

GB/T 713.4 《承压设备用钢板和钢带 第4部分：规定低温性能的镍合金钢》国家标准编制说明 (征求意见稿)

一、工作简况

1、任务来源

根据国标委发【2021】19号“国家标准化管理委员会关于下达2021年推荐性国家标准修订计划及相关国家标准外文版计划的通知”，由鞍钢股份有限公司、冶金工业信息标准研究院等单位负责《承压设备用钢板和钢带 第4部分：规定低温性能的镍合金钢》标准的编制，计划编号为20211835-T-605，代替GB/T 24510—2017《低温压力容器用镍合金钢板》。项目完成时间2023年1月。

2009年，鞍钢成功开发出9%Ni钢，并主持起草国家标准GB/T 24510—2009《低温压力容器用9%Ni钢板》，2017年，修订为GB/T 24510—2017《低温压力容器用镍合金钢板》，并补充1.5Ni、3.5Ni、5Ni钢。目前，由于我国冶金工业的高速发展，已有能力生产0.5Ni、1.5Ni、3.5Ni、5Ni、7Ni、9Ni等含Ni系列钢板，用于满足我国低温能源领域发展的需要。

近年来我国LNG产业的发展越来越快，未来十年，我国至少需要建造大型LNG储罐200余座，大型LNG运输船60余艘，需要LNG项目的使用材料—9Ni/7Ni低温钢数十万吨，价值百亿元。另外，未来五年，我国乙烯、丙烯、丙烷及煤化工行业的相关产能将呈翻倍式增长，对含镍0.5%~5%的低温用钢的需求超过数十万吨。

低温压力容器用含镍钢板是我国民用钢材中技术水平很高、生产难度很大的产品，它的生产和研制需要利用冶金企业生产工艺流程中最先进的装备条件和技术路线，包括高纯净冶炼、高合金连铸、控制轧制和先进热处理组织控制技术。因此，此次制定国家标准，参照国外先进标准（美标、欧标、日标、国际标准和各国船级社规范）、引用国家基础标准，纳入低温压力容器用含镍钢板系列钢级，使本标准能够满足各类低温液化气体储运装置的设计和建造要求，并能促进我国生产的低温压力容器用含镍钢板实物质量稳定提高和达到国际先进水平，也能推动企业技术进步，为我国企业加入国际市场竞争创造更有利的条件，标准水平要达到国际先进水平。

2、主要工作过程

起草(草案、调研)阶段：2021年，鞍钢股份有限公司接到项目任务后，及时与相关单位沟通协调成立了标准编制组。工作组对国内外低温用钢产品和技术现状与发展情况进行全面调研，同时广泛搜集各国船级社船规、国内外相关标准和技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，结合实际应用经验，进行全面总结和归纳，于2022年3月形成了《承压设备用钢板和钢带 第4部分：规定低温性能的镍合金钢》标准讨论稿和编制说明。

收集并分析研究了各国船级社最新船规和国内外标准如下：

——相关的各国船级社规范：

ABS (2021)《材料与焊接规范》

BV (2021)《船舶用材料与焊接入级规范》

CCS (2018)《材料与焊接规范》以及2019年修改通报、2020年第1次变更通告、2020年修改通报

DNV (2021)《材料与焊接规范》

KR (2021)《材料与焊接规范》

LR (2021)《材料制造、试验和认证规范》

NK (2019)《船舶入级与建造规范 K篇-材料篇》(说明：目前未收集到该船级社规范最新版2021版)

RINA (2021)《船舶入级规范 第D部分：材料和焊接》

——相关的国家、行业标准：

GB/T 150.2—2011 压力容器 第2部分：材料

GB/T 222—2006 钢的成品化学成分允许偏差
GB/T 223（所有部分） 钢铁及合金化学分析方法钢铁
GB/T 228.1—2021 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 232 金属材料 弯曲试验法
GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
GB/T 709—2019 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 2975 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备
GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）
GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求
GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法（常规方法）
GB/T 20125 低合金钢 多元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
NB/T 47013.3—2015 承压设备无损检测 第3部分：超声检测（含第1号修改单）

——相关的国外标准：

EN 10028-1：2017 承压用扁平钢材 第1部分：一般要求
EN 10028-4：2017 承压用扁平钢材 第4部分：具有规定低温性能的镍合金钢
EN 10029：2010 大于等于3mm的热轧钢板尺寸、外形、重量及允许偏差
EN 10160：1999 厚度不小于6mm的扁平轧材的超声检测方法（反射法）
ASTM A203/A203M-17 压力容器用镍合金钢板
ASTM A353/A353M-17 压力容器用二次正火及回火9%镍合金钢板
ASTM A553/A553M-17 压力容器淬火加回火7%、8%、9%镍合金钢板
ISO 9328-1：2018 压力用扁平材 交货技术条件 第1部分：一般要求
ISO 9328-4：2018 压力用扁平材 交货技术条件 第4部分：具有规定低温性能的镍合金钢
JIS G 3127：2021 低温压力容器用含镍钢板
JIS G 0321：2017 钢材产品的分析方法及其允许偏差

