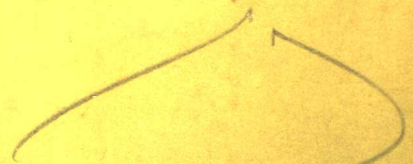
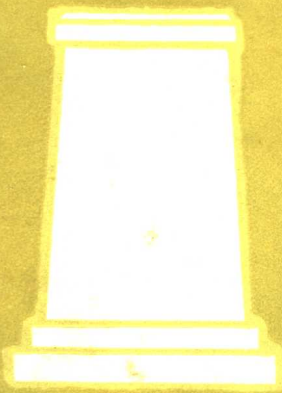


# 桥隧施工及养护

张钟祺 主编



中国铁道出版社

# 桥隧施工及养护

张钟祺 主编

中国铁道出版社

1983年·北京

## 内 容 简 介

本书内容包括桥涵的施工及养护，隧道的构造、施工及养护，着重于施工技术  
及养护方法的介绍；对国内较先进的技术亦予以简单介绍，对将来发展趋势则略加  
叙述。本书可作为铁路中等专业学校铁道工程专业教材，也可作为铁路工程和工务  
部门的职工培训教材及职工自学参考书。

## 桥隧施工及养护

张钟祺 主编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092<sub>1/16</sub> 印张：16 字数：386 千

1983年2月第1版 1983年2月第1次印刷

印数：0001—5,000册 定价：1.30元

# 前 言

本书是根据1981年3月铁道部制定的铁路中等专业学校铁道工程专业(铁路局)三年制教学计划规定的学时安排编写的,由于学时少,内容多,只能作概略的叙述。各学校采用本书作为教材讲授时可根据需要作适当的增删。

本书内容以小桥涵及隧道一般施工养护为主,并对隧道、钢桥与石拱桥的构造以及沉井、管柱基础的形式亦略加简述。

本书由包头铁路技术学校张钟祺主编,南京铁路运输学校孙玉柱、李铭凯主审。编写分工如下:

张钟祺:第一章、第六章第二节、第七章、第八章、第九章、第十章第一节;

济南铁路机械学校徐申一:第二章、第六章第一节;

衡阳铁路工程学校廖时忠:第三章;

孙玉柱、李铭凯:第四章、第五章、第十章第二节、第十一章。

由于我们水平不高,希望读者批评指正。

编 者

1981年6月

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b>	
一、我国桥梁施工的发展简史·····1	
二、我国隧道施工的发展简史·····3	
<b>第二章 混凝土、钢筋混凝土 和石砌工程施工</b>	
<b>第一节 混凝土施工</b> ·····5	
一、混凝土的拌制·····5	
二、混凝土拌合物的运输·····6	
三、混凝土的灌注和捣实·····7	
四、混凝土的养护与拆模·····10	
五、混凝土质量检查与一般缺陷的修补·····11	
<b>第二节 水下混凝土、半干硬性混凝土、喷射混凝土和特细砂混凝土</b> ·····12	
一、水下混凝土·····12	
二、半干硬性混凝土·····14	
三、喷射混凝土·····16	
四、特细砂混凝土·····18	
<b>第三节 混凝土冬季施工</b> ·····18	
一、混凝土冬季施工·····18	
二、混凝土冬季施工的养护方法·····19	
三、混凝土冬季施工的主要问题·····20	
<b>第四节 钢筋加工</b> ·····21	
一、常用钢筋的品种及规格·····21	
二、钢筋下料计算·····22	
三、钢筋调直与切断·····23	
四、钢筋的弯制·····25	
五、钢筋的绑扎·····26	
<b>第五节 砌石工程</b> ·····27	
一、石料·····27	
二、水泥砂浆·····28	
三、石料的砌筑·····29	
<b>第三章 隧 道</b>	
<b>第一节 隧道概述</b> ·····35	
一、隧道的类型及作用·····35	
二、铁路隧道围岩分类·····37	
<b>第二节 隧道的位置</b> ·····37	
一、隧道线路平面·····37	
二、隧道线路纵断面·····39	
三、隧道洞口位置选择·····39	
<b>第三节 隧道建筑限界及曲线隧道加宽</b> ·····40	
一、直线隧道建筑限界·····40	
二、曲线线路上隧道净空的加宽·····41	
三、曲线地段隧道加宽范围·····43	
<b>第四节 隧道构造及其施工</b> ·····43	
一、洞门·····43	
二、洞身衬砌及施工·····48	
三、附属建筑物·····59	
<b>第五节 隧道开挖及辅助坑道</b> ·····62	
一、隧道施工基本方法·····62	
二、辅助坑道·····72	
<b>第六节 隧道钻爆作业</b> ·····72	
一、凿岩作业·····72	
二、爆破基本知识·····73	
三、炮眼布置·····75	
四、爆破器材和爆破技术·····76	
<b>第七节 隧道施工给排水</b> ·····83	
一、施工给水·····83	
二、施工排水·····84	
<b>第八节 隧道施工通风与照明</b> ·····86	

