

# 球墨鑄鐵鐵軌

清华大学鑄工教研組編

冶金工业出版社

球墨鑄鉄鉄軌

清华大学鑄工教研組編

編輯：叶建林 設計：周广 朱駱英 校對：夏其五 馬泰安

1959年1月第一版

1959年3月北京第二次印刷 4,010册

開本 $850 \times 1186 \cdot 1/32$  • 23,000字 • 印張 $1 \frac{6}{32}$  • 定價 0.14元  
累計9,510册

中央民族印刷厂印 新华書店發行 統一書号：17002·1334

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）

北京市書刊出版业營業許可証出字第095号

## 出版者的話

清华大学鑄工教研組在党的领导下，結合生产系統研究了將球墨鑄鉄广泛应用于交通運輸、建筑工程、冶金工业等工业部門的問題，並取得了重大的經濟成果。“以鑄代鍛，以鉄代鋼”是目前我国机械制造工业的重要方針，他們根据这个方針已經用球墨鑄鉄成功地制成鉄軌、鉄筋、各种大型机器零件。这里介紹他們用球墨鑄鉄試制鉄軌的初步經驗。根据几处試运觀察証明：球墨鑄鉄鉄軌完全可以代替鋼軌，並且能迅速在全国推广。

我們认为：在国家鋼軌产量远不能滿足交通運輸增长的需要的时候，大力推广球墨鑄鉄鉄軌將有重大的經濟意义。

## 目 录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 一、前言                     | 1  |
| 二、以球墨鑄鉄制作鉄軌代替部分鋼軌的可能性    | 2  |
| (一) 鉄路道軌及其使用要求           | 2  |
| (二) 球墨鑄鉄制作鉄軌的可能性         | 3  |
| (三) 試制的步驟                | 5  |
| 三、球墨鑄鉄鉄軌的制造工艺            | 6  |
| (一) 生产球墨鑄鉄鉄軌过程中的主要問題     | 6  |
| (二) 球墨鑄鉄鉄軌的生产过程簡單介紹      | 7  |
| (三) 球墨鑄鉄鉄軌的造型工艺          | 7  |
| (四) 球墨鑄鉄的熔化处理和鉄軌的合箱浇注    | 12 |
| (五) 球墨鑄鉄鉄軌的清理和热处理, 缺陷和檢驗 | 18 |
| 四、球墨鑄鉄鉄軌的行車使用試驗          | 25 |
| (一) 进行行車使用試驗的目的          | 25 |
| (二) 試驗的条件和方法             | 25 |
| (三) 試驗过程及其中發生的問題         | 25 |
| 五、关于球墨鑄鉄鉄軌有待进一步进行的研究工作   | 30 |
| 附录一 球墨鑄鉄鉄軌車間平面布置及其技术经济指标 | 31 |
| 附录二 球墨鑄鉄鉄軌的机械性能試驗数据      | 32 |

## 一、前 言

在党中央所提出的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的鼓舞下，清华大学鑄工专业师生和工人，受到了山西孟县人民自办铁路的启发，破除了迷信，解放了思想，于1958年7月1日试制成功第一批球墨鑄铁铁轨。并且在以后一个月的时间内陆续完成了一系列的试验工作，初步取得了一些经验。8月4日我们在石景山钢铁厂首次铺设了三段共长10公尺、经过退火热处理的每公尺32公斤重的球墨鑄铁铁轨，运行的机车重约百余吨。到10月9日已经安然通车一万二千多次。8月30日又铺设了两段共长10公尺未经退火的球墨鑄铁铁轨，9月12日再次铺设了两根不经热处理的球墨鑄铁铁轨。实际使用情况均良好。目前正在作进一步的试验和改进，力求提高球墨鑄铁铁轨的质量。

