

第六章 现场检验与监测

本章重点：掌握现场检验的目的、意义及监测的基本要点。

学习要求：重点学习地基基础的检测和检验、不良地质作用和地质灾害的监测。

第一节 概述

现场检验与监测是指在工程施工和使用期间进行的一些必要的检验与监测，是岩土工程勘察的一个重要环节。其目的在于保证工程的质量和安，提高工程效益。常见的有地基基础的检验与监测，不良地质作用和地质灾害的监测，地下水的监测等。对有特殊要求的工程，应根据工程的特点，确定必要的项目，在使用期内继续进行监测。

现场检验是指在施工阶段对勘察成果的验证核查和施工质量的监控。因此，检验工作应包括两个方面：第一，验证核查岩土工程勘察成果与评价建议；第二，对岩土工程施工质量的控制与检验。现场监测是指在工程勘察、施工以及运营期间，对工程有影响的不良地质现象、岩土体性状和地下水进行监测。监测主要包含三方面的内容：第一，施工和各类荷载作用下岩土体反映性状的监测；第二，对施工和运营过程中结构物的监测；第三，对环境条件的监测。

现场检验和监测应做好记录，并进行整理和分析，提交报告。现场检验和监测的一般规定有：

1. 现场检验和监测应在工程施工期间进行。对有特殊要求的工程，应根据工程特点，确定必要的项目，在使用期内继续进行。
2. 现场检验和监测的记录、数据和图件，应保持完整，并按工程要求整理分析。
3. 现场检验和监测资料，应及时向有关方面报送。当监测数据接近危及工程的临界值时，必须加密监测，并及时报告。
4. 现场检验和监测完成后，应提交成果报告。报告中应附有相关曲线和图纸，并进行分析评价，提出建议。

通过现场检验与监测所获得的数据，可以预测一些不良地质现象的发展演化趋势及其对工程建筑物的可能危害，以便采取防治对策和措施；也可以通过“足尺试验”进行反分析，求取岩土体的某些工程参数，以此为依据及时修正勘察成果，优化工程设计，必要时应进行补充勘察；它对岩土工程施工质量进行监控，以保证工程的质量和安。显然，现场检验与监测在提高工程的经济效益、社会效益和环境效益中，起着十分重要的作用。

第二节 地基基础的检验和监测

一、天然地基的基坑(槽)检验与监测

(一)验槽和基底土的处理

天然地基的基坑(基槽)开挖后，应检验开挖揭露的地基条件是否与勘察报告一致。如有异常情况，应提出处理措施或修改设计的建议。当与勘察报告出入较大时，应建议进行施工勘察。检验应包括下列内容：①岩土分布及其性质；②地下水情况；③对土质地基，可采用轻型圆锥动力触探或其他机具进行检验。

验槽是勘察工作中的一个必不可少的环节。天然地基的基坑(槽)开挖后，由建设、勘察、设计、施工、监理五方主体单位技术负责人共同到施工现场进行验槽。

验槽的要求是：

1. 核对基槽施工位置、平面尺寸、基础埋深和槽底标高是否满足设计要求；

2. 槽底基础范围内若遇异常情况时，应结合具体地质、地形地貌条件提出处理措施。必要时可在槽底进行轻便钎探。当施工揭露的地基土条件与勘察报告有较大出入时，可有针对性地补充勘察。

3. 验槽后应写出检验报告，内容包括：岩土描述、槽底土质平面分布图、基槽处理竣工图、现场测试记录地检验报告。验槽报告是岩土工程的重要技术档案，应做到资料齐全、计时归档。

验槽的方法是：

验槽方法是以肉眼观察或使用袖珍贯入仪等简易方法为主，以夯、拍或轻便勘探为辅的检验方法。

1. 观察验槽：应重点注意柱基、墙角、承重墙下受力较大的部位。仔细观察基底土的结构、孔隙、湿度、包含物等，并与勘察资料对比，确定是否已挖到设计土层。对可疑之处应局部下挖检查。

2. 夯、拍验槽：是用木锤、蛙式打夯机或其他施工机具对干燥的基底进行夯、拍(对潮湿和软土不宜)，从夯、拍声音上判断土中是否存在空洞或墓穴。对可疑迹象应进一步采用轻便勘探仪查明。

