

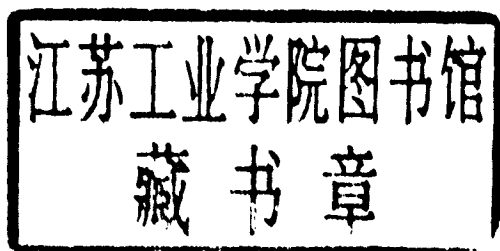
泡沫混凝土

黃 蘭 谷

科学普及出版社

泡 沫 混 凝 土

黃 蘭 谷



科 学 普 及 出 版 社

1957年·北京

本書提要

泡沫混凝土是一种很好的建筑材料，它不但有很好的絕热性能，而且由于体輕耐用，所以对減輕建築物的重量、节省建筑材料、降低建築物的造价有着很大的意义。

本書除了对泡沫混凝土的性能、用途和經濟价值作了必要的說明以外，还对选用材料的要求、制造設備以及生产工艺过程等作了深入的分析。

总号：497

泡沫混凝土

著者：黄 蘭 谷

責任編輯：郑 汉 民

出版者：科 学 普 及 出 版 社

(北京市西便門外大街25号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第091号

發行者：新 华 書 店

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

(北京市西便門南大街乙1号)

开本：787 × 1092 $\frac{1}{32}$

印张：1 $\frac{1}{2}$

1957年7月第1版

字数：21,000¹

1957年7月第1次印刷

印数：3,000

統一書号：15051·12

定 价：(9)1角5分

科 学 普 及 出 版 社 出 版

机械工人速成看圖	赵学田 著	0.46 元
机械工人速成画圖	赵学田 著	即出
金屬材料	林汝鐸、赵禾生著	0.38 元
鑄工和鍛工	朱建霞等著	0.15 元
热处理	裘 汲、屠厚載著	0.12 元
金工	陈克成 著	0.24 元
机械圖認識入門	王忠德等著	0.18 元
机器是怎样制成的	張蔭朗 著	0.17 元
机械原件	張蔭朗 著	0.12 元
动力机器	韓丙告 著	0.14 元
苏联机床制造業的成就	A.E.布罗柯波維奇著	0.22 元
苏联在金屬高速切削方面的成就	曉戈列夫著	0.13 元
劳动保护与国家工業化	賴若愚等著	0.03 元
焊接工作安全技术	錢 恒 著	0.13 元
安全用电	王乃規等著	0.13 元
煤矿安全	余申翰、孟庆榮著	0.14 元
工業照明与采光常識	奇 峰 著	0.11 元
預防煤气中毒	傅正愷 著	0.10 元
工厂防火	C.F.郭魯別夫著	0.10 元
怎样降低車間高溫度	馮肇瑞 著	0.12 元
土方工程和建筑安装工程高空作 業的安全技术	A.B.普洛闊費也夫著	0.11 元
工厂消防知識	郭德純 著	0.16 元
怎样防止鍋爐爆炸	傅文毅 著	0.12 元
節約用煤	柯經泌等著	0.13 元
節約橡膠	光 建 著	0.10 元

新 华 書 店 發 行

目 次

前 言	1
泡沫混凝土的主要性能	3
用途和經濟价值	7
原料要求	10
主要生产設備	11
泡沫剂的配制	14
泡沫的發生	19
自然硬化泡沫混凝土的制备和养护	20
蒸压泡沫混凝土混合料的制备	25
蒸压处理	31
結 語	32

前 言

把水泥漿或水泥砂漿和泡沫混合后，用不同处理方法硬化成功的人工建筑石料，其中有均匀分布的閉合小空气泡，因而形成多孔結構，叫作泡沫混凝土。这种材料与水泥混凝土在構造上的主要区别：就在于水泥混凝土缺少这种多孔結構。

多孔結構給泡沫混凝土帶來了許多优良的特性：如重量輕、导热小和抗冻性高等，都是建筑上的非常寶貴的性能。

泡沫的功用，在于把空气帶进水泥漿或水泥砂漿里去，使制成的泡沫混凝土具有多孔結構，因此就要求泡沫能經得住水泥漿或水泥砂漿的挤压，不致破裂和消失——我們管泡沫的这种性能叫做泡沫的稳定性。洗衣裳的胰子泡也是一种泡沫，但是不能用来制作泡沫混凝土，它的主要缺点就是稳定性不够。在制作泡沫混凝土时，对于泡沫的性質是有一定的要求的。

