

（3）除紧急补修外，计划维修，要尽量减少作业地点，作业线不要拉得过长，严禁单人作业。

（4）使用起道机要有专人掌握，压杠人要斜方向站稳，手脚必须躲开钢轨和道木，压完后将杠子抽出，以免跑牙伤人。

（5）打钉时，压撬枕木必须脸向外侧，轨底有异物不准用手清除。

（6）斜巷绞车道，要执行行车不作业、作业不行人的规定。超过 30°的斜巷不准上下同时作业，如必须同时作业时，要在距作业地点上方 20m 左右处设置防护盘，防止滚落石块和物料打伤人员，未铺设的钢轨要用绳子拴住，其它材料要

放稳，防止滑脱造成危害。

（7）在电动转辙机的道岔上作业时，要请电工配合，作业中不准将手、脚伸入基本轨与尖轨之间和滑床板上，并禁止站在尖轨和基本轨轨面上。

（8）起道钉时，要用起钉垫，手握撬棍的位置要躲开钢轨。不准用锤击撬棍的方法起钉子，并注意附近人员，以防碰伤他人。

（9）栽钉后先用抱锤轻打，待定位稳妥方可重锤打，不准打抡锤，防止滑锤飞钉伤人。

（10）道钉锤木把要坚固、安牢，不得有裂纹，锤头不得有飞刺。

（11）抬运钢筋混凝土轨枕时，要检查工具是否良好，抬起的高度要适当，步调一致，同起同放。

（12）翻动钢轨之前要先敲钢轨，待人员躲开后再翻。使用撬棍翻动钢轨时，应由一人操作，需两人翻动时必须呼唤应答，动作一致，禁止用手翻动钢轨。

（13）使用螺旋弯道器，应选择好坚固的撬棍，用力不要过猛，严禁用脚踏撬棍的方法作业。使用液压弯轨器时，严禁站在框架上或液压顶力方向的前方。搬运弯轨器时，防止砸伤手脚。

（14）在井下巷道有架线地段作业时，使用工具不得超过架线高度，在矿车上卸料要使架线停电后再作业。

（15）手工锯轨、钻眼时要把钢轨垫平稳，不许手脚伸向轨下；不准用手指探试轨眼；在铁道上锯轨钻孔时，要与调度联系好，工作中两人要互相瞭望，地面距来车 100m，井下距来车 40m 以外时要把工具拿出放在安全地点，人员躲到安全处所。

（16）撞轨串轨时，要设好防护，统一指挥，动作一致。作业时，操作人员要面向钢轨，站稳立牢，注意防止撞轨器具脱落砸伤人员。工作完毕，应立即将撞轨器具抬下铁道放倒。

（17）拆除旧巷轨道及在高沼气矿井的通风不良巷道作业时，必须经瓦斯检查员允许后，方可进行作业。

（18）斜巷作业时，各种器材、工具要拿牢、放稳，以防滚落伤人。

四、用电安全

（1）电气设备必须由经专门培训并经考试合格的工人使用。使用人员必须熟知用电安全和有关电气安装、检修、使用的规定，学会触电急救和人工呼吸方法，井下电气设备必须符合《煤矿安全规程》的有关规定。

（2）检修电气设备时，必须切断电源并挂上“禁止合闸”标牌，严禁带电检修。

（3）电源电压必须与电气设备额定电压相同（三相电压波动应在±5%范围内）。供电变压器的容量必须满足该机械设备的要求。

（4）安装、使用电缆时，要详细检查，严防漏电。电动机驱动的机械设备在运转中转移时应由穿戴绝缘手套的人员移动，并防止擦伤电缆，造成漏电伤人。

（5）电气设备跳闸时应查明原因，排除故障后再合闸，不得强行合闸。启动后应当监视各种仪表显示是否正常。

（6）要定期检查电气设备的绝缘电阻，隔爆性能是否符合规定要求，不符合规定要求时严禁使用，发现短路等问题应立即排除。

（7）一切容易碰到的裸露的电气设备及其机器外露的转

动和传动部分（联轴器、链轮、胶带和齿轮等），都必须加装护罩或遮栏，防止碰触。

（8）电气设备应接地良好，所有电气部分不应有漏电现象，电气设备所有的连接插头应紧固，并须经常检查，发现松动或接触不良时，须切断电源进行处理。井下电缆的连接要使用防爆接线盒，严禁出现“鸡爪子”、“羊尾巴”和明接头。井下用电要做到“三无、四有、两齐、三全、一坚持”。

（9）电气设备应放在干燥处，开关处要上有盖下有垫。

（10）检修机械时，不仅要切断电源，拔下熔丝，还应在电闸箱上加锁，挂上“禁止合闸”警示牌或设专人看守。如需合闸时，须与检修人员联系妥当确认无人作业后，再合闸通电。工作完毕应及时切断电源，并锁好电闸箱。

（11）停、送电时要认真执行有关规定。不能判明设备是否带电时，应视为带电，不准人体与其接触，用检电笔检查时应确认检电笔作用良好。

（12）电动机的启动开关、连接线、电缆和接地线均应连结可靠。电动机的熔丝应符合规定要求，并经常保持作用良好，不准用其它金属丝代替。