



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103541739 A

(43) 申请公布日 2014. 01. 29

(21) 申请号 201310418360. 9

(22) 申请日 2013. 09. 13

(71) 申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市海淀区西直门外上园村
3号

(72) 发明人 谭忠盛 张旭斌 何历超 石新栋
吴全立

(74) 专利代理机构 北京市商泰律师事务所
11255

代理人 毛燕生

(51) Int. Cl.

E21D 11/00(2006. 01)

E21D 11/14(2006. 01)

E21D 20/00(2006. 01)

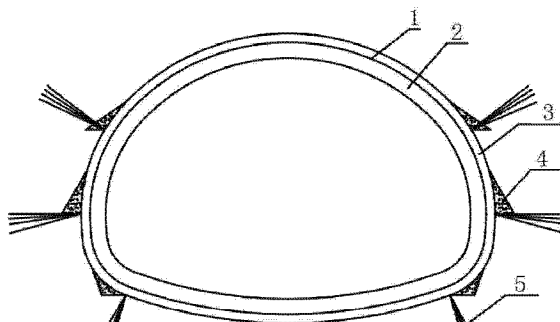
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系

(57) 摘要

本发明提供了一种浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,以解决现行大跨小净距黄土隧道中支护体系应用尚不明确的状态。所述的装置为,双洞均采用格栅拱架,设置扩大拱脚以及钢架接头处的锁脚锚杆。本发明的新型隧道支护结构与同类隧道结构相比,结构更加简单,更加适合在此类隧道中使用,并且降低了施工难度,提高了施工工效。



1. 一种浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,它包括结构相同的两个隧道支护系统,每个隧道支护系统分别支护在左、右相隔的两个隧道中;每一个隧道支护系统均为一筒状结构,其特征在于:隧道支护系统均采用格栅钢架+喷射混凝土结构,并在拱脚部位设置扩大拱脚,以及采用锁脚锚杆。

2. 根据权利要求1所述的浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,其特征在于:所述的两个隧道埋深在40-60m,两个隧道的截面积各为100-120m²,两个隧道的支护系统相隔净距5-10m。

3. 根据权利要求1所述的浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,其特征在于:所述的格栅钢架+喷射混凝土结构构成了支护体系外圈的拱架支护层;所述的拱架支护层的外层是一圈格栅钢架,格栅钢架的内圈铺设钢筋网片,在格栅钢架和钢筋网片之间,以及在格栅钢架内,均由喷射混凝土填充。

4. 根据权利要求3所述的浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,其特征在于:拱架支护层的外围上设有扩大拱脚,扩大拱脚的数量为6-8个。

5. 根据权利要求1所述的浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,其特征在于:扩大拱脚是在拱脚处向外超挖40-60cm,并喷射混凝土形成扩大拱脚。

6. 根据权利要求3或5所述的浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,其特征在于:根据权利要求1所述的浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,其特征在于:在格栅钢架(3-1)接头处设置有3-4根锁脚锚杆(5),在黄土中需填充药包锚固。

一种浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系

技术领域

[0001] 本发明涉及一种隧道的支护体系,尤其涉及一种浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系。

背景技术

[0002] 黄土隧道修建过程中有沉降大且难以控制、黄土湿陷性强、施工过程中围岩压力大且支护容易产生裂缝等问题。目前对于穿越黄土地层的隧道尚未有较为成熟的支护方法,而对于小净距黄土隧道的修建更为少见,隧道净距小,双洞开挖过程中隧道扰动明显,先行洞与后行洞之间中夹土柱的稳定性要求较高,围岩受开挖影响大,对隧道支护的内力以及变形影响较大。通常在岩质隧道中小净距隧道的设计比较多,中夹岩的强度可以有效利用,但在软弱围岩中小净距隧道较少,在已建的小净距隧道通常采用初期强度较高型钢钢架来约束围岩变形,但黄土具有湿陷性,孔隙率大,扰动后土体松散承载力降低,中夹土柱的难以提供承载力,支护效果不明确,同时锚杆在黄土隧道中的应用也尚不明确,通常对于岩质隧道可以在小净距侧设置锚杆或者水平对拉锚杆以加强中夹土柱稳定,对于黄土中锚杆是否够能够提供足够的承载力,尤其是对于小净距隧道,在小净距土体中锚杆的作用效果尚未有研究,针对此类大跨小净距黄土隧道,如何采用有效的支护体系来保证隧道安全快速的修建是个难题。

