

大会 A.1048(27)决议
(2011年11月30日通过)

《2011年木材甲板货运输船舶安全操作规则》
(2011年TDC规则)

第1章 总则

1.1 目的

1.1.1 本规则的目的是确保木材甲板货的装载、积载和系固尽实际可能在整个航程中防止对船舶和船上人员造成损害或危险并防止货物落水灭失⁽¹⁾。

1.1.2 本规则规定了：

1. 安全运输操作方式；
2. 安全积载和系固方法；
3. 系固系统设计原则；
4. 船舶有关安全积载和系固的《货物系固手册》所应包括的程序和须知的制定导则；和
5. 安全积载和系固抽样检查表。

1.2 适用范围

1.2.1 本规则的规定适用于所有船长24 m或以上载运木材甲板货的船舶。本规则将从2011年11月30日起生效。

1.2.2 木材甲板货的货物系固应符合船舶《货物系固手册》(CSM)的要求，并依据本规则B部分第5章或第6章的原则。

1.2.3 船长应注意，可能有限制第5章或第6章适用范围的国家规定，而且这些规定可能还要求由第三方进行检查以确保货物按船舶《货物系固手册》妥为系固。

1.2.4 在本规则实施日期后批准的木材甲板货的《货物系固手册》，应与本规则的内容相符。按原《木材甲板货规则》(A.715(17)决议)批准的现有《货物系固手册》可继续有效。

1.3 定义

1.3.1 下列定义适用于本规则：

通用词语

1. 主管机关指船旗国政府。
2. 公司指船舶所有人或任何其他组织或个人，诸如管理者或光船租赁人，他们已从船舶所有人处接受船舶营运的责任并在接受该责任时，同意承担SOLAS公约规定的所有义务和责任⁽²⁾。
3. 《载重线公约》系指《1966年国际载重线公约》或该公约的1988年议定书，视何者适用。
4. 本组织系指国际海事组织(IMO)。
5. 港口业系指为积载木材甲板货的船舶服务的港口设施和/或装卸公司。
6. 托运人系指准备或提供托运货物的任何个人、组织或政府⁽³⁾。

- .7 SOLAS公约系指经修正的《1974年国际海上人命安全公约》。
- .8 2008年IS规则系指《2008年国际完整稳性规则》。

与货物相关的词语

- .9 四角木材系指“切割成板块”的原木，即纵向锯下的粗块有两侧为相对和平行的平面，有些情况下第三侧为锯平面。
- .10 非刚性货物系指不满足规定强度要求（见4.7）的锯木或锯材、四角木材、原木、木杆、纸浆原材以及所有其他散装或包装木材。
- .11 刚性货物系指满足规定强度要求（见4.7）的锯木或锯材、四角木材、原木、木杆、纸浆原材以及所有其他散装或包装木材。
- .12 圆木系指未经锯割的长边多于一处的树干。此词包括散装或包装原木、木杆、纸浆原材等等。
- .13 锯木系指经锯割而至少有两侧为平行长形平面的树干。此词包括散装或包装木材和四角木材等等。
- .14 木材一词用作本规则涵盖的所有各种木质材料的统称，包括圆木和锯木，但不包括木浆和类似货物。

与技术相关的词语

- .15 遮挡装置系指防止货物滑动和/或倾斜以及/或货堆倒塌的实地手段。
- .16 绑扎图系一简图或示图，图中标明木材甲板货安全积载和木材甲板货系固所需系固件的数量和强度。
- .17 木材甲板货物系指在干舷或上层建筑甲板无遮盖部分载运的木材货。
- .18 木材载重线系指符合《国际载重线公约》规定的某些条件的船舶勘定的特殊载重线。
- .19 积载因数（SF）系指按所接受方式积载和隔开的一吨货物所占体积。
- .20 露天甲板系指暴露于风雨和海浪的最上层全通甲板。
- .21 穿越系指绳索、链条或任何其他类型绑扎件作为圆角件能自由通过滑轮或越过支点，并可最大限度减少其运动的摩擦效应的过程。
- .22 货物高度系指甲板货堆底部至该货物最高部分的距离。

A部分 操作要求

第2章 木材甲板货积载和系固一般建议

2.1 目标

2.1.1 木材甲板货的积载和货物系固装置应能使货物安全且合理系固,从而可令人满意地防止货物因任何方向出现倒塌、滑动或倾斜而移动,其中并应考虑到货物在整个航程中可能遇到的最恶劣海浪和气象条件下承受的加速度力。

2.1.2 本章列出为使货物系固达到上述水平而需考虑的措施和因素。

2.1.3 应视具体情况,为船上关键操作制定用于编制计划和须知(包括检查表)的程序⁽⁵⁾。

2.2 装载前操作

2.2.1 托运人应在船舶装载前,按航运惯例提供本规则第4章规定的货物资料⁽⁴⁾。

2.2.2 船长应研究货物资料,并采取本规则和船舶《货物系固手册》规定的货物妥善积载、系固和安全运输所需的预防措施。

2.2.3 装载前,应让装卸公司知晓船舶《货物系固手册》关于木材甲板货积载和系固的具体要求。

2.2.4 甲板货物装载期间,船长应确保所有液舱均保持在自由液面最大限度减少的状况。压载水舱应尽实际可能注满或排空,应避免装卸作业期间有压载水移动。

2.2.5 在露天甲板的任何区域装载木材甲板货前:

- 1 舱口盖和该区域以下处所的其他开口都应牢固关闭并用压条封住;
- 2 应有效保护空气管和通风筒,并应检查止回阀或类似装置以确定其防水有效性;
- 3 甲板上可能妨碍货物积载的物体应移除,并在适于堆放处安全系固。
- 4 如设有增大摩擦的装置,应核查其状况。
- 5 该区域的积冰和积雪应消除;
- 6 通常最好在该特定区域装载前,使所有甲板绑索、立柱等处于随时可用状态。
如果在装货港要求对系固设备进行装货前检查,这样做则是必需的。
- 7 应详查甲板上的所有测深管,并尽实际可能作好安排保留其通道。

2.2.6 装载前操作期间还应考虑的方面见附件A第A.1章。

2.3 甲板和舱口盖许用装载重量

2.3.1 舱口盖系固和支撑装置、垫块等以及舱口围板,应按载运木材甲板货的需要设计和加强。应考虑到木材甲板货可能因吸水、结冰等而增加重量。

2.3.2 应注意,在航程的任何阶段均不得超过露天甲板和舱口盖的设计最大许用载荷⁽⁶⁾。

2.4 稳性

2.4.1 船长应确保船舶状况始终与船舶稳性手册相符。

2.4.2 木材甲板货运输船舶必须符合破损稳性要求以及2008年IS规则⁽¹¹⁾的适用部分,尤其是木材甲板货要求。由于GM值过大会引起大的加速度,GM应如2008年IS规则的3.7.5所示,不宜超过船宽的3%。

2.4.3 压载水置换作业应按《压载水管理计划》（如有）⁽¹²⁾的须知进行。如需进行压载水置换作业，应在计划甲板载货量时予以考虑。

2.4.4 按2008年IS规则⁽¹¹⁾，计算稳性曲线时可计及木材甲板货的浮力，并假定木材甲板货的渗透率达到25%。渗透率的定义为甲板货所占体积中的空档的百分比。如果主管机关认为有必要调查甲板货的不同渗透率和/或假定有效高度的影响，则可要求另增稳性曲线。

2.5 载重线

勘定并使用木材载重线的船舶在按船舶《货物系固手册》的规定积载和系固木材时，应遵守载重线公约适用部分⁽¹³⁾的相关规则。

2.6 木材干舷

2.6.1 木材干舷如适用，可在船舶的载重线证书中查到。

2.6.2 木材干舷计算须知见载重线公约⁽¹⁴⁾适用部分。

2.7 能见度

2.7.1 木材甲板货的装载应确保船舶符合SOLAS公约第V章的能见度要求。国家规定可能与此有所不同，应视预定航程所需予以考虑。

2.7.2 SOLAS公约的能见度要求以及能见度范围的计算须知见第3章。

2.8 工作安全和工作环境问题

2.8.1 公司应制定程序，使船上人员能收到以其理解的一种或数种工作语言编写的安全管理体系⁽¹⁶⁾相关信息。

2.8.2 绑扎和系固甲板货时，可能需要采取特殊措施确保安全到达货物顶部和穿越货物，以最大限度减少跌落的风险。在甲板上工作期间，应穿戴安全帽、适宜的鞋和不妨碍活动且可保持高能见度的服装。

2.8.3 冬季装载覆有塑料布或油布的木材包装件时，尤应考虑到滑跤的风险。除有清楚标识外，应避免用塑料布包覆长短不一的木材包装件。

2.8.4 装卸期间，照明应适当保持恒定并布置为尽量减少耀眼和目眩、尽量避免形成深的阴影以及区域之间照明度差别过大。

2.8.5 任何障碍物，诸如脱险路线和船舶操作的重要处所（如机器处所和船员居住区）出入口的绑索或系固点以及安全设备、消防设备和测深管，应予以清楚标识。在任何情况下，障碍物不得阻挡安全进出上述脱险装置和处所。

2.8.6 航行期间，如果在船舶甲板上或甲板下没有方便的船员通道⁽¹⁸⁾供从起居处所安全通入在船舶的必要操作中使用的所有部分，则应在甲板货的每侧设置垂向间距不超过330 mm、在货物以上高度至少为1 m的栏索或栏杆。此外，还应尽实际可能在靠近船舶中心线处设置一根用张紧装置拉紧的救生索，最好是钢丝绳。所有栏杆或救生索的支柱，其间距应可防止出现过度下垂。在货物不平处，应在货上装设一宽度不小于600 mm的安全行走面，并将其有效固定在救生索下面或近旁。

2.8.7 货堆中的所有开口，例如在桅室、绞车等处的开口，均应设有围栏或关闭装置。

2.8.8 如未安装立柱或如允许对2.8.6的规定采用替代办法，则应设置一结构坚固、有平坦行走面的通道，该通道应有两行间隔1 m左右、在行走面以上高度不小于1 m的纵向栏杆或栏索，每行最少有三排栏索或栏杆。这种栏索或栏杆应用间隔不超过3 m的刚性支柱支撑，栏索应用张紧装置拉紧。

2.8.9 作为2.8.6、2.8.7和2.8.8的替代办法，可在木材甲板货以上安装一根救生索，最好

是钢丝绳，使配备坠落保护系统的船员能钩挂在其上并围绕木材甲板货工作。救生索应：

- 1 高出木材甲板货大约2 m，尽实际可能靠近船舶中心线；
- 2 用张紧装置拉紧到在支撑坠落船员时不会塌下或失效。

2.8.10 从货物顶部到甲板，以及在货物梯状堆置的其它情况下，应设置装有栏索或扶手且结构合适的梯子、台阶或坡道作为适当的通道。

2.8.11 本章提到的人员安全设备应保存在易于取用处。

2.8.12 航行期间需要核查和/或重新张紧绑索时，船长应采取相应行动在该操作期间减少船舶运动。

2.8.13 工作安全和工作环境问题的其它导则可查阅国际劳工组织（ILO）的相关公约⁽¹⁷⁾。

2.9 积载

2.9.1 安全运输木材甲板货的基本原则，是使货堆尽实际可能密实、紧凑和稳定，其目的是：

- 1 防止因货堆中的移动造成绑索松弛；
- 2 在货堆内产生约束效应；和
- 3 最大限度降低货堆的渗透率。

2.9.2 甲板上的露天开口，如在其上堆货则应将其牢固关闭并用压条封住。通风筒和空气管应予有效保护⁽¹⁹⁾。

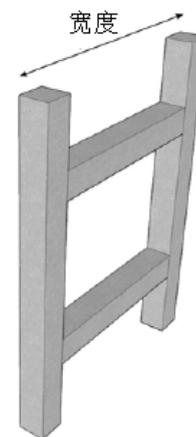
2.9.3 甲板货的积载应留出往来于指定脱险路线和船舶操作的重要处所（机器处所和船员住处等）的通道以及安全设备、消防设备和测深管的通道⁽¹⁸⁾。甲板货不得以任何方式干扰船舶的航行和必要工作⁽¹⁹⁾。

2.9.4 装货时，货堆中的包装件之间以及舷墙或门式起重机轨道等和舱口围板之类其它固定结构之间可能出现空档。

2.9.5 装货时，应注意避免形成空档或敞开处。空档如已形成，应用散装木材填塞或用具有规定强度的H型架遮挡以防货物移动。宽度和大小不同的复合H型架，其MSL见下表。表列数值适用于完好的软质无瘤木材制成的H型架。

表2.1 不同大小H型架的MSL（最大安全载荷）

压条大小 mm	不同宽度复合H型架的MSL (kN)			
	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m
50 × 50	75	53	30	17
50 × 75	113	79	46	26
50 × 100	151	106	61	34
50 × 150	226	159	91	51
75 × 75	186	153	119	85
75 × 100	248	203	159	114
75 × 150		305	238	171
75 × 200			317	227
100 × 100		301	256	212



2.9.6 木材甲板货如有很大部分（包装长度的三分之一）纵向悬于舱口围板或其它结构上方，其外端应由甲板或轨道上积载的其它货物支撑，或由强度足以对其支撑的等效结构支撑。

2.9.7 勘定并使用木材载重线的船舶，按载重线公约适用部分⁽¹⁹⁾适用其它操作方式。

2.10 系固

2.10.1 下列主要方法中的一种或多种可单独或结合起来用于系固木材甲板货：

- .1 不同类型绑扎装置；
- .2 底层遮挡与绑扎装置相结合；
- .3 用立柱等按货物全高对其遮挡，也可用绑扎装置补充；
- .4 摩擦系固，并考虑到科研结果和相应的气象及航行衡准；和
- .5 其它加强系固的实用方法（并考虑到相应的气象及航行衡准），如：
 - .1 舱口盖涂上防滑漆；
 - .2 在货堆中大量使用货垫来撑住并弥合空隙；
 - .3 双重绑扎露出部分；和
 - .4 考虑将货堆各层锁定。

2.10.2 所用绑扎装置应按本规则B部分设计，并按本规则2.13形成文件。

绑索

2.10.3 不同绑扎装置的说明见本规则B部分。

2.10.4 下列三种绑扎设备的强度和伸长特性不同，在木材甲板货的系固中用得最多。其各自的适合性应由船型、船舶尺度和操作区域等因素，并按本规则所述和《货物系固手册》的规定来确定：

- .1 链条绑索；
- .2 钢丝绑索；和
- .3 编网绑索。

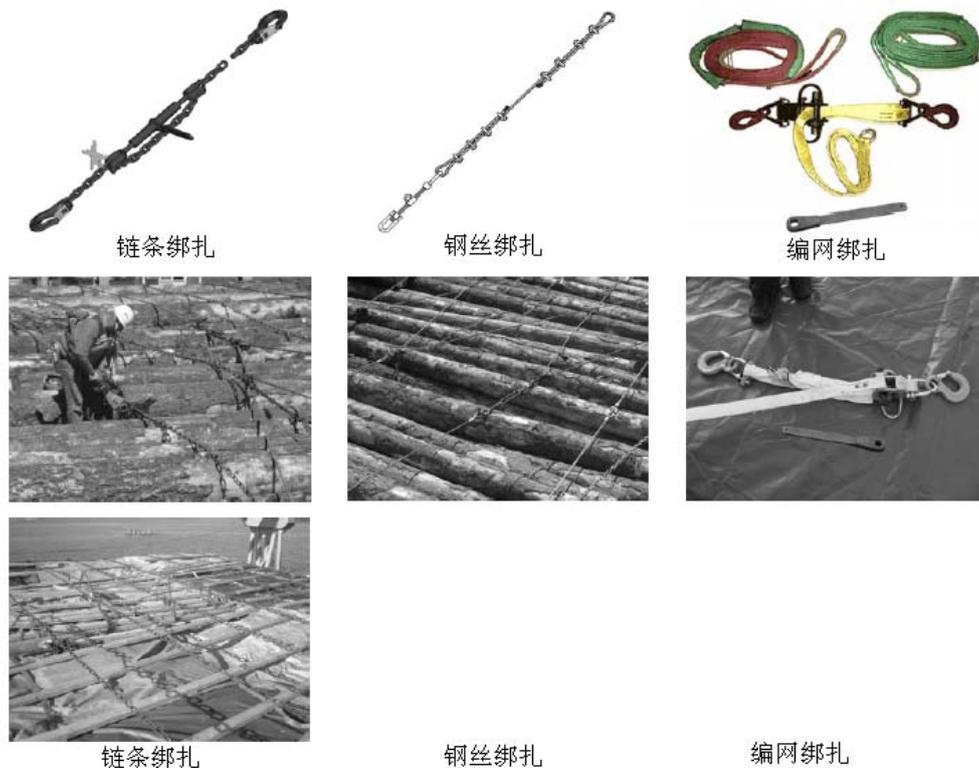


图2.1 不同类型绑扎设备示例

开口钩在绑索松弛时可能松开，不得用于木材甲板货的系固装置。网式绑索不得与链条或钢丝绑索结合起来使用。

2.10.5 不同类型设备的相应安全因数见《货物积载和系固安全操作规则》（CSS规则）附件13。

2.10.6 所有绑扎设备在使用前应按《货物系固手册》的须知进行外观检查，只有合用的设备才可用于系固木材甲板货。

2.10.7 所用绑索的必要预张力应在整个航程中予以保持。航行开始时认真检查和张紧所有绑索至关重要，因为船舶的振动和工作会使货物沉降和紧缩。航行期间应定期进一步检查绑索，必要时将其张紧。

