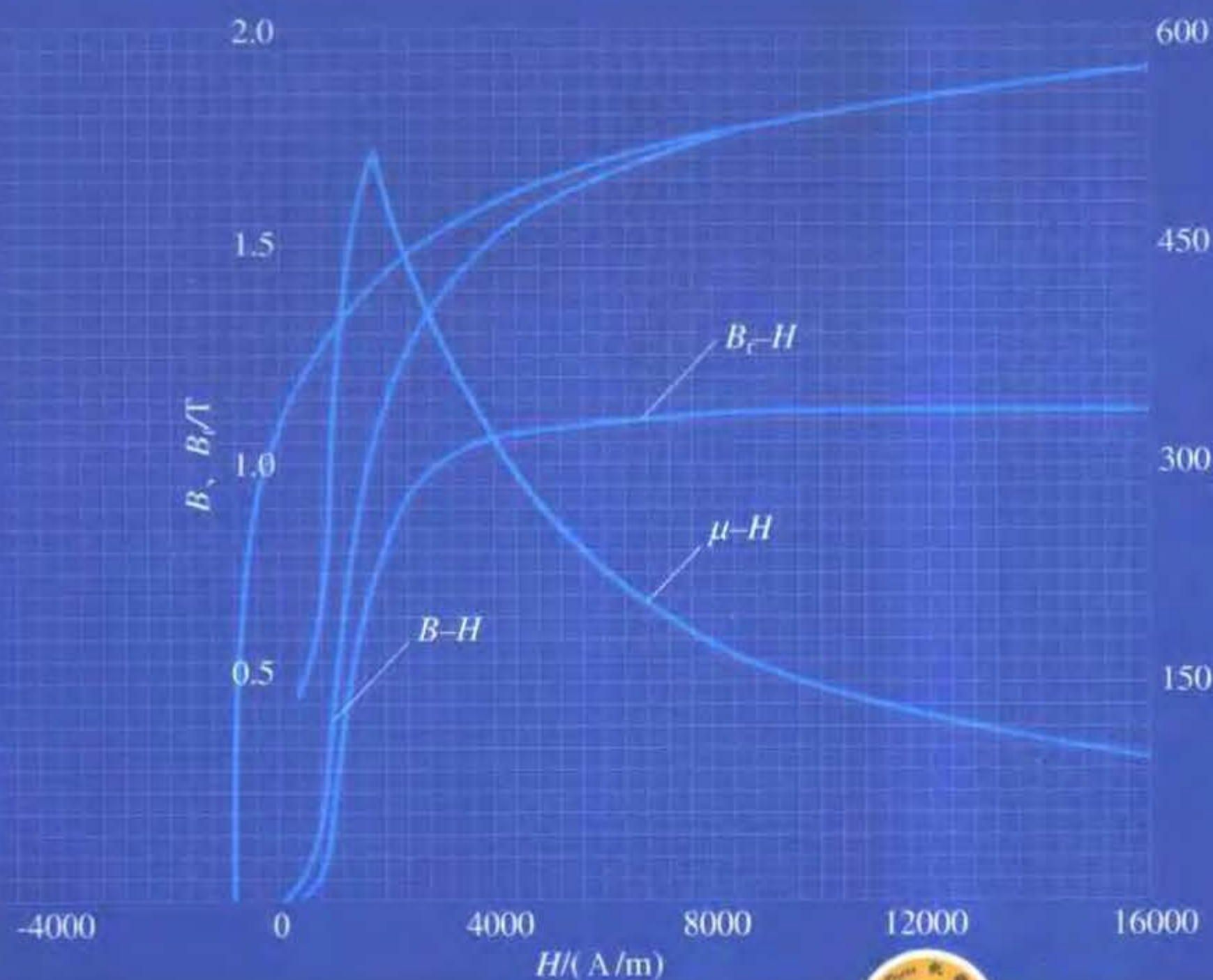


# 常用钢材 磁特性曲线 速查手册

兵器工业无损检测人员技术资格鉴定考核委员会 编



62



● ISBN 7-111-11984-3/TG-1255

封面设计 / 电脑制作 / 姚毅

ISBN 7-111-11984-3



9 787111 119845 >

定价: 24.00 元 .....

地址: 北京市百万庄大街22号 邮政编码: 100037  
联系电话: (010) 68326294 网址: <http://www.cmpbook.com>  
E-mail: [online@cmpbook.com](mailto:online@cmpbook.com)



# 常用钢材磁特性曲线速查手册

兵器工业无损检测人员技术资格鉴定考核委员会 编



机械工业出版社

本书汇集了国内常用的 109 种钢材的 280 种不同热处理规范下测得的磁特性曲线,并以曲线和表格的形式提供了磁特性的基本数据。为使广大工程技术人员和工人更好地利用这些参数和曲线去解决生产中的问题,本书对铁磁性材料的特点、主要磁特性参数的意义以及如何利用这些曲线去选择磁性检测的工艺参数进行了较为详细的叙述。

本书可供具有一定专业知识的工人、无损检测技术人员、大专院校师生使用。也可供从事电磁测量研究的人员及教学工作者参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

常用钢材磁特性曲线速查手册/兵器工业无损检测人员技术资格鉴定考核委员会编.—北京:机械工业出版社,2003.6  
ISBN 7-111-11984-3

I. 常… II. 兵… III. ①钢—金属分析②磁性分析—手册 IV. TG142-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 029403 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑:吕德齐 版式设计:霍永明 责任校对:刘秀芝  
封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 6 月第 1 版第 1 次印刷  
787mm×1092mm 1/16·10.75 印张·265 千字  
0001—4000 册  
定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646  
封面无防伪标均为盗版

## 编 委 会

主 任 柯 松  
副主任 张 辉 倪泽钧  
编 委 叶代平 张国珍 苏李广

# 序

兵器系统组织编写的《常用钢材磁特性曲线汇编》，自 1986 年问世以来，深受广大无损检测工作者的青睐，被誉为电磁检测领域不可多得的一本工具手册。本汇编通过不同行业的读者在科研、理论与实践中的应用，证实已成为选择磁化规范和磁测量参数的理论依据。

这本《常用钢材磁特性曲线速查手册》是对《常用钢材磁特性曲线汇编》内容的升华，它补充收集了军工系统及汽车、机械、化工、船舶、冶金、铁道等行业的新钢材。在测试原理、数据整理、图表标准化等方面注入了新的内容，使书中不同状态下的钢材磁化曲线增至 300 多种，基本包括了常用钢材的磁特性参数。

本书之所以珍贵，在于国内外至今没有一本系统反映常用钢材磁特性参数的书籍。我们知道软磁材料（如电工用硅钢系列）和硬磁材料（如永磁铁合金钢系列）的磁特性，国内外都有系统的专著可以查询。对处于上述二者之间大量的工业常用钢材在不同状态下的磁特性参数的研究与汇集，至今缺乏系统的专著。《常用钢材磁特性曲线速查手册》的出版，弥补了这方面的不足，为广大电磁检测和磁测量工作者提供了珍贵的参考资料，对科研和生产都具有重要的指导意义和实用价值。

陈健生

# 前 言

近年来，随着对工业产品质量和安全要求的不断提高，无损检测在科学研究和工业生产中的地位和作用越来越显得重要。作为无损检测的一个重要组成部分的磁性检测，也得到了很大的发展。

磁性是物质的基本物理属性之一。铁磁性材料的磁性表现得尤其明显。它们的磁性可以用磁特性参数进行表达，它与材料自身的状态、组织结构、力学性能等存在一定的关系。通过对各种铁磁性材料磁特性参数的了解和分析，人们可以从中获得相应的材料的状态、硬度、连续性等信息。

这本《常用钢材磁特性曲线速查手册》就是为了满足人们对常规无损检测需要而组织测试和编制的。这项工作进行了多年，先后测试了 100 多个钢种近 300 个试样。经过整理，现给出了 109 种钢材和 280 个不同热处理规范下的磁特性参数。基本上包括了日常工业生产中所需要的钢材要求。

测试工作先后分别在山西省、四川省和重庆市进行。为了保证所得数据的测量精度和重复性，采用了同一种测试方法及标准试样。测量结果与国家计量院同一样测量结果进行比较，数据的综合误差均在 3% 以内。

本书由 3 章组成：

第 1 章为概述。分别叙述了铁磁性材料的特点、磁特性曲线中主要特性参数的意义、磁特性曲线的测试方法以及如何应用磁特性曲线选择磁粉探伤中的磁化电流规范，另外还介绍了有关利用磁特性进行材料分选和其他应用的知识。

第 2 章是 109 种钢材的 280 种状态的磁特性曲线的图谱，并附有每种状态下的典型磁特性参数。这些参数均为实际测试数据。

为了便于大家对各种钢材和状态进行比较，第 3 章我们将各个曲线的主要参数进行了汇总，并采用了表格的形式进行分析。

最后是附录。为本书及经常使用的磁学量的名称、单位制及其换算。

本书曲线的测试工作是在原兵器工业部新技术推广所组织领导下进行的。参加测试工作的主要人员有：苏李广、章恒光、叶代平、朱万富、唐鸿章、钱成跃等。叶代平对全书进行整理。另外参加曲线测试和绘制工作的还有阎波、陈玫和张萍等同志。

本书在测试与编写过程中，得到了北京理工大学袁连生教授和航空工业六二一所郑文仪研究员热情的支持。兵器工业第 247 厂、167 厂、296 厂、616 厂、624 厂、5133 厂等单位对测试工作给予了大力协助，在此一并表示感谢。

本书曾在 20 世纪 80 年代以内部资料的方式进行了发行，反映良好。为了进一步推动磁性检测工作，现将本书公开出版发行。在本书中，对原测试曲线进行了检查和整理，修正了原书中的一些错误，重新编写了概述部分，又增加了 10 多种钢材 30 多幅曲线图，原文字部分重新进行了编写，使之更适应今天的要求。

由于我们的水平有限，错误在所难免，望广大读者批评指正。

兵器工业《磁特性曲线速查手册》编委会

# 目 录

## 序 前 言

## 第 1 章 概述 ..... 1

- 1.1 磁现象和磁场 ..... 1
- 1.2 磁性材料分类和特点 ..... 2
- 1.3 铁磁性材料磁化的原因 ..... 3
- 1.4 磁特性曲线 ..... 4
  - 1.4.1 磁化过程和技术磁化曲线 ..... 4
  - 1.4.2 磁滞回线与剩磁感应强度、  
矫顽力 ..... 4
  - 1.4.3 退磁曲线和磁能积 ..... 5
  - 1.4.4 磁特性曲线组介绍 ..... 6
- 1.5 影响钢铁材料磁特性的  
主要因素 ..... 7
  - 1.5.1 钢中化学成分的影响 ..... 7
  - 1.5.2 钢材组织结构的影响 ..... 7
- 1.6 钢铁材料磁特性曲线的测试 ..... 8
- 1.7 磁特性曲线的应用 ..... 9
  - 1.7.1 利用磁特性曲线选取磁粉  
探伤磁化电流规范 ..... 9
  - 1.7.2 利用材料磁性进行电磁检测 ..... 12

## 第 2 章 常用钢材磁特性曲线 ..... 14

- 2.1 碳素结构钢 ..... 14
- 2.2 合金结构钢 ..... 41
  - 2.2.1 低合金高强度结构钢 ..... 41
  - 2.2.2 B 系钢 ..... 42
  - 2.2.3 Mn 系钢 ..... 47
  - 2.2.4 SiMn 系钢 ..... 51
  - 2.2.5 Cr 系钢 ..... 53
  - 2.2.6 CrMo 系钢 ..... 70
  - 2.2.7 CrNi 系钢 ..... 85
- 2.3 特殊用途钢 ..... 121
  - 2.3.1 弹簧钢 ..... 121
  - 2.3.2 不锈、耐酸、耐热钢 ..... 128
  - 2.3.3 轴承钢 ..... 132
  - 2.3.4 碳素工具钢 ..... 137
  - 2.3.5 合金工具钢 ..... 142

## 第 3 章 常用钢材磁特性参数 ..... 155

## 附 录 常用磁学量的名称、单位制 及换算 ..... 166



# 第 1 章 概 述

## 1.1 磁现象和磁场

磁体具有吸引铁、镍等物质的性质，这一性质叫磁性。受磁性作用的空间叫做磁场。磁场存在于运动电荷、载流导体或磁体周围。它是物质存在的基本属性之一，具有力和能量。

为了形象地表示磁场的强弱、方向和分布的情况，可以在磁场内画出若干条假想的连续曲线。这些曲线上任何一点的切线方向都与该点的磁场方向一致，其疏密程度表示了磁场的强弱。这些假想的曲线叫磁力线。而描述磁介质中磁场性质的曲线叫做磁感应线。

磁力线具有以下特征：

①具有方向性。在磁场中磁力线的每一点只能有一个确定的方向，所以磁场中的磁力线不会相交。

②磁力线是闭合的曲线，没有起点，也没有终点。而且这种闭合总是沿着磁阻最小的方向进行。

由于磁场中任何一点只有一个确定的方向，当电荷  $q$  沿着该方向运动时并不受到作用力，这个方向就是该点的磁场方向。而当电荷以速度  $v$  垂直于磁场方向运动时，将受到大小为  $f$  的作用力。其作用力  $f \propto qv$ ，即

$$B = \frac{f}{qv}$$

$B$  叫做磁感应强度。它的方向就是磁场的方向，大小表示了磁场的强弱。 $B$  的单位推导过程是

$$[B] = \text{牛} / (\text{库} \cdot \text{米} / \text{秒}) = \text{牛} / (\text{安} \cdot \text{米}) = \text{特斯拉}$$

特斯拉简称“特”用符号 T 表示，1T 相当于电磁单位制中  $10^4$  高斯 (Gs)。

通过一个正交面的磁力线的总数叫做磁通量，简称磁通，用  $\Phi$  表示，单位为韦伯 (Wb)。1Wb 相当于电磁单位制中  $10^8$  麦克斯韦 (Mx)。

对于非均匀磁场中任意曲面上的磁通量，有

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$$

如果面积  $S$  上各点  $B$  的大小相等， $B$  的方向又垂直于该面积，则有

$$\Phi = BS \quad \text{或} \quad B = \Phi/S$$

因为  $B$  是单位面积上的磁通量，所以  $B$  又叫做磁通密度。

不同物质在磁场中的  $B$  值是不一样的，即它们的磁性不同。为了反映不同物质在磁场中的变化，人们引用了磁场强度的概念。

第一类，磁性较软。它们包括在供货状态下  $w(c) < 0.4\%$  的碳素钢， $w(c) < 0.3\%$  的低合金钢，以及退火状态下的高碳钢（组织为球状珠光体）。这类钢磁导率高，矫顽力低，剩磁较小，容易被磁化，磁滞回线狭窄，最大磁能积也较低。

第二类，磁性中软。它们包括供货和正火状态下  $w(c) > 0.4\%$  的碳素钢及同种状态下的低中合金钢、工具钢及部分高合金钢（硬度值较低者），同时还包括此类钢在淬火后进行  $450^\circ\text{C}$  以上温度回火者。这类钢较第一类钢最大磁导率有所下降，矫顽力和磁能积有所提高，磁性有所降低。但总的还是容易被磁化，钢材剩磁也不大。

第三类，磁性中硬。此类材料为一般的淬火并进行  $300 \sim 400^\circ\text{C}$  回火的中碳钢、低中合金钢、高合金工具钢的供货状态，半马氏体和马氏体钢的正火加高温回火状态，以及大部分冷拉材料。它们的磁性较前两类为“硬”，磁化较困难，剩磁也较高。

第四类，磁性较硬。包括合金钢淬火后回火温度低于  $300^\circ\text{C}$  的材料，以及工具钢和马氏体不锈钢热处理后硬度较大的材料。这类钢由于磁性较硬，磁化困难，需要较大的外加磁场进行磁化。同时，这类材料剩磁也较大，退磁也较困难。

值得说明的是，以上较软、中软、中硬及较硬磁性等提法是为了区别于常见的软磁及硬磁材料而言的，它们之间没有一个明显的量的差别。在实际工作中，应该根据不同材料的磁性以及试验要求来选取材料磁化的最佳技术条件。

### 1.3 铁磁性材料磁化的原因

铁磁性材料在不大的磁场作用下能被强烈地磁化并很快达到饱和，这种现象与其独特的物质结构有关。铁磁质元素（铁、镍、钴）是过渡族的金属元素，原子中有着较强的原子磁矩。这些原子磁矩能在一个小的区域内（约  $10^{-15}\text{m}^3$ ）相互作用，取得一致的排列方向，形成一种自发磁化的小区域——磁畴。磁畴是铁磁物质特有的。每个磁畴内约有  $10^{15}$  个原子。其磁矩取向一致，具有很强的磁性。一般情况下各个磁畴的自发磁化取向并不一致，互相作用抵消，对外显示不出磁性。当外磁场作用于铁磁物质时，物质内的磁畴将迅速改变成与外磁场一致的方向，显示出较强的磁性。这种在外磁场作用下磁畴改变方向的过程，就是铁磁质被磁化的过程。磁化时，磁场力克服阻力做功。通过磁畴壁的位移和磁矩的转动，使各个不同方向的磁畴改变到与外磁场方向接近的方向上来。若克服阻力所需的能量较小，则磁化过程易于实现；反之则难于磁化。图 1-3-1 表示了磁化过程中磁畴的这种变化。

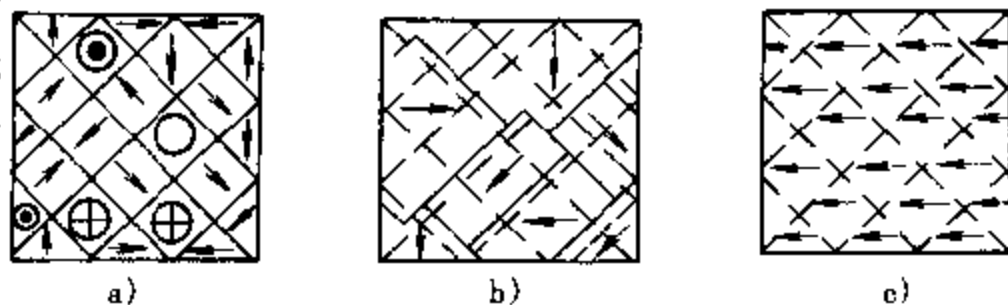


图 1-3-1 磁化过程中磁畴方向变化

a) 磁化前 b) 磁化过程中 c) 磁化结束后

随着温度的升高，铁磁质的磁性将逐步降低，即磁化强度数值将会减小。在达到某一临界温度时，铁磁性将完全消失而呈现出顺磁性。这种铁磁性随温度升高而降低的原因是由于物质内部热扰动破坏了原子磁矩的平行排列。到达一定程度时，磁畴将完全消失而呈现出顺磁性。这个使磁性完全消失的临界温度叫做该铁磁物质的居里温度。不同铁磁物质的居里温度不相同。工程纯铁的居里温度为  $770^\circ\text{C}$ ，热轧硅钢的居里温度为  $690^\circ\text{C}$ ，而碳化三铁

第一类，磁性较软。它们包括在供货状态下  $w(c) < 0.4\%$  的碳素钢， $w(c) < 0.3\%$  的低合金钢，以及退火状态下的高碳钢（组织为球状珠光体）。这类钢磁导率高，矫顽力低，剩磁较小，容易被磁化，磁滞回线狭窄，最大磁能积也较低。

第二类，磁性中软。它们包括供货和正火状态下  $w(c) > 0.4\%$  的碳素钢及同种状态下的低中合金钢、工具钢及部分高合金钢（硬度值较低者），同时还包括此类钢在淬火后进行  $450^\circ\text{C}$  以上温度回火者。这类钢较第一类钢最大磁导率有所下降，矫顽力和磁能积有所提高，磁性有所降低。但总的还是容易被磁化，钢材剩磁也不大。

第三类，磁性中硬。此类材料为一般的淬火并进行  $300 \sim 400^\circ\text{C}$  回火的中碳钢、低中合金钢、高合金工具钢的供货状态，半马氏体和马氏体钢的正火加高温回火状态，以及大部分冷拉材料。它们的磁性较前两类为“硬”，磁化较困难，剩磁也较高。

第四类，磁性较硬。包括合金钢淬火后回火温度低于  $300^\circ\text{C}$  的材料，以及工具钢和马氏体不锈钢热处理后硬度较大的材料。这类钢由于磁性较硬，磁化困难，需要较大的外加磁场进行磁化。同时，这类材料剩磁也较大，退磁也较困难。

值得说明的是，以上较软、中软、中硬及较硬磁性等提法是为了区别于常见的软磁及硬磁材料而言的，它们之间没有一个明显的量的差别。在实际工作中，应该根据不同材料的磁性以及试验要求来选取材料磁化的最佳技术条件。

### 1.3 铁磁性材料磁化的原因

铁磁性材料在不大的磁场作用下能被强烈地磁化并很快达到饱和，这种现象与其独特的物质结构有关。铁磁质元素（铁、镍、钴）是过渡族的金属元素，原子中有着较强的原子磁矩。这些原子磁矩能在一个小的区域内（约  $10^{-15}\text{m}^3$ ）相互作用，取得一致的排列方向，形成一种自发磁化的小区域——磁畴。磁畴是铁磁物质特有的。每个磁畴内约有  $10^{15}$  个原子。其磁矩取向一致，具有很强的磁性。一般情况下各个磁畴的自发磁化取向并不一致，互相作用抵消，对外显示不出磁性。当外磁场作用于铁磁物质时，物质内的磁畴将迅速改变成与外磁场一致的方向，显示出较强的磁性。这种在外磁场作用下磁畴改变方向的过程，就是铁磁质被磁化的过程。磁化时，磁场力克服阻力做功。通过磁畴壁的位移和磁矩的转动，使各个不同方向的磁畴改变到与外磁场方向接近的方向上来。若克服阻力所需的能量较小，则磁化过程易于实现；反之则难于磁化。图 1-3-1 表示了磁化过程中磁畴的这种变化。

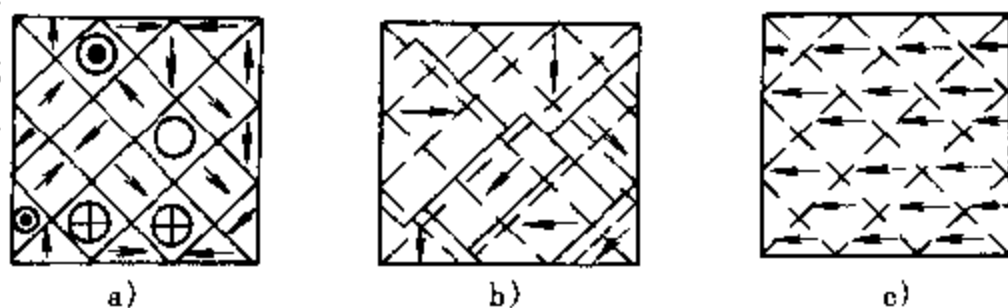


图 1-3-1 磁化过程中磁畴方向变化

a) 磁化前 b) 磁化过程中 c) 磁化结束后

随着温度的升高，铁磁质的磁性将逐步降低，即磁化强度数值将会减小。在达到某一临界温度时，铁磁性将完全消失而呈现出顺磁性。这种铁磁性随温度升高而降低的原因是由于物质内部热扰动破坏了原子磁矩的平行排列。到达一定程度时，磁畴将完全消失而呈现出顺磁性。这个使磁性完全消失的临界温度叫做该铁磁物质的居里温度。不同铁磁物质的居里温度不相同。工程纯铁的居里温度为  $770^\circ\text{C}$ ，热轧硅钢的居里温度为  $690^\circ\text{C}$ ，而碳化三铁

( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) 的居里温度只有  $210^\circ\text{C}$ 。

## 1.4 磁特性曲线

铁磁性材料的磁特性可以用材料的磁特性曲线及主要参数来表示。

### 1.4.1 磁化过程和技术磁化曲线

把一个对外界完全没有磁性的钢铁试件放入磁场中，它将受到磁化。如果磁场强度  $H$  从零开始逐渐增加，则试件中的磁感应强度  $B$  也将逐渐增加至饱和。这种反映铁磁材料磁感应强度  $B$  随磁场强度  $H$  变化规律的曲线，叫做材料的磁化曲线。如图 1-4-1 所示。

从曲线中可以看出，磁化过程分成四个部分，即可逆磁化阶段、急剧磁化阶段、近饱和磁化阶段和饱和磁化阶段。在可逆磁化阶段，磁畴是以可逆的畴壁位移为主。当磁场强度  $H$  退回零时，磁感应强度  $B$  也退回到零。在急剧磁化阶段，磁化强度  $M$  随  $H$  的增加而增加得很快，反映在  $B$  值上急剧增长。这阶段主要是不可逆的畴壁位移起作用。当  $H$  退回零时， $M$  并不循原路退回，而是沿另一条路退回，形成不可逆磁化。在近饱和磁化阶段，畴壁的位移基本结束，主要起作用的是磁畴中磁矩的转动，形成曲线的“膝弯点”。在饱和磁化阶段，磁畴的排列方向与外磁场方向接近平行，这时再增大外磁场强度，磁化强度  $M$  的增加也不大，反映在  $B$  值的上升趋于平缓，增加的数值很少。

曲线的斜率  $\mu = B/H$  是材料的磁导率。四个阶段的斜率都不一样，反映材料磁化的不一致。可以看出， $\mu$  是一个随磁场强度  $H$  变化的量。当  $H$  开始增加时，起初  $\mu$  值增加，但到最大值后就下降。下降到一定程度时  $\mu$  值变化趋缓。上升和下降的斜率与材料的磁性有关。图 1-4-2 表示了这种变化关系。

由于磁导率  $\mu$  和相对磁导率  $\mu_r$  之间只差了一个定值  $\mu_0$ ，故通常曲线中用  $\mu_r$  代替  $\mu$  进行计算。

从图 1-4-2 中可以看出，曲线有最大值点，该点叫做最大磁导率，用  $\mu_m$  表示。

### 1.4.2 磁滞回线与剩磁感应强度、矫顽力

图 1-4-3 是铁磁材料的磁滞回线，沿磁化曲线  $Oa$  将铁磁材料在强度为  $H$  的外磁场中磁化到  $a$  点达到饱和时，若减少外磁场强度的数值，磁感应强度  $B$  并不是沿曲线  $Oa$  下降，而是沿另一曲线  $ab$  下降。当磁化磁场的强度  $H=0$  时， $b$  并不等于 0，而等于  $B_r$ ，即铁磁材料仍保留一定的磁性。这种磁性叫剩磁。 $B_r$  叫剩余磁感应强度。这种磁感应强度变化滞后于外加磁场变化的现象叫做磁滞。若要消除剩磁，必须外加反向磁场。当反向磁场增加到  $H_c$  时， $B_r=0$ 。 $H_c$  叫做矫顽力。此时若再增加反向磁场强度  $H$ ，磁感应强度  $B$  将反向增长至饱和。此时再逐渐减少  $H$  一直到正值，磁感应强度同样将滞后于原来的磁化路线。当  $H=0$

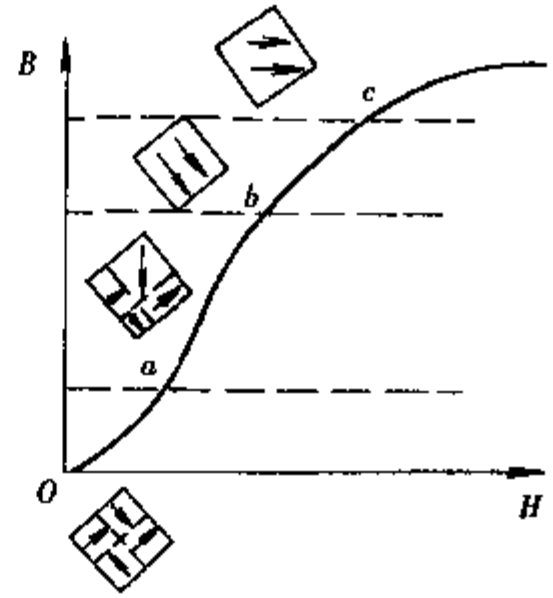


图 1-4-1 铁磁材料的磁化曲线

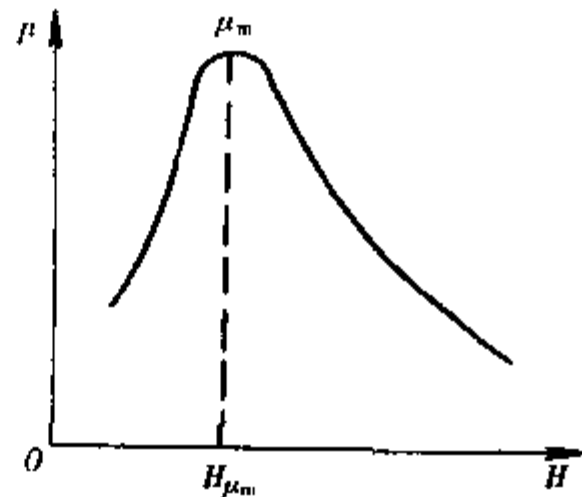


图 1-4-2 铁磁材料的磁导率曲线

时, 同样形成一个与原  $B_r$  对应的反向  $B'_r$ 。当磁场强度  $H$  继续增加时, 磁感应强度  $B$  也将继续增加, 使材料重新得到饱和, 形成一个封闭的曲线。这个曲线就叫做磁滞回线。磁滞现象是铁磁性物质特有的现象, 反映了磁化过程的不可逆性。

在磁化曲线上任取一点  $P$ , 将其所对应的磁场强度变化一周, 可以得到一个相应的磁滞回线。可以作出若干个这样的回线。随着  $P$  点的升高, 所对应的磁场强度也增加, 磁滞回线的面积也随着增加。当  $P$  点在磁饱和状态时, 所对应的磁滞回线面积最大, 叫做极限磁滞回线, 也叫做主磁滞回线或最大磁滞回线, 如图 1-4-4 所示。

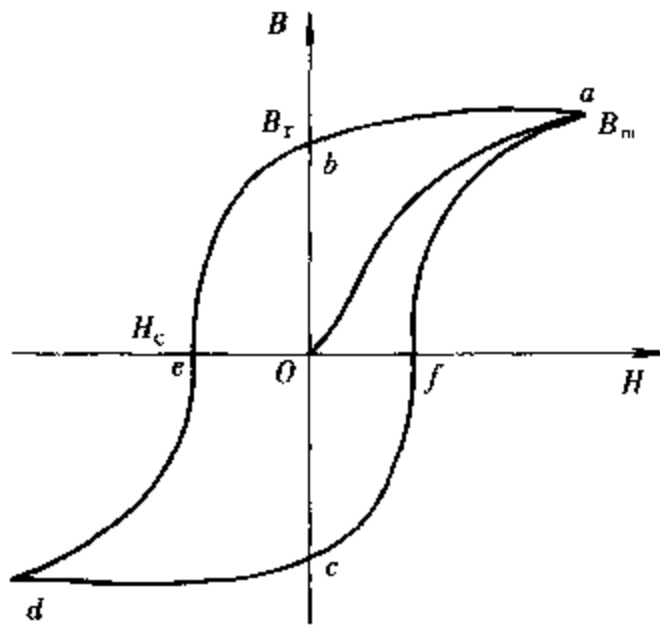


图 1-4-3 铁磁材料的磁滞回线

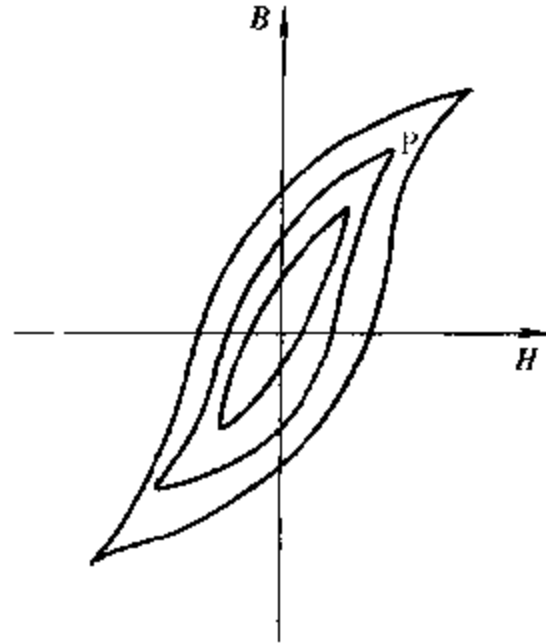


图 1-4-4 反复磁化的磁滞回线

磁滞回线所包围的面积与该种材料在单位体积内的铁磁质循环磁化一次所消耗的功 (或能量) 成正比。不同的铁磁材料的极限磁滞回线包围的面积不同。磁滞回线比较狭窄的材料磁性较软, 所包围的面积较小, 磁化时消耗的功也较少, 比较容易磁化; 而磁滞回线形状比较“肥大”的材料磁性较硬, 所包围的面积也比较大, 在磁化时消耗的功较多, 磁化也比较困难。图 1-4-5 表示了不同材料的磁滞回线的形态。

矫顽力的大小常用来区别磁性的软硬。一般  $H_c$  小于  $10^2 \text{ A/m}$  的叫软磁材料, 而  $H_c$  大于  $10^4 \text{ A/m}$  的叫硬磁 (永磁) 材料。钢铁材料的矫顽力大多在这两者之间, 叫做半硬磁材料。

用不同大小的外磁场对试样反复磁化时, 能够得到一系列面积不等的相似的磁滞回线和一系列不同回线下的剩磁。将这些剩余磁感应强度  $B_r$  与其相应的磁场强度  $H$  作图, 可以得到图 1-4-6 所示的  $B_r$  随  $H$  变化的曲线, 即剩磁曲线。利用剩磁曲线可以极方便地确定出饱和磁化所需要的磁场强度来。

### 1.4.3 退磁曲线和磁能积

退磁曲线是指最大磁滞回线在第二象限中的部分, 即  $H_c$  至  $B_r$  之间的曲线段。如图 1-4-7 所示。

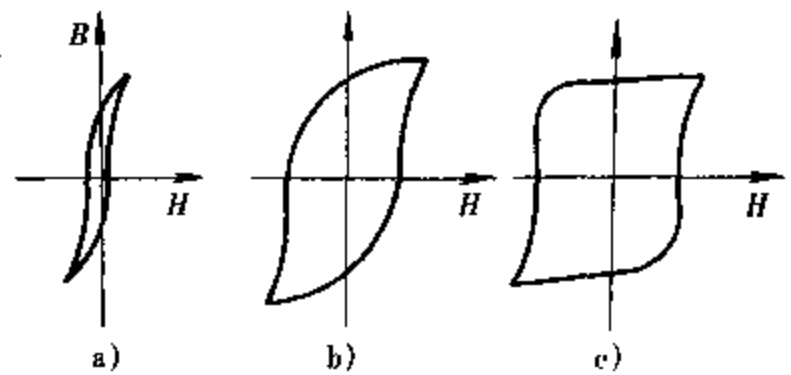


图 1-4-5 不同材料滞回线的比较

a) 软磁材料 b) 半硬磁材料  
c) 硬磁材料

在退磁曲线上任一点所对应的  $B$  与  $H$  的乘积，是标志磁性材料在该点上单位体积内所具有的能量。因为乘积 ( $BH$ ) 的量纲是磁能密度，所以叫 ( $BH$ ) 为磁能积。 $(BH)$  的乘积正比于图中划斜线的矩形面积。可以在退磁曲线上找到一点  $P$ ，其所对应的  $B$  与  $H$  的乘积为最大值，这点叫做最大磁能积点，其值 ( $BH$ ) 叫做最大磁能积。

磁能积是  $B_r$  和  $H_c$  的综合参数，它表明工件在磁化后所能保留磁能量的大小。磁能积的数值越大，表明保留在工件中的磁能越多。这在磁粉探伤中是很有意义的。最大磁能积可采用等磁能曲线法或几何作图法来确定。

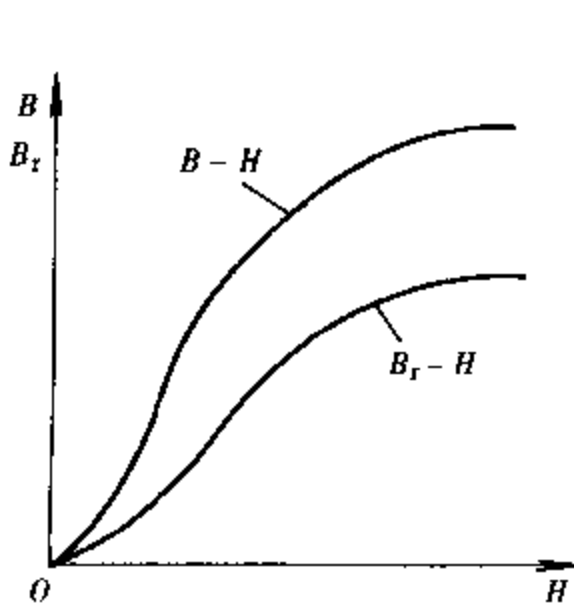


图 1-4-6 磁化曲线和剩磁曲线

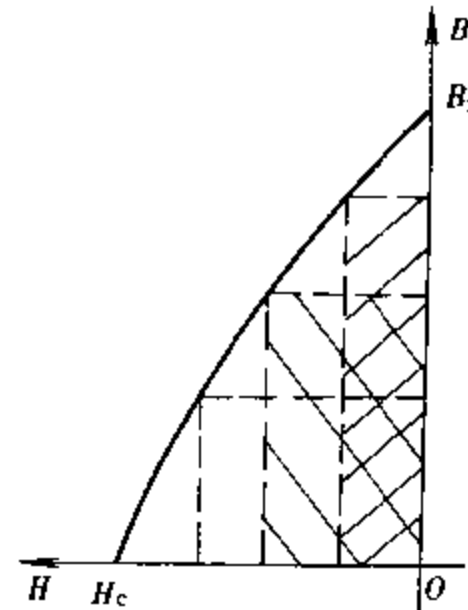


图 1-4-7 退磁曲线和磁能积

几何作图法：如图 1-4-8 所示，在退磁曲线图上，分别过  $H_c$  和  $B_r$  点作  $H$  和  $B$  轴的垂线，两线交于  $Q$  点，连结  $OQ$ ，退磁曲线与  $OQ$  相交的点即为最大磁能积点  $P$ 。

#### 1.4.4 磁特性曲线组介绍

磁特性曲线是反映磁性材料在磁场中变化规律的曲线。铁磁材料的磁性差异，可以反映在有关的材料磁特性曲线上。图 1-4-9 为常见钢铁材料的一组典型磁特性曲线图（仅画出第一、二象限部分）。

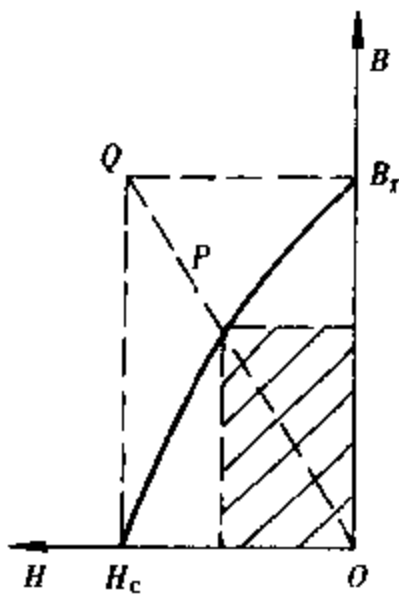


图 1-4-8 最大磁能积点的确定

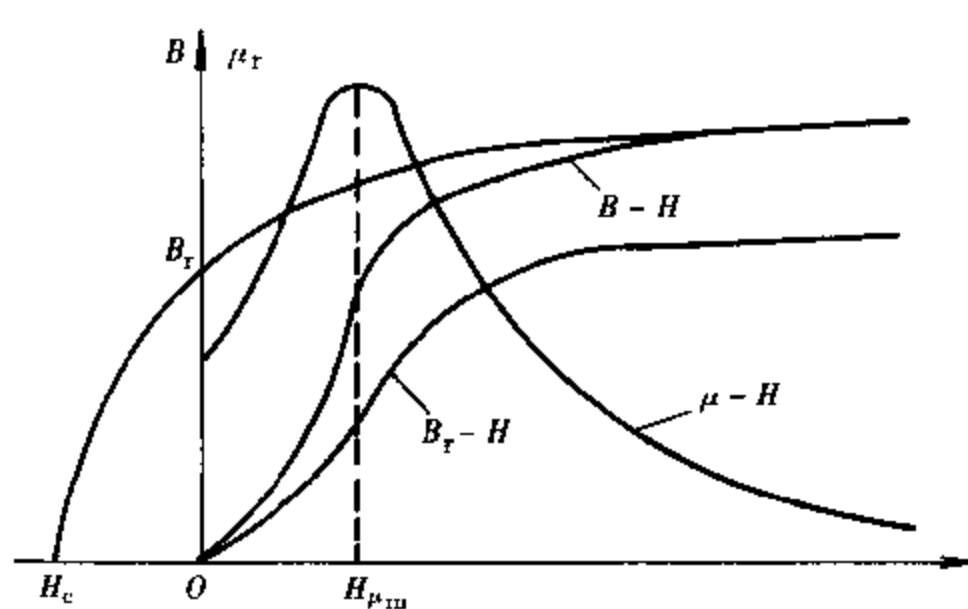


图 1-4-9 钢铁材料的磁特性曲线

图中共有四条曲线：基本磁化 ( $B-H$ ) 曲线、磁导率 ( $\mu-H$ ) 曲线、剩磁 ( $B_r-H$ ) 曲线、磁滞回线（第一、二象限下降部分）。

铁磁材料种类繁多，磁性也有千差万别，但总是符合曲线变化的基本规律的。它们磁性的差异反映在曲线和磁参数的变化上，也反映了材料成分及组织性能等的不同。

## 1.5 影响钢铁材料磁特性的主要因素

钢铁材料的基体是铁，因而大部分具有磁性。它们的磁性并不都是一样的，有的磁性很强，有的较弱，甚至也有不具备磁性的钢。它们的磁性主要受到它的化学成分、材料组织结构等的影响。

### 1.5.1 钢中化学成分的影响

钢分碳素钢和合金钢两大类。在碳素结构钢中，影响磁特性最大的元素是碳。一般地说，随着含碳量的增加，磁性将“硬化”。钢中的合金组元对材料磁性的影响也与碳相似，随着合金元素的种类和含量的增加，材料磁性也将“硬化”。它们在磁特性曲线变化上主要有以下特点：

- ①最大磁导率  $\mu_m$  下降；
- ②出现最大磁导率所对应的磁场强度  $H_m$  值增大；
- ③矫顽力  $H_c$  增大；
- ④最大磁感应强度  $B_m$  有下降趋势；
- ⑤最大磁能积  $(BH)_{max}$  有增大趋势；
- ⑥  $B-H$  曲线在“膝弯点”以前的上升阶段，斜率有减小趋势；

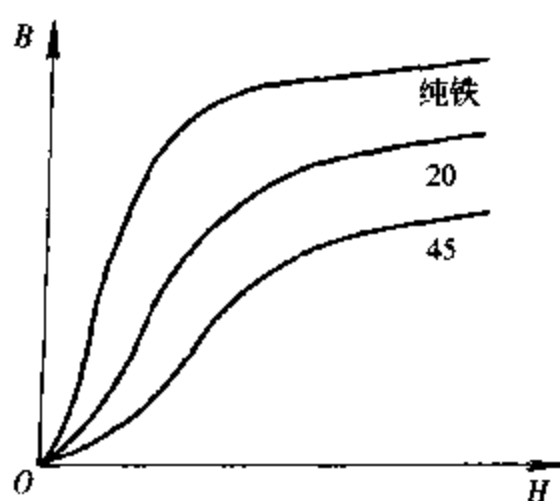


图 1-5-1 几种碳钢的磁化曲线

小趋势；

- ⑦  $\mu-H$  曲线的上升阶段，斜率有减小趋势；
- ⑧磁滞回线向“肥大”方向变化。

图 1-5-1 表示了几种碳钢的磁化曲线。

### 1.5.2 钢材组织结构的影响

#### 1. 晶体结构与大小的影响

钢是一种合金。它的晶体结构与铁的晶体结构有关。从晶体结构来说，面心立方的  $\gamma$  铁是非磁性体，不能被磁化；体心立方的  $\alpha$  铁是铁磁体，可以被磁化。但  $\alpha$  铁具有不同状态，也就具有不同的磁性。在晶格处于平衡状态时，磁性表现为软磁性，即高磁导率，高磁化强度及低矫顽力。随着晶格内碳原子数的增加和晶格歪扭程度的增加，磁导率将降低，矫顽力上升，即磁性变硬。另外晶体大小、组织形状和分布也将影响磁性。晶粒增大时磁性向“软”的方向变化。表 1-1 列出了纯铁晶粒大小与磁性的关系。

表 1-1 纯铁晶粒大小与磁性的关系

晶粒数/ (个/ $\text{mm}^2$ )	最大磁导率 $\mu_m$	矫顽力/ (A/m)	晶粒数/ (个/ $\text{mm}^2$ )	最大磁导率 $\mu_m$	矫顽力/ (A/m)
92.0	2400	48	0.15	-	13
12.1	3700	26	0.0067	4300	5

#### 2. 热处理工艺的影响

不同的热处理工艺对材料的磁特性影响很大。在同一材料中，退火材料与正火材料的磁

性有所差别，而淬火或淬火后再进行回火的材料的磁性也大有差异。通常情况下，淬火后随着回火温度的增高，最大磁导率、饱和磁感应强度增大，矫顽力下降，磁滞回线变狭窄，磁性也变软。其主要原因是热处理改变了材料的组织形态。在各种金相组织中，铁素体、珠光体磁化性能较好（易于磁化），而渗碳体、马氏体则较差。在不同热处理条件下，各种组织成分的含量不相同，因而磁性也不相同，居里温度也不一样。合金钢中组元成分经热处理后形成的组织差异甚大，因而也影响了磁性。如奥氏体不锈钢（Cr18Ni9Ti）在室温下就具有稳定的面心立方结构，因而不具有磁性。而高铬不锈钢（1Cr13等）在室温下主要成分为铁素体和马氏体，因而具有一定的磁性。

一般说来，在化学成分相同的情况下，不同热处理状态对磁性参数及部分磁特性曲线影响如下：

①退火状态的最大磁导率  $\mu_m$  和最大磁感应强度  $B_m$  比正火状态或淬火后回火状态下的  $\mu_m$  和  $B_m$  高。而矫顽力  $H_c$ 、最大磁能积  $(HB)_{max}$  和出现最大磁导率所对应的磁场强度  $H_{\mu_m}$  等参数，其退火状态均较正火状态或淬火后回火状态的相应参数为低。

②材料淬火后随回火温度的升高，各参数及部分磁特性曲线基本符合以下的变化规律：最大磁导率  $\mu_m$  增大；最大磁感应强度  $B_m$  增大；矫顽力  $H_c$  下降；出现最大磁导率时所对应的磁场强度  $H_{\mu_m}$  减小； $\mu-H$  曲线的上升线段斜率有增大的趋势； $B-H$  曲线在“膝弯点”以前的上升线段，斜率有增大的趋势；磁滞回线向“狭窄”方向变化；材料磁性总体向“软”的方向变化。

图 1-5-2 表明了热处理工艺对材料磁性的影响情况。

### 3. 其他加工工艺的影响

钢铁材料在采用热加工工艺（铸造、锻造、热处理、焊接等）时，其对材料磁性的影响主要来自于组织结构变化。而冷作业加工时，将使材料的各向异性变大，如冷拔、冷轧、冷挤压等加工工艺都将造成在加工方向和非加工方向磁性的差异。一般说来，经过冷加工工艺制作的材料，表面将硬化。随着表面硬度的增加，材料表面的磁性也将有所减弱，即磁性局部变“硬”。而且在各个方向上的磁性也略有不同。

## 1.6 钢铁材料磁特性曲线的测试

铁磁材料的磁性参数可以用多种方法进行测定。常见的有冲击法测磁仪、静态磁特性记录仪、动态磁特性观测仪等。其中，冲击法是其中常用而且精度较高的一种。其精度一般在 3% 以内。本书介绍的这些常用钢材的磁特性曲线，就是采用冲击法测磁仪器测得的静态磁特性曲线。

冲击法测磁仪通常由磁性材料测量仪、磁导仪和冲击式检流计三部分组成。它依据电磁感应原理，用冲击式检流计测量当磁通发生迅速变化时被测样品在测量线圈中感生的电量，再根据电量与磁通的关系测出其磁性参数。

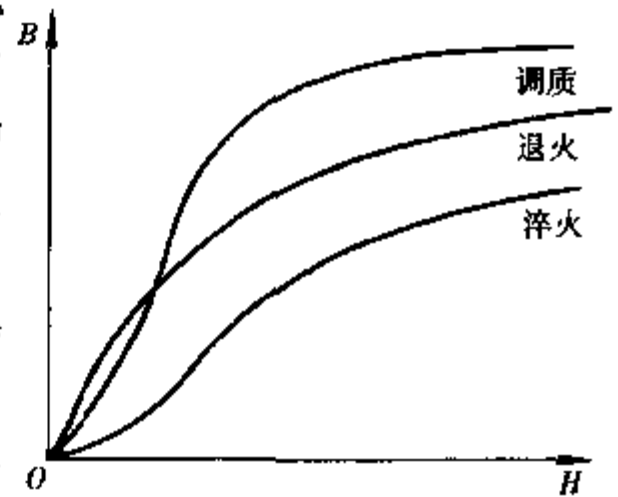


图 1-5-2 热处理引起磁化曲线的变化



测试原理图如图 1-6-1 所示。

图中  $T_1$  是标准互感器， $T_2$  是要测试的铁心线圈， $S_1$  是电流倒向开关， $S_2$  是测试磁感应强度或磁场强度值的转换开关。 $W_1$ 、 $W_2$  分别为标准互感器的一、二次线圈。从图 1-6-1 中可以看出，当  $T_1$  的一次回路  $W_1$  的开关  $S_1$  闭合（或开启）时，一次绕组中电流发生了变化。根据法拉第定律，在二次绕组  $W_2$  两端将产生感应电动势。若在二次绕组两端接入检流计将发生偏转。其方程式为

$$N_2 d\Phi/dt = R_2 i + L_2 di/dt$$

式中， $\Phi$  为磁通； $i$  为瞬时通过的电流值； $R_2$  为线路中的电阻值  $RH_H$  或  $RH_B$ ， $L_2$  为测试回路中二次线圈的电感量； $N_2$  为二次绕组  $W_2$  的匝数。

将上式在电流变化的时间（ $t_1$  至  $t_2$ ）内积分，并注意到起末瞬间电流  $i=0$  时，可得

$$N_2 \cdot \Delta\Phi = QR_2$$

式中， $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ ， $Q$  为通过  $W_2$  检流计  $G$  的电量。

由于检流计的作用，上式又可表达为

$$N_2 \cdot \Delta\Phi = QR_2 = K\alpha$$

$K$  为检流计的冲击常数，是一个定值。 $\alpha$  是检流计通过电流时的偏转度，用长度分格值表示。在  $K$  和  $N_2$  保持不变时，磁通  $\Phi$  与检流计偏度  $\alpha$  成正比。测试时，先用标准互感器对检流计进行磁场刻度校正，再将待测铁心置入测试线圈中，再对一次绕组  $W_1$  加上一系列变化的冲击电流值，就能通过对检流计偏度的测量得到磁能的变化规律，得出一系列反映磁性的参数。

测试试样有环形和条形两种。环形试样加工较为困难，但测试精度较高。条形试样加工方便，但要使用专用的磁轭装置——磁导仪。本书中所有的曲线测试均采用条形试样，尺寸为  $250\text{mm} \times 10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 。条形试样有漏磁等因素，测试误差比环形试样略大，一般为  $3\% \sim 5\%$ 。

## 1.7 磁特性曲线的应用

### 1.7.1 利用磁特性曲线选取磁粉探伤磁化电流规范

磁粉探伤是一种常用的无损探伤方法。它是基于铁磁材料磁化后在缺陷处产生漏磁场并吸附磁粉这一现象来发现缺陷的。能够不破坏材料或工件就能准确地将试件表面或近表面的缺陷检查出来。它适用于各种铁磁性材料。有三个必要的步骤：

- ①被检验的工件必须得到合适的磁化；
- ②必须在磁化的工件上施加合适的磁粉；

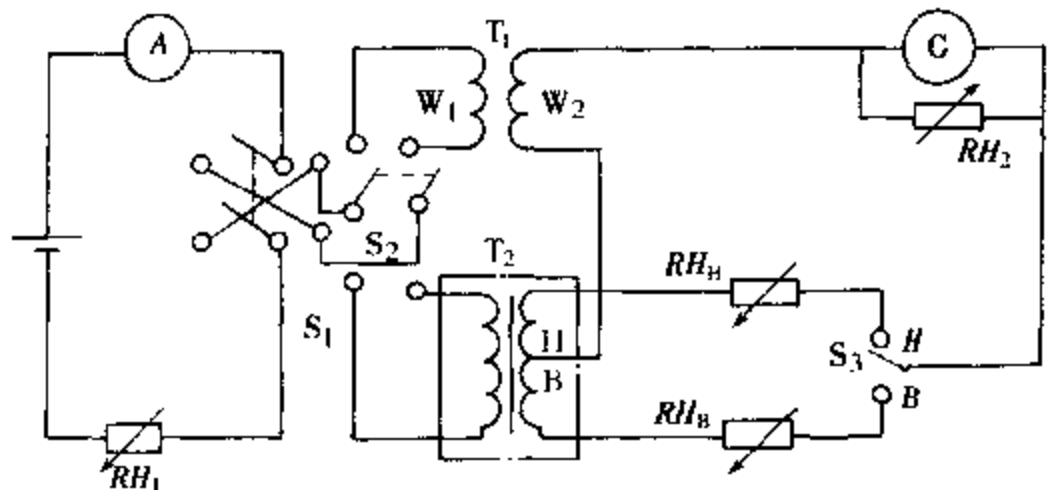


图 1-6-1 磁性材料测量仪工作原理

③对任何磁粉的堆积必须加以观察和解释。

其中，合适的磁化就是对被检测的试件采用相应的磁化方法和磁化电流规范进行磁化。使其缺陷处的漏磁场足以反映缺陷的大小与形状。

### 1. 磁化工作点选择的基本原则

磁粉探伤中，工件磁化场的工作点应根据磁感应强度  $B$  值进行选择。不同类型缺陷显现时所需要的  $B$  值是不相同的。一般说来，表面上较大的缺陷（如淬火裂纹）所需要的  $B$  值较低，而较小缺陷（如发纹）或埋藏较深的缺陷需要的  $B$  值较高。为了保证有足够的  $B$  值在工件上产生漏磁场，磁化场  $H_p$  应大于一定的数值。对于不同的材料来说，有  $H_p > H_{\mu_m}$ 。 $H_{\mu_m}$  是最大磁导率时所对应的磁场强度值，在该磁场下的磁感应强度  $B$  值点是过原点作磁化曲线切线的切点。

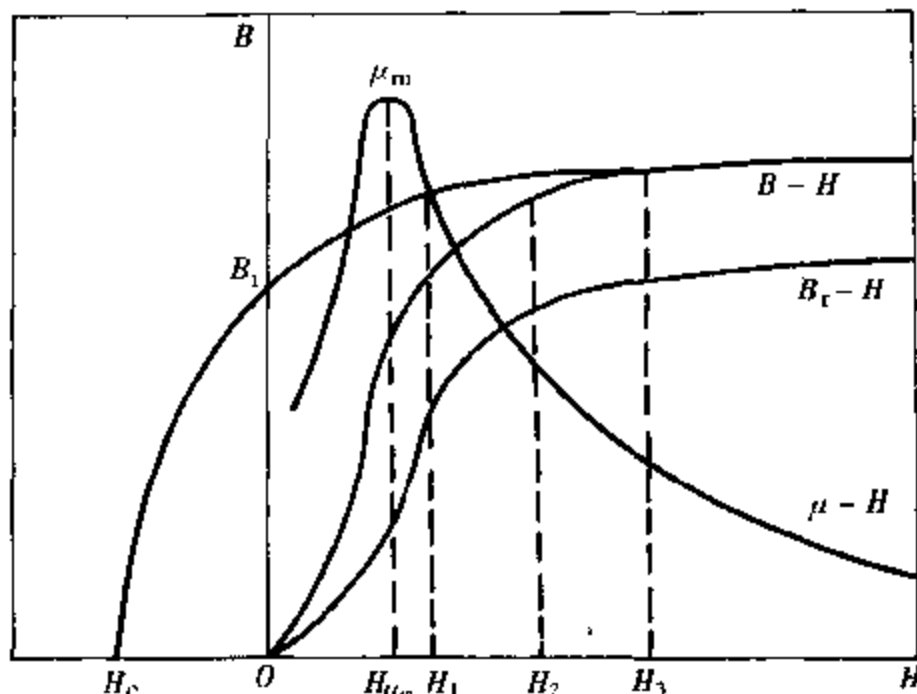


图 1-7-1 周向磁化规范的制定

该点以下的磁化曲线部分，反映为材料

磁化尚不充分，不能作为选择磁化规范的依据。该点以上的部分，即从  $H_{\mu_m}$  起，反映在材料磁导率从最大值开始下降，磁感应曲线从急剧上升逐渐变得趋于平缓，形成了所谓“膝弯点”（拐点）。若在这点以上选取材料的磁化场强度，一般能得到满意的效果。

从磁化场强度的选取中，应注意连续法和剩磁法的不同。连续法探伤可用于任何磁性材料，而剩磁法只能适用于保磁性能较强的材料及其制品的探伤。由于材料的保磁性能主要与材料的剩余磁感应强度  $B_r$ 、矫顽力  $H_c$  及最大磁能积  $(HB)_{\max}$  的大小有关，因此能否实行剩磁探伤应根据上述参数综合考虑。一般在  $B_r > 0.8T$ ， $H_c > 1000A/m$ ，或者  $(HB)_{\max} > 0.4kJ/m^3$  时均可进行剩磁探伤。

### 2. 周向磁化规范的制定

图 1-7-1 及表 1-2 介绍了周向磁化规范制定的基本原则。下面分别予以说明。

表 1-2 周向磁化规范选择

规范名称	探伤方法		应用说明
	连续法	剩磁法	
严格规范	$H_2 \sim H_3$ 基本饱和区	$H_3$ 以后饱和区	适用于特殊要求或进一步鉴定缺陷性质的工作
标准规范	$H_1 \sim H_2$ 近饱和区	$H_3$ 以后饱和区	适用于较严格的要求
放宽规范	$H_{\mu_m} \sim H_1$ 激烈磁化区	$H_2 \sim H_3$ 基本饱和区	适用于一般的要求（发现较大的缺陷）

(1) 连续法 连续法周向磁场的选择一般选择在  $H_{\mu_m} \sim H_3$  之间为宜，如图 1-7-1 所示。具体选择方法如下：

①标准磁化规范磁化场选取在  $H_1 \sim H_2$  之间，此时磁感应强度近饱和，约为饱和磁感应强度的 80% ~ 90%。以该范围的磁场来磁化工件时，工件表面细小缺陷很容易检查出来。

②放宽磁化规范磁化场选取在  $H_{\mu_m} \sim H_1$  的激烈磁化区域, 以该范围的磁场去磁化工件时, 工件表面较大的缺陷能形成较强的漏磁场, 使缺陷显现。

③严格磁化规范磁化场可选取在  $H_2 \sim H_3$  的基本饱和区范围, 此时表面及近表面细微缺陷均能清晰显示。

(2) 剩磁法 剩磁法探伤时的磁化场应选取在远比  $H_{\mu_m}$  大的磁场范围。这样, 当去掉磁化场后, 工件上的剩磁和矫顽力才能保证有足够大的数值, 确保工件具有足够的剩余磁性产生漏磁场, 从而将缺陷发现出来。

选择时放宽磁化规范一般在  $H_2 \sim H_3$  的基本饱和磁化区, 而标准规范则应选择  $H_3$  以后的饱和磁化区。

(3) 周向磁化规范制定举例 为了说明利用磁特性曲线选取磁化规范的方法, 现举例说明:

例题: 有一轴, 材料为 30CrMnSiA, 原材料进厂前经  $900^\circ\text{C}$  正火处理, 现车制成  $\phi 50\text{mm}$  的轴胚后进行热处理, 热处理工艺是  $880^\circ\text{C}$  油淬,  $300^\circ\text{C}$  回火, 然后磨削加工成  $\phi 48\text{mm}$  的成品轴, 若进行周向磁化检查表面细小缺陷, 求胚料和成品探伤的方法和磁化电流。原材料及成品的磁特性曲线如图 1-7-2 所示。

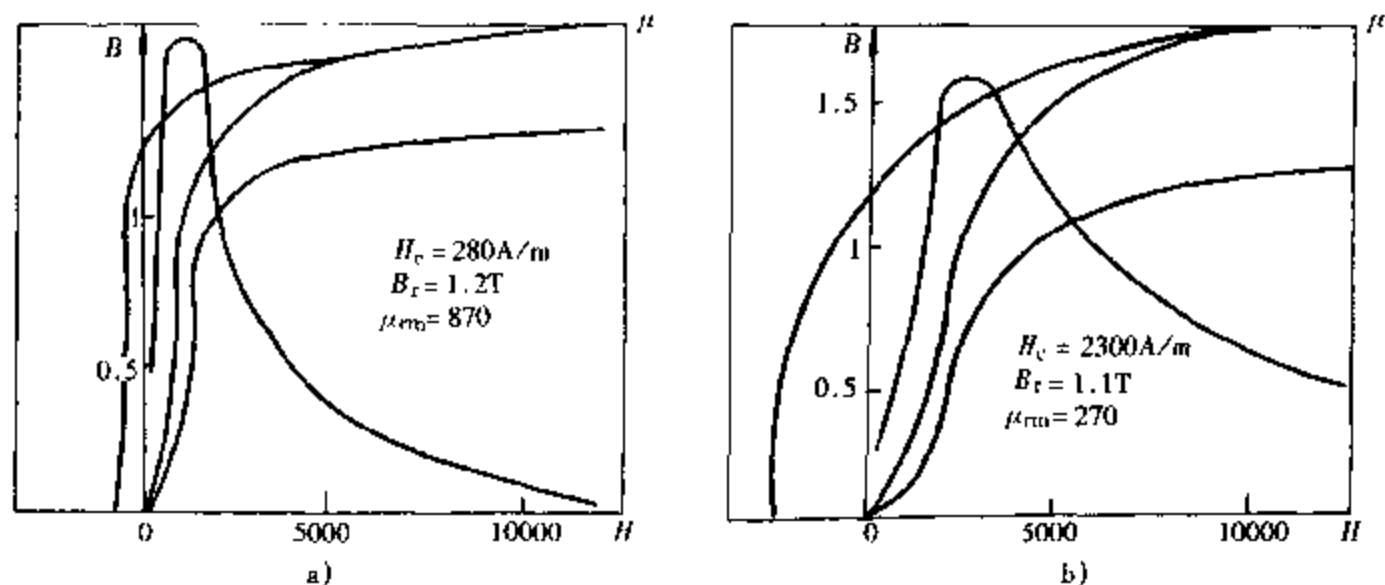


图 1-7-2 30CrMnSiA 磁特性曲线

a) 原材料状态 b) 调质状态

解: 1) 原材料 (胚料) 检查

从图 1-7-2a 可知, 其  $B_r = 1.2\text{T}$ ,  $H_c = 280\text{A/m}$ ,  $(BH)_{\max} = 0.135\text{kJ/m}^3$ , 其保磁性能差, 只能采用连续法探伤。因要求检查细小缺陷, 故采用标准规范磁化。其磁感应强度  $B$  约为  $1.4\text{T}$ , 磁场强度  $H$  约为  $2600\text{A/m}$ 。由此可以计算:

$$D = 50\text{mm} = 0.05\text{m}$$

$$I = \pi DH = 3.14 \times 0.05\text{m} \times 2600\text{A/m} = 400\text{A}$$

2) 成品检查

从图 1-7-2b 中可知, 其  $B_r = 1.1\text{T}$ ,  $H_c = 2300\text{A/m}$ , 最大磁能积  $(BH)_{\max} = 1.178\text{kJ/m}^3$ , 均很大, 可以采用剩磁法探伤。剩磁法应在饱和磁感应强度时进行, 即  $B \approx 1.7\text{T}$ , 查此处磁场强度  $H$  为  $14000\text{A/m}$ , 由此计算:

$$D = 48\text{mm} = 0.048\text{m}$$

$$I = \pi DH = 3.14 \times 0.048\text{m} \times 14000\text{A/m} = 2100 (\text{A})$$

若采用连续法，其磁感应强度  $B \approx 1.4\text{T}$ ，此时磁场强度  $H$  约为  $4800\text{A/m}$ ，相应磁化电流应为

$$I = \pi DH = 3.14 \times 0.048\text{m} \times 4800\text{A/m} = 720\text{A}$$

### 3. 纵向磁化规范的确定

在纵向磁化中，由于存在着反磁场，工件内的有效磁场不等于磁化磁场，并且工件中各处的退磁因子不同，因而各处的反磁场也不一样。要用磁特性曲线确定纵向磁化规范，必须首先确定工件表面的有效磁场。而这有效磁场又与磁化装置的线圈参量常数及工件退磁因子有关。这些都使得表面磁场计算困难。因此，在纵向磁化规范选择上多用经验公式，很少直接用磁特性曲线来确定其磁化规范，而多数是用它来定性地对规范进行分析。

## 1.7.2 利用材料磁性进行电磁检测

### 1. 电磁检测技术的基本原理

电磁检测实际上是一种以电磁基本原理为基础的无损检测技术。与磁粉探伤、涡流探伤一样，都是利用材料在电磁作用下呈现的电学和磁学性质来判断材料内部组织、有关性能和几何形状变化的。它们的区别仅仅在于：前者以测试组织性能为主，后者以探伤检查缺陷为主。磁粉探伤利用的是工件漏磁场对磁粉的吸引来显现缺陷，而电磁检测是利用材料自身的磁学特性在不同材料及不同处理中的变化来区分其性质的。这些特性可以用特制的仪器进行测定，通过对其反映的电信号进行分析比较就可得出有关材料的性能参数来。

钢铁材料制品的成分和组织结构对其磁学性能和力学性能均有显著的影响。钢铁制品的成分和组织结构的不同，必然导致其物理性能和力学性能的不同。其中，材料的磁学性能在很大程度上反映了制品的成分、组织结构与力学性能。如果经试验确认材料的磁学性能指标与力学性能指标的单值相关关系，则可用电磁方法来测定其力学性能等参数。以对材料的热处理检测质量为例，只要事先获知或试验找出钢铁成分、组织结构和力学性能与磁学参数  $\mu$ 、 $B_r$ 、 $H_c$  在相应范围内所具有的相互关系，则通过对这些磁性参数的测量，结合事先测得的关系曲线就可得到其成分或力学性能指标。

测定材料的其他特性的方法也是一样。只要找到材料磁性与其他各种特性间的单值关系，就能够利用材料的磁性来表示相关的特性。通常的检测方法，有初始磁导率法、剩磁法和矫顽力法等。究竟采用哪种方法，则应从检测原理、检测方法和仪器设备等综合进行考虑。

电磁检测技术的发展是与检测仪器设备的发展密切联系的。高灵敏度和高可靠性的磁电转换装置与电子电路的分析处理技术的采用，使各种电磁检测的原理正式用在工业生产上。

### 2. 电磁检测技术的应用

(1) 钢种分选 主要用于对钢铁材料混料的分选及钢号的鉴别。这是当前应用最为成熟的技术，可以分选的钢种较多，特别是对于一些磁性差异较大的钢种，鉴别效果尤其良好。

分选方法有磁测法和磁感应法（涡流法）两大类。其中磁测法又有矫顽力法、剩磁法和点板式剩磁法等检测方法。磁测法多用于对成批生产的铁磁性小零件，特别是长径比较小的短试件。磁感应法通常采用差动法的穿过式线圈，将被测试件与标准试件进行电磁性能的比较进行分选。

目前国内已制成多种钢种分选的设备，如“GF型钢种分选仪”、“GDC型钢种材料电磁无损检测仪”等。重点解决了供货状态下的各种钢铁材料的混料分选和碳素结构钢的无损定

碳等问题。

(2) 硬度分选 可以对热处理后的钢件进行硬度分选,也可以对连续退火带钢的硬度进行测定,甚至对一些铸铁的硬度进行分选。

分选主要利用不同钢材的磁学性能与其力学性能的对应性进行的。常用的检测方法有剩余磁场法、矫顽力法、磁导率法以及动态磁化损失法和感应磁化(涡流)比较法等多种。

目前国内制成的硬度分选设备有“GY型钢铁硬度分选仪”、“SZGY型数字式钢铁硬度分选仪”、“STGYG型数字式钢铁硬度分选仪”等。可以用仪器直接显示被测钢铁件的布氏、洛氏和维氏硬度值,检测精度可达 $\pm 1\text{HRC}$ 或 $\pm 10\sim 15\text{HB}$ 左右。

(3) 表面硬化层覆盖层深度的测定 主要用于检查钢铁制品表面硬化层或渗层深度,也可以测量铁磁材料基体上的非铁磁性覆盖层(如镀层、漆层等)。

检测方法主要有剩余磁场法、矫顽力法、谐波电压分析法以及涡流法、吸力法、电容法和热电势法等。

(4) 应力和残余应力的测定 根据试件加载后磁导率的变化导致感应电流的变化,对应力和残余应力进行测定。

(5) 晶粒度的测定 利用巴克豪森效应测定钢的平均晶粒度大小。

(6) 力学性能的测定 利用材料磁性测定钢材的力学性能,如:抗拉强度、相对伸长率和屈服点。

另外,利用对材料的电磁检测还可以测定焊接金属中的 $\delta$ 铁素体、球墨铸铁的球化率及钢中残余奥氏体等。

## 第 2 章 常用钢材磁特性曲线

因测量试验工作大部分是在 20 世纪 80 年代初完成的, 因此所用钢材仍为旧钢号。图中共有四条曲线: 基本磁化 ( $B-H$ ) 曲线、磁导率 ( $\mu-H$ ) 曲线、剩磁 ( $B_r-H$ ) 曲线、磁滞回线 (第一、二象限下降部分)。图注中的  $\mu_{rm}$  为最大相对磁导率。

### 2.1 碳素结构钢

#### 1. 10 钢

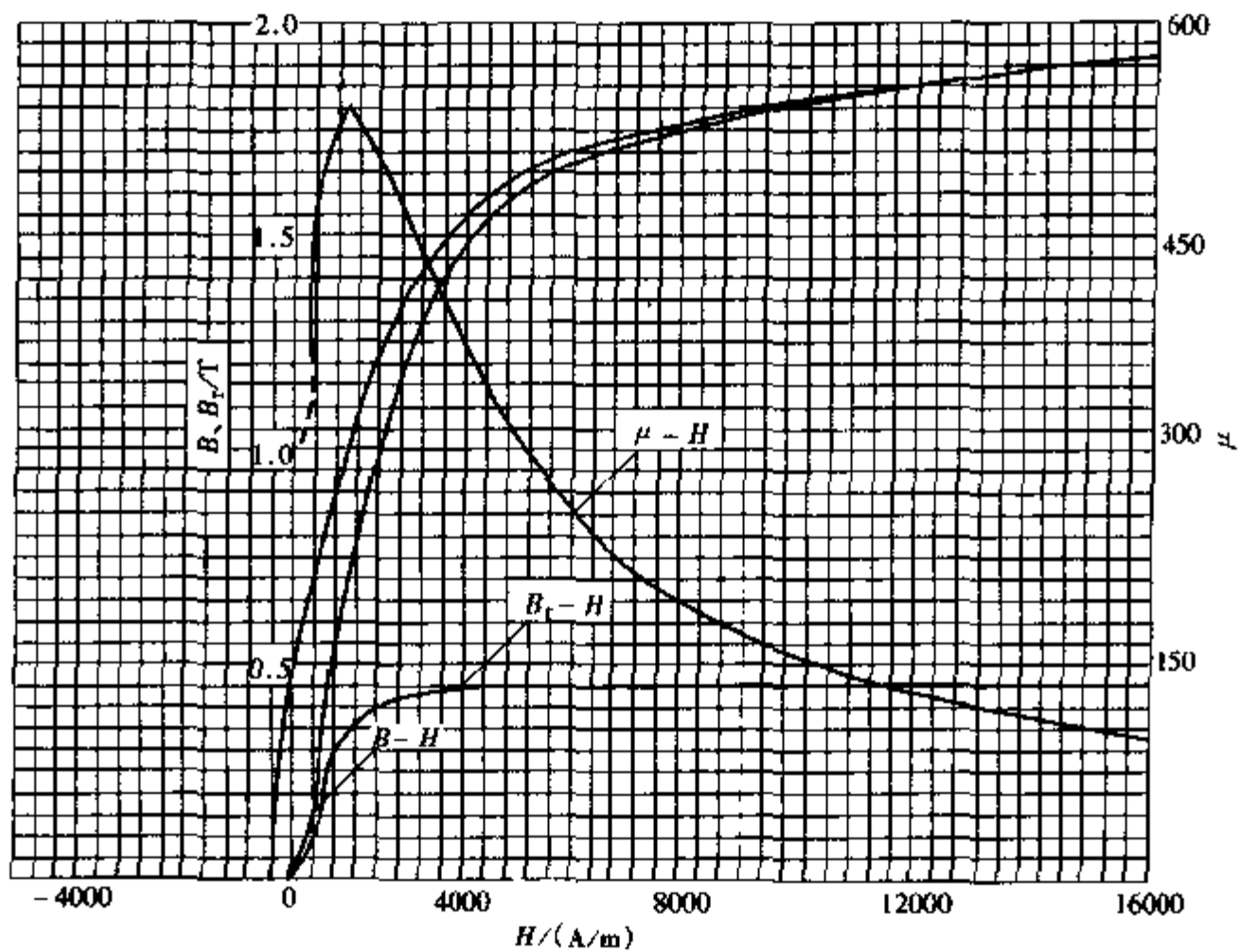


图 2-1-1 10 钢 (冷拉状态)

$$H_c = 360 A/m \quad B_r = 0.46 T \quad \mu_{rm} = 542 \quad H_{\mu} = 960 A/m \quad (HB)_{max} = 0.048 kJ/m^3$$

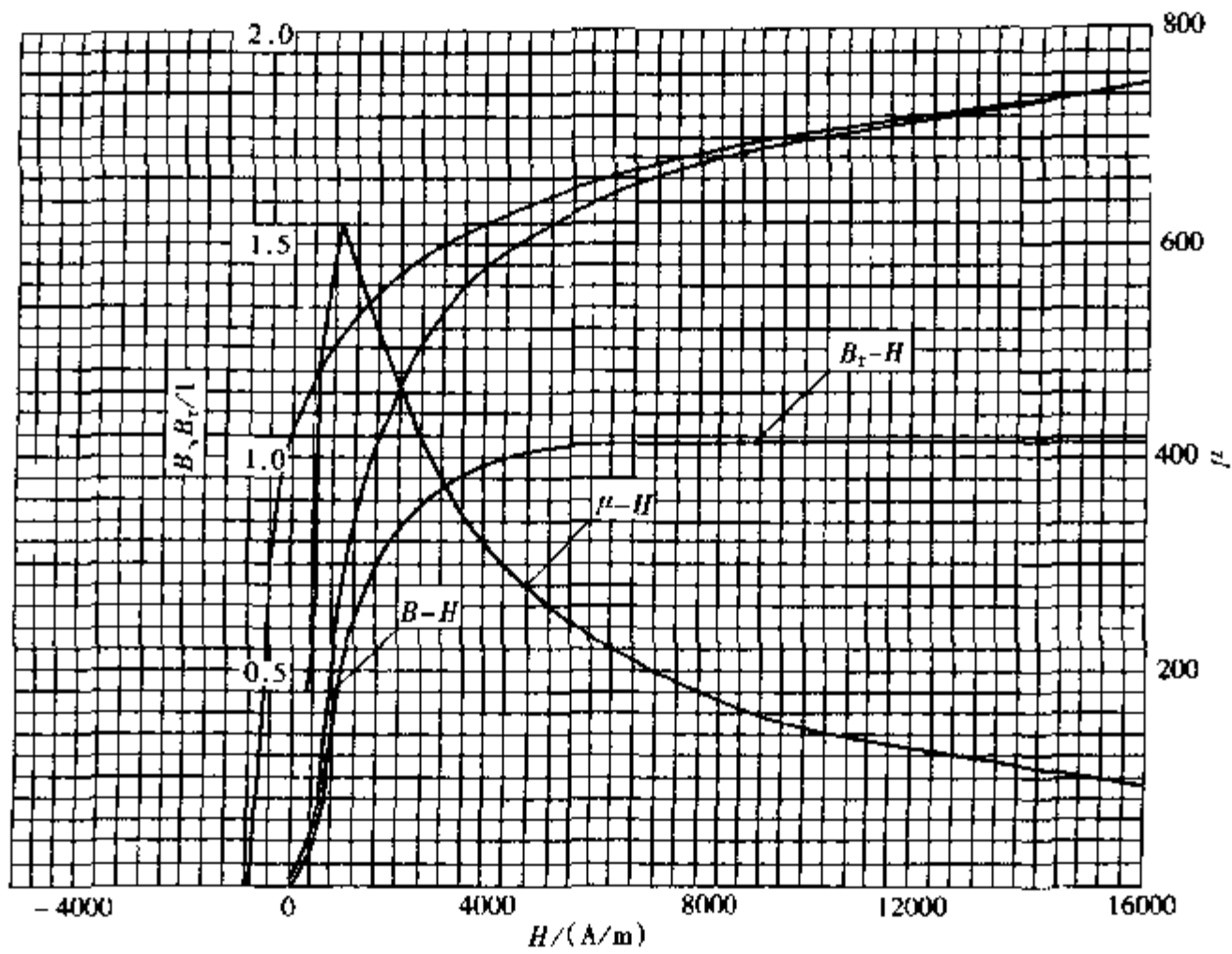


图 2-1-2 10 钢 (860℃液体碳氮共渗, 160℃回火)

48HRC  $H_c = 680 \text{ A/m}$   $B_r = 1.035 \text{ T}$   $\mu_{im} = 620$   $H_{\mu} = 920 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.288 \text{ kJ/m}^3$

2. 15 钢

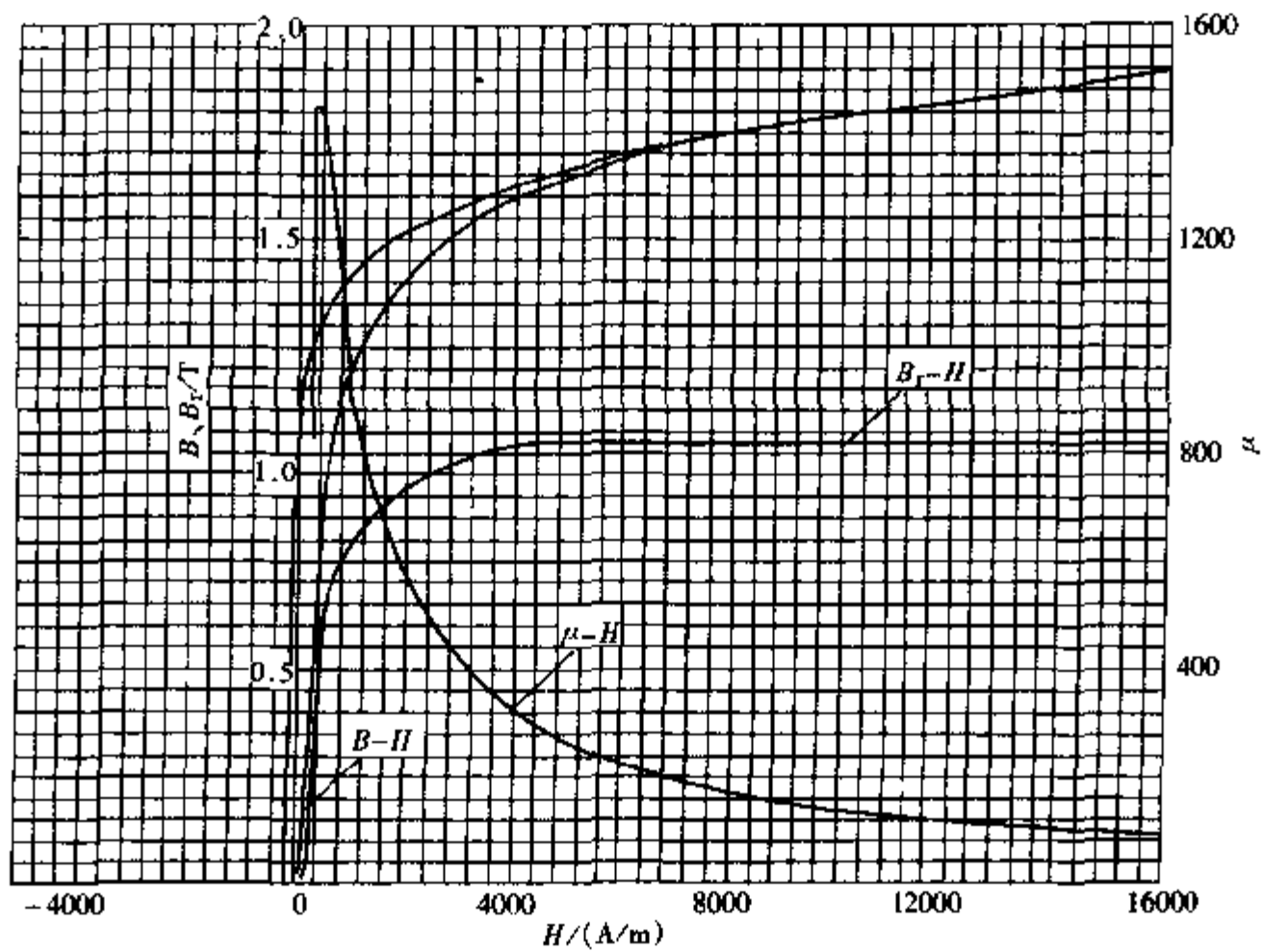


图 2-1-3 15 钢 (910℃渗碳 1mm, 860℃水淬, 250℃回火)

$H_c = 224 \text{ A/m}$   $B_r = 1.02 \text{ T}$   $\mu_{im} = 1450$   $H_{\mu} = 224 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.088 \text{ kJ/m}^3$

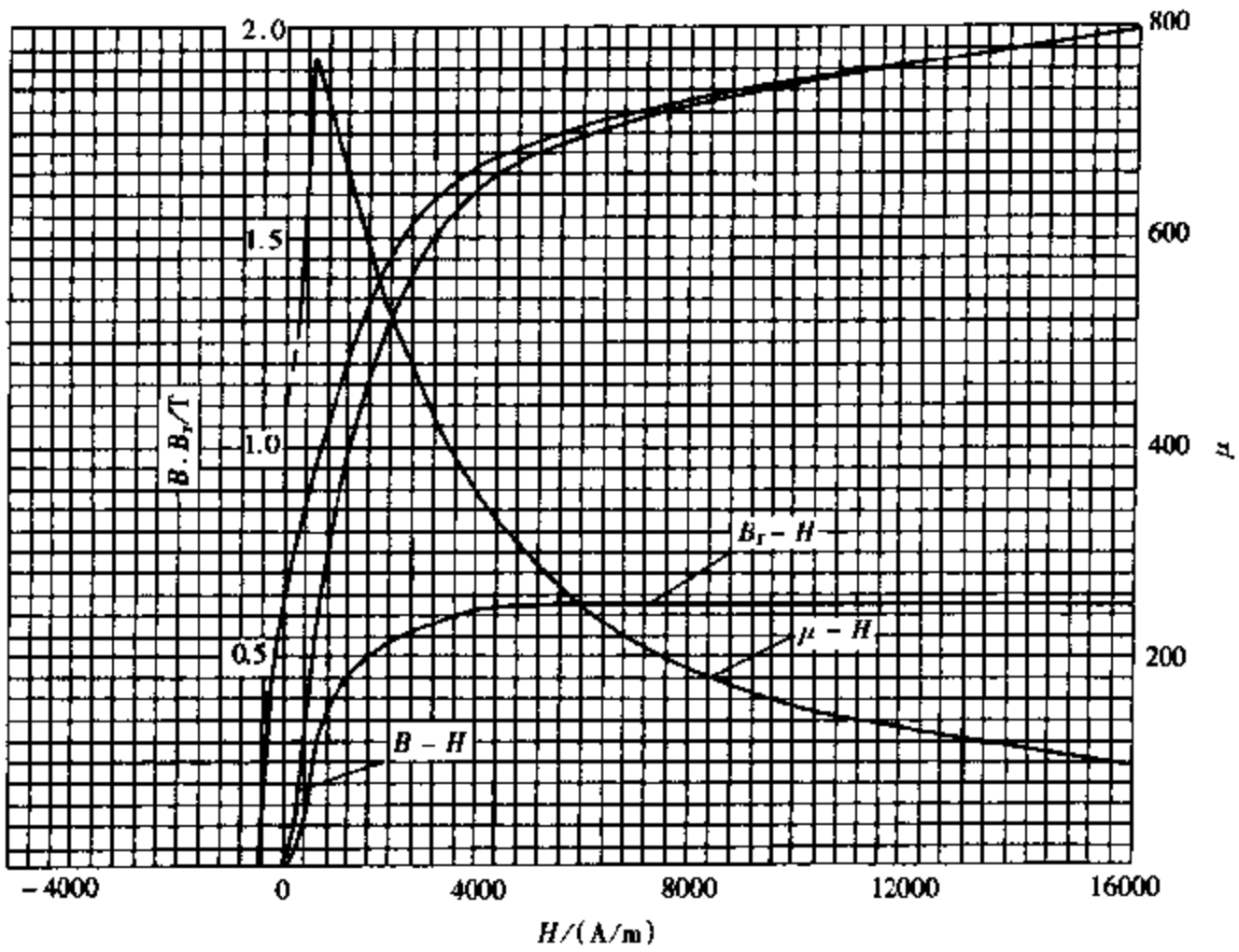


图 2-1-4 S15A 钢 (材料供应状态)

127HBS  $H_c = 440\text{A/m}$   $B_r = 0.625\text{T}$   $\mu_{r,m} = 768$   $H_{\mu_m} = 544\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.104\text{kJ/m}^3$

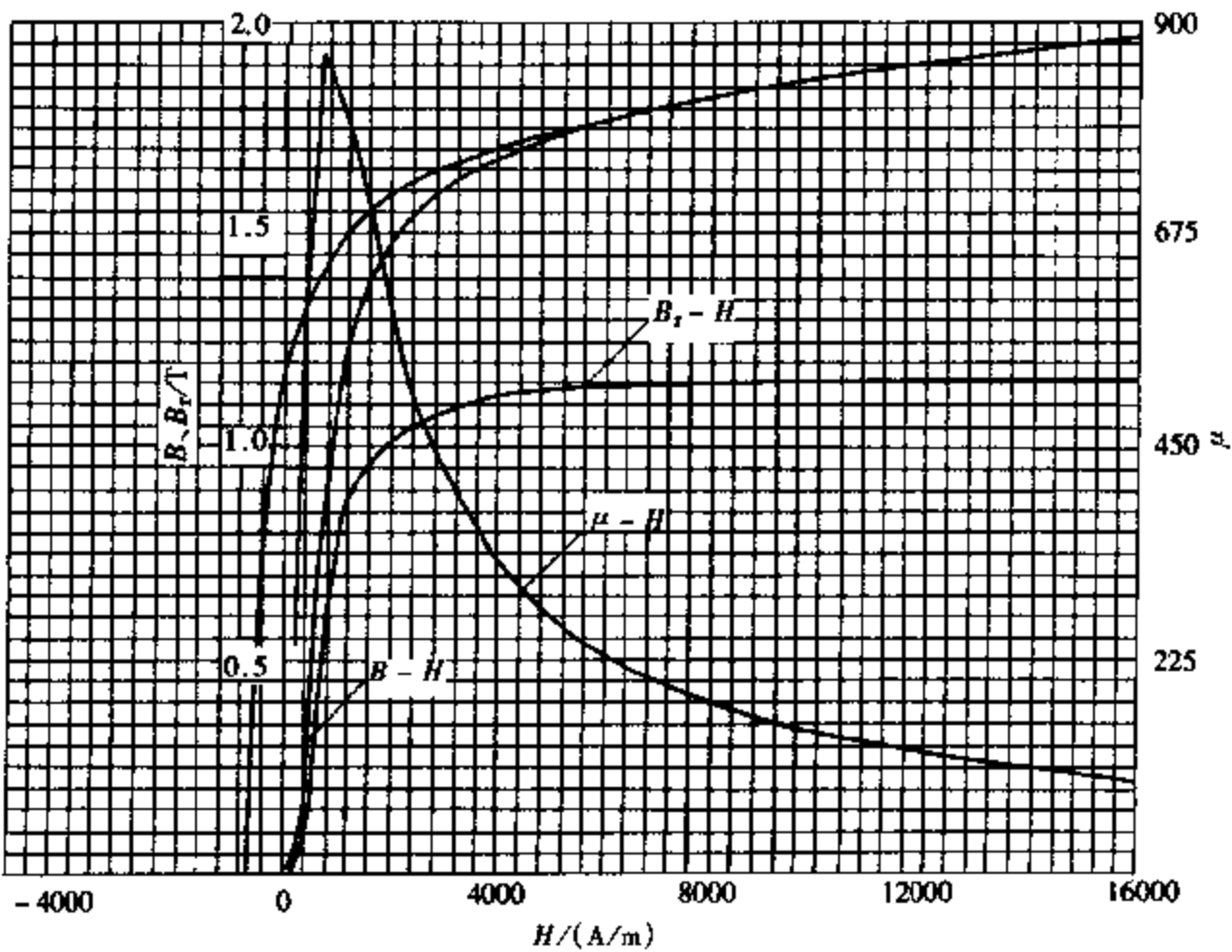


图 2-1-5 S15A 钢 (冷拉状态)

179HBS  $H_c = 576\text{A/m}$   $B_r = 1.16\text{T}$   $\mu_{r,m} = 866$   
 $H_{\mu_m} = 720\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.34\text{kJ/m}^3$



3. 20 钢

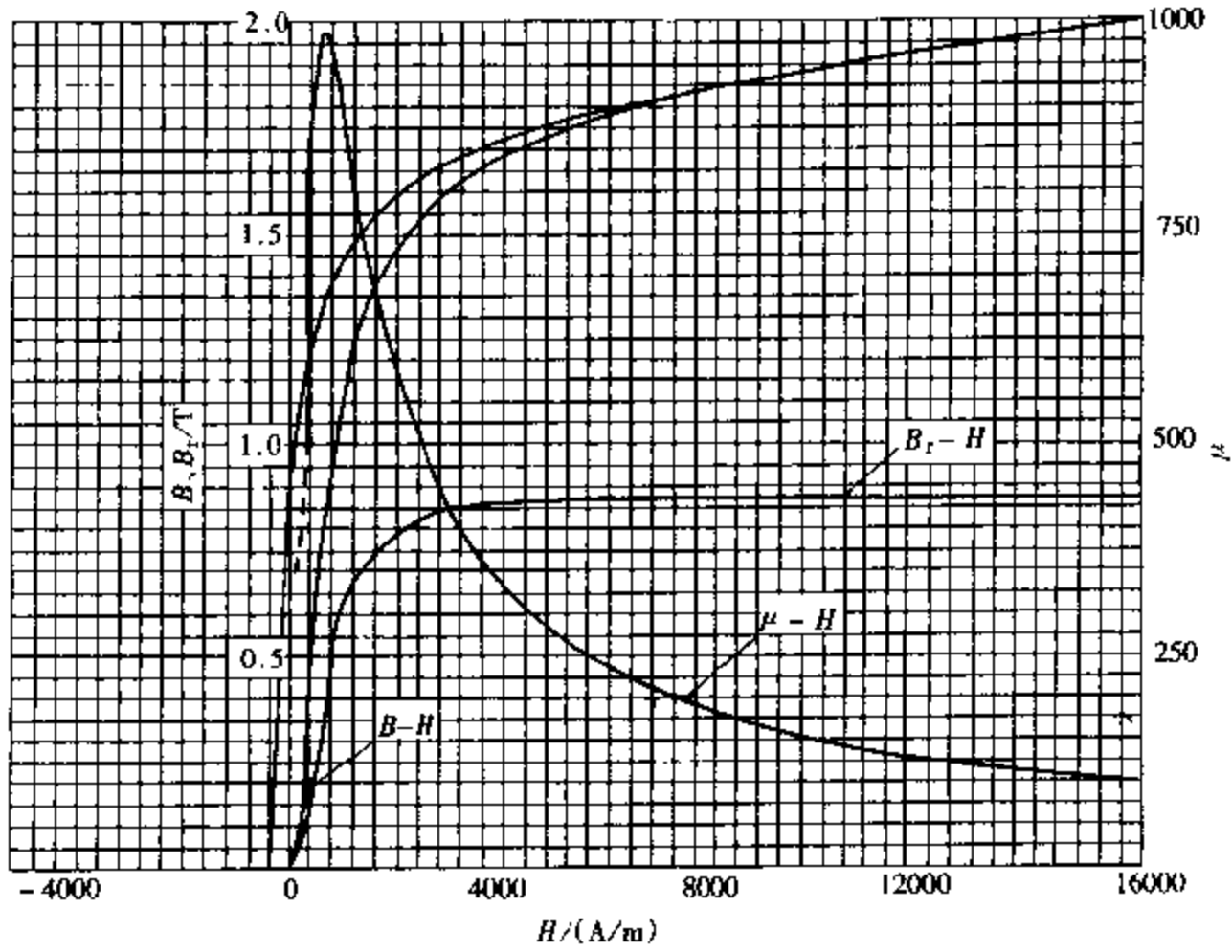


图 2-1-6 20 钢 (材料供应状态)

163HBS  $H_c = 376\text{A/m}$   $B_r = 0.865\text{T}$   $\mu_{cm} = 989$   $H_{\mu_m} = 640\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.104\text{kJ/m}^3$

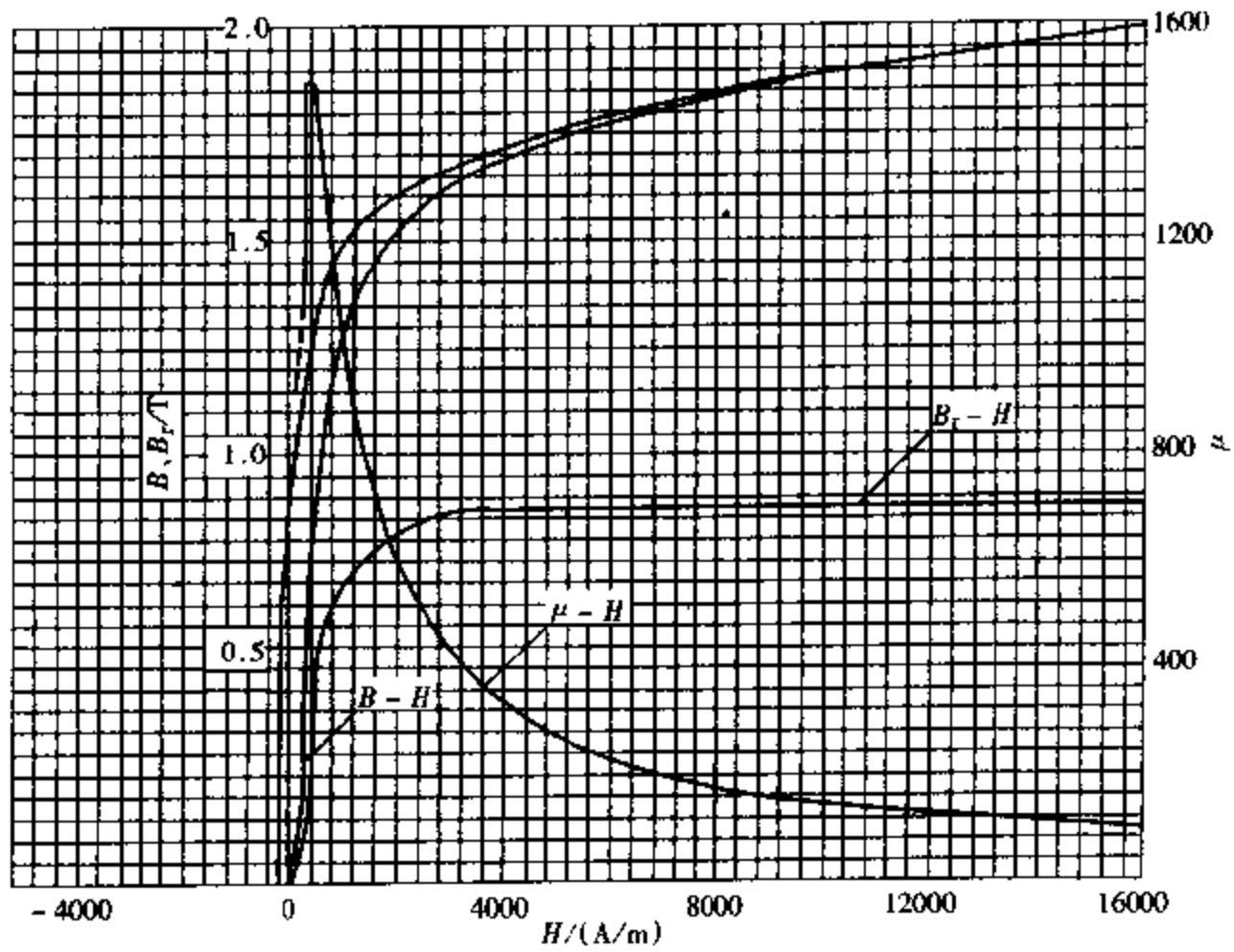


图 2-1-7 S20A (材料供应状态)

107HBS  $H_c = 224\text{A/m}$   $B_r = 0.88\text{T}$   $\mu_{cm} = 1500$   $H_{\mu_m} = 400\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.112\text{kJ/m}^3$

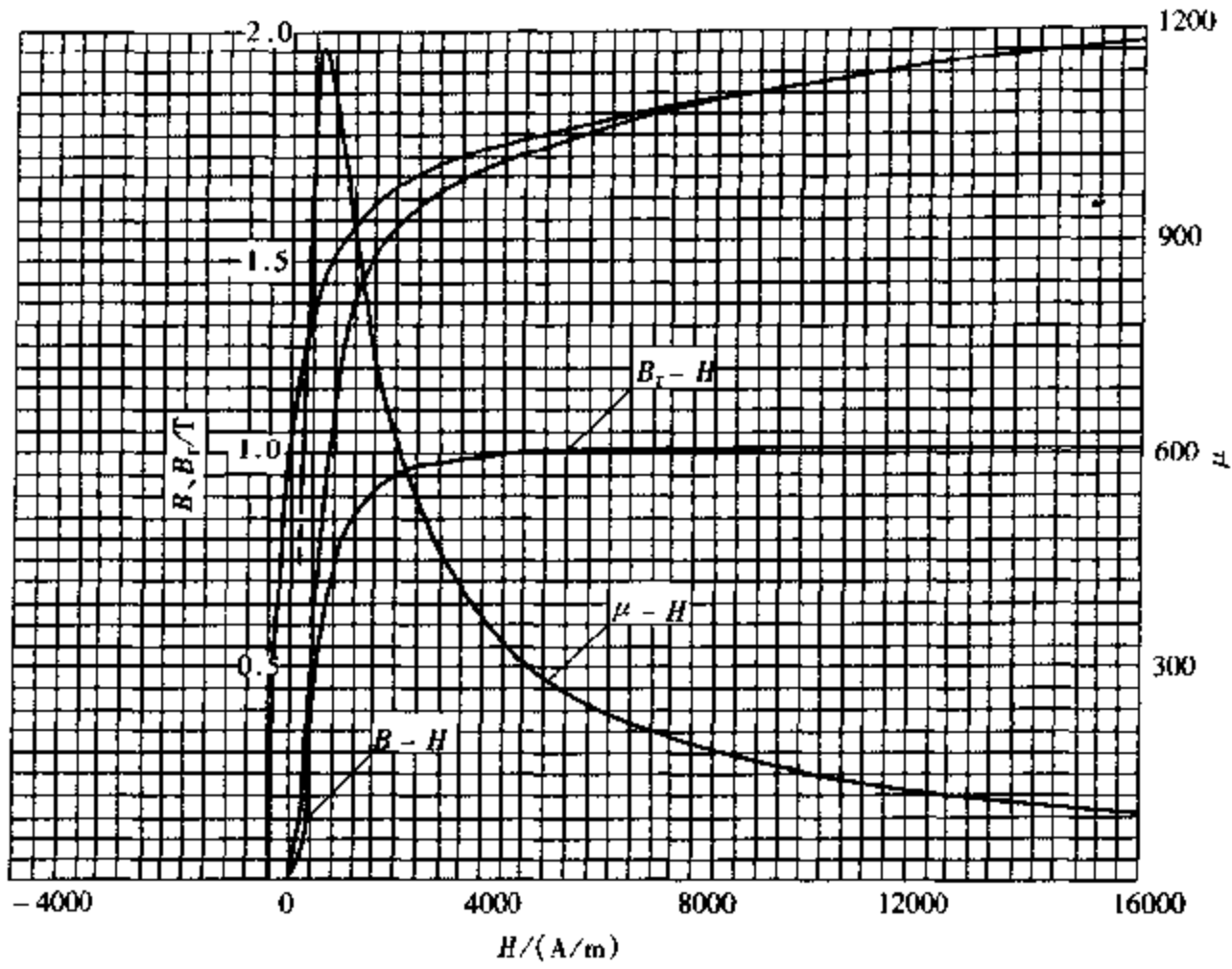


图 2-1-8 S20A (材料供应状态)

143HBS  $H_c = 344\text{A/m}$   $B_r = 1.01\text{T}$   $\mu_{rm} = 1177$

$H_{jm} = 544\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.16\text{kJ/m}^3$

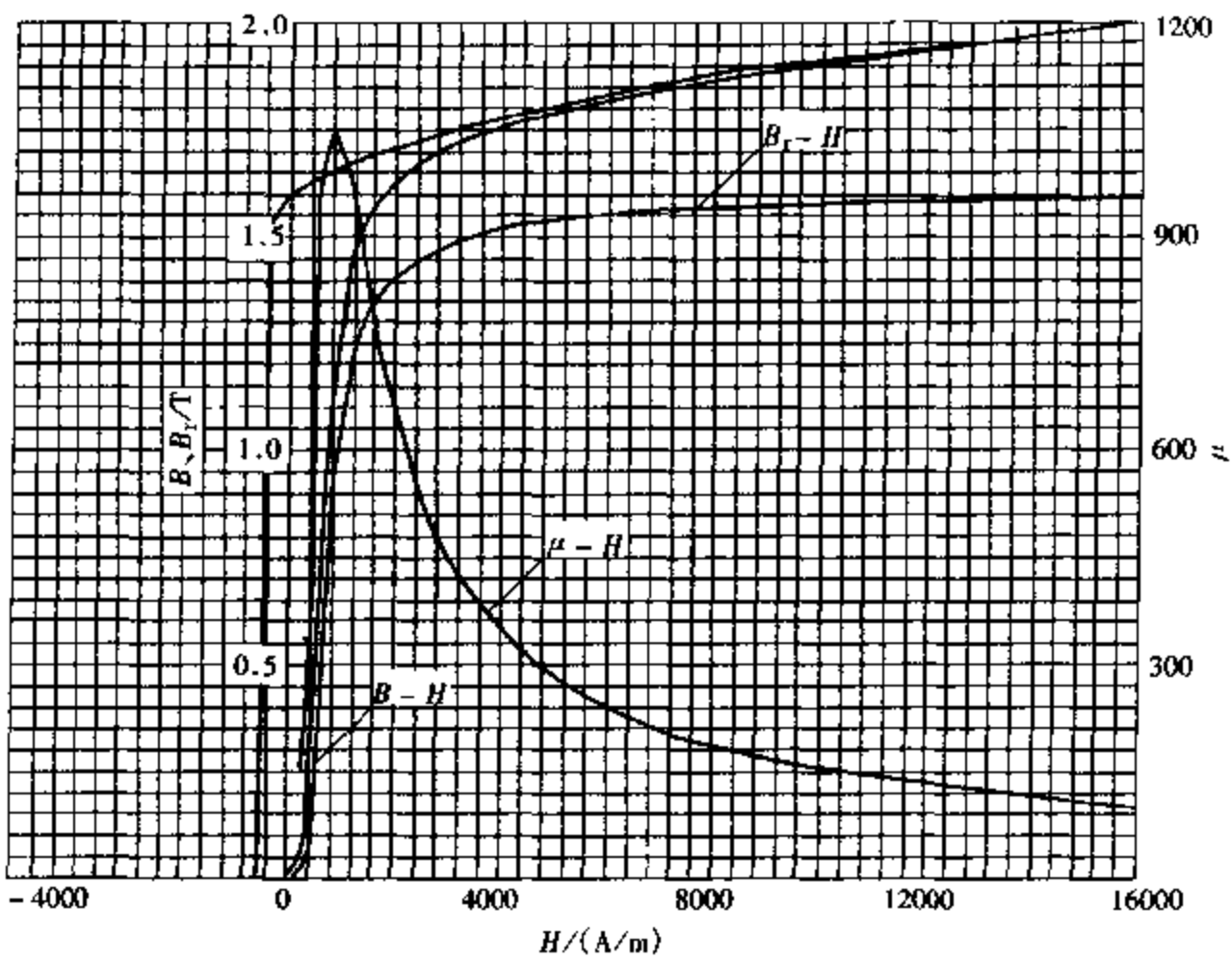


图 2-1-9 S20A (中频 950℃水淬, 中频 670℃回火)

111HBS  $H_c = 536\text{A/m}$   $B_r = 1.6\text{T}$   $\mu_{rm} = 1051$   $H_{jm} = 816\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.48\text{kJ/m}^3$

4. 25 钢

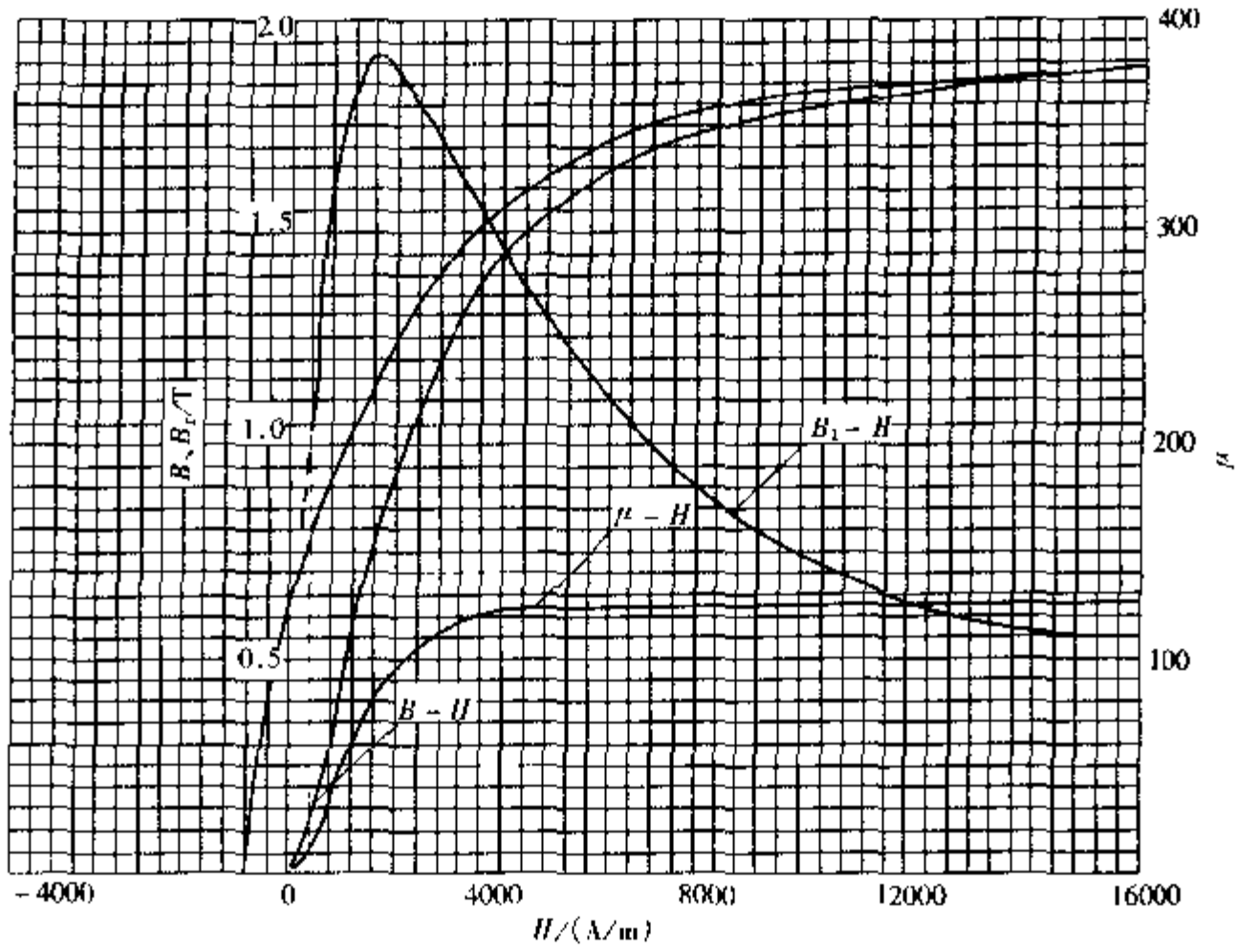


图 2-1-10 25 钢 (冷拉状态)

22HBS  $H_c = 856 \text{ A/m}$   $B_r = 0.625 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 381$

$H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.152 \text{ kJ/m}^3$

5. 30 钢

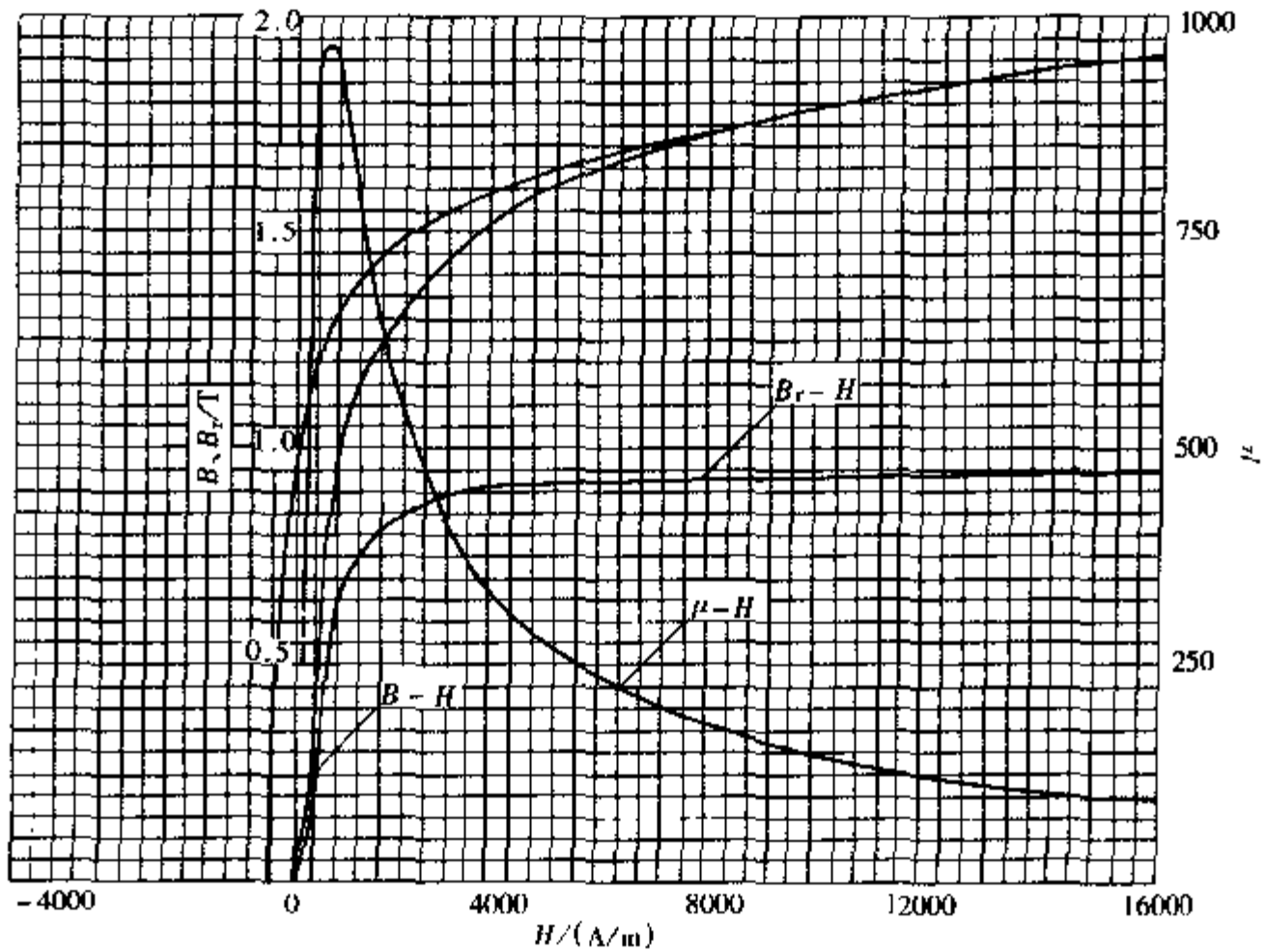


图 2-1-11 30 钢 (材料供应状态)

170HBS  $H_c = 536 \text{ A/m}$   $B_r = 0.95 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 964$   $H_{\mu_m} = 560 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.176 \text{ kJ/m}^3$

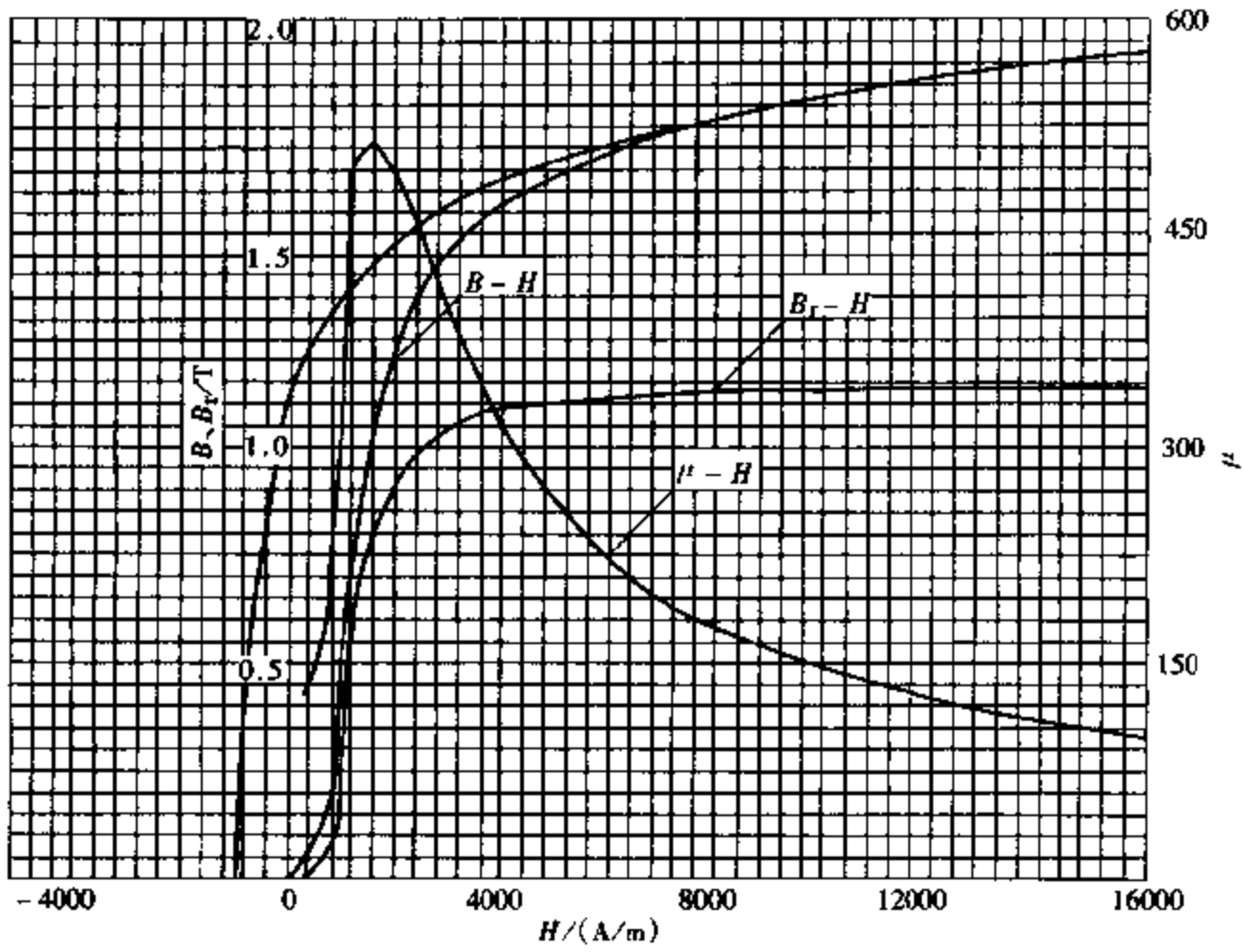


图 2-1-12 30 钢 (880℃油淬, 400℃回火)

25.5HRC  $H_c = 992 \text{ A/m}$   $B_r = 1.13 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 512$   $H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.4 \text{ kJ/m}^3$

6. 35 钢

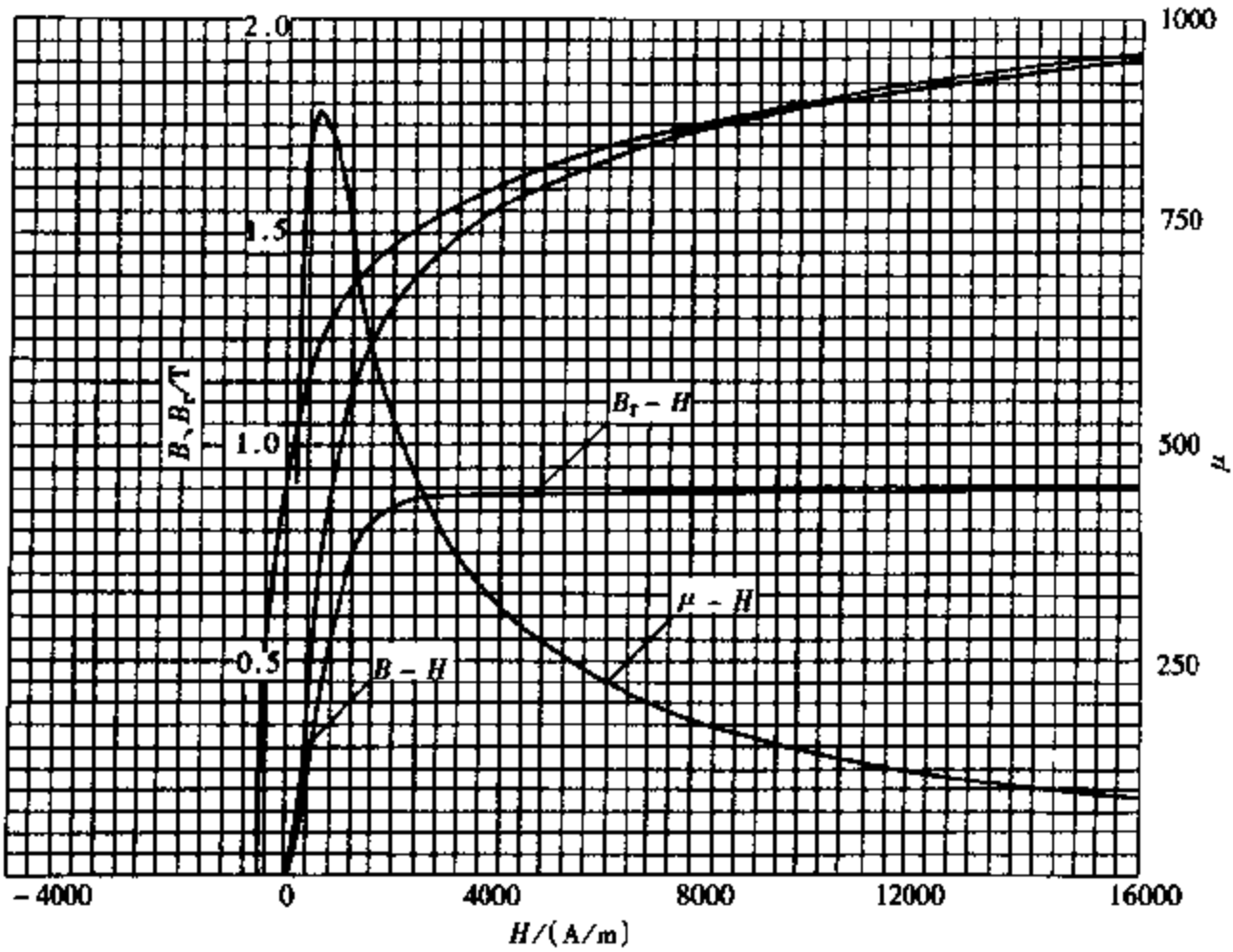


图 2-1-13 35 钢 (材料供应状态)

187HBS  $H_c = 536 \text{ A/m}$   $B_r = 0.9 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 894$   $H_{\mu_m} = 584 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.176 \text{ kJ/m}^3$

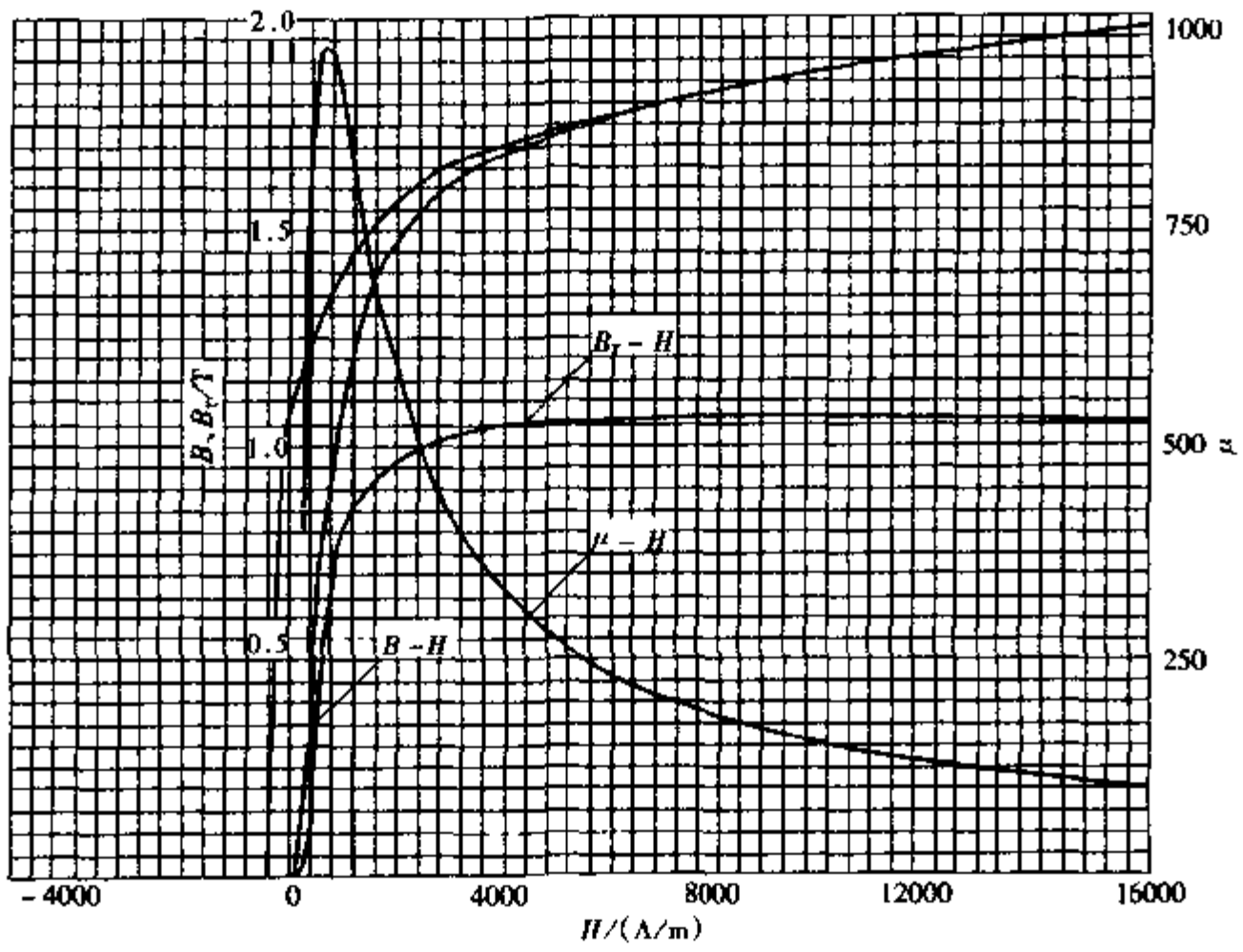


图 2-1-14 35 钢 (880°C 油淬, 500°C 回火)

148HBS  $H_c = 416 \text{ A/m}$   $B_r = 1.06 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 965$   $H_{\mu_m} = 728 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.144 \text{ kJ/m}^3$

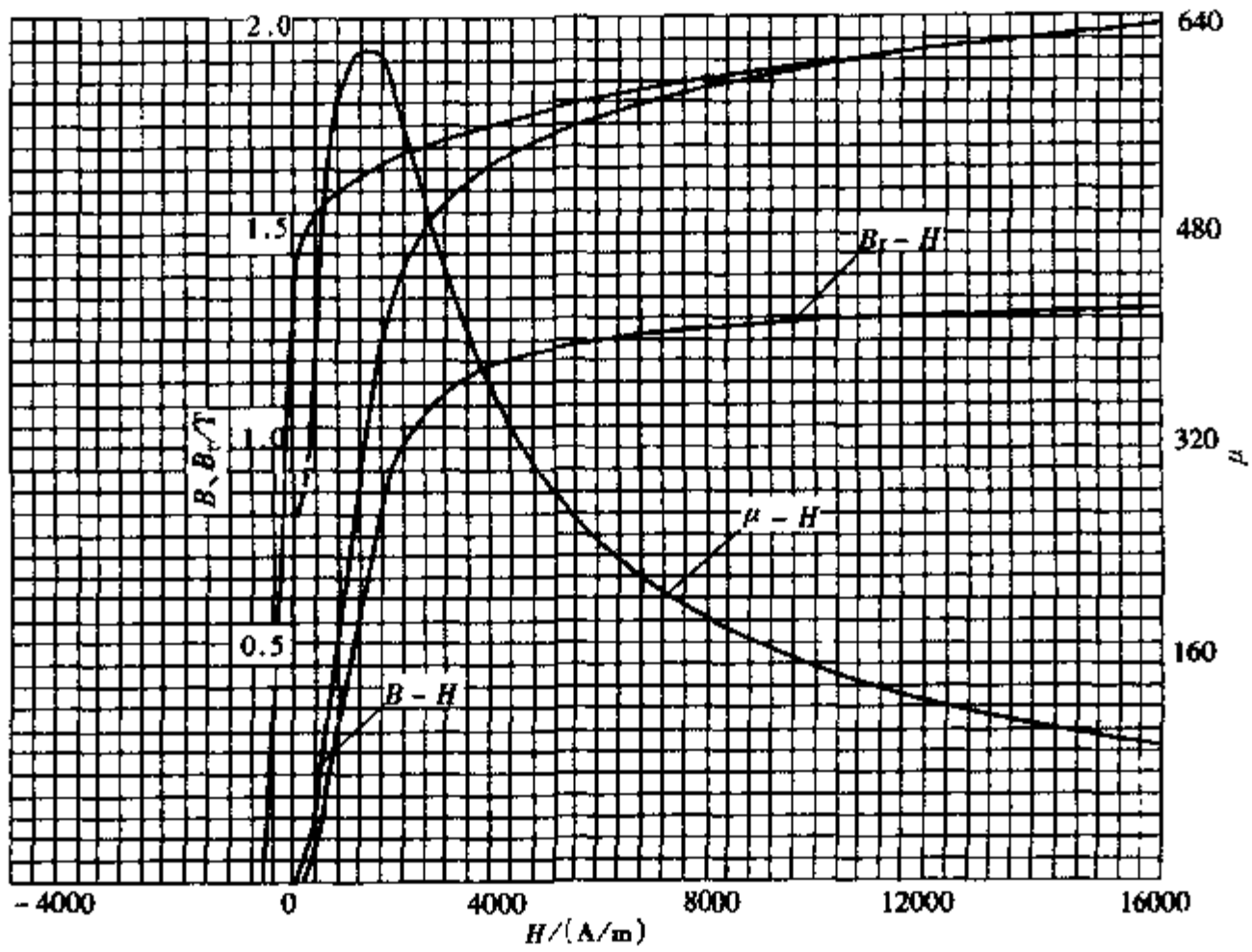


图 2-1-15 35 钢 (860°C 油淬, 450°C 回火)

20HRC  $H_c = 592 \text{ A/m}$   $B_r = 1.315 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 617$   $H_{\mu_m} = 1440 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.208 \text{ kJ/m}^3$

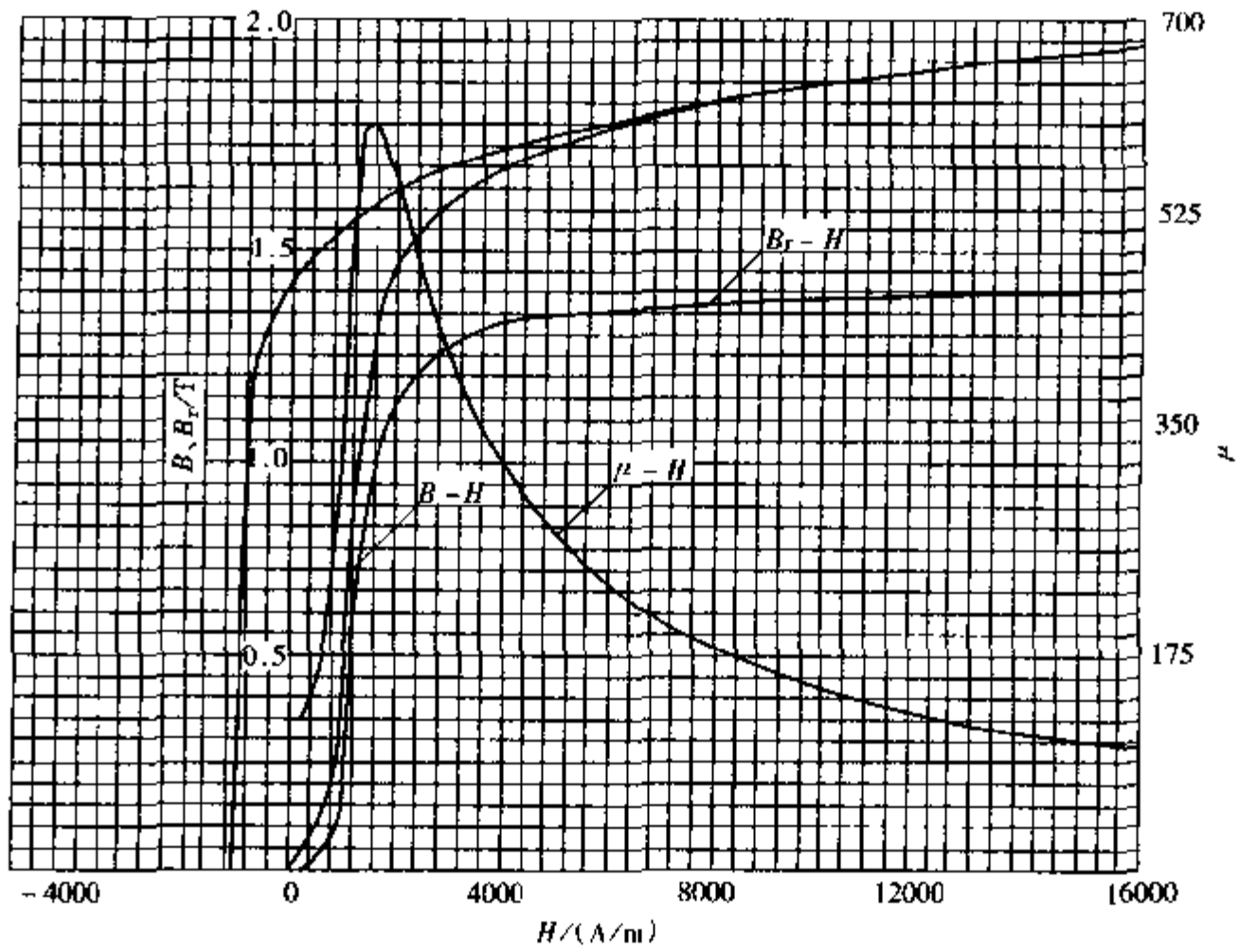


图 2-1-16 35 钢 (880℃油淬, 390℃回火)

24.5HRC  $H_c = 1080\text{A/m}$   $B_r = 1.37\text{T}$   $\mu_{rm} = 612$   $H_{rm} = 1400\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.792\text{kJ/m}^3$

7. 40 钢

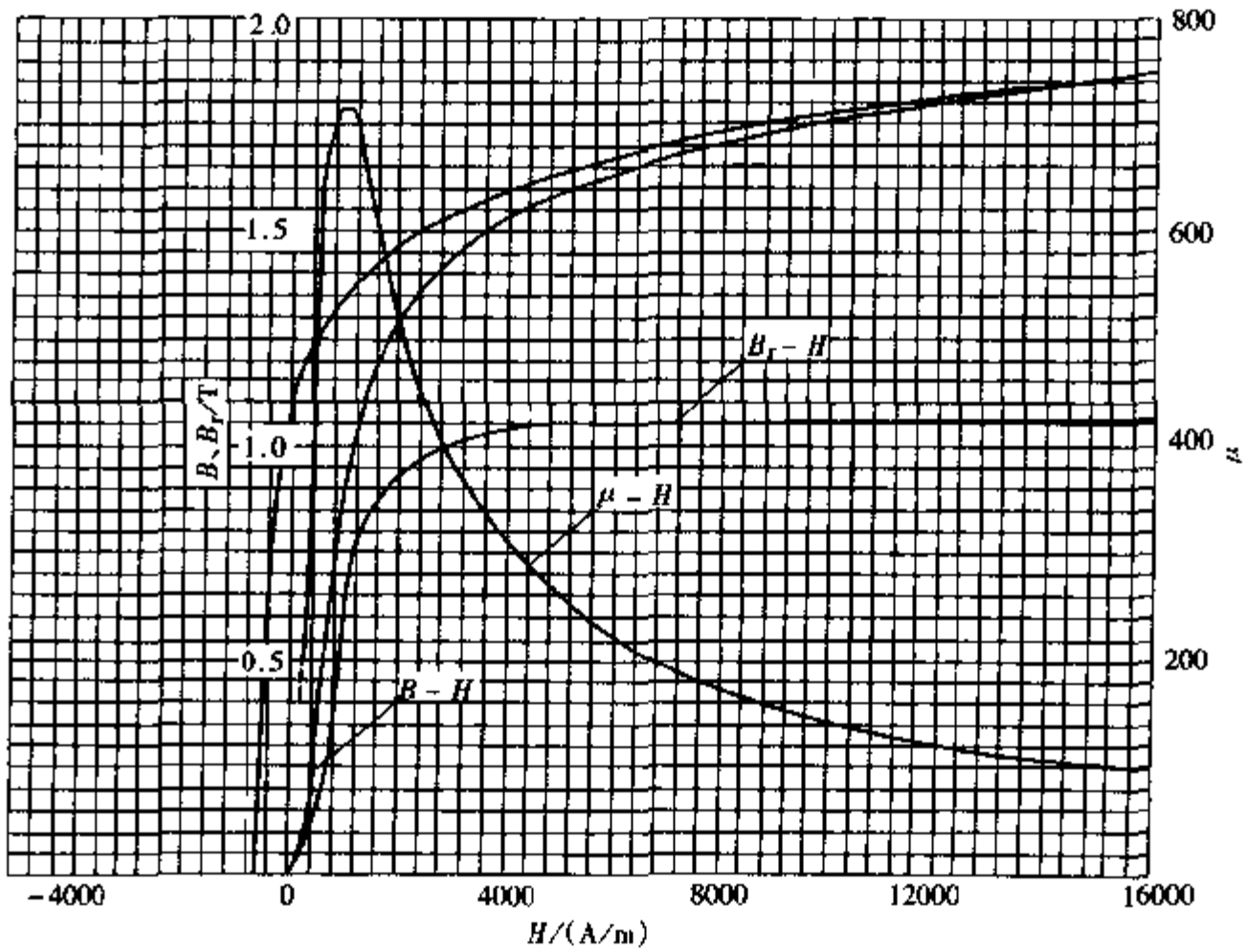


图 2-1-17 40 钢 (正火)

187HBS  $H_c = 584\text{A/m}$   $B_r = 1.07\text{T}$   $\mu_{rm} = 712$   $H_{rm} = 960\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.28\text{kJ/m}^3$

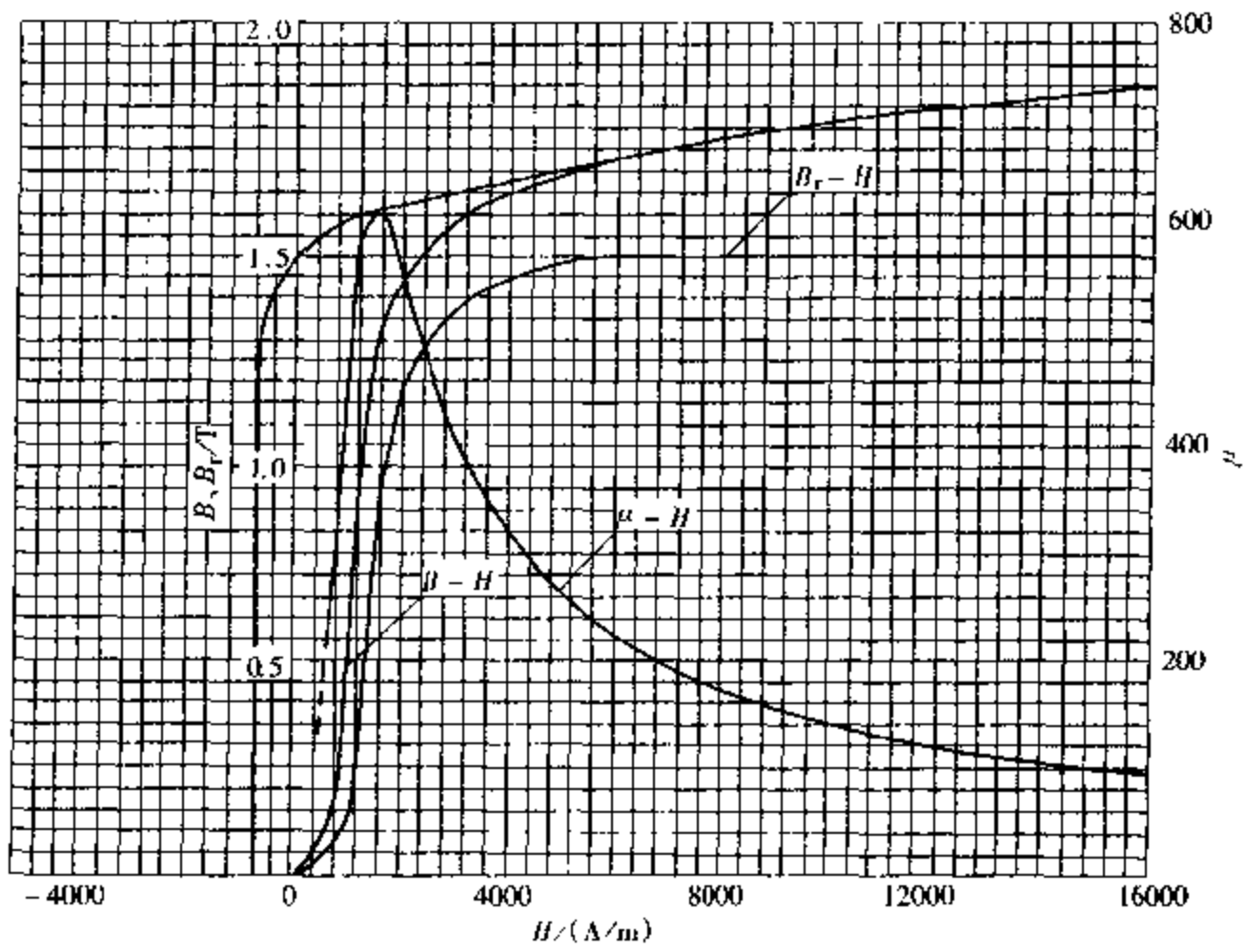


图 2-1-18 40 钢 (860°C 水淬, 460°C 回火)

23HRC  $H_c = 720 \text{ A/m}$   $B_i = 1.445 \text{ T}$   $\mu_{im} = 620$   $H_{\mu_m} = 1520 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.784 \text{ kJ/m}^3$

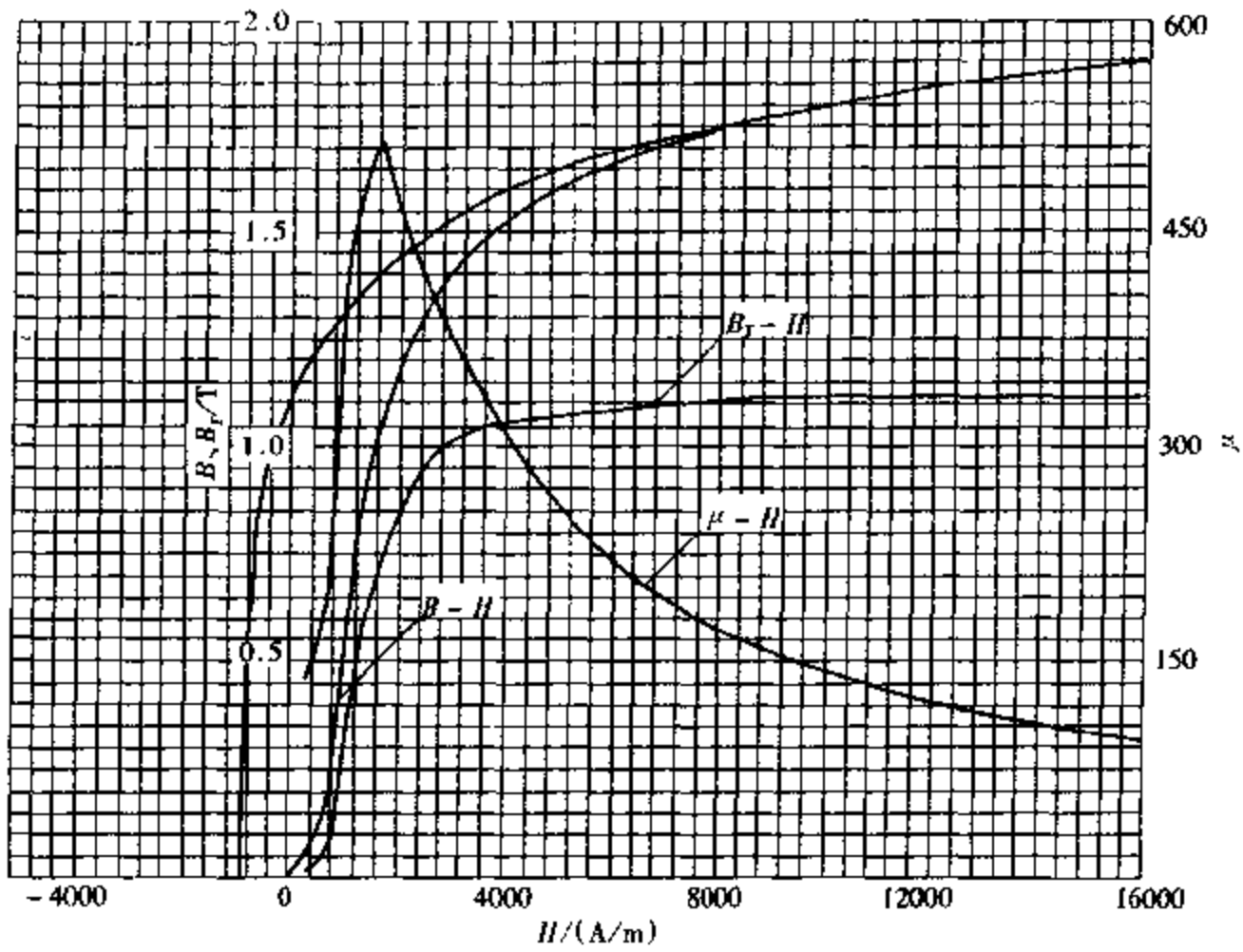


图 2-1-19 40 钢 (860°C 油淬, 360°C 回火)

36HRC  $H_c = 904 \text{ A/m}$   $B_i = 1.11 \text{ T}$   $\mu_{im} = 512$   $H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.496 \text{ kJ/m}^3$

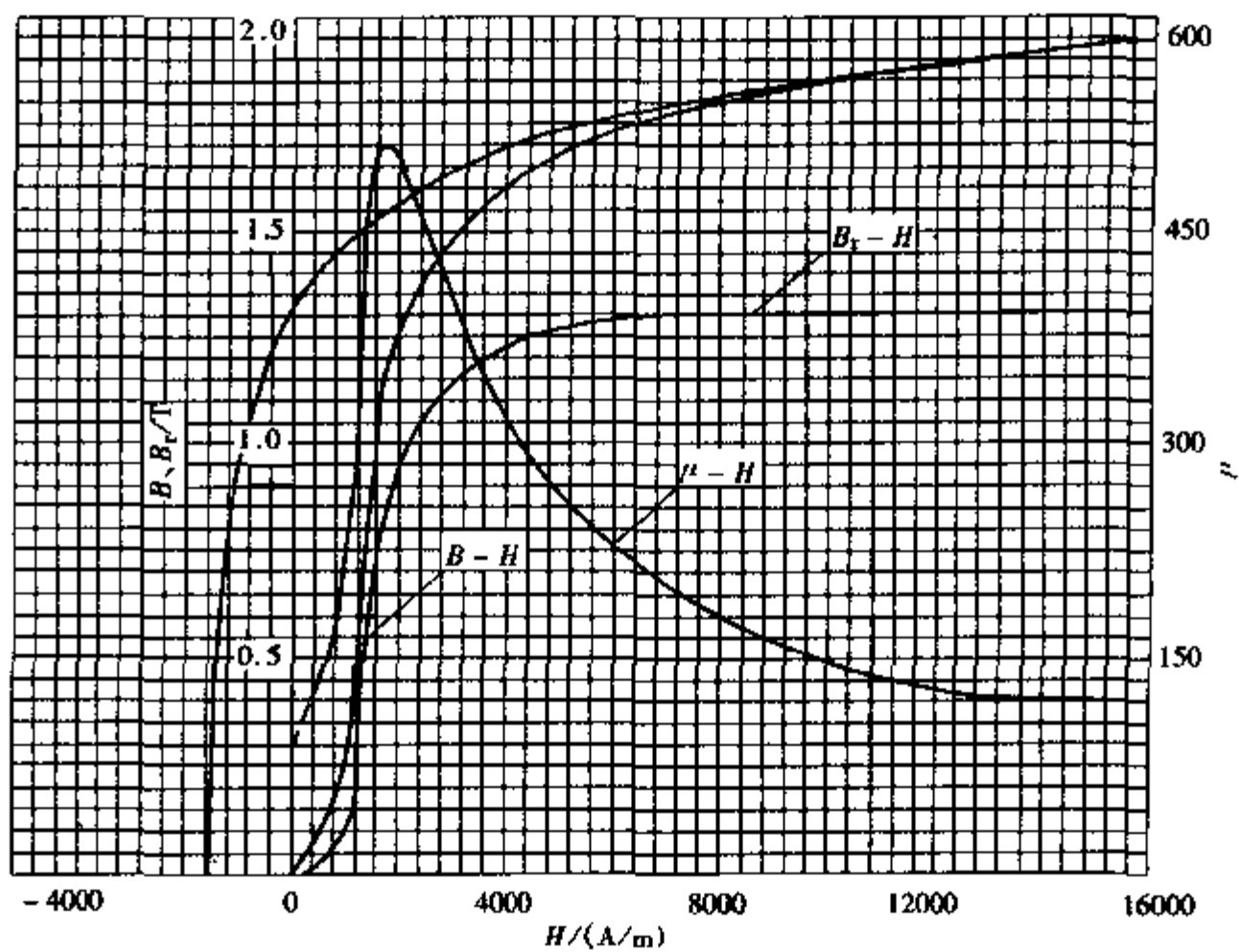


图 2-1-20 40 钢 (850°C 水淬, 300°C 回火)

47HRC  $H_c = 1520 \text{ A/m}$   $B_r = 1.305 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 507$   $H_{\rho m} = 1760 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.976 \text{ kJ/cm}^3$

