

混凝土手册

第二分册

主编 王 异 周兆桐

吉林科学技术出版社出版 吉林省新华书店发行

长春科技印刷厂印刷

*

787×1092毫米16开本 30.75印张 734,000字

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

印数:1—20,000册

统一书号:15376·24 定价:6.75元

目 录

第四篇 混凝土制品的生产	(1)
第一章 原材料的贮运	(1)
第一节 砂石的贮运	(1)
一、堆场工艺 (1)	二、堆场类型选择 (2)
第二节 水泥的贮运	(7)
一、输送工艺的类型及其选择 (7)	二、输送工艺的计算 (10)
第二章 混凝土拌合物的制备	(22)
第一节 搅拌工艺原理	(22)
一、搅拌机理 (22)	二、搅拌强化 (24)
三、影响搅拌质量的因素 (25)	
第二节 二次投料法	(27)
一、水泥裹砂法 (27)	二、预拌水泥砂浆法 (28)
三、预拌水泥浆法 (29)	
第三节 搅拌工艺	(31)
一、搅拌车间的分类及其特征 (31)	二、原材料的称量 (35)
三、搅拌机的选型及计算 (38)	
第四节 搅拌楼的构造、设备及工艺过程	(43)
一、进料层 (43)	二、贮料层 (44)
三、称量层 (47)	
四、搅拌层 (51)	五、出料层 (53)
第五节 搅拌系统中的其他问题	(53)
一、搅拌系统的维护 (53)	二、搅拌楼的环境保护措施 (54)
三、我国搅拌楼存在的问题 (55)	
第六节 混凝土拌合物的运输	(56)
第三章 混凝土制品的成型	(58)
第一节 振动密实成型工艺	(58)
一、拌物流变学特征及振动液化原理 (58)	二、振动设备的有效作用范围 (59)
三、振动参数的确定 (62)	四、常用振动成型设备 (68)
第二节 混凝土隔离剂	(79)
第四章 混凝土制品的养护	(82)
第一节 混凝土热养护工艺原理	(85)
一、概 述 (85)	二、蒸气养护过程中硅酸盐水泥水化的化学变化特点 (86)
三、蒸气养护过程中硅酸盐水泥水化的物理化学变化特点 (87)	
四、热养护过程中混凝土的物理变化 (88)	五、常压湿热养护 (100)
六、干-湿热养护 (104)	七、混凝土加速硬化的其它方法及综合运用 (108)
第二节 混凝土养护工艺	(109)
一、太阳能养护工艺 (109)	二、坑式养护工艺 (115)

三、水平隧道窑养护工艺 (118)	四、折线窑养护工艺 (120)
五、立窑养护工艺 (124)	六、立模养护工艺 (124)
七、热炕台面养护工艺 (125)	
八、热拌热模养护工艺 (126)	九、红外线养护工艺 (127)
第三节、混凝土制品蒸气养护的热工计算 (131)	
一、间歇操作蒸气养护设备热工计算 (131)	二、连续操作蒸气养护设备简易热工计算 (134)
三、蒸气用量估算 (138)	四、养护制度及养护制度的确定 (142)
五、水化热的计算 (144)	
第五章 混凝土制品工厂设计概要 (152)	
第一节 混凝土制品生产工艺设计原理 (152)	
一、混凝土制品生产企业的类型、位置和规模 (152)	
二、企业生产能力和生产大纲的计算 (153)	三、流水生产设计原理 (156)
第二节 建厂准备工作及总体布置原则 (161)	
一、设计任务书 (161)	二、生产规模与产品纲领 (161)
三、工厂组成与工作制度 (162)	四、厂址选择 (163)
五、总平面布置图的基本原则 (164)	
第五篇 多孔混凝土 (166)	
第一章 绪论 (166)	
第一节 定义及分类 (166)	
一、多孔混凝土的概念 (166)	二、多孔混凝土的定义 (166)
三、多孔混凝土的分类 (166)	
第二节 特 点 (166)	
第三节 国外多孔混凝土的发展历史和现状 (167)	
一、历 史 (167)	二、现 状 (167)
第四节 我国多孔混凝土的发展历史和现状 (168)	
第二章 加气混凝土的结构及其形成机理 (170)	
第一节 加气混凝土的结构 (170)	
一、加气混凝土的孔间壁结构 (170)	二、加气混凝土的气孔结构 (172)
第二节 加气混凝土的结构形成机理 (172)	
一、料浆发气的化学反应 (172)	二、料浆膨胀、稠化、凝结的物理过程和化学反应 (172)
三、坯体在蒸压养护时的水热反应 (174)	
第三章 加气混凝土的原材料 (176)	
第一节 基本组成材料 (176)	
一、石 灰 (176)	二、水 泥 (178)
三、粒状高炉矿渣 (179)	
四、砂 (180)	五、粉煤灰 (181)
六、煤矸石 (188)	七、石膏 (196)
第二节 发气剂 (200)	
一、发气剂种类 (200)	二、铝粉的规格及质量标准 (200)
三、干铝粉的脱脂处理 (201)	
四、铝粉的性质对加气混凝土生产的影响 (202)	五、对铝粉的技术要求 (203)
第三节 气泡稳定剂 (203)	
一、稳泡机理 (203)	二、常用的气泡稳定剂 (204)
三、气泡稳定剂的用量 (205)	
第四节 调节剂 (206)	
一、纯 碱 (206)	二、硼 砂 (207)
三、烧 碱 (208)	
四、水玻璃 (209)	五、菱苦土 (210)

