(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 113338355 B
(45)授权公告日 2021.12.14

(21)申请号 202110547639.1
(22)申请日 2021.05.19
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113338355 A
(43)申请公布日 2021.09.03
(73)专利权人 中国建筑第二工程局有限公司
地址 100070 北京市丰台区汽车博物馆东路6号院E座
(72)发明人 李敏 史静 陈楠 罗伟 刘嘉锋
(74)专利代理机构 北京中建联合知识产权代理事务所(普通合伙) 11004
代理人 周娓娓 晁璐松
(51)Int.Cl.
E02D 31/12(2006.01)
E02D 5/74(2006.01)
E02D 29/045(2006.01)
E02D 15/00(2006.01)
E02D 31/02(2006.01)
E02D 31/06(2006.01)

(56)对比文件
CN 105040705 A,2015.11.11
CN 112627832 A,2021.04.09
CN 109667537 A,2019.04.23
CN 211113598 U,2020.07.28
CN 108149672 A,2018.06.12
CN 104153352 A,2014.11.19
US 2013/0236251 A1,2013.09.12
WO 2011051782 A3,2012.01.19
张怀生.典型喀斯特地区地下室抗浮锚杆设计及施工要点.《山西建筑》.2020,

审查员 赵胥英

权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法

(57)摘要

本发明公开了一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，施工时，钻孔前进行判岩，而后针对不同的土层使用不同的钻头，从而保证了成孔的质量和效率；且在钻孔的过程中结合钻进速度、返浆速率和钻进深度等，可有效减少在强发育溶洞钻进过程中溶洞的影响和即时补救；通过二次注浆的方法进行灌浆料的施工，一方面利于精准注浆和分段操作，另一方面便于对溶洞进行应对性施工及时采取措施；明通过高强钢筋制作机械锚固的抗浮锚杆，不仅有效的利用了钢筋，还进一步减少的底板混凝土的厚度约和基坑开挖的深度，大大的节约了成本；且对于机械锚固时的定位、固定和防水防腐处理更是极大的保证了施工质量和受力性能。

CN 113338355 B

1.一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，包含地下室底板(1)、地下室底板(1)下方具有强发育地下溶洞，溶洞状态为全填充和/或半填充，环境类别为微腐蚀环境；

施工方法的具体步骤为：

步骤一、先行进行地下室底板(1)的垫层浇筑，待混凝土强度达到设计值后进行锚杆成孔作业；锚杆施工前根据设计将锚杆进行编号，按组合顺序依次进行编号，方便定位放线施工；定位好的锚杆经复核验收后进行钻孔施工；

步骤二、锚杆的入射角度为90°，设备安装调试好后，每个钻孔开孔前均要对中好中心点位，误差小于20mm；若开孔即为中风化岩层，开孔即使用合金钻或金刚石钻进行施工；对于部分区段开孔部位有粘土层时，钻进采用麻花钻头加麻花钻杆取土钻孔，直至取土引孔至风化石岩面，退出麻花钻具，再次更换合金钻或金刚石钻头进行施工；在粉质粘土层、上层溶洞填充物部分锚杆施工采用螺旋钻取土成孔，进入中风化岩石、破碎中风化区域采用金刚石复合片钻头；

步骤三、钻进过程中，时刻观察钻头钻速和钻进深度的变化，在入岩后如果出现同样的钻速下突然钻进深度加大，则考虑底部存在溶洞；或保持速度继续钻进时，如果发现钻速突然变小与岩层钻进的速度相同时，则考虑穿过溶洞，此时的记录为溶洞的深度；钻进时也观察洞口返浆速度的变化，如果入岩后返浆速度突然变小，甚至不返浆，则考虑底部存在溶洞；

步骤四、钻进的过程中，一边钻进一边利用钻杆内的泥浆管输送泥浆，保证孔内泥浆的流动性，将孔底的碎石、沉渣，通过正循环的形式清理出来；确保入中风化岩深度不少于4.5m；成孔后应反复清水冲洗孔内沉积物，达到清孔的效果；

