

本节介绍的射钉紧固技术的主要数据，是在大量试验的基础上，应用数理统计原理加以整理而得到的。实践证明，这些数据是可靠的。掌握这些数据，对于使用射钉紧固技术的技术工作者和工人极为必要。

1. 基本概念

(1) 拉出力F(图8-1-1)

拉出力F是沿轴向施加在射钉上，使射钉从基体中拨出的力。它实际上是基体对射钉的量大紧固力。

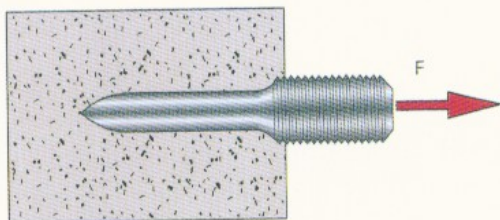


图8-1-1

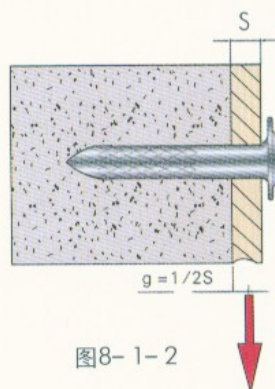


图8-1-2

(2) 横向负荷P(图8-1-2)

横向负荷P是使射钉从基体上脱掉的径向力。一般此力较射钉的抗剪力小，因为在力臂g不大时，首先破坏的将是基体材料。

(3) 拉脱力Q(图8-1-3)

拉脱力Q是施加在被固件上，使被固件从射钉头上拉脱的力。Q的大小不但与射钉的类型以及有无附加垫圈有关，而且与被固件的强度很有关系。

(4) 拧紧力矩M(图8-1-4)

拧紧力矩M系加在螺纹射钉上使射钉既不相对于基体旋转和拉出，又不破坏射钉结构的最大力矩。其值大致与标准螺钉和螺栓允许拧紧力矩相当。

2. 射钉紧固技术应用图表

表8-2-1至表8-2-11，是射钉紧固技术应用表，分YD、HYD、DD、HDD、螺纹钉等钉种和混凝土基体、钢质基体类型列出(其它钉种和基体可参照应用)。表中用尽可能简单明了的形式表示出来完整的内容。依靠这些表格，再加一些必要的计算，就可正确地运用射钉紧固技术。

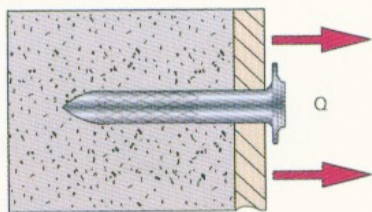


图8-1-3

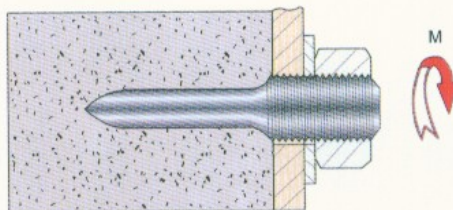


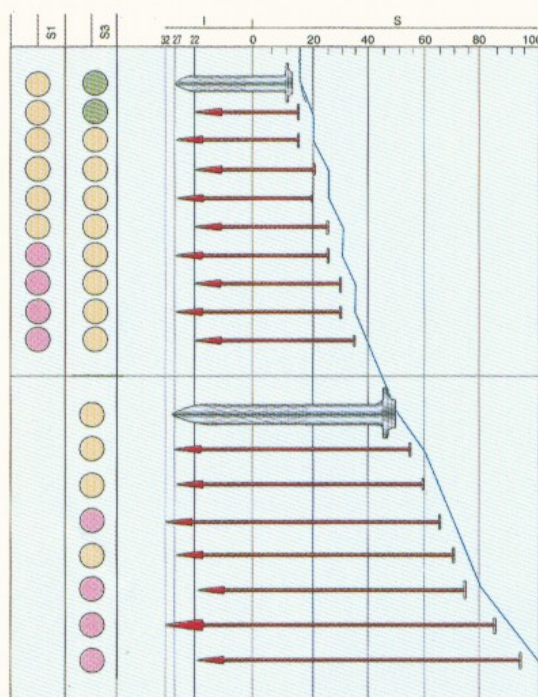
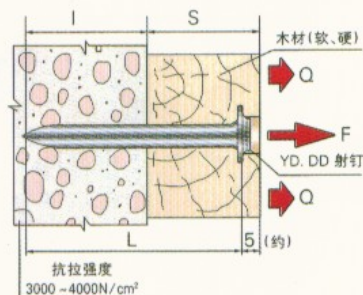
图8-1-4



八、射钉紧固技术相关技术参数

用YD、DD型射钉将木构件固定在混凝土上

表8-2-1



钉杆直径: $\phi 3.7$

YD37S8

YD37S8

YD42S8

YD42S8

YD47S8

YD47S8

TD52S8

YD52S8

YD57S8

YD62S8

钉杆直径: $\phi 4.5$

DD72S10

DD82S10

DD82S10

DD97S10

DD97S10

DD117S10

DD117S10

注:



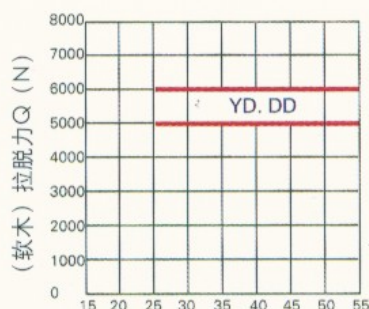
表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷, 而不适用于大的振动和冲击载荷。射入深度(l)过大将降低承载能力。此外:

1. 基体混凝土强度不同 ($\sigma_b \neq 3000 \sim 4000 \text{ N/cm}^2$), 可能产生不同的数值;
2. 被固木材不同, 数值也可能不一样;
3. 要使用切木环(代号QM), 防止木块破裂。

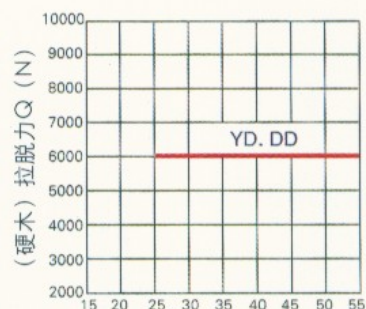
圆圈中符号代表的颜色系建议选用的射钉弹色标。



射入深度 l (mm)



被固软木厚度 S (mm)