第五节 钢筋防锈剂	(211)
一、加气混凝土中钢筋锈蚀的机理 (211)	
二、对钢筋防锈剂的要求及其类型 (212)	
三、对钢筋防锈剂使用效果的评定 (213)	
四、我国使用的三种防锈剂的性能 (215)	
第四章 加气混凝土的产品规格、性能和质量标准	(217)
第一节 产品规格	(217)
一、建筑砌块 (217)	
二、保温隔热制品 (217)	
三、屋面板 (217)	
四、墙 板 (218)	
五、拼装大板 (219)	
六、过梁 (220)	
第二节 产品性能	(220)
一、孔隙性能 (220)	
二、力学性能 (222)	
三、变形性能 (226)	
四、吸水导湿性 (231)	
五、热工性能 (234)	
六、声学性能 (237)	
七、透气性 (241)	
八、耐热及防火性能 (241)	
九、耐久性 (243)	
十、防射线能力 (249)	
第三节 质量标准	(250)
一、砌 块 (250)	
二、板 材 (251)	
第五章 加气混凝土的生产工艺与设备	(253)
第一节 条板和砌块的生产工艺与设备	(253)
一、原材料处理 (253)	
二、配料 (259)	
三、搅拌浇注 (262)	
四、钢筋加工 (263)	
五、坯体初凝 (267)	
六、坯体切割 (267)	
七、蒸压养护 (286)	
八、制品的加工 (291)	
第二节 典型生产工艺	(292)
一、东北 I 型 (292)	
二、杨浦 I 型 (298)	
三、常州 I 型 (304)	
四、仿西型 (310)	
五、中乌型 (316)	
六、中海型 (324)	
第三节 大板拼装工艺与设备	(331)
一、工艺与设备 (331)	
二、工厂拼装 (333)	
三、现场拼装 (335)	
第六章 加气混凝土制品的应用	(340)
第一节 应用技术规程	(340)
一、一般规定 (340)	
二、材料计算指标 (340)	
三、结构构件计算 (342)	
四、围护结构热工设计 (348)	
五、建筑构造 (350)	
六、装修 (354)	
七、建筑施工 (355)	
第二节 建筑设计与施工	(357)
一、砌块 (357)	
二、屋面板 (358)	
三、外墙板 (359)	
四、拼装大板 (360)	
五、隔墙板 (360)	
第七章 泡沫混凝土	(363)
第一节 泡沫混凝土的特点和泡沫形成原理	(363)
一、特点 (363)	
二、泡沫形成原理 (363)	
第二节 泡沫剂	(363)
一、松香胶泡沫剂 (363)	
二、纸浆废液泡沫剂 (365)	
三、废动物毛泡沫剂 (367)	
第三节 发泡及喷泡	(368)
一、发泡喷泡方式与设备 (368)	
二、发泡倍数的测定 (369)	
第四节 泡沫混凝土的生产工艺	(369)
第五节 泡沫混凝土的产品性能	(369)

第八章 充气混凝土	(371)
第一节 特点及工艺原理	(371)
一、特点 (371)	二、工艺原理 (371)
第二节 原材料及配方	(371)
一、原材料 (371)	二、基本配方 (371)
第三节 生产工艺及设备	(372)
一、主要工艺参数 (372)	二、充气工艺过程 (372)
三、充气设备 (372)	
第四节 产品规格及性能	(372)
一、产品规格 (372)	二、产品性能 (373)
第六篇 混凝土制品	(374)
第一章 环形水泥制品	(374)
第一节 概述	(374)
一、环形钢筋混凝土制品的特点 (374)	二、国外环形混凝土制品工业的发展 (376)
三、国内环形混凝土制品工业的现状 (381)	
第二节 环形截面钢筋混凝土电杆	(383)
一、种类、结构型式 (383)	二、标志、运输与保管、价格与重量 (389)
三、制造工艺 (391)	四、质量检验 (393)
第三节 预应力钢筋混凝土桩	(396)
一、种类 (397)	二、预应力管桩结构设计 (398)
三、预应力管桩制造工艺 (399)	
四、关于接头等几个问题 (400)	
第四节 钢筋混凝土管柱	(401)
一、种类与用途 (401)	二、管柱的设计与构造 (402)
第五节 一阶段预应力钢筋混凝土管	(403)
一、产品规格、技术性能 (403)	二、成型工艺原理、流程与参数 (404)
三、技术经济指标、主要产品、设备经济指标 (408)	
第六节 三阶段预应力钢筋混凝土管	(410)
一、产品规格、技术性能 (411)	二、成型工艺与主要参数 (411)
三、技术经济指标、产品性能、产地和价格 (415)	
第七节 自应力钢筋混凝土管	(416)
一、产品规格、技术性能 (417)	二、自应力钢筋混凝土管的主要生产厂和价格 (418)
第八节 混凝土和钢筋混凝土排水管	(419)
一、产品规格、性能、价格、生产单位 (419)	二、混凝土和钢筋混凝土管成型工艺与参数 (426)
第二章 预应力混凝土轨枕	(432)
第一节 概述	(432)
第二节 轨枕的设计特点	(435)
一、轨枕的作用 (435)	二、作用在轨枕上的荷载 (435)
三、作用在轨枕上的荷载弯矩 (435)	四、轨枕的外形及尺寸 (436)
五、轨枕结构计算 (437)	
第三节 轨枕的生产	(437)
一、500、600级混凝土配合比设计 (437)	二、钢模 (438)
三、轨枕生产工艺 (439)	
四、典型的工艺布置 (440)	五、各主要工序工艺及设备配置简况 (440)

