(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110469345 B
(45)授权公告日 2020.09.18

(21)申请号 201910746516.3

(22)申请日 2019.08.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110469345 A

(43)申请公布日 2019.11.19

(73)专利权人 中铁六局集团太原铁路建设有限公司
地址 030013 山西省太原市杏花岭区建设北路442号
专利权人 中铁六局集团有限公司

(72)发明人 张岳 殷浩喜 王玉伟 申晋峰 曹永杰 王富强 张志恒 白雪鹏 胡肖肖 郑梦琦 王俊杰 刘晓欢 于守江

(74)专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通合伙) 14100
代理人 朱源 武建云

(51)Int.Cl.
E21D 11/10(2006.01)
E21D 11/18(2006.01)
E21D 21/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 107060840 A,2017.08.18
CN 107503754 A,2017.12.22
CN 107448204 A,2017.12.08
CN 102736123 A,2012.10.17
CN 104695479 A,2015.06.10
JP 2017031724 A,2017.02.09
CN 109441480 A,2019.03.08
CN 107387129 A,2017.11.24
CN 102606168 A,2012.07.25
CN 109723445 A,2019.05.07
钟运志.浅埋暗挖黄土隧道拱顶沉降原因分析与控制.《四川建材》.2017,第43卷(第10期),第81-82页.

审查员 许杰

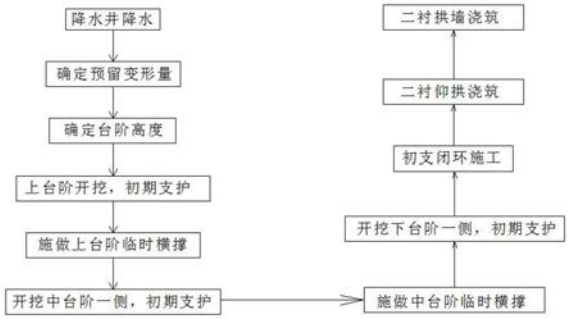
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法

(57)摘要

本发明公开了一种高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法,包括如下步骤:(1)、降水井降水;(2)、确定预留变形量;(3)、确定台阶高度;(4)、上台阶开挖,初期支护;(5)、施做上台阶临时横撑;(6)、开挖中台阶一侧,初期支护;(7)、施做中台阶临时横撑;(8)、开挖下台阶一侧,初期支护;(9)、初支闭环施工;(10)、二衬仰拱浇筑;(11)、二衬拱墙浇筑。本发明方法设计合理,经济、社会效益明显,节能和环保能够达到规范要求,该技术达到了国内领先水平,具有较好的推广应用价值。



CN 110469345 B

1.一种高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法，其特征在于：包括如下步骤：

(1)、降水井降水

由于地下水位位于拱顶位置，隧道施工前，做好降水工作，使得水位位于仰拱以下1.5m；降水井布设在施工掌子面前80m的位置提前预抽水；技术人员作好降水井的水位量测工作，作好记录；洞内人员，观察洞内是否存在漏水情况，如有异常，停止掌子面施工，进行处理；

(2)、确定预留变形量

施工中根据设计预留变形量，并根据监控量测数据结果进行调整；

(3)、确定台阶高度

上台阶开挖高度大于等于上台阶开挖跨度的0.3倍，中、下台阶开挖高度为隧道总开挖高度减去上台阶开挖高度后平均分配；

(4)、上台阶开挖，初期支护

施工拱架间距为0.65m，土体开挖间距控制在0.9m以内；初期施工时按照设计要求施工，上台阶复喷时，复喷厚度为65mm，在钢架上焊接长度为65mm的细钢筋，每隔2m设置一个，用以控制复喷厚度；

拱架连接板设计尺寸为225mm×300mm×16mm，采用400mm×400mm×100mm大垫块；锁脚锚管施工时进行灌浆，增加锁脚锚管的刚度，设计锁脚每处为4根，对于土体松散地段，增设锁脚锚管数量；

上台阶长度控制在5~6m，预留核心土，核心土长度保持在3~4m，去掉核心土段上置临时横撑；

(5)、施做上台阶临时横撑

上台阶临时横撑及时施做，临时钢架采用H175型钢，纵向每2榀设一处，且与洞身钢架以螺栓连接，洞身钢架架设后在相应位置焊接预埋钢板并预置螺栓，以便临时钢架连接，预埋钢板接头处焊缝高度大于等于10mm；相邻的临时钢架采用钢筋连接，环向间距1m，焊接于临时钢架内翼缘处；临时横撑施做完成以后，上台阶形成闭环；

