

第三节 混凝土输送泵

3.1 概述

混凝土泵将混凝土沿管道连续输送到浇注工作面的一种混凝土输送机械。混凝土泵车是将拌泵装在汽车底盘上，并用液压折迭式（或称布料杆）管道来输送混凝土。臂架具有变幅、曲折和回转三个动作，在其活动范围内可任意改变混凝土浇注位置。

在现场施工中，例如高层建筑、水坝、大型设备基础以及桥墩、涵洞、隧道、等混凝土结构物，现场浇灌量往往是很大的。有时甚至一次连续浇灌几千立方米以上。因此，合理的施工组织、恰当地使用混凝土输送与浇灌机械设备是非常重要的。混凝土泵是混凝土输送机械中比较理想的一种，它能一次连续地完成水平输送和垂直输送并浇灌。预拌混凝土生产与泵送施工相结合，利用混凝土搅拌运输车进行中间运送，可实现混凝土的连续泵送和浇筑。这对于一些工地狭窄和有障碍物的施工现场，用其它输送设备难以直接靠近施工的工程，混凝土泵则更能有效地发挥作用。泵送施工输送距离长，单位时间的输送量大，可以很好地满足混凝土量大的施工要求。混凝土泵具有机械化程度高、效率高、占用人力少、劳动强度低和施工组织简单等优点，目前已在国内得到了广泛的应用。

德国于 1927 年首创了泵送混凝土施工技术，是欧洲泵送混凝土技术发展最快的国家，至 1973 年泵送混凝土的普及率已达 40%~50%。美国和日本在引进德国技术之后发展也十分迅速，也已成为泵送混凝土普及率最高的国家。20 世纪 50 年代我国生产过机械式混凝土泵，由于当时的技术水准很低，生产批量很少，在 20 世纪 80 年代初，国产混凝土泵车的总保有量尚不足 200 台，臂架式混凝土泵车更是一项空白。在此期间，我国的一些大型混凝土浇筑工程，在很大程度上基本依靠进口设备。从 20 世纪 80 年代初开始，经过 20 余年的努力，我国臂架式混凝土泵车取得了长足的发展，设计水平、制造能力都有了很大提高，一些企业生产的混凝土泵送技术已经达到世界先进水平。据统计，目前我国混凝土输送泵制造商已达 100 多家，分布于全国各地。虽然混凝土输送泵在很大程度上取代了进口，但是由于各制造商的技术水准、制作工艺、生产能力等参差不齐，产品差距也较大。目前国内生产能力最强的企业是以三一重工、中联重科、徐州重型及福田重机为代表的第二梯队，第二梯队中以辽宁海诺、湖北建机、安徽星马和上海鸿得利等企业为主，它们的产量占了全行业的 90% 以上。国际的品牌以 PUTZmeister 和 Schwing 为代表的厂家。

国产臂架式混凝土泵车因为起步较晚，近两年国内各企业纷纷加强了技术引进与质量控制，设计开发了具有自主知识产权的臂架式混凝土泵车，技术创新成为国内臂架式混凝土泵车发展的助推器。各大部件的技术发展趋势也代表了国内臂架式混凝土泵车整车的发展方向。臂架式混凝土泵车向规格更全、档次更高、布料臂架更长的方向发展，臂架由过去的 37m 为主流，逐步过渡到 42~45m 为主，并向 47~56m 的方向发展。提高设备的节能、环保性能也是一大趋势，发动机由风冷却逐步替代水冷却，排放标准大多达到欧 III 或欧 IV 标准。自检测、自保护、自调整及多传感技术，恒功率控制技术及 EPS/EBC 和 GPS 定位技术也将成为发展的主流；而在驾驶方面将会更具人性化。

图 3-1 所示混凝土搅拌运输车正在向带布料杆的混凝土泵车卸料和布料杆正在向工作面布料的情况。



图 3-1

3.2 分类、特点及适用范围

目前世界各地生产和使用的基本上都是液压式的混凝土泵，其中最典型的为液压双缸活塞式混凝土输送泵。发展较快、使用较广的混凝土泵车是布料杆式输送泵车。

1、混凝土泵按其移动方式分类

混凝土泵按其移动方式可分为拖式、固定、臂架式和车载式等。

拖式混凝土泵——安装在可以拖行的底盘上的混凝土泵。

固定式混凝土泵——安装在固定机座上的混凝土泵。

车载式混凝土泵——安装在机动车辆底盘的混凝土泵。

拖式混凝土泵由于装有车轮，所以既能在施工现场方便地移动，又能在道路上牵引拖运，这种形式在我国使用较普遍。固定式混凝土泵多由电动机驱动，适用于工程量大、移动少的施工场合。

2、混凝土泵按其分配阀的结构型式分类

混凝土泵按其分配阀的结构型式可分为管形阀、闸板阀和转阀三种类型。目前常用的是双缸活塞式管形阀和闸板阀的液压式混凝土泵。

3、 混凝土泵按其排量大小分类

混凝土泵按其排量大小可分为小型（泵排量小于 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ）、中型（泵排量为 $30\sim 80 \text{ m}^3/\text{h}$ ）

和大型混凝土泵（泵排量大于 $80 \text{ m}^3/\text{h}$ ）

4、 混凝土泵按其驱动形式分类

混凝土泵按其驱动形式可分为活塞式挤压式、风动式三种类型是。活塞式又可分为机械式和液压式，机械式因结构笨重、噪音过大、寿命短、能耗大，已逐步被淘汰；液压式又可分为油压式和水压式（即隔膜式）。挤压式混凝土泵适用于泵送轻质混凝土，由于压力小，故泵距离短。风动式以压缩空气输送混凝土。

5、 混凝土泵车按其底盘结构分类

混凝土泵车按其底盘结构可分为整体式、半挂式和全挂式。目前使用较多的是整体式混凝土泵车。

3.3 工作原理和主要结构

3.3.1 工作原理

利用压力将混凝土沿管道连续输送的机械。由泵体和输送管组成。按结构形式分为活塞式、挤压式、水压隔膜式。泵体装在汽车底盘上，再装备可伸缩或屈折的布料杆，就组成泵车。（目前有：遥控臂式泵车，和托泵车两种。）

1、 活塞式混凝土泵

有液压传动式和机械传动式。液压传动式混凝土泵由料斗、液压缸和活塞、混凝土缸、分配阀、Y形管、冲洗设备、液压系统和动力系统等组成。液压系统通过压力推动活塞往复运动。活塞后移时吸料，前推时经过Y形管将混凝土缸中的混凝土压入输送管。泵送混凝土结束后，用高压水或压缩空气清洗泵体和输送管。活塞式混凝土泵的排量，取决于混凝土缸的数量和直径、活塞往复运动速度和混凝土缸吸入的容积效率等。