一、施工通风与防尘 .....86

二、施工照明 .....89

第九节 隧道施工机械 .....90

一、凿岩机械 .....90

二、装碴运输机械 .....91

三、混凝土衬砌机械 .....94

第十节 隧道施工洞内简易测量 .....94

一、概述 .....94

二、简易中线测量 .....95

三、简易水平测量 .....97

四、控制开挖断面 尺寸的量测.....97

第十一节 隧道养护 .....98

一、隧道检查与维修 .....98

二、隧道大修范围 .....98

三、隧道衬砌开裂整治  
(加固) .....99

四、隧道改建(衬砌更换、  
扩大限界) .....102

#### 第四章 桥梁基础施工

第一节 墩台定位及测设.....108

一、直线上的墩台定位及测设.....108

二、曲线上的墩台定位及测设.....108

三、水准点设置.....109

第二节 明挖基础施工.....109

一、基础的定位放线.....109

二、基坑开挖.....109

三、基坑排水及水中挖基.....112

四、水淹地区的基坑开挖.....113

五、基底检验处理及基础  
圻工砌筑.....117

第三节 地基加固的方法.....118

一、换填法.....118

二、挤密法.....119

三、胶结法.....120

第四节 桩基础.....121

一、桩基础的作用.....121

二、桩基础的分类.....121

第五节 打入桩基础的施工.....122

一、管桩.....122

二、沉桩设备.....123

三、打入桩施工步骤.....126

第六节 钻孔灌注桩基础施工.....127

一、钻孔灌注桩的优缺点.....128

二、钻孔灌注桩的钻孔方法和  
机具设备.....128

三、钻孔灌注桩施工.....132

四、桩基础的承台座板建造.....136

第七节 沉井与管柱基础简介.....137

一、沉井基础.....137

二、管柱基础.....140

#### 第五章 桥梁墩台施工

第一节 混凝土墩台、石砌墩台  
的施工.....141

一、混凝土墩台的施工.....141

二、石砌墩台施工.....148

三、墩台顶帽与台顶施工.....150

第二节 墩台附属工程.....152

一、桥台锥体护坡施工.....153

二、台后渗水土壤填筑.....154

三、桥下河床加固.....154

#### 第六章 钢筋混凝土桥跨施工

第一节 桥跨的架设.....155

一、基本作业.....155

二、拖拉架梁.....161

三、架桥机架梁.....164

第二节 钢筋混凝土梁在桥孔上就  
地灌筑施工.....171

一、在桥孔上灌筑钢筋混凝土  
梁的特点.....171

二、钢筋混凝土梁桥的脚手架.....171

三、灌筑钢筋混凝土梁施工  
程序.....174

#### 第七章 涵洞施工

第一节 钢筋混凝土盖板涵的施工.....176

- 一、砌筑基础.....176
- 二、砌筑边墙.....176
- 三、钢筋混凝土盖板的制造.....177
- 四、洞口建造.....177
- 五、防水层的铺设.....177
- 六、回填土.....178
- 七、其他收尾工程.....178
- 第二节 钢筋混凝土圆涵的施工.....178
  - 一、管节制造.....178
  - 二、管节安装就位.....179
  - 三、管节定位.....180
  - 四、灌筑混凝土管座.....180
  - 五、注意事项.....180
- 第三节 石砌拱涵的施工.....181
  - 一、拱架的构造.....181
  - 二、拱圈砌筑.....184
  - 三、拆除拱架与拱顶填土.....186
  - 四、容许误差.....186

**第八章 桥涵养护**

- 第一节 概述.....187
  - 一、养护的目的与要求.....187
  - 二、养护的工作内容.....187
- 第二节 桥涵检查制度与内容.....187
  - 一、我国现行桥涵检查制度.....187
  - 二、桥涵检查的内容.....188
- 第三节 防洪与防凌.....189
  - 一、防洪.....189
  - 二、防凌.....194
- 第四节 钢桥构造.....195
  - 一、钢桥材料.....195
  - 二、铆接、焊接和高强度螺栓连接.....195
  - 三、钢板梁构造.....196
  - 四、钢桁梁构造.....198
  - 五、桥面构造.....200
- 第五节 钢桥养护.....201
  - 一、桥面的养护.....201
  - 二、钢桥防锈.....203
  - 三、铆钉修理.....205

- 四、杆件损伤修理.....207
- 第六节 支座的修整.....207
- 第七节 墩台和圯工梁养护.....210
  - 一、墩台的养护.....210
  - 二、圯工梁的养护.....218
- 第八节 石拱桥构造及养护.....220
  - 一、概述.....220
  - 二、石拱桥构造.....220
  - 三、石拱桥的养护.....222
- 第九节 涵洞的养护.....222
  - 一、涵洞的常见病害及分析.....223
  - 二、涵洞主要病害的整治.....223
- 第十节 小桥涵改建.....225
  - 一、明渠改建为钢筋混凝土盖板涵.....225
  - 二、增加桥梁孔数(扩孔).....225

**第九章 桥涵修复简介**

- 第一节 概述.....228
- 第二节 临时桥跨结构.....228
  - 一、木束梁.....229
  - 二、轨束梁.....229
  - 三、工字钢束梁.....229
  - 四、99式军用梁.....230
  - 五、拆装式桁梁.....231
- 第三节 临时墩台.....232
  - 一、枕木垛.....232
  - 二、木笼.....232
  - 三、木排架.....235

**第十章 既有线上增建桥涵**

- 第一节 便桥法增建小桥涵.....237
- 第二节 既有线顶进桥涵简介.....238
  - 一、地道桥的顶进法施工.....239
  - 二、地道桥的顶进工序.....243
  - 三、地道桥的顶进工艺发展趋势.....244
  - 四、钢筋混凝土圆管涵顶入法施工.....245



