



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109278053 A

(43)申请公布日 2019.01.29

(21)申请号 201811155549.2

B25J 5/02(2006.01)

(22)申请日 2018.09.30

G01D 21/02(2006.01)

(71)申请人 中国铁道科学研究院集团有限公司  
铁道建筑研究所

地址 100081 北京市海淀区大柳树路2号

申请人 中国铁道科学研究院集团有限公司  
中国铁路总公司

(72)发明人 韩自力 马伟斌 安哲立 杜翠  
王志伟 许学良 柴金飞 郭小雄  
马超锋 邹文浩

(74)专利代理机构 北京聿华联合知识产权代理  
有限公司 11611

代理人 朱绘 张文娟

(51)Int.Cl.

B25J 11/00(2006.01)

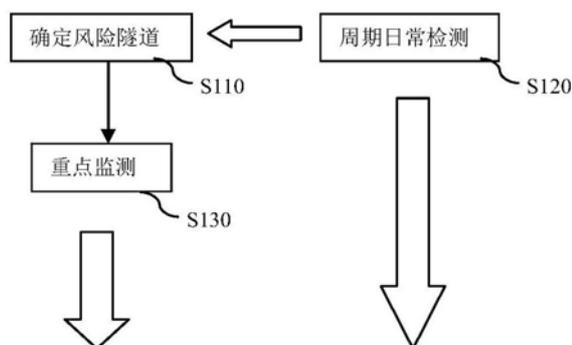
权利要求书1页 说明书15页 附图9页

(54)发明名称

一种铁路隧道检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种铁路隧道检测方法,所述方法包括:从作为检测目标的所有铁路隧道中确定风险隧道;在对所有隧道进行周期/日常检测的基础上对所述风险隧道进行实时的重点监测;其中,确定风险隧道,包括:根据所述铁路隧道的周期/日常检测的检测结果判断所述铁路隧道是否为风险隧道。根据本发明的方法,在对全体隧道进行常规的周期/日常检测的基础上对其中的风险隧道进行全天候的重点监测;相较于现有技术中,根据本发明的方法,可以获取更加及时、全面的隧道监测结果,从而有效预防隧道病害或在隧道病害发生时第一时间做出应对。



1. 一种铁路隧道检测方法,其特征在于,所述方法包括:  
从作为检测目标的所有铁路隧道中确定风险隧道;  
在对所有隧道进行周期/日常检测的基础上对所述风险隧道进行实时的重点监测;  
其中,确定风险隧道,包括:  
根据所述铁路隧道的周期/日常检测的检测结果判断所述铁路隧道是否为风险隧道。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述周期/日常检测包括:  
基于检测车的周期性检测;  
和/或,  
人工日常检测。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述重点监测包括:  
内力监测;  
变形监测;  
环境监测;  
和/或  
视频监控。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,在所述风险隧道内架设导轨,利用隧道衬砌状态检测装置沿所述导轨进行周期性巡检,从而对所述风险隧道的变形状态进行监测。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:  
在所述铁路隧道施工完成后对隧道进行验收检测;  
确定风险隧道,还包括:  
基于所述验收检测的检测结果判断所述铁路隧道是否为风险隧道。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定风险隧道,还包括:  
在所述铁路隧道施工前根据地质勘探结果和/或隧道施工方案判断所述铁路隧道是否为风险隧道。
7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定风险隧道,还包括:  
在铁路隧道施工过程中根据施工现场数据判断所述铁路隧道是否为风险隧道。
8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:  
统一保存所述周期/日常检测的检测结果以及所述重点监测的监测结果。
9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:  
分析所述周期/日常检测的检测结果,生成非风险隧道状态分析结果;  
结合所述风险隧道的周期/日常检测的检测结果,实时分析所述风险隧道的重点监测结果,生成风险隧道状态分析结果。
10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:  
根据所述非风险隧道状态分析结果和/或所述风险隧道状态分析结果实时判断是否需要预警;  
当需要预警时主动输出预警信息。

## 一种铁路隧道检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及轨道交通领域,具体涉及一种铁路隧道检测方法。

### 背景技术

[0002] 目前隧道病害大多采用全站仪、经纬仪以及静力水准仪等设备进行检测,进行检测时,需要由一专门工作人员手持检测设备在机械或导轨车上来对隧道内壁进行检测上,这样通过机械或导轨车的行走也就可以实现对隧道的病害进行数据采集。

[0003] 然而,对于现有的这种方法来说,由于人工操作存在不稳定性,因此采用这种方法所得到的数据普遍存在误差率大的问题。并且,人工检测具有一定的时效性,不能及时发现突发的隧道病害。

### 发明内容

[0004] 本发明提供了一种铁路隧道检测方法,所述方法包括:

[0005] 从作为检测目标的所有铁路隧道中确定风险隧道;

[0006] 在对所有隧道进行周期/日常检测的基础上对所述风险隧道进行实时的重点监测;

[0007] 其中,确定风险隧道,包括:

[0008] 根据所述铁路隧道的周期/日常检测的检测结果判断所述铁路隧道是否为风险隧道。

[0009] 在一实施例中,所述周期/日常检测包括:

[0010] 基于检测车的周期性检测;

[0011] 和/或,

[0012] 人工日常检测。

[0013] 在一实施例中,所述重点监测包括:

[0014] 内力监测;

[0015] 变形监测;

[0016] 环境监测;

[0017] 和/或

[0018] 视频监控。

[0019] 在一实施例中,在所述风险隧道内架设导轨,利用隧道衬砌状态检测装置沿所述导轨进行周期性巡检,从而对所述风险隧道的变形状态进行监测。

[0020] 在一实施例中,所述方法还包括:

[0021] 在所述铁路隧道施工完成后对隧道进行验收检测;

[0022] 确定风险隧道,还包括:

[0023] 基于所述验收检测的检测结果判断所述铁路隧道是否为风险隧道。

[0024] 在一实施例中,确定风险隧道,还包括:

- [0025] 在所述铁路隧道施工前根据地质勘探结果和/或隧道施工设计方案判断所述铁路隧道是否为风险隧道。
- [0026] 在一实施例中,确定风险隧道,还包括:
- [0027] 在铁路隧道施工过程中根据施工现场数据判断所述铁路隧道是否为风险隧道。
- [0028] 在一实施例中,所述方法还包括:
- [0029] 统一保存所述周期/日常检测的检测结果以及所述重点监测的监测结果。
- [0030] 在一实施例中,所述方法还包括:
- [0031] 分析所述周期/日常检测的检测结果,生成非风险隧道状态分析结果;
- [0032] 结合所述风险隧道的周期/日常检测的检测结果,实时分析所述风险隧道的重点监测结果,生成风险隧道状态分析结果。
- [0033] 在一实施例中,所述方法还包括:
- [0034] 根据所述非风险隧道状态分析结果和/或所述风险隧道状态分析结果实时判断是否需要预警;
- [0035] 当需要预警时主动输出预警信息。
- [0036] 根据本发明的方法,在对全体隧道进行常规的周期/日常检测的基础上对其中的风险隧道进行全天候的重点监测;相较于现有技术中,根据本发明的方法,可以获取更加及时、全面的隧道监测结果,从而有效预防隧道病害或在隧道病害发生时第一时间做出应对。
- [0037] 本发明的其它特征或优点将在随后的说明书中阐述。并且,本发明的部分特征或优点将通过说明书而变得显而易见,或者通过实施本发明而被了解。本发明的目的和部分优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的步骤来实现或获得。

## 附图说明

- [0038] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例共同用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:
- [0039] 图1以及图2是根据本发明不同实施例的方法流程图;
- [0040] 图3~图6、图14~图16是根据本发明不同实施例的部分方法流程实施方式示意图;
- [0041] 图7是根据本发明一个实施例的隧道巡检系统的结构示意图;
- [0042] 图8是根据本发明一个实施例的隧道衬砌状态检测装置的结构示意图;
- [0043] 图9是根据本发明一个实施例的隧道巡检机器人的电路结构图;
- [0044] 图10是根据本发明一个实施例的隧道巡检机器人在两个相邻检测点之间的速度曲线示意图;
- [0045] 图11是根据本发明一个实施例的洞内数据处理设备的结构示意图;
- [0046] 图12是根据本发明一个实施例的利用三维激光扫描仪所得到的隧道的点云数据;
- [0047] 图13是根据本发明一个实施例的通过数据抽取所得到的隧道切片图;
- [0048] 图17、图18以及图19是根据本发明不同实施例的部分方法流程图。

## 具体实施方式

- [0049] 以下将结合附图及实施例来详细说明本发明的实施方式,借此本发明的实施人员

可以充分理解本发明如何应用技术手段来解决技术问题,并达成技术效果的实现过程并依据上述实现过程具体实施本发明。需要说明的是,只要不构成冲突,本发明中的各个实施例以及各实施例中的各个特征可以相互结合,所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。

[0050] 目前隧道病害大多采用全站仪、经纬仪以及静力水准仪等设备进行检测,进行检测时,需要由一专门工作人员手持检测设备在机械或导轨车上来对隧道内壁进行检测上,这样通过机械或导轨车的行走也就可以实现对隧道的病害进行数据采集。

[0051] 然而,对于现有的这种方法来说,由于人工操作存在不稳定性,因此采用这种方法所得到的数据普遍存在误差率大的问题。并且,人工检测具有一定的时效性,其及时性,不能及时发现突发的隧道病害。

[0052] 针对上述现有技术中存在的问题,本发明提出了一种铁路隧道检测方法。根据本发明的方法,在对全体隧道进行常规的周期/日常检测的基础上对其中的风险隧道进行全天候的重点监测;相较于现有技术中,根据本发明的方法,可以获取更加及时、全面的隧道监测结果,从而有效预防隧道病害或在隧道病害发生时第一时间做出应对。

[0053] 接下来基于流程图详细描述本发明实施例的实施过程。附图的流程图中示出的步骤可以在包含诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行。虽然在流程图中示出了各步骤的逻辑顺序,但是在某些情况下,可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

[0054] 如图1所示,在一实施例中,方法包括:

[0055] S110,从作为检测目标的所有铁路隧道中确定风险隧道;

