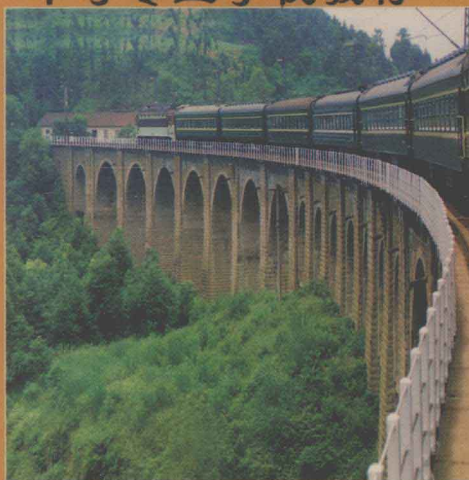


中等专业学校教材

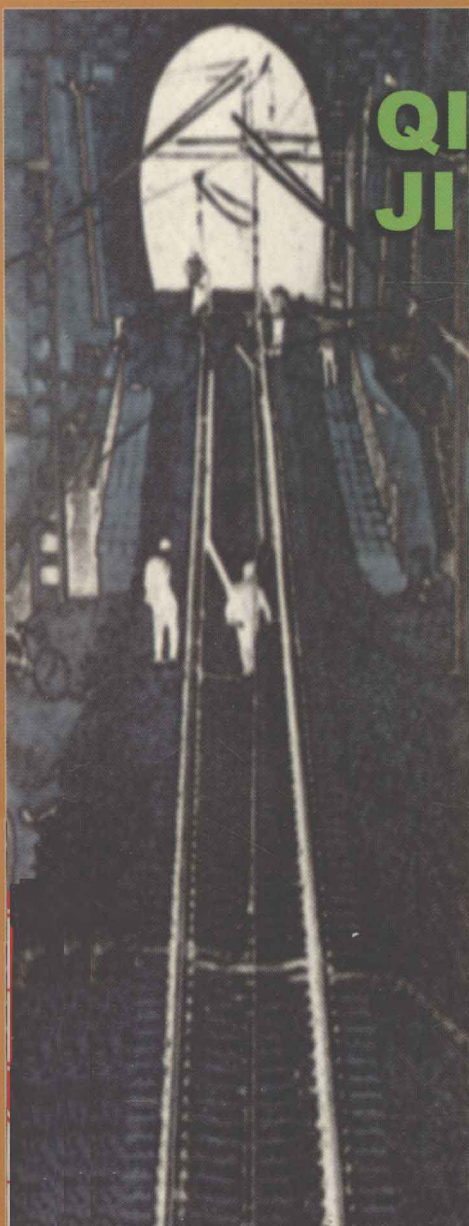
(第二版)



桥隧施工及养护

包头铁路工程学校 张钟祺 主编

**QIAOSUI SHIGONG
JI YANGHU**



中国铁道出版社

桥隧施工及养护

(第二版)

包头铁路工程学校	张钟祺	主 编
衡阳铁路工程学校	喻泽文	副主编
天津铁路工程学校	徐永明	主 审

中 国 铁 道 出 版 社

2002年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书主要介绍小桥涵及隧道的一般施工及养护。内容包括：混凝土和钢筋混凝土工程施工、隧道开挖及衬砌、桥梁基础施工、架梁施工、涵洞施工、桥隧维修管理及养护作业等内容。

本书除作为中等专业学校铁道工程专业教材外，也可作为铁路工程和工务部门职工的培训教材及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥隧施工及养护/张钟祺主编.—2版.—北京：中国铁道出版社，2001.2
中等专业学校教材
ISBN 7-113-03999-5

I. 桥… II. 张… III. ①桥涵工程—工程施工—专业学校—教材 ②隧道工程—工程施工—专业学校—教材 ③桥—养护—专业学校—教材 ④隧道—保养—专业学校—教材
IV. U4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 85905 号

书 名：桥隧施工及养护（第二版）
作 者：张钟祺 喻译文
出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市宣武区右安门西街8号）
责任编辑：李丽娟
封面设计：李艳阳
印 刷：北京市燕山印刷厂
开 本：787×1092 1/16 印张：14.25 字数：352千
版 本：1993年2月第1版 2002年9月第2版第7次印刷
印 数：28001~33000册
书 号：ISBN 7-113-03999-5/TU·650
定 价：20.00元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书，如有缺页、倒页、脱页者，请与本社发行部调换。

第二版前言

遵照铁道部教卫企函〔1997〕42号文件（铁路中等专业学校铁道工程专业教学计划教学大纲试行稿）精神，对《桥隧施工及养护》一书进行修订，以适应当前铁路发展的需要，为铁路建设培养中等专业技术人才。

大纲规定的总学时为96学时，较过去减少。为此，教材内容原则上以铁路局管内一般桥涵、隧道工程为主，按照铁道工程（路局）专业的需要，着重讲述施工与养护，对新技术、新工艺、新材料作一简单介绍。与原教材对比，为了满足铁路局工务业务需要，养护内容增加较多，教材框架作了适当调整，内容分为施工篇与养护篇两个部分。

为了加深读者对所学内容的理解，每章后附有复习题供复习和思考。

本教材由包头铁路工程学校张钟祺任主编，衡阳铁路工程学校喻泽文任副主编，天津铁路工程学校徐永明主审。参加编写的有：包头铁路工程学校张钟祺（绪论），衡阳铁路工程学校喻泽文（第一、七、八、九、十、十一、十二章），天津铁路工程学校韩洪远（第二、三、四、五、六章），包头铁路工程学校王远松协助并提供资料。