发明内容

[0003] 本发明为了解决上述背景技术中的难题,提供一种在 V 级黄土围岩中的大跨小净距隧道支护体系。

[0004] 本发明包括:

[0005] 浅埋大跨小净距黄土隧道支护体系,它包括结构相同的两个隧道支护系统,每个隧道支护系统分别支护在左、右相隔的两个隧道中;每一个隧道支护系统均为一筒状结构,其特征在于:隧道支护系统均采用格栅钢架+喷射混凝土结构,并设置扩大拱脚以及采用锁脚锚杆。

[0006] 所述的两个隧道埋深在 50m 左右,两个隧道的截面积各为 100-120m²,相隔净距 5-10m。

[0007] 所述的格栅钢架+喷射混凝土结构构成了支护体系外圈的拱架支护层;所述的拱架支护层的外层是一圈格栅钢架,格栅钢架的内圈铺设钢筋网片,在格栅钢架和钢筋网片之间,以及在格栅钢架内,均由喷射混凝土填充。

[0008] 拱架支护层的外围上设有扩大拱脚,扩大拱脚的数量为 6-8 个。

[0009] 扩大拱脚是在拱脚处开挖面向外超挖 40-60cm,并喷射混凝土形成扩大拱脚。

[0010] 与现有技术相比,本发明有包括以下优点:

[0011] 首先,此发明中支护体系与通常的支护体系最重要的特点是隧道双线创造性的全部采用格栅钢架,不仅满足支护强度以及变形要求,沉降也能控制在一定范围内,同时采用

格栅钢架能够大量节约隧道成本,施工方便快捷,能够有效的保证施工进度。

[0012] 其次,对隧道中锚杆的研究发现,黄土隧道中锚杆与黄土围岩的粘结力较差,隧道拱顶锚杆通常受压,对于边墙锚杆,由于断面较大,且小净距隧道中夹土柱在施工过程中经过多次扰动,围岩力学转换频繁,在后行洞开挖时候中夹土柱的扰动较大,其整体支护效果较差,尤其是中夹土柱中的锚杆,因此采取不设置边墙锚杆,只在格栅钢架接头处设置锁脚锚杆,保证了各个导洞开挖时候钢架的稳定,能够缩短各个施工开挖支护步骤的时间,取得了良好的效果。

[0013] 再次,设置扩大拱脚,黄土隧道的沉降以拱部整体沉降为主,设置扩大拱脚对拱部变形进行控制,结合锁脚锚杆尽量减小隧道拱部的整体沉降,对于小净距隧道,拱脚扩大能减小拱部沉降,进而控制中夹土柱的位移和变形,增强中夹土柱的稳定性,不仅保证了先行洞围岩受力的均匀性,减小后行洞开挖对其的影响,也能为后行洞开挖创造一个较为良好的围岩环境。

[0014] 综上所述,在隧道后行洞开挖时候,先行洞采用格栅钢架支护的刚度和稳定性都能满足隧道安全快捷施工,后行洞施工时采用格栅钢架可以加快施工进度,同时取消边墙锚杆以及设置扩大拱脚与锁脚锚杆,不仅能加快断面封闭时间,尽量减小对中夹土柱的影响,同时能有效的控制隧道拱部整体沉降,进而对于隧道整体的稳定性有了更好的保证。本发明具有较大的工程应用价值及学术价值,对以后相似围岩情况的隧道的设计与施工有极大的推广与参考价值。

附图说明

[0015] 图 1 是本发明的示意图;

[0016] 图 2 是单个隧道支护系统的结构示意图;

[0017] 图 3 是格栅钢架以及锁脚锚杆示意图。

[0018] 图 4 是本发明实施例所述的隧道围岩压力分布图;

[0019] 图 5 是本发明实施例所述的隧道钢拱架外侧应力图;

[0020] 图 6 是本发明实施例所述的隧道钢拱架内侧应力图;

[0021] 图 7 是本发明实施例所述的隧道锚杆轴力分布图;

