doi:10.3969/j.issn.1001-4837.2025.06.005

标准规范

GB/T 150.2—2024《压力容器 第2部分:材料》简介

章小浒,陈　涛,陆戴丁

(合肥通用机械研究院有限公司 国家压力容器与管道安全工程技术研究中心,合肥 230031)

摘　要:针对GB/T 150.2—2024《压力容器 第2部分:材料》的主要条款进行了释义,详细介绍了相关材料标准及较GB/T 150.2—2011的具体变动内容。GB/T 150.2—2024通过整合12项压力容器专用材料标准(如GB/T 713系列),新增SA-516 Gr485等境外牌号材料,引入铁素体钢落锤无塑性转变温度合格指标、奥氏体稳定性计算公式等技术要求,系统修订材料分类、性能指标及检测方法;有效衔接TSG 21—2016,明确境外牌号使用条件,推动国产新牌号材料的应用。同时,GB/T 150.2—2024通过技术指标升级和体系优化,扩大了材料应用边界,提高了材料技术指标,为设计、制造、检验人员提供了明确依据,推动了压力容器行业技术升级。

关键词:压力容器;材料;钢板;钢锻件;钢管;钢棒;焊接材料

中图分类号:TH49;T-652.1　　**文献标志码:**A

Brief introduction of GB/T 150.2—2024 *Pressure Vessels—Part* 2:*Materials*

ZHANG Xiaohu, CHEN Tao, LU Daiding

(Hefei General Machinery Research Institute Co., Ltd., China National Research Center on Pressure Vessel and Pipeline Safety Engineering, Hefei 230031, China)

Abstract: There are some explanations for the main contracts of GB/T 150.2—2024 *Pressure Vessels—Part* 2: *Materials* and detailed introduction for the related standards of materials and the specific changes compared to GB/T 150.2—2011. GB/T 150.2—2024 integrates 12 specialized material standards for pressure vessels (e.g., the GB/T 713 series), introduces localized specifications for foreign grades such as SA-516 Gr485 steel, and incorporates advanced technical requirements like qualification index of drop weight test for nil-ductility transition temperature of ferritic steel and austenite stability calculation formulas, systematically revising material classification, performance indicators, and testing methods. Additionally, the standard aligns with TSG 21—2016, clarifying the usage conditions for foreign grades and promoting the substitution of application of domestic new brand materials. Through upgraded technical requirements and optimized standardization, GB/T 150.2—2024 expanded the material application boundaries and enhanced the material's technical specifications, providing clear guidelines for designers, manufacturers, and inspectors. This drives technological advancements in the industry.

Key words: pressure vessels; materials; steel plate; steel forging; steel tube; steel bar; welding material

0　引言

GB/T 150—2011《压力容器》自2011年颁布实施以来,至今已经10几年了[1-2],期间一批与压力容器有关的规范和标准都进行了修订和更新。2016年2月22日正式实施的TSG 21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》[3](以下简称TSG 21)、2021年1月4日的第1号修改单均对压力容器材料提出了更高的技术要求,如:冶炼方法;非合金钢和低合金钢的化学成分;非合金钢和低合金钢(钢板、钢管和钢锻件)V型缺口冲击试验;钢板超声检测;境外牌号材料的使用;新材料(未列入TSG 21引用标准的材料和已列入TSG 21引用标准的材料)的使用等。同时,数个高技术要

收稿日期:2025-04-28　**修回日期:**2025-05-29

求的承压设备用新材料相继研制成功[4-7]，并纳入到压力容器用材料标准中，以及相关试验标准也都进行了修订，这些均为GB/T 150.2—2011的修订提供了必要前提条件。

GB/T 150.2—2024《压力容器 第2部分：材料》[8]（以下简称GB/T 150.2）已于2024年7月24日发布，2025年2月1日正式实施。

GB/T 150.2共分为16个部分，1个前言。第1~9章为正文部分，包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、钢板、钢管、钢锻件、螺柱（含螺栓）和螺母用钢棒、焊接材料。6个附录，包括：附录A（规范性）钢材的补充规定、附录B（规范性）钢材纳入本文件应满足的技术要求、附录C（规范性）钢材的许用应力、附录D（规范性）Q235系列钢板的使用规定、附录E（资料性）钢材的高温屈服强度、高温持久强度极限平均值、弹性模量和平均线膨胀系数、附录F（资料性）高合金钢牌号近似对照。

1 范围

GB/T 150.2的范围增加了焊接材料的基本要求。但GB/T 150.2只规定了钢材（指铁基材料，即铁碳合金材料）的技术要求，不包括有色金属。GB/T 150.1—2024《压力容器 第1部分：通用要求》（以下简称GB/T 150.1）规定了金属制压力容器的建造要求，包括黑色金属（钢材）和有色金属（铝、铜、镍及镍合金、钛、锆）。

奥氏体型不锈钢的最低使用温度由GB/T 150—2011中−253 ℃（液氢的沸点温度为−252.8 ℃）降低到−269 ℃（液氦的沸点温度为−268.8 ℃），与GB/T 150.1规定的最低设计温度一致（GB/T 150.1—2011规定的最低设计温度−269 ℃是指铝和铝合金的最低使用温度）。由于GB/T 150.2不含镍及镍合金（部分镍及镍合金的最高使用温度为900 ℃），本标准钢材的最高使用温度由各牌号许用应力对应的最高使用温度确定，如06Cr25Ni20是唯一的钢材的许用应力上限温度为800 ℃，其余钢材通常不超过700 ℃，因此，本标准规定最高使用温度为800 ℃。GB/T 150.2的不适用范围适用于GB/T 150.1规定的不适用范围。搪玻璃压力容器材料、TSG R0005—2011《移动式压力容器安全技术监察规程》[9]管辖的移动式压力容器用材料、制冷装置用压力容器材料、简单压力容器材料均为GB/T 150.2的不适用范围。