3. 轻便勘探验槽：是用钎探、轻便动力触探、手持式螺旋钻、洛阳铲等对地基主要持力层范围内的土层进行勘探，或对上述观察、夯、拍发现的异常情况进行探查。

(1)钎探：采用钢钎(用 $\Phi 22\sim 25$ 的钢筋做成，钎尖成 60° 锥尖，钎长 $1.8\sim 2.0\text{m}$)用 $8\sim 10$ 磅的锤打入土中，进行钎探，根据每打入土中 30cm 所需的锤击数，判断地基土好坏和是否均匀一致。钎探孔一般在坑底按梅花形或行列式布置，孔距为 $1\sim 2\text{m}$ 。钎探完毕后，对钎探孔应灌砂处理，并应全面分析钎探记录，进行统计分析。如发现基底土质与原设计不符或有其他异常时，应及时处理。

(2)手持螺旋钻：它是小型的螺旋钻具，钻头呈螺旋形，上接一T形把手，由人力旋入土中，钻杆可接长，钻探深度一般为 6m ，软土中可达 10m ，孔径约 70mm 。每钻入土中 300mm 后将钻竖直拔出，根据附在钻头上的土了解土层情况。

坑底如发现泉眼涌水，应立即堵塞(如用短木棒塞住泉眼)或排水加以处理，不得任其浸泡基坑。

对需要处理的墓穴、松土坑等，应将坑中虚土挖除到坑底和四周都见到老土为止，而后用与老土压缩性相近的材料回填；在处理暗浜等时，先把浜内淤泥杂物清除干净，而后用石块或砂土分层夯填。如浜较深，则底层用块石填平，然后再用卵石或砂土分层夯实。

基底土处理妥善后，进行基底抄平，做好垫层，再次抄平，并弹出基础墨线，以便砌筑基础。

(二)基坑的现场监测

当基坑开挖较深，或地基土较弱时，可根据工程需要布置监测工作。实施监测工作之前，应编制基坑工程监测方案。基坑工程监测方案，应根据场地条件和开挖支护的施工设计确定，并应包括的内容有：①支护结构的变形；②基坑周边的地面变形；③邻近工程和地下设施的变形；④地下水位；⑤渗漏、冒水、冲刷、管涌等情况。

现场监测的内容有：基坑底部回弹监测、建筑物沉降监测、地下水控制措施的效果及影响的监测、基坑支护系统工作状态的监测等。下面仅讨论基坑底部回弹监测问题，其他监测内容将在以后各节中分别阐述。

高层建筑在采用箱形基础时，基坑开挖面积大而深，基坑底部土层将会产生卸荷回弹。回弹后的再压缩量一般约占建筑物竣工时总沉降量的 $30\sim 70\%$ ，最大达1倍以上；地基土越坚硬，则回弹所占比例越大。说明基坑回弹不可忽视，应予监测，并将实际沉降量减去回

弹量，才是地基土真正的沉降量。

除卸荷回弹外，基坑暴露期间，土中粘土矿物吸水膨胀、基坑开挖接近临界深度导致土体产生剪切位移以及基坑底部存在承压水时，都会引起基坑底部隆起，观测时应予注意。

基底回弹监测在基坑开挖后立即进行，在基坑不同位置设置固定测点用水准仪观测，且继续进行建筑物施工过程中以至竣工后的沉降监测，最终绘制基底回弹、沉降与卸荷、加载关系曲线。

表 4-1 基坑监测项目选择表

监测项目 地基基础设计等级	支护结构水平位移	监控范围内建筑物沉降与地下管线变形	土方分层开挖标高	地下水水位	锚杆拉力	支撑轴力或变形	立柱变形	桩墙内力	基坑底隆起	土体侧向变形	孔隙水压力	土压力
甲级	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
乙级	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△

注：○为必测项目，△为宜测项目

二、桩基工程的检测

对于桩基工程，在桩孔开挖至持力层后，应采用试钻或钎探的方法检验桩端持力层是否与岩土勘察报告相一致。如果基底与勘察报告不符，应提出处理措施或修改设计。当与勘察报告差异较大时，应建议进行施工勘察。单桩承载力的检验，应采用载荷试验与动测相结合的方法。对于大直径挖孔桩、人工成孔大口径灌注桩基础，应逐桩检验孔底尺寸和岩土情况，应逐根检查桩底尺寸是否与设计相符合，桩底岩土情况是否符合勘察资料，桩端进入持力层深度是否达到设计要求，桩底沉渣是否清理干净等等。当地下水位较高时，应监测水位的变化情况，当水量较大时应采取相应措施以防塌孔。

桩基工程检测的内容和方法详见《基础工程学》中相关部分内容。

三、地基处理的检验与监测

地基土的强度和变形不能满足设计和使用要求时，需要对地基土采取地基处理措施。地基处理的方案和方法较多，各自有其适用条件。为保证地基处理方案的适宜性、使用材料和施工质量以及处理效果，按照《建筑地基处理技术规范》规定，应作现场检验与监测。

