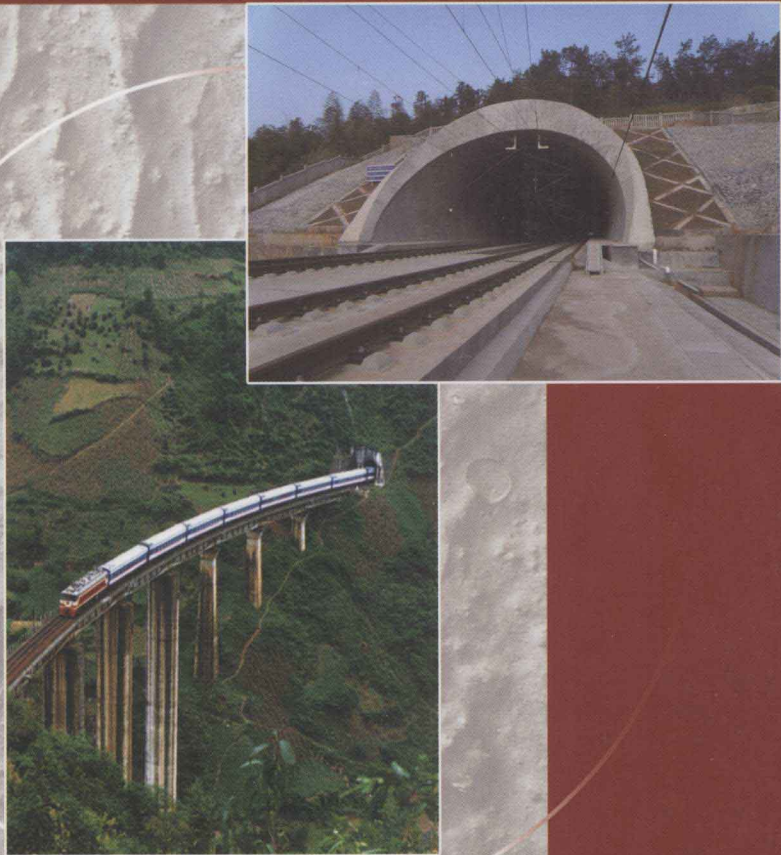




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 桥隧施工及养护 (高职)

罗荣凤 主编



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



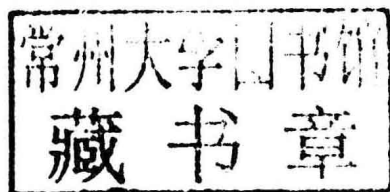
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 桥隧施工及养护

## (高 职)

罗荣凤 主编

葛俊颖 主审



中国铁道出版社

2011年·北京

## 内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。主要内容有:混凝土和钢筋混凝土工程施工,隧道,桥梁基础施工,桥梁墩台施工,桥梁上部结构施工,涵洞施工,桥涵顶进,桥隧养护概况,基本技术要求,桥涵养护作业,隧道病害类型及防治,防洪与抢修等。

本书为高职高专学校土建类教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥隧施工及养护/罗荣凤主编. —北京:中国铁道出版社,2011.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职)

ISBN 978-7-113-12455-7

I. ①桥… II. ①罗… III. ①桥梁工程—工程施工—高等学校—教材②隧道工程—工程施工—高等学校—教材③桥梁—维护—高等学校—教材④隧道—维护—高等学校—教材  
IV. ①U448.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第001005号

书 名: 桥隧施工及养护

作 者: 罗荣凤 主编

---

责任编辑: 程东海 李丽娟

电话: 010-51873135

教材网址: [www.tdjiaocai.com](http://www.tdjiaocai.com)

封面设计: 薛小卉

责任校对: 张玉华

责任印制: 陆 宁

---

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)

网 址: [www.tdpress.com](http://www.tdpress.com)

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

版 次: 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 15.75 字数: 391 千

书 号: ISBN 978-7-113-12455-7

定 价: 30.00 元

---

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504 路电(021)73187

# 前 言

加快铁路发展是国家“十一五”规划提出的明确要求,是解决铁路主要矛盾的根本出路,随着铁路建设的迅速发展,对从事铁路桥隧工程施工及维修养护的工程技术人员提出了更高的要求。为适应铁路工程的建设管理的需要。培养适合铁路建设发展需要的专业技术人才,我们组织编写了《桥隧施工及养护》一书,作为铁道工程及相关专业的教学用书。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据普通高等教育教学计划和课程教学大纲编写的。根据目前铁路桥隧的发展状况和学生的培养目标,本教材注重现场的实用性、适用性和先进性,对桥隧施工及养护维修的作业方法作了重点阐述。

本书系统地介绍了混凝土的施工知识,介绍了桥梁、隧道、涵洞等构造物的施工和维修养护的有关知识。

本书由湖南交通工程职业技术学院罗荣凤主编,石家庄铁道大学葛俊颖主审。参加编写的人员有:罗荣凤(第一、八、九、十、十一、十二、十三章),湖南交通工程职业技术学院刘德辉(第三、四、六章),天津铁道职业技术学院梁学忠(第二、五、七章)。