由于水平所限，有欠缺与不足之处请读者多提宝贵意见以利改进。

编者
2000年3月

第一版前言

本教材是根据铁道部 1990 年批准的铁路中等专业学校铁道工程（铁路局）专业“桥隧施工及养护”课程教学大纲（教技〔1990〕4号），在 1983 年由包头铁路工程学校张钟祺主编、中国铁道出版社出版的《桥隧施工及养护》试用教材的基础上修订的，是中等专业学校铁道类统编教材。

《桥隧施工及养护》试用教材是根据三年制的要求编写的，选材符合当时的要求，在教学中起到了积极作用。但是，由于生源和学制的变化（即招收初中毕业生，学制为四年），有关规范、标准的修订及学时数的改变（改为 121 学时），因此，根据铁道部中等专业学校铁道工程、桥隧专业教学指导委员会的意见，对原试用教材进行修订。

修订后的教材与原试用教材相比较，删去了砌石工程部分和与其他课程重复的隧道施工测量，以及石拱桥的构造和养护等内容，突出了小桥涵及隧道的一般施工养护技术。书中注重经常发生的建筑物病害的维修和养护方面的内容，增加了旋喷桩加固地基施工新技术和隧道施工组织设计概要等内容。

为了加深读者对所学内容的理解，每章后附有习题和复习题，可供读者练习和思考。

本书由包头铁路工程学校张钟祺主编，衡阳铁路工程学校廖时忠主审。参加编写的有：包头铁路工程学校张钟祺（绪论、第五、七、八章）；衡阳铁路工程学校廖时忠（第二、九章）；天津铁路工程学校梁志潭（第三、四章）；齐齐哈尔铁路工程学校付立庭（第一、六章）。

编者

1992 年 3 月

目 录

绪 论	(1)
第一篇 施 工	(5)
第一章 混凝土和钢筋混凝土工程施工	(5)
第一节 一般混凝土施工	(5)
第二节 特殊混凝土施工	(12)
第三节 混凝土冬期施工	(19)
第四节 钢筋加工	(22)
复习题	(28)
第二章 隧 道	(30)
第一节 隧道概述	(30)
第二节 隧道建筑物	(31)
第三节 隧道施工方法	(36)
第四节 隧道施工基本作业	(41)
第五节 隧道施工辅助作业	(53)
第六节 新奥法	(57)
复习题	(64)
第三章 桥梁基础施工	(65)
第一节 墩台定位测量	(65)
第二节 明挖基础	(67)
第三节 打入桩基础施工	(73)
第四节 钻孔浇筑桩基础施工	(76)
第五节 沉井基础施工	(82)
复习题	(86)
第四章 桥梁墩台施工	(88)
第一节 圻工墩台施工	(88)
第二节 附属工程	(95)
复习题	(97)
第五章 架 梁	(99)
第一节 基本作业	(99)
第二节 钢筋混凝土桥跨的整孔架设	(103)
第三节 桥跨其他施工方法简介	(107)
复习题	(110)
第六章 涵洞施工	(111)
第一节 钢筋混凝土盖板涵的施工	(111)

第二节	钢筋混凝土圆涵的施工	(113)
第三节	混凝土拱涵与石砌拱涵的施工	(114)
复习题		(116)
第七章	地道桥及涵洞顶进施工	(117)
第一节	概 述	(117)
第二节	地道桥顶进前的准备工作	(117)
第三节	传力设备	(130)
第四节	顶进组织及工艺	(131)
第五节	各种顶进方法	(135)
复习题		(140)
第二篇	养 护	(141)
第八章	桥隧养护管理工作概况	(141)
第一节	桥隧养护工作的基本要求	(141)
第二节	桥隧养护工作的基本方法	(143)
第三节	桥隧养护的基本内容	(145)
复习题		(148)
第九章	基本技术要求	(149)
第一节	基础埋置深度	(149)
第二节	刚 度	(150)
复习题		(151)
第十章	桥 面	(152)
第一节	桥面的种类	(152)
第二节	桥上线路及温度调节器	(153)
第三节	护 轨	(157)
第四节	桥 枕	(158)
复习题		(161)
第十一章	桥隧养护作业	(162)
第一节	钢桥养护	(162)
第二节	圯工墩台及梁拱的养护	(170)
第三节	支座保养及修理	(181)
第四节	涵洞养护	(186)
第五节	隧道养护	(189)
复习题		(204)
第十二章	防洪与抢修	(206)
第一节	桥涵防洪、防寒与防凌	(206)
第二节	紧急抢修	(211)
复习题		(218)
附 录		(219)
参考文献		(220)

绪 论

铁路运输在我国国民经济中占有举足轻重的地位。当前，铁路的运输能力远不能适应形势发展的需要，故而加速铁路建设已是当今国家战略重点。为了通过河流和山岭等障碍，必须修建各种类型的桥梁与隧道。桥梁与隧道是铁路建筑物的重要组成部分，结构复杂、修建困难、造价较高，而且往往是铁路施工中的关键工程。在运营线上，桥隧建筑物安全与否，将直接影响列车运行速度与安全。因此，必须养护好桥隧建筑物。在桥隧施工与养护工作中，必须做好周密的施工组织计划和加强科学管理，以提高施工和养护质量，使桥隧建筑物经常处于均衡完好的状态，保证铁路运输畅通无阻。

