

196T41

矿用防坠器

邵裕生 李永安 徐福来 周遵荣 编

中国工业出版社

矿用防坠器

邵裕生 李永安 徐福来 周迺荣 编

中国工业出版社

本书比較全面系統地介紹了煤矿各种罐道（木罐道、鋼軌罐道、鋼絲繩罐道）所用各类型防墜器的結構、原理、安裝、使用維護和試驗方法，特別是对主要的一种 TFS 型防墜器介紹比較詳細，指出了防墜器目前存在問題和發展方向，可供矿井提升防墜器設計研究人員及使用人員參考。

矿用防墜器

邵裕生 李永安 徐福米 周迺榮 編

*

煤炭工業部書刊編輯室編輯（北京東長安街煤炭工業部大樓）

中國工業出版社出版（北京德勝門外西10號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第110號

中國工業出版社第一印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本 $850 \times 1168^{1/16}$ ·印張 $4^{13/16}$ ·字數111,000
1966年6月北京第一版·1966年6月北京第一次印刷
印數0001—2,300·定價(科四)0.60元

*

統一書號：15165·4581(煤炭-382)

目 录

第一章 概述	1
§ 1-1 竖井防坠器的基本技术要求	2
防坠器工作过程的动力学	3
减速度	6
§ 1-4 防坠器的构造和分类	8
§ 1-5 开动机构的用途和分类	9
第二章 木罐道防坠器	11
§ 2-1 木罐道	11
§ 2-2 罐道木的切割阻力	15
§ 2-3 木罐道防坠器的结构	18
§ 2-4 建井型防坠器的计算	23
§ 2-5 卡爪带支撑滑块的防坠器的计算	34
§ 2-6 木罐道防坠器制动过程的可靠性	37
第三章 钢轨罐道防坠器	45
§ 3-1 钢轨罐道防坠器的结构	45
钢轨罐道防坠器的工作原理	48
§ 3-3 凸轮式防坠器的计算	54
§ 3-4 楔型防坠器的计算	57
第四章 钢丝绳罐道防坠器	60
§ 4-1 缓冲器的技术要求和分类	60
§ 4-2 FS型防坠器	62
§ 4-3 GS型防坠器	86
第五章 摩擦提升设备的防坠器	94
§ 5-1 摩擦提升设备防坠器的计算	94
§ 5-2 ПИИТ型防坠器	97
§ 5-3 利用加速度控制的防坠器	99
§ 5-4 具有辅助钢丝绳安全抓捕装置的防坠器	101

IV

第六章 防墜器的制造和安装	103
§ 6-1 FS型防墜器制造技术要求	103
§ 6-2 FS型防墜器的安装	107
第七章 防墜器的运行与维护	121
§ 7-1 木罐道防墜器的运行与维护	121
§ 7-2 鋼軌罐道防墜器运行和维护	122
§ 7-3 FS型防墜器的运行和维护	123
第八章 防墜器的試驗	
§ 8-1 木罐道与鋼軌罐道防墜器的試驗	
§ 8-2 FS型防墜器的試驗	
§ 8-3 防墜器試驗实例	138

第一章 概 述

提升設備是矿井生产系統中的重要环节，一旦发生事故会使全矿生产停頓甚至造成重大的人身事故。为了保証生产和人員的安全，《煤矿保安暫行規程》中規定在提升人員或人員和物料兼用的提升容器上必須装設動作可靠的防墜器。

提升設備斷繩事故雖然不多，但是還不可能完全避免，斷繩事故的发生，一般有以下几种情况：

1. 使用罐座的罐籠由于操作上的錯誤，当上部罐籠的提升鋼絲繩已下放了一段长度以后，打开罐座，这样在罐籠下落时，提升鋼絲繩将产生較大的冲击負荷，使提升鋼絲繩遭到破坏。

