

锚点

知识目标

学完本章后，你应该能够：

- 解释一下锚点相关的常用术语。
- 讲解一下在选锚点时，怎么去平衡强度、方向和位置这些因素。（NFPA 1006：5.2.5, 5.2.6）
- 讲讲在设置锚点系统时要考虑哪些位置因素。（NFPA 1006：5.2.5, 5.2.6）
- 识别备份锚点系统的考量因素。（NFPA 1006：5.2.5, 5.2.6）
- 描述单点锚点系统的原理。（NFPA 1006：5.2.5）
- 描述力是如何在多个锚点之间分配的。（NFPA 1006：5.2.6）
- 解释负载分担（load sharing）和负载分配（load distributing）锚点系统之间的区别。（NFPA 1006：5.2.6）
- 解释多点锚点系统的原理。（NFPA 1006：5.2.6）
- 讨论转向点（directionals）的使用。（NFPA 1006：5.2.5, 5.2.6）
- 解释如何以及为何要备份锚点。（NFPA 1006：5.2.5, 5.2.6）
- 描述如何对锚点系统进行安全检查。（NFPA 1006：5.2.5, 5.2.6, 5.2.7）

技能目标

学完本章后，你应该能够：

- 打一个无张力抓结（tensionless hitch）。（NFPA 1006：5.2.5）
- 构建固定且集中的多点锚点系统。（NFPA 1006：5.2.6）
- 构建一个受保护的自调节锚点系统。（NFPA 1006：5.2.6）
- 使用预张紧的后拉（pretensioned tie back）来备份锚点。（NFPA 1006：5.2.6）
- 完成一次锚点系统安全检查。（NFPA 1006：5.2.5, 5.2.6, 5.2.7）

你就是救援人员

你所在的队伍是第一批抵达高角度救援现场的。事件指挥官（IC）通知你，计划是先派一名救援人员下去评估情况，并准备好打包受困者。然后，会再放一个带担架的救援人员下去，以便将受困者打包并提升回坠落点顶部。一名边缘看护员会协助担架。你们队的任务是架设锚点系统，来支撑所有这些操作。

1. 在准备设置锚点时，你需要考虑哪三件事？
2. 你需要多少个锚点？每个需要多结实？
3. 你的锚点系统应该是固定集中的还是自动调节的？为什么？

引言

所有的绳索救援系统，都必须有一个安全、牢固的锚点作为最根本的基础。最好的锚点是位置绝佳（能实现救援目标），并且足够坚固和稳定（能支撑预期负载）。锚点对于绳索救援系统来说，就好比房子的地基。要是没有合适、牢靠的锚点，那系统剩下的部分（绳索、装备等）不管架设得多好，都有失效的风险。就像盖楼前首先要关心的是地基牢不牢一样，在架设绳索救援系统的其余部分之前，你必须先有一个合适、牢固的锚点。

锚点术语

锚点系统这块儿，最让人头疼的就是各种术语。这主要是因为不同行业的术语演变路径不一样，但随着全球化和监管语言的重叠，这些术语开始相互碰撞。

从历史上看，绳索使用者通常借用休闲攀登和登山的术语——其中最大的区别是“自然锚点”（natural）（比如一块大石头或一棵树，用完后还留在原地）和“人工锚点”（artificial）（比如一个岩塞或其他攀爬保护装置，爬完就拆走）。随着时间的推移，攀爬者开始在岩石上安装螺栓（bolts），或者在凸起物上留下吊索（slings），自然锚点和人工锚点之间的界限开始变得模糊，因为这些类型的人工锚点很大程度上依赖于自然特征，并且在攀爬结束后不会被移除。

同样，类似的概念也在防坠落（fall protection）领域演变，那里的主要考虑点是围绕着使用这些系统的工人所需的培训水平。出于监管目的，OSHA（职业安全与健康管理局）和 ANSI（美国国家标准协会）使用“永久锚点”和“临时锚点”这两个词来强调这个关键区别：也就是说，安装和使用临时锚点比挂在一个现成的永久锚点上需要更多的培训和经验。

在本书中，我们将遵循 OSHA 和 ANSI 的方法，使用以下与锚点相关的术语：锚定点（anchorage / anchor point）、锚点系统（anchor system）和锚点连接器（anchor connector）。

- 锚定点 (Anchorage / Anchor Point)：这是指一个单一、牢固的锚点连接点。一个锚定点可以单独使用，也可以与其他锚定点组合使用，以创建一个能够承受绳索救援系统实际或潜在负载的锚点系统。锚定点有多种形式，从结构梁到树木。
- 锚点系统 (Anchor System)：由一个或多个锚定点组合架设而成，为绳索救援系统组件提供一个结构坚固的连接点。
- 锚点连接器 (Anchorage Connector)：这是指绳索救援系统组件如何固定到锚点上的方式（比如用的扁带或绳索）。

为了清晰和精确，绳索救援人员应该使用完整的术语，如“锚定点”或“锚点连接器”，而不是把任何类型的锚点系统或组件都简称为“锚点”。

最后两个常见的锚点术语用来表示锚定点的类型：

结构锚点 (Structural Anchorages)：这些是自然界或工程结构中已经存在的锚点。在自然环境中最常用的结构锚点是树木和岩石，锚点连接器（如扁带或绳索）可以缠绕或系在它们上面。在使用树木作为锚点之前，你应该检查它是否有弱点，比如可能存在的腐烂或很浅的根系（图11-1）。即使是一棵木质坚固的树，如果根系很浅、很稀疏，或者树长在潮湿的土壤中，也可能不是一个好锚点。重达数吨的巨石如果受力方向不对，也可能被拉倒。在工业和城市环境中，结构锚点可能包括建筑物构件和支撑物。





B

公众号 · YRGuide

图11-1 A.结构锚点示例。B.人工安装锚点示例。

小贴士：

关于已安装锚点的额外提示在工作场所中，工业防坠落设施存在很大差异。绳索救援人员千万别想当然，特别是对待已安装好的锚点，因为它们可能和看起来的不一样。

工业环境中的大多数防坠落锚点系统额定值为 5000 磅（2267 公斤），或者至少是坠落事件中最大预期负载的两倍。然而，一些使用绳索系统进行作业的工人，其锚点系统强度可能低至 2700 磅（1225 公斤）。而约束锚点系统（Restraint anchor systems）（它们可能看起来很像高强度锚点，但其目的仅仅是防止工人到达边缘）可能额定值只有 1000 磅（453 公斤）。

人工安装锚点（Installed Anchorages）：这是指那些必须现场制作或安装的锚点。在工业和城市环境中，人工安装锚点可能包括吊臂（davit arms）和 D 形环（D-rings）。

锚定原则

锚点强度

锚点必须能够承受可能施加给它们的最大预期负载，再加上一个合适的安全系数。那些被认为强度远超救援系统可能施加的任何力量的锚点，被称为“绝对可靠锚点”

(Bombproof)。记住，救援人员在锚定时没有一个必须达到的“神奇数字”。这是一个判断，只有有资质的人 (competent person) 才能做出，但其强度必须足以承受“最大预期力 × 相关的安全系数”。（有关安全系数的讨论，请参阅《索具架设原则》。）

一个锚点能否承受可能施加给它的力，取决于许多因素，包括：

- 锚点的状况：例如，一棵活树通常比一棵死树能承受更大的力。
- 锚点的结构性质：建筑物中的承重结构柱通常比扶手能承受更大的力。
- 锚点上的受力位置：在靠近地面的位置拉动树木，通常比在树的较高位置施加压力时能承受更大的力。

拉力方向 (Direction of Pull)