一、我国桥梁施工、养护概况

我国是一个历史悠久的文明古国。我国劳动人民很早就能修建木桥和石桥。我国古代桥梁不但数量大，而且类型丰富多彩，几乎包含了所有近代桥梁中的最主要形式。近代的大跨径吊桥和斜拉桥是由古代藤、竹或铁链悬索吊桥发展而来的，如大渡河铁索桥就闻名于世。著名的赵州石拱桥，其造型与建造技术较欧洲领先千余年。然而，几千年的封建制度大大阻碍了建设事业的发展。解放后，随着铁路建设的开展，我国又建造了许多工程艰巨、技术复杂的特大桥，如武汉长江大桥、南京长江大桥、九江长江大桥、湘桂线红水河桥（我国第一座预应力混凝土斜拉桥）、钱塘江二桥、南昆线南盘江大桥、清水河大桥等。

在钢梁制造方面，已经广泛地采用了国产低合金高强度钢和低合金超高强度钢，并制成全焊和栓焊钢梁，改变了过去依赖进口的局面。在钢桥架设方面，普遍使用膺架拼装、浮运架设、拖拉或顶推架设悬臂拼装整体起吊架设等方法。

为了节约钢材，我国铁路中小桥大多采用钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁，大跨度梁多采用箱形截面。预加应力方法有先张法和后张法。我国铁路中小桥钢筋混凝土梁和预应力混凝土梁已定型化，设计时可直接套用标准图。梁的架设普遍采用架桥机架设（图绪-1），另外还有膺架架设、龙门吊架设、拖拉或顶推架设、悬臂架设、移动支架法、转体法等多种方法。桥梁支座除传统的钢支座外，还采用了橡胶支座及球面支座。

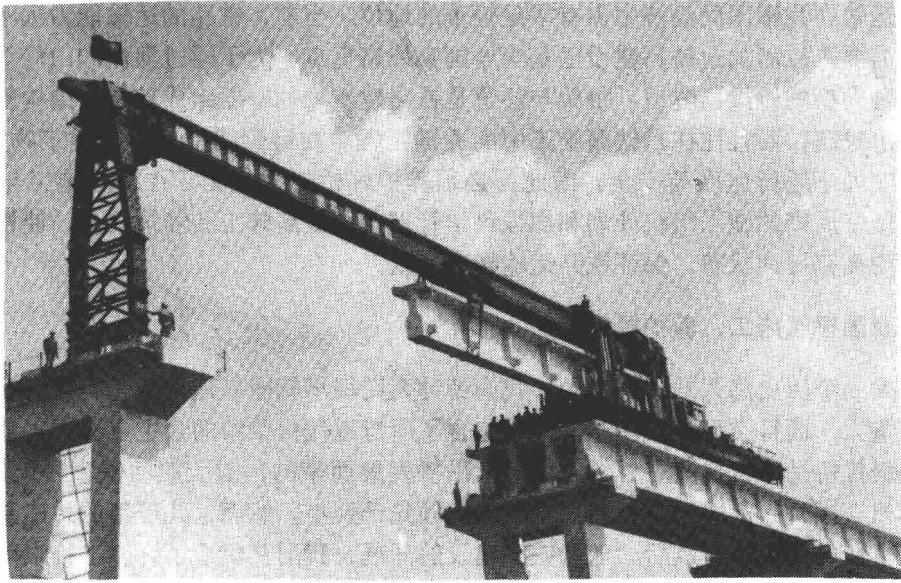
在下部构造方面，开始采用各式轻型墩台，如预应力薄壁空心拼装桥墩、柔性桥墩、空心墩、双柱式桥墩、空腹式桥台及锚定式桥台等；在基础工程方面，沉井、管柱、钢管桩基础在大桥深水中普遍使用，对中、小桥梁，则根据地质条件多采用明挖基础钻孔桩与挖孔桩基础。

在修建铁路时，小桥与涵洞占的比例很大。为加速铁路建设，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，小桥涵就地建造还具有它的现实性。

在发展和使用新材料方面，已广泛采用 16 锰钢，并推广使用 15 锰钒氮钢，研制并采用了耐候钢；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；采用盆式橡胶支座及其他新型材料取代钢支座等。

在新技术的应用方面，桥梁已普遍采用先进的计算机专用设计程序解决繁琐的计算问

题，大大提高了工作效率。计算机图像处理技术在桥梁振动检测中的应用，声发射技术监控桥梁病害等，取代了过去用简单仪器进行探测的手段。南京长江大桥在有碴桥面无缝线路上新增设了双向温度伸缩器（轨道调节器）。随着高强材料的出现，高强度钢材和高性能混凝土已普遍开始在桥梁上使用。伴随着科技的发展，新型施工机具的产生和推广，造桥工艺也在不断地发展。所有这些对桥梁建造的发展都是十分有利的。



图绪-1 单臂架桥机架梁

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均衡良好，能否使列车高速平稳安全运行。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，采取综合维修和经常保养相结合的方式整治既有病害，及时消除危及行车安全处所，经常保持桥隧建筑物均衡完好，使列车能以规定的速度安全、平稳和不间断地运行。目前桥梁养护工作逐渐采用了先进的探测仪器检查病害，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50年。采用环氧树脂灌浆修补混凝土裂缝，操作简便，质量优良。

