

公路工程基本知识

筑路材料

(第二版)

同济大学路桥系

人民交通出版社

第二版说明

为了适应公路部门广大工人和管理干部学习专业技术知识的需要，我社特约请有关单位组织力量编写了一套《公路工程基本知识》丛书。这套丛书分为《公路工程》、《公路路线》、《公路路基》、《公路路面》、《筑路材料》等若干分册。这本《筑路材料》系同济大学路桥系编写（由张南鹭、景天然、严家伋执笔）。

为了更好地满足读者要求，这次重版请原作者根据新颁布的有关技术标准对全书作了较大的修改和补充。

对这套丛书的内容欢迎广大读者提出宝贵意见，径寄北京安定门外和平里人民交通出版社，以便重印时修改。

内 容 提 要

本书是《公路工程基本知识》丛书中的一册，其内容主要介绍常用的砂石、沥青、渣油、石灰、水泥、混凝土、砂浆、工业废料、金属材料、木材以及爆破材料的基本技术性能、保管、贮藏和运输方法，对于这些材料在使用中应注意的问题也作了简要的说明。

这次重版请原作者根据新颁布的有关技术标准对全书作了修订和补充（第二章全部重写，五、六章作了修改，一、三、七章内容作了补充）。

本书可供公路、城市道路、森林公路工人及有关管理干部阅读，并可作为培训上述人员的教材。

公路工程基本知识 筑 路 材 料 (第 二 版)

同济大学路桥系

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：3.75 字数：81千

1974年11月 第1版

1984年11月 第2版 第3次印刷

印数：41,201—53,700册 定价：0.62元

目 录

第一章 砂、石材料	1
第一节 石料的技术性质.....	1
第二节 砂、砾的技术性质.....	7
第三节 路面和桥梁所用石料的制品和规格.....	9
第二章 石灰和水泥	12
第一节 石灰.....	12
第二节 水泥.....	16
第三章 混凝土和砂浆	26
第一节 混凝土.....	26
第二节 砂浆.....	61
第四章 工业废料	64
第一节 高炉矿渣、钢渣、煤渣等在公路工程 中的应用.....	64
第二节 电石渣、漂白粉渣、红粉、水淬渣、 粉煤灰等具有活性的材料.....	66
第三节 二渣和三渣、湿碾矿渣混凝土的结硬 和应用.....	68
第五章 沥青材料	69
第一节 石油沥青.....	70
第二节 煤沥青.....	82
第六章 建筑木材	85

第一节 建筑木材的技术性质.....	85
第二节 木材制品和材积计算.....	92
第七章 金属材料.....	94
第一节 钢的技术性能和技术分类.....	94
第二节 桥梁建筑用钢材的主要制品.....	100
第八章 爆破材料.....	105
第一节 爆破材料的分类、性能与使用.....	105
第二节 爆破材料的运输与保管.....	108
术语解释.....	111
本书所用名称代号表.....	114

第一章 砂、石材料

在公路工程中，砂、石是应用最广泛的材料。我国土地辽阔，各地都盛产砂、石材料。因此，为了充分利用这一丰富自然资源，建设公路、桥梁，大力发展社会主义交通运输事业，这就需要了解、掌握它们的技术性能，以达到合理选用的目的。

第一节 石料的技术性质

石料究竟有多少种，岩石学根据岩石的成因把它们分为三大类：

岩浆岩——地球深处的岩浆流到地面冷却凝结而成的，又叫做火成岩，如花岗岩、玄武岩等；

沉积岩——岩石经风化作用破坏后再经沉积而成的岩石，又叫做水成岩，如石灰岩、砂岩等都属于此类；

变质岩——岩浆岩或沉积岩受到地壳变动或熔融岩浆的高温高压作用变质而成的。我国变质岩主要有大理石、石英岩、片麻岩等。

应用于公路与桥梁上的天然石料，必须具有一定的技术性质，以满足结构和施工的要求。

一、天然石料性质的鉴定

鉴定天然石料的技术性质的目的，在于评价其质量以确定适用范围。通常对天然石料的鉴定有下列一些指标：

1. 比重

比重是指干燥、密实（不包括孔隙）的石料的单位体积重量，为简便起见，通常用希腊文 γ 表示。各种石料的比重都很相近，大多数在2.65~2.75之间。

石料比重试验方法：

将石料试样用碎石机轧碎，用研钵研成可以通过0.25毫米筛孔的细粉，然后在105~110℃烘箱中烘干，称其重量（用英文字母 G 表示）。试样的体积（用英文字母 V 表示）可用测定石料专用的比重瓶测定。