锚点强度可能会受到拉力方向的极大影响。“拉力方向”简单来说就是指一个矢量施加的具体方向。一个在某个方向上很坚固的锚点系统，在另一个方向上可能就没那么坚固了。因此，尽量设置与拉力方向保持一致的锚点。同时，也要考虑如果拉力方向发生变化会产生什么影响——例如，由于坡降线 (fall line) 的变化，或者下降和提升之间的差异。对于某些锚点位置，如果拉力方向改变，锚点系统可能会变弱或失效。

锚点系统的定位

一个靠近受困者并且在正上方的锚点系统将提供最好的稳定性，并且最有利于边缘转换和负载装载。然而，在某些情况下，把锚点系统设置在侧面可能更合适，例如以下情况：

- 可能有石头或其他危险物体坠落到被救对象或救援人员身上。
- 锚点和被救对象之间存在可能危及救援人员或损坏绳索/装备的状况。
- 窗户突然发生轰燃 (flashover) 或蹿出火焰。
- 该区域有怀有敌意或精神错乱的人。
- 正上方没有合适的锚点。

在某些救援系统中，最好将额外的系统（例如单独的提升系统或无负载的保护绳）预先设置在侧面，以提供足够的工作空间并避免缠绕。在任何情况下，都应注意确保系统之间的角度不会因为将碎片拖过边缘，或产生不必要的摆荡坠落（或钟摆）风险而造成额外

危险。然而，在这种情况下，本章稍后讨论的定向转向或中途固定点（rebelays）等锚定技术可能值得考虑。

冗余备份 (Redundancy)

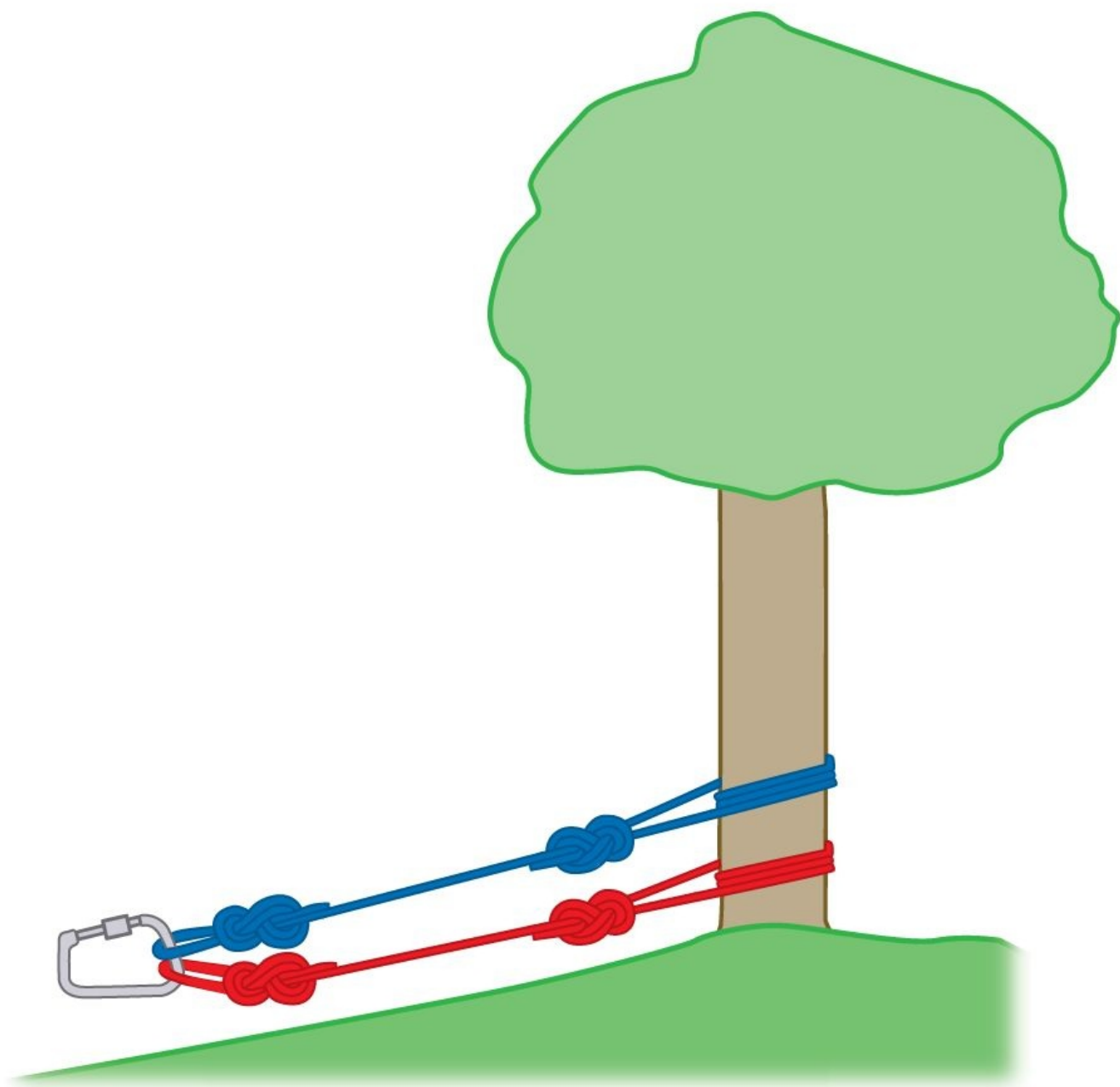
大多数救援系统的锚点由两个子系统组成：一个用于移动负载的工作系统，和一个用于防止潜在失效的备份系统（或“保护绳”）。这两个系统应该各自独立锚定，尽管为了增加安全性，将工作系统锚点与备份锚点系统相互连接（反之亦然）的做法并不少见。

锚点系统存在许多失效的可能性，包括：

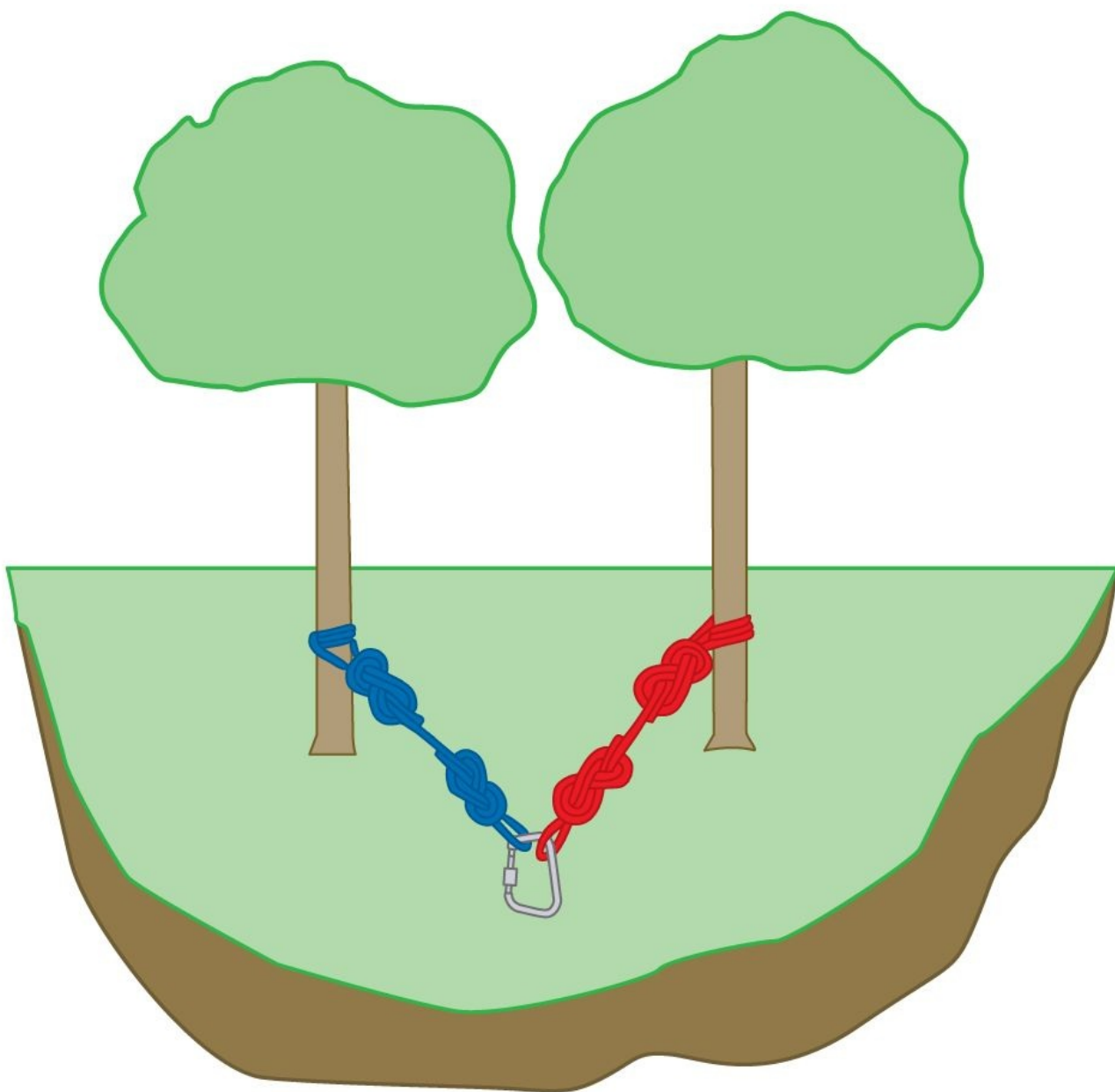
- 锚定点强度不确定：锚定点失效是锚点系统失效最常见的原因之一。
- 人为判断和经验的失误：可能选了糟糕的锚点，绳结打错了，或者安全钩的锁门没锁。
- 设备故障：绳索和扁带的磨损和切割，以及硬件和软件的受力都可能发生。