桥梁养护工作的内容主要有经常维修和大修。除了完善日常监视和定期检查制度外，对现有桥梁要进行检定其承载能力以适应提速要求，并进行抗震加固。从1989年开始，在全路范围内进行了桥梁“状态修”试验，以掌握不同结构类型桥梁各个组成部分的变化规律，确定综合维修、经常保养、单项整治的不同周期和标准，实现临界的预防修。近几年，我国铁路交通部门积极开展了桥梁维修、加固、评估、改造方面的研究，逐步完善了桥梁损伤评估及对策专家系统。

二、我国隧道施工养护概况

解放前，由于我国技术落后，在铁路通过山区时，线路标准很低，常常采用陡坡、急弯、深堑，尽量利用展线方法来避免艰难的隧道工程。因此，只有少量铁路隧道，而且绝大部分是短隧道。著名的八达岭隧道长1 091 m，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。

解放后，在高原、山岳地带修建了大量的铁路新线，也相应增加了很多的隧道工程。尤其是进入 90 年代后，随着南昆线、京九线、西康线的建成通车和正在修建的朔黄线、渝怀线、洛湛线的施工，铁路隧道的数量日益增多，隧道也越来越长大。下面从几个方面讲述我国隧道施工的发展。

1. 施工方法

解放前，隧道施工方法十分落后，无论何种地质情况，大多采用上导坑开挖法施工，施工人员的安全没有保障。解放后，随着科学技术的发展，出现了许多新的开挖方法，如钻爆法、掘进机法、盾构法等。在钻爆法中又有全断面开挖、多导坑开挖、分部开挖、上半部断面超前台阶开挖等。在隧道衬砌方面，现在普遍采用整体式衬砌、锚喷衬砌和复合式衬砌等衬砌方法。为了增加工作面，加快施工速度，便于通风和排水，还根据不同条件采用多种辅助坑道，如横洞、平行导坑、竖井、斜井等。

2. 施工机械化

随着铁路建设的发展，尤其是长大隧道的增多，隧道施工对机械化的要求愈来愈高。近几年，通过更新和引进，隧道施工普遍采用了机械化和半机械化施工作业，如自动液压钻孔台车、隧道掘进机、大直径盾构、全断面钢模板台车、立式和蟹爪式装碴机、出碴梭式矿车、混凝土泵等，但与国外先进设备相比尚有差距，主要是衬砌与运输机械设备在性能与效率方面落后，这些都有待于今后改进。有些机械如手持支架式凿岩机、混凝土喷射机已达到相当高的水平。

3. 新技术、新工艺

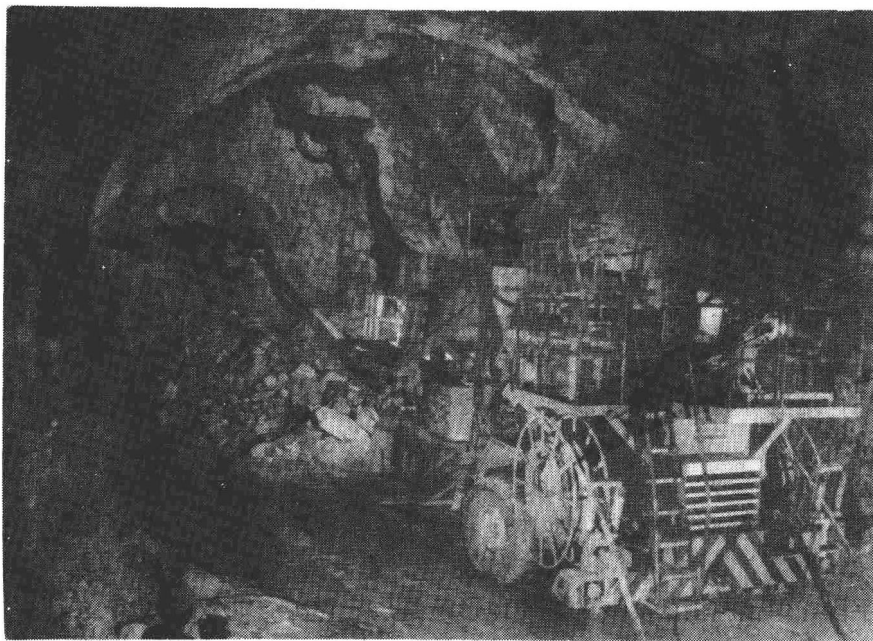
隧道施工时会遇到各种复杂的地质地形。如成昆铁路被称为“地质博物馆”，南昆铁路被称之为“地层迷宫”。南昆线全线隧道 258 座，总延长 194.6 km，虽采用了遥感技术、雷达探测等手段，但在施工中突变的地质地形还是层出不穷，如软弱围岩、高地应力、浅埋、偏压、岩溶、涌水、断层、高瓦斯、强地震等，迫使在地基处理和支撑结构上采取了多种高水平的技术对策，同时大大加强了对复杂掌子面的超前预报工作。中国第一单线隧道南昆线 9 392 m 的米花岭隧道采用了多种先进的大型机械设备，创造了全年月平均成洞 350.3 m，最高月成洞 769 m 的全中国新记录。米花岭隧道在施工过程中，大量采用了新奥法，对光面爆破技术又有了新的的发展。在断面形式上采用了曲墙仰拱或钢筋混凝土板全封闭型支护断面，初期支护和二次衬砌间铺设新型复合双焊缝无钉防水层。在通风方面采用了平导进风、正洞排风的压入式通风巷方法，消除了各种形式的循环风，解决了长大隧道通风防尘问题。近年来，隧道围岩支护技术也在不断发展，如插板支护、管棚支护、锚喷支护、格栅支护等。围岩加固处理方法更是日新月异，如压浆、化学液注浆、电渗透法等。为使隧道主体顺利施工，还辅之以降低地下水位法、冻结法、压气法辅助施工等方法。对于防漏堵水也已有一系列整治措施，除采用化学浆液注浆防水外，还可以打泄水孔排水，打井点降低地下水位或采用防水混凝土或者复合式衬砌等。

