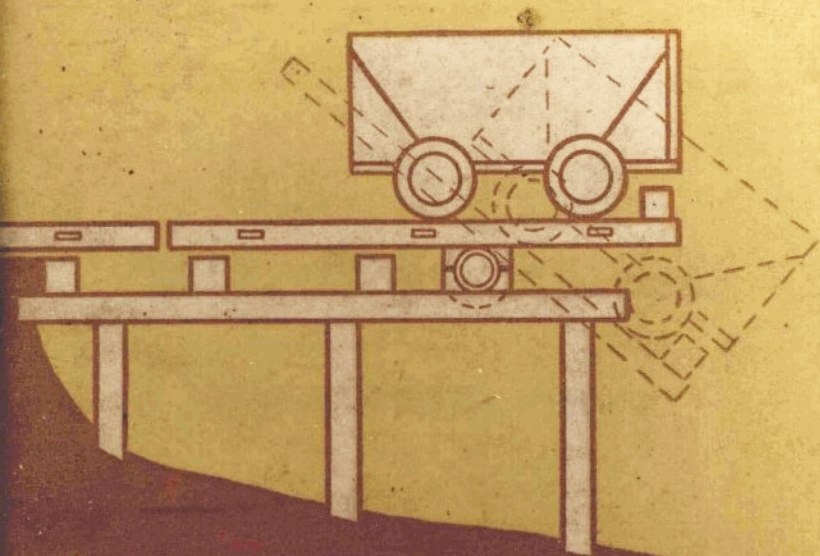




轨道、架空索道、 溜槽、缆车的建筑技术

西南短途运输科学技术片区会议编

贵州人民出版社

前 言

几年来，短途运输在各級党委的正确领导下，大鬧技术革新和技术革命的群众运动，根据因地制宜，就地取材，經濟适用的原則，創造、試制、改良了軌道、索道、溜槽、纜車等多种多样的运输工具，对于解决短途运输中运力不足的問題，起到了很大的作用。这些运输工具，多数具有結構简单，制造容易，运效高，造价低等优点。在这次西南短途运输科学技术片区會議上，对各种短途运输工具的制造、安裝等技术問題，广泛地交流了經驗。为了便于各地进行試用、推广和繼續改进提高，我們特将非金属軌道、架空索道、溜槽、纜車等方面的有关技术资料，汇編成这本小册子，以供参考。

西南短途运输科学技术片区會議

1960年5月

目 录

前 言

軌 道 (1)

一、非金属軌道的种类及其特点 (1)

二、軌道建筑技术和注意事項 (3)

(一) 木軌及鉄木軌 (3)

(二) 陶瓷軌 (11)

(三) 混凝土軌 (13)

(四) 石軌 (13)

三、車輛的构造 (13)

架空索道 (21)

一、架空索道的种类 (21)

二、架空索道的架設技术 (22)

(一) 选綫和定点 (22)

(二) 索道的坡度、长度及轉向弯度 (22)

(三) 架空索道的安裝方法与使用材料 (23)

溜槽和滑板 (34)

一、溜槽和滑道的特点 (34)

二、滑道的建筑和滑板的构造 (36)

(一) 天然溜槽 (36)

(二) 滑板道 (37)

(三) 滑板 (38)

三、溜槽 (38)

(一) 长方形无盖溜槽.....	(39)
(二) 滚柱形溜槽.....	(41)
(三) 波浪形溜槽.....	(44)
(四) 履带式溜槽.....	(44)
纜車	(46)
一、重力纜車.....	(47)
二、人絞纜車	(50)
三、人絞两用纜車.....	(52)
四、簡易电动纜車.....	(53)
五、重力循环纜車.....	(55)
六、畜力循环纜車.....	(56)
七、竹滑竿.....	(58)
八、架空单軌車.....	(59)