征求意见阶段：2022年6月25日，由全国钢标委钢板钢带分委员会秘书处将标准征求意见稿和编制说明发送到钢板钢带分委员会委员及有代表性的标准相关方广泛征求意见，同时在《钢铁标准网》网站上公开征求社会意见。

3、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准由鞍钢股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、××、××等单位共同起草。

主要成员：朱莹光、朴志民、管吉春、侯家平、杨军、张宏亮、杜林等。

所做的工作：朴志民任工作组组长，主持全面协调工作，负责对各阶段标准的审核；朱莹光、管吉春、侯家平为本标准主要执笔人，负责本标准的具体起草与编制；朱莹光、管吉春负责国内外相关技术文献和资料的收集、分析及资料查证，对产品生产工艺、性能和使用经验进行总结和归纳；朱莹光、管吉春负责对国内外产品和技术的现状与发展情况进行全面调研，管吉春负责对各方面的意见及建议进行归纳、整理。

二、标准编制原则

本标准在修订过程中，遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则，注重标准修订与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，本着先进性、科学性、合理性和可操作性以及标准的目标、统一性、协调性、适用性、一致性和规范性的原则来进行本标准的修订工作。

本标准参照 ISO 9328-4：2018《压力用扁平材 交货技术条件 第4部分：具有规定低温性能的镍合金钢》、EN 10028-4：2017《承压用扁平材 第4部分：具有规定低温性能的镍合金钢》、ASTM A203/A203M-17《压力容器用镍合金钢板》ASTM A553/A553M-17《压力容器淬火加回火7%、8%、9%镍

合金钢板》、JIS G 3127: 2021《低温压力容器用含镍钢板》以及各国船级社最新船规，起草过程中主要按 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》的要求编写。在确定本文件主要技术指标时，考虑同时满足相关国际标准和各船级社的技术要求，同时综合考虑生产企业的能力和用户的利益，寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和合理性。

三、主要内容说明

1、标准名称

根据国家标准制修订计划，本标准命名为《承压设备用钢板和钢带 第4部分：规定低温性能的镍合金钢》，并代替 GB/T 24510—2017《低温压力容器用镍合金钢板》。

2、范围

原标准规定：1.5Ni 最大厚度为 100mm，3.5Ni 最大厚度为 150mm，5Ni、9Ni 最大厚度为 50mm。本标准规定钢板厚度到 150mm，考虑国内企业做过的产品认证的厚度规格，3.5Ni 钢板到 150mm，0.5Ni、1.5Ni、5Ni、7Ni、9Ni 钢板厚度均到 80mm，厚度可满足液化能源气体用户的需要。

3、尺寸、外形、重量及允许偏差

钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709—2019 的规定。

原标准规定钢板厚度允许偏差应符合 GB/T 709—2019 中 B 类偏差，根据用户实际需求，本标准规定应符合 GB/T 709—2019 中 C 类偏差的规定，适用于需方对厚度正公差的普遍要求。如需方对钢板的厚度允许偏差有特殊要求时，供需双方应协商并在合同中注明。

钢板应以实际重量交货。与原标准相比，本标准明确了理论计重的各牌号的密度，0.5Ni、1.5Ni、3.5Ni、5Ni 钢的密度采用 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$ ，7Ni 和 9Ni 钢的密度采用 $7.89\text{g}/\text{cm}^3$ 。并明确规定，钢板厚度采用允许的最大厚度和最小厚度的平均值。

4、钢的牌号和化学成分

1) 牌号

①本标准新增了 0.5Ni、7Ni，共包含六个牌号 0.5Ni、1.5Ni、3.5Ni、5Ni、7Ni、9Ni，形成镍合金钢板系列牌号。增加牌号是为了适应需方的最新需求和国家对高合金钢减量化的要求，其中，0.5Ni 钢是需方指定使用的 -60°C 低温液化气体储运装置建造用钢，7Ni 钢是国家十三五规划中提及的用于替代 9Ni 钢的节镍型超低温钢。本标准的牌号包含了国外标准的全部牌号。

