

# 《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》

## 编制说明（征求意见稿）

### 一. 工作简况

#### 1. 任务来源

根据国家标准化管理委员会文件国标委发〔2019〕29 号“关于下达 2019 年第三批推荐性国家标准计划的通知”，由太原重工股份有限公司和北京起重运输机械设计研究院有限公司负责制定国家标准《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》（计划编号为 20193012-T-604），采用国际标准 ISO 17440:2014，计划完成时间为 2021 年 10 月。

#### 2. 主要工作过程

##### （1）起草阶段

**资料搜集：**接受标准制定任务后，太原重工股份有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司等单位成立了国家标准《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》起草工作组，收集了国际标准 ISO 17440: 2014(E) 《Cranes General design Limit states and proof of competence of forged steel hooks》及其引用标准 ISO 4301-1 《起重机和起重机械—分级—第 1 部分：总则》、ISO 12100 《机械安全—设计通则—风险评估和风险降低》、ISO 148-1 《金属材料—夏比摆锤冲击试验—第 1 部分：试验方法》、ISO 148-2 《金属材料—夏比摆锤冲击试验—第 2 部分：试验机的校准》、EN 10228-3 《锻钢件无损检测—第 3 部分：铁素体钢和马氏体钢锻造的超声波试验》等相关标准资料。起草工作组按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》和 GB/T 20000.2-2009 《标准化工作指南 第 2 部分：采用国际标准》的要求，对 ISO 17440: 2014(E) 《Cranes General design Limit states and proof of competence of forged steel hooks》进行了翻译、审校、修改、整理和编辑工作。在标准起草过程中，针对吊钩材料的化学成分、力学性能、形状和尺寸公差、热处理工艺、加载验证载荷、试验抽样、无损检验等问题，与宝鼎重工有限公司、广东省韶铸集团有限公司、徐州大长实工程机械有限公司、河南卫华重型机械股份有限公司、浙江冠林机械有限公司等单位，进行了深入交流和探讨，吸收了他们许多宝贵的经验和建议。针对吊钩静强度和疲劳强度设计计算部分，联合太原科技大学秦义校教授进行了

分析研究和校核，以保证标准理论计算的正确性和可操作性。根据我国国情，将标准由等同采用国际标准调整为修改采用。在上述工作的基础上形成了国家标准《起重机总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》（初稿）和编制说明。

**初稿讨论会：** 2020 年 7 月 15 日，全国起重机械标准化技术委员会以视频方式组织召开了国家标准《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》（初稿）讨论会，参加会议的有标准起草工作组成员、起重机械行业专家以及起重机标委会秘书处人员共 7 个单位 9 名代表。会议讨论确定了制定该标准的原则，并针对浙江冠林、河南卫华、广东韶铸、徐州大长实、杭州宝鼎相关单位，布置了就桥梁钢、合金钢低温冲击试验要求。以验证吊钩材料经锻造和热处理后，低温工作状态下能否满足 ISO 17440:2014 中表 2 规定的最小延伸率达到 15%和冲击韧性达到 35 J 的要求。在完成初稿讨论会相关要求，以及对低温冲击试验数据整理分析并融入到标准要求中的基础上，起草工作组整理好《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》征求意见稿及编制说明，于 2020 年 10 月 20 日报全国起重机械标准化技术委员会秘书处准备广泛征求意见。

### **3. 主要参加单位和工作组成员及所做的工作等**

本标准负责起草单位：

本标准参加起草单位：

主要成员：

所做的工作：

## **二. 标准的编制原则和主要内容**

### **1. 标准的编制原则**

#### **(1) 积极采用国际标准**

随着经济全球化的进程以及我国起重机产品出口的不断增长，国际标准在国际交流中的作用越来越重要。WTO/TBT 协议规定了一个重要原则，即各国的标准和技术法规都应以国际标准为基础，以避免造成技术壁垒，因此本标准修改采用国际标准 ISO17440:2014E，除结合本国国情所做的必要修改外，本标准尽量保持与国际标准 ISO17440:2014E 要求一致。

#### **(2) 与我国相关标准协调关系**

采用国际标准应考虑与我国相关标准和实际情况协调一致。本标准在起草过程中，研究

了我国起重机吊钩国家标准 GB/T10051，咨询了国内相关的起重机和吊钩生产企业的意见和建议，尽量保持与我国现有标准基本协调一致，避免两者之间的矛盾。国际标准 ISO17440 侧重于吊钩的设计计算和能力验证方法，包括设计计算载荷的取值、载荷组合、静强度及疲劳强的计算和校核，但也包括了吊钩的材料力学性能、化学成分、制造工艺、制造公差、热处理、无损检测、加载验证、材料检测及试样抽取、维护与检验等一般要求。对于 ISO 17440 与 GB/T 10051 两个标准都有的要求并要求不一致时，按照两个标准要求较严格、并且国内制造厂家在无需增加较大成本条件下够实施的要求执行。

本标准转化为国家标准后，与现行相关标准协调一致，在实施上总体没有困难。

## 2. 标准的主要内容

本标准对防止吊钩发生危险的一般条件、要求和方法做出了规定。本标准可与其此系列其他相关标准一同使用。本标准主要包括以下内容：

- 1) 标准范围
- 2) 规范性引用文件
- 3) 术语和定义
- 4) 一般要求
- 5) 静强度
- 6) 疲劳强度
- 7) 符合性验证
- 8) 使用信息
- 9) 附录 A—单钩系列示例
- 10) 附录 B—双钩系列示例
- 11) 附录 C—附录 A 和附录 B 吊钩钩身静强度极限设计力
- 12) 附录 D—附录 A 和附录 B 吊钩钩身疲劳强度极限设计力
- 13) 附录 E—钩身计算的特定谱比系数
- 14) 附录 F—已验证吊钩的疲劳强度计算示例
- 15) 附录 G—钩柄和螺纹系列示例
- 16) 附录 H—曲梁的弯曲度

17) 附录 I—通过铰接或绳索缠绕系统连接的吊钩悬挂倾斜阻力的计算

18) 附录 J—使用附录 C-E 选择吊钩规格指南

19) 附录 K—吊钩制造商提供的信息

20) 附录 L—本标准与 ISO17440:2014E 的技术差异及其原因

### 3. 主要技术内容

#### 3.1 对于引用文件的说明

对于 ISO17440:2014E 引用的国际标准和欧盟标准已采用为我国标准的, 本部分用我国标准代替对应的国际标准和欧盟标准, 下面是中国标准与国际标准和欧盟标准的对应关系。

(1) ISO 148-1, 金属材料—夏比摆锤冲击试验—第 1 部分: 试验方法

GB/T 229-2007 金属材料—夏比摆锤冲击试验方法 (MOD)