2. 罐道接头不合要求或罐籠的阻車器失灵，罐籠运行时矿車跑出罐籠，在井筒或井口附近发生卡罐現象，造成斷繩事故。

3. 由于終点保护設備失灵及司機的操作錯誤，罐籠发生过卷事故。

4. 鋼絲繩跳出天輪繩槽，天輪破損或鋼絲繩产生剧烈的振动。

5. 鋼絲繩內部斷絲过多，表面检查又不易发现，使鋼絲繩的承載能力显著降低。

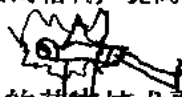
6. 违反規程制度，例如不按时检查及更換鋼絲繩以及罐籠过载等等。

每次斷繩和墜罐事故将严重影响生产或造成人員的伤亡。因此必須遵守保安規程規定，对于人或人物兼用的提升容器，必須装設動作可靠的防墜器；使用中的防墜器必須加强检查維護和进行定期試驗，以保証防墜器動作可靠。

应当指出，目前矿井提升設備中，与其他安全裝置相比較，防墜器还是一个薄弱的环节，主要表现在产生斷繩时，動作还不是十分可靠，其次是在正常提升过程中，有的防墜器产生誤動

pm₂ f d t n i g k h

作，尤其在深井提升以及摩擦輪提升設備上，存在的問題更多。因此必須進一步改進與完善防墜器的結構，提高它的安全可靠
性。



小下上 § 1-1 豎井防墜器的基本技術要求

1. 必須保證在任何條件下都能制動住斷繩下墜的罐籠。不管速度和終端載荷的大小及帶尾繩或不帶尾繩的提升罐籠，必須都能平穩的停住。

2. 制動罐籠時必須保證人身安全。為此，在最小終端載荷下，罐籠的最大允許減速度不應大於50米/秒²，減速延續時間不應大於0.2~0.25秒；在最大終端載荷下，減速度不應小於10米/秒²。實踐證明，當減速度超過30米/秒²時，個別人可能受振動，因此，設計防墜器時，最大減速度最好不超過30米/秒²。但在空罐籠情況下，達到上述要求，是有困難的。

在個別情況下，當最大終端載荷同空罐的重量比大於3:1時，最小的減速度可以不小於5米/秒²。

3. 結構應簡單，零件要少，重量要輕。

4. 防墜器零件磨損不得超過使強度降低20%的範圍。

5. 當防墜器產生最大制動力時，防墜器結構中承受工作載荷的主要零件的安全係數，按所採用材料的屈服點計算，應不小於2倍。

沒有屈服點的材料，零件的安全係數應為極限強度的5倍。

防墜器主要受力零件不許使用鑄鋼、鑄鐵或鑄銅製造。

採用帶制動鋼絲繩的防墜器時，鋼絲繩的安全係數應不小於3倍。

6. 防墜器的設計，必須考慮便於檢查及修理。

7. 防墜器動作後或某些零件磨損達到了極限，用新的零件更換已變形或磨損的零件時，必須保證滿足技術要求的各項規定。

8. 防墜器動作的空行程時間，即從提升鋼絲繩折斷到自由墜落器開始發生阻力的時間，一般不得超過0.25秒。

9. 防墜器的兩組抓捕器發生制動作用的時間差，應該使罐籠通過的距離（自抓捕器之一開始工作瞬間算起）不大於 0.5 米。

§ 1-2 防墜器工作過程的動力學

防墜器有各種不同的制動特性，其變化規律主要是靠防墜器所產生的制動力的狀況而定。制動過程中防墜器產生的制動力可能有以下幾種情況：即常數制動力和變數制動力；變數制動力又可分為階段變化的制動力及連續變化的制動力，對於階段變化的制動力，其每個階段內的制動力仍為常數。由於制動過程中的安全要求，所有變數制動力都應該是遞增的，而不是遞減的。

