

钢板包装中捆带的力学性能分析

刘海江, 周浩升

(同济大学, 上海 200092)

摘要: 根据钢板包装中捆带的捆扎方式, 建立了捆带受力的物理模型, 对钢板包装捆扎的力学性能进行了研究, 计算和分析了捆带的受力状态, 并提出了改进钢板包装效果的方法。同时, 基于 Hypermesh 10.0 对钢板包装捆扎进行了有限元分析, 研究结果可为钢板包装捆扎设计提供理论依据。

关键词: 钢板; 包装; 捆带; 受力分析

中图分类号: TB484.9; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)17-0044-03

Mechanical Property Analysis of Strap in Steel Plate Bundled Packaging

LIU Hai-jiang, ZHOU Hao-sheng

(Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Based on the bundled mode, physical models of the strap in steel plate packaging were established and the mechanical properties were studied. The calculation and analysis of packaging strap stress was discussed and methods were put forward to make the steel plate packaging more effective. Meanwhile, a finite element analysis of the steel plate packaging based on Hypermesh 10.0 was made. The purpose was to provide theoretical basis for steel plate bundled packaging design.

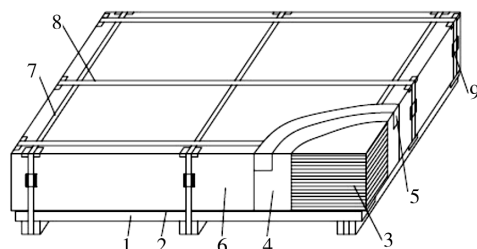
Key words: steel plate; packaging; packaging strap; dynamic analysis

产品包装质量的优劣直接影响着产品在客户中的形象, 是产品实物质量的重要组成部分。由于我国的冷轧技术和装备基本上都是“舶来品”, 产品的包装工艺相对于冷轧工艺是排在最后的辅助工艺^[1], 各大企业和研究机构中很少人专门研究包装工艺。目前对于我国钢板、钢卷包装工艺现状的研究表明: 包装理念、包装机组设备以及包装质量都远远落后于国外著名企业的产品质量, 并且没有真正意义上的自己的包装标准^[2-3]。通过对钢板包装中捆带的力学性能进行分析, 得到捆带及钢板的受力模型, 可为钢板包装捆扎工艺设计提供理论依据。

1 钢板包装工艺

钢板品种主要有热轧厚钢板、热轧薄钢板、冷轧薄钢板^[4]。根据宝山钢铁股份有限公司企业标准 Q/BQB 400-2009(冷轧产品的包装、标志及检验文件)

规定, 应根据品种类型、运输方式和客户需求选择适用于该品种的正确包装方法。以适用范围为远距离运输和出口的冷轧薄板包装为例, 其包装方式为在木托架上放置下盖板, 钢板堆垛完成后, 用防锈纸包裹、塑料薄膜覆盖, 然后盖上盒帽并用捆带捆扎, 横向捆带将板垛、包装材料和木托架固定在一起, 纵向捆带穿过纵木上的凹槽将盒盖、底板和钢板固定在一起, 见图 1。



1—托架; 2—下盖板; 3—钢板; 4—防锈纸; 5—塑料薄膜; 6—盒帽; 7—横向捆带; 8—纵向捆带; 9—锁扣

图 1 钢板的包装形式

Fig. 1 Steel plate package style

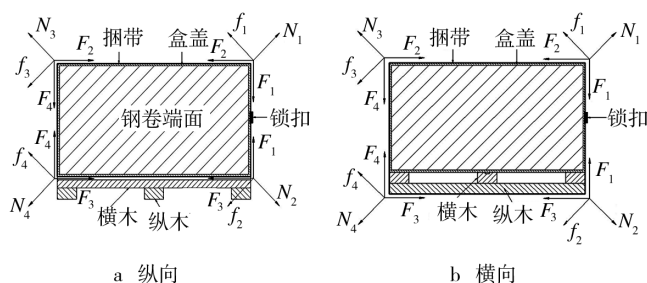
收稿日期: 2011-06-15

作者简介: 刘海江(1967—), 男, 江苏人, 同济大学教授、博士生导师, 主要从事数字化制造技术及其应用、知识工程应用的教学与研究。

2 计算模型及受力分析^[5]

钢板材在流通过程中需要经历仓储、装卸、运输等一系列流程,单元钢板材的质量较大(可达 10 t)^[6],所以应充分考虑捆带的承载力以及捆带对钢板材的作用。通常钢板的包装要分别捆扎横向捆带和纵向捆带,作用是使钢板在仓储、运输、吊运过程中不致散包,并固定托架、盖板、防锈纸等包装材料。在捆扎捆带的时候,通常是在板垛端面上用锁扣锁住捆带。