现场检验的内容包括：(1) 地基处理方案的适用性，必要时预先进行一定规模的试验性施工；(2) 换填或加固材料的质量；(3) 施工机械性能、影响范围和深度；(4) 对施工进度、进度、顺序、工序搭接的控制；(5) 按规范要求对施工质量的控制；(6) 按计划在不同期间和部位对处理效果的检验；(7) 停工及周围环境变化对施工效果的影响。

现场监测的内容包括：(1) 施工时土体性状的变化，如地面沉降、土体变形监测等；(2) 采用原位试验、取样试验等方法，进行地基处理后地基前后性状比较和处理效果的监测；(3) 施工噪音和环境的监测；(4) 必要时作处理后地基长期效果的监测。

各种地基处理方案常用的现场检验和监测方法详见《地基处理》中相关内容。

四、建筑物沉降观测

对于重要的建筑物及建造在软弱地基上的建筑物必须进行沉降观测，下列工程应进行沉降观测：

- 1 地基基础设计等级为甲级的建筑物；
- 2 不均匀地基或软弱地基上的乙级建筑物；
- 3 加层、接建、邻近开挖、堆载等，使地基应力发生显著变化的工程；
- 4 因抽水等原因，地下水位发生急剧变化的工程；

5 其他有关规范规定需要做沉降观测的工程。

观测沉降主要控制地基的沉降量和沉降速率。在软土地基上对于活荷载较小的建筑物，竣工时的沉降速率大约为 $0.5\sim 1.1\text{mm/d}$ ，在竣工后半年到一年的时间内，不均匀沉降发展最快。在正常情况下，沉降速率逐渐减慢，如沉降速率减少到 0.05mm/d 以下时，可认为沉降速率趋于稳定，这种沉降称为减速沉降。如出现等速沉降，就有导致地基丧失稳定的危险。当出现加速沉降时，表明地基已丧失稳定，应及时采取措施，防止发生工程事故。

沉降观测使用的观测设备为水准仪，观测时首先要设置好水准基点，其位置必须稳定可靠，妥善保护。埋设地点宜靠近观测对象，但必须在建筑物所产生的压力影响范围以外。在一个观测区内，水准基点不得少于 3 个。埋置深度宜于建筑物基础的埋深相适应。其次是设置好建筑物上的沉降观测点，沉降观测点位置由设计人员确定，一般设置在室外地面上，外墙（柱）身的转角及重要部位，数量不宜少于 6 点。为取得较完整的资料，要求在灌注基础时就开始施测。施工期的观测根据施工进度确定，如民用建筑每施工完一层（包括地下室部分）应观测一次，工业建筑按不同荷载阶段分次观测，施工期间的观测次数不应少于 4 次，建筑物竣工后的观测，第一年不应少于 3~5 次，第二年不少于 2 次，以后每年 1 次，直到下沉稳定为止。沉降稳定标准可采用半年沉降量不超过 2mm 。遇地下水升降、打桩、地震、洪水淹没现场等情况，应及时观测。对于突然发生严重裂缝或大量沉降等情况时，应增加观测次数。沉降观测后应及时整理好资料，算出各点的沉降量、累计沉降量及沉降速率，以便及时、及早处理出现的地基问题。

第三节 岩土体性状及不良地质作用和地质灾害的监测

一、岩土体性质与状态的监测

岩土体的性质和状态的现场监测，可以归纳为岩土体变形观测和岩土体内部应力的观测两大方面。《规范》规定：工程需要时可进行岩土体的监测内容有：①洞室或岩石边坡的收敛量测；②深基坑开挖的回弹量测；③土压力或岩体应力量测等。岩土体性状监测主要应用于像滑坡、崩塌变形监测、洞室围岩变形监测、地面沉降、采空区塌陷监测以及各类建筑工程在施工、运营期间的监测和对环境的监测等等。

（一）岩土体的变形观测

岩土体的变形分为地面位移变形、洞壁位移变形和岩土体内部位移变形几种：

1. 地面位移变形

地面位移变形主要采用①经纬仪、水准仪或光电测距仪重复观测各测点的方向和水平、铅直距离的变化，以此来判定地面位移矢量随时间变化的情况。测点可根据具体的条件和要求布置成不同形式的观测线、网，一般在条件比较复杂和位移较大的部位应适当加密。②对规模较大的地面变形还可采用航空摄影或全球卫星定位系统来进行监测。③也可采用伸缩仪和倾斜计等简易方法进行监测。④更简易的方法可以采用钢尺或皮尺观测测点的变化，或用贴纸条的方法了解裂缝的张开情况。

