

山东省水泥制品培训班试用教材

水泥压力管与电杆

上册

培训班教材编写组

1979年8月

说 明

这份〈水泥压力管与电杆〉试用教材：是为山东省水泥制品培训班和水泥制品厂的技术人员、技术工人业务学习编写的。分上、下两册。上册内容包括：概论、原材料、成型工艺原理、生产工艺等四个部分。下册内容包括：产品设计计算、主要生产设备、测试技术和使用注意事项等四个部分；此外，还简要介绍了框架轻板新型建筑材料的发展概况。

试用教材主要参考同济大学、南京工学院、湖北建工学院等所编的教材和有关书刊编写的，有些部份根据我们多年工作积累的资料作了补充。但由于我们的业务水平较低，教材中必有不少错误；再者，教材的各编章节是很多同志分别编写的，因时间仓促，未仔细调整，难免有重复，有些名词、符号也不统一，因此，在试用过程中，恳请同志们提出宝贵意见，以便今后进一步修改。

_____ 编 者

目 录

概 论

第一节 水泥制品的特点及其在国民经济中的作用.....	(1)
第二节 国外水泥工业制品的发展概况.....	(2)
第三节 我国水泥制品工业的现状.....	(7)

第 一 编

原材料、混凝土的性能和配合比设计

第一章 原材料

第一节 水泥.....	(11)
第二节 细骨料—砂.....	(28)
第三节 粗骨料—石子.....	(31)
第四节 水.....	(33)
第五节 外加剂.....	(33)
第六节 钢筋.....	(36)

第二章 混凝土的性能

第一节 普通混凝土的强度.....	(47)
第二节 普通混凝土的耐久性.....	(48)
第三节 普通混凝土的和易性.....	(49)
第四节 自应力水泥混凝土的性能.....	(52)

第三章 混凝土配合比设计.....

第一节 普通混凝土配合比设计.....	(59)
第二节 离心和振动挤压混凝土的配合比设计.....	(69)
第三节 自应力水泥混凝土的配合比设计.....	(73)

第 二 编

制品成型工艺原理

第一章 离心成型混凝土工艺原理.....	(77)
第一节 离心成型混凝土的结构特点.....	(77)
第二节 离心混凝土结构形成机理.....	(77)
第三节 配合比对离心混凝土性能的影响.....	(80)
第四节 离心工艺制度对混凝土性能的影响.....	(83)
第五节 离心混凝土强度检验方法.....	(87)
第二章 振动及复合成型混凝土工艺原理.....	(89)
第一节 混凝土的振动密实原理.....	(89)
第二节 加压成型混凝土的应力状态和密实过程.....	(90)
第三节 振动参数的选择及对强度和振动延续时间的影响.....	(92)
第四节 振动挤压组合的密实机理.....	(95)
第五节 离心挤压工艺及密实机理.....	(100)
第六节 振动真空混凝土工艺原理和性能.....	(106)

第 三 编

制品生产工艺

第一章 混凝土制品车间工艺设计及选择的基本原则.....	(107)
第一节 混凝土制品生产过程的组成及其作用.....	(107)
第二节 制品生产工艺.....	(108)
第三节 混凝土制品生产方案的比较及选择.....	(110)
第四节 混凝土制品车间工艺布置基本原则.....	(112)
第二章 预应力管的生产工艺.....	(113)
第一节 生产工艺流程和布局.....	(113)
第二节 张拉纵向预应力钢筋.....	(116)
第三节 三阶段管管芯的成型方法.....	(122)

第四节	三阶段管环向预应力钢筋的缠绕方法	(125)
第五节	三阶段钢丝保护层的制作方法	(137)
第六节	一阶段管的成型工艺	(140)
第七节	一阶段管环向螺旋钢筋骨架的制备	(143)
第八节	一阶段管环向钢筋的张拉过程	(146)
第九节	预应力管的养护	(150)
第十节	预应力管的质量控制和检验	(158)
第三章	自应力管的生产工艺	(163)
第一节	生产工艺过程	(163)
第二节	自应力混凝土的拌合与质量控制	(168)
第三节	钢筋骨架制作	(168)
第四节	成型方法	(171)
第五节	蒸汽养护与水养护	(177)
第六节	质量检验	(180)
第四章	其他制管工艺	(182)
第一节	悬辊法制管工艺	(182)
第二节	整模涂蜡制管工艺	(188)
第三节	立式振动抽芯制管工艺	(193)
第四节	立式挤实制管工艺	(195)
第五节	离心—振动—辊压制管工艺	(198)
第五章	预应力混凝土电杆的生产工艺	(200)
第一节	离心成型预应力混凝土电杆生产工艺流程	(200)
第二节	预应力钢丝张拉工艺	(201)
第三节	离心成型工艺	(206)
第四节	蒸汽养护	(206)
第五节	质量检验	(206)
第六节	其他类型混凝土电杆的生产工艺	(212)

