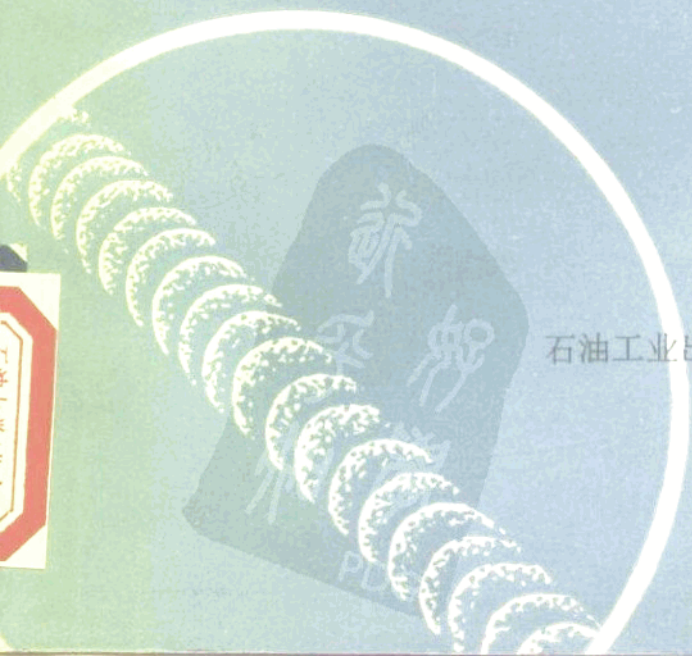


长输管道焊接安装 工程手册

【苏】 К. И. 扎依采夫
И. А. 什麦列娃



石油工业出版社

前 言

苏联 1981~1985 年以及 1990 年以前的经济和社会发展基本方向规定：“加速发展管道输送，特别是石油产品及油、气的管道输送”。

长输管道是一项长距离焊接安装工程，是在复杂气候条件下以及在不稳定的机械负荷和不同温度的作用下进行工作的。随着长输管道管子直径的增大，管子的化学组成变得更加复杂，其机械性能也发生了变化，因而焊接工艺也应有所改变。用于制造直径 720~820mm 的管子的强度为 480~520MPa 的含锰和硅的热轧合金钢，已被用以制造直径 1020mm 管子的强度为 520~550MPa 的正火钢所代替。后来，用钒和钒加氮微合金化强化的，可使钢的综合机械性能提高并保证强度达 600MPa 的弥散硬化正火钢得到了应用。由于掌握了含少量珠光体的控制轧制钒铌钼钢技术，制造出了压力大于 7.5MPa 的大直径的管子。

为进一步提高管道在高压下的可靠性和工作能力，可通过采用双层壁和多层壁以及表面加强的（加箍的）管子来实现。

根据管子用钢化学组成复杂化、管壁厚度增加，以及焊接安装工作必须在北方低温条件下进行等情况，有必要研究出新的焊接工艺，及相应的新技术和新的焊接材料。输送带有腐蚀性混合物（硫化氢、二氧化碳等）的介质，焊接工

艺更加复杂化，并且焊接后需要进行处理。全苏长输管道铺设科学研究所提出的长输管道焊接理论，为制定管道对接接头焊接工艺奠定了基础。该工艺考虑了管道铺设和使用中的所有特殊条件。

目前，已经编制出了非常明确的、在长输管道和油矿管道系统铺设中的焊接安装工作纲要。并已研究出相应的焊接材料——焊丝、熔剂和焊条。也已研究出旋转对接和非旋转对接的机械化焊接方法。

设计和研究机关根据需要在和在全苏长输管道铺设科学研究所的直接参与下，试制出了能够在野外管子焊接站及直接在线路上进行管道焊接的专门的对接焊接设备，该设备大大减少了焊接安装工作劳动量，并推广了一整套大直径和小直径管子接触焊的设备和装置。在全苏长输管道铺设科学研究所研制的基础上推广了塑料管网的接触焊。掌握了批量生产适于野外焊接装置电源的技术。并预示出因节能而使设备逐步小型化的趋势。

