

金 属 软 管

〔苏〕 A. И. 克留柯夫等著

晨光机器厂 译

内 容 简 介

本书介绍了在各种压力和温度下啣送液体和气体用的金属软管的结构。叙述了各种形式金属软管挠性部分的制造工艺和接头的嵌装工艺。介绍了金属软管的基本特性，包括：弹性性能、液压特性、阻尼特性及金属丝网套的强度计算，还介绍了挠性管道的频率特性。

书中叙述了对金属软管所需进行的试验种类、试验方法和某些试验结果。

本书最后介绍了金属软管的选择、安装和使用。

本书可供从事这方面工作的技术人员和工人同志参阅。

ГИБКИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУКАВА

〔苏〕А. И. Крюков 等著

Машигиз 1970

*

金 属 软 管

晨光机器厂 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张5⁷/₈ 124 千字

1973年2月第一版 1973年2月第一次印刷 印数：00,001—18,500册

统一书号：15034·1293 定价：0.50元

绪 论

软管发展的历史可以追溯到遥远的过去。用兽皮缝合的管状结构就是现代软管的原型。

十七世纪末，荷兰的万·德尔·盖金兄弟制成了纵向缝合的帆布软管，它在消防业务中得到了极广泛的采用，这种结构经过少许修改一直保留到今天。随着橡胶在世界市场上的出现及其硫化工艺的掌握，在软管上涂覆橡胶就开始了。

由于被输送液体压力的提高，创造了具有多层橡胶涂层和用金属丝或织物加强的铠装软管。

但是，软管的使用性能仍然不能令人满意，它不适于输送蒸汽及其他炽热物料，也不能保持与汽油、煤油和酸、碱接触。同时，工业的发展要求进一步改进软管结构和扩大它的使用可能性。

用金属代替由于高温和腐蚀性介质作用而迅速破坏的织物和橡胶解决了这些问题。

1855年，德国发表了利用当时已有的首饰的原理（图0.1）制造金属软管的专利。这种首饰是用两根做成U形截面的黄铜带1和2按螺旋线一起卷绕制成的。

发明的实质是用一根成形为S形截面的金属带3来代替两根U形金属带。金属带的截面成形是在丝杠上卷绕而成的，丝杠的螺距相当于波纹的波距。为了密封内腔，在相邻两匝之间垫以橡胶或石棉绳4。金属带由青铜板、黄铜板或镀锌

铁皮制成。

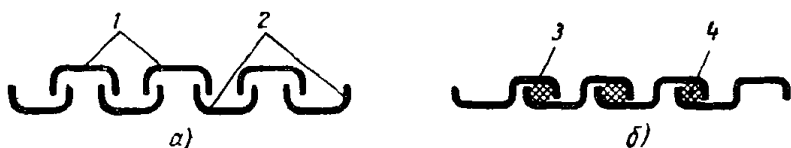


图0.1 首饰(a)向金属软管(b)的发展

1—外金属带；2—内金属带；3—S形金属带；4—密封。

由于向一面卷绕，图 0.1 所示的结构有一个根本缺点，就是卷起的金属带力图向反面展开。1894 年，当出现了复式金属软管时，这个缺陷被消除了。复式软管是由两根按不同直径向相反方向卷绕的金属带制成的。这种结构使两个截面达到相互平衡，因而可以消除自发展开。

1920 年开始用金属丝网套加强波纹管。波纹管的弹性和金属丝网套相结合可在保持挠性的条件下大大提高软管在压力下工作时的强度，同时可显著增加软管在拉负荷条件下的刚度。

但是，用橡胶或石棉线制作的密封件仍然是金属软管的薄弱部分。弯曲时，填橡胶或石棉线的凹槽宽度发生不均匀变化，因此软管丧失密封性。用薄壁黄铜管滚压制成的波纹管是软管结构的进一步发展，这种新结构靠波纹管壁的弹性变形保有一定的可压缩性，故可保持绝对密封。

长期以来，有色金属（黄铜、青铜、炮铜）是唯一适于制造无缝管坯的材料。这类材料的良好塑性可制得具有足够深度的波纹，从而保证软管的必要挠性。随着气焊和电焊的发展，出现了所谓焊接软管，它可以用廉价的碳钢制造。