[0022] 1、防水层,2、模筑混凝土层,3、拱架支护层,3-1、格栅钢架,3-2、钢筋网片,4、扩大拱脚,5、锁脚锚杆。

具体实施方式

[0023] 如图 1 所示,本发明大跨小净距黄土隧道支护体系,包括两个结构相同的中间相隔距离为 5-10 米的隧道支护系统。图 2 所示的是其中之一隧道支护系统的示意图。参见图 2,每一个隧道支护系统均为一筒状结构,它主要由外圈的拱架支护层 3 和内圈的模筑混凝土层 4 构成。拱架支护层 3 模筑混凝土层 4 之间间隔有防水层 1。防水层 1 由无纺布和防水板组合而成。参见图 3 所示,所述的拱架支护层 3,其外层是一圈格栅钢架 3-1,格栅钢架 3-1 的内圈铺设钢筋网片 3-2,在格栅钢架 3-1 和钢筋网片 3-2 之间,以及在格栅钢架 3-1 内,均由喷射混凝土填充。即,拱架支护层 3 的结构为:格栅钢架+喷射混凝土。拱架支护层 3 的外围上设有扩大拱脚 4,与拱架支护层 3 固结为一体,扩大拱脚 4 的数量为 6-8

个。扩大拱脚 4 的施工是在拱脚处超挖 40-60cm,并喷射混凝土。在隧道开挖过程中不设置边墙锚杆,在扩大拱脚 4 与格栅钢架 3-1 接头处设置有锁脚锚杆 5,其数量与扩大拱脚 4 相同,锁脚锚杆 5 填充药包进行锚固。

[0024] 下面给出了本发明的一种优选实施例。

[0025] 本实施例所述隧道里程 K36+650 ~ K37+260,全长 610m,为浅埋大跨小净距黄土隧道。单洞开挖跨度约 17.3m,开挖断面达 173.8m²,埋深多在 20m 左右,最大埋深 55m,最小埋深不足 1m。隧道下穿风景区以及一个村庄。隧道位于邛山黄土丘陵区,地形起伏很大。地面标高约 157.6 ~ 206.3m,隧道洞体覆盖层最大厚度约 55.5m,最小覆盖层不足 1m。隧道勘探深度范围内上部为第四系上更新系统黄土状粉土、黄土状粉质粘土,其中表层为非自重湿陷性黄土,具轻微湿陷性,工程性质较差,其下各层呈密实、硬塑状,工程性质好;下部为第四系中更新统地层,工程性质均较好;隧道勘探深度范围内均为第四系上更新统稍密~密实状黄土状粉土,孔隙发育,结构松散,强度较弱,工程性质差,围岩级别定为 V 类。选取试验段支护参数:

[0026] 1) 初期支护:采用格栅钢架、挂网喷混凝土,钢架净为 0.5m。

[0027] 2) 超前支护:采用壁厚 8mm 的 $\phi 50$ 单层小导管,在拱顶 110° 范围每 2 榀拱架施作,长度为 400cm。

[0028] 对比试验段的现场测试项目设置在隧道内,测量试验的内容包括有以下的几个方面。隧道内:(1) 格栅段 ZK37+174、ZK37+169 和型钢段 ZK37+134、ZK37+129 的拱顶沉降与水平收敛;(2) ZK37+170 格栅断面的围岩-初期支护接触压力、钢格栅应力;(3) ZK37+130 型钢断面监测项目包括围岩-初期支护接触压力、钢架应力;(4) ZK36+950 断面监测锚杆轴力。

[0029] 1、给出本实施例所述试验段拱顶沉降;

[0030] 断面 ZK37+174、ZK37+169 的量测时间持续一个月,直到二衬施作;断面 ZK37+134、ZK37+129 断面沉降变形的量测时间持续约两个月,直到二衬施作,得到表 1。

[0031] 表 1 对比试验段拱顶及拱脚沉降测试成果汇总

项目		ZK37+174	ZK37+169	ZK37+134	ZK37+129
拱顶沉降	累计值/mm	115	130	153	135
	最大速率/mm/d	10	18	5	6
	最终速率/mm/d	1	1	1	1
	历时/d	43	43	55	52
拱脚沉降	累计值/mm (左侧)		120		118
	累计值/mm (右侧)		122		120
	历时/d		43		52

[0033] 结合现场施工工序及监测量控结果分析:

[0034] (1) 格栅支护与型钢支护拱顶与拱脚沉降相近,说明钢架整体沉降明显,黄土地层沉降控制较难,应加强拱脚沉降控制,格栅支护断面封闭前拱顶沉降占总沉降的 91.5%—92.2%,平均为 91.9%,封闭后拱顶沉降占总沉降的 7.8%—8.5%,平均为 8.1%;型钢支护