概 论

第一节 水泥制品的特点及其在国民经济中的作用

水泥制品是以水泥为基本胶凝材料制成的工业产品。自1824年发明波特兰水泥后，1837年开始用来配制混凝土，不久即出现各种水泥制品，迄今已有百余年的历史。

水泥制品的品种繁多，应用极为广泛，如农业排灌、城市和工矿企业上下水与输气、输油用的水泥管道，输电、通讯用的水泥电杆，铁道建设用的水泥轨枕，农业、渔业、交通运输用的钢丝网水泥和钢筋混凝土水泥船舶，海上工程用的水泥船台，发展装配式框架轻板结构所需的钢筋混凝土构件、墙板，楼板以及其他大型混凝土结构物、构筑物用的预制件，城市建设用的路阶石、吸音壁和畜牧业用的水泥围栏等等。总之，在国民经济的各个部门，都发挥了积极的作用。

水泥制品与其他制品比较，有下述优点：

1. 原料丰富

水泥制品的原材料中，砂子和石子约占总重的70—80%，这种天然材料来源方便，价格低廉，并且不需经过复杂的加工即可使用；

另外，由于原材料来源方便，也可在使用单位附近就地组织生产，从而避免产品的长途运输，减少运输费用；

2. 制作方便

可使用多种工艺，成型任意形状的制品，不论是圆形的、方形的、环形的或中空形均能制作；

3. 耐久性好、使用寿命长

以水泥为基本胶凝材料拌制的混凝土，其耐久性比钢材、木材要好得多。

以混凝土管为例，它比钢管和铸铁管的抗腐蚀性好得多，使用寿命也长。一般，钢管使用十年左右就要维修，使用寿命通常不超过20年。在盐碱地区铸铁管埋设30年后就需陆续更新。钢筋混凝土管的使用期要比钢管长得多，如果在土壤中防护很好的情况下，它可以使用至70年。尤其是其内表面涂以涂料的情况下，钢筋混凝土管可用作防化学腐蚀的管道。

4. 节约钢铁和木材

预应力钢筋混凝土管（简称予应力管）的用钢量仅为金属管的10—20%。1米³预应力管在压力管道中可以代替1吨钢管或1吨半铸铁管。

5. 投资少、建厂快

生产水泥制品的设备比较简单，易于加工制造，便于上马。只要组织得当，可以作到当年建厂，当年投产。

但它也有缺点，如自重大、性脆等。所以，在装卸、运输与安装过程中，必须特别注意。

第二节 国外水泥制品工业的发展概况

从上世纪中叶起,欧洲一些国家就开始生产和使用水泥制品。到目前为止,在有些国家已形成一个具有相当规模的独立工业部门,在国民经济中占有一定的地位。

国外生产和使用水泥制品主要有两个目的,即代替和节约钢材和木材。由于各国的国情不同,如森林资源、钢铁产量,水泥产量和其它工业水平等,水泥制品的发展也有所不同。法国森林资源蓄积量平均每人 19.7米^3 ,意大利为 6.5米^3 ,英国仅为 2米^3 ,在世界上是属于缺乏森林资源的国家,因此这些国家最早出现水泥制品,用以代替缺乏和昂贵的木材,生产和使用也较为普遍。

在两次世界大战期间,一些国家存在着缺乏金属的问题,因此水泥制品的生产和使用曾两度达到了高潮,相应地推动了水泥制品工业的发展。如德国在二次大战期间曾使用了大量的混凝土轨枕,战时钢筋混凝土造船业也曾获得蓬勃发展,以解决当时缺乏钢材和船舶不足的矛盾。

此外,采用水泥管(如混凝土管、钢筋混凝土管、以及石棉水泥管等)代替金属管,已是各国的共同努力方向。

国外生产的水泥制品种类繁多,但分类目前尚未统一。按照制品中是否配筋分类,它可分为配筋制品和非配筋制品,前者如各种钢筋混凝土制品、钢丝网水泥制品等,后者如各种素混凝土制品;按照制品结构形式分类,它可分为梁形制品和环形制品,前者如水泥矿井支架、水泥轨枕、工业与民用建筑用构件等,后者如各种管材、电杆、管桩等。

本节着重介绍各国在管材、电杆、桩等方面的发展概况。

一、混凝土及钢筋混凝土管

1. 混凝土及钢筋混凝土管的发展

实践证明,金属管道存在着一定的缺点,如基建投资大、需要大量钢材和使用寿命短等;因此,各国多年来都力图用钢筋混凝土管代替金属管,铺设生活和工业用水管道与其他用途的管道。