对于步骤四中，场地地下地质情况复杂变化较大时，岩溶发育强烈，溶洞大量存在且分布不规律，岩层内部存在大量节理、且岩层较硬，位于中风化区域存在大量破碎带，抗浮锚杆工作需要有效入岩深度保证：由此，根据抗浮锚杆设计情况，底板下的锚杆总长度，确定锚杆入岩的初步位置；根据地勘报告，锚杆孔位周边的地勘孔情况，根据剖面图，确定进入持力层的中风化岩层标高范围，实际施工时，在进入稳定持力层后，着重观察泥浆反浆情况及泥浆带出杂质、钻头钻速和钻进深度的变化情况的情况，以此判断是否进入持力层，是否有溶洞、破碎带存在，如持续钻进不少于4.5m均为稳定持力层，经判岩后确定终孔；

步骤五、下锚杆前做闭水试验，检查注浆管有无破裂和堵塞，接口位置是否牢固；试验时，将一根注浆管绑扎在锚杆上，绑扎松紧适度；注浆管下端比锚杆体下端短不少于150mm，下端管口用胶布暂时封闭；其中，锚杆为高强钢筋；

步骤六、进行第一次注浆，一次注浆灌浆料选用水灰比为0.5~0.55的纯水泥浆(6)，普通硅酸盐水泥的强度等级为42.5MPa；根据情况加入水泥重量5‰的高效减水剂；注浆压力值在0.3MPa~3.0MPa之间，根据现场施工前成桩试验确定；

步骤七、进行第二次注浆，二次注浆材料选用水灰比为0.45~0.5的纯水泥浆(6)，二次注浆在一次注浆完成后0.5h左右进行，注浆压力不低于0.4MPa；注浆压力与注浆时间可根据锚固段体积确定，分段依次由下至上进行；注浆套管在一次注浆前预埋入锚体，注浆套管四周开孔；

若二次注浆后液面下降较快，主要原因是由于钻进过程中遇到溶洞存在，成孔过程出

现的塌孔；则进行分次、多次补浆，直至液面不再下降；如果溶洞范围偏大，多次补浆仍未达到要求，则采用高压旋喷桩进行溶洞处理，然后再继续下钻至稳定岩层；

步骤八、注浆施工完成后安排专人对锚杆进行养护和保护工作，自然养护时间10d~14d，直至锚杆体达到设计强度；将锚杆顶部与机械锚头(4)螺纹连接，而后在锚固段注浆固结体强度达到设计强度的80%后进行锚杆抗拔试验，确保锚杆受力符合设计要求；其中，锚杆抗拔试验包含多循环锚杆试验和单循环锚杆；

步骤九、锚杆机械锚固加工完成后，根据杆体的长度确定好自由段的位置，根据设计要求自由段长度对锚杆自由段(2)采取防腐和防水处理；从而完成判岩和机械锚固的施工。

2.如权利要求1所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，对于步骤一中，锚杆孔位定位误差不大于20mm；对于步骤二中，对中完成后将钻机的动力塔架调直，垂直偏差小于1%，孔中偏移度不大于5%；对中调平后，启动锚杆钻机进行钻孔。

3.如权利要求1所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，对于步骤三中，开始钻进作业时采用低档钻进，确保开孔位置准确，不因开孔时钻机晃动过大而偏位；当钻具钻进深度超过1米后再选用中速档或高速档钻进。

4.如权利要求1所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，对于步骤五中，所述锚杆包含下部的锚杆自由段(2)和上部的锚杆锚固段(3)，锚杆锚固段(3)顶部螺纹连接机械锚头(4)，三个锚杆为一组且通过分隔架(7)进行分隔；分隔架(7)为三个扇形挡板组成且每个分隔幅面为120°，锚杆设置于两相邻挡板连接阴角处；锚固板采用圆形锚固板，尺寸不小于直径60mm×厚度28mm，锚固板自带丝扣，拧紧后，丝扣外露1p~1.5p。

5.如权利要求4所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，锚杆锚固段(3)与锚杆自由段(2)连接处设置有预埋定位板，安装时通过预埋定位板限定锚杆锚固段(3)的侧向位移，且锚杆锚固段(3)的长度不小于地下室底板(1)且锚杆锚固段(3)呈放射状向四周延伸。

6.如权利要求1所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，对于步骤六进行注浆时，用压浆泵进行灌浆时，将一根Φ30mm的PVC管或胶管作为导管，一端与压浆泵相连，另一端与锚杆同时送入孔底；注浆管端保持距孔底150mm，维持一定的灌浆压力；随着浆液的灌入，当见到浆液从孔口外溢时，即可认为初次灌浆完成；灌浆要连续，不得中断，并应在初凝前用完。

