



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102383813 A

(43) 申请公布日 2012. 03. 21

(21) 申请号 201110207075. 3

(22) 申请日 2011. 07. 23

(71) 申请人 中铁十二局集团第二工程有限公司
地址 030032 山西省太原市小店区人民南路
19 号

申请人 中铁十二局集团有限公司

(72) 发明人 史海勇 雷军 李增华 赵香萍
温艳

(74) 专利代理机构 太原晋科知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 14110

代理人 王瑞玲

(51) Int. Cl.

E21D 21/00(2006. 01)

E21D 11/10(2006. 01)

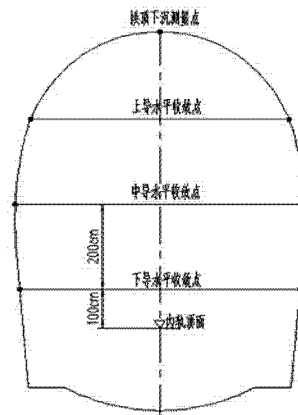
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法

(57) 摘要

本发明涉及一种隧道施工方法,具体为一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法,解决现有此种隧道施工时对于隧道上部结构黄土含河卵石、大型孤石较多时,管超前支护效果差、爆破时对围岩扰动大等问题,包括超前支护、上导坑开挖等工序,超前支护采用 $\phi 25\text{mm}$ 药包锚杆作为超前支护主体,药卷包装入锚杆后,用风动搅拌机带动锚杆快速旋转,边旋转边徐徐推进;上导坑开挖时采用以机械开挖、人工开挖为主,微震爆破为辅,采用药包锚杆有效增强柔性支护,减小围岩本身变化对已支护段落的影响,减少初期支护表面开裂、掉块、塌方等现象发生,采用微震爆破,避免施工中对围岩扰动,快速施做仰拱、衬砌砼,使隧道断面尽快封闭成环,形成稳定体系。



1. 一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法,包括以下步骤:(1)超前支护;(2)上导坑开挖,施作初期支护;(3)中导马口错开开挖,施作初期支护;(4)下导马口错开开挖,施作初期支护;(5)隧底开挖,施做仰拱及填充混凝土;(6)二衬施工,其特征是:

所述超前支护是采用 $\Phi 25\text{mm}$ 药包锚杆作为超前支护主体,药包锚杆前端做成尖锥形;药卷包装入锚杆后,用风动搅拌机带动锚杆快速旋转,边旋转边徐徐推进,锚头在旋转与推进中强烈搅拌浸水后的水泥、速凝剂包,连续搅拌水泥卷的时间为 $30 \sim 60\text{s}$;

所述上导坑开挖时采用以机械开挖、人工开挖为主,微震爆破为辅,具体工序为:a. 先采用机械进行开挖,依据揭示孤石实际位置,对孤石周边进行机械清障,当孤石周边开挖进尺满足设计要求后,且保证孤石完全裸露后,停止机械开挖;b. 对裸露孤石进行钻眼施工,先从具有临空面的岩石或具有夹层的岩石部分开始,然后依次向岩层中心推进,钻孔孔距为 $25 \sim 35 \text{ cm}$,孔深为设计钢架间距,钻孔按照梅花状布置;c. 处理孤石起爆方法是采用非电毫秒雷管微差起爆,先进行周边起爆,孤石经过微震爆破松动后,再采用人工风镐凿除,挖机清障。

一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种隧道施工方法,具体为一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法。

背景技术

[0002] 中国铁路、公路建设近几年发展迅猛,铁路、公路隧道施工技术也不断革新,以往修建铁路、公路需规避地区,现今都可以大胆尝试,在黄土堆积岩地区修建特长隧道也大为增加,这种地区的特点是黄土间夹杂河卵石、大型孤石,河卵石、大型孤石占围岩断面的25%~35%,主要分布在隧道上导,其余黄土间夹杂河卵石分布不规则,黄土围岩处饱水状态,含水率高达26%,此围岩最大特点是开挖困难,黄土夹杂河卵石、大型孤石部位围岩坚硬,需辅以爆破开挖,其余黄土部分稳定性极差,稍有扰动就容易产生滑塌、塌方等险情。针对此特殊围岩,目前大多数采用新奥法进行施工,传统新奥法施工原则是“管超前、弱爆破、短进尺、强支护、早封闭、勤量测”,但是由于黄土堆积岩自密性强,且隧道上部结构黄土含河卵石、大型孤石较多,受实际地质影响在“管超前”工序施工中超前小导管钻孔孔位、外插角及孔深无法实现设计及验标要求,同时黄土围岩自密性强进行小导管注浆施工达不到设计要求,大大降低管超前支护的效果,给隧道施工带来很大的安全、质量隐患。