[0056] S120,对所有隧道进行周期/日常检测;

[0057] S130,对风险隧道进行实时的重点监测。

[0058] 进一步的,在一般的应用场景中,风险隧道通常是由于地质条件变化、隧道结构老化等因素由非风险隧道转变而成。也就是说,随着隧道的投入运营,某些非风险隧道会转变为风险隧道。因此,在一实施例中,在确定风险隧道时主要通过对非风险隧道的周期/日常检测的检测结果来判断当前的隧道是否已转变为风险隧道。

[0059] 进一步的,在某些应用场景中,由于地质条件、设计能力等原因,某些隧道在设计初始就具备一定的风险因素(例如,由于地理位置原因,只能构造在不稳定的岩层中)。因此,在一实施例中,确定风险隧道,还包括:在铁路隧道施工前根据地质勘探结果和/或隧道施工设计方案判断铁路隧道是否为风险隧道。

[0060] 进一步的,在某些应用场景中,造成风险隧道的原因还包括施工过程中出现的意外情况。例如,施工方式出现错误/违规行为;施工现场出现意料之外情况(例如,岩层状态与之前的勘探结果不符,地质状况发生变化等等)。因此,在一实施例中,确定风险隧道,还包括:在铁路隧道施工过程中根据施工现场数据判断铁路隧道是否为风险隧道。

[0061] 进一步的,在某些应用场景中,在隧道投入使用前,根据地质勘探结果、隧道施工设计方案以及施工现场数据并不能完美的确定所有风险隧道。因此,在一实施例中,确定风险隧道,还包括:在铁路隧道施工完成后对隧道进行验收检测;基于验收检测的检测结果判断铁路隧道是否为风险隧道。

[0062] 具体的,如图2所示,在一实施例中,在隧道施工前,根据地质勘探结果和 /或隧道施工设计方案判断铁路隧道是否为风险隧道(S210);在隧道施工中,根据施工现场数据判

断铁路隧道是否为风险隧道 (S220) ;在隧道施工完成后,进行验收检测,基于验收检测的检测结果判断铁路隧道是否为风险隧道 (S230) ;在隧道使用过程中,对所有的隧道进行周期/日常检测 (S240) ,根据非风险隧道的周期/日常检测的结果来判断当前的隧道是否已转变为风险隧道。在对所有的隧道进行周期/日常检测的同时,对风险隧道进行实时的重点监测 (S250) 。

[0063] 进一步的,在一实施例中,验收检测包括隧道衬砌质量检测。

[0064] 具体的,如图3所示,在一实施例中,通过隧道衬砌质量检测车进行检测。隧道衬砌质量检测车包含9条雷达测线,检测速度为5~10km/h,探测深度为1.5m,雷达通道数5个以上,天线频率400~1000MHz。

[0065] 进一步的,在一实施例中,周期/日常检测包括:

[0066] 基于检测车的周期性检测;

[0067] 和/或,

[0068] 人工日常检测。

[0069] 具体的,如图4所示,在一实施例中,基于检测车的周期性检测针对隧道衬砌表现进行检测。检测车检测速度80km/h,裂缝监测分辨率优于2mm,裂缝识别准确率不低于70%,净空检测精度优于10mm,采样间隔5断面/米。

[0070] 具体的,如图5所示,在一实施例中,基于检测车的周期性检测还针对线路状况进行综合检测。其包含线路平顺性以及基地异常状况检测。具体的,检测车检测速度400km/h,其通过高速激光摄像进行高精度图像采集,采集到的图像被实时高速处理并实时分析,最后经时空同步后将分析结果与现场线路关联从而获取线路状况的实时分析结果。

[0071] 具体的,如图6所示,在一实施例中,人工日常检测采用手推隧检小车针对隧道的裂缝以及掉块进行检测。检测速度3km/h,检测精度优于3mm,采样间隔 >100断面/米。

[0072] 在一实施例中,从隧道的内在物理状态以及外在环境状态两方面对风险隧道进行实时监测。具体的,对风险隧道进行实时监测,包括:

[0073] 对风险隧道的内在物理状态进行监测;

[0074] 对风险隧道的外在环境状态进行监测。

[0075] 进一步的,在其他实施例中,根据实际需要,也可以仅从内在物理状态以及外在环境状态中的一方面对风险隧道进行实时监测。

[0076] 接下来,分别详细描述针对风险隧道的内在物理状态监测以及外在环境状态监测的具体监测细节。

[0077] (一) 内在物理状态监测

[0078] 在一实施例中,对风险隧道的内在物理状态进行监测,包括:对风险隧道的内力状态进行监测。

[0079] 具体的,在一实施例中,对风险隧道的内力状态进行监测,包括:

[0080] 监测风险隧道的围岩接触压力;

[0081] 监测风险隧道的锚索受力;

[0082] 监测风险隧道的锚杆受力;

[0083] 监测风险隧道的初支钢架内力;

[0084] 监测风险隧道的衬砌水压;

[0085] 监测风险隧道的二衬内力。

[0086] 进一步的,在其他实施例中,对风险隧道的内力状态进行监测也可以只包括上述任意一项或几项的组合。

[0087] 进一步的,在另一实施例中,对风险隧道的内在物理状态进行监测,包括:

[0088] 对风险隧道的变形状态进行监测。

[0089] 具体的,在一实施例中,对风险隧道的变形状态进行监测,包括:

[0090] 监测风险隧道的地表状态;

[0091] 监测风险隧道的围岩体内位移状态;

[0092] 监测风险隧道的断面收敛状态;

[0093] 监测风险隧道的衬砌表面裂缝;

[0094] 监测风险隧道的轨道以及基地沉降。

[0095] 进一步的,在其他实施例中,对风险隧道的变形状态进行监测也可以只包括上述任意一项或几项的组合。

[0096] 进一步的,在一实施例中,可以采用内力状态监测以及变形状态监测综合的方式对风险隧道的内在物理状态进行监测。

[0097] 进一步的,考虑到人工检测方式的风险以及时效性,在一实施例中,在风险隧道内架设导轨,利用隧道衬砌状态检测装置沿导轨进行周期性巡检,从而对所述风险隧道的变形状态进行监测。如图7所示,本实施例中,隧道巡检系统优选地包括:巡检机器人1、轨道2、洞内数据处理装置5以及洞外数据处理装置6。

[0098] 本实施例中,轨道2设置在隧道的侧壁上,并沿隧道方向延伸。该隧道巡检系统还包括支架3,支架3用于将轨道2固定在隧道的侧壁上。具体地,本实施例中,支架3与隧道内的侧壁固定连接,并沿隧道方向排列,而轨道2则铺设在支架3上。本实施例中,支架3优选地采用金属材料制作而成。当然,在本发明的其它实施例中,支架3还可以采用其它合理材料制成,本发明不限于此。

[0099] 具体地,本实施例中,支架架设在隧道避车洞上檐的隧道壁上。本实施例中,金属支架距离隧道地面的高度优选地为3m,金属支架的高度优选地为40cm、宽度为50cm。当然,在本发明的其它实施例中,轨道支架的假设高度以及几何尺寸还可以根据实际情况配置为其它合理值,本发明不限于此。同时,在本发明的其它实施例中,轨道还可以采用其它合理方式来设置在隧道的侧壁上,本发明同样不限于此。使用根据本实施例所述的隧道巡检系统时,轨道2设置在隧道的侧壁上。这样该隧道巡检系统工作时也就不会妨碍到接触网,从而避免了影响铁路的正常运行。

[0100] 如图8所示,本实施例中,支架3优选地还包括支撑板31和/或固定板32。固定板32设置在支撑板31一侧并与支撑板31垂直相连。其中,固定板32通过螺栓固定在隧道的侧壁上。可选地,本实施例中,支架3还包括横梁33,横梁33设置在支撑板31的上端,并与本实施例所述的轨道2通过螺栓固定相连。

[0101] 同时,可选地,支撑板31边缘还可以设有直角。其中,支撑板31的形状优选为直角三角形,当然也可以是直角梯形等其他形状。固定板32和横梁33分别设置在两个直角边上。在固定板32固定在隧道侧壁上时,横梁33处于水平状态,从而使轨道2处于水平状态。这样,设置在轨道上的巡检机器人1也就可以行驶处于平稳的状态。优选地,支撑板31的斜边上以

及中部设有若干加强筋34,从而提高了支撑板31的强度。

[0102] 在一个实施例中,轨道2还可以包括两个平行设置的轨道。轨道与金属支架3的横梁33固定相连。在本实施例中,巡检机器人1的轮子13的周向上设有与轨道匹配的卡槽。这样使巡检机器人1能够稳定的在轨道上行驶。

[0103] 再次如图7所示,本实施例中,两个轨道之间优选地通过若干轨枕21相连。两个相邻的金属支架3之间设有至少一个轨枕21。在本实施例中,相邻的两个金属支架3之间的距离较长,设有若干轨枕21能够保证轨道之间保持相同的距离,避免产生较大的偏差。

[0104] 本实施例中,轨道优选地采用玻璃钢材质。玻璃钢材质能够满足强度的要求,并且重量更轻,减少了支架3的负担。玻璃钢材质具有良好的耐腐蚀性,能够防止锈蚀或变形,从而提高了轨道的使用寿命和安全性,不需要频繁维修或更换。同时,玻璃钢材质的轨道相对于锰钢等材质造价更低,节约成本。当然,在本发明的其它实施例中,轨道还可以采用其它合理材质来制成,本发明不限于此。

[0105] 本实施例中,隧道巡检机器人1优选地包括车体11以及设置在车体上的衬砌状态检测模块4。其中,车体11设置在轨道2上并能够沿轨道2行驶。衬砌状态检测模块4设置在车体11上,其能够对隧道的衬砌状态进行检测,从而得到相应的隧道衬砌检测数据。

[0106] 本实施例中,衬砌状态检测模块4通过优选地安装孔15安装在车体11内。安装孔15设置在车体11的上部,衬砌状态检测模块4放置在安装孔15内。本实施例相比于挂轨式的装置安装更加简便,方便更换和维修衬砌状态检测模块4,同时也不需要固定。

