

勘察设计注册土木工程师（道路工程）资格考试用书（上册）

专业基础知识

**Zhuanyejichu
zhishi**

全国勘察设计注册工程师道路工程专业管理委员会 主编



人民交通出版社

China Communications Press

勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格考试用书
(上册)

Zhuanye Jichu Zhishi

专业基础知识

全国勘察设计注册工程师道路工程专业管理委员会 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为全国勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格考试用书专业基础知识分册,共分六篇,内容包括建筑材料、土质学与土力学、工程地质、工程测量、结构设计原理、职业法规。

本书由全国勘察设计注册工程师道路工程专业管理委员会根据考试大纲编写,供考生复习备考使用,也可供公路工程设计及施工人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格考试用书(上册).
专业基础知识 / 全国勘察设计注册工程师道路工程专业管理
委员会主编. —北京: 人民交通出版社, 2009. 1
ISBN 978 - 7 - 114 - 07553 - 7

I. 勘… II. 全… III. ①道路工程 - 勘测 - 工程技术人
员 - 资格考核 - 自学参考资料②道路工程 - 设计 - 工程
技术人员 - 资格考核 - 自学参考资料 IV. U412

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 005524 号

书 名: 勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格考试用书(上册) 专业基础知识

著 作 者: 全国勘察设计注册工程师道路工程专业管理委员会

责任编辑: 沈鸿雁

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.cepress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 24.75

字 数: 607 千

版 次: 2009 年 2 月 第 1 版

印 次: 2009 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 07553 - 7

定 价: 75.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

改革开放 30 年来,我国公路建设事业取得了巨大成就,实现了公路交通跨越式的发展。高速公路的网络化程度和规模不断加大,农村公路建设稳步推进,为促进国民经济健康发展、提高人民生活水平做出了重要贡献。当前,党中央、国务院作出进一步扩大内需、促进经济增长的重大战略部署,把加快交通基础设施建设作为扩大内需的重要举措。公路建设迎来了继 1998 年中央加快交通等基础设施建设之后的又一次重大发展机遇。

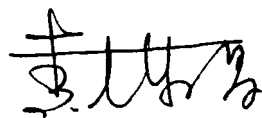
公路建设,勘察设计是龙头,是灵魂。在公路勘察设计过程中,以科学发展观为指导,坚持以人为本,坚持资源节约、环境友好的公路勘察设计理念,是实现我国公路建设可持续发展的关键所在,更是公路勘察设计人员所面临的重要课题。为了规范道路工程勘察设计人员管理,提高道路工程勘察设计人员综合素质,提升道路工程勘察设计整体水平,打造一支高素质的道路工程勘察设计队伍,原交通部会同原人事部和原建设部建立了勘察设计注册土木工程师(道路工程)制度,并于 2007 年 4 月 1 日起正式实施。

勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格实行全国统一大纲、统一命题的考试制度。考试分为基础考试和专业考试两部分,基础考试包括公共基础考试和专业基础考试。基础考试合格并符合专业考试报名条件的,可参加专业考试。专业考试合格后,方可获得《中华人民共和国勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格证书》。

为帮助广大考生复习备考,全国勘察设计注册工程师道路工程专业管理委员会组织全国公路、市政和林业系统的高校和勘察设计单位的专家,坚持“淡化理论,贴近实际,侧重能力”的原则,根据《勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格考试大纲》,编写了《勘察设计注册土木工程师(道路工程)资格考试用书》。该书分上、下两册出版。上册为专业基础知识,共 6 篇,包括建筑材料、土质学与土力学、工程地质、工程测量、结构设计原理和职业法规。下册为专业知识,共 6 篇,包括道路路线设计、路基工程、路面工程、桥隧工程、交叉工程、道路工程施工组织及概预算。