超高压容器用钢、非焊接瓶式容器用钢、储气井用钢、铸铁材料、铸钢材料等属于TSG 21的管辖范围，但均不在GB/T 150.2的适用范围。

2 规范性引用文件

规范性引用文件中一定是“应符合……的规定”或者属于规范性引用的文件。对于文件中只是提及或者以“宜、可”等文字引出的文件，不得出现在“规范性引用文件”中，只能以参考文献的形式给出。对于注明日期的文件，并不包括随后的修改单。

3 总体要求

总体要求的内容中既有陈述或推荐性条款，也有要求性条款。

压力容器受压元件用钢材应是焊接性良好的钢材（钢材的焊接性）。为了保证钢材可焊性的匹配，虽是非受压元件用钢，但其与受压元件相焊接时也应是焊接性良好的钢材。

允许采用未列入GB/T 150.2但已列入GB/T 20878—2024《不锈钢 牌号及化学成分》和GB/T 713.7—2023《承压设备用钢板和钢带 第7部分：不锈钢和耐热钢》中的奥氏体型不锈钢钢材，但其技术要求（如P，S含量，强度指标）不应低于GB/T 150.2所列入相应钢材标准中化学成分相近牌号的规定。GB/T 20878—2024中共有106个奥氏体型不锈钢牌号。

GB/T 713.5—2023《承压设备用钢板和钢带 第5部分：规定低温性能的高锰钢》中的低温高锰钢组织是奥氏体，但不是奥氏体型不锈钢。不锈钢需满足钢材中的Cr≥10.5%的基本要求。选用境外牌号（境内使用）的钢材应符合TSG 21的规定。当压力容器的设计、制造按照欧盟统一规范EN 13445或者美国机械工程师协会锅炉及压力容器规范ASME BPVC Ⅷ.1，ASME BPVC Ⅷ.2时，其钢材的技术要求不得低于TSG 21的规定。如选用符合TSG 21规定的境外牌号的钢材而按照GB/T 150进行设计、制造时，其钢材的技术要求应符合GB/T 150.2相近钢材的技术规定。

钢材质量证明书的内容（需要时应包括钢材交货状态的热处理工艺参数）应齐全、清晰，容器制造单位应按质量证明书的内容进行验收。如无钢材制造单位的钢材质量证明书原件，应在钢材质量证明书原件的复印件上加盖材料经营单位公

章和经办负责人的签字（章）。

对于外购的Ⅲ类压力容器用Ⅳ级锻件（不包括压力容器制造单位自产的锻件），压力容器制造单位应进行复验。钢材复验的内容包括：钢材表面质量和材料标志；钢材的化学成分；钢材的力学性能、钢板的工艺性能（弯曲试验）；按照NB/T 47013.3—2023《承压设备无损检测 第3部分：超声检测》进行的超声检测。钢材的复验要根据钢材的具体技术要求，并不是按照上述所有内容进行复验，如：压力容器用Ⅳ级锻件只需要按照锻件标准的要求，逐件进行拉伸、冲击试验及超声检测，并不需要进行化学成分分析和工艺性能试验。不能用压力容器制造单位的性能检测和超声检测来代替本应由钢材制造单位进行的性能检测和超声检测，钢材的性能检测和超声检测必须由钢材制造单位进行，压力容器制造单位只是进行复验。

钢材冶炼方法中增加了“也可采用电渣重熔法冶炼”“低温钢管冶炼也应采用炉外精炼工艺”内容。

钢材使用温度上限为各牌号钢材许用应力所对应的最高温度，许用应力表（附录C的表C.1~表C.2）中粗线右侧的许用应力由钢材的10^5 h高温持久强度极限平均值所确定，此温度下的10^5 h断裂的持久强度极限平均值/1.5小于10^5 h蠕变率为1%的蠕变极限平均值/1.0。

对奥氏体型不锈钢，有2组许用应力，较高的许用应力为该温度下屈服强度下限值的0.9倍，该许用应力仅适用于允许产生微量永久变形的元件，不适用于法兰、平盖、管板或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合（该类场合使用的是钢板和钢锻件，并不含钢管）。

钢材使用温度下限是钢材的最低使用温度。奥氏体型不锈钢钢材的使用温度≥-196 ℃时可免做冲击试验，但在<-196~-269 ℃使用时应进行压力容器设计温度下（与其他钢材的冲击试验温度为钢材标准中规定的固定温度不同）的冲击试验，3个标准试样冲击吸收能量平均值$\overline{KV_2}$≥54 J，且侧膨胀值平均值$\overline{LE}$≥0.53 mm。奥氏体-铁素体型双相不锈钢钢材可进行最低冲击试验温度为-40 ℃的冲击试验，3个标准试样冲击吸收能量平均值$\overline{KV_2}$≥47 J，且侧膨胀值平均值$\overline{LE}$≥0.53 mm。