据不完全统计,目前已有近40个国家生产和使用钢筋混凝土压力管,至于无压管的生产和使用则更为普遍。

苏联自1928年出现第一批钢筋混凝土压力管后,五十年代后开始发展,六十年代开始大量工业生产钢筋混凝土压力管。到1973年已年产 21.5万米^3 ,1976年年产 42.8万米^3 ,计划至1980年年产 100万米^3 。预计到1980年钢筋混凝土压力管的需要量不少于 124万米^3 ,其中工业建筑需 54.5万米^3 、民用建筑需 41.5万米^3 。

日本1961年开始生产预应力混凝土管,1976年离心管的产量为333.4万吨,1978年达到373.1万吨,1978年预应力管的年产量为10万吨左右,主要用在给水、排水管道上。

近二十年,来西德的预应力管生产发展很快。长输管线最长达20公里。据统计,1976年各种素混凝土管产量为291.7万吨,钢筋混凝土管(包括压力管)的产量为137.9万吨。

美国自本世纪初开始生产素混凝土管, 1919年首次制造以带钢筒为防水层的混凝土压力管, 近几十年来, 有很大的发展。据统计, 目前, 每年出厂的压力管约50万米³, 无压力管近300万米³。

其他, 如法国全国有350个制管厂, 1976年年产200万米³混凝土管(包括压力管); 挪威1977年生产了45万吨无压管, 供应国内需要。

2. 混凝土及钢筋混凝土管的品种

根据管内输送的液体压力, 国外生产的混凝土及钢筋混凝土管可分为无压管(工作压力0~0.5公斤/厘米²)、低压管(工作压力1~4公斤/厘米²)和压力管(工作压力4公斤/厘米²以上)。

无压管一般用混凝土和钢筋混凝土制作, 低压管一般用环筋较密的钢筋混凝土管、仅在环向施加预应力的预应力混凝土或膨胀值不大的自应力混凝土制作, 压力管一般用双向施加预应力的混凝土或膨胀值大的自应力混凝土制成。

1. 混凝土管

这是一种不配筋的管子, 也称素混凝土管, 一般长度在2米以下, 直径各国规定不一, 如瑞典和美国规定100~600毫米, 苏联规定100~500毫米, 但资料表明, 苏联也生产1000~1200毫米的混凝土管。

混凝土管一般用作污水、排水和雨水管道。

2. 钢筋混凝土管

钢筋混凝土管一般用于铺设无压或低压管道。近年来, 钢筋混凝土管的直径不断增大, 如西德标准虽然规定内径至1200毫米, 但实际已达到3600毫米, 美国也已作到3600毫米(长度最大至5米)。考虑到汽车运输方便, 长度一般在2500毫米以下。

管子的横截面形状各式各样, 有圆形、卵形、圆形带底座等。以圆形为主。

这种管子大多用于输送净水、工业用水、热电站冷却水及排水干道、水头低的导虹吸管及承受外压的涵管或下水管等。

3. 预应力管

这种管子主要用于铺设压力管道。按其结构形式可分下述几种:

①带钢筒的、以普通钢筋或高强钢丝作环向预应力筋的压力管;

②不带钢筒、配有纵向、环向预应力筋的压力管;

③以自应力混凝土制作的自应力管。

上述管种中, 目前以不带钢筒的双向预应力压力管用得最广泛。主要生产国家有苏联、日本、西德、瑞典等。

带钢筒的压力管以美国和法国用得最广泛, 尤其是美国, 由于美国生产的双向预应力管发生过几起质量事故, 因此, 近年来的90%的压力管均用带钢筒的压力管。

欧洲生产的直径2500~3000毫米压力管, 几乎也全部是带钢筒的。

3. 混凝土管及钢筋混凝土管的生产工艺

目前国外压力管的生产工艺可归纳为一阶段预应力、三阶段预应力和化学预应力三种。

1. 一阶段预应力管工艺

一阶段法是法国的佛列西涅于1933年首先提出的。1935年首次在阿尔及利亚用此法制出直径1000、1200和1400毫米、长6米的管子，试验压力18公斤/厘米²。1948年瑞典“逊它布”公司在此基础上研制一阶段工艺，1952年正式生产，制出直径500~1200毫米、长5米的承插式管，工作压力12公斤/厘米²。以后有十几个国家相继从该公司买进该专利。

目前，采用该法的国家有：苏、荷兰、日本、瑞典、匈牙利、保加利亚等。据报道，苏联95%以上的压力管都采用此法制作。在这些国家里，该工艺主要用来生产直径500~1600毫米、长5米和6米、压力5~20公斤/厘米²的管子。目前，苏联正在试制直径2000毫米、长5米、压力10公斤/厘米²的管子。今后计划制造直径1800~2400毫米的整套制管设备。