在隧道养护方面，要作好隧道的养护检查、维修、大修与抢修工作，利用新材料、新技术、新工艺、新机具、新结构，合理地预防各种隧道病害的发生，同时快速解决隧道内出现的各种新病害，保持隧道的正常状态，保障铁路运营畅通无阻。

隧道病害主要有衬砌裂损和漏水。前者多用喷锚加固（近年来在喷射混凝土的基础上又发展了喷射钢纤维混凝土），后者多采取排、截、堵相结合的综合整治方法。隧道照明采用

寿命长的高压钠灯，要求具有防潮、防腐、防震的三防性能。隧道检测利用隧道界限摄影车及激光断面仪，它可定时定点拍摄隧道横断面，通过比较判断隧道衬砌是否变形和隧道底部有无上涨或下沉变形，从而可尽早采取相应措施给予合理地预防和整治。

到目前为止，我国运营隧道有 5 500 多座，其中衬砌严重腐蚀和严重漏水的有 1 800 多座，且病害发展速度远远高于整治速度，投入成本加大。因此，加强人工智能检测，尤其是状态评估是适应隧道现代化管理的要求。目前，利用人工智能技术，已开发了隧道病害（变异）诊断专家系统和隧道整治专家系统，并用于隧道的维修管理中。



图绪-2 四臂液压凿岩机在隧道内作业

第一篇 施 工

第一章 混凝土和钢筋混凝土工程施工

第一节 一般混凝土施工

混凝土在铁路桥涵、隧道等工程中应用极为广泛，混凝土施工质量对混凝土工程质量有很大影响。因此，对混凝土施工的每一道工序，都必须严格按照施工规范及有关规定进行。

一、施工准备工作

为了保证混凝土工程质量，在浇筑混凝土前一定要充分作好准备工作。

(一) 地基清理

混凝土直接浇筑在地基上时，事先应校正地基的设计标高及轴线，复核其各部分尺寸，并清除地基上的淤泥和杂物，如有不平应加以修整。

对于干燥的非黏土地基，应洒水润湿；对于岩石地基，要用水清洗，但表面不要留有积水。

如在开挖地基时有地下水涌出或地表水流到地基上时，均应设法排除，并要考虑到在混凝土浇筑及硬化过程中的防水措施，以防止冲刷新浇筑的混凝土。

对于较深的基坑，还要检查坑边有否塌方的可能，以免混凝土运输车辆经过时发生事故。

(二) 模板检查

主要是检查模板的位置、标高、截面尺寸以及预留拱度是否与设计要求相符，模板的支撑结构是否牢靠，以免在浇筑过程中发生变形、松动等现象。

清除模板内的灰屑，并用水冲洗干净。模板内侧需涂刷隔离剂，若是木模板还应洒水润湿。润湿后，如果还有未胀密的缝隙，应加以嵌塞。

(三) 钢筋检查

主要是检查钢筋的位置、规格、数量、尺寸是否与设计相符，钢筋上的油污等要清除干净。控制混凝土保护层厚度的水泥垫板或支架要按规定垫好。如果构件中有预埋件或预留孔洞，应检查铁件或塞子等是否安装完全，位置是否正确。对于预应力混凝土构件中预留孔道的管芯，要检查其位置、直径等是否正确，固定是否牢靠，以免在浇筑时移位，发生偏差。重点工程的关键部位，在浇筑混凝土前，对钢筋的规格、数量以及具体布置应作出检查记录，以作为隐蔽工程验收依据。

(四) 材料、机具、道路的检查

对于原材料，主要是检查其质量是否符合规定，品种及规格是否与配合比相同，其数量是否满足要求。对于机具设备，主要是检查其运转是否正常，数量是否满足要求。对于运输道路，主要是检查其是否平整、畅通，并要尽量做到使运输工具能到达各个浇筑部位。

(五) 安全与技术交底

对于各项安全设施,要认真检查其是否安全可靠及有无隐患,尤其是模板支撑、操作脚手架、架设的运输道路以及指挥、联络信号等。对于重要的施工部位其安全要求应详细交底。

技术交底内容应包括:作业班的计划工作量,劳动力的组织与分工,施工顺序、方法及施工缝位置,钢筋配料、施工放样图及操作要点、质量要求等。这里强调尽量采用书面形式的技术交底,避免口头形式的技术交底。

(六) 其他

施工前及时与水、电供应部门联系,防止水电供应中断;了解天气预报,准备好防雨、防冻及防晒晒等设备;对机械故障及零件损坏等,应作好修理和更换的准备;夜间施工时,应准备好照明设备等。