[0107] 当需要对隧道的衬砌状态进行检测时,隧道巡检机器人将沿轨道2行驶至隧道内的预设位置(例如各个检测点)处,这样衬砌状态检测模块也就会跟随隧道巡检机器人到达相应位置并在该位置处对隧道的衬砌状态进行检测,从而得到该位置处的隧道衬砌检测数据。

[0108] 本实施例中,车体11优选地包括行走装置和行走控制装置。其中,如图9所示,行走装置设有若干轮子13,轮子13能够沿轨道2转动而行驶。车体11上部还设有安装孔15,用于安装并固定衬砌状态检测模块4。

[0109] 如图9所示,本实施例中,巡检机器人1的轮子13的数量为四个。其中,包括两个主动轮和两个从动轮。主动轮连接行走装置的驱动电机12的转轴,主动轮随驱动电机12转动而旋转。在本实施例中,每个轮子13的外侧设有一个导轮14。每个导轮14接触到轨道的外侧面,并能够沿轨道外侧行驶。

[0110] 图10示出了本实施例中隧道巡检机器人的电路结构示意图。如图10所示,本实施例中,隧道巡检机器人优选地包括:行走装置401以及行走控制装置402。行走装置401设置在轨道上并沿轨道行驶,行走控制装置402设置在行走装置401上并与行走装置401电连接。其中,行走控制装置402能够控制行走装置401的运行状态,从而控制隧道巡检机器人本体在轨道上的行驶状态。

[0111] 具体地,本实施例中,当隧道巡检机器人进行隧道巡检作业时,行走控制装置402配置为控制行走装置401沿轨道101依次行驶至各个检测点并停留预设时长。由于轨道101侧间隔设有多个检测点,因此本实施例中行走控制装置402优选地在控制行走装置401行驶过程中对检测点来进行识别来确定隧道巡检机器人本体是否行驶至检测点位置处。其中,当行走控制装置402识别到检测点时,那么也就表示此时隧道巡检机器人本体正处于某

一检测点位置处,因此此时行走控制装置402将控制行走装置401停留运行并持续预设时长,这样也就会使得隧道巡检机器人本体在该检测点处停留预设时长。

[0112] 如图10所示,本实施例中,可选地,巡检机器人本体102a还包括定位装置 403。其中,定位装置403与行走控制装置402连接,其用于生成隧道巡检机器人的位置信息并将该位置信息传输至行走控制装置402,以由行走控制装置402 根据上述位置信息来控制行走装置401的运行状态。

[0113] 具体地,本实施例中,行走控制装置402优选地根据定位装置403所传输来的位置信息确定行走装置401是否行驶至检测点(即巡检机器人本体是否行驶至检测点)。其中,如果行走装置401行驶至检测点,那么此时行走控制装置402 也就会控制行走装置401停止运行并持续预设时长,这样也就使得巡检机器人在该检测点处停留预设时长。

[0114] 如图11所示,本实施例中,轨道侧的检测点均匀设置,相连检测点之间设置有预设标志点C。其中,当行走控制装置402控制行走装置401由当前检测点(例如检测点A)向下一检测点(例如检测点B)行驶时,在轨道段A-C段,行走控制装置402将控制行走装置401加速行驶(即行走装置401的速度 $v$ 由零持续增加);在经过预设标志点C后,行走控制装置402将控制行走装置401减速行驶,即在轨道段C-B段,行走装置401的速度 $v$ 将持续减小直至在检测点B处减小至零,这样隧道巡检机器人也就停留在检测点B处。这样也就可以使得隧道巡检机器人能够可靠、准确地在各个检测点位置处停留,从而提高后续数据处理过程的准确性。同时,该方式还可以有效减少隧道巡检机器人由当前检测到下一检测点所耗费的时长,这样也就可以有效提高隧道衬砌状态的检测效率。

[0115] 本实施例中,定位装置403优选地包括惯导仪。当行走控制装置402控制行走装置401由当前检测点向下一检测点行驶时,行走控制装置402可以根据惯导仪所传输来的数据来生成行走装置401的行驶距离,从而根据该行驶距离来判断行走装置401是否行驶至预设标志点。

[0116] 结合图11可以看出,由于预设标志点C与检测点A的距离时固定且已知的,因此行走控制装置402可以通过判断行走装置401的行驶距离是否等于该距离来判断行走装置401是否行驶至预设标志点。需要指出的时,在本发明的其它实施例中,根据实际需要,行走控制装置402还可以控制行走装置401在在隧道检测里程内匀速行驶,此时衬砌状态检测模块4运行状态也就相应的需要进行改变。

[0117] 当然,在本发明的其它实施例中,根据实际需要,行走控制装置402还可以采用其它合理方式来对行走装置401的运行状态进行控制,以保证隧道巡检机器人能够准确、可靠地在各个检测点位置处停留,本发明不限于此。

[0118] 当隧道巡检机器人本体在某一检测点位置处停留时,设置在行走装置401上的衬砌状态检测模块4也就可以在该检测点处对隧道的衬砌状态进行检测,从而得到该检测点所对应的一组隧道衬砌检测数据。当隧道巡检机器人本体行驶至下一检测点并停留时,衬砌状态检测模块4也就可以检测得到下一检测点所对应的一组隧道衬砌检测数据。依此类推,当隧道巡检机器人本体依次行驶至各个检测点后,衬砌状态检测模块4也就可以分别得到各个检测点所对应的一组隧道衬砌检测数据,而这些组隧道衬砌检测数据可以构成整个隧道的隧道衬砌检测数据。

[0119] 如图10所示,本实施例中,隧道巡检机器人本体102a优选地还包括数据传输装置

404。其中,数据传输装置404与行走控制装置402连接,由于行走控制装置402与衬砌状态检测模块4连接,因此行走控制装置402也就可以将衬砌状态检测模块4所传输来的衬砌检测数据传输至数据传输装置404,以由数据传输装置404将隧道衬砌检测数据传输至相应的外部设备。

[0120] 当然,本实施例中,根据实际需要,隧道巡检机器人还可以包括诸如数据存储装置等其它设备。其中,数据存储装置可以存储上述隧道衬砌检测数据。

[0121] 本实施例中,衬砌状态检测模块4优选地包括:三维激光扫描仪、阵列相机以及红外热像仪。三维激光扫描仪、阵列相机以及红外热像仪均设置在隧道巡检机器人本体102a上,其能够跟随隧道巡检机器人本体102a移动到相应位置。其中,三维激光扫描仪能够对隧道进行三维激光扫描,从而得到隧道的三维激光扫描数据;阵列相机能够配合同频器对隧道衬砌轮廓进行检测,从而得到隧道轮廓图像数据;红外热像仪能够对隧道的衬砌表面进行检测,从而得到衬砌表面红外图像数据。

[0122] 当然,在本发明的其它实施例中,衬砌状态检测模块4既可以仅包含以上所列项中的某一项或某几项,也可以包含其它未列出的合理项,抑或是以上所列项中的某一项或某几项与其它未列出的合理项的组合,本发明不限于此。

[0123] 本实施例中,衬砌状态检测模块4在检测得到隧道衬砌检测数据(本实施例中,隧道衬砌检测数据包括:隧道三维激光扫描数据、隧道轮廓图像数据以及隧道红外图像数据)后,会将隧道衬砌检测数据传输至隧道巡检机器人本体,以由隧道巡检机器人本体内的相关电路通过数据传输装置404向外传输。

[0124] 再次如图7所示,可选地,本实施例所提供的隧道巡检系统还可以包括数据分析装置。数据分析装置与隧道巡检机器人1通信连接,其能够接收隧道巡检机器人1所传输来的隧道衬砌检测数据,并通过对接收到的隧道衬砌检测数据进行数据分析来确定出该隧道的衬砌状态。

[0125] 本实施例中,由于隧道巡检机器人1所检测到的隧道衬砌检测数据包含了三类数据(即隧道三维激光扫描数据、隧道轮廓图像数据以及隧道红外图像数据),因此数据分析装置可以通过对这三类数据进行分析来确定出隧道衬砌的多种状态。例如,数据分析装置通过对隧道三维激光扫描数据进行分析可以确定出隧道衬砌变形趋势以及线路沉降趋势,通过对隧道轮廓图像数据进行分析可以确定出隧道裂缝状态,通过对隧道红外图像数据进行分析可以确定出隧道渗漏水状态。

[0126] 本实施例中,数据分析装置优选地包括洞内数据处理装置5以及洞外数据处理装置6。其中,洞内数据处理装置5设置在隧道中,其用于接收隧道衬砌状态检测模块所传输来的隧道衬砌检测数据,并对隧道衬砌检测数据进行初级处理,从而得到初级处理数据。

[0127] 洞外数据处理装置6与洞内数据处理装置5通信连接,其能够对洞内数据处理装置5所传输来的初级处理数据进行进一步处理,从而确定出隧道的衬砌状态。

[0128] 本实施例中洞内数据处理装置的结构示意图如图12所示。本实施例中,洞内数据处理装置5优选地包括:多个无线传输节点601以及洞内监测站602。其中,上述多个无线传输节点601分布在隧道中,具体地可以沿轨道间隔分布在靠近轨道的位置处。例如,各个无线传输节点601可以分布在检测点位置处,这样当隧道衬砌状态检测模块在检测点处对隧道的衬砌状态进行检测时,隧道衬砌状态检测模块所得到的隧道衬砌检测数据也就可以就

近地通过无线传输的方式传输至该位置处的无线传输节点601,再由无线传输节点601传输至洞内监测站。

[0129] 当然,在本发明的其它实施例中,洞内数据处理装置5所包含的无线传输节点还可以采用其它合理方式进行分布,本发明不限于此。例如,在本发明的一个实施例中,无线传输节点601还可以设置在隧道综合洞室内,隧道内可以分布有多个彼此间隔一定距离(例如500m)的隧道综合洞室。

[0130] 本实施例中,洞内监测站602在接收到各个无线传输节点601所传输来的隧道衬砌检测数据后,会对上述隧道衬砌检测数据进行初级处理,从而得到初级处理数据。

