

1 混凝土和钢筋混凝土排水管

一、概念

混凝土和钢筋混凝土排水管是以混凝土和钢筋为主要材料，分别采用挤压成型、离心成型、悬辊成型、芯模振动成型等工艺生产的用于雨水、污水、引水及农田排灌等重力流管道的管子。混凝土排水管又称为素混凝土排水管，该型排水管由于承受外压荷载能力较低，不能适应城市市政建设的需要，在许多城市已很少或已被禁止使用，在农村等一些要求较低的情况下仍有部分使用。钢筋混凝土排水管根据承受外压荷载能力的大小分为 I、II、III 级管。根据管型又分为柔性接口承插口管、柔性接口企口管、柔性接口钢承口管、柔性接口双插口管、刚性接口平口管、刚性接口承插口管、刚性接口企口管、刚性接口双插口管等。目前，使用较多的是刚性接口平口管、柔性接口承插口管、柔性接口钢承口管以及柔性接口双插口管等。柔性接口承插口管根据接口形式的不同又分为甲型、乙型、丙型管。

混凝土和钢筋混凝土排水管的规格是以管子公称内径划分的。混凝土排水管的公称内径为 100~600mm，以 50~100mm 级差为一规格。钢筋混凝土排水管的公称内径为 200~3500mm，以 50~200mm 级差为一规格。目前我国已能生产公称内径为 4000mm 的钢筋混凝土排水管。

顶进施工法用钢筋混凝土排水管即业内人士所称的 F 型顶管，它是专用于非开挖式顶进工艺以及牵引工艺排管施工中的钢筋混凝土排水管。该施工工艺可以最大限度减小开挖土方量和由于排管施工对地面交通和设施的影响，在城市排水管网建设中被大量使用。

二、检测依据

《混凝土和钢筋混凝土排水管试验方法》GB/T16752-2017

《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T11836-2009

《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》JC/T640-2010

三、仪器设备及环境

外压试验加荷装置——最大加荷值按破坏荷载配置，精确度 1 级；

内水压力试验装置：按内水压的检验要求配备；

精密压力表——显示盘直径不小于 100mm，分度值 0.005MPa，精确度 1.6 级；

读数显微镜——JC-10 型，精确度 0.01mm，分度值 0.01mm；

常用的内外径专用检验量具——测量范围 100~2000mm，精确度 0.5mm，分度值 0.2mm；

内径千分尺：常用 150~2000，精确度 0.032mm,分度值 0.01mm;

钢卷尺——测量范围 5m，精确度 II 级，分度值 1mm;

深度游标卡尺——测量范围 0~200mm，精确度 0.10mm，分度值 0.10mm;

钢直尺——测量范围 0~150mm，精确度 0.08mm，分度值 0.5mm;

宽座角尺精确度 2 级。

环境条件为常温室内或室外。

四、取样及制备要求

4.1、外观质量及几何尺寸检验样品的取样：

从受检批中采用随机抽样方法抽取 10 根管子作为该项检验样品。

4.2、内水压力和外压荷载试验样品的抽取：

a、出厂检验抽样方法：

从外观及几何尺寸检验合格的管子中抽取二根管子。混凝土管 1 根检验内水压力，另 1 根检验外压破坏荷载。钢筋混凝土管 1 根进行内水压力试验，另 1 根检验外压裂缝荷载。

b、型式检验抽样方法：

从混凝土抗压强度、外观质量和几何尺寸检验合格的管子中，抽取三根检验内水压力，另外三根检验外压荷载。

4.3、样品应能反映该批产品的质量状况，样品无须加工制备。

五、操作步骤

5.1、几何尺寸检验步骤：

5.1.1 确定直径测点位置：各项直径的环向测点的位置为与合缝连线形成约 45° 圆心角的二个方向，见图 11—9—1。

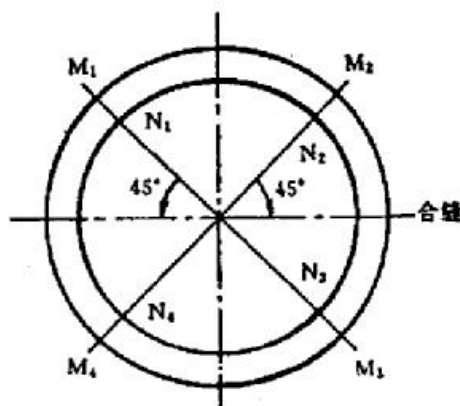


图 11—9—1 直径环向测点位置示意

5.1.2 直径纵向测点的位置为：

- ① 双插口管、承插口管、企口管、钢承口管的承口及插口工作面直径的纵向测点位置在工作面长度的中点。
- ② 平口管、双插口管、企口管的内径可在任一端测量。测量的纵向位置为当公称内径小于或等于 300mm 时，测点位置距管子端部约 100mm；当公称内径大于 300mm 且小于或等于 800mm 时，测点位置距管子端部约 200mm；当公称内径大于 800mm 时，测点位置距管子端部约 500mm。

5.1.3 测量方法：

- ① 管公称内径、承口工作面内径：
 - a、按照上述方法确定平口管、双插口管公称内径的测点，确定企口管、承插口管、钢承口管公称内径和承口工作面直径测点，用内径千分尺（或专用量具）测量。
 - b、将内径千分尺的固定测头紧贴在管内径的一个测点，可调测头沿通过相对测点的弧线移动，测得的最大值即为该测点的管公称内径值或承口工作面内径值，在另一个测点处采用相同的方法测得另一个值。
 - c、数值处理及修约：
管内径：取两个测量值的平均值，修约到 1mm；
承口工作面内径：两个测量值分别修约到 1mm。
- ② 插口工作面直径：
 - a、按照上述方法确定柔性接口乙型和丙型承插口管、企口管、刚性接口双插管等插口工作面直径的测点，用游标卡尺（或专用量具）测量。将游标卡尺的一个测量爪紧贴在一个测点，另一个测量爪沿通过相对测点的弧线移动，测得最大值为插口工作面直径。
 - b、按照上述方法确定柔性接口甲型承插口管、钢承口管、柔性接口双插口管等插口工作面直径的测点，用游标卡尺（或专用量具）测量密封槽靠插口端的槽顶外径，再用钢直尺和深度游标卡尺测量与槽顶外径相对应的两处密封槽的深度，槽顶外径减去两处密封槽深度即为该类管插口工作面直径。
 - c、数值修约：插口工作面直径的两个测量值分别修约到 1mm。
- ③ 承口深度、插口长度：

- a、在与内径环向测点相对应的位置，确定承口深度、插口长度的测点。
- b、用两把钢直尺测量，将一把钢直尺放在承口内壁或插口外壁与管子轴线平行，另一把钢直尺紧贴管子的承口端面或插口端面，测量承口深度、插口长度各两个值，修约到 1mm。

④ 管子有效长度

- a、对平口管和双插管分别在管子外表面、内表面用钢圈尺测量，要使钢圈尺紧贴管子外表面或内表面，并与轴线平行，管子两端 A、B 两点的最小值即为管子的有效长度 L，见图 11—9—2 a)，11—9—2 b)。
- b、企口管、承插口管在管子内表面用钢圈尺测量，要使钢圈尺紧贴管子内表面，并与轴线平行，管子承口立面 A 点、插口端面 B 点两点的最小距离为管子的有效长度，见图 11—9—2 c)。
- c、对钢承口管在管子的内表面用钢圈尺和钢直尺测量，钢直尺紧贴管子承口立面，钢圈尺紧贴管子内表面，并与轴线平行，承口立面 A 点、插口端面 B 点两点的最小距离即为管子的有效长度，见图 11—9—2 d)。
- d、每个管子任意测量两个对边的有效长度分别修约到 1mm。

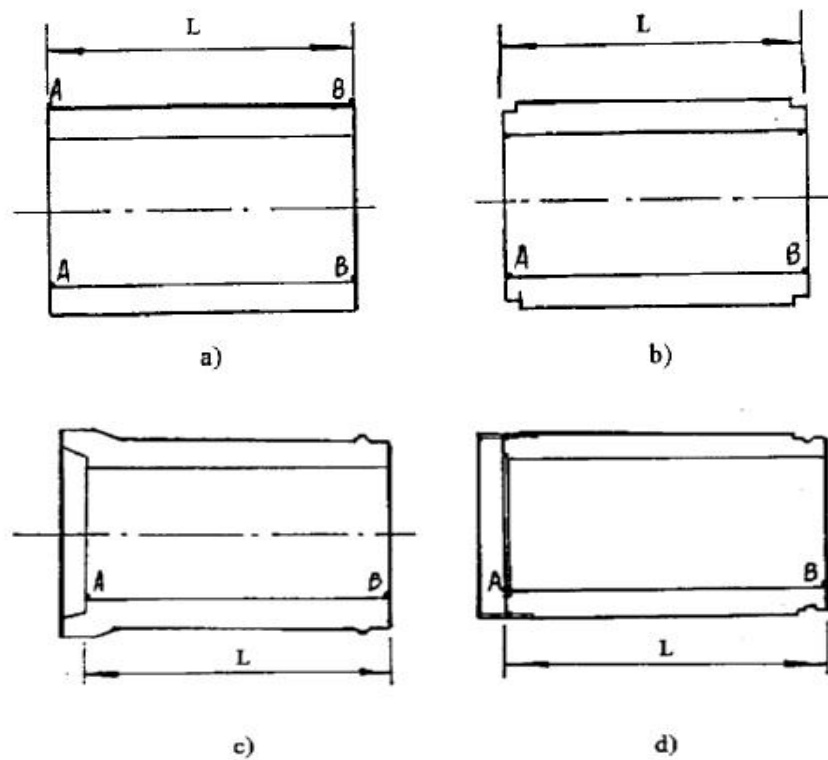


图 11—9—2 管子有效长度测量方法示意图

⑤ 管壁厚度

目测管壁厚度是否均匀，在管壁厚度最大和最小处测量两个厚度值（浮浆层不计入内）。

- a、平口管任选一端，用钢直尺测量。
- b、企口管、双插口管任选一端，用钢直尺和角尺测量，见图 11—9—3 a)。
- c、柔性接口甲型、乙型承插口管、钢承口管、刚性接口承插口管，在插口端用钢直尺和角尺测量，见图 11—9—3 b)。
- d、柔性接口丙型承插口管，在插口端用深度游标卡尺、钢直尺和角尺测量，见图 11—9—3 c)。

