



同济大学交通运输工程学院
COLLEGE OF TRANSPORTATION ENGINEERING
TONGJI UNIVERSITY

城市轨道交通

结构与施工

Structural Design and Construction in
Urban Mass Transit

城市轨道交通与铁道工程系

周顺华、宫全美

● 本节主讲：周顺华

● 办公室：交通学院659

● 联系电话：69583655

● 电子邮箱：zhoushh@tongji.edu.cn

第十章

地下结构防水

第四节

明挖结构防水





回顾：叠合结构与复合结构



叠合结构防水



复合结构防水



一、回顾： 叠合结构与复合结构



叠合结构与复合结构

明挖结构常用的两种结构形式分别为**叠合结构与复合结构**。

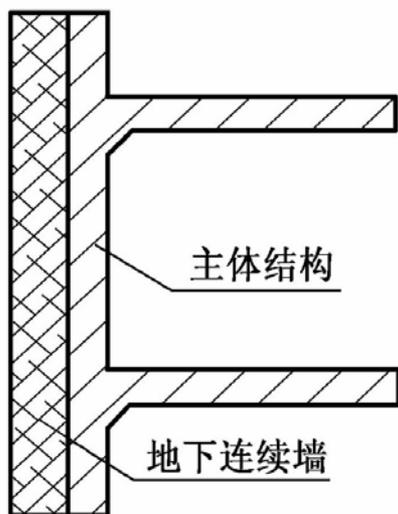
➤ 叠合结构

叠合结构是指在排桩式或连续墙式围护结构与内衬墙之间采取一定的工程措施，如在围护结构顶、中、底板的位置预埋钢筋接驳器，通过对围护结构的凿毛，清洗，与内衬墙连成整体。当结合面的剪应力超过 0.7MPa 时，在围护结构与内衬墙的连接位置设置足够的抗剪拉结筋，以保证两者的叠合面之间可以传递拉力、压力、剪力，同时在顶板、中板、底板的连接点处可以传递弯矩。叠合后两者变形协调一致，可以视为整体墙。

