

受 控

BS EN 10028-2:2017



BSI 标准出版物

压力用途钢生产的扁平产品

— 第 2 部分：具有规定高温特性的非合金及合金钢

bsi.

国家版前言

本英国标准为 EN10028-2:2007 的英国版。

取代并撤销 BS EN 10028-2:2009。

英国委托 ISE/107 “压力用途钢” 技术委员会参与标准的编制。

可向秘书处索取本委员会代表机构的清单。

本标准（出版物）并未包含所有必要的合同条款。用户负责正确使用本标准。

© 本英国标准 2017 年编制，由 BSI 英国标准协会于 2017 年出版。

ISBN 978 0 580 878541

ICS 77.140.50; 77.140.30

遵守英国标准并不意味着可以免除应承担的（法律上的）义务。

本标准，经标准政策、策略委员会的有关部门许可，于 2017 年 8 月 31 日出版。

出版后的修订/勘误

日期	修改文本
----	------

欧洲标准

EN 10028-2

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

July 2017

ICS 77.140.30; 77.140.50

取代 EN 10028-2:2009

英文版

压力用途扁平产品---第 2 部分：具有规定高温性能的非合金和合金钢

Produits plats en aciers pour appareils à pression - Partie 2 : Aciers non alliés et alliés avec caractéristiques spécifiées à température élevée
Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 2
Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

本欧洲标准于 2017 年 5 月 7 日经 CEN 批准。

CEN 成员应服从 CEN/CENELEC 的内部规定，此规定给出此欧洲标准在不做任何变更的情况下具有国家标准地位的条件。向 CEN-CENELEC 管理中心或任何 CEN 成员申请就可获得此类国家标准的最新列表和书目。

本欧洲标准有 3 个正式版本（英文版、法文版、德文版）。由 CEN 成员负责将其它语种的版本翻译为自己的语言并通知 CEN-CENELEC 管理中心，与官方版本有相同的效力。

CEN 的会员为奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、南斯拉夫马其顿共和国、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、马耳他、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其和英国的国家标准体系成员。



欧洲标准化委员会

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC 管理中心地址：Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2017 CEN 成员国在世界范围内保留任何形式和方式使用的权利。

标准号：EN 10028-2:2017 E

目录

页码

欧洲标准前言	5
1 范围	6
2 规范性引用文件	6
3 术语和定义	6
4 尺寸公差	6
5 质量计算	6
6 分类和命名	6
6.1 分类	6
6.2 命名	6
7 买方应提供的资料	7
7.1 强制性资料	7
7.2 可选项	7
7.3 订购举例	7
8 要求	8
8.1 炼钢工艺	8
8.2 交货条件	8
8.3 化学成分	8
8.4 力学性能	12
8.5 表面条件	12
8.6 内部质量	12
8.7 抗氢致开裂	12
8.8 铬钼钢 (CrMo) 的脆裂	12
9 检验	12
9.1 检验形式和检验文件	12
9.2 要进行的试验	12
9.3 复试、分拣和重新处理	12
10 取样	12
11 试验方法	12
12 标志	13
附件 A (资料性附件) 热处理指南	19
附件 B (资料性附件) 临界时间温度参数 $P_{\text{临界}}$ 和应力释放温度与保温时间的可能组合	20
附件 C (资料性附件) 1% (塑性) 蠕变应变和蠕变断裂的强度值参考数据	22
附录 D (规范性附件) 抗氢致开裂性评定	28
附录 E (规范性附件) 分步冷却试验	29
附录 F (资料性附件) 对 EN 10028-2:2009 以往版本的更改	30
附件 ZA (资料性附件) 本欧洲标准与欧盟指令 2014/68/EU 基本要求间的关系	31
参考文献	32

欧洲标准前言

本标准（EN 10028-2:2017）由 ECISS/TC 107 “压力用途钢”技术委员会编制，秘书处由 DIN 主持。

最迟于 2018 年 1 月通过出版相同文本或通过背书赋予本欧洲标准国家标准的地位，冲突的国家标准最迟于 2018 年 1 月撤销。

应当注意本文件的一些部分可能涉及专利权。CEN[和/或 CENELEC]不对任何此类或所有专利权承担责任。

本标准取代 EN 10028-2:2009。

本标准依据欧洲委员会和欧洲自由贸易协会给 CEN 的指令编制，符合欧盟指令 2014/68/EU 的基本要求。

与欧盟指令 2014/68/EU 的关系见附件 ZA，附件 ZA 是本标准不可分割的一部分。

本标准相对于以往版本的更改见附件 F 所列。

依据 CEN/CENELEC 的内部规定，要求下列国家的国家标准组织实施本欧洲标准：奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、马耳他、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、塞尔维亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其和英国。

1 范围

本欧洲标准规定了生产压力设备所用具有表 1 所述耐高温特性的非合金和合金可焊钢扁平材产品的要求。

EN 10028-1:2007 的要求和定义也同样适用。

注意：一旦本欧洲标准按照 2014/68/EU 指令在欧盟出版物（OJEU）上发表，仅假设本欧洲标准（本系列的第 1 部分和第 2 部分）中材料的技术数据符合 2014/68/EU 指令基本安全要求，并未假设材料适合某种具体的设备。所以，需对照某件具体设备的设计要求对本材料标准中所述的技术数据进行评估，证明符合 2014/68/EU 指令的基本安全要求。

2 规范性引用文件

本标准完整或部分引用下列标准，下列本标准构成本标准应用不可缺少的一部分。注明日期的引用标准，只有引用版本适用。未注明日期的引用标准，适用最新版（包括所有修订）。

EN 1011-1:2009，焊接 – 金属材料焊接建议 – 第 1 部分：电弧焊通用指南

EN 1011-2:2001，焊接 – 金属材料焊接建议 – 第 2 部分：铁素体钢弧焊

EN 10028-1:2017，压力用途扁平钢产品 – 第 1 部分：一般要求

EN 10204:2004，金属产品---检验文件类型

EN 10229:1998，钢产品抗氢致开裂（HIC）的评定

3 术语和定义

本标准采用 EN 10028-1: 2017 的术语和定义。

4 尺寸公差

见 EN 10028-1:2017。

5 质量计算

见 EN 10028-1:2017。

6 分类和命名

6.1 分类

按照 EN10020 标准，P235GH、P265GH、P295GH 和 P355GH 钢种为非合金优质钢。所有其他的钢种为合金特种钢。

6.2 命名

见 EN 10028-1:2017。

7 买方应提供的资料

7.1 强制性资料

见 EN 10028-1:2017。

7.2 可选项

本欧洲标准中规定了许多可选择提供的信息，如下所列。此外，EN 10028-1:2017 中的相关可选信息也适用。如果买方在询价和订购时未表明想要执行任何这些可选信息的意愿，应按照基本技术规范提供产品（见 EN 10028-1:2017）。