当捆扎捆带的时候,捆带由于受外力弯曲而塑性变形,对于捆带的塑性变形结构很难用常规计算求解,为了工程应用,简化计算,假设捆带为柔性的带子,在打捆带的过程中弯曲应力不考虑^[7];由于板垛上垫片的作用,使横向和纵向捆带与板垛之间的接触和力的作用只存在于角边处,横向和纵向捆带受力分析见图 2。



间有摩擦力的存在以及盒盖的阻挡,使钢卷的板垛的上面几层和下面几层没有发生相互移动,但板垛的上面几层和下面有沿捆带方向的移动趋势(即捆带方向上有静摩擦力存在)。并且 μ 越小,摩擦力越小,捆带各段的力就越接近,则钢板之间的静摩擦力就越小。

3 有限元分析^[8]

3.1 有限元模型建立

应用 CAD 软件 UG 建立板包装的几何模型,见图 5。忽略不影响力学计算的防锈纸和塑料薄膜,将

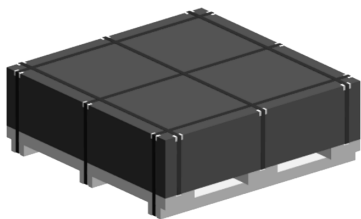


图 5 板包装的几何模型
Fig. 5 Geometric model

UG 建立的 CAD 模型导出 iges 文件到 HyperMesh 中;根据板垛的典型尺寸以及分析计算的可行性等因素,采用 75~100 mm 的实体单元(hex8);产品各处的捆带、盒盖,采用 50 mm 的四边形壳单元(quar 4);使用 HyperMesh 的二维及三维网格划分工具对数模进行网格划分,划分结果见图 6,单元统计见表 1。

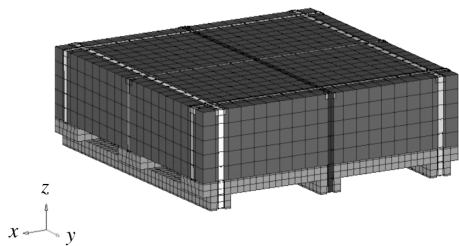


图 6 数模网格划分的效果
Fig. 6 Finite element model

表 1 单元统计的结果
Tab.1 Statistical result of cell mesh

模型	部件数	节点数	单元总数	二维单元数	三维单元数
板包装	20	8 441	5 258	3 258	2 000

3.2 边界条件设定

在 Hypermesh 中,用户模板选择 Radioss(Bulk-

Data),首先定义单元属性和材料模型,建立 steel 材料属性与 PSOLID 单元属性,具体属性设置见表 2。

表 2 材料属性

Tab.2 Material properties

	密度/ (g·cm ⁻³)	弹性 模量 /GPa	泊松 比	剪切 模量 /GPa	抗拉 强度 /MPa	屈服强 度 /MPa	厚度 /mm
钢板	7.8	208	0.28	160	1 620	1 370	1.0
捆带	7.8	210	0.31	160	1 620	1 370	1.2
包板、盒盖	7.8	210	0.31	160	1 620	1 370	1.0
铁护角	7.8	210	0.31	160	1 620	1 370	1.2
木托架	0.601	1.96	0.38	0.69	N/A	N/A	N/A

约束板材托架底面的 6 个自由度;捆带作用力施加为 10 000 N 的单点 force,作用于锁扣位置,作用方向为捆带收紧方向;设置接触面,主要设置 5 类接触:捆带与护角(垫片)的接触,护角(垫片)与板垛的接触和产品与木质托架的接触。接触类型设置为 slide, REVNORM。对这些接触分别设置接触面(contact-surf),建立好接触面后,将对应的接触面设置为接触对(contact interface)。在定义过程中进一步检查接触单元的情况并及时作出调整,全部设置好后导出 fem 文件提交 Radioss 非线性求解器进行计算。

3.3 计算结果分析

在不同视角下的冷轧板包装应力云图见图 7,捆

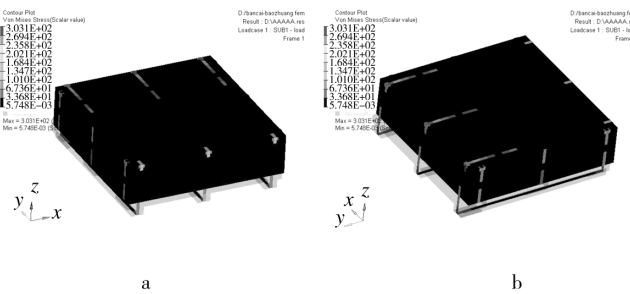


图 7 不同视角下冷轧板包装的应力云图
Fig. 7 Stress nephograms of steel plate package

带的最大应力在靠近锁扣处,大小为 303.1 MPa,且各段应力不同,并在板垛角边处受力较大;板垛上表面受力不平衡,靠近锁扣的角边的应力大于远离锁扣角边的应力,与力学分析的结果相符。