(6)、开挖中台阶一侧，初期支护

中台阶不得两侧同时开挖，左右错步，错步距离2~3m；中台阶开挖时预留核心土，只需开挖一侧，具备施工空间即可；中台阶一次开挖位于2榀以内，开挖时控制开挖间距，位于1.5m以内；开挖完成后初期支护，保证复喷厚度；

复喷完成后，中台阶回填土方进行反压；

(7)、施做中台阶临时横撑

中台阶临时横撑及时施做，保证施工质量，临时钢架采用H175型钢，纵向每2榀设一处，且与洞身钢架以螺栓连接；

施做完成后，及时反压回填土；

中台阶横撑施做完成以后形成闭环；

(8)、开挖下台阶一侧，初期支护

根据沉降、收敛数值判断能否开挖下台阶，只有在沉降、收敛控制量测稳定的条件下，中下台阶进行对角施工；开挖下台阶时，预留核心土，只需开挖一侧，具备施工空间即可；开挖完成以后按照设计要求进行初期支护；

初期施做完成以后进行反压回填土；

(9)、初支闭环施工

隧道开挖后初期支护应及时封闭成环，全断面闭环控制在15d，封闭成环位置距离掌子面小于等于35m；初支闭环每循环进尺小于等于3m；拱脚、墙角隅脚处预留60~70cm厚土体，由人工开挖；同时钢架底部设置C20混凝土预制垫块，以保持钢架稳定性；

(10)、二衬仰拱浇筑

二衬仰拱及时紧跟初支闭环施做，二衬仰拱位置距离掌子面小于等于40m；具备施工二衬仰拱时及时进行仰拱施做，仰拱施做期间，禁止初支闭环的施工；初支闭环位置距离二衬仰拱施做位置大于等于2m，以保证施做仰拱期间隧道的稳定性；

(11)、二衬拱墙浇筑

二衬拱墙及时施做，二衬拱墙位置距离掌子面距离小于等于70m；二衬拱墙施做之前，对隧道初支背后进行探测，若发现有空洞、暗穴进行灌浆、灌混凝土处理；需测量二衬断面，确定初支未侵限再进行施工；二衬浇筑时必须要逐窗浇筑，混凝土下落高度小于等于2m；浇筑完成以后，拱顶注浆，防止产生空洞。

高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于隧道建筑施工领域，具体为一种高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法，适用于暗挖土质隧道任何形式的初支拱架施工。

背景技术

[0002] 地下工程的蓬勃发展，在很大程度上缓解了地表用地紧张的难题。并且随着工程不断的开进，人们对地下工程的研究也进入了新的阶段。如何有效控制隧道施工的沉降是隧道施工的难点所在，尤其是对于那些高水位浅埋黄土隧道，若沉降不能得到有效的控制，不仅施工质量得不到保障，并且随时面临坍塌的危险，影响施工效率和人身安全。由此，控制隧道沉降也成为地下工作者孜孜以求、不断钻研的一个课题。本方法通过钻研前人的成果加上自身的施工研究，并成功运用于实践，对改善隧道的沉降起到了良好的效果。

发明内容

[0003] 本发明目的是提供一种高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法，本方法施工在遵照原设计三台阶临时仰拱法施工，不增加额外成本的基础上，在细节之处改良原设计工法。预留核心土，通过减少原状土体扰动，增加掌子面稳定性；反压回填土，利用土体对拱架向外的径向撑力，与拱架共同平衡洞内外压力；规范各台阶的高度，合理的安排现场的开挖方式。从而有效的控制隧道洞内收敛和拱顶沉降，在取得良好的施工效果的同时，减少了隧道各施工工序开挖时的出土量，节省施工时间。

[0004] 本发明是采用如下技术方案实现的：

[0005] 一种高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法，包括如下步骤：

[0006] (1)、降水井降水

[0007] 由于地下水位位于拱顶位置，隧道施工前，做好降水工作，水位位于仰拱以下1.5m；降水井布设在施工掌子面前80m的位置提前预抽水；技术人员做好降水井的水位量测工作，做好记录；洞内人员，观察洞内是否存在漏水情况，如有异常，停止张掌子面施工，进行处理。