7.如权利要求1所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，对于步骤八中，多循环验收试验的锚杆数量占总数不少于5%，剩余均为单循环锚杆试验；多循环锚杆试验和单循环锚杆试验均应分级加荷，初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计值的0.1倍，分0.4、0.6、0.8和1.00倍级别，其中；多循环锚杆试验各级持荷时间不少于10min，单循环锚杆试验各级持荷时间不少于5min。

8.如权利要求7所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，对于锚杆抗拔试验合格的判定，根据最大试验荷载下所测得的总位移量，超过该荷载下杆体自由段长度理论弹性伸长值的80%，且小于杆体自由段长度与1/2锚固段长度之和的理论弹性伸长值，即为合格；在最后一级荷载作用下1~10min锚杆的蠕变量不大于1.0mm，如

超过，则6~60min蠕变量不大于2.0mm，即为合格。

9.如权利要求1所述的一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，其特征在于，对于步骤九中，对锚杆自由段(2)采取防腐处理，将单根钢筋表面清理干净，除去锈蚀及污渍，自然晾干除去水份后涂刷防腐油一层，均匀涂刷，完成后采用塑料管(5)套在锚杆自由段(2)的位置，塑料管(5)比锚杆自由段(2)长不少于100mm，采用烤灯将塑料管(5)两个端头位置热熔使其与锚杆端部粘接一起，自然冷却后，采用工程防水胶带将两端缠绕，进一步防水，保证塑料管(5)与锚杆的间隙；注浆后顶部封口位置水泥浆(6)厚度不应小于100mm。

一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于岩溶地区施工技术领域，特别涉及一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法。

背景技术

[0002] 随着我国建筑行业的快速发展，城市地下空间资源的开发利用也越来越受到重视，而地下建筑往往容易受到地下水的影响出现基础整体上浮、上部建筑物倾斜或基础底板开裂等现象。抗浮锚杆因具有承载力高、可以分散应力、施工方便、造价低等优势被越来越广泛应用。特别是地下水位较高地区，建成后建筑物重量及覆土重量不能满足结构抗浮要求，故需要进行抗浮设计，可在岩溶地区如何结合地区地质进行抗浮锚杆的钻孔、过程控制以及锚杆分段设计等施工缺少针对性技术方案。

发明内容

[0003] 本发明提供了一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，用以解决强发育岩溶地区的钻孔、注浆以及抗浮锚杆施工等技术问题。

[0004] 为实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

[0005] 一种强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法，包含地下室底板、地下室底板下方具有地下溶洞，溶洞状态为全填充和/或半填充，环境类别为微腐蚀环境；

[0006] 施工方法的具体步骤为：

[0007] 步骤一、先行进行地下室底板的垫层浇筑，待混凝土强度达到设计值后进行锚杆成孔作业；锚杆施工前根据设计将锚杆进行编号，按组合顺序依次进行编号，方便定位放线施工；定位好的锚杆经复核验收后进行钻孔施工；

[0008] 步骤二、锚杆的入射角度为90°，设备安装调试好后，每个钻孔开孔前均要对中好中心点位，误差小于20mm；若开孔即为中风化岩层，开孔即使用合金钻或金刚石钻进行施工；对于部分区段开孔部位有粘土层时，钻进采用麻花钻头加麻花钻杆取土钻孔，直至取土引孔至风化石岩面，退出麻花钻具，再次更换合金钻或金刚石钻头进行施工；在粉质粘土层、上层溶洞填充物部分锚杆施工采用螺旋钻取土成孔，进入中风化岩石、破碎中风化区域采用金刚石复合片钻头；

[0009] 步骤三、钻进过程中，时刻观察钻头钻速和钻进深度的变化，在入岩后如果出现同样的钻速下突然钻进深度加大，则考虑底部存在溶洞；或保持速度继续钻进时，如果发现钻速突然变小与岩层钻进的速度相同时，则考虑穿过溶洞，此时的记录为溶洞的深度；钻进时也观察洞口返浆速度的变化，如果入岩后返浆速度突然变小，甚至不返浆，则考虑底部存在溶洞；