GB/T 150.2规定了低温液氢、液氦压力容器用奥氏体型不锈钢钢材（钢板、钢管、钢锻件）的专项技术要求，超低温工况下材料的奥氏体稳定性引用了CGA G5.6的奥氏体稳定性计算公式，以及低温下马氏体析出温度的计算公式。同时，还规定了非合金钢和合金钢（含低合金钢，不含高合金钢）钢材的冲击吸收能量平均值和某些高强度钢材的冲击试样侧膨胀值平均值，具体见表1。

表1 非合金钢和合金钢钢材的冲击性能指标

Tab.1 The impact properties of non-alloy and alloy steel

钢材标准抗拉强度下限值 R_m/MPa	3个标准试样冲击吸收能量平均值 $\overline{KV_2}$/J	3个标准试样侧膨胀值平均值 $\overline{LE}$/mm
≤450	≥20	—
>450~510	≥24	—
>510~570	≥31	—
>570~630	≥34	—
>630~690	≥38	≥0.53
>690	≥47	≥0.53

GB/T 13304.1—2008《钢分类 第1部分：按化学成分分类》规定，钢材按照化学成分划分为非合金钢、低合金钢和合金钢。分类的基本原则：当标准对钢的熔炼分析化学成分规定最小值或范围时，应以最小值作为规定含量进行分类；当标准对钢的熔炼分析化学成分规定最大值时，应以最大值的0.7倍作为规定含量进行分类。当钢中Mn含量的下限<1.00%时，则为非合金钢；当钢中Mn含量的下限≥1.00%至<1.40%时，则为低合金钢；当钢中Mn含量的下限≥1.40%时，则为合金钢。表1中的钢材包括06Ni7DR和06Ni9DR钢板、12Cr5Mo钢管、06Ni9D锻件、12Cr5Mo（S45110）耐热钢钢棒，这些钢材并不是低合金钢，而是合金钢。此外，表1中的非合金钢和合金钢不包括合金含量>10%的高合金钢。GB/T 150.2将钢材按照化学成分划分为非合金钢、低合金钢、合金钢和高合金钢共4大类。

将侧膨胀值单独列为一栏，并规定是3个标准试样的平均值。表1中对于标准抗拉强度下限值>630 MPa的钢材，既规定了冲击吸收能量的平均值和单个值，又规定了侧膨胀值的平均值和单个值。按照GB/T 229—2020《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》，在同一个试样上测量冲击吸收能量和侧膨胀值，且其冲击吸收能量和侧膨胀值有一定的对应关系，既然规定了冲击吸收能量为平均值和单个值，侧膨胀值也应规定为平均值和单个值。不能和ASME BPVC规范一样，对于标准抗

拉强度下限值≥655 MPa的钢材，不规定冲击吸收能量指标，只规定侧膨胀值，并且是单个值。表1中规定侧膨胀值的平均值≥0.53 mm（TSG 21中表2-1规定的侧膨胀值平均值的最低值），高于ASME BPVC规范规定3个试样的每个值均≥0.38 mm的规定。

当钢材无法制备标准试样时（钢材厚度<11 mm），则应依次制备厚度为7.5 mm或5 mm的小尺寸试样。当钢材可制备标准试样而制备厚度为7.5 mm或5 mm的小尺寸试样时，其冲击试验温度应分别降低5 ℃或10 ℃（冲击试验温度低于-100 ℃的钢材除外）。该规定与ASME BPVC Ⅷ.1的规定一致。冲击试样的侧膨胀值与试样的厚度尺寸无关，并不随试样厚度的减小而按照比例减小。

压力容器专用钢材、GB/T 150.2中钢材的冲击性能指标均高于表1规定的最低值，不需要进行一一对照验证。设计提出钢材厚度1/2处、焊接接头（包括焊缝中心和热影响区）冲击性能指标时，应符合表1的规定。

GB/T 229—2020附录D中，给出了吸收能量-温度曲线和转变温度的处理方法，规定了下列条件参数可用于测定转变温度：指定吸收能量值47 J确定的转变温度T_{t47}，指定吸收能量上平台的百分数50%确定的转变温度$T_{t50\%US}$，指定侧膨胀值0.53 mm确定的转变温度$T_{t0.53}$或指定剪切断面率50%确定的转变温度$T_{t50\%SFA}$。由于对断口评定带有很高的主观性，因此，建议剪切断面率*SFA*（之前的*FATT*）不作为技术规范使用。

GB/T 150.2规定了冲击试验温度为-100~-40 ℃的低合金钢钢板和锻件，可按GB/T 229—2020测定转变温度T_t（如：T_{t47}，$T_{t50\%US}$，$T_{t0.53}$）。该条款是选择性条款，并不是强制性条款。

奥氏体-铁素体型不锈钢钢板、锻件和钢管应按GB/T 13305—2024《不锈钢中α-相含量测定法》的规定进行相比例测定，金相组织应为奥氏体-铁素体，奥氏体含量应为40%~60%。

选用符合GB/T 150.2中4.15条（未列入GB/T 150.2，也未列入压力容器（承压设备）专用钢板国家标准、专用锻件行业标准、专用复合板行业标准的钢材）、4.16条（未列入GB/T 150.2，但已列入压力容器（承压设备）专用钢板国家标准、专用锻件行业标准、专用复合板行业标准的钢材）、4.17条（已列入GB/T 150.2，但标准抗拉强度下限值>540 MPa或者用于设计温度低于-40 ℃的合金钢钢板及锻件）和4.18条（已列入GB/T 150.2，但板材厚度或锻件公称厚度超出GB/T 150.2或相关标准规定范围的用于压力容器主要受压元件的钢板及锻件）规定的钢材时，对设计单位和制造单位的要求是不一样的。选用符合GB/T 150.2中4.15，4.16，4.18条规定的钢材（不包括4.17条规定的钢材）用于压力容器主要受压元件时，设计单位应在设计文件中提供选材满足TSG 21基本安全要求的具体说明，同时提出具体的材料订货技术条件；压力容器制造单位应对其进行化学成分（按炉号）、力学性能（按批号）的验证性复验。