- 1) 铜和/或锡含量有限（见表 1，脚注 b）；
- 2) 最低铬含量 0.80%（见表 1，脚注 f）；
- 3) 标称厚度大于 150 mm 的产品的最高含碳量 0.17%（见表 1，脚注 g）；
- 4) 在模拟正火后条件下进行的试验（见 8.2.2）；
- 5) 与表 3 规定不同的交付条件（见 8.2.2 和 8.2.3）；
- 6) P235GH、P265GH、P295GH 和 P355GH 的最大碳当量值（见 8.3.3）；
- 7) 最低冲击能 40J 的要求（见表 3）；
- 8) 无选项，有意留白；
- 9) 交货条件+QT 的规定，通常的交货条件为+NT（见表 3，脚注 b 和表 4，脚注 b）；
- 10) 其他冲击能数值（见表 3，脚注 e）；
- 11) 无选项，有意留白；
- 12) 依据 EN10229 实施 HIC 试验（见 8.7）；
- 13) 依据附件 E 进行分步冷却（见 8.8）；
- 14) 用于冲击试验的中等厚度的试件（见第 10 条）。

7.3 订购举例

10 块标称尺寸钢板，厚度= 50 mm，宽度 = 2 000 mm，长度 = 10 000 mm，由 EN10028-2 规定名称为 16Mo3、规定编号为 1.5415 的钢种制成，检验证明 3.1 符合 EN10204 的规定：

10 块钢板 - 50 x 2 000 x 10 000 - EN 10028-2 - 16Mo3 – 检验证明 3.1

或

10 块钢板 - 50 x 2 000 x 10 000 - EN 10028-2 - 1.5415 – 检验证明 3.1

8 要求

8.1 炼钢工艺

见 EN 10028-1:2017。

8.2 交货条件

8.2.1 除非在询价和订购时另外达成一致，否则本标准所述产品应按表 3 通用条件供货（见 8.2.3）。

8.2.2 制造商可酌情将 P235GH、P265GH、P295GH、P355GH 和 16Mo3 钢种的正火处理改为正火轧制。在这种情况下，可在询价和订购时商定在模拟正火条件下进行额外的试验，试验频率由双方协商决定，以验证符合所规定的特性要求。

8.2.3 如在询价和订购时做了上述协定，由 P235GH、P265GH、P295GH、P355GH 和 16Mo3 钢种制成的产品也可以在未经处理的条件下交付。其他任何一种合金钢种制成的产品可以在回火或正火条件下交付或者，在特殊情况下，如经协商，可在未经处理的条件下交付（附件 A 包含买方的热处理信息）。

在这些情况下，应如表 3 所示的正常交货条件对试件进行测试。

8.2.4 焊接信息见本标准附件 B。

8.3 化学成分

8.3.1 表 1 的要求适用于基于熔炼分析的化学成分。

8.3.2 成品分析与表 1 规定的熔炼分析所得数值之间的偏差不应大于表 2 中给出的值。

8.3.3 P235GH、P265GH、P295GH 和 P355GH 钢种的碳当量最大值可在询价和订购时协商一致。在这种情况下，以下公式应用于碳当量数值（CEV）的计算。

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

表 1---化学成分（熔炼分析）^a

钢种名称		质量%														
钢种名	钢号	C	Si	Mn	P 最大	S 最大	总 Al	N	Cr	Cu ^b	Mo	Nb	Ni	Ti 最大	V	其它
P235GH	1.0345	≤0,16	≤0,35	0,60 ^c 至 1,20	0,025	0,010	≥0,020	≤0,012 ^d	≤0,30	≤0,30	≤0,08	≤0,030	≤0,30	0,03	≤0,02	Cr+Cu+Mo+Ni ≤ 0,70
P265GH	1.0425	≤0,20	≤0,40	0,80 ^c 至 1,40	0,025	0,010	≥0,020	≤0,012 ^d	≤0,30	≤0,30	≤0,08	≤0,030	≤0,30	0,03	≤0,02	
P295GH	1.0481	0,08 至 0,20	≤0,40	0,90 ^c 至 1,50	0,025	0,010	≥0,020	≤0,012 ^d	≤0,30	≤0,30	≤0,08	≤0,030	≤0,30	0,03	≤0,02	
P355GH	1.0473	0,10 至 0,22	≤0,60	1,10 至 1,70	0,025	0,010	≥0,020	≤0,012 ^d	≤0,30	≤0,30	≤0,08	≤0,040	≤0,30	0,03	≤0,02	
16Mo3	1.5415	0,12 至 0,20	≤0,35	0,40 至 0,90	0,025	0,010	e	≤0,012	≤0,30	≤0,30	0,25 至 0,35	-	≤0,30	-	-	-
18MnMo4-5	1.5414	≤0,20	≤0,40	0,90 至 1,50	0,015	0,005	e	<0,012	≤0,30	≤0,30	0,45 至 0,60	-	≤0,30	-	-	-
20MnMoNi4-5	1.6311	0,15 至 0,23	≤0,40	1,00 至 1,50	0,020	0,010	e	≤0,012	≤0,20	≤0,20	0,45 至 0,60	-	0,40 至 0,80	-	≤0,02	-
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	≤0,17	0,25 至 0,50	0,80 至 1,20	0,025	0,010	≥0,015	≤0,020	≤0,30	0,50 至 0,80	0,25 至 0,50	0,015 至 0,045	1,00 至 1,30	-	-	-
13CrMo4-5	1.7335	0,08 至 0,18	≤0,35	0,40 至 1,00	0,025	0,010	e	≤0,012	0,70 ^f 至 1,15	≤0,30	0,40 至 0,60	-	-	-	-	-
13CrMoSi5-5	1.7336	≤0,17	0,50 至 0,80	0,40 至 0,65	0,015	0,005	e	≤0,012	1,00 至 1,50	≤0,30	0,45 至 0,65	-	≤0,30	-	-	-
10CrMo9-10	1.7380	0,08 至 0,14 s	≤0,50	0,40 至 0,80	0,020	0,010	e	≤0,012	2,00 至 2,50	≤0,30	0,90 至 1,10	-	-	-	-	-
12CrMo9-10	1.7375	0,10 至 0,15	≤0,30	0,30 至 0,80	0,015	0,010	e	≤0,012	2,00 至 2,50	≤0,25	0,90 至 1,10	-	≤0,30	-	-	-
X12CrMo5	1.7362	0,10 至 0,15	≤0,50	0,30 至 0,60	0,020	0,005	e	≤0,012	4,00 至 6,00	≤0,30	0,45 至 0,65	-	≤0,30	-	-	-