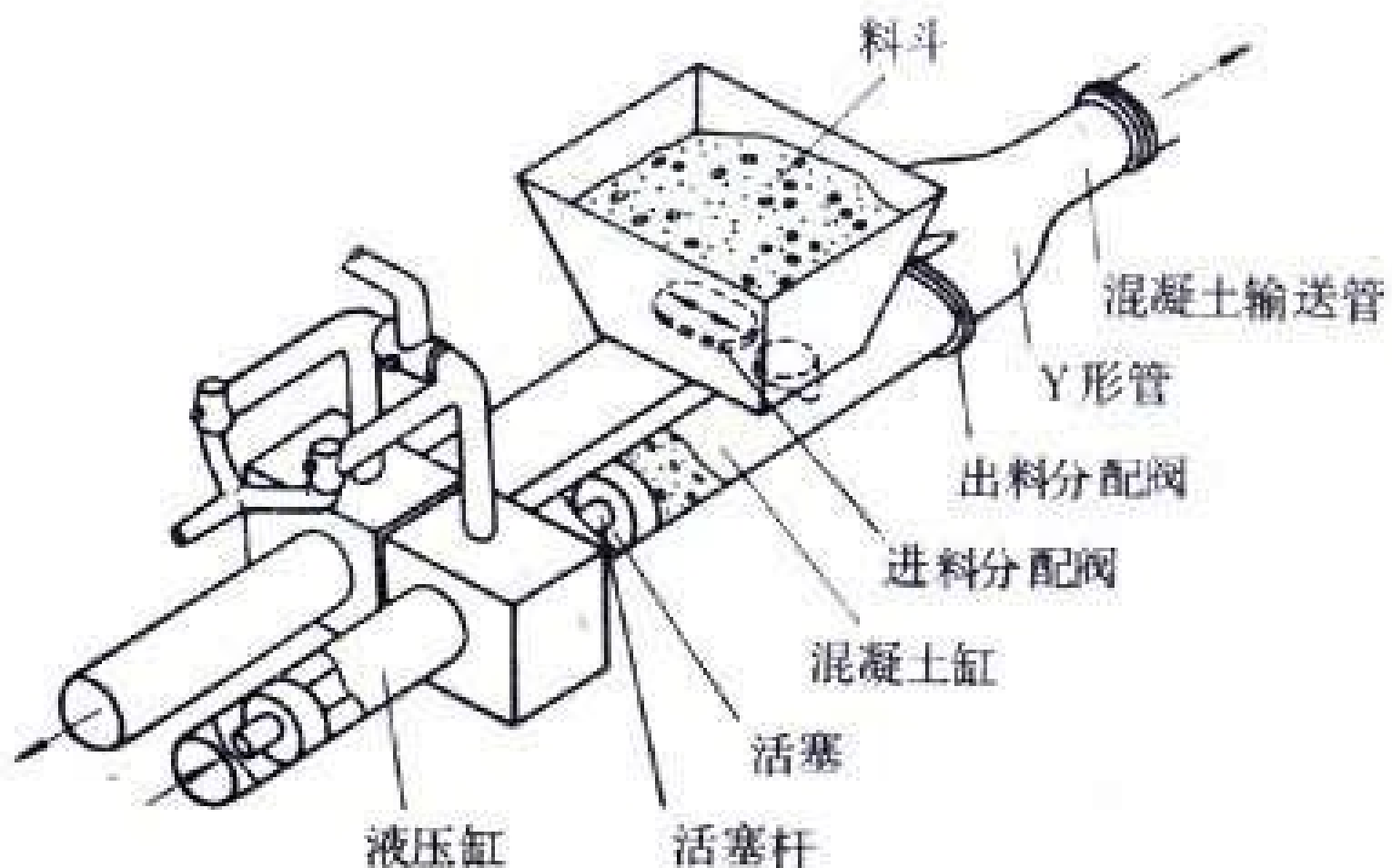


图1 活塞式混凝土泵

2、 挤压式混凝土泵

有转子式双滚轮型、直管式三滚轮型和带式双槽型三种。转子式双滚轮型混凝土泵，由料斗、泵体、挤压胶管、真空系统和动力系统等组成。泵体密封，泵体内的转子架上装有两个行星滚轮，泵体内壁衬有橡胶垫板，垫板内周装有挤压胶管。动力装置驱动行星滚轮回转，碾压挤压胶管，将管内的混凝土挤入输送管排出。真空系统使泵体内保持一定的真空度，促使挤压胶管碾压后立即恢复原状，并使料斗中的混凝土加快吸入挤压胶管内。挤压式混凝土泵的排量，取决于转子的回转半径和回转速度，挤压胶管的直径和混凝土吸入的容积效率。

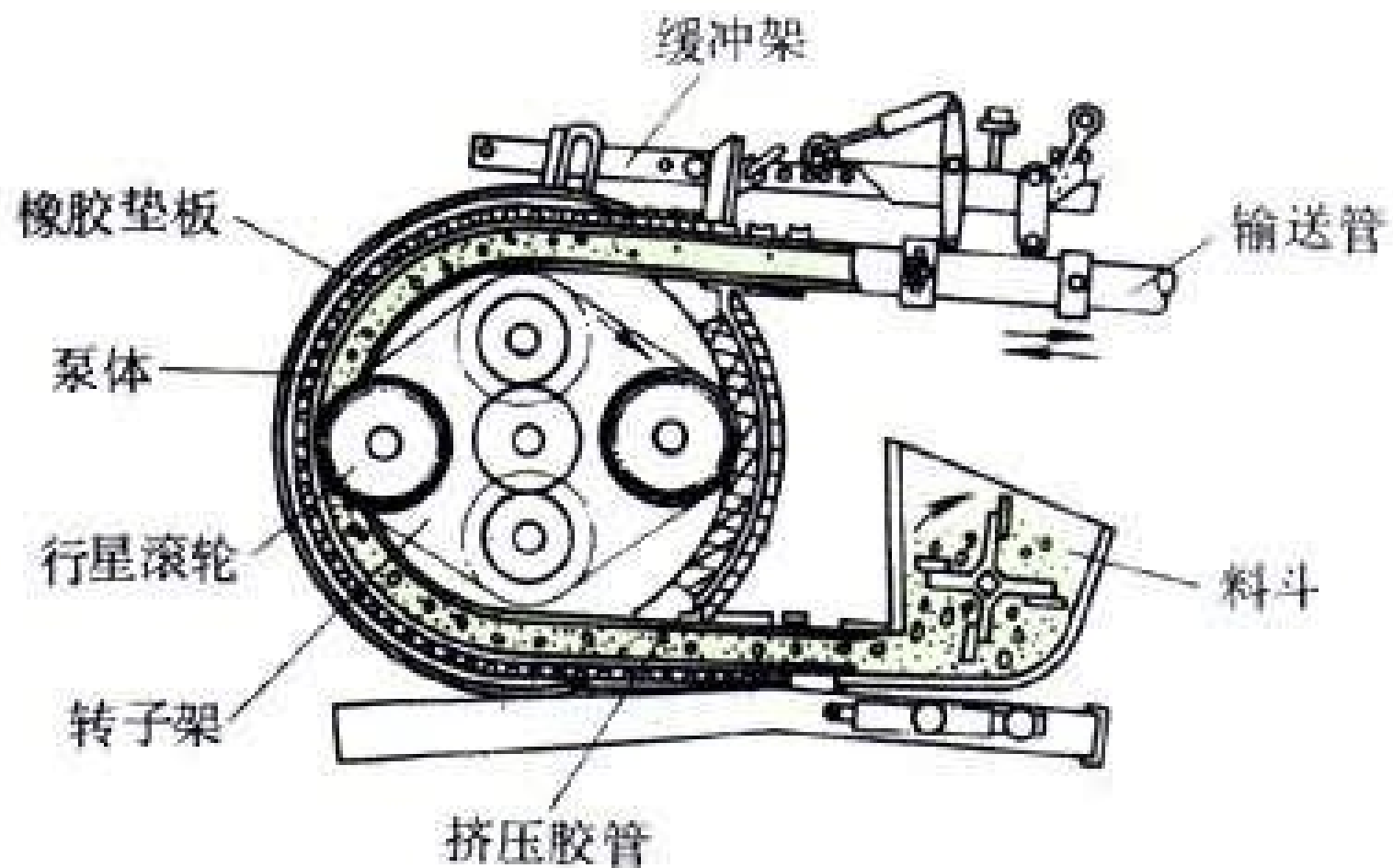


图2 挤压式混凝土泵

3、水压隔膜式混凝土泵 由料斗、泵体、隔膜、控制阀、水泵和水箱等组成。隔膜在泵体内，当水泵将隔膜下方的水经控制阀抽回水箱时，隔膜下陷，料斗中的混凝土压开单向阀进入泵体；当水泵将水箱中的水经控制阀抽回泵体时，压力水使隔膜升起，关闭单向阀，将混凝土压入输送管排出。