[0010] 步骤四、钻进的过程中，一边钻进一边利用钻杆内的泥浆管输送泥浆，保证孔内泥浆的流动性，将孔底的碎石、沉渣，通过正循环的形式清理出来；确保入中风化岩深度不少于4.5m；成孔后应反复清水冲洗孔内沉积物，达到清孔的效果；

[0011] 步骤五、下锚杆前做闭水试验，检查注浆管有无破裂和堵塞，接口位置是否牢固；试验时，将一根注浆管绑扎在锚杆上，绑扎松紧适度；注浆管下端比锚杆体下端短不少于150mm，下端管口用胶布暂时封闭；其中，锚杆为高强钢筋；

[0012] 步骤六、进行第一次注浆，一次注浆灌浆料选用水灰比为0.5~0.55的纯水泥浆，普通硅酸盐水泥的强度等级为42.5MPa；根据情况加入水泥重量5‰的高效减水剂；注浆压力值在0.3MPa~3.0MPa之间，根据现场施工前成桩试验确定；

[0013] 步骤七、进行第二次注浆，二次注浆材料选用水灰比为0.45~0.5的纯水泥浆，二次注浆在一次注浆完成后0.5h左右进行，注浆压力不低于0.4MPa；注浆压力与注浆时间可根据锚固段体积确定，分段依次由下至上进行；注浆套管在一次注浆前预埋入锚体，注浆套管四周开孔；

[0014] 若二次注浆后液面下降较快，主要原因是由于钻进过程中遇到溶洞存在，成孔过程出现的塌孔；则进行分次、多次补浆，直至液面不再下降；如果溶洞范围偏大，多次补浆仍未达到要求，则采用高压旋喷桩进行溶洞处理，然后再继续下钻至稳定岩层；

[0015] 步骤八、注浆施工完成后安排专人对锚杆进行养护和保护工作，自然养护时间10d~14d，直至锚杆体达到设计强度；将锚杆顶部与机械锚头螺纹连接，而后在锚固段注浆固结体强度达到设计强度的80%后进行锚杆抗拔试验，确保锚杆受力符合设计要求；其中，锚杆抗拔试验包含多循环锚杆试验和单循环锚杆；

[0016] 步骤九、锚杆机械锚固加工完成后，根据杆体的长度确定好自由段的位置，根据设计要求自由段长度对锚杆自由段采取防腐和防水处理；从而完成判岩和机械锚固的施工。

[0017] 进一步的，对于步骤一中，锚杆孔位定位误差不大于20mm，不大于100mm；对于步骤二中，对中完成后将钻机的动力塔架调直，垂直偏差小于1%，孔中偏移度不大于5%；对中调平后，启动锚杆钻机进行钻孔。

[0018] 进一步的，对于步骤三中，开始钻进作业时采用低档钻进，确保开孔位置准确，不因开孔时钻机晃动过大而偏位；当钻具钻进深度超过1米后再选用中速档或高速档钻进。

[0019] 进一步的，对于步骤四中，场地地下地质情况复杂变化较大时，岩溶发育强烈，溶洞大量存在且分布不规律，岩层内部存在大量节理、且岩层较硬，位于中风化区域存在大量破碎带，抗浮锚杆工作需要有效入岩深度保证：由此，根据抗浮锚杆设计情况，底板下的锚杆总长度，确定锚杆入岩的初步位置；根据地勘报告，锚杆孔位周边的地勘孔情况，根据剖面图，确定进入持力层的中风化岩层标高范围，实际施工时，在进入稳定持力层后，着重观察泥浆反浆情况及泥浆带出杂质、钻头钻速和钻进深度的变化情况的情况，以此判断是否进入持力层，是否有溶洞、破碎带存在，如持续钻进不少于4.5m均为稳定持力层，经判岩后确定终孔。

[0020] 进一步的，对于步骤五中，所述锚杆包含下部的锚杆自由段和上部的锚杆锚固段，锚杆锚固段顶部螺纹连接机械锚头，三个锚杆为一组且通过分隔架进行分隔；分隔架为三个扇形挡板组成且每个分隔幅面为120°，锚杆设置于两相邻挡板连接阴角处；锚固板采用圆形锚固板，尺寸不小于直径60mm×厚度28mm，锚固板自带丝扣，拧紧后，丝扣外露1p~1.5p。

