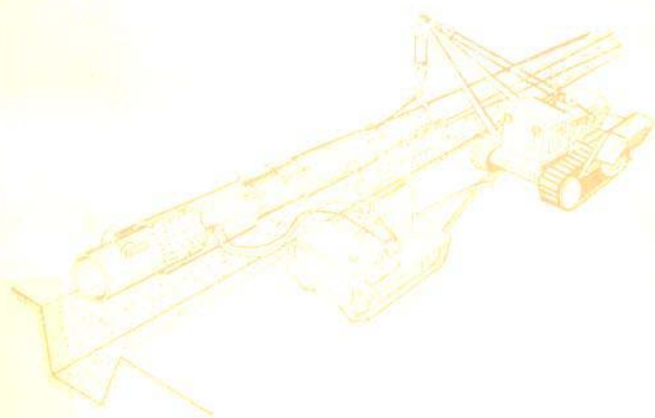


管道绝缘 与下沟

〔苏〕А.И.加里佩林 著



石油工业出版社

管道绝缘与下沟

〔苏〕 A.И.加里佩林著

邵中义 译 冯亮 校



石油工业出版社

内 容 提 要

本书列举出对管道质量、管沟质量和绝缘层材质(底漆、聚合胶带、沥青橡胶玛蹄脂、加固和包扎材料)的各种要求。为获得质量优良而耐久的绝缘层,对大型管道机械化绝缘与铺设、沥青橡胶玛蹄脂制备、绝缘胶带预热、上绝缘层、管道机械起吊与铺设等各种作业提出了种种建设性意见。

本书可供从事大型管道建设的工程技术人员和工人,特别是机械化绝缘铺管队的专家们参考。

А. И. ГАДЬПЕРИН
ПОВЫЩЕНИЕ КАЧЕСТВА
ИЗОЛЯЦИОННО-УКЛАДОЧНЫХ РАБОТ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ
«НЕДРА» 1978 МОСКВА

管道绝缘与下沟

〔苏〕 А. И. 加里佩林著

邵中义 译 冯亮 校

石油工业出版社出版
(北京安定门外外馆东后街甲36号)
交通印刷厂排版
北京通县曙光印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 3¹/₂。印张 76千字 印1—3,400

1982年7月北京第1版 1982年7月北京第1次印刷

书号: 15037·2353 定价: 0.37元

目 录

第一章	关于保证质量地建造管道及挖掘管沟问题.....	1
	建造管道的质量问题.....	1
	挖掘管沟的质量问题.....	5
第二章	绝缘层的材料和结构.....	10
	底漆.....	12
	聚合胶带.....	14
	沥青橡胶玛璃脂.....	17
	沥青玛璃脂的指标.....	17
	加固和包扎材料.....	22
	聚合胶带和包扎材料的运输和贮存.....	25
第三章	绝缘铺管队的作业.....	28
	用吊管机施工.....	31
	缠绕聚合胶带和包扎材料的机械作业.....	69
	沥青装运车司机职责.....	88
	沥青橡胶玛璃脂绝缘机的操作.....	89
第四章	绝缘铺管工作的质量检验、绝缘层的修补和 质量奖.....	97
	绝缘铺管工作的质量检验.....	97
	在损伤管段上修补绝缘层.....	98
	质量奖.....	101
	参考文献.....	104

第一章 关于保证质量地建造管道及 挖掘管沟问题

建造管道的质量问题

大型管道用无缝钢管和用钢板或钢带制成的电焊管建造。无缝钢管建造的管道上有环形横向焊缝，它们是在安装时形成的。焊接管道除环形横向焊缝外，还有纵向接缝或螺旋状焊缝，缝高3毫米。

管道建设工程艰巨且昂贵，因此节约钢材是一项重要任务。为使油、气、油品大型管道的壁厚达到最小限度，一般必须采用高强度（ $\sigma_{sp} \geq \text{公斤/厘米}^2$ ）低合金钢管。在壁厚比较小的情况下，管道可以用较高的工作压力进行输送，从而增大输送油品的流速，即增大管道的通过能力。

油、气、油品大型管道是重要的长距离工程项目。管道线路跨越数百、甚至于常常是数千公里的地方，要通过不同气候和不同土壤的地区，穿过河流、湖泊、谷地、铁路和公路。在整个使用期间，管道承受着很大的、接近于钢材额定强度值的内应力。这就要求管道运行具有高度可靠性。如果在不长一段管道上施工质量不佳，就可能造成管道破裂（见图1）并导致在数百公里范围内产品停输的情况。