## 第一章 绪 论

桥梁隧道是铁路的重要组成部分，而且是铁路施工中的关键工程。运营线上，如桥隧建筑物养护不良将影响列车运行速度与安全，导致铁路运输量减少；若发生意外灾害（如强烈地震、洪水泛滥或发生滑坡及崩塌等）或因战争遭受破坏，将使铁路全线中断。所以在桥隧施工与养护工作中，必须采取严密的施工组织计划，合理的布局，先进的技术，科学的管理，以提高施工和养护质量，保持桥隧建筑物经常处于良好的状态，保证铁路运输畅通。

### 一、我国桥梁施工的发展简史

我国的桥梁建造事业，有着悠久的历史 and 光辉的成就，其中最著名的如隋朝所建赵州石拱桥和西南峡谷地区的悬索桥等。然而，几千年的封建制度大大阻碍了建设事业的发展。解放前，由于帝国主义的入侵和反动统治的压迫，我国桥梁施工的优良传统没有得到应有的发展，修建的少量铁路，是向外国借款，由资本主义国家的包工把持着技术垄断权而建成的，我国只是提供廉价的劳动力。

解放以后，我国建成了很多工程艰巨、技术复杂的桥梁，在长江上先后建成了武汉、重庆、南京、枝城大跨度钢桁架桥，黄河上也重建和新建了几座大桥。目前，简支钢桁梁最大跨度达192米（成昆线金江大桥）。在桥梁建造方面所取得的成就，可从以下几方面加以说明。

在钢梁制造方面，改变了过去依赖进口的局面，开始采用了国产低合金钢，并制成全焊和栓焊钢梁。为适应桥梁建造工业化与机械化的要求，对桥梁工厂进行了新建和扩建，并用现代化方法生产钢梁。

在钢桥架设方面，发展了快速施工。对大跨度钢桁架桥的架设，因地制宜地使用浮运法、拖拉法、膺架上拼装和悬臂拼装等方法，取得了成功的经验。图1—1为枝城长江大桥正在进行钢梁的悬臂拼装，用吊索塔架作辅助设备。

为了节约钢材，中小桥梁早就采用了钢筋混凝土和石料。1955年起开始制造23.8~31.7米预应力混凝土简支梁，目前推广使用先张法梁。上述桥梁已趋向标准化以利替换并符合战备要求。对钢筋混凝土与预应力混凝土简支梁的安装，已普遍地采用架桥机架梁。架桥机的最大起重能力已达到130吨。图1—2表示胜利-130型架桥机架梁，图1—3表示红旗-130型架桥机对位情况。为了使圯工桥梁适应更大跨度，我国又建成了一些预应力混凝土拱桥、悬臂梁桥、连续梁桥和其它类型桥梁，如昌吉河56米预应力混凝土系杆拱桥，丰沙线永定河上跨度达150米的预应力混凝土拱桥，成昆线上跨度54米的一线天石拱桥，以及钢筋混凝土双曲拱桥、管芯拱桥和混凝土悬砌拱桥等。在七十年代，还试制成了跨度40米横向分块、工地串联预应力混凝土简支梁，红水河跨度96米的预应力混凝土斜拉桥。这些新型桥梁都采用较先进的施工技术：拱桥施工广泛使用常备式钢拱架，缆索吊车装吊运输与拱桥悬砌法；悬臂梁桥则采用悬臂拼装和悬臂灌注法施工；西延线狄家河预应力混凝土连续梁桥施工是分段灌注、胶接和顶推就位的。



