

质量动态

(苏州市质量学会会刊)

目 录

AI 小作文：质量提升微创新的内涵辨析

质量论坛

丁之章：集团制药公司的质量管理角色

孙建春：APQP：新项目量产导入管理程序

微创新获奖案例

三星路面工程：一种再生透水沥青混合料的研制

中交一公局：桥梁下部结构混凝土外观质量提升

2025 年第四期 (2025 年 8 月)

AI 作文：质量提升微创新内涵辨析

质量提升微创新是指在产品或服务全生命周期中，通过持续、渐进、低成本的细微改进，聚焦用户体验优化与质量痛点解决，实现质量水平实质性提升的创新模式。其核心内涵包括以下维度：

一、目标导向：用户需求与质量痛点

以用户为中心：围绕用户实际需求（尤其是未被满足的细节痛点），通过微小改进优化体验。例如，解决遥控器易丢失问题的小设计优化，能显著提升用户满意度。

聚焦质量瓶颈：针对生产流程、服务环节中的具体质量问题（如施工效率低、资源浪费等），通过工艺或管理微调实现质量突破。

二、创新特性：渐进性与低成本

小步迭代：区别于颠覆性创新，强调对现有技术、流程的持续优化（如预拌混凝土工艺改进提升建筑质量）；

低门槛实施：无需大规模投入，依赖基层员工创意（如物业服务的“小技巧”优化流程），或利用数字化工具（如 BIM 技术、无人机监测）实现精准质控。

三、实施路径：全员参与与生态协同

全员创新机制：鼓励一线员工发现改进机会（如制造业中工人提出工艺微调方案）；

生态协同驱动：整合用户反馈、组织学习与外部环境资源，形成“识别机会—快速试错—持续优化”闭环。典型案例显示，用户参与驱动的微创新路径效果显著。

四、价值输出：可量化质量增益

质量效益提升：直接关联产品合格率、服务满意度等指标（如绿色施工技术降低污染、提高资源利用率）；

商业竞争力转化：微小改进积累形成差异化优势（如医药企业通过流程创新提升药品质量稳定性，如知识积累与经验分享提升员工技能水平等动态能力建设等）。

五、理论基础：质量与创新的动态共生

质量创新被定义为“满足需求的质量持续提高过程”，而微创新是其落地工具，二者关系体现为：

质量是基础：稳定质量保证为微创新提供试错空间；

创新促提升：细微改进推动质量从“符合标准”向“超越预期”跃迁。

例如，某法院系统通过“微改革微创新”优化涉企案件流程，细分 14 项质效指标并动态监测，以标准化改进提升司法服务质量与市场主体满意度。

又如：互联网企业通过用户反馈迭代产品功能，单点优化点击率提升 30%；制造企业工人微调工艺，使产品缺陷率下降 15%等。

综上，质量提升微创新是以用户痛点与质量瓶颈为锚点，通过低成本、渐进式、全员参与的持续优化，实现质量水平阶梯式跃升的创新范式，本质是质量与创新在微观层面的融合共生，是“小改进撬动大变革”的动态演化过程。

集团制药公司的质量管理角色

丁之章¹

近年来，我与业内同行就制药集团企业的质量管理进行了广泛的讨论。本文基于跨国公司（MNCs）和国内大型制药集团企业的实践，简要阐述了大型制药集团企业质量管理部门的职责与角色。

1. 监督子公司质量管理体系运行

集团质量管理部门的核心职能是为子公司建立集团层面的二级质量保证体系（一级质量保证体系为子公司的本地质量体系），主要实施方法包括：

1.1 质量标准化系统

与子公司合作制定集团级的标准操作程序（SOP）和管理程序（SMP）。子公司需要通过差距分析将这些 SOP 整合到其本地质量系统中。这个过程通常涉及多轮讨论和修订。例如，一个涉及活性药物成分（API）、成品剂型和生物制剂的制药集团可能需要几个月来协调数十家子公司的 SOP，反复讨论与征求意见，达成一致意见，确保集团的 SOP 或 SMP 能适用于不同剂型、不同地方监管法规的需求。

1.2 动态质量管控

¹ 丁之章，国通（成都）新药技术有限公司集团质量部高级 QA 经理，曾在多家大型集团制药企业从事质量管理工作，资深质量管理专家。文章发表于微信公众号“吾有药言”。

集团质量管理程序的数量通常限制在 50 个以内，并根据集团规模和业务复杂性进行适当调整，集团化的质量管理程序过多可能会束缚子公司的能动性和创新能力。对于多样化操作（例如，多种剂型或跨国公司）的集团公司需要适当优化管理程序框架，动态更新。

1.3 审计机制

通过定期进行质量审计，确认差距分析结果和集团 SOP 实施的有效性。审计频率可根据子公司的合规历史进行分类制定。

2. 技术资源共享系统

由于集团公司持续扩张，业务逐渐增加，一些老的子公司可能已经运行了数十年，集团仍会创办新的子公司，此时，集团质量管理部门可以组织一些老子公司的技术专家为新子公司提供支持，如审计、提供一些专业意见、进行多个主题的培训等。对于子公司来说，这些技术支持是有益和有用的，他们可能会借助这些支持，加速建设并在短时间内获得地方当局的认可。多年后，新子公司将成为所谓的老子公司，并持续培养更多的专家。

为了应对新成立的子公司面临的技术挑战，集团质量管理部门应实施以下机制：

2.1 专家协作网络

从成熟的子公司抽调技术专家，通过审计、技术咨询和专业培训支持新子公司。通过技术指导，可以使新的无菌生产在短时间内获得欧盟或 FDA GMP 认证，比行业平均速度更快。

2.2 知识转移框架

集团质量部门组织成熟子公司的专业团队，将几十年来积累的专业知识（如生产流程、偏差管理、变更控制等）通过系统地转化为标准化的技术转移协议或文件/记录模板。数据显示，采用这种模式的子公司可能会减少 FDA 在初始审计中的检查缺陷，因为他们积累了成熟子公司的经验和知识。

3. 质量管理人才培养方案

集团质量管理部门能够充分利用其职能培养更多的 QA 和 QC 人才，集团平台为质量人才培养提供了独特的优势。

3.1 跨部门轮岗体系

实施不同部门或车间轮换，让优秀员工接触不同的剂型（如固体口服剂、无菌制剂、生物制剂等）和产品线，培养具有复合型质量人才。例如，A 子公司的优秀员工可以有可能会在 B 子公司工作，以便

让一些员工很快了解各种剂型和产品。众所周知,员工对不同情况了解得越多,获得的经验就越丰富。因此,一些优秀的员工可以凭借集团企业的平台,持续积累,多年后在制药行业中崭露头角,显然,这对企业和员工都是双赢的。

3.2 行业影响力建设

集团质量管理部门可建立集团级质量论坛和案例库,同时积极参与行业指南/标准的起草或修订,如 ICH、ISPE、PDA 等行业协会的行业标准修订。在过去的十年里,一家优秀的制药公司已经有多名质量专家作为《药品 GMP 指南(2023 年版)》的编委成员,分享自己的实际经验,推动制药工业的发展。

4. 质量文化推广

4.1 将质量原则融入战略

通过集团年度质量峰会和内部出版物将“质量源于设计(QbD)”等核心概念融入集团公司战略。

4.2 通过申报认证梳理质量理念

通过中国质量奖或市质量奖等权威认证来完善管理体系。每个集团公司都会因其更好的管理理念而优秀,从而带来更好的产品和服务。申报质量奖是倡导公司质量原则和理念的好方法,通过申报质量奖,企业通常会系统地梳理本企业的发展历史和经营理念,包括质量管理理念,总结经验,为后续的质量管理指明方向。根据认证机构的流程,每个企业都应起草并提交申报材料,该材料至少包含企业治理、企业文化与使命、管理原则和发展规划等,而质量管理是企业管理的一部分,因此,集团质量管理部门可以在质量奖专家的现场评审时总结和分享他们的经验,获奖后则有机会向同行或同地区其他行业分享自己的质量管理理念,提高知名度。

5. 结论

每个集团质量管理部门的角色可以根据其监管和业务运营的实际需求调整其角色和职责。在集团企业发展的不同阶段,集团质量管理的角色可以定期调整。国内部分监管部门发布了指导方针和法规似乎鼓励企业建立集团质量管理,例如,国家药监局于 2025 年发布的《关于加强药品受托生产监督管理工作的公告》(征求意见稿),该公告提到,在统一质量管理体系下的母、子公司之间或者不同子

公司之间委托生产药品的，可由持有人或者受托企业一方进行留样及稳定性考察；与之不同的是，对于非统一质量管理体系下的母、子公司之间或者不同子公司之间委托生产药品的，持有人的留样和稳定性考察工作，可自行开展或者委托具有资质的第三方检验机构开展，但不得委托生产该药品的受托企业，不同质量管理体系的委托生产政策差异明显，由此，可认为，监管机构鼓励集团化质量管控，为制药企业的集团化质量管理提供政策支持。