2, 三阶段预应力管工艺

三阶段工艺是制造预应力管较古老的一种工艺。美国在1918年、荷兰在1916年、苏联在1928年、法国在1939年相继研制成功，但真正工业性生产主要在二次大战结束后。

目前，除美国和法国对计算压力8公斤/厘米²以上的压力管仍用带钢筒的预应力管外，其他各国均采用双向预应力管。

制造管芯的方法有两种：立式振动成型和离心成型。

1, 立式振动成型：

通常用此法成型大直径预应力管的管芯。

美国给水工程协会(AWWA)标准C301规定，直径在1400毫米以上的管芯采用此法。美国阿梅隆公司用此法成型了世界最大的、直径6米、长度6.7米的带钢筒压力管。

2, 离心成型：

这是一种较老的制管工艺，目前，采用单纯离心法制管的国家已逐渐减少，只有苏联和日本仍大量使用。由于它存在一些缺点，因此现已趋向采用复合成型工艺。

①离心辊压法：

首次采用该法的是澳大利亚的“罗克拉”公司，故国外称之为“罗克拉”法。目前有美、英、法、澳大利亚、日本等二十多个国家采用该法制管。

该法主要用于生产直径400~3000毫米、长2.5米~5米，计算内压0.5~5公斤/厘米²的预应力管。

②离心—振动—辊压法

该法由美国“圣维罗”公司首次提出，目前美国已有十几个工厂采用该法生产预应力管。生产直径300~2100毫米、长3.65米承插式管。除美国外，澳大利亚、法国也采用这种工艺。

据说，“圣维罗”公司制管机的压辊刚度太小，制出的管内壁呈拱形，产品滞销，已被迫倒闭。

③离心—振动法

该法由法国“素科曼”公司首次提出。生产的管子直径500~1800毫米，长度7米，使用压力17~18公斤/厘米²。

日本也有采用该法制管的工厂。

3, 化学预应力法的特点是以膨胀水泥为胶凝材料。利用它的膨胀作用张拉钢筋产生

预应力，因此又叫自应力法。

由该法制得的管子的强度主要取决于膨胀水泥的膨胀值。近年来，自应力水泥的自应力值已由20公斤/厘米²提高到40公斤/厘米²。

生产自应力管的国家主要是苏联和日本。

成型方法有：振动挤压法（直径200~400毫米）、离心法（直径500~800毫米）和喷射法（直径800~1000毫米）。

苏联曾用自应力混凝土以离心法制得直径600毫米、壁厚50毫米、试验压力10公斤/厘米²的自应力管。

日本采用掺入膨胀剂的方法制作自应力管，以离心法制得直径700~1500、2000毫米和2300毫米、长2430毫米大直径外压管，外压强度比普通钢筋混凝土管高一倍。

目前，国外制作混凝土管和钢筋混凝土管的方法有下述几种：捣实法、挤实法、振动法或它们的复合工艺，其中用的最广泛的是：

1. 径向挤实法：工部局机关为排水而设，于出土时即由管内向外挤实，全管无接缝。

国外普遍认为，这是一种高效的生产工艺。1917年，美国“混凝土管机械公司”首次采用该法制作素混凝土管。目前，该公司生产的“麦克拉肯（McGacken）”牌制管机，可成型直径100~3500毫米、长度1.2~5米的素混凝土管和钢筋混凝土管，最常用的管长为2.5米。

西欧大多数国家用此法制作直径125~2400毫米、长2.5米的混凝土管和钢筋混凝土管。

苏联也采用此法成型直径100~2000毫米、长2.5米的混凝土管和钢筋混凝土管。

生产用该工艺成型管子的制管机的公司很多，如美国的“混凝土管机械公司”、荷兰的B、C、Hlutifé公司，意大利的Siome公司、西德的Pfeffer公司和法国的Bouua公司等。

此外，美国的“混凝土管机械公司”还设计了一条直径600毫米管的自动化工艺线。

2) 振动成型法

这是丹麦pedershaab公司首先研制成功的制管工艺：采用振动芯模立式成型，频率5000~6000次/分钟，用于成型直径100~1600毫米、长1000~3500毫米的管子。

生产用这种工艺制管的制管机的公司也很多，如丹麦“pedershaab”公司（制管机商标“VIHY”）、“Rimas”公司、西德的“Zublin”公司、瑞士的“Graber—Wening”公司、奥地利的“CMAG”公司等。

此外，丹麦的“BeTodanAps”公司还生产一种在振动台上成型管子的“VB”制管机。用它可成型直径400~2000毫米的混凝土管和钢筋混凝土管。

二、其他钢筋混凝土制品

1. 桩

国外用得较多的是用离心法成型的预应力混凝土管桩和用振动法成型的预应力混凝土方桩。抗压强度一般为450~550公斤/厘米²。日本的预应力混凝土桩全部采用压蒸养护，出厂时混凝土的抗压强度在800~1000公斤/厘米²。经压蒸后，桩的桩头牢固、允许支