②本标准规定的牌号与国外标准及船级社规范的牌号对比见表 1。

表 1

标准号	牌 号
本标准	0.5Ni、1.5Ni、3.5Ni、5Ni、7Ni、9Ni
GB/T 24510-2017	1.5Ni、3.5Ni、5Ni、9Ni
ISO 9328-4: 2018	13MnNi6-3、15NiMn6、12Ni14、X12Ni5、X8Ni9、X6Ni7、X7Ni9
EN 10028-4: 2017	13MnNi6-3、15NiMn6、12Ni14、X12Ni5、X8Ni9、X7Ni9
ASTM A203/A203M-17	3.50%Ni D、E、F 级
ASTM A553/A553M-17	7%Ni、8%Ni、9%Ni
JIS G 3127-2021	SL7N590、SL9N590
ABS 规范-2021	5%Ni、9%Ni
BV 规范-2021	5.0Ni、9.0Ni
CCS 规范-2018	3.5Ni、5Ni、9Ni
DNV 规范-2021	NV0.5Ni/b、NV1.5Ni/b、NV3.5Ni、NV5Ni/a、NV9Ni/a
KR 规范-2021	RL1N355、RL3N355、RL5N390、RL9N490
LR 规范-2021	5Ni、9Ni
NK 规范-2019	KL9N60
RINA 规范-2021	5.0Ni、9.0Ni

2) 化学成分

各牌号的 C、Si、Mn、Ni、P、S 含量的要求主要参照 EN 10028-4、ISO 9328-4，并基于实际质量水平有部分加严要求，Cr、Mo、Cu、V、Nb、Al 等微量或残余元素含量的要求主要参照船规。具体如下：

①C 采用 EN 10028-4、ISO 9328-4；Si、Mn、Ni 等基础元素含量尽量采用相关国内外标准的交集，以满足不同用户的需要。P、S 元素严于国外标准。

②Cr、Cu 单个元素含量采用 CCS、DNV 等规范的规定，Mo 单个元素含量采用 ISO 规范规定，Cr、Mo、Cu 之和采用 EN 10028-4、ISO 9328-4 规定，即： $\text{Cr}+\text{Mo}+\text{Cu}\leq 0.50\%$ 。

③Nb、V 元素含量按实际需求，并参考采用 ISO 的规定。

④对钢中 Al 元素含量采用 ISO 和 EN 规定，为 Al_t，仅 GB/T 24510 和 CCS 船规规定为 Al_s。

3) 本标准的化学成分与国内外标准的规定对比(见表 2)

4) 成品化学成分与熔炼分析的允许偏差

除 P、S 外，本标准采用国家基础标准 GB/T 222—2006 中表 2 的规定，能够满足国内外标准偏差要求。与原标准相比，本标准加严了 P、S 的成品分析的允许偏差，规定 P 为+0.003%，S 为+0.002%，与承压设备用钢的系列标准统一，并与 GB/T 150.2 一致。

本标准与国内外标准的成品成分允许偏差对比见表 3。

表 2

标准号	牌号	化学成分 (质量分数), %											
		C≤	Si	Mn	Ni	P≤	S≤	Cr≤	Cu≤	Mo≤	V≤	Nb≤	Alt≥
本标准	0.5Ni	0.16	0.10~0.50	0.85~1.70	0.30~0.80	0.020	0.008	0.25	0.35	0.10	0.05	0.05	0.020
ISO 9328-4	13MnNi6-3	0.16	≤0.50	0.85~1.70	0.30~0.80	0.025	0.010	—	—	—	0.05	0.05	0.020
EN 10028-4	13MnNi6-3	0.16	≤0.50	0.85~1.70	0.30~0.80	0.025	0.010	—	—	—	0.05	0.05	0.020
DNV 规范	NV0.5Ni/b	0.16	0.10~0.50	0.85~1.70	0.15~0.85	0.025	0.010	0.25	0.35	0.08	0.05	0.05	0.020
本标准	1.5Ni	0.18	0.10~0.35	0.80~1.50	1.30~1.70	0.020	0.008	0.25	0.35	0.10	0.05	0.08	0.015
GB/T 24510	1.5Ni	0.14	0.10~0.35	0.80~1.50	1.30~1.70	0.020	0.008	0.25	0.35	0.08	0.05	0.08	0.015
ISO 9328-4	15NiMn6	0.18	≤0.35	0.80~1.50	1.30~1.70	0.025	0.010	—	—	—	0.05	—	—
EN 10028-4	15NiMn6	0.18	≤0.35	0.80~1.50	1.30~1.70	0.025	0.010	—	—	—	0.05	—	—
DNV 规范	NV1.5Ni/b	0.14	0.10~0.35	0.30~1.50	1.30~1.70	0.025	0.025	0.25	0.35	0.08	0.05	0.05	0.020
KR 规范	RL1N355	0.18	≤0.35	0.80~1.50	1.30~1.70	0.025	0.010	—	—	—	0.05	—	—
本标准	3.5Ni	0.15	0.10~0.35	0.30~0.80	3.25~3.75	0.015	0.005	0.25	0.35	0.10	0.05	0.08	0.015
GB/T 24510	3.5Ni	0.12	0.10~0.35	0.30~0.80	3.25~3.75	0.015	0.005	0.25	0.35	0.12	0.05	0.08	0.015
ISO 9328-4	12Ni4	0.15	≤0.35	0.30~0.80	3.25~3.75	0.020	0.005	—	—	—	0.05	—	—
EN 10028-4	12Ni4	0.15	≤0.35	0.30~0.80	3.25~3.75	0.020	0.005	—	—	—	0.05	—	—
ASTM A203	3.50%Ni D 级	0.17 (≤50mm) 0.20 (>50mm)	0.15~0.40	0.70 (≤50mm) 0.80 (>50mm)	3.25~3.75	0.025	0.025	—	—	—	—	—	—
	3.50%Ni E 级	0.20 (≤50mm) 0.23 (>50mm)											
	3.50%Ni F 级												
CCS 规范	3.5Ni	0.12	0.10~0.35	0.30~0.80	3.20~3.80	0.025	0.020	0.25	0.35	0.08	—	—	0.015
DNV 规范	NV3.5Ni	0.12	0.10~0.35	0.30~0.70	3.25~3.75	0.025	0.025	0.25	0.35	0.08	0.05	0.05	0.020
KR 规范	RL3N355	0.15	≤0.35	0.30~0.80	3.25~3.75	0.020	0.005	—	—	—	0.05	—	—
本标准	5Ni	0.15	0.10~0.35	0.30~0.80	4.75~5.25	0.015	0.005	0.25	0.35	0.10	0.05	0.08	0.015