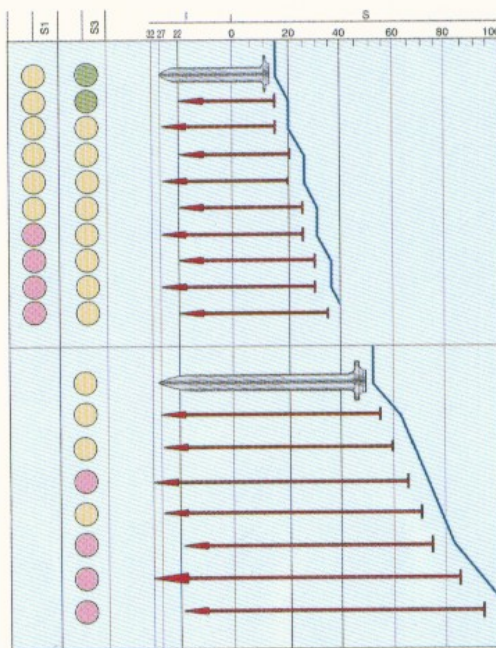
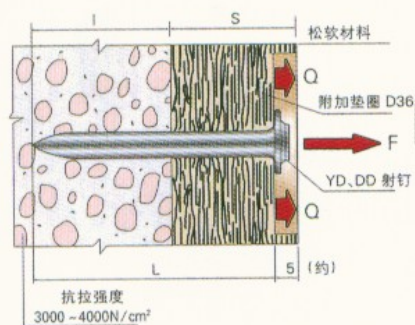
被固硬木厚度 S (mm)

八、射钉紧固技术相关技术参数

30-31

用YD、DD型射钉将松软材料固定在混凝土上

表8-2-2



注:



钉杆直径: $\phi 3.7$

YD37S8

YD37S8

YD42S8

YD42S8

YD47S8

YD47S8

YD47S8

TD52S8

YD52S8

YD57S8

YD62S8

钉杆直径: $\phi 4.5$

DD72S10

DD82S10

DD82S10

DD97S10

DD97S10

DD97S10

DD117S10

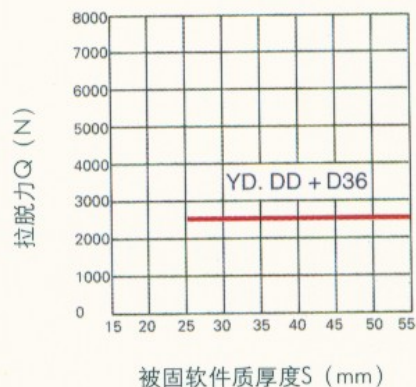
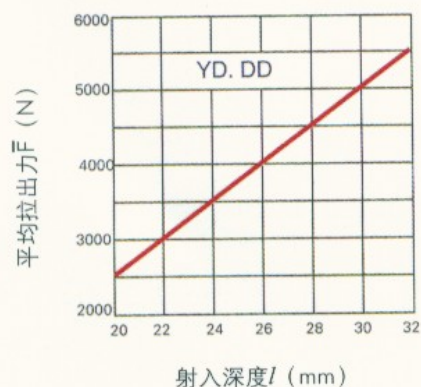
DD117S10

DD117S10

表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷, 而不适用于大的振动和冲击载荷。射入深度(l)过大将降低承载能力。此外:

1. 基体混凝土强度不同 ($\sigma_b \neq 3000 \sim 4000 \text{ N/cm}^2$), 可能产生不同的数值;
2. 被固松软材料不同, 数值也不一样;
3. 松软材料可以是隔音层、保温板、装饰物等;
4. 要用附加金属垫圈D23或D36。

圆圈中符号代表的颜色系建议选用的射钉弹色标。



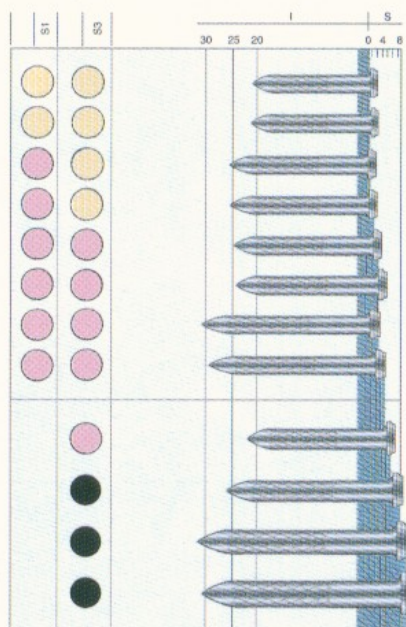
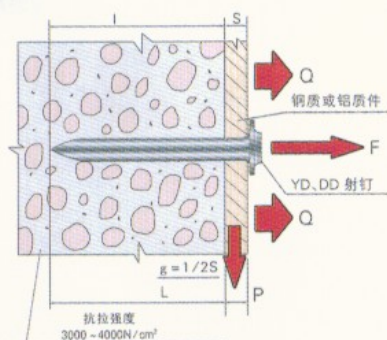


八、射钉紧固技术相关技术参数



用YD、DD型射钉将钢铁或铝件固定在混凝土上

表8-2-3



钉杆直径: $\phi 3.7$

YD22S8

YD22S8

YD27S8

YD27S8

YD27S8

YD27S8

TD32S8

TD32S8

$S_{max}=4mm$

钉杆直径: $\phi 4.5$

GD27S10

DE32S10

DD37S10

DD37S10

$S_{max}=8mm$

注:



黑弹



红弹



黄弹

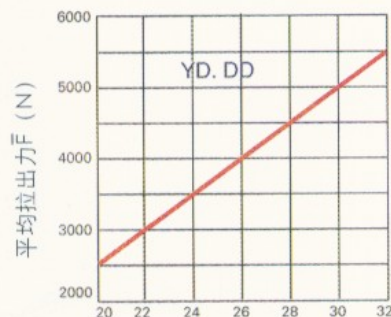


绿弹

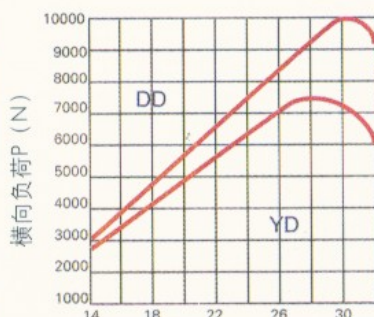
表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷, 而不适用于大的振动和冲击载荷。射入深度(l)过大将降低承载能力。此外:

1. 基体混凝土强度不同 ($\sigma_b \neq 3000 \sim 4000 \text{ N/cm}^2$), 可能产生不同的数值;
2. 被固件材料不同, 数值也可能不一样;
3. 横向负荷 P 的值是在 S 达到最大 (S_{max}) 情况下的值。

圆圈中符号代表的颜色系建议选用射钉弹色标。



射入深度 l (mm)



射入深度 l (mm)