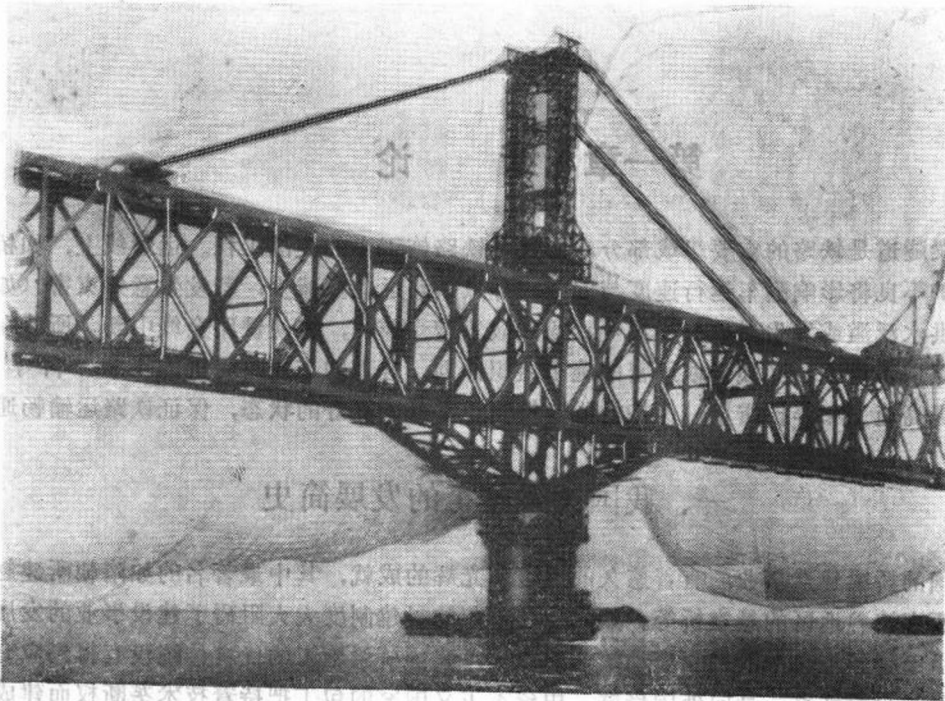


图 1-1 钢梁的悬臂拼装

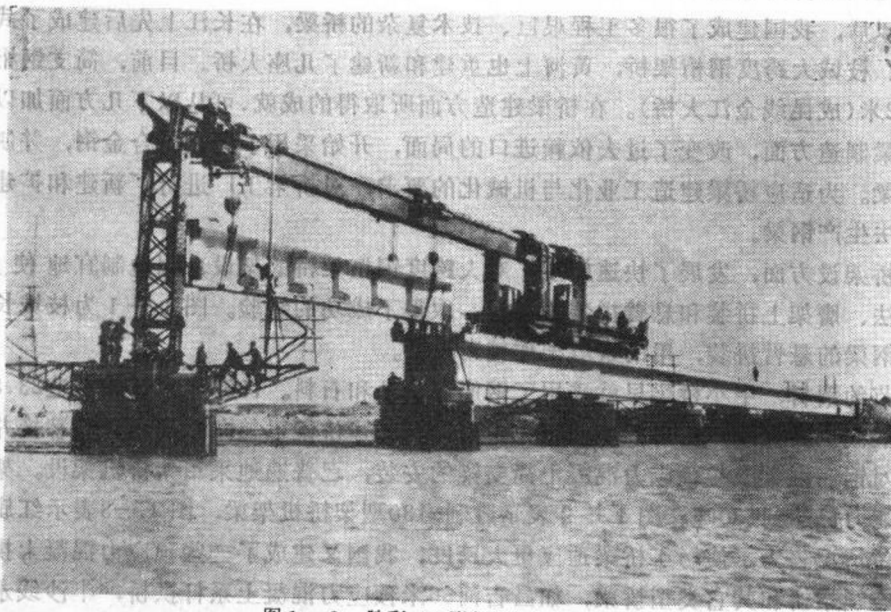


图 1-2 胜利-130型架桥机架梁

在下部构造方面，开始采用各式轻型墩台，如预应力薄壁空心拼装墩、柔性桥墩、空腹式桥台及锚定式桥台等；在基础工程方面，沉井、管柱基础在大桥深水的情况下普遍使用，中小桥梁则根据地质条件多采用钻孔桩与挖孔桩基础。

在修建铁路时，小桥与涵洞占的比例很大，它的特点是工点分散而每个工点的工程数量不大，就地建造小桥涵洞，由于准备工作的琐碎繁杂，辅助结构物的消耗量大，施工时间较

长, 劳动力占用多, 不能适应现代化铁路高速度建设的要求, 而必须采取装配式结构, 工业化制造和机械化施工, 但在目前阶段, 小桥涵洞就地建造还是有它的现实性。

在发展和使用新材料方面, 除了目前广泛采用16锰钢外, 推广使用15 锰钒氮钢; 发展高标号水泥配合使用减水剂与附加剂; 研究和发展高强度螺旋粗钢筋和低松弛钢绞线以研制超高强混凝土; 采用橡胶支座及其它新型材料取代钢支座。

桥梁养护是一项很重要的工作, 关系到铁路建筑物状态是否经常保持良好, 能否使列车高速平稳安全运行, 这对保证铁路运输, 加速社会主义建设和巩固国防有着重大意义。在养护工作中, 必须贯彻预防为主、预防与整治相结合的原则, 以充分发挥桥梁建筑物的性能, 延长设备使用年限。目前桥梁养护工作, 逐渐使用了各种机具进行操作, 提高了效率, 保证了质量, 减轻了体力劳动, 有些作业还采用了新技术和新工艺, 如钢梁采用新型涂料和喷锌防腐, 抗锈能力可达15~20年。采用环氧树脂灌浆修补混凝土裂缝, 操作简便, 质量优良。

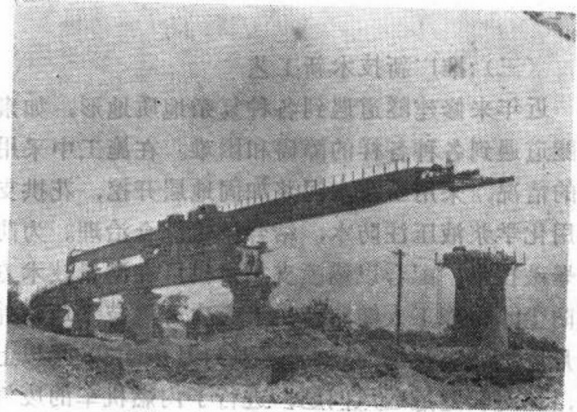


图 1—3 红旗-130型架桥机对位

## 二、我国隧道施工的发展简史

解放以前, 由于技术落后, 当铁路通过山区时, 往往不惜降低线路标准, 采用陡坡、急弯、深堑, 尽量利用展线, 避免艰难的隧道工程, 全国仅有少量铁路隧道, 绝大部分是短隧道。著名的八达岭隧道长1091米, 建成于1909年, 在当时的条件下, 堪称为我国工程技术人员为国争光的杰作。

解放以后, 铁路大多伸向山区, 隧道的数量日益增多。例如成昆铁路全长1083公里, 隧道427座, 总长341公里; 襄渝铁路全长916公里, 有隧道405座, 总长286公里; 隧道之多, 可见一斑。到目前为止最长的隧道是京原铁路长7032米的驿马岭隧道。以后我国铁路隧道不仅数量多, 长度也将比目前的大为增长。现从以下几方面阐述隧道施工的就:

### (一) 掌握不同开挖方法及辅助坑道的采用

解放以前隧道开挖的方法, 无论何种地质大多数是采用上导坑法。解放初期亦多沿用此法, 以后发展采用了上下导坑、下导坑漏斗棚架方法。近来山区铁路隧道数量急剧增加, 又推广采用蘑菇形开挖法, 正、反台阶法, 钻孔台车全断面开挖和侧导坑等方法。当遇到地质条件变化时, 开挖方法也随着改变。为了增加工作面加速施工进度, 便于通风和排水, 根据不同条件采用多种辅助坑道, 如横峒、平行导坑、竖井及斜井等, 也可以用综合性的辅助坑道。

### (二) 施工机械化程度的提高

我国铁路逐渐向山区修筑, 长隧道增多, 因此对施工机械化程度要求愈来愈高, 从人工操作向自动化目标发展, 有些机械如手持支架式凿岩机、混凝土喷射机械手已达到相当高的水平, 先进机具设备不断出现, 如钻孔台车、隧道掘进机、出碴梭车、混凝土泵等。但与国外

先进水平相比尚有差距，主要是衬砌与运输机械设备落后，这些都有待今后大力研制奋起直追。

### （三）推广新技术新工艺

近年来修建隧道遇到各种复杂地质地形，如素有“地质展览馆”之称的成昆铁路，在修建隧道遇到各种各样的障碍和困难。在施工中采用了不少新技术新工艺：如岩石破碎容易崩塌的情况，采用压注水泥浆加固地层开挖，花拱支护；对于衬砌漏水已有一系列整治措施，采用化学浆液压注防水，结合排堵综合治理。为防止超挖，我国隧道施工采用光面爆破和预裂爆破技术，配合以锚喷支护衬砌，在测量技术方面采用激光定向。在施工中充分注意到通风防尘，保障工人健康。由于大力开展技术革新并推广先进经验，促进了隧道快速施工，单口月成峒最高记录为152米，双口月成峒300米以上已经不足为奇了。从我国已建成的隧道来看，还对长隧道通风问题，进行了内燃机车的废气研究，采用净化措施，并结合机械改善通风。为减少养护作业时间采用整体道床或轨枕板。这些都说明我国隧道施工养护工作的技术水平有了显著的发展和提高。

## 第二章 混凝土、钢筋混凝土 和石砌工程施工

### 第一节 混凝土施工

混凝土施工包括混凝土的拌制、运输、灌注、养护和拆模等工序。混凝土施工质量对混凝土质量有很大影响。因此，对每一工序都必须严格按施工规则及有关规定进行。

#### 一、混凝土的拌制

##### (一) 配料允许误差

工地拌制混凝土时，是根据施工配料单进行配料。对各项材料的配合偏差（以重量计）不得超过下列规定：

水泥和干燥状态的外掺混合材料，为 $\pm 2\%$ ；

水、附加剂溶液及外掺混合材料的悬浊液，为 $\pm 2\%$ ；

粗细骨料，为 $\pm 5\%$ 。

当混凝土数量较大，采用中心工厂（场）拌制时，其配料允许偏差不得超过下列规定

水、水泥和混合材料，为 $\pm 1\%$ ；

粗细骨料，为 $\pm 3\%$ 。

##### (二) 混凝土拌制

混凝土拌制可分为机械与人工两种，一般以机械拌制为主。只有在零小工程或缺乏机械的情况下，方可采用人工拌制。

##### 1. 机械拌制

混凝土机械拌制，主要使用混凝土搅拌机。它有自落式与强制式两种，自落式适用于拌制塑性混凝土。强制式适用于拌制干硬性混凝土。

在拌制混凝土时，向搅拌机料斗内加料，应先加砂，再加水泥，使水泥不直接与料斗接触，避免水泥粘附在料斗上，最后加石子。这时提起料斗，将全部材料一次倒入搅拌筒内进行拌合，并同时开启水阀，使定量的水均匀洒到拌合物料中。搅拌机的装料数量，不得超过搅拌机的额定容量的10%。

在搅拌过程应随时观察拌合物的和易性，如发现问题要及时调整与纠正。混凝土应搅拌至各种组成材料拌合均匀，颜色一致。为保证搅拌均匀应自全部材料装入搅拌筒开始搅拌时起，至拌妥开始卸料时止，不得少于表2—1所规定的时间。不准用超过搅拌机运转速度来缩短拌制时间。

使用机械拌制混凝土时，应注意加强对搅拌机滚筒的清洗工作，清洗时可倒入些石子和清水一起搅拌5~10分钟，以便将滚筒壁及叶片上的水泥浆刮净。

##### 2. 人工拌制

人工拌制混凝土宜在钢板上进行。首先将砂与水泥干拌均匀后，再加石子并边拌边徐徐加水反复湿拌，直至拌合透彻、色泽均匀为止。

(三) 拌合物的质量检查

不论采用机械或人工拌制，在施工中均应对拌合物做坍落度检查，坍落度检查应在拌制及灌注地点分别进行。一般每工作班最少须检查两次，根据检查结果，可以发现施工配料是否正确，材料品种和质量是否有显著变化。如发现坍落度与要求不符或有疑问时，应立即查明原因及时纠正。必要时经试验室同意可调整配合比，以确保混凝土应有的质量。