希望该书的出版,能够在帮助道路工程勘察设计人员系统学习和总结理论知识、提高实际工作能力等方面起到一定的作用。

全国勘察设计注册工程师
道路工程专业管理委员会主任



二〇〇八年十二月



目 录

第一篇 建筑材料

第一章 砂石材料	1
第一节 集料的技术性质及其检测方法	1
第二节 矿质混合料的组成设计	6
第二章 石灰和水泥	13
第一节 石灰	13
第二节 硅酸盐水泥	15
第三章 无机结合料稳定类	22
第一节 石灰稳定类	22
第二节 水泥稳定土基层	25
第三节 工业废渣稳定土基层	27
第四章 水泥混凝土和砂浆	31
第一节 普通水泥混凝土	31
第二节 普通水泥混凝土的组成材料	40
第三节 普通水泥混凝土的组成设计	45
第四节 混凝土外加剂	49
第五节 建筑砂浆	50
第五章 沥青材料	54
第一节 石油沥青的组成结构	54
第二节 石油沥青的技术性质与要求	54
第六章 沥青混合料	61
第一节 定义	61
第二节 沥青混合料的分类	61
第三节 沥青混合料的组成结构和强度形成原理	62
第四节 沥青混合料的技术性质与技术标准	63
第五节 沥青路面混合料组成设计	66
第七章 建筑钢材	69
第一节 钢材的分类及建筑钢材的类属	69
第二节 建筑钢材的技术性质	70
第八章 其他建筑材料	74
第一节 纤维材料的技术性质	74
第二节 土工合成材料技术性质	74
第三节 木材	74



第二篇 土质学与土力学

第一章 土的物理化学性质及工程分类	75
第一节 土的三相比例指标	75
第二节 黏性土的状态与界限含水率	77
第三节 砂土的密实度	78
第四节 土体工程性质的变化机理	79
第五节 土的工程分类	80
第二章 土中水的运动规律	84
第一节 土的毛细特性	84
第二节 土的渗透性	85
第三节 动水力的概念及流砂现象	87
第四节 冻胀的机理与影响因素	87
第三章 土中应力计算	90
第一节 土中有效应力	90
第二节 土的自重应力	91
第三节 基底压力的简化算法	92
第四节 附加应力的计算方法	93
第四章 土的力学性质	98
第一节 土的压缩特性与变形指标	98
第二节 土的强度理论	102
第三节 土体抗剪强度试验及强度指标	104
第四节 软土在荷载作用下的强度增长规律	106
第五节 土的压实特性与压实土的力学特性	107
第五章 地基沉降计算与地基承载力	111
第一节 分层总和法计算最终沉降	111
第二节 一维固结理论	112
第三节 地基沉降的历时特征	116
第四节 地基破坏的性状及地基承载力的概念	117
第五节 按临界荷载确定地基承载力	118
第六节 按极限荷载确定地基承载力的方法	119
第七节 地基容许承载力的修正方法	123
第六章 土坡稳定分析	125
第一节 砂性土土坡稳定分析	125
第二节 黏性土土坡圆弧滑动体整体稳定分析	126
第三节 条分法的基本原理	129
第四节 毕肖普条分法	130
第五节 土坡稳定分析中一些特殊问题	132



第三篇 工程地质

第一章 岩石与矿物	135
第一节 岩浆岩	135
第二节 沉积岩	137
第三节 变质岩	139
第四节 岩石的工程地质性质	140
第二章 地质构造	143
第三章 外动力地质作用	150
第一节 风化作用	150
第二节 地表流水地质作用	154
第三节 常见的第四系松散堆积物	156
第四章 地貌	159
第一节 河流阶地	160
第二节 山岭地貌	160
第三节 平原地貌	162
第五章 水文地质	164
第六章 道路工程地质问题	167
第一节 路基工程地质问题	167
第二节 不良地质与特殊土	168
第三节 工程地质选线	186
第七章 道路工程地质勘察	189
第一节 公路工程地质勘察内容	189
第二节 公路工程地质勘探	190

第四篇 工程测量

第一章 测量基本概念	193
第一节 概述	193
第二节 测量学的几个基本概念	193
第二章 基本测量方法	198
第一节 水准测量	198
第二节 角度测量与经纬仪	204
第三节 距离测量与直线定向	211
第四节 全球定位系统	216
第五节 测量误差的基础知识	219
第三章 小区域控制测量	226



第一节	控制测量概述	226
第二节	导线测量	226
第三节	交会定点	233
第四节	高程控制测量	235
第五节	坐标的换带计算	238
第六节	公路控制测量相关要求	241
第四章	地形图测绘及应用	245
第一节	地形图的基本知识	245
第二节	地形图的测绘	249
第三节	地形图的识读	252
第四节	地形图的应用	254
第五节	数字地形图的应用	257
第五章	路线测量	258
第一节	测设基本方法	258
第二节	中线测量概述	260
第三节	圆曲线测设	261
第四节	特殊情况下圆曲线测设	266
第五节	缓和曲线的测设	268
第六节	路线纵断面测量	274
第七节	路线横断面测量	275