施工现场的清管和绝缘以及下沟皆属于隐蔽工程，因此在施工过程中应该作连续不断的检查，根据施工结果写出验收记录。验收记录与竣工技术文件一起交付存档。施工质量检查系统的重要环节是直接施工者（施工队伍和工程技术人



图1 管道破裂的状况

员) 随工序进行检查, 并对造成的误差立即改正。

建造管道需要动用大批劳动力和巨额资金, 管道又要能可靠地运行, 因此要求管道的耐久性要高。管道的经久耐用首先取决于施工质量。

管道建设质量问题, 在建筑安装队伍的工作中始终占有重要的地位, 而且具有特别的重要性, 并已成为生产、科研和设计部门工作的主要课题。加大管道直径、提高输送压力、增加居民的供气量、最重要的工业项目改燃天然气等客观原因, 表明管道建设的质量越来越具有重要的意义。工业企业需气量正在不断地增加。

1975年, 黑色冶金工业仅工艺需要一项就用了约 290 亿米³的气, 这就超过了1965年水平的一倍多。

所有这些表明, 在管道整个运行期内, 必须完全消灭事故。

从国外文献得知, 31%的事故因机械损伤造成, 22%因腐蚀造成, 3%因管道没有铺设好造成。其余事故原因与施工无关。

在各个施工线路上对管子从制造厂出厂至管道试压过程中管子状况进行观察，不难查明机械损伤（压扁，纵横向擦伤）的原因如下：

从平板车上卸管时，当吊管机在斜坡或溜滑场地上操作时，如果吊杆伸出长度小，吊杆就不能按所需距离靠近车厢，这样常常会造成管壁被撞；

在铁路和公路上运输管子时，在陡坡上和在急刹车的情况下管子产生纵向相对位移并猛烈冲击运输工具的竖向支架；

在拖管车的管座角度不合适时和未用合适的夹具卸管时；在用拖斗运管和把管子坚硬物体上拖运时；推土机和汽车在管子上开过；以及除锈和绝缘机在管道上装（套）得不合适时均可造成机械损伤。而上列管子损伤均可成为造成管道事故的原因。

土方工程质量不合格也能成为事故的原因。譬如，埋设在山坡处的管道可能被水冲坏，当沿管沟顶部或填土不结实的低凹处形成水沟，同时土壤被水冲走，管道会架空，无基

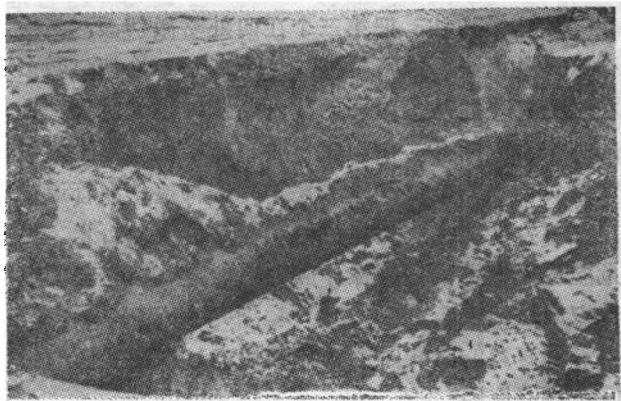


图2 管道因土被冲刷而架空的情况

底支撑或暴露在地面上（见图2）。为避免这种情况发生，低凹处和整个管沟要用土填实，而在陡坡上，特别是在坚硬岩石上要修筑不渗水的（通常用粘土）横堤。

气体管道发生事故时可能造成人身伤亡。此外，气体会在两阀门间的管道上损失。瓦斯用户会蒙受很大的物质损失，被迫停产或改用它种燃料。因气体管道事故所造成的经济损失可达维修所需费用的30倍。

输油管道发生事故时，在两阀门间管段上产生漏油现象。这就造成石油大量损失和污染自然环境，而在某些情况下可造成油田或炼油厂停产。如果说直接用在维修工作上有时需要1~2万卢布的话，那么事故造成的总损失可达200~300万卢布。因此当输油管道发生事故时，工业企业被迫停工造成的损失可超过维修费用达150倍。