40AZ 钢

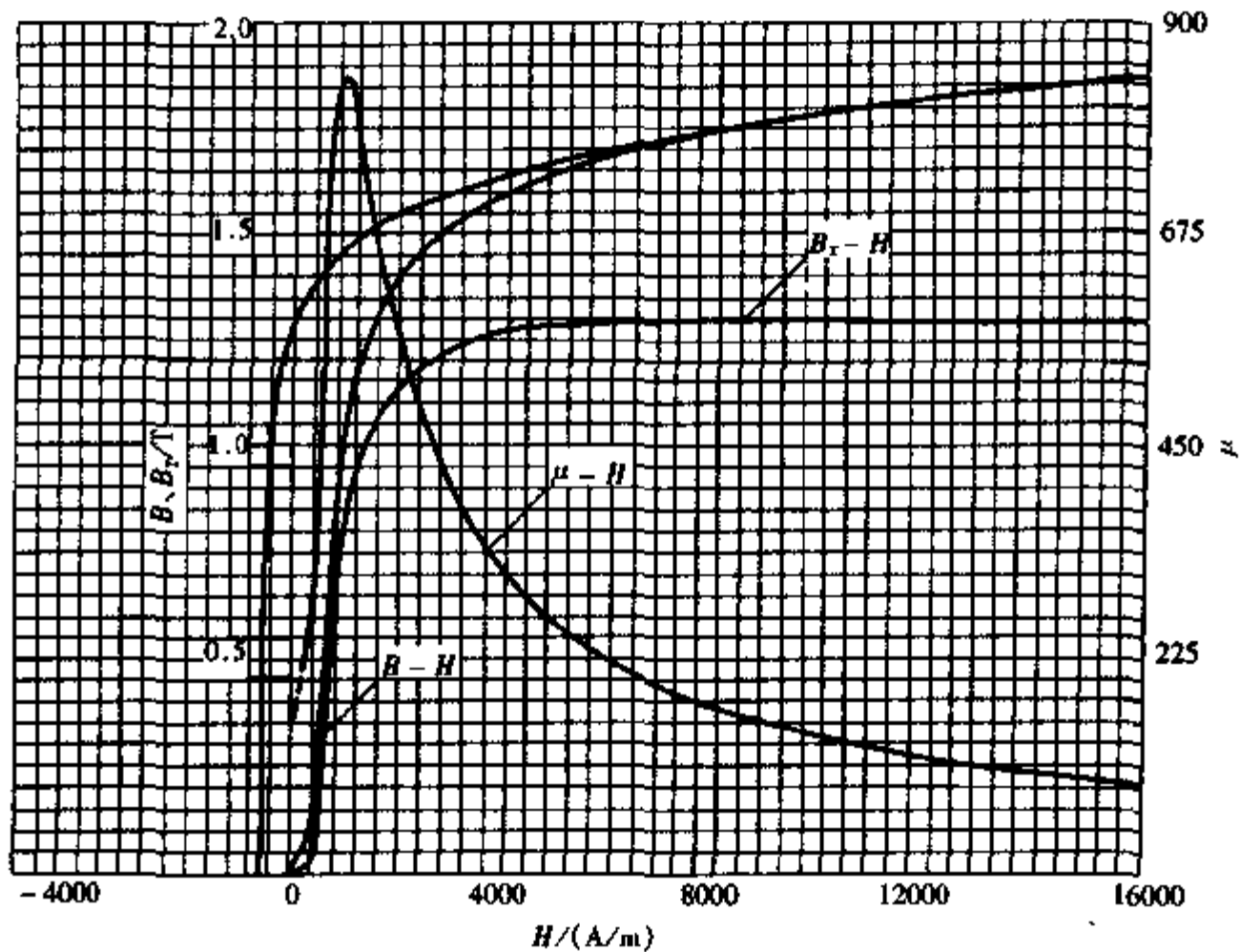


图 2-1-21 40AZ 钢 (材料供应状态)

174HBS  $H_c = 584 \text{ A/m}$   $B_r = 1.295 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 843$   $H_{\rho m} = 960 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.4 \text{ kJ/cm}^3$



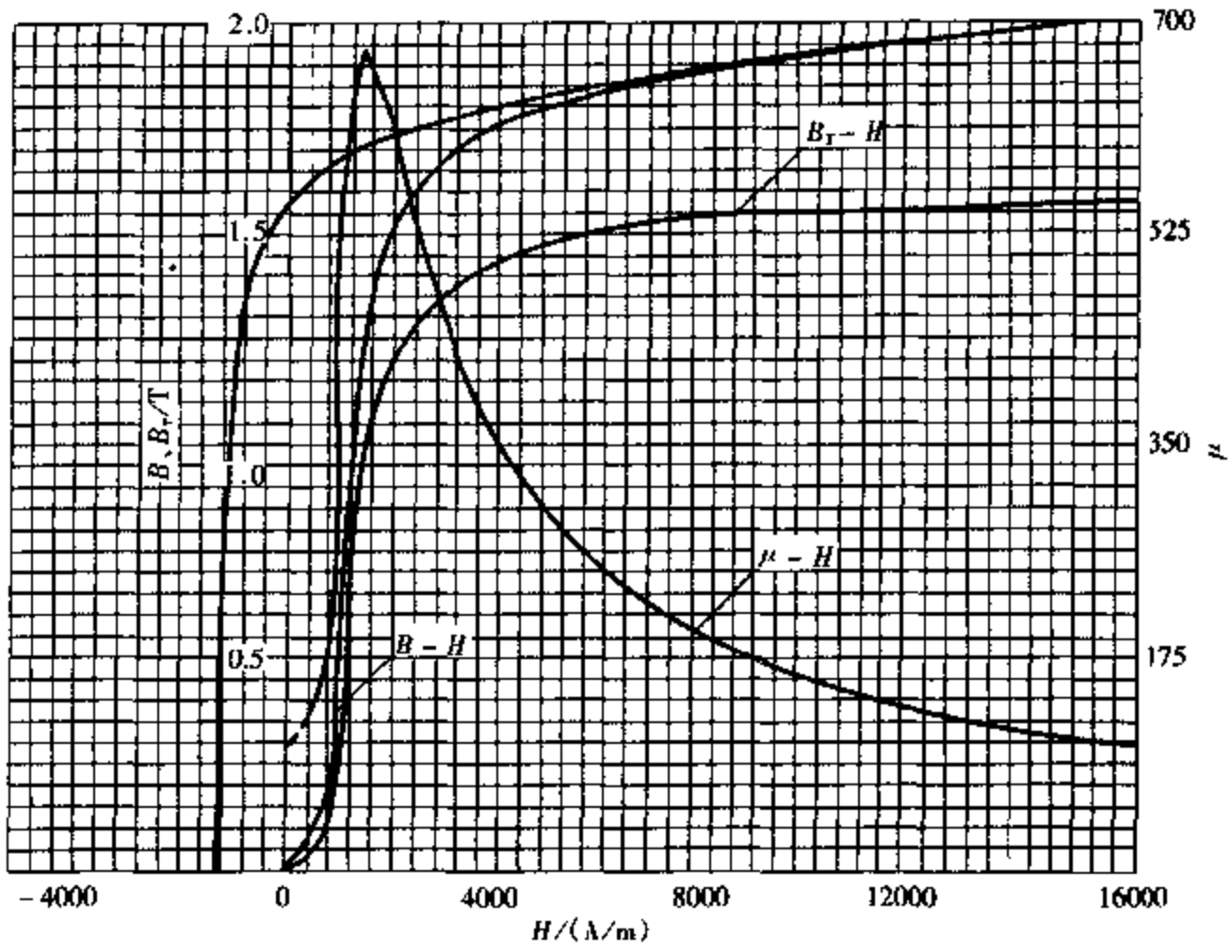


图 2-1-22 40A7 钢 (860℃水淬, 420℃回火)

39HRC  $H_c = 1328\text{A/m}$   $B_r = 1.569\text{T}$   $\mu_{rm} = 677$   $H_{\rho_m} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.152\text{kJ/m}^3$

8. 45 钢

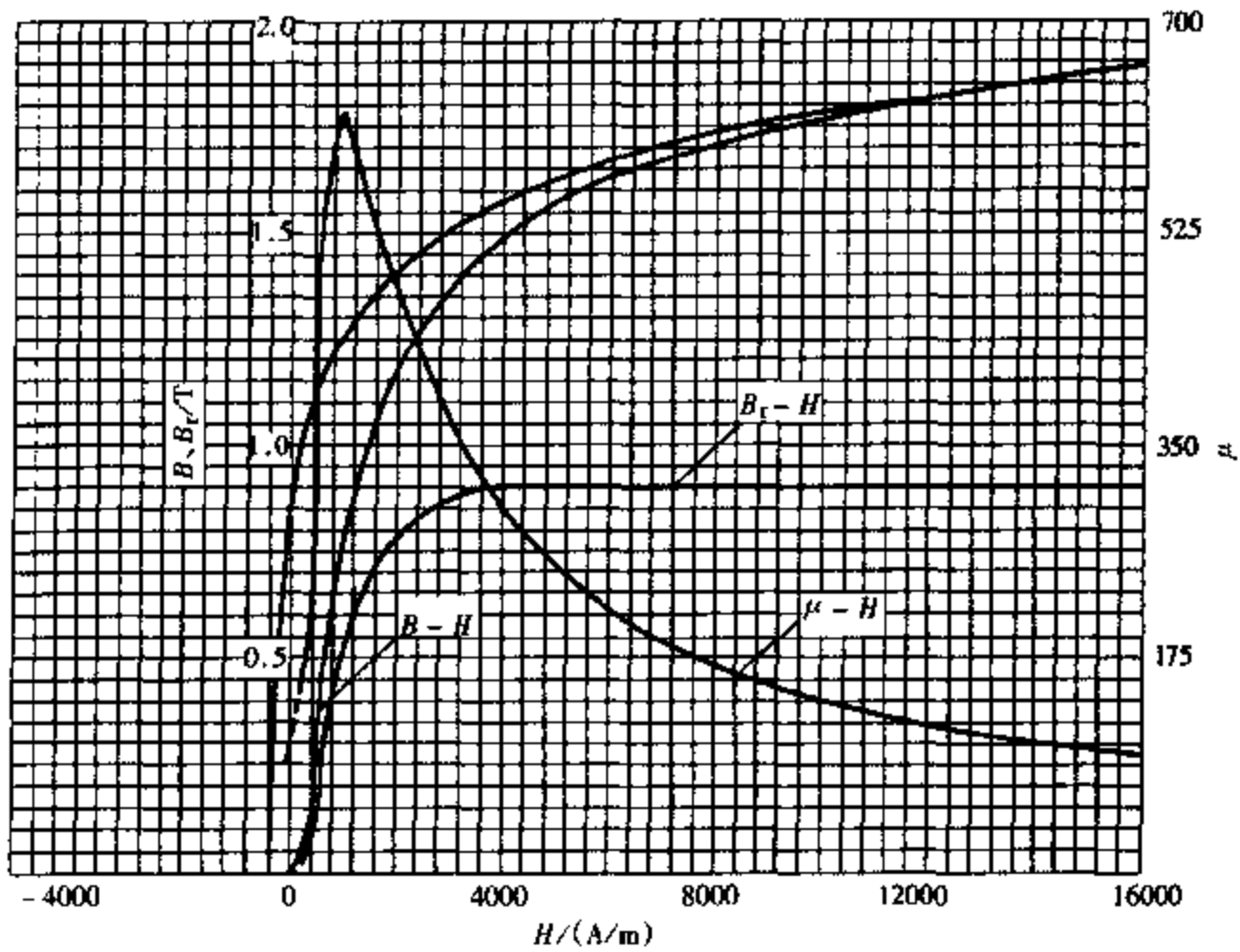


图 2-1-23 45 钢 (材料供应状态)

204HBS  $H_c = 360\text{A/m}$   $B_r = 0.89\text{T}$   $\mu_{rm} = 623$   $H_{\rho_m} = 976\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.104\text{kJ/m}^3$

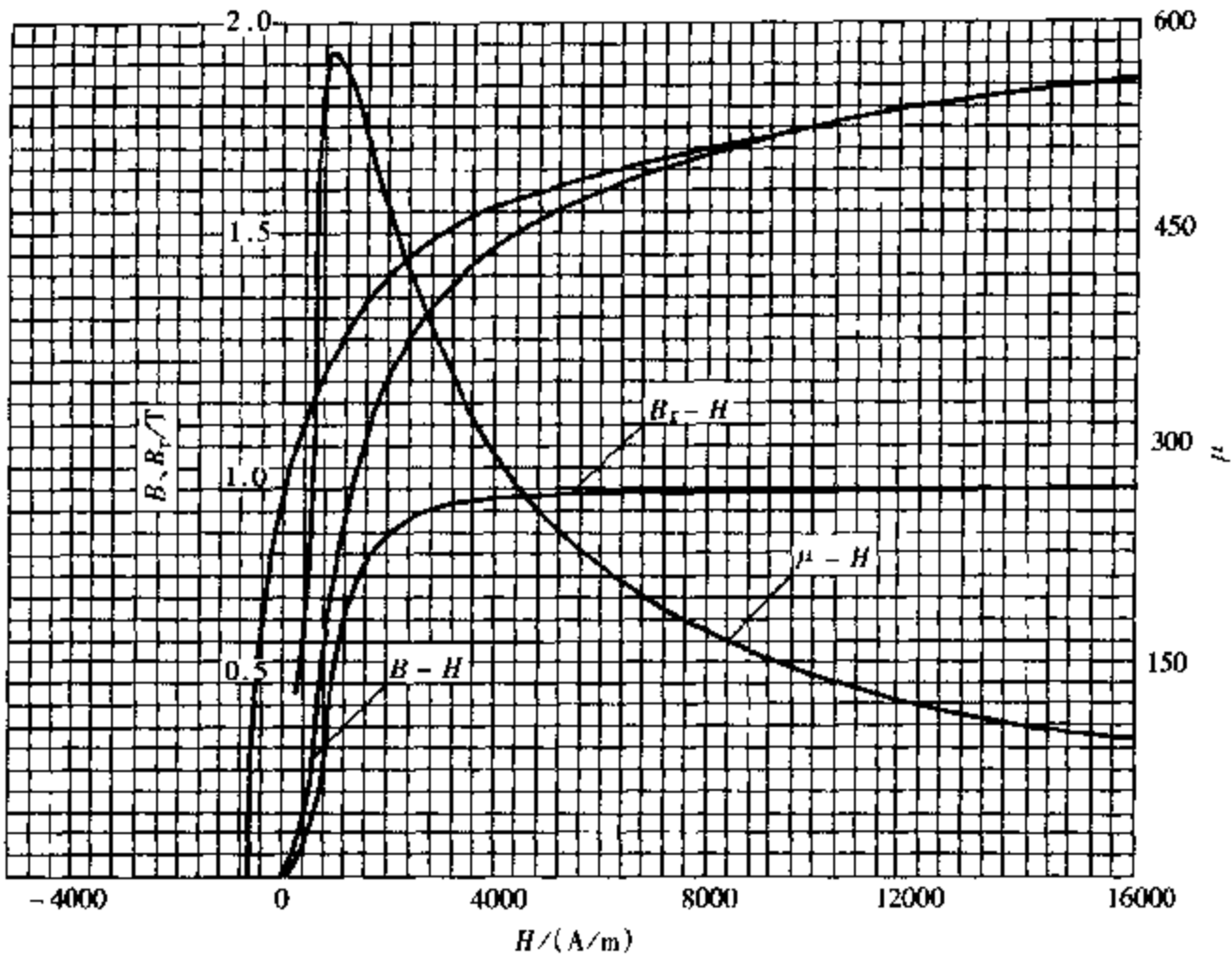


图 2-1-24 45 钢 (材料供应状态)

21HRC  $H_c = 592 \text{ A/m}$   $B_r = 0.9 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 583$   $H_{\mu m} = 960 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.2 \text{ kJ/m}^3$

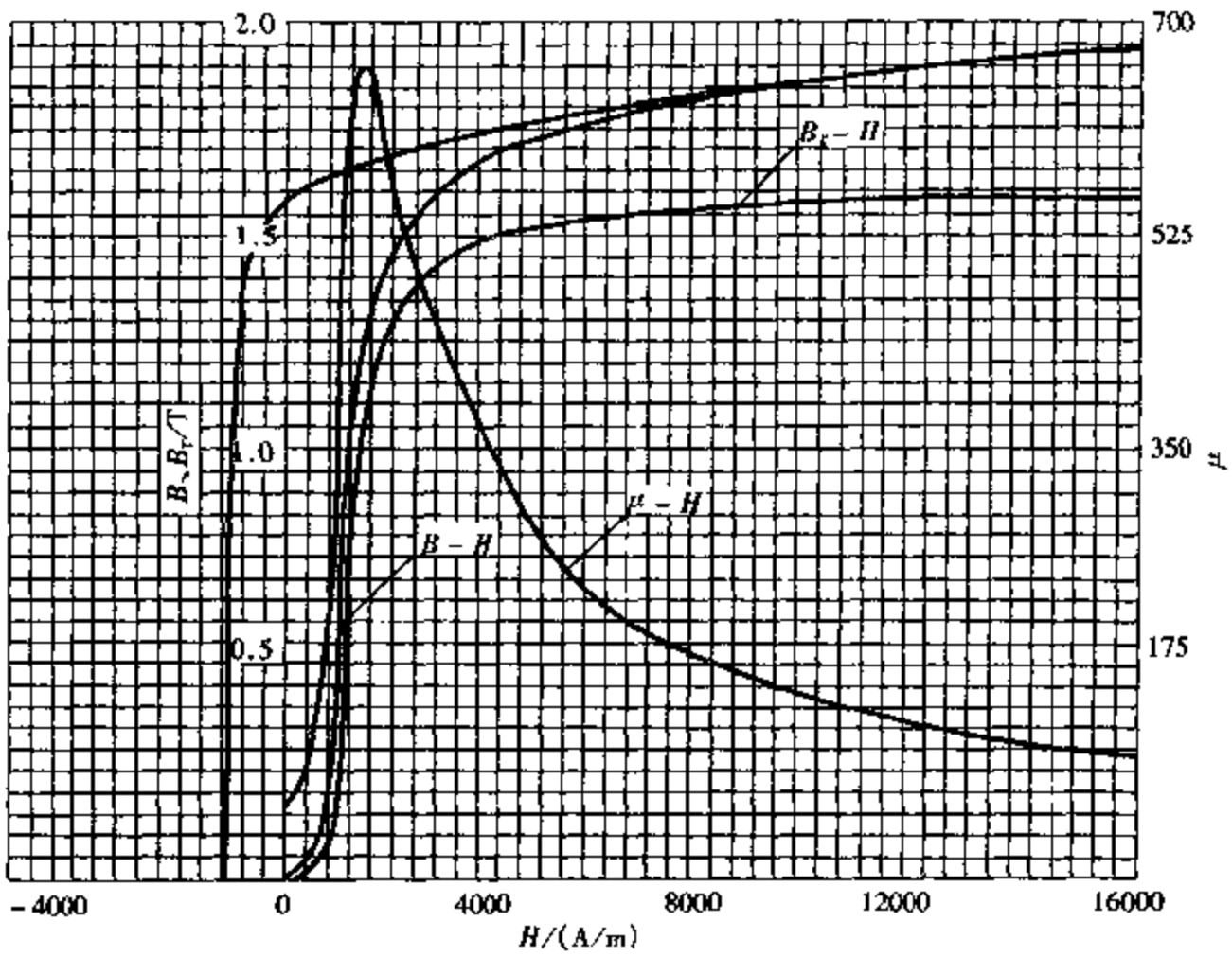


图 2-1-25 45 钢 (860°C 油淬, 560°C 回火)

35HRC  $H_c = 1120 \text{ A/m}$   $B_r = 1.58 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 661$   $H_{\mu m} = 1440 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.04 \text{ kJ/m}^3$

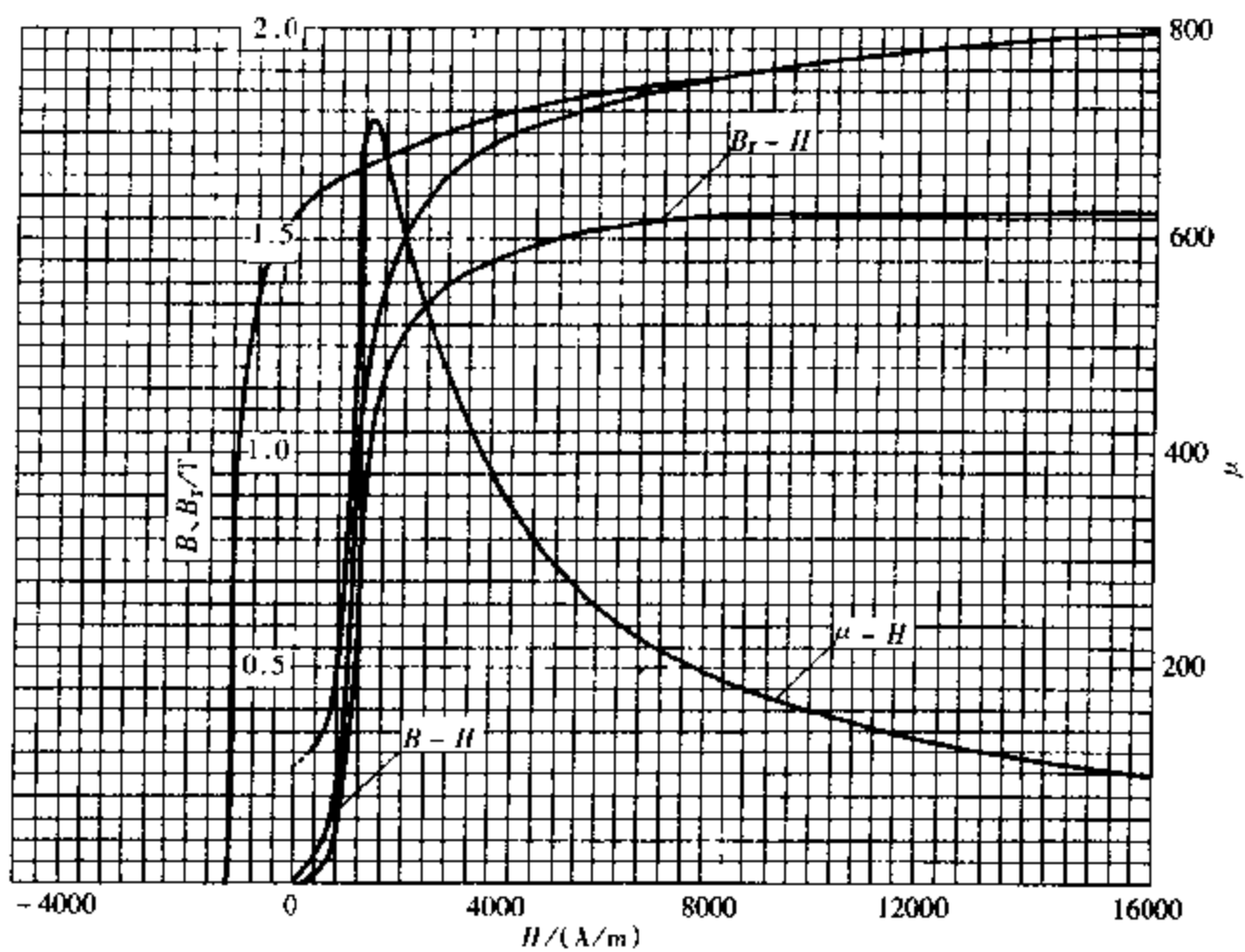


图 2-1-26 45 钢 (850°C 水淬, 390°C 回火)

40HRC  $H_c = 1224 \text{ A/m}$   $B_r = 1.562 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 715$   $H_{\mu_m} = 1360 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.2 \text{ kJ/m}^3$

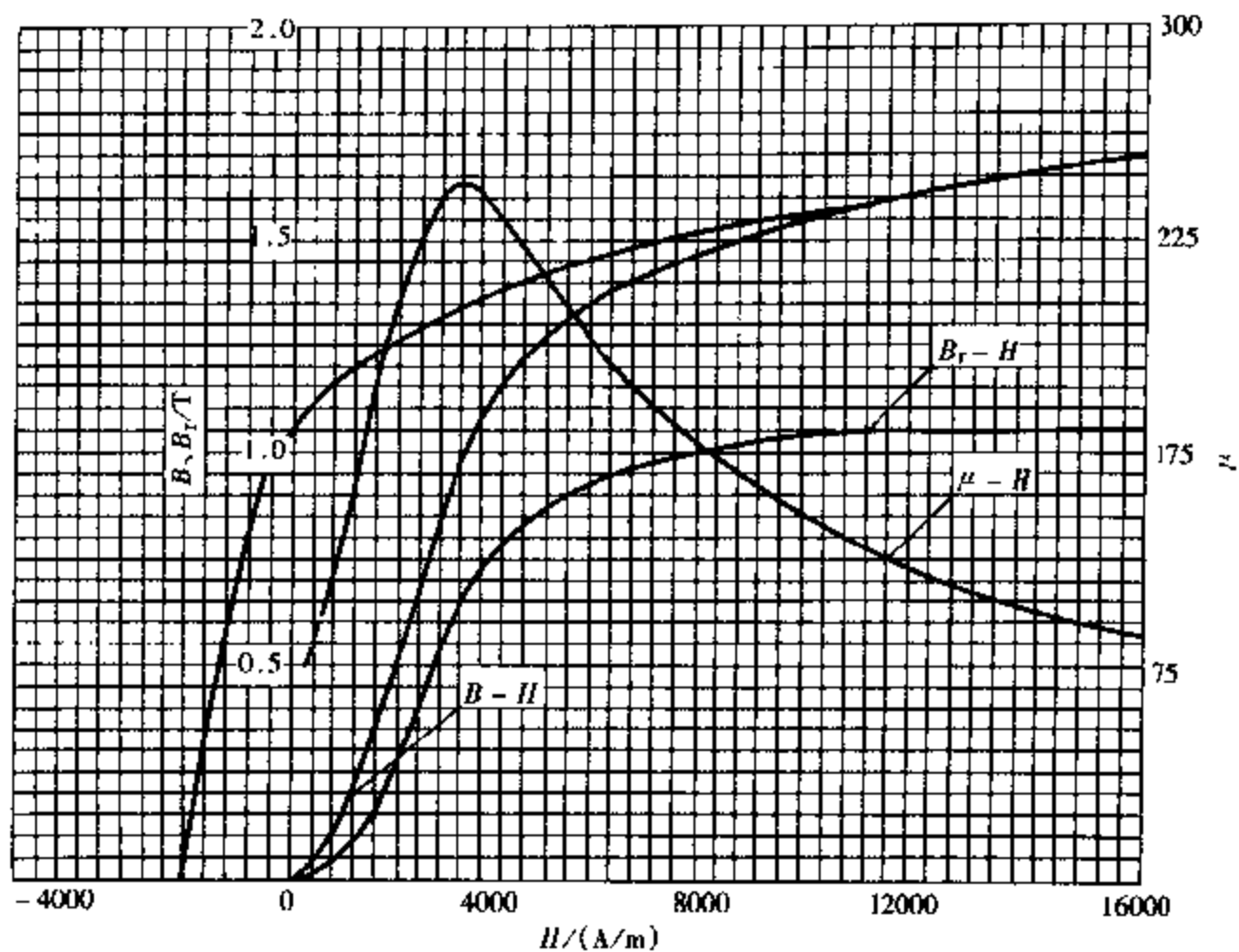


图 2-1-27 45 钢 (860°C 水淬, 180°C 回火)

49HRC  $H_c = 2080 \text{ A/m}$   $B_r = 1.055 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 262$   $H_{\mu_m} = 3200 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.688 \text{ kJ/m}^3$

ZG310—570 钢 (ZG45 钢)

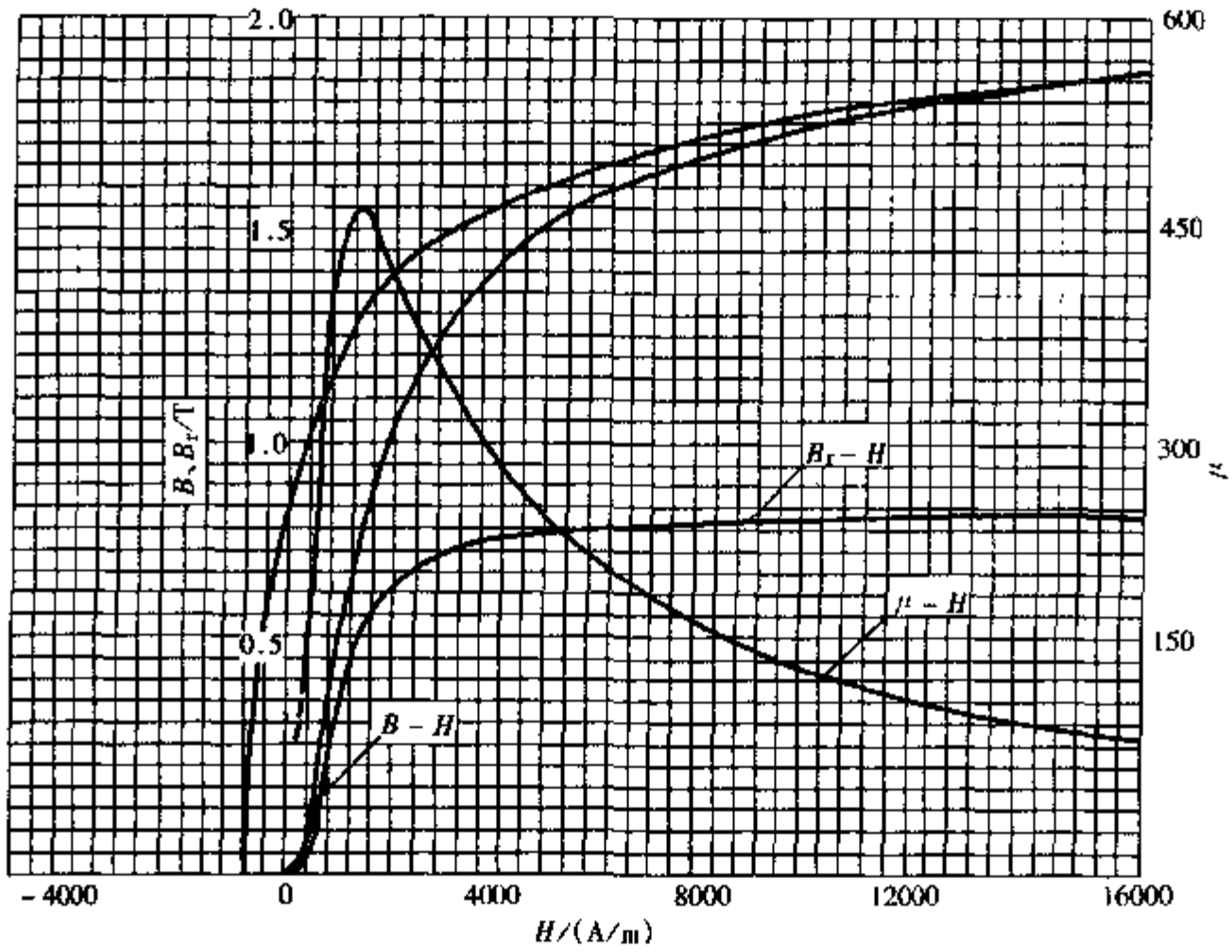


图 2-1-28 ZG310—570 钢 (ZG45 钢) (正火)

20HRC  $H_c = 744 \text{ A/m}$   $B_r = 0.83 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 462$   $H_{\mu m} = 1280 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.248 \text{ kJ/m}^3$

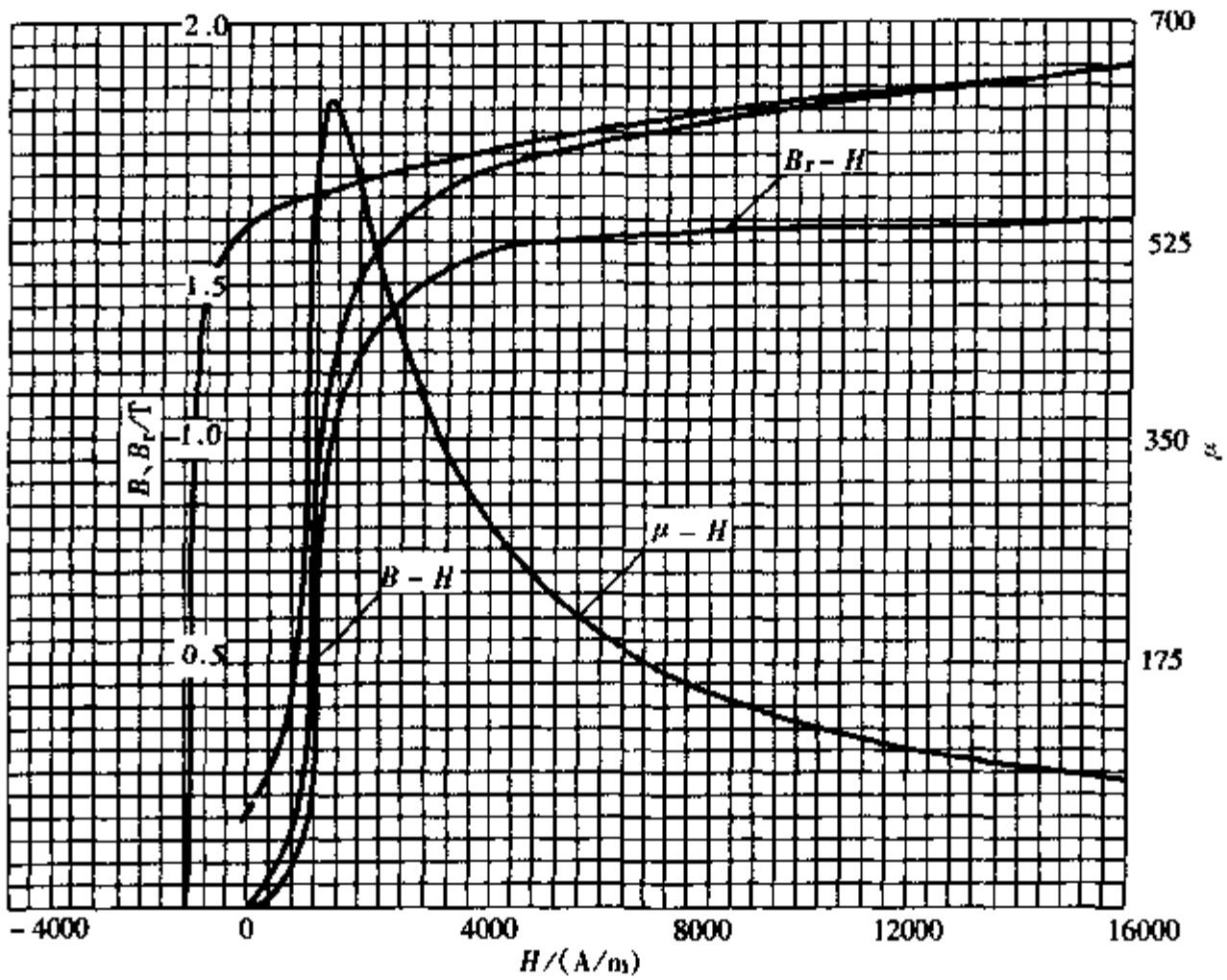


图 2-1-29 ZG310—570 钢 (ZG45 钢) (860°C 油淬, 650°C 回火)

24HRC  $H_c = 1128 \text{ A/m}$   $B_r = 1.55 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 638$   $H_{\mu m} = 1472 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.096 \text{ kJ/m}^3$

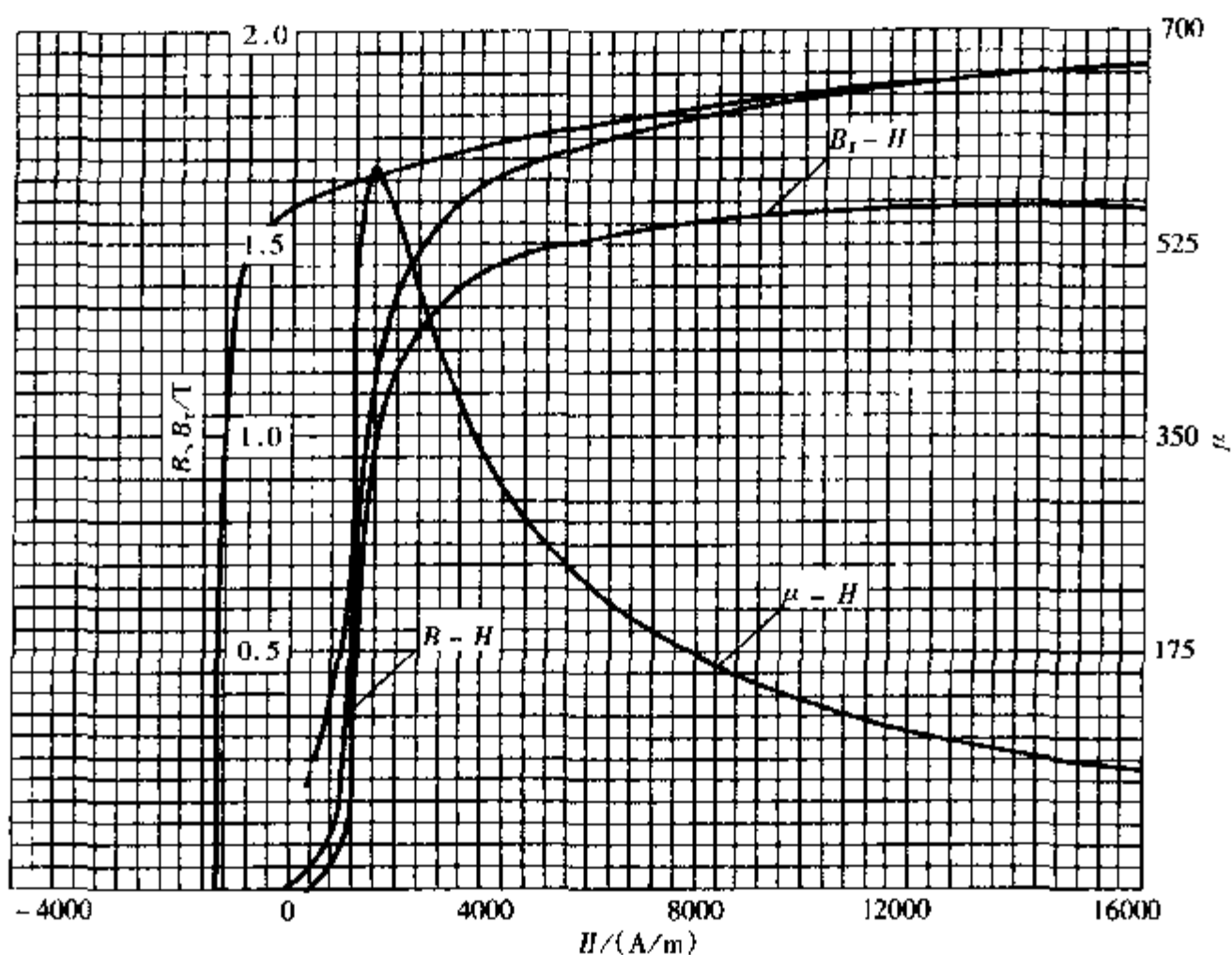


图 2-1-30 ZG310-570 钢 (ZG45 钢) (860℃油淬, 560℃回火)

33HRC  $H_c = 1336 \text{ A/m}$   $B_r = 1.58 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 581$   $H_{\mu m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.344 \text{ kJ/m}^3$

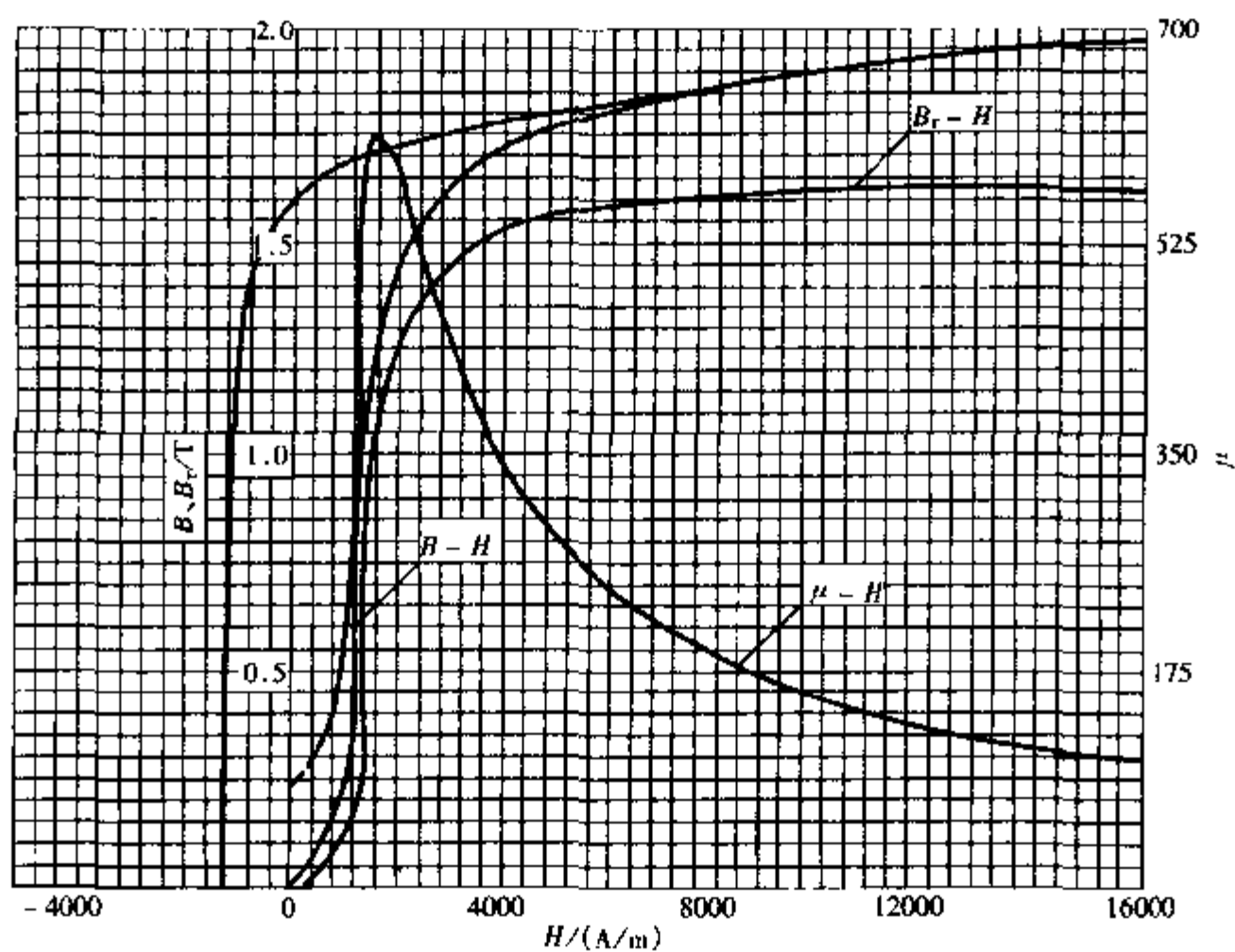


图 2-1-31 ZG310-570 钢 (ZG45 钢) (860℃油淬, 500℃回火)

36.5HRC  $H_c = 1248 \text{ A/m}$   $B_r = 1.61 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 610$

$H_{\mu m} = 1608 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.232 \text{ kJ/m}^3$

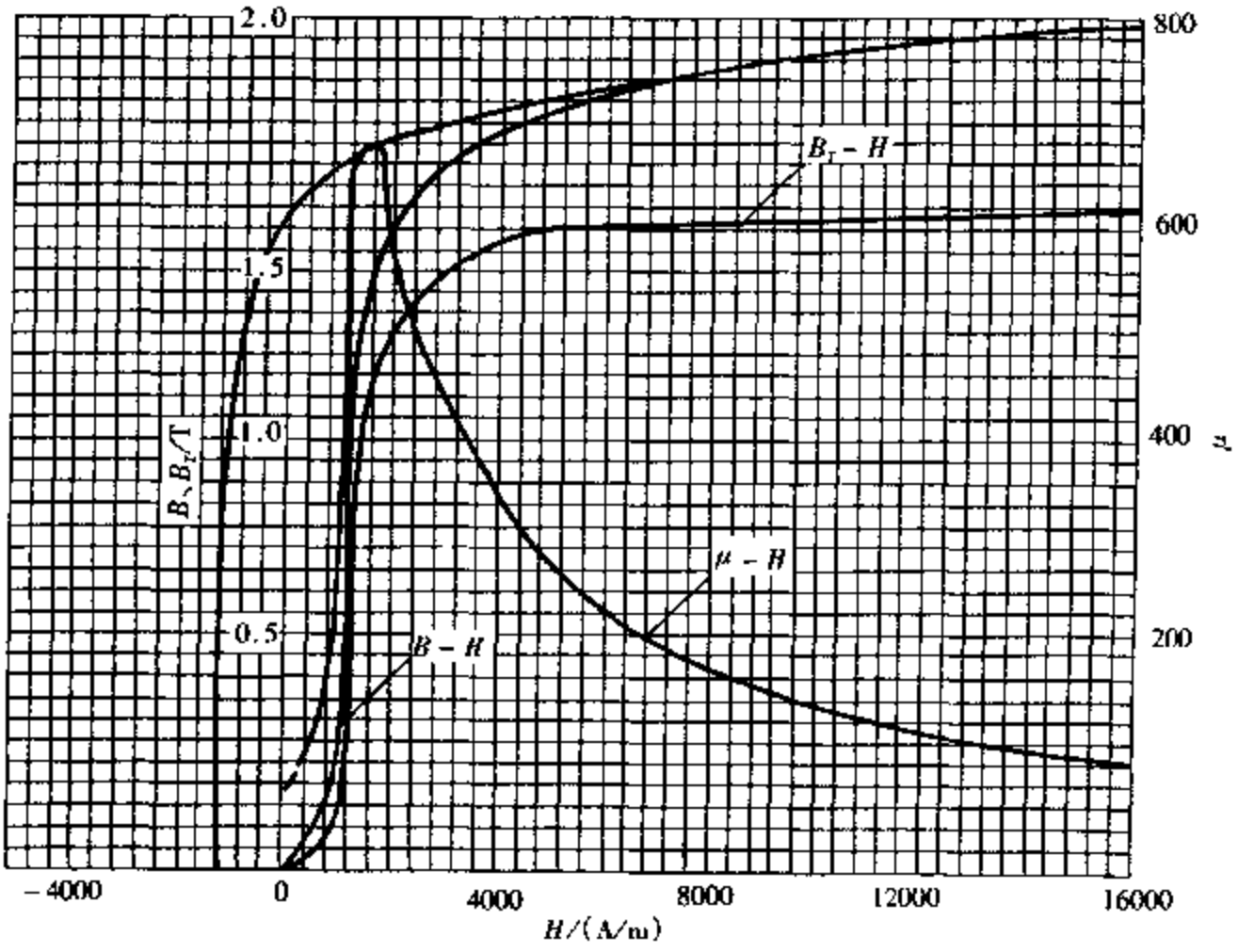


图 2-1-32 ZG310—570 钢 (ZG45 钢) (860℃油淬, 400℃回火)

45.5HRC  $H_c = 1256 \text{ A/m}$   $B_r = 1.54 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 680$

$H_{\mu m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.048 \text{ kJ/m}^3$

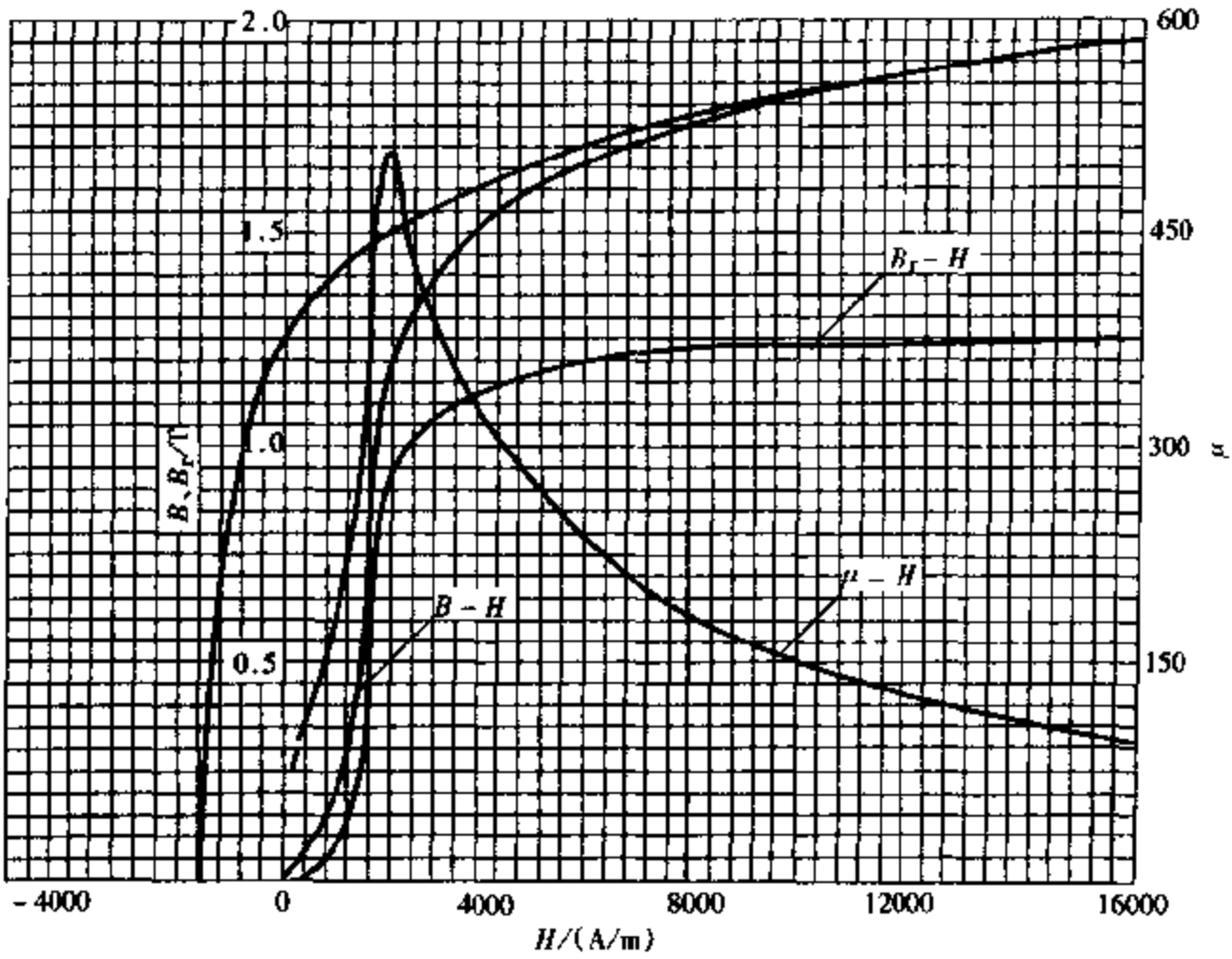


图 2-1-33 ZG310—570 钢 (ZG45 钢) (860℃油淬, 300℃回火)

54HRC  $H_c = 1496 \text{ A/m}$   $B_r = 1.25 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 506$   $H_{\mu m} = 1960 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.832 \text{ kJ/m}^3$

9. 50 钢

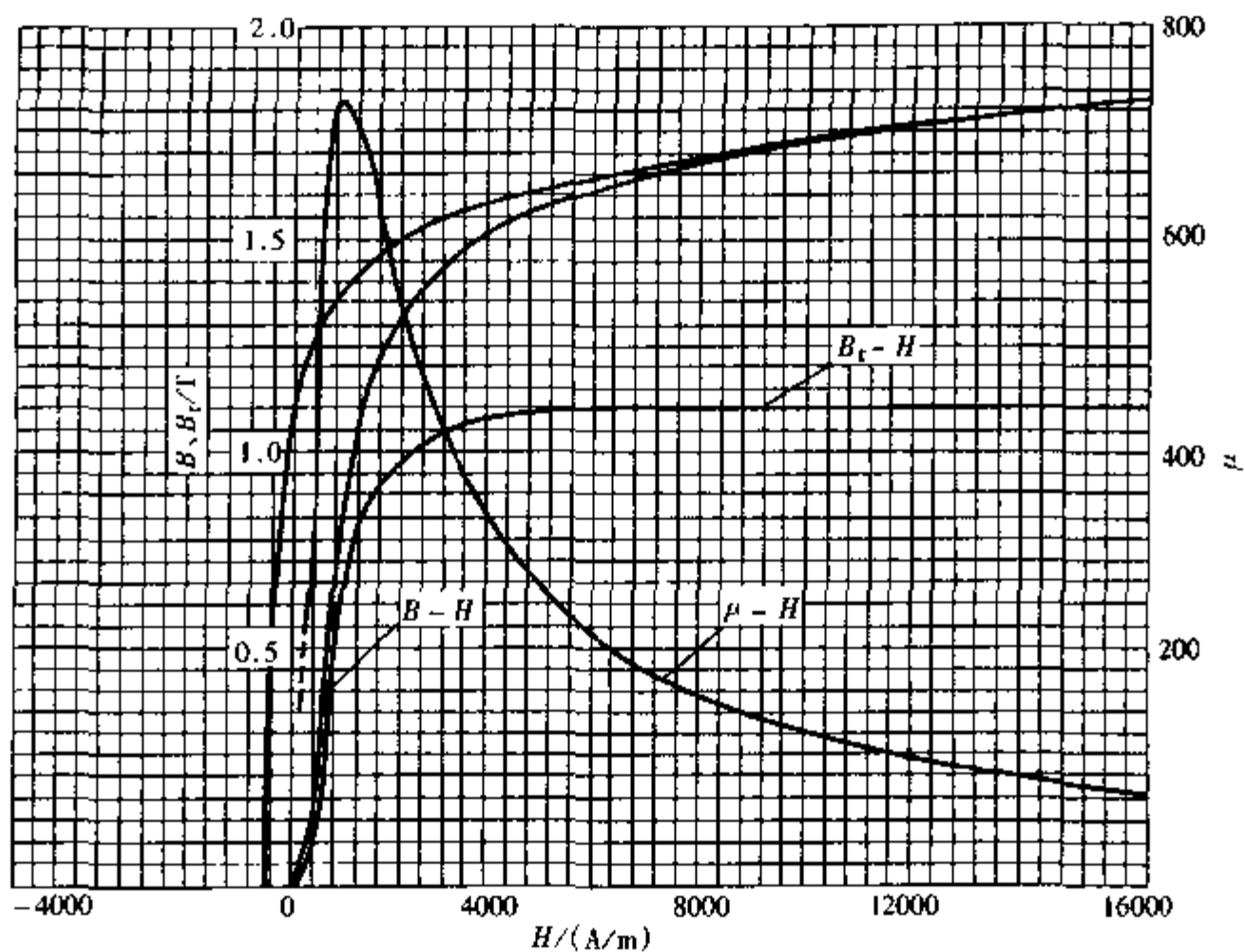


图 2-1-34 50 钢 (材料供应状态)

179HBS  $H_c = 496 \text{ A/m}$   $B_r = 1.1 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 729$   $H_{\mu_m} = 920 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.224 \text{ kJ/m}^3$

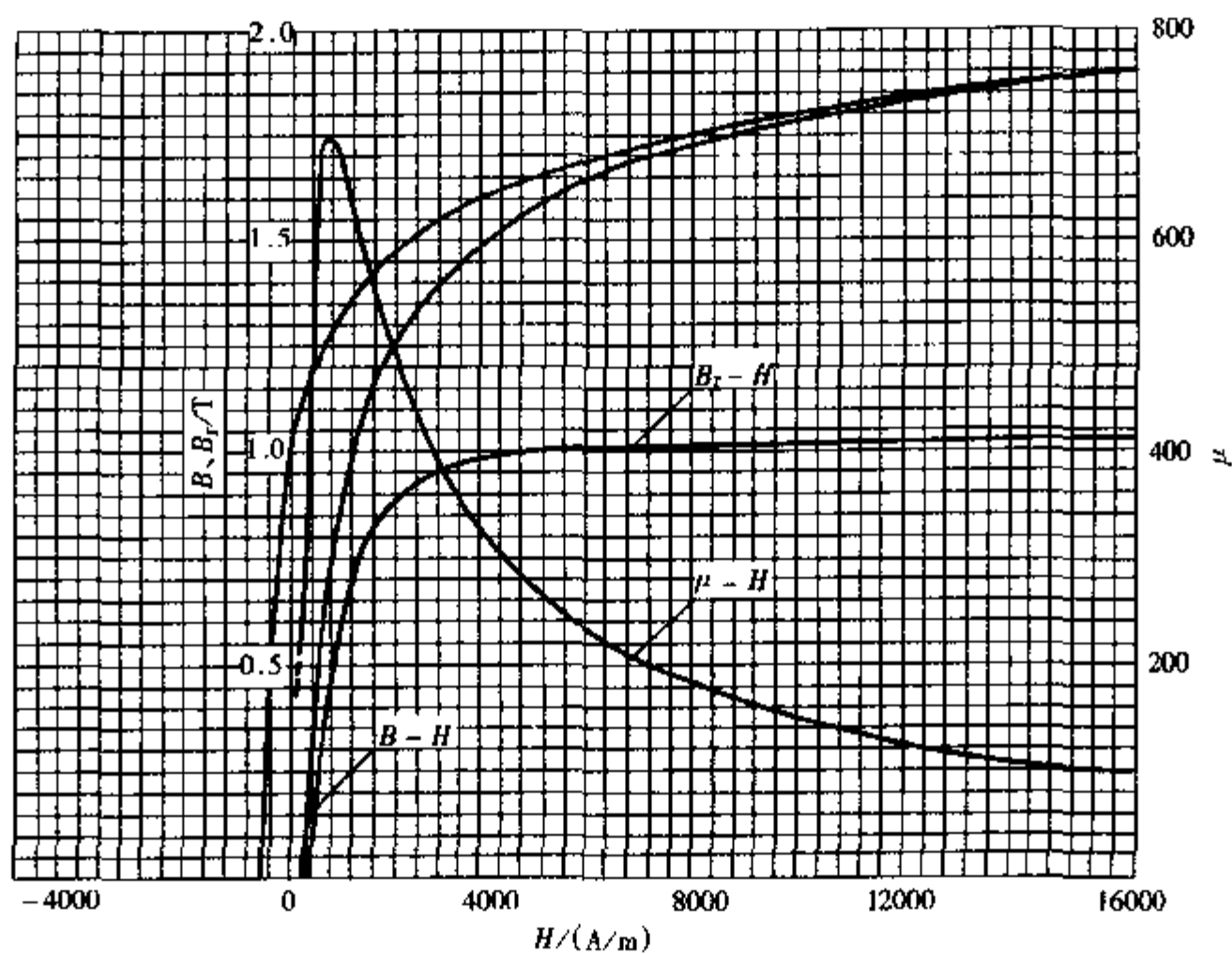


图 2-1-35 50 钢 (材料供应状态)

207HBS  $H_c = 544 \text{ A/m}$   $B_r = 1.02 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 700$   $H_{\mu_m} = 800 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.144 \text{ kJ/m}^3$

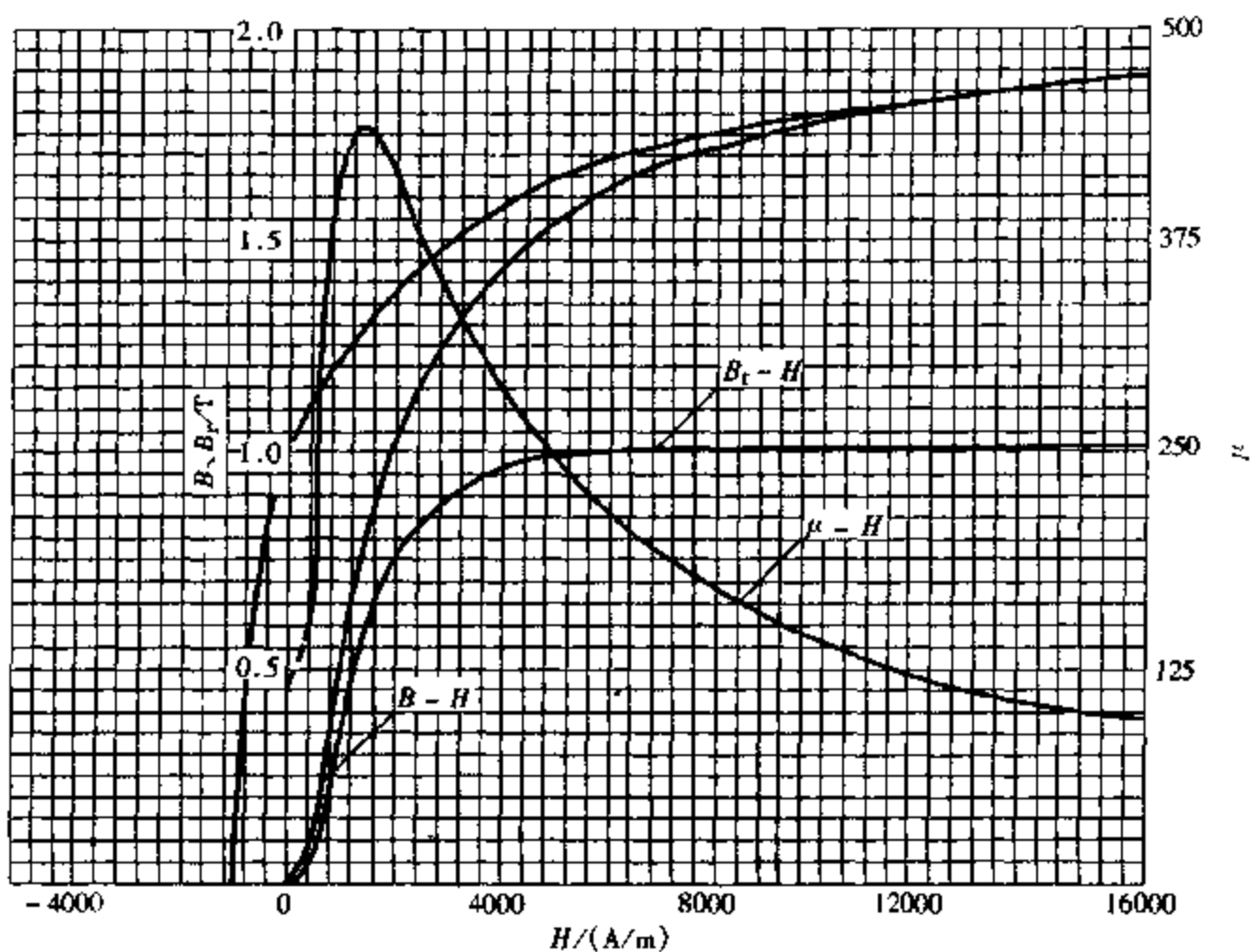


图 2-1-36 50 钢 (冷拉状态)

24HRC  $H_c = 992\text{A/m}$   $B_r = 1.01\text{T}$   $\mu_{rm} = 442$   $H_{\mu_m} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.384\text{kJ/m}^3$

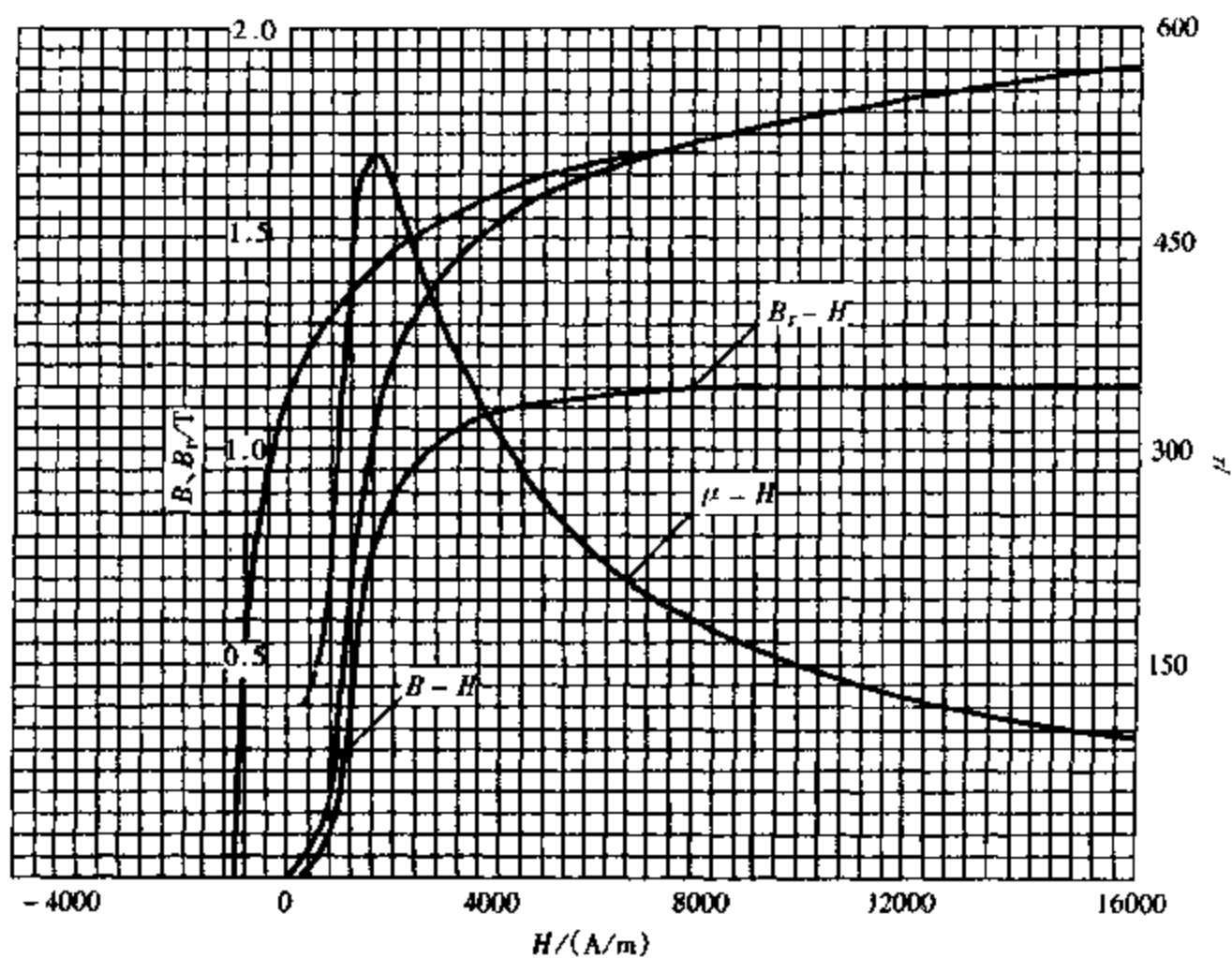


图 2-1-37 50 钢 (840°C 油淬, 500°C 回火)

28HRC  $H_c = 992\text{A/m}$   $B_r = 1.05\text{T}$   $\mu_{rm} = 510$   $H_{\mu_m} = 1600\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.464\text{kJ/m}^3$



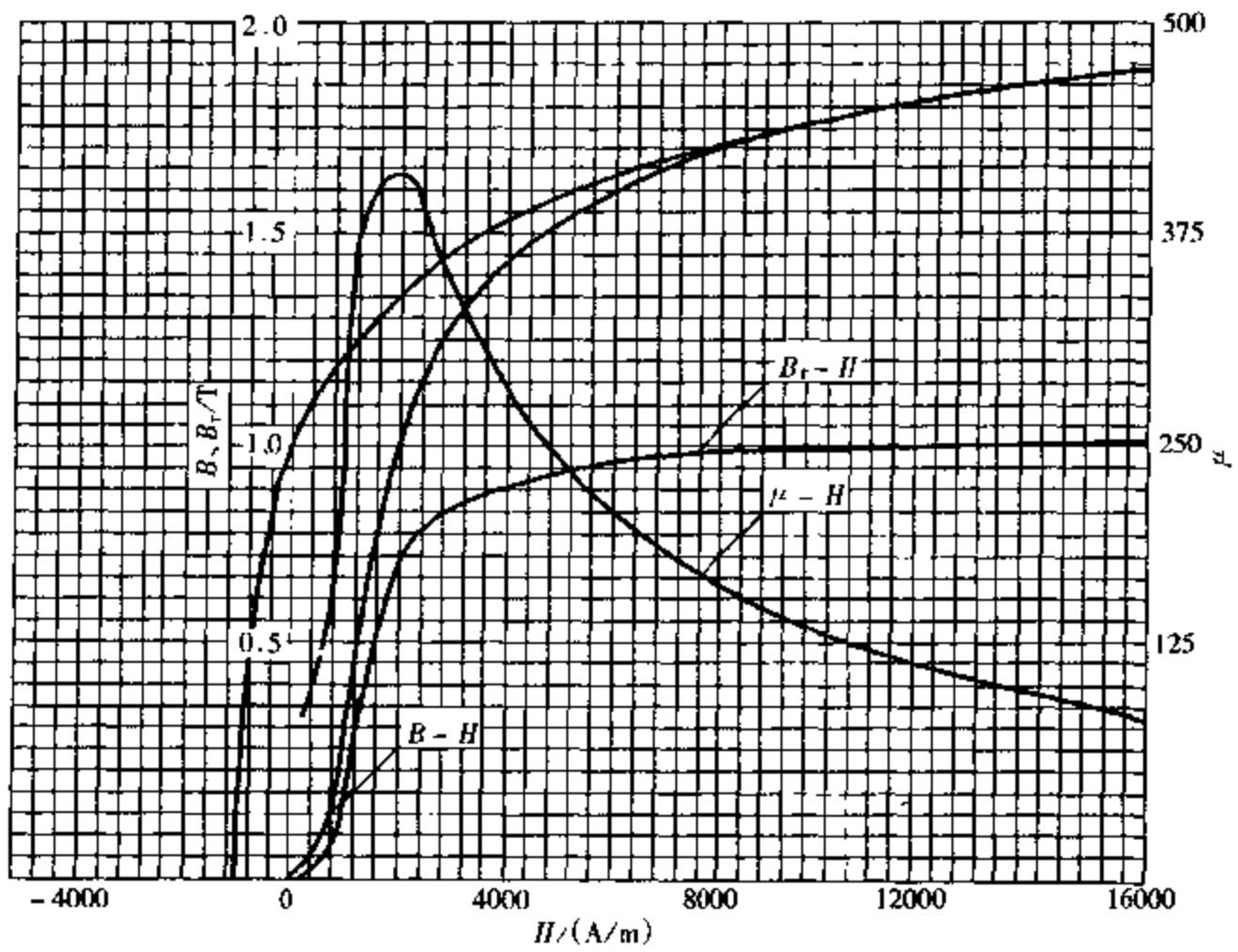


图 2-1-38 50 钢 (840℃油淬, 400℃回火)

32.5HRC  $H_c = 1048\text{A/m}$   $B_r = 1.01\text{T}$   $\mu_{rm} = 409$

$H_{\mu_m} = 2000\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.408\text{kJ/m}^3$

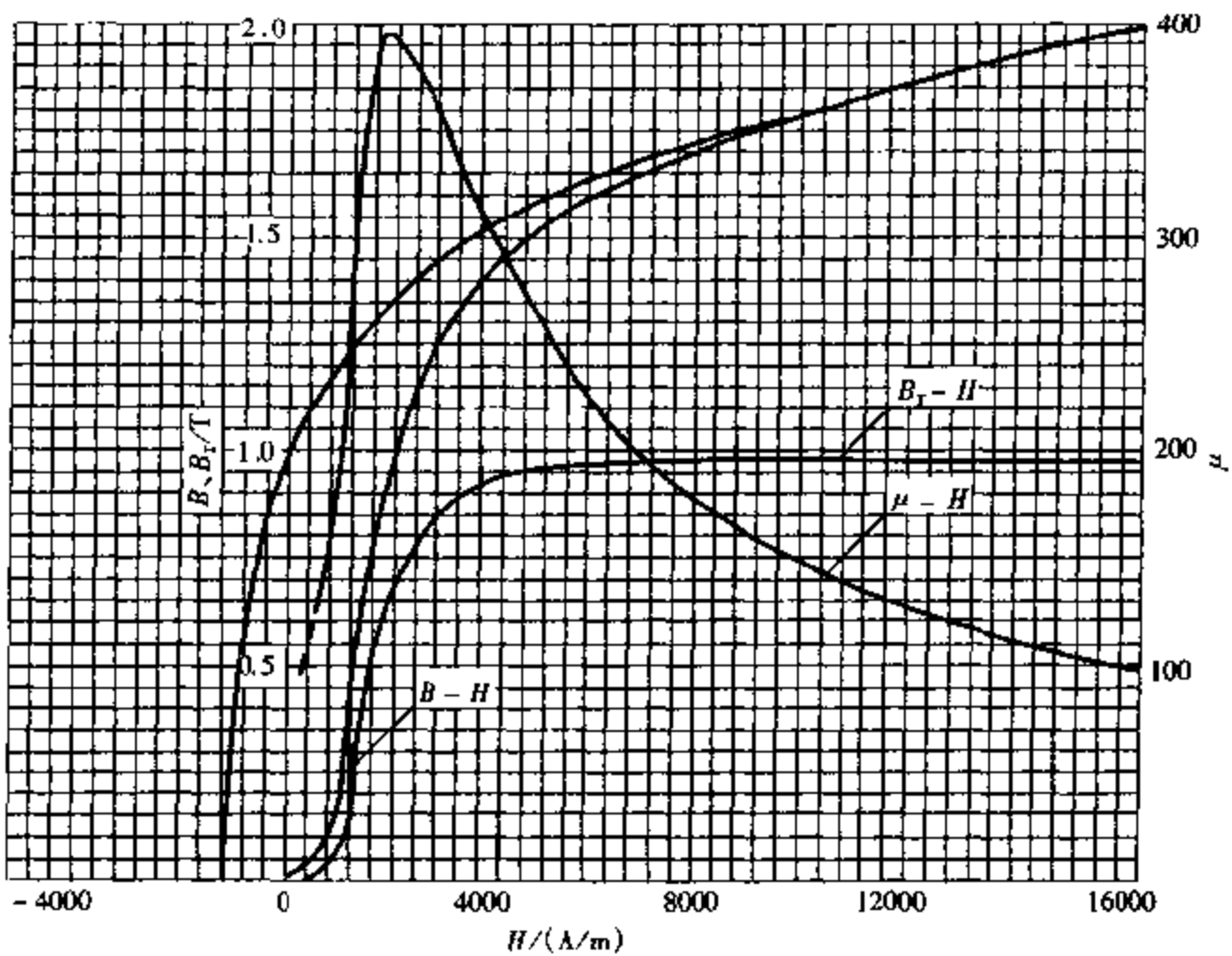


图 2-1-39 50 钢 (840℃油淬, 300℃回火)

33.5HRC  $H_c = 1152\text{A/m}$   $B_r = 0.97\text{T}$   $\mu_{rm} = 396$

$H_{\mu_m} = 1800\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.432\text{kJ/m}^3$

50 甲钢

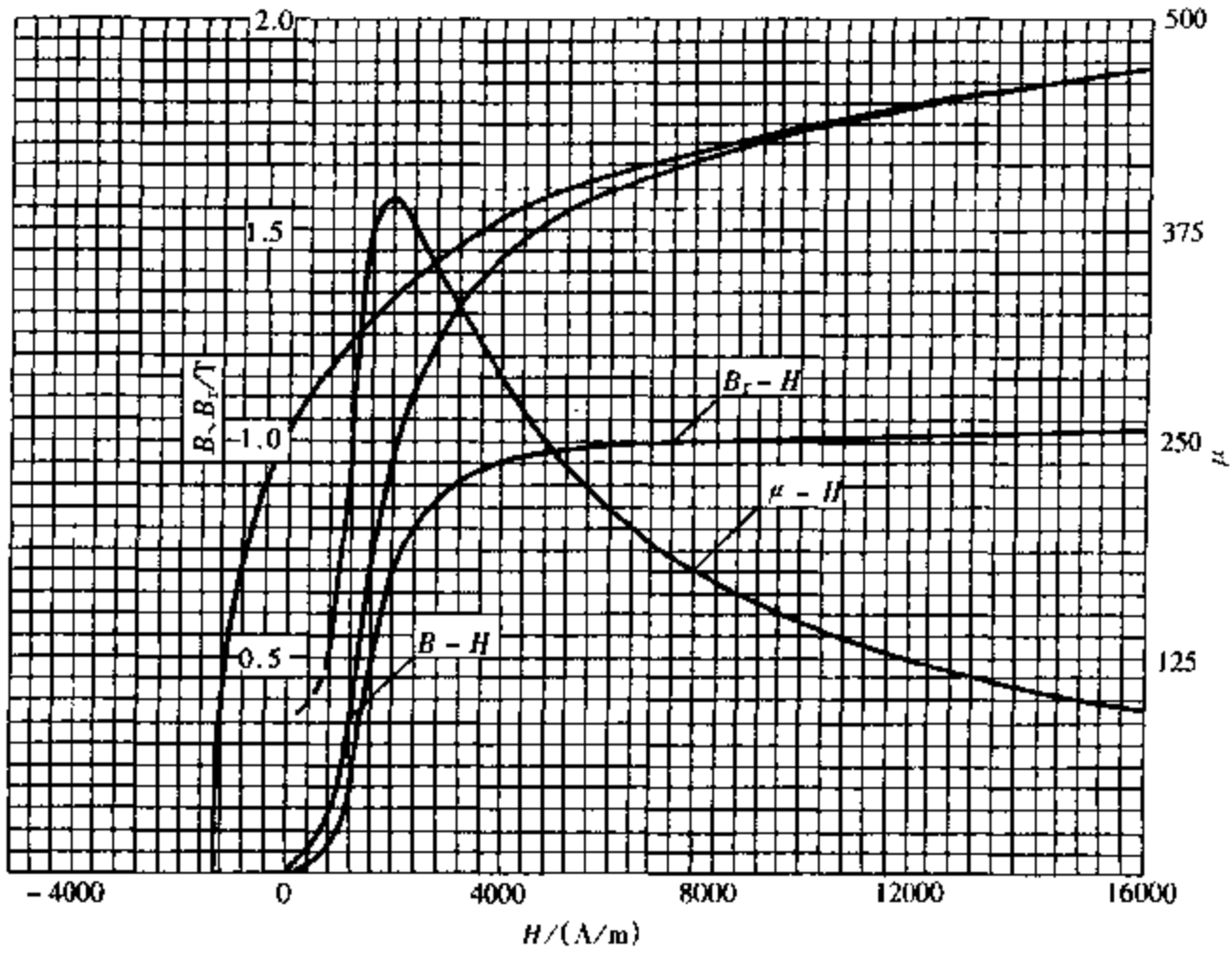


图 2-1-40 50 甲钢 (850℃油淬, 360℃回火)

32HRC  $H_c = 1352 \text{ A/m}$   $B_r = 1.02 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 393$   $H_{\sigma_m} = 2000 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.60 \text{ kJ/m}^3$

50AE 钢

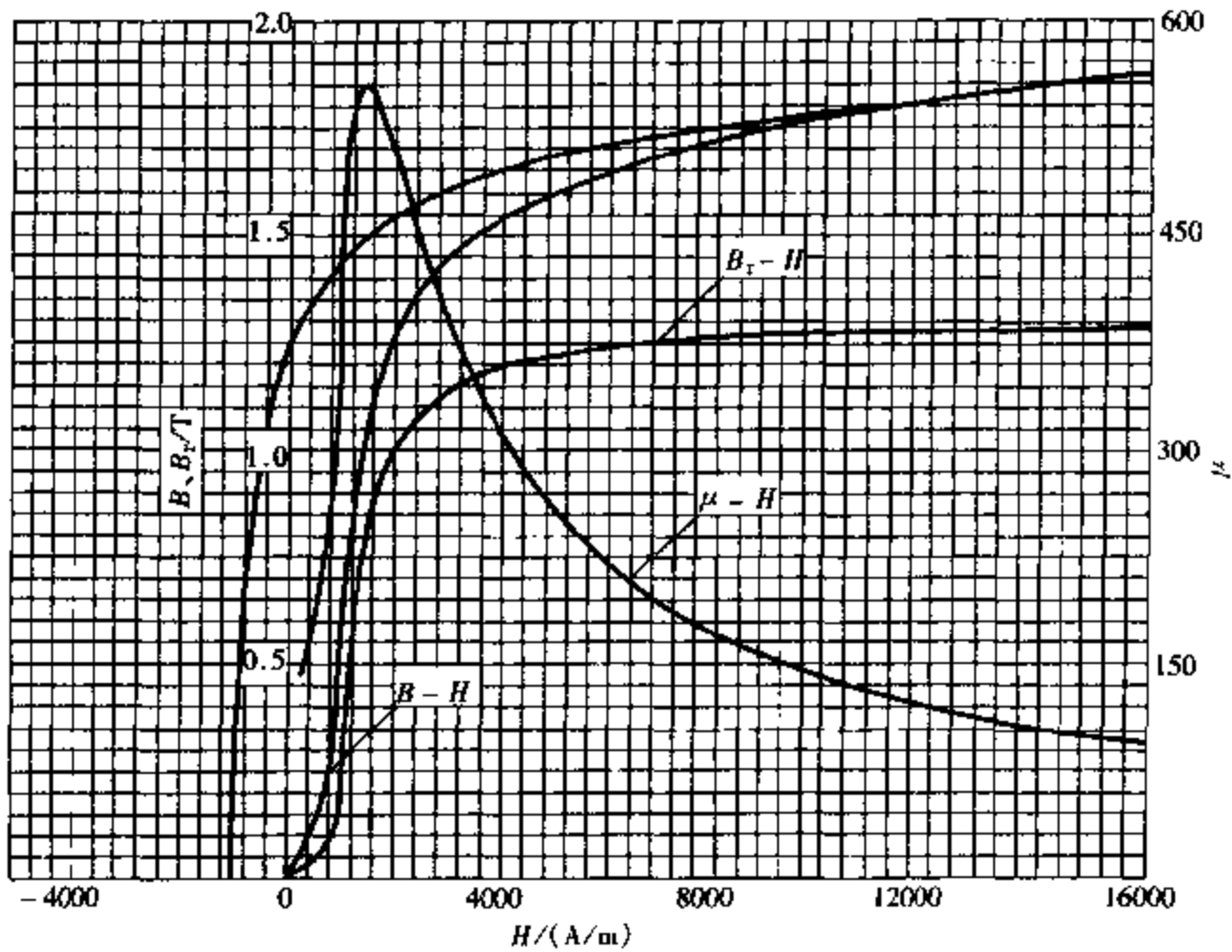


图 2-1-41 50AE 钢 (正火)

223HRS  $H_c = 1048 \text{ A/m}$   $B_r = 1.255 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 556$

$H_{\sigma_m} = 1384 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.488 \text{ kJ/m}^3$

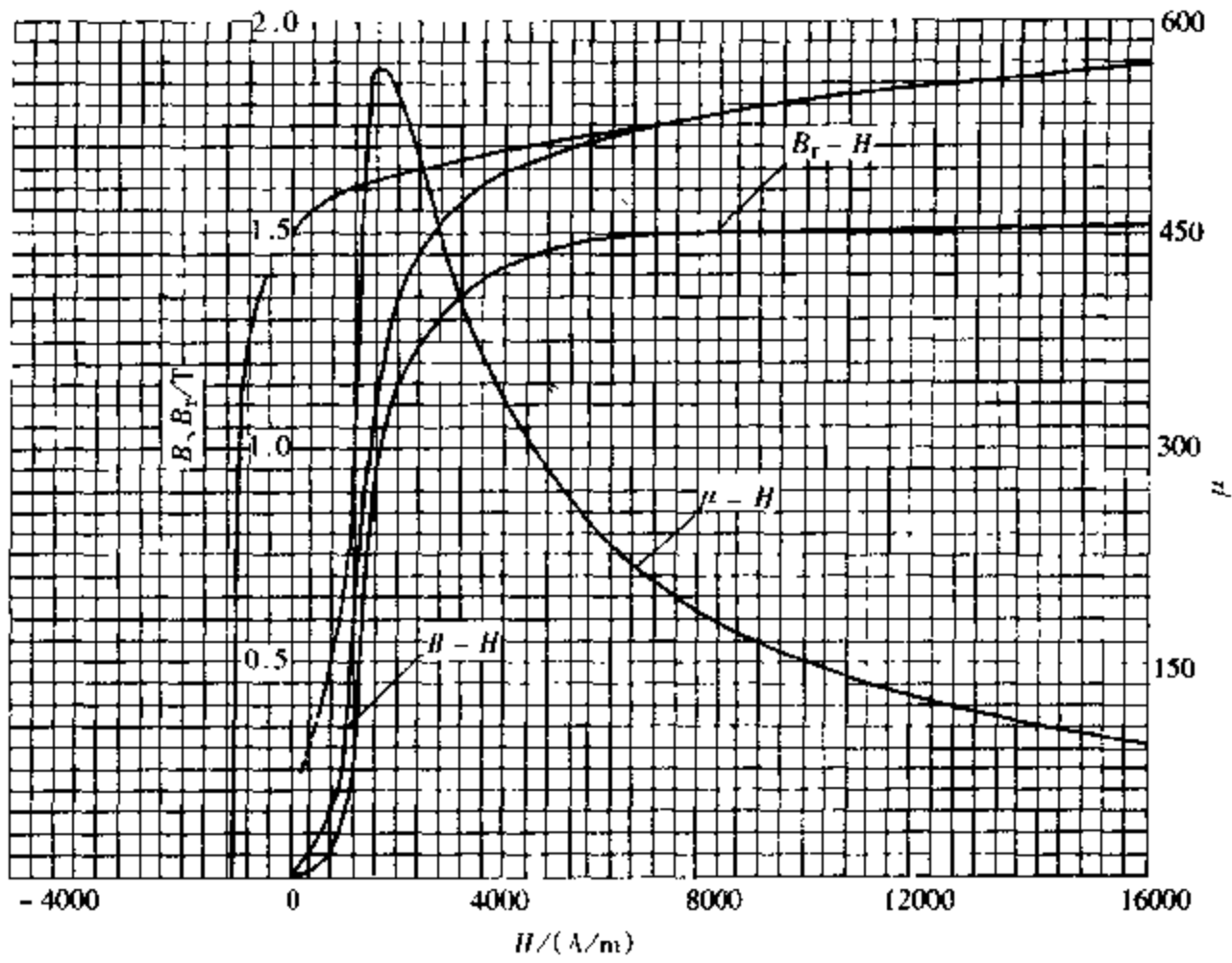


图 2-1-42 50AE 钢 (840℃油淬, 610℃回火)

30.8HRC  $H_c = 1136 \text{ A/m}$   $B_r = 1.52 \text{ T}$   $\mu_{em} = 562$

$H_{\mu_m} = 1560 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.024 \text{ kJ/m}^3$

ZG50 钢

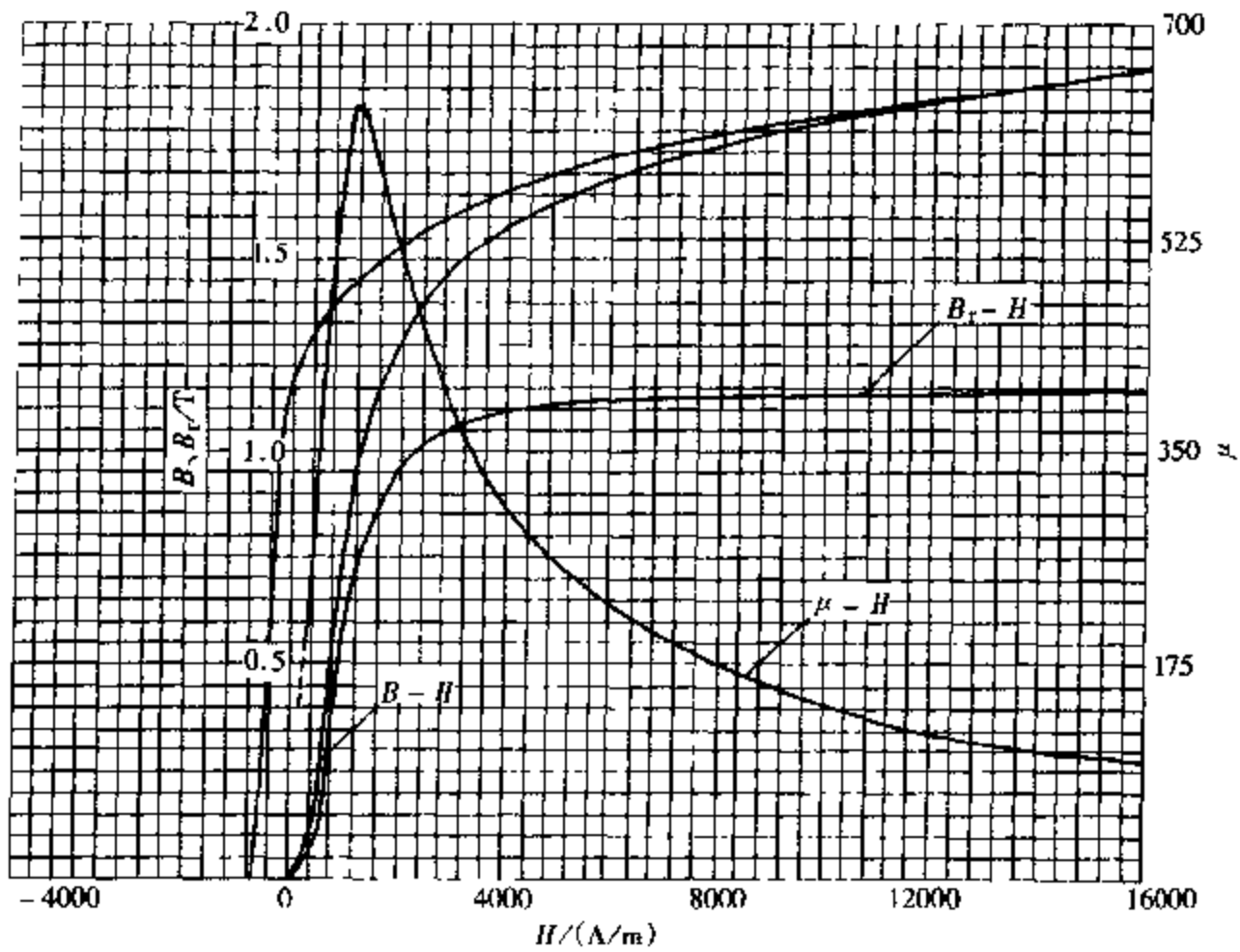


图 2-1-43 ZG50 钢 (正火)

195HBS  $H_c = 564 \text{ A/m}$   $B_r = 1.14 \text{ T}$   $\mu_{em} = 632$

$H_{\mu_m} = 1120 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.232 \text{ kJ/m}^3$

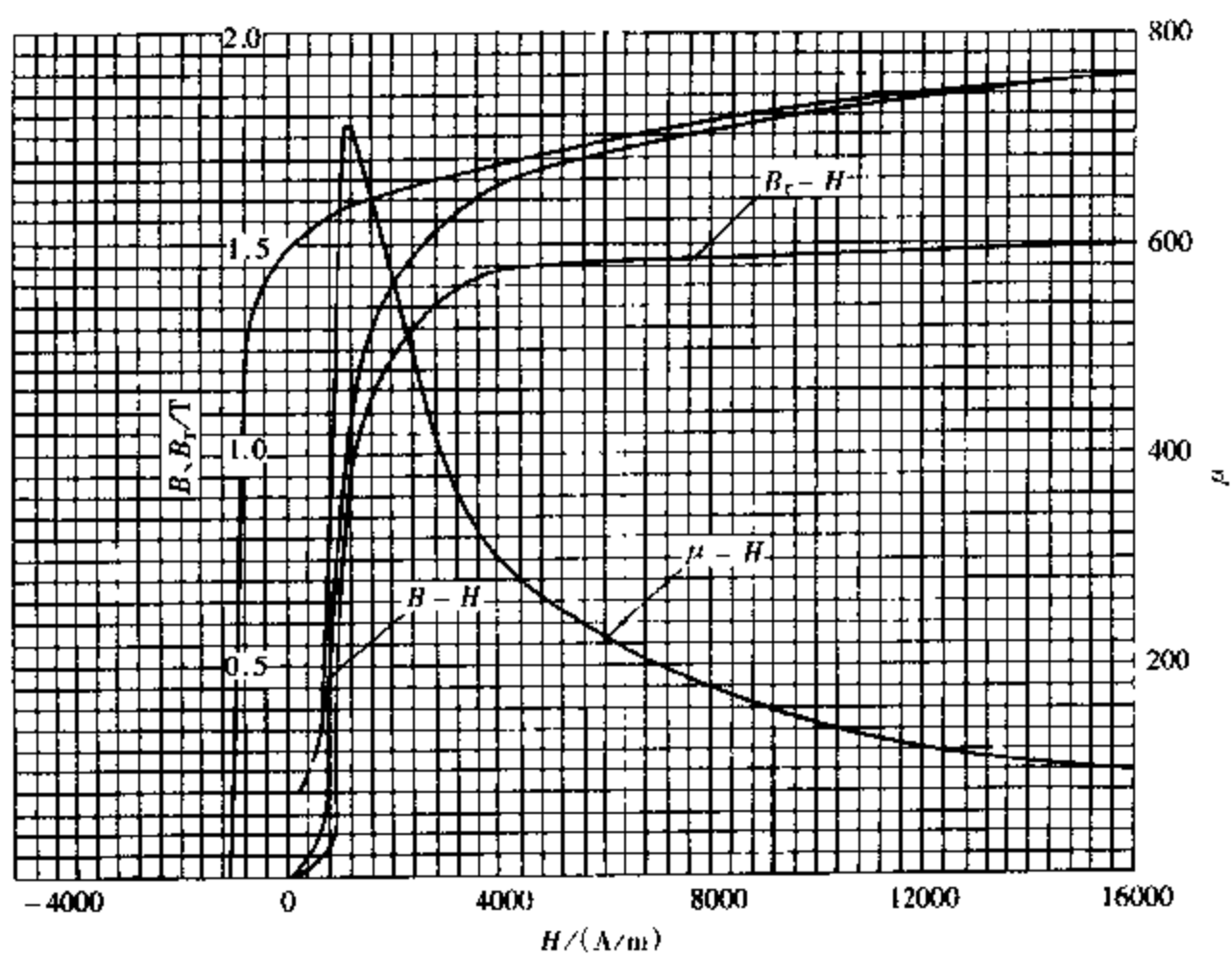


图 2-1-44 ZG50 钢 (860℃油淬, 650℃回火)

20HRC  $H_c = 1048 \text{ A/m}$   $B_c = 1.493 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 714$

$H_{\mu m} = 1200 \text{ A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.96 \text{ kJ/m}^3$

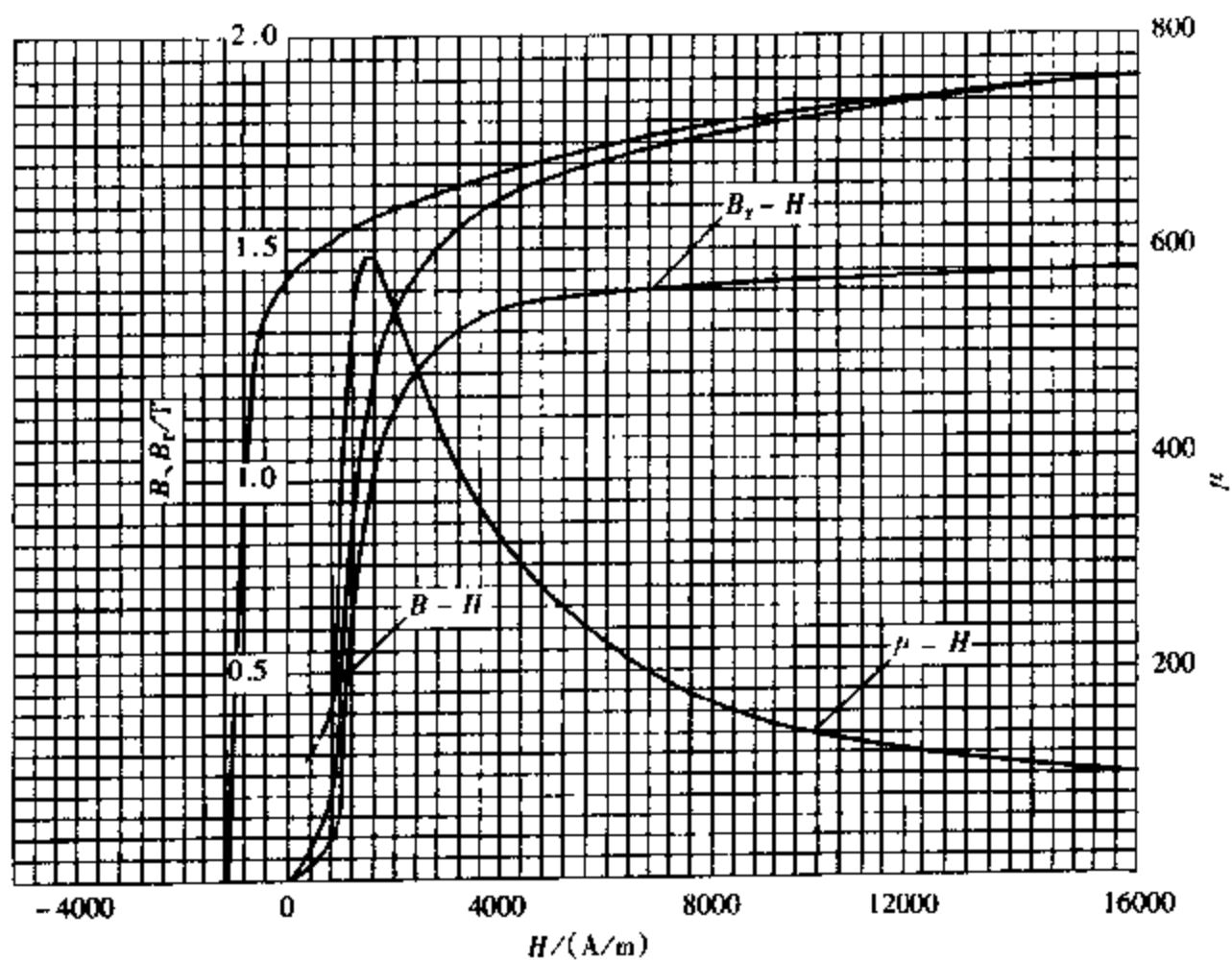


图 2-1-45 ZG50 钢 (860℃油淬, 600℃回火)

24HRC  $H_c = 1136 \text{ A/m}$   $B_c = 1.45 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 594$

$H_{\mu m} = 1520 \text{ A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.792 \text{ kJ/m}^3$

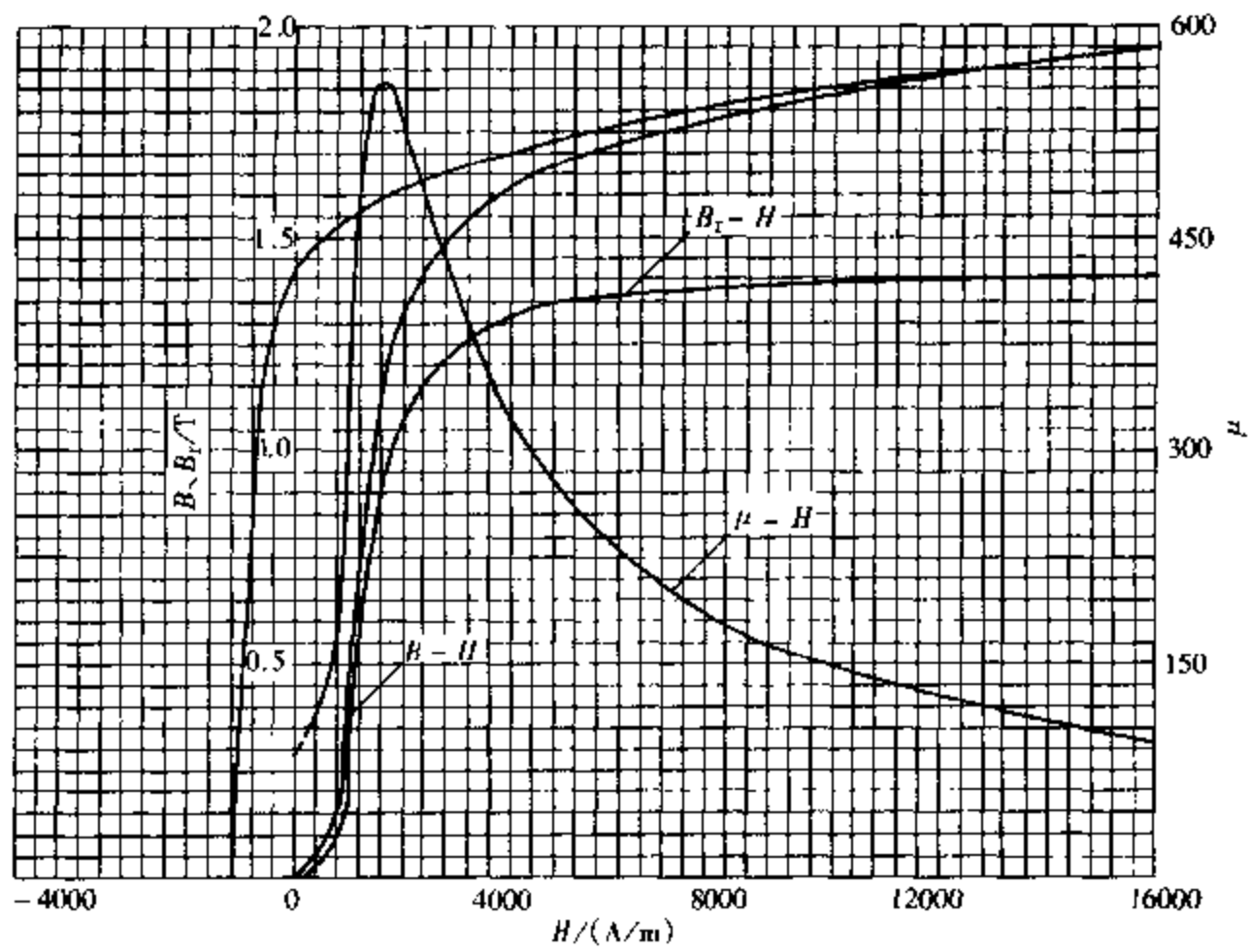


图 2-1-46 ZG50 钢 (860°C 油淬, 560°C 回火)

28.5HRC  $H_c = 1144 \text{ A/m}$   $B_r = 1.42 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 560$

$H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.72 \text{ kJ/m}^3$

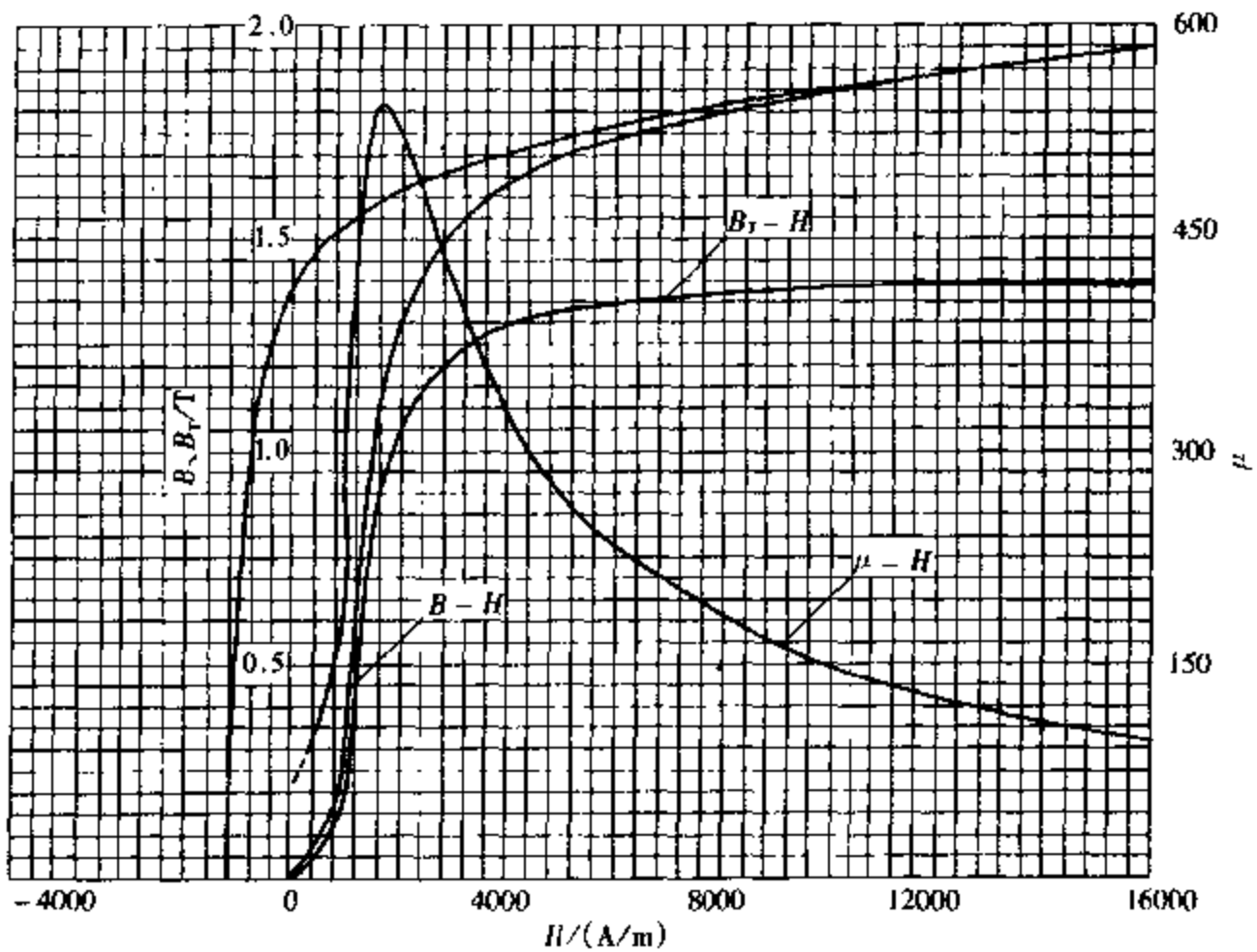


图 2-1-47 ZG50 钢 (860°C 油淬, 500°C 回火)

33HRC  $H_c = 1216 \text{ A/m}$   $B_r = 1.39 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 545$

$H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.80 \text{ kJ/m}^3$

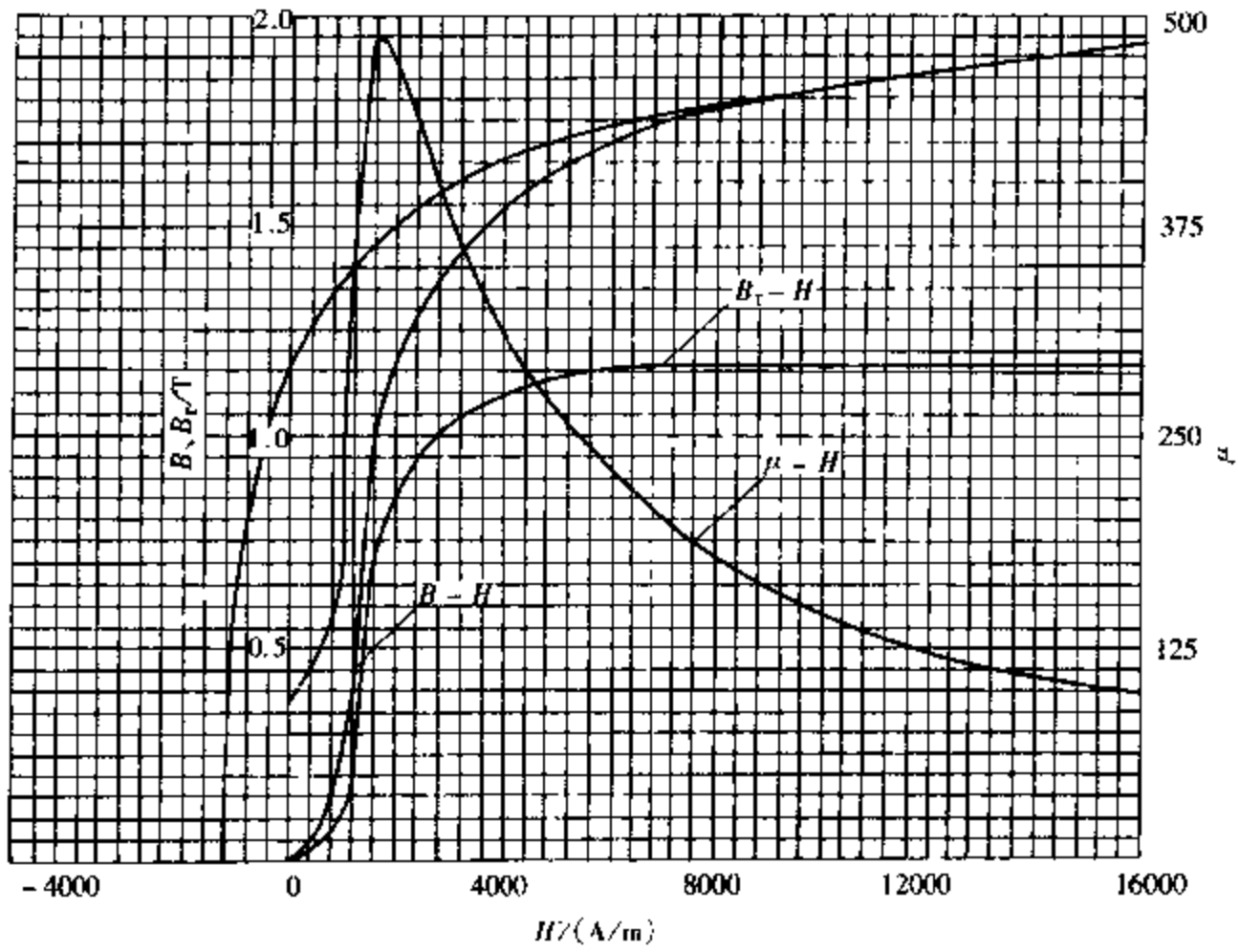


图 2-1-48 ZG50 钢 (860°C 油淬, 400°C 回火)

40.5HRC  $H_c = 1288 \text{ A/m}$   $B_r = 1.18 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 486$

$H_{rm} = 1680 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.68 \text{ kJ/m}^3$

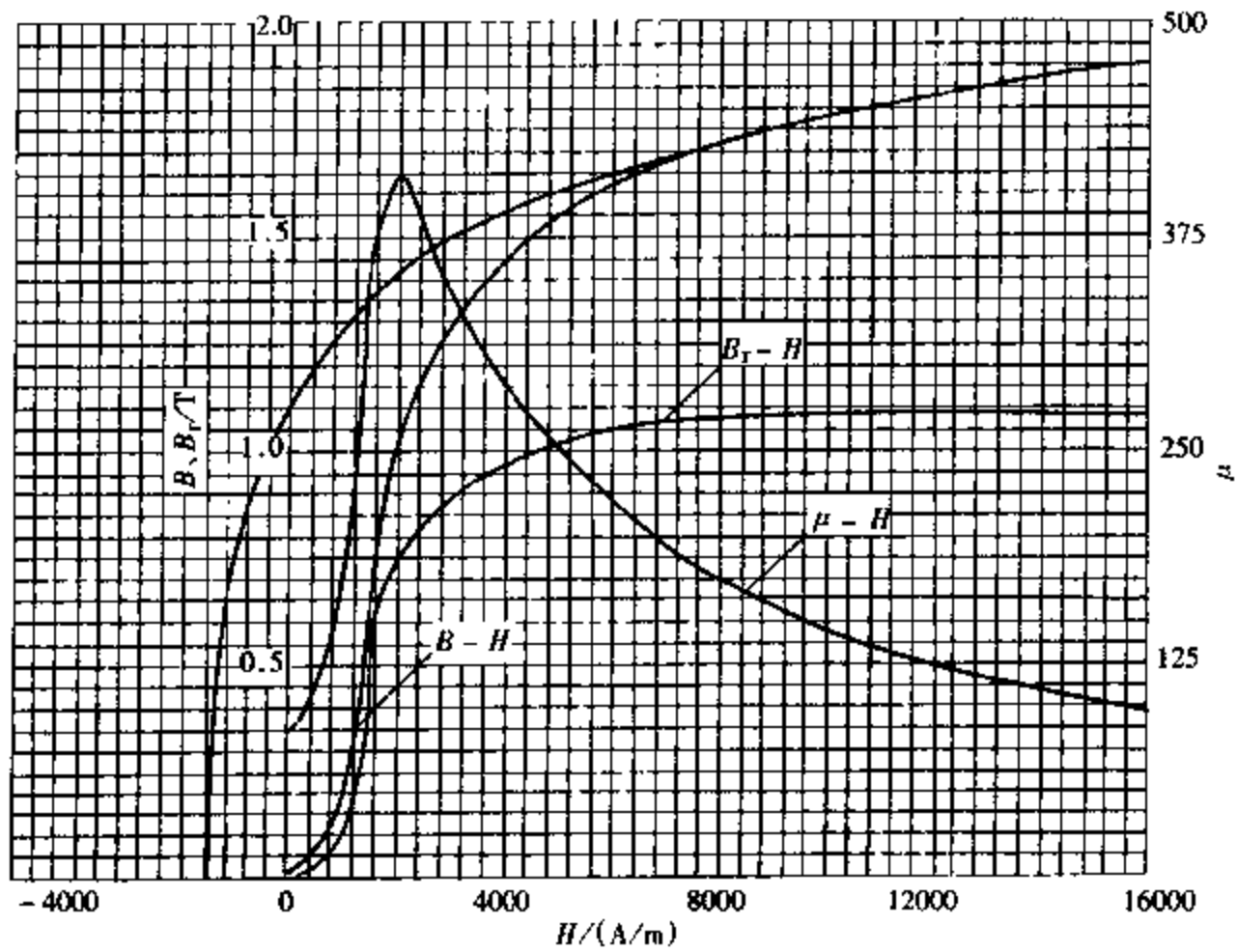


图 2-1-49 ZG50 钢 (860°C 油淬, 300°C 回火)

45HRC  $H_c = 1576 \text{ A/m}$   $B_r = 1.08 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 414$

$H_{rm} = 1880 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.816 \text{ kJ/m}^3$

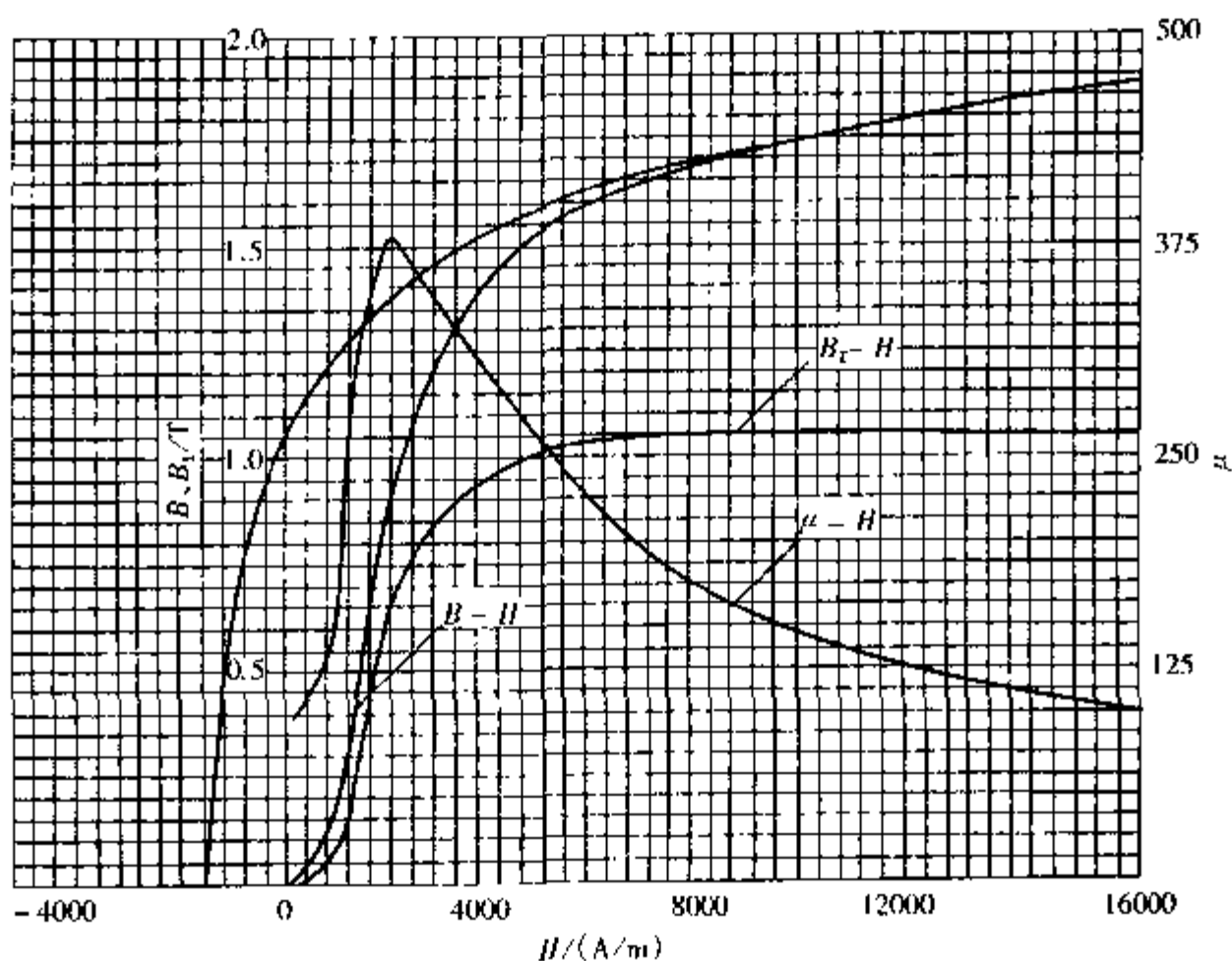


图 2-1-50 ZG50 钢 (860℃油淬, 250℃回火)

48HRC:  $H_c = 1584\text{A/m}$   $B_r = 1.06\text{T}$   $\mu_{r,m} = 380$

$H_{\mu_m} = 1880\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.656\text{kJ/m}^3$

10. D60 钢

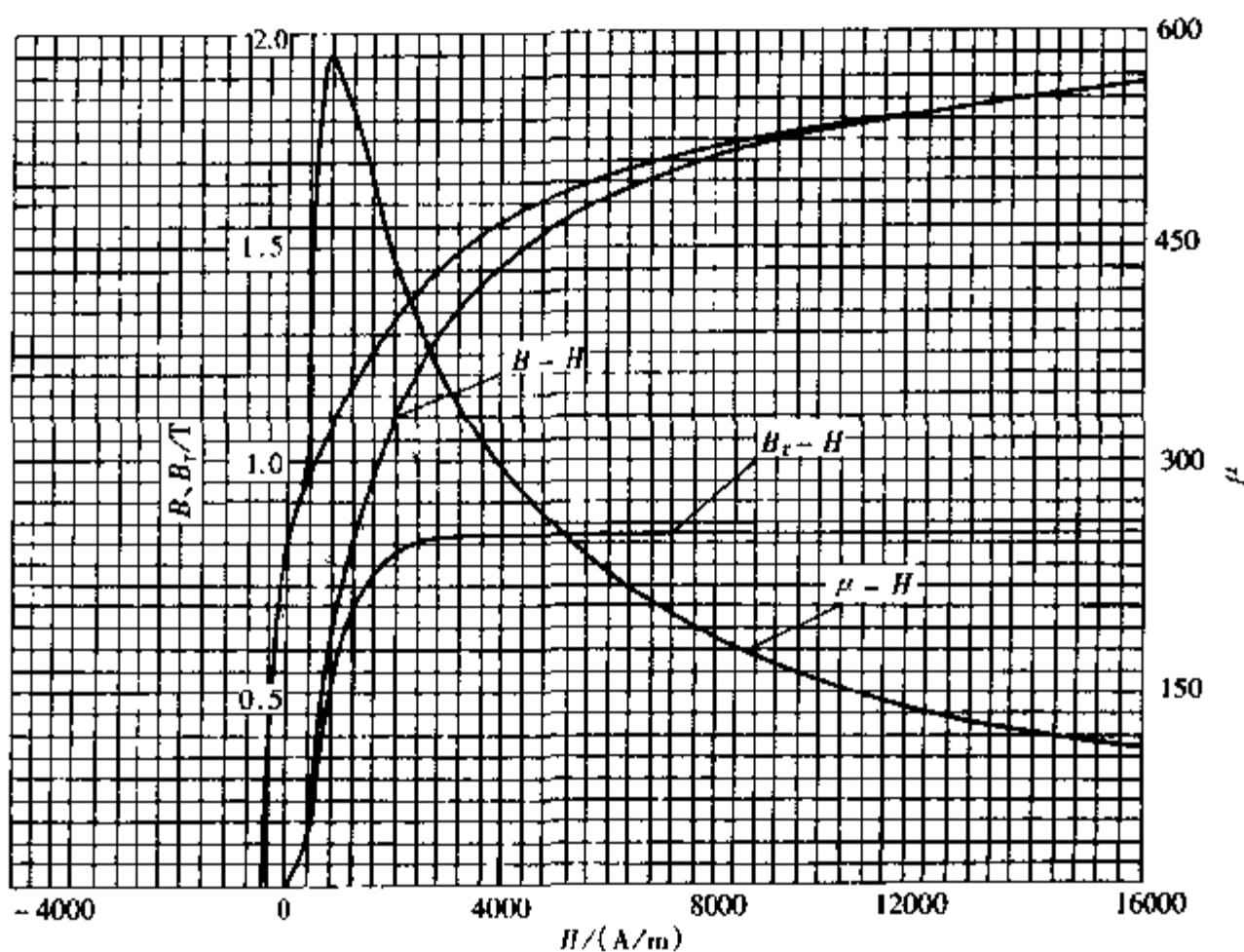


图 2-1-51 D60 钢 (材料热冲压状态)

200HBS  $H_c = 520\text{A/m}$   $B_r = 0.82\text{T}$   $\mu_{r,m} = 582$

$H_{\mu_m} = 784\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.136\text{kJ/m}^3$

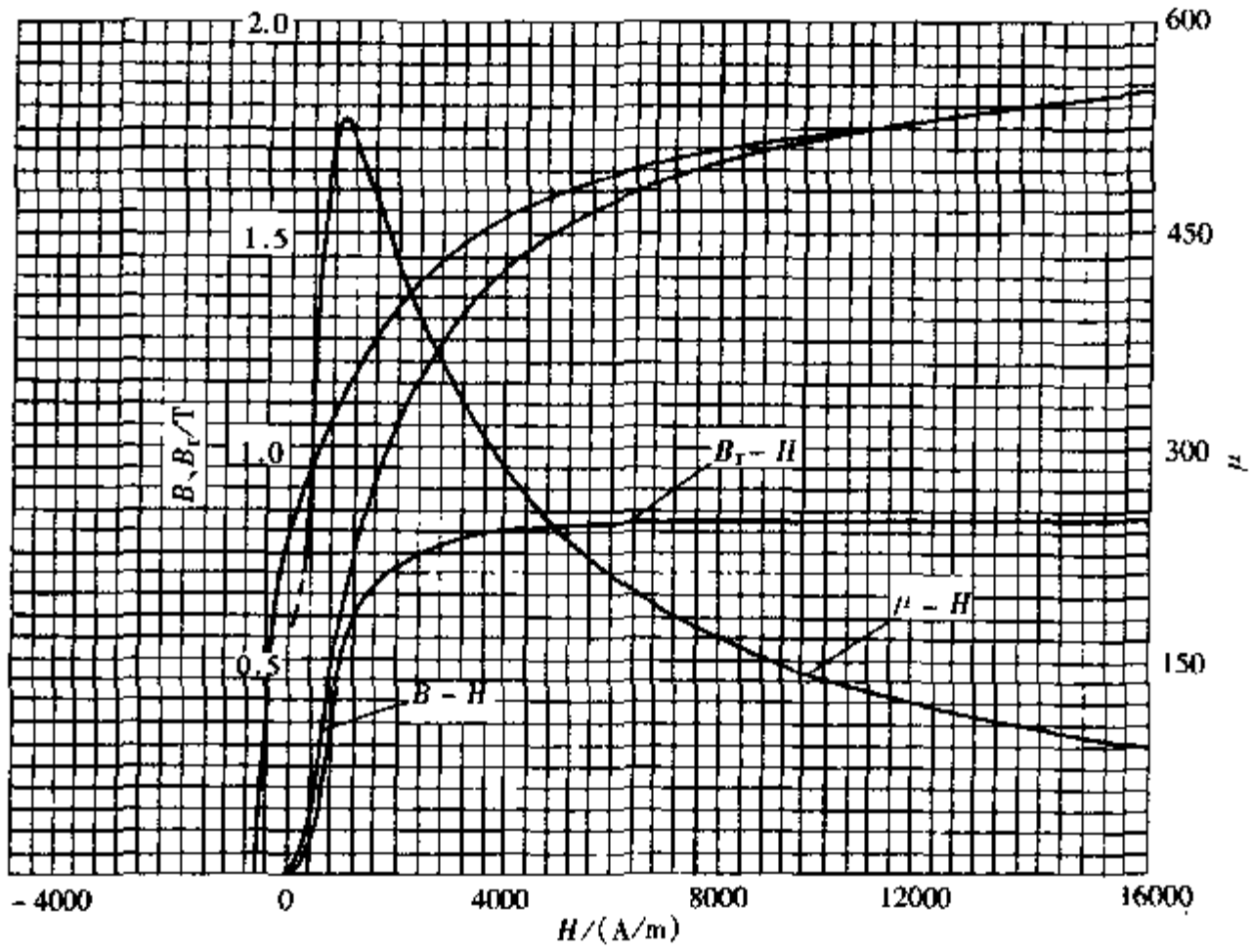


图 2-1-52 D60 钢 (材料热轧状态)

212HBS  $H_c = 656\text{A/m}$   $B_r = 0.825\text{T}$   $\mu_{cm} = 533$

$H_{\mu_m} = 936\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.176\text{kJ/m}^3$

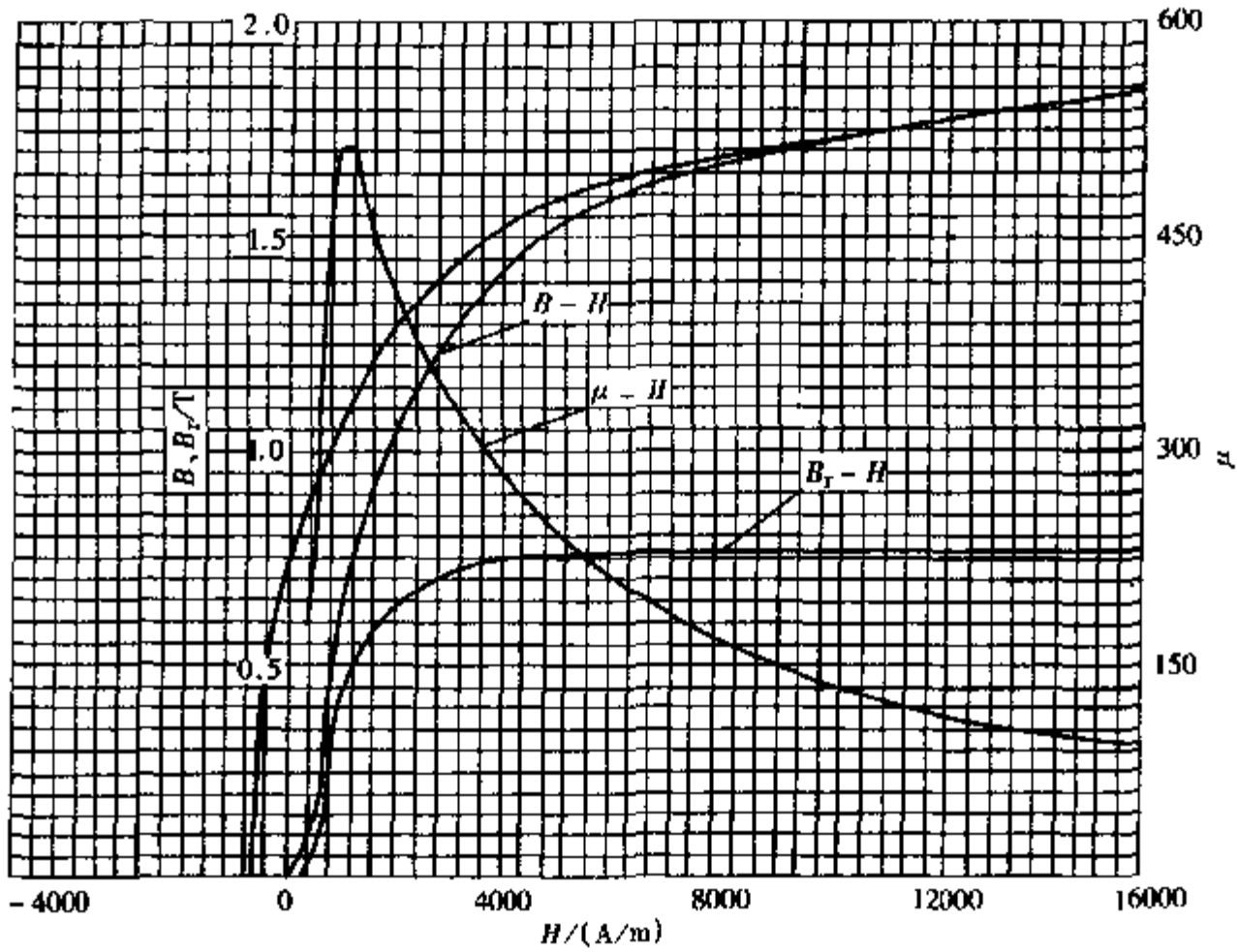


图 2-1-53 D60 钢 (材料供应状态)

216HBS  $H_c = 672\text{A/m}$   $B_r = 0.76\text{T}$   $\mu_{cm} = 515$

$H_{\mu_m} = 1040\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.192\text{kJ/m}^3$



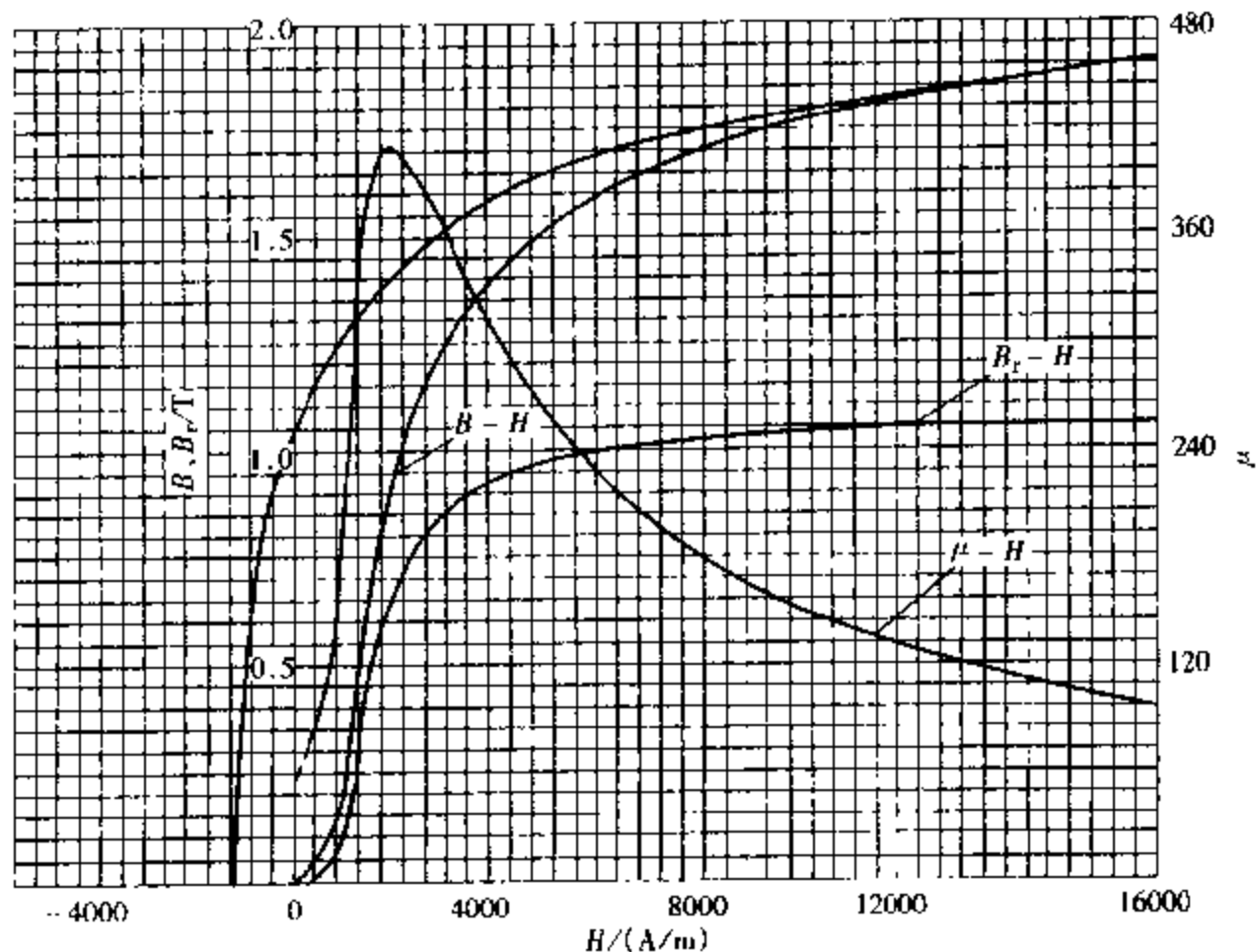


图 2-1-54 D60 钢 (850℃油淬, 550℃回火)

30HRC  $H_c = 1144 \text{ A/m}$   $B_r = 1.06 \text{ T}$   $\mu_{m} = 410$   $H_{\sigma_m} = 1680 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.496 \text{ kJ/m}^3$

## 2.2 合金结构钢

### 2.2.1 低合金高强度结构钢

#### 1. 16MnR

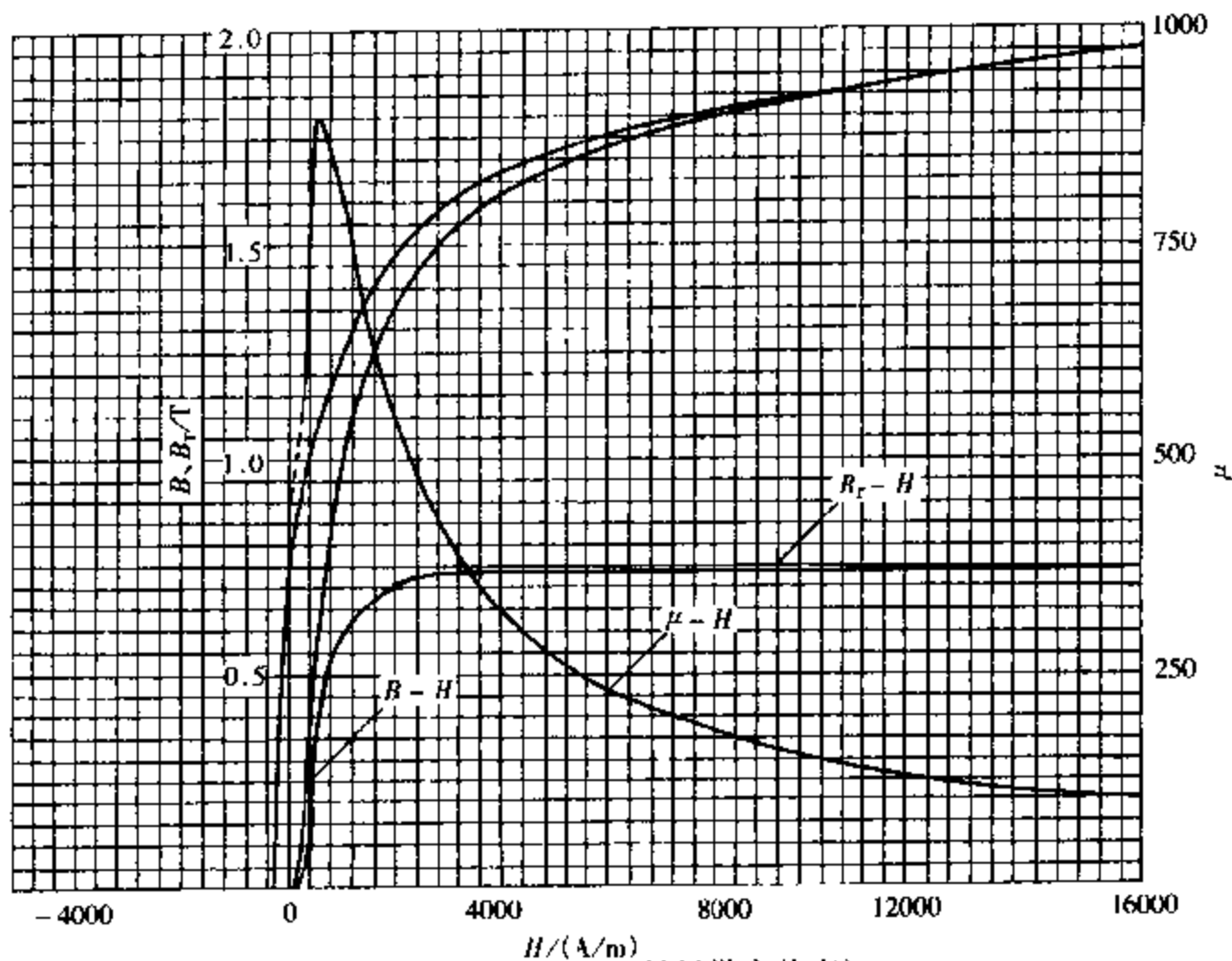


图 2-2-1 16MnR (材料供应状态)

103HBS  $H_c = 320 \text{ A/m}$   $B_r = 0.75 \text{ T}$   $\mu_{m} = 895$   $H_{\sigma_m} = 560 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.064 \text{ kJ/m}^3$

## 2. Q345 (16MnA)

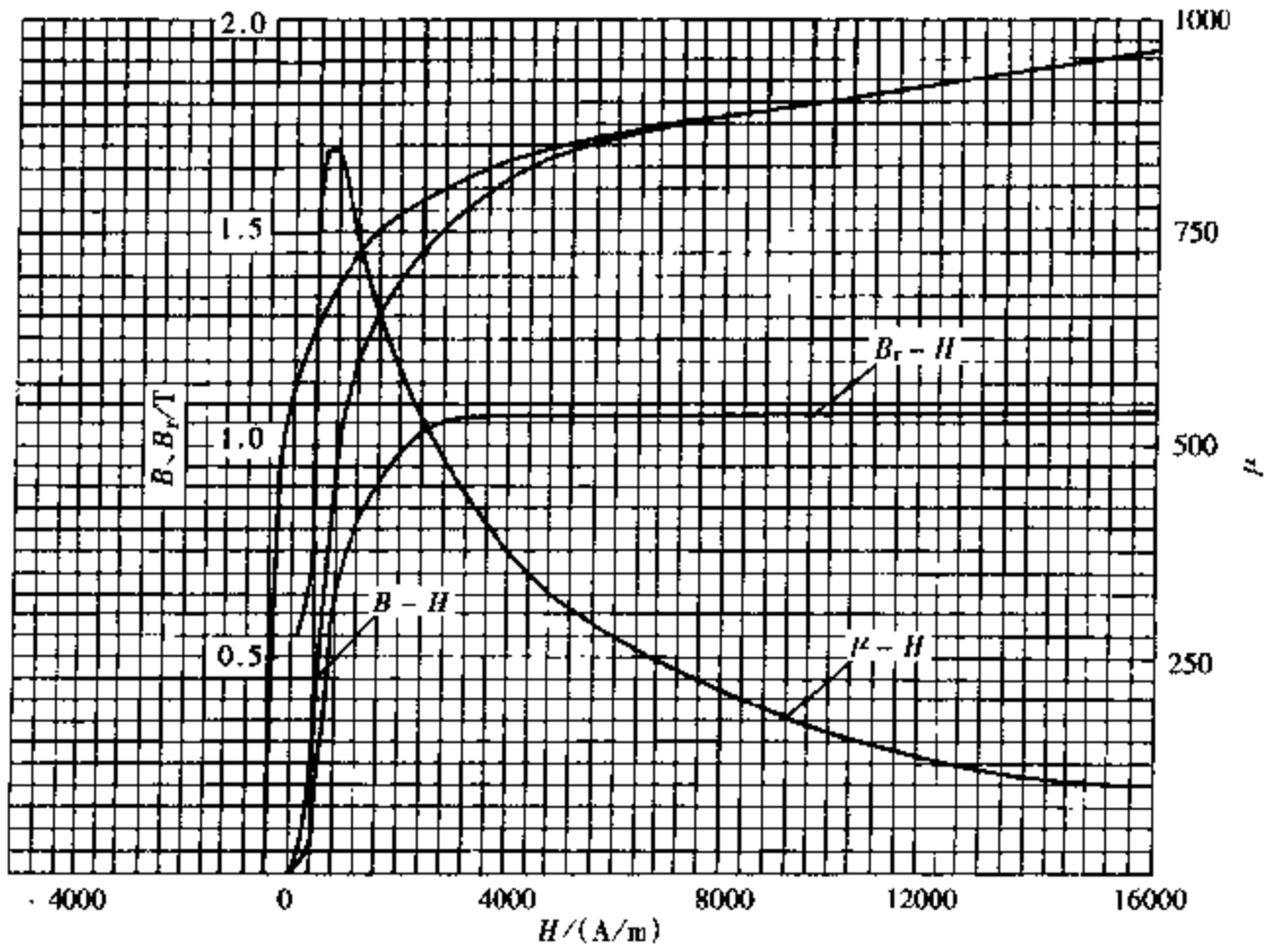


图 2-2-2 Q345 (16MnA) (正火)

168HBS  $H_c = 480 \text{ A/m}$   $B_r = 1.06 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 850$   $H_{\mu m} = 800 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.153 \text{ kJ/m}^2$

## 2.2.2 B系钢

## 1. 45B

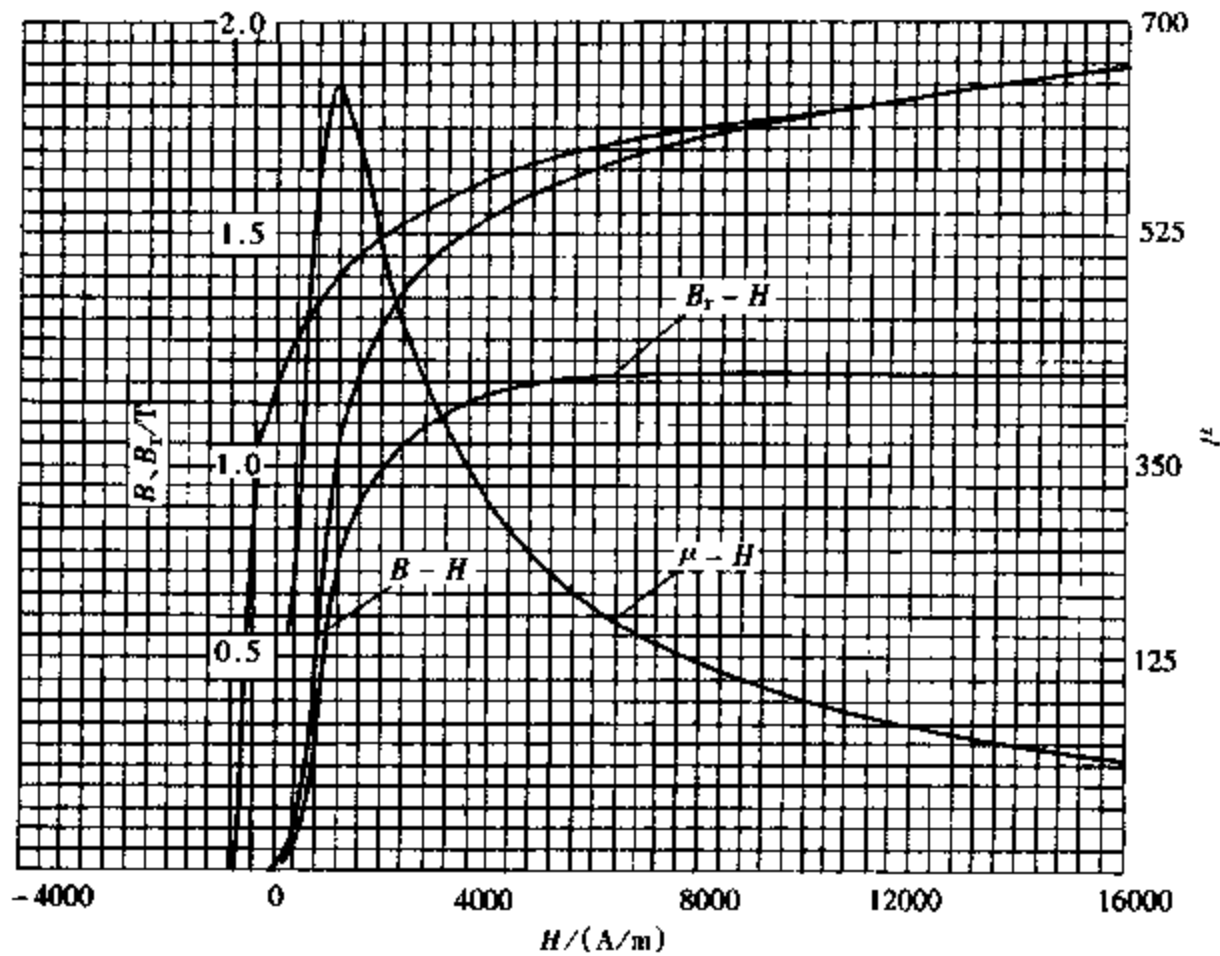


图 2-2-3 45B (正火)

201HBS  $H_c = 704 \text{ A/m}$   $B_r = 1.16 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 646$

$H_{\mu m} = 1120 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.32 \text{ kJ/m}^2$

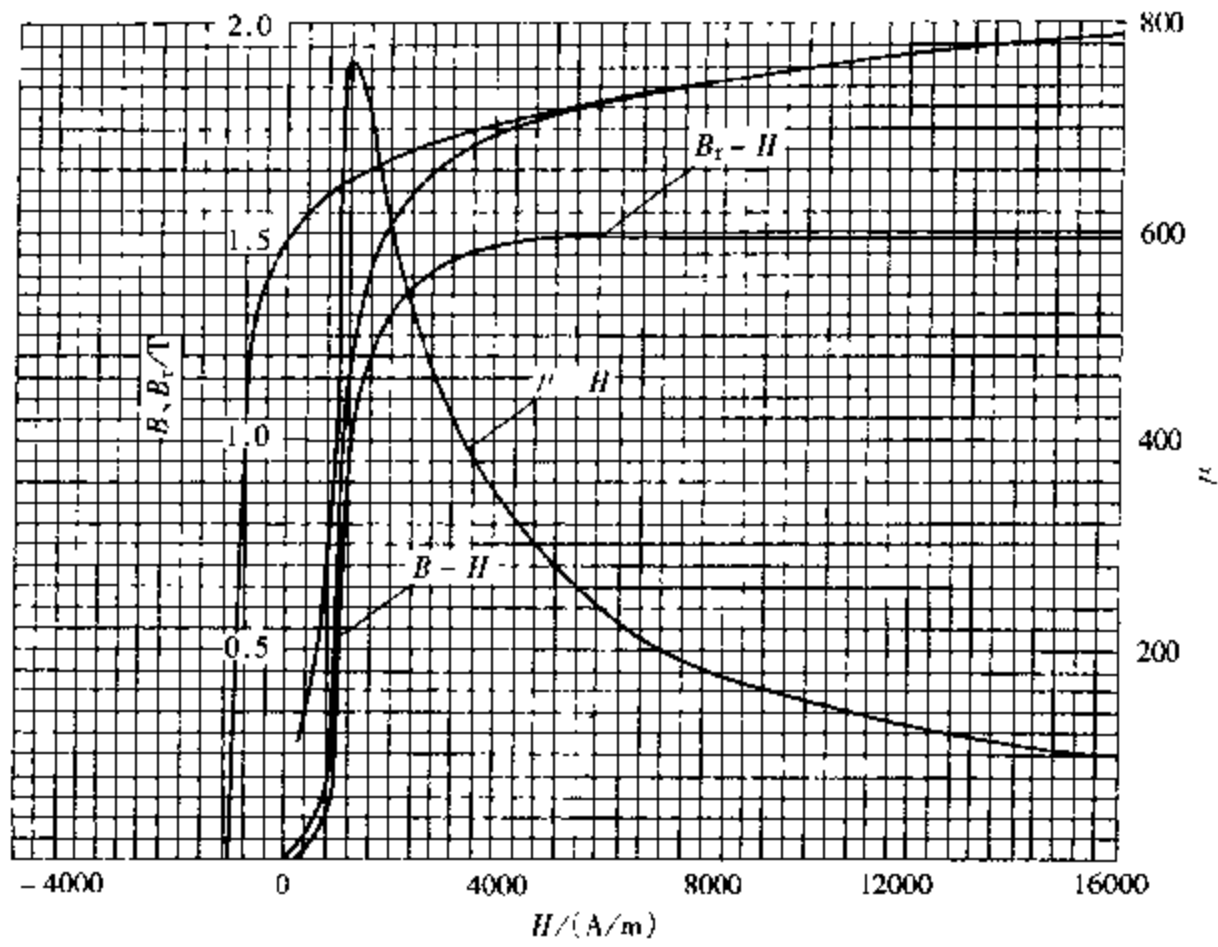


图 2-2-4 45B (850℃油淬, 400℃回火)

45HRC  $H_c = 992\text{A/m}$   $B_r = 1.49\text{T}$   $\mu_{rm} = 767$

$H_{\alpha m} = 1200\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.864\text{kJ/m}^3$

2. 50BA

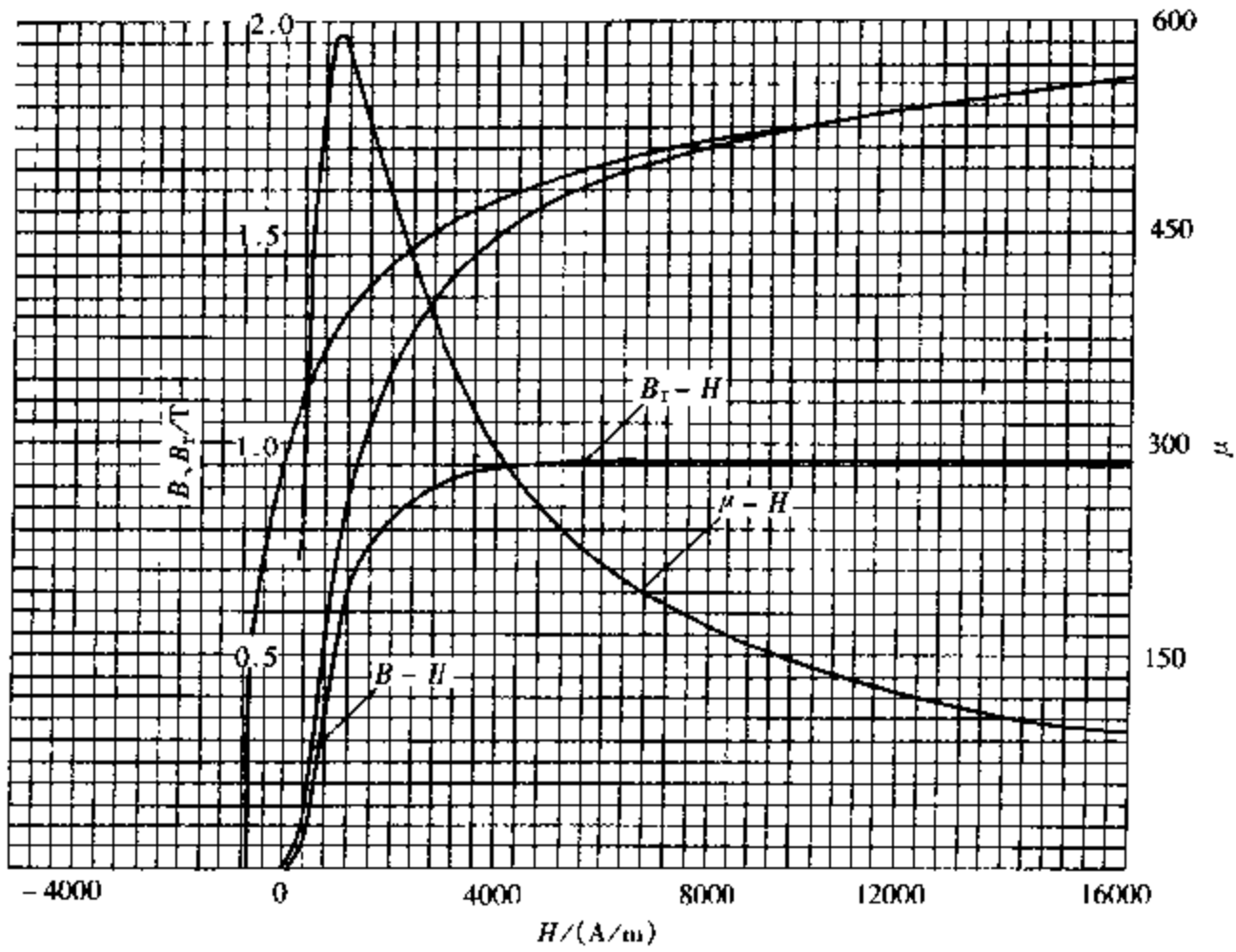


图 2-2-5 50BA (材料供应状态)

