(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110093927 A
(43)申请公布日 2019.08.06

(21)申请号 201910330432.1

(22)申请日 2019.04.23

(71)申请人 天津大学
地址 300350 天津市津南区海河教育园雅观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 杜一鸣 郑刚 刁钰 张立明

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理事务所 12201
代理人 琪琛

(51)Int.Cl.
E02D 17/02(2006.01)
E02D 5/34(2006.01)
E02D 15/04(2006.01)
E21D 9/14(2006.01)

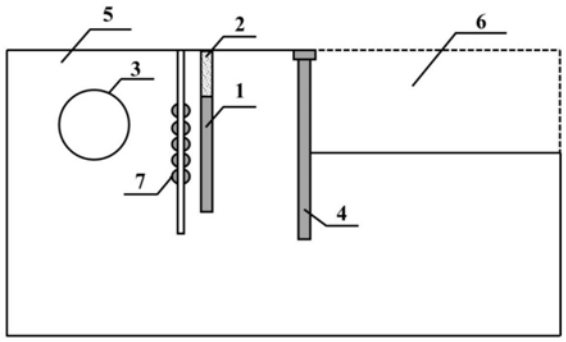
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种控制基坑外隧道变形的方法

(57)摘要

本发明公开了一种控制基坑外隧道变形的方法，采用刚-柔性结合分段式阻隔屏障体系设计方法，根据基坑开挖深度H、隧道与基坑围护结构净距D和隧道中心埋深S确定该屏障体系设计参数；将阻隔屏障体系上下分割为柔性段和刚性段，以钢筋混凝土钻孔灌注桩结合砂桩作为所述阻隔屏障体系主体结构，采用上下刚柔性分段施工，刚性段采用钢筋混凝土钻孔灌注桩，柔性段采用砂桩。本发明方法中将柔性段和刚性段分界点位置设置于坑外深层土体中，可使深层刚性段充分发挥对坑外隧道的“阻断效应”，同时柔性段减小对隧道变形的“牵拉效应”，有效控制主动区土体深层变形，同时配合袖阀管主动注浆技术，进而增大阻隔屏障体系对坑外既有隧道的变形控制效果。



CN 110093927 A

1.一种控制基坑外隧道变形的方法,其特征在于,采用刚-柔性结合分段式阻隔屏障体系设计方法,将阻隔屏障体系上下分割为柔性段和刚性段,提出最优设计参数,同时配合袖阀管主动注浆技术,具体包括以下步骤:

(1)设计参数的优化:

根据基坑开挖深度H、隧道与基坑围护结构净距D和隧道中心埋深S确定该屏障体系设计参数;

(2)以钢筋混凝土钻孔灌注桩配合砂桩作为所述阻隔屏障体系主体结构,采用上下刚柔性分段施工,刚性段采用钢筋混凝土钻孔灌注桩,柔性段采用砂桩。

(3)随后采用跳孔方式在水平方向依次施工各刚性段和柔性段排桩阻隔屏障体系;

(4)在该屏障体系邻侧,配合布置袖阀管,利用主动注浆技术可进一步纠偏隧道水平位移。

2.根据权利要求1所述控制基坑外隧道变形的方法,其特征在于,所述步骤(1)参数设计为:根据隧道与基坑围护结构净距D确定该阻隔屏障位置参数d,当d=0.2～0.4D时,阻隔屏障变形控制效果显著;其次,确定阻隔屏障底部位置深度L,当L=2.0～2.4H时,其变形控制效果最优;最后,确定刚-柔性段分界点埋深h,当h=0.6～1.6H且h<1.2S时,可最大化本阻隔屏障体系变形控制效果。

3.根据权利要求1所述控制基坑外隧道变形的方法,其特征在于,所述步骤(2)首先施工下部刚性段,在钻孔中将下入有效长度桩长钢筋笼,后将混凝土浇筑至分界点设计标高,完成刚性段施工。

4.根据权利要求1所述控制基坑外隧道变形的方法,其特征在于,所述步骤(2)施工上部柔性段,采用细砂填充上部柔性段,施工中分层回填压实,分层厚度为1.5～2m,保证分层压实系数应不小0.90,形成上部柔性砂桩段。

5.根据权利要求1所述控制基坑外隧道变形的方法,其特征在于,所述步骤(3)排桩水平间距取值2～3m。

6.根据权利要求1所述控制基坑外隧道变形的方法,其特征在于,所述步骤(4)袖阀管水平间距与隧道单节管片同宽,所处位置为单节管片中线,袖阀管与隧道管片净距为1.0～1.5m。

