



阀门材料介绍

中国机械工程学会高级会员
全国阀门标准化技术委员会副秘书长
全国安全泄压装置标准化技术委员会副主任委员
全国锅炉压力容器标准化技术委员会锅炉分技术委员会委员
杭州华惠阀门有限公司总工程师

陈立龙 教授级高工
杭州华惠阀门有限公司
浙江杭惠阀门有限公司
二〇二三年五月整理



目 录

前言

第一章 钢制阀门主体和内件材料

第一节 钢制阀门的主体材料

第二节 钢制阀门的内件材料

第三节 焊接材料

第四节 垫片

第五节 填料

第六节 紧固件

第二章 铸铁阀门和铜合金阀门

第一节 铸铁阀门的主体材料

第二节 铸铁阀门其它零件材料

第三节 铜合金阀门主要零件材料

第三章 特殊阀门材料

第一节 蒙乃尔合金 (Monel)

第二节 铸镍 (CZ100)

第三节 英科乃尔合金 (Inconel) 及英科洛依合金 (Incoloy)

第四节 哈氏合金 (Hastelloy)

第五节 我国工业阀门用铸造耐蚀镍基合金标准

第六节 工业阀门用锻造镍基合金

第四章 氧气阀门材料选用

第一节 碳钢阀门和不锈钢阀门流速限制

第二节 氧气用阀门材料选用原则

前 言

阀门是控制管道内介质流动的具有可动机构的机械产品的总体。阀门是管路附件中十分重要的装置，根据不同的阀门类型和结构，它的功能是接通或截断流体通路（切断阀）、改变流体方向（分配阀）、调节流体的流量和压力（调节阀、减压阀）、阻止流体倒流（止回阀、单向阀）以及释放过剩压力（安全阀、溢流阀）等。为了保证阀门能有效的实现这些功能，必须满足许多条件。例如选择合适的阀门类型、结构、材料等。其中材料的选择是保证阀门使用功能的关键因素之一。由于各工业领域的特性不同，致使流体的温度、压力、物理化学性质等均有各自的特点，从而使阀门材料的选择十分复杂。可供制造阀门零件的材料，包括各种铸铁、钢材、有色金属及其合金，各种非金属材料等等。为了减少供应和储备上的困难，在一定范围内使用的通用阀门材料已有了标准化的规定。例如 JB/T 5300《工业用阀门材料 选用导则》、SH 3064《石油化工钢制通用阀门选用、检验及验收》中对工业阀门的主要零件应选用何种牌号材料作了具体规定，某些产品标准中根据产品的适用条件对一些阀门零件应选用何种类型的材料作了原则的规定。但是工业生产的各个领域其工况条件、介质特性十分复杂，对于特殊工况条件，阀门材料的选择还必须与用户的使用经验相结合或通过试验、验证，确定合适的材料。

由于各工业领域的特殊性以及考虑流体的温度、压力、特性、腐蚀以及材料的资源、制造的工艺性等情况，所以材料的选择原则总的有三个方面的要求，即：满足使用功能的要求，有良好的工艺性（冷、热加工性能），有良好的经济性。经济性即是要用尽可能低的成本制造出符合阀门功能的产品。以上三个原则中满足使用功能要求是主要的，也就是说工艺性和经济性要服从使用功能的要求，在保证使用功能的前提下力求有良好的工艺性和经济性。十全十美的材料是没有的。因此，选择材料要根据具体情况综合考虑，解决主要矛盾。

第一章 钢制阀门主体材料（管道材料）和内件材料

阀门的主体是指承受介质压力的阀体、阀盖（或端盖）、闸板（或阀瓣）。其中，阀体和阀盖（端盖）是承受介质压力的承压件，闸板（阀瓣）是控制介质流动的控压件。

内件是指接触介质的阀杆和闸板(阀瓣)、阀座两者的密封面。

承压件的定义是：一旦它们失效，其所包容的介质会释放到大气中的零件。因此，所用的材料必须能在规定的介质温度、压力作用下达到相应的力学性能、耐腐蚀性和良好的冷、热加工工艺性。

大多数阀门的阀体、阀盖（端盖）、闸板（阀瓣）形状比较复杂，因此采用铸件较多，只有某些小口径阀门根据阀类的不同或特殊工况的要求采用锻件。

第一节 钢制阀门的主体材料（管道材料）

1、碳素钢

碳素钢适用于非腐蚀性介质，在某些特定的条件下，例如某些有腐蚀性的介质在一定范围内的温度浓度条件下也可采用碳素钢。

碳素钢的适用温度范围：-29~425℃。中石化标准 SH 3064《石油化工钢制通用阀门选用、检验及验收》规定碳素钢制阀门的适用温度范围为-20~425℃，其下限定为-20℃的依据是 GB 150《钢制压力容器》。但当以 WCB、WCC 这两种钢作阀体、阀盖、闸板（阀瓣）、支架时，这两种钢的适用温度下限为-29℃。

常用的碳素钢铸件和锻件材料见表 1-1。

表 1-1 常用的碳素钢铸件、锻件材料

材料状态	国别	标准号	材料牌号		
铸件	中国	GB/T 12229	WCA	WCB	WCC
			ZG 205-415	ZG 250-485	ZG 275-485
	美国	ASTM A 216	WCA	WCB	WCC
			UNS J02502	UNS J03002	UNS J02503
锻件	中国	GB/T 699	25 25Mn 35 40		
	美国		ASTM A105		

注：

(1) 表 1 中 WCA、WCB、WCC 是按美国标准表示的牌号，ZG 205-415、ZG 250-485、ZG 275-485 是按 GB/T 5631 铸钢牌号表示方法分别对应 WCA、WCB、WCC 的牌号。UNS J02502、UNS J03002、UNS J02503 是以美国金属与合金统一系统编号方法，分别对应 WCA、WCB、WCC 的牌号。

(2) 表 1 中最常用的是 WCB 钢，其标准含碳量 $\leq 0.30\%$ ，但为了获得优良的焊接性能和力学性能，其含碳量应控制在 0.25% 左右。

(3) 残留元素 Cr、Ni、Mo、V、Cu 也是必须控制并达标，其残留元素总量 $\leq 1\%$ ，但有碳当量（CE）要求时此条不适用。

(4) 当阀门的连接端为焊连接时必须控制碳总量。ASTM A 216 补充要求中规定了使用于不同场合的碳素钢铸件碳当量的要求。但不同的产品标准根据其工况条件，对碳当量的要求也不同，如 API 6D 则要求炉前分析 $CE \leq 0.43$ ，成品分析 $CE \leq 0.45$ 。同样为了保证焊接性能 API 6D 对焊接端的碳素钢铸件含碳量也作了规定，炉前分析 $CE \leq 0.23\%$ ，成品分析 $CE \leq 0.25\%$ ，硫磷含量 ≤ 0.035 。碳当量 $CE = C\% + Mn\%/6 + (Cr + Mo + V)\%/5 + (Ni + Cu)\%/15$ 。

(5) ASTM A 105 并不是我国的 25 号钢或 25Mn 钢，虽然其主要化学成分相当于我国的 25Mn 钢，但 ASTM A 105 对杂质元素 Cu、Ni、Cr、Mo、V、Nb 的控制以及 C、Mn 含量的关系和材料的热处理都有控制要求。

(6) 锻钢阀门是否需要进行材料的力学性能检测是根据产品设计要求决定的，对于低碳钢只要化学成分合格，正火的热处理工艺正确，其力学性能就是一定的，不像中碳钢和高碳钢可以按淬火后的不同回火温度得到不同的力学性能。对于锻造高压阀门如 PN16.0MPa、PN32.0MPa 或更高压力的锻钢阀由设计决定采用的材料应达到的力学性能。根据所要求的力学性能确定回火温度以达到材料的性能符合设计要求。

2、不锈钢

2.1 奥氏体不锈钢

阀门中常用的不锈钢是奥氏体不锈钢，适用温度范围很广，低温可用于 -196°C （液氮），高温可达到 816°C ，常用的温度适用范围为 -196°C （液氮）至 600°C 。

奥氏体不锈钢具有良好的耐腐蚀性、高温抗氧化性和耐低温性能。因此，奥氏体不锈钢广泛用于制作耐腐蚀阀门、高温阀门和低温阀门。

奥氏体不锈钢的耐腐蚀性是相对的，不是什么样的腐蚀介质它都能承受。金属的腐蚀现象或所谓的耐腐蚀性是根据腐蚀性介质的种类、浓度、温度、压力、流速等环境条件，以及金属本身的性质，即含有成分、加工性、热处理等诸因素的差异而分别有不同的腐蚀状态和腐蚀速度。例如不锈钢具有优良的耐腐蚀性能，可是因为腐蚀环境或使用条件的不同，也可能发生意想不到的腐蚀破坏事故。因此，应充分地了解腐蚀介质和耐腐蚀材料，才能选择合适的耐腐蚀材料。

2.1.1 金属的腐蚀形态

金属的腐蚀形态可分为两大类：均匀（全面）腐蚀和局部腐蚀，均匀（全面）腐蚀包括全面成膜腐蚀和无膜腐蚀。

(1) 全面成膜腐蚀：腐蚀在金属的全部或大部分面积上进行，而且生成保护膜，具有保护性。例如：碳素钢在稀硫酸中腐蚀很快，当硫酸浓度大于 50% 时，腐蚀率达到最大值，此后浓度再继续增大腐蚀率反而下降。这是由于浓硫酸的强氧化性，在钢铁的表面生成一层组织致密的钝化膜，这种钝化膜不溶于浓硫酸，从而起到了阻碍腐蚀作用。

(2) 无膜腐蚀：无膜全面腐蚀很危险，因为它保持一定速度全面进行腐蚀。

(3) 局部腐蚀：局部腐蚀的形态有十三种，如缝隙腐蚀、脱层腐蚀、晶间腐蚀与应力腐蚀等等。据调查，化工装置中局部腐蚀约占 70%。在诸多局部腐蚀的形态中与阀门制造有关且常见的是晶间腐蚀。

一般对均匀腐蚀的程度用腐蚀率表示，但如何评价则有不同规定。

按《石油化工企业管道设计器材选用通则》规定，介质对金属材料的腐蚀速率，管道金属材料的耐腐蚀能力可分为下列四类：

年腐蚀率不超过 0.05mm 的材料为充分耐腐蚀性材料；

年腐蚀率在 0.05~0.1mm 的材料为耐腐蚀性材料；

年腐蚀率在 0.1~0.5mm 的材料为尚耐腐蚀性材料；

年腐蚀率超过 0.5mm 的材料为不耐腐蚀性材料。

《腐蚀数据手册》对均匀（全面）腐蚀的耐蚀性用均匀腐蚀率来评价，见表 1-2。

表 1-2 耐蚀性能的评价

腐蚀率, mm/a	评 价
<0.05	优良
0.05~0.5	良好
0.5~1.5	可用, 但腐蚀较重
>1.5	不适用, 腐蚀严重

据《金属防腐蚀手册》（中国腐蚀与防护学会）对金属材料耐腐蚀性规定见表 1-3。

表 1-3 金属材料耐腐蚀性的 10 级标准

耐蚀等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
腐蚀率, mm/a	<0.001	0.001 ~ 0.005	0.005 ~ 0.01	0.01 ~ 0.05	0.05 ~ 0.1	0.1 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0~5.0	5.0 ~ 10.0	>10
耐蚀性类别	完全耐蚀	很耐蚀		耐蚀		尚耐蚀		欠耐蚀		不耐蚀

(4) 晶间腐蚀：局部地沿着结晶粒子边界向深度方向腐蚀的形式称晶间腐蚀。这种腐蚀，外面看不出腐蚀迹象。严重的晶间腐蚀可以穿过整个机体厚度。

产生晶间腐蚀的原因是由于沿晶粒边界析出碳化铬 Cr_{23}C_6 或 FeCr 化合物——称 σ 相，使晶界周围贫铬，在适合的腐蚀介质（产生晶间腐蚀的介质）中，就形成碳化铬（阴极）——贫铬区（阳极）电池，使晶界贫铬区产生腐蚀。

由上述可看出晶间腐蚀是有条件的。其内因是必须有碳化铬或 σ 相沿晶界析出使晶界贫铬。其外因是必须有腐蚀贫铬区的介质。水和一些中性溶液并不腐蚀贫铬区，所以即使存在贫铬区也不会产生晶间腐蚀。如果晶界不贫铬，即使有产生晶间腐蚀的介质也不会产生晶间腐蚀。所以产生晶间腐蚀的内因、外因缺一不可。

产生贫铬的原因：一是钢水化学成分不合格，如碳高、铬低或含钛、铌的不锈钢中碳钛比或碳铌比不够。二是热处理工艺不正确或焊接或加工时加热至碳化物析出温度，而在 900°C 至 400°C 冷却速度不够快而析出碳化物造成贫铬。

2.1.2 控制晶间腐蚀的方法

控制奥氏体不锈钢晶间腐蚀有三种方法：

(1) 执行正确的热处理工艺，将钢加热至 1100℃ 水淬（急冷）使碳化物向固溶体中溶解。但是，不同牌号的奥氏体不锈钢其淬火加热温度不完全都是 1100℃，执行中要按标准规定。

(2) 加入固定碳的元素钛或铌；

(3) 采用含碳量 ≤0.03% 的超低碳不锈钢。

2.1.3 晶间腐蚀检验

晶间腐蚀检验的前提是试样的化学成分合格并经固溶处理。晶间腐蚀检验用的试片是 80×18×3(长×宽×厚)，上下两平面磨至 Ra0.8 的薄片，并分为敏化状态试片和交货产品状态试片两种。

敏化试片：将试片在 650℃ 下加热，保温 2 小时（压力加工件）或 1 小时（铸件）空冷。之所以在 650℃ 加热是因为奥氏体不锈钢在 500~700℃ 碳化铬最易沿晶界析出造成晶界贫铬从而在产生晶间腐蚀的介质中发生晶间腐蚀。

交货产品试片：即试片经固溶处理，实际上是和铸件一同处理的试样上取下来的试片。

判别：试片在酸中浸泡后弯曲 90°（铸件）或 180°（锻件）若有裂纹则不合格。不合格时铸件要重新处理，然后再作试验，但固溶处理的次数不得超过两次。

奥氏体不锈钢的晶间腐蚀是很严重的，因此一定要按合同要求或按执行的标准来生产不锈钢阀门。

常用奥氏体不锈钢铸件、锻件材料见表 1-4。

2.1.4 奥氏体不锈钢作高温伴有腐蚀的场合用

高温是指温度超过 350℃ 以上，高温用钢是指在高温下具有较高强度的钢材。在石油化工装置里，高温并伴有腐蚀的场合就必须使用既耐高温又耐腐蚀的材料。不锈钢 18Cr—8Ni、25Cr—20Ni 的高温强度高，特别是 18—8Ti、18—8Nb 等合金元素影响使耐高温性能更为优越。一般在没有耐腐蚀性问题的场合，在规定范围内，含碳量高的不锈钢，其高温强度也高。若在 18—8 钢内添加 Mo、Nb、Ti 等元素可强化基体，Nb、Ti 则形成碳化物，从而可改善高温强度。具体何种牌号的不锈钢其最高使用的温度值，要查材料的温压表。

2.1.5 奥氏体不锈钢作高温钢用

高温蒸汽等场合，高温一般指大于 450℃ 的场合，不存在晶界腐蚀这一说，高温蒸汽等场合是利用它的高温抗氧化性能。一般标准规定可以用于 ≤600℃。常用的有 07Cr19Ni10(美国的 TP304H、日本的 SUS304TB 和 SUS304TP)、07Cr18Ni11Nb(美国的 TP347H、日本的 SUS347TB 和 SUS347TP、俄罗斯的 0X18H12b、12X18H12T)。目前超超临界锅炉中采用 Super304H(Cr18-Ni9-Cu-Nb 类)和 25-20 系列的 HR3C(Cr-Ni20-Nb-N)。这类钢的工作温度通常在 550~650℃ 之间。“H”表示较高的碳含量。

2.2 马氏体不锈钢

马氏体不锈钢是一种铬不锈钢，其金相组织为马氏体，可通过热处理进行强化，具有良好的力学性能和高温抗氧化性。该钢种在大气、水和弱腐蚀介质如加盐水溶液、稀硝酸及某些浓度不高的有机酸，在温度不高的情况下均有良好的耐腐蚀性。但该钢种不耐强酸如硫酸、盐酸、浓硝酸等的腐蚀，常用于水、蒸汽、油品等弱腐蚀性介质。由于铬不锈钢可通过热处理强化，因此为了避免强度过高产生脆性，应采用正确的热处理工艺。如 ASTM A 217 CA15 规定其最低回火温度为 595℃。

常用马氏体不锈钢铸件、锻件材料见表 1-5。

2.3 奥氏体——铁素体双相不锈钢

双相不锈钢耐应力腐蚀破坏性好，适用于含氯离子环境的腐蚀，并具有较高的强度，常用于化肥、炼油、海上采油、海水淡化等工况条件。

目前制造阀门主体（承压件）的双相不锈钢材料大多采用美国材料，常用的奥氏体—铁素体双相不锈钢铸件、锻件材料见表 1-6。

2.4 铁素体不锈钢

根据 GB/T1220-2007 标准，常用的铁素体不锈钢有 06Cr13Al、022Cr12、10Cr17、Y10Cr17、10Cr17Mo、008Cr27Mo、008Cr30Mo₂，它的热处理一般是退火处理。阀门中很少采用铁素体不锈钢。

2.5 沉淀硬化型不锈钢

根据 GB/T1220-2007 标准，常用的沉淀硬化型不锈钢有 05Cr15Ni5Cu4Nb、05Cr17Ni4Cu4Nb、05Cr17Ni7Al、05Cr15Ni7Mo2Al。一般它的热处理：固溶处理和沉淀硬化 05Cr15Ni5Cu4Nb、05Cr17Ni4Cu4Nb 材料（480℃时效 \geq 40HRC、550℃时效 \geq 35HRC、580℃时效 \geq 31HRC 和 620℃时效 \geq 28HRC）

05Cr17Ni7Al 材料（510℃时效（ \geq 388HBW）和 565℃时效（ \geq 363HBW）、05Cr15Ni7Mo2Al 材料（510℃时效（ \geq 388HBW）和 565℃时效（ \geq 375HBW）