由于锚点系统存在失效的可能性，而且绳索救援系统的其余部分都依赖于锚点系统，因此备份锚点是一个好习惯。备份就是为了安全而实施冗余锚点。备份锚点系统主要有两种方法：

1. 备份到同一个锚点（图11-2A）。只有当你绝对确定这一个锚点能承受绳索救援系统可能施加给它的任何力（即它是“绝对可靠的”）时才能这样做。当锚点系统的其他部分（例如安全钩、绳结和吊索）存在失效可能性时，会使用这种备份方式。
2. 备份到另一个独立的锚点（图11-2B）。这需要一个包含多个锚定点的系统。如果负载的方向会在两侧之间摆动，你应该让这些锚点分担负载（load sharing）。本章稍后会解释负载分担系统。



A



B

公众号 · YRGuide

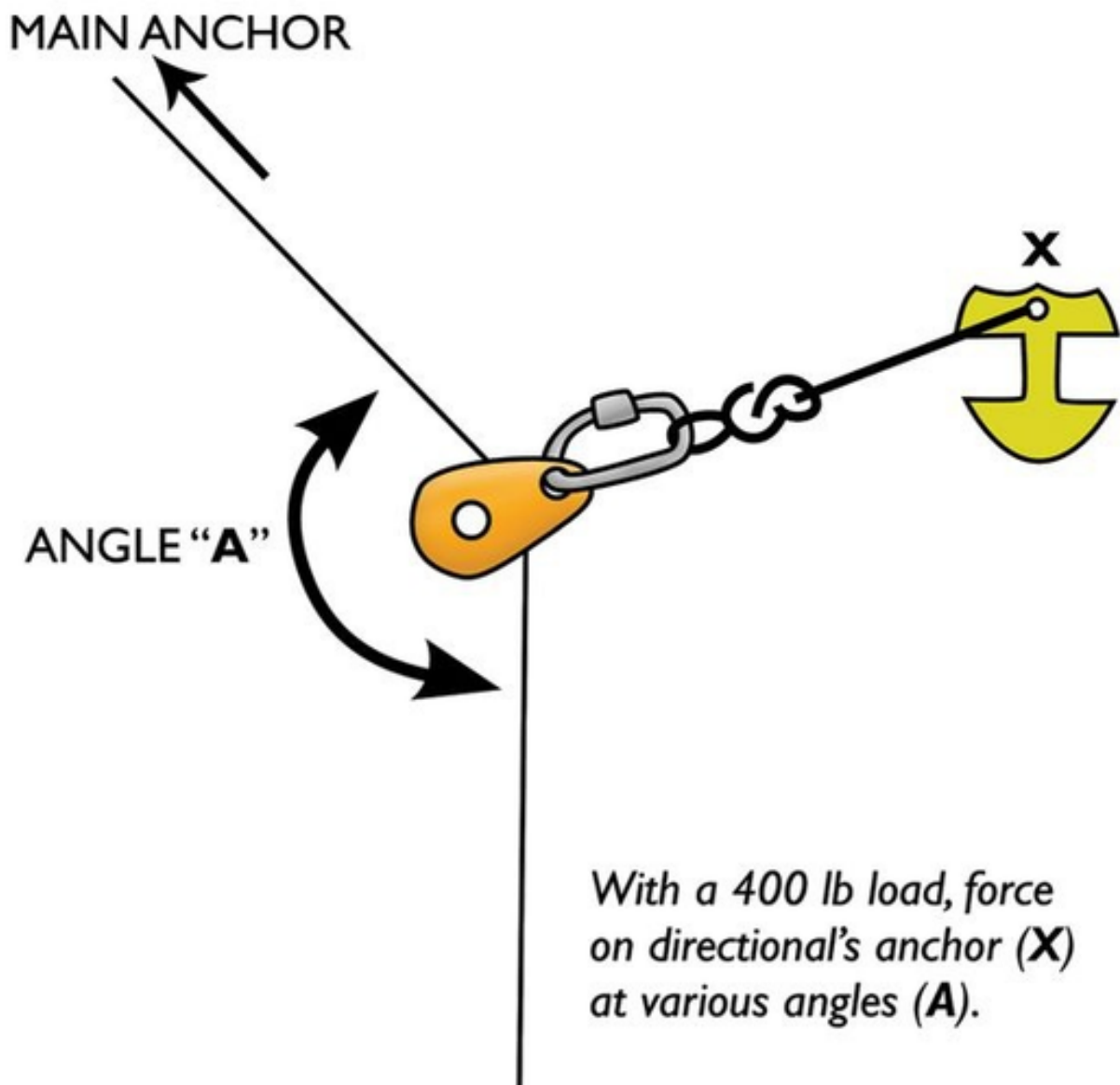
图11-2 备份锚点。

备份锚点系统的具体方法以及你需要多少个锚定点，取决于许多变量，包括：

1. 锚定点的状况：如果其中一个或连接到它的设备存在失效的可能性，就需要不止一个锚定点。
2. 绳索救援操作的性质：例如，如果同时使用主绳和保护绳，你应该为每根绳子使用独立的锚点系统。如果主绳和保护绳来自同一个锚点，当绳索交叉时，存在绳索缠绕或热熔损坏的危险。保护系统也必须足够强大以接住坠落，这意味着你需要一个同样坚固的第二个锚点。（有关避免绳索交叉造成热熔损坏的信息，请参阅第 9 章《绳索、绳结、连接和抓结》。）
3. 系统涉及的负载和应力：根据锚点的使用方式，这些负载和应力强度各不相同，例如：

- 仅支撑设备
- 仅支撑一个人的体重
- 创建力放大器 (load amplifiers) 的转向点 (即产生的力大于负载本身) (图 11-3)
- 由坠落或部分系统失效引起的潜在冲击负载
- 救援下降操作
- 提升系统
- 高空索道 (Highlines) (一种在两点之间悬挂绳索来运送人员或装备的系统)

Force on a direction pulley's anchor changes with the angle. Maximum load amplification is two times the applied load.