混凝土在搅拌机中延续搅拌的最短时间

(秒) 表 2-1

序号	混凝土搅拌机容量 (升)	混凝土的坍落度 (厘米)		
		0~1	2~7	> 7
1	400	120	60	45
2	800	150	90	60
3	1200		120	90
4	2400		150	120

注：用普通搅拌机拌制细砂、机制砂混凝土或掺入混合材料的混凝土时，应酌予延长拌合时间。

二、混凝土拌合物的运输

混凝土拌制后，需经过运输过程。运输工具应根据工程规模、施工条件、地形环境和运距长短去选择。

(一) 基本要求

在运输过程中应保证混凝土其均匀性不致破坏。运输道路应力求平顺，保证运输容器平稳。避免出现漏浆、严重泌水、离析、坍落度损失过多以及产生初凝等现象。否则需在灌注前以人工重拌后再灌注。但不得在重拌时加水。一般拌合物从拌制完毕至灌注捣实为止，运输时间应尽量缩短并避免倒装转运。如运输时间需要延续时，也不应超过表 2-2 中的规定。

混凝土的允许延续运输时间 表 2-2

从搅拌机卸出混凝土的温度 (°C)	允许延续运输时间 (分)
20~30	45
10~20	60
5~10	90

注：①本表数值适用于初凝时间不早于 1 小时的水泥拌制的混凝土；如用快硬水泥拌制混凝土，其延续运输时间，应根据水泥性能及凝结条件确定。  
②本表数值未考虑掺用附加剂及混合材料的影响。

(二) 常用的几种运输工具

1. 车辆运输

(1) 手推车运输：一般当工程量不大，运距不超过 200 米，道路较平缓，其坡度不大于 15% 时，宜采用手推车运输。

(2) 汽车运输：在设有集中搅拌站的大型工程中，多采用汽车运输。一般有翻斗汽车，装有搅拌设备的混凝土专用汽车和轻便小型翻斗汽车。

对车箱要求应严密无缝，并应加盖遮设施，以防砂浆内水分损失。汽车装载混凝土的厚度不应小于 40 厘米。

在使用有搅拌设备的专用车时，其运距可达几十公里。可按配合比装料，待运至工地附近才注水搅拌成混凝土至工程中进行灌注。目前国外已多用此法供应商品混凝土。

(3) 轨道斗车运输：在隧道工程中多采用斗车运输混凝土。由于轨道受坡度的限制，一般不能直接运到灌注地点，因此，需设溜槽、漏斗等配合使用，所以效率较低。

2. 皮带运输机

在混凝土灌注量和灌注速度比较稳定，同时既有水平运距又有相当高差时，采用该法运

输较为适宜。但运距不宜过远，否则设备多成本高。一般常作为中转和倒装运输之用。

采用皮带运输时，必须注意以下问题：根据混凝土坍落度大小，严格控制上下坡度；运送速度应控制在1.2米/秒左右。否则速度快将使混凝土产生严重离析现象；向运输带注料时应使其均匀下落，运至末端卸料应设挡板或漏斗使其垂直下落，避免产生离析；为减少砂浆损失，在运输带上应设刮浆板，同时在设计配合比时，也应考虑此种运输砂浆损失这一因素。若在室外运输为避免受气候的影响，需在运输带上设保护罩，在冬夏季节应设保暖降温措施。在不影响水灰比的情况下，对皮带应经常冲洗干净。

### 3. 混凝土泵运输

混凝土泵是一种比较先进的运输工具，它适用于施工条件困难，结构复杂的混凝土和钢筋混凝土工程。采用混凝土泵运输时，应专门设计配合比。根据混凝土导管直径应严格控制粗骨料最大粒径，以免堵塞。坍落度应在6~9厘米之间。导管安装要严密，防止漏浆。在运送混凝土前，应以1:3水泥砂浆或石灰乳冲洗导管使其内表面润湿。当灌注工作结束或因故间歇在半小时以上时，均应及时清除导管内残余混凝土，并加以清洗。

## 三、混凝土的灌注和捣实

灌注与捣实是混凝土施工中的关键工序，对混凝土的质量好坏起着重要作用。因此，灌注与捣实必须保证混凝土具有良好的密实性和整体性，以满足设计强度和耐久性等各项指标的要求。

### (一) 准备工作

在灌注混凝土前，应将模板和钢筋上的杂物清除干净，木模板应以水润湿但不应存有积水，如有缝隙应嵌塞，并对模板涂隔离剂（肥皂水、废机油等）以利拆模。应根据设计图纸，认真的、全面的核对模板各部尺寸和坚固程度；预埋内部的各铁件、管道等位置及钢筋规格、数量、位置是否正确。如灌注基础时，需对基底情况、中线及标高等按设计及有关规定的要求进行详细复核。必须做到将一切差错消灭在灌注之前。

### (二) 灌注混凝土的一般规定

1. 混凝土经拌制和运输后，应在初凝前进行灌注。
2. 混凝土灌注时的自由倾落高度应保持最低限度，一般不超过2米。当受施工条件限制超过规定高度时，应采用溜槽、溜管或串筒等器具，也可在侧模板上预留适当的灌注孔口，以降低其自由落高，使其均匀下落，避免产生离析。
3. 在灌注深而窄的结构物（立柱、薄墙）时，灌注速度不宜过快，混凝土的流动度可随灌注高度的上升而减小。
4. 混凝土应水平分层灌注，并应边灌注边捣实，灌注层的厚度应根据拌合能力、运输条件、灌注速度和捣实能力等决定。一般不超过表2—3规定数值。

