

中华人民共和国国家标准

钢筋混凝土筒仓设计规范

GBJ 77—85



1988 北 京

中华人民共和国国家标准

钢筋混凝土筒仓设计规范

GBJ 77—85

主编部门：中华人民共和国煤炭工业部

批准部门：中华人民共和国国家计划委员会

施行日期：1986年7月1日

关于发布《钢筋混凝土筒仓 设计规范》的通知

计标〔1985〕1967号

根据原国家建委（78）建发设字第562号通知的要求，由煤炭工业部主编，具体由煤炭工业部规划设计总院会同有关单位共同编制的《钢筋混凝土筒仓设计规范》，已经有关部门会审。现批准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GBJ 77—85为国家标准，自一九八六年七月一日起施行。

本规范由煤炭工业部管理，其具体解释等工作由煤炭工业部规划设计总院负责。出版发行由国家计委基本建设标准定额研究所负责组织。

国家计划委员会

一九八五年十二月四日

编 制 说 明

本规范是根据原国家基本建设委员会(78)建发设字第 562 号通知,由我部会同冶金工业部、商业部、水利电力部、国家建材局等部(局)的有关单位共同编制的。

在编制过程中进行了广泛的调查研究和必要的试验工作,总结了建国以来我国筒仓设计、施工、科研和使用方面的经验,并参考了国外有关资料。初稿完成后,又在全国各有关设计、施工、使用单位及大专院校征求意见,最后经有关部门审查定稿。

本规范共有五章和六个附录,其内容适用于现浇钢筋混凝土筒仓的结构设计,不包括预应力钢筋混凝土筒仓、装配式钢筋混凝土筒仓设计的特殊规定。

鉴于本规范系属初次编制,有些问题还待进一步补充、提高。在执行过程中,请各单位结合工程实践和科学研究,认真总结经验,注意积累资料,并将意见和有关资料寄煤炭工业部规划设计总院《钢筋混凝土筒仓设计规范》管理组,以便今后修订时参考。

中华人民共和国煤炭工业部
1985 年 10 月

主要符号

- α ——矩形筒仓长边
- b ——矩形筒仓短边；正方形筒仓边长
- C ——荷载分配系数
- C_h ——深仓贮料水平压力修正系数
- C_v ——深仓贮料竖向压力修正系数
- d_n ——圆形筒仓内径
- h ——仓壁高度
- h_n ——贮料计算高度
- h_h ——漏斗高度
- k ——侧压力系数
- N_h ——矩形浅仓仓壁的水平拉力；角锥形漏斗壁的水平拉力
- N_{inc} ——角锥形漏斗壁的斜向力
- N_m ——旋转薄壳的经向薄膜内力
- N_p ——旋转薄壳的环向薄膜内力
- N_{inc}^t ——角锥形漏斗壁交角顶部的斜向拉力
- N_v ——矩形浅仓仓壁的竖向力
- F ——作用于矩形筒仓仓壁上的集中荷载
- p_f ——计算截面以上仓壁单位周长上的总竖向摩擦力
- p_h ——贮料作用于仓壁单位面积上的水平压力
- p_n ——贮料作用于漏斗壁单位面积上的法向压力
- p_v ——贮料作用于仓底或漏斗顶面处单位面积上的竖向压力；贮料顶面或贮料锥体重心以下距离 h 处单位面积上的竖向压力

s ——贮料顶面或贮料锥体重心至所计算截面处的距离

t ——仓壁或筒壁厚度

α ——漏斗壁与水平面之夹角

γ ——贮料的重力密度

μ ——贮料与仓壁的摩擦系数

ρ ——筒仓水平净截面的水力半径

φ ——贮料的内摩擦角

目 录

| | | |
|-----|---|------|
| 第一章 | 总则 | (1) |
| 第二章 | 布置原则及结构选型 | (2) |
| 第一节 | 布置原则 | (2) |
| 第二节 | 结构选型 | (3) |
| 第三章 | 荷载 | (7) |
| 第一节 | 荷载和荷载组合 | (7) |
| 第二节 | 贮料压力 | (7) |
| 第四章 | 结构计算 | (13) |
| 第一节 | 一般规定 | (13) |
| 第二节 | 仓顶、仓壁及仓底结构 | (13) |
| 第三节 | 仓下支承结构及基础 | (14) |
| 第五章 | 构造 | (15) |
| 第一节 | 圆形筒仓仓壁和筒壁 | (15) |
| 第二节 | 矩形筒仓仓壁 | (19) |
| 第三节 | 洞口 | (22) |
| 第四节 | 漏斗 | (25) |
| 第五节 | 柱和环梁 | (26) |
| 第六节 | 内衬 | (27) |
| 第七节 | 抗震构造措施 | (28) |
| 附录一 | 散料的物理特性参数 | (29) |
| 附录二 | 仓壁、仓底裂缝宽度计算公式 | (31) |
| 附录三 | 系数 $\xi = \cos^2\alpha + k\sin^2\alpha$ 、 $k = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ 和 $\lambda = (1 - e^{-\mu k s / \rho})$ 的值 | (34) |
| 附录四 | 旋转壳在轴对称荷载作用下的薄膜 内力计算公式 | (37) |

工程建设标准全文信息系统

| | |
|--------------------------|------|
| 附录五 矩形筒仓按平面构件的内力计算 | (40) |
| 附录六 本规范用词说明 | (51) |
| 附加说明 | (52) |

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为使钢筋混凝土筒仓设计做到技术先进，经济合理，安全适用，特制定本规范。

第 1.0.2 条 本规范适用于贮存散料，且平面形状为圆形或矩形的现浇钢筋混凝土筒仓的结构设计，不适用于用压缩空气混合粉料的调匀仓、贮存青饲料及纤维状散料的筒仓设计。

第 1.0.3 条 筒仓设计应分为深仓和浅仓。对于矩形浅仓，应分为漏斗仓、低壁浅仓和高壁浅仓。其划分标准应符合下列规定：

当筒仓内贮料计算高度 (h_n) 与圆形筒仓内径 (d_n) 或与矩形筒仓短边 (b) 之比大于或等于 1.5 时为深仓，小于 1.5 时为浅仓。

对于矩形浅仓，当无仓壁时为漏斗仓，当仓壁高度 (h) 与短边 (b) 之比小于 0.5 时为低壁浅仓，大于或等于 0.5 时为高壁浅仓。

第 1.0.4 条 凡本规范未规定的内容，尚应符合国家现行的有关标准、规范的规定。

第二章 布置原则及结构选型

第一节 布置原则

第 2.1.1 条 筒仓的平面布置，应根据工艺、地形、工程地质和施工等条件，经技术经济比较后确定。

第 2.1.2 条 群仓宜选用单排布置或多排行列式布置(图 2.1.2)。

第 2.1.3 条 筒仓的平面形状，宜选用圆形。圆形群仓宜选用仓壁和筒壁外圆相切的连接方式。直径大于或等于 18 米的圆形

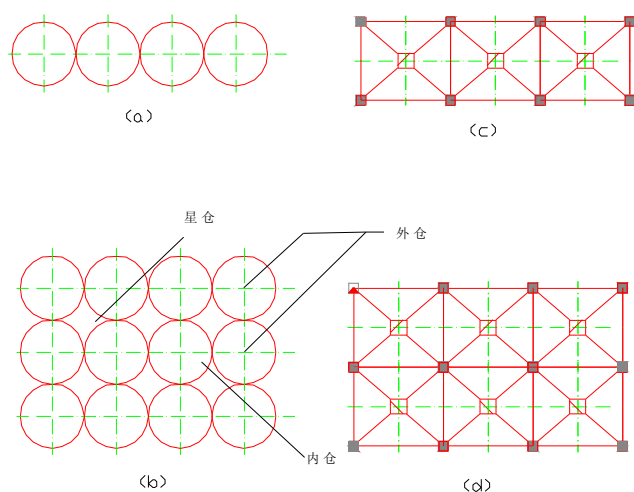


图 2.1.2 群仓平面布置示意图

a) 单排圆形筒仓；c) 单排矩形筒仓；
b) 多排圆形筒仓；d) 多排矩形筒仓

筒仓，宜采用独立布置的形式。

第 2.1.4 条 当圆形筒仓的直径小于或等于 12 米时，宜采用 2 米的倍数；大于 12 米时，宜采用 3 米的倍数。

第 2.1.5 条 仓壁和筒壁外圆相切的圆形群仓，总长度超过 50 米或柱子支承的矩形群仓总长度超过 36 米时，应设伸缩缝。

第 2.1.6 条 筒仓与毗邻的建筑物和构筑物之间或群仓地基土的压缩性有显著差异时，应采取防止不均匀沉降的措施。

第 2.1.7 条 跨铁路布置的筒仓，除岩石、碎石土、老粘性土地基外，应考虑地基下沉对铁路建筑限界的影响。

第 2.1.8 条 靠近筒仓处不宜设置堆料场，当必须设置时，应考虑堆料对筒仓结构及地基的不利影响。

第 2.1.9 条 直径大于 10 米的圆形筒仓，仓顶上不宜设置有筛分设备的厂房。

第二节 结构选型

第 2.2.1 条 筒仓结构可分为仓上建筑物、仓顶、仓壁、仓底、仓下支承结构（筒壁或柱）及基础等六部分（图 2.2.1）。

第 2.2.2 条 筒仓的仓壁、筒壁及角锥形漏斗壁宜选用等厚截面，其厚度可按下列规定选用：

一、直径等于或小于 15 米的圆形筒仓仓壁厚度：

$$t = \frac{d_n}{100} + 100 \quad (2.2.2)$$

式中 t ——仓壁厚度（毫米）；

d_n ——圆形筒仓内径（毫米）。

二、矩形筒仓仓壁厚度可采用短边跨度的 1/20~1/30。

三、角锥形漏斗壁厚度可采用短边跨度的 1/20~1/30。

第 2.2.3 条 筒仓仓底结构的选型应综合考虑下列要求：

一、卸料通；

二、荷载传递明确，结构受力合理；

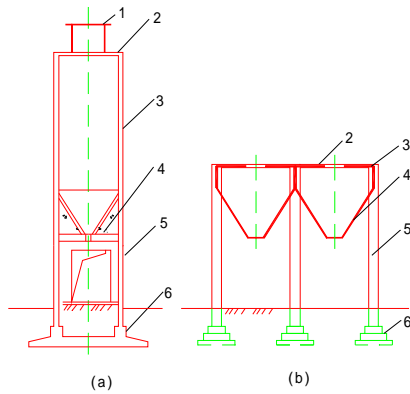


图 2.2.1 筒仓结构示意图

a) 深仓; b) 浅仓

1—仓上建筑物; 2—仓顶; 3—仓壁;

4—仓底; 5—仓下支承结构(筒壁或柱); 6—基础

三、造型简单, 施工方便;

四、填料较少。

常用的筒仓仓底可选用图 2.2.3 的型式。

第 2.2.4 条 圆形筒仓的仓下支承结构, 可选用柱子支承、筒壁支承、筒壁与内柱共同支承等型式(图 2.2.3)。仓下支承结构的选型, 应根据仓底型式、基础类别和工艺要求综合分析确定。