工农业要大跃进，交通运输是先行，这样首先就需要大量的钢轨。假定仅以全国每一个县需要10多公里的钢轨（如孟县人民准备铺设37公里铁路），各厂矿扩建需要几公里到几十公里钢轨……，则全国一年就需要钢轨一百万吨以上。如果包括修建铁道每年需要的钢轨在内，则远不止此数了。但是目前我国钢材不足，钢轨供不应求，而兴建轧钢厂不但投资多，还不可能立刻满足当前对钢轨的迫切需要；因此，在大力发展轧钢工业的同时，还必须按照党的“中央工业与地方工业相结合、大中小企业相结合”的方针，大力发展各地方自己容易兴办的小型企业，依靠群众，使用土办法来解决这一困难。这就是说要设法利用各地方、工厂自己的鑄工车间或新建一批车间生产鑄铁铁轨。目前已经有不少地方自制灰口鑄铁铁轨铺设铁路。但普通鑄铁强度差，韧性低，容易折断，难以承受重载荷。球墨鑄铁的性能和钢接近，而它的生产过程与普通的灰口鑄铁比较几乎是同样简便。任何地方都可以利用比较简陋的设备制造出荷重能力比普通的灰口鑄铁

高得多而耐冲击的球墨鑄鉄鉄軌。这样不仅可以为国家节约大量鋼材，解决目前的困难，同时还大大加速农村、地方和厂矿的社会主义建設。

为了满足当前各地对于鉄軌的迫切需要，为了使球墨鑄鉄鉄軌能够更快地得到推广，我們提出下面的試制經驗，供各有关部门参考。

## 二、以球墨鑄鉄制作鉄軌

### 代替部分鋼軌的可能性

#### (一) 鉄路道軌及其使用要求

鋼軌是由鋼錠經多道工序热轧而成的，其断面形状如图1。通常的长度为12.5公尺或25公尺。依照每公尺的重量分类，编号即代表每公尺軌重，如P—43为43公斤軌。各种鋼軌的断面尺寸都有一定（见冶金工业部頒发的鋼軌断面尺寸）。

对于鋼軌及制作鋼軌的材料有下列几方面的要求：

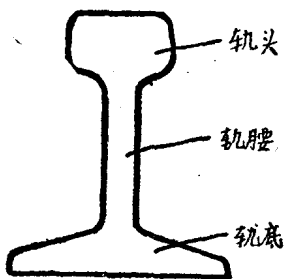


图1 鋼軌断面形状图

1. 列車通过时鋼軌反复承受車輪的重压，鋼軌可能因为“疲劳”而破坏。因此，鋼軌不仅要有足够的抗弯曲能力，同时为了避免在車輪的反复载荷下因为“疲劳”而破坏，要求鋼軌的組織致密，表面光滑和具有相当高的强度。

2. 列車通过的时候鋼軌也承受动载荷和冲击载荷（特别是在两根鋼軌接縫的地方，受力更大）。在目前鉄道車輛的載重量和行車速度不断提高的情况下，冲击韌性显得特別重要。

3. 为了使钢轨耐磨并能抵抗车轮的重压对钢轨的挤压，轨头部分应有一定的硬度。

P—43 型钢轨的性能见表 1：

表 1

| 钢轨型号 | 钢轨在 1 公尺支距下试验<br>机械性能 |              |                | 工作面的表面硬度 |         | 材料性质                       |          |                |                             |
|------|-----------------------|--------------|----------------|----------|---------|----------------------------|----------|----------------|-----------------------------|
|      | 静弯<br>(吨)             | 冲击<br>(吨·公尺) | 疲劳<br>(20—5 吨) | 一般       | 接头部分    | 抗拉强度<br>公斤/公厘 <sup>2</sup> | 延伸率<br>% | 缺口冲击值<br>公斤·公尺 | 缺口面积<br>0.8 公分 <sup>2</sup> |
| P—43 | 104                   | 5—7          | 200 万次         | 200—300  | 300—400 | 70—75                      | 12       | 0.84—1.87      |                             |

