

裝配式的 懸吊式貯倉

A. П. 瓦岡諾夫著

建築工程出版社

裝配式的懸吊式貯倉

陶令申 譯

內容提要 在本冊子里，敘述了由作者建議和研究出的裝配式的懸吊式槽形貯倉結構，并介紹了关于松散材料的貯倉和裝有槽形淺倉的自動卸貨駁船方面的計算實例。以普通水泥倉庫來比較，顯示了這種貯倉建築的經濟效果，同樣以普通駁船來比較，說明了採用自動卸貨駁船的經濟效果。

本冊子可供工業、農業及水利建築設計和施工部門工程技術人員參考之用。

原本說明

書名	СБОРНЫЕ ПОДВЕСНЫЕ ХРАНИЛИЩА
作者	А. П. Ваганов
出版者	Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре
出版地点 及年份	Ленинград—1955—Москва

裝配式的懸吊式貯倉

陶令申 譯

*

建筑工程出版社出版（北京市東廠門外南風士路）

（北京市書刊出版營業許可證出字第052号）

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書号 500 字數 50千字 737×1092 1/32 印張 2 5/8

1957年5月第1版 1957年5月第1次印刷

印數：1—1,500冊 定價(11)0.55元

目 录

序 言	4
一、各类仓库的用途和特征	5
二、装配式的悬吊式貯仓	7
三、装配式的悬吊式貯仓設計和建造的实际經驗	15
(一) 装配式鋼筋混凝土制成的悬吊式貯仓	15
(二) 木制悬吊式貯仓	34
(三) 裝有木制悬吊式淺仓的自动卸貨駁船	48
附 录	
1. 若干材料的特性	78
2. 气动运输水泥用的仓式給料器	79
3. 輸送水泥用的气动溜槽	80
4. 螺旋式輸送机	81
5. 斗式垂直提升机	82
6. 槽帶寬度为 500 公厘的輸送机	84

序 言

如所周知,深仓和浅仓^①等类型的貯仓是加工大量松散材料的大多数工业和农业企业所不可缺少的设备。

本册子叙述了由作者創議的装配式钢筋混凝土和木制的悬吊式槽形浅仓結構以及裝有这种浅仓的自动卸貨駁船。

运用上述結構,与已經批准的深仓标准設計比較,不仅能减少金屬的消耗量,而且能降低建筑造价。采用自动卸貨的駁船时,可使劳动力大为减少,同时可节约靠水路运输的松散材料的卸貨經費。

在叙述結構的同时,本册子还刊载了供描繪悬鏈綫用的、求解橫截面积和发生于槽壁中应力用的基本公式的推論,以及具有适当尺寸的浅仓的計算实例,这样就可通过計算来選擇和复核由具体情况所确定的各种必需容量的貯仓。

附录內所列的某些材料的特性表,主要是常用的輸送机的特性表,不只可以确定貯仓的建筑尺寸,同时可以拟定装备仓库所需要的机械化运输工具。

① 浅仓(бункер),也可稱為斗倉,深仓(сilo),也可稱為筒倉——譯者。

一、各類倉庫的用途和特徵

一切天然材料在实际使用时总是要經過或多或少复杂的加工,而加工可分为主要的和輔助的工序。

凡是改变材料特性的过程(水法和火法冶煉、化学反应、分餾、选矿等),都属于主要工序。不改变材料物理和化学特性的过程(貯藏、运输、配料、选取試样等),都属于輔助工序。

在某些情况下,貯藏工序是与生产过程相结合的(成堆浸漚、材料在貯仓內成熟或加热)。

照例,沒有輔助工序,主要工序就不可能进行,因此生产过程的技术操作程序图是指主要工序和輔助工序的总合而言的。

將原材料、半成品或成品貯藏在露天廣場上、封閉的和半封閉的房屋內或特殊的貯仓建筑內,即为輔助工序之一。

貯藏工序的必要性,通常取决于生产的特征、材料加工的各种各样方法,以及各种車間和联动机的工作制度(原材料輸入和成品运出的周期性、定期運轉和連續運轉的联动机之間的配合、在一晝夜內各車間工作的不同延續時間、保証生产过程不因修理和擦洗机器而間断所受到的影响等)。

在材料的加工过程中,照例,前道工序的联动机生产率應該大于后道工序的联动机生产率。因此,在正常工作时,所得到的剩余产品可积聚在中間貯仓內,以便前一工序的机器在有計劃停工或被迫停工时耗用,这样便可保証整个企业生产不致中斷。