泡沫混凝土的制作过程并不复杂。簡單說来，只要把水泥漿或水泥砂漿和泡沫在攪拌机中拌勻，然后象澆灌普通混凝土一样，澆灌在模子里，經過硬化处理，就可以得到各种泡沫混凝土的制品了。

現在我們从硬化处理方法的不同來說明泡沫混凝土的分类。

自然硬化的泡沫混凝土——泡沫混凝土混合料注入模子后，讓它在自然条件下硬化而得到的。一般在澆灌2—4晝夜后，就可以拆除模板；再經過28天，就可以使用了。拆模時間的早晚，要看养护的温度（ 10° — 25°C ）和使用水泥的标号来决定，并不一律相同。自然硬化的泡沫混凝土主要是依靠水泥的凝結而硬化的，所以它的混合料中一般都不加砂子，避免延緩了硬化作用。这样做出来的制品，重量較輕，强度較低，导热較小，一般專用。

于絕热工程，所以也叫作絕热用的泡沫混凝土。

蒸压泡沫混凝土——將裝好泡沫混凝土混合料的模子送入高温高压的蒸压釜中，利用蒸汽的温度和湿度促使制品硬化。蒸压泡沫混凝土的混合料中除水泥和泡沫之外，一定要加入砂子，因为它的硬化过程主要是依靠砂子和水泥水化生成物之間的化学反应来完成的。大家知道，在普通混凝土中，砂子是不参加化学反应的，它只起填充的作用，我們管它叫惰性材料；但是在蒸压泡沫混凝土中，砂子就在高温作用下参加到化学反应中来变成活性材料了。蒸压泡沫混凝土制品的强度較高，重量較大，在建筑物中除有絕热作用以外，还可以承受一定的重量，所以也叫作結構用的泡沫混凝土。如果在蒸压泡沫混凝土中加配鋼筋来提高它的抗張强度，那就是大家所說的蒸压鋼筋泡沫混凝土了。

由于泡沫混凝土本身的优良性能，因而在建筑上有非常广泛的用途，可以达到減輕建筑物重量、提高絕热效能、节省材料、节省劳动力和降低建筑費用等目的。

在国外，泡沫混凝土已經用得很普遍，制品种类也很多，使用效果都很好。在国内还是一种比較新的建筑材料。1953年以来，許多單位已經在基本建設工程中采用了絕热用的泡沫混凝土，有的用于屋面保温方面，有的用于管道絕热方面，都有显著的成效。至于結構用的泡沫混凝土使用的地方較少一些，但是我們只从哈尔滨电表仪器厂使用蒸压鋼筋泡沫混凝土屋面板的效果来看，就可以証实它的优良性能，并可預見它的广泛的发展前途。

在这本小册子里，我們將要簡要地介紹泡沫混凝土的主要性能、用途和經濟价值；敘述对制造泡沫混凝土用的材料要求、主要設備和工艺过程；希望能对初級建筑工程技术人员有所帮助。

泡沫混凝土的主要性能

容重、空隙率和导热系数 ——容重就是单位体积的材料重量(简称容重);空隙率就是材料中空隙体积在总体积中占有的百分数;导热系数是表示材料导热性的指标,即当热流垂直于均质材料层时,如果层间温度差为 1°C ,而热流已稳定不变,则在1小时内通过厚度为1公尺、面积为1平方公尺的这种材料层的热量大卡数,叫作它的导热系数。所以导热系数的单位是大卡/公尺·小时·度,它的数值取决于材料的结构、容重、湿度、压力和温度等。导热系数愈小的材料,它的绝热效能也愈高。

容重、空隙率和导热系数三者之间有相互的关系:容重愈小的空隙率愈大,导热系数就愈小。兹将泡沫混凝土表示这三种关系的一些数值列于第1表:

表1 泡沫混凝土的容重、空隙率和导热系数

干燥状态时的容重 公斤/公尺 ³	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
空隙率 %	88	85	82	79	75	71	67	63	59	56
干燥状态时的导热系数 大卡/公尺·小时·度	0.092	0.103	0.115	0.128	0.145	0.165	0.190	0.218	0.246	0.275

我们知道,普通混凝土的容重在 $2,000$ 公斤/公尺³ 以上,而泡沫混凝土的容重只有普通混凝土的 15—60%,因此使用泡沫混凝土,可以减轻建筑物的重量,减少承重构件(如梁、柱、墙壁、基础等)的尺寸,从而降低建筑费用。

导热系数小是泡沫混凝土一个突出的优点。在寒冷地区,如哈尔滨或更靠北方的城市,房屋的外围砖墙常厚达 60—70 公分。这样厚的墙壁完全是承重所要求的吗?不然,它主要是为了满足

防寒的要求。因为在严寒下室内外温度相差很大，而磚牆的导热系数很大（0.6—0.7 大卡/公尺·小时·度），牆不够厚时，內牆就出現露点，严重时甚至引起灰層剝落現象，影响建筑物的寿命。现在泡沫混凝土（容重 1,000 公斤/公尺³）的导热系数只有紅磚的 $\frac{1}{3}$ ，因此，用它来代替紅磚时，在相同的保温效果之下，可以使牆的厚度减少 $\frac{2}{3}$ ；或者是在相同的牆壁厚度之下，可以將保温效能提高三倍。

前面已經講到，泡沫混凝土导热系数和湿度、温度有关。第 1 表中所列的导热系数是在絕對干燥时的数值，它的温度范围为 -30° — $+60^{\circ}$ 。如果泡沫混凝土含有水分时，就不能直接采用这些数值。茲將第 1 圖列出后，以供比較。

第 1 圖說明泡沫混凝土的含水量（即湿度）对泡沫混凝土的导热系数影响很大，这种影响当温度在零度以下时尤为显著。因此采用泡沫混凝土时，應該考虑泡沫混凝土使用时的含水量和温度，例如在零度以下时采用容重为 400 公斤/公尺³，正常含水量为 5 % 的泡沫混凝土，按第 1 圖应取其导热系数为 0.21 大卡/公尺·小时·度；如果含水量增大至 15 %，則导热系数也就增至 0.38 大卡/公尺·小时·度。

極限抗压强度——材料單位面积上所能承受的最大压力叫作極限抗压强度。泡沫混凝土的極限抗压强度如何，要根据它的容重、所用原材料（水泥、砂和泡沫等）的性質以及硬化方法等等来决定。它的数值关系如第 2 表中所表示：

表 2

泡沫混凝土的極限抗压强度

容 重 公斤/公尺 ³	350—400	400—600	600—800	800—1000
純熟用的泡沫混凝土的極限抗压强度 公斤/公分 ²	4—8	8—15	—	—
結構用的泡沫混凝土的極限抗压强度 公斤/公分 ²	10—15	15—40	40—85	85—150