钢种名称		质量%														
钢种名	钢号	C	Si	Mn	P 最大	S 最大	总 Al	N	Cr	Cu _b	Mo	Nb	Ni	Ti 最大	V	其它
13CrMoV9-10	1.7703	0,11 至 0,15	≤0,10	0,30 至 0,60	0,015	0,005	e	≤0,012	2,00 至 2,50	≤0,20	0,90 至 1,10	≤0,07	≤0,25	0,03	0,25 至 0,35	B≤0,002, Ca≤0,015
12CrMoV12-10	1.7767	0,10 至 0,15	≤0,15	0,30 至 0,60	0,015	0,005	e	≤0,012	2,75 至 3,25	≤0,25	0,90 至 1,10	≤0,07 ^h	≤0,25	0,03 ^h	0,20 至 0,30	B≤0,003 ^h , Ca≤0,015 ^h
X10CrMoVNb9-1	1.4903	0,08 至 0,12	≤0,50	0,30 至 0,60	0,020	0,005	≤0,040	0,030 至 0,070	8,00 至 9,50	≤0,30	0,85 至 1,05	0,06 to 0,10	≤0,30	-	0,18 至 0,25	-

a. 未经买方同意，不得故意添加本表中未列的元素，铸造所必须的除外。应当采取所有适当方式，防止因废钢或其他材料导致向钢中加入这些元素，这些元素可能会损坏钢的力学性能和使用性能。

b. 可在询价和订购时商定较低的最大含铜量和/或最大铜锡总和，例如 $Cu + 6 Sn \leq 0,33\%$ ，如，对于热成形性，只规定钢种的最大含铜量。

c. 对于标称厚度小于 6mm 的产品，最低含锰量容许低于规定值 0.20%。

d. $\frac{Al}{N} \geq 2$ 。

e. 应测定并在检验文件中注明炉次的 Al 含量。

f. 如果耐高压氢的性能很重要，可在询价和订购时商定最小含 Cr 量为 0.80%。

g. 对于标称厚度大于 1.50mm 产品，在询价和订购时商定最大含碳量为 0.17%。

h. 在生产此钢种的过程中可以加入 Ti + B 或 Nb + Ca。适用以下最低含量：在加入锡+硼的情况下， $Ti \geq 0,015\%$ ， $B \geq 0,001\%$ ；在加入 Nb + Ca 的情况下， $Nb \geq 0,015\%$ ， $Ca \geq 0,0005\%$ 。

表 2 – 与表 1 熔炼分析极限值相对应的成品分析容许公差

元素	依据表 1 进行熔炼分析的规定值, 质量%	成品分析的容许偏差 ^a , 质量%
C	≤0,23	±0,02
Si	≤0,35	±0,05
	> 0,35 至 ≤ 1,00	±0,06
Mn	≤1,00	±0,05
	> 1,00 至 ≤1,70	±0,10
P	≤0,015	+ 0,003
	> 0,015 至 ≤0,025	+ 0,005
S	≤0,010	+ 0,003
Al	≥0,010	±0,005
B	≤0,003	±0,000 5
N	≤0,020	±0,002
	> 0,020 至 ≤ 0,070	±0,005
Cr	≤2,00	±0,05
	> 2,00 至 ≤10,00	±0,10
Cu	≤0,30	±0,05
	> 0,30 至 ≤ 0,80	±0,10
Mo	≤0,35	±0,03
	> 0,35 至 ≤ 1,10	±0,04
Nb	≤0,10	±0,01
Ni	≤0,30	±0,05
	> 0,30 至 ≤ 1,30	±0,10
Cr+Cu+Mo+Ni	≤0,70	+ 0,05
Ti	≤0,03	±0,01
V	≤0,05	±0,01
	> 0,05 至 ≤ 0,35	±0,03

a. 如果对同一炉进行若干项成品分析, 如果确定一种单个元素的含量不在熔炼分析规定的化学成分容许范围, 那么只能超过容许的最大值或小于容许的最小值, 但对于同一炉, 不能同时超过两者。

8.4 力学性能

8.4.1 采用表 3 和表 4 所述数值（另见 EN 10028-1:2017 和第 10 条）。

8.4.2 附件 C 为买方提供了 1%（塑性）蠕变应变和蠕变断裂的平均值，作为初步数据。

8.5 表面条件

见 EN 10028-1:2017。

8.6 内部质量

见 EN 10028-1:2017。

8.7 抗氢致开裂

碳钢和低合金钢在接触含腐蚀性 H₂S 的环境（通常被称作酸性环境）时易发生断裂。

可在询价和订购时规定按照附件 D 进行试验，进行抗氢致开裂评定。

8.8 铬钼钢（CrMo）的脆裂

铬钼钢在 400 到 500° C 的温度下使用时容易变脆。可以通过所谓的分步冷却试验在实验室中模拟这种潜在的变脆倾向。在该试验中，将样本暴露于图 E.1 所示温度-时间周期。

可用逐步冷却试验所产生的过渡曲线变化衡量脆裂情况。

可在询价和订购时规定按照附件 E 进行分步冷却试验。

9 检验

9.1 检验形式和检验文件

见 EN 10028-1:2017。

9.2 要进行的试验

见 EN 10028-1:2017 以及 8.7 和 8.8。

9.3 复试、分拣和重新处理

见 EN 10028-1:2017。

10 取样

见 EN 10028-1:2017。

若冲击试验不符合 10028-1:2017 表 4，脚注 g，可在询价和订购时商定从中间厚度取样制备试样。在这种情况下，也应商定温度和最小冲击能量值。

11 试验方法

见 EN 10028-1:2017 以及附件 D 和附件 E。

12 标志

见 EN 10028-1:2017。

表 3 – 力学性能（适用于横向）

钢种		正常交货 条件 ab	公称厚度 t	室温下拉伸性能			以下温度°C 下的冲击能 KV ₂ J 最低		
钢名	钢号			mm	屈服强度 R _{eH} MPa 最低	抗拉强度 R _m MPa	断后伸长 A % 最低	-20 ^f	0 ^f
P235GH	1.0345	+N ^c	≤16	235	360 至 480	24	27	34	40
			16<t≤40	225					
			40 < t≤60	215					
			60<t≤100	200	350 至 480				
			100<t≤150	185					
			150<t≤250	170					
P265GH	1.0425	+N ^c	≤16	265	410 至 530	22	27	34	40
			16<t≤40	255					
			40 < t≤60	245					
			60<t≤100	215	400 至 530				
			100<t≤150	200					
			150<t≤250	185					
P295GH	1.0481	+N ^c	≤16	295	460 至 580	21	27	34	40
			16<t≤40	290					
			40 < t≤60	285					
			60<t≤100	260	440 至 570				
			100<t≤150	235					
			150<t<250	220					