第五篇 结构设计原理

第一章	钢筋混凝土结构设计原则	280
第一节	钢筋混凝土简述	280
第二节	钢筋与混凝土的黏结	281
第三节	极限状态设计法	283
第二章	受弯构件承载力计算	291
第一节	受弯构件的截面形式与构造	291
第二节	受弯构件正截面受力全过程和破坏特征	295
第三节	受弯构件正截面承载力计算	296
第四节	受弯构件斜截面受力特点和破坏形态	303
第五节	受弯构件的斜截面抗剪承载力	304
第六节	全梁承载力校核与构造要求	308
第七节	连续梁的斜截面抗剪承载力	309
第三章	受压构件的承载力计算	310
第一节	受压构件的一般构造要求	310
第二节	轴心受压构件正截面抗压承载力	311
第三节	偏心受压构件的受力特点与破坏形态	313



第四节 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	315
第五节 I 形和 T 形截面偏心受压构件	317
第六节 圆形截面偏心受压构件	318
第四章 钢筋混凝土受弯构件的应力、裂缝和变形验算	320
第一节 换算截面	320
第二节 受弯构件的裂缝宽度验算	322
第三节 受弯构件的变形验算	324
第五章 预应力混凝土结构	327
第一节 预应力混凝土的基本原理	327
第二节 预加应力的方法与设备	328
第三节 预应力损失与有效预应力	330
第四节 预应力混凝土受弯构件的承载力计算	335
第五节 抗裂验算	336
第六节 端部锚固区计算	337
第七节 预应力混凝土受弯构件的构造要求	338
第六章 砌体结构	342
第一节 砌体结构的材料及受力性能	342
第二节 受压构件正截面承载力计算	344

第六篇 职业法规

第一章 建设工程法律制度	349
第一节 法律概述	349
第二节 《中华人民共和国公路法》的相关内容	350
第三节 《中华人民共和国建筑法》的相关内容	353
第四节 《中华人民共和国森林法》的相关内容	356
第五节 《中华人民共和国合同法》的相关内容	357
第六节 《中华人民共和国招标投标法》的相关内容	362
第七节 《中华人民共和国安全生产法》的相关内容	370
第八节 《建设工程安全生产管理条例》的相关内容	371
第九节 《建设工程质量管理条例》的相关内容	374
第十节 《建设工程勘察设计管理条例》的相关内容	376
第二章 勘察设计从业人员职业道德准则规范	380
参考文献	381

第一篇 建筑材料

第一章 砂石材料

第一节 集料的技术性质及其检测方法

集料是指在混合料中起骨架或填充作用的粒料,包括岩石天然风化而成的砾石(卵石)和砂等,以及由岩石经人工轧制的各种尺寸的碎石、机制砂、石屑等。

工程上一般将集料分为粗集料和细集料两类。

在沥青混合料中,粗集料是指粒径大于2.36mm的碎石、破碎砾石、筛选砾石和矿渣等;在水泥混凝土中,粗集料是指粒径大于4.75mm碎石、砾石和破碎砾石等。

一、粗集料的技术性质

1. 物理性质

1) 物理常数

集料的体积和质量的关系如图 1-1-1 所示。

集料除了由矿质实体和孔隙(包括开口孔隙和闭口孔隙)组成外,还有集料之间空隙。因此,集料堆积体积包括有:矿质实体、开口孔隙、闭口孔隙和空隙四部分。图中 V_a 为表观体积, V_h 为毛体积, V_f 为堆积体积。

(1) 表观密度:粗集料的表观密度(简称视密度)是在规定条件($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重)下,单位表观体积(包括矿质实体和闭口孔隙的体积)的质量。

集料表观密度以 ρ_a 表示。由图 1-1-1 体积与质量的关系,可表示为:

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_s + V_n} \quad (1-1-1)$$

式中: ρ_a ——集料的表观密度(g/cm^3);