3、合金钢（铬—钼钢和铬—钼—钒钢）

铬—钼钢和铬—钼—钒钢主要用在高温、高压的场合，要求钢在高温下具有较好的抗蠕变强度和抗高温氧化性，适用温度-29~650℃，主要用于火力发电的高温、高压蒸汽，炼油企业的石油裂解、催化裂化、加氢等含有硫化物、氢腐蚀的石油介质。例如催化系统采用 5Cr—0.5Mo 钢，加氢系统温度较低的采用 1.25Cr—0.5Mo 钢，温度较高的加氢裂化、加氢脱硫煤液化等装置中采用 2.25Cr—1Mo 钢。

在 Cr—Mo 钢中需要说明的是 ZG1Cr5Mo，过去称铸钢铬 5 钼（ZGCr5Mo）用该钢制作的阀门习惯上都称铬 5 钼阀，可是铸钢铬 5 钼这个牌号在 1999 年以前即无国家标准也无专业标准，长期以来各制造厂均参照前苏联标准来制订自己的工厂标准其牌号为 ZGCr5Mo，其含碳量为 0.15~0.25%，因此实际牌号应定为 ZG2Cr5Mo。中石化在制订 SH 3064-94《石油化工钢制通用阀门选用、检验及验收》标准时参照 JIS G 5151 中的 SCPH61、BS 3100 中的 B5、ASTM A 217 中的 C5 及我国 GB/T 1221 中的 1Cr5Mo 的化学成分将这种材料定为 ZG1Cr5Mo，但同样只有牌号并无相关标准规定它的化学成分、力学性能、热处理规范等。70 年代末引进装置中这类阀门的材料为 ASTM A 217

C5,从化学成分上看相当铸钢 1 铬 5 钼,故建议用 ASTM A 217 C5 来制造这类阀门,一直到 1999 年在制订 JB/T 9625 《锅炉管道附件承压铸钢件 技术条件》时才将 ZG1Cr5Mo 纳入该标准中。

ZG1Cr5Mo 称 5Cr—0.5Mo 钢,这种钢具有良好的抗石油裂化过程介质腐蚀的性能,对含有硫化物的热石油介质耐蚀性良好,具有抗氢腐蚀的能力,并具有良好的热强性。

ZG1Cr5Mo 制造工艺性较差,易产生铸造裂纹,焊接时热影响区会出现马氏体组织而产生明显的脆化,所以要制订正确的焊接工艺,焊前需进行预热,焊后需进行热处理,一般预热温度 300~400℃,焊后热处理温度 740~760℃。

常用的铬—钼、铬—钼—钒钢铸件、锻件材料见表 1-7。

表 1-4 常用奥氏体不锈钢铸件、锻件材料

材料状态	国别	标准	材料牌号		适用温度℃	备注
			GB/T 12230-89 牌号	GB/T 12230-2005 牌号		
铸件	中国	GB/T 12230	ZG00Cr18Ni10	ZG03Cr18Ni10	-196~425	1.适用温度范围参照 HG 2063 管法兰技术条件 2.GB 12224-2005 规定的适用温度如下： CF3≤427℃ CF3M≤454℃ CF8、CF8M 温度大于 538℃时只能用 C≥0.04%的材料 CF8C≤538℃
			ZG0Cr18Ni9	ZG08Cr18Ni9	-196~700	
			ZG0Cr18Ni9 Ti	ZG08Cr18Ni9Ti		
			ZG1Cr18Ni9Ti	ZG12Cr18Ni9Ti		
			ZG0Cr18Ni12Mo2Ti	ZG08Cr18Ni12Mo2Ti		
			ZG1Cr18Ni12Mo2Ti	ZG12Cr18Ni12Mo2Ti	-196~425	
			CF3	CF3		
			CF3M	CF3M		
			CF8	CF8	-196~700	
			CF8M	CF8M		
			CF8C	CF8C		
			美国	ASTM A 351	ASTM 牌号		UNS 编号	适用温度℃	适用温度范围参照 ASME B16.34
	CF3	J92500			≤425	
	CF3M	J92800			≤455	
	CF8	J92600			≤816	a.温度超过 538℃时，仅当 C≥0.04%时才使用 b.CL150 法兰端阀门适用温度≤538℃ c.适用温度参照 ASME B16.34
	CF8M	J92900				
	CF8C	J92710			≤538	
	CG8M	J93000				
	CF10	J92950			≤816	ASME B16.34 材料组中无此牌号，适用温度类比于 CF8、CF8M 得出供参考
CF10M	J92901					

续表 1-4

常用奥氏体不锈钢铸件、锻件材料

材料 状态	国别	标准	材料牌号		适用温度℃	备注
			JB/T 4728 牌号	GB/T 1220 牌号		
锻件	中国	JB/T 4728 GB/T 35741	00Cr19Ni10	06Cr19Ni10	-196~700	
			00Cr17Ni14Mo2	00Cr17Ni14Mo2		
			0Cr18Ni9	022Cr19Ni10		
			0Cr18Ni10Ti	06Cr17Ni11Ti		
				06Cr17Ni11Nb		
			0Cr17Ni12Mo2	06Cr17Ni12Mo2		
				022Cr17Ni12Mo2		
				07Cr17Ni12Mo2		
				06Cr17Ni4Cu4Nb		
	美国	ASTM A 182	ASTM 牌号	UNS 编号	适用温度℃	a.F304、F316 当温度超过 538℃时，仅当 C≥0.04%时才使用，且对于 CL150 法兰端阀门适用温度≤538℃ b. 适用温度参照 ASME B16.34
			F304	S30400	≤816	
			F316	S31600	≤425	
			F304L	S30403	≤450	
			F316L	S31603	≤528	
			F321	S32100		
			F347	S34700		
			F317	S31700		
			F304H	S30409	≤816	
	F316H	S31609				
			温度超过 538℃时仅当 C≥0.04%才使用			

表 1-5 常用马氏体不锈钢铸件、锻件材料

材料状态	国别	标准	材料牌号		适用温度℃	备注
铸件	中国	GB/T 2100	ZG1Cr13		-45~350	按 JIS 8243 许用应力表温度范围确定
			ZG2Cr13			
	美国	ASTM A 217	ASTM 牌号	UNS 编号	-29~649	按 ASME 许用应力表确定
			CA15	J91150		
			CA40	J91153		
棒材	中国	GB/T 1220	1Cr13		≤450	
			2Cr13			
锻件	美国	ASTM A182	ASTM 牌号	UNS 编号	适用温度℃	按 ASME 许用应力表确定
			F6a	S41000		
棒材		ASTM A 276	410	S41000	-29~649	
	420		S42000			

表 1-6 常用奥氏体—铁素体双相不锈钢铸件、锻件材料

材料状态	国别	标准	材料牌号		适用温度℃	备注
铸件	美国	ASTM A 995	CD3MWCuN CD4MCu		≤315	
		ASTM A 890	4A			
ASTM A 182		ASTM 牌号	UNS 编号			
		F51	UNS S 31803			
		F53	UNS S 32750			
锻件		F55	UNS S 32760	≤400		

表 1-7 常用铬—钼钢、铬钼钒钢铸件、锻件材料

材料状态	国别	标准	材料牌号	适用温度℃	备注
铸件	中国	JB/T 9625	ZG20CrMo	≤510	
			ZG20CrMoV	≤540	
			ZG15Cr1Mo1V	≤570	
			ZG1Cr5Mo	≤550	
		JB/T 5263	WC1	≤468	铸件回火温度不应低于 595℃
			WC6	≤593	
			WC9		铸件回火温度应不低于 675℃
			C12A	≤648	铸件回火温度应不低于 730℃

美国	ASTM A 217	ASTM 牌号	UNS 编号	适用温度℃	CL150 法兰端阀门适用温度≤538℃，其中 WC1、WC6、WC9、C5、C12 仅使用经正火和回火的材料。 日本电力标准 E101 规定 1.25Cr-0.5Mo(WC6)， 2.25Cr-1Mo(WC9)最高使用温度为593℃，另 WC6、WC9 在高于 566℃ 温度区域使用时要考虑发生过氧化作用即生成氧化皮的可能性。
		WC1		≤468	
		WC6	J12072	-29~540	
		WC9	J21890	-29~570	
		C5	J42045	-29~600	
		C12	J82090	-29~625	
		C12A	J84090	-29~648	
中国	NB/T47008-2017 代替 JB/T 9626	15CrMo		≤550	
		1Cr5Mo			
		12Cr1MoV		≤570	
		15Cr1Mo1V			
		25Cr2MoV			DL/T439 用于紧固件≤510
		25Cr2Mo1V			DL/T439 用于紧固件≤550
		20Cr1Mo1VNbTiB		≤600	DL/T439 用于紧固件≤570
		20Cr1Mo1VTiB		≤600	DL/T439 用于紧固件≤570
		38 CrMoAl		≤450	

			F22	≤595(DL922 ≤570)		
			F36	≤480		
		JB/T12000-2014	F91	≤650(DL922 ≤600)		
			F92	≤650(≤620)		
美国	ASTM A182	ASTM 牌号	UNS 编号	适用温度℃	CL150 法兰端阀门适用温度 ≤538℃，其中 F11 仅使用经 正火和回火的材料	
		F11 Class1	K11597	-29~593		
		F22 Class1	K21590	-29~593		
		F1	K12822	-29~468		
		F5			K41545	-29~648
				F9	K90941	
				F91	K90901	
				F92	K92460	

4 受压元件用管道材料

4.1 钢板

碳素钢和低合金钢钢板的工作压力和工作温度适用范围应符合表 1 的规定。

常用钢板的许用应力应符合表 2 的规定。

厚度大于 30mm 的钢板，应按 NB/T47013.3 逐张进行超声波检测。其质量等级为：

- a) 厚度 $>30\text{mm}\sim 36\text{mm}$ 的 Q245R 和 Q345R 钢板，不低于 II 级；
- b) 厚度 $>36\text{mm}$ 的 Q245R 和 Q345R 钢板，不低于 I 级；
- c) 其他合金钢板，不低于 I 级。

4.2 钢管

钢管的工作压力和工作温度适用范围应符合表 3 的规定。

钢管的许用应力应符合表 4 的规定。

外径不小于 76mm 且壁厚不小于 14mm 的钢管应进行室温冲击试验。

4.3 锻件

锅炉锻件应按 GB/T16507.2-2022《水管锅炉 材料》标准规定，锅炉受压元件用锻件的工作压力和工作温度适用范围应符合表 3 的规定。

用于受压元件的 III 级和 IV 级锻件应附加金相检验，金相检验应符合附录 C 的规定。

根据锅炉参数，锻件分为 4 级：

I 级用于热水锅炉和额定蒸汽压力 $\leq 3.8\text{MPa}$ 和额定蒸汽温度 $\leq 450^\circ\text{C}$ 蒸汽锅炉承压锻件；

II 级用于额定蒸汽压力 $\leq 13.7\text{MPa}$ 和额定蒸汽温度 $\leq 540^\circ\text{C}$ 蒸汽锅炉承压锻件；

III 级用于额定蒸汽压力 $> 13.7\text{MPa}$ 蒸汽锅炉承压锻件，且损坏时可能引起严重安全事故或设备事故的锻件；

IV 级用于额定蒸汽压力 $> 22.1\text{MPa}$ 蒸汽锅炉、单件质量大于 800kg 的大型承压锻件。

表 1 碳素钢和低合金钢钢板的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	壁温 ℃
Q235(B,C,D)	GB/T 3274	≤1.6	≤300
15,20	GB/T 711	≤1.6	≤350
Q245R	GB/T 713	≤5.3 [*]	≤430
Q345R	GB/T 713	≤5.3 [*]	≤430
13MnNiMoR	GB/T 713	不限	≤400
15CrMoR	GB/T 713	不限	≤520
12Cr2Mo1R	GB/T 713	不限	≤575
12Cr1MoVR	GB/T 713	不限	≤565

^{*} 用于不受辐射热的锅筒时,工作压力不受限制。

表 2 锅炉常用钢板的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	材料厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa														
				R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575
				\geq	\geq															
Q235(B,C,D)	GB/T 3274	热轧、控轧、正火	≤ 16	370	235	136	133	127	116	104	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			$> 16 \sim 36$	370	225	136	127	120	111	96	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	GB/T 711	热轧、控轧、正火	—	370	—	137	137	137	134	129	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	GB/T 711	热轧、控轧、正火	≤ 16	410	245	148	147	140	131	117	108	98	—	—	—	—	—	—	—	
Q245R	GB/T 713	热轧 控轧 正火	≤ 16	400	245	148	147	140	129	116	106	97	90	83	61	—	—	—	—	—
			$> 16 \sim 36$	400	235	148	140	133	124	111	102	93	86	83	61	—	—	—	—	—
			$> 36 \sim 60$	400	225	148	133	127	119	107	98	89	82	80	61	—	—	—	—	—
			$> 60 \sim 100$	390	205	137	123	117	109	98	90	82	75	73	61	—	—	—	—	—
			$> 100 \sim 150$	380	185	123	112	107	100	90	80	73	70	67	61	—	—	—	—	—
Q345R	GB/T 713	正火 正火+回火	≤ 16	510	345	189	189	185	180	166	154	142	134	93	66	—	—	—	—	—
			$> 16 \sim 36$	500	325	185	185	183	170	157	143	133	125	93	66	—	—	—	—	—
			$> 36 \sim 60$	490	315	181	181	173	160	147	133	123	117	93	66	—	—	—	—	—
			$> 60 \sim 100$	490	305	181	181	167	150	137	123	117	110	93	66	—	—	—	—	—
			$> 100 \sim 150$	480	285	178	173	160	147	133	120	113	107	93	66	—	—	—	—	—
			$> 150 \sim 250$	470	265	174	163	153	143	130	117	110	103	93	66	—	—	—	—	—
13MnNiMoR	GB/T 713	正火+回火	$30 \sim 100$	570	390	211	211	211	211	211	211	211	203	—	—	—	—	—	—	
			$> 100 \sim 150$	570	380	211	211	211	211	211	211	211	200	—	—	—	—	—	—	
15CrMoR	GB/T 713	正火+回火	$6 \sim 60$	450	295	167	167	167	160	150	140	133	126	123	119	117	88	58	—	—
			$> 60 \sim 100$	450	275	167	167	157	147	140	131	124	117	114	111	109	88	58	—	—
			$> 100 \sim 200$	440	255	163	157	147	140	133	123	117	110	107	104	102	88	58	—	—
12Cr2Mo1R	GB/T 713	正火+回火	$6 \sim 200$	520	310	193	187	180	173	170	167	163	160	157	147	119	89	61	46	37
12Cr1MoVR	GB/T 713	正火+回火	$6 \sim 60$	440	245	163	150	140	133	127	117	111	105	102	100	97	95	82	59	41
			$> 60 \sim 100$	430	235	157	147	140	133	127	117	111	105	102	100	97	95	82	59	41

表3 锅炉用钢管材料

材料牌号	材料标准	适用范围		
		主要用途	工作压力 (MPa)	壁温 (°C)
Q235B	GB/T3091	热水管道	≤1.6	≤100
L210	GB/T9711	热水管道	≤2.5	—
10、20	GB/T 8163	受热面管子	≤1.6	≤350
		集箱、管道		≤350
	GB/T 3087	受热面管子	≤5.3	≤460
		集箱、管道		≤430
09CrCuSb	NB/T47019.3	尾部受热面管子	不限	≤300
20G	GB/T 5310	受热面管子	不限	≤460
		集箱、管道		≤430
15Ni1MnMoNbCu (T36/P36/F36/WB36)	GB/T5310	集箱、管道	不限	≤450(430)
20MnG、25MnG	GB5310	受热面管子	不限	≤460
		集箱、管道		≤430
15MoG、20MoG(T1a)	GB5310	受热面管子	不限	≤480
12CrMoG (T2/P2)	GB5310	受热面管子	不限	≤560
15CrMoG (T12/P12)		集箱、管道	不限	≤550
12Cr2MoG (T22/P22) (10CrMo9-10)	GB5310	受热面管子	不限	≤600*
		集箱、管道		≤575
12Cr1MoVG	GB5310	受热面管子	不限	≤580
		集箱、管道	不限	≤565
12Cr2MoWVTiB	GB5310	受热面管子	不限	≤600*
12Cr3MoVSiTiB			不限	
07Cr2MoW2VNbB (T23/P23)	GB5310	受热面管子	不限	≤600*
10Cr9Mo1VNbN (T91/P91)	GB5310	受热面管子	不限	≤650*
		集箱、管道		≤620
10Cr9MoW2VNbBN (T92/P92)	GB5310	受热面管子	不限	≤650*
		集箱、管道		≤630
07Cr19Ni10 (TP304H)	GB5310	受热面管子	不限	≤670*
07Cr19Ni11Ti (TP321H)	GB5310	受热面管子	不限	≤670*
07Cr18Ni11Nb	GB5310	受热面管子	不限	≤670*
08Cr18Ni11NbFG	GB5310	受热面管子	不限	≤670*
10Cr18Ni9NbCu3BN (S30432)	GB5310	受热面管子	不限	≤705*
07Cr25Ni21NbN (TP310HNBn)	GB5310	受热面管子	不限	≤730*

表 4 锅炉常用钢管的许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	室温强度 MPa		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa																			备注	
			R_m	$R_{m,2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675		700
			$\frac{R_m}{W}$	$\frac{R_{m,2}}{W}$																					
Q235B	GB/T 3091	正火	370	235	136	133	127	116	104	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	GB/T 3087 GB/T 8163	正火 (≤ 16 mm)	335	205	124	124	118	110	97	81	74	73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		正火 (> 16 mm)	335	195	124	121	116	110	97	81	74	73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	GB/T 3087 GB/T 8163	正火 (≤ 16 mm)	410	245	152	147	136	125	113	99	91	85	66	49	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		正火, (> 16 mm)	410	235	152	143	134	125	113	99	91	85	66	49	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
09CrCuSb	NB/T 47019.3	正火	390	245	144	144	137	127	120	113	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20G	GB/T 5310	正火	410	245	152	152	143	131	118	105	85	66	49	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	620	440	229	229	229	229	229	229	229	229	229	208	163	105	46	—	—	—	—	—	—	—	—
20MnG	GB/T 5310	正火	415	240	154	146	143	139	131	122	117	103	78	58	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25MnG	GB/T 5310	正火	485	275	179	168	163	158	151	140	134	117	85	59	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15MoG	GB/T 5310	正火	450	270	167	167	167	150	137	120	113	107	105	103	102	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20MoG	GB/T 5310	正火	415	220	146	138	135	133	125	121	118	113	110	107	103	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12CrMoG	GB/T 5310	正火+回火	410	205	137	129	125	121	117	113	110	106	103	100	97	75	51	32	17	—	—	—	—	—	—
15CrMoG	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	440	295	163	163	163	163	163	161	152	144	141	137	135	97	66	41	23	—	—	—	—	—	—
12Cr2MoG	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	450	280	166	128	125	124	123	123	123	123	122	119	99	81	64	49	35	24	—	—	—	—	—