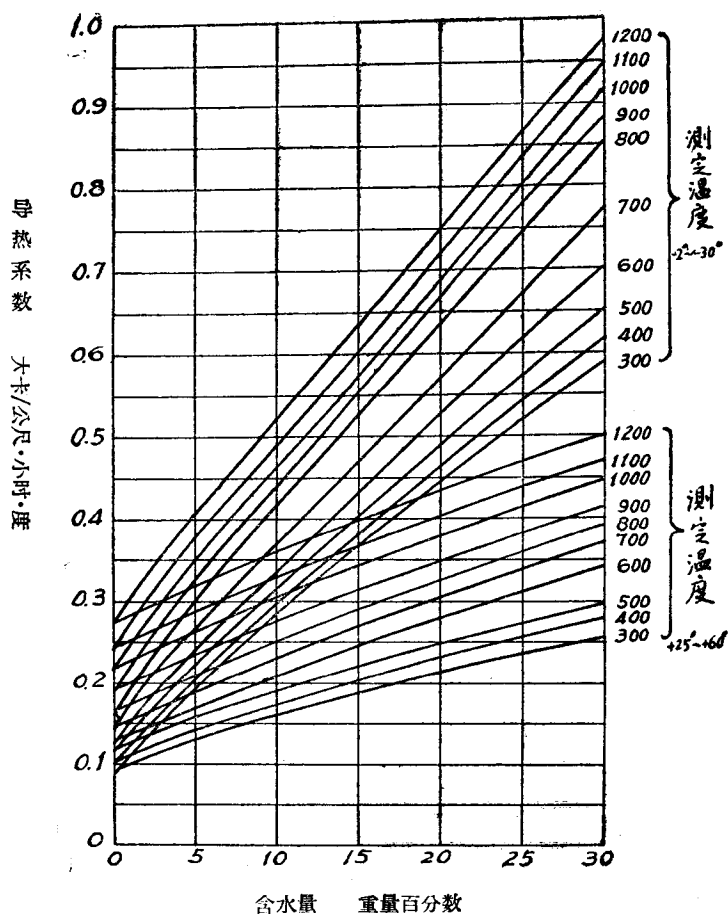


圖 1 湿度和温度对泡沫混凝土导热系数的影响。

說明：圖中右側縱軸上的數字表示泡沫混凝土的容重（公斤/立方公尺）。

絕热用泡沫混凝土不要求承受外加荷重，因此不需要过高的强度（一般在 5 公斤/公分² 以上），只要在运输过程中不致损坏就足够了，至于結構用的泡沫混凝土則强度頗高：容重在 600—1,000 公斤/公尺³ 之間者具有相当于紅磚的强度，完全可以滿足一般的承重要求。

吸湿性和吸水性——泡沫混凝土吸湿和吸水后的含水量管它叫吸湿性和吸水性。数值見第 3 表：

表 3 泡沫混凝土的吸湿性和吸水性

泡沫混凝土的容重 (公斤/立方公尺)	在不同空气相对湿度下(体积百分数)泡沫混凝土的含水量				充分吸水时的吸水性 (体积百分数)
	40	60	80	100 (吸湿性)	
400	0.99	1.37	2.07	3.12	21
600	1.44	2.00	2.75	4.32	24
600	1.98	3.65	3.60	5.50	28
1000	2.43	4.27	4.46	6.72	33

吸湿性和吸水性所以这样重要，是因为它和泡沫混凝土的导热系数关系密切(見前文)。由第 3 表可知：泡沫混凝土的吸湿性和吸水性都比較大，因此采用时須有可靠的防水措施，在过分潮湿的地方和水中不宜采用。

耐久性——泡沫混凝土制品用到建筑物上以后，它的强度在空气中能够繼續增进，这一現象已由实际观察証明，其强度增进的情况为：3 个月后增長 10—15%；6 个月后增長 15—30%；12 个月后增長 25—35%；26 个月后增長 35—40%。在苏联最早完成的鋼筋泡沫混凝土屋面工程，截至目前为止已經过了 18 年，情况非常良好。

實驗室中，一般用泡沫混凝土試件進行凍融試驗和干濕試驗，用試驗結果來表示它的耐久性。泡沫混凝土試件經25次凍結和融解之後，它的耐壓強度的減低的數值不超過未經凍融前強度的10%；而經25次浸濕和干燥之後，它的試件耐壓強度的減低的數值不超過干濕前強度的20%。

泡沫混凝土的其他性能還很多，這裡不再詳細介紹了。

用途和經濟價值

無論是絕熱用的或是結構用的泡沫混凝土，都可以用於屋面、牆壁和管道的保溫工程。現在把這兩種泡沫混凝土的經濟價值分別概述如下：

屋面保溫——已往廠房屋面一般都在鋼屋架上用普通鋼筋混凝土屋面板承重，在它的上面另加保溫材料防寒，如礦渣混凝土就是一種常用的保溫材料。如果拿絕熱用的泡沫混凝土板來代替礦渣混凝土，敷設在鋼筋混凝土屋面板上，屋面的保溫效果就可以大大地提高，而建築費用並不增加，因此這是一種較好的屋面構造（見圖2）。