六、辊道输送系统 (441)	
第四节 轨枕的质量检查及验收	(441)
一、69型轨枕静载抗裂性评定标准 (441)	
二、外形尺寸及外观质量标准 (442)	
第五节 轨枕的铺设和养护	(443)
第三章 小型混凝土空心砌块	(445)
第一节 砌块的种类和应用	(445)
一、砌块的种类 (445)	
二、小型空心砌块的性能 (447)	
三、小型空心砌块的应用 (449)	
第二节 小型空心砌块的生产工艺	(452)
一、原材料及配合比 (452)	
二、生产工艺 (453)	
三、砌块成品检查 (453)	
第三节 砌块生产设备	(455)
一、成型机的工作原理 (455)	
二、成型机 (456)	
三、成型机操作的要求 (458)	
第四节 小型空心砌块生产和应用的主要技术经济指标	(458)
一、砌块生产的经济指标 (458)	
二、砌块建筑的经济指标 (459)	
三、小型空心砌块墙体的能耗 (460)	
四、几个注意问题 (460)	
第四章 蒸压养护水泥制品	(462)
第一节 蒸压养护水泥制品的特点及原材料	(462)
一、概述 (462)	
二、蒸压养护的主要参数 (462)	
三、蒸压养护水泥制品的特点 (462)	
四、蒸压养护水泥制品的原材料 (463)	
第二节 原材料对制品性能的影响	(464)
一、硅质材料掺量的影响 (464)	
二、硅质材料细度及纯度的影响 (464)	
三、 SO_3 含量的影响 (466)	
四、外加剂的影响 (466)	
五、骨料的影响 (467)	
第三节 蒸压养护混凝土桩	(468)
一、概述 (468)	
二、材料及配合比选择 (468)	
三、高强混凝土桩的制造方法 (471)	
四、蒸压养护混凝土的物理力学性质 (471)	
五、高强混凝土桩的性能 (474)	
六、经济分析 (475)	
第四节 蒸压养护过程及其装置	(476)
一、概述 (476)	
二、制品的蒸压养护过程 (476)	
三、蒸压釜 (478)	
四、蒸压釜的控制 (480)	
第五节 蒸压养护蒸气耗量计算	(481)

第四篇 混凝土制品的生产

第一章 原材料的贮运

第一节 砂石的贮运

砂石堆场的主要作业包括：将运入厂的砂石材料从运输车上卸下（简称卸料），将卸下的材料集中堆存起来（简称堆料），使用材料时，向混凝土搅拌车间的贮料仓内供料（简称上料）三项基本工序。根据材料供应情况和使用要求，有时还需增加砂石的筛分和清洗作业，个别堆场还需有破碎加工工序，在北方地区冬季生产常有加热处理的要求。

设计砂石堆场的一般要求如下：

1. 保证堆场面积。堆场面积主要包括砂、石料堆占地面积和砂石的装卸、运输作业线占地面积。料堆占地面积应满足一定的贮存周期。装卸、运输作业线占地面积要求有一定的作业线长度，畅通的运输通道，整个堆场要求集中，便于管理，占地面积小。

2. 保证原材料存放质量。防止砂石在堆场卸料、堆料及上料过程中出现混料、污染或因离析而破坏级配。材料应严格按不同品种、粒径规格分别堆放。在连续堆垛时，应有一定高度的间隔墙。

3. 努力提高机械化水平，合理选用工艺设备。砂石是制品厂的大宗材料，使用量极大，在砂石堆场有繁重的装卸、运输工作量，必须根据原材料品种、来料方式、建厂条件合理选用机械设备，以降低劳动强度，提高生产率。

4. 选用平整的场地。为减少土方工作量和土建设施，尽量利用平整的场地设置堆场。在复杂的地形条件下，也应充分利用地形条件，选用合适的设备，以简化工艺流程。

5. 堆场应靠近混凝土搅拌车间，运输线尽可能避免与厂内主干道交叉。在总平面布置上应设在下风向。避免与锅炉房煤堆或其它粉尘车间靠近。

6. 要注意地下水位等地质条件。堆场做好防水排水设计，避免砂石长期浸泡在水中。

一、堆场工艺

砂石堆场工艺包括：卸料、堆料、上料三项工序。这三项工序可采用各种不同的运输机械完成，并组成不同形式的堆场。

（一）卸料

卸料有人工卸料、车辆自卸和机械卸料三种方式。其中车辆自卸以自卸汽车为主，在堆场内翻起车斗将料卸下，如图4-1-1所示。机械卸料是针对火车运输，采用不同的卸料机械设备将料从火车车箱内卸出。如抓斗门式（或桥式）起重运输机卸料（图4-1-2），链斗卸车