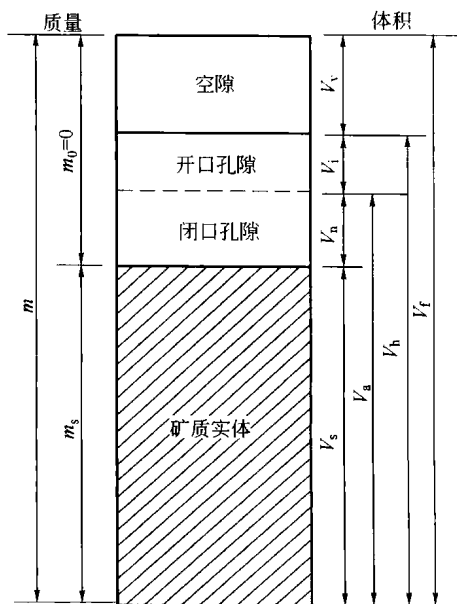


图 1-1-1 粗集料的体积与质量关系示意图



m_s ——矿质实体质量(g);

V_s ——矿质实体体积(cm^3);

V_n ——矿质实体中闭口孔隙体积(cm^3)。

粗集料表观密度测定方法是按《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)规定采用网篮法,具体做法是:将已知质量的干燥粗集料装在金属吊篮中浸水 24h,使开口孔隙吸饱水,然后在浸水天平上称出饱水后粗集料在水中的质量,按排水法可计算出包括闭口孔隙在内的体积,根据粗集料的质量和表观体积即可按式(1-1-1)计算出表观密度。

(2)毛体积密度:粗集料的毛体积密度是在规定的条件下,单位毛体积(包括矿质实体、闭口孔隙和开口孔隙)的质量。粗集料毛体积密度按图 1-1-1,由下式求得:

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_s + V_n + V_i} \quad (1-1-2)$$

式中: ρ_b ——粗集料毛体积密度(g/cm^3);

m_s ——矿质实体质量(g);

V_s 、 V_n 、 V_i ——分别为粗集料矿质实体、闭口孔隙和开口孔隙体积(cm^3)。

集料毛体积密度的测定方法是将已知质量的干燥集料,经 24h 饱水后,用湿毛巾擦干而求得饱和面干质量,然后用排水法求得在水中的质量,按此测得集料质量和饱和面干体积。按式(1-1-2)即可求得集料毛体积密度。

(3)堆积密度:单位体积(含物质颗粒固体及其闭口、开口孔隙体积及颗粒间空隙体积)物质颗粒的质量。可按下式求得:

$$\rho = \frac{m_s}{V_s + V_n + V_i + V_v} \quad (1-1-3)$$

式中: ρ ——粗集料的堆积密度(g/cm^3);

V_s 、 V_n 、 V_i 、 V_v ——分别为矿质实体、孔隙和空隙体积(cm^3);

m_s ——矿质实体的质量(g)。

粗集料的堆积密度由于颗粒排列的松紧程度不同,又可分为:自然堆积密度与振实堆积密度。

粗集料的堆积密度是将干燥的粗集料装入规定容积的容量筒来测定的。自然堆积密度是按自然下落方式装样而求得的单位体积的质量;振实堆积密度是用振摇方式装样而求得的单位体积的质量。

(4)空隙率:集料空隙率是指集料的颗粒之间空隙体积占集料总体积的百分比。

粗集料空隙率可按式(1-1-4)计算:

$$n = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_a}\right) \times 100 \quad (1-1-4)$$

式中: n ——粗集料的空隙率(%);

ρ_a ——粗集料的表观密度(g/cm^3);

ρ ——粗集料的堆积密度(g/cm^3)。

2) 级配

粗集料中各组成颗粒的分级和搭配称为级配,级配是通过筛分试验确定的。筛分试验就是将粗集料通过一系列规定筛孔尺寸的标准筛,测定出存留在各个筛上的集料质量,根据集料



试样的质量与存留在各筛孔上的集料质量,就可求得一系列与集料级配有关的参数:(1)分计筛余百分率;(2)累计筛余百分率;(3)通过百分率。

3) 坚固性

对已轧制成的碎石或天然的卵石,亦可采用规定级配的各粒级集料,按《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)选取规定数量集料,分别装在金属网篮中浸入饱和硫酸钠溶液中进行干湿循环试验。经一定的循环次数后,观察其表面破坏情况,并用质量损失百分率来计算其坚固性。