直径等于或大于 10 米的筒仓, 宜选用筒壁与内柱共同支承的型式。

第 2.2.5 条 当筒仓之间或筒仓与其邻近的建(构)筑物之间相隔一定距离, 根据工艺要求又必须相互连接时, 宜采用筒支结构相连, 且应有足够的支承长度。

第 2.2.6 条 筒仓的基础选型，应根据地基条件、上部荷载和上部结构型式综合分析确定。

当圆形筒仓按第 2.1.5 条规定设置伸缩缝时，伸缩缝宜做成贯通式，将基础断开，缝宽应符合沉降缝的要求，在地震区尚应符合防震缝的要求。

第 2.2.7 条 圆形筒仓的仓顶可采用钢筋混凝土梁板结构，

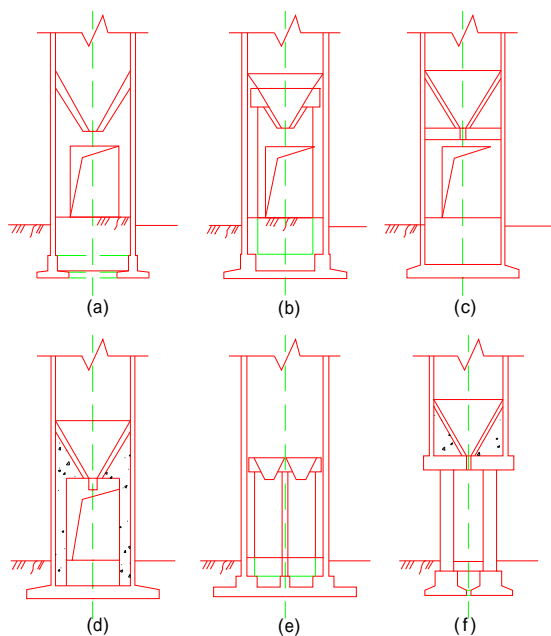


图 2.2.3 常用筒仓仓底和仓下支承结构示意图

a) 漏斗与仓壁整体连接，由筒壁支承；**b)** 漏斗与仓壁非整体连接，由带壁柱的筒壁支承；**c)** 平板加填料漏斗，由筒壁支承；**d)** 通道式仓底；**e)** 梁板仓底与仓壁非整体连接，由筒壁支承；**f)** 平板仓底，由柱支承

当直径等于或大于 15 米时，也可采用钢筋混凝土正截锥壳、正截球壳等结构。

第 2.2.8 条 对于直径小于或等于 10 米的圆形筒仓，当仓顶设有筛分设备的厂房时，其楼面、屋面结构宜支承在与仓壁等厚的钢筋混凝土圆形壁上；当采用钢筋混凝土框架结构厂房时，框架柱应直接支承于仓壁顶部的环梁上，并在柱脚处（即环梁上）设纵横连系梁。

第 2.2.9 条 地震区的筒仓结构选型尚应符合下列规定：

一、圆形筒仓的仓下支承结构，宜选用筒壁支承或筒壁与内柱共同支承的型式。

二、仓上建筑物宜选用钢筋混凝土框架结构、钢结构；围护结构宜选用轻质材料。

第三章 荷 载

第一节 荷载和荷载组合

第 3.1.1 条 筒仓的结构设计，应考虑下列荷载：

- 一、恒载：结构自重等；
- 二、活荷载：贮料荷载、楼面活荷载、屋面活荷载、雪荷载、风荷载、积灰荷载以及筒仓外部的堆料荷载等；
- 三、地震荷载。

第 3.1.2 条 在计算筒仓的水平地震荷载及其自振周期时，取贮料总重的 80% 作为贮料的有效重量，其重心可取贮料总重的重心。

第 3.1.3 条 计算仓下支承结构和基础时，应根据使用过程中可能同时作用的荷载进行组合，并应取其最不利者进行设计。各种荷载的取值应符合下列规定：

- 一、恒载与活荷载取全部；
- 二、当地震荷载与下列荷载组合时：
恒载，取全部；
贮料荷载，取贮料总重的 90%；
雪荷载，取 50%；
风荷载，不考虑；

楼面活荷载，如按等效均布荷载考虑时，取 50~70%；如按实际情况考虑时，取全部；此时均不再考虑现行《工业与民用建筑结构荷载规范》中楼面活荷载的折减系数。

第二节 贮料压力

第 3.2.1 条 散料的物理特性参数可根据实践经验或通过试

验分析确定。当无试验资料时，可采用附录一所列数值。

第 3.2.2 条 深仓贮料压力的计算应符合下列规定(图 3.2.2)：

一、贮料顶面或贮料锥体重心以下距离 s 处，贮料作用于仓壁单位面积上的水平压力 (P_h) (千帕) 应按下列式计算：

$$P_h = C_k \rho \mu (1 - e^{-\mu k s / \rho}) \quad (3.2.2-1)$$

式中 C_k ——深仓贮料水平压力修正系数；

γ ——贮料的重力密度(千牛/米³)；

ρ ——筒仓水平净截面的水力半径；(米)；

μ ——贮料与仓壁的摩擦系数；

e ——自然对数的底；

k ——侧压力系数, $k = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ ；

s ——贮料顶面或贮料锥体重心至所计算截面处的距离(米)；

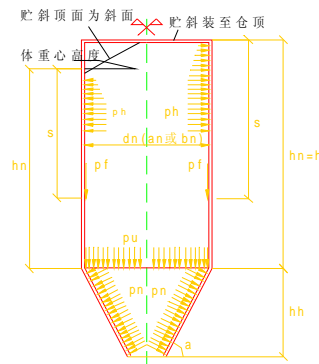


图 3.2.2 深仓的尺寸及压力示意图

φ ——贮料的内摩擦角(度)。

二、贮料作用于仓底或漏斗顶面处单位面积上的竖向压力(P_v)(千帕)应按下式计算:

$$P_v = C_v \frac{\rho}{\mu k} (1 - e^{-\mu h_n / \rho}) \quad (3.2.2-2)$$

注:当该上式计算的 P_v 值大于 h_n 时应取 h_n 。

式中 C_v ——深仓贮料竖向压力修正系数;

h_n ——贮料计算高度(米)。

三、当仓底设有偏心卸料口或仓底设多个卸料口会引起偏心卸料时,应考虑偏心卸料的不利影响。

四、贮料顶面或贮料锥体重心以下距离 s 处的计算截面以上仓壁单位周长上的总竖向摩擦力(P_f)(千牛/米)应按下式计算:

$$P_f = [s - \frac{\rho}{\mu k} (1 - e^{-\mu h_n / \rho})] \quad (3.2.2-3)$$

第3.2.3条 贮料计算高度(h_n)的确定,应符合下列规定:

一、上端

1. 贮料顶面为水平时,取至贮料顶面;
2. 贮料顶面为斜坡时,取至贮料锥体的重心。

二、下端

1. 仓底为钢筋混凝土或钢锥形漏斗时,取至漏斗顶面;
2. 仓底为填料做成的漏斗时,取至填料表面与仓壁内表面交线的最低点处;

3. 仓底为平板无填料时,取至仓底顶面。

第3.2.4条 筒仓水平净截面的水力半径(ρ)(米)的确定,应符合下列规定:

一、圆形筒仓

$$\rho = d_n / 4 \quad (3.2.4-1)$$

式中 d_n ——圆形筒仓内径(米)。

二、矩形筒仓

$$\rho = \frac{\alpha_n b_n}{2(\alpha_n + b_n)} \quad (3.2.4-2)$$

式中 α_n ——矩形筒仓长边内侧尺寸(米);

b_n ——矩形筒仓短边内侧尺寸(米)。

三、星仓

$$\rho = \frac{\sqrt{A}}{4} \quad (3.2.4-3)$$

式中 A ——星仓的净面积(米²)。

第 3.2.5 条 深仓贮料压力修正系数(C_h 、 C_v)应按表 3.2.5 选用。

深仓贮料压力修正系数表 表 3.2.5

| 筒仓部位 | 系数名称 | 修正系数值 | |
|------|--------------------|-------|--|
| 仓壁 | 水平压力修正系数 C_h | | 1. 当 $h_n/d_n > 3$ 时, C_h 值应乘以系数 1.1 2. 对于流动性能较差的散料, C_h 值可乘以系数 0.9 |
| | | | 混凝土漏斗 钢漏斗 平板 |
| 仓底 | 竖向压力修正系数 (C_v) | | |

注:① 本表不适用于设有特殊促流或减压装置的筒仓。

② 群仓的内仓、星仓及边长不大于 4 米的方仓,可取 $C_h = C_v = 1.0$ 。

第 3.2.6 条 浅仓贮料压力的计算，应符合下列规定(图 3.2.6)：

一、贮料顶面或贮料锥体重心以下距离 s 处，作用于仓壁单位面积上的水平压力心 (P_h) (千帕) 应按下式计算：

$$P_h = k s \quad (3.2.6-1)$$

二、圆形筒仓的贮料计算高度 (h_n) 大于或等于 15 米，且直径 (d_n) 大于或等于 12 米时，除按上式计算外，尚应按公式 3.2.2—1 计算贮料压力，二者计算结果取其大值；

三、贮料顶面或贮料锥体重心以下距离 s 处，单位面积上的竖向压力 (P_v) (千帕) 应按下式计算：

$$P_v = s \quad (3.2.6-2)$$

四、由卡车、火车等将散料瞬间直接卸入浅仓时，应考虑冲击影响。

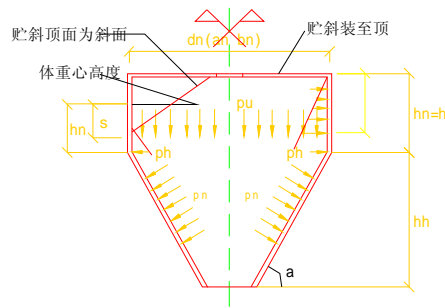


图 3.2.6 浅仓的尺寸及压力示意图

第 3.2.7 条 作用于漏斗壁单位面积上的法向压力 (P_n) (千帕) 应按下式计算：

$$P_n = \zeta P_v \quad (3.2.7)$$

式中 ξ ——系数。其值可按附录三采用；

α ——漏斗壁与水平面之夹角（度）。

第 3.2.8 条 计算作用于漏斗壁单位面积上的法向压力时，贮料作用于仓底或漏斗顶面处单位面积上的竖向压力（ P_v ）（千帕）宜按下列规定取值：

一、深仓

在漏斗高度范围内均取漏斗顶面之值。

二、浅仓

在漏斗顶面 $P_v = h_n$ (3.2.8—1)

在漏斗底面 $P_v = (h_n + h_h)$ (3.2.8—2)

式中 h_h ——漏斗高度（米）。

第四章 结构计算

第一节 一般规定

第 4.1.1 条 筒仓结构应根据使用条件进行下列计算和验算：

一、强度计算：所有结构构件均应进行强度计算。对于薄壁结构构件应包括水平、竖向和其它各控制截面的强度计算。

二、变形验算：根据使用条件需控制变形值的结构构件，应进行变形验算；当仓壁、漏斗壁的厚度满足本规范第 2.2.2 条的要求时可不进行变形验算。

三、裂缝宽度验算：应对仓壁、仓底的裂缝宽度进行验算。最大裂缝宽度 (δ_{\max}) 的允许值为 0.2 毫米。裂缝宽度可按附录的公式进行计算。

第 4.1.2 条 当基底边缘处地基压力不符合本规范第 4.3.2 条第三款的规定时，应验算筒仓的整体抗倾复稳定，抗倾复安全系数不应小于 1.5，当考虑地震荷载时，不宜小于 1.2。