軌 道

一、非金屬軌道的種類及其特點

非金屬軌道是指在地面上鋪設的木軌、鉄木軌、陶瓷軌、石軌、混凝土軌等，在這些軌道上用人力、畜力拖拉或機械牽引，車輛的行走阻力能够大大減小，運量大大提高。非金屬軌道通常以木軌、鉄木軌為主。

1. **木軌**：不論是平原、丘陵或山區地帶均可鋪設，潮濕的泥濘地帶用特殊辦法處理後（如用木排、木桩、沙桩等），筑成較好的路基也能鋪設。木軌道适于鋪設在木材來源不太困難，運量較大的廠礦、基建工地、鄉村或市鎮的物資集散點、碼頭倉庫等。帶有季節性運輸地區，如田間作業區、豐產垸等，适宜鋪設臨時的活動木軌道，以便在不使用的季節把它拆掉。

2. **鉄木軌**：在與木軌相同的環境條件下，但運量較大，車輛運行頻繁時，可以在木軌上面加鋪一層薄鉄板、扁鋼或小角鉄，以保護木軌，使木軌不易磨損，特別在使用畜力或機車牽引時，更需要鋪設鉄木軌。

鋪設木軌及鉄木軌有以下几个優點：

（1）軌道加工及安裝比較便利。（2）路基占地不多，修建快。（3）投資少，運量大，節省勞動力。（4）運輸成本低。（5）不受地形限制和氣候影響。

木軌和鉄木軌的運輸能力：根據四川的資料，在25~35厘

米軌距的軌道上，載重200~350公斤的貨車，用人力推運以每小時行駛3公里計算，每人每天工作8小時，就可載運4.8~8.4噸公里。四川江北縣柳蔭區的一條3公里長的木軌道，單程運輸每人每天可推礦石5次，每次推運300公斤，每天運1.5噸礦石，合計4.5噸公里，但原來用人挑礦石，每天每人只挑4次，共挑200公斤，合計只達0.6噸公里，用軌道運輸比人力挑運提高運輸量6.5倍。

畜力牽引：在40~60厘米軌距的軌道上，每次拉1.0~1.5噸的貨物，牛拉每小時可行駛3公里，馬拉為4~6公里，以每天工作8小時計算，一頭牛每天可拉24~36噸公里，一匹馬拉48~72噸公里，比用人力挑担提高運輸量25~75倍（牛車每天拉5次合計5噸，馬車以最高每天拉10次計算，只拉15噸）。鐵木軌的運輸力量更大，最低限度比人力挑運可提高運輸量75倍。

3. 陶瓷軌：在缺乏木材而陶土原料較易獲得的地區，為了節約木材，可以鋪設陶瓷軌。在有酸性腐蝕或容易引起燃燒的車間和工廠內，也適于鋪設陶瓷軌道。

陶瓷軌除具有木軌的優點外，還具有以下各種優點：①省木材、省鐵釘（每公里可省木材10立方米，鐵釘8公斤）；②有抗腐蝕性，抗風化力強，軌道堅滑，行車阻力小。根據四川的資料，在陶瓷軌道上運輸，每人每次最少可推300公斤，比人力担挑可提高運輸量6~8倍；如在半自流坡道上推運，可比人力担挑提高運輸量8~12倍。裝載同樣重量的貨物，在陶瓷軌道上行駛較在木軌上快 $1/5 \sim 1/3$ 。

4. 混凝土軌：生產水泥的地區或砂、石材料來源較易，木材與陶土比較缺乏的地區，可以鋪設混凝土軌。混凝土軌的特點與運輸能力，估計與陶瓷軌相似，但是混凝土軌的修建則比

陶瓷軌容易，因为混凝土軌不需要干坯、煨烧的过程，只要拌和浇制、养生等手續。目前各地尚缺混凝土軌的实际資料，有待試驗和研究。

5. 石軌：自采石場至需要大量石料的基建工地，可以鋪設石軌，以后在運輸任务将完成时，再逐步拆除軌道使用。石料的性質坚硬，不易风化，开采和加工都較容易，在木材、水泥、陶土等材料比較困难的地区，也可以鋪設石軌。石軌的好处是能就地取材，节约木材、水泥、鋼鉄三大材料，而且軌道的稳定性較陶瓷軌、混凝土軌好。根据貴州省交通厅第一工程处的資料，用小平車(鉄木結構)在石軌上運輸，每次可載运400~600公斤，在自流坡道上的运行速度每分鐘46米，时速近3公里，且每人可以掌握挂車若干輛，比人力運輸提高運輸量8~10倍。