[0003] 同时新奥法中的“弱爆破”概括较笼统、没有针对性,“弱爆破”目的是要减小围岩扰动,但是隧道还是得开挖掘进,在黄土堆积岩段施工中,采用“弱爆破”只能清除围岩中个别河卵石,大型孤石无法得到一次性清除,需进行二次甚至三次小型爆破,这样累计下来对围岩的扰动极大。

发明内容

[0004] 本发明为了解决现有特长黄土堆积岩隧道施工时采用传统新奥法施工存在对于隧道上部结构黄土含河卵石、大型孤石较多时,管超前支护效果差、爆破时对围岩扰动大等问题,提供一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法。

[0005] 本发明是采用如下技术方案实现的:一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法,包括以下步骤:(1)超前支护;(2)上导坑开挖,施作初期支护;(3)中导马口错开开挖,施作初期支护;(4)下导马口错开开挖,施作初期支护;(5)隧底开挖,施做仰拱及填充混凝土;(6)二衬施工,本发明的创新点在于所述超前支护是采用 $\phi 25\text{mm}$ 药包锚杆作为超前支护主体,药包锚杆前端做成尖锥形;药卷包装入锚杆后,用风动搅拌机带动锚杆快速旋转,边旋转边徐徐推进,锚头在旋转与推进中强烈搅拌浸水后的水泥、速凝剂包,连续搅拌水泥卷的时间为30~60s;

在隧道黄土堆积岩施工中采用 $\phi 25$ 药包锚杆较超前小导管有以下优点:

- 1、 $\phi 25$ 药包锚杆制作更为简单、方便、快捷;
- 2、 $\phi 25$ 药包锚杆直径小,材质为实体,前端制作为尖锥形,打设施工时更好的克服围岩阻力,减小围岩扰动;
- 3、超前钻孔在保证药卷装入条件下,不必担心因工序施工时间过长产生钻孔缩孔、塌

孔难以施做超前锚管的局面；

4、 $\phi 25$ 药包锚杆周围有水泥浆填充密实，两种材料同时受力，更加适合新奥法以柔性支护的施工原理。

[0006] 所述上导坑开挖时采用以机械开挖、人工开挖为主，微震爆破为辅，具体工序为：
a. 先采用机械进行开挖，依据揭示孤石实际位置，对孤石周边进行机械清障，当孤石周边开挖进尺满足设计要求后，且保证孤石完全裸露后，停止机械开挖；b. 对裸露孤石进行钻眼施工，先从具有临空面的岩石或具有夹层的岩石部分开始，然后依次向岩层中心推进，钻孔孔距为 25 ~ 35cm，孔深为设计钢架间距，钻孔按照梅花状布置；c. 处理孤石起爆方法是采用非电毫秒雷管微差起爆，先进行周边起爆，孤石经过微震爆破松动后，再采用人工风镐凿除，挖机清障。

[0007] 采用本发明所述的方法进行上导坑开挖，尤其针对于大型孤石的处理，非常有效，对隧道孤石能够保证一次性清除，减少多次爆破对周边围岩的影响，确保隧道施工安全。

[0008] 本发明以传统新奥法为依据，采用药包锚杆有效增强柔性支护，减小围岩本身变化对已支护段落的影响，减少初期支护表面开裂、掉块、塌方等现象的发生，单工序作业，短进尺掘进，采用适当的微震爆破，避免施工中对围岩扰动，减小应力集中，充分发挥围岩自身承载能力，快速施做仰拱、衬砌砼，使隧道断面尽快封闭成环，形成稳定体系。本发明适用于沉积物黄土堆积岩地带的公路、铁路、水工隧道的开挖施工。