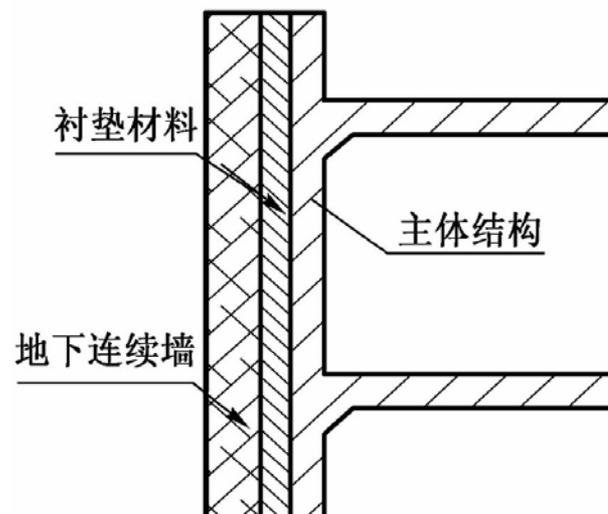
叠合结构与复合结构

➤ 复合结构

复合结构在围护结构与内衬墙之间设封闭的柔性防水层，两者之间能传递压力，但不能传递拉力和剪力。



叠合结构



复合结构



二、叠合结构防水

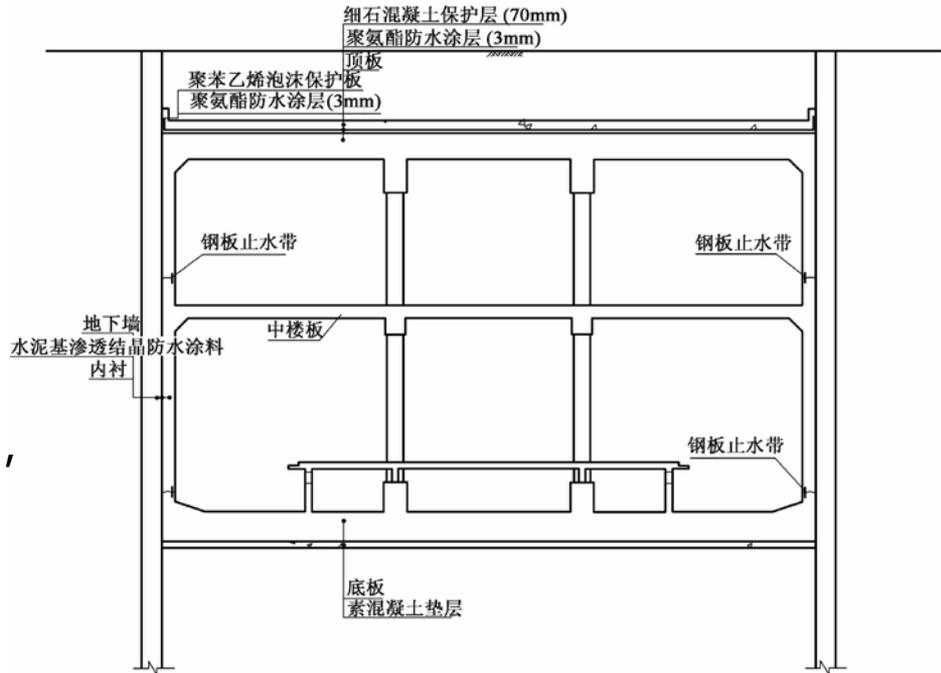


叠合结构防水特点

在明挖结构施工中叠合结构是外墙围护结构与主体结构内衬墙体通过拉结件，通常是钢筋连接器（接驳器）连接以及新旧混凝土间凿毛咬合与黏结等机理形成的整体受力结构。由于混凝土不是同期浇筑，其整体性能相对一次浇筑的混凝土而言略差，由于永久受力构件外侧混凝土直接接触外界各种介质，因此在设计围护结构时需充分考虑其保护层厚度及混凝土自身的密实性和抗裂性，以利保护结构钢筋不受腐蚀。同时，因外墙围护结构通常是地下连续墙、钻孔咬合桩等排桩结构，桩间接头的整体性与防水性也相对较弱，需要采取措施（包括排桩结构本体的措施、与外的附加措施）加以处理。

叠合结构防水特点

叠合结构的底板、顶板防水层两端端头的防水处理难度较大，因为防水材料无法兜绕成整体封闭的防水层。叠合结构隧道的侧墙在围护结构与内衬墙间无法设柔性防水层，而且在围护墙墙缝设刚性防水层或在内衬结构墙内设刚性防水层，都难以解决内衬墙较大的开裂，加之刚性防水层（如水泥基渗透结晶型防水材料）的功效有限，因此通常不设防水层。从这个意义上讲，叠合结构的防水稍逊于复合墙结构的防水。



叠合结构防水特点

叠合结构有结构受力上的优点，具体到工程实际上有如下优点：

1. 在外荷载作用下，围护结构与内衬墙共同受力变形协调!所以内衬墙的钢筋和混凝土用量都可以减少，从而降低了造价；
2. 由于围护结构厚度的减薄，为拓宽建筑面积创造了条件；
3. 侧墙乃至底板不置防水层，主体结构与围护结构连为一体，有利于地下结构抗浮，桩基础（或顶板以上的压顶梁）等被省却、底板浇筑加快，使结构稳定性提高（如围护结构的位移量减小），结构安全性加强；

因此，叠合结构车站可以节省大量投资，缩短工期，具有独自的优势。《地铁设计规范》（GB 50157-2009）虽然规定防水等级为一级、二级的地下结构工程应选1~2种附加防水层，但规范并没有限制采用侧墙不设防水层的叠合结构。另外，如果把叠合结构内衬墙看作主体结构混凝土!那么地下墙等围护结构也可以看作是硕大的刚性外防水体。