設計、選擇及試驗防墜器時，必須掌握防墜器產生的制動力的規律與特點。圖 1 所示為斷繩後防墜器對於罐籠的制動過程。

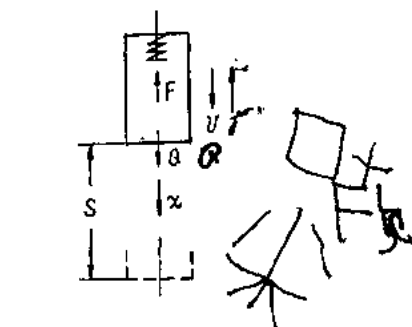


圖 1-1 防墜器的制動過程

設 Q ——罐籠重量，公斤。

v ——罐籠的運動速度，米/秒。

v_0 ——斷繩瞬間罐籠的速度，米/秒。

$j(t)$ ——制動過程中罐籠的減速度，米/秒²。

S ——罐籠的下降距離，米。

$F(t)$ ——制動力，公斤。

g ——重力加速度，米/秒²。

罐籠的運動微分方程為：

$$-\frac{Q}{g} \frac{d^2 x}{dt^2} = Q - F(t) \quad (1-1)$$

則罐籠的減速度為：

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \left(\frac{F(t)}{Q} - 1 \right) g \quad (1-2)$$

罐籠的速度为:

$$v = \frac{dx}{dt} = \int_0^t \left(-\left(\frac{F(t)}{Q} - 1 \right) g^{dt} \right) dt \quad (1-3)$$

罐籠的下降距离为:

$$S = \int_0^t \left[\int_0^t -\left(\frac{F(t)}{Q} - 1 \right) g^{dt} \right] dt \quad (1-4)$$

上述公式是罐籠制动过程的一般方程式, 式中 $F(t)$ 是随时间而变化的变数制动力。为了求得罐籠的减速度、速度及制动距离, 必須首先掌握制动力变化的規律。

为了討論問題方便, 下面以常数制动力为例加以分析。事实上目前采用的木罐道防墜器和带制动鋼絲繩的防墜器, 基本上都可看作是常数制动力的防墜器, 如图1-2所示, 为罐籠从断绳开始

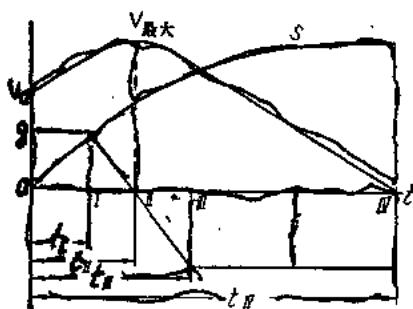


图 1-2 防墜器工作时罐籠的降落距离、速度和减速度图

經空行程、制动力的建立过程、制动行程一直到罐籠停止运动为止的防墜器的全部工作过程。

假定断绳瞬間 $t=0$, $S=0$, $v=v_0$ 。从断绳瞬間开动机构开始动作到抓捕器接触罐道瞬間有一段空行程時間 t_1 , 其数值取决于抓捕器与罐道之間間隙、开动

彈簧的推力及在彈簧作用下产生运动的元件的慣性质量大小。

在空行程時間內, 制动力 $F(t)=0$, 从(1-2)式可得 $-j=g$, 罐籠在地心引力作用下等加速度下落。

从(1-3)式得罐籠在 I 点的速度为:

$$v_1 = v_0 + gt_1$$

从(1-4)式得罐籠在 I 点的行程为:

$$S_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

防墜器在Ⅰ点時罐籠開始制動、但是在一般情況下，制動力需要經過一段由小到大的逐漸建立的过程。在 t_1-t_2 時間內制動力小於罐籠的重力，罐籠下落的加速度由 g 逐漸減少，但仍是正值，罐籠下落的速度仍在繼續增加。在點Ⅱ時制動力等於罐籠的重量，加速度等於零，速度達到最大值。由於這一段時間內制動力的變化很難精確掌握，為了計算方便，採取在整個 t_2 時間內制動力等於零，加速度為 $g=9.81$ 米/秒²，自斷繩瞬間開始到制動力抵消罐籠重量瞬間，這一段時間 t_2 一般為0.1秒左右，計算中留有些餘度，採取 $t_2=0.2$ 秒。罐籠在 t_2 瞬間的最大速度可從(1-3)及(1-4)式求得

