

城市下穿隧道大体积混凝土施工质量控制

钟 芳

成都建工路桥建设有限公司 四川 成都 610000

摘要：随着城市化进程的加快，城市下穿隧道作为缓解城市交通压力、提高城市空间利用率的重要设施，其建设规模日益扩大。基于此，本文简要介绍了用于城市下穿隧道结构的大体积混凝土特点，分析了大体积混凝土裂缝病害成因分析，并针对城市下穿隧道大体积混凝土施工质量控制进行了讨论，包括严控原材料自身质量、注重混凝土浇筑、振捣质量控制、温度监控等方面，以期对相关工作人员提供参考和借鉴。

关键词：城市；下穿隧道；大体积混凝土；施工质量控制

引言

大体积混凝土作为下穿隧道的主要结构材料，其施工质量直接关系到整个工程的安全性和耐久性。然而，由于大体积混凝土施工具有体积大、水化热高、约束条件复杂等特点，导致其施工质量控制面临诸多挑战。因此，加强城市下穿隧道大体积混凝土施工质量控制研究，对于保障工程质量、提高工程效益具有重要意义。

1 大体积混凝土特点

大体积混凝土，作为现代建筑和基础设施建设中不可或缺的一部分，其特点鲜明且复杂。首先，大体积混凝土最直观的特点就是其体积庞大和结构厚重，这种特性使得大体积混凝土在大型桥梁、高层建筑、水利设施等工程中发挥着举足轻重的作用。由于体积大，大体积混凝土在浇筑过程中需要更多的材料、设备和人力资源，同时也需要更精细的施工组织和更严格的质量控制。其次，大体积混凝土在浇筑过程中，由于水泥水化反应会产生大量的热量，这种热量如果得不到及时散发，就会在混凝土内部积聚，导致混凝土内部温度升高。由于大体积混凝土的结构尺寸较大，热量散发困难，因此其内部温度往往比外部环境温度高得多。这种内外温差会在混凝土内部产生温度应力，进而可能引发裂缝等质量问题。此外，大体积混凝土对原材料和配合比的要求非常高。其一，原材料的质量必须得到严格控制，包括水泥的强度、骨料的粒径和级配、掺合料的种类和掺量等。这些原材料的质量直接影响混凝土的强度、耐久性和稳定性。其二，配合比的设计也是大体积混凝土施工的关键，合理的配合比能够减少水泥用量，降低水化热效应，提高混凝土的抗裂性能。

2 大体积混凝土裂缝病害成因分析

大体积水泥建筑，容易发生裂缝是一个经典问题，究其原因，主要有以下几方面：（1）水泥水化热是大体

积水泥裂缝的一种主要因素，在混凝土的加工过程中，水泥和水进行了胶结水化反应，这一过程中会释放出巨大的化学热量^[1]。但是，因为大尺寸混凝土的内部体积很大，表面系数也比较小，导致在建筑物内部所形成的化学热能无法分散，也因此造成了内部温度变化很大。这些温度变化会使钢筋的内部形成温度应力，当应力大于钢筋的抗裂强度时，则会导致裂缝的产生。进一步分析，水泥水化热的形成，和混凝土的品种、数量、水泥配合比等参数有关。不同种类的水泥具有不同的水化热特性，而水泥用量的增加和混凝土配合比的调整也会影响水化热的产生。（2）混凝土在成型后，其养护温度会受到现场气温的影响，当遇到气温骤降或降水等不利气候条件时，混凝土表面温度会迅速降低，而内部温度由于热传导的滞后性而下降较慢，从而加大了内外部混凝土温差和内部温度应力的不良作用。这些压力和高温应力的改变会引起水泥结构产生应力聚集和扭曲，从而导致裂纹的形成。（3）在水泥的凝结硬化过程中，水泥中的水份会慢慢蒸发散失，引起水泥重量的减少。这种收缩容易形成干缩裂缝，尤其是在混凝土保养不好的状况下，会造成混凝土的收缩膨胀，对结构的后期强度产生不利影响。

3 城市下穿隧道大体积混凝土质量控制措施

（下面是夔州大道下穿麓山大道隧道建设施工案例）

夔州大道下穿麓山大道隧道工程，设计为双向六车道，包括东、西两个独立隧道。东线隧道长达609.949米，其结构由225米的框架段、215米的U形槽段和69.949米的挡土墙段组成。而西线隧道全长529.563米，分为145.442米的框架段、262.558米的U形槽段以及121.562米的挡土墙段。顶底板的厚度在1.1m至1.3m之间，部分区域采用了1m和1.1m的设计。