APQP：新项目量产导入管理程序

孙建春²

一、什么是 APQP

查阅资料可知，APQP 即 ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING，先期产品质量策划，是 IATF16949 质量管理体系中的一个重要工具。

APQP 分为五个阶段，即：计划和确定项目、产品设计和开发、过程设计和开发、产品和过程确认、反馈评估及纠正措施。它们共同构成了从产品概念到量产的完整质量控制流程，广泛应用于汽车行业。

1. 计划和确定项目。该阶段是 APQP 的起始环节，其核心任务是明确客户需求并制定项目计划。具体包括：市场调研、组建跨部门团队、风险评估以及资源分配等。例如，汽车制造商需通过客户访谈来确定车型的功能需求与质量目标。该阶段的输出是项目计划书、质量目标。

2. 产品设计和开发。将客户需求转化为具体设计，并通过样件制作和测试来验证可行性。该阶段会涉及工程图纸绘制、DFMEA（设计失效分析）及样件控制计划制定。例如，车身结构设计需通过碰撞测试来验证安全性。该阶段的输出是工程图纸、DFMEA 报告。

3. 过程设计和开发。规划生产工艺流程，确保可制造性。其关键活动包括：PFMEA（过程失效分析）、设备选型及生产线布局设计。例如，焊接工艺需通过小批量试生产来验证稳定性。该阶段的输出是工艺流程图、PFMEA 报告。

4. 产品和过程确认。通过试生产来验证量产能力，完成 PPAP（生产件批准程序）提交。包括：小批量试制、质量检验（如耐久性测试）及过程优化。该阶段的输出是 PPAP 文件、试生产报告。

² 孙建春，长期担任外资汽车零部件企业的供应链总监，著有《全面运营管理》一书，文章转自“全面运营管理 ITOM”微信公众号。

5. 反馈评估及纠正措施。该阶段为量产后的持续改进阶段，收集客户反馈并分析问题。例如，汽车召回或工艺改进均是基于此阶段的数据分析。该阶段的输出是客户投诉分析、改进措施报告。

以上是标准的 APQP 介绍。很多人会产生一种误解，以为它是一个纯粹的新产品开发程序，其实不然；尽管它包含了部分“开发”活动，但它更是一个量产导入的项目性程序。新产品开发是一项纯粹的研发活动，它的核心是“技术创新”，而量产导入则是一项专门的项目管理活动；此时，技术研发已基本完成，要做的只是如何将其实现量产。

二、主机厂与零件供应商 APQP 的不同

仔细研读以上标准就会发现，这里定义的 APQP 是专门针对于主机厂（汽车制造商）的，它的各个步骤和事例都指向了主机厂。显而易见，零部件供应商也需要 APQP，但它们的情境不同，APQP 也就不同了。

1. 决策方式不同。主机厂的主动性强，具有全权的项目决策权；无论是项目启动，还是时间表确定，又或是重要节点的批准，都由内部决定；而零部件供应商则受客户制约，在很多时点上都需要得到客户的批准，如客户定点、样件批准、PPAP 批准等。

2. 起点不同。主机厂的 APQP 始于立项；一旦项目立项，就可以开启它的 APQP。而零部件供应商的 APQP 始于客户定点，在得到客户定点信之后，企业才能正式开启 APQP。

3. 节点设置不同。通常，主机厂会依据标准的五个步骤来设置节点，包括：项目立项、产品开发、工艺开发、产品工艺验证和量产。而零部件供应商节点设置不仅要考虑客户节点，还要考虑自身产品的工艺特征。客户会借助于订单释放、TR（技术评审）、OTS（工装样件）验证、PPAP 批准等来影响零部件供应商的进程；而产品的工艺特征则更是千差万别。

三、APQP 的范围

通常，一个完整的 APQP 范围就是从项目开始一直到量产结束的全过程，但针对不同情境，它的范围也会有些差异。

对于主机厂来说，它的 APQP 范围就是标准五步；同时，它还需将外购件 APQP 也纳入其中。

对于零部件供应商来说，它的 APQP 通常始于定点，终于正常量产；期间，大体上会经历定点、工程开发、交样、PPAP 和量产。

其中，定点阶段就是收到客户定点、内部评审直至定点确认。工程开发阶段就是依据客户要求，完成产品和工艺的技术方案。交样阶段、PPAP 阶段和量产阶段主要对应了产品工艺验证、PPAP 文件提交和批准、量产准备。

为什么需要做到先期 (ADVANCED)，因为 APQP 是以时间为主线的项目管理，各项活动存在先后之别，但客户要求是多方面和全方位的，并且在项目之初便会发布，因此，各职能部门就需要在项目初期参与其中，对与己有关的客户要求评审，否则，一旦错过，都可能给量产带来麻烦。比如，关于客户需求模式、交付包装方式等物流要求，就需要物流部门及早评审和筹划。

四、APQP 不仅限于对“质量”的管控

很显然，“质量”只是 APQP 众多管控要素中的一个；除了质量，它还包括数量、时间、技术、成本和物流等一系列要素。

那么，为什么 APQP 却以“PQ (PRODUCT QUALITY, 产品质量)”命名呢？我们无从考证其渊源，但推定其原因在于，以产品质量为抓手更容易使人理解和接受，便于推动整个项目的顺利进行，尤其是在当今“大质量”的思想潮流之下。

“大质量”就是广义的质量。它不仅包含产品本身的质量，还将其他诸多要素纳入质量范畴中，比如：是否符合时间要求是质量，是否符合数量要求也是质量；是否满足技术要求是质量，是否满足物流要求也是质量；也就是说，所有与客户满意度相关的要素都是质量；因此，没有比“质量”一词更适合的了。只要抓住了质量，就能借此管控所有。

其中，时间管理就是根据客户要求和任务前置期制订出分解的项目计划，尤其需要重视项目过程中的关键节点，如 OTS 交样、PPAP、量产等。

技术管理就是要严格符合客户技术要求；为防止项目失败，客户会在项目开发进程中，通过制造可行性评审、TR、OTS 评审和 PPAP 等进行技术把关。

物流管理就是要完全符合客户的运输、包装和交付等各种物流要求；通常由物流部门来负责。

五、企业 APQP 的实例与解析

这里以一家跨国紧固件企业为例，它的 APQP 分为五个阶段，即：报价、定点、工程及过程开发、

样件及 PPAP 和量产。

1. 报价阶段

它始于客户询价，止于报价完成。主要任务是评估客户要求（包括商务、技术、质量、物流等各种要求）、做出可行性分析并完成报价。

需注意，绝大部分企业都不会将这个阶段纳入 APQP 中，原因是因为报价阶段的变数太大，不能成功取得定点的概率太高，将其纳入会得不偿失。但这家企业的做法却很好地诠释了 APQP 的先期理念。

2. 定点阶段

它始于客户定点，止于定点确认。主要任务是认真评估所有客户要求，完结可行性报告，再到内部正式启动项目，并向客户发出定点确认函。

有些企业会用样件订单来代替定点函，它的真实意思都表示：在满足其全部要求（包括商务、技术、物流等）的前提下，客户同意将该项目交由该供应商进行打样。因此，供应商需要详细审核客户的全部要求，确保可以满足。

3. 工程及过程开发阶段

它始于订单确认，止于工程过程设计完结。主要任务是完成产品图纸、模具图纸、过程流程图、PFMEA、控制计划、MSA 等。

该阶段的核心是产品和工艺开发，所有与之相关的工作都需要完成，比如：料号创建、产线规划等。需注意，产品设计和工艺设计并不能完全分开，这一点与 APQP 的标准是有区别的。

4. 样件及 PPAP 阶段

它始于模具及物料订单下达，止于 PPAP 批准。主要任务是试生产打样、检测、交样、准备 PPAP 文件以及取得客户 PPAP 审批。

该阶段的核心就是通过样件生产来验证产品和工艺过程的可靠性。有些企业的打样和 PPAP 会分开进行，但对于紧固件来说，合并在一起则更为适合。

5. 量产阶段

它始于 PPAP 批准，止于实现正常量产。主要任务是完成量产准备，包括：产品及工艺等各种主数据核实、获取客户需求信息、产能复核、爬坡计划、经验收集等。

该企业采用一套 EXCEL 阶段性评审检测表作为 APQP 管控工具；任何一个 APQP 项目以及核心条目都会列举其中，并借助定期项目会议进行沟通、检查、确认和记录。后来，这套表格又升级为一个专项程序软件，基本逻辑与 EXCEL 相同，其核心变化就是无纸化和网络化。

“他山之石，可以攻玉”。由以上内容可见，APQP 是必要的、复杂的、多职能参与的、需要企业高度重视的。

六、如何做好 APQP

APQP 不仅是一套项目管理程序，更是一套完整的新产品量产导入程序；它不仅需要管控质量，还要同时管控所有项目要素，包括：时间、数量、技术、物流等；并且还会涉及企业的几乎所有核心职能部门，复杂性高，难度系数高。要想做好，并不容易。

1. **要制订一套完整的 APQP 管理程序。**不同企业的业务不同，APQP 分解步骤也会有所不同。但无论怎样，都需要一套标准的、文件化的 APQP 管理程序，明确 APQP 的项目分段、组织结构、沟通方式和关键点。