$$t_i = t_{1i} - t_{2i} \quad 11-9-1$$

式中：

t_i ——管壁厚度，单位为毫米（mm）；

t_{1i} ——止胶台处壁厚，单位为毫米（mm）；

t_{2i} ——止胶台高度，单位为毫米（mm）。

- e、每个管子测量最大和最小壁厚值，分别修约到 1mm。

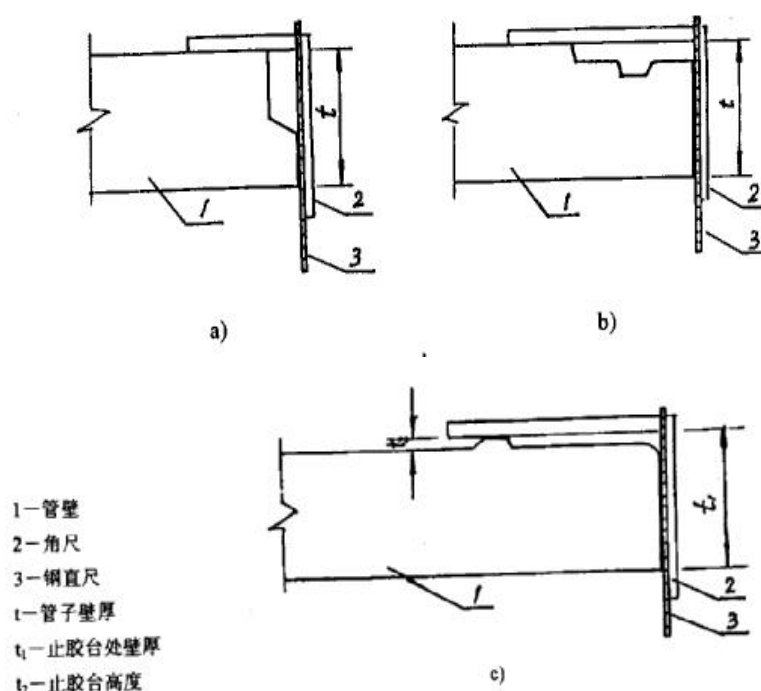


图 11—9—3 管壁厚度测量位置示意图

⑥ 弯曲度

- a、目测管体弯曲情况，有明显弯曲的管子，测量最大弯曲处的弯曲度；无明显

弯曲的管子，在管子两端按管子的直径环向测点位置布置方法确定两对测点的环向位置。

- b、测量夹具固定在管体的两端或一端，在夹具上做好标记，使测点之间的距离等于管子的有效长度，紧贴标记拉弦线（或细钢丝），并使弦线（或细钢丝）与管子轴线平行，用钢直尺测量弦线与管外表面之间的最大距离和最小距离，见图 11—9—4。

管子的弯曲度按公式 11—9—2 计算：

$$\delta = \frac{H-h}{L} \times 100\% \quad 11-9-2$$

式中： δ ——管子的弯曲度，单位为百分数（%），修约到 0.1%；

H——弦线与管子表面平直段的最大距离，单位为毫米（mm）；

h——弦线与管子表面平直段的最小距离，单位为毫米（mm）；

L——管子的有效长度，单位为毫米（mm）。

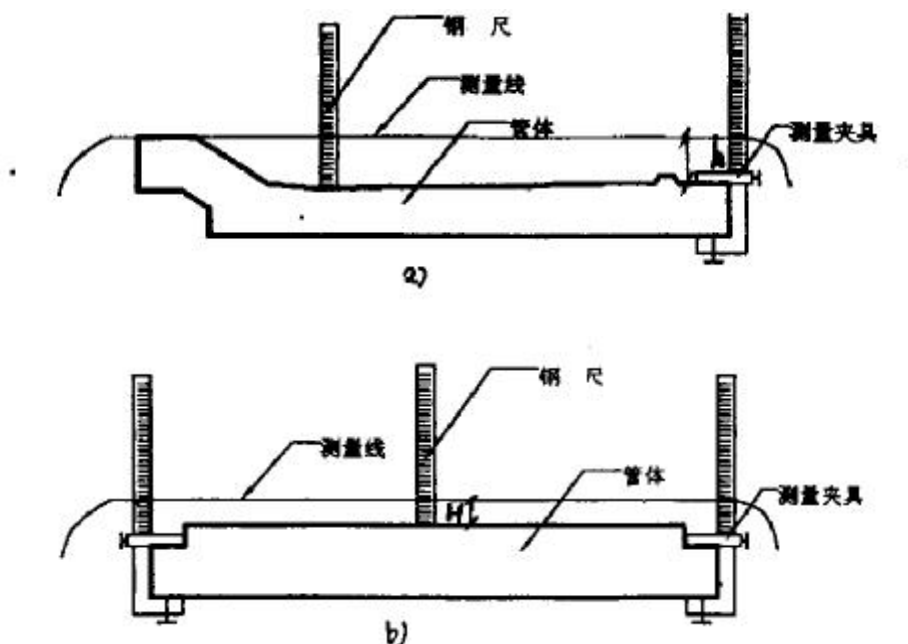


图 11—9—4 弯曲度测量位置示意图

⑦ 端面倾斜

- a、在承口端面、插口端面按管子的直径环向测点位置布置方法任意确定两条相对的相互垂直的直径的测点，清理管子内壁。

b、端面倾斜值

按管子有效长度测定方法的规定，通过插口端面的 4 个测点，测量管子的有效长度，以两组对边长度差的最大值为端面倾斜值。

c、端面倾斜度

用一靠尺紧贴管端测点，宽座角尺的短边紧贴管子清理过的内壁，靠尺紧贴角尺长边，用钢直尺测量靠尺距管端另一测点的距离 S，见图 11—9—5。每端测两个值，分别修约到 1mm。

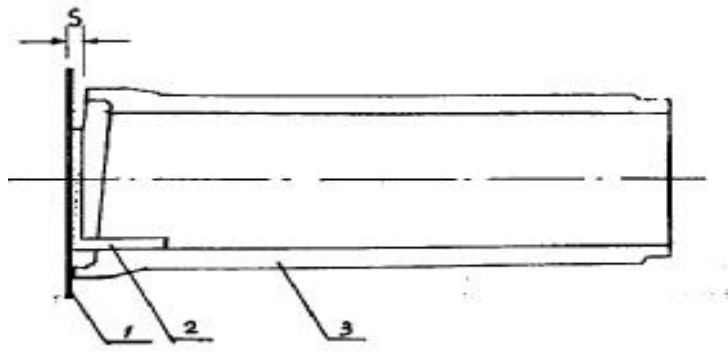


图 11—9—5 端面倾斜测量方法示意图

1、靠尺；2、宽座角尺；3、管子。

端面倾斜度按公式 11—9—3 计算：

$$\lambda = \frac{S}{D_{WN}} \times 100\% \quad 11-9-3$$

式中：λ——端面倾斜度，单位为百分数（%），修约到 1%；

S——端面倾斜偏差，单位为毫米（mm）；

D_{WN} ——管子外径或内径，单位为毫米（mm）。

5.2、内水压力试验：

5.2.1 内水压力试验用管子试样龄期应满足下列规定：

- 1、蒸汽养护的管子龄期不宜少于 14 天。
- 2、自然养护的管子龄期不宜少于 28 天。允许试验前将管子湿润 24 小时。

5.2.2 试验装置见图 11—9—6、图 11—9—7。

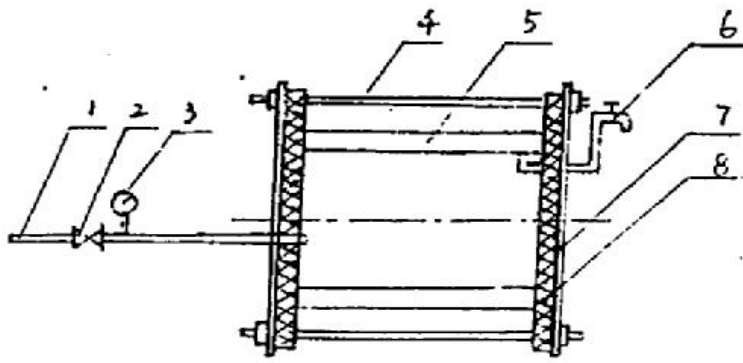


图 11—9—6 卧式内水压力试验装置

- 1、进水管；2、阀门；3、压力表；4、拉杆；5、管子；6、排气管；7、堵头；
8、橡胶垫。

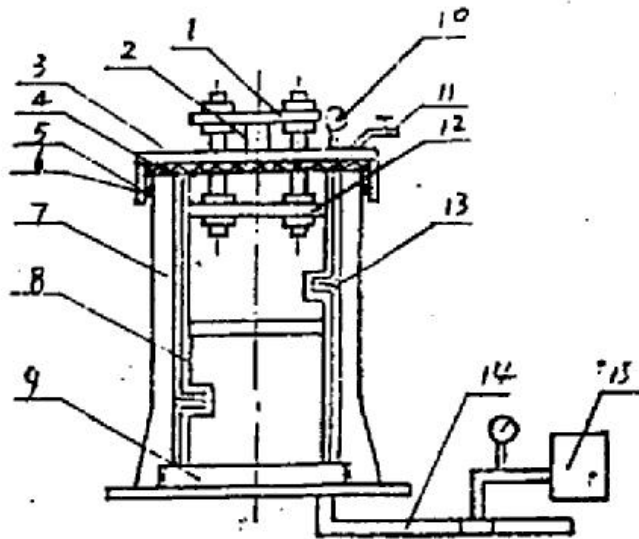


图 11—9—7 立式内水压力试验装置

- 1、顶梁；2、千斤顶；3、活动梁；4、胶垫；5、插口堵板；6、胶圈；7、管子；8、内套筒；9、承口底盘；10、压力表；11、排气管；12、下顶梁；13、定位器；14、进水排水导管；15、电动水压泵。

5.2.3 试验步骤：

- ① 根据管子类型，从《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T11836-2009 表 1 或 JC/T640-2010《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》表 1 中查得试验内水压力值。
- ② 检查水压试验机两端的堵头是否平行以及其中心线是否重合。
- ③ 水压试验机宜选用直径不小于 100mm，分度值不大于 0.005MPa，精确度不低

于 1.6 级的压力表，量程应满足管子检验压力的要求，加压泵能满足水压试验时的升压要求。

- ④ 对于柔性接口钢筋混凝土排水管，橡胶垫的厚度及硬度应能满足封堵要求，可通过反复试验确定。当采用立式内水压力试验装置进行试验时，所用胶圈应符合排水管用胶圈标准的规定要求。
- ⑤ 擦掉管子表面的附着水，清理管子两端，使管子轴线与堵头中心对正，将堵头锁紧。
- ⑥ 管内充水直到排尽管内的空气，关闭排气阀。开始用加压泵加压，宜在 1min 内均匀升至规定检验压力值并恒压 10min。
- ⑦ 在升压过程中及在规定的内水压力下，检查管子表面有无潮片及水珠流淌，检查管子接头是否滴水并作记录。若接头滴水允许重装。
- ⑧ 在规定的内水压力下，允许采用专用装置检查管子接头密封性。