断面封闭前拱顶沉降占总沉降的 92.7%—93.6%，平均为 93.2%，封闭后拱顶沉降占总沉降的 6.4%—7.3%，平均为 6.9%；

[0035] (2) 两种支护施工沉降随开挖推进逐渐增大，最终收敛，中间没有像台阶法施工出现的跳跃式增长趋势，表明各阶段工序的空间效应影响比较平大。格栅与型钢试验段初支沉降值对比，格栅段与型钢段拱顶沉降都较大，格栅段沉降略小于型钢段，与型钢钢架相比效果较好。

[0036] 通常对于黄土隧道由于变形大沉降难以控制，设计通常使用的是刚度较大型钢支护，在岩质隧道中格栅设置比较多，对于小净距隧道设计有建议对受力状态较差的隧道采用强度大的型钢拱架作为初期支护，对于受力性能好的隧道采用柔性的格栅拱架作为初期支护，对比隧道沉降结果，在黄土小净距隧道双洞同时采用格栅支护能满足施工要求，沉降也控制在一定范围内，取得了非常良好的支护效果。

[0037] 2、给出本实施例所述试验段围岩压力规律；

[0038] 本次设置了两个断面，即 ZK37+170、ZK37+130，对格栅试验段以及型钢试验段围岩—初期支护接触压力进行了监测，监测累计值见表 2 和表 3，其中表中数值为监测结束数值。

[0039] 表 2 钢格栅段 ZK37+170 断面初支—围岩压力量测值 (KPa)

量测部位	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
[0040] 累计值	35.7	18.9	57.2	32.9	31.2	55.1	67.5	50.5	46
说明	Y1 历时 17 天 (07-23~08-08)，Y2、Y4 历时 49 天 (07-13~08-30)，Y3、Y5 历时 54 天 (07-08~08-30)，Y6、Y8 历时 30 天 (08-01~08-30)，Y7、Y9 历时 27 天 (08-04~08-30)，其中 Y1 于 8 月 8 号破坏。								

[0041] 表 3 型钢段 ZK37+130 断面初支—围岩压力量测值 (KPa)

量测部位	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
[0042] 累计值	23.79	47.19	86.71	37.08	43.32	48.00	53.55	67.9	41.2
说明	Y1 历时 21 天 (9-23~10-14)，Y2、Y4 历时 64 天 (8-12~10-14)，Y3、Y5 历时 58 天 (8-18~10-14)，Y6、Y8 历时 20 天 (9-24~10-14)								

[0043] 参照图 4，给出了本发明优选实施例中的围岩应力示意图；

[0044] 其中单位为 MPa，红色线 (a) 为格栅试验段测试数据，蓝色线 (b) 为型钢试验段测试数据。

[0045] 由图 4 中数据分析可知：

[0046] 从分布形式看，型钢与格栅钢架试验段的围岩—初期支护接触压力分布都不均匀。从量值看，型钢钢架试验段的围岩—初期支护接触压力略大于格栅钢架试验段的围岩—初期支护接触压力，对比可知格栅钢架支护围岩受力更为合理，支护效果更好，对于型钢支护能够约束隧道早期变形，后行洞开挖对中夹土柱的扰动会影响先行洞的受力状态，而采用柔性的格栅支护围岩—初期支护接触压力更为合理，尽量减小后行洞对先行洞的影响。

[0047] 3、给出本实施例所述试验段支护内力规律。

[0048] 参照图 5 和图 6，分别给出了本发明优选实施例中的初期支护应力示意图，图 5 为

钢架内侧应力,图 6 为钢架外侧应力;

[0049] 其中,单位:MPa,“+”为拉力、“-”为压力。由图 5 和图 6 中数据分析可知:

[0050] (1) 格栅与型钢试验段钢架应力分布都不均匀,拱部应力普遍大于边墙和仰拱应力。但两者对比格栅钢架的受力比型钢钢架小且分布更为均匀,说明格栅钢架受力更为有利。

[0051] (2) 格栅钢架试验段钢架外侧压应力最大值为 -75.01MPa,内侧最大值为 -100.29MPa,内外侧的最大的拉应力为 5.82MPa。型钢钢架试验段钢架外侧压应力最大值为 -93.14MPa,内侧最大值为 -100.5MPa,内外侧的最大的拉应力为 7.05MPa。