2.10.8 对绑索的所有检查和调整都应录入船舶的航海日志。

2.10.9 可用滑钩或其它适宜方法快速安全调整绑索。使用速脱钩时，钩口应用小绳扎住。

2.10.10 应使用角隅护件来防止绑索切入货材，并使绑索不被尖角损坏。后者尤其适用于编网绑索。

2.10.11 每一绑索都应设有一张紧装置或系统，其位置应使其在需要时能安全有效工作。

立柱

2.10.12 立柱应在本规则有要求时并按船舶《货物系固手册》的规定，根据木材甲板货的性质、高度或特点安装。立柱应按本规则第7章的衡准设计并按船舶《货物系固手册》的规定安装。立柱如有操作极限（按波浪高度计），应在船舶《货物系固手册》中指明。

2.10.13 立柱应牢牢紧固于船舶的甲板、舱盖或舱口围板（如有足够强度），并受到约束不致在装卸期间朝内倒下。

绑扎装置

2.10.14 为了使原木在甲板上的积载更牢固，可使用倒钩钢丝。倒钩钢丝绑索应按下列方式设置：

- 1 在货堆高度约四分之三处，倒钩钢丝应穿过在此高度固定于立柱的眼板以能横向拉伸，分别与左、右舷立柱连接。倒钩绑扎钢索铺放时不要拉得太紧，使其在其上再堆放其他原木时就会变紧。
- 2 如果舱口盖的高度小于2 m，可按类似方式使用第二根倒钩钢丝。这第二根倒钩钢丝应设置在舱口盖上方约1 m处。
- 3 以此方式使用倒钩钢丝的目的是有助于在整个货堆中产生尽可能均匀的张力，从而在各立柱上向舷内产生拉力。

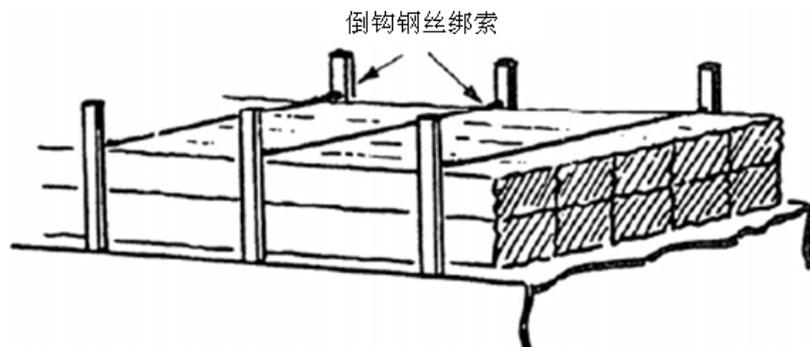


图2.2 倒钩钢丝绑索示例

2.10.15 除立柱和倒钩钢丝绑索外，每个舱口还可如下图所示，使用符合第5章规定的顶部覆盖式和连续波形（波形钢丝）绑扎布置。

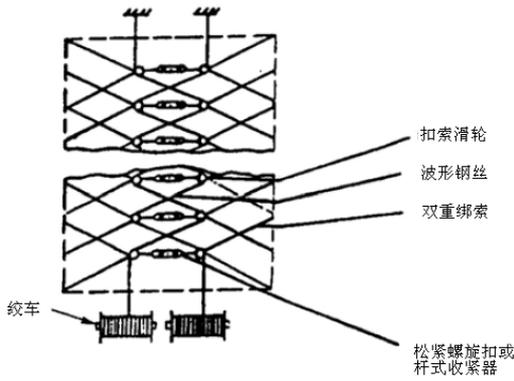
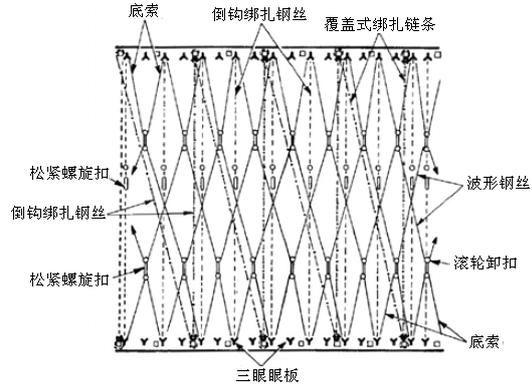


图2.3 波形绑索示例



注：所有底索和波形钢丝之间附设滚轮卸扣，每侧（左、右舷）波形钢丝和底索之间至少插入两个松紧螺旋扣。

图2.4 波形和顶部覆盖式绑扎布置

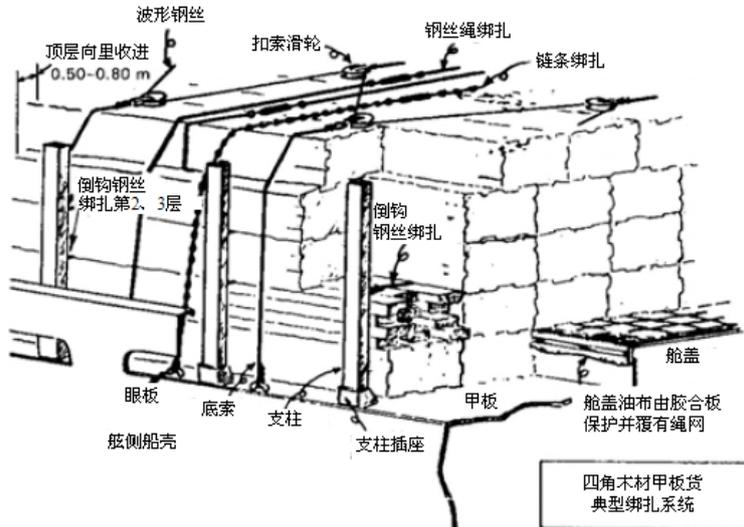


图2.5 倒钩钢丝、顶部覆盖式和波形绑扎布置示例

2.10.16 如未设置波形钢丝，则应按5.4.1所述增设链条或链条/钢丝组合覆盖式绑索。

2.11 装载后操作

公司应为装载后关键操作制定用于编制相应计划和须知（包括检查表）的程序⁽⁵⁾。

2.12 航程计划

2.12.1 船长在开航前应考虑到本组织制定的指南和建议案，确保预定航程已利用有关区域的相应海图和航海出版物作了计划⁽²³⁾。

2.12.2 为减少过大加速度，船长应编制航程计划，避开潜在的恶劣气候和海况。为此目的，应参阅气象报告、气象传真或如有气象定线机构则向其查询，并应始终利用最新可用气象资料⁽²⁴⁾。

2.12.3 如果在航行期间考虑偏离预定航程计划，应遵守2.12.1和2.12.2所述同一程序。

2.12.4 在恶劣气候和海况不可避开的情况下，船长应意识到有必要及早减速和/或改变

航线，以最大限度减小货物、结构和绑索的受力。在恶劣气候下，如果鲁莽驾船，绑索就起不到其应有的系固作用。什么都取代不了良好的驾船技能。应遵循下列预防措施：

- .1 在出现显著横摇共振且每舷幅度超过30°的情况下，货物系固装置会受力过度。应采取有效措施避免此状况；
- .2 在高速迎浪行驶并伴有显著砰击震动的情况下，可能发生纵向和垂向加速。应考虑适当减速；和
- .3 在大的尾浪和尾斜浪前行驶且稳性超过最小接受要求不多的情况下，应预计其结果为横摇幅度大以及横向加速度大。应考虑适当改变首向。

可预见风险

2.12.5 在制定航程计划时，所有会导致加速度过大而使货物移动或会造成吸水或积冰状况的可预见风险均应考虑。以下所列系为此而应考虑的最重要情况：

- .1 气象预报预测的极端气象条件；
- .2 某些航行区域的已知恶劣波况；
- .3 所遭遇波浪的不利方向⁽²⁵⁾；和
- .4 预定航行区域附近的最近气象现象造成的浪涌。

2.13 货物系固手册

2.13.1 木材甲板货在整个航程中均应按SOLAS公约第VI章要求的《货物系固手册》装载、积载和系固。

2.13.2 《货物系固手册》应以本规则的指南为依据，按至少与本组织制定的指南⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾等效的标准编写并经主管机关批准⁽²⁶⁾。

2.13.3 木材甲板货的每种货物系固布置均应按海安会MSC/Circ.745通函记入船舶《货物系固手册》。

2.13.4 按CSS规则和海安会MSC/Circ.745通函，在货物系固系统的设计阶段还应计及下列参数：

- .1 航程的持续时间；
- .2 航程的地理区域；
- .3 可预计的海况；
- .4 船舶尺度、设计和特征；
- .5 航程中的预计静态力和动态力；
- .6 货物单元的类型和包装；
- .7 货物单元的预定积载方式；和
- .8 货物单元的质量和大小。

2.13.5 在《货物系固手册》中，每一积载和系固装置还应另记入绑扎图，标明至少下列各项：

- .1 该布置的设计所依据的货物最大重量；
- .2 最大积载高度；
- .3 适用的遮挡装置和绑索所需数量和强度；
- .4 绑索所需预张力；
- .5 货物对该系固布置具有重要性的其他特性，如木材包装件的摩擦力和刚度等；
- .6 所有可能使用的系固件的示图；和
- .7 有关最大加速度、气象衡准、仅适于非冬季工况、限制海区等的限制。

第3章 能见度

3.1 按SOLAS公约第V章，从驾驶位置所见的面视域，在所有吃水、纵倾和甲板货状况下，自船首前方至任何一舷10°范围内均不应有超过两倍船长或500 m（取其小者）的遮挡。国家规定可能与此有所不同，应视预定航程所需予以考虑。

3.2 在驾驶室外正横前方从驾驶位置所见的面视域内任何由货物、起货装置或其他障碍物造成的盲视扇形区域的遮挡，应不超过10°。盲视扇形区域的总弧度不应超过20°。在盲视扇形区域之间的可视扇形区域应至少为5°。但在3.1所述的视域内，各盲视扇形区域均不应超过5°。

3.3 下列公式能用于计算驾驶室能见度：

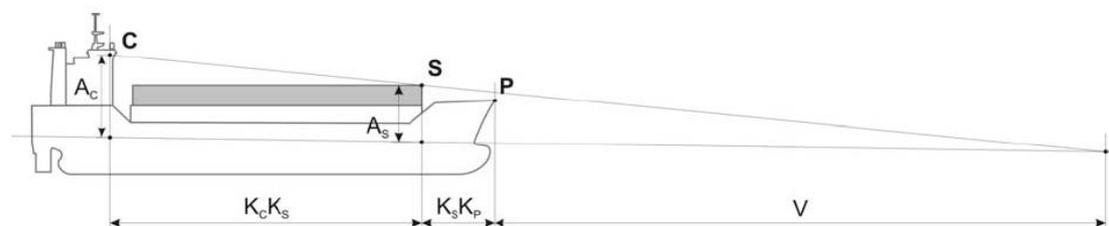


图3.1 驾驶室能见度计算用距离

$$V = \frac{K_C K_S \cdot A_S}{A_C - A_S} - K_S K_P$$

式中：

$K_C K_S$ 驾驶位置至‘S’位置的距离

$K_S K_P$ ‘S’位置至‘P’位置的距离

A_C 驾驶位置空隙

A_S ‘S’位置空隙

第4章 木材货的物理特性

4.1 积载因数

4.1.1 下表列出不同类型木材甲板货密度和积载因数的典型值。

表4.1 密度和积载因数的典型值

木材货类型	密度 [吨/m ³]	体积因数 [m ³ 舱容/m ³ 货物]	积载因数 [m ³ 舱容/每吨货物]
锯木	0.5 - 0.8	1.4 - 1.7	1.8 - 3.4
端部平整的锯木包装件			
端部不平的锯木包装件	0.5 - 0.8	1.6 - 1.9	2.0 - 3.8
端部平整的刨木包装件	0.5	1.2 - 1.4	2.4 - 2.8
圆木	0.9 - 1.1	1.5 - 2.0	1.4 - 2.2
针叶圆木, 新材 (有树皮)			
阔叶圆木, 新材 (有树皮)	0.9 - 1.5	2.0 - 2.5	1.3 - 2.8
圆木, 干材 (有树皮)	0.65	1.5 - 2.0	2.3 - 3.1
去皮针叶圆木, 新材	0.85 - 1.2	1.5 - 2.0	1.2 - 2.4
去皮阔叶圆木, 新材	0.9 - 1.0	1.5 - 2.5	1.5 - 2.8
去皮圆木, 干材	0.6 - 0.75	1.2 - 2.0	1.6 - 3.3

4.1.2 上表所列密度和积载因数仅供参考, 以有助于预先制定操作计划。实积载荷的相应值视木材类型和状况而定, 可能与表中数值有很大区别。实际装载期间, 通过反复核查船舶排水量可得到更为准确的货物重量值。锯木包装件的重量通常较为准确。

4.1.3 航行期间, 无遮盖木材的重量可能因失水或吸水而变化 (但成捆包覆的木材货不会)。甲板下面积载的木材货可能失重, 而甲板上积载的木材可能因吸水而增重, 见附件C的专门须知。应特别注意整个航程中这些以及其他状况的变化对稳性的影响。

4.2 摩擦因数

4.2.1 货物静止时, 静态摩擦力阻止其滑动。当发生移动后, 物质的接触阻力减少而由动态摩擦力对滑动起反作用, 见4.2.6。

4.2.2 静态摩擦力可通过倾斜试验测定。角 ρ 在木材货开始滑动时测得。静态摩擦力按下式计算:

$$\mu = \tan(\rho)$$

4.2.3 应以相同材料组合进行五次倾斜试验。去掉最高值和最低值, 将摩擦因数取为三个中间值的平均数。此平均数字应向下舍至最接近的0.05小数。

4.2.4 如果这些数值要用于非冬季工况, 干、湿接触面的摩擦系数应在分开进行的系列试验中测得, 在设计货物系固装置时应使用这两个值中的低者。

4.2.5 如果这些数值要用于暴露面为冰雪覆盖的冬季工况, 则在设计货物系固装置时应使用干、湿接触面或冰雪接触面所得摩擦系数的最低值。

4.2.6 动态摩擦因数如未专门测量, 可取为静态值的75%。

4.2.7 在设计木材甲板货的系固装置时, 除按以上所述测得和记入实际摩擦系数外, 可使用上述工况的下列静态摩擦力值。

表4.2 不同材料组合静态摩擦力的典型值

接触面	非冬季工况 干或湿	冬季工况
锯木包装件 对油漆钢板	0.45	0.05
对锯木	0.50	0.30
对塑料罩布或吊货网	0.30	0.25
圆木 针叶圆木（有树皮）对油漆钢板	0.35	
针叶圆木（有树皮）各层之间	0.75	

4.2.8 静态摩擦力可用于紧密的块状积载布置，并可用于设计顶部覆盖式绑扎系统之类摩擦绑扎系统。

4.2.9 动态摩擦力应用于非刚性绑扎系统，该系统因系固设备的弹性而可在系固装置的容量达到饱和状态前让货物有少量位移。

4.3 塑料罩布

4.3.1 塑料布常用在锯木包装件上来保护货物。塑料布能涂上高度耐磨的涂层（摩擦系数0.5及以上），作为提高这些货物运输安全的重要手段。

4.3.2 应采取特殊预防措施，防止将摩擦系数低的滑溜塑料篷用作锯木包装件在甲板上的货盖。

4.4 包装标记

所有锯木包装件均应有包装件体积的清楚标记。包装件顶部和两侧长边的标记应清楚可见。大致重量也应标明⁽²⁹⁾。

4.5 吸水

浪花会增加木材甲板货的重量，从而影响稳性。木材增加的重量随时间、木材暴露情况和木材类型而变。木材甲板货因吸水而增加的重量值，应按2008年IS规则和附件C的专门须知予以考虑。