机卸料(图4-1-3)。当水路船只运输材料时,也可用悬臂抓斗机械来卸料(图4-1-4)。

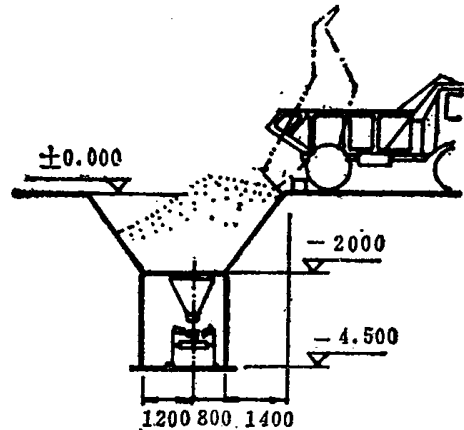


图4-1-1 汽车自卸工艺图

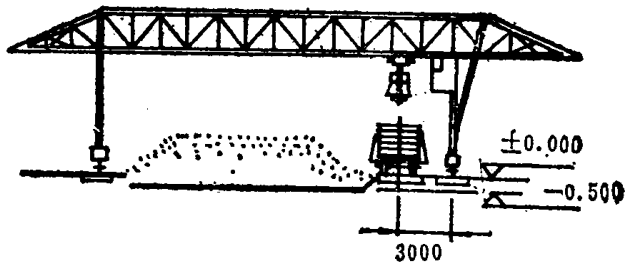


图4-1-2 抓斗门式起重运输机卸料工艺图

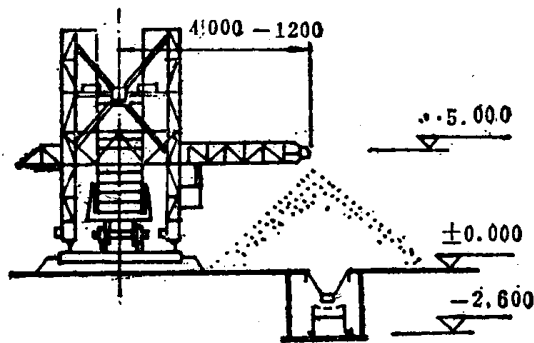


图4-1-3 链斗卸车机卸料工艺图

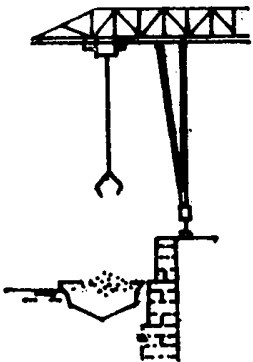


图4-1-4 悬臂抓斗机械卸料示意图

(二) 堆料

砂石堆料一种是利用卸料设备如,链斗卸车机,在卸料同时完成。另一种是卸料后,由贮运设备将材料倒运后堆料。常用的设备有移动式(或固定式)胶带输送机、推土机、装载机、抓斗门式(或桥式)起重机。

(三) 上料

砂石料堆向搅拌楼(站)上料运输的方式较多。常用的上料机械设备有:抓斗门式起重机、拉铲、爬斗、胶带输送机等。

上述的机械设备可根据各工序的需要进行组合,可形成各种类型的砂石堆场。制品厂常用的组合形式见表4-1-1。

二、堆场类型选择

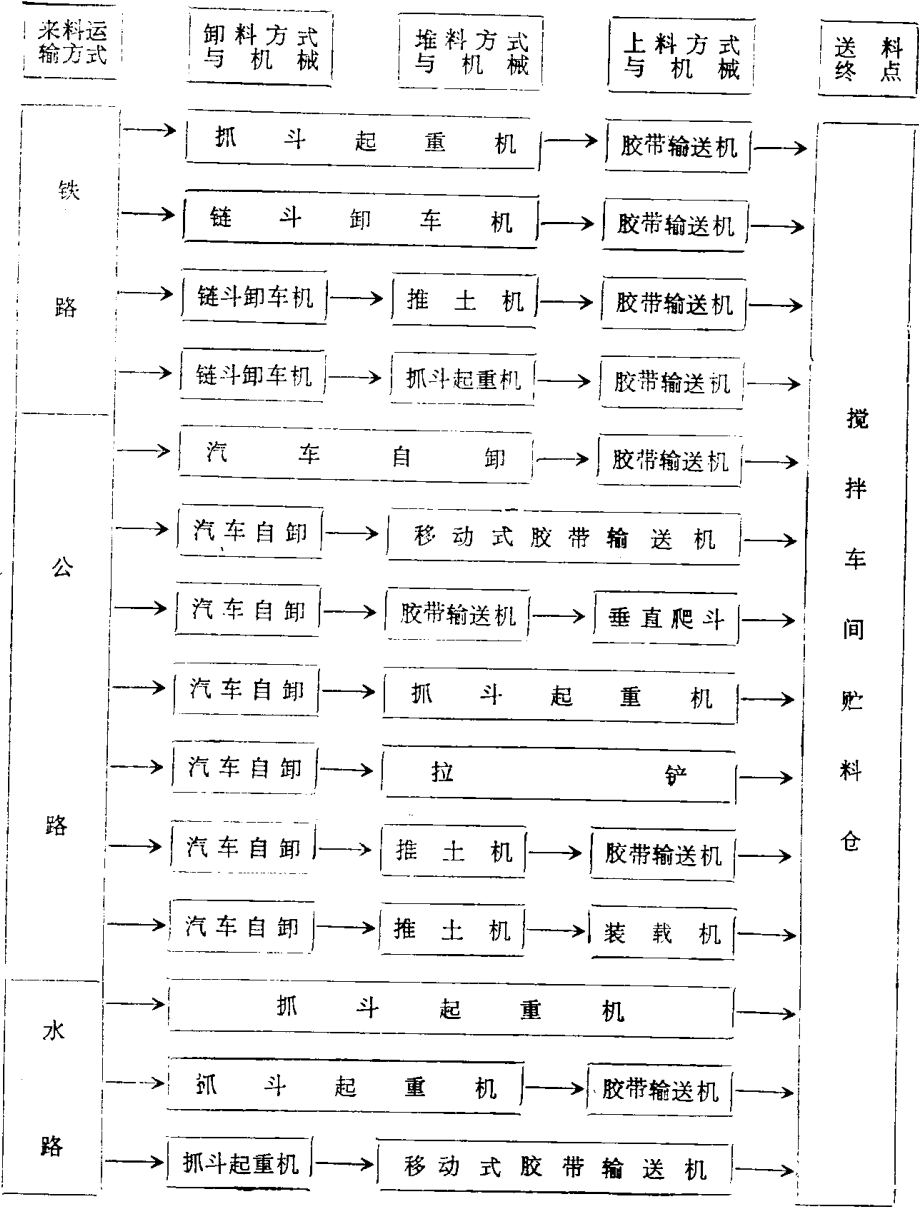
堆场类型选择的一般原则如下:

1. 根据建厂规模、日生产量及贮存周期确定堆场的规模和机械化程度;

2. 根据来料进厂运输方式、卸料方式，结合堆、上料工序，在选用起重运输设备时，尽可能一机多用；
3. 结合混凝土搅拌车间的形式及贮料仓的位置标高，砂石堆场与搅拌楼的相对位置等因素确定相应的生产工艺。