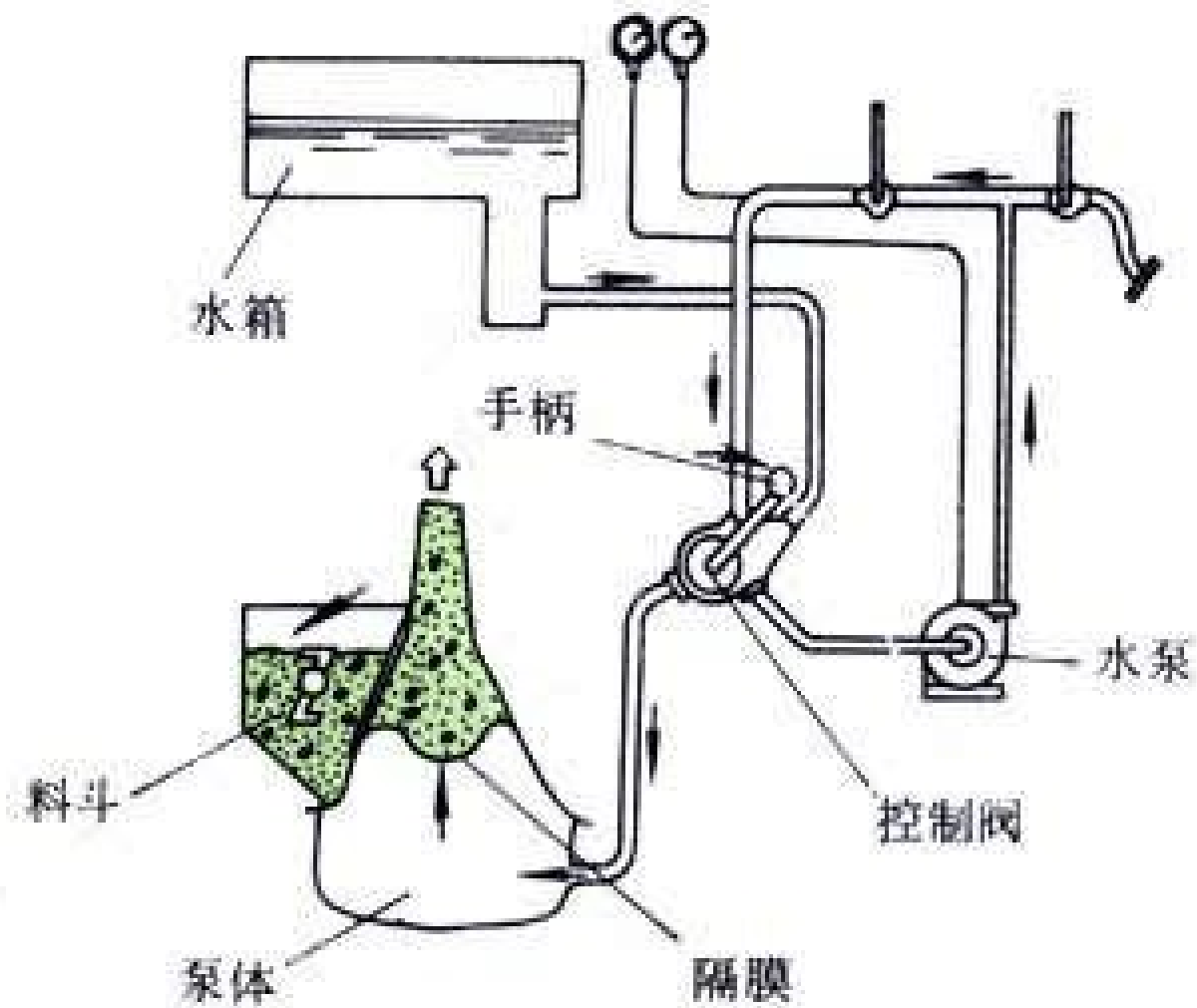


图 3 水压隔膜式混凝土泵

3.3.2 结构

1、如图 3-2 所示：混凝土输送泵由料斗、泵送系统、液压系统、清洗系统、电气系统、电机、行走底盘等组成。

其泵送系统如图 3-3 所示：泵送机构由两只主缸1、2 水箱 3，换向装置4，两只混凝土缸 5、6，两只混凝土活塞 7、8，料斗 9，分配阀 10(S 形阀)，摆臂 11，两只摆动油缸 12、13 和出料口 14 组成。混凝土活塞(7、8)分别与主油缸(1、2)活塞杆连接，在主油缸液压油作用下，作往复运动，一缸前进，则另一缸后退；混凝土缸出口与料斗连通，分配阀一端接出料口，另一端能过花键轴与摆臂连接，在摆动油缸作用下，可以左右摆动。泵送混凝土料时，在主油缸作用下，混凝土活塞7 前进，混凝土活塞8 后退，同时在摆动油缸作用下，分配阀 10 与混凝土缸 5 连通，混凝土缸 6 与料斗连通。这样混凝土活塞 8 后

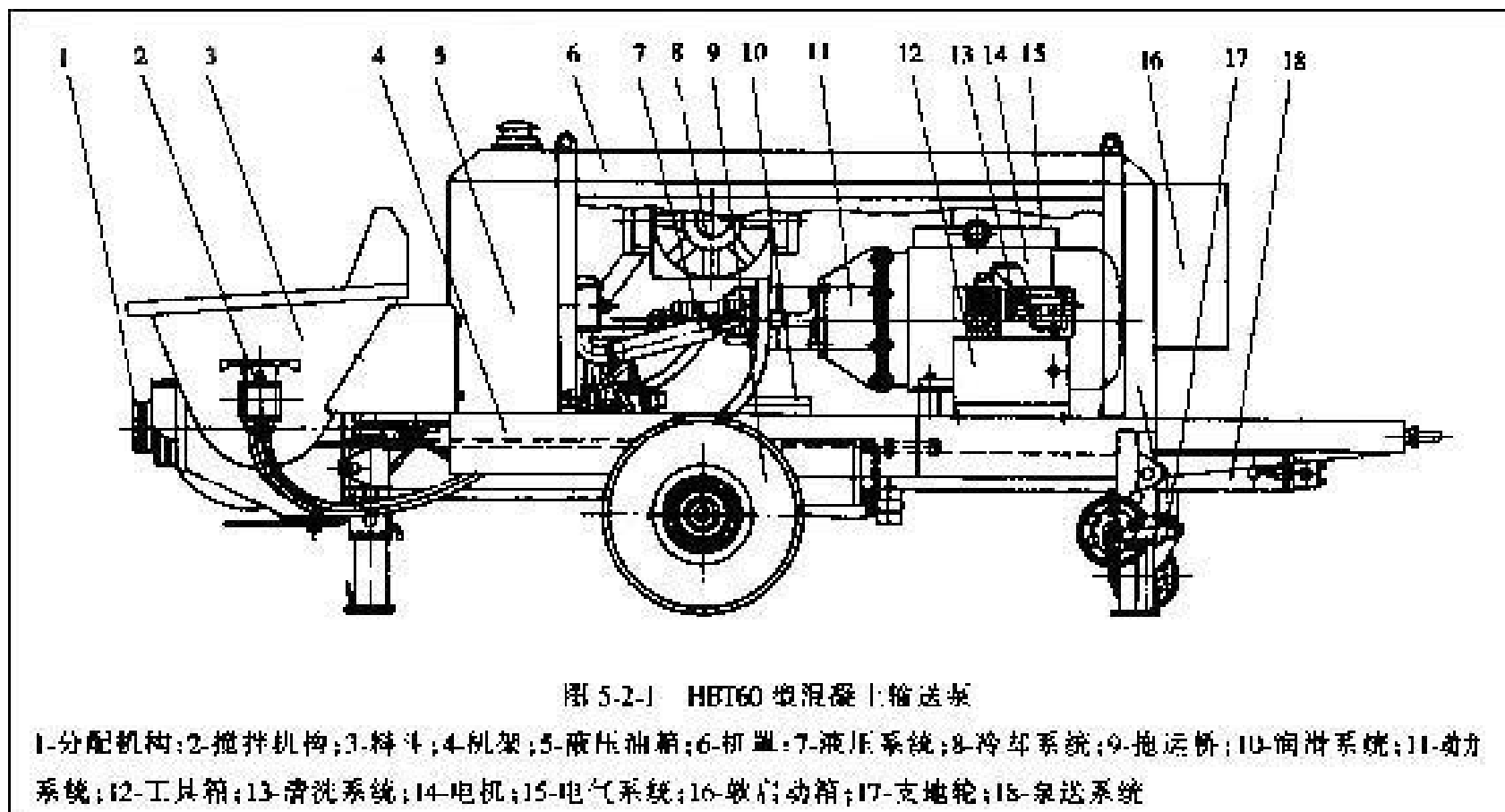


图 3-2

退，便将料斗内的混凝土吸入混凝土缸，混凝土活塞 7 前进，将混凝土缸内混凝土料送入分配阀泵出。当混凝土活塞 8 后退至行程终端时，触发水箱 3 中的换向装置 4，主油缸 1、2 换向，同时摆动油缸 12、13 换向，使分配阀 10 与混凝土缸 6 连通，混凝土缸 5 与料斗连通，这时活塞 7 后退，8 前进。日次循环，从而实现连续泵送。