$$v_{\text{最大}} \cong v_0 + g t_2 = v_0 + 0.2g$$

$$S_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

在 t_2-t_3 時期內，制動力由零逐漸增加到最大值，這一段時間很短，為了計算方便，採用全部時期內的制動力相等，且為常數 F ，取初始條件 $t_2=0$ ， $v=v_{\text{最大}}$ ；

根據(1-2)式可得這一時期內的減速度為：

$$j = \left(-\frac{F}{Q} - 1 \right) g \quad (1-5)$$

從(1-3)式可得這一時期內的罐籠運行速度為：

$$v = v_{\text{最大}} - \left(-\frac{F}{Q} - 1 \right) g t \quad (1-6)$$

從(1-4)式可得罐籠的制動距離為：

$$S = v_{\text{最大}} t - \left(-\frac{F}{Q} - 1 \right) \frac{g t^2}{2} \quad (1-7)$$

當制動終了時， $t=t_3-t_2$ ， $S=S_3-S_2$ ， $v=0$ ，由(1-5)、(1-6)、(1-7)式可求得

$$j = \left(-\frac{F}{Q} - 1 \right) g = -\frac{v_{\text{最大}}^2}{2S} \quad (1-8)$$

$$v_{\text{最大}} = \left(\frac{F}{Q} - 1 \right) g t = \sqrt{2jS} \quad (1-9)$$

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{F}{Q} - 1 \right) g t^2 = \frac{v_{\text{最大}}^2}{2j} \quad (1-10)$$

$$t = \frac{Q v_{\text{最大}}}{(F - Q)g} = \sqrt{\frac{2S}{j}} = \frac{2S}{v_{\text{最大}}} \quad (1-11)$$

根据已知的制动距离和罐籠最大速度或减速度，都可以按上述公式求出罐籠制动过程的主要数据。

§ 1-3 减 速 度

防墜器的任务不仅要將断绳后下落的罐籠停住，而且在罐籠停止的过程中不应产生过大的冲击，使罐籠平稳的停下来，以保证乘罐籠人員的安全。这就要求在罐籠制动过程中，保持减速度不超出一定的范围。

設計和試驗防墜器时，减速度值的大小是一项最基本和最重要的指标。

有些国家规定在罐籠滿載人員时允許最大减速度不超过 $3g \cong 30 \text{米/秒}^2$ 。

我国設計防墜器的允許减速度值采用如下的数值：

当罐籠只乘一人时，最大减速度值不超过 50米/秒^2 ；当罐籠提升矸石时，减速度不小于 10米/秒^2 ；当提升設備装有尾绳时，最小减速度可以不小于 5米/秒^2 。

从公式 (1-5) 可得：

$$F = Q + Q \frac{j}{g} = \left(1 + \frac{j}{g} \right) Q$$

当空罐籠时，允許减速度值不大于 50米/秒^2 。此时从上式可得： $F = 6Q$ 。

当滿載人員时，其减速度为 $j_{\text{人}}$ ，人員总重量为 $Q_{\text{人}}$ 則：

$$F = (Q + Q_{\text{人}}) + (Q + Q_{\text{人}}) \frac{j_{\text{人}}}{g}$$

$$j_{\text{人}} = \frac{5Q - Q_{\text{人}}}{Q + Q_{\text{人}}} g$$

对于煤矿用普通罐籠，一般 $Q \cong 2Q_{\text{人}}$ ，

$$j_{\text{人}} \cong 3g$$

对带有尾绳的提升设备，由于终端荷重中增添了尾绳的重量，减速度的数值由下式决定：

$$j_{\text{人}} = \frac{5Q - Q_{\text{人}} - Q_{\text{尾}}}{Q + Q_{\text{人}} + Q_{\text{尾}}},$$