[0052] (3) 格栅钢架试验段在施工过程中,钢架除边墙一个测点为较小拉应力外,其余全部为压应力。型钢钢架试验段在施工过程中,型钢的拱顶外翼缘一点出现拉应力,其余全为压应力。两者比较来看,格栅与型钢钢架试验段钢拱架受力状态较为相似。因此从经济上以及施工来看,采用格栅拱架不仅能有高的经济效益,同时型钢拱架重量大,相比之下格栅更方便施工。

[0053] 4、给出本实施例所述试验段锚杆支护内力规律。

[0054] 表 4 锚杆轴力值

[0055]

位置	测点 1(kN)	测点 2(kN)	测点 3(kN)	测点 4(kN)
M1	-14.36	-16.57	-9.32	-3.68
M2	3.26	5.36	2.46	1.05
M3	4.59	5.46	2.76	1.12
M4	9.87	6.67	5.91	2.17
M5	10.94	9.16	5.32	2.58

[0056] 注:锚杆 2 与 4 为中夹土柱侧锚杆,表中数值正值为受拉,反之,负值为受压。

[0057] 参照图 7,给出了本发明优选实施例中的锚杆轴力示意图;

[0058] 其中,单位:MPa,“+”为拉力、“-”为压力。

[0059] 由图 7 分析可知:

[0060] (1) 锚杆轴力值均在 17kN 以下,远小于锚杆轴力设计值 50kN,锚杆受力都较小。每根锚杆的最大轴力大都出现在第一和第二个测点,锚杆与黄土锚固效果不显著。

[0061] (2) 拱部锚杆轴力基本受压,边墙锚杆轴力基本受拉,但量值均较小,尤其是中夹土柱侧锚杆,锚杆受力低于外侧,双洞开挖对中夹土柱扰动过大且锚杆施工延长了断面封闭时间,对隧道的施工以及沉降控制都不利,故本发明不设置边墙锚杆,仅设置锁脚锚杆。

[0062] 由上实例可知,首先,双线隧道创造性的全部采用格栅钢架,格栅钢架的受力性能要略好于型钢钢架,格栅钢架属于柔性支护,针对黄土整体沉降较大而言,允许隧道在开挖围岩扰动过程中有一定的变形,在后行洞开挖过程中也提供了足够的强度,保证了隧道的安全施工,同时采用轻便的格栅钢架能够大量节约隧道成本,并且施工方便快捷,尤其对有

后行洞的施工,加快断面的封闭为关键,能够有效的保证施工进度,防止隧道双洞出现严重的偏压,进而造成隧道衬砌受力不均匀。

[0063] 其次,黄土隧道中锚杆与黄土围岩的粘结力较差,隧道拱顶锚杆为受压状态,对于边墙锚杆,由于断面较大,且小净距隧道中夹土柱在施工过程中经过多次扰动,围岩力学转换频繁,尤其是后行洞开挖时候土柱的变形和扰动较大,其整体支护效果比较差,因此采取不设置边墙锚杆,只在格栅钢架接头处设置锁脚锚杆来控制隧道的整体沉降,加强拱架的整体稳定性,不仅保证了各个导洞开挖时候钢架的稳定,同时能够缩短各个施工步骤的时间,尤其是中夹土柱侧,减少了边墙锚杆对中夹土柱的扰动,同时缩短了施工时间,尽量保护了中夹土柱,这也是施工中的关键环节,取得了良好的支护效果。

[0064] 再次,在拱脚部位设置扩大拱脚,设置扩大拱脚增加支撑面积,对拱部变形有很好的控制作用,能减小拱部土体变形,为后行洞的施工尽量提供较好的围岩受力条件,同时也尽量减小后行洞施工对先行洞衬砌受力的影响,保证了隧道的安全施工,对于隧道整体的稳定性也有了更好的保证。本发明具有较大的工程应用价值及学术价值,对以后相似围岩情况的隧道的设计与施工有极大的推广与参考价值。

[0065] 以上对本发明所提供的一种浅埋大跨黄土隧道支护方法,进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明的方法进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