承能力大、抗冲击性能好。

2. 罐

国外广泛采用预应力混凝土作液化天然气储罐，大多呈圆形。建造方法大致有两种：地面和地下，此外还有海底油罐。

自1953年以来，欧美各国先后建成预应力混凝土或部分预应力混凝土油罐和液化天然气罐十余座。1974年兴建的某液化天然气罐，容积达3万米³，其特点是罐中罐，外罐由预应力混凝土制成，发生事故时，承受液化天然气的全部压力，内罐由含镍量9%的特种钢制成。

美国旧金山某公司用预应力混凝土筒在海底建造了一个储油系统。储油罐由两个内径14.6米、长98米的预应力混凝土筒组成，上下用两块混凝土板夹成一体。这种海底油罐具有很好的抗腐蚀性，不受火灾、气候的影响和船舶碰撞，并且不占陆地。

3. 电杆

国外几乎全部采用预应力混凝土电杆，截面形状有环形方形工字形等。环形杆中又有等径杆、锥形杆等。主要用于输电线路、照明等。长度6~15米。

成型方法有离心法和振动法两种。前者成型环形截面电杆，后者成型方形和工字形电杆。

4. 纤维水泥和纤维混凝土制品

纤维水泥和纤维混凝土制品的特点是不易燃，强度和抗冲击能力高，可塑性好，自重轻。

目前，欧美各国和日本生产的这类制品种类繁多，所掺的纤维有玻纤、钢纤维、聚合物纤维、碳纤维、天然纤维等。但用的最广泛的是钢纤维和玻纤。纤维的掺量一般为0.3~2%（按体积计）。

玻纤混凝土的主要用途有：建筑外装饰用饰面板、层面板、装饰用浮雕等，内装饰用墙面与地面材料等，永久性模板，通风道等；下水管、电缆管；围护墙板；隧道内衬砌；渔业用浮标、人造鱼礁等等。

英国阿梅路易有限公司已于1976年建成世界上第一座玻纤混凝土管厂，生产管径0.6~1.2米、长2.4米的玻纤混凝土管，采用“赛姆费尔”抗碱玻纤，离心成型。

钢纤维混凝土的主要用途是：取代制品中部份或全部钢筋，制得与钢筋混凝土同样质量的制品，而当它与普通钢筋一起使用时，可制得具有性能优于钢筋混凝土的制品。

日本用钢纤维代替大直径混凝土管中的内层钢筋已制得直径1520毫米、长1米的管子，振动成型，28天龄期后，管子完全能满足有关规范的要求。

日本还曾以钢纤维混凝土用离心法制成直径300毫米、厚30毫米、长4米的外压管，其外压抗裂强度为日本工业标准规定值的3.7~4倍。

此外，有的国家还将钢纤维混凝土与普通钢筋一起使用，制成抗剪性能好的梁和桩。

纤维混凝土的缺点是价格太高，所以，即使在国外也未曾普遍采用。

5. 聚合物浸渍混凝土制品

这是美国在1966年研制成功的新工艺、新产品。其特点是将各种混凝土制品，（如管、桩、砖、板、加气混凝土和石膏制品等其他多孔材料）在单体树脂中浸渍，然后用

热催化法或钴60辐射等使单体聚合，从而形成整体。

这种复合材料具有高的抗压、抗拉和抗折强度、防水性能好、抗冻蚀、抗化学药品、耐冲击和耐磨性好。

目前日本已用来制作地下电缆用多孔管，可承受20吨/米地面荷载。

三、发展趋向

当前，国外水泥制品的发展趋向可归纳为：

1. 向大型化、多样化发展

制品的尺寸越来越大，品种越来越多。

2. 轻质、高强，

由单纯的混凝土逐步发展为有机-无机复合材料，据估计，2000年以后，混凝土制品的抗压强度可至1000公斤/厘米²以上；

3. 生产的自动化、机械化

目前国外制品生产自动化的趋向是联动和水平运行的连续养护。在生产线上由电子计算机集中控制，逐步走向少人化、无人化。

第三节 我国水泥制品工业的现状

解放前，我国水泥制品工业基础薄弱、技术落后，完全是手工操作，除了生产少量的普通混凝土下水管外，基本上是一片空白。

解放后，在毛主席革命路线的指引下，我国水泥制品工业有了很大的发展。

五十年代，我们研制、生产了石棉水泥管、三阶段预应力混凝土管（简称三阶段管）、预应力混凝土轨枕、水泥电杆、水泥矿井支架、钢丝网水泥农船和预应力混凝土桥梁用丁形梁等。