第 4.1.3 条 建在地震区的筒仓，应进行抗震验算。当仓壁与仓底整体连接时，仓壁、仓底可不进行抗震验算。

第二节 仓顶、仓壁及仓底结构

第 4.2.1 条 圆形筒仓仓顶、仓壁及仓底结构的计算，应符合下列规定：

一、仓壁相连的圆形群仓，可接单仓计算。

二、圆形筒仓各壳体结构，均应计算其薄膜内力。当仓顶采用正截锥壳、正截球壳或其它形式的壳体与仓壁整体连接，或仓壁与仓底整体连接时，相连各壳尚应计算边缘效应。

圆形筒仓各旋转壳在轴对称荷载作用下的薄膜内力可按附录四的公式计算。

三、柱子支承的圆形筒仓仓壁，尚应计算其在竖向荷载作用下产生的内力。

四、当圆锥形漏斗与仓壁非整体连接、且漏斗顶部的环梁支承在壁柱或内柱上时，可忽略漏斗壁与环梁的共同受力作用。其环梁可按独立的曲梁计算轴向力、剪力、弯矩和扭矩。

第 4.2.2 条 矩形筒仓仓壁及仓底结构的计算，应符合下列规定：

一、矩形筒仓仓壁及角锥形漏斗壁可按平面构件计算。

二、矩形筒仓仓壁及角锥形漏斗壁按平面构件计算内力时，可按附录五进行计算。

第三节 仓下支承结构及基础

第 4.3.1 条 仓下支承结构的计算，应符合下列规定：

一、当仓下支承结构采用筒壁或带壁柱的筒壁时，应验算其水平截面的强度。验算带壁柱的筒壁水平截面强度时，壁柱顶承受的集中荷载可按 45° 扩散角向两边的筒壁扩散。同时尚应验算壁柱顶面的局部承压强度。

二、筒壁上开有宽度大于 1 米的洞口时，洞口上下方的筒壁或洞口上方的仓壁应计算其在竖向荷载作用下的内力。

三、当洞口间筒壁的宽度小于或等于 5 倍壁厚时，应按柱子进行计算。其计算长度可取洞高的 1.25 倍。

四、对于柱子支承的筒仓，应考虑基础不均匀沉降引起仓体倾斜时对支承结构产生的附加内力。

第 4.3.2 条 基础的计算，应符合下列规定：

一、对于浅仓可不考虑散料的冲击影响；

二、整体相连的群仓基础，应考虑空仓与满仓的不利组合；

三、基底边缘处地基最小压力宜大于零；

四、筒仓基础的倾斜率不宜超过 0.004，平均沉降量不宜超过 400 毫米。

第五章 构造

第一节 圆形筒仓仓壁和筒壁

第 5.1.1 条 筒仓仓壁或筒壁的混凝土标号不宜低于 200 号 (C20); 受力钢筋的混凝土保护层不应小于 20 毫米。

第 5.1.2 条 圆形筒仓的仓壁和筒壁最小厚度不宜小于 150 毫米, 当采用滑模施工时, 不宜小于 160 毫米。对于直径等于或大于 6 米的筒仓, 仓壁和筒壁宜配置内外双层钢筋。

第 5.1.3 条 仓壁和筒壁的水平钢筋直径不宜小于 8 毫米, 也不宜大于 20 毫米; 钢筋间距不应大于 200 毫米; 也不应小于 70 毫米。

第 5.1.4 条 水平钢筋的接头宜采用焊接。当采用绑扎接头时, 搭接长度不应小于 50 倍钢筋直径, 接头位置应错开布置。错开的距离: 水平方向不应小于一个搭接长度, 也不应小于 1 米:

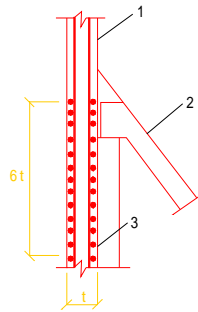


图 5.1.5 仓壁底部水平钢筋延续配置范围示意图
1—仓壁; 2—仓底(漏斗); 3—筒壁

在同一竖向截面上每隔三根钢筋允许有一个接头。

第 5.1.5 条 对于筒壁支承的筒仓，当仓底与仓壁非整体连接时，应将仓壁底每米高度的水平钢筋延续配置到仓底结构顶面以下的筒壁上，其高度不应小于 6 倍仓壁厚度(图 5.1.5)。

第 5.1.6 条 仓壁和筒壁水平钢筋总的最小配筋百分率，应符合下列规定：

一、当贮存热贮料，且贮料温度与室外最低计算温度差小于 100℃ 的水泥工业筒仓，其仓壁水平钢筋总的最小配筋百分率应为 0.4%；对于贮存其他贮料的筒仓，其仓壁水平钢筋总的最小配筋百分率均应为 0.3%。

二、筒壁水平钢筋总的最小配筋百分率应为 0.25%。

第 5.1.7 条 竖向钢筋直径不宜小于 10 毫米。钢筋间距：对于外仓仓壁每层不宜少于每米三根；对于群仓的内仓仓壁每层不宜少于每米两根；对于筒壁每层不宜少于每米三根。

当采用滑模施工时，在群仓的连接处，如运料需要，可将通道处竖向钢筋的间距增大至 1 米。

第 5.1.8 条 仓壁或筒壁竖向钢筋总的最小配筋百分率，应符合下列规定：

一、外仓仓壁，在仓底以上六分之一仓壁高度范围内 应为 0.4%，其上为 0.3%(图 5.1.8)；

二、群仓的内仓仓壁应为 0.2%；

三、筒壁应为 0.4%。

第 5.1.9 条 竖向钢筋的接头宜采用焊接。当采用绑扎接头时，光面钢筋搭接长度不应小于 40 倍钢筋直径，可不加弯钩；螺纹钢的搭接长度不应小于 35 倍钢筋直径。接头位置应错开布置，错开的距离，在同一水平截面上每隔三根允许有一个接头。

第 5.1.10 条 为了确保水平钢筋的设计位置，在环向每隔 2~4 米应设置一个两侧平行的焊接骨架(图 5.1.10—1)。骨架的水平钢筋直径宜为 6 毫米，间距应与水平钢筋相同。此时骨架

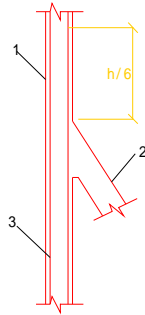


图 5.1.8 仓底与仓壁交接处竖向钢筋 0.4%配筋率范围示意图

1—仓壁;2—仓底(漏斗);3—筒壁

的竖向钢筋可代替仓壁和筒壁的竖向钢筋。

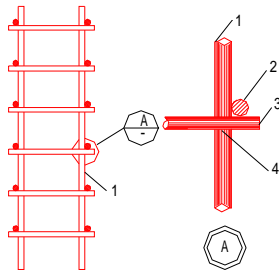


图 5.1.10—1 焊接骨架示意图

1—骨架竖向筋;2—仓壁水平筋;3—骨架水平筋;4—焊缝

当仓底与仓壁整体连接时，在距仓底以上 $\frac{1}{6}$ 的仓壁高度范围内，宜在水平和竖向两个方面的内外两层钢筋之间，每隔 500~700mm 设置一根直径 4~6mm 的连系筋(图 5.1.10—2)。

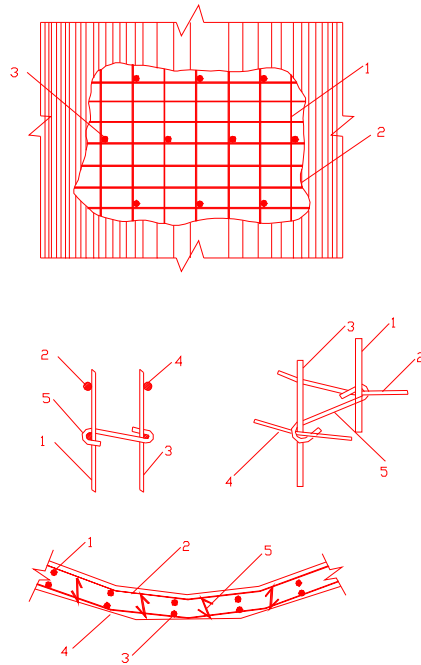


图 5.1.10—2 连系筋示意图

1—内侧竖向筋;2—内侧水平筋;3—外侧竖向筋;
4—外侧水平筋;5—连系筋

第 5.1.11 条 除有特殊措施外,在水平钢筋上不应焊接其它附件。水平钢筋与竖向钢筋的交叉点应绑扎,严禁焊接。

第 5.1.12 条 在群仓的仓壁与仓壁、筒壁与筒壁的连接处,应配置附加水平钢筋,其直径不宜小于 10mm,间距应与水平钢筋同。附加水平钢筋应伸到仓壁或筒壁内侧,其锚固长度不应小于 35 倍钢筋直径(图 5.1.12)。

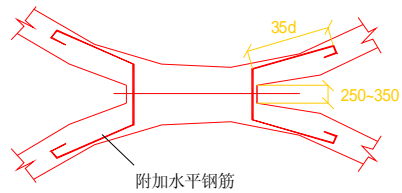


图 5.1.12 群仓连接处附加水平钢筋示意图

第二节 矩形筒仓仓壁

第 5.2.1 条 仓壁的混凝土标号不宜低于 200 号 (C20); 受力钢筋的混凝土保护层不应小于 20 毫米。

第 5.2.2 条 仓壁的最小厚度不宜小于 150 毫米, 四角宜加腋, 并配置内外双层钢筋。

第 5.2.3 条 当仓下支承柱伸到仓顶时, 仓壁中心线与柱的中心线宜重合布置, 当仓壁中心线与柱的中心线不重合时, 仓壁的任何一边离柱边的距离不应小于 50 毫米(图 5.2.3)。

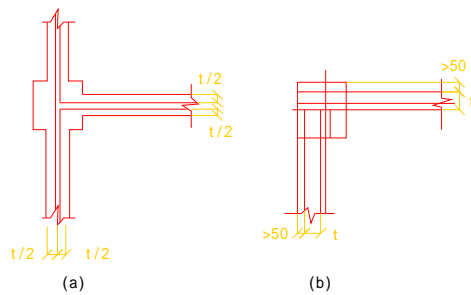


图 5.2.3 矩形筒仓仓壁与柱轴线关系示意图

a) 仓壁中心线与柱中心线重合; b) 仓壁中心线与柱中心线不重合

第 5.2.4 条 柱子支承的低壁浅仓仓壁配筋应符合下列规定:

一、按平面内弯曲计算的仓壁跨中和支座纵向受力钢筋以及

竖向钢筋均应按普通梁的构造配置，当仓底漏斗与仓壁整体连接时，配置在仓壁底部的纵向钢筋不宜少于两根，直径宜为 20~25 毫米(图 5.2.4—1)。

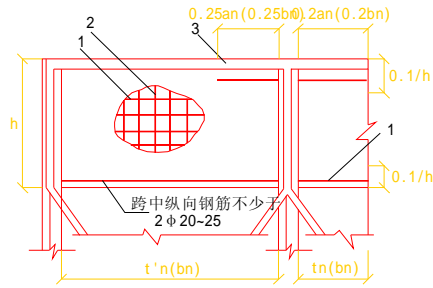


图 5.2.4—1 低壁浅仓仓壁配筋示意图

1—水平钢筋;2—竖向钢筋;3—支座钢筋;4—跨中钢筋

二、内外层的竖向和水平钢筋的直径不宜小于 8 毫米，间距不应大于 200 毫米，也不应小于 70 毫米。当仓下支承柱不伸到仓顶时，水平钢筋可按图 5.2.4—2 配置。