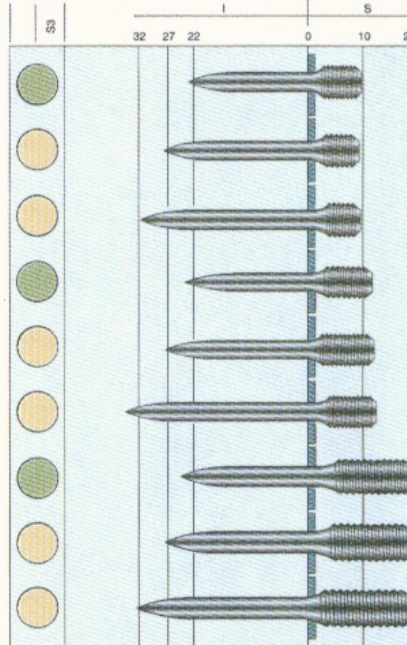
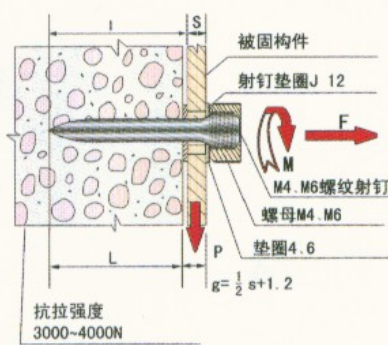
被固钢或铝的厚度 S (mm)

八、射钉紧固技术相关技术参数

32-33

用M4、M6型螺纹射钉固定在混凝土上

表8-2-4



钉杆直径: $\phi 3.5$ (M4)
 $\phi 3.7$ (M6)
 M6-8-22SJ12
 M6-8-27SJ12
 M6-8-32SJ12
 M4-15-22SJ12
 M6-11-22SJ12
 M4-15-27SJ12
 M6-11-27SJ12
 M4-15-32SJ12
 M6-11-32SJ12
 M6-20-22SJ12
 M6-20-27SJ12
 M6-20-32SJ12

注:



黄弹

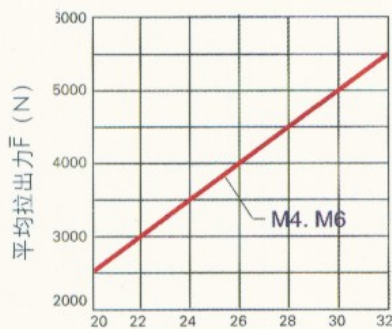


绿弹

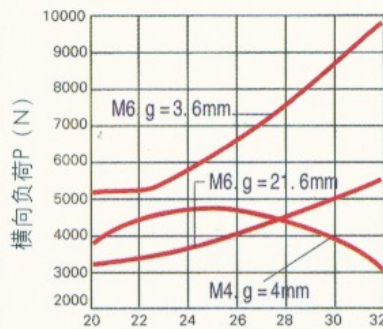
表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷，而不适用于大的振动和冲击载荷。射入深度(l)过大将降低承载能力。此外:

1. 基体混凝土强度不同 ($\sigma_b \neq 3000 \sim 4000 \text{ N/cm}^2$), 可能产生不同的数值;
2. 要使用“压铁保护罩”, 以防止混凝土破坏, 增加使用效果;
3. 施加在螺纹射钉上的力矩不能大于拧紧力矩 M 。

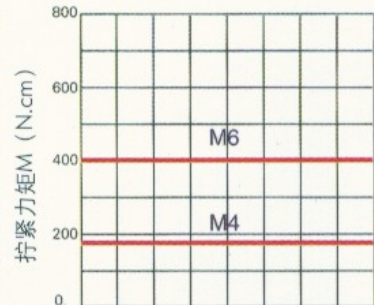
圆圈中符号代表的颜色系建议选用的射钉弹色标。



射入深度 l (mm)



射入深度 l (mm)



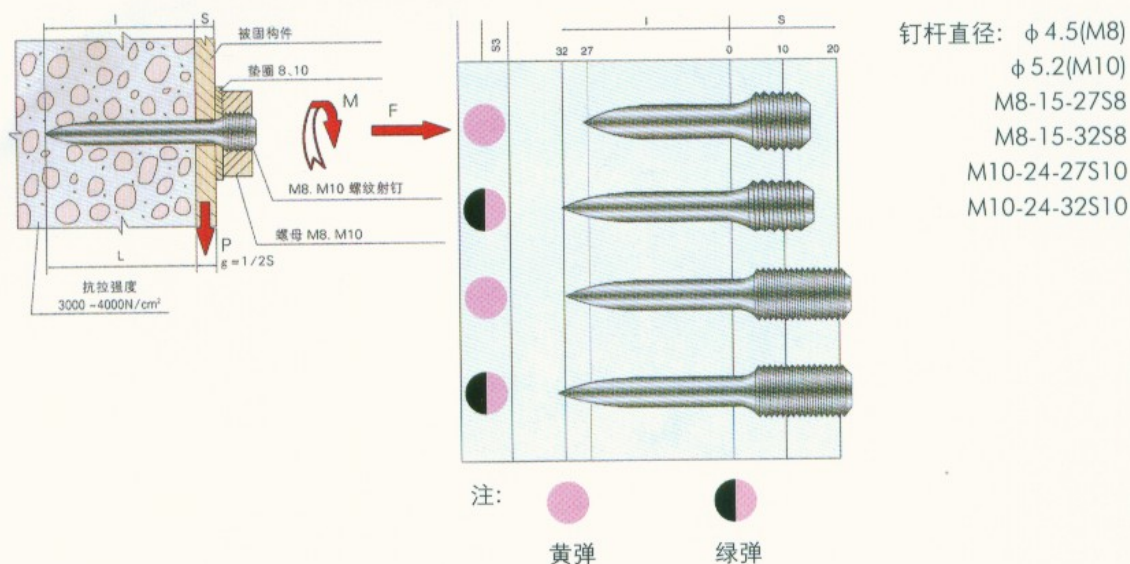


八、射钉紧固技术相关技术参数



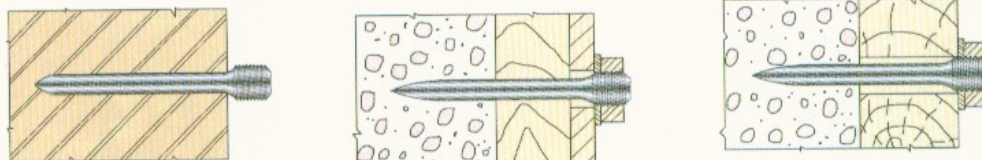
用M8、M10型螺纹射钉固定在混凝土上

表8-2-5



钉杆长度 $L < 32$ mm的各种螺纹射钉用于下述情况:

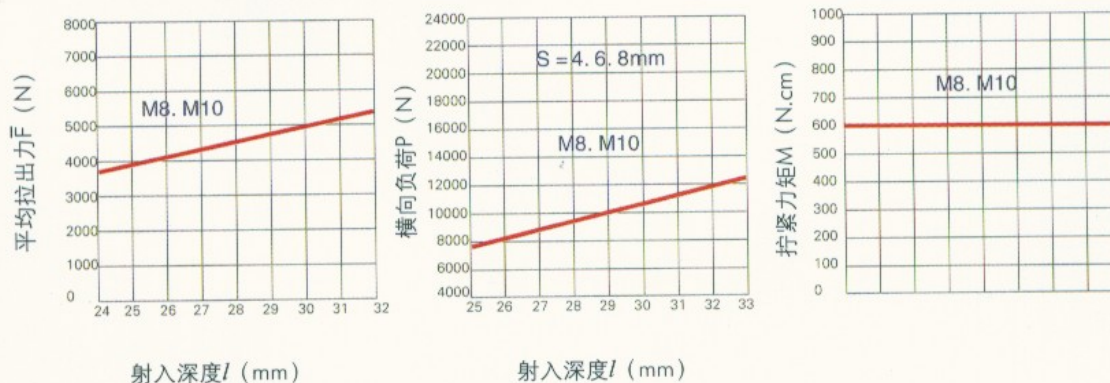
- (1) 射入深度 l 需要大于32mm。 (2) 螺纹射钉要穿过被固件。 (3) 被固件预先钻孔部分过深。



表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷，而不适用于大的振动和冲击载荷。射入深度 l 过大将降低承载能力。此外:

1. 基体混凝土强度不同 ($\sigma_b \neq 3000 \sim 4000 \text{N/cm}^2$)，可能产生不同的数值;
2. 要使用“压铁保护罩”，以防止混凝土破坏，增加使用效果;
3. 施加在螺纹射钉上的力矩不能大于拧紧力矩 M 。

圆圈中符号代表的颜色系建议选用的射钉弹色标。

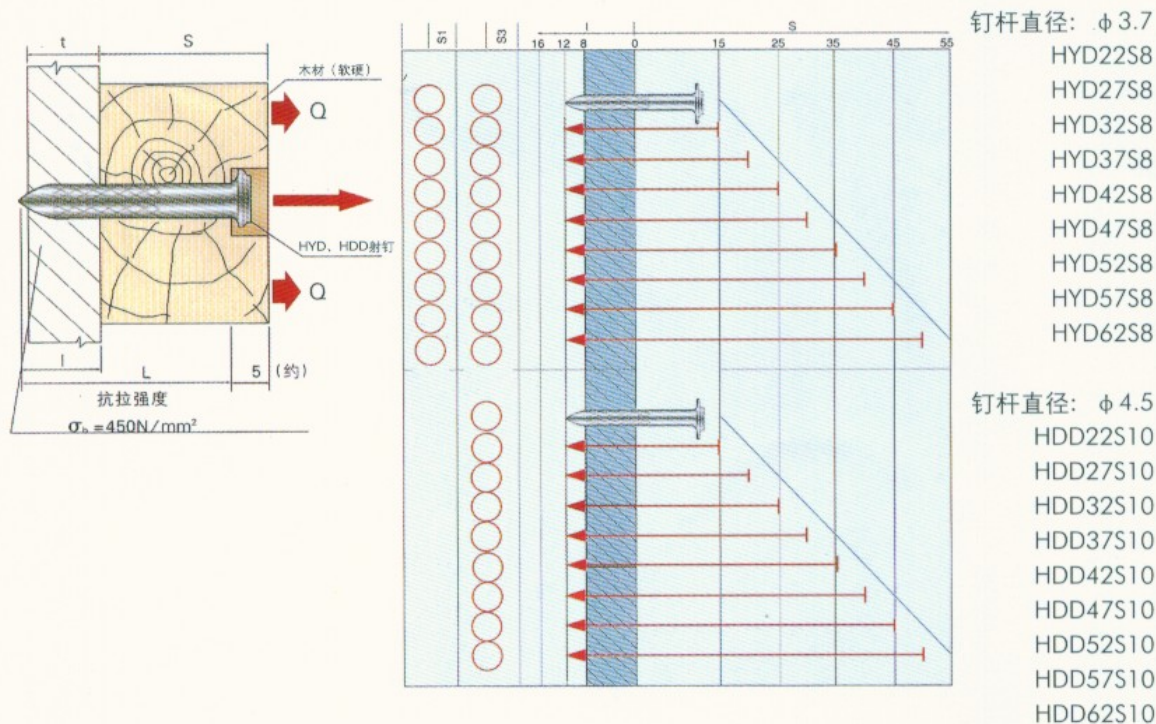


八、射钉紧固技术相关技术参数

34-35

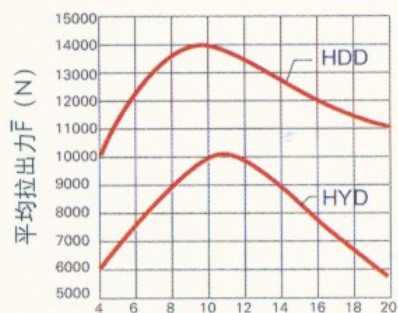
用HYD、HDD型射钉将松软材料固定在钢上

表8-2-6

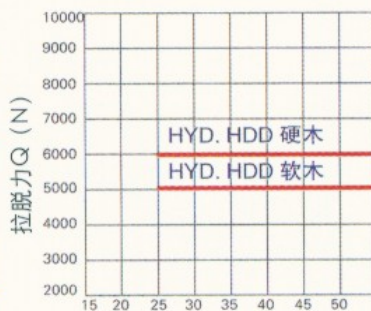


表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷, 而不适用于大的振动和冲击载荷。此外:

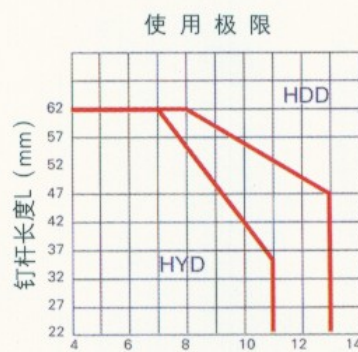
1. 基体钢强度不同 ($\sigma_b \neq 45 \text{ kg/mm}^2$), 可能产生不同的数值;
2. 被固木材的软硬不同, 数值也可能不一样;
3. 要使用切木环(代号QM), 防止木块破裂;
4. 超过使用极限, 将达不到预期的效果。



基体厚度 t (mm)



被固木块厚度 S (mm)



基体厚度 t (mm)