(2) ISO 148-2, 金属材料—夏比摆锤冲击试验—第 2 部分: 试验机的校准

GB/T 3808-2002/2018 摆锤式冲击试验机的检验 (MOD)

(3) ISO 965-1, ISO 通用公制螺纹—公差—第 1 部分: 原则和基本数据

GB/T 197-2018 普通螺纹 公差 (IDT)

(4) ISO 4287, 产品几何技术规范 (GPS) —表面结构: 轮廓法—术语、定义及表面结构的参数

GB/T 3505-2009 产品几何技术规范 (GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构的参数 (IDT)

(5) ISO 4301-1, 起重机和提升设备—分类—第 1 部分: 总则

GB/T20863.1-2007 起重机械 分级 第 1 部分: 总则 (IDT)

(6) ISO 4306-1, 起重机词汇—第 1 部分: 总则

GB/T6974.1-2008 起重机 术语 第 1 部分: 通用术语 (IDT)

(7) ISO 6892-1, 金属材料—拉伸试验—第 1 部分: 室温试验方法

GB/T 228.1-2010 金属材料 拉伸试验 第 1 部分: 室温试验方法 (MOD)

(8) ISO 8686-1, 起重机—载荷与载荷组合的设计原则—第 1 部分: 总则

GB/T22437.1-2018 起重机 载荷与载荷组合的设计原则 第 1 部分: 总则 (IDT)

(9) ISO 7500-1, 金属材料—静态单轴向试验机的验证—第 1 部分: 拉伸/压缩试验机

## —力测量系统的验证和校准

GB/T16825.1-2008 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和（或）压力试验机测力系统的检验与校准（IDT）

（10）ISO 12100，机械安全—设计通则—风险评估和风险降低

GB/T15706-2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

（11）ISO 15579，金属材料低温拉伸试验

GB/T13329-2006 金属材料 低温拉伸试验方法 GB/T 228.3 金属材料 拉伸试验 第3部分：低温试验方法（GB/T 228.3-2019，ISO 6892-3：2015，MOD）

ISO 15579-2000 被 ISO 6892-3：2015 代替，GB/T13329-2006 被 GB/T 228.3-2019 金属材料 拉伸试验 第3部分：低温试验方法代替，故此处写为 GB/T 228.3-2019。

（12）EN 10228-3，锻钢件无损检测—第3部分：铁素体钢和马氏体钢锻造的超声波试验，虽然与国家标准 GB/T6402-2008 锻钢件超声波检测方法（MOD）有修改采用关系，但在本标准中，为了保持与 GB/T10051.2 协调一致，无损检测使用标准为 GB/T37400.15。

有一项国际标准我国没有标准相对应，在本标准中被直接引用。

（13）ISO 643 钢—表面粒度的显微测定，没找到相对应的国内标准，所以在标准中直接被引用。

（14）有一项国际标准被删除，因标准中相关内容被删除。

ISO 9327-1，压力用途的钢锻件和轧制或锻造的棒材—交货技术条件—第1部分：一般要求。

（15）有一项欧盟标准被删除，因标准中相关内容被 GB/T10051.4 和 GB/T10051.6 所代替。

EN 10243-1，钢模锻件—尺寸公差—第1部分：落锤和立式压力机锻件

### 3.2 对制造公差说明

ISO17440 规定公差“锻件应满足 EN 10243-1 标准 F 尺寸公差，另外钩口圆直径和开口尺寸应在【0；+7%】的公称尺寸范围内，钩尖高度应在【-7%；+7%】的公称尺寸范围内”，改为“吊钩毛坯件尺寸公差满足 GB/T 10051.4 和 GB/T 10051.6 标准的相关要求。

#### 3.2.1 GB/T10051 与 ISO17440 毛坯件制造公差对比

(1) MM 型和 MMD 型单钩毛坯件的尺寸允许偏差

表 1-MM 型和 MMD 型单钩毛坯件制造公差对比 单位为毫米

钩 号	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	e <sub>3</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	GB/T 10051 公差	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	g <sub>1</sub>	GB/T 10051 公差	
	ISO17440公差										ISO17440公差					公差	
006~04	0~1.75 0~2.8	0~1.4 0~2.24	±1.96 ±3.15	满足EN10243-1 尺寸公差F级要求							+2 0	满足EN10243-1 尺寸公差F级要求					+1 0
05~2.5	0~3.01 0~4.41	0~2.38 0~3.5	±3.43 ±5.04								+3 0						+1 0
4~5	0~4.97 0~5.6	0~3.92 0~4.41	±5.6 ±6.3								+4 0						+2 0
6~8	0~6.3 0~7.0	0~4.87 0~5.6	±7.07 ±7.91								+5 0						+2 0
10~16	0~7.84 0~9.8	0~6.3 0~7.8	±8.89 ±11.2								+6 0						+3 0
20~40	0~11.2 0~15.7	0~8.75 0~12.6	±12.6 ±17.6								+8 0						+3 0

(2) MY 型和 MYD 型单钩毛坯件的尺寸允许偏差

表 2-MY型和MYD型单钩毛坯件制造公差对比 单位为毫米

钩 号	GB/T10051公差												
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>3</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	g <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>
10~16	+10 0		±8	+12 0		+10 0	±8	+4 0			+16 0		
20~32	+12 0		±10	+16 0		+12 0	±10	+5 0			+20 0		
40~63	+16 0		±12	+20 0		+16 0	±12	+6 0			+24 0		
80~125	+20 0		±16	+25 0		+20 0	±16	+8 0			+32 0		
160~250	+25 0		±20	+32 0		+25 0	±20	+10 0			+40 0		
钩 号	ISO17440公差												
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>3</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	g <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>
10~16	0~7.84 0~9.8	0~6.3 0~7.84	±8.89 ±11.2	满足EN10243-1 尺寸公差F级要求									
20~32	0~11.2 0~14.0	0~8.75 0~11.2	±12.6 ±15.75										
40~63	0~15.7 0~19.6	0~12.6 0~15.7	±17.64 ±22.4										
80~125	0~22.0 0~28.0	0~17.5 0~22.0	±25.06 ±31.5										
160~250	0~31.5 0~39.2	0~24.8 0~31.5	±35.35 ±44.45										