堆场各工序常用机械及其组合

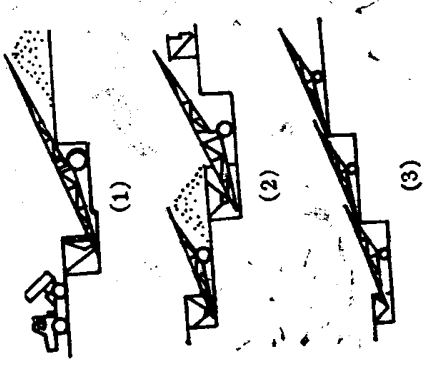
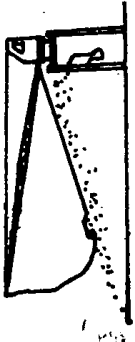
表4-1-1



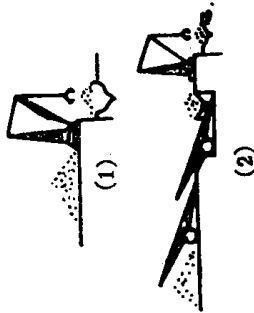
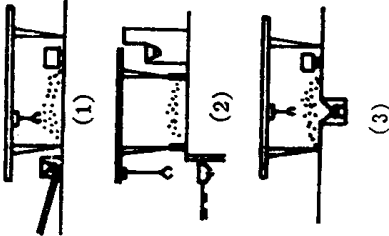
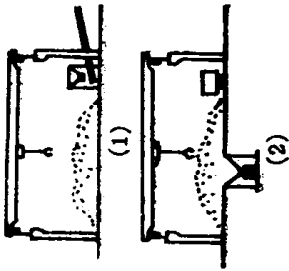
4. 一般采用露天堆放的形式，当原材料有特殊要求时，可考虑用筒仓堆放。
5. 堆场地坪要求平整、压实，并有一定排水坡度。
- 各种堆场的工艺特点和适用范围见表4-1-2。

表4-1-2

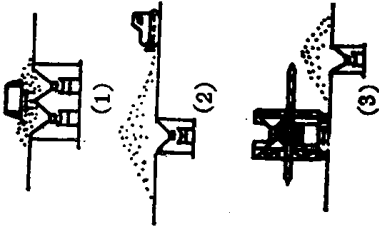
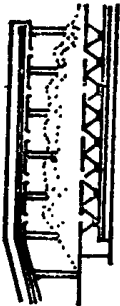
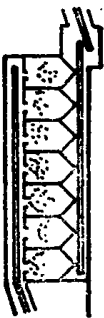
堆场工艺特点和适用范围

序号	堆场形式	图例	来料运输方式	贮存量 (m³)	工 艺 说 明	优缺点及适用范围
1	简易式		汽车、自卸汽车、畜力车	较灵活	由人工卸料或自卸汽车卸料，人工或采用移动式胶带输送机、推土机堆料，简易的运输工具、手推车搬运砂石上料	工艺简单，适应性强，要求堆场靠近搅拌站，劳动强度大，堆场容易零乱，占地面积大，适用在小型企业，临时施工工地
2	移动式胶带机		自卸汽车	1500~2000	(1) 由人工卸料或汽车自卸，将料卸入固定的受料斗内； (2) 由胶带输送机作短距离的倒运、提升，堆成垛，亦可串连胶带输送机，提高料堆高度或向高处堆料； (3) 上料时可由人工手推车运输、装载机送料，亦可在料堆下增设移动式胶带输送机	设备简单，投资小，容易上马，工艺简单，适应性强，能灵活布置，但占地面积大，场地利用低。适用在搅拌站料仓不高，的中小型预制厂的搅拌站 适合在地形起伏或堆场内所增加的筛分、清洗工序之间的连续输送
3	拉铲		汽车自卸汽车	2000~2500	由人工卸料或汽车自卸，卷扬拉铲将料堆垛，并向搅拌机贮料仓上料。 堆场内可配有装载机或推土机辅助堆料	设备简单，容易上马，贮存量较小，钢丝绳易磨损，维修工作量大，适用中小型预制厂
4	悬臂拉铲		汽车	300~800	人工卸料或汽车自卸，回转悬臂（或桥臂），由卷扬拉铲将料堆垛，并向下料口上部填料	设备简单，使用灵活，常与移动式搅拌站配套使用，能快速安装投产，因臂架长度有限，堆场贮存量较小，当改变臂长和架设高度，可扩大贮量

续表4-1-2

序号	堆场形式	图例	来料运输方式	贮存量(m³)	工艺说明	优缺点及适用范围
5	悬臂式抓斗		水路 船运	1000~1500	由抓斗卸料，兼完成堆料，亦可通过胶带输送机进行堆料，扩大堆场面积，增加贮料量。上料方式可采用装载机	设备简单，工艺布置紧凑，适用水路运输发达的小企业，缺点是生产效率低
6	抓斗门式起重机		汽车、火车、船	2000~3000	由抓斗从船仓或敞车内抓料、卸料，兼完成堆垛作业。 上料时，由抓斗向受料斗装料(1)，继由斜胶带输送机向搅拌机上的贮料仓上料。当抬高门式起重机时，可直接向搅拌机贮料仓上料(2)，亦可通过地为胶带输送机向搅拌机贮料仓上料(3)	贮存量较大，生产率高，适应各种来料运输方式及上料要求。场地利用率高，工艺简单，容易上马，设备能一机多用，适用于中型预制厂。 缺点是门式起重机起重高度有限，若加高轨道标高，既增加土建投资，使用时运行稳定性更差
7	抓斗桥式起重机		汽车 火车	4000~5000	由抓斗从敞车内抓料、卸料，兼完成堆料。上料可通过地上受料斗(1)或地下受料斗加胶带输送机，将料输送到搅拌楼的贮料仓内	贮存量大，起重机运行速度快，生产率高，工艺流程紧凑，设备一机多用，适用在大型企业，缺点是土建投资大