第 5.2.5 条 柱子支承的高壁浅仓和深仓仓壁配筋，应符合下列规定：

一、内外层水平钢筋的直径不宜小于 8 毫米，竖向钢筋的直径不宜小于 10 毫米，钢筋间距不应大于 200 毫米，也不应小于 70 毫米。

二、按平面内弯曲计算的纵向受力钢筋，可选用分散配筋形式(图 5.2.5—1)或选用集中配筋形式(图 5.2.5—2)。当仓壁为单跨筒支且选用集中配筋时，跨中纵向受力钢筋应全部伸入支座。

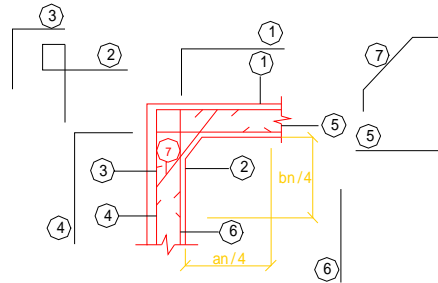


图 5. 2. 4—2 仓下支承柱不伸到仓顶的仓壁水平钢筋配置示意图

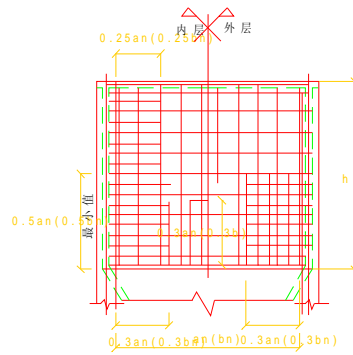


图 5. 2. 5—1 高壁浅仓和深仓仓壁分散配筋示意图

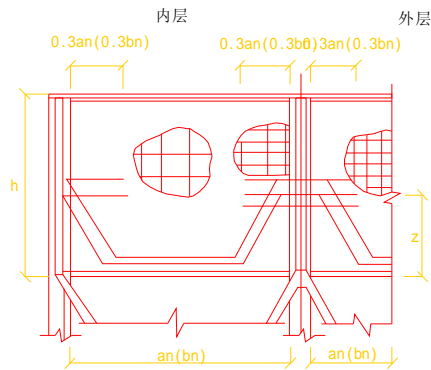


图 5. 2. 5—2 高壁浅仓和深仓仓壁集中配筋示意图

第三节 洞 口

第 5.3.1 条 在仓壁上开设的洞口宽度和高度均不宜大于 1 米，并按下列规定在洞口四周配置附加钢筋：

一、洞口上下每边附加的水平钢筋面积不应小于被洞口切断的水平钢筋面积的 **0.6** 倍。洞口左右每侧附加的竖向钢筋面积不应小于被洞口切断的竖向钢筋面积的 **0.5** 倍。

二、洞口附加钢筋的配置范围：水平钢筋应为仓壁厚度的 **1~1.5** 倍；竖向钢筋应为仓壁厚度的 **1** 倍。配置在洞口边的第一排钢筋数量不应少于三根(图 5.3.1—a)。

三、附加钢筋的锚固长度：水平钢筋自洞边伸入长度不应小于 **50** 倍钢筋直径，也不应小于洞口高度；竖向钢筋自洞边伸入长度不应小于 **35** 倍钢筋直径。

四、在洞口四角处的仓壁内外层应各配置一根直径不小于 **16** 毫米的斜向钢筋，其锚固长度两边应各为 **40** 倍钢筋直径。

五、当采用封闭钢框代替洞口的附加筋时，洞口每边被切断的水平和竖向钢筋均应与钢框有可靠的连接(图 5.3.1—b)。

第 5.3.2 条 在筒壁上开设洞口时，应按下列规定在洞口四周配置附加钢筋：

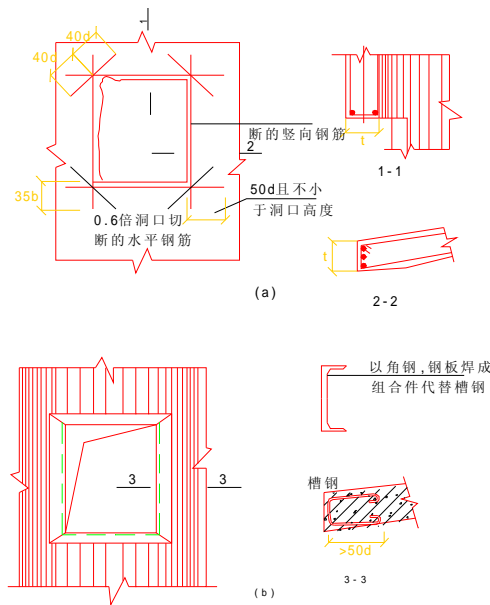


图 5.3.1 仓壁洞口构造示意图
a) 洞口配筋; b) 洞口加钢框

一、当洞口宽度小于1米，而且在洞顶以上高度等于洞宽的范围无集中和均布荷载（不包括自重）作用时，洞口每边附加钢筋的数量不应少于两根，直径不应小于16毫米。

二、当洞口宽度小于3米、大于1米时，应按计算配置洞口附加钢筋，但每边配置的附加钢筋数量不应少于两根，直径不应小于16毫米。

三、仓底以下通过车辆或胶带输送机的洞口，其宽度和高度均大于或等于3米时，除应满足本条第二款的要求外，尚应在洞口两侧设扶壁柱，其截面不宜小于400毫米×600毫米(图5.3.2)，并按柱的构造配筋，柱上端伸到洞口以上的长度不应小于1米。

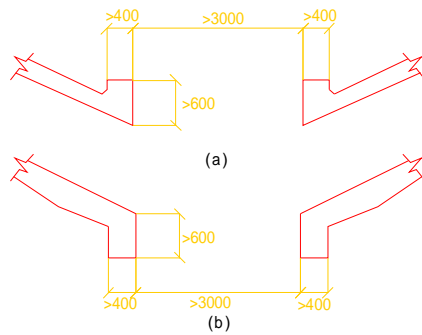


图 5.3.2 扶壁柱最小截面示意图

a)扶壁柱设在洞口内侧;b)扶壁柱设在洞口外侧

四、洞口附加钢筋的锚固长度：水平钢筋自洞边伸入长度不应小于50倍钢筋直径且不小于洞口高度；竖向钢筋自洞边伸入长度不应小于35倍钢筋直径。

五、洞口四角配置的斜向钢筋，应符合本规范第5.3.1条第四款的规定。

第 5.3.3 条 相邻洞口间狭窄筒壁宽度不应小于 3 倍壁厚，也不应小于 500 毫米。当狭窄筒壁的宽度小于或等于 5 倍壁厚时，应按柱子构造配置钢筋(图 5.3.3)，其配筋量应按计算确定。

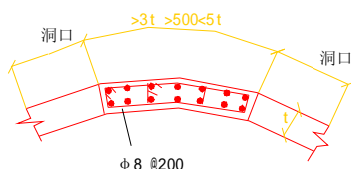


图 5.3.3 狭窄筒壁配筋示意图

第四节 漏斗

第 5.4.1 条 漏斗壁的混凝土标号不宜低于 200 号 (C20)；受力钢筋的混凝土保护层不应小于 20 毫米。

第 5.4.2 条 漏斗壁的厚度不宜小于 120 毫米，受力钢筋的直径不宜小于 8 毫米，间距不应大于 200 毫米，也不应小于 70 毫米。当壁厚大于或等于 120 毫米时，宜配置内外双层钢筋。

第 5.4.3 条 圆锥形漏斗的环向或经向钢筋、角锥形漏斗的水平或斜向钢筋总的最小配筋百分率，均不应小于 0.3%。

第 5.4.4 条 圆锥形漏斗的经向钢筋，不宜采用绑扎接头，钢筋应伸入到漏斗顶部环梁或仓壁内，其锚固长度不应小于 50 倍钢筋直径(图 5.4.4)。当环向钢筋采用绑扎接头时，搭接长度和接头位置应符合本规范第 5.1.4 条的规定。

第 5.4.5 条 角锥形漏斗宜采用分离式配筋，漏斗的斜向钢筋应伸入到漏斗上口边梁或仓壁内，其锚固长度不应小于 50 倍钢筋直径(图 5.4.4)。

第 5.4.6 条 角锥形漏斗四角的吊挂骨架钢筋，其直径不应小于 16 毫米，钢筋上端应伸入到漏斗支承构件内，其锚固长度不应小于 50 倍钢筋直径。

第 5.4.7 条 漏斗下口边梁的最小宽度不宜小于 200 毫米,其水平钢筋的搭接长度不应小于 35 倍钢筋直径,也可焊接成封闭状。

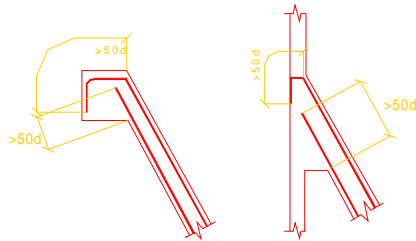


图 5.4.4 漏斗壁斜向钢筋锚固长度示意图

第五节 柱和环梁

第 5.5.1 条 仓下支承柱的纵向钢筋总的配筋百分率,不应大于 2%。

第 5.5.2 条 当仓底选用单个吊挂圆锥形漏斗,仓下支承结构为筒壁支承时,漏斗顶部钢筋混凝土环梁的高度可取 0.06~0.1 倍的筒仓直径。环梁内环向钢筋面积不应小于环梁计算截面的 0.4%,环向钢筋应沿梁截面周边均匀配置(图 5.5.2)。

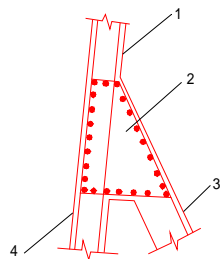


图 5.5.2 漏斗顶部钢筋混凝土仓壁环梁配筋示意图
1—仓壁;2—环梁;3—仓底(漏斗);4—筒壁

当仓下支承结构为柱子时,柱顶应设环梁,其截面及配筋量按计算确定。

第六节 内 衬

第 5.6.1 条 仓体内部表面,应根据贮料容重、粒径、硬度、落料高度、进出料方式及对漏斗壁光滑度等要求,设置相应的耐磨、助滑与防冲击层。几种常用内衬可按图 5.6.1 选用。