5. 在混凝土灌注过程中，如在混凝土表面上泌水时，需采取措施予以消除。对已析出的浮水，应在不扰动已灌注混凝土的条件下及时排除，并再稍加捣实一遍。

混凝土灌注层的厚度 表 2—3

序号	捣实混凝土方法	灌注层厚度
1	使用内部振动器（插入式）	振动器作用部分长度的1.25倍
2	使用表面振动器， ①无配筋或配筋稀疏结构 ②配筋密列结构	250毫米 150毫米
3	人工捣实	200毫米

6. 混凝土灌筑应连续进行，不得间断，如必须间断，间断时间应尽量缩短，并应在前层混凝土开始凝结之前将次层混凝土灌筑完毕，否则应按施工缝处理。混凝土灌筑的间歇时间受环境温度、水泥性质、水灰比等条件影响。在无试验资料时，对塑性混凝土不应超过2小时，当气温30°C左右时宜减为1.5小时，气温在10°C左右时可延至2.5小时。若超过以上规定时，应待已灌筑的混凝土强度达到12公斤/厘米<sup>2</sup>或25公斤/厘米<sup>2</sup>，并对接缝按规定要求处理后，方可再继续灌筑混凝土。

7. 对接灌混凝土的接缝、系混凝土整体的薄弱环节。因此，在接灌前应凿除接缝上的水泥砂浆薄膜和表面松动石子或松弱混凝土层。并用有压水冲洗干净，使表面湿润又无积水，先铺满一层约15毫米厚与混凝土配合比相同的水泥砂浆（水灰比应略小），再接灌新混凝土。对接缝处的混凝土应加强捣实使新旧层紧密结合。

8. 混凝土灌筑施工中，应设专人检查模板、支架、钢筋、预埋铁件及预留孔洞等所处状态。当发现变形、走动或堵塞时，应立即暂停灌筑，并要在混凝土开始凝结前修整完好。

在混凝土灌筑施工时，应按规定填写“混凝土工程施工检查记录”

(三) 混凝土振捣机械及捣实方法

为了保证混凝土灌筑质量，使混凝土充满模板各个角落，达到均匀密实，消除蜂窝、麻面。必须对混凝土进行捣实。捣实一般分为机械振捣与人工振捣。

1. 机械振捣

(1) 内部振动器（插入式）如图2-1。它适用于大体积和配筋较稀的混凝土工程。插入式振捣器有电动与风动两种。目前工程上使用较普遍的为电动振捣器，它的主要品种与规格见表2-4。

插入式振动器使用操作时须注意以下几点：

甲、移动距离应保证混凝土全部受到均匀捣实，其作用半径约为40~50厘米左右，一般移动距离不应超过作用半径的1.5倍，最好等于半径。移动位置如图2-2所示。

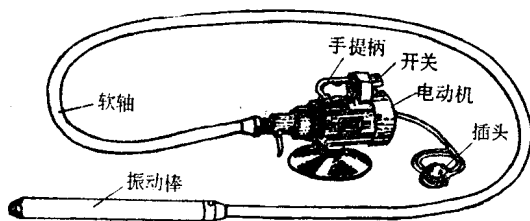


图2-1 插入式振动器

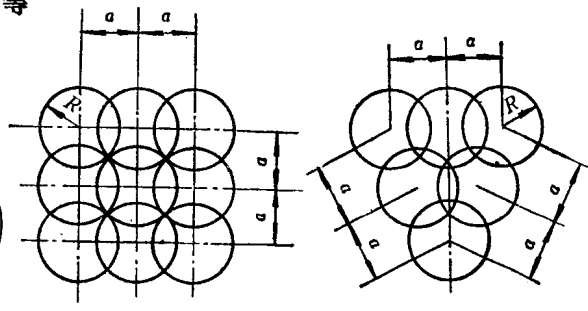


图 2-2

插入式振动器作用深度不应超过振动器作用部分长度的1.25倍。为使混凝土均匀受振应上下抽动振动器，为使混凝土上下两层连接紧密，振动器应插入前层混凝土中约3~5厘米（须在下层未凝结前）。

乙、每一振捣点所需振动延续时间，应保证混凝土获得足够的密实程度为限。一般可以混凝土不再显著下沉、内部不再出现气泡、表面平整并出现灰浆层和外观均匀来判断。一般约为20~30秒之间，但对流动性较大的混凝土应避免振动过量。不论在任何情况下不宜少于10秒。

丙、振捣时，振动器与模板应保持约20厘米的距离，并不准靠近钢筋与预埋铁部件。



国产软轴内插式振动器主要规格

表 2—4

型 号		B-50型	B-60型	65型	75型	76型
振动棒外形尺寸 (毫米)	棒 粗	φ50	φ60	φ65	φ75	φ76
	棒 长	500	380			450
	软 轴 长	4000	4000	4000	4000	4000
振动频率 (次/分)		6000	6000		5000~5500	5500
电 动 机	功率(千瓦)	1.5	1.5	1.5	2.2	2.2
	转速(转/分)	2850	2850	3000	3000	3000
	电压(伏)	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
总重量 (公斤)	铁 壳	40	60			
	铝 壳	48	48			48
生 产 厂		华东钢铁建筑机械厂		上海软轴机械厂		洛阳建筑机械厂