4.6 冰重量

在寒冷气象条件下，可能会因浪花而结冰并由于冰会增加重量而影响稳性。由于结冰而增加的重量值，应按2008年IS规则予以考虑。

4.7 锯木包装件的刚性

4.7.1 锯木包装件的扭转强度RS的定义为，包装件在其坍塌或变形不超过其宽度B的10%或最多为100 mm（见图4.1）情况下，每米包装长度所能承受的水平力。

4.7.2 木材包装件的扭转强度能用图4.2所示试验装置来测量。角 α 不得大于30°。

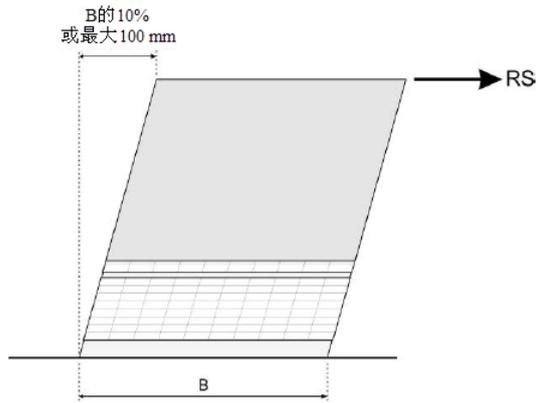


图4.1 木材包装件扭转强度

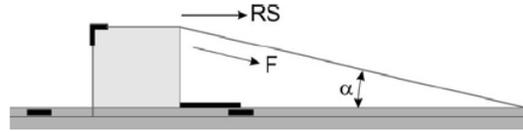


图4.2 扭转强度试验装置

4.7.3 扭转强度RS取为包装件坍塌时或其顶部变形为包装件宽度B的10%或最多为100 mm时，所施的力 $F \cdot \cos \alpha$ （见上图）。

4.7.4 扭转强度的测量须由托运人进行，资料应作为SOLAS公约第VI章要求的货物资料的一部分提供给船长。

B部分 货物系固装置设计

为吸纳经实践证明的设计和操作系统，并为采纳技术和材料方面取得的进展，将B部分分为两章，各自提出不同的设计原则。第5章（设计原则）包含**规定性**要求。第6章（替代设计原则）规定了有待开发的替代设计和设备，并包括功能要求。

第5章 设计原则

本章主要适用于，但并不限于宽度为24 m及以上从事国际深海航运的船舶，并纳入基于木材甲板货系固的规定性要求的经验。本章主要适用于钢质绑扎构件的使用，但并不限于仅使用钢质绑扎构件。对于适用第5章的船舶，可考虑允许将经实践证明的替代技术用于设计安全程度至少符合本章规定的货物系固方式。

5.1 总则

5.1.1 每一绑索均应从木材甲板货上绕过，并缚紧于合适的眼板、绑索系柱或其他适合预定用途并有效附连在甲板边板或其他加固点上的装置。其设置方式应尽实际可能使其沿木材甲板货的全高与木材甲板货接触。

5.1.2 所有绑索及其部件均应：

- 1 具有不小于133 kN的断裂强度；
- 2 在受到初始应力后，在80%断裂强度下的伸长率不超过5%；和
- 3 承受不小于其原有断裂强度40%的验证载荷后，无永久形变。

5.1.3 每一绑索都应设有一张紧装置或系统，其位置应使其在需要时能安全有效工作。该张紧装置或系统所产生的载荷不得小于：

- 1 水平部分27 kN；和
- 2 垂直部分16 kN。

5.1.4 在张紧和初步系固后，张紧装置或系统的螺杆的剩余螺纹长度应不少于一半或剩余张紧能力不少于一半，以供以后使用。

5.1.5 每一绑索都应设有能调整绑索长度的装置或设备。

5.1.6 对在甲板上连续堆放的货堆，绑索的间距应使每段货堆各端的两根绑索尽可能靠近木材甲板货的端部。

5.1.7 如果将钢丝绳夹用作钢丝绑索的接头，应遵守下列条件，以免强度大幅降低：

- 1 所用绳夹的数量和尺寸应与钢丝绳的直径成比例，数量不得少于三个，其间距不小于150mm；
- 2 绳夹的鞍形部分应装在活动载荷段，“U”形螺栓应装在静载或缩短端段；和
- 3 绳夹应先上紧至明显卡进钢丝绳，接着在绑索受力后再次上紧。

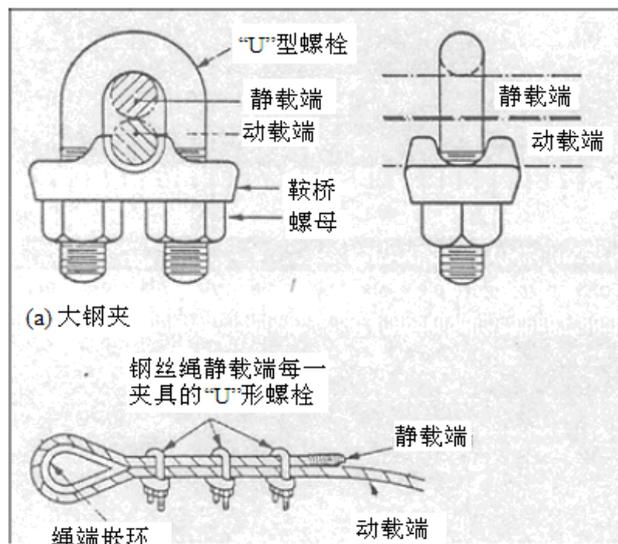


图5.1 钢丝绳夹

5.1.8 给夹具、绳夹、卸扣和松紧螺旋扣的螺纹润滑，可提高其夹持能力和防止腐蚀。

5.1.9 大钢夹仅适合于标准六股右搓钢丝绳。左搓绳或结构不同者不得与大钢夹合用。

5.2 立柱

5.2.1 按第7章设计的立柱，应在由于本规则所述木材甲板货的性质、高度或特点而需要时使用。

5.2.2 立柱在使用时应：

- 1 用有足够强度的材料制成，并应考虑到甲板货的宽度、货物的重量和高度、木材货的类型、摩擦因数、增加绑索之类参数；
- 2 安装为两个立柱的中心线间距不超过3 m，使货堆所有部分最好各由至少两个立柱支撑；和
- 3 用角铁、插座或同样有效的装置固定在甲板和/或舱口盖上并按CSM的要求系固就位。

5.3 散装或包装锯木

5.3.1 对于散装锯木，应使用立柱。立柱或塞档（低立柱）还应仅用于防止装在舱口盖上的包装锯木滑动。此外，木材甲板货应在其整个长度上用独立绑索系固。

5.3.2 上述绑索的最大间距应根据绑索附近木材甲板货的最大高度确定，但应符合5.3.3的规定：

- 1 高度2.5 m及以下，间距应为3 m；
- 2 高度大于2.5m，间距应为1.5 m；和
- 3 在甲板货的最前端和最后短，绑索的上述间距应减半。

5.3.3 长而结实的包装件应尽实际可能堆在货堆的外行，积载在货堆舷外上缘的包装件应每包至少用两根绑索系固。

5.3.4 当木材甲板货的舷外包装件长度小于3.6 m时，绑索间距应作必要减少或采取其他适当措施来适应木材的长度。

5.3.5 应沿货堆的舷外上缘使用适当设计和由适当材料制成的圆角件来承受应力，并使绑索可自由穿越。

5.3.6 木材包装件也可基于第6章的设计原则，用链条或金属丝环绑扎系统来系固。

5.4 圆木、木杆、四角木材或类似货物

5.4.1 圆木甲板货应由立柱支撑，在其整个长度由间距不超过1.5 m的独立绑索系固。

5.4.2 如果圆木甲板货积载在舱盖和更高位置上，则除用5.4.1建议的绑索系固外，还应应用横向系索（2.10.14所述倒钩钢丝绑索）系统作进一步系固，连接每一对左舷和右舷立柱。

5.4.3 如果船上有绞车或其他张紧系统可用，5.4.1提及的每一其他绑索可与2.10.15所述波形钢丝系统连接。

5.4.4 5.3.5的建议适用于四角木材甲板货。

5.5 试验、标记、检查和发证

木材甲板货系固用的所有绑索及其部件均应按海安会MSC/Circ.745⁽²⁷⁾通函并按5.1.2和5.1.3关于绑索和部件的具体要求来试验、标记、检查和发证。

5.6 绑扎图

木材甲板货运输船上应备有和保存一份或数份符合本规则建议的通用系固图。系固图应纳入《货物系固手册》，在积载和系固木材甲板货时应查看最相关的绑扎图。

第6章 替代设计原则

本章对木材甲板货的系固规定基于功能的要求，从而使新的设计和系固装置得以开发（和使用）。这些要求可用作第5章关于宽度小于24 m船舶的要求的一个替代方法，以及设计者在考虑货物系固的替代技术时的一个替代方法。第6章适用时，船舶安全管理体系应包括基于设计风险评估的操作程序。

6.1 一般要求

6.1.1 甲板、舷墙、立柱、舱口和围板的构造应设计为可让木材甲板货以令人满意的方式载运。

6.1.2 目标是尽实际可能防止货物位移，系固系统应按本章规定的原则来设计。

6.1.3 一般而言，散装锯木或圆木应纵向积载，货堆各侧应按其全高由立柱支撑。

6.1.4 包装锯木甲板货的扭转强度如经测试查明足够且以底部遮挡、摩擦或绑扎方式防止滑动，其系固可不用立柱。

6.1.5 如果摩擦充分且预计横向加速度有限，无包装锯木货可横向积载。

6.1.6 本章的公式所用全部符号见本规则6.7。

6.2 作用于货物的加速度和力

6.2.1 货物系固装置在横向应按CSS规则附件3，根据所产生的加速度以及风力和浪力来设计。

6.2.2 仅当充分采取措施避免加速度在恶劣迎浪下过大时，木材甲板货方可不作纵向专门系固。

6.2.3 为计及2.13.4提及的因素，按CSS规则附件13计算的加速度数据可乘以一个0 - 1的折减因数，视预定航行期间的预计最大有义波高而定。该折减因数由下式求得：

$$f_R = \sqrt[3]{\frac{H_M}{19.6}}$$

式中变量 H_M 系指预计最大有义波高（m）。

（数值19.6为假定将在北大西洋产生的二十年波。不同海域和季节的相关有义波高可从“海浪统计”中查得。）

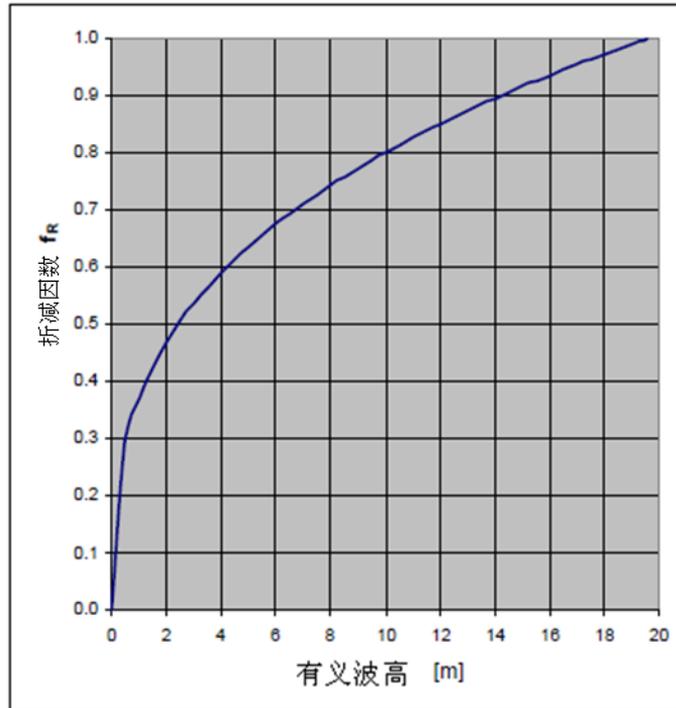


图6.1 折减因数作为预计有义波高函数标绘图

6.2.4 在木材甲板货系固装置的设计中，减少加速度可按下列任一方式采用：

- 1 所要求的系固装置按不同波高设计，系固装置按各航程的最大预计波高选择。
- 2 计算特定系固装置所能承受的最大波高，船舶限于在计算所得最大波高以下的波高中营运。此种系固装置的示例为在受限海域内，积载的甲板货横向未予系固。
- 3 所要求的系固装置按特定受限海域的最大预计二十年波浪计算且在该海域营运时，货物始终按所设计的装置系固。

6.2.5 如6.2.4的前两个方法中有一个用于决定系固装置，则制定和遵循预定的航程最大预计波高的预报程序，并将其记入于经批准的船舶《货物系固手册》是十分重要的。

6.3 木材甲板货的物理特性

6.3.1 木材甲板货装载前，本节和第4章所述的所有相关货物资料均应提供给船长。

摩擦力

6.3.2 摩擦力是防止货物移动的最重要因素之一。甲板货会因缺少内部摩擦力而移动。雪、冰、霜、雨和其他表面打滑状况对摩擦力有很大影响。应特别注意包装材料、接触面和气象条件。

6.3.3 静态摩擦力可用于紧密的块状积载布置，并可用于设计顶部覆盖式绑扎系统之类摩擦绑扎系统。

6.3.4 动态摩擦力应用于非刚性绑扎系统（例如环捆式绑索），该系统因系固设备的弹性而可在系固装置的容量达到饱和状态前让货物有少量位移，见6.5.16。

6.3.5 确定木材甲板货常用的摩擦系数以及材料接触通用摩擦值的程序见第4章。

木材包装件的刚性

6.3.6 木材包装件的刚性对甲板货的稳性极为重要，设计系固系统时应考虑到木材包装

件的扭转强度。



图6.2 不足刚性示例

6.3.7 就本规则而言的木材包装件定义及其确定方法见第4章。扭转强度应不小于3.5 kN/m包装长度。

6.4 安全因数

6.4.1 在下列情况下应使用安全因数：

- .1 按最大断裂载荷（MBL）计算绑索的最大系固载荷（MSL）；和
- .2 计算绑索的最大许用计算所得强度（CS）作为MSL的函数。

6.4.2 MSL应按CSS规则附件13取为MBL的函数，但设备的检查和维护保养应已按船舶《系固手册》进行。

6.4.3 计算中所用的绑索和立柱最大许用计算所得强度（CS）应按下式取值：

$$CS \leq \frac{MSL}{1.35}$$

6.5 不同系固装置的设计衡准

6.5.1 木材甲板货的系固装置应基于以上6.4所述加速度、物理特性和安全因数。

6.5.2 下文为一些不同系固装置的设计横准。只要系统是按本规则规定的原则设计，也可使用其他系固装置。

6.5.3 附件B对某些积载和系固装置作了详细说明并有设计计算示例。

6.5.4 本章公式所用符号见第8章。

纵向积载木材包装件的顶部覆盖式绑扎

6.5.5 顶部覆盖式绑扎本身就是一种摩擦绑扎法，该绑扎的作用是施加垂向压力来增加甲板货的外侧各堆与船舶甲板/舱口盖的摩擦。

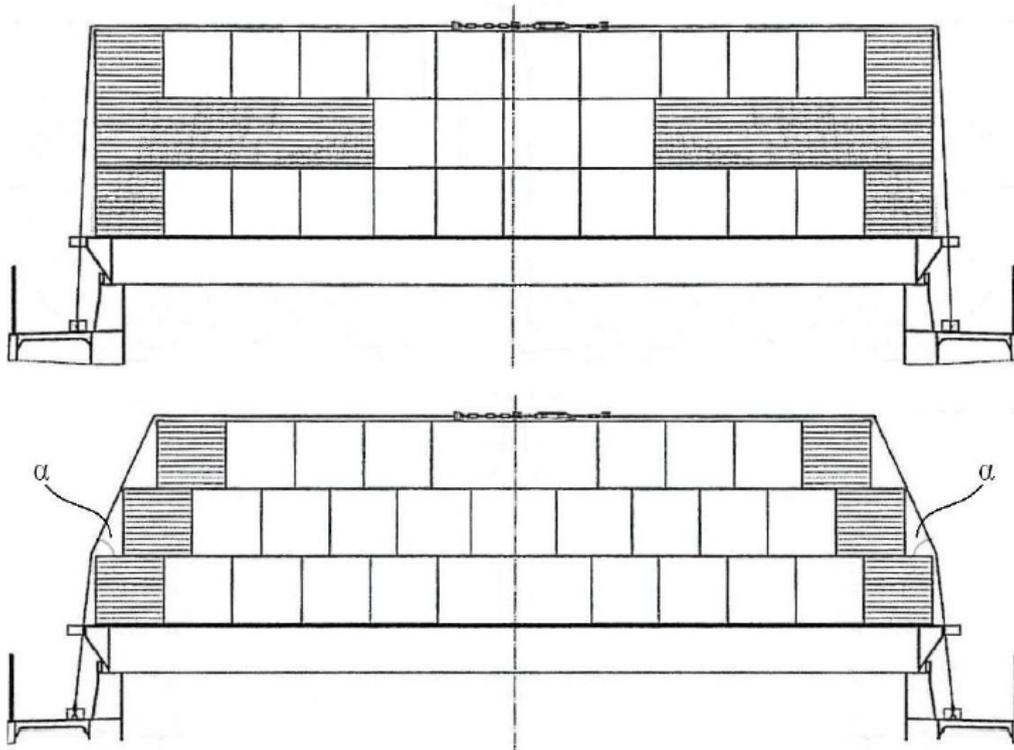


图6.3 顶部覆盖式绑扎原则

6.5.6 对于纯粹顶部覆盖式绑扎装置，摩擦力本身就须对横向力起到反作用，以达到如下的力平衡：

$$(m \cdot g_0 + 2 \cdot n \cdot PT_V \cdot \sin \alpha) \cdot \mu_{\text{static}} \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