目 录

前言

第一章 管道铺设中采用的焊接方法和材料

的分类..... (1)

一、管子和管子用钢..... (2)

二、焊接材料..... (36)

三、焊接材料的保管及其焊前准备..... (90)

第二章 焊前准备及管道对接口的安装..... (95)

一、管子边缘坡口的形式和在管线工地加工坡口的方法..... (95)

二、准备工作的进行..... (99)

三、焊前管子对接口的预热及焊接接头热处理..... (104)

四、氧气切割..... (111)

五、准备和安装管道对接口的设备..... (117)

第三章 管子焊接站的焊接安装工作..... (147)

一、管子焊接站设备..... (147)

二、管子焊接站焊接工艺..... (171)

第四章 在线路工地上的焊接安装工作..... (194)

一、管道手工电弧焊的设备及工艺..... (194)

二、手工电弧焊时焊接安装工作的组织..... (210)

三、管道气体保护自动焊接工作的生产设备
及工艺..... (215)

四、管道气体保护自动焊接时焊接安装工作的组
织..... (225)

五、用粉芯焊丝焊接时的生产工艺和设备·····	(230)
第五章 闪光接触对接焊时的焊接安装工作·····	(233)
一、焊接过程的实质和焊接接头的成形特点·····	(233)
二、管道接触对接焊设备·····	(236)
三、管道接触对接焊时焊接安装工作的 工艺和组织·····	(245)
第六章 塑料管的焊接·····	(250)
一、聚合物的物理状态·····	(250)
二、基本聚合物类型简要特征·····	(252)
三、焊接接头形成机理·····	(260)
四、塑料管的可焊性·····	(261)
五、焊接塑料管的准备工作及焊接方法·····	(263)
第七章 焊接安装工作中焊接接头的质量 及其检验·····	(276)
一、管道焊接接头机械性能、破坏性检验方法·····	(276)
二、管道焊接接头缺陷·····	(286)
三、管道焊接接头非破坏性检验·····	(300)
四、焊接安装工作质量的工序间检验·····	(325)
五、管道焊接接头检验标准·····	(327)
六、用于对接焊口的焊接和检验资格考试的 焊工考试规则·····	(329)
七、新焊接工艺及设备的验收检验·····	(331)
第八章 在建造穿越、跨越管段、焊入弯管、 支撑附件及焊接区段间隙对接口时的 焊接安装工作·····	(336)
第九章 铺设管道时焊接安装工作的安全技术·····	(346)

第一章 管道铺设中采用的 焊接方法和材料的分类

焊接过程和方法是根据一系列特征进行分类的。根据苏联国家标准 ГОСТ 19521-74，主要特征是指加入工件中能量的形式。根据这个特征，所有的焊接方法可分为：用热源但不用压力实现的热的焊接方法；采用热和压力实现的热-机械焊接方法；以及仅采用机械能实现的机械焊接方法。前两组焊接方法一般称为熔化焊接法和压力焊接法。因为在管道铺设中采用的焊接方法属于这两种方法，所以在下面文章中将仅仅讨论熔化焊接法和压力焊接法。对焊接方法按能量载体的形式（气体火焰、电弧、射线）、形成接头的条件（自由成型、强迫成型）、技术特征（焊接保护及由它决定的诸因素、过程自动化程度、过程的连续性等）以及工艺特征将进一步加以细分。目前采用了几种焊接管道的方法。为了在每一具体施工条件下由其中正确地选择一个焊接方法，应当考虑到方法的技术可能性、与施工预定速度的一致性、劳动组织方案实现的可能性、焊接方法的能量效益和经济效益。这些指标在每一种焊接方法中差别很大。如在表1中给出了不同焊接方法的热源能量特征。激光在加热斑点中具有最大的能量密度和最小的加热面积。这意味着用激光焊接比任何其它焊接方法可以熔化更少的金属量和在更短的时间内完成。

