

Analysis of water supply and drainage and fire protection design under the Russian code

Wenjie Tang

Wison Engineering (China) Co., Ltd., Beijing, 100101, China

Abstract

Based on a propane dehydrogenation (PDH) and polypropylene (PP) integrated plant project in Russia, this paper explores the design principles for water supply and drainage systems as well as fire protection in chemical installations under the constraints of U.S.-European sanctions, extremely cold climate, and Russian regulatory requirements. During the Front-End Engineering Design (FEED) phase, the project faced stringent demands for $\pm 5\%$ investment estimation accuracy. This necessitated risk control through deepening basic design to detailed engineering levels while addressing challenges including unfamiliarity with local standards and ambiguous owner requirements. The study provides technical references for engineering practices within complex standard systems under international sanctions, particularly offering insights for petrochemical facility design in polar regions.

Keywords

Russia; Device; Water supply and drainage; fire fighting; design

俄罗斯规范下的给排水与消防设计分析

唐文杰

惠生工程(中国)有限公司, 中国·北京 100101

摘要

本文以俄罗斯某丙烷脱氢(PDH)与聚丙烯(PP)联合装置项目为背景,探讨了在美欧制裁、极寒气候及俄罗斯规范约束下的化工装置给排水和消防设计原则。项目在FEED阶段即面临 $\pm 5\%$ 投资概算精度的严苛要求,需通过深化基础设计至详细设计深度以控制风险,同时克服对规范不了解、业主要求不明确等问题。研究为国际制裁环境下复杂标准体系的工程实践提供了技术参考,尤其对极寒地区石化装置设计具有借鉴意义。

关键词

俄罗斯; 装置; 给排水; 消防; 设计

1 引言

受国际制裁与极端气候的双重制约,本文以俄罗斯西伯利亚某大型丙烷脱氢(PDH)与聚丙烯(PP)联合装置为例,在复杂地缘政治环境下实现该工程顺利完成。该项目自2021年启动以来,在FEED(Front-End Engineering Design)阶段即需满足 $\pm 5\%$ 投资概算精度的严苛要求——这一精度不仅要求工程总成本严格控制在预算偏差范围内(超支或结余均触发惩罚条款),更需在无工艺包、缺乏俄罗斯规范经验及设备制裁的背景下,通过基础设计、详细设计满足业主和规范条件下实现项目的安全落地。通过解析给排水与消防系统的设计原则,为地缘政治敏感区域及极端环境条件下的化工装置设计提供一些参考。

2 条件输入

在国际工程项目的执行过程中,尤其是承接海外市场项目时,业主提供技术资料的完整性和系统性是确保设计工作顺利开展的核心要素。鉴于属地化规范体系及设计惯例的差异性,完整的技术资料能够有效明确设计边界条件,使图纸类型划分、设计深度要求等技术标准与业主预期保持高度一致,从而显著提升设计成果的认可度。此类项目通常设置严格的阶段性审批机制(如CODE A级审批),要求所有设计文件(含计算书)通过业主技术审查后方可开展后续工作,这要求设计团队必须精准把握业主的技术倾向性要求。在此类技术决策过程中,仅凭工程经验难以形成有效说服力,需依托规范条文解读与量化数据分析构建技术论证体系。

值得注意的是,相较于国内项目将给排水工程划分为“给排水统一规定”和“消防统一规定”两大技术体系的惯例,国际通行的专业分工呈现显著差异:消防安全PID图纸归

【作者简介】唐文杰(1982-),女,中国江苏盐城人,本科,工程师,从事石油化工项目给排水和消防设计研究。

属安全工程专业范畴,地下管网系统由结构专业主导设计,气体灭火装置纳入自动化控制专业体系,而地上工艺管道则划归配管专业管理。这种专业界面划分方式要求设计团队必须建立跨专业协同机制,通过系统梳理11个关联专业的技术标准文件(主要涵盖工艺系统设计与工程实施规范两大类别),方能准确提取与本专业相关的技术约束条件。