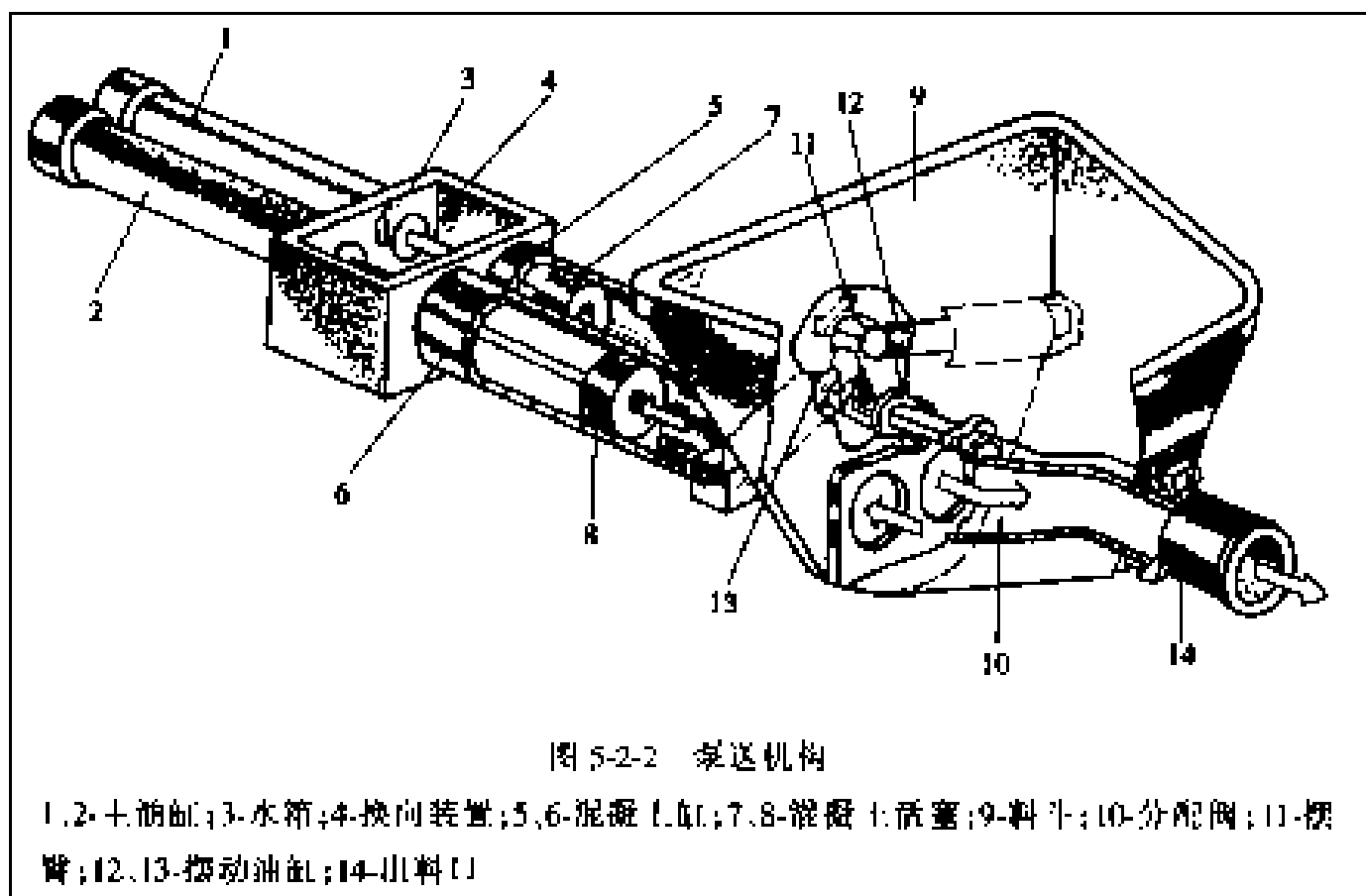


图 3-3

反泵时，通过反泵操作，使处在吸入行程的混凝土缸与分配阀连通，处在推送行程的混凝土缸与料斗连通，从而将管路中的混凝土抽回料斗(如图 3-4 所示)。

泵送系统通过分配阀的转换完成混凝土的吸入与排出动作，因此分配阀是混凝土泵中的关键部件，其形式会直接影响到混凝土泵的性能。

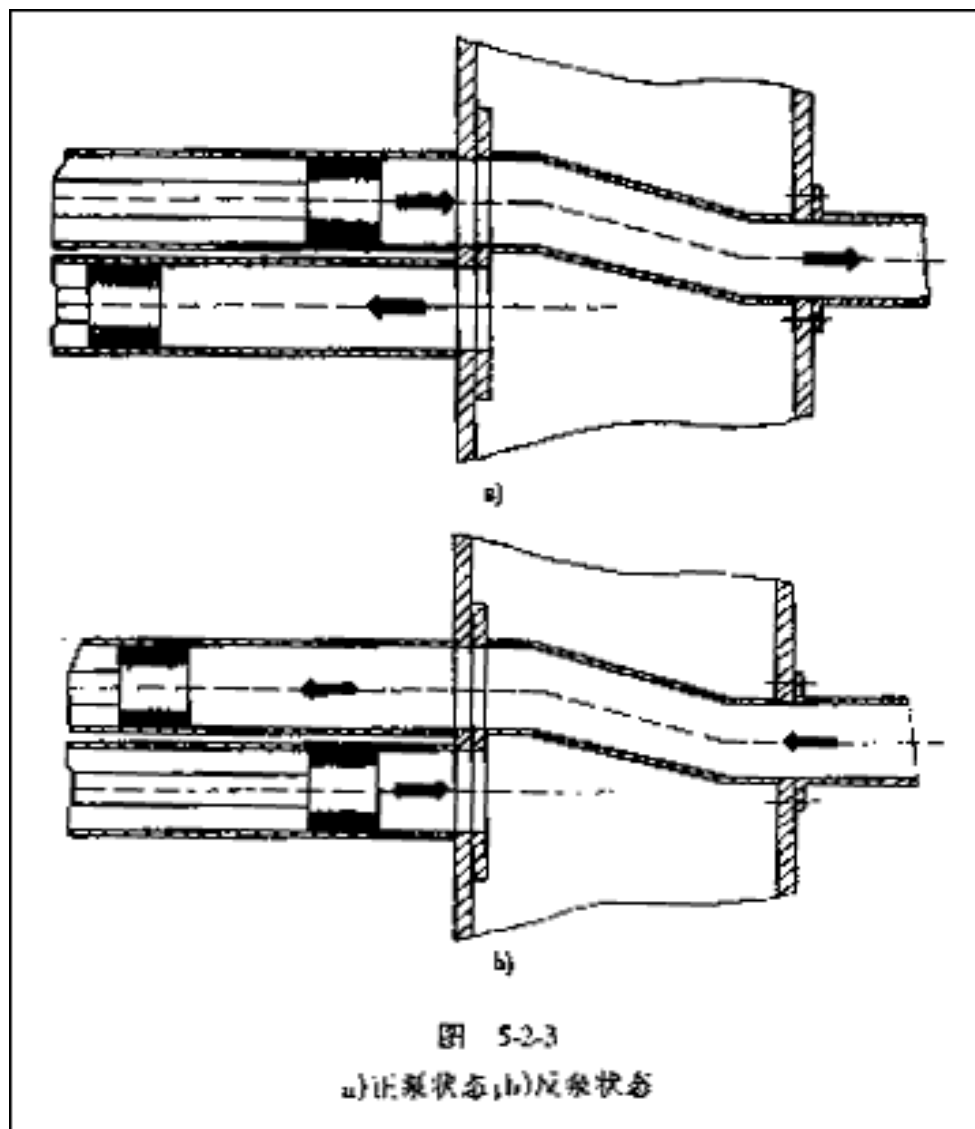


图 3-4

2、几种常见分配阀型式

(1)垂直轴蝶形阀(如图所示)

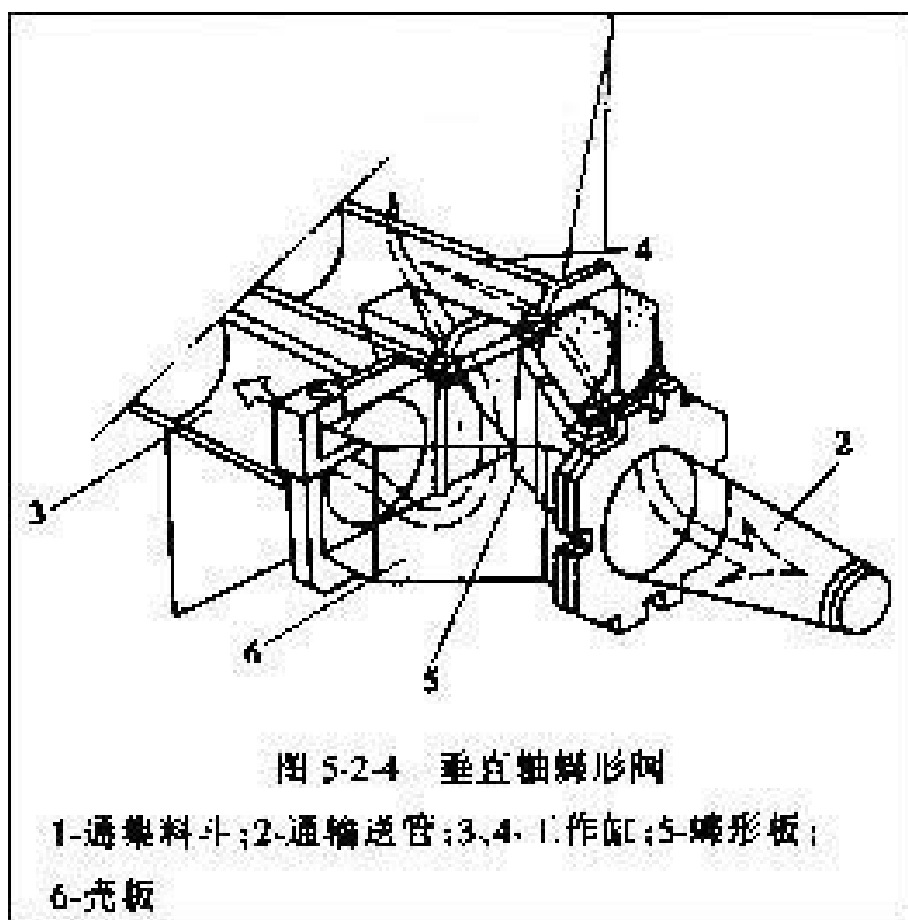


图 3-5

在料斗、混凝土缸与混凝土泵出口之间的通道上，设置一个蝶形板，在液压缸活塞杆的推动下蝶形板翻动，使工作缸 3、4 得到与输送管 2 及集料斗不同的通道。该阀具有结构简单、体积小、混凝土流道短、换向阻力小和检修方便等特点。因混凝土流道截面面积变化较大、吸入流道口方向改变又剧烈，因此在分配阀内泵送阻力大，故泵送混凝土压力小，使用寿命长。

