

气力输送系统的设计注意事项

吴兰兰

京鼎工程建设有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7522

[摘要] 气力输送系统用于颗粒或粉体物料的输送，是化工行业中常用的清洁生产物料输送模式。按照不同的发包模式，气力输送系统可以有多种设计和供货的分工，根据承包商自身情况采用合理的分包方式。气力输送系统分工界面较多，在详细工程设计时应注意各界面的要求，减少疏漏与返工。

[关键词] 气力输送；设计供货分工；配管；联合平台

Design notes of pneumatic conveying system

Wu Lanlan

CTCI Beijing Co., LTD.

[Abstract] Pneumatic conveying system is used for conveying particles or powder materials, which is a commonly used clean conveying method in chemical industry. According to different types of procurement contracting mode, the pneumatic conveying system can have a variety of design and supply scope split, reasonable contracting model shall be adopted according to the contractor's own situation. There are many interfaces in pneumatic conveying system, so the requirements of all aspects should be paid attention to in detailed engineering design stage to reduce omissions and rework.

[Key words] pneumatic conveying; Design and supply scope split; Piping design; combined platform

气力输送是利用气力在管道中输送颗粒料或粉体料的一种输送方式。在化工、食品加工、林业生产等行业都有广泛的应用，气力输送是清洁生产的一个重要环节，它以密封式输送管道代替传统的机械输送物料，减少了粉尘对环境的污染，是一种适合散料输送的现代物流系统。

按照不同的工况气力输送又分为稀相输送和密相输送，按照输送方式的不同又可以分为吸送式，压送式和混合输送式^{[1][2]}。按照压力的不同，又分为低压、中压和高压。

影响气力输送效果的因素很多，需要根据项目的具体情况选择合适的方式。在石化 PTA 装置及塑料生产装置 PP、HDPE、LDPE、EVA 等都有使用。在设计过程中，输送系统基本都是由专业的厂商进行系统设计和设备制造，本文主要对气力输送在化工程设计过程中的一些分包建议，设计注意事项进行了叙述，并结合自己在配管专业的工作中遇到的一些问题进行了论述，希望对气力输送系统的设计提供一些建议和指导。

1. 设计与供货分工

因气力输送系统需要进行系统的工艺设计工作，同时也包含设备、管道和仪表等的设计及供货，在采购发包时要厘清设计范围和供货范围。

气力输送系统目前市场上有非常专业的系统供应厂商，发包的型式也有多种，可 EPC 发包或 E+P 发包或 E+P（关键设备、仪表、管道）等。

对于工期较紧，自身技术力量不强的业主或承包商，建议

EPC 或 E+P 整体发包，由专业厂商进行系统设计并提供系统内的全部设备、仪表、管道等。如下图所示是一个简单的气力输送系统的设计和供货分工。

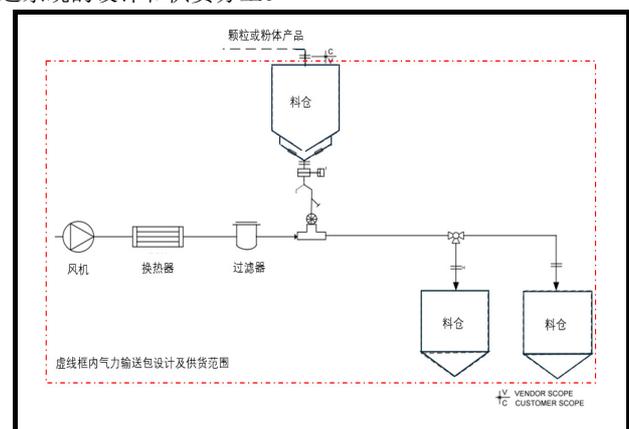


图 1-1 设计及供货分工

如业主或承包商自身具备设备设计、采购能力，工程工期允许，建议的工作分工如下：

将料仓作为静设备进行设计、采购；气力输送系统内的管道作为大宗材料进行采购；气力输送系统内的仪表单独采购；气力输送厂商仅进行系统设计，以及提供除料仓外的其他非定型设备。

