



从校园到职场

CONG XIAOYUAN DAO ZHICHANG

混凝土结构 工程施工

—— 专业技能入门与精通

郭丽峰 张守斌 主编

独特写作架构+丰富从业经验=快速提高职业技能

精炼专业知识+典型工程实践=完全掌握专业技巧



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

从校园到职场

混凝土结构工程施工

——专业技能入门与精通

郭丽峰 张守斌 主编



机械工业出版社

本书内容包括：混凝土结构工程施工基础知识、混凝土结构工程施工管理、混凝土配合比设计、混凝土施工技术、混凝土工程施工等内容。

本书简明易懂、综合性强、内容丰富，可作为混凝土结构工程施工人员学习的参考书，特别适合从校园到职场的毕业生用来提高设计、施工和管理的水平，本书还可以作为职业技术教育相关专业的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

混凝土结构工程施工：专业技能入门与精通/郭丽峰主编. —北京：机械工业出版社，2014. 1

（从校园到职场）

ISBN 978-7-111-44244-8

I. ①混… II. ①郭… III. ①混凝土结构—混凝土施工 IV. ①TU755

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 234144 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张 晶 责任编辑：张 晶 陈将浪

版式设计：常天培 责任校对：赵 蕊

封面设计：路恩中 责任印制：李 洋

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10.25 印张·251 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-44244-8

定价：39.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

目前，我国正处于经济和建设飞速发展时期。纵观整个市场经济的现状，随着运营体制逐渐完善，我国的综合国力不断增强。作为经济建设的重要保障，城乡建设在我国国民经济中的地位日益突出，而建筑施工是整个建设环节中尤为重要的一环。

建筑产品要想实现最终竣工合格，必须依靠建筑施工人员完成从设计蓝图到建筑实体的转化，所以每一个施工人员都肩负着重要的施工使命，是他们将设计图样中的建筑线条和数据，用每一砖、每一瓦建成了实实在在的建筑空间。那么，由此便不难断定，基层施工人员的技术水平，直接影响到工程项目施工的进度和质量，也关系到建筑物的经济效益及社会效益，还关系到广大用户的生命与财产安全，同时也关系到建设企业的信誉与前途。

近年来，各高校土木工程专业的毕业生数量一直呈现出增长趋势，他们的加入为土木建设增添了新鲜的血液，注入了新的活力，可也显露出了新的问题。这些初出茅庐的高校毕业生，大部分人在进入工作岗位之后，并不能迅速地成为一名合格的管理者以致独当一面，他们需要花费大量的时间进行学习与实践才能成长起来。如何让他们的管理能力和技术水平得到快速的提高？这就迫切需要一些可供他们在工作时学习和参考的具有较高实用价值的资料性读物。针对这一系列问题，同时本着为行业打造精英的原则，旨在为工程施工企业培训各岗位合格的管理人员，编写组成员均由长期工作和考察在工程施工一线的专家、学者组成。为确保书籍内容的现势性和准确性，并为读者提供优质的学习材料，编写小组成员深入走访了大量的施工现场及重点工程。

编写小组经过努力，针对施工现场管理技能编写了一套“从校园到职场”系列丛书。本丛书充分考虑了读者的知识需求，严格按照国家现行的规范、技术标准和规范性文件进行编写，涵盖了先进、成熟、现势、系统、实用的建筑工程施工现场技术，用新技术、新方法、新工艺、新形式系统地诠释了当代建筑工程施工现场技术的应用。我们坚信，我们的努力不会白费，也真诚地希望广大的读者朋友每天可以从繁忙的工作之中抽出一点宝贵的时间来阅读、学习本丛书。

本丛书编写的主要特点：图书内容以读者必须要掌握和提高的专业知识为主线，内容简洁、明了，便于广大读者阅读和掌握；对知识的讲解采取循序渐进的方式，适合新手尽快入门成为管理高手；在内容的表达方面，灵活新颖是其主要特色，杜绝了以往建筑类图书枯燥乏味的现状，一切从实战出发。