由于编者水平有限,书中有疏漏不妥之处,敬请专家、同行和广大读者不吝指出。

编 者  
2010年11月



# 目 录

## 第一篇 桥隧施工

<b>第一章 混凝土和钢筋混凝土工程施工</b> .....	1
第一节 一般混凝土施工.....	1
第二节 特殊混凝土施工.....	10
第三节 混凝土冬期施工.....	17
第四节 钢筋加工.....	20
复习思考题.....	26
<b>第二章 隧    道</b> .....	28
第一节 隧道概述.....	28
第二节 铁路隧道构造.....	30
第三节 山岭隧道的常规施工方法.....	38
第四节 隧道施工基本作业.....	43
第五节 隧道施工辅助作业.....	51
第六节 新奥法.....	56
第七节 铁路客运专线隧道简介.....	61
复习思考题.....	65
<b>第三章 桥梁基础施工</b> .....	66
第一节 概    述.....	66
第二节 明挖基础施工.....	66
第三节 打入桩基础施工.....	71
第四节 钻(挖)孔桩基础施工.....	74
第五节 沉井基础施工.....	81
复习思考题.....	87
<b>第四章 桥梁墩台施工</b> .....	89
第一节 混凝土墩台、石砌墩台施工.....	89
第二节 高桥墩.....	95
第三节 附属工程.....	97

复习思考题	101
<b>第五章 桥梁上部结构施工</b>	<b>102</b>
第一节 概    述	102
第二节 钢筋混凝土桥跨的整孔架设	106
复习思考题	112
<b>第六章 涵洞施工</b>	<b>113</b>
第一节 概    述	113
第二节 圆管涵施工	115
第三节 混凝土拱涵与石砌拱涵的施工	118
复习思考题	121
<b>第七章 桥涵顶进</b>	<b>122</b>
第一节 概    述	122
第二节 顶进前的工作	123
第三节 传力设备	131
第四节 顶进组织及工艺	132
第五节 各种顶进方法	138
复习思考题	145
<b>第二篇 桥隧养护</b>	
<b>第八章 桥隧养护概况</b>	<b>146</b>
第一节 桥隧养护工作的基本要求	146
第二节 桥隧养护的基本内容	148
复习思考题	151
<b>第九章 基本技术要求</b>	<b>152</b>
第一节 限    界	152
第二节 桥涵的孔径与净空	153
第三节 基础埋置深度	153
第四节 刚    度	154
复习思考题	155
<b>第十章 桥    面</b>	<b>156</b>
第一节 桥面的种类	156
第二节 桥上线路	158
第三节 伸缩调节器	162
第四节 护    轨	165

第五节 桥 枕	166
第六节 防爬设备	169
复习思考题	170
<b>第十一章 桥涵养护作业</b>	<b>171</b>
第一节 钢桥养护	171
第二节 圯工梁拱和墩台的养护	183
第三节 支座保养及修理	190
第四节 涵洞养护	196
复习思考题	200
<b>第十二章 隧道病害类型及防治</b>	<b>201</b>
第一节 隧道水害及防水	201
第二节 隧道衬砌裂损及防治	209
第三节 隧道冻害	215
第四节 洞门病害及防治	220
第五节 整体道床病害防治	221
第六节 明洞病害及防治	225
复习思考题	226
<b>第十三章 防洪与抢修</b>	<b>227</b>
第一节 桥涵防洪、防寒与防凌	227
第二节 紧急抢修	233
复习思考题	240
<b>参考文献</b>	<b>241</b>

# 第一篇 桥隧施工

## 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、隧道和房屋建筑等工程中应用极为广泛。混凝土工程施工包括配料、拌制、运输、浇筑、养护、拆模等施工过程。

##### 一、混凝土制备

###### (一)混凝土的配制

混凝土配制时除满足强度要求外,还应具有较好的和易性,便于操作。

###### 1. 混凝土施工配合比的含水率调整

试验室的配合比为水泥:砂:石子=1: $x$ : $y$ ,水灰比为 $W/C$ ,现场测得的砂、石含水率分别为 $W_x$ 、 $W_y$ ,则施工配合比应为水泥:砂:石子=1: $x(1+W_x)$ : $y(1+W_y)$ ;水的总用量不变,但必须减去砂、石中的含水率,即实际用水量= $W$ (原用水量) $-x \cdot W_x - y \cdot W_y$ 。

###### 2. 配料精度

工地上配制的混凝土配合比应严格按试验室的规定执行,以确保混凝土达到设计要求的强度等级。如前所述,混凝土的强度值对水灰比的变化十分敏感,根据试验资料表明:如配料时水泥偏差值为 $-2\%$ ,水为 $+2\%$ ,则混凝土的强度要降低 $8.9\%$ 。因此,C60以下的混凝土在现场的配料精度应控制在下列数值范围内:

水泥、外掺混合材料为 $\pm 2\%$ ;粗细骨料为 $\pm 3\%$ ;水、外加剂溶液为 $\pm 2\%$ 。

###### (二)混凝土搅拌机选择

###### 1. 自落式搅拌机

自落式搅拌机的工作原理,是利用旋转着的搅拌筒上的叶片,使物料在重力作用下,相互穿插、翻拌、混合,以达到均匀拌和的目的。此类搅拌机多用于塑性混凝土和低流动性混凝土搅拌。筒体和叶片磨损较小,易于清理;但动力消耗大、效率低,搅拌时间一般为每盘 $90 \sim 120$  s。目前正日益被强制式搅拌机所代替。图 1-1 为自落式锥形反转出料搅拌机。

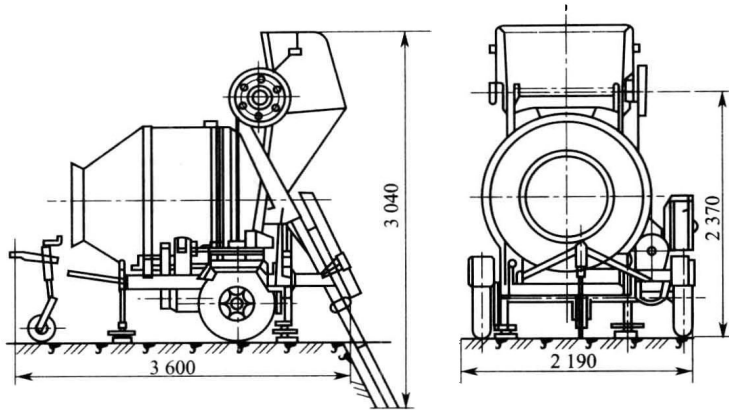


图 1-1 自落式锥形反转出料搅拌机(单位:mm)

## 2. 强制式搅拌机

强制式搅拌机工作原理是依靠旋转的叶片对物料产生剪切、挤压、翻转和抛出等的组合作用进行拌和。这种搅拌机的搅拌作用强烈、搅拌均匀、生产率高、操作简便、安全等,适用于干硬性混凝土和轻骨料混凝土的拌制,也可以拌制低流动性混凝土,但搅拌部件磨损严重,功率消耗大,多用于搅拌站或预制厂。图 1-2 为涡浆式强制搅拌机。

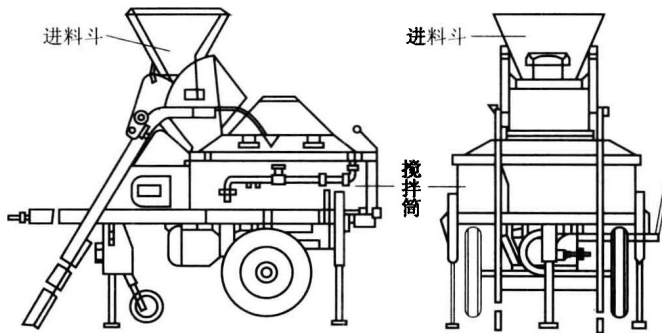


图 1-2 涡浆式强制搅拌机

选择混凝土搅拌机时,要根据工程量大小、混凝土浇筑强度、坍落度、骨料粒径等条件而定。选择搅拌机容量时不宜超载,如超过额定容积的 10% 时,就会影响混凝土的均匀性;反之,则影响生产效率。

## 3. 搅拌机使用注意事项

(1) 安装搅拌机应设置在平坦位置,用方木垫起前后轮轴,使轮胎搁高架空,以免搅拌机开动时发生走动。固定式搅拌机要装在固定的机座或底架上。

(2) 检查电源接通后,必须仔细检查并经 2~3 min 空车试转,合格后方可使用。试运转时,应校验拌筒转速是否合适。一般情况下,空车速度比重车稍快 2~3 转,如相差较多时,应调整动轮与传动轮的比例。拌筒的旋转方向应符合箭头指示方向,如不符合应更正电动机接线。

检查传动离合器和制动器是否灵活可靠、钢丝绳有无损坏、轨道滑轮是否良好、周围有无障碍以及各部位的润滑情况等。



(3)保护电动机应装设外壳或采用其他保护措施,防止水分和潮气浸入而损坏,电动机必须安装启动开关,速度由缓变快。

开机后经常注意搅拌机各部件的运转是否正常,停机时经常检查搅拌机叶片是否打弯、螺钉有否打落或松动。

当混凝土搅拌完毕或预计停歇 1 h 以上时,除将余料出净外,应用石子和清水倒入拌筒内,开机转动 3~5 min,把粘在料筒上的砂浆清洗干净后全部卸出,料筒内不得有积水,以免料筒和叶片生锈。同时还应清理搅拌筒外积灰,使机械保持完好。