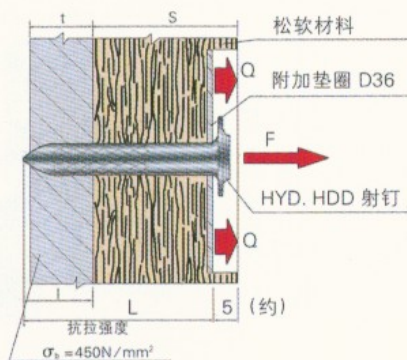


八、射钉紧固技术相关技术参数

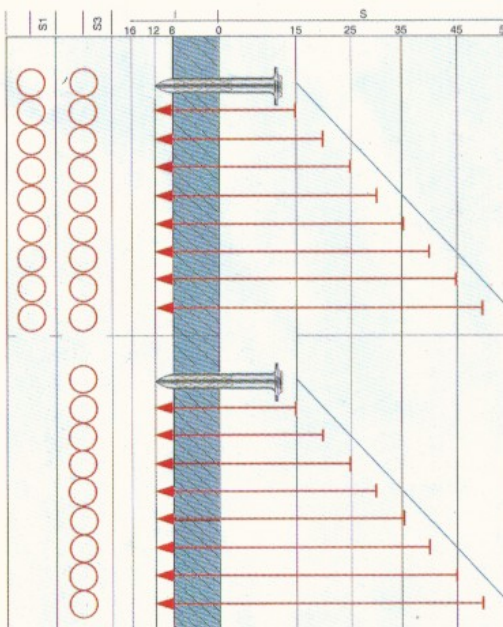


用HYD、HDD型射钉将松软材料固定在钢上

表8-2-7



$t_{\min}=4\text{mm}$



钉杆直径: $\phi 3.7$

HYD22S8

HYD27S8

HYD32S8

HYD37S8

HYD42S8

HYD47S8

HYD52S8

HYD57S8

HYD62S8

钉杆直径: $\phi 4.5$

HDD22S10

HDD27S10

HDD32S10

HDD37S10

HDD42S10

HDD47S10

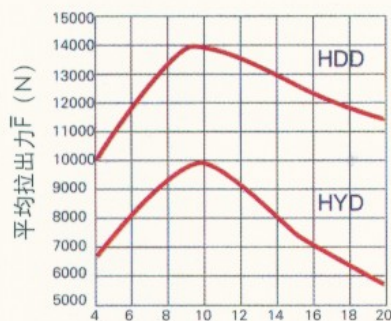
HDD52S10

HDD57S10

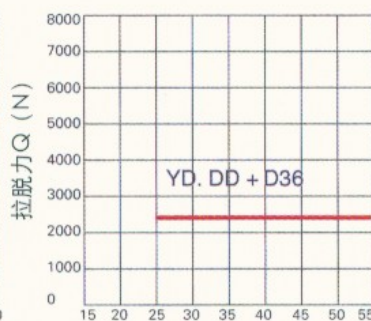
HDD62S10

表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷，而不适用于大的振动和冲击载荷。此外：

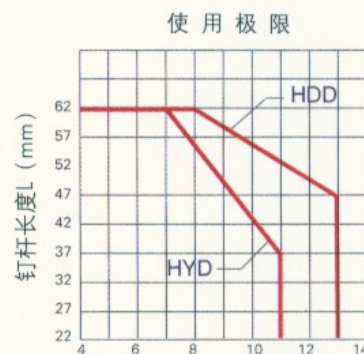
1. 基体钢材强度不同 ($\sigma_b \neq 450\text{N/mm}^2$)，可能产生不同的数值；
2. 被固松软材料不同，数值也可能不一样；
3. 松软材料可以是隔音板、保温板、装饰物等；
4. 要用附加金属垫圈D23或D36；
5. 超过使用极限，将达不到预期的效果。



基体厚度 t (mm)



被固软材厚度 S (mm)



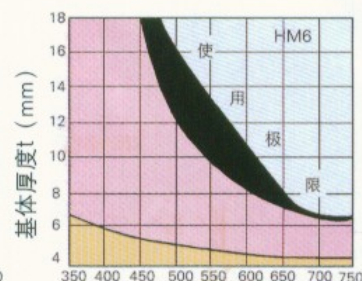
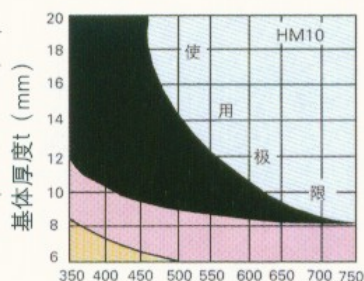
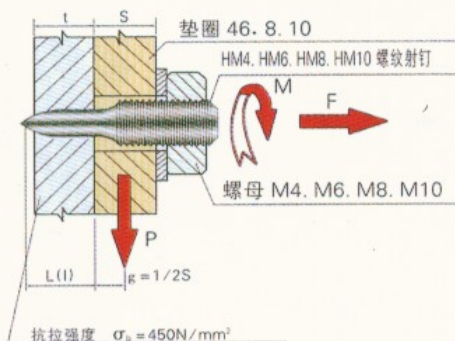
基体厚度 t (mm)

八、射钉紧固技术相关技术参数

36-37

把M4、HM6、HM8、HM10型螺纹射钉固定在钢上

表8-2-8

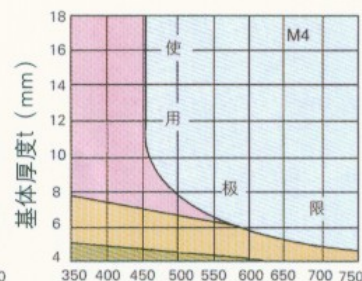
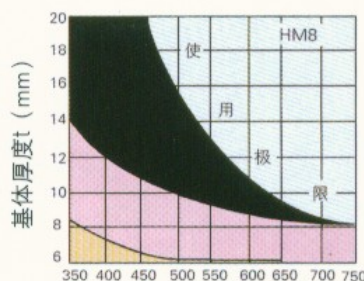


基体钢的抗拉强度 σ_b (N/mm²)

基体钢的抗拉强度 σ_b (N/mm²)

t_{min} { 4mm (M4 · HM6)
6mm (HM8 · H10)

注:



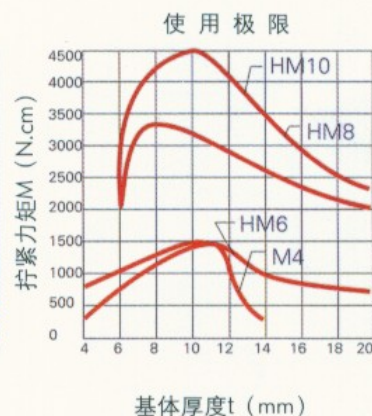
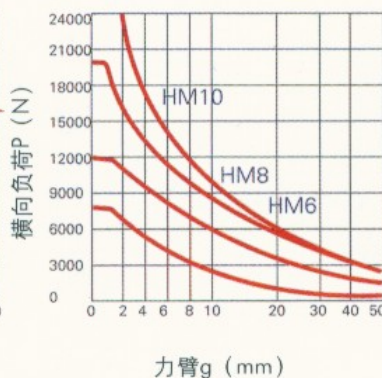
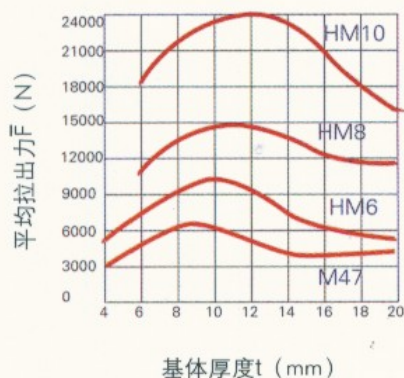
基体钢的抗拉强度 σ_b (N/mm²)