限于编者的水平，书中不妥与疏漏之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正，在此谨表谢意。

编 者

目 录

前言

第一章 混凝土结构工程施工

基础知识 1

第一节 混凝土结构工程的特点、类型 1

第二节 混凝土结构工程施工图识读 2

第三节 混凝土结构工程施工常用规范、标准、规程 5

第四节 混凝土结构工程施工常用材料和工（器）具 6

第五节 混凝土结构工程施工常用设备 16

第二章 混凝土结构工程

施工管理 22

第一节 混凝土结构工程施工成本管理 22

第二节 混凝土结构工程施工进度管理 23

第三节 混凝土结构工程施工质量管理 24

第四节 混凝土结构工程施工安全管理 26

第五节 混凝土结构工程施工环境管理 27

第六节 混凝土结构工程施工合同管理 27

第七节 混凝土结构工程施工信息管理 28

第三章 混凝土配合比设计 29

第一节 设计的方法与步骤 29

第二节 设计参数 31

第三节 计算方法 32

第四节 试配、调整与确定 37

第四章 混凝土施工技术 39

第一节 混凝土搅拌 39

第二节 混凝土运输 42

第三节 混凝土浇筑与振捣 45

第四节 混凝土养护与拆模 51

第五节 施工缝的处理 59

第五章 混凝土工程施工 63

第一节 一般结构混凝土工程施工 63

第二节 复杂结构混凝土工程施工 80

第三节 混凝土模板施工 90

第四节 构筑物混凝土施工 122

第五节 预应力混凝土施工 130

第六节 混凝土冬、雨期施工 139

第七节 特性混凝土施工 142

参考文献 159

第一章 混凝土结构工程施工基础知识

在当今的土木工程建设中，混凝土作为用途最广、用量最多的材料，几乎应用于任何建筑结构中。但是就目前而言，混凝土技术人员严重缺乏，应在以后的发展过程中更加注重这方面人才的培养。要想透彻地了解混凝土工程的性质，就要对它的特点、类型、工（器）具、常用设备及组成材料进行逐一分析，只有这样才能更好、更准确地了解混凝土的综合特性。

第一节 混凝土结构工程的特点、类型

一、混凝土结构工程的特点

1. 混凝土结构的优点

(1) 耐久性好。在混凝土结构中，钢筋受到保护而不易锈蚀，因此混凝土结构具有良好的耐久性，不像钢结构那样需要经常地保养和维护。

(2) 耐火性好。混凝土为不良导热体，当火灾发生时，混凝土不会像木结构那样迅速燃烧，也不会像钢结构那样很快软化而破坏，因此混凝土结构具有良好的耐火性。

(3) 整体性好。现浇或装配整体式混凝土结构具有良好的整体性，其刚度较大，有利于抵抗地震作用或强烈爆炸时冲击波的作用。

(4) 可模性好。混凝土结构可根据需要浇筑成任何形状，有利于建筑造型。

(5) 就地取材。混凝土的主要成分，如砂和石均可就地取材。另外，还可以有效利用矿渣、粉煤灰等工业废料。

(6) 节约钢材。钢筋混凝土结构合理地发挥了钢筋和混凝土两种材料的性能，与钢结构相比，可以节约钢材并降低造价。

2. 混凝土结构的缺点

(1) 自重。在负担相同荷载的情况下，混凝土结构的截面尺寸和自重都要比钢结构大，这对大跨度结构、高层结构都是不利的。另外，自重大会使结构的地震作用增大，对抗震也不利。

(2) 抗裂性差。由于混凝土的抗拉强度很低，因此在正常使用条件下，钢筋混凝土构件截面的受拉区都处于开裂状态，如果裂缝过宽，则会影响结构的耐久性和应用范围。

(3) 需用模板。混凝土结构的制作，需用模板予以成型。如果采用木模板，则可重复使用的次数会减少，从而增加工程造价。

(4) 混凝土结构施工工序复杂，周期较长，且受季节和气候的影响较大；如遇损伤，修复比较困难。混凝土的隔热性能与隔声性能较差。

二、混凝土结构的种类

(1) 素混凝土。素混凝土是针对钢筋混凝土、预应力混凝土等而言的。素混凝土是钢

筋混凝土的重要组成部分，由水泥、砂（细集料）、石子（粗集料）、矿物掺合料、外加剂等按一定比例混合后加一定比例的水拌制而成。普通混凝土的干表观密度为 $1900 \sim 2500 \text{kg/m}^3$ ，是由天然砂、石作为集料制成的。当构件的配筋率小于钢筋混凝土中纵向受力钢筋的最小配筋百分率时，应视为素混凝土结构。素混凝土具有较高的抗压强度，但抗拉强度却很低，故一般在以受压为主的结构构件中采用，如柱墩、基础墙等。

(2) 钢筋混凝土。当在混凝土中配以适量的钢筋，则成为钢筋混凝土。钢筋和混凝土这两种物理、力学性能很不相同的材料之所以能有效地结合在一起共同工作，主要原因如下：两者之间存在粘结力，受力后可协调变形；钢筋与混凝土的温度线膨胀系数接近；钢筋至混凝土边缘之间的混凝土保护层可保证钢筋不被锈蚀，并提高构件的防火性能。由于钢筋混凝土结构合理地利用了钢筋和混凝土这两种材料的性能特点，故可形成强度较高、刚度较大的结构，其耐久性、耐火性、可模性、整体性及延性均较好，而且结构造型十分灵活，可用于抗震结构，因而在建筑结构及其他土木工程中得到广泛应用。

(3) 预应力混凝土。预应力混凝土是在混凝土结构构件承受荷载之前，通过张拉配置在混凝土中的高强度预应力钢筋使混凝土受到挤压，所产生的预压应力可以抵消由外荷载引起的大部分或全部拉应力，也就提高了结构构件的抗裂性能。这样的预应力混凝土一方面由于不出现裂缝或裂缝宽度较小，所以它比相应的普通钢筋混凝土的截面刚度要大，变形要小；另一方面预应力使构件或结构产生的变形与由外荷载产生的变形方向相反（习惯称为“反拱”），因而可抵消后者的一部分变形，使其容易满足结构对变形的要求，故预应力混凝土适宜于建造大跨度结构。混凝土和预应力钢筋强度越高，可建立的预应力值就越大，则构件的抗裂性能就越好；同时，由于有效地利用了高强度钢筋，从而减少了钢筋用量，减轻了结构自重。由于预应力混凝土的抗裂性能较好，故可建造水工、储水和其他要求不渗漏的结构。