### (三)搅拌制度

#### 1. 搅拌时间

搅拌时间过短,混凝土不均匀,强度及和易性均降低;如适当延长搅拌时间,混凝土强度会有增长。例如自落式搅拌机如延长搅拌时间 2~3 min,混凝土强度有较显著的增长,但再增加时间,强度则增加较少,而塑性有所改善;如搅拌时间过长,会使不坚硬的骨料发生破碎或掉角,反而降低了强度。因此,搅拌时间不宜超过规定时间的 3 倍。表 1-1 为普通混凝土的最短搅拌时间。

表 1-1 普通混凝土的最短搅拌时间(单位:s)

混凝土的坍落度(cm)	搅拌机类型	搅拌机容积(L)		
		<250	250~500	>500
≤3	自落式	90	120	150
	强制式	60	90	120
>3	自落式	90	90	120
	强制式	60	60	90

注:1.当掺有外加剂时搅拌时间应适当延长;

2.全轻混凝土宜采用强制式搅拌机,砂轻混凝土可采用自落式搅拌机,搅拌时间均应延长 60~90 s;

3.高强混凝土应采用强制式搅拌机搅拌,搅拌时间应适当延长。

搅拌时间是指从原材料全部投入搅拌筒开始搅拌时起,至开始卸料为止所经历的时间。轻骨料及掺有外加剂的混凝土均应当适当延长搅拌时间。

#### 2. 加料顺序

常用投料方法有一次投料法和二次投料法两种。

一次投料法应用最普遍。对自落式搅拌机采用一次投料法应先在筒内加部分水,然后在搅拌机料斗中依次装石子、水泥、砂,一次投料,同时陆续加水。这种投料方法可使砂子压住水泥,使水泥粉尘不致飞扬,并且水泥和砂先进入搅拌筒形成水泥砂浆,缩短包裹石子的时间。对于强制式搅拌机,因出料口在下面,不能先加水,应在投入干料的同时,缓慢均匀分散地加水。

二次投料法有水泥裹砂法、预拌水泥砂浆法和预拌水泥浆法。

水泥裹砂法是先加一定量的水,将砂表面的含水量调节到某一定值,再将石子加入与湿砂一起搅拌均匀,然后投入全部水泥,与湿润后的砂、石拌和,使水泥在砂、石表面形成一低水灰比的水泥浆壳,最后将剩余的水和外加剂加入,搅拌成混凝土。这种工艺与一次投料法相比可提高强度 20%~30%,而且混凝土不易产生离析现象、泌水性也大为降低,施工性也好。

预拌水泥砂浆法是将水泥、砂和水加入强制式搅拌机中搅拌均匀,再加石子搅拌成混凝土。此法与一次投料法相比可减水 4%~5%,提高混凝土强度 3%~8%。预拌水泥浆法是先

将水泥加水充分搅拌成均匀的水泥净浆,再加入砂、石搅拌成混凝土,可改善混凝土内部结构、减少离析、节约水泥 20%或提高混凝土强度 15%。

### 3. 进料容量

进料容量指可装入搅拌机的材料体积之和。装料过多(超过进料容量的 10%),会使搅拌筒中无充分的拌和空间;装料过少,则不能发挥搅拌机的效率。进料容量标于搅拌机性能表中。搅拌机规格用出料容量表示,出料容量与进料容量有一定的关系。

#### (四)混凝土搅拌站

根据竖向工艺布置的不同,混凝土搅拌站分单阶式和双阶式两种。单阶式适用于固定式大型混凝土搅拌站(厂),双阶式适用于施工现场搅拌站。

## 二、混凝土运输

混凝土在运输过程中的一般要求:

1. 应保持混凝土的均匀性,不产生严重离析现象,否则浇筑后容易形成蜂窝或麻面。
2. 应保证混凝土在初凝前浇入模板内并捣实完毕。
3. 道路尽可能平坦且运距尽可能短,为此,搅拌站位置应布置适中。
4. 尽量减少混凝土转运次数,或不转运。

混凝土从搅拌机卸出后到浇筑完毕的延续时间不得超过表 1-2 中所列的数值。若使用快硬水泥或掺有促凝剂的混凝土,其运输时间应由试验确定;轻骨料混凝土的运输、浇筑延续时间应适当缩短。

表 1-2 混凝土从搅拌机中卸出后到浇筑完毕的延续时间(单位:min)

混凝土强度等级	气温低于 25 ℃	气温高于 25 ℃
C30 及 C30 以下	120	90
高于 C30	90	60

运输混凝土的工具(容器)应不吸水、不漏浆。天气炎热时,容器应遮盖,以防阳光直射而水分蒸发。容器在使用前应先用水湿润。

混凝土运输分水平运输、垂直运输和混凝土泵运输。

## 三、混凝土浇筑和振捣

混凝土的浇筑工作包括布料摊平、捣实和抹面修整等工序。混凝土浇筑质量的好坏,直接影响结构的承载能力和耐久性。因此,混凝土浇筑必须均匀密实,强度符合要求;保证结构构件几何尺寸准确;钢筋和预埋件位置准确;拆模后混凝土表面平整光洁。混凝土浇筑前应检查模板的尺寸、轴线位置及其支架强度及稳定性是否合格,检查钢筋的位置、数量等,并将检查结果做好记录。在混凝土浇筑过程中,应随时填写“混凝土工程施工日志”。