压力容器用钢材分为钢板、钢管、钢锻件、钢棒和焊接材料，以下分别进行简要介绍。

4 钢板

钢板制造单位交货的钢板应按照GB/T 150.2表C.1中的使用状态进行供货，不能用热处理样坯力学性能代替交货状态的钢板性能。而GB/T 150.2—2011的规定如下：对容器制造过程中需进行正火、正火加回火或调质处理的碳素钢和低合金钢钢板，钢板制造单位的交货状态可不同于GB/T 150.2表C.1规定的使用状态，在热处理样坯上取样进行试验，此时钢板制造单位不按照最终交货的热处理状态交货，而是热轧后交货，用热处理的样坯来保证钢板热处理后的力学性能。这样的规定导致部分设计单位只需要钢材制造单位提供钢材的最大模拟焊后热处理的性能数据，而不要求提供真正交货状态的性能，因此，交货状态的性能是否符合标准的规定无法考证。

GB/T 150.2增加了用定向凝固钢坯轧制的钢板，定向凝固钢锭的内部均匀性可以与电渣重熔钢锭相当，定向凝固钢坯轧制压缩比不小于2.4（电渣重熔钢锭为2.0）。

对于其他受压元件（法兰、管板、平盖等），Q245R和Q345R钢板必须正火交货的厚度由>50 mm修改为>60 mm。对于厚度>50 mm的Q345R钢板，其正火加回火状态可代替正火状态。由于热成型或580 ℃以上温度的焊后热处理，可能导致钢材的组织、性能发生明显变化，因此，取消了热机械轧制TMCP（控轧）工艺生产的钢板。

GB/T 713.2—2023《承压设备用钢板和钢带第2部分：规定温度性能的非合金钢和合金钢》合并了GB/T 713—2014的内容，适用于制造最低使

用温度不低于-20 ℃、承压设备用厚度不大于25.4 mm钢带及卷切钢板和厚度为3~250 mm的单轧钢板，列入了Q245R，Q345R，Q370R，Q420R，Q460R，18MnMoNbR，13MnNiMoR，15CrMoR，14Cr1MoR，12Cr2Mo1R，12Cr2Mo1VR，12Cr1MoVR和07Cr2AlMoR共13个牌号（GB/T 150.2引用了除07Cr2AlMoR外的12个牌号）。钢板的厚度允许偏差按GB/T 709—2019《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》中的B类偏差（固定下偏差为-0.30 mm）或C类偏差（固定下偏差为0 mm）。

GB/T 713.3—2023《承压设备用钢板和钢带 第3部分：规定低温性能的低合金钢》合并了GB/T 3531—2014《低温压力容器用钢板》的部分内容，适用于制造最低使用温度不低于-70 ℃、承压设备用厚度为5~120 mm的低合金钢板，删除了15MnNiDR牌号，保留了原来的16MnDR，15MnNiNbDR，09MnNiDR，增加了Q420DR，Q460DR，13MnNiDR，11MnNiMoDR共4个牌号（共计7个牌号均被GB/T 150.2引用）。调整08Ni3DR，06Ni9DR钢板至GB/T 713.4—2023《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》，厚度>80~120 mm的09MnNiDR钢板的冲击试验温度由-70 ℃调整到-60 ℃。钢板均可逐张按NB/T 47013.3—2023进行超声检测，质量等级不低于Ⅰ级。

GB/T 713.4—2023合并了GB/T 3531—2014的部分内容，适用于制造最低使用温度不低于-196 ℃、厚度不大于150 mm的镍合金钢钢板，保留了原来的08Ni3DR，06Ni9DR，增加了07Ni5DR，06Ni7DR共2个牌号（共计4个牌号均被GB/T 150.2引用）。钢板均可逐张按NB/T 47013.3—2023进行超声检测，质量等级不低于Ⅰ级。

GB/T 713.6—2023《承压设备用钢板和钢带 第6部分：调质高强度钢》合并了GB/T 19189—2011《压力容器用调质高强度钢板》的内容，适用于制造最低使用温度不低于-50 ℃、承压设备用厚度10~80 mm的调质高强度钢板。将07MnMoVR，07MnNiVDR，07MnNiMoDR和12MnNiVR牌号按照钢材的屈服强度重新命名为Q490R，Q490DRL1，Q490DRL2和Q490RW。增加了屈服强度≥580 MPa和屈服强度≥690 MPa的4个牌号Q580R，Q580DR，Q690R和Q690DR。GB/T 150.2引用了除Q690R，Q690DR外的6个牌号。

调质热处理是淬火加回火，相对于正火、正火加回火，钢板厚度方向上的性能差异相对较大。因此，对厚度>36 mm（调质状态）、厚度>80 mm（正火或正火加回火状态）的壳体用钢板可增加一组在厚度1/2处取样的冲击试验，冲击试验温度按照相应钢板标准的规定，冲击性能指标应符合GB/T 150.2中表1的规定。