第二节 混凝土结构工程施工图识读

一、识图的基本方法

正确的识图方法是快速识读施工图的关键，因此学习识读施工图首先必须学会识图的基本方法。对于一个尚未掌握识图方法的人来讲，面对一大叠图样，可能无从下手；也可能东看一下，西瞧一眼，分不清主次，理不明思路，抓不住要点，导致识图效果较差，收获不大。实践表明，识图时一般应先弄清楚是什么图样，了解其特点，然后根据该图样的特点进行识图，因此对于一张施工图样，可遵循如下方法进行识图：“从上往下看，从左往右看，从外往里看，由大到小看，由粗到细看，图样与说明对照看，建施与结施结合看，设备图样参考看”。只有这样，才能达到识图的目的，收到良好的识图效果。

图形是由线条构成的，施工图样上的各种线条纵横交错，各种符号、图例、详图十分烦杂，因此要求初学识图的人必须要有耐心，识图中应认真细致、注意对照、善于推敲，只有这样才能真正把施工图弄清楚、看明白。

二、识图的基本流程

识读图样的过程中应遵循结构施工图的逻辑关系，并以此为思路进行系统地识读，如

图 1-1 所示。

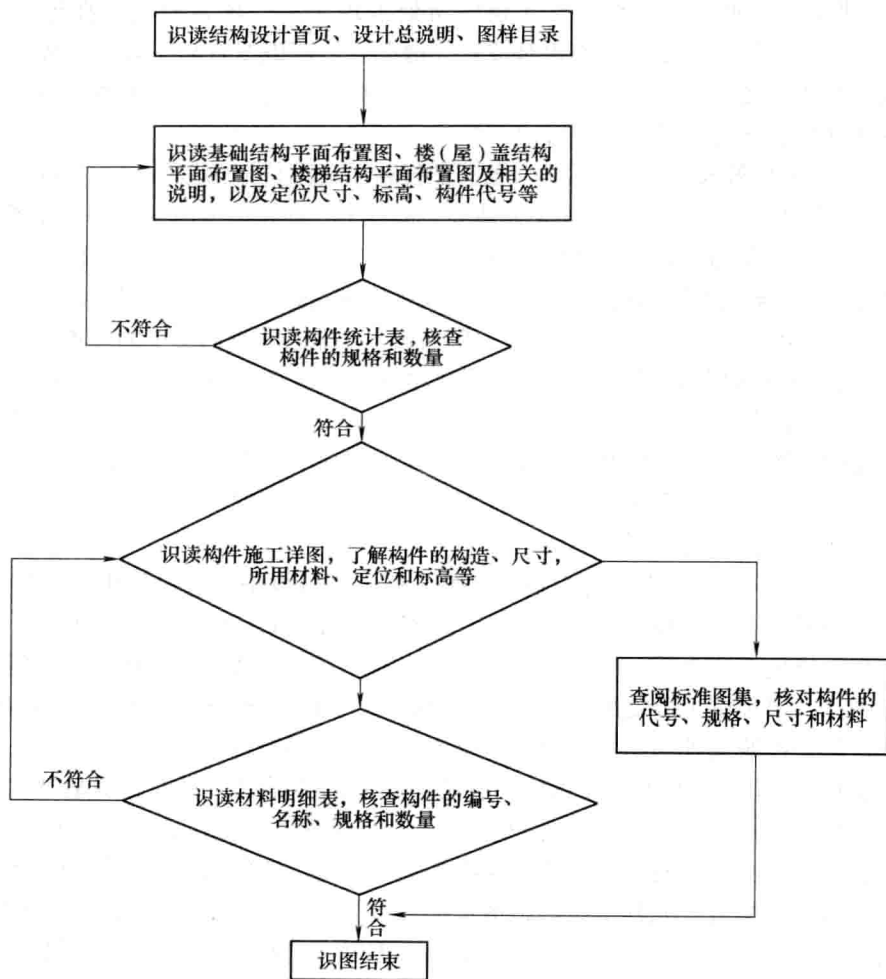


图 1-1 施工图识读流程框图

三、识图的基本步骤

识图是一种将视觉活动与空间想象相结合的工作，因此应按照一定的步骤进行。对于识图人员而言，当接到一套施工图后，通常可按下述步骤进行识图：

1) 识读施工图的目录，从中了解拟建建筑的建设单位、设计单位，图样数量，以及建筑的类型、用途、面积、层数等，从而初步了解这套施工图的基本情况。

2) 检查各专业类别的图样情况，重点查阅图样种类是否齐全，数量是否足够；图样编号是否正确，编号与图号是否符合；查对所采用的有关规范、规程和套用的标准图集，了解它们的编号和编制单位，并收集这些资料以备查用。这些均为正式识图前的准备工作，它关系到后续识图过程的顺利与否。