207HBS  $H_c = 704\text{A/m}$   $B_r = 0.96\text{T}$   $\mu_{rm} = 590$   $H_{\alpha m} = 960\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.312\text{kJ/m}^3$

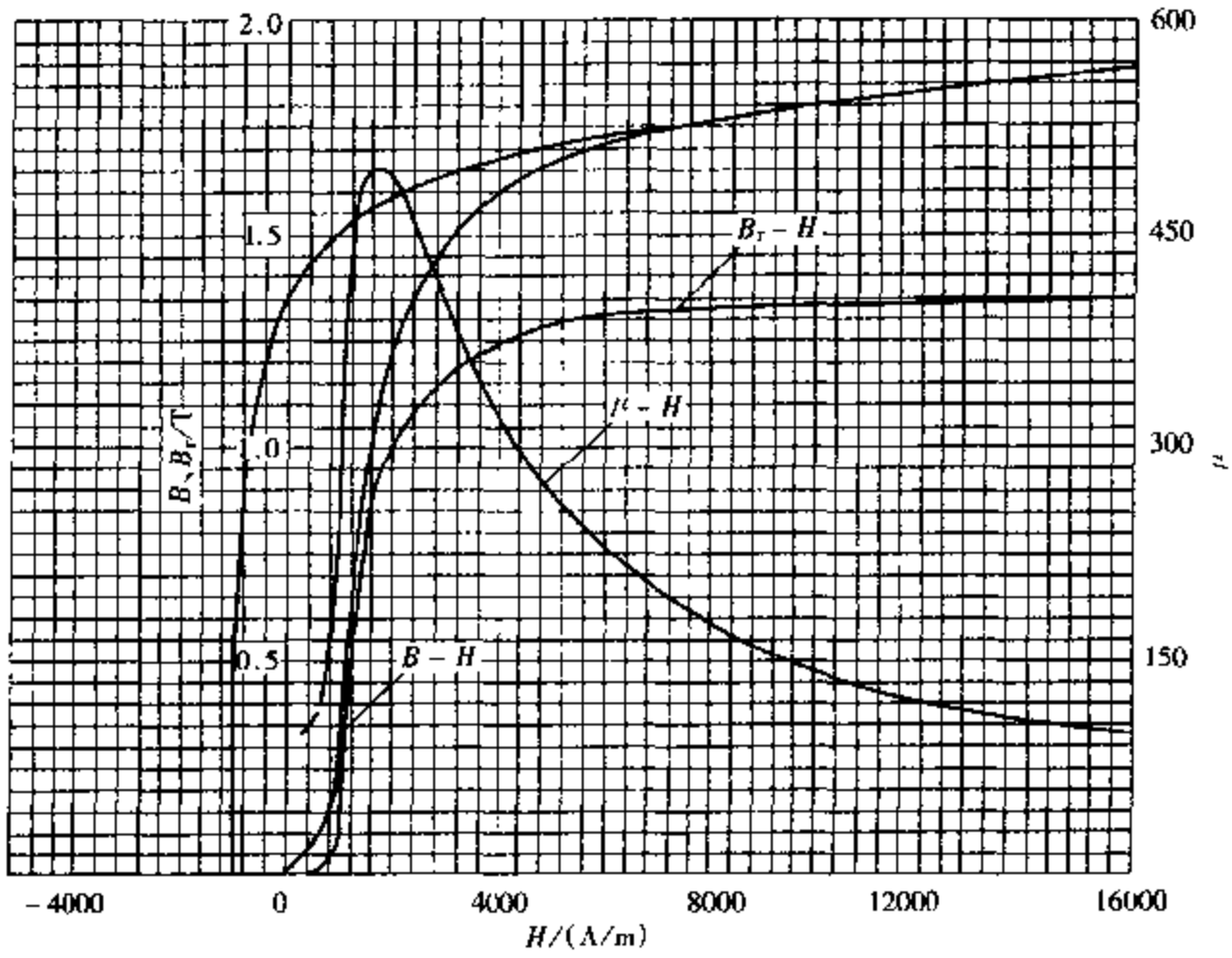


图 2-2-6 50BA (840℃油淬, 650℃回火)

22.5HRC  $H_c = 984\text{A/m}$   $B_r = 1.34\text{T}$   $\mu_{r,m} = 503$ 

$$H_{\mu_m} = 1760\text{A/m} \quad (HB)_{\max} = 0.712\text{kJ/m}^3$$

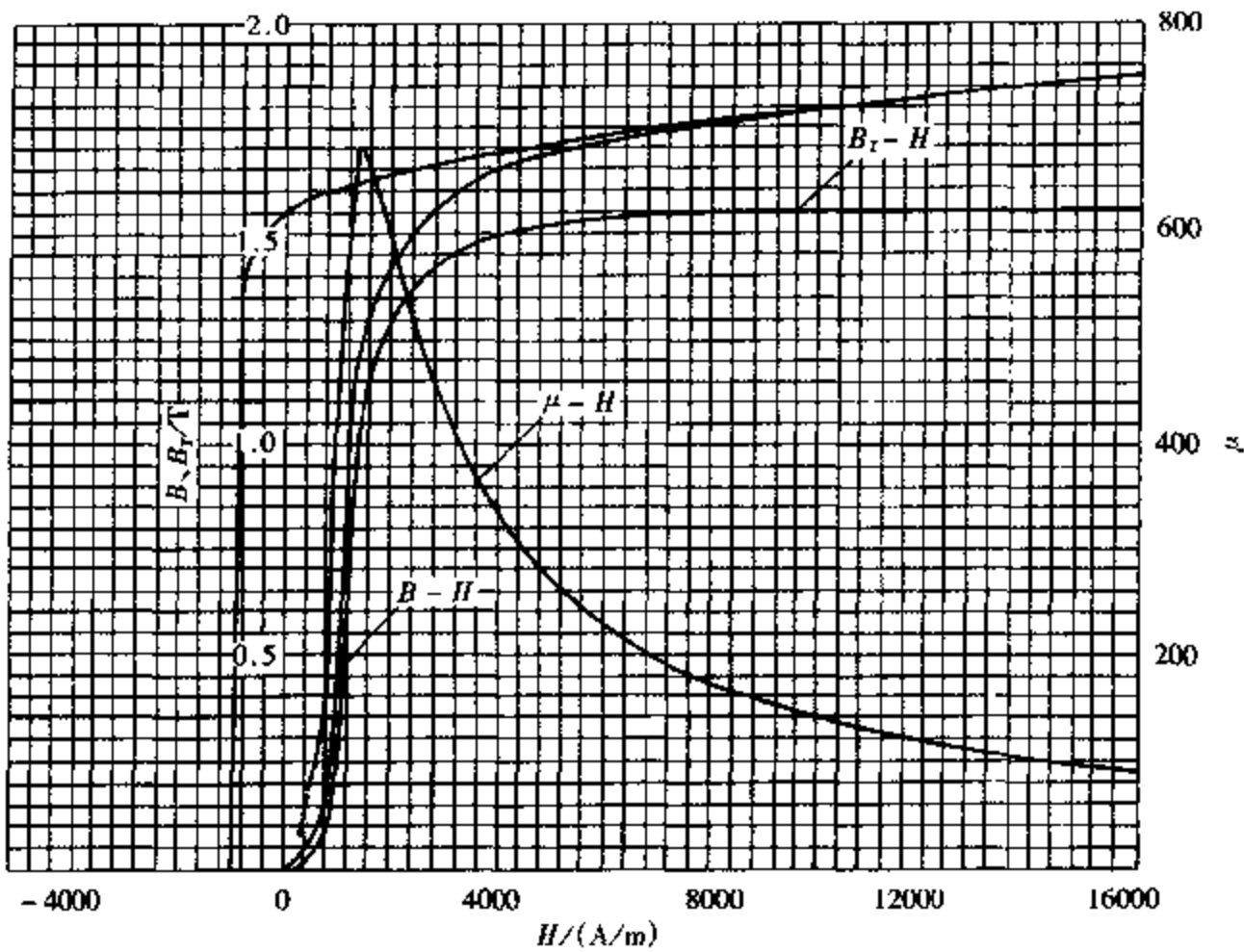


图 2-2-7 50BA (860℃油淬, 580℃回火)

22HRC  $H_c = 1000\text{A/m}$   $B_r = 1.557\text{T}$   $\mu_{r,m} = 680$ 

$$H_{\mu_m} = 1400\text{A/m} \quad (HB)_{\max} = 1.072\text{kJ/m}^3$$

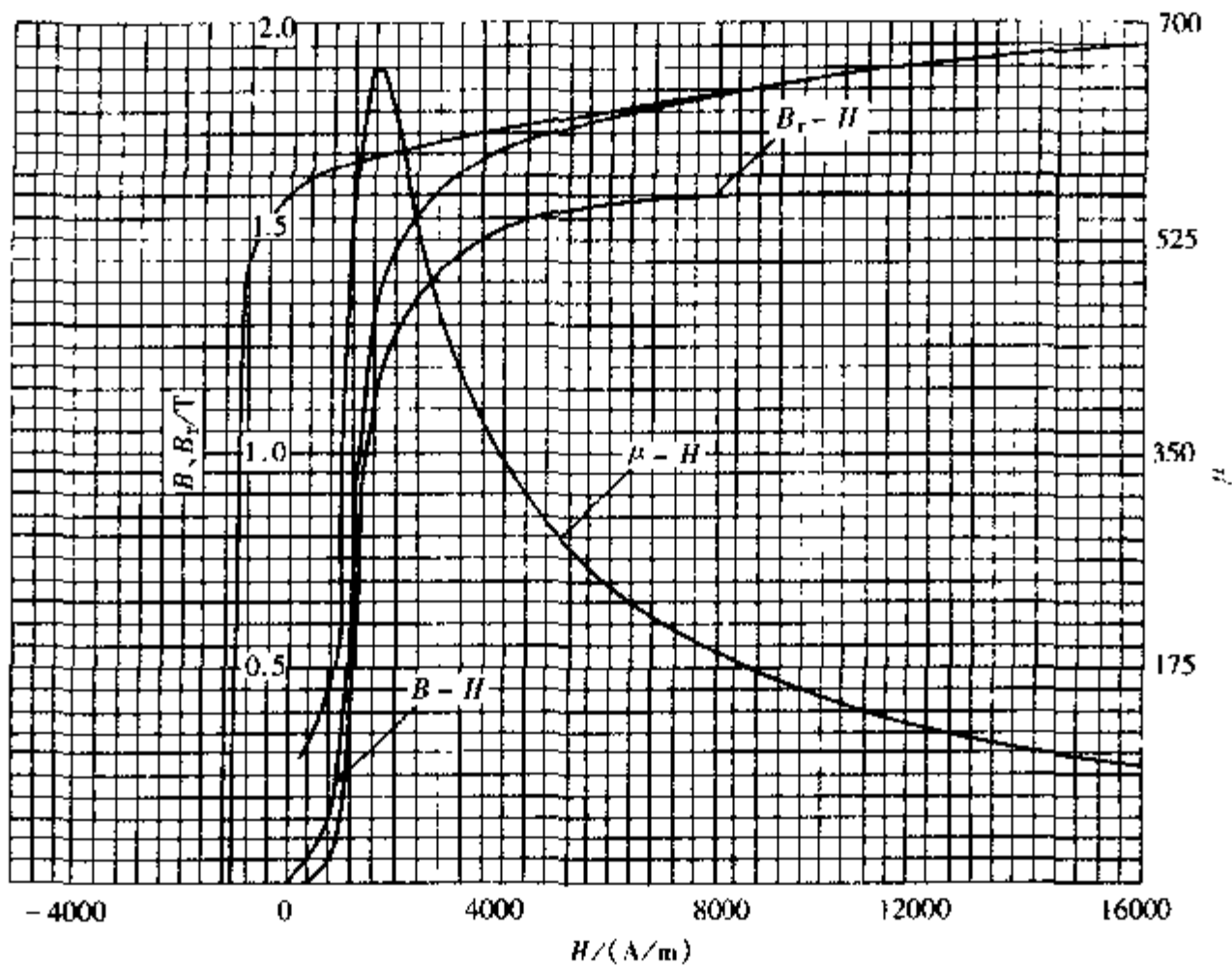


图 2-2-8 50BA (840°C油淬, 500°C回火)

36HRC  $H_c = 1048 \text{ A/m}$   $B_r = 1.61 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 665$

$H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.184 \text{ kJ/m}^3$

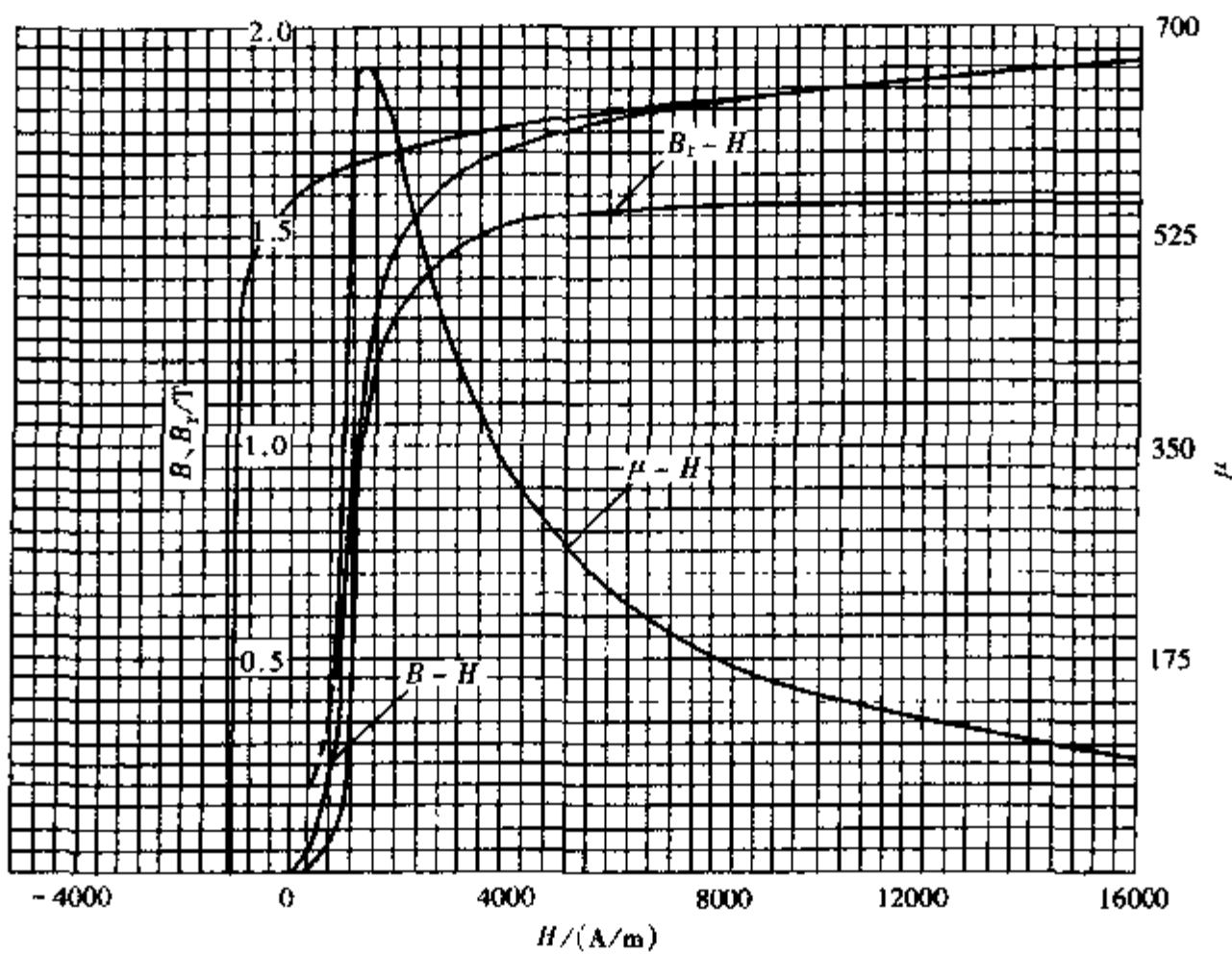


图 2-2-9 50BA (860°C油淬, 440°C回火)

40HRC  $H_c = 1080 \text{ A/m}$   $B_r = 1.585 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 664$

$H_{\mu_m} = 1360 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.224 \text{ kJ/m}^3$

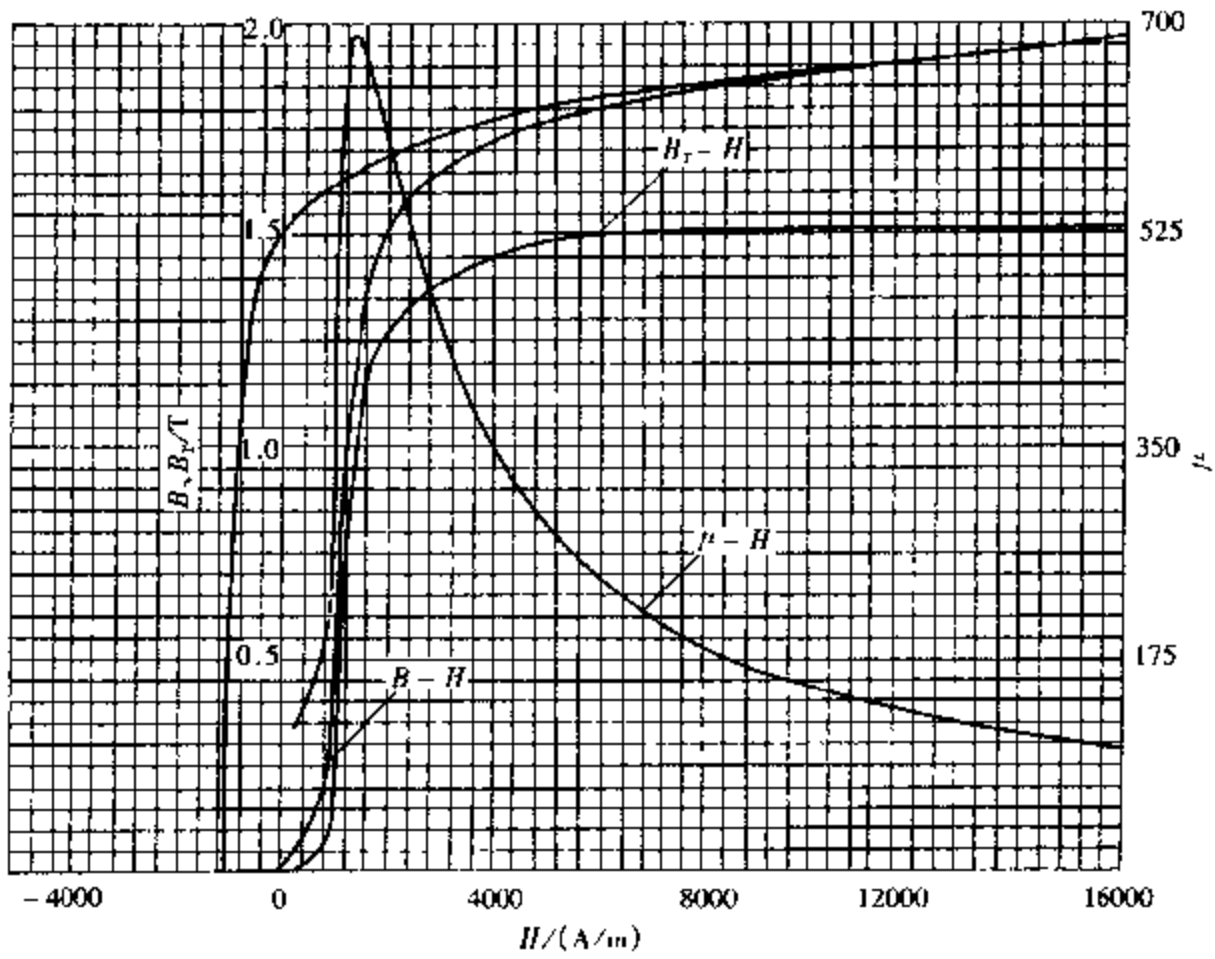


图 2-2-10 50BA (840℃油淬, 400℃回火)

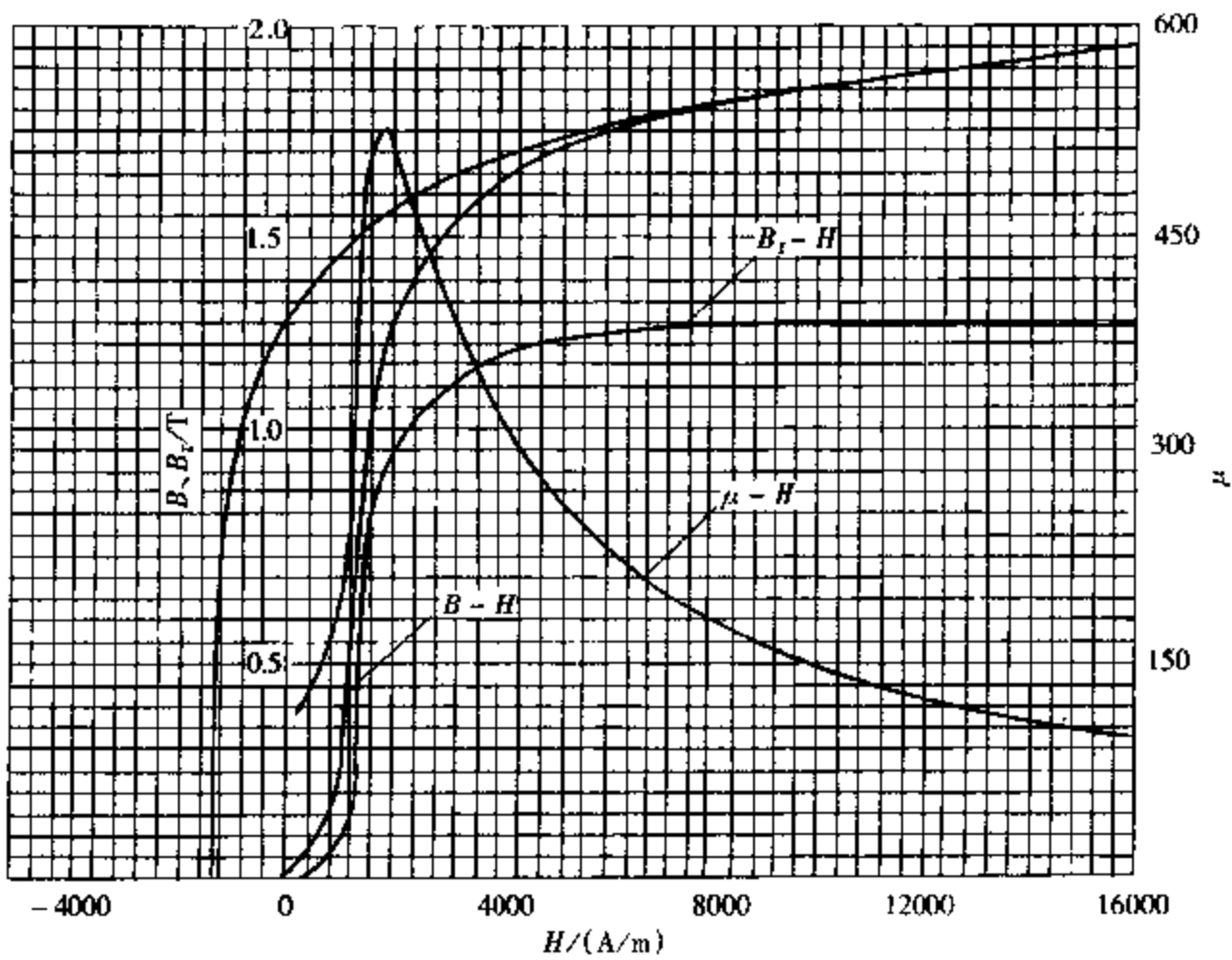
45HRC  $H_c = 1112\text{A/m}$   $B_c = 1.515\text{T}$   $\mu_{vm} = 689$  $H_{cm} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.848\text{kJ/m}^3$ 

图 2-2-11 50BA (840℃油淬, 250℃回火)

52HRC  $H_c = 1288\text{A/m}$   $B_c = 1.3\text{T}$   $\mu_{vm} = 524$  $H_{cm} = 1840\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.92\text{kJ/m}^3$

2.2.3 Mn 系钢

1. 40Mn2

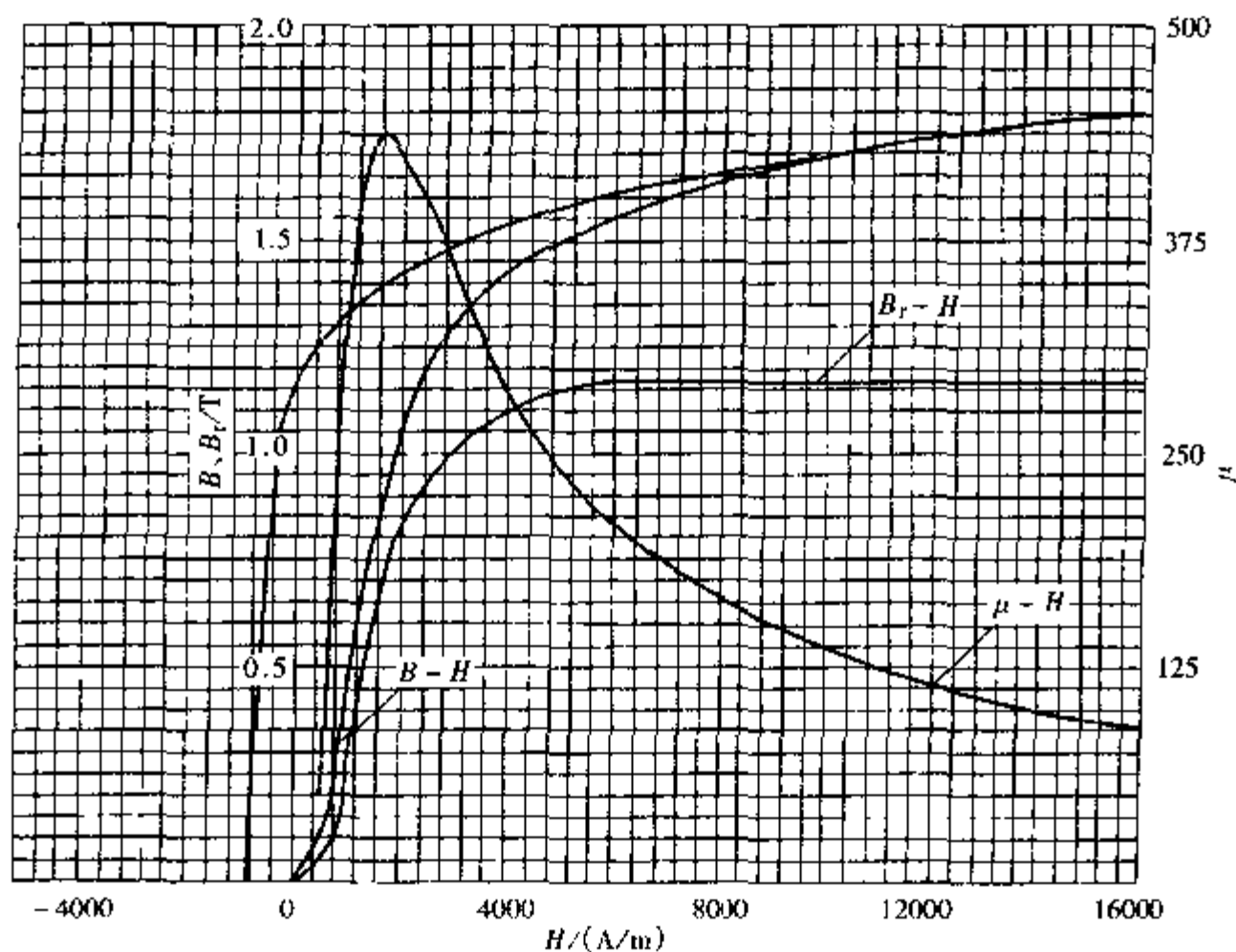


图 2-2-12 40Mn2 (正火)  
 21HRC  $H_i = 840\text{A/m}$   $B_r = 1.17\text{T}$   $\mu_{r,m} = 435$   
 $H_{\mu_m} = 1640\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.368\text{kJ/m}^3$

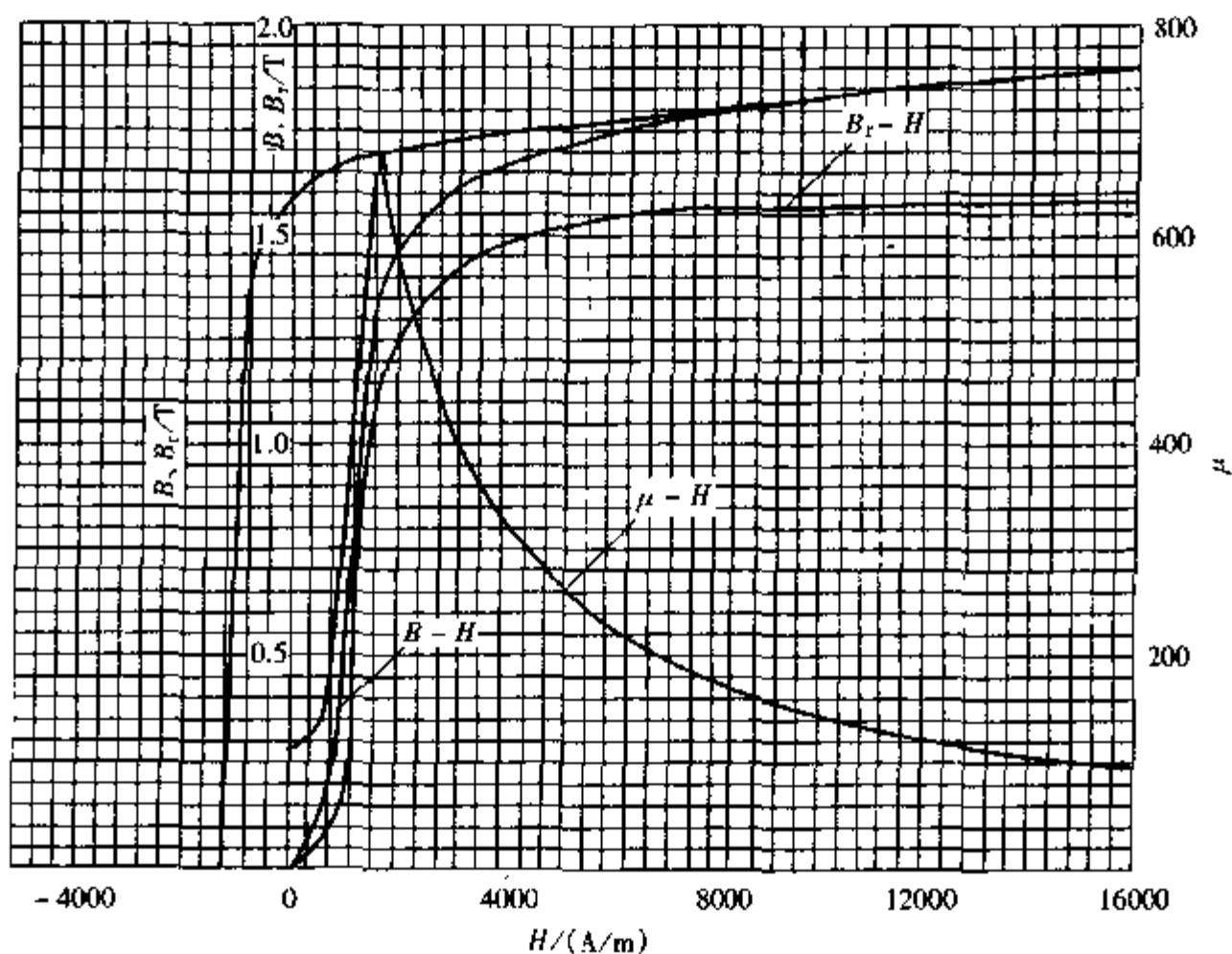


图 2-2-13 40Mn2 (850℃油淬, 510℃回火)  
 29HRC  $H_i = 1200\text{A/m}$   $B_r = 1.58\text{T}$   $\mu_{r,m} = 678$   
 $H_{\mu_m} = 1680\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.928\text{kJ/m}^3$

2. 50Mn

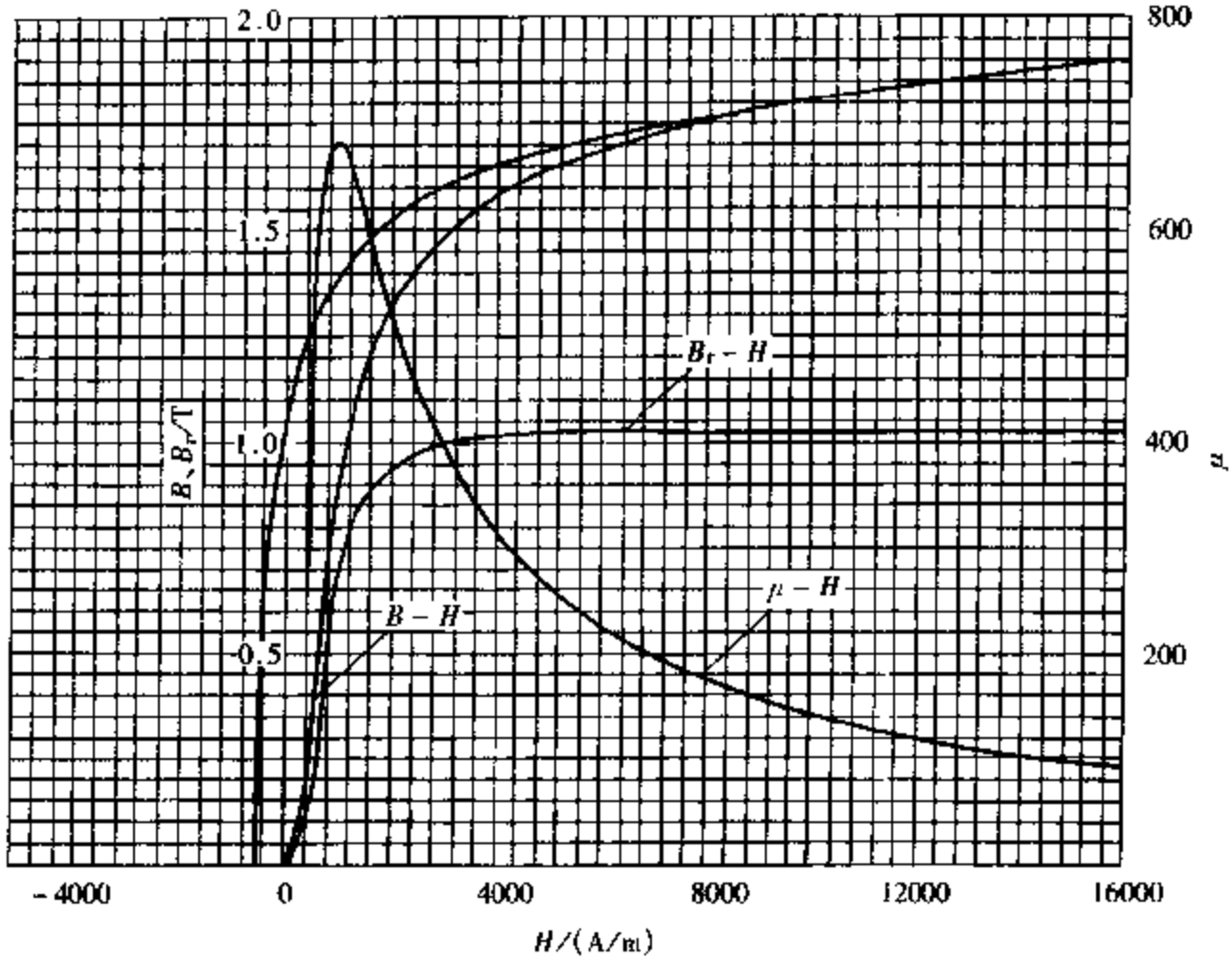


图 2-2-14 50Mn (材料供应状态)  
 192HBS  $H_c = 520\text{A/m}$   $B_r = 1.02\text{T}$   $\mu_{rm} = 685$   
 $H_{\mu_m} = 1000\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.208\text{kJ/m}^3$

3. 21MnNiMo

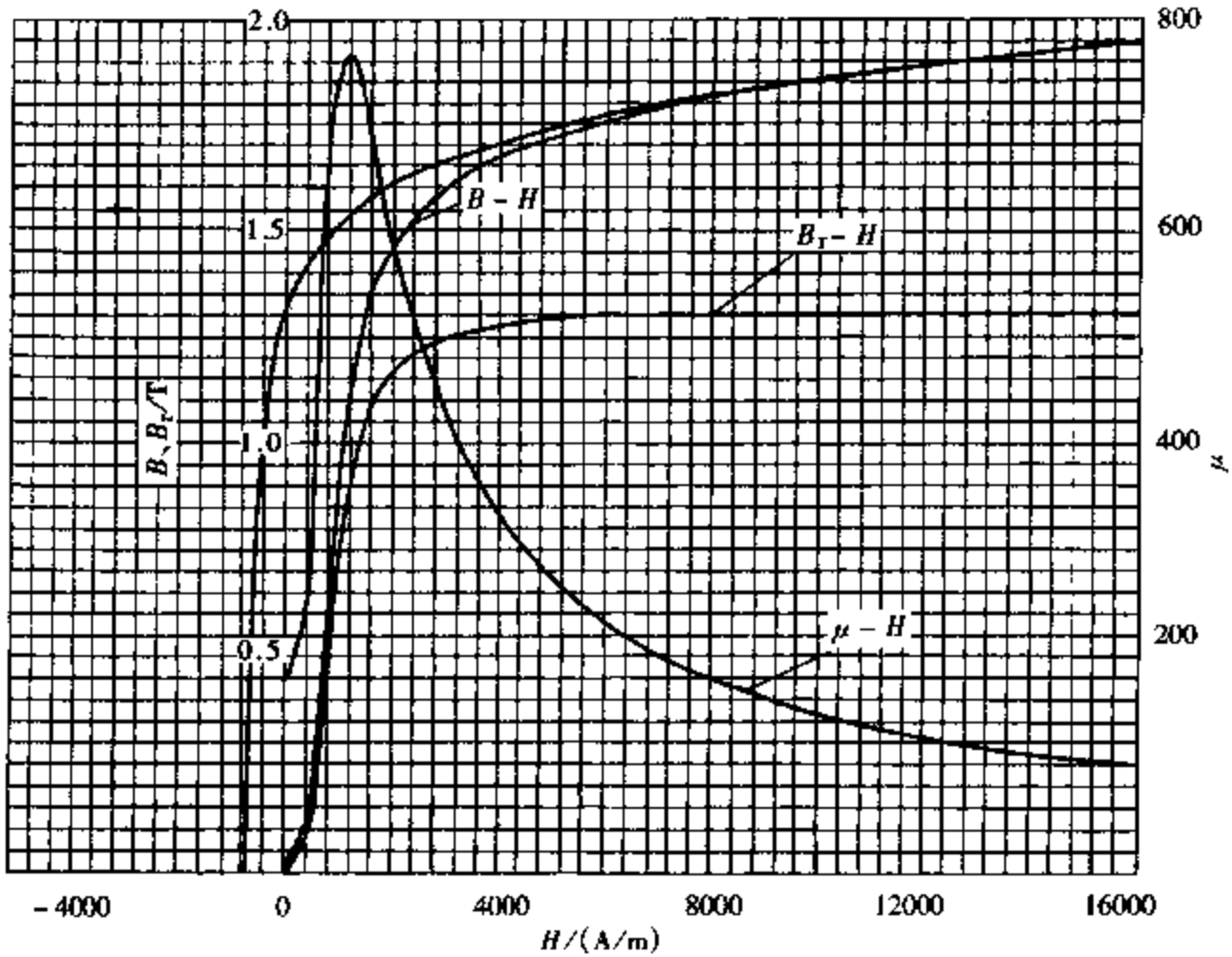


图 2-2-15 21MnNiMo (原材料锻造退火状态)  
 192HBS  $H_c = 752\text{A/m}$   $B_r = 1.32\text{T}$   $\mu_{rm} = 764$   
 $H_{\mu_m} = 1120\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.432\text{kJ/m}^3$



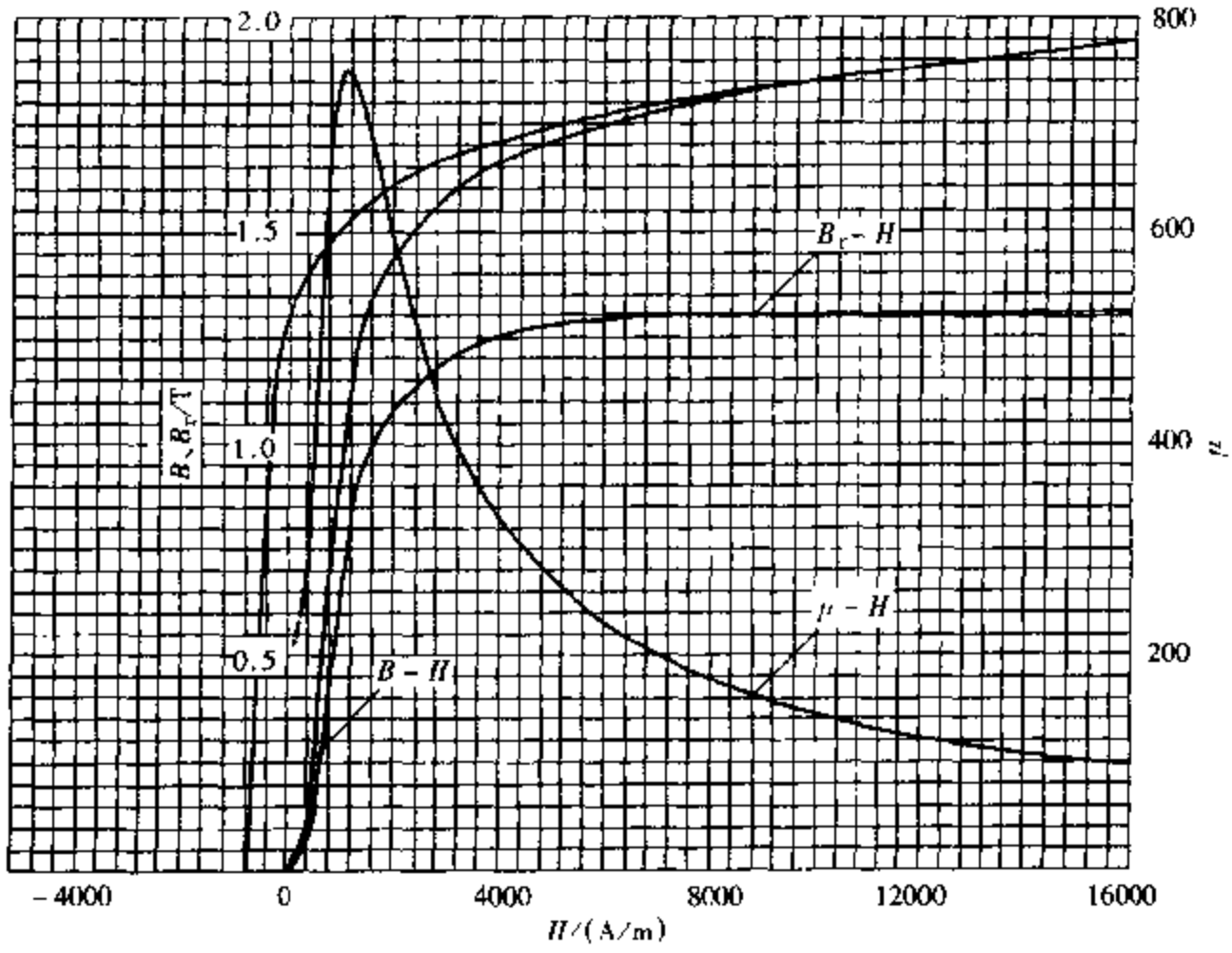


图 2-2-16 21MnNiMo (880℃油淬, 650℃回火)

196HBS  $H_c = 768 \text{ A/m}$   $B_r = 1.298 \text{ T}$   $\mu_{im} = 757$

$H_{m} = 1120 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.392 \text{ kJ/m}^3$

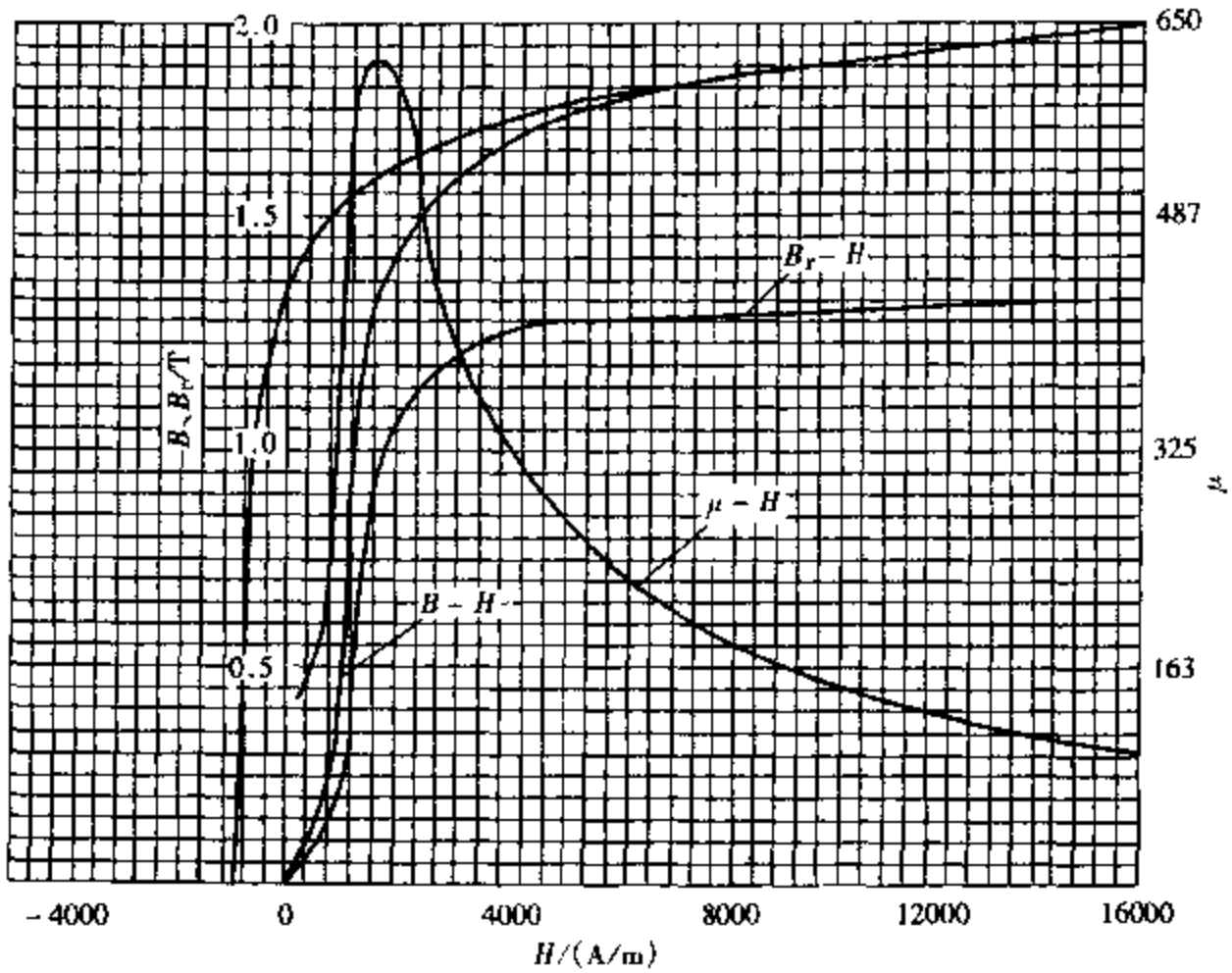
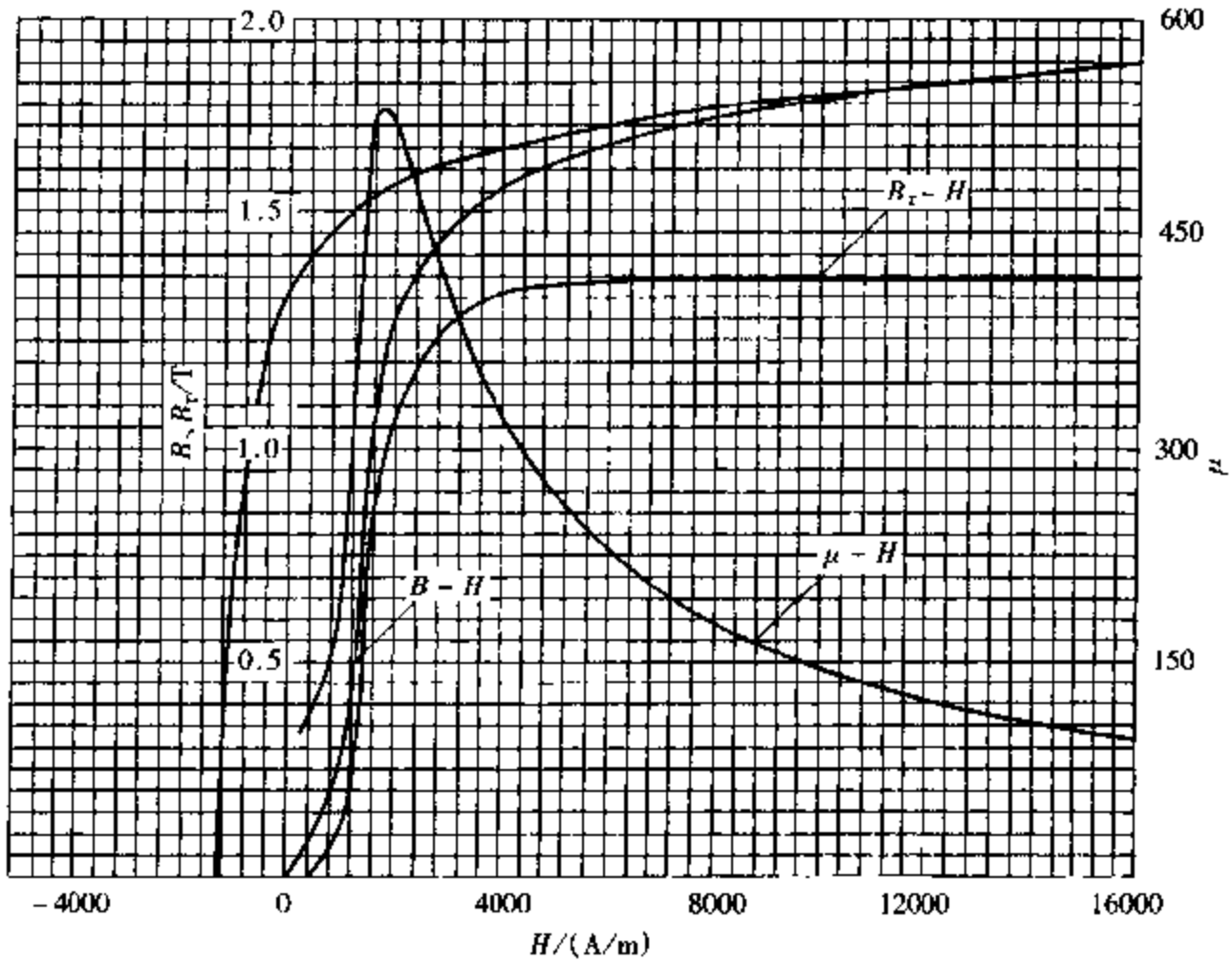


图 2-2-17 21MnNiMo (880℃盐水淬, 450℃回火)

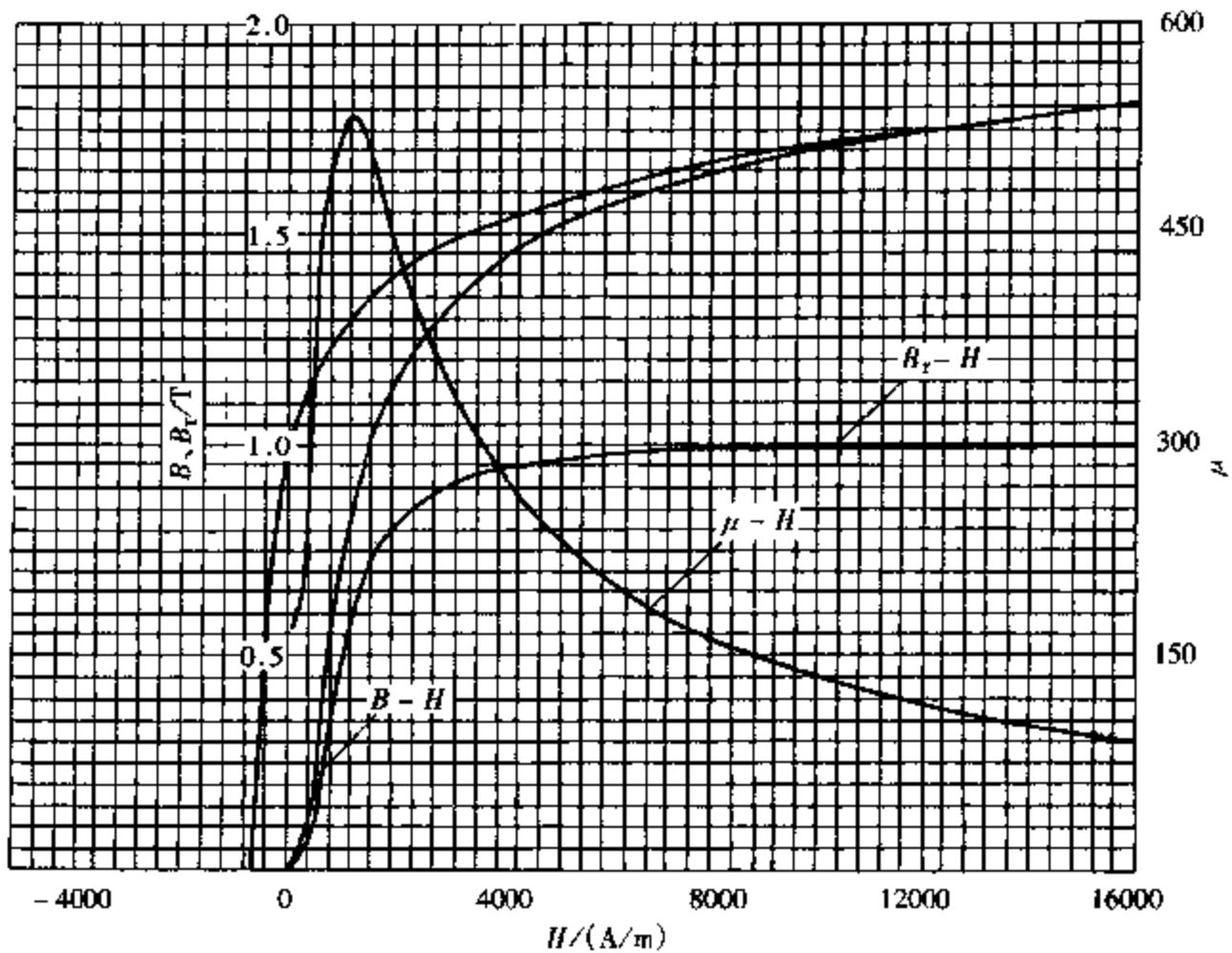
37HRC  $H_c = 904 \text{ A/m}$   $B_r = 1.345 \text{ T}$   $\mu_{im} = 620$

$H_{m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.55 \text{ kJ/m}^3$

## 4. 30Mn2MoV



## 5. 40MnB



6. 40MnVB

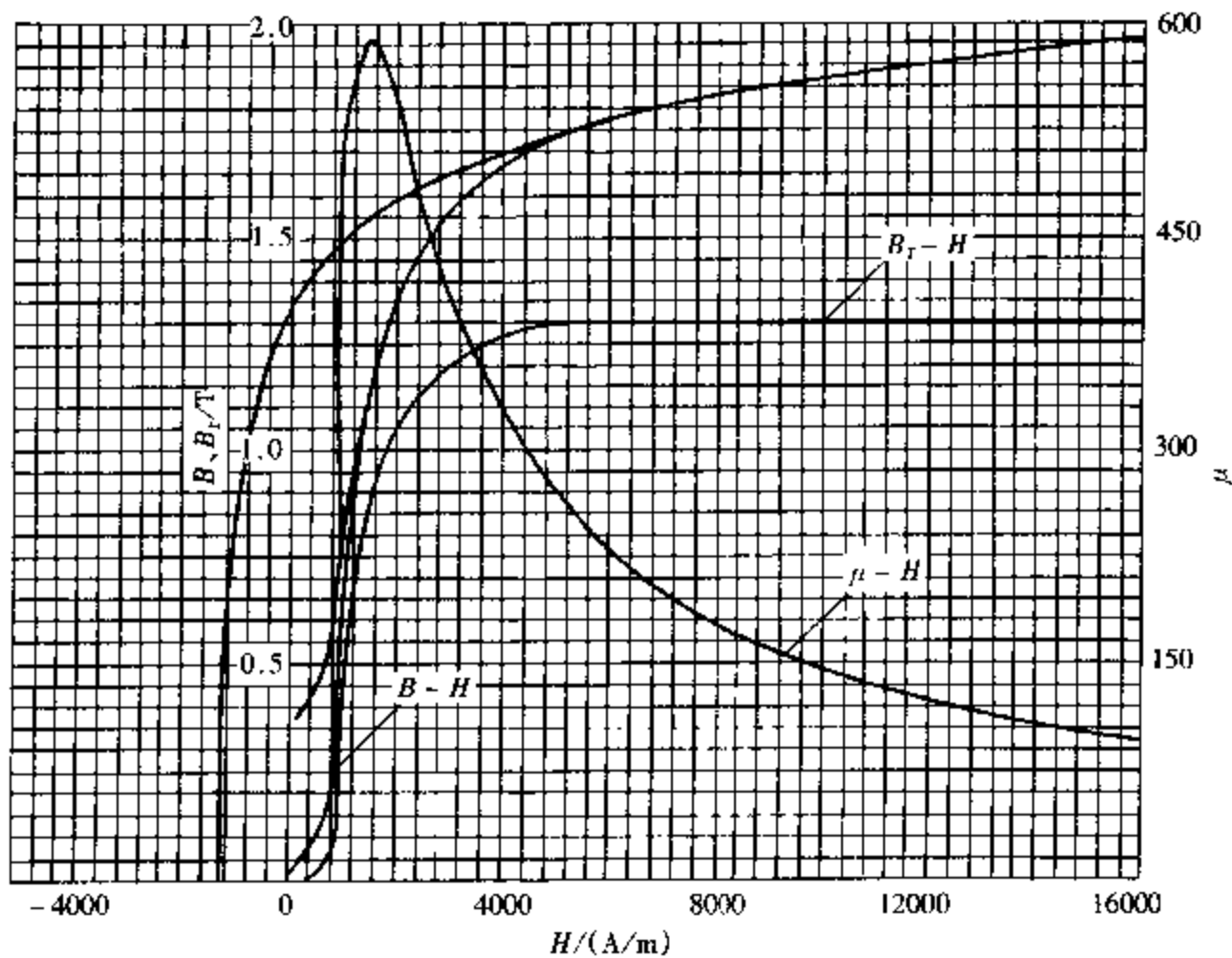


图 2-2-20 40MnVB (材料供应状态)  
 223HBS  $H_c = 624\text{A/m}$   $B_r = 0.99\text{T}$   $\mu_{rm} = 533$   
 $H_{pm} = 1200\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.216\text{kJ/m}^3$

2.2.4 SiMn 系钢

1. 30SiMnMoVA

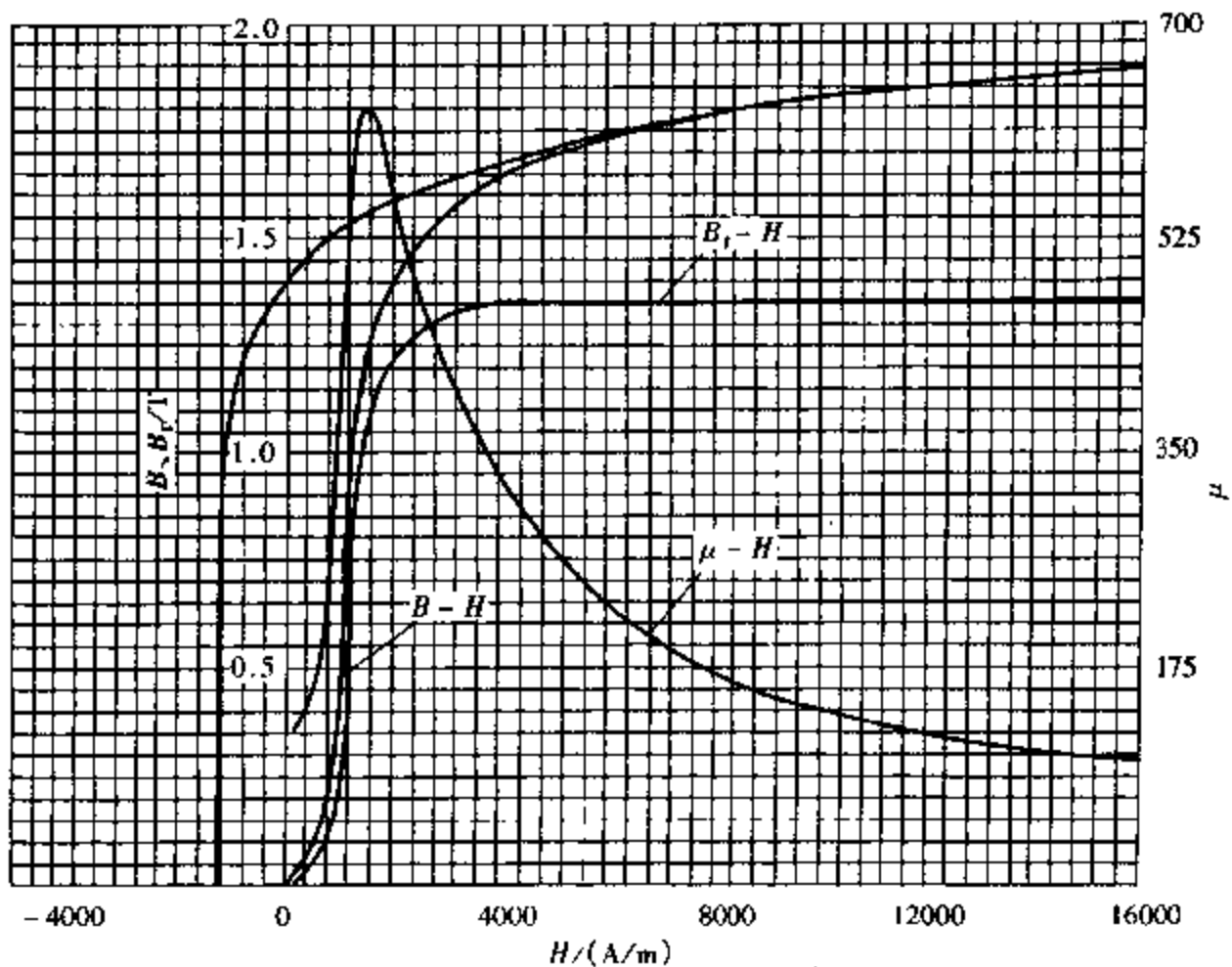


图 2-2-21 30SiMnMoVA (正火)  
 38.5HRC  $H_c = 2096\text{A/m}$   $B_r = 0.72\text{T}$   $\mu_{rm} = 157$   
 $H_{pm} = 3040\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.512\text{kJ/m}^3$

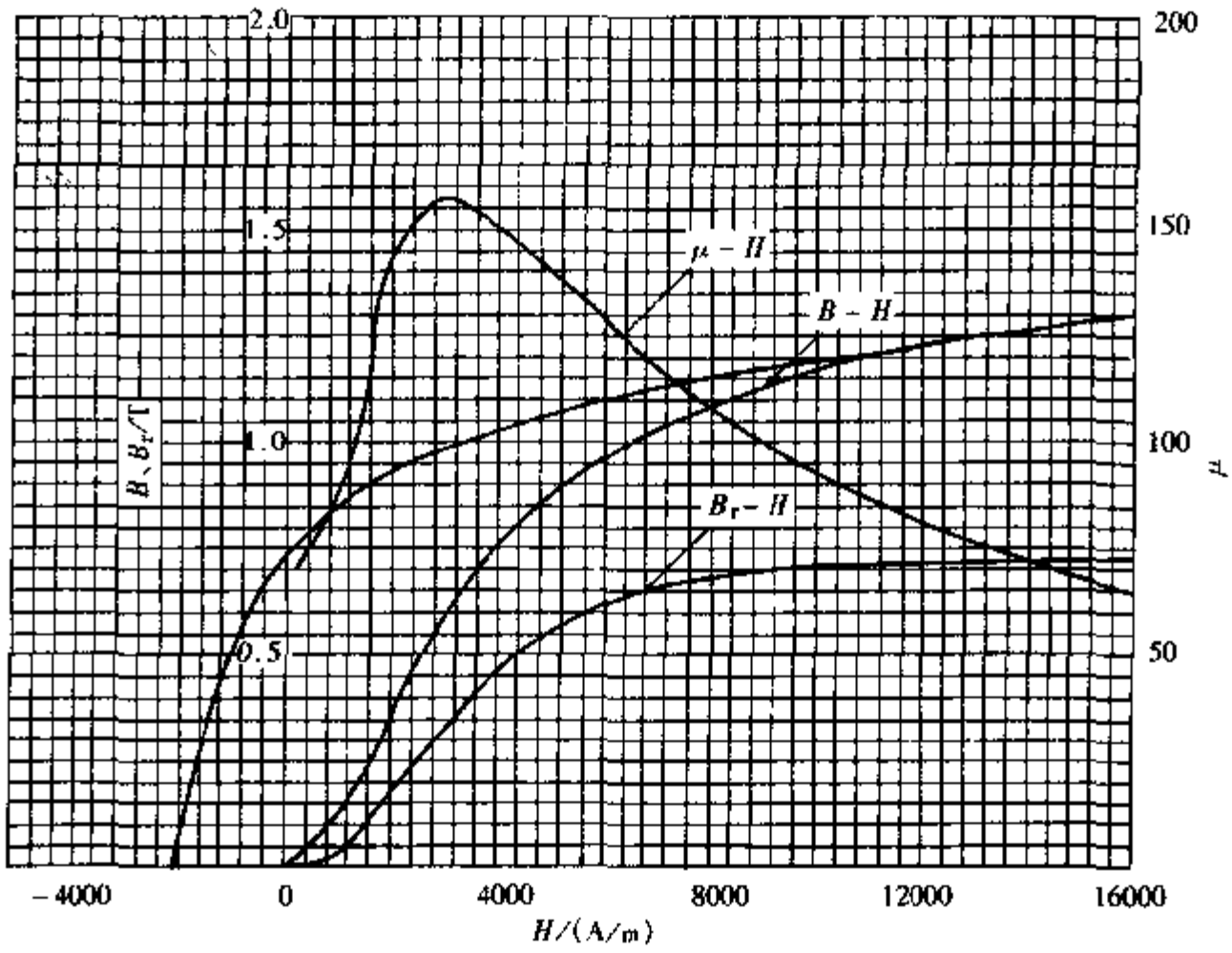


图 2-2-22 30SiMnMoVA (870℃水淬, 700℃回火)

32HRC  $H_c = 1176\text{A/m}$   $B_c = 1.48\text{T}$   $\mu_{rm} = 657$

$H_{\mu_m} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.088\text{kJ/m}^3$

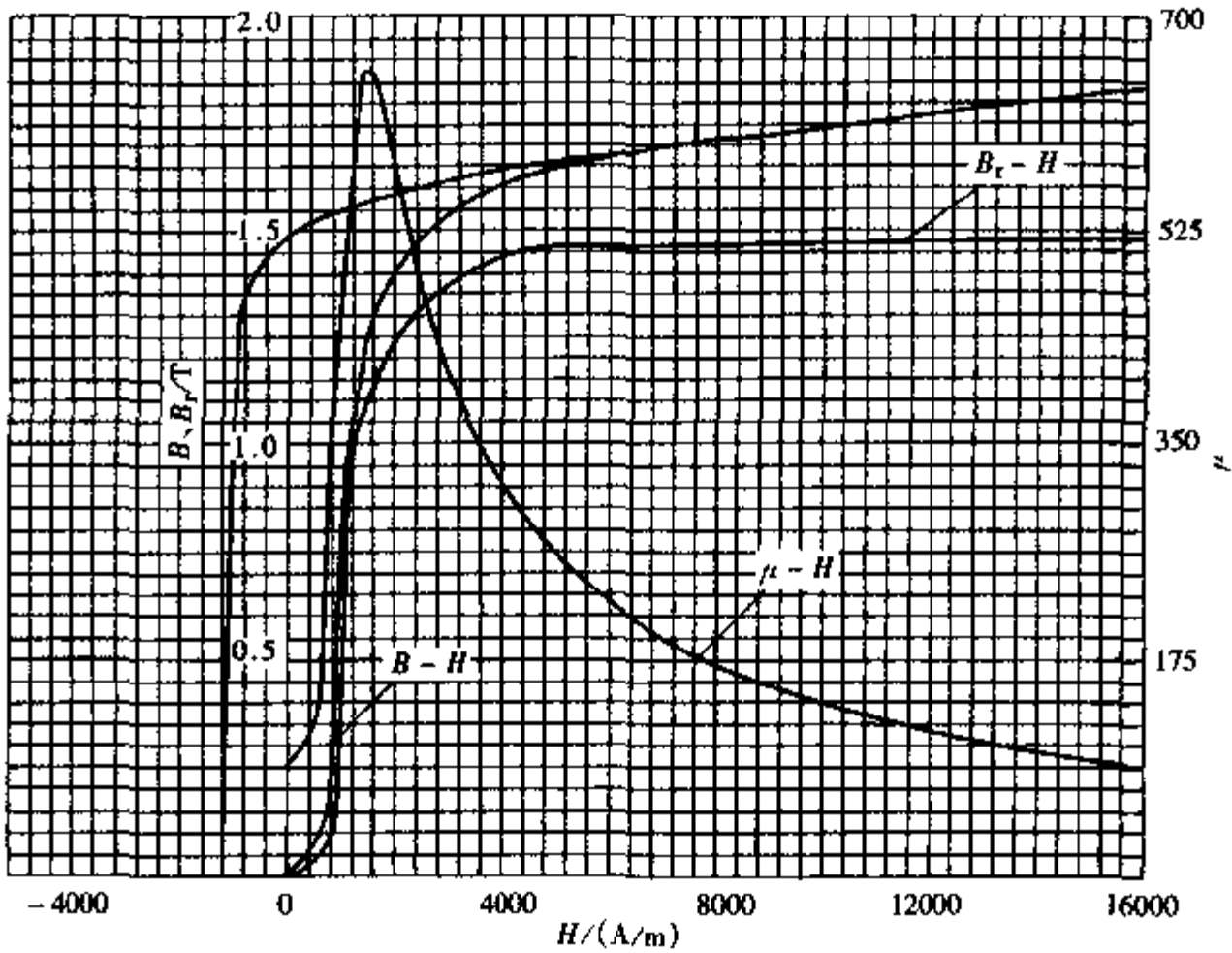


图 2-2-23 30SiMnMoVA (870℃水淬, 230℃回火)

51.7HRC  $H_c = 2240\text{A/m}$   $B_c = 1.08\text{T}$   $\mu_{rm} = 272$

$H_{\mu_m} = 3040\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.216\text{kJ/m}^3$

2. 70Si3MnA

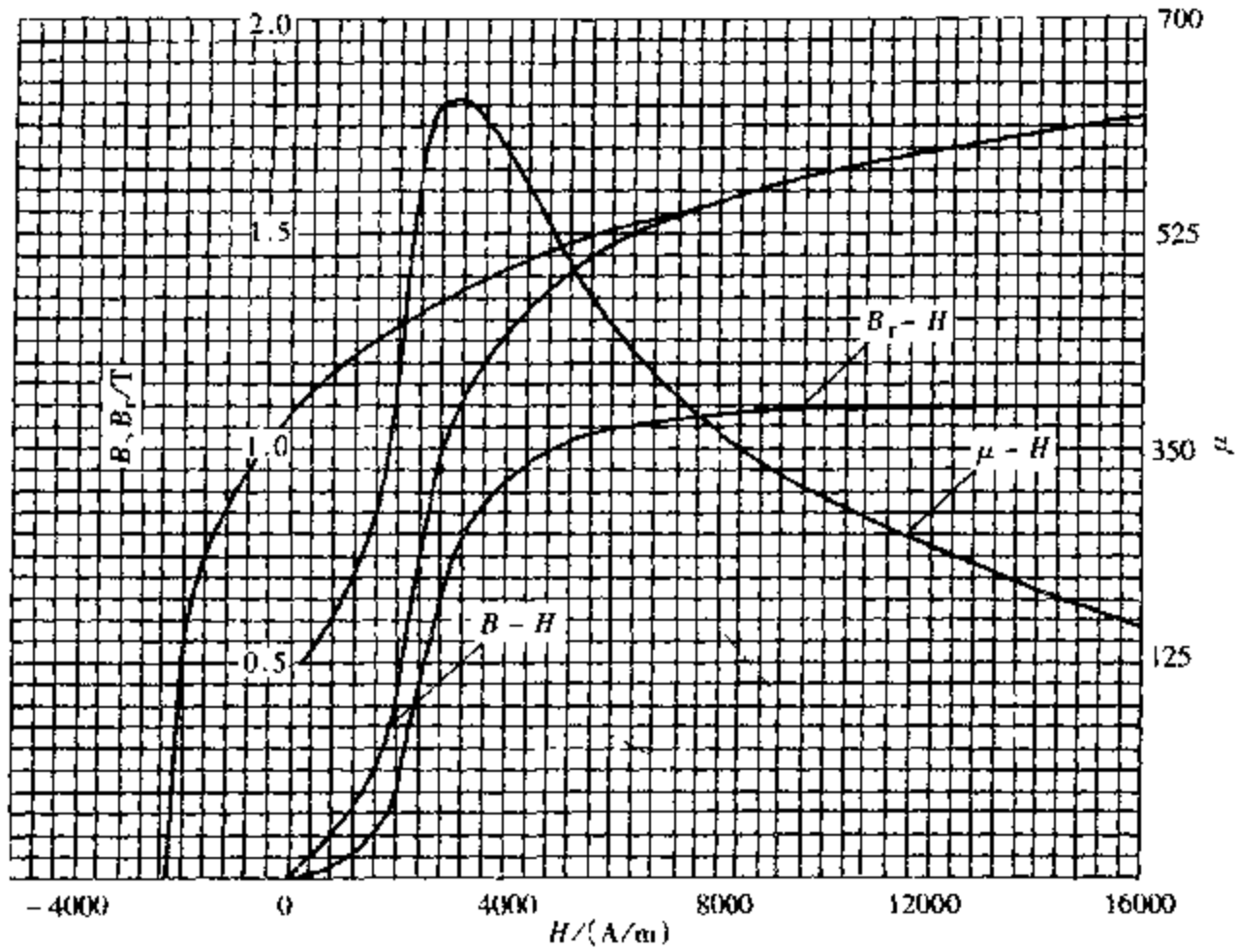


图 2-2-24 70Si3MnA (870℃油淬, 470℃回火)  
 51.5HRC  $H_c = 1336\text{A/m}$   $B_r = 1.35\text{T}$   $\mu_{rm} = 630$   
 $H_{\mu m} = 1480\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.07\text{kJ/m}^3$

2.2.5 Cr 系钢

—Cr 钢

1. 20Cr

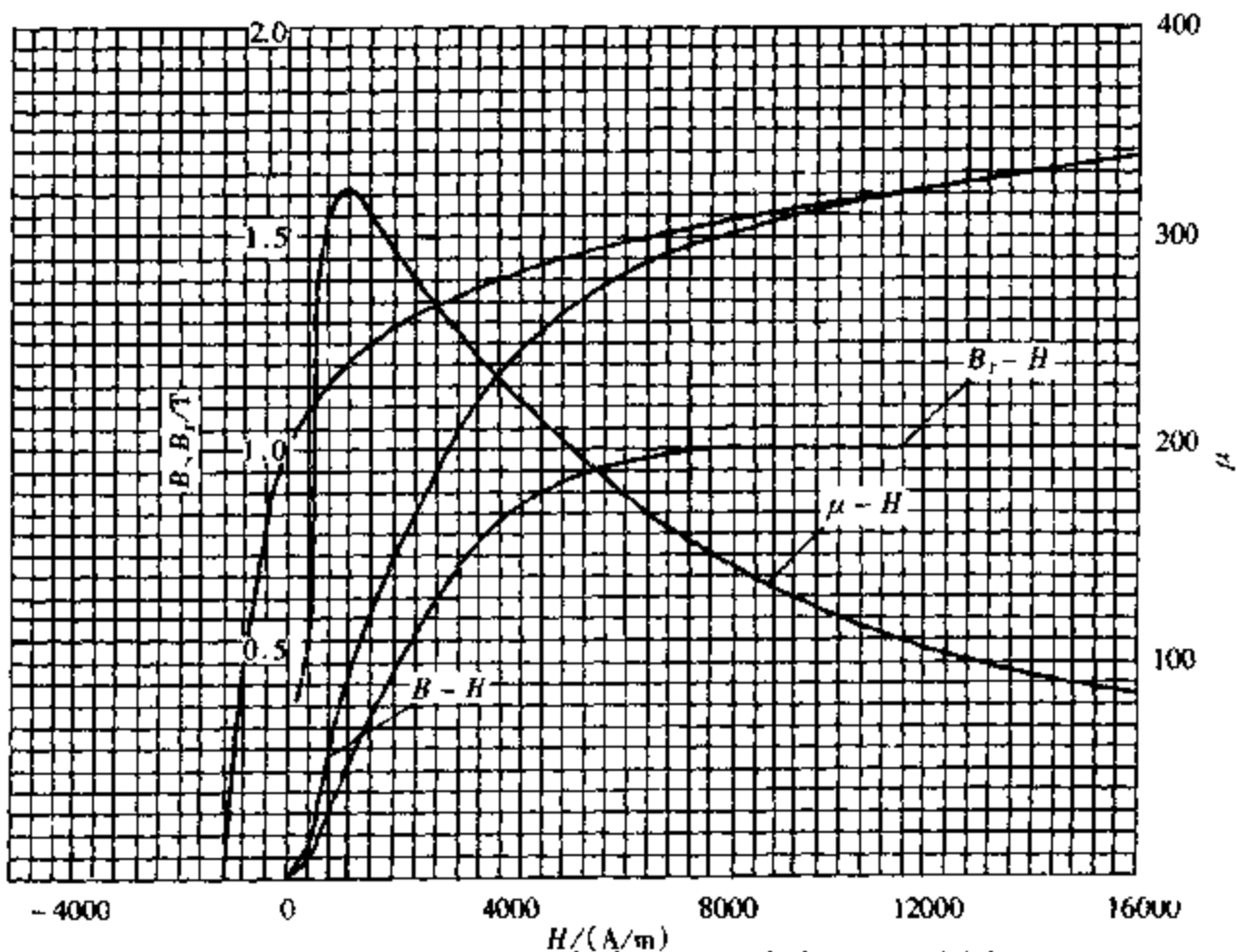


图 2-2-25 20Cr (930℃渗碳, 800℃油淬, 200℃回火)  
 66HRC  $H_c = 1240\text{A/m}$   $B_r = 1.0\text{T}$   $\mu_{rm} = 322$   
 $H_{\mu m} = 1120\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.416\text{kJ/m}^3$

2. 38CrA

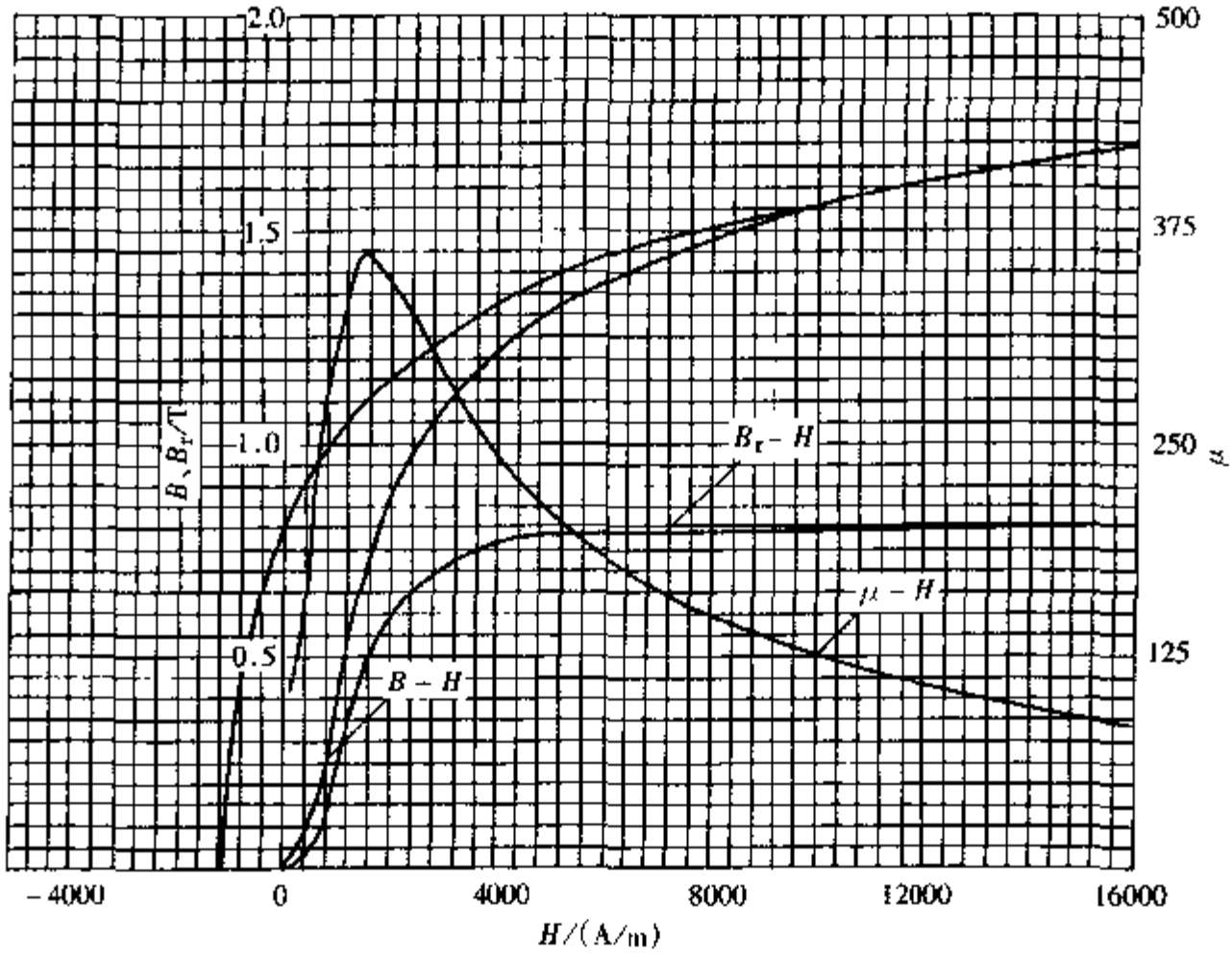


图 2-2-26 38CrA (材料供应状态)

21HRC  $H_c = 1112\text{A/m}$   $B_r = 0.81\text{T}$   $\mu_{rm} = 363$

$H_{\alpha_m} = 1520\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.312\text{kJ/m}^3$

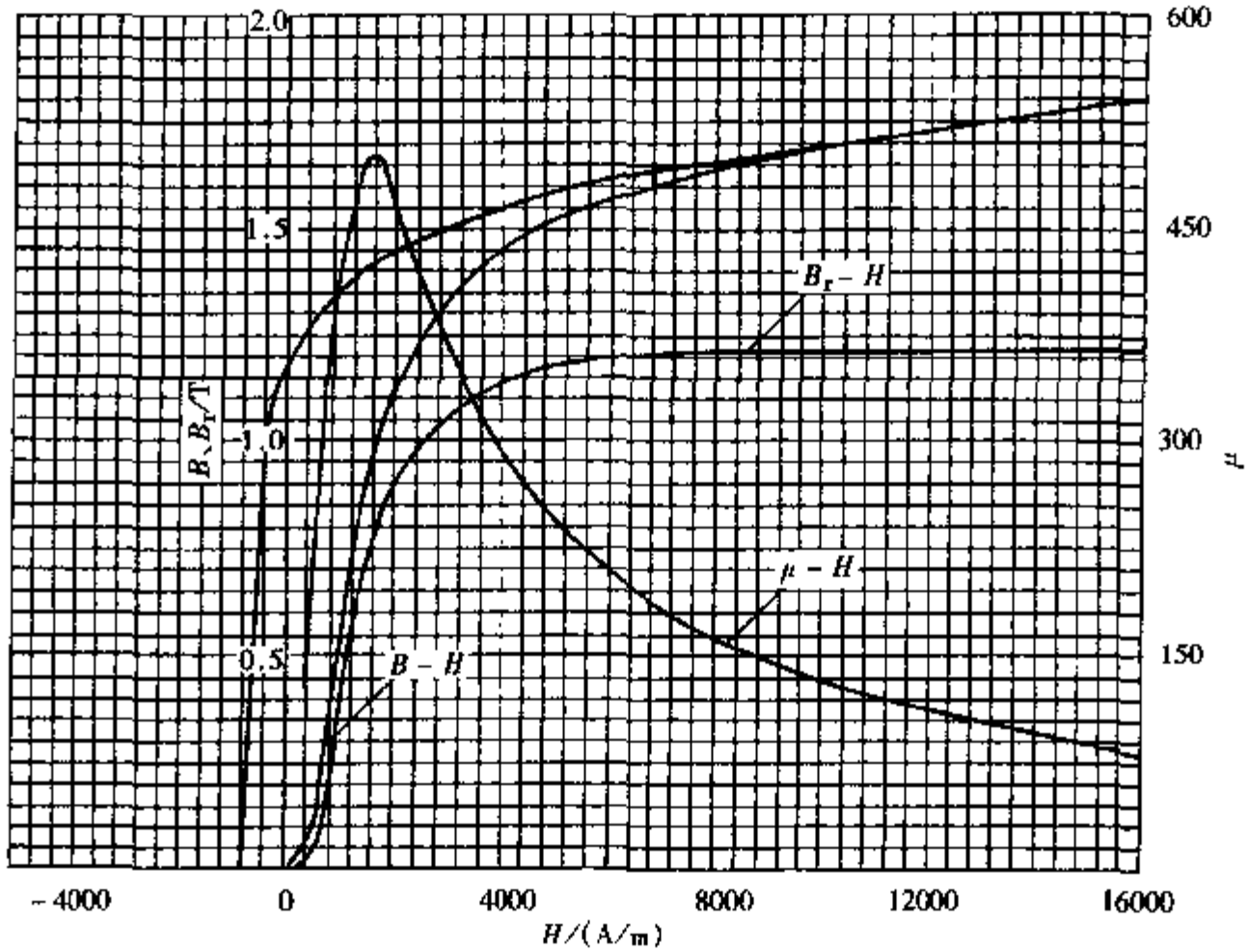


图 2-2-27 38CrA (正火)

197HBS  $H_c = 856\text{A/m}$   $B_r = 1.215\text{T}$   $\mu_{rm} = 498$

$H_{\alpha_m} = 1552\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.424\text{kJ/m}^3$

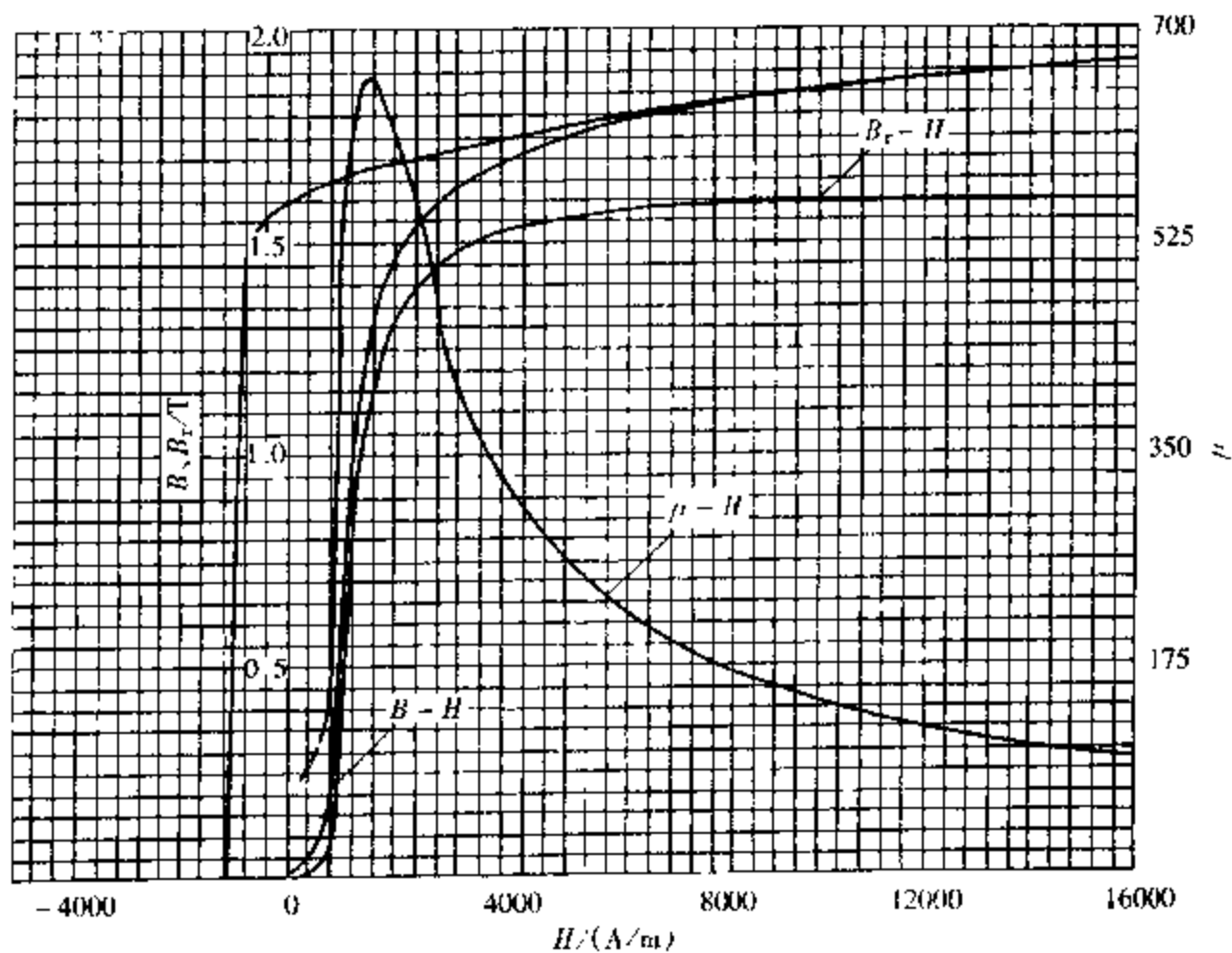


图 2-2-28 38CrA (860°C油淬, 550°C回火)

33HRC  $H_c = 1128\text{A/m}$   $B_r = 1.59\text{T}$   $\mu_{\text{max}} = 661$

$H_{\mu_{\text{max}}} = 1480\text{A/m}$   $(BH)_{\text{max}} = 1.08\text{kJ/m}^3$

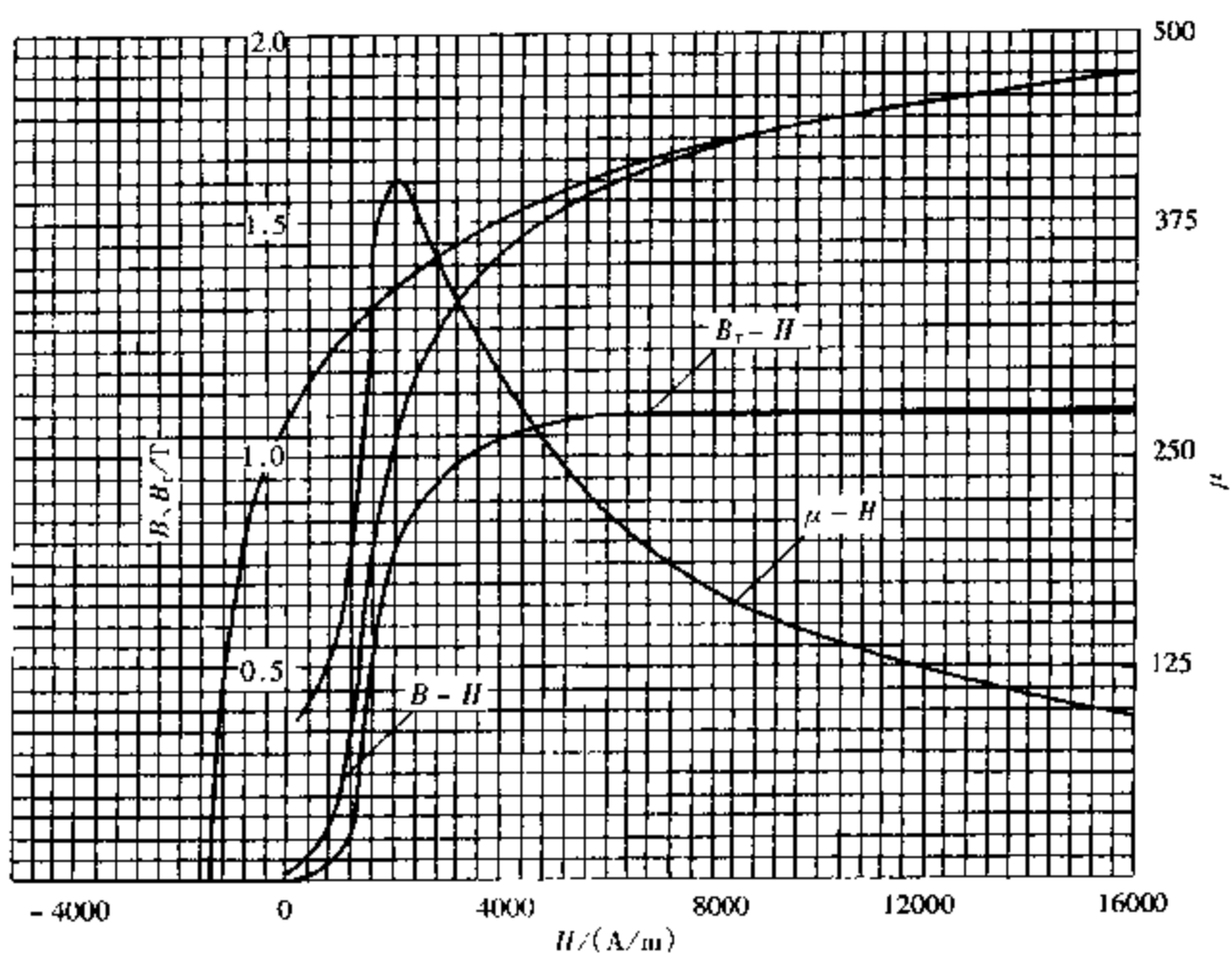


图 2-2-29 38CrA (860°C油淬, 300°C回火)

49HRC  $H_c = 1400\text{A/m}$   $B_r = 1.15\text{T}$   $\mu_{\text{max}} = 416$

$H_{\mu_{\text{max}}} = 2040\text{A/m}$   $(BH)_{\text{max}} = 0.664\text{kJ/m}^3$

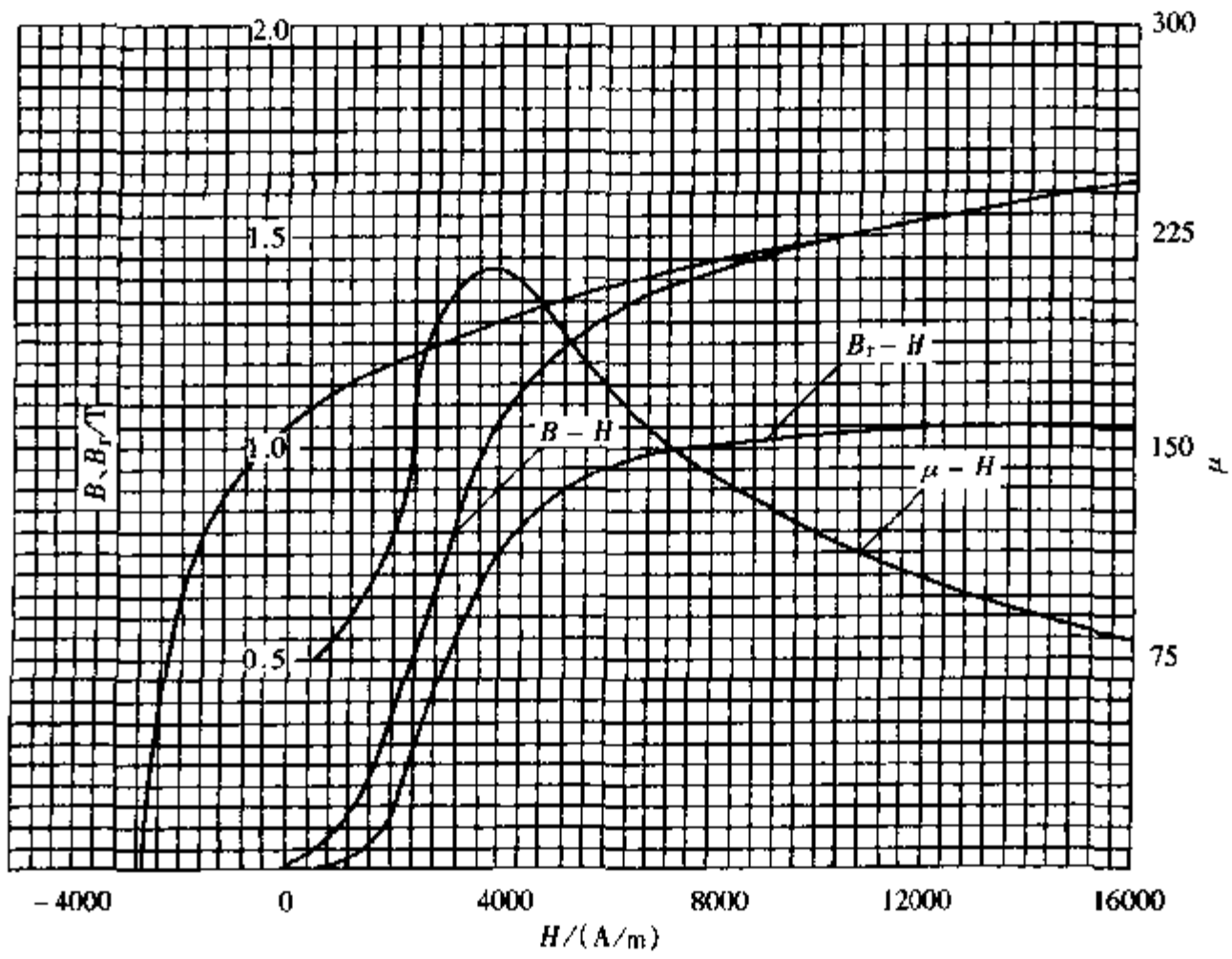


图 2-2-30 38CrA (860℃油淬, 200℃回火)

53HRC  $H_c = 2704\text{A/m}$   $B_r = 1.055\text{T}$   $\mu_{rm} = 213$

$H_{\mu_m} = 4000\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.304\text{kJ/m}^3$

3. 40Cr

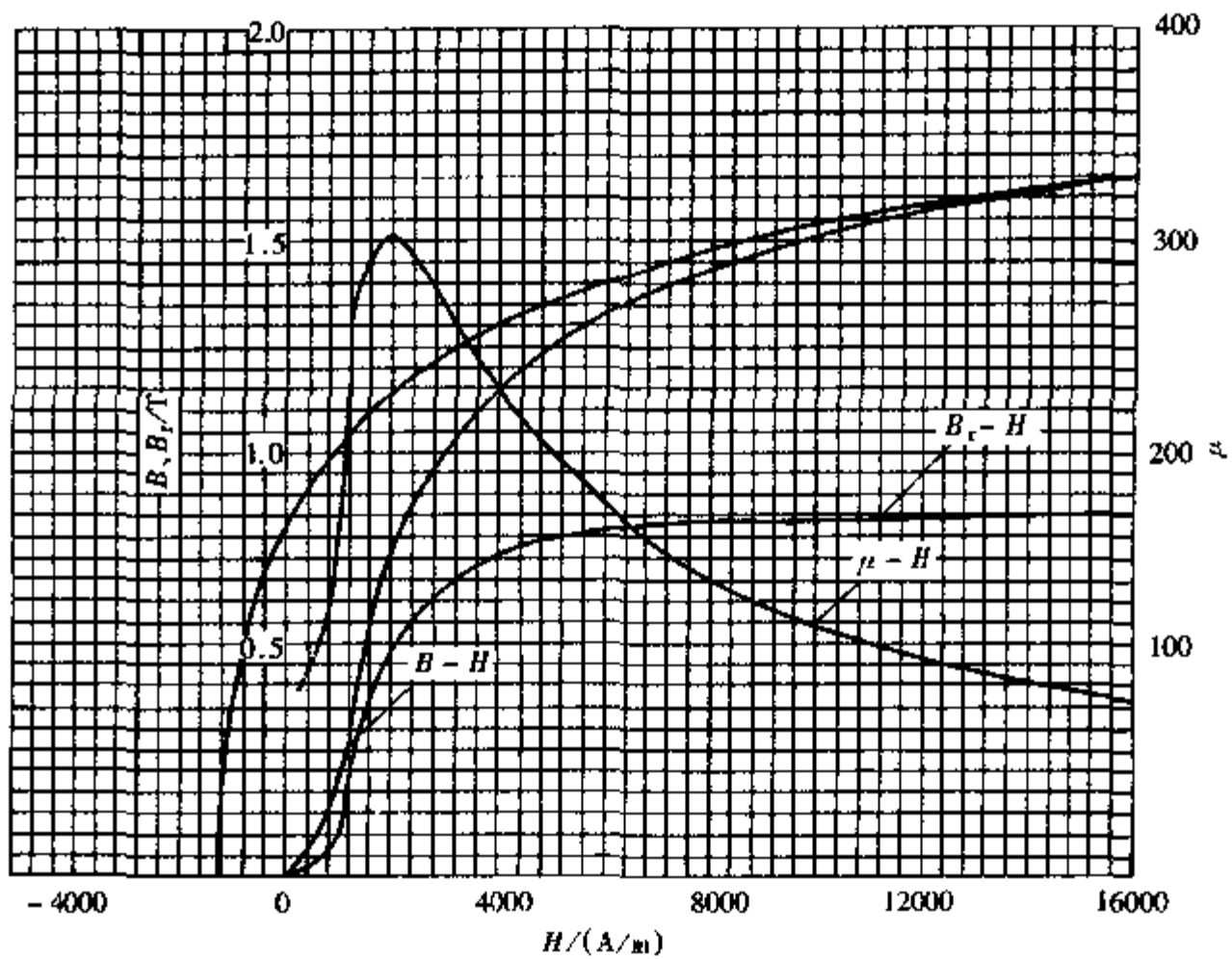


图 2-2-31 40Cr (正火)

23.5HRC  $H_c = 1256\text{A/m}$   $B_r = 0.84\text{T}$   $\mu_{rm} = 378$

$H_{\mu_m} = 1840\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.416\text{kJ/m}^3$



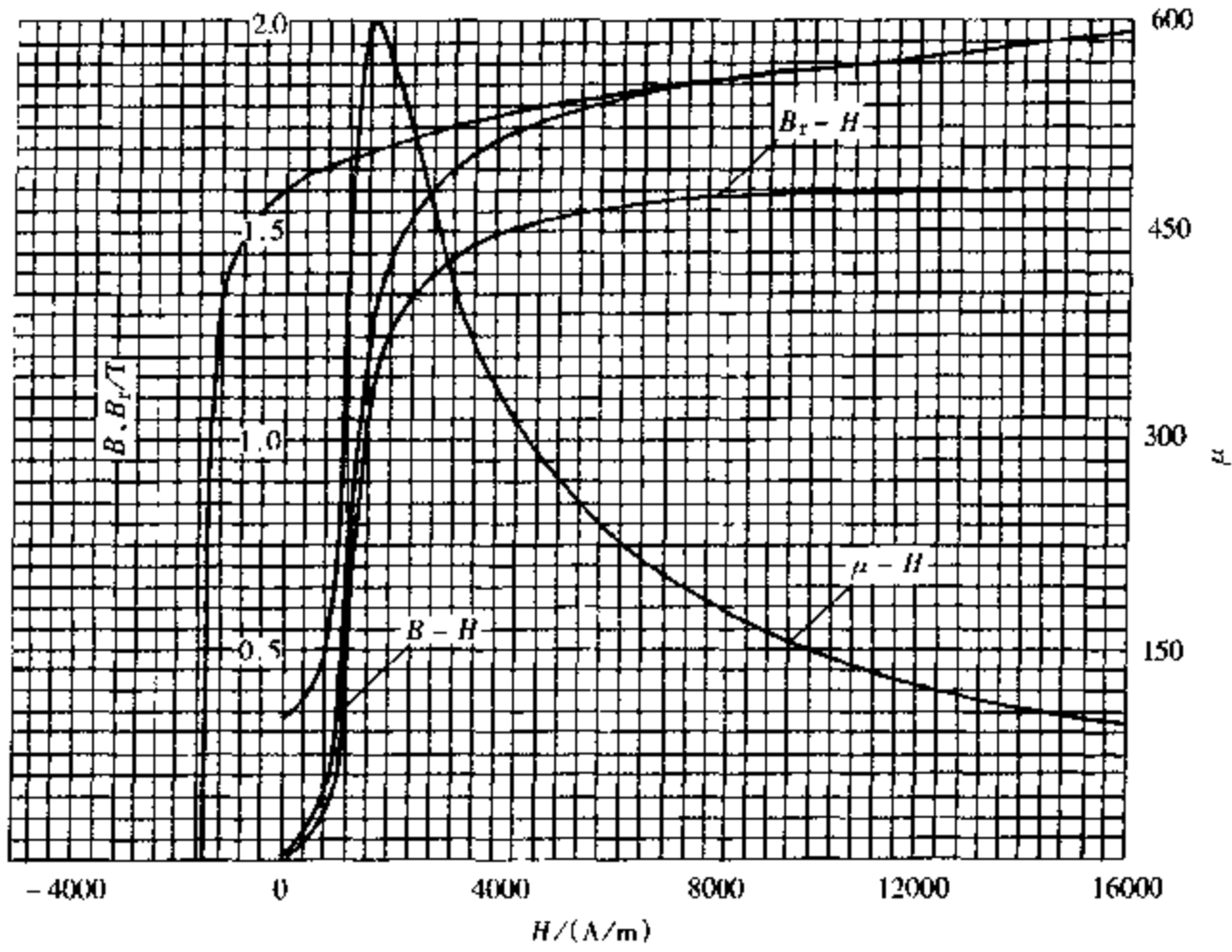


图 2-2-32 40Cr (850℃油淬, 510℃回火)  
 39.5HRC  $H_c = 1488\text{A/m}$   $B_r = 1.595\text{T}$   $\mu_{rm} = 301$   
 $H_{\mu_m} = 1600\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.52\text{kJ/m}^3$

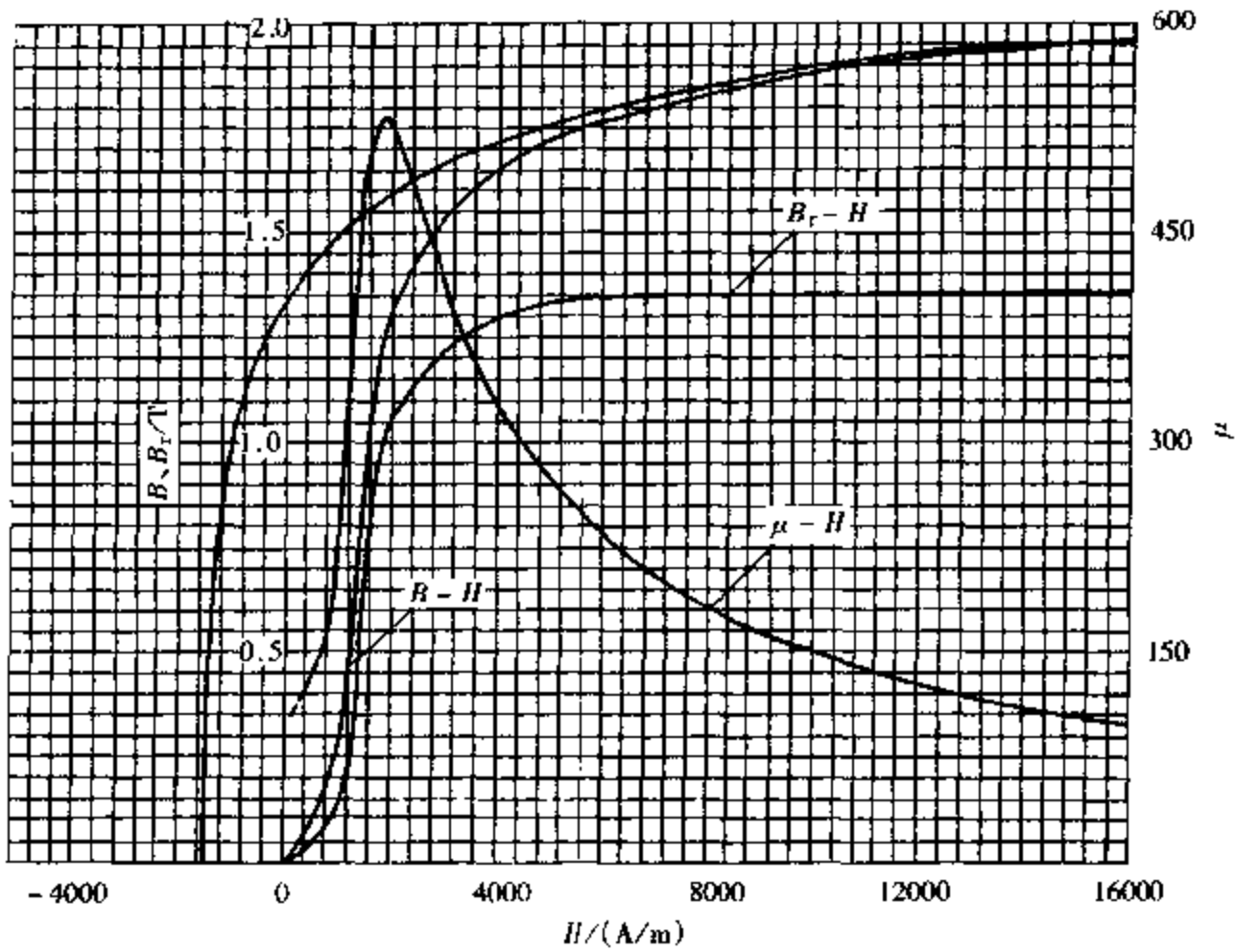


图 2-2-33 40Cr (850℃油淬, 410℃回火)  
 45HRC  $H_c = 1504\text{A/m}$   $B_r = 1.345\text{T}$   $\mu_{rm} = 600$   
 $H_{\mu_m} = 1840\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.016\text{kJ/m}^3$

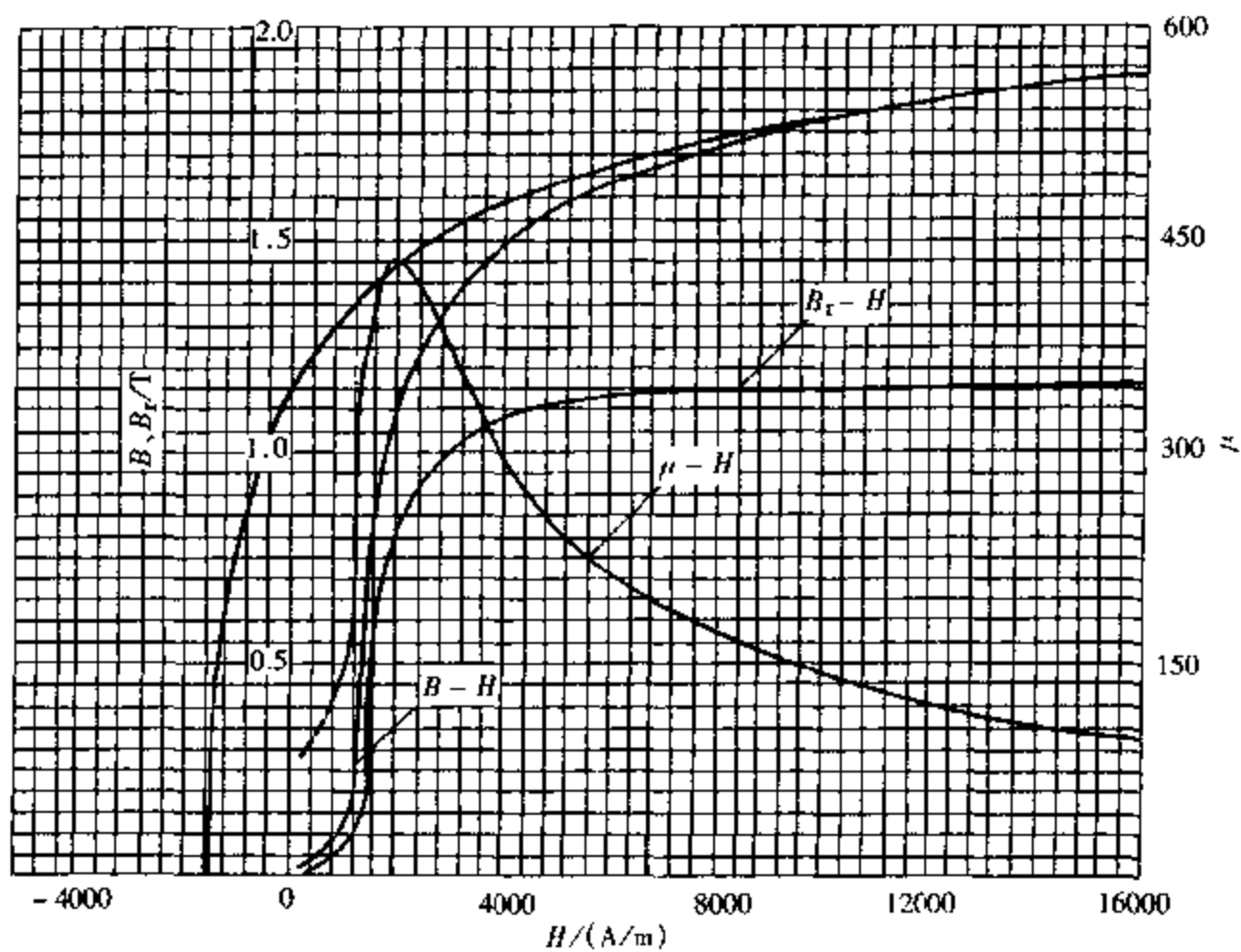


图 2-2-34 40Cr (860℃油淬, 350℃回火)

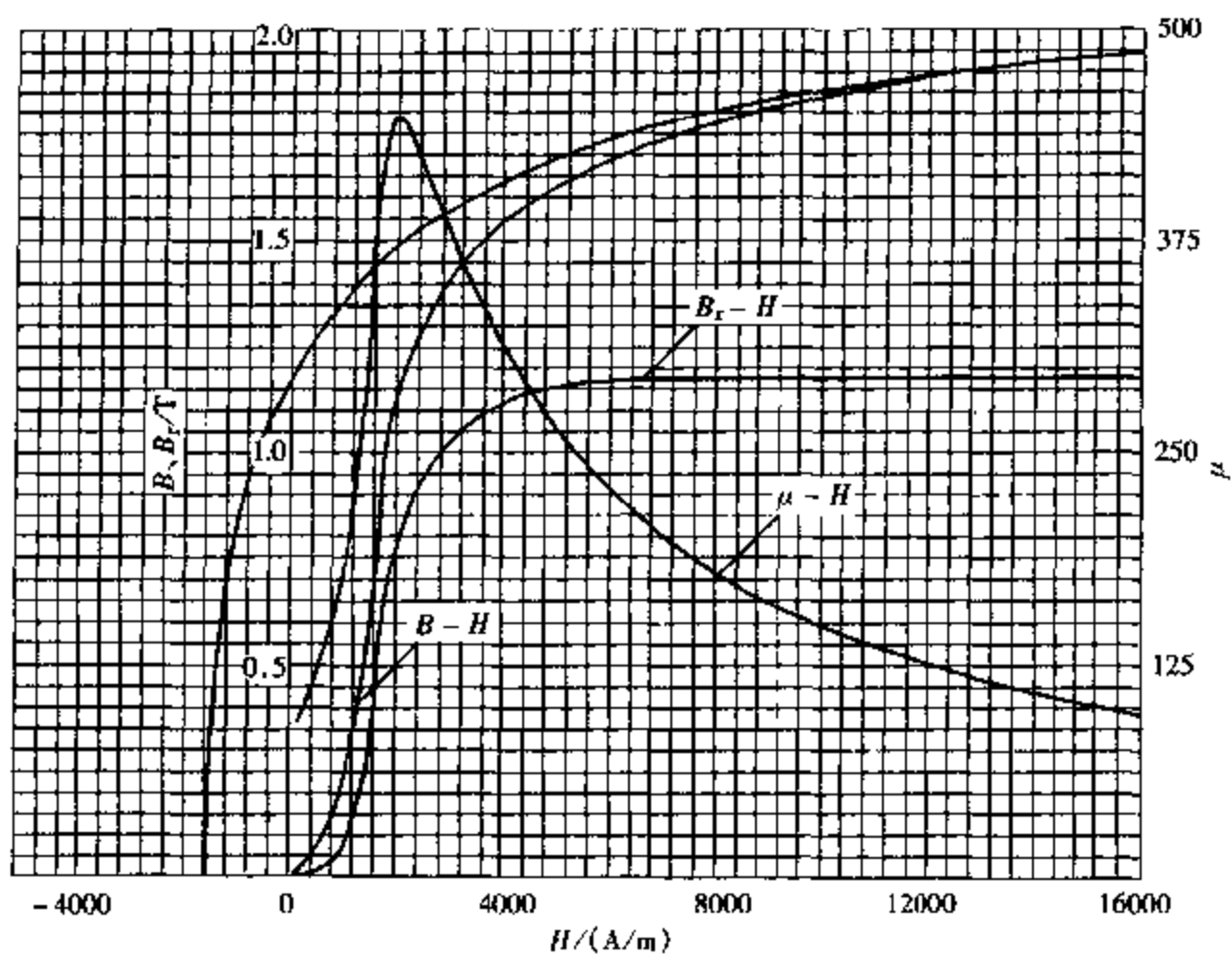
46HRC  $H_c = 1520\text{A/m}$   $B_r = 1.14\text{T}$   $\mu_{rm} = 434$  $H_{\mu m} = 1920\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.8\text{kJ/m}^3$ 

图 2-2-35 40Cr (850℃油淬, 300℃回火)

46.5HRC  $H_c = 1584\text{A/m}$   $B_r = 1.18\text{T}$   $\mu_{rm} = 448$  $H_{\mu m} = 2000\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.848\text{kJ/m}^3$

4. 45Cr

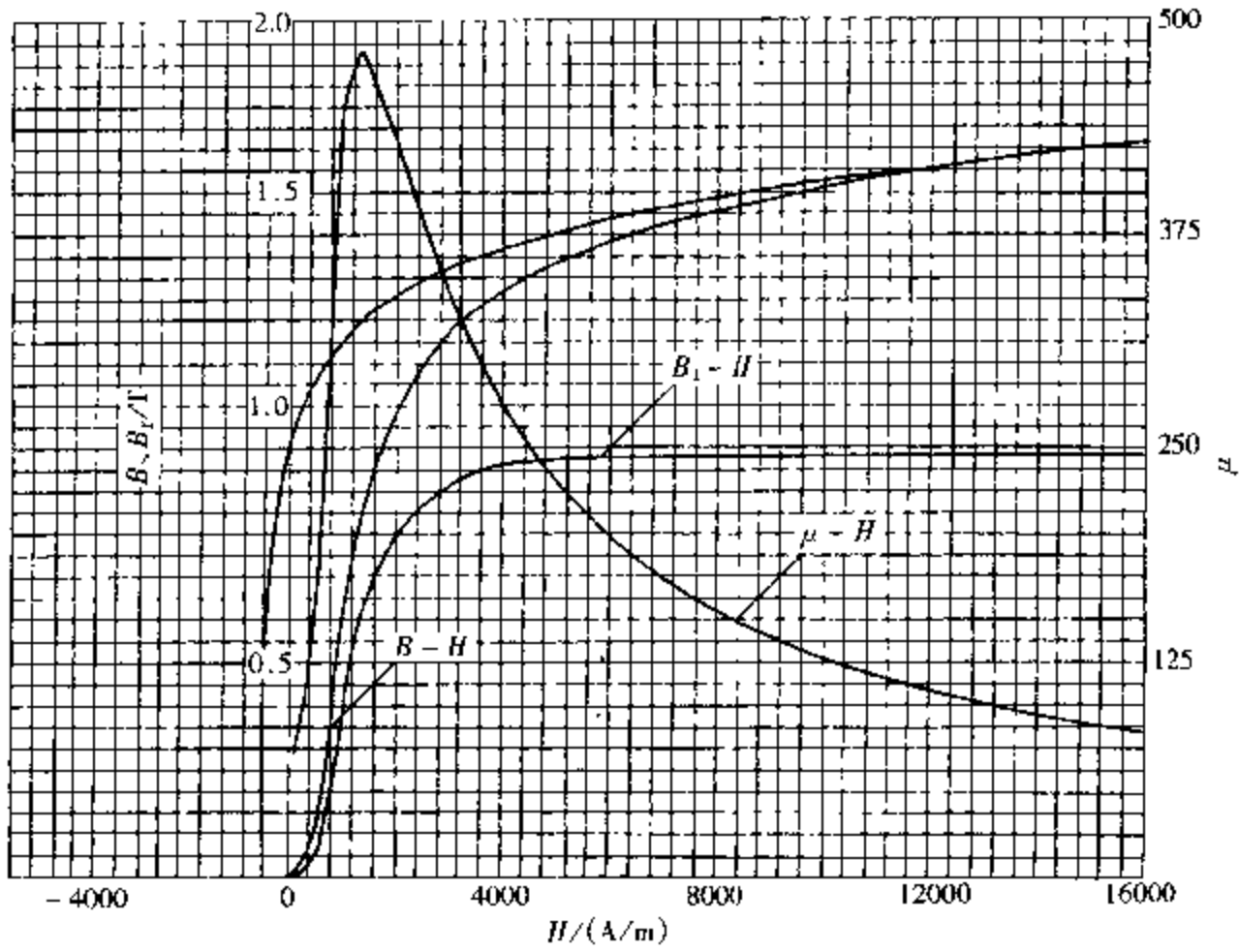


图 2-2-36 45Cr (材料供应状态)

204HBS  $H_c = 456\text{A/m}$   $B_r = 0.985\text{T}$   $\mu_{rm} = 482$

$H_{\mu_m} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.224\text{kJ/m}^2$

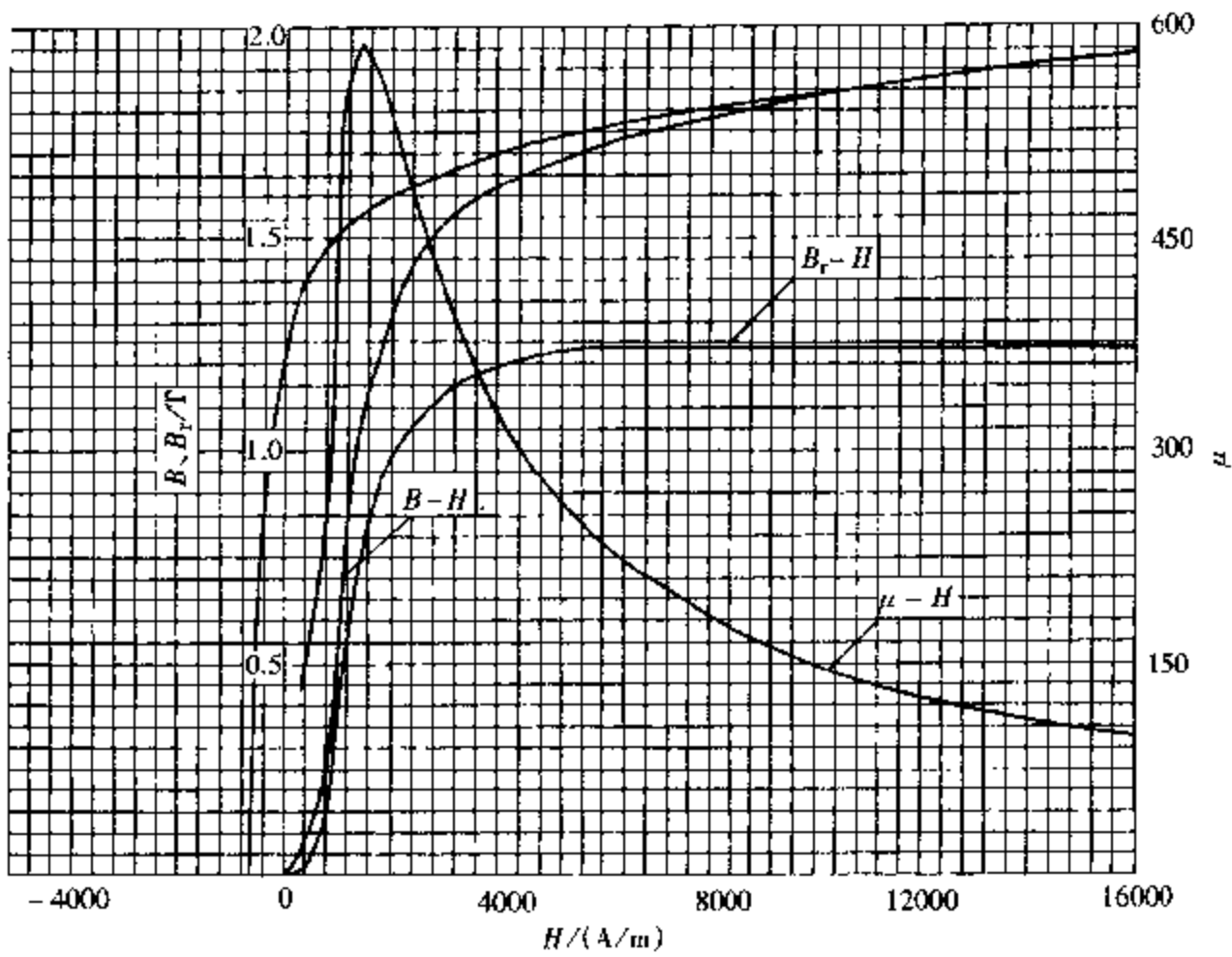


图 2-2-37 45Cr (840℃油淬, 580℃回火)

229HBS  $H_c = 664\text{A/m}$   $B_r = 1.233\text{T}$   $\mu_{rm} = 585$

$H_{\mu_m} = 1448\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.352\text{kJ/m}^2$

—CrV 钢

5. 50CrVA

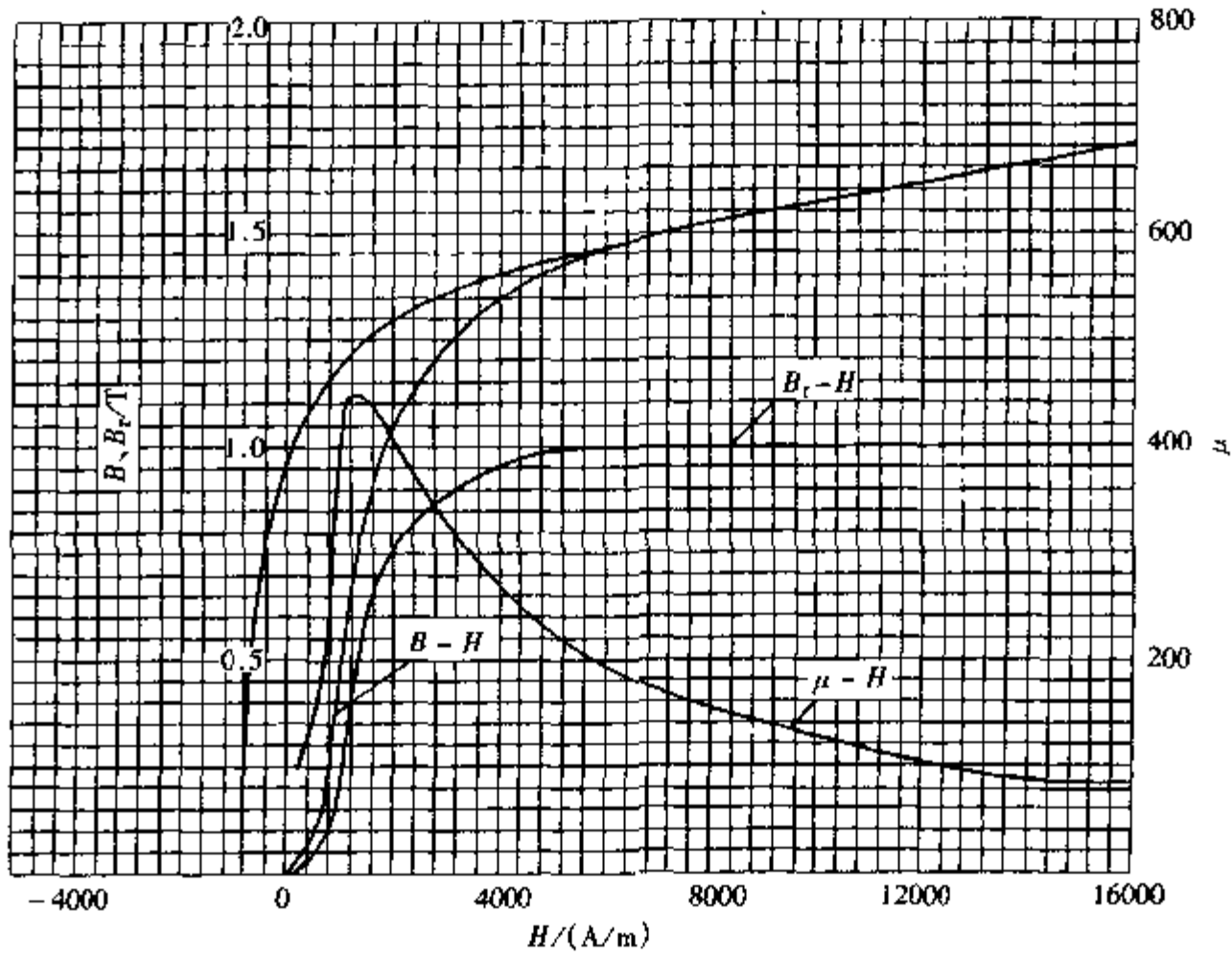


图 2-2-38 50CrVA (材料供应状态)  
 197HBS  $H_c = 800\text{A/m}$   $B_r = 0.98\text{T}$   $\mu_{rm} = 446$   
 $H_{\mu_m} = 1280\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.28\text{kJ/m}^3$

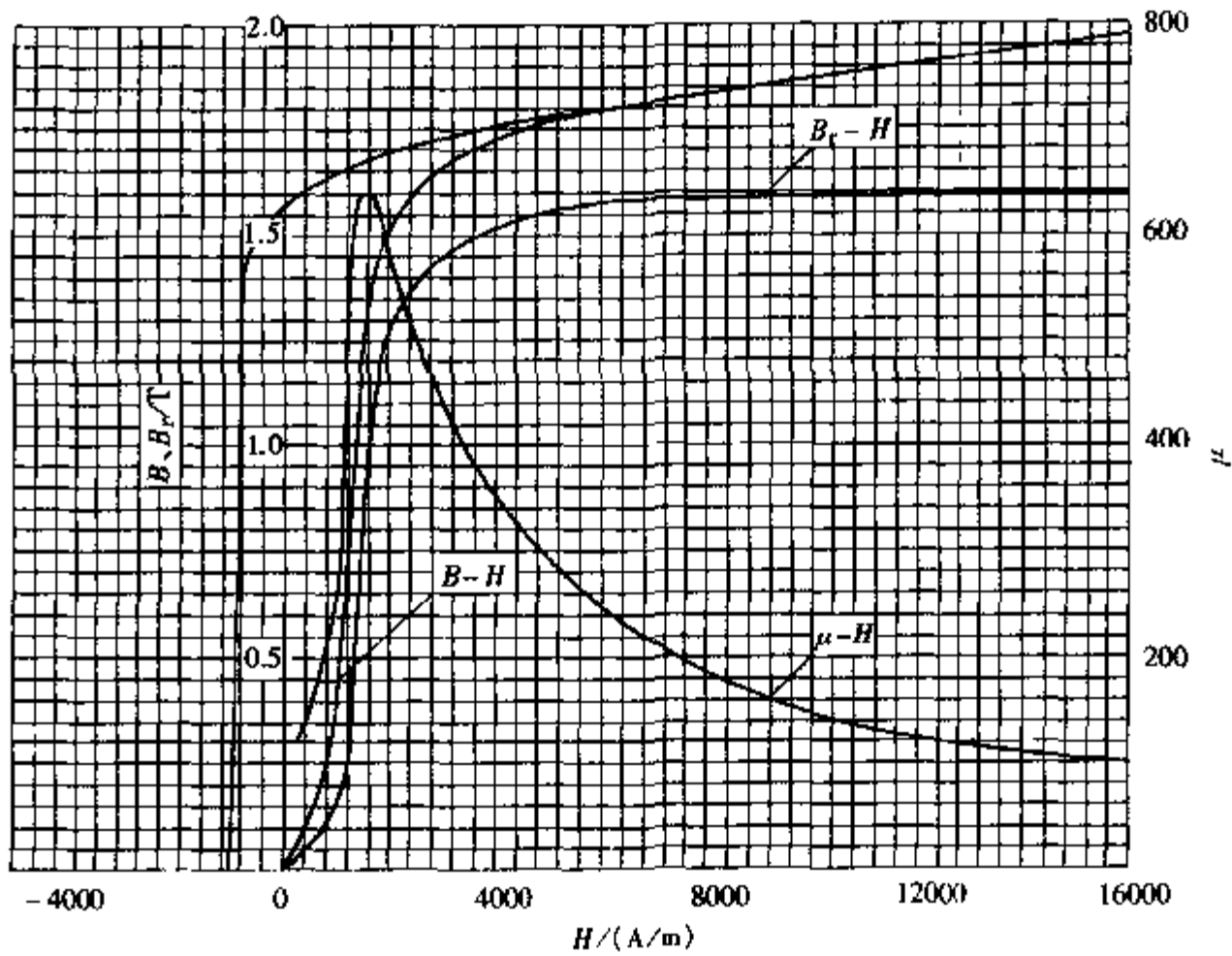


图 2-2-39 50CrVA ( $\sigma_b = 1275\text{kPa}$ )  
 40.5HRC  $H_c = 1120\text{A/m}$   $B_r = 1.58\text{T}$   $\mu_{rm} = 641$   
 $H_{\mu_m} = 1560\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.887\text{kJ/m}^3$

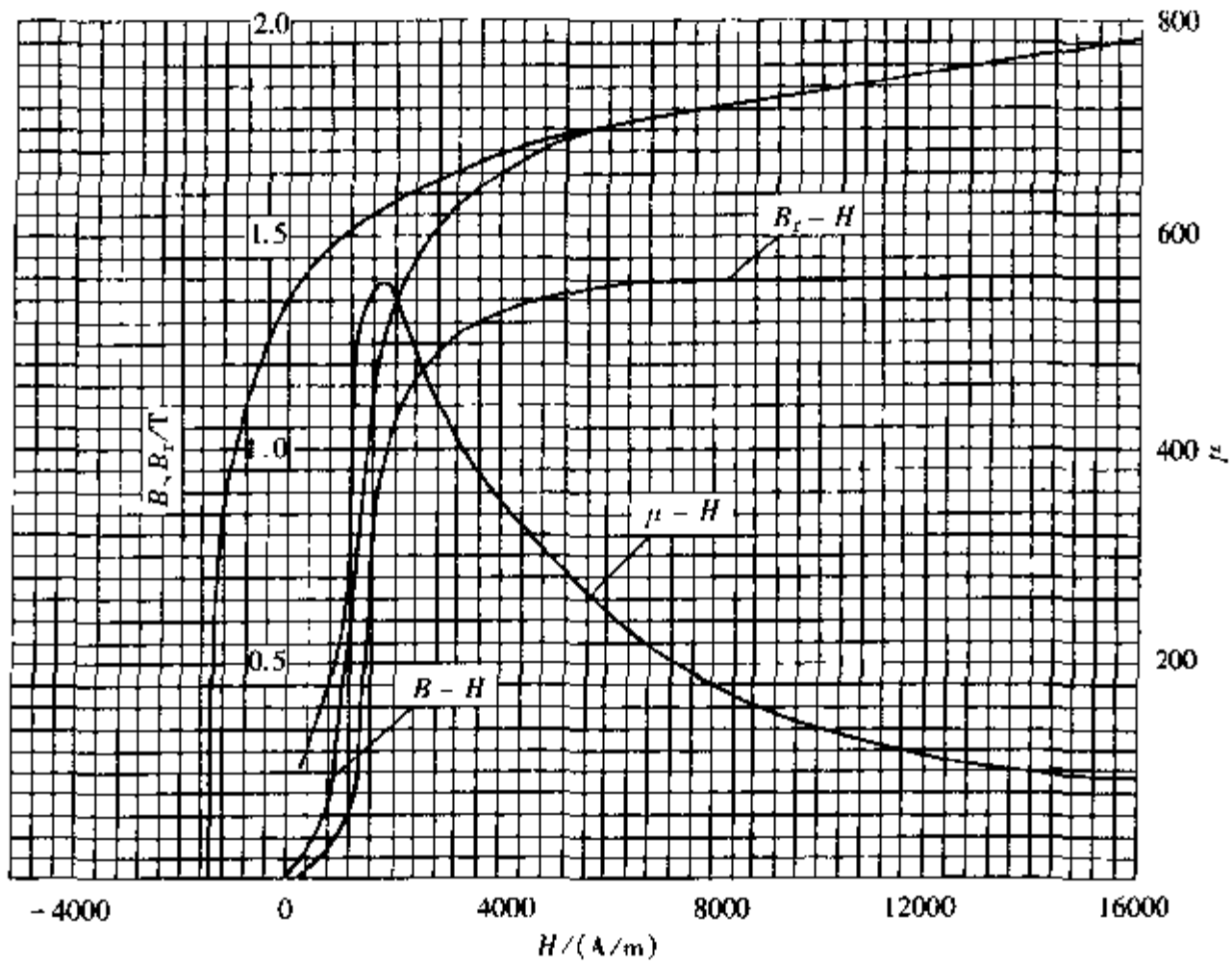


图 2-2-40 50CrVA ( $\sigma_b = 1470\text{kPa}$ )  
 45HRC  $H_c = 1450\text{A/m}$   $B_r = 1.34\text{T}$   $\mu_{rm} = 550$   
 $H_{\mu} = 1760\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.97\text{kJ/m}^3$

—CrSi 钢

6. 38CrSi

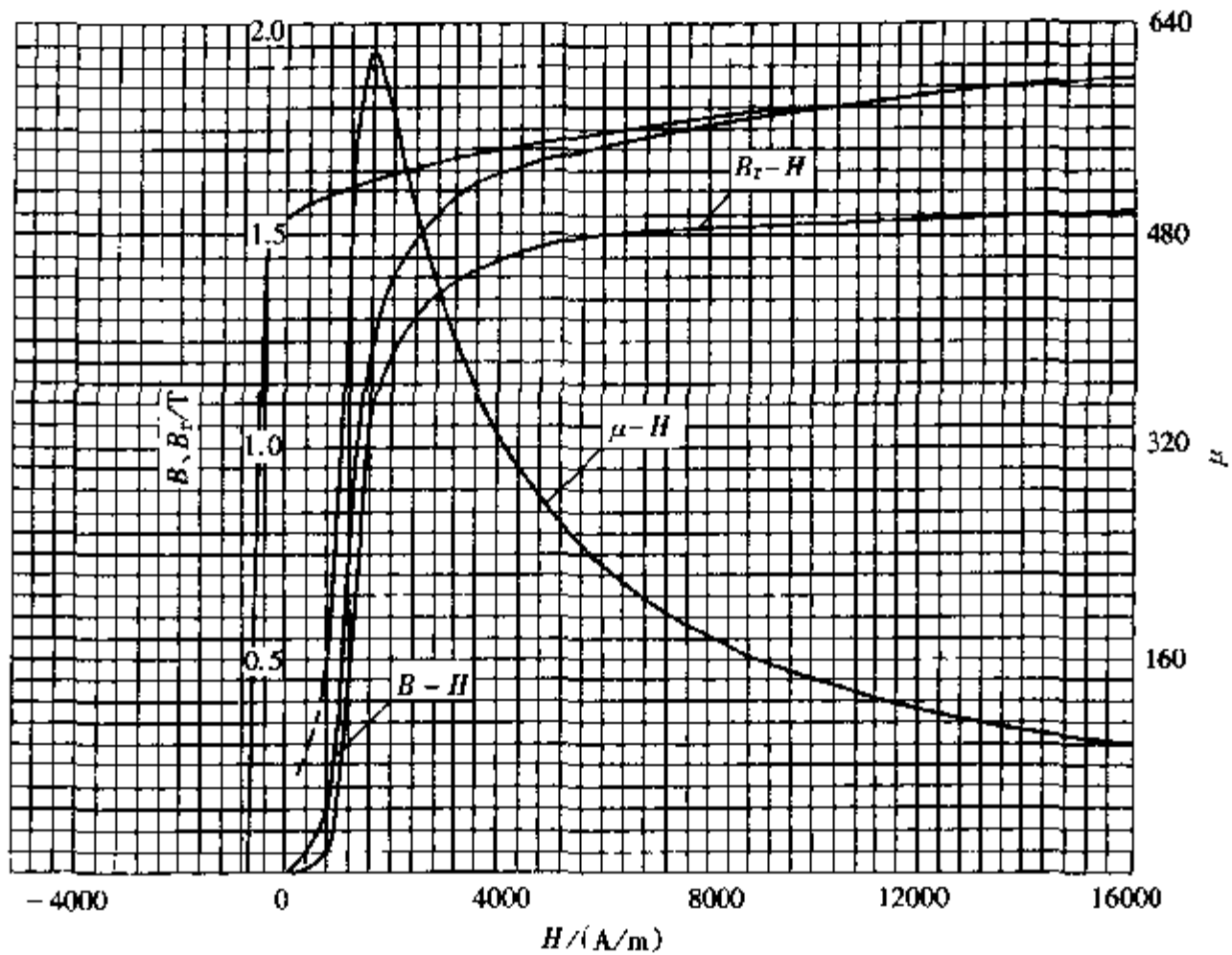


图 2-2-41 38CrSi (910℃油淬, 650℃回火)  
 30HRC  $H_c = 736\text{A/m}$   $B_r = 1.5\text{T}$   $\mu_{rm} = 619$   
 $H_{\mu} = 1520\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.624\text{kJ/m}^3$

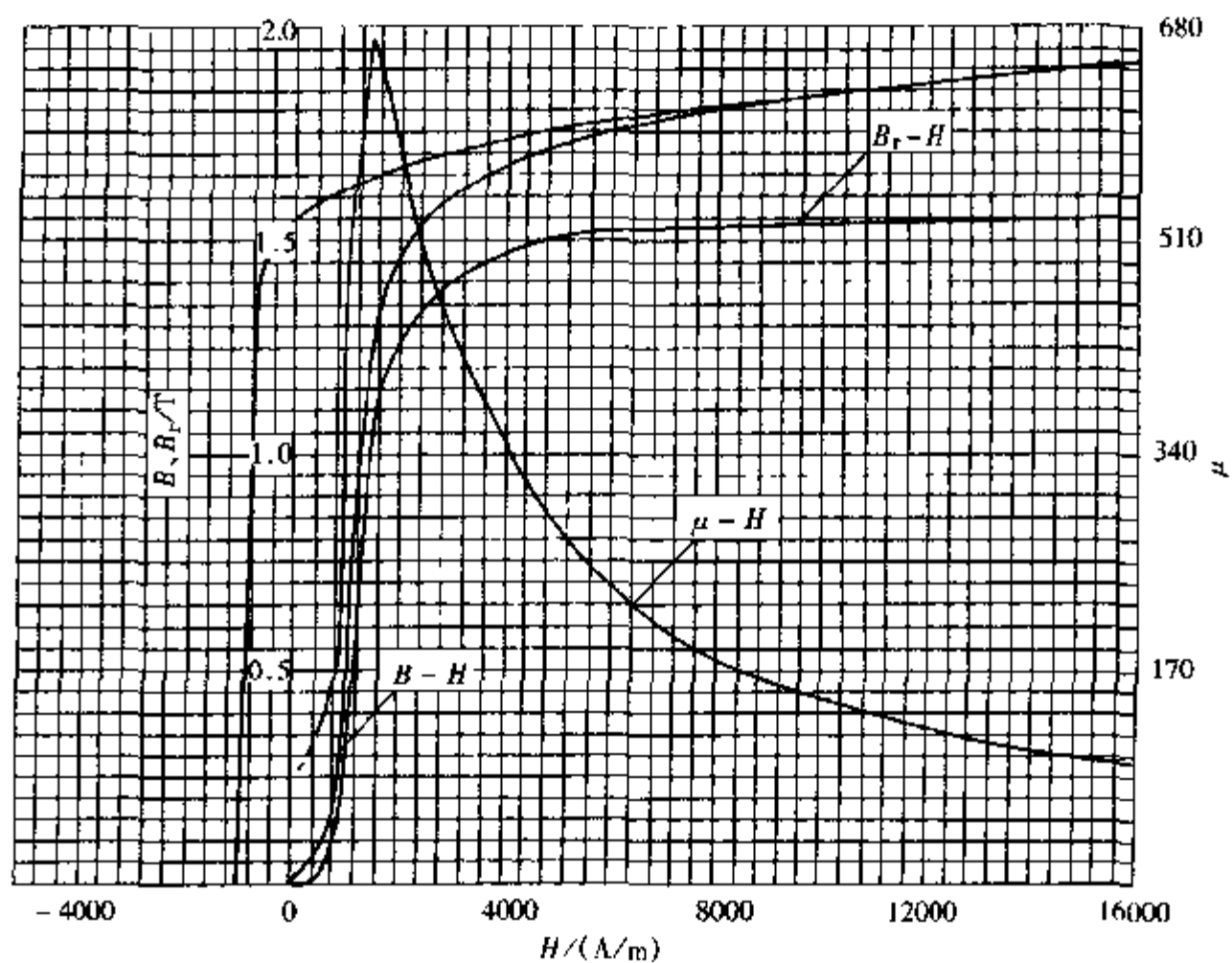


图 2-2-42 38CrSi (890℃油淬, 580℃回火)

33.5HRC  $H_c = 992\text{A/m}$   $B_r = 1.548\text{T}$   $\mu_{rm} = 667$

$H_{jm} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.88\text{kJ/m}^3$

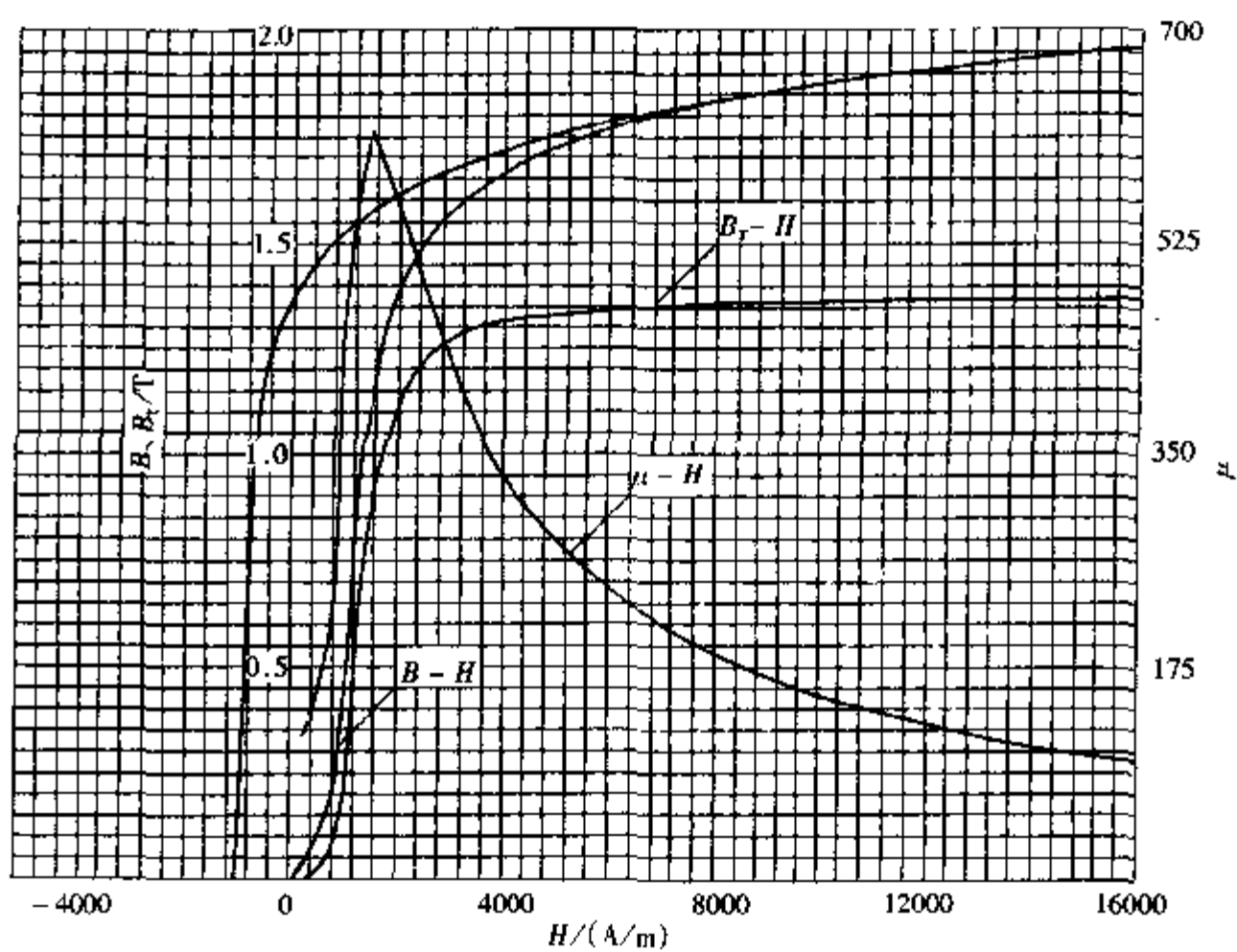


图 2-2-43 38CrSi (910℃油淬, 450℃回火)

45HRC  $H_c = 1024\text{A/m}$   $B_r = 1.37\text{T}$   $\mu_{rm} = 611$

$H_{jm} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.696\text{kJ/m}^3$

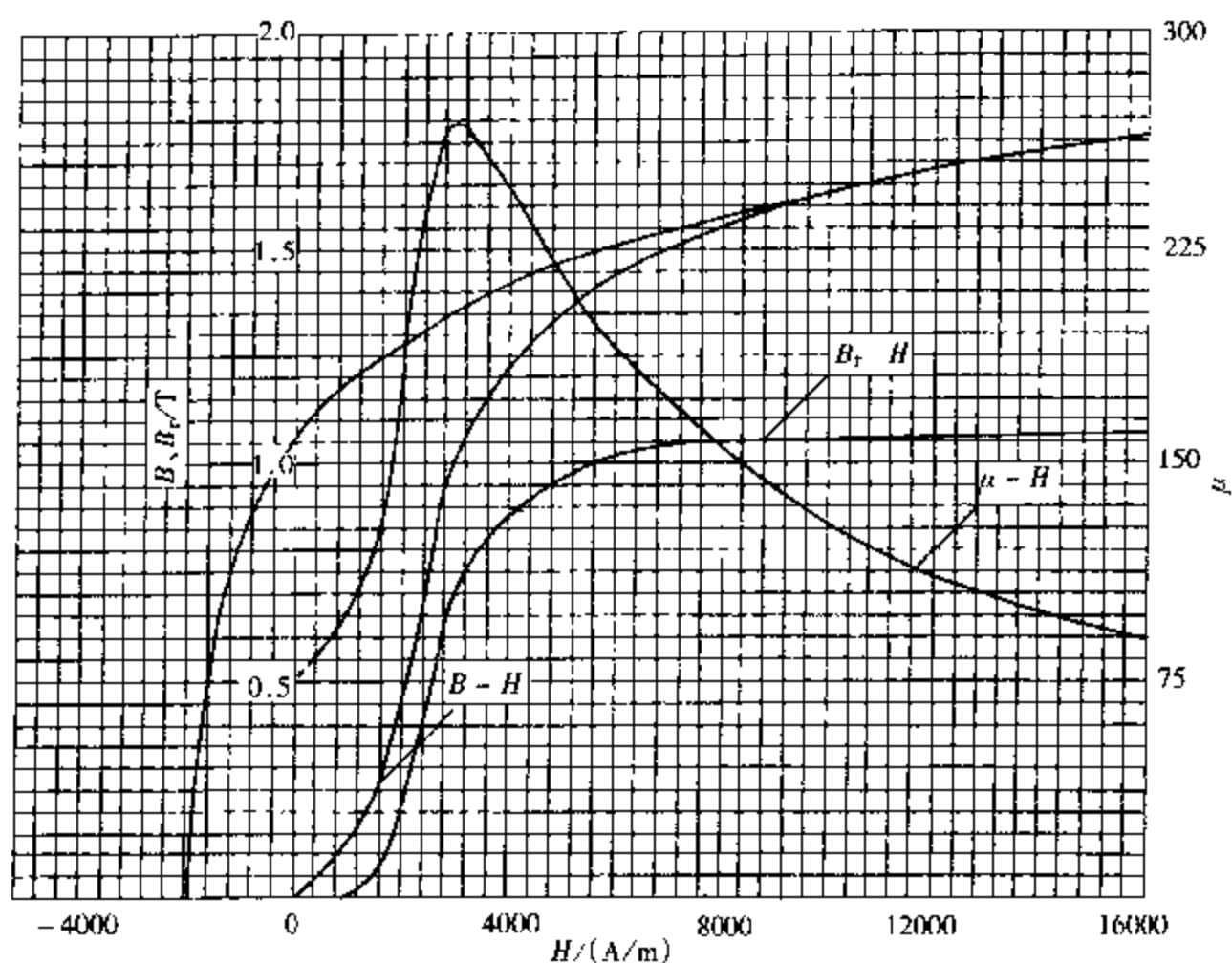


图 2-2-44 38CrSi (890℃油淬, 300℃回火)

51HRC  $H_c = 1936 \text{ A/m}$   $B_r = 1.065 \text{ T}$   $\mu_{im} = 269$

$H_{u1} = 3040 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.92 \text{ kJ/mm}^2$

—CrMnSi 钢

7. 25CrMnSi

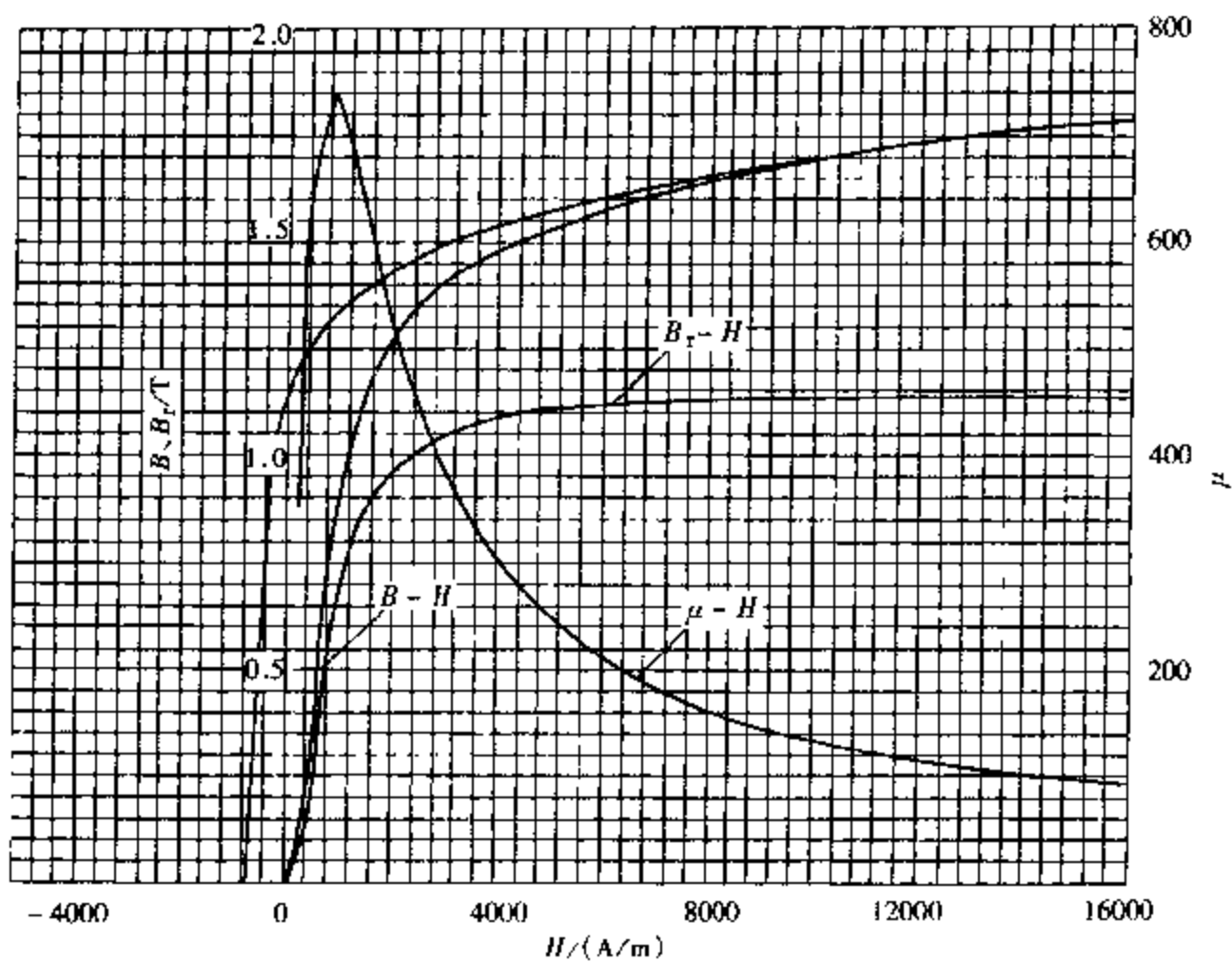


图 2-2-45 25CrMnSi (材料供应状态)

201HBS  $H_c = 696 \text{ A/m}$   $B_r = 1.13 \text{ T}$   $\mu_{im} = 735$

$H_{p,m} = 776 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.264 \text{ kJ/m}^2$

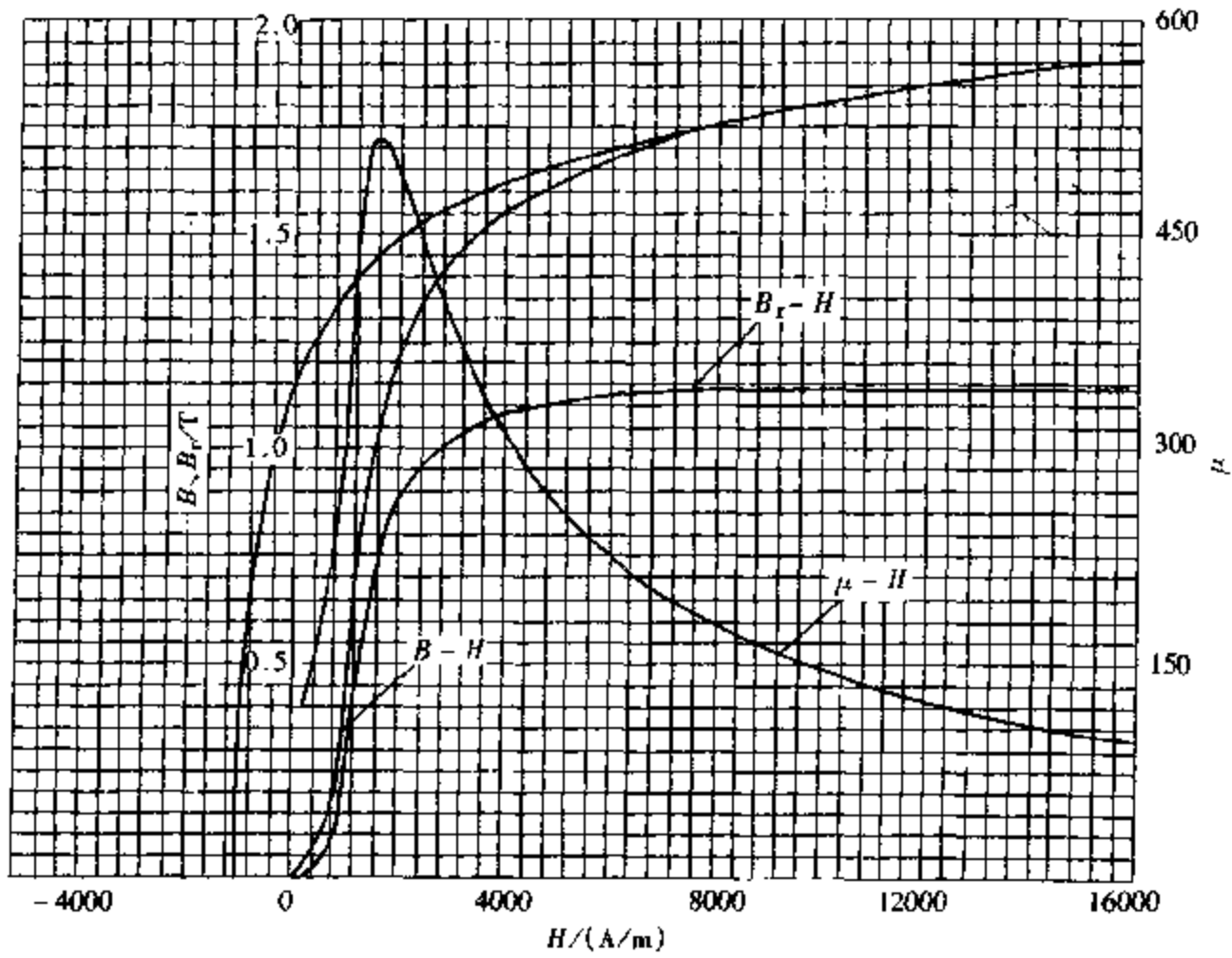


图 2-2-46 25CrMnSi (880℃正火, 860℃油淬, 460℃回火).