丁、振动器由混凝土中抽出时要缓慢，以便使振动器插入孔由邻近混凝土填实。

(2) 表面振动器(平板式)如图 2—3。它振动深度较浅，适用于捣实大块面积厚度不大的板的混凝土。振捣时可将混凝土划分成若干块依次进行捣实，并定时向前移动。移动距离应前后、左右与已捣实部分搭接不应少于 3~5 厘米。振捣时间以混凝土表面状态来判断，一般为 45~60 秒。表面振动器主要规格、性能见表 2—5。

(3) 外部振动器(附着式)如图 2—4。它适用于断面较小，钢筋较密的结构。使用时将其附在模板外面。因此，要求模板结构必须坚固可靠，振动时间视振层厚薄及坍塌度大小决定，一般约为 2~5 分钟。

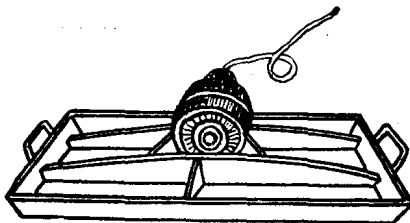


图 2—3 平板式振动器

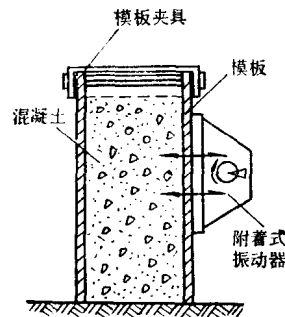


图 2—4 附着式振动器

表面振动器主要规格 (洛阳建筑机械厂造)

表 2—5

振动板平面尺寸 (毫米)	振动频率 (次/分)	偏心动力矩 (公斤·厘米)	电 动 机			总 重 (公斤)
			功 率 (千瓦)	转 速 (转/分)	电 压 (伏)	
1000×600	2850	4	0.4	2850	220/380	88
1000×600	2850	4.5	0.56	2850	220/380	100

## 2. 人工振捣

在无条件使用机械振捣时，可以人工振捣。但必须有足够人员和齐全的工具，以保证每次灌筑的混凝土能及时捣实。人工振捣根据实际需要，可使用捣锤、捣钎、捣铲等类器具进行，并应保证捣固密实。

## 四、混凝土的养护与拆模

### (一) 混凝土的养护

为使新浇筑的混凝土有一个良好的硬化条件，防止早期干缩产生裂缝。在灌后需经过一段养护时间。这是混凝土施工中的一个重要环节，千万不能忽视。

1. 混凝土的养护方法是在浇筑完毕后，在正常温度（20°C）情况下，须于浇筑后10~12小时以内开始用清洁的麻袋、草帘、木屑及湿砂等覆盖外露面，并要经常浇水养护。如果在炎热和风干的气候中，需在浇筑后1~2小时以内，即加覆盖并保持潮湿，一般洒水或浇水的次数，在15°C气温时最初三天，白天每2小时一次，夜间至少二次，以后每昼夜至少四次。当气候干燥，次数可适当增加，但要以混凝土保持充分潮湿状态为限。当温度低于5°C时，不得对混凝土浇水，而只能覆盖保温与保潮。

混凝土浇水养护的时间与水泥品种、气候条件及养护方法有关，在相对湿度大于60%而使用普通水泥时，养护时间不得少于7天；用矿渣水泥或火山灰水泥时，养护时间不得少于14天；若相对湿度小于60%时，前者不得少于14天而后者不得少于21天。如果环境中相对湿度大于90%时，可以不另行洒水养护。

2. 当新浇筑的混凝土与流动性地表水或地下水接触时，应采用防水、排水措施，以防混凝土受到水流的冲刷影响。在一般情况下，设置临时防护措施时，应使混凝土达到设计强度的50%以上为止，并不应少于7天。当环境水具有侵蚀作用时，临时防护应延续到混凝土达到设计强度的70%以上为止，并不应少于10天。

3. 当新浇筑的混凝土强度未达到12公斤/厘米<sup>2</sup>时，不得在其表面上来往行人、搬运工具和架设上层用的模板和支撑。

### (二) 混凝土拆模

混凝土拆模快慢，将直接影响施工进度、模板周转和工程造价。但一般需待混凝土达到一定强度后，方可拆模。如果拆除过早，因混凝土未达到一定强度，在自重和外力作用下，将产生变形甚至断裂。因此拆模时间，决定所拆模板承重状况与混凝土强度大小。一般要考虑以下因素：气温低拆模要晚，水泥强度增长快比增长慢的要早拆；对受弯构件比受压构件要晚拆；人工捣实比机械捣实要晚拆；体积大、跨度大比体积小、跨度小的构件要晚拆；不承重侧模比承重底模要早拆。对较为复杂的大型结构应按所拟订拆模方案进行。

1. 对不承重的侧模，应在混凝土强度达到25公斤/厘米<sup>2</sup>以上时拆除。混凝土在各种温度下达到25公斤/厘米<sup>2</sup>时所需时间，一般需根据施工检查试体的试验结果确定。当条件不便时也可参照表2—6的资料适当估计。

2. 对承重的底面模板，应在混凝土获得足以安全地承受其结构自重和外加荷载的强度后，方可拆除。

对跨度大于8米的各种结构，其强度不低于设计强度的100%方可拆除；

对跨度大于2米小于或等于8米的结构，其强度应不低于设计强度的70%方可拆除；

对跨度小于或等于2米的结构，其强度应不低于设计强度的50%方可拆除；

对大跨度及重要结构的拆模强度，必须由检查试体试验强度证明，并应按照设计文件规定的拆模顺序及措施去进行。

混凝土达到50%；70%；100%的设计强度所需时间，一般应通过检查试体的试验强度确