这种软管由按螺旋形卷绕的特型金属带制成，带边用焊

接合。这样得到的螺旋形波纹保证导管有必要的可压缩性。

继续改进波纹的成形工艺，顺利地得到了具有足够深的波纹的薄壁钢管。于是有可能安排技术性能远远超过黄铜软管相应指标的钢质软管的生产。

目前，世界上许多国家生产各种不同类型的软管。从样本资料看，这些国家各公司生产软管用的材料是不同的，例如：带有织物和钢丝加强骨架的橡胶压力软管，带有不锈钢网套的氟塑料导管和带有外部金属丝网套的全金属软管。

苏联工业部门生产橡胶软管、带金属骨架的橡胶-织物软管、半炮铜软管、钢及其他软管。近来，不锈钢密封软管在一系列工业部门中得到了广泛应用。这种软管与以前的各种软管相比，主要优点是能够输送低温的、腐蚀性的和不腐蚀的液体，有耐受高工作压力和高温的能力，同时能在长期内保持使用性能。

按挠性程度软管分为两种：软管和有限软管。所谓软管

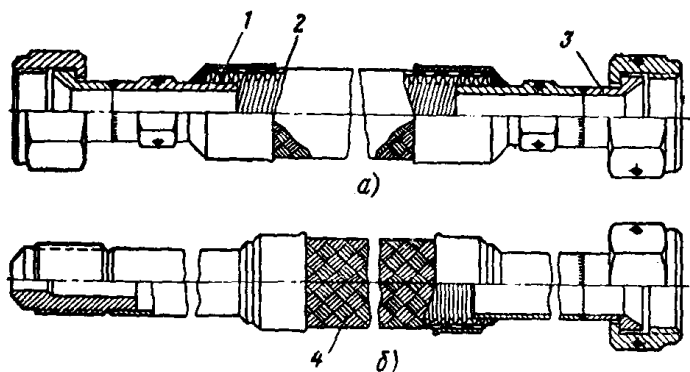


图0.2 金属软管(a)；有限软管(b)

1—波纹管(管壳)；2—金属丝网套；3—端接头；4—弹性嵌入段(补偿器)。

就是用来连接某机构各个部件的挠性导管（图0.2 a）。

在下列情况下采用软管是理所当然的，有时甚至是必须的，这就是：

1. 难于靠近去安装的管道；
2. 安装时连接部位的相互偏差太大，必须在此部位使导管显著变形时；
3. 对于按使用条件须经常拆开的机件，需要安装导管时；
4. 本体和管道由于热膨胀将发生显著的相互位移时；
5. 作用于导管的过载大且不能用已知方法降低管道的振幅时；
6. 被连接机件按使用条件须作相对于产品本体的移动时。

有限软管是用软管作位移补偿器的普通导管系统（见图0.2 6）。在用现有方法提高刚性导管的可靠性效果不大时，采用这种软管。如所周知，这些方法是：

1. 利用标准样品保证导管的互换性；
2. 通过改变导管的跨距长度或外形调整共振；
3. 在导管支点内安装各种可能的缓冲器，减小共振振幅；
4. 保证导管在具有补偿装置的支点和连接处内自动调整。

刚性导管有了弹性过渡段，在连接部位有显著相互偏差的条件下，可以不加矫正而进行安装。

在现有的管道系统中，常常利用所谓补偿弯曲对温度位移进行补偿。这种方法造成设备上弯管臃肿并使管料的配套

消耗增加。采用有限软管可以避免管道的这种复杂化。

弹性嵌入段的金属丝网套决定了有限软管的良好减震性能。网套内发生能量散逸的结果使这种系统中的振动对数减缩率比普通导管系统的要高得多。

为了保持移动时的密封，在普通管道（夹布橡胶管、伸缩管）的补偿装置内广泛采用橡胶件，这极大地限制了该种接头的使用可能性。用有限的挠性段代替橡胶补偿装置可以显著扩大管道的使用可能性。例如，采用以金属软管为基础的补偿器，就可用于腐蚀性介质的工作，显著扩大工作温度的范围，提高液体压力，并大大增加产品的贮存时间而不降低使用性能。