[0021] 进一步的，锚杆锚固段与锚杆自由段连接处设置有预埋定位板，安装时通过预埋定位板限定锚杆锚固段的侧向位移，且锚杆锚固段的长度不小于地下室底板且锚杆锚固段

呈放射状向四周延伸。

[0022] 进一步的，对于步骤六进行注浆时，用压浆泵进行灌浆时，将一根Φ30mm的PVC管或胶管作为导管，一端与压浆泵相连，另一端与锚杆同时送入孔底；注浆管端保持距孔底150mm，维持一定的灌浆压力；随着浆液的灌入，当见到浆液从孔口外溢时，即可认为初次灌浆完成；灌浆要连续，不得中断，并应在初凝前用完。

[0023] 进一步的，对于步骤八中，多循环验收试验的锚杆数量占总数不少于5%，剩余均为单循环锚杆试验；多循环锚杆试验和单循环锚杆试验均应分级加荷，初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计值的0.1倍，分0.4、0.6、0.8、1.00倍等级别，其中；多循环锚杆试验各级持荷时间不少于10min，单循环锚杆试验各级持荷时间不少于5min。

[0024] 进一步的，对于锚杆抗拔试验合格的判定，根据最大试验荷载下所测得的总位移量，超过该荷载下杆体自由段长度理论弹性伸长值的80%，且小于杆体自由段长度与1/2锚固段长度之和的理论弹性伸长值，即为合格；在最后一级荷载作用下1~10min锚杆的蠕变量不大于1.0mm，如超过，则6~60min蠕变量不大于2.0mm，即为合格。

[0025] 进一步的，对于步骤九中，对锚杆自由段采取防腐处理，将单根钢筋表面清理干净，除去锈蚀及污渍，自然晾干除去水份后涂刷防腐油一层，均匀涂刷，完成后采用塑料管套在锚杆自由段的位置，塑料管比锚杆自由段长不少于100mm，采用烤灯将塑料管两个端头位置热熔使其与锚杆端部粘接一起，自然冷却后，采用工程防水胶带将两端缠绕，进一步防水，保证塑料管与锚杆的间隙；注浆后顶部封口位置水泥浆厚度不应小于100mm。

[0026] 本发明的有益效果体现在：

[0027] 1)本发明通过钻孔前的判岩，而后针对不同的土层使用不同的钻头，保证了成孔的质量和效率；且在钻孔的过程中结合钻进速度、返浆速率和钻进深度等，可有效减少在强发育溶洞钻进过程中溶洞的影响和即时补救；

[0028] 2)本发明通过二次注浆的方法进行灌浆料的施工，一方面利于精准注浆和分段操作，另一方面便于对溶洞进行应对性施工及时采取措施；

[0029] 3)本发明通过高强钢筋制作机械锚固的抗浮锚杆，不仅有效的利用了钢筋，还进一步减少的底板混凝土的厚度约和基坑开挖的深度，大大的节约了成本；且对于机械锚固时的定位、固定和防水防腐处理更是极大的保证了施工质量和受力性能；

[0030] 此外，本发明对于锚杆的验收在强发育岩溶地区提出了验收标准和方法，且通过多循环验收试验和单循环验收试验，组合式进行验收，既保证了验收质量也保障了验收时间的要求；本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解；本发明的主要目的和其它优点可通过在说明书中所特别指出的方案来实现和获得。