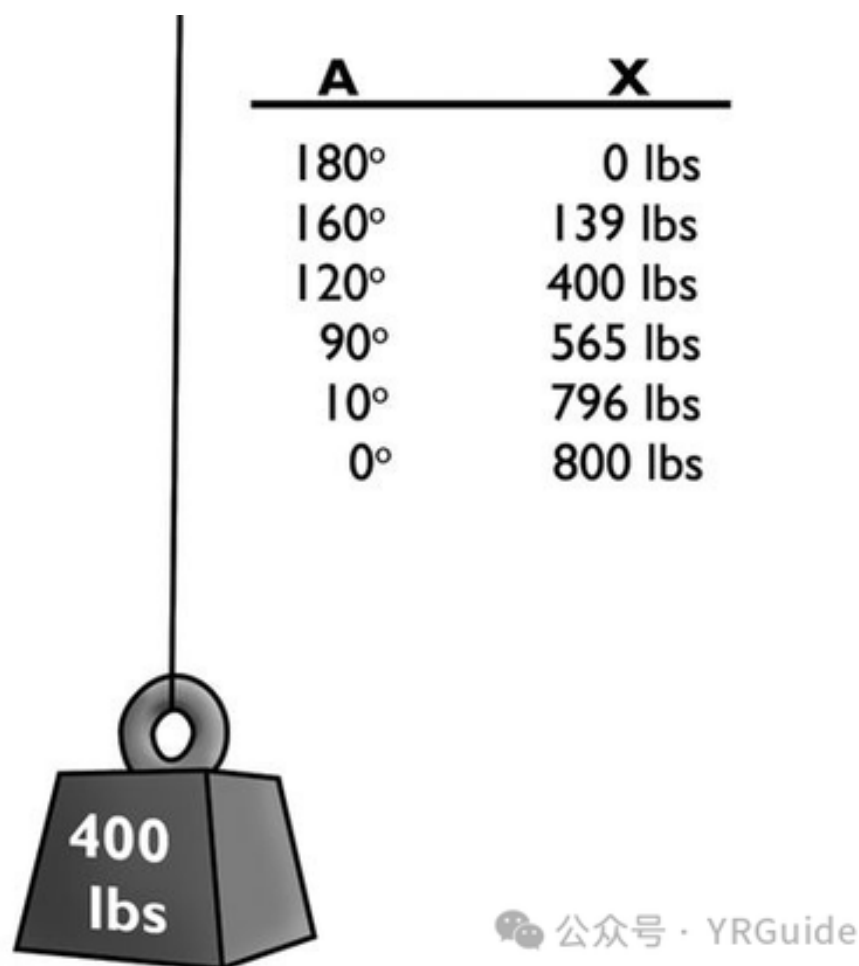


图11-3 转向锚点上的受力。

小贴士

救援人员应在操作过程中持续监控锚点系统。负载的转移和其他动作可能导致锚点变得不如刚架设时那么牢固。

锚点的连接

首先要明白，“锚点”（anchorage）和“锚点连接器”（anchorage connector）是两个概念。举个例子，楼梯井的横梁可能算是个不错的潜在锚点，但前提是你得能有效地连上去，它才算有用。连接锚点的方法有很多，可以用扁带、安全钩，或者用便携式梁夹、可拆卸螺栓这类专用设备。在本书里，我们把那些专门设计出来、在没有天然锚点的地方制作临时锚点或保护点的人工设备，统称为锚点连接器（anchorage connectors）。

很多人工锚点连接器是用来塞进岩石或岩石缝隙里的。这类装备包括螺栓（bolts）、岩塞（nuts）、岩石楔（chocks）和机械塞（cams）。如果想让这些设备成为安全、有效的锚定点，必须由一个技术熟练、经验丰富的人来安装。

单点锚点系统 (Single Point Anchorages)

单点锚点系统，顾名思义，就是指用一个锚定点来为整个绳索救援系统提供主要支撑的系统。实现的方式有很多，可以直接把绳索连到锚点上，也可以用别的装备（比如扁

带、夹具或三脚架) 作为“锚点连接器”，然后再把绳索连到这个连接器上。

无张力抓结 (Tensionless Hitch)

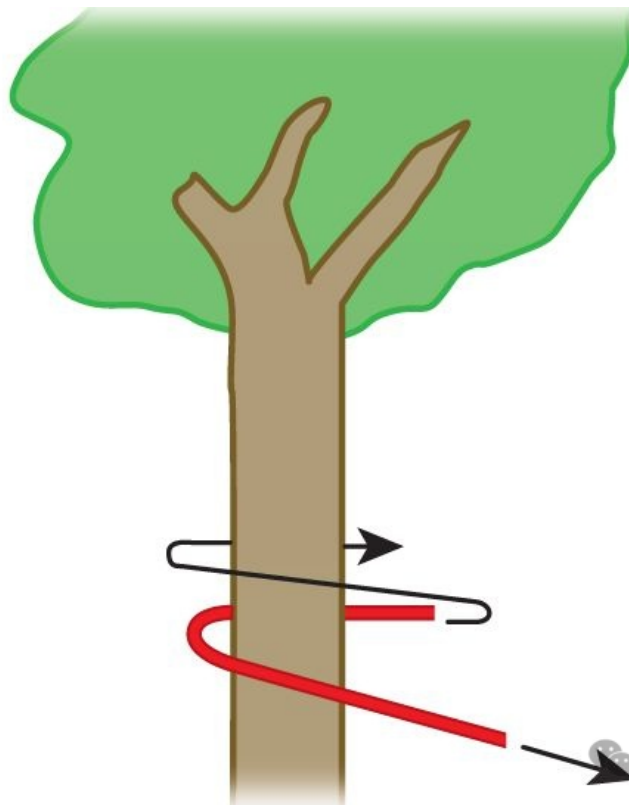
在时间紧迫的紧急情况下，无张力抓结 (Tensionless Hitch) 可能是一个特别好的选择。这也意味着使用的是一个更简单的锚点系统，从而减少了复杂系统中可能出故障的部件数量。无张力抓结作为锚点的绳索末端固定方式，有以下几个优点：

- 它很简单。
- 它能减少绳索和装备的受力。
- 它能适应不断变化的条件。

要制作一个无张力锚点系统，只需将绳索的静力段在锚点上缠绕几圈，这样缠绕产生的摩擦力就能承受住负载。只要摩擦力足够，所有的力都会施加在被缠绕的物体上。每多绕一圈，下一圈绳股上的张力就会越来越小——“无张力”抓结因此得名。当绳索以这种方式正确锚定时，它不会因为打结而降低强度，因此保留了其全部强度。当然，这是建立在被缠绕物体的直径大于绳索直径四倍的前提下。要打一个无张力抓结（也叫高强度系结），请遵循技能操练 11-1 的步骤。