5.3、外压荷载试验：

5.3.1 外压荷载试验用管子试样龄期应满足下列规定：

- 1、蒸汽养护的管子龄期不宜少于 14 天。
- 2、自然养护的管子龄期不宜少于 28 天。

5.3.2 试验装置见图 11—9—8。

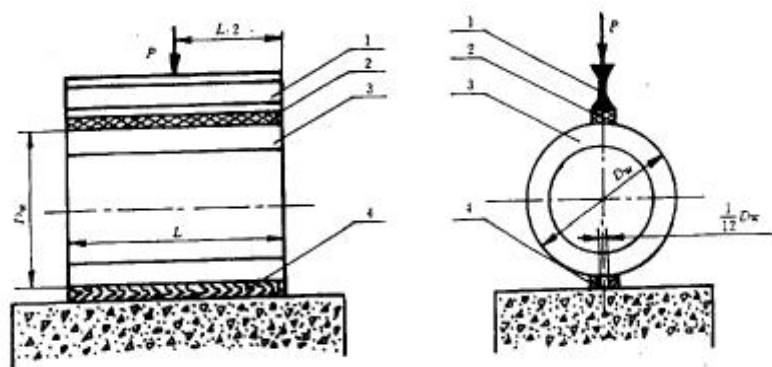


图 11—9—8 外压荷载试验装置加荷示意图

- 1、上支承梁（工字钢梁或组合钢梁）；2、橡胶垫；3、管子；4、下支承梁（方木条）

加荷装置的要求：

- ① 外压试验装置机架必须有足够的强度和刚度，保证荷载的分布不受任何部位变形的影响。在试验机的组成中，除固定部件外，另外还有上、下两个支承梁。

上、下支承梁均应延长到试件的整个试验长度上。试验时，荷载通过刚性的上支承梁传递到试件上。

- ② 上支承梁为一钢梁，钢梁的刚度应保证它在最大荷载下，其弯曲度不超过管子试验长度的 $1/720$ ，钢梁与管子之间放一条橡胶垫板，橡胶垫板的长度、宽度与钢梁相同，厚度不小于 25mm ，邵氏硬度为 $45\sim 60$ 。
- ③ 下支承梁由两条硬木组合而成，其截面尺寸为宽度不小于 50mm ，厚度不小于 25mm ，长度不小于管子的试验长度。硬木制成的下支承梁与管子接触处应做成半径为 12.5mm 的圆弧，两条下支承梁之间的净距离为管子外径的 $1/12$ ，但不得小于 25mm ，见图 11—9—9。

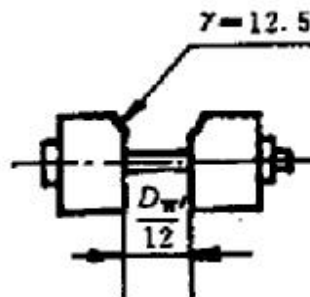


图 11—9—9 外压试验下支承硬木组合示意图

5.3.3 试验步骤：

- ① 试验荷载的确定：首先测量管子平直段长度，根据管子的类型，从《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T11836-2009 表 1、表 2 或 JC/T640-2010《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》表 1 中查得管子单位长度的裂缝荷载以及破坏荷载。
- ② 将管子放在外压试验装置的两条平行的下承载梁上，然后在管子上部放置橡胶垫，将上承载梁放在橡胶垫上面，使上、下承载梁的轴线平行，并确保上承载梁能在通过上、下承载梁中心线的垂直平面内自由移动。
- ③ 通过上承载梁加载，可以在上承载梁上集中一点加荷，或者是采用二点同步加荷，集中荷载作用点的位置应在加载区域的 $1/2$ 处。
- ④ 开动油泵，使加压板与上承载梁接触，施加荷载于上承载梁。对于混凝土排水管加荷速率约每分钟 1.5kN/m ；对于钢筋混凝土排水管加荷速率约为每分钟 30kN/m 。
- ⑤ 连续匀速加荷至标准规定的裂缝荷载的 80% ，恒压 1min ，观察有无裂缝。若

出现裂缝时，用读数显微镜测量其宽度；若未出现裂缝或裂缝较小，继续按裂缝荷载的 10% 加荷，恒压 1 min。分级加荷至裂缝荷载，恒压 3min。

- ⑥ 裂缝宽度达到 0.20mm 时的荷载为管子的裂缝荷载。恒压结束时裂缝宽度达到 0.20mm，裂缝荷载为该级荷载值；恒压结束时裂缝宽度超过 0.20mm，裂缝荷载为前一级的荷载值。
- ⑦ 按上述规定的加荷速度继续加荷至破坏荷载的 80%，恒压 1 min，观察有无破坏；若未破坏，按破坏荷载的 10% 继续分级加荷，恒压 1min。分级加荷至破坏荷载值时，恒压 3min，检查破坏情况，如未破坏，继续按破坏荷载的 10% 分级加荷，每级恒压 1min 直到破坏。
- ⑧ 管子失去承载能力时的荷载值为破坏荷载。在加荷过程中管子出现破坏状态时，破坏荷载为前一级荷载值；在规定的荷载持续时间内出现破坏状态时，破坏荷载为该级荷载值与前一级荷载值的平均值；当在规定的荷载持续时间结束后出现破坏状态时，破坏荷载为该级荷载值。
- ⑨ 结果按公式 11—9—4 计算：

$$P=F/L \qquad \qquad \qquad 11-9-4$$

式中：P——外压荷载值，单位为千牛每米(kN/m)；

F——总荷载值，单位为千牛(kN)；

L——加压区域长度，单位为米 (m)。

5.4、保护层厚度测试方法：

5.4.1 保护层厚度测试可在下列管子中进行：

- ① 外压荷载试验后的管子；
- ② 同批管子中因搬运损坏的管子；
- ③ 在同批管子中随机抽样的管子。

5.4.2 测点位置布置：

- ① 测点的纵向位置布置：平口管、双插口管、企口管、钢承口管测点 A 和 C 各距端面 300mm，测点 B 在管的中部，见图 11—9—10 a)、11—9—10b)、11—9—10 f)。承插口管测点 A 在承口外斜面的中部，测点 B 在距拐点 100mm 处的管体平直段上，测点 C 距插口端面 300mm，见图 11—9—10 c)、11—9—10 d)、11—9—10 e)。

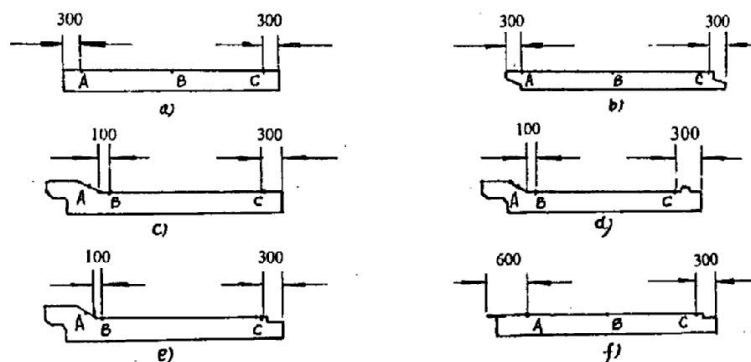


图 11—9—10 保护层厚度纵向测点位置布置示意图

- ② 测点的环向位置布置：测点在环向截面的分布，应使三个测点与管子圆心的夹角为 120° ，见图 11—9—11。

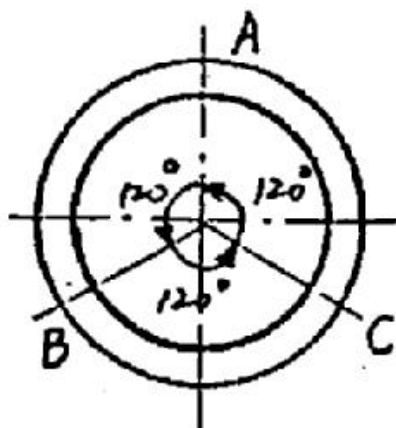


图 11—9—11 保护层厚度环向测点位置布置示意图

5.4.3 测试方法：

- ① 在管子表面测点处凿去表层混凝土，不得损伤钢筋，使钢筋暴露，清除钢筋表面浮灰。
- ② 用深度游标卡尺测量环筋表面至管体表面的距离，即为保护层厚度。测量时，深度游标卡尺测量面应与管子的轴线平行。
- ③ 对于公称内径小于或等于 600mm 的管子，因凿去管子内表面混凝土比较困难，可在外表面测点处凿通管壁，用钢卷尺（或钢直尺）测量测点处的管壁厚度，用游标卡尺测量环向钢筋直径，按公式 11—9—5 计算管体混凝土内保护层厚度。

$$C_n = t - (C_w + d_0) \quad 11-9-5$$

式中： C_n ——内保护层厚度，单位为毫米（mm）；

t ——管壁厚度，单位为毫米（mm）；

C_w ——外保护层厚度，单位为毫米（mm）；

d_0 ——环向钢筋直径，单位为毫米（mm）。

④ 保护层厚度亦可在测点处钻取一个芯样进行测量。

6、关于混凝土和钢筋混凝土排水管混凝土强度试验的一些规定：

① 混凝土拌和物取样的规定：

a、 在混凝土浇筑地点随机抽取；

b、 取样频率宜按 GBJ 107 的规定执行；

c、 每次取样量应满足产品标准有关混凝土试件组数的规定。

② 试件的制作的规定：

a、 塑性混凝土拌和物按 GB/T 50080 的规定制作试件；

b、 干硬性混凝土拌和物，将拌和物适量加水搅拌，然后采用加压振动的方法制作试件。

③ 试件养护的规定：

a、 评定混凝土强度等级的试件按 GB/T 50081 的规定进行养护；

b、 测定脱模强度、出厂强度、蒸汽养护后 28 天强度的混凝土试件，先采用与管子同条件的蒸汽养护，除测定脱模强度的试件外，其余试件在标准养护条件或与管子同条件继续养护至规定龄期。

④ 混凝土强度试验方法：按 GB/T 50081 的规定试验混凝土立方试件抗压强度 f_{cc} 。

⑤ 混凝土强度结果换算：

混凝土排水管因制管工艺不同，混凝土试件的抗压强度按公式 11—9—6 计算：

$$f_{cu} = K_g \cdot f_{cc} \quad 11-9-6$$

式中： f_{cu} ——换算后的混凝土立方试件抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

f_{cc} ——混凝土立方试件抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

K_g ——工艺换算系数。当工厂尚未取得实用的工艺换算系数时，可参照 GB/T11837—1989 中第 6.4 条的规定选取（见表 11—9—1）。对于掺用减水剂的混凝土离心工艺、振动挤压工艺，表 11—9—1 的系数不适用。