隧道框架部分采用了普通钢筋砼结构，以确保其坚

固耐用。选用了C40等级的砼，这是一种高强度混凝土，具有出色的抗压能力和耐久性。此外，为了应对可能出现的渗水问题，还将砼的抗渗等级设定为P8，这大大增强了结构的防水性能。隧道船槽段侧墙的设计，采用了U形槽结构。这种结构不仅提高了侧墙的稳定性和空间布局。对于高度较小的段落，我们则采用了挡土墙结构。考虑到这部分侧墙对强度的要求相对较低，选用了C25等级的砼，尽管强度稍低，但完全能够满足实际需求；结构最外层钢筋的净保护层厚度在迎土面为5cm，背土面为4cm。这样的设计既能有效保护钢筋免受腐蚀，又能确保结构的整体强度；严格控制结构构件的最大裂缝宽度，确保其在0.2mm以内；设置2cm的变形缝。为确保工程质量，下文给出了相关质量控制措施。

3.1 预埋冷却管

在大体积混凝土结构的施工过程中，有效控制混凝土内部因水化反应产生的大量热量，是预防温度裂缝、确保结构安全与耐久性的关键环节。事先在混凝土底板、顶板中预埋水管，采用 $\Phi 50\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 规格的钢管作为冷却管。每个顶、底板应由多组冷却管节段组成，冷却管长度应根据现场施工情况确定，保证冷却管的冷却效果。冷却管在预设及浇筑混凝土过程中应防止堵塞漏水和震坏。

3.2 严控原材料自身质量

大体积砼浇筑品质控制中，最重要的影响因素之一就是原材料的品质，如果施工单位忽略了对原材料品质管理和检测，这会使不符合要求的原材料流入到施工现场而被使用，不但降低大体积混凝土生产的效率，同时还可能导致后续中出现混凝土开裂问题。第一，在原材料采购环节，施工单位应优先选择信誉良好、质量可靠的供应商。在与供应商签订采购合同时，应明确原材料的质量标准、检测要求以及违约责任等条款，确保供应商能够按照合同要求提供合格的原材料。同时，施工单位还应定期对供应商进行质量评估，对于质量不稳定或存在质量问题的供应商，应及时调整采购策略，避免不合格原材料进入施工现场^[2]。第二，在原材料运输环节，施工单位应确保运输过程中的安全和稳定，对于水泥等易受潮、易结块的原材料，应采取有效的防水、防潮措施，避免在运输过程中发生质量变化；对于骨料等易破碎、易污染的原材料，应采取合理的装载和运输方式，减少在运输过程中的损耗和污染。第三，在原材料应用环节，施工单位应严格按照设计要求和规范进行混凝土的配制和施工，在配制混凝土时，应根据工程特点和要求选择合适的水泥品种、骨料类型和配合比。

对于大体积混凝土施工，应采用标号较高、热量较低的水泥，如42.5级的普通硅酸盐水泥，以减少水泥水化热对混凝土质量的影响。并且，粗骨料应选用5~31.5mm的碎石，这种骨料具有较好的强度和稳定性，能够减少每立方混凝土中水泥和水的用量，降低混凝土的成本。第四，施工单位还应加强对混凝土配合比的试验和调整，在混凝土配制过程中，应根据实际情况对配合比进行微调，确保混凝土的强度、耐久性等性能符合设计要求。

3.3 注重混凝土浇筑、振捣质量控制

一方面，在混凝土浇筑和振捣之前，充分的准备工作是必不可少的，这些准备工作包括但不限于：检查模板的支设情况，确保其稳定、无变形；检查钢筋的绑扎情况，确保无错位、无遗漏；检查混凝土输送设备的运行状态，确保其正常、无故障；同时，还要对施工现场的环境进行清理，确保无杂物、无积水。对于施工人员而言，前期准备工作的重要性不言而喻。他们需要详细掌握大体积混凝土的浇筑特点，了解混凝土的性能和施工工艺要求。只有这样，才能在后续的浇筑和振捣过程中，更加精准地控制施工质量。另一方面，在混凝土浇筑过程中，明确浇筑方向是确保施工质量的关键，一般来说，可以结合现场施工的实际情况，设置多道振动棒，每道振动棒都有各自不同的作用。其中，第一道振动棒通常设置在大体积混凝土的卸料点位置，这个位置是混凝土最先进入模板的地方，因此，我们需要用振动棒对混凝土进行初步的捣实，确保混凝土能够均匀地分布在模板内；第二道振动棒主要设置在大体积混凝土振捣密实阶段。当混凝土被初步捣实后，需要用第二道振动棒对其进行进一步的振捣，使混凝土更加密实，减少内部的气孔和裂缝；第三道振动棒则设置在底排钢筋处和混凝土坡脚处，这两个位置是混凝土流动的最后阶段，也是最容易出现质量问题的地方。因此，需要用第三道振动棒对这两个位置进行重点振捣，确保混凝土能够完全填充到钢筋和模板之间，使大体积混凝土浇筑更加夯实，确保整体稳定性。此外，如果振捣时间不足或力度不够，混凝土内部的气孔和裂缝就无法得到有效排除；而如果振捣时间过长或力度过大，则可能导致混凝土出现离析、泌水等问题。因此，在振捣过程中，我们需要根据混凝土的实际情况和工艺要求，合理控制振捣的时间和力度。