三、复合结构防水

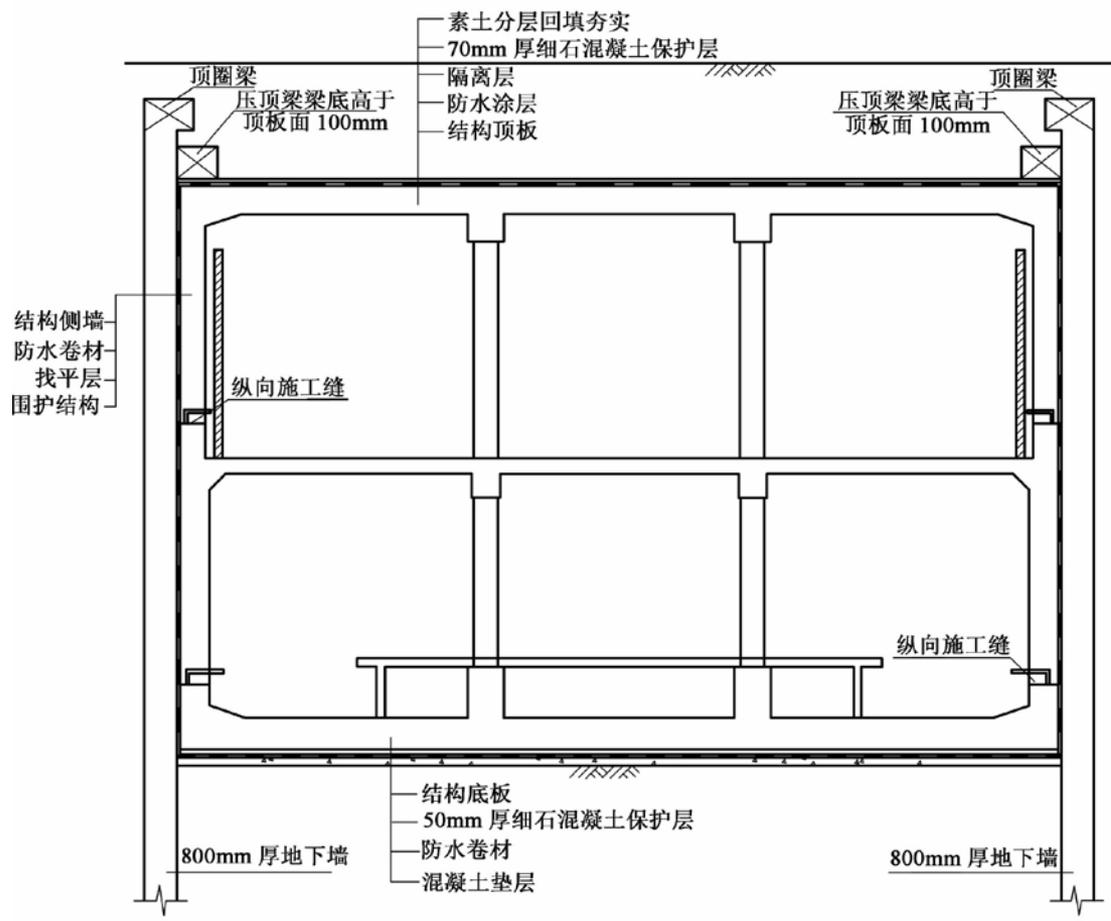


复合结构防水特点

复合结构主要考虑围护结构承受施工阶段的侧向水土压力，使用阶段的土压力则由围护结构和主体结构共同承受，水压力由主体结构承受，荷载产生的内力按内外墙的受荷情况以及内外墙刚度进行分配，边墙的主要受力构件是内衬墙。

复合结构中主体结构边墙较厚（600~800mm），且是整体浇筑，使用阶段的主要受力结构为主体结构，其整体性也很强。由于增加了附加防水层，主体结构混凝土直接接触外界腐蚀性介质的机会相对较小，混凝土碳化时间也会变长，碳化程度也会减弱，其耐久性也较强，从长远分析其安全性较强。

复合结构防水构造图



复合结构防水构造图

复合结构防水关键问题

复合结构防水有两个技术关键：**围护结构对内衬结构的约束问题**和**侧墙混凝土的防水与耐久性问题**。（围护结构假定采用SMW桩）

- SMW桩的强度仅约1MPa，与内衬混凝土的强度等级相差甚远，尤其是现在SMW工法均采用三轴机械施工，桩间凹凸状况已大有改善，SMW桩与内衬混凝土浇筑在一起，并不会约束内衬结构而造成开裂，这已被诸多实际工程所验证；
- SMW桩的防水性好，即使H型钢拔去后，通过注浆其防水功效也不错，而它与内衬浑然一体，有效地提高了防水性；
- 由于现在SMW桩中水泥含量为20%左右，在浇筑内衬混凝土时，桩体土块下落的现象已可避免，不会再影响内衬混凝土的质量；
- 桩与内衬结构间不设隔离层，一起浇筑，加快了工期，对工程尤其需要。

明挖结构墙体选择原则

目前!随着对混凝土结构耐久性的重视，重大的明挖结构工程在选择墙体结构时较多地做以下考虑：

- 当地下水有腐蚀、隧道所处地层透水系数大时，应采用复合结构，并采用全包防水防腐层，防水层应选用耐久性好、使用寿命长且能与主体结构满粘或全部“咬合”的材料。当采用复合式结构时，围护结构的设计使用寿命与结构受力计算的关系便是值得研究的问题。
- 当地下水无腐蚀、隧道所处地层透水系数较小时，可采用复合结构，也可根据工程环境条件，结合施工要求，采用叠合式结构。复合式结构采用全包防水层，防水层应选用耐久性好、使用寿命长且能与主体结构满粘或全部“咬合”的材料，对其结构耐久性有利。采用叠合式结构时，围护结构应采用结构整体性和防水效果较好的地下连续墙!并加强该体系的混凝土结构自防水与耐久性，确保其混凝土的防水效果，同时注重顶板的防水层设计与施工，尤其加强防水层的封头，则在结构受力、造价、工期、基坑施工安全上都有优势。总之，不能单纯地从防水考虑，还应建设的各环节上综合权衡。



思考题





1、明挖结构防水设计有哪些不同的思想？





QUESTION AND DISCUSSION



「 谢谢！」