(2) S 形阀(如图所示)

S形阀置于料斗内，一端与混凝土泵出口接通，另一端在两个液压缸活塞杆的作用下做往复摆动，分别与两个混凝土缸A、B接通，当S形阀与混凝土泵缸B接通时，泵缸B压送混凝土时，此时A缸吸入混凝土；而S形阀与混凝土泵缸A接通时，则A缸压送、B缸吸入混凝土，如此实现吸料和排料的过程。S形阀本身就是输送管的部分，流到截面形状没有变化，并设置了耐磨环的耐磨板。易损件磨损后便于维修和更换。因泵送混凝土压力大，具有输送距离远和输送高度大的特点。

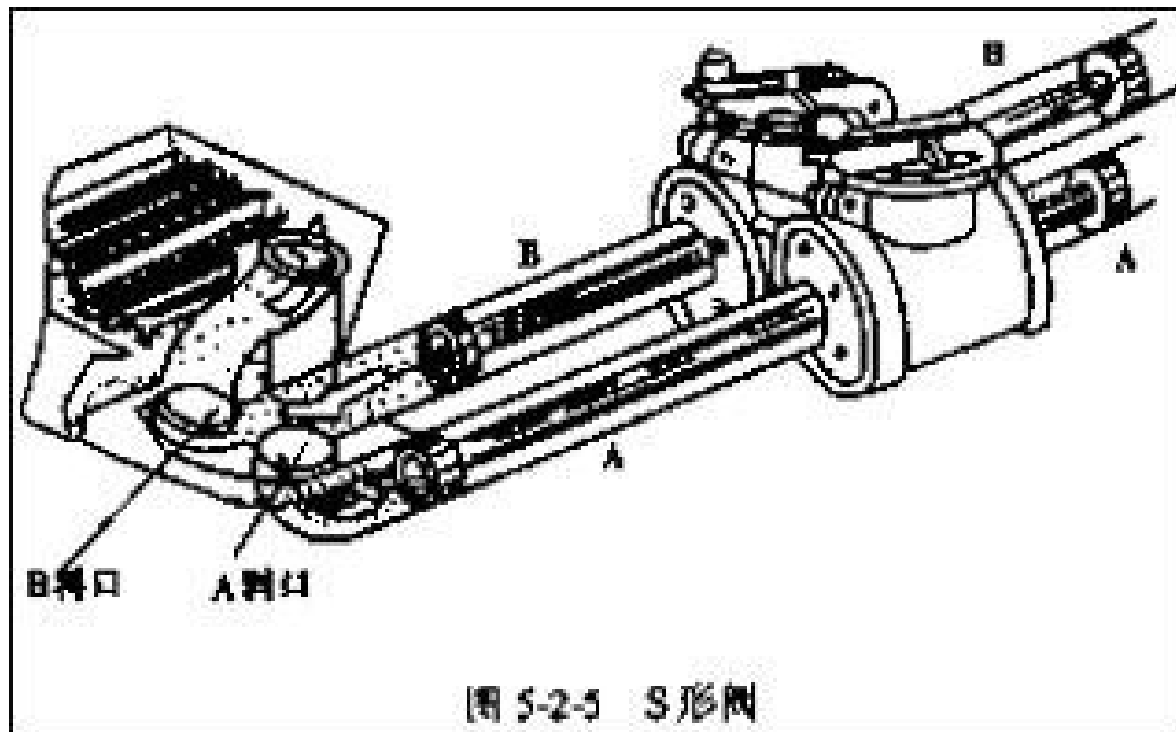


图 3-6

(3)C形阀(如图所示)

C形阀置于料斗内，一端与混凝土泵出口 10 接通，另一端在两个液压缸活塞杆的作用下做往复摆动，分别与两个混凝土缸 7 接通，实现吸料和排料过程。应用该阀可具有下列特点：清除残余混凝土容易，泵送混凝土后清洗整个输送系统时，无须打开输送管就可以把海绵球反泵吸入用来清理输送管道；C形阀更换方便；耐磨板与C形阀之间的接触面可由自动密封环自动补偿磨损量；C形阀采用厚锰钢材质，耐磨损；没有类似S形阀的摆轴，混凝土能直接流入混凝土缸，吸入效率高；C形阀轴承位于混凝土区域之外，可免除经常维护；对骨料的适应性较强等。

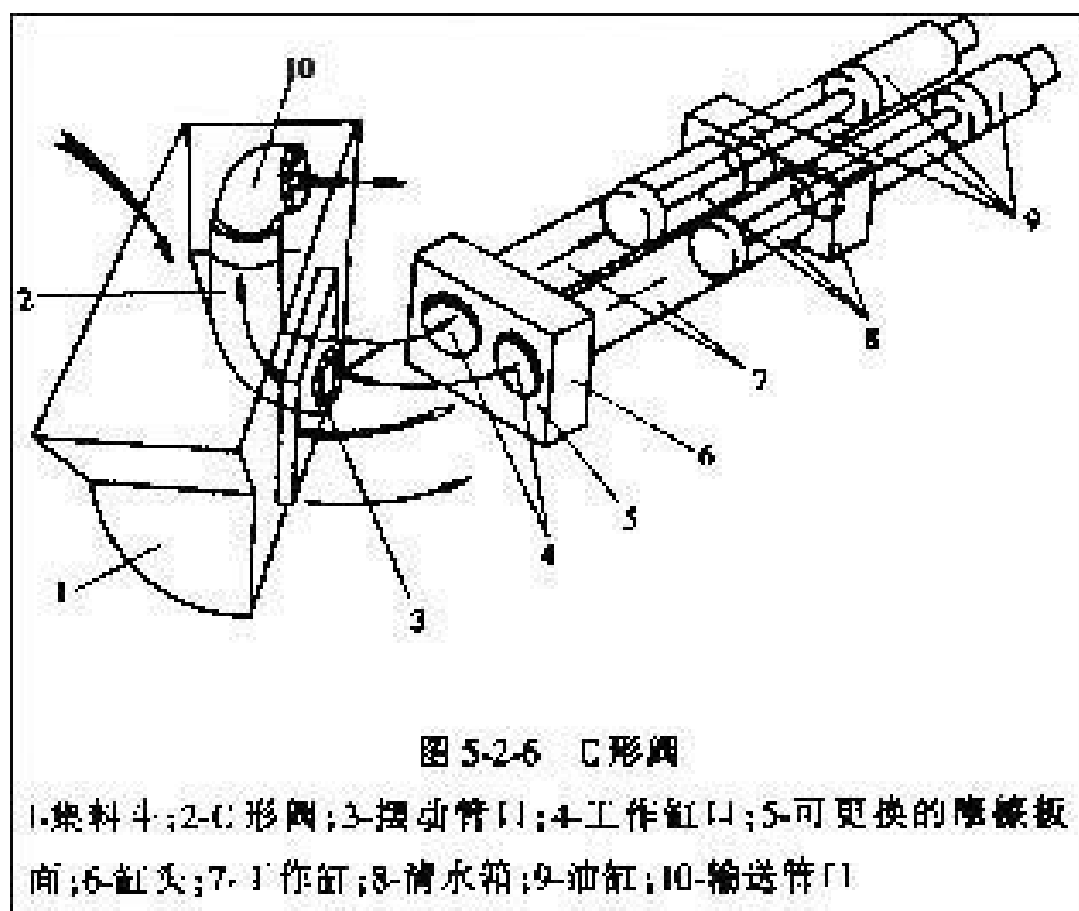


图 3-7

(4) 斜置式闸板阀(如图所示)

该阀设置在料斗 1 后部，这样既可以降低集料斗的高度，又使泵体紧凑而不妨碍搅拌车向集料斗卸料，两个液压缸各有一个闸板阀，在液压缸活塞缸的作用下做往复运动，完成打 开或关闭混凝土的进、出料口的动作。此阀对混凝土的适应性强，但结构繁杂。更换此阀时需拆下料斗，故维修不便。出料回采用 Y 形管，压力损失较大，故泵送混凝土压力小。在作业中用来润滑闸板阀的润滑脂易进入混凝土内，因此属消耗品，需要不断补充。