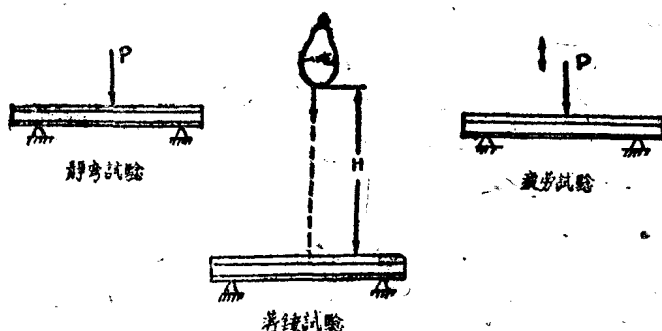


图 2 铁轨机械性能试验示意图

钢轨机械性能的试验方法如图 2 所示。从这些示意图中可以看到试验条件和实际铺设的钢轨的条件是不同的。实际情况中是钢轨支承在有弹性的路基、道碴和枕木上，枕木的距离只有 625 (700) 公厘宽。在行车时钢轨所受的冲击载荷也和落锤试验情况不同。由此看来，钢轨在实际使用中的条件是比较试验时的条件有利一些的。因此我们考虑球墨铸铁作为轨道材料的时候不是以能否达到钢轨的试验性能为依据，而是以能否满足轨道的使用条件为准绳的。

## (二) 球墨铸铁制作铁轨的可能性

由于钢材缺乏，全国各地已经出现了不少使用灰口铸铁制造的铁轨代替轻型钢轨的事例。由于灰口铸铁强度低，韧性差，容易折断，在使用上是不够安全的。球墨铸铁在生产工艺要求上和

成本上都和灰口鑄鐵差得不多，而性能却与鋼接近。因此，用球墨鑄鐵作輕型軌道的材料是有足够的把握的。最初一阶段的輕型軌試驗制工作已充分地証實了这一点。表 2 是灰口鑄鐵、球墨鑄鐵和鋼軌用鋼的机械性能比較。

表 2

| 材 料                  | 性 能    | 抗拉强度                  | 抗压强度                  | 延 伸 率       | 缺口冲击值                 | 无缺口冲击                  |
|----------------------|--------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------|
|                      |        | (公斤/公厘 <sup>2</sup> ) | (公斤/公厘 <sup>2</sup> ) | (%)         | 公斤·公尺/公分 <sup>2</sup> | 值公斤·公尺/公分 <sup>2</sup> |
| 灰口鑄鐵                 |        | 12—14                 | 47—100                | —           | —                     | —                      |
| 鋼軌鋼                  |        | 55—80                 | —                     | 10—12       | 0.84—1.87             | —                      |
| 珠光体球墨鑄鐵 (一般)         |        | 56—74                 | 180—200               | 1—3.5       | —                     | —                      |
| 铁素体球墨鑄鐵 (一般)         |        | 42—44                 | 140—170               | 6—15        | —                     | —                      |
| 鑄态球墨鑄鐵<br>(珠光体小于50%) | 低磷鐵    | 69.5                  | —                     | 5           | 1                     | 2.38                   |
|                      | 石景山四号鐵 | 79.2/60.5             | —                     | 3/2.5       | 0.695                 | —                      |
|                      | 土鐵     | 53.6                  | —                     | 0.7         | 0.465                 | 0.59                   |
| 铁素体球墨鑄鐵              | 低磷鐵    | 45.8/44.65            | 110                   | 25.0/21.1** | 3.5                   | 9/3.1                  |
|                      | 石景山四号鐵 | 47.75                 | —                     | 11.5        | 1.1                   | 5.6                    |
|                      | 土鐵     | 48.3                  | —                     | 7.3         | 0.92                  | 1.24                   |

注：(1) 斜綫左面为最高值，右面为平均值。

(2) 下面二项鑄态球墨鑄鐵及铁素体球墨鑄鐵的性能均系铁軌的机械性能。

(3) 缺口冲击值，缺口为菱形面积 0.5 公分<sup>2</sup>；打 \* 符号的缺口面积 0.8 公分<sup>2</sup>。

(4) 标距为 50 公厘，打 \*\* 符号的标距为 100 公厘。

从表上列举的数据可以看出：按强度来看，灰口鑄鐵最差，球墨鑄鐵次之，鋼最佳；延伸率則灰口鑄鐵几乎只有零，而球墨鑄鐵由于基体組織不同，延伸率的数值变化較大，甚至可以超出鋼軌鋼的性能；球墨鑄鐵冲击值比鋼低，但和灰口鑄鐵比較无疑是要高得多了。