当计算用不同的焊接方法进行直径为 1420mm 的管道对接焊的能量消耗时，激光焊的能耗仅为传统焊接方法的

$1/5 \sim 1/6$ (图1)。

图2表示出在管道铺设中根据列出的全部特征对应用的焊接方法进行分类的示意图。

一、管子和管子用钢

(一) 管子的分类

铺设长输管道用的管子应符合下列标准和技术条件的要求：无缝管——ГОСТ 8731-74、ГОСТ 8733-74，直径小于或等于 800mm 的焊接管——ГОСТ 20295-74，直径大于 800mm 的管子按技术条件要求，由苏联国外进口的管子按专门的技术条件要求。表2给出苏联国产管子的品种、表则给出了苏联进口管子的品种。按照管子制造方法，分为

表 1 焊接热源的能量特征

热 源	载热体温度, K	最小加热面积, cm^2	斑点中最大能量密度, W/cm^2
气体火焰	3000~3500	$1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^4$
在铁电极之间的焊接电弧	5000~6000	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^6$
氢气中的电弧	10000~20000	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^5$
电子射线	—	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^6$
激光束	—	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^9$

无缝管（热轧管、热处理管）和焊接管（直缝管和螺旋焊缝管）。按管子直径大体分为小直径组（57~426mm）和大直径组（530~1420mm）。按管子使用条件决定的管子的用途可以分为三组：

第一组：用强度极限小于 490MPa 的低碳钢制造，适于

温度在零度以上和压力小于 5.4MPa 使用的管子。铺设用这种管子组成的管道，可在 -40°C 以上的温度下进行。

第二组：用强度极限为 490~540MPa 的低碳低合金钢制造，适于在苏联北方区域，温度低达 -40°C 和压力小于 5.4MPa 的条件下使用的管子。

第三组：用强度极限大于 540MPa 的低合金钢制造，适于温度低达 -60°C 和压力小于 9.8MPa 的条件下使用 和铺设的管子。

在决定使用条件时，除考虑温度和压力外还要根据布管方法（地下或地上，在沼泽地或在稳定土壤上，通过水运或通过汽车公路等）将管道分为 4 级（建筑标准与规则 СНИП III-42-80）。

（二）对管子的技术要求

所有出厂的管子均应符合一定的国家标准的要求，包括尺寸精度，管材金属和焊缝的表面质量，以及在工厂水压试验时管子的强度等。此外，在管子供货的技术条件中还可以协商特殊要求。

管子两端外径与名义尺寸的允差不应超过下列数值：

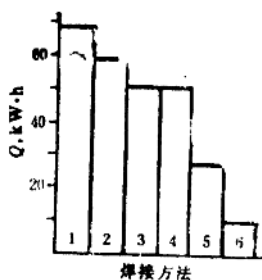
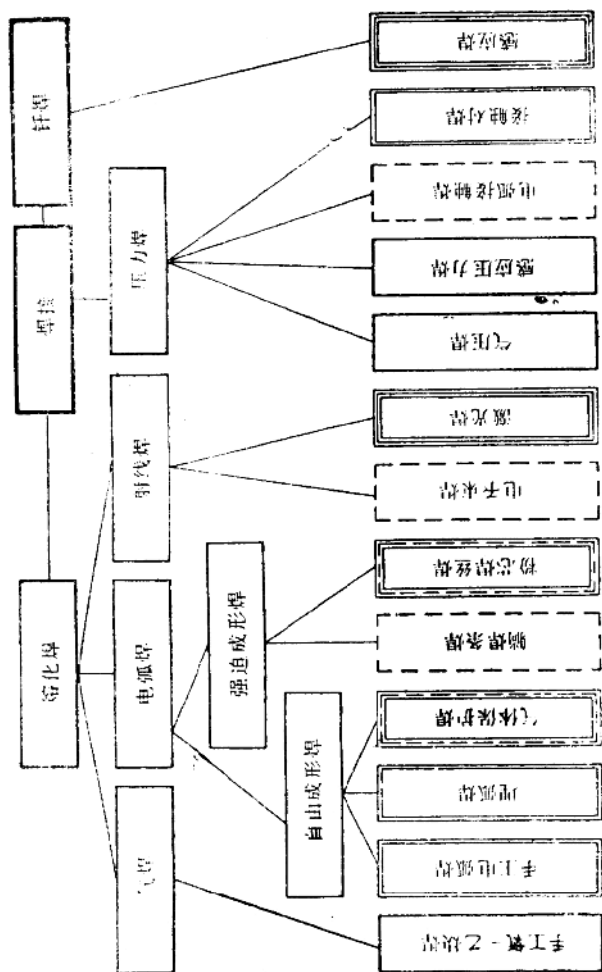