二、軌道建筑技术和注意事項

(一) 木軌及鉄木軌

1. 綫路建筑：

(1) 行車阻力与适宜載重：根据交通部四川江北現場會議技术組測定行車阻力的結果，如下表：

軌 道 类 形	木 軌	鉄 木 軌	陶 瓷 軌
起动力 公斤/100公斤	5.3	4.4	4.4
行駛基本阻力 公斤/100公斤	3.5	3.0	2.8
起动力附加阻力	1.8	1.4	1.3

根据已有經驗，在一般情況下，一个人在木軌上的牽引力約为30公斤，但为了使工作人員能够連續不断的工作，增加持久

能力，所以只按15公斤的牽引力計算，這樣，根據上表的行車阻力數據，知道一個人在直平的鉄木軌道上，可以推動500公斤的載重量，在木軌上可以推動430公斤的載重量，在陶瓷軌上可以推動535公斤的載重量，與江北會議調查的結果相近。一匹馬或一头牛的牽引力，通常比人力大2~3倍，能拉1.0~1.5噸的貨物，如貴州省瓮安縣新華鉄廠，用一头牛拉一噸多的列車，貴州省都勻木材加工廠，用一匹馬拉1.0~2.0噸重的木材，可以証明。如果路線中有較陡的上坡(4~5%)時，人推車的適宜載重約為300~350公斤，畜力車約為1000公斤左右。

(2)最大縱坡及坡長的限制值：根據理論數據和實測的結果，每增加1%的坡度，行車附加阻力為每100公斤增加1公斤，按照上述的最大行車牽引能力和行車阻力適宜載重計算，人推車的路線最大縱坡應為4~5%，工程特殊困難處為7~10%，畜力車路線的縱坡極限值最好不超過4%。按照一般人、畜連續發揮最大牽引力的時間為3分鐘計算，上坡的時速為1.5公里，因此，最大縱坡的長度，以不超過50米為宜。根據四川的資料，依照制動力公式推算出的自流坡為3~3.5%，按30公斤制動力計算，最大下坡值(在上述的適宜載重時)為10~11%。

(3)最小半徑與曲綫超高加寬值：根據四川江北現場會議測定的結果，曲綫附加阻力與半徑的關係為 $W_R = \frac{37}{R}$ ，以一人

的牽引力為30公斤計算，求出不同車重的最小半徑尺寸如下表：

車 總 重 (公斤)	200	300	400	500
最 小 半 徑 (米)	3	5	8	12

最小半徑的限制值與行駛車輛的固定軸距有關，所以最小半徑限制值的決定方法有待進一步研討。

曲綫行車阻力与曲綫处軌条的平整度及軌头内测的光滑程度有关系，因此，可在弯道处的木軌上加釘鉄皮或小角鉄，以減少行車阻力和軌条的磨損。在上坡的曲綫处，最大縱坡的限制值应适当降低；急弯处最好不超过 1%，較緩的弯道不要超过 3% 或尽量加大曲綫的半径，使行車更为順利。曲綫处縱坡折減后限制值的計算公式为：

$$i = i_p - \frac{37}{R}$$

式中 i —— 折減后的縱坡

i_p —— 折減前的縱坡

R —— 平曲綫半径

車輛在曲綫上行駛时发生的离心力，可能引起車輛的側移或傾复，必須在曲綫处的外軌稍加超高，超高率公式为：

$$E = \frac{V^2}{gR}$$

式中 E —— 超高

V —— 行駛速度

g —— 重力加速度

R —— 平曲綫半径

曲綫半径 (米)		3	5	8	10	15	20
速 度 3公里/小时	超高率%	0.024	0.014	0.009	可 不 超 高		
	超 高 值 (厘米)	1.0	0.6	0.4			
速 度 5公里/小时	超高率%	0.065	1.039	0.025	0.02	0.014	0.01
	超 高 值 (厘米)	2.6	1.6	1.0	0.8	0.6	0.4