附图说明

[0009] 图 1 为监控量测测点布置图；

图 2 为拱顶下沉速率 - 时间曲线图；

图 3 为水平收敛速率 - 时间曲线图；

图 4 为拱顶累计下沉 - 时间曲线图；

图 5 为水平收敛累计变形 - 时间曲线图。

具体实施方式

[0010] 一种特长黄土堆积岩隧道的施工方法，包括以下步骤：

(1) 施工方案确定

针对隧道黄土堆积岩的特殊性，隧道开挖采用三台阶七步流水短台阶法施工，隧道施工工序采用单工序施工，隧道开挖以机械开挖、人工开挖为主，微震爆破为辅，施工中对开挖部位尽快进行初期支护，减小围岩暴露时间，并加强对已初支部位进行围岩量测，及时准确掌握第一手量测数据，及时调整支护参数和施工工序。

[0011] (2) 超前支护：采用 $\phi 25$ 药包锚杆作为超前支护主体

A、超前锚杆制作

制作锚杆： $\phi 25\text{mm}$ 超前锚杆在构件加工厂制作，单根长度 3.5m，锚杆前端做成尖锥形。

[0012] B、药包锚杆安装

所谓药包锚杆就是利用早期凝结速度快，承载强度大为特征的水泥、速凝剂制成的锚固剂将锚杆固定在锚固位置的一种支护方法。锚固剂应符合以下几项要求：初凝时间应大于 3 分钟，终凝时间应小于 10 分钟；必须具有足够的小时抗压强度，一般在半小时到一小时

的抗压强度应在 0.2MPa 以上；硬化后体积不缩小，且有微膨胀性。

[0013] 药卷包采用 $\phi 32 \times 25\text{cm}$ 规格，药卷使用前需要浸水，在浸水前上端扎 3～5 个小孔（孔径 1mm），浸水 1～1.5 分钟小孔不冒泡即浸水结束，这时即可将浸好水的药卷包装入孔眼。药包装入采用比较坚硬顺直木棍或相似的物体送至眼底，装药包数量以钻孔 3.5m 为例，药包数量装 7 卷，药卷包装入后，将锚杆用 TJ-9 型风动搅拌机（电钻改装也可）带动锚杆快速旋转，边旋转边徐徐推进，锚头在旋转与推进中强烈搅拌浸水后的水泥、速凝剂包，使水泥浆获得良好的和易性，连续搅拌水泥卷的时间宜为 30～60s。水泥浆如沿孔壁下滑，孔口用纸堵塞。

[0014] （3）开挖方法

在超前支护保护下，进行上导开挖，上导坑开挖进尺控制在拱架设计间距内，就上导黄土含河卵石、大型孤石较多的实际情况，开挖掘进时先以机械开挖为主，微震爆破为辅的方案，大型孤石经微震爆破松动后再次采用人工风镐凿除挖机清障。随后人工修整隧道断面及开挖上导扩大拱脚，扩大拱脚以上导拱架拱脚标高为准，高度 0.6m，最大深度 0.4cm，各部开挖完成后及时初喷 3～5cm 混凝土封闭掌子面，网喷、钢架联合支护作业，钢架作业施工时拱架拱脚打设锁脚锚管并采用“L”型钢筋和拱架焊接牢固，随即复喷砼至设计厚度，扩大拱脚采用同标号喷射砼回填，增大上导拱脚受力面积，减小应力集中，有效控制拱架下沉。所述上导坑开挖时采用以机械开挖、人工开挖为主，微震爆破为辅，具体工序为：A、先采用改装后的挖机挖斗进行开挖，依据揭示孤石实际位置，对孤石周边进行机械清障，当孤石周边开挖进尺满足设计要求后，且保证孤石完全裸露后，停止机械开挖。B、采用 YT-28 凿岩机对裸露孤石进行钻眼施工，先从具有临空面的岩石或具有夹层的岩石部分开始，然后依次向岩层中心推进，钻孔孔距宜 25～35 cm，孔深为设计钢架间距，采用 42mm 的钻头，按照梅花状布置。C、采用非电毫秒雷管微差起爆，与光面爆破不同，处理孤石起爆方法先进行周边起爆，炸药低爆速、低密度、高爆力、传爆性好的小直径 2 号岩石硝铵炸药，力求达到微震效果，孤石经过微震爆破松动后，再次采用人工风镐凿除挖机清障。