此处 $Q_{\text{尾}}$ ——提升鋼絲繩破断瞬間的尾繩重量。

减速度的大小与制动力有关，由公式 $j = g - \frac{F - Q}{Q}$ 分析，当制动力 F 小于罐籠重量 Q 时，罐籠的加速度下降。当 $F = Q$ 时， $j = 0$ ，罐籠以最大速度 $v_{\text{最大}}$ 等速下落。只有当 $F > Q$ 时，防墜器才能使罐籠停止。

制动力 F 与罐籠重量 Q 之比称为制动安全系数，以 f 表之，

$$f = \frac{F}{Q}.$$

在任何情况下， f 必須大于 1，一般取 $f = 2 \sim 3$ 。当 $f = 2$ 时， $j = g \cong 10 \text{ 米/秒}^2$ 。

当选择系数 f 时，应该考虑到在防墜器作用过程中，可能使制动力减小的各种因素：如銹蝕，磨損，摩擦系数的变化等。其次必須保証将罐籠制动住，同时减速度不能超过最高极限值。

設計时一般采取当罐籠为最大負荷时，减速度为 $1 \sim 1.5g$ ，即 $10 \sim 15 \text{ 米/秒}^2$ 。这样就能保証升降人員时防墜器制动减速度不低于 10 米/秒^2 。当罐籠只乘一人为最小負荷时，减速度不应大于 $5g$ 。罐籠負荷增加，下降罐籠的动能就增加，当制动力不变时，其制动距离增加，减速度随之减小。反之，当罐籠負荷减小时，减速度增大。

表 1-1 是防墜器制动减速度在重罐籠与空罐籠的重量为不同比例 $\frac{Q_{\text{重}}}{Q_0}$ 时的变化情况。

表 1-1

順序號	$\frac{Q_m}{Q_0}$	重罐籠時採用的減速度 j										
		3g	2.75g	2.5g	2.25g	2g	1.75g	1.5g	1.25g	1.0g	0.75g	0.5g
		空罐籠的減速度(單位 g)										
1	1.50	5	4.62	4.25	3.88	3.50	3.12	2.75	2.38	2.00	1.63	1.25
2	1.75	6	5.55	5.15	4.60	4.25	3.82	3.38	2.95	2.50	2.08	1.63
3	2.00	7	6.50	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00
4	2.25	8	7.45	6.88	6.32	5.75	5.20	4.60	4.08	3.50	2.95	2.38
5	2.50	9	8.40	7.75	7.12	6.50	5.88	5.25	4.63	4.00	3.38	2.75
6	2.75	10	9.30	8.62	7.95	7.25	6.58	5.88	5.20	4.50	3.83	3.13
7	3.00	11	10.25	9.50	8.75	8.00	7.25	6.50	5.75	5.00	4.25	3.50
8	3.25	12	11.20	10.35	9.55	8.75	7.95	7.13	6.33	5.50	4.70	3.88
9	3.50	13	12.10	11.25	10.35	9.50	8.65	7.75	6.88	6.00	5.13	4.25

表中粗線以上為允許的減速度範圍。例如 $\frac{Q_{重}}{Q_0}$ 之值為 2 時，重罐籠的制動減速度為 1g，則空罐籠的制動減速度為 3g。當 $\frac{Q_{重}}{Q_0}$ 之值等於 3 時，重罐籠的減速度應採用 0.75g。一般情況下 $\frac{Q_{重}}{Q_0}$ 值都小於 3，所以設計時可採用 1~1.5g。