2.1 与专业相关的主要说明及规定

相较于国内工程领域通常将给排水与消防系统整合为两个独立专业的实践模式,国际工程项目的技术管理体系呈现显著的属地化特征,其给排水及消防系统的技术要素被系统性拆解至安全工程、土建工程、配管工程、自动化控制、建筑给排水及材料工程六大专业范畴,由此需跨专业参照消防系统技术规范、排水及污水管控标准、建筑给排水系统导则、压力流与重力流管网设计准则以及公用工程界面规范五大核心文件。其中,消防系统技术规范涵盖消防设备选型、系统架构设计、产品认证及验收标准全周期要求,具体包括消防泵房、消火栓系统、消防炮装置、水喷雾系统、泡沫灭火系统、建筑消防联动系统、室内主动消防设施、室外消防立管、气体灭火系统及干粉灭火系统的专项条款;排水及污水管控标准则界定生活污水、地面径流污水、工艺污水等排水系统设计准则,明确雨水计算参数阈值及污水处理设施进水质边界条件;建筑给排水系统导则系统规定建筑内部生活给水、工艺给水、低压消防供水、生活污水、雨水排放、工艺废水、室内热水及排水系统的技术要求,并附加管道材质选型的经济性比选原则;压力流与重力流管网设计准则差异化制定地下生活给水、工艺给水、中高压消防水等压力流系统以及雨水收集、地下工艺污水等重力流系统的工程设计指标,涵盖管径计算、坡度控制及水力平衡等技术细则;公用工程界面规范重点界定交接条件,明确公辅物料(生活水、工艺水、循环水)的温度、压力参数及水质指标,特别强调详细设计阶段需提前锁定地下管网与地上装置的接口参数,此类技术边界的早期固化虽可确保设计连贯性,但因前期数据不确定性可能导致后期变更风险,需通过动态复核机制实施风险管控。

2.2 与专业相关的一般性说明及规定

国际工程项目技术管理体系通常包含工作范围界定、文件图纸编码规则、基础工程设计数据、管道设计标准、防冻保护技术规范、主项技术条款、材料选用准则及三维模型协同规范等核心文件。其中,工作范围规定作为纲领性文件,明确各专业设计边界及图纸交付深度标准,当业主技术条款存在模糊表述时需启动正式澄清程序;防冻设计规范在极寒地区尤为关键,其技术路径与国内常规方案存在显著差异,例如优先采用电伴热技术作为一级防冻措施,乙二醇伴热系统则应用于铺装层加热、催化剂厂房恒温控制、设备外壳保温及工艺空气预热等特定场景。本项目初期业主曾要求对雨水池及生产污水池实施乙二醇溶液伴热,后因成本控制

取消该方案,此类设计迭代需同步完善变更记录并与业主确认技术调整是否构成合同变更,从而争取人工及费用补偿。近期因总体设计院介入滞后,发现厂区既有地下管道与新建道路存在空间冲突,业主明确禁止拆除既有管线,导致道路与装置间距被迫缩减,进而影响地下消防管网及雨水系统的路由布置。此类不可预见的外部条件变更已引发长达一个月的技术争议,目前尚未达成可行性解决方案,造成项目人力与时间资源的持续性损耗,亟需通过变更索赔机制平衡各方权益。

3 消防设计

消防设计具有显著的属地化特征,俄罗斯消防技术体系相较于中国更趋近于NFPA(美国消防协会)标准框架,其核心原则是必须严格遵循俄罗斯联邦现行消防安全法规,包括《SP 485.131150.2020》《GOST 12.3.047-2012》及《GOST 59580-2021》等强制性技术规范。对于俄罗斯本土规范未明确覆盖的技术场景,允许采用NFPA或API(美国石油学会)标准作为补充性设计依据,但此类技术方案需通过编制消防安全特殊技术文件(PSTS)进行系统性论证,并将引用的国际标准条款、技术参数及实施路径明确纳入PSTS文件审批流程,以确保其法律效力。尤其需注意的是,任何基于国际标准的技术决策均不得与俄罗斯联邦法规产生冲突,且PSTS文件需通过俄方主管部门技术审查后方可执行。

3.1 消防设备

俄罗斯消防技术规范明确要求室外消火栓布置间距不得超过100米,距离道路边缘不超过2.5米且与建筑物保持至少5米安全距离,地下式消火栓需满足最低15升/秒流量并配置双DN80接口;本项目详细设计阶段根据业主特殊要求,在道路转弯区域将消火栓间距压缩至60米以强化覆盖密度。消防炮流量设定为40升/秒,当保护目标距离小于10米时强制采用远程控制型消防炮,并通过实地考察原厂设施后优化布局,在管廊密集区域增设高架炮提升立体防护效能。针对业主初期基于气候条件限制提出的“室外禁用灭火器”技术指令,经现场勘查发现管廊下方存在大量灭火器设置,后经本土供应商技术验证确认存在适用于-40℃极寒环境的专用型号,据此通过技术澄清程序修正设计方案,实现规范符合性与实操可行性的统一。

3.2 水喷雾系统

俄罗斯消防技术规范对工业装置消防系统提出差异化设计要求:液化烃泵须设置室外水喷雾系统,喷雾强度设定为20.4升/分钟/平方米,与NFPA15标准一致但显著高于国内规范;装置内高度超30米的容器类设备需分层实施水喷雾保护,20米以下区域喷雾强度为6升/分钟/平方米,20米以上提升至12升/分钟/平方米,喷头距设备表面0.5~0.8米且环管间距控制在3.5~4.5米,该分层强化保护模式与国内标准存在本质差异,直接推高装置消防投资成本;