继续改进金属软管结构的最有前途的方向是，使软管各组成部分具有合理的结构以降低软管的重量，提高挠性、工作温度和工作压力，增加在各种负荷条件下的工作能力，改善液压特性，创制具有良好绝热性和真空性能的软管。

当前，工业部门正在研制各种不同结构的软管，其中包括具有多层波纹管壳的软管，这种软管有高的挠性、良好的减震特性和在压力下工作时有足够的承载能力。近几年出现了氟塑料软管，它的特点是化学稳定性高，在脉动负荷下工作能力大，液压阻力小。为了提高工作压力，正在改进波纹截面的形状，采用管壳金属加强件和研制更合理的多层网套结构。为了输送低沸点液体，正在研制具有屏蔽真空绝热层的软管。改进软管结构的工作正按现代技术的新要求在继续进行。

目 录

绪论	5
第一章 金属软管的结构及其在工程中的应用	11
一、波纹管壳的结构特点	11
二、金属丝网套	14
三、接头	16
四、软管的分类	20
五、波纹管和金属丝网套几何参数的选择	25
第二章 金属软管的基本性能	31
一、弹性性能	32
1. 抗弯刚度性能	33
2. 纵向刚度性能	36
二、金属丝网套的强度计算	43
三、波纹管应力的测定	48
四、液压特性	52
五、阻尼特性	56
第三章 挠性管道的频率特性	62
一、挠性管道的振动种类和振动源	62
二、软管的运动方程	65
三、解运动方程的各种情况	70
四、各种因素对频率特性的影响	75
五、 $T_0 \neq 0$ 时有限软管的频率特性	81
六、 $T_0 = 0$ 时有限软管的频率特性	89
第四章 金属软管挠性部分制造工艺	93
一、制造波纹管用原材料	94

二、用带材成形和卷绕成螺旋形并进行焊接或	
钎焊制造波纹管	96
1. PTC 型波纹管的制造	96
2. CPTC 波纹管的制造	104
3. CPTCA 波纹管的制造	109
三、PGT 型波纹管的制造	110
1. 制造焊接薄壁管坯	110
2. 多层波纹管的管坯装配	119
3. 用液压方法在管坯上成形波纹	121
4. 用机械方法在管坯上成形波纹	128
四、编织金属丝网套	130
第五章 软管接头嵌装工艺	132
一、嵌装方法分类	132
二、接头的钎焊连接	135
三、接头的熔焊连接	139
第六章 软管的试验种类、试验方法和	
某些试验结果	144
一、试验种类分类	144
二、试验的简单内容和方法	145
三、可靠性的数量评价	155
四、封存和包装	160
第七章 金属软管的选择、安装和使用	162
一、型号和波型几何形状的选择	162
二、软管的安装特点	168
三、有限软管的安装特点	175
第八章 软管的技术经济分析和生产组织	179
附录	182
1. PTC 软管的基本参数	182
2. CPTC 软管的基本参数	184
3. PGT 软管的基本参数	186

金 属 软 管

〔苏〕 A. И. 克留柯夫等著

晨光机器厂 译

内 容 简 介

本书介绍了在各种压力和温度下啣送液体和气体用的金属软管的结构。叙述了各种形式金属软管挠性部分的制造工艺和接头的嵌装工艺。介绍了金属软管的基本特性，包括：弹性性能、液压特性、阻尼特性及金属丝网套的强度计算，还介绍了挠性管道的频率特性。

书中叙述了对金属软管所需进行的试验种类、试验方法和某些试验结果。

本书最后介绍了金属软管的选择、安装和使用。

本书可供从事这方面工作的技术人员和工人同志参阅。

ГИБКИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУКАВА

〔苏〕А. И. Крюков 等著

Машигиз 1970

*

金 属 软 管

晨光机器厂 译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张5⁷/₈ 124 千字

1973年2月第一版 1973年2月第一次印刷 印数：00,001—18,500册

统一书号：15034·1293 定价：0.50元

目 录

绪论	5
第一章 金属软管的结构及其在工程中的应用	11
一、波纹管壳的结构特点	11
二、金属丝网套	14
三、接头	16
四、软管的分类	20
五、波纹管和金属丝网套几何参数的选择	25
第二章 金属软管的基本性能	31
一、弹性性能	32
1. 抗弯刚度性能	33
2. 纵向刚度性能	36
二、金属丝网套的强度计算	43
三、波纹管应力的测定	48
四、液压特性	52
五、阻尼特性	56
第三章 挠性管道的频率特性	62
一、挠性管道的振动种类和振动源	62
二、软管的运动方程	65
三、解运动方程的各种情况	70
四、各种因素对频率特性的影响	75
五、 $T_0 \neq 0$ 时有限软管的频率特性	81
六、 $T_0 = 0$ 时有限软管的频率特性	89
第四章 金属软管挠性部分制造工艺	93
一、制造波纹管用原材料	94