2. 路用粗集料的力学性质

道路路面建筑用粗集料的力学性质,主要是压碎值和磨耗率;其次是抗滑表层用集料的三项试验,即磨光值、道瑞磨耗值和冲击值。

不同道路等级对抗滑表层集料的磨光值、道瑞磨耗值和冲击值的技术要求列于表 1-1-1 中。

抗滑表层用集料技术要求

表 1-1-1

指 标	高速公路、一级公路	其 他 公 路
石料磨光值(PSV)不小于	42	35
道瑞磨耗值(AAV)不大于	14	16
集料冲击值(AIV)不大于(%)	28	30

1) 集料压碎值

集料压碎值是集料在连续增加的荷载下,抵抗压碎的能力。它作为相对衡量石料强度的一个指标,用以评价公路路面和基层用集料的适用性。按《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)的规定,该方法是将 9.5 ~ 13.2mm 的集料试样 3kg,用标准夯实法分三层装入压碎值测定仪的钢质圆筒内,每层夯棒夯 25 次,最后在碎石上再加一压头。将试模移于压力机上,于 10min 内加荷至 400kN,使压头匀速压入筒内,部分集料即被压碎为碎屑。测定通过 2.36mm 筛余质量占原集料总质量的百分率,称为压碎值,可按下式求得:

$$Q'_a = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (1-1-5)$$

式中: Q'_a ——石料压碎值(%);

m_0 ——试验前试样质量(g);

m_1 ——试验后通过 2.36mm 筛孔的细料质量(g)。

2) 集料磨光值

现代高速交通的行车条件对路面的抗滑性提出更高的要求。作为路面用的集料,在车辆轮胎的作用下,不仅要求具有高的抗磨耗性,而且要求具有高的抗磨光性。集料的抗磨光性采用石料磨光值(PSV)来表示。

集料磨光值的试验方法是,选取 9.5 ~ 13.2mm 集料试样,密排于试模中,并且用砂填满集料间空隙,然后再用环氧树脂砂浆固结,经养护制成试件。每种集料要制备 4 块试件。将制备好的试件安装于加速磨光机的道路轮上,道路轮在轮胎带动下随之旋转,在两轮之间加入水和金刚砂,使试件受到磨料金刚砂的磨耗。经磨耗后取下试件,冲洗去金刚砂,用摆式摩擦系数仪测定试件的摩擦系数值,乘以折算系数及按标准试件磨光平均值换算后,即可得到石料磨光值。



得到的石料磨光值愈高,表示其抗滑性愈好。抗滑面层应选用磨光值高的集料,如玄武岩、安山岩、砂岩和花岗岩等。几种典型集料的磨光值示例如表 1-1-2。

几种典型岩石的磨光值示例

表 1-1-2

岩石名称		石灰岩	角页岩	斑岩	石英岩	花岗岩	玄武岩	砂岩
磨光值 (PSV)	平均值	43	45	56	58	59	62	72
	(范围)	(30~70)	(40~50)	(43~71)	(45~67)	(45~70)	(45~81)	(60~82)

3) 集料冲击值(AIV)

集料抵抗多次连续重复冲击荷载作用的性能,称为抗冲击性。按我国现行集料试验规程规定,集料抗冲击能力采用“集料冲击值”(简称 AIV)表示。

集料冲击值的试验方法是,选取粒径为 9.5~13.2mm 的集料试样,用金属量筒分三次捣实的方法确定试验用集料数量。将集料装于冲击值试验仪的盛样器中,用捣实杆捣实 25 次,使其初步压实。然后用质量为 13.75kg 的冲击锤,从量筒上方不超过 50mm 处自由落下锤击集料,并连续锤击 15 次,每次锤击间隔时间不少于 1s。

将试验后的集料在 2.36mm 的筛上筛分并称量。冲击值按式(1-1-6)计算:

$$AIV = \frac{m_1}{m} \times 100 \quad (1-1-6)$$

式中:AIV——集料的冲击值(%);

m ——试样总质量(g);

m_1 ——试验后通过 2.36mm 的试样质量(g)。

4) 集料磨耗值(AAV)