在施工时，每一个建设人员都应严肃认清自己的责任。在进行绝缘铺管工作时，不允许把带损伤的管道下入管沟。忽视这一条，就会导致管道破裂。

譬如，拿三个纸条，把其中一个在两处略微切破，把第二个在三处略微切破，把第三个在四处略微切破，然后，拿住每个纸条的两头，进行拉伸，每个纸条不论切口数多少，总是在一处——即从最薄弱的截面断开，也就是说，在切口最深的那个地方断开。在沟底弯曲半径小的管道上，纵向切痕和管壁纵向擦伤是最危险的缺陷。这种擦伤在管道内的压力作用下可发展成穿透裂缝，可顺管道扩展数百米。这种切痕的危险程度根据容许的操作应力来推定（把它与管道的计算工作应力做比较）。

在管道有弯的曲线段上有环状切痕，则环状切痕也能成为管道破坏的原因。

不允许把有断裂地方的管道下入管沟。对直径为1420毫

米的管道来说，在开始运行以前，要修复一处断裂地方需要花费 100 个工时的劳动力。除此而外，还必须出动吊管机、电焊机、挖土机或其它机器。

管道在铺设和填土之后，进行清管。然后进行强度和密闭性试验。在进行这些作业时，能够发现在绝缘铺设工作进行时所造成的损伤。其中最为典型的损伤是压伤，这种损伤在清管时可成为卡住清管设备的原因，而在试验强度和密闭性时可成为造成管道破裂和泄漏的原因。可能有这样的压伤，即当清管时，清管设备能通过管道，但在压伤处会留下微裂缝或切痕，因此有压伤的管道不允许下入管沟。

忽视上面列举的损伤，不仅在试压时，而且在运行时都可能造成管道的破裂。

在一般的铺管条件下，在各个施工阶段上，大型管道施工质量的定量鉴定方法与程序见 1976 年全苏管道建设科学研究院出版的《大型管道施工质量鉴定指南（竣工工程质量客观评定方法）》。

挖掘管沟的质量问题

为大型管道建设临时征用的土地，应该处理得能依其用途重新耕作利用。

为了土地的重新耕作，施工前先剥下土壤的肥沃层，把它运至临时存放的地方，在建设工程结束后，再把肥沃层返还至原有土地上去。

剥下土壤肥沃层地带的最小宽度应等于管沟沟顶宽度，向每边加宽 0.5 米。

不允许把土壤肥沃层与基土混合在一起。

通常是在温度稳定在零度以下的冬天到来之前，把土壤肥沃层剥下，而在暖和季节（即当湿度正常和土壤有足够承

载能力供汽车通过时) 再把土壤肥沃层返还。

为了使管沟符合质量, 必须了解对管沟的要求。

铺管队队长和铺管机司机应当了解, 在按设计以较高精度挖好的管沟内, 主要是在沟底上, 管道在整个长度上要安放得着实。管道下边有空隙很危险, 因为在回填土的荷载下, 开始在与沟底接触的部位上的绝缘层受挤压, 然后, 管道在悬空的部位产生弯曲。

应该考虑到, 在管道设计和计算时, 管道壁厚要依管道在管沟内整个管身贴在沟底的情况加以选定。同时, 还应顾及到管道输送产品时, 随产品温度和周围介质温度变化, 在管道中产生轴向张力或压缩力。例如, 若在焊接管道最后一道焊缝时, 空气温度为 -10°C , 而在运行过程中输送温度为 $+50^{\circ}\text{C}$ 的气体, 则管道横断面的每平方厘米受力为 1.5 吨。在直径 1220 毫米壁厚 12 毫米的管道中, 这个力可达 680 多吨。此外, 如果在铺管时, 管道没有沿下母线的整个长度贴地, 而是有下垂存在, 则填土后, 管道在自身重力和土壤的重力作用下产生挠曲。在荷载作用下弯曲时, 管道底部受拉伸, 顶部受挤压。除此而外, 管道在运行时, 除了这种弯曲应力外, 还要加上温度变形和内压力产生的应力, 这就可使管道遭受破坏。从图 3 可以看到, 如果在直径 1420 毫米的管道

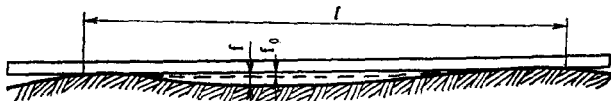


图 3 管道下垂状况示意图

上, 下垂段长度为 30 米, 则在回填土前, 其本身重力产生的挠曲为 $f_0 = 0.6$ 厘米, 而在回填土后, 则增至 $f = 4$ 厘米。在回填土前, 相应的弯曲应力为 180 公斤/厘米², 而回填土后, 这些应力与因内压力作用和温度变化而产生的纵向应力相迭