[0015] 上导支护完成后，进行左、右侧中台阶开挖：开挖进尺根据初期支护钢架间距确定，左、右侧台阶错开 2～3m，开挖后立即初喷 3～5cm 混凝土，及时进行喷、锚、网系统支护，中导洞碴扒至下导，下导左、右开挖可以和上导同时进行，上导洞碴同样扒至下导，随后挖机可以在中台阶上统一出碴，上导同时架设型钢钢架，每循环以此施做，仰拱开挖及支护要紧跟上导，仰拱分段开挖长度 4～6m，经施工实践黄土堆积岩围岩仰拱距掌子面安全距离控制在 25～30m 为宜。

[0016] 上述过程中，采用挖机进行机械开挖时，由于挖斗宽度过大，在黄土堆积岩段施工中，挖机开挖时存在较多死角，对个别孤石不能进行有效排障，原厂挖机挖斗宽度 1.2m，结合隧道断面尺寸和隧道围岩实际情况，挖机挖斗宽度需缩小 50cm 才能满足机械开挖要求且对出碴时间影响较少。

[0017] 利用原机挖斗，进行宽度内缩，挖斗两边各内缩 25cm，采用氧焊对内缩位置进行割除，氧焊施工时务必保证割除面光滑、平顺，以便在进行封边钢板施工时得到有效焊接。

[0018] 在上述工艺过程中，监控测量工作必须紧跟开挖、支护作业进行布点和监测，量测数据运用工程类比法及时分析、反馈，调整支护参数，以保证施工和结构安全。

[0019] 1、监控量测

在黄土堆积岩隧道施工时每隔 10m 布一组量测断面,每个断面布置一个拱顶下沉量测点和三条水平净空收敛量测基线,三条水平收敛点分别设置在上、中、下导拱脚上 50cm 处,如围岩断面沉降、收敛数值变化较大时应需增加量测断面和加设量测测点,测点布置见图 1 所示。

[0020] 净空水平收敛量测和拱顶下沉量测采用相同的量测频率。量测频率见表 1,实际量测频率从表中根据变形速度和距开挖工作面距离选择较高的一个量测频率。水平收敛量测采用电子收敛仪进行量测,开挖支护后按要求及时安装测点并编号,拱顶下沉量测采用莱卡全站仪和精密水准仪、收敛计、钢瓦尺进行量测,喷射混凝土后迅速在拱顶设点。

表 1

量测频率	变形速度 (mm/d)	量测断面距开挖面距离
2次/d	≥5	< B
1次/d	1~5	(1~2)B
1次/2~3d	0.5~1	(2~5)B
1次/3d	0.2~0.5	
1次/周	< 0.2	> 5B

注 :B 为隧道开挖宽度。

[0021] 2、监控量测数据收集、整理、数据分析

对取得监控量测数据后,进行整理并分析量测数据,结合围岩、初支受力及围岩变形情况,及时绘制围岩变形速率和围岩变形与时间关系曲线,预测此类围岩的发展趋势,及时调整确定施工工序、施工参数和预留变形量。

[0022] 量测断面及测点布置

在黄土堆积岩里程段内选择一个量测断面,本段围岩断面在黄土堆积岩中有代表意义,本段黄土夹杂河卵石、大型孤石较多,其余黄土一直处在饱水状态,开挖后围岩有小量渗水,稳定性差。开展现场量测试验,分别进行了初期支护拱顶下沉、1、2、3 条水平收敛的应力量测,测点布置严格按图 1 布置。

[0023] 围岩量测结果:在前 5d 时间内,拱顶变形速率在 4~6mm/d 之间变化;拱顶累计下沉在 20mm 左右,水平收敛速率在 4~8mm/d 之间变化;累计水平收敛在 28mm,在 6~9 天下沉速率减小,下沉变化速率在 1~2.5mm/d 之间,水平收敛速率在 6~9 天后同样减小,收敛速率变化在 2~4mm/d,后期初期支护全环封闭,围岩状态基本稳定,拱顶下沉、水平收敛趋于稳定,本段拱顶累计下沉量在 30mm 左右,水平收敛累计量在 40mm 左右,本断面拱顶下沉速率-时间、水平收敛速率-时间曲线见图 2、3,图中横坐标为时间,纵坐标为拱顶下沉速率或水平收敛速率;拱顶累计下沉-时间、水平收敛累计变形-时间曲线见图 4、5,其中横坐标为时间,纵坐标为拱顶累计下沉或水平收敛累计变形。

[0024] 综上所述进行围岩量测数据分析:

(1) 隧道在以黄土堆积岩为主的地段施工,表明支护参数较为合理。

[0025] (2) 使用了钢架对提高初期支护整体强度和早期强度有利,严格控制钢架间距,采用扩大拱脚增大拱脚受力面积,有效克制隧道拱顶下沉。

[0026] (3) 以新奥法施工原理为依据,采用药包锚杆进行柔性支护,减小围岩变形,必要

时采用了单工序作业,有效克制因工序干扰造成围岩较大变形。

[0027] (4) 加快施做仰拱,使隧道断面尽快封闭成环,控制围岩变形效果良好。

[0028] 工程实例

鹰鹞山隧道全长 11572m,隧道区表覆第四系冲洪积层(Q4a1+p1),分布于黄土冲沟中,洞身大部为第四系沉积物,鹰鹞山隧道进口穿越沉积物地区,本地区为黄土堆积岩,黄土间夹杂河卵石、大型孤石,河卵石、大型孤石占围岩断面的 25% ~ 35%,主要分布在隧道上导,其余黄土间夹杂河卵石分布不规则,黄土围岩处饱水状态,含水率高达 26%,施工中采用本发明所述的方法,安全快速通过了该不良地质段,平均日进尺 3.2m,比同标段施工黄土堆积岩隧道(六狼山隧道、卧龙山隧道)月进尺快 15 ~ 20m,争取了工期时间,创造了较高的经济效益、社会效益及环保效益。此外,本发明所述方法对围岩量测进行科学的管理,通过对量测数据及时整理、分析、反馈,通过数据修正了预留变形,同设计相比每延米开挖量减小了 2.01m³,喷射混凝土减小 2.01m³,人工、材料节约 900 元 / 每延米,以鹰鹞山进口施工黄土堆积岩 345m 计算,节约成本 30 多万,经济效益显著。