[0131] 本实施例中,洞内监测站602优选地设置在检测线路起点处的综合洞室内。当然,在本发明的其它实施例中,洞内监测站602还可以根据实际需要设置在其它合理位置,本发明不限于此。例如,在本发明的一个实施例中,洞内监测站602 还可以设置在诸如检测线路中点处的综合洞室内。

[0132] 具体地,本实施例中,洞内监测站602优选地包括数据抽取模块和数据通信模块。其中,数据抽取模块用于对接收到的隧道衬砌检测数据进行数据抽取,从而得到相应的初级处理数据,并将该初级处理数据传输至与之连接的数据通信模块,以由数据通信模块传输至洞外数据处理装置。

[0133] 本实施例中,数据抽取模块优选地配置为利用预设数据抽取模型过来对隧道衬砌检测数据中指定类型的数据进行数据抽取,从而得到相应的初级处理数据。具体地,由于利用三维激光扫描仪所得到的隧道三维激光扫描数据的数据量较大,因此为了减少后续数据传输过程以及数据处理过程中的数据量,本实施例中,数据抽取模块将会利用预设数据抽取模型(例如预设数据抽取网格)对隧道三维激光扫描数据进行抽取,从而减少隧道三维激光扫描数据的数据量。

[0134] 同时,由于利用阵列相机所得到的隧道轮廓图像数据以及利用红外热像仪所得到的衬砌表面红外图像数据的数据量相对较小,因此为了保证后续处理结果的准确性,本实施例中,数据抽取模块优选地不对上述隧道轮廓图像数据和衬砌表面红外图像数据进行数据抽取,即将上述隧道轮廓图像数据和衬砌表面红外图像数据直接作为初级处理数据中的一部分。

[0135] 当然,在本发明的其它实施例中,根据实际需要,数据抽取模块同样可以对隧道轮廓图像数据和衬砌表面红外图像数据进行数据抽取以及其它数据处理,从而有效减少数据量并保证最终分析结果的精度,本发明不限于此。

[0136] 当利用三维激光扫描仪对隧道进行三维激光扫描时,三维激光扫描仪在隧道巡检机器人的带动下移至相应的检测点并对该检测点所对应的隧道区域(即隧道环形区域)进行三维激光扫描,从而得到该隧道区域的三维激光扫描数据。随后,隧道巡检机器人移动到其它检测点并由三维激光扫描仪对相应检测点所对应的隧道区域进行三维激光扫描,这样也就可以得到该隧道整体的三维激光扫描数据。

[0137] 本实施例中,洞内监测站602能够根据所接收到的各组隧道衬砌检测数据及其对应的位置信息来进行数据拼接,从而得到整个隧道的隧道衬砌检测数据(例如隧道的点云数据)。洞内监测站602通过在本地进行数据拼接,可以使得隧道衬砌状态监测装置在一检测点处完成该检测点处的隧道的衬砌状态监测后,就近地将所得到的一组隧道衬砌检测数

据通过无线传输节点601传输至洞内监测站 602,这样也就使得隧道巡检机器人所配置的数据存储装置也就可以仅仅存储一个检测点所对应的数据量(即一组隧道衬砌监测数据),这样也就有助于降低对数据存储装置的容量以及输出处理性能的需求,进而有助于减小隧道巡检机器人的成本以及体积。

[0138] 利用三维激光扫描仪,洞内数据处理装置可以得到隧道完整的、全面的、连续的、关联的全景坐标数据,即得到密集而连续的点数据(即隧道的点云数据)。图13示出了本实施例中利用三维激光扫描仪所得到的隧道的点云数据。

[0139] 由于隧道的点云数据的数据量非常大,因此如果直接利用该点云数据对隧道的衬砌变形区域以及线路沉降趋势进行分析的话,会导致需要处理分析的数据过多,从而影响数据传输速度以及数据处理效率。针对该问题,本实施例中,洞内数据处理装置在将得到的点云数据传输至洞外数据处理装置前,还会对上述点云数据进行初级处理,从而得到数据量较小的初级处理数据,并将该初级处理数据传输至洞外数据处理装置,以由洞外数据处理装置进行进一步的处理。

[0140] 本实施例中,洞内数据处理装置优选地对三维激光扫描仪所得到的隧道的点云数据进行数据抽取,以得到初级处理数据。其中,本实施例中,洞内数据处理装置优选地利用预设数据抽取网格来得到隧道的初级处理数据。具体地,洞内数据处理装置所使用的数据抽取网格沿隧道轴向的间距为5cm、沿隧道环向的间距为1cm,从而得到如图14所示的隧道切片图,该隧道切片图也就可以视为隧道的衬砌轮廓模型。在图14所示的隧道切片图中,各条环向断面的轴向间距为5cm,组成各条环向断面的数据点的环向间距为1cm。

[0141] 对比图13和图14可以看出,通过对隧道的点云数据进行初级处理,所得到的初级处理数据的数据量相较于原始点云数据明显减少,同时,初级处理数据仍能够准确、全面地表征隧道衬砌变形趋势以及线路沉降趋势。需要指出的是,在本发明的其它实施例中,洞内数据处理装置在进行数据抽取是所使用的预设数据抽取网格的具体参数还可以配置为其它合理数值,本发明不限于此。

[0142] 在得到初级处理数据后,洞内数据处理装置5会将上述初级处理数据传输至与之连接的洞外数据处理装置6。具体地,本实施例中,洞内数据处理装置5优选地利用隧道RTU基站来实现,洞外数据处理装置6优选地配置在路局监测中心。隧道RTU基站在得到初级处理数据后,会利用光纤将初级处理数据传输至隧道口的GSM-R基站下622系统传输口,再通过车站SDH接入TMIS网络传输至路局监测中心的洞外数据处理装置。

[0143] 当然,在本发明的其它实施例中,洞内数据处理装置5与洞外数据处理装置 6之间的数据通信方式还可以采用其它合理方式来实现,本发明不限于此。

[0144] 本实施例中,洞外数据处理装置6优选地包括隧道衬砌轮廓分析模块。其中,隧道衬砌轮廓分析模块与洞内数据处理装置信号连接,其能够将洞内数据处理装置所传输来的初级处理数据中所包含的数据抽取后的隧道三维激光扫描数据与预设隧道基准模型进行对比分析,从而得到该隧道的衬砌变形趋势信息和/或线路沉降趋势信息。

[0145] 可选地,洞外数据处理装置6还可以包含裂缝识别模块和/或渗漏水识别模块。其中,裂缝识别模块与洞内数据处理装置信号连接,其用于根据洞内数据处理装置所传输来的初级处理数据所包含的隧道轮廓图像数据确定该隧道的隧道图像,并对隧道图像进行裂缝识别,从而得到该隧道的裂缝状态信息。

[0146] 渗漏水识别模块同样与洞内数据处理装置信号连接,其用于根据洞内数据处理装置所传输来的初级处理数据所包含的隧道红外图像来确定隧道的温度分布信息,并根据该温度分布信息确定该隧道的渗漏水状态信息。

[0147] 由于隧道渗漏水位置处的温度要低于未发生渗漏水位置处的温度,因此渗漏水识别模块通过对衬砌表面红外图像数据进行分析可以得到衬砌表面各个位置处的温度状态,进而根据衬砌表面各个位置处的温度状态确定出隧道衬砌是否存在渗漏水问题。

[0148] 当然,在本发明的其它实施例中,洞外数据处理装置6还可以采用其它合理方式来根据洞内数据处理装置所传输来的初级处理数据确定隧道的衬砌状态,本发明不限于此。

[0149] 如图12所示,本实施例中,可选地,该隧道巡检系统还可以包括充电桩603。该充电桩603可以设置在监测站所在的综合洞室中,当隧道衬砌状态检测模块完成一次隧道衬砌检测后会返回至该综合洞室内时,此时隧道衬砌状态检测模块也就可以与设置在该综合洞室内中的充电桩603连接,从而利用充电桩603实现对隧道衬砌状态检测模块的充电。

[0150] 需要指出的是,在本发明的其它实施例中,该隧道巡检系统还可以利用隧道巡检机器人返回至综合洞室充电的过程来实现隧道衬砌状态检测模块与监测站之间的数据通信。例如,隧道巡检机器人所包含的数据传输装置可以包括有线数据传输模块。当隧道巡检机器人停靠在洞内监测站时,上述有线数据传输模块将会与洞内监测站内的有线数据传输接口连接,从而将隧道巡检机器人所检测到的各个检测点对应的多组隧道衬砌检测数据传输至洞内监测站。

[0151] 本发明所提供的隧道巡检机器人能够实现对隧道状态的全自动检测,这样也就不需要工作人员在现场进行人工参与,从而节省了隧道状态检测过程中的人力资源,这不仅有助于避免由于人工参与而给工作人员所带来的安全隐患,还有助于提高检测结果的可靠性和准确性。

[0152] 在对隧道状态进行检测过程中,隧道衬砌状态检测模块会沿轨道依次到达各个检测点并停留一定时长。通过这种检测方式,隧道衬砌状态检测模块能够准确、可靠地在各个检测点处对相应区段的隧道状态进行检测,同时,由于各个检测点的位置信息是已知且固定不变的,因此这样也就为后续准确地进行数据拼接奠定了基础。

[0153] 同时,本发明所提供的隧道巡检系统通过对所得到的隧道衬砌检测数据分别进行洞内数据处理和洞外数据处理来最终确定隧道的衬砌状态。其中,通过洞内数据处理能够有效地减少需要向洞外数据处理装置所传输的数据量,这样也就有提高数据传输效率以及整个隧道状态分析系统的工作效率。

[0154] 此外,该隧道巡检系统通过洞外数据处理能够降低完全通过洞内数据处理来确定隧道的衬砌状态而导致的对洞内数据处理装置所提出的高性能要求,洞内数据处理装置数据处理性能的降低有助于减少装置自身的体积以及成本,从而有助于洞内数据处理装置在隧道内的合理布局。

[0155] (二) 外在环境状态监测

[0156] 在一实施例中,对风险隧道的外在环境状态进行监测,包括:利用环境监测仪器监测风险隧道所处环境的大气环境以及水利环境。

[0157] 具体的,在一实施例中,利用环境监测仪器监测风险隧道所处环境的大气环境以及水利环境,包括:

[0158] 监测风险隧道所处环境的水位水压；

[0159] 监测风险隧道所处环境中的有害气体状况；

[0160] 监测风险隧道所处环境中的粉尘状况。

[0161] 进一步的,在其他实施例中,对风险隧道的大气环境以及水利环境进行监测也可以只包括上述任意一项或几项的组合。

[0162] 进一步的,在另一实施例中,对风险隧道的外在环境状态进行监测,包括:利用图像采集设备获取风险隧道所处环境的地貌外观从而监测风险隧道所处环境的地质状态。

[0163] 具体的,在一实施例中,利用图像采集设备获取风险隧道所处环境的地貌外观从而监测风险隧道所处环境的地质状态,包括:

[0164] 根据风险隧道洞口以及上方山体视频/图像资料确定风险隧道的洞口危岩落石情况;

[0165] 根据风险隧道边坡视频/图像资料确定风险隧道的边坡微变形状态。

[0166] 进一步的,在其他实施例中,对风险隧道所处环境的地质状态进行监测也可以只包括上述任意一项。

[0167] 接下来以一具体应用环境详细描述本发明一实施例的实施细节。在一实施例中,对风险隧道进行内在物理状态以及外在环境状态的综合实时监测。

[0168] 在内在物理状态的实时监测中,执行内力状态以及变形状态的综合监测。如图15所示,在内力状态监测中监测风险隧道的围岩接触压力、锚索受力、锚杆受力、初支钢架内力、衬砌水压以及二衬内力。如图16所示,在变形状态监测中监测风险隧道的地表状态、围岩体内位移状态、断面收敛状态、衬砌表面裂缝、轨道以及基地沉降。

[0169] 在外在环境状态的实时监测中,执行环境状态(大气环境以及水利环境)监测以及地质状态监测的综合监测。具体的,如图17所示,通过环境监测以及视频监控实现针对水位水压、有害气体状况、粉尘状况、洞口危岩落石情况以及边坡微变形状态的监测。

[0170] 进一步的,为了便于分析周期/日常检测以及实时重点监测的检测/监测结果,在一实施例中,统一保存周期/日常检测的检测结果以及重点监测的监测结果。

[0171] 具体的,在一实施例中,建立隧道信息数据库,将周期/日常检测的检测结果以及重点监测的监测结果统一存入隧道信息数据库。进一步的,在一实施例中,将验收检测的检测结果、地质勘探结果、隧道施工设计方案和/或施工现场数据也存入隧道信息数据库中。

[0172] 进一步的,由于实时监测数据、周期/日常检测数据、验收检测数据以及设计施工数据(地质勘探结果、隧道施工设计方案和/或施工现场数据)的数据种类繁多且具有较长的时间跨度,各个种类间以及时间节点间的数据,有些具备关联性(例如隧道内部状态监测数据中相互间存在联动关系的隧道物理状态检测结果),而有些并不具备关联性(例如隧道外部视频监控图像与隧道内部状态监测数据,其仅从属于同一隧道标签下)。因此,在一实施例中,隧道信息数据库采用关系型数据库与非关系型数据库相结合的混合架构设计。

[0173] 进一步的,在一实施例中,隧道信息数据库包括实时数据区、大数据区、归档数据区与样本数据区。

[0174] 具体的,在一实施例中,实时数据区存放评测系统的业务应用层的各个业务模块产生的数据(评测过程中的实时分析结果以及中间数据),以及重点监测实时采集传输回来的监测数据(实时监测数据中的环境监测数据,实时监测数据中的视频数据由于数据量大,

因此不放在此区域)。

[0175] 大数据区存放验收检测采集到的待处理的原始雷达数据,以及车辆周期检测和人工日常检测采集到的待处理的点云数据、图像数据以及雷达数据,以及重点监测采集到的雷达数据以及视频数据。原始数据都有时间标签、隧道标签与里程标签。

[0176] 归档数据区存放经过数据分析处理后的结果数据。

[0177] 样本数据区存放雷达、点云、图像以及视频数据中提取出的样本。

[0178] 进一步的,在数据采集过程中,采集到的数据并不是全体都是可用于分析的有效数据(例如雷达数据、视频数据以及图像数据中会包含很多与隧道无关的数据),无效数据不仅会占据很大的数据存储空间而且会干扰数据分析的进行,大大拖慢数据分析进程,影响数据分析结果的及时性以及准确率。

[0179] 因此,在一实施例中,采集隧道相关数据并存入隧道信息数据库,包括:

[0180] 根据数据分析需求对设计施工数据、验收检测数据、周期/日常检测数据和/或实时监测数据进行数据快速处理。

[0181] 具体的,在一实施例中,针对雷达数据进行前期的傅里叶变换、背景去噪等步骤,利用云平台的集群计算环境,采用并行计算的方式进行快速处理。针对视频数据进行压缩以及图像抽样,针对图像数据进行压缩以及裁剪等。

[0182] 进一步的,在一实施例中,原始雷达数据、视频数据被快速数据处理后的有效数据存放至归档数据区。

[0183] 进一步的,在一实施例中,方法还包括:

[0184] 分析所述周期/日常检测的检测结果,生成非风险隧道状态分析结果;

[0185] 结合风险隧道的周期/日常检测的检测结果,实时分析风险隧道的重点监测结果,生成风险隧道状态分析结果。

[0186] 进一步的,由于设计施工数据以及验收检测数据属于一次性数据,在隧道设计施工完成或隧道验收完成后就不会更改,因此其可以反映隧道的初始状态。而周期/日常检测数据以及实时监测数据是伴随隧道状态的变化而变化的,其反映的是隧道的当前状态。因此,在一实施例中,根据设计施工数据和/或验收检测数据确定隧道的初始状态,结合隧道的初始状态分析周期/日常检测数据和/或实时监测数据(例如采用对比验证的方法)来确定隧道的当前状态。相较于仅凭周期/日常检测数据和/或实时监测数据来确定隧道的当前状态,其准确率大大提高。

[0187] 进一步的,由于实时监测数据的及时性远远高于周期/日常检测数据。因此,在一实施例中,对实时监测数据进行实时分析,并在分析时参考最新的周期/日常检测数据的分析结果,从而进一步提高实时监测数据的分析结果的准确性。

[0188] 具体的,如图18所示,在一实施例中,分析设计施工数据、验收检测数据、周期/日常检测数据和/或实时监测数据,生成隧道状态分析结果,包括:

[0189] 分析设计施工数据和/或验收检测数据(S1711)生成隧道初始状态分析结果(S1712);

[0190] 基于隧道初始状态分析结果分析周期/日常检测数据(S1721)生成隧道周期检测分析结果(S1722);

[0191] 根据隧道周期检测分析结果确定非风险隧道状态(S1723);

[0192] 基于隧道初始状态分析结果以及隧道周期检测分析结果分析实时监测数据(S1731)生成隧道实时监测分析结果(S1732)；

[0193] 根据隧道实时监测分析结果确定风险隧道状态(S1733)。

[0194] 进一步的,在一实施例中,根据隧道初始状态分析结果和/或隧道周期检测分析结果确定风险隧道。

[0195] 进一步的,在很多应用场景中,隧道检测的目的就是提前预测隧道病害或者是在隧道病害发生时及时发现,从而能够尽快进行预防或是补救。然而,在现有技术中,采用人工分析识别的方式很难保证隧道病害识别的提前性、及时性以及有效性。针对上述问题,在一实施例中,在分析设计施工数据、验收检测数据、周期/日常检测数据和/或实时监测数据的过程中自动进行隧道病害的预测以及识别。

[0196] 具体的,在一实施例中,分析设计施工数据、验收检测数据、周期/日常检测数据和/或实时监测数据,包括:获取隧道的衬砌结构缺陷、裂缝和/或渗漏水状态分析结果,识别隧道病害。

[0197] 进一步的,为了提高隧道病害预测识别的准确率,在一实施例中,采用了深度学习以及数据挖掘的方法。具体的,在一实施例中,获取隧道的衬砌结构缺陷、裂缝和/或渗漏水状态分析结果,识别隧道病害,包括:

[0198] 获取隧道病害特征以及相关的设计施工数据、验收检测数据、周期/日常检测数据和/或实时监测数据的历史样本数据;

[0199] 基于历史样本数据进行模型训练,获取设计施工数据、验收检测数据、周期/日常检测数据和/或实时监测数据与隧道病害间的关系模型;

[0200] 基于关系模型根据设计施工数据、验收检测数据、周期/日常检测数据和/或实时监测数据进行隧道的衬砌结构缺陷、裂缝和/或渗漏水状态分析,识别隧道病害。

[0201] 具体的,在一实施例中,衬砌结构缺陷,以雷达图像为输入项。首先,提取各类典型衬砌缺陷的雷达图像样本建立训练样本库,提取各类型的雷达图像特征,包括时域、频域、时频域和关联病害特征(该位置是否有表观病害、是否衬砌厚度不足、是否钢筋钢架分布不足),采用深度学习或支持向量机等模式识别技术,进行训练,再利用训练后的模型进行病害的智能识别。即,输入为雷达图像,输出为病害类别。

[0202] 裂缝以及渗漏水采用与衬砌结构缺陷相似的学习训练过程。建立样本库,提取病害特征,训练模型,利用训练后的模型进行识别。具体的,裂缝以相机的图像和点云数据为输入项。渗漏水以红外热像仪采集的红外图像为输入项。

[0203] 进一步的,在一实施例中,针对不同类的病害进行进一步的深度学习以及数据挖掘,判断不同类的病害间是否有相关性。例如,表观病害位置是否内部一定有缺陷。内部缺陷是否一定会引起表观病害。

[0204] 进一步的,在一实施例中,基于隧道的所有相关数据智能诊断隧道状态,从而使得用户从整体把握隧道状态,而不是基于某一个方面片面监控隧道。具体的,在一实施例中隧道状态智能诊断的输入项包括结构缺陷、表观缺陷的现有数量、密度,以及缺陷的历史发展趋势;诊断结果则是以某一长度为评价单元,各个评价单元健康状态的分级,以及相应的整治方案的建议。