表 4 锅炉常用钢管的许用应力(续)

材料牌号	材料标准	热处理 状态	屈服强度 MPa		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa																	备注			
			R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625		650	675	700
			$\frac{W}{W}$	$\frac{W}{W}$																					
12Cr1MoVG	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	470	255	170	165	162	159	156	153	150	146	143	141	137	123	97	73	53	37	—	—	—	—	—
12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	正火+回火	540	345	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	196	164	134	108	83	61	—	—	—	—	—
07Cr2MoW2VNbB	GB/T 5310	正火+回火	510	400	188	188	188	188	188	188	188	188	180	164	147	128	110	89	71	53	—	—	—	—	—
12Cr3MoVSrTiB	GB/T 5310	正火+回火	610	440	225	225	225	225	225	225	225	225	225	204	172	140	113	90	69	52	—	—	—	—	—
10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	585	415	216	216	216	216	216	216	216	216	216	202	174	147	124	102	81	62	45	30	—	—	—
10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310	正火+回火 油淬+回火	620	440	229	229	229	229	229	229	229	229	229	229	213	181	151	124	100	75	54	37	—	—	—
07Cr19Ni10	GB/T 5310	固溶处理	515	205	136	136	136	130	122	116	111	107	105	103	101	99	97	95	78	64	52	42	33	27	*
					136	113	103	96	90	86	82	79	78	76	75	73	72	70	69	64	52	42	33	27	—
07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	固溶处理	515	205	136	136	136	136	135	128	122	119	117	115	114	113	112	93	75	59	46	37	29	23	*
					136	123	114	107	100	95	91	88	87	85	85	84	83	82	75	59	46	37	29	23	—
07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	固溶处理	520	205	136	136	136	136	136	135	131	127	126	125	125	125	122	120	108	88	70	55	42	32	*
					136	126	118	111	105	100	97	94	93	93	93	93	91	89	88	87	70	55	42	32	—
08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	固溶处理	550	205	136	136	136	136	136	136	133	130	128	127	126	124	123	122	120	106	85	66	51	39	*
					136	123	116	111	106	102	99	96	95	94	93	92	91	90	89	88	85	66	51	39	—
10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	固溶处理	590	235	156	156	156	156	153	148	143	140	137	135	133	131	130	119	111	102	89	78	61	47	*
					156	135	126	119	113	109	106	103	102	100	99	97	96	95	93	92	89	78	61	47	—
07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	固溶处理	655	295	196	196	196	188	180	174	170	166	164	162	160	158	155	153	132	107	90	69	54	41	*
					196	163	149	139	133	129	126	123	121	120	118	117	115	113	110	107	90	69	54	41	—

* 该许用应力仅适用于允许产生微量永久变形的元件,对于有微量永久变形就引起泄漏或故障的情况不应采用。

表 5 锅炉用锻件适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	壁温 ℃
20	NB/T 47008	≤5.3*	≤430
25	GB/T 699		
16Mn	NB/T 47008	≤5.3*	≤430
12CrMo	NB/T 47008	不限	≤550
15CrMo			≤550
14Cr1Mo			≤550
12Cr2Mo1			≤575
12Cr1MoV			≤565
10Cr9Mo1VNbN			≤620
10Cr9MoW2VNbBN			≤630
S30408(06Cr19Ni10)			NB/T 47010	不限	≤670
S32169(07Cr19Ni11Ti)	≤670		
* 不与火焰接触时,工作压力不限。			

表 6 锅炉常用锻件许用应力

材料牌号	材料标准	热处理状态	公称厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(°C)下的许用应力 MPa																	备注				
				R_m N/mm ²	$R_{p0.2}$ N/mm ²	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625		650	675	700	
20	NB/T 47008	正火	≤100	410	235	152	140	133	124	111	102	93	86	83	61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			>100~200	400	225	148	133	127	119	107	98	89	82	80	61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			>200~300	380	205	137	123	117	109	98	90	82	75	73	61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16Mn	NB/T 47008	正火 正火+回火	≤100	480	305	178	178	167	150	137	123	117	110	93	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			>100~200	470	295	174	174	163	147	133	120	113	107	93	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			>200~300	450	275	167	167	157	143	130	117	110	103	93	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15CrMo	NB/T 47008	正火+回火	≤300	480	280	178	170	160	150	143	133	127	120	117	113	110	88	58	37	—	—	—	—	—	—	—	
			>300~500	470	270	174	163	153	143	137	127	120	113	110	107	103	88	58	37	—	—	—	—	—	—	—	
14Cr1Mo	NB/T 47008	正火+回火	≤300	490	290	181	180	170	160	153	147	140	133	130	127	122	80	54	33	—	—	—	—	—	—	—	
			>300~500	480	280	178	173	163	153	147	140	133	127	123	120	117	80	54	33	—	—	—	—	—	—	—	
12Cr2Mo1	NB/T 47008	正火+回火	≤300	510	310	189	187	180	173	170	167	163	160	157	147	119	89	61	46	37	—	—	—	—	—	—	
			>300~500	500	300	185	183	177	170	167	163	160	157	153	147	119	89	61	46	37	—	—	—	—	—	—	
12Cr1MoV	NB/T 47008	正火+回火	≤300	470	280	174	170	160	153	147	140	133	127	123	120	117	113	82	59	41	—	—	—	—	—	—	
			>300~500	460	270	170	163	153	147	140	133	127	120	117	113	110	107	82	59	41	—	—	—	—	—	—	
10Cr9Mo1VNbN	NB/T 47008	正火+回火	≤300	585	415	216	216	216	216	198	198	194	188	183	177	169	161	131	102	81	62	45	29	—	—		
10Cr9MoW2VNbBN	NB/T 47008	正火+回火	≤300	620	440	229	229	229	229	229	229	229	229	229	229	213	181	151	124	100	75	54	37	—	—		
S30408(06Cr19Ni10)	NB/T 47010	固溶处理	≤300	500	205	137	137	137	130	122	116	111	107	105	103	101	99	97	95	78	64	52	42	33	27	*	
			≤300	500	205	137	113	103	96	90	86	82	79	78	76	75	73	72	70	69	64	52	42	33	27	—	
S32169 (07Cr19Ni11Ti)	NB/T 47010	固溶处理	≤300	500	205	137	137	137	137	135	128	122	119	117	115	114	113	112	93	75	59	46	37	29	23	*	
			≤300	500	205	137	123	114	107	100	95	91	88	87	85	85	84	83	82	75	59	46	37	29	23	—	

* 该许用应力仅适用于允许产生微量永久变形的元件,对于有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合不能采用。

锅炉铸钢件适用范围见表 7。

表 7 锅炉铸钢件适用范围

钢的种类	钢号	标准编号	适用范围	
			工作压力 (MPa)	金属壁温 (°C)
碳素钢	ZG200-400	JB/T9625	≤5.3	≤430
	ZG230-450	JB/T9625	不限	≤430
合金钢	ZG20CrMo			≤510
	ZG20CrMoV			≤540
	ZG15Cr1Mo1V	≤570		

铸钢件的材料质量系数取 0.8

铸钢件的许用应力见表 8

表 8 锅炉常用铸钢许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	公称厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa														
				R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	
ZG200-400	JH/T 9625	正火	≤100	400	200	80	75	75	75	75	68	65	61	—	—	—	—	—	—	—
ZG230-450	JH/T 9625	正火	≤100	450	230	90	84	84	84	84	77	73	69	65	44	—	—	—	—	—
ZG20CrMo	JH/T 9625	正火+回火	≤100	480	245	92	88	88	88	88	88	83	80	79	77	75	45	31	—	—
ZG20CrMoV	JH/T 9625	正火+回火	≤100	490	315	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	82	48	29

6.5 铸铁件

6.5.1 铸铁件的适应范围应符合表 9 的规定。

表 9 铸铁件的通用范围

材料种类	材料牌号	材料标准	适用范围		
			附件公称通径 mm	工作压力 MPa	温度 ℃
灰铸铁	HT150 HT200 HT250 HT300 HT350	GB/T 9439	≤300	≤0.8	≤230
			≤200	≤1.6	
可锻铸铁	KTH300-06 KTH330-08 KTH350-10 KTH370-12	GB/T 9440	≤100	≤1.6	≤300
球墨铸铁	QT400-18 QT450-10	GB/T 1348	≤150	≤1.6	≤300
			≤100	≤2.5	

6.5.2 铸铁的许用应力列于表 10。

表 10 锅炉常用铸铁许用应力

材料牌号	材料标准	热处理 状态	公称厚度 mm	室温强度 MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 MPa					
				R_m ≥	$R_{p0.2}$ ≥	20	100	150	200	250	300
HT150	GB/T 9439	退火	—	150	—	15	15	15	15	15	—
HT200			—	200	—	20	20	20	20	20	—
HT250			—	250	—	25	25	25	25	25	—
HT300			—	300	—	30	30	30	30	30	—
HT350			—	350	—	35	35	35	35	35	—
KTH300-06	GB/T 9440	退火	—	300	—	30	30	30	30	30	30
KTH330-08			—	330	—	33	33	33	33	33	33
KTH350-10			—	350	—	35	35	35	35	35	35
KTH370-12			—	370	—	37	37	37	37	37	37
QT400-18	GB/T 1348	球化退火	≤30	400	250	50	50	50	50	50	50
			>30~60	390	250	49	49	49	49	49	49
			>60~200	370	240	46	46	46	46	46	46
QT450-10	GB/T 1348	球化退火	≤30	450	310	56	56	56	56	56	56
			>30~60	420	280	53	53	53	53	53	53
			>60~200	390	260	49	49	49	49	49	49

7.3 紧固件

7.3.1 锅炉用紧固件用钢的适用范围应符合表 15 的规定,当用于火力发电锅炉时紧固件用钢的使用温度还应符合 DL/T 439 的要求。

表 15 紧固件用材料的适用范围

材料牌号	材料标准	适用范围	
		工作压力 MPa	使用温度 ℃
Q235(B,C,D)	GB/T 700	≤1.6	≤350
20	GB/T 699	不限	≤350
25			≤350
35			≤420
40Cr	GB/T 3077	不限	≤450
15CrMo	GB/T 3077	不限	≤550
12Cr1MoV	GB/T 3077	不限	≤565
30CrMo	GB/T 3077	不限	≤500
35CrMo(A)	GB/T 3077,DL/T 439	不限	≤500
25Cr2MoVA	DL/T 439	不限	≤510
25Cr2Mo1VA			≤550
20Cr1Mo1VNbTiB			≤570
20Cr1Mo1VTiB			≤570
20Cr13	GB/T 1220	不限	≤450
30Cr13			≤450
12Cr18Ni9			≤610
06Cr19Ni10	GB/T 1221	不限	≤610

7.3.2 承压元件的紧固件用材料的许用应力应按 GB/T 16507.1 的规定来确定。

7.3.3 表 15 未列入的 GB/T 150.2 中的碳素钢和合金钢用作螺柱、螺母等锅炉紧固件时,其适用范围可按照 GB/T 150.2 的相关规定。

8 钢结构用材料

锅炉钢结构用钢为 GB/T 700、GB/T 1591、GB/T 3077 和 GB/T 5313 规定的材料。

9 焊接材料

9.1 一般要求

焊接材料的采购、标识、组批、质量证明、复验等应符合 NB/T 47018.1 的要求,保管和运输符合 JB/T 3223 的要求。

9.2 钢焊条

钢焊条为 NB/T 47018.2、GB/T 983、GB/T 984、GB/T 5117、GB/T 5118 和 GB/T 32533 规定的材料。

9.3 气体保护电弧钢焊丝和填充丝

气体保护电弧钢焊丝和填充丝为 NB/T 47018.3、GB/T 8110、GB/T 29713、YB/T 5092、GB/T 5293、GB/T 10045、GB/T 12470、GB/T 14957、GB/T 17493 规定的材料。

9.4 埋弧焊钢焊丝和焊剂

埋弧焊钢焊丝和焊剂为 NB/T 47018.4、GB/T 5293、GB/T 12470 和 GB/T 17854 规定的材料。

9.5 堆焊用不锈钢焊带和焊剂

堆焊用不锈钢焊带和焊剂为 NB/T 47018.5 规定的材料。

4、低温钢

一般低温指小于-29~-196℃范围内，小于-196~-269℃为超低温范围。石化企业规定低于-20℃就算低温。一般碳素钢、低合金钢、铁素体钢在低温下韧性急剧下降，脆性上升，这种现象称材料的冷脆现象。为了保证材料的使用性能，不仅要求材料在常温时有足够的强度、韧性、加工性能以及良好的焊接性能，而且要求材料在低温下也具有抗脆化的能力。另外材料在低温时会发生收缩，各个零件收缩率不同是致使某些密封部位发生泄漏的原因。此外，奥氏体不锈钢在马氏体转变温度时，部分奥氏体转变成马氏体而引起体积变化导致阀门泄漏也是一个重要原因。因此，要研究阀门各部位零件的材料、结构特点以防止低温时产生间隙而泄漏。

4.1 常用气体的液化温度

几种常用气体的液化温度（一个大气压下的沸点）见表 1-8

表 1-8 常用气体的液化温度

液化气体	沸点℃	液化气体	沸点℃
氨	-33.4	液化天然气	-161.2
丙烷	-45	甲烷	-163
丙烯	-47.7	氧	-183
硫化碳酰	-50	氩	-186
硫化氢	-59.5	氟	-187
二氧化碳	-78.5	氮	-195.8
乙炔	-84	氖	-246
乙烷	-83.3	氙	-249.6
乙烯	-104	氢	-252.8
氦	-151	氪	-269

4.2 美国标准的低温铸钢、锻钢

适用于低温下的钢材要求在低温下有足够的韧性，衡量其韧性的指标是在低温下的冲击能量，不同类型（或牌号）的低温钢适用于不同的低温温度。低温阀门按适用的温度划分，分为-46℃、-70℃、-101℃、-196℃四个等级，不同温度等级的阀门所选用的钢材必须在其所适用的温度下达到标准规定的冲击能量才是安全可靠的。

4.2.1 美国标准的低温铸钢（铸件）

美国低温铸钢采用的标准是 ASTM A 352《低温受压零件用铁素体和马氏体铸件技术规范》。该标准规定的材料牌号、适用温度及冲击能量要求见表 1-8 和表 1-9。

表 1-8 低温铸钢件材料牌号和适用温度

类型	C	C	C-Mn	C-Mo	2.5Ni	C-Cr-Mo	3.5Ni	4.5Ni	9Ni	Cr-Ni-Mo
牌号	LCA	LCB	LCC	LC1	LC2	LC2-1	LC3	LC4	LC9	CA6NM
适用温度℃	-32	-46	-46	-59	-73	-73	-101	-115	-196	-73

表 1-9 低温铸钢件材料夏比 V 型切口冲击能量要求

牌号	LCA	LCB	LCC	LC1	LC2	LC2-1	LC3	LC4	LC9	CA6NM
试验温度℃	-32	-46	-46	-59	-73	-73	-101	-115	-196	-73
两个试样的最小值和三个试样的最小平均值 英尺每磅（焦耳）	13 (18)	13 (18)	15 (20)	13 (18)	15 (20)	30 (41)	15 (20)	15 (20)	20 (27)	20 (27)
单个试样最小值 英尺每磅（焦耳）	10 (14)	10 (14)	12 (16)	10 (14)	12 (16)	25 (34)	12 (16)	12 (16)	15 (20)	15 (20)

ASTM A 352 中共有十个低温铸钢牌号，其中最常用的三个牌号分别是用于-46℃的 LCB、LCC，用于的-101℃的 LC3。对于低于-101℃以下至-196℃的工况条件下一般采用奥氏体钢铸件，如 CF8、CF8M，其低温冲击能量要求在 JB/T 7749《低温阀门技术条件》中规定，在试验温度为-196℃条件下夏比 V 型切口冲击能量三个试样最小平均值为 20~27 牛顿每米（焦耳），三个试样中一个试样的最小值为 10~20 牛顿每米（焦耳）。

4.2.2 美国标准的低温锻钢（锻件）材料

美国低温锻钢采用的标准是 ASTM A 350《要求进行缺口韧性试验的管道部件用碳素钢与低合金钢锻件技术规范》，该标准规定的材料牌号，适用温度及冲击能量要求见表 1-10。

表 1-10 低温锻件材料牌号适用温度、夏比 V 型切口冲击能量

牌 号	LF1	LF2	LF3	LF5	LF6	LF9	LF787
适用温度℃	-29	-46	-101	-59	-51	-73	-73
试验温度℃	-29	-46	-101	-59	-51	-73	-73
三个试样的最小平均冲击能量 英尺每磅（焦耳）	13 (18)	15 (20)	15 (20)	15 (20)	15 (20)	13 (18)	15 (20)
单个试样的最小平均值 英尺每磅（焦耳）	10 (14)	12 (16)	12 (16)	12 (16)	12 (16)	10 (14)	12 (16)

ASTM A 350 中共有七个低温锻钢牌号，其中两个最常用的牌号分别是用于-46℃的 LF2 和用于-101℃的 LF3。对于-101℃以下至-196℃工况条件下一般采用奥氏体钢锻件，如 F304、F316。

4.3 中国低温阀门用的低温钢铸件和锻件材料

我国低温铸钢（铸件）材料采用的标准是 JB/T 7248《阀门用低温钢铸件技术条件》，该标准中只规定了 LCB、LC1、LC2、LC3 四个牌号，等同采用 ASTM A 352 中相应牌号与要

