

散装粮食平房仓墙体（拱板屋盖）空间分析

游赞

中储粮成都储藏研究院有限公司 四川 成都 610000

摘要：对于散装粮食平房仓，其结构空间方案是否是刚性方案是一个比较重要的命题，这个重要性主要表现在墙体平面外地震力是否导入墙体压弯验算及结构优化两个方面。本文通过分析，刻意说明全国绝大多数散装粮食平房仓的结构空间方案都是刚性方案，鲜有刚弹性方案或弹性方案，没有自由排架方案；平房仓屋盖系统对墙体的约束是很强的。这样，在通常情况下，墙体的计算模型即成了上端不动铰支、下端嵌固的单纯的竖向构件，地震力不能导入。通过这个模型所实现的设计是优化的。

关键词：自由空间单榀排架；不自由空间单榀排架；排架自由位移；排架不自由位移；刚性方案

引言

自我国改革开放以来，散装粮食平房仓的空间方案（计算），在全国范围内多采用了刚弹性方案或弹性方案。这种计算方案，导致排架分析于墙体（或柱）平面外导入地震力，使墙体（或柱）弯矩剪力大幅增大；同时，采用这种计算方案也会使基础弯矩与墙体（或柱）根部弯矩剪力大幅提高，对作为大偏心受压构件的墙体（或柱）与基础不利。这两种情况，从精细设计和结构优化上讲都是不当的，因为实际情况没有这样大的弯矩和剪力。经分析，国内绝大多数散装粮食平房仓的整体刚度性质都属刚性方案（ $\eta_i \leq 0.33$ ，见《砌体结构设计规范》（GB5003-2011）自 4.2.1 条至 4.2.4 条）^[1]。根据《砌体结构设计规范》（GB5003-2011）4.2.5 条 1 款规定：“单层房屋：在荷载作用下，墙、柱可视为上端不动铰支承于屋盖，下端嵌固于基础的竖向构件”^[1]。墙体（或柱）模型即成了上端铰支，下端嵌固的单一竖向构件计算模型。根据底部剪力法定义，被转换成水平地震力的部分墙体及屋盖全部质量均以水平力形式作用于该模型顶端铰处，即底部剪力法的质点地震力被该结构体系的顶部圈梁及板（全国的拱板平房仓结构图都有板与板之间的可靠联接构造）导在山墙和横墙上了；而粮仓的山墙和中隔墙（包括排架柱与砌体所形成之墙）刚度很大，可视为不变形。因此，墙体（或柱）就不承受平面外的地震力。同时，由于上端铰支，下端嵌固的模型成立，墙体（或柱）与基础的计算弯矩大幅减少。这样，计算的墙体（或柱）与基础弯矩更近于实际，也更有利。

1. 案例分析

《粮食平房仓设计规范》（GB50320-2014）第 6.2.1 条^[2]：“排架结构体系平房仓，宜按考虑空间作用的平面排架进行内力分析”^[1]。为使设计者在实践中能依规范的这一条款的要求简便地操作空间分析，甚至可根据实

际情况并较之于本文能直接判定所设计工程是否是刚性方案，本文选了两个具有代表性的案例进行分析，分析结论是适用于上述规范条文的。其一是钢筋砼柱式的散装拱板粮食平房仓的设计方案；其二是空心砌体式的散装拱板粮食平房仓。前一个方案是以 50m 单榀间，24m 跨度，拱板下弦标高为 8.5m 为计算模型；第二个方案是以 60m 单榀间，24m 跨度，拱板下弦标高为 9.0m 为计算模型。尽管本分析采用拱板屋盖方案，但对于屋架仓来讲，虽然屋盖空间刚度要弱些，但计算结果仍呈空间刚性方案特征，即 $\eta_i \leq 0.33$ 。分析的方法是采用作为《砌体结构设计规范》（GB5003-2011）4.2.1 条及表 4.2.1 和表 4.2.4 来源的原始模型（见下图 1）进行分析，即先以单位力作用于自由排架顶端（见下图 2），并求出相应的顶端位移 ΔP ；又以单位力作用于不自由排架顶端（见下图 3），同理求出其顶端位移 ΔS ；二者之比 $\Delta S / \Delta P$ 反应了排架的空间约束程度，即上述文中 η_i （ η_i 为空间性能影响系数）。