### (一)混凝土浇筑的一般要求

#### 1. 浇筑前的准备工作

在地基或基土上浇筑混凝土时应清除淤泥和杂物,并应有排水或防水措施。对干燥的非黏性土,应用水湿润;对未风化的岩石,应用水清洗,但其表面不得留有积水。

模板上的杂物和钢筋上的油污等应清理干净;模板的缝隙和孔洞应予堵严;模板应浇水润湿,但不得有积水。

## 2. 浇筑的基本要求

(1) 防止混凝土离析,混凝土离析会影响混凝土均质性。因此除在运输中应防止剧烈颠簸外,混凝土在浇筑时自由下落高度不宜超过 2 m,否则应用串筒、斜槽等下料。

(2) 在浇筑竖向结构混凝土前,应先在浇筑处底部填入 50~100 mm 厚与混凝土内砂浆成分相同的水泥浆或水泥砂浆。

(3) 在降雨、雪时不宜露天浇筑混凝土。当需浇筑时应采取有效措施,确保混凝土质量。

(4) 混凝土应分层浇筑。为了使混凝土能振捣密实,应分层浇筑分层捣实。但两层混凝土浇筑时间间歇不超过规范规定。

(5) 混凝土应连续浇筑,当必须有间歇时,其间歇时间宜缩短,并应在下层混凝土初凝前将上层混凝土浇筑振捣完毕。

(6) 在混凝土浇筑过程中应经常观察模板及其支架、钢筋、埋设件和预留孔洞的情况。

当发现有移位时,应立即停止浇筑,并应在已浇筑的混凝土初凝前修整完毕。

### (二) 混凝土的振捣捣实

混凝土拌和物浇入模板后,呈疏松状态,其中含有占混凝土体积 5%~20%(体积分数)的空隙和气泡。必须经过振实,才能使浇筑的混凝土达到设计要求。捣实混凝土有人工和机械振捣两种方式。

人工捣实是用人工冲击(夯或插)来使混凝土密实、成型。人工只能将坍落度较大的塑性混凝土捣实,但密实度不如机械振捣,故只有在特殊情况下才用人工捣实,目前工地大部分采用机械振捣新浇筑的混凝土。

用于振动捣实混凝土拌和物的机械,按其工作方式可分为:内部振动器(也称插入式振动器)、表面振动器(也称平板振动器)、外部振动器(也称附着式振动器)和振动台四种,见图 1-3。

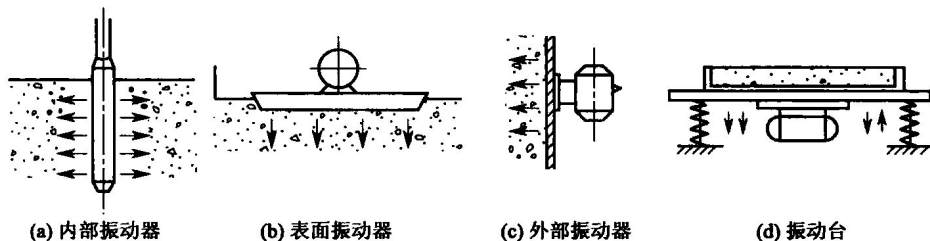


图 1-3 振动机械示意图

### 1. 内部振动器(插入式振动器)

操作要点:

(1) 要“快插慢拔”。“快插”是为了防止先将混凝土表面振实,与下面混凝土产生分层离析现象,“慢拔”是为了使混凝土填满振动棒抽出时形成的空洞。

(2) 振动器插点要均匀排列,可采取“行列式”或“交错式”,防止漏振。捣实普通混凝土每次移动位置的距离(即两插点间距)不宜大于振动器作用半径的 1.5 倍(振动器的作用半径一般为 300~400 mm),最边缘的插点距离模板不应大于有效作用半径的 0.5 倍;振实轻骨料混凝土的移动间距,不宜大于其作用半径。

(3) 每一插点的振捣延续时间,应使混凝土表面呈现浮浆和不再沉落。一般每点振捣时间为 20~30 s,使用高频振动器时,亦应大于 10 s。

(4)混凝土分层浇筑时,每层混凝土厚度应不超过振动棒长的1.25倍;在振捣上一层时应插入下层混凝土的深度不应小于5 cm,以消除两层间的接缝,同时要在下层混凝土初凝前进行。在振捣过程中,宜将振动棒上下略为抽动,使上下振捣均匀。