3) 仔细识读设计总说明，重点了解建筑概况、技术要求、材料使用情况等，为全面识

读施工图做准备。

4) 识读建筑总平面图,熟悉拟建建筑的所处地理位置、场地概貌、高程、坐标、朝向、周边关系,以及与已建建筑物的相对位置等情况。倘若识图者是一名施工技术人员,在识读完建筑总平面图之后,接着应进一步分析和考虑在施工时如何合理地进行施工总平面布置,力争做到方便、整洁、高效、有序地布局。

5) 在建筑总平面图识读完毕之后,一般按图样目录的编排顺序逐张往下识读。通常先识读建筑施工图中的建筑平面图,其顺序为先地下、后地上,即先识读地下各层平面图,再识读地上各层平面图。在识图过程中了解到建筑物的长度、宽度、轴线编号、轴线间尺寸,主要功能房间、次要房间、辅助房间的进深与开间,以及水平交通系统等内部布局情况。对于砌体建筑,重点了解承重墙体和非承重墙体的布置,门窗的大小及其在平面图中的位置等。

6) 识读建筑的立面图和剖面图,从中了解建筑沿高度方向的排列与布局、空间组合、垂直交通系统、层高与标高、建筑物总高度等内容,从而对整栋建筑物有一个总体了解;同时,结合上述的识图内容,在脑海中形成一个整体的空间立体形象,想象出其基本轮廓和规模。当然,对于一个第一次识读施工图的人来讲,这是有难度的;而对于有一定实践经验的识图人员来讲,将比较容易达到上述的效果。

7) 大致翻阅一下水施、电施等设备施工图,初步了解设备安装过程中对土建的要求和影响。如果识图者是一位现场施工技术人员,显然这一方面的工作是非常重要的。在对每张图样经过初步系统地识读之后,对整栋建筑有了一定的了解;然后重点识读结构施工图。对于结构施工图,一般按施工进度先后顺序进行识图,即从基础施工图开始一步步地、深入地、仔细地识读,按照基础→结构→建筑→设施的施工顺序进行识图。

8) 识读基础结构平面布置图及相应的剖切详图和构件详图,重点了解基础的埋深,挖土的深度,基础的构造、尺寸,所用的材料,防水处理技术及做法,轴线的位置等方面内容。在识读过程中,必须紧密结合地质勘探报告书,了解土质的层次、特性和分布情况,以便在施工中核对土质构造;尤其是应熟悉地基持力层的土质特性及地下水位的高度,从而保证地基土的质量。在识读过程中,对遇到的错误、重复、遗漏、缺项及疑难问题,应及时记录下来,以便在继续识读的过程中得到解决,也可在设计交底或施工会审中提出,并得到答复。

9) 识读楼层结构平面布置图,重点识读构件的类型、编号、尺寸及其在布置图中的具体位置,楼层标高,配筋情况,预留空洞位置,构件详图。

10) 识读屋盖结构平面布置图,重点识读屋面的构件布置及其详图,屋面的标高、找坡、天沟、女儿墙,以及一般楼层结构平面布置图的基本内容。

11) 识读工种施工部分的图样或图例。在识读完上述全部图样之后,按照不同工种的施工部分,对施工图再进行仔细识读,了解砌筑工在砌筑砌体时墙体的厚度、高度,门窗及其洞口尺寸,窗口的出檐情况(一般分为带出檐和不带出檐两种);洞口上的构造,即是否有过梁、过梁的形式(如拱形梁、平梁等)、过梁的材料(如钢筋混凝土、砌块、砌块加钢筋等)、过梁的施工方法;外堵墙面是清水墙还是混水墙,是一般的外粉刷还是粘贴瓷砖等。对木工来讲,就应关心在哪里设支撑模板,如要在梁、柱、板处设支撑模板,那么就得了了解梁、柱、板的断面尺寸、标高、长度和高度等。除此之外,还必须通过识图来了解门窗的编号、数量、类型和材质要求,以及建筑中有关的木作装修等内容。对钢筋工而言,凡是

图样中有表达钢筋的地方,都必须仔细识读,了解钢筋的类别、直径、形状、根数、排列方式及搭接方法,以便进行下料长度计算、钢筋制作和钢筋绑扎。同理,对于其他各工种,都应认真识读施工图,了解所需施工的部分,以及与其他工种之间的时间关系、位置关系和相互的影响或制约条件等,所以对于所有的施工技术人员,除了能准确识读施工图外,还必须能够充分地分析和考虑施工图对施工技术的要求,从而从技术、材料供应和组织管理等方面来确保各工种的紧密衔接与施工质量,以及施工安全。

通过认真识读施工图样和参加实践活动,不断地总结实践经验和识图的方法与技术。在识读施工图时,应及时发现设计中各工种之间存在矛盾的、设计中不明确的、施工中有困难的及施工图中有差错的地方,并通过图样会审的方式予以提出,便于设计单位对施工图进行调整,以保证工程施工的顺利进行。与此同时,应养成及时做记录的习惯,一边识读施工图,一边认真做笔记,记录关键工序的关键内容,以备查阅、讨论和更改。必须注意的是,通过一次识读图样是不能将建筑物全部记住的,只能是从大的方面熟悉情况,在实际工作中还应结合具体的施工工序再仔细地识读相关的图样,只有真正做到按图施工,才能算得上真正看懂图样。