二、混凝土的拌制

混凝土的搅拌一般常用搅拌机。机械搅拌不但工效高,而且搅拌的质量好。零小工程当坍落度大于 50 mm 时,也可用人工拌制。

(一) 机械搅拌

搅拌塑性混凝土常用的是自由坠落式鼓形搅拌机,其容量一般为 400 L;搅拌干硬性混凝土常采用强制式搅拌机。

在搅拌混凝土前,应先测定砂石料的含水率,随时调整施工配合比,计算配料单。料斗装料前,砂、石应分别过磅,不能用装车容积来换算重量,或仅在第一次过磅,以后就用体积来估计,这样是不符合配合比要求的,难以保证混凝土的质量。水泥以包为单位,如用散装水泥,则也应每次过磅,不可用铁锹铲起水泥的次数估算。拌制混凝土所用的投料装置应定期检验,每盘混凝土材料的称量,其允许偏差按重量计时为 1%~3%。

向料斗中装料通常是先装石子,再装水泥,最后装砂,这样水泥夹在砂石中间,在上料时水泥不致飞扬,而且不易过多粘附在料斗上。每次装料数量应符合搅拌筒容量,不宜超过标准容量的 10%。

搅拌第一盘时,考虑到搅拌筒壁上会粘附一些水泥浆,因此在装料时可少装一些石子,或者多装一些水泥和水。

搅拌机的搅拌时间,应根据混凝土的和易性和搅拌机的容量而定,一般为 1~2 min,以石子表面包满砂浆,混凝土颜色均匀为标准。不要任意缩短搅拌时间或加快搅拌筒的转动速度。自全部拌合料装入搅拌筒起,到混凝土由筒中开始卸料时止,其延续搅拌的最短时间一般应符合表 1-1 (TB 10210—97 表 5.9.4) 的规定。

表 1-1 混凝土搅拌的最短时间 (min)

搅拌机机型	搅拌机出料量 (L)	
	≤500	>500
强制式	1.0	1.5
自落式	1.5	2.0

注:①采用自落式搅拌机拌制细砂或机制砂的混凝土时,宜延长搅拌时间;

②当掺用外加剂时,搅拌时间宜延长;

③采用分次投料搅拌工艺时,搅拌时间应按工艺要求办理;

④当采用其他形式的搅拌设备时,搅拌的最短时间应按设备说明书的规定办理,或经试验确定。

工作完毕或预计要停歇 1 h 以上时，必须将搅拌筒清洗干净，清洗时可倒入数升石子，加水搅拌并清洗干净。

(二) 人工搅拌

采用人工搅拌混凝土时，应在铁板或其他不渗水的平板上搅拌。首先将砂与水泥干拌均匀后，再加入石子，并边拌边逐渐加入定量的水湿拌三遍，拌到颜色均匀一致，石子与水泥砂浆没有分离与不均匀的现象为止。

(三) 拌合物的质量检查

不论采用机械或人工拌合，在施工中均应对拌合物做坍落度检查。坍落度检查应在拌合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明显变化。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。必要时经实验室同意，可调整配合比，以确保混凝土质量。

三、混凝土拌合物的运输

(一) 运输的一般要求

混凝土自搅拌机中卸出后，应及时运送到浇筑地点。在混凝土运输过程中，要防止混凝土产生离析、水泥浆流失、坍落度变化以及产生初凝现象。对于坍落度较大的混凝土，容易在运输中产生离析，因此要改善运输条件，途中免遭振动。如混凝土运到浇筑地点有离析现象时，必须在浇筑前进行人工二次拌合。运输时间较长或气温较高时，为防止混凝土中水分蒸发过快，以致使坍落度发生变化，运输工具要加以遮盖。运输容器必须严密，不漏浆，不吸水，并应在使用中经常清除容器中粘附和硬化的混凝土残渣。

冬季施工时，为保证混凝土不受冻而保持入模时所要求的温度，应将运输容器加以保温。

混凝土的运输延续时间，不宜超过表 1-2 的规定。

表 1-2 混凝土的允许延续运输时间

从搅拌机倾出时的混凝土温度 (°C)	允许延续运输时间 (min)
20~30	45
10~19	60
5~9	90

注：①本表适用于初凝时间不早于 1 h 的水泥所拌制的混凝土。如用快硬水泥拌制混凝土时，延续运输时间应根据水泥性能及施工条件确定。

②如掺用外加剂与混合材料时，延续运输时间应根据试验确定。

③使用带有搅拌功能的运输设备运输混凝土时，其运输允许延续时间应按该设备说明书办理。

④测定混凝土温度时，应将棒式温度计尾端插入混凝土内 50~100 mm，量测时间 3 min 以上，然后读取温度。当采用其他仪器测温时，应符合相应的测读规定。

(二) 运输工具

运输混凝土的工具很多，可根据工地具体条件采用，尽可能采用各种合适、轻便的车辆及垂直运输机械，以减轻劳动强度，提高工效。

目前，工地上常用的运输车辆有：单轮和双轮手推车、轻便小型翻斗车等。当浇筑工程量较大，工期又长时，可使用轻轨翻斗车或自卸汽车来运输。垂直运输机械一般可采用各种升降机、卷扬机、塔式起重机、缆索吊车等，并配合采用吊斗等容器来装运混凝土。当混凝土工程量较集中和浇筑速度比较稳定，而既需要水平运输又需要垂直运输时，可采用皮带运输

机、混凝土泵、风动输送器等。使用以上设备时，应按有关规定和要求办理。

四、混凝土的浇筑和振捣

浇筑和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的作用。因此，浇筑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。