6.5.7 实际上，层间滑动得以防止往往是由于木材包装件的高度不同。或者，可在纵列之间插入大小适宜的垂直结实板条来防止层间滑动。

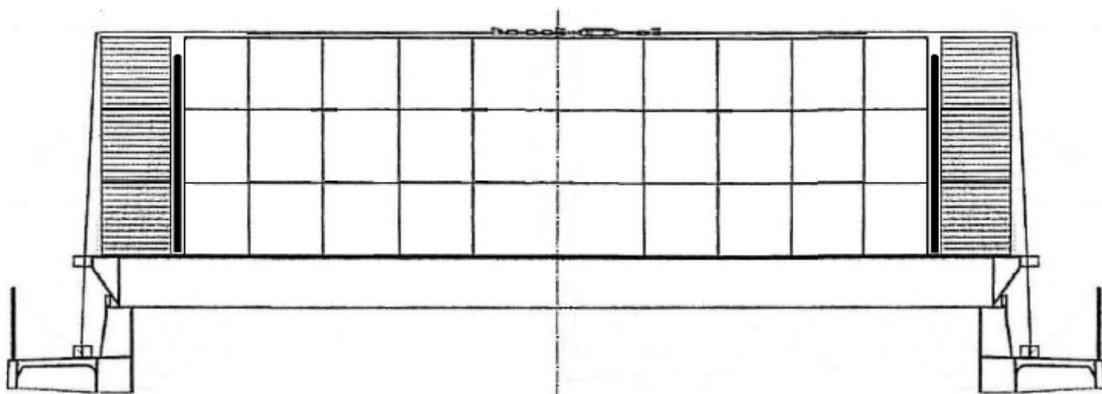


图6.4 垂直结实板条防止上层滑动

6.5.8 如果层间滑动未予防止，则各层之间的滑动应通过如下的力平衡来考虑：

$$(m_a \cdot g_0 + 2 \cdot n \cdot PT_V \cdot \sin \alpha) \cdot \mu_{\text{static}} \geq m_a \cdot a_t + PW_a + PS_a$$

标有 a 的单元仅计及滑动层面以上的货物单元。

6.5.9 为防止底层包装件因扭转变形而坍塌，积载在底层上面的货物重量应有限制，以达到如下的力平衡：

$$n_p \cdot L \cdot RS \geq m_a \cdot (a_r - 0.5g_0)PW_a + PS_a$$

标有_a的单元仅计及底层以上的货物单元。

6.5.10 所用绑索应符合6.5.20和6.5.21的规定。极为重要的是，在使用顶部覆盖式绑扎装置时使绑索保持张紧，因为该装置依靠绑索的垂向压力。

6.5.11 顶部覆盖式绑索用作纵向积载的锯木包装件的唯一系固装置时，应寻求与舱口盖有足够的摩擦力，并/或如有可能还应限制横向加速度。

纵向积载木材包装件的环捆式绑扎

6.5.12 环捆式绑索总是成对使用，如下图所示。绑索从货物一侧经货物下面拉到另一侧，经货物上面回到原侧。或者，绑索的下部可在货物下面紧固于舱口盖上的一个系固点。

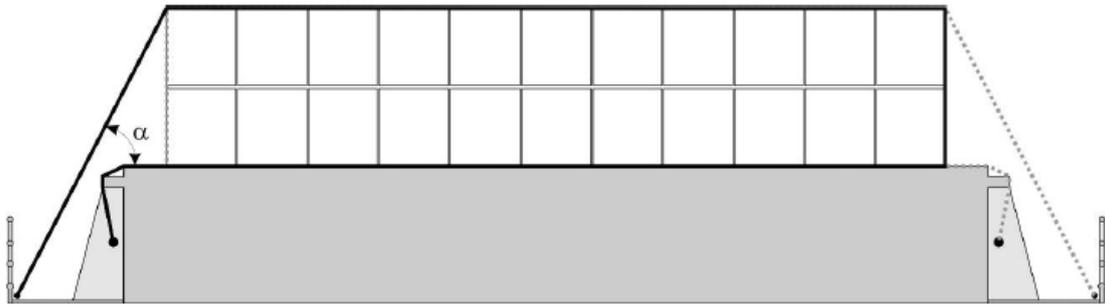


图6.5 环捆式绑扎方式1的原则（应了解绑索如图所示环绕船舶结构时的磨损，见2.10.10）

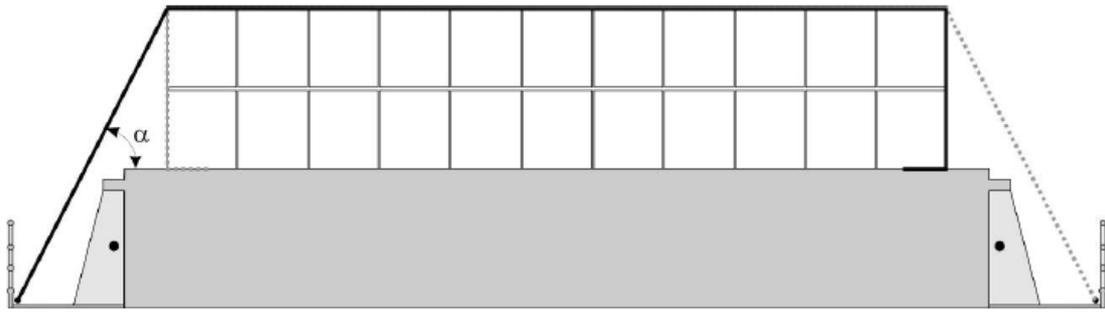


图6.6 环捆式绑扎方式2的原则。与绑扎方式1相比，绑索长度较短而减少了货物因绑索伸长而产生的移动

6.5.13 绑索数量和强度的选择应使如下平衡关系得以达到：

$$(m_a \cdot g_0 + n \cdot CS \cdot \sin \alpha) \cdot \mu_{\text{dynamic}} + n \cdot CS + n \cdot CS \cdot \cos \alpha \geq m_a \cdot a_r + PW + PS$$

6.5.14 层间滑动应予防止（见6.5.7）。

6.5.15 为防止底层包装件扭转变形，积载在底层上面的货物重量应有限制，以达到如下平衡：

$$n_p \cdot L \cdot RS + n \cdot CS \cdot \cos \alpha \geq m_a \cdot (a_r - 0.5g_0)PW_a + PS_a$$

标有_a的单元仅计及底层以上的货物单元。

6.5.16 甲板货因绑索伸长而产生的横向移动按下式计算：

$$\delta = L_L \cdot \frac{(CS - PT_V)}{MSL} \cdot \varepsilon$$

除制造商的证书另有规定外，伸长因数 ε 对链条和钢丝绑索应取为2%，对网式绑索应取为7%。

根据船舶的木材甲板货满载工况，船舶因货物少量横向移动而产生的最大横摇角按下式

计算无论如何不得大于5°:

$$HA = \arctan\left(\frac{HM}{G'M \cdot \Delta}\right)$$

式中:

HA = 横摇角 (°);

HM = 因甲板货横向移动而产生的横倾力矩 (t/m);

$G'M$ = 按自由液面运动修正的初稳性高度 (m);

Δ = 船舶实际排水量 (t)。

纵向积载木材包装件的底部遮挡和顶部覆盖式绑扎

6.5.17 遮挡系指积载的货物紧靠船上的一种遮挡结构或固定件。货物如为扭转变形量大的包装件, 底部应充分遮挡并加上顶部覆盖式绑索。



图6.7 底部遮挡立柱示例

6.5.18 底部遮挡装置的规定强度MSL通过达到如下平衡来计算:

$$(m \cdot g_0 + 2 \cdot n \cdot PT_V \cdot \sin \alpha) \cdot \mu_{\text{static}} + n_b \cdot \frac{MSL}{1.35} \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

6.5.19 顶部覆盖式绑索的纵向间距在积载高度低于2.5 m时应至多为3 m, 在积载高度超过2.5 m时应至多为1.5 m。

6.5.20 绑索垂直部分的预张力 PT_V 不得小于16 kN, 绑索水平部分的预张力 PT_H 不得小于27 kN。

6.5.21 系固时与底部遮挡组合使用的所有绑索及其部件均应:

1. 具有不小于133 kN的断裂强度;
2. 在受到初始应力后, 在80%断裂强度下的伸长率不超过5%; 和
3. 承受不小于其原有断裂强度40%的验证载荷后, 无永久形变。

6.5.22 底部遮挡装置应以相等间距, 置于甲板货的两侧。每段货物每侧应使用两个遮挡装置, 高度应达到至少200 mm。

6.5.23 层间滑动应予防止(见6.5.7)。如未采取此种措施, 层间滑动应通过6.5.8的力平衡计算来核查。

6.5.24 为防止底层包装件扭转变形, 积载在底层上面的货物重量应有限制, 以达到如下的力平衡:

$$n_p \cdot L \cdot RS \geq m_a \cdot (a_r - 0.5g_0)PW_a + PS_a$$

标有a的单元仅计及底层以上的货物单元。

纵向积载锯木包装件和圆木的立柱遮挡和顶部覆盖式绑扎

6.5.25 纵向积载锯木包装件、散装锯木或圆木可用立柱支撑，视营运方式而定加上或不加顶部覆盖式绑索或倒钩钢丝。

6.5.26 立柱应按第7章设计。

6.5.27 立柱应以相等间距，置于货物两侧。货堆中的每块货物应每侧由至少两个立柱支撑。

6.5.28 对于包装锯木，顶部覆盖式绑索的间距在积载高度低于2.5 m时应至多为3 m，在积载高度超过2.5 m时应至多为1.5 m，对于圆木应为1.5 m而不论积载高度。

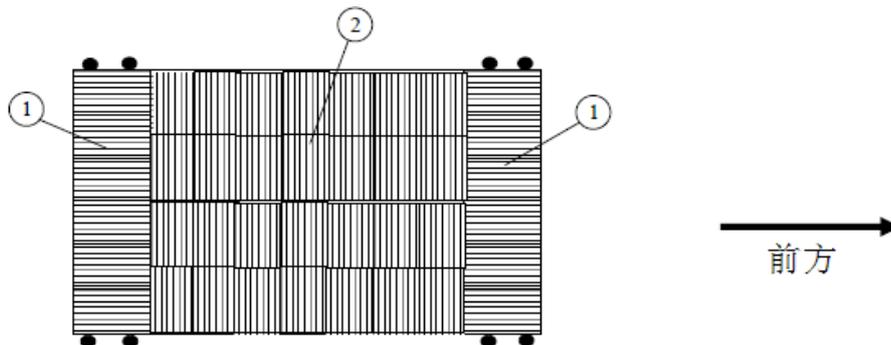
6.5.29 绑索垂直部分的预张力 PT_V 不得小于16 kN，绑索水平部分的预张力 PT_H 不得小于27 kN。

6.5.30 系固时与底部遮挡组合使用的所有绑索及其部件均应：

- 1 具有不小于133 kN的断裂强度；
- 2 在受到初始应力后，在80%断裂强度下的伸长率不超过5%；和
- 3 承受不小于其原有断裂强度40%的验证载荷后，无永久形变。

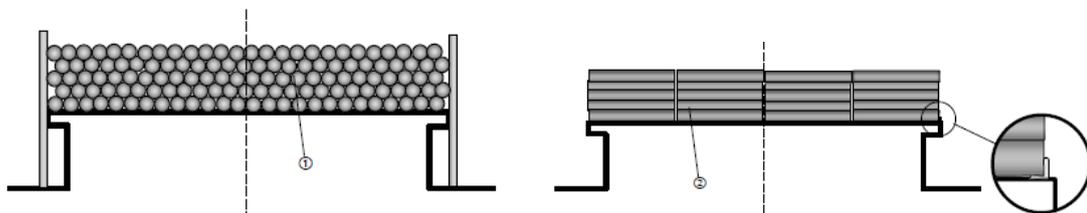
摩擦系固

6.5.31 在受限海域，圆木可横向积载并仅以底部遮挡和/或层间摩擦方式系固。仅在层间摩擦充分且预计横向加速度有限的情况下，方可如此做。底层与甲板/舱盖有充分摩擦时，可不要求采用底部遮挡。



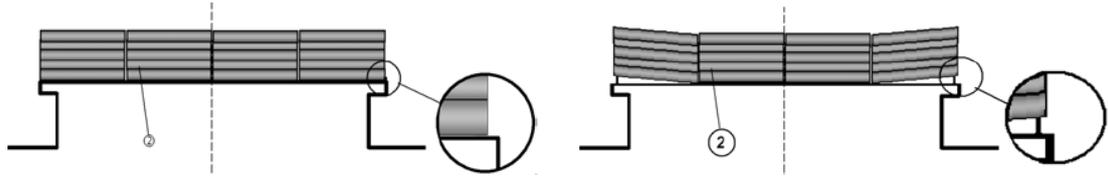
受限海域圆木积载方式示例

标有1的部分为纵向积载圆木，用立柱系固。标有2的部分为横向积载圆木，以摩擦方式系固并加上或不加底部遮挡



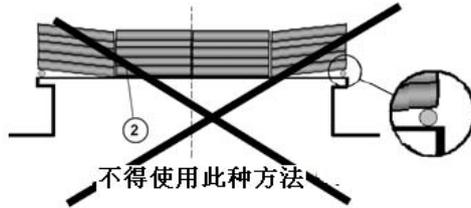
纵向积载圆木用立柱系固

横向积载木材货以摩擦方式系固并加上底部遮挡



横向积载圆木仅以摩擦方式系固（替代方法1）。舱口盖应涂防滑漆或应在舱口盖和圆木之间铺上防滑材料

横向积载圆木仅以摩擦方式系固（替代方法2）。舱口盖应涂防滑漆或应在舱口盖和圆木之间铺上防滑材料



横向积载圆木仅以摩擦方式系固（替代方法3）

图6.8 受限海域圆木摩擦系固原则

6.5.32 底部遮挡装置的规定强度MSL通过达到如下平衡来计算：

$$m \cdot g_0 \cdot \mu_{\text{static}} + n_b \cdot \frac{MSL}{1.35} \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

6.5.33 要求的层间摩擦力可以通过达到如下平衡来计算：

$$m \cdot g_0 \cdot \mu_{\text{static}} \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

第7章 立柱

7.1 纵向积载且扭转强度有限的圆木、散装锯木和锯木包装件应由至少与货堆等高的立柱支撑。

7.2 立柱应按其根据本章的公式所须承受的力设计。尤其是高立柱的设计应限制挠曲。立柱可补充以各种绑扎装置。



图6.9 立柱对货堆按其全高予以遮挡

7.3 对于载运散装锯木和圆材的船舶，各立柱的设计弯矩计算值为下列公式所得两个弯矩中的大者：

$$CM_{bending1} = 0.1 \cdot \frac{H^2}{k \cdot B \cdot N} \cdot m \cdot g_0$$

$$CM_{bending2} = \frac{H}{3 \cdot k \cdot N} \cdot (m \cdot (a_t - 0.6 \cdot \mu_{static} \cdot g_0) + PW + PS)$$

$$CM_{bending} \geq 1.35 \cdot \max(CM_{bending1}, CM_{bending2})$$

在下表内，支撑散装锯木或圆木的立柱所需抗弯强度系根据以上公式，使用典型的货物特性和配置进行计算。

高度 [m]	横向加速度 [m/s ²]							
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
2	107	150	193	235	278	321	363	406
3	330	474	618	762	906	1050	1194	1338
4	756	1097	1438	1780	2121	2462	2803	3144
5	1452	2118	2785	3451	4118	4784	5451	6117
6	2486	3638	4790	5941	7093	8245	9396	10548
7	3926	5755	7584	9413	11242	13070	14899	
8	5840	8570	11300	14030	16759			

表7.1 支撑圆木的立柱所需抗弯强度 (cm³)

如果按5.4或6.5.28 - 6.5.30采用顶部覆盖式绑索，立柱弯矩可减少12%。

7.4 木材包装件各支撑立柱的设计弯矩应取为下列公式所得三个弯矩中的大者：

$$CM_{bending_1} = \frac{m}{n_p \cdot k \cdot N} \cdot \left(a_t \cdot \frac{H}{2} - g_0 \cdot \frac{b}{2} \right) \cdot \frac{1 - (1 - f_i)^n}{f_i} \quad (\text{防倾所需弯矩})$$

式中： $f_i = \mu_{\text{internal}} \cdot \frac{2b}{H}$ (f_i = 计及内矩的因数)

$$CM_{bending_2} = \frac{H}{2 \cdot k \cdot N} \cdot m \cdot (a_t - \mu_{\text{internal}} \cdot g_0) \cdot \frac{q-1}{2q} \quad (\text{防滑动所需弯矩})$$

$$CM_{bending_3} = \frac{H}{k \cdot N} \cdot (m \cdot a_t - (n_p - 4)(q - 2) \cdot L \cdot RS) \cdot \frac{q-1}{2q} \quad (\text{防扭转变形所需弯矩})$$

$$CM_{bending} \geq 1.35 \cdot \max(CM_{bending_1}, CM_{bending_2}, CM_{bending_3})$$