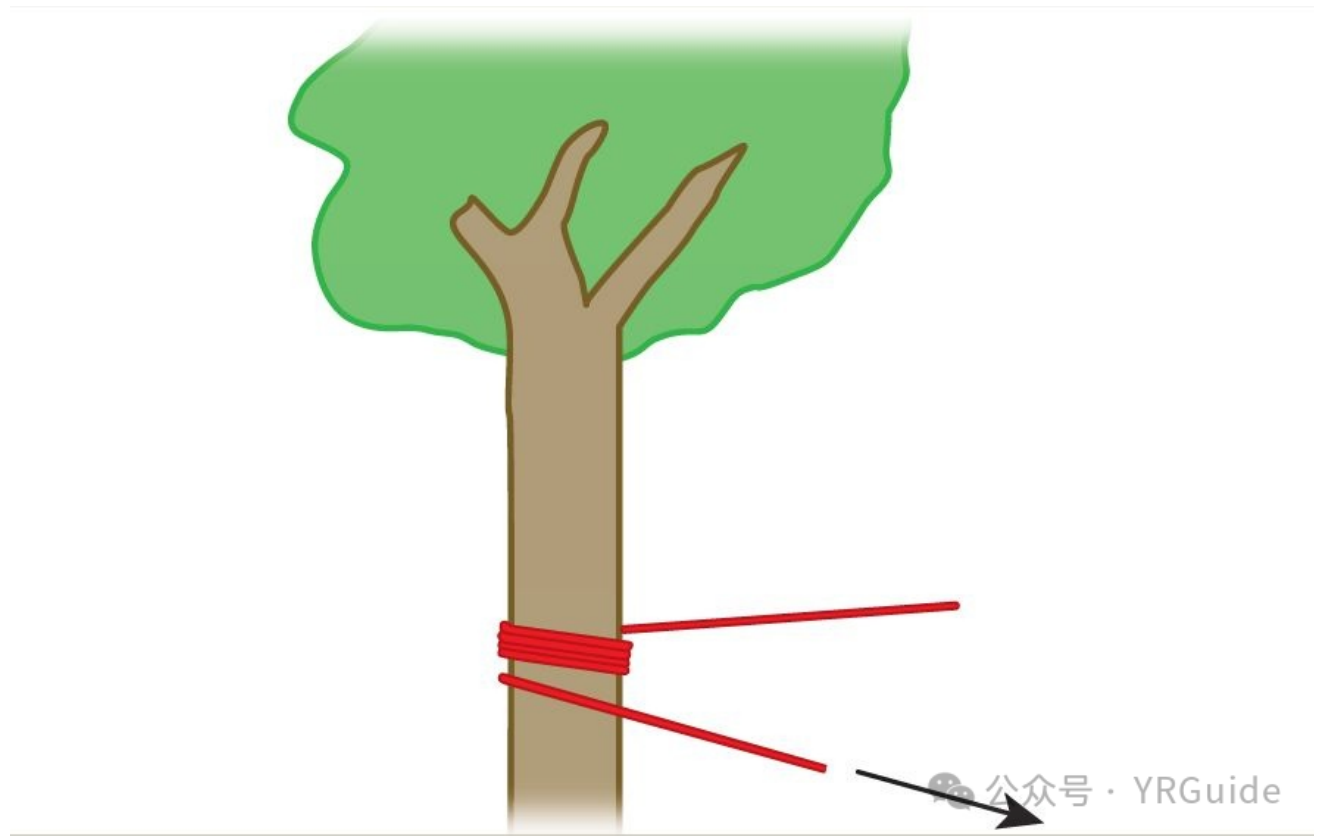
技能操练 11-1 打一个无张力抓结

1. 拿着绳索在用作锚点的物体上至少缠绕三圈。

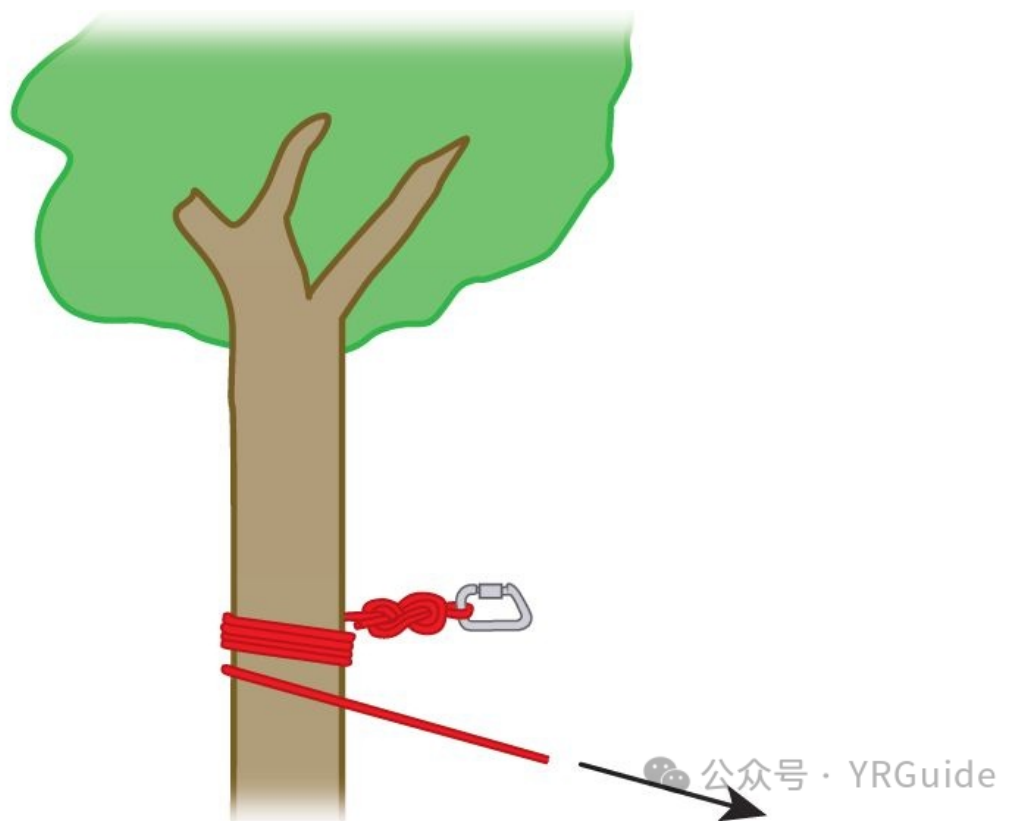


公众号 · YRGuide

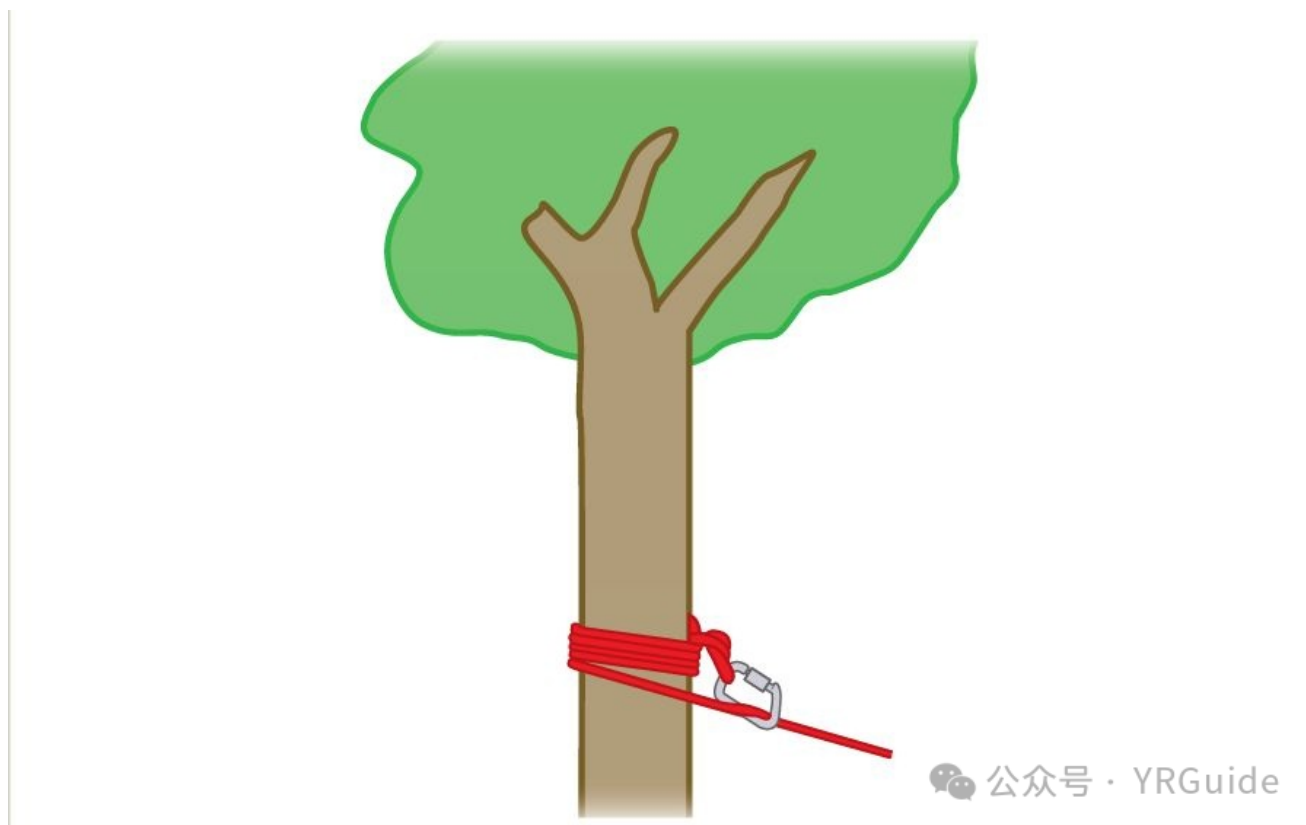
2. 确保缠绕的绳索没有相互交叉。



3. [图示] 在绳索的运行端打一个绳弯八字结，并用一个带锁安全钩扣入八字结。



4. 将安全钩扣在螺旋缠绕底部的静力段绳索上。



另一种固定无张力抓结的方法是，干脆用一个抓结或绳结来代替八字结和安全钩。重点是把绳尾系好，防止绳索从物体上松脱开，并且保证绳索的受力部分（loaded section）没有任何弯曲。

绳结 (Knots)

另一种直接连接的方式是，把绳索简单地绕在锚点上，然后用一个绳结来收尾。如果这个锚点系统不太可能需要快速移动或调整，这通常是个不错的选择。

如果你用的锚点是一个竖直的柱子，而且它足够短，你能很轻松地把一个绳圈套上去，那你就可以在绳索末端打一个绳弯八字结，然后把这个绳圈套在锚点上。如果不行，就得用绳索绕着这个结构物打一个结，比如反穿八字结（figure 8 retrace）或布林结（bowline）。

在分析锚点系统强度时，别忘了把绳结造成的强度损失算进去，并且要注意保持绳圈的内角足够小，以维持绳结的形状和结构，并确保力能被良好地传导。

把主绳直接架设到锚点上的一个缺点是，它限制了你修改锚点系统的能力，而在救援中情况多变，修改锚点可能很有必要。一个可行的解决方案是，用另一段强度等于或强于主绳的绳索或扁带来制作锚点系统，然后再把主绳连接到这个系统上。

使用软质吊索（扁带）作为锚点连接器

扁带（Webbing）是连接锚点的一种非常方便的材料。它也很方便制作成被称为绳圈（runners）或吊索（slings）的连续环带。使用成品扁带环（manufactured webbing loops）代替绳索作为锚点的好处是，它更便宜，而且需要学的绳结也更少。然而，扁带不

能像绳索那样打出那么多不同种类的绳结，而且它吸收冲击负载的能力也不如大多数绳索。

你可以用一段扁带，通过打一个环形连接结（ring bend knot）（也称为水结、反手连接结或扁带结）将其系成一个环，来制作一个吊索。