[0008] (2)、确定预留变形量

[0009] 施工中根据设计预留变形量，并根据监控量测数据结果及时调整。

[0010] (3)、确定台阶高度

[0011] 上台阶开挖高度大于等于上台阶开挖跨度的0.3倍，中、下台阶开挖高度为隧道总开挖高度减去上台阶开挖高度后平均分配。

[0012] (4)、上台阶开挖，初期支护

[0013] 施工拱架间距为0.65m，土体开挖间距控制在0.9m以内；初期施工时严格按照设计要求施工，上台阶复喷时，复喷厚度为65mm，在钢架上焊接长度为65mm的细钢筋，每隔2m设置一个，用以控制复喷厚度；

[0014] 拱架连接板设计尺寸为225×300mm×16mm，采用400mm×400mm×100mm大垫块；锁

脚锚管施工时进行灌浆，增加锁脚锚管的刚度，设计锁脚每处为4根，对于土体松散地段，增设锁脚锚管数量；

[0015] 上台阶长度控制在5~6m，预留核心土，核心土长度保持在3~4m，去掉核心土段上置临时横撑。

[0016] (5)、施做上台阶临时横撑

[0017] 上台阶临时横撑及时施做，临时钢架采用H175型钢，纵向每2榀设一处，且与洞身钢架以螺栓连接，洞身钢架架设后在相应位置焊接预埋钢板并预置螺栓，以便临时钢架连接，连接钢板接头处焊缝高度大于等于10mm；相邻钢架采用钢筋连接，环向间距1m，焊接于钢架内翼缘处；临时横撑施做完成以后，上台阶形成闭环，有效控制沉降。

[0018] (6)、开挖中台阶一侧，初期支护

[0019] 中台阶不得两侧同时开挖，左右错步，错步距离2~3m；中台阶开挖时预留核心土，不得全断面开挖，只需开挖一侧，具备足够的施工空间即可；中台阶一次开挖位于2榀以内，开挖时控制开挖间距，位于1.5m以内；开挖完成后初期支护，保证复喷厚度；

[0020] 复喷完成后，中台阶回填土方进行反压。

[0021] (7)、施做中台阶临时横撑

[0022] 中台阶临时横撑及时施做，保证施工质量，临时钢架采用H175型钢，纵向每2榀设一处，且与洞身钢架以螺栓连接；

[0023] 施做完成后，及时反压回填土；

[0024] 中台阶横撑施做完成以后形成闭环，有效控制沉降。

[0025] (8)、开挖下台阶一侧，初期支护

[0026] 根据沉降、收敛数值判断能否开挖下台阶，只有在沉降、收敛控制量测稳定的条件下，中下台阶进行对角施工；开挖下台阶时，预留核心土，只需开挖一侧，具备施工空间即可；开挖完成以后按照设计要求进行初期支护；

[0027] 初期施做完成以后及时进行反压回填土，控制沉降量。

[0028] (9)、初支闭环施工

[0029] 隧道开挖后初期支护应及时封闭成环，全断面闭环控制在15天，封闭成环位置距离掌子面小于等于35m；初支闭环每循环进尺小于等于3m；拱脚、墙角隅脚处应预留60~70cm厚土体，由人工开挖；同时钢架底部设置C20预制垫块，以保持钢架稳定性。

[0030] (10)、二衬仰拱浇筑

[0031] 二衬仰拱及时紧跟初支闭环施做，二衬仰拱位置距离掌子面小于等于40m；具备施工二衬仰拱时及时进行仰拱施做，仰拱施作期间，禁止初支闭环的施工；初支闭环位置距离二衬仰拱施做位置大于等于2m，以保证施做仰拱期间隧道的稳定性。

[0032] (11)、二衬拱墙浇筑

[0033] 二衬拱墙及时施做，二衬拱墙位置距离掌子面距离小于等于70m；二衬拱墙施做之前，对隧道初支背后进行必要探测，若发现有空洞、暗穴需及时进行灌浆、灌混凝土处理；测量队需测量二衬断面，确定初支未侵限再进行施工；二衬浇筑时必须要逐窗浇筑，混凝土下落高度小于等于2m；浇筑完成以后，拱顶及时注浆，防止产生空洞。