图 1 直径 1420mm 壁厚 17mm 管子每一对接焊口消耗电能 Q
1—手工电弧焊；2— CO_2 半自动焊；3—闪光接触对接焊；4—手工封底埋弧焊；5—双面埋弧焊；6—激光焊



——在铺设中的试验方法；——过去在铺设中使用过的方法；——现在广泛应用的方法；——在铺设中试用的方法，其应用量将增加；——现在正在研制并在将来有应用前景的方法。

表 2 在长输管道铺设中使用的苏联国产管子的品种

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
57~426	3~18	BCr2cn, 3cn, 4cn (ГОСТ 380-71) 钢10, 20 (ГОСТ 1050-74) Cr10Г2或09Г2 (ГОСТ 19282-73)	根据ГОСТ 3845-75 的公 式决定水压 (当许用应力等 于钢材抗拉强度的40%时)	无缝管 按ГОСТ 8731- 74, ГОСТ 8732-70, ГОСТ 8733-74	
12~299	按品种	合金钢 (ГОСТ 12282-73)	同 上	无缝管	ТУ 14-3-251-74
10~426	同上	碳钢 (ГОСТ 1050-74)	同 上	同 上	ТУ 14-3-460-75
194~219 245~325	8~12 9~15	09Г2C (ГОСТ 19282-73, B组, ГОСТ 8731-74)	同 上	同 上	ТУ 14-3-500-76
159~426 219, 273 325, 426	4~8 6~9	碳钢及低合金钢 (ГОСТ 380-71, B组, ГОСТ 1050-74, ГОСТ 19282-73), Cr10cn, Cr10kn, BCr3cn	根据ГОСТ 3845-75 的 公式决定水压 (当许用应力 等于0.9屈服强度时)	焊接管	ГОСТ 20295-74 ТУ 14-3-377- 75 附带№1修正

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
159	3.8 4.0		6.87 6.87	A	ГН 51-542-72 附 带 90° 修正
219	4 4.5	Ст3сп Ст3пс	6.87 6.87		
273	5 4.5	Ст3пс	6.37 6.87		
325	5	(ГОСТ380-71, B组)	5.89		
377	6		6.87 6.18		
273	7 8	碳钢 (ГОСТ380-71 B组 和ГОСТ1050-74)	根据 ГОСТ 3845-75 的公 式决定 (当许用应力等于钢 材抗拉强度的50%时)	E	
325 426	8 7 8				
530	9 6	17ГС	6.71	BB	ГН 14-3-104-73

续表

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
530	6.5	03Г2С	7.35	БГ	ТВ 14-3-604-77
	7		7.98		
	7.5		8.7		
	8		9.36		
530	7	16Г2С1(МК)	10.71	БГЛ	ТВ 14-3-605-77
	8; 9		7.35		
530	7	14ХГС	7.84	БГЛ	ТВ 14-3-109-73
	8; 9		7.84		
	7.5		8.33		
	8		8.43		
530	9	ГОСТ 19281-73 ГОСТ 19282-73 ГОСТ 1050-74 17ГС	9.12	А与Б БВ	ГОСТ 20295-74 ТВ 14-3-103-73
	5		10.39		
	9		ГОСТ 3845-75		
	7.5		6.37		
	8		6.77		
820	8.5		7.33		