此外,在变更机器数目时,貯仓是分配产品最方便的方法。

在倉庫和貯倉中材料的儲存量，通常是由這些材料的用途和生產過程中的地點來確定的。

倉庫和貯倉具有下列用途：

1. 作為轉載貨物的基地，這些基地是以廠外運輸（水路、鐵路或公路的運輸）的變化為根據的獨立經營單位。

在轉載基地上的材料儲存量，是根據當地情況擬定的。

2. 使企業內有後備的材料儲存量，以保證企業的工作不以廠外材料運輸過程中輸入或輸出的不平衡性為轉移。這些儲存量應該經常維持在這樣的水平上，就是要保證供應企業2~3個星期的工作。在個別情況下，後備倉庫中材料的儲存量可能達到6個月之多（停航期）。

3. 在生產過程的個別工段中造成消耗的（實際使用的）材料儲存量，這些儲存量的變化幅度介於幾個小時至三晝夜之間。

根據加工材料的種類和價值，材料可保藏在露天的廣場上（成堆放置）、封閉的或半封閉的（敝棚）房屋內。對於不准在露天儲藏的松散材料，應該建造特殊的結構物——由鋼筋混凝土、金屬或木材製成的貯倉（深倉和淺倉）。

在大多數情況下，這些貯倉布置在離地面一定的高度處，以便將輸送機設置在它們的下面，使轉運材料的繁重工作得以機械化。

如果貯倉的深度不超過二倍寬度，則稱為淺倉。較深的貯倉通常叫做深倉。

按平面圖形來看，淺倉和深倉通常是矩形截面或圓形截面的。它們的底可能是平面的、斜面的或漏斗形的（角錐形的或圓錐形的）。矩形截面的貯倉壁在滿載時承受彎曲作用；但是，只有當結構的基本構件承受拉力時，才能最經濟和最合理。

地利用材料。

圓形截面的貯倉(深倉)和柔性的懸吊式淺倉能適合這個條件。在深倉中高度與直徑的比例很大,裝載材料的上層使得下層經受很大的壓力。這樣,脆性材料(煤、軟質礦石)很易壓碎,而膠結材料(水泥)很易壓實,並且由於在卸料孔之上形成了穹窿形,使膠結材料無法從深倉內散出。為了將材料耙松和增加其流動性,不得不使用機械攪拌或使下層材料中充滿空氣(曝氣)。

二、 裝配式的懸吊式貯倉

與在垂直方向上安置材料的深倉不同,在懸吊式貯倉內,材料主要是分布在水平方向的槽內,這種槽的橫截面具有下垂柔索(懸鏈綫)的形狀。

在這種情況下,直接承受荷載的主要構件僅僅受到拉力,而材料的水平分布和堆置成比較不大的高度(彷彿在橫置的深倉內),可以造成很大的容量,但並不使滿載材料的下層壓碎或壓實。