[0205] 进一步的,在一实施例中,最终的评测报告是针对多类不同权限的用户的。具体

的,用户包括:铁路总/分公司各级管理部门以及各级技术人员。为保证评测报告的针对性,针对不同的用户从属单位以及权限,生成对应区域路段所包含的隧道的评测报告。并且,针对不同用户的职位类型,生成对应不同需求的评测报告。

[0206] 具体的,在一实施例中,评测报告包括:

[0207] 隧道检测项目管理报告,包括每个项目的委托单位、检测隧道及里程、检测设备及参数、检测报告等信息,检测数据的上传、下载,以及项目进度跟踪功能。

[0208] 隧道健康档案管理报告,各个检测过的隧道建立一个档案,包括其设计资料、地质资料,施工单位、建设单位、运营单位等信息,关联其所有的检测项目、检测数据,还包括病害信息和整治措施、整治结果等,可标注重点关注病害、重点关注区段,跟踪同一病害的发展变化趋势。

[0209] 衬砌缺陷识别报告,包括衬砌结构缺陷与表观缺陷两部分,数据结果是病害列表,包括病害类型、起止里程、参数(裂缝长度、空洞大小等)。

[0210] 进一步的,为了提高应对隧道异常情况的及时性,在一实施例中,方法还包括自动预警步骤。具体的,如图19所示,在一实施例中:

[0211] S1810,基于隧道状态分析结果判断是否预警;

[0212] S1811,当不需要预警时正常保存隧道状态分析结果;

[0213] S1820,当需要预警时根据隧道状态分析结果确定预警方式;

[0214] S1830,主动进行预警。

[0215] 具体的,在一实施例中,根据病害的严重程度以及解决方式确定预警方式。例如:

[0216] 当病害不严重不需要立刻处理时,后台保存警告日志并提醒用户查阅;

[0217] 当病害严重但无法判断其解决方案时,主动输出预警到后台监控人员;

[0218] 当病害严重需要现场人员立刻按照预定解决方案及时解决时,主动输出预警到现场工作人员。

[0219] 进一步的,在很多应用场景中,多个隧道间或是同一个隧道的各个区段间并不是孤立的,其具有相关性。针对这种情况,在一实施例中,生成匹配用户需求的隧道状态评测报告,包括:确定相互间存在关联影响的隧道/隧道区段,生成整体隧道评测报告。

[0220] 具体的,在一实施例中,在整体隧道评测报告中不仅包含整体的隧道状态描述,还包含整体的解决方案描述。例如,通过相邻位置或者相似结构的隧道/隧道区段的隧道状态的对比描述来凸显目标隧道/隧道区段的当前状态;在整治目标隧道/隧道区段时需要考虑的整治行为对相邻隧道/隧道区段的影响;对多个目标隧道/隧道区段的整体整治方案等。

[0221] 虽然本发明所公开的实施方式如上,但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式,并非用以限定本发明。本发明所述的方法还可有其他多种实施例。在不背离本发明实质的情况下,熟悉本领域的技术人员当可根据本发明做出各种相应的改变或变形,但这些相应的改变或变形都应属于本发明的权利要求的保护范围。