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
720	9	17Г1С	7.81	АЖ	ТУ 14-3-295-74
	10		8.8		
	11		9.77		
	12		10.73		
720	7.5	17Г2СФ	6.37	АЖ	ТУ 14-3-295-74
	8.5; 9		7.35		
	10; 12		8.33		
	7; 8.5		6.37		
720	9.5; 10	14ХГС	8.33	ВГД	ТУ 14-3-109-73
	11.5		9.31		
	7.5		6.37		
	8		6.67		
720	9		7.6		
	10.5		8.98		
	11		9.45		

续表

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
820	8	17Г2СФ	6.37	АЖ	ТУ 14-3-295-74
	10		7.35		
	11.5		8.82		
820	8.5	17ГС	6.42	ББ	ТУ 14-3-109-73
820	9		6.84		
	10		7.7		
	10.5		8.11	АЕК	ТУ 14-3-311-74
	11		8.55		
	12		9.39		
820	8.5	17Г1С或	7.35	АЖ	ТУ 14-3-295-74
	10		8.33		
	12	17Г2СФ	10.3		
820	8.5	17Г2СФ	6.37	ББ	ТУ 14-3-602-77
	10		7.35		
	11.5		8.82		
1020	8.5	16Г2С\AФ	5.78	ББ	ТУ 14-3-602-77
	9		6.18		

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
1020	10.5	17Г1СУ	7.31	БЗ	ТУ 14-3-602-77
	9.5		5.98		
	10		6.37		
1020	10.5		6.67		
	11.5		7.35		
	12		7.74		
	12.5		8.1		
	14		9.17		
1020	10.5	17Г1С	7.35	АБК	ТУ 14-3-311-74
	12		8.33	АЖ	ТУ 14-3-295-74
	10		6.37		
1020	11	17Г2СФ	7.35		
	12		8.33		
	10.6		6.37		
	9.5		5.98		
	10		6.37		
1020	10.6	16Г2ТЮ	6.37	АЖ	ТУ 14-3-499-76
	9.5	16Г2АЮ	5.98	ГЖ	ТУ 14-3-666-78
1020	10		6.37		

续表

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
	10.5		6.67		
	11.5		7.4		
	12		7.75		
	12.5		8.09		
1220	14.5	09Г2ФБ	9.22	БК	ТУ 14-3-741-78
	17.2	08Г2ФЮ	11.08		
1420	17.5		9.66		
1420	20.9		9.60		
			11.67		
1020	12.5	14ХГ	7.65	БА	ТУ 14-3-602-77
1220	10.5	17Г2СФ	6.37	АЕК	ТУ 14-3-311-74
		17Г1С			
1220	11	17Г1С-У	6.18	Б1А	ТУ 14-3-602-77
	12		6.47		
	13		7.06		

续表

直径, mm	壁厚, mm	钢的牌号	工厂保证试验压力, MPa	管子特征	技术条件号
	14		7.65		
	14.5		7.94		
	15.2		8.33		
1220	12.5	17Г1С	6.37	АЖ	ТУ 14-3-295-74
1220	12	17Г2СФ	6.37		
1220	11.6	16ГФР	9.27	АЕ	ТУ 14-3-668-78
1420	14	16ГФР	9.41		

注: А—螺旋焊缝管; Б—直缝管; В—热轧钢板焊接管; Г—热校形管; Д—正火管; Е—热强化管;

Ж—用热卷轧钢板焊接管; З—用正火钢板焊接管; И—用热处理钢板焊接管; К—用控制轧制钢板焊接管; Л—热轧管