[0034] 该高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法的关键为：

[0035] 1、上台阶长度控制在5~6m，核心土必须保持在3~4m，稳定掌子面土体。去掉核心土

后安装临时横撑。

[0036] 中、下台阶长度控制在5~6m，核心土必须保持在2~3m，稳定台阶土体。去掉核心土后中台阶施做临时横撑，下台阶及时封闭成环，有效控制沉降。

[0037] 2、中、下台阶按照设计要求进行施工，复喷完成以后，两侧进行反压回填土，回填土对拱架施加径向支持力，与拱架共同抵抗外界土体的侧压力，减少拱架的沉降和收敛。

[0038] 3、中、下台阶要求左右错步开挖，错步距离为2~3m。防止同一阶两处拱脚同时悬空，造成同一侧沉降加大。

[0039] 中、下台阶不得同侧开挖，防止开挖过程中同一台阶处拱脚多处悬空，造成单侧沉降过大。

[0040] 本发明方法具有如下优点：

[0041] 1、上、中、下台阶预留核心土，减少了隧道土体扰动。

[0042] 2、中、下台阶反压回填土，与拱架共同抵抗外界土体的侧压力，减少拱架的沉降和收敛。

[0043] 3、中、下台阶左右错步开挖，不得同侧开挖，防止了单侧拱架多处悬空，减少了单侧沉降。

[0044] 4、中、下台阶不得同台阶同时开挖，左右错开2~3m，减少了同台阶拱脚多处悬空，减少了拱架的扰动。

[0045] 5、隧道水位高，埋深浅，土质松散，土体不稳定，施工中存在较高的风险系数。收敛和拱顶沉降是隧道施工的重要参考数值，本方法不需要增加施工成本，通过对初支两侧施加反向压力，便可有效的控制隧道的收敛和拱顶沉降。

[0046] 6、该技术的实施过程中，可以减少施工工序间出土量，节约了施工时间，降低资源消耗，达到经济效益最大化。

[0047] 7、本方法针对性强，操作简单，易于作业人员掌握。

[0048] 本方法应用于太原铁路枢纽新建西南环线工程XNHS-1标段东晋隧道暗挖段施工。承建的里程为改DK6+127-改DK7+239.25段，长度为1112.25m。隧道为铁路双线隧道，围岩等级为Ⅵ级，土质为粉质粘土，隧道最大埋深为16.7m，纵坡为3‰，水位均在隧道拱顶以上，衬砌采用复合式衬砌，曲墙拱形结构形式，DK6+185~DK7+205段为采Φ42mm超前小导管+三台阶临时仰拱法施工， 采用HW175型钢，钢架间距为65cm，超前小导管两榀上一榀，长度为3.5m，角度为10℃~15℃，数量为42根，缩脚锚管每处4根，长度为4m，角度为45℃。该隧道总长1112.5m，埋深为9~16m，土质松散，有效的控制沉降才能保证隧道的正常施工。通过实践，该施工方法能够解决工期紧、施工化繁为简等问题，有效保证了施工的沉降量，保证了正常的施工的安全和质量、提高施工进度，降低工程综合造价，该项技术成熟，经济、社会效益明显，具有较好的推广应用价值。

附图说明

[0049] 图1表示本发明工艺流程示意图。

[0050] 图2表示上、中、下台阶核心土预留与中、下台阶反压回填土受力示意图。

[0051] 图3表示三台阶临时横撑(仰拱)法工序横断面示意图。

[0052] 图4表示三台阶临时横撑(仰拱)法施工方法示意图。

[0053] 图中：1-上台阶开挖，2-中台阶开挖，3-下台阶开挖，4-仰拱开挖；I-超前小导管，Ⅱ-上台阶初期支护，Ⅲ-上台阶临时横撑，Ⅳ-中台阶初期支护，Ⅴ-中台阶临时横撑，Ⅵ-下台阶初期支护，Ⅶ-仰拱初期支护，Ⅷ-仰拱浇筑，Ⅸ-仰拱填充混凝土，Ⅹ-拱墙混凝土，Ⅺ-Φ42mm锁脚钢管。