在以下表内对于扭转强度为7 kN/m的**结实的**木材包装件和扭转强度为3.5 kN/m的较不结实的木材包装件，支撑木材包装件的立柱所需抗弯强度系根据以上公式，使用典型的货物特性和配置进行计算。

高度 [m]	横向加速度 [m/s ²]						
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
2					26	70	115
3		22	70	118	165	213	378
4	124	237	350	463	576	689	953
5	458	679	900	1120	1341	1562	1927
6	1040	1421	1803	2184	2565	2946	3405
7	1934	2539	3144	3748	4353	4958	5563
8	3202	4104	5007	5909	6812	7714	8617
9	4907	6192	7477	8761	10046	11331	12615

表7.2 支撑**结实的**锯木包装件的立柱所需抗弯强度 (cm³)

高度 [m]	横向加速度 [m/s ²]						
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
2	3	32	61	90	118	147	176
3	524	660	797	934	1071	1207	1344
4	724	1095	1466	1837	2208	2579	2950
5	725	1304	2084	2864	3644	4423	5203
6	1645	2248	2982	4393	5804	7215	8626
7	3055	4011	4966	7200	9512	11824	14136

表7.3 支撑**较不结实的**锯木包装件的立柱所需抗弯强度 (cm³)

7.5 如果使用倒钩钢丝绑索，每根倒钩钢丝绑索所需MSL按下式计算：

$$MSL \geq \frac{M_{bending}}{2 \cdot h}$$

7.6 设计弯矩产生的应力不得大于立柱任何部分的材料极限应力的50%。

第8章 所用符号

以下列出本规则的设计衡准中的公式所用符号：

at	= 货堆前端或后端的甲板货重心处最大横向加速度 (m/s^2) ;
B	= 甲板货宽度 (m) ;
b	= 各堆包装件宽度;
CS	= 绑索计算强度 (kN) , 见6.4;
f_R	= 预计海况造成的加速度折减因数;
g_0	= 重力加速度 9.81 m/s^2 ;
H	= 甲板货高度 (m) ;
H_M	= 最大有义波高;
h	= 倒钩钢丝绑索在甲板以上系于立柱的高度 (m) ;
k	= 计及倒钩钢丝绑索时的因数: 如不用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1$, 如用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1.8$;
L	= 系固甲板货或甲板货段的长度 (m) ;
L_L	= 每根绑索的长度 (m) ;
M_{bending}	= 立柱设计弯矩, 以kNm计;
MSL	= 货物系固装置最大系固载荷 (kN) ;
m	= 系固甲板货或甲板货段的质量 (t) , 包括吸收水分和可能结冰;
N	= 各舷所计及货段的支撑立柱数量;
n	= 绑索数量;
n_b	= 甲板货每侧底部遮挡装置数量;
n_p	= 每行并排包装件堆数量;
PS	= 无法避免的海浪晃动压力 (kN) , 基于每 m^2 暴露面积1 kN, 见CSS规则附件13;
PT_V	= 绑索垂直部分预张力 (kN) ;
PT_H	= 绑索水平部分预张力 (kN) ;
PW	= 风压 (kN) , 基于每 m^2 受风面积1 kN, 见CSS规则附件13;
q	= 木材包装件层数;
RS	= 木材包装件每米扭转强度 (kN/m) , 见4.7;
α	= 舱口盖顶板与绑索夹角 ($^\circ$) ;
δ	= 甲板货因绑扎装置的弹性而产生的少量横向移动 (m) ;
ε	= 绑扎设备弹性因数, 取为绑索的MSL载荷下产生的伸长率分数;
μ_{dynamic}	= 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖动态摩擦系数, 计为静态摩擦值的70%;
μ_{internal}	= 锯木包装件内部的动态摩擦系数;
μ_{static}	= 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖静态摩擦系数。

附件A 程序和检查表制定导则

在制定木材甲板货装卸作业的检查表时，应考虑到A.1至A.5的各项内容。

A.1 木材甲板货装载前的准备工作

一般准备工作

A.1.1 每包货物的下列资料（如适用）应由托运人提供，并由船长或其代表收集：

- .1 预定作为甲板货的货物总量；
- .2 货物典型尺寸；
- .3 货捆数量；
- .4 货物密度；
- .5 货物积载因数；
- .6 包装货物扭转强度
- .7 包装件罩盖类型，是否为防滑型；和
- .8 相关摩擦系数，包括锯木包装件罩盖（如适用）。

A.1.2 应受到关于甲板货何时准备就绪可供装载的确认。

A.1.3 应按船舶《纵倾和稳性手册》制定一份装载前计划，并应计算和核查下列各项：

- .1 积载高度；
- .2 每m²重量；
- .3 所需压载水量；和
- .4 离港和到港时的排水量、吃水、纵倾和稳性。

A.1.4 稳性在整个航程中均应保持在规定限度内。

A.1.5 在进行稳性计算时，应考虑下列因素造成的排水量、重心和自由液面运动的变化：

- .1 作为甲板货载运的木材吸水量，按专门须知所述，见附件C；
- .2 积冰（如适用）；
- .3 消耗品变化；和
- .4 压载水置换作业，按经批准的程序。

A.1.6 压载水置换作业的适当须知如适用于预定航程，应在压载水管理计划内提供。

A.1.7 应按船舶《货物系固手册》（CSM）编制一份绑扎计划并计算下列各项：

- .1 各舱盖货堆重量和高度；
- .2 各舱盖纵向货段数量；
- .3 绑扎设备所需数量；和
- .4 立柱所需数量（如适用）。

A.1.8 绑扎设备证书应在船舶《货物系固手册》内提供。

A.1.9 初稳性计算和绑扎图完成后，应确认最大装货量。

A.1.10 装载前计划、装载计划和装载后计划应分送所有相关方（即押运员、码头装卸人员、代理等）。

A.1.11 应核查装载期间的气象报告和航行海域的气象预报。

A.1.12 应确认装卸公司知晓船舶关于木材甲板货的积载和系固具体要求。

船舶准备就绪

A.1.13 航程所需和稳性计算所包括的压载水舱均应在甲板装货开始前注水，并确保消除所有预定注满或留空的水舱的自由液面。

- A.1.14 舱口盖和通往甲板以下处所的其他开口应关闭、系固并用压条封住。
- A.1.15 空气管、通风筒等应有防止进水保护，并应对其检查以确定是否有效防水。
- A.1.16 甲板上可能妨碍货物积载的物体应移除，并在适于堆放处安全系固。
- A.1.17 装载区域和包装木材商的积冰和积雪应消除。
- A.1.18 应详查甲板上的所有测深管，并采取必要的预防措施保留其通道。
- A.1.19 应检查货物系固设备，准备将其用于系固木材甲板货，发现缺陷的设备应不再使用，加上送修标签并予更换。
- A.1.20 应确认所用立柱符合船舶《货物系固手册》的要求。
- A.1.21 应准备好坚实平坦的积载面。货垫如果使用，应为粗木制成，并以可将载荷分布于船舶舱盖或主甲板结构的方向放置并有助于泄水。
- A.1.22 额外的绑扎点如需要，应经主管机关认可。
- A.1.23 应确保货垫随时可用并处于良好状况。
- A.1.24 如设有增加摩擦的装置，应核查其状况。
- A.1.25 带有钢索、制动器、微动开关和信号装置的吊车（如要使用），应受到控制。
- A.1.26 应验证甲板照明正常，可供使用。

船对岸通信

- A.1.27 应指定并测试货物装卸作业期间使用的无线电频道。
- A.1.28 应确认吊车司机和码头装卸人员/船员理解在货物装卸作业期间使用的信号。
- A.1.29 应制定一份因任何不可预见且可能危及船舶和/或船上人员安全的情况而停止装货或卸货作业的计划。

A.2 木材甲板货装载和系固期间的安全

绑扎设备

- A.2.1 立柱如适用，应在甲板装载开始前安装。
- A.2.2 应核查所有绑扎设备是否就位。

船舶安全

- A.2.3 应做好计划在发生横倾且无法恰当说明其原因的情况下，立即停止所有装货作业。
- A.2.4 假如船舶有原因不明的横倾，则在船舶所有液舱经过测深且船舶稳性经过评定前不得继续作业。
- A.2.5 如认为必要，装载期间应对木材货样品称重并将其实际重量与托运人声明的重量比较，以正确评定船舶稳性。
- A.2.6 装载过程中应定期核查吃水并应计算船舶排水量，确保船舶最终稳性和吃水在规定限度内。
- A.2.7 甲板和舱盖的许用装载重量不得超过。
- A.2.8 船舶稳性应始终为正值并符合船舶完整稳性要求。
- A.2.9 紧急脱险路线应畅通并可供使用。
- A.2.10 通风管道和阀如需有通道，其应畅通。
- A.2.11 任何障碍物，诸如脱险路线或操作处所出入口的绑索或系固点以及安全设备、消防设备或测深管，应保持在最低限度，并在任何情况下应有清楚标识。
- A.2.12 在装载的后期阶段，应按横摇周期或静横倾求得初稳性高度近似值（如这样做安全时）。货物随甲板吊车快速或慢速移动（视具体情况），或将货捆降到船舶一侧的另一甲板货上，会引起横摇或静横倾。

积载

A.2.13 甲板货堆应尽实际可能坚实、紧凑和稳定。应防止货堆内部出现松动，因这会造成绑索松弛和/或积水。

A.2.14 应尽实际可能在货堆内获得约束效应，在海上航行期间增强堆放结构的稳性并最大限度减少货物位移的风险。

A.2.15 不得允许积载损坏的木材包装件。变形或发现绑带断裂的木材包装件应送回岸上修复。

A.2.16 积载的货物不得悬出舷外。

A.2.17 木材甲板货如悬于舱口围板或其它结构外侧上方，其外端应由甲板或轨道上积载的其它货物支撑，或由强度足以对其支撑的等效结构支撑（参见2.9.6）。

避免货堆内部滑动风险

A.2.18 在舱盖和甲板货上放置其他货层前，应清除其积冰和积雪以使货堆内部达到高的摩擦系数。

A.2.19 如有可能，应在同一层内积载高度不同的木材包装件或在层间插入结实的垂直板条来防止层间滑动。将木材包装件连续层叠来形成有约束力的货堆，可防止其横向倾斜（参见6.5.7）。

工作安全

A.2.20 参与装载过程的人员应按船舶和港口的要求配备防护服，即安全帽、合适的鞋、手套等。

A.2.21 在积载高度2 m及以上的货堆上工作且距无防护边缘1 m以内的人员，如认为必要则应有安全带之类阻跌装备或主管机关认可的其他阻跌装置来保护其不致跌落。

A.2.22 在货堆上工作时，应预先准备好系上安全带。

A.2.23 应有通往货堆顶部和翻越货堆的安全通道。

A.2.24 人员在覆有塑料布或油布的木材包装件上工作或走动时，应小心谨慎。

A.3 木材甲板货的系固

系固的基本要求

A.3.1 应将关于系固装置的要求告知装卸公司和船员。

A.3.2 立柱在使用时，应牢靠紧固，防止其在装卸期间朝内倒下。

A.3.3 立柱应在本规则有要求时并按《货物系固手册》的规定用倒钩钢丝绑索连接，绑索在货堆相对两侧的每对立柱之间穿过。

损坏系固设备的修理或更换

A.3.4 只有未损坏的货物系固设备才可用于系固木材甲板货。

A.3.5 无法修复的损坏设备应有标记说明其不能使用并从船上撤出。

A.3.6 如果发现甲板立柱或其承座、围板或舱盖有任何损坏，应立即对其修理。

A.3.7 如果发现固定式绑扎设备有任何损坏，应立即对其修理。

A.3.8 如果发现便携式绑扎设备有任何损坏，应立即对其修理或用新的持证设备更换。

绑索的张紧

A.3.9 松紧螺旋扣的螺纹应涂以润滑脂，以增加绑索的预张力。

A.3.10 所有绑索均应完全张紧，卸扣和松紧螺旋扣上的所有螺栓和螺钉均应牢牢紧固。

A.3.11 松紧螺旋扣应留有足够螺纹，以在航行期间需要时可张紧绑索。

A.3.12 绑索应按本规则的规定和《货物系固手册》的规定拉紧。

A.3.13 需要时应按本规则的规定和船舶《货物系固手册》的规定使用边缘护件，使绑索的垂直部分和水平部分均有恰当的预张力。

步桥的设置

A.3.14 如果在船舶甲板上或甲板下没有方便的通道，则在甲板货以上应设有一结实的步桥并配以牢固的栏杆（参见2.8.6）。

按船舶《货物系固手册》系固

A.3.15 木材甲板货应按本规则的规定和船舶《货物系固手册》的规定积载和系固。

A.3.16 木材甲板货系固用的立柱和绑扎设备数量及强度应符合本规则的规定和船舶《货物系固手册》的规定。

A.4 航行期间采取的行动

航程计划

A.4.1 在制定航程计划时，所有会导致加速度过大而使货物移动或会导致海水晃动而造成吸水和结冰情况的可预见风险均应予以考虑。

A.4.2 船舶开航前，应验证下列各点：

- .1 船舶处于正浮状态；
- .2 船舶具有足够的初稳性高度；
- .3 船舶符合规定的稳性衡准；和
- .4 货物系固妥当。

A.4.3 液舱测深在整个航程中应定期进行。

A.4.4 船舶的横摇周期应定期核查，以确定初稳性高度仍在可接受范围内。

A.4.5 在恶劣气候和海况不可避免的情况下，船长应意识到有必要及早减速和/或改变航线，以最大限度减小货物、结构和绑索的受力。

A.4.6 如果在航行期间考虑偏离预定航程计划，则应制定新的计划。

海上航行期间货物安全检查

A.4.7 货物安全检查按下列各项进行，在整个航程中应经常检查。

A.4.8 在甲板上开始任何检查前，船长应采取相应行动在检查期间减少船舶运动。

A.4.9 应密切注意货物任何会危及船舶安全的移动。

A.4.10 安全条件允许时，固定式和便携式绑扎设备应作外观检查，查看是否有任何异常损耗或其他损坏。

A.4.11 由于船舶的振动和工作会造成货物沉降和压实，需要时应重新张紧绑扎设备以产生必要的预张力。

A.4.12 应检查立柱是否损坏或变形。

A.4.13 立柱承座应无损坏。

A.4.14 角隅护件应在原位。

A.4.15 货物系固设备在航行期间的所有检查和调整均应记入船舶航海日志。

航行期间横倾

A.4.16 如果发生横倾且不能归因于消耗品的正常使用，应立即调查该问题。这应考虑到其原因可能由下列一项或多项造成：

- .1 货物位移；
- .2 进水；和
- .3 负稳性横倾角。

A.4.17 即使没有发现甲板货大幅度位移，仍应检查甲板货是否有少量位移或甲板下货物是否位移。但在进入任何装有木材的封闭货舱前，应核查货舱空气以确保其中氧气未被木材耗尽。

A.4.18 应考虑到，气象条件是否使派船员去放松或张紧移动中的货物或已位移的货物

上的绑索比保留悬伸的货物更为危险。

A.4.19 进水的可能性应通过对全船进行测深来确定。如果发现来路不明的水，如合适则应使用所有可用的水泵来控制局面。

A.4.20 现有初稳性高度的近似值应通过对横摇周期计时来确定。

A.4.21 如果通过压载和卸载来修正横倾，在决定压载水舱注水和排空的顺序时应考虑到下列因素：

- .1 船舶吃水增加时，可能通过开口和通风管道进水；
- .2 如果用压载水位来抵消货物位移或进水，则可能在另一舷迅速发生大得多的横倾；
- .3 如果横倾是由船舶的负稳性横倾造成，且如果有经分隔的双层底空处所，则较低一侧的舱应先加载以使初稳性高度立即增加，然后再向较高一侧的舱加载；和
- .4 应一次仅对一个舱作业，由此将自由液面力矩保持在最小值。

A.4.22 如果通过投弃甲板货来修正横倾是所有其他选项都已用尽时的最后手段，则应注意下列方面：

- .1 投弃的做法不大可能使局面完全好转，因为整个货堆可能不会立即落入海中；
- .2 如果弃货时螺旋桨仍在转动，螺旋桨就有可能受到严重损害；
- .3 这本身对参与实际投弃程序的任何人有危险；和
- .4 执行投弃程序的地点和对航行的预估危害须立即报告沿海当局。

A.4.23 如果全部或部分木材甲板货被投弃入海，或意外落海灭失，船长应以其能使用的一切手段将有关对航行的直接危险的信息⁽²⁸⁾送交下列各方：

- .1 附近的船舶；和
 - .2 其能直接联系的第一个沿海地点的主管当局。
- 该信息应包括下列内容：
- .3 危险的种类；
 - .4 最后看到该危险的位置；和
 - .5 最后看到该危险的时间和日期（协调世界时）。