石料比重 γ 按下式计算：

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{克/立方厘米}$$

式中： γ ——石料的比重，克/立方厘米；

G ——干燥石粉的重量，克；

V ——干燥石粉的实体积，立方厘米。

在生产上为简便起见，往往不采取上述方法来测定石粉的实体积，而是采用将石料吸饱水后在水中称其重量按排水法计算其体积的方法。用这种方法测得的比重称为“表观比重”，或称为“视比重”。

2. 容重

包括孔隙在内的干燥石料的单位体积重量，简称为容重，通常用希文 γ_0 表示。石料的主要技术性质常取决于其容重的大小、强度与耐久性一般与容重成正比。

石料容重 γ_0 按下式计算：

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0} \text{克/立方厘米}$$

式中： γ_0 ——石料的容重，克/立方厘米，在实际应用中容重单位常以公斤/立方米计；

V_0 ——石料包括孔隙在内的总体积，立方厘米。

3. 孔隙率

石料体积内的孔隙占总体积的百分率，称为孔隙率。孔隙率也是石料的重要的技术指标，石料孔隙率愈高，则容重愈小，抗压强度一般也较低。

孔隙率 p 可按下式计算：

$$p = \frac{V_0 - V}{V_0} \\ = 1 - \frac{V}{V_0}$$

也可以写成：

$$p = 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}$$

4. 吸水率

石料吸水的重量与石料干燥重量的百分率，称为吸水率，通常用英文字母 W 表示。石料吸水率的大小，决定于石料的孔隙的数量、大小和分布情况。一般说来，孔隙率愈大吸水率愈大，但也要看孔隙是封闭的还是粗大开口的或细小开口的，如为粗大开口的，水分不易存留，若为细小开口则水分易存留。石料吸水率可按下式计算：

$$W = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\%$$

式中： W ——石料的吸水率，%；

$G_{\text{湿}}$ ——石料吸水以后的重量，克；

$G_{\text{干}}$ ——石料干燥时的重量，克。

5. 抗压强度

将石料制做成标准的试件，经吸水饱和后，在单向受压的状态下，在单位面积上抵抗破坏的极限抗力称为石料抗压强度。

抗压强度表示的方法：

$$R = \frac{P_{\text{破坏}}}{F} \text{ 公斤/平方厘米}$$

式中：R——石料的抗压强度，公斤/平方厘米；

P——石料试件破坏时所加的极限荷重，公斤；

F——石料试件的受压面积，平方厘米。

6. 磨耗度

石料磨耗度是石料在撞击、剪切和摩擦等综合作用下抵抗磨耗的性能。石料磨耗度的试验方法有二种：一为双筒式磨耗机，是将石料加工成粒径为50~75毫米的一定块数(100块)，在磨耗机中旋转10000转，以磨碎后通过2毫米筛孔的重量损失来表示磨耗度。磨耗度按下式计算：

$$Q_{\text{磨}} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \times 100\%$$

式中：Q_磨——石料磨耗度，%；

g₁——试验前干燥样品重量，克；

g₂——试验后洗净烘干后石料样品的重量，克。

双筒式磨耗机的主要缺点是试验费时间，不同性质的石料所得磨耗值差别很少。

另一种搁板式磨耗机，是采用不同粒径的石料5,000克，同时在试验时加入若干个钢球(总重5公斤)，只旋转500次就能明显区别石料抗磨性的好坏，节约了试验时间，所得试验结果也较稳定。

二、路用石料的技术要求

路用石料按其极限抗压强度和磨耗率而分为五个等级。在确定其分级之前先要按照岩石的矿物成分及组织结构确定岩石名称，然后划分其所属的岩组，再按其极限抗压强度和磨耗率数值确定其分级。对各级岩石的技术要求列如表1—1。

道路建筑用石料技术分級表 (交通部标准JT1003—86) 表1—1

石料 指 标	火 成 岩		石 灰 岩		砂 岩		片 岩	
	极限抗压 强度 (公斤/厘米 ²)	磨耗率 (重量%)	极限抗压 强度 (公斤/厘米 ²)	磨耗率 (重量%)	极限抗压 强度 (公斤/厘米 ²)	磨耗率 (重量%)	极限抗压 强度 (公斤/厘米 ²)	磨耗率 (重量%)
石 料 分 级								
1	>1200	<4	>1000	<5	>1000	<5	>1000	<4
2	1000~1200	4~5	800~1000	5~6	800~1000	5~7	800~1000	4~5
3	800~1000	5~7	600~800	6~12	500~800	7~10	600~800	5~7
4	—	7~10	300~600	12~20	300~500	10~15	300~600	7~12
5	—	>10	<300	>20	<300	>15	<300	>12