§ 1-4 防墜器的構造和分類

一般防墜器由下述四個主要部分組成：

1. 開動機構：當鋼絲繩破斷或改變了正常工作狀態時，開動防墜器，使它動作。

2. 傳動機構：當開動機構發生作用時，傳動工作機構（抓捕器），使它与支承物（罐道）相接觸。

3. 抓捕機構：它是防墜器的工作機構，用來抓捕支承物。

4. 緩衝機構：用來限制制動力在允許減速度值的極限範圍內。

開動和傳動機構一般是互相連接在一起，由斷繩時自動開動

的弹簧及杠杆組成。

抓捕机构和緩冲机构在一般防墜器上是联合的工作机构，有的防墜器有单独的緩冲裝置。

由于防墜器的使用条件和工作原理不同大致可分为：

1. 根据罐道形式不同可分为：木罐道防墜器、鋼軌罐道防墜器和鋼絲繩罐道防墜器。

2. 根据抓捕器的工作原理不同可分为：

切割式 用于木罐道，靠切割阻力制动罐籠。

摩擦式 用于鋼軌罐道或木罐道，靠摩擦阻力制动罐籠，凸爪式和楔形的防墜器属于这一类。

✓ 定点抓捕式 在抓捕器之外有專門的緩冲器，多用于鋼絲繩罐道。

§ 1-5 开动机构的用途和分类

开动机构是防墜器中貯备能量的部件，只有当开动机构动作后，防墜器才开始制动下墜的罐籠。

开动机构总的可以分成两类：

1. 开动机构直接与提升鋼絲繩相連接，断绳后开动机构立即动作。

2. 开动机构仅在下墜罐籠的运动状态发生变化以后才动作。

开动机构的具体形式有以下几种：

1. 弹簧式开动机构

这种开动机构結構簡單，动作可靠，所以我国广泛采用。正常提升时，由于罐籠自重和张紧的提升鋼絲繩的作用，传动弹簧处于压缩状态。当提升鋼絲繩断裂后，绳上的张力就消失，传动弹簧在恢复变形的过程中，通过传动机构开动防墜器产生制动。传动弹簧有卷簧和板簧式两种。

2. 决定于下墜罐籠通过的路程而动作的开动机构。

这种开动机构須采用輔助設備。在两个罐籠上速接一根輔助鋼絲繩，輔助鋼絲繩繞过專設的天輪。如果罐籠之間的距离大于

輔助鋼絲繩的長度時，防墜器就動作。

這種結構的缺點是當在深井、大終端載荷提升時，提升鋼絲繩和輔助鋼絲繩會產生不同的伸長值，使開動機構不能正常工作。而且輔助鋼絲繩的磨損是很快的。

3. 決定於下墜罐籠的速度而動作的開動機構。

這種開動機構在下墜罐籠的速度超過提升或下放的最大速度時即產生動作。一般為离心調節器，安裝在罐籠上並與罐道相接觸。當下墜罐籠的速度超過允許值時，离心調節器就起作用開動防墜器。

這種機構的主要缺點是當防墜器動作時，下墜罐籠已具有較大的動能。使抓捕可靠性降低，且機構的維護也很困難。

4. 決定於罐籠加速度而動作的開動機構。

這種開動機構在下墜罐籠的加速度超過了允許值後即產生動作。

為了在礦井條件下，保證開動機構動作可靠，必須滿足如下要求：

1. 不允許開動機構任意地開動防墜器，以免影響正常运行。
2. 提升鋼繩斷裂後，開動機構應自動的和迅速的開動。
3. 開動機構的動作可靠性不應受罐籠的位置和提升鋼絲繩斷裂的部位所影響。
4. 礦井條件惡劣時，開動機構也應可靠的工作。
5. 開動機構的結構和裝配要便於作試驗，以檢查它的可靠性。

第二章 木罐道防墜器

§2-1 木 罐 道

井筒中裝設的木罐道是作為提升容器在井筒中運行時導向用的，同時在提升鋼絲繩破斷之後作為防止罐籠下墜的支撐元件，因此木罐道的結構、使用情況、以及罐道木的物理機械性能對於防墜器工作情況的好壞都有密切關係。

