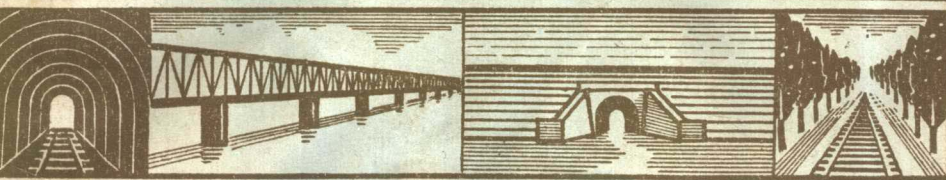


铁路工程施工技术学习丛书

混凝土工

铁道部华北铁路工程局主編



铁路工程施工技术学习丛书

混 凝 土 工

铁道部华北铁路工程局主编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 6 6 年 · 北 京

本书内容介绍混凝土组成材料的技术要求，成份配合比的选择，混凝土的拌合、运输、灌注、捣实、养护的方法及技术要求，混凝土结构缺陷的修补方法，冬季施工方法，以及防水层施工等。

本书供铁路基建施工部门培养技术工人用。

责任编辑：赵洪鑫

铁路工程施工技术学习丛书

混 凝 土 工

铁道部华北铁路工程局主编

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

书号2039 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 6 字数 136 千

1966年1月第1版

1966年1月第1版第1次印刷

印数 0001—30,000 册 定价(科二) 0.50 元

目 录

概述	1
第一章 水泥	5
第一节 水泥的种类	5
第二节 水泥凝结硬化过程简述	7
第三节 水泥的一般技术特性	9
第四节 各种水泥的技术特性和适用工程对象	17
第五节 水泥的保管和运输, 过期水泥的使用	22
第二章 混凝土用砂、石、水及掺料	25
第一节 砂	25
第二节 卵石或碎石	35
第三节 水	41
第四节 掺合料及外加剂	44
第三章 混凝土成份配合比	55
第一节 混凝土成份配合比的目的	55
第二节 选择成份配合比的一般规定	56
第三节 成份配合比的选择	64
第四章 混凝土的拌合	72
第一节 施工配料	72
第二节 机械拌合	74
第三节 人力拌合	79
第五章 混凝土的运输	80
第一节 基本要求	80
第二节 混凝土的倾卸	81
第三节 容器运输	83

第四节	输送带运输	84
第五节	混凝土泵输送	85
第六节	风动输送机	94
第六章	混凝土的灌筑	100
第一节	灌筑混凝土前的各项准备工作	100
第二节	灌筑工作的一般规定	106
第三节	混凝土振捣机械和捣实方法	108
第四节	不同结构物的灌筑方法	120
第七章	混凝土的养护与拆模	132
第一节	混凝土的养护	132
第二节	混凝土结构物的拆模	136
第八章	混凝土结构的修补	139
第一节	混凝土修补前的准备工作	139
第二节	混凝土的修补方法	140
第三节	用环氧树脂修补混凝土结构	146
第九章	混凝土冬季施工	152
第一节	温度对混凝土的影响	152
第二节	混凝土冬季施工方法	153
第三节	蓄热法	154
第四节	暖棚法	156
第五节	电热法	158
第六节	蒸汽加热法	160
第十章	沥青防水层施工	164
第一节	概述	164
第二节	沥青防水材料	167
第三节	铺设沥青卷材防水层的基本方法	177
第四节	沥青卷材防水层的质量检查	184
第五节	沥青卷材防水层的安全技术	186

概 述

由水泥、砂子、碎石（或卵石）和水，按照一定的比例配合，用人工或机械搅拌均匀，灌注模型内，将它捣固密实，经过一定的养护时间后便成为一种坚硬的人造石块。这种产物就叫做混凝土。如果在混凝土内再适当地布设一定数量的钢筋，就成为钢筋混凝土。