A.5 木材甲板货卸载期间的安全

货物系固设备

A.5.1 货物系固设备应收集起来并检查，损坏的设备应修理或报废。

A.5.2 立柱使用时应牢牢紧固于船舶的甲板、舱盖或舱口围板，并受到防护不致在卸载期间朝内倒下。

船舶安全

A.5.3 应做好计划在发生横倾且无法恰当说明其原因而继续加载又显轻率的情况下，立即停止所有卸货作业。

A.5.4 船舶稳性应始终为正值并符合船舶完整稳性要求。

A.5.5 紧急脱险路线应畅通并可供使用。

工作安全

A.5.6 参与卸载过程的人员应按船舶和港口的要求穿戴防护服，即安全帽、合适的鞋、手套等。

A.5.7 在货堆上工作时，应预先准备好系上安全带。

A.5.8 应与吊车司机商定使用正确的信号。

A.5.9 应有通往货堆顶部和翻越货堆的安全通道。

A.5.10 应采取一切可能的行动最大限度减少在货堆上滑跤的风险（即在塑料布或油布用作罩盖时）。

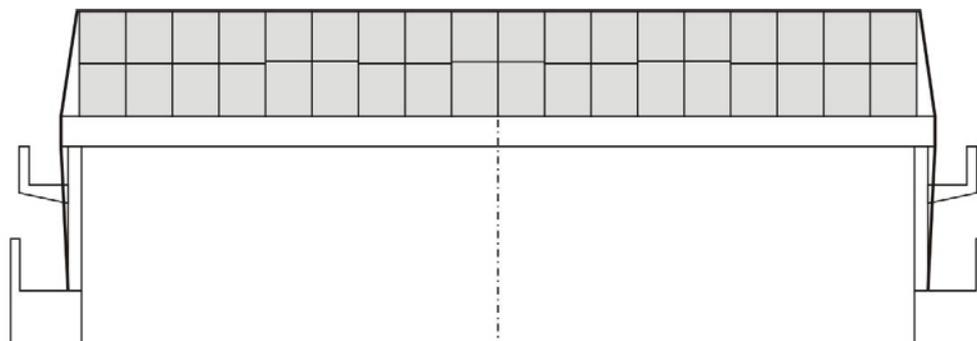
A.5.11 货物装卸作业期间应在需要时使用照明。

附件B 积载和系固装置样式

B.1 计算示例-顶部覆盖式绑索

在以下示例中,甲板上的锯木包装件系固所需绑索数量以及底层包装件所需扭转强度系数按16,600 DWT船舶计算。

示例B.1.1 -16,600 DWT船舶的顶部覆盖式绑索



图B.1 载运两层顶部覆盖式绑索系固锯木包装件的16,600 DWT船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度, LPP:	134 m
型宽, BM:	22 m
营运航速:	14.5 kn
初稳性高度, GM:	0.70 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 80 \times 19.7 \times 2.4$ m。甲板货总重取为1,600 t。层间滑动由底层高度不同的包装件来防止。

因次横向加速度

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下,用下列基本加速度和修正因数给出的横向加速度值为 $a_t = 5.3 \text{ m/s}^2$:

$$a_{t \text{ basic}} = 6.5 \text{ m/s}^2 = \text{基本横向加速度}$$

$$f_{R1} = 0.81 = \text{船长和航速修正因数}$$

$$f_{R2} = 1.00 = B_M/GM \text{修正因数}$$

$$a_t = a_{t \text{ basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2} = 6.5 \cdot 0.81 \cdot 1.00 = 5.3 \text{ m/s}^2$$

货物特性

m	= 1,600 t	= 系固货段的质量 (t), 包括吸收水分和可能结冰
μ_{static}	= 0.45	= 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖静态摩擦系数
H	= 2.4 m	= 甲板货高度 (m)
B	= 19.7 m	= 甲板货宽度 (m)
L	= 80 m	= 系固甲板货或甲板货段的长度 (m)
PW	= 192 kN	= 风压 (kN), 基于每 m^2 受风面积1 kN, 见CSS规则附件13
PS	= 160 kN	= 无法避免的海浪晃动压力 (kN), 基于每 m^2 暴露面积1 kN, 见CSS规则附件13
PT_V	= 16 kN	= 绑索垂直部分预张力 (kN)
α	= 85°	= 水平面与绑索夹角 (°)
n_p	= 18 pcs	= 每行并排包装件堆数量

所需顶部覆盖式绑索数量

对于无底部遮挡的纯顶部覆盖式绑扎装置，须单靠摩擦来抵消横向力以达到如下的力平衡：

$$(m \cdot g_0 + 2 \cdot n \cdot PT_V \cdot \sin \alpha) \cdot \mu_{\text{static}} \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

标有_a的单元仅计及底层以上的货物单元。

因此顶部覆盖式绑扎装置所需数量可以计算如下：

$$n \geq \frac{\frac{m \cdot a_t + PW + PS}{\mu_{\text{static}}} - m \cdot g_0}{2 \cdot PT_V \cdot \sin \alpha} = \frac{\frac{1600 \cdot 5.3 + 192 + 160}{0.45} - 1600 \cdot 9.81}{2.16 \cdot \sin 85} = 123 \text{ pcs}$$

扭转强度

为防止底层包装件因扭转变形而坍塌，积载在底层上面的货物重量应有限制，以达到如下的力平衡：

$$n_p \cdot L \cdot RS \geq m_a \cdot (a_t - 0.5g_0)PW_a + PS_a$$

标有_a的单元仅计及底层以上的货物单元。

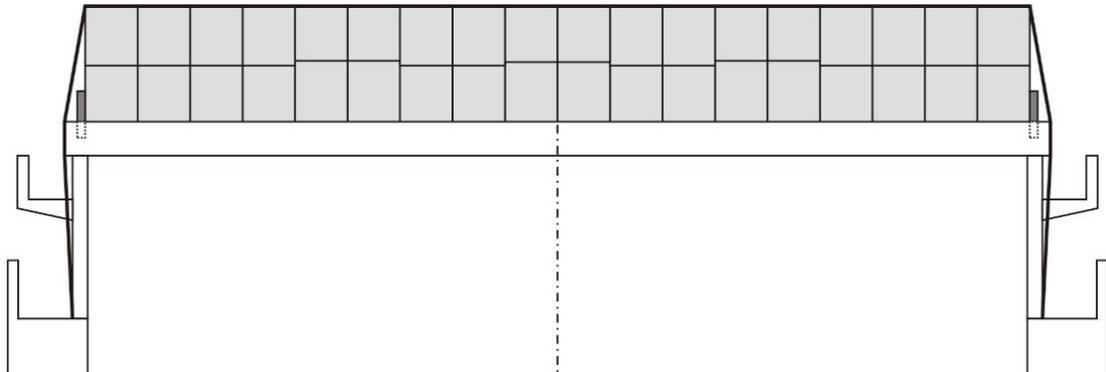
因此所需扭转强度可以按0.33 kN/米计算：

$$RS \geq \frac{m_a \cdot (a_t - 0.5 \cdot g_0) + PW_a + PS_a}{n_p \cdot L} = \frac{800 \cdot (5.3 - 0.5 \cdot 9.81) + 96 + 64}{18.80} = 0.33 \text{ kN/m} = 0.034 \text{ 吨/m}$$

B.2 计算示例—底部遮挡和顶部覆盖式绑索

在以下示例中，底部遮挡装置所需强度系按甲板上装载的锯木包装件计算。所用绑索数量和绑索预张力按本规则6.5.19和6.5.20取值。

示例B.2.1—16,600 DWT船舶的底部遮挡和顶部覆盖式绑索



图B.2 载运两层底部遮挡和顶部覆盖式绑索系固锯木包装件的16,600 DWT船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度，LPP：	134 m
型宽，BM：	22 m
营运航速：	14.5 kn
初稳性高度，GM：	0.70 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 80 \times 19.7 \times 2.4$ m。甲板货总重取为1,600 t。层间滑动由底层高度不同的包装件来防止。

因次横向加速度

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下，用下列基本加速度和修正因数给出的横向加速度值为 $a_t = 5.3 \text{ m/s}^2$ ：

$$a_{t \text{ basic}} = 6.5 \text{ m/s}^2 = \text{基本横向加速度}$$

$f_{R1} = 0.81$ = 船长和航速修正因数

$f_{R2} = 1.00$ = B_M/GM 修正因数

$$a_t = a_{t, \text{basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2} = 6.5 \cdot 0.81 \cdot 1.00 = 5.3 \text{ m/s}^2$$

货物特性

$m = 1,600 \text{ t}$ = 系固货段的质量 (t)，包括吸收水分和可能结冰

$\mu_{\text{static}} = 0.45$ = 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖静态摩擦系数

$H = 2.4 \text{ m}$ = 甲板货高度 (m)

$B = 19.7 \text{ m}$ = 甲板货宽度 (m)

$L = 80 \text{ m}$ = 系固甲板货或甲板货段的长度 (m)

$PW = 192 \text{ kN}$ = 风压 (kN)，基于每 m^2 受风面积1 kN，见CSS规则附件13

$PS = 169 \text{ kN}$ = 无法避免的海浪晃动压力 (kN)，基于每 m^2 暴露面积1 kN，见CSS规则附件13

$n = 26 \text{ pcs}$ = 顶部覆盖式绑索数量

$PT_V = 16 \text{ kN}$ = 绑索垂直部分预张力 (kN)

$\alpha = 85^\circ$ = 水平面与绑索夹角 ($^\circ$)

$n_p = 18 \text{ pcs}$ = 每行并排包装件堆数量

$n_b = 26 \text{ pcs}$ = 甲板货每侧底部遮挡装置数量

底部遮挡所需强度

底部遮挡装置所需强度MSL由如下平衡关系得出：

$$(m \cdot g_0 + 2 \cdot n \cdot PT_V \cdot \sin \varepsilon) \cdot \mu_{\text{static}} + n_b \frac{\text{MSL}}{1.35} \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

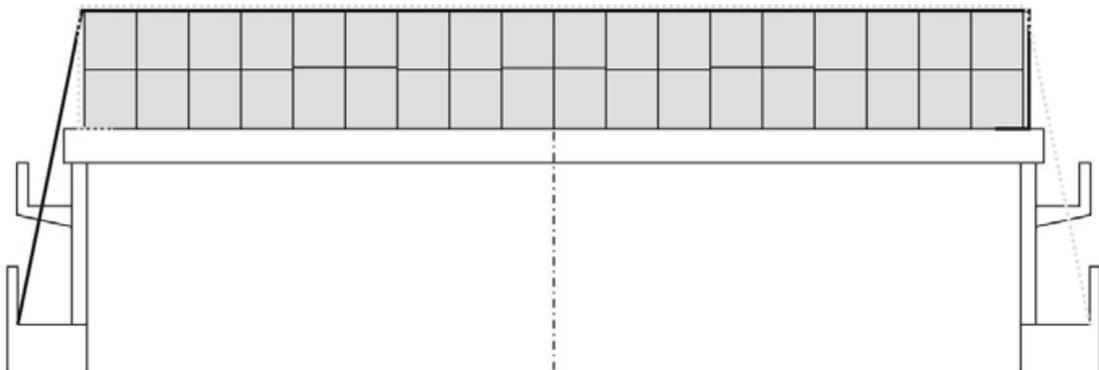
$$\text{MSL} \geq \frac{1.35}{n_b} (m \cdot a_t + PW + PS - (m \cdot g_0 + 2 \cdot n \cdot PT_V \cdot \sin \alpha) \cdot \mu_{\text{static}})$$

$$\text{MSL} \geq \frac{1.35}{26} (2000 \cdot 5.3 + 192 + 160 - (2000 \cdot 9.81 + 2 \cdot 26 \cdot 16 \cdot \sin 85^\circ) \cdot 0.45) = 91 \text{ kN}$$

B.3 计算示例—环捆式绑索

在以下示例中，计算了甲板上的锯木包装件系固所用环捆式绑索所需强度。

示例B.3.1—16,600 DWT船舶的环捆式绑索



图B.3 载运环捆式绑索系固锯木包装件的16,600 DWT船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度, LPP: 134 m

型宽, BM: 22 m

营运航速: 14.5 kn

初稳性高度, GM: 0.70 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 80 \times 19.7 \times 2.4$ m。甲板货总重取为1,600 t。层间滑动由底层高度不同的包装件来防止。

因次横向加速度

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下,用下列基本加速度和修正因数给出的横向加速度值为 $a_t = 5.3 \text{ m/s}^2$:

$$\begin{aligned} a_{t \text{ basic}} &= 6.5 \text{ m/s}^2 && = \text{基本横向加速度} \\ f_{R1} &= 0.81 && = \text{船长和航速修正因数} \\ f_{R2} &= 1.00 && = B_M/GM修正因数 \\ a_t &= a_{t \text{ basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2} = 6.5 \cdot 0.81 \cdot 1.00 = 5.3 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

货物特性

$$\begin{aligned} m &= 1,600 \text{ t} && = \text{系固货段的质量 (t), 包括吸收水分和可能结冰} \\ \mu_{\text{dynamic}} &= 0.32 && = \text{木材甲板货和船舶甲板/舱口盖动态摩擦系数} \\ H &= 2.4 \text{ m} && = \text{甲板货高度 (m)} \\ B &= 19.7 \text{ m} && = \text{甲板货宽度 (m)} \\ L &= 80 \text{ m} && = \text{系固甲板货或甲板货段的长度 (m)} \\ PW &= 192 \text{ kN} && = \text{风压 (kN), 基于每m}^2\text{面积区域1 kN, 见CSS规则附件13} \\ PS &= 169 \text{ kN} && = \text{无法避免的海浪晃动压力 (kN), 基于每m}^2\text{暴露面积1 kN, 见} \\ &&& \text{CSS规则附件13} \\ \alpha &= 70^\circ && = \text{水平面与绑索夹角 (}^\circ\text{)} \\ n &= 36 \text{ pcs} && = \text{环捆式绑索成对数量} \\ L_L &= 25 \text{ m} && = \text{每根绑索的长度 (m)} \\ PT_V &= 16 \text{ kN} && = \text{绑索垂直部分预张力 (kN)} \\ n_p &= 13 \text{ pcs} && = \text{每行并排包装件堆数量} \end{aligned}$$

所需环捆式绑索数量

绑索数量和强度的选择应使如下平衡关系得以达到:

$$(m \cdot g_0 + n \cdot CS \cdot \sin \alpha) \cdot \mu_{\text{dynamic}} + n \cdot CS + n \cdot CS \cdot \cos \alpha \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

如果环捆式绑索成对数量为36, 则绑索所需强度可以计算如下:

$$CS \geq \frac{m \cdot (a_t - g_0 \cdot \mu_{\text{dynamic}}) + PW + PS}{n \cdot (\sin \alpha \cdot \mu_{\text{dynamic}} + 1 + \cos \alpha)} = \frac{1600 \cdot (5.3 - 9.81 \cdot 0.32) + 192 + 160}{36 \cdot (\sin 70^\circ \cdot 0.32 + 1 + \cos 70^\circ)} = 64 \text{ kN}$$

绑索所需MSL计算如下:

$$\text{MSL} = CS \cdot 1.35 = 64 \cdot 1.35 = 86 \text{ kN} = 8.8 \text{ t}$$

绑索伸长造成的货物横向移动

绑索伸长造成的货物横向移动按下式计算。如果使用链条, 伸长因数设为 $\varepsilon = 0.02$, 横向移动计算如下:

$$\delta = L_L \cdot \frac{(CS - PT_V)}{\text{MSL}} \cdot \varepsilon = 25 \cdot \frac{(64 - 16)}{86} \cdot 0.02 = 0.28 \text{ m}$$

如果使用网式绑索, 伸长因数设为 $\varepsilon = 0.07$, 横向移动计算如下:

$$\delta = L_L \cdot \frac{(CS - PT_V)}{\text{MSL}} \cdot \varepsilon = 25 \cdot \frac{(64 - 16)}{86} \cdot 0.07 = 0.98 \text{ m}$$

按6.5.16规定, 货物横向移动产生的横倾角不得大于 5° 。为符合此要求, 必须使用比上述更多数量和/或更大强度的绑索。

扭转强度

为防止底层包装件因扭转变形而坍塌，积载在底层上面的货物重量应有限制，以达到如下平衡关系：

$$n_p \cdot L \cdot RS + n \cdot CS \cdot \cos \alpha \geq m_a \cdot (a_t - 0.5g_0)PW_a + PS_a$$