附图说明

[0031] 图1是锚杆机械锚固及其连接结构示意图；

[0032] 图2是锚杆自由段位置分别图；

[0033] 图3是机械锚头位置分别图；

[0034] 图4是锚杆施工连接结构示意图；

[0035] 图5是锚杆多循环张拉验收试验加荷、持荷和卸荷图；

[0036] 图6是锚杆单循环张拉验收试验加荷、持荷和卸荷图。

[0037] 附图标记:1-地下室底板、2-锚杆自由段、3-锚杆锚固段、4-机械锚头、5-塑料管、6-水泥浆、7-分隔架、8-主筋、9-支撑架。

具体实施方式

[0038] 以南京市某项目为例,地上主体结构5层,局部4层,地下室2层。地基基础设计等级为甲级,锚杆共设计3506根,根据地勘报告显示地下溶洞较多,溶洞状态为全填充、半填充状态;环境类别为微腐蚀环境。通过强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固的施工方法进行施工,其中,勘探过程中发现场地岩溶强发育,岩溶发育成不规则且大面分布和不均匀状态,对于抗拔锚杆施工难度,入岩判别及锚杆质量等都造成较大困难,且不确定因素大大增加;岩溶的发育和形成给建筑物、场地和地基的工程地质条件造成很大施工难度,根据钻探揭示,场区风化灰岩中发现溶洞,溶洞内充填物为可塑～软塑状态粉质粘土混碎石,结构松散。岩芯表面偶见溶蚀孔隙,宽度小于1cm,不贯通,无规律分布。

[0039] 根据详勘报告,本工程揭示中风化灰岩钻孔533个,有岩溶发育钻孔214个,见洞率40%,中风化灰岩及泥灰岩总进尺6764.3米。溶洞总厚度649m,线溶率9.6%。其中泥质灰岩钻孔365个,157个钻孔见洞,钻孔见洞率43%,泥灰岩总进尺3694.9米,泥质灰岩溶洞总厚度508.5m,线溶率13.7%;灰岩钻孔310个,其中见洞钻孔72个,见洞率23.2%,灰岩总进尺,3053.7米,溶洞总厚度140.5米,线溶率0.46%。全部为充填溶洞,为充填物充满,无空洞及半充填溶洞。钻进中无漏水及掉钻现象。场区总体见洞率40%,线岩溶率9.60%,根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)表6.6.2判定本场区岩溶发育程度为强发育地区。泥质灰岩见洞率43%,13.7%发育程度为强发育地段;灰岩钻孔见洞率23.2%,线溶率0.46%,岩溶发育程度为中等发育。本场地溶洞主要由地表水经岩石裂隙流入地下岩层后长期溶蚀形成,切断地表水的下渗作用,阻止地下水流动,能有效防止岩溶和溶洞继续发育,从而防止岩溶塌陷地质灾害;施工过程中所遇到的岩溶问题在南方地区尚属罕见,

[0040] 结合图1至图6,进一步说明强发育岩溶地区判岩及锚杆机械锚固施工方法,其具体步骤为:

[0041] 步骤一、先行进行地下室底板1的垫层浇筑,待混凝土强度达到设计值后进行锚杆成孔作业;锚杆施工前根据设计将锚杆进行编号,按组合顺序依次进行编号,方便定位放线施工;定位好的锚杆经复核验收后进行钻孔施工;锚杆孔位定位误差不大于20mm,不大于100mm。

[0042] 步骤二、锚杆的入射角度为90°,设备安装调试好后,每个钻孔开孔前均要对中好中心点位,误差小于20mm;若开孔即为中风化岩层,开孔即使用合金钻或金刚石钻进行施工;对于部分区段开孔部位有粘土层时,钻进采用麻花钻头加麻花钻杆取土钻孔,直至取土引孔至风化石岩面,退出麻花钻具,再次更换合金钻或金刚石钻头进行施工;在粉质粘土层、上层溶洞填充物部分锚杆施工采用螺旋钻取土成孔,进入中风化岩石、破碎中风化区域采用金刚石复合片钻头;对中完成后将钻机的动力塔架调直,垂直偏差小于1%,孔中偏移度不大于5%;对中调平后,启动锚杆钻机进行钻孔,孔径为153mm。

[0043] 步骤三、钻进过程中,时刻观察钻头钻速和钻进深度的变化,在入岩后如果出现同样的钻速下突然钻进深度加大,则考虑底部存在溶洞;或保持速度继续钻进时,如果发现钻

速突然变小与岩层钻进的速度相同时，则考虑穿过溶洞，此时的记录为溶洞的深度；钻进时也观察洞口返浆速度的变化，如果入岩后返浆速度突然变小，甚至不返浆，则考虑底部存在溶洞。

[0044] 对于步骤三中，开始钻进作业时采用低档钻进，确保开孔位置准确，不因开孔时钻机晃动过大而偏位；当钻具钻进深度超过1米后再选用中速档或高速档钻进。

[0045] 步骤四、钻进的过程中，一边钻进一边利用钻杆内的泥浆管输送泥浆，保证孔内泥浆的流动性，将孔底的碎石、沉渣，通过正循环的形式清理出来；确保入中风化岩深度不少于4.5m；成孔后应反复清水冲洗孔内沉积物，达到清孔的效果。