续表4-1-2

序号	堆场形式	图例	来料运输方式	贮存量 (m³)	工艺说明	优缺点及适用范围
8	地沟胶带输送机		汽车	5000~10000	(1) 由铁路运输来料, 敞车自卸, 在地沟内堆存, 由胶带输送机上料 (1); (2) 由汽车运输来料, 自卸, 借助推土机, 在地沟上堆存, 再由胶带输送机上料 (2); (3) 当铁路运输来料, 由链斗卸车机卸料、堆料, 由胶带输送机上料 (3)	贮存量小, 机械化程度高, 生产率高, 流程紧凑, 连续性强。堆场要求地下水位低, 适用在大中型企业。缺点是: 汽车来料时, 需有推土机辅助, 土建投资高
			火车			
9	栈桥式		火车	10000以上	铁路运输来料, 人工或机械将料卸入地沟, 由地沟、斜胶带输送机将料输送到高栈桥上, 下落堆料。上料是由料堆的下料口漏斗, 经地沟、斜胶带输送机送至搅拌楼贮料仓	贮存量小, 机械化程度高, 效率高, 连续性强。但堆料高度大, 容易离析。输送距离长, 占地面积大, 土建费用高。常用推土机辅助集料, 适用在大型企业
10	大型筒仓		火车	10000以上	铁路运输来料后, 机械卸料, 经地沟, 斜廊和仓顶一系列胶带输送机将料落入筒仓贮存。上料时材料从筒底卸入地沟, 胶带输送机, 再经斜胶带输送机送至搅拌楼贮料仓	贮存量小, 机械化程度高, 效率高, 连续性强, 空间利用率高, 保证贮存质量、适用贮存轻骨料, 但土建投资大

第二节 水泥的贮运

水泥的贮运分袋装水泥贮运和散装水泥贮运两种类型。本节主要讲散装水泥的贮运。

一、输送工艺的类型及其选择

散装水泥输送工艺，根据其工作原理可分机械输送、风动输送、气力输送和混合输送四种方式。各种方式所用的主要输送设备见表4-1-3。

各种输送方式常用设备 表4-1-3

输 送 方 式		不 同 方 向 的 输 送 设 备	
		水 平 方 向	垂 直 方 向
机 械 输 送		螺旋输送机	斗式提升机
风 动 输 送		空气输送斜槽	空气提升泵
气 力 输 送	负压抽吸式	引 风 机 或 真 空 泵 所 配 系 统	
	正压吹送式	鼓风机或空气压缩机所配仓式泵及螺旋泵等	
混 合 输 送		空气输送斜槽	斗式提升机

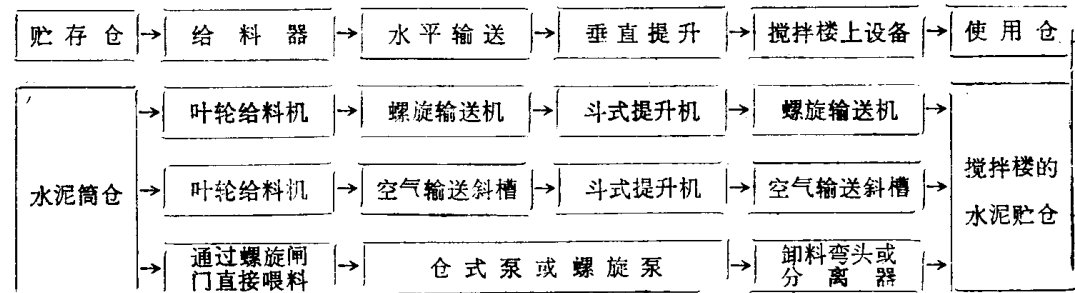
表4-1-3中输送设备可以互相组合成多种输送工艺方案，以适应不同的来料方式及输送要求。常用的散装水泥卸、贮工艺及设备见表4-1-4。