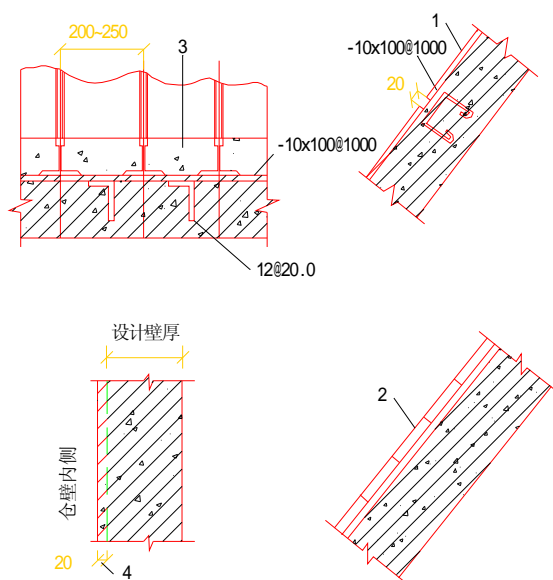


图 5.6.1 几种常用内衬示意图

1—金属面层;2—块材面层;3—钢轨间可填混凝土;4—加厚保护层

第 5.6.2 条 仓壁或仓底受贮料冲磨轻微的部位,可将受力钢筋的混凝土保护层加厚 20 毫米兼作内衬。

第 5.6.3 条 仓壁或仓底受贮料冲磨严重或直接受冲击的部位，应选用抗冲磨性能好的材料作内衬。当使用条件允许时，仓底应考虑以死料作为内衬。卸料口处的内衬应考虑易于更换。

第 5.6.4 条 仓顶进料口处的四周，应避免贮料的冲磨，否则宜采取相应的防护措施。

第七节 抗震构造措施

第 5.7.1 条 仓下支承柱纵向钢筋的最小配筋百分率，应符合表 5.7.1 的规定。

表 5.7.1 仓下支承柱纵向钢筋总的最小配筋百分率

| 设计烈度 | 中、边柱 | 角柱 |
|-------|------|------|
| 7、8 度 | 0.7% | 0.9% |
| 9 度 | 0.9% | 1.1% |

注：圆筒单仓的周边支承柱应按角柱考虑。

第 5.7.2 条 当仓下支承结构为柱支承时，在柱与仓壁或环梁交接处及其以下部位、柱与基础交接处及其以上部位，箍筋的配置应符合下列规定：

一、距上下交接处不小于柱截面长边或柱净高的六分之一，同时也不小于 1 米的范围内，箍筋间距应为 100 毫米；

二、箍筋直径：7 度时，不小于 8 毫米；8 度、9 度时，不小于 10 毫米。

第 5.7.3 条 筒壁应配置双层钢筋，其水平或竖向钢筋总的最小配筋百分率均不宜小于 0.4%。洞口扶壁柱总的最小配筋百分率不宜小于 0.6%。

附录一 散料的物理特性参数

附表 1

| 散料名称 | 重力密度() (千牛/米 ²) | 内摩擦角 φ (度) | 摩擦系数 μ | |
|------------|---------------------------------|-----------------------|------------|------|
| | | | 对混凝土板 | 对钢板 |
| 稻 谷 | 6.0 | 35 | 0.050 | 0.35 |
| 大 米 | 8.5 | 30 | 0.42 | 0.30 |
| 玉 米 | 7.8 | 28 | 0.42 | 0.32 |
| 小 麦 | 8.0 | 25 | 0.40 | 0.30 |
| 大 豆 | 7.5 | 25 | 0.40 | 0.30 |
| 葵 花 子 | 5.5 | 30 | 0.40 | 0.30 |
| 水 泥 | 16.0 | 30 | 0.58 | 0.30 |
| 水泥生料 | 14.0 | 30 | 0.58 | 0.30 |
| 干 粘 土 | 16.0 | 35 | 0.50 | 0.30 |
| 铁粉(硫铁矿废渣) | 16.0 | 33 | 0.55 | 0.35 |
| 水泥熟料 | 16.0 | 33 | 0.50 | 0.30 |
| 石膏碎块 | 15.0 | 35 | 0.50 | 0.35 |
| 矿渣(干粒状高米渣) | 11.0 | 30 | 0.50 | 0.35 |
| 石 灰 石 | 16.0 | 35 | 0.50 | 0.30 |
| 铁 精 矿(粉状) | 27.0 | 30~34 | 0.50 | 0.36 |
| 硫铁精矿(粉状) | 20.0 | 30~34 | 0.55 | 0.45 |
| 铜 精 矿(粉状) | 23.0 | 28~32 | 0.55 | 0.45 |
| 铅 精 矿(粉状) | 33.0 | 30~34 | 0.60 | 0.50 |

续附表 1

| 散料名称 | 重力密度() (千牛/米 ²) | 内摩擦角 φ (度) | 摩擦系数 μ | |
|---------|---------------------------------|-----------------------|------------|------|
| | | | 对混凝土板 | 对钢板 |
| 锌精矿(粉状) | 21.0 | 28~32 | 0.60 | 0.50 |
| 锡精矿(粉状) | 32.0 | 29~32 | 0.55 | 0.40 |
| 镍精矿(粉状) | 17.0 | 30~34 | 0.45 | 0.40 |
| 钼精矿(粉状) | 20.0 | 22~25 | 0.35 | 0.30 |
| 萤石粉 | 20.0 | 28~32 | 0.60 | 0.45 |
| 无烟煤 | 8.0~12.0 | 25~40 | 0.5~0.6 | 0.30 |
| 烟煤 | 8.0~11.5 | 25~40 | 0.5~0.6 | 0.30 |
| 精煤 | 8.0~9.0 | 30~35 | 0.5~0.6 | 0.30 |
| 中煤 | 12.0~14.0 | 35~40 | 0.5~0.6 | 0.30 |
| 煤矸石 | 16.0 | 35~40 | 0.60 | 0.45 |
| 褐煤 | 7.0~10.0 | 23~38 | 0.5~0.6 | 0.30 |
| 油母页岩 | 7.0~10.0 | 23~38 | 0.5~0.6 | 0.30 |
| 煤粉(电厂用) | 8.0~9.0 | 25~30 | 0.55 | 0.40 |
| 粉煤灰 | 7.0~8.0 | 23~30 | 0.55 | 0.40 |
| 焦炭 | 6.0 | 40 | 0.80 | 0.50 |

注:1.表中内摩擦角和摩擦系数系指散料外在含水量小于12%的值,当超过时,需另行考虑。

2.表中的重力密度 r 不含水重。设计时应按散料的实际含水量进行修正。

附录二 仓壁、仓底裂缝 宽度计算公式

一、在轴心受拉构件中，考虑裂缝宽度分布不均匀性及荷载长期作用影响后的最大裂缝宽度 δ_{fmax} (厘米)，可按下列公式计算：

$$\delta_{fmax} = 2.2\Psi \frac{\sigma_g}{E_g} l_f \quad (\text{附 2—1})$$

$$\Psi = 1 - 0.56 \frac{A_b f_R}{N} \quad (\text{附 2—2})$$

$$l_f = (7 + 0.16 \frac{d}{\mu}) \nu \quad (\text{附 2—3})$$

式中 Ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数，当 $\Psi < 0.3$ 时，取 $\Psi = 0.3$ ；

N ——纵向力(10 牛)；

σ_g ——纵向受拉钢筋应力， $\sigma_g = \frac{N}{A_g}$ (10 牛/厘米²)；

E_g ——钢筋的弹性模量(10 牛/厘米²)；

A_b ——混凝土的截面面积(厘米²)；

R_f ——混凝土的抗裂设计强度(10 牛/厘米²)；

l_f ——平均裂缝间距(厘米)；

α ——纵向受拉钢筋直径(厘米)，当用不同直径的钢筋时，公式(附 2—3)中 d 改用换算直径 $4A_g/s$ (s 为纵向受拉钢筋总周长)；

μ ——纵向钢筋配筋率, $\mu = \frac{A_g}{A}$ (A 为构件截面面积);

ν ——与纵向钢筋表面形状有关的系数:

对螺纹钢,取 $\nu = 0.7$;

对光面钢筋,取 $\nu = 1.0$ 。

二、在矩形、 T 形、倒 T 形和工字形截面受弯构件中,考虑裂缝宽度分布不均匀性及荷载长期作用影响后的最大裂缝宽度 δ_{fmax} (厘米),可按下列公式计算:

$$\delta_{fmax} = 2.0 \Psi \frac{\sigma_g}{E_g} l_f \quad (\text{附 2—4})$$

$$l_f = [6 + 0.06 \frac{d}{\mu} (1 + 2 \nu + 0.4 \nu^2)] \nu \quad (\text{附 2—5})$$

$$\Psi = 1.2 [1 - \frac{0.235(1 + 2 \nu + 0.4 \nu^2) R_f b h^2}{M}] \quad (\text{附 2—6})$$

式中 Ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数:

当 $\Psi < 0.4$ 时,取 $\Psi = 0.4$;

当 $\Psi > 1.0$ 时,取 $\Psi = 1.0$;

σ_g ——纵向受拉钢筋应力,可取 $\sigma_g = \frac{M}{0.87 A_g h_0}$ (10 牛/厘米²)

l_f ——平均裂缝间距(厘米);

d ——纵向受拉钢筋直径(厘米);当用不同直径的钢筋时,公式附(2—5)中 d 改用换算直径 $4A_g/s$ (s 为纵向受拉钢筋总周长);

μ ——纵向受拉钢筋配筋率, $\mu = \frac{A_g}{bh_0}$;

ν ——与纵向受拉钢筋表面形状有关的系数:

对螺纹钢,取 $\nu = 0.7$;

对光面钢筋,取 $\nu = 1.0$;

M ——标准荷载所产生的弯矩(10 牛·厘米);

b ——截面宽度(厘米);

h ——截面高度(厘米);

h_0 ——截面的有效高度(厘米);

$\sigma_1 = \frac{(b_i - b)}{h_i} bh$, 其中 b_i, h_i 分别为受拉区的翼缘宽

度及高度;

$\sigma'_1 = \frac{(b'_i - b)}{h'_i} bh$, 其中 b'_i, h'_i 分别为受压区的翼缘宽度

及高度;

$\sigma'_1 = \frac{(b'_i - b)}{h'_i} bh$, 其中当 $h'_i > 0.2h_0$ 时, 取 h'_i

$= 0.2h_0$ 计算。

当采用Ⅲ级钢筋作纵向受拉钢筋时, 应将计算求得的最大裂缝宽度乘以系数 1.1; 如有可靠的设计经验或构造措施时, 公式(附 2—4)中的系数 2.0 可适当减小。

注: 本附录中的公式及符号均与《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74) 同。

附录三

系数 $\xi = \cos^2\alpha + \sin^2\alpha k = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$ 和 $\lambda = (1 - e^{-\mu ks})$ 的值

$\xi = \cos^2\alpha + k\sin^2\alpha, k = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$ 值表