二、用带材成形和卷绕成螺旋形并进行焊接或 钎焊制造波纹管	96
1. PTC 型波纹管的制造	96
2. CPTC 波纹管的制造	104
3. CPTCA 波纹管的制造	109
三、PGT 型波纹管的制造	110
1. 制造焊接薄壁管坯	110
2. 多层波纹管的管坯装配	119
3. 用液压方法在管坯上成形波纹	121
4. 用机械方法在管坯上成形波纹	128
四、编织金属丝网套	130
第五章 软管接头嵌装工艺	132
一、嵌装方法分类	132
二、接头的钎焊连接	135
三、接头的熔焊连接	139
第六章 软管的试验种类、试验方法和 某些试验结果	144
一、试验种类分类	144
二、试验的简单内容和方法	145
三、可靠性的数量评价	155
四、封存和包装	160
第七章 金属软管的选择、安装和使用	162
一、型号和波型几何形状的选择	162
二、软管的安装特点	168
三、有限软管的安装特点	175
第八章 软管的技术经济分析和生产组织	179
附录	182
1. PTC 软管的基本参数	182
2. CPTC 软管的基本参数	184
3. PGT 软管的基本参数	186

绪 论

软管发展的历史可以追溯到遥远的过去。用兽皮缝合的管状结构就是现代软管的原型。

十七世纪末，荷兰的万·德尔·盖金兄弟制成了纵向缝合的帆布软管，它在消防业务中得到了极广泛的采用，这种结构经过少许修改一直保留到今天。随着橡胶在世界市场上的出现及其硫化工艺的掌握，在软管上涂覆橡胶就开始了。

由于被输送液体压力的提高，创造了具有多层橡胶涂层和用金属丝或织物加强的铠装软管。

但是，软管的使用性能仍然不能令人满意，它不适于输送蒸汽及其他炽热物料，也不能保持与汽油、煤油和酸、碱接触。同时，工业的发展要求进一步改进软管结构和扩大它的使用可能性。

用金属代替由于高温和腐蚀性介质作用而迅速破坏的织物和橡胶解决了这些问题。

1855年，德国发表了利用当时已有的首饰的原理（图0.1）制造金属软管的专利。这种首饰是用两根做成U形截面的黄铜带1和2按螺旋线一起卷绕制成的。

发明的实质是用一根成形为S形截面的金属带3来代替两根U形金属带。金属带的截面成形是在丝杠上卷绕而成的，丝杠的螺距相当于波纹的波距。为了密封内腔，在相邻两匝之间垫以橡胶或石棉绳4。金属带由青铜板、黄铜板或镀锌

铁皮制成。

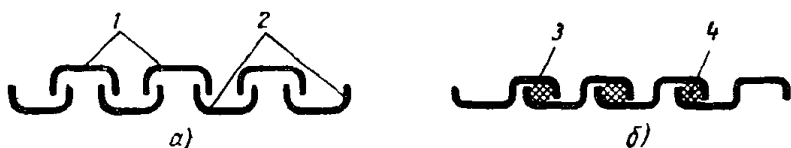


图0.1 首饰(a)向金属软管(b)的发展

1—外金属带；2—内金属带；3—S形金属带；4—密封。

由于向一面卷绕，图 0.1 所示的结构有一个根本缺点，就是卷起的金属带力图向反面展开。1894 年，当出现了复式金属软管时，这个缺陷被消除了。复式软管是由两根按不同直径向相反方向卷绕的金属带制成的。这种结构使两个截面达到相互平衡，因而可以消除自发展开。