如下图所示供货范围：

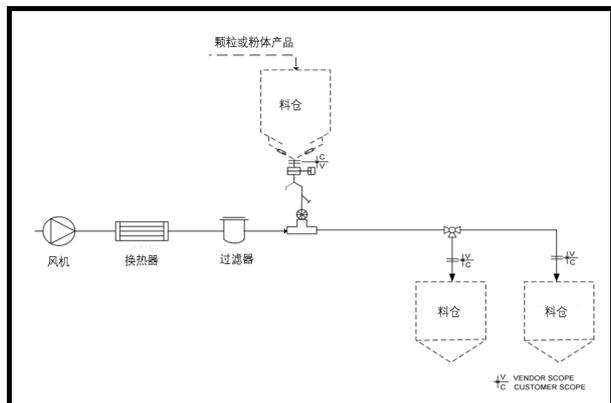


图 1-2 设计及供货分工

在发包时要对工作范围进行详尽的叙述，同时在 P&ID 上明确设计与供货的分工，确保工作范围的划分无歧义。对于气力输送厂商部分供货的发包型式，以下内容在 P&ID 上无法体现分工，但是对于配管专业的工作影响较多，需在请购书中明确。

1.1 配管相关的设计范围明确：

设备布置图：气力输送系统的设备较多，分布范围较广，在请购发包阶段，设计院需进行初步的设备布置，供气力输送厂商进行初步的系统选型计算及估算费用，在详细设计阶段，最终的设备布置需由设计院与气力输送系统的承包商共同完成，确保设备布置的合理性与一致性。

管道应力分析和支撑设计：气力输送管道的路径规划影响到系统计算及性能保证，管道的路径及应力分析应由气力输送厂商完成，气力输送厂商完成应力分析后，提供应力分析报告及需在结构上设置的二次支撑的条件图，由设计院进行进一步的设计工作，完善结构的设计。

管道平面布置图：需明确气力输送厂商是否提供管道的平面布置图。

管道轴测图：要能明确每根管道的归属，如有歧义会在后期造成很多困扰。

管道材料规范和管道材料汇总表：如按照厂商标准进行管道材料的选型和设计，需由气力输送厂商提供相应的管道材料规范及管道材料汇总表。

保温、涂漆规范及材料表：气力输送厂商需提供保温、涂漆规范及材料表。

1.2 配管相关的供货范围明确：

管道的支撑：气力输送系统的管道多为薄壁管道，管道支撑的设计也是很重要的环节，要明确定义管道一次支撑、二次支撑的设计及供货分工。

管道 tie-in 处的连接件：与气力输送厂商 tie-in 的位置尽量使用法兰连接，并明确连接件的供货分工，以免设计时多捡或者漏捡材料。

设备的维修、操作平台：一般来说设备上的操作平台由厂商提供，在发包阶段可提供初步的平台规划供厂商预估费用。

保温、涂漆：应在请购书中做统一说明，一般由气力输送厂商提供料单，业主采购。

1.3 3D model：

需明确气力输送厂商是否提供 3D 模型，以及数字化交付的相关要求，如软件版本、文件格式、交付的深度等。

2. 配管注意事项

一般而言，气力输送管道的路径是优先规划的，气力输送管道的路径要尽量直、短，避免袋型。在报价澄清阶段需与气力输送厂商达成一致意见，因涉及到系统的计算、风机选型等，越早规划越有利于发现问题，在后续的设计工作中尽量不要做大的修改。

特殊的管件如大直径弯管、有专利技术的特殊弯头、下料分配管、分向阀、闸板阀等在规划设备布置和管道路径时需按照厂商提供的初步外形进行模拟。以避免在详细设计阶段出现安装位置不足的问题，造成设备布置或管道路径修改的情况。

在下料器后应设置加速用水平管段，以使颗粒在气流中达到预定的运动状态，从而保证颗粒在气体中充分流化，达到一定的输送速度，避免堵塞。一般可按照 20D 预留位置，具体可根据厂商的不同要求进行调整。