具体实施方式

[0054] 下面以太原铁路枢纽新建西南环线工程XNHS-1标段东晋隧道暗挖段Ⅵ级浅埋黄土隧道进行详细说明。

[0055] 一种高水位浅埋黄土隧道控制沉降收敛施工方法，如下：

[0056] 1、降水井降水

[0057] 本段工程，地下水位位于拱顶位置。隧道施工前，需做好降水工作，水位只有位于仰拱以下1.5m时，才具备施工条件。降水井布设在施工掌子面前80m的位置提前预抽水。技术人员做好降水井的水位量测工作，做好记录。洞内人员，观察洞内是否存在漏水情况，如有异常，停止张掌子面施工，及时处理。

[0058] 2、确定预留变形量

[0059] 施工中应根据设计文件预留变形量，并需要根据监控量测数据结果及时调整，以免侵限。

[0060] 3、确定台阶高度

[0061] 上台阶开挖高度不小于上台阶开挖跨度的0.3倍，一般为0.3~0.4m；中下台阶开挖高度为隧道总开挖高度(不含仰拱)减去上台阶开挖高度后平均分配。

[0062] 4、上台阶开挖，初期支护

[0063] 施工拱架间距为0.65m，施工中注意人工配合机械开挖，土体开挖间距控制在0.9m以内，不要超挖。初期施工时严格按照设计交底要求施工，不得减少施工工序，不得偷工减料。上台阶复喷时，复喷厚度一定要保证。

[0064] 复喷厚度为65mm，在钢架上焊接长度为65mm的细钢筋，每隔2m设置一个，用以控制复喷厚度。

[0065] 拱架连接板设计尺寸为225×300mm×16mm，采用400mm×400mm×100mm大垫块，减少拱架对土体施加的应力。垫块下方土体必须密实。锁脚锚管是拟制沉降最重要的环节，锁脚锚管施工时进行灌浆，增加锁脚锚管的刚度。设计锁脚每处为4根，对于土体松散地段，可以增设锁脚锚管数量。

[0066] 上台阶长度控制在5~6m，预留核心土，核心土长度保持在3~4m，去掉核心土段上置临时横撑。

[0067] 5、施作上台阶临时横撑

[0068] 上台阶临时横撑及时施做，临时钢架采用H175型钢，纵向每2榀设一处，且与洞身钢架以螺栓连接，洞身钢架架设后在相应位置焊接预埋钢板并预置螺栓，以便临时钢架连接，连接钢板接头处焊缝高度不小于10mm；相邻钢架采用HRBΦ22mm钢筋连接，环向间距1m，焊接于钢架内翼缘处。临时横撑施做完成以后，上台阶形成闭环，有效控制沉降。

[0069] 6、开挖中台阶一侧，初期支护

[0070] 中台阶不得两侧同时开挖，左右错步，错步距离2~3m。中台阶开挖时预留核心土，

不得全断面开挖，只需开挖一侧，具备足够的施工空间即可。中台阶一次开挖不要超过2榀，开挖时控制开挖间距，不要超过1.5m。开挖完成后初期支护，保证复喷厚度。

[0071] 复喷完成后，中台阶回填土方进行反压。

[0072] 7、施做中台阶临时横撑

[0073] 中台阶临时横撑及时施做，保证施工质量，临时钢架采用H175型钢，纵向每2榀设一处，且与洞身钢架以螺栓连接。

[0074] 施做完成后，及时反压回填土。

[0075] 中台阶横撑施做完成以后形成闭环，有效控制沉降。

[0076] 8、开挖下台阶一侧，初期支护

[0077] 根据沉降、收敛数值来判断能否开挖下台阶，只有在沉降、收敛控制量测稳定的条件下，中下台阶可对角施工，不可与中台阶同侧开挖。开挖下台阶时，预留核心土，不可全断面开挖下台阶，只需开挖一侧，具备施工空间即可。开挖完成以后按照设计要求进行初期支护。

[0078] 初期施做完成以后及时进行反压回填土，控制沉降量。

[0079] 9、初支闭环施工

[0080] 隧道开挖后初期支护应及时封闭成环，全断面闭环宜控制在15d左右，封闭成环位置距离掌子面不得大于35m。初支闭环每循环进尺不得大于3m，开挖初支闭环时，严禁下台阶各项作业。开挖采用机械+人工开挖方式，任何情况下不得超挖。拱脚、墙角等隅脚处应预留60~70cm厚土体，由人工开挖。同时钢架底部设置C20预制垫块，以保持钢架稳定性。