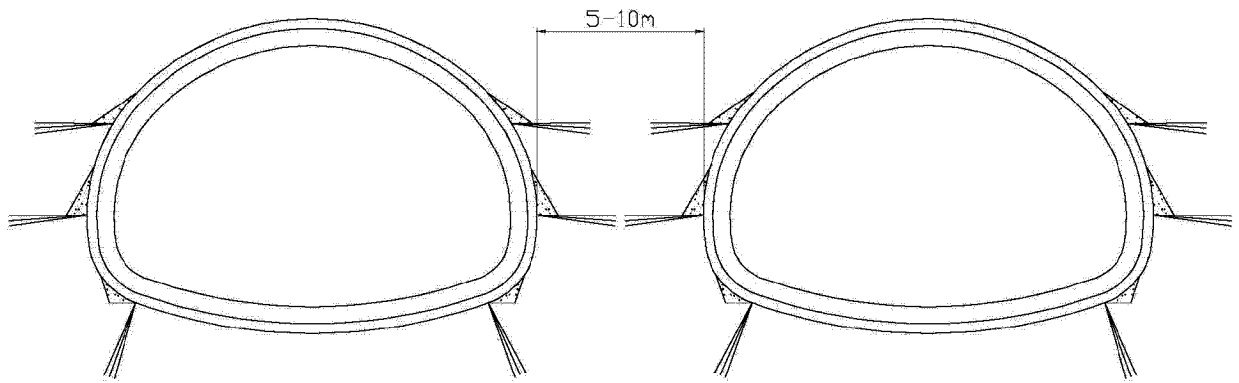


图 1

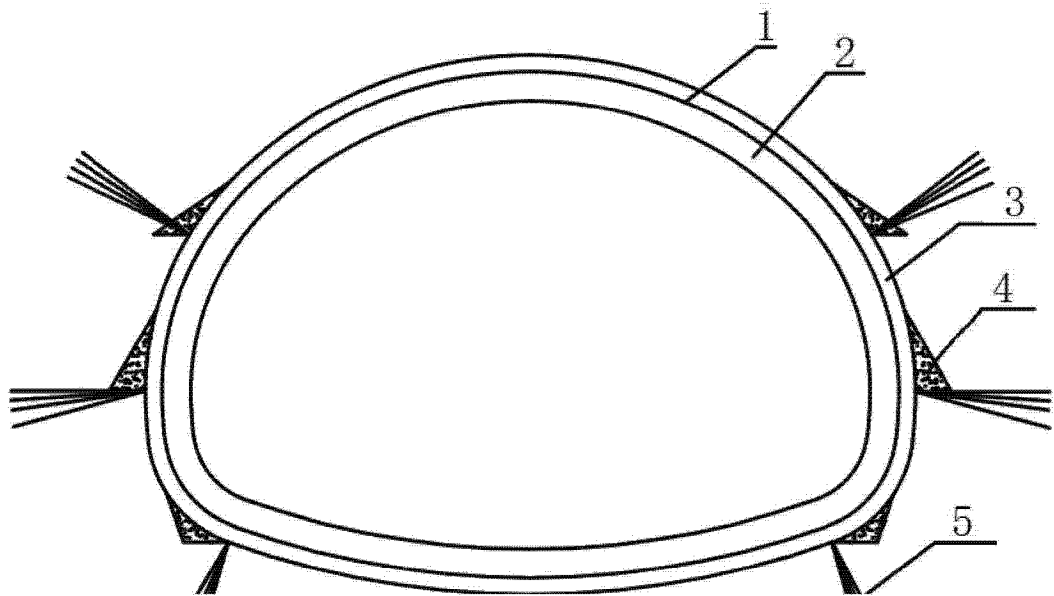


图 2