注：1.火成岩包括：花岗岩、玄武岩、安山岩、辉绿岩等。

砂 岩 包 括：石英岩、砂岩等。

石灰岩包括：片麻岩、花岗岩片麻岩等。

2.极限抗压强度是在饱水状态下求得的；磨耗率是在双筒式磨耗机中测定的。

3.表中火成岩现称岩浆岩。

三、几种常用天然石料的特性

1. 花岗岩

这种岩石分布很广，几乎各地都有。花岗岩的颜色一般为淡灰、淡红或微黄色。由于它的结构致密，所以比重大，约为 2.7；容重也大，约为 2.6 克/立方厘米；抗压强度大致在 1,000~1,800 公斤/平方厘米之间；孔隙率和吸水率都小，因而抗风化，耐冻性也好。所以花岗岩是一种良好的建筑材料。

2. 玄武岩

这种岩石颜色较深，玻璃状结构；脆性大、硬度高，容重大，耐风化；抗压强度变化范围较大，大致在 1,000~5,000 公斤/平方厘米之间。

3. 石灰岩

在沉积岩中，石灰岩是最常见的一种岩石。纯石灰岩绝大部分是由碳酸钙组成，在自然界呈深灰色或灰色，如果用盐酸滴在上面就会起泡，这是鉴定石灰岩的一个方法。

石灰岩的技术性质也随着它的成分、结构不同而有很大的变化。比重变化在 1.6~2.8 之间，容重为 1.5~2.6 克/立方厘米，孔隙率变化范围也很大，因此石灰岩的抗压强度低的仅有 50 公斤/平方厘米左右，高的可达 1,000~1,500 公斤/平方厘米，其抗风化能力及耐冻性也随之而不同，在选用石料时应该注意。

4. 砂岩

砂岩大多数是各种天然胶结物将石英颗粒胶结而成。砂岩的物理、力学性质取决于其矿物成分和石英颗粒的大小。其抗压强度为 400~1,400 公斤/平方厘米之间。

5. 片麻岩

片麻岩是由花岗岩变质而成，其矿物成分与花岗岩相

近，不同之处在于片麻岩是板状结构或条状结构。因此，垂直于片理的抗压强度比较高，大致在 1,500 公斤/平方厘米左右，而平行于片理的抗压强度却很低，沿片理易于开采和加工，但在冻融交替作用下易成层剥落。

6. 石英岩

石英岩是由石英砂岩变质而成。变质后成为坚密均匀的结晶体，石英岩的强度很高，可达 3,000 公斤/平方厘米以上，硬度也大，耐冻性与抗风化能力强，但难于加工。

上面所讲的只是几种常用的天然石料，我们在实际工程中会遇到各种各样的石料，应本着就地取材的原则，尽量采用沿线的石料，但在修筑桥梁或等级高的路面时，应对石料的技术性质进行测定。砌筑桥梁墩台或拱桥时常采用强度高耐风化的花岗岩或品质较好的砂岩及石灰岩等，各种石料可根据其强度等指标做为路面碎石或混凝土骨料，在修筑黑色路面时，花岗岩与石油沥青粘附性不好，石灰石与石油沥青粘附性好，是黑色路面理想的骨料。

第二节 砂、砾的技术性质

砂、砾石（卵石）都是岩石风化而成，不过只是颗粒粒径大小不同。凡是粒径在 0.15~5 毫米的，称为砂。粒径为 5~150 毫米的称为砾石（卵石）。它们都依其产源分为山砂（砾）、河砂（砾）及海砂（砾）。砂、砾都是在公路工程中广泛使用的材料，砂可以做为混凝土的细骨料，或做成砂浆砌筑桥台、挡土墙等建筑物。

砂的主要技术性质主要有以下几项：

1. 容重

砂和砾石是岩石经天然风化而成的松散材料，除材料颗粒本身有孔隙外，各颗粒之间还存在空隙。所以砂、砾的

(包括孔隙和空隙在内)容重是干燥、松散的砂砾材料的单位体积重量,也称为松容重。如果砂中石英颗粒含量多,级配又好,容重就大。砂的容重一般在1,400~1,500公斤/立方米左右。