3.2.2 GB/T10051 与 ISO17440 规定加工后钩柄口中心线偏离钩口中心线允许值对比

表 3- GB/T10051 允许偏移量 单位为毫米

钩号	≤10	12~20	25~80	≥100
----	-----	-------	-------	------

GB/T10051偏移量	2	3	4	6
表 4-ISO17440 允许偏移量		单位为毫米		
钩号	4~10	12~20	25~80	100~250
ISO17440偏移量	1.42~2.24	2.5~3.2	3.6~6.3	7.1~11.2
注：ISO17440允许偏移量：加工后钩柄口中心线偏离钩口中心线允许值 $\pm 0.02a_1$ 。				

### 3.2.3 关于制造公差说明

(1) 对于钩口圆直径  $a_1$ 、开口度  $a_2$ 、钩尖高度  $a_3$ ，S017440 规定公差为按照公称尺寸的 7%，这样会导致当钩号较小时公差带较小，制造工艺难以满足；当钩号较大时公差带很大，公差值也很大。GB/T10051 针对不同的钩号按照一定的档次划分给出比较合理的公差，避开了钩号较小时公差带较小制造难、钩号较大时公差带很大可能会影响使用的问题。

(2) GB/T10051 自 2010 年发布以来，还未收到吊钩制造厂和使用单位关于制造公差的反馈意见，说明关于公差的规定是合理的。

(3) 本标准制造公差部分的要求按照 GB/T10051 规定执行。

### 3.3 对无损检测部分的说明

(1) ISO17440 标准 4.2 及 7.4 节要求：“应使用 NDT 方法检查吊钩的表面和内部缺陷，以保证检测准确性；应按 EN 10228-3 《锻钢件无损检测—第 3 部分：铁素体钢和马氏体钢锻造的超声波试验》要求进行检验，并符合该标准规定的 1 级质量”。GB/T 10051.2-2010 《起重吊钩 第 2 部分：锻造吊钩技术条件》要求吊钩内部质量满足 JB/T 5000.15-2007 《重型机机械通用技术条件 锻钢件无损探伤》标准 II 级要求，而 JB/T 5000.15-2007 标准已经被 GB/T 37400.15-2019 《重型机机械通用技术条件 第 15 部分：锻钢件无损探伤》标准所代替。

ISO 17440 标准没有规定表面质量检测方法和验收标准。

(2) 内部质量检验：表 5 给出了 EN 10228-3 标准 1 级质量、JB/T5000.15-2007 标准 II 级质量、GB/T37400.15-2019 标准 2 级质量的要求。从表 5 可以看出，ISO17440 达到超声波 1 级要求低于 JB/T5000.15-2007 标准 II 级质量要求，GB/T37400.15-2019 标准 2 级质量的要求与 JB/T5000.15-2007 标准 II 级质量要求基本相当，因此本标准确定吊钩内部质量检验按照 GB/T37400.15-2019 标准 2 级质量的要求执行。但 GB/T37400.15-2019 标准 2 级质量要求的起始记录限为 1.6mm，对于毛坯检验很难实现，因此在标准中增加了“毛坯超声波检验起始记录限可以放大到 2mm”的说明，在保证内部质量要求不低于 ISO 17440 要求的前提下，一是保持了与 GB/T 10051.2 一致性，二是解决了毛坯检验难以操作的问题。

（3）表面质量检验：本标准吊钩表面裂纹检测方法按 GB/T 37400.15-2019 第 6 章的规定进行；不能用磁粉检测的部位，按 GB/T 37400.15-2019 第 7 章的规定进行渗透检验。与 GB/T 10051.2 要求基本一致，只是用 GB/T 37400.15-2019 代替了 JB/T 5000.15-2007。

表 5- 不同标准允许缺陷

对比项目		EN 10228-3-1 级	JB/T5000.15-II 级	GB/T37400.15-2 级
起始记录限 $d_{eq}$ /mm		8	2	1.6
单个缺陷最大允许当量 $d_{eq}$ /mm	非延伸	12	3	5
	延伸	8		3
缺陷任一方向上延伸的最大长度/mm		×	30	30
延伸缺陷或密集缺陷最大允许当量 $d_{eq}$ /mm		20	8	8
密集区缺陷最大允许范围/ $10^3\text{mm}^3$		×	250	250

3.4 对试验抽样说明

ISO 17440 标准 7.5 节规定：“应对每个单独的吊钩或按生产批次原则进行材料试验。吊钩名义厚度为 150 毫米或以上（25 号以上吊钩），应对每一个吊钩进行试验；名义厚度小于 150mm 的吊钩可以进行抽样试验。最大抽样数量由同一冶炼炉号、同炉热处理批量生产的吊钩数量来确定”。GB/T 10051.2 与 ISO 17440 差异如下：

（1）根据 GB/T 10051.2 标准的要求， $\geq 63$  号吊钩需要每件进行材料试验；而根据 ISO17440-2014 标准的表述，吊钩名义厚度在 150mm 以上的吊钩需要每件进行材料试验。名义厚度在 150mm 以上的吊钩相当于 GB/T10051 标准中单钩号为 25 号以上、双钩号为 40 号以上的吊钩。

（2）名义厚度小于 150mm（25 号以下吊钩）的抽样比例 ISO 17440 未明确规定，国标 GB/T 10051.2 规定抽样比例同一批次按 5%但不少于 3 件。

ISO17440 与 GB/T 10051.2 规定的主要差异在于单钩 25、32、40、50 号吊钩、双钩 40、50 号吊钩，ISO 17440 规定每个检验，GB/T 10051.2 规定抽样检验。为了不增加制造成本，本标准确定“试样按照 GB/T 10051.2 规定抽取”。

3.5 对冲击吸收功的说明

3.5.1 ISO 17440 和 GB/T 10051.1 的相关要求

表 7 和表 8 分别给出了 ISO 17440 和 GB/T 10051.1 所要求的材料冲击功。



表 7-ISO 17440 要求的延伸率和最小冲击功

工作温度	冲击试验温度	最小延伸率, $A_5$	最小冲击吸收功, $K_{V2}$
$T \geq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0\text{ }^{\circ}\text{C}$	15%	35 J
$T \geq -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$		
$-30\text{ }^{\circ}\text{C} > T \geq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-30\text{ }^{\circ}\text{C}$		
$-40\text{ }^{\circ}\text{C} > T \geq -50\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$		

表 8-GB/T 10051.1 要求的延伸率和最小冲击功

强度等级	结构钢					合金钢		
	上屈服强度 $R_{eH}$ 或 延伸强度 $R_{p0.2}$  MPa	冲击吸收功 $A_{kv}$ (ISO-V) J				上屈服强度 $R_{eH}$ 或 延伸强度 $R_{p0.2}$  MPa	冲击吸收功 $A_{kv}$ (ISO-V) J	
		+20℃		-20℃			+20℃	-20℃
		纵向	横向	纵向	横向		纵向	纵向
M	235	(55)	(31)	39	21	—	—	—
P	315					—	—	—
(S)	390					390	(35)	27
T	—	—				490	(35)	27
(V)	—	—				620	(30)	27