一、混凝土的分类

混凝土的种类很多，通常可以按照它的单位体积重量、用途、性状和制作方法等来加以分类。

（一）按重量分类：

混凝土的单位体积重量的大小，主要取决于混凝土所用粗细集料（碎石或卵石及砂子）的重量和混凝土捣筑的密实程度。根据单位体积重量，可将混凝土分为三大类：

1. 特重混凝土：单位体积重量在3,500~4,000公斤/立方米以上，一般须采用各种重金属矿石作集料。在工程上可用作重力坝，桥台后平衡重或起重机的平衡重混凝土用。在原子能工业中，则作为防辐射的构体。

2. 重混凝土：单位体积重量在2,000~2,500公斤/立方米间。铁路工程中常用的混凝土大都属于这范围。机械振捣的混凝土约比使用人力捣筑的重5~8%。

3. 轻混凝土：单位体积重量在1,600公斤/立方米以下；特轻的可小于1,000公斤/立方米。大都用于房建工程作保温层或作内隔墙用。

（二）按用途分类：

1. 普通混凝土：指一般工业和民用建筑常用的各种工

程的混凝土，如混凝土基础、梁、柱、版、桥涵墩台、拱圈等等。普通混凝土需要有一定的强度和耐久性。

2. 水工混凝土：如水库工程中的混凝土墙坝，或堤坝中的防渗体，常要求有较高的抗冻性和较小的透水性。

3. 公路混凝土：如道路工程中的混凝土路面，常须有较高的抗磨、抗挠强度和抗冻性，并须有较小的收缩性。

4. 特种混凝土：如抵抗高温的耐热混凝土，抵抗化学侵蚀的防蚀混凝土等。

(三) 按混凝土的性状和制作方法分类：

1. 按水泥用量可分为：富混凝土和贫混凝土（每立方米混凝土水泥用量在150公斤以下者）。

2. 按混凝土拌合物的流动性大小可分为：干硬的，可塑的和稀软的混凝土。

3. 按混凝土制作方法可分为：振捣混凝土，灌注混凝土，喷射混凝土，离心旋制混凝土，真空作业混凝土，压浆混凝土等等。

4. 按钢筋制作方法可分为：普通钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。

二、混凝土的优缺点

混凝土和钢筋混凝土的发展，只有一百多年的历史，已成为现代最重要的建筑材料。它的用途很广，在各种基础工程、桥涵、隧道、堤坝、房屋建筑以及国防工程中，几乎全可以用混凝土和钢筋混凝土来代替砖、石、钢、木等建筑结构。它的发展所以这样快，用途这样广泛，是因为它具有下列很多优点：

1. 耐久性：混凝土和钢筋混凝土对于遭受自然气候的干湿变化、冷热变迁、冻融循环以及磨损和化学侵蚀，均有较强的抵抗力。在正常情况下，其耐用年限可达50年以上。

2. 整体性：混凝土和钢筋混凝土可以根据需要，灌筑成任何形状的整体结构，具有高度的刚性，在重荷载下不易挠曲，能抗受强烈的震动和冲击。

3. 防火性：混凝土和钢筋混凝土是不良的导热体，用它来修筑建筑物，不易引起失火。即遇失火和经较长时间的焚烧，只能损伤混凝土的表面，而不易破坏其内部组织，不易发生坍塌，故可以作为防火建筑物。如使用耐热混凝土，则可以抗受高温。

4. 抗渗性：密实的混凝土和钢筋混凝土可以作为防水建筑材料，用来建造地下建筑物及水工建筑物，比一般砖石圬工具有较高的抗渗性。如采用防水水泥或在水泥中加适当防水掺料来控制混凝土，就可以承受很大的水压力而不透水。