表 11—9—1 混凝土抗压强度工艺换算系数

制管工艺	离心工艺	悬辊工艺	立式振动工艺	振动挤压工艺
工艺换算系数	1.25	1.0	1.0	1.5

⑥ 混凝土 28 天抗压强度的评定按 GBJ 107 进行。

7、管子按施工方法、名称、外压荷载级别、规格（公称内径×有效长度）和标准编号顺序进行标记。

标记示例 1：公称内径为 600mm、有效长度为 1000mm 开槽施工的 I 级混凝土管，其标记如下：

KCP I 600×1000GB/T11836

标记示例 2：公称内径为 2400mm、有效长度为 2000mm 顶进施工的 II 级钢筋混凝土管，其标记如下：

DRCP II 2400×2000GB/T11836

8、材料要求

8.1、原材料

8.1.1 水泥宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥，也可采用抗硫酸盐硅酸盐水泥、硫铝酸盐水泥。水泥性能应分别符合 GB175、GB748、GB20472 的规定。

8.1.2 细骨料宜采用中粗砂。细度模数 2.3~3.3。粗骨料最大粒径对混凝土管不得大于壁厚的 1/2，对钢筋混凝土管不得大于壁厚的 1/3，并不得大于环向钢筋净距的 3/4。骨料性能应分别符合 GB/T14684、GB/T14685 的规定。

8.1.3 混凝土允许掺加外加剂和掺合料。但所掺外加剂或掺合料不得对管子产生有害影响。当掺加外加剂时，应符合 GB8076 的规定；当掺加其他掺合料时，应符合相应标准的规定。

8.1.4 混凝土拌合用水应符合 JGJ63 的规定。

8.1.5 钢筋宜采用冷轧带肋钢筋、热轧带肋钢筋，也可采用热轧光圆钢筋、冷拔低碳钢丝，钢筋性能应分别符合 GB13788、GB1499.1、GB1499.2、JC/T540 的规定。

6.1.6 钢承口用钢板厚度：对公称直径大于等于 2000mm 的管子，钢板厚度不宜小于 10mm；对公称直径小于 2000mm，且大于 1200mm 的管子，钢板厚度不宜小于 8mm；对公称直径小于等于 1200mm 的管子，钢板厚度不宜小于 6mm。承口钢板和插口异型钢的性能应符合 GB3274、GB/T700 的规定。

8.2、钢筋骨架

8.2.1 钢筋骨架制作：环筋直径小于或等于 8mm 时，应采用焊接成型；环筋直径大于 8mm 时，应采用滚焊或人工焊接成型。当采用人工焊接成型时，焊点数量应大于总联接点的 50%且均匀分布。钢筋的连接处理应符合 GB50204、JGJ95 的规定。

8.2.2 钢筋骨架的环向钢筋间距由设计计算确定，并不得大于 150mm，且不得大于管壁厚度的 3 倍。钢筋直径不得小于 3.0mm。骨架两端的环向钢筋应密缠 1~2 圈。

8.2.3 钢筋骨架的纵向钢筋直径不得小于 4.0mm。纵向钢筋的环向间距不得大于 400mm，且纵筋根数不得少于 6 根。

8.2.4 公称内径小于等于 1000mm 的管子，宜采用单层配筋，配筋位置在距管内壁 2/5 处；公称内径大于 1000mm 的管子宜采用双层配筋。

8.2.5 用于顶进施工的管子，宜在管端 200~300mm 范围内增加环筋的数量和配置 U 型箍筋或其它形式加强筋。

9、技术要求

9.1、混凝土强度

制管用混凝土强度等级不宜低于 C30，用于制作顶管的混凝土强度等级不宜低于 C40。

9.2、外观质量

9.2.1、管子内、外表面应平整，管子应无粘皮、麻面、蜂窝、塌落、露筋、空鼓，局部凹坑深度不应大于 5mm。

9.2.2、混凝土管不允许有裂缝。钢筋混凝土管外表面不允许有裂缝，内表面裂缝宽度不得超过 0.05mm。但表面龟裂和砂浆层的干缩裂缝不在此限。

9.2.3、合缝处不应漏浆。

9.2.4、在下列情况下，管子允许进行修补。

(a) 外表面凹深不超过 10mm，粘皮、麻面、蜂窝深度不超过壁厚的 1/5，其最大值不超过 10mm，且总面积不超过外表面积的 1/20，每块面积不超过 100cm²；

(b) 内表面有局部塌落，但没有露出环向钢筋，且塌落面积不超过管子内表面积的 1/20，每块面积不超过 100cm²；

(c) 合缝漏浆深度不超过壁厚的 1/5，且最大长度不超过管长的 1/5；

(d) 端面碰伤纵向长度不超过 100mm，环向长度限值不超过表 3 规定。

9.3、 尺寸允许偏差

9.3.1 柔性接头承插口管尺寸允许偏差见表 4。

9.3.2 柔性接头钢承口管尺寸允许偏差见表 5。

9.3.3 柔性接头企口管尺寸允许偏差见表 6。

9.3.4 柔性接头双插口管尺寸允许偏差见表 7。

9.3.5 柔性接头钢承插口管尺寸允许偏差见表 8。

9.3.6 刚性接头平口管尺寸允许偏差见表 9。

9.3.7 刚性接头承插口管尺寸允许偏差见表 10。

9.3.8 刚性接头企口管尺寸允许偏差见表 11。

9.3.9 管子弯曲度的允许偏差为小于或等于管子有效长度的 0.3%。

9.3.10 管子端面倾斜的允许偏差为：对于开槽施工的管子，公称内径小于 1000mm 时，允许偏差为小于或等于 10mm；公称内径大于或等于 1000mm 时，允许偏差为小于或等于公称内径的 1%，并不得大于 15mm。对于顶进施工的管子：公称内径小于 1200mm 时，允许偏差为小于或等于 3mm；公称内径大于等于 1200mm，且小于 3000mm 时，允许偏差为小于或等于 4mm；公称内径大于或等于 3000mm 时，允许偏差为小于或等于 5mm 。

9.4、内水压力

管子在进行内水压力检验时，在规定的检验内水压力下允许有潮片，但潮片面积不得大于总外表面积的 5%，且不得有水珠流淌。

9.5、外压荷载

管子外压检验荷载不得低于标准表 1、表 2 规定的荷载级别要求。

9.6、保护层厚度

环筋的内、外混凝土保护层厚度：当壁厚小于或等于 40mm 时，不应小于 10mm；当壁厚大于 40mm 且小于等于 100mm 时，不应小于 15mm；当壁厚大于 100mm 时，不应小于 20mm。对有特殊防腐要求的管子应根据需要确定保护层厚度。

10、关于《顶进施工法用钢筋混凝土排水管》标准与《混凝土和钢筋混凝土排水管》标准的差别：

10.1、排水管的规格尺寸的差别：

标准规定的排水管最小规格及最大规格不同。混凝土和钢筋混凝土排水管的最

小规格为管径 200mm，最大规格为管径 3000mm。F 管最小规格为管径 600mm，最大规格为管径 3500mm。

F 管增加了管径 1400mm 以及 1600mm 两个规格管子。

10.2、对排水管混凝土抗压强度的要求不同：

混凝土和钢筋混凝土排水管的混凝土抗压强度不得低于 C30，F 管混凝土抗压强度不得低于 C40。

10.3、F 管标准取消了排水管的分等分级，因此管子的尺寸允许偏差作了相应的调整。

10.4、F 管由于增加了管径 1400mm 和 1600mm 规格的管子，所以外压荷载作了一些修改。

10.5、F 管的钢筋保护层厚度在壁厚大于 60mm 且小于等于 100mm 时，保护层厚度不应小于 15mm，比钢筋混凝土排水管的保护层厚度增加 3mm。

10.6、F 管标准增加了检验项目类别，检验项目类别分为 A、B 两类，因此判定规则作了相应的修改。

10.7、两个标准的出厂检验以及型式检验的检验批所代表的管子数量有所不同，F 管每次检验所代表的管子数量比混凝土和钢筋混凝土排水管要大，详见标准有关规定。

10.8、由于 F 管取消了管子的分等分级，因此判定规则的表述方面有所不同。

11、进行混凝土和钢筋混凝土排水管试验应注意的几个问题：

11.1、在进行几何尺寸测试时应首先抽取测试试样，在试样上标注测点。

11.2、进行内水压力试验时，要求内水压力试验装置的封头密封性能良好。密封性能符合试验要求的关键是选择厚度及硬度合适的橡胶垫，可通过反复试验确定。

11.3、外压试验装置机架必须有足够的强度和刚度，保证荷载的分布不受任何部位变形的影响。在试验装置的组成中，除固定部件外，另外还有上、下两个支承梁。上、下支承梁均应延长到试件的整个试验长度上。试验时，荷载通过刚性的上支承梁传递到试件上。上支承梁可选择工字钢或组合钢梁，钢梁的刚度应保证它在最大荷载下，其弯曲度不超过管子试验长度的 $1/720$ 。下支承梁由两条硬木组合而成，其截面尺寸为宽度不小于 50mm，厚度不小于 25mm，长度不小于管子的试验长度。硬木制成的下支承梁与管子接触处应做成半径为 12.5mm 的圆弧，两条

下支承梁之间的净距离为管子外径的 1/12，但不得小于 25mm.。

11.4、在计算外压荷载时，应将千斤顶、传感器、上支承梁、垫块等重量计入试验荷载中。

11.5、在进行外压试验时，千斤顶、压力传感器及垫块均应采用铁丝制作防跌落保险带并且不得对检测数值有任何影响。

六、试验实例：

例：试验管子型号为 RCP II 1000×2000 GB11836，管子为公称内径 1000mm、有效长度为 2000mm 的 II 级柔性接口乙型承插口钢筋混凝土排水管，千斤顶、传感器等重量为 2kN，试验加载区域长度为 1700mm，进行内水压力及外压荷载试验。

解：1、内水压力试验情况：根据管子型号在《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T11836-2009 表 2 中查得内水压力试验值为 0.10MPa。

内水压力试验结果：在上述内水压力值下未出现渗漏和潮片等情况，符合标准要求。

2、外压荷载试验情况：根据管子型号在《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/T11836-2009 表 2 中查得该管子裂缝荷载为 69kN/m，破坏荷载为 100kN/m。

外压试验裂缝荷载值为： $69 \times 1700 \div 1000 = 117.3$ (kN)

外压试验破坏荷载值为： $100 \times 1700 \div 1000 = 170.0$ (kN)

外压试验加压结果如下：

表 11—9—2

序号	荷载 (kN)	测力仪读数 (kN)	加 压 级 别	裂缝及破坏情况记录
0	2.0	0	初读数	上支承梁、千斤顶及传感器等重量
1	93.8	91.8	80%裂缝荷载	
2	105.6	103.6	90%裂缝荷载	
3	117.3	115.3	100%裂缝荷载	内部裂缝宽度=0.2mm
4	136.0	134.0	80%破坏荷载	
5	153.0	151.0	90%破坏荷载	加载至读数=138.0 时破坏
6	170.0	168.0	100%破坏荷载	