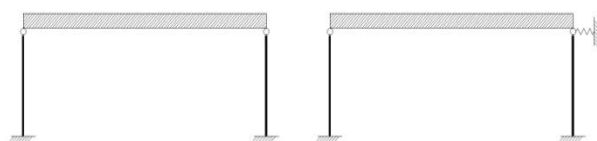


图 1 排架分析模型

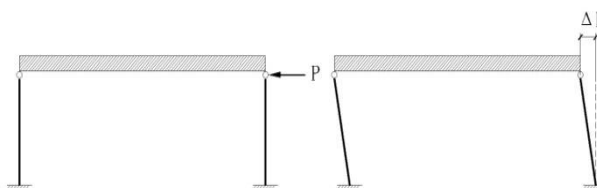


图 2 自由排架模型

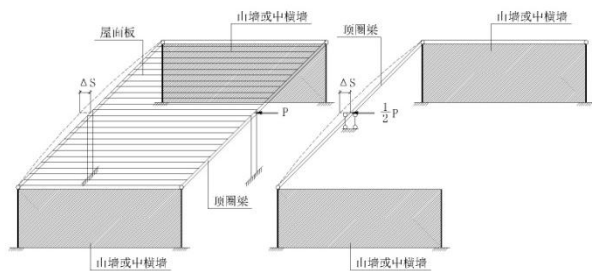


图 3 不自由排架模型

在本文的分析中，考虑到《砌体结构设计规范》(GB5003-2011)对于空间性能影响系数 η_i 的讨论完全限于屋盖系统，为不超出规范所限来讨论问题，分析中对空间不自由排架的墙体这一有很大侧向约束贡献的构件是取消了的。当然，其结果是：结论保守。

以下的分析分檐墙和山墙（中隔墙）两类；分析均采用 SAPPER2000 软件。

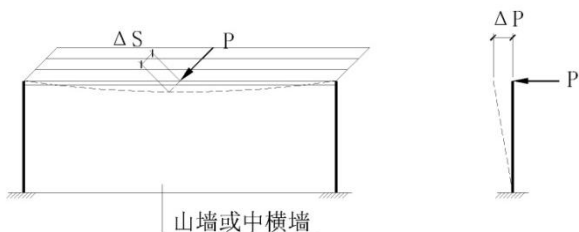


图 4 山墙有/无侧向约束简化模型的位移

空心砌体式的散装拱板粮食平房仓方案（计算过程略）

方案见（图 5），分析结果如下表 1：

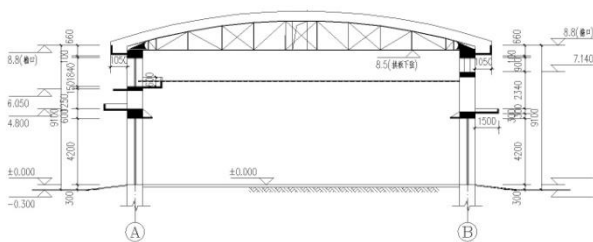


图 5 方案一

方案一分析结果 表 1

模型	计算方式	檐墙	山墙
自由排架位移	机算	$\Delta P=0.46$	$\Delta P=0.93$
不自由排架位移	机算	$\Delta S=0.0012$	$\Delta S=0.0192$
空间影响系数	机算	$\eta_i=0.002$	$\eta_i=0.210$
最终选定空间影响系数		$\eta_i=0.002$	$\eta_i=0.210$
结论		刚性方案	刚性方案

排架式拱板平房仓（计算过程略）

方案见（图 6），分析结果如下表 2：

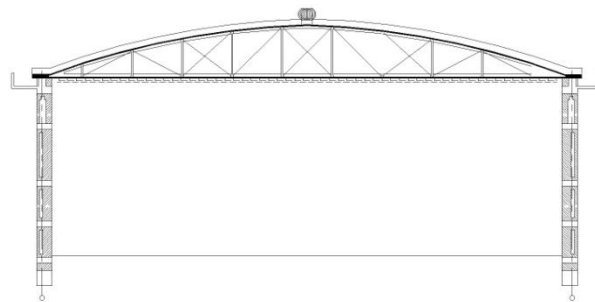


图 6 方案二

方案二分析结果 表 2

模型	计算方式	檐墙	山墙
自由排架位移	机算	$\Delta P=0.24$	$\Delta P=0.48$
不自由排架位移	机算	$\Delta S=0.0160$	$\Delta S=0.0187$
空间影响系数	机算	$\eta_i=0.06$	$\eta_i=0.03$
最终选定空间影响系数		$\eta_i=0.06$	$\eta_i=0.03$
结论		刚性方案	刚性方案

结论

无论分析檐墙（或柱）还是山墙、中隔墙，体系都满足《砌体结构设计规范》(GB5003-2011)中的 $\eta_i \leq 0.33$ ，是刚性方案^[1]。墙体（或柱）都是受风压、粮食侧压力的上端铰支和下端嵌固的压弯模型。这一模型所引申出的结论是：地震力不应导入墙体（或柱）平面外参与计算；墙体与基础的平面外弯矩和剪力应单纯地在这一模型下求出。由此所求出的墙体（或柱）平面外底部弯矩和剪力比当下有些设计者所求出的要小很多，是平房仓结构优化的依据。

这一结论还有一个重要的引申，即山墙、中隔墙应与拱板脱开，也能够脱开，否则在拱板的热膨胀效应影响下会导致山墙、中隔墙破坏。而能脱开的理由就是本文关于山墙、中隔墙是上端铰支、下端嵌固的计算模型成立，因而不需拱板来作其顶端侧向支顶。

参考文献

[1]GB 50003-2011 砌体结构设计规范. 北京：中国建筑工业出版社，2011.

[2]GB 50320-2014 粮食平房仓设计规范. 北京：中国计划出版社，2014

作者简介：游赞，(1991.03)男，汉族，四川成都人，本科，中级工程师，研究方向：粮食行业结构工程