GB/T 24510	5Ni	0.12	0.10~0.35	0.30~0.90	4.75~5.25	0.015	0.005	0.25	0.35	0.08	0.05	0.08	0.015
ISO 9328-4	X12Ni5	0.15	≤0.35	0.30~0.80	4.75~5.25	0.020	0.005	—	—	—	0.05	—	—
EN 10028-4	X12Ni5	0.15	≤0.35	0.30~0.80	4.75~5.25	0.020	0.005	—	—	—	0.05	—	—
BV 规范	5.0Ni	0.12	≤0.35	0.30~0.90	4.70~5.30	0.035	0.020	0.25	0.35	0.10	0.05	—	0.020
CCS 规范	5Ni	0.12	0.10~0.35	0.30~0.90	4.70~5.30	0.025	0.020	0.25	0.35	0.08	—	—	0.015
DNV 规范	NV5Ni/a	0.12	0.10~0.35	0.30~0.80	4.70~5.30	0.025	0.025	0.25	0.35	0.08	0.05	0.05	0.020
KR 规范	RL5N390	0.15	≤0.35	0.30~0.80	4.75~5.25	0.020	0.005	—	—	—	0.05	—	—
LR 规范	5Ni	0.12	0.10~0.35	0.30~0.90	4.70~5.30	0.025	0.020	0.25	0.35	0.08	—	—	0.020
RINA 规范	5.0Ni	0.12	≤0.35	0.30~0.90	4.70~5.30	0.035	0.020	0.25	0.35	0.10	0.05	—	0.020
本标准	7Ni	0.10	0.05~0.30	0.30~0.80	6.50~7.50	0.008	0.003	0.25	0.35	0.30	0.01	0.03	0.015
ISO 9328-4	X6Ni7	0.10	≤0.30	0.30~0.80	6.50~8.00	0.015	0.005	—	—	0.30	0.01	—	—
ASTM A553	7%Ni	0.13	0.05~0.30	≤0.90	6.50~7.50	0.010	0.010	—	—	0.10 ~ 0.30	—	0.03	—
JIS G 3127	SL7N590	0.12	≤0.30	≤1.20	6.00~7.50	0.015	0.015	—	—	—	—	—	—
本标准	9Ni	0.10	0.10~0.30	0.30~0.80	8.50~9.50	0.008	0.003	0.25	0.35	0.10	0.01	0.08	0.015
GB/T 24510	9Ni	0.10	0.10~0.35	0.30~0.80	8.50~9.50	0.010	0.003	0.25	0.35	0.08	0.01	0.08	0.015
ISO 9328-4	X7Ni9	0.10	≤0.35	0.30~0.80	8.5~10.0	0.015	0.005	—	—	0.10	0.01	—	—
	0.05												
EN 10028-4	X7Ni9	0.10	≤0.35	0.30~0.80	8.5~10.0	0.015	0.005	—	—	0.10	0.01	—	—
	0.05												
ASTM A553	9%Ni	0.13	0.15~0.40	≤0.90	8.50~9.50	0.015	0.015	—	—	—	—	—	—
JIS G 3127	SL9N590	0.12	≤0.30	≤0.90	8.50~9.50	0.015	0.015	—	—	—	—	—	—
BV 规范	9.0Ni	0.10	≤0.35	0.30~0.90	8.50~10.0	0.035	0.020	0.25	0.35	0.10	0.05	—	0.020
CCS 规范	9Ni	0.10	0.10~0.35	0.30~0.90	8.50~10.0	0.025	0.020	0.25	0.35	0.08	—	—	0.015