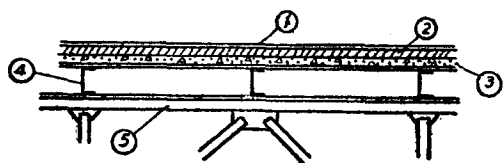


圖 2 用泡沫混凝土保溫的廠房屋面：

- ①—屋面防水層；②—絕熱用泡沫混凝土；③—鋼筋混凝土屋面板；
④—鋼樑；⑤—屋架。

這種承重和保溫分別由兩種材料來承擔的屋面構造，仍然是不很合理的。屋面的自重大，各種材料的用量和需用的勞動量較多等，都是它的缺點。如果用蒸壓鋼筋泡沫混凝土屋面板直接鋪設於屋架上（如圖3所示），省略鋼筋混凝土屋面板，上述缺

点就都可以消除。因为蒸压鋼筋泡沫混凝土本身重量小，具有一定的强度，同时能起承重和保温两种作用，不須另加保温層。

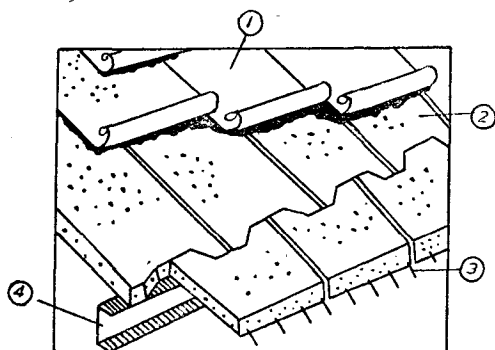


圖3 蒸压鋼筋泡沫混凝土板的屋面：

①—屋面防水層；②—蒸压鋼筋泡沫混凝土屋面板；③—板中的鋼筋；④—鋼筋。

根据統計資料，12公分厚的蒸压鋼筋泡沫混凝土屋面板和普通鋼筋混凝土屋面板上加15公分厚矿渣混凝土保温層者相比較，前者可以減輕屋面重量42%，节省屋架鋼材18.5%、水泥20%、鋼筋10%、劳动量40%，因此可以