对厚度>36 mm的调质低温钢板和用于设计温度低于-40 ℃且厚度>40 mm的正火或正火加回火状态的钢板，可增加落锤试验。试验按照GB/T 6803—2023《铁素体钢的无塑性转变温度落锤试验方法》进行，采用P-2型试样，无塑性转变温度（*NDTT*）不高于相应钢板标准规定的冲击试验温度加15 ℃。

合肥通用机械研究院有限公司和中国特种设备检测研究院对压力容器用钢的*NDTT*进行了大量的试验研究，特别是针对标准抗拉强度下限值>540 MPa和使用温度低于-40 ℃的合金钢进行了大量的系列温度冲击试验和落锤试验，通过系列温度冲击得到了钢材的韧脆转变温度，如：$T_{t50\%US}$，$T_{t50\%SFA}$等。试验结果表明，钢材的落锤试验温度比$T_{t50\%US}$和$T_{t50\%SFA}$均高15 ℃以上。要求钢板的*NDTT*等于钢板的冲击试验温度过于严格。日本工业标准JIS B8243《非直接火压力容器构造》中，推荐高强度钢的使用温度为*NDTT*-16.5 ℃（按照ASME规范的规定为-30 ℉），即钢材的使用温度可以比*NDTT*低16.5 ℃（-30 ℉）。

GB/T 150.2还增加了ASME BPVC.Ⅱ.A中SA-516/SA-516M，SA-537/SA-537M，SA-387/SA-387M规范中的SA516 Gr 70，SA537 Cl 1和SA387 Gr12 Cl 2共3个牌号的钢板，分别命名为GB/SA516 Gr485，GB/SA537 Cl 1和GB/SA387 Gr12 Cl 2。由于ASME BPVC.Ⅱ.A的上述材料的技术要求不符合GB/T 150.2的技术规定，因此，其使用状态、厚度和使用温度范围、钢板的超声检测要求、使用温度下限、许用应力、钢板质量证明书中C，P，S含量，以及断后伸长率（*A*值）、KV_2值等指标，还应分别满足GB/T 150.2对Q345R，Q345R和15CrMoR的相关要求。

GB/T 713.7—2023增加了10个牌号（共有43个牌号），其中，3个铁素体型不锈钢S12361，S12362，S12763，2个奥氏体-铁素体型双相不锈钢S22553，S27603，5个奥氏体型不锈钢S30450，S30859，S38240，S38340，S35656。S34779是含铌

耐热钢，其基本化学成分与耐热钢S34778相近，钢中实际的铌含量应为8C~1.00%。GB/T 150.2引用了GB/T 713.7—2023中的36个牌号。

晶粒尺寸较大的耐热钢具有更高的蠕变极限和持久强度，但是晶粒太大又会显著降低高温塑性和韧性，因此，高温下耐热钢应有合理的晶粒度。当使用温度高于600 ℃时，S30409，S31609，S32169，S34779的耐热钢钢板应按GB/T 6394—2017《金属平均晶粒度测定方法》进行晶粒度检验，平均晶粒度级别应为3~7级。

NB/T 47002.1~47002.4—2019《压力容器用复合板》中除了爆炸过程中实现覆材和基材间焊接复合的爆炸复合板之外，还增加了在轧制过程中实现覆材和基材间的冶金结合的轧制复合板。

轧制复合法是采用真空焊接组坯、高温加热、轧制等过程使得基材和复材实现良好冶金结合的制造方法。其生产工艺流程主要包括：原料表面处理、焊接组坯、加热、轧制、热矫、切割分板、无损检测、表面处理等工序。

5 钢管

GB/T 8163—2018《输送流体用无缝钢管》中的钢管应采用热轧（扩）或冷拔（轧）方法制造，选用了非合金钢钢管10，20和低合金钢钢管Q345D，其中，Q345D钢管壁厚由不大于10 mm增加到不大于16 mm。

GB/T 6479—2013《高压化肥设备用无缝钢管》属于压力容器专用钢管标准，钢管应采用热轧（挤压、扩）或冷拔（轧）方法制造，钢管用钢应采用电弧炉或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理的冶炼方法。选用了其中的10，20，Q345D，Q345E，12CrMo，15CrMo，12Cr2Mo，12Cr5Mo共8个牌号的钢管。

GB/T 9948—2013《石油裂化用无缝钢管》属于压力容器专用钢管标准，钢管应采用热轧（挤压、扩）（代号为W-H）或冷拔（轧）（代号为W-C）方法制造，规定了非合金结构钢和合金结构钢应采用电弧炉或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理的冶炼方法。选用了其中的10，20，12CrMo，15CrMo，12Cr1MoV，12Cr2Mo，12Cr5MoI共7个牌号的钢管。

由于GB/T 5310—2023《高压锅炉用无缝钢管》是锅炉专用无缝钢管标准，锅炉用材料属于TSG 11—2020《锅炉安全技术监察规程》[10]的管辖范围，不在TSG 21和GB/T 150.2的范围内。GB/T 5310—2023中的20G，12CrMoG，15CrMoG和12Cr2MoG钢管，可分别代用GB/T 6479—2013中的20，12CrMo，15CrMo和12Cr2Mo钢管；GB/T 5310—2023中的20G，12CrMoG，15CrMoG，12Cr1MoVG和12Cr2MoG钢管，可分别代用GB/T 9948—2013中的20，12CrMo，15CrMo，12Cr1MoV和12Cr2Mo钢管。