懸吊式貯倉的槽壁通常是由固定在縱向次梁-主梁上的金屬板構成的。

在作者研究的裝配式的懸吊式貯倉結構中,並不用整體的金屬壳体,而是用沿着懸吊在主梁上的圓鋼或扁鋼拉條鋪成的鋼筋混凝土板或木模板。

圖1表示木制的單槽懸吊式貯倉結構的均角投影圖。

這種貯倉的支承結構是由兩排在縱橫方向上相互連系的支柱組成的。在頂部橫梁上懸吊予先彎成懸鏈綫形的扁鋼或

圓鋼拉條。沿着拉條鋪設固定在拉條上的木制或鋼筋混凝土鋪板。

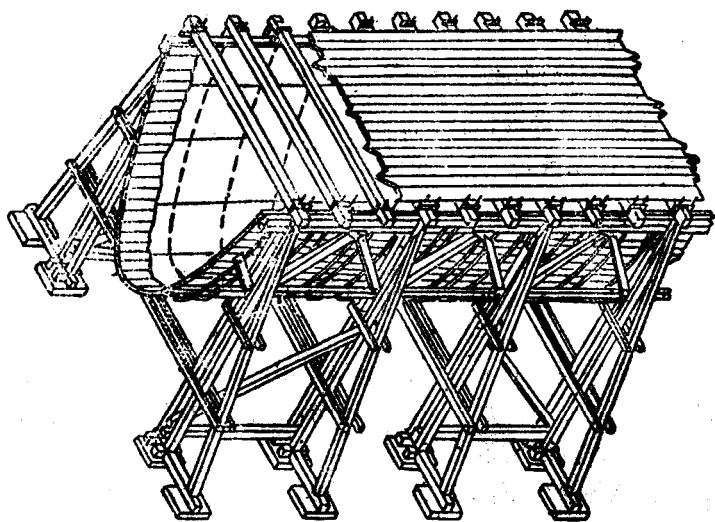


圖 1 裝配式的懸吊式貯倉概貌

在槽頂平台上裝置供懸吊式貯倉裝料用的輸送機。

如果要使貯倉裝載各種不同的材料，則應該用橫向間壁將槽劃分成艙。

1 為了使貯倉可以卸料，在槽的底部開設若干裝有閘門或給料器(питатель)的卸料孔。

固定在槽上的卸料機械不應該與輸送機有剛性的連接。

採用所建議的儲存松散材料用的裝配式懸吊式貯倉結構，可以節約金屬、降低造價及縮短這種倉庫的施工期。

懸吊式貯倉的計算簡圖如圖 2 所示。

淺倉截面輪廓綫的 AC 和 BE 部分,是由直綫組成的。輪廓綫 CME 為懸鏈綫。如果荷載只是連續分布的垂直力且其大小為每單位水平投影長度上 q , 則曲綫方程式通常具有下

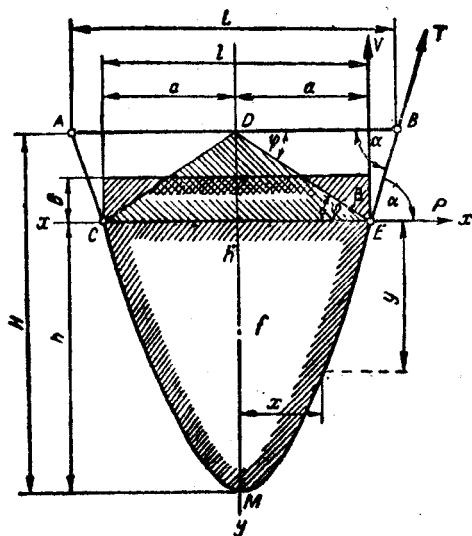


圖 2 懸吊式貯倉的計算簡圖

列形式:

$$P \frac{d^2 y}{dx^2} = q,$$

式中: P ——水平推力, 等於索綫曲綫的極距。

在本题的情況下

$$q = ry,$$

式中: r ——裝在淺倉內的材料的容重。

在對稱荷載的情況下, 也有這樣的關係:

$$P = q_0 \rho_0,$$

式中： q_0 ——索綫曲綫頂点 M 附近單位長度上的荷載，而

ρ_0 ——同点处的曲率半徑，或

$$P = -r h \rho_0.$$

曲綫的一般方程式將具下列形式：

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{q}{P} = -\frac{r y}{r h \rho_0} = -\frac{y}{h \rho_0} = -\frac{y}{k}, \quad (1)$$

式中：

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h \rho_0}.$$

負号說明曲率半徑 ρ_0 的方向与所擇 y 軸正方向相反。

二階綫性微分方程式 $\frac{d^2 y}{dx^2} + k^2 y = 0$ 的通解具有下列形式：

$$y = A \cos kx + B \sin kx.$$

相应地对方程式(1)來說，

$$y = A \cos x \sqrt{\frac{1}{k}} + B \sin x \sqrt{\frac{1}{k}}. \quad (2)$$

在座标体系选定后，参数 A 、 B 及 K 即可由下列条件确定。

取方程式(2)的导数，得

$$y' = A \sqrt{\frac{1}{k}} \sin x \sqrt{\frac{1}{k}} + B \sqrt{\frac{1}{k}} \cos x \sqrt{\frac{1}{k}}.$$

根据 $x=0$ 时 $y'=0$ 的条件，得 $B \sqrt{\frac{1}{k}} = 0$ ，由此，当 $\sqrt{\frac{1}{k}} \neq 0$ 时，参数 $B=0$ 。

所以，

$$y = A \cos x \sqrt{\frac{1}{k}},$$

但因为当 $x=0$ 时 $y=h$, 于是参数 $A=h$, $y=h \cos x \sqrt{\frac{1}{k}}$,

或

$$y = h \cos x \sqrt{\frac{1}{h\rho_0}}. \quad (3)$$

这一方程式是浅仓没有过载时的曲线方程式。

参数 ρ_0 由下列条件确定:

当 $x=a$, $y=0$ 时,

$$y = h \cos a \sqrt{\frac{1}{h\rho_0}} = 0.$$

即当 $a \sqrt{\frac{1}{h\rho_0}} = \frac{\pi}{2}$ 时, 这一条件才成立,

或

$$\frac{a^2}{h\rho_0} = \frac{\pi^2}{4},$$

由此

$$\rho_0 = \frac{4a^2}{\pi^2 h} = \frac{(2a)^2}{\pi^2 h} = \frac{l^2}{\pi^2 h}.$$