2. **要设计一套专门的 APQP 管理系统。**它既可以是一套 EXCEL 格式检查表，也可以是一个软件。严格来讲，它也是管理程序的一部分，既能用于检查沟通，也能用来记录 APQP 过程的状态。

3. **建立矩阵式组织结构。**正如常规项目管理一样，APQP 管理应建立矩阵式组织结构，并在项目成立之初组建完成；团队成员应来自各相关职能部门，其中，项目经理负责统筹，项目成员负责各个分项任务。一旦项目受阻、无法解决，项目组可以升级到部门首长或管理层，寻求支持。

4. **做好 APQP 的启动活动。**“好的开始是成功的一半”，启动会需要完整收集项目信息，包括：商务、时间、数量、质量系统、制造能力、分供方、沟通与职责分工等；会议输出包括：项目时点、数量、开点清单和联络清单。

5. **需制订详细的项目任务时间计划表。**项目管理的一个关键维度就是时间，需在时间维度下，列出所有关键任务和节点，并持续跟进和更新，这是 APQP 管理中最重要的一份文件。

6. **实施定期检查与沟通。**常用方式就是定期会议，由项目经理召集，项目成员参加。一旦出现偏差，大家及时研讨纠正。

七、小结

从某种角度来看，一个企业的全部运营活动可以简单分为横向和纵向两个维度，其中，横向维度是指从原材料采购、入库、生产直至客户交付的日常运营过程；纵向维度是指从报价、定点、试生产直至量产的新产品导入过程；二者相辅相成，交汇一起，而 APQP 就是针对于后者的管理程序。

很显然，APQP 不是汽车行业的专属工具，同样的业务活动和场景在其它行业企业中同样存在。有些企业会将其纳入销售部门的新项目导入范畴，还有些企业会将其纳入变更管理范畴（新项目属于变更管理中的一个类别）。但无论如何，APQP 的基本逻辑和方法始终不变。

征稿启示：

质量动态是苏州质量学会的内部交流通讯，是会员之间交流与相互学习的平台，主要栏目有：质量之窗、质量前沿、质量案例、会员风采、学会要闻、质量小贴士等专题，内容涵盖国内外质量机构活动介绍、国家质量政策法规解读等；国内外有关质量管理的前沿研究、质量技术前沿研究、质量发展报告等；会员单位质量经营模式与质量创新成果案例展示；近期学会主要活动、苏州市市场监督管理局主要政策动态；质量技术新概念、新知识、新实践等知识介绍。

欢迎会员单位踊跃撰稿，和我们一起努力把《质量动态》办成会员质量技术交流不可或缺的平台和纽带，为“精致苏州、品质生活”添彩，共同促进苏州质量事业的高质量发展。

苏州质量学会《质量动态》编辑部

一种再生透水沥青混合料的研制

吴文学 刘攀³等

一、实施背景

目前，沥青混合料需要消耗大量沥青及石料资源，加入再生料可以充分利用废沥青、再生矿料资源，减少对新沥青的需求，降低石油及矿料资源消耗。热再生沥青混合料生产施工过程中，减少了沥青的储存、加热等环节，节省了大量能源。其次，热再生沥青混合料使用过程中，可以有效减少排放物的释放，降低环境污染。因此将课题定为：一种再生透水沥青混合料的研制。

为满足环保、节能减排及降本增效等要求，公司决定成立 QC 小组，在保证透水再生沥青混合料各项指标不降低的情况下，尽可能提高再生料添加比例。从材料组成、材料性能、混合料性能、生产工艺等方面进行设计与控制，以满足沥青路面路用性能的要求。本课题实施周期为：2024.3.1-2024.9.30。预期效果：提高透水型沥青混合料路面材料循环利用率达到 15%。

二、实施内容

2.1 现状问题及分析

公司近年来经营业务不断拓展，透水沥青混合料的产量大幅提高，鉴于旧料再生在 AC 结构和 Sup 结构上面已经有成功经验，而透水沥青混合料中旧料少有添加，造成一定程度上的资源浪费。加入旧料对透水沥青混合料的体积指标、低温性能、抗水损害性能及抗疲劳性能具有一定的影响。

根据文献和既有经验分析，影响透水沥青混合料性能的主要原因有：

- （1）旧料级配不稳定，旧料没有进行破碎筛分，生产过程检测发现混合料级配波动大。
- （2）旧料加热温度不稳定，旧料加热温度过高使旧沥青提前老化，旧料加热温度过低，则混合料拌合不均匀、凝结成块影响混合料性能以及施工和易性。
- （3）再生透水沥青混合料配合比设计不合理，空隙率、矿料间隙率小、高低温稳定性、水稳定性不能满足规范要求。
- （4）新料性能差，矿料级配及针片状等指标不能满足规范要求。

³ 课题组成员：吴文学、刘攀、施继顺、吴泽凡、陈传瑞、赵赫、苏磊、王鹏祥、张聪、钱兴建

(5) 高粘改性沥青质量差，针入度、软化点、延度、动力粘度、PG 达不到透水沥青混合料使用要求。

其中公司要求对新集料、高粘沥青进场前每车（船）必检，符合规范要求及公司材料质量验收标准方可进场，排除了（4）、（5）这两个因素。

2.2 改进需求

QC 小组针对剩下的问题，提出了相应的改进需求如下表：

表 2-1 改进需求统计表

序号	现状	改进需求	判别人员
1	旧料级配不稳定	旧料破碎筛分，分档使用	陈传瑞
2	旧料加热温度不稳定	加热温度控制	赵赫
3	配合比设计不合理	目标及生产配合比试验	苏磊

通过改进需求分析，QC 小组认为：需要对材料质量、生产工艺进行控制，重新进行配合比设计。

2.3 查新借鉴情况

查新：我们通过知网、万方数据等查询网站对“透水沥青混合料、再生剂、再生沥青旧料、沥青旧料掺量”等关键词进行查找，运用了以下四个借鉴点：

表 2-2 借鉴点汇总表

借鉴项目	借鉴点	借鉴原理	是否可用于项目中
路用沥青再生剂的研究	旧路面的老化沥青掺入 5%~11%再生剂后,路用性能得以明显改善,调配一定的沥青后,旧路面老化沥青的主要性能符合重交沥青 AH-70 的标准	通过对再生剂与老化沥青反应的红外光谱分析可知,再生剂与老化沥青不仅是一个物理的调和作用,而且其与老化沥青发生了化学反应,改善了其性质	是
高旧料掺量高性能沥青路面再生利用关键技术研究	对旧料进行技术指标检验,与新的集料、沥青、矿粉进行级配曲线设计,掺加不同含量的沥青和再生剂,对制备的沥青混合料进行高低温、水稳定性检测.使沥青混合料的各项指	对沥青的老化与再生机理进行了微观层面的研究,发现沥青在老化过程中轻质组分含量大大减少,而再生后其内部组分结构基本没有变化	是

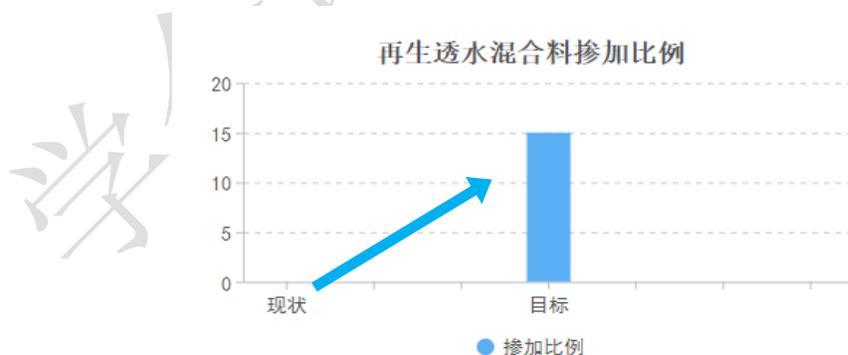
	标满足技术规范要求		
热再生沥青混合料精细化设计与路用性能研究	研究发现 RAP 分档后, 能减少其变异性, 且分档越多变异性越小, 常将 RAP 分为 2 档或者 3 档进行级配设计	基于旧沥青混合料的离散性进行研究, 探究旧料级配、旧沥青含量及其性状的变异性, 提出影响旧沥青混合料变异性的因素, 通过采取增加旧料分档的方法进行基准料的合成措施, 控制废旧沥青混合料的变异性, 并就控制措施进行路用性能评价	是
透水型多孔隙沥青混凝土的路用性能研究	透水型多孔隙沥青混凝土路面具有抗滑性较好、减少雨水水漂、提高车辆行驶安全性、降低交通噪声等优越性	沥青混凝土粗颗粒集料紧密相连, 石料与石料之间能够形成相互嵌挤的骨架, 形成的空隙较大, 粗集料之间的摩擦力与嵌挤力起着决定作用	是