求。至于低温钢锻件目前尚无阀用低温钢锻件的标准，因此锻造的低温阀门其材料可直接采用 ASTM A 350 中的材料及技术要求。

4.4 低温冲击试验

由于钢材在低温下韧性降低，特别是用铁素体钢如 LCA、LCB、LCC、LC3 等制造的低温阀门承压件，在低温下有明显的低温脆性，若在低温下使用，必须达到一定的韧性指标才能使用。因此，这些材料要进行最低使用温度下的冲击试验，其试验方法按 GB/T 4159《金属低温夏比冲击试验方法》或 ISO 148《钢-夏比冲击试验（V 型切口）》或 ASTM A 370《钢制品机械测试的标准试验方法和定义》的规定。有的产品标准规定（如 API 6D）所有用于设计温度低于-29℃的碳钢、低合金钢承压部件都应按 ISO 148 或 ASTM A 370 进行 V 型切口的冲击试验。

4.5 深冷处理

深冷处理是减少材料由于温差和在低温下金相组织改变而产生变形，从而提高阀门在低温时的密封性能的一种处理方法。深冷处理的方法是将被处理的零件放入冷却介质中保温一定时间，然后取出，当零件温度升至室温后再重复进行一次处理。一般用于-101℃以下的阀门，主要零件在精加工前（如密封面研磨前）对阀体、阀盖、闸板（阀瓣）、阀杆、紧固件等进行低于工作温度下的深冷处理。对于-101℃以上的低温阀门，当合同规定要作深冷处理时则也应按要求作深冷处理。

第二节 钢制阀门的内件材料

内件主要是指阀门关闭件的密封面和阀杆、衬套（上密封座），在国外常以 trim 表示内件。

内件材料的选用原则是根据主体材料的情况、介质特性、结构特点以及零件所起的作用、受力情况综合考虑的。对于常规的通用阀门在标准已规定了内件材料或规定了几种材料由设计者根据具体情况选用。对于一些有特殊要求的阀门，如高温、高压、介质有腐蚀等工况条件，则需按工况条件选择内件材料。

1、关闭件密封面材料

关闭件即闸板（阀瓣）、阀座。关闭件和阀座的密封面是阀门的主要工作面之一，材料选择是否合理以及它的质量状况直接影响阀门的功能和使用寿命。

1.1 关闭件和阀座密封面的工作条件

由于阀门用途十分广泛，因此阀门密封面的工作条件差异很大。压力可以从真空到超高压，温度可以从 -269°C 到 816°C ，有些工作温度可达 1200°C ，工作介质从非腐蚀介质到各种酸碱等强腐蚀性介质。从密封面的受力情况来看，它受挤压和剪切。从磨擦学的角度来看，有磨拉磨损、腐蚀磨损、表面疲劳磨损、冲蚀等等。因此，应该根据不同的工作条件选择相适应的密封面材料。

（1）磨粒磨损

磨粒磨损是指粗糙的硬表面在软表面上滑动时出现的磨损。硬材料压入较软的材料表面，在接触表面就会划出一条微小的沟槽，此沟槽所脱落的材料以碎屑或疏松粒子的形式被推离物体的表面。

（2）腐蚀磨损

金属表面腐蚀时产生一层氧化物，这层氧化物通常覆盖在受到腐蚀作用的部位上，这样就能减慢对金属的进一步腐蚀。但是，如果发生滑动的话，就会清除掉表面的氧化物，使裸露出来的金属表面受到进一步的腐蚀。

（3）表面疲劳磨损

反复循环加载和卸载会使表面或表面下层产生疲劳裂纹，在表面形成碎片和凹坑，最终导致表面的破坏。

（4）冲蚀

材料的损坏是由锐利的粒子冲撞物体而产生的，它与磨粒磨损相似，但表面很粗糙。

（5）擦伤

擦伤是指密封面相对运动的过程中，材料因摩擦引起的破坏。

1.2 对密封面材料的要求

理想的密封面要耐腐蚀、抗冲蚀、耐擦伤、有足够的挤压强度、在高温下有足够的抗氧化性和抗热疲劳性、密封面与本体有相近的线膨胀系数、有良好的焊接性能与加工性能。

上述的这些对密封面材料的要求只是个理想状态,不可能有这样十全十美的材料。因此,选材要视具体情况解决主要矛盾。

1.3 密封面材料的种类

常用的密封面材料分为两大类:软质材料和硬质材料。软质材料为各种橡胶、尼龙、氟塑料等。硬质材料为各种金属和合金。

1.3.1 软质材料

通用阀门密封面常用的软质材料为各种橡胶、尼龙、氟塑料等。见表 2-1

表 2-1 通用阀门密封面常用的软质材料

序号	名 称	代 号	适用温度℃	适用 介 质
1	天然橡胶	NR	-50~80	盐类、盐酸、金属涂层溶液、水、湿氯气
2	氯丁橡胶	CR	-40~80	动物油、植物油、无机润滑油、及 PH 值变化很大的腐蚀性泥浆
3	丁基橡胶	IIR	-30~100	抗腐蚀、抗磨损、耐绝大多数无机酸和酸液
4	丁腈橡胶	NBR	-30~90	水、油品、废液等
5	乙丙橡胶 (三元乙丙橡胶)	EPDM (EPM)	-40~120	盐水、40%硼水、5%~15%硝酸及氯化钠等
6	氯磺化聚乙烯合成橡胶	CSM	-20~100	耐酸性好
7	硅橡胶	SI	-70~200	耐高温、低温、电绝缘性好、化学惰性大
8	氟橡胶	FPM (Viton)	-23~200	耐介质腐蚀优于其它橡胶,抗辐射、耐酸
9	聚四氟乙烯	PTFE (TFE)	-196~200	耐热、耐寒性优,耐一般化学药品溶剂和几乎所有液体
10	可溶性聚四氟乙烯	PFA Fs-4100	≤180	多种浓度硫酸,氢氟酸、王水,高温浓硝酸,各种有机酸,强碱等
11	聚全氟乙丙烯	FEP (F46)	≤150	高温下有极好的耐化学性、耐阳光、耐候性
12	聚偏氟乙烯	PVDF (F2)	-40~150	耐化学性能很好,耐阳光和耐候性极好是强度最高和最硬的氟塑料
13	聚三氟氯乙烯	PCTFE (F3)	≤190	耐化学性能很好,耐阳光和耐候性极好,可在 198℃下连续使用,强度和硬度比 F46 和 PTFE 高
14	聚烯烃	PO	≤100	耐各种浓度的酸、碱、盐、及某些有机溶剂的腐蚀、耐冲蚀、防静电、无毒
15	聚丙烯	PP	-70~100	耐化学性能和耐应力开裂性能极好,耐候性差
16	聚醚醚酮	PEEK	-46~300	是一种有优异力学性能和耐化学品的高强度耐高温树脂、有出色的耐磨性和尺寸

				稳定性用于阀门密封件
17	对位聚苯	PP1	≤300	基本同聚四氟乙烯
18	尼龙（聚酰胺）	NYLON	≤80	耐碱、氨

注：(1)表中的适用温度是推荐性的安全使用温度，根据密封面结构和受力的不同适用温度也不尽相同。

(2)表中的适用温度范围是这类产品的一般范围，每种产品都有多种牌号，适用温度也不尽相同。此外，使用场合不同推荐的使用温度范围也不同。

(3)表中的名称是这类材料的统称，每种都有几个牌号，性能也不一样，如尼龙就有尼龙 1010、尼龙 6、尼龙 66 等等。丁腈橡胶有丁腈 18、丁腈 26、丁腈 40 等，选用时要注意不同牌号的性能。

(4)氟塑料具有冷流倾向，即应力达到一定值时开始流动，例如聚四氟乙烯如果在结构上没有考虑保护措施，在一定应力下即会流动、失效。

(5)表中的推荐适用的介质范围也是笼统的，应用时要查这些材料与某种介质的相容性数据。

1.3.2 硬质材料

硬质材料的密封面主要是各种金属如铜合金、不锈钢、硬质合金等。

1.3.2.1 铜合金

JB/T 5300《通用阀门 材料》中规定的灰铸铁阀、可锻铸铁阀，球墨铸钢阀的铜合金密封面材料牌号有：铸铝黄铜 ZCuZn25Al6Fe3Mn3、铸锰黄铜 ZCuZn38Mn2Pb2、铸铝青铜 ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2，当然还有其它牌号如 H62、巴氏合金（ZChPbSb16-16-2 铅铋轴承合金）等。铜合金在水或蒸汽中的耐腐蚀性和耐磨性都较好，但强度低，不耐氨和氨水腐蚀，适用介质温度≤250℃。但巴氏合金耐氨及氨水腐蚀、熔点低，强度低，适用于温度≤70℃，PN1.6MPa 氨阀。

1.3.2.2 铬不锈钢

铬不锈钢有较好的耐腐蚀性，常用于水、蒸汽、油品等非腐蚀性介质，温度-29~425℃的碳素钢阀门。但铬不锈钢耐擦伤性能较差，特别是在大比压的情况下使用很易擦伤。试验表明比压在 20MPa 下耐擦伤较好。对于高压小口径阀门常采用棒材或锻件其牌号为 1Cr13、2Cr13、3Cr13 制作的整体阀瓣，密封面经表面淬火(或整体淬火)，其硬度值对 2Cr13 HRC41~47、3Cr13 HRC 46~52 为宜。国外标准中，如 API 600、BS 1873 中对 Cr13 型密封面的硬度要求为最小 HB 250 硬度差至少 HB 50，材料牌号为 ASTM A 182 F6a。对于大口径阀门其密封面往往采用堆焊，下面介绍几种堆焊焊条。

① D507 符合 GB EDCr-A1-15 堆焊金属为 1 铬 13 半铁素体高铬钢。焊层有空淬特性，一般不需热处理，硬度均匀，亦可在 750~800℃退火软化。当加热至 900~1000℃空冷或油淬后可重新硬化。焊前须将工件预热至 300℃以上，焊后空冷 HRC≥40。焊后如进行不同热处理可获得相应硬度。

② D507Mo 符合 GB EDCrA2-15 堆焊金属为 1 铬 13 半铁素体高铬钢，有空淬特性，焊

前不预热，焊后不处理，焊后空冷 HRC \geq 37。

③ D577 铬锰型阀门，堆焊焊条符合 GB EDCrMn-C-15，焊前不预热，焊后不处理，抗裂性好，HRC \geq 28，与 D507Mo 配合使用。

说明：（1）D507Mo 和 D577 两种焊条是为了代替 Cr13 型焊条，堆焊有硬度差的阀门密封面而配套研制的。D507Mo 堆焊金属硬度较高，用于闸板；D577 堆焊金属硬度较低，用于堆焊阀体或阀座密封面。两者组成的密封面可获得良好的抗擦伤性能。

（2）堆焊层的高度加工后应在 5mm 以上，以保证硬度和成分稳定。

（3）堆焊要按焊接工艺规定操作，焊接电流不可过大以防止焊条成分发生变化影响焊接质量。

1.3.2.3 硬质合金

硬质合金分为铁基合金、镍基合金和钴基合金三大类。最常用的是钴基硬质合金也称钴铬钨硬质合金。它的特点是耐腐蚀、耐磨、抗擦伤，特别是红硬性好，即在高温下也能保持足够的硬度，此外加工工艺性适中，其许用比压 80~100MPa，国外资料介绍 155MPa。适用温度范围-196℃~650℃，特殊场合可达 816℃。但是，它在硫酸、高温盐酸中不耐腐蚀。在一些氯化物中也不耐腐蚀。

（1）钴基硬质合金电焊条

常用牌号：STELLITE NO. 6 符合 AWS ECoCr-A、GB EDCoCr-A-03，也相当 D802，焊前根据工件大小进行 250~400℃预热，焊时控制层间温度 250℃，焊后 600~750℃保温 1~2 小时后随炉缓冷或将工件置于干燥和预热的沙缸或草灰中缓冷。焊后其常温硬度 HRC 40~46。D802

其它牌号还有 STELLITE NO. 12 符合 AWS ECoCr-B、GB EDCr-B-03，也相当 D812，焊后其常温硬度 HRC \geq 45~50。D812

（2）钴基硬质合金焊丝

钴基硬质合金还有焊丝，可以进行氧—乙炔堆焊或钨极氩弧焊，牌号：STELLITE NO. 6 焊丝符合 AWS：RCoCr-A 也相当 HS 111，常温硬度 HRC 40~46；STELLITE NO. 12 符合 AWS：RCoCr-B 也相当 HS 112，常温硬度 HRC 45~50。

硬质合金（钴基）焊接都要对工件预热，焊时控制层间温度焊后处理，要根据焊接工艺或焊条说明书施焊。

1.3.2.4 等离子喷焊密封面

等离子喷焊用的是合金粉末，类型有铁基合金粉末、镍基合金粉末和钴基合金粉末。喷粉有许多优点，省材料、质量好，但需要设备投资。

1.3.2.5 表面处理后作密封面

有些阀类的关闭件不能堆焊，如球阀的球体。如果是 Cr 不锈钢制的球体可通过热处理来提高表面硬度，如果是奥氏体钢制作的球体由于其表面很软就要用表面处理的方法来提高

表面硬度，在提高硬度的同时还要考虑处理后表面的耐蚀性。

常用的表面处理办法有：镀硬铬、化学镀镍、镀镍磷合金、氮化、多元复合氮化、喷涂等。

1.3.2.6 不锈钢密封面

不锈钢密封面大多为以本体材料作密封面，即 304 或 CF8 的阀体在其上直接作出密封面，除了 304、CF8 外还有 316、CF8M、304L、CF3、316L、CF3M、FA20、CN7M 等。

1.3.2.7 其它密封面材料

其它密封面材料见表 2-2。

表 2-2 其它密封面材料

材 料	适用温度℃	硬 度 HRC	适用介质
K-蒙乃尔 (CuFeAlNi)	-240~482	27~35	碱盐、食品稀酸、氯化物
S-蒙乃尔 (CuMnSiNi)	-240~482	30~38 649℃时 HRC 35	同上
哈氏合金 B	≤371	14	盐酸、湿 HCl 气、硫酸、磷酸
哈氏合金 C	≤538	23	强氧化性介质、盐酸、氯化物
20 号合金	-45.6~316		氧化性介质、各种浓度硫酸
17-4PH	-40~425	40~45	有轻微腐蚀冲蚀场合
440C (11Cr17)	-29~425	50~60	非腐蚀性介质

1.4 阀门密封面焊接材料牌号和使用范围

阀门密封面的材料根据其焊接的方法不同，可用电焊条、焊丝、喷焊粉末对阀门密封面进行堆焊各种焊接材料，见表 2-3。

表 2-3 NB/T47044-2014 《电站阀门》

型号	牌号	标准	焊层硬 度 HRC	加工后净 高度 mm	应用范围	焊接方法
EDCr-A1-03	D502	GB/T 984	≥40	通用阀门 ≥3	PN≤20MPa t≤450℃	手工电弧 焊
EDCr-A1-15	D507		≥37		PN≤20MPa t≤510℃	
EDCr-A2-15	D507Mo		≥45		PN≤30MPa t≤450℃	
EDCr-B-03	D512		≥28	电站阀门 ≥4	PN≤20MPa t≤510℃	
EDCrMn-C-15	D577		HB270~ 320	PN≤30MPa t≤570℃		
EDCrNi-A-15	D547		≥37	PN≤35MPa t≤600℃		
EDCrNi-B-15	D547Mo					

EDCoCr-A-03	D802 STELLITE NO. 6	GB/T 984 相 当 AWS ECoCr-A	≥40	通用阀门 ≥2 电站阀门 ≥4	PN≤60MPa t≤670℃	
EDCoCr-B-03	D812 STELLITE NO. 12	GB/T 984 相 当 AWS ECoCr-B	≥44			
钴基 焊丝	HS111 (Co106)	相当 AWS RCoCr-A	40~46	≥2	PN≤60MPa t≤670℃	手工氩弧 焊或手工 氧乙炔焊
	HS112 (Co104)	相当 AWS RCoCr-B	45~50			
镍基 焊丝	Grade4		36~45		PN≤80MPa t≤700℃	手工氩弧 焊或手工 氧乙炔焊 (哈阀)
	Grade5		46~54			
	ERNiCr-A AWS5. 21-2011		39				手工氩弧 焊或手工 氧乙炔焊 (上阀)
钴基 粉末	PT2101	GB/T 7744	40~45		PN≤80MPa t≤700℃	等离子弧 焊
	PT2103		45~50			
镍基 粉末	PT1101		40~45			
	PT1102		45~50			
铁基 粉末	PT3108		40~50			
	PT3109		36~45			

关于核电阀门密封面堆焊问题，我请教了中广核的核电阀门专家，一代、二代核电技术对阀门密封面没有要求，三代核电对阀门密封面材料提出了要求：一般不允许采用钴基硬质合金作为阀门密封面材料，原因是钴基硬质合金可能会二次激活，造成放射性污染。所以，核电阀门密封面应避免采用堆焊钴基硬质合金，而采用堆焊非钴合金，一般采用镍基硬质合金，具体采用哪种型号的，根据阀门硬度要求确定。

GB/T 15620—2008 镍及镍合金焊丝

GB/T 13814—2008 镍及镍合金焊条

以下是哈电阀门选用镍基合金焊丝

TABLE III: NICKEL BASE ALLOYS

1 CHEMICAL COMPOSITION OF THE GRADES USED

1.1 CASE OF RODS AND METAL POWDER (analysis on the product or metal deposited out of dilution)

ELEMENTS %	Ni	Fe	Co	Cr	C	B	Si
grade 4	balance	1.0 to 3.5	≤ 1.5	6.5 to 14.0	0.20 to 0.60	1.5 to 3.0	1.2 to 4.0
grade 5	balance	2.0 to 5.0	≤ 1.5	9.5 to 16.0	0.30 to 0.80	2.0 to 4.0	3.0 to 5.0

2 HRC HARDNESS VALUES

grade 4	36 - 45
grade 5	46 - 54

哈电阀门选用镍基合金焊丝

以下是上海阀门厂有限公司选用镍基合金焊丝



WEARTECH INTERNATIONAL, INC.
 A Lincoln Electric Company
 1177 N. Grove Street
 Anaheim, CA 92806 U.S.A.
 P: 714.683.2430 F: 714.683.2500