按照行車时速为 3 公里計算，10米以上的曲綫，可不超高，如以行車时速 5 公里計算，則在 10~20 米的半径曲綫的外軌

上，可以超高0.4~0.8厘米，曲綫上的軌距亦应适当加寬，以利車輛轉向。加寬多大，則与車輛的軸距及半径大小有关，計算公式为 $a = \frac{c^2}{8R}$ （C为軸距，R为半径）。加寬的办法，通常将內軌向圓心方向移动加寬，根据四川的資料，应加寬1厘米左右。

2. 軌条与枕木：

（1）軌条的断面及尺寸：軌条的断面通常用正方形和长方形，因为这样制作方便；梯形断面亦可使用。同样面积的軌条断面，以长方形断面的載荷强度最大，所以长方形軌条最好。軌条的尺寸根据木質車輛的总重与枕距决定，根据四川的資料介紹，枕木的距离为50厘米时，馬尾松軌条的强度如下表：

断面（厘米） 寬 × 高	計 算 最 大 載 荷 （公斤）	建 議 最 大 載 荷 （公斤）
6 × 4	420	400
6 × 6	960	1,000
6 × 8	1,700	1,500

貴州省瓮安县新华鉄厂用6 × 8 × 200的軌条，枕距为60厘米，效果良好。

（2）軌距：軌距的大小，主要根据地形条件（与路基寬度有关）、运量大小（与車輛容积大小有关）、人力或畜力牵引（与行动便利和用力集散有关）等情况而定。根据四川的經驗，人推車的軌距以35厘米为最好，因为軌距过寬，車輛也寬，推力的方向不能与車輛行駛的方向一致，而使力分散，推动費力。馬拉車的軌道，軌距以40~45厘米为最好，用牛拖拉时軌道可稍加放寬，这是因为馬身的寬度和蹄步寬度通常在40~50

厘米之間，牛身的寬度在60~80厘米左右，如新华鉄厂所鋪軌道的軌距為60厘米，用牛拉效果良好。鉄木軌用畜力拉或機車牽引時，軌距以55厘米為最好。人力自流坡路綫的軌距以40厘米為宜。

(3) 枕木断面尺寸及枕距：枕木的作用是穩定軌條，並將車輪載荷傳布到道床和路基上去，所以枕木的断面以長方形（寬大高小）為好，這樣枕木與道床的接觸面大，穩定性強。枕木的断面通常寬8~10厘米、高3~4厘米，它的長度則根據軌距的大小而定。軌條釘到枕木上面時軌條外邊的枕木兩端，應留出15~20厘米的距離，以增加軌道的穩定性。根據經驗，一般在運量大的路綫上枕距以35~40厘米為宜，在行車密度較小的軌道上，枕距可放寬到50~80厘米。

(4) 軌道类型：固定式：經常負擔較大運量的路綫，將木軌條釘牢在枕木上，並在路基上鋪上道碴，作成道床，嵌緊枕木，以後不再搬動拆除。

活動式：有季節性的運輸路綫如耕作區、豐產壩等，可以鋪設活動軌道，在沒有運輸任務時，將軌道拆卸下來保存，以延長木軌使用年限，或移置他處使用。活動式軌道的軌條和枕木，用樺頭連成一個整體，軌條的兩端鋸成樺齒形，以便接樺。由於軌條與枕木連成一体，所以較易穩定，修建時只要稍將地面整平，即可鋪軌行車。