附表 3.1

| α | φ 值 (度) | | | | | | |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| (度) | $k = \text{th}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ 的值 | | | | | | |
| | 0.490 | 0.460 | 0.333 | 0.271 | 0.217 | 0.172 | 0.132 |
| 25 | 0.909 | 0.893 | 0.881 | 0.869 | 0.800 | 0.852 | 0.845 |
| 30 | 0.872 | 0.852 | 0.833 | 0.818 | 0.804 | 0.793 | 0.715 |
| 40 | 0.789 | 0.755 | 0.725 | 0.699 | 0.677 | 0.657 | 0.642 |
| 42 | 0.772 | 0.734 | 0.701 | 0.673 | 0.650 | 0.629 | 0.612 |
| 44 | 0.754 | 0.713 | 0.678 | 0.648 | 0.622 | 0.600 | 0.581 |
| 45 | 0.745 | 0.703 | 0.667 | 0.636 | 0.609 | 0.586 | 0.566 |
| 46 | 0.736 | 0.698 | 0.655 | 0.623 | 0.505 | 0.571 | 0.551 |
| 48 | 0.719 | 0.672 | 0.632 | 0.598 | 0.568 | 0.543 | 0.521 |
| 50 | 0.701 | 0.651 | 0.608 | 0.572 | 0.540 | 0.513 | 0.491 |
| 52 | 0.684 | 0.631 | 0.586 | 0.547 | 0.514 | 0.486 | 0.461 |
| 54 | 0.666 | 0.611 | 0.563 | 0.523 | 0.487 | 0.457 | 0.432 |
| 55 | 0.658 | 0.601 | 0.552 | 0.511 | 0.475 | 0.444 | 0.418 |
| 56 | 0.649 | 0.592 | 0.542 | 0.409 | 0.462 | 0.430 | 0.404 |
| 58 | 0.633 | 0.573 | 0.520 | 0.476 | 0.437 | 0.404 | 0.376 |
| 60 | 0.617 | 0.555 | 0.500 | 0.453 | 0.413 | 0.378 | 0.349 |
| 62 | 0.602 | 0.537 | 0.480 | 0.431 | 0.389 | 0.354 | 0.324 |
| 64 | 0.588 | 0.520 | 0.461 | 0.411 | 0.367 | 0.330 | 0.299 |
| 65 | 0.581 | 0.512 | 0.452 | 0.401 | 0.357 | 0.320 | 0.287 |
| 66 | 0.574 | 0.504 | 0.443 | 0.391 | 0.346 | 0.302 | 0.276 |
| 68 | 0.561 | 0.490 | 0.426 | 0.373 | 0.327 | 0.287 | 0.254 |
| 70 | 0.550 | 0.476 | 0.412 | 0.356 | 0.309 | 0.268 | 0.234 |

附表 3.2 $\lambda=(1-e^{-\mu ks/\rho})$ 值表

| $\mu ks/\rho$ | λ | $\mu ks/\rho$ | λ | $\mu ks/\rho$ | λ | $\mu ks/\rho$ | λ |
|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| 0.01 | 0.010 | 0.37 | 0.309 | 0.73 | 0.518 | 1.18 | 0.693 |
| 0.02 | 0.020 | 0.38 | 0.316 | 0.74 | 0.523 | 1.20 | 0.699 |
| 0.03 | 0.130 | 0.39 | 0.323 | 0.75 | 0.528 | 1.22 | 0.705 |
| 0.04 | 0.039 | 0.40 | 0.330 | 0.76 | 0.532 | 1.24 | 0.711 |
| 0.05 | 0.049 | 0.41 | 0.336 | 0.77 | 0.537 | 1.26 | 0.716 |
| 0.06 | 0.058 | 0.42 | 0.343 | 0.78 | 0.542 | 1.28 | 0.722 |
| 0.07 | 0.068 | 0.43 | 0.349 | 0.79 | 0.546 | 1.30 | 0.727 |
| 0.05 | 0.049 | 0.41 | 0.336 | 0.77 | 0.537 | 1.26 | 0.716 |
| 0.06 | 0.058 | 0.42 | 0.343 | 0.78 | 0.542 | 1.28 | 0.722 |
| 0.07 | 0.068 | 0.43 | 0.349 | 0.79 | 0.546 | 1.30 | 0.727 |
| 0.08 | 0.077 | 0.44 | 0.356 | 0.80 | 0.551 | 1.32 | 0.733 |
| 0.09 | 0.086 | 0.45 | 0.362 | 0.81 | 0.555 | 1.34 | 0.738 |
| 0.10 | 0.095 | 0.46 | 0.369 | 0.82 | 0.559 | 1.36 | 0.743 |
| 0.11 | 0.104 | 0.47 | 0.375 | 0.83 | 0.564 | 1.38 | 0.748 |
| 0.12 | 0.113 | 0.48 | 0.381 | 0.84 | 0.568 | 1.40 | 0.753 |
| 0.13 | 0.122 | 0.40 | 0.387 | 0.85 | 0.573 | 1.42 | 0.758 |
| 0.14 | 0.131 | 0.50 | 0.393 | 0.86 | 0.577 | 1.44 | 0.763 |
| 0.15 | 0.139 | 0.51 | 0.399 | 0.87 | 0.581 | 1.46 | 0.768 |
| 0.16 | 0.148 | 0.52 | 0.405 | 0.88 | 0.585 | 1.48 | 0.772 |
| 0.17 | 0.156 | 0.53 | 0.411 | 0.89 | 0.589 | 1.50 | 0.777 |
| 0.18 | 0.165 | 0.54 | 0.417 | 0.90 | 0.593 | 1.52 | 0.781 |
| 0.19 | 0.173 | 0.55 | 0.423 | 0.91 | 0.597 | 1.54 | 0.786 |
| 0.20 | 0.181 | 0.56 | 0.429 | 0.92 | 0.601 | 1.56 | 0.790 |
| 0.21 | 0.189 | 0.57 | 0.434 | 0.93 | 0.605 | 1.58 | 0.794 |
| 0.22 | 0.197 | 0.58 | 0.440 | 0.94 | 0.609 | 1.60 | 0.798 |
| 0.23 | 0.205 | 0.59 | 0.446 | 0.95 | 0.613 | 1.62 | 0.802 |
| 0.25 | 0.221 | 0.61 | 0.457 | 0.97 | 0.621 | 1.66 | 0.810 |
| 0.26 | 0.229 | 0.62 | 0.462 | 0.98 | 0.625 | 1.68 | 0.814 |
| 0.27 | 0.237 | 0.63 | 0.467 | 0.99 | 0.628 | 1.70 | 0.817 |
| 0.28 | 0.244 | 0.64 | 0.473 | 1.00 | 0.632 | 1.72 | 0.821 |
| 0.31 | 0.267 | 0.67 | 0.488 | 1.06 | 0.654 | 1.78 | 0.831 |
| 0.32 | 0.274 | 0.68 | 0.493 | 1.08 | 0.660 | 1.80 | 0.835 |
| 0.33 | 0.281 | 0.69 | 0.498 | 1.10 | 0.667 | 0.182 | 0.838 |
| 0.34 | 0.288 | 0.70 | 0.503 | 1.12 | 0.674 | 1.84 | 0.841 |
| 0.35 | 0.295 | 0.71 | 0.508 | 1.14 | 0.680 | 1.86 | 0.844 |
| 0.36 | 0.302 | 0.72 | 0.513 | 1.16 | 0.687 | 1.88 | 0.847 |

续附表 3.2

| $\mu\text{ks}/\rho$ | λ | $\mu\text{ks}/\rho$ | λ | $\mu\text{ks}/\rho$ | λ | $\mu\text{ks}/\rho$ | λ |
|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| 0.90 | 0.850 | 5.00 | 0.993 | | | | |
| 1.92 | 0.853 | 6.00 | 0.998 | | | | |
| 1.94 | 0.856 | 7.00 | 0.999 | | | | |
| 1.96 | 0.859 | 8.00 | 1.00 | | | | |
| 1.98 | 0.862 | | | | | | |
| 2.00 | 0.865 | | | | | | |
| 2.05 | 0.871 | | | | | | |
| 2.10 | 0.878 | | | | | | |
| 2.15 | 0.884 | | | | | | |
| 2.20 | 0.889 | | | | | | |
| 2.25 | 0.895 | | | | | | |
| 2.30 | 0.900 | | | | | | |
| 2.35 | 0.905 | | | | | | |
| 2.40 | 0.909 | | | | | | |
| 2.45 | 0.914 | | | | | | |
| 2.50 | 0.918 | | | | | | |
| 2.55 | 0.922 | | | | | | |
| 2.60 | 0.926 | | | | | | |
| 2.65 | 0.929 | | | | | | |
| 2.70 | 0.933 | | | | | | |
| 2.75 | 0.939 | | | | | | |
| 2.80 | 0.939 | | | | | | |
| 2.85 | 0.942 | | | | | | |
| 2.90 | 0.945 | | | | | | |
| 2.95 | 0.948 | | | | | | |
| 3.00 | 0.950 | | | | | | |
| 3.10 | 0.955 | | | | | | |
| 3.20 | 0.959 | | | | | | |
| 3.30 | 0.963 | | | | | | |
| 3.40 | 0.967 | | | | | | |
| 3.50 | 0.970 | | | | | | |
| 3.60 | 0.973 | | | | | | |
| 3.70 | 0.975 | | | | | | |
| 3.80 | 0.978 | | | | | | |
| 3.90 | 0.980 | | | | | | |
| 4.00 | 0.982 | | | | | | |

附录四 旋转壳在轴对称荷载作用下的薄膜内力计算公式

附表 4

| 荷载类型 | 环向力 N_p (受拉为正) | 经向力 N_m (受拉为正) |
|------|---|--|
| 自重 | $qR \left[\frac{\cos\beta_0 - \cos\beta}{\sin^2\beta} - \cos\beta \right]$ | $-qR \left[\frac{\cos\beta_0 - \cos\beta}{\sin^2\beta} \right]$ |
| 雪荷载 | $\frac{q_s R}{2} \left[1 - \frac{\sin^2\beta_0}{\sin^2\beta} - 2\cos^2\beta \right]$ | $-\frac{q_s R}{2} \left[1 - \frac{\sin^2\beta_0}{\sin^2\beta} \right]$ |
| 线荷载 | $q \frac{\sin^2\beta_0}{\sin^2\beta}$ | $-q \frac{\sin^2\beta_0}{\sin^2\beta}$ |
| 自重 | $-ql \cos\alpha \operatorname{ctg}\alpha$ | $-\frac{ql}{2\sin\alpha} \left(1 - \frac{l_1^2}{l^2} \right)$ |
| 雪荷载 | $-q_s l \cos^2\alpha \operatorname{ctg}\alpha$ | $-\frac{1}{2} q_s l \left(1 - \frac{l_1^2}{l^2} \right) \operatorname{ctg}\alpha$ |

续附表 4

| 荷载类型 | 环向力 N_p (受拉为正) | 经向力 N_m (受拉为正) |
|------|--|---|
| 线荷载 | 0 | $-\frac{ql_1}{l}$ |
| | $p_n R$ | $-q - \sigma t$ |
| | $p_n R$ | $-q - p_e - \sigma t$ |
| 自重 | $q l \cos \alpha \operatorname{ctg} \alpha$ | $\frac{q l}{2 \sin \alpha} (1 - l_1^2 / l^2)$ |
| 贮料压力 | $\frac{\xi \operatorname{ctg} \alpha}{1 - n} \left[(p v_2 - p v_1) \frac{l^2}{l^2} + p v_1 - n p v_2 \right] l$ | $\frac{l \operatorname{ctg} \alpha}{2} \left[\frac{l_2 (p v_1 - n p v_2) - l (p v_1 - p v_2)}{l_2 - l_1} + \frac{\sin \alpha}{3} \left(l - \frac{l_1^3}{l^2} \right) \right]$ |