3、试验结果计算：

管子裂缝荷载 = $(115.3 + 2.0) \div 1.7 = 69$ (kN/m) 裂缝荷载符合标准要求

管子破坏荷载 = $(134.0 + 2.0) \div 1.7 = 80$ (kN/m) 破坏荷载不符合标准要求

4、结论：

按《混凝土和钢筋混凝土排水管试验方法》GB/T16752（报批稿）标准试验，该管子内水压力试验结果符合《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/11836-2009 标准要求，外压荷载试验结果不符合《混凝土和钢筋混凝土排水管》GB/11836-2009 标准要求，判定该排水管为不合格产品。

七、思考题：

- 1、混凝土和钢筋混凝土排水管根据承受外压荷载能力共分为几级？
- 2、进行外观及几何尺寸检验需抽取多少根样品？进行内水压力和外压荷载试验需抽取多少根样品？
- 3、进行外压荷载试验时，如何计算试验样品的裂缝荷载值和破坏荷载值？
- 4、进行外压荷载试验时，如何判定试验样品的裂缝荷载及破坏荷载？
- 5、进行内水压力试验和外压荷载试验时对试验样品的龄期有何规定？
- 6、进行外压荷载试验时，如何分级加载试验荷载？加载速率是多少？

附图 1：内水压力试验装置



附图 1：内水压力试验装置



附图 2：外压荷载试验装置

2 塑料埋地排水管

一、基本概念

埋地管道一般分为刚性和柔性管道两大类。刚性管道是指变形会引起结构性破坏的管道，柔性管道至少能承受 2%变形而结构无损。

塑料埋地排水管属柔性管道，用于市政埋地排水排污的塑料管材主要品种有：硬聚氯乙烯（PVC-U）双壁波纹管、硬聚氯乙烯（PVC-U）加筋管、聚乙烯（PE）双壁波纹管、聚乙烯（PE）缠绕结构壁管、硬聚氯乙烯（PVC-U）平壁管、玻璃纤维增强塑料夹砂管（RPM管）和塑料螺旋管等。作为埋地塑料管材，它们都具有承受埋地环境下负载能力的合适的强度和刚度、重量轻、水力特性好、使用寿命长、便于铺设安装和综合经济性等特点。

（一）、埋地排水管受力状态

埋地排水管有一定的坡度，一般情况下，管中不会充满液体，依靠重力流动，无内压。外压负载分静负载和动负载两部分。

静负载主要由管道上方的土壤重量造成的。工程设计时一般简化为静负载就等于管道正上方土壤的重量，即宽等于其直径，长等于其长度，高等于其埋深的那一部分土壤的重量。因为这部分土壤形成一个柱体，称其为“土柱重”。

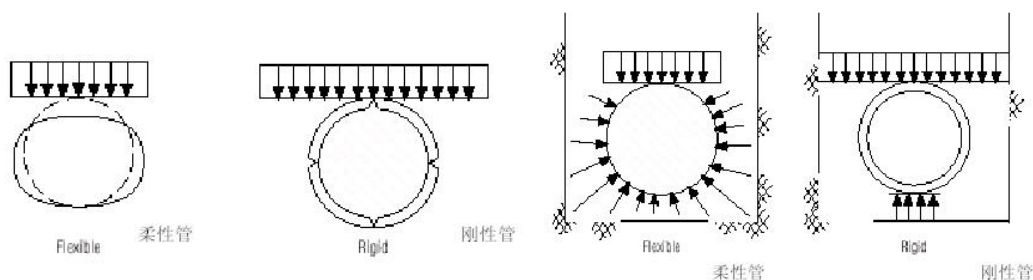
动负载主要是地面车辆经过时造成的。一般根据车辆重量和压力在土壤中分布情况来计算管道承受的负载。如果埋深很浅，还要考虑车辆经过时的冲击负载。

此外，埋地排水管还可能承受其他的负载，如地下水水头压力和浮力等。

埋地排水管承受的静负载、动负载和埋深有着密切地关系，埋地愈深，静负载愈大，动负载愈小。埋深2.4 米以上，典型的车辆负载可以忽略不计。

（二）、塑料埋地排水管破坏机理

塑料埋地排水管属于柔性管，破坏之前可以有较大的变形。相对于混凝土刚性排水管而言，埋于地下承受外压负载时，“柔性管”和“刚性管”受力状态和破坏机理并不相同，见图5-1-9-13。



（a）柔性管和刚性管外负载作用示意

（b）管材和回填土间的相互作用

图5-1-9-13 埋地排水管的受力状态

外压负载作用于“刚性管”时，负载经过管材壁传递到管材底部，在管材壁内产生弯矩。其受力状态可简化为一个弯梁在中央承受集中负载，用材料力学分析：管材上下两点管壁内的应力是外侧受压、内侧受拉，左右两点管壁内的应力是外侧受拉、内侧受压。随着管材直径加大，管壁内的弯矩和应力急剧加大（与直径平方成正比），所以大直径的混凝土排水管往往需要配筋。

外压负载作用于“柔性管”时，“柔性管”在破坏前发生变形，横向外扩，如果在“柔性管”周围有适当的回填土壤，回填土壤阻止“柔性管”变形，对“柔性管”产生横向压力，外压负载将传递和分担到周围的回填土壤中。用材料力学分析：“柔性管”在横向压力下管壁中产生的弯矩和应力正好和垂直方向外压负载产生的弯矩和应力相反。理想情况下，“柔性管”受到的负载接近于四周均匀受压，管材内只有均匀压应力，没有拉应力。所以，同样外压负载下，“柔性管”管壁内的应力较小，它和周围的回填土壤共同承受负载，工程上被称为“管-土共同作用”。

（三）、塑料埋地排水管主要品种

1、硬聚氯乙烯（PVC-U）双壁波纹管

（1）以聚氯乙烯（PVC）树脂为主要原料，加入有利于管材性能的添加剂挤出成型。管壁截面为双层结构，内壁光滑平整，外壁为等距排列的具有梯形或弧形中空结构的管材。

（2）特点：造型美观，结构特殊，环刚度可大于 16kN/m^2 ，接口利用弹性密封橡胶圈柔性连接，具有连接牢靠、不易泄漏、搬运轻便、施工方便等特点，综合造价比铸铁管、混凝土管低，寿命长达50年，是世界各国塑料埋地排水排污管应用最多的管道。

（3）产品标准GB/T 18477.1-2007《埋地排水用硬聚氯乙烯(PVC-U)结构壁管道系统 第1部分:双壁波纹管材》，公称尺寸：100-1000。本标准适用于市政排水、埋地无压农田排水和建筑物外排水用管材,也可用于通讯电缆穿线用套管。

（4）管材物理力学性能：环刚度、冲击强度、环柔性、二氯甲烷浸泡、烘箱试验、蠕变率

2、硬聚氯乙烯（PVC-U）加筋管

（1）以聚氯乙烯（PVC）树脂为主要原料，加入适当助剂，由挤出机挤出成型，管内壁光滑、外壁带有等距排列环形肋（垂直加强筋）的管材。

（2）特点：结构独特，由于外壁采用工字钢原理及可靠的接口方式，使得（PVC-U）加筋管具有独特的性能优势。强度高，环刚度大于 8kN/m^2 ，施工方便，抗泄漏与地面不

均匀沉降能力强，使用寿命大于50年。

(3) 产品标准GB/T 18477.2-2007《埋地排水用硬聚氯乙烯(PVC-U)结构壁管道系统 第2部分:加筋管材》，公称尺寸：150-1000。本标准适用于系统工作压力不大于0.2MPa、公称尺寸不大于300mm的低压输水和排污管材。物理力学性能有维卡软化温度、落锤冲击试验、环刚度、连接密封试验、环柔性、烘箱试验、密度。

3、聚乙烯（PE）双壁波纹管

1、以聚乙烯（PE）树脂为主要原料，加入适当的可提高性能的助剂，经塑化挤出成型。管壁截面为双层结构，其内壁光滑平整，外壁为等距排列的具有梯形或弧形中空结构的管材。

2、特点：造型美观、结构特殊、环刚度好，具有良好的柔韧性和低温抗冲击性能。接口采用弹性密封橡胶圈柔性连接，连接牢靠，不易泄漏，搬运施工方便，是大口径埋地塑料排水排污管的主要品种。

3、产品标准GB/T 19472.1-2004《埋地用聚乙烯(PE)结构壁管道系统 第1部分：聚乙烯双壁波纹管材》，公称外径：110-1200，本标准适用于长期温度不超过45℃的埋地排水和通讯套管用聚乙烯双壁波纹管。亦可用于工业排水、排污管。

4、管材物理力学性能：环刚度、冲击性能、环柔性、烘箱试验、蠕变比率。

4、聚乙烯（PE）缠绕结构壁管

1、以聚乙烯（PE）树脂为主要原料，以相同或不同材料作为辅助支撑结构，采用缠绕成型工艺，经加工制成的结构壁管材。管材的结构形式分为A型和B型两类。

A型结构壁管具有平整的内外表面，在内外壁之间由内部的螺旋形肋连接的管材；或内表面光滑，外表面平整，管壁中埋螺旋中空管的管材。

B型结构壁管内表面光滑，外表面为中空螺旋形肋的管材。

2、特点：采用“工字型”管壁结构，具有刚度好、强度高、耐冲击，还具有耐低温、耐老化、重量轻、连接方便等特点，直径1m以上的大口径管材具有较好的性能价格比。

3、产品标准：GB/T 19472.2-2004《埋地用聚乙烯（PE）结构壁管道系统 第2部分：聚乙烯缠绕结构壁管材》，适用于长期温度在45℃以下的埋地排水、埋地农田排水等工程，公称外径150-3000。

4、管材物理性能：纵向回缩率、烘箱试验；管材力学性能：环刚度、冲击性能、环柔性、蠕变比率、缝的拉伸强度；管件物理力学性能：烘箱试验、环刚度。

5、硬聚氯乙烯（PVC-U）平壁管

1、以聚氯乙烯（PVC）树脂为主要原料，加入适当助剂，由塑化挤出成型，管内、外壁光滑的均质管壁管材。

2、特点：硬聚氯乙烯（PVC-U）平壁管具有重量轻、耐腐蚀，有一定的抗内外压能力、管壁光滑过流能力大、密封性能好、使用寿命长、运输安装方便、施工速度快等特点，公称直径DN/ID<300mm的硬聚氯乙烯（PVC-U）平壁管具有可与其他塑料排水管材竞争的更好的耐压性能和环刚度。

3、产品标准GB/T 20221-2006《无压埋地排污、排水用硬聚氯乙烯（PVC-U）管材》（代替GB/T 10002.3-1996《埋地排污、废水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材》），适用于外径从（110-1000）mm的弹性密封圈连接和外径从（110-200）mm的粘结式连接的无压埋地排污、排水管材。在考虑材料的耐化学性和耐热性条件下，也可用于工业用无压埋地排污管材。不适用于建筑内埋地的排污、排水PVC-U管道系统。