集料磨耗值用于评定抗滑表层的集料抵抗车轮磨耗的能力。我国现行集料试验规程,采用道瑞磨耗试验机来测定集料磨耗值(简称 AAV)。其方法是选取粒径为 9.5~13.2mm 洗净、烘干的集料试样,单层紧排于两个试模内(不少于 24 粒),然后排砂并用环氧树脂砂浆填充密实。经养护 24h 后,拆模取出试件,刷清残砂,准确称出试件质量,然后将试件安装在试验机附的托盘上。为保证试件受磨时的压力固定,应使试件、托盘和配重的总质量为 $2000g \pm 10g$ 。将试件安装于道瑞磨耗机上。道瑞磨耗机的磨盘以 28~30r/min 的转速旋转,与此同时,料斗上的石英砂、磨料可均匀地撒于磨盘上,石英砂磨料流速应保证为 700~900g/min。可预磨 100 圈调整流速,然后再磨 400 圈,共磨 500 圈后,取出试件,刷净残砂,准确称出试件质量。每块试件的集料磨耗值按式(1-1-7)计算:

$$AAV = \frac{3(m_0 - m_1)}{\rho_s} \quad (1-1-7)$$

式中:AAV——集料磨耗值;

m_0 ——磨耗前试件的质量(g);

m_1 ——磨耗后试件的质量(g);

ρ_s ——集料的表干密度(g/cm^3)。

集料磨耗值愈高,表示集料的耐磨性愈差。高速公路、一级公路抗滑层用集料的 AAV 应不大于 14。



二、细集料的技术性质

细集料的技术性质与粗集料的技术性质基本相同,但是由于细度的特点,亦有不同之处。

1. 物理常数

细集料的表观密度、堆积密度和空隙率等物理常数的含意与粗集料完全相同,但是由于它的粒径较小,所需试样数量可以减少,测定精度亦可提高,因此测定计算的方法亦稍有不同。

2. 级配

级配是集料各级粒径颗粒的分配情况,砂的级配可通过砂的筛分试验确定。砂的筛分试验,是取试样 500g,在一整套标准筛上进行筛分,分别求出试样存留在各筛上的质量。然后按下述方法计算其级配有关参数:

(1)分计筛余百分率,在某号筛上的筛余质量占试样总质量的百分率,可按式(1-1-8)求得:

$$a_i = \frac{m_i}{M} \times 100 \quad (1-1-8)$$

式中: a_i ——某号筛的分计筛余(%);

m_i ——存留在某号筛上的质量(g);

M ——试样总质量(g)。

(2)累计筛余百分率,某号筛的分计筛余百分率和大于某号筛的各筛分计筛余百分率之总和可按式(1-1-9)求得:

$$A_i = a_1 + a_2 + \cdots + a_i \quad (1-1-9)$$

式中: A_i ——累计筛余(%);

$a_1, a_2, \cdots, a_i$ ——从 4.75mm, 2.36mm……至计算的某号筛的分计筛余(%)。

(3)通过百分率,通过某筛的质量占试样总质量的百分率,亦即 100 与累计筛余百分率之差,按式(1-1-10)求得:

$$p_i = 100 - A_i \quad (1-1-10)$$

式中: p_i ——通过百分率(%);

A_i ——累计筛余(%)。

3. 粗度

粗度是评价砂粗细程度的一种指标。通常用细度模数表示。细度模数亦称细度模量,是各号筛的累计筛余百分率之和除以 100 之商。

$$M_x = \frac{(A_{0.15} + A_{0.3} + A_{0.6} + A_{1.18} + A_{2.36}) - 5A_{4.75}}{100 - A_{4.75}} \quad (1-1-11)$$

式中: M_x ——细度模数;

$A_{0.15}, A_{0.3}, \cdots, A_{4.75}$ ——0.15mm、0.3mm、…、4.75mm 各筛的累计筛余(%)。

细度模数愈大,表示细集料愈粗。我国《建筑用砂》(GB/T 14684—2001)规定,砂的粗度按细度模数可分为下列三级:

$M_x = 3.7 \sim 3.1$ 为粗砂;

$M_x = 3.0 \sim 2.3$ 为中砂;