IDENTIFIED MATERIALS TEST REPORT

DATE: 4/10/2019

CUSTOMER PO# 12-D-19-03
 XBLE-WT1902

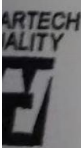
TO: SHANGHAI XINBEI INDUSTRY TRADE CO LTD
 ROOM 402 BUILDING 15
 NO. 228 JIANGCHANGSAN ROAD
 SHANGHAI 200436
 CHINA

PART NUMBER	QTY	UoM	PRODUCT DESCRIPTION	DESCRIPTION
E2400-320X015	50	KG	WT-40 3.2mm X 36" BARE CAST ROD	

NUMBER: 19-0220

%C	%Mn	%Si	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo
0.39	<0.01	2.87	0.018	0.007	10.20	82.00	0.02
%W	%Fe	%B	%Co	%N	%Al	%Ti	%Ta
<0.01	2.78	1.680	0.06	-	-	-	-
%Nb	%Re	%Hf	%V	%O	%TAO		
-	-	-	-	-	<0.50		
TENSILE STRENGTH (ksi)	YIELD STRENGTH (ksi)	ELONGATION 4D		Rc HARDNESS			
		49		39			

INFORMATION:
 ALL CONFORMS TO AWS A5.21-2011, ERNiCr-A



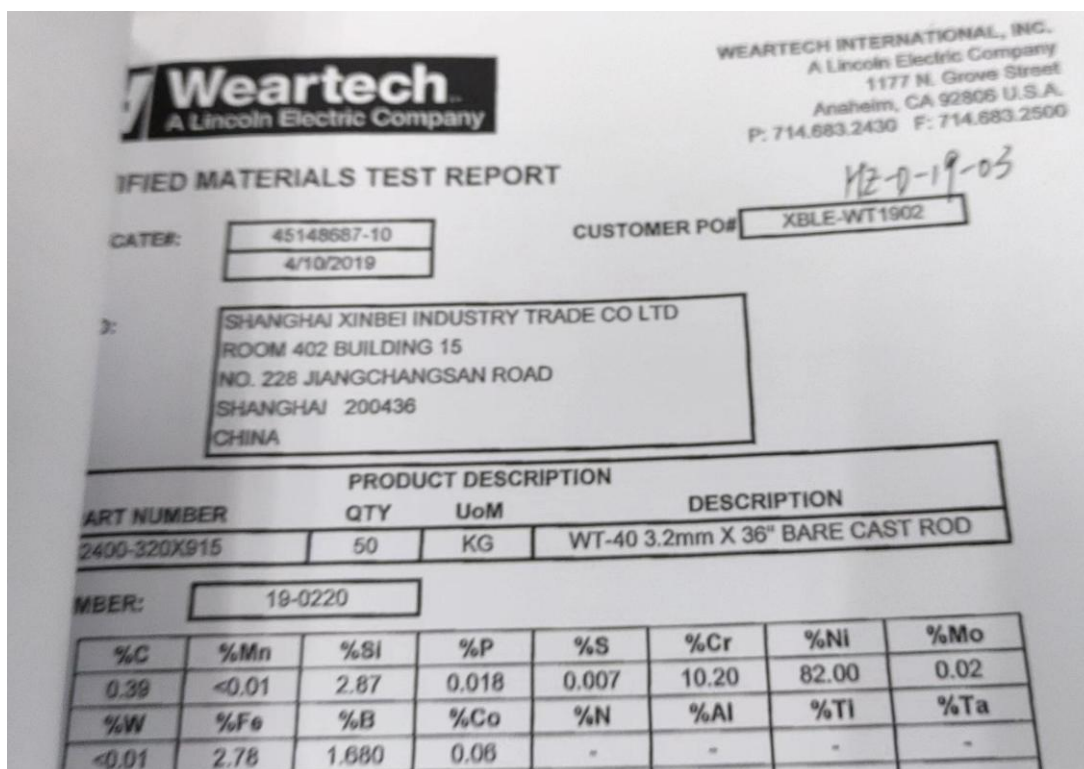
I CERTIFY THE CHEMICAL ANALYSIS AND PHYSICAL OR MECHANICAL TEST RESULTS REPORTED ABOVE MEET THE SPECIFICATIONS ON THE DESCRIBED MATERIAL AND ARE CORRECT AS CONTAINED IN THE RECORDS OF THE COMPANY.

REPRESENTATIVE



贾纪

上海阀门厂有限责任公司用镍基合金焊丝 (1)



上海阀门厂有限责任公司用镍基合金焊丝 (2)

2、阀杆与闸板（阀瓣）、阀座的材料组合

阀杆材料与闸板（阀瓣）、阀座的密封面材料定义为内件（trim）材料。常用的内件材料组合见表 2-4，API 600《石油和天然气工业用阀盖螺栓连接的钢制闸阀》规定的内件材料组合见表 2-5。

表 2-4 常用的内件材料组合

阀杆材料	密封面材料	阀杆材料	密封面材料
13Cr	13Cr/13Cr	321	321/321
13Cr	13Cr/STL	321	321/STL
13Cr	STL/STL	321	STL/STL
13Cr	13Cr/ Monel	1Cr18Ni9Ti	1Cr18Ni9Ti/1Cr18Ni9Ti
17-4PH	STL/STL	1Cr18Ni9Ti	1Cr18Ni9Ti/STL
17-4PH	17-4PH/17-4PH	1Cr18Ni9Ti	STL/STL
Monel	Monel/ Monel	1Cr18Ni12Mo2Ti	1Cr18Ni12Mo2Ti/1Cr18Ni12Mo2Ti

304	304/304	1Cr18Ni12Mo2Ti	1 Cr18Ni12Mo2Ti/STL
304	304/STL	1Cr18Ni12Mo2Ti	STL/STL
304	STL/STL	20 号合金	20 号合金/20 号合金
316	316/316	Hastelloy B	Hastelloy B/ Hastelloy B
316	316/STL	Hastelloy C	Hastelloy C/ Hastelloy C
316	STL/STL	F51	F51/ F51
304L	304L/304L	F51	F51/STL
304L	304L/STL	38CrMoALA	STL/STL
304L	STL/STL	25Cr2Mo1V A	STL/STL
316L	316L/316L	4Cr10Si2Mo	STL/STL
316L	316L/STL	4Cr14Ni14W2Mo	STL/STL
316L	STL/STL	Inconel	Inconel/ Inconel

注：（1）表中所列的材料组合仅是各种材料组合中的一部分，根据工况条件的不同应以使用条件为依据来选材，或根据合同要求确定。

（2）表中 13Cr 表示 Cr13 系不锈钢，如 1Cr13、2Cr13 等。

（3）STL 即 STELLITE（硬质合金如钴基硬质合金等）。

（4）Monel 即蒙耐尔合金，Hastelloy 即哈氏合金。Inconel 即因科镍尔合金。

（5）用斜杠分开的两种材料，阀座密封面材料可选用两种材料之一，闸板（阀瓣）密封面材料为另一种。

表 2-5 API 600 规定的内件材料组合

阀杆材料类型	硬度 HB	密封面		
		密封件号	材料类型	硬度
13Cr	200~275	1	13Cr	≥HB250
		4	13Cr	≥HB750
		5 或 5A	HF	≥HB350
		6	13Cr/NiCu	≥HB750/≥HB175
		7	13Cr/13Cr	≥HB250/≥HB750
		8~8A	13Cr/ HF	≥HB250/≥HB350

18Cr-8Ni	不规定	2	18Cr-8Ni	不规定
25Cr-20Ni		3	25Cr-20Ni	
镍铜合金		9	镍铜合金	
		11 或 11A	镍铜合金/ HF	不规定/ \geq HB350
18Cr-8Ni-Mo		10	18Cr-8Ni-Mo	不规定
		12 或 12A	18Cr-8Ni-Mo/ HF	不规定/ \geq HB350
19Cr-29Ni		13	19Cr-29Ni	不规定
		14 或 14A	19Cr-29Ni/ HF	不规定/ \geq HB350

注：（1）阀杆材料应使用锻件。

（2）13 Cr 类型材料不应使用易切削钢。

（3）密封件号 1 的密封副硬度差 \geq HB50。

（4）密封件号 1 和 4 至 8A 的上密封套表面硬度 \geq HB250。

（5）HF 为 CoCr 或 NiCr，合金词尾 A 适用于 NiCr 合金。

（6）表中斜杠分开的两种材料，阀座密封面可选用两种材料之一，闸板密封面为另一种材料。

第三节 焊接材料

焊接主要应用于阀门密封面的堆焊，铸件缺陷的补焊和产品结构要求焊接的地方。焊接材料的选用与其工艺方法有关，手工电弧焊、等离子喷焊、埋弧自动焊、二氧化碳气体保护焊，所用的材料各不相同。我们这里只介绍最普遍最常用的焊接方法——手工电弧焊所用的各种材料。密封面堆焊材料在第二节内件材料中已有介绍，本章重点介绍铸件补焊，结构焊的手工电弧焊所用的各种电焊条。

1、对焊工的要求

焊工应通过中华人民共和国劳动人事部制订的《锅炉压力容器焊工考试规则》基本知识与操作考试，持有合格证，并在有效期内才可从事焊接作业。

阀门属于压力容器，焊工的技术水平和焊接工艺直接影响产品质量以及安全生产，所以对焊工严格要求是十分重要的，在阀门生产企业中焊接是个特殊工序，特殊工序就要有特殊的手段，包括人员、设备、材料的管理和控制等。

2、对焊条的保管要求

（1）注意环境湿度防止焊条受潮，要求空气中的相对湿度 $< 60\%$ ，并离开地面与墙壁一定距离（约 30cm）。

（2）分清焊条型号，规格不能混淆。

（3）运输 堆放过程应注意不要损伤药皮。特别对不锈钢焊条、铸铁焊条等更要小心。

3、阀门产品上用于铸件补焊、结构焊常用的焊条

阀门产品上用于铸件补焊、结构焊常用的焊条牌号见表 3-1。

表 3-1 常用焊条牌号

类别	牌 号	型 号	AWS	标 准
碳钢焊条	J422 J502	E4303 E5003		GB/T 5117
	J507 *CHE508-1	E5015 E5018-1	E7015 E7018-1	
不锈钢焊条	R507 A102 A132 A002 A202 A212 A022 A302 A402 铬 202	E1-5MoV-15 E0-19-10-16 E0-19-10Nb-16 E00-19-10-16 E0-18-12Mo2-16 E0-18-12MoNb-16 E00-18-12Mo2-16 E1-23-13-16 E2-26-21-16 E1-13-16	E502-15 E308-16 E347-16 E308L-16 E316-16 E318-16 E316L-16 E309-16 E310-16 E410-16	GB/T 983
低合金耐热钢 焊 条	R337	E5515-B ₂ -VNB		GB/T 5118
	R107 R307 R407	E5015-A ₁ E5515-B ₂ E6015-B ₃	E7015-A ₁ E8015-B ₂ E9015-B ₃	
	温 707Ni	E5515-C ₁		
	温 907Ni 温 107Ni	E5515-C ₂ E7015-G	E8015-C ₂	
Monel 焊条	R-M3NiCu7 AWSA5.14/5.14M		ERNiCu-7 AWSA5.14/5.14M	
镍和镍基合金 光填充丝和焊 丝	ERNiCrMo-3 AWSA5.14/5.14M		ERNiCrMo-3 AWSA5.14/5.14M	全量型安全阀 阀瓣与阀瓣体 连接焊
不锈钢焊丝		H0Cr20Ni10Ti H0Cr21Ni10 H0Cr19Ni12Mo2 H00Cr21Ni10 H00Cr19Ni12Mo2		GB/T 4241

* CHE 508-1 相当于中国焊条厂牌号 GB E5018-1。

4、承压铸件补焊用焊条

- (1) 基体材料为 WCB、WCC 采用 GB/T 5117 J502 (型号 E5003) 或 J507 (型号 E5015)。
- (2) 基体材料为奥氏体不锈钢类, 焊条选用见表 3-2。
- (3) 基体材料为低合金耐热钢类, 焊条选用见表 3-3。
- (4) 基体材料为低温钢类, 焊条选用见表 3-4。

表 3-2 奥氏体不锈钢承压铸件补焊焊条选用

基体材料	铸件热处理后和试压渗漏的补焊焊条		铸件热处理前或铸件外表面一般缺陷的补焊焊条	
	牌号	型号	牌号	型号
CF8 ZG0Cr18Ni9 ZG0Cr18Ni9Ti ZG1Cr18Ni9Ti	A132	E019-10Nb-16	A102 A132	E0-19-10-16 E019-10Nb-16
CF3 ZG00Cr18Ni10	A002	E00-19-10-16	A002	E00-19-10-16
CF8M ZG0Cr18Ni12Mo2Ti	A212	E0-18-12Mo2Nb-16	A202 A212	E0-18-12Mo2-16 E0-18-12Mo2Nb-16
CF3M	A022	E00-18-12Mo2-16	A022	E00-18-12Mo2-16

表 3-3 低合金耐热钢承压铸件补焊焊条选用

基体材料	焊条	
	牌号	型号
ZG1Cr5Mo C5	R507	E1-5MoV-15
WC1	R107	E5015-A ₁
WC6 ZG20CrMo	R307	E5515-B ₂
WC9	R407	E6015-B ₃
ZG20CrMoV ZG15Cr1Mo1V	R337	E5515-B ₂ -VNb

表 3-4 低温钢类承压铸件补焊焊条选用

基体材料	焊条	
	牌号	型号
LCB LCC	CHE508-1	E5018-1 AWS 7018-1
LC1	R107	E5015-A ₁
LC2	温 707 Ni	E5515-C ₁
LC3	温 907 Ni	E5515-C ₂
	温 107 Ni	E7015-G

5、铸件的焊补

(1) 铸件如有包砂、裂纹、气孔、砂眼、疏松等缺陷允许补焊，但在补焊前必须将油污、铁锈、水份、缺陷切除干净。切除缺陷后用砂轮打磨出金属光泽，其形状要平滑，有一定坡度，不得有尖棱存在。

(2) 承压铸件上有严重的穿透性裂纹、冷隔、蜂窝状气孔、大面积疏松或无法清除缺陷处，或补焊后无法修整打磨处不允许补焊。

(3) 承压铸件试压渗漏的重复焊补次数不得超过两次。

(4) 铸件补焊后必须打磨平整光滑，不得留有明显的补焊痕迹。

(5) 补焊后的无损检测要求按有关标准规定。

6、焊后的消除应力处理

(1) 重要的焊接件如保温夹套焊缝，阀座施焊于阀体上的焊缝，要求焊后处理的堆焊密封面等，以及承压铸件焊补超过规定范围的，焊后均要消除焊接应力。无法进炉处理的也可采用局部消除应力的方法，消除焊接应力的工艺可参考焊条说明书进行。

(2) 焊补深度超过壁厚的 20%或 25mm（取小值）或面积大于 65cm²或试压渗漏的焊补，焊后都要进行消除焊接应力处理。

7、焊接工艺评定

正确的选择焊条只是焊接这道特殊工序中的一个重要环节，只正确选用焊条如果没有前面诸条内容的保证也无法获得良好的焊接质量。

由于手工电弧焊的焊接质量和焊条本身的质量、焊条的规格、母材、母材的厚度、焊层的厚度、焊接位置、预热温度、采用的电流（交流或直流）极性的变化（焊条接正极—反接，焊条接负极—正接）、层间温度、焊后处理等都有关系，所以正式生产前要进行工艺评定，也即先进行验证，验证在给定的条件下所采取的措施是否能保证施焊产品的质量。这些给定条件也即重要参数一旦发生变化，就要重新进行评定。堆焊和补焊、银焊规定的重要参数不一样，要注意这些重要参数的变化。

阀门产品中需要进行焊接工艺评定的有密封面堆焊，阀座与阀体银焊（按对接焊评定）和承压铸件的补焊（按对接焊评定）。

具体的工艺评定方法可参看 ASME《锅炉压力容器规范》第 IX 卷——焊接和钎焊工艺评定标准和我国 NB/T 47014《承压设备焊接工艺评定》和 GB/T 22652《阀门密封面堆焊工艺评定》。

第四节 垫片

常用的垫片有非金属垫片、半金属垫片和金属垫片。非金属垫片也称软垫片，如石棉橡胶板、橡胶、聚四氟乙烯等，软垫片用于温度、压力都不高的场合。半金属垫片由金属材料和非金属材料组合而成，如柔性石墨复合垫、缠绕式垫片、金属包覆垫等。半金属垫片比非金属垫片承受的温度、压力范围较广。金属垫片全部由金属制作，有波形、齿形、椭圆形、八角形、透镜垫、锥面垫等。金属垫片用于高温高压场合。

1、非金属垫片使用条件

非金属垫片使用条件见表 4-1。

表 4-1 非金属垫片使用条件

名称	代号	压力等级 MPa	适用温度℃
天然橡胶	NR	2.0	-50~90

氯丁橡胶	CR	2.0	-40~100
丁腈橡胶	NBR	2.0	-30~110
丁苯橡胶	SBR	2.0	-30~100
乙丙橡胶	EPDM	2.0	-40~130
氟橡胶	Viton	2.0	-50~200
石棉橡胶板	XB350 XB450 NY400	2.0 $P \cdot t \leq 650 \text{ MPa} \cdot ^\circ\text{C}$	≤ 300
耐油石棉橡胶板			
改性或填充聚四氟乙烯		5.0	-196~260

2、半金属垫片使用条件

(1) 柔性石墨复合垫使用条件见表 4-2。

表 4-2 柔性石墨复合垫使用条件

芯板及包边材料	压力等级 MPa (磅级)	适用温度 $^\circ\text{C}$
低碳钢	2.0~11.0 (150~600)	450

续表 4-2

0Cr18Ni9	2.0~11.0 (150~600)	650*
注: *用于氧化性介质时 $\leq 450^\circ\text{C}$		

(2) 金属包覆垫使用条件见表 4-3。

表 4-3 金属包覆垫使用条件

包覆金属材料*	HB	填充材料	压力等级 MPa (磅级)	适用温度 $^\circ\text{C}$
纯铝板 L3	40	石棉橡胶板	2.0~15.0 (150~900)	200
纯铜板 T3	60			300
镀锡薄钢板	90			400
镀锌薄钢板 08F				400
0Cr18Ni9	187			500
00Cr19Ni10				500
00Cr17Ni14Mo2				500