罐道木的原材料在大多數礦井中採用的是紅松或落葉松，我國有的大型礦井中也有使用水曲柳作罐道的。有些國家採用橡木罐道，使用效果很好。總之，罐道木應有較長的使用壽命，木罐道採用的方材，其品質必須符合國家標準（GB153-59）一等材的規定。

罐道木的長度一般為3米、6米或8米，罐道木的斷面尺寸一般為 160×180 、 180×180 、 180×200 、 180×220 、 200×240 毫米。所需原木直徑一般為220~340毫米之間，原木的直徑加工餘量為20毫米，長度加工餘量為0.5米。原木長度的容許偏差為50~100毫米，直徑的容許偏差為 ± 5 毫米。罐道木的橫斷面尺寸應按設計要求加工，其長度、螺孔位置以及與罐道梁交接處的槽口，都應逐根的按實測尺寸進行加工。

罐道木的接頭形狀與安裝方法對罐道木的壽命具有重要影響。常見的木罐道結構有以下四種（圖2-1）：

圖2-1, *a* 所示罐道木的接頭在兩罐道梁之間，接頭處罐道木的背面用一塊方木加固。罐道木與罐道梁交接處墊上木塊，直接用螺栓固定在罐道梁上。圖2-1, *b* 中罐道木的接頭放在罐道梁的中心線上，並在罐道木與罐道梁交接處用角鋼把罐道木夾住，然後用螺栓加以固定。圖2-1, *c* 中沿罐道木全長，在其背面加設槽鋼，接頭放在罐道梁的中心線上。圖2-1, *d* 中罐道木的接頭不是

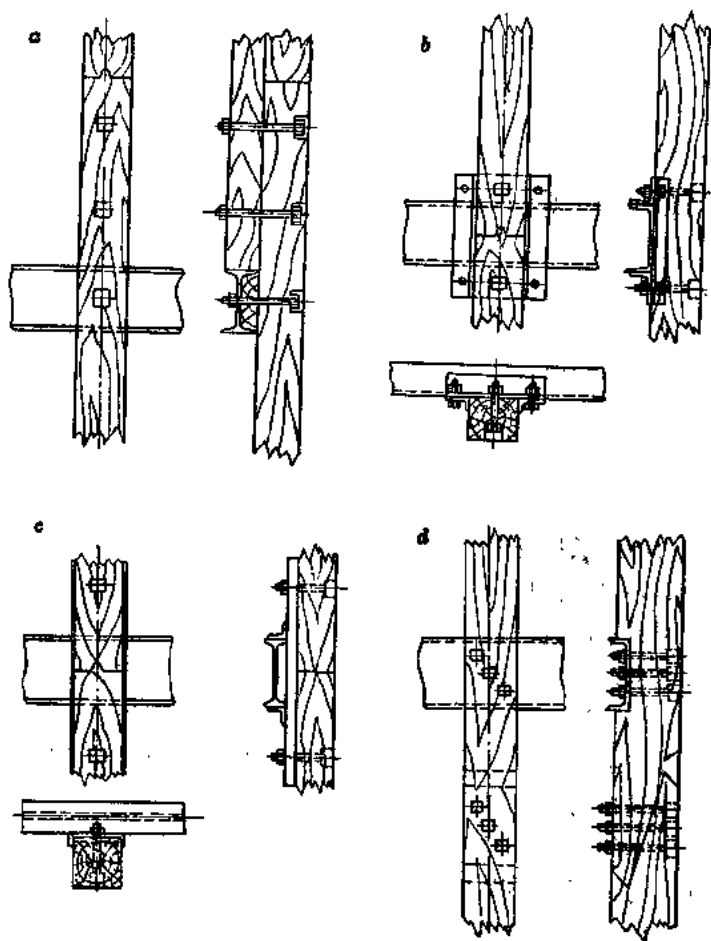


图 2-1 罐道木的接头形状与安装方法