### 3.5.2 ISO 17440 和 GB/T 10051.1 要求的主要差异

(1) 在冲击吸收功方面, ISO 17440 与 GB/T10051 要求不一致。GB/T 10051 作为产品标准, 给出了标准产品在+20 $^{\circ}\text{C}$ 和-20 $^{\circ}\text{C}$ 冲击吸收功; ISO17440 作为设计类标准, 根据吊钩的工作温度, 提出了冲击试验温度和冲击吸收功。我们一般起重机产品的工作温度都在-30 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 也就是我们标准产品的覆盖工作温度范围在-30 $^{\circ}\text{C}$ 以上。当工作温度低于-30 $^{\circ}\text{C}$ 时, 可以按照 ISO17440 规定的工作温度所对应的冲击试验温度作相应的冲击试验。当工作温度在-30 $^{\circ}\text{C} > T \geq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$  以及-40 $^{\circ}\text{C} > T \geq -50\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内时, 要求分别在-30 $^{\circ}\text{C}$  和-40 $^{\circ}\text{C}$  做冲击试验。

(2) ISO 17440 要求的低温冲击温度和吸收功高于 GB/T 10051 要求。

(3) 如果按照本标准编制原则, 即对于 ISO 17440 与 GB/T 10051 两个标准都有的要求并要求不一致时, 按照两个标准要求较严格、并且国内制造厂家在无需增加较大成本条件下够实施的要求执行。

如果按照 ISO 17440 与 GB/T 10051 两个标准中较严格要求执行的话, 材料的延伸率和冲击吸收功应按照表 9 执行。

表 9-吊钩材料的冲击试验和延伸率要求 (1)

工作温度	冲击试验温度	最小延伸率	最小冲击吸收功, $K_{V2}/J$
------	--------	-------	---------------------

		A <sub>5</sub>	结构钢	合金钢
T <sub>2</sub> ≥ -30℃	-20℃	15%	39	35
-30℃ > T <sub>2</sub> ≥ -40℃	-30℃		35	35
-40℃ > T <sub>2</sub> ≥ -50℃	-40℃		35	35

为了验证国内吊钩制造厂家在不增加太大成本情况下，能够达到表 9 的要求，委托浙江冠林、广东韶铸、河南卫华、徐州大长实、宝鼎重工进行吊钩的五种强度级别材料的低温冲击试验。各单位对所负责的每种材料至少做三个试样的-40℃低温冲击试验，对于-40℃时试验结果达不到 35J 要求的情况，再加做-30℃的冲击试验。对于之前曾经做过-30℃、-40℃、-50℃低温冲击试验的厂家，搜集相关延伸率和冲击功，以供综合分析。

#### （4）试验结果分析

吊钩制造厂试验数据和分析报告详见《吊钩材料低温冲击试验分析报告》。

从试验结果以及 ISO 17440、GB/T 10051 要求可以看出：

- 1) 参与试验的吊钩其材料的屈服强度、抗拉强度、延伸率指标，100%满足 ISO17440、GB/T10051 标准的要求。
- 2) 对于低温冲击韧性指标，参与试验的 Q345qD、Q420qD、34Cr2Ni2Mo 三种材料，100%满足 ISO17440、GB/T10051 标准的要求。
- 3) 参与试验的 35CrMo 材料，81 个冲击吸收功数据，从试验结果来看，有 10 个没有满足 GB/T10051 规定的 27J 的规定，有 19 个没有满足 ISO17440 规定的 35J 的规定。并且冲击吸收功数据很不稳定，-20℃冲击吸收功最大达到 163J，最小为 29J；-40℃冲击吸收功最大达到 148J，最小为 12J，数值差异很大，其原因有待分析。
- 4) 参与试验的 30Cr2Ni2Mo，24 个试验数据，仅有一个在-40℃冲击吸收功达不到 35J 要求，但全部达到 27J 要求。

结合试验数据、ISO 17440 标准要求值、GB/T 10051 标准要求值，综合考虑标准编制原则后确定低温冲击性能按照表 10 执行。

表 10-吊钩材料的冲击试验和延伸率要求（2）

工作温度	冲击试验温度	最小延伸率 A <sub>5</sub>	最小冲击吸收功，K <sub>v2</sub> /J	
			结构钢	合金钢
T <sub>2</sub> ≥ -30℃	-20℃	15%	39	35
-30℃ > T <sub>2</sub> ≥ -40℃	-30℃		35	27
-40℃ > T <sub>2</sub> ≥ -50℃	-40℃		35	27

对于结构钢 Q345qD、Q420qD 来说,对应-20° C 最小冲击吸收功 39J、对应 -30° C 和-40° C 最小冲击吸收功 35J 可以满足 ISO 17440、GB/T 10051 两个标准要求值,相对于 GB/T 10051 变化也不大。当工作温度高于-30° C 时,做-20° C 冲击试验,低温冲击功按照于 GB/T 10051 执行;当工作温度-30° C>T≥-40° C 时,做-30° C 冲击试验,当工作温度-40° C>T≥-50° C 时,做-40° C 冲击试验,低温冲击功按照 ISO17440 执行。从试验数据来看也是完全可以达到的。

对于合金钢 30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo、35CrMo 来说,当工作温度高于-30° C 时,做-20° C 冲击试验,低温冲击功要求达到 35J,满足 ISO 17440 要求,高于 GB/T 10051 标准 27J 的要求。从韶铸的试验数据来看,30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo、35CrMo 三种材料都可以满足这一要求。当工作温度-30° C>T≥-40° C 时,做-30° C 冲击试验,当工作温度-40° C>T≥-50° C 时,做-40° C 冲击试验,低温冲击功要求达到 27J,低于 ISO17440 标准要求值。从试验数据来看,30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo 在-30° C、-40° C 的冲击吸收功可以满足这一要求,35CrMo 在 8 组试验数据中有 5 组达不到这一要求。考虑到一是在温度低于-30° 时还能继续正常工作的地方和场合不是很多(估计不大于 5%),一味按照 ISO17440 把冲击值提高到 35J,可能要增加制造成本。二是当有温度低于-30° 时要求还能继续正常工作以及出口产品有要求时,可以用 30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo 替代 35CrMo,避开 35CrMo 材料低温冲击吸收功数据不稳定的问题。