加。总的纵向应力已达3000公斤/厘米²。在计算应力最高为3200公斤/厘米²时，管道将处于弹性阶段，不会遭到破坏。假如下垂长度为40或50米，则总应力相应可达4000和5200公斤/厘米²，管道受力超出屈服点，就可能发生事故。

下垂管道支承在土壤上的管段，由于单位压力大，绝缘层可能遭到破坏。

管沟（就其宽度，直线度和在转弯部位的曲线度而言）的设计规定：在下管时，管道能自由地进入管沟，不磨碰沟壁，以便绝缘层不受损坏和土壤不塌陷。

管沟的规格用其几何尺寸（深度、底宽、顶宽）来表示。除此之外，还要说明管道往管沟中铺设时沟底和沟壁的表面状况。

管沟深度由管道埋设深度决定。至管道顶母线的距离，直径小于1000毫米的管道，应不小于0.8米；直径在1000毫米以上的管道应不小于1米；在疏干沼地或泥炭地上，应不小于1.1米；在砂丘上，从砂丘间的基底的下标高算起，应不小于1米；在石质土、沼泽地上，在没有汽车、农机通过的情况下应不小于0.6米。

除了上述要求外，还要考虑到输送的最佳条件和油品的性质，来确定石油和油品管道的埋设深度。

管子金属间的温差为正值时，输送热油品的管道埋设深度，用温度压缩应力作用下管道纵向稳定度来进行补充校正。

直径在700毫米以内的管道，规定沟底宽度不小于 $D_y + 300$ 毫米（式中 D_y ——管道公称直径）；直径在700毫米以上的管道，则不小于 $1.5D_y$ ，在管道直径为1200和1400毫米时以及在坡度大于1:0.5的管沟情况下，沟底宽度允许减小至 $D_y + 500$ 毫米。

管沟壁与铺管机左侧履带边缘间的距离 x 对坍塌的影响可用一个已知公式，来求出水平面上任意一点的总应力 σ ：

$$\sigma = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{Q \cos \theta}{l^2}$$

式中 Q ——履带荷载；

θ ——垂直轴线与铺管机左侧履带支点至管沟底角顶点的引线的夹角；

l ——从铺管机左侧履带支点至管沟底角顶点的距离。

图4表示这个公式中所用参数的意义。图上还有直径为1220毫米的管道的管沟控制点上的应力与沟壁和左侧履带边缘间距之间的关系曲线。从曲线图中可见，在沟壁与铺管机左侧履带边缘之间的距离 $x=0.4$ 米时，控制点上的应力比 $x=1.4$ 米时大一倍。沟底宽度，即沟壁间距，对直径为700毫米以上的管道，应不小于管道外径的1.5，对直径小于720毫米的管道，应比在直线段上管道的直径大0.3米。在用弯管机弯曲的管道的曲线（在平面图中看）段上，沟底宽度由设计来规定，并且一般随管道直径、转弯角度和弯曲半径加大而加大。