预缝合吊索 (Presewn Slings)

妥善缝合好的吊索（Presewn slings）是替代打结吊索的简单选择。它们可以作为连接锚点的快速、便捷的方式。预缝合吊索的两个优点是：使用起来更快，并且在制作连续环带时打错结的几率更小。市面上有好几种可用于锚定的预缝合吊索品牌。

预缝合吊索有各种不同的扁带宽度和长度（图11-4）。购买预缝合吊索时，要确保它们有足够的抗拉强度来满足你可能需要的安全系数。同时，要搞清楚预缝合吊索的制造商是如何测试其强度的。锚点吊索的强度评级可能是基于端到端拉伸、篮式（basket）技术（缠绕锚点）拉伸，或绕着物体打雀头结（girth hitched）拉伸。在使用预缝合扁带之前和之后，务必检查缝线处和扁带材料是否有磨损。



图11-4 预缝合扁带吊索有各种宽度和长度。

锚点扁带 (Anchor Straps)

锚点扁带 (Anchor straps) 是两端缝有硬质环 (hard rings) 的扁带，安全钩可以扣入这些环中。这种扁带是设置可靠锚点的一种快捷方式。根据 NFPA 2500 (1983) 的规定，锚点扁带具有不同的强度等级。重型的 (标有 NFPA G 级) 端到端断裂负荷通常约为 8000 磅 (35.6 kN)。轻型的 (NFPA 评为 T 级) 端到端断裂负荷通常约为 4945 磅 (22 kN)。当扁带被架设成篮式时，其断裂负荷可能会更高，但并非总是如此。虽然篮式抓结可以提供更强的锚点连接，但吊索形成的内角会极大地影响其承载能力。当架设角度极大时，篮式配置的强度甚至可能低于其端到端的额定强度。同样，以扼喉式 (choker) 配置架设的锚点扁带，其承载能力总是低于端到端，特别是当扼喉角度非常大时。NFPA 区分了端到端扁带和多配置扁带，只有多配置扁带才被要求报告篮式和腰结配置的强度等级。

有些锚点扁带配有重型搭扣，因此扁带可以调节到不同长度 (图11-5)。然而，这个搭扣在承受低于扁带整体断裂负荷的力时就可能发生滑动。除了做锚点，其中一些扁带还可用于其他目的，例如作为担架吊带或边缘看护员的快速锚点连接器。与其他预缝合吊索一样，请确保你使用的锚点扁带具有足够的抗拉强度以满足你的系统安全系数。此外，确保制造商能提供关于可调节搭扣在多大负载下会开始滑动的规格说明。