六十年代，又研制、生产了自应力混凝土管（简称自应力管）、一阶段预应力混凝土管（简称一阶段管）、直径1.4~2.2米大直径水泥管、预应力混凝土电杆、预应力混凝土管桩、万吨水泥浮船坞钢丝网水泥客、货轮、渔轮和其它钢筋混凝土船舶等。

进入七十年代后，研制并试用了输油、输气用水泥管和聚合物浸渍混凝土制品等。

下面着重介绍水泥管和电杆的发展概况。

一、概况

据不完全统计，目前全国的水泥压力管厂有近200个，1978年总产量为3220公里。其中：一阶段管厂和二阶段管厂各有40多个，1978年总产量为854公里；自应力管厂有100多个，1978年产量为2366公里。此外，全国的普通混凝土管厂和水泥电杆厂，更是星罗棋布，为数众多，

一阶段管中，采用振动挤压制管工艺生产的管子，直径100~2000毫米（以400~1400毫米为主），长4米或5米，工作压力3~18公斤/厘米²（以4~8公斤/厘米²为主）；采用离心挤压制管工艺生产的管子，直径为600~900毫米，长5米，工作压力4~8公斤/厘米²。

三阶段管的直径为150~2800毫米(以300~1000毫米为主),长3~5米,工作压力2~18公斤/厘米²(以4~8公斤/厘米²为主)。

自应力管的直径为100~1000毫米(以100~600毫米为主),长3~4米,工作压力2~10公斤/厘米²(以4~6公斤/厘米²为主)。

普通管的直径为70~1500毫米,长0.8~1.5米。

除上述外,还有现场施工,用连续拉模生产的大直径钢筋混凝土管,直径2.2米,工作压力0.5~2公斤/厘米²。

我国生产的水泥电杆,形状有圆形(锥形和等径)工字形、方形等数种,长度6~15米。

二、工艺和设备

1. 水泥压力管

1) 一阶段管

近几年来,一阶段管的生产技术有了很大的提高。

在橡胶套的制作上,山西省阳高县水泥压力管厂提出的将橡胶片环向贴在管芯模上制作胶套的方法,使胶套与芯模接触紧密,从而达到脱模方便、经济耐用的效果,已在许多厂中推广使用。株洲水泥管厂在此基础上,将该法改为橡胶片纵向贴至芯模上制作胶套,效果更好。

在稳压设备上,先后研制成功了“01”型全自动稳压器(连机式),控制精度 ± 0.2 公斤/厘米²;“XSB-01”型半自动稳压器(单机式),控制精度 ± 0.3 公斤/厘米²;“XSB-02”型全自动稳压器(单机式),控制精度 $\pm 0.1 \sim 0.2$ 公斤/厘米²,已在部份厂试用,效果很好;在磨口设备上,先后研制成功了合金钢磨头磨口机、星型人造金钢石磨轮磨口机、圆盘式磨头磨口机;并在管子对中上采用了电容平衡电桥和激光等新技术;在振动成型设备上,先后研制并试用了可用来成型大直径、高压力管的附着式电动和气动高频振动器;在装拆模设备上,研制并试用了代替手搬人敲的电动搬手,并正在研制整模装拆机。

在配筋技术上,出现了纵向切口滚压缠丝、纵筋压波缠丝和用菱形配筋骨架代替纵、环向配筋等新方法、新工艺,减轻了劳动强度,提高了劳动生产率。

在制作大直径、高压力管方面,湖南大圳工程预制管厂在湖南省水电勘测设计院、湖南省工程队和建材部山东水泥制品研究所的协作下,采用大功率气动振动器成型和钢绞线配筋,制造了直径2米、长5米,工作压力14公斤/厘米²的一阶段管,铺设了5562米长的倒虹吸管道,于1979年7月正式通水。山西娘子关提水工程水泥制管厂还生产了直径1000和1200毫米、工作压力18公斤/厘米²的一阶段管。

2) 三阶段管

国外采用的成型工艺有:离心法、离心—振动法、立式振动法(包括振动芯模、振动真空等工艺)、悬辊法和整模涂蜡离心工艺等。

离心法是我国用得最多的成型工艺,目前主要用来成型直径在1200毫米以下的管。

立式振动法是我国制作大直径管的主要工艺,主要成型直径在1400毫米以上的管,

目前国内用此法成型的直径最大的管是江苏电力建设公司为谏壁电厂制作的循环水管，直径3000毫米、长4米，工作压力2.5公斤/厘米²。此外山东黄台、博山、莱芜和济宁、江西乐平、辽宁清河、山西辛置、上海吴泾、吉林长春等地也都分别生产过直径1400~2200毫米、长4米，工作压力1~4公斤/厘米²的大直径管。