随着识图技术的提高和实践经验的积累,最后才能把平面上的图形“看”成富有立体感的建筑形象。当然,这个目标的实现,需要的是技术的提高,经验的积累,以及拥有一定的空间概念及空间想象力,这需要一个过程,通过实践→总结→积累→再实践→再总结→再积累的多层次锻炼来达到预定目标。只要具备了识读图样的初步知识,同时认真钻研、虚心求教、循序渐进,识读图样并不难。

第三节 混凝土结构工程施工常用规范、标准、规程

一、规范

- (1) 《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)
- (2) 《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)
- (3) 《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)
- (4) 《预应力混凝土用钢丝》(GB/T 5223—2002)
- (5) 《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224—2003)
- (6) 《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011)
- (7) 《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)(2010版)
- (8) 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)
- (9) 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)
- (10) 《海砂混凝土应用技术规范》(JGJ 206—2010)
- (11) 《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2003)
- (12) 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130—2011)
- (13) 《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476—2008)
- (14) 《混凝土搅拌机》(GB/T 9142—2000)
- (15) 《混凝土搅拌站(楼)》(GB 10171—2005)

- (16) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523—2011)
- (17) 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370—2007)
- (18) 《预拌混凝土》(GB/T 14902—2003)
- (19) 《预应力孔道灌浆剂》(GB/T 25182—2010)
- (20) 《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18—2012)
- (21) 《建筑施工门式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 128—2010)

二、标准

- (1) 《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)
- (2) 《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)
- (3) 《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107—2010)
- (4) 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080—2002)
- (5) 《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)
- (6) 《混凝土用水标准》(JGJ 63—2006)

三、规程

- (1) 《钢筋锚固板应用技术规程》(JGJ 256—2011)
- (2) 《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)
- (3) 《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》(JGJ 85—2010)
- (4) 《建筑工程冬期施工规程》(JGJ/T 104—2011)
- (5) 《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107—2010)

第四节 混凝土结构工程施工常用材料和工（器）具

一、混凝土结构工程施工常用材料

1. 通用硅酸盐水泥

(1) 定义与分类。通用硅酸盐水泥是指以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏，以及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料。

通用硅酸盐水泥按混合材料的品种和掺量分为硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。其各品种的组分和代号见表 1-1。

表 1-1 通用硅酸盐水泥的组分和代号 (%)

| 品种 | 代号 | 组分 | | | | |
|-------|--------|---------|--------|----------|-----|-----|
| | | 熟料 + 石膏 | 粒化高炉矿渣 | 火山灰质混合材料 | 粉煤灰 | 石灰石 |
| 硅酸盐水泥 | P · I | 100 | — | — | — | — |
| | P · II | ≥95 | ≤5 | — | — | — |
| | | ≥95 | — | — | — | ≤5 |

(续)

| 品种 | 代号 | 组分 | | | | |
|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | | 熟料 + 石膏 | 粒化高炉矿渣 | 火山灰质混合材料 | 粉煤灰 | 石灰石 |
| 普通硅酸盐水泥 | P·O | ≥80 且 <95 | >5 且 ≤20 | | | — |
| 矿渣硅酸盐水泥 | P·S·A | ≥50 且 <80 | 20 且 ≤50 | — | — | — |
| | P·S·B | ≥30 且 <50 | 50 且 ≤70 | — | — | — |
| 火山灰质硅酸盐水泥 | P·P | ≥60 且 <80 | — | >20 且 ≤40 | — | — |
| 粉煤灰硅酸盐水泥 | P·F | ≥60 且 <80 | — | — | >20 且 ≤40 | — |
| 复合硅酸盐水泥 | P·C | ≥50 且 <80 | >20 且 ≤50 | | | — |

(2) 材料

1) 硅酸盐水泥熟料是由主要含 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的原料按适当比例磨成细粉，烧至部分熔融后得到的以 CaSiO_3 为主要矿物成分的水硬性胶凝物质。其中， CaSiO_3 的含量不少于 66%，氧化钙和氧化硅的质量比不小于 2.0。

2) 石膏

① 天然石膏应为《天然石膏》(GB/T 5483—2008) 中规定的 G 类或 M 类二级 (含) 以上的石膏或混合石膏。

② 工业副产石膏是以 CaSO_4 为主要成分的工业副产物，采用前应该经过试验证明对水泥性能无害。

3) 活性混合材料是指符合《用于水泥中的粒化高炉矿渣》(GB/T 203—2008)、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2008)、《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2005)、《用于水泥中的火山灰质混合材料》(GB/T 2847—2005) 标准要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、火山灰质混合材料。

4) 非活性混合材料是指活性指标分别低于《用于水泥中的粒化高炉矿渣》(GB/T 203—2008)、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2008)、《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—2005)、《用于水泥中的火山灰质混合材料》(GB/T 2847—2005) 标准要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、火山灰质混合材料。

5) 窑灰应符合《掺入水泥中的回转窑窑灰》(JC/T 742—2009) 的规定。

6) 助磨剂。水泥粉磨时允许加入助磨剂，加入量应不大于水泥质量的 0.5%。助磨剂应符合《掺入水泥中的回转窑窑灰》(JC/T 667—2009) 的规定。

(3) 技术指标

1) 物理指标。

① 凝结时间。硅酸盐水泥的初凝时间不短于 45min，终凝时间不长于 390min。普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥的初凝时间不短于 45min，终凝时间不长于 600min。