(5) 鋪軌：接头支承：兩根木軌條的接头處，用一較寬大堅實的枕木支承，并用釘子釘固。

接头位置：兩條軌道的接縫，不應在同一根枕木上，應用錯接式，使兩條軌道的接头位置互相錯開。

直綫及曲綫的鋪軌方法：鋪軌前，先在路基上鋪一層道碴，道碴的厚度應根據道床的尺寸而定。鋪好道碴後，按照規

定的枕距鋪好枕木，枕木的中綫应与路基的中綫一致，如枕木长短不一时，可尽量使一端整齐。枕木鋪至一定长度后，用細綫按照中綫及軌距尺寸，画出軌条兩側边綫的位置，然后釘上軌条。釘軌条时应注意不使軌条釘裂，最好先在軌条上鉗上小孔，或画好每一軌条的釘孔位置，同时应尽量使鉗孔不要在一直綫上，以免釘时裂縫連成一起，使枕木报废，不能使用。为了節約鉄釘，可以相应地采用一些竹釘。軌条及枕木如能預先进行防腐处理則更好。釘好相当长的一段軌条和枕木后，即可將它們整平拨順，在枕木之間填鋪道碴，并进行适当的搗固，搗好后即可行車。

在鋪曲綫处的軌道时，可先按加寬的尺寸將軌条釘好，再用撬棍拨弯。如曲綫过急时，可用几节短軌条，釘成圓弧形（图1）。因为曲綫上的軌条較易磨損，軌条上最好釘上薄鉄皮或小角鉄。

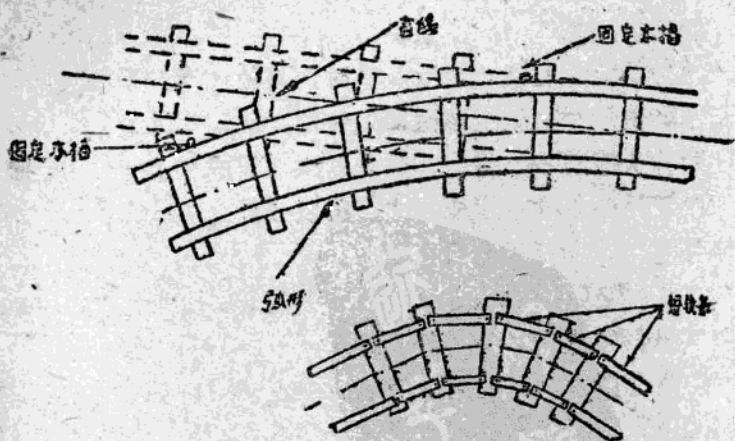


图1 曲綫軌道鋪法

平交道：軌道與公路、人行道、畜力車道交叉時，要作成平交道。交道處最好使用鐵軌，最低限度也要求軌道上有扁鋼保護，否則軌條容易折斷。交道處還要釘護軌，以防止軌道位置移動或被填料堵塞。

(6) 道碴及道床：有條件的地區最好用道碴作成道床，以增加軌道的穩定性，同時也便於排水和人畜行走，保護枕木。道碴最好用粗砂礫、礦碴、爐碴等做成，或專用爐碴與1~3厘米的小碎石混合做成。道床頂面的寬度要比枕木兩端各寬出10厘米，按照道碴厚度堆成1:1或1:1.5的边坡。臨時性的活動式軌道不必鋪填道碴，但軌道的穩定性較差，行車時要小心注意，以免發生事故。