监测结果应整理成位移随时间变化的关系曲线，以此来分析位移的变化和趋势。

2. 洞壁位移变形

洞壁岩体表面两点间的距离改变量的量测是通过收敛量测来实现的，它被用于了解洞壁间的相对变形和边坡上张裂缝的发展变化，据此对工程稳定性趋势作出评价和对破坏的时间作出预报。测量的方法可采用专门的收敛计进行，简易的可用钢卷尺直接量测。收敛计可分为垂直方向、水平方向及倾斜方向的几种，分别用于测量垂直、水平及倾斜方向的变形。

3. 岩土体内部位移变形

准确的测定岩土体内部位移变化，目前常用的方法有管式应变计、倾斜计和位移计等，它们皆要借助于钻孔进行监测。管式应变计是在聚氯乙烯管上隔一定距离贴上电阻应变片，

随后将其埋植于钻孔中，用于测量由于岩土体内部位移而引起的管子的变形。倾斜计是一种量测钻孔弯曲的装置，它是把传感器固定在钻孔不同的位置上，用以测量预定程度的变形，从而了解不同深度岩土体的变形情况。位移计是一种靠测量金属线伸长来确定岩土体变形的装置，一般采用多层位移计量测，将金属线固定于不同层位的岩土体上，末端固定于深部不动体上，用以测量不同深度岩土体随时间的位移变形。

（二）岩土体内部的应力观测

岩土体的应力监测是借助于压力传感器装置来实现的，一般将压力传感器埋设在结构物与岩土体的接触面上或预埋在岩土体中。目前，国内外采用的压力传感器多为压力盒，有液压式、气压式、钢弦式和电阻应变式等不同形式和规格的产品，以后两种较为常用。由于压力观测是在施工和运营期间进行的，互有干扰，所以务必注意量测装置不被破坏。为了保证量测数据的可靠性，压力盒应有足够的强度和耐久性，加压、减压线形良好，能适应温度和环境变化而保持稳定。埋设时应避免对岩土体的扰动，回填土的性状应与周围土体一致。通过定时观测，便可获得岩土压力随时间的变化资料。

二、不良地质作用和地质灾害的监测

工程建设过程中，由于受到各种内、外因素的影响，如滑坡、崩塌、泥石流、岩溶等，这些不良地质作用及其所带来的地质灾害都会直接影响到工程的安全乃至人民生命财产的安全。因此在现阶段的工程建设中对上述不良地质作用和地质灾害的监测已经是不可不可缺少的工作。

（一）监测的目的

不良地质作用和地质灾害监测的目的：一是正确判定、评价已有不良地质作用和地质灾害的危害性，监视其对环境、建筑物和对人民财产的影响，对灾害的发生进行预报。二是为防治灾害提供科学依据；三是预测灾害发生发展趋势和检验整治后的效果，为今后的防治、预测提供经验教训。

（二）监测的内容

根据不同的不良地质作用和地质灾害的情况，我国的《规范》作出如下规定：

1. 应进行不良地质作用和地质灾害监测的情况是：①场地及其附近有不良地质作用或地质灾害，并可能危及工程的安全或正常使用时；②工程建设和运行，可能加速不良地质作用的发展或引发地质灾害时；③工程建设和运行，对附近环境可能产生显著不良影响时。

2. 岩溶土洞发育区应着重监测的内容是：①地面变形；②地下水位的动态变化；③场区及其附近的抽水情况；④地下水位变化对土洞发育和塌陷发生的影响。

3. 滑坡监测应包括下列内容：①滑坡体的位移；②滑面位置及错动；③滑坡裂缝的发生和发展；④滑坡体内外地下水位、流向、泉水流量和滑带孔隙水压力；⑤支挡结构及其他工程设施的位移、变形、裂缝的发生和发展。

4. 当需判定崩塌剥离体或危岩的稳定性时，应对张裂缝进行监测。对可能造成较大危害的崩塌，应进行系统监测，并根据监测结果，对可能发生崩塌的时间、规模、塌落方向和途径、影响范围等做出预报。

5. 对现采空区，应进行地表移动和建筑物变形的观测，并应符合：①观测线宜平行和垂直矿层走向布置，其长度应超过移动盆地的范围；②观测点的间距可根据开采深度确定，并大致相等；③观测周期应根据地表变形速度和开采深度确定。