2. 视比重

只包括砂砾颗粒本身的孔隙,不包括颗粒之间空隙的单位体积重量称为视比重。测定方法与石料相同,但不需将砂砾磨成细粉。

3. 级配

级配是各种不同粒径的砂的搭配情况。级配越好则砂的空隙率越小。

砂的级配可用筛分的方法测定。方法是取约1公斤的砂样,放在一套标准筛内进行筛分(砂的标准筛的孔径尺寸是5, 2.5, 1.2, 0.6, 0.3及0.15毫米),然后称出各筛上的存留量占总砂样的百分率,称为“分计筛余”%,把某筛的“分计筛余”%,加上比本筛大的“分计筛余”%,就叫做该筛的“累计筛余”%。现举一例:取1000克砂样经筛分结果,见表1—2。

表1—2

筛子孔径 (毫米)	各筛上存留数量 (克)	分计筛余 (%)	累计筛余 (%)
5.0	0	0	0
2.5	100	10	10
1.2	200	20	30
0.6	200	20	50
0.3	300	30	80
0.15	100	10	90
小于0.15	100	10	—

砂的颗粒粗细，目前多用细度模数来表示。细度模数是把各筛的累计筛余加起来除以 100 的值。这个值越大说明砂子越粗。关于细度模数与砂子粗细的对应数值，各地各单位的规定不大一致，一般规定细度模数在 3.7~3.1 的为粗砂；在 3.0~2.3 的为中砂；在 2.2~1.6 的为细砂；在 1.5~0.7 为特细砂。太粗的砂配制混凝土，混合料容易离析，和易性不易控制，成型时由于混合料的内摩擦力大，不易插捣密实。砂太细则增加水泥用量，而且混凝土强度较低。

4. 砂的有害杂质

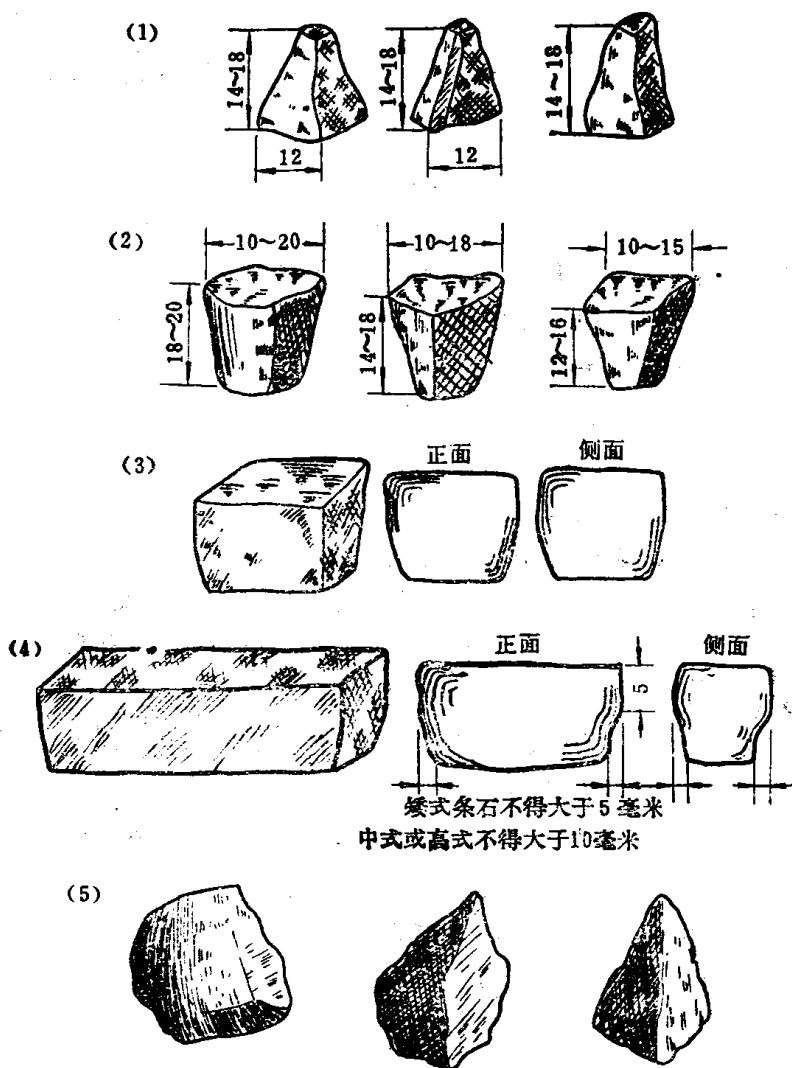
泥土、云母、硫化物和有机杂质都是砂中的有害杂质。泥土附在砂粒表面，阻碍砂粒与水泥结合；泥土混杂在水泥砂浆中就会降低混凝土的强度和耐久性。云母是片状的矿物，强度低，表面光滑和水泥的粘结力差，所以也必须加以限制。砂中含有硫化物及硫酸盐就会降低水泥混凝土的强度，并使钢筋易于腐蚀。砂中含有机杂质对水泥有腐蚀作用，影响混凝土的强度和耐久性。