使用温度低于-20 ℃的低温钢管选用了GB/T 6479—2013中的Q345E，进行-40 ℃的冲击试验。由于没有专用的低温钢钢管国家和行业标准，因此，其他低温钢管选用了NB/T 47019.4—2021《锅炉、热交换器用管订货技术条件 第4部分：低温用低合金钢》中的所有4个牌号Q345E，09MnD，09MnNiD和08Ni3MoD，该标准未规定低温钢管的最大允许壁厚，GB/T 150.2规定了低温钢管的最大允许壁厚为16 mm。

取消了GB/T 150.2—2011允许选用GB/T 699—1999《优质碳素结构钢》中10，20钢钢棒制造外径不大于50 mm小规格尺寸接管的规定，该类接管应按照NB/T 47008—2017《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》订制20钢锻件，采用该锻件加工成小规格尺寸接管。

高合金钢钢管包括无缝钢管和焊接钢管，涉及的标准有8个，分别为：GB/T 14976—2012《流体输送用不锈钢无缝钢管》、GB/T 12771—2019《流体输送用不锈钢焊接钢管》、GB/T 13296—2023《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》、GB/T 24593—2018《锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管》、GB/T 21833.1—2020《奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第1部分：热交换器用管》、GB/T 21833.2—2020《奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第2部分：流体输送用管》、GB/T 21832.1—2018《奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管 第1部分：热交换器用管》、GB/T 21832.2—2018《奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管 第2部分：流体输送用管》。

6 钢锻件

压力容器钢锻件有3个标准：NB/T 47008—2017和NB/T 47009—2017《低温承压设备用低合金钢锻件》、NB/T 47010—2017《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》。

NB/T 47008—2017中的一些锻件可以用于超

高压容器的配套锻件，因此，取消了2010版中设计压力<100 MPa的规定，同时取消了设计温度不低于-20 ℃的规定。NB/T 47008—2017中列有23个（原2010版标准为16个）牌号，增加了12CrMo，30CrMo，10Cr9MoW2VNbBN，09CrCuSb，08Cr2AlMo共5个牌号，以及超高压容器用35CrNi3MoV，36CrNi3MoV共2个牌号。GB/T 150.2全部引用了NB/T 47008—2017的所有牌号。

NB/T 47009—2017中，锻件超声检测质量等级取消了2010版中饼形锻件的公称厚度≤200 mm和公称厚度>200 mm的分类，共有7个（原2010版标准为6个）牌号，增加了低温-196 ℃用06Ni9D钢锻件。GB/T 150.2全部引用了NB/T 47009—2017的所有牌号。

NB/T 47010—2017为高合金钢锻件标准，较2010版增加了超高压容器（设计压力≥100 MPa）用钢锻件，共有28个（原2010版标准为16个）牌号，增加了1个铁素体型不锈钢锻件S11348，7个奥氏体型不锈钢锻件S30453，S30458，S32169，S34778，S31653，S31658，S31252，3个奥氏体-铁素体型不锈钢锻件S25073，S25554，S23043和1个超高压容器用沉淀硬化型不锈钢锻件S51740。GB/T 150.2全部引用了NB/T 47010—2017的所有牌号。

7 螺柱（含螺栓）和螺母用钢棒

压力容器螺柱（含螺栓）和螺母用钢棒无专用钢棒标准，都是采用相应的钢材标准中的棒材，提出附加的化学成分、热处理、力学性能等要求。

GB/T 150.2选用了GB/T 699—2015中的20和35钢2个牌号，20和35钢螺柱用毛坯应进行正火处理，其中，35钢螺柱用毛坯不允许采用调质处理。

GB/T 150.2选用了GB/T 3077—2015《合金结构钢》中的40MnB，40MnVB，40Cr，30CrMo，35CrMo，35CrMoV，25Cr2MoV和40CrNiMo共8个牌号，应选用相应牌号的高级优质钢（牌号后加“A”，其P，S含量：P≤0.020%，S≤0.020%）或特级优质钢（牌号后加“E”，其P，S含量：P≤0.020%，S≤0.010%），不得选用优质钢，螺柱用毛坯应按规定进行调质热处理。

GB/T 150.2中20钢和35钢的屈服强度、抗拉强度、断后伸长率指标与GB/T 699—2015一致。提高了GB/T 3077—2015中所有8个牌号的回火温度，目的是降低钢棒的屈服强度、抗拉强度，提高断后伸长率和V型缺口冲击吸收能量指标。将GB/T 1221—2007《耐热钢棒》中S45110钢调质处理的回火温度600~700 ℃调整为不低于650 ℃，屈服强度、抗拉强度、断后伸长率指标与GB/T 1221—2007一致，增加了0 ℃冲击试验，冲击吸收能量不小于54 J。

GB/T 150.2选用了GB/T 1220—2007《不锈钢棒》中的马氏体型不锈钢S42020（20Cr13）和奥氏体型不锈钢S30408，S31008，S31608，S32168。

固溶处理后S30408（奥氏体型）经应变强化处理的低温用高合金钢螺柱应符合GB/T 4226—2009《不锈钢冷加工钢棒》的规定。应变强化处理的S30408的许用应力的安全系数是按照TSG 21中的低合金钢与马氏体高合金钢的安全系数，不是按照奥氏体高合金钢的安全系数。螺柱的直径规格由最大M27扩大到M80，对于螺柱直径≥M52的钢棒，其屈服强度的安全系数仍为3.0（并未按照TSG 21规定取2.7）。