### 3.6 加载试验验证说明

在本标准的 4.5 节规定,作为制造过程的一部分,吊钩宜作加载验证。加载验证应在整个制造过程(锻造、热处理和机加工)的最后进行。

验证载荷的大小( $F_{PL}$ )宜能使在单钩截面 B 和双钩截面 A 上(见图 5),产生的应力达到相应材料屈服强度极限  $f_y$  的 1.5 倍。

为了说明加载验证载荷大小,表 10 给出几个计算示例。

钩号	强度级别	屈服强度 N/mm <sup>2</sup>	系数 $M_{hf}$ mm <sup>2</sup>	验证载荷 kN	工作级别/额定起重量
50 号单钩	M	235	5020.5	2447	M3/100t M5/63t M8/32t
50 号单钩	T	500	5020.5	3765	M3/200t

					M5/125t M7/80t
100 号单钩	P	235	10093	3557	M3/250t M5/160t M8/80t
100 号单钩	S	500	10093	7570	M3/320t M5/200t M8/100t

### 3.7 与国际标准一般要求差异说明

(1) 删除了 ISO 17440 标准 4.2 节关于“制造工艺、厂内试验和交货条件应符合 ISO 9327-1 的要求”。ISO 9327-1 适用于压力用途的锻钢件和轧制或锻造板材的交货技术条件。包含的主要内容有：冶炼方法、化学成分、力学性能、焊接性、形状和尺寸公差、表面和内部质量、检验试验和验收条件等内容。GB/T 10051 标准结合我国国情所规定吊钩的材料为桥梁钢和合金钢。

删除了 ISO 9327-1 标准要求原因之一是为了保持与 GB/T 10051.2 一致性，GB/T 10051.2 没有规定对原材料的交货状态要求；原因之二是在本标准第 4 章已经明确规定了材料的化学成分、杂质含量以及低温冲击值、延伸率、屈服极限、强度极限等力学性能，而且这些指标高于相应桥梁钢和合金钢标准的要求。吊钩制造厂可以按照本标准第 4 章要求向原材料制造厂提出要求，也可以根据这些具体要求以及自己实际情况决定原材料的验收条件。

(2) 对 ISO 17440 标准 4.2 节关于“应采用电炉炼钢法或氧气炼钢法生产钢材”的要求，修改为“材料的冶炼应采用电炉（或转炉）加炉外精炼的方法”要求，一是与 GB/T 10051.2 保持一致，二是 ISO 17440 标准要求落后于国内现在工艺。

(3) 附录 A.1、附录 A.2，用 GB/T 10051.4、GB/T 10051.6 替换原国际标准中的 DIN15400，以适应我国国情，和国内已有标准协调一致。GB/T 10051.4、GB/T 10051.6 等效转化自 DIN15400。

(4) 其他方面的改动见表 11。

表 11- 其他方面改动

序号	本标准的条编号	差异	原因
1	表 1 d)	用“ $K_{V2}$ ”代替作为冲击吸收功的“ $A_V$ ”；	
2	5.4.5	“5.4.2~5.4.4”改为“5.4.2~5.4.3”， “5.4.5”改为“5.4.4”	

3	6.5.1	“ $\sigma_{sd,max}$ ”改为“ $\sigma_{sd,pb,max}$ ”， “ $\sigma_{sd,pb,max}$ ”改为“ $\sigma_{sd,pb,max}$ ”	应该是 ISO17440 标准笔误
4	6.6.3a)	“ $\sigma_{sd,ps,min}$ ”、“ $\sigma_{sd,a,psmin}$ ”改为 “ $\sigma_{sd,a1,ps,min}$ ”；“ $\sigma_{sd,ps,max}$ ”、 “ $\sigma_{sd,a,psmax}$ ”改为 “ $\sigma_{sd,a1,ps,max}$ ”	以便于和 6.6.3e) 协调一致。
5	6.6.3e)	“ $\sigma_{sd,a,psmax} = \sigma_{sd,sh,pr} + \sigma_{a1}$ ”改为 “ $\sigma_{sd,a2,ps,max} = \sigma_{sd,sh,pr} + \sigma_{a2}$ ”	应该是 ISO17440 标准笔误
6	6.6.3g)	“ $\sigma_{sd,ps1,max}$ ”改为“ $\sigma_{sd,ps2,max}$ ” “ $\sigma_{m2,i} = \sigma_{a1,i}$ ”改为“ $\sigma_{m2,i} = \sigma_{a2,i}$ ”	同上
7	6.6.5	表 9 中，两个 $\beta_n$ 分别改为 $\beta_{hs}$ 和 $\beta_{ht}$	应该是 ISO 17440 标准笔误
8	8.2	将标志的要求改为：吊钩的标志按照 GB/T10051.2 执行。	(1) ISO 17440 要求与 GB/T 10051.4 要求基本保持一致。
9	8.2 图 7	增加尺寸 a、y、y <sub>1</sub> 、y <sub>2</sub> 以及标记位置	以和文字说明相对应
10	附录 A.1 附录 A.2	用 GB/T 10051.4、GB/T 10051.6 替换原国际标准中的 DIN 15400。	以适应我国国情
11	附录 D.2	“ $\gamma_{sh}$ ”改为“ $\gamma_{hs}$ ”	应该是 ISO 17440 标准笔误
12	附录 F.2	“ $\phi$ ”改为“ $\phi_2$ ”	以明确动载荷系数类型
13	附录 F.2	“M”改为“ $M_{hf}$ ”	与本标准 4.5 条款相一致
14	附录 F.2	应力单位符号“ $N\ mm^{-2}$ ”改为“ $N/mm^2$ ”	规范应力单位

#### 4. 解决的主要问题

本标准的制定，完善了我国起重机械标准体系，弥补了起重机吊钩设计计算方法和能力验证方法标准缺失，为起重机吊钩设计和验证提供标准依据。对提高我国起重机产品设计水平、提高起重机运行安全性，具有重要意义。

### 三. 主要试验（或验证）情况

本标准要求的低温冲击延伸率和冲击吸收功，明显高于 GB/T 10051 的要求，尤其是在合金钢方面。

ISO 17440 在 0℃、-10℃、-30℃、-40℃ 五个强度级别的最小延伸率及最小冲击吸收功分别为 15% 和 35J；GB/T 10051.1 在 -20℃ 时，桥梁钢和合金钢的最小冲击吸收功（纵向）分别 39J 和 27J。那么在 -20℃、-30℃、-40℃ 时，桥梁钢和合金钢经过合适的热处理后能否达到 ISO 17440 要求，需要有一定的试验数据来证明。因此在标准制定过程中，起草组针对 Q345qD、Q420qD、35CrMo、34CrNi2Mo、34Cr2Ni2Mo 这 5 种材料进行了低温冲击试验。