注: * 也可采用其他材料。

(3) 缠绕式垫片使用条件见表 4-4。

表 4-4 缠绕式垫片使用条件

金属带材料 ^①	非金属带材料	压力等级 MPa (磅级)	适用温度 $^\circ\text{C}$
0Cr18Ni9	柔性石墨	2.0~26 (150~1500)	650 ^②
0Cr17Ni12Mo2	柔性石墨		650 ^②
00Cr17Ni14Mo2	聚四氟乙烯		200

注：① 也可采用其他金属带材
 ② 用于氧化性介质时 $\leq 450^{\circ}\text{C}$
 (4) 齿形组合垫使用条件见表 4-5。

表 4-5 齿形组合垫使用条件

齿形环材料 ^①	覆盖层材料 ^①	压力等级 MPa (磅级)	适用温度 $^{\circ}\text{C}$	剖面
10 或 08	柔性石墨	2.0~42 (150~2500)	450	
0Cr13			540 ^②	
0Cr18Ni9			650 ^②	
0Cr17Ni12Mo2	200			

注：① 也可采用其他材料 ② 用于氧化性介质 $\leq 450^{\circ}\text{C}$

3、金属垫片使用条件

金属垫片使用条件表 4-6。

表 4-6 金属垫片使用条件

材 料 ^①	HB max ^②	压力等级 MPa (磅级)	适用温度 $^{\circ}\text{C}$
10 或 08	120	2.0~42 (150~2500)	450
0Cr13	170	2.0~15.0 (150~900)	540
0Cr18Ni9	160		600
0Cr17Ni12Mo2			

注：①也可采用其他材料
 ②金属环垫材料的硬度值应比法兰材料的硬度值低 30~40 HB

4、其他资料中介绍的金属垫片使用条件

其他资料中介绍的金属垫片使用条件见表 4-7。

表 4-7 其他资料中介绍的金属垫片使用条件

材 料	HB max	适用温度 $^{\circ}\text{C}$
软 铁	90	450
08 或 10	120	450
0Cr13	140	540
00Cr17Ni14Mo2	150	450
1Cr18Ni9Ti	160	600
0Cr18Ni12Mo2Ti	160	600
0Cr18Ni9	160	600

5、注意事项

(1) 阀门中法兰垫片的尺寸是没有标准的，垫片的厚度可以参照管道法兰垫片的有关标准，因垫片用的板材、带材都是有一定规格的，不能任意选择厚度。

(2) 垫片用聚四氟乙烯材料时在结构上要考虑防止冷流。

(3) 采用缠绕式垫片在结构上要防止垫片压散，解决办法是垫片加内环，外圆由止口定位。

(4) 垫片的选用不只是温度、压力，还要考虑介质的腐蚀性。

第五节 填 料

填料是动密封的填充材料，用来填充填料室空间以防止介质经由阀杆和填料室空间泄漏。

填料密封是阀门产品的关键部位之一，要想达到好的密封效果一方面是填料自身的材质，结构要适应介质工况的需要，另一方面则是合理的填料安装方法和从填料函的结构上考虑来保证可靠的密封。

1、对填料自身的要求

- (1) 降低填料对阀杆的摩擦力；
- (2) 防止填料对阀杆和填料函的腐蚀；
- (3) 适应介质工况的需要。

2、常用填料品种

国外资料介绍用于各种工况条件下的填料品种达 40 余种，而我们通用阀门中最常用的不过几种或十几种。

(1) 盘根型

- a. 橡胶石棉盘根：XS250F、XS350F、XS450F、XS550F
- b. 油浸石棉盘根：YS450F、YS350F、YS450F
- c. 浸聚四氟乙烯石棉盘根
- d. 柔性石墨编织填料：根据增强材料的不同可分别耐温 300℃、450℃、600℃、650℃、850℃
- e. 聚四氟乙烯编织填料、膨胀聚四氟乙烯方型编织填料
- f. 半金属编织填料：以夹有不锈钢丝、铜丝的石棉作为芯子，外表用夹铜丝、不锈钢丝、蒙乃尔丝、因科镍尔丝的石棉线编织起来，根据用途其表面用石墨、云母、二硫化钼润滑剂处理。也有的以石棉为芯，用润滑的涂石墨的铜箔扭制而成。

(2) 成型填料

成型填料即压制成型的填料，其品种有：

- a、橡胶

b、尼龙

c、聚四氟乙烯

d、填充聚四氟乙烯（增强聚四氟乙烯）增强材料为玻璃纤维，一般为 8~15%玻璃纤维。

JB/T 1714 标准中规定的填充聚四氟乙烯为：聚四氟乙烯+20%玻璃纤维+5%MoS₂、聚四氟乙烯+20%玻璃纤维+5%石棉

e、柔性石墨环

3、注意事项

(1) 盘根型填料切断时用 45° 切口，安装时每圈切口相错 180° 。

(2) 在高压下使用聚四氟乙烯成型填料时要注意其冷流特性。

(3) 柔性石墨环单独使用密封效果不好，应与柔性石墨编织填料或 YS450F（视温度情况）组合使用，填料函中间装柔性石墨环，两端装编织填料，也可隔层装配，即一层柔性石墨一层编织材料，也可填料函中间放隔环，隔环上下分别成两组组合装配的填料。

(4) 石墨对阀杆、填料函壁有腐蚀，使用中应选择加缓蚀剂的盘根。

(5) 柔性石墨在王水、浓硫酸、浓硝酸等介质中不适用。

(6) 填料函的尺寸精度、表面粗糙度、阀杆尺寸精度和表面粗糙度是影响成型填料密封性的关键。

(7) API 6D 标准关于使用石棉或其代用材料的重要信息中提到：由于石棉与某些严重危害身体健康的疾病有关，其中有些甚至是致命的，如肺癌。因此，目前正在使用和开发许多代用材料以取代在某些场合石棉的使用。

第六节 紧固件

阀门产品上用的紧固件主要指的是阀门中法兰用的螺栓和螺母，这个部位的紧固件是重要连接件。

1、紧固件的选用原则

(1) 按产品标准规定，产品标准如何规定就如何选用。

(2) 根据用户提出的要求确定。

(3) 根据工况条件,如工作温度、工作压力、环境状况、垫片的类型等综合考虑。

(4) 参照有关的管道法兰用的紧固件材料及对紧固件的要求确定材料。

2、常用的紧固件材料（螺柱、螺母配对）

常用的紧固件材料（螺柱、螺母配对）见表 6-1 至 6-8。

表 6-1 常用紧固件材料

螺柱	螺母	温度 max℃	螺柱	螺母	温度 max℃
35	25	425	0Cr18Ni9	0Cr18Ni9	600
35CrMo	35、45	425	0Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	600
35CrMo	30CrMo	500	25Cr2Mo1VA	25Cr2MoVA	600
25Cr2MoVA	30CrMo	550	25Cr2MoVA	35CrMo	600

表 6-2 GB 150 螺柱、螺母材料组合

螺柱	螺母	温度 ℃	螺柱	螺母	温度 ℃
35	Q235A	<-20~300	25Cr2MoVA	25Cr2MoVA	>-20~550
			35CrMoVA	35CrMoA 35CrMoVA	>-20~500
35	15	>-20~350	1Cr5Mo	1Cr5Mo	>-20~600
40MnB、40MnVB 40Cr	35、40Mn、45	>-20~400	2Cr13	1Cr13、2Cr13	>-20~450
30CrMoA	30CrMoA	-100~500	0Cr19Ni9*	25Cr2MoVA	>-20~550
35CrMoA	40Mn、45	>-20~400		0Cr19Ni9	-196~700
		30CrMoA 35CrMoA	-100~500	0Cr17Ni12Mo2	0Cr17Ni12Mo2	-196~700
25Cr2MoVA	30CrMoA	>-20~500			

* GB/T 1220-92 为 0Cr18Ni9

表 6-3 国标法兰用螺栓螺母材料

材料牌号	公称压力 MPa	温度 max℃	材料牌号	公称压力 MPa	温度 max℃
Q235A	≤2.5	300	25Cr2Mo1VA	≤42.0	550
35	≤5.0		20Cr1Mo1VNbB		570
35CrMo	≤42.0	500	20Cr1Mo1VTiB		600
25Cr2MoVA		550	2Cr12WMoVNbB		

表 6-4 低温管道法兰用螺栓、螺母

螺栓材料	使用状态	螺栓规格	螺栓试验温度℃	使用温度℃	螺母材料	使用状态	螺母试验温度℃
35	正火	≤M22	-29	-29	15	正火	免作
		M24~M48	-20				
40Cr	调质	≤M56	-29		-40	35		正火或调质
40MnB			40				
40MnVB			-40	40Mn			
35CrMoA			-100	-100	30Mn2	调质		-70
30CrMoA	30CrMo						
0Cr18Ni9	固溶	≤M48	免作	-196	0Cr18Ni9	固溶	免作
0Cr17Ni12Mo2		≤M32			0Cr17Ni12Mo2		

表 6-5 专用级紧固件材料要求 (HG/T20613-2009 表 4.0.4)

牌 号	标 准	热处理制度	规 格	机械性能 ≥			HB
				σ _b	σ _s	δ ₅	
				MPa			
30CrMo	GB/T 3077	调 质 (回火≥550℃)	—	—	—	—	234~285
35CrMo			≤M22	835	735	13	269~321
			M24~M56	805	685	13	234~285
42CrMo	DL/T439	调 质 (回火≥580℃)	≤M65	860	720	16	255~321
25Cr2MoV	GB/T 3077	调 质 (回火≥600℃)	≤M48	835	735	15	269~321
			>M48	805	685	15	245~277
0Cr18Ni9	GB/T 1220	固 溶	—	520	206	40	≤187
0Cr17Ni12Mo2			—				

表 6-6 PN 16.0~32.0MPa 双头螺柱

钢 号	σ _b	σ _s	δ	ψ	α _k	HB	备 注
	MPa		%		N·m/cm ²		
	≥						
40	580	340	19	45	60	207~240	JB/T 2773
40MnB	900	750	15		80	250~302	
35CrMoA	800	600		50	80	214~286	
40	568	333	19	45	49	187~229	中石化 管道器材
35CrMo	784	588	15	50	78.4	241~285	

表 6-7 PN 16.0~32.0MPa 螺母

钢号	σ_b	σ_s	δ	ψ	α_k	HB	备注
	MPa		%		$N \cdot m/cm^2$		
	\geq						
35	540	320	20	45	70	179~217	JB/T 2775
40Mn	600	360	17		60	187~229	
40Cr	800	600	15		80	235~277	
25	451	274	23	50	49	149~170	中石化 管道器材
20CrMo	686	490	16	45	78.4	197~241	

表 6-8 PN 16.0~32.0MPa 螺栓、螺母配对

螺栓材料	40	40MnB	35CrMoA	40	35CrMo
螺母材料	35	40Mn	40Cr	25	20CrMo
备注	JB/T 2773 JB/T 2775			中石化管道器材	

表 6-5A 火力发电厂高温紧固件技术导则 DL/T439-2006

牌号	标准	最高使用温度 ℃	规格	机械性能 \geq					HBW
				$R_{p0.2}$	R_m	A	Z	A_K (J)	
				MPa		%			
35(螺母用钢)	DL/T439	400		265	510	18	43	55	146~196
45		400		353	637	16	40	39	187~229
42CrMo		400~413	>65mm	660	790	16	50	47	248~311
			≤65mm	720	860	16	50	47	255~321
20CrMo(螺母用钢)		480		490	637	14	40	55	197~241
35CrMo		480	>50mm	590	765	14	40	47	241~285
			≤50mm	686	834	12	40	47	255~311
25Cr2MoV		510		686	785	15	50	47	248~293
25Cr2Mo1V		550		685	785	15	50	47	248~293
20Cr1Mo1V		550		637	735	15	60	59	248~293
20Cr1Mo1VNbTiB		570		735	834	12	45	39	252~302
20Cr1Mo1VTiB		570		685	785	14	50	39	255~293
C-422(2Cr12Ni Mo1W1V)		570		760	930	14	32	—	277~331
R-26(Ni-Cr-Co)		677		555	1000	14	20	—	262~331
GH4145(Ni-Cr)		677		550	1000	12	18	—	262~331

表 6-5B 管法兰连接用紧固件(专用紧固件) (GB/T 9125-2020 表 8 和表 9)

牌 号	标 准 化学成分	规格	机械性能 \geq				HBW	
			$R_{p0.2}$	R_m	A	Z		A_K (J)
			MPa		%			
35	GB/T699						234~285	
45							234~285	
40Cr	GB/T3077	M10-M39	735	835	13			269~321
		\geq M42	685	805	13			234~285
30CrMoA								234~285
35CrMoA		M24	735	835	13			269~321
		\geq M24-M76	685	805	13			234~285
		>M76	590	735	13			234~285
42CrMoA		\leq M64	686	785	16			269~321
		>M64	655	800	16			269~321
25Cr2MoV		M48	735	835	15			269~321
		>M48	685	805	15			245~277
06Cr19Ni10	GB/T1220		206	520	40			\leq 187
06Cr17Ni12Mo2			206	520	40			\leq 187

3、关于阀门中法兰紧固件选材中的说明

(1) 表 6-1 至表 6-8 是根据有关管道法兰标准中规定的紧固件选配情况列出的。阀门中法兰用紧固件如何选材, 没有标准规定。有的产品只规定中法兰螺栓根部总面积上的拉应力不超过多少, 及材料的类型, 如中法兰螺栓应使用合金钢, 螺母采用优质碳素钢, 并无具体的规定。在具体应用中, 阀门中法兰螺栓、螺母的选材可参考管道法兰标准中的规定。

(2) 阀门中法兰紧固件一般均需热处理后使用。经过热处理达到一定的力学性能才能充分发挥材料的作用。

根据产品的需要有的高压阀门其紧固件要作力学性能检验。但对于一般产品而言, 紧固件所用的材料达到一定硬度要求即可满足使用要求, 而硬度要求是通过产品设计来确定, 由热处理来实现的。由于材料的硬度和其 σ_b 、 σ_s 之间有一定关系, 知道了硬度也即大约知道 σ_b 、 σ_s 的范围。

对于按国外标准制作的阀门, 如果紧固件采用国外牌号则要注意这个牌号不只是化学成分符合此牌号要求, 其力学性能也要达到要求。

(3) API 6D《管线阀门》规定用于低于-29℃的紧固件应按 ASTM A 320《低温用合金钢螺栓材料规格》作低温冲击试验, 其夏比 V 型切口冲击功三个试样平均值要达到 27J。

4、美标阀门用紧固件

4.1 美标阀门用紧固件采用的标准

ASTM A 193《高温设备用合金钢和不锈钢螺栓材料》

ASTM A 194 《高温和高压设备用碳素钢与合金钢螺栓和螺母材料规格》

ASTM A 320 《低温用合金钢螺栓材料规格》

4.2 常用的美标阀门用螺栓、螺母材料配对

常用的美标阀门用螺栓、螺母材料配对见表 6-9。

表 6-9 美标阀门用螺栓、螺母材料配对

螺栓		螺母		适用范围
标准	牌号	标准	牌号	
ASTM A 193	B7	ASTM A 194	2H	-29~425℃
	B7M		2HM	-29~425℃执行 NACE 标准的抗硫 阀
	B16		7	-29~593℃
	B8		8	-196~700℃
	B8M		8M	
ASTM A 320	L7		4	-46~-101℃低温阀

第二章 铸铁阀门和铜合金阀门

铸铁阀门是国民经济发展建设中不可缺少的管路附件，广泛用于水道、建筑、煤气、船舶、消防、石油化工等领域。铸铁的优点在于溶解温度低、耗能少、金属流动性好，适于铸造形状复杂的零件。此外，工艺成品率高、切削性能好，并且由于铸铁组织中含有石墨，它可夹杂在腐蚀生成物中间防止腐蚀继续进行。因此，铸铁有一定的耐腐蚀性，其耐水性比碳钢强，在一定条件下，也可耐碱腐蚀，缺点是耐酸性弱、韧性低，属脆性材料，使用中要尤其注意它的脆性。

铸铁是铁（Fe）、碳（C）、硅（Si）三种元素组成的合金。通过在该合金中添加其它元素或改变熔解方法、冷却条件、进行热处理等，可得到组织、机械强度不同的各种铸铁。

制作阀门承压件的铸铁主要有灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁，分别在不同工况条件下使用。

第一节 铸铁阀门的主体材料

1、灰铸铁

1.1 适用范围

灰铸铁阀门用于公称压力 $PN \leq 1.0\text{MPa}$ ，温度 $-10 \sim 200^\circ\text{C}$ 的水、蒸气、油品等介质。

1.2 常用的灰铸铁牌号

制作阀门承压件的灰铸铁材料牌号见表 2-1-1。

表 2-1-1 灰铸铁承压件材料牌号

材料状态	国别	标准	材料牌号	备注
灰铸铁铸件	中国	GB/T 12226 GB/T 9439	HT200	GB/T 12226 是用于阀门、法兰、管件等承压的石墨为片状的灰铸铁件，是阀门的专业标准。 GB/T 9439 不是范指阀门的灰铸铁件标准。
			HT250	
			HT300	
			HT350	
灰铸铁铸件	美国	ASTM A126	A 级	最小抗拉强度 145MPa
			B 级	最小抗拉强度 214MPa
			C 级	最小抗拉强度 283MPa

2、可锻铸铁

2.1 适用范围

可锻铸铁阀门用于公称压力 $PN \leq 2.5\text{MPa}$ 温度 $-29 \sim 300^\circ\text{C}$ 的水、蒸气、空气、油品等介质，一般制作 $DN \leq 65$ 的截止阀、升降式止回阀。

2.2 常用的可锻铸铁牌号

制作阀门承压件的可锻铸铁牌号见表 2-1-2。

表 2-1-2 可锻铸铁承压件材料牌号

材料状态	国别	标准	材料牌号		备注	
可锻铸铁铸件	中国	GB/T 5679	KTH300-06		ASTM A 47 32510 近似对应 GB/T 5679 的 KTH350-10 ASTM A 47 35018 近似对应 GB/T 5679 的 KTH370-12	
			KTH300-8			
			KTH350-10			
			KTH370-12			
	美国	ASTM A 47	ASTM 牌号	UNS 编号		
			32510	F22200		
35018			F22400			