DNV 规范	NV9Ni/a	0.10	0.10~0.35	0.30~0.90	8.50~10.0	0.025	0.025	0.25	0.35	0.08	0.05	0.05	0.010
KR 规范	RL9N490	0.10	≤0.35	0.30~0.80	8.50~10.0	0.020	0.005	—	—	0.10	0.05	—	—
LR 规范	9Ni	0.10	0.10~0.35	0.30~0.90	8.50~10.0	0.025	0.020	0.25	0.35	0.08	—	—	0.020
NK 规范	KL9N60	0.10	≤0.30	≤0.90	8.50~9.50	0.025	0.025	—	—	—	—	—	—
RINA 规范	9.0Ni	0.10	≤0.35	0.30~0.90	8.50~10.0	0.035	0.020	0.25	0.35	0.10	0.05	—	0.020
本标准、EN 10028-4、ISO 9328-4: Cr+Cu+Mo≤0.50。													

表 3

元素	本标准 (GB/T 222)	ISO 9328-4	EN 10028-4	JIS G 3127 (JIS G 0321)
C	±0.01	+0.02	+0.02	±0.01
Si	±0.02	+0.05	+0.05	±0.02
Mn ≤1.00	±0.03	±0.05	±0.05	±0.03
≤1.70		±0.10	±0.10	
P ≤0.015	+0.003	+0.003	+0.003	+0.005
≤0.025		+0.005	+0.005	
S ≤0.010	+0.002	+0.003	+0.003	+0.005
≤0.020		+0.005	-	
≤1.00	±0.05	±0.05	±0.05	±0.03
≤2.00	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05
Ni ≤3.75	±0.07	±0.07	±0.07	±0.05
≤5.00	±0.07	±0.10	±0.10	±0.07
≤10.0	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10
Cr	±0.03	+0.05	--	±0.03
Cu	±0.03	+0.05	--	±0.03
Mo	±0.01	+0.03	+0.03	±0.01
V	+0.01	+0.01	+0.01	±0.01
Al	+0.01	-0.005	-0.005	±0.10

5、冶炼方法

钢采用氧气转炉或电炉冶炼，并经炉外精炼。与原标准相比，本标准增加了：连铸坯、钢锭的压缩比不小 3；电渣重熔坯的压缩比不小于 2。与承压设备用钢的系列标准统一，并与 GB/T 150.2 一致。

6、交货状态

0.5Ni、1.5Ni、3.5Ni 钢板以正火或正火+回火状态交货。经需方同意，3.5Ni 钢板可以采用调质状态交货。5Ni、7Ni、9Ni 钢板以调质状态交货，可以增加中间淬火。

0.5Ni、1.5Ni 钢需方明确要求以正火或正火+回火状态交货，3.5Ni 钢需方要求以正火或正火+回火状态交货，但同意一定厚度以上规格的钢板可以采用调质状态交货，5Ni、7Ni、9Ni 钢需方明确要求以调质状态交货。

本标准与国内外标准规定的交货状态见表 4。

表 4

标准号	牌 号	热处理方式
本标准	0.5Ni、1.5Ni	正火、正火+回火
	3.5Ni	正火、正火+回火、淬火+回火
	5Ni、7Ni、9Ni	淬火+回火、淬火+中间淬火+回火
GB/T 24510	1.5Ni、3.5Ni、5Ni	正火、正火+回火、淬火+回火
	9Ni	淬火+回火
ISO 9328-4	13MnNi6-3	正火、正火+回火
	15NiMn6、12Ni14、X12Ni5	正火、正火+回火、淬火+回火
	X6Ni7	淬火+回火、淬火+中间淬火+回火
	X7Ni9	淬火+回火
	X8Ni9+QT680	淬火+回火
EN 10028-4	13MnNi6-3	正火、正火+回火
	15NiMn6、12Ni14、X12Ni5	正火、正火+回火、淬火+回火