5. 就地取材：混凝土和钢筋混凝土所需的砂石集料，均系天然材料，大都可以就地取材，能节约大量运输费用，符合经济的目的。

6. 制作方法的多样性：能采用各种不同方法制作各种不同结构和各种特性的混凝土，以适应工程的需要，因而更扩大了混凝土的应用范围。

7. 维修费用少：混凝土和钢筋混凝土结构建成后，其维修工作较之钢木结构要少得多，几乎与石料结构物相同。

混凝土和钢筋混凝土除有上述优点以外，也有它的缺点。如质量不易控制，受材料质量和操作质量的影响大；灌注后，须经一定时间的养护方能承重；制作时，受气温和环境水质的影响大；混凝土本身有收缩性，抗拉、抗剪强度低等等。

为此，在施工时，必须注意选择材料、合理保管和使用材料，严格按照配合比配料，按规定的水灰比加水和严格注

意使用掺料。在运输和灌注过程中，要充分注意勿使混凝土发生离析，按照规定方法严密捣实。养护工作必须做得及时、细致、周到。模型尺寸和钢筋位置必须正确，勿使有稍许移动和变形等等。

第一章 水 泥

水泥是一种水硬性的胶结材料，它与气硬性的胶结材料有着重要的区别：例如石灰是气硬性的胶结料，它只能在空气中硬化，所以石灰的使用只限于可能同空气接触和比较干燥的地方。而水泥不但能够在空气中硬化，还能够更好的在水中硬化；因此无论在地面以上或地面以下，在潮湿的地方以及在水下都可以使用。

第一节 水泥的种类

目前，在普通混凝土中，使用量最多的是硅酸盐水泥，其次是矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥。为了适应我国社会主义经济建设的新形势和满足工程上各种特殊的需要，尚有很多其他品种的水泥，如：矾土水泥，抗硫酸盐水泥，塑化水泥，防水水泥，加气水泥，大坝水泥，不收缩水泥，膨胀水泥等等。

现将铁路工程常用的几种水泥作一简单的介绍。

一、硅酸盐水泥

硅酸盐水泥一般常简称为“普通水泥”。这种水泥，普通多用石灰质原料（如石灰石、白垩、泥灰质石灰石等）和粘土质原料（如粘土、泥灰质粘土等）按适当的比例配成生料，置于迴转窑或立窑中，经 $1300\sim 1450^{\circ}\text{C}$ 的高温煅烧成以硅酸钙为主要成份的水泥熟料，然后加入适量的石膏磨成细粉，即成为硅酸盐水泥。在熟料磨细时，允许均匀掺入 15% 或 15% 以下（均按水泥成品重量计）的水硬性混合材料（如火山灰、粒状高炉矿渣等）或 10% 以下的填充性混合材

料（石灰石或石英砂等的磨细料）；也可同时掺入上列两种混合材料（其中填充料应不超过10%，共计15%）。

常用硅酸盐水泥共有六种水泥标号，即200、250、300、400、500及600号。水泥标号愈大，表示水泥活性愈大，强度愈高。所谓水泥的标号，是按照水泥标准试验的方法，以1:2.75的水泥砂浆按规定的用水量和锤捣次数制成试件，再按标准养护方法养护28天，然后进行抗压试验，求出它的单位抗压强度，即为水泥标号。如所求得单位抗压强度为300公斤/厘米²，那末水泥的标号即为300号。

二、火山灰质硅酸盐水泥

火山灰质硅酸盐水泥简称“火山灰质水泥”，是在硅酸盐水泥熟料中均匀掺入按水泥成品重量的15~50%的火山灰质水硬性混合材料，并按需要加入适量石膏磨成细粉而成。

火山灰质混合材料，有天然生成的，如火山灰、凝灰岩、浮石、硅藻土、硅藻石、蛋白石等；有人工制成的，如矾土渣、烧粘土等。这些混合材料有一定的化学活性，当它和石灰混合并加水调拌后，能在空气中凝固硬化，并也能在水中继续硬化，所以也称为水硬性混合材料。