3、球墨铸铁

3.1 适用范围

球墨铸铁阀门用于公称压力 $PN \leq 4.0\text{MPa}$ 、温度 $-29 \sim 350^\circ\text{C}$ 的水、蒸气、油品等介质。

3.2 常用的球墨铸铁牌号

制作阀门承压件的球墨铸铁牌号见表 2-1-3。

表 2-1-3 球墨铸铁承压件材料牌号

材料状态	国别	标准	材料牌号		备注
球墨铸铁铸件	中国	GB/T 12227	QT400—15		GB/T 12227 是用于阀门、 管件、法兰承压件的阀门 专业标准。 GB/T 1348 不是范指阀门 的球墨铸铁铸件标准
			QT400—18		
		GB/T 1348	QT450—10		
			QT500—7		
	美国	ASTM A 395	ASTM 牌 号	UNS 编号	表中 UNS 编号仅对 应 ASTM A 536 ASTM A 395 中无对 应的 UNS 编号
			60—40— 18	F32800	
			65—45— 12	F33100	
		ASTM A 536	80—55— 06	F33800	
ASTM A 439	D—2	F43000	主要作阀杆螺母用		

第二节 铸铁阀门的其它零件材料

其它零件指除主体（承压件）外的内件材料（阀杆、密封面）、垫片、填料和紧固件，其材料牌号见表 2-2-1。

表 2-2-1 铸铁阀门阀杆、密封面、垫片、填料、紧固件材料

名称	标准	材料牌号	备注
阀杆	ASTM A 182	F6a	
	ASTM A 276	410 、 420	
	GB/T 1220	1Cr13、 2Cr13	
密封面	GB/T 1175	ZCuZn25Al6Fe3Mn3	铸铝青铜
		ZCuZn38Mn2Pb2	铸锰青铜
		ZCuAl9Mn2、 ZCuAl10Fe3	铸铝青铜
	GB/T 1220	1Cr13、 2Cr13、 1Cr18Ni9、 1Cr18Ni9Ti	
	HG 2—538	聚四氟乙烯（PTFE）	适用范围参照表 2-1
		橡胶	
垫片	GB/T 3985	XB350、 XB450	橡胶石棉板
	GB/T 2598	1Cr13 / XB450	缠绕式垫片
	GB/T 3985	1Cr18Ni9 / XB450	
填料	HG 2—538	聚四氟乙烯（PTFE）	
	JB/T 6617	柔性石墨环	
螺固件	GB/T 699	螺栓 35 / 螺母 25	
	GB/T 3077/GB/T 699	螺栓 30CrMo、 35CrMo / 螺母 35、 45	

第三节 铜合金阀门主要零件材料

铜合金阀门用于公称压力 $PN \leq 2.5\text{MPa}$ 的水、海水、氧气、空气、油品等介质，一般情况下用于中低压阀门，也可用于常温高压的小口径气瓶阀。铜具有良好的塑性和耐低温性能，但强度较低，可用于温度 $\leq -196^\circ\text{C}$ 的低压阀门。选择合适的铜合金牌号也可用于工作压力 $\leq 3.0\text{MPa}$ 的氧气管路阀门，但铜不耐氨的腐蚀，对某些化工产品会产生腐蚀或污染介质，因而某些化工产品用的阀门禁止用铜内件，甚至外部零件也不准用铜制作。

铜合金阀门的主要零件材料见表 2-3-1。

表 2-3-1 铜合金阀门主要零件材料

名称	标准	材料牌号	备注
主体 (承压件)及密封面	GB/T 1176	ZCuSn3Zn11Pb4	铸锡青铜
		ZCuSn5Pb5Zn5	
		ZCuSn10Zn2	
		ZCuZn16Si4	铸硅黄铜用于氧气阀
		ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2	铸铝青铜
	ZCuAl10Fe3		
	GB/T 4424	H62	黄铜
HPb59—1			
GB/T 4429	QA19—2、QA19—4	铝青铜	
阀杆	GB/T 1220	1Cr13、2Cr13	不锈钢
		1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti	
	GB/T 4429	QA19-2、QA19-4	铝青铜
填料	HG 2—538	聚四氟乙烯 (PTFE)	
	JC 68	YS250F、YS350F、YS450F	油浸石棉盘根
		油浸石墨石棉盘根 浸聚四氟乙烯石棉盘根	
垫片	HG 2—538	聚四氟乙烯 (PTFE)	
	GB/T 4622.3	0Cr18Ni9 / PTFE、0Cr18Ni9 / 柔性石墨	缠绕式垫片
	HG 20608	不锈钢柔性石墨复合垫	
紧固件	GB/T 699	螺栓 35 / 螺母 25	
	GB/T 3077 / GB/T 699	螺栓 30 CrMo、35CrMo / 螺母 35、45	
	GB/T 1220 / GB/T 1220	螺栓 1Cr18Ni9/螺母 1Cr18Ni9	

第三章 特殊阀门材料

概述

镍基合金材料目前有两大类：一是具有高耐腐蚀的“镍基耐蚀合金”，二是具有高耐热性能的“镍基高温合金”。

第一节 蒙乃尔合金 (Monel)

蒙乃尔合金是“镍基耐蚀合金”中的 Ni-Cu 系合金，最早是由美国国际镍公司 (International) 开发的，其典型成分为 70%Ni 和 30%Cu，他是“镍基耐蚀合金”中应用最广泛的合金。Monel 合金具有较高的强度和韧性。又具有优良的抗还原酸及碱介质和海水等腐蚀的性能，因此通常用于制造输送氢氟酸 (HF)、盐水、中性介质、碱盐及还原性酸介质的设备。Monel 合金也适用于干燥氯气、氯化氢气、高温氯气 (425℃) 及高温氯化氢 (450℃) 等介质，但不抗含硫介质和氧化性介质 (如硝酸等) 的腐蚀，因为 Ni 与 S 和活性氧有剧烈反应，易形成 Ni₃S₂ 和 NiO。Monel 合金在氧气中具有极好的阻燃性能及“豁免压力”，因此，是制造高压及“极高压力”氧气阀门优良的主体材料。

Monel 合金分类有铸造合金和变形合金 (轧材) 两大类。

(1) 变形合金 (轧材)

美国的变形蒙乃尔合金有 10 多种，如：Monel400、MonelC、Monel403、Monel404、MonelR-405、Monel406、Monel411、MonelK500、Monel501 和 Monel502 等。在美国的 UNS 系列中，有五种牌号的变形 Monel 合金：有固溶强化型的 N04400 (Monel400)、N04404 (Monel404)、N04405 (MonelR-405)、沉淀硬化型的 N05500 (MonelK500) 和 N05502 (Monel502) 等 (见表 3-1)。

用于制造耐蚀阀门常用的变形合金 Monel 合金：Monel400、MonelK500 这二种牌号。Monel400 见 ASTM B564 标准，MonelK500 见 ASTM B865 标准。

表 3-1 Monel 合金化学成分

合金牌号	C≤	Si≤	Mn≤	S≤	Ni	Fe≤	Cu	其他
N04400 (Monel400)	0.30	0.50	2.00	0.024	≥63.0	2.5	28.0~ 34.0	
N04404 (Monel404)	0.15	0.10	1.00	0.024	52.0~ 57.0	0.5	基	Al≤0.05
N04405 (MonelR-405)	0.30	0.50	2.00	0.025-0.060	63.0~ 70.0	2.5	基	
N05500 (MonelK500)	0.25	0.50	1.50	0.01	63.0~ 70.0	2.0	基	Al2.3-3.15 Ti0.35-0.85
N05502 (Monel502)	0.10	0.50	1.50	0.01	63.0~ 70.0	2.0	基	Al2.5-3.5

(2) 铸造合金

美国铸造 Monel 合金，在 ASTM A494 标准中有 M35-1、M35-2、M-30H、M-25S 和 M-30C 这五种牌号。在美国联邦标准 QQ-N-288 标准中也有 A 级、B 级、C 级、D 级、E 级这五种铸造 Monel 合金。用于阀门的铸造合金主要是 ASTM A494 标准中的 M35-1。

(3) 蒙乃尔合金 (Monel) 阀门

M35-1, M30C 为工业阀门用 Ni-Cu 合金铸造“蒙乃尔合金” (Monel) 的铸件牌号

Monel 合金阀门有整体和内件两大类。整体蒙乃尔合金阀门是指阀门的壳体和内件均为 Monel 合金，它主要用于炼油厂烷基化装置中的 HF 酸再生塔部分。由于 HF 酸再生温度高（149℃）和含水率高原因，需要使用整体蒙乃尔合金。此外，整体蒙乃尔合金阀门还用于炼油厂催化剂生产中的无灰添加剂和氯碱厂高浓度的氯碱盐液系统等工况中的阀门。

Monel 合金内件阀门是指阀门的壳体材质为碳钢或不锈钢，而阀门内件材质为 Monel 合金的阀门。以碳钢为壳体的 Monel 合金内件阀门，主要用于炼油厂烷基化装置上的 HF 酸系统的低温区域。由于碳钢对低温（≤71℃）具有较好地抗腐蚀性能，但碳钢长期在该工况中使用时会在其表面因腐蚀而形成薄膜，若在阀门的密封部位用碳钢，腐蚀后形成的薄膜将影响密封性能，而内件采用 Monel 合金可以保证阀门的密封性能。阀门壳体采用不锈钢的 Monel 合金内件阀门，是用于乙烯、丙烯、液氧、氧气及海水和其他工况中。

由于蒙乃尔合金在高压氧气中，具有极为优良的抗氧气的“阻燃性能”和“豁免压力”及良好的力学性能，这些特性是其他合金无法比拟的。因此，蒙乃尔合金广泛用于制造高压（CL900-CL2500）氧气阀门。这种阀门主体材料均采用 Monel400 合金和 MonelK500 合金。

蒙乃尔合金 M35-1、Monel400、 MonelK500 合金适用于-29℃~480℃。

第二节 铸镍 (CZ100)

ASTM A494 标准中的铸镍 (CZ100) 的化学成分为 95% Ni 和 1% C，它无对应的轧材，我们形象地称他为镍的“铸铁”。主要是用于在熔融氯碱及怕铁污染的工况的阀门。CZ100 常用于在高腐蚀浓度（包括熔融无水苛性钠）的氯碱生产中以及用于不能有铜和铁等金属污染产品的场合。铸镍 CZ100 阀门的材质代号为 Ni。CZ100 适用于-29℃~315℃。

第三节 英科乃尔合金 (Inconel) 及英科洛依合金 (Incoloy)

CY40, Inconel (英科乃尔合金); Incoloy (英科洛依合金) 是镍基合金中的 Ni-Cr-Fe 系合金，其中含 Fe 量较低的称为 Inconel (英科乃尔合金); 含 Fe 量较高的称为 Incoloy (英科洛依合金)。在目前耐蚀镍基合金中，他们在阀门生产上的应用量，仅次于 Monel (蒙乃尔) 合金。

(1) 英科乃尔合金 (Inconel)

化学成分为：72%Ni-16%Cr-8%Fe-2%Si 合金是典型的 Inconel 合金，其铸造合金牌号是 ASTM A494 标准中的 CY40 合金，其对应的轧材牌号为 Inconel 600 合金。

英科乃尔合金 CY40 合金和 Inconel600 合金 (ASTM B564 N06600) 等耐蚀合金主要用于抗应力腐蚀，尤其适用于高浓度的氯化物介质。当 Ni 含量大于 45% 时，对氯化物的应力腐蚀几乎是免疫的。此外，他能抗浓硝酸、发烟硝酸、含硫和钒的高温气体及燃烧物的腐蚀；CY40 还被广泛用于制造核动力工厂的锅炉给水系统的部件，因为他比不锈钢的安全性更好；同时，他还适用于需要高强度、高压密封状态的高抗腐蚀性能以及在高温下具有抗机械磨损和抗氧化能力的工业生产中。

英科乃尔合金 CY40 合金、Inconel 600 合金和 Inconel 625 合金可用于 CL900、CL1500 高压、高纯度的氧气阀门等。Inconel 600 合金可用于 870℃既要求保持高强度，又要求抗氧化性能的紧固件上。CY40 合金和 Inconel 600 、Inconel 750 和 Inconel 718 合金适用于-29℃~870℃。

Inconel 600 经常大量地代替全镍用于抗烧碱腐蚀及高温条件下卤素的腐蚀。通常 Inconel 600 不用于硫酸装置，但在室温下，他们均可用于低浓度硫酸介质中。Inconel 600 对盐酸有较弱的耐腐蚀性。Inconel 600 在室温下，对所有浓度的纯磷酸具有耐蚀性，但会随着温度的升高，腐蚀率而急速加剧。Inconel 600 对于热的长化学链有机酸有良好的耐腐蚀性能。硬脂酸、油酸和松香酸的油脂分离塔，通常都用 Inconel 600 制造。Inconel 600 中的高 Cr 含量，为该合金提供了较好的防止硫脆变能力。因此，在包括含 S 的高温碱性介质中或要求高强度时，Inconel 600 常用来代替 Ni201。Inconel 600 和所有镍合金一样，当与高温、高浓度的碱性介质接触时，均会经受应力腐蚀的威胁。所以，用 Inconel 600 合金制作的设备，在使用前应进行完成消除应力处理（见表 3-2），以保证运行时应力最小化。

表 3-2 Inconel 600 耐热合金的消除应力处理或退火处理

合金牌号	消除应力处理	退火
Inconel 600	900℃, 1h	1010℃, 1/4 h

注：为了防止晶粒粗大，所以退火处理时间应短。

Inconel 600 对盐类的耐腐蚀性与 Ni200 和 Monel 400 非常相似，但对于氧化性酸盐，Inconel 600 更优异，而他对于非氧化性酸盐则不耐蚀。Inconel 600 对于硝酸银有良好的耐蚀性，当用于光学处理（加工）及用于热、浓的氯化镁也是如此。在温度大于 43℃的亚硝酸基氯化物中，Inconel 600 优于 Ni200。

(2) 英科洛依合金 (Incoloy)

32%Ni-21%Cr-45%Fe-合金是典型的 Incoloy800 合金, 在 ASTM A494 标准中无对应的铸造合金牌号。

Incoloy800 合金和 Incoloy825 合金具有较强的抗氧化能力和在高温下有较高的强度。ASTM A494 标准中的 CU5MCUC 对应 Incoloy825 合金。Incoloy800 合金和 Incoloy825 合金适用于-29℃~538℃。

第四节 哈氏合金

哈氏合金 (Hastelloy) 是商业名称，他们是镍基合金中的 Ni-Mo-Fe 系、Ni-Mo 系、Ni-Mo-Cr 系、Ni-Mo-Cr-Fe 系、Ni-Mo-Cr-Fe-Co 系、Ni-Cr-Mo-Cu 系和 Ni-Si 系耐蚀耐热合金的商业统称。哈氏合金有：Hastelloy A、Hastelloy B、Hastelloy C、Hastelloy D、Hastelloy F、Hastelloy G、Hastelloy N、Hastelloy W 等牌号，见表 3-3。

表 3-3 哈氏合金 (Hastelloy) 牌号 主要成分

类别	合金	主要成分
Ni-Mo-Fe	Hastelloy A	Ni53, Mo22, Fe22
Ni-Mo	Hastelloy B (Chlorimet 2)	Ni61, Mo26-30, Fe4-7, Co2.5, Cr1.0
Ni-Mo-Cr	Hastelloy C(Chlorimet 3)	Ni51-54, Mo15-18, Fe4-7, Cr14.5-17.5, Co2.5, W3.0-5.25
Ni-Mo-Cr-Fe	Hastelloy N	Ni70, Mo17, Fe5, Cr7
Ni-Mo-Cr-Fe-Co	Hastelloy F	Ni48, Mo5.5-7.5, Fe13.5-17, Cr21-23, Co2.5
Ni-Cr-Mo-Cu	Hastelloy G	Ni58, Cr22, Cu6, Mo6, Fe6
Ni-Si	Hastelloy D	Ni82-83, Si7.5-10, Cr1.0, Co1.5, Fe2.0, Co10

此外, 在镍基耐热合金中 Hastelloy X, 其主要成分是 $C \leq 0.15$, $Cr \leq 22.0$, $Mo \leq 9.0$, $Fe \leq 20.0$ 及 Ni 余量。Ni-Mo 系哈氏合金在沸腾的任何浓度的盐酸中均有良好的耐腐蚀性能, Ni-Si 系哈氏合金主要用于耐硫酸腐蚀的工况中。

用于工业耐蚀阀门上主要是哈氏合金 B (Hastelloy B) 和哈氏合金 C (Hastelloy C) 这两类。Hastelloy B 是 Ni-Mo 系哈氏合金; 而 Hastelloy C 是 Ni-Mo-Cr 系合金。

Hastelloy B (哈氏合金 B)

Hastelloy B (哈氏合金 B) 为 Ni-Mo 系哈氏合金, 其铸造合金牌号为 N3M、N7M 及 N12MV。哈氏合金 B 对各种浓度的盐酸均耐腐蚀, 对非氧化性盐及酸亦耐蚀。哈氏合金 B 的耐腐蚀阀门, 从耐腐蚀性及抗晶界腐蚀性考虑宜选用低碳级的哈氏合金 B N7M 及低碳级的 N3M。哈氏合金 B 适用于 $-29^{\circ}\text{C} \sim 425^{\circ}\text{C}$ 。

Hastelloy C (哈氏合金 C)

Hastelloy C (哈氏合金 C) 为 Ni-Mo-Cr 系合金, 其铸造牌号为 CW12MW 和 CW6M 及 Hastelloy C-276 合金, 其铸造牌号为 CW6MC 和 Hastelloy C-4 合金, 其铸造牌号为 CW2M。哈氏合金 C 对氧化性溶剂, 低浓度常温的盐酸和硝酸耐腐蚀。第一代的 Hastelloy C (0Cr16Ni60Mo16W4) 的特点是在强腐蚀的氧化性和还原性酸介质中, 具有优良的耐腐蚀性能, 但由于高镍耐蚀合金为奥氏体组织, 因为 Ni 降低了 C 在奥氏体中的固溶度等原因。所以 Ni-Mo 系哈氏合金 B 和 Ni-Mo-Cr 系哈氏合金 C 均存在较为严重的晶界腐蚀倾向或敏感性, 在高温时还会导致应力腐蚀和缝隙腐蚀。为了克服晶界腐蚀, 于是就推出了第二代的哈氏合金- Hastelloy C-276 (含 C 由 0.12% 降低到 0.06%) 及第三代的哈氏合金- Hastelloy C-4 其特点是低 Si ($Si \leq 0.08\%$) 和超微 C ($C \leq 0.015\%$), 并降低了 Fe 和 W 的含量, 又加入了稳定化的合金 Ti 等。