钢种		正常交货 条件 ab	公称厚度 t	室温下拉伸性能			以下温度°C 下的冲击能 KV ₂ J 最低		
钢名	钢号			mm	屈服强度 R _{eH} MPa 最低	抗拉强度 R _m MPa	断后伸长 A % 最低	-20 ^f	0 ^f
P355GH	1.0473	+N ^c	≤16	355	510 至 650	20	27	34	40
			16 < t ≤ 40	345					
			40 < t ≤ 60	335					
			60 < t ≤ 100	315	490 至 630				
			100 < t ≤ 150	295	480 至 630				
			150 < t ≤ 250	280	470 至 630				
16Mo3	1.5415	+N ^{cd}	≤16	275	440 至 590	22	e	e	31 ^f
			16 < t ≤ 40	270					
			40 < t ≤ 60	260					
			60 < t ≤ 100	240	430 至 580				
			100 < t ≤ 150	220	420 至 570				
			150 < t ≤ 250	210	410 至 570				
18MnMo4-5	1.5414	+NT	≤60	345	510 至 650	20	27	34	40
			60 < t ≤ 150	325					
		+QT	150 < t ≤ 250	310	480 至 620				
20MnMoNi4-5	1.6311	+QT	≤40	470	590 至 750	18	27	40	50
			40 < t ≤ 60	460	590 至 730				
			60 < t ≤ 100	450	570 至 710				
			100 < t ≤ 150	440					
			150 < t ≤ 250	400	560 至 700				

钢种		正常交货条件 ab	公称厚度 t	室温下拉伸性能			以下温度°C 下的冲击能 KV ₂ J 最低		
钢名	钢号		mm	屈服强度 R _{eH} MPa 最低	抗拉强度 R _m MPa	断后伸长 A % 最低	-20°	0°	+20
15NiCuMoNb 5-6-4	1.6368	+NT	≤40	460	610 至 780	16	27	34	40
			40 < t ≤ 60	440					
			60 < t ≤ 100	430	600 至 760				
		+NT or +QT	100 < t ≤ 150	420	590 至 740				
		+QT	150 < t ≤ 200	410	580 至 740				
13CrMo4-5	1.7335	+NT	≤16	300	450 至 600	19	e	e	31 ^f
			16 < t ≤ 60	290					
			60 < t ≤ 100	270	440 至 590				
		+NT or +QT	100 < t ≤ 150	255	430 至 580				
		+QT	150 < t ≤ 250	245	420 至 570				
13CrMoSi5-5	1.7336	+NT	≤60	310	510 至 690	20	e	27	34 ^f
			60 < t ≤ 100	300	480 至 660				
		+QT	≤60	400	510 至 690		27	34	40
			60 < t ≤ 100	390	500 至 680				
			100 < t ≤ 250	380	490 至 670				
10CrMo9-10	1.7380	+NT	≤16	310	480 至 630	18	e	e	31 ^f
			16 < t ≤ 40	300					
			40 < t ≤ 60	290					
		+NT or +QT	60 < t ≤ 100	280	470 至 620	17	e	e	27 ^f
			100 < t ≤ 150	260	460 至 610				
		+QT	150 < t ≤ 250	250	450 至 600				

钢种		正常交货条件 ab	公称厚度 t	室温下拉伸性能			以下温度°C 下的冲击能 KV ₂ J 最低		
钢名	钢号		mm	屈服强度 R _{eH} MPa 最低	抗拉强度 R _m MPa	断后伸长 A % 最低	-20 ^f	0 ^f	+20
12CrMo9-10	1.7375	+ NT or +QT	≤250	355	540 至 690	18	27	40	70
X12CrMo5	1.7362	+NT	≤60	320	510 至 690	20	27	34	40
			60<t≤150	300	480 至 660				
		+QT	150<t≤250	300	450 至 630				
13CrMoV9-10	1.7703	+ NT	≤60	455	600 至 780	18	27	34	40
			60<t≤150	435	590 至 770				
		+ QT	150<t≤250	415	580 至 760				
12CrMoV12-10	1.7767	+NT	≤60	455	600 至 780	18	27	34	40
			60<t≤150	435	590 至 770				
		+QT	150<t≤250	415	580 至 760				
X10CrMoVNb9-1	1.4903	+NT	≤60	445	580 至 760	18	27	34	40
			60<t≤150	435	550 至 730				
		+QT	150<t≤250	435	520 至 700				