(5)振捣器应避免碰撞钢筋、模板、芯管、吊环、预埋件或空心胶囊等。

## 2. 表面振动器(平板振动器)

平板振动器适用于表面积大且平整、厚度小的结构或预制构件。使用时的操作要点如下:

(1)平板振动器在每一位置上应连续振动一定时间,一般为25~40 s,以混凝土表面均匀出现浮浆为准。

(2)振捣时的移动距离应保证振动器的平板能覆盖已振实部分的边缘,前后位置相互搭接3~5 cm,以防漏振。

(3)有效作用深度,在无筋及单筋平板中约20 cm;在双筋平板中约12 cm。

(4)大面积混凝土地面,可采用两台振动器,以同一方向安装在两条木杠上,通过木杠的振动使混凝土振实。

(5)振动倾斜混凝土表面时,应由低处逐渐向高处移动。

## 3. 外部振动器(附着式振动器)

外部振动器直接安装在模板外侧,利用偏心块旋转时产生的振动力,通过模板传递给混凝土。适用于钢筋较密、厚度较小、不宜使用插入式振动器的结构构件。使用时的操作要点如下:

(1)附着式振动器的振动作用深度约为25 cm,如构件尺寸较厚,需在构件两侧安设振动器同时振动。

(2)混凝土浇筑高度要高于振动器安装部位。当钢筋较密、构件断面较深较窄时,亦可采用边浇筑边振动的方法。

(3)设置间距应通过试验确定,并应与模板紧密连接。

## 4. 振动台

振动台是混凝土构件成型工艺中生产效率较高的一种设备,适用于混凝土预制构件的振捣。使用时的操作要点如下:

(1)当混凝土厚度小于20 cm时,混凝土可一次装满振捣;如厚度大于20 cm时,应分层浇筑,每层厚度不大于20 cm,随浇随振。

(2)当采用振动台振实干硬性和轻骨料混凝土时,宜采用加压振动的方法,压力为1~3 kN/m<sup>2</sup>。

## (三)施工缝的设置

### 1. 设置施工缝位置的一般要求

施工缝的位置应在混凝土浇筑之前确定,并宜留在结构抗剪较小且便于施工的部位。

### 2. 施工缝施工的注意事项

在施工缝处浇筑混凝土时,应符合下列规定:

(1)已浇筑的混凝土,其抗压强度不小于1.2 N/mm<sup>2</sup>时才可进行施工缝施工。混凝土达到1.2 N/mm<sup>2</sup>强度所需的时间,应根据水泥品种、外加剂种类、混凝土配合比及外界的温度,通过试块试验确定。

(2)在已凝结硬化的混凝土表面上,应清除水泥浆膜和松散石子以及软弱混凝土层并凿毛,然后加以充分湿润和冲洗干净,且不得积水。

(3)在浇筑混凝土前,宜先在施工缝处铺一层水泥浆或与混凝土成分相同的水泥砂浆。

(4)施工缝处的混凝土表面应加强振捣,使新旧混凝土紧密结合。

(四)混凝土的浇筑

1. 分层浇筑

混凝土浇筑应分层,浇筑层厚度应符合表 1-3 规定。

表 1-3 混凝土浇筑层的厚度(单位:mm)

捣实混凝土的方法		浇筑层厚度
插入式振捣		振动器棒长 1.25 倍
表面振动器振捣		200
人工捣实	基础,无筋混凝土或配筋稀疏的结构	250
	梁柱,墙板	200
	配筋密的结构	150
轻骨料混凝土	插入式振捣	300
	表面振动器振捣(振捣时要加荷)	200

2. 连续浇筑

浇筑混凝土应连续进行。混凝土的运输、浇筑的间歇时间不得超过表 1-4 规定。

表 1-4 混凝土的凝结时间(单位:min)

混凝土强度	气温(°C)	
	低于 25	高于 25
C30 及 C30 以下	210	180
C30 以上	180	150

3. 大体积混凝土的浇筑

(1)大体积混凝土的浇筑应合理地分段分层进行,使混凝土沿高度均匀上升;浇筑宜在室外气温较低时进行,混凝土浇筑温度不宜超过 28 °C。

(2)大体积混凝土整体性要求高,通常不允许留施工缝。若需留置施工缝应根据结构大小、钢筋疏密等具体情况,可选用图 1-4 所示的全面分层、分段分层、斜面分层等方案。