哈氏合金 C 的耐蚀阀门, 从耐蚀性及抗晶界腐蚀性考虑, 宜选用哈氏合金 C-276 (CW6MC) 及 Hastelloy C-4 (CW2M)。CW6M 适用于 $-29^{\circ}\text{C} \sim 425^{\circ}\text{C}$, CW12MW 适用于 $-29^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$, CW6MC 适用于 $-29^{\circ}\text{C} \sim 676^{\circ}\text{C}$, CW2M 适用于 $-29^{\circ}\text{C} \sim 425^{\circ}\text{C}$ 。

第五节 工业阀门用铸造耐蚀镍基合金

表 3-4 工业阀门用镍及镍基合金化学成分(%)

合金类型	Ni	Ni-Cu		Ni-Mo			Ni-Cr-Fe		Ni-Cr-Mo					
		牌号	CZ100	M35-1	M30C	N3M	N7M	N12MV	CY40	CU5MCuC	CW12MW	CW6M	CW2M	CW6MC	CX2MW	CX2M
C≤	1.00	0.35	0.30	0.03	0.07	0.12	0.40	0.050	0.12	0.07	0.02	0.06	0.02	0.02
Mn≤	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.50	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Si≤	2.00	1.25	1.0-2.0	0.50	1.00	1.00	3.00	1.0	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80	0.50
P≤	0.03	0.03	0.03	0.030	0.030	0.030	0.03	0.030	0.030	0.030	0.03	0.015	0.025	0.020
S≤	0.02	0.02	0.02	0.020	0.020	0.020	0.02	0.020	0.020	0.020	0.02	0.015	0.020	0.020
Cu	≤1.25	26.0-33.0	26.0-33.0	...	...	...	B	1.50-3.50	B	B	B	B	B	B
Mo	...	...	...	30.0-33.0	30.0-33.0	26.0-30.0	B	2.5-3.5	16.0-18.0	17.0-20.0	15.0-17.5	8.0-10.0	12.5-14.5	15.0-16.5
Fe	≤3.00	≤3.50	≤3.50	≤3.00	≤3.00	4.0-6.0	≤11.0	余量	4.5-7.5	≤3.00	≤2.00	≤5.0	2.0-6.0	≤1.50
Ni	95.00 min	余量	余量	余量	余量	余量	余量	38.0-44.0	余量	余量	余量	余量	余量	余量
Cr	...	...	...	1.0	≤1.0	≤1.00	14.0-17.0	19.5-23.5	15.5-17.5	17.0-20.0	15.0-17.5	20.0-23.0	20.0-22.5	22.0-24.0
Nb	...	≤0.50	1.0-3.00	...	...	...	B	0.60-1.20	B	B	B	3.15-4.50	B	B
W	...	...	...	...	...	...	B	B	3.75-5.25	B	≤1.0	B	2.5-3.5	B
V	...	...	...	B	B	0.20-0.60	B	B	0.20-0.40	B	B	B	≤0.35	B

注1: 表中“B”为允许存在的微量元素。

注2: 表中 CZ100 为工业阀门用“铸镍”(Cast Nickel)的铸件牌号;

注3: 表中 M35-1, M30C 为工业阀门用 Ni-Cu 合金铸造“蒙乃尔合金”(Monel)的铸件牌号;

注4: 表中 CY40 为工业阀门用 Ni-Cr-Fe 合金铸造“英康乃尔合金”(Inconel)的铸件牌号;

注5: 表中 CU5MCuC 为工业阀门用 Ni-Cr-Fe 合金铸造“英康洛伊合金”(Incoloy)的铸件牌号;

注6: 表中 N3M, N7M, N12MV 为工业阀门用 Ni-Mo 合金铸造“哈氏 B 合金”(Hastelloy B)的铸件牌号;

注7: 表中 CW12MW, CW6M, CW6MC(C-276), CW2M(C-4), CX2MW, CX2M 为工业阀门用 Ni-Cr-Mo 合金铸造“哈氏 C 合金”(Hastelloy C)的铸件牌号。

表 3-5 工业阀门用镍及镍基合金材料的机械性能

牌 号	CZ100	M35-1	M30C	N12MV	N3M	N7M	CY40	CW12MW	CW6M	CW2M	CW6MC	CX2MW	CU5MCuC	CX2M
抗拉强度≥(MPa)	345	450	450	525	525	525	485	495	495	495	485	550	520	495
屈服强度≥(MPa)	125	170	225	275	275	275	195	275	275	275	275	310	240	270
延伸率[50mm]≥(%)	10.0	25.0	25.0	6	20.0	20.0	30.0	4.0	25.0	20.0	25.0	30.0	20.0	40.0

表 3-6 工业阀门用镍及镍基合金热处理的要求

牌 号	热处理要求
CZ100, M35-1, CY40 Class1, M30C, N12MV, N7M, N3M	铸态供货
CW12MW, CW6M, CW6MC, CW2M	铸件应加热到不低于 1095℃固溶化处理
CY40 Class2	铸件应加热到不低于 1175℃固溶化处理
CX2MW	铸件应加热到不低于 1040℃固溶化处理
CU5MCuC	铸件应加热到不低于 1205℃固溶化处理
CX2M	铸件应加热到不低于 1150℃固溶化处理,然后在 940~990℃进行稳定化处理
CX2M	铸件应加热到不低于 1150℃固溶化处理

第六节 工业阀门用锻造耐蚀镍基合金

工业阀门用锻造耐蚀镍基合金主要有：ASTM B564 标准的 UNS N04400 (Monel 400)；UNS N06600 (Inconel)；UNS N08800 (Incoloy)；UNS N10665、UNS N10675、UNS N10629 (Hastelloy B)、UNS N06110、UNS N06625、UNS N10726 (Hastelloy C)，他们的化学成分见表 3-7，力学性能见表 3-8，还有 ASTM B865 标准的 UNS N05500 (Monel K500)，他的化学成分见表 3-9，力学性能见表 3-10，ASTM B637 标准的 UNS N07718，他的化学成分见表 3-11，力学性能见表 3-12。其中，UNS N05500 (Monel K500) 合金是在 Monel 400 基础上通过加入 2.3%-3.15%Al、0.35%-0.85%Ti 而获得的可时效硬化合金；UNS N07718 合金是在 UNS N06600 合金基础上通过加入 4.75%-5.5%Nb、0.65%-1.15%Ti、0.20%-0.80%Al 而获得的可时效硬化合金。

表 3-7 工业阀门用锻造镍基合金化学成分

UNSN	04400	06110	06625	0600	08800	08825	10276	10665	10675	10629
Ni	≥ 63.0	≥ 51.0	≥58.0	≥ 72.0	30-35	38-46	余	余	≥ 65.0	余
Cu	28-34	0.50		0.50	0.75	1.5-3.0			0.20	
Fe	2.5	1.0	5.0	6-10	≥39.5	≥22.0	4-7	2.0	1-3	2.0
Mn	2.0	1.0	0.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	3.0	1.5
C	0.3	0.15	0.10	0.15	0.10	0.05	0.010	0.02	0.010	0.010
Si	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	0.08	0.10	0.10	0.05
S	0.024	0.015	0.015	0.015	0.015	0.03	0.03	0.03	0.010	0.010
Cr		28-33	20-23	14-17	19-23	19.5-23.5	14.5-16.5	1.0	1.0-3.0	1.0
Al		1.0	0.4		0.15-0.60	0.2			0.50	
Ti		1.0	0.4		0.15-0.60	0.6-1.2			0.20	
Nb		1.0	3.15-4.15							
Mo		9-12				2.5-3.5	15-17	26-30	27-32	26-30
P		0.05	0.015				0.04	0.04	0.03	0.04
W		1-4					4-4.5		3.0	
Co							2.5		0.20	
V							0.35			1.0

表 3-8 工业阀门用锻造镍基合金力学性能

UNS N	04400	06110	06625	0600	08800	08825	10276	10665	10675	10629
Am (MPa)	487	655 ^A 621 ^B	827 ^A 758 ^B	552	517	586	690	760	760	760
A _{p0.2} (MPa)	172	310 ^A 276 ^B	414 ^A 345 ^B	241	207	241	283	350	350	350

A (%)	35	60 ^A 50 ^B	30 ^A 25 ^B	30	30	30	40	40	40	40
注：A 棒料尺寸为≤4 (102mm) , B 棒料尺寸为 4-10 (102-254mm)										

表 3-9 ASTM B865 标准的 UNS N05500 (Monel K500) 化学成分

Ni	Al	C	Fe	Si	Ti	S	Cu
≥63.0	3.30-3.15	≤0.18	≤2.0	≤1.5	0.35-0.65	≤0.010	27.0-33.0

表 3-10 ASTM B865 标准的 UNS N05500 (Monel K500) 力学性能

热处理	Am	A _{p0.2}	A	硬度	
				HB	HRC
热轧时效	≥965	≥690	≥20%	≥265	≥27

表 3-11 ASTM B 637 标准的 UNS N07718 和 N07750 化学成分

元素	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Nb	Mo	S ≤	Ti	Al	P ≤	Fe
	≤	≤	≤			≤							
N07718	0.08	0.35	0.35	17-21	50 -55	1.0	4.75 -5.50	2.80 -3.30	0.015	0.65 -1.15	0.20- 0.80	0.015	余量
N07750 (X-750)	0.08	1.0	0.50	14-17	70	0.50			0.01	2.25- 2.75	0.4- 1.0		5.0- 9.0

表 3-12 ASTM B637 标准的 UNS N07718 和 N07750 力学性能

牌号	热处理工艺	Am	A _{p0.2}	A %	Z %	HB
N07718	固溶：924℃-1010℃ ≥1/2h 空冷时效：718℃±14, 8h, 炉冷至 621±14, 连续加热保温 18h, 空冷。	≥1275	≥1034	≥12	≥15	≥331
N07750 (X-750) 型号 1 (>593℃)	固溶 1149℃±14 保温 2-4h, 空冷 稳定化 843℃±14 保温 24h, 空冷 沉淀硬化 704℃±14 保温 24h, 空冷	965	620	8	18	≥262
N07750 (X-750) 型号 2 (≤593℃) (≤63.5mm)	固溶 982℃±14 保温 0.5h, 空冷 稳定化 843℃±14 保温 24h, 空冷 沉淀硬化 732℃±14 保温 8h, 随炉 冷至 621℃±14 保温 18h, 空冷	1170	790	18	18	302-363
N07750 (X-750) 型号 2 (63.5-101mm)	固溶 982℃±14 保温 0.5h, 空冷 稳定化 843℃±14 保温 24h, 空冷 沉淀硬化 732℃±14 保温 8h, 随炉 冷至 621℃±14 保温 18h, 空冷	1170	790	15	15	302-363
N07750 (X-750) 型号 3	固溶 1079-1121℃ 保温 1-2h, 空冷 稳定化 843℃±14 保温 24h, 空冷 沉淀硬化 704℃±14 保温 20-24h, 空冷	1103-1276	689-896	20	20	267--363HBW 27-40HRC

第四章 氧气阀门材料选用

4.1 流速限制

阀门体内的流速应不高于氧气管道流速的限制，管道材料的氧气流速限制按表 4-1 的规定。

表 4-1 碳钢与不锈钢材料管道的流速 (V) 限制表

管道材质	工作压力 P (MPa)					
	P≤0.1	0.1<P≤1	1<P≤3	3<P≤10	10<P≤15	15≤P<21
碳钢	根据管道 压降确定	<20m/s	<15m/s	不允许	不允许	不允许
奥氏体 不锈钢		30m/s	25m/s	PV≤45MPa·m/s (撞击场合) PV≤80MPa·m/s (非撞击场合)	4.5m/s (撞击场合) 8.0m/s (非撞击场合)	4.5m/s

4.2 材料选用原则

氧气管道用阀门主体材料的选用，应重点考虑工作压力、工作温度、材料的阻燃性能、氧气纯度和流速。首选不氧化、不锈蚀，含碳量低的材料（**高压氧会与钢中的碳摩擦产生热量，在纯氧环境中极易发生燃烧**）。

镍基合金通常含有 50% 以上的镍，镍和铜都是阻燃性比较好的材料，当镍和铜组合在一起时，组合含量越高，合金的阻燃性越强。因此 Monel 400、Monel K500 在含镍量 63% 的基础上，又含有 30% 左右的铜，**比 Inconel 600、Inconel 625 阻燃性更好**。采用青铜合金材料应注意最大铝含量为 2.5%。

用于低压氧气管道阀门的主体材料常用奥氏体不锈钢和铜合金；奥氏体不锈钢材料一般采用 304、316、304L、316L 系列。铜合金材料一般采用 16-4 硅青铜（**老标准叫 80-3 硅青铜**），铸件牌号 GB /T12225 ZCuZn16Si4。用于高压氧气管道球阀的主体材料常用 Inconel 600、Inconel 625、Monel 400、Monel K500 等。

阀门的压力 - 流速限制是为了防止和减少氧气的湍流撞击，以及防止管道内有颗粒杂质的撞击。应根据阀内流速，充分考虑摩擦、静电及非金属引燃、可能的污染物（碳素钢表面锈蚀）等因素，严格控制材质选择。

阀体内的流速应不高于氧气管道流速的限制，不同材料管道的氧气流速限制按表 1 的规定。当阀门流道内的流速超过表 1 规定的范围时，主体材料应选用相应工作压力下的豁免材料，豁免材料的豁免压力及厚度要求表 3 的规定。

豁免压力是指在有微粒冲击可能发生的富氧中，某种合金材料不用考虑氧气流速限制的最大压力值。

豁免材料是指在确定的压力限制、材料厚度和氧气纯度的情况下，可不受氧气流速限制的工程合金材料。

阻燃性是指材料具有的或材料经处理后具有的明显推迟火焰蔓延的性质。奥氏体不锈钢的阻燃性介于低碳合金钢和镍或铜合金之间，镍铜合金的阻燃性高于奥氏体不锈钢。

4.2.1 与氧气接触的金属材料，除有特殊规定或订货合同要求外，在压力-流速条件限制的材料选用原则按表 2 的规定。

表 2 压力-流速条件限制的材料选用

最高工作压力 P MPa	$P \leq 0.1$	$0.1 < P \leq 0.6$	$0.6 < P \leq 3$	$3 < P \leq 10$	$10 < P < 21$
壳体材料	碳钢、 不锈钢	不锈钢、碳钢， 优先选用不锈钢	不锈钢及铜合金 或两者的组合	不锈钢及非铁基材料，或 两者的组合，优先选用非 铁基材料	铜合金、镍 及镍基合金
阀内件材料	不锈钢	不锈钢			

4.2.2 当阀门流道内的流速超过表 1 范围的，阀体应选用相应压力下的豁免材料，豁免材料对应厚度下的豁免压力见表 3。

表 3 豁免材料的豁免压力及厚度限制

豁免材料	最小厚度/ mm	豁免压力/ MPa
铸造和锻造黄铜合金，锡青铜	不限制	20.68
钴基合金	不限制	3.44
铜合金，铜镍合金	不限制	20.68
Ni 合金 (Hastelloy C-276, Inconel 600)	3.18	8.61
Ni 合金 (Inconel 625; Inconel X-750)	3.18	6.90
Ni 合金 (Monel 400; Monel K-500)	0.762	20.68

4.2.3 对于受流体冲击的阀内件（阀座、阀芯、阀瓣），工作压力 P 不大于 2.58MPa 时，可以用厚度不小于 6.35mm 的奥氏体不锈钢、奥氏体不锈钢堆焊钴基合金；工作压力在 2.58MPa < P ≤ 3MPa 范围内，宜选用豁免材料或用不锈钢堆焊铜、镍或 MONEL 合金。以上堆焊层厚度加工后应不小于相应豁免材料的最小厚度且不小于 1.5mm。工作压力 P 大于 3MPa 应选用豁免材料。

4.2.4 截止阀的壳体与阀内件均按氧气撞击场合考虑流速限制。

4.2.5 止回阀，双瓣式与旋启式止回阀的阀体与阀内件均按撞击场合考虑；公称压力大于 PN16 及 Class150 的止回阀的阀座，不宜选用非金属材料作为密封面。工作压力大于 3MPa、小于 10MPa，且流速在控制范围内止回阀阀体应选用豁免材料堆焊密封面（其堆焊厚度应不小于 2mm）或用相应的豁免材料。阀瓣、弹簧等零件应选用相应的豁免材料。

4.2.6 金属-金属的密封副的阀门，两个密封面材料宜有不小于 30HBS 的硬度差。可以选择堆焊钴基或镍基合金增加表面硬度，堆焊层厚度加工后应不小于 2mm。

4.2.7 作为阀内部导向部件的两种材料要有显著的硬度差，对于相同或相似硬度的材料作为导向部件时，其中一种应通过堆焊硬面合金的方式提高硬度。通过堆焊方式提高硬度时，并不能作为提高基体材料豁免压力的方法，除非用豁免材料包覆基体且堆焊层厚度不小于相应豁免材料的最小厚度且不小于 1.5mm。

4.2.8 对于只受静压的零部件（如阀杆等），可以选择不锈钢材料。

4.2.9 弹性密封副（如金属-四氟等）的球阀不应作为管道排空阀使用。

4.2.10 阀门内部，应尽可能避免在氧气气流中出现非金属材料，尽可能减少非金属材料的使用数量。在阀门内使用的非金属材料，应采用具有氧兼容性的非金属材料。

4.2.11 垫片应根据氧气工作压力选用，工作压力 P 不大于 3MPa 时，可以根据温度要求选择聚四氟乙烯垫片、石墨复合垫片，超过此压力则应选择不锈钢缠绕垫片或非铁基合金垫片。

4.2.12 填料应根据氧气压力及可能存在的绝热压缩选用聚四氟乙烯或无脂柔性石墨，或非铁基金丝与无脂柔性石墨的组合。

4.2.13 阀门有相对转动和摩擦运动的部位、非金属的阀内件、阀杆填料等部位应有防摩擦静电的措施，以防止静电聚集。