随着管道直径的增大，管子的刚性和最小弯曲半径也在增大，因此管沟的准确程度，对管道的可靠性有极重要的影响。在曲线范围内和紧接着的直线段每端10个直径的长度

内，管沟宽度应加大；在转弯角为 $3 \sim 10^\circ$ 时，加大度应不小于0.5个管道直径，在角度更大的情况下，应不小于1个

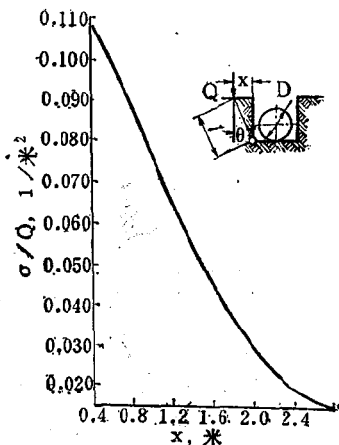


图4 制点应力变化与铺管机履带位置的关系

管道直径。

管沟需要加宽，首先是由于与转弯处毗连的直线段长度和曲线段本身长度都随管壁温度变化而改变，因而在安装和焊接时曲线段不是向这边就是向那边稍微挪动。

选择沟底宽度时，要考虑管道不碰撞沟壁。沟顶宽度由土壤条件（沟壁稳定性）和工艺条件（铺管方法）来确定，并在设计中提出。在粘性土和冻土层中，允许挖直壁管沟。

管沟侧壁不应有石块的夹杂物以及突出于管沟设计横断面线以外的其它不平物。不允许管沟纵轴线偏离所规定的方向。

在挖管沟时，必须把土堆开，而回填时，应该不破坏下层土壤和耕植土层的相互位置。这些土层掺混可使沟中土壤有机质富集，促使损坏绝缘层的微生物区系发育。

管沟内不允许在管道旁遗留下草席、木块、绝缘材料、布片、破烂工作服和其它有机物质，这些也能成为这种微生物区系旺盛发育的原因。

必须把沟底的小冻土块、石块清除干净，并应盖上厚0.15~0.20米的细土垫层（在用转盘式挖掘机挖沟时）；用单斗挖掘机挖掘的石质土上，细土垫层的厚度应不少于0.3米。当就地取土不可能时，作为例外，可以用土袋内装土做垫，沿管沟隔2~5米铺一个。管沟底的标高偏差，在1米长的管沟上允许加深的范围是0.05~0.1米。在因塌方而清沟时也必须遵守这一公差范围。对直径在1220毫米以内的管道的沟底用目测检查，而对直径为1420毫米的管道的沟底用水准仪检查，宽度和深度用直尺检查。

当线路通过可能坍塌的沟壁或在冬季施工时，施工队伍应当用抓斗挖土机清除管沟内积雪和塌方。在绝缘铺管施工前，管沟和管线应由检验员检查和验收。

第二章 绝缘层的材料和结构

铺到管沟内的管道，被含水量和含盐量变化无常的土壤包围。水和盐类作用于金属时，就引起金属腐蚀。腐蚀是一种复杂的电化学过程，此过程与土壤中含水量、含氧量、温度（介质酸度或碱度）、比重、土壤粒度和其它因素有关。

凡靠近输电线，特别是电气化铁路线穿过的那些管道，产生腐蚀的条件格外有利。这种电源引起的腐蚀叫做杂散电流腐蚀。

微生物也能够给予金属地下腐蚀过程以影响。微生物生命活动的产物，可以大大地加速管道的破坏。微生物能够给予在土壤中进行化学过程以直接影响，能够改变土壤的物理化学性质，在某些情况下，还能够破坏土壤的保护性能。微生物新陈代谢产物和分解产物造成的破坏，可看作是生物化学破坏。

甚至比较不严重的腐蚀也能成为管壁出现穿孔和腐烂及管道报废的原因。对管道上热的部分，应当特别注意防止土壤腐蚀，因为土壤的腐蚀速度不依土壤气候条件为转移，而与温度成正比例关系增长。如管道温度提高 20°C ，则土壤腐蚀的速度会增加一倍。在壁厚 $12\sim 14$ 毫米的管道的热的部分上，经 $3\sim 4$ 年可能发生穿孔锈蚀。为延长管道使用期限及其耐久性，应用涂绝缘层和装设电气保护组成的综合防护法，以防止土壤腐蚀和电腐蚀。电气保护是指用外接电源给管道加上直流电流的方法。电气保护系统包括阴极保护站保护装置和排流器。这些设备由金属接地保护装置和沿管道而

与管道相距2米多铺设的导线系统组成。

绝缘层用来阻止金属管道与周围介质（土壤、水等）可能发生的接触。

绝缘层可以理解为防护结构，这种结构多数是由若干层组成。其中每一层都具有一定的功能。包括底漆层、绝缘层和防止机械损坏的保护层在内的绝缘层结构，使用最为普遍。涂层的名称，一般按绝缘层的名称而定。如果用热沥青橡胶玛蒂脂做为绝缘层，则这种涂层就叫做沥青绝缘层。在利用聚合胶带时，涂层就叫做粘胶带绝缘层。

大型管道大都应用沥青橡胶玛蒂脂和聚合材料绝缘。目前在施工实践中，特别是对直径为1020~1420毫米的管道来说，广泛地使用聚合胶带。在线路上应用聚合胶带，可以提高劳动生产率，减少绝缘铺管队的人数和机器台数，减少材料的运输量和储存量，改善工人的劳动条件。