4、管材物理力学性能：密度、环刚度、落锤冲击、维卡软化温度、纵向回缩率、二氯甲烷浸渍。

6、塑料螺旋管

塑料螺旋管产品和整套相关技术是澳大利亚里布劳克公司研制的，1978年首推PVC-U系列产品，20世纪90年代初再次推出以HDPE为材料的2000系列的塑料螺旋管道产品，并已经在32个国家和地区广泛应用。

塑料螺旋管是一种结构壁管材，类似于环形肋管（加筋管），塑料螺旋管产品和其它塑料管道不一样的地方是生产方法。一般的塑料管道在工厂内挤出成型，产品需要经过运输才能到达工地，属于一次成型工艺。塑料螺旋管属于二次成型生产工艺。在工厂挤出方式生产带状的塑料板材，成品和电缆一样，绕卷到铁制的轮子上运到工地，使用专利技术设备，按订单规格要求，将板材卷制成管。产品有PVC-U塑料螺旋管、HDPE塑料螺旋管的2000系列以钢带为承受荷载的复合管。

该管的最大优点是现场卷管，可以节约大量的运输费用，且施工接头少，施工速度快，能节省施工和管理费用，与同等级的产品相比有价格优势。

由于管材的材质不同、管壁结构不同、成型工艺不同、各种管材都有一个最合适的应用直径范围，以达到好的性能价格比。如在选择直径小于300mm的管材时以硬聚氯乙烯（PVC-U）平壁管较好；在选择直径为500mm左右的管材时，以硬聚氯乙烯（PVC-U）双壁波纹管、硬聚氯乙烯（PVC-U）加筋管较为合适；在选择直径为500-1200mm的管

材时（该范围是埋地排水排污管道的主要市场），以HDPE双壁波纹管为好；当管材直径大于1m时，以HDPE缠绕结构壁管为优先考虑，当管材的使用条件既有内压又有外压要求时，以玻璃纤维增强塑料夹砂管为最好。

（四）、塑料埋地排水管主要技术指标

1、环刚度（S）

环刚度是管材的一个主要机械特性，表示管材在外力作用下抵抗环向变形的能力。仲裁试验需提供负荷—环向变形曲线。

《热塑性管材管件—公称环刚度》ISO13966 对热塑性管材环刚度的分级做出了规定，公称环刚度 SN 分级为：SN2、(SN2.5)、SN4、(SN6.3)、SN8、(SN12.5)、SN16、SN32（注：括号内是非优选值）。标志时用 SN 后加数字。

$$S=EI/D^3 \quad (1)$$

其中：S—管材的环刚度，（单位为kN/m²）；E—材料的弹性模量；I—惯性矩；D—管材的平均直径。

2、环柔性

管材的一个机械特性，是测定管材机械度或柔性的复原能力。

3、冲击试验

管材在低温条件下管材耐重物冲击试验性能，管内壁不破裂、两壁不脱开。

4、烘箱试验、纵向回缩率

管材耐高温的能力。

5、缝的拉伸强度

管材能承受的最小拉伸力。

6、熔接或焊接连接的拉伸强度

管材熔接或焊接连接处纵向所能承受的最小拉伸力。熔接或焊接连接的拉伸强度：管材熔接或焊接连接处纵向所能承受的最小拉伸力。

7、维卡软化温度

管材的软化温度，管材热稳定性试验检查与确认。

二、塑料埋地排水管主要技术标准

1、产品标准

《埋地用聚乙烯(PE)结构壁管道系统 第1部分：聚乙烯双壁波纹管》GB/T 19472.1-2004

《埋地用聚乙烯(PE)结构壁管道系统 第2部分：聚乙烯缠绕结构壁管材》GB/T 19472.2-2017

《埋地排水用硬聚氯乙烯(PVC-U)结构壁管道系统:第1部分:双壁波纹管材》GB/T 18477.1-2007

《埋地排水用硬聚氯乙烯(PVC-U)结构壁管道系统:第2部分:加筋管材》GB/T 18477.2-2011

《无压埋地排污、排水用硬聚氯乙烯(PVC-U)管材》GB/T 20221-2006

《埋地排水用钢带增强聚乙烯(PE)螺旋波纹管 CJ/T225-2011

《埋地钢塑复合缠绕排水管材》QB/T2783-2006

《聚乙烯钢塑缠绕排水管》CJ/T270-2007

《高密度聚乙烯缠绕结构壁管材》CJ/T165-2002

2、方法标准

《塑料试样状态调节和试验的标准环境》GB/T 2918-1998

《热塑性塑料管材环刚度的测定》GB/T 9647-2015

《热塑性塑料管材耐外冲击性能试验方法 时针旋转法》GB/T 14152-2001

《热塑性塑料管材、管件维卡软化温度的测定》GB/T 8802-2001

《塑料 拉伸性能的测定》GB/T 1040.1~5-2006

《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第3部分：聚烯烃管材》GB/T 8804.3-2003

《塑料管道系统 塑料部件 尺寸的测定》GB/T 8806-2008

《塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法》

GB/T 1033.1-2008

《热塑性塑料管材 纵向回缩率的测定》GB / T 6671-2001

三、参数检测

下面就以聚乙烯缠绕结构壁管材（GB/T 19472.2-2017）为例，叙述塑料埋地排水管材环刚度、环柔性、冲击性能、烘箱试验、接缝的拉伸等5个主要参数的检测要点。

（一）、环刚度

按 GB/T 9647-2015 《热塑性塑料管材 环刚度的测定》规定进行试验。

1、检测原理

以管材在恒速变形时所测得的负荷和变形量确定环刚度。用两个互相平行的平板对一段水平放置的管材以恒定的速率在垂直方向进行压缩，该试验速率由管材的直径确定，得到负荷-变形量的关系曲线，以管材直径方向变形量为 3% 时的负荷计算环刚度。

2、检测设备

(1) 压缩试验机

试验机应根据管材公称直径的不同施加规定的压缩速率。仪器能够通过两个相互平行的压板对试样施加足够的负荷并达到规定的直径变形量。试验机的测量系统能够测量试样在直径方向上产生 1%~4% 变形时所需的负荷，精确到试验负荷的 2%。

表 5-1-9-3 压缩速度

管材公称直径 DN mm	压缩速度 mm/min
$DN \leq 100$	2 ± 0.1
$100 < DN \leq 200$	5 ± 0.25
$200 < DN \leq 400$	10 ± 0.5
$400 < DN \leq 710$	20 ± 1
$DN > 710$	$(0.03 \times d_r) \pm 5\%$ (d_r 为内径)

(2) 压缩平板：能够通过试验机对试样施加规定的负荷 F 。接触试样的平板的表面应平整、光滑、洁净，平板应有足够的硬度和刚度，以防止在试验中发生弯曲和变形而影响试验结果。每块平板的长度应不小于试样的长度，宽度应至少比试样在承受负荷时与压板的接触表面宽 25mm。

(3) 测量量具：能够测量试样的长度精确到 1mm、试样的内径精确到内径的 0.5%、在负载方向上试样的内径变化测量精度为 0.1mm 或变形的 1%，取较大值。

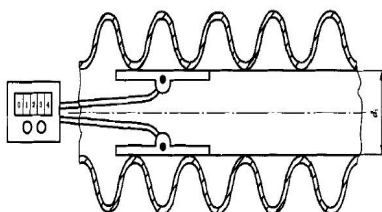


图 5-1-9-14 测量波纹管内径的典型装置

3、检测环境

(1) $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 状态调节 24h；GB/T 19472.2-2017 规定当管材 $DN > 600\text{mm}$ 时状态调节时间不少于 48 h。

(2) 除非其它标准中有特殊规定，测试在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下进行。

4、检测样品

(1) 标记和样品数量

在待测管材的外表面，沿轴向在全长画一条直线作标记，对该段做过标记的管材分别截取符合规定长度的 3 个试样 a、b 和 c，试样端面垂直于管材的轴线。

(2) 试样的长度

1) 每个试样根据管材公称直径 (DN) 的不同，沿圆周方向等分测量 3~6 个长度值，计算其算术平均值作为试样长度，精确到 1mm。对于每个试样，在所有的测量值中，最小值不应小于最大值的 0.9 倍。

$DN \leq 200\text{mm}$ 时，长度测量数为 3；

$200 < DN < 500$ 时，长度测量数为 4；

$DN \geq 500$ 时，长度测量数为 6。

2) 公称直径 (DN) 小于或等于 1500mm 的管材，每个试样的平均长度应在 300mm \pm 10mm。

3) 公称直径 (DN) 大于 1500mm 的管材，每个试样的平均长度不小于 0.2DN (单位为 mm)。

4) 对有垂直的肋、波纹或其他规则结构的结构壁管材，切割试样时应至少包含一个完整的肋、波纹或其他规则结构，切割部位应在肋、波纹或其他规则结构之间的中点。试样的长度应有最少的完整肋、波纹或其他规则结构，其长度应不小于 290mm，对公称直径大于 1500mm 的管材，长度应不小于 0.2DN。

5) 对于有螺旋的肋、波纹或其他规则结构的结构壁管材，试样的长度应等于 ($d_i \pm 20$) mm, 但不小于 290mm，也不大于 1000mm。

(3) 试样的内径

1) 分别测量 a、b、c 三个试样的内径 d_{ia} 、 d_{ib} 、 d_{ic} 。

在试样长度中部的横截面处，间隔 45° 依次测量 4 处，取算术平均值，每次的测量应精确到内径的 0.5%。或在试样长度中部的横截面处，用内径 Π 尺进行测量。

2) 记录经计算或测量得到的 a、b、c 三个试样的平均内径 d_{ia} 、 d_{ib} 、 d_{ic} 。

3) 计算三个值的平均值： $d_i = (d_{ia} + d_{ib} + d_{ic}) / 3$

(4) 试样的陈化

1) 试验应至少放置 24h 后才可以进行取样试验。

2) 对于型式检验或在有争议的情况下，试验应放置 $(21 \pm 2) d$ 。

（5）试样的状态调节

试样应在试验温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的环境中按 GB/T 2918 规定进行状态调节 24 h 后，进行试验。

5、检测步骤

（1）如果能够确定试样在某位置的环刚度最小，把试样 a 的该位置与试验机的上平板相接触。否则放置第一个试样 a 时，将其标线与上平板相接触。把另两个试样 b、c 的放置位置依次相对于第一个试样旋转 120° 和 240° 放置。

（2）对于每一个试样，放置好变形仪测量仪并检查试样的角度位置。

放置试样时，应使试样的轴线平行于平板，其中点垂直于负荷传感器的轴线。

（3）下降平板直至接触到试样的上部。施加一个包括平板质量的预负荷 F_0 。

$d_i \leq 100\text{mm}$ 的管材， F_0 为 7.5N； $d_i > 100\text{mm}$ 的管材， $F_0 = 250 \times 10^{-6} \times \text{DN} \times L$ ，结果至 1N。（DN 为管材的公称直径、L 为试样的实际长度，单位都为毫米）。