[0046] 对于步骤四中，场地地下地质情况复杂变化较大时，岩溶发育强烈，溶洞大量存在且分布不规律，岩层内部存在大量节理、且岩层较硬，位于中风化区域存在大量破碎带，抗浮锚杆工作需要有效入岩深度保证：由此，根据抗浮锚杆设计情况，底板下的锚杆总长度，确定锚杆入岩的初步位置；根据地勘报告，锚杆孔位周边的地勘孔情况，根据剖面图，确定进入持力层的中风化岩层标高范围，实际施工时，在进入稳定持力层后，着重观察泥浆反浆情况及泥浆带出杂质、钻头钻速和钻进深度的变化情况的情况，以此判断是否进入持力层，是否有溶洞、破碎带存在，如持续钻进不少于4.5m均为稳定持力层，经判岩后确定终孔。

[0047] 锚杆孔钻孔结束后，须经检验合格后，方可进行下道工序。孔径、孔深检查一般采用设计孔径、钻头和标准钻杆在现场监理旁站的条件下验孔，要求验孔过程中钻头平顺推进，不产生冲击或抖动，钻具验送长度满足设计锚杆孔深度，退钻要求顺畅，用高压风吹验不存在明显飞溅尘碴及水体现象。同时要求复查锚杆钻孔孔位、倾角和方位，全部钻孔施工分项工作合格后，即可认为锚杆钻孔检验合格。

[0048] 步骤五、下锚杆前做闭水试验，检查注浆管有无破裂和堵塞，接口位置是否牢固；试验时，将一根Φ30mm注浆管绑扎在锚杆上，绑扎松紧适度；注浆管下端比锚杆体下端短不少于150mm，下端管口用胶布暂时封闭，防止下锚时孔内土体堵塞灌浆管口；其中，锚杆为高强钢筋。

[0049] 本实施例中，用塔吊或钻机架将锚杆和灌浆管一同吊起放入孔中，安放时应避免锚杆扭曲、弯折及部件松脱。下锚过程中若遇杆体无法下至孔底时，应将杆体拔出并用钻机重新清孔后再下锚。锚杆体下到孔位后，要测量顶部标高，做到整体平整，标高无误。锚杆下放时应有专人指挥、看护。

[0050] 对于步骤五中，如图1至图3所示，锚杆包含下部的锚杆自由段2和上部的锚杆锚固段3，锚杆锚固段3顶部螺纹连接机械锚头4，三个锚杆为一组且通过分隔架7进行分隔；分隔架7为三个扇形挡板组成且每个分隔幅面为120°，锚杆设置于两相邻挡板连接阴角处；锚固板采用Q345B钢板圆形锚固板，尺寸不小于直径60mm×厚度28mm，锚固板自带丝扣，拧紧后，丝扣外露1p~1.5p。

[0051] 本实施例中，锚杆锚固段3与锚杆自由段2连接处设置有预埋定位板，安装时通过预埋定位板限定锚杆锚固段3的侧向位移，且锚杆锚固段3的长度不小于地下室底板1且锚杆锚固段3呈放射状向四周延伸。

[0052] 如图4所示，锚杆还包含连接于锚杆自由段2下方的主筋8，主筋8端部嵌入持力层且端部呈放射状。主筋8纵向间隔将设置有支撑架9，支撑架9为匚形件，其竖边抵接钻孔壁，上边和下边呈八字设置且带有竖向侧边与主筋8连接。支撑架9用以支撑和定位主筋8。

[0053] 步骤六、进行第一次注浆，一次注浆灌浆料选用水灰比为0.5~0.55的纯水泥浆6，普通硅酸盐水泥的强度等级为42.5MPa；根据情况加入水泥重量5‰的FDN-5高效减水剂；注浆压力值在0.3MPa~3.0MPa之间，根据现场施工前成桩试验确定。

[0054] 对于步骤六进行注浆时，用压浆泵进行灌浆时，将一根Φ30mm的PVC管或胶管作为导管，一端与压浆泵相连，另一端与锚杆同时送入孔底；注浆管端保持距孔底150mm，维持一定的灌浆压力；随着浆液的灌入，当见到浆液从孔口外溢时，即可认为初次灌浆完成；灌浆要连续，不得中断，并应在初凝前用完。