4 结论

通过对钢板包装捆带的计算模型进行研究及力
(下转第 97 页)

数不宜太高。

3 结语

用一次拟合和二次多项式拟合建立了 CIERGB $\rightarrow$ CIEL $^*a^*b^*$ 转换模型,结果发现,项数为 9 和 11 时,2 种模型都达到了很高的精度,二次拟合比一次拟合效果好。项数为 20 时,模型出现了较大的震荡,误差较大,不适于建模。本研究对于远程打样中颜色的匹配具有应用价值,但其研究设备具有局限性,是否适合多种显示设备需进一步研究,只是远程软打样的一部分,下一步还需研究标准色空间到设备色空间的转化。

参考文献:

- [1] 李艳妮. L $^*a^*b^*$ 与 CMY 转换方程的研究[D]. 西安:西安理工大学,2007.

- [2] 胡涛,刘睿,张志刚. 基于 BP 网络的扫描仪色彩空间转化模型的研究[J]. 印刷杂志,2003(3):43-44.
- [3] 余鸿飞,石俊生,杨卫平. 扫描仪的颜色表征、校正和 ICC Profile 建立方法[J]. 云南师范大学学报,2002,22(6):35-37.
- [4] 周瑞. 彩色数码相机色彩空间转换模型的研究[D]. 西安:西安理工大学,2007.
- [5] Windows Color System Schemas and Algorithms[EB/OL]. [2006-06-10]. http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/icm/wcs_cdmchema.asp.
- [6] 马艳满,刘浩学,刘昕. 数码相机的颜色特征化研究[J]. 北京印刷学院学报,2006(12):9-12.
- [7] 闵涛,秦新强,赵凤群. 数值分析[M]. 北京:中国科学文化出版社,2003.
- [8] 王沫然. MATLAB 与科学计算[M]. 北京:电子工业出版社,2003.

(上接第 40 页)

- [14] GB/T 17657-1999, 造板及饰面人造板理化性能试验方法[S].
- [15] 王珂,朱湛,郭炳南,等. 有机蒙脱土的制备及其结构表征[J]. 北京理工大学学报,2002,22(2):240-243.
- [16] PAN J J, YANG G Y, HANG B X, et al. Studies on Interaction of Dodecyltrimethylammonium Bromide with Na and Al-Montmorillonite[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1997, 194: 276-280.
- [17] TLIM S, HYUAN Y H, CHOI H J, et al. Synthetic Biodegradable Aliphatic Polyester/montmorillonite Nano-

composites [J]. Chemistry of Materials, 2002, 14(4): 1839-1844.

- [18] 刘彦龙,唐朝发. 纳米蒙脱土对脲醛树脂性能的影响[J]. 林产工业,2006,33(5):34-35.
- [19] JI You-gu, HIGUCHI Mits, MORITA Mitsuhiro, et al. Synthetic Condition and Chemical Structures of Urea-formaldehyde Resins I. Properties of the Resins Synthesized by Three Different Procedures[J]. Japan Wood Research Society, 1995, 4(12): 1151-1121.

(上接第 46 页)

学性能分析,得到了捆带及钢板的受力情况,并应用有限元软件进行计算和对比分析。为提高钢板包装捆带的捆扎效果,降低钢板之间的静力摩擦,就必须减少捆带与板垛以及托架的摩擦系数,可采用在捆带上涂抹润滑油的方法;在工艺允许的情况下,也可将捆带对称捆扎,即锁扣位置均匀分布在板垛的 4 个端面上,这样可以使板垛捆扎产生的静摩擦力相互抵消。

参考文献:

- [1] 刘明利,于革刚,孙瑞涛. 钢卷包装工艺技术研究[J]. 冶金设备,2005(3):35-38.
- [2] 于革刚,刘明利,孙瑞涛. 钢卷包装技术现状与发展趋势浅析[J]. 冶金设备,2005(2):48-50.

- [3] 王浩宇,石焱,饶洪宇. 我国冷轧钢卷包装工艺现状分析[J]. 中国钢铁业,2007(3):33-34.
- [4] 王群,周廷美,莫易敏. 钢板包装捆扎的力学性能分析[J]. 武汉理工大学学报,2010(12):111-115.
- [5] 杜庆华. 工程力学手册[K]. 北京:高等教育出版社,1998.
- [6] 刘宝朋,陆佳平. 薄钢板材包装用木托架的受力分析和结构优化[J]. 包装工程,2010,31(11):42-45.
- [7] 周晓欢,于革刚. 钢板带材包装捆带受力分析研究[D]. 北京:机械科学研究院,2006.
- [8] 于开平,周传月,谭惠丰,等. HyperMesh 从入门到精通[M]. 北京:科学出版社,2005.