28.5HRC  $H_c = 976\text{A/m}$   $B_r = 1.14\text{T}$   $\mu_{rm} = 515$

$H_{\mu m} = 1600\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.48\text{kJ/m}^3$

8. 30CrMnSi

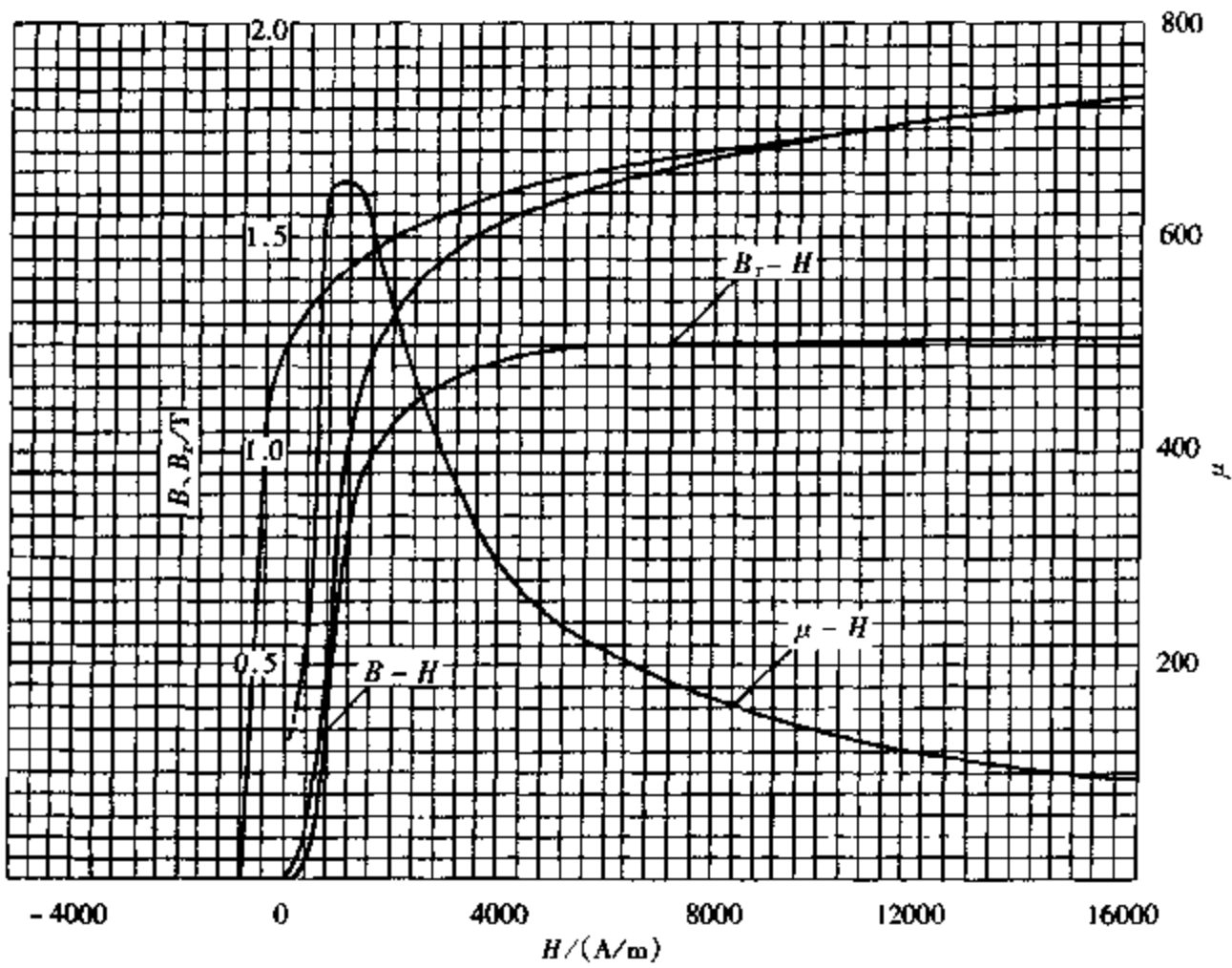


图 2-2-47 30CrMnSiA (材料供应状态)

201HBS  $H_c = 800\text{A/m}$   $B_r = 1.25\text{T}$   $\mu_{rm} = 650$

$H_{\mu m} = 960\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.432\text{kJ/m}^3$



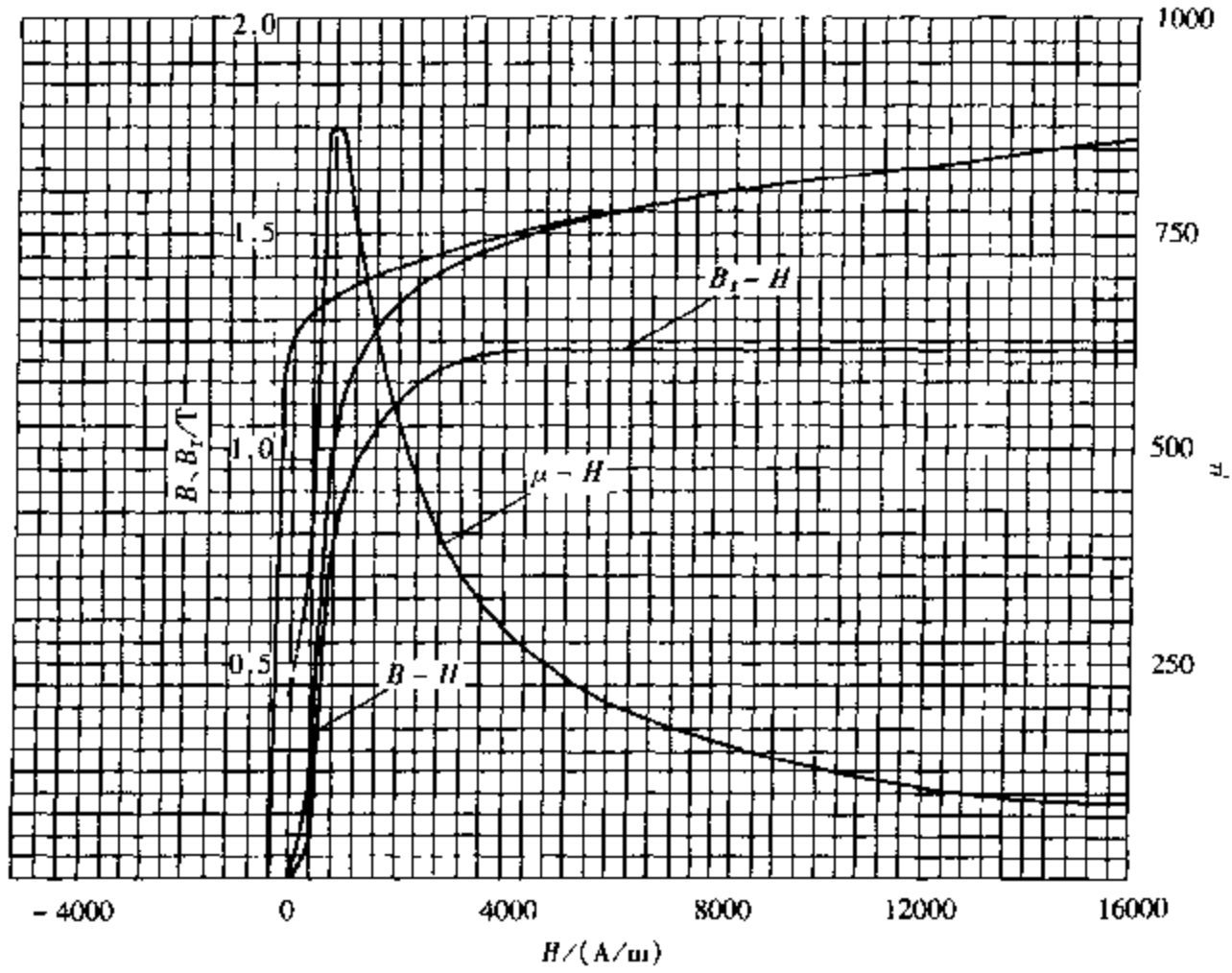


图 2-2-48 30CrMnSiA (正火)

181HBS  $H_c = 280\text{A/m}$   $B_r = 1.23\text{T}$   $\mu_{rm} = 870$

$H_{pm} = 880\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.136\text{kJ/m}^3$

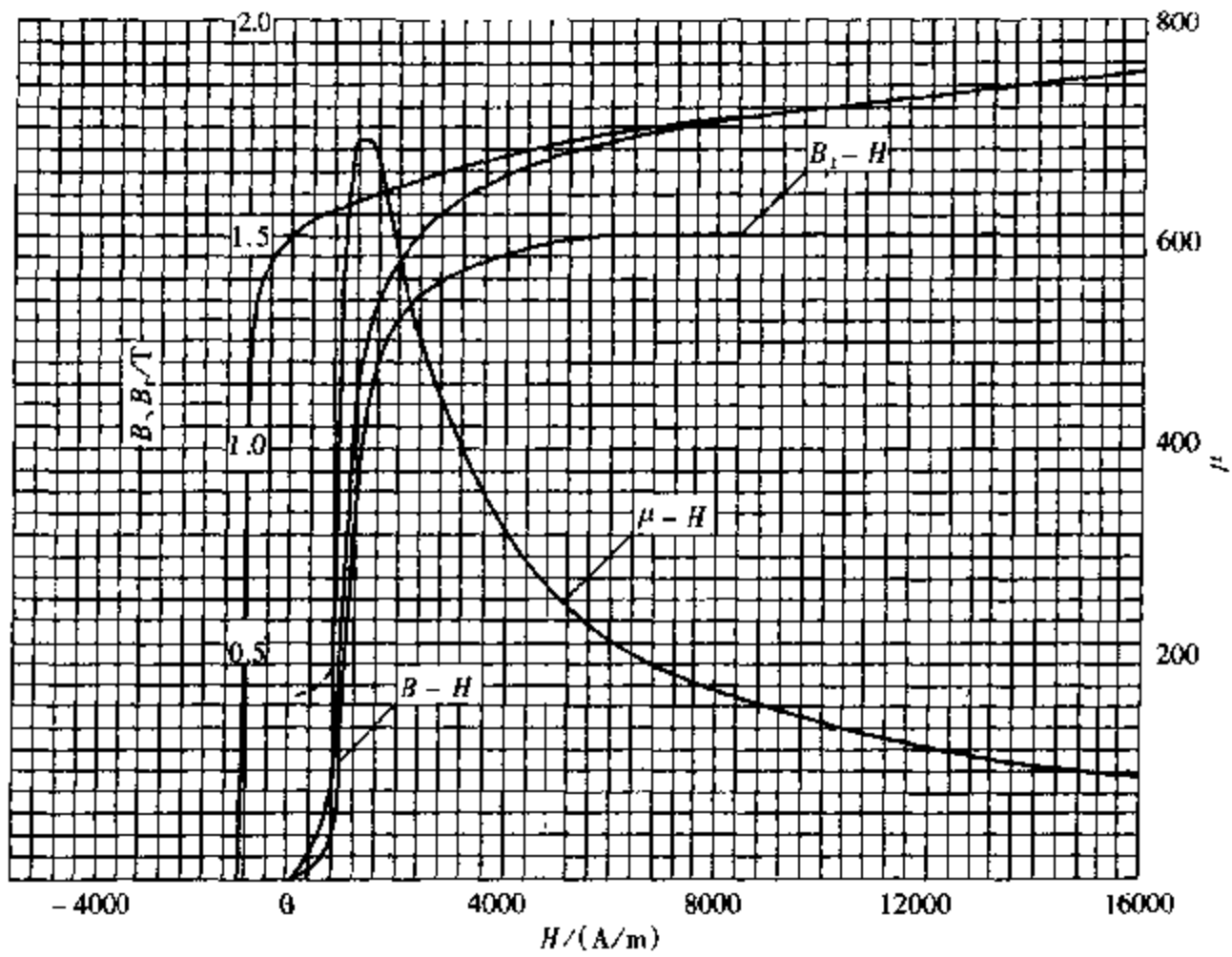


图 2-2-49 30CrMnSiA (880℃油淬, 520℃回火)

37HRC  $H_c = 960\text{A/m}$   $B_r = 1.5\text{T}$   $\mu_{rm} = 688$

$H_{pm} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.96\text{kJ/m}^3$

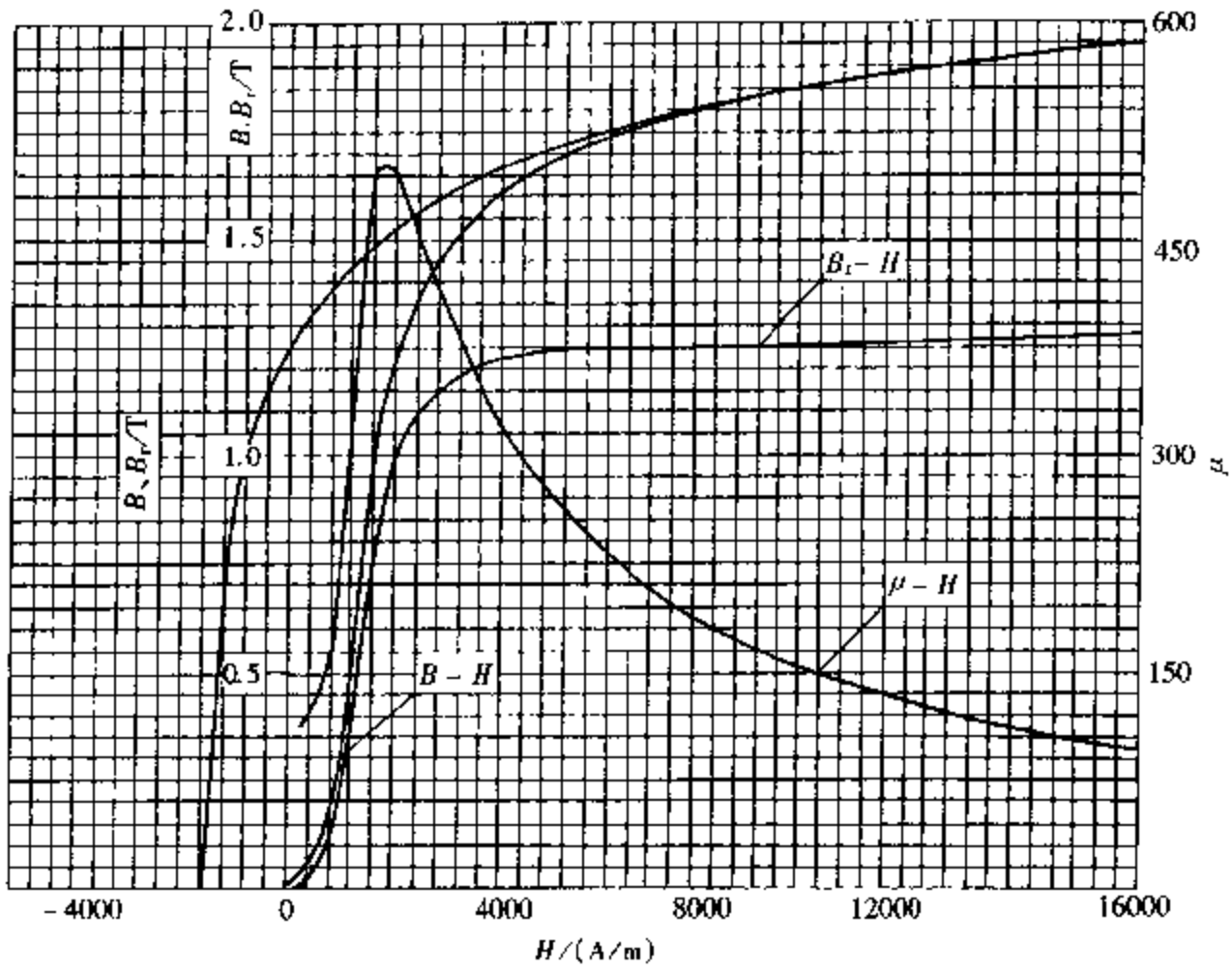


图 2-2-50 30CrMnSiA (920°C油淬, 460°C回火)

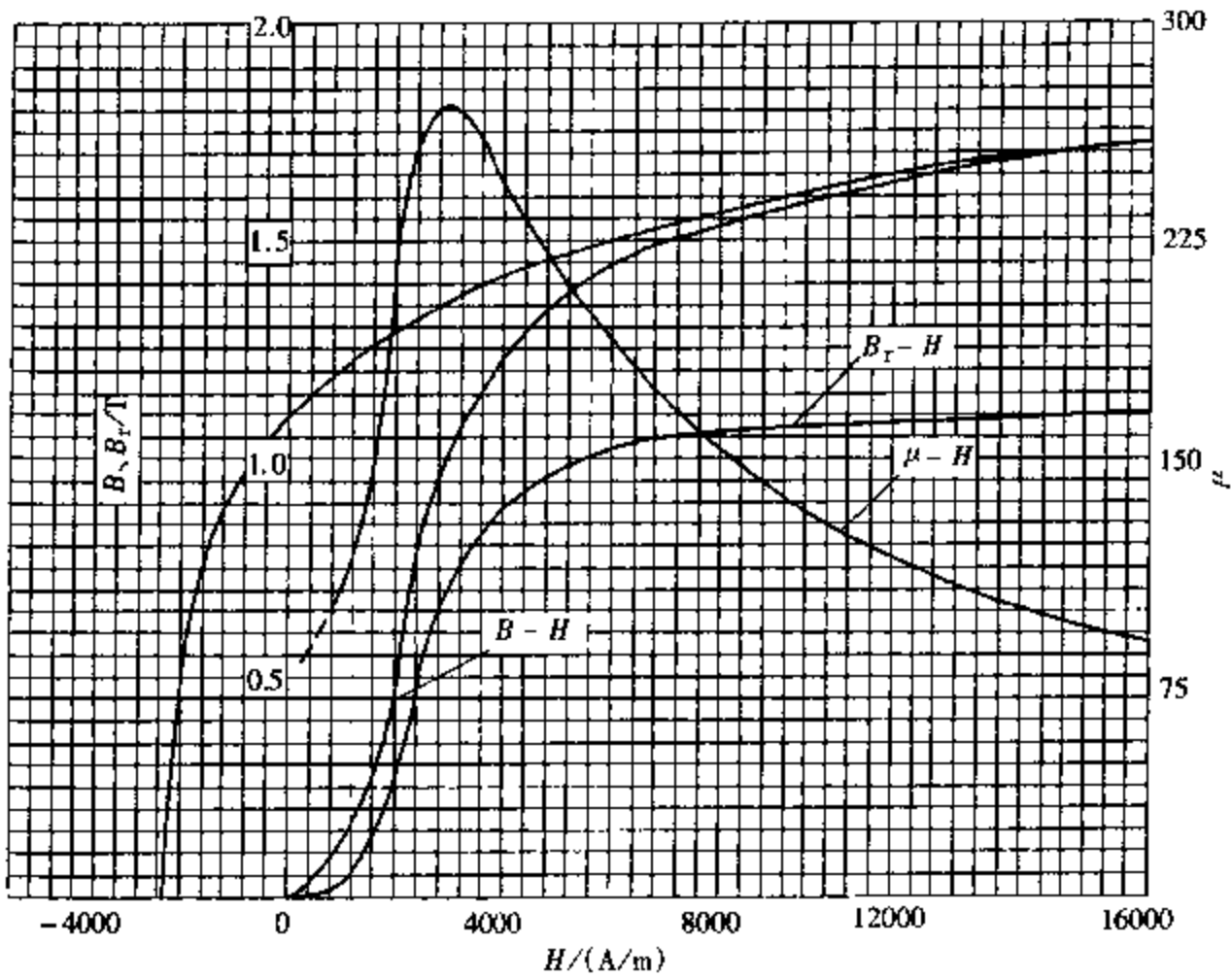
42HRC  $H_c = 1560\text{A/m}$   $B_r = 1.249\text{T}$   $\mu_{rm} = 502$  $H_{\mu_m} = 1736\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.88\text{kJ/m}^3$ 

图 2-2-51 30CrMnSiA (880°C油淬, 300°C回火)

45.5HRC  $H_c = 2280\text{A/m}$   $B_r = 1.1\text{T}$   $\mu_{rm} = 270$  $H_{\mu_m} = 2960\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.184\text{kJ/m}^3$

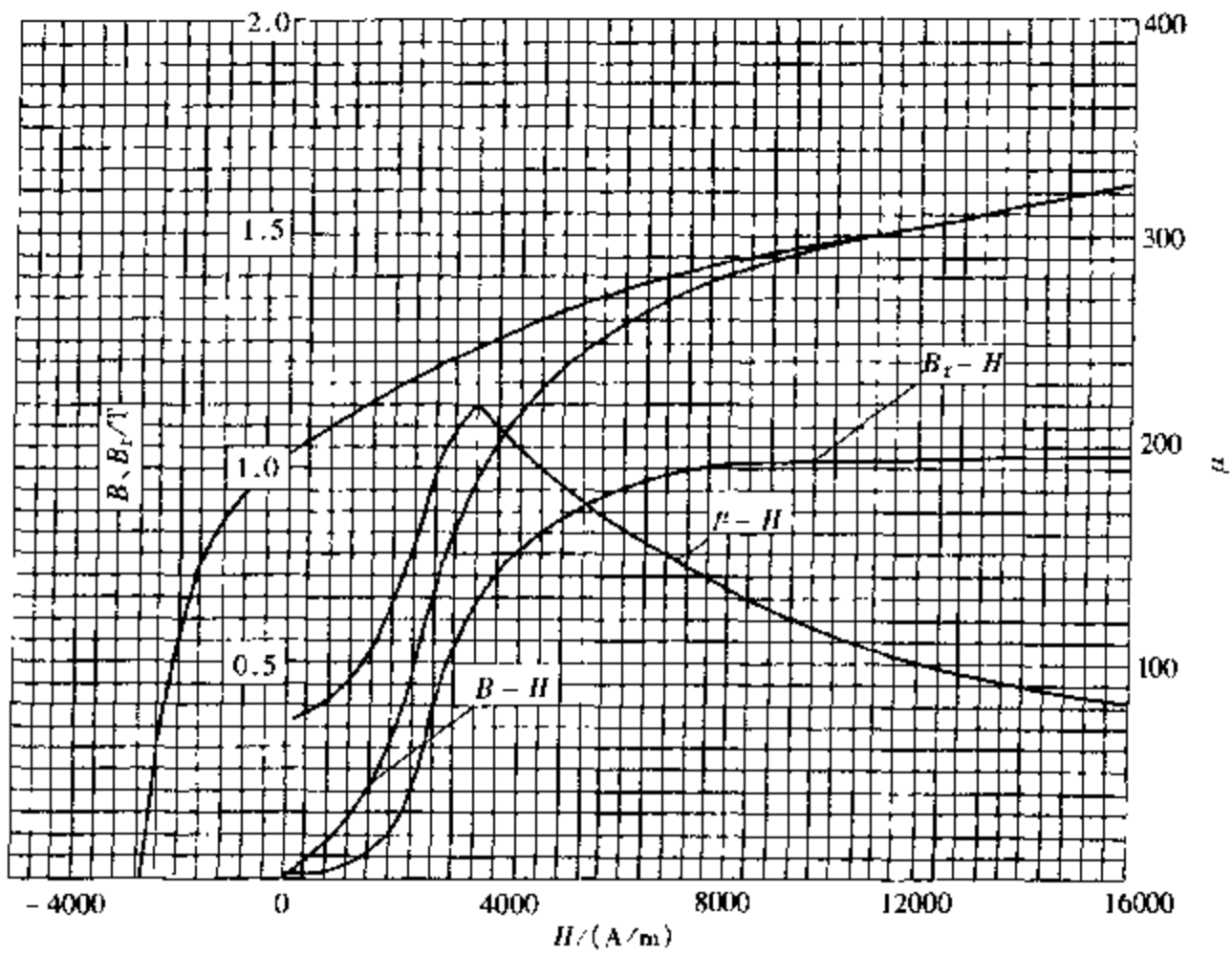


图 2-2-52 30CrMnSiA (880℃油淬, 220℃回火)

51HRC  $H_c = 2712\text{A/m}$   $B_r = 0.98\text{T}$   $\mu_{rm} = 218$

$H_{\mu_m} = 3600\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.285\text{kJ/m}^3$

9. 35CrMnSiA

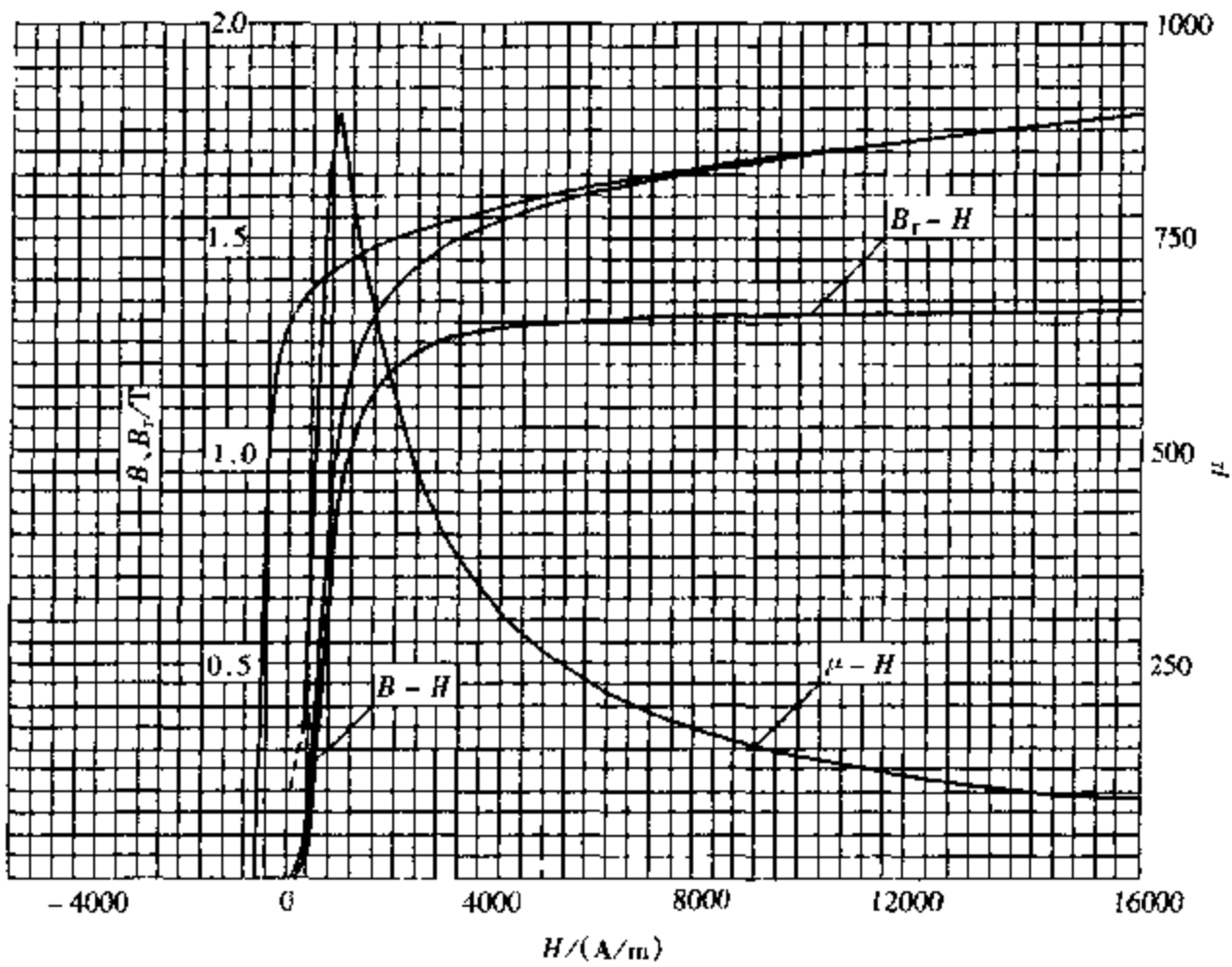


图 2-2-53 35CrMnSiA (材料供应状态)

220HBS  $H_c = 624\text{A/m}$   $B_r = 1.31\text{T}$   $\mu_{rm} = 893$

$H_{\mu_m} = 880\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.352\text{kJ/m}^3$

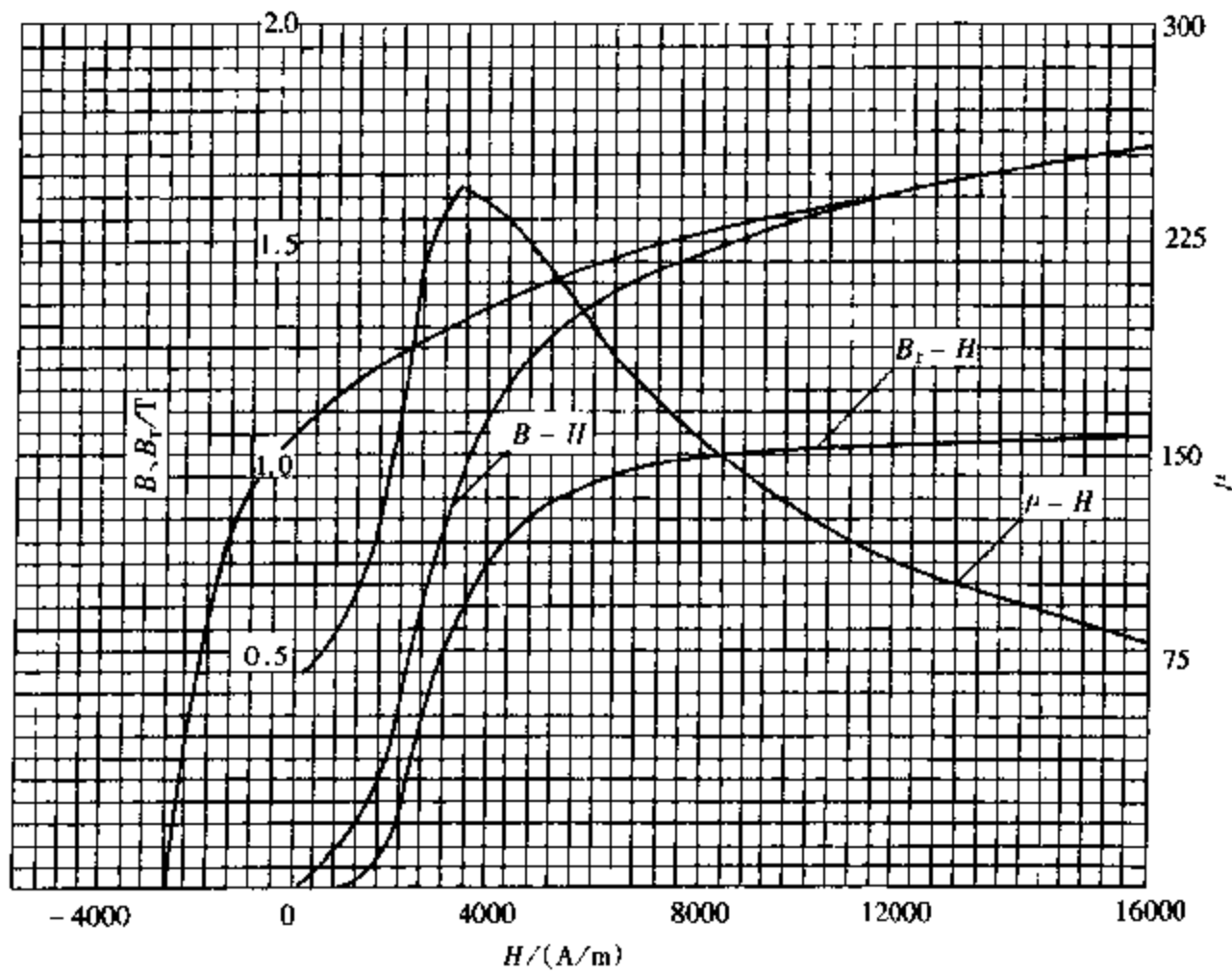


图 2-2-54 35CrMnSiA (中频 880℃油淬, 265℃回火)

47HRC  $H_c = 2344\text{A/m}$   $B_r = 1.045\text{T}$   $\mu_{rm} = 244$

$H_{\mu_m} = 3120\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.992\text{kJ/m}^3$

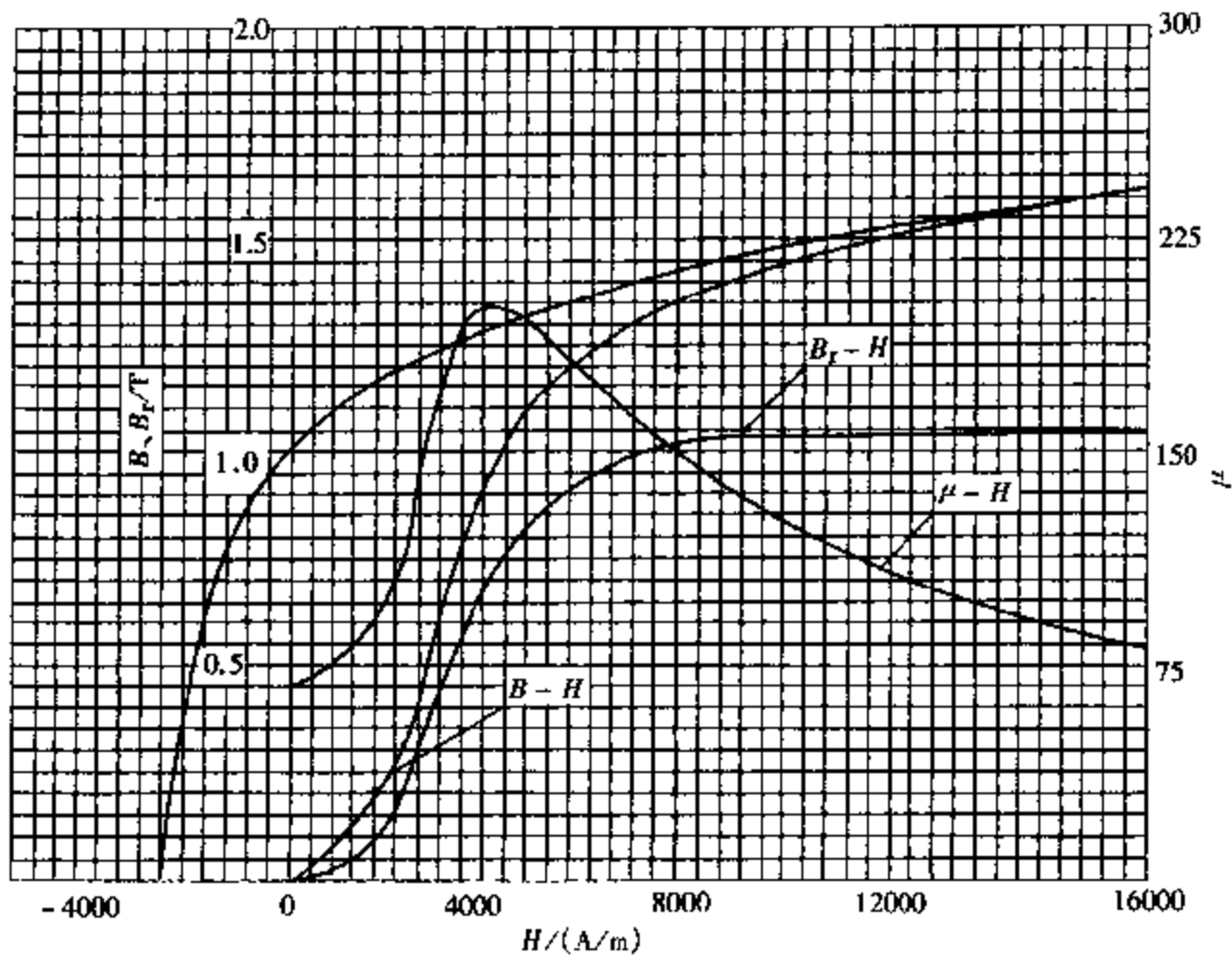


图 2-2-55 35CrMnSiA (910℃油淬, 250℃回火)

51HRC  $H_c = 2408\text{A/m}$   $B_r = 1.007\text{T}$   $\mu_{rm} = 200$

$H_{\mu_m} = 3600\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.944\text{kJ/m}^3$

10. ZG35CrMnSi

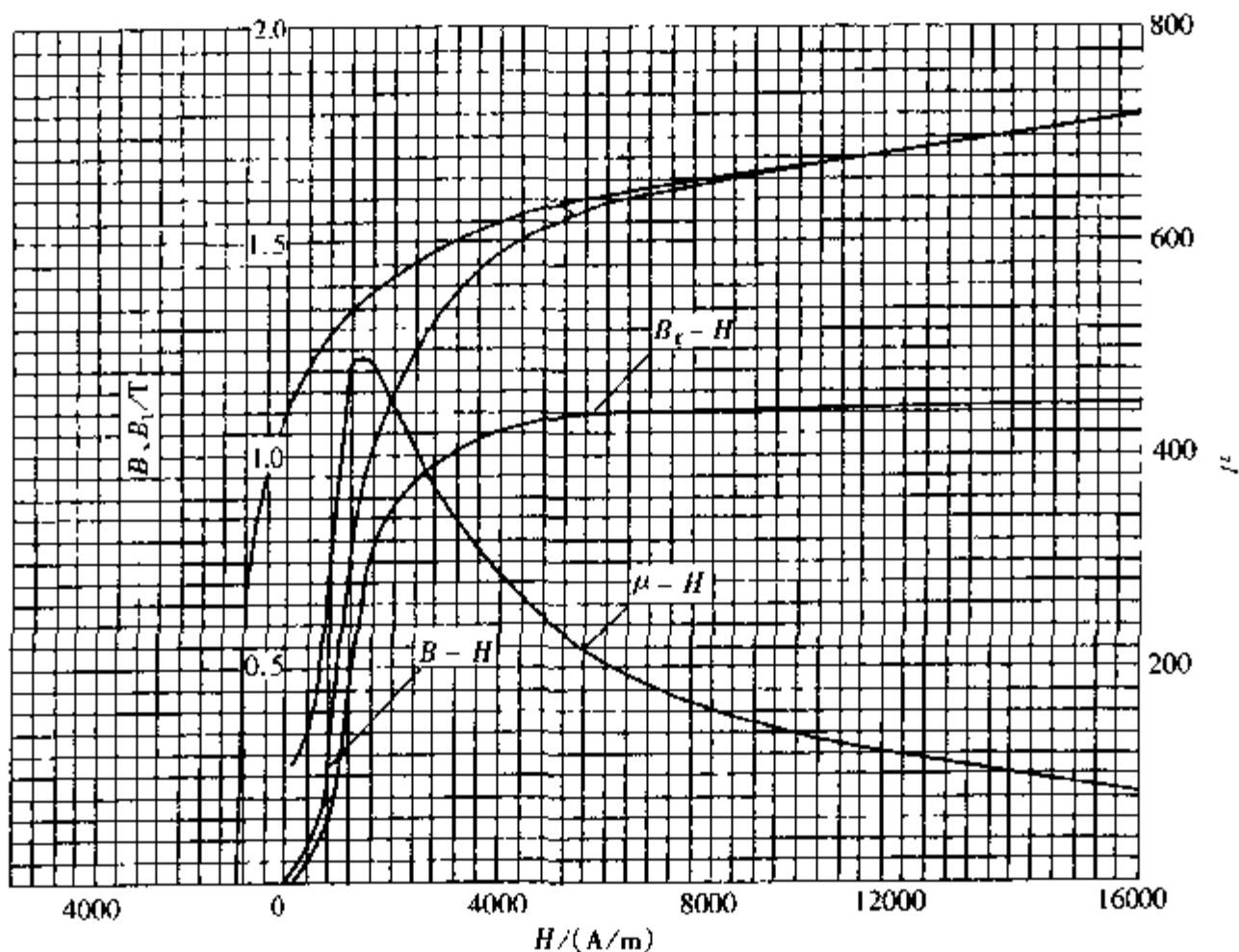


图 2-2-56 ZG35CrMnSi (正火)  
 207HBS  $H_c = 808 \text{ A/m}$   $B_r = 1.12 \text{ T}$   $\mu_{100} = 490$   
 $H_{\mu_m} = 1360 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.38 \text{ kJ/m}^3$

—CrMnTi 钢

11. 18CrMnTi

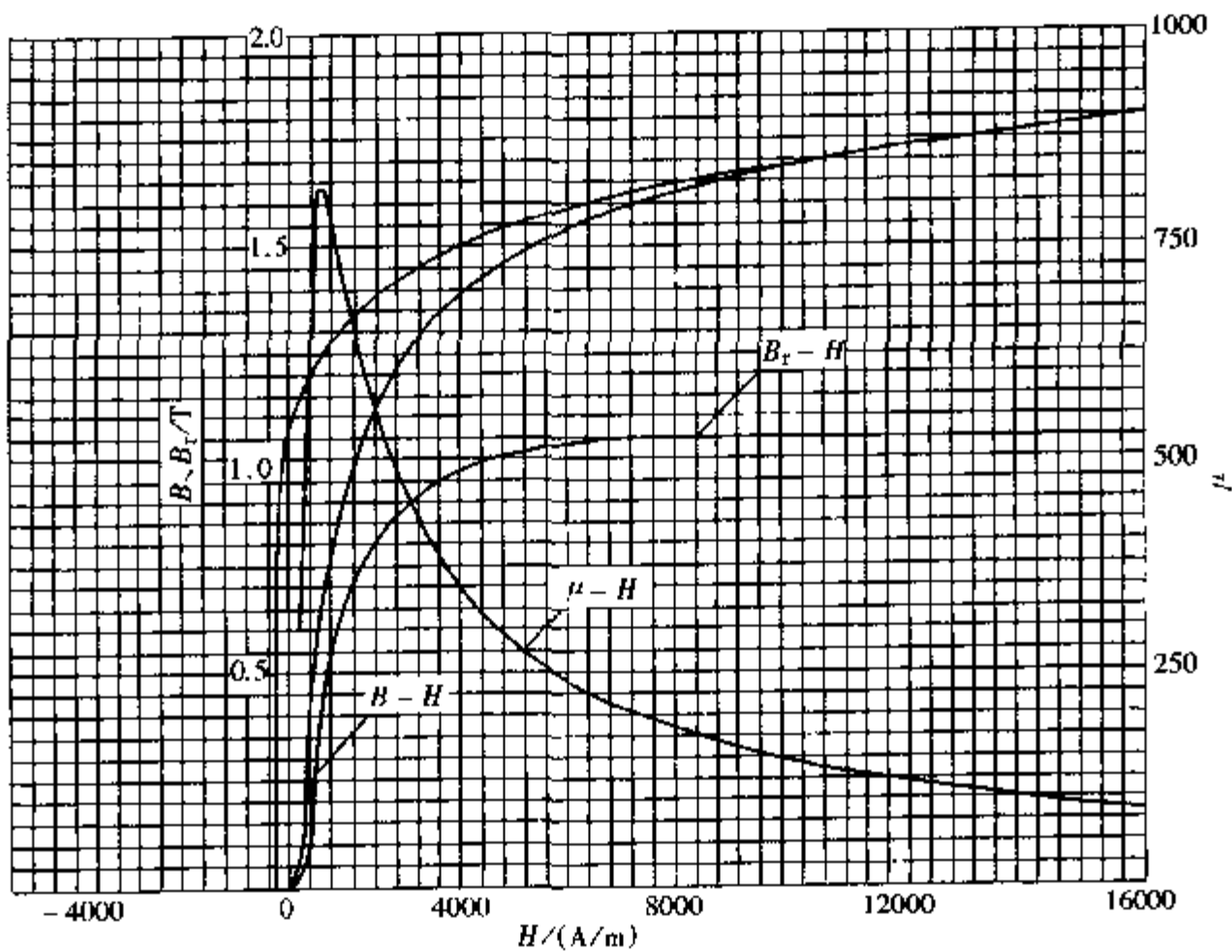


图 2-2-57 18CrMnTi (材料供应状态)  
 163HBS  $H_c = 280 \text{ A/m}$   $B_r = 1.05 \text{ T}$   $\mu_{100} = 817$   $H_{\mu_m} = 536 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.224 \text{ kJ/m}^3$

## 2.2.6 CrMo 系钢

—CrMo 钢

1. 20CrMo

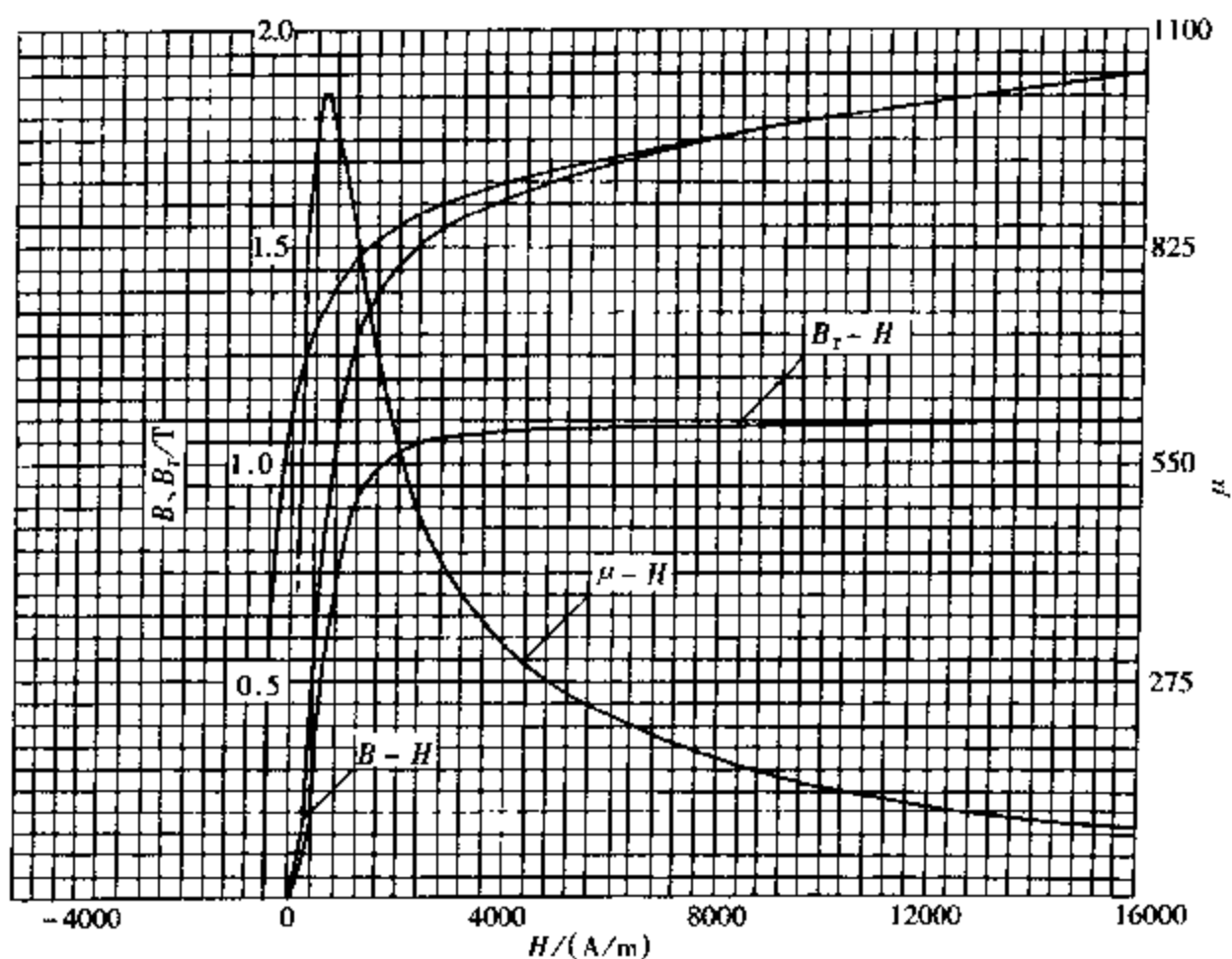


图 2-2-58 20CrMo (材料供应状态)

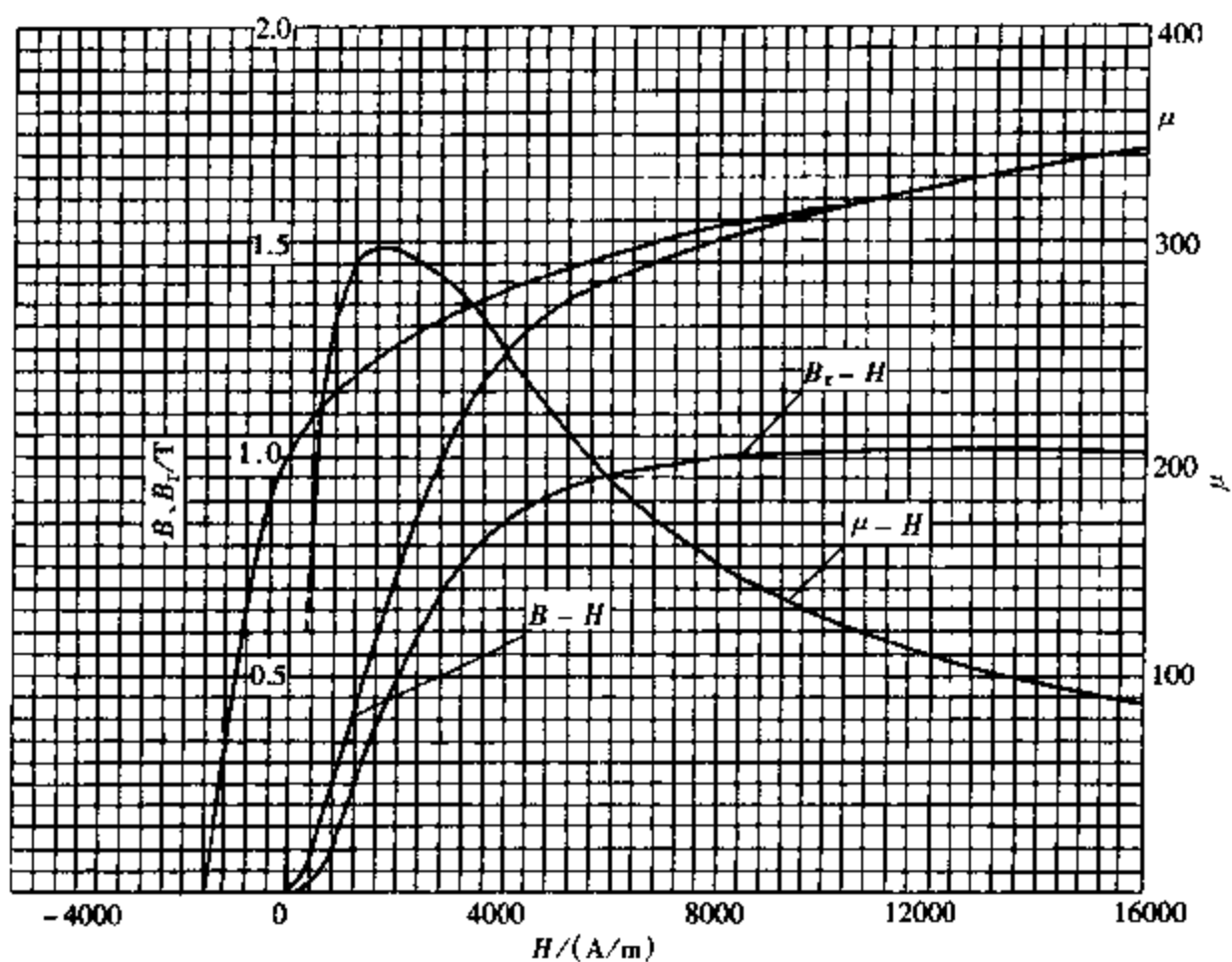
170HBS  $H_r = 448 \text{ A/m}$   $B_r = 1.1 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 1025$  $H_{\mu_m} = 640 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.224 \text{ kJ/m}^3$ 

图 2-2-59 20CrMo (820°C油淬, 200°C回火)

30.5HRC  $H_r = 1600 \text{ A/m}$   $B_r = 1.0 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 296$  $H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.536 \text{ kJ/m}^3$

2. PCrMo

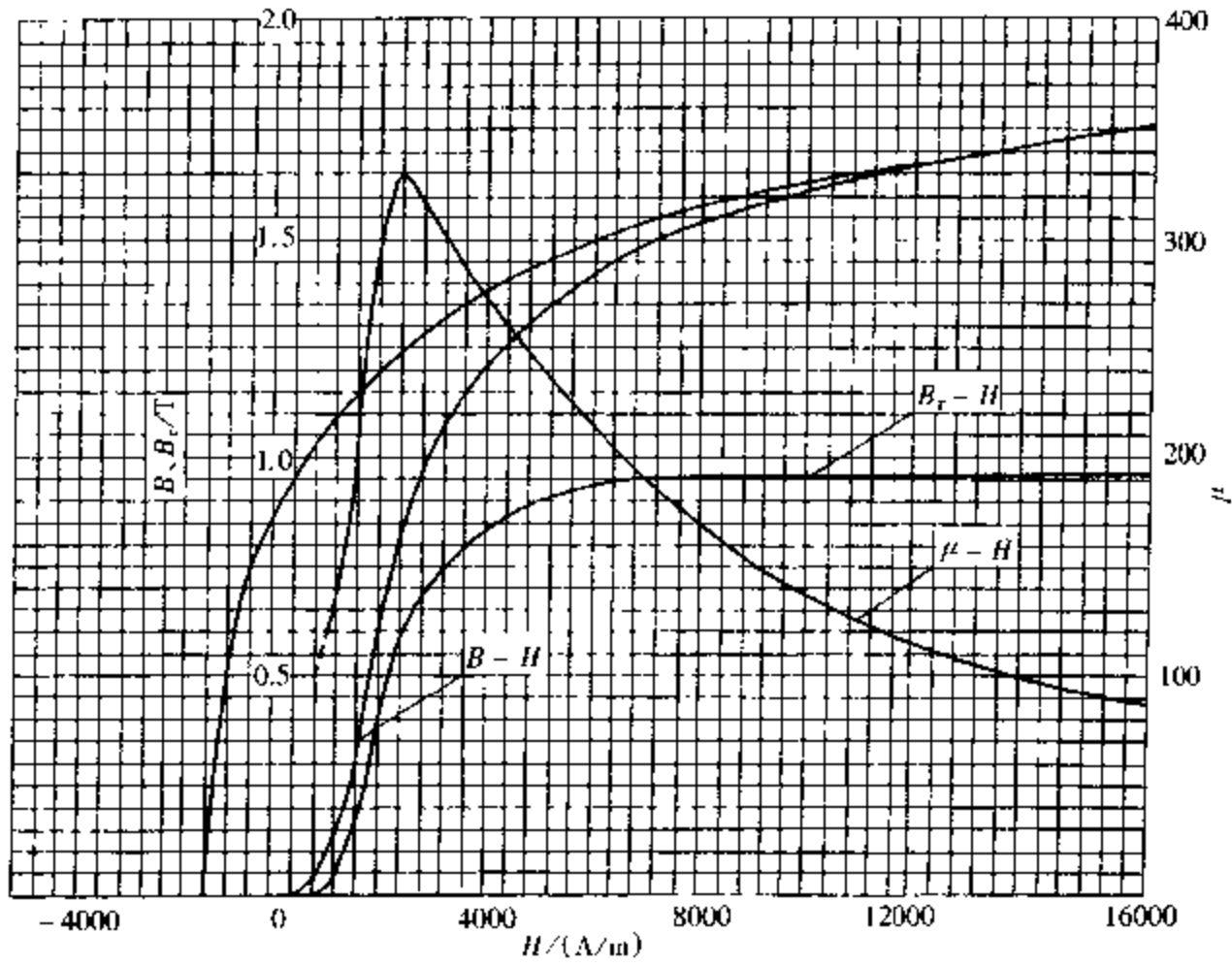


图 2-2-60 PCrMo (正火)

28.5HRC  $H_c = 1600$  A/m  $B_r = 0.96$  T  $\mu_{im} = 329$

$H_{jm} = 2000$  A/m  $(HB)_{max} = 0.624$  kJ/m<sup>3</sup>

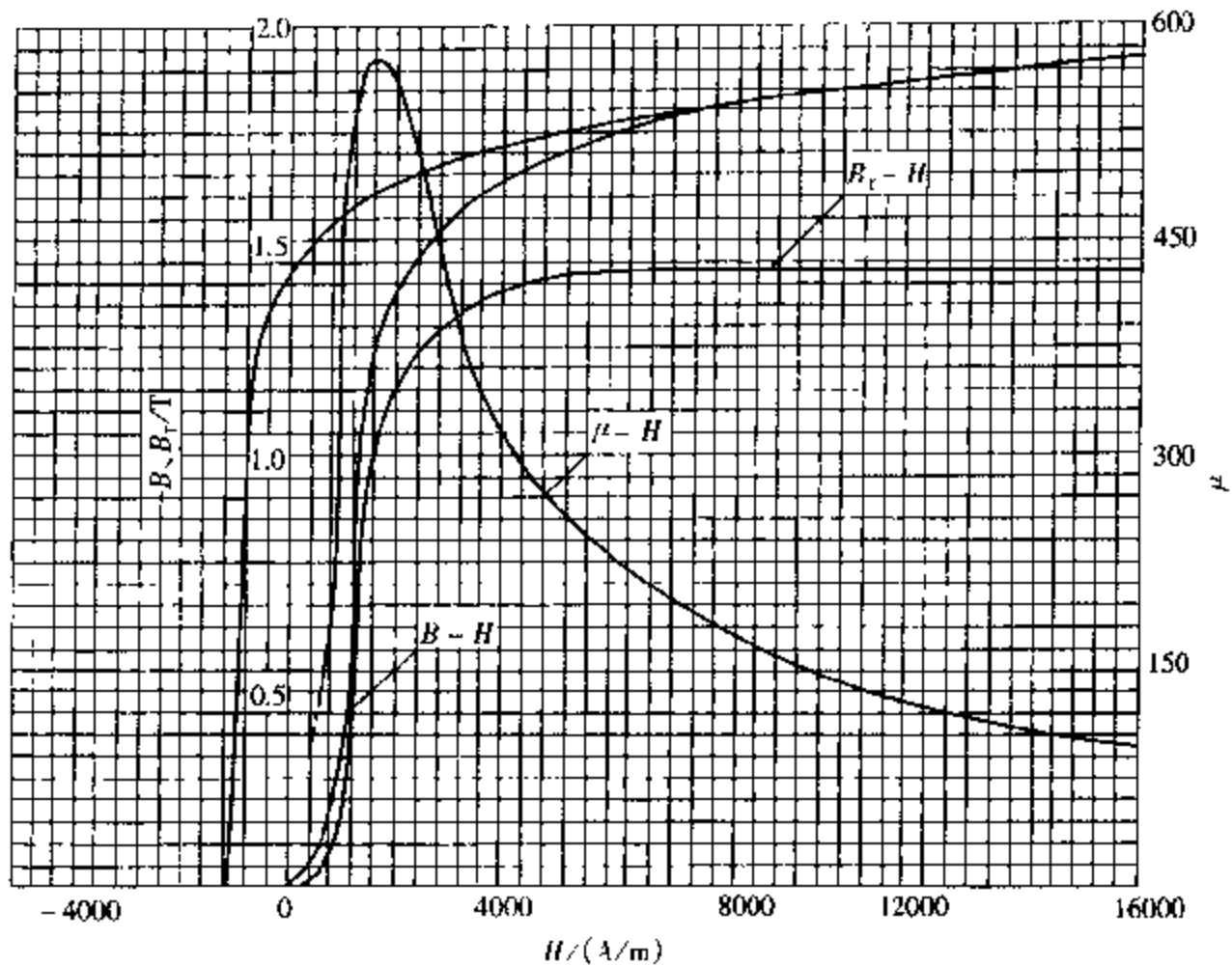


图 2-2-61 PCrMo (860℃油淬, 550℃回火)

27HRC  $H_c = 1144$  A/m  $B_r = 1.43$  T  $\mu_{im} = 575$

$H_{jm} = 1600$  A/m  $(HB)_{max} = 0.808$  kJ/m<sup>3</sup>

## 3.35CrMoA

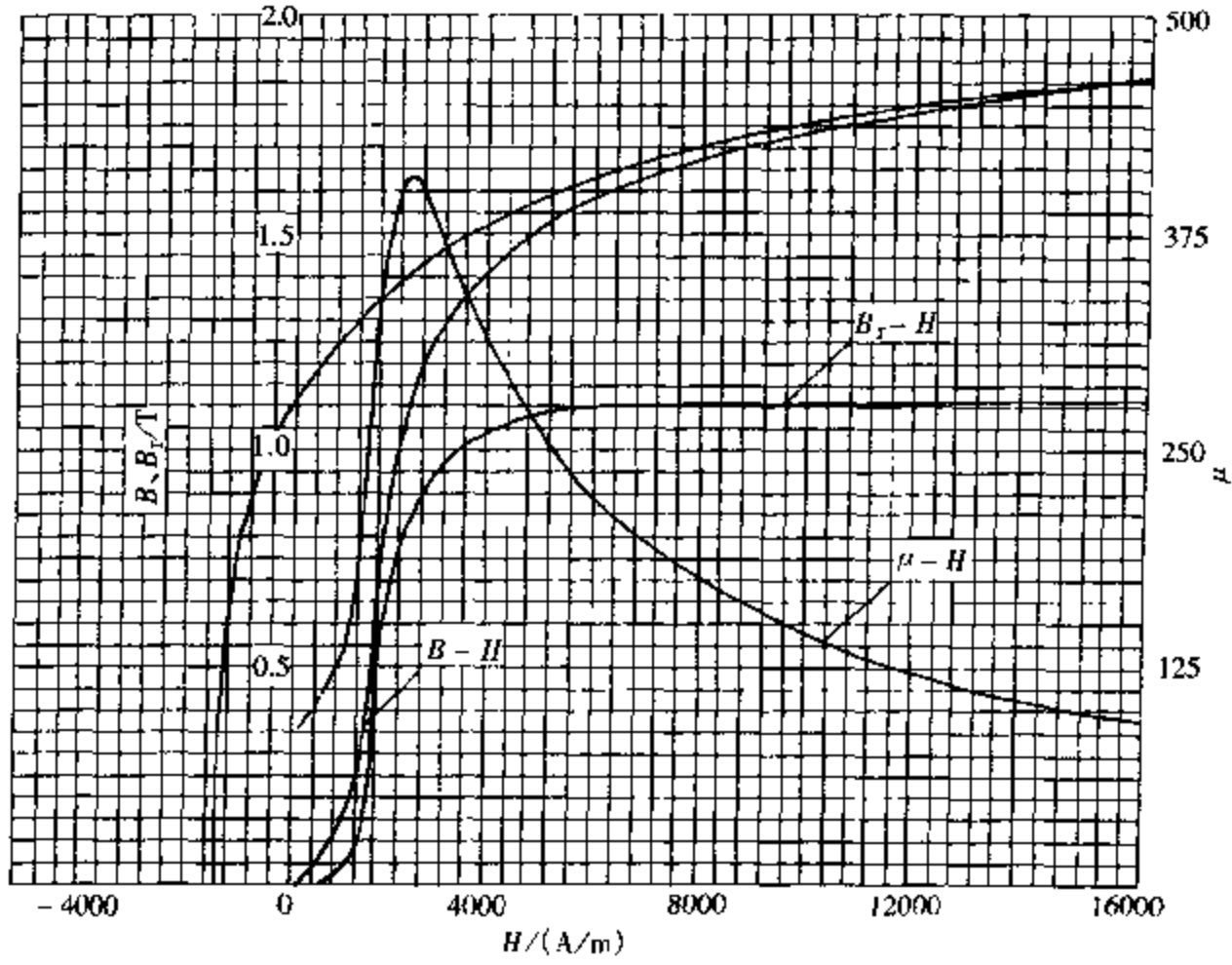


图 2-2-62 35CrMoA (860℃油淬, 260℃回火)

49HRC  $H_c = 1376 \text{ A/m}$   $B_r = 1.11 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 407$

$H_{\mu m} = 2200 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.632 \text{ kJ/m}^3$

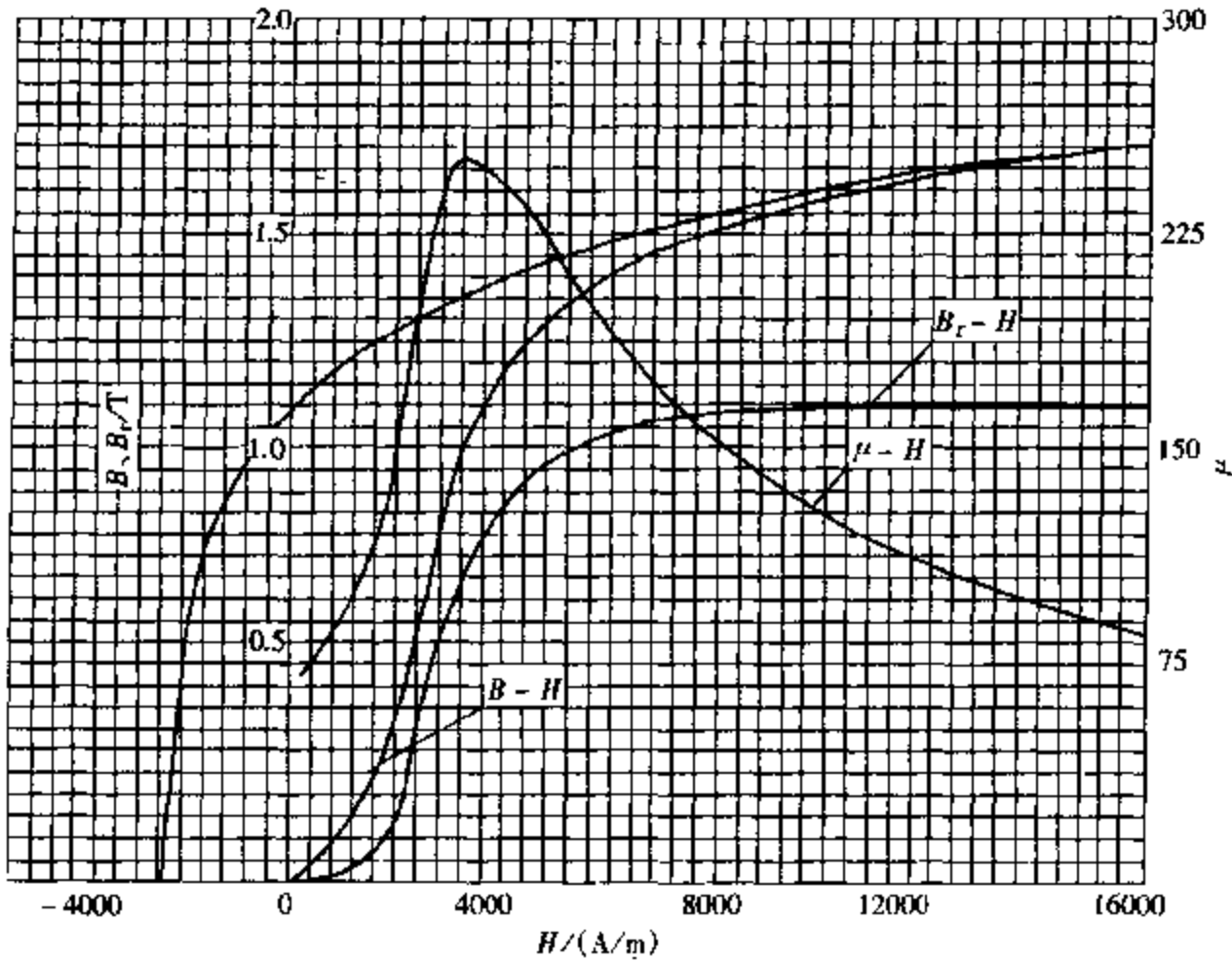


图 2-2-63 35CrMoA (860℃油淬, 200℃回火)

52HRC  $H_c = 2320 \text{ A/m}$   $B_r = 1.09 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 251$   $H_{\mu m} = 3120 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.2 \text{ kJ/m}^3$



4. 40CrMo

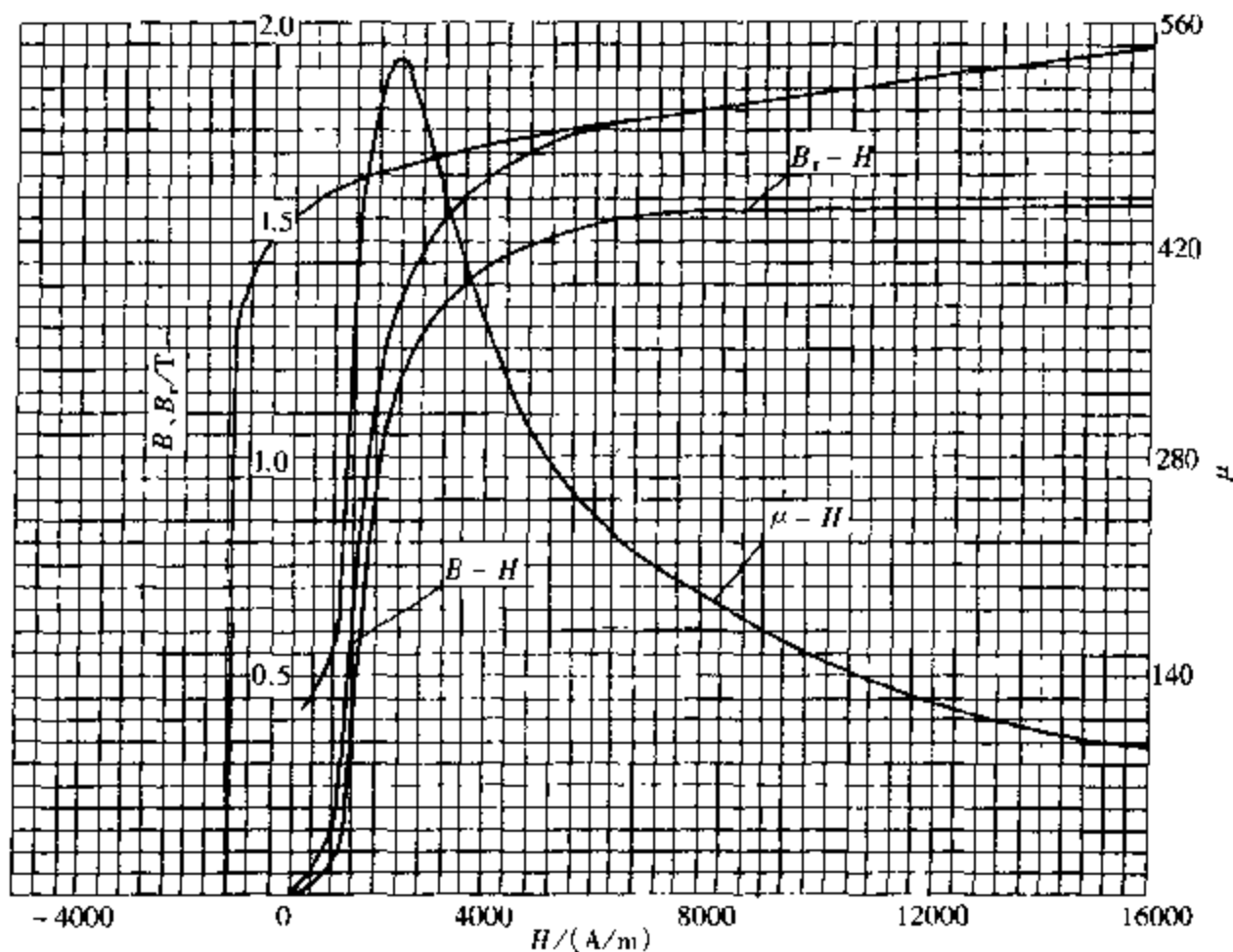


图 2-2-64 40CrMo (850℃油淬, 630℃回火)

30HRC  $H_c = 1160 \text{ A/m}$   $B_r = 1.57 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 539$

$H_{pm} = 2000 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.13 \text{ kJ/m}^3$

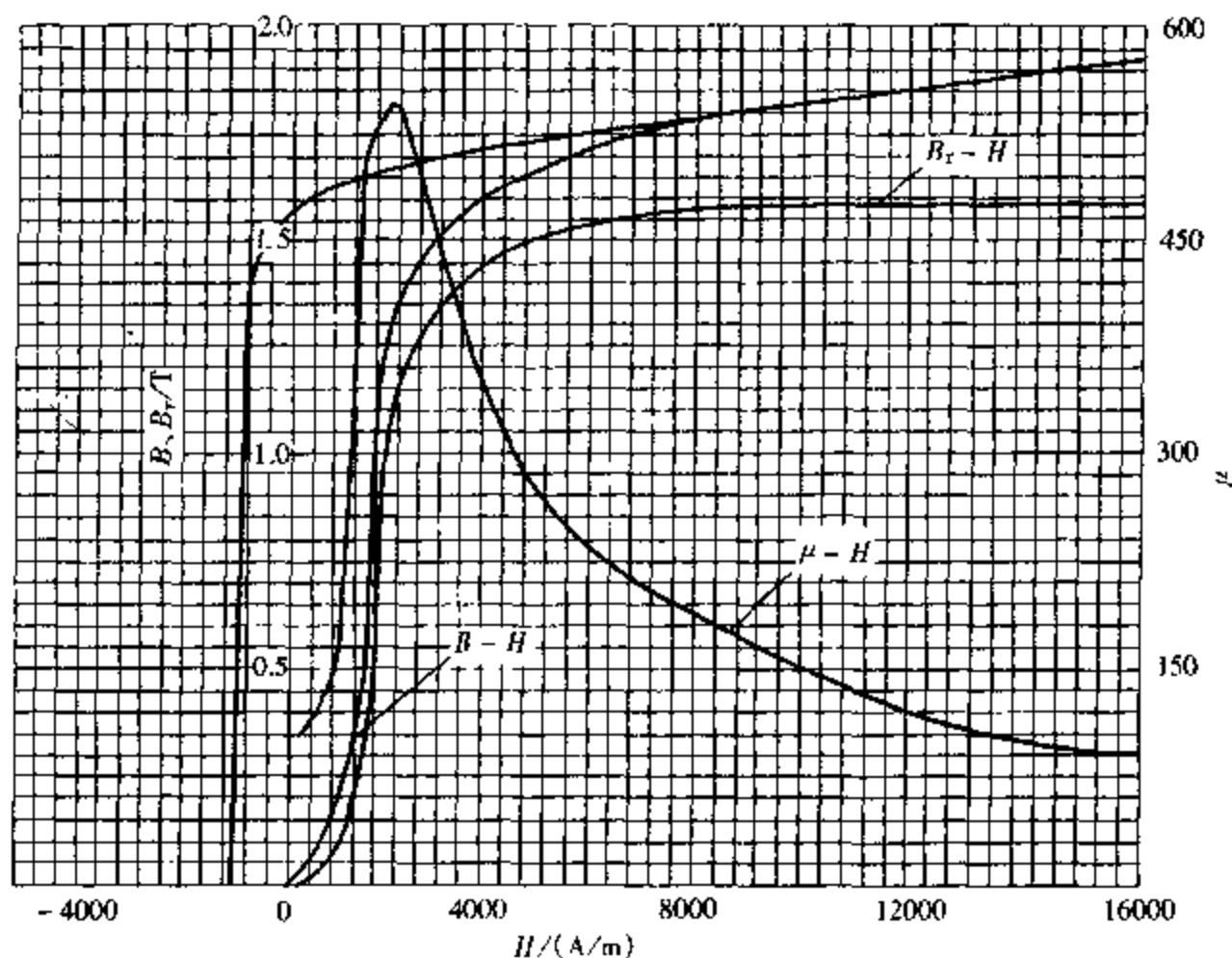


图 2-2-65 40CrMo (850℃油淬, 590℃回火)

32HRC  $H_c = 1040 \text{ A/m}$   $B_r = 1.57 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 547$

$H_{pm} = 1120 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.95 \text{ kJ/m}^3$

## 5. 50CrMo

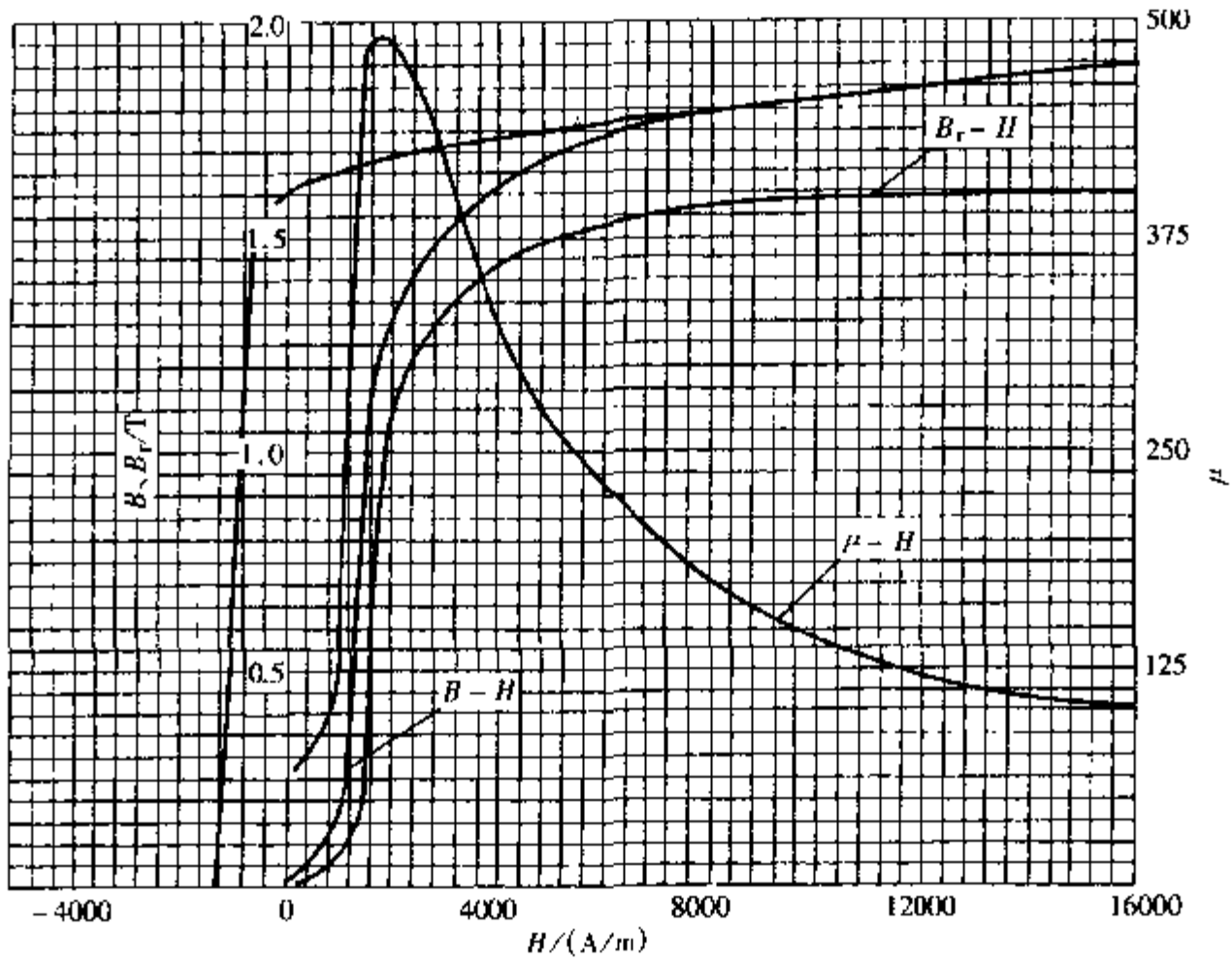


图 2-2-66 50CrMo (850℃油淬, 550℃回火)

31HRC  $H_c = 1256\text{A/m}$   $B_r = 1.6\text{T}$   $\mu_{rm} = 490$  $H_{pm} = 1840\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.93\text{kJ/m}^3$ 

## 6. 60Cr2MoA

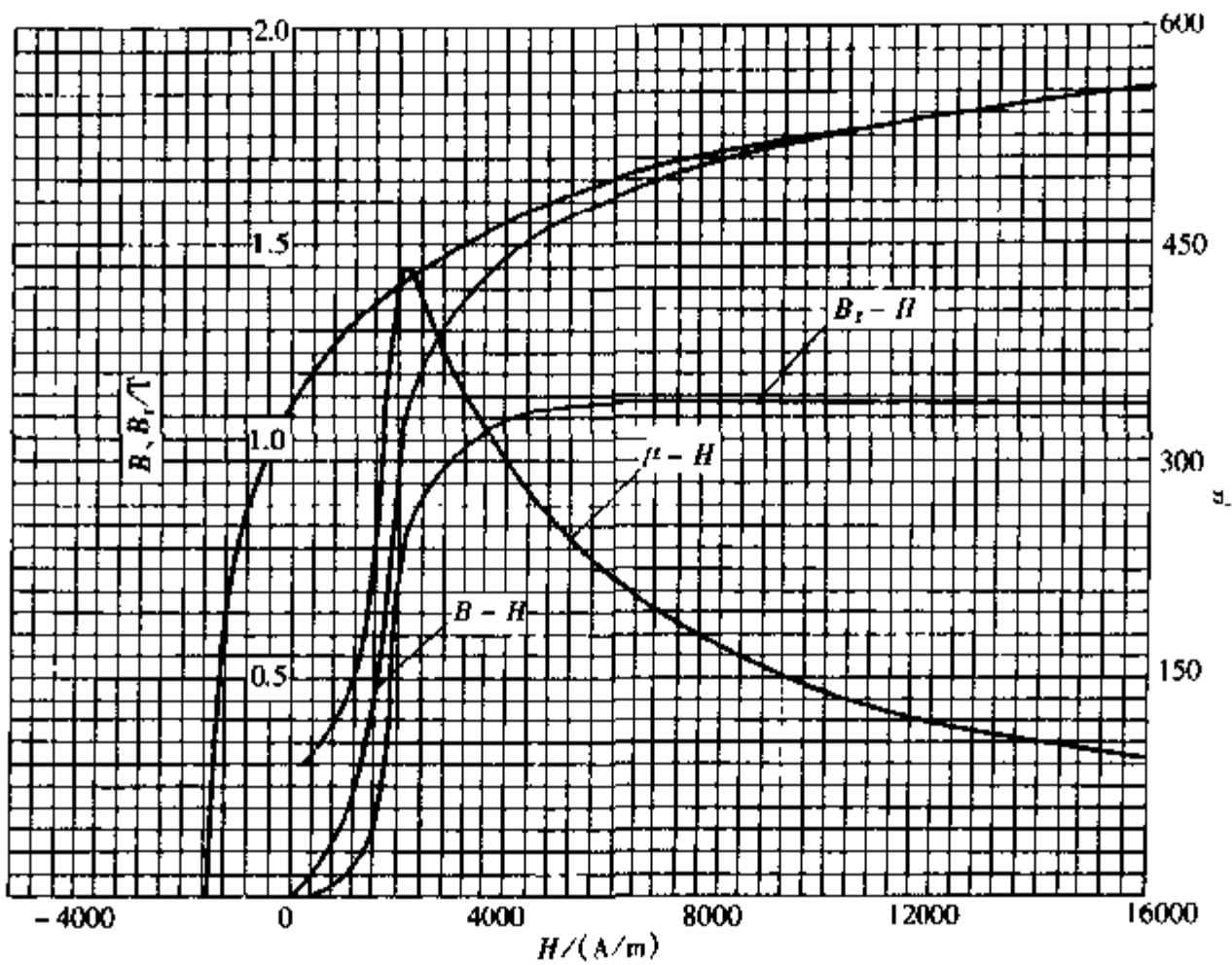


图 2-2-67 60Cr2MoA (860℃油淬, 440℃回火)

50HRC  $H_c = 1520\text{A/m}$   $B_r = 1.13\text{T}$   $\mu_{rm} = 432$  $H_{pm} = 2160\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.8\text{kJ/m}^3$

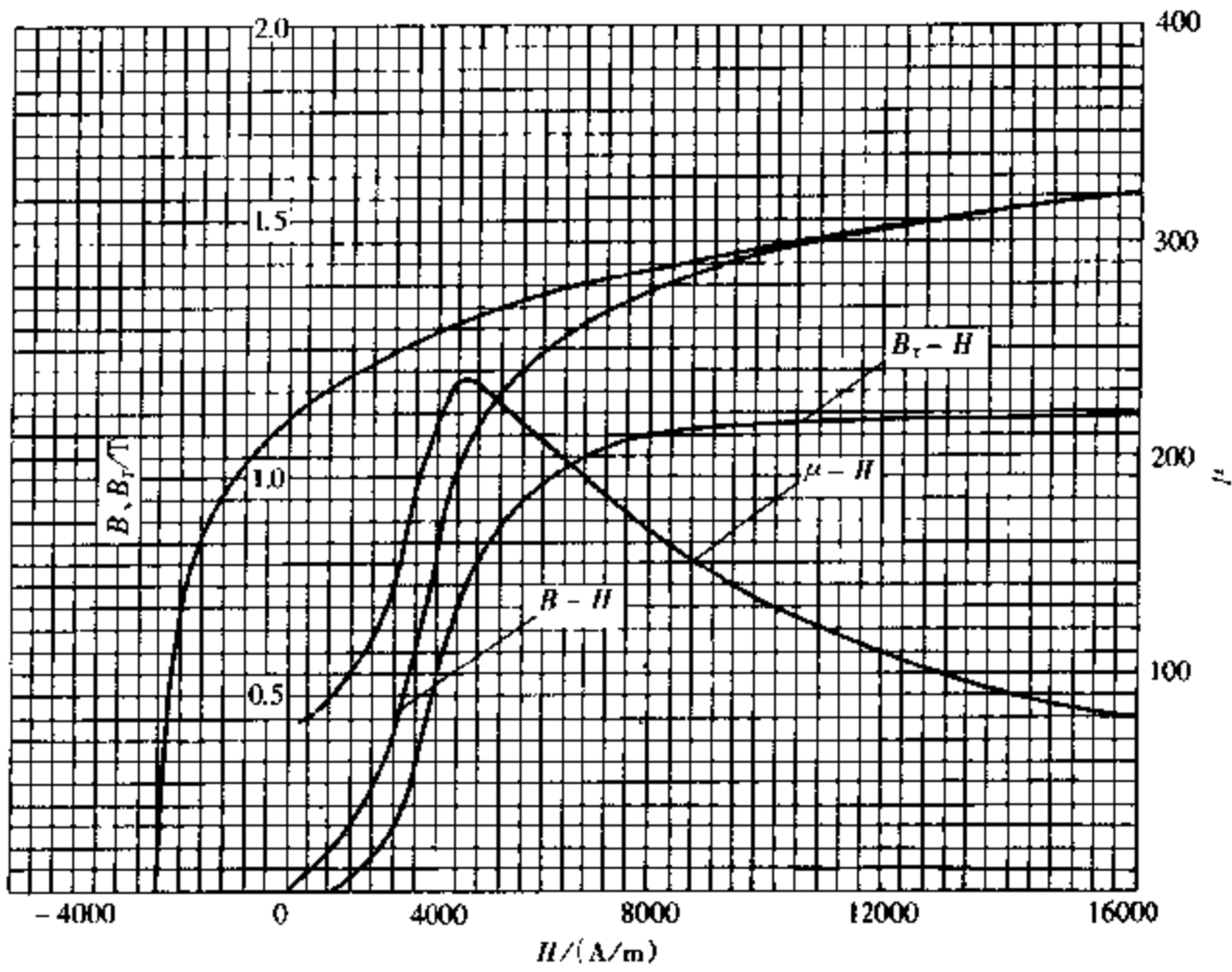


图 2-2-68 60Cr2MoA (860℃油淬, 220℃回火)

54HRC  $H_i = 2480\text{A/m}$   $B_r = 1.085\text{T}$   $\mu_{rm} = 235$

$H_{\mu_m} = 3280\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.28\text{kJ/m}^3$

—CrMnMo 钢

7. 20CrMnMoA

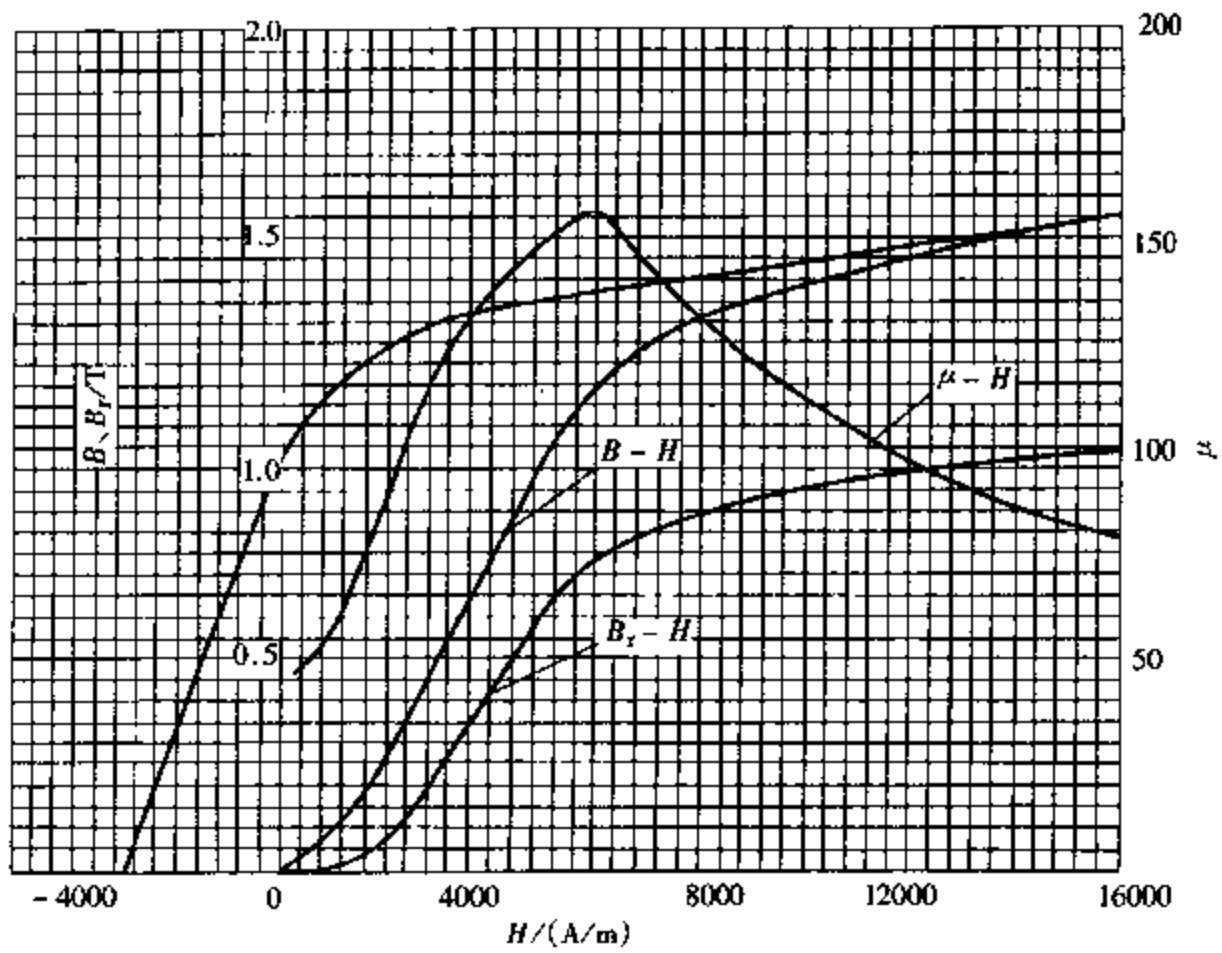


图 2-2-69 20CrMnMoA (845℃油冷, 210℃回火, 渗碳 1.5~2mm)

61.5HRC  $H_i = 2936\text{A/m}$   $B_r = 0.96\text{T}$   $\mu_{rm} = 155$

$H_{\mu_m} = 4320\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.78\text{kJ/m}^3$

## 8. ZG 22CrMnMo

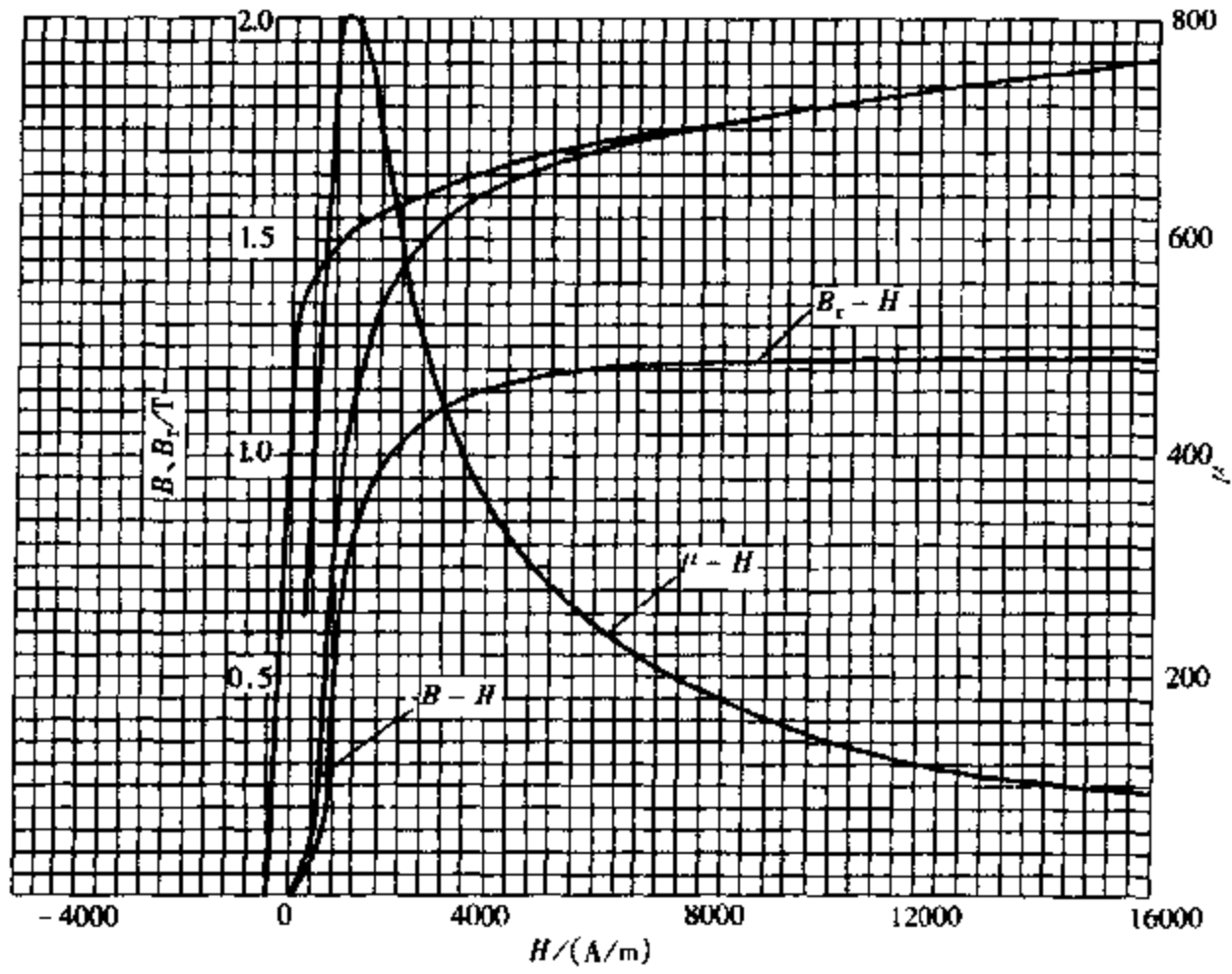


图 2-2-70 ZG 22CrMnMo (正火)

164HBS  $H_c = 448 \text{ A/m}$   $B_r = 1.2 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 801$

$H_{\mu_m} = 1100 \text{ A/m}$   $(BH)_{\max} = 0.2 \text{ kJ/m}^3$

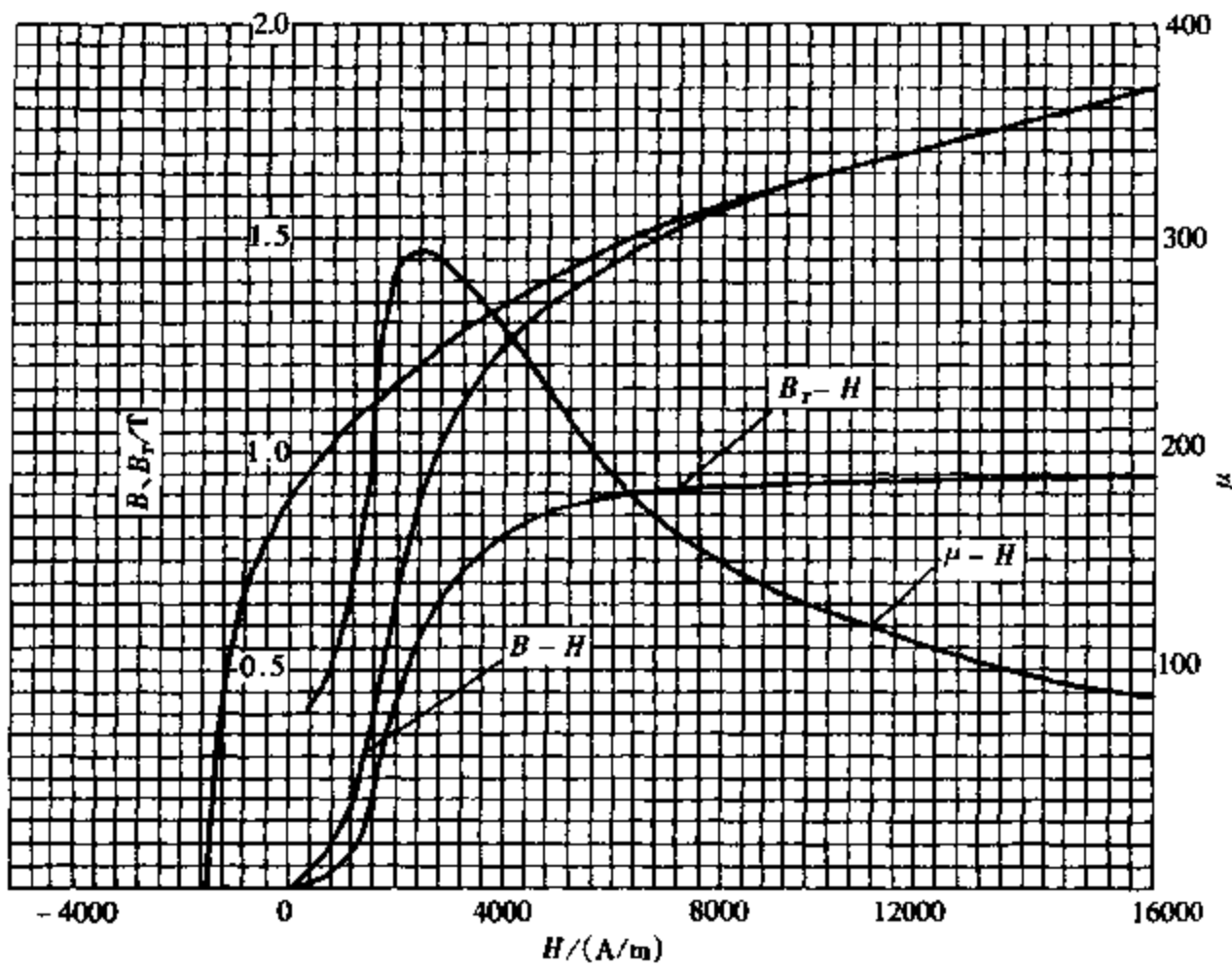


图 2-2-71 ZG 22CrMnMo (880℃油淬, 220℃回火)

43HRC  $H_c = 640 \text{ A/m}$   $B_r = 0.9 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 293$

$H_{\mu_m} = 2400 \text{ A/m}$   $(BH)_{\max} = 0.7 \text{ kJ/m}^3$

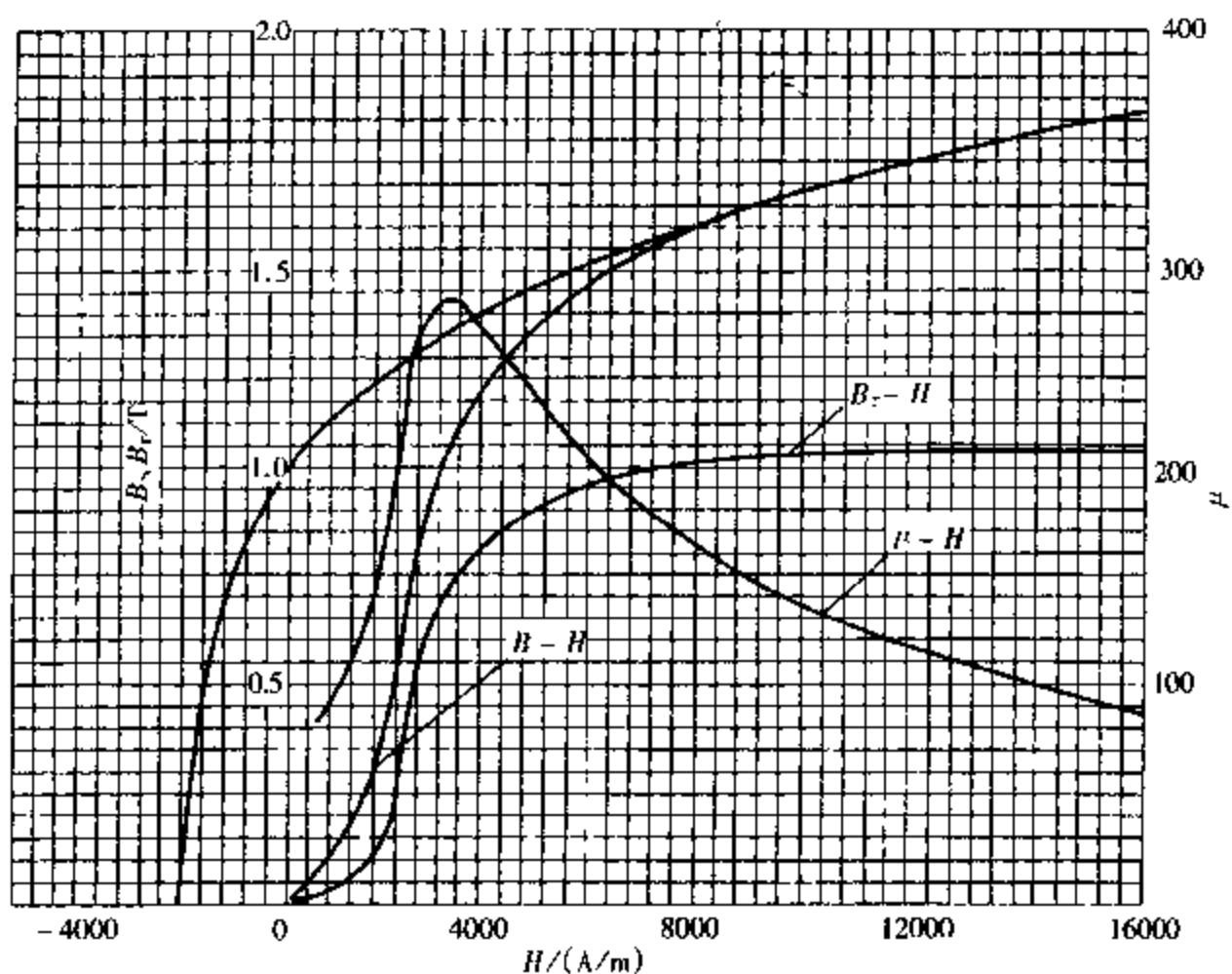


图 2-2-72 ZA 22CrMnMo (880℃油淬, 180℃回火)

47.5HRC  $H_c = 2080\text{A/m}$   $B_r = 1.01\text{T}$   $\mu_{rm} = 278$

$H_{\alpha m} = 3000\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.04\text{kJ/m}^3$

—CrMnMoTi 钢

9. 30CrMnMoTiA

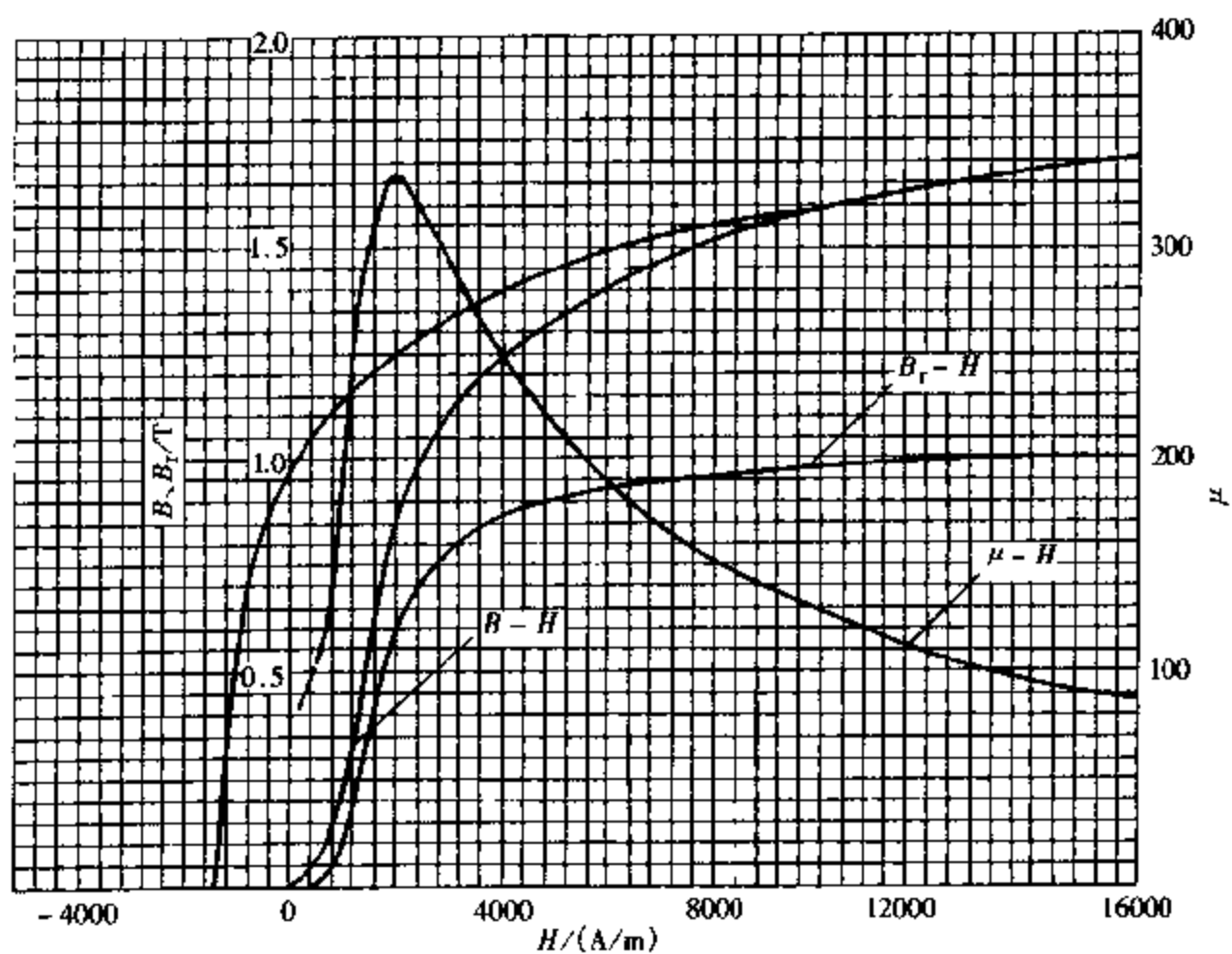


图 2-2-73 30CrMnMoTiA (材料供应状态)

30.5HRC  $H_c = 1392\text{A/m}$   $B_r = 0.97\text{T}$   $\mu_{rm} = 337$

$H_{\alpha m} = 1920\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.552\text{kJ/m}^3$

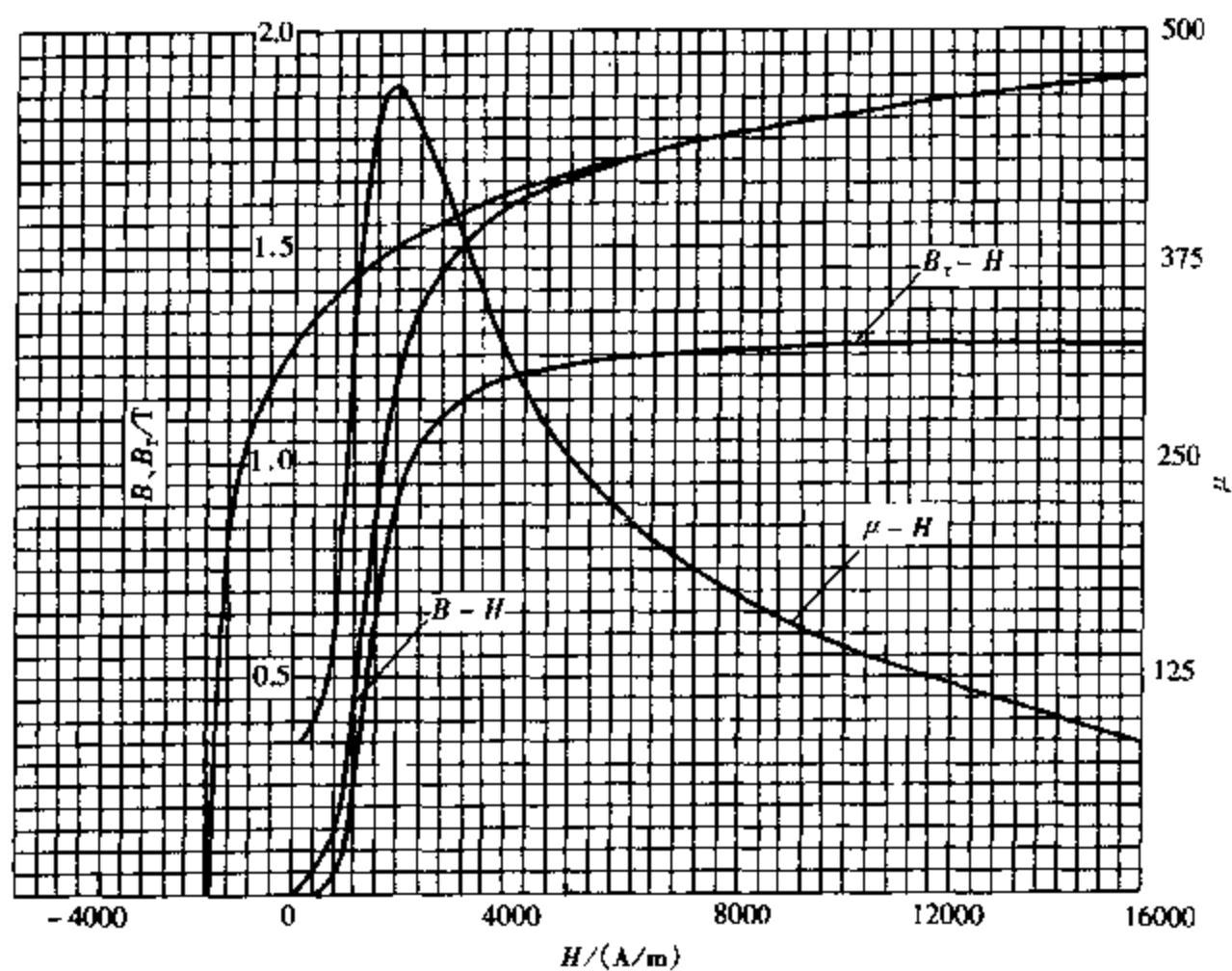


图 2-2-74 30CrMnMoTiA (875℃油淬, 440℃回火)

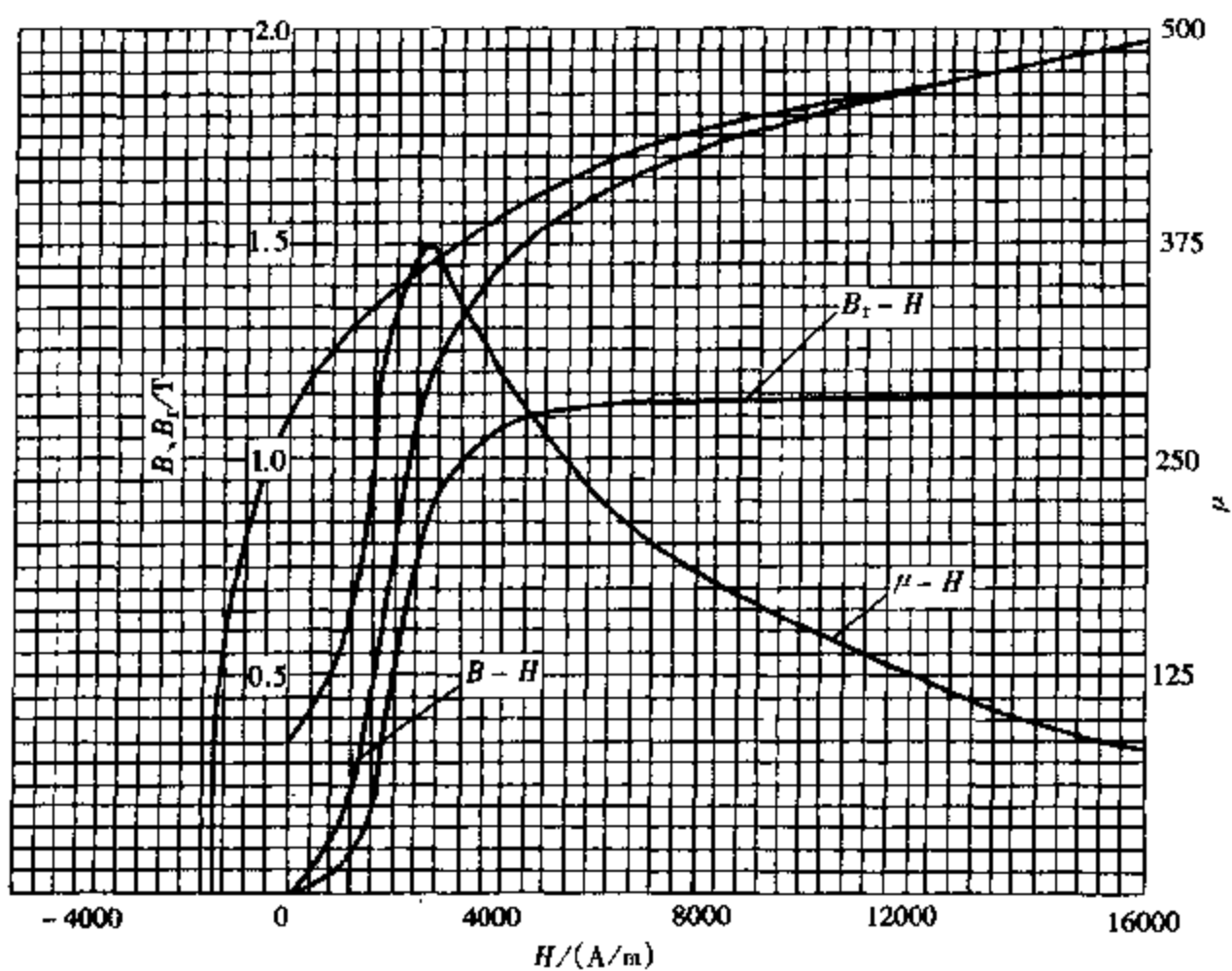
42HRC  $H_c = 1528\text{A/m}$   $B_r = 1.27\text{T}$   $\mu_{rm} = 473$  $H_{\mu_m} = 1920\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.984\text{kJ/m}^3$ 

图 2-2-75 30CrMnMoTiA (880℃油淬, 350℃回火)

47.2HRC  $H_c = 1576\text{A/m}$   $B_r = 1.15\text{T}$   $\mu_{rm} = 373$  $H_{\mu_m} = 2480\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.68\text{kJ/m}^3$

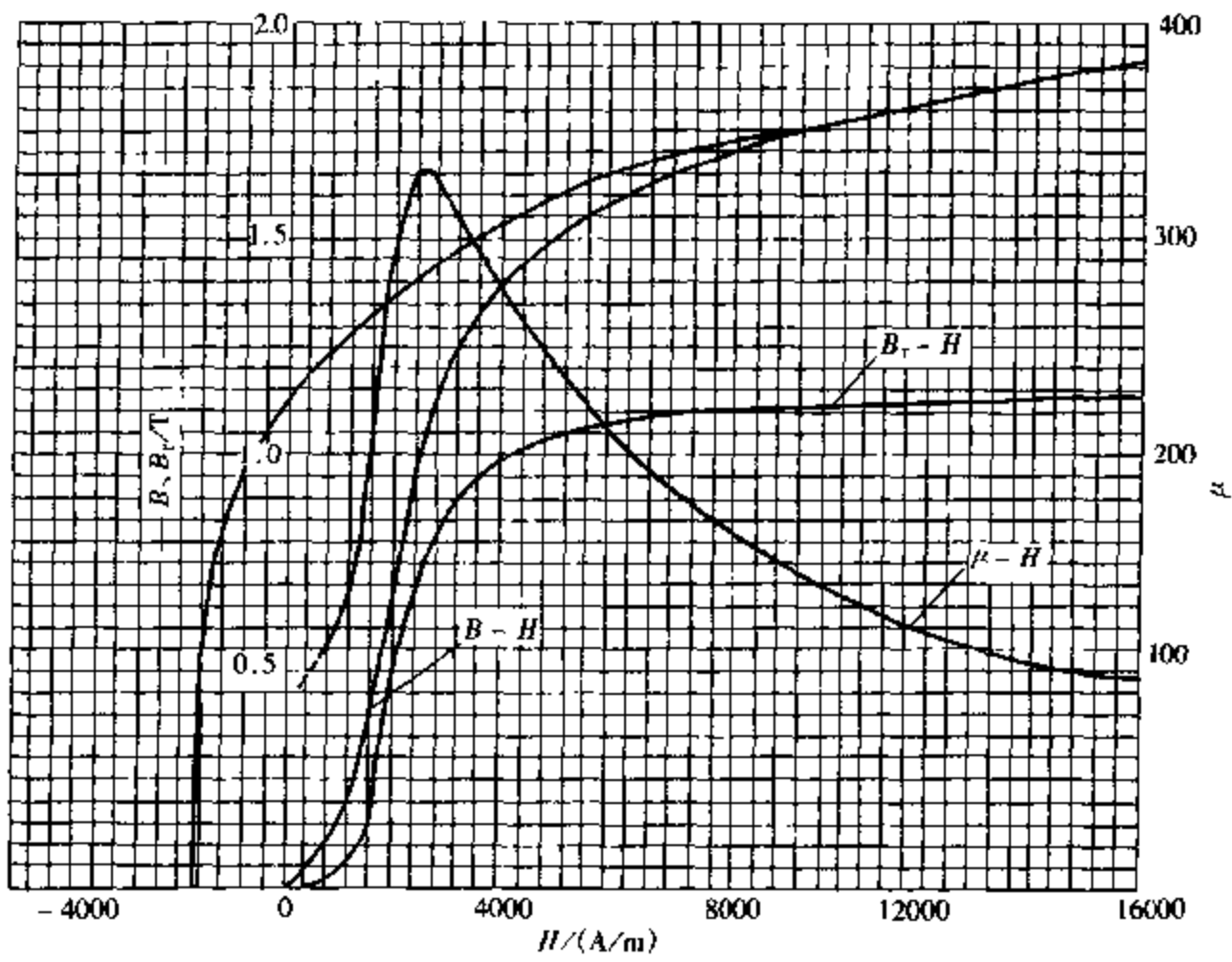


图 2-2-76 30CrMnMoTiA (880℃油淬, 260℃回火)

48HRC  $H_c = 1736\text{A/m}$   $B_r = 1.11\text{T}$   $\mu_{r,m} = 331$

$H_{\mu_m} = 2560\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.31\text{kJ/m}^3$

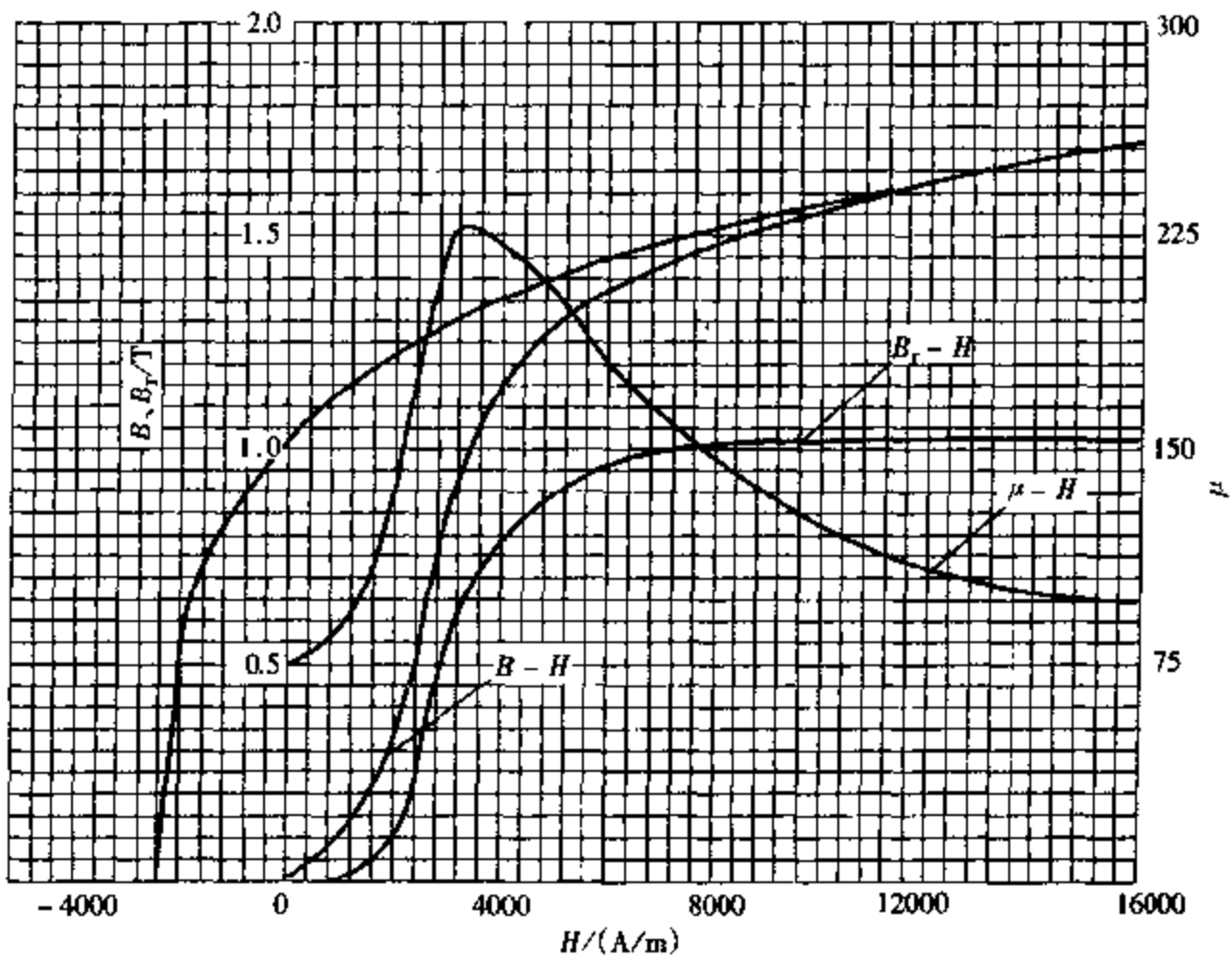


图 2-2-77 30CrMnMoTiA (880℃油淬, 200℃回火)

50HRC  $H_c = 2416\text{A/m}$   $B_r = 1.02\text{T}$   $\mu_{r,m} = 231$

$H_{\mu_m} = 3200\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.176\text{kJ/m}^3$

—CrMoV 钢

10. PCrMoV

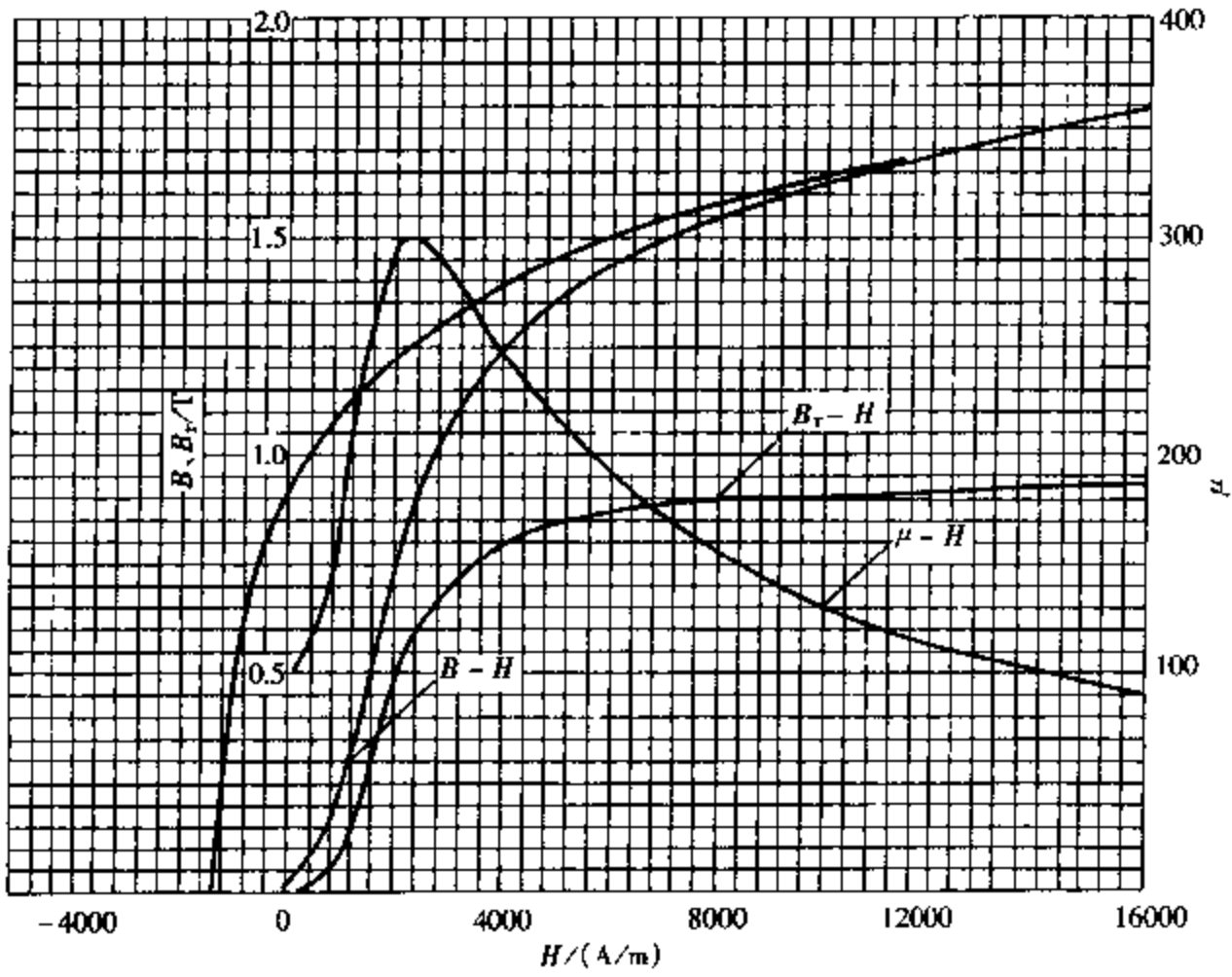


图 2-2-78 PCrMoV (材料供应状态)

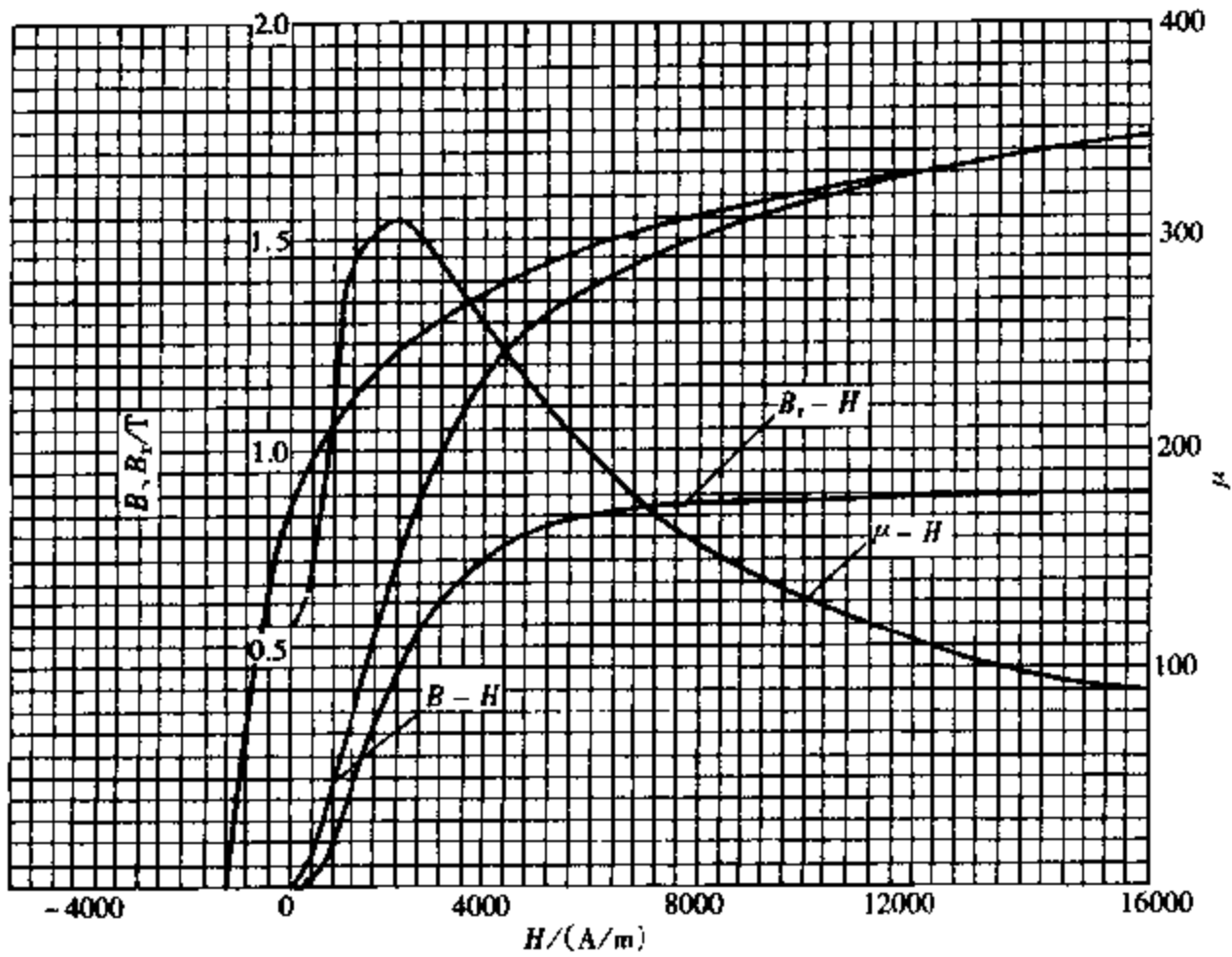
30.7HRC  $H_c = 1408 \text{ A/m}$   $B_r = 0.93 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 300$  $H_{\mu_m} = 2240 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.504 \text{ kJ/m}^3$ 

图 2-2-79 PCrMoV (正火)

30HRC  $H_c = 1184 \text{ A/m}$   $B_r = 0.9 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 309$  $H_{\mu_m} = 2000 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.344 \text{ kJ/m}^3$



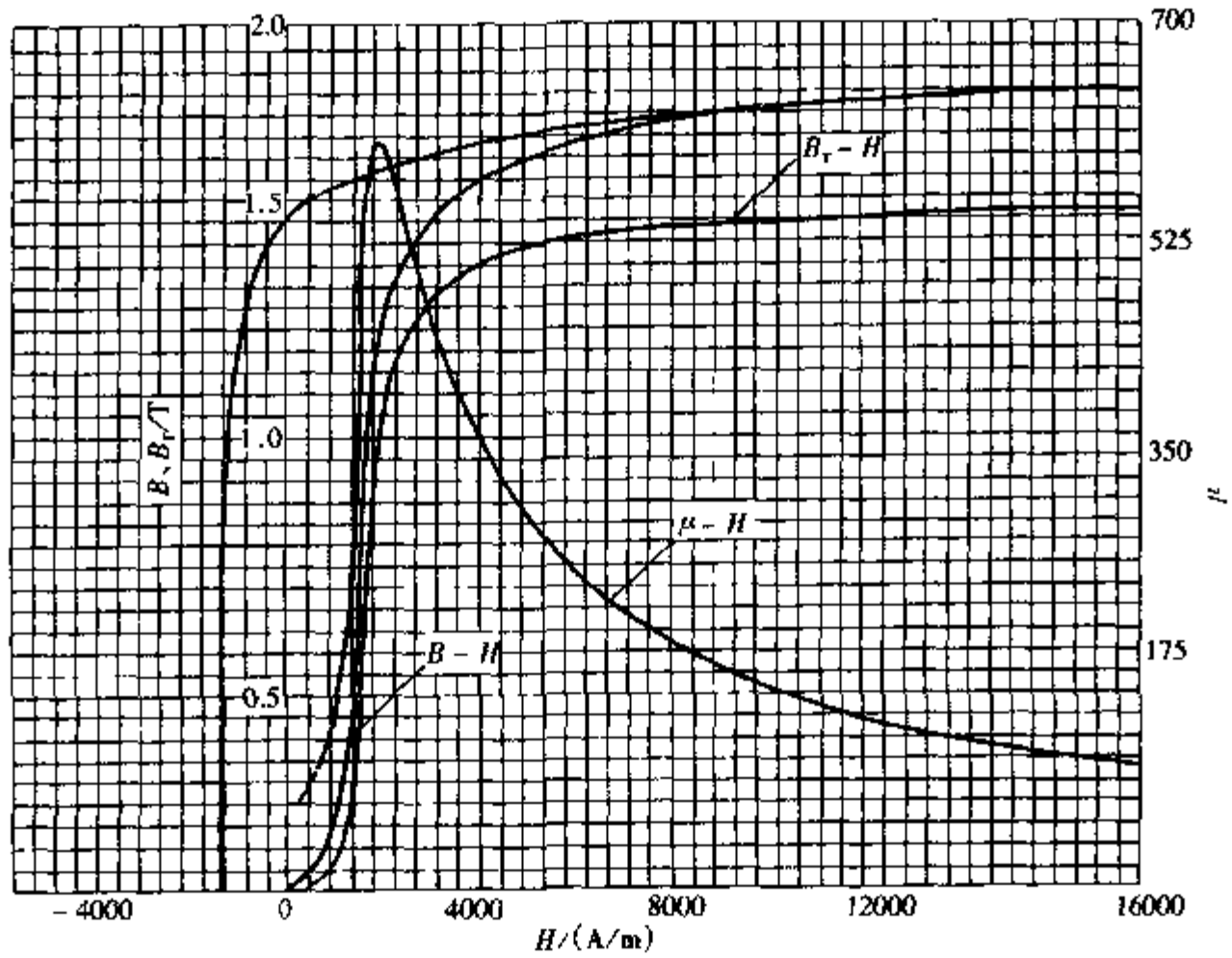


图 2-2-80 PCrMoV (880℃正火, 860℃油淬, 600℃回火)

38HRC  $H_c = 1304\text{A/m}$   $B_r = 1.565\text{T}$   $\mu_{m} = 605$

$H_{\mu_m} = 1640\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.168\text{kJ/m}^3$