	X7Ni9	淬火+回火
	X8Ni9+QT680	淬火+回火
JIS G 3127	SL7N590	TMCP+回火、TMCP+中间淬火+回火
	SL9N590	淬火+回火、淬火+中间淬火+回火
ASTM A203	3.50%Ni D、E 级	正火、淬火+回火
	3.50%Ni F 级	淬火+回火
ASTM A553	7%Ni、9%Ni	淬火+回火、淬火+中间淬火+回火
BV 规范	5.0Ni	正火+回火、淬火+回火
	9.0Ni	正火+正火+回火、淬火+回火
CCS 规范	3.5Ni、5Ni	正火、正火+回火、淬火+回火、TMCP
	5Ni	正火、正火+回火、淬火+回火、淬火+淬火+回火
	9Ni	正火+正火+回火、淬火+回火
DNV 规范	NV0.5Ni/b、NV1.5Ni/b、NV3.5Ni、NV5Ni/a	正火、正火+回火、淬火+回火
	NV9Ni/a	正火+正火+回火、淬火+回火
KR 规范	RL1N355、RL3N355、RL5N390	正火、正火+回火、淬火+回火、TMCP
	RL9N490	正火+正火+回火、淬火+回火、TMCP
LR 规范	5Ni	正火、正火+回火、淬火+回火
	9Ni	正火+正火+回火、淬火+回火
NK 规范	KL9N60	淬火+回火、淬火+中间淬火+回火、TMCP
RINA 规范	5.0Ni	正火+回火、淬火+回火
	9.0Ni	正火+正火+回火、淬火+回火

7、力学性能

关于力学性能，主要参照 EN 10028-4、ISO 9328-4，其中，0.5Ni、1.5Ni、3.5Ni、5Ni 钢的冲击吸收能量根据需方普遍要求有所加严，3.5Ni 和 5Ni 钢根据需方普遍要求增加了弯曲试验的要求，1.5Ni 钢的冲击试验温度参照 EN 10028-4、ISO 9328-4 进行修改，3.5Ni、5Ni、7Ni、9Ni 钢冲击试样根据需方普遍要求增加侧膨胀检验。

1) 上屈服强度

与原标准一致，本标准等同采用船级社规范和欧标的规定，选用上屈服强度 R_{eH} 。

2) 抗拉强度

因不同标准规定的数值存在小的差异，抗拉强度尽量采用欧标与船级社规范交集的规定。

3) 断后伸长率

本标准采用断后延伸率 A，与 ISO 及欧标一致，与船级社规范及日标有不同。

4) 本标准的力学性能与国内外标准对比（见表 5）

表 5

标准号	牌号	上屈服强度	抗拉强度	延伸率/A
		不小于, MPa	MPa	不小于, %
本标准	0.5Ni	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~610	22
ISO 9328-4	13MnNi6-3	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~610	22
EN 10028-4	13MnNi6-3	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~610	22
DNV 规范	NV0.5Ni/b	≤30 355	490~610	22

		>30≤40 345		
本标准	1.5Ni	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~640	22
GB/T 24510	1.5Ni	≤30 355 >30≤50 345 >50≤100 335	490~640	22
ISO 9328-4	15NiMn6	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~640	22
EN 10028-4	15NiMn6	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~640	22
DNV 规范	NV1.5Ni/b	≤30 355 >30≤40 345	490~640	22
KR 规范	RL1N355	>6≤30 355 >30 345	490~640	22
本标准	3.5Ni	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335 >80≤150 325	490~640	22
GB/T 24510	3.5Ni	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335 >80≤150 325	490~640	22
ISO 9328-4	12Ni14	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~640	22
EN 10028-4	12Ni14	≤30 355 >30≤50 345 >50≤80 335	490~640	22
ASTM A203	3.50%Ni D 级	255	450~585	A50 23 A200 19
	3.50%Ni E 级	275	485~620	A50 21 A200 17
	3.50%Ni F 级	≤50 380 >50 345	≤50 550~690 >50 515~655	20
CCS 规范	3.5Ni	≤40 345	440~690	21
DNV 规范	NV3.5Ni	≤30 355 >30≤40 345	540~690	22
KR 规范	RL3N355	>6≤30 355 >30 345	490~640	22
本标准	5Ni	≤30 390 >30≤50 380	530~710	20