基体钢的抗拉强度 σ_b (N/mm²)

表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷，而不适用于大的振动和冲击载荷。射入深度(*l*)过大将降低承载能力。此外:

1. 基体钢材强度不同 ($\sigma_b \neq 450 \text{ N/mm}^2$)，可能产生不同的数值;
2. 施加在螺纹射钉上的力矩不能大于拧紧力矩M;
3. 超过使用极限，将达不到预期效果。

图中符号代表的颜色系建议选用的射钉弹色标。



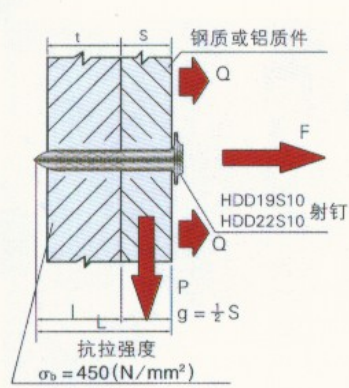


八、射钉紧固技术相关技术参数

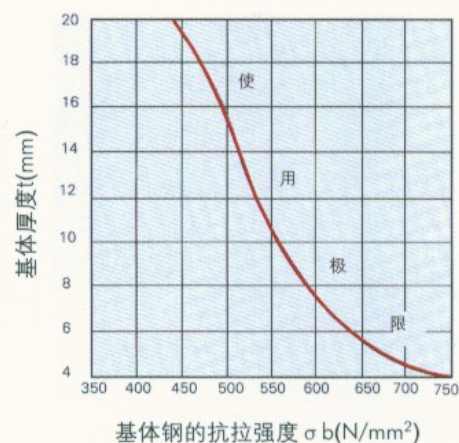
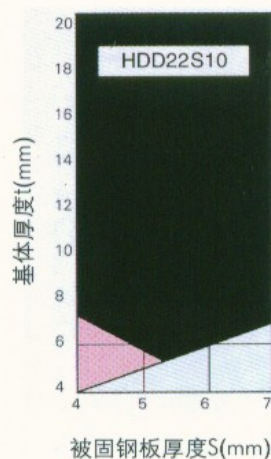


用HDD19S10、HDD22S10射钉将钢质或铝质固定在钢上

表8-2-9



$t_{\min}=4\text{mm}$
 $S_{\max}=7\text{mm}$



注:



黑弹

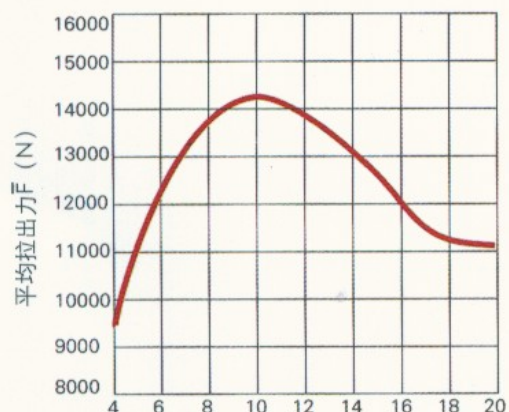


红弹

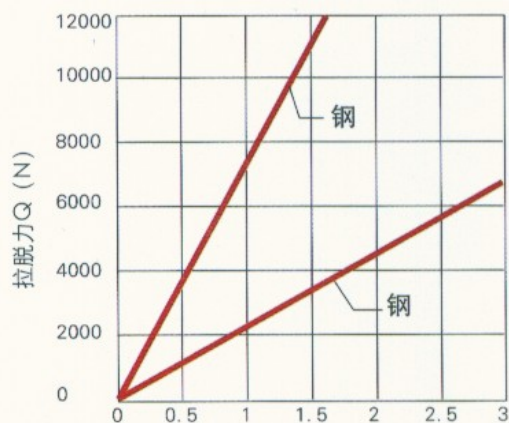
表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷，而不适用于大的振动和冲击载荷。此外：

1. 基体钢材强度不同 ($\sigma_b \neq 450\text{N/mm}^2$)，可能产生不同的数值；
2. 被固薄板材质不同，数值也可能不一样；
3. 超过使用极限，将达不到预期效果。

图中符号代表的颜色系建议选用的射钉弹色标。



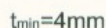
基体厚度t (mm)



被固件厚度S (mm)

38-39

表8-2-10



1. 基体钢材强度不同 ($\sigma_b \neq 450\text{N/mm}^2$), 可能产生不同的数值;
2. 被固薄板材质不同, 数值也可能不一样;
3. 超过使用极限, 将达不到预期效果。

The three graphs illustrate the performance of HDD and HYD systems under different conditions:

- Graph 1 (Left):** Average pulling force \bar{F} (N) vs. base thickness t (mm). The HDD curve peaks at approximately 14,000 N for $t = 10$ mm, while the HYD curve peaks at approximately 9,800 N for the same thickness.
- Graph 2 (Middle):** Horizontal load P (N) vs. lever arm (mm). Both HDD and HYD curves show a decreasing trend as the lever arm increases. HDD starts at ~21,000 N and HYD at ~13,000 N for a 4 mm lever arm.
- Graph 3 (Right):** Tensile force Q (N) vs. thickness of the fixed aluminum plate or steel plate t (mm). The HDD and HYD curves for steel (钢) are nearly identical and rise steeply. The HDD curve for aluminum (铝) is lower than the HYD curve for aluminum.

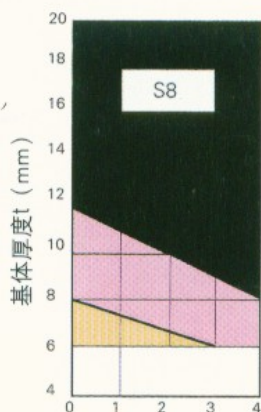
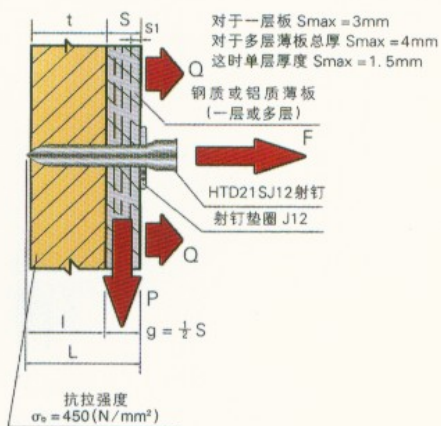


八、射钉紧固技术相关技术参数

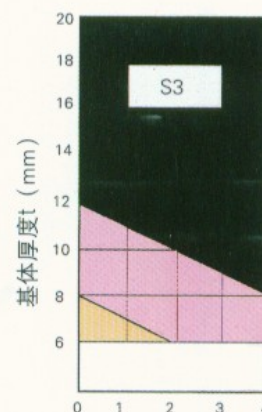


用HTD21SJ12射钉将一层或多层钢板或铝板固定在钢上

表8-2-11

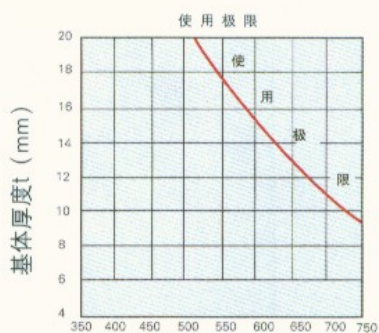


被固铝板厚度S(mm)