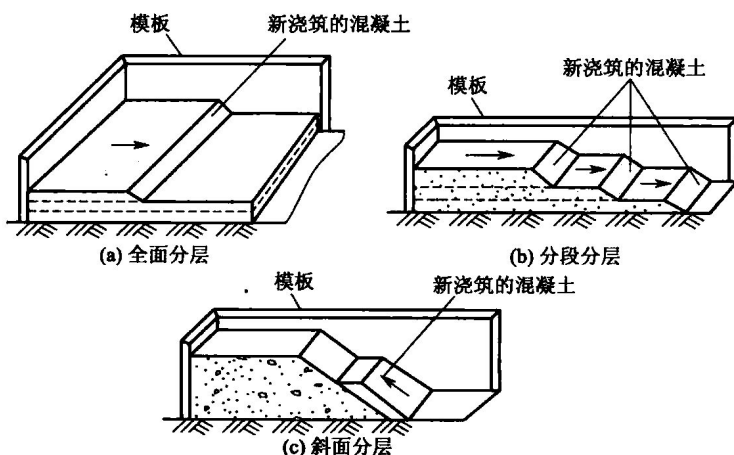


图 1-4 大体积混凝土浇筑方案



(3) 浇筑大体积混凝土时,由于水泥水化热大,形成较大的温度应力,以致混凝土易产生温度裂缝。此时可采取下列措施:

① 选用水化热较低的水泥(如矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥等)来配制混凝土。

② 掺加缓凝剂或缓凝型减水剂。

③ 选用级配良好的骨料,严格控制砂石含泥量;减少水泥用量,降低水灰比;注意振捣,以保证混凝土的密实性,减少混凝土的收缩和提高混凝土的抗拉强度。

④ 降低混凝土的入模温度。在气温较高时,砂石堆场、运输设备上搭设遮阳装置,或采用低温水或冰水拌制混凝土。

⑤ 加强混凝土的保湿、保温养护,严格控制大体积混凝土内外温差。当设计无具体要求时,温差不宜超过  $25^{\circ}\text{C}$ 。采用保温材料或蓄水养护,减少混凝土表面的热扩散及延缓混凝土内部水化热的降温速率,以避免或减少温度裂缝。

⑥ 扩大浇筑面积、散热面、分层分段浇筑。

#### 四、混凝土养护与拆模

混凝土养护分自然养护和蒸汽养护。

##### (一) 自然养护

自然养护是指在日平均气温高于  $+5^{\circ}\text{C}$  的自然条件下,对混凝土采取的覆盖、浇水、挡风、保温等的养护措施。

##### 1. 覆盖浇水

对已浇筑完毕的混凝土应加以覆盖和浇水,其养护要点如下:

(1) 应在混凝土浇筑后的 12 h 内对混凝土加以覆盖和浇水。一般情况下,混凝土的裸露表面应覆盖吸水能力强的材料,如麻袋、草席、锯末、砂、炉渣等。

(2) 混凝土浇水养护时间,对采用硅酸盐水泥、普通水泥或矿渣水泥拌制的混凝土,不得少于 7 d;当环境水具有侵蚀作用时,应延续到混凝土获得 75% 以上的设计强度为止,并不得少于 10 d;对掺有缓凝型外加剂或有抗渗要求的混凝土,不得少于 14 d;对采用其他品种水泥时,混凝土的养护应根据所用水泥的性能确定。

(3) 浇水次数应能保持混凝土处于润湿状态。

(4) 混凝土养护用水应与拌制用水相同。

(5) 当日平均气温低于  $+5^{\circ}\text{C}$  时不得浇水。

##### 2. 塑料薄膜养护

将混凝土裸露的全部表面用塑料布覆盖严密,并保持塑料布内有凝结水。

高耸结构如烟囱、立面较大的池罐等,若在混凝土表面不便浇水或覆盖时,宜涂刷或喷洒薄膜养生液等,形成不透水的塑料薄膜,使混凝土表面密封养护,防止混凝土内部水分蒸发,保证水泥充分水化。

##### (二) 蒸汽养护

蒸汽养护就是将浇筑成型的混凝土构件置于固定的养护坑(或棚、窑)内,宜先静置 2~6 h,然后通以蒸汽,使混凝土在较高的温度和湿度的条件下迅速凝结、硬化,达到要求的强度。

蒸汽养护能大大加快模板的周转,缩短整个生产过程的周期。蒸汽养护目前主要用于预制厂内构件生产。对于现浇结构,如果保温设施具备,也可采用蒸汽养护,但应按有关施工规

定办理。

### (三) 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。如果拆模过早,因混凝土未达到一定的强度,在自重和外力的作用下,将产生变形甚至断裂。因此,拆模时间取决于所拆模板的承重状态与混凝土强度大小。一般应考虑以下因素:气温低拆模要晚;水泥强度增长慢比增长快的要晚拆;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;承重底模比不承重底模要晚拆。对较复杂的大型结构应按所拟订拆模方案进行。

混凝土或钢筋混凝土结构拆模时的强度应符合设计要求,当设计无要求时应符合下列规定:

1. 不承重的侧面模板,应在混凝土强度达到能保证其表面及棱角不因拆除而受损时,方可拆模;一般情况宜使混凝土强度达到 2.5 MPa 以上方可拆模。

2. 承重的底面模板应在混凝土强度足以安全地承受其结构自身重力和外加施工荷载时,方可拆模。拆模时混凝土的强度不得低于表 1-5 的规定。

表 1-5 拆除底模时所需混凝土强度

结构类型	结构跨度(cm)	设计混凝土强度的百分率(%)
板、拱	$L \leq 2$	50
	$2 < L \leq 8$	75
	$L > 8$	100
梁	$L \leq 8$	75
	$L > 8$	100
悬臂梁板	$L \leq 2$	75
	$L > 2$	100

在新浇筑混凝土强度未达到 1.2 MPa 以前,不得在其表面上来往行人、堆放机具、架设上层结构用的支撑或模板等设施。

拆模工作应按立模顺序逆向进行,不应使混凝土损伤,并应减少模板破损。利用吊车拆卸模板时,必须使模板与混凝土完全脱落后方可吊运。拆除临时埋设于混凝土中的木塞和其他预埋部件时,应采取措施防止混凝土受到损伤。拆模后的建筑物,应在混凝土获得 100% 设计强度后,方可承受全部设计荷载。拆除模板时,不应影响混凝土的继续养护工作。模板及支架的拆除情况,以及混凝土构件的检查情况应记录在“工程日记簿”内。

## 五、混凝土的质量检查与一般缺陷的修补

### (一) 混凝土的质量检查

#### 1. 混凝土在施工前的检查

(1) 混凝土原材料的质量是否合格(包括水泥、砂、石、水和各种外加剂)。

(2) 配合比是否正确。首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定,其工作性能应满足设计配合比的要求。混凝土拌制前,应测定砂、石含水率并根据测试结果调整材料用量,提出施工配合比。

#### 2. 混凝土在拌制和浇筑过程中的质量检查

- (1) 混凝土拌制计量准确,其原材料每盘称量的偏差应符合相应的规定。
- (2) 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。同一施工段的混凝土应连续浇筑,并应在底层混凝土初凝之前将上一层混凝土浇筑完毕。
- (3) 后浇带的留置位置应按设计要求和施工技术方案确定。后浇带混凝土浇筑应按施工技术方案进行。
- (4) 混凝土浇筑完毕后,应按施工技术方案及时采取有效的养护措施。

### 3. 混凝土在养护后的检查

养护后主要检查结构构件混凝土强度和轴线、标高、几何尺寸等。如有特殊要求,还应检查混凝土的抗冻性、抗渗性等指标。

(1) 混凝土的强度等级必须符合设计要求。用于检查结构构件混凝土强度的试件,应在混凝土的浇筑地点随机抽取。取样与试件留置应符合下列规定:

- ① 每拌制 100 盘且不超过  $100\text{ m}^3$  的同配合比混凝土,取样不得少于一次。
- ② 每工作班拌制的同配合比混凝土不足 100 盘时,取样不得少于一次。
- ③ 每一结构层、同一配合比的混凝土,取样不得少于一次。
- ④ 当一次连续浇筑超过  $1\ 000\text{ m}^3$  时,同一配合比的混凝土每  $200\text{ m}^3$  取样不得少于一次。
- ⑤ 每次取样应至少留置一组标准试件,同条件养护试件的留置组数,可根据实际需要确定。

(2) 对有抗渗要求的混凝土结构,抗渗性能符合要求。其混凝土试件应在浇筑地点随机取样。同一工程、同一配合比的混凝土,取样不应少于一次;留置组数可根据实际需要确定。

(3) 现浇结构的外观质量不应有严重缺陷,不宜有一般缺陷。

(4) 现浇结构不应有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。混凝土设备基础不应有影响结构性能和设备安装尺寸偏差。

(5) 现浇结构的形状、截面尺寸、轴线位置及标高等应符合设计的要求,其偏差不得超过《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)或《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB 10424—2003)规定的允许偏差值。

#### (二) 混凝土表面缺陷的修整

在混凝土的施工中,往往由于思想上和技术上的疏忽,使混凝土构件产生各种缺陷,如蜂窝、裂缝、露筋等。对这些构件必须加以修整,必要时还应补强。

对蜂窝麻面应首先将其全部深度内的薄弱层凿除,清理干净,并以高压水冲洗润湿(坑注内不得存水),再用 1:2~1:2.5 的水泥砂浆填补抹平。若蜂窝较深,宜用低坍落度且比原混凝土强度等级高一级的细粒混凝土填补捣实,并在新补混凝土处设挡板,同时应对新补砂浆或混凝土加强养护。也可用环氧树脂拌制的混凝土或砂浆进行修补。

对混凝土发生的裂缝,应仔细观察。若裂缝不深,仅限于表面而且不再发展扩大时,可压注热沥青、水泥浆或环氧树脂进行修补。

对影响或减弱结构性能较严重的缺陷,应会同有关部门共同检查、分析,研究处理方法。

## 第二节 特殊混凝土施工

本节主要介绍水下混凝土、泵送混凝土、防水混凝土、喷射混凝土的施工方法和要求。