[0081] 10、二衬仰拱浇筑

[0082] 二衬仰拱及时紧跟初支闭环施做，二衬仰拱位置距离掌子面不得大于40m。具备施工二衬仰拱时及时进行仰拱施做。仰拱施做期间，禁止初支闭环的施工。初支闭环位置距离二衬仰拱施做位置不得小于2m，以保证施做仰拱期间隧道的稳稳定性。二衬仰拱具备浇筑条件时，及时浇筑。

[0083] 11、二衬拱墙浇筑

[0084] 二衬拱墙及时施做，二衬拱墙位置距离掌子面距离不得大于70m。二衬拱墙施做之前，需对隧道初支背后进行必要探测，若发现有空洞、暗穴需及时进行灌浆、灌混凝土处理。测量队需测量二衬断面，确定初支未侵限在进行施工。二衬浇筑时必须要逐窗浇筑，混凝土下落高度不得大于2m。浇筑完成以后，拱顶及时注浆，防止产生空洞。

[0085] 隧道在采用原工法不变的前提下，只需合理的运用现场的土方，合理的开挖方式，便能有效的控制收敛和拱顶沉降，维持了施工的正常进行，也未产生额外的成本。并且现场在施工时，上中下预留核心土，采用反压回填土施工，减少了各施工工序间的分散出土量，最终由初支闭环统一集中出土，节省了每循环开挖出土时间。未采用此工法施工之前，各个循环的出土时间为3个半小时左右。改用此工法施工，各个循环的出土时间只需2个半小时，每个循环省时1个小时，隧道全长1112.5m，需施工1700个循环，省时1700小时，节省时间71天，保证了施工工期。

[0086] 对于Ⅵ级围岩高水位浅埋黄土隧道，如何控制隧道内收敛和沉降，保证施工人员的安全，防止初支拱架侵限，是施工中的重中之重。沉降收敛过大，不仅影响到施工中的安全，还严重阻碍了施工进度。设计要求的传统施工方法中，对掌子面土体稳定性影响过大，

严格按照设计施工也不能保证沉降在规范范围之内。本方法不改变传统设计工法施工要求，通过钻研前人的成果加上自身的施工研究，并成功运用于实践，对改善隧道的沉降起到了良好的效果。确保了工程质量，获得了良好的经济和社会效益，该技术达到了国内领先水平。

[0087] 本发明方法设计合理，经济、社会效益明显，节能和环保能够达到规范要求，该技术达到了国内领先水平。用于大跨度、跨铁路转体T构钢箱梁快速安装施工，具有较好的推广应用价值。

[0088] 最后所应说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制，尽管参照本发明实施例进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解，对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，都不脱离本发明的技术方案的精神和范围，其均应涵盖于本发明权利要求书的保护范围中。