11. 30Cr2MoV

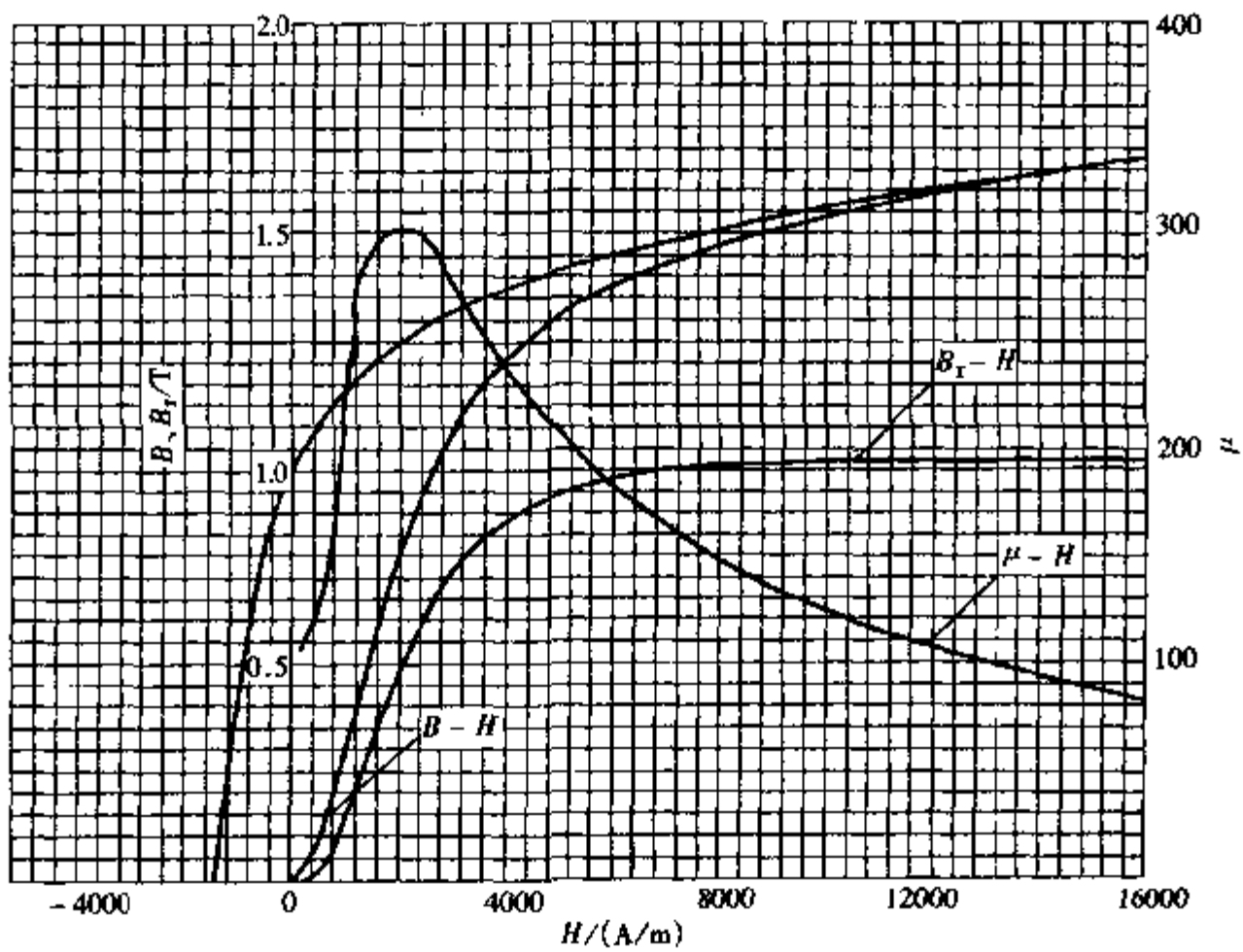


图 2-2-81 30Cr2MoV (材料供应状态)

31HRC  $H_c = 1416\text{A/m}$   $B_r = 0.955\text{T}$   $\mu_{m} = 302$

$H_{\mu_m} = 2000\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.472\text{kJ/m}^3$

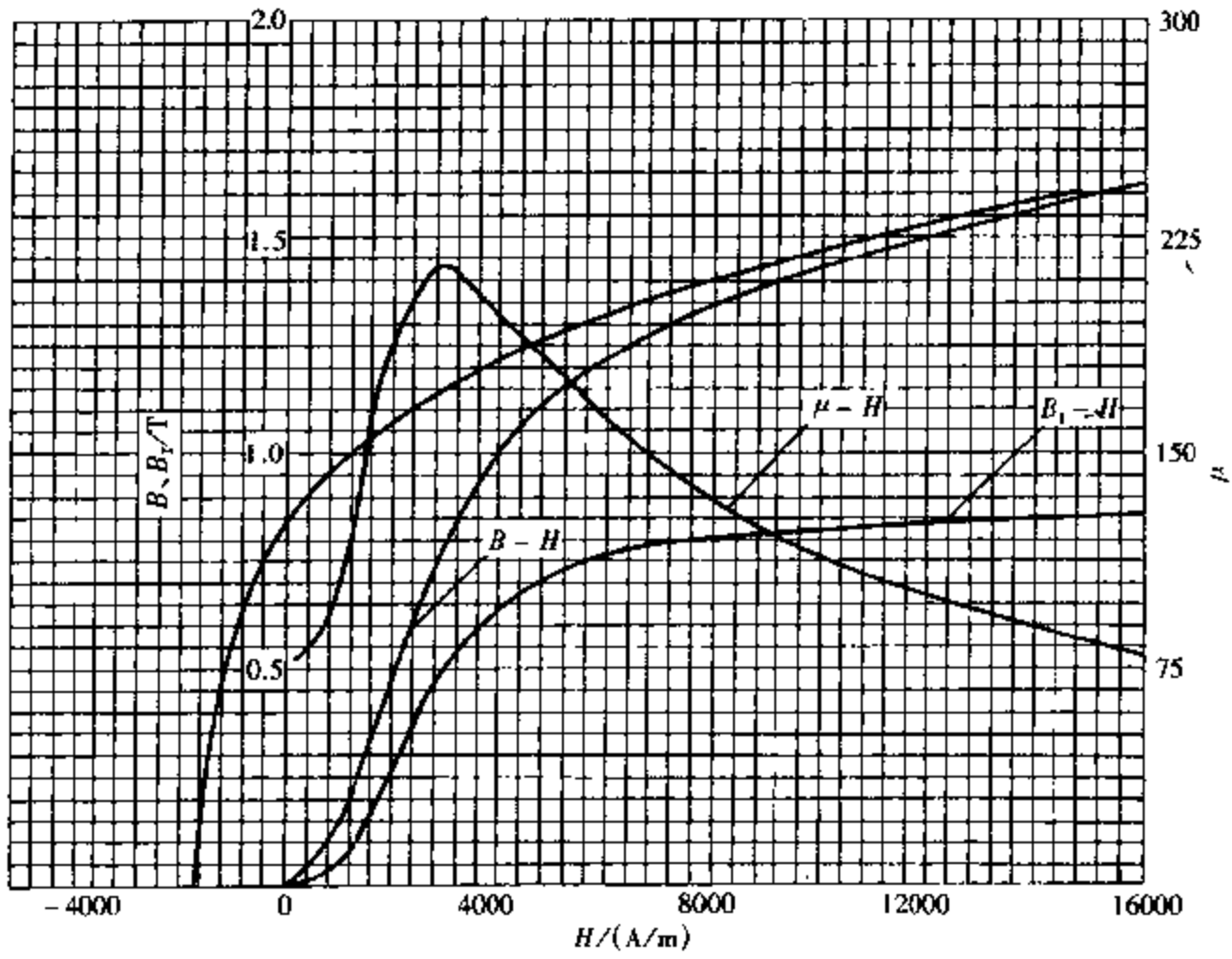


图 2-2-82 30Cr2MoV (正火)

39.5HRC  $H_c = 1760\text{A/m}$   $B_r = 0.85\text{T}$   $\mu_{rm} = 215$

$H_{\mu_m} = 3000\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.552\text{kJ/m}^3$

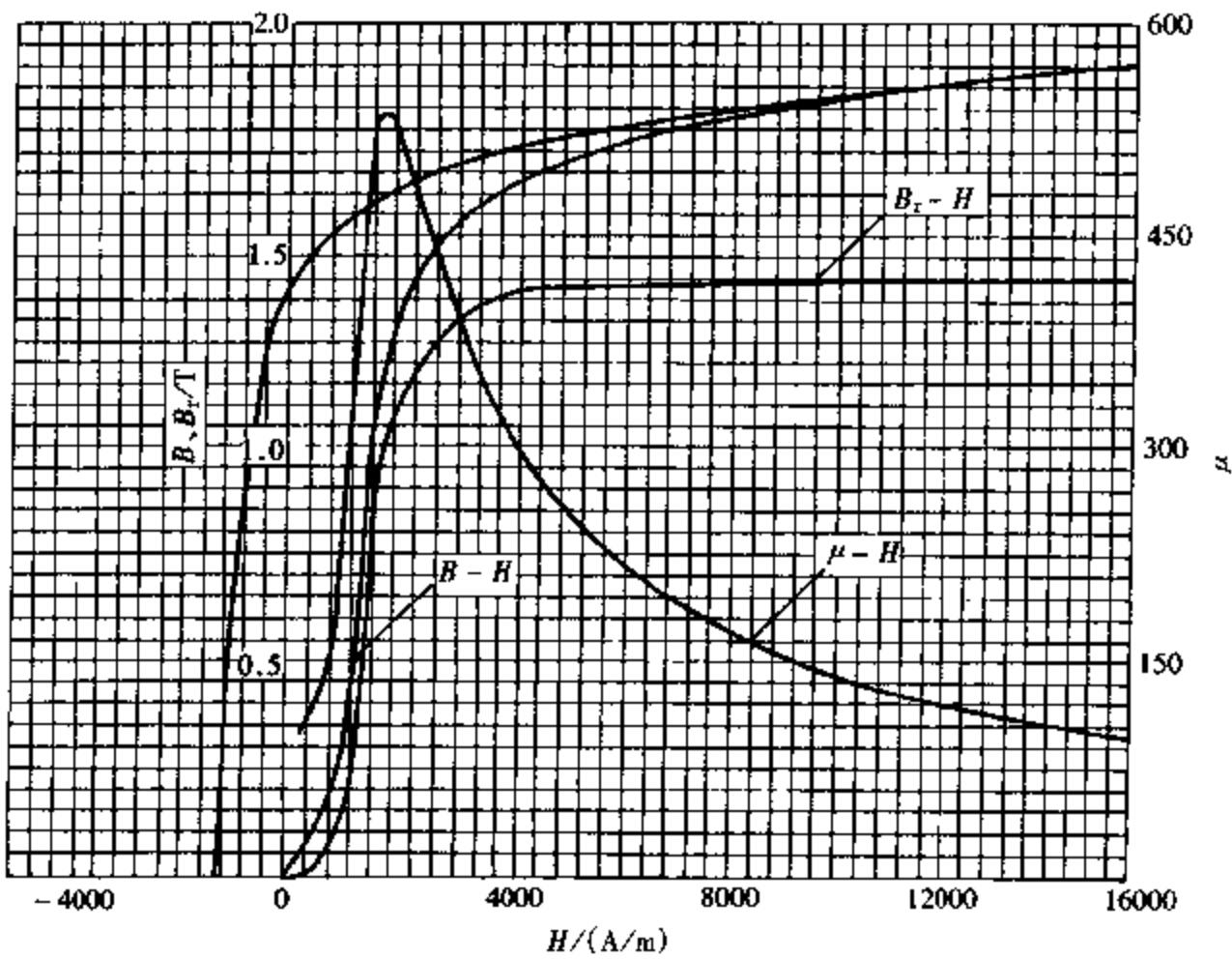


图 2-2-83 30Cr2MoV (910°C正火, 910°C油淬, 610°C回火)

38HRC  $H_c = 1272\text{A/m}$   $B_r = 1.39\text{T}$   $\mu_{rm} = 539$

$H_{\mu_m} = 1760\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.736\text{kJ/m}^3$

12. 38Cr2Mo2V

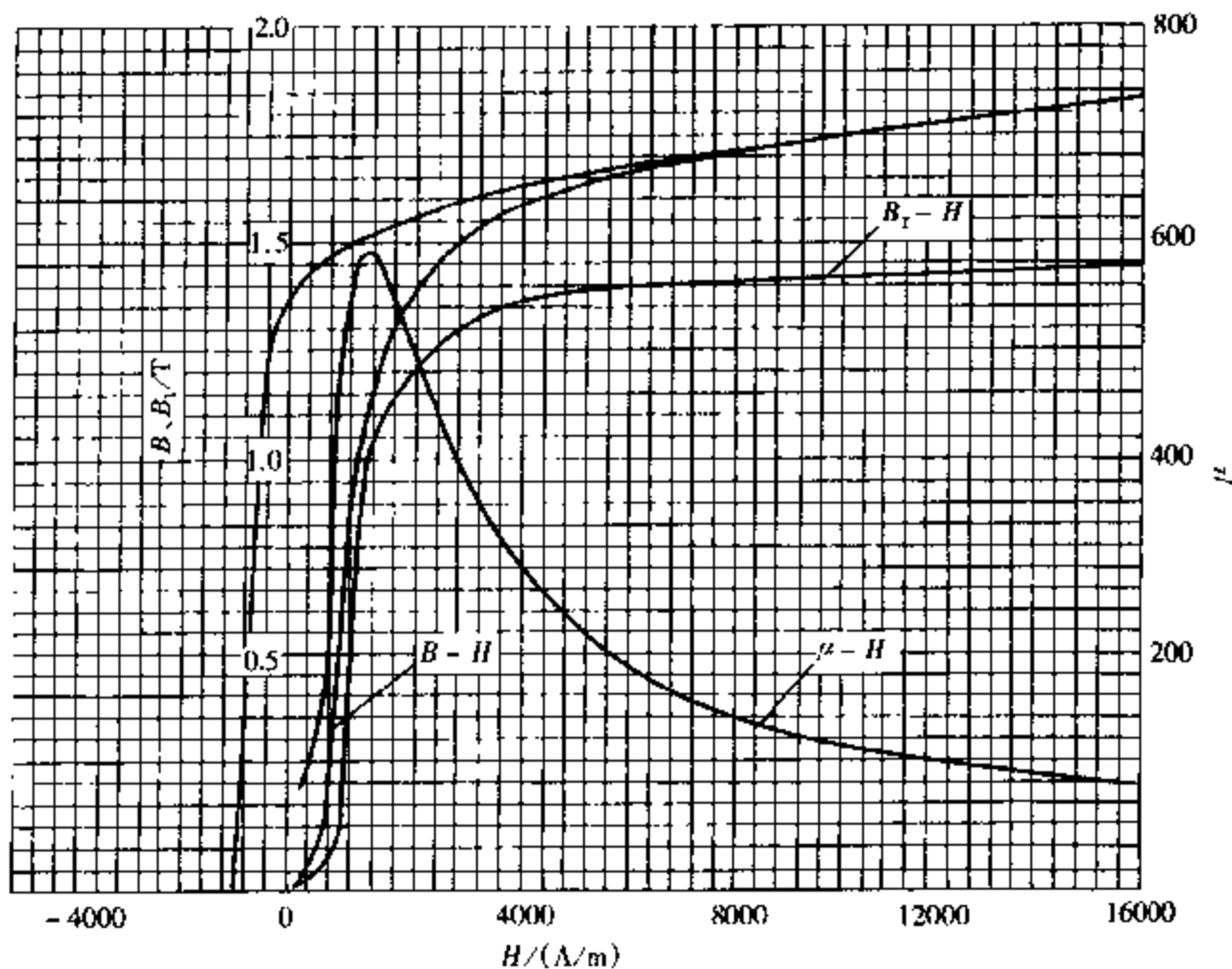


图 2-2-84 38Cr2Mo2V (退火)

187HBS  $H_c = 1000 \text{ A/m}$   $B_r = 1.39 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 595$

$H_{\mu m} = 1480 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.696 \text{ kJ/m}^3$

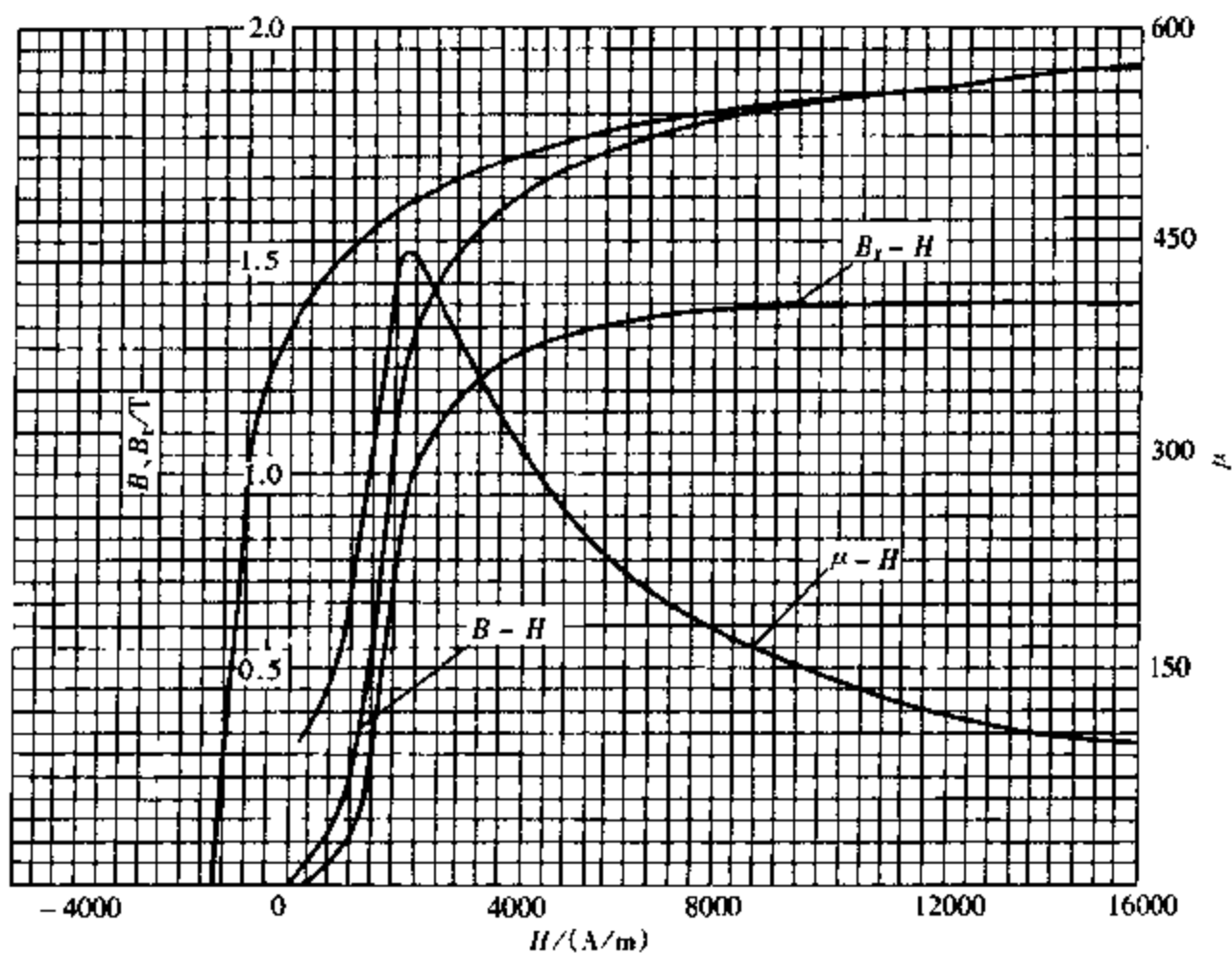


图 2-2-85 38Cr2Mo2V (850°C油淬, 600°C回火)

41.5HRC  $H_c = 1440 \text{ A/m}$   $B_r = 1.32 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 435$

$H_{\mu m} = 2160 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.946 \text{ kJ/m}^3$

## —CrMoAl 钢

## 13. 38CrMoAlA

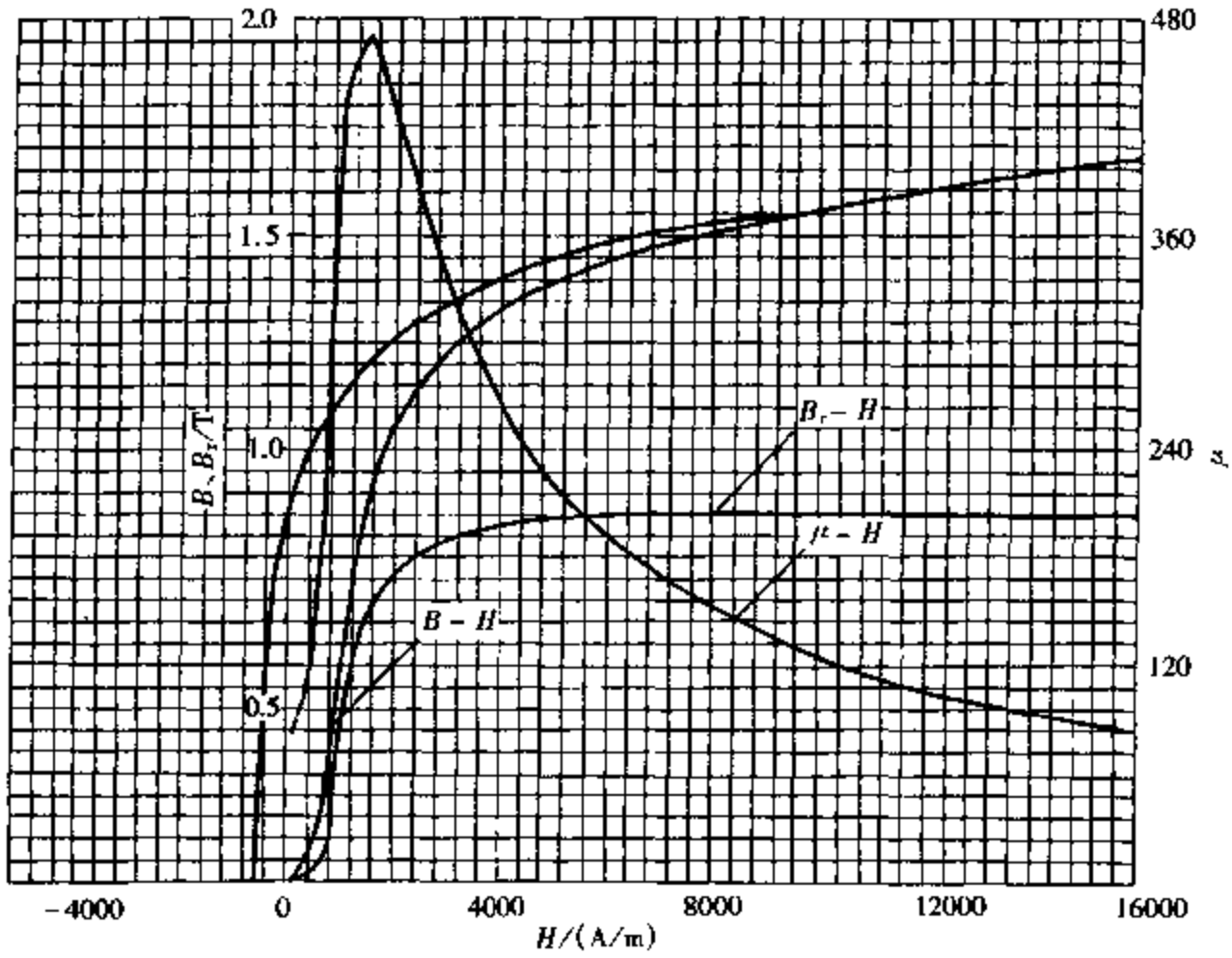


图 2-2-86 38CrMoAlA (材料供应状态)

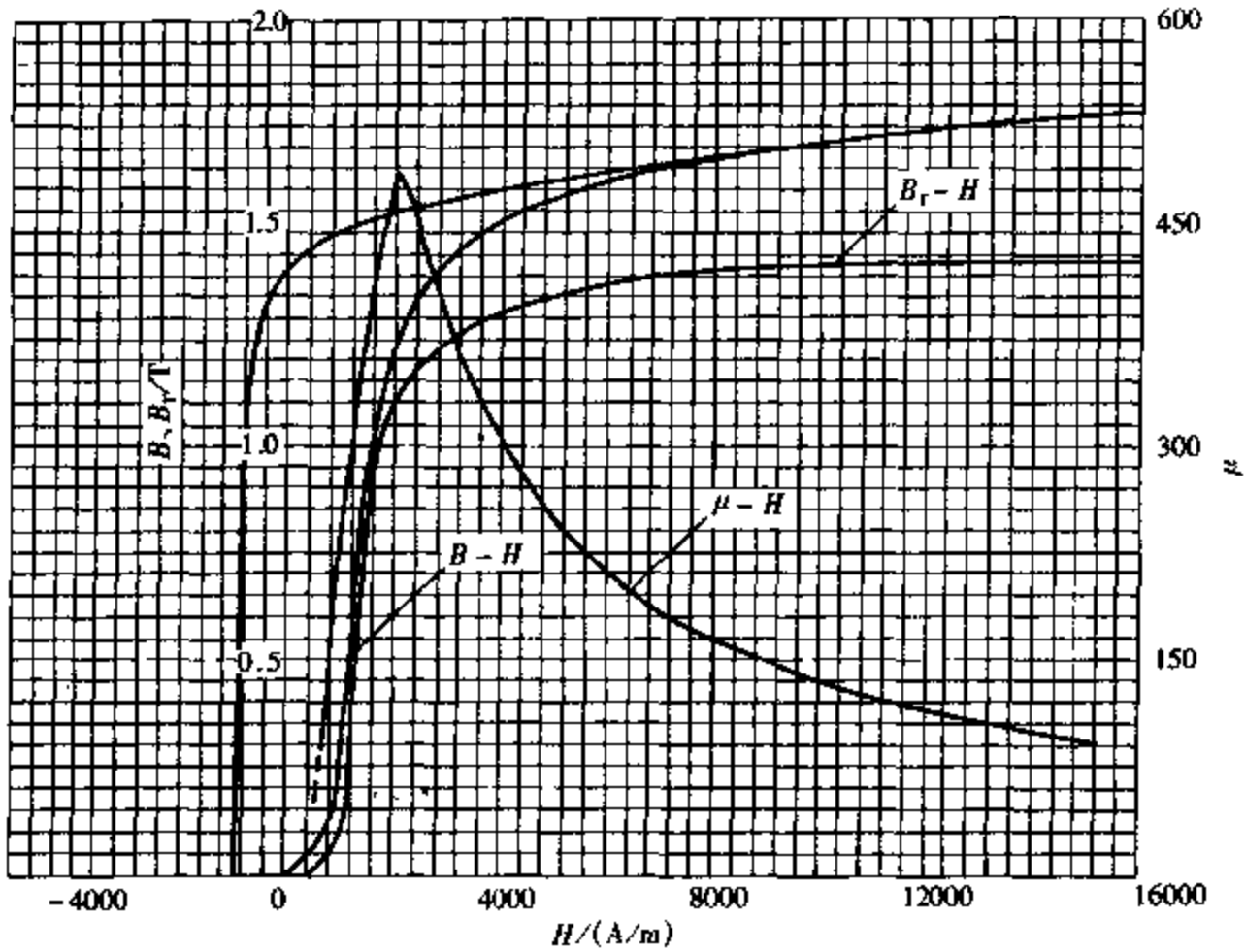
21HRC  $H_c = 640\text{A/m}$   $B_r = 0.85\text{T}$   $\mu_{r,m} = 471$  $H_{\mu_m} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.192\text{kJ/m}^3$ 

图 2-2-87 38CrMoAlA (940°C油淬, 650°C回火)

31HRC  $H_c = 920\text{A/m}$   $B_r = 1.43\text{T}$   $\mu_{r,m} = 487$  $H_{\mu_m} = 2000\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.848\text{kJ/m}^3$

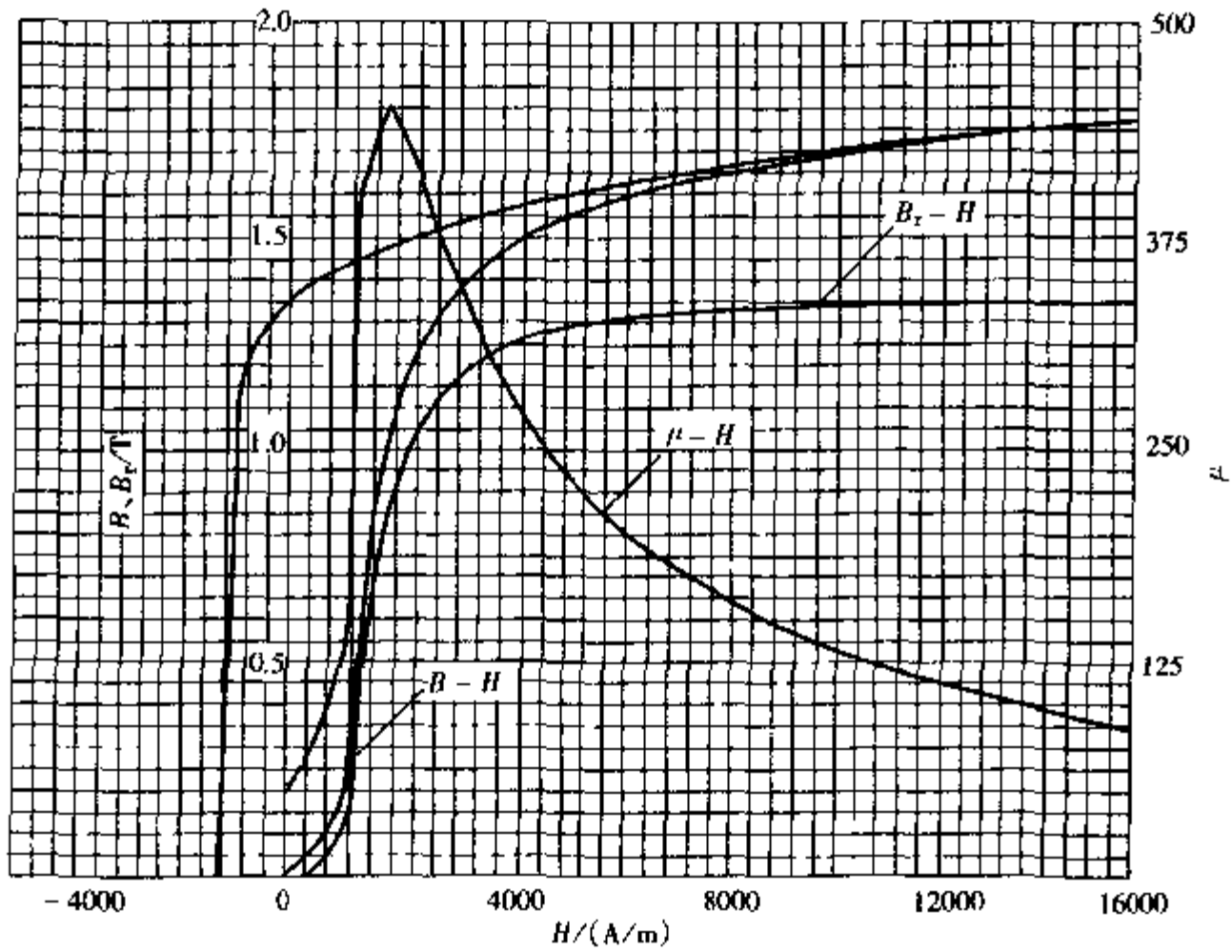


图 2-2-88 38CrMoAlA(930℃热水淬,650℃回火;第一次氮化510℃,12h;第二次氮化550℃,50h)  
 81HV  $H_c = 1344\text{A/m}$   $B_r = 1.36\text{T}$   $\mu_{rm} = 450$   
 $H_{\mu m} = 1760\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.072\text{kJ/m}^3$

2.2.7 CrNi 系钢

—CrNi 钢

1. 12CrNi2A

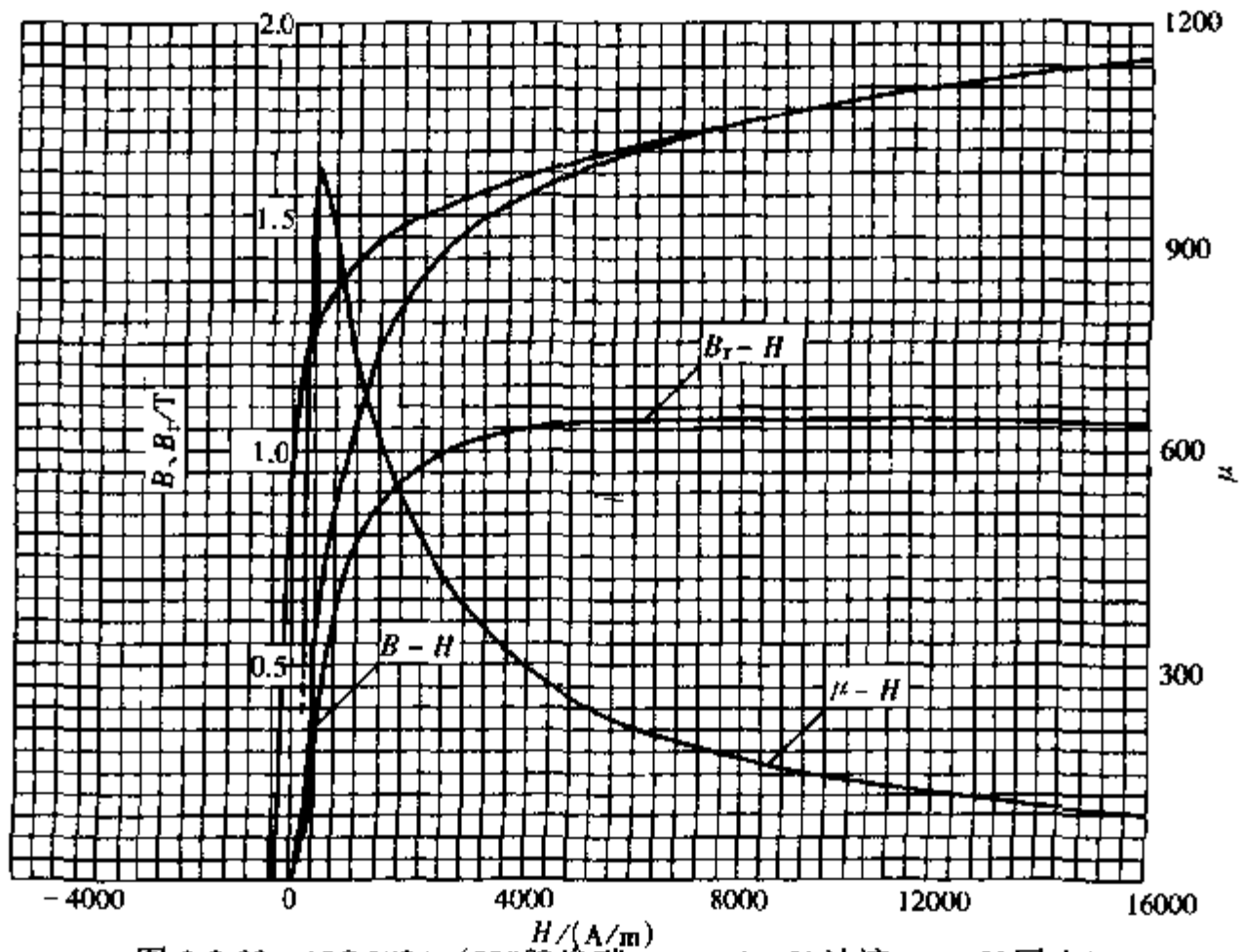


图 2-2-89 12CrNi2A (930℃渗碳1mm,880℃油淬,200℃回火)  
 33.5HRC  $H_c = 320\text{A/m}$   $B_r = 1.07\text{T}$   $\mu_{rm} = 1000$   
 $H_{\mu m} = 440\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.112\text{kJ/m}^3$

## 2.12CrNi3A

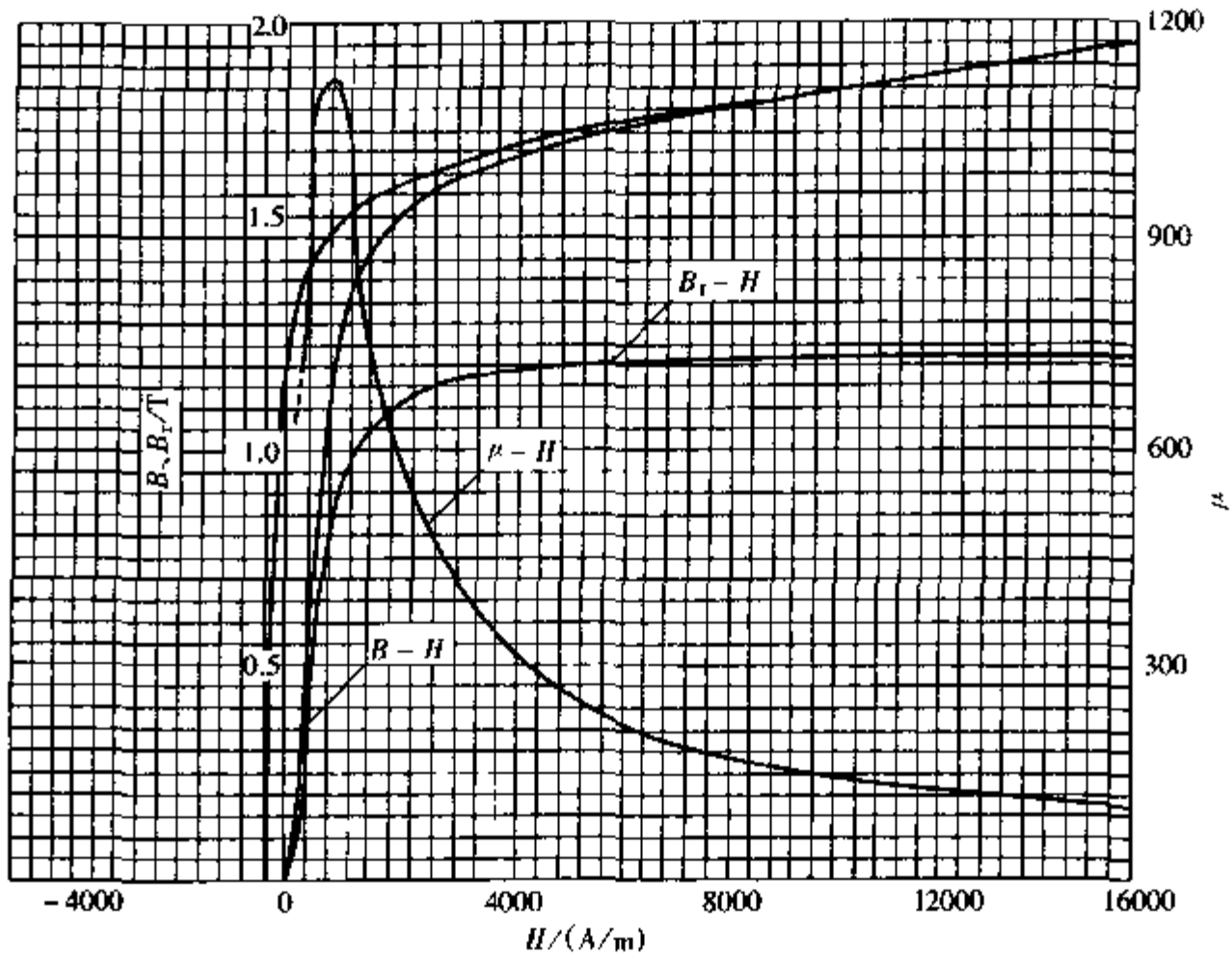


图 2-2-90 12CrNi3A (材料供应状态)

149HRS  $H_c = 368 \text{ A/m}$   $B_r = 1.23 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 1119$

$H_{\rho_m} = 800 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.192 \text{ kJ/m}^3$

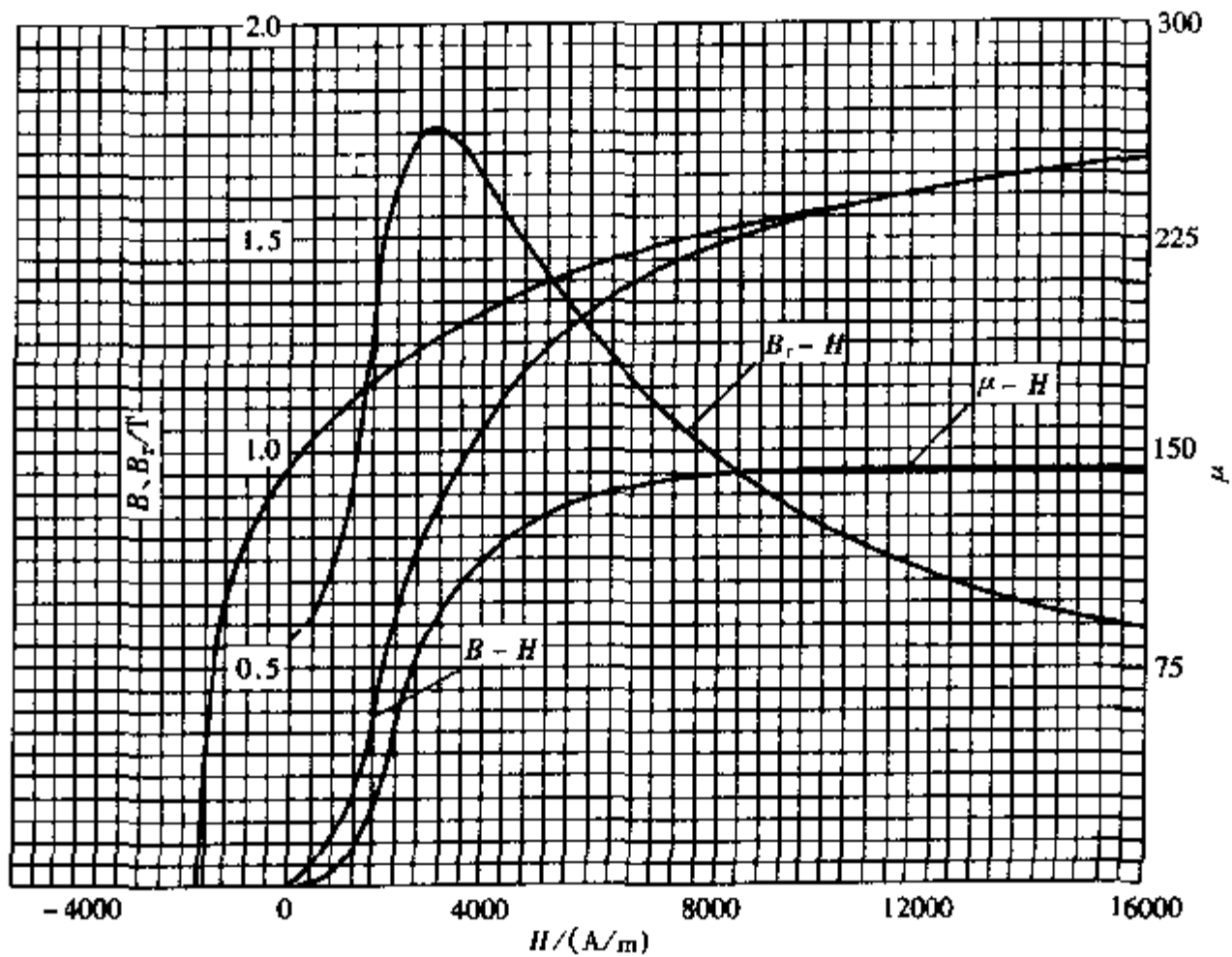


图 2-2-91 12CrNi3A (930°C 渗碳, 800°C 油淬, 160°C 回火)

60HRC  $H_c = 1744 \text{ A/m}$   $B_r = 0.96 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 263$

$H_{\rho_m} = 2560 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.416 \text{ kJ/m}^3$

3. 20Cr2Ni4A

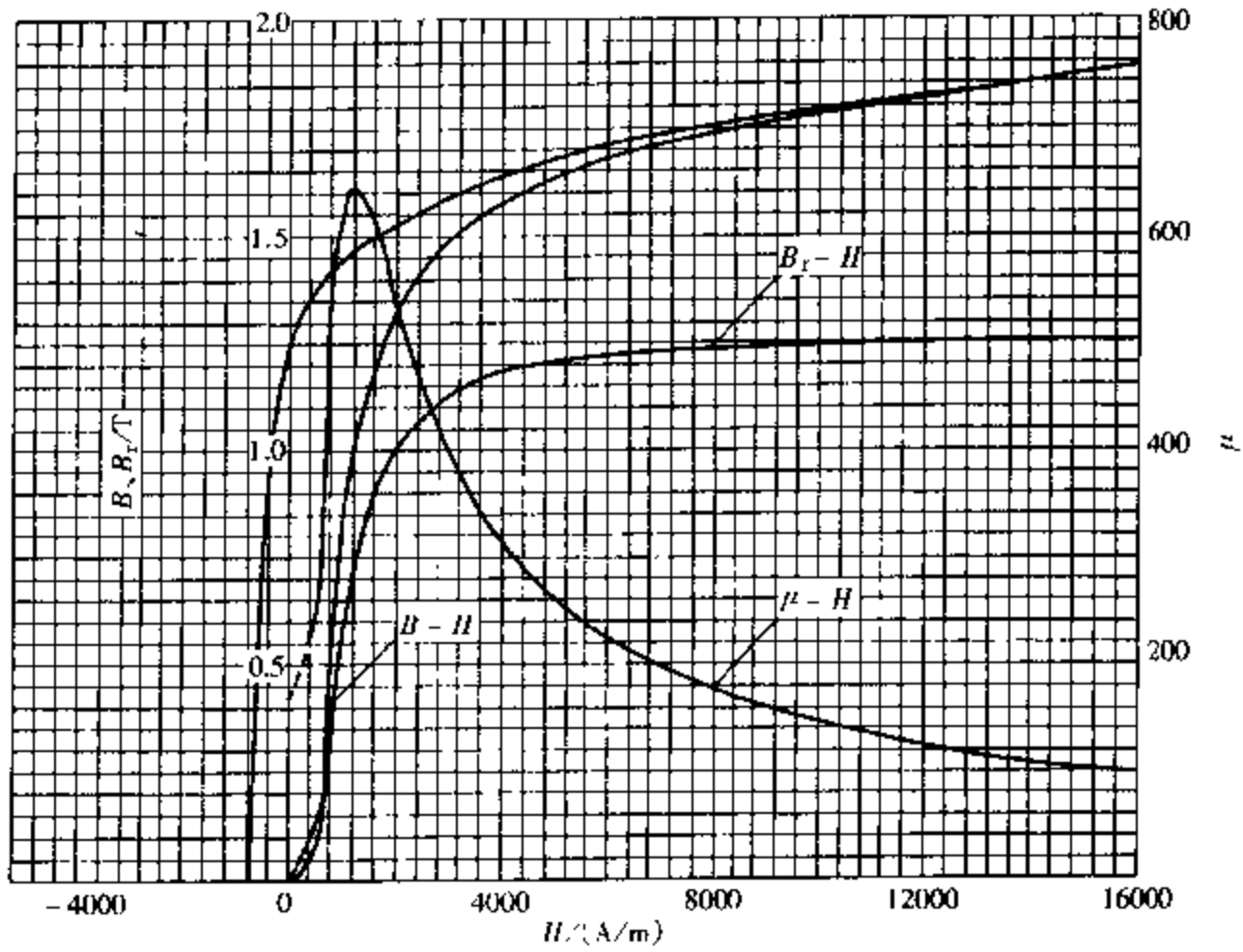


图 2-2-92 20Cr2Ni4A (材料供应状态)

217HBS  $H_c = 744 \text{ A/m}$   $B_s = 1.25 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 642$

$H_{\mu_m} = 1160 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.448 \text{ kJ/m}^3$

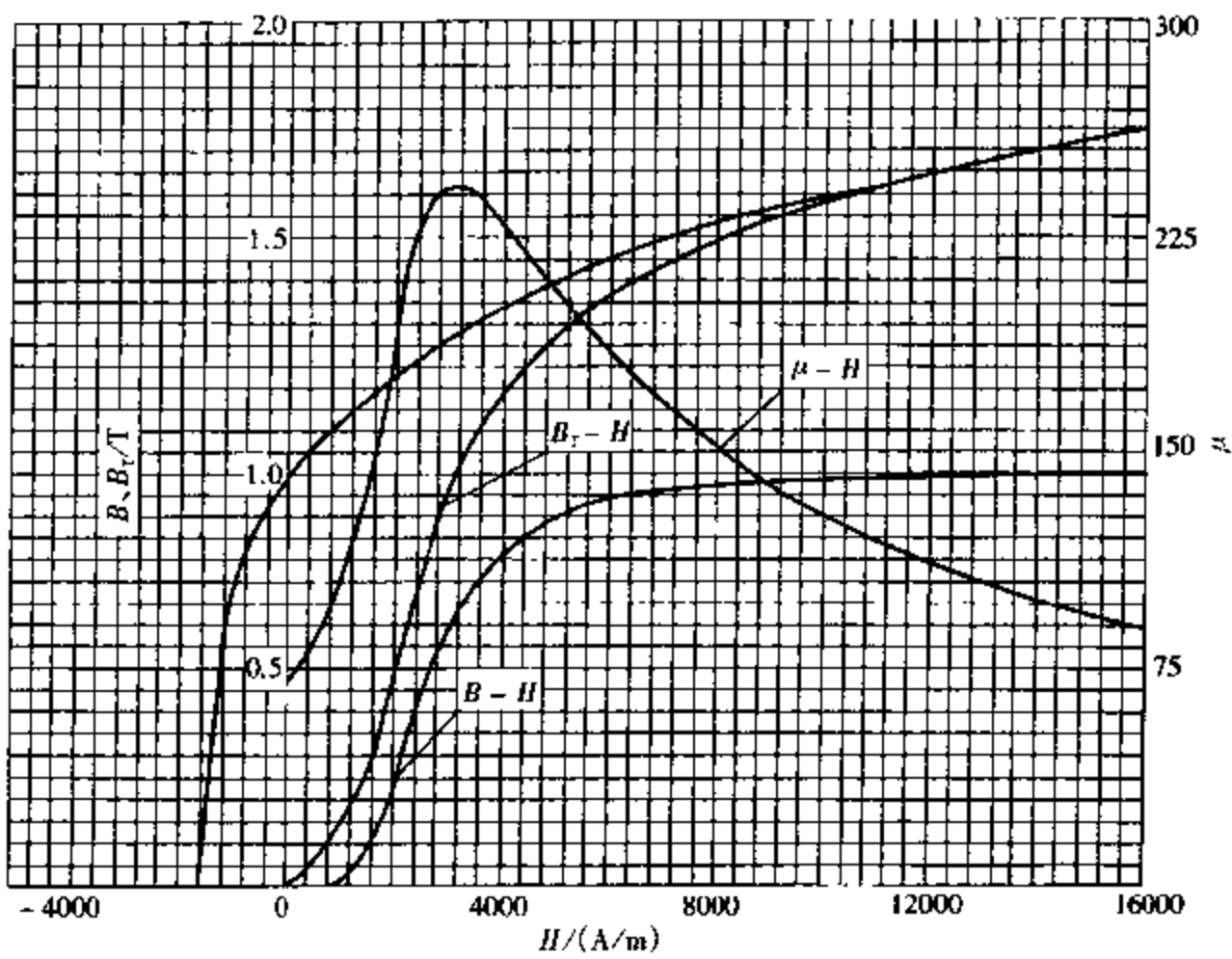


图 2-2-93 20Cr2Ni4A (850°C油淬, 190°C回火)

42HRC  $H_c = 1664 \text{ A/m}$   $B_s = 0.95 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 241$

$H_{\mu_m} = 3120 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.68 \text{ kJ/m}^3$

## 4. 25CrNi4A

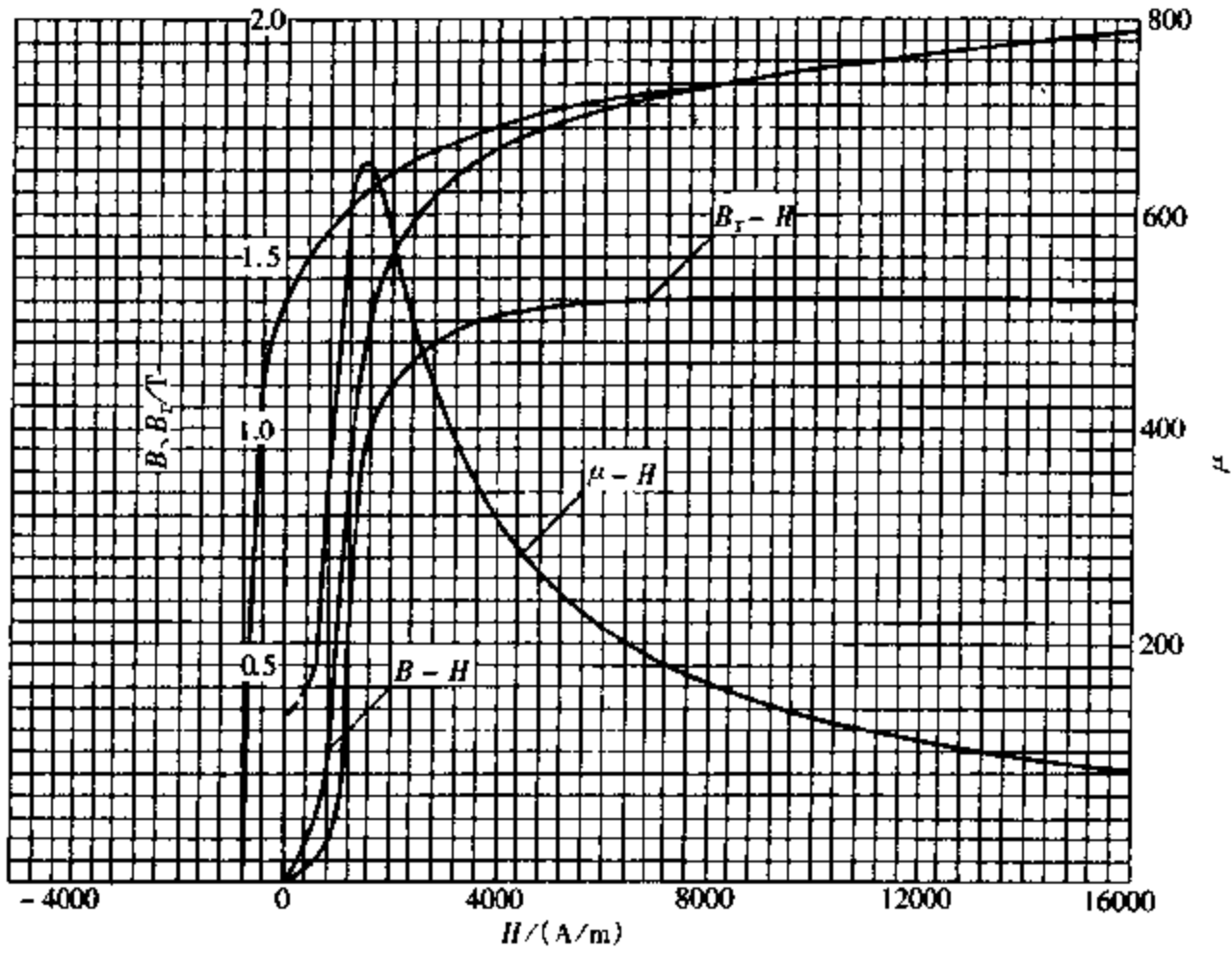


图 2-2-94 25CrNi4A (860℃油淬, 600℃回火)

37HRC  $H_c = 800 \text{ A/m}$   $B_r = 1.35 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 664$  $H_{\mu_m} = 1400 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.512 \text{ kJ/m}^3$ 

## 5. 30CrNi3A

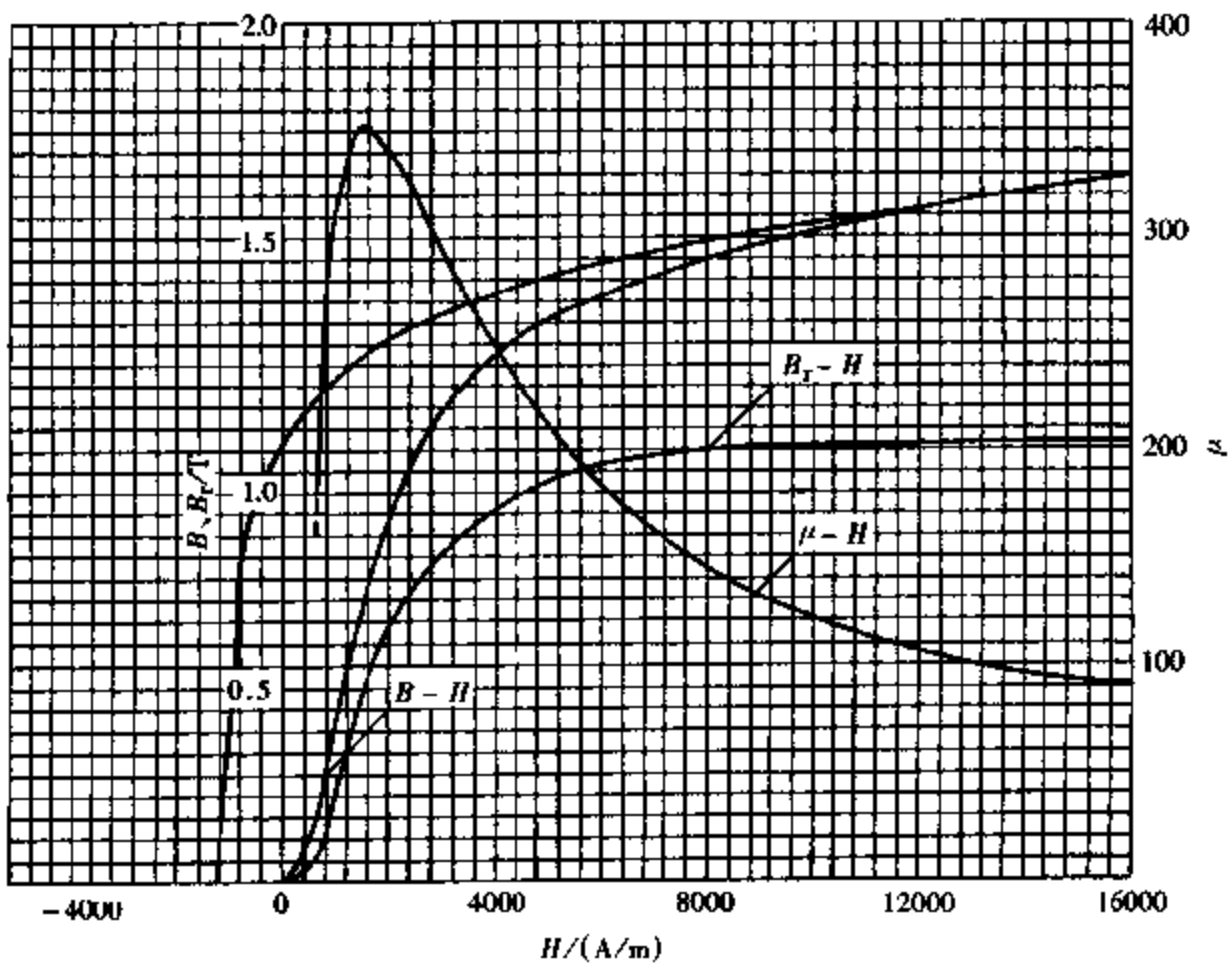


图 2-2-95 30CrNi3A (正火)

29HRC  $H_c = 1304 \text{ A/m}$   $B_r = 1.02 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 353$  $H_{\mu_m} = 1440 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.488 \text{ kJ/m}^3$



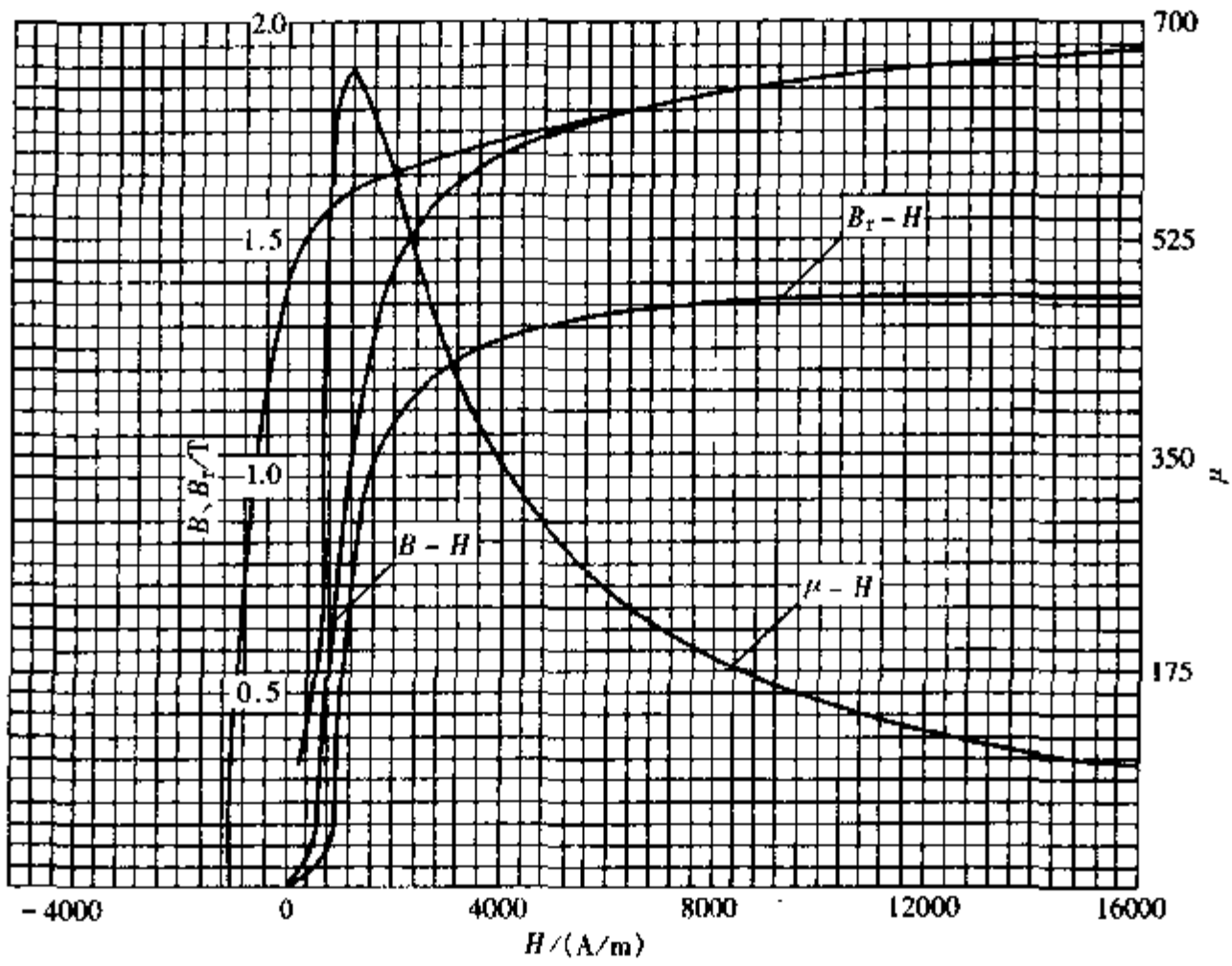


图 2-2-96 30CrNi3A (820℃油淬, 680℃回火)

28HRC  $H_c = 1048 \text{ A/m}$   $B_r = 1.37 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 660$

$H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.632 \text{ kJ/m}^3$

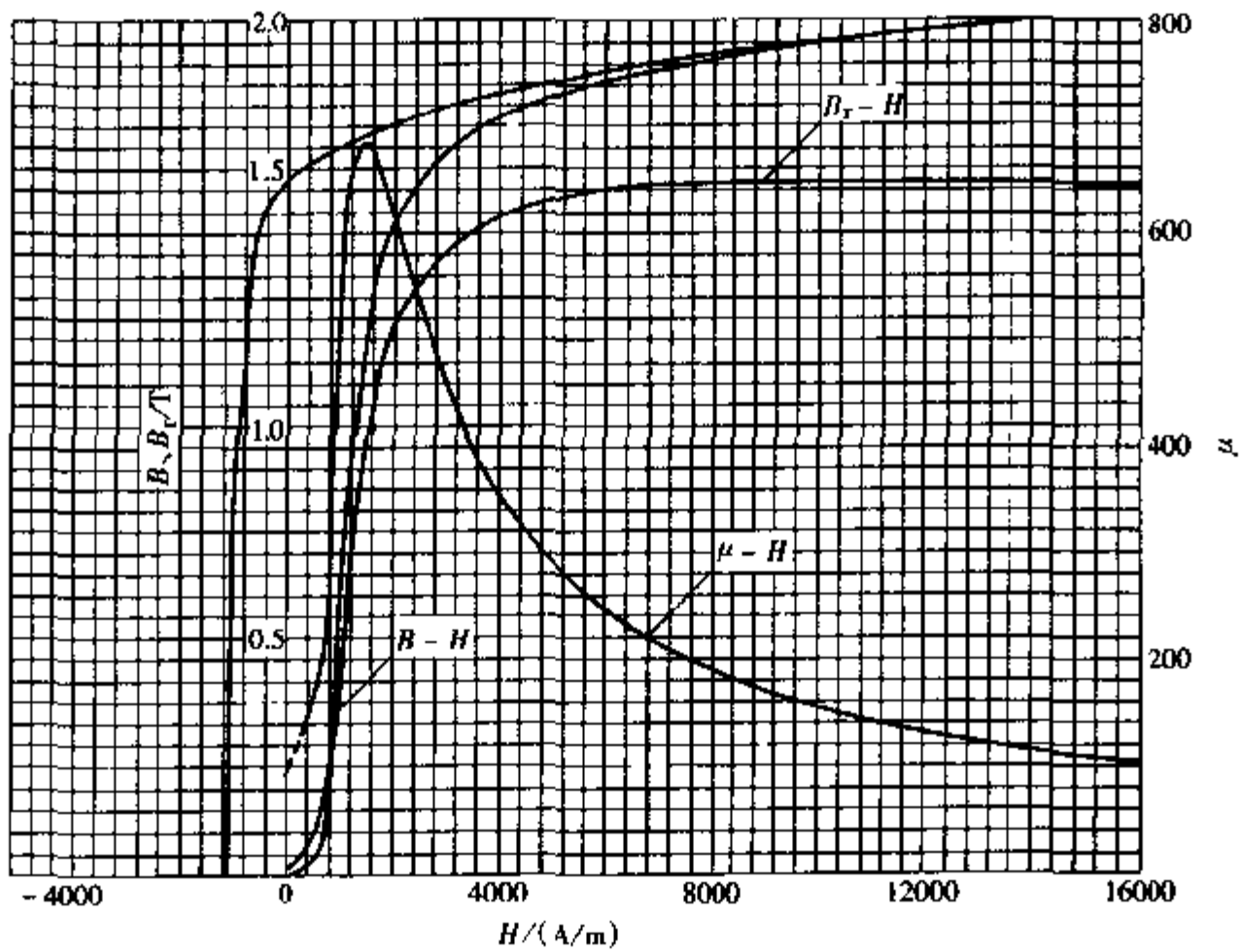


图 2-2-97 30CrNi3A (830℃油淬, 550℃回火)

34HRC  $H_c = 1160 \text{ A/m}$   $B_r = 1.628 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 684$

$H_{\mu_m} = 1480 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.04 \text{ kJ/m}^3$

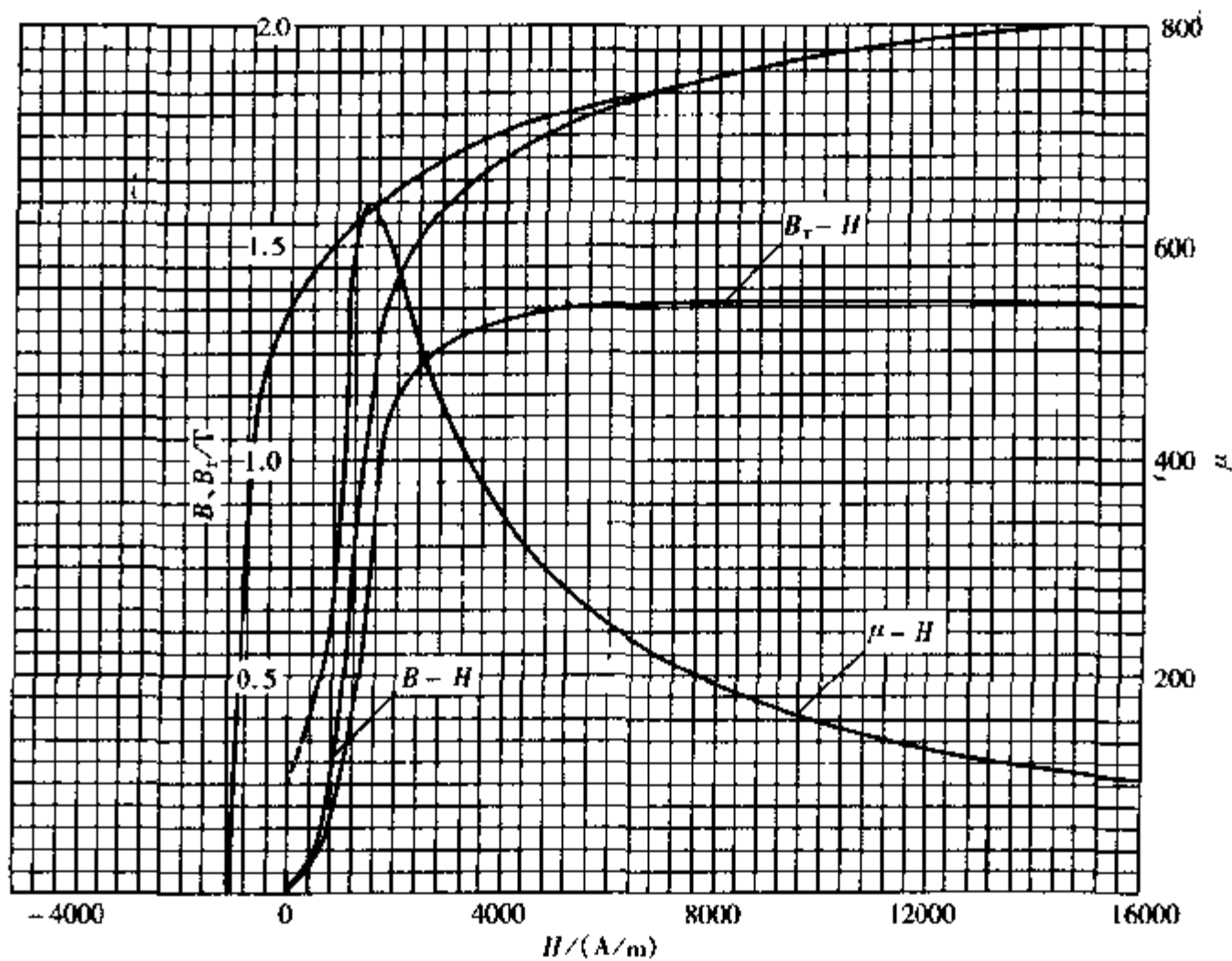


图 2-2-98 30CrNi3A (830℃油淬, 470℃回火)

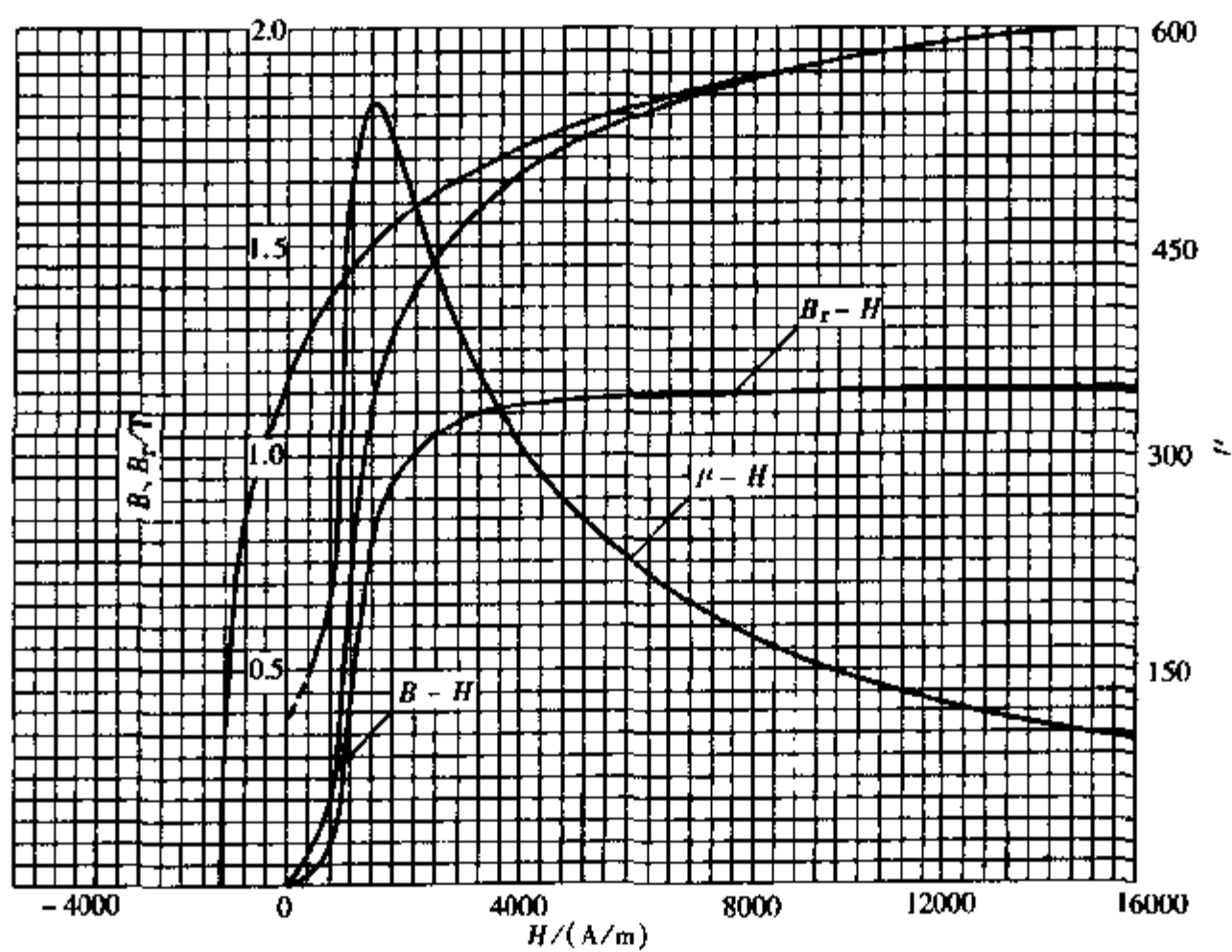
38.5HRC  $H_c = 1168\text{A/m}$   $B_r = 1.365\text{T}$   $\mu_{rm} = 637$  $H_{\mu_m} = 1400\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.744\text{kJ/m}^3$ 

图 2-2-99 30CrNi3A (830℃油淬, 410℃回火)

40HRC  $H_c = 1304\text{A/m}$   $B_r = 1.175\text{T}$   $\mu_{rm} = 548$  $H_{\mu_m} = 1600\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.72\text{kJ/m}^3$

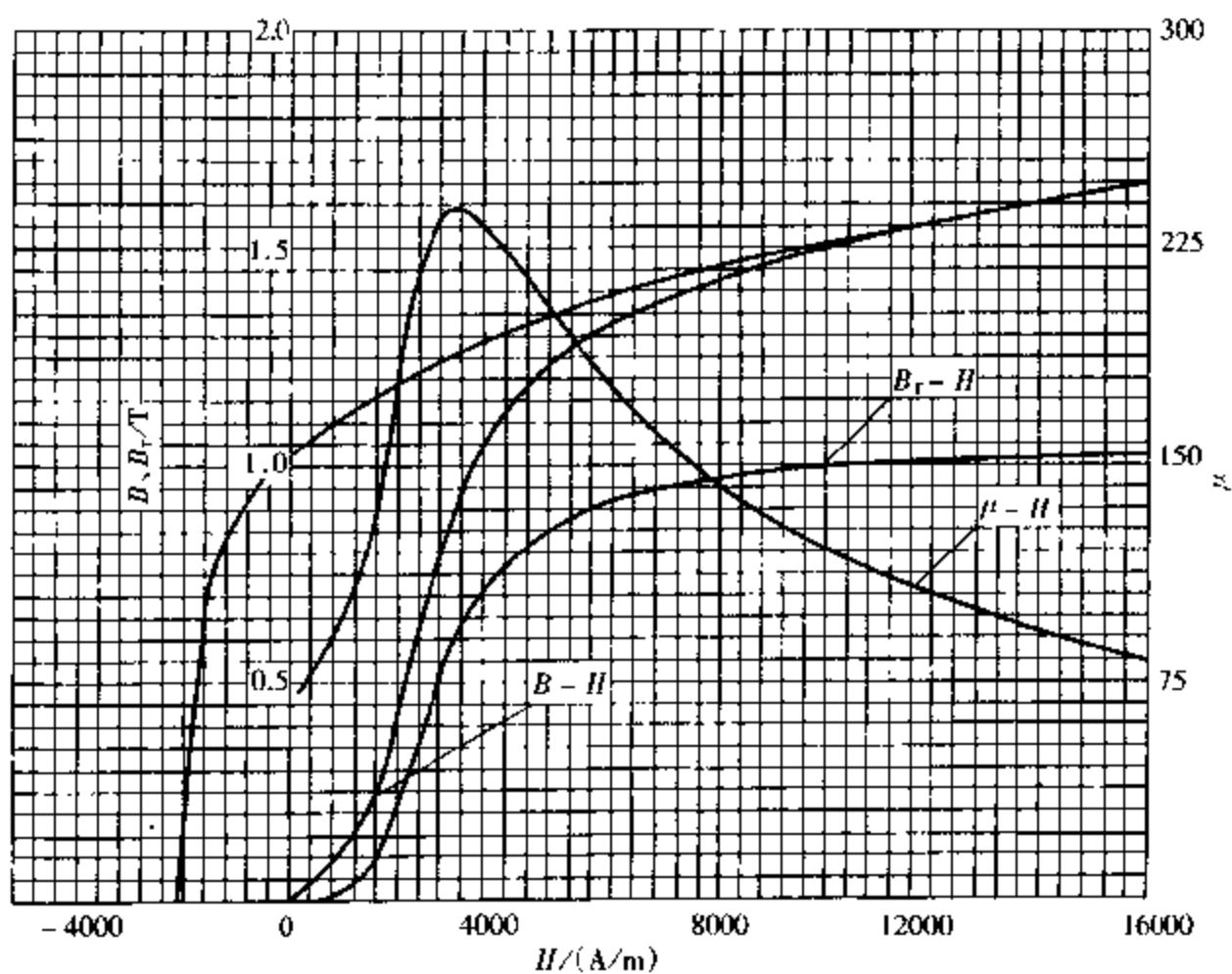


图 2-2-100 30CrNi3A (830℃油淬, 230℃回火)

49HRC  $H_c = 2176\text{A/m}$   $B_r = 1.02\text{T}$   $\mu_{rm} = 239$

$H_{cm} = 3040\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.088\text{kJ/m}^2$

6. 40CrNi

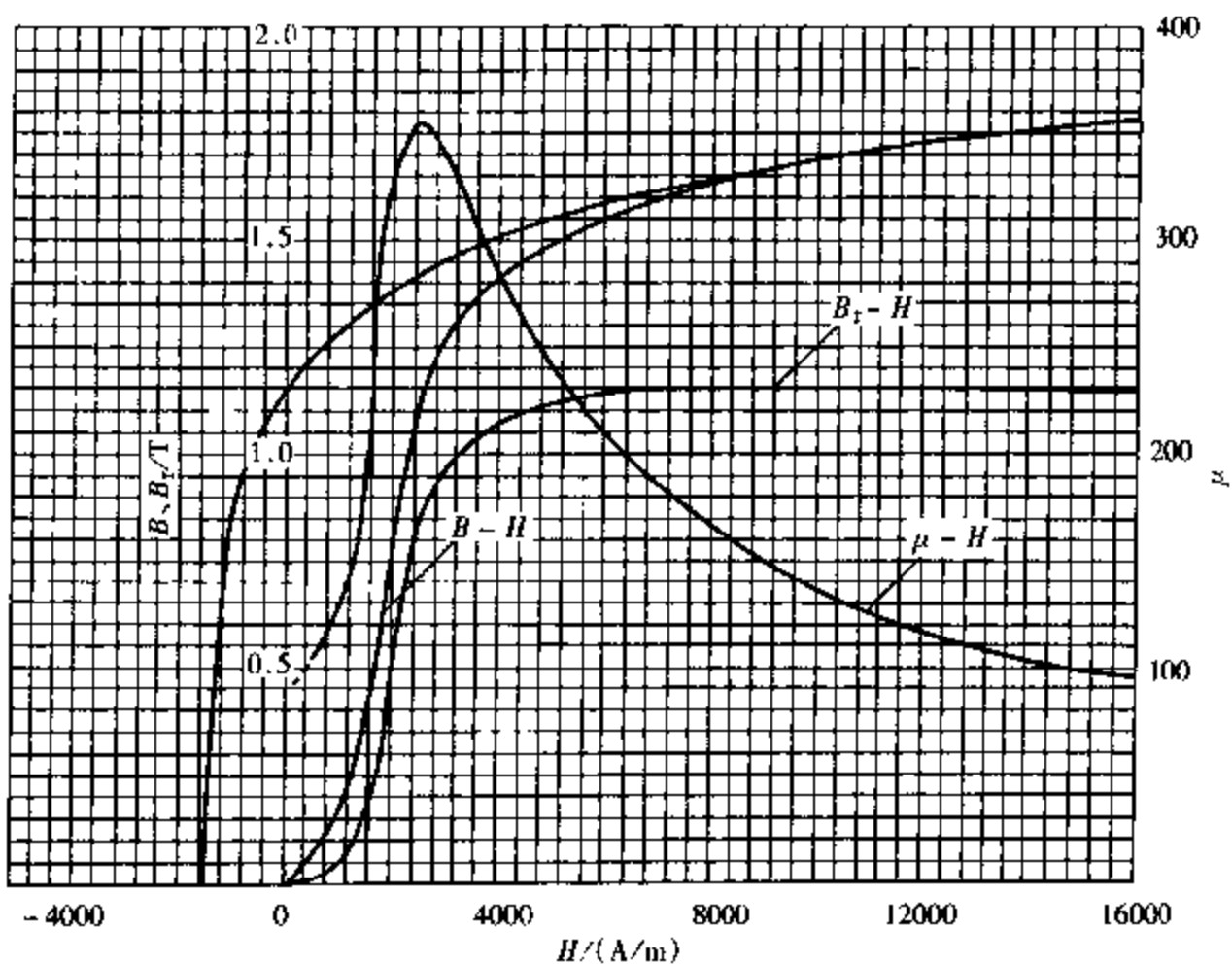


图 2-2-101 40CrNi (860℃油淬, 230℃回火)

50HRC  $H_c = 1520\text{A/m}$   $B_r = 1.15\text{T}$   $\mu_{rm} = 355$

$H_{cm} = 2520\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.864\text{kJ/m}^2$

## 7.45CrNi

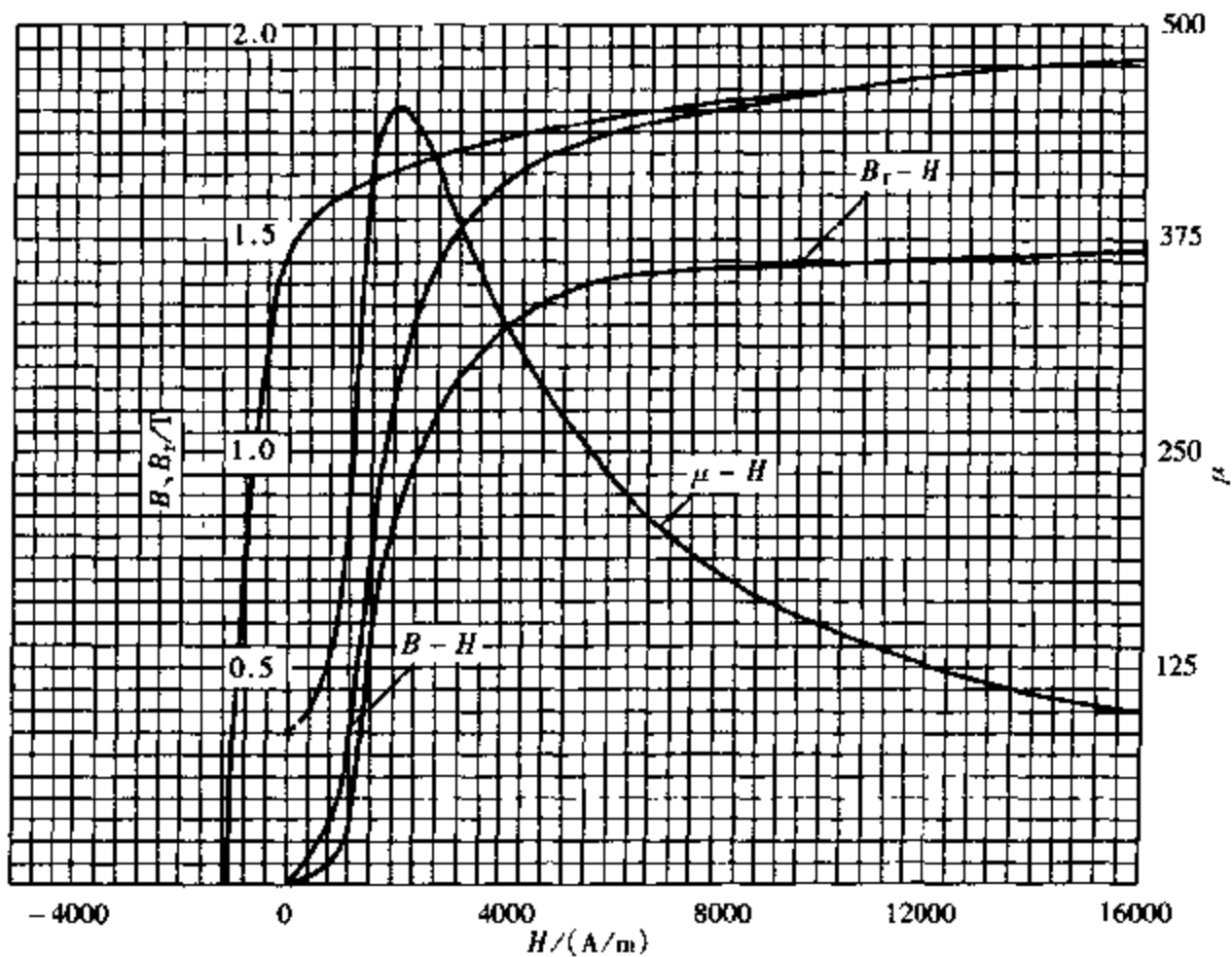


图 2-2-102 45CrNi (材料供应状态)

32HRC  $H_c = 1136 \text{ A/m}$   $B_r = 1.55 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 468$

$H_{\mu_m} = 2040 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.784 \text{ kJ/m}^3$

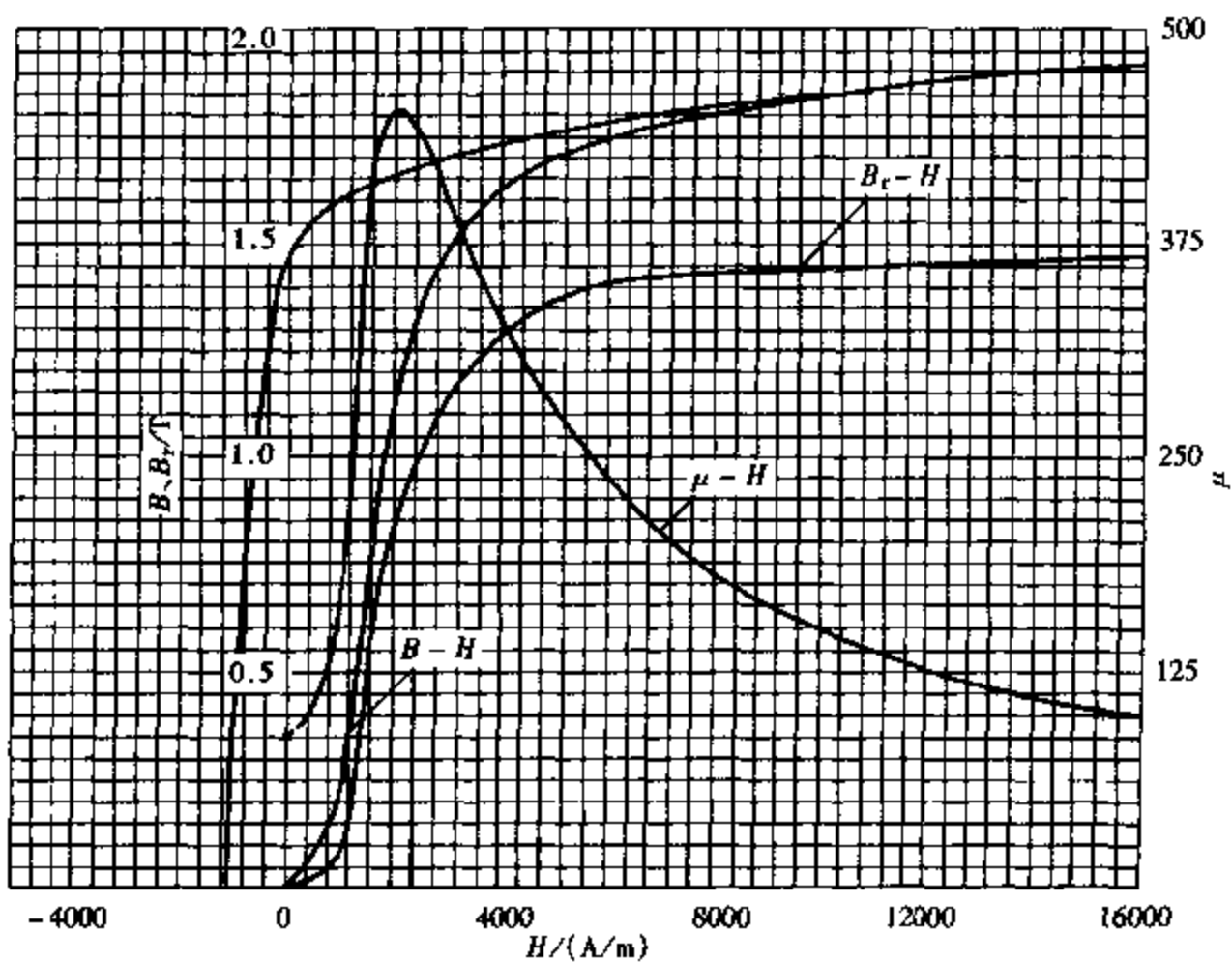


图 2-2-103 45CrNi (840℃油淬, 500℃回火)

28.5HRC  $H_c = 1144 \text{ A/m}$   $B_r = 1.475 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 451$

$H_{\mu_m} = 2080 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.656 \text{ kJ/m}^3$

—CrNiMo 钢

8. PCrNiMo

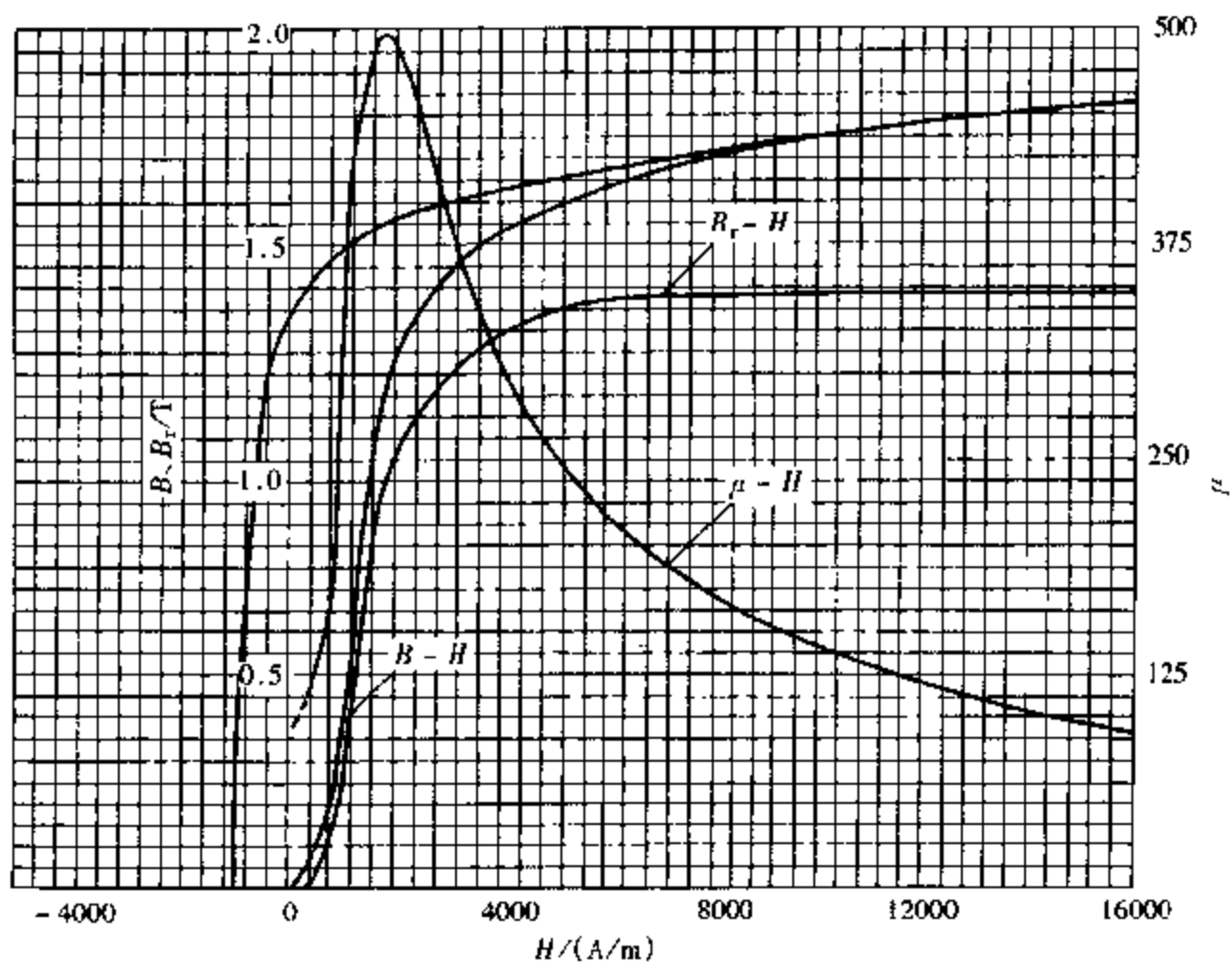


图 2-2-104 PCrNiMo (材料供应状态)

24HRC  $H_r = 1040 \text{ A/m}$   $B_r = 1.35 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 499$

$H_{\mu_m} = 1840 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.632 \text{ kJ/m}^3$

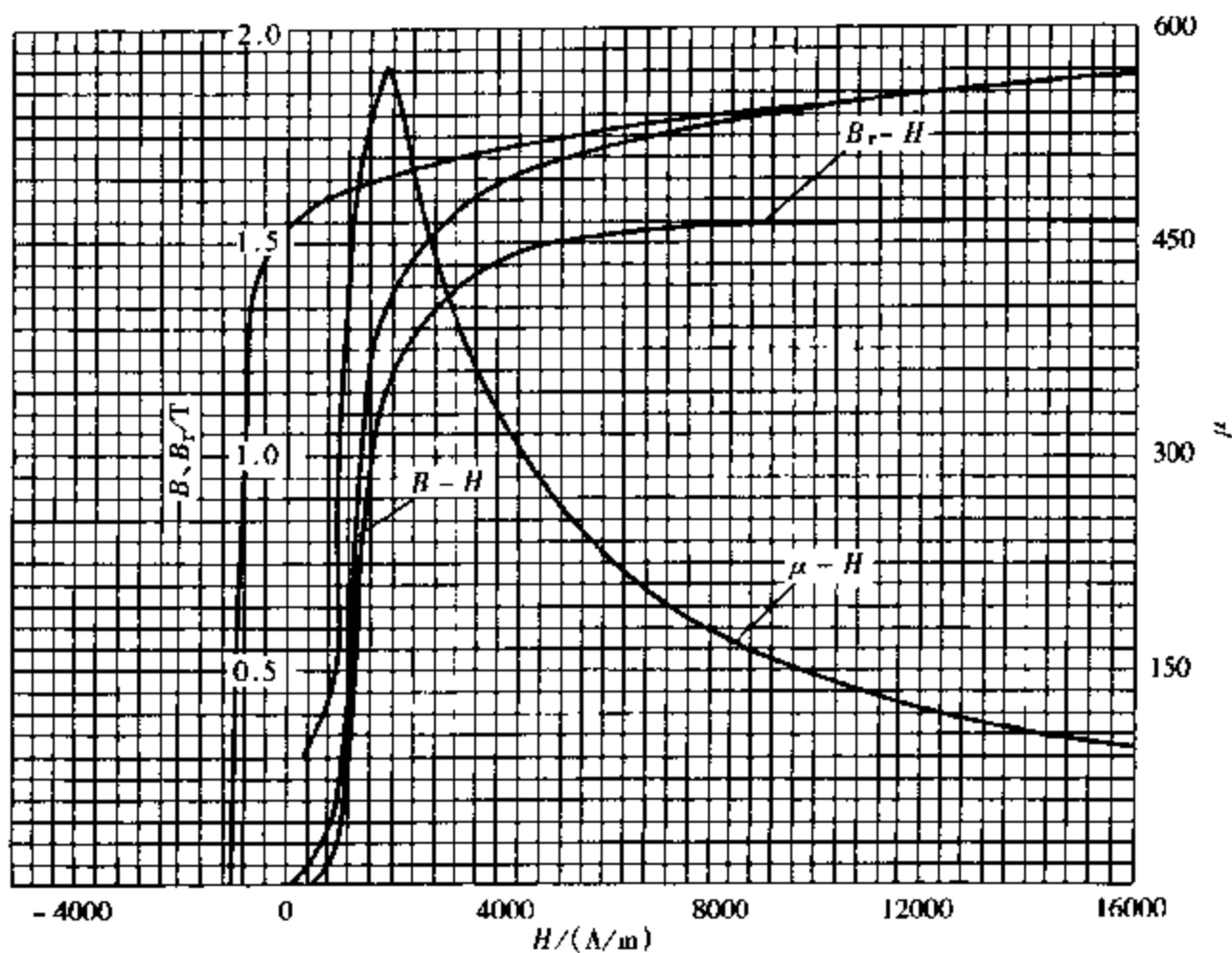


图 2-2-105 PCrNiMo (880°C 正火, 650°C 回火)

30HRC  $H_r = 1056 \text{ A/m}$   $B_r = 1.54 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 574$

$H_{\mu_m} = 1880 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.904 \text{ kJ/m}^3$

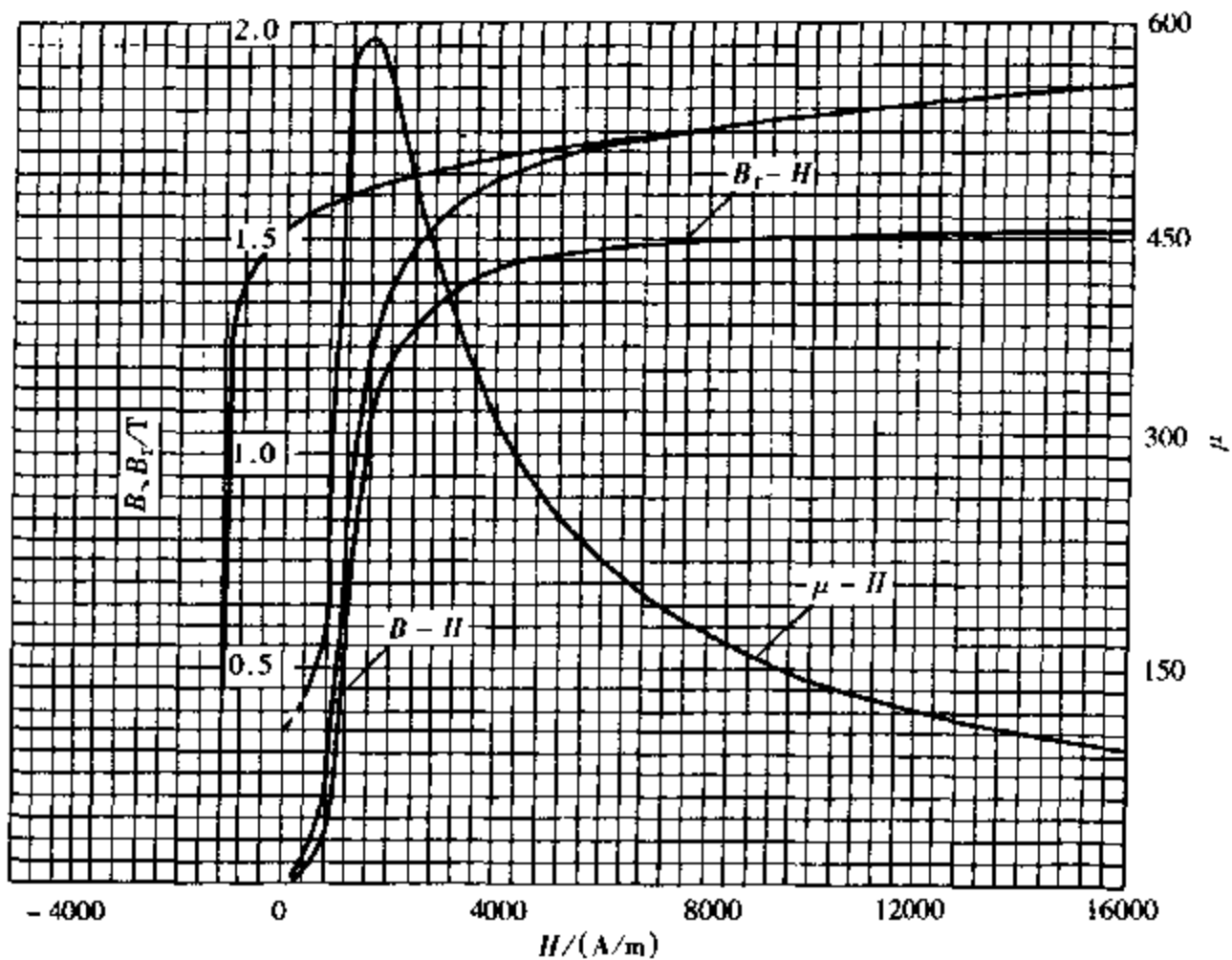


图 2-2-106 PCrNiMo (850℃油淬, 600℃回火)

33HRC  $H_c = 1200\text{A/m}$   $B_r = 1.52\text{T}$   $\mu_{rm} = 590$

$H_{\mu_m} = 1600\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.288\text{kJ/m}^3$

9. 40CrNiMoA

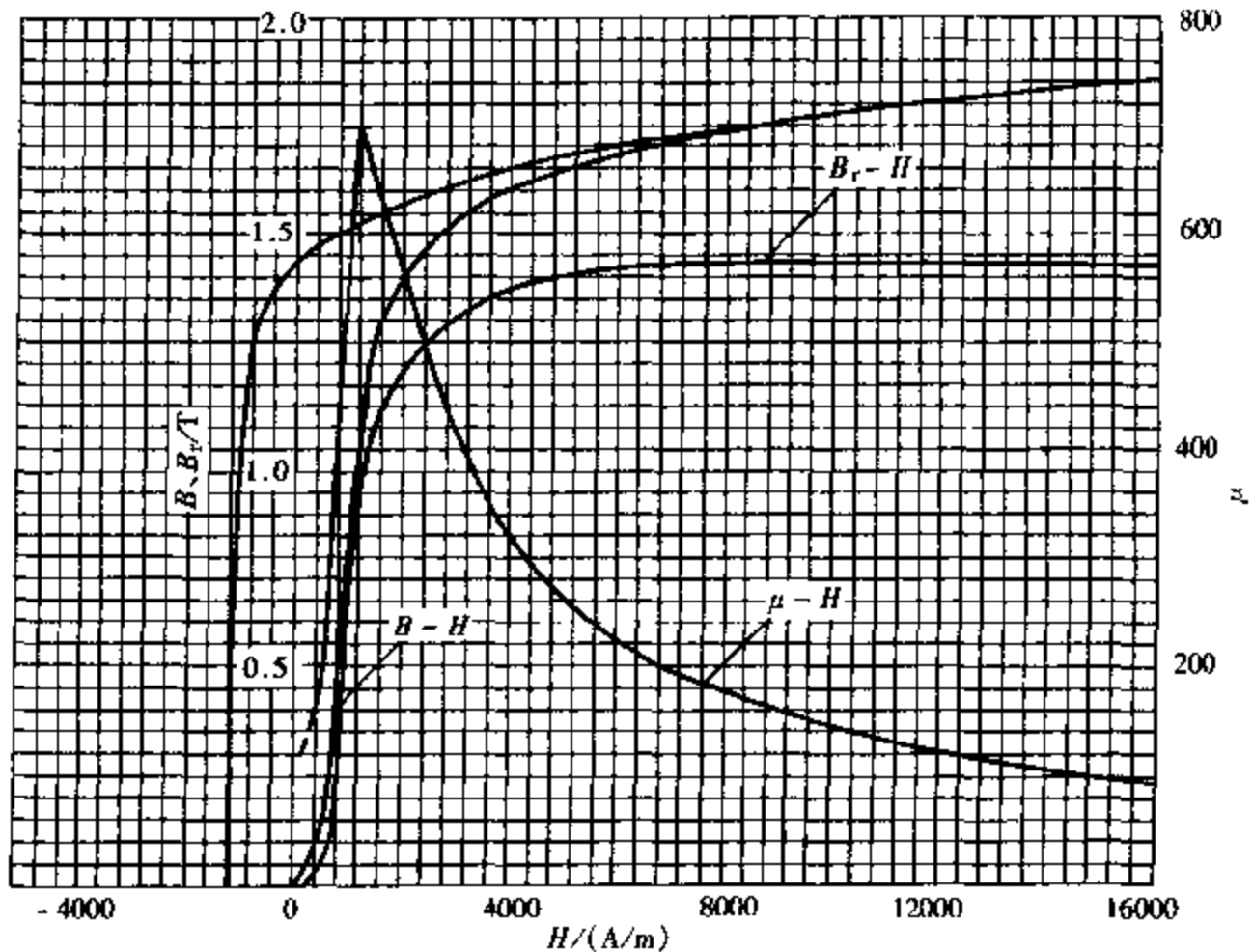


图 2-2-107 40CrNiMoA (材料供应状态)

214HBS  $H_c = 1200\text{A/m}$   $B_r = 1.425\text{T}$   $\mu_{rm} = 693$

$H_{\mu_m} = 1200\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.024\text{kJ/m}^3$

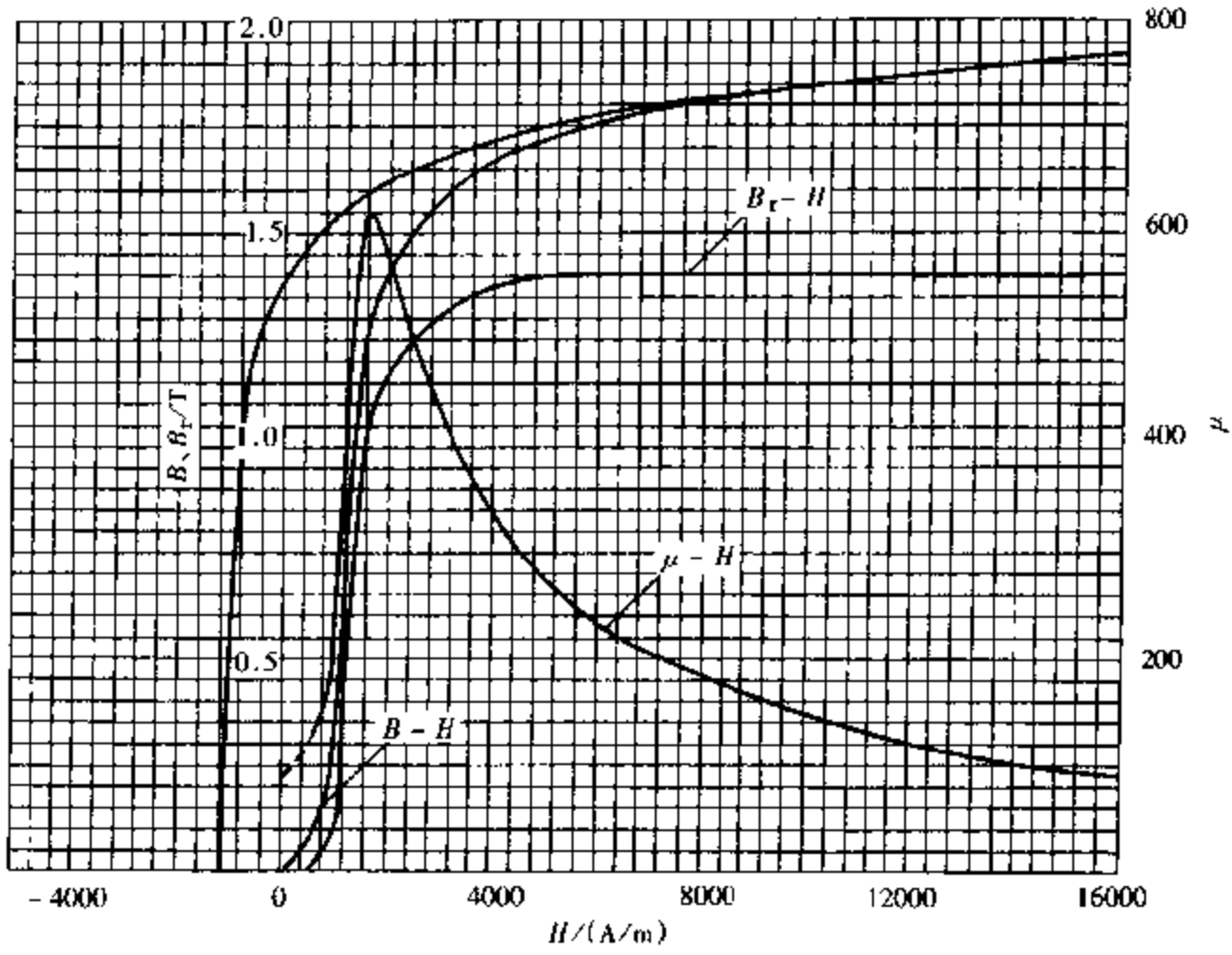


图 2-2-108 40CrNiMoA (860°C油淬, 500°C回火)

39HRC  $H_c = 1120 \text{ A/m}$   $B_r = 1.4 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 613$

$H_{\alpha_m} = 1640 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.8 \text{ kJ/m}^3$

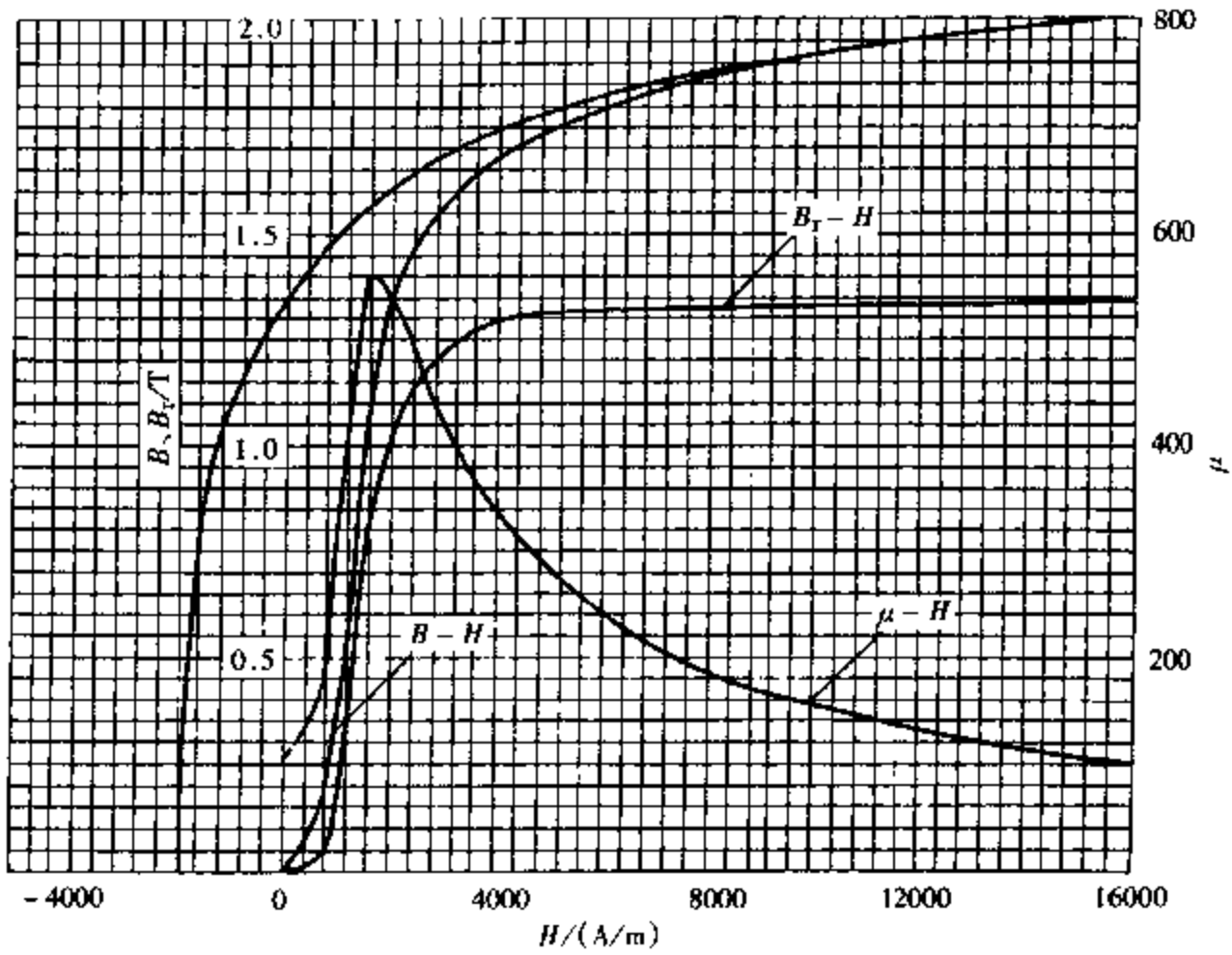


图 2-2-109 40CrNiMoA (850°C油淬, 410°C回火)

44HRC  $H_c = 1960 \text{ A/m}$   $B_r = 1.334 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 560$

$H_{\alpha_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.352 \text{ kJ/m}^3$

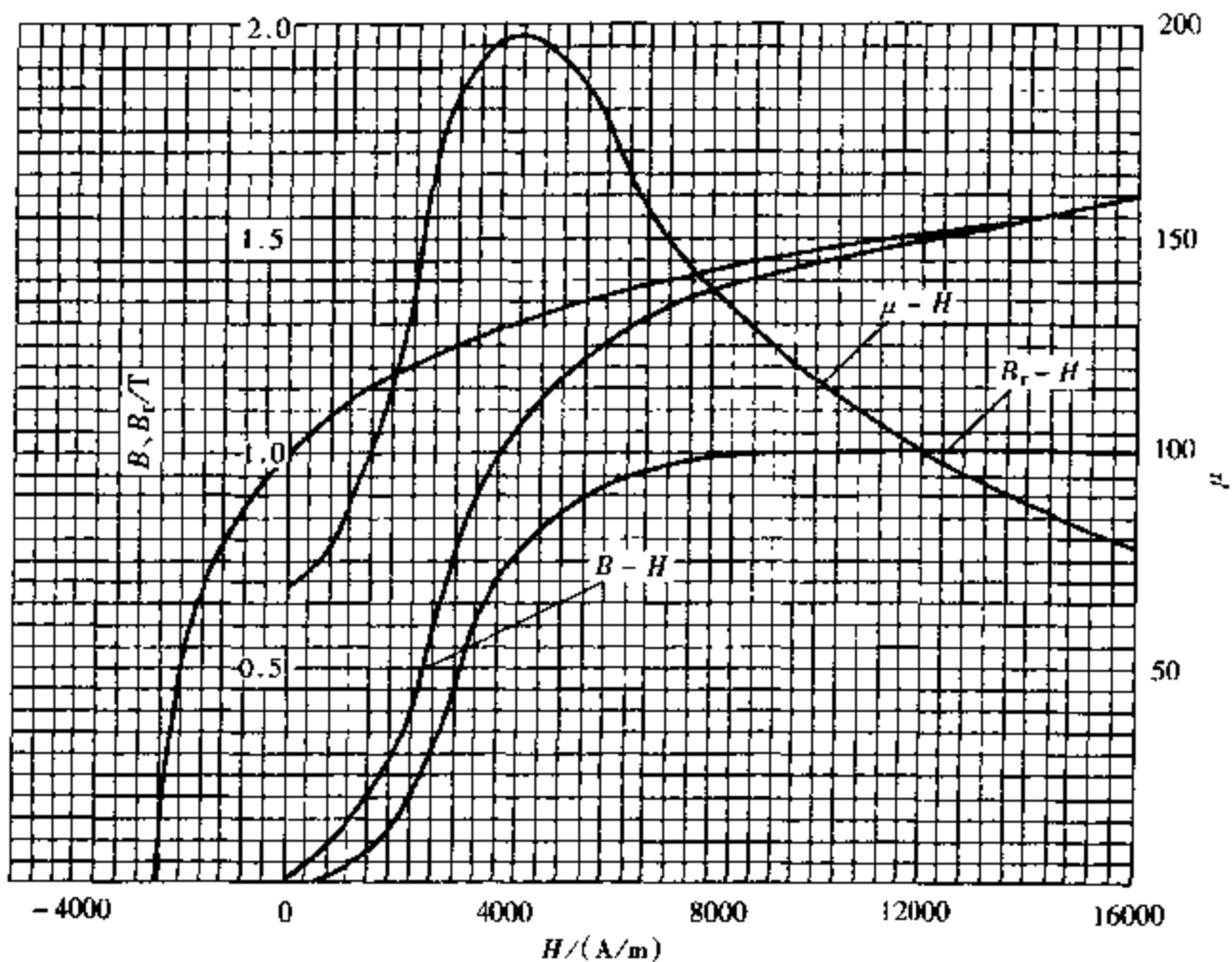


图 2-2-110 40CrNiMoA (860℃油淬, 200℃回火)

55HRC  $H_c = 2480 \text{ A/m}$   $B_r = 1.0 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 197$

$H_{\alpha m} = 4280 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.08 \text{ kJ/m}^3$

10. 60CrNiMo

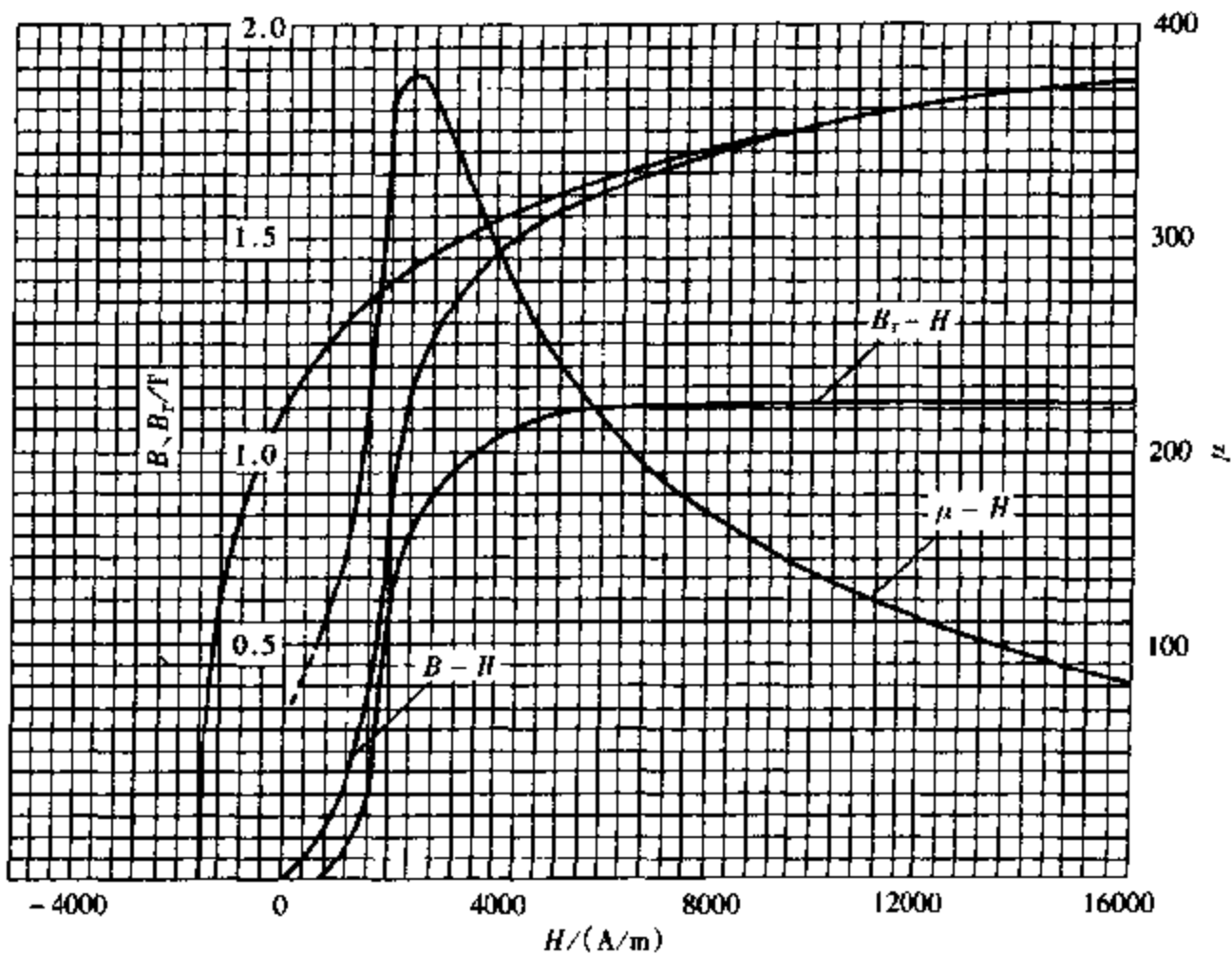


图 2-2-111 60CrNiMo (860℃油淬, 440℃回火)

49HRC  $H_c = 1640 \text{ A/m}$   $B_r = 1.11 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 377$

$H_{\alpha m} = 2400 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.72 \text{ kJ/m}^3$



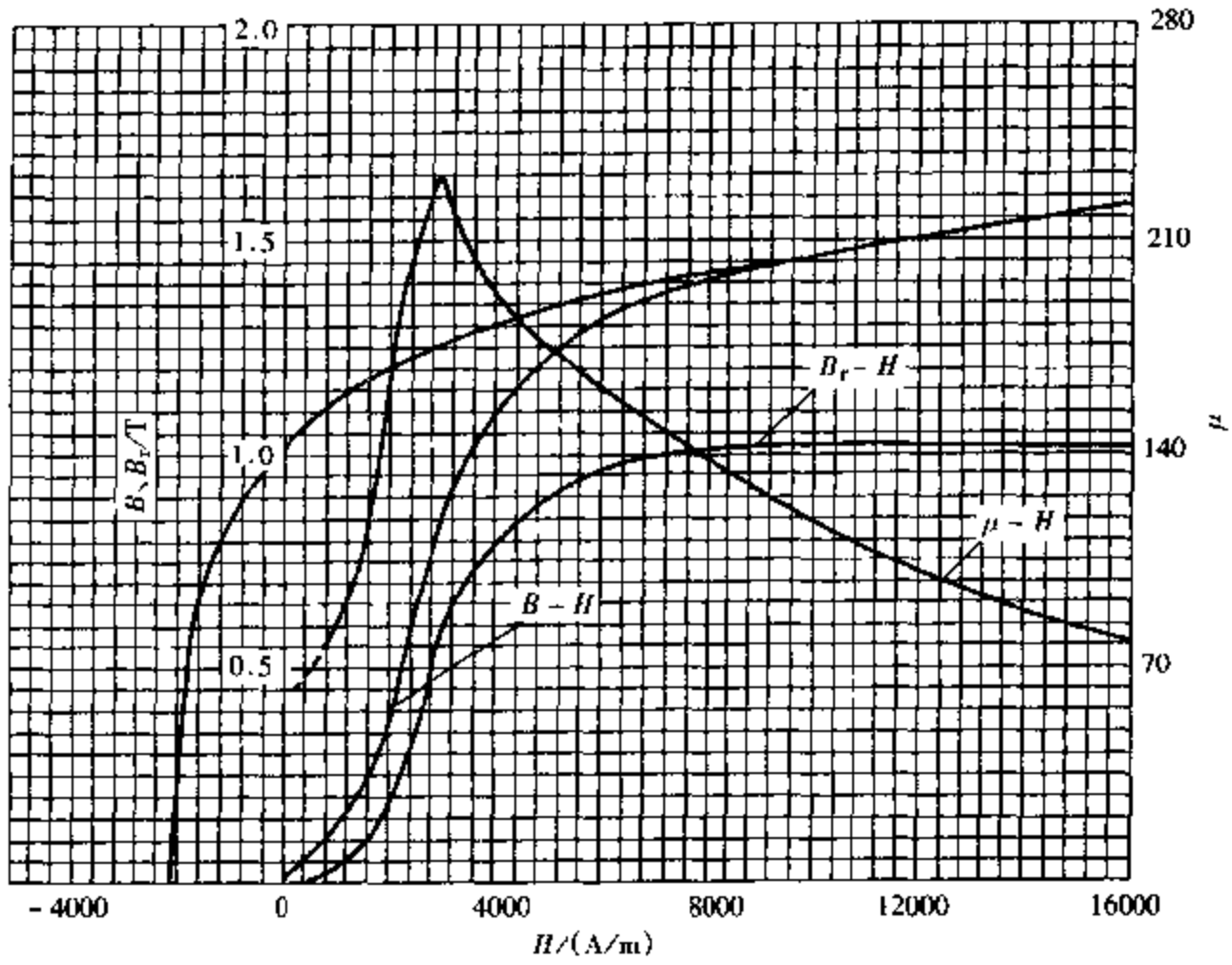


图 2-2-112 60CrNiMo (860℃油淬, 220℃回火)

55HRC  $H_c = 2160\text{A/m}$   $B_r = 1.02\text{T}$   $\mu_{rm} = 230$

$H_{\mu_m} = 2960\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.08\text{kJ/m}^3$

11. ZG 37CrNiMo

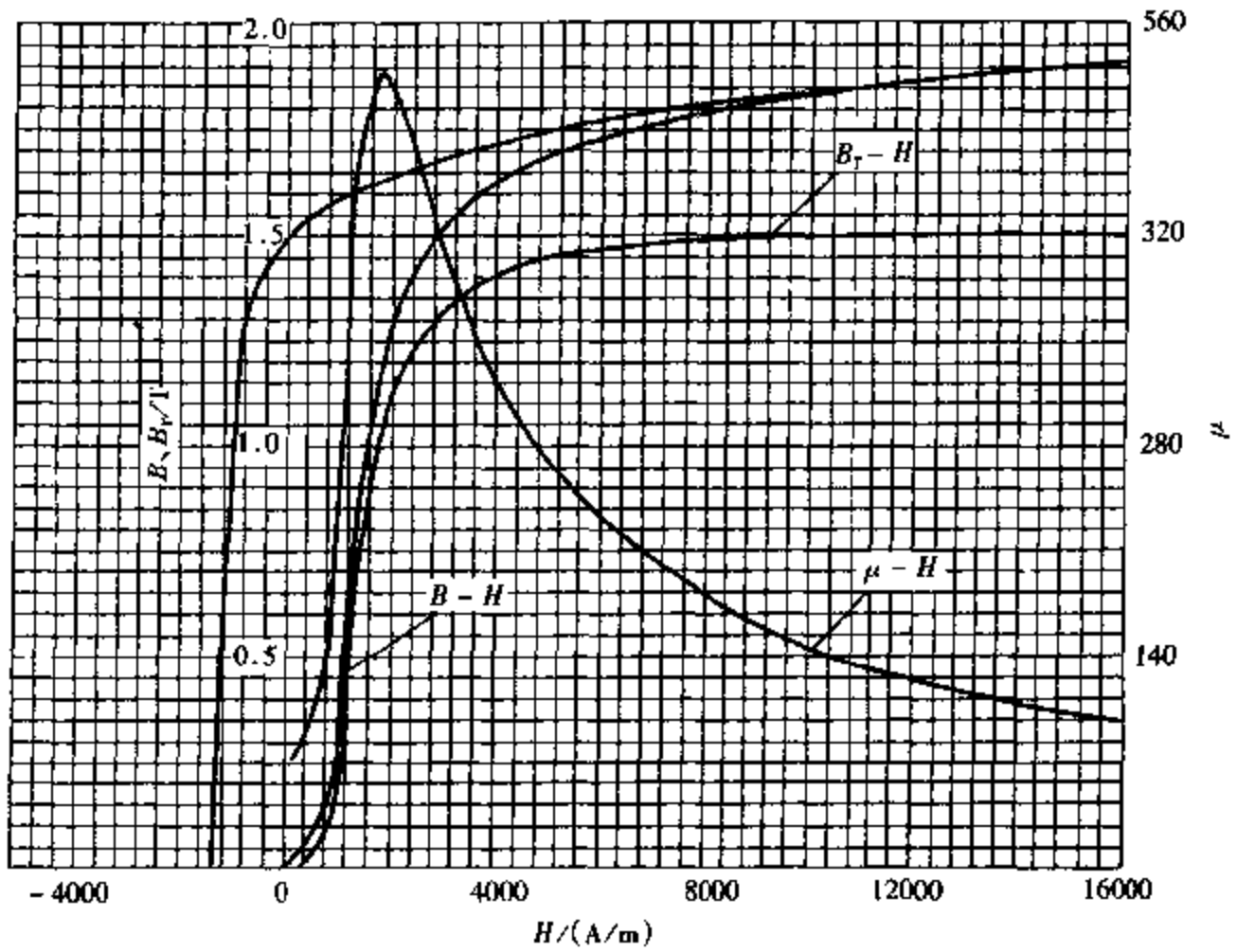


图 2-2-113 ZG 37CrNiMo (正火)

29HRC  $H_c = 1376\text{A/m}$   $B_r = 1.5\text{T}$   $\mu_{rm} = 530$

$H_{\mu_m} = 1760\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.064\text{kJ/m}^3$

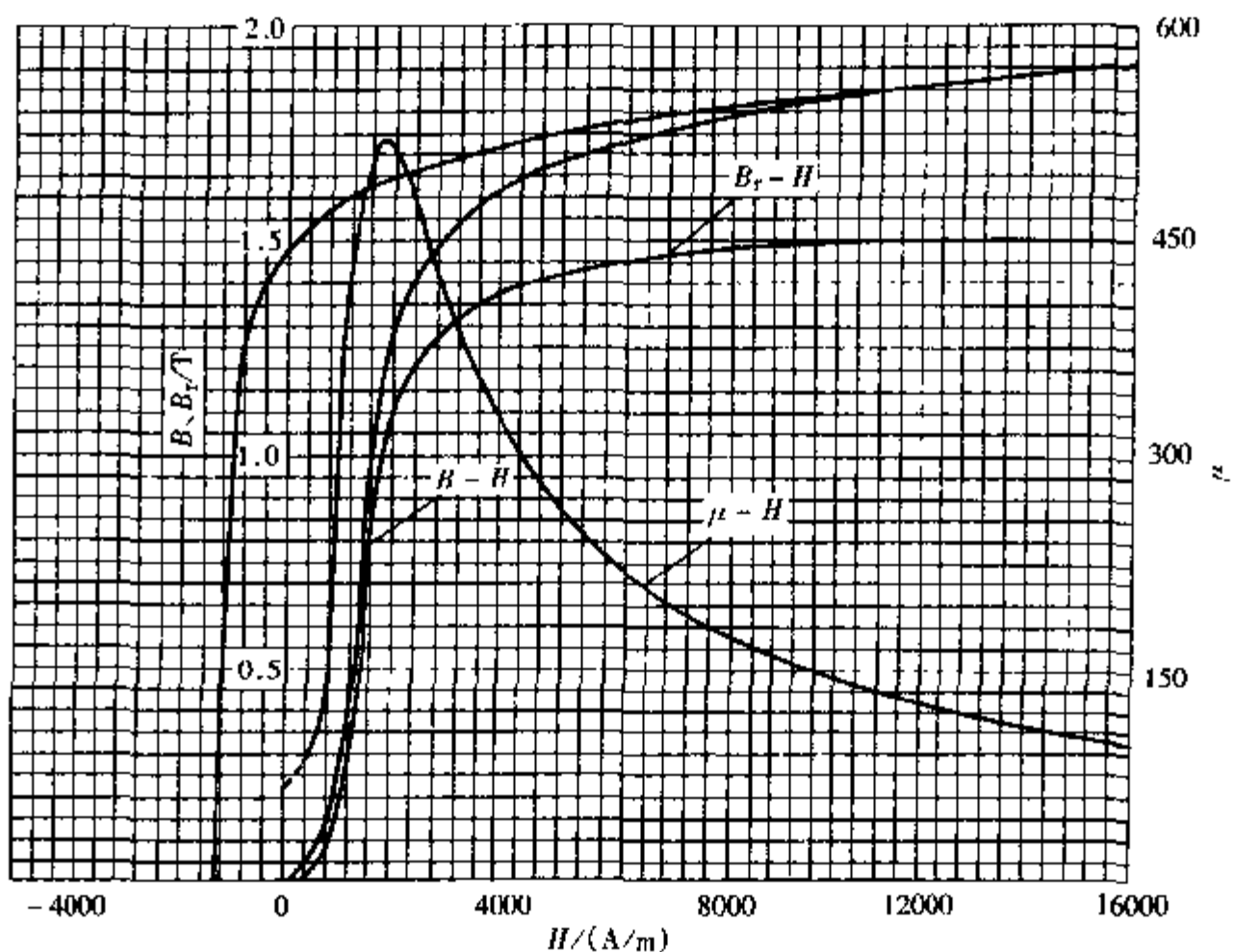


图 2-2-114 ZG 37CrNiMo (880℃油淬, 610℃回火)

29.5HRC  $H_c = 1392\text{A/m}$   $B_c = 1.49\text{T}$   $\mu_{rm} = 519$

$H_{\mu_m} = 1720\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.088\text{kJ/m}^3$

12. PCrNi3Mo

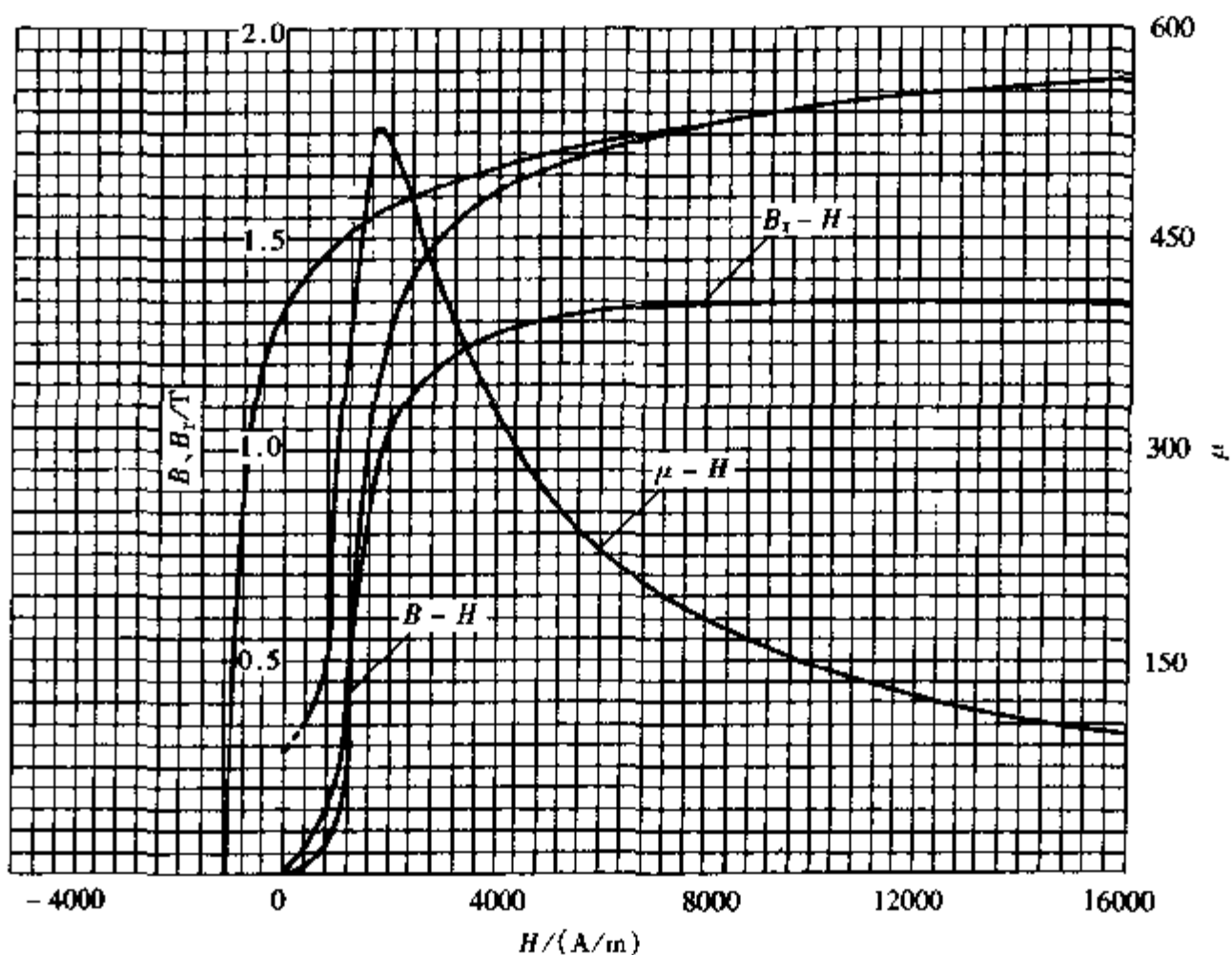


图 2-2-115 PCrNi3Mo (860℃油淬, 560℃回火)

37HRC  $H_c = 1120\text{A/m}$   $B_c = 1.34\text{T}$   $\mu_{rm} = 528$

$H_{\mu_m} = 1760\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.72\text{kJ/m}^3$

13. Cr3NiMo

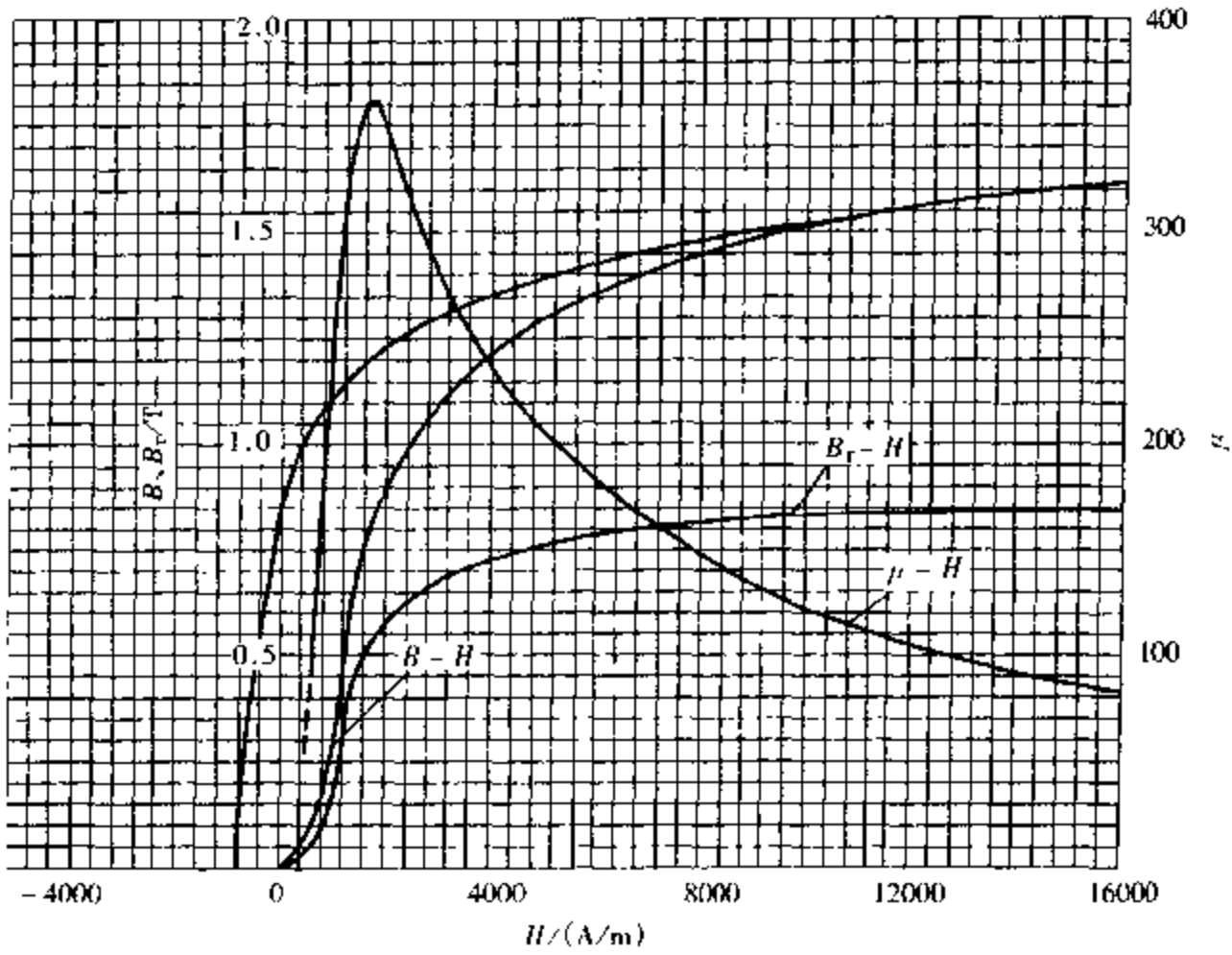


图 2-2-116 Cr3NiMo (900°C正火, 680°C回火)

207HBS  $H_c = 880\text{A/m}$   $B_r = 0.84\text{T}$   $\mu_{rm} = 361$

$H_{jm} = 1680\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.248\text{kJ/m}^3$

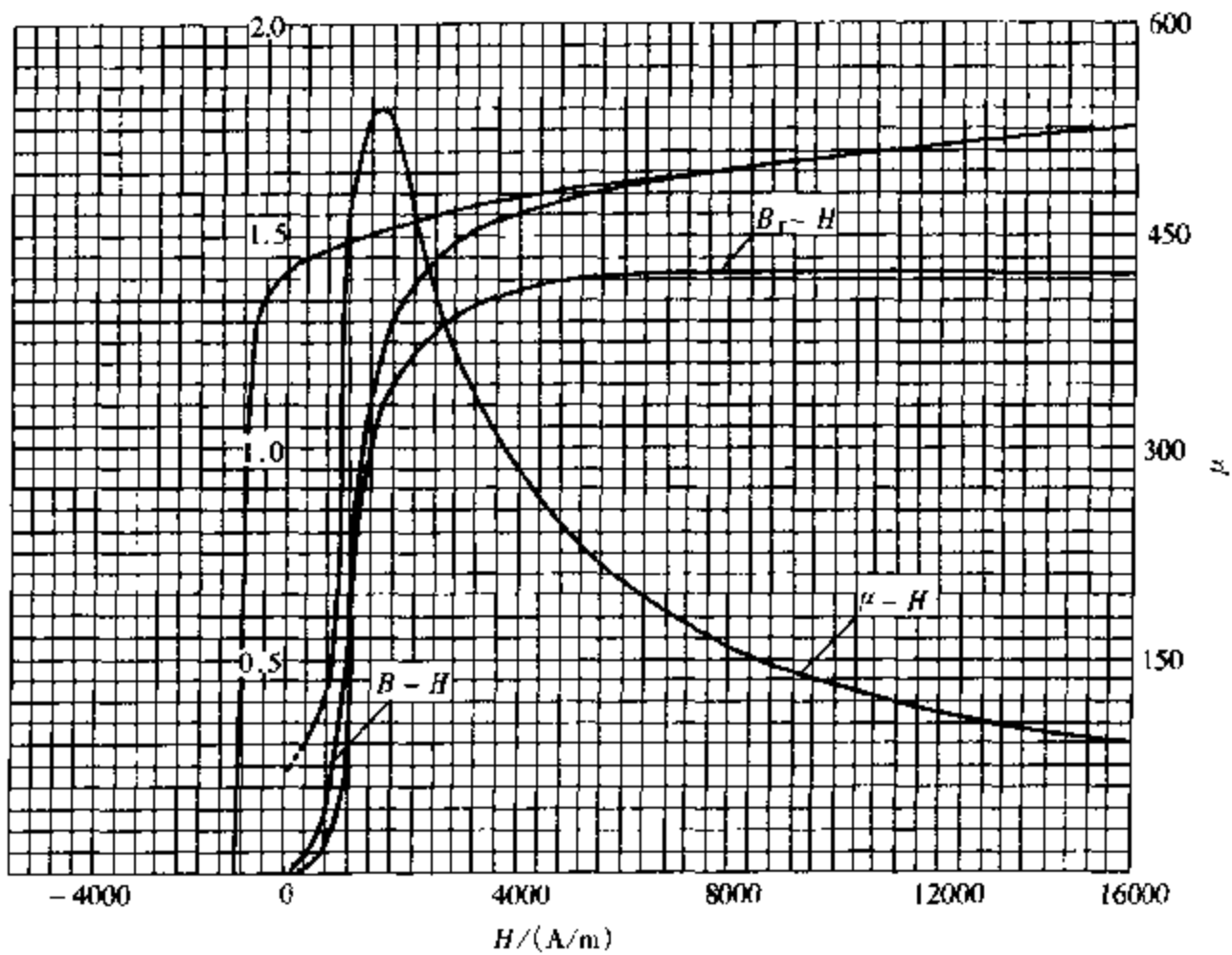


图 2-2-117 Cr3NiMo (900°C油淬, 680°C回火)

23HRC  $H_c = 960\text{A/m}$   $B_r = 1.415\text{T}$   $\mu_{rm} = 541$

$H_{jm} = 1760\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.736\text{kJ/m}^3$

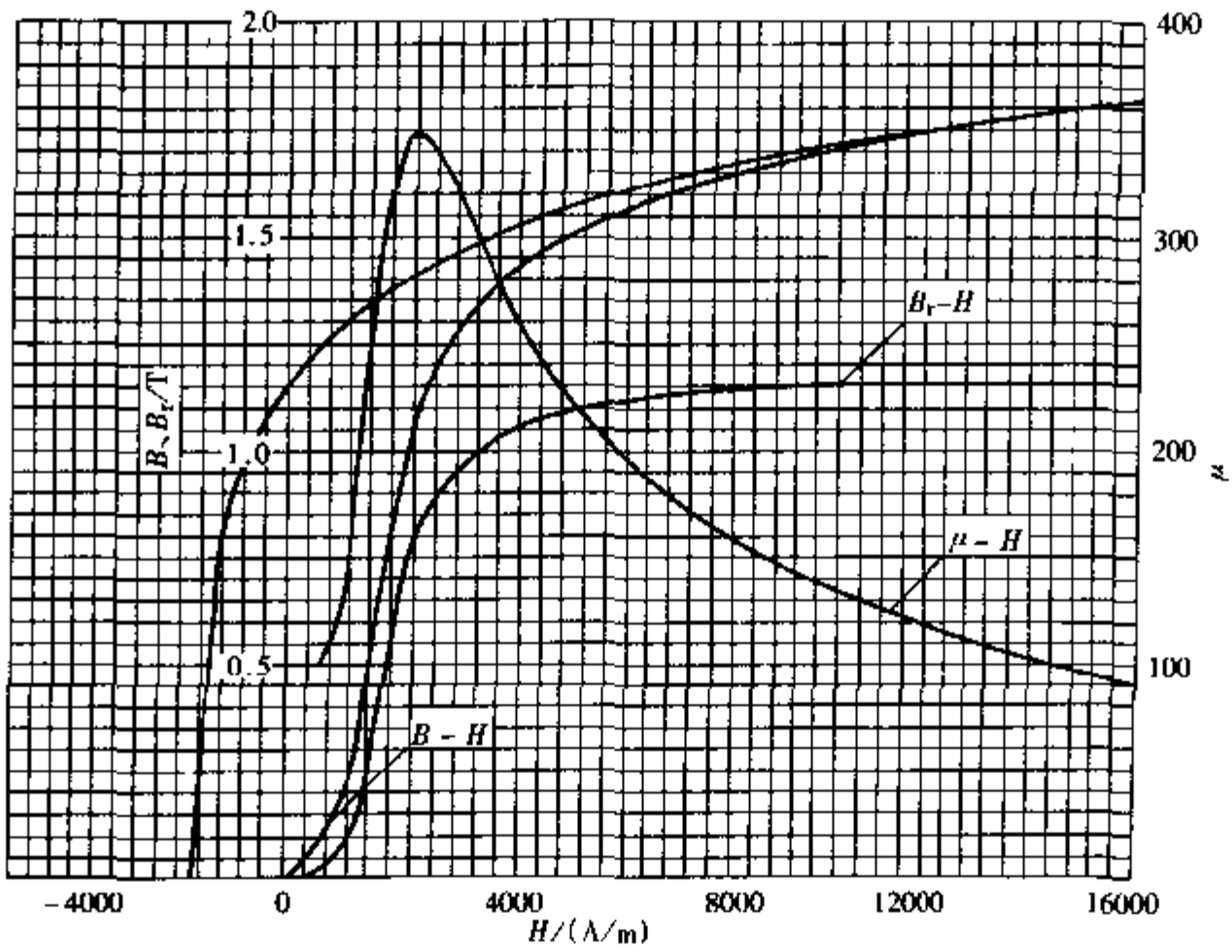


图 2-2-118 Cr<sub>3</sub>NiMo (900℃油淬, 510℃回火)

35HRC  $H_c = 1760\text{A/m}$   $B_r = 1.15\text{T}$   $\mu_{rm} = 348$

$H_{\mu_m} = 2400\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.896\text{kJ/m}^3$