6. 因城市或工业区抽水而引起区域性地面沉降，应进行区域性的地面沉降监测，监测要求和方法应按有关标准进行。

（三）监测纲要及报告编制

不良地质作用和地质灾害的监测，应根据场地及其附近的地质条件和工程实际需要编制监测纲要，按纲要进行。纲要内容包括：监测目的和要求、监测项目、测点布置、观测时间

间隔和期限、观测仪器、方法和精度、应提交的数据、图件等，并及时提出灾害预报和采取建议的措施。在进行监测工作过程中或完毕后应提供有关观测数据和相关曲线，并编制观测报告。报告内容包括：工程概况、监测目的的任务、监测技术要求、监测工作依据、监测内容、监测仪器设备及监测精度要求、监测点的布置、观测过程及其质量控制、监测数据成果和相关曲线、观测成果分析、结论及工作建议等。

第四节 地下水的监测

当建筑场地内有地下水存在时，地下水的水位变化及其腐蚀性(侵蚀性)和渗流破坏等不良地质作用，对工程的稳定性、施工及正常使用都能产生严重的不利影响，必须予以重视。地下水水位在建筑物基础底面以下压缩层范围内上升时，水浸湿和软化岩土，从而使地基土的强度降低，压缩性增大。尤其是对结构不稳定的岩土，这种现象更为严重，能导致建筑物的严重变形与破坏。若地下水在压缩层范围内下降时，则增加地基土的自重应力，引起基础的附加沉降。

在建筑工程施工中遇到地下水时，会增加施工难度。如需处理地下水，或降低地下水位，工期和造价必将受到影响。如基坑开挖时遇含水层，有可能会发生涌水涌沙事故，延长工期，直接影响经济指标。因此，在开挖基坑(槽)时，应预先做好排水工作，这样，可以减少或避免地下水的影响。

周围环境的改变，将会引起地下水位的变化，从而可能产生渗流破坏、基坑突涌、冻胀等不良地质作用，其中以渗流破坏最为常见。渗流破坏系指土(岩)体在地下水渗流的作用下其颗粒发生移动，或颗粒成分及土的结构发生改变的现象。渗流破坏的发生及形式不仅决定于渗透水流动水力的大小，同时与土的颗粒级配、密度及透水性等条件有关，而对其影响最大的是地下水的动水压力。

对于地下水监测，不同于水文地质学中的“长期观测”，因观测是针对地下水的天然水位、水质和水量的时间变化规律的观测，一般仅是提供动态观测资料。而监测则不仅仅是观测，还要根据根据观测资料提出问题，制定处理方案和措施。

当地下水水位变化影响到建筑工程的稳定时，需对地下水进行监测。

1. 对地下水实施监测的情况：

- (1) 地下水位升降影响岩土稳定时；
- (2) 地下水位上升产生浮托力对地下室或地下构筑物的防潮、放水或稳定性产生较大影响时；
- (3) 施工降水对拟建工程或相邻工程有较大影响时；
- (4) 施工或环境条件改变，造成的孔隙水压力、地下水压力变化，对工程设计或施工有较大影响时；
- (5) 地下水位的下降造成区域性地面下沉时；
- (6) 地下水位的升降可能使岩土产生软化、湿陷、胀缩时；
- (7) 需要进行污染物运移对环境影响的评价时。

2. 监测工作的布置，应根据监测目的、场地条件、工程要求和水位地质条件决定。地下水监测方法应符合下列规定：

- (1) 地下水位的监测，可设置专门的地下水位观测孔，或利用水井、泉等进行；
- (2) 孔隙水压力、地下水压力的监测，可采用孔隙水压力计、测压计进行；
- (3) 用化学分析法监测水质时，采样次数每年不应少于4次，进行相关项目的分析；
- (4) 动态监测时间不应少于一个水文年；
- (5) 当孔隙水压力变化影响工程安全时，应在孔隙水压力降至安全值后方可停止监测；
- (6) 受地下水浮托力的工程，地下水压力监测应进行至工程荷载大于浮托力后方可停止

监测。

3. 地下水的监测布置及内容

根据岩土体的性状和工程类型，对于地下水压力（水位）和水质的监测，一般顺延地下水流向布置观测线。在水位变化较大的地段、上层滞水或裂隙水变化聚集地带，都应布置观测孔。基坑开挖工程降水的监测孔应垂直基坑长边布置观测线，其深度应达到基础施工的最大降水深度以下 1m 处。

地下水监测的内容包括：地下水位的升降、变化幅度及其与地表水、大气降水的关系；工程降水对地质环境及建筑物的影响；深基础、地下洞室、斜坡、岸边工程施工对软土地基孔隙水压力和地下水压力的观测监控；管涌和流土现象对动水压力的监测；评价地下水对建筑工程侵蚀性和腐蚀性而对地下水水质的监测等。