除在水泥厂内配制的火山灰质水泥外，在建筑工地也可利用硅酸盐水泥和当地的火山灰混合材料自行配制火山灰质水泥使用。配制方法有干法和湿法两种。

干法配制是将干粉状的混合材料与硅酸盐水泥按适当比例掺和使用，或直接将混合材料装进混凝土搅拌机中，与硅酸盐水泥一起进行拌合（这时，宜先将水泥、混合材料及全部调拌水装入搅拌机中，拌合2~2.5分钟；然后再装入砂石按一般方法拌制混凝土）。

湿法配制是先将混合材料加水调成一定浓度的泥浆，在拌合混凝土时按适当比例掺进搅拌机中。沉积生成的软质混

合材料（如硅藻土之类），较适合于湿法配制；因为这种混合材料容易在水中分散，只要利用很简单的研细设备就可以制成泥浆。

三、矿渣硅酸盐水泥

矿渣硅酸盐水泥简称“矿渣水泥”。是在硅酸盐水泥熟料中按水泥成品重量均匀掺入20~85%的粒状高炉矿渣，并按需要加入适量的石膏磨成细粉而成。

粒状高炉矿渣是炼铁工业中的副产物。在炼铁的高炉中，矿石经过冶炼，除得到主要产品铁以外，还可得到经过高温煅熔的液状矿渣。将这些高温的液状矿渣加以淬冷处理，即成为粒状高炉矿渣，其颗粒尺寸一般多在0.5~5毫米之间，颜色多为灰白色。矿渣中的主要成份为硅酸盐和铝酸盐，与水泥熟料成份很接近，仅氧化钙（CaO）含量略少。

四、矿渣硫酸盐水泥

矿渣硫酸盐水泥是以粒状高炉矿渣加适量的激发剂（熟料或石灰）和在600~750°C的温度下煅烧过的石膏，按适当比例配合，磨成细粉，制成的水硬性胶凝材料。

单独的矿渣本身，与水发生作用时，并没有足够的凝结硬化能力，必须掺用某些激发剂（又称活化剂）如氢氧化钙、石灰或硅酸盐水泥熟料或硫酸钙等，才能产生相当高的水硬活性，可以用在有硫酸盐类侵蚀的土壤或水中。

第二节 水泥凝结硬化过程简述

一般水泥主要成份是硅酸钙盐类（硅酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 和硅酸二钙 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ），是不含有水分的。当水泥加水拌合后而成水泥浆，水泥颗粒就为水所包裹，于是与水发生化学反应，释放出一定的热量，而同时水泥颗粒逐渐分解

形成一种胶体物质，具有很高的粘结能力。这种胶体物质经一定的时间后就逐渐结晶硬化，有很高的强度。这过程称为水泥的水化作用。

水泥的水化作用是从水泥颗粒的表层逐渐向核心发展的。水泥颗粒愈细，水化作用的发展也愈快和愈充分，分解的胶质也愈多，硬化后的强度也愈高。如水泥的颗粒较粗，水化作用的发展也较慢和较不完全，硬化后的强度也较低。但如将水泥再经过一道研磨手续，就能够改善它的水化作用和提高硬化后的强度。

水泥和水发生水化作用的水量一般只需要拌合用水量的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 就够了，多余的水分只是为润湿集料和便于拌制之用的。如用水量过多，也会冲淡水泥胶的浓度和降低硬化后的强度。

水泥的水化作用大都从加水拌合后 $1\frac{1}{2} \sim 3$ 小时开始，这时间称为“初凝”；至拌合后 $6 \sim 8$ 小时，水泥胶的形成大致終了，这时间称为“终凝”。但这时所形成的水泥胶还是在软塑状态中，需要再等待几小时以后才能逐渐硬化，变成固体状态。为了应用上方便，一般常把水泥拌合后自流动状态转变为固体状态的这段时间称为“凝结过程”；而把以后逐渐产生强度的阶段称为“硬化过程”。