以減低屋面建筑費用約20%。

牆壁保温——絕热用的泡沫混凝土只能制成塊料，砌筑在牆壁內部来增加保温效果，如第4圖所示。結構用泡沫混凝土可以

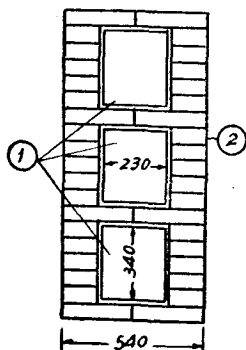


圖4 絕热用泡沫混凝土填筑的磚牆：

①—絕热用泡沫混凝土塊；②—磚牆。

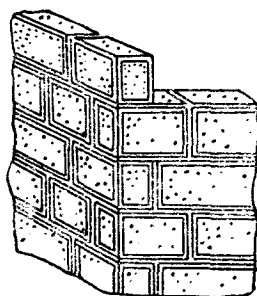


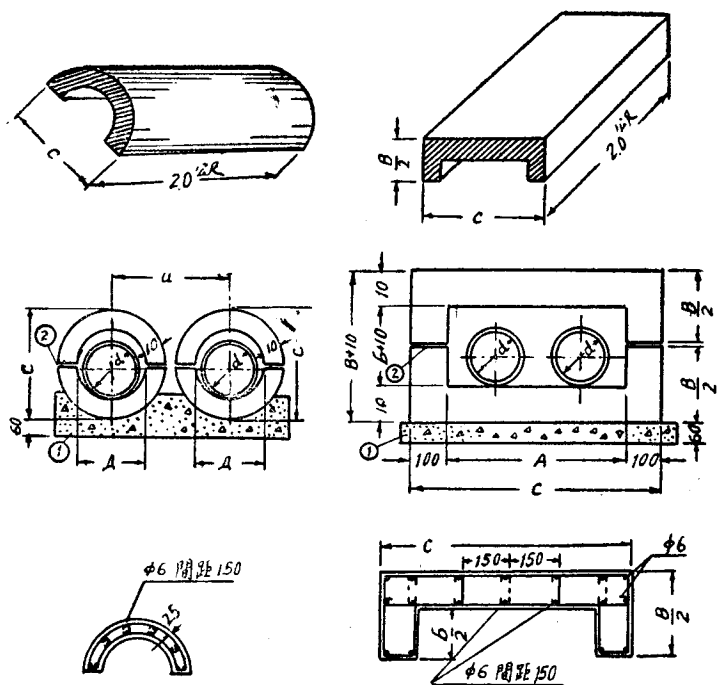
圖5 結構用蒸压泡沫混凝土砌的牆壁。

制成砌塊，用來砌築牆壁，可以減輕牆壁重量，提高保溫效能。

第 5 圖表示用泡沫混凝土砌塊砌築的牆壁。

管道保温——將結構用的蒸壓鋼筋泡沫混凝土制成方形或圓形的管道保温構件，來代替普通鋼筋混凝土溝，如第6圖所示；根據蘇聯資料，前者可以節省建築費用40%。

强度較高的絕热用的泡沫混凝土，也可以用于不承受外加重量的管道保温，来代替已往的石棉灰。据 1953 年重工业部某工



甲、圓形泡沫混凝土管道保溫構件
(單管, 直徑200—600公厘)

乙、方形泡沫混凝土管道保温构件 (双管, 直径 50—200 公厘)

圖 6 泡沫混凝土管道保溫構件:

①—底座；②—1:3 水泥砂漿填縫，厚 10 公厘。

圖中尺寸除注明者外其余都以公厘为單位。

程公司实际使用的經驗，在保温效能上泡沫混凝土較石棉灰优越，并在 460 立方公尺泡沫混凝土的工程量上比用石棉灰时节省了 40 万元；其他施工單位也有类似上述的經驗。

原 料 要 求

制造泡沫混凝土用的材料有下列几种：

(一)水泥——普通矽酸鹽水泥、火山灰質矽酸鹽水泥和矿矽矽酸鹽水泥都可以用来制造泡沫混凝土，但有些矿矽矽酸鹽水泥因它的矿矽性質的影响，有时会引起泡沫混凝土混合料灌模后的沉陷現象，須事先試驗，确定能否使用。水泥标号一般都在 250 号到 400 号之間，标号过低时使泡沫混凝土难于硬化，过高时将提高制品的成本。水泥的凝結時間对于制品的影响很大，要求不超过 7—8 小时。

(二)砂——以含石英成分高的和顆粒細的砂为好，一般要求砂中石英成分在 80% 左右，細度則要求通过 4,900 孔/平方公分篩的数量能超过总重量的 80%。含石英成分較低和顆粒較粗的砂也可以使用，但制品强度較低。自然硬化的泡沫混凝土不使用砂子。

(三)松香——对松香的要求如下：

1. 軟化温度不低于 65°C ；
2. 不含松节油(松香溶于热水时，可用肉眼分辨其是否含有松节油)；
3. 無粘性及渾紅色。

(四)膠——一般采用动物的骨膠或皮膠，对它的要求如下：

1. 在温度为 35°C — 50°C 水中能緩緩溶解，而在 5°C — 15°C 水中只引起膨胀；
2. 沒有腐爛的气味和發霉的痕迹；
3. 不含脂肪雜質(含有脂肪雜質的膠溶于热水中时，有斑点，