		>50≤80	370			
GB/T 24510	5Ni	≤30	390	530~710		20
		>30≤50	380			
ISO 9328-4	X12Ni5	≤30	390	530~710		20
		>30≤50	380			
EN 10028-4	X12Ni5	≤30	390	530~710		20
		>30≤50	380			
BV 规范	5.0Ni	≤40	390	540~740		21
CCS 规范	5Ni	≤40	390	520~710		21
DNV 规范	NV5Ni/a	≤30	390	570~710		21
		>30≤40	380			
KR 规范	RL5N390	>6≤30	390	530~710		20
		>30	380			
LR 规范	5Ni	≤40	390	540~740		21
RINA 规范	5.0Ni	390		540~740		21
本标准	7Ni	≤30	585	680~820		18
		>30≤50	575			
		>50≤80	565			
ISO 9328-4	X6Ni7	≤40	585	680~825		18
ASTM A553	7%Ni	≤50	585	690~825		20
JIS G 3127	SL7N590	590		690~830	6~16 5号	21
					>16~50 5号	25
					>20~50 4号	21
本标准	9Ni	≤30	585	680~820		18
		>30≤50	575			
		>50≤80	565			
GB/T 24510	9Ni	≤30	585	680~820		18
		>30≤50	575			
ISO 9328-4	X7Ni9	≤30	585	680~820		18
		>30≤50	575			
	X8Ni9+QT680	≤30	585	680~820		18
		>30≤50	575			
EN 10028-4	X7Ni9	≤30	585	680~820		18
		>30≤125	575			
	X8Ni9+QT680	≤30	585	680~820		18
		>30≤125	575			
ASTM A553	9%Ni	585		690~825		20
JIS G 3127	SL9N590	590		690~830	6~16 5号	21
					>16~20 5号	25
					>20~100 5号	25
					>20~100 4号	21
BV 规范	9.0Ni	≤40	490	640~790		18
CCS 规范	9Ni	≤40	490	640~830		19
DNV 规范	NV9Ni/a	≤30	490	640~840		19

		>30≤40 480		
KR 规范	RL9N490	>6≤30 490 >30 480	640~840	18
LR 规范	9Ni	≤40 490	640~790	18
NK 规范	KL9N60	590	690~830	18
RINA 规范	9.0Ni	490	640~790	18

5) 低温 V 型冲击试验及冲击吸收能量值

本标准采用 GB/T 229 的 V 型冲击试验规定； KV_2 冲击吸收能量值暂定 80J，此规定值在标准中是较高的，但实际值更高一些。

6) 本标准的冲击试验温度及冲击吸收能量值与国外标准对比（见表 6）

表 6

标准号	牌号	温度/℃	KV_2^a , J (横向)	
			3 个样平均值	单个最小值
			不小于	
本标准	0.5Ni	-60	80	56
ISO 9328-4	13MnNi6-3	≤80 -60	27, 协商可 40	--
EN 10028-4	13MnNi6-3	≤80 -60	27, 协商可 40	--
DNV 规范	NV0.5Ni/b	≤25 -60 >25≤30 -65 >30≤35 -70 >35≤40 -75	27	--
本标准	1.5Ni	-80	80	56
GB/T 24510	1.5Ni	-65	80	56
ISO 9328-4	15NiMn6	≤80 -80	27, 协商可 40	--
EN 10028-4	15NiMn6	≤80 -80	27, 协商可 40	--
DNV 规范	NV1.5Ni/b	≤25 -65 >25≤30 -70 >30≤35 -75 >35≤40 -80	27	--
KR	RL1N355	≤40 -80	27	19
本标准	3.5Ni	-100	80	56
GB/T 24510	3.5Ni	-100	80	56
ISO 9328-4	12Ni14	≤80 -100	27, 协商可 40	--
EN 10028-4	12Ni14	≤80 -100	27, 协商可 40	--
CCS 规范	3.5Ni	≤25 -95 >25≤30 -100 >30≤35 -105 >35≤40 -110	27	--
DNV 规范	NV3.5Ni	≤25 -95 >25≤30 -100 >30≤35 -105 >35≤40 -110	27	--
KR 规范	RL3N355	≤40 -100	27	19
本标准	5Ni	-120	80	56

GB/T 24510	5Ni	-120	80	56
ISO 9328-4	X12Ni5	≤50 -120	27, 协商可 40	--
EN 10028-4	X12Ni5	≤50 -120	27, 协商可 40	--
BV 规范	5.0Ni	≤25 -110 >25≤30 -115 >30≤35 -120 >35≤40 -125	27	--
CCS 规范	5Ni	≤25 -110 >25≤30 -115 >30≤35 -120 >35≤40 -125	27	--
DNV 规范	NV5Ni/a	≤25 -110 >25≤30 -115 >30≤35 -120 >35≤40 -125	27	--
KR 规范	RL5N390	≤40 -120	27	19
LR 规范	5Ni	≤40 -110	27	19
RINA 规范	5.0Ni	-110	27	--
本标准	7Ni	-196	80	56
ISO 9328-4	X6Ni7	≤40 -196	80	--
ASTM A553	7%Ni	≤50 -196	27	20
JIS G 3127	SL7N590	6~50 -196	41	34
本标准	9Ni	-196	80	56
GB/T 24510	9Ni	-196	80	56
ISO 9328-4	X7Ni9	≤50 -196	80	--
	X8Ni9+QT680	≤50 -196	50	--
EN 10028-4	X7Ni9	≤125 -196	80	--
	X8Ni9+QT680	≤125 -196	50	--
ASTM A553	9%Ni	≤50 -196	27	20
JIS G 3127	SL9N590	6~100 -196	41	34
BV 规范	9.0Ni	≤40 -196	27	--
CCS 规范	9Ni	≤40 -196	27	--
DNV 规范	NV9Ni/a	≤40 -196	27	--
KR 规范	RL9N490	≤40 -196	27	19
LR 规范	9Ni	≤40 -196	27	19
NK 规范	KL9N60	-196	27	19
RINA 规范	9.0Ni	-196	27	--