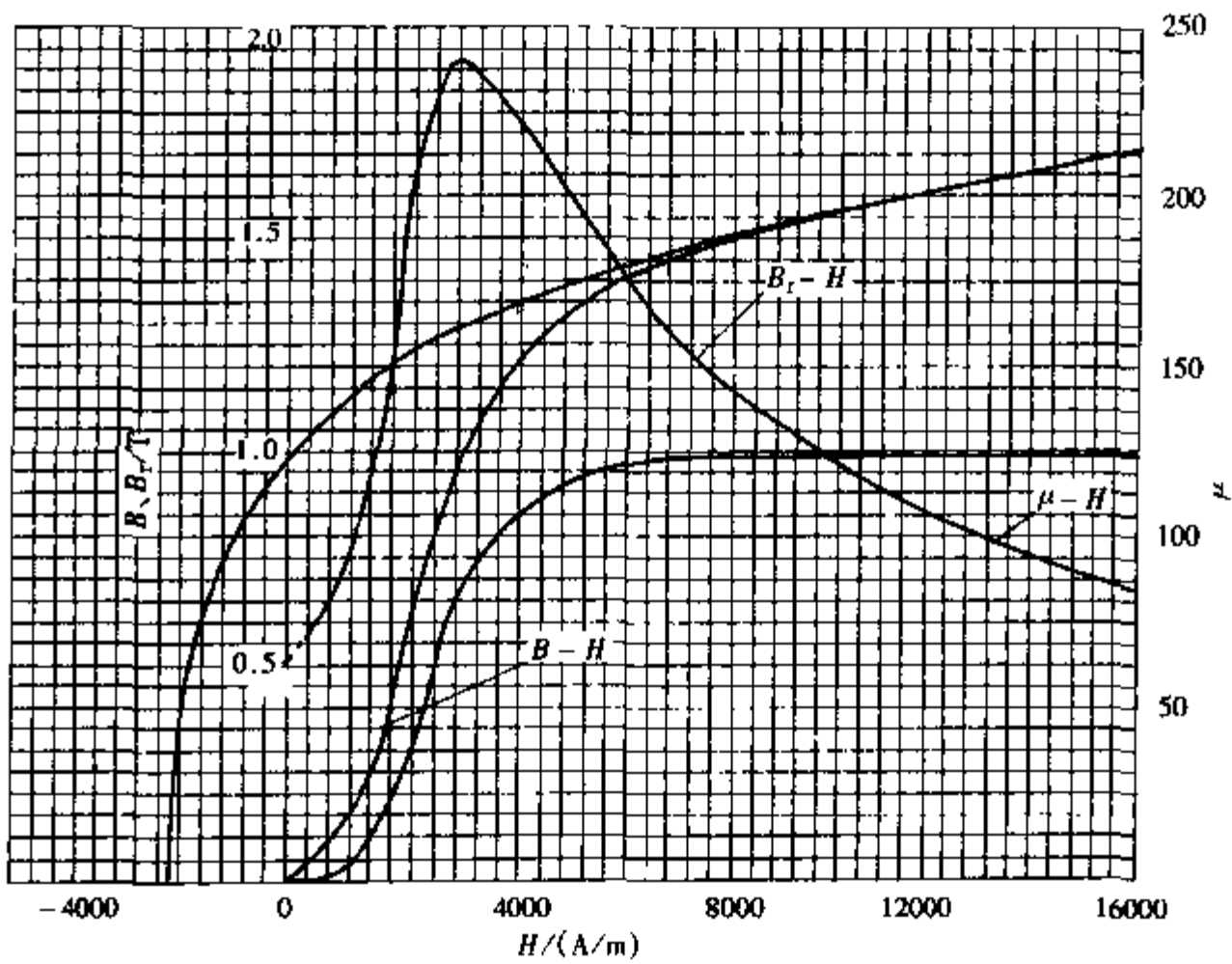


图 2-2-119 Cr<sub>3</sub>NiMo (900℃油淬, 200℃回火)

44HRC  $H_c = 2200\text{A/m}$   $B_r = 0.985\text{T}$   $\mu_{rm} = 240$

$H_{\mu_m} = 3200\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.976\text{kJ/m}^3$

—CrNiV 钢

14. 20CrNi4V

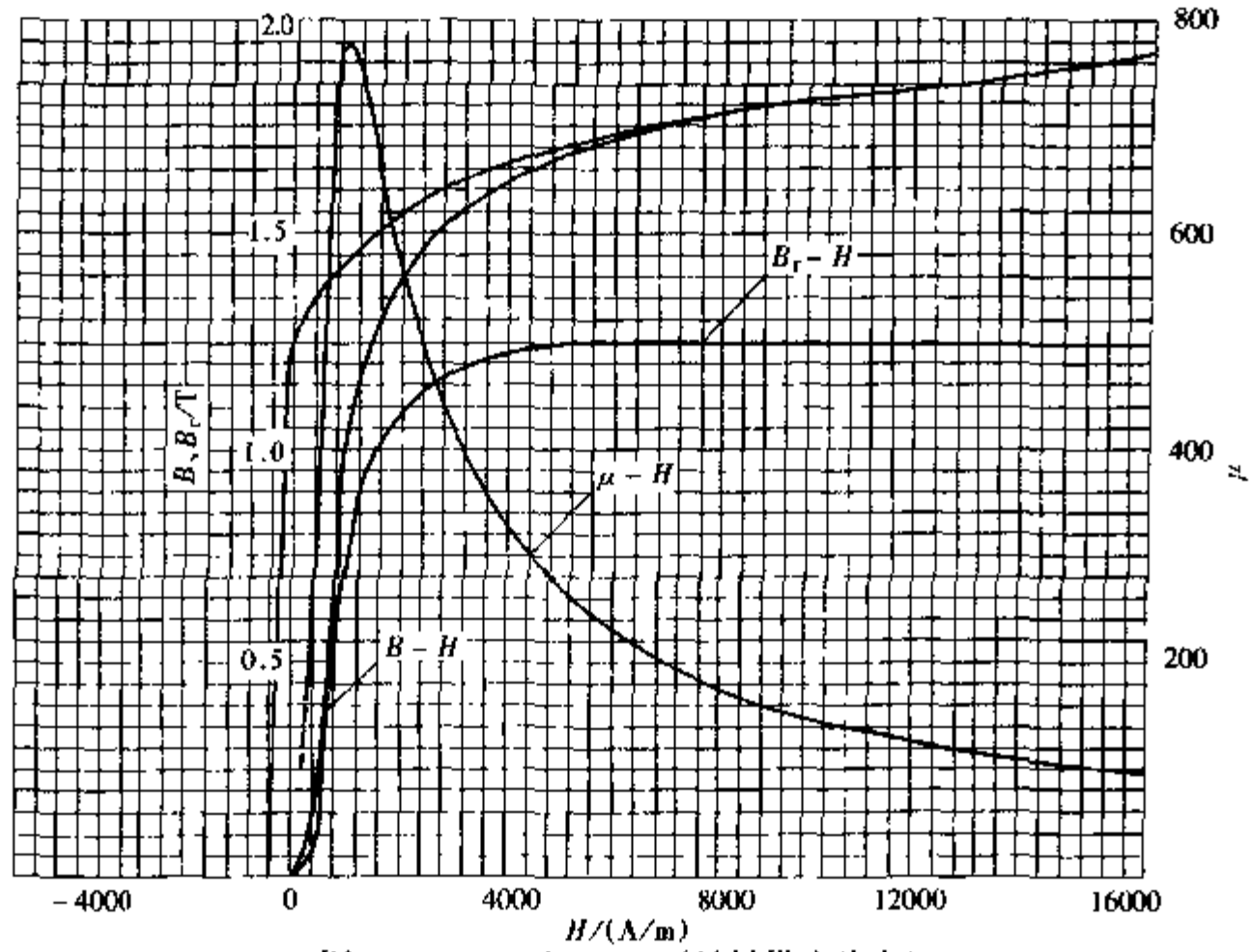


图 2-2-120 20CrNi4VA (材料供应状态)  
 25.5HRC  $H_c = 440\text{A/m}$   $B_r = 1.24\text{T}$   $\mu_{rm} = 773$   
 $H_{jm} = 960\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.176\text{kJ/m}^3$

—CrNiMoV 钢

15. PCrNi3MoV

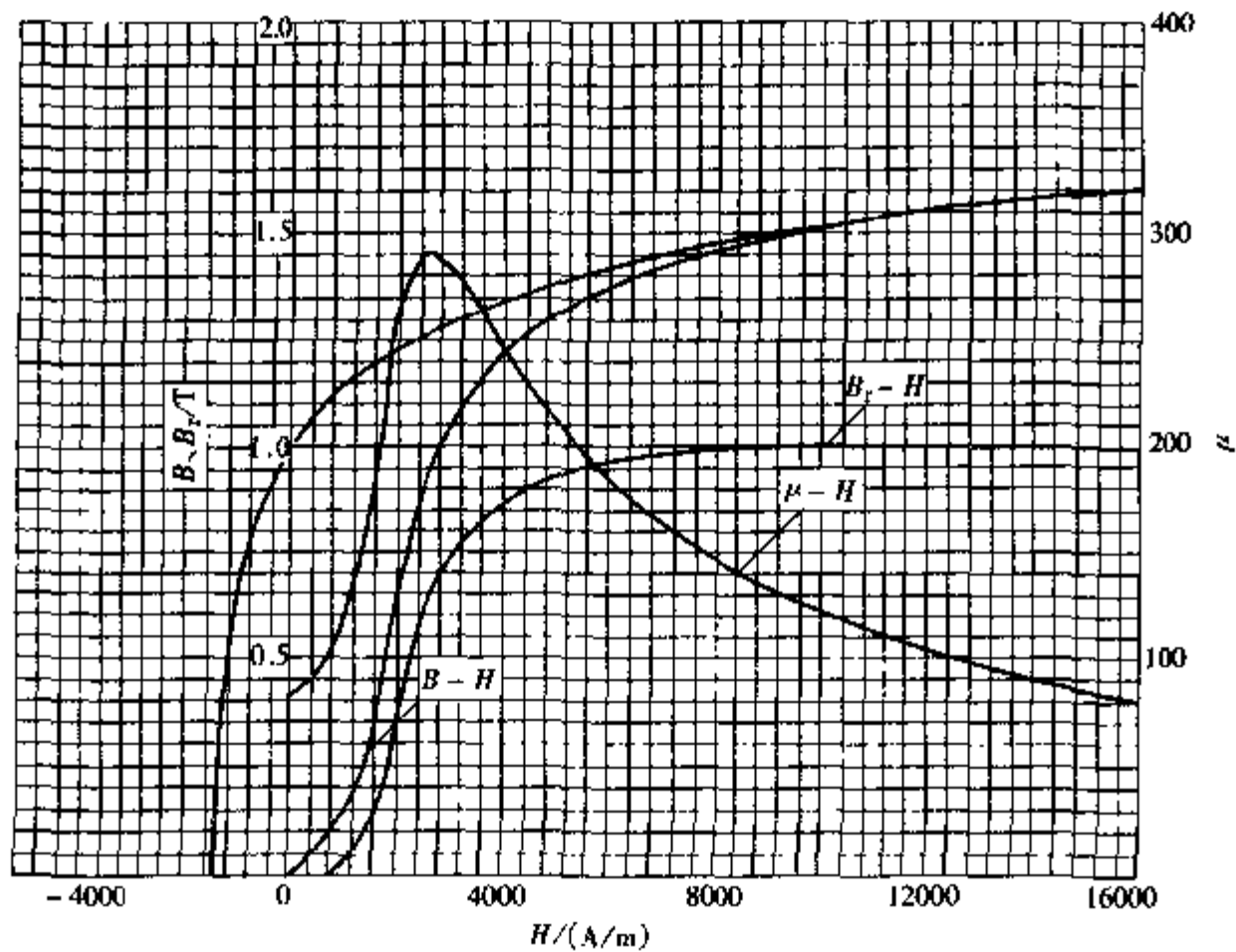


图 2-2-121 PCrNi3MoV (材料供应状态)  
 31HRC  $H_c = 1496\text{A/m}$   $B_r = 1.005\text{T}$   $\mu_{rm} = 291$   
 $H_{jm} = 2560\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.72\text{kJ/m}^3$

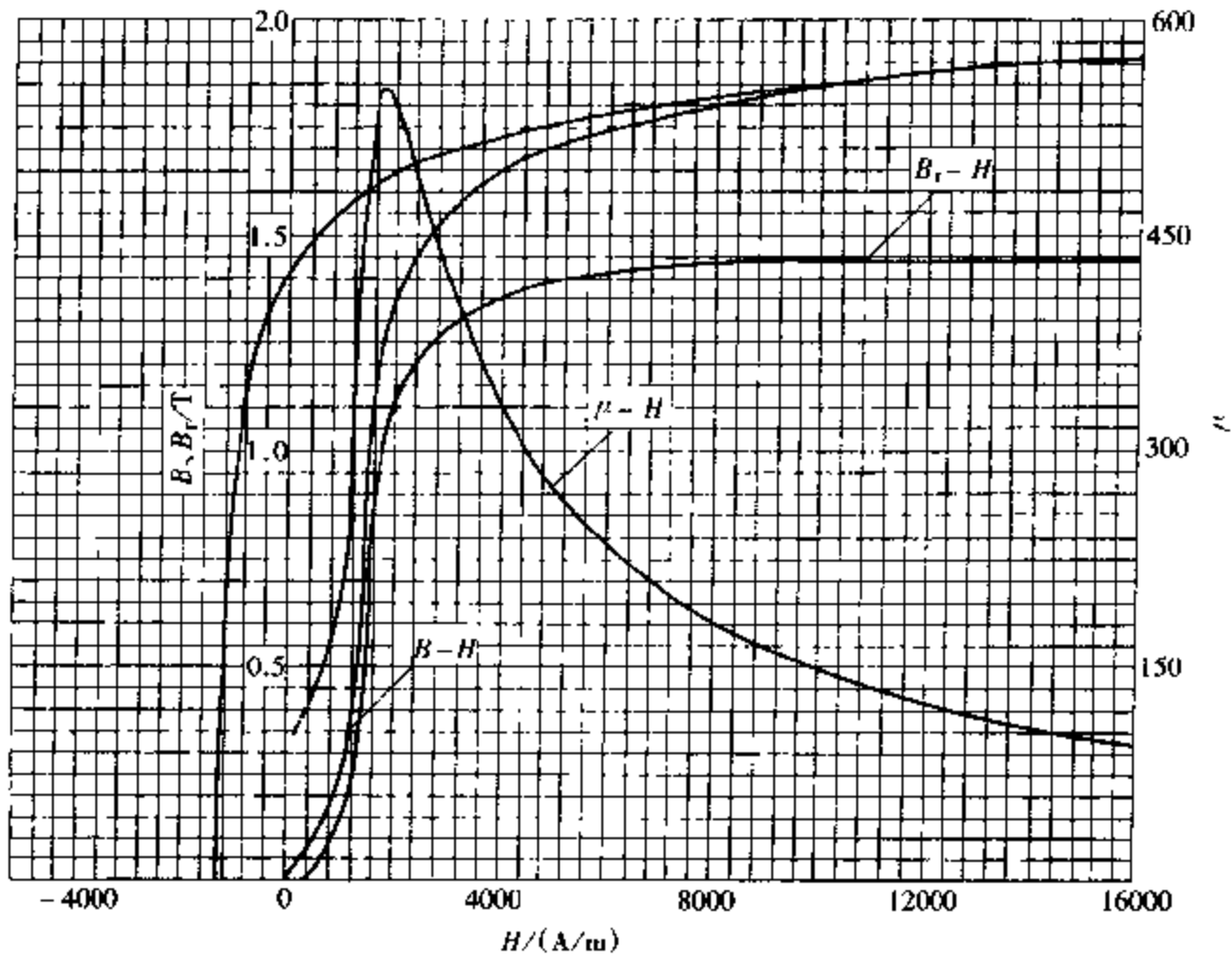


图 2-2-122 PCrNi3MoVA (880℃水淬油冷, 590℃回火)

40HRC  $H_c = 1376 \text{ A/m}$   $B_r = 1.440 \text{ T}$   $\mu_{m} = 545$

$H_{\mu_m} = 1760 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.88 \text{ kJ/m}^3$

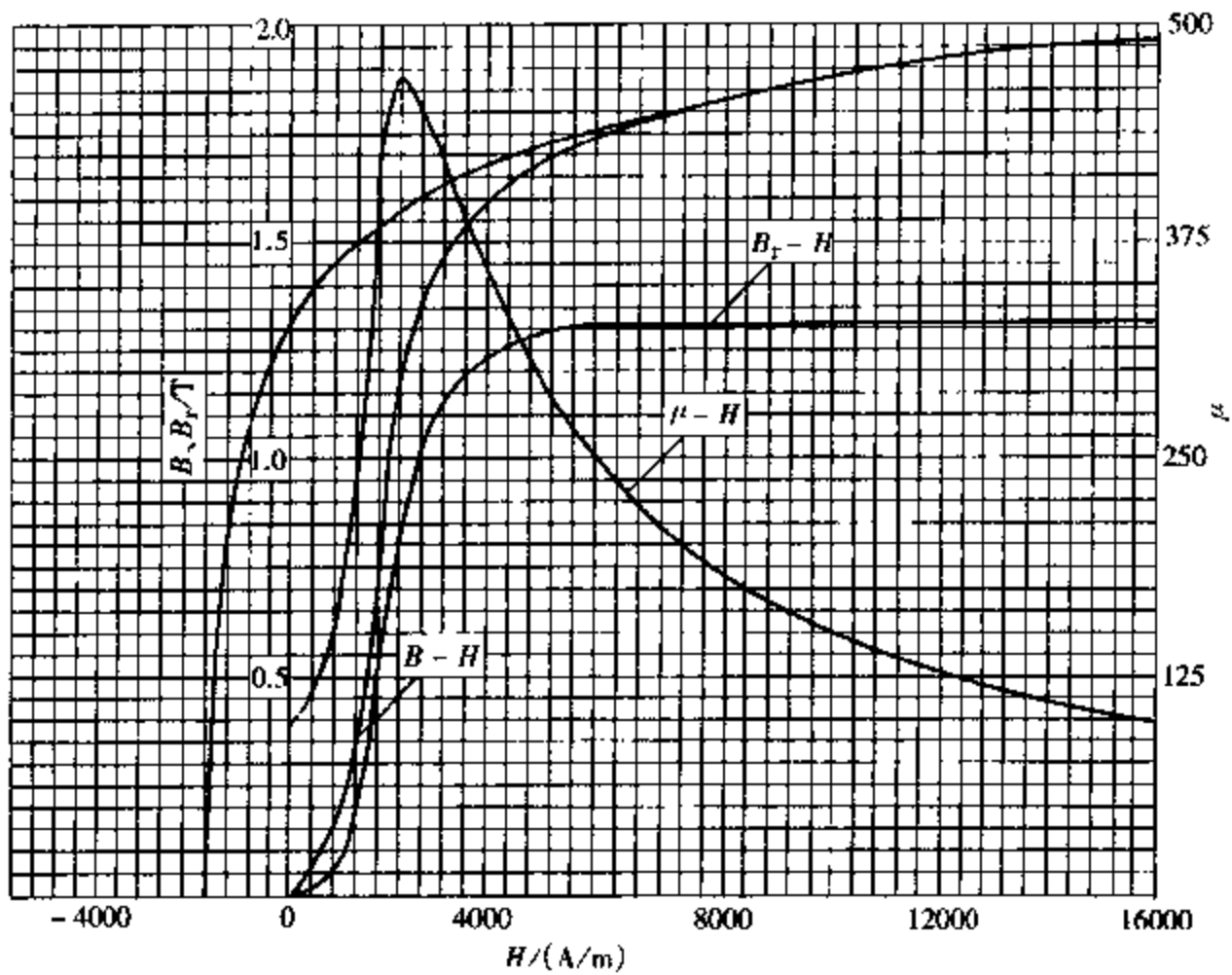


图 2-2-123 PCrNi3MoVA (850℃油淬, 540℃回火)

42HRC  $H_c = 1600 \text{ A/m}$   $B_r = 1.315 \text{ T}$   $\mu_{m} = 470$

$H_{\mu_m} = 2000 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.032 \text{ kJ/m}^3$

16. 45CrNiMoV

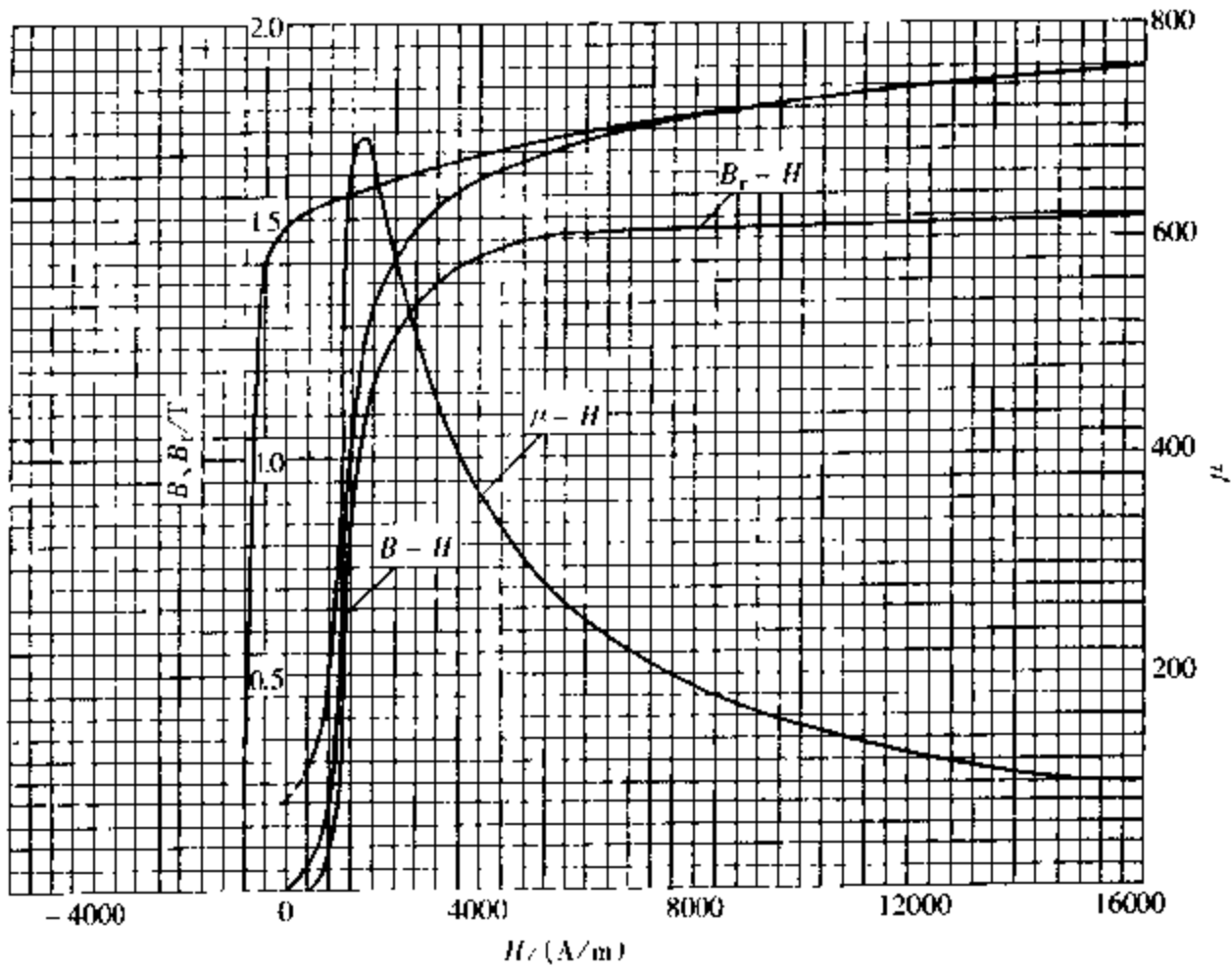


图 2-2-124 45CrNiMoVA (材料供应状态)

27HRC  $H_c = 824 \text{ A/m}$   $B_r = 1.535 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 694$

$H_{\mu m} = 1360 \text{ A/m}$   $(HB)_{\mu m} = 0.68 \text{ kJ/m}^3$

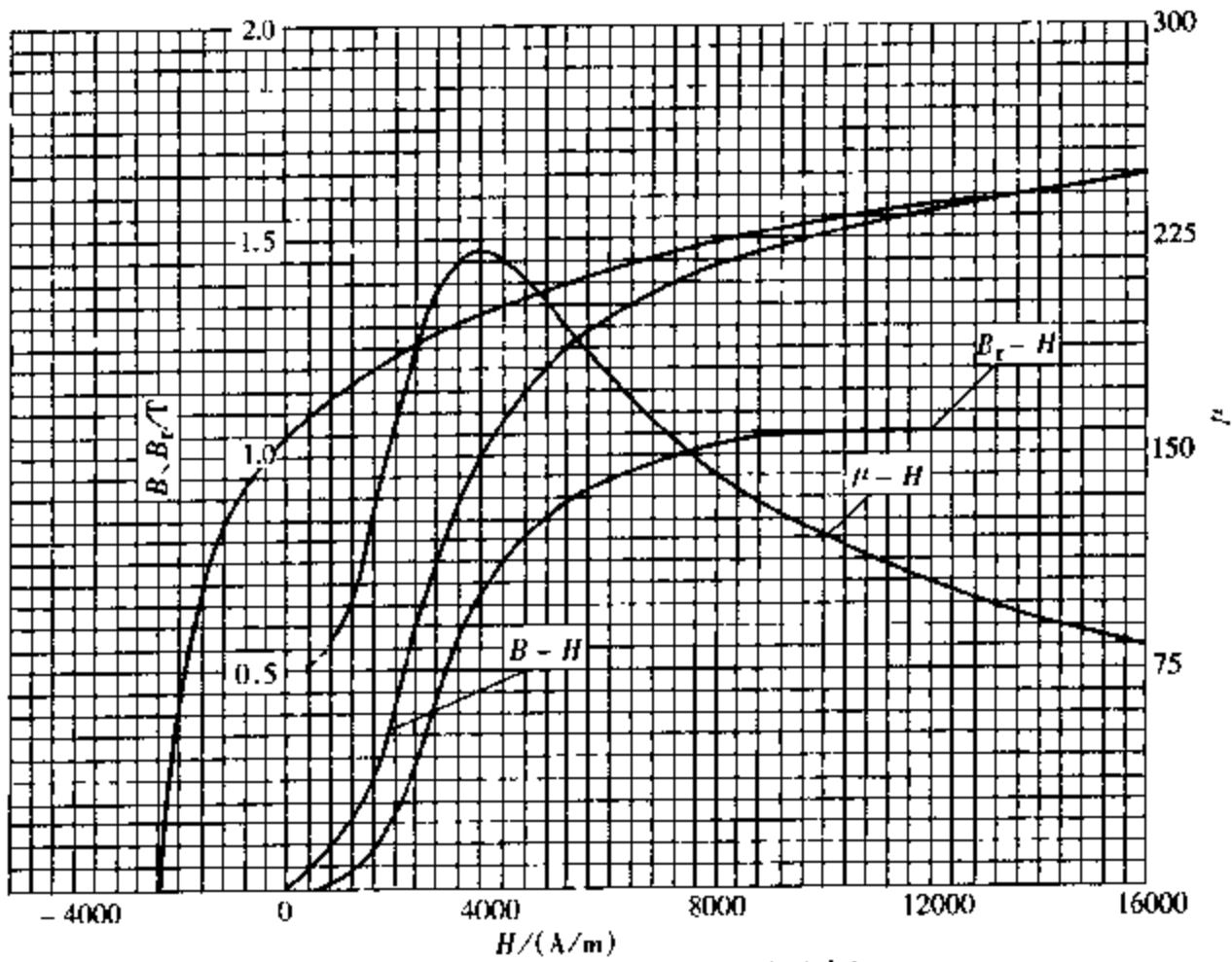


图 2-2-125 45CrNiMoVA (正火)

46HRC  $H_c = 2400 \text{ A/m}$   $B_r = 1.05 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 221$

$H_{\mu m} = 3520 \text{ A/m}$   $(HB)_{\mu m} = 1.096 \text{ kJ/m}^3$

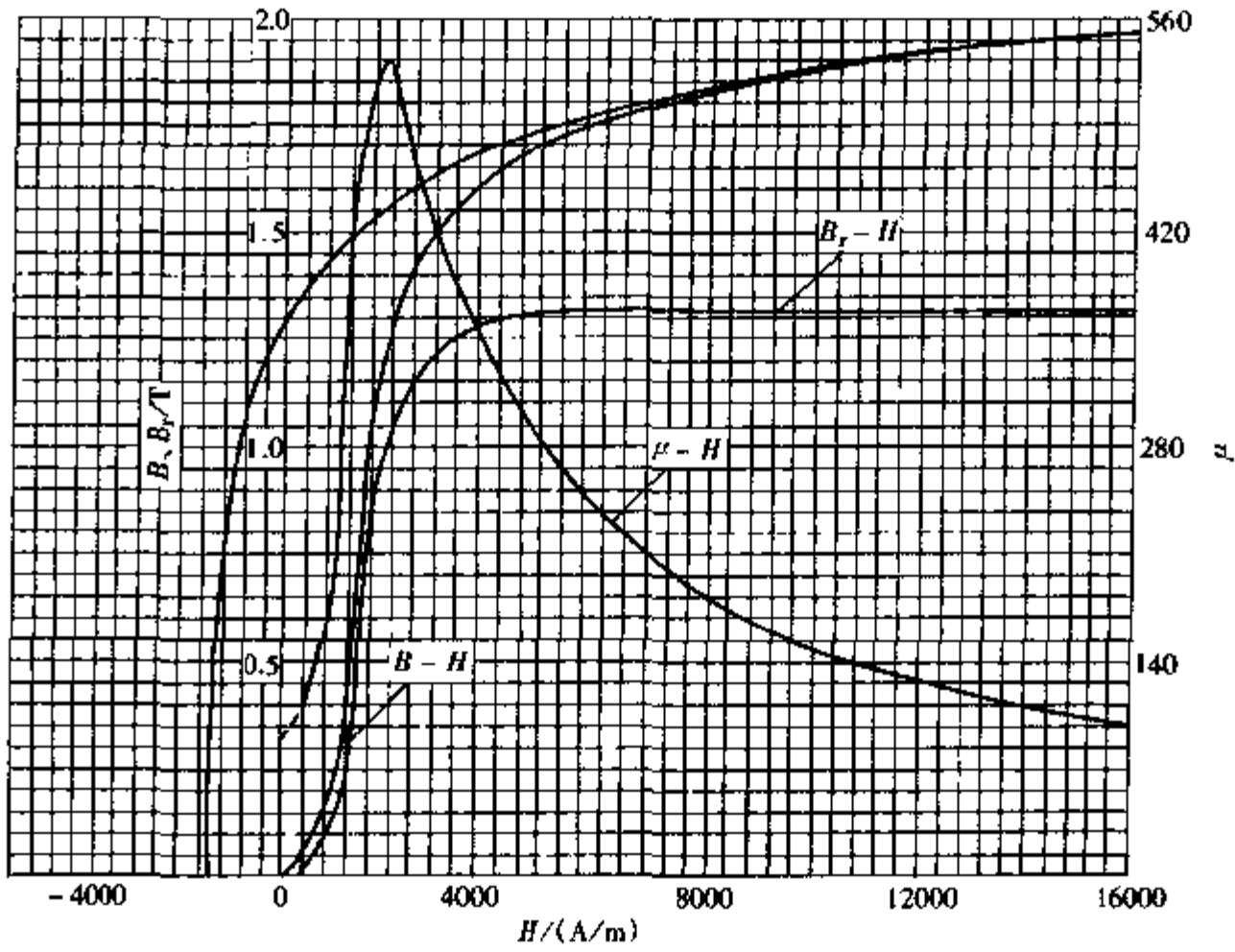


图 2-2-126 45CrNiMoVA (860°C油淬, 440°C回火)

47.5HRC  $H_c = 1456 \text{ A/m}$   $B_r = 1.3 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 529$

$H_{cm} = 1856 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.912 \text{ kJ/m}^3$

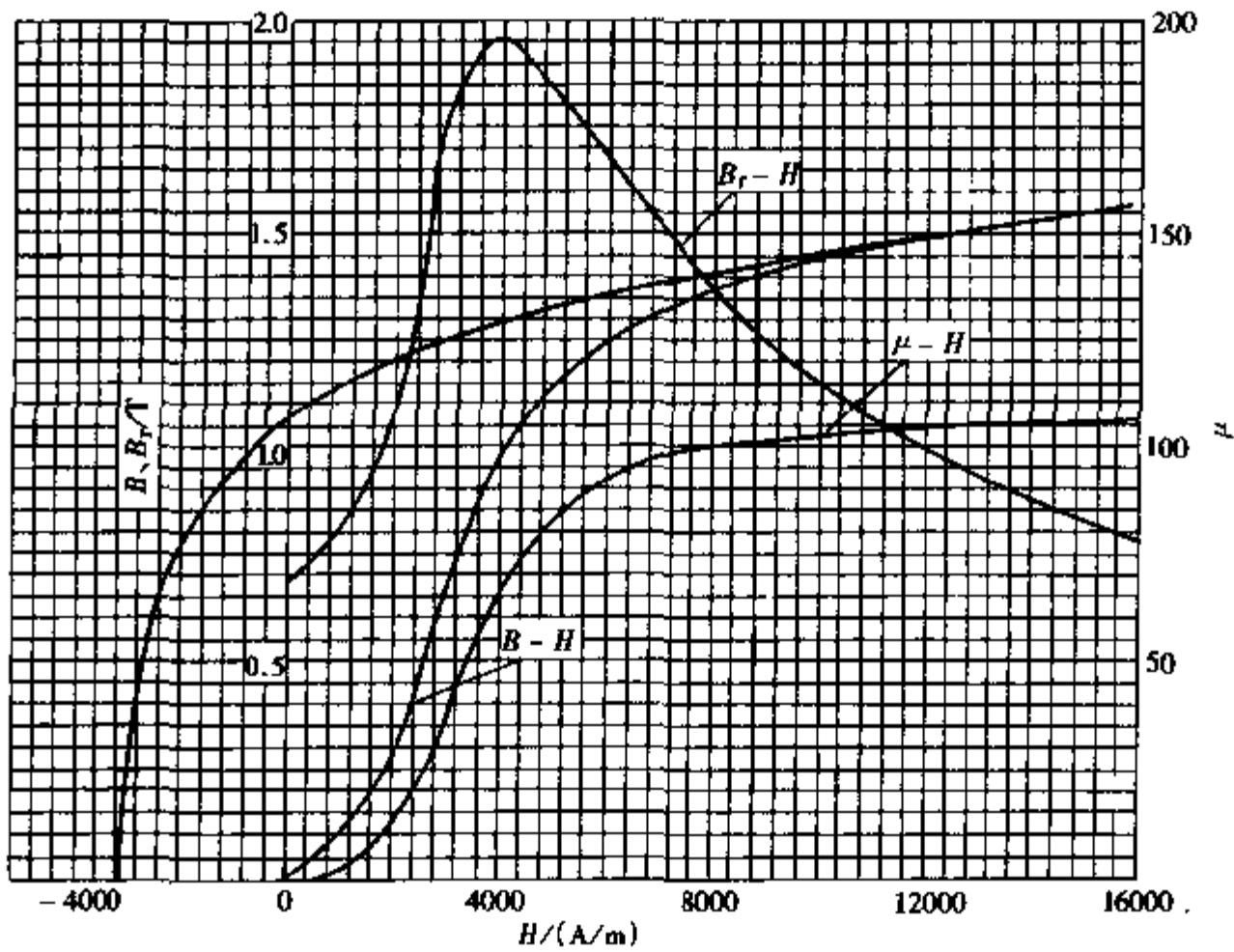


图 2-2-127 45CrNiMoVA (860°C油淬, 190°C回火)

55HRC  $H_c = 3088 \text{ A/m}$   $B_r = 1.06 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 195$

$H_{cm} = 3920 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.984 \text{ kJ/m}^3$



17. 30CrNi2MoVA

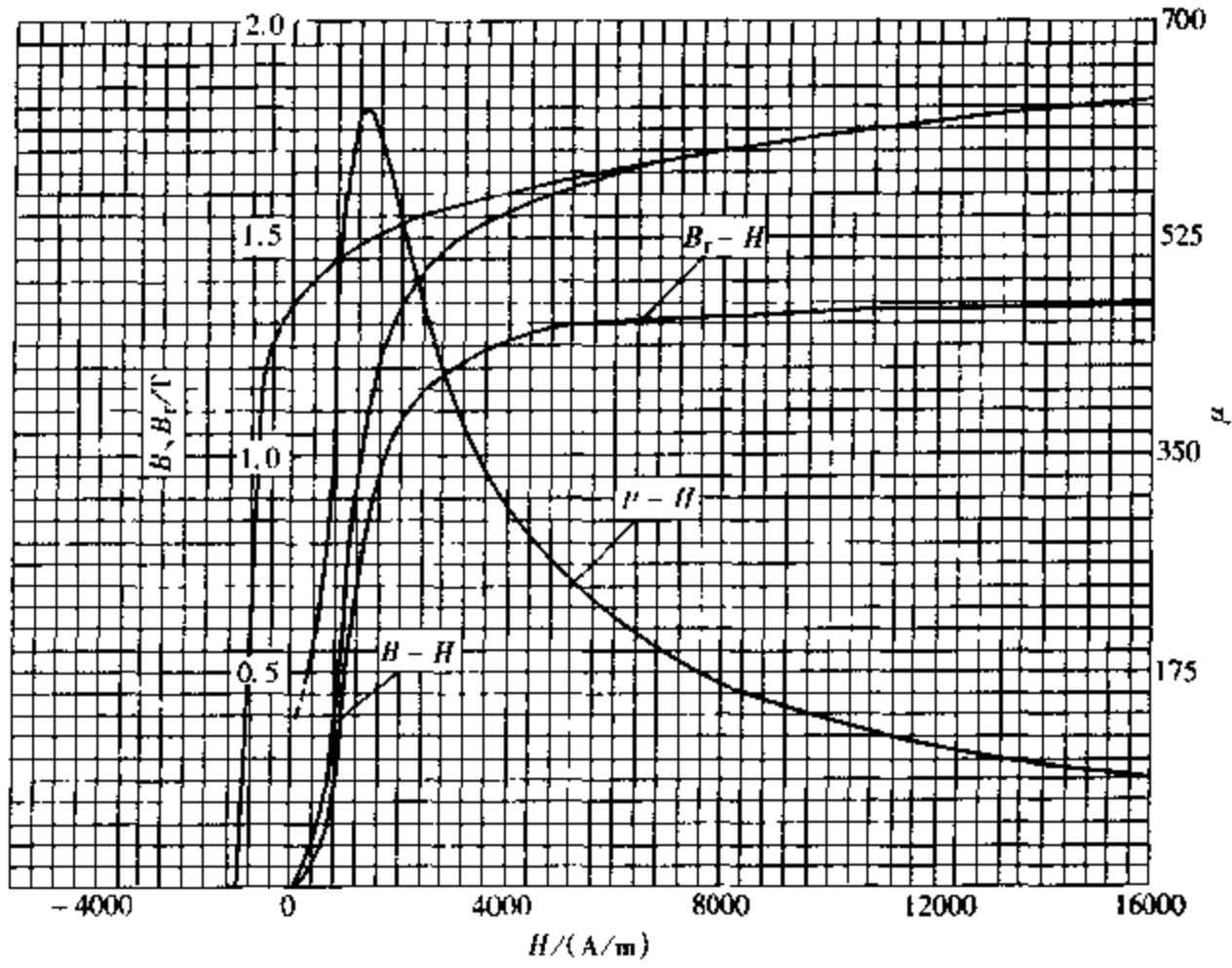


图 2-2-128 30CrNi2MoVA (材料供应状态)

24HRC  $H_c = 944\text{A/m}$   $B_r = 1.345\text{T}$   $\mu_{rm} = 626$

$H_{\mu m} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.96\text{kJ/m}^3$

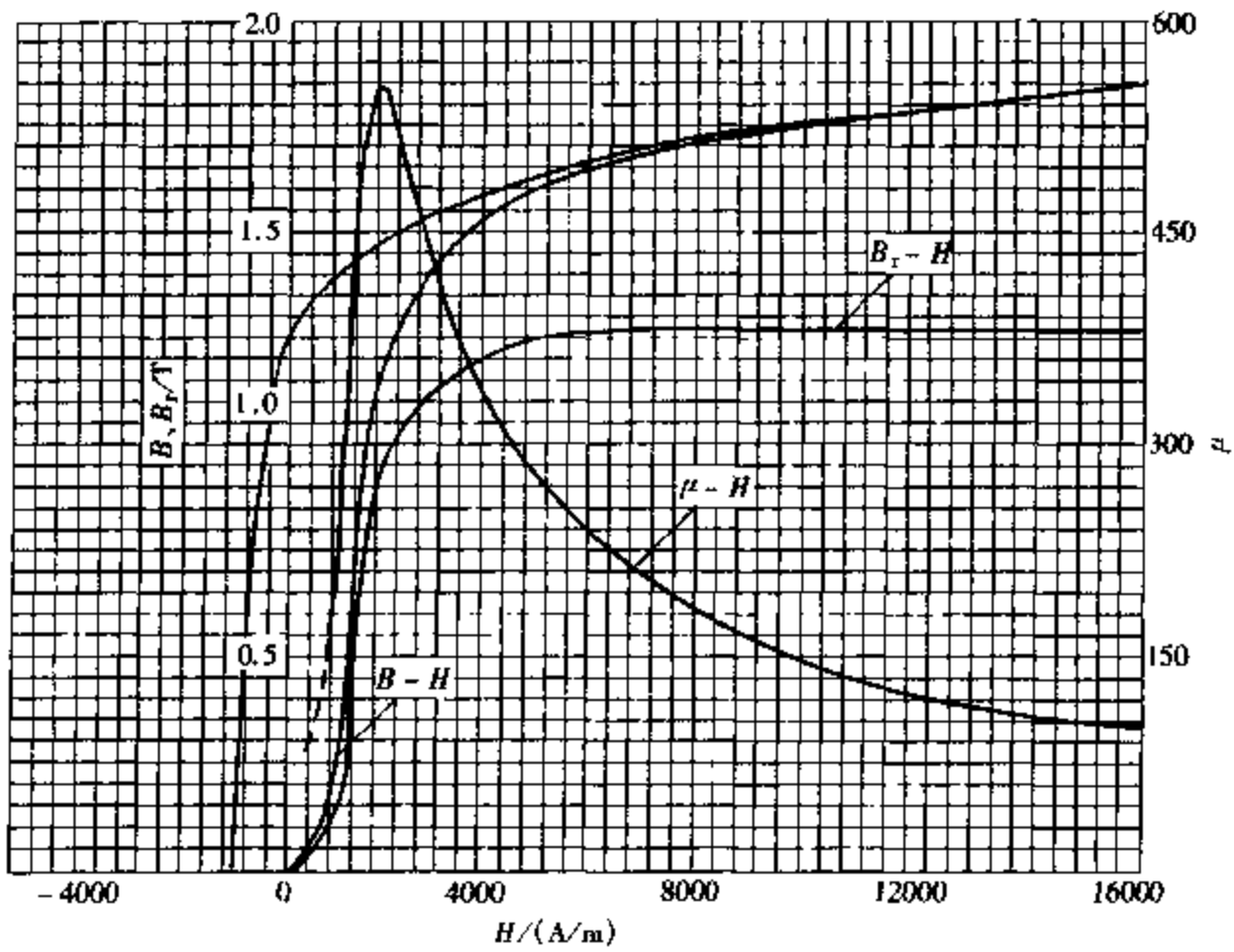


图 2-2-129 30CrNi2MoVA (860°C正火, 640°C回火)

32.5HRC  $H_c = 1040\text{A/m}$   $B_r = 1.27\text{T}$   $\mu_{rm} = 552$

$H_{\mu m} = 1640\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.52\text{kJ/m}^3$

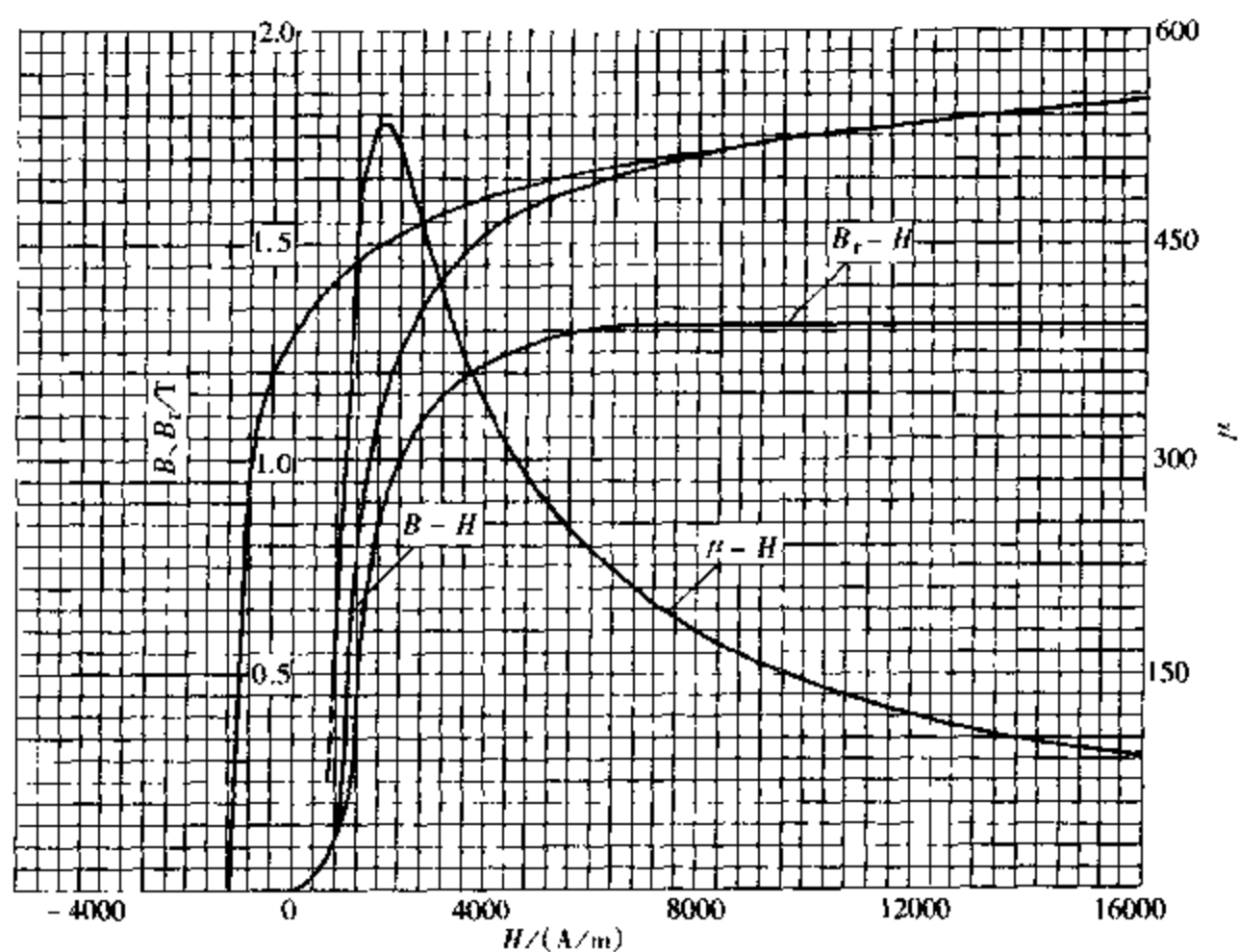


图 2-2-130 30CrNi2MoVA (860℃油淬, 640℃回火)

41HRC  $H_i = 1160 \text{ A/m}$   $B_r = 1.315 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 534$

$H_{\mu_m} = 1680 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.76 \text{ kJ/m}^3$

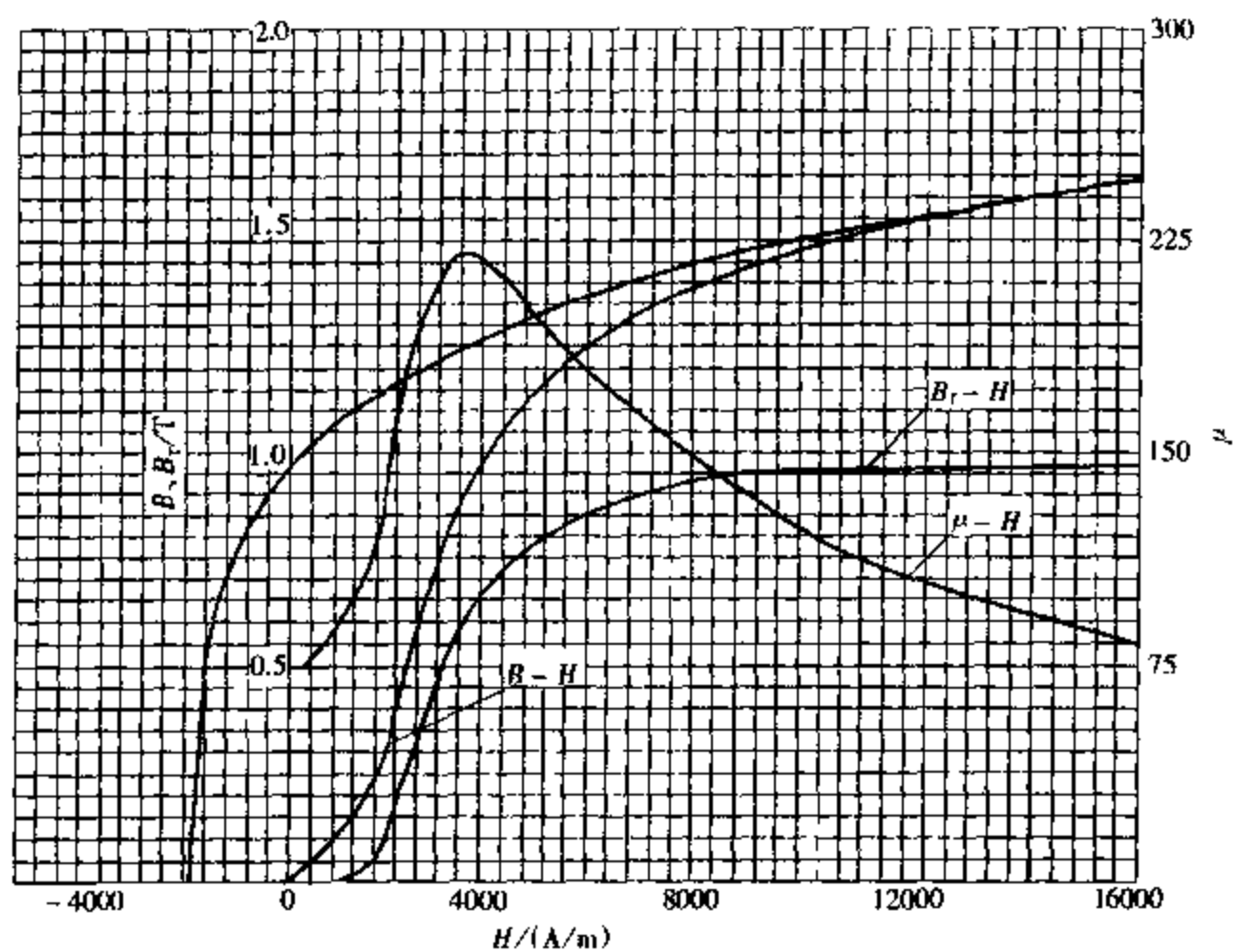


图 2-2-131 30CrNi2MoVA (860℃油淬, 270℃回火)

46HRC  $H_i = 1848 \text{ A/m}$   $B_r = 0.97 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 221$

$H_{\mu_m} = 3120 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.8 \text{ kJ/m}^3$

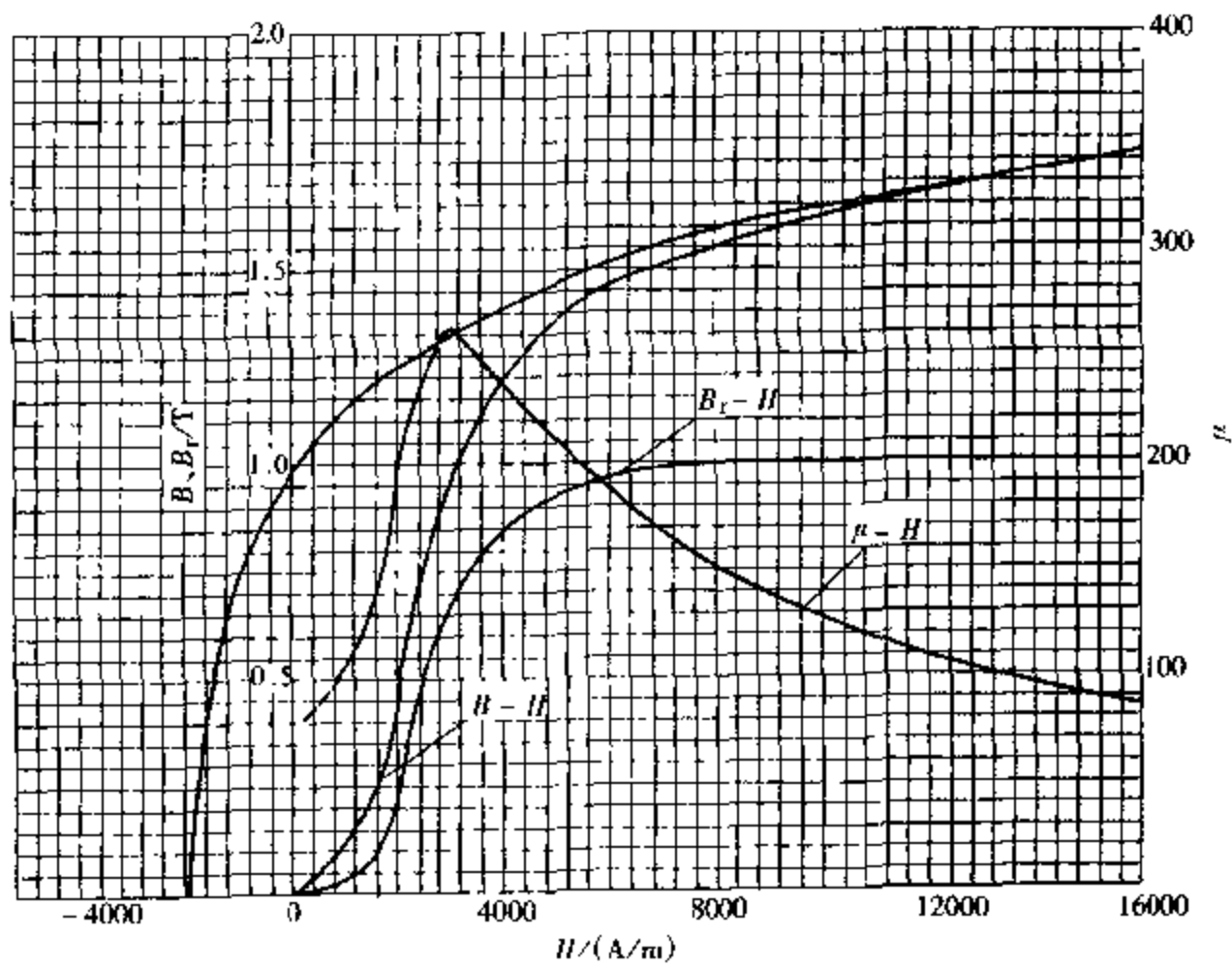


图 2-2-132 30CrNi2MoVA (860℃油淬, 220℃回火)

46HRC  $H_i = 1872 \text{ A/m}$   $B_r = 0.97 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 262$

$H_{\mu_m} = 3040 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.808 \text{ kJ/m}^3$

18. 32CrNi2MoV

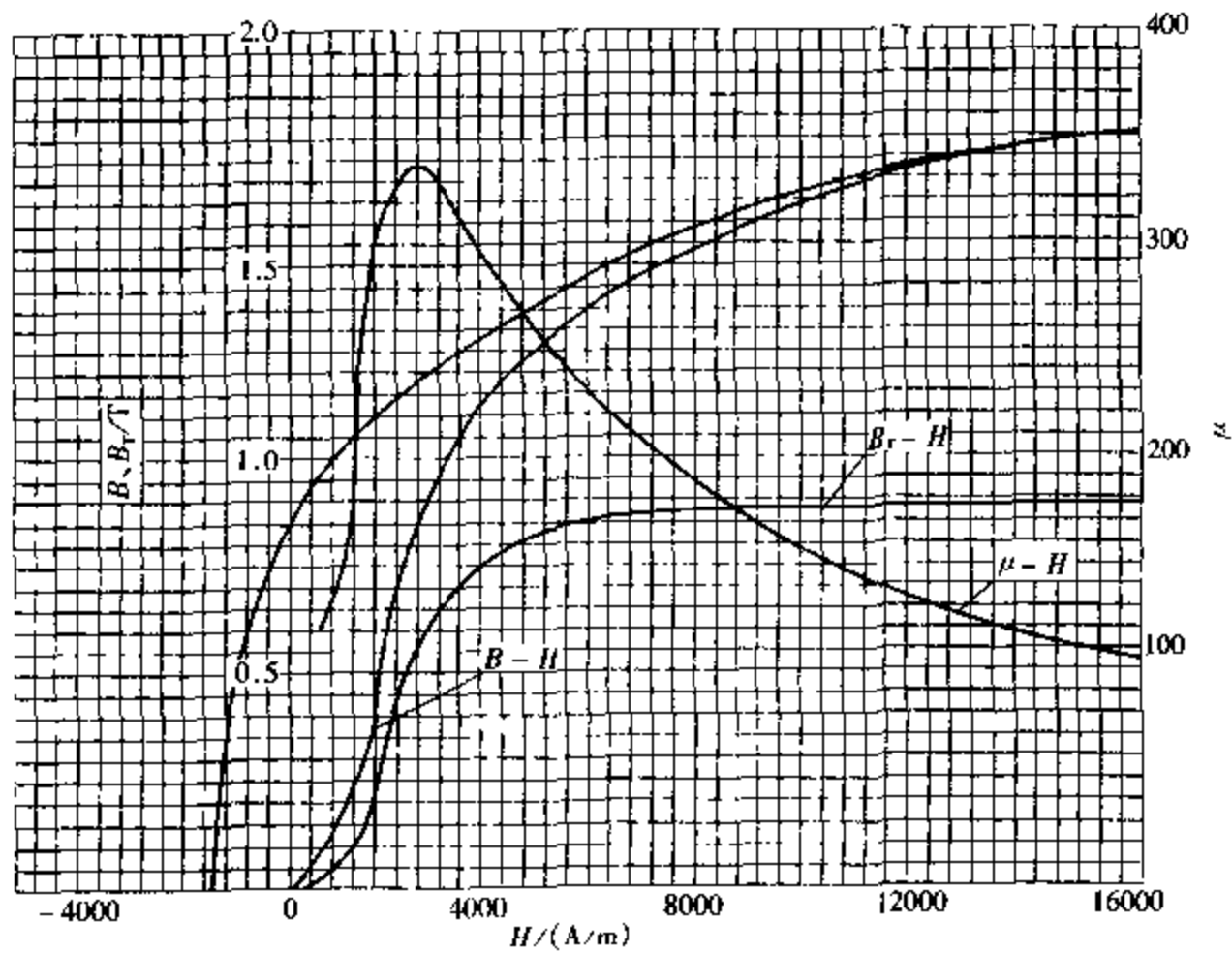


图 2-2-133 32CrNi2MoV (材料供应状态)

30HRC  $H_i = 1400 \text{ A/m}$   $B_r = 0.87 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 280$

$H_{\mu_m} = 2400 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.87 \text{ kJ/m}^3$

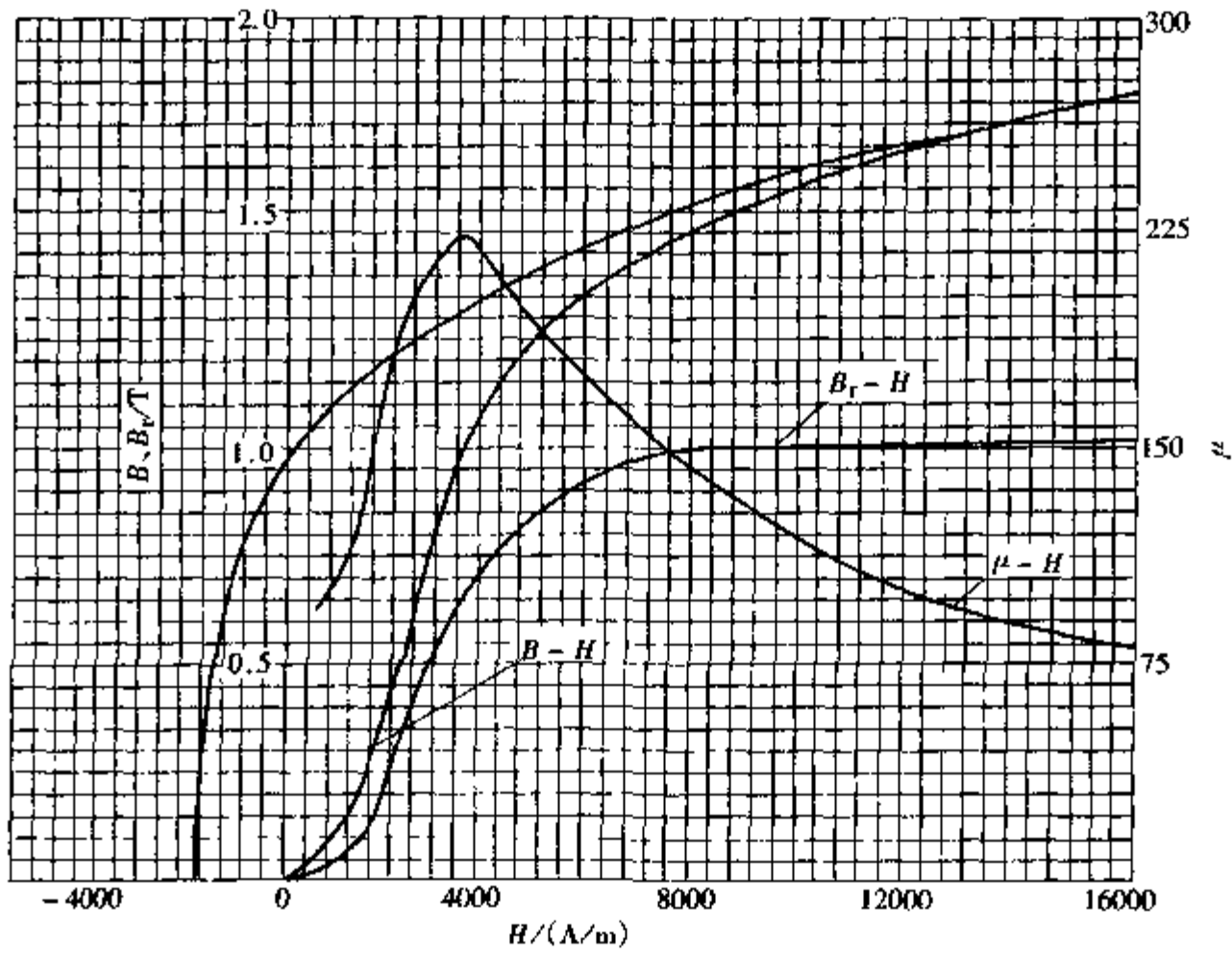


图 2-2-134 32CrNi2MoV

38HRC  $H_c = 1760\text{A/m}$   $B_r = 1.01\text{T}$   $\mu_{r,m} = 246$

$H_{\mu_m} = 3280\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.84\text{kJ/m}^3$

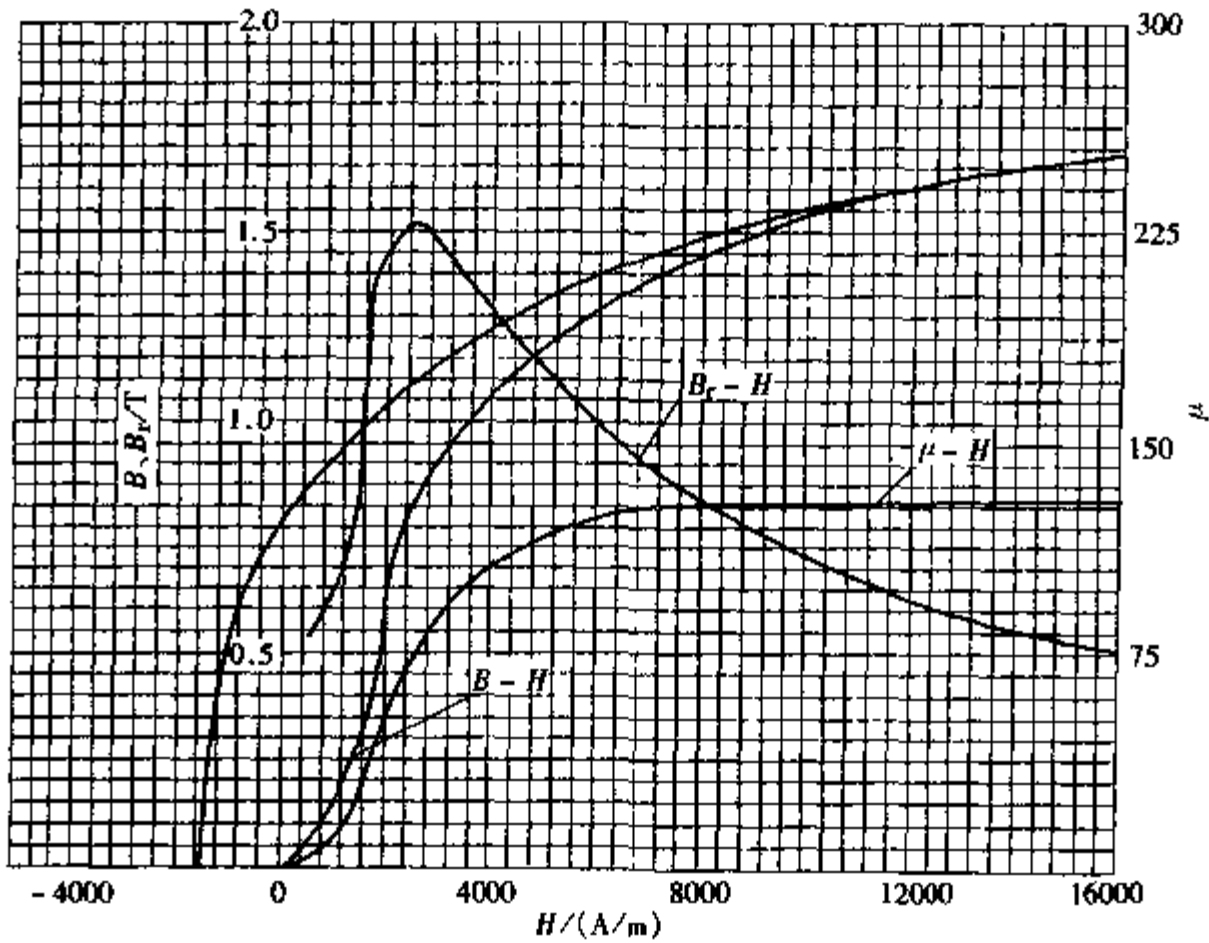


图 2-2-135 32CrNi2MoV (860°C油淬, 580°C回火)

44HRC  $H_c = 1440\text{A/m}$   $B_r = 0.85\text{T}$   $\mu_{r,m} = 253$

$H_{\mu_m} = 2520\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.612\text{kJ/m}^3$

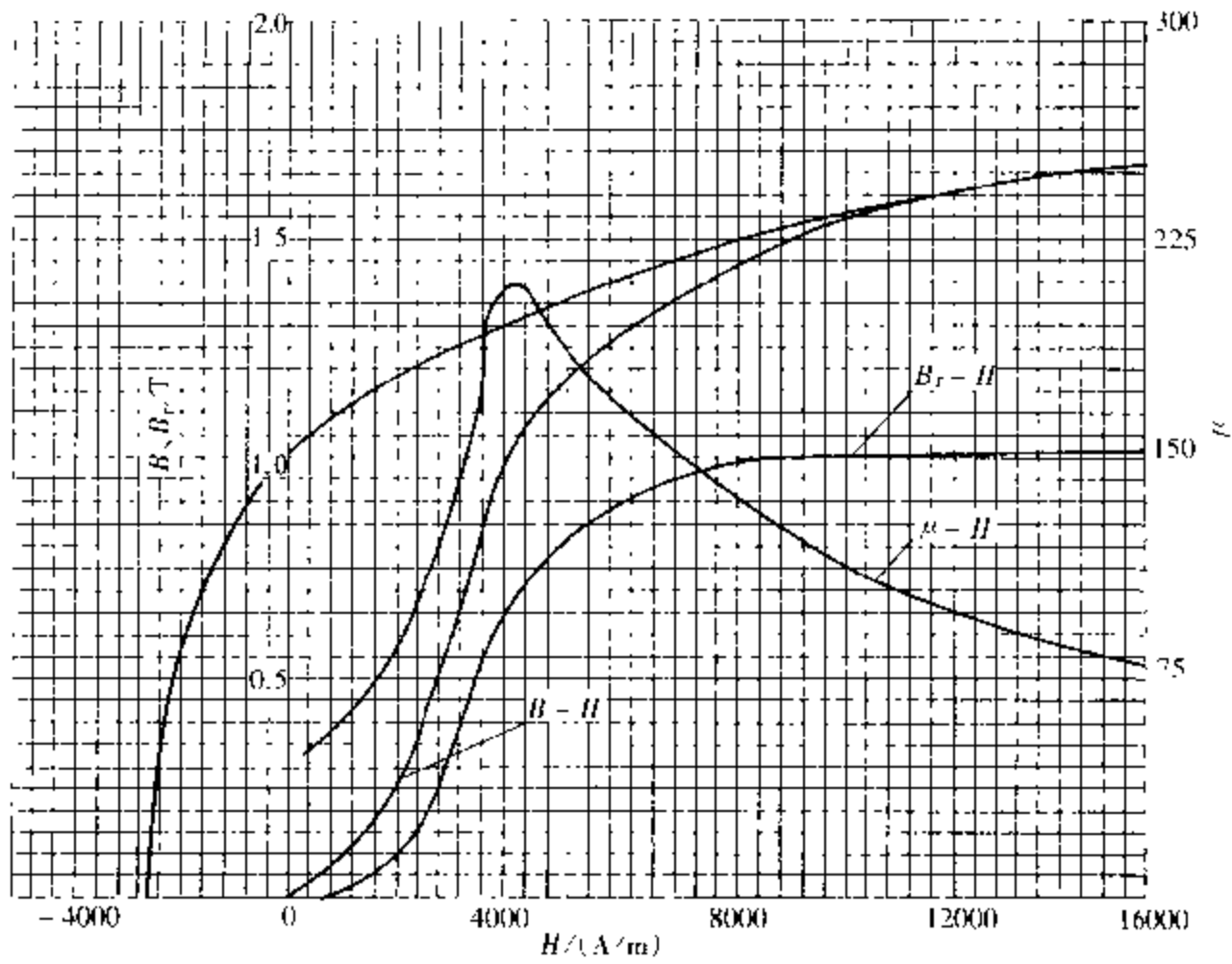


图 2-2-136 32CrNi2MoV (860℃油淬, 180℃回火)

48HRC  $H = 2600 \text{ A/m}$   $B_r = 1.01 \text{ T}$   $\mu_{im} = 218$

$H_m = 4240 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.45 \text{ kJ/m}^3$

—CrNiMnMo 钢

19. 18CrNiMnMo

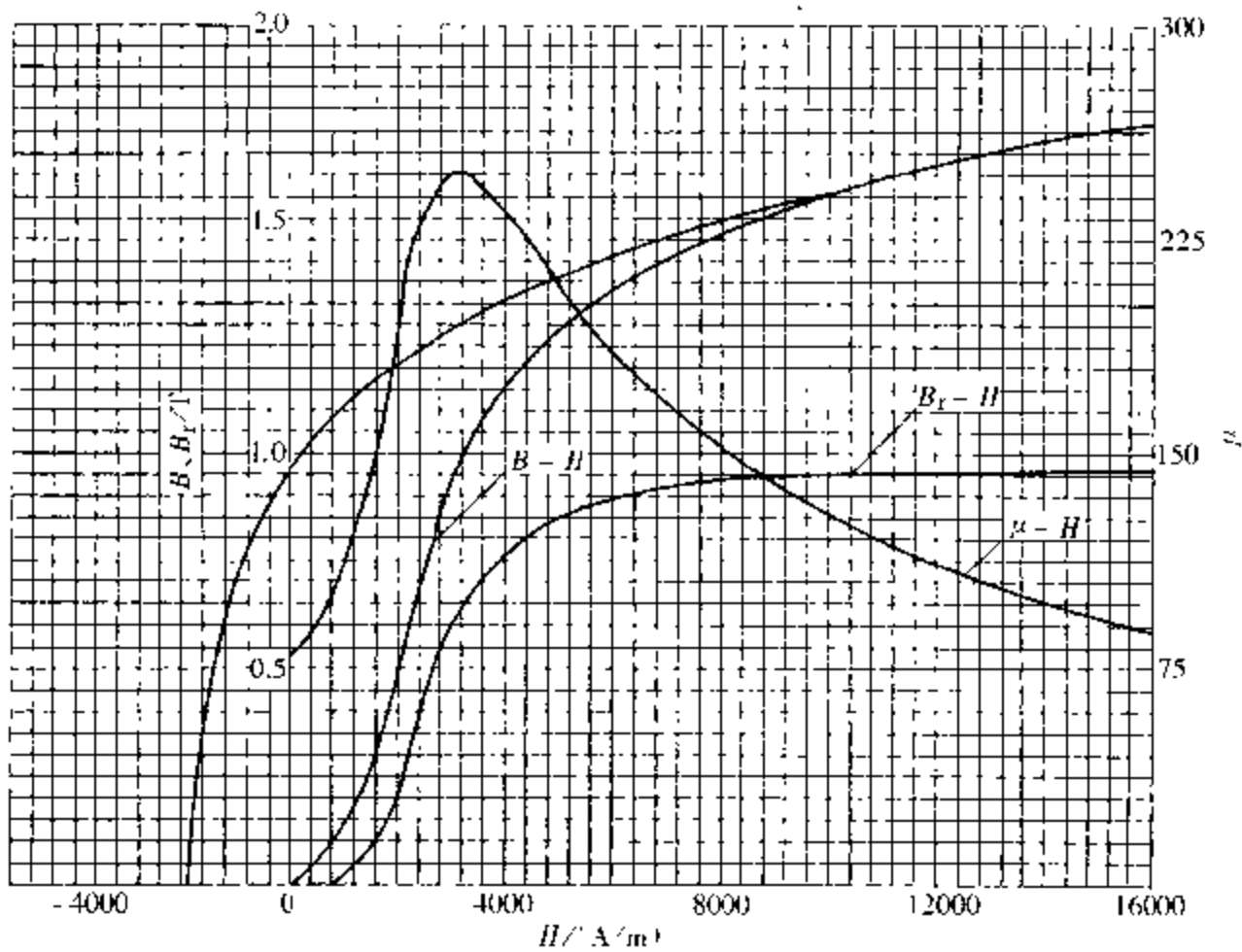


图 2-2-137 18CrNiMnMo (830℃油淬, 200℃回火)

41HRC  $H = 1880 \text{ A/m}$   $B_r = 0.955 \text{ T}$   $\mu_{im} = 249$

$H_m = 3120 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.72 \text{ kJ/m}^3$

—CrNiMnMoV 钢

20. 35CrNiMnMoV

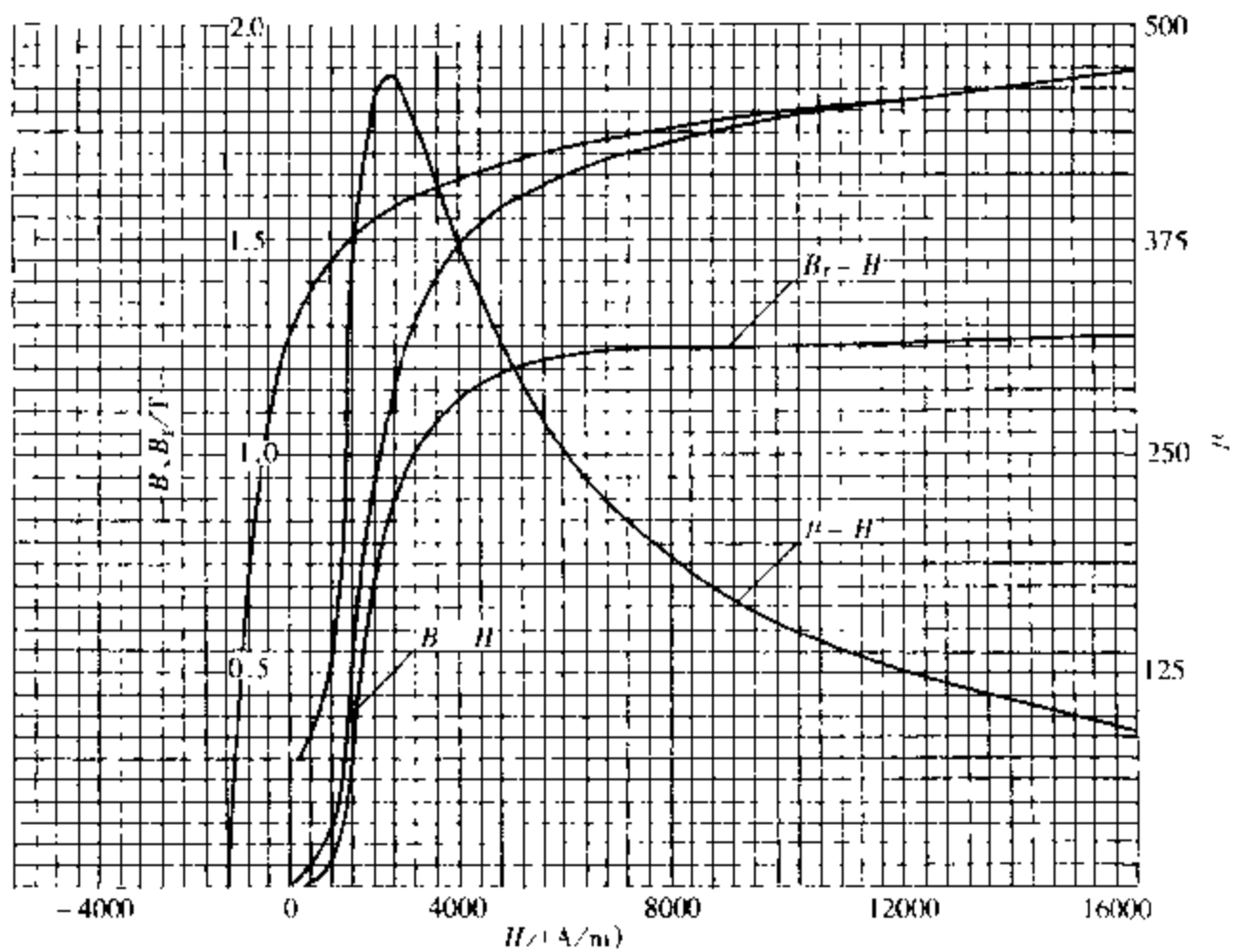


图 2-2-138 35CrNiMnMoV (材料供应状态)

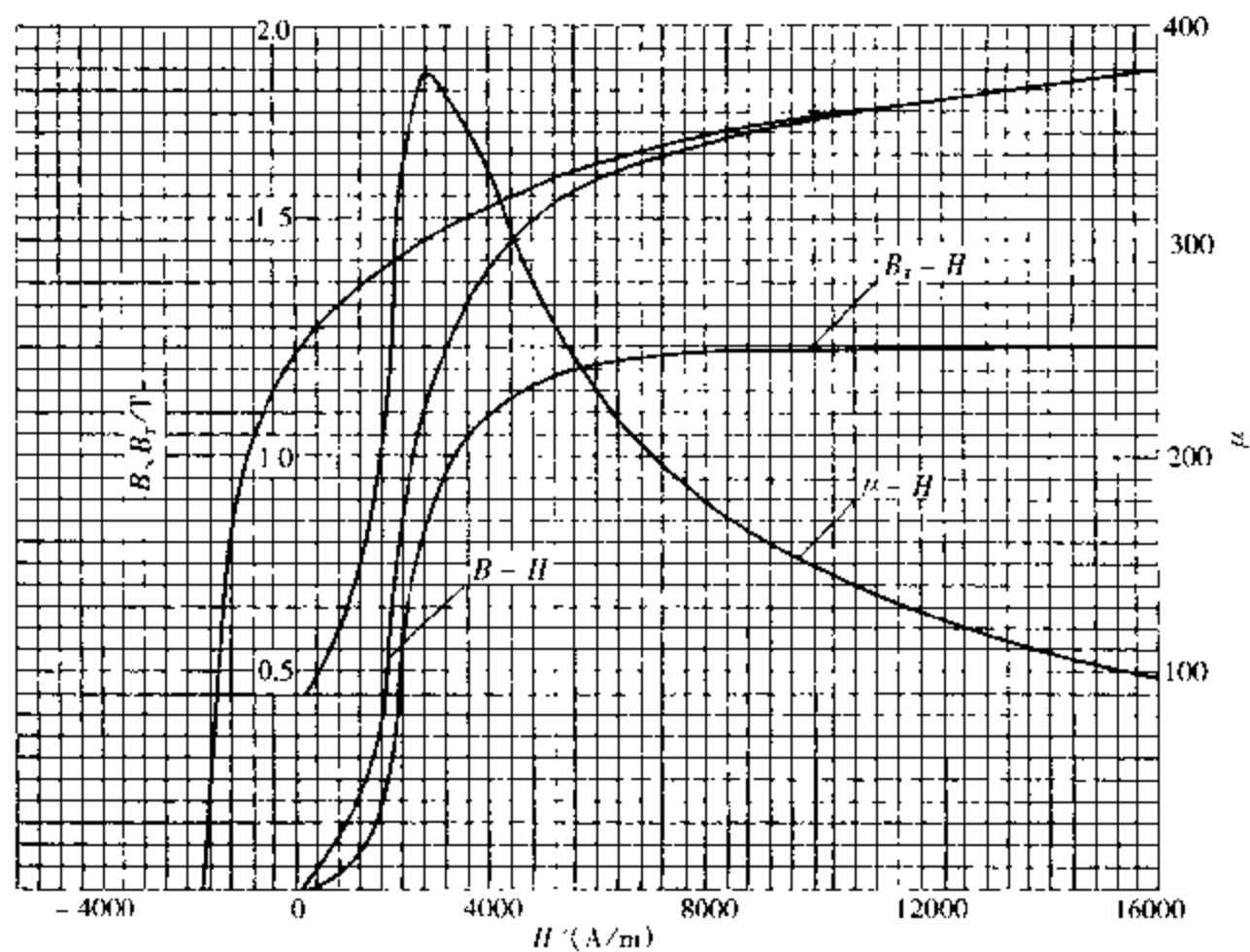
29HRC  $H_i = 1104 \text{ A/m}$   $B_i = 1.27 \text{ T}$   $\mu_{im} = 470$  $H_{im} = 1920 \text{ A/m}$   $(HB)_{im} = 0.544 \text{ kJ/m}^3$ 

图 2-2-139 35CrNiMnMoV (910°C 正火, 870°C 油淬, 570°C 回火)

45.5HRC  $H_i = 1744 \text{ A/m}$   $B_i = 1.245 \text{ T}$   $\mu_{im} = 377$  $H_{im} = 2440 \text{ A/m}$   $(HB)_{im} = 1.024 \text{ kJ/m}^3$

—CrNiW 钢

21. 18CrNiWA

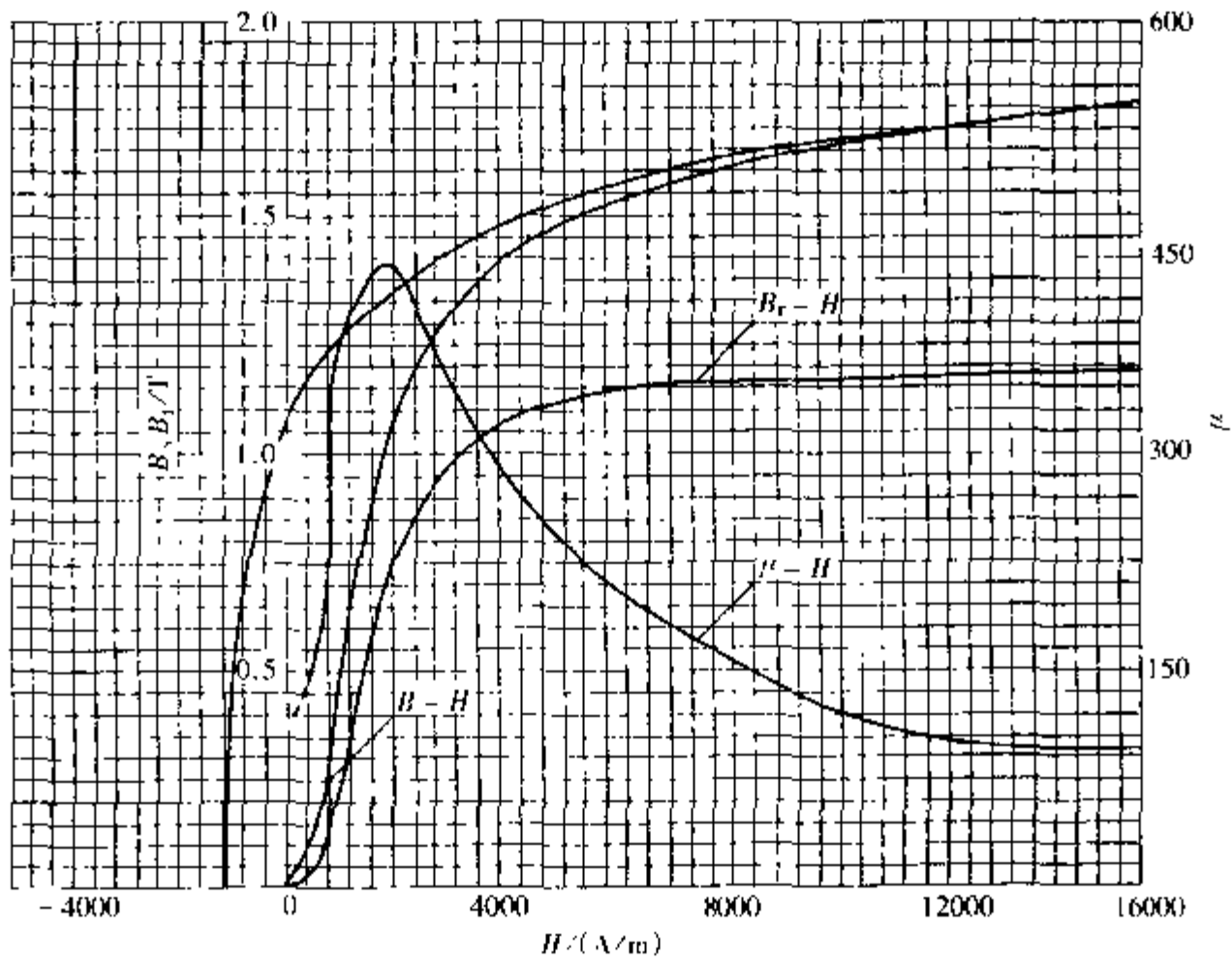


图 2-2-140 18CrNiWA (正火, 640°C回火)

25.5HRC  $H_c = 1200 \text{ A/m}$   $B_s = 1.06 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 426$

$H_{cm} = 1760 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.52 \text{ kJ/m}^3$

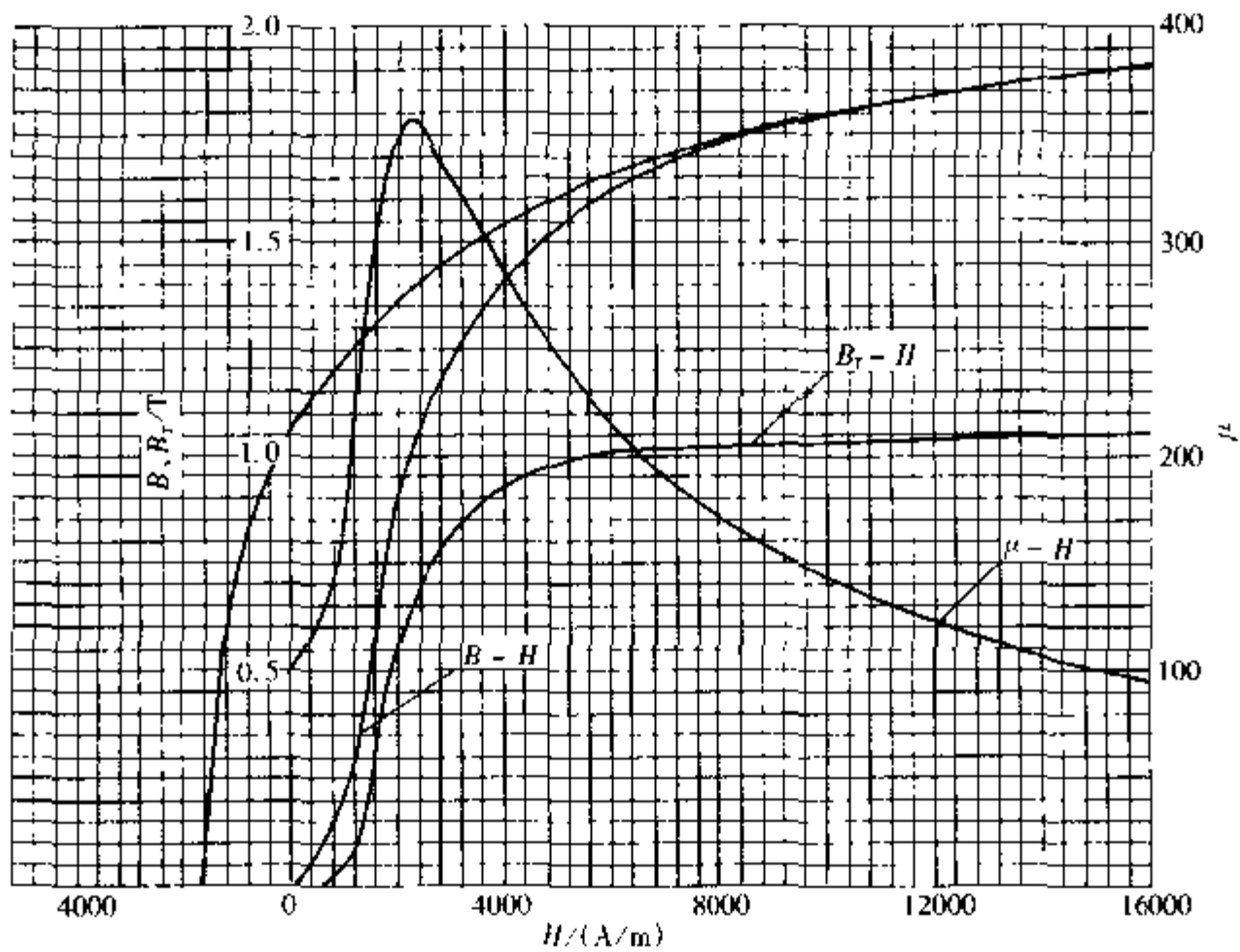


图 2-2-141 18CrNiWA (880°C空冷, 580°C回火)

37HRC  $H_c = 1584 \text{ A/m}$   $B_s = 1.053 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 357$

$H_{cm} = 2240 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.736 \text{ kJ/m}^3$

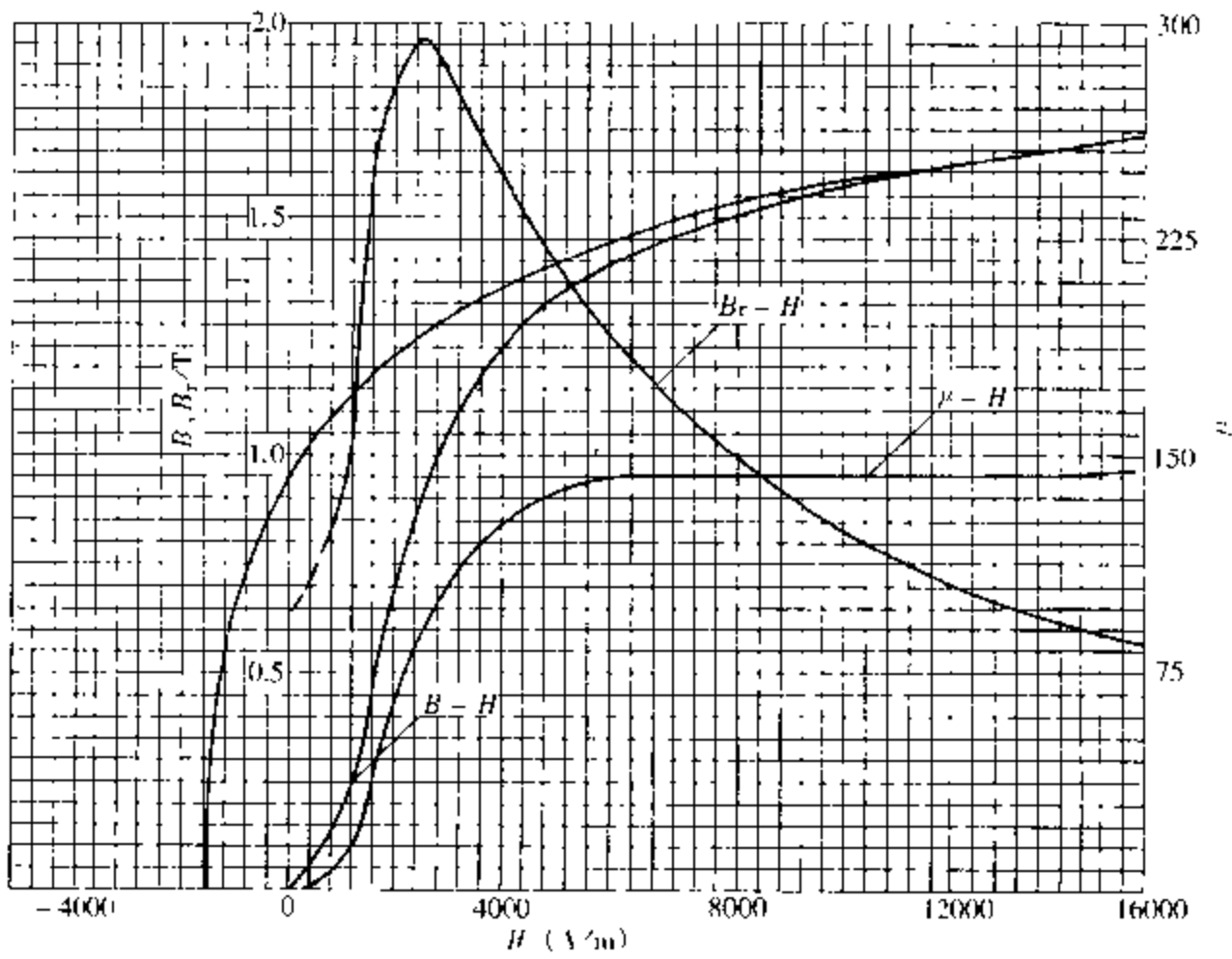


图 2-2-142 18CrNiWA (850°C油淬, 550°C回火)

38HRC  $H_c = 1568 \text{ A/m}$   $B_r = 0.961$   $\mu_m = 295$

$H_m = 2560 \text{ A/m}$  ( $HB_{100} = 0.632 \text{ kJ/m}^2$ )

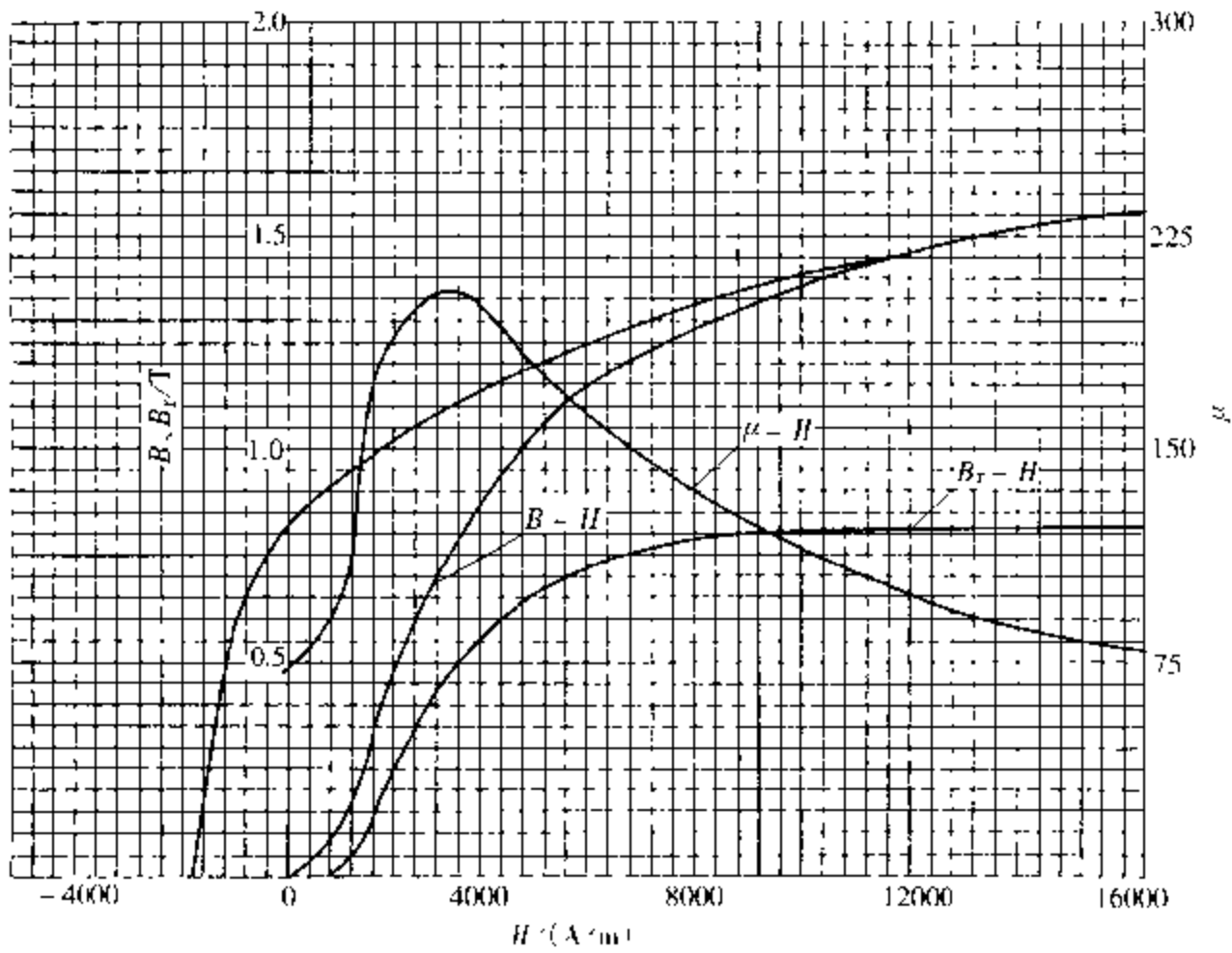


图 2-2-143 18CrNiWA (880°C油淬, 220°C回火)

41HRC  $H_c = 1800 \text{ A/m}$   $B_r = 0.8151$   $\mu_m = 204$

$H_m = 3120 \text{ A/m}$  ( $HB_{100} = 0.568 \text{ kJ/m}^2$ )



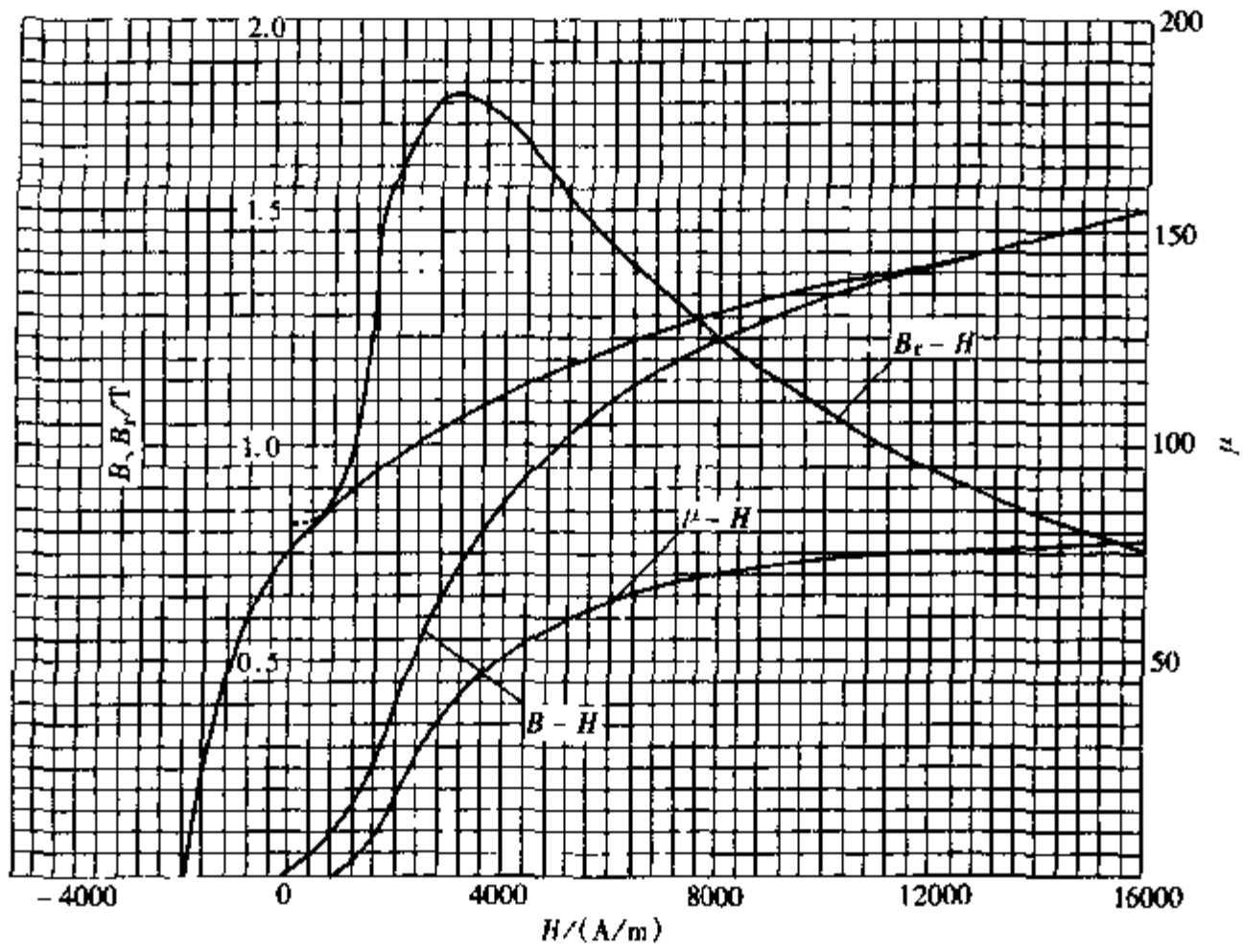


图 2-2-144 18CrNiWA (830℃空冷, 170℃回火)

45HRC  $H_c = 1920 \text{ A/m}$   $B_r = 0.77 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 182$

$H_{\mu_m} = 1976 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.544 \text{ kJ/m}^3$

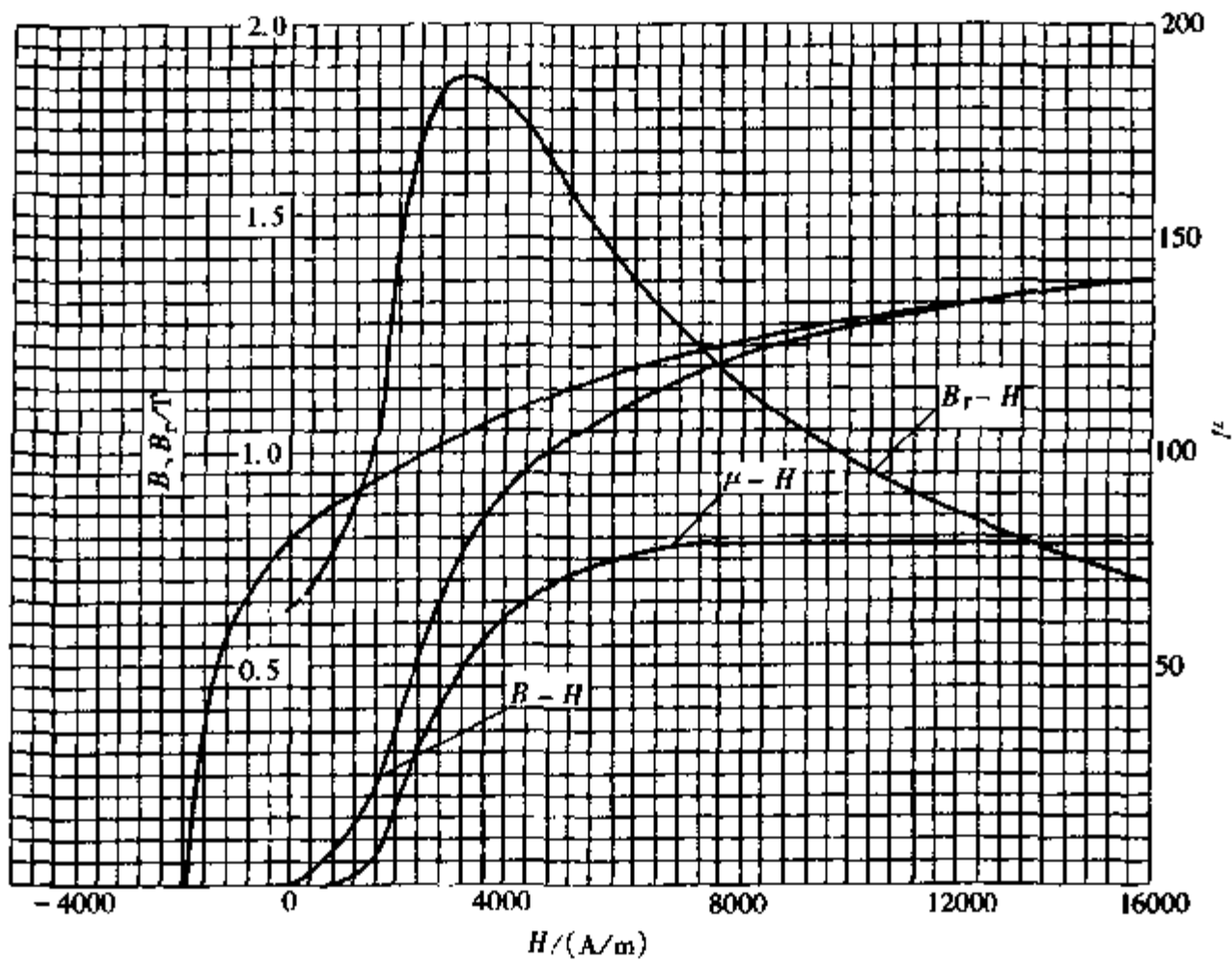


图 2-2-145 18CrNiWA (930℃渗碳 1mm, 810℃空冷, 200℃回火)

56HRC  $H_c = 1944 \text{ A/m}$   $B_r = 0.79 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 188$

$H_{\mu_m} = 3200 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.68 \text{ kJ/m}^3$

## 22. 25CrNiWA

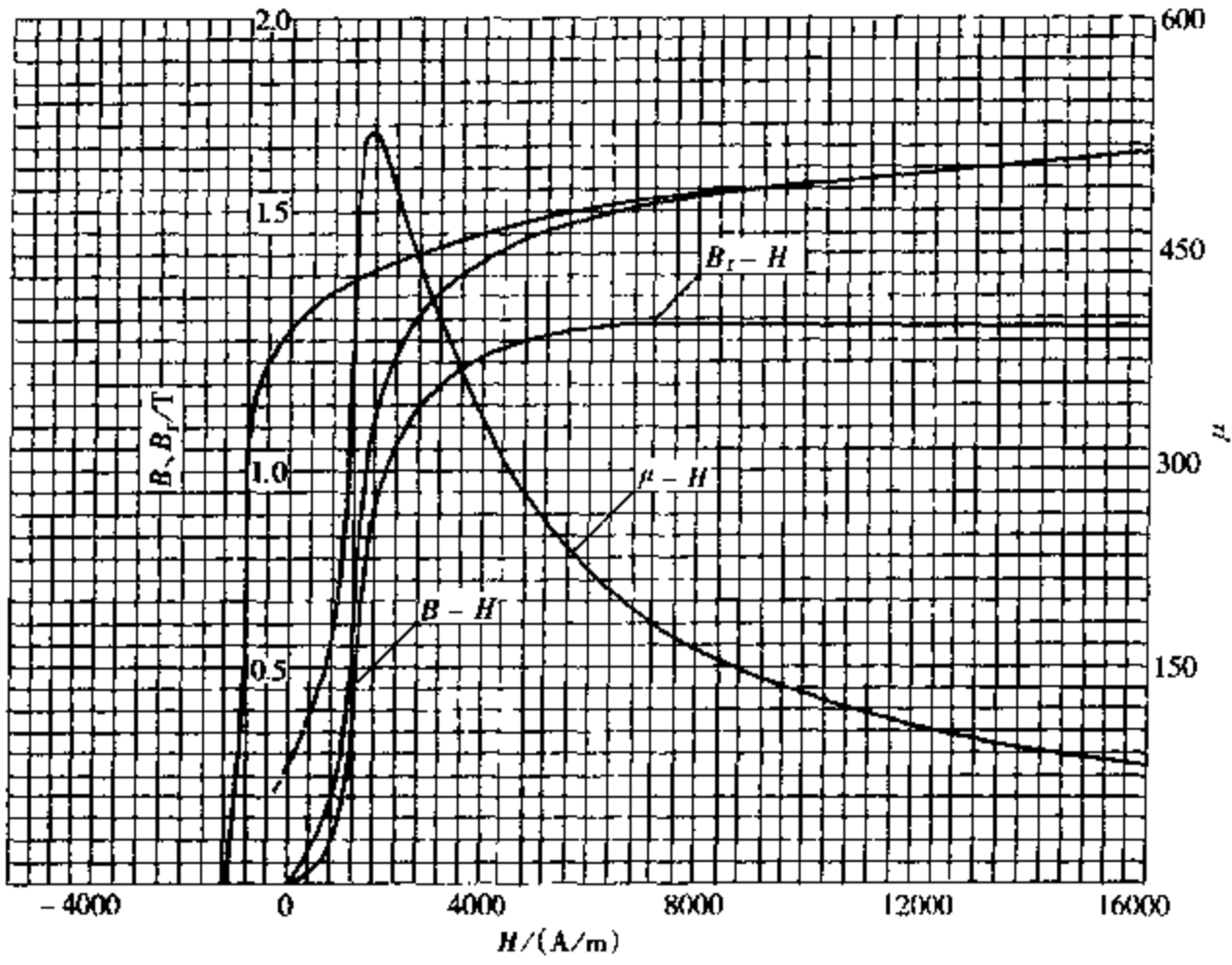


图 2-2-146 25CrNiWA (860°C 正火, 640°C 回火)

27HRC  $H_c = 1080 \text{ A/m}$   $B_r = 1.28 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 517$

$H_{\mu_m} = 1600 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.64 \text{ kJ/m}^3$

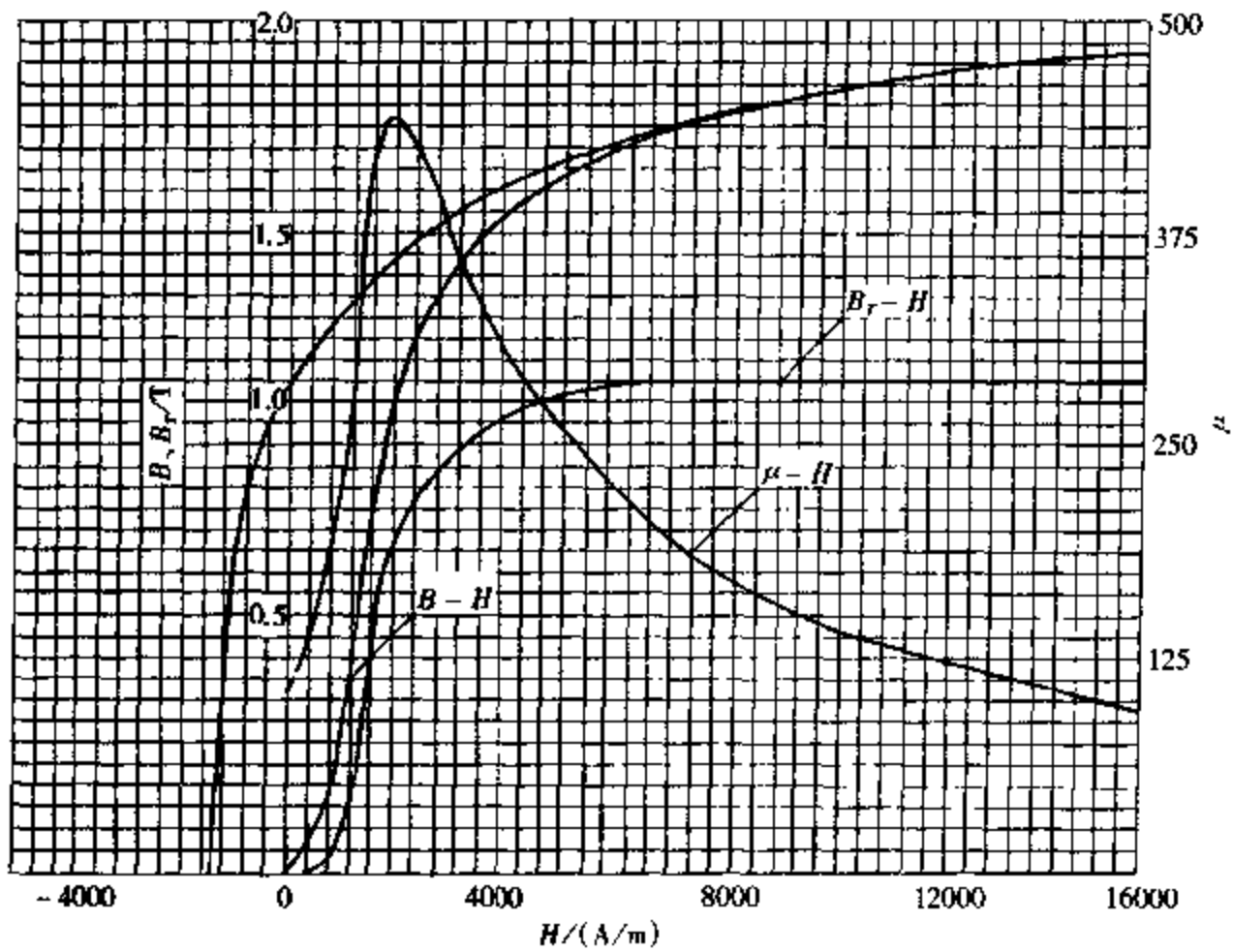


图 2-2-147 25CrNiWA (870°C 油淬, 500°C 回火)

29.5HRC  $H_c = 1440 \text{ A/m}$   $B_r = 1.155 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 440$

$H_{\mu_m} = 1840 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.728 \text{ kJ/m}^3$

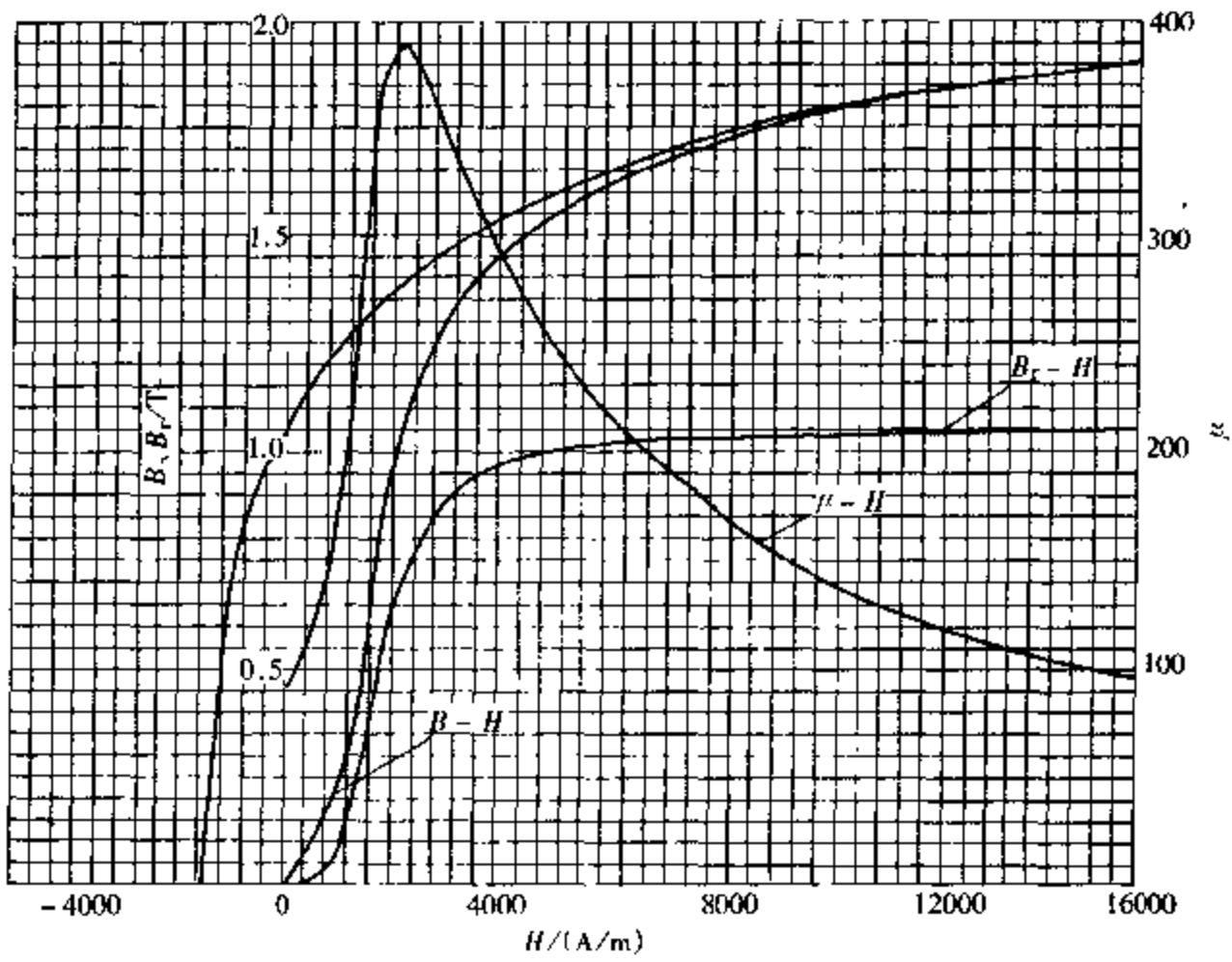


图 2-2-148 25CrNiWA (870℃油淬, 450℃回火)

31HRC  $H_c = 1520\text{A/m}$   $B_r = 1.059\text{T}$   $\mu_{r,m} = 389$

$H_{r,m} = 2160\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.72\text{kJ/m}^3$

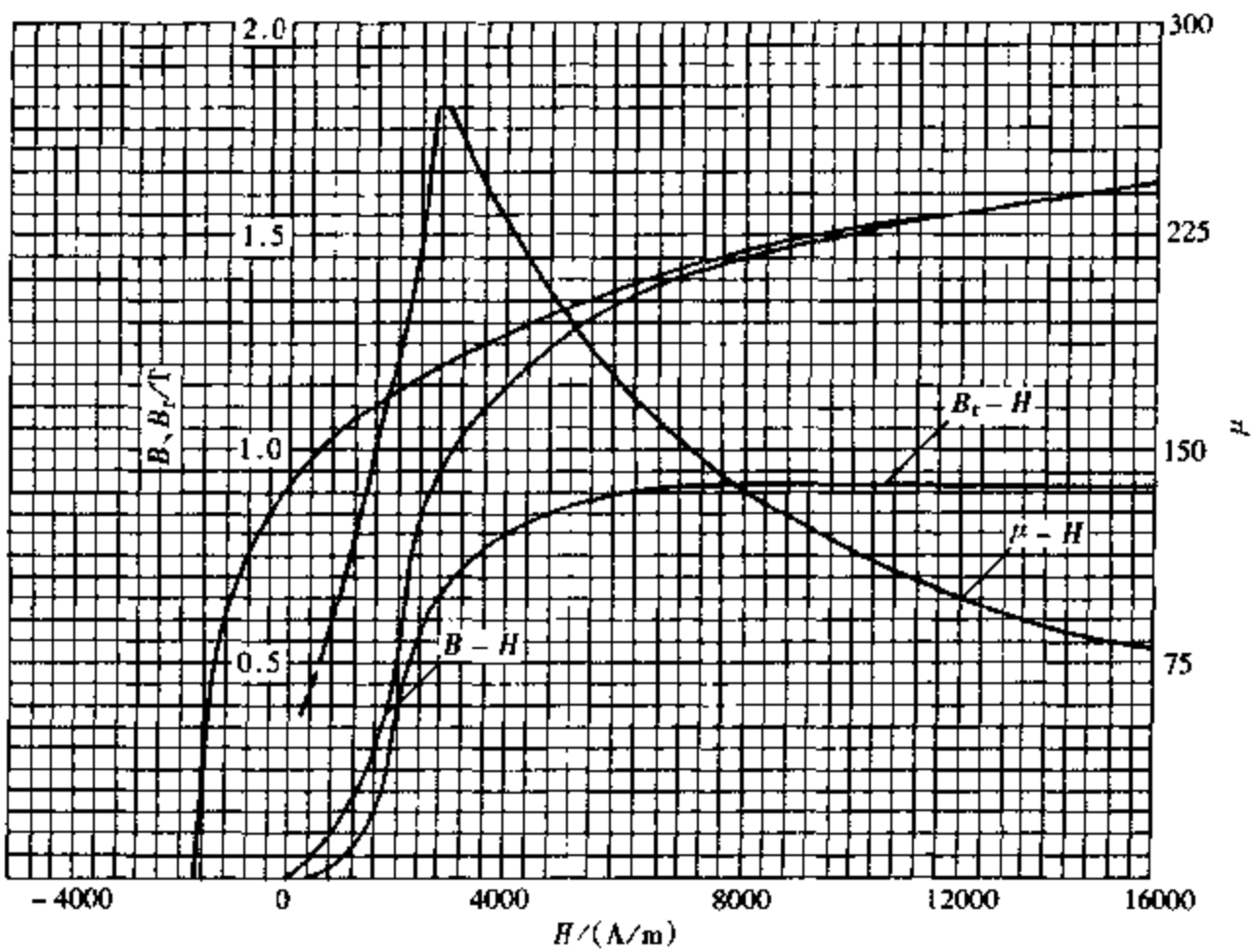


图 2-2-149 25CrNiWA (850℃油淬, 300℃回火)

36HRC  $H_c = 1728\text{A/m}$   $B_r = 0.92\text{T}$   $\mu_{r,m} = 272$

$H_{r,m} = 2800\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.696\text{kJ/m}^3$

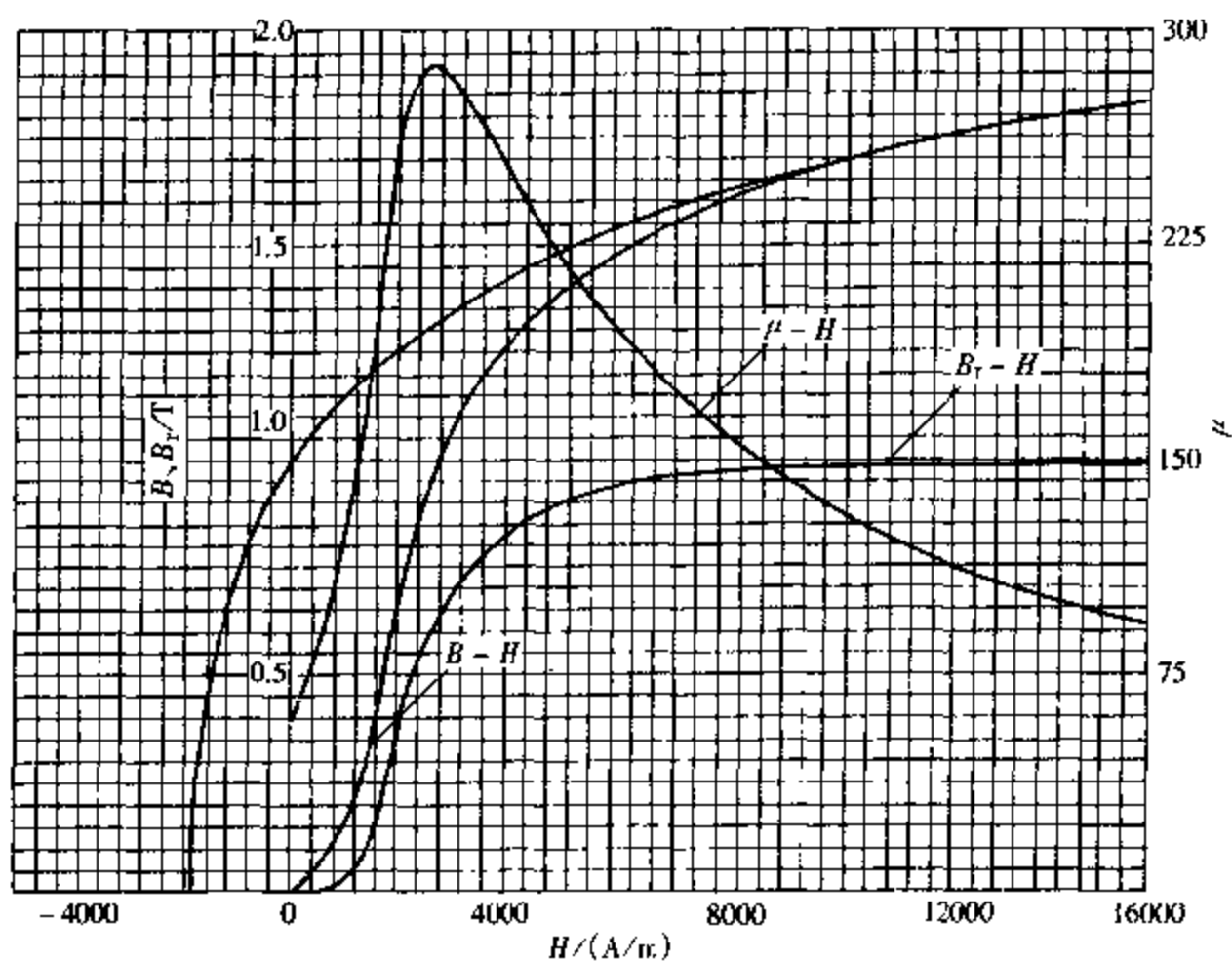


图 2-2-150 25CrNiWA (860℃油淬, 260℃回火)

42HRC  $H_c = 1872 \text{ A/m}$   $B_r = 0.997 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 288$

$H_{\mu m} = 2560 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.784 \text{ kJ/m}^3$

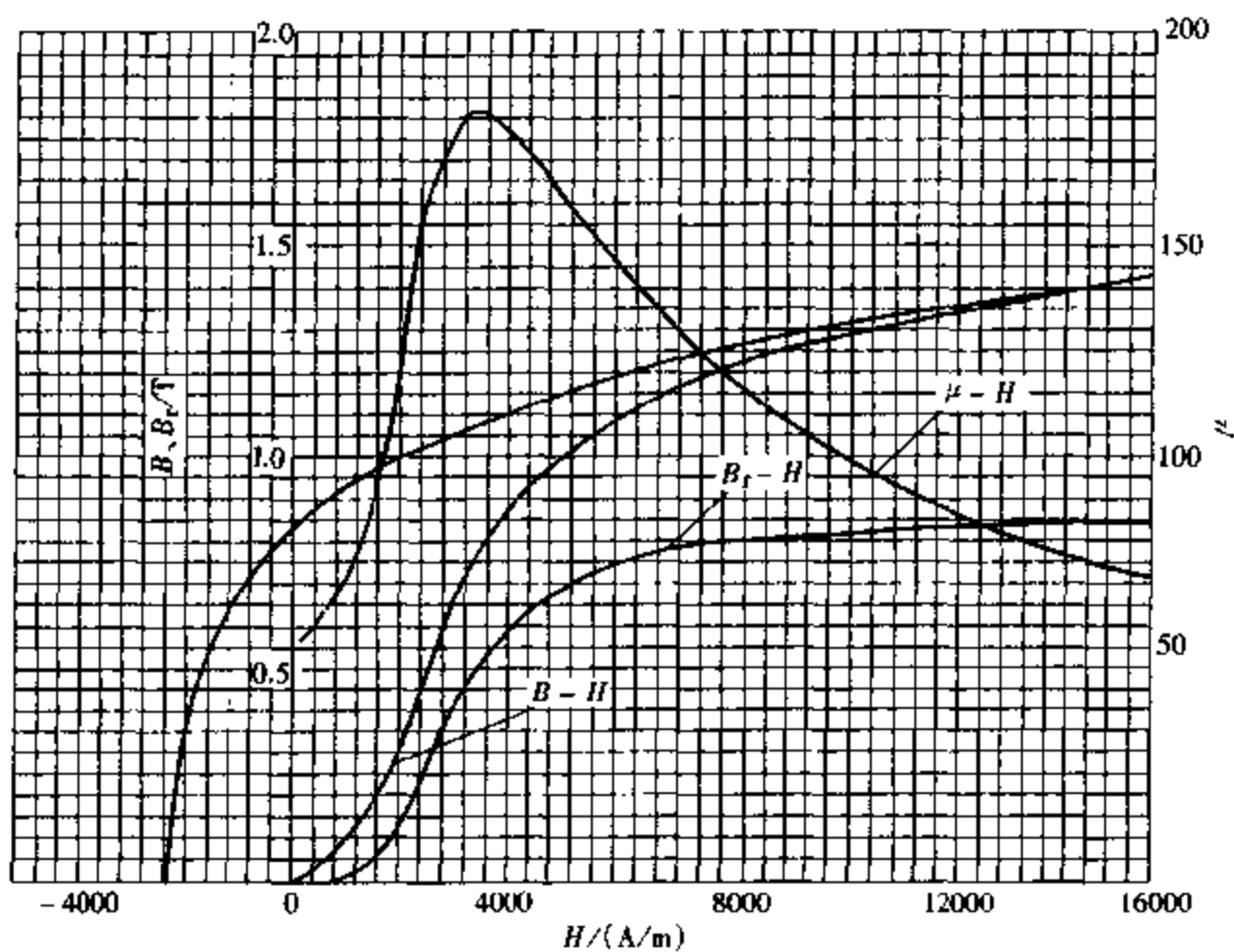


图 2-2-151 25CrNiWA (850℃油淬, 200℃回火)

48HRC  $H_c = 2344 \text{ A/m}$   $B_r = 0.84 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 181$

$H_{\mu m} = 3440 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.68 \text{ kJ/m}^3$

23. 30CrNiWA

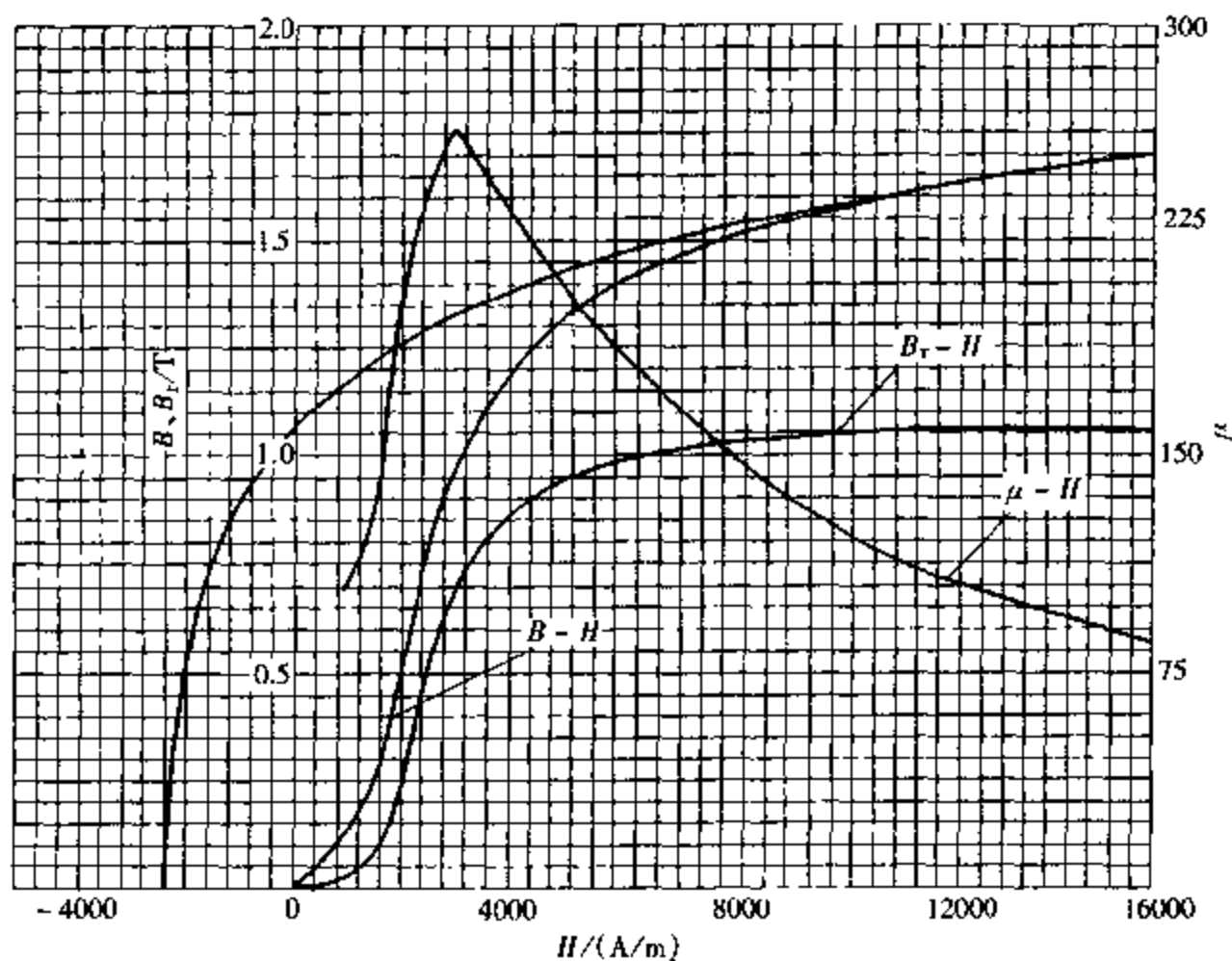


图 2-2-152 30CrNiWA (870℃加热, 170℃等温水冷, 210℃回火)

49HRC  $H_c = 2408\text{A/m}$   $B_r = 1.06\text{T}$   $\mu_{rm} = 262$

$H_{\mu_m} = 2968\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.176\text{kJ/m}^3$

24. 18Cr2Ni4WA

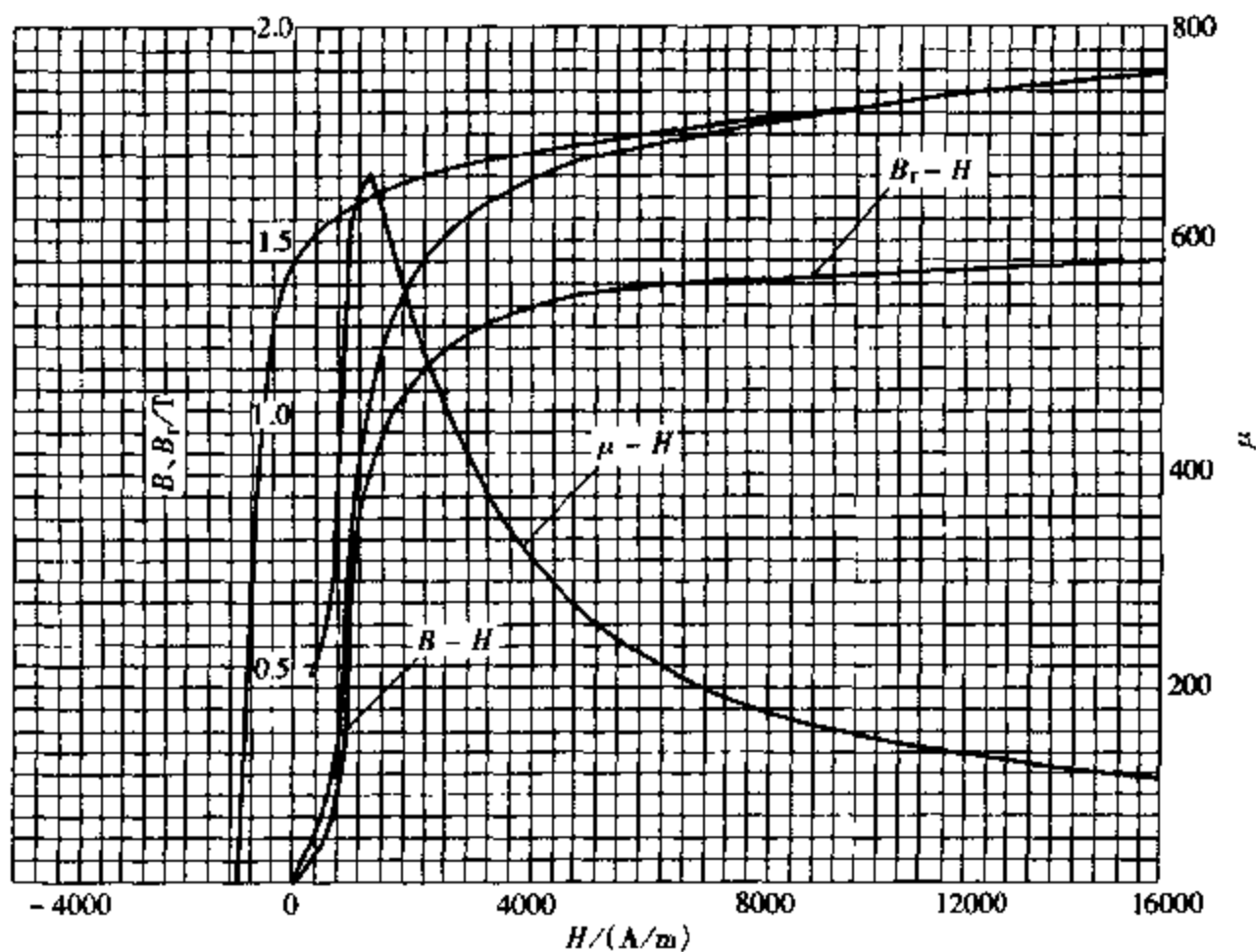


图 2-2-153 18Cr2Ni4WA (材料供应状态)

217HBS  $H_c = 580\text{A/m}$   $B_r = 1.29\text{T}$   $\mu_{rm} = 687$

$H_{\mu_m} = 1200\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.33\text{kJ/m}^3$

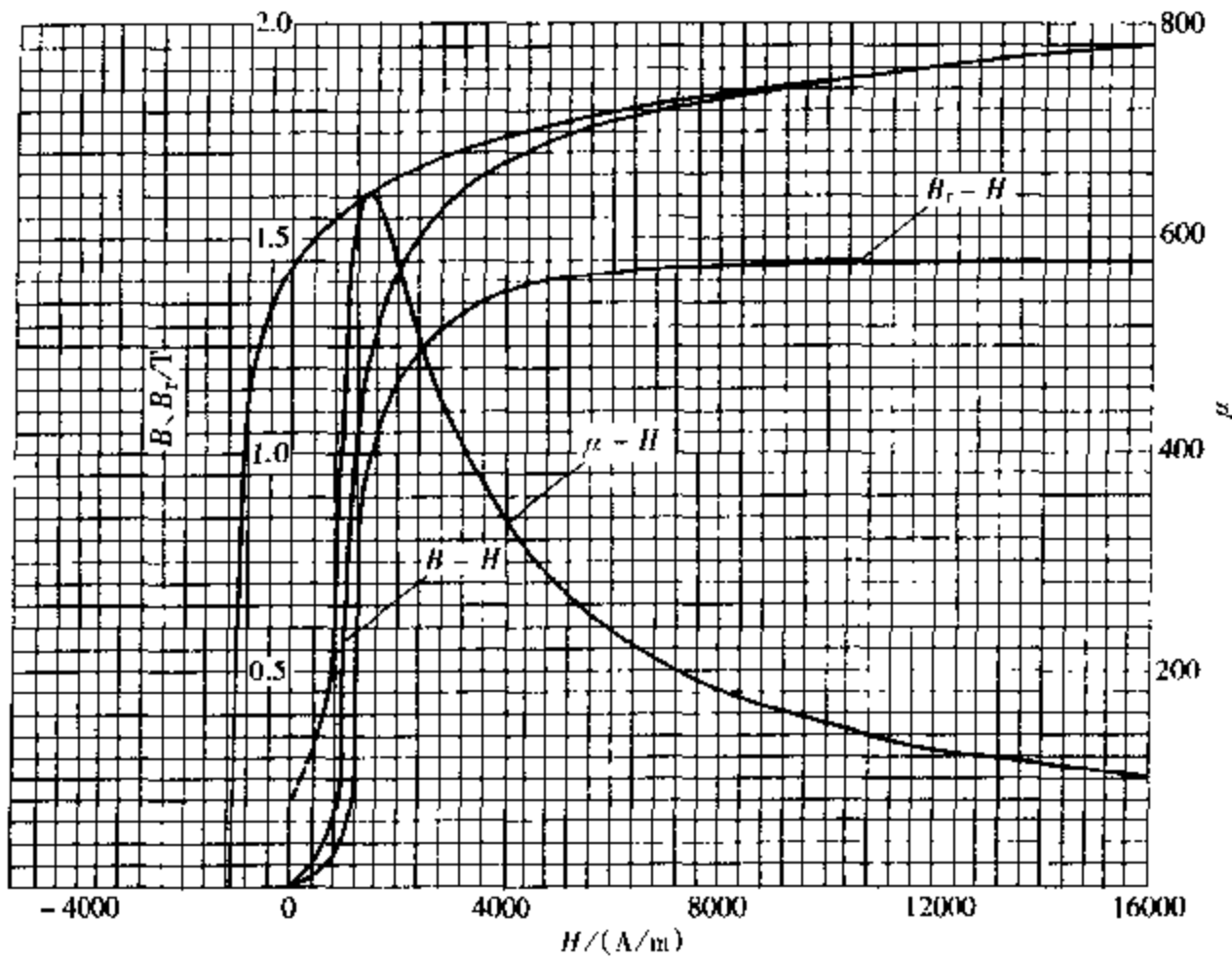


图 2-2-154 18Cr2Ni4WA (880℃油淬, 180℃回火)

58HRC  $H_c = 2280\text{A/m}$   $B_r = 0.88\text{T}$   $\mu_{r,m} = 205$

$H_{c,m} = 3400\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.51\text{kJ/m}^3$

25. 30CrNi2WV

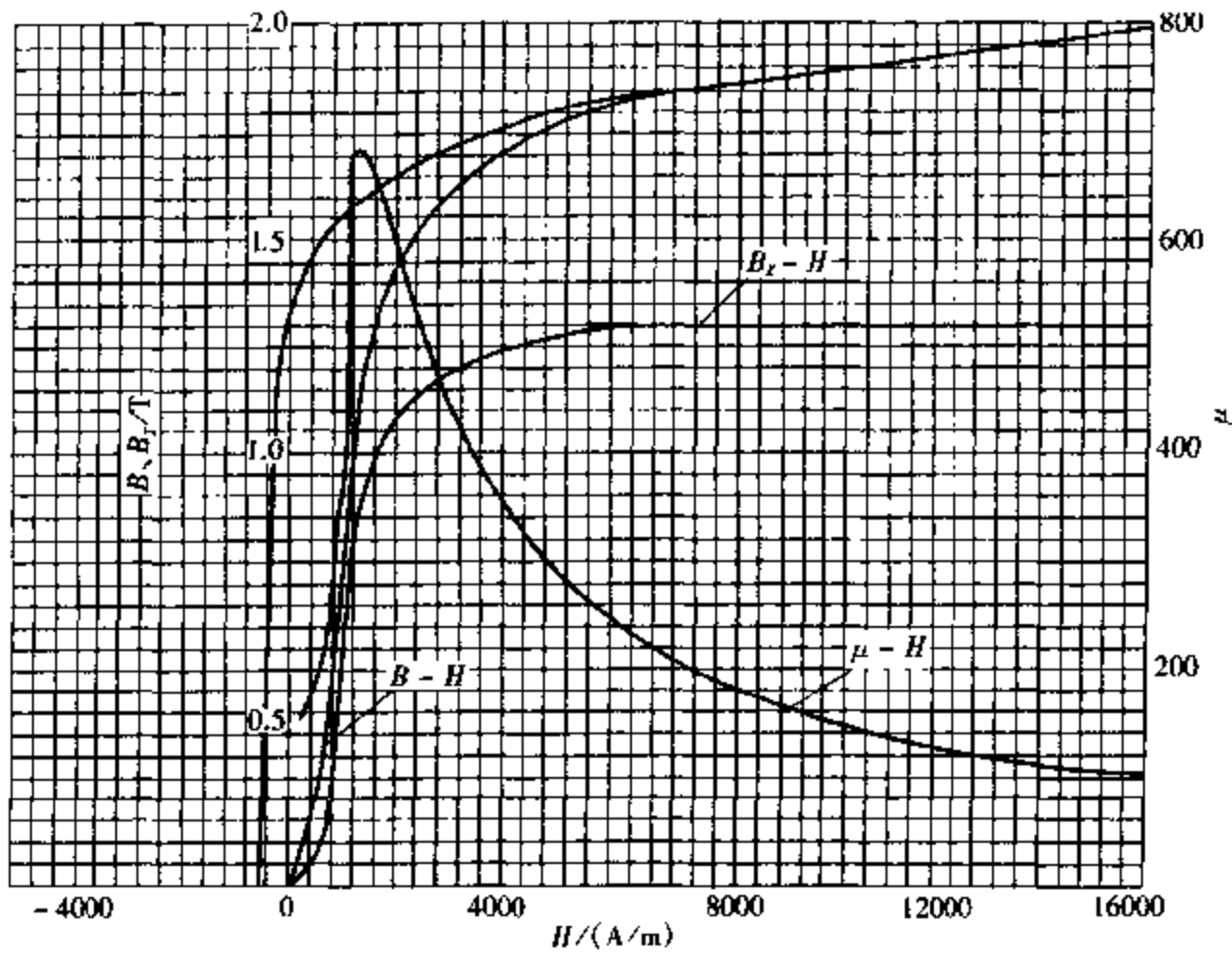


图 2-2-155 30CrNi2WV (860℃正火, 640℃回火)

25.5HRC  $H_c = 1024\text{A/m}$   $B_r = 1.45\text{T}$   $\mu_{r,m} = 660$

$H_{c,m} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.56\text{kJ/m}^3$

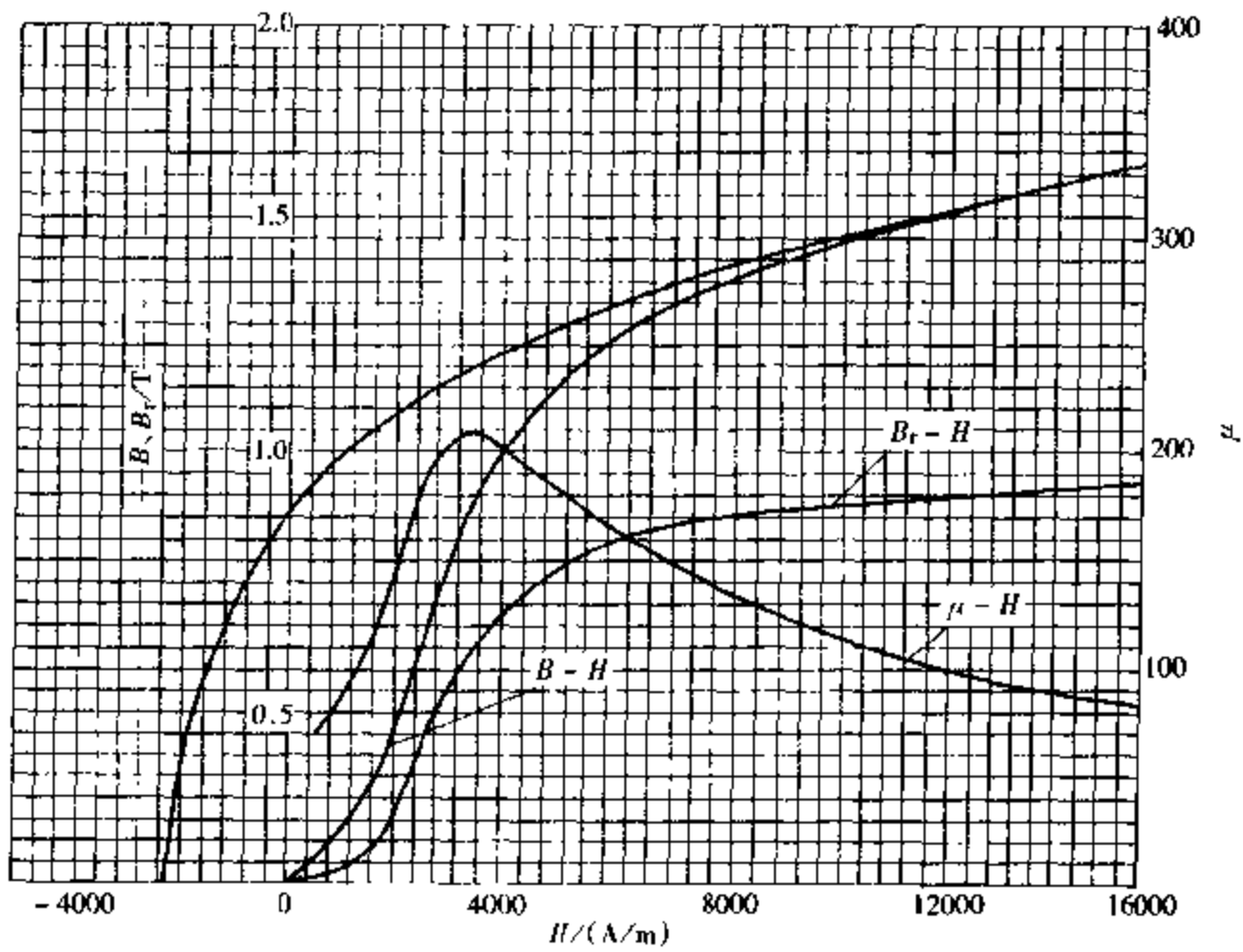


图 2-2-156 30CrNi2WV (860℃油淬, 640℃回火)