被固钢板厚度S(mm)

Tmin=6mm



基体钢的抗拉强度 $\sigma_b(N/mm^2)$

注:



黑弹



红弹

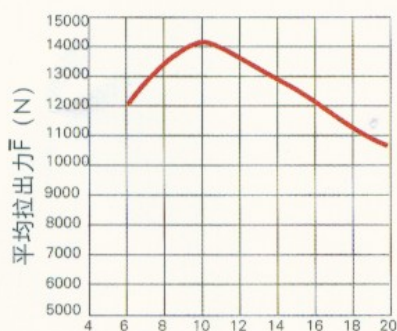


黄弹

表中的数值是从大量试验中确定的指导值。所有值只适用于正常的静态负荷，而不适用于大的振动和冲击载荷。此外：

1. 基体钢材强度不同 ($\sigma_b \neq 450N/mm^2$)，可能产生不同的数值；
2. 被固薄板材质不同，数值也可能不一样；
3. 超过使用极限，将达不到预期效果。

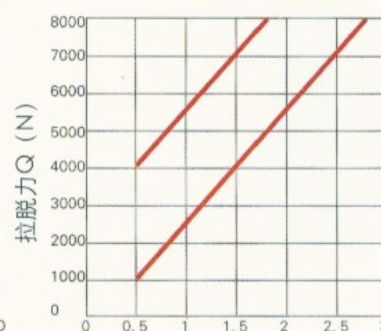
图中符号代表的颜色系建议选用的射钉弹色标。



基体厚度t (mm)



力臂(mm)



被固体厚度t (mm)

3、关于拉出力F的讨论

拉出力F与横向负荷P、拉脱力Q、拧紧力矩M不同，有其特殊的性质。如果用同一射击条件(同一枪、同一种弹)对同一基体射击n颗同一型号的射钉，然后一一测定它们的拉出力 F_i ，就会发现 F_i 大小不等，就是说F是一个随机变量，其频数直框见图8-3-1。

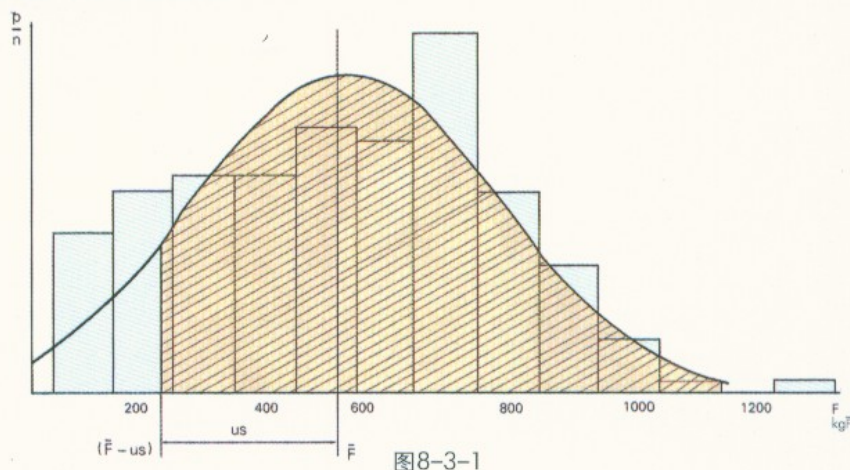


图8-3-1

根据实践和理论分析，并经概率格纸检验，可以认为：当n足够大时，拉出力F是以其平均值 \bar{F} 和标准差S为参数的正态分布，其概率密度如图8-3-1中的曲线。取数 $u \geq 0$ ，得计算力 $(\bar{F} - uS)$ 。则某一射钉的拉出力F大于计算力 $(\bar{F} - uS)$ 的概率 $P[F > (\bar{F} - uS)]$ 相当于图8-3-1中的阴影部分的面积。 u 和 $P[F > (\bar{F} - uS)]$ 的相应关系可查正态分布表，现摘录一部分于表8-3-1供使用参考。

表8-3-1

u	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$P[F > (\bar{F} - uS)]$	0.5 00	0.692	0.841	0.933	0.977	0.994	0.999

为了便于计算，引入离差系数 C_v $C_v = S/\bar{F}$ 即 $S = C_v \bar{F}$ 在大量试验的基础上得到，对于混凝土基体 $C_v = 0.45$ 钢质基体 $C_v = 0.15$

根据射钉固定的重要程度可取 $u = 0 \sim 3$ (钢质基体) $0 \sim 2.2$ (混凝土基体)，范围内的任何数， u 值越大，概率P就越大，也越安全，但射钉可供使用的计算拉出力F(不是真实值)越小。一般取 $u = 1.5 \sim 2$ 已经足够，因为它保证有0.933~0.977的概率大于计算力 $(\bar{F} - uS)$ 。

现举例说明拉出力F的计算方法。

如图8-3-2用2颗HDD22S10射钉两点固定一截管道。

已知：钢质基体的抗拉强度 $= 400 \text{ N/mm}^2$ ，厚度 $t = 8 \text{ mm}$ 、离差系数 $C_v = 0.15$ ，结构的安全系数 $K = 1/3$

求：射钉固定的安全总负荷N

解①查表8-2-9的平均拉出力F图表，在对应于钢质基体厚度 $= 8 \text{ mm}$ 处，得每一颗射钉的平均拉出力： $\bar{F} = 13500 \text{ N}$

②算出标准差

$$S = C_v \bar{F} = 0.15 \times 13500 = 2025 \text{ N}$$

③减去2S后得每颗射钉的负荷： $N_1 = 13500 - 2 \times 2025 = 9450 \text{ N}$ 。

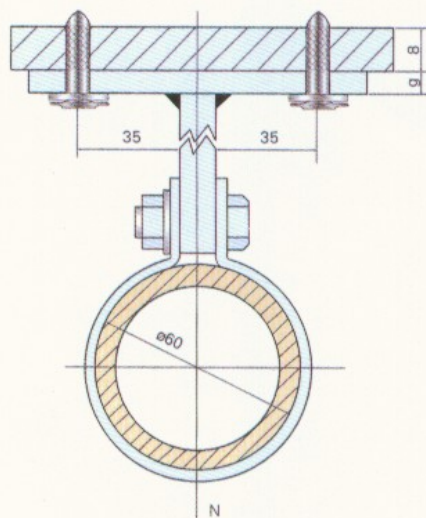


图8-3-2



八、射钉紧固技术相关技术参数



④乘以安全系数后两颗射钉的安全总负荷： $N=2 \times K \times N_1=2 \times 1/3 \times 9450=6300N$ 。射钉的拉出力 F 可用一种叫“拔力计”的仪器测量。