气力输送管道多为法兰连接，在管道布置时要考虑法兰的外径与其他管道或结构的间距。

气力输送管线有变径要求时，应使用同心异径管，当异径管是焊接型式时，异径管的位置要在离拆卸法兰较近的位置，方便进行焊后的内表面处理。

料仓顶部的进料管线的高度越低越好，但同时也要满足大直径弯管或是特殊弯头、膨胀节、换向阀等的布置空间，综合考虑阀门仪表检修和人员通行等问题。

在管廊上布置的气力输送管道建议使用管鞋支撑，避免直接敷设在管廊结构梁上。气力输送管道变径处是同心变径，管道的底部标高会发生变化，因此要注意通过调整支架的高度来满足布管的要求。在详细设计过程中，要注意厂商一次支撑的标准图及要求，与其匹配的二次支撑结构需满足相关要求，以免安装时出现管鞋和支架不匹配的情况。

重力流管线应注意所输送物料的安息角要求，合理布置设备的位置和高程。

空气管线尽量减少袋型，减小管路压降，但同时要考虑管道的柔性以及动设备震动的影响。

如有多台风机或压缩机同时给气力输送系统供气，要考虑各用户的用气均匀性问题，尽量对称布管，减少切换风机或压缩机时对系统的影响。

管道路径同时要考虑操作便利性，在规划管道路径时设计院、业主及厂商需沟通确认，确定出合理的解决方案。

3. 其他注意事项

3.1 特殊设计的弯头

较多项目气力输送管线使用的都是大直径的煨弯管，笔者参与的某 LDPE 项目，业主根据自己的使用经验，提出使用厂商使用短半径的特殊弯头，因业主在塑料行业有很丰富的经验，从运行维护的角度他们更中意短半径的特殊弯头，使用寿命更长，也方便检修更换。各气力输送厂商设计的短半径弯头都不尽相同，大致有如下几种：

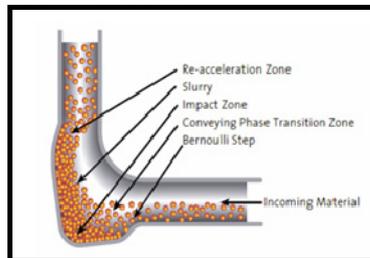


图 3-1 Pellbow 外形图 (Pelletron)

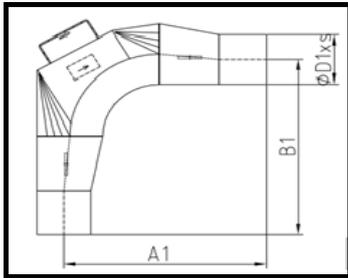


图 3-2 Gamma-Bend 外形图 (Coperion)

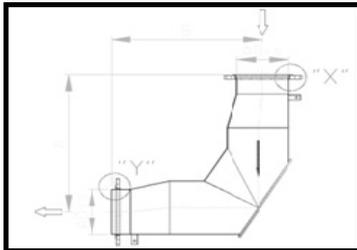


图 3-3 Poly-Bend 外形图 (Zeppelin)

根据 Paul Wagener^[3]对各种不同的弯头的研究,发现这些特殊弯头抗冲蚀的能力更好,这是因为在长半径弯头中,撞击主要发生在粒子和管壁之间,而在这些弯头中有一个物料的堆积密集区,撞击主要发生在粒子和离子之间,而非粒子与弯头之间,减轻了其对管道内壁的冲击强度,其抗冲击磨损的效果要好于长半径弯头。因此更适用与输送对温度敏感的材料。

另外这些特殊的短半径弯头更易于更换和维修,在配管的时候占用的空间也较小。

遇到有这些特殊要求的,需按照厂商的专利设计去初步规划管道的路径及设备布置。

2、料仓顶部整体式操作平台

常规设计料仓顶部的操作平台是钢结构平台支撑在料仓顶部,与周围相邻料仓以悬挑的通道连接。笔者参与的某 LDPE 项目,料仓区共有 16 台料仓,业主就希望能够有一个更人性化的操作环境,把料仓的顶部设计成一个联合的大平台。在气力输送系统厂商确定后,厂商提供了如下图所示这种顶部带平台的料仓:

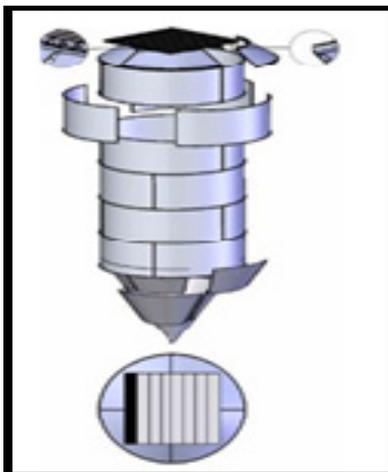


图 3-4 料仓的外形图

这种顶平的料仓适用于设备压力不太高的场合,料仓顶封头是一整块带波纹支撑的平板,既作为设备的封头也是操作的平台。详图如下:

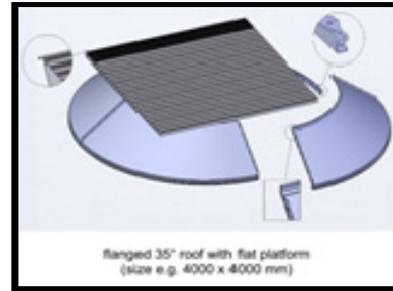


图 3-5 料仓的顶部示意图

因设备顶部的这种平顶的尺寸有限制,因此对料仓的直径有一些要求,相邻料仓之间的净距以 0.8m~1m 为宜,间距过大,顶部联合平台的设计难度和成本都将增加。整体的平台示意图如下:

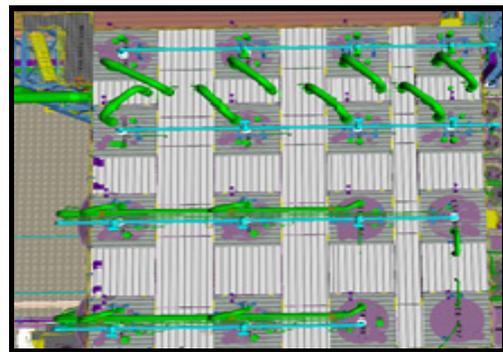


图 3-6 料仓的顶部联合操作平台示意图

整个料仓区的顶部是一个完整的大平台,对于操作人员的工作环境有极大改善。各料仓的顶部平台之间通过一块块强度板拼接起来,并通过螺栓连接的。现场安装时不允许开孔或焊接,因此布置在顶部平台上管线、仪表、桥架、灯具等的支撑结构都需要预先将荷载和位置提供给厂家进行设计,厂商预留的连接板也是螺栓连接的;管线的开孔位置以及每块板上的开孔率也需满足厂商要求,需将条件提供给厂商进行核算,以避免影响板的强度。

现代化的工厂对于人性化的要求越来越高,这种联合的大平台使用也会增多,在以后的设计工作中可以以此作为参考,减少设计中的反复调整。

4.小结

结论如下:

要根据承包商自身的技术能力及项目的执行需求确定合理的分包方式。

不论按照哪种型式发包,都需要明确的指出设计和供货的分工界面。

气力输送管线的布置要及早规划,尤其在厂商计算完成后不随意进行管道路径的修改。

在满足客户要求的前提下,关注新的技术,积极探索和创新。

[参考文献]

[1]吴德荣等. 化工工艺设计手册第四版. 北京: 化学工业出版社, 2009.6.ISBN 978-7-122-05258-2

[2]彭万喜, 吴义强. 气力输送与厂内运输, 北京: 中国计量出版社, 2009.8.ISBN 978-7-5026-3103-1

[3]Paul Wagner, SELECTING ELBOWS FOR PNEUMATIC CONVEYING SYSTEM, CHEMICAL ENGINEERING PROCESS 2007.9.