球墨鑄鐵的硬度和鋼一样能够比較容易通过热处理或其他改变基体組織的方法来保証。球墨鑄鐵的抗磨損能力也是比較高的。

这样，作为制作重型铁軌的材料來說，球墨鑄鐵的主要缺点

是冲击韧性差。但为了行车的安全，在技术上完全可能生产出具有一定强度和最好的冲击韧性的球墨铸铁，使强度和冲击值都能适应要求。

我们认为在目前钢材十分缺乏而工农业大跃进又迫切要求铁路先行发展的情况下，如果用球墨铸铁铁轨在短期内首先代替行车速度并不十分高的铁路支线、站线、厂内支线甚至部分次要的干线（将这些线路的钢轨移下铺设主要干线），就能使铁路运输能力在短期内迅根赶上需要。

从生产上看，球墨铸铁的生产和灰口铸铁大同小异，因此无论在厂房设备、基本建设投资费用、建厂速度、生产成本以及减少原料和成品的运输和供应等方面看来，生产球墨铸铁铁轨要比生产钢轨有利。球墨铸铁的成本只等于钢轨的30%左右，各地原有的铸工车间及铸造工作者都能立刻掌握它的生产技术，迅速推广，遍地开花。

球墨铸铁铁轨寿命可能比钢轨低。但是在三、五年以后，我国钢产量将增加，大批的轧钢厂也将建成，这样，即使铁道行车速度进一步提高而球墨铸铁铁轨难以胜任时，它已经在我国的社会主义建设事业中完成了自己的任务，而生产球墨铸铁铁轨的车间也能立即改成普通的铸工车间，继续生产；何况球墨铸铁铁轨还可以进一步改进，性能还会有很大提高。由上看来用球墨铸铁制造铁轨在技术上是可能的，生产上是现实的，经济上是合理的，而且也是完全合乎当前国内高速度建设社会主义的形势要求的。

我们认为球墨铸铁铁轨目前能够代替部分钢轨，同时在生产发展工艺不断改进的基础上，将会在全国铁路网中占据相当的地位。

### （三）试制的步骤

根据钢和球墨铸铁机械性能比较的结果可以看出：当强度相同时球墨铸铁的延伸率和冲击韧性都比钢低，但是如果采用基体为铁素体的球墨铸铁则强度下降而冲击值有可能接近钢轨钢，延

伸率有可能超过鋼軌鋼。适当控制球墨鑄鐵的成份和热处理可以得到比較合适的机械性能以滿足鋼軌的要求。

鐵軌的試制研究工作大致可分作三个阶段：

第一阶段：寻找合适的工艺方案鑄造出一定长度的质量良好的球墨鑄鐵鐵軌。

采用可靠的退火热处理方法以获得鉄素体基体的球墨鑄鐵鐵軌，保証有足够的韌性，不致在首次試驗中折断。当然，这样的鐵軌强度較低，寿命可能不高。

第二阶段：考虑到便于广泛地推广，在第一阶段試驗的基础上不用热处理而获得适合使用要求的球墨鑄鐵鐵軌。

第三阶段：在第一、二阶段試驗成功的基础上考虑用高磷的土生鉄制作球墨鑄鐵鐵軌，同时完成其他有关的試驗及設計工作，例如鐵軌的断面設計工作。

### 三、球墨鑄鐵鐵軌的制造工艺

#### (一) 生产球墨鑄鐵鐵軌过程中的主要問題

球墨鑄鐵鐵軌的生产过程和一般球墨鑄鐵件的生产大同小異，但在它的制作过程中有几个主要的問題，应当特別加以注意：

1. 要稳定地控制球化处理，保証球化，同时也保証足够高的浇注溫度。
2. 保証提高造型生产率和縮短生产周期。
3. 严格地检查生产过程的每一环节，以保証获得无缺陷的鐵軌。在成品檢驗过程中要特別注意严格控制。
4. 通过試驗，适当修改鋼軌断面或重新設計断面，以适合鑄造工艺的要求和球墨鑄鐵机械性能的特点。
5. 为了使生产簡便經濟，避免采用大型設備，尽量采用不退火的方案或者采用低溫退火。