8、表面质量

本标准采用目前钢板国家标准的普遍表述方法。

9、超声波检测及特殊要求

钢板应逐张进行超声检测，合格级别不低于 NB/T 47013.3—2015 中 I 级的规定。

10、剩磁检测

5Ni、7Ni、9Ni 钢根据需方普遍要求增加剩磁检验和表面处理规定。5Ni、7Ni、9Ni 钢出厂前在每张钢板的 4 个角处用高斯计进行剩磁检测，剩磁平均值不得超过 50×10^{-4} 特斯拉。如果钢板的任一点结果超过 50×10^{-4} 特斯拉，钢板应进行消磁处理并重新检测。

11、试验方法

本标准规定了每批钢板的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法。本标准中所列检验标准均为现行有效国家、行业标准。当供需双方协商同意，可按国际或国外标准进行检验。

12、检验规则

1) 此章采用现行国标的规定，组批、取样、复验及判定等符合相应国标规定。

2) 厚度方向性能钢材的断面收缩率的复验与判定采用 GB/T 5313 的规定。

13、标识和质量证明书

钢板表面防腐（喷砂、涂漆等防锈处理）、包装、标志及运输等有具体要求，供方应按双方协议的要求进行表面处理及标志等。

钢板应按船级社规范和 GB/T 247 的规定以及顾客要求（合同中明确的）进行标识和打印质量证明书。

14、附录 A

本标准牌号与国内外相近牌号对照

四、标准中涉及专利的情况

本文件不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

通过修订，充分纳入和反映了当今新产品、新技术、新工艺的先进技术成果，保证标准的时效性，为低温用钢的推广应用提供了有力的技术支撑，为指导和规范低温用钢产品生产和验收提供了依据，有利于提高产品的技术性能、安全可靠性及环保性能。

通过标准的制定和实施，将促进技术创新，增强产品的国内外市场竞争力，同时为推进产业结构调整与优化升级创造条件，对规范市场竞争，引导市场良性发展，加快我国低温用钢产品技术快速发展具有积极的促进作用。

六、与国际、国外对比情况

本文件修改参照 EN 10028-1:2007+A1:2009《压力容器用钢板 第 1 部分：一般要求》、EN 10028-4:2017《压力容器用钢板 第 4 部分：具有规定低温性能的镍合金钢》、EN 10029:2010《大于等于 3mm 的热轧钢板尺寸、外形、重量及允许偏差》、EN 10160:1999《厚度不小于 6mm 的扁平轧材的超声检测方法（反射法）》、ASTM A203/A203M-17《压力容器用镍合金钢板》、ASTM A353/A353M-17《压力容器用二次正火及回火 9%镍合金钢板》、ASTM A553/A553M-17《压力容器淬火加回火 7%、8%、9%镍合金钢板》、ISO 9328-1:2018《压力用扁平材 交货技术条件 第 1 部分：一般要求》、ISO 9328-4:2018《压力用扁平材 交货技术条件 第 4 部分：具有规定低温性能的镍合金钢》、JIS G 3127-2021《低温压力容器用含镍钢板》、JIS G 0321-2017《钢材产品的分析方法及其允许偏差》、中国船级社 CCS（2018）《材料与焊接规范》及以及 2019 年修改通报、2020 年第 1 次变更通告、2020 年修改通报，ABS（2021）《材料与焊接规范》，BV（2021）《船舶用材料与焊接入级规范》，DNV·GL（2021）《材料与焊接规范》，KR（2021）《材料与焊接规范》，LR（2021）《材料制造、试验和认证规范》，NK（2019）《船舶入级与建造规范 K 篇-材料篇》，RINA（2021）《船舶入级规范 第 D 部分：材料和焊接》，RS（2021）《船舶入级与建造规范第 XIII 部分：材料篇》。

本文件修改参照最新的欧洲标准、美国标准、国际标准、日本标准、九国船级社规范，能满足我国低温用钢的发展需要，满足我国规范低温用钢标准体系与国际先进标准接轨的需要，能够促进我国低温用钢的生产和出口。

本文件水平为国际先进水平。

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

本标准属于“钢及合金（301）”标准体系中“产品标准及试验方法专用标准（501）”大类，“钢板钢带（501.2）”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

一般情况下，建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止或代替现行相关标准的建议

本标准实施时，代替 GB/T 24510—2017。

十二、其他应予说明的事项

无。

国家标准编制工作组

2022 年 3 月 8 日