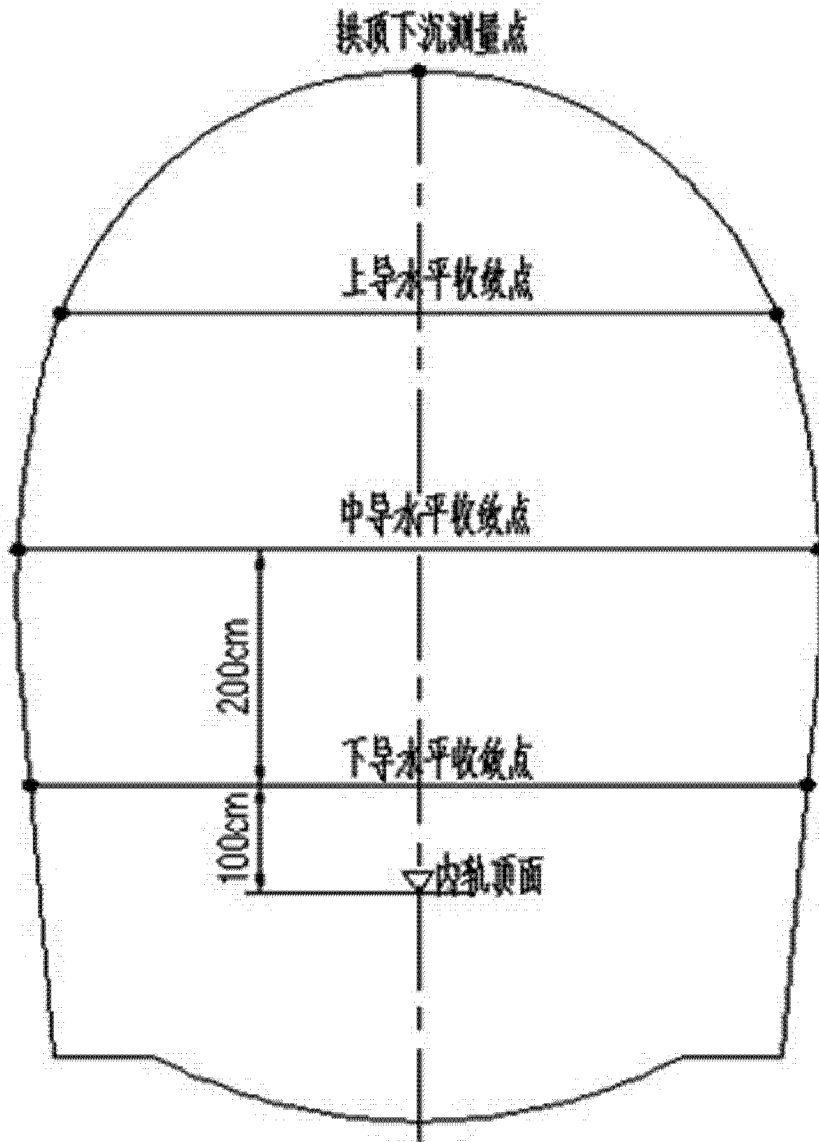


图 1

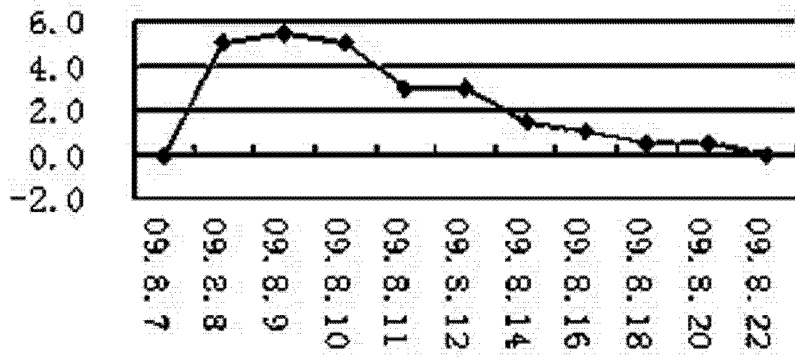


图 2

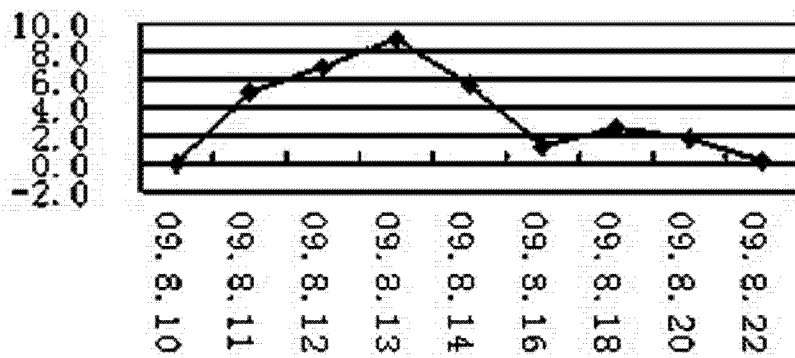


图 3

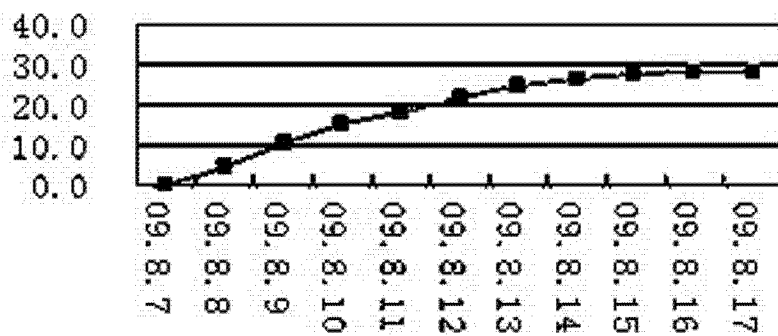


图 4

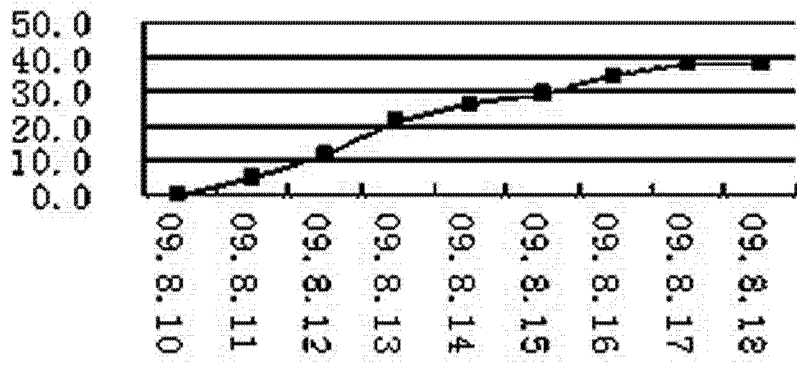


图 5