悬辊法在我国的历史较短，目前生产的厂不多。主要生产直径在1000毫米以下，工作压力在8公斤/厘米²以下的管子。国内用此法成型的直径最大的管是山东牟平县林家疃水库工地制作的倒虹吸管，直径1500毫米，长5米，工作压力1.7公斤/厘米²。

整模涂蜡离心工艺系我国在近几年内开始推广的一种制管工艺，采用整模离心，用顶管代替拆模，可较大地提高装拆模工作效率。目前国内有些厂还采用这种工艺成型三段预应力管的管芯，如湖北水泥制品厂、包头轨枕厂河南信阳县水泥制品厂等。

在保护层制作方法上，目前国内大部份厂采用的是喷浆法，但用这种方法将浪费大量水泥砂浆，且保护层质量不均匀。为此，出现高额（9000~2000次/分钟）振动抹浆法、滚射法、和振动真空法等，效果较好。

此外，近两年来有的厂采用将水压检验抗渗不合格的管子用水玻璃浸渍内壁的方法，使80%抗渗不合格品转变成合格品，也取得了一定的效果。

3) 自应力水泥管

目前，我国在自应力水泥管的生产和应用上均列世界前茅。

多数厂生产的是硅酸盐自应力水泥管，水泥：集料为1：2的自应力混凝土的自应力值通常在30公斤/厘米²以下，直径100~400毫米管的工作压力为4~8公斤/厘米²。近年来，出现以未经煅烧或经煅烧过的天然明矾石代替矾土水泥配制自应力水泥制作管材，以明矾石矿生产过程中产生的废浆——矾浆配制自应力水泥制作管材成功的例子。

除此外，我国还有一些厂生产铝酸盐自应力水泥管和硫铝酸盐自应力水泥管。如南京市水泥制管厂分别与建材研究院、山东水泥制品研究所合作研制成的直径400和200毫米的铝酸盐自应力水泥输气管，工作压力可达10公斤/厘米²（气压），已在胜利油田使用，济南水泥制品厂与山东水泥制品研究所合作研制成硫铝酸盐水泥输油管，直径210毫米、长4.5米，工作压力15公斤/厘米²，已在胜利油田使用一年多。

1972年来，一些厂还研究和生产了自应力混凝土T型管、弯管、十字型管等异型管。

在成型工艺上，目前几乎全部厂均采用离心成型，其中不少厂采用整模涂蜡离心工艺。

此外安徽省建安公司水泥制品厂在山东水泥制品研究所、安徽省建科所的协助下已研制成功用立式振动工艺成型小口径自应力管，并建成了一条试生产线。管径100毫米、长2米，工作压力4公斤/厘米²。

在钢筋骨架的成型上，我国基本上已实现了机械化，各厂普遍采用可控硅集成电路钢筋骨架自动滚焊机。在离心机的控制上，各厂较普遍地采用了可控硅直流调速装置和数控装置。

在管子品种上，我国还研制成功了树脂浸渍自应力管、石蜡浸渍自应力管，已在输天然气管道上试用。

2. 普通混凝土管

目前,我国生产普通混凝土管的工艺有:手搗成型法、离心法、离心振动法、整模离心—振动法、悬辊法、立式挤实成型法(轴向挤实、径向挤实)、振动法等。以离心法和立式挤实成型法为最普遍。

接头型式有平口和承插式两类。

3. 水泥电杆

目前我国生产水泥电杆的成型工艺有:振动法、离心法两类。前者用来成型方形杆、工字形杆,后者用来成型环形、锥形和等径杆。近年来,有的厂试验用整模涂蜡离心工艺成型锥形杆,获得成功。但目前在外观质量上尚有一些问题。

虽然,我国在自应力管的性能、品种和应用,输油、输气用水泥管的研制和试用,水泥电杆,水泥轨枕和小型水泥船的生产规模、使用范围,均已进入世界先进行列。但是近十年来,由于林彪、“四人帮”的严重干扰破坏,使我国水泥制品工业发展受到影响,无论在科学研究、技术发展或生产规模上,与国外先进水平比较,均有不少差距。主要表现在:现有产品质量不高,品种不齐,生产设备落后,机械化水平不高,劳动生产率低等等。

现在,全国的工作着重点开始转移到四个现代化上来了,我们必须在以华主席为首的党中央的领导下,万众一心、紧密团结、自力更生,艰苦奋斗,为加速我国水泥制品工业的发展为加实现四个现代化作出积极贡献。

第一编 原材料混凝土的性能和配合比设计

第一章 原材料

第一节 水泥

水泥是水硬性胶凝材料，加水后不但能在空气中凝结硬化，而且能在水中或潮湿的环境中凝结硬化并增长强度。水泥加水拌合后，形成的水泥浆具有很高的粘结力，能把砂、石等骨料胶结在一起，硬化成为坚硬的人造石。