通过借鉴, 小组成员发现在沥青旧料的应用上, 目前, 在厂拌热再生沥青混合料中沥青旧料掺量很低, 为了更好地利用沥青旧料, 我们需要提高旧料的掺量, 随着旧料掺量的增加, 厂拌热再生沥青混合料的稳定性和耐久性都会有所下降, 因此为了提高厂拌热再生沥青混合料的性能需要加入添加剂以保证旧沥青有较高的恢复能力。通过论文查找, 目前对于再生沥青混合料的研究有两种路线:

- (一) 添加低比例再生料;
- (二) 添加较高比例再生料, 再加入匹配再生剂拌合。

2.4 设定目标

提高透水型沥青混合料路面材料循环利用率达到 15%



2.5 提出多种方案并确定最佳方案

(一) 提出方案

根据透水沥青混合料结构特点及技术要求，QC小组通过头脑风暴法提出多种意见及想法，经过总结整理，归纳出两种方法：

方案一：添加低比例再生料。

方案二：添加较高比例再生料，再加入匹配再生剂拌合。

(二) 方案比选

根据以上两种方案生产工艺特点，从技术可行性，经济合理性，优缺点等方面综合对比：

表 2-3 方案对比分析表

方案编号	方案一	方案二
方案描述	添加低比例再生料	添加较高比例再生料，再加入匹配再生剂拌合
技术可行性	借鉴以往再生沥青混合料成功经验	借鉴以往再生沥青混合料成功经验
经济合理性	再生料添加量少经济效果不明显	再生料添加量多，节约成本
优缺点	生产工艺简单，旧料掺量低对混合料性能影响小，再生资源未能充分利用，与设定的目标不相符	再生资源利用多，生产工艺较复杂，对混合料性能影响大
结论	不选用	选用

通过比选，最终选择方案二。

(三) 方案细化



小组成员通过上述论证，还需要对初选的方案进行细化，并对沥青的选择、再生料加热温度的

选择、再生料级配的选择、集料的选择、添加剂的选择等进行确定，经过分析讨论提出以下各分解方案：

(1) 沥青的选择

表 2-4 沥青选择分析表

对应要素	备选子方案	主要评价指标		结论
		特点	性能	
沥青的选择	高粘改性沥青	直接购入，易于检验，方便可靠	好	选用
	改性沥青+高粘剂	沥青及高粘剂分开加入，质量不易控制，生产工艺要求高	中等	不选用

(2) 集料的选择

表 2-5 集料选择分析表

对应要素	备选子方案	主要评价指标		结论
		特点	实用性	
集料的选择	玄武岩	玄武岩具有耐磨、压碎值低、抗压性强、耐高温性能好	好	选用
	石灰岩	石灰岩由碳酸钙组成，强度比石灰岩等硬质岩石低、抗滑耐磨性能低	不好	不选用

(3) 再生料级配的选择

表 2-6 再生料级配分析表

对应要素	备选子方案	主要评价指标		结论
		特点	实用性	
再生料级配的选择	旧料经破碎处理后直接入库储存	处理起来方便，但是不能保证再生沥青混合料配合比设计级配均匀性	不好	不选用
	旧料旧料经破碎处理后将旧料分为粗细两档，分开储存	能保证再生沥青混合料配合比设计级配均匀性	好	选用
对应要素	备选子方案	主要评价指标		结论
再生料级配的选择	将旧料经破碎处理分为粗料档	添加粗料可以更好控制透水沥青混合料的级配和孔隙率	好	

	将旧料经破碎处理后分为细料档	添加细料不好把控透水沥青混合料的级配和孔隙率	不好	不选用
--	----------------	------------------------	----	-----

(4) 再生料加热温度的选择

表 2-7 再生料加热温度分析表

对应要素	备选子方案	主要评价指标		结论
		特点	实用性	
再生料加热温度的选择	室内试验确定	能简单、快速确定出旧料最佳加热温度	好	选用
	机组拌合调整温度 取样试验确定	周期长且不能确保再生沥青混合料性能	不好	不选用

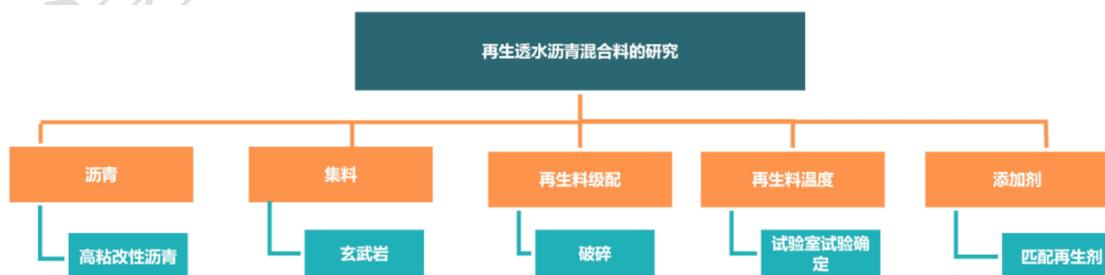
(5) 再生剂的选择

表 2-8 再生剂选择分析表

对应要素	备选子方案	主要评价指标		结论
		特点	实用性	
添加剂的选择	采用软沥青添加，改善沥青旧料	软沥青的添加一定程度上改善旧料沥青的老化现象，但掺量大，经济性差	不好	不选用
	根据市场选择良好的再生剂添加	通过市场调查选择匹配的再生剂进行添加，能显著改善旧料沥青老化现象，提高 RAP 掺量	好	选用

通过比选，最终确定最佳子方案如下：

最佳子方案



2.6 制定对策

QC 小组针对最佳方案，制定对策如下：

表 2-9 对策表

序号	方案	对策	目标	措施	地点	时间	负责人
1	高粘沥青	严格把控沥青质量	技术指标符合规范要求	进场沥青每车检测	三新	2024.05.20 - 2024.06.09	吴泽凡
2	玄武岩	严格把控集料质量	技术指标符合规范要求	进场集料每船检测	三新	2024.05.20 - 2024.06.09	赵赫
3	再生料级配	旧料经破碎处理后将旧料分为粗细两档，分开储存	生产过程再生沥青混合料级配稳定与设计级配偏差符合规范要求	拌合机取样再生沥青混合料进行抽提矿料级配检测	三新	2024.05.20 - 2024.06.09	张聪
4	再生料加热温度	室内试验确定旧料加热温度	旧料加热温度应能使再生沥青混合料性能达到最佳	通过室内试验，测定旧料加热温度分别为 110℃~150℃ 情况下再生沥青混合料的性能	三新	2024.05.20 - 2024.06.09	王鹏翔
5	再生剂添加比例	市场调查匹配再生剂，试验确定最佳掺量	确定再生剂最佳掺量使混合料性能达到规范要求	通过室内试验检验再生沥青混合料性能	三新	2024.05.20 - 2024.06.09	苏磊
6	再生透水沥青配合比	依据检验合格的原材料及确定的再生剂添加比例进行再生透水配合比设计	透水沥青混合料各项指标满足规范要求	室内配合比试验	三新	2024.05.20 - 2024.06.09	苏磊

2.7 对策实施

QC 小组成员和有关施工、管理人员认真学习相关知识，进一步明确责任分工。小组成员进行了严格的执行和实施，同时强调了 QC 活动开展的意义及质量的重要性。

实施一：高粘改性沥青

表 2-10 高粘度改性沥青的技术要求

试验项目	单位	技术要求
针入度 (25℃, 100g, 5s)	不小于	0.1mm
软化点 (TR&B)	不小于	℃
延度 (15℃)	不小于	cm
闪点	不小于	℃
薄膜加热试验 (RTFOT) 后质量变化	不小于	%
粘韧性 (25℃)	不小于	N·m
韧性 (25℃)	不小于	N·m
60℃粘度	不小于	Pa·s

表 2-11 高粘改性沥青试验结果

试验日期	针入度 (0.1 mm)	延度 (cm)	软化点 (℃)	老化后			质量损失 (%)	动力粘度 (Pa·s)	黏韧性 (N·m)	韧性 (N·m)	PG
				针入度比	延度 (cm)	软化点 (℃)					
2024.07.15	50.3	55.2	88.5	73	28.1	90.5	-0.1	43850	25.18	15.12	82-22
要求	≥40	≥50	≥80	≥65	≥15	—	±0.6	≥20000	≥20	≥15	76-22

目标检查：三大指标、质量损失、动力粘度、PG、粘韧性等指标试验，试验结果满足规范要求。目标实现！

实施二：玄武岩

对玄武岩进行相关指标检测。

表 2-12 玄武岩 1#试验结果

日期	以下筛孔通过量 (%)				粉尘含量 (%)	含水量 (%)	针片状 (%)	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率 (%)
	16	13.2	9.5	4.75						
2024.07.10	100	72.9	14.4	1.1	0.7	0.9	8.4	2.964	2.879	0.99
要求	100	90-100	0-15	0-5	≤0.8	≤1	≤10	≥2.6	≥2.6	≤2

表 2-13 玄武岩 2#试验结果

日期	以下筛孔通过量 (%)				粉尘含量 (%)	含水量 (%)	针片状 (%)	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率 (%)
	9.5	4.75	2.36	1.18						
2024.07.10	97.1	8.7	2.4	1.0	0.8	0.9	9.0	2.972	2.86	1.32
要求	90-100	0-15	0-5	-	≤0.8	≤1	≤10	≥2.6	≥2.6	≤2