试验中负荷传感器所显示的实际预负荷的准确度应在设定预负荷的 95%~105% 之间。

将变形测量仪和负荷传感器调节至零。

（4）根据规定以恒定的速率压缩试样直到至少达到 $0.03d_i$ 的变形量，按规定连续记录负荷和变形值。

（5）通常，负荷和变形量的测量是通过一个平板的位移得到，但如果在试验的过程中，管壁厚度 e_c 的变化量超过 5%，则应通过直接测量试样内径的变化来得到。

典型的负荷/变形量曲线是一条光滑的曲线，否则表明零点可能不正确，这时可用曲线开始的直线部分倒推到和水平轴相交于（0，0）点（原点）（图 5-1-9-15）

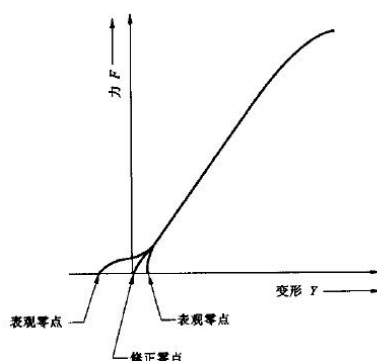


图 5-1-9-15 校正原点方法

（6）计算环刚度

按照以下公式计算出 a、b、c 三个试样的环刚度，精确到小数点后第二位。

$$S_i = (0.0186 + 0.025 Y_i / d_i) \frac{F_i}{L_i Y_i} \times 10^6 \quad (2)$$

式中： S_i —试样的环刚度，单位为千帕 (kN/m^2)；

d_i —管材的内径，单位为米(mm)；

F_i —相对于管材 3.0%变形时的力值，单位为千牛(kN)；

L_i —试样长度，单位为毫米(mm)；

Y_i —变形量，单位为米(m)；相对于管材 3.0%变形时的变形量。

$Y_i/d_i=0.03$

计算管材的环刚度，a、b、c三个试样的算术平均值，单位为千牛每平方米 (kN/m^2)，公式如下：

$$S=(S_a + S_b + S_c) / 3 \quad (3)$$

式中：

S_a , S_b , S_c —每个试样实测环刚度的计算值，精确到小数点后3位数字；

S —环刚度的计算值，保留小数点后2位数字。

6、数据处理与结果判定

环刚度 S 为三个试样实测环刚度的算术平均值，应不低于相应环刚度级别所对应的要求。

(二)、环柔性

GB/T 19472.2-2017 规定：试样按 GB/T 9647-2015 《热塑性塑料管材环刚度的测定》。试验力应连续增加，当试样在垂直方向外径 d_e 变形量为原外径的 30% 时立即卸载。试样圆滑、无反向弯曲，无破裂，试样沿肋切割处开始的撕裂允许小于 $0.075d_{em}$ 或 75mm (取较小值)，如图 5-1-9-16 所示。

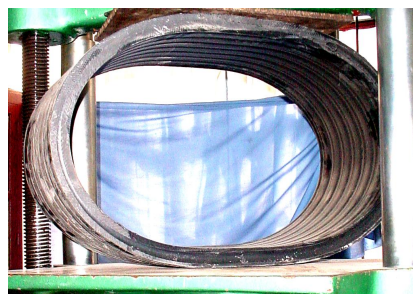


图 5-1-9-16 环柔性检测

(三)、冲击性能

GB/T 19472.2-2017 规定如下：

1、试样

试样内径 DN/ID \leq 500mm 时,按 GB/T 14152-2001 规定进行试验。当管材内径 DN/ID $>$ 500mm 时,可切块进行试验。试块尺寸为:长度 200mm \pm 10mm,内弦长 300mm \pm 10mm。试验时试块应外表面圆弧向上,两端水平放置在底板上,B 型、C 型管材应保证冲击点为肋的顶端。

2、试验步骤

按 GB/T 14152-2001 规定进行试验。试验温度 (0 \pm 1) $^{\circ}$ C,冲锤型号 *d*90,冲锤的质量和冲击高度见表 5-1-9-4。当管材使用地区在-10 $^{\circ}$ C 以下进行安装铺设时,落锤质量和冲击高度见表 5-1-9-5,这种管材应标记一个冰晶[*]符号。

表5-1-9-4 埋地用聚乙烯(PE)结构壁管材冲锤质量、型号和冲击高度

公称尺寸DN/ID	冲锤质量/kg	冲击高度/mm	冲头型号
DN/ID \leq 150	1.6	2000	<i>d</i> 90
150 $<$ DN/ID \leq 200	2.0	2000	<i>d</i> 90
200 $<$ DN/ID \leq 250	2.5	2000	<i>d</i> 90
DN/ID $>$ 250	3.2	2000	<i>d</i> 90

表5-1-9-5 埋地用聚乙烯(PE)结构壁管材寒冷条件下冲锤质量、型号和冲击高度

公称尺寸DN/ID	冲锤质量/kg	冲击高度/mm	冲头型号
DN/ID \leq 150	8.0	500	<i>d</i> 90
150 $<$ DN/ID \leq 200	10.0	500	<i>d</i> 90
DN/ID $>$ 200	12.5	500	<i>d</i> 90

以下是 GB/T 14152-2001 《热塑性塑料管材 耐外冲击性能试验方法 时针旋转法》的有关规定。

真实冲击率 (TIR): 整批产品进行试验时,其冲击破坏总数除以冲击总数,以百分率表示。

(1) 检测原理

以规定质量和尺寸的落锤从规定高度冲击试验样品规定的部位,即可测出该批(或连续挤出生产)产品的真实冲击率 (TIR)。

此试验方法可以通过改变落锤的质量和/或改变高度来满足不同产品的技术要求。

TIR 最大允许值为 10%。

(2) 检测设备

冲击试验装置。

(3) 检测环境

试样应在 $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的水浴或空气浴中进行状态调节（见表 5-1-9-6），状态调节后应在空气中取出 10s 内或水浴中取出 20s 内完成试验。如果超过此时间间隔，应将试样立即放回预处理装置，最少进行 5min 调节处理。仲裁试验时应使用水浴。

表 5-1-9-6 不同壁厚管材状态调节时间表

壁厚 δ , mm	调节时间, min	
	水浴	空气浴
$\delta \leq 8.6$	15	60
$8.6 \leq \delta < 14.0$	30	120
$\delta > 14.0$	60	240

(4) 检测样品

1、长度为 (200 ± 10) mm，试样切割面应与管材的轴线垂直，切割端应清洁、无损伤。

2、外径大于 40 的试样应沿其长度方向画出等距离标线，并顺序编号（见表 5-1-9-7）。

3、试样数量可根据 GB/T 14152-2001《热塑性塑料管材 耐外冲击性能试验方法 时针旋转法》图 2（或表 5）及操作步骤中有关规定确定。

表 5-1-9-7 不同管径管材试样应画线数

公称外径, mm	应画线数	公称外径, mm	应画线数
≤ 40	—	160	8
50	3	180	8
63	3	200	8
75	4	225	12
90	4	250	12
110	6	280	12
125	6	≥ 315	16
140	8	—	—

(5) 检测步骤

1、外径小于或等于 40 mm 的试样，每个试样只承受一次冲击。外径大于 40 mm 的试样进行冲击试验时，首先使落锤冲击在 1 号标线上，若试样未破坏，则按样品制备中状态调节的规定对样品进行调节处理后再对 2 号标线进行冲击，直至试样破坏或全部标线都冲击一次。

注：当波纹管或加筋管的波纹间距或筋间距超过管材外径的 0.25 倍时，要保证被冲击点为波纹或筋顶部。

2、逐个对试样进行冲击，直至取得判定结果。

3、观察试样，经冲击后产生裂纹、裂缝或试样破碎判为试样破坏，根据试样破坏数按表 5-1-9-8 判定 TIR 值。

（6）数据处理与结果判定

若试样冲击破坏数在表 5-1-9-8 的 A 区，则判定该批的 TIR 值小于或等于 10%。若试样冲击破坏数在表 5-1-9-8 的 C 区，则判定该批的 TIR 值大于或等于 10%。若试样冲击破坏数在表 5-1-9-8 的 B 区，则应进一步取样试验，直至根据全部冲击试样的累计结果能够作出判定。

表 5-1-9-8 落锤冲击破坏区域

冲击 总数	冲击破坏数			冲击 总数	冲击破坏数		
	A 区	B 区	C 区		A 区	B 区	C 区
25	0	1-3	4	81-88	4	5-11	12
26-32	0	1-4	5	89-91	4	5-12	13
33-39	0	1-5	6	92-97	5	6-12	13
40-48	1	2-6	7	98-104	5	6-13	14
49-56	1	2-7	8	105	6	7-13	14
57-64	2	3-8	9	106-113	6	7-14	15
65-72	2	3-9	10	114-116	6	7-15	16
73-79	3	4-10	11	117-122	7	8-15	16
80	4	5-10	11	123-124	7	8-16	17

（四）、烘箱试验

1、检测设备

烘箱：室温至 200℃、精度 0.5℃。

2、检测样品

- （1）从一根管材上不同部位切取三段试样，试样长度为 300mm±20mm。
- （2）管材 DN/ID<400mm 时，可沿轴向切成两块大小相同的试块；
- （3）管材 DN/ID≥400mm 时，可沿轴向切成四块（或多块）大小相同的试块。

3、检测步骤

(1) 将烘箱温度升到 110℃时放入试样, 试样放置时不得相互接触且不与烘箱壁接触, 待烘箱温度回升到 110℃时开始计时, 维持烘箱温度 $110^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 试样在烘箱内加热时间随管材壁厚的不同而不同。

$e \leq 8\text{mm}$ 时, 30min;

$e > 8\text{mm}$ 时, 60min。

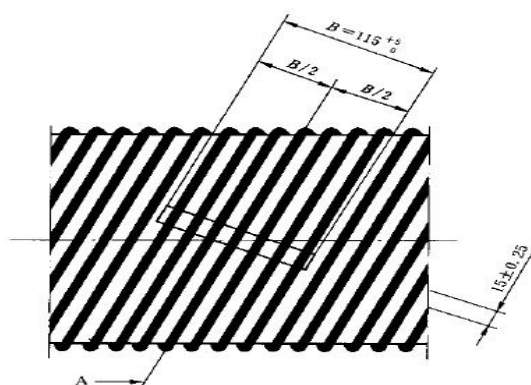
(2) 加热到规定时间后, 从烘箱内将试样取出, 冷却至室温, 检查试样熔接处应无分层、无开裂。

4、结果判定

试样熔接处应无分层、无开裂。

(五) 接缝拉伸试验

按图 5-1-9-17 所示制备试样, 按 GB/T 8804.3-2003 《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第 3 部分: 聚烯烃管材》规定进行试验。



注: 图中A为熔缝

图5-1-9-17 缝的拉伸强度制备试样位置和尺寸(mm)