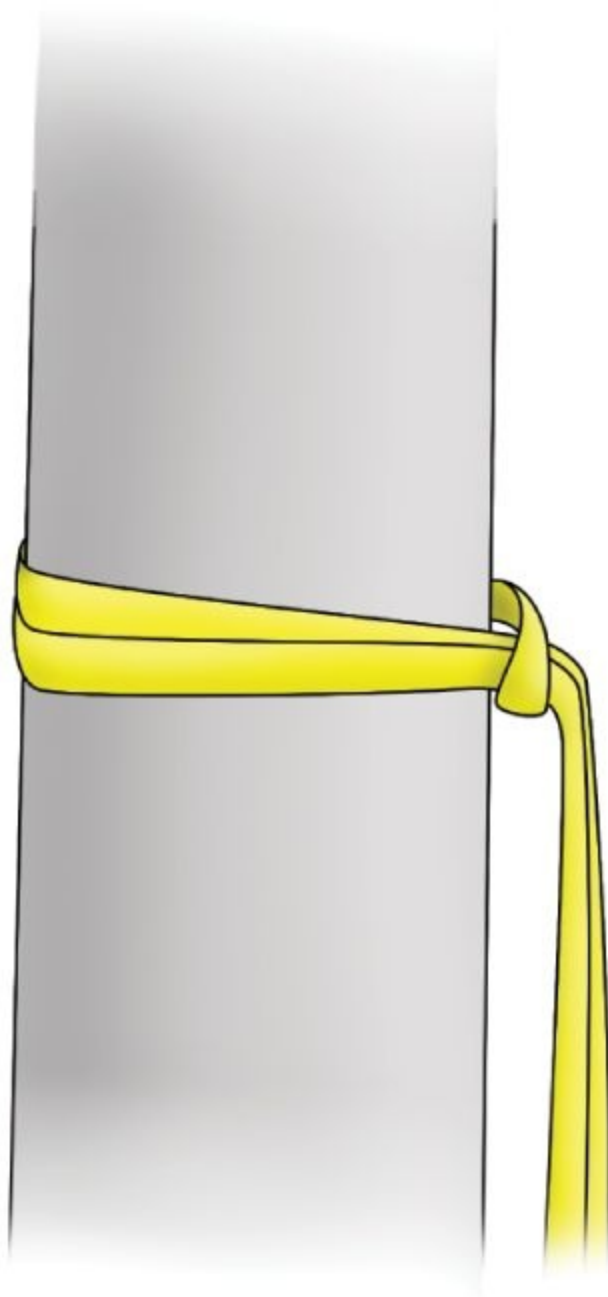




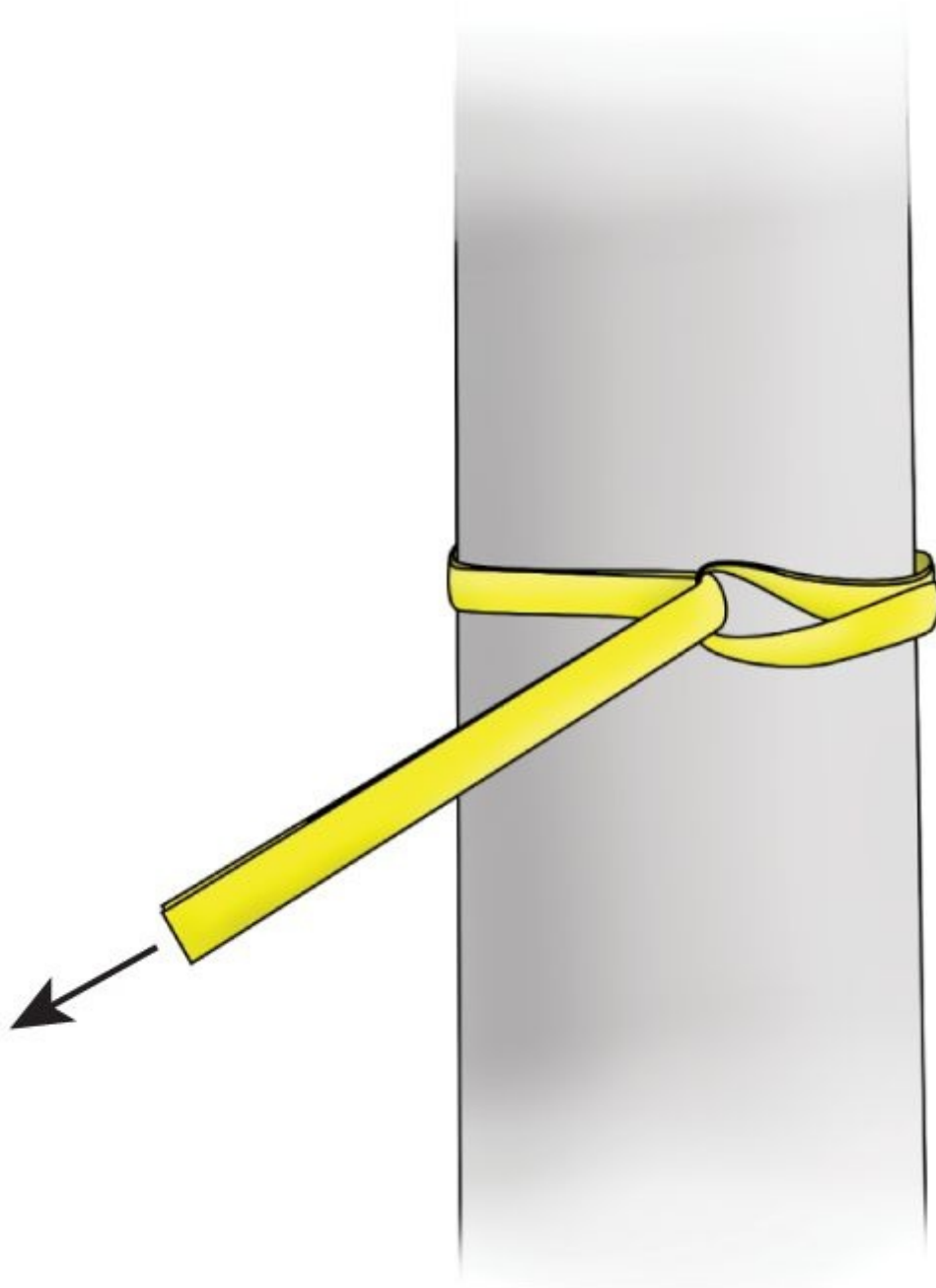
图11-5 带有重型搭扣的锚点扁带可以调节到各种长度。

将一个简单的扁带环绕在一个垂直锚点上的问题是，它容易在锚点上向下滑动。有几种技术可以将扁带固定在垂直锚点上。一种方法是用扁带在锚点上打一个雀头结（girth hitch）。这种技术的缺点是，人们总想把扁带自身收紧。不应该这样做，因为它会对扁带产生潜在的危险应力。

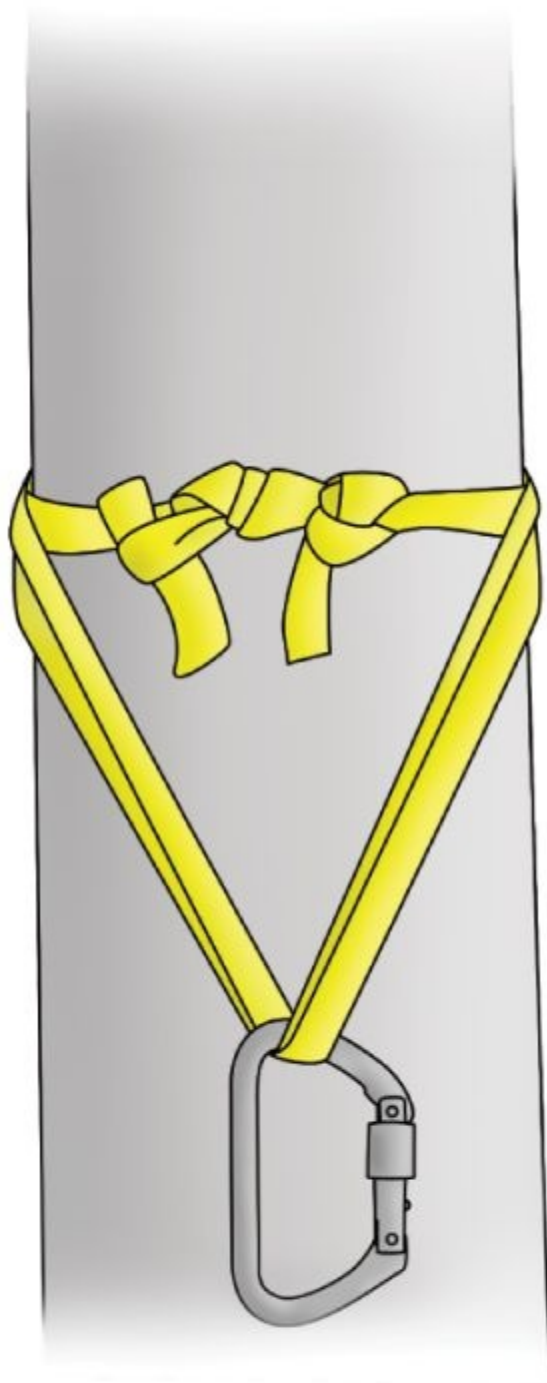
比腰结更坚固的一种替代方法是“绕三拉二”（W3P2）系统（图11-6）。在这个系统中，扁带绕锚点缠绕三圈，并拉出两个绳圈。W3P2 相对于腰结的一个优点是，一旦收紧，它能更好地保持在原位，不会像腰结那样经常在垂直锚点上向下滑动。请注意，为了获得最大强度，扁带的绳结（连接处）应位于内部的绳圈上，那里它承受的压力最小。然而，还是要再次强调，具体的索具架设方法——包括锚点连接器材料从锚点伸出时的内角，以及锚点连接器材料各层之间如何相互作用——将对整体性能产生很大影响。第 10 章《索具架设原则》会更详细地介绍这些概念。