4、射钉拉出力和横向负荷实测数据表

有人曾实测过射钉射入基体后的拉出力和横向负荷，现列出供参考。表8-4-1是混凝土基体的数据；表8-4-2是钢质基体的数据。

承载力(N) 射入深度(mm) 基体抗压强度PSI		平均拉出力 \bar{F}			平均横向负荷 \bar{P}			射钉类型
钉杆直径(mm)		2000	3000	4000	2000	3000	4000	
3.7	28	3194	6024	6384	5708	8747	9503	YD、PD、PJ、QD、M6
4.5	36	5281	10887	13988	8876	14478	17214	DD M8 KD35
5.2	32	7884	10086	12284	13815	15857	17895	M10 KD45

表8-4-1

承载力(N) 基体钢板厚度		平均拉出力 \bar{F}			平均横向负荷 \bar{P}			射钉类型
钉杆直径(mm)		6	8	12	6	8	12	
3.7		10331	9441	9672	12542	11715	12204	HYD、HM6
4.5		14811	17556	18006	17552	18055	16600	HDD、HM8
5.2		21676	23340	29338	31910	32639	32612	HM10

表8-4-2

注：基体钢板为普通建筑用钢材。

必须注意，上述各种数据只适用于正常的静态负荷，而不适用于冲击载荷。

5、射钉对基体强度的影响

试验表明：射钉固定比相同的螺钉一螺母固定对钢铁基体(构件)的抗拉和抗弯承载能力削弱要小。

6、在混凝土基体上固定射钉

(1)如图8-6-1。最佳射入深度 $l=22\sim 32mm$ (不包括混凝土表面的涂敷层)，一般取 $27\sim 32mm$ ，只有在混凝土强度特高或基体厚度较小时才取下限。深度小于 $22mm$ ，射钉承载力下降；深度大于 $32mm$ ，射钉对基体破坏的可能性增大，效果反而不好。

(2)尺寸关系(图8-6-2)

l 为射钉射入混凝土基体的深度。

a. 射钉距混凝土构件边缘的距离； $a \geq 50 \sim 100mm$ 不得小于射钉器圆保护罩之半径。

b. 钉与钉之间的距离： $b > 21l$

c. 基体的厚度： $t \geq 21l$ 。例外的是，射钉可以射穿薄壁的构件，如空心楼板或空心壁板的板部，但这时射钉

承载能力较低，而且最好只选用尽可能短的YD、M4、M6型射钉。

(3) 混凝土强度

抗压强度为1000~6000N/cm²的混凝土都能进行射钉固定。当强度低于1000N/cm²时，射钉承载下降，而且固定不可靠；当强度高于6000N/cm²时，射钉射不进或射入深度不足，甚至会发生弯曲或断裂。

(4) 酸碱性(PH值)对射钉的影响，普通的混凝土其PH值在7~9之间，对射钉无甚腐蚀作用，这时可作永久固定；而射钉在PH值小于7或大于10的酸性或强碱性基体内的腐蚀加剧。

(5) 钉射钉时，最好不要损伤钢筋，尤其不能损伤预应力钢筋。

(6) 在特大或特密的石块作填料的混凝土上钉射钉，效果可能不理想。

(7) 要装上“压铁保护罩”(图8-6-3)

射钉射入混凝土基体时，造成基体内锥形的局部范围内的极大压缩应力，一旦混凝土(特别是硬质填料多而大，强度高的混凝土)吸收不完，势必向表面传播，如图8-6-3，使基体表面崩落，结构破坏，影响固定效果。如在射钉器装上“压铁保护罩”，罩内有一块重约800克的压铁。射击时，弹簧将压铁紧压在基体表面上。混凝土若有崩落趋势，则必须先克服压铁施加给它的大约2吨的惯性力，如图8-6-4。这样就有效地控制了基体的破坏和表面的崩落，保证了射钉固定的可靠性，而且使射钉拉出力增加25%。

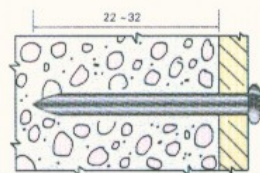


图8-6-1

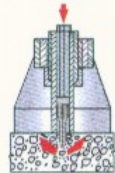


图8-6-3

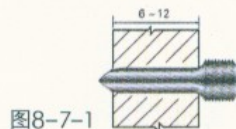


图8-7-1

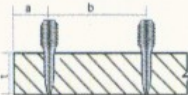


图8-7-2

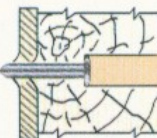


图8-7-3

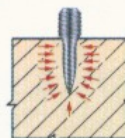


图8-7-4

7、在钢质量基体上固定射钉

(1) 射击完后如图8-7-1的状态，即基体钢的厚度 $t=6\sim 12\text{mm}$ ，射钉尖端穿出基体背面，这时为最佳状态，拉出力最大。

(2) 尺寸关系如图8-7-2，射钉钉杆直径为 d 。

a. 射钉距基体边缘的距离： $a \geq 2.5d$ 。

b. 钉与钉之间的距离 $b > 6d$ 。

(3) 基体的厚度

钢质基体最小厚度 t_{\min} ： $t_{\min}=4\text{mm}$ (除HM8、HM10外) 4mm(HM8、HM10射钉)

基体太薄将产生如图8-7-3的情形，这时固定不牢；基体太厚，射钉射不穿，固定不牢，其拉出力显著减小，原因见图8-7-4，而且可能使射钉超出使用极限而破碎。

(4) 基体钢的强度： $\sigma_b=100\sim 750\text{N/mm}^2$ 。如强度低于100N/mm²，射钉承载能力太小，强度高于750N/mm²，射钉可能产生弯曲甚至断裂。

(5) 不能在硬钢(如淬火钢)上固定射钉。

8、在砖砌体、岩石、塑料等基体上固定射钉

(1) 在砖砌体上固定射钉。在抗压强度为1000~3500N/cm²范围内的空心砖、空心混凝土砖、灰砂砖、实心砖和硬质砖的砖砌体上均能进行射钉固定。

(2) 在岩石、耐火材料、塑料以及其它一些基体上固定射钉应首先试验，确认固定可靠，射钉承载达到了使用要求，才能进行作业。

(3) 在上述材料上固定射钉，按材料强度和性质不同，射钉射入基体的最佳深度也不一样，对于砖砌体一般为30~50mm，其它材料的基体可以通过试验确定，亦可参照砖砌体的最佳深度选取。

(4) 射钉钉杆长度的选取应遵循下述原则：射钉钉杆长度：被固件厚度+最佳射入深度若基体表面有很厚的涂敷层，还要加上涂敷层之厚度。

(5) 射钉弹威力的选取应以射钉穿过被固件，达到最佳射入深度为目的。