$M_x = 2.2 \sim 1.6$ 为细砂。



虽然细度模数在一定程度上能反映砂的粗细,但并未能全面反映砂的粒径分布情况,因为不同级配的砂可以具有相同的细度模数。

第二节 矿质混合料的组成设计

一、矿质混合料的级配理论

1. 矿质混合料的级配理论

1) 级配曲线

各种不同粒径的集料,按照一定的比例搭配起来,以达到较高的密实度,可以采用下列两种级配组成。

(1) 连续级配。连续级配是某一矿质混合料在标准筛孔配成的套筛中进行筛分时,所得的级配曲线平顺圆滑,具有连续的(不间断的)性质,相邻粒径的粒料之间,有一定的比例关系(按质量计)。这种由大到小,逐级粒径均有,并按比例互相搭配组成的矿质混合料,称为连续级配矿质混合料。

(2) 间断级配。间断级配是在矿质混合料中剔除其中一个(或几个)分级,形成一种不连续的混合料。这种混合料为间断级配矿质混合料。

2) 级配理论

(1) 最大密度曲线理论

最大密度曲线是通过试验提出一种理想曲线。W. B. Fuller 研究认为:固体颗粒按粒度大小,有规则的组合排列,粗细搭配,可以得到密度最大、空隙最小的混合料。该理论认为:“矿质混合料的颗粒级配曲线愈接近抛物线,则其密度愈大”。

当矿质混合料的级配曲线为抛物线时,最大密度理论曲线可用颗粒粒径(d)与通过量(p)表示如式(1-1-12):

$$p^2 = kd \quad (1-1-12)$$

式中: d ——矿质混合料各级颗粒粒径(mm);

p ——各级颗粒粒径集料的通过量(%);

k ——常数。

当颗粒粒径 d 等于最大粒径 D 时,则通过量 $p = 100\%$ 。即 $d = D$ 时, $p = 100$ 。

故:

$$k = 100^2 \cdot \frac{1}{D} \quad (1-1-13)$$

当希望求任一级颗粒粒径 d 的通过量 p 时,可用式(1-1-13)代入式(1-1-12)得:

$$p = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^{0.5} \quad (1-1-14)$$

或

$$p = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

式中: d ——希望计算的某级集料粒径(mm);

D ——矿质混合料的最大粒径(mm);

p ——希望计算的某级集料的通过量(%)。



式(1-1-14)就是最大密度理想曲线的级配组成计算公式。根据这个公式,可以计算出矿质混合料最大密度时各种颗粒粒径(d)的通过量(p)。

最大密度曲线是一种理论的级配曲线。在实际应用中,许多研究认为:这一公式的指数不应固定为0.5。有的研究认为在沥青混合料中应用,当 $n=0.45$ 时密度最大;有的研究认为在水泥混凝土中应用,当 $n=0.25 \sim 0.45$ 时工作性较好。通常使用的矿质混合料的级配范围(包括密级配和开级配) n 幂常在0.3~0.7之间。因此在实际应用时,矿质混合料的级配曲线应该允许在一定范围内波动,所以目前多采用 n 次幂的通式表达如式(1-1-15)。

$$p = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^n \quad (1-1-15)$$

式中: p 、 d 、 D ——意义同式(1-1-14);

n ——实验指数。

(2) 粒子干涉理论

粒子干涉理论根据 C. A. G 魏矛斯(Weymouth)研究认为:为达到最大密度,前一级颗粒之间的空隙,应由次一级颗粒所填充;其所余空隙又由再次小颗粒所填充,但填隙的颗粒粒径不得大于其间隙之距离,否则大小颗粒粒子之间势必发生干涉现象,为避免干涉起见,大小粒子之间应按一定数量分配,并从临界干涉的情况下可导出前一级颗粒间的距离应为:

$$t = \left[\left(\frac{\psi_0}{\psi_a} \right)^{1/3} - 1 \right] D \quad (1-1-16)$$

式中: t ——前粒级的间隙距离(即等于次粒级的粒径 d);

D ——前粒的粒径;

ψ_0 ——次粒级的理论实积率(实积率即堆积密度与表观密度之比);

ψ_a ——次粒级的实用实积率。

在应用时,如已知集料的堆积密度和表观密度,即可求得集料理论实积率(ψ_0)。连续级配时 $d/D = 1/2$,则可按式(1-1-16)求得实用实积率(ψ_a)。由实用实积率可计算出各级集料的配量(即各级分计筛余)。

2. 级配曲线范围的绘制

以通过百分率为纵坐标轴,以粒径(mm)为横坐标轴,绘制成曲线,即为理论级配曲线。但由于矿料在轧制过程中的不均匀性,以及混合料配制时的误差等因素影响,使所配制的混合料往往不可能与理论级配完全相符合。因此,必须允许配料时的合成级配在适当的范围内波动,这就是“级配范围”。

