

3.结合水

实验表明，极细的土粒表面一般带有负电荷，围绕土粒形成电场，由于水分子是极性分子，即一端为正电荷，另一端显负电荷，在土粒电场范围内的水分子和阳离子一起吸附在土粒表面而定向排列形成一层薄的水膜，这层水就称为结合水。结合水是指受电分子吸引力吸附于土粒表面的土中水。这种电分子吸引力高达几千到几万个大气压，使水分子和土粒表面牢固地黏结在一起。

由于土粒(矿物颗粒)表面一般带有负电荷，围绕土粒形成电场，在土粒电场范围内的水分子和水溶液中的阳离子(如 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 等)一起吸附在土粒表面。因为水分子是极性分子(氢原子端显正电荷，氧原子端显负电荷)，它被土粒表面电荷或水溶液中离子电荷的吸引而定向排列，见下图 2.7。

土粒周围水溶液中的阳离子，一方面受到土粒所形成电场的静电引力作用，另一方面又受到布朗运动(热运动)的扩散力作用。在最靠近土粒表面处，静电引力最强，把水化离子和极性水分子牢固地吸附在颗粒表面上形成固定层。在固定层外围，静电引力比较小，因此水化离子和极性水分子的活动性比在固定层中大些，形成扩散层。固定层和扩散层中所含的阳离子(反离子)与土粒表面负电荷一起即构成双电层。

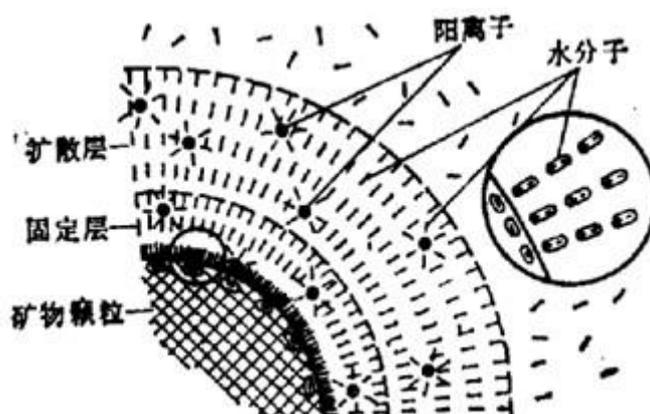


图 2.7 结合水分子定向排列图

水溶液中的反离子(阳离子)的原子价愈高，它与土粒之间的静电引力愈强，则扩散层厚度愈薄。在实践中可以利用这种原理来改良土质，例如用三价及二价离子(如 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})处理黏土，使得它的扩散层变薄，从而增

加土的稳定性，减少膨胀性，提高土的强度，有时，可用含一价离子的盐溶液处理黏土，使扩散层增厚，而大大降低土的透水性。

从上述双电层的概念可知，反离子层中的结合水分子和交换离子，愈靠近土粒表面，则排列得愈紧密和整齐，活动性也愈小。因而，结合水又可以分为强结合水和弱结合水两种。强结合水是相当于反离子层的内层(固定层)中的水，而弱结合水则相当于扩散层中的水。

a 强结合水

强结合水是指紧靠土粒表面的结合水。它的特征是：没有溶解盐类的能力，不能传递静水压力，只有吸热变成蒸汽时才能移动。这种水极其牢固地结合在土粒表面上，其性质接近于固体，密度约为 $1.2\sim 2.4\text{g/cm}^3$ ，冰点为 -78°C ，具有极大的黏滞度、弹性和抗剪强度。如果将干燥的土移在天然湿度的空气中，则土的质量将增加，直到土中吸着的强结合水达到最大吸着度为止。土粒愈细，土的比表面愈大，则最大吸着度就愈大。砂土的最大吸着度约占土粒质量的 1%，而黏土则可达 17%。黏土中只含有强结合水时，呈固体状态，磨碎后则呈粉末状态。

b 弱结合水

弱结合水紧靠于强结合水的外围形成一层结合水膜。它仍然不能传递静水压力，但水膜较厚的弱结合水能向邻近的较薄的水膜缓慢转移。当土中含有较多的弱结合水时，土则具有一定的可塑性。砂土比表面较小，几乎不具可塑性，而黏性土的比表面较大，其可塑性范围就大。

弱结合水离土粒表面愈远，其受到的电分子吸引力愈弱小，并逐渐过渡到自由水。