7.根据权利要求6所述控制基坑外隧道变形的方法,其特征在于,所述步骤(4)注浆浆液为水泥、水玻璃和水配比而成双液浆,其体积配比为水泥:水玻璃:水=1:2.5:3.43。

一种控制基坑外隧道变形的方法

技术领域

[0001] 本发明属于地基及基础工程施工技术领域，具体涉及一种控制邻近基坑隧道变形的工程方法。

背景技术

[0002] 随着大量城市地铁建成并投入运营，邻近已运营地铁隧道施工基坑时，基坑对既有隧道的变形影响控制已成为一个不可回避的难题。邻近基坑的隧道会在开挖卸荷作用下随主动区土体产生协调变形，如若设计施工不当，引发过大隧道变形，将会严重威胁其运营安全。

[0003] 城市地铁隧道往往对变形高度敏感，这使mm级变形控制成为必然需求。传统方法多依靠增大支护刚度控制基坑变形，但往往工程代价高且效果不理想。一种隔离排桩体系常常用于控制坑外邻近建筑物变形，但申请人研究发现，传统隔离排桩对地表及浅层土体变形控制效果显著，但却有可能引起坑外深层土体及深埋隧道的附加沉降和水平位移，对深层土体及隧道变形控制反而起到负面效果。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的问题，本发明提供一种控制基坑外隧道变形的方法，解决现有技术中针对坑外隔离排桩不能有效控制坑外既有隧道变形的问题。

[0005] 本发明的技术方案为：

[0006] 一种控制基坑外隧道变形的方法，采用刚-柔性结合分段式阻隔屏障体系设计方法，将阻隔屏障体系上下分割为柔性段和刚性段，提出最优设计参数，具体包括以下步骤：

[0007] (1)设计参数的优化：

[0008] 根据基坑开挖深度H、隧道与基坑围护结构净距D和隧道中心埋深S确定该屏障体系设计参数；

[0009] (2)以钻孔灌注桩作为所述阻隔屏障体系主体结构，采用上下刚柔性分段施工，刚性段采用钢筋混凝土钻孔灌注桩，柔性段采用砂桩；

[0010] (3)随后采用跳孔方式在水平方向依次施工各刚性段和柔性段排桩阻隔屏障体系；

[0011] (4)在该屏障体系邻侧，配合布置袖阀管，利用主动注浆技术可进一步纠偏隧道水平位移。

[0012] 所述步骤(1)参数设计为：根据隧道与基坑围护结构净距D确定该阻隔屏障位置参数d，当d＝0.2～0.4D时，阻隔屏障变形控制效果显著；其次，确定阻隔屏障底部位置深度L，当L＝2.0～2.4H时，其变形控制效果最优；最后，确定刚-柔性段分界点埋深h，当h＝0.6～1.6H且h＜1.2S时，可最大化本阻隔屏障体系变形控制效果。

[0013] 所述步骤(2)首先施工下部刚性段，在钻孔中将下入有效长度桩长钢筋笼，后将混凝土浇筑至分界点设计标高，完成刚性段施工。

[0014] 所述步骤(2)施工上部柔性段，采用细砂填充上部柔性段，施工中分层回填压实，分层回填厚度为1.5～2m，保证各层压实系数应不小0.90，形成上部柔性砂桩段。

[0015] 所述步骤(3)排桩水平间距取值2～3m。

[0016] 所述步骤(4)袖阀管水平间距与隧道单节管片同宽，所处位置为单节管片中线，袖阀管与隧道管片净距为1.0～1.5m。

[0017] 所述步骤(4)注浆浆液为水泥、水玻璃和水配比而成双液浆，其体积配比为水泥：水玻璃:水＝1:2.5:3.43。

[0018] 本发明有益效果：

[0019] 1、提出刚-柔性相结合的分段式阻隔屏障设计概念。本发明所述设计方法中将阻隔屏障体系上下分为柔性段和刚性段，提出竖直方向“下刚上柔”的设计概念，将分界点位置设置于坑外深层土体中，可使深层刚性段充分发挥对坑外隧道的“阻断效应”，同时柔性段减小对隧道变形的“牵拉效应”，有效控制主动区土体深层变形，进而增大阻隔屏障体系对坑外既有隧道的变形控制效果。

[0020] 2、传统阻隔屏障体系设计往往基于工程经验，不能根据控制效果最优化原则进行精细化设计。本发明基于申请人研究成果，可根据基坑开挖深度H、隧道与围护结构净距D和隧道中心埋深S等工程特征提出发明所述刚-柔结合阻隔屏障体系的优化设计参数，最大化对坑外隧道的变形控制效果。