浇筑和振捣混凝土的方法，要根据工程具体情况而定，不论采用哪种方法，一定要保证混凝土在浇筑和振捣时不产生离析，混凝土能得到充分振捣密实。

(一) 浇筑混凝土的一般规定

1. 混凝土经拌制和运输后，应在初凝前进行浇筑。

2. 混凝土自高处倾落时，其自由倾落高度不应超过 2 m；如自由倾落高度超过 2 m 时，应采用滑槽、串筒、漏斗等器具或通过模板上预留的孔口浇筑，如图 1-1 所示，以降低其自由高度，使其均匀下落，避免产生离析。

3. 在浇筑深而窄的结构物（立柱、薄墙）时，浇筑速度不宜过快，混凝土的流动度可随高度的上升而减小。

4. 混凝土应水平分层浇筑，并应边浇筑边捣实，浇筑层的厚度应根据拌合能力、运输条件、浇筑速度、捣实能力和结构要求等条件决定。也可采用表 1-3 的规定。

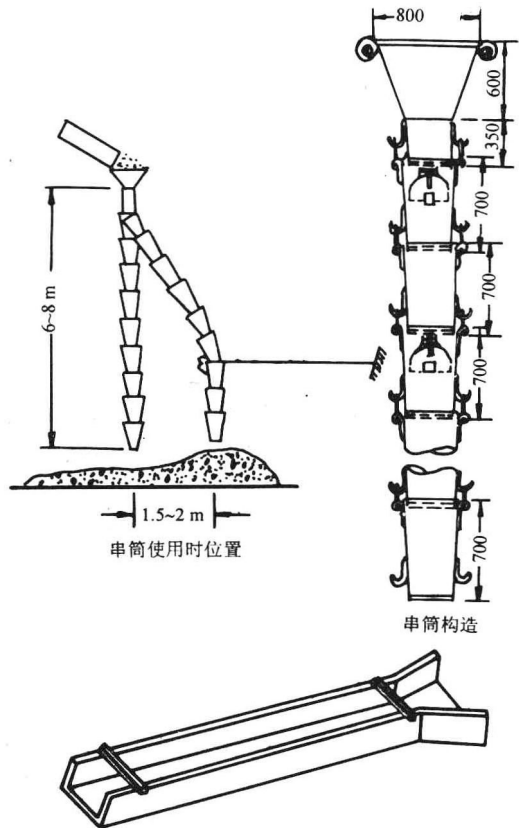


图 1-1 串筒溜槽 (单位: mm)

表 1-3 混凝土的浇筑层厚度

序号	振捣方法	浇筑层厚度 (mm)
1	插入式振捣	振捣器作用部分长度的 1.25 倍
2	表面振捣	
	①无筋或配筋稀疏的结构 ②配筋密列的结构	250 150
3	附着式振捣	300
4	人工捣固	200

注：混凝土浇筑层的厚度，系指捣实后的厚度。

5. 在混凝土浇筑过程中，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，应在不扰动已浇筑混凝土的条件下及时排除，并应稍加振实一遍。

6. 混凝土的浇筑宜连续进行。如必须间断，间断时间应根据环境温度、水泥性能、水灰比、外加剂类型等条件通过试验确定。当无试验资料时，对不掺外加剂的混凝土，间歇时间不宜超过 2 h；当温度高达 30 °C 左右时，可减为 1.5 h；当温度低至 10 °C 左右时，可延至 2.5 h；否则应按浇筑中断处理。同时应留置施工缝，并作出记录。施工缝的平面应与结

构的轴线相垂直，施工缝处应埋入适量接茬片石、钢筋或型钢，并使其体积露出混凝土外一半左右，以利上下层连接。

7. 当混凝土浇筑的间歇时间超过规定时，需待前层混凝土获得不少于 1.2 MPa 的抗压强度，并按施工缝处理后，方可继续浇筑。

混凝土的接缝是混凝土的薄弱环节。因此，在浇筑前应凿除接缝上的水泥砂浆薄膜和表面松动石子或松散混凝土层，并用有压水冲洗干净，使表面湿润又无积水。新混凝土浇筑前，宜在横向施工缝处先铺满一层厚约 15 mm，并与混凝土灰砂比相同而水灰比略小的水泥砂浆(竖向施工缝处可刷一层水灰比为 0.3 左右的薄水泥砂浆)或铺一层厚度约 30 cm 的混凝土，其粗骨料宜比新浇筑混凝土减少 10%，然后，再继续浇筑新一层混凝土。对接缝处的混凝土应加强捣实，使新旧层紧密结合。

8. 混凝土浇筑施工中，应设专人检查模板支架、钢筋、预埋铁件及预留孔洞等的位置和状态。当发现变形、走动或堵塞时，应立即暂停浇筑，并要在混凝土开始凝结前修整完好。

在混凝土浇筑施工时，应按规定填写“混凝土工程施工浇筑记录”。

(二) 混凝土振捣机械及捣实方法

混凝土拌制后浇筑入模，必须经过振捣，使其内部密实，并能充分填满模板各个角落，制成符合设计要求的构件。

混凝土振捣方法分机械和人工捣固，它是利用各种振捣器或工具，使混凝土受振，内部的空气和部分游离水被排挤出来，同时使砂浆充满石子间空隙，混凝土填满模板四周，以达到内部密实，表面平整，符合设计要求。

1. 机械振捣

振捣器类型很多，按其动力的驱动形式分为电动振捣器、内燃振捣器、风动振捣器等，目前常用的是电动振捣器。按其振捣方式又可分为插入式振捣器、附着式振捣器、平板式振捣器以及固定式振捣台和振动梁等。