目前世界上水泥品种已达200多种。刚解放时，我国只有2种水泥，而现在已能生产70多种。

本节重点叙述水泥制品中常用的五大水泥，以及用于自应力管的几种自应力水泥。

一、五大水泥

1. 种类

(1) 硅酸盐水泥

凡以适当成分的生料、烧至部分熔融，所得以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料，加入适量石膏，磨细制成的水硬性胶凝材料，称为硅酸盐水泥（俗称纯熟料水泥）。

(2) 普通硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料、少量混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）。

按水泥重量百分比计算：活性混合材料不得超过15%，或非活性混合材料不得超过10%；同时掺活性和非活性混合材料时，总量不得超过15%，其中非活性混合材料不得超过10%。

普通水泥熟料中加入少量的混合材料，可以利用工业废料，调节水泥标号，提高水泥产量。其中活性混合材料（又称水硬性混合材料），参与水泥的水化硬化反应，如粒状高炉矿渣、火山灰质材料等；非活性混合材料（又称填充性混合材料或惰性混合材料），不参与水泥的水化硬化反应，如磨细石灰岩、砂岩等。对惰性混合材料，要求有足够的细度，不含对水泥有害的杂质。

普通水泥的主要技术性质和性能基本上同硅酸盐水泥，只是由于掺加少量的混合材料，使同标号的普通水泥的早期强度低于硅酸盐水泥，

(3) 矿渣硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和粒状高炉矿渣，加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为矿渣硅酸盐水泥。水泥中粒状高炉矿渣掺加量，按重量百分比计为20—70%。

其中部分粒状高炉矿渣，可以用不超过混合材料总量三分之一的火山灰质混合材料或粉煤灰来代替，但代替的数量最多不得超过水泥重量的15%。

(4) 火山灰质硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材料，加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材

料，称为火山灰质硅酸盐水泥。水泥中火山灰质混合材料掺加量按重量百分比计为20~50%。其中允许由不超过总掺量三分一的粒状高炉矿渣来代替部分火山灰。

(5) 粉煤灰硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰，加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料。水泥中粉煤灰的掺加量按重量百分比计为20~40%。允许用不超过混合材总掺量三分一的粒状高炉矿渣来代替部分粉煤灰，这种情况下水泥中混合材的最大允许掺量可达50%，而其中粉煤灰的量仍然不得超过40%。

2. 水泥的化学成分与矿物组成

(1) 化学成分

水泥的化学成分主要是下列四种氧化物：氧化钙(CaO)，约占水泥熟料重量的60~66% (2/3左右)；二氧化硅(SiO_2)，约占水泥熟料重量的20~24% (约为氧化钙的1/3)；三氧化二铝(Al_2O_3)，约占水泥熟料重量的4~7% (约为二氧化硅的1/3)；三氧化二铁(Fe_2O_3)，约占水泥熟料重量的2~5% (约为三氧化二铝的1/3)。

水泥熟料中矿物组成的比例不同时，其化学成分的比例也不同，可以根据不同矿物组成的熟料中的化学成分进行配料计算，生产水泥。

(2) 矿物组成及特性

水泥为什么具有水硬性？水泥石的强度为什么随时间而增长？这都与水泥的矿物组成及加水后的特性有关。

普通水泥中主要有下列矿物组成：

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

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

铝酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 简写 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 C_4AF)。

这四种矿物组成加水后的特性如下：

1) 硅酸三钙：是硅酸盐水泥熟料中的主要矿物，其含量通常在50%左右。

硅酸三钙水化速度快，凝结硬化快，水化时发热量大，而且主要在早期放出。其水化物的强度高，特别是早期强度高，但28天后的强度增长就慢下来，硅酸三钙是决定硅酸盐水泥强度，尤其是早期强度的主要矿物。硅酸三钙含量高，水泥的标号就高，但硅酸三钙过高的熟料烧成比较困难。

2) 硅酸二钙：也是硅酸盐水泥熟料中的重要矿物之一，通常其含量在20%左右。

硅酸二钙水化速度慢，凝结硬化慢，水化时放热量最小，硅酸二钙亦起强度作用，但其早期强度低，而后期强度能不断增长，一年可接近硅酸三钙的强度值。

3) 铝酸三钙：水化速度最快，凝结硬化极快，水化时放热量最大，主要在早期放出。铝酸三钙的早期强度增长非常快，特别是3天和7天强度，但其绝对强度值不高。水泥熟料中适当提高铝酸三钙的含量能提高水泥的早期强度。

4) 铁铝酸四钙：水化速度仅次于铝酸三钙，水化时放热量较小，主要在后期放出。水化物强度低。在煅烧水泥时铁铝酸四钙、铝酸三钙主要起助熔作用，故称为熔剂性矿物。

3. 水泥的凝结硬化