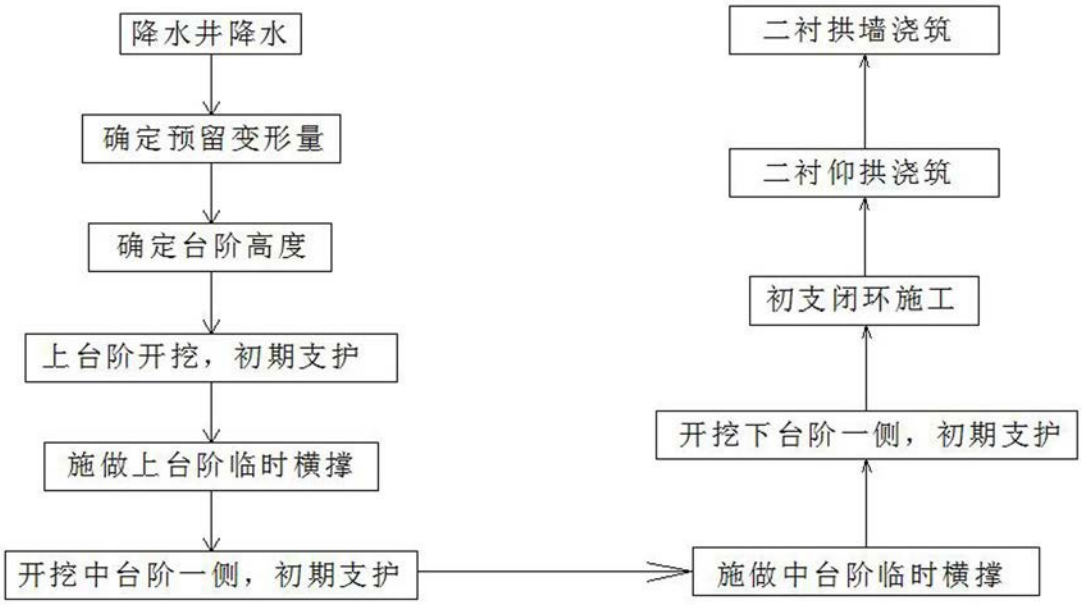

降水井降水
确定预留变形量
确定台阶高度
上台阶开挖，初期支护
施做上台阶临时横撑
开挖中台阶一侧，初期支护
施做中台阶临时横撑
开挖下台阶一侧，初期支护
初支闭环施工
二衬仰拱浇筑
二衬拱墙浇筑

图1

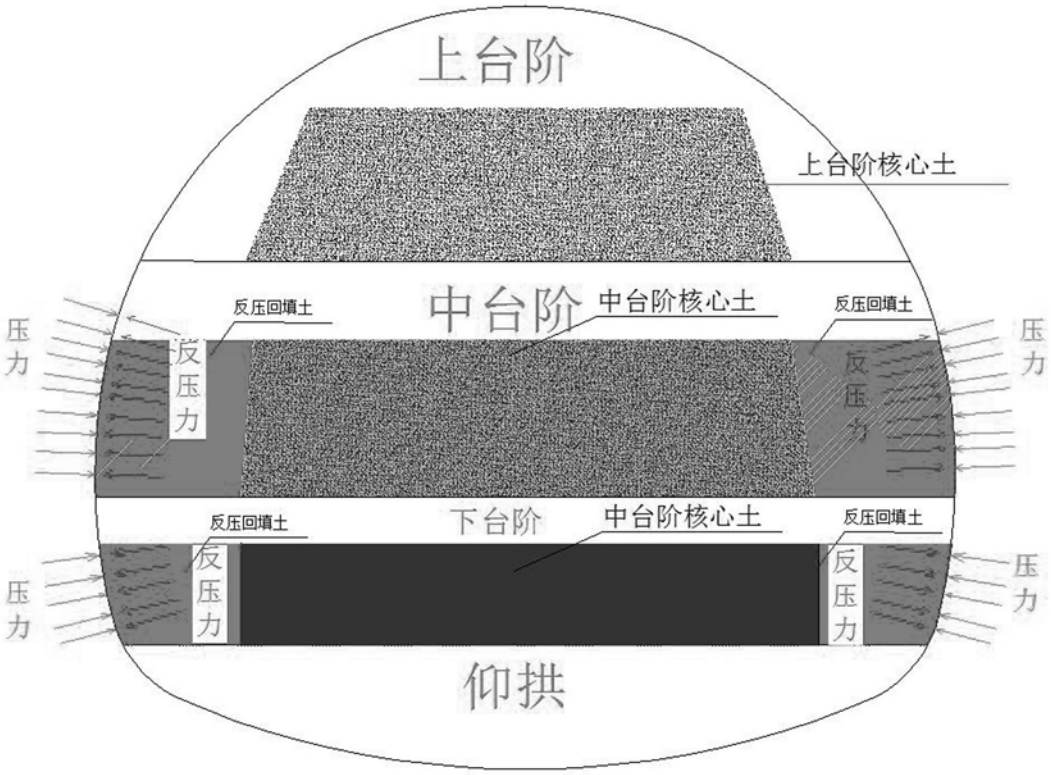

上台阶
上台阶核心土
中台阶
中台阶核心土
反压回填土
反压回填土
压力
反压力
反压力
压力
下台阶
中台阶核心土
反压回填土
反压回填土
压力
反压力
反压力
压力
仰拱