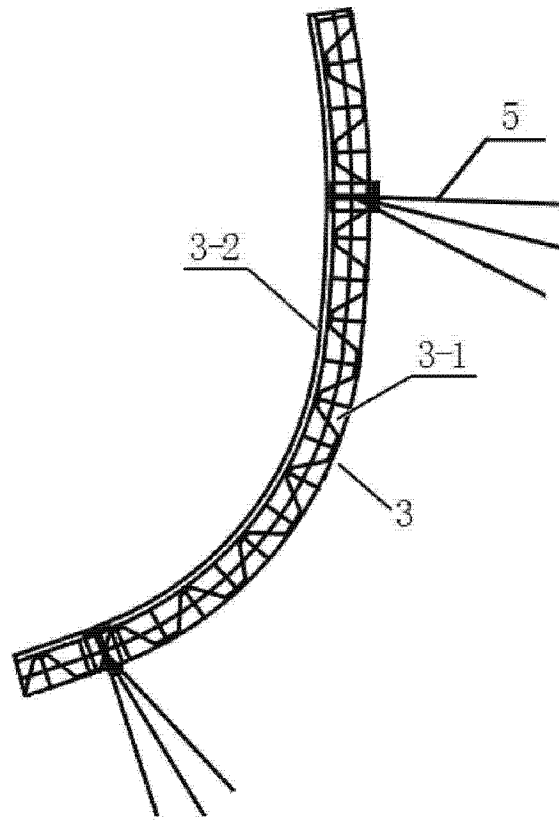


图 3

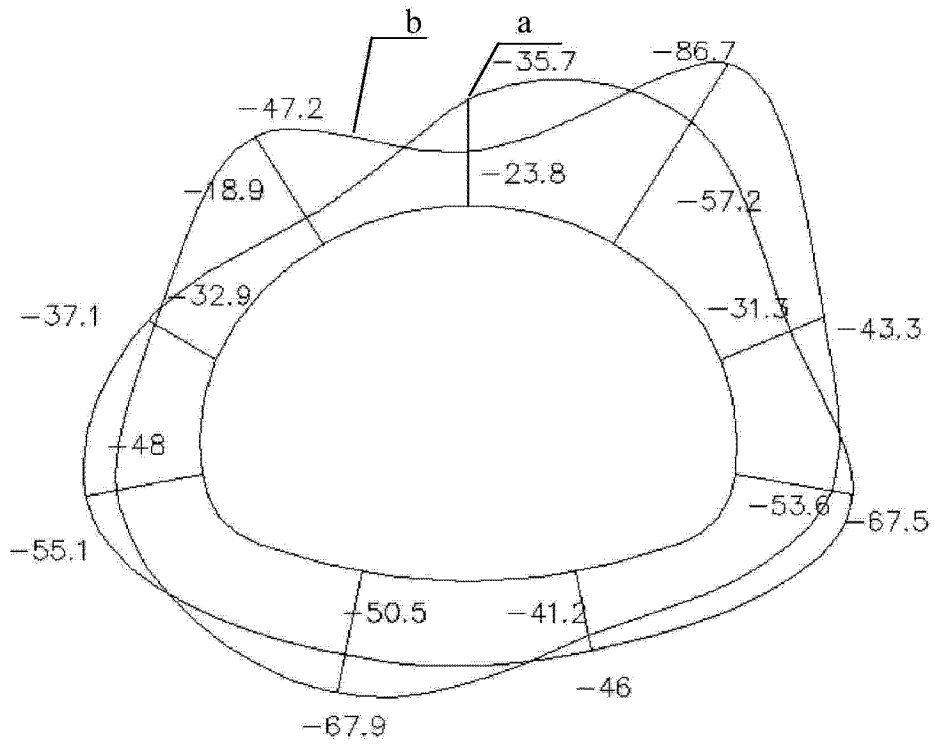


图 4

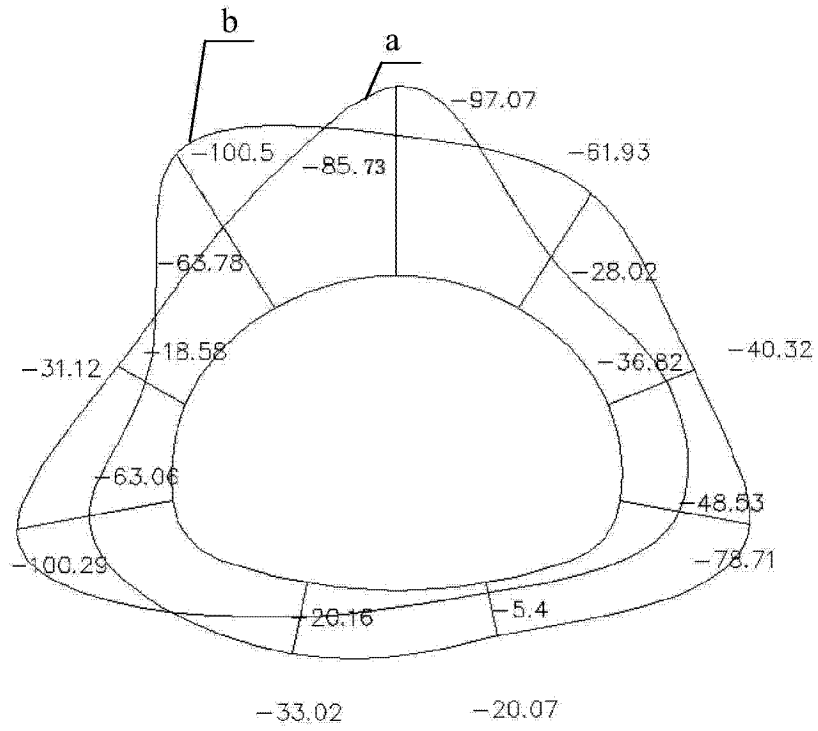