[0021] 3、本发明在提出优化设计方法的同时，兼顾施工可行性和经济性。以混凝土钻孔灌注桩结合砂桩作为所述阻隔屏障体系主体结构，采用上下刚柔性分段施工，刚性段采用钢筋混凝土钻孔灌注桩，柔性段采用砂桩。施工过程中，先在钻孔中浇筑钢筋混凝土至分界点标高后，形成下部刚性段。后采用细砂将上部钻孔回填密实，形成上部柔性段砂桩。本设计方法在实际操作中易于施工，同时可有效降低工程造价。

[0022] 4、配合袖阀管主动注浆纠偏技术，以刚-柔结合分段式阻隔屏障控制注浆纠偏方法，可最大化注浆纠偏效果，进一步提高对坑外隧道变形的控制效果。采用水泥、水玻璃和水体积配比为1:2.5:3.43的双液浆，可达到速凝时间20s，快速纠偏隧道水平位移。

附图说明

[0023] 图1为阻隔屏障-注浆体系剖面布置图；

[0024] 图2为阻隔屏障-注浆体系平面布置图；

[0025] 附图中标记及相应的零部件名称：

[0026] 1-阻隔屏障刚性段，2-阻隔屏障柔性段，3-坑外既有隧道，4-基坑围护结构，5-坑外主动区土体，6-坑内开挖土体，7-袖阀管注浆孔。

具体实施方式

[0027] 以下参照附图及具体实施例对本刚-柔性结合阻隔屏障体系设计及其施工方法做进一步说明。下述实施例仅用于说明本发明而并非对本发明的限制。

[0028] 传统阻隔体系设计方法往往基于工程经验，不能通过调整设计参数达到最优化变形控制效果。同时，采用传统方法设计的阻隔体系均采用通长刚性设计，阻隔屏障沿竖向无刚度变化。研究表明，采用传统方法设计的阻隔体系对主动区浅层土体具有“阻断效应”，但

却对主动区深层土体具有“牵拉效应”，于变形控制不利。本发明提出一种新型刚-柔性结合分段式阻隔屏障体系设计方法，将阻隔屏障体系上下分割为柔性段和刚性段，提出最优设计参数，有效提高阻隔屏障体系变形控制效果，同时降低工程造价。

[0029] 本发明控制基坑外隧道变形的方法，首先在于阻隔屏障体系竖向刚度的变化和设计参数的优化。相较于传统纯刚性阻隔体系设计方法，本发明提出竖直方向“下刚上柔”的设计概念，使深层刚性段充分发挥对坑外隧道的“阻断效应”，柔性段减小对隧道变形的“牵拉效应”，同时降低工程造价。为进一步提高该刚柔结合阻隔屏障的对坑外隧道的变形控制效果，本发明基于已有研究成果，结合场地情况，提出了参数优化设计方法。本发明所述刚-柔性结合分段式阻隔屏障体系涉及的主要设计参数为刚-柔性段分界点埋深h，屏障底部位置深度L和屏障距隧道净距d，基于研究成果，需根据基坑开挖深度H、隧道与基坑围护结构净距D和隧道中心埋深S确定该屏障体系设计参数。首先，根据隧道与基坑围护结构净距D确定该阻隔屏障位置参数d，当d＝0.2～0.4D时，阻隔屏障变形控制效果显著；其次，确定阻隔屏障底部位置深度L，当L＝2.0～2.4H时，其变形控制效果最优；最后，确定刚-柔性段分界点埋深h，当h＝0.6～1.6H且h＜1.2S时，可最大化本阻隔屏障体系变形控制效果。同时，该屏障体系中排桩水平间距取值2～3m时，可同时兼顾变形控制效果和工程经济性，同时降低阻隔屏障施工扰动。

[0030] 本发明在优化设计参数的同时，兼顾所述屏障体系施工的可行性。以钻孔灌注桩作为所述阻隔屏障体系主体结构，采用上下刚柔性分段施工，刚性段采用钢筋混凝土钻孔灌注桩，柔性段采用砂桩。如附图1所示，刚柔性分界点位于深层土体之中。实施中，首先施工下部刚性段，在钻孔中将下入有效长度桩长钢筋笼，后将混凝土浇筑至分界点设计标高，完成刚性段施工。随后，施工上部柔性段，采用细砂填充上部柔性段，施工中分层回填压实，分层回填厚度为1.5～2m，保证各层压实系数应不小0.90，形成上部柔性砂桩段。上部柔性砂桩部分工程造价低廉，相较于传统纯刚性屏障体系，可大幅降低工程造价。