参与试验的单位有浙江冠林、广东韶铸、河南卫华、徐州大长实、宝鼎重工。各单位对所负责的每种材料至少做三个试样的-40℃低温冲击试验,对于-40℃时试验结果达不到35J要求的情况,应加做冲击试验温度-30℃的试验,并对于之前做过-30℃、-40℃、-50℃低温冲击试验的厂家,搜集相关延伸率和冲击功。

详见《吊钩材料低温冲击试验分析报告》。

通过试验确定了本标准的低温冲击吸收功以及最小延伸率,以保证数据合理性、可行性。

#### 四. 标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

#### 五. 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

起重机械作为物料搬运设备,广泛应用于航空航天、冶金、造船、水利水电、市政工程建设、交通运输、石油化工等国民经济的各个领域,用于各类重型物品的搬运。80%左右的起重机通过吊钩来抓取物品,我国在起重机吊钩方面还没有完善的设计计算、选型验证标准。虽然GB/T 10051系列标准规定了起重吊钩的力学性能、起重量、应力及材料和技术条件、使用检查等内容,缺乏在设计阶段的静强度和疲劳强度一套系统的计算方法,包括载荷的取值和组合、危险截面的选择、应力和极限值计算方法;缺乏在根据起重量选定标准吊钩型号后,在实际载荷状态下的使用寿命验证方法;缺乏在制造阶段的能力验证方法;制造单位和使用单位往往各自为政。这些不足不仅导致我们在吊钩方面没能与国际标准接轨,也及容易造成安全隐患。

本标准的制定,完善了我国起重机械标准体系,弥补了起重机吊钩设计计算方法和能力验证方法标准缺失,为起重机吊钩设计和验证提供标准依据。对实现与国际标准接轨、提高我国起重机产品设计水平、提高起重机运行安全性方面意义重大。

#### 六. 与国际、国外对比情况

本标准修改采用ISO 17440:2014《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》(英文版)。本标准结合我国国情,在试验验证数据以及多年生产制造统计资料的基础上,对ISO 17440标准规定的吊钩材料屈服限、冲击吸收功、制造公差、无损检测、试验抽取等部分的要求做了适当调整,保证修改转化后的国家标准在不降低ISO 17440要求的前提下,既经济合理、便于操作,又与国内相关标准协调一致。

本标准技术水平为国际一般水平。

## 七. 在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准属于起重机械标准体系，“起重机械”大类，“起重机”小类。

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

## 八. 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## 九. 标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性国家标准。

## 十. 贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 6 个月后实施。

## 十一. 废止现行相关标准的建议

无。

## 十二. 其他应予说明的事项

无。

国家标准《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》起草组

2020.10.20

# 吊钩材料低温冲击试验结果分析报告

## 1. 吊钩制造厂试验结果

参加试验单位：韶铸集团有限公司、宝鼎重工有限公司、河南卫华重型机械股份有限公司、徐州大长实工程机械有限公司、浙江冠林机械有限公司。

试验时间：2020 年 7 月到 9 月。

试验内容：材料的屈服强度、抗拉强度、最小延伸率、低温冲击韧性。

### 1.1. 韶铸试验结果

钩号	材质	钩柄直径 (mm)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 A (%)	冲击韧性值 AKv (J)			试验 温度	热处理 方式
5#特型	35CrMo		649	844	65	75	96	64	-20℃	调质
						65	70	34	-40℃	
5	35CrMo		627	801	18.5	163	148	162	-20℃	调质
						148	134	145	-40℃	
20	35CrMo		619	816	20.5	63	39	29	-20℃	调质
						44	43	21	-40℃	
25	35CrMo		614	836	18.5	37	112	43	-20℃	调质
						94	46	39	-40℃	
40	35CrMo		596	800	19	34	47	88	-20℃	调质
						24	25	32	-30℃	
						20	18	29	-40℃	
100	35CrMo		551	783	19	65	51	51	-20℃	调质
						47	46	38	-40℃	
50	34Cr2Ni2Mo		751	926	19	125	136	138	-20℃	调质
						132	128	118	-40℃	
63	34Cr2Ni2Mo		771	931	18.5	101	105	108	-20℃	调质
						94	62	95	-40℃	
80	34Cr2Ni2Mo		762	923	18.5	112	125	125	-20℃	调质
						106	100	85	-40℃	
1. 断后伸长率所对应的温度？是室温、-20℃、-40℃？ 2. 35CrMo 材料、40 号吊钩冲击值低，是否是特例？ 3. 同一组试样冲击值相差很大的影响因素？ 4. 能否通过改善热处理工艺，或其他措施，提高 35CrMo 低温冲击值以达到 35J？										



## 1.2. 宝鼎重工试验结果

钩号	材质	钩柄直径 (mm)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 A (%)	冲击韧性值 AKv (J)			试验 温度	热处理 方式
16#单-1	Q345qD	Φ 95	357	526	34.2	206	192	203	-30℃	调质
16#单-2	Q345qD	Φ 95	324	513	36.1	210	132	222	-40℃	调质
125#双-1	Q420qD	Φ 265	337	565	27.4	110	115	122	-30℃	调质
125#双-2	Q420qD	Φ 265	331	552	28.0	108	131	131	-40℃	调质
100#双-1	35CrMo	Φ 236	428	626	23.4	92	71	93	-30℃	调质
100#双-2	35CrMo	Φ 236	431	620	25.0	42	55	68	-40℃	调质
250#双-1	35CrMo	Φ 375	428	630	27.2	30	20	10	-30℃	调质
250#双-1	35CrMo	Φ 375	415	636	22.5	44	56	38	-20℃	调质
250#双-2	35CrMo	Φ 375	409	643	26.1	23	12	26	-40℃	调质
250#双-2	35CrMo	Φ 375	452	652	23.0	70	62	36	-20℃	调质

1. 35CrMo 材料、250 号吊钩冲击值低，是否是偶然？由此推断-20℃冲击可能达不到 27J。

2. 能否通过改善热处理工艺，或其他措施，提高 35CrMo 低温冲击值以达到 35J？

## 1.3. 大长实试验结果

试样 编号	材质	钩柄直径 (mm)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 A (%)	冲击韧性值 AKv (J)			试验 温度	热处理 方式
42.01	Q420qD					110	141	142	-40℃	调质
42.02						142	94	132	-40℃	
42.03						132	120	122	-40℃	
35.01	35CrMo					30	39	36	-40℃	调质
35.02						38	28	36	-40℃	
35.03						31	49	33	-40℃	
35.01A	35CrMo					56	46	42	-30℃	调质
35.02A						35	38	48	-30℃	
35.03A						40	36	51	-30℃	
30.01	30Cr2Ni2Mo					76	39	55	-40℃	调质
30.02						48	44	31	-40℃	