3.4 温度监控

冷却管自浇筑混凝土时通入冷水，并对流量水温作完整的施工记录。（1）温度监控的目的是为了实时掌握混凝土内部和外部的温度变化，以便及时采取必要的

措施来防止温度差异过大导致的质量问题。在浇筑过程中,应严格控制混凝土入模时的温度,确保其与外界环境的温差在合理范围内。同时,要密切监测衬墙芯部水泥和表层水泥间的温度,此一温度(不含混凝土收缩当量温度)不应超过 20°C ,以防止因温差过大而产生的裂缝。(2)为了保持混凝土在养护期内的平稳降温,降低速率不宜超过 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$,这一措施有助于减少混凝土内部因温度变化而产生的应力,从而提高其结构的均质性。而且,拆除保温性能覆盖层之后,还必须格外小心表面与混凝土和空气之间的温度差。这一温差不应大于 20°C ,以避免因温度骤变而对混凝土造成损害^[1]。因此,在拆除保温覆盖层之前,应先进行温度检测,确保温差在可控范围内。(3)为确保大体积混凝土浇筑施工的成功,温度监控工作应提前进行准备,施工单位应与当地气象台、站保持密切联系,及时掌握近期气象情况。在特殊气候条件下(如高温、暴雨等温度骤升骤降的天气),也要及时采取建筑质量保证措施,以应对可能出现的温度问题。(4)在温度监控的具体实施中,应参照《大体积混凝土施工标准(GB50496—2018)》等相关规范,明确监控方式、频率等具体要求。一般来说,温度监控可以采用埋设温度传感器、使用红外线测温仪等方式进行。监控频率应根据施工进度、气候条件等因素进行合理安排,确保数据的准确性和实时性。

3.5 养护措施

大体积钢筋应选用保温保湿方式养护。在混凝土施工结束后,初凝固阶段应及时做好喷淋拆模等保养作业;拆模后,应适时做好潮湿保养。还应符合下列条件:第一,要有人员负责管理保温维护工作,并做好细致的测试记录。这些记录应包括养护开始时间、养护过程中的温度、湿度变化等数据,以便对养护效果进行评估和调整。第二,保湿维护时间要不少于十四日,同时砼质量要超过设计强度的百分之七十五以上^[4]。在此期间,应密切关注混凝土表面的干燥情况,一旦发现干燥

迹象,应立即进行补水。同时,为了避免混凝土表面温度与环境温度相差过大,导致混凝土开裂,应确保结构表面温度与环境温度相差不超过 20°C 。在这之前,可根据实际情况逐步褪去覆盖层,以逐步适应环境温度的变化。第三,在保温材料的选择上,可以采用麻布、土工布、草帘等具有良好保温性能的材料,这些材料能够有效地保持混凝土的温度,防止温度过快下降。第四,在养生过程中,应持续监测混凝土结构体的内外温差和温度下降速度,这些数据对于评估养护效果和调整养护措施具有重要意义。一旦发现测试数据未达到要求的温度控制指标,应立即采取措施改进保温养护方法^[5]。

结束语

综上所述,城市下穿隧道大体积混凝土施工质量控制是一个系统工程,需要从施工前准备、施工过程控制、施工后养护等多个方面入手。通过本文的研究,我们提出了一系列有效的质量控制措施,包括温度监控、养护措施、做好应急预案等。这些措施的实施,可以显著提高大体积混凝土施工的质量水平,降低工程风险。同时,我们也应认识到,施工质量控制是一个持续改进的过程,需要不断总结经验教训,加强技术创新和人才培养,以推动城市下穿隧道大体积混凝土施工质量的不断提升。

参考文献

- [1]苏振罡.建筑工程中大体积混凝土施工质量研究[J].砖瓦,2021(06):207-208.
- [2]叶再术.建筑工程大体积混凝土施工技术分析[J].四川水泥,2021(06):227-228.
- [3]高德风,周欣,费晓春等.现浇隧道大体积侧墙结构混凝土裂缝控制技术[J].新型建筑材料,2020,47(3)4-8,32.
- [4]王百超.大体积混凝土施工质量控制措施[J].工程技术研究,2019,4(24):139-141.
- [5]陈会婷.浅析建筑工程中大体积混凝土施工技术探析.建筑工程技术与设计,2019(11):59.