表 2-14 玄武岩 3#试验结果

日期	以下筛孔通过量 (%)					粉尘含量 (%)	含水量 (%)
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6		
8.25	100	95.2	2.5	1.3	1.3	0.6	1.8
要求	100	90-100	0-15	-	0-3	≤2	≤2

表 2-15 玄武岩 4#试验结果

日期	以下筛孔通过量 (%)							粉尘含量 (%)	含水量 (%)	砂当量 (%)
	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075			
8.16	100	80.9	51.7	37.9	24.7	18.8	9.3	9.1	2.0	71
要求	100	80-100	50-80	25-60	8-45	0-25	0-10	≤10	≤2	≥70

目标检查：级配、密度、针片状、粉尘含量、含水率、吸水率等指标试验，试验结果满足规范要求。目标实现！

实施三：再生料级配

QC 小组于 2024 年 6~7 月对同比例其他类型再生沥青混合料级配进行抽提检测。

表 2-16 再生沥青混合料级配检测结果

筛孔尺寸	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
通过率 (%)	1	100	87.4	79.2	66.8	43.7	29.2	20.9	14.6	12.8	8.7	6.5	5.6
	2	100	87.8	72.8	65.5	45.9	27.7	22.8	14.7	12.8	9.0	6.9	6.1
	3	100	87.2	79.5	67.9	44.4	26.2	21.4	14.3	11.1	7.6	6.0	5.4
	4	100	92.0	77.5	61.5	47.6	29.0	21.1	15.1	12.0	8.1	7.7	6.5
	5	100	87.6	74.2	62.8	47.5	24.4	18.0	12.8	9.8	7.2	6.2	5.2

	6	100	89.0	73.8	60.2	47.7	29.4	22.4	15.0	11.6	8.0	7.7	6.4
	7	100	86.5	75.8	62.1	46.2	28.8	21.8	14.7	11.2	7.0	5.9	5.0
	8	100	88.8	74.2	61.4	44.0	23.2	18.0	12.4	9.6	6.7	5.8	5.0
	9	100	87.5	79.4	66.6	46.2	27.7	22.4	14.8	11.9	8.2	7.2	6.2
	10	100	88.2	73.3	63.2	43.6	28.6	21.0	14.2	11.1	7.9	6.9	6.0
设计级配		100	90.4	76.7	64.4	44.4	26.3	19.8	13.2	10.2	7.0	6.1	5.2

目标检查：再生沥青混合料级配能够控制在设计偏差允许范围之内。目标实现！

实施四：再生料加热温度

试验室通过室内试验，测定旧料加热温度分别为 110℃、120℃、130℃、140℃、150℃ 情况下同比例再生沥青混合料的性能。

表 2-17 不同加热温度下再生沥青混合料检测结果

技术指标	RAP 比例 (%)	110℃	120℃	130℃	140℃	150℃	要求
残留稳定度%	15	85.1	86.0	87.2	85.4	82.3	≥85
TSR (%)	15	79.8	81.7	82.5	81.3	80.9	≥80
低温小梁弯曲应变 ($\mu\epsilon$)	15	2007	2029	2217	2109	2013	≥2000
动稳定度 (次/min)	15	2627	2841	2983	2715	2689	≥2500

目标检查：通过室内试验，发现旧料加热温度为 130℃ 时，再生沥青混合料各项性能最佳。目标实现！

实施五：再生剂添加比例

试验室通过室内试验，测定再生剂添加分别为 2%、3%、4%、5% 情况下同比例再生沥青混合料的性能。

表 2-18 不同比例再生剂沥青混合料检测结果

技术指标	RAP 比例 (%)	2%	3%	4%	5%	要求
残留稳定度%	15	83.5	86.9	87.9	89.3	≥85
TSR (%)	15	77.1	82.3	83.0	85.6	≥80
低温小梁弯曲应变 ($\mu\epsilon$)	15	1895	2190	2324	2619	≥2000
动稳定度 (次/min)	15	2387	2737	3195	3650	≥2500

目标检查：通过室内试验，发现再生剂添加量 3% 时，再生沥青混合料各项性能满足规范要求。目

标实现！

实施六：再生透水沥青配合比

8月10日，试验人员用采购成品高粘改性沥青、添加3%再生剂、按掺量10%、15%、20%筛分再生料制备再生透水沥青混合料，严格按照工艺流程，准确控制高粘改性和再生剂掺量，再生料加热温度以及拌合过程温度和时间。同时进行混合料试件成型，对再生透水沥青混合料的性能进行检测，10%、15%再生透水沥青混合料指标满足规范要求。

表 2-19 再生透水沥青混合料检测结果

混合料名称	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	再生掺量
OGFC-13	100	91.2	62.1	20.3	15.0	11.7	8.1	5.9	5.6	4.0	10%
OGFC-13	100	92.7	64.8	21.5	15.6	12.5	8.8	6.5	6.2	4.2	15%
OGFC-13	100	94.1	65.9	23.0	16.7	12.9	9.4	7.0	6.1	4.3	20%
级配范围	100	90-100	60-80	12-30	10-22	6-18	4-15	3-12	3-8	2-6	
技术指标	沥青用量 (%)	空隙率 (%)	稳定度 (KN)	残稳 (%)	冻融 (%)	动稳定度 (次/mm)	析漏 (%)	飞散 (%)	低温弯拉应变 ($\mu\epsilon$)		
试验结果	4.7	20.5	5.65	89.3	83.2	5197	0.15	11.9	3482		10%
试验结果	4.7	20.8	5.90	88.6	84.7	5317	0.19	12.4	3317		15%
试验结果	4.7	19.8	3.32	83.7	78.1	4439	0.24	14.3	2527		20%
要求	-	18-25	≥ 3.5	≥ 85	≥ 80	≥ 5000	≤ 0.3	≤ 20	≥ 2500		

三、实施成效

3.1 质量效益

室内配合比试验成功后，2024年9月1日-2024年9月3日，生产机组按照室内试验确定的材料

比例和工艺流程进行再生透水沥青混合料生产，小组成员对生产的沥青混合料进行随机抽样检测，检测结果如下表：

表 3-1 RAP15%再生透水沥青混合料检测结果

日期	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
2024.9.20	100	92.7	64.8	21.5	15.6	12.5	8.8	6.5	5.2	4.2
2024.9.21	100	92.0	63.5	22.3	14.7	12.4	8.3	6.2	4.9	4.0
2024.9.22	100	92.5	64.1	21.9	15.0	12.8	8.0	6.1	5.3	4.4
2024.9.23	100	91.9	63.9	21.7	14.2	12.0	7.7	5.9	4.8	4.1
级配范围	100	90-100	60-80	12-30	10-22	6-18	4-15	3-12	3-8	2-6
日期	沥青用量 (%)	空隙率 (%)	稳定度 (KN)	残稳 (%)	冻融 (%)	动稳定度 (次/mm)	析漏 (%)	飞散 (%)	低温弯拉应变 ($\mu\epsilon$)	
2024.9.20	4.7	20.8	5.90	88.6	84.7	5317	0.19	12.4	3317	
2024.9.21	4.7	20.5	5.43	87.1	82.3	5491	0.23	13.1	3019	
2024.9.22	4.7	20.7	5.51	88.9	86.5	5373	0.17	12.7	3525	
2024.9.23	4.7	21.0	5.69	89.2	84.2	5516	0.15	11.5	3194	
要求	-	18-25	≥ 3.5	≥ 85	≥ 80	≥ 5000	≤ 0.3	≤ 20	≥ 2500	

由上表可知，再生透水沥青混合料各项指标都满足规范要求。

2024年9月份于年产医疗护理厂房上铺筑了旧料掺量为15%的厂拌热再生透水沥青混合料试验段，通车后发现，路面使用状况良好，未出现任何病害。



现场取芯检测路面状况

3.2 经济效益

9月20日小组成员对再生透水沥青再生料节约材料成本计算进行计算，计算结果如下：

表 3-2 材料成本计算表

旧料掺量 (%)	15	
节约沥青 (kg/T)	7.05	
节约集料 (kg/T)	142.9	
节约材料费用 (元/吨)	高粘改性沥青	39.1
	玄武岩集料	34.3
节约沥青混合料费用 (元/吨)	用于上面层	73.4
合计节约 (元/吨)	=7.1*5.5+142.9*0.24-3%*4.7%*1000*15	

制表人：吴泽凡

审核人：施继顺

时间：2024.9.20

备注：计算时依据已有的相关工程经验作如下估算：沥青用量：4.7%；玄武岩单价：240 元/吨；高粘改性沥青单价：5500 元/吨；再生剂单价 15000 元/吨。

由表 3-1、表 3-2 可以看出，再生料掺量为 15%制备再生透水沥青混合料各项指标都满足规范要求，同时透水沥青混合料生产成本降低 52 元/吨，有效降低了透水沥青混合料成本。