膠凝以后有白色薄膜)。

(五)鹼——制泡沫剂的鹼可采用氫氧化鈉、氫氧化鉀、碳酸鈉或碳酸鉀等，固体鹼和液体鹼都可以用。

以上(三)到(五)項为制造松香皂泡沫剂的原料；如果采用水解血泡沫剂时，就需用新鮮的牲畜血、硫酸鉄、鹼、氯化銨或碳酸銨、鹽酸等为原料。对泡沫剂的詳細介紹，見后文。

主要生产設備

制造泡沫混凝土有兩項主要設備：

一 泡沫混凝土攪拌机

制造泡沫混凝土时，泡沫的發生和泡沫混凝土混合料的攪拌都用泡沫混凝土攪拌机来进行。普通有三筒攪拌机和兩筒攪拌机兩種：三筒式的包括泡沫筒、膠泥筒和混合筒三个主要組成部分；兩筒式的就將膠泥的調制和混合攪拌兩個工序合并在一个筒中进行，減省了一个攪拌筒，其余和三筒式的相同。第7圖是三筒式攪拌机的構造圖。圖中，泡沫筒②、膠泥筒③和混合筒④都安裝在支架①上。这些攪拌筒上焊有生鉄套筒⑤，攪拌筒在固定支架上的軸承⑥中轉动。泡沫筒的旋轉軸⑦上裝有帶鉄絲網的槳叶；膠泥筒的旋轉軸⑧上裝有斜的、弯曲的槳叶。各攪拌筒的回轉速度：在泡沫筒为200轉/分；在膠泥筒为40轉/分；在混合筒为60轉/分。在旋轉軸⑦上裝有傳动輪⑩和⑪，傳动輪⑩和⑪借傳动輪⑫帶动旋轉軸⑨；在旋轉軸⑨上裝有傳动輪⑬，靠傳动輪⑭帶动旋轉軸③。这些旋轉軸在軸承⑮中轉动。

泡沫筒上裝有帶平衡重錘⑯的盖子⑰。泡沫筒靠杠杆⑱来倒轉位置，而杠杆⑱在机器運轉时用把手⑲固定之。同样，在膠泥筒外處裝有杠杆⑳和把手㉑。混合筒靠操縱輪㉒和傳动鏈㉓来倒轉位置，而操縱輪的軸就在軸承㉔中轉动。

这种泡沫混凝土攪拌机的容量为500升，它的电动机的功率

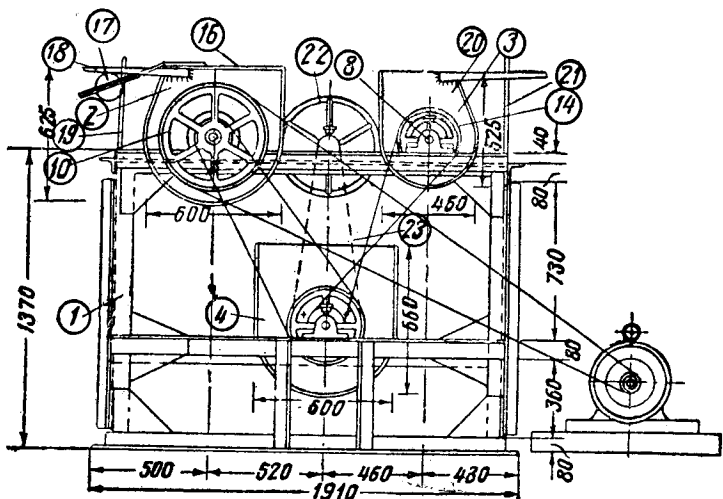
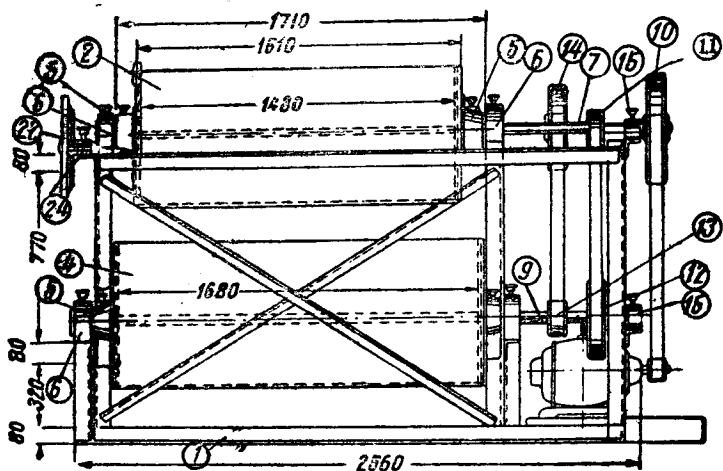


圖7 三筒式泡沫混凝土攪拌機構造圖：

- ①—支架；②—泡沫筒；③—膠泥筒；④—混合筒；⑤—套筒；⑥—軸承；
 ⑦—泡沫筒的旋轉軸；⑧—膠泥筒的旋轉軸；⑨—混合筒的旋轉軸；⑩、⑪、
 ⑫、⑬、⑭—傳動輪；⑮—軸承；⑯—蓋子；⑰—平衡重錘；⑱、⑲—杠杆；
 ⑳、㉑—把手；㉒—操縱輪；㉓—傳動鏈；㉔—軸承。