续附表 4

| 荷载类型 | 环向力 N_p (受拉为正) | 经向力 N_m (受拉为正) |
|------|--|---|
| 自重 | $ql\cos\alpha\text{ctg}\alpha$ | $\frac{ql}{2\sin\alpha}(1-l_2^2)$ |
| 贮料压力 | $\frac{\xi\text{ctg}\alpha}{1-n}\left[(p_{v2}-p_{v1})\frac{l^2}{l_2^2} + p_{v1}-np_{v2}\right]l$ | $\frac{\text{ctg}\alpha}{2}\left[p_{v1}\frac{l\cdot l_2-l^2}{(1-n)l_2}-p_{v2}\right]$ $\left[\frac{l_2^2}{l}\frac{l^2-nl\cdot l_2}{(1-n)l_2}\right]$ $-\frac{l_2^3}{3}\left(\frac{l_2}{l}-l^2\right)\sin\alpha$ |

注： 1. 符号

c ——仓壁材料重力密度（千牛/米³）；

ξ ——系数， $\xi=\cos^2\alpha+k\sin^2\alpha$ ；

n ——系数， $n=l_2/l_2$ ；

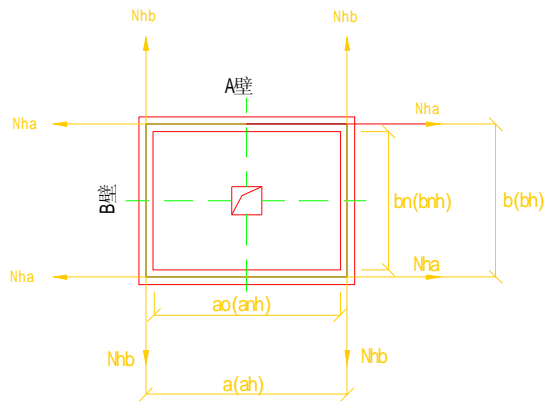
p_{v1} 、 p_{v2} ——分别为贮料作用于漏斗底部及顶部单位面积上的竖向压力（千帕）；

t ——圆筒壳的厚度（米）；

2. 各项荷载都以图示方向为正。

附录五 矩形筒仓按平面 构件的内力计算

一、对称布置的矩形筒仓仓壁或角锥形漏斗壁，在贮料水平压力或贮料法向压力及漏斗壁自重作用下，由邻壁传来的水平拉力可按下列公式计算（附图 5.1）：



附图 5.1 仓壁(或角锥形漏斗壁)水平拉力位置示意图

1. 低壁浅仓仓壁 A、B 底部的水平拉力 N_{ha} 、 N_{hb} (千牛)

$$N_{ha} = \frac{N_R \cdot b_n}{2} \quad (\text{附 5.1})$$

$$N_{hb} = \frac{N_R \cdot a_n}{2} \quad (\text{附 5.2})$$

2. 高壁浅仓或深仓仓壁 A、B 任一水平截面单位高度上的水平拉力 N_{ha} 、 N_{hb} (千牛/米)

$$N_{ha} = \frac{P_h \cdot b_n}{2} \quad (\text{附 5.3})$$

$$N_{hb} = \frac{P_h \cdot \alpha_n}{2} \quad (\text{附 5.4})$$

3. 角锥形漏斗壁 A、B 任一水平截面沿壁斜向单位高度上的水平拉力 N_{na} 、 N_{nb} (千牛/米)

$$N_{na} = \frac{(P_{nb} + q \cdot \cos \alpha_b) \cdot b_n h \cdot \sin \alpha_a}{2} \quad (\text{附 5.5})$$

$$N_{nb} = \frac{(P_{na} + q_a \cdot \cos \alpha_a) \cdot \alpha_{nh} \cdot \sin \alpha_b}{2} \quad (\text{附 5.6})$$

式中 N_R ——在贮料水平压力作用下，低壁浅仓仓壁底部单位宽度上的反力 (千牛/米)，可按下式计算：

$$\text{当顶部有楼板时，} N_R = \frac{2}{5} P_h \cdot h_n$$

$$\text{当顶部无楼板时，} N_R = \frac{1}{2} P_h \cdot h_n$$

此处 h_n 为贮料计算高度， P_h 系指仓壁底部的值；

P_h ——计算截面处贮料作用于仓壁的水平压力 (千帕)；

P_{na} 、 P_{nb} ——分别为计算截面处贮料作用于角锥形漏斗壁 A、B 上的法向压力 (千帕)；

q_a 、 q_b ——分别为角锥形漏斗壁 A、B 单位面积自重 (千帕)；

α_n 、 b_n ——分别为仓壁 A、B 的宽度 (米) (内侧尺寸)；

$\alpha_n h$ 、 $b_n h$ ——分别为计算截面处角锥形漏斗壁 A、B 的宽度 (米) (内侧尺寸)；

α_a 、 α_b ——分别为角锥形漏斗壁 A、B 与水平面之夹角 (度)。

二、对称布置的矩形筒仓仓壁或角锥形漏斗壁，在贮料荷载、结构自重等竖向荷载作用下产生的竖向力或斜向力，可按下列公式计算：

1. 仓壁 A、B 底部单位宽度上的竖向力 N_{va} 、 N_{vb} (千牛/米)

$$N_{va} = N_{vb} = \frac{G_1}{2(\alpha + b)} \quad (\text{附 5.7})$$

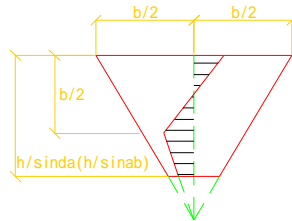
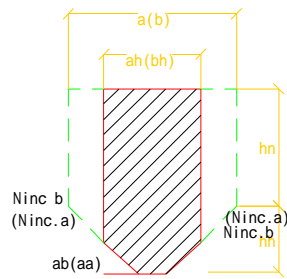
2. 角锥形漏斗壁 A、B 任一水平截面单位宽度上的斜向力 $N_{inc \cdot a}$ 、 $N_{inc \cdot b}$ (千牛/米) (附图 5.2)

$$N_{inc \cdot a} = \frac{G_2}{2(\alpha_h + b_h) \cdot \sin \alpha_a} \quad (\text{附 5.8})$$

$$N_{inc \cdot b} = \frac{G_2}{2(\alpha_h + b_h) \cdot \sin \alpha_b} \quad (\text{附 5.9})$$

式中 G_1 ——仓壁底部所承受的全部竖向荷载 (包括全部贮料荷载和仓壁底部以下的漏斗结构自重及附设在其上的设备重等) (千牛);

G_2 ——计算截面以下漏斗壁所承受的全部竖向荷载 (对于浅仓: 包括附图 5.2 中阴影部分贮料重、计算截面以下的漏斗结构自重及附设在其上的设备重等; 对于深仓: 包括计算截面处的贮料竖向压力、计算截面以下漏斗内的贮料重、漏斗结构自重及附设在其上的设备重等) (千牛);



附图 5.2 斜向力及贮料荷载示意图 附图 5.3 三角形深梁内力图

a 、 b ——分别为仓壁 A、B 的宽度 (米) (轴线尺寸)；
 α_h 、 b_h ——分别为计算截面处角锥形漏斗壁 A、B 的宽度 (米) (轴线尺寸)。

三、矩形浅仓仓壁、角锥形漏斗壁平面外的弯曲，可按周边支承板进行计算，相邻壁交接处的不平衡弯矩可按平均分配的方法进行调整。

矩形深仓仓壁平面外的弯曲，可按平面框架进行计算。

四、柱子支承的方形或接近方形的矩形浅仓仓壁、角锥形漏斗壁平面内的弯曲可按下列规定计算：

1. 角锥形漏斗仓，其漏斗壁可按单独的三角形深梁计算；三角形深梁可按材料力学公式计算，漏斗壁的计算高度可取其跨度的二分之一，当漏斗壁的高度小于跨度的二分之一时，则取其实际高度，而深梁下部应力值向三角形尖顶按直线递减为零(附图 5.3)。

2. 低壁浅仓，仓壁与竖向投影为 0.4 倍跨度的漏斗壁一起，按普通梁计算。

3. 高壁浅仓或深仓仓壁可按平面深梁计算，略去漏斗壁的共同受力作用。平面深梁的计算表格见附表 5.1~5.5。

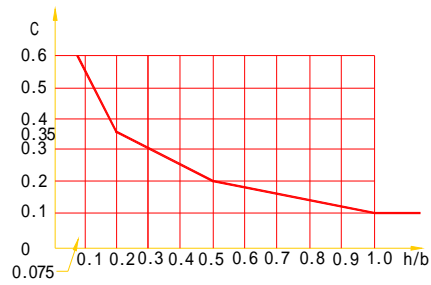
4. 选择钢筋截面时，按平面内弯曲算出的水平应力应与按公式附 5.1~5.6 所计算出的水平力同时考虑。

五、对称布置且柱子支承的角锥形漏斗壁交角顶部在贮料重量及漏斗自重作用下的斜向拉力 N_{inc}^t (千牛)，可按下式计算：

$$N_{inc}^t = \frac{C}{2} (N_{inc \cdot \alpha} \cdot \alpha + N_{inc \cdot b} \cdot b) \quad (\text{附 } 5.10)$$

式中 C ——荷载分配系数，可按附图 5.4 选用，

$N_{inc \cdot \alpha} + N_{inc \cdot b}$ ——分别为角锥形漏斗壁 A、B 顶部单位宽度上的斜向拉力 (千牛/米)。

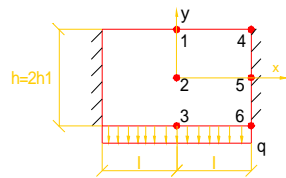


附图 5.4 荷载分配系数 C (h 为仓壁高度或漏斗仓上边梁高度)

六、按分散配筋方法计算时的平面深梁内力计算表

1. 均布荷载作用下两端固定深梁内力计算表

(1) 均布荷载作用在下边

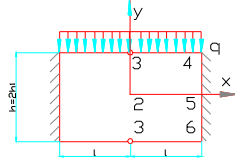


附表 5.1

| 点号 | $h_1/l=2$ | | | 点号 | $h_1/l=1$ | | | 点号 | $h_1/l=2$ | | |
|----|------------|------------|---------------|----|------------|------------|---------------|----|------------|------------|---------------|
| | σ_x | σ_y | σ_{xy} | | σ_x | σ_y | σ_{xy} | | σ_x | σ_y | σ_{xy} |
| 1 | -0.140 | 0 | 0 | 1 | -0.436 | 0 | 0 | 1 | -1.210 | 0 | 0 |
| 2 | 0.083 | 0.500 | 0 | 3 | 0.602 | 1.000 | 0 | 2 | 0.083 | 0.500 | 0 |
| 3 | 0.306 | 1.000 | 0 | 3 | 0.602 | 1.000 | 0 | 3 | 1.376 | 1.000 | 0 |
| 4 | 0.027 | 0 | 0 | 4 | 1.405 | 0 | 0 | 4 | 3.218 | 0 | 0 |
| 5 | 0.083 | 0.500 | -1.500 | | | | | | | | |
| 6 | -0.104 | 1.00 | 0 | 6 | -0.878 | 1.000 | 0 | 6 | -3.051 | 1.000 | 0 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

- 注：①表内系数是按板夺取为 1， $q=1$ 求得。
 ②多跨深梁的边跨跨中 σ_x 应比表中增加 50%。
 单跨简支深梁跨中 σ_x 应比表中增加 100%。
 ③ $h_1=h/2$ ； $l=a/2$ （或 $b/2$ ）。
 ④ h 为仓壁高度。