(7) 道岔及轉盤：在會社站或裝卸物資點，要鋪兩股以上的軌道，這就需要修築道岔。道岔最好用一根活動尖軌做成，形狀如圖2所示。

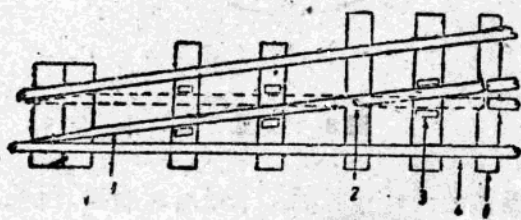
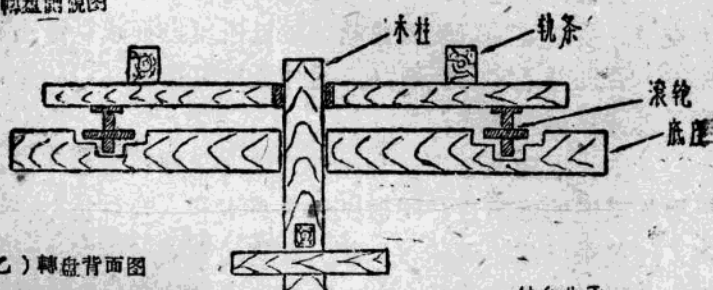


圖2 活動式道岔

1. 尖軌；2. 連接螺絲；3. 擋木；4. 軌條；5. 枕木。

尖軌最好是用鐵軌或者在木軌條上用角鋼加固，以免尖端折斷。在直角分岔或車輛調頭處，可設置一個轉盤，轉盤的結構如圖3所示。

(甲) 轉盤側視圖



(乙) 轉盤背面圖

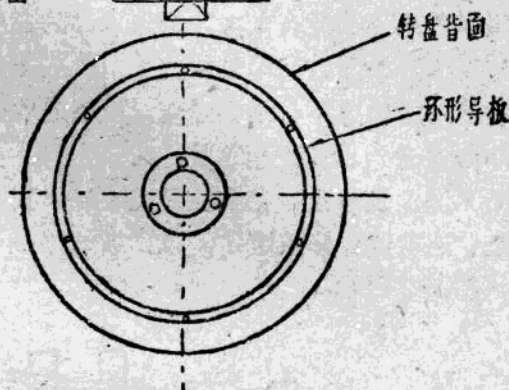


图3 轉盤

(8) 軌道的維修与养护：木軌易被磨損，因此，必須經常注意养护，及时进行維修。养护軌道应有专人负责或行車人員隨身携带修理工具（小手鋸、小凿、小錘、斧子）和材料（小洋釘、鉄皮、小块木料）。如发现某处軌道損坏时，应立即进行修补（除去損坏部分，补上好的材料），如道釘松脫或接头松动，更应即时釘紧。

3. 路基及排水：路基的寬度随着軌道的不同而有所不同，如軌距为40厘米左右时，土質路基应寬約1.0～1.5米，边

坡为 $1:1 \sim 1:1.5$ ；石方地带路基则为 $0.9 \sim 1.2$ 米，边坡为 $1:0 \sim 1:0.5$ 。路基两边要修小边沟以便于排水。在排水不良的地段，路基要高出高水位 30 厘米以上。路基的顶部最好自中央分向两边修成斜坡路拱，以利于排水。

4. 桥樑涵洞：泄水的涵洞一般约为 30~50 厘米的跨径，可用石块砌成洞壁，用石块盖顶或用圆木盖顶，上面填土。3~6 米跨度的桥梁，可用直径 15~25 厘米的圆木做梁，每一轨道下二梁并置，上面钉 5 厘米厚的桥面板，即可通过。跨度较长的桥梁，可在中央打上木桩或作木排架，分成若干孔。

(二) 陶瓷軌

陶瓷軌的行车阻力，經四川江北試驗，証明与木軌相差不多，因此，陶瓷軌的纵坡曲线等技术指标，可参照木轨道的指标使用。现在仅将陶瓷軌的路线构造与木軌不同之处，詳述如下：

1. 陶瓷軌断面及长度：根据四川的经验，陶瓷軌采用工字形断面，工字軌头的悬臂部分易于断裂。因此，他們建議改用凸字形断面或梯形断面，尺寸如图 4 所示。軌条的长度以 75 厘