[0055] 步骤七、为保证锚杆注浆的施工质量，以及初次注浆水泥浆6收缩产生的裂隙，需进行二次注浆作业。二次注浆材料选用水灰比为0.45~0.5的纯水泥浆6，二次注浆在一次注浆完成后0.5h左右进行，注浆压力不低于0.4MPa；注浆压力与注浆时间可根据锚固段体积确定，分段依次由下至上进行；注浆套管在一次注浆前预埋入锚体，注浆套管四周开孔；

[0056] 若二次注浆后液面下降较快，主要原因是由于钻进过程中遇到溶洞存在，成孔过程出现的塌孔；则进行分次、多次补浆，直至液面不再下降；如果溶洞范围偏大，多次补浆仍未达到要求，则采用高压旋喷桩进行溶洞处理，然后再继续下钻至稳定岩层；

[0057] 步骤八、注浆施工完成后安排专人对锚杆进行养护和保护工作，自然养护时间10d~14d，直至锚杆体达到设计强度；因浆液凝固时收缩使浆面回落，必须及时进行补浆。灌浆完后应将锚杆头临时支撑好，以保证锚杆位于钻孔中央。灌浆过程中若中途耽搁时间过长超过浆液初凝时间，应重新清孔、灌浆。灌浆过程做好详细、完整的施工记录。

[0058] 本实施例中，将锚杆顶部与机械锚头4螺纹连接，而后在锚固段注浆固结体强度达到设计强度的80%后进行锚杆抗拔试验，确保锚杆受力符合设计要求；其中，锚杆抗拔试验包含多循环锚杆试验和单循环锚杆。

[0059] 对于步骤八中，多循环验收试验的锚杆数量占总数不少于5%，剩余均为单循环锚杆试验；如图5和图6所示，多循环锚杆试验和单循环锚杆试验均应分级加荷，初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计值的0.1倍，分0.4、0.6、0.8、1.00倍等级别，其中；多循环锚杆试验各级持荷时间不少于10min，单循环锚杆试验各级持荷时间不少于5min。

[0060] 对于锚杆抗拔试验合格的判定，根据最大试验荷载下所测得的总位移量，超过该荷载下杆体自由段长度理论弹性伸长值的80%，且小于杆体自由段长度与1/2锚固段长度之和的理论弹性伸长值，即为合格；在最后一级荷载作用下1~10min锚杆的蠕变量不大于1.0mm，如超过，则6~60min蠕变量不大于2.0mm，即为合格。本工程锚杆共计3506根，其中多循环验收试验的锚杆数量占5%共计175根，剩余95%均为单循环锚杆试验。

[0061] 步骤九、锚杆机械锚固加工完成后，根据杆体的长度确定好自由段的位置，根据设计要求自由段长度对锚杆自由段2采取防腐和防水处理；从而完成判岩和机械锚固的施工。

[0062] 对于步骤九中，对锚杆自由段2采取防腐处理，将单根钢筋表面清理干净，除去锈蚀及污渍，自然晾干除去水份后涂刷防腐油一层，均匀涂刷，完成后采用塑料管5套在锚杆自由段2的位置，塑料管5比锚杆自由段2长不少于100mm，采用烤灯将塑料管5两个端头位置热熔使其与锚杆端部粘接一起，自然冷却后，采用工程防水胶带将两端缠绕，进一步防水，保证塑料管5与锚杆的间隙；注浆后顶部封口位置水泥浆6厚度不应小于100mm。

[0063] 本工法采用了高强钢筋作为锚杆钢筋与普通钢筋相比，节约了12%钢材；采用锚固的形式代替钢筋直接锚固的形式，有效的节约了钢筋的长度，同时减少的底板混凝土的厚

度约7cm和基坑开挖的深度，大大的节约了成本。本工法方便实用，工艺流程简单，在产生大量经济效益同时节约了大量人力成本，同时使得施工进度加快，产生了良好的社会效益和充分体现了绿化建筑的概念。

[0064] 以上所述仅为本发明较佳的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内所想到的变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

图 1

图 2

图 3

图 4

图 5

图 6