a +N=正火; +NT=正火回火; ++QT=淬火回火

b. 对于产品厚度, 通常交货条件为+NT, 可约定+QT 条件。

c 见 8.2.2。

d 该钢种也可以按照制造商的决定以+NT 条件供货。

e 应在询价和订购时确定一个值。

f 可在询价和订购时协定最小冲击能量为 40J。

表 4---高温下最低 0.2%弹限强度值

钢种		标称厚度 ^b t mm	以下温度°C 下最低 0.2%弹限强度 R _{p0.2} MPa									
钢名	钢号		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH	1.0345	≤16	227	214	198	182	167	153	142	133	-	-
		16<t≤40	218	205	190	174	160	147	136	128	-	-
		40<t≤60	208	196	181	167	153	140	130	122	-	-
		60<t≤100	193	182	169	155	142	130	121	114	-	-
		100<t≤150	179	168	156	143	131	121	112	105	-	-
		150<t≤250	164	155	143	132	121	111	103	97	-	-
P265GH	1.0425	≤16	256	241	223	205	188	173	160	150	-	-
		16<t≤40	247	232	215	197	181	166	154	145	-	-
		40<t≤60	237	223	206	190	174	160	148	139	-	-
		60<t≤100	208	196	181	167	153	140	130	122	-	-
		100<t≤150	193	182	169	155	142	130	121	114	-	-
		150<t≤250	179	168	156	143	131	121	112	105	-	-
P295GH	1.0481	≤16	285	268	249	228	209	192	178	167	-	-
		16<t≤40	280	264	244	225	206	189	175	165	-	-
		40<t≤60	276	259	240	221	202	186	172	162	-	-
		60<t≤100	251	237	219	201	184	170	157	148	-	-
		100<t≤150	227	214	198	182	167	153	142	133	-	-
		150<t≤250	213	200	185	170	156	144	133	125	-	-
P355GH	1.0473	≤16	343	323	299	275	252	232	214	202	-	-
		16<t≤40	334	314	291	267	245	225	208	196	-	-
		40<t≤60	324	305	282	259	238	219	202	190	-	-
		60<t≤100	305	287	265	244	224	206	190	179	-	-
		100<t≤150	285	268	249	228	209	192	178	167	-	-
		150<t≤250	271	255	236	217	199	183	169	159	-	-
16Mo3	1.5415	≤16	273	264	250	233	213	194	175	159	147	141
		16<t≤40	268	259	245	228	209	190	172	156	145	139
		40<t≤60	258	250	236	220	202	183	165	150	139	134
		60<t≤100	238	230	218	203	186	169	153	139	129	123
		100<t≤150	218	211	200	186	171	155	140	127	118	113
		150<t≤250	208	202	191	178	163	148	134	121	113	108
18MnMo4-5 ^c	1.5414	≤60	330	320	315	310	295	285	265	235	215	-
		60<t≤150	320	310	305	300	285	275	255	225	205	-
		150<t≤250	310	300	295	290	275	265	245	220	200	-
20MnMoNi4-5	1.6311	≤40	460	448	439	432	424	415	402	384	-	-
		40<t≤60	450	438	430	423	415	406	394	375	-	-
		60<t≤100	441	429	420	413	406	398	385	367	-	-
		100<t≤150	431	419	411	404	397	389	377	359	-	-
		150<t≤250	392	381	374	367	361	353	342	327	-	-

钢种		标称厚度 ^b t mm	以下温度°C 下最低 0.2% 弹限强度 R _{p0.2} MPa									
钢名	钢号		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	≤40	447	429	415	403	391	380	366	351	331	-
		40 < t ≤ 60	427	410	397	385	374	363	350	335	317	-
		60 < t ≤ 100	418	401	388	377	366	355	342	328	309	-
		100 < t ≤ 150	408	392	379	368	357	347	335	320	302	-
		150 < t ≤ 200	398	382	370	359	349	338	327	313	295	-
13CrMo4-5	1.7335	≤16	294	285	269	252	234	216	200	186	175	164
		16 < t ≤ 60	285	275	260	243	226	209	194	180	169	159
		60 < t ≤ 100	265	256	242	227	210	195	180	168	157	148
		100 < t ≤ 150	250	242	229	214	199	184	170	159	148	139
		150 < t ≤ 250	235	223	215	211	199	184	170	159	148	139
13CrMoSi5-5+NT	1.7336+NT	≤60	299	283	268	255	244	233	223	218	206	-
		60 < t ≤ 100	289	274	260	247	236	225	216	211	199	-
13CrMoSi5-5 +QT	1.7336+QT	≤60	384	364	352	344	339	335	330	322	309	-
		60 < t ≤ 100	375	355	343	335	330	327	322	314	301	-
		100 < t ≤ 250	365	346	334	326	322	318	314	306	293	-
10CrMo9-10	1.7380	≤16	288	266	254	248	243	236	225	212	197	185
		16 < t ≤ 40	279	257	246	240	235	228	218	205	191	179
		40 < t ≤ 60	270	249	238	232	227	221	211	198	185	173
		60 < t ≤ 100	260	240	230	224	220	213	204	191	178	167
		100 < t ≤ 150	250	237	228	222	219	213	204	191	178	167
		150 < t ≤ 250	240	227	219	213	210	208	204	191	178	167
12CrMo9-10	1.7375	≤250	341	323	311	303	298	295	292	287	279	-
X12CrMo5	1.7362	≤60	310	299	295	294	293	291	285	273	253	222
		60 < t ≤ 250	290	281	277	275	275	273	267	256	237	208
13CrMoV9-10 ^c	1.7703	≤60	410	395	380	375	370	365	362	360	350	-
		60 < t ≤ 250	405	390	370	365	360	355	352	350	340	-
12CrMoV12-10 ^c	1.7767	≤60	410	395	380	375	370	365	362	360	350	-
		60 < t ≤ 250	405	390	370	365	360	355	352	350	340	-
X10CrMoVNb9-1	1.4903	≤60	432	415	401	392	385	379	373	364	349	324
		60 < t ≤ 250	423	406	392	383	376	371	365	356	341	316

a 这些数值与按照 EN10314 测定的相关趋势曲线下限带一致，置信度限值大约为 98%[2s]。

b 按照表 3 中规定的交付条件（但详见表 3 脚注 b）。

c R_{p0.2} 未按照 EN 10314 测定。它们被认为是分散带宽度的最小值。

附件 A

(资料性附件)

热处理指南

表 A.1 – 热处理指南

钢种		温度 °C		
钢名	钢号	正火	淬火	回火 b
P235GH	1.0345	890 至 950 ^a	-	-
P265GH	1.0425	890 至 950 ^a	-	-
P295GH	1.0481	890 至 950 ^a	-	-
P355GH	1.0473	890 至 950 ^a	-	-
16Mo3	1.5415	890 至 950 ^a	-	c
18MnMo4-5	1.5414	890 至 950		600 至 640
20MnMoNi4-5	1.6311	-	870 至 940	610 至 690
15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	880 至 960		580 至 680
13CrMo4-5	1.7335	890 至 950		630 至 730
13CrMoSi5-5	1.7336	890 至 950		650 至 730
10CrMo9-10	1.7380	920 至 980		650 至 750
12CrMo9-10	1.7375	920 至 980		650 至 750
X12CrMo5	1.7362	920 至 970		680 至 750
13CrMoV9-10	1.7703	930 至 990		675 至 750
12CrMoV12-10	1.7767	930 至 1 000		675 至 750
X10CrMoVNb9-1	1.4903	1 040 至 1 100		730 至 780

a 正火处理时，在整个横截面上获得所需温度后，不需要继续保温，且一般应该避免保温。
b 进行回火处理时，在整个横截面上获得要求的温度后，该温度应保持适当的时间。
c 在某些情况下，可能需要在 590°C 到 650°C 的温度下进行回火处理。

附件 B

(资料性附件)