A



B



C



D

公众号 · YRGuide

图11-6 A.和 B.雀头结。C.“绕三拉二”(W3P2) 优于腰结。D.篮式抓结。

将扁带围绕锚点放置的一种牢固方法是，使用环形连接结（ring bend knot）将其绕着结构物系成一个环（图11-7）。然而，如果用作锚点的物体非常大，这个过程对一个人来说可能会很笨拙且耗时。另一种方法是，先将扁带系成一个环（runner），然后将其绕在锚点上，再用一个安全钩将两端扣在一起（图11-8）。不过，这种打结的环带需要两倍于未打结扁带的长度。

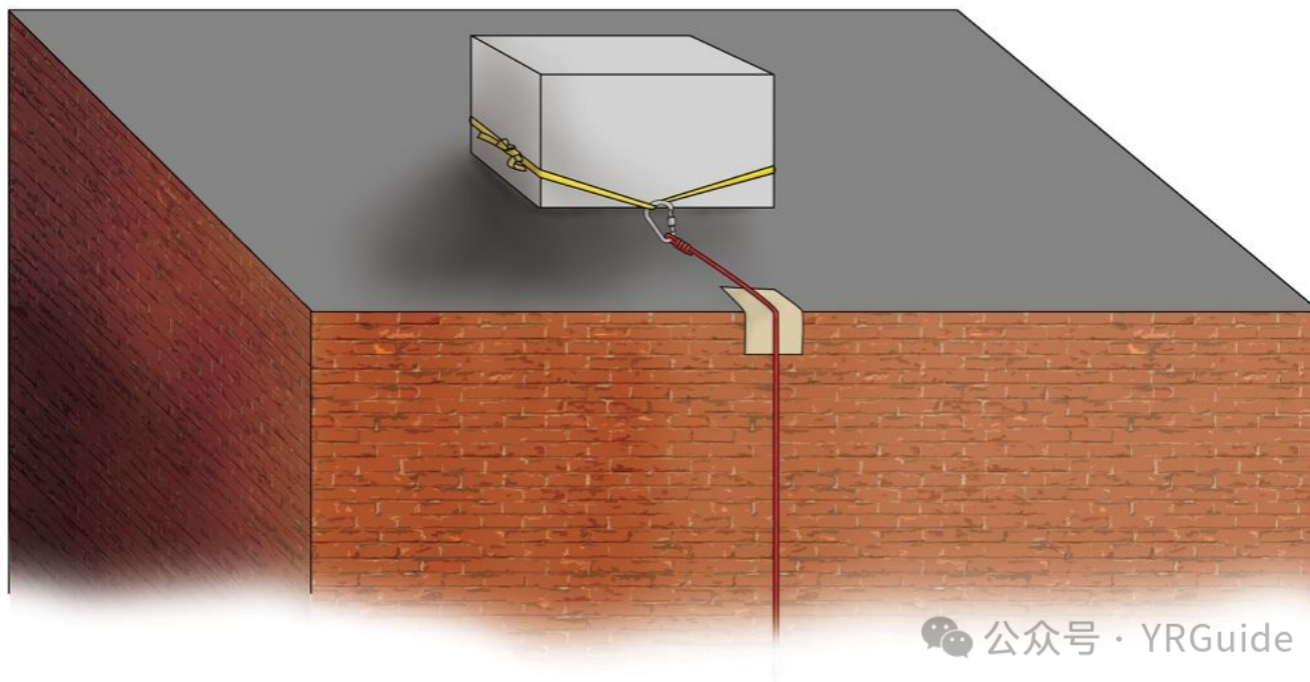


图11-7 将扁带绕在锚点上打结。

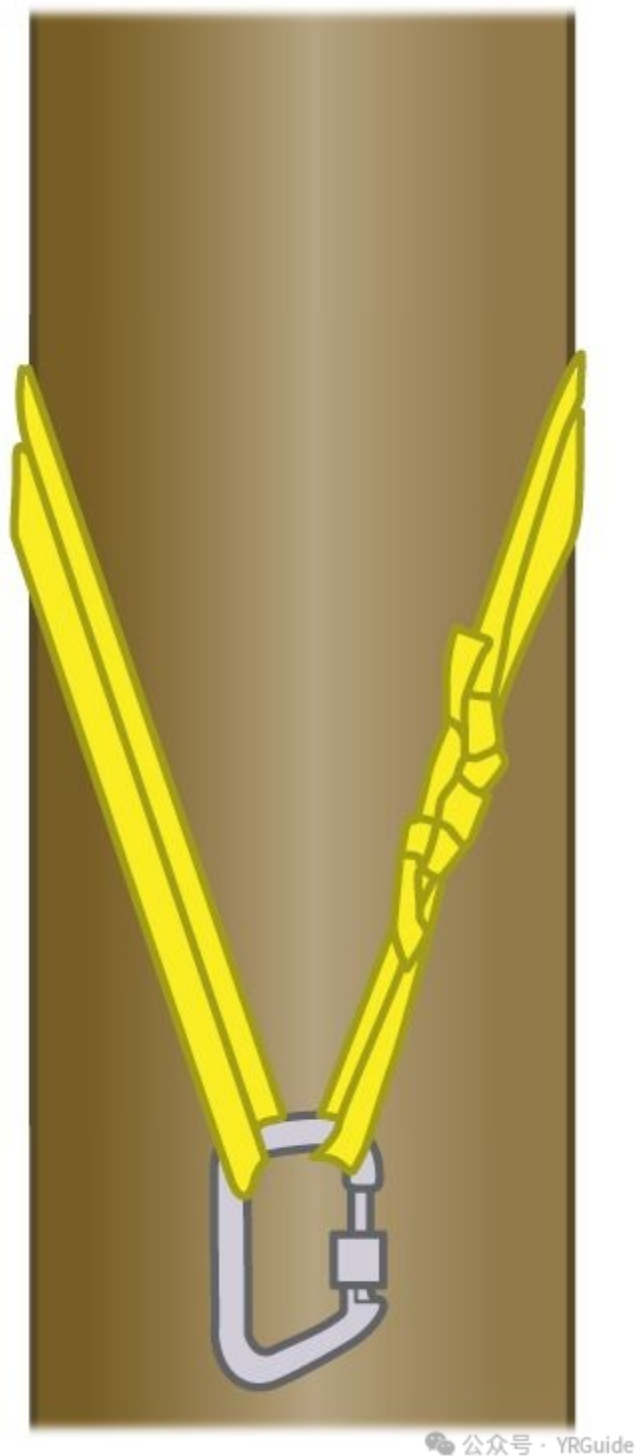


图11-8 将扁带环（runner）绕在锚点上以创建一个锚定点。

小贴士

如果你使用打结的扁带制作吊索，不要在绳结系紧的状态下存放它们，除非每条环带在放回装备库之前都经过仔细检查，并在下次使用前再次检查。你应该注意以下问题：

- 你可能不知道是谁打的结，也不知道打的是什么结。
- 扁带上的绳结（尤其是水结）常常会自己慢慢松动。

- 那些经受过冲击负载的扁带，其绳结可能已经“焊死”了（spot welded，指因摩擦融化而粘住）。