6. 鉄料的磷愈低愈好，但由于低磷生鉄缺乏，因此應該考慮采用普通的鑄造用生鉄以及到处都可以生产的土鉄代替低磷生鉄。

## (二) 球墨鑄鉄鉄軌的生产过程簡介

球墨鑄鉄鉄軌的生产过程和一般鑄件基本相同，但是由于質量要求較高和外形細长，因此生产过程和普通鑄件还稍有不同。我們采用表面烘干砂型，第一班造型，第二班及第三班用火盆将砂型烘干，第二天浇注，冷却后落砂清理打去浇口，如要热处理的可以进行热处理，錾去毛边并加以磨光，两端磨平或鋸成一定长度，鑽孔备用。整个过程中都要严格进行检查，而成品检查尤其重要。

## (三) 球墨鑄鉄鉄軌的造型工艺

鋼軌的工字形断面細长，对受力較好，并适于軋制的工艺要求。但是，断面厚度不均匀的鑄件鑄造工艺性不好。試制过程中先后采用了好几种不同的工艺方案（主要是改变了几种浇注系統），来解决鑄造中发现的縮孔、縮松、冷隔、表面質量差、夾渣和減少金屬消耗等問題。这些方案要点如下：

1. 分型面和浇注位置：采用橫躺着重型和傾斜着浇注。因为軌底及軌头都是質量要求較高的面，因此采用橫躺着重型的方案兼顧到两面質量，傾斜浇注使补縮的条件更有利些。

分型面可有对开式及偏斜式两种方案（图 3）。对开式的特点是造型方便；取模容易，因而軌头形状准确，修型的工作量少，生产率較高；但要求采用长的型板，同时当上下箱定位不准时，錯箱后工作面不平，大大增加鉄軌的清理工作。

偏斜式可以用整体木模造型（见图 4），修型工作量稍大，为了提高生产率最好能采用假箱造型，这方案由于模型主要是在一个砂箱中，因此稍許錯箱后对使用影响并不太严重，由于毛边不在上下二面的中央，因此，清理毛边的要求可減低。我們目前

采用了后一种方案。

上下箱的决定：上下箱的决定，是考虑采用横浇道在内浇口的上方，有利于补缩和挡渣；对于直接浇入的方案是考虑有利于提高浇口的高度（见图3）。

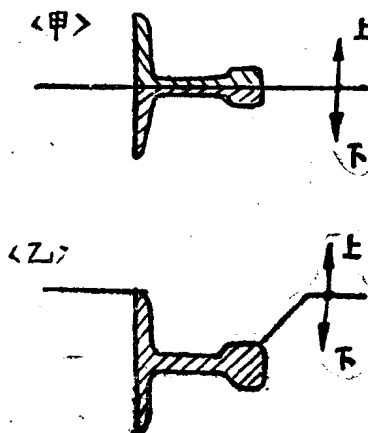


图3 分型面(甲·对开式;乙·偏斜式)

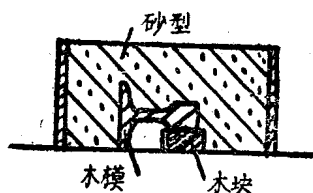


图4 整体木模造型

2. 砂型种类：目前我們采用的是表面烘干的半干型。半干型比湿型的强度高，所含的水分也較低。因此鑄件表面光洁度較佳，也不易出气孔，不易因冷却太快而出现白口。但潮模的生产周期較短，成本較低，組織生产也比較容易。半永久型也是一个經濟可行的值得采用的方案，因此很有进一步研究的必要（因限于人力，还未进一步試驗）。