03. 03						50	36	55	-40℃	
30. 04						88	42	39	-40℃	
30. 01A	30Cr2Ni2Mo					72	56	48	-30℃	调质
30. 02A						46	70	38	-30℃	
03. 03A						42	60	78	-30℃	
30. 04A						66	62	52	-30℃	

### 1. 4. 卫华试验结果

钩号	材质	尺寸 (mm)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 A (%)	冲击韧性值 AKv (J)			试验 温度	热处理 方式
试棒	35CrMo	20×20 ×200	944	1038	24.5	83.8	79.5	75.4	-40℃	调质

### 1. 5 浙江冠林试验结果

钩号	材质	尺寸 (mm)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	伸长率 A (%)	冲击韧性值 AKv (J)			试验 温度	热处理 方式
试棒	35CrMo	10×10 ×50	845 820 870	100 990 1020	19.0 19.0 18.0	89.5	90.0	86.5	-40℃	淬火 +560℃ 回火

## 2. 试验结果分析

### 2. 1 相关标准规定值

表 1—GB/T10051.1 强度等级和冲击功

强度等级	结构钢						合金钢		
	上屈服强度 $R_{\text{eff}}$ 或延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	冲击吸收功 $Akv$ (ISO-V) J				上屈服强度 $R_{\text{eff}}$ 或延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	冲击吸收功 $Akv$ (ISO-V) J		
		+20℃		-20℃			+20℃	-20℃	
		纵向	横向	纵向	横向		纵向	纵向	
M	235	(55)	(31)	39	21	—	—	—	
P	315					—	—	—	
(S)	390					390	(35)	27	
T	—	—				490	(35)	27	
(V)	—	—				620	(30)	27	

冲击功试验应在-20℃下进行，括号中所给的冲击吸收功值仅供参考。

注 1： 尽量避免采用括号内的强度等级。

表 2—GB/T10051.1 和 ISO17440 强度等级对比(单位：MPa)

强度等级		M	P	S	T	V
ISO17440	屈服	215	315	380	500	600
	抗拉	340	490	540	700	800
GB/T10051.1		235	315	390	490	620

表 3— ISO17440 延伸率和冲击功

工作温度	冲击试验温度	最小延伸率, A5	最小冲击韧性, AkV
$T \geq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C}$	15%	35 J
$T \geq -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$		
$-30\text{ }^{\circ}\text{C} > T \geq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-30\text{ }^{\circ}\text{C}$		

## 2.2. 屈服强度和抗拉强度比较(单位: MPa)

序号	材料	强度级别	吊钩数量	试样数量	屈服最低值	强度最低值	GB/T10051 规定值		ISO17440 规定值		屈服合格率	强度合格率
							屈服	抗拉	屈服	抗拉		
1	Q345qD	M	2	2	324	513	235		215	340	2/2	2/2
2	Q420qD	P	2	2	331	552	315		315	490	2/2	2/2
3	35CrMo	S	11	13	409	620	390		380	540	13/13	13/13
4	34Cr2Ni2Mo	T	3	3	751	923	490		500	700	3/3	3/3
5	30Cr2Ni2Mo	V					620		600	800		
	合计		18	18							100%	100%

## 2.3. 最小延伸率比较

序号	材料	强度级别	吊钩数量	试样数量	最小延伸率	GB/T10051 规定值	ISO17440 规定值	合格率
1	Q345qD	M	2	2	34.2	无	15%	2/2
2	Q420qD	P	2	2	27.4	无	15%	2/2
3	35CrMo	S	11	13	18.5	无	15%	13/13
4	34Cr2Ni2Mo	T	3	3	18.5	无	15%	3/3
5	30Cr2Ni2Mo	V				无	15%	
	总计		18	18				100%

## 2.4. 冲击吸收功比较

5	材料	强度级别	试样数量	试验温度	最小冲击韧性	GB/T10051 规定值	ISO17440 规定值	相对 GB/T 10051 合格率	相对 ISO 17440 合格率
1	Q345qD	M		-20℃		39J	35J		
			3	-30℃	192J		35J	3/3	3/3
			3	-40℃	132J		35J	3/3	3/3
2	Q420qD	P		-20℃		39J	35J		
			3	-30℃	110J		35J	3/3	3/3
			3+9	-40℃	94J		35J	12/12	12/12
3	35CrMo	S	24	-20℃	29J	27J	35J	24/24	22/24
			3+6+9	-30℃	10J		35J	14/18	12/18
			18+6+9+3+3	-40℃	12J		35J	33/39	29/39
4	34Cr2Ni2Mo	T	9	-20℃	101	27J	35J	9/9	9/9
				-30℃			35J		

			9	-40℃	62		35J	9/9	9/9
5	30Cr2Ni2Mo	V		-20℃		27J	35J		
			12	-30℃	38		35J	12/12	12/12
			12	-40℃	31		35J	12/12	11/12
	总计		138					128/138	119/138

## 2.5. 试验结论分析

从试验结果以及 ISO 17440、GB/T 10051 要求可以看出：

- (1) 参与试验的吊钩其材料的屈服强度、抗拉强度、延伸率指标，100%满足 ISO 17440、GB/T 10051 标准的要求。
- (2) 对于低温冲击韧性指标，参与试验的 Q345qD、Q420qD、34Cr2Ni2Mo 三种材料，100%满足 ISO 17440、GB/T 10051 标准的要求。
- (3) 参与试验的 35CrMo 材料，81 个冲击吸收功数据，从试验结果来看，有 10 个没有满足 GB/T 10051 规定的 27J 的规定，有 19 个没有满足 ISO 17440 规定的 35J 的规定。并且冲击吸收功数据很不稳定，-20℃冲击吸收功最大达到 163J，最小为 29J；-40℃冲击吸收功最大达到 148J，最小为 12J，数值差异很大，其原因有待分析。
- (4) 参与试验的 30Cr2Ni2Mo，24 个试验数据，仅有一个在-40℃冲击吸收功达不到 35J 要求，但全部达到 27J 要求。

## 3. 对新标准 (MOD ISO 17440) 材料力学性能建议

结合试验数据、ISO 17440标准要求值、GB/T 10051标准要求值，综合考虑标准编制原则后确定低温冲击性能按照下表执行。

工作温度	冲击试验温度	最小延伸率 $A_5$	最小冲击吸收功, $K_{V2}/J$	
			结构钢	合金钢
$T \geq -30\text{℃}$	$-20\text{℃}$	15%	39	35
$-30\text{℃} > T \geq -40\text{℃}$	$-30\text{℃}$		35	27
$-40\text{℃} > T \geq -50\text{℃}$	$-40\text{℃}$		35	27