螺柱粗加工后（螺纹加工前），对规格≥M36的螺柱应按NB/T 47013.3—2023进行100%的超声检测，质量等级为Ⅰ级（包括单个缺陷的质量等级为Ⅰ级，缺陷当量平底孔直径≤2 mm。由缺陷引起底波降低量的质量等级为Ⅰ级，由缺陷引起的底波降低量≤6 dB）。同时，应按NB/T 47013.4—2015《承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测》进行表面检测，质量等级为Ⅰ级，不允许有线性缺陷磁迹，在评定框（评定框的面积为2 500 mm^2，其中一条矩形边长最大为150 mm）内，圆形缺陷磁迹长径d≤2 mm，且缺陷数量不大于1个。或按NB/T 47013.5—2015《承压设备无损检测 第5部分：渗透检测》进行表面检测，质量等级为Ⅰ级，不允许有线性缺陷，在评定框（评定框的面积为2 500 mm^2，其中一条矩形边长最大为150 mm）内，圆形缺陷长径d≤2 mm，且缺陷数量不大于1个。

螺柱的螺纹宜采用滚制方法加工。对规格≥M36的螺柱，螺纹加工后应按NB/T 47013.4—2015或NB/T 47013.5—2015进行表面检测，不应有任何裂纹和横向缺陷显示。

8 焊接材料

压力容器受压元件的焊接材料应符合标准NB/T 47018.1—2017《承压设备用焊接材料订货技

术条件 第1部分：采购通则》、NB/T 47018.2—2017《承压设备用焊接材料订货技术条件 第2部分：钢焊条》、NB/T 47018.3—2017《承压设备用焊接材料订货技术条件 第3部分：气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝》、NB/T 47018.4—2022《承压设备用焊接材料订货技术条件 第4部分：埋弧焊钢焊丝和焊剂》、NB/T 47018.5—2017《承压设备用焊接材料订货技术条件 第5部分：堆焊用不锈钢焊带和焊剂》的规定。

按照NB/T 47014—2023《承压设备焊接工艺评定》的规定，焊接接头抗拉强度的合格指标：(1)试样母材为同一金属材料代号时，每个(片)试样的抗拉强度应不低于母材抗拉强度最低值(钢材标准规定的抗拉强度下限值)；(2)试样母材为两种金属材料代号时，每个(片)试样的抗拉强度应不低于两种母材抗拉强度最低值中的较小值；(3)若规定使用室温抗拉强度低于母材的焊缝金属，则每个(片)试样的抗拉强度应不低于焊缝金属规定的抗拉强度最低值；(4)上述试样如果断在熔合线以外的母材上，其抗拉强度值不得低于母材抗拉强度最低值的95%。以上规定表明：焊接接头的抗拉强度可以低于母材标准规定的抗拉强度下限值。

NB/T 47018.2—2017规定：非合金钢及细晶粒钢焊条、热强钢焊条和高强钢焊条熔敷金属夏比V型缺口冲击试验的冲击吸收能量平均值不小于54 J(单个值不小于38 J)。此项规定使得焊条熔敷金属的冲击吸收能量达不到母材标准规定的下限值。GB/T 713.3—2023中13MnNiDR，09MnNiDR，11MnNiMoDR钢板的低温冲击吸收能量平均值不小于60 J(单个值不小于42 J)。GB/T 713.6—2023中Q490DRL1，Q490DRL2，Q580R，Q580DR钢板的冲击吸收能量平均值不小于80 J(单个值不小于56 J)，冲击吸收能量指标比NB/T 47008.2规定的熔敷金属的指标高，所以规定熔敷金属冲击性能指标不宜低于母材标准规定的下限值，就是允许低于母材标准规定的下限值。

当熔敷金属冲击性能指标低于母材标准规定的下限值时，应按照NB/T 47014—2023规定的方法制作焊接试件，其焊缝金属的冲击性能指标符合GB/T 150.2中表1的规定。该规定与NB/T 47014—2023，GB/T 150.4中焊接工艺评定试件的冲击试验合格指标相一致。

NB/T 47018.1—2017规定：订货单位应在订货技术条件中注明所采购焊接材料熔敷金属力学性能试件的焊后状态。焊后热处理条件按相应焊接材料标准的规定，热处理态的温度宜与压力容器的热处理温度相同。

NB/T 47018.2—2017规定：GB/T 5117—2012《非合金钢及细晶粒钢焊条》中的非合金钢及细晶粒钢焊条(E4303除外)熔敷金属化学成分中P，S含量为P≤0.025%，S≤0.015%；GB/T 32533—2016《高强钢焊条》中的高强钢焊条熔敷金属化学成分中P，S含量为P≤0.025%，S≤0.015%。基于对焊接材料化学成分的要求尽量达到TSG 21对钢材的同样要求，规定对标准抗拉强度下限值>540 MPa的钢材或使用温度低于-40℃的压力容器用焊接材料(不包括高合金钢焊接材料)，其熔敷金属化学成分中P，S含量应为P≤0.020%，S≤0.010%。这是对焊接材料熔敷金属化学成分中P，S含量实测值的要求，并不是焊接材料标准中的要求。