3.3 社会效益

再生透水沥青混合料研制将透水沥青混合料成本大幅降低，较大幅度降低了排水沥青路面建造成本，将有效推动排水沥青的发展，具有较高的推广价值。与此同时，旧料再生利用可以降低沥青路面的建设成本，有利于沥青路面在低等级道路的推广应用，改善行车的舒适性。

3.4 标准化

- 1、小组将课题研究材料收集整理，建立规范的 QC 课题台账。
- 2、将此次研究成果结果工作实际，制定了《再生透水沥青混合料生产作业指导书》，指导日常透水沥青混合料生产工作。

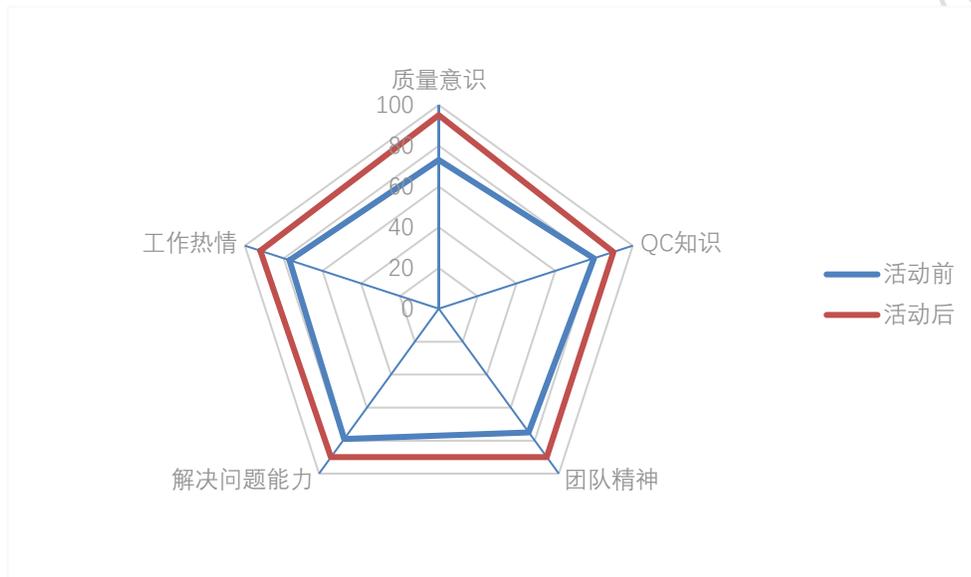
3.5 综合素质方面

通过本次 QC 活动，小组成员依靠集体智慧实现了活动目标，达到了预期效果，小组成员在质量意识、创新意识、QC 知识、团队精神、解决问题的能力等方面都得到了很大的提高，为我们以后的 QC 活动积累了宝贵的实践经验。小组自我评价如下：

表 4-1 自我评价表

项目	自我评价	
	活动前	活动后

质量意识	73	95
个人能力	76	90
QC 知识	80	90
团队精神	75	90
解决问题能力	79	90
工作热情	77	92



自我评价雷达图

桥梁下部结构混凝土外观质量提升

董耀文 包士淳⁴等

一、实施背景

1、实施背景

杭宁高速公路湖州市区联络线 TJ03 标的控制性工程，致力于打造品牌工程，且工程位于城区，位置显眼，对墩柱混凝土外观要求更为严格，必须一次成优。

2、实施目的和意义

作为桥梁下部结构关键工程，若一次验收合格率达到相关监管单位要求，将影响后续盖梁施工衔接，从而影响工程整体进度。年度评优本标段拟争创第一，需保障各分部分项工程施工质量。

3、实施前管理状况

拆模后发现混凝土外观 15%的部分未达到预期效果，表面光洁度一般，并存在气泡、色泽不均、水纹、混凝土错台等缺陷。

4、实施组织：小组成立于 2023 年 12 月，成员 6 人。

5、实施周期：2024 年 2 月 20 日—2024 年 7 月 5 日

6、预期的效果：

将色泽不一(色差、发暗)及气泡麻面、表面平整度(拼缝、错台)及圆弧不平整等 4 个主要问题等质量缺陷解决 90%，合格率即可达到： $84.58\%+15.42\% \times (85.14\%) \times 90\%=96.4\%$ 。

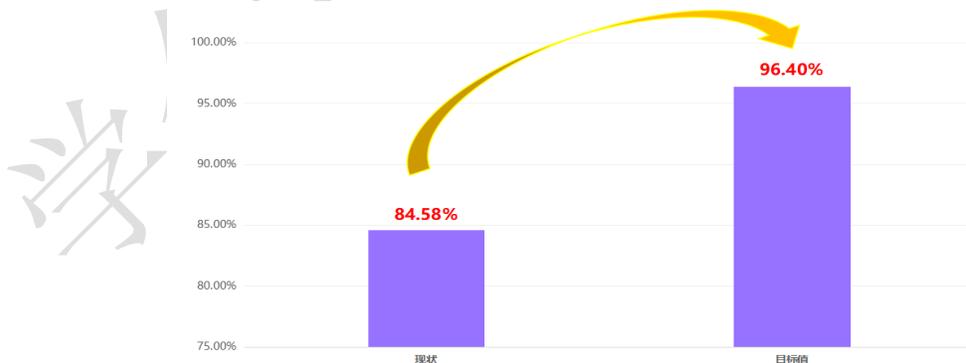


图 1 目标设定柱状图

⁴ 课题组成员：董耀文、包士淳、项天宇、陈家辉、张进、范超铭

二、实施内容

1、原因分析

(1) 小组运用“头脑风暴法”，针对影响墩柱外观的主要症结色泽不一(色差、发暗)及气泡麻面、表面平整度(拼缝、错台)及圆弧不平整进行讨论分析，应用关联图展开原因分析。

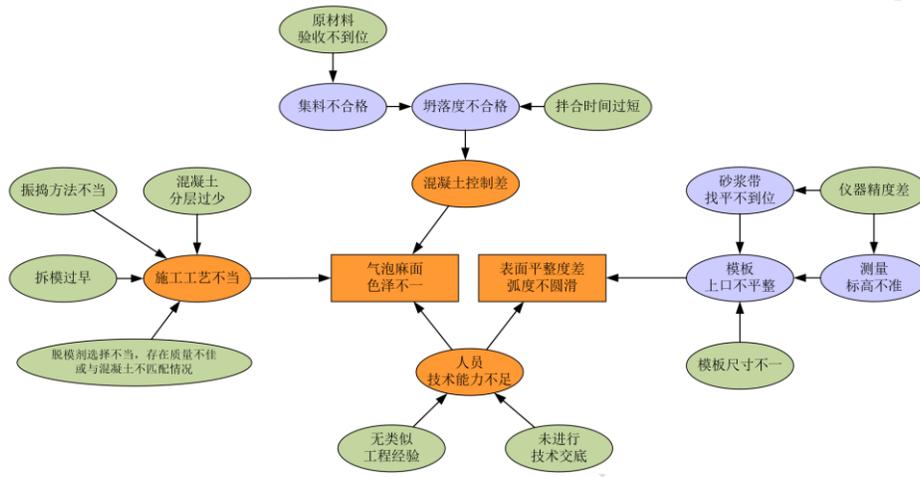


图 2 原因分析因果图

(2) 最终分析出 10 个末端因素，小组成员结合现场实际施工情况，制定了要因确认表，逐一进行调查、分析、确认。

表 1 末端因素一：拌合时间过短

验证时间	2024 年 3 月 15 日	确认方法	调查分析	验证标准	拌合时间在标准范围内
验证情况	小组突击检查工地拌合站，拌合楼电脑计量系统显示搅拌时间 90 秒，实际搅拌时间达到 95 秒。操作人员按项目制定的管理制度进行维修、保养和校定，并做有记录。				结论 

表 2 末端因素二：原材料验收不合格

验证时间	2024 年 3 月 6 日	确认方法	现场验证	验证标准	原材料控制在规范标准内
验证情况	原材料进场均有物设部提出申请，质检部、现场和工地试验室进行联合验收，经现场对搅拌站储料仓的石料和砂进行抽查，试验检查证明骨料的各项指标合格				结论
					

表 3 末端因素三：仪器精度差

验证时间	2024 年 3 月 6 日	确认方法	现场验证	验证标准	误差在标准范围内
验证情况	测量组对测量仪器管理规范，定期对仪器进保养，经对测量组全站仪等测量仪器误差进行测试，误差在允许偏差范围内，检定证书齐全。				结论
					

表 4 末端因素四：模板尺寸不一，拼接缝处理不当，打磨不到位

验证时间	2024 年 3 月 8 日	确认方法	现场检测	验证标准	每层钢筋和模板安装均在四角进行测试
验证情况	模板采用定型钢模，模板尺寸按照墩柱尺寸变化调整，圆弧段采用定型钢模，模板拼缝处错台较大，模板拼缝处理措施需增强，不满足要求，打磨不到位。				结论
					