(1) 内部振捣器(插入式)。它的优点是操作轻便，可振捣塑性和干硬性混凝土。软轴插入式振捣器适用于大体积和配筋较稀的混凝土工程。插入式振捣器使用操作时须注意以下几点：往混凝土内插入时，要顺其自然，用力不要猛，更不要使软轴折成死弯，振捣棒不要碰撞钢筋或模板，插入深度不要过深，每一插点要掌握好振捣时间。振捣时间过短，则不能使混凝土振实；过长，可能使混凝土产生离析。对于塑性混凝土尤其要注意。一般情况下，每一插点振捣约 20~30 s，最短不少于 10 s。

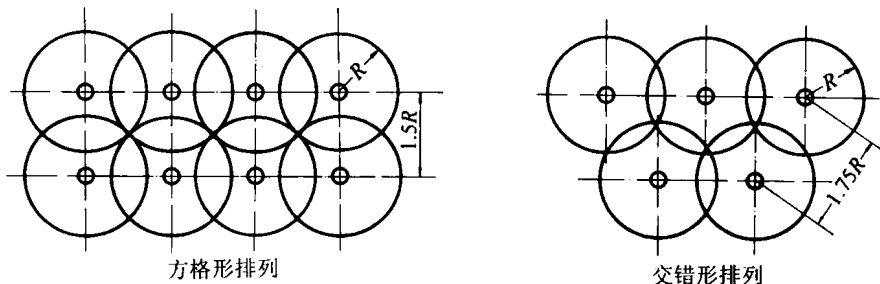


图 1-2 插点排列

由于振捣棒下部的振幅要比上部大得多，因此，每一插点在振捣时应将振捣棒上下抽动

5~10 cm, 使这层混凝土上下振捣均匀。每次插入应将振捣棒头插进下层混凝土 3~5 cm 左右, 使上下层混凝土结合密实。每一插点快振完时, 要慢慢拔出来, 这样, 在插拔过程中插孔周围的混凝土还受到振动, 能把插孔填满。各插点要均匀排列, 移动方式可按方格形或交错形进行。插点间距离不得大于作用半径 R 的 1.5 倍, 如图 1-2 所示。一般情况下振捣作用半径为 30~40 cm。

(2) 表面振捣器(平板式)。它振动深度较浅, 适用于捣实板状大块面积且厚度不厚的混凝土表面, 由一人或两人拉着慢慢向前移动。对于过厚的混凝土, 需分层浇筑, 每层厚度不能超过 20 cm。对于大面积的混凝土应分段振捣, 相邻两段之间应搭接 5 cm 左右, 以保证衔接处混凝土的密实。混凝土的振捣速度及次数, 要看混凝土的坍落度及浇筑厚度而定。一般可按下述情况来判断: 混凝土停止下沉并往上泛浆或表面已平整并均匀出浆, 当出现这些情况时, 即可移动振捣位置。振捣时间一般为 45~60 s。

振捣器使用完之后, 要将其清洗干净, 尤其是平面底板, 如有水泥浆粘上, 一定要清除, 否则下次振捣时, 混凝土表面就有凹印出现。

(3) 外部振捣器(附着式)。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, 振动时间视振层厚度及坍落度大小决定, 一般约为 2~5 min。

2. 人工振捣

采用人工振捣的混凝土, 应分层浇筑。每层用捣钎捣实, 特别是模板边缘。捣边时要用手锤轻敲模板, 使之抖动。振捣时应注意均匀进行, 大力振捣不如用小力而加快振捣有效。

五、混凝土的养护与拆模

混凝土经浇筑振捣后, 逐渐凝结、硬化, 这个过程主要由水泥的水化作用来完成, 而水化作用必须在适当的温度和湿度条件才能完成。因此, 为了保证混凝土有适当的硬化条件, 使其强度不断增长, 必须对混凝土进行养护。

空气干燥, 气候炎热, 风吹日晒, 均会使混凝土中水分蒸发过快, 影响混凝土中水泥的水化作用, 出现脱水现象, 使混凝土表面脱皮或起砂, 甚至内部也会松散, 降低其强度。而且在干燥环境下, 混凝土也会产生干缩裂纹, 破坏了它的耐久性。所以, 混凝土初期阶段的养护是非常重要的, 是保证其正常硬化, 防止出现脱水或干缩现象的一项必要的措施。

混凝土养护方法, 一般常采用自然养护或蒸汽养护。

(一) 自然养护

自然养护以浇水养护为主。浇水养护是在自然气温条件下(高于 +5 °C), 用湿草帘或湿麻袋将混凝土表面覆盖, 并经常浇水进行养护。

对于塑性混凝土, 应在振捣后的 12 h 内, 即加以覆盖和浇水; 干硬性混凝土在振捣后, 应立即覆盖, 并须加强浇水。

混凝土的浇水养护日期, 应根据所用水泥品种、气候条件及养护方法, 按有关规定办理(详见 TB 10210—97 表 5.12.2)。

浇水次数以能保持混凝土具有足够的湿润状态为宜。

养护混凝土所用的水, 其要求与拌制混凝土用水相同。

当新浇筑的混凝土与流动性的地表水或地下水接触时, 应采取临时防水、排水措施, 以免混凝土受到水流冲刷的影响。临时防水措施应延续到混凝土获得 50% 以上的设计强度,