水泥加水拌合后到初凝以前，水泥浆最具有流动性，这时最宜进行运输、灌注、振捣作业。自初凝开始至终凝以前，它的流动性逐渐消失，如再经震动、摩擦，则已凝结的胶体还能自行闭合。但自拌合后 6 小时（即接近终凝完成时间）至 18 小时，此时混凝土已丧失流动性，遇有损伤已不能自行愈合，而同时又未具有强度，不能承受一切外力，所以是养护工作的最关键时刻，应切实避免一切外力的影响，以免混凝土遭受损害。

混凝土拌合后，大约经过18~24小时的凝结过程，即进入硬化过程，其强度的增长速度系因温度的高低和水泥品种而异。如以硅酸盐普通水泥为例，在15~18°C的正常气温下，则在第二天（48小时）的强度可达28天龄期（为100%）的25%，第三天为33%，第七天为60%。如气温升高至35°C，则第二天的强度即可达到45%，第三天可达到55%，第七天可达到85%，第十五天即可达到100%的强度。如采用蒸汽养护，加热温度为70°C，则48小时后即可达到80%的强度。

水泥的凝结和硬化时间的长短，还可以利用各种掺料来调整，如采用各种促凝剂或早强剂，能加速水泥的凝结和缩短硬化时间；如采用某些缓凝剂，则能延缓水泥的凝结、硬化时间。

第三节 水泥的一般技术特性

由于各种水泥的技术特性不同，因此适用的工程对象也有不同。影响水泥使用条件的技术特性主要有：水泥细度，强度，凝结时间，放热量，抗化学腐蚀性等。

为便于了解各种水泥的这些技术特性，特先将一些主要技术特性的内容和相互间的关系作简略的说明。

1. 水泥细度：水泥细度就是水泥的磨细程度。水泥细度的高低，能影响水泥的强度和凝结、硬化速度，也影响水泥的需水性、和易性及放热量等。

水泥磨得愈细，细粒数量也就愈多，和水的接触面积也就愈大，加水调拌后的水化作用发展也愈快；水泥强度、特别是初期硬化强度也愈高。水泥愈细，需要的水量也较多，泌水现象愈轻，和易性也较好。

水泥标准中规定：当利用4900孔/厘米²的筛子作筛分试

验时，其筛余量不得超过15%；不及格时则作为废品。实际经验证明，一般厂制水泥的细度，几乎都能满足这个要求（受潮结块的水泥除外）。由于近年来研细技术的不断改进，水泥的细度亦愈提高，水泥强度也愈高，从而也能节约水泥用量。但水泥愈细，它在运输、贮存过程中也愈容易受潮和损失强度，这点也不可不注意。

2. 水泥强度：即是水泥加水调拌后，凝结硬化后的坚硬结实程度，一般按28天龄期的强度为标准，是水泥最重要的一项技术特性。

硅酸盐类水泥的强度，在很大程度上决定于水泥熟料中硅酸盐的矿物成份。水泥熟料中的主要成份有：

硅酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ （简写为 C_3S ）；

硅酸二钙 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ （简写为 C_2S ）；

铝酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ （简写为 C_3A ）；

铁铝酸四钙 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ （简写为 C_4AF ）。

其中 $\text{C}_3\text{S} + \text{C}_2\text{S}$ 约占3/4的含量， $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$ 约占1/4含量。水泥中 C_3S 含量愈多、 C_2S 含量愈少时，水泥在硬化初期（3天、7天）的强度愈高；但到硬化后期，强度的增长速度却逐渐变慢。水泥中如 C_3S 含量较少，但 C_2S 含量较多时，强度的发展情况恰和上述相反，即硬化初期的强度增长很慢，但到后期（3~6个月）却增长较快。

在水泥中增加 C_3A 的含量，相应地减少 C_4AF 的含量，可以加快水泥的初期硬化速度和提高初期强度，但不能提高最终的硬化强度。如果增加水泥中的 C_4AF 含量，相应地减少 C_3A 含量，对初期强度的发展并没有影响，但能增加后期强度。