NB/T 47018.2—2017规定：焊条熔敷金属扩散氢测定按照GB/T 3965—2012《熔敷金属中扩散氢测定方法》进行，对于熔敷金属抗拉强度≥550 MPa的焊条熔敷金属扩散氢含量≤6 mL/100 g，对于熔敷金属抗拉强度≥590 MPa的焊条熔敷金属扩散氢含量≤5 mL/100 g。GB/T 150.2规定：厚度>36 mm的标准抗拉强度下限值>540 MPa钢材用焊接材料，其熔敷金属扩散氢含量不大于5 mL/100 g，严于NB/T 47018.2—2017的规定。

GB/T 150.2中对焊接材料的规定是严于相应焊接材料标准的要求。

9 结语

(1)GB/T 150.2—2024通过整合材料标准、引入新技术，拓展了材料在超低温(-269 ℃)工况的应用，扩大了材料应用边界，提高了材料技术指标。

(2)GB/T 150.2与TSG 21等安全规范衔接，明确境外牌号使用条件，推动国产新牌号材料的应用与产业链技术升级。

(3)GB/T 150.2—2024在与TSG 21及压力容器用钢板、钢管、钢锻件、钢棒和焊接材料等规范和标准的一致性上进行了大量的修订，增加了一批压力容器用钢材的新牌号，体现了压力容器用钢材的技术先进性，必将推动压力容器产品的制造升级和技术进步。

参考文献：

[1] 章小浒，顾先山.GB 150.2—2011《压力容器 第2部分：材料》简介[J].压力容器，2012，29(4)：42-52.
ZHANG X H，GU X S. Brief introduction of GB 150.2—2011 “Pressure vessels—Part 2：Materials” [J].Pressure Vessel Technology，2012，29(4)：42-52.

[2] 章小浒，段瑞，张国信.压力容器用钢板在GB 150.2中的应用[J].石油化工设备技术，2013，34(6)：48-51.
ZHANG X H，DUAN R，ZHANG G X.The application of steel plates for pressure vessels in GB 150.2[J]. Petrochemical Equipment Technology，2013，34(6)：48-51.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局.固定式压力容器安全技术监察规程：TSG 21—2016[S].北京：中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2016.
Special Equipment Safety Supervision Department of General Administration of Quality Supervision，Inspection and Quarantine of the People's Republic of China.Supervision regulation on safety technology for stationary pressure vessel：TSG 21—2016[S].Beijing：General Administration of Quality Supervision，Inspection and Quarantine of the People's Republic of China，2016.

[4] 陈学东，崔军，章小浒，等.我国压力容器设计、制造和维护十年回顾与展望[J].压力容器，2012，29(12)：1-23.
CHEN X D，CUI J，ZHANG X H，et al.Review and prospect of design，fabrication and maintain of pressure vessels in China in recent ten years [J]. Pressure Vessel Technology，2012，29(12)：1-23.

[5] 陈学东，范志超，陈永东，等.我国压力容器设计制造与维护的绿色化与智能化[J].压力容器，2017，34(11)：12-27.
CHEN X D，FAN Z C，CHEN Y D，et al.Green and intelligent design，manufacturing and maintenance of pressure vessels in China [J]. Pressure Vessel Technology，2017，34(11)：12-27.

[6] 陈学东，范志超，崔军，等.我国压力容器高性能制造技术进展[J].压力容器，2021，38(10)：1-15.
CHEN X D，FAN Z C，CUI J，et al. Progress in high-performance manufacturing technology for pressure vessels in China [J]. Pressure Vessel Technology，2021，38(10)：1-15.

[7] 陈学东，范志超，陈永东，等.我国高端压力容器设计制造与维护技术进展[J].机械工程学报，2023，59(20)：18-33.
CHEN X D，FAN Z C，CHEN Y D，et al.Technological progress on design，manufacturing and maintenance of high-end pressure vessels in China [J]. Journal of Mechanical Engineering，2023，59(20)：18-33.

[8] 全国锅炉压力容器标准化技术委员会.压力容器 第2部分：材料：GB/T 150.2—2024[S].北京：中国标准出版社，2024.
China Standardization Committee on Boilers an d Pressure Vessels.Pressure vessels—Part 2：Materials：GB/T 150.2—2024 [S]. Beijing：Standards Press of China，2024.

[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局.移动式压力容器安全技术监察规程：TSG R0005—2011[S].北京：中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2011.
Special Equipment Safety Supervision Department of General Administration of Quality Supervision，Inspection and Quarantine of the People's Republic of China.Supervision regulation on safety technology for transportable pressure vessel：TSG R0005—2011[S]. Beijing：General Administration of Quality Supervision，Inspection and Quarantine of the People's Republic of China，2011.

[10] 国家市场监督管理总局特种设备安全监察局.锅炉安全技术监察规程：TSG 11—2020[S].北京：国家市场监督管理总局，2020.
Special Equipment Safety Supervision Department of State Administration for Market Regulation. Regulation on safety technology for boiler：TSG 11—2020 [S]. Beijing：State Administration for Market Regulation，2020.

作者简介：章小浒(1962)，男，研究员，主要从事压力容器用材料的开发与应用研究，通信地址：230031 安徽省合肥市长江西路888号合肥通用机械研究院有限公司，E-mail：zhangxiaohu@hgmri.com。

本文引用格式：
章小浒，陈涛，陆戴丁.GB/T 150.2—2024《压力容器 第2部分：材料》简介[J].压力容器，2025，42(6)：35-43.
ZHANG Xiaohu，CHEN Tao，LU Daiding. Brief introduction of GB/T 150.2—2024 *Pressure Vessels—Part 2：Materials* [J]. Pressure Vessel Technology，2025，42(6)：35-43.