表 5 末端因素五：人员无类似工程经验

验证时间	2024 年 3 月 7 日	确认方法	人员信息	验证标准	操作工人均有大桥施工经验，且工作经验 2 年以上，操作人员固定
验证情况	有部分操作工人没有类似工程经验，作业队伍人员流动性较大，大部分操作工人不能满足上述条件。				结论
					

表 6 末端因素六：混凝土分层少

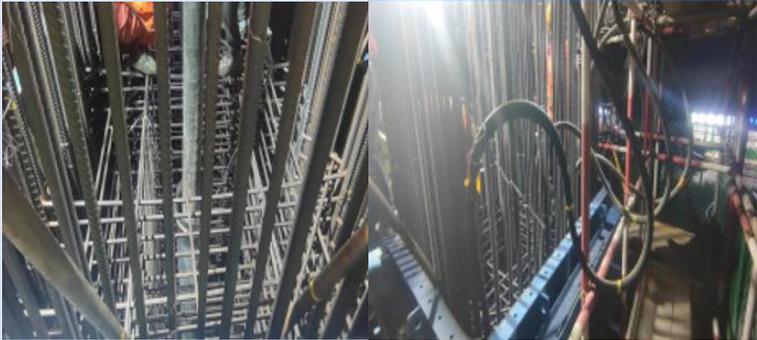
验证时间	2024年3月15日	确认方法	现场调查	验证标准	砼浇筑分层厚度不大于30cm
验证情况	浇筑分层厚度控制为30cm，采用在水平箍筋上划线标记的方式进行控制；自由倾落高度：不超过2m，采用泵车下放混凝土时，加设减速软管；对于泵管，设置串筒；布料分层控制。				结论
					

表 7 末端因素七：未进行施工技术交底

验证时间	2024年3月7日	确认方法	查看资料	验证标准	全体工人均熟悉技术交底内容
验证情况	三级技术交底签字完善，内容全面，同时借助BIM技术，实行可视化交底，交底覆盖率达100%。				结论
					

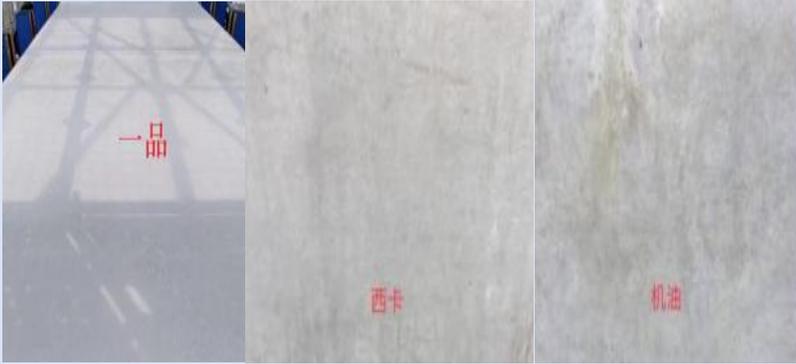
表 8 末端因素八：振捣方法不当

验证时间	2024年3月15日	确认方法	现场查看	验证标准	现场查看振捣时间满足要求，无气泡产生
验证情况	现场施工振捣工人能够按要求进行振捣，控制振捣时间为20-30s，以混凝土停止下沉、不出现气泡、表面呈现浮浆为度。				结论
					

表 9 末端因素九：拆模过早

验证时间	2024年3月18日	确认方法	现场调查	验证标准	强度达到规范要求拆模要求
验证情况	现场适当延长了拆模时间，根据试验室提供的强度报告，强度达到拆模要求后才进行拆模。				结论
					

表 10 末端因素十：脱模剂选择不当，存在质量不佳或与混凝土不匹配情况

验证时间	2024年3月18日	确认方法	实验对比	验证标准	不同型号脱模剂浇筑外观存在差异
验证情况	通过试验对“一品”、“西卡”、“机油”的脱模效果进行了对比，各类脱模剂相应外观情况差异（色泽及气泡麻面情况）较大。				结论
					

最终确定影响墩柱混凝土质量外观的 3 大要因，具体如下表：

表 11 要因统计表

序号	要因内容
1	模板拼接缝处理不当，打磨不到位
2	部分人员无类似工程经验
3	脱模剂选择不当，存在质量不佳或与混凝土不匹配情况

2、制定对策

小组成员针对 3 大要因，研究对策，制定目标，采取措施，限定时间。编制的对策实施计划表如下：

表 12 对策实施表

序号	要因	对策	目标	措施	地点	完成时间
1	模板拼缝处理不当，打磨不到位	强化拼缝处理措施、打磨	拼缝偏差小；拉杆孔修补圆顺	1、面板接缝采用原子灰进行封堵，相邻竖缝粘贴双面胶护缝； 2、模板顶设置木压条，控制接缝质量； 3、墩柱施工时通过定位销设计、涂刷水泥浆模拟模板和混凝土接触、反复涂刷脱模剂使其油与模板充分浸润。	现场	2024. 4. 10
2	人员无类似工程经验	组织培训，强化质量意识提高举措	操作工人100%掌握墩柱施工工艺，质量意识紧跟工程品牌建设要求	1、开展混凝土品质提升专项活动，签订砼品质提升承诺书； 2、组织相关培训宣讲，技能比武等； 3、邀请教授专家授课； 4、建立追责问责机制，实行清单化管理。	现场	2024. 4. 5
3	脱模剂选择不当，存在质量不佳或与混凝土不匹配情况	优选质量高、匹配混凝土的脱模剂	选择最优最匹配混凝土的脱模剂，提升外观质量	对各种材料、外加剂进行试验比选，分析墩柱外观较差的原因，从而选取质量最优、效果最佳的脱模剂	现场	2024. 5. 10

3、实施对策

(一) 对策一实施情况

(1) 实施一：强化拼缝处理措施、加强模板打磨

①选用优质钢模板和圆弧钢模板，严格控制板面平整度、断面尺寸、面板接缝；对不匹配的圆弧段钢模进行更换。

②面板接缝采用原子灰进行封堵，相邻竖缝粘贴双面胶护缝。

③固定模板操作人员，熟悉上下节段间模板尺寸，确保模板拼装时准确合并到位。

- ④在模板顶标高处通长设置宽度 5cm、厚度 2cm 木压条控制接缝质量。
- ⑤接近模板底口设拉杆，节段底往下混凝土粘贴双面胶，减少接缝错台、漏浆。
- ⑥墩柱施工时通过定位销设计、涂刷水泥浆模拟模板和混凝土接触、反复涂刷脱模剂使其油与模板充分浸润，再进行打磨拼缝采用双面胶粘贴，墩柱根部处理做鲜浆，在模板底部用砂浆包裹模板外侧防止在浇筑过程中发生漏浆现象，杜绝错台、色差、漏浆及烂根等质量通病。

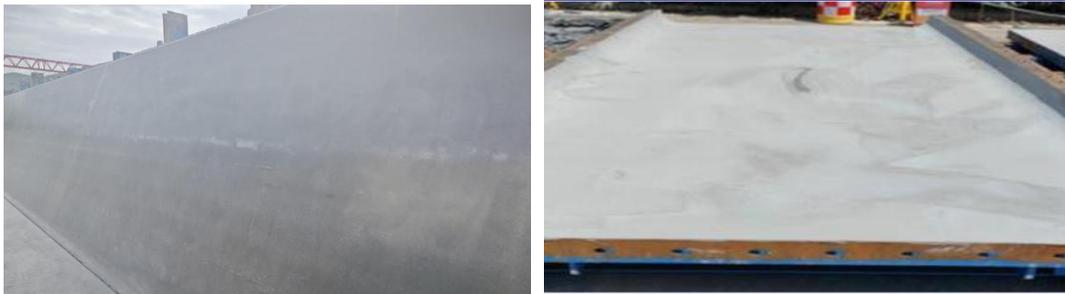


图 3 顶口木压条及模板涂刷水泥浆后打磨

(2) 对策一实施效果检查：

通过实施对策一的各项措施，匹配了模板尺寸，倒角圆弧段模板拼缝整密，接缝偏差小，反复涂刷水泥浆及脱模剂打磨，色泽统一，实现了对策目标。

(二) 对策二实施情况

(1) 实施二：组织培训，强化质量意识提高举措。

开展混凝土品质提升专项活动，召开《混凝土品质提升专题会》，对技术人员、施工班组进行责任清单划分，同时签订砼品质提升承诺书并同步开展技能比武活动。

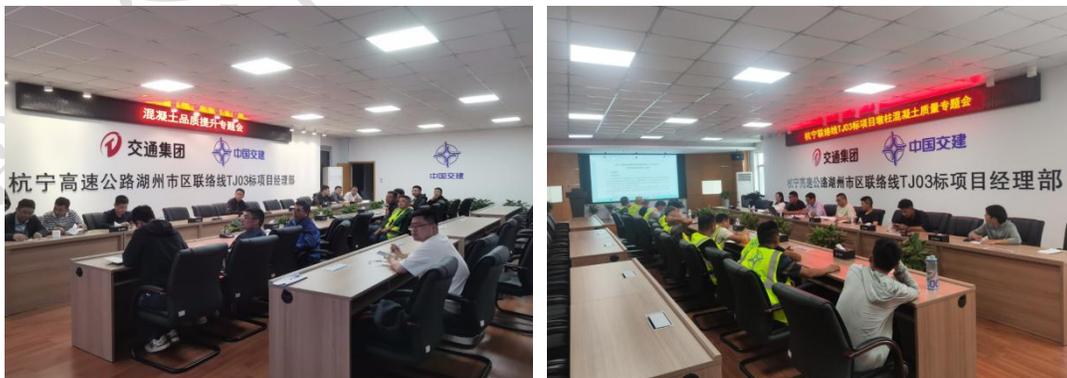


图 4 墩柱质量专题会

邀请外加剂行业专家及公司试验专家，针对项目上存在的混凝土外观质量问题交换意见，并开展了相关缩水试验。小组针对上述问题将持续改进，循环提升，提高施工质量。



图 5 开展相关试验、交流及现场指导

(2) 对策二实施效果:

本对策注重人的素质提升，通过各项措施的实施，确保现场技术人员和操作工人 100%掌握大桥墩柱施工工艺，质量意识和管理精细化显著提升。

(三) 对策三实施情况

(1) 对策实施三：优选质量高、匹配混凝土的脱模剂

采用控制变量法，从混凝土材料、脱模剂两方面分开探讨，通过更换外加剂、脱模剂及水泥进行试拌，从而分析墩柱外观较差的原因。

拌合使用 C40 混凝土配合比，塌落度均控制 180-200mm 内，试拌 30L，每个试件使用 15L，分两层振捣成型，每次在振动台振动 45s。

表 13 选用材料

序号	材料	类型	公司
1	水泥	通硅酸盐 P. 042. 5	海螺水泥有限公司
2			中联水泥有限公司
3		硅酸盐 P. I42. 5 水泥	基准水泥
4	粗细集料	天然中砂	明州码头有限公司
5		5-25mm 连续级配碎石	银龙矿业集团有限公司
6	外加剂	缓凝型聚羧酸高性能减水剂	天津市晋鑫元科技
7	水	自来水	/
8	脱模剂	普通脱模剂	/
9		液压油	/
10		专业脱模剂	一品脱模剂

(2) 水泥成型性能及试件外观初步分析

通过对三种水泥进行添加外加剂和不添加外加剂进行拌合成型，对其性能及试件外观进行初步分析。

①性能初步分析

表 14 性能初步分析

序号	水泥类型	减水剂	坍落度 (mm)	扩展度 (mm)	影像记录	结果
1	海螺水泥有限公司	无	190	280		不满足要求

2	海螺水泥有限公司		190	390		满足要求
3	中联水泥有限公司	晋鑫元减水剂	195	450		满足要求
4	基准水泥		210	500		满足要求



②外观初步对比分析

海螺水泥在两种情况下发黑情况均较为严重，中联次之，基准水泥最佳；

使用外加剂后各类水泥发黑情况得以改善(外加剂掺配 1.0%，水灰比 0.29)。



图 6 不同水泥成型试件外观对比

③混凝土状态及外观细化分析

(1) 海螺水泥素混凝土

混凝土出机和易性较差，混凝土较中联水泥发黑，振动台振捣过后，表面出现局部黑色浆，使用普通脱模剂试件出来外观较差，使用脱模剂(A2 号)外观较差，也呈现黑色。



图 7 海螺水泥素混凝土+普通脱模剂 (1#)



图 8 海螺水泥素混凝土+脱模剂(A2 号) (2#)

(2) 试验 2#: 海螺水泥+晋鑫元减水剂

混凝土出机和易性较好，混凝土较中联水泥发黑，振动台振捣过后，表出现局部黑色浆，使用普通脱模剂试件出来外观较差，气泡较多；使用脱模剂(A2 号)外观较好。



图 9 海螺水泥混凝土+减水剂+普通使用脱模剂 (3#)



图 10 海螺水泥混凝土+减水剂+脱模剂(A2 号) (4#)

(3) 试验 3#: 中联水泥+晋鑫元减水剂

混凝土出机和易性较好，混凝土颜色偏黄，振动台振捣过后，表面出现局部黑色浆，使用液压油试件出来外观较普通脱模剂外观较好，使用脱模剂(A2 号)外观较好。



图 11 中联水泥混凝土+减水剂+液压油 (5#)



图 6 中联水泥混凝土+减水剂+脱模剂(A2 号) (6#)

(4) 试验 4#: 基准水泥+晋鑫元减水剂

混凝土出机和易性较差，混凝土颜色发黄，振动台振捣过后，表面出现较多浮浆和气泡，且泌水。使用普通脱模剂试件出来外观很差，砂线、水纹、气泡较多，颜色发黑；使用脱模剂(A2 号)外观较好。



图 7 基准水泥混凝土+减水剂+普通脱模剂 (7#)



图 8 基准水泥混凝土+减水剂+脱模剂(A2 号) (8#)

(3) 总体外观质量比对分析

- ①各类水泥采用外加剂后，混凝土外观明显改善；
- ②1#、3#、7#试验使用普通脱模剂，在各类水泥中呈现的是气泡多、外观不一致，表面呈现发黑，采用外加剂后改善明显；
- ③5#试验使用液压油，气泡较少，但相较采用脱模剂(A2 号)外观光泽度差；
- ④2#、4#、6#、8#使用脱模剂(A2 号)，在各类水泥+外加剂中无明显气泡，光泽度、外观较好，满足各类水泥条件下混凝土外观的要求。

(4) 对策三实施效果：

- ①经各类型水泥试验分析，在掺加外加剂的情况下混凝土性能、外观基本满足外观要求，其中使用普通脱模剂的效果均较差，故其为导致混凝土外观较差的主要原因；
- ②通过比对各类型脱模剂情况，其中 A2 型号的效果最好，液压油次之，普通脱模剂最差，后续

也将采用 A2 型脱模剂，在条件允许的情况下，墩柱水泥优化中联及基准水泥；

③小桶外部有三道加固，内部光滑，对应的试件出现三道黑色纹路，故研究增加发现模板加固型钢对混凝土外观也有一定影响，但对整体影响不大。



图 9 对策四成型外观对比

三、实施成效

（一）效果一：墩柱混凝土外观质量明显提升

通过严格执行各项措施，小组成功地解决了墩柱“色泽不一”、“表面平整度”等质量缺陷，混凝土外观得到了较大的提升。2024 年 6 月 17 日，QC 小组对墩身进行抽查，墩身外观质量各项指标检查结果如表 15 所示。

表 15 墩身外观质量统计表

取样编号	检查处	合格段处	合格率 (%)
M23 右	32	32	100.0
M22 右	30	29	96.7
M27 左	35	35	100.0
M27 右	30	30	100.0
M28 左	33	33	100.0
M28 右	32	32	100.0
M29 左	32	32	100.0
M29 右	35	33	94.3
合计	259	256	98.8

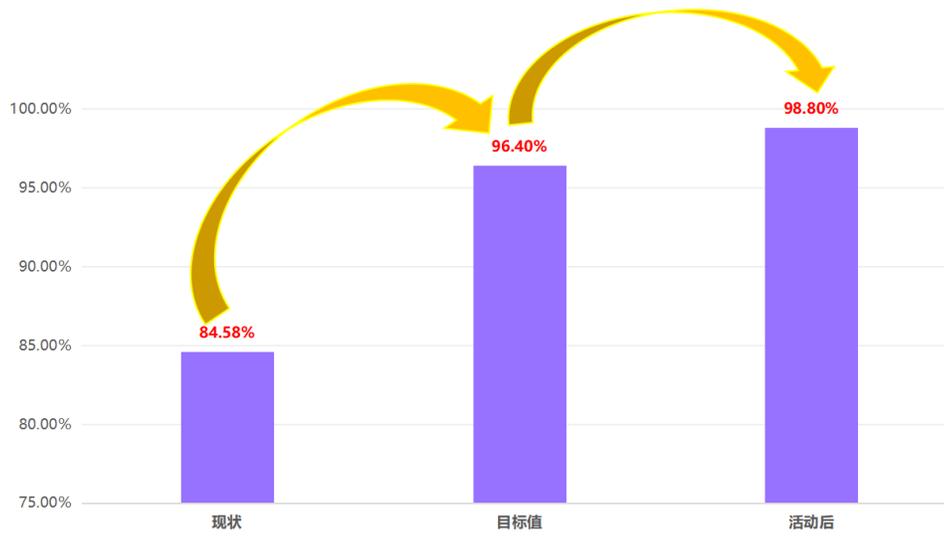


图 16 活动后柱状对比图



图 17 活动前效果图



图 18 活动后效果图

结论：通过本次活动，杭宁高速公路湖州市区联络线 TJ03 标墩柱混凝土外观各项指标合格率从 84.58%提高到 98.8% $>$ 96.4%，达到并超过了我们的活动目标。

（二）效果二：经济、社会效益

通过本次 QC 活动，提高了大桥混凝土的耐久性，取得经济效益约 13 万元，提升了工程品质，为企业树立品牌奠定了基础，提升了企业在浙江市场的地区影响力。