1、试样的形状和尺寸

缝的拉伸强度试样的形状和尺寸如图 5-1-9-19 所示, 试样应包括整个管材壁厚 (结构壁高度)。

2、试样制备

(1) 取样

管材生产至少 15h 后方可取样, 将管材圆周五等分, 在每分上未受热、没有冲击损伤的部分, 垂直于熔缝方向切下一个长方形样条, 从每一个样条中制取一个试样。

(2) 试样尺寸的修整

如果切下的试样尺寸和图 5-1-9-19 不符, 试样的尺寸可以被修整, 修整时应注意:

试样修整时壁免发热；

试样表面不可损伤，诸如刮伤，裂痕或其他使表面品质降低的可见缺陷。

注 1：任何偏差都会影响拉伸结果；

注 2：如果试样上有多个熔缝，那么必须有一个熔缝位于试样的中间；

注 3：在拉伸范围内至少有一个熔缝，否则可以加长，如果必要，夹具夹持面上的熔缝可以去掉，或用专用夹具夹持。

以下是结合标准 GB/T 8804.3-2003《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第 3 部分：聚乙烯管材》给出的有关内容。

（1）检测原理

沿热塑性塑料管材的纵向裁切或机械加工制取规定形状和尺寸的试样，通过拉力试验机在规定条件下测得管材的拉伸性能。

（2）检测设备

- 1、拉伸试验机、夹具；
- 2、量具：测量试样厚度和宽度，精度 0.01mm；
- 3、裁刀；
- 4、制样机和铣刀。

（3）检测环境

- 1、除生产检验或相关标准另有规定外，试样应在管材生产 15 h 之后测试，试验前根据试样厚度，应将试样置于的环境中进行调节，时间不少于表 5-1-9-9 的规定。
- 2、试验应在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 环境下进行。

表 5-1-9-9 状态调节时间

管材壁厚 e_{\min}/mm	状态调节时间
$e_{\min} < 3$	$1\text{h} \pm 5\text{min}$
$3 \leq e_{\min} < 8$	$3\text{h} \pm 15\text{min}$
$8 \leq e_{\min} < 16$	$6\text{h} \pm 30\text{min}$
$16 \leq e_{\min} < 32$	$10\text{h} \pm 1\text{h}$
$32 \leq e_{\min}$	$16\text{h} \pm 1\text{h}$

（4）检测样品

管材壁厚小于或等于 12mm 规格的管材，可采用哑铃形裁切仲裁或机械加工的方法制样。管材壁厚大于 12 mm 的管材应采用机械加工的方法制样。

(5) 检测步骤

- 1、试验应在温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 环境下按下列步骤进行。
- 2、测量试样宽度，尺寸应满足 (15 ± 0.25) 。
- 3、将试样安装在拉力试验机上并使其轴线与拉伸应力的方向一致，使夹具松紧适宜以防止试样滑脱。
- 4、按标准要求的拉伸速率进行试验，直至试样断裂，记录破坏力值 (N)。
- 5、平行检测五个样品。

(6) 数据处理和结果判定

取五个破坏力值的最小值和表 5-1-9-10 技术要求相比较，大于规定力值合格。

表 5-1-9-10 埋地用聚乙烯 (PE) 结构壁管材 (GB/T 19472.2-2004) 缝的拉伸强度

管材的规格(mm)	管材能承受的最小拉伸力/N
DN/ID \leq 300	380
400 \leq DN/ID \leq 500	510
600 \leq DN/ID \leq 700	760
DN/ID \geq 300	1020

(六) 维卡软化温度

- 1、标准：《热塑性塑料管材、管件维卡软化温度的测定》GB/T 8802-2001
- 2、原理：把试样放在液体介质或加热箱中，在等速升温条件下测定标准压针在 (50 ± 1) N力的作用下，压入从塑料管上切取得试样内1mm时的温度。
- 3、检测设备：维卡测定仪。

维卡测定仪的主要部件：试样支架、负载杆、压针、千分表、荷载盘、砝码、加热浴槽、水银温度计、加热箱。

4、维卡测定试样取样：对于管材，试样应从管材上沿轴向裁下的弧形管段，其尺寸为：长度约50mm，宽度10~20mm。

5、试样制备：如果管材壁厚大于6mm，则采用适宜的方法加工管材外表面，使壁厚减至4mm。壁厚在2.4~6mm（包括6mm）范围内的试样，可直接进行测试。如果壁厚小于2.4mm，则可将两个弧形管段叠加在一起，使其总厚度不小于2.4mm。作为垫层的下层管段试样应首先压平，为此可将该试样加热至140℃并保持15min，再置于两光滑平板之间压平。上层弧段应保持其原样不变。

6、试样数量：每次试验用两个试样，但在裁制试样时，应多提供几个试样，以备试验结果相差太大时作补充试验用。

7、试样预处理：将试样在低于维卡软化温度 50°C 的温度下预处理至少5min。

8、试验步骤：

（1）将加热浴槽温度调至低于试样软化温度 50°C 并保持恒温。

（2）将试样凹面向上，水平放置在不负载金属杆的压针下面，试样和仪器底座的接触面应是平的。对于壁厚小于2.4mm的试样，压针端部应置于未压平试样的凹面上，下面放置压平的试样。

（3）将试验装置放在加热浴槽中。温度计的水银球或测温装置的传感器与试样在同一水平面，并尽可能靠近试样。

（4）压针定位5min后，在荷载盘上加所要求的质量，以使试样所承受的总轴向压力为 $(50 \pm 1)\text{N}$ ，记录下千分表（或其他测量仪器）的读数或将其调至零点。

（5）以每小时 $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的速度等速升温，提高浴槽温度。在整个试验过程中应开动搅拌器。

（6）当压针压入试样内 $(1 \pm 0.01)\text{mm}$ 时，迅速记录下此时的温度，此温度即为该试样的维卡软化温度。

（7）试验结果判定：两个试样的维卡软化温度的算术平均值即为所测试管材的维卡软化温度，单位以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。若两个试验结果相差大于 2°C 时，应重新取不少于两个的试样进行试验。

9、试验结果判定：两个试样的维卡软化温度的算术平均值即为所测试管材的维卡软化温度，单位以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。若两个试验结果相差大于 2°C 时，应重新取不少于两个的试样进行试验。

四、计算实例

某工程抽检HDPE排水管，结构形式为双壁波纹管，公称环刚度为 $SN\ 8$ 。三件管材样品实测内径均为300mm，三件管材样品实测长度分别为300mm；305 mm；315mm。

采用平板法对其进行压缩试验，当三件管材内径方向变形达到3%时的作用力实测结果分别为1.139kN；1.178kN；1.199kN

试计算该批管材的环刚度的实测值。

解： 根据标准规定计算三件管材样品实测环刚度 S_1 ； S_2 ； S_3

$$S_1 = \frac{0.01935F_1}{L_1 3\%d_1} = \frac{0.01935 \times 1.139}{0.300 \times 0.009} = 8.163(kN / m^2)$$

$$S_2 = \frac{0.01935F_2}{L_2 3\%d_2} = \frac{0.01935 \times 1.178}{0.305 \times 0.009} = 8.304(kN / m^2)$$

$$S_3 = \frac{0.01935F_3}{L_3 3\%d_3} = \frac{0.01935 \times 1.199}{0.315 \times 0.009} = 8.184(kN / m^2)$$

该批管材的环刚度的实测值为

$$S = (S_1 + S_2 + S_3) / 3 = 8.22 (kN/m^2)$$

$$S = 8.22 > 8 kN/m^2$$

该批管材的环刚度符合 SN 8 级的性能要求。

答：根据《热塑性塑料管材环刚度的测定》GB/T 9647-2015 规定的检测方法，实测得该批管材的环刚度为 8.22kN/m²，符合公称环度 SN8 级的性能要求。

五、思考题

- 1、塑料排水管受力破坏机理？
- 2、塑料排水管种类及各自特点？
- 3、环刚度试验定义与检测方法？
- 4、环刚度试验应注意事项？

3 玻璃纤维增强塑料夹砂管（RPM 管）

一、基本概念：

1、以玻璃纤维及其制品为增强材料，以不饱和聚酯树脂、环氧树脂为基体材料，以石英砂及碳酸钙等无机非金属颗粒材料为填料作为主要原料，采用定长缠绕工艺、离心绕铸工艺和连接缠绕工艺制成的管材。

2、作为埋地给水排水玻璃纤维增强塑料夹砂管，由于可加工成压力等级为 0.1-2.5MPa，公称直径 100mm-4000mm。管刚度等级为 1250-10000N/m² 的管材，使其具有一定的强度（抗内压）又具有一定的刚度（抗外压），是一种刚度和强度均好的管材产品，被广泛用于市政给水、排水，污水排放、工业水处理系统等领域。

3、检测参数：环刚度

二、检测标准

- 1、GB/T 21238-2016《玻璃纤维增强塑料夹砂管》。

三、仪器设备：

1、压缩试验机：加载板面应平整、光滑、厚度不小于 6mm，以保证有足够的刚度，板长度不小于试样长度。宽度不小于试样达到最大径向变形时与加载板的接触宽度加 150mm。

四、样品制备：

1、试样的最小长度应是管材的公称直径的 3 倍或 300mm,取其中较小值。对于公称直径大于 1500 mm 的试样，其最小长度为公称直径的 20%，应修约为整数；

2、每组试样至少 3 根；

3、应垂直切割试样端部，其切割面应无无刺和锯齿边缘。

五、检测环境条件：

1、具备条件时至少在温度（23±2）℃环境中放置 4h,并在相同环境下试验。不具备条件时，在实验室环境温度下进行试验。

2、仲裁实验时，试样至少在温度（23±2）℃和相对湿度（50±10）%的环境中存放 40 h，并在同样环境下进行试验。

六、环刚度试验步骤：

1、加载速度按下式确定：

$$V=3.50 \times 10^{-4} D^2/t。$$

V 加载速度，取整数，管径大于 500 mm 时可修约到 0 或 5，单位为毫米每分钟；

D 管的计算直径，单位为毫米；

t 管壁实际测试厚度，单位为毫米；

2、初始环刚度：

$$S_0=0.01935F/\Delta Y$$

S_0 —初始环刚度；

ΔY —管直径变化量，取试样计算直径的 3%，单位为米；

F---与 ΔY 相对应的线荷载，单位为牛/每米。

3、取 3 个试样环刚度算式平均值。

七、其他：

玻璃纤维增强塑料夹砂管初始力学性能除了初始环刚度，还有初始环向拉伸强力、水压渗漏、短时失效水压、初始挠曲性、初始环向弯曲刚度，以及长期性能。这里不作介绍，详细见 GB/T 21238-2016。

八、思考题：

- 1、玻璃纤维增强塑料夹砂管基本概念？
- 2、样品要求？
- 3、环刚度试验加载速度？