标有_a的单元仅计及底层以上的货物单元。

因此所需扭转强度可以计算如下：

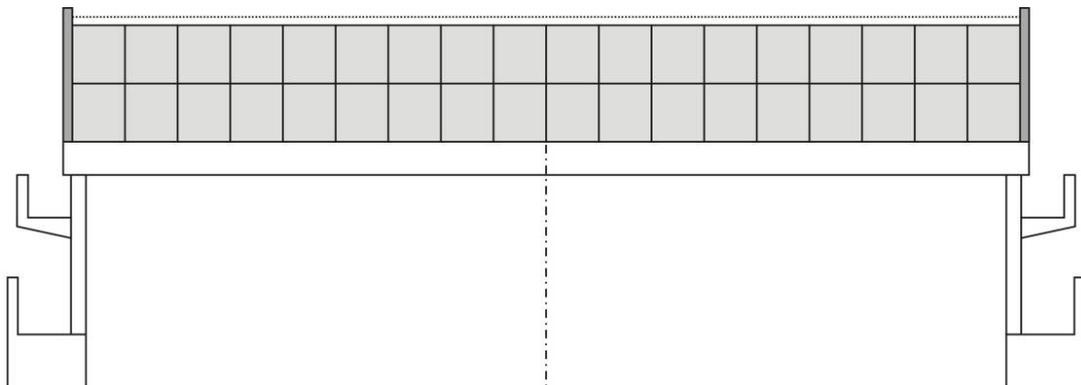
$$RS \geq \frac{m_a \cdot (a_t - 0.5 \cdot g_0) + PW_a + PS_a}{n_p \cdot L} = \frac{800 \cdot (5.3 - 0.5 \cdot 9.81) + 96 + 64 - 46 \cdot 62 \cdot \cos 70}{13.80} \leq 0 \text{ kN/m}$$

由于计算值小于零，对包装件扭转强度无要求。

B.4 计算示例-锯木包装件用立柱

在以下示例中，甲板上的锯木包装件支撑立柱的因次力矩系按16,600 DWT船舶计算。

示例B.4.1 -16,600 DWT船舶的立柱



图B.4 载运立柱系固锯木包装件的船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度, LPP: 134 m

型宽, BM: 22 m

营运航速: 14.5 kn

初稳性高度, GM: 0.70 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 80 \times 19.7 \times 2.4$ m。甲板货总重取为1,600 t。

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下，用下列基本加速度和修正因数给出的横向加速度值为 $a_t = 5.3 \text{ m/s}^2$ ：

$$a_{t \text{ basic}} = 6.5 \text{ m/s}^2 = \text{基本横向加速度}$$

$$f_{R1} = 0.80 = \text{船长和航速修正因数}$$

$$f_{R2} = 1.00 = B_M/GM \text{修正因数}$$

$$a_t = a_{t \text{ basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2} = 6.5 \cdot 0.81 \cdot 1.00 = 5.3 \text{ m/s}^2$$

货物特性

$m = 1,600 \text{ t}$ = 系固货段的质量 (t)，包括吸收水分和可能结冰

$\mu_{\text{internal}} = 0.30$ = 木材甲板货内部摩擦系数

$H = 2.4 \text{ m}$ = 甲板货高度 (m)

$b = 1.1 \text{ m}$ = 包装件各堆宽度 (m)

$n_p = 18 \text{ pcs}$ = 每行并排包装件堆数量

$q = 2 \text{ pcs}$ = 木材包装件层数

$RS = 3.5 \text{ kN}$ = 各木材包装件扭转强度 (kN)

$N = 36$ pcs = 各舷所计及货段的支撑立柱数量
 $h = 2.4$ m = 倒钩钢丝绑索在甲板以上系于立柱的高度 (m)
 $k = 1.8$ = 计及倒钩钢丝绑索时的因数:
 如不用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1$
 如用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1.8$

立柱的弯矩

木材包装件各支撑立柱的设计弯矩应取为下列三式得出的弯矩的最大者:

$$CM_{bending_1} = \frac{m}{n_p \cdot k \cdot N} \cdot \left(a_t \cdot \frac{H}{2} - g_0 \cdot \frac{b}{2} \right) \cdot \frac{1 - (1 - f_i)^{n_p}}{f_i} \quad (\text{防倾所需弯矩})$$

式中: $f_i = \mu_{\text{internal}} \cdot \frac{2b}{H}$ (f_i = 计及内矩时的因数)

$$CM_{bending_2} = \frac{H}{2 \cdot k \cdot N} \cdot m \cdot (a_t - \mu_{\text{internal}} \cdot g_0) \cdot \frac{q-1}{2q} \quad (\text{防滑所需弯矩})$$

$$CM_{bending_3} = \frac{H}{k \cdot N} \cdot (m \cdot a_t - (n_p - 4)(q - 2) \cdot L \cdot RS) \cdot \frac{(q-1)}{2q} \quad (\text{防扭转变形所需弯矩})$$

下列弯矩系在货物特性和加速度如上的情况下计算:

$$f_i = 0.3 \cdot \frac{2 \cdot 1.1}{2.4} = 0.275$$

$$CM_{bending_1} = \frac{1600}{18 \cdot 1.8 \cdot 36} \cdot \left(5.3 \cdot \frac{2.4}{2} - 9.81 \cdot \frac{1.1}{2} \right) \cdot \frac{1 - (1 - 0.275)^{18}}{0.275} = 4.8 \text{ kNm}$$

$$CM_{bending_2} = \frac{2.4}{2 \cdot 1.8 \cdot 36} \cdot 1600 \cdot (5.3 - 0.30 \cdot 9.81) \cdot \frac{2-1}{2 \cdot 2} = 17.5 \text{ kNm}$$

$$CM_{bending_3} = \frac{2.4}{1.8 \cdot 36} \cdot (1600 \cdot 5.3 - (18 - 4)(2 - 2) \cdot 80 \cdot 3.5) \cdot \frac{(2-1)}{2 \cdot 2} = 78.5 \text{ kNm}$$

设计弯矩取为以上三式算得的最大弯矩乘以安全因数1.35, 由此成为106kNm:

$$M_{bending} \geq 1.35 \cdot \max(CM_{bending_1}, CM_{bending_2}, CM_{bending_3}) = 1.35 \cdot 78.5 = 106 \text{ kNm}$$

立柱的合适尺寸

在钢材极限强度为360 MPa (N/mm²) 且MSL取为50%的情况下, 所需抗弯强度W可以计算如下:

$$W = \frac{M_{bending}}{50\% \text{ of } 360 \text{ MPa}} = \frac{106 \cdot 10^6}{180} = 589 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 589 \text{ cm}^3$$

因此, 用HE220A型材或圆柱型材制成, 外径324 mm和壁厚10.3 mm的立柱均合适 (见B.7)。

倒钩钢丝绑索的强度

每根倒钩钢丝绑索所需MSL按下式计算:

$$MSL \geq \frac{M_{bending}}{2 \cdot h}$$

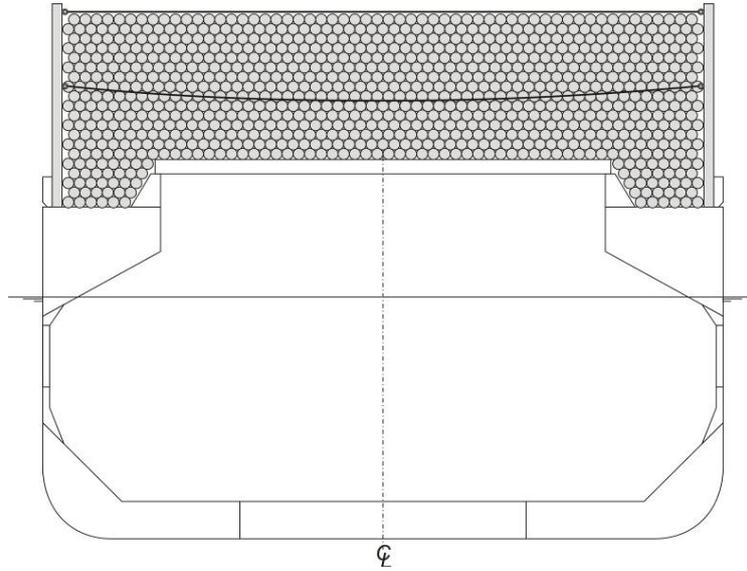
在此情况下, 倒钩钢丝绑索所系高度为 $h = 3.5$ m, 所需强度按下式计算:

$$MSL \geq \frac{M_{bending}}{2 \cdot h} = \frac{106}{2 \cdot 3.5} = 15 \text{ kN} \approx 1.5 \text{ 吨}$$

B.5 计算示例-圆木用立柱

在以下示例中，甲板上的圆木支撑立柱的因次力矩系按三种尺度不同的船舶计算。

示例B.5.1 –28,400 DWT船舶的圆木用立柱



图B.5 载运立柱系固圆木的28,400 DWT船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度, LPP: 160 m
 型宽, BM: 27 m
 营运航速: 14 kn
 初稳性高度, GM: 0.80 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 110 \times 25.6 \times 7$ m, 每舷由42根立柱支撑。总重取为10,500 t。除立柱和倒钩钢丝绳索外, 货物还按5.4和6.5.28–6.5.30用顶部覆盖式绑索系固。

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下, 用下列基本加速度和修正因数给出的横向加速度值为 $a_t = 4.6 \text{ m/s}^2$:

$$a_{t \text{ basic}} = 6.5 \text{ m/s}^2 = \text{基本横向加速度}$$

$$f_{R1} = 0.71 = \text{船长和航速修正因数}$$

$$f_{R2} = 1.00 = B_M/GM \text{修正因数}$$

$$a_t = a_{t \text{ basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2} = 6.5 \cdot 0.71 \cdot 1.00 = 4.6 \text{ m/s}^2$$

货物特性

$m = 10,500 \text{ t}$ = 系固货段的质量 (t), 包括吸收水分和可能结冰
 $\mu_{\text{static}} = 0.5$ = 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖静态摩擦系数
 $H = 7 \text{ m}$ = 甲板货高度 (m)
 $B = 25.6 \text{ m}$ = 甲板货宽度 (m)
 $L = 110 \text{ m}$ = 系固甲板货或甲板货段的长度 (m)
 $PW = 770 \text{ kN}$ = 风压 (kN), 基于每 m^2 受风面积1 kN, 见CSS规则附件13
 $PS = 220 \text{ kN}$ = 无法避免的海浪晃动压力 (kN), 基于每 m^2 暴露面积1 kN, 见CSS规则附件13
 $N = 42 \text{ pcs}$ = 每舷所计及货段的支撑立柱数量
 $h = 3.7/6.7 \text{ m}$ = 倒钩钢丝绳索在甲板以上系于立柱的高度 (m)
 $n_{\text{hog}} = 2 \text{ pcs}$ = 每根立柱的倒钩钢丝绳索数量
 $k = 1.8$ = 计及倒钩钢丝绳索时的因数:

如不用倒钩钢丝绑索，则 $k = 1$

如用倒钩钢丝绑索，则 $k = 1.8$

立柱的弯矩

对于载运散装锯木和圆木的船舶，各立柱的设计弯矩计算为下列两式得出的弯矩的大者：

$$CM_{bending1} = 0.1 = \frac{H^2}{k \cdot B \cdot N} \cdot m \cdot g_0$$

$$CM_{bending2} = \frac{H}{3 \cdot k \cdot N} \cdot (m \cdot (a_t - 0.6 \cdot \mu_{static} \cdot g_0) + PW + PS)$$

下列弯矩系在货物特性和加速度如上的情况下计算：

$$CM_{bending1} = 0.1 \cdot \frac{7^2}{18 \cdot 25.6 \cdot 42} \cdot 10500 \cdot 9.81 = 260 \text{ kNm}$$

$$CM_{bending2} = \frac{7}{3 \cdot 1.8 \cdot 42} \cdot (10500 \cdot (4.6 - 0.6 \cdot 0.5 \cdot 9.81) + 770 + 220) = 568 \text{ kNm}$$

设计弯矩取为以上两式算得的最大弯矩乘以安全因数1.35并计及通过妥善使用顶部覆盖式绑索而得的12%折减，由此成为：

$$M_{bending} \geq 88\% \cdot 1.35 \cdot \max(CM_{bending1}, CM_{bending2}) = 0.88 \cdot 1.35 \cdot 568 = 675 \text{ kNm}$$

立柱的合适尺寸

在钢材极限强度为360 MPa (N/mm²) 且MSL取为50%的情况下，所需抗弯强度W可以计算如下：

$$W = \frac{M_{bending}}{50\% \text{ of } 360 \text{ MPa}} = \frac{675 \cdot 10^6}{180} = 3749 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 3749 \text{ cm}^3$$

因此，用HE500B型材或圆柱型材制成，外径508 mm和壁厚26.2 mm的立柱均合适（见B.7）。

倒钩钢丝绑索的强度

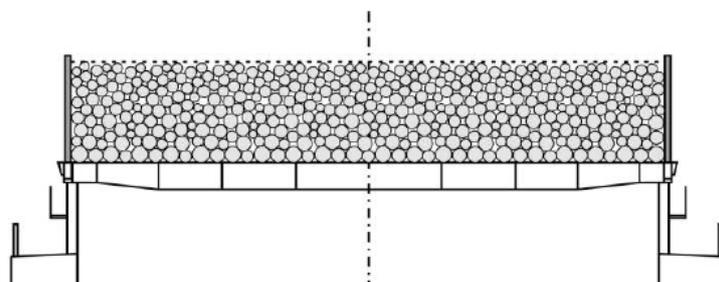
每根倒钩钢丝绑索所需MSL按下式计算：

$$MSL \geq \frac{M_{bending}}{2 \cdot h \cdot n_{hog}}$$

在此情况下，倒钩钢丝绑索所系高度为3.7 m和6.7 m（平均高度 = 5.2），所需强度按下式计算：

$$MSL \geq \frac{M_{bending}}{2 \cdot h \cdot n_{hog}} = \frac{528}{2 \cdot 5.2 \cdot 2} = 25 \text{ kN} \approx 2.5 \text{ 吨}$$

示例B.5.2—16,600 DWT船舶的圆木用立柱



图B.6 载运立柱系固圆木的16,600 DWT船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度, LPP: 134 m
型宽, BM: 22 m
营运航速: 14.5 kn
初稳性高度, GM: 0.70 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 80 \times 19.7 \times 3.7$ m, 每舷由30根立柱支撑。货物重量取为3,000 t。

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下, 用下列基本加速度和修正因数给出的横向加速度值为 $a_t = 5.3 \text{ m/s}^2$:

$$\begin{aligned} a_{t \text{ basic}} &= 6.5 \text{ m/s}^2 && = \text{基本横向加速度} \\ f_{R1} &= 0.81 && = \text{船长和航速修正因数} \\ f_{R2} &= 1.00 && = B_M/GM修正因数 \\ a_t &= a_{t \text{ basic}} \cdot k_1 \cdot k_2 = 6.5 \cdot 0.81 \cdot 1.00 = 5.3 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

货物特性

$m = 3,000 \text{ t}$ = 系固货段的质量 (t), 包括吸收水分和可能结冰
 $\mu_{\text{static}} = 0.35$ = 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖静态摩擦系数
 $H = 3.7 \text{ m}$ = 甲板货高度 (m)
 $B = 19.7 \text{ m}$ = 甲板货宽度 (m)
 $L = 80 \text{ m}$ = 系固甲板货或甲板货段的长度 (m)
 $PW = 296 \text{ kN}$ = 风压 (kN), 基于每 m^2 受风面积1 kN, 见CSS规则附件13
 $PS = 160 \text{ kN}$ = 无法避免的海浪晃动压力 (kN), 基于每 m^2 暴露面积1 kN, 见CSS规则附件13
 $N = 30 \text{ pcs}$ = 每舷所计及货段的支撑立柱数量
 $h = 3.7 \text{ m}$ = 倒钩钢丝绑索在甲板以上系于立柱的高度 (m)
 $n_{\text{hog}} = 1 \text{ pcs}$ = 每根立柱的倒钩钢丝绑索数量
 $k = 1.8$ = 计及倒钩钢丝绑索时的因数:
如不用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1$
如用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1.8$

立柱的弯矩

对于载运散装锯木和圆木的船舶, 各立柱的设计弯矩计算值为下列两式得出的弯矩的大者:

$$CM_{\text{bending}_1} = 0.1 \cdot \frac{H^2}{k \cdot B \cdot N} \cdot m \cdot g_0$$

$$CM_{\text{bending}_2} = \frac{H}{3 \cdot k \cdot N} \cdot (m \cdot (a_t - 0.6 \cdot \mu_{\text{static}} \cdot g_0) + PW + PS)$$

下列弯矩系在货物特性和加速度如上的情况下计算:

$$CM_{\text{bending}_1} = 0.1 \cdot \frac{3.7^2}{19.7 \cdot 30} \cdot 3000 \cdot 9.81 = 68 \text{ kNm}$$

$$CM_{\text{bending}_2} = \frac{3.7}{3 \cdot 2 \cdot 30} \cdot (3000 \cdot (5.3 - 0.6 \cdot 0.35 \cdot 9.81) + 296 + 160) = 209 \text{ kNm}$$

设计弯矩取为按以上两式算得的最大弯矩乘以安全因数1.35, 由此成为282 kNm:

$$M_{\text{bending}} \geq 1.35 \cdot \max(CM_{\text{bending}_1}, CM_{\text{bending}_2}) = 1.35 \cdot 209 = 282 \text{ kNm}$$