3. 浇注系統：为了提高鑄造质量，减少金屬消耗，先后改变过七、八种浇注系統方案。但从实践中发现無論哪一种方案当鉄水溫度較高时，产生縮孔、縮松的可能性較少，同时由于傾斜浇注下部一般比較致密。

这些浇注系統方案基本上可以分成两类：

(1) 鉄水經由横浇口进入型腔（见图5）：这一方案的横浇口消耗金屬比較大（对于5公尺的鉄軌，浇口重量均80公斤）；挡渣和对鉄水消能的作用較好，鉄水噴濺較小，但在內浇口位置

上，常出现缩松及缩孔，对于断面厚度不均的43公斤轨出现的缩孔更多，而对于断面厚度比较均匀的32公斤轨缩孔出现较少，只有当内浇口尺寸开得相当大时缩孔才减少，但是切除浇口变得异常困难。当内浇口开得较小时，清理方便，表面不出现缩孔，但在和内浇口相接的地方铸件内部出现缩松。

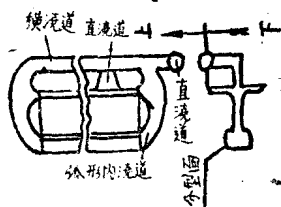


图 5 (a)

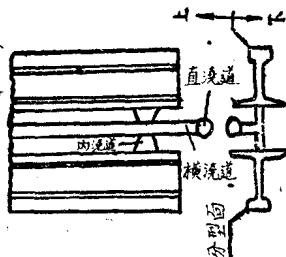


图 5 (6)

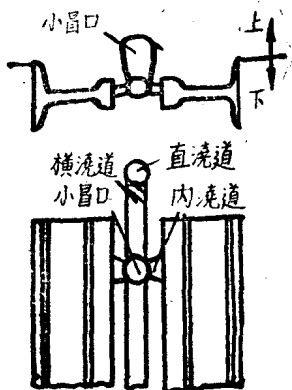


图 5 (B)

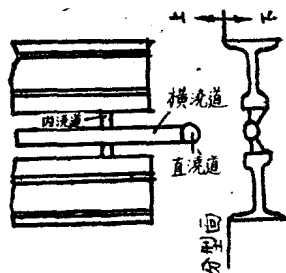


图 5 (r)

这一方案又可分为自轨头及轨底浇入两种方案如图5之(B) (r)所示。自轨头浇入的方案内浇口特别粗大，给清理工作带来很大的困难。自厚度大的部分浇入并不能解决缩孔和缩松的问题；却促使铁轨由于上下厚度不均匀在冷却时发生弯曲。而采用垂直的内浇口（图5r）时，内浇口处的缩孔隐藏在轨头内部不容易发现，且缩孔体积相当的大。

图5(a) (6)表示自轨底浇入的方案，为了便于清理，内

浇口开得较薄时在铸件内部发生的缩松难以消灭，内浇口开得稍厚则出现缩孔，大大加厚内浇口则质量较好而清理困难，横浇口开在这个位置有利于防止冷却时发生的弯曲。我们进行行車使用試驗的铁軌是用薄浇口方案鑄造的。