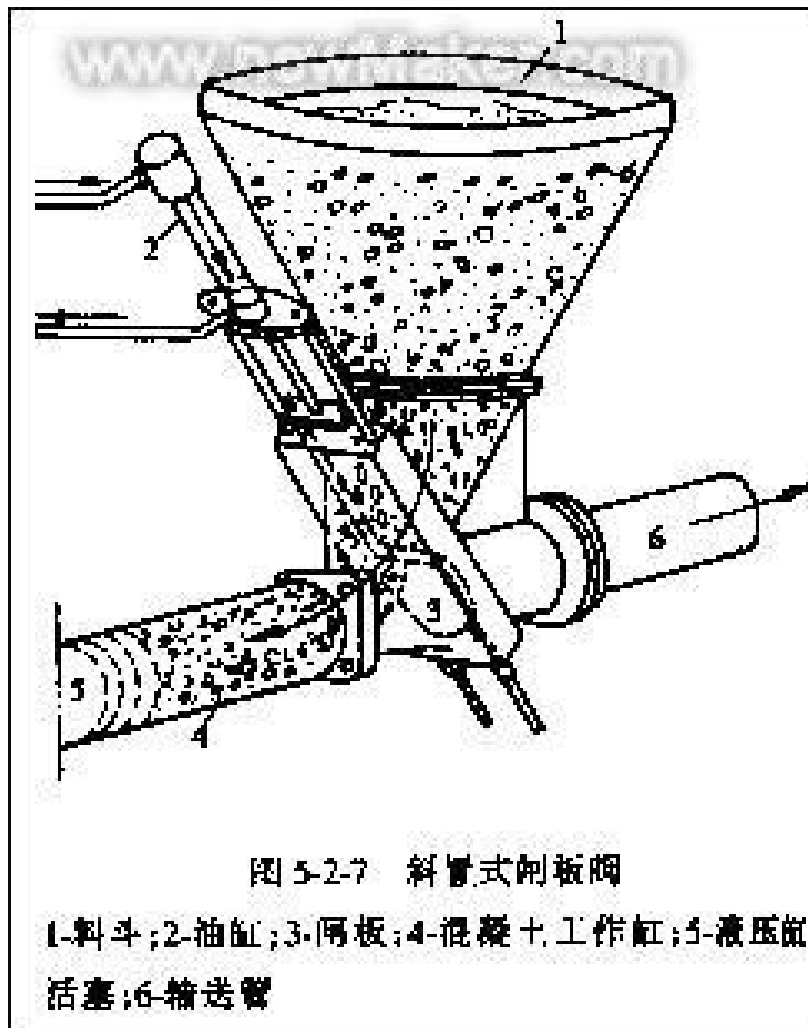


图 3-8

(5) 几种常见的混凝土泵。



图 3-9 固定式混凝土泵



图 3-10 拖式混凝土泵



图 3-11 臂架式混凝土搅拌泵车

3.1 选型原则与步骤、主要参数计算

3.1.1 混凝土输送泵的合理选型

随着建筑技术的发展和提高,对混凝土浇注要求也越来越高。一方面是一次性混凝土浇注量越来越大,另一方面是混凝土浇注高度越来越高。因此,近几年来我国混凝土输送泵的技术发展较快。其规格有:最大理论输送量 $30 \text{ m}^3/\text{h} \sim 125 \text{ m}^3/\text{h}$ 多种规格,最大泵送混凝土压力 $3.1 \text{ MPa} \sim 20.5 \text{ MPa}$ 多种压力泵。按其行走轮分为轮胎式和轨道式两种;按阀分有蝶阀,闸板阀和阀三种;按其驱动动力分有柴油泵和电动泵,由电动机驱动的混凝土泵又分为非防爆型和防爆型等。各种泵都有其独特的优点。怎样才能选到既符合施工要求,投入又省,技术性能又好的混凝土输送泵呢?

1、混凝土输送泵选型原则

- (1) 首先应以施工组织设计为依据选择混凝土输送泵,所选混凝土输送泵应满足施工方法和工程质量及工小。
- (2) 所选混凝土输浆应是技术先进,可靠性高,经济性好,工作效率高的。
- (3) 所选混凝土输送泵必须满足施工中单位时间内最大混凝土浇注时要求和最高高

度,最大水平距离要求,应有一定技术和生产能力储备,均衡生产能力以1.2~1.5倍为宜。

(1) 同一场地不宜选用过多台数和多个生产厂家的泵,以免影响正常使用和大量储备零配件及带来修理困难。

(2) 应满足特殊施工条件要求。如无系统电源,隧道有轨运输和有易爆气体等场合的使用。

(3) 应考虑企业对该项工程的资金投入能力和今后的发展方向及能力储备。

2、混凝土输送泵合理选择的步骤

(1) 所选混凝土输送泵首先应满足投入使用工程单位时间内泵送混凝土最大量(1台或几台合计产量),泵送最远距离和最高高度要求(并应有一定储备),以此确定混凝土输送泵的最大泵送混凝土压力,是选低压泵还是选高压泵,或选某种规格泵。根据使用情况来看,一般水平输送距离在400以内垂直高度在以下,可选低压泵。如隧道内的模衬,低压泵完全可以满足施工要求。超出以上范围,应根据实际情况,选择不同最大泵送混凝土压力的高压泵。

(2) 所选混凝土输送泵应满足投入使用工程混凝土的要求。如混凝土的坍落度,粗骨料最大粒径,砂石的级配,混凝土是低强度还是高强度等。若粗骨料最大粒径不便控制,可选吸料性较好的闸板阀混凝土输送泵;若粗骨料最大粒径是严格按标准供给的,可选用吸料性一般的阀混凝土输送泵。

(3) 所选混凝土输送泵应根据施工现场动力供给条件。若现场有系统电源供给,容量能满足要求,以选用电动泵为宜,否则就应选用些油泵。

(4) 隧道施工,有轨运输作业应选用轨道式混凝土输送泵,无轨运输作业选用轮胎式混凝土输送泵。

(5) 离易爆气体较近施工作业时,如油库、化工厂、有"瓦斯"的隧道施工作业场所,应选用防爆型混凝土输送泵。

3、选型注意事项

(1) 初选混凝土泵,一定要先走访用户,详细了解实际使用情况。

(2) 一定要选用正规厂家批量生产的混凝土泵。

(3) 尽量不选用任何厂家生产的第一台(第一批)混凝土泵。

(4) 应与厂家销售处直接签订合同购买,尽量少通过中间环节,以便于维修服务。

因混凝土输送泵选型影响因素较多,选型时必须进行综合考虑。选型时既要从实际需要出发,又应用一定的技术储备,保证企业投入后有一定的发展后劲。以上选型分析,仅供选型时参考。

3.3.3 主要参数计算

1、混凝土输送基本参数的确定

(1) 理论输送量

混凝土输送泵的理论输送量一般按以下公式计算:

$$Q_t = V_t N \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (3-1)$$

式中: V_t —— 每一工作行程的理论容积 (m^3);

N —— 每小时额定工作行程次数 (h^{-1})。

理论输送量一般为 $5 \sim 150 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(2) 出口处压力

液压活塞式混凝土泵出口压力P按公式(3-2)进行计算:

$$P = i_A (P_1 - P_2) \text{ (MPa)} \quad (3-2)$$

$$i_A = \frac{A_1}{A_2} \quad (3-3)$$

式中： i_A ——主液压缸与混凝土缸的面积比；

P_1 ——表示液压系统压力（MPa）；

P_2 ——由系统背压及活塞与缸壁之间摩擦力等造成的综合压力损失（MPa）；

A_1 ——主液压缸有杆腔或无杆腔面积（ cm^2 ）；

A_2 ——混凝土缸无杆腔面积。

泵送混凝土压力一般在 20MPa 以下。

(3) 泵送能力指数

出口处的压力与实际输送量乘积的最大值，一般为 20~800MPa·m³/h。

常见混凝土输送泵的泵送能力指数 M 最小值见下表。

表 3-1 常见混凝土输送泵的泵送能力指数量最小值

规格	HBT50	HBT60	HBT80	HBT100	HBT125	HBT150
输送量(m ³ /h)	50	60	80	100	125	150
泵送能力指数(MPa·m ³ /h)	≥125	150	200	250	300	300

(4) 骨料最大粒径

骨料最大粒径一般不超过 60mm。

(5) 泵送混凝土

泵送混凝土应具有良好的可泵性。国家标准 GB/T13333 对泵送混凝土作了如下规定：

- ①粗骨料和细骨料的级配范围应符合表 3-2 及 3-3 的规定；②水泥及 0.25mm 以下的细粉料含量应在 400~150kg/m³ 范围内；③含砂率不低于40%；④坍落度值应在 50~230mm 范围内。

在泵送施工前，要先压送一定量的水泥砂浆，砂浆附着在管壁使得泵送容易。

表 3-2 粗骨料级配范围

粗骨料粒径 (mm)	筛孔公称尺寸 通过筛网的质量											
	100	80	60	50	40	25	20	15	10	5	2.5	
15~5							100	75 ~ 100	40 ~ 70	0 ~ 15	0 ~ 5	