临界时间温度参数 $P_{\text{临界}}$ 和应力释放温度与保温时间的可能组合

表 B.1 所示为在指定临界时间温度参数为 P_{crit} 时，根据本附件以下等式计算应力释放温度和相应最大保温时间的示例。

表 B.1 – 指定释放温度下的 $P_{\text{临界值}}$ 和许可保温时间

钢材型号或钢种	$P_{\text{临界}}$	以下应力释放温度和保温时间 ^a 下的 $P_{\text{临界}}$ 条件	
		1 小时	2 小时
C, CMn 钢	17,3	590	580
16Mo3	17,5	600	590
18MnMo4-5	17,5	600	590
20MnMoNi4-5	17,5	600	590
15NiCuMoNb5-6-4	17,5	600	590
13CrMo4-5	18,5	650	635
13CrMoSi5-5	18,7	660	650
10CrMo9-10	19,2	685	675
12CrMo9-10	19,3	690	680
X12CrMo5	19,5	700	690
13CrMoV9-10	19,4	695	685
12CrMoV12-10	19,4	695	685
X10CrMoVNb9-1	20,5	750	735

a 所选的应力释放温度和保温时间组合，仅供参考。

焊接信息见 EN1011-1 和 EN1011-2。

过度焊后热处理（PWHT）条件会降低力学性能。应力释放过程中，计划的时间温度参数：

$$P = T_s (20 + \lg t) 10^{-3}$$

式中：

T_s 是应力释放温度，单位为 K，

t 是保温时间，单位为小时，

超过附件 B 中的临界值（ $P_{\text{临界}}$ ），买方应在其询价和订单中告知制造商（如合适）可就模拟热处理试样试验达成一致，检查此种处理后本文件规定的性能依据 PED 的基本安全要求是否仍然有效。

附件 C

(资料性附件)

1% (塑性) 蠕变应变和蠕变断裂的强度值参考数据

注释：表 C.1 中所示值是依据 ISO6303 推导的平均值，分散带宽度为±20%。

表 C.1 中所列高温下 1% (塑性) 蠕变应变和蠕变断裂的强度值不表示钢材能够在这样的温度下连续工作。关键因素是运行期间的总应力。如果相关的话，也应考虑氧化情况。

表 C.1 - 1% (塑性) 蠕变应变和蠕变断裂的强度值

钢种		温度 °C	以下时间内 1% (塑性) 蠕变应变的强度, 单位 MPa		以下时间的蠕变断裂, 单位 MPa				
			10 000 小时	100 000 小时	10 000 小时	100 000 小时	200 000 小时		
钢名	钢号								
P235GH, P265GH	1.0345, 1.0425	380	164	118	229	165	145		
		390	150	106	211	148	129		
		400	136	95	191	132	115		
		410	124	84	174	118	101		
		420	113	73	158	103	89		
		430	101	65	142	91	78		
		440	91	57	127	79	67		
		450	80	49	113	69	57		
		460	72	42	100	59	48		
		470	62	35	86	50	40		
		480	53	30	75	42	33		
		P295GH, P355GH	1.0481, 1.0473	380	195	153	291	227	206
				390	182	137	266	203	181
400	167			118	243	179	157		
410	150			105	221	157	135		
420	135			92	200	136	115		
430	120			80	180	117	97		
440	107			69	161	100	82		
450	93			59	143	85	70		
460	83			51	126	73	60		
470	71			44	110	63	52		
480	63			38	96	55	44		
490	55			33	84	47	37		
500	49			29	74	41	30		

钢种		温度 °C	以下时间内 1% (塑性) 蠕变应变的强度, 单位 MPa		以下时间的蠕变断裂, 单位 MPa		
钢名	钢号		10 000 小时	100 000 小时	10 000 小时	100 000 小时	200 000 小时
16Mo3	1.5415	450	216	167	298	239	217
		460	199	146	273	208	188
		470	182	126	247	178	159
		480	166	107	222	148	130
		490	149	89	196	123	105
		500	132	73	171	101	84
		510	115	59	147	81	69
		520	99	46	125	66	55
		530	84	36	102	53	45
18MnMo4-5	1.5414	425	392	314	421	343	
		430	383	302	407	330	
		440	360	272	380	300	
		450	333	240	353	265	
		460	303	207	325	230	
		470	271	176	295	196	
		480	239	148	263	166	
		490	207	124	229	140	
		500	177	103	196	118	
20MnMoNi4-5	1.6311	450			290	240	
		460			272	211	
		470			251		
		480			225		
		490			194		
15NiCuMoNb 5-6-4	1.6368	400	324	294	402	373	
		410	315	279	385	349	
		420	306	263	368	325	
		430	295	245	348	300	
		440	281	227	328	273	
		450	265	206	304	245	
		460	239	180	274	210	
		470	212	151	242	175	
		480	180	120	212	139	
490	145	84	179	104			
500	108	49	147	69			

钢种		温度 °C	以下时间内 1% (塑性) 蠕变应变的强度, 单位 MPa		以下时间的蠕变断裂, 单位 MPa		
钢名	钢号		10 000 小 时	100 000 小时	10 000 小时	100 000 小 时	200 000 小时
13CrMo4-5	1.7335	450	245	191	370	285	260
		460	228	172	348	251	226
		470	210	152	328	220	195
		480	193	133	304	190	167
		490	173	116	273	163	139
		500	157	98	239	137	115
		510	139	83	209	116	96
		520	122	70	179	94	76
		530	106	57	154	78	62
		540	90	46	129	61	50
		550	76	36	109	49	39
		560	64	30	91	40	32
		570	53	24	76	33	26
13CrMoSi5-5	1.7336	450		209		313	
		460		200		300	
		470		185		278	
		480		141		212	
		490		119		179	
		500		113		169	
		510		81		122	
		520		66		99	
		530		41		62	
		540		33		50	
		550		27		40	
560		23		35			
570		21		31			
10CrMo9-10	1.7380	450	240	166	306	221	201
		460	219	155	286	205	186
		470	200	145	264	188	169
		480	180	130	241	170	152
		490	163	116	219	152	136
		500	147	103	196	135	120
		510	132	90	176	118	105
		520	119	78	156	103	91
		530	107	68	138	90	79
		540	94	58	122	78	68
		550	83	49	108	68	58
560	73	41	96	58	50		