② 安定性。沸煮法合格。

③ 强度等级。不同品种不同强度等级的通用硅酸盐水泥，其不同龄期的强度等级见表 1-2。

④ 细度 (选择性指标)。硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥以比表面积表示，其比表面积不

小于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ；矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥以筛余表示，其 $80\mu\text{m}$ 方孔筛的筛余不大于 10% 或 $45\mu\text{m}$ 方孔筛的筛余不大于 30%。

表 1-2 通用硅酸盐水泥强度等级

| 品种 | 强度等级 | 抗压强度 | | 抗折强度 | |
|---|-------|-------------|-------------|------------|------------|
| | | 3d | 28d | 3d | 28d |
| 硅酸盐水泥 | 42.5 | ≥ 17.0 | ≥ 42.5 | ≥ 3.5 | ≥ 6.5 |
| | 42.5R | ≥ 22.0 | | ≥ 4.0 | |
| | 52.5 | ≥ 23.0 | ≥ 52.5 | ≥ 4.0 | ≥ 7.0 |
| | 52.5R | ≥ 27.0 | | ≥ 5.0 | |
| | 62.5 | ≥ 28.0 | ≥ 62.5 | ≥ 5.0 | ≥ 8.0 |
| | 62.5R | ≥ 32.0 | | ≥ 5.5 | |
| 普通硅酸盐水泥 | 42.5 | ≥ 17.0 | ≥ 42.5 | ≥ 3.5 | ≥ 6.5 |
| | 42.5R | ≥ 22.0 | | ≥ 4.0 | |
| | 52.5 | ≥ 23.0 | ≥ 52.5 | ≥ 4.0 | ≥ 7.0 |
| | 52.5R | ≥ 27.0 | | ≥ 5.0 | |
| 矿渣硅酸盐水泥 火山灰质硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 复合硅酸盐水泥 | 32.5 | ≥ 10.0 | ≥ 32.5 | ≥ 2.5 | ≥ 5.5 |
| | 32.5R | ≥ 15.0 | | ≥ 3.5 | |
| | 42.5 | ≥ 15.0 | ≥ 42.5 | ≥ 3.5 | ≥ 6.5 |
| | 42.5R | ≥ 19.0 | | ≥ 4.0 | |
| | 52.5 | ≥ 21.0 | ≥ 52.5 | ≥ 4.0 | ≥ 7.0 |
| | 52.5R | ≥ 23.0 | | ≥ 4.5 | |

2) 化学指标。通用硅酸盐水泥化学指标见表 1-3。

表 1-3 通用硅酸盐水泥化学指标

| 品种 | 代号 | 不溶物(质量分数) | 烧失量(质量分数) | SO ₃ (质量分数) | MgO(质量分数) | 氯离子(质量分数) |
|-----------|-------|-------------|------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 硅酸盐水泥 | P·I | ≤ 0.75 | ≤ 3.0 | ≤ 3.5 | ≤ 5.0 ^① | ≤ 0.06 ^③ |
| | P·II | ≤ 1.50 | ≤ 3.5 | | | |
| 普通硅酸盐水泥 | P·O | — | ≤ 5.0 | | | |
| 矿渣硅酸盐水泥 | P·S·A | — | — | ≤ 4.0 | ≤ 6.0 ^② | |
| | P·S·B | — | — | | — | |
| 火山灰质硅酸盐水泥 | P·P | — | — | ≤ 3.5 | ≤ 6.0 ^② | |
| 粉煤灰硅酸盐水泥 | P·F | — | — | | | |
| 复合硅酸盐水泥 | P·C | — | — | | | |

① 如果水泥压蒸试验合格，则水泥中 MgO 的含量(质量分数)允许放宽至 6.0%。

② 如果水泥中 MgO 的含量(质量分数)大于 6.0% 时，需进行水泥压蒸安定性试验并合格。

③ 当有更低要求时，该指标由买卖双方协商确定。

(4) 包装、标志、运输与储存

1) 包装。水泥可以散装或袋装,袋装水泥每袋的净含量为 50kg,且应不少于标志质量的 99%;随机抽取 20 袋的总质量(含包装袋)应不少于 1000kg。其他包装形式由供需双方协商确定,但有关袋装质量的要求应符合上述规定。水泥包装袋应符合《水泥包装袋》(GB 9774—2010)的规定。

2) 标志。水泥包装袋上应清楚标明执行标准、水泥品种、代号、强度等级、生产者名称、生产许可证标志(QS)及编号、出厂编号、包装日期、净含量。包装袋两侧应根据水泥的品种采用不同的颜色印刷水泥名称和强度等级,硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥采用红色,矿渣硅酸盐水泥采用绿色;火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥采用黑色或蓝色。散装发运时应提交与袋装标志相同内容的卡片。

3) 运输与储存。水泥在运输与储存时不得受潮和混入杂物,不同品种和强度等级的水泥在储运中避免混杂。

(5) 检验规则

1) 编号及取样。水泥出厂前应按同品种、同强度等级进行编号和取样。袋装水泥和散装水泥应分别进行编号和取样,每一编号为一取样单位。水泥出厂编号按年生产能力规定为:

- ① 200×10^4 t 以上,不超过 4000t 为一编号。
- ② $120 \times 10^4 \sim 200 \times 10^4$ t,不超过 2400t 为一编号。
- ③ $60 \times 10^4 \sim 120 \times 10^4$ t,不超过 1000t 为一编号。
- ④ $30 \times 10^4 \sim 60 \times 10^4$ t,不超过 600t 为一编号。
- ⑤ $10 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4$ t,不超过 400t 为一编号。
- ⑥ 10×10^4 以下,不超过 200t 为一编号。

取样方法按《水泥取样方法》(GB 12573—2008)的要求进行。可连续取,也可从 20 个以上的不同部位取等量样品,总量至少 12kg。当散装水泥运输工具的容量超过该厂规定的出厂编号吨数时,允许该编号的数量超过取样规定的吨数。

2) 水泥出厂。经确认水泥的各项技术指标及包装质量符合要求时,方可出厂。

3) 出厂检验。出厂检验项目包括上述各技术指标内容。

4) 检验报告。检验报告的内容应包括出厂检验项目、细度、混合材料的品种和掺加量、石膏和助磨剂的品种及掺加量、属旋窑或立窑生产及合同约定的其他技术要求。当用户需要时,生产者应在水泥发出之日起 7d 内寄发除 28d 强度以外的各项检验结果,32d 内补报 28d 强度的检验结果。

5) 交货与验收。

① 交货时,水泥的质量验收可抽取实物试样以其检验结果作为依据,也可以生产者同编号水泥的检验报告作为依据。采取何种方法进行验收由买卖双方商定,并在合同或协议中注明,卖方有告知买方验收方法的责任。当无书面合同或协议,或未在合同、协议中注明验收方法的,卖方应在发货票上注明“以本厂同编号水泥的检验报告为验收依据”字样。

② 以抽取实物试样的检验结果作为验收依据时,买卖双方应在发货前或交货地共同取样和签封。取样方法按《水泥取样方法》(GB 12573—2008)的要求进行,取样数量为 20kg,缩分为二等份:一份由卖方保存 40d;一份由买方按《通用硅酸盐水泥》(GB 175—

2007)规定的项目和方法进行检验。在40d以内,买方检验认为产品质量不符合《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)要求,而卖方又有异议时,则双方应将卖方保存的另一份试样送省级或省级以上国家认可的水泥质量监督检验机构进行仲裁检验。进行水泥安定性仲裁检验时,应在取样之日起10d以内完成。

③以生产者同编号水泥的检验报告作为验收依据时,在发货前或交货时由买方在同编号水泥中取样,双方共同签封后由卖方保存90d,或认可卖方自行取样、签封并保存90d的同编号水泥的封存样。在90d内,买方对水泥质量有疑问时,则买卖双方应将共同认可的试样送省级或省级以上国家认可的水泥质量监督检验机构进行仲裁检验。

2. 建设用砂

(1) 分类与规格

1) 砂按产源分为天然砂、机制砂两类。

2) 砂按细度模数分为粗、中、细三种规格,其细度模数如下:

①粗:3.7~3.1。

②中:3.0~2.3。

③细:2.2~1.6。

3) 砂按技术要求分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类。

(2) 技术指标

1) 颗粒级配。砂的颗粒级配见表1-4,砂的级配类别见表1-5。对于砂浆用砂,4.75mm筛孔的累计筛余量应为0。砂的实际颗粒级配除4.75mm和600 μ m筛档外,可以略有超出,但各级累计筛余超出值总和应不大于5%。

表 1-4 砂的颗粒级配

| 砂的分类 | 天然砂 | | | 机制砂 | | |
|-------------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 1区 | 2区 | 3区 | 1区 | 2区 | 3区 |
| 方筛孔 | 累计筛余 (%) | | | | | |
| 4.75mm | 10~0 | 10~0 | 10~0 | 10~0 | 10~0 | 10~0 |
| 2.36mm | 35~5 | 25~0 | 15~0 | 35~5 | 25~0 | 15~0 |
| 1.18mm | 65~35 | 50~10 | 25~0 | 65~35 | 50~10 | 25~0 |
| 600 μ m | 85~71 | 70~41 | 40~16 | 85~71 | 70~41 | 40~16 |
| 300 μ m | 95~80 | 92~70 | 85~55 | 95~80 | 92~70 | 85~55 |
| 150 μ m | 100~90 | 100~90 | 100~90 | 97~85 | 94~80 | 94~75 |

表 1-5 砂的级配类别

| 类别 | Ⅰ类 | Ⅱ类 | Ⅲ类 |
|-----|----|------------|----|
| 级配区 | 2区 | 1区, 2区, 3区 | |

2) 含泥量、石粉含量与泥块含量

①天然砂的含泥量和泥块含量见表1-6。

②机制砂MB值 ≤ 1.4 或快速法试验合格时,石粉含量和泥块含量见表1-7;机制砂MB值 > 1.4 或快速法试验不合格时,石粉含量和泥块含量见表1-8。

表 1-6 天然砂的含泥量和泥块含量

| 类别 | I类 | II类 | III类 |
|---------------|------|------|------|
| 含泥量(按质量计)(%) | ≤1.0 | ≤3.0 | ≤5.0 |
| 泥块含量(按质量计)(%) | 0 | ≤1.0 | ≤2.0 |