将此值代入方程式(3), 可得:

$$y = h \cos x \sqrt{\frac{\pi^2 h}{h l^2}} = h \cos x \frac{\pi}{l} = h \cos \frac{\pi}{2} \frac{x}{a}. \quad (4)$$

利用方程式(4), 可编制成表1, 其中载有按 $\frac{x}{a}$ 的比值来确定的 y 值, 以便作出浅仓的轮廓线。

曲线 CME 的长度可利用表2来求得, 表2内有相应于各种 $\frac{h}{a}$ 比值的长度值 S 。

表 1

$x:a$	y
0	h
0.1	$0.988 h$
0.2	$0.961 h$
0.3	$0.891 h$
0.4	$0.809 h$
0.5	$0.707 h$
0.6	$0.587 h$
0.7	$0.438 h$
0.8	$0.309 h$
0.9	$0.156 h$
1.0	0

表 2

$h:a$	$s=k_0 a$
1:3	0.333
1:2	0.5
2:3	0.666
3:4	0.75
7:8	0.875
1:1	1.0
6:5	1.2
4:3	1.333
3:2	1.5
7:4	1.75
2:1	2.0

方程式(4)用来作出載滿至 CE 水平处的淺倉的輪廓曲綫。

如果所載材料超出 OE 水平而达高度 b 处(通常堆成三角形 CDE , 高度为 b 、底边为 $2a$ 的矩形即为其等积图形), 則淺倉輪廓曲綫方程式可相应地写成:

$$y = (h-b) \cos \alpha \sqrt{\frac{1}{(h-b)\rho_0}} + b.$$

当 $x=a, y=0$ 时, 求 ρ_0 ,

$$(h-b) \cos \alpha \frac{1}{\sqrt{(h-b)\rho_0}} + b = 0,$$

或

$$-\frac{b}{(h-b)} = \cos \frac{\alpha}{\sqrt{(h-b)\rho_0}},$$

由此

$$\frac{\alpha}{\sqrt{(h-b)\rho_0}} = \arccos \left(-\frac{b}{(h-b)} \right)$$

和

$$\rho_0 = \frac{a^2}{(h-b) \arccos^2 \left(-\frac{b}{h-b} \right)},$$

所以,

$$y = (h-b) \cos x \sqrt{\frac{\arccos^2 \left(\frac{-b}{h-b} \right)}{a^2}} + b,$$

或

$$y = (h-b) \cos \frac{x}{a} \arccos \left(\frac{-b}{h-b} \right) + b. \quad (5)$$

在所用的坐标体系中, b 值是負的, 所以 $\frac{-b}{h-b}$ 总是小于 1。

对于有三角形 CDE 过载的浅仓, 当 $h:a$ 普通比值自 2:1 至 1:2 和休止角为 45° ($DK=a$) 时, 与装满至水平线 CE 处的浅仓来比較, y 值的差別并不大(在 3.5% 以下)。

曲线 CME 所包围的面积

$$\begin{aligned} F &= 2 \int_0^a y dx = 2 \int_0^a h \cos x \frac{\pi}{l} dx = 2 \left(\frac{h \sin x \frac{\pi}{l}}{\frac{\pi}{l}} \right) = \\ &= \frac{2hl}{\pi} = \text{約 } 0.637hl. \end{aligned} \quad (6)$$

在 O 点和 E 点处支承反力的垂直分力(不計三角形荷載 CDE)为:

$$V = \frac{Fr}{2} = \frac{hlr}{\pi} = \text{約 } 0.318hlr. \quad (7)$$

該兩处反力的水平分力(推力)为:

$$P = q\rho_0 = \frac{Frl}{2\pi h} = \frac{rhl^2}{\pi^2 h} = \frac{rl^2}{\pi^2} = \text{約} 0.101 l^2 r. \quad (8)$$

每單位長度的淺倉壁中內力

$$T = \sqrt{V^2 + P^2} = \frac{lr}{\pi} \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{\pi^2}}. \quad (9)$$