32HRC  $H_c = 1104\text{A/m}$   $B_r = 1.44\text{T}$   $\mu_{cm} = 643$

$H_{\mu_m} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.96\text{kJ/m}^3$

—CrNiSiW 钢

26. 40CrNi2SiWA

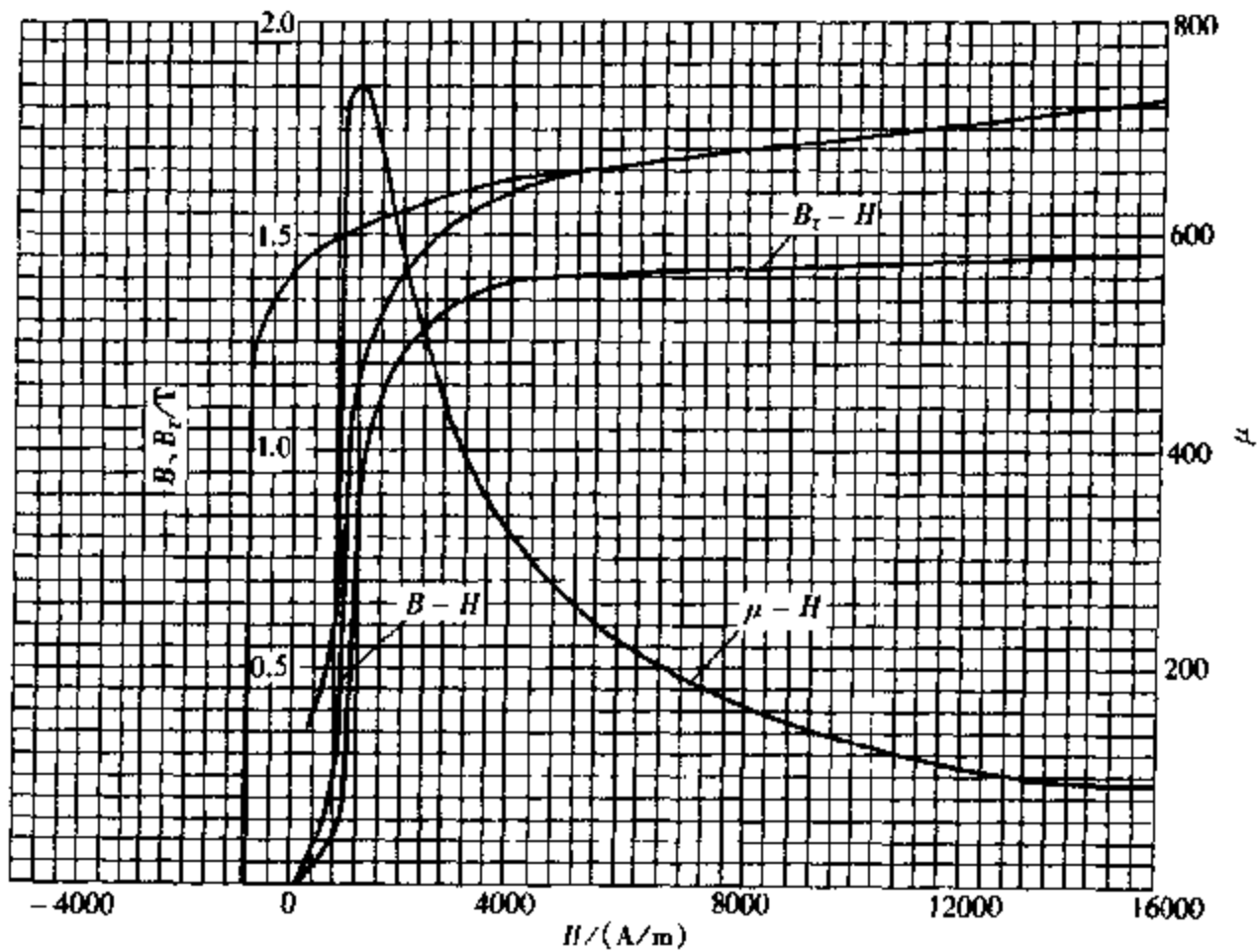


图 2-2-157 40CrNi2SiWA (材料供应状态)

293HBS  $H_c = 976\text{A/m}$   $B_r = 1.43\text{T}$   $\mu_{cm} = 737$

$H_{\mu_m} = 1120\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.905\text{kJ/m}^3$

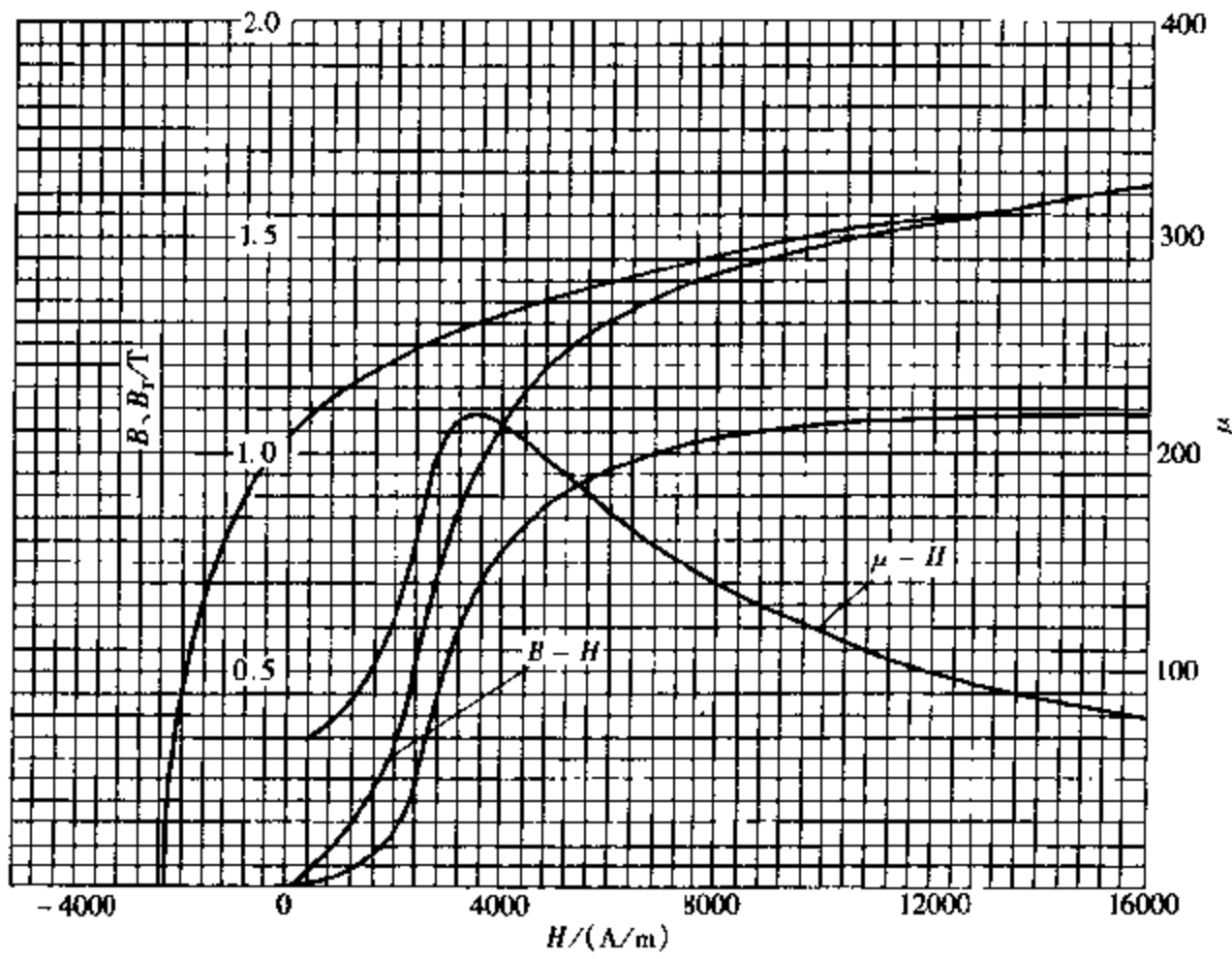


图 2-2-158 40CrNi2SiWA ( $\sigma_b = 1080\text{kPa}$ )

54HRC  $H_c = 2360\text{A/m}$   $B_r = 1.04\text{T}$   $\mu_{rm} = 215$

$H_m = 3600\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.16\text{kJ/m}^3$

—CrMnSiNi 钢

27.30CrMnSiNi2A

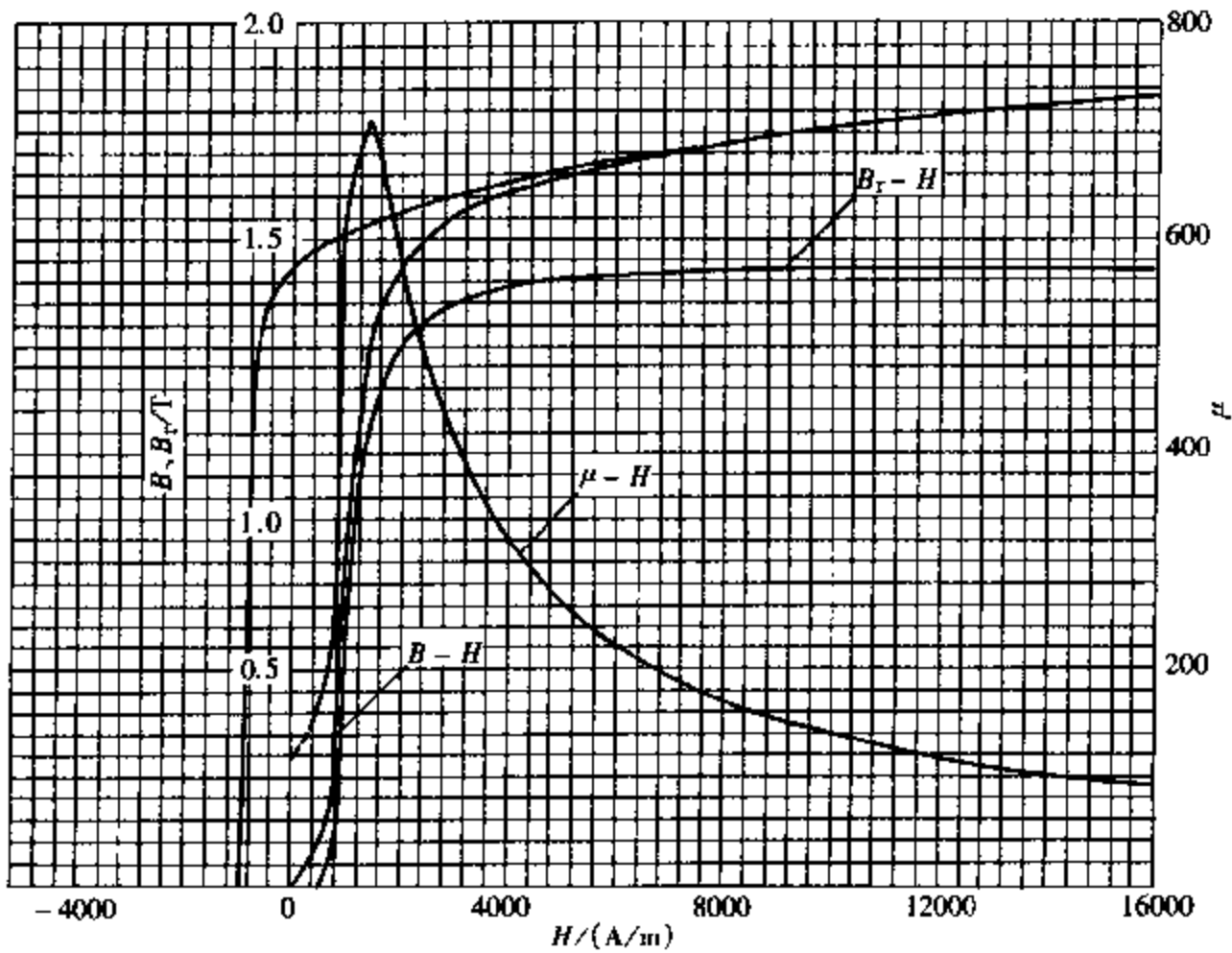


图 2-2-159 30CrMnSiNi2A (材料供应状态)

23.5HRC  $H_c = 984\text{A/m}$   $B_r = 1.44\text{T}$   $\mu_{rm} = 706$

$H_m = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.792\text{kJ/m}^3$



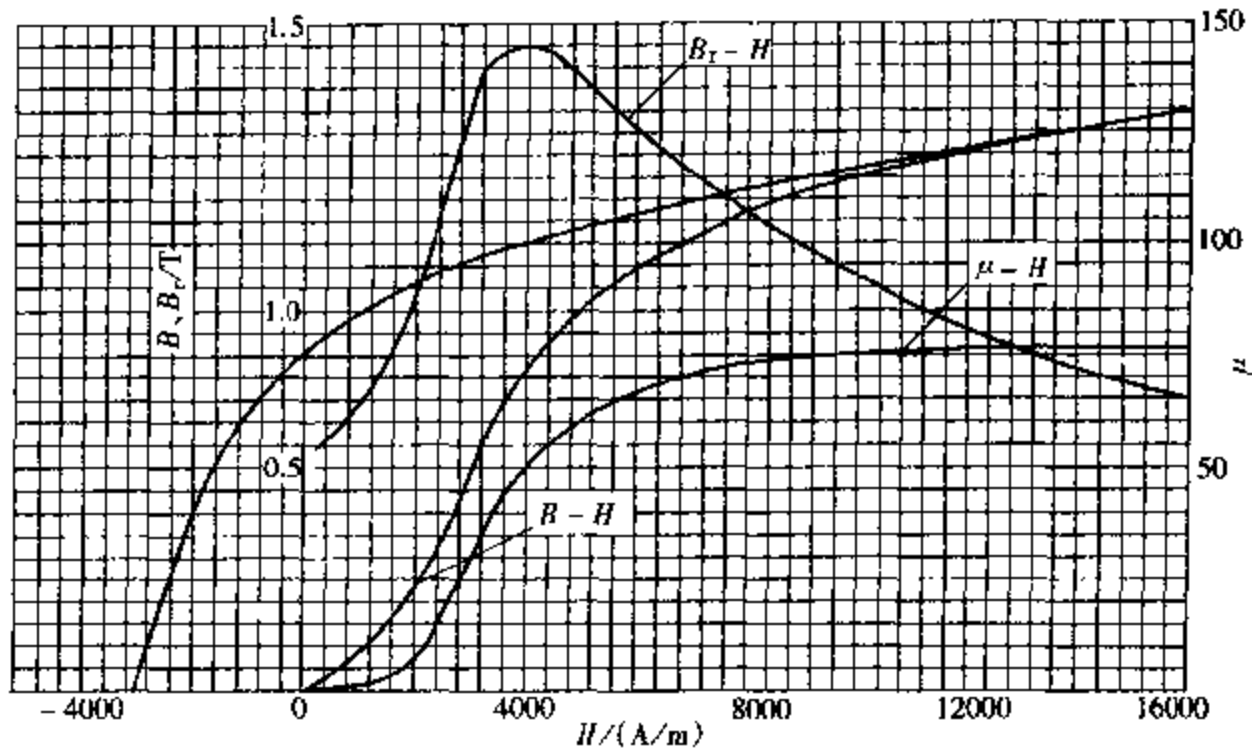


图 2-2-160 30CrMnSiNi2A (880℃油淬, 290℃回火)

49HRC  $H_c = 3040 \text{ A/m}$   $B_r = 0.762 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 144$

$H_{\tau_m} = 3920 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.829 \text{ kJ/m}^3$

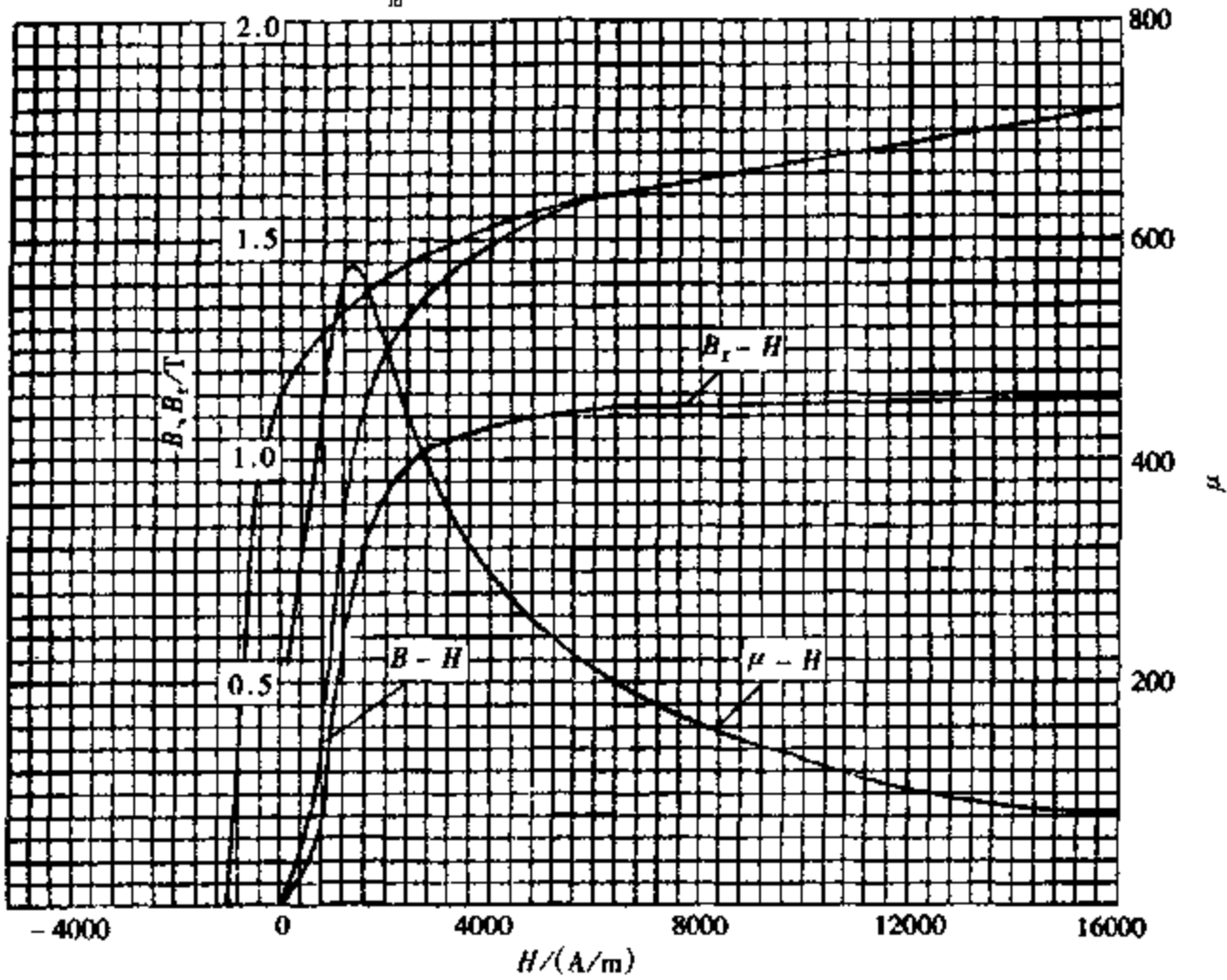


图 2-2-161 30CrMnSiNi2A (退火)

207HBS  $H_c = 904 \text{ A/m}$   $B_r = 1.1 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 575$

$H_{\tau_m} = 1360 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.46 \text{ kJ/m}^3$

## 2.3 特殊用途钢

### 2.3.1 弹簧钢

1. 65Mn

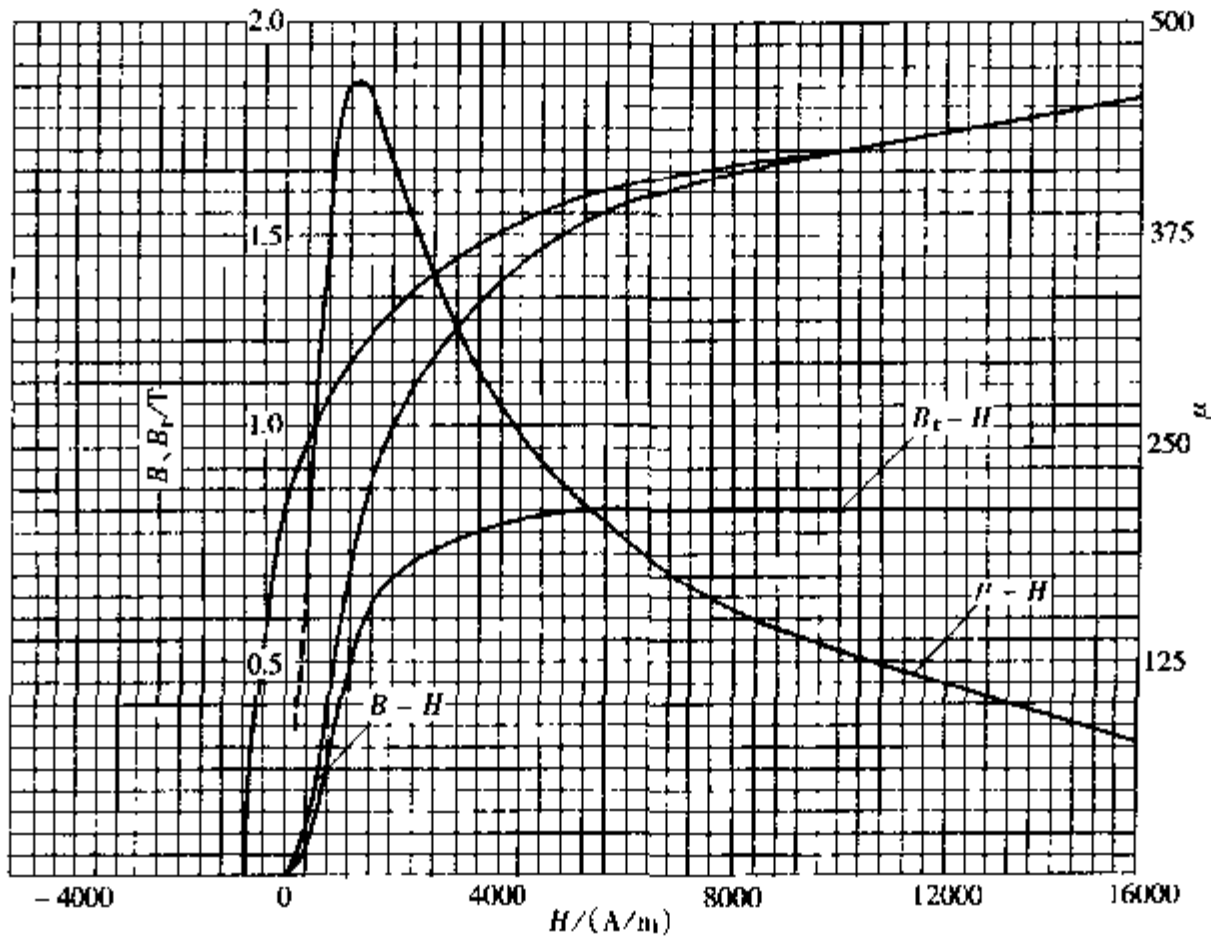


图 2-3-1 65Mn (材料供应状态)

23.5HRC  $H_c = 704\text{A/m}$   $B_r = 0.85\text{T}$   $\mu_{rm} = 463$

$H_{c,m} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.208\text{kJ/m}^3$

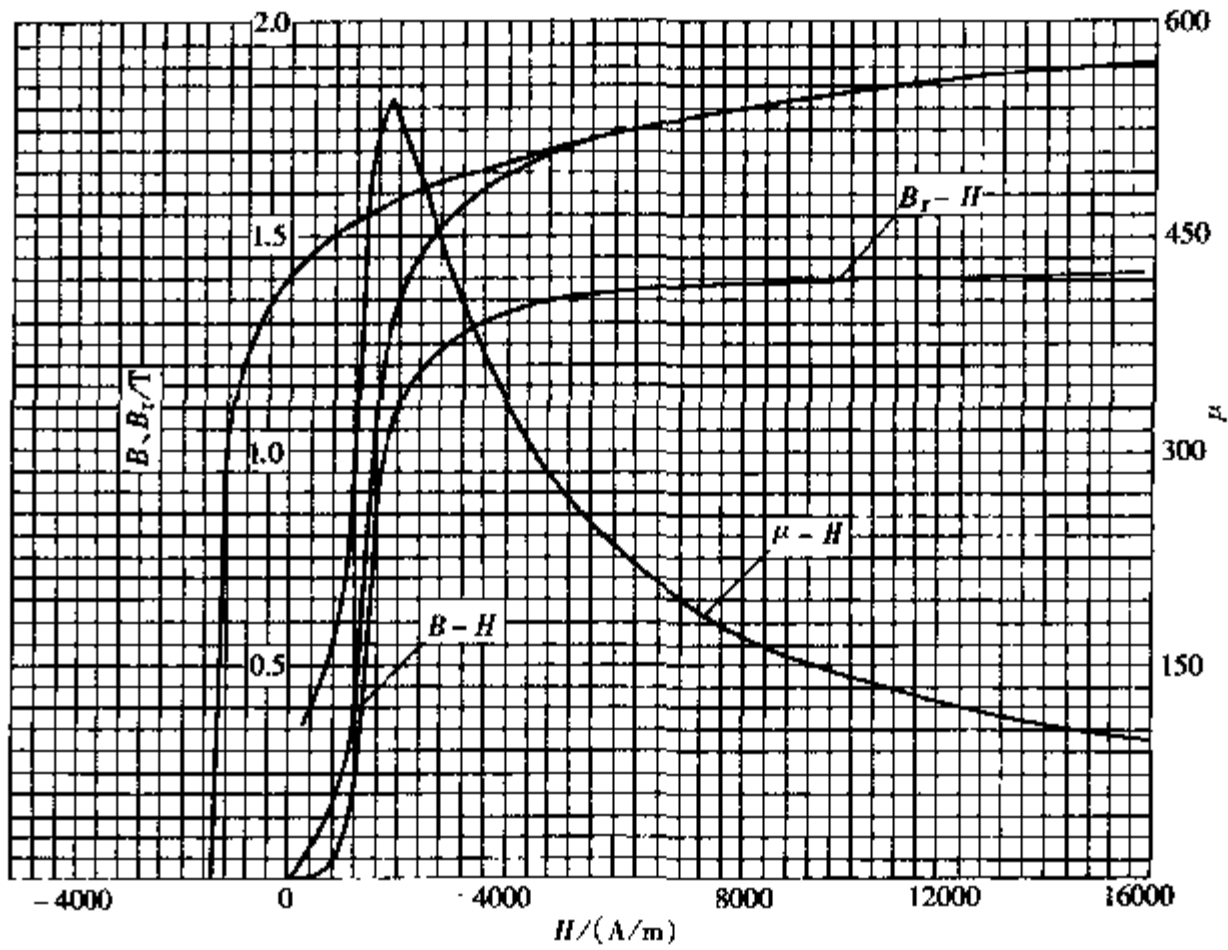


图 2-3-2 65Mn (790°C油淬, 500°C回火)

30HRC  $H_c = 1120\text{A/m}$   $B_r = 1.085\text{T}$   $\mu_{rm} = 433$

$H_{c,m} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.352\text{kJ/m}^3$

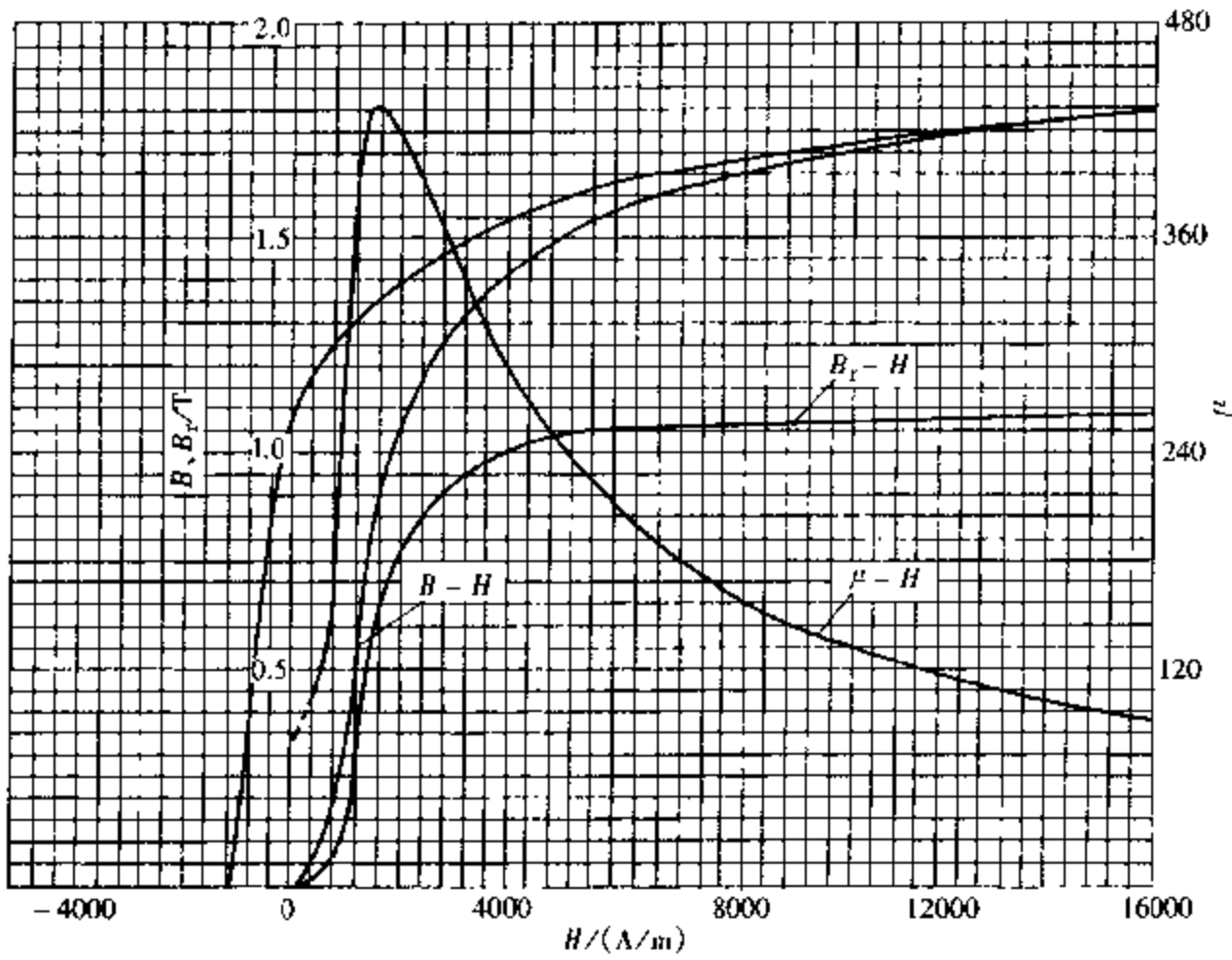


图 2-3-3 65Mn (820℃油淬, 420℃回火)

46HRC  $H_c = 1440\text{A/m}$   $B_r = 1.41\text{T}$   $\mu_{r,m} = 543$

$H_{p,m} = 1936\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.192\text{kJ/m}^3$

2. 60Si2A

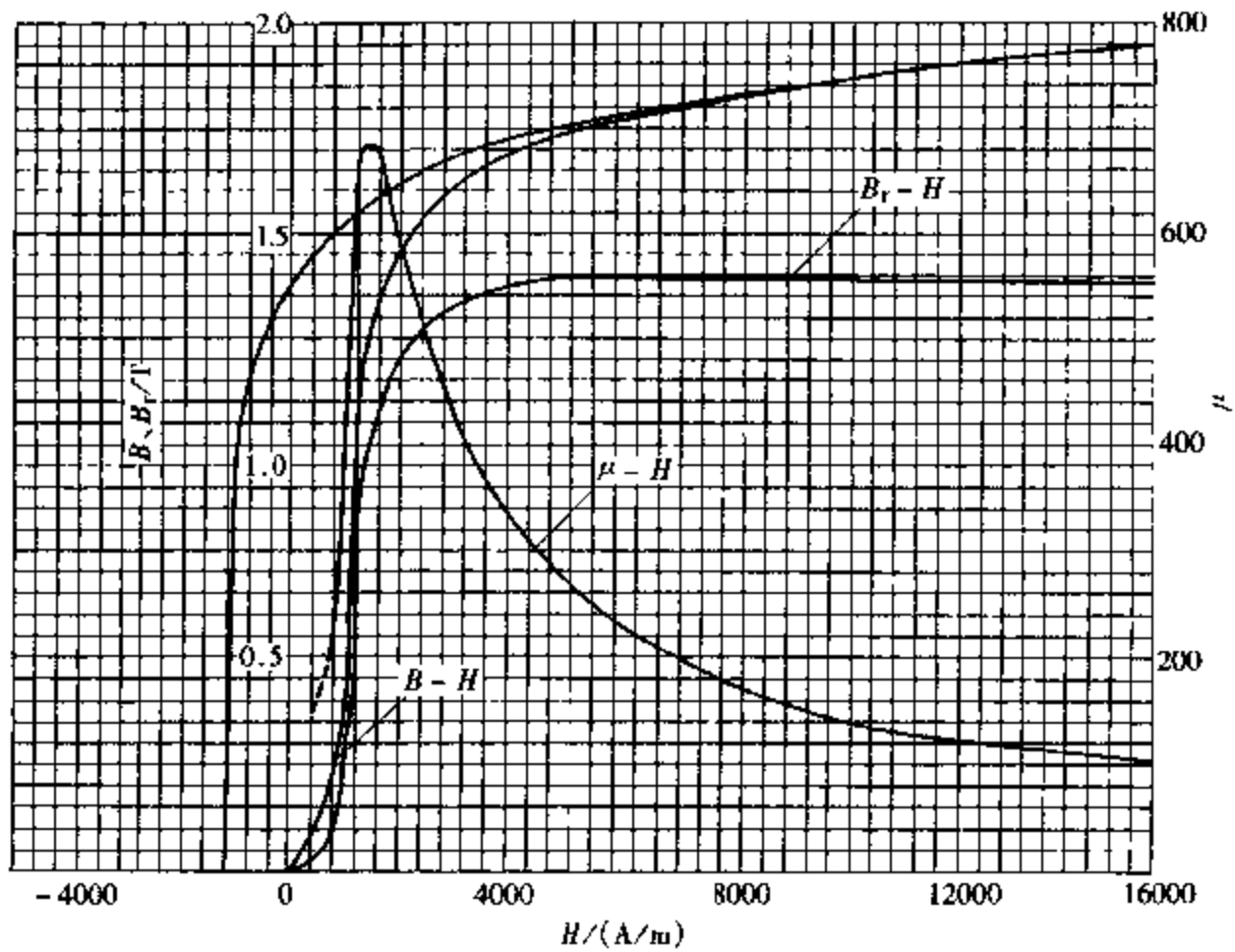


图 2-3-4 60Si2A (850℃油淬, 400℃回火)

53HRC  $H_c = 1200\text{A/m}$   $B_r = 1.39\text{T}$   $\mu_{r,m} = 684$

$H_{p,m} = 1440\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.024\text{kJ/m}^3$

3. 60Si2MnA

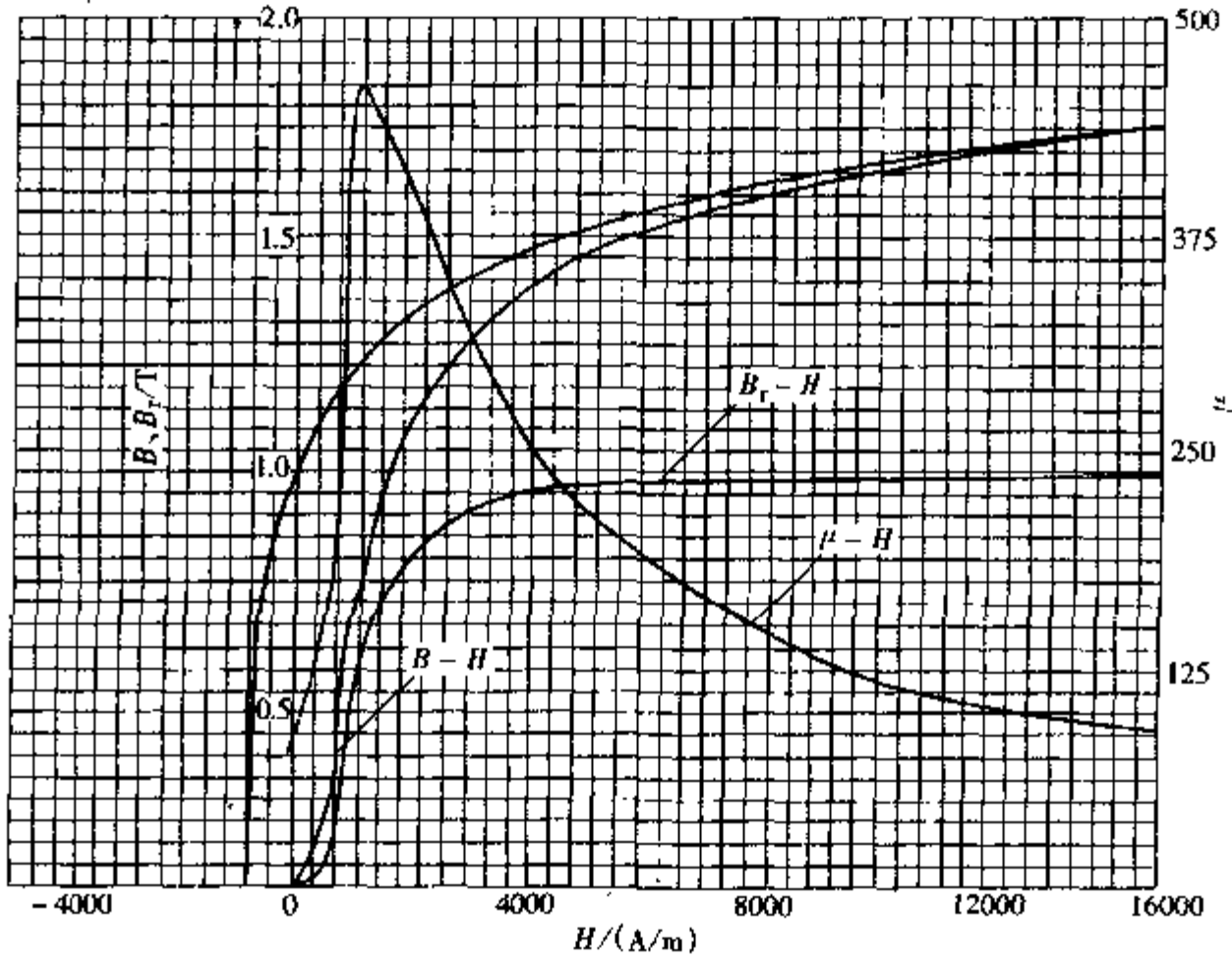


图 2-3-5 60Si2MnA (热轧退火)

31HRC  $H_c = 824\text{A/m}$   $B_r = 0.95\text{T}$   $\mu_{rm} = 475$   
 $H_{\mu_m} = 1120\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.384\text{kJ/m}^3$

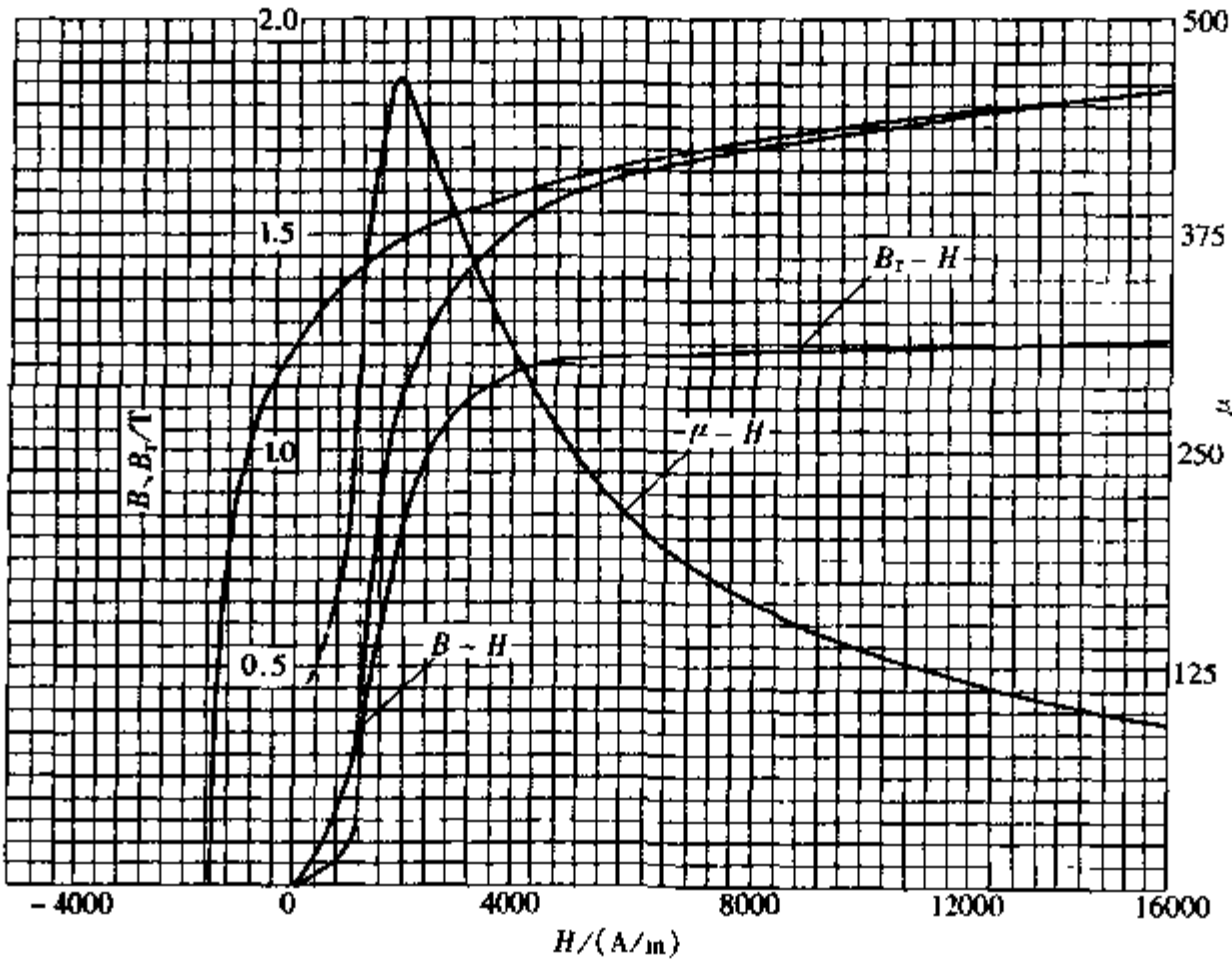


图 2-3-6 60Si2MnA (860℃油淬, 420℃回火)

54HRC  $H_c = 1528\text{A/m}$   $B_r = 1.26\text{T}$   $\mu_{rm} = 465$   
 $H_{\mu_m} = 1920\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.936\text{kJ/m}^3$

4. 60SiMn2MoVA

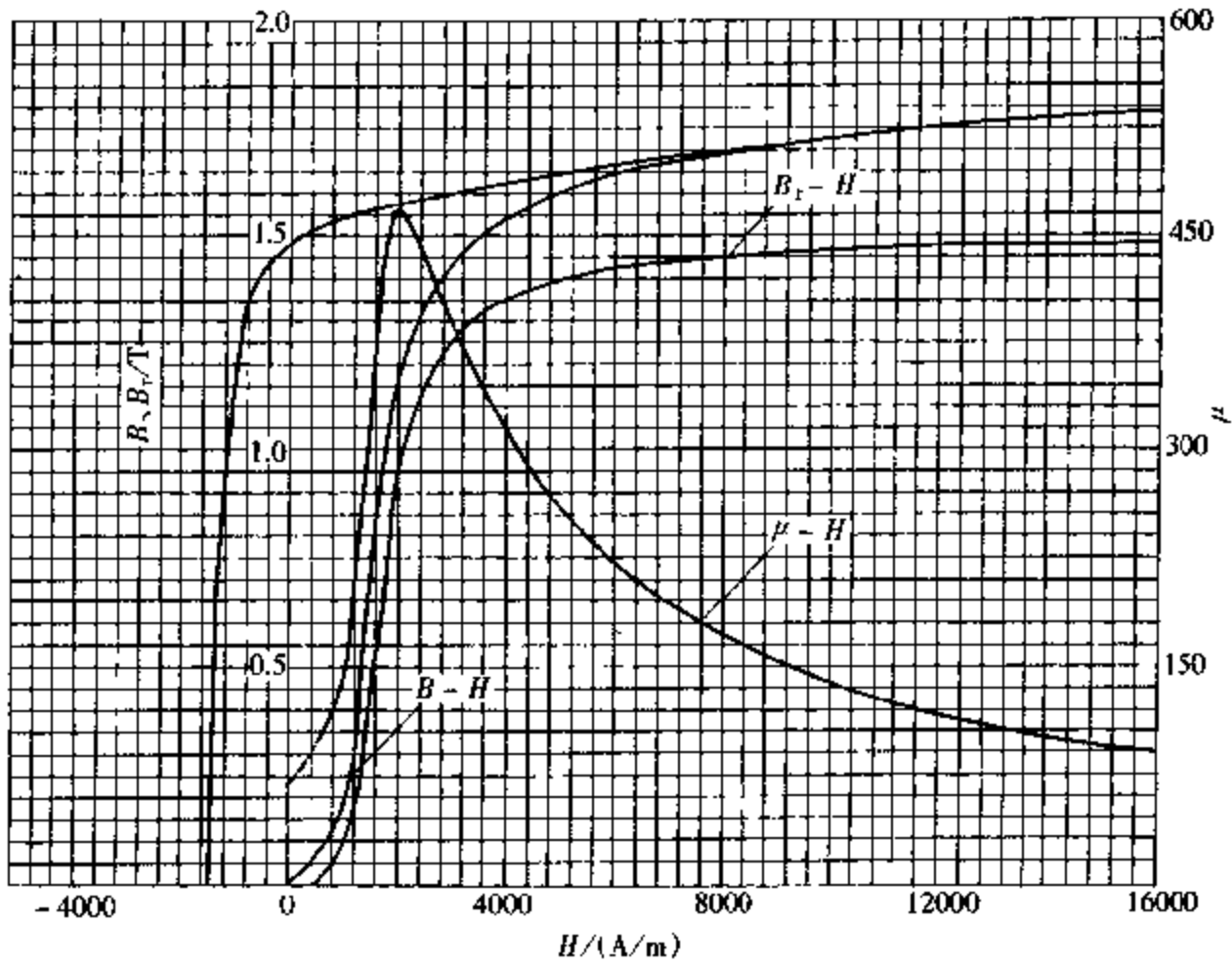


图 2-3-7 60SiMn2MoVA (850℃油淬, 650℃回火)

35.5HRC  $H_c = 1496 \text{ A/m}$   $B_r = 1.48 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 467$

$H_{c,m} = 1920 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.72 \text{ kJ/m}^3$

5. 65Si2MnWA

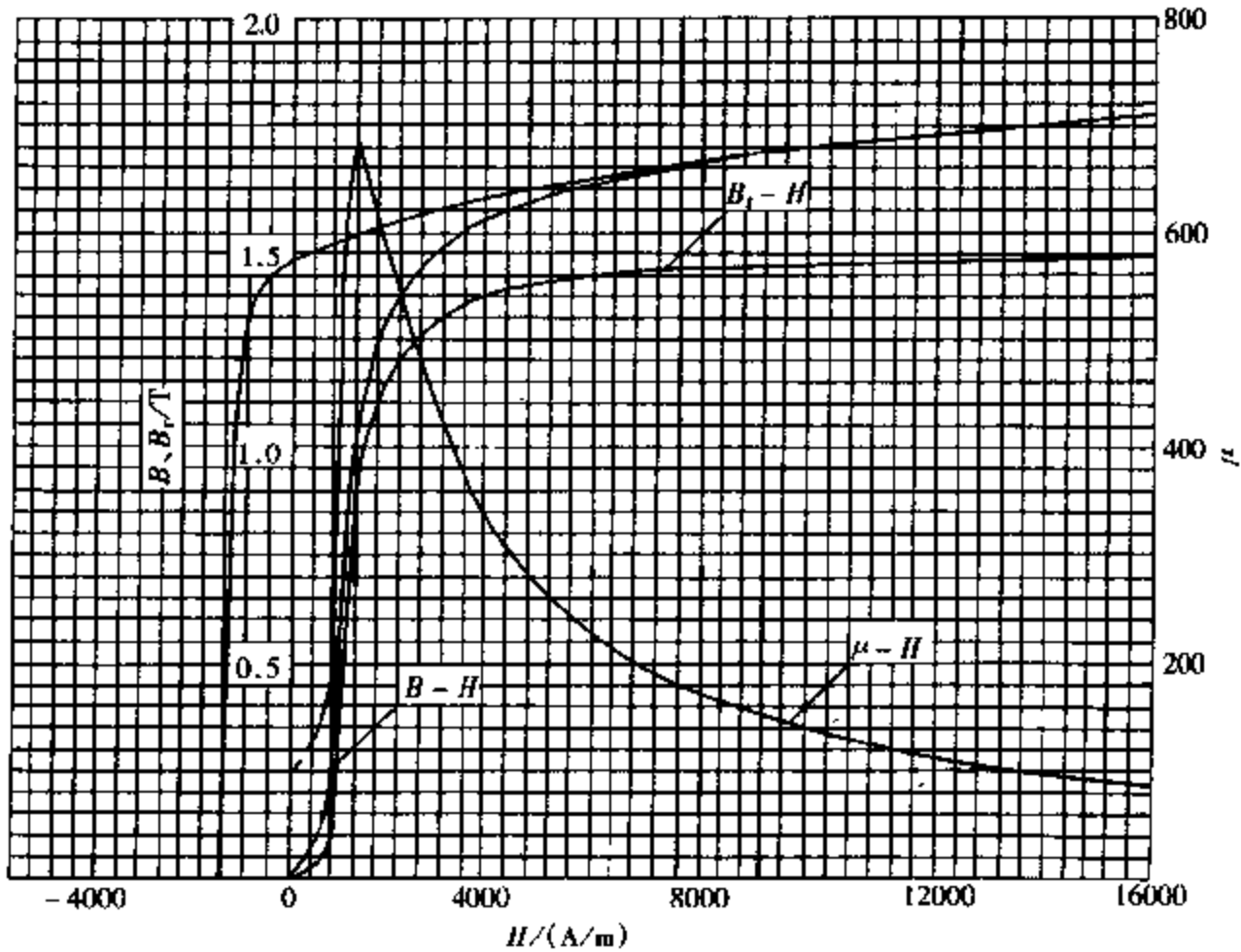


图 2-3-8 65Si2MnWA (材料供应状态)

25HRC  $H_c = 1256 \text{ A/m}$   $B_r = 1.432 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 680$

$H_{c,m} = 1176 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.08 \text{ kJ/m}^3$

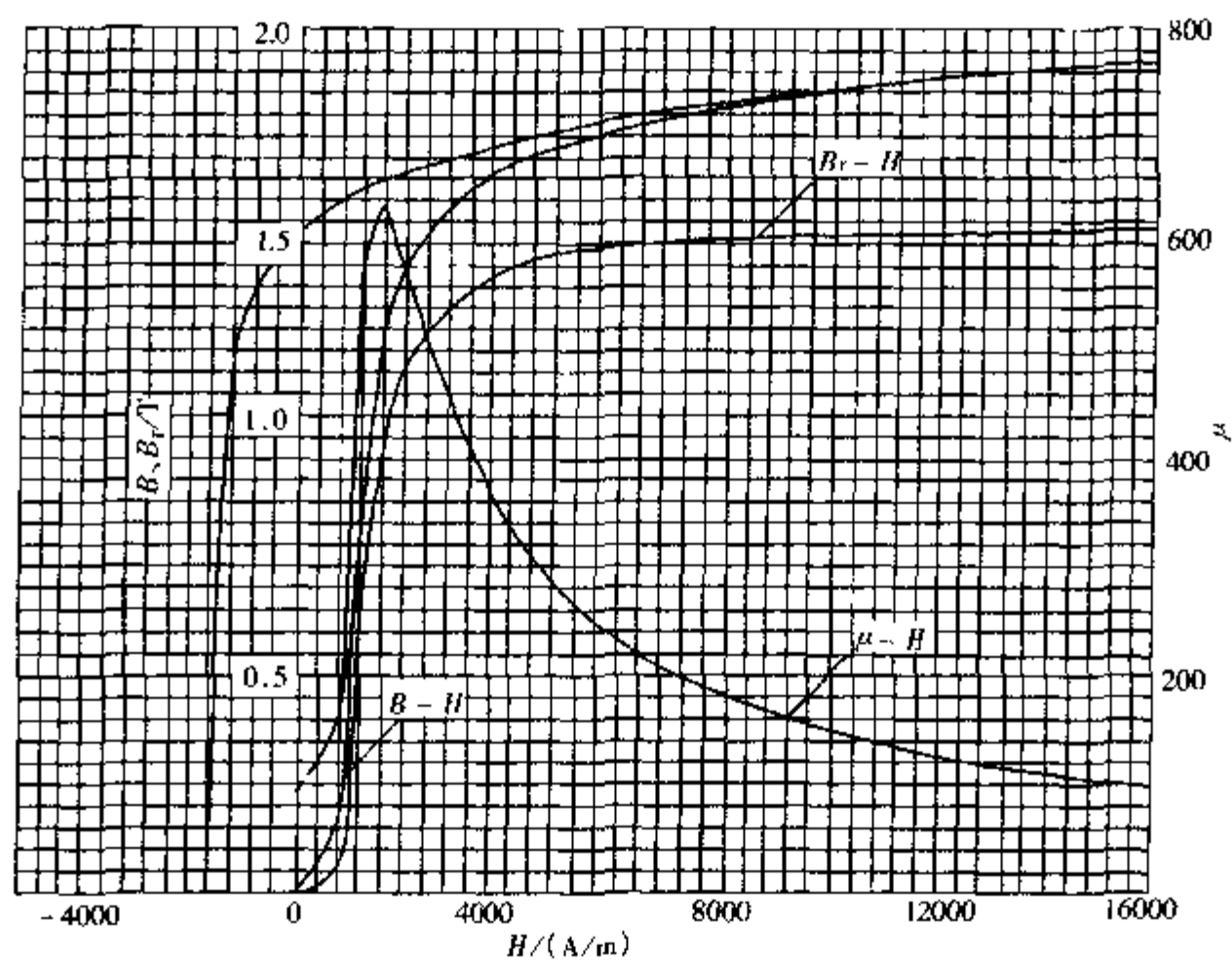


图 2-3-9 65Si2MnWA (860℃油淬, 560℃回火)

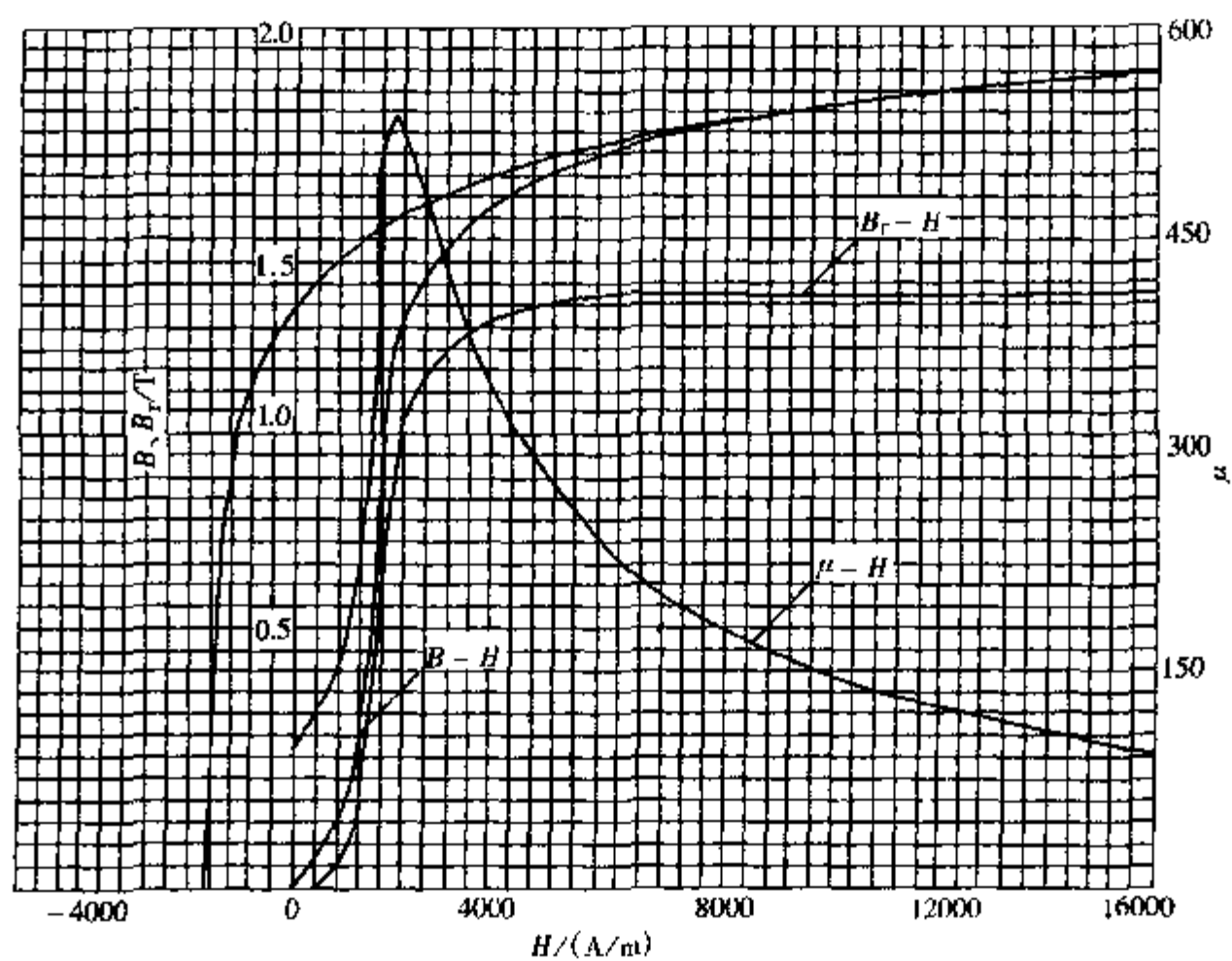
46HRC  $H_c = 1584 \text{ A/m}$   $B_r = 1.525 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 631$  $H_{m} = 1520 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.336 \text{ kJ/m}^3$ 

图 2-3-10 65Si2MnWA (860℃油淬, 450℃回火)

49HRC  $H_c = 1648 \text{ A/m}$   $B_r = 1.365 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 539$  $H_{m} = 1760 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.184 \text{ kJ/m}^3$

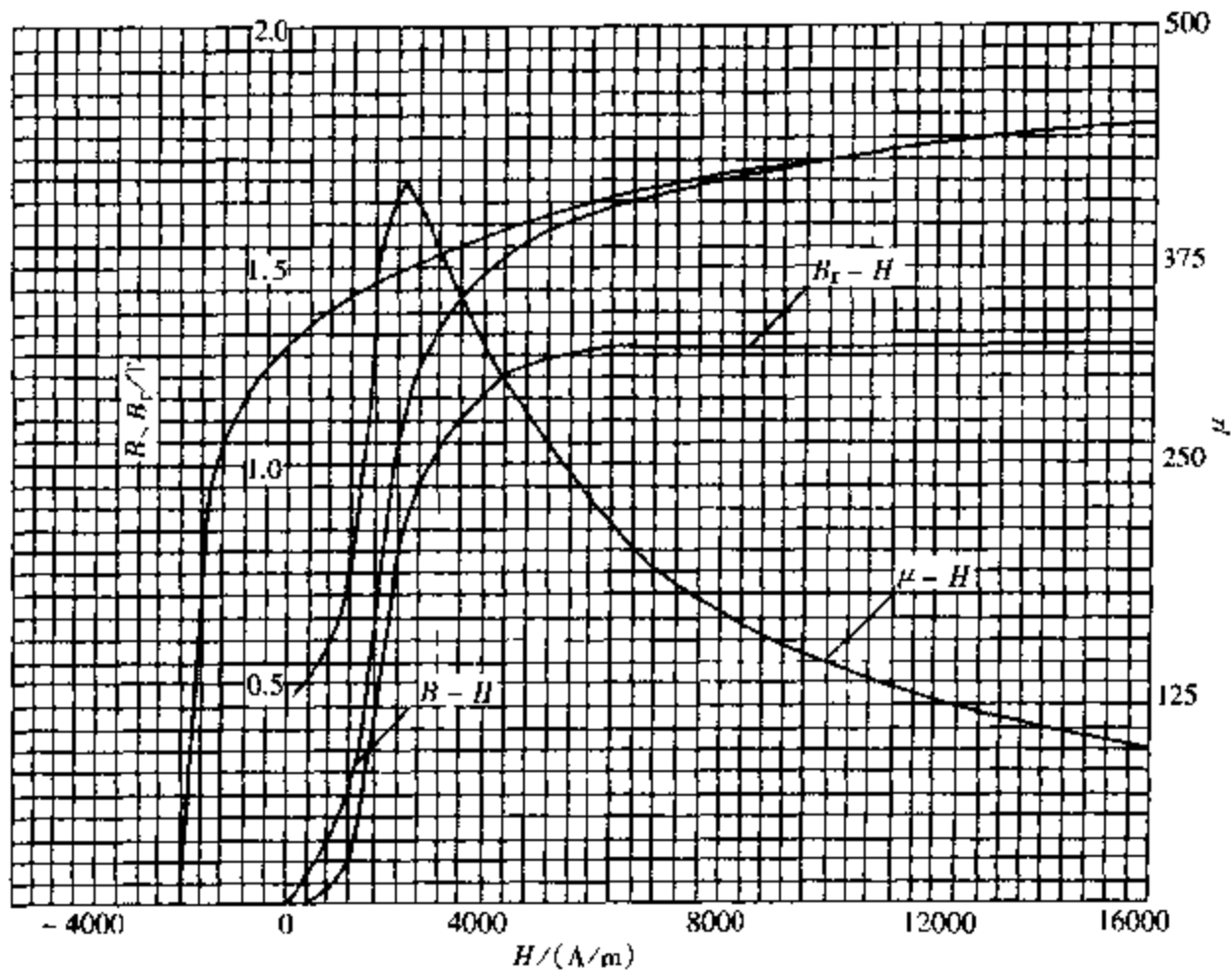


图 2-3-11 65Si2MnWA (860℃油淬, 400℃回火)

50HRC  $H_c = 1936\text{A/m}$   $B_r = 1.275\text{T}$   $\mu_{rm} = 412$

$H_{\mu_m} = 2136\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.28\text{kJ/m}^3$

6. 65Si2WA

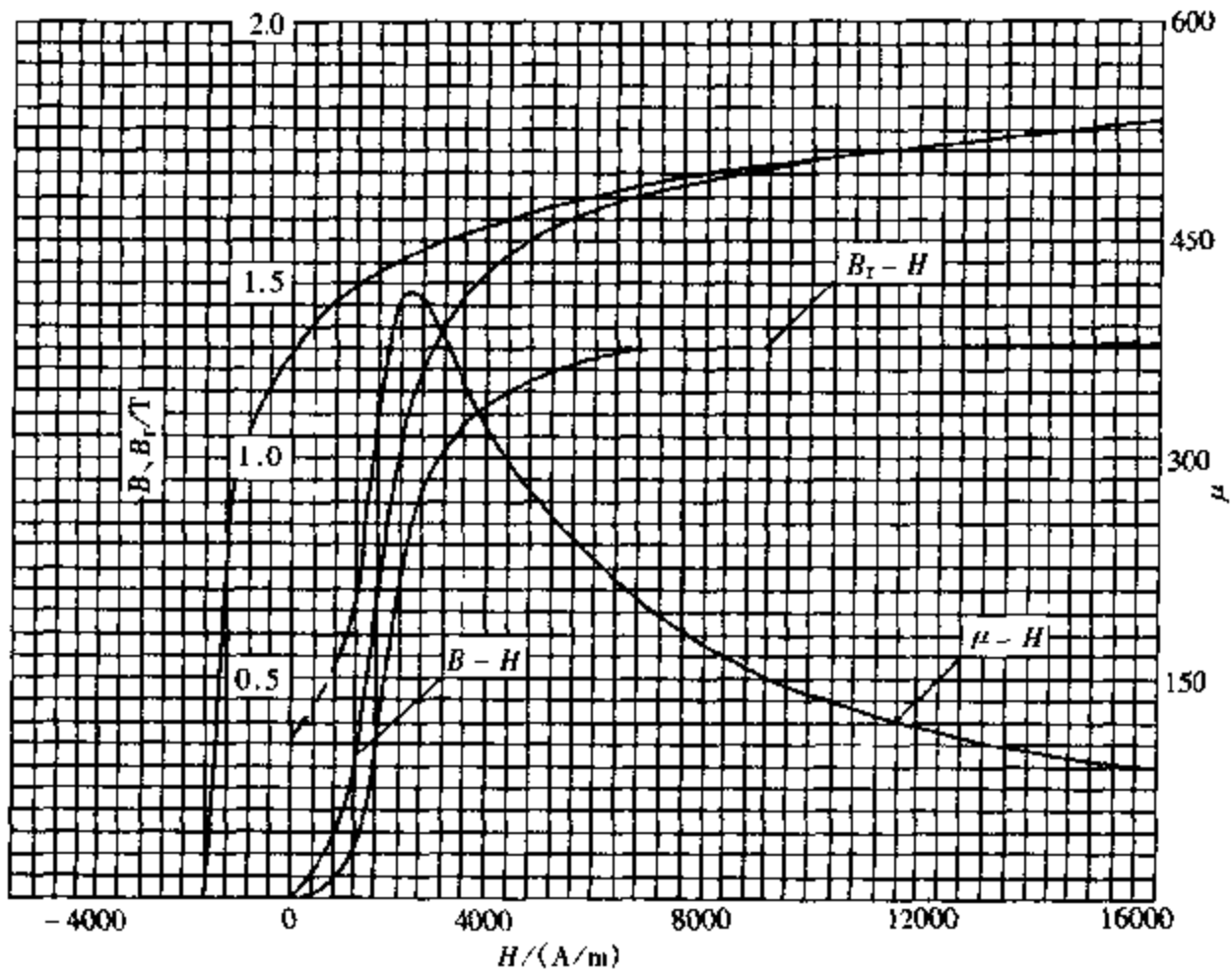


图 2-3-12 65Si2WA (850℃油淬, 420℃回火)

52HRC  $H_c = 1600\text{A/m}$   $B_r = 1.26\text{T}$   $\mu_{rm} = 416$

$H_{\mu_m} = 2160\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.976\text{kJ/m}^3$

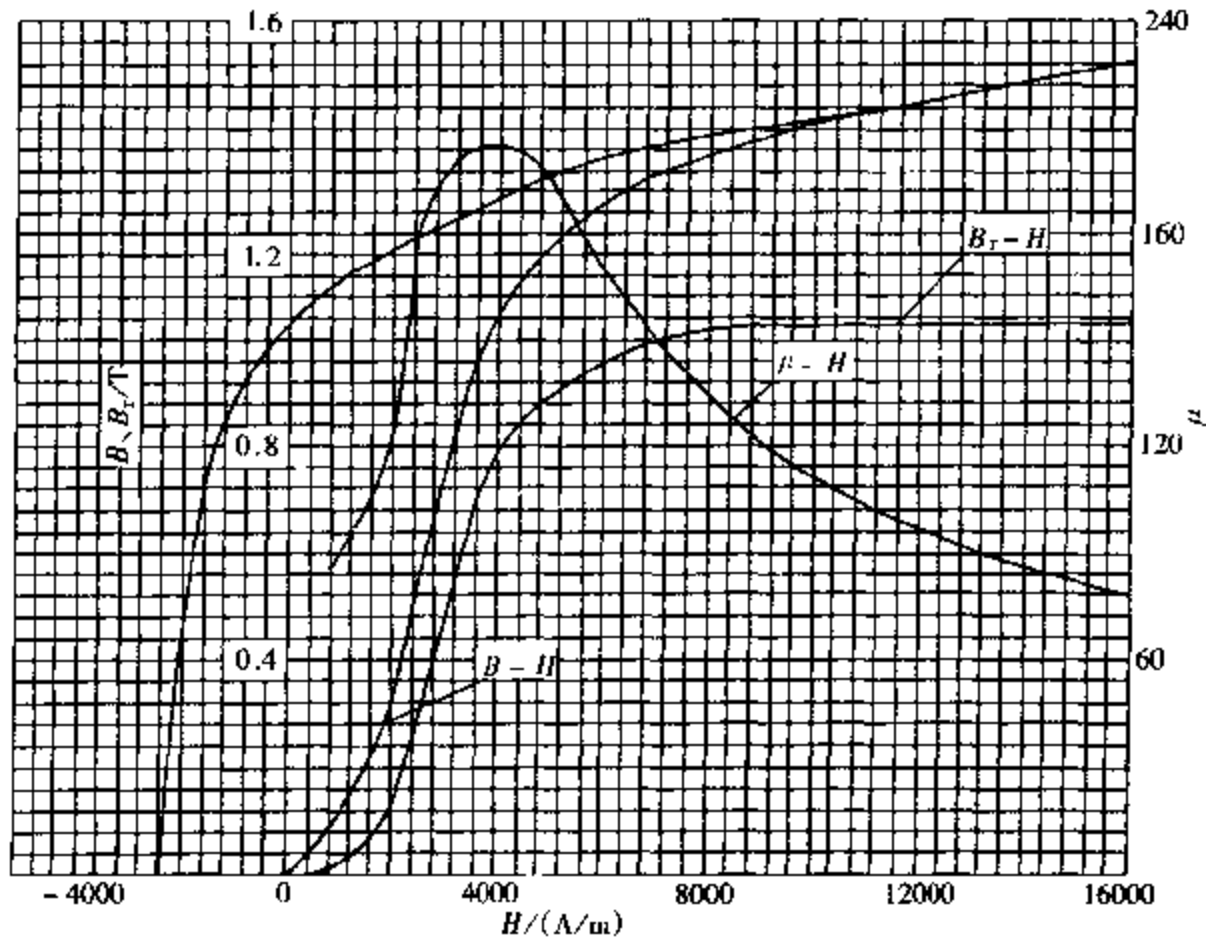


图 2-3-13 65Si2WA (860℃油淬, 250℃回火)  
 55HRC  $H_c = 2400\text{A/m}$   $B_r = 1.032\text{T}$   $\mu_{rm} = 208$   
 $H_{\mu_m} = 3760\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.152\text{kJ/m}^3$

2.3.2 不锈、耐酸、耐热钢

1. 2Cr13

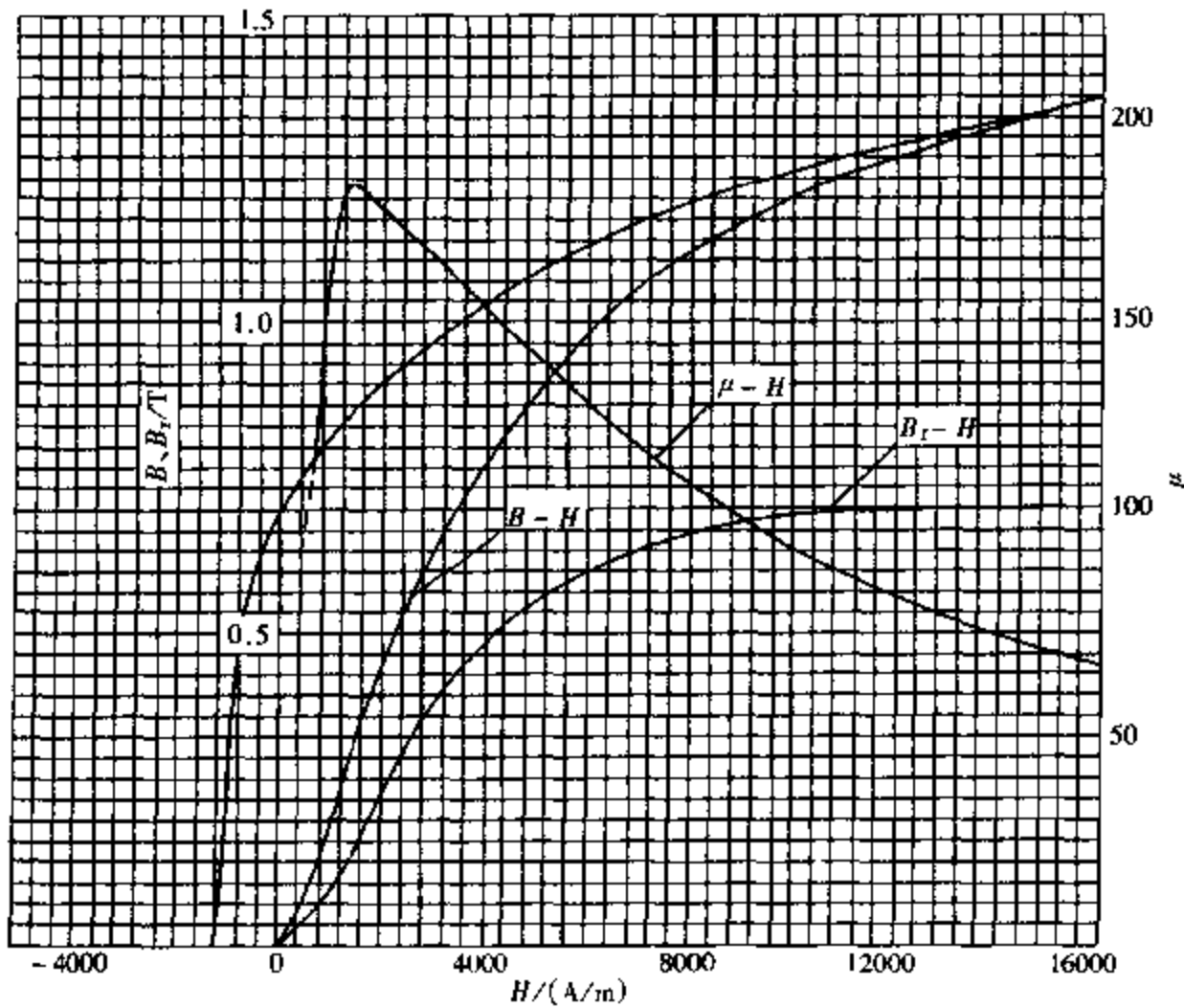


图 2-3-14 2Cr13 (正火)  
 24HRC  $H_c = 1200\text{A/m}$   $B_r = 0.7\text{T}$   $\mu_{rm} = 184$   
 $H_{\mu_m} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.344\text{kJ/m}^3$



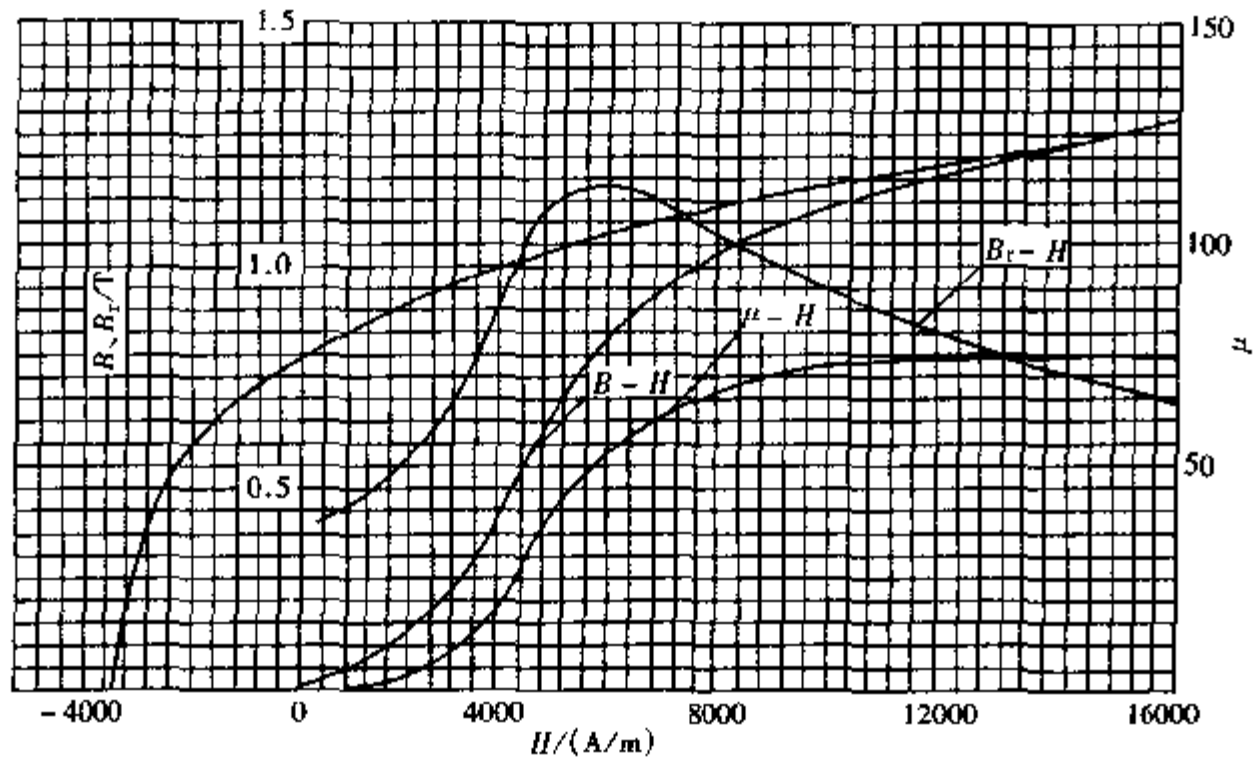


图 2-3-15 2Cr13 (1050℃油淬, 550℃回火)

45HRC  $H_c = 3400\text{A/m}$   $B_r = 0.74\text{T}$   $\mu_{rm} = 113$

$H_{\alpha m} = 5360\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.096\text{kJ/m}^3$

2. 3Cr13

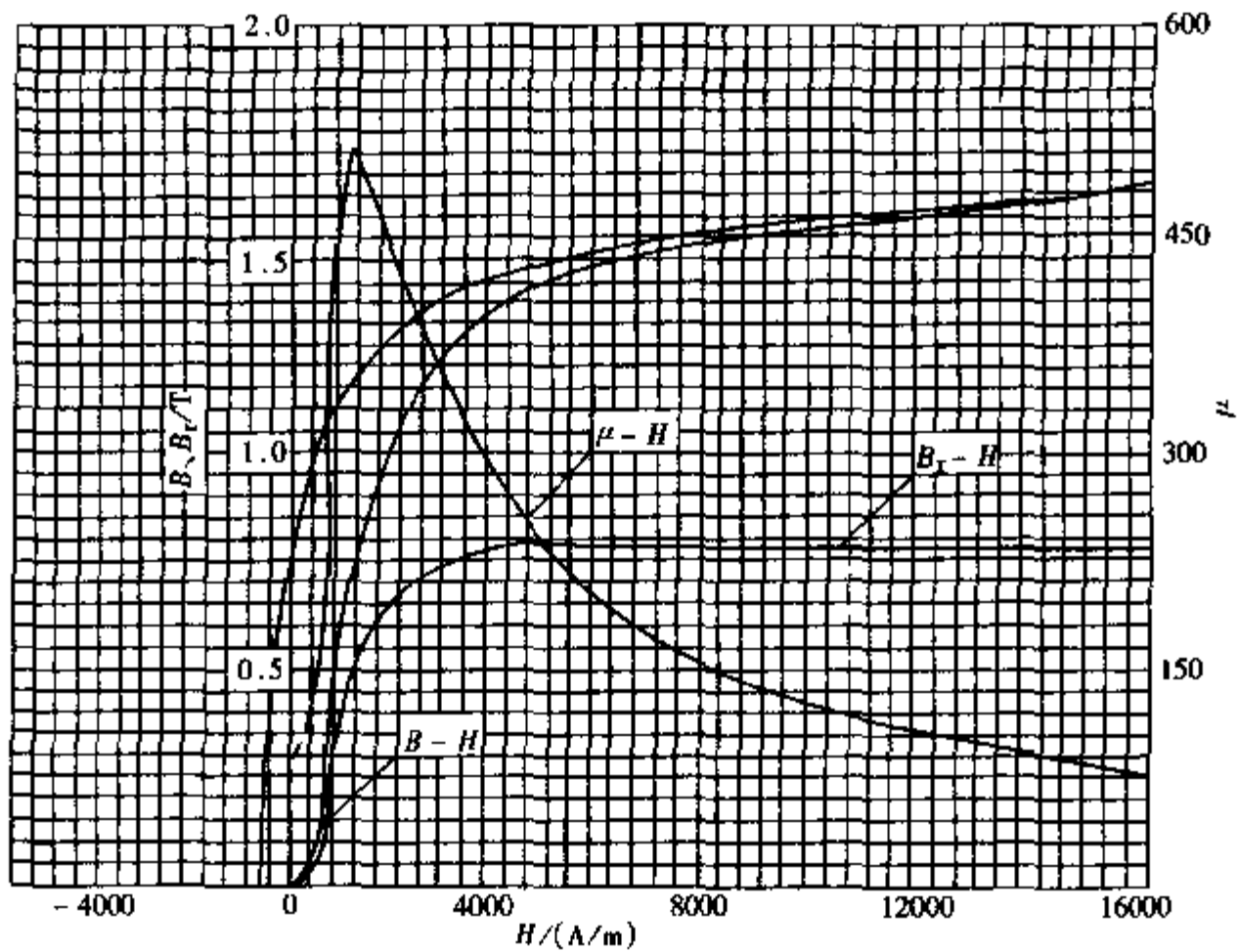


图 2-3-16 3Cr13 (材料供应状态)

170HBS  $H_c = 560\text{A/m}$   $B_r = 0.78\text{T}$   $\mu_{rm} = 512$

$H_{\alpha r} = 1040\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.16\text{kJ/m}^3$

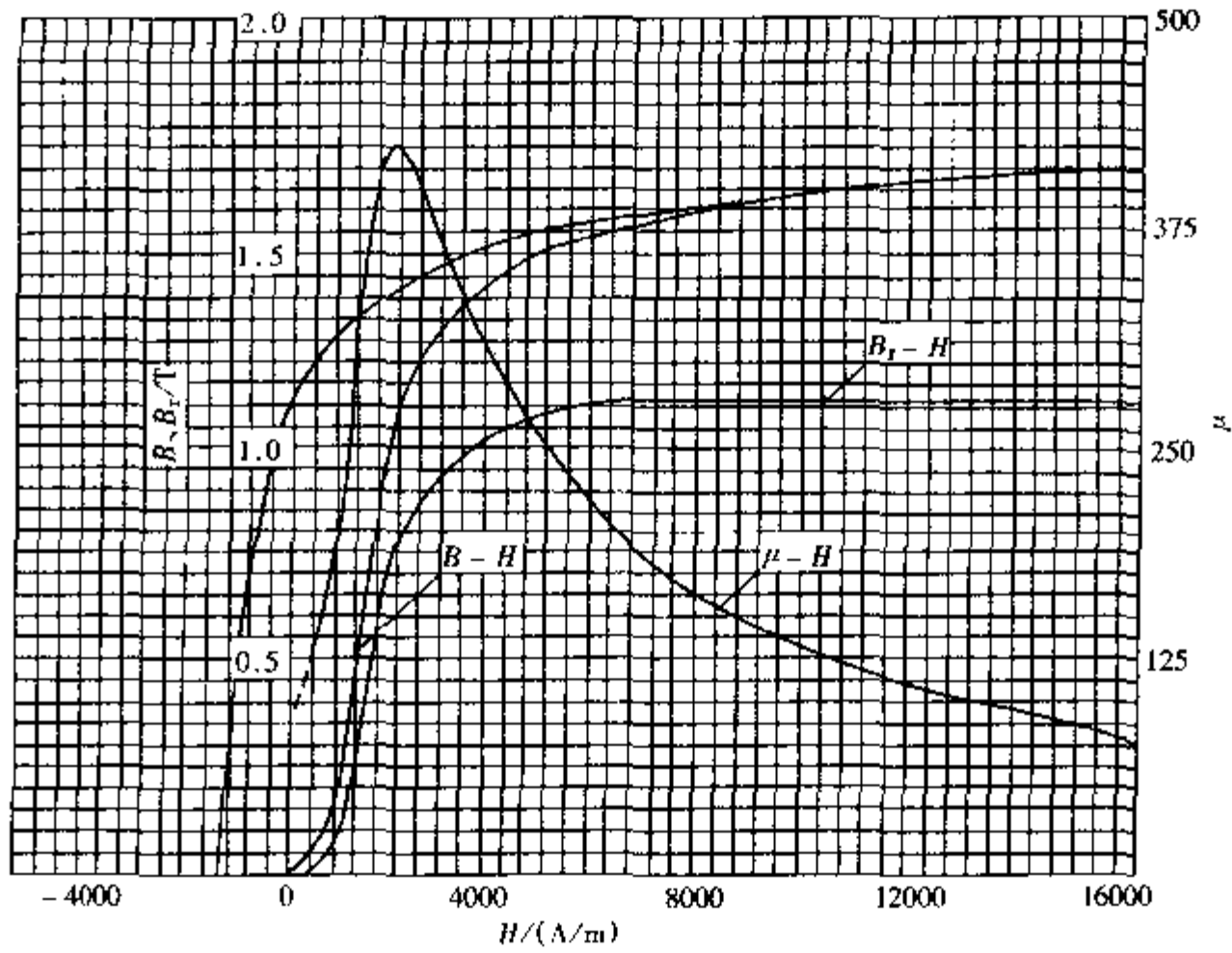


图 2-3-17 3Cr13 (1050℃油淬, 600℃回火)

29HRC  $H_c = 1344 \text{ A/m}$   $B_r = 1.1 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 426$

$H_m = 1880 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.528 \text{ kJ/m}^3$

3. Cr16Ni6

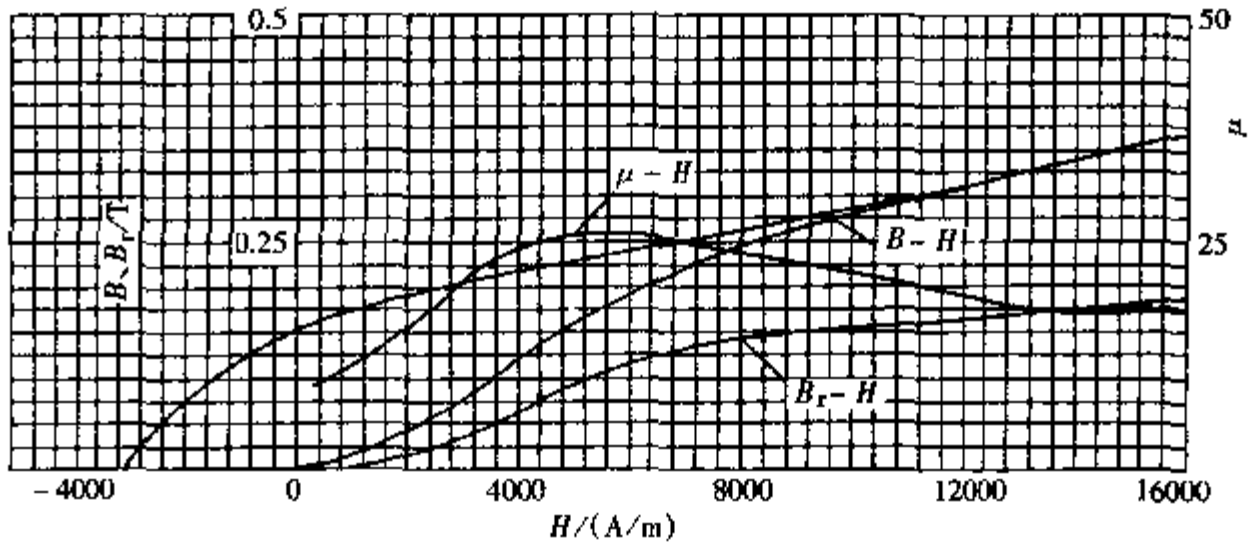


图 2-3-18 Cr16Ni6 (退火)

187HBS  $H_c = 3240 \text{ A/m}$   $B_r = 0.15 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 26$

$H_m = 5640 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.14 \text{ kJ/m}^3$

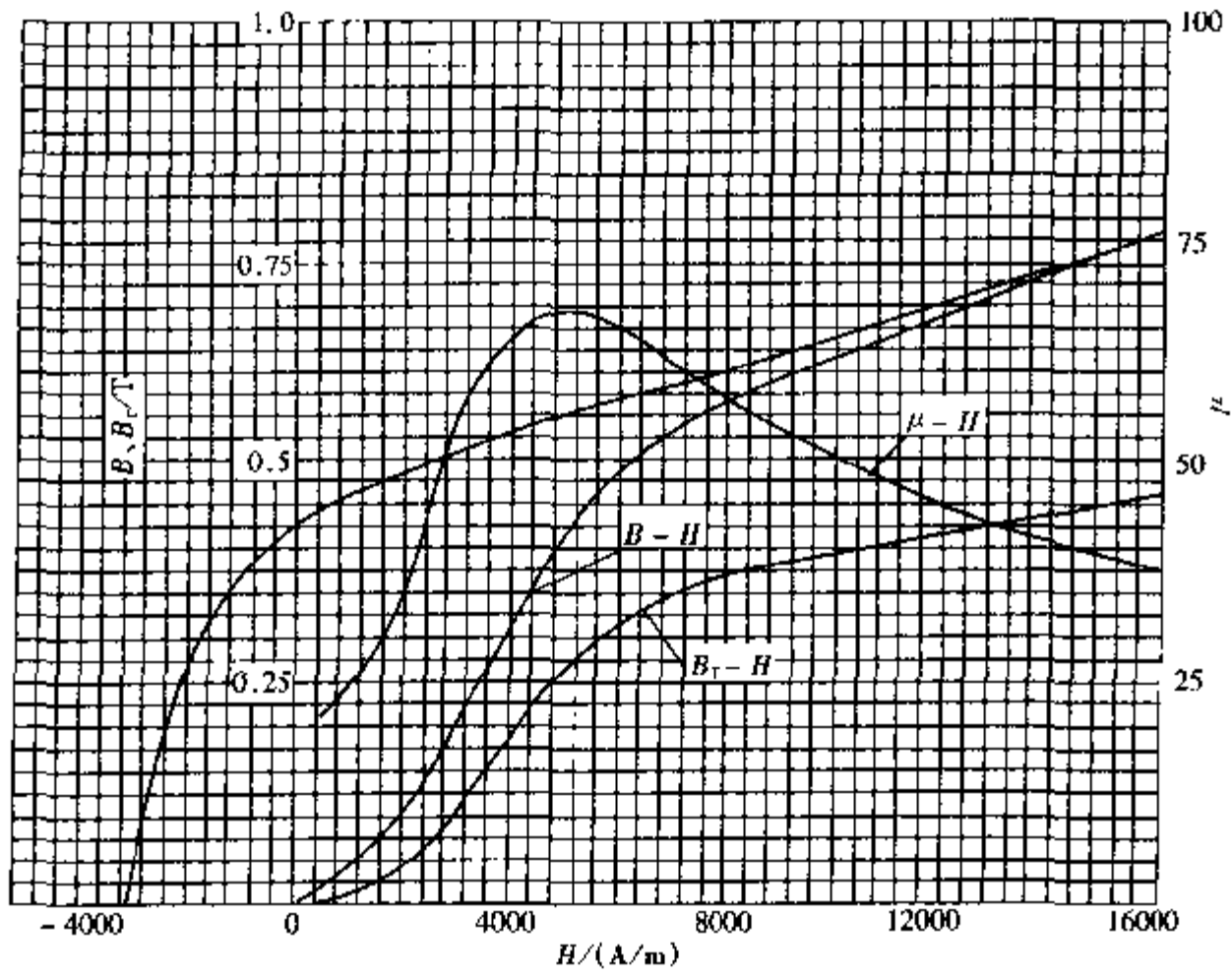


图 2-3-19 Cr 16Ni6 ( $\sigma_b = 1080\text{kPa}$ )

36HRC  $H_c = 3100\text{A/m}$   $B_r = 0.42\text{T}$   $\mu_{r,m} = 67$

$H_{\mu_m} = 5000\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.44\text{kJ/m}^3$

4. Cr 17Ni2

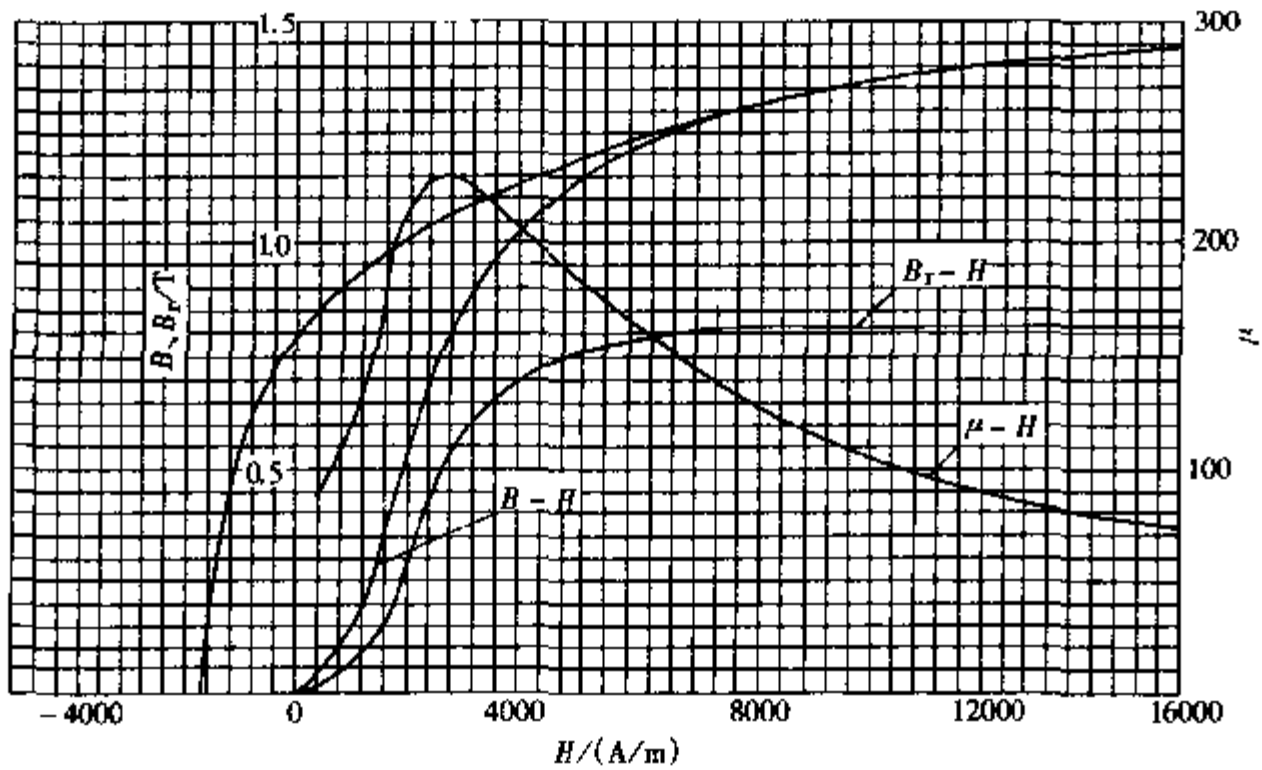
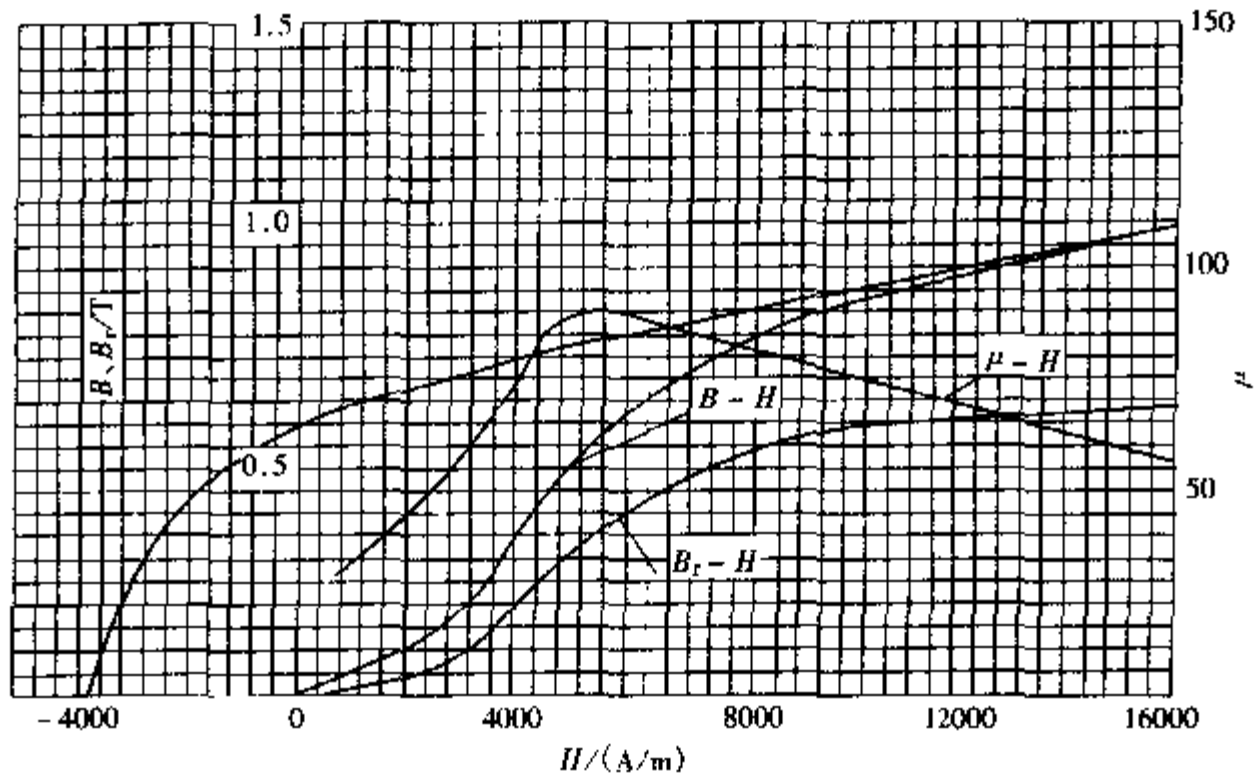


图 2-3-20 Cr 17Ni2 (材料供应状态)

285HBS  $H_c = 1860\text{A/m}$   $B_r = 0.42\text{T}$   $\mu_{r,m} = 235$

$H_{\mu_m} = 2640\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.23\text{kJ/m}^3$

图 2-3-21 Cr17Ni2 ( $\sigma_0 = 1080\text{kPa}$ )36HRC  $H_c = 3850\text{A/m}$   $B_r = 0.59\text{T}$   $\mu_{rm} = 85$  $H_{\mu_m} = 5600\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.39\text{kJ/m}^3$ 

## 2.3.3 轴承钢

## 1. GCr9

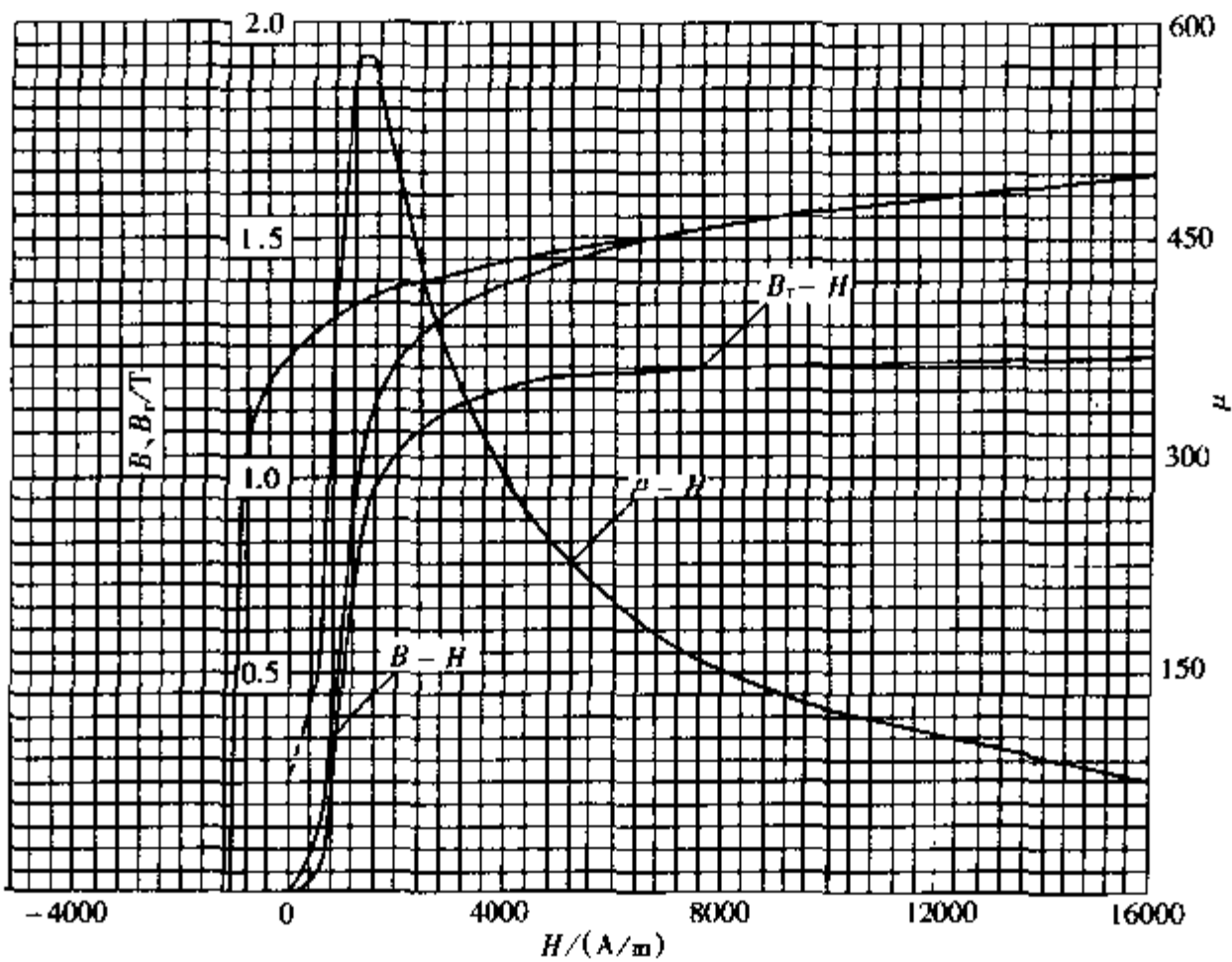


图 2-3-22 GCr9 (材料供应状态)

187HBS  $H_c = 1040\text{A/m}$   $B_r = 1.23\text{T}$   $\mu_{rm} = 579$  $H_{\mu_m} = 1360\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.784\text{kJ/m}^3$

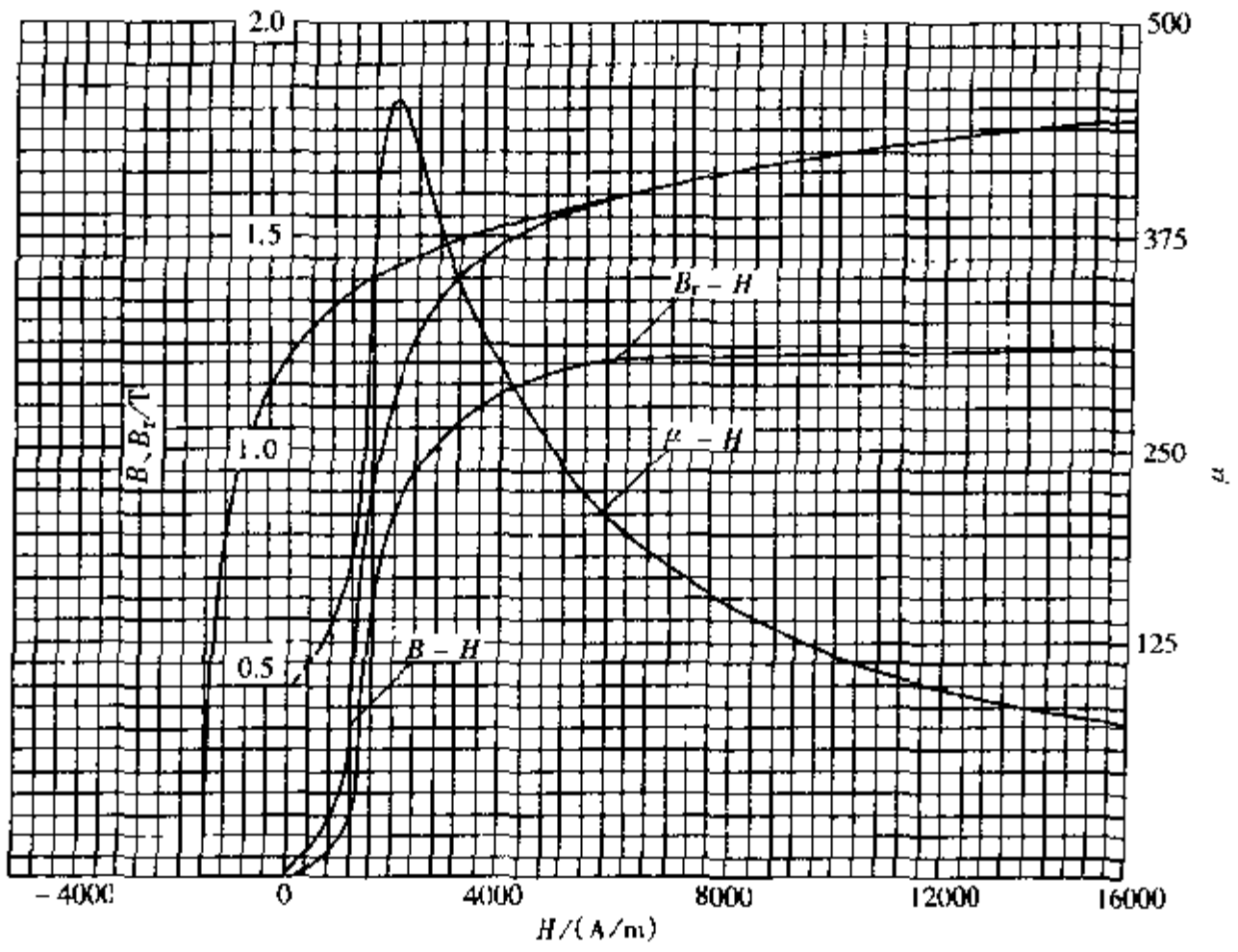


图 2-3-23 GCr9 (840℃油淬, 390℃回火)

57HRC  $H_c = 1520\text{A/m}$   $B_r = 1.24\text{T}$   $\mu_{rm} = 452$

$H_m = 1960\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.928\text{kJ/m}^3$

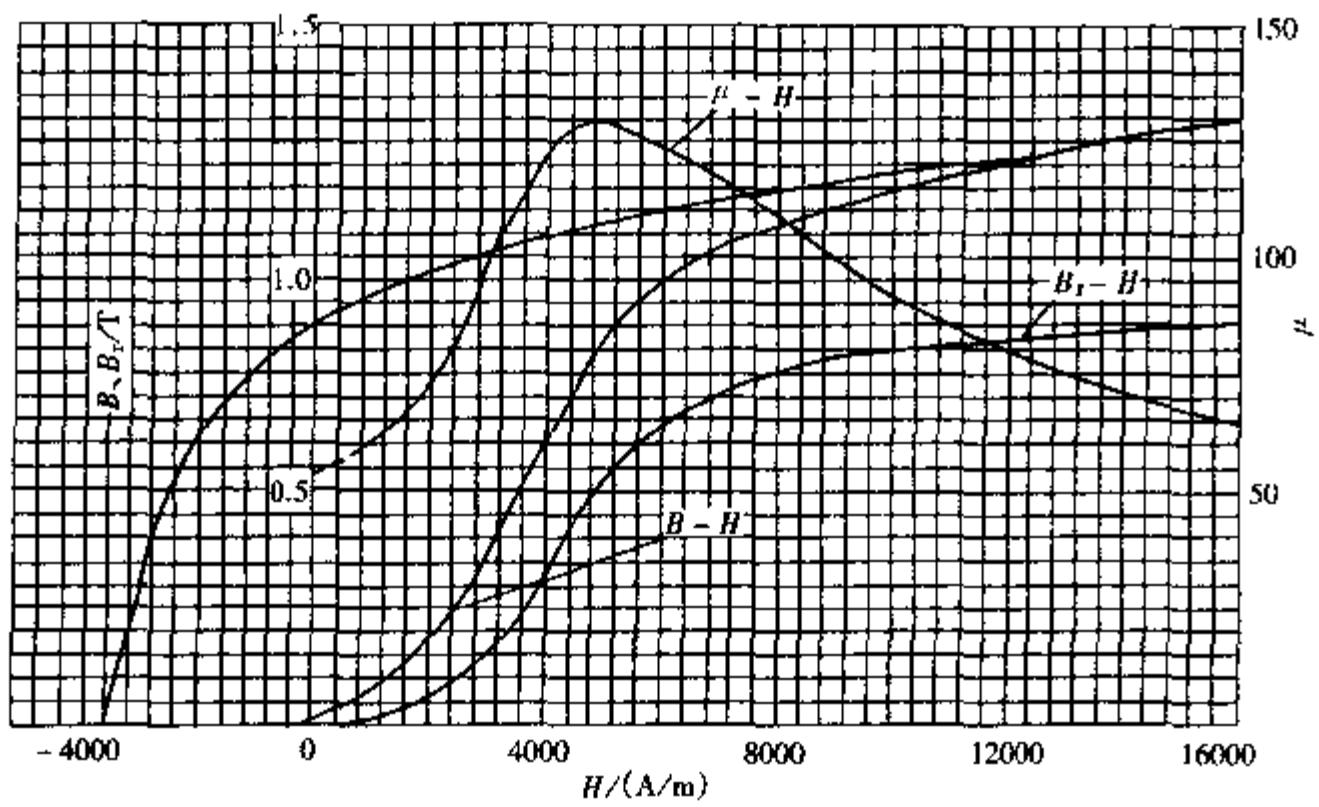


图 2-3-24 GCr9 (840℃油淬, 160℃回火)

62HRC  $H_c = 3680\text{A/m}$   $B_r = 0.86\text{T}$   $\mu_{rm} = 129$

$H_m = 4840\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.256\text{kJ/m}^3$

2. GCr 15

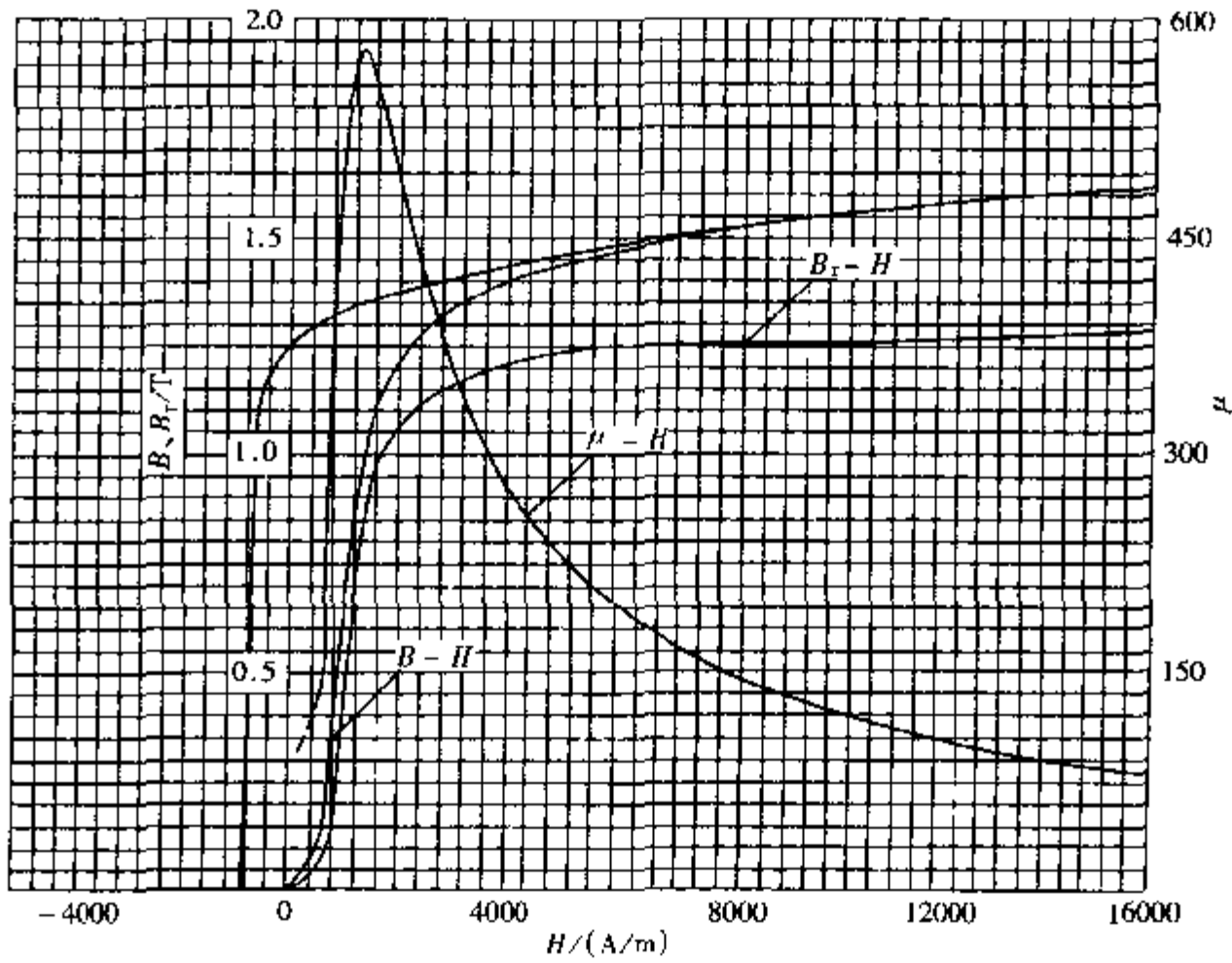


图 2-3-25 GCr 15 (材料供应状态)

207HBS  $H_c = 896 \text{ A/m}$   $B_r = 1.27 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 580$

$H_{c_m} = 1280 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.584 \text{ kJ/m}^3$

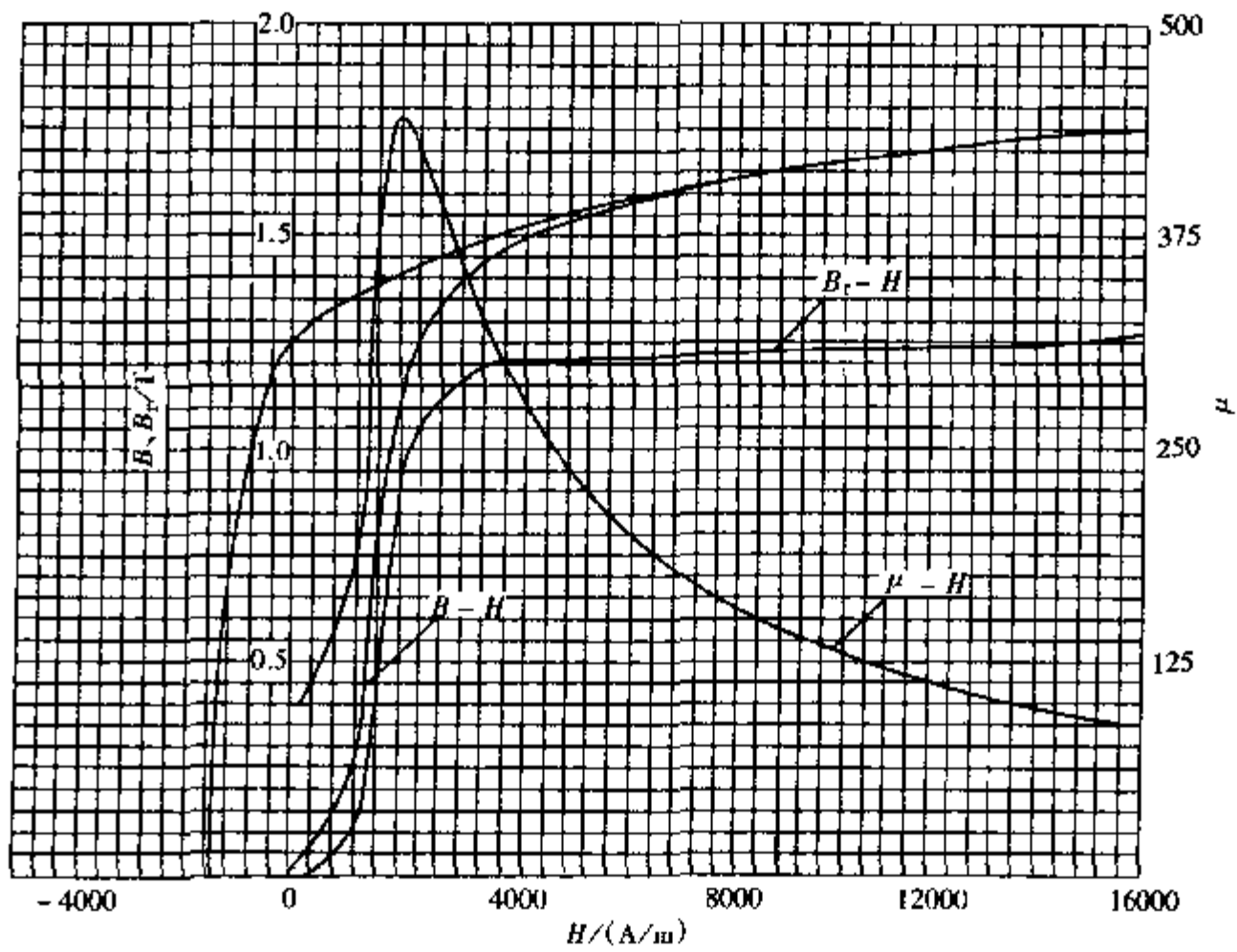


图 2-3-26 GCr 15 (840°C油淬, 360°C回火)

57HRC  $H_c = 1472 \text{ A/m}$   $B_r = 1.26 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 443$

$H_{c_m} = 2000 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.904 \text{ kJ/m}^3$

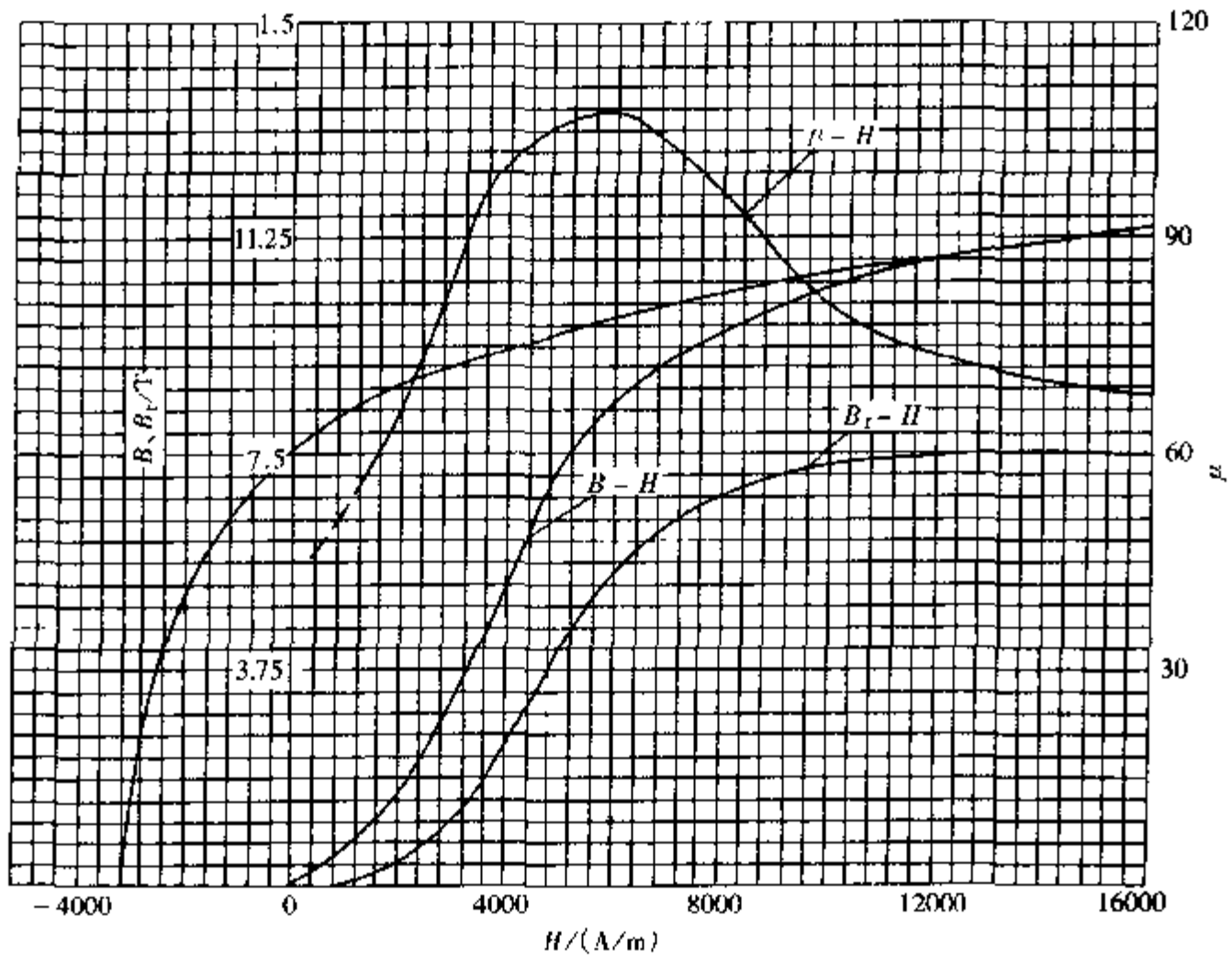


图 2-3-27 GCr15 (840℃油淬, 190℃回火)

61HRC  $H_i = 3120\text{A/m}$   $B_i = 0.7335\text{T}$   $\mu_m = 107$

$H_{\mu_m} = 6000\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.008\text{kJ/m}^3$

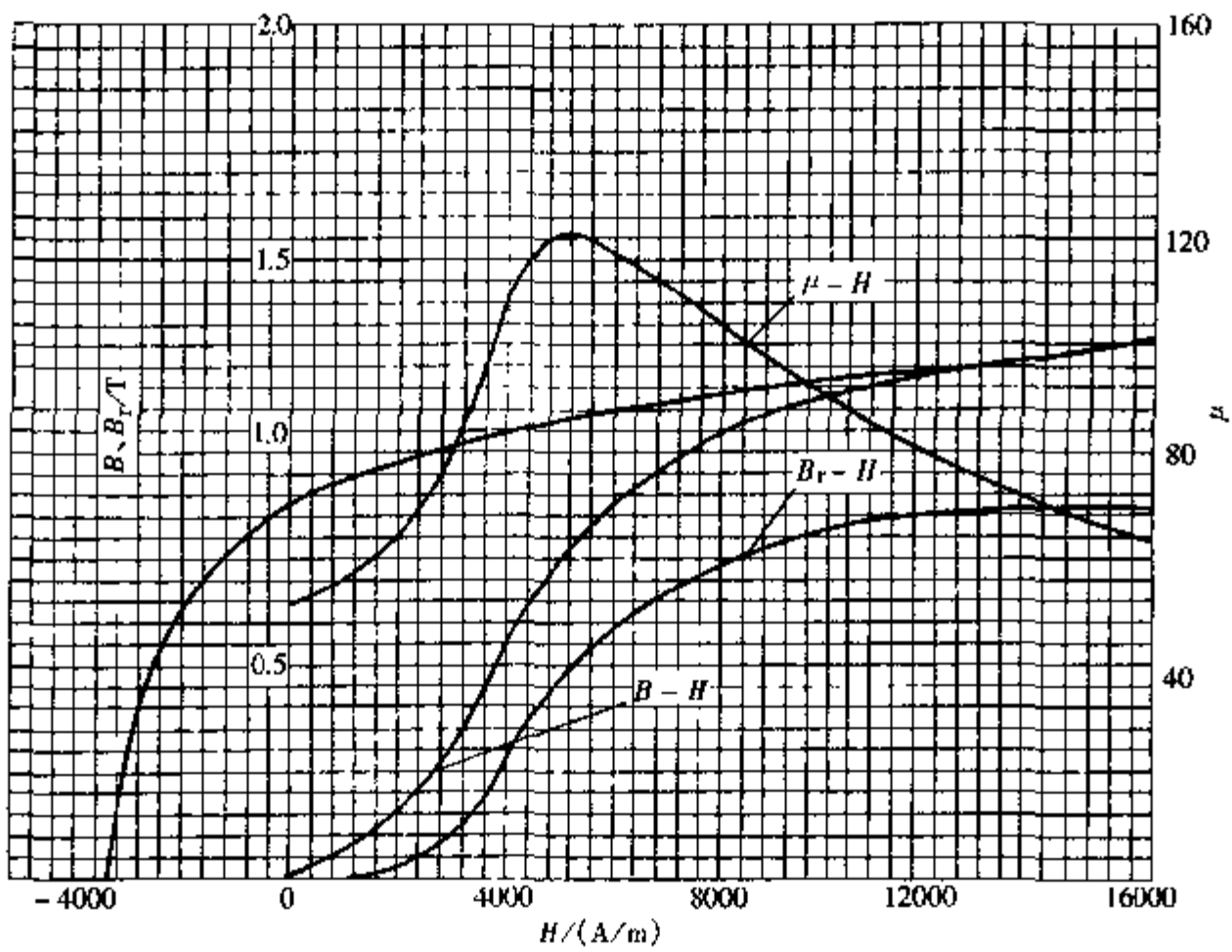


图 2-3-28 GCr15 (830℃油淬, 110℃回火)

61HRC  $H_i = 3400\text{A/m}$   $B_i = 0.872\text{T}$   $\mu_m = 120$

$H_{\mu_m} = 4880\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.28\text{kJ/m}^3$

3. G20CrNi2MoA

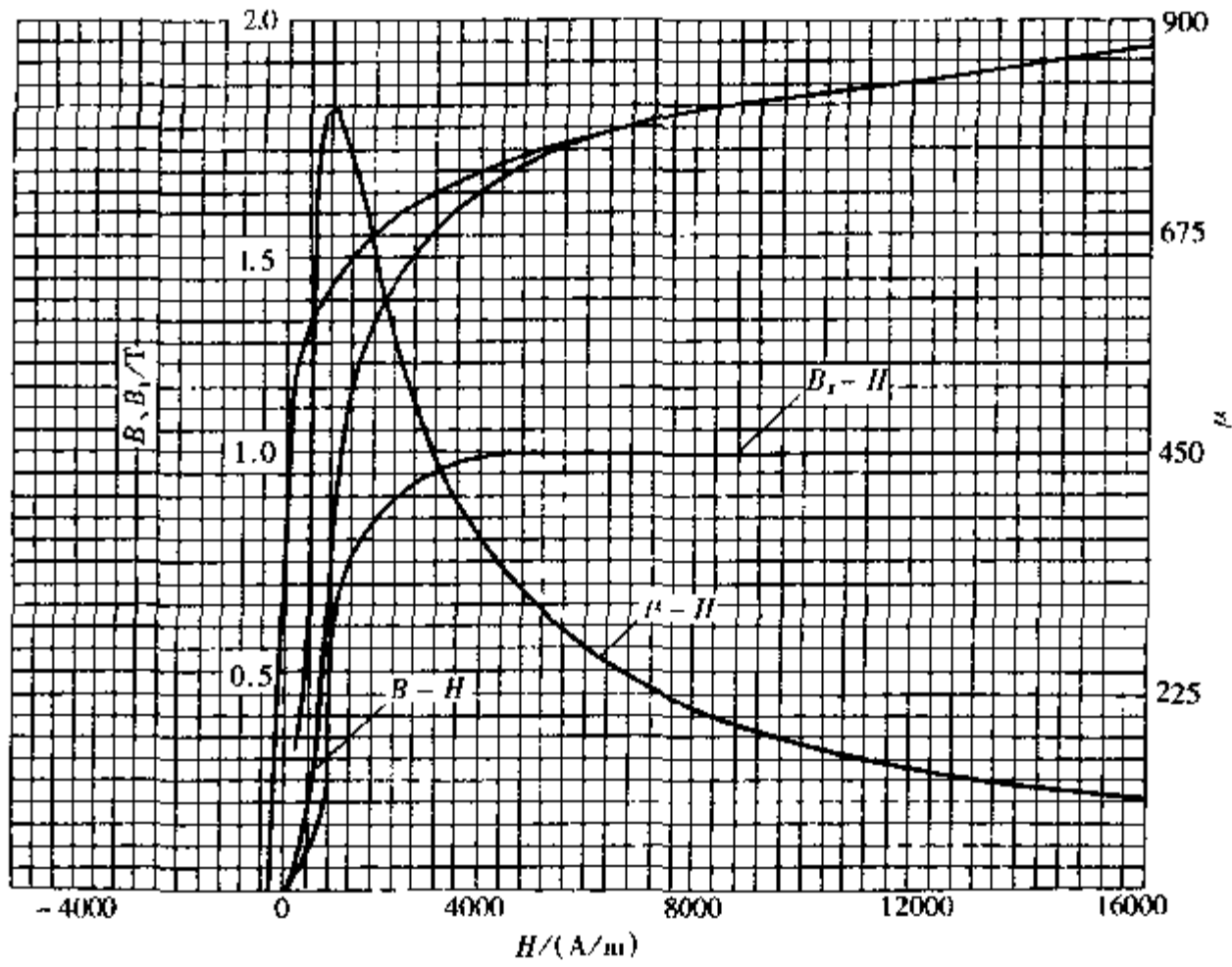


图 2-3-29 G20CrNi2MoA (锻后 800°C 等温球化)

147HBS  $H_c = 236 \text{ A/m}$   $B_r = 0.88 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 800$

$H_{\mu m} = 800 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.09 \text{ kJ/m}^3$

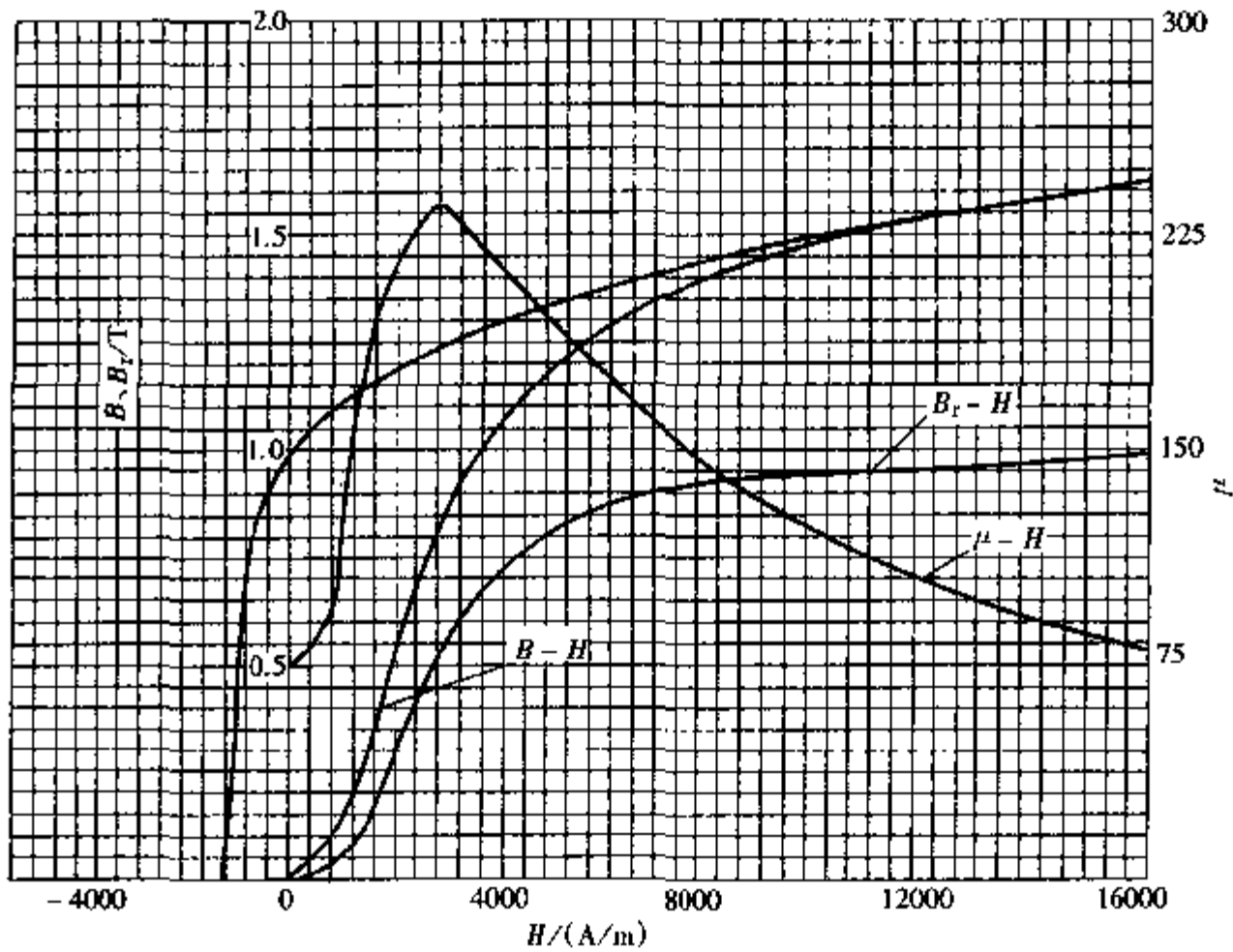


图 2-3-30 G20CrNi2MoA (930°C 渗氮, 880°C 一次淬火, 810°C 二次淬火, 170°C 回火)

表面 61HRC 心部 40HRC  $H_c = 1472 \text{ A/m}$   $B_r = 1.0 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 237$

$H_{\mu m} = 2720 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.69 \text{ kJ/m}^3$



4. GCr15SiMn

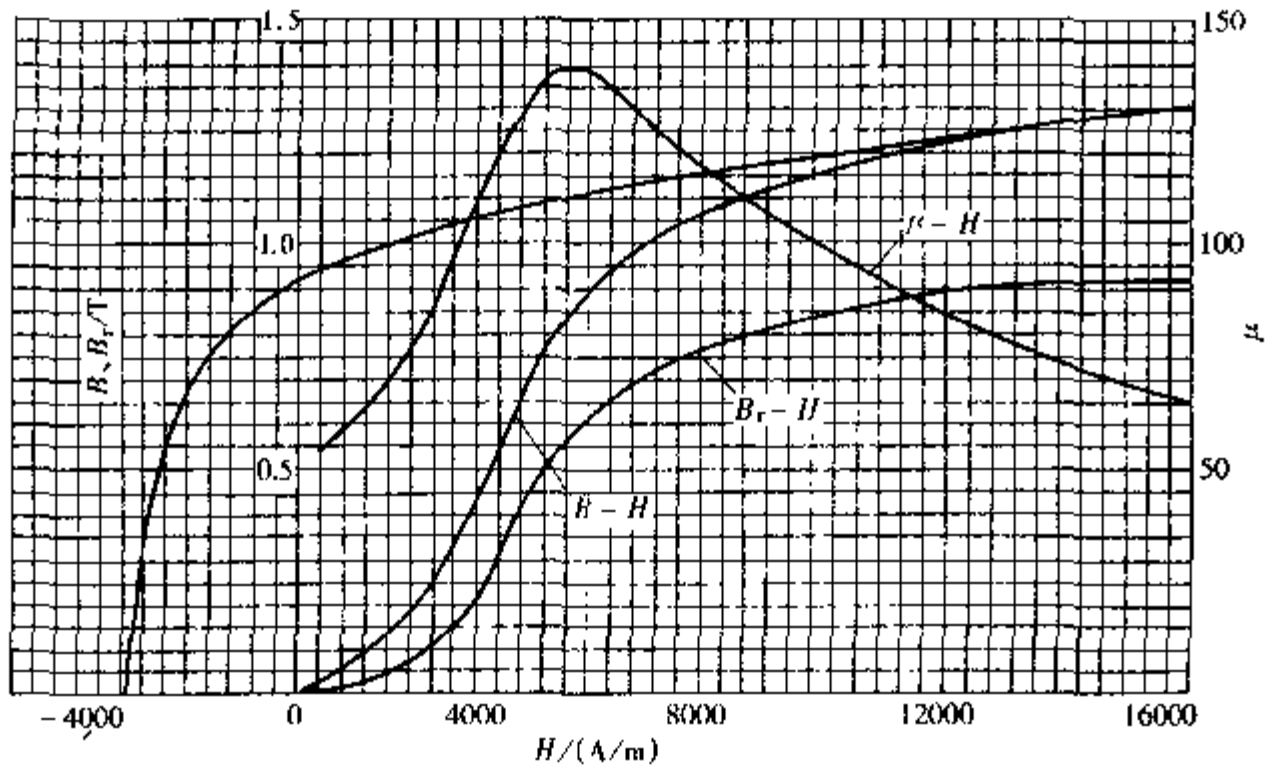


图 2-3-31 GCr15SiMn (830℃油淬, 200℃回火)

61HRC  $H_c = 3076 \text{ A/m}$   $B_c = 0.93 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 140$

$H_{c,m} = 5000 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 1.334 \text{ kJ/m}^3$

2.3.4 碳素工具钢

1. T7

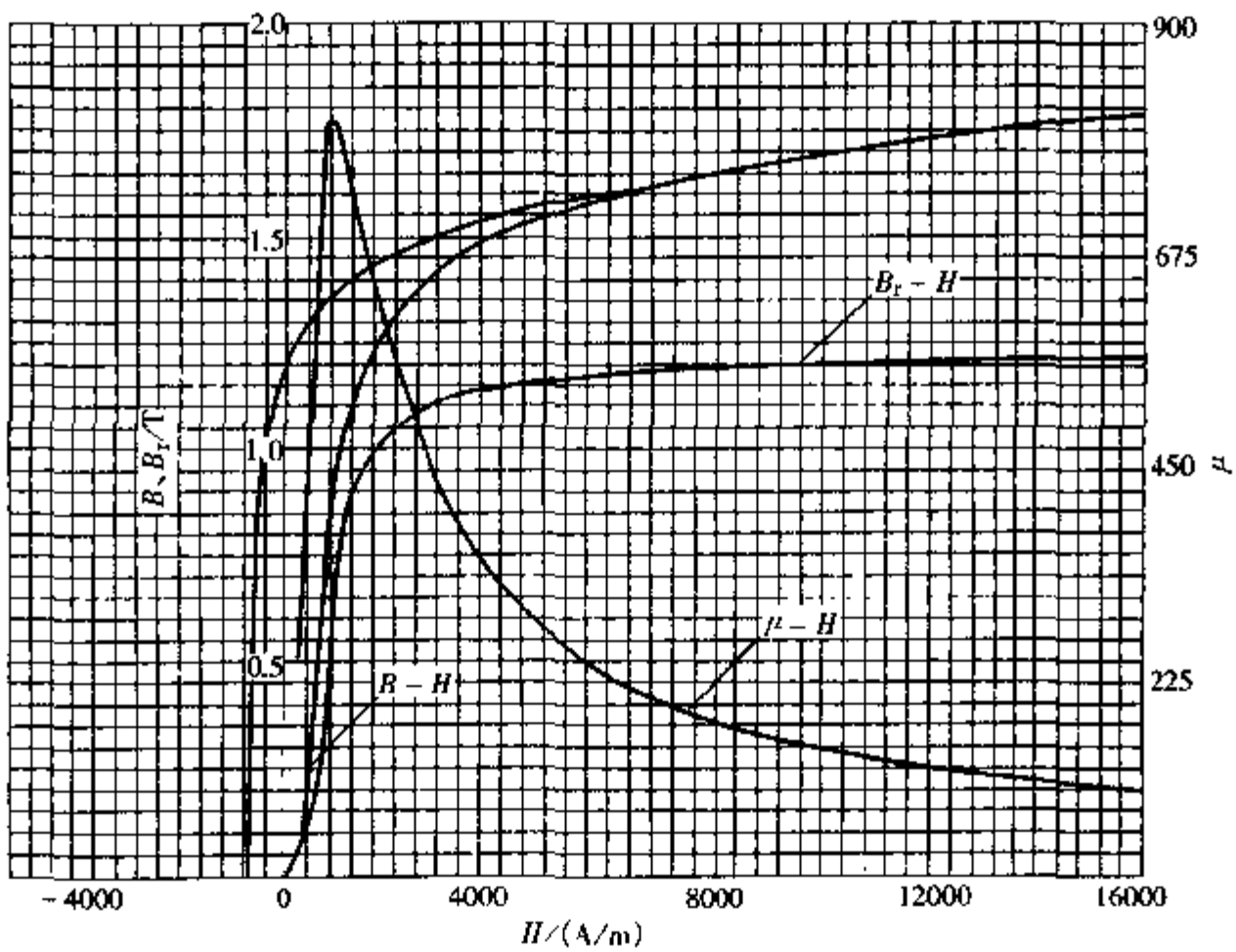


图 2-3-32 T7 (材料供应状态)

170HBS  $H_c = 736 \text{ A/m}$   $B_c = 1.21 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 800$

$H_{c,m} = 840 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.48 \text{ kJ/m}^3$

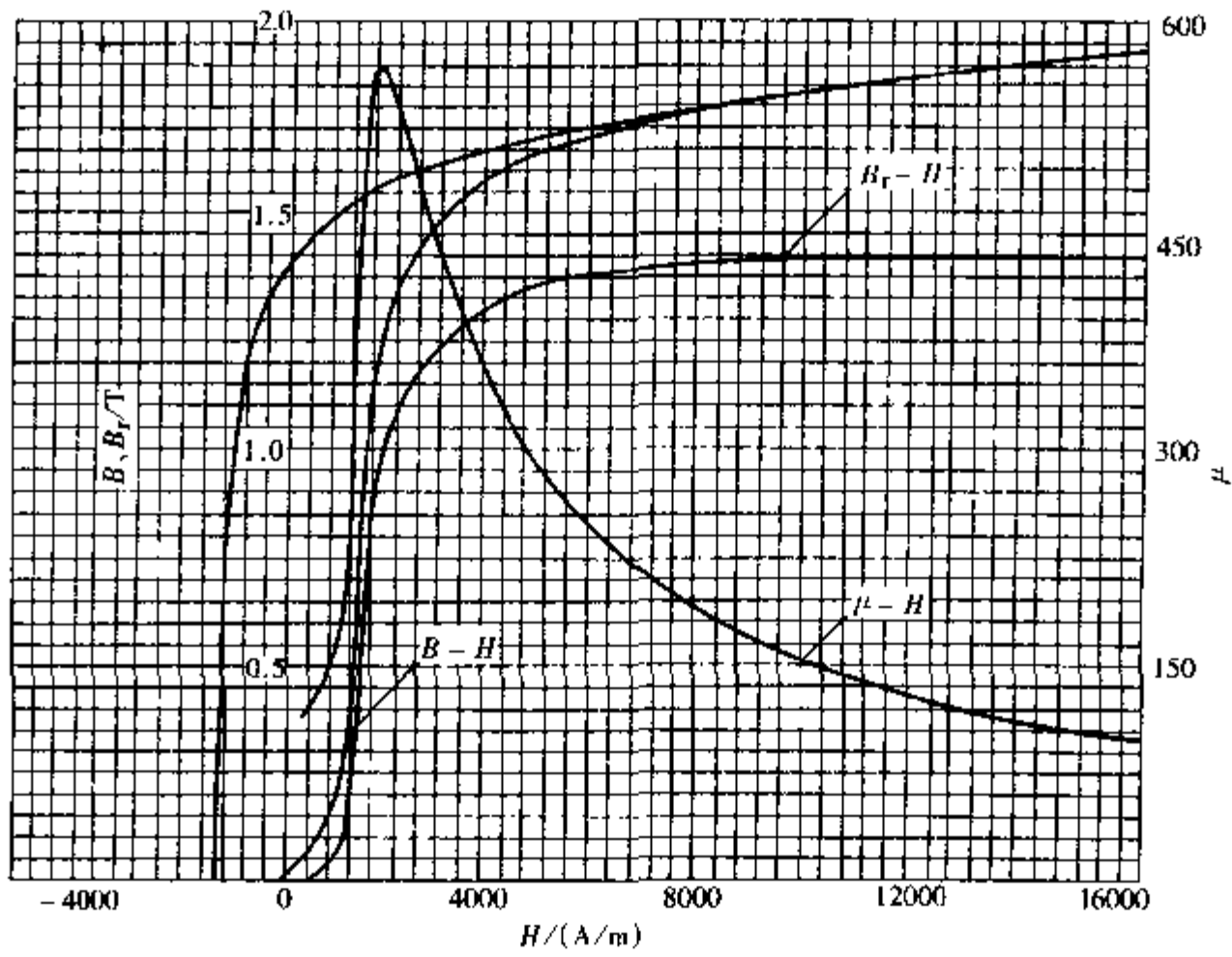


图 2-3-33 T7 (810℃水淬, 390℃回火)

47HRC  $H_c = 1352\text{A/m}$   $B_r = 1.445\text{T}$   $\mu_{rm} = 567$

$H_{u_n} = 1680\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.976\text{kJ/m}^3$

2.18

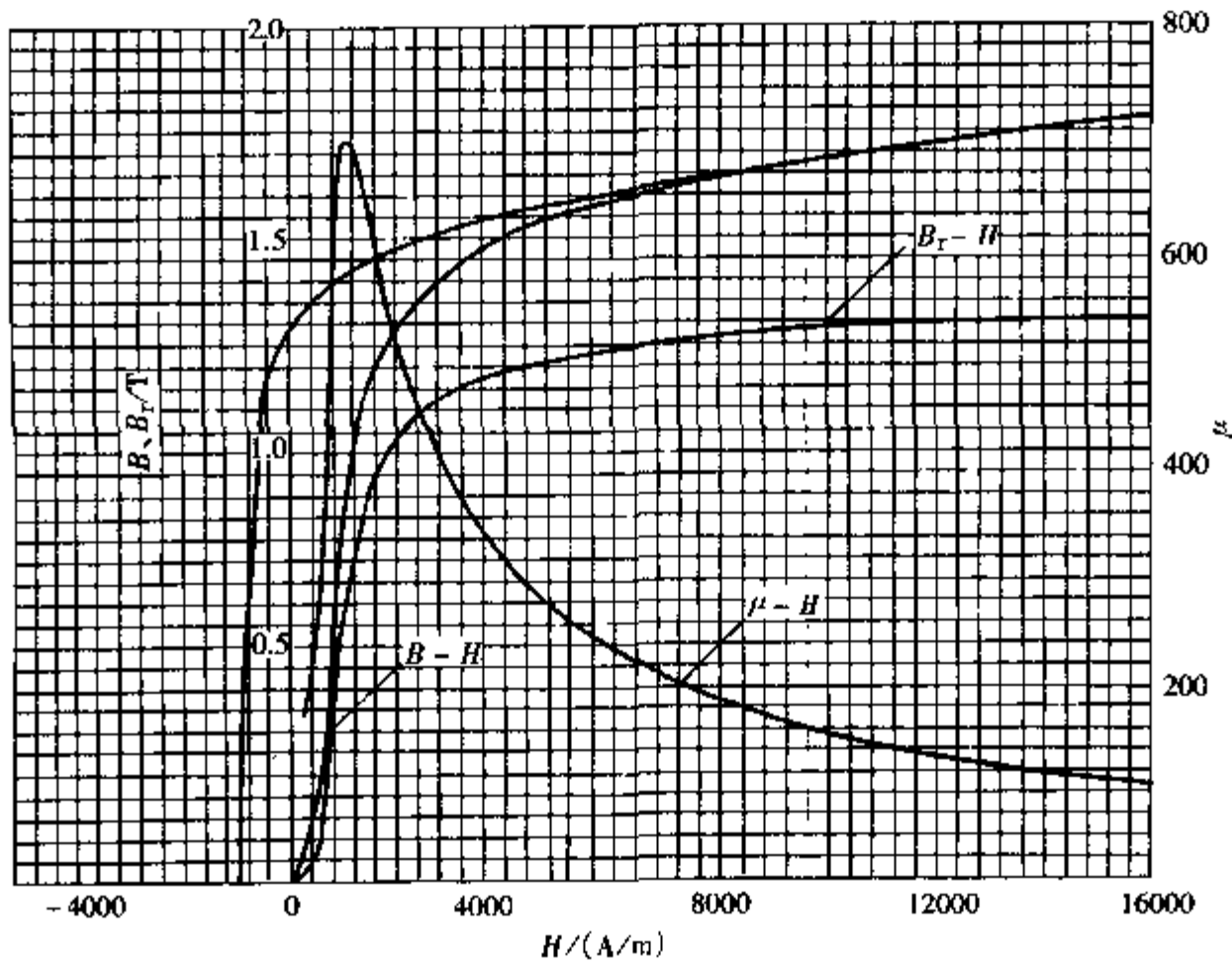


图 2-3-34 T8 (材料供应状态)

170HBS  $H_c = 936\text{A/m}$   $B_r = 1.3\text{T}$   $\mu_{rm} = 692$

$H_{u_n} = 1088\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.592\text{kJ/m}^3$