立柱的合适尺寸

在钢材极限强度为360 MPa (N/mm²) 且MSL取为50%的情况下, 所需抗弯强度W可以计算如下:

$$W = \frac{M_{bending}}{50\% \text{ of } 360 \text{ MPa}} = \frac{282 \cdot 10^6}{180} = 1568 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 1568 \text{ cm}^3$$

因此, 用HE320B型材或圆柱型材制成, 外径406 mm和壁厚16.7 mm的立柱均合适 (见B.7)。

倒钩钢丝绑索的强度

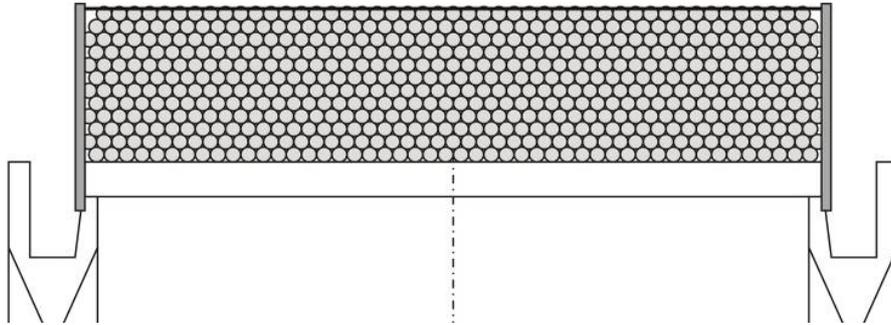
每根倒钩钢丝绑索所需MSL按下式计算:

$$MSL \geq \frac{M_{bending}}{2 \cdot h \cdot n_{hog}}$$

在此情况下, 倒钩钢丝绑索所系高度为3.7 m, 所需强度按下式计算:

$$MSL \geq \frac{M_{bending}}{2 \cdot h \cdot n_{hog}} = \frac{282}{2 \cdot 3.7 \cdot 1} = 38 \text{ kN} \approx 3.9 \text{ 吨}$$

示例B.5.3—波罗的海6,000 DWT船舶的圆木用立柱



图B.7 载运立柱系固圆木的6,000 DWT船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度, LPP: 101 m
 型宽, BM: 17.5 m
 营运航速: 13 kn
 初稳性高度, GM: 0.50 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 65 \times 14.5 \times 3.1 \text{ m}$, 每舷由25根立柱支撑。货物重量取为1,500 t。

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下, 给出如下基本横向加速度值和修正因数:

$a_{t \text{ basic}} = 6.5 \text{ m/s}^2$ = 基本横向加速度
 $f_{R1} = 0.81$ = 船长和航速修正因数
 $f_{R2} = 1.00$ = B_M/GM 修正因数

该商船在波罗的海航行, 20年最大预计有义波高可以取为8.5 m。因此, 有限水域的营运折减系数取为:

$$f_R = \sqrt[3]{\frac{H_M}{19.6}} = \sqrt[3]{\frac{8.5}{19.6}} = 0.76$$

$$a_t = a_{t \text{ basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2} \cdot f_R = 6.5 \cdot 0.93 \cdot 1.00 \cdot 0.76 = 4.6 \text{ m/s}^2$$

货物特性

$m = 1,500 \text{ t}$ = 系固货段的质量 (t), 包括吸收水分和可能结冰

μ_{static}	= 0.35	= 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖静态摩擦系数
H	= 3.1 m	= 甲板货高度 (m)
B	= 14.5 m	= 甲板货宽度 (m)
L	= 65 m	= 系固甲板货或甲板货段的长度 (m)
PW	= 202 kN	= 风压 (kN), 基于每 m^2 受风面积1 kN, 见CSS规则附件13
PS	= 130 kN	= 无法避免的海浪晃动压力 (kN), 基于每 m^2 暴露面积1 kN, 见CSS规则附件13
N	= 25 pcs	= 每舷所计及货段的支撑立柱数量
h	= 3.1 m	= 倒钩钢丝绑索在甲板以上系于立柱的高度 (m)
n_{hog}	= 1 pcs	= 每根立柱的倒钩钢丝绑索数量
k	= 1.8	= 计及倒钩钢丝绑索时的因数: 如不用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1$ 如用倒钩钢丝绑索, 则 $k = 1.8$

立柱的弯矩

对于载运散装锯木和圆木的船舶, 各立柱的设计弯矩的计算值为下列两式得出的弯矩的大者:

$$CM_{\text{bending}_1} = 0.1 = \frac{H^2}{k \cdot B \cdot N} \cdot m \cdot g_0$$

$$CM_{\text{bending}_2} = \frac{H}{3 \cdot k \cdot N} \cdot (m \cdot (a_t - 0.6 \cdot \mu_{\text{static}} \cdot g_0) + PW + PS)$$

下列弯矩系在货物特性和加速度如上的情况下计算:

$$CM_{\text{bending}_1} = 0.1 \cdot \frac{3.1^2}{14.5 \cdot 25} \cdot 1500 \cdot 9.81 = 39 \text{ kNm}$$

$$CM_{\text{bending}_2} = \frac{3.1}{3 \cdot 1.8 \cdot 25} \cdot (1500 \cdot (4.6 - 0.6 \cdot 0.35 \cdot 9.81) + 202 + 120) = 95 \text{ kNm}$$

设计弯矩取为按以上两式算得的最大弯矩乘以安全因数1.35, 由此成为128 kNm:

$$M_{\text{bending}} \geq 1.35 \cdot \max(CM_{\text{bending}_1}, CM_{\text{bending}_2}) = 1.35 \cdot 95 = 128 \text{ kNm}$$

立柱的合适尺寸

在钢材极限强度为360 MPa (N/mm^2) 且MSL取为50%的情况下, 所需抗弯强度 W 可以计算如下:

$$W = \frac{M_{\text{bending}}}{50\% \text{ of } 360 \text{ MPa}} = \frac{128 \cdot 10^6}{180} = 713 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 713 \text{ cm}^3$$

因此, 用HE220B型材或圆柱型材制成, 外径324 mm和壁厚10 mm的立柱均合适(见B.7)。

倒钩钢丝绑索的强度

每根倒钩钢丝绑索所需MSL按下式计算:

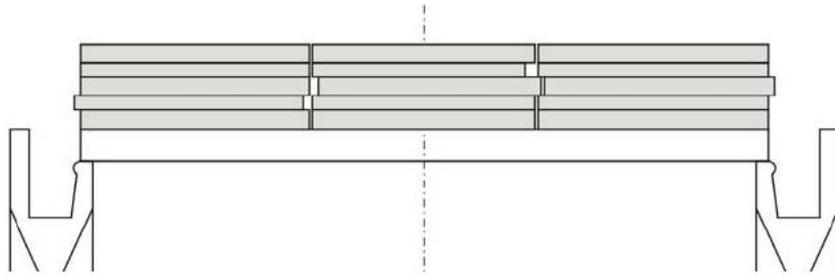
$$MSL \geq \frac{M_{\text{bending}}}{2 \cdot h \cdot n_{\text{hog}}}$$

在此情况下, 倒钩钢丝绑索所系高度为3.7 m, 所需强度按下式计算:

$$MSL \geq \frac{M_{\text{bending}}}{2 \cdot h \cdot n_{\text{hog}}} = \frac{282}{2 \cdot 3.1 \cdot 1} = 20.6 \text{ kN} \approx 2.1 \text{ 吨}$$

B.6 计算示例—横向积载圆木的摩擦系固

示例B.6.1 –6,000 DWT船舶的圆木摩擦系固



图B.8 载运摩擦系固圆木的6,000 DWT船舶船中剖面

船舶资料

垂线间长度, LPP: 101 m

型宽, BM: 17.5 m

营运航速: 13 kn

初稳性高度, GM: 0.50 m

甲板货尺寸为 $L \times B \times H = 65 \times 14.5 \times 3.1$ m。甲板货重量取为1,600 t。

货物特性

$m = 1,500$ t = 系固货段的质量 (t), 包括吸收水分和可能结冰

$\mu_{\text{static}} = 0.35$ = 木材甲板货和船舶甲板/舱口盖静态摩擦系数

$H = 3.1$ m = 甲板货高度 (m)

$B = 14.5$ m = 甲板货宽度 (m)

$L = 65$ m = 系固甲板货或甲板货段的长度 (m)

$PW = 202$ kN = 风压 (kN), 基于每 m^2 受风面积1 kN, 见CSS规则附件13

$PS = 130$ kN = 无法避免的海浪晃动压力 (kN), 基于每 m^2 暴露面积1 kN, 见CSS规则附件13

横向加速度

在木层之间以及圆木与舱口盖之间摩擦系数为0.35的情况下, 最大可接受的横向加速度可通过达到如下平衡来计算:

$$m \cdot g_0 \cdot \mu_{\text{static}} \geq m \cdot a_t + PW + PS$$

在此情况下, 横向加速度不能超过 3.2 m/s^2 , 如下式所示:

$$a_t \leq \frac{m \cdot g_0 \cdot \mu_{\text{static}} - PW - PS}{m}$$

$$a_t \leq \frac{1500 \cdot 9.81 \cdot 0.35 - 202 - 130}{1500} = 3.2 \text{ m/s}^2$$

CSS规则附件13在船舶资料如上并计及甲板上一个低的积载位置的情况下, 给出如下基本加速度值和修正因数:

$a_{t \text{ basic}} = 6.5 \text{ m/s}^2$ = 基本横向加速度

$f_{R1} = 0.93$ = 船长和航速修正因数

$f_{R2} = 1.00$ = B_M/GM 修正因数

该积载布置的最大许用有义波高按下式计算为 2.9 m:

$$a_t = a_{t \text{ basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2} \cdot f_R$$

$$f_R = \frac{a_t}{a_{t \text{ basic}} \cdot f_{R1} \cdot f_{R2}} = \frac{3.2}{6.5 \cdot 0.93 \cdot 1.00} = 0.53 \text{ m/s}^2$$

$$f_R = \sqrt[3]{\frac{H_M}{19.6}}$$

$$H_M = 19.6 \cdot f_R^3 = 19.6 \cdot 0.53^3 = 2.9 \text{ m}$$

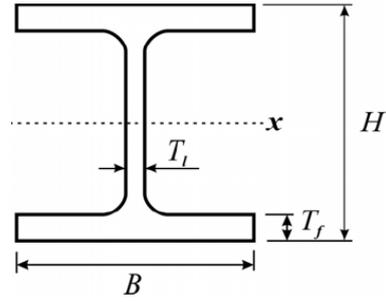
B.7 立柱常见外形的最大抗弯强度

HE-A型杆

尺寸	H [mm]	B [mm]	T _l [mm]	T _r [mm]	最大抗弯强度W _x [cm ³]
HE 220 A	210	220	7	11	515
HE 240 A	230	240	7.5	12	675
HE 260 A	250	260	7.5	12.5	836
HE 280 A	270	280	8	13	1010
HE 300 A	290	300	8.5	14	1260
HE 320 A	310	300	9	15.5	1480
HE 340 A	330	300	9.5	16.5	1680
HE 360 A	350	300	10	17.5	1890
HE 400 A	390	300	11	19	2310
HE 450 A	440	300	11.5	21	2900
HE 500 A	490	300	12	23	3550
HE 550 A	540	300	12.5	24	4150
HE 600 A	590	300	13	25	4790
HE 650 A	640	300	13.5	27	5470

HE-B型杆

尺寸	H [mm]	B [mm]	T _l [mm]	T _r [mm]	最大抗弯强度W _x [cm ³]
HE 220 A	210	220	9.5	16	736
HE 240 A	230	240	10	17	938
HE 260 A	250	260	10	17.5	1150
HE 280 A	270	280	10.5	18	1380
HE 300 A	290	300	11	19	1680
HE 320 A	310	300	11.5	20.5	1930
HE 340 A	330	300	12	21.5	2160
HE 360 A	350	300	12.5	22.5	2400
HE 400 A	390	300	13.5	24	2880
HE 450 A	440	300	14	26	3550
HE 500 A	490	300	14.5	28	4290
HE 550 A	540	300	15	29	4970
HE 600 A	590	300	15.5	30	5700
HE 650 A	640	300	16	31	6480



管道

尺寸	表号	外径 [mm]	壁厚 [mm]	最大抗弯强度W [cm ³]
8"	40	219.1	8.2	276
	60	219.1	10.3	337
	80	219.1	12.7	402
12"	40	323.9	10.3	772
	60	323.9	14.3	1029
	80	323.9	17.5	1223
16"	40	406.4	12.7	1499
	60	406.4	16.7	1910
	80	406.4	21.4	2371
18"	40	457.2	14.3	2132
	60	457.2	19.1	2758
	80	457.2	23.8	3342
20"	40	508.0	15.1	2797
	60	508.0	20.6	3697
	80	508.0	26.2	4542
	100	508.0	32.5	5433
24"	40	610.0	17.5	4686
	60	610.0	24.6	6368
	80	610.0	31.0	7761

附件C 船长须知-木材甲板货吸水造成的质量变化计算

C.1 有防护包装或由防护遮棚遮蔽的木材甲板货，或装船前一直浸水的木材，其因吸水而增加的质量在船舶到达目的地港的稳性计算中不得计及。

C.2 木材甲板货的质量变化率 P 应按下列式计算：

$$\delta P, \% = T_{pl} \cdot \delta P_{\text{day}}, \%$$

式中：

T_{pl} - 计划航行时间（天）

$\delta P_{\text{day}}, \%$ - 木材质量的日变化率，从表C.1中选取

C.3 表C.1的相应航线通过比较即将航行的航线和最左侧的“航线”栏所规定的木材货物运输航线来选取。

C.4 在计算值为 $\delta P \leq 2\%$ 的情况下，木材甲板货的吸水率在船舶稳性计算中不得计及，因为该值与初始计算数据预计误差相当。

C.5 在计算值为 $\delta P \geq 10\%$ 的情况下，木材甲板货的吸水率应计及。

表C.1 木材质量的日变化率

航线	甲板货质量的日变化率， $\delta P_{\text{day}}, \%$	
	锯木	圆木
符拉迪沃斯托克-日本港口	1.00	0.14
马来西亚港口-日本港口	0.73	0.10
加拿大、美国港口-日本港口	1.00	0.14
圣彼得堡-伦敦	0.83	0.11
阿尔汉格尔斯克-曼彻斯特	1.16	0.15
澳大拉西亚-亚洲北部	-	-0.10

附件D 参考资料

- (1) SOLAS公约第VI章《货物运输》第5条“积载和系固”的1。
- (2) ISM规则A部分《实施》的1.1.2。
- (3) IMDG规则第1部分第1.2.1章“定义”。
- (4) SOLAS公约第VI章第2条“货物资料”。
- (5) ISM规则的7“船上操作计划的制定”。
- (6) 1966年载重线公约附则I《载重线核定规则》第II章《核定干舷的条件》第16条。
- (7) SOLAS公约第II-I章B-1部分第25-8条“稳性资料”。
- (8) 2008年IS规则A部分第3.3章“载运木材甲板货的货船”。
- (9) 2008年IS规则B部分第3.6.3章“稳性手册（载运木材甲板货的货船）”。
- (10) 2008年IS规则B部分第3.7章“载运木材甲板货的船舶的操作措施”。
- (11) 2008年IS规则。
- (12) MEPC.127(53)决议《压载水管理计划的制定》。
- (13) 1966年载重线公约附则I《载重线核定规则》第IV章《船舶核定木材干舷的特殊要求》第44条中的积载、立柱、绑索、稳性、对船员的保护、出入机器处所等。
- (14) 1966年载重线公约附则I《载重线核定规则》第IV章《船舶核定木材干舷的特殊要求》第45条“干舷计算”。
- (15) SOLAS公约第V章第22条“驾驶室可视范围”。
- (16) ISM规则的6.6“资源与人员”。
- (17) ILO第152号公约《码头工作职业安全和健康公约》。
- (18) 1966年载重线公约附则I《载重线核定规则》第II章《核定干舷的条件》第25条“对船员的保护”。
- (19) 1966年载重线公约附则I《载重线核定规则》第IV章《船舶核定木材干舷的特殊要求》第44条中的积载、立柱、绑索、稳性、对船员的保护、出入机器处所等。
- (20) CSS规则附件13第4章“系固设备的强度”。
- (21) ISM规则的7“船上操作计划的制定”。
- (22) STCW规则A节第VIII/2章“值班安排和应遵守的原则”第2部分“航程计划”。
- (23) SOLAS公约第V章《航行安全》第34条。
- (24) CSS规则第6章《恶劣气候下可采取的行动》的6.3。
- (25) 海安会MSC/Circ.1228通函《不利气候和海况下船长避免险情导则（经修订）》。
- (26) SOLAS公约第VI章《货物运输》第5条“积载和系固”的2。
- (27) 海安会MSC/Circ.745通函《货物系固手册编制指南》。
- (28) SOLAS公约第V章《航行安全》第31条“危险通报”。
- (29) ILO第27号公约《1929年（船舶运输包装件）重量标记公约》。