這一內力是由拉條來承受的。

如果有三角形荷載 CDE (圖 2), 則可用與 (7) 和 (8) 同樣的公式來求支承反力, 在實用上已足夠正確了, 但 F 應該用 F_0 來代替, F_0 等於面積 F 加上三角形面積 ODE 。在這種情況下, 支座反力 V 和 P 將具有下列數值:

$$V_1 = \frac{F_0 r}{2}, \quad (10)$$

$$P_1 = \frac{F_0 r l}{2\pi h}. \quad (11)$$

E 點處的切綫傾角可按方程式 $y = h \cos \frac{\pi}{2} \frac{x}{a}$ 的一階導數求得:

$$y' = -h \frac{\pi}{2a} \sin \frac{\pi}{2} \frac{x}{a} = -\frac{\pi h}{l} \sin \frac{\pi}{2} \frac{x}{a} = \operatorname{tg} \alpha.$$

對 E 點來說, 當 $x=a$, $\sin \frac{\pi}{2} = 1$ 時,

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{\pi h}{l} = -3.14 \frac{h}{l}. \quad (12)$$

在淺倉滿載時 (到達 AB 綫, 圖 2),

$$\operatorname{tg} \alpha = 3.14 \frac{H}{L}. \quad (13)$$

在多數情況下, 材料是由沿淺倉縱軸裝置的帶式輸送機

(ленточный транспортер)、气动溜槽（也称空气输送斜槽）（аэрожелоб）或螺旋式输送机（шнек）来运送的，因而在浅仓的截面上留出未堆满的部分 ACD 和 DEB 。

h 和 l 的尺寸可由三角形 DBE 来求得。

其中角 $DBE = \alpha$ ，可按公式(12)求得；角 $BDE = \varphi$ （为装载材料的休止角）。

$$\text{角} DEB = 180^\circ - (\alpha + \varphi),$$

$$DE = \frac{\frac{L}{2} \sin \alpha}{\sin(\alpha + \varphi)} = \frac{L \sin \alpha}{2(\sin \alpha \cos \varphi + \cos \alpha \sin \varphi)},$$

$$\frac{l}{2} = a = OE = DE \cos \varphi = \frac{L \sin \alpha \cos \varphi}{2(\sin \alpha \cos \varphi + \cos \alpha \sin \varphi)}. \quad (14)$$

$$DO = H - h = a \operatorname{tg} \varphi. \quad (15)$$

三角形面积

$$CDE = a \times DO = a^2 \operatorname{tg} \varphi. \quad (16)$$

三、 装配式的悬吊式貯倉設計 和建造的實際經驗

装配式的悬吊式貯倉，可用鋼筋混凝土或木材来建造，或者采用混合結構——骨架是金屬或鋼筋混凝土的，而槽用鋼筋混凝土板或木板沿金屬拉条鋪成。在确定基本尺寸时，最好遵循表2中所示的槽深与半跨度（悬吊点間距的一半）的比值。

（一） 装配式鋼筋混凝土制成的悬吊式貯倉

图3表示具有 6.0×6.0 公尺定型柱網的装配式鋼筋混凝土

土悬吊式貯倉的結構。

悬吊点間的槽寬

$$l = 2a = 6.0 - 2 \times 0.2 = 5.6 \text{公尺。}$$

$\frac{h}{a}$ 比值采用 1.75。

$$h = 2.8 \times 1.75 = 4.9 \text{公尺。}$$

材料的容重 $r = 1.4$ 吨/立方公尺，休止角 $\varphi = 40^\circ$ 。

悬鏈綫包圍的面积，——按公式(6)：

$$F = 0.637hl = 0.637 \times 4.9 \times 5.6 = 17.45 \text{平方公尺。}$$

当充盈系数为 0.85 和 $r = 1.4$ 时，滿載材料的槽之每公尺長的重量为

$$Q = 17.45 \times 1.4 \times 0.85 = 20.8 \text{吨。}$$

作用在每公尺長淺倉上的支承反力的垂直分力为：

$$V = \frac{Q}{2} = \frac{20.8}{2} = 10.4 \text{吨。}$$

支承反力的水平分力

$$P = \frac{Ql}{2\pi h} = \frac{20.8 \times 5.6}{2 \times 3.14 \times 4.9} = 3.8 \text{吨。}$$

每單位長度淺倉壁中的內力

$$T = \sqrt{V^2 + P^2} = \sqrt{10.4^2 + 3.8^2} = 11.0 \text{吨。}$$

当拉条的分布間距为 2 公尺时，拉条中的荷載为 $11.0 \times 2 = 22.0$ 吨。

該項拉力是由截面为 19.2 平方公分的 120×16 公厘扁鋼拉条来承担的。

拉条內的应力

$$\sigma = \frac{22,000}{19.2} = 1,150 \text{公斤/平方公分。}$$