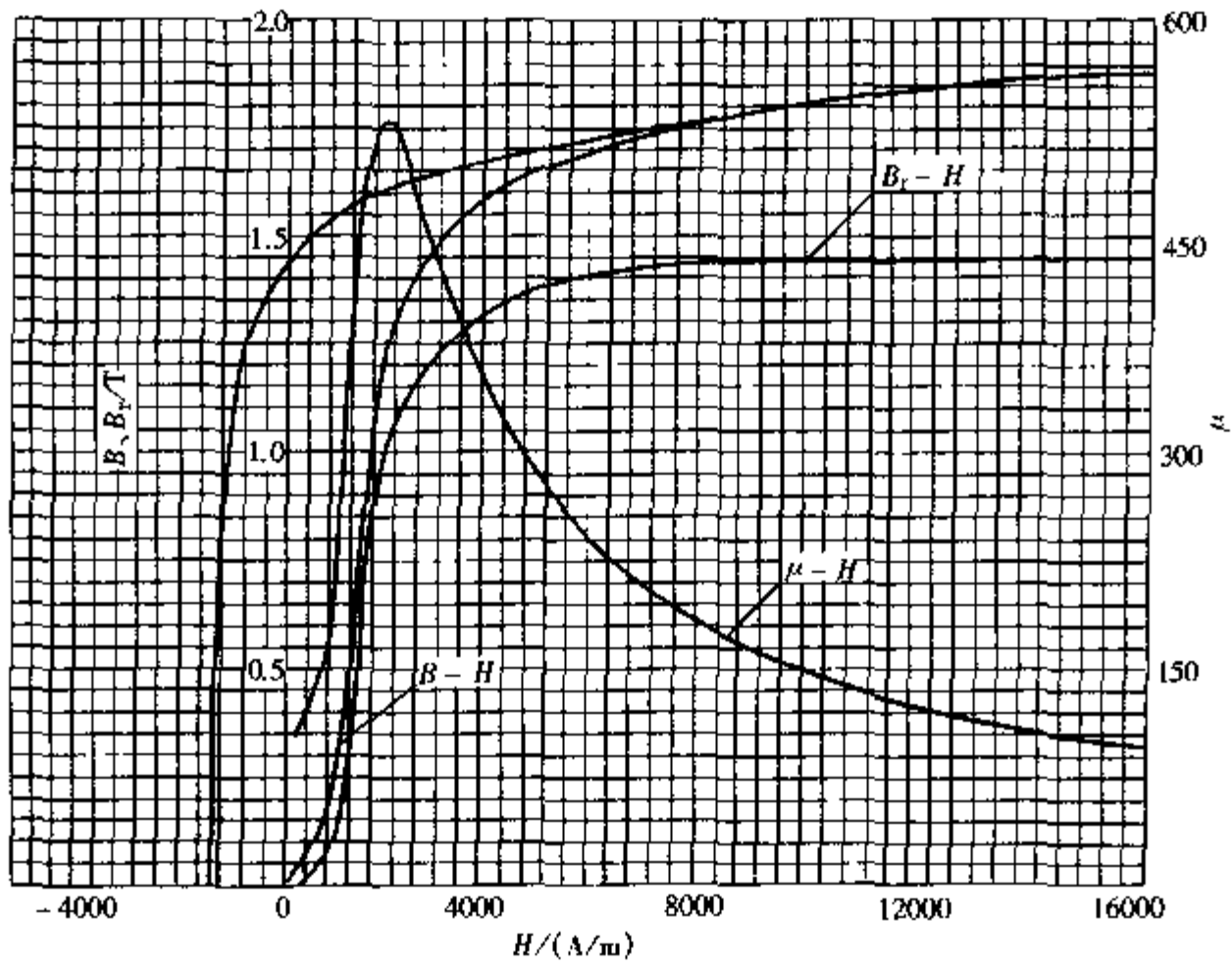


图 2-3-35 T8 (790℃水淬, 400℃回火)

47HRC  $H_c = 1368\text{A/m}$   $B_r = 1.45\text{T}$   $\mu_{cm} = 530$

$H_{\mu_m} = 1840\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.12\text{kJ/m}^3$

3. T 10A

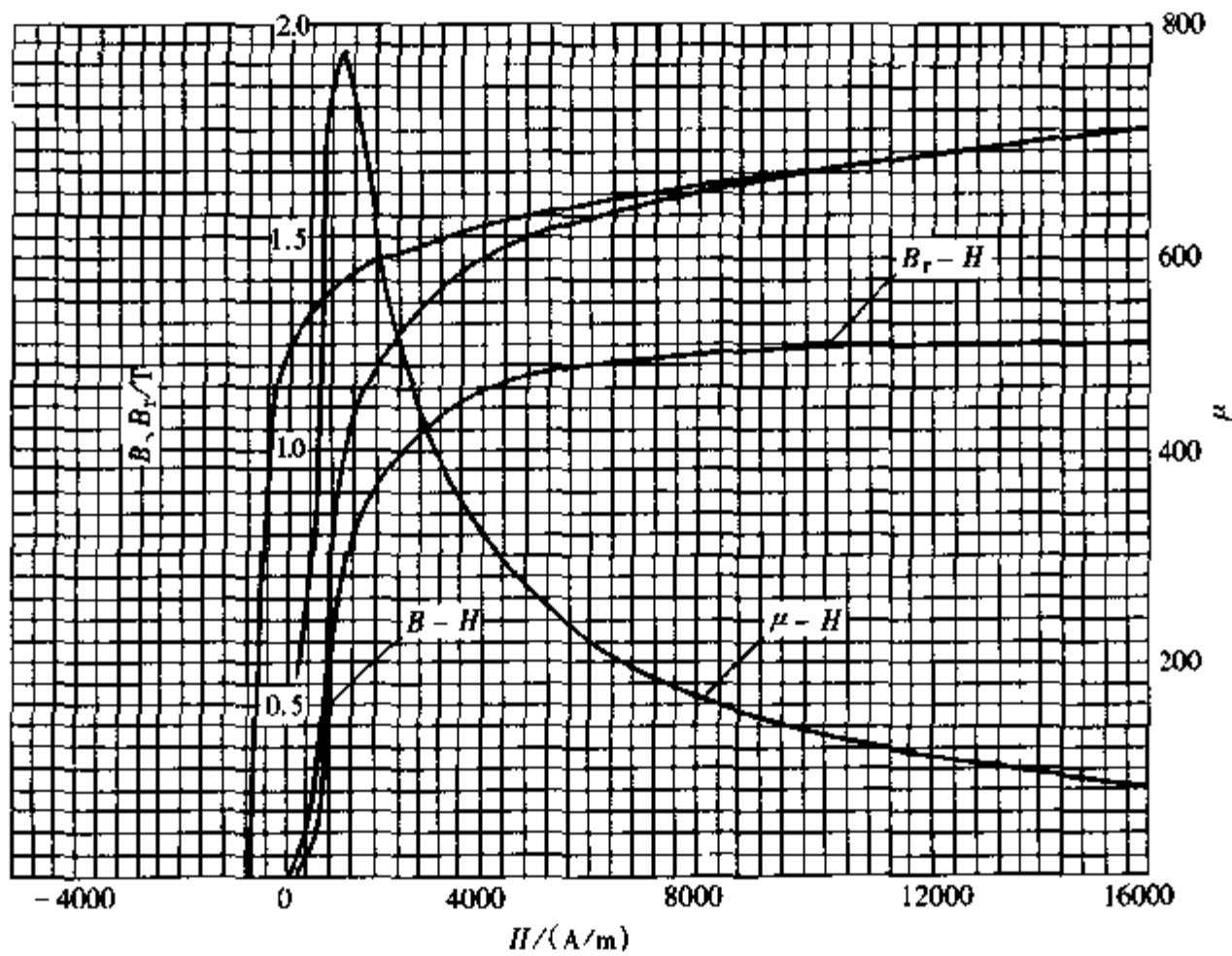


图 2-3-36 T10A (退火)

170HBS  $H_c = 704\text{A/m}$   $B_r = 1.25\text{T}$   $\mu_{cm} = 775$

$H_{\mu_m} = 960\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.368\text{kJ/m}^3$

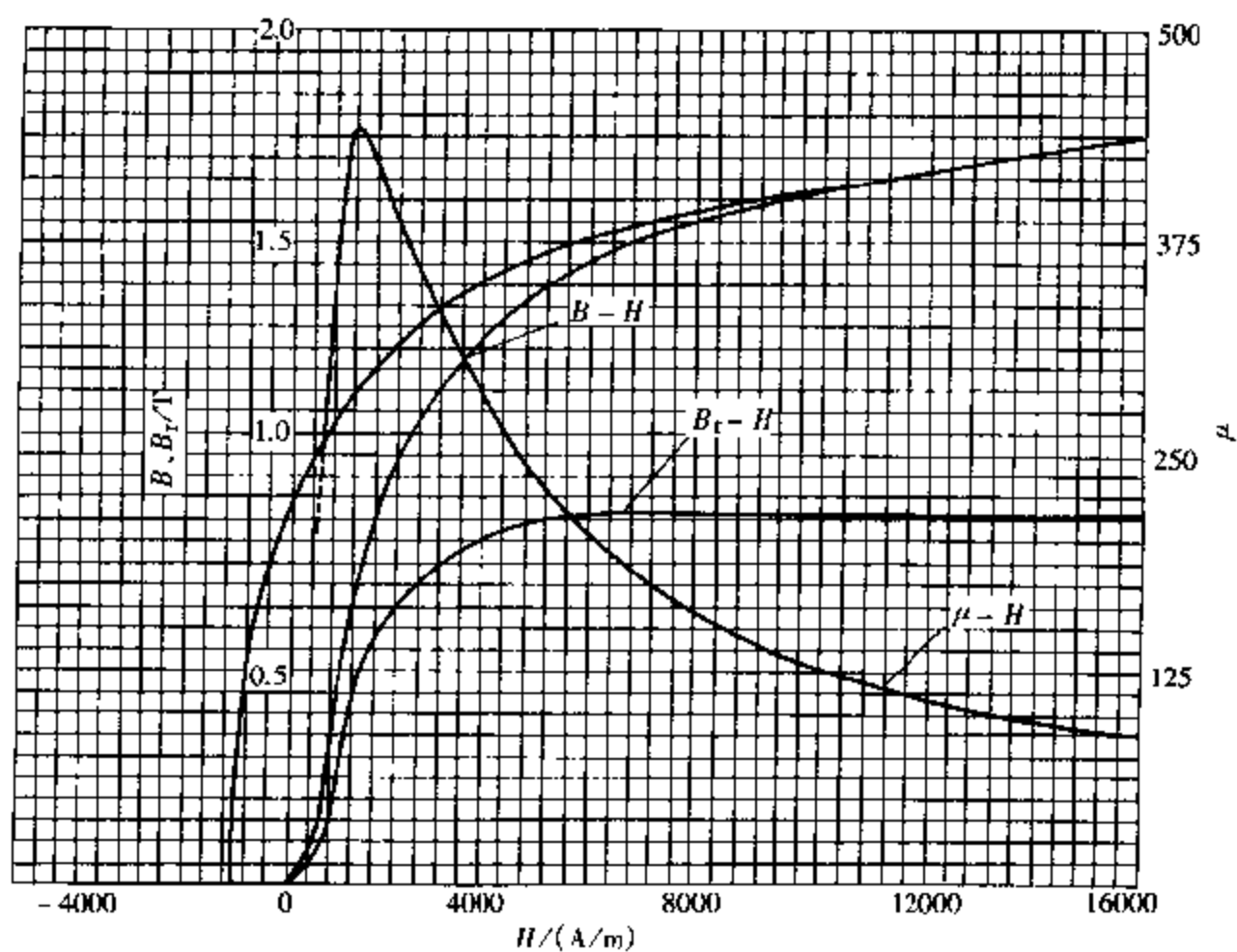


图 2-3-37 T10A (正火)

28.5HRC  $H_c = 1040\text{A/m}$   $B_r = 0.865\text{T}$   $\mu_{rm} = 439$

$H_{\mu_m} = 1200\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.4\text{kJ/m}^3$

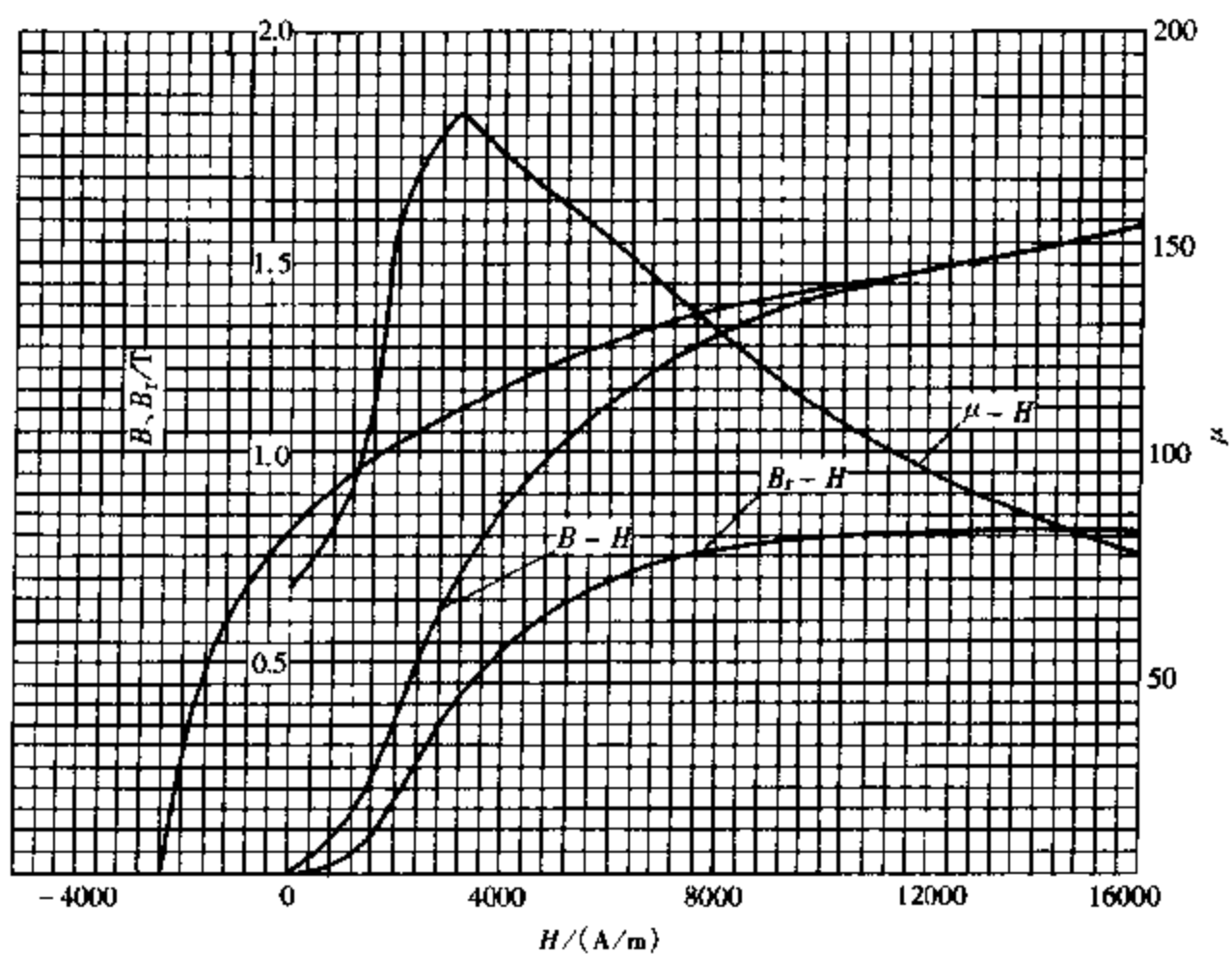


图 2-3-38 T10A (780℃水淬, 210℃回火)

63HRC  $H_c = 2336\text{A/m}$   $B_r = 0.817\text{T}$   $\mu_{rm} = 180$

$H_{\mu_m} = 3120\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.768\text{kJ/m}^3$

4. T12A

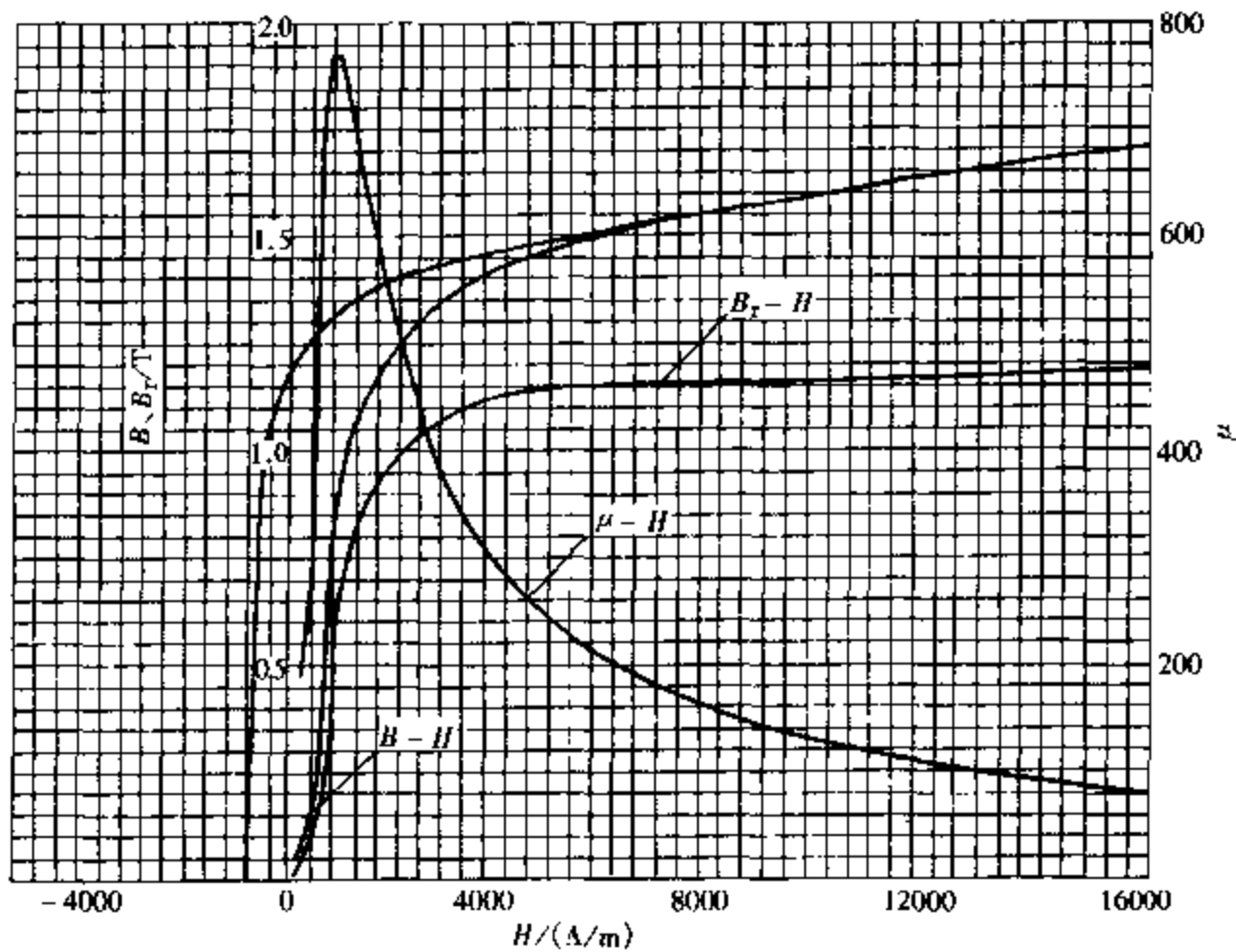


图 2-3-39 T12A (材料供应状态)

170HBS  $H_c = 824\text{A/m}$   $B_r = 1.186\text{T}$   $\mu_{rm} = 772$

$H_{cm} = 928\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.44\text{kJ/m}^3$

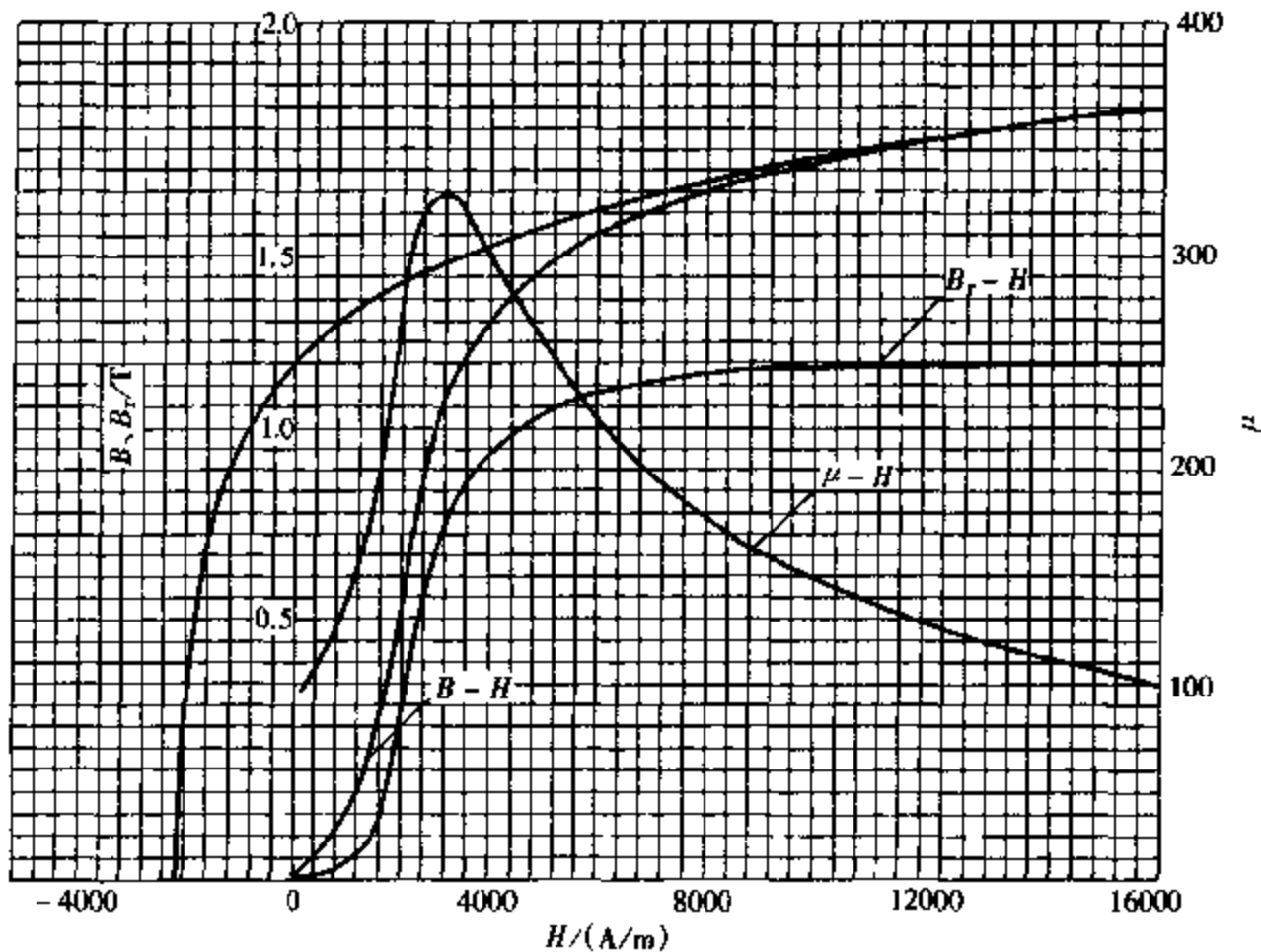


图 2-3-40 T12A (中频 860°C 水淬, 170°C 回火)

60HRC  $H_c = 2120\text{A/m}$   $B_r = 1.204\text{T}$   $\mu_{rm} = 319$

$H_{cm} = 2800\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.28\text{kJ/m}^3$

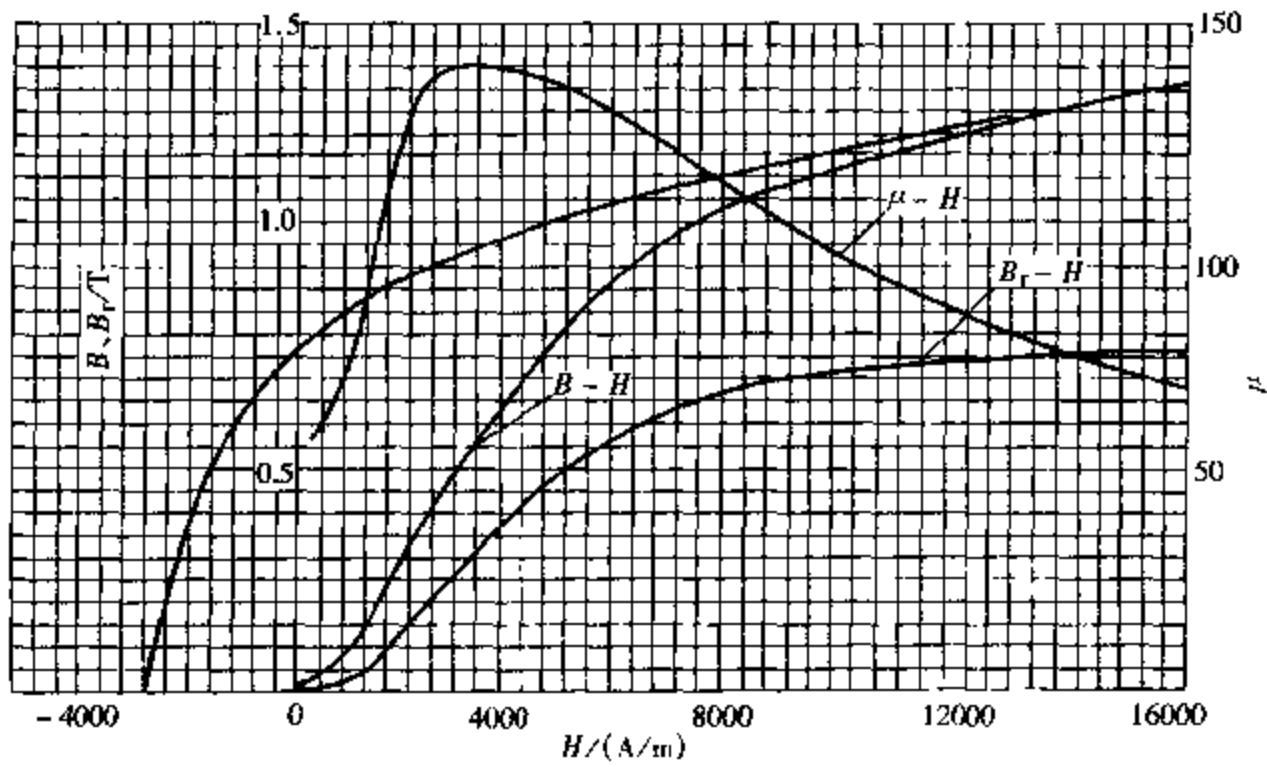


图 2-3-41 T 12A (780℃水淬, 170℃回火)

65HRC  $H_c = 2824\text{A/m}$   $B_r = 0.77\text{T}$   $\mu_{rm} = 141$

$H_{\mu_m} = 2960\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.824\text{kJ/m}^3$

2.3.5 合金工具钢

1. CrW5

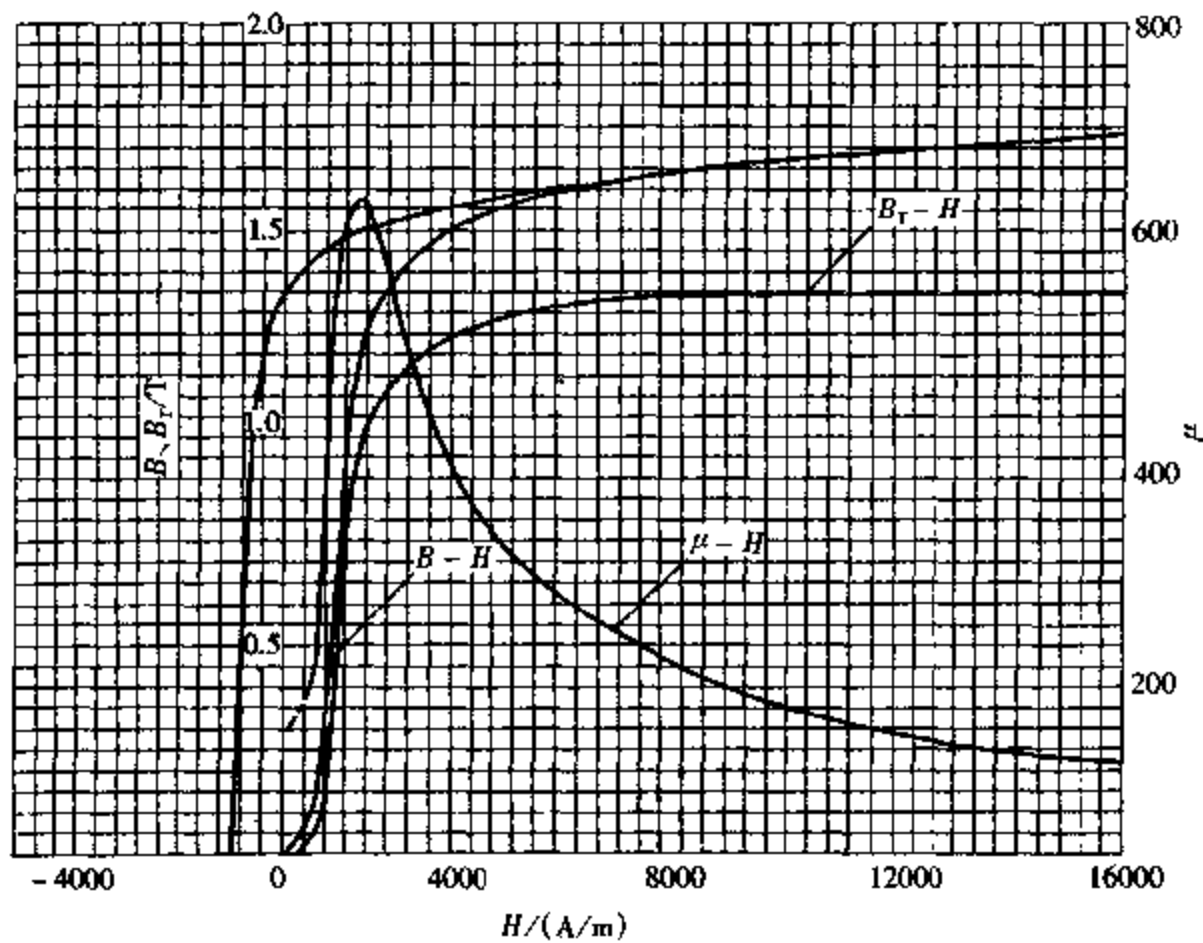


图 2-3-42 CrW 5 (材料供应状态)

23HRC  $H_c = 960\text{A/m}$   $B_r = 1.36\text{T}$   $\mu_{rm} = 630$

$H_{\mu_m} = 1520\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.544\text{kJ/m}^3$

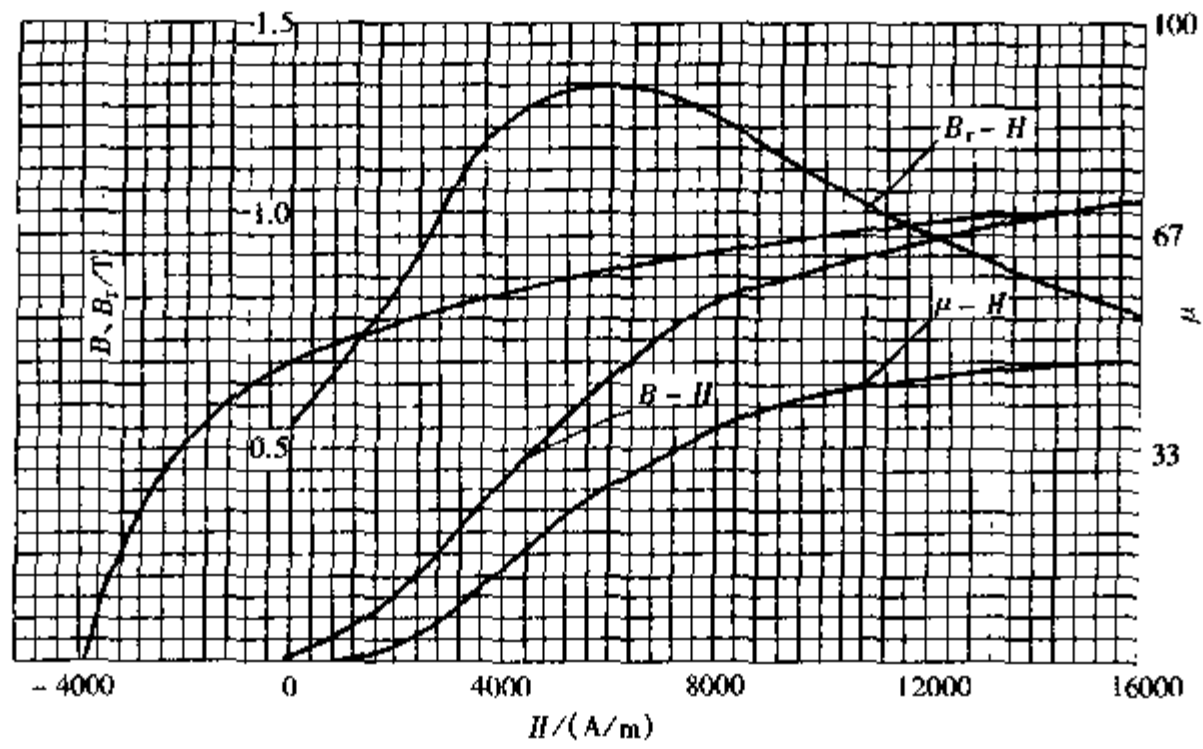


图 2-3-43 CrW5 (810℃水淬, 140℃回火)

65.5HRC  $H_c = 3904\text{A/m}$   $B_r = 0.7\text{T}$   $\mu_{rm} = 90$

$H_{\mu_m} = 5600\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 1.048\text{kJ/m}^3$

2. CrWMn

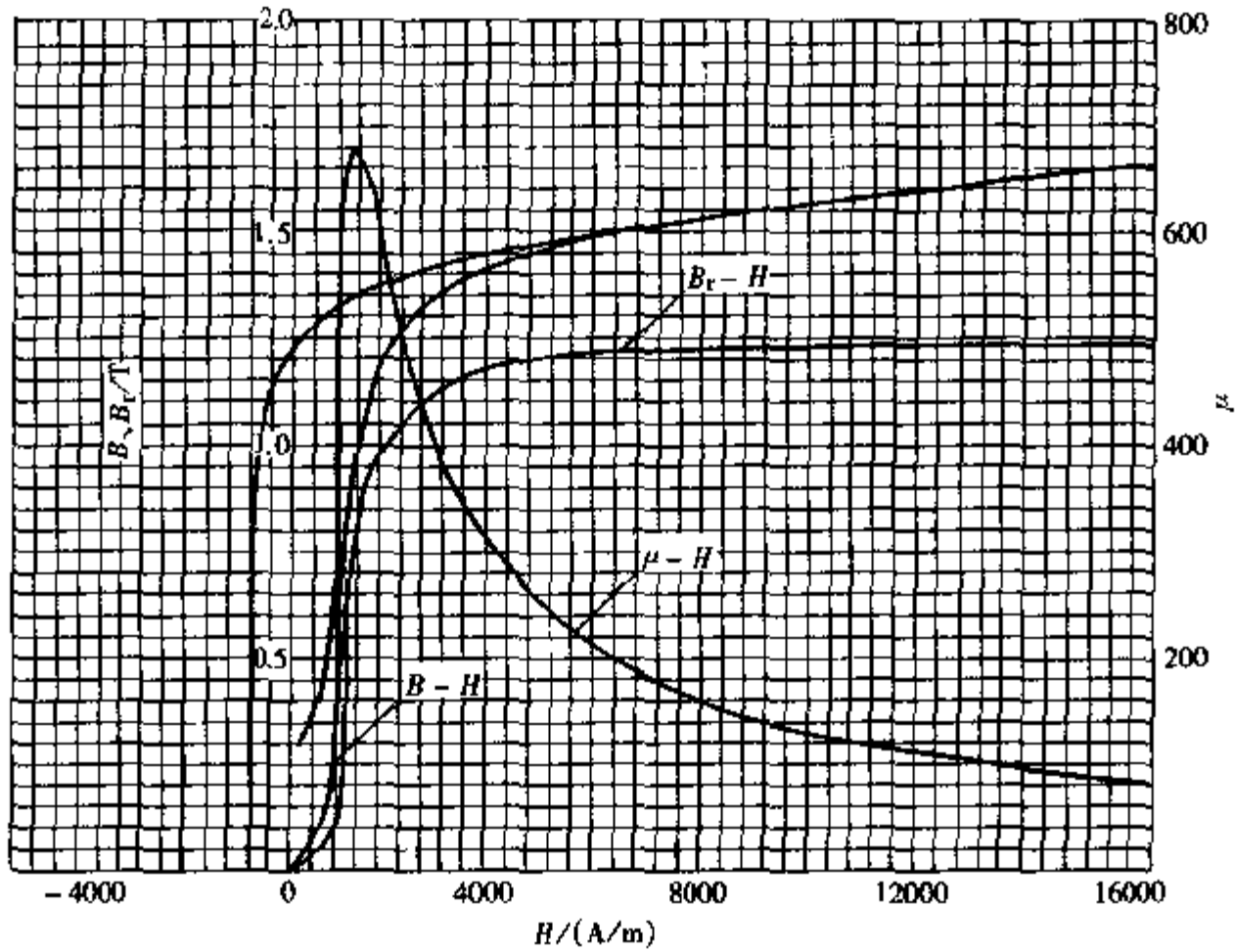


图 2-3-44 CrWMn (材料供应状态)

217HBS  $H_c = 768\text{A/m}$   $B_r = 1.233\text{T}$   $\mu_{rm} = 676$

$H_{\mu_m} = 1120\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.608\text{kJ/m}^3$

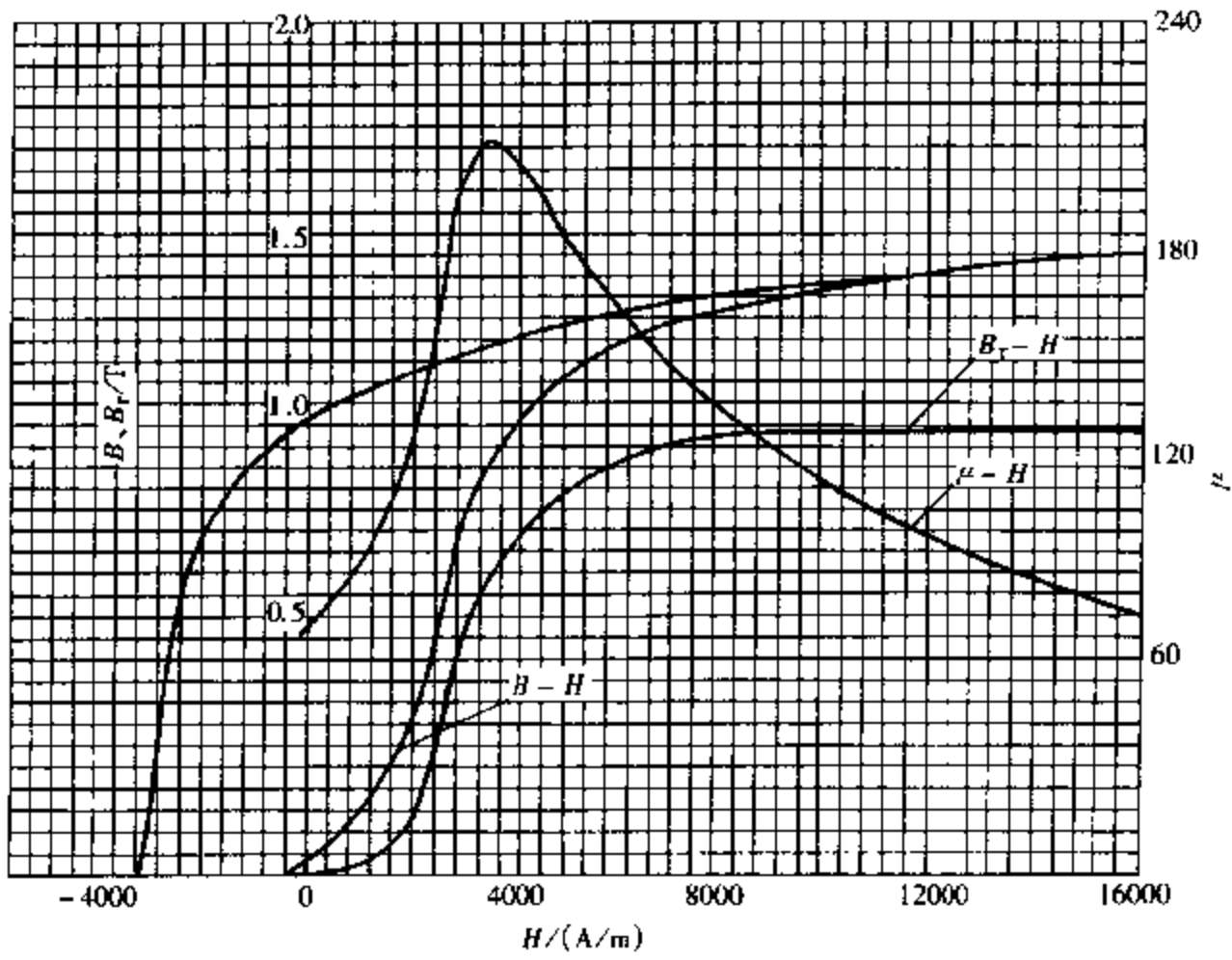


图 2-3-45 CrWMn(820℃油淬, -70℃ ~ -80℃冷处理, 170℃回火, 120℃时效)

62HRC  $H_c = 2720\text{A/m}$   $B_r = 1.035\text{T}$   $\mu_{rm} = 296$

$H_{\mu_m} = 3720\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 1.034\text{kJ/m}^3$

3. Cr12MoV

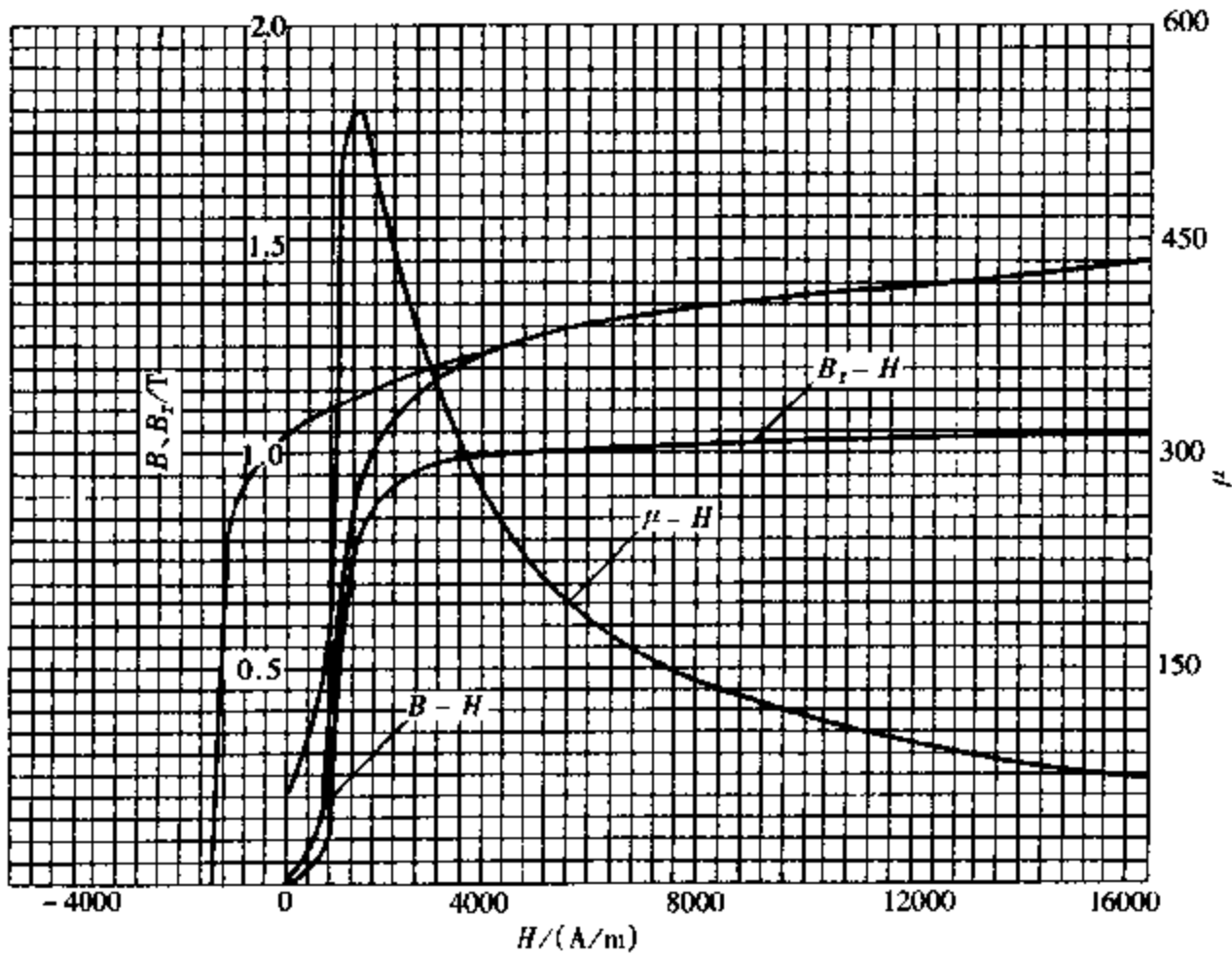


图 2-3-46 Cr12MoV (材料供应状态)

21HRC  $H_c = 1384\text{A/m}$   $B_r = 1.045\text{T}$   $\mu_{rm} = 540$

$H_{\mu_m} = 1280\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.792\text{kJ/m}^3$



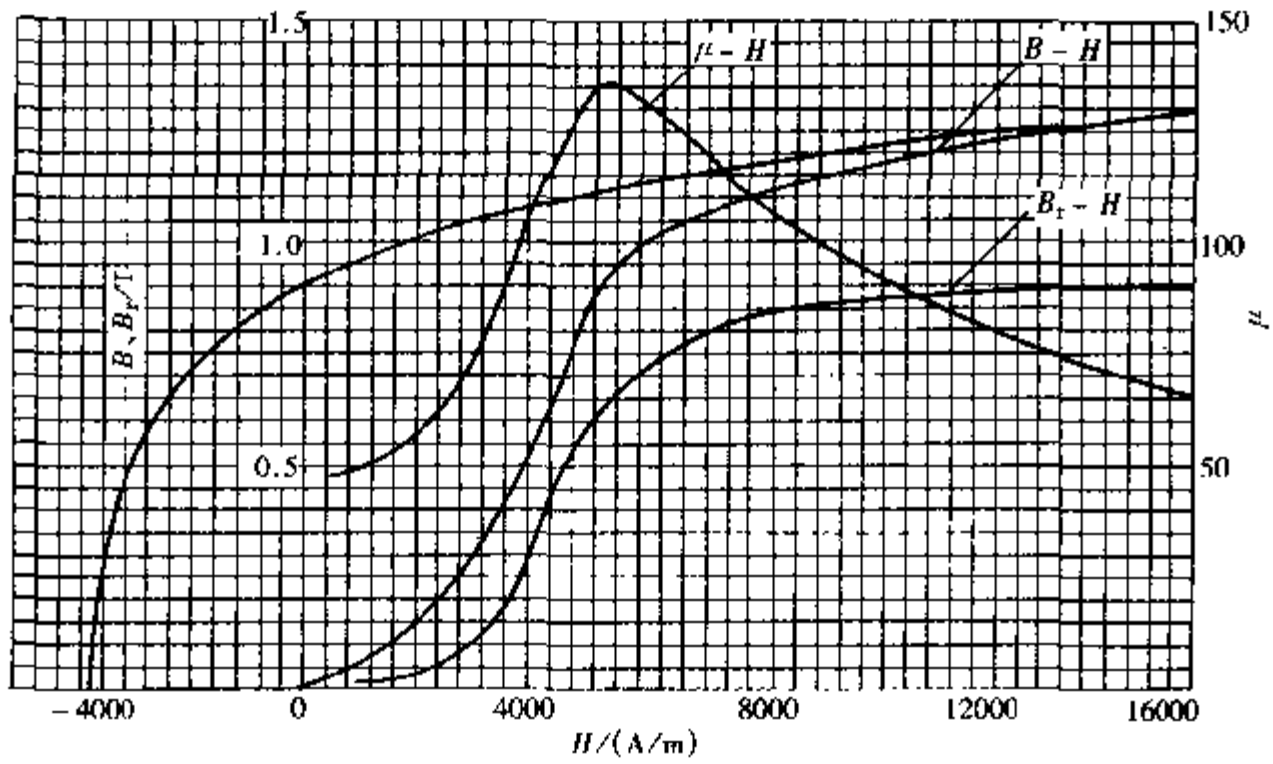


图 2-3-47 Cr12MoV (1050℃油淬, 520℃回火)

57.4HRC  $H_c = 3864\text{A/m}$   $B_r = 0.91\text{T}$   $\mu_{rm} = 136$

$H_{\mu_m} = 5400\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.392\text{kJ/m}^3$

4. 3Cr2W8V

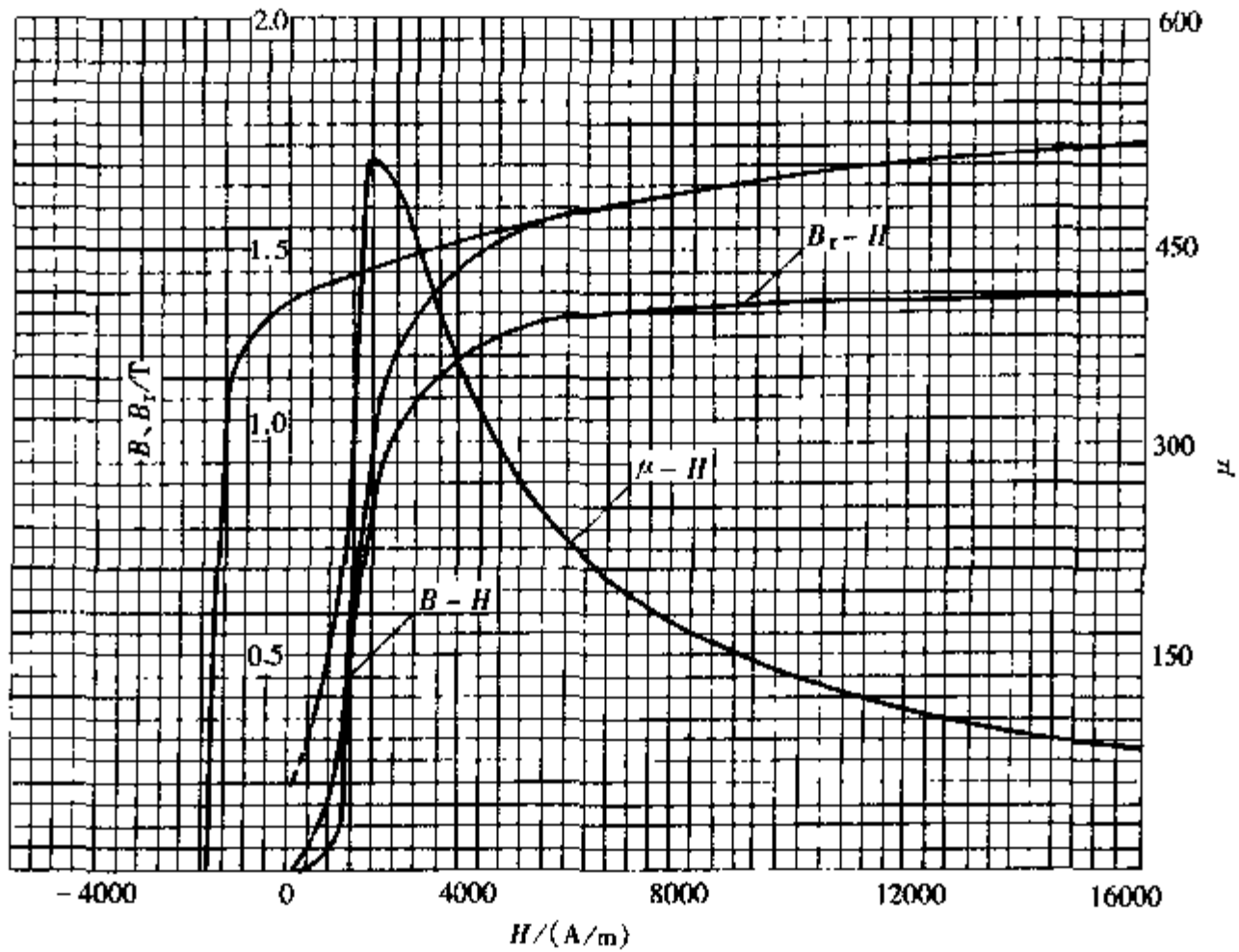


图 2-3-48 3Cr2W8V (锻造退火, 850℃炉冷)

216HBS  $H_c = 1472\text{A/m}$   $B_r = 1.349\text{T}$   $\mu_{rm} = 499$

$H_{\mu_m} = 1520\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.16\text{kJ/m}^3$

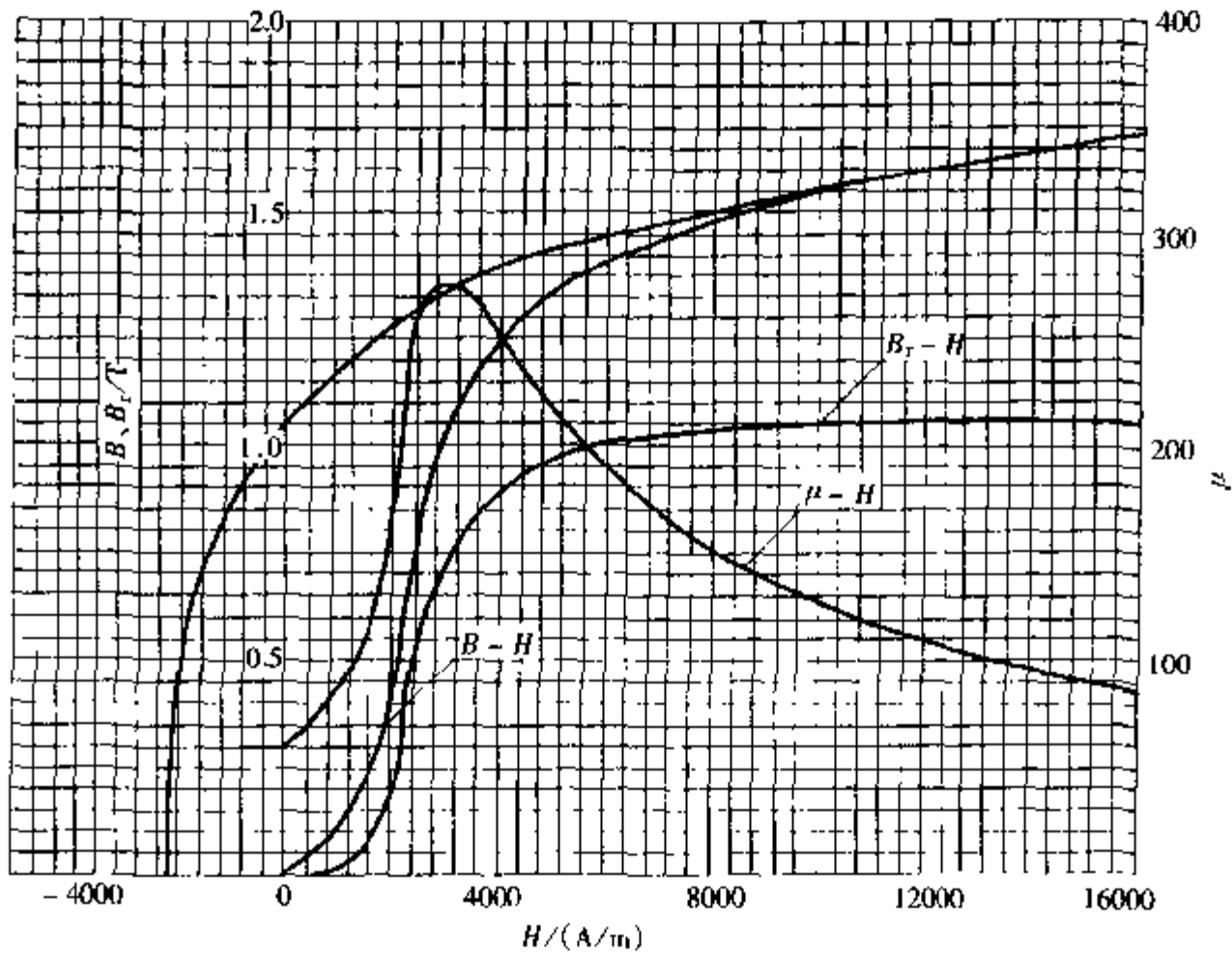


图 2-3-49 3Cr2W8V(1150℃油淬,560℃回火 90min,580℃,650℃回火 90min)

53HRC  $H_c = 2192\text{A/m}$   $B_r = 1.06\text{T}$   $\mu_{rm} = 276$

$H_{pm} = 3040\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.976\text{kJ/m}^3$

5. 3Cr2W8

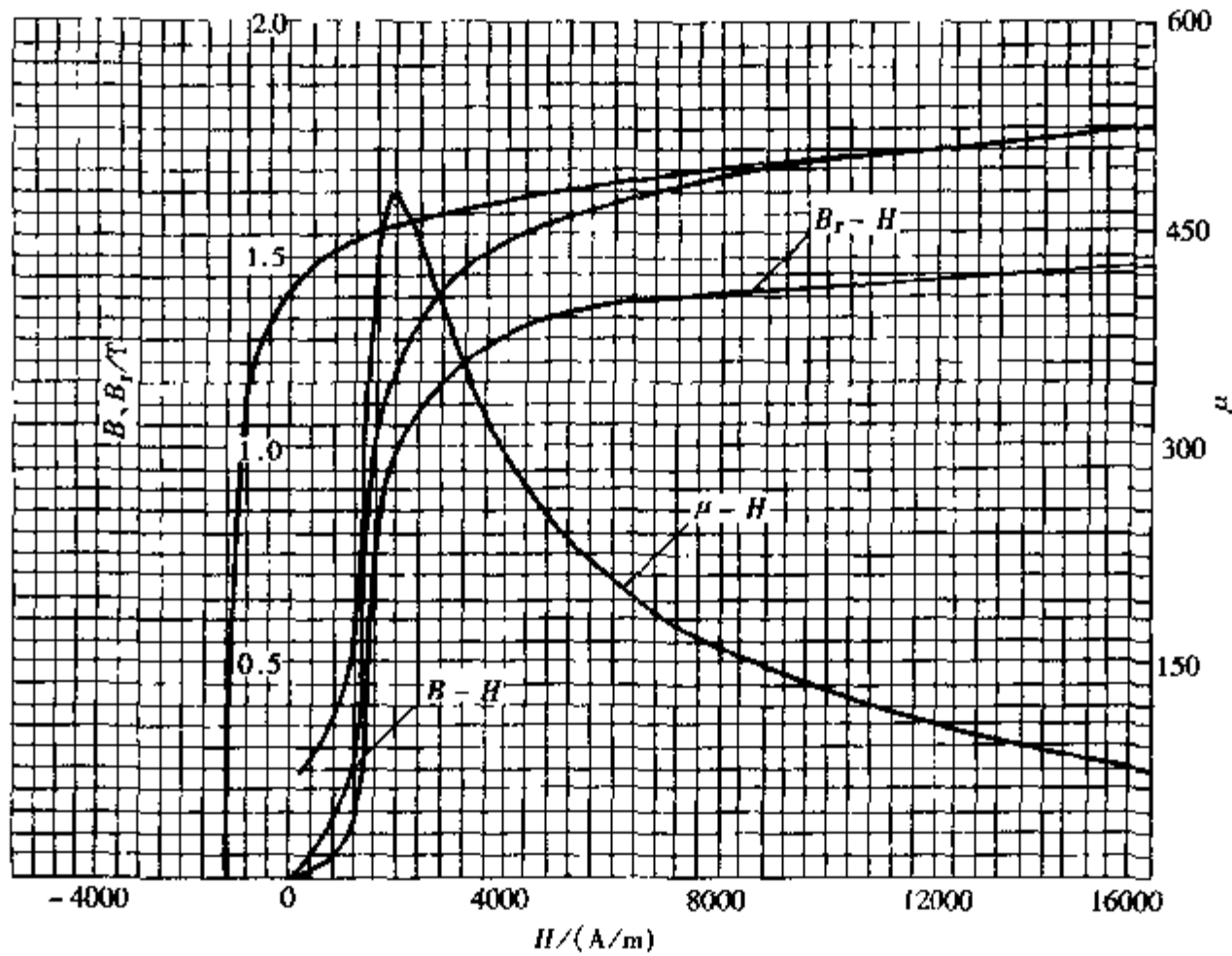


图 2-3-50 3Cr2W8 (材料供应状态)

22HRC  $H_c = 1168\text{A/m}$   $B_r = 1.3881\text{T}$   $\mu_{rm} = 480$

$H_{pm} = 1880\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.912\text{kJ/m}^3$

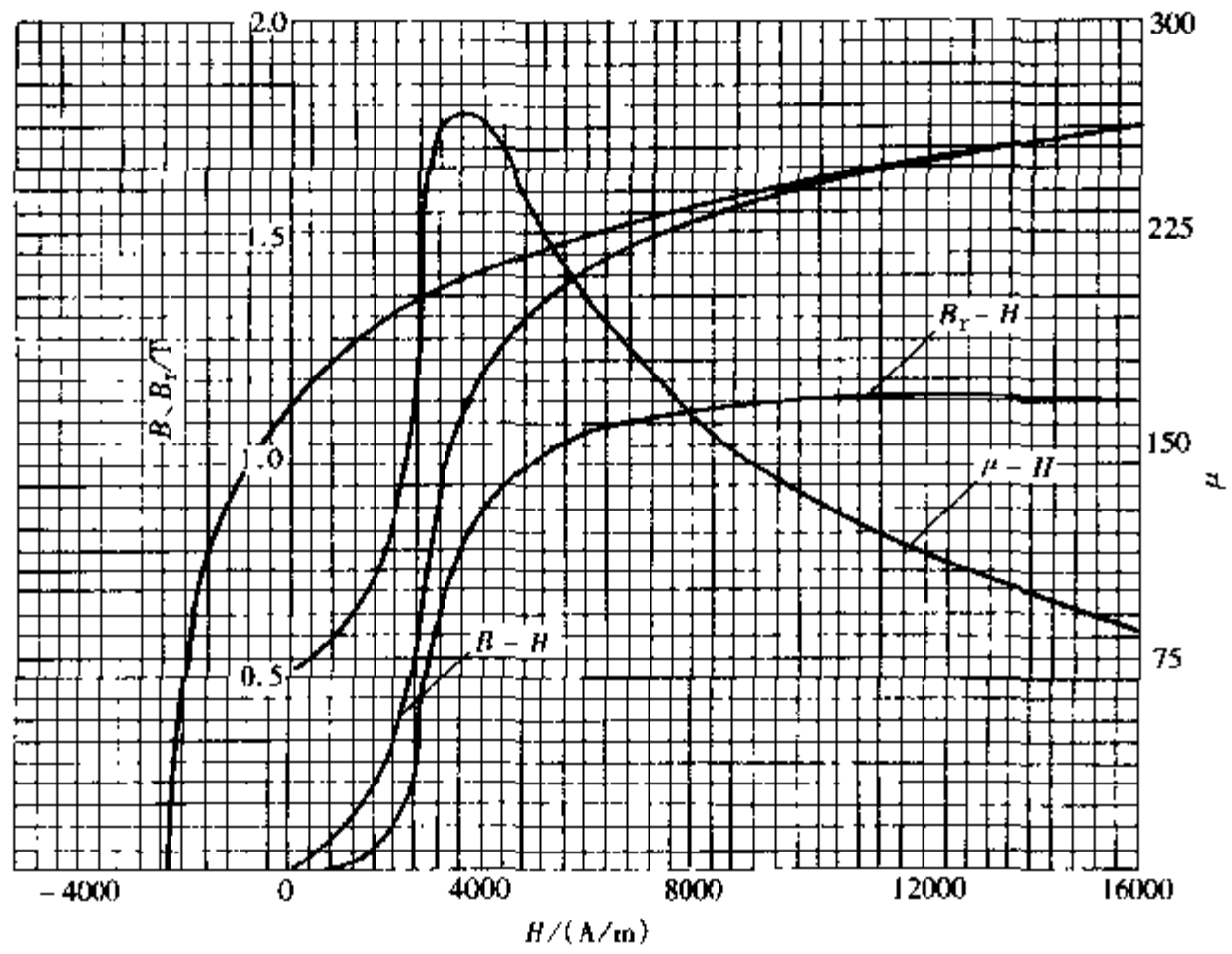


图 2-3-51 3Cr2W8 (1060℃油淬, 600℃二次回火)

50HRC  $H_c = 2224 \text{ A/m}$   $B_r = 1.105 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 268$

$H_{\beta m} = 3168 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.112 \text{ kJ/m}^3$

6. 9CrSi

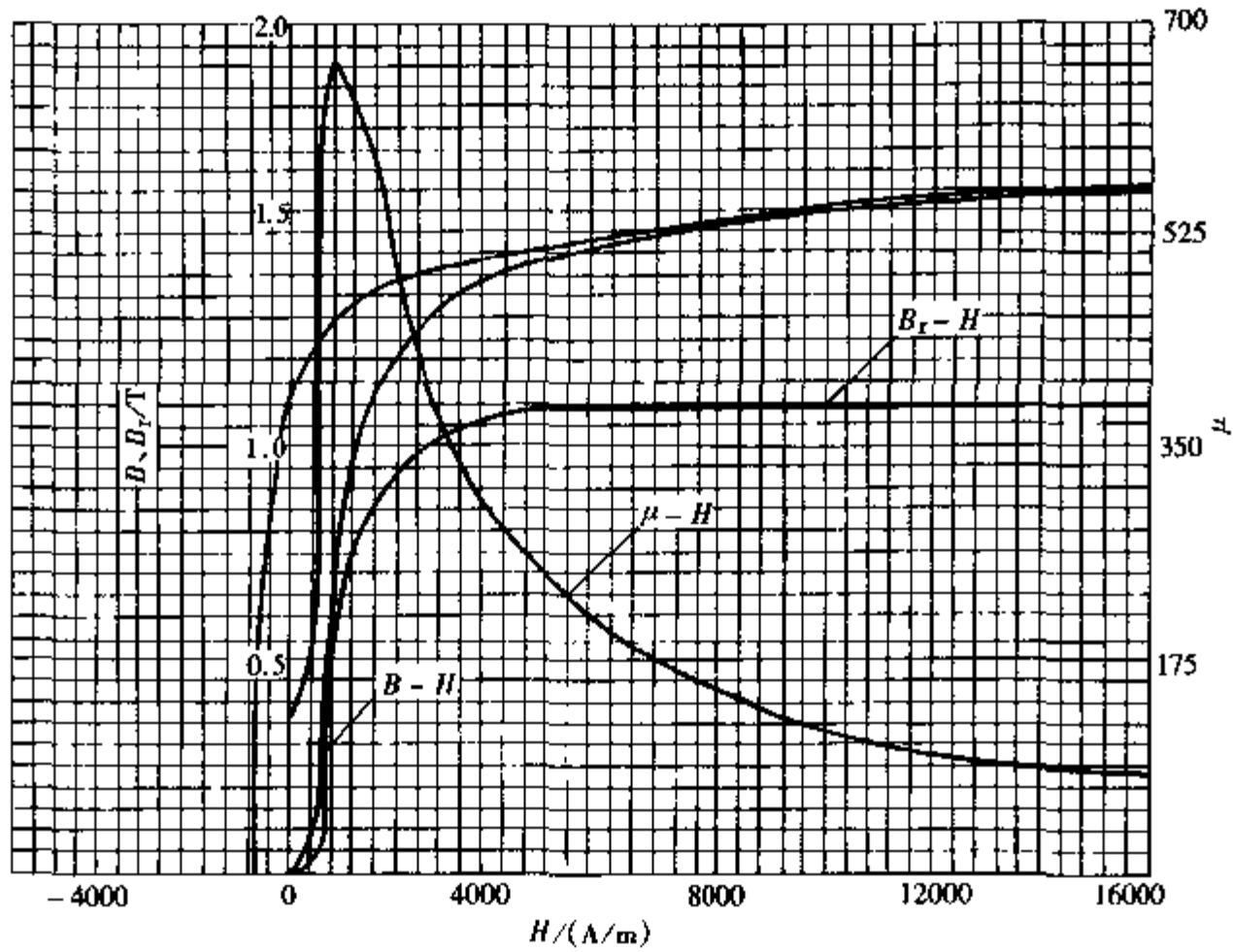


图 2-3-52 9CrSi (材料供应状态)

217HBS  $H_c = 672 \text{ A/m}$   $B_r = 1.1 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 670$

$H_{\beta m} = 800 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.256 \text{ kJ/m}^3$

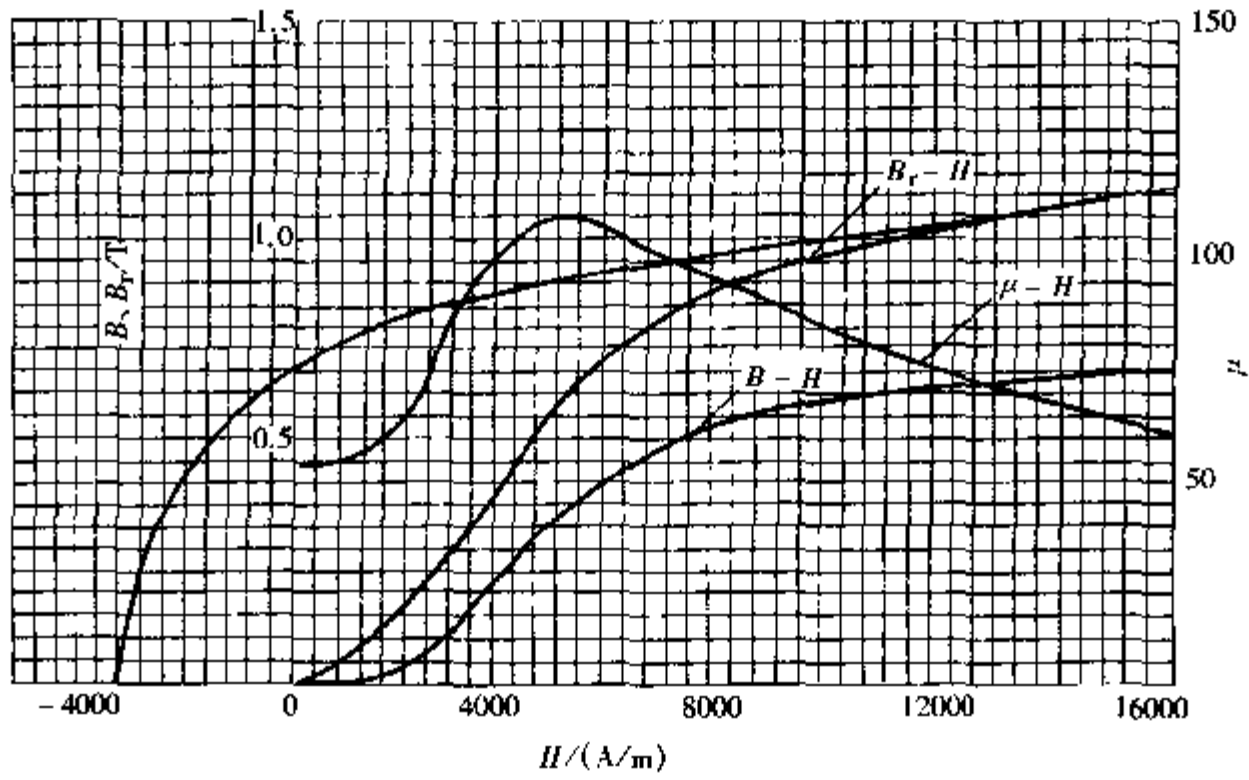


图 2-3-53 9CrSi (860℃油淬, 180℃回火)  
 63HRC  $H_c = 3296 \text{ A/m}$   $B_c = 0.705 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 105$   
 $H_{\mu_m} = 4720 \text{ A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.96 \text{ kJ/m}^3$

7. 4Cr10Si2Mo

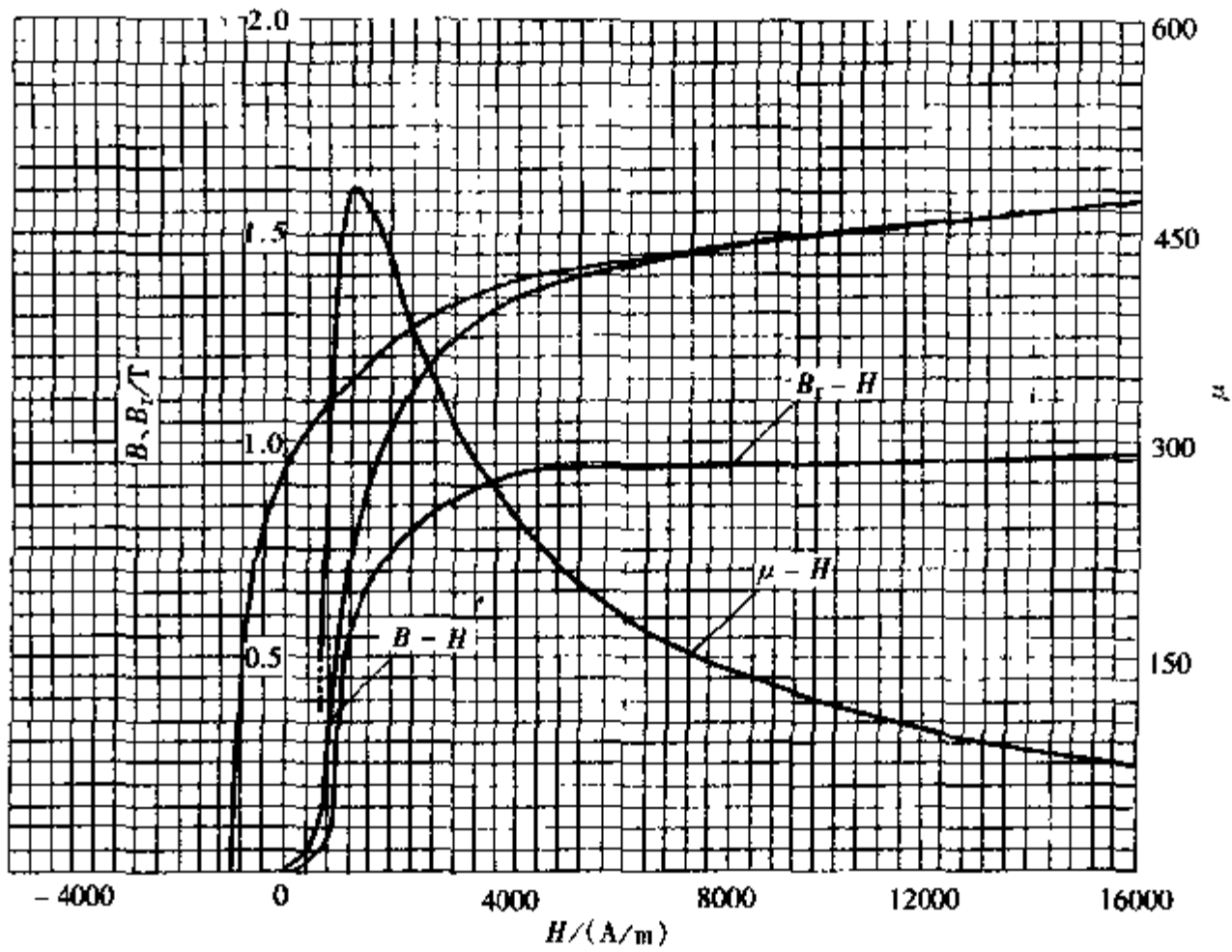


图 2-3-54 4Cr10Si2Mo (1040℃油淬, 780℃回火)  
 30HRC  $H_c = 968 \text{ A/m}$   $B_c = 0.96 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 483$   
 $H_{\mu_m} = 1200 \text{ A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 0.4 \text{ kJ/m}^3$

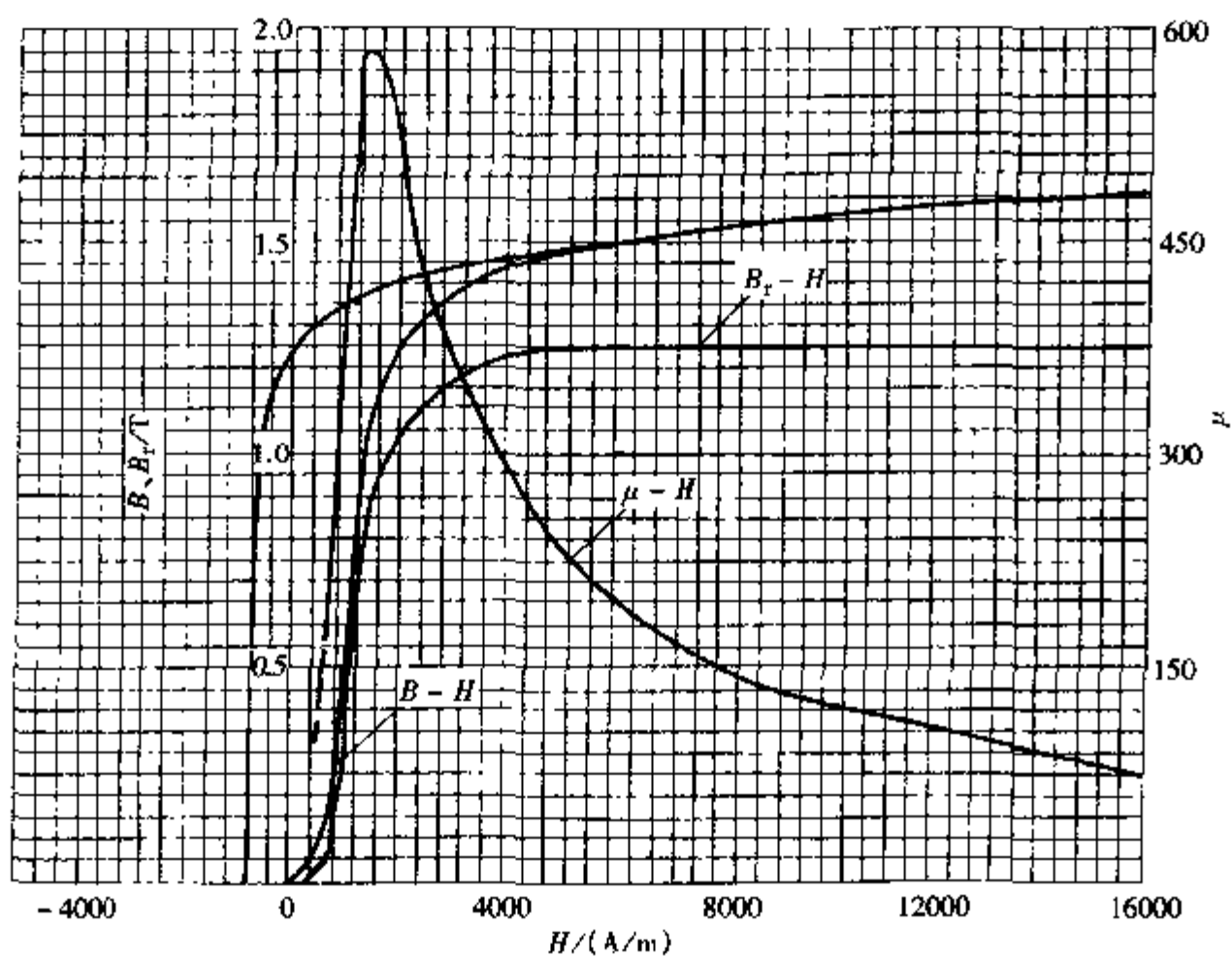


图 2-3-55 4Cr10Si2Mo (1100℃油淬, 710℃回火)

35HRC  $H_c = 840\text{A/m}$   $B_r = 1.25\text{T}$   $\mu_{cm} = 582$

$H_{\mu_m} = 1400\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.584\text{kJ/m}^3$

8. 5CrMnMo

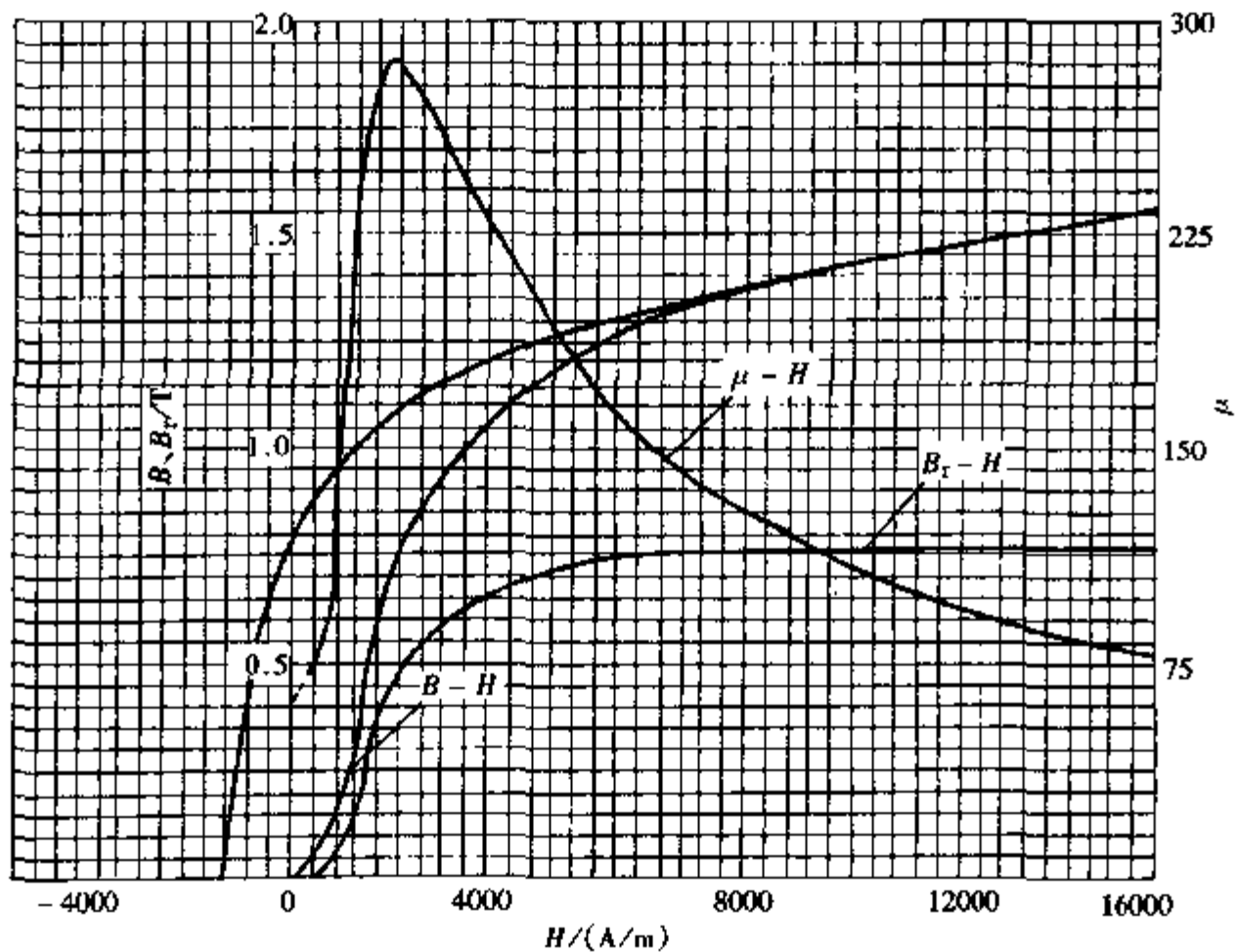


图 2-3-56 5CrMnMo (锻造退火状态, 850℃炉冷)

23HRC  $H_c = 1272\text{A/m}$   $B_r = 0.77\text{T}$   $\mu_{cm} = 287$

$H_{\mu_m} = 1840\text{A/m}$   $(HB)_{max} = 0.36\text{kJ/m}^3$

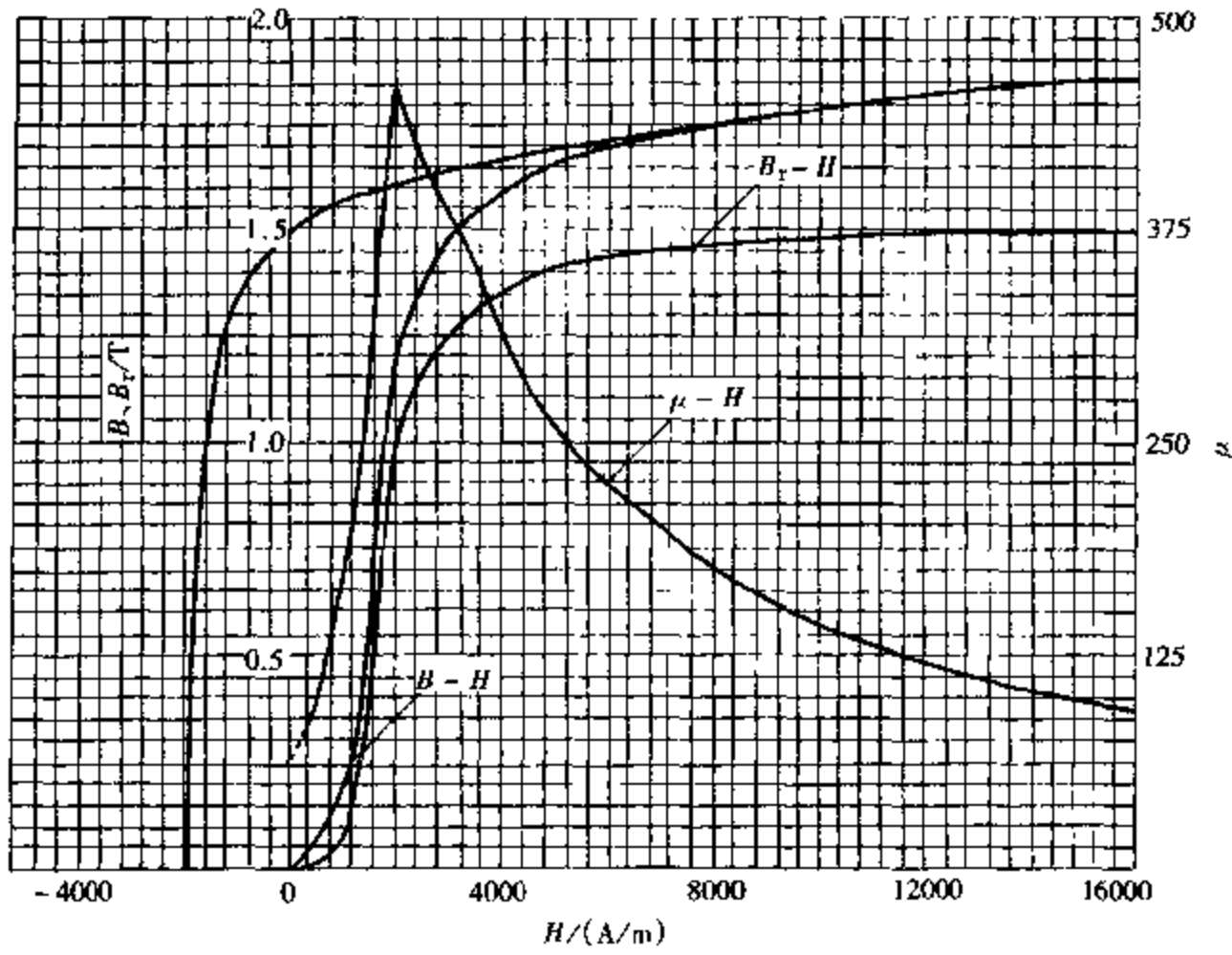


图 2-3-57 5CrMnMo (870℃油淬, 460℃回火 90min, 560℃回火 90min)

40.9HRC  $H_c = 1888\text{A/m}$   $B_r = 1.49\text{T}$   $\mu_{rm} = 457$

$H_{\mu_m} = 1960\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.816\text{kJ/m}^3$

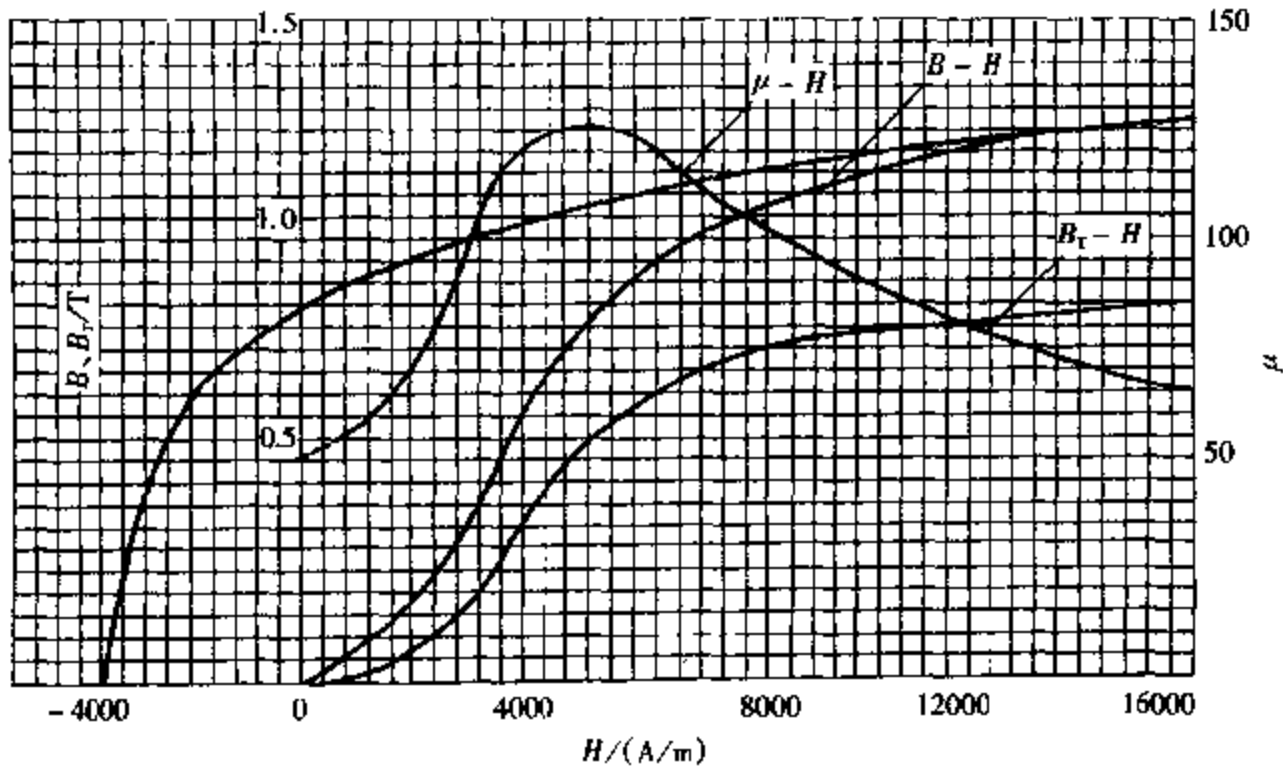


图 2-3-58 5CrMnMo (830℃油淬, 350℃回火)

58HRC  $H_c = 3560\text{A/m}$   $B_r = 0.846\text{T}$   $\mu_{rm} = 125$

$H_{\mu_m} = 4600\text{A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.328\text{kJ/m}^3$

9. W18Cr4V

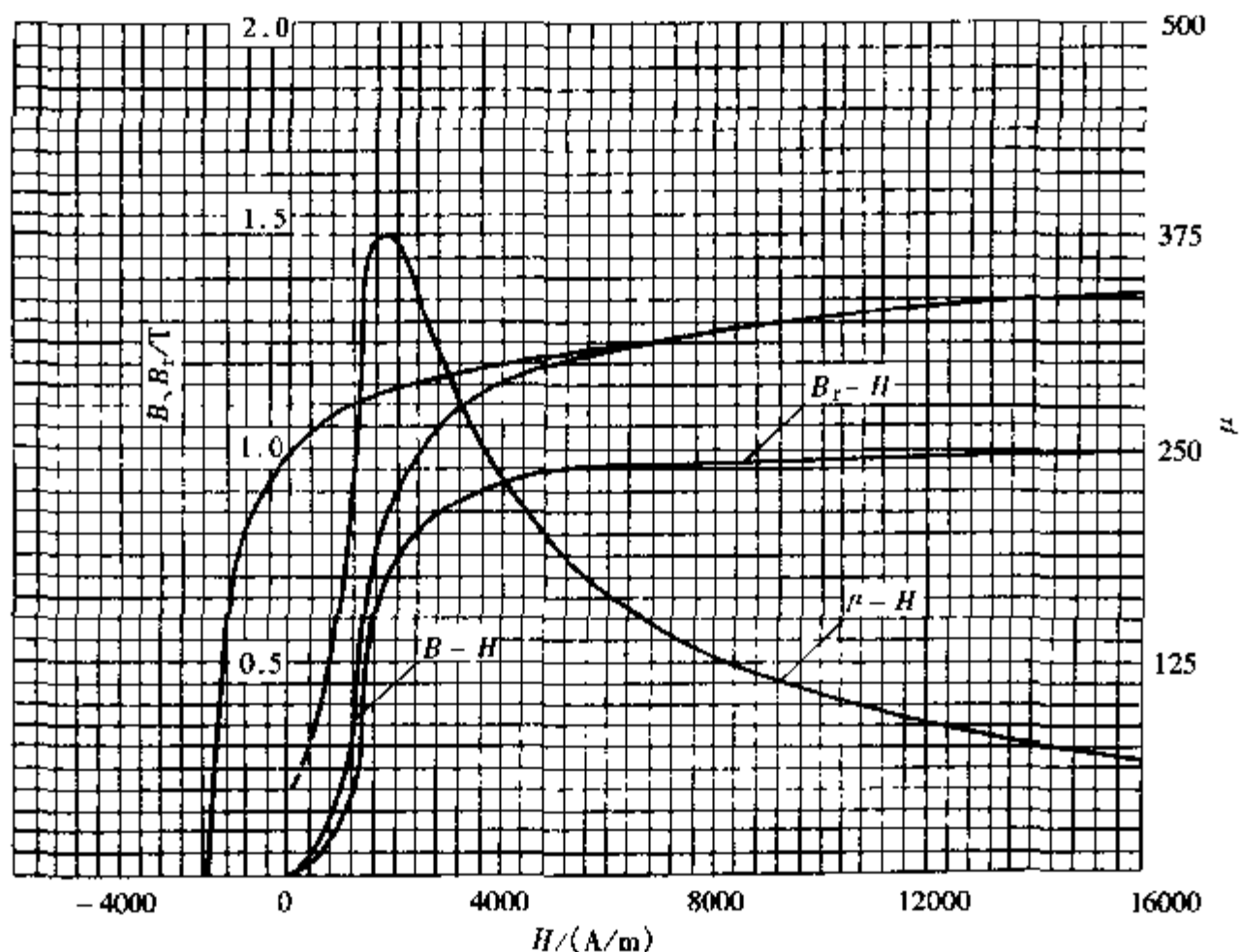


图 2-3-59 W18Cr4V (材料供应状态)

21HRC  $H_c = 1496 \text{ A/m}$   $B_r = 0.99 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 375$

$H_{\mu m} = 1800 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 0.744 \text{ kJ/m}^3$

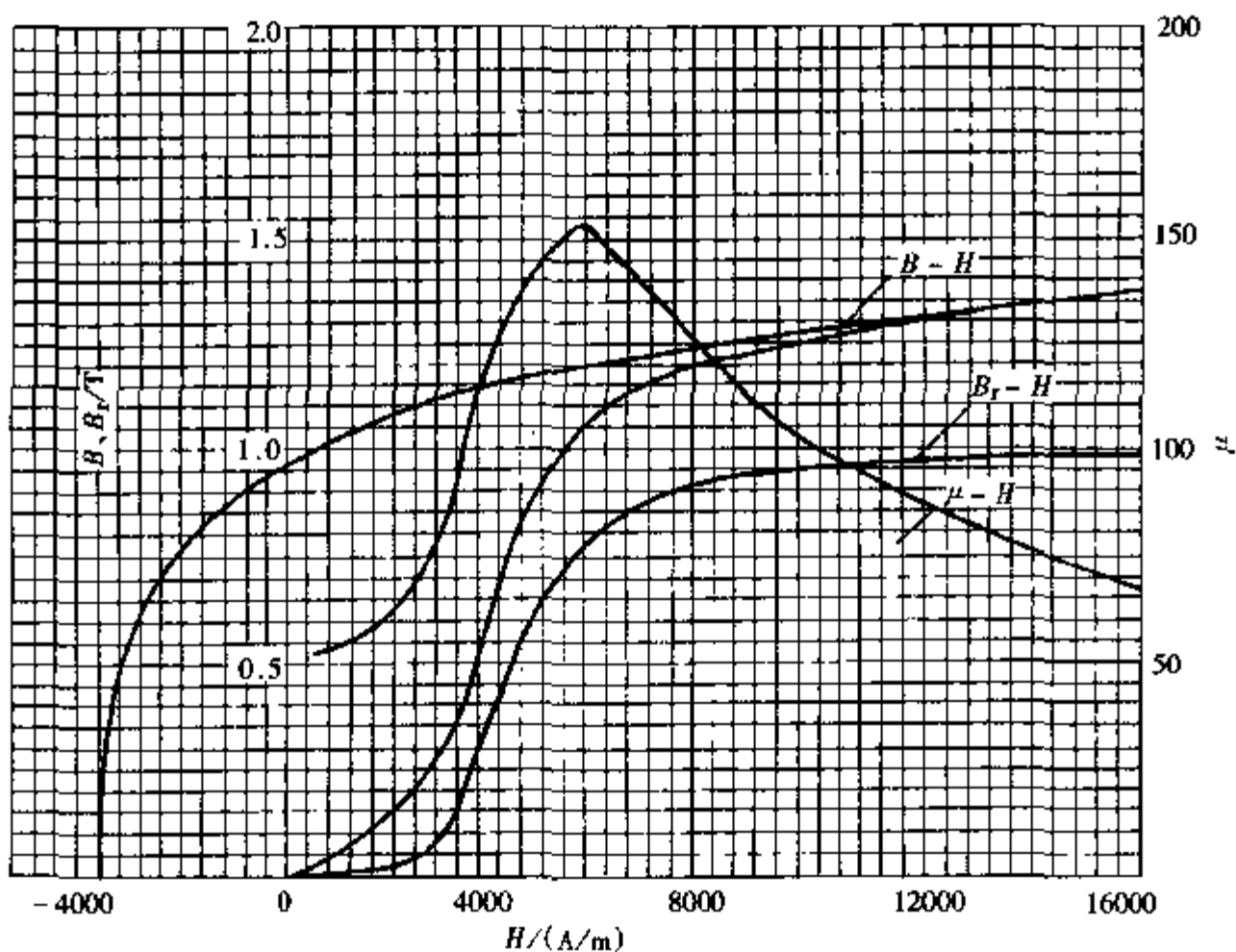


图 2-3-60 W18Cr4V (加热 1275℃, 560℃硝盐淬火转 280℃等温, 560℃回火)

65HRC  $H_c = 3536 \text{ A/m}$   $B_r = 0.97 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 155$

$H_{\mu m} = 5440 \text{ A/m}$   $(HB)_{\max} = 1.68 \text{ kJ/m}^3$

10. 6W6Mo5Cr4V

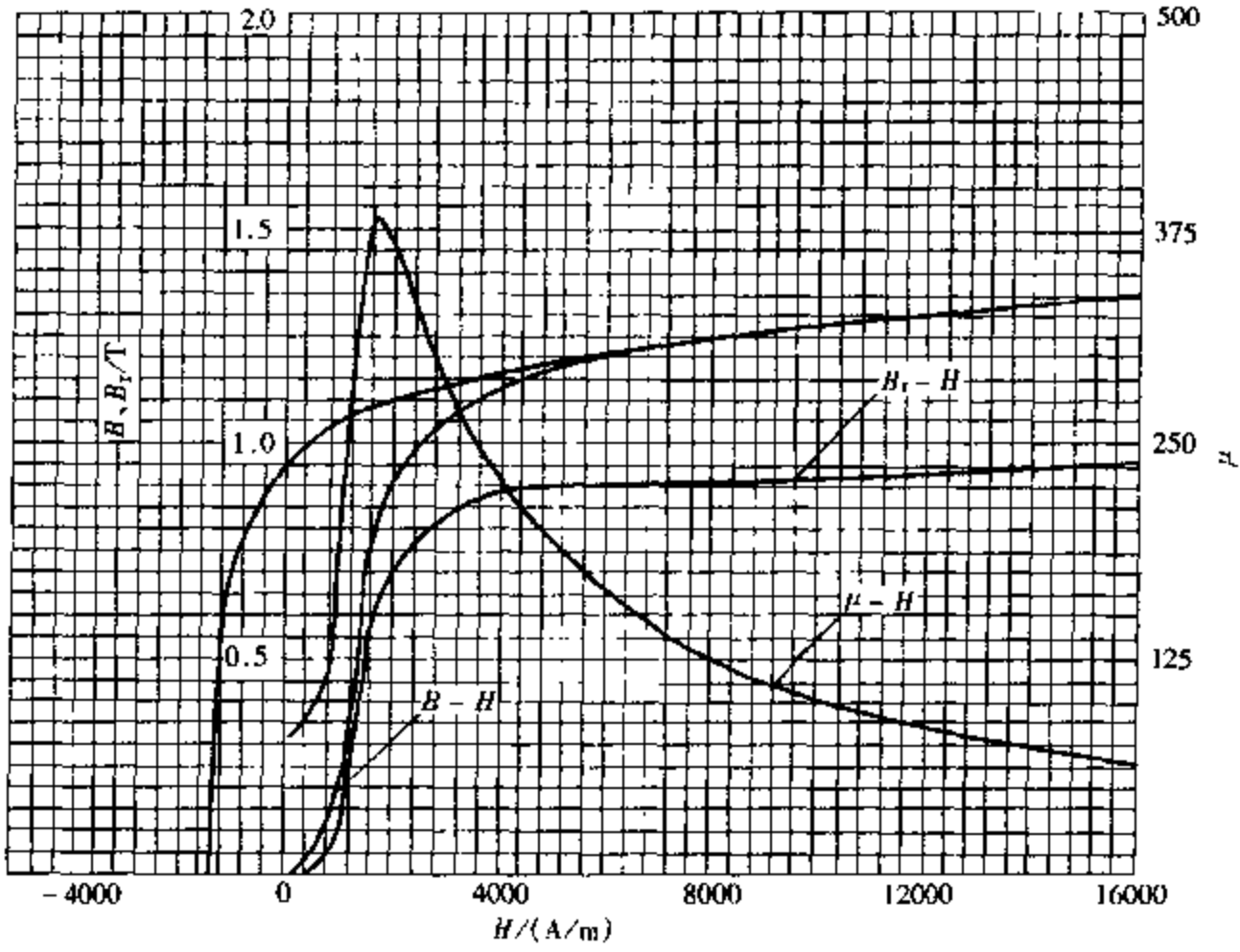


图 2-3-61 6W6Mo5Cr4V (材料供应状态)

25.5HRC  $H_c = 1424 \text{ A/m}$   $B_r = 0.95 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 385$

$H_{rm} = 1640 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.712 \text{ kJ/m}^3$

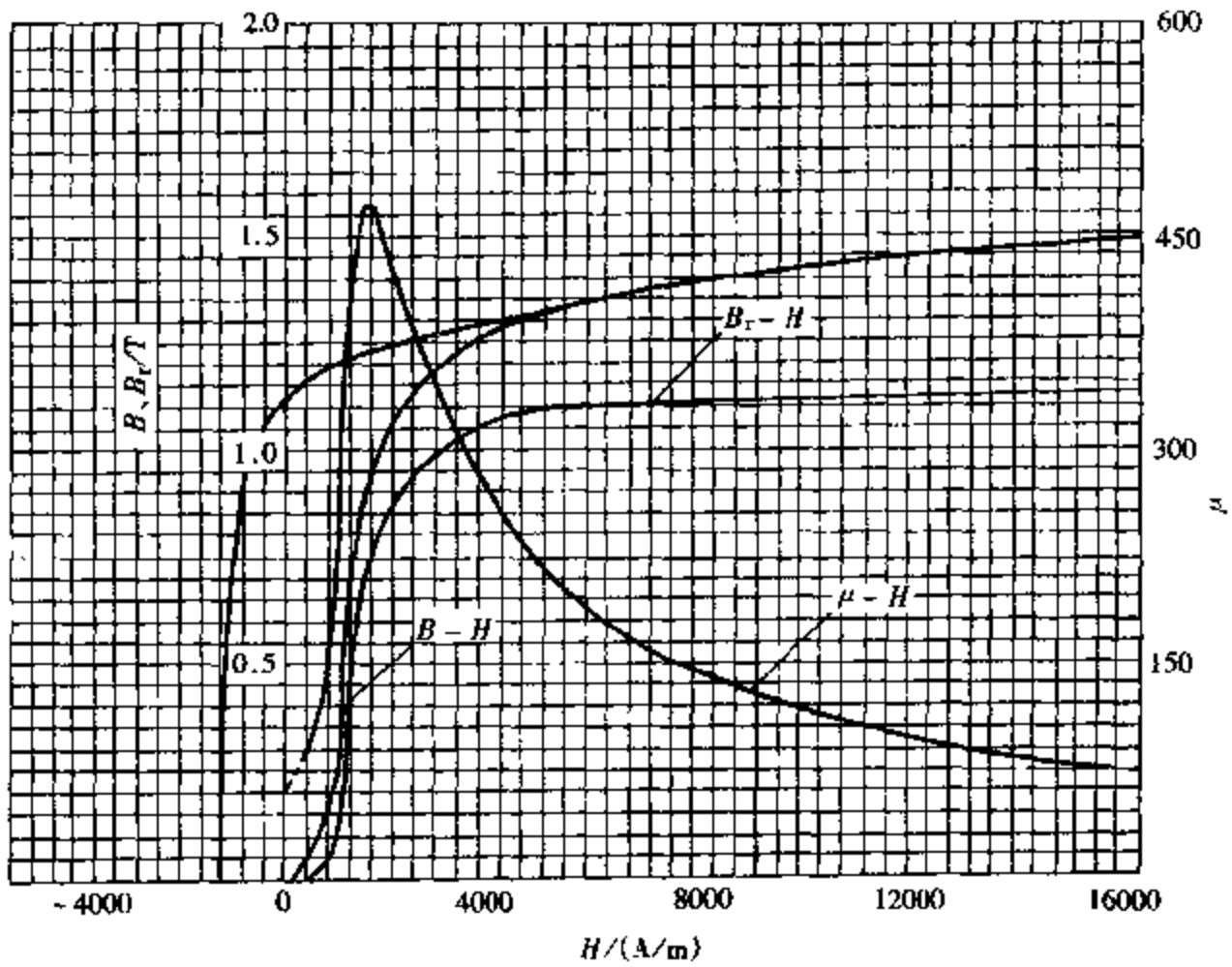


图 2-3-62 6W6Mo5Cr4V (锻造退火, 850℃炉冷)

216HBS  $H_c = 1208 \text{ A/m}$   $B_r = 1.12 \text{ T}$   $\mu_{rm} = 470$

$H_{rm} = 1560 \text{ A/m}$   $(HB)_{max} = 0.712 \text{ kJ/m}^3$



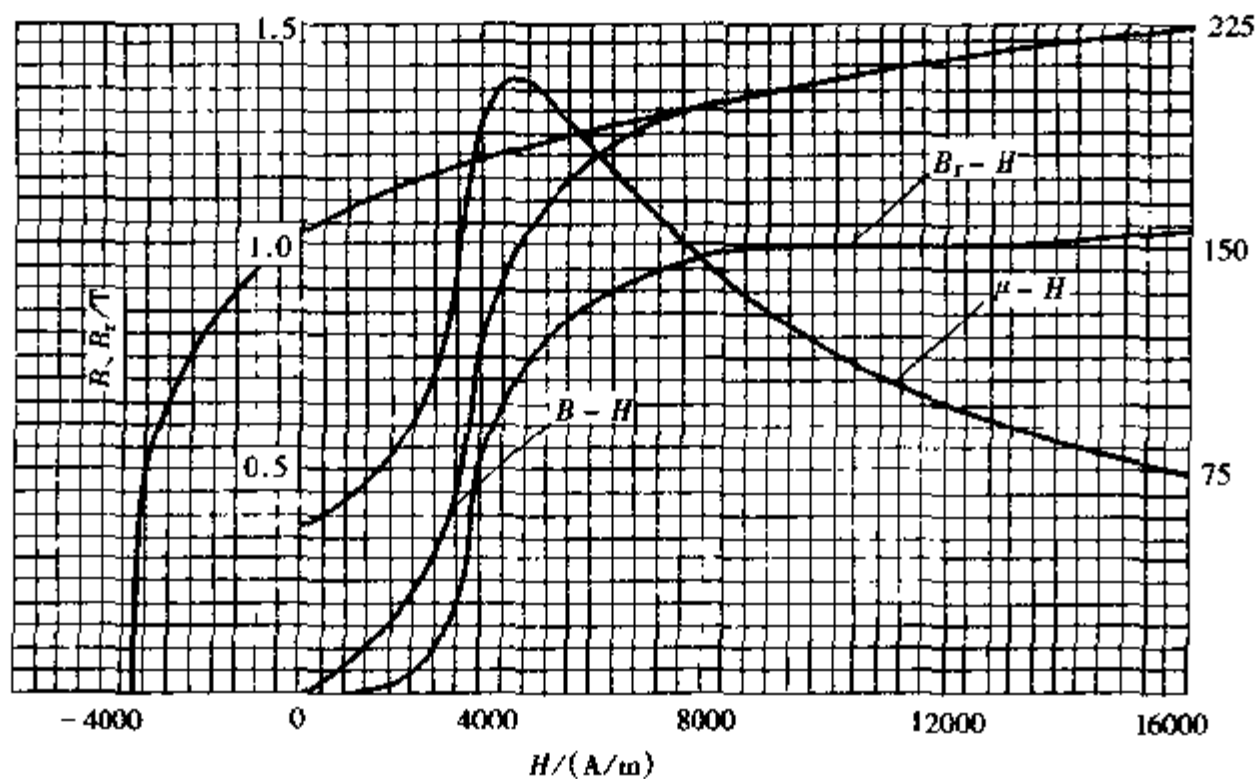


图 2-3-63 6W6Mo5Cr4V (1160℃油淬, 590℃回火)

61.7HRC  $H_c = 3016\text{A/m}$   $B_r = 1.02\text{T}$   $\mu_{rm} = 206$

$H_{\mu_m} = 3920\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 1.52\text{kJ/m}^3$

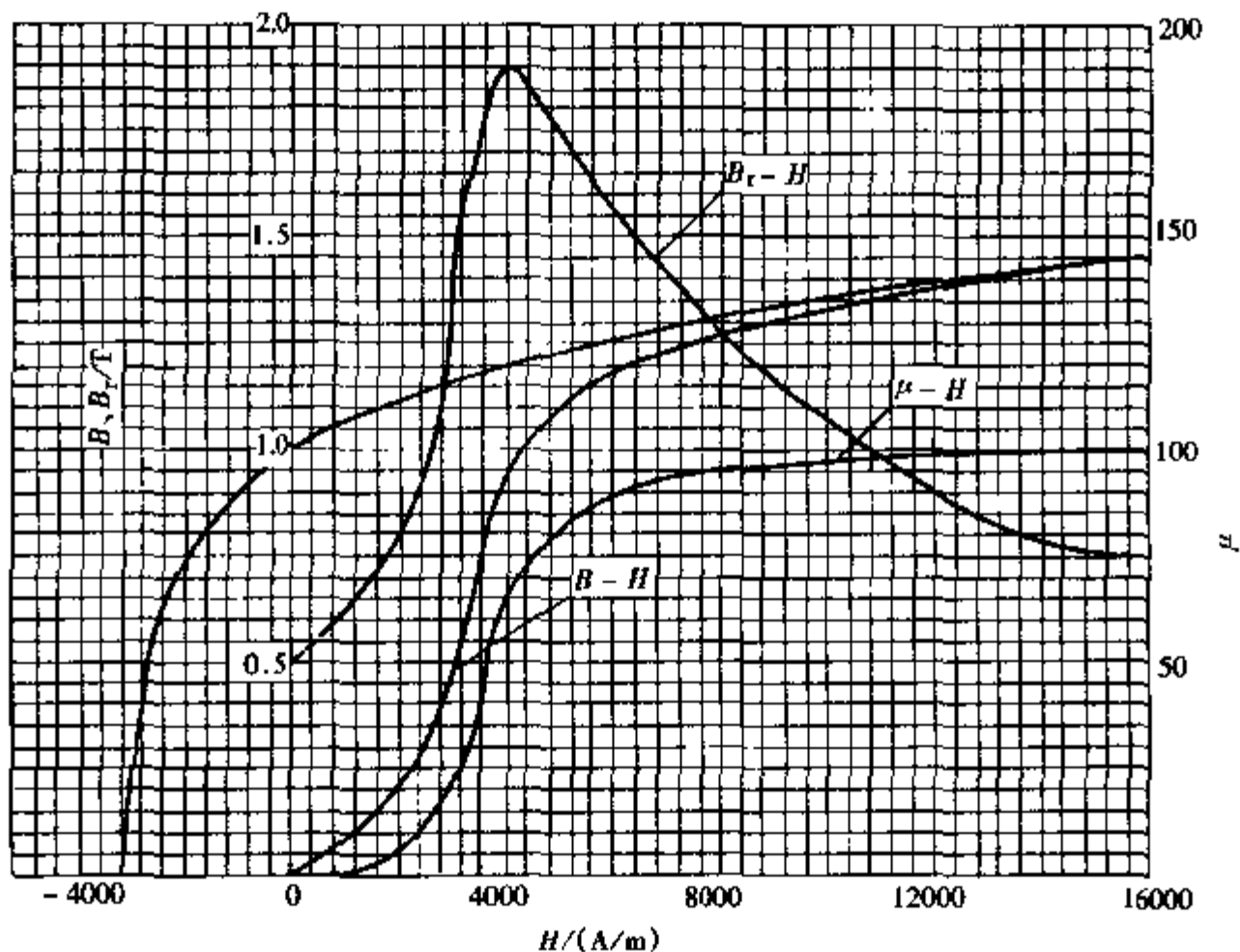


图 2-3-64 6W6Mo5Cr4V (1150℃油淬, 560℃三次回火, 每次 1h)

60.2HRC  $H_c = 3160\text{A/m}$   $B_r = 1.0\text{T}$   $\mu_{rm} = 190$

$H_{\mu_m} = 4000\text{A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 1.456\text{kJ/m}^3$

## 11. 60Mo5Cr4NbW2V

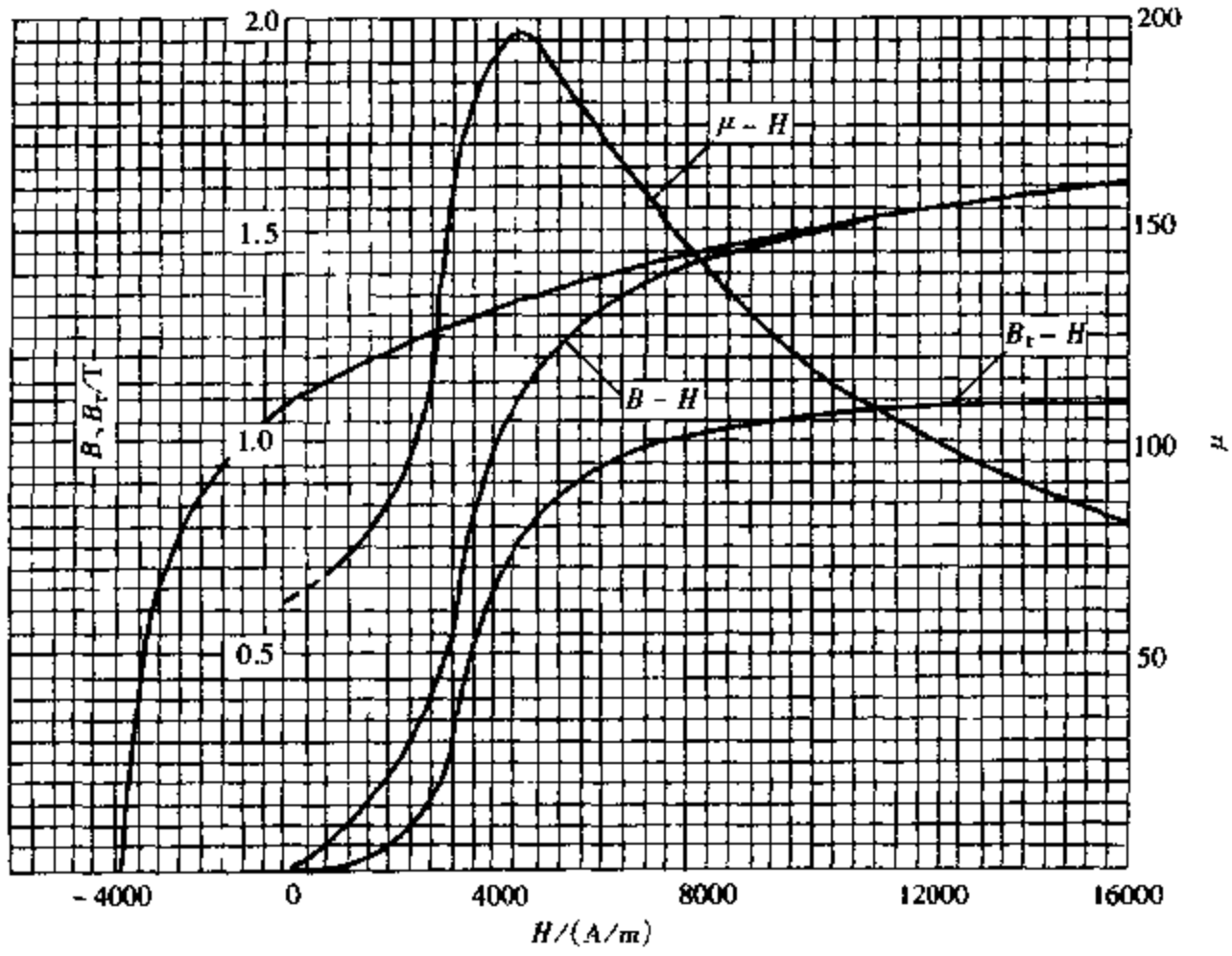


图 2-3-65 60Mo5Cr4Nb3W2V (1110℃油淬, 560℃二次回火, 每次 1h)

59.7HRC  $H_r = 3080 \text{ A/m}$   $B_r = 1.08 \text{ T}$   $\mu_{r,m} = 197$

$H_{\mu_m} = 4480 \text{ A/m}$   $(HB)_{\text{max}} = 1.352 \text{ kJ/m}^3$

### 第 3 章 常用钢材磁特性参数

常用钢材磁特性参数表

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{r,m}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_{\mu_m} / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-1-1	10	冷拉状态		360	0.46	542	960	0.048
2-1-2	10	860℃液体碳氮共 渗, 160℃回火	48HRC	680	1.035	620	920	0.288
2-1-3	15	910℃渗碳 (1mm) 860℃水淬, 250℃ 回火		224	1.02	1450	224	0.088
2-1-4	S15A	材料供应状态	127HBS	440	0.625	768	544	0.104
2-1-5	S15A	冷拉状态	179HBS	576	1.16	866	720	0.34
2-1-6	20	材料供应状态	163HBS	376	0.865	989	640	0.104
2-1-7	S20A	材料供应状态	107HBS	224	0.88	1500	400	0.112
2-1-8	S20A	材料供应状态	143HBS	344	1.01	1177	544	0.16
2-1-9	S20A	中频 950℃水淬, 中频 670℃回火	111HBS	536	1.6	1051	816	0.48
2-1-10	25	冷拉状态	221HBS	856	0.625	381	1600	0.152
2-1-11	30	材料供应状态	170HBS	536	0.95	964	560	0.176
2-1-12	30	880℃油淬, 400℃ 回火	25.5HRC	992	1.13	512	1600	0.4
2-1-13	35	材料供应状态	187HBS	536	0.9	894	584	0.176
2-1-14	35	880℃油淬, 500℃ 回火	148HBS	416	1.06	965	728	0.144
2-1-15	35	860℃油淬, 450℃ 回火	20HRC	592	1.315	617	1440	0.208
2-1-16	35	880℃油淬, 390℃ 回火	24.5HRC	1080	1.37	612	1400	0.792
2-1-17	40	正火	187HBS	584	1.07	712	960	0.28
2-1-18	40	860℃水淬, 460℃ 回火	23HRC	720	1.445	620	1520	0.784
2-1-19	40	860℃油淬, 360℃ 回火	36HRC	904	1.11	512	1600	0.496
2-1-20	40	850℃水淬, 300℃ 回火	47HRC	1520	1.305	507	1760	0.976
2-1-21	40AZ	材料供应状态	174HBS	584	1.295	843	960	0.4
2-1-22	40AZ	860℃水淬, 420℃ 回火	39HRC	1328	1.569	677	1440	1.152
2-1-23	45	材料供应状态	204HBS	360	0.89	623	976	0.104
2-1-24	45	材料供应状态	21HRC	592	0.9	583	960	0.2

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{rm}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_m / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-1-25	45	860℃油淬, 560℃回火	35HRC	1120	1.58	661	1440	1.04
2-1-26	45	850℃水淬, 390℃回火	40HRC	1224	1.562	715	1360	1.2
2-1-27	45	860℃水淬, 180℃回火	49HRC	2080	1.055	262	3200	0.688
2-1-28	ZG310—570(ZG45)	正火	20HRC	744	0.83	462	1280	0.248
2-1-29	ZG310—570(ZG45)	860℃油淬, 650℃回火	HRC24	1128	1.55	638	1472	1.096
2-1-30	ZG310—570(ZG45)	860℃油淬, 560℃回火	33HRC	1336	1.58	581	1600	1.344
2-1-31	ZG310—570(ZG45)	860℃油淬, 500℃回火	36.5HRC	1248	1.61	610	1608	1.232
2-1-32	ZG310—570(ZG45)	860℃油淬, 400℃回火	45.5HRC	1256	1.54	680	1600	1.048
2-1-33	ZG310—570(ZG45)	860℃油淬, 300℃回火	54HRC	1496	1.25	506	1960	0.832
2-1-34	50	材料供应状态	179HBS	496	1.1	729	920	0.224
2-1-35	50	材料供应状态	207HBS	544	1.02	700	800	0.144
2-1-36	50	冷拉状态	24HRC	992	1.01	442	1360	0.384
2-1-37	50	840℃油淬, 500℃回火	28HRC	992	1.05	510	1600	0.464
2-1-38	50	840℃油淬, 400℃回火	32.5HRC	1048	1.01	409	2000	0.408
2-1-39	50	840℃油淬, 300℃回火	33.5HRC	1152	0.97	396	1800	0.432
2-1-40	50甲	850℃油淬, 360℃回火	32HRC	1352	1.02	393	2000	0.60
2-1-41	50AE	正火	223HBS	1048	1.255	556	1384	0.488
2-1-42	50AE	840℃油淬, 610℃回火	30.8HRC	1136	1.52	562	1560	1.024
2-1-43	ZG50	正火	195HBS	564	1.14	632	1120	0.232
2-1-44	ZG50	860℃油淬, 650℃回火	20HRC	1048	1.493	714	1200	0.96
2-1-45	ZG50	860℃油淬, 600℃回火	24HRC	1136	1.45	594	1520	0.792
2-1-46	ZG50	860℃油淬, 560℃回火	28.5HRC	1144	1.42	560	1600	0.72
2-1-47	ZG50	860℃油淬, 500℃回火	33HRC	1216	1.39	545	1600	0.80
2-1-48	ZG50	860℃油淬, 400℃回火	40.5HRC	1288	1.18	486	1680	0.68
2-1-49	ZG50	860℃油淬, 300℃回火	45HRC	1576	1.08	414	1880	0.816

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c/(A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r/T$	最大相对 磁导率 $\mu_{rm}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_m/(A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max}/(kJ/m^3)$
2-1-50	ZG50	860℃油淬, 250℃ 回火	48HRC	1584	1.06	380	1880	0.656
2-1-51	D60	材料热冲压状态	200HBS	520	0.82	582	784	0.136
2-1-52	D60	材料热轧状态	212HBS	656	0.825	533	936	0.176
2-1-53	D60	材料供应状态	216HBS	672	0.76	515	1040	0.192
2-1-54	D60	850℃油淬, 550℃ 回火	30HRC	1144	1.06	410	1680	0.496
2-2-1	16MnR	材料供应状态	103HBS	320	0.75	895	560	0.064
2-2-2	Q345 (16MnA)	正火	168HBS	480	1.06	850	800	0.153
2-2-3	45B	正火	201HBS	704	1.16	646	1120	0.32
2-2-4	45B	850℃油淬, 400℃ 回火	45HRC	992	1.49	767	1200	0.864
2-2-5	50BA	材料供应状态	207HBS	704	0.96	590	960	0.312
2-2-6	50BA	840℃油淬, 650℃ 回火	22.5HRC	984	1.34	503	1760	0.712
2-2-7	50BA	860℃油淬, 580℃ 回火	22HRC	1000	1.557	680	1400	1.072
2-2-8	50BA	840℃油淬, 500℃ 回火	36HRC	1048	1.61	665	1600	1.184
2-2-9	50BA	860℃油淬, 440℃ 回火	40HRC	1080	1.585	664	1360	1.224
2-2-10	50BA	840℃油淬, 400℃ 回火	45HRC	1112	1.515	689	1360	0.848
2-2-11	50BA	840℃油淬, 250℃ 回火	52HRC	1288	1.3	524	1840	0.92
2-2-12	40Mn2	正火	21HRC	840	1.17	435	1640	0.368
2-2-13	40Mn2	850℃油淬, 510℃ 回火	29HRC	1200	1.58	678	1680	0.928
2-2-14	50Mn	材料供应状态	192HBS	520	1.02	685	1000	0.208
2-2-15	21MnNiMo	原材料锻造退火状 态	192HBS	752	1.32	764	1120	0.432
2-2-16	21MnNiMo	880℃油淬, 650℃ 回火	196HBS	768	1.298	757	1120	0.392
2-2-17	21MnNiMo	880℃盐水淬, 450℃回火	37HRC	904	1.345	620	1600	0.55
2-2-18	30Mn2MoV	910℃正火, 910℃ 油淬, 610℃回火	38HRC	1272	1.39	539	1760	0.736
2-2-19	40MnB	850℃油淬, 400℃ 回火	45HRC	1208	1.31	587	1520	0.76
2-2-20	40MnVB	材料供应状态	223HBS	624	0.99	533	1200	0.216
2-2-21	30SiMnMoVA	正火	38.5HRC	2096	0.72	157	3040	0.512
2-2-22	30SiMnMoVA	870℃水淬, 700℃ 回火	32HRC	1176	1.48	657	1440	1.088

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{rm}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_{\mu_m} / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-2-23	30SiMnMoVA	870℃水淬, 230℃回火	51.7HRC	2240	1.08	272	3040	1.216
2-2-24	70Si3MnA	870℃油淬, 470℃回火	51.5HRC	1336	1.35	630	1480	1.07
2-2-25	20Cr	930℃渗碳, 800℃油淬, 200℃回火	66HRC	1240	1.0	322	1120	0.416
2-2-26	38CrA	材料供应状态	21HRC	1112	0.81	363	1520	0.312
2-2-27	38CrA	正火	197HBS	856	1.215	498	1552	0.424
2-2-28	38CrA	860℃油淬, 550℃回火	33HRC	1128	1.59	661	1480	1.08
2-2-29	38CrA	860℃油淬, 300℃回火	49HRC	1400	1.115	416	2040	0.664
2-2-30	38CrA	860℃油淬, 200℃回火	53HRC	2704	1.055	213	4000	1.304
2-2-31	40Cr	正火	23.5HRC	1256	0.84	378	1840	0.416
2-2-32	40Cr	850℃油淬, 510℃回火	39.5HRC	1488	1.595	301	1600	1.52
2-2-33	40Cr	850℃油淬, 410℃回火	45HRC	1504	1.345	600	1840	1.016
2-2-34	40Cr	860℃油淬, 350℃回火	46HRC	1520	1.14	434	1920	0.8
2-2-35	40Cr	850℃油淬, 300℃回火	46.5HRC	1584	1.18	448	2000	0.848
2-2-36	45Cr	材料供应状态	204HBS	456	0.985	482	1360	0.224
2-2-37	45Cr	840℃油淬, 580℃回火	229HBS	664	1.233	585	1448	0.352
2-2-38	50CrVA	材料供应状态	197HBS	800	0.98	446	1280	0.28
2-2-39	50CrVA	$\sigma_b = 1275kPa$	40.5HRC	1120	1.58	641	1560	0.887
2-2-40	50CrVA	$\sigma_b = 1470kPa$	45HRC	1450	1.34	550	1760	0.97
2-2-41	38CrSi	910℃油淬, 650℃回火	30HRC	736	1.5	619	1520	0.624
2-2-42	38CrSi	890℃油淬, 580℃回火	33.5HRC	992	1.548	667	1440	0.88
2-2-43	38CrSi	910℃油淬, 450℃回火	45HRC	1024	1.37	611	1440	0.696
2-2-44	38CrSi	890℃油淬, 300℃回火	51HRC	1936	1.065	269	3040	0.92
2-2-45	25CrMnSi	材料供应状态	201HBS	696	1.13	735	776	0.264
2-2-46	25CrMnSi	880℃正火, 860℃油淬, 460℃回火	28.5HRC	976	1.14	515	1600	0.48
2-2-47	30CrMnSiA	材料供应状态	201HBS	800	1.25	650	960	0.432
2-2-48	30CrMnSiA	正火	181HBS	280	1.23	870	880	0.136
2-2-49	30CrMnSiA	880℃油淬, 520℃回火	37HRC	960	1.5	688	1360	0.96

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{rm}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_p / (A/m)$	最大磁能积 ( $HB$ ) <sub>max</sub> / (kJ/m <sup>3</sup> )
2-2-50	30CrMnSiA	920℃油淬, 460℃回火	42HRC	1560	1.249	502	1736	0.88
2-2-51	30CrMnSiA	880℃油淬, 300℃回火	45.5HRC	2280	1.1	270	2960	1.184
2-2-52	30CrMnSiA	880℃油淬, 220℃回火	51HRC	2712	0.98	218	3600	1.285
2-2-53	35CrMnSiA	材料供应状态	220HBS	624	1.31	893	880	0.352
2-2-54	35CrMnSiA	中频 880℃油淬, 265℃回火	47HRC	2344	1.045	244	3120	0.992
2-2-55	35CrMnSiA	910℃油淬, 250℃回火	51HRC	2408	1.007	200	3600	0.944
2-2-56	ZG35CrMnSiA	正火	207HBS	808	1.12	490	1360	0.38
2-2-57	18CrMnTi	材料供应状态	163HBS	280	1.05	817	536	0.224
2-2-58	20CrMo	材料供应状态	170HBS	448	1.1	1025	640	0.224
2-2-59	20CrMo	820℃油淬, 200℃回火	30.5HRC	1600	1.01	296	1600	0.536
2-2-60	PCrMo	正火	28.5HRC	1600	0.96	329	2000	0.624
2-2-61	PCrMo	860℃油淬, 550℃回火	27HRC	1144	1.43	575	1600	0.808
2-2-62	35CrMoA	860℃油淬, 260℃回火	49HRC	1376	1.11	407	2200	0.632
2-2-63	35CrMoA	860℃油淬, 200℃回火	52HRC	2320	1.09	251	3120	1.2
2-2-64	40CrMo	850℃油淬, 630℃回火	30HRC	1160	1.57	539	2000	1.13
2-2-65	40CrMo	850℃油淬, 590℃回火	32HRC	1040	1.57	547	1120	0.95
2-2-66	50CrMo	850℃油淬, 550℃回火	31HRC	1256	1.6	490	1840	0.93
2-2-67	60Cr2MoA	860℃油淬, 440℃回火	50HRC	1520	1.13	432	2160	0.8
2-2-68	60Cr2MoA	860℃油淬, 220℃回火	54HRC	2480	1.085	235	3280	1.28
2-2-69	20CrMnMo	845℃油冷, 210℃回火, 渗碳 1.5 ~ 2mm	61.5HRC	2936	0.96	155	4320	0.78
2-2-70	ZG22CrMnMo	正火	164HBS	448	1.2	801	1100	0.2
2-2-71	ZG22CrMnMo	880℃油淬, 220℃回火	43HRC	640	0.9	293	2400	0.7
2-2-72	ZG22CrMnMo	880℃油淬, 180℃回火	47.5HRC	2080	1.01	278	3000	1.04
2-2-73	30CrMnMoTiA	材料供应状态	30.5HRC	1392	0.97	337	1920	0.552
2-2-74	30CrMnMoTiA	875℃油淬, 440℃回火	42HRC	1528	1.27	473	1920	0.984
2-2-75	30CrMnMoTiA	880℃油淬, 350℃回火	47.2HRC	1576	1.15	373	2480	0.68

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{r,m}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_m / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-2-76	30CrMnMoTiA	880℃油淬, 260℃回火	48HRC	1736	1.11	331	2560	1.31
2-2-77	30CrMnMoTiA	880℃油淬, 200℃回火	50HRC	2416	1.02	231	3200	1.176
2-2-78	PCrMoV	材料供应状态	30.7HRC	1408	0.93	300	2240	0.504
2-2-79	PCrMoV	正火	30HRC	1184	0.9	309	2000	0.344
2-2-80	PCrMoV	880℃正火, 860℃油淬, 600℃回火	38HRC	1304	1.565	605	1640	1.168
2-2-81	30Cr2MoV	材料供应状态	31HRC	1416	0.955	302	2000	0.472
2-2-82	30Cr2MoV	正火	39.5HRC	1760	0.85	215	3000	0.552
2-2-83	30Mn2MoV	910℃正火, 910℃油淬, 610℃回火	38HRC	1272	1.39	539	1760	0.736
2-2-84	38Cr2Mo2V	退火	187HBS	1000	1.39	595	1480	0.696
2-2-85	38Cr2Mo2V	850℃油淬, 600℃回火	41.5HRC	1440	1.32	435	2160	0.946
2-2-86	38CrMoAlA	材料供应状态	21HRC	640	0.85	471	1440	0.192
2-2-87	38CrMoAlA	940℃油淬, 650℃回火	31HRC	920	1.43	487	2000	0.848
2-2-88	38CrMoAlA	930℃热水淬, 650℃回火, 第一次氮化 510℃, 12h; 第二次氮化 550℃, 50h	81HV	1344	1.36	450	1760	1.072
2-2-89	12CrNi2A	930℃渗碳(1mm), 880℃油淬, 200℃回火	33.5HRC	320	1.07	1000	440	0.112
2-2-90	12CrNi3A	材料供应状态	149HBS	368	1.23	1119	800	0.192
2-2-91	12CrNi3A	930℃渗碳, 800℃油淬, 160℃回火	60HRC	1744	0.96	263	2560	0.416
2-2-92	20Cr2Ni4A	材料供应状态	217HBS	744	1.25	642	1160	0.448
2-2-93	20Cr2Ni4A	850℃油淬, 190℃回火	42HRC	1664	0.95	241	3120	0.68
2-2-94	25CrNi4A	860℃油淬, 600℃回火	37HRC	800	1.35	664	1400	0.512
2-2-95	30CrNi3A	正火	29HRC	1304	1.02	353	1440	0.488
2-2-96	30CrNi3A	820℃油淬, 680℃回火	28HRC	1048	1.37	660	1600	0.632
2-2-97	30CrNi3A	830℃油淬, 550℃回火	34HRC	1160	1.628	684	1480	1.04
2-2-98	30CrNi3A	830℃油淬, 470℃回火	38.5HRC	1168	1.365	637	1400	0.744
2-2-99	30CrNi3A	830℃油淬, 410℃回火	40HRC	1304	1.175	548	1600	0.72
2-2-100	30CrNi3A	830℃油淬, 230℃回火	49HRC	2176	1.02	239	3040	1.088



(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{rm}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_m / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-2-101	40CrNi	860℃油淬, 230℃回火	50HRC	1520	1.15	355	2520	0.864
2-2-102	45CrNi	材料供应状态	32HRC	1136	1.55	468	2040	0.784
2-2-103	45CrNi	840℃油淬, 500℃回火	28.5HRC	1144	1.475	451	2080	0.656
2-2-104	PCrNiMo	材料供应状态	24HRC	1040	1.35	499	1840	0.632
2-2-105	PCrNiMo	880℃正火, 650℃回火	30HRC	1056	1.54	574	1880	0.904
2-2-106	PCrNiMo	850℃油淬, 600℃回火	33HRC	1200	1.52	590	1600	1.288
2-2-107	40CrNiMoA	材料供应状态	214HBS	1200	1.425	693	1200	1.024
2-2-108	40CrNiMoA	860℃油淬, 500℃回火	39HRC	1120	1.4	613	1640	0.8
2-2-109	40CrNiMoA	850℃油淬, 410℃回火	44HRC	1960	1.334	560	1600	1.352
2-2-110	40CrNiMoA	860℃油淬, 200℃回火	55HRC	2480	1.0	197	4280	1.08
2-2-111	60CrNiMo	860℃油淬, 440℃回火	49HRC	1640	1.11	377	2400	0.72
2-2-112	60CrNiMo	860℃油淬, 220℃回火	55HRC	2160	1.02	230	2960	1.08
2-2-113	ZG37CrNiMo	正火	29HRC	1376	1.5	530	1760	1.064
2-2-114	ZG37CrNiMo	880℃油淬, 610℃回火	29.5HRC	1392	1.49	519	1720	1.088
2-2-115	PCrNi3Mo	860℃油淬, 560℃回火	37HRC	1120	1.34	528	1760	0.72
2-2-116	Cr3NiMo	900℃正火, 680℃回火	207HBS	880	0.84	361	1680	0.248
2-2-117	Cr3NiMo	900℃油淬, 680℃回火	23HRC	960	1.415	541	1760	0.736
2-2-118	Cr3NiMo	900℃油淬, 510℃回火	35HRC	1760	1.15	348	2400	0.896
2-2-119	Cr3NiMo	900℃油淬, 200℃回火	44HRC	2200	0.985	240	3200	0.976
2-2-120	20CrNi4VA	材料供应状态	25.5HRC	440	1.24	773	960	0.176
2-2-121	PCrNi3MoV	材料供应状态	31HRC	1496	1.005	291	2560	0.72
2-2-122	PCrNi3MoVA	880℃水淬油冷, 590℃回火	40HRC	1376	1.4401	545	1760	0.88
2-2-123	PCrNi3MoVA	850℃油淬, 540℃回火	42HRC	1600	1.315	470	2000	1.032
2-2-124	45CrNiMoVA	材料供应状态	27HRC	824	1.535	694	1360	0.68
2-2-125	45CrNiMoVA	正火	46HRC	2400	1.05	221	3520	1.096
2-2-126	45CrNiMoVA	860℃油淬, 440℃回火	47.5HRC	1456	1.3	529	1856	0.912

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{rm}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_{\mu_m} / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-2-127	45CrNiMoVA	860℃油淬, 190℃回火	55HRC	3088	1.06	195	3920	0.984
2-2-128	30CrNi2MoVA	材料供应状态	24HRC	944	1.345	626	1360	0.96
2-2-129	30CrNi2MoVA	860℃正火, 640℃回火	32.5HRC	1040	1.27	552	1640	0.52
2-2-130	30CrNi2MoVA	860℃油淬, 640℃回火	41HRC	1160	1.315	534	1680	0.76
2-2-131	30CrNi2MoVA	860℃油淬, 270℃回火	46HRC	1848	0.97	221	3120	0.8
2-2-132	30CrNi2MoVA	860℃油淬, 220℃回火	46HRC	1872	0.97	262	3040	0.808
2-2-133	32CrNi2MoV	材料供应状态	30HRC	1400	0.87	280	2400	0.87
2-2-134	32CrNi2MoV		38HRC	1760	1.01	246	3280	0.84
2-2-135	32CrNi2MoV	860℃空冷, 580℃回火	44HRC	1440	0.85	253	2520	0.612
2-2-136	32CrNi2MoV	860℃油淬, 180℃回火	48HRC	2600	1.01	218	4240	1.45
2-2-137	18CrNiMnMo	830℃油淬, 200℃回火	41HRC	1880	0.955	249	3120	0.72
2-2-138	35CrNiMnMoV	材料供应状态	29HRC	1104	1.27	470	1920	0.544
2-2-139	35CrNiMnMoV	910℃正火, 870℃油淬, 570℃回火	45.5HRC	1744	1.245	377	2440	1.024
2-2-140	18CrNiWA	正火, 640℃回火	25.5HRC	1200	1.06	426	1760	0.52
2-2-141	18CrNiWA	880℃空冷, 580℃回火	37HRC	1584	1.053	357	2240	0.736
2-2-142	18CrNiWA	850℃油淬, 550℃回火	38HRC	1568	0.96	295	2560	0.632
2-2-143	18CrNiWA	880℃油淬, 220℃回火	41HRC	1800	0.815	204	3120	0.568
2-2-144	18CrNiWA	830℃空冷, 170℃回火	45HRC	1920	0.77	182	1976	0.544
2-2-145	18CrNiWA	930℃渗碳(1mm), 810℃空冷, 200℃回火	56HRC	1944	0.79	188	3200	0.68
2-2-146	25CrNiWA	860℃正火, 640℃回火	27HRC	1080	1.28	517	1600	0.64
2-2-147	25CrNiWA	870℃油淬, 500℃回火	29.5HRC	1440	1.155	440	1840	0.728
2-2-148	25CrNiWA	870℃油淬, 450℃回火	31HRC	1520	1.059	389	2160	0.72
2-2-149	25CrNiWA	850℃油淬, 300℃回火	36HRC	1728	0.92	272	2800	0.696
2-2-150	25CrNiWA	860℃油淬, 260℃回火	42HRC	1872	0.997	288	2560	0.784
2-2-151	25CrNiWA	850℃油淬, 200℃回火	48HRC	2344	0.84	181	3440	0.68

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{r,m}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_{\mu_m} / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-2-152	30CrNiWA	870℃加热, 170℃ 等温水冷, 210℃ 回火	49HRC	2408	1.06	262	2968	1.176
2-2-153	18Cr2Ni4WA	材料供应状态	217HBS	580	1.29	687	1200	0.33
2-2-154	18Cr2Ni4WA	880℃油淬, 180℃ 回火	58HRC	2280	0.88	205	3400	0.51
2-2-155	30CrNi2WV	860℃正火, 640℃ 回火	25.5HRC	1024	1.45	660	1360	0.56
2-2-156	30CrNi2WV	860℃油淬, 640℃ 回火	32HRC	1104	1.44	643	1440	0.96
2-2-157	40CrNi2SiWA	材料供应状态	293HBS	976	1.43	737	1120	0.905
2-2-158	40CrNi2SiWA	$\sigma_b = 1080kPa$	54HRC	2360	1.04	215	3600	1.16
2-2-159	30CrMnSiNi2A	材料供应状态	23.5HRC	984	1.44	706	1360	0.792
2-2-160	30CrMnSiNi2A	880℃油淬, 290℃ 回火	49HRC	3040	0.762	144	3920	0.829
2-2-161	30CrMnSiNi2A	退火	207HBS	904	1.1	575	1360	0.46
2-3-1	65Mn	材料供应状态	23.5HRC	704	0.85	463	1360	0.208
2-3-2	65Mn	790℃油淬, 500℃ 回火	30HRC	1120	1.085	433	1440	0.352
2-3-3	65Mn	820℃油淬, 420℃ 回火	46HRC	1440	1.41	543	1936	1.192
2-3-4	60Si2A	850℃油淬, 400℃ 回火	53HRC	1200	1.39	684	1440	1.024
2-3-5	60Si2MnA	热轧退火	31HRC	824	0.95	475	1120	0.384
2-3-6	60Si2MnA	860℃油淬, 420℃ 回火	54HRC	1528	1.26	465	1920	0.936
2-3-7	60SiMn2MoVA	850℃油淬, 650℃ 回火	35.5HRC	1496	1.48	467	1920	1.72
2-3-8	65Si2MnWA	材料供应状态	25HRC	1256	1.432	680	1176	1.08
2-3-9	65Si2MnWA	860℃油淬, 560℃ 回火	46HRC	1584	1.525	631	1520	1.336
2-3-10	65Si2MnWA	860℃油淬, 450℃ 回火	49HRC	1648	1.365	539	1760	1.184
2-3-11	65Si2MnWA	860℃油淬, 400℃ 回火	50HRC	1936	1.275	412	2136	1.28
2-3-12	65Si2WA	850℃油淬, 420℃ 回火	52HRC	1600	1.26	416	2160	0.976
2-3-13	65Si2WA	860℃油淬, 250℃ 回火	55HRC	2400	1.032	208	3760	1.152
2-3-14	2Cr13	正火	24HRC	1200	0.7	184	1360	0.344
2-3-15	2Cr13	1050℃油淬, 550℃ 回火	45HRC	3400	0.74	113	5360	1.096
2-3-16	3Cr13	材料供应状态	170HBS	560	0.78	512	1040	0.16
2-3-17	3Cr13	1050℃油淬, 600℃ 回火	29HRC	1344	1.1	426	1880	0.528
2-3-18	Cr16Ni6	退火	187HBS	3240	0.15	26	5640	0.14

(续)

图号	材料	试样状态	硬 度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{rm}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_p / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-3-19	Cr16Ni6	$\sigma_b = 1080kPa$	36HRC	3100	0.42	67	5000	0.44
2-3-20	Cr17Ni2	材料供应状态	285HBS	1860	0.42	235	2640	0.23
2-3-21	Cr17Ni2	$\sigma_b = 1080kPa$	36HRC	3850	0.59	85	5600	0.39
2-3-22	GCr9	材料供应状态	187HBS	1040	1.23	579	1360	0.784
2-3-23	GCr9	840℃油淬, 390℃ 回火	57HRC	1520	1.24	452	1960	0.928
2-3-24	GCr9	840℃油淬, 160℃ 回火	62HRC	3680	0.86	129	4840	1.256
2-3-25	GCr15	材料供应状态	207HBS	896	1.27	580	1280	0.584
2-3-26	GCr15	840℃油淬, 360℃ 回火	57HRC	1472	1.26	443	2000	0.904
2-3-27	GCr15	840℃油淬, 190℃ 回火	61HRC	3120	0.7335	107	6000	1.008
2-3-28	GCr15	830℃油淬, 110℃ 回火	61HRC	3400	0.872	120	4880	1.28
2-3-29	G20CrNi2MoA	锻后 800℃等温球 化	147HBS	236	0.88	800	800	0.09
2-3-30	G20CrNi2MoA	930℃渗氮, 880℃ 一次淬火 810℃二次淬火, 170℃回火	表面 61HRC 心部 40HRC	1472	1.0	237	2720	0.69
2-3-31	GCr15SiMn	830℃油淬, 200℃ 回火	61HRC	3076	0.93	140	5000	1.334
2-3-32	T7	材料供应状态	170HBS	736	1.21	800	840	0.48
2-3-33	T7	810℃水淬, 390℃ 回火	47HRC	1352	1.445	567	1680	0.976
2-3-34	T8	材料供应状态	170HBS	936	1.3	692	1088	0.592
2-3-35	T8	790℃水淬, 400℃ 回火	47HRC	1368	1.45	530	1840	1.12
2-3-36	T10A	退火	170HBS	704	1.25	775	960	0.368
2-3-37	T10A	正火	28.5HRC	1040	0.865	439	1200	0.4
2-3-38	T10A	780℃水淬, 210℃ 回火	63HRC	2336	0.817	180	3120	0.768
2-3-39	T12A	材料供应状态	170HBS	824	1.186	772	928	0.44
2-3-40	T12A	中频 860℃水淬, 170℃回火	60HRC	2120	1.204	319	2800	1.28
2-3-41	T12A	780℃水淬, 170℃ 回火	65HRC	2824	0.77	141	2960	0.824
2-3-42	CrW5	材料供应状态	23HRC	960	1.36	630	1520	0.544
2-3-43	CrW5	810℃水淬, 140℃ 回火	65.5HRC	3904	0.7	90	5600	1.048
2-3-44	CrWMn	材料供应状态	217HBS	768	1.233	676	1120	0.608

(续)

图号	材料	试样状态	硬度	矫顽力 $H_c / (A/m)$	剩磁感应 强度 $B_r / T$	最大相对 磁导率 $\mu_{r,m}$	最大磁导率对 应的磁场强度 $H_{\mu_m} / (A/m)$	最大磁能积 $(HB)_{max} / (kJ/m^3)$
2-3-45	CrWMn	820℃油淬, -70~-80℃冷处理, 170℃回火, 120℃时效	62HRC	2720	1.035	296	3720	1.034
2-3-46	Cr12MoV	材料供应状态	21HRC	1384	1.045	540	1280	0.792
2-3-47	Cr12MoV	1050℃油淬, 520℃回火	57.4HRC	3864	0.91	136	5400	1.392
2-3-48	3Cr2W8V	锻造退火, 850℃炉冷	216HBS	1472	1.3491	499	1520	1.16
2-3-49	3Cr2W8V	1150℃油淬, 560℃回火 90min, 580℃、650℃回火, 90min	53HRC	2192	1.06	276	3040	0.976
2-3-50	3Cr2W8	材料供应状态	22HRC	1168	1.3881	480	1880	0.912
2-3-51	3Cr2W8	1060℃油淬, 600℃二次回火	50HRC	2224	1.105	268	3168	1.112
2-3-52	9CrSi	材料供应状态	217HBS	672	1.1	670	800	0.256
2-3-53	9CrSi	860℃油淬, 180℃回火	63HRC	3296	0.705	105	4720	0.96
2-3-54	4Cr10Si2Mo	1040℃油淬, 780℃回火	30HRC	968	0.96	483	1200	0.4
2-3-55	4Cr10Si2Mo	1100℃油淬, 710℃回火	35HRC	840	1.25	582	1400	0.584
2-3-56	5CrMnMo	锻造退火状态, 850℃炉冷	23HRC	1272	0.77	287	1840	0.36
2-3-57	5CrMnMo	870℃油淬, 460℃回火 90min, 560℃回火 90min	40.9HRC	1888	1.49	457	1960	0.816
2-3-58	5CrMnMo	830℃油淬, 350℃回火	58HRC	3560	0.846	125	4600	1.328
2-3-59	W18Cr4V	材料供应状态	21HRC	1496	0.99	375	1800	0.744
2-3-60	W18Cr4V	加热 1275℃, 560℃硝盐淬火转 280℃等温, 560℃回火	65HRC	3536	0.97	155	5440	1.68
2-3-61	6W6Mo5Cr4V	材料供应状态	25.5HRC	1424	0.95	385	1640	0.712
2-3-62	6W6Mo5Cr4V	锻造退火, 850℃炉冷	216HBS	1208	1.12	470	1560	0.712
2-3-63	6W6Mo5Cr4V	1160℃油淬, 590℃回火	61.7HRC	3016	1.02	206	3920	1.52
2-3-64	6W6Mo5Cr4V	1150℃油淬, 560℃三次回火, 每次 1h	60.2HRC	3160	1.0	190	4000	1.456
2-3-65	60Mo5Cr4Nb3W2V	1110℃油淬, 560℃二次回火, 每次 1h	59.7HRC	3080	1.08	197	4480	1.352



访问我们的官方网站了解更多内容

扫描二维码关注