

螺栓机械性能解读

文/冯琴

G B/T 3098.1-2010《紧固件机械性能—螺栓、螺钉和螺柱》新修订的标准已在2011年10月1日起实施，根据有关资料整理，笔者对螺栓、螺钉和螺柱（以下简称螺栓）机械性能给予解读，供同业参考。

性能等级

由碳钢或合金钢制造的螺栓，其机械性能分为10个等级。分别标记为4.6、4.8、5.6、5.8、6.8、8.8、9.8、10.9、12.9和12.9级。螺栓性能等级的代号，由点隔开的两部分数位组成。标记中点前的一位元或二位元数位表示公称抗拉强度（ $R_{m,公称}$ ）的1/100，以MPa计。例如4.8级中的4表示该等级的公称抗拉强度为400MPa；10.9级中的10表示10.9级螺栓的公称抗拉强度为1000MPa等。

标记中点后的一位元数位表示公称屈服强度（ $ReL_{,公称}$ ）或规定非比例延伸0.2%的公称应力（ $R_{p0.2,公称}$ ）或规定非比例延伸0.0048d的公称应力（ $R_{Pf,公称}$ ）与公称抗拉强度（ $R_{m,公称}$ ）比值的10倍，见表1。屈强比为屈服强度（下屈服强度）与抗拉强度的比值，为标记代号中第二部分带小数点的数位，即0.6、0.8、0.9。它们的数位高低，反映了制造螺栓的材料被强化程度的高低。标记中10个等级，不是任意选择搭配，而是根据原材料和制造工艺确定下来的。

表1 屈强比

点右边的数位	.6	.8	.9
$\frac{ReL_{,公称}}{R_{m,公称}}$ 或 $\frac{R_{p0.2,公称}}{R_{m,公称}}$ 或 $\frac{R_{Pf,公称}}{R_{m,公称}}$	0.6	0.8	0.9

材料

GB/T 3098.1-2010《紧固件机械性能-螺栓、螺钉和螺柱》规定了螺栓各等级的材料和淬火后最低回火温度，见表2。

紧固件强化

对于钢铁紧固件材料而言，它的强化一般为冷作（硬化）强化和热处理强化。无论采用那种强化工艺，冷作硬化或热处理（指淬火+高温回火），虽然屈服强度（下屈服强度）与抗拉强度经过强化后同时提高，但这两个指标被强化的程度是不一样的，屈服点的上升幅度总是高于抗拉强度，因此，随着强化程度的增加，屈强比也在升高。一般供应低强度钢的屈强比为0.5~0.55，形变强化后可达0.8；供应的优质碳素结构钢屈强比为0.6，形变强化和热处理强化后均可达0.8；供应状态的合金结构钢屈强比为0.7，经热处理强化后可达0.8~0.9。

冷作强化

屈强比为0.6的螺栓，表示未受强化（或受到强化后，又经过软化处理），它的机械性能应与材料退火或正火态初始性能一致。如4.6、5.6级螺栓其制造工艺为热镦。4.6级螺栓，公称抗拉强度为400MPa，最小断后伸长率为22%，相当于用Q235或20、SWRCH18A钢热镦后螺栓强度；5.6级螺栓，相当于35钢（或45钢）或Q275、Q345钢热压或切削加工生产的螺栓强度，抗拉强度 ≥ 500 MPa，最小断后伸长率 $A \geq 20\%$ 。

屈强比为0.8的螺栓，形变强化要注意原材料的抗拉强度与螺栓相应性能等级的最小抗拉强度，冷拔压缩比之间的关系（压缩比又称减面率，其含义为拉拔后横截面积的百分比率），以便根据不同的原材料选择不同的压缩比（均指一次拉拔）。4.8、5.8级螺栓，可用低碳钢

表2 材料与回火温度

性能等级	材料与热处理	化学成分极限 (熔炼分析%)					回火温度°C
		C		P	S	B	
		min	max	max	max	max	
4.6	碳钢或添加元素的碳钢	--	0.55	0.050	0.060	未规定	
4.8		--	0.55	0.050	0.060		
5.6		0.13	0.55	0.050	0.060		
5.8		--	0.55	0.050	0.060		
6.8		0.15	0.55	0.050	0.060		
	添加元素的碳钢 (如硼或锰或铬) 淬火并回火, 或	0.15	0.40	0.025	0.025		
	碳钢淬火并回火, 或	0.25	0.55	0.025	0.025		
	合金钢淬火并回火	0.20	0.55	0.025	0.025		
	添加元素的碳钢 (如硼或锰或铬) 淬火并回火, 或	0.15	0.40	0.025	0.025		
	碳钢淬火并回火, 或	0.25	0.55	0.025	0.025		
	合金钢淬火并回火	0.20	0.55	0.025	0.025		
	添加元素的碳钢 (如硼或锰或铬) 淬火并回火, 或	0.20	0.55	0.025	0.025		
	碳钢淬火并回火, 或	0.25	0.55	0.025	0.025		
	合金钢淬火并回火	0.20	0.55	0.025	0.025		
12.9	合金钢淬火并回火	0.30	0.50	0.025	0.025	0.003	425
12.9	添加元素的碳钢 (如硼或锰或铬或钼) 淬火并回火	0.28	0.50	0.025	0.025	0.003	380

冷拔、冷镦加工。一般低碳钢冷拔加工硬化抗拉强度增量的经验公式：

$$\Delta R_m = 22.9 + 521.4q$$

式中 ΔR_m ：冷拔後抗拉强度增量MPa；q：压缩比%

6.8级螺栓多采用SWRCH35K、ML35中碳钢冷镦制造；或用25钢加大冷变形量来保证6.8级机械性能。中碳钢冷拔加工硬化抗拉强度增量经验值为每增1%压缩比，抗拉强度的增量为6~7MPa。

热处理强化

热处理强化规律与冷作强化规律大致相同，热处理强化可以使屈服比升得更高（可达0.9），更为重要的是热处理强化可提高螺栓的综合机械性能，在保证螺栓强度的同时，也保证了一定的塑性和韧性。

标准中规定：对于8.8级以上螺栓必须进行热处理，并规定了最低回火温度，这是为了防止用较差的材料和较低的回火温度得到合格的强度。8.8、9.8级螺栓采用低合金钢或

中碳钢制造。常用SWRCH35K、35、45钢，或15MnVB、20MnTiB钢等；8.8级大截面的螺栓可采用中碳合金钢40Cr、40B钢。

屈服比为0.9的螺栓，其强度更高，为了保证其综合机械性能，必须采用合金结构钢制造。10.9级螺栓通常采用中碳合金钢制造，如35VB、40Cr、35CrMo。12.9级螺栓一般采用淬透性较好的铬钼钢35CrMoV、42CrMoA钢制造，以保证其综合机械性能。12.9级螺栓采用低碳马氏体钢10B28、SCR420B或ML20MnTiB淬火，应在性能等级下加一横线即12.9级，以示区别（因其在热处理较低的回火温度下，对其在提高温度的使用条件下，将造成不同程度的应力削弱）。

当考虑使用12.9和12.9级螺栓，应谨慎从事。紧固件制造、服役条件和扳拧方法都应仔细考虑，除表面处理外，使用环境也可能造成紧固件的应力腐蚀开裂。总之，螺栓在较高或较低温度下，机械性能可能会有所不同。检测螺栓机械性能是在环境温度在10~35°C时进行的，是在此条件下判定是否为符合标准的产品。不过，应当注意高温、低温能改变螺栓的机械性能和工作性能。