20~5					100	95~ 100		20~ 55	0~ 10	0~ 5
25~5				100	95~ 100		25~ 60		0~ 10	0~ 5
40~5			100	95~ 100		35~ 70		10~ 30	0~5	
50~5		100	95~ 100		35~ 70		10~ 30		0~5	

表 3-3 细骨料级配范围

筛孔公称尺寸 (mm)	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
通过筛网的质量分数 (%)	100	90~100	80~100	50~80	25~60	10~30	2~10

2、混凝土输送泵的功率计算

混凝土输送泵的输送功率是选择泵的重要参数。长期以来，无论是生产泵的厂家或是施工单位，对此都有不同程度忽视。生产厂家经常片面地以为泵送的高度（或泵的出口压力）是泵的主要指标，以至于泵的系列匹配不合理，影响了施工单位的有效选择。

如前所述，泵的参数主要是泵送压力与泵送排量，若不考虑机械损失，则泵的功率为：

$$N = PQ \quad (3-4)$$

考虑到各种机械效率，例如液压泵系统的容积效率、分配阀的功率消耗、搅拌系统的功率消耗以及液压系统的热损耗，实际的功率要大得多。Schwing 公司用以下公式来计算泵的功率 N (kW)：

$$N = \frac{TK}{25} \quad (3-5)$$

式中：TK=10PQ，P（压力）的单位为 MPa，Q（泵送量）的单位为 m^3/h ，若考虑到单位折算，同时不考虑功率损失，理论功率 kW 可写以下公式：

$$N = \frac{TK}{36.7} \quad (3-6)$$

若考虑到主液压泵的容积效率为 $\eta_0 = 0.96 \sim 0.98$ ，泵送系统的容积效率， $\eta_1 = 0.95 \sim 0.98$ ，

混凝土缸的吸入效率 $\eta_2 = 0.85 \sim 0.90$ ，泵送系统的压力系数为 $\eta_3 = 0.70 \sim 0.80$ ，则

$$N = \frac{TK}{36.7 \times \eta_0 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3} = \frac{TK}{36.7 \times 0.982 \times 0.9 \times 0.97 \times 0.80} \quad (3-7)$$

Schwing 公司取式 (3-5) 计算，已经考虑到上面提到的各种损失。式 (3-5) 与式 (3-7) 是选择混凝土输送泵的基本公式。当前，世界各国提供泵的技术参数时，主要提供 PQ 与 N，

而实际上功率 N 是一个相当重要的指标。例如，目前国内有一些泵功率为 110kW ，最高压 16MPa ，若按式 (3-5) 计算，此时的泵送量仅为 $Q = \frac{25N}{P} = \frac{110 \times 25}{160} = 17.19\text{m}^3/\text{h}$ 。

若考虑到输送车的影响，实际排送量还要低。在现代建筑施工中这类排量显然较低。从实用的观点考虑，功率在 110kW 的输送泵，最高泵送压力应定在 $9\sim 12\text{MPa}$ ，若最高压设计为 16MPa ，则泵的功率 N 应考虑在 150kW 以上。这种泵的动力宜采用柴油发动机。

Schwing 公司为配合施工的需要，在使用说明书中附了一张诺谟图，以针对各种工况让使用者选择泵的型号。

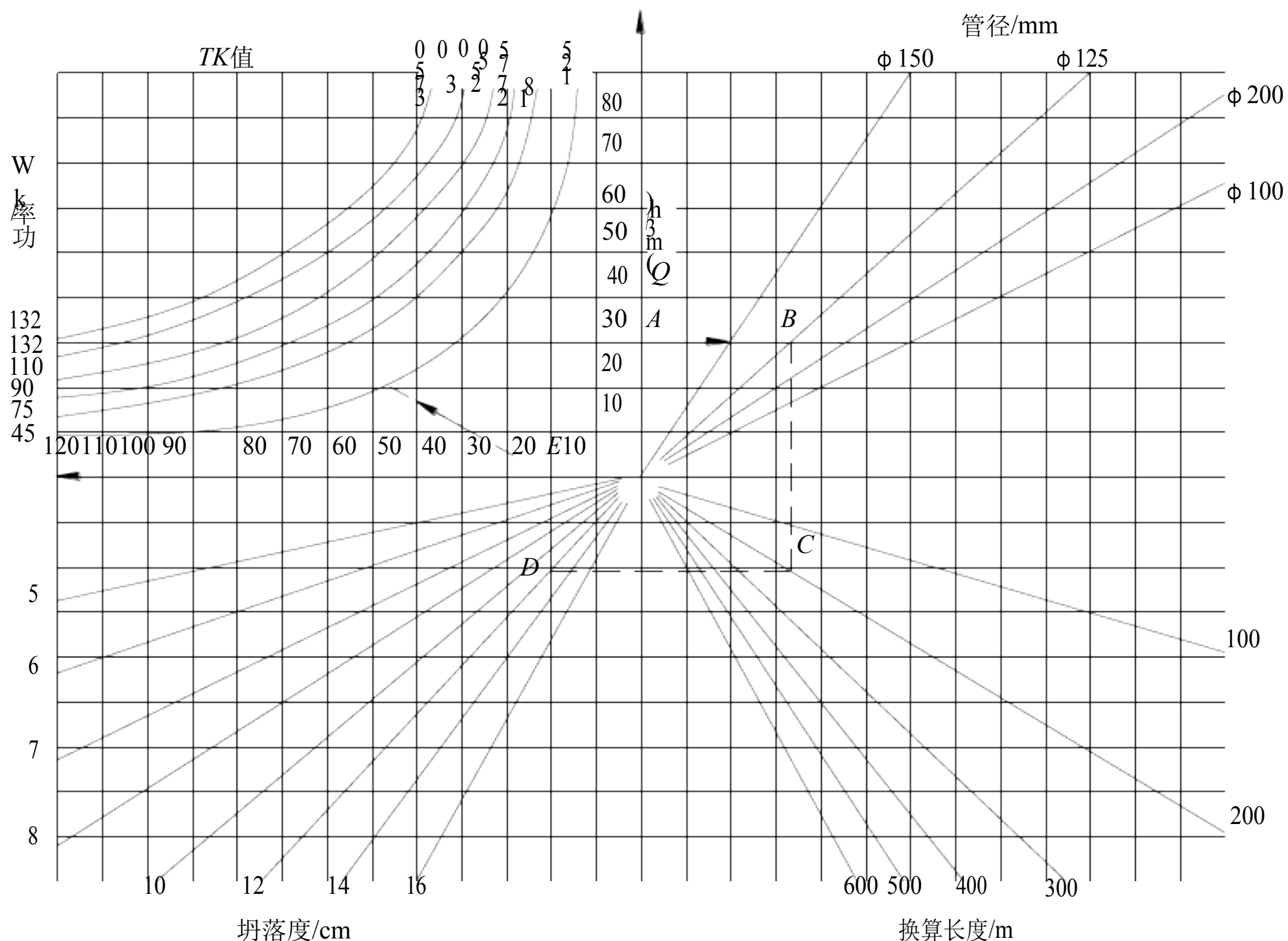


图 3-12 决定输送压力及排送量的诺谟图

① 考虑管路压力时，垂直管路每米高差应另加 $0.25 \times 10^5 \text{Pa}$;

② 换算长度为管路的实际长度加上弯管的换算长度。半径为 1mm 的弯管，每 30° 。

换算长度为 1mm ;

半径为 250mm 的布料杆弯管，每 90° 换算长度为 1mm 。布料杆另加 1m 。

图 3-12 所示为 Schwing 公司提供的诺谟图。现举一例：某工程实际的混凝土供应量

为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ （已除去等待混凝土的影响），输送管径为 $\phi 125$ ，折合水平输送距离为 200m ，坍落度 $S=12$ 。查图过程见图 3-12 中 $ABCDE$ 的虚线，泵的压力 $2 \times 10^6 \text{ Pa}=2.0\text{MPa}$ ，

$TK=10 \times 2.0 \times 30=600$ 。根据该工况，只要选 $N=45\text{kW}$ 的泵即可。若 $Q=60 \text{ m}^3/\text{h}$ ，管径 $\phi 125$ 折合水平距离 $L=400\text{m}$ ，坍落度 $S=14$ ，则 $P=60 \times 105\text{Pa}$ ， $TK=3600$ ，应选 $N=150\text{kW}$ 的泵。