对于结构钢 Q345qD、Q420qD 来说，对应-20° C 最小冲击吸收功 39J、对

应 $-30^{\circ}\text{C}$ 和 $-40^{\circ}\text{C}$ 最小冲击吸收功 35J 可以满足 ISO 17440、GB/T 10051 两个标准要求值, 相对于 GB/T10051 变化也不大。当工作温度高于 $-30^{\circ}\text{C}$ 时, 做 $-20^{\circ}\text{C}$ 冲击试验, 低温冲击功按照于 GB/T10051 执行; 当工作温度 $-30^{\circ}\text{C} > T \geq -40^{\circ}\text{C}$ 时, 做 $-30^{\circ}\text{C}$ 冲击试验, 当工作温度 $-40^{\circ}\text{C} > T \geq -50^{\circ}\text{C}$ 时, 做 $-40^{\circ}\text{C}$ 冲击试验, 低温冲击功按照 ISO 17440 执行。从试验数据来看也是完全可以达到的。

对于合金钢 30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo、35CrMo 来说, 当工作温度高于 $-30^{\circ}\text{C}$ 时, 做 $-20^{\circ}\text{C}$ 冲击试验, 低温冲击功要求达到 35J, 满足 ISO 17440 要求, 高于 GB/T 10051 标准 27J 的要求。从韶铸的试验数据来看, 30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo、35CrMo 三种材料都可以满足这一要求。当工作温度 $-30^{\circ}\text{C} > T \geq -40^{\circ}\text{C}$ 时, 做 $-30^{\circ}\text{C}$ 冲击试验, 当工作温度 $-40^{\circ}\text{C} > T \geq -50^{\circ}\text{C}$ 时, 做 $-40^{\circ}\text{C}$ 冲击试验, 低温冲击功要求达到 27J, 低于 ISO 17440 标准要求值。从试验数据来看, 30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo 在 $-30^{\circ}\text{C}$ 、 $-40^{\circ}\text{C}$ 的冲击吸收功可以满足这一要求, 35CrMo 在 8 组试验数据中有 5 组达不到这一要求。考虑到一是在温度低于 $-30^{\circ}$ 时还能继续正常工作的地方和场合不是很多(估计不大于 5%), 一味按照 ISO 17440 把冲击值提高到 35J, 可能要增加制造成本。二是当有温度低于 $-30^{\circ}$ 时要求还能继续正常工作以及出口产品有要求时, 可以用 30Cr2Ni2Mo、34Cr2Ni2Mo 替代 35CrMo, 避开 35CrMo 材料低温冲击吸收功数据不稳定的问题。

太原重工股份有限公司

2020.09.23

**附件：**

## **有关试验结果问题的答复**

根据国家标准《起重机 总体设计 锻钢吊钩的极限状态和能力验证》（初稿）视频讨论会会议要求，各参会单位进行了低温冲击试验。起重机标委会秘书处于 2020 年 9 月 14 日收齐各单位试验结果后，由太原重工股份有限公司顾翠云教授级高工对试验结果进行了分析，其中在 1.1 与 1.2 表格中提出关于 35CrMo 材料的相关问题。针对问题，起重机标委会秘书处分别向宝鼎重工和韶铸公司进行了咨询，获答复如下：

### **一. 宝鼎重工有限公司答复：**

1. 试样为纵向试样；
2. 2020 年 9 月 15 日 ~ 18 日加做了两组 35CrMo 材料、250 号吊钩在 $-20^{\circ}\text{C}$ 的试验（试验结果已增加至上述“吊钩冲击试验结果分析”的 1.2 表格中）；
3. 改善热处理工艺，或对 35CrMo 的化学成分进行优化，有可能提高材料的低温冲击值，但需要通过试验加以验证。

### **二. 广东省韶铸集团有限公司答复：**

1. 断后伸长率所对应的温度？是室温、 $-20^{\circ}\text{C}$ 、 $-40^{\circ}\text{C}$ ？

答复：断后伸长率所对应的温度是室温

2. 35CrMo 材料、40 号吊钩冲击值低，是否是特例？

答复：35CrMo 材料、40 号吊钩本次冲击值不是特例。查我司 40#吊钩热处理 20 批，个别冲击功在 27-35J 之间有 7 批次，占 35%。

（GB/T10051-2010 规定 $-20^{\circ}\text{C}$ 时冲击值不低于 27J）

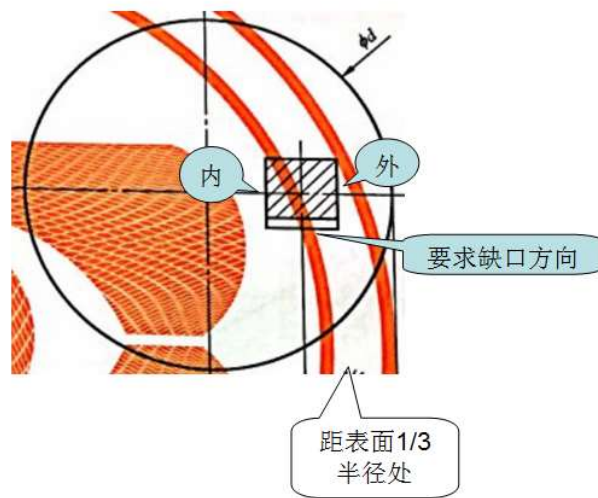
3. 同一组试样冲击值相差很大的影响因素？能否通过改善热处理工艺，或其他措施，提高 35CrMo 低温冲击值以达到 35J？

答复：同一组试样冲击值相差较大，与取样位置和缺口方向影响。

如下图：

按 GB/T2975 冲击试样取样位置，要求缺口方向应平行于径向，在实际取样过程中，取冲击试样刨为  $10 \times 10$  规格后，因方向未实时跟踪，开槽方向有可能向内或向外，如第 2 个问题，40#吊钩柄部直径 150mm，缺口向外，距外表面 25mm，缺口向内，缺口距外表面 35mm；调质后两处组织状态差异较大，这将导致冲击功偏差大。

取样位置和开槽方向影响大，如果开槽方向在内侧，将导致冲击功偏低。尤其是 35CrMo 材质，有效淬硬层在 35mm 左右，取样位置稍偏移，影响更大。



热处理改进：

- 1) 控制锻后冷却速度，避免调质后形成网状组织；

- 2) 锻后高温正火，使锻后冷却沿奥氏体晶界析出渗碳体溶入奥氏体，由于正火冷却较快，将抑制碳化物的析出；然后再进行调质，可使冲击功提高（会增加成本）。