表 1-7 机制砂石粉含量和泥块含量 (MB 值 ≤1.4 或快速法试验合格)

| 类别 | I类 | II类 | III类 |
|----------------------------|-------|------|------|
| MB | ≤0.5 | ≤1.0 | ≤1.4 |
| 石粉含量(按质量计)(%) ^① | ≤10.0 | | |
| 泥块含量(按质量计)(%) | 0 | ≤1.0 | ≤2.0 |

① 此指标根据使用地区和用途,经试验验证后可由供需双方协商确定。

表 1-8 机制砂石粉含量和泥块含量 (MB 值 >1.4 或快速法试验不合格)

| 类别 | I类 | II类 | III类 |
|---------------|------|------|------|
| 石粉含量(按质量计)(%) | ≤1.0 | ≤3.0 | ≤5.0 |
| 泥块含量(按质量计)(%) | 0 | ≤1.0 | ≤2.0 |

3) 有害物质。砂中若含有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物、贝壳等物质时,其限量应符合表 1-9 的规定。

表 1-9 砂中有害物质限量

| 类别 | I类 | II类 | III类 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| 云母(按质量计)(%) | ≤1.0 | ≤2.0 | |
| 轻物质(按质量计)(%) | ≤1.0 | | |
| 有机物 | 合格 | | |
| 硫化物及硫酸盐(按 SO ₃ 质量计)(%) | ≤0.5 | | |
| 氯化物(以氯离子质量计)(%) | ≤0.01 | ≤0.02 | ≤0.06 |
| 贝壳(按质量计)(%) ^① | ≤3.0 | 5.0 | ≤8.0 |

① 该指标仅适用于海沙,其他沙种不进行要求。

4) 坚固性。

① 采用硫酸钠溶液法进行试验,砂的质量损失应符合表 1-10 的规定。

表 1-10 砂的质量损失

| 类别 | I类 | II类 | III类 |
|---------|----|-----|------|
| 质量损失(%) | ≤8 | | ≤10 |

② 机制砂的压碎指标应满足表 1-11 的要求。

表 1-11 机制砂的压碎指标

| 类别 | I类 | II类 | III类 |
|-------------|-----|-----|------|
| 单级最大压碎指标(%) | ≤20 | ≤25 | ≤30 |

5) 砂的表观密度、松散堆积密度、空隙率应符合以下规定:

- ① 表观密度不小于 $2500\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- ② 松散堆积密度不小于 $1400\text{kg}/\text{m}^3$ 。
- ③ 空隙率不大于 44%。

6) 碱-集料反应。经碱-集料反应试验后, 试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象; 在规定的试验龄期, 膨胀率应小于 0.10%。

7) 含水率和饱和面干吸水率。当用户有要求时, 应报告其实测值。

(3) 标志、储存与运输

1) 砂出厂时, 供需双方在厂内验收产品, 生产厂应提供产品质量合格证书, 其内容包括以下几点:

- ① 砂的分类、规格、类别和生产厂信息。
- ② 批量编号及供货数量。
- ③ 出厂检验结果、日期及执行标准编号。
- ④ 合格证编号及发放日期。
- ⑤ 检验部门及检验人员签章。

2) 砂应按分类、规格、类别分别堆放和运输, 防止人为碾压、混合及污染。

3) 运输时, 应有必要的防遗撒设施, 严禁污染环境。

(4) 检验规则

1) 检验分为出厂检验和型式检验, 见表 1-12。

表 1-12 砂的检验类型

| 项目 | 内 容 |
|------|--|
| 出厂检验 | (1) 天然砂的出厂检验项目: 颗粒级配、含泥量、泥块含量、云母含量、松散堆积密度 (2) 机制砂的出厂检验项目: 颗粒级配、石粉含量(含亚甲蓝试验)、泥块含量、压碎指标、松散堆积密度 |
| 型式检验 | 砂的型式检验项目包括前面提到的所有技术指标; 碱-集料反应、含水率和饱和面干吸水率根据需要进行 有下列情况之一时, 应进行型式检验: (1) 新产品投产时 (2) 原材料产源或生产工艺发生变化时 (3) 正常生产时, 每年进行一次 (4) 长期停产后恢复生产时 (5) 出厂检验结果与型式检验有较大差异时 |

2) 组批规则: 按同分类、规格、类别及日产量每 600t 为一批, 不足 600t 也为一批; 日产量超过 2000t, 按 1000t 为一批, 不足 1000t 也为一批。

3) 试验结果均符合相应类别的规定时, 可判为该批产品合格。检验的技术指标中, 若有一项指标不符合标准规定时, 则应从同一批产品中加倍取样, 对该项进行复验。复验后, 若试验结果符合规定, 可判为该批产品合格; 若仍然不符合要求时, 则判为不合格。若有两项及以上试验结果不符合规定时, 则判该批产品不合格。

3. 建设用卵石、碎石

(1) 分类与类别

1) 建设用石分为卵石和碎石。