3、混凝土输送泵泵送机械排量的计算

(1-) 常见混凝土输送泵或泵车排量的计算

混凝土输送泵或泵车型号的选择是根据其泵送能力，而其泵送能力一般是以单位时间内的最大限度排量 (m^3/h) 和最大泵送距离 (m) 来表示。这些数值一般在产品的技术说明书中都有，在选择混凝土输送泵或泵车的类型和计算台数时，都要利用这些数据。但在产品说明书中给出的这些数据是在某种标准条件（如混凝土坍落度 $18 \sim 21\text{cm}$ 的卵石）下连续泵送所能达到的数据，而且最大排量和最大泵送距离又是不可能同时达到的。当施工条件与上述标准条件不同时，混凝土输送泵或泵车的实际泵送能力就必然发生变化。所以在实际施工中混凝土泵或泵车的实际泵送能力达不到技术说明书中给出的数据，在进行施工组织设计时，要根据具体条件确定混凝土输送泵实际能达到的泵送能力。

a. 理论最大排量

对于高层建筑施工常用的活塞式混凝土输送泵，其单位时间内的理论最大排量取决于其混凝土缸的缸径、活塞冲程和每分钟活塞的冲程次数，可以用以下公式计算：

$$Q'_{\max} = 60VZn \quad (3-8)$$

式中： Q'_{\max} —— 混凝土输送泵或车泵的理论最大排量 (m^3/h)；

$$V \text{ — 混凝土缸的容积 } (\text{m}^3), V = \frac{1}{4} \pi D^2 l, D \text{ 表示混凝土缸的缸径 } (\text{m}), l$$

表示混凝土缸内活塞的冲程 (m)；

Z —— 混凝土缸数量；

n —— 表示每分钟活塞冲程次数。

b. 实际最大排量

混凝土输送泵或车在连续泵送条件下，单位时间内实际的最大排量可用下式计算：

$$Q_{\max} = Q'_{\max} a = 60VZn\eta \quad (3-9)$$

式中： Q_{\max} —— 混凝土输送泵或泵车的实际最大排量 (m^3/h)；

a —— 折减系数；

η —— 混凝土缸的容积效率。

对普通混凝土，坍落度 $180 \sim 210\text{mm}$ 时， $\eta=0.8 \sim 0.9$ ；坍落度 $120 \sim 170\text{mm}$ 时， $\eta=0.7 \sim 0.9$ ；坍落度再小，则 η 会更小。对人工轻骨料混凝土，当坍落度 200mm 时， $\eta=0.6 \sim 0.85$ 。

混凝土缸容积效率表示在活塞冲程范围内混凝土缸内的充盈程度。如混凝土缸被混凝土拌和物全部充满，则 $\eta=1.0$ 。实际上 η 与混凝土的坍落度、配管状况和混凝土输送泵的机械构造等有关。混凝土坍落度大、流动性好时，易于吸入混凝土缸，容积效率会增大。当

向上配管时，在分配阀换向开闭的瞬间由于存在背压（逆流压力），输送管中的混凝土拌和物会产生倒流，影响混凝土拌和物的吸入，尤其在分配阀磨损时，影响就更大。此外，混凝土拌和物由料斗吸入混凝土缸的流道是否合理、吸入分配阀的构造及其运行速度以及活塞的运动速度等亦影响效率 η 。

上述计算公式未反映出泵送距离对混凝土输送泵实际最大排量的影响，实际上泵送距离对它是影响的。泵送距离增大时，输送管内的流动阻力增大，混凝土输送泵的输送压力必须提高才能保证正常泵送。泵送压力提高后，会影响活塞的运行速度，所以随着泵送距离的增大，混凝土排量会降低，折减系数 a 见下表 3-4。

表 3-4 混凝土输送泵排量的折减系数 a

泵送距离（水平换算距离）（m）	折减系数
0~49	1.0
50~99	0.9~0.8
100~149	0.8~0.7
150~179	0.7~0.6
180~199	0.6~0.5
200~249	0.5~0.4

注：上述数字适用于排量 $40\text{m}^3/\text{h}$ 的混凝土输送泵或泵车，对于排量 $50\sim 90\text{m}^3/\text{h}$ ，水平换算距离超过 150m 时，折减系数可增大 0.10。

由于上述原因，施工现场的条件总与上述混凝土泵送的标准条件不同。所以，一般情况下实际的最大排量要比说明书上提供的公称最大排量低许多。

a. 平均排量

在实际施工中，由于存在搅拌运输车辆的交替、停泵待料、拆装输送管、机械故障及管路堵塞等现象，所以要使混凝土输送泵保持连续泵送是难以做到的。因此，包括泵送中断时间在内而计算出的实际平均排量要比实际最大排量小，即要乘以作业效率 E_t ：

$$Q_m = Q_{\max} a E_t \quad (3-10)$$

式中： Q_m —— 混凝土输送泵或泵车的实际平均排量（ m^3/h ）；

Q_{\max} —— 混凝土输送泵或泵车的实际最大排量（ m^3/h ）；

a —— 折减系数，参见 3-4；

E_t —— 作业效率 0.5~0.7。

作业效率 E_t 取决于泵送混凝土施工的组织管理水平，在一段时间内可通过实测确定。

混凝土的输送能力，直接受输送管道阻力的影响，并分别由最大水平输送距离和最大垂直输送高度来表示，但两项不能同时达到最大值。在实际上往往根据管道布置，按照阻力系数，统一折算成水平输送距离，其值不得大于混凝土输送泵的最大水平输送距离。

水平输送折算距离按以下公式计算：

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = K_1 l_c + K_2 H + K_3 l_n + K_4 n_c + K_5 n_w \quad (3-11)$$

式中： L —— 水平输送折算距离（m）；

L_1 —— 水平钢管折算度 (m)；

L_2 —— 垂直钢管折算长度 (m)；

L_3 —— 胶皮软管折算长度 (m)；

L_4 —— 锥管接头折算长度 (m)；

L_5 —— 弯头折算长度 (m)；

K_1 —— 水平钢管折算系数，见表 3-5；

K_2 —— 垂直钢管折算系数，见表 3-6；

K_3 —— 胶皮软管折算系数；见表 3-6；

K_4 —— 锥管折算系数，见表 3-7；

K_5 —— 弯头折算系数，见表 3-7；

l_c —— 水平钢管累计长度 (m)；

H —— 垂直钢管累计长度 (m)；

l_n —— 胶皮软管长度 (m)；

n_c —— 锥管个数；

n_w —— 弯头个数。

表 3-5 水平钢管折算系数 K_1

混凝土坍落度 (cm)	23~18	17~14	13~9	8~5
水平钢管折算系数 K_1	1	1.3	1.7	2

表 3-6 垂直钢管和胶皮软管折算系数 K_2 及 K_3

混凝土坍落度 (cm)	23~18	18~12	12~8	8~5	
垂直钢管 K_2	76mm	4	5	8	10
	127mm	5	6	8	10
	152mm	6	7	8	10
胶皮软管 K_3	102mm~7m	20	30	40	50

	127mm~7m	18	25	30	40
	152mm~7m	15	20	25	30

表 3-7 锥管和弯头折算系数 K_4 及 K_5

混凝土坍落度 (cm)		23~18	18~12	12~8	8~5	
锥管 K_4	102mm 泵	178mm/152mm~1.5m	5	10	15	20
		152mm/127mm~1.5m	10	20	30	40
		127mm/102mm~1.5m	20	30	50	70
		152mm/102mm~1.5m	40	60		
	127mm 泵	178mm/152mm~1.5m	6	13	19	25
		152mm/127mm~1.5m	13	25	38	50
		127mm/102mm~1.5m	25	38	63	88
		152mm/102mm~1.5m	50	75		
	152mm 泵	178mm/152mm~1.5m	8	15	23	30
		152mm/127mm~1.5m	15	30	45	60
		127mm/102mm~1.5m	30	45	75	105
		152mm/102mm~1.5m	60	90		
弯管 K_5	90° R=0.5 m	102mm	8	16	24	32
		127mm	7	13	20	27
		152mm	5	11	16	21
	90° R=1 m	102mm	6	12	18	24
		127mm	5	10	15	20
		152mm	4	8	12	16
	45° R=0.5 m	102mm	4	8	12	16
		127mm	3.5	6.5	10	13.5
		152mm	2.5	5.5	8	10.5
	45° R=1 m	102mm	3	6	9	12
		127mm	2.5	5	7.5	10
		152mm	2	4	6	8

(2) HBG-8 型风动式混凝土输送泵排量的计算

风动式混凝土输送泵是一种周期性循环作业装置，其排量取决于压送器容积和每一循环所费时间，一般可按以下公式计算：

$$Q = \frac{3.6 V}{T} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (3-12)$$

式中：V —— 压送器有效容积 (L)；

T —— 每一循环时间 (s)。

4、各主要参数之间的关系

各国生产的混凝土输送泵或泵车，在机械自身的铭牌上以及厂商提供的技术说明书上，都反映出本产品的主要参数及技术特性，供使用者参考。但是，混凝土输送泵使用的机组人员和施工人员应全面了解其技术参数与技术特性之间的相互关系。

混凝土输送泵和泵车的主要参数是泵送能力。泵送能力一般以每小时混凝土最大的输送量（排量）和最大的输送距离（水平和垂直）来表示。各家厂商在产品说明书或铭牌上标出的泵送能力，是按其特定的条件为依据，如泵送时混凝土的级配、石子最大粒径、泵