散装水泥卸、贮工艺及设备 表4-1-4



散装水泥入水泥筒仓之后，一般还要通过一系列的输送设备运往混凝土搅拌楼水泥贮存仓。常用的输送工艺及设备见表4-1-5。

散装水泥厂内输送工艺及设备表 表4-1-5



(一) 机械输送方式

机械输送方式的方案见图 4-1-5。这种输送方式的优点是：工艺简单，稳妥可靠，设备购置，操作简便；缺点是：设备易磨损，维护和检修工作量较大。

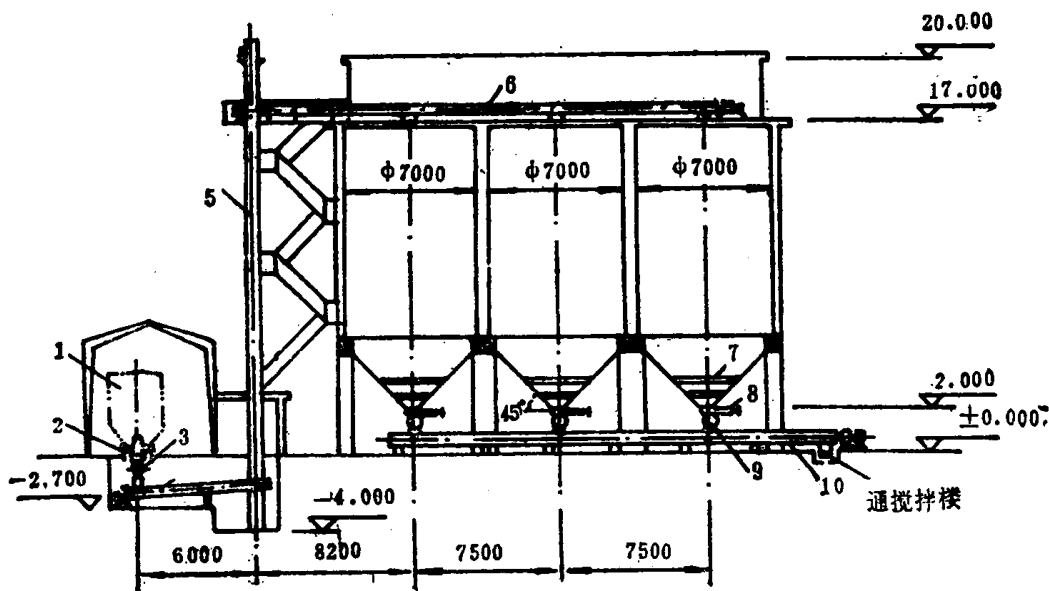


图4-1-5 机械输送方式工艺图

1—K₃型散装水泥火车；2—伸缩溜管；3—叶轮给料机（ $\phi 400 \times 400$ ）；4—螺旋输送机（ $\phi 400$ ）；5—斗式提升机（HL400）；6—螺旋输送机（ $\phi 400$ ）；7—充气环管（ $\phi 50$ ）；8—螺旋闸门；9—叶轮给料机（ $\phi 400 \times 400$ ）；10—螺旋输送机（ $\phi 400$ ）

(二) 混合输送方式

混合输送方式的方案见图4-1-6。这种输送方式是将机械输送方式中的螺旋输送机取消，代之以空气输送斜槽。

空气输送斜槽与螺旋输送机比较，其优点是：空气输送斜槽输送能力大，构造简单，容易加工，耗钢量较小，运行时电耗小，维修量少，而且工艺布置灵活。其缺点是：空气输送斜槽有4~6%的下倾角，长距离输送时，头尾高差较大。当地下水位较高时，土建费用会

相应提高。水泥含钢球等杂质时，空气输送斜槽易堵塞。

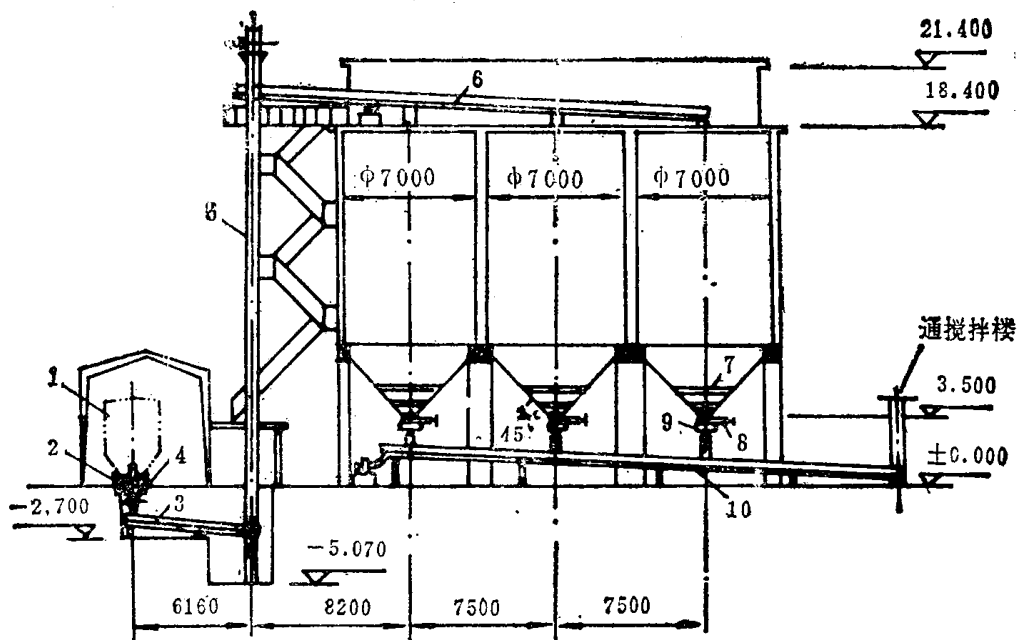


图4-1-6 混合输送方式工艺图

1—K₁s型散装水泥火车；2—伸缩溜管；3—叶轮给料机（ $\phi 400\times 400$ ）；4—空气输送斜槽 B500；5—斗式提升机（HL450）；6—空气输送斜槽（B500）；7—充气环管（ $\phi 50$ ）；8—螺旋闸门；9—叶轮给料器（ $\phi 400\times 400$ ）；10—空气输送斜槽（B400）

（三）气力输送方式

气力输送方式的方案见图 4-1-7。混凝土制品厂中所采用的气力输送设备，主要有高压输送和低压输送两种。高压输送设备常用的有仓式泵、螺旋泵等，所需空气压力一般在 2～5 个大气压范围内，必须用空气压缩机供气。低压输送设备如低压流态化输送罐（武进水泥制品厂制造），所需空气压力在 0.5 大气压以下，一般用罗茨鼓风机或透平式鼓风机供气。

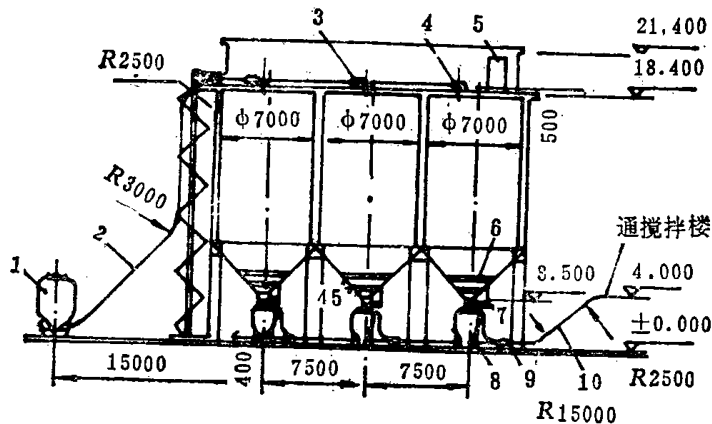


图4-1-7 气力输送方式工艺图

1—气卸散装水泥车（U₆₀型）；2—输灰管（ $\phi 150$ ）；3—两路阀门（ $\phi 150$ ）；4—卸料弯头；5—除尘器（布袋式）；6—充气环管（ $\phi 50$ ）；7—气动闸门；8—仓式泵（3m³）；9—两路阀门（ $\phi 100$ ）；10—输灰管（ $\phi 100$ ）