钢种		温度 °C	以下时间内 1% (塑性) 蠕变应变的强度, 单位 MPa		以下时间的蠕变断裂, 单位 MPa			
钢名	钢号		10 000 小 时	100 000 小时	10 000 小时	100 000 小 时	200 000 小时	
		570	65	35	85	51	43	
		580	57	30	75	44	37	
		590	50	26	68	38	32	
		600	44	22	61	34	28	
12CrMo9-10	1.7375	400			382	313		
		410			355	289		
		420			333	272		
		430			312	255		
		440			293	238		
		450			276	221		
		460			259	204		
		470			242	187		
		480			225	170		
		490			208	153		
		500			191	137		
		510			174	122		
520			157	107				
X12CrMo5	1.7362	450	107					
		460	96					
		470	87			147 (475°C)		
		480	83			139		
		490	78			123		
		500	70			108		
		510	56			94		
		520	50			81		
		530	44			71		
		540	39			61		
		550	35			53		
		560	31			47		
		570	27			41		
		580	24			36		
		590	21			32		
		600	18			27		
		610	16					
620	14							
625	13							

钢种		温度 °C	以下时间内 1% (塑性) 蠕变应变的强度, 单位 MPa		以下时间的蠕变断裂, 单位 MPa		
钢名	钢号		10 000 小 时	100 000 小时	10 000 小时	100 000 小 时	200 000 小时
13CrMoV9-10	1.7703	400			430	383	
		410			414	365	
		420			397	346	
		430			380	327	
		440			362	309	
		450			344	290	
		460			326	271	
		470			308	253	
		480			290	235	
		490			272	218	
		500			255	201	
		510			237	184	
		520			221	169	
		530			204	144	
		540			188	126	
550			173	108			
12CrMoV12-10	1.7767	400			430	383	
		410			414	365	
		420			397	346	
		430			380	327	
		440			362	309	
		450			344	290	
		460			326	271	
		470			308	253	
		480			290	235	
		490			272	218	
		500			255	201	
		510			237	184	
		520			221	169	
		530			204	144	
		540			188	126	
550			173	108			
		500			289	258	246
		510			271	239	227
		520			252	220	208
		530			234	201	189
		540			216	183	171

钢种		温度 °C	以下时间内 1% (塑性) 蠕变应变的强度, 单位 MPa		以下时间的蠕变断裂, 单位 MPa		
钢名	钢号		10 000 小 时	100 000 小时	10 000 小时	100 000 小 时	200 000 小时
X10CrMoVNb 9-1	1.4903	550			199	166	154
		560			182	150	139
		570			166	134	124
		580			151	120	110
		590			136	106	97
		600			123	94	86
		610			110	83	75
		620			99	73	65
		630			89	65	57
		640			79	56	49
		650			70	49	42
		660			62	42	35
		670			55	36	-

附录 D

(规范性附件)

抗氢致开裂性评定

应根据 EN10229 进行钢材抗氢致开裂性评定试验。试验方案 A (pH 约为 3) 的验收标准适用于表 D.1 所示的等级, 表 D.1 所示值是三个单独实验结果的平均值。

可以在询价和订购时确定试验方案 B (pH 约为 5) 和相应的验收标准。

表 D.1 - 氢致开裂试验的验收等级 (试验溶液 A)

验收等级	CLR ^a %	CTR ^a %	CSR ^a %
I	≤5	≤1,5	≤0,5
II	≤10	≤3	≤1
III	≤15	≤5	≤2

^a CLR: 裂纹长度比, CTR: 裂纹厚度比, CSR: 裂纹敏感度比

可在询价和订购时商定试验溶液 A 的其它验收标准 (如, 依据 NACE/TM 0284)。

附录 E

(规范性附件)

分步冷却试验

对于分步冷却试验，应就分步冷却脆化的检查方法达成一致。该方法应包含要考虑的温度和保温时间。推荐使用图 E.1 所述方法。

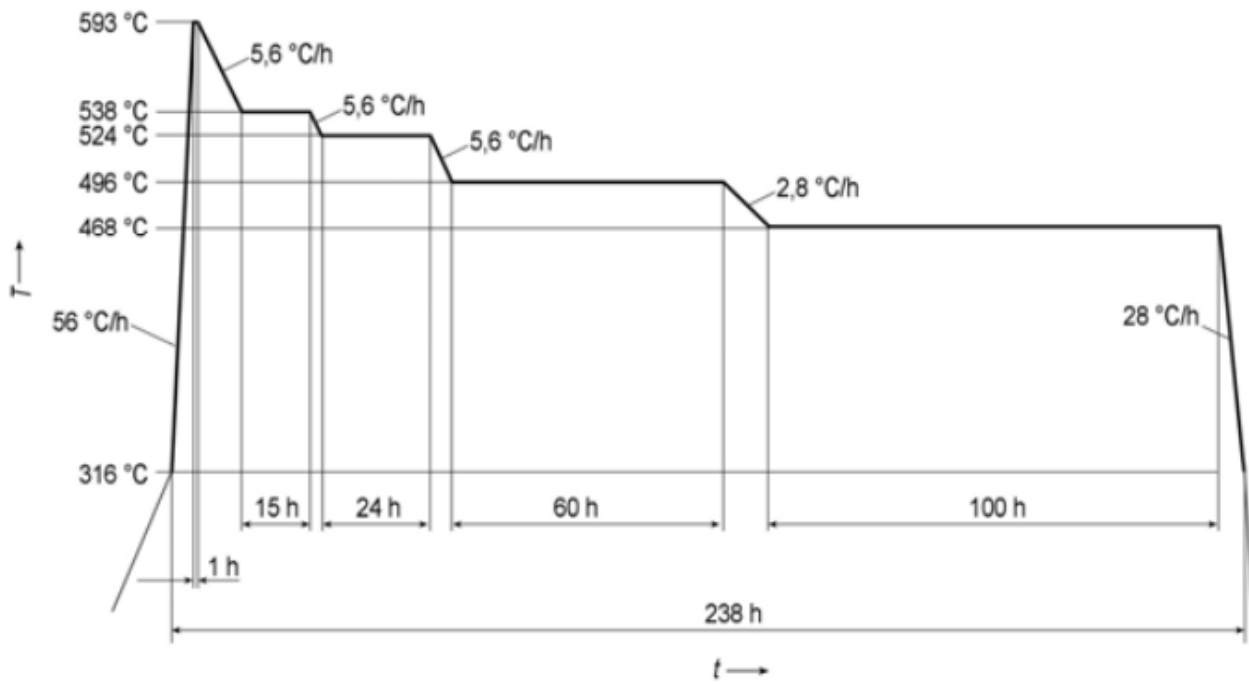


图 E.1 – 分步冷却试验的推荐步骤

附录 F

(资料性附件)