1920 年开始用金属丝网套加强波纹管。波纹管的弹性和金属丝网套相结合可在保持挠性的条件下大大提高软管在压力下工作时的强度，同时可显著增加软管在拉负荷条件下的刚度。

但是，用橡胶或石棉线制作的密封件仍然是金属软管的薄弱部分。弯曲时，填橡胶或石棉线的凹槽宽度发生不均匀变化，因此软管丧失密封性。用薄壁黄铜管滚压制成的波纹管是软管结构的进一步发展，这种新结构靠波纹管壁的弹性变形保有一定的可压缩性，故可保持绝对密封。

长期以来，有色金属（黄铜、青铜、炮铜）是唯一适于制造无缝管坯的材料。这类材料的良好塑性可制得具有足够深度的波纹，从而保证软管的必要挠性。随着气焊和电焊的发展，出现了所谓焊接软管，它可以用廉价的碳钢制造。

这种软管由按螺旋形卷绕的特型金属带制成，带边用焊

接接合。这样得到的螺旋形波纹保证导管有必要的可压缩性。

继续改进波纹的成形工艺，顺利地得到了具有足够深的波纹的薄壁钢管。于是有可能安排技术性能远远超过黄铜软管相应指标的钢质软管的生产。

目前，世界上许多国家生产各种不同类型的软管。从样本资料看，这些国家各公司生产软管用的材料是不同的，例如：带有织物和钢丝加强骨架的橡胶压力软管，带有不锈钢网套的氟塑料导管和带有外部金属丝网套的全金属软管。

苏联工业部门生产橡胶软管、带金属骨架的橡胶-织物软管、半炮铜软管、钢及其他软管。近来，不锈钢密封软管在一系列工业部门中得到了广泛应用。这种软管与以前的各种软管相比，主要优点是能够输送低温的、腐蚀性的和不腐蚀的液体，有耐受高工作压力和高温的能力，同时能在长期内保持使用性能。

按挠性程度软管分为两种：软管和有限软管。所谓软管

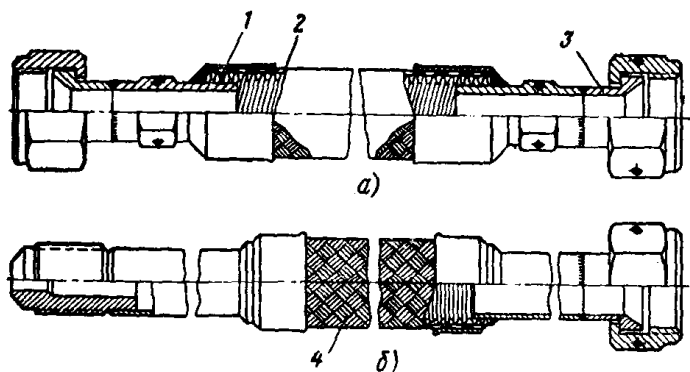


图0.2 金属软管(a)；有限软管(б)

1—波纹管(管壳)；2—金属丝网套；3—端接头；4—弹性嵌入段(补偿器)。

就是用来连接某机构各个部件的挠性导管（图0.2 a）。

在下列情况下采用软管是理所当然的，有时甚至是必须的，这就是：

1. 难于靠近去安装的管道；
2. 安装时连接部位的相互偏差太大，必须在此部位使导管显著变形时；
3. 对于按使用条件须经常拆开的机件，需要安装导管时；
4. 本体和管道由于热膨胀将发生显著的相互位移时；
5. 作用于导管的过载大且不能用已知方法降低管道的振幅时；
6. 被连接机件按使用条件须作相对于产品本体的移动时。

有限软管是用软管作位移补偿器的普通导管系统（见图0.2 6）。在用现有方法提高刚性导管的可靠性效果不大时，采用这种软管。如所周知，这些方法是：

1. 利用标准样品保证导管的互换性；
2. 通过改变导管的跨距长度或外形调整共振；
3. 在导管支点内安装各种可能的缓冲器，减小共振振幅；
4. 保证导管在具有补偿装置的支点和连接处内自动调整。

刚性导管有了弹性过渡段，在连接部位有显著相互偏差的条件下，可以不加矫正而进行安装。

在现有的管道系统中，常常利用所谓补偿弯曲对温度位移进行补偿。这种方法造成设备上弯管臃肿并使管料的配套