試制过程中曾經企图用小的冒口（见图5B）来解决内浇口的缩孔問題，但是效果不大。

由于过去采用的弧形内浇口（见图5a）对去除浇口不便，因此不再采用。

（2）为了解决消除集中的缩孔缩松以获得沿长度方向上质量均匀一致的球墨鑄铁铁軌，我們采用了自铁軌一端直接浇入的方案（图6）。

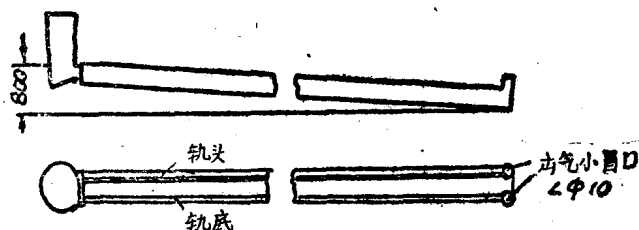


图 6

此方案的特点是：金屬消耗量最少，铁水直接由铁軌一端浇入，每砂箱中放一根铁軌，沿长度方面上順序凝固补缩条件较好，大大地减少了集中的缩松和缩孔問題，沿长度方向上金屬性能較一致，鑄件的清理工作量最少，末端的出气冒口有助于排除型腔内部的气体。但是由于直接浇入，因此挡渣不良，易造成夹渣，也易冲砂，因此在浇注时要特別注意挡渣，并在靠近浇口的型上多插釘子，在浇口上采用大浇口杯和大孔篩板挡渣，同时也保証不低的浇注速度。条件許可时可以考慮用漏包浇注以利挡渣。此外铁軌的远离浇口的一端在浇注速度不高、不稳定，浇注溫度不高的情况下，特別是在开始浇注时，容易造成冷漏、铁豆、鐵皮等缺陷。

我們採用這種方案試制了一批鐵軌進行鑄軌試驗，只要澆注溫度够高，澆注時注意澆注速度和擋渣工作，是可以保證鐵軌質量的。

為了徹底解決縮孔、縮松的問題，應合理地改變鐵軌斷面尺寸，使得它更加均勻。因為原來鋼軌的斷面是以鋼的機械性能特點以及軋鋼工藝的特點作為斷面設計依據的。而現在制作鑄鐵鐵軌就不必墨守鋼軌斷面形狀尺寸的“陳規”，應該依照鑄鐵的機械性能與鑄造工藝特點來重新設計，以便獲得更高質量的鐵軌。我們曾作過一些初步修改：增加底板厚度，增加軌腰厚度，結果很好，不但減少了鑄造缺陷，又充分利用了材料性能。很顯然，以後還可以根據鑄造特點設計出耐沖擊的鑄造鐵軌的斷面來。

4. 砂箱：對於採用橫澆道的方案採用一箱兩根鐵軌的辦法可以大大提高生產率和成品率，但如採用自鐵軌一端澆入的方法澆注，則應採用一箱一根以保證質量。在砂箱設計中必須注意細長鑄件特點，注意剛度及掉砂問題。我們車間用的砂箱見圖 8，它的長度為 5.6 公尺；變形情況見圖 7。上砂箱較薄，高度為 130 公厘。

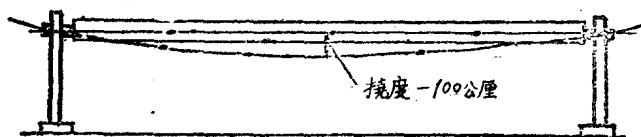


圖 7 砂箱的變形

5. 關於鐵軌的鑄出長度：使用上要求鐵軌越長越好。但鐵軌的鑄出長度受工藝條件限制，太長則易發生冷隔，金相組織不均勻，不易獲得無缺陷的鑄件，車間生產組織困難，要求較長的爐子和砂箱。我們現在生產鐵軌長度為 5.3 公尺，主要受退火爐的限制。各地可依自己的具體條件適當的加長或縮短。