我国沿用半对数坐标系绘制级配范围曲线的方法,首先要按对数计算出各种颗粒粒径(即筛孔尺寸)在横坐标轴上的位置,而表示通过(或存留)百分率的纵坐标则按普通算术坐标绘制。绘制好纵、横坐标后,最后将计算所得的各颗粒粒径(d_i)的通过百分率(p_i)绘制在坐标图上,再将确定的各点连接为光滑的曲线,在两个指数(n_1 和 n_2)之间所包络的范围即为级配范围。

二、矿质混合料的组成设计方法

天然或人工轧制的一种集料的级配往往很难完全符合某一级配范围的要求,因此必须采用两种或两种以上的集料配合起来才能符合级配范围的要求。矿质混合料配合组成设计的任



务就是确定组成混合料各集料的比例。确定混合料配合比的方法很多,但是归纳起来主要可分为数解法与图解法两大类。

1. 数解法

用数解法求解矿质混合料组成的方法很多,最常用的为“试算法”和“线性规划法”。前者用于3~4种矿料组成,后者可用于多种矿料组成,所得结果准确,但计算较为繁杂,不如图解法简便。

1) 线性规划法

多种集料采用数解法求配合比,其基本原理是根据各种集料的筛分析数据和规范要求的级配中值,列出正规方程,然后用数学回归的方法或电算的方法求解。

设有 k 种集料,各种集料在 n 级筛析的通过百分率为 $p_{i(j)}$,欲配制为级配范围中值的矿质混合料,其组成如表1-1-3。

表 1-1-3

通过 百分率 筛孔	集料	各种集料				各种集料用量				级配范围 中值
		1	2	...	k	x_1	x_2	...	x_k	
1		$p_{1(1)}$	$p_{2(1)}$	...	$p_{k(1)}$	$p_{1(1)} \cdot x_1$	$p_{2(1)} \cdot x_2$	...	$p_{k(1)} \cdot x_k$	$p_{(1)}$
2		$p_{1(2)}$	$p_{2(2)}$	...	$p_{k(2)}$	$p_{1(2)} \cdot x_1$	$p_{2(2)} \cdot x_2$	...	$p_{k(2)} \cdot x_k$	$p_{(2)}$
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...
n		$p_{1(n)}$	$p_{2(n)}$	...	$p_{k(n)}$	$p_{1(n)} \cdot x_1$	$p_{2(n)} \cdot x_2$	...	$p_{k(n)} \cdot x_k$	$p_{(n)}$

设矿质混合料任何一级筛孔的通过率为 $p_{(j)}$,它是由各种组成集料在该级的通过百分率 $p_{i(j)}$,乘各种集料在混合料中的用量(x_i)之和。

$$\text{即} \quad \sum p_{i(j)} \cdot x_i = p_{(j)}$$

式中: i ——集料种类, $i=1,2,\dots,k$;

j ——筛孔数, $j=1,2,\dots,n$ 。

按表1-1-3级配组成可列为下列方程组:

$$\begin{cases} p_{1(1)} \cdot x_1 + p_{2(1)} \cdot x_2 + \dots + p_{k(1)} \cdot x_k = p_{(1)} & (1) \\ p_{1(2)} \cdot x_1 + p_{2(2)} \cdot x_2 + \dots + p_{k(2)} \cdot x_k = p_{(2)} & (2) \\ \dots\dots\dots & \\ p_{1(n)} \cdot x_1 + p_{2(n)} \cdot x_2 + \dots + p_{k(n)} \cdot x_k = p_{(n)} & (n) \end{cases}$$

上述方程组可用数学回归法或电算法求解。

2) 试算法

(1) 基本原理

试算法的基本原理是,设有几种矿质集料,欲配制某一种一定级配要求的混合料。在决定各组成集料在混合料中的比例时,先假定混合料中某种粒径的颗粒是由某一种对该粒径占优势的集料所组成,而其他各种集料不含这种粒径。如此根据各个主要粒径去试算各种集料在混合料中的大致比例。如果比例不合适,则稍加调整,这样逐步渐进,最终达到符合混合料级配要求的各集料配合比例。