在水泥混凝土中，所用砂中的有害杂质含量，都不能超过有关规范中规定的数值。

砾石的技术性质也要测定比重、容重、孔隙率、级配等指标，这些指标在前面已有叙述。只是砾石所用的筛孔尺寸为 80，40，20，10，5 毫米的圆孔筛。砾石的强度用软弱颗粒含量来表示，是以 15、25、34 公斤的压力分别压个别颗粒，被压碎者即为软弱颗粒。

第三节 路面和桥梁所用石料的制品和规格

在开采石料时，应慎重选择料场，使所开采之石料能够符合公路工程的要求。在公路工程中常用的石料制品的类型有以下几种（见图 1—1）：



尺寸单位：厘米

图1—1 石料的制品示意图

(1)锥形块石；(2)铺砌拳石；(3)方块石；(4)条石；(5)碎石

1. 片石（也叫毛石）

由爆破直接得到的形状不规则的石块称为片石。它的最长边的尺寸可达30~40厘米，重量约在20~30公斤左右，可用来砌筑挡土墙。在大体积混凝土中，经常还掺加一定数量的片石，以达到节约水泥的目的。掺加了片石的混凝土，又称为片石混凝土。

2. 路面铺砌块石

爆破出的片石，经粗略加工或不加工而得到的制品，根据工程的要求而可加工成以下几种：

（1）锥形块石

锥形块石的高度约在14~18厘米，锥底是一个平面，底部面积不要太小，一般不小于100平方厘米，顶部为尖形，可用于路面基层。

（2）铺砌拳石

铺砌拳石与锥形块石相似，但要求顶面不尖而有平面，顶面与底面平行。一般用来铺砌路面或砌筑涵洞。

（3）方块石

方块石形状近似正立方体，顶面和底面是正方形或长方形并且相互平行的石块，大块的可砌筑桥涵基础，小块的可用作路面面层铺砌。

（4）条石

条石劈凿并经粗琢加工而成的长方形石块，其主要用于铺砌高级路面面层，这种路面宜于重车或履带车通行。

（5）碎石

岩石爆破后再经轧碎而成的制品称为碎石，在公路工程中应用极为广泛。按颗粒尺寸大小，碎石一般分为以下几级：①0~5（6）；②5（6）~15；③15~25；④25~40（38）；⑤40（38）~70（以上尺寸皆为毫米）。

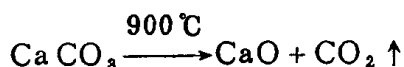
第二章 石灰和水泥

石灰和水泥都是矿质胶结材料。这类胶结材料和水拌和以后，在常温下，经过一定的物理化学变化过程，能由膏浆状逐渐变稠，凝结成硬块，并具有一定的强度。由于石灰和水泥具有这种性质，可以把松散的材料土、砂、石料等粘结成为一个整体，因而在公路工程中得到广泛的应用。石灰只能在空气中硬化，也只能在空气中保持或继续发展其强度，称为气硬性胶结材料。而水泥不仅能在空气中，而且能更好地在水中硬化，保持并继续发展其强度，称之为水硬性胶结材料。

第一节 石 灰

一、石灰的制造、熟化和硬化

制造石灰的原料是石灰岩。石灰岩的主要成分是碳酸钙。石灰岩经过900℃以上高温煅烧后，就成为生石灰。石灰的主要成分是氧化钙。



煅烧正常的石灰，重量较轻（容重为800～1,000公斤/立方米），颜色淡，断面是白色，硬度均匀。但制造时常由于煅烧温度不均匀，石灰岩块的大小不同等原因而形成过火石灰或欠火石灰。

石灰在使用前一般先进行熟化。用水熟化消解以后的石