负压抽吸式输送方式，由于设备复杂，输送能力较低且设备维护检修工作量大，所以，在混凝土制品厂中很少使用这种方式输送水泥。

气力输送方式的主要优点是：输灰系统设备简单（管道系统）、操作方便、适于较远距离输送（一般不超过 500 米）；其缺点是：装机容量大，单位电耗较大。

（四）机械输送、混合输送、气力输送的比较

机械输送、混合输送和气力输送三种方式的技术经济粗略比较见表4-1-6。

一般选用气力输送方式的条件如下：

散装水泥输送方式的比较				表4-1-6
比 较 项 目	机 械 输 送 (螺旋·斗提)	混 合 输 送 (斜槽·斗提)	气 力 输 送 (U ₆₀ 型火车)	附 注
水泥库总容量 (t)	1500	1500	1500	
水泥库占地面积 (m ²)	140	140	140	混合结构
输送设备总耗钢量 (t)	18.28	16.23	18.94	仅卸、贮系统
设备总概算 (万元)		6.93	14.43	仅卸、贮系统
设备总装机容量 (kw)	60 [注 ²]	32	227	仅卸、贮系统
鼓风机或空压站概算 (万元)		1.85	9.96	
电耗量 (度/t)		0.39	2.2~4.5	气力输送换算长度 150m时
输送能力 (t/h)	59	59	45~60	
转运一吨水泥的电费 (元/t)		0.296	0.577	
常用输送距离 (m ²)	<50	<100		
操作人数 (人)	1~2	1~2	1	
维修工作量	较大	一般	较少	

注：1. 表中各项皆为卸贮系统，不包括厂内输送部分；

2. 此电容量为北京第一建筑构件厂实际数据；

3. 机械输送、混合输送采用K₁₅型散装水泥车。

（1）来料为气卸式专用车，如 U₆₀型散装水泥火车、气卸式散装水泥汽车及气卸式散装水泥专用船等；

（2）在厂内输送距离较长，从水泥筒仓至混凝土搅拌楼距离在100~200m；

（3）须绕过建筑物或构筑物，要求灵活走向时；

（4）要求远距离控制时。

一般选用混合输送方式的条件如下：

（1）来料为倾翻、机卸或自落式卸散装水泥车时，如K₁₅型火车、机卸式汽车等；

（2）厂内输送距离较近，从水泥筒仓至混凝土搅拌楼距离在100m以内；

（3）厂区地下水位较低，允许做较深的地沟时。

一般选用机械输送方式的条件是：当厂区内地下水较高，不适宜做较深的地沟时，且水泥筒仓至混凝土搅拌楼距离在50m以内，可以选用机械输送方式。

二、输送工艺的计算

考虑到散装水泥输送设备，大多属于标准定型设备，这些输送设备的工艺计算，在众多

的通用资料中均可查到，故本书在此不便赘复。

只有气力输送的管道系统计算，尚属专业性较强的课题。气力输送管道系统的计算包括以下三方面：计算压缩空气消耗量；确定输送管道的管径；确定压缩空气的工作压力。

1. 压缩空气消耗量的计算

气力输送系统的压缩空气消耗量按自由状态空气量计，可按下式计算：

V = 1000G / (60γ₀μ)

式中 V——自由状态空气的耗量 (m³/min)；
G——水泥输送量 (t/h)；
γ₀——空气的重度 (kg/m³)，采用20℃时的数值γ₀=1.2kg/m³；
μ——水泥浓度 (kg/kg空气)。

上式中水泥浓度 (kg/kg空气) 是指单位时间内，在气力输送系统中，每公斤空气所输送的水泥重量。水泥浓度的大小受到物料性质、输送方式以及输送条件等因素的影响，特别是对充气罐式气力输送装置，随着料罐本身的尺寸和构造、输料管的内径和长度、弯头数目以及使用的空气量等条件的不同，其水泥浓度也相应受到制约。

表4-1-7 为不同输送方式条件下，水泥浓度的选取范围参考值。

输送方式与水泥浓度的关系					表4-1-7		
输 送 方 式	吸 送 式				压 送 式		
	低 真 空 (mm汞柱)			高真空	低 压	高 压	流 态 化 压 送
	≤1200	1200~2500	2500~5000				
水泥浓度 (kg/kg空气)	0.35~1.2	1.2~1.8	1.8~8	8~20	1~10	10~50	50~80

气力输送粉状物料时，其浓度与换算长度x_i之间的关系符合下式：

μ_b / μ_i = (20 / √π) ∫₀^{x_i} e^{-x²} dx (1)

式中 μ_b——供料设备的标准浓度；
μ_i——换算长度为x_i时的系统浓度；
x_i——换算长度；
K——待定指数。

x_i = Σ(l + l_d) (2)

式中 x_i——管道系统的换算长度 (km) ；
l——管道系统的几何长度 (km) ；
l_d——代换局部阻力的当量长度 (km) 可按表4-1-8选取。

l _d 值 (km)					表4-1-8	
双 路 阀 门	φ=90° 弯 头				分 离 器	
	R/d=4	R/d=6	R/d=10	R/d=20	旋 风	布 袋
0.008	0.004~0.008	0.005~0.010	0.006~0.010	0.008~0.010	0.010	0.008

注：1. 表中R为转弯半径，d为管道内径。
2. 如果弯头转角φ不是90°时，表4-1-8中φ=90°弯头一项各值还要乘以修正系数K，K值列于表4-1-9。