[0031] 实施例

[0032] 如附图1和图2所示，本发明为一种控制基坑外隧道变形的方法。本发明所述方法为设计一种刚-柔性结合的阻隔屏障体系，以钻孔灌注桩和砂桩分别作为刚性段和柔性段，利用二者特征，最大化对坑外隧道变形的控制效果。首先，基于研究成果结合现场情况确定该阻隔屏障体系最优设计参数，其中屏障距离坑外既有隧道净距d＝0.2～0.4D，底部位置深度L＝2.0～2.4H，刚柔性分界点埋深h＝0.6～1.6H且h＜1.2S(其中D为隧道与基坑围护结构净距，H为基坑开挖深度，S为既有隧道中心埋深)，同时满足以上条件是，该阻隔屏障体系变形控制效果最优。随后，基于设计参数施工该阻隔屏障并开挖基坑。在基坑开挖坑内土体6之前，施工基坑围护结构4。待基坑围护结构4施工完成后，在4与坑外既有隧道3之间施工阻隔屏障刚性段1和柔性段2，即采用钻孔灌注桩作为其刚性段1，采用砂桩作为其柔性段2。首先施工刚性段1，钻孔成桩设备进场，在坑外主动区地表竖直钻孔，同时采用泥浆护壁技术防止坑外主动区土体5出现坍孔。后下吊钢筋笼，钢筋笼顶部位置高出刚柔性分界点标高位置5～10cm，随后分层浇筑混凝土，浇筑至分界点标高位置。随后，施工柔性段2，柔性段钻孔部位采用密实细砂回填至地表，后进行分层压实处理，分层回填厚度为1.5～2m，各层压实系数应不小0.90，形成砂桩作为阻隔屏障柔性段2。随后采用跳孔方式在水平方向依次施工各刚性段1和柔性段2，参见附图2。

[0033] 进一步，在阻隔屏障体系邻侧设置袖阀管注浆孔，用于进一步控制隧道水平位移，见附图2。袖阀管7采用单孔-单管片设置，孔水平间距与单节管片宽度一致，为1.2m。选用袖阀管7直径为50mm，采用73mm钻孔设备成孔，成孔后下入预埋袖阀管，顶部封管处理。随后，在预埋袖阀管7中下入芯管，准备注浆施工。配制浆液准备施工，浆液体积配比为水泥:水玻璃:水＝1:2.5:3.43，设计初始注浆压力为0.3MPa，注浆速率为15～20L/min，注浆方量单孔为0.8m^3，从下至上均匀注入。启动注浆施工，自下而上分节注浆，初始注浆点位置埋深为隧道3拱底以下2m，结束位置为隧道3拱顶埋深。可配合隧道水平位移监测数据，确定注浆结束时间。

[0034] 尽管上面结合附图对本发明的优选实施例进行了描述，但是本发明并不局限于上述的具体实施方式，上述的具体实施方式仅仅是示意性的，并不是限制性的，本领域的普通技术人员在本发明的启示下，在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下，还可以做出很多形式，这些均属于本发明的保护范围之内。

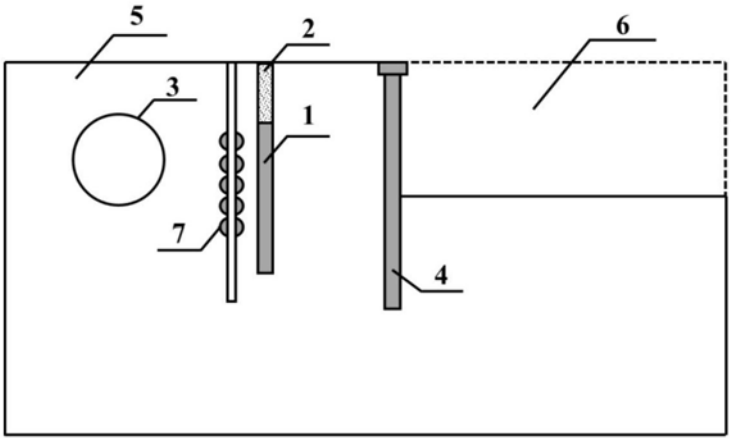


图1

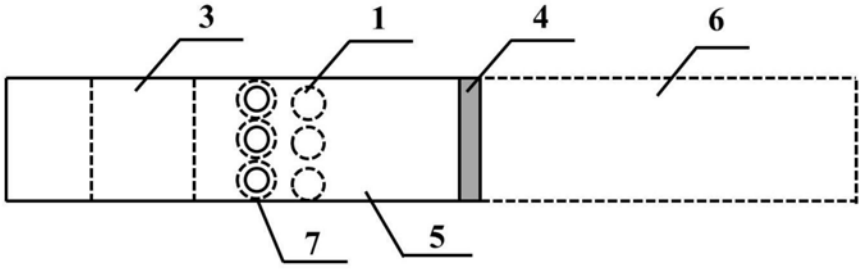


图2