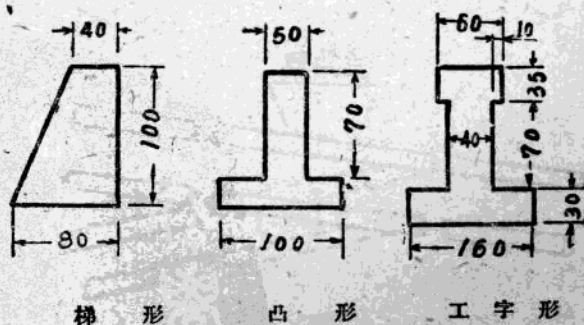


图 4 陶瓷軌断面

米左右为宜，过长了則易于折断，干燥时又容易翘曲。

2. 軌条的制造：

(1) 原料配方：各地的陶土原料成分不一定相同，但根据四川的经验，认为原料的成分中氧化钙和氧化镁的含量不能过多，否则軌条容易烧裂。

(2) 制坯：先制成木盒子，木盒子上应留出小气眼，以便压实毛坯时排出其中的空气及水分。毛坯成型后，放在透风处阴干阴透，不能有糖心现象。

(3) 装窑与煨烧：装窑时，最好将干坯顺着火苗方向一层一层地架放平稳，軌条与軌条之间要留些空隙，每层之间要用预先烧好的陶瓷托板承托。始开煨烧时，火力不要太大，温度升高得不要太急，应使火力逐渐加大，温度逐渐升高。当温度到达 $1,250\sim 1,300^{\circ}\text{C}$ 时，这时火光发白，軌条边缘分明，即可停火，待温度降低到不灼手时出窑。

3. 鋪軌：鋪陶瓷軌不用枕木，不釘釘子。鋪軌时，先按照軌距的尺寸，在路基上画出灰线，再在灰线上挖出与軌底宽度相等的槽子，槽底应弄平整、坚实，然后将瓷軌嵌入槽内，使陶瓷軌的上部露出 $3\sim 4$ 厘米，两边用粘土冲紧。冲紧时，应注

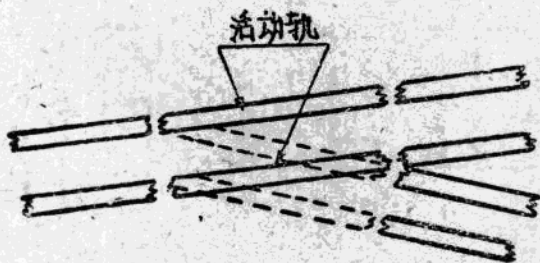


图5 陶瓷軌岔道

意保持軌距正确，在接縫处的两旁，更应挖一較深的坑槽，槽內嵌入石块或断軌，抵紧軌条，以免軌条左右移动。在弯道和岔道上，可以使用木軌。分軌时，使用两节活动軌道，鋪設如图5所示。

路基排水方法：根据四川的經驗，每相距10米应作一盲沟，每100~200米作一泄水孔（做法与頂上有填土的盖板涵洞相同），路線經過石方地带时，可将地基凿成軌条形；通过棧桥时，可使用木軌連接。在陡坡上坡时，每隔50~60厘米远則用砧石或断軌作成阶梯，以便人推車輛时能够用力。

（三）混凝土軌

修建混凝土軌目前尙无經驗，仅中央建工部有实验資料。

（四）石 軌

按照需要的軌距，在路基上画綫挖槽，将石条嵌入槽內，用泥土冲紧，以免軌条移动，保持軌距尺寸正确。石条的大小不必要求一致，但鋪成軌道后，要有整齐順直的軌道綫，軌道內側和軌条頂面，要尽量平滑，以減少車輛行駛的阻力。两块石条接头处，如有縫隙，可用木块塞紧。路線通过石方地带或桥梁时，可用与陶瓷軌相同的办法处理。

三、車輛的构造

（一）車架：

車架担负全部貨物的重量，通常用两根縱梁和若干橫梁做成。縱梁負担荷重，再經過前后輪軸上的支承将荷重传至底盘（車軸、車輪），再至軌頂。因此，縱梁起有梁的作用。縱梁