(2) 均布荷载作用在上边

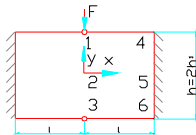


附表 5.2

| 点号 | $h_1/l=2$ | | | 点号 | $h_1/l=1$ | | | 点号 | $h_1/l=1/2$ | | |
|----|------------|------------|-------------|----|------------|------------|-------------|----|-------------|------------|-------------|
| | σ_x | σ_y | τ_{xy} | | σ_x | σ_y | τ_{xy} | | σ_x | σ_y | τ_{xy} |
| 1 | -0.306 | -1.000 | 0 | 1 | -0.602 | -1.000 | 0 | 1 | -1.736 | -1.000 | 0 |
| 2 | -0.083 | -0.500 | 0 | 2 | -0.083 | -0.500 | 0 | 2 | -0.083 | -0.500 | 0 |
| 3 | 0.140 | 0 | 0 | 3 | 0.436 | 0 | 0 | 3 | 1.210 | 0 | 0 |
| 4 | 0.104 | -1.000 | 0 | 4 | 0.878 | -1.000 | 0 | 4 | 3.051 | -1.000 | 0 |
| 5 | -0.083 | -0.500 | -0.375 | 5 | -0.083 | -0.500 | -0.750 | 5 | -0.083 | -0.500 | -1.500 |
| 6 | -0.027 | 0 | 0 | 6 | -1.045 | 0 | 0 | 6 | -3.218 | 0 | 0 |

注：说明见附表 5.1。

2. 集中荷载作用下两端固定深梁内力计算表



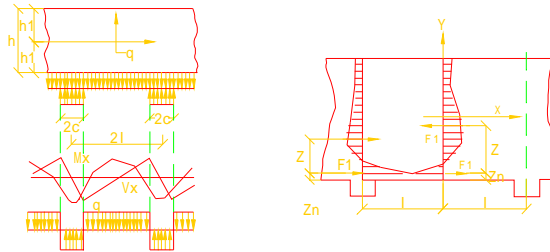
附表 5.3

| 点号 | $h_1/l=1$ | | | | $h_1/l=2/3$ | | | 乘数 |
|----|------------|------------|-------------|---|-------------|------------|-------------|----------------|
| | σ_x | σ_y | τ_{xy} | | σ_x | σ_y | τ_{xy} | |
| 1 | -3.038 | -0.6000 | 1.324 | 1 | -3.311 | -6.0 | 1.374 | $\frac{F}{2l}$ |
| 2 | 0.170 | -0.925 | 0.411 | 2 | 0.308 | -1.476 | 0.888 | |
| 3 | 0.441 | 0 | 0.077 | 3 | 1.108 | 0 | 0.238 | |
| 4 | 1.511 | 0 | 0.435 | 4 | 1.955 | 0 | 0.622 | |
| 5 | -0.249 | -0.042 | 0.626 | 5 | -0.225 | -0.037 | 0.856 | |
| 6 | -0.748 | 0 | 0.328 | 6 | -1.632 | 0 | 0.670 | |

注：①表中 τ_{xy} 为各点附近的最大值。
 ②表中系数按板厚等于 1, $F=1$ 求得。
 ③多跨深梁的边跨跨中 σ_x 应比表中值增加 50%；
 单跨简支深梁跨中 σ_y 应比表中值增加 100%。
 ④ $h_1=h/2, l=a/2$ (或 $b/2$), h 为仓壁高度。

七、按集中配筋方法计算时的平面深梁内力计算表

1. 均布荷载作用下多跨深梁内力计算表



附表 5.4

| $\frac{h_1}{l}$ | 内力 | 跨 中 | | | | 支 座 | | | | 乘 数 |
|------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|--------|
| | | $\varepsilon=\varepsilon/l$ | | | | $\varepsilon=c/l$ | | | | |
| | | 1/2 | 1/5 | 1/10 | 1/20 | 1/2 | 1/5 | 1/10 | 1/20 | |
| ∞ ($h_1=\infty$) | M | 0.125 | 0.160 | 0.165 | 0.166 | 0.125 | 0.240 | 0.285 | 0.309 | ql^2 |
| | F ₁ | 0.143 | 0.171 | 0.176 | 0.177 | 0.143 | 0.322 | 0.422 | 0.495 | ql |
| | Z | 0.874 | 0.930 | 0.936 | 0.938 | 0.874 | 0.746 | 0.674 | 0.612 | l |
| | Z _n | 0.108 | 0.121 | 0.122 | 0.122 | 0.108 | 0.059 | 0.038 | 0.024 | l |
| 1 | M | 0.125 | 0.160 | 0.165 | 0.166 | 0.125 | 0.240 | 0.285 | 0.309 | ql^2 |
| | F ₁ | 0.144 | 0.172 | 0.177 | 0.178 | 0.144 | 0.324 | 0.424 | 0.497 | ql |
| | Z | 0.870 | 0.924 | 0.932 | 0.934 | 0.870 | 0.740 | 0.682 | 0.612 | l |
| | Z _n | 0.109 | 0.121 | 0.123 | 0.124 | 0.109 | 0.059 | 0.036 | 0.021 | l |

续附表 5.4

| $\frac{h_1}{l}$ | 内力 | 跨 中 | | | | 支 座 | | | | 乘 数 |
|-----------------|----------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|--------|
| | | $\varepsilon=\varepsilon/l$ | | | | $\varepsilon=c/l$ | | | | |
| | | 1/2 | 1/5 | 1/10 | 1/20 | 1/2 | 1/5 | 1/10 | 1/20 | |
| $\frac{2}{3}$ | M | 0.125 | 0.160 | 0.165 | 0.166 | 0.125 | 0.240 | 0.285 | 0.309 | ql^2 |
| | F ₁ | 0.51 | 0.182 | 0.186 | 0.187 | 0.151 | 0.351 | 0.428 | 0.498 | ql |
| | Z | 0.828 | 0.880 | 0.888 | 0.890 | 0.828 | 0.686 | 0.656 | 0.620 | l |
| | Z _n | 0.111 | 0.122 | 0.124 | 0.125 | 0.111 | 0.059 | 0.036 | 0.021 | l |
| $\frac{1}{2}$ | M | 0.125 | 0.160 | 0.165 | 0.166 | 0.125 | 0.240 | 0.285 | 0.309 | ql^2 |
| | F ₁ | 0.186 | 0.235 | 0.239 | 0.240 | 0.186 | 0.375 | 0.458 | 0.515 | ql |
| | Z | 0.674 | 0.682 | 0.690 | 0.692 | 0.674 | 0.640 | 0.622 | 0.600 | l |
| | Z _n | 0.114 | 0.127 | 0.128 | 0.129 | 0.114 | 0.062 | 0.039 | 0.022 | l |

注：①当深梁的支承条件为简支时，深梁内力计算可采用表中 $\varepsilon=c/l=1/2$ 时各值。此时 l 为简支梁净跨。

②对于多跨连续深梁的边跨跨中，拉力 F_1 值应乘以 1.52；

对于多跨连续深梁的边跨内支座，拉力 F_1 值应乘以 1.2。

③剪应力 $\tau=8V/7t, h \leq \frac{1}{3}(1+2.5h/l)f_a$ ；

式中 V ——深梁梁端剪力；

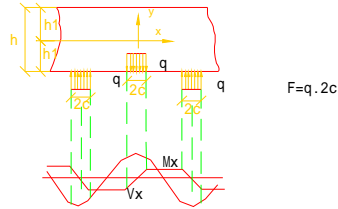
t ——仓壁厚度；

h ——仓壁高度；

f_{ct} ——混凝土的抗拉设计强度。

④ $h_1 = h/2; l = a/2$ (或 $b/2$)。

2. 集中荷载或局部分布荷载作用下多跨深梁内力计算表(见附表 5.5 及下图)。



附表 5.5

| 内 力 | $h_1/l=1$ | | | | $h_1/l=2/3$ | | | | 乘 数 |
|--------|-----------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|--------|
| | $e=c/l$ | | | | $e=c/l$ | | | | |
| | 1/2 | 1/5 | 1/10 | 1/20 | 1/2 | 1/5 | 1/10 | 1/20 | |
| M | 0.125 | 0.200 | 0.225 | 0.238 | 0.125 | 0.200 | 0.225 | 0.238 | Fl |
| F_1 | 0.144 | 0.241 | 0.276 | 0.298 | 0.151 | 0.244 | 0.278 | 0.303 | F |
| Z | 0.870 | 0.830 | 0.816 | 0.790 | 0.828 | 0.820 | 0.808 | 0.788 | l |
| Z_n | 0.109 | 0.068 | 0.043 | 0.026 | 0.111 | 0.072 | 0.044 | 0.026 | l |

续附表 5.5

| 内 力 | $h_1/l=1/2$ | | | | 乘 数 |
|--------|-------------|-------|-------|-------|--------|
| | $e=c/l$ | | | | |
| | 1/2 | 1/5 | 1/10 | 1/20 | |
| M | 0.125 | 0.200 | 0.225 | 0.238 | Fl |
| F_1 | 0.186 | 0.289 | 0.320 | 0.333 | F |
| Z | 0.674 | 0.692 | 0.704 | 0.716 | l |
| Z_n | 0.114 | 0.077 | 0.048 | 0.028 | l |

注：①当深梁的支承条件为简支时，深梁内力计算可采用表中 $e=c/l=1/2$ 时各值。此时 l 为简支梁净跨。

②对于多跨连续深梁的边跨跨中，拉力 F_1 值应乘以 1.52；
对于多跨连续深梁的边跨内支座，拉力 F_1 值应乘以 1.2。

③剪应力 $\tau=8V/7t, h \leq \frac{1}{3}(1+2.5h/l)f_{ct}$ ；

式中 V ——深梁梁端剪力；

t ——仓壁厚度；

h ——仓壁高度；

f_{ct} ——混凝土的抗拉设计强度。

④ $h_1=h/2; l=\alpha/2$ (或 $b/2$)。

附录六 本规范用词说明

一、执行本规范条文时，要求严格程度的用词，说明如下，以便在执行中区别对待。

1. 表示很严格，非这样作不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样作的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的用词：

正面词一般采用“宜”或“可”；反面词采用“不宜”。

二、条文中必须按指定的标准、规范或其它有关规定执行的写法为“应按……执行”或“应符合……要求”。非必须按所规定的标准、规范执行的写法为“可参照……”。

附加说明

本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单

| | |
|--------------|--|
| 主编单位 | 煤炭工业部规划设计总院 |
| 参加单位 | 选煤设计研究院 河南省煤矿设计研究院 山西煤矿设计院 兖州煤矿设计研究院 武汉煤矿设计研究院 邯邢煤矿设计研究院 重庆煤矿设计研究院 西安煤矿设计研究院 鞍山黑色冶金矿山设计研究院 长沙黑色冶金矿山设计研究院 北京有色冶金设计研究总院 长沙有色冶金设计研究院 郑州粮食科学研究设计所 无锡粮食工业科研设计所 北京电力设计院 内蒙电力设计院 天津水泥工业设计研究院 四川水泥工业设计研究院 |
| 主要起草人 | 周家俊 许自立 朱和平 崔元瑞 吉年英 仇振元 刘梦林 陈照云 秦子阳 刘宗蕙 孔德润 张士伟 陈显声 冷德众 周元裕 杨世忠 贾景遂 韩文芝 刘克达 李维新 姜德钧 陆馨沫 |