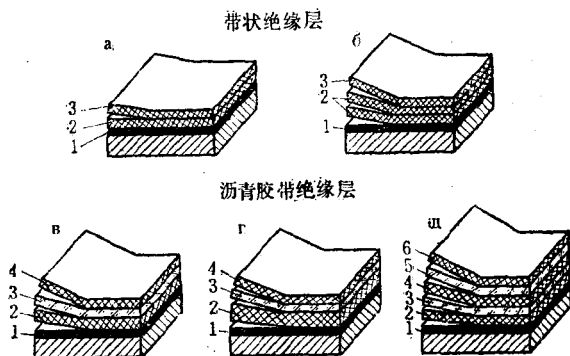


图5 绝缘层

带状绝缘层 a—一般型：1—底漆；2—聚合胶粘带（单层）；3—保护包皮；

6—加强型：1—底漆；2—聚合胶粘带（双层）；3—保护包皮

沥青橡胶绝缘层 B—一般型：1—底漆；2—厚4毫米玛蒂脂；3—玻璃布；

4—保护包皮；r—加强型：1—底漆；2—厚6毫米玛蒂脂；3—玻璃布（单

层）；4—保护包皮；II—加强型：1—底漆；2和4—厚3毫米玛蒂脂；3

和5—玻璃布（单层）；6—保护包皮

根据土壤腐蚀度和其它性质以及管道的用途和检修是否方便，采用两种类型的绝缘层，即一般型和加强型的绝缘层（见图5）。加强型绝缘层用于穿过盐土、沼泽土和含水土的管道及水下穿越和河湾的管道上，也应用于工业和生活污水管段、通过垃圾堆和铁路、公路的管道上。

在施工现场，用机器缠绕一般型和加强型带状绝缘层，（参见图5a, 6）以及涂厚度为4或6毫米的单层沥青橡胶玛琅脂（参见图5b, c）。在预制基地涂沥青绝缘层时，加强型绝缘层的结构由底漆3毫米厚第一层玛琅脂、一层玻璃布、3毫米厚第二层玛琅脂、再一层玻璃布和保护包皮（参见图5d）构成。

底 漆

底漆是一种能够使管道金属面与保护层间粘结起来的材料。

如果在管道除锈以后，把沥青绝缘层（ $1.60\sim 180^{\circ}\text{C}$ ）涂在比较冷的管道表面上，则玛琅脂在短暂的期间内便被冷却，并且与金属粘结不牢。这样的绝缘层的质量是不合格的。为了避免这种情况发生，最初必须在管道表面涂以底漆。底漆能渗进管道上最微小凸凹不平面内，产生可靠的粘结性。

常用的底漆为胶底漆、沥青胶底漆和沥青底漆。在聚胶带下面可以使用所有这些底漆。根据管道用途、胶带型号及涂刷条件选用底漆。用沥青绝缘层时，如在底漆和涂层中使用同一种基料沥青则与金属粘结得最好。对沥青绝缘层来说，底漆的基料是沥青，以1:2.5的（按重量）或1:3的（按体积）混合比溶解在汽油中。必须谨记，配制底漆禁止使用加铅汽油，因为它对身体健康有害。各种牌号沥青底漆

列于表 1:

表 1

沥 青 底 漆

用 途	组 成	混 合 比 (分)	
		按重量	按体积
夏季用	БНИ-V 或 БН-V 沥青 Б-70号未加铅航空汽油或 А-72 和 А-76 号 车 用汽油	1	1
		2.5	3.0
冬季用	БНИ-IV 或 БН-IV 沥青 Б-70号未加铅航空汽油	1	1
		2.5	3.0

组成相同的底漆的粘度依据温度而改变。温度下降，底漆的粘度升高。

如果在零下温度进行施工，为防止涂在管道上的底漆开裂和改进底漆跟管道和绝缘层的粘结性，可采用沥青胶底漆。这种底漆含有底漆总重量 5~10% 的聚异丁烯胶（聚异丁烯在 70 号汽油中的溶液）。20 号聚异丁烯具有很大粘性，加到沥青底漆中就能够大大地提高底漆的粘性，并可改善耐寒性及其它性状，因此可以用在聚合胶带上。这种底漆经久不干（在绝缘层下可经过几年）。

聚异丁烯胶应当在密封的金属容器（密封桶或瓶）中配制。溶液配制工艺如下：先从整批聚异丁烯中切下一部，再把它破碎成 5 厘米以内的小块，立即放入容器中，以免再粘在一起（聚异丁烯具有低温流动性），然后，装上汽油，汽油量必须淹没聚异丁烯至少 2~4 厘米。

容器里边的配料必须经常用木制叶桨搅拌，然后，随着第一部分聚异丁烯溶解和汽油被吸收，再小量加入剩余的破碎好的聚异丁烯和汽油，到完全成为均一的物质，没有块状物和凝块的溶液为止。沉于罐底的杂质会进入溶液中。因此溶液不应搅拌，也不应从罐底取出。