水泥愈细，强度可愈高。水泥砂浆或混凝土在硬化过程中的环境条件（温度、湿度等），也直接影响着水泥强度的

增长速度。

3. 凝結時間：混凝土从开始拌合到灌注、捣实完毕，常需要有一定的操作时间。如果水泥凝結太快，那就有可能来不及在水泥初凝之前把混凝土灌捣完毕；但如果在水泥初凝以后再进行灌注、捣实，假如处理不好，也有可能破坏了正在成型的水泥石结构，会损害混凝土的强度。另一方面，如果水泥凝結硬化太慢，有时也满足不了施工要求和影响正常施工。所以在水泥标准中规定，水泥的初凝时间，由加水时算起不得早于45分钟，终凝时间不得迟于12小时；否则可视为废品。

影响水泥凝結时间的因素很多，如水泥中的石膏掺量，拌合时的加水量（即水灰比），环境温度的高低以及水泥的细度和熟料的矿物成份都能影响水泥的凝結时间。水灰比愈小或环境温度较高时，水泥的凝結时间愈快；水泥愈细，水化作用愈快，凝結过程自然也加快。水泥中含 C_3A 的成份多，也会加快凝結时间；如石膏掺量多，则会延缓水泥的凝結。

在实际施工中，常可以根据混凝土拌合物的流动性变化情况，能大致看出水泥浆是否已经开始凝結。如混凝土在灌注前已有初凝现象，必要时可以再进行一次强力拌合，来恢复它原有的流动性，再进行灌注、捣实，也能保证必要的工程质量。根据近年来的试验研究资料，当水泥进入初凝阶段，如再进行一次仔细的振动捣实（术语称为二次振捣），反可提高混凝土的强度和密度。

在水泥标准中虽然规定着凝結时间不合格的可以作为废品，但在工地上如发现这种情况时，一般也可以采取一些措施来加以纠正的。如在水泥浆中掺入某些促凝剂或缓凝剂等，都可以调整水泥的凝結时间；或者适当改变施工工艺，

也可以减轻或消除因水泥凝结时间不合格的不良影响。当然，这些措施都需要在事前通过试验才行。

4. 放热量：水泥与水起水化作用时，要放出热量。对于厚大体积的混凝土，如水泥放热量较高而放热速度又较快时，混凝土体内的温度将显著升高，有时甚至比外界气温高出 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。混凝土体内温度逐渐升高，外层部分却散热较快，内外层温度不一致，胀缩现象不平衡，因此就容易在混凝土表面产生裂纹，容易损害混凝土的整体性和强度。

但在冬季施工采用蓄热法养护混凝土时，常可利用水泥的这种放热特性，来提高混凝土的凝结硬化温度。

水泥放热量的大小，主要决定于水泥熟料的矿物成份和水泥的磨细程度。

在水泥熟料成份中，以铝酸三钙 (C_3A) 放热量最大，其次是硅酸三钙 (C_3S)，再次是铁铝酸四钙 (C_4AF) 和硅酸二钙 (C_2S)。前二者不仅放热量高，而且放热也较快；后二者则较慢。水泥因熟料矿物成份不同，使放热量的变化很大。因此，适当地选择水泥品种（成份），也常常是调节放热量的主要手段。

提高水泥的粉磨细度，可以提高放热量（特别是初期放热量）。此外，凡能引起水泥速凝作用的因素，如掺用氯化钙、氯化铝等促凝剂，均可增加水泥的放热量；反之，凡能引起延缓水泥凝结的因素，如掺塑化剂、加气剂或水泥存贮时间较长的，也都能降低放热量。

冬季施工中当采用蓄热法养护混凝土时，常需要选用放热量较高的水泥。对于厚大体积的混凝土工程则常需要放热量较低的水泥或采用降低热量的措施。在铁路桥墩台工程中，一般不宜使用标号大于 500 号的硅酸盐水泥，避免放热量过高引起表面裂纹；而用在混凝土中的水泥量一般也需要