图2

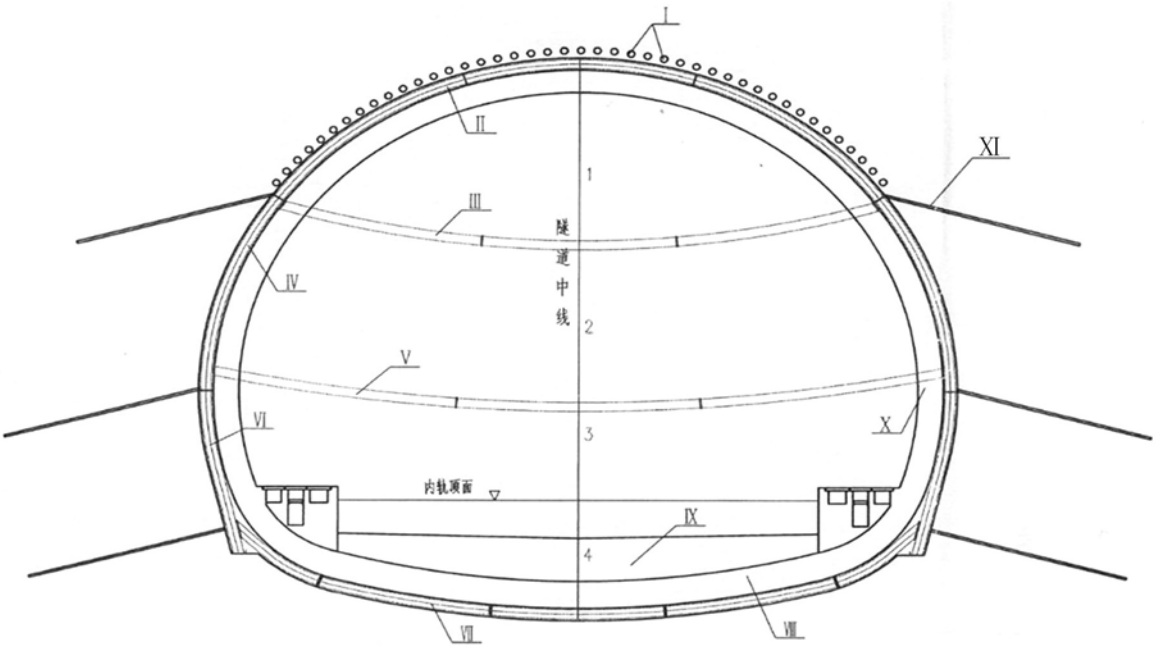

I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
1
2
3
4
隧道中线
内轨顶面

图3

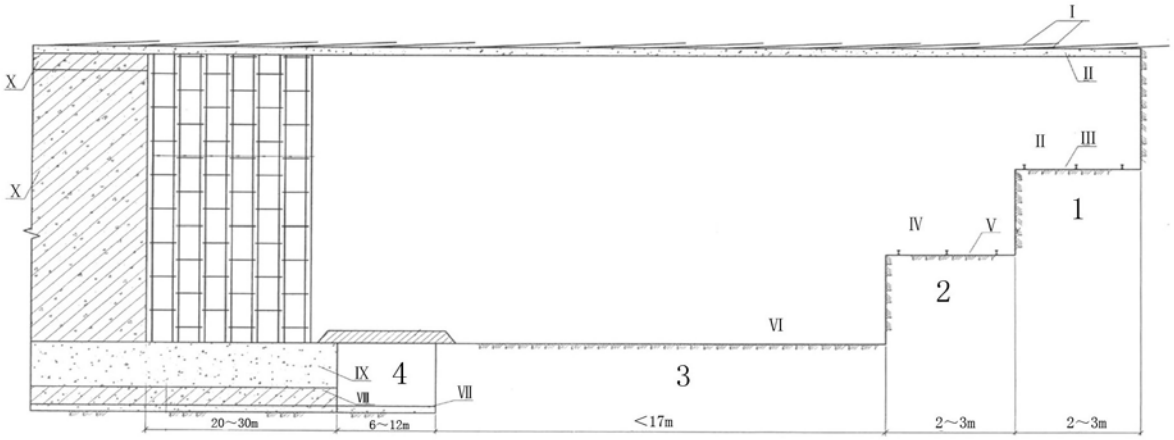

I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
1
2
3
4
20～30m
6～12m
<17m
2～3m
2～3m

图4