图 5

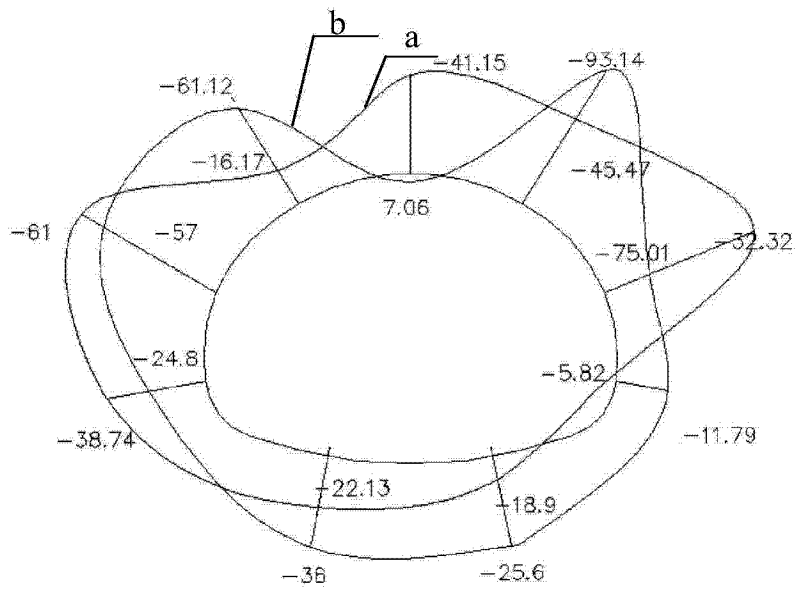


图 6

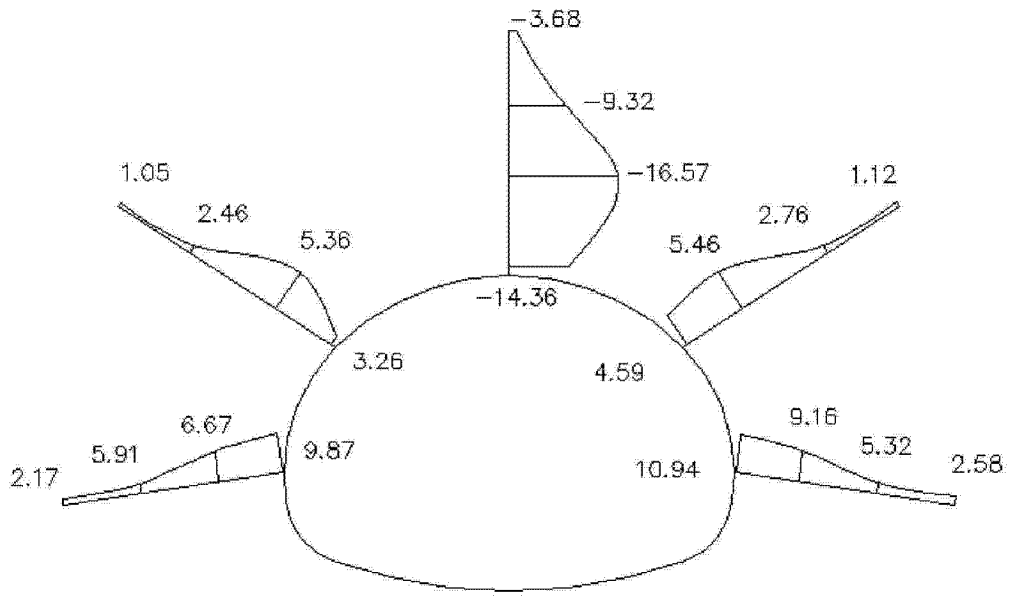


图 7