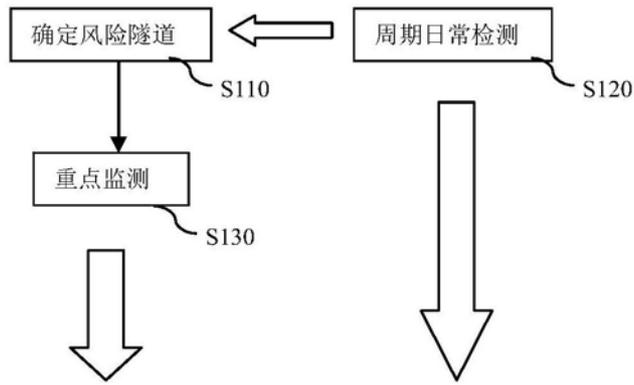


图1

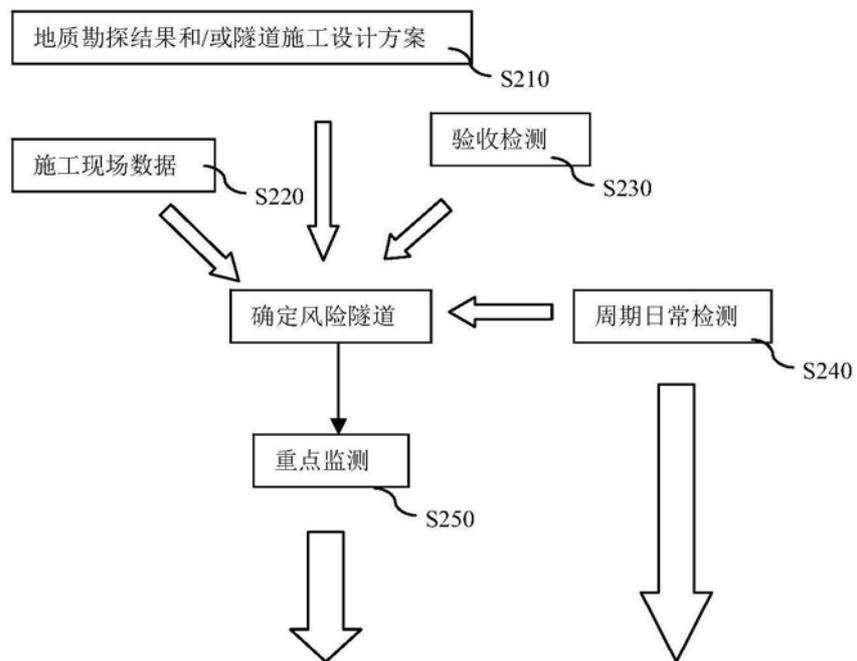


图2

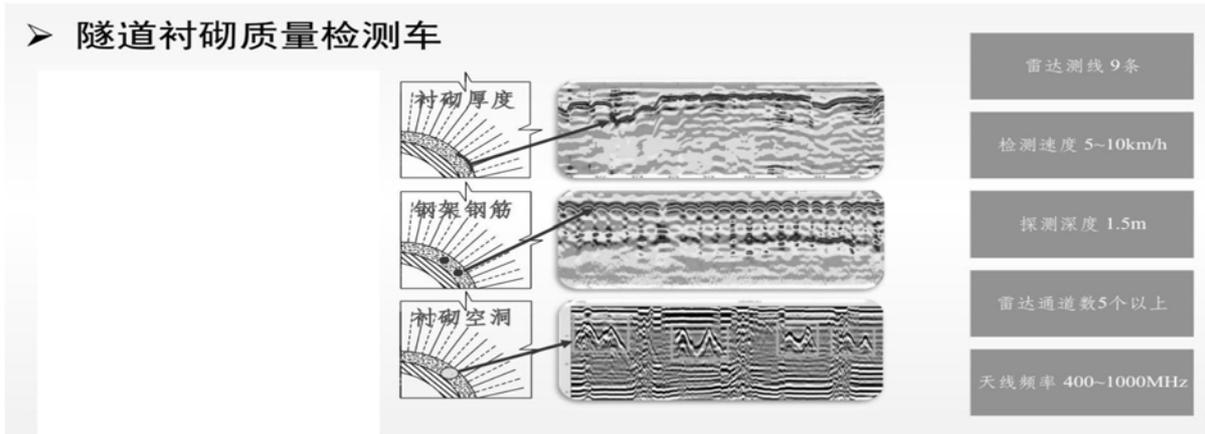


图3

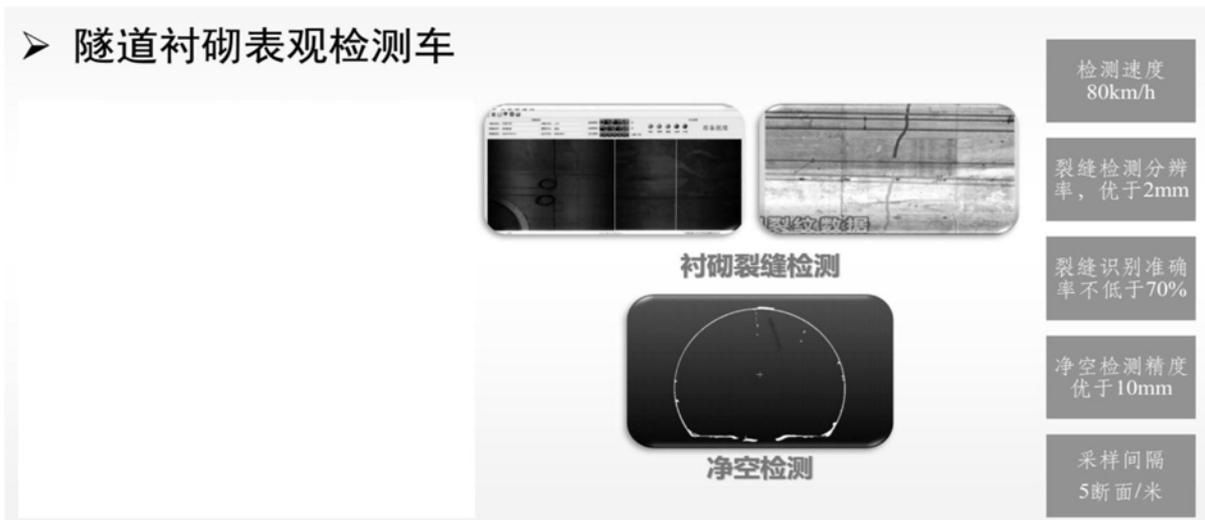


图4

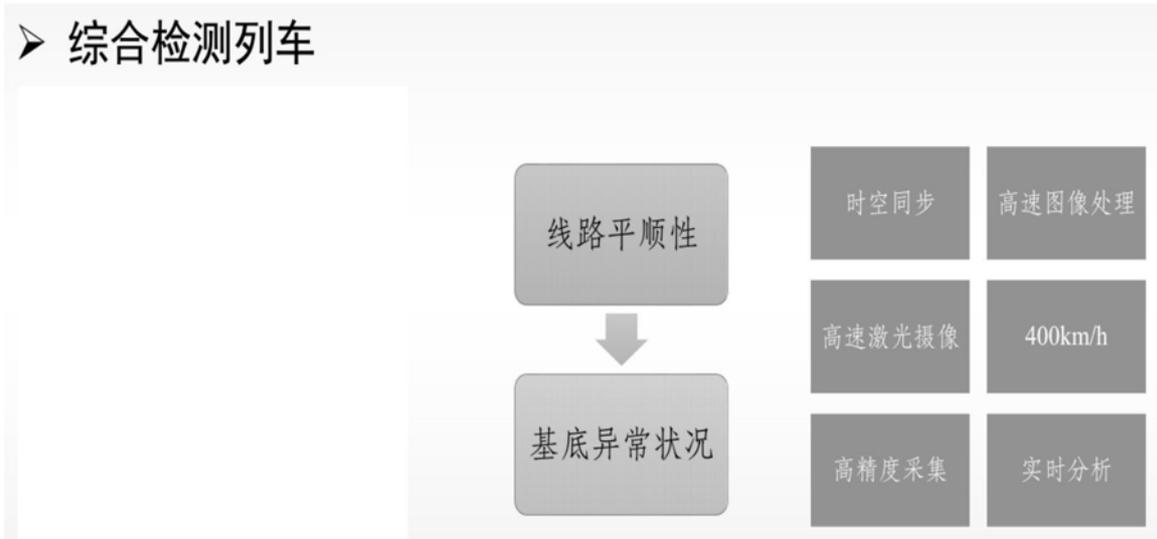


图5

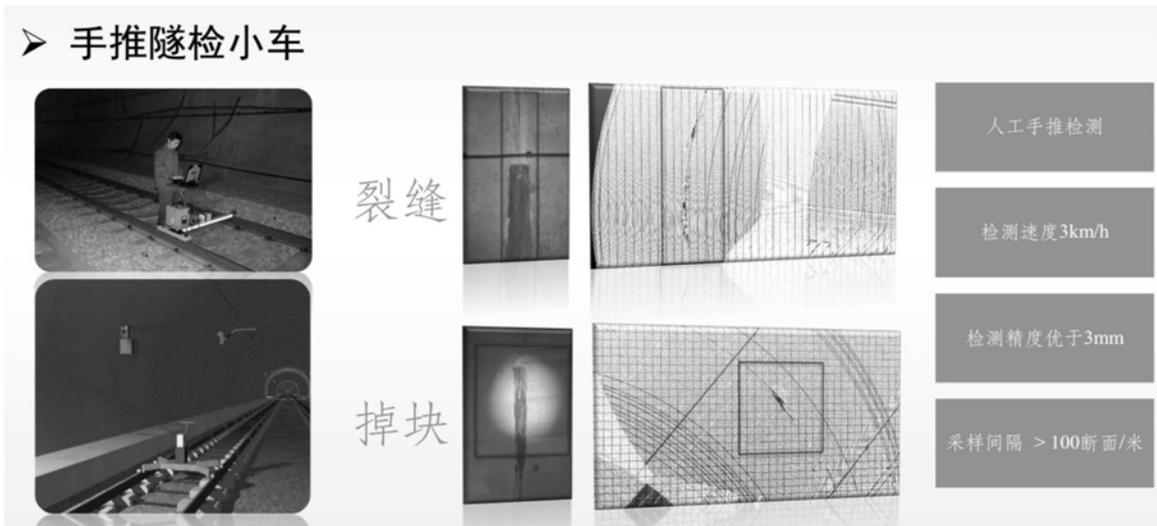


图6

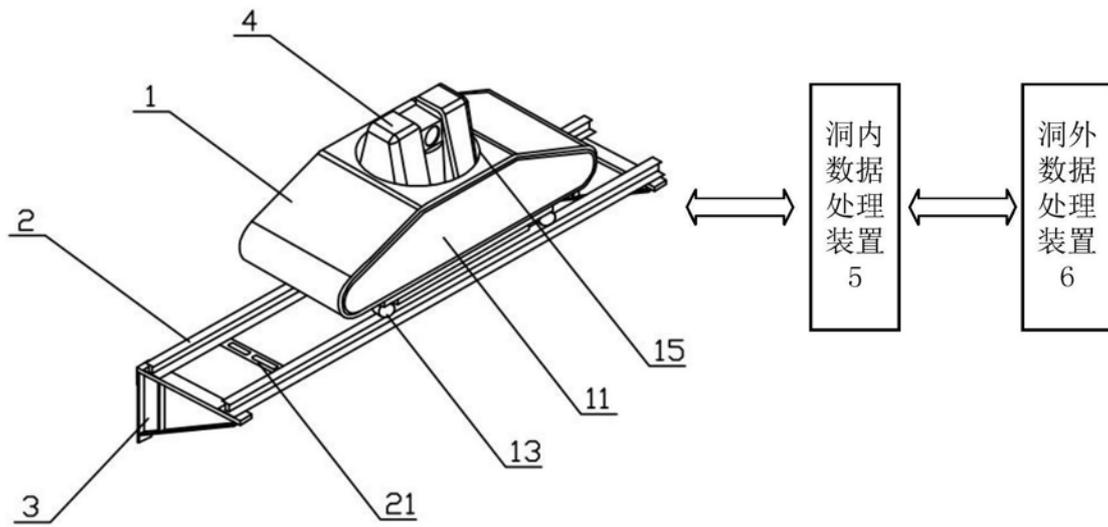


图7

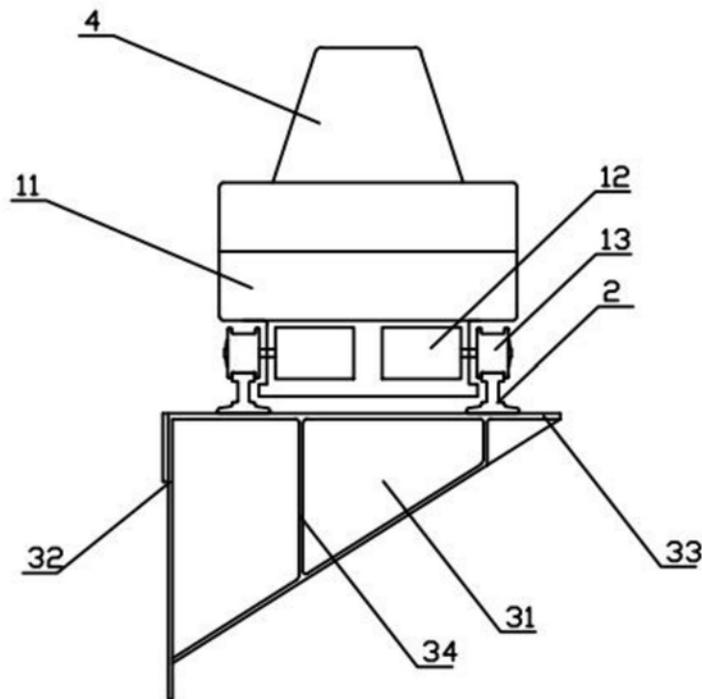


图8

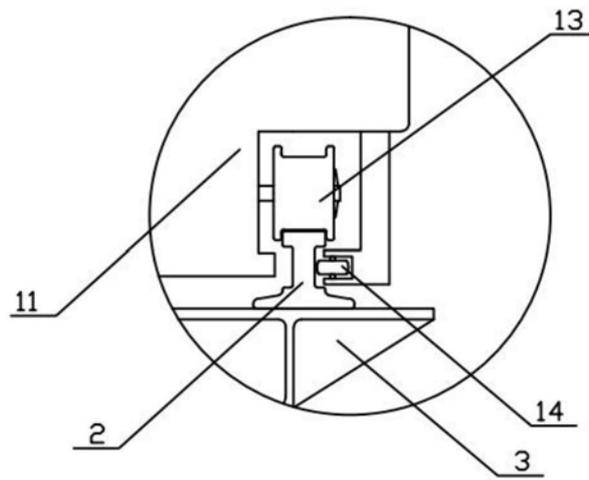