另外鐵軌兩端的連接孔由於尺寸要求不很高，可考慮澆鑄時同時鑄出。

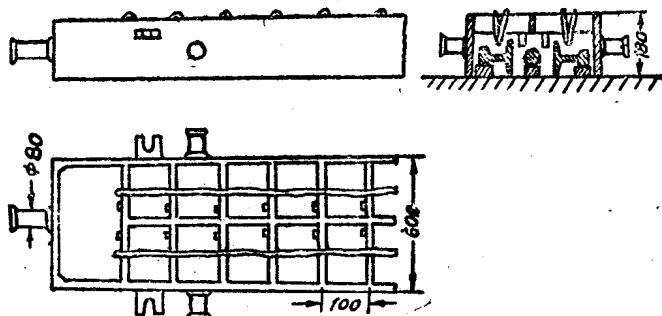


图 8 下砂箱 (a) 为自底板浇入，一箱浇两根用

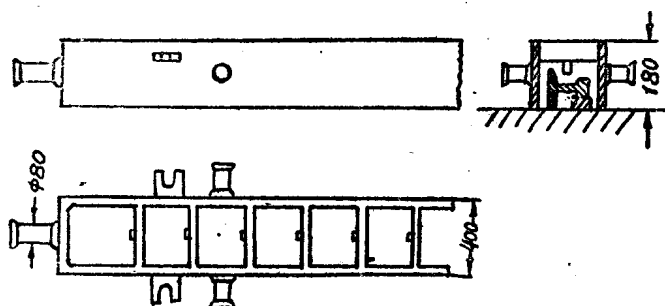


图 8 下砂箱 (b) 为自铁轨一端直接浇入，一箱浇一根用

#### (四) 球墨鑄铁的熔化处理 and 铁轨的合箱浇注

1. 概述：球墨鑄铁的制作和普通鑄铁大同小異，只是在出铁以后，需要在铁水中进行球化处理和孕育处理而已。球化处理是在铁水中加入球化剂鎂或鎂合金，使片状石墨变为球状，从而增加鑄铁的强度和延伸率。球化以后的铁水还必须用矽铁进行孕育处理，否則浇成的鑄件将是又硬又脆、断面是白而亮的“白口”。

铁水中的五元素（碳、矽、錳、磷、硫）对球墨鑄铁的质量有着較大的影响，在配料时应当加以注意。如果优质生铁来源困难，那么在处理之前应该根据生铁块中各种元素含量的多少来調整球

## 化剂和孕育剂的加入量。

五种元素对球墨铸铁的影响分别简述如下：

**硫：**最好不超过 0.1%，高硫的铁水需加入较多的球化剂（**镁**）以保证球化，这样不但增加了铁水的成本，也降低了铁水的温度，同时也增加了大量渣子，影响铁轨质量。为了降低铁水中含硫量，可采用碱性冲天炉熔化，或采用其他去硫的方法脱硫，因此低磷高硫的土铁也是安全合用的。

**矽：**为了使铁轨铸出状态下没有白口和基体中铁素体百分比提高，采用炉内矽份稍低（例如 1.8% 到 2.0%）而炉外用高矽孕育是有利的（如加入 1% 左右的含 75% 矽的**矽铁**）。

**磷：**含磷越高球墨铸铁越脆，磷分最好能控制在 0.1% 以下，但低磷生铁为炼钢原料，比较缺乏，为了各地都能自行制造铁轨，因此我们除了采用低磷生铁（磷 0.06%）以外，还采用了普通铸造生铁（含磷 0.2%）及高磷土生铁（含磷 0.35—0.4%）试制成功球墨铸铁铁轨，并作了一系列试验，性能与前者相比尚可满足要求（10月10日起进行通车使用试验）。

**锰：**不宜过高，否则铸件稍脆。

**碳：**影响不大，不必严格控制，一般约 3.8% 左右。

2. 配料：为了提高球墨铸铁铁轨的冲击韧性，我们在最初采用本溪低磷生铁作原料，配料为 50% 本溪铁，50% 回炉料。土铁配料为 100% 土铁，及 50% 土铁与 50% 石景山生铁。

本溪铁成份：（用石景山生铁制造的配料成份见表 3）

熔化后铁水成份——C 3.5%，Si 1.8~2.0%，Mn 0.5%，  
P < 0.1%，S < 0.1%；

处理后铁水成份——Si 2.5%，Mn 0.5%，P 0.06~0.09%，  
S 0.005~0.09%，Mg 0.05~0.09%；

土铁成份——Si 1.85~2.47%，Mn 0.16~0.3%，P 0.38~0.4%，S 0.26~0.35%。

为了保证铁轨在铸出状态具有相当的韧性，不经退火即能使用，采取炉前孕育，加入 1% 的**矽铁**（含 Si 75%）。但炉前矽