对 EN 10028-2:2009 以往版本的更改

对 EN10028-2: 2009 以往版本的主要更改如下所列：

- 1) 修改规范性引用；
- 2) 删除比本标准所述厚度更厚的选项以及表 3 和表 4 相应脚注；
- 3) 将 EN1011-1 和 2 从参考书目移至规范性引用文件；
- 4) 删除采用一点或两点标注文本的标记；
- 5) 更新了本标准内的交叉引用；
- 6) 修改订单举例；
- 7) 将 16Mo3 钢种列入 8.2.2 小条，与正火成型相关；
- 8) 删除 8.2.3 小条的附注；
- 9) 修改附件 B 表 B.1 内的值；
- 10) 将 8.2.4 附注移至附件 B；
- 11) 更新了附件 ZA 内本欧洲标准条款与 2014/68/EU 指令基本要求的关系；
- 12) 各技术要求澄清。

附件 ZA

(资料性附件)

本欧洲标准与欧盟指令 2014/68/EU 基本要求间的关系

本欧洲标准依据委员会标准化要求 M/071 编制，以提供自愿遵守 2014/68/EU 指令基本要求的方法。

欧盟官方公报一旦依据该指令引用本标准，遵守表 ZA.1 所列本标准的规范性条款即表示在本标准限定范围内推定符合 2014/68/EU 指令相关基本要求及相关 EFTA 规定。

表 ZA.1 - 本欧洲标准与 2014/68/EU 指令附件 I 之间的关系

2014/68/EU 指令的要求	本 EN 标准的条款/分条款	备注/附注
4.1a	8.4 和表 3	相关材料性能
4.1d	8.2 和 8.5	适合处理程序
4.3	9.1	检验文件

警告 1 - 只有欧盟官方公报发布的清单内保持引用本欧洲标准，推定符合才有效。本标准的用户应经常了解欧盟官方公报发布的最新清单。

警告 2 - 本欧洲标准范围内的产品也可适用其它欧盟规定。

参考文献

- [1] EN 10020, 钢种的定义和分类
- [2] EN10314, 推导高温下弹限强度最小值的方法
- [3] ISO 6303, ISO 2604 不包含的压力容器, 第 1 至 6 部分 – 长时间应力断裂性能推导
- [4] NACE/TM 0284, 管道和压力容器用钢抗氢致开裂的评估

除版权法许可外，未经 BSI 批准不得复制。

英国标准委员会(BSI)

BSI 是负责制定英国标准和其它相关标准、资料和服务的国家机构。

BSI 依据皇家宪章设立。英国标准和其它标准化产品由 BSI 标准有限公司出版。

关于我们

我们整合来自公司、行业、政府、消费者、革新者和其他各方的经验和专业技术，编制基于标准的解决方案。

我们标准中体现的知识都经过仔细整合，具有可靠的依据，通过公开征求意见提炼。各类各行各业的机构可采用这些标准来实现其目标。

标准说明

我们为您提供您所需要的知识。更多有关英国标准的信息请访问我们的网站：bsigroup.com/standards 或者与我们的客户服务部或知识中心联系。

购买标准

您可通过我们的网站：bsigroup.com/shop 购买并下载 PDF 版 BSI 标准，包括英国和所采用的欧洲及国际标准，通过网站还可以买到复印件。

如果您需要其他标准编制机构出版的国际和外国标准，可以向我们的客户服务部购买复印件。

BSI 出版物版权

BSI 出版物内的所有内容（包括英国标准），其版权归 BSI 或任何拥有所使用信息版权且已正式将此信息许可给 BSI 做商用出版或使用的个人或实体（如国际标准化组织）所有。

除以下条款外，您不得将本标准的任何部分转让、分享或传播给任何其他人。未经 BSI 事先书面许可，您不得以任何方式改写、散布本标准或其任何部分，不得作商业用途或在公共场合展示。

标准的保管和使用

所购买的标准为软拷贝形式：

- 购买的软拷贝形式的英国标准只许可唯一指定姓名的用户作个人或公司内部使用。
- 本标准可存储在 1 台以上的设备内，条件是只有规定姓名的人员可以查看，且一次只可看一份拷贝。
- 可打印一份纸质版本，供个人或公司内部使用。

所购买的标准为硬拷贝形式：

- 购买的硬拷贝形式的英国标准仅供个人或公司内部使用。
- 不得以任何方式进一步复制，创建额外的副本。包括扫描文件。

如果您需要不止一份文件副本或者如果您希望在内部网络上分享文件，您可以选择订购产品（见“订购”）节约费用。

复制摘录

BSI 出版物内容的复制许可请联系 BSI 版权和许可团队。

英国标准委员会
IHS Marki 依据 BSI 许可证提供 – 不受控副本
未经 HIS 许可不得复制或网络传播

订购

我们的订购服务是为了便于您使用标准而设计的。我们订购产品的详细信息请访问网站：bsigroup.com/subscriptions。

您可以通过电脑访问英国标准在线（揃 SOL）查询 255,000 多个英国和所采用的欧洲和国际标准。

网站每周 7 天每天 24 小时提供服务并保持每天更新，确保您得到的是最新版本。

您可以与标准部门保持联系，成为 BSI 的订购会员，享受购买标准（单份和订购版本）的优惠折扣。

附加服务（PLUS）是专为 BSI 订购成员提供的更新服务。如果标准修订或更换，您将会自动接收到标准的最新复印件。

有关成为 BSI 订购会员的详细信息以及成员享受的优惠请访问：bsigroup.com/shop。

通过多用户网络许可证，您可以在内网上管理标准。许可证可按照您的需要授权给多个用户。一旦有更新版本，可以保证您的文件是最新版。详细信息请发邮件到以下地址咨询：subscriptions@bsigroup.com。

修订

我们编制的英国标准及其它出版物通过增补或修订的方式更新。为了更好地为您服务，我们将持续改进产品和服务的质量。如果您发现英国标准或其它 BSI 出版物存在不准确或含糊之处，请告知我们的知识中心。

联系方式：

客户服务部：

电话：+44 345 086 9001

电子邮箱（订购）：orders@bsigroup.com

电子邮箱（咨询）：cservices@bsigroup.com

订购

电话：+44 345 086 9001

电子邮箱：subscriptions@bsigroup.com

知识中心

电话：+44 20 8996 7004

电子邮箱：knowledgecentre@bsigroup.com

版权和授权许可

电话：+44 20 8996 7070

许可证=上海标准化委员会 5908977
不得转售，2017-11-14 08:12:28

电子邮箱: copyright@bsigroup.com

BSI 集团总部

地址: 389 Chiswick High Road London W4 4AL UK