图9

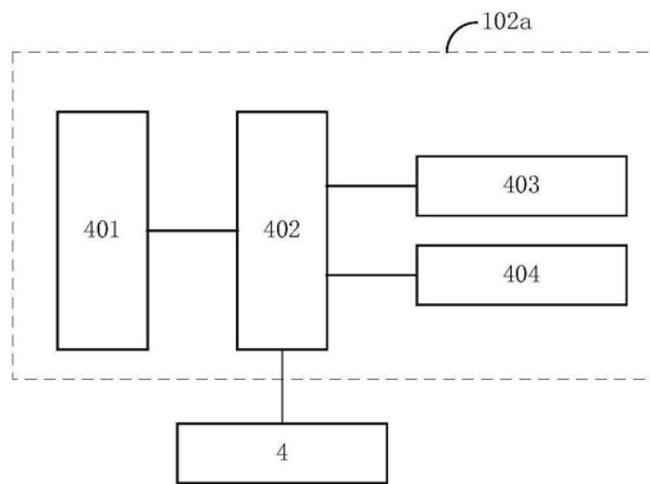


图10

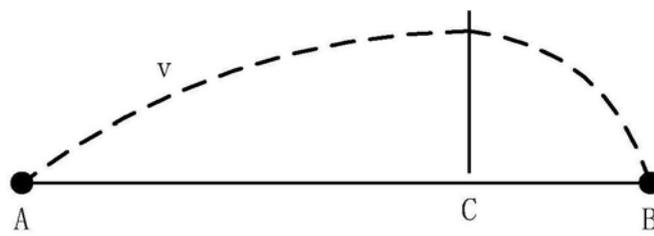


图11

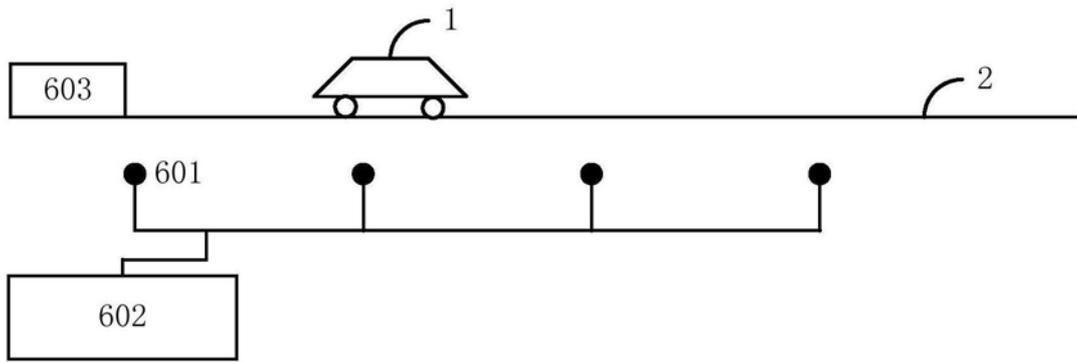


图12



图13

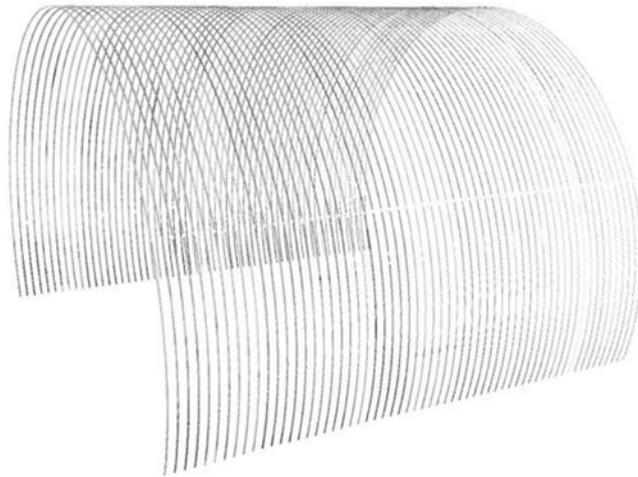


图14

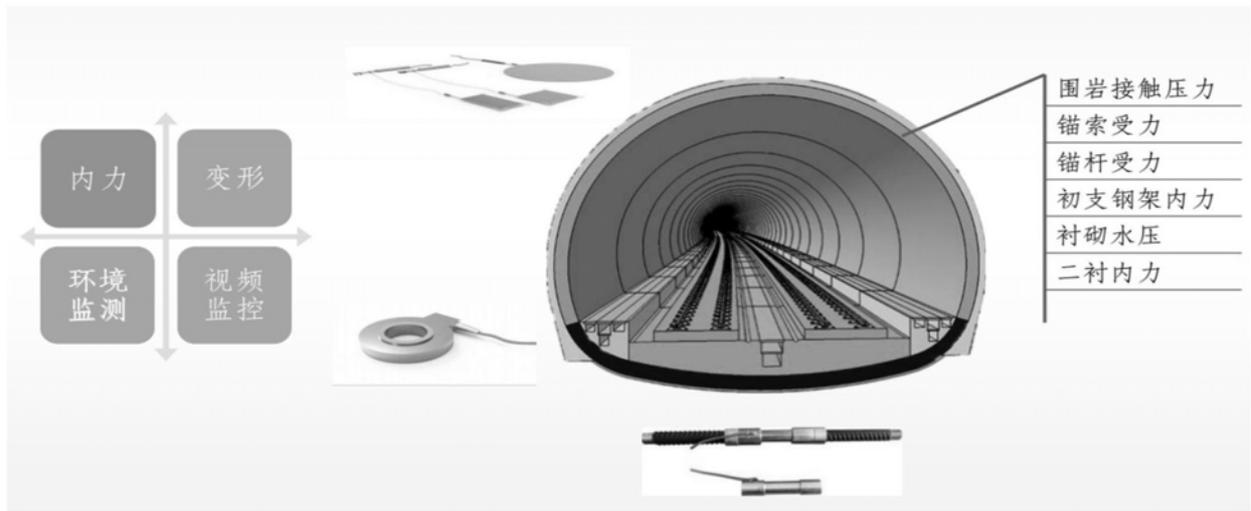


图15



图16

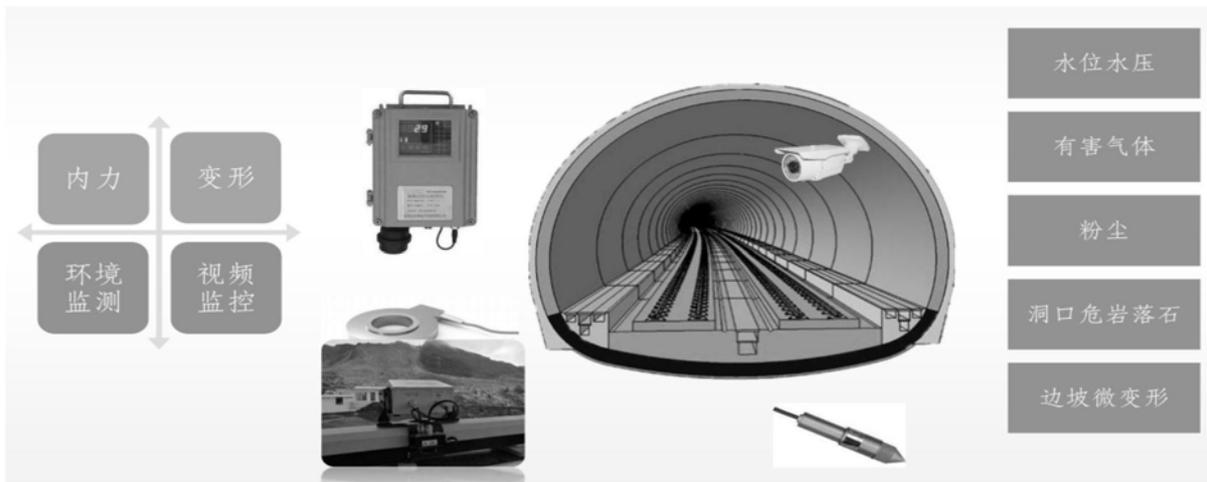


图17

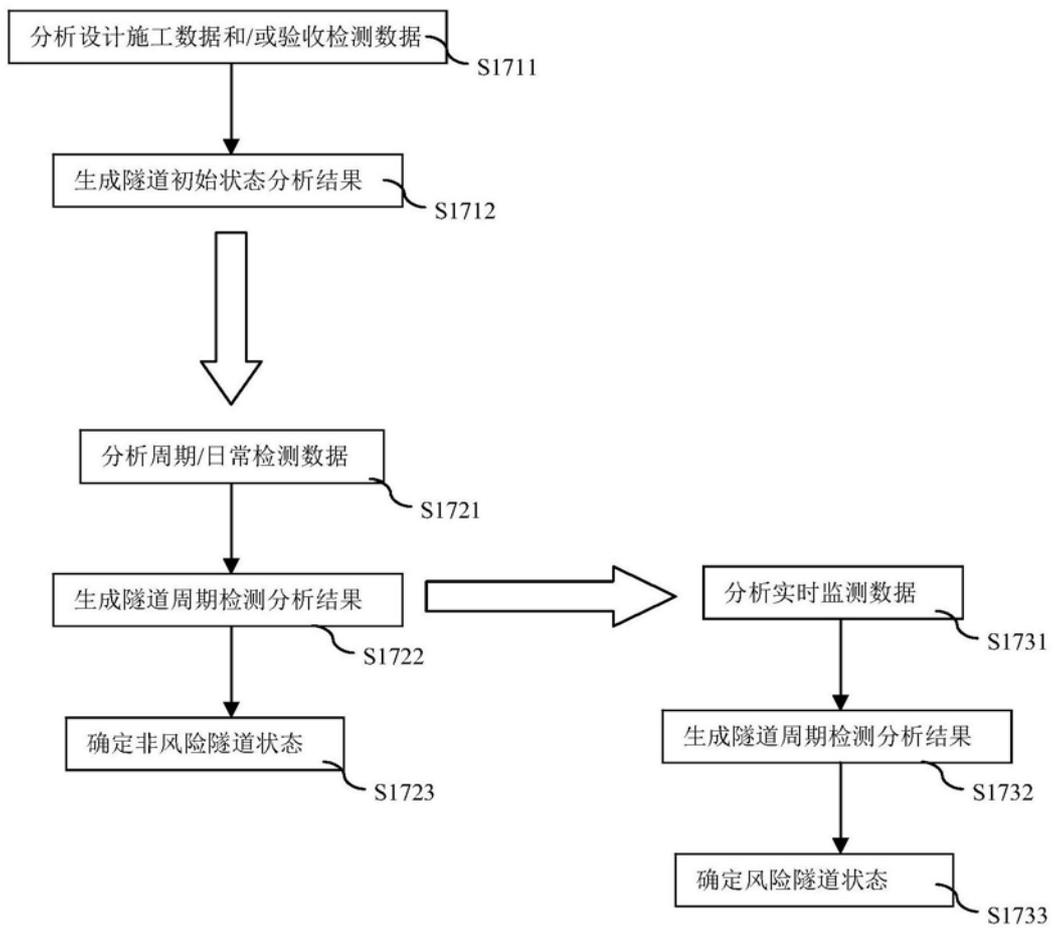


图18

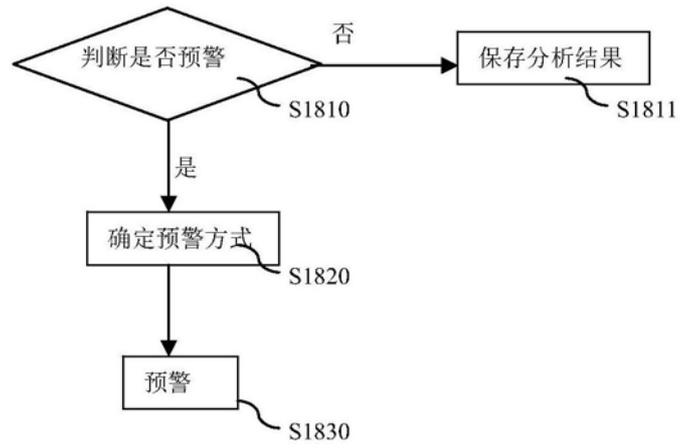


图19