压缩机(含室内外类型)均须匹配液化烃泵同等强度的水喷雾系统;对于设备分区面积超3000平方米且含30米以上高耸设备的区域,强制要求对容积大于25立方米的可燃气体储罐及50立方米以上可燃液体储罐配置水喷雾系统。系统设计采用开式喷头干式体系,雨淋阀组须距保护对象15米以上,室外管道在冰冻线以上部分及阀前管线需敷设电伴热防冻,控制系统需集成控制室远程手动、本地手动及消防联动三重启动机制。项目执行过程中,业主在EBD阶段提出雨淋阀室外安装配合电伴热箱方案,至详细设计阶段调整为集装箱式预制雨淋阀室(厂家成套供应,设计院负责法兰接口对接),此方案虽提升施工效率,但受限于每组阀室最大集成5个雨淋阀的模块化设计,导致运输空间占用率过高,且俄本土厂家技术响应迟缓,设计团队面临资料获取滞后与进度压力的双重挑战,多数技术方案需自主完成主体设计后反向整合厂家数据。

3.3 消防竖管系统

俄罗斯联邦消防技术规范(GOST R53250-2009)明确要求:对于含可燃气体或可燃液体设备的室外构筑物,高度达到10米及以上时须设置直径不小于80毫米的消防竖管,且每层操作平台均需配置消防水带接口;建筑高度超过15米的工业或民用建筑物,必须沿外部楼梯敷设同规格竖管并延伸至屋顶,形成全覆盖式消防供水网络。该规范体系与国内标准存在显著差异,国内规范规定装置区内框架结构高度超过15米时方需设置半固定式消防竖管,且针对建筑高度不高于27米的多层住宅建筑,当室内湿式消火栓系统实施受限时允许采用干式消防竖管替代方案,体现出技术路径选择与风险管控逻辑的属地化特征^[1]。

3.4 建筑物消防系统

俄罗斯联邦消防规范体系对工业建筑消防设计提出系

统性技术约束:依据SP10.13130.2009标准,容积超过500立方米且火灾危险性分类为A类、B类或B类的生产厂房及仓库(变电所、电气室除外)必须配置室内消火栓系统,但在极寒地区装置内机泵区采用顶棚围护结构形成的泵棚,经业主技术论证确认为非永久性建筑物后豁免消火栓设置。本项目四层变电所依据SP486.1311500.2020第4.52条,因需灭火防护区域面积占比超建筑总面积40%,整栋建筑(除B4类及D类通风室外)强制设置FM200气体灭火系统并配属合规灭火器材。对于PP装置挤压造粒厂房(生产性建筑含1-4层主体及室外筒仓设备),其自动灭火系统配置需分层判定:建筑高度超30米时,除SP486.1311500.2020第4.4条豁免的湿处理间、通风机房、B4类功能房等特定空间外,所有房间均需设置自动灭火设施;建筑高度不足30米则需按房间内设备属性对照规范表2逐项评估。实际设计中该厂房各楼层均部署自动喷淋系统,热油工艺间额外增设泡沫-雨淋复合灭火系统,形成多层次防护体系,凸显俄罗斯消防规范对工业火灾风险分区分级管控的技术逻辑。

4 雨水系统设计

4.1 计算装置区雨水池容积

工业装置雨水系统需统筹收集工艺区雨水径流及地面含油污水,其设计流量应综合连续工业废水总量与设计暴雨重现期径流量进行核算,同时需特别关注消防用水量的叠加影响——当50%消防水量超过雨水系统预估负荷时,雨水管渠输送能力须在原有设计基础上额外增加50%消防水量作为冗余保障。装置内部缓冲雨水池容积设计严格遵循SP32.13330.2018规范第7.3.1条款的公式计算模型(详见附件[1]),该模型通过量化暴雨峰值流量叠加效应与调蓄时间参数,确保系统在极端工况下的水力平衡与溢流防控效能。

$$W_{0\text{т}} = 10h_a \Psi_{\text{mid}} F, \quad (8)$$

где 10 - переводной коэффициент;

h_a - максимальный суточный слой осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объеме, мм;

Ψ_{mid} - средний коэффициент стока для расчетного дождя (определяется как средневзвешенное значение в зависимости от постоянных значений коэффициента стока Ψ_i для разного вида поверхностей по таблице 13);

F - площадь стока, га.

图1 雨水池体积公式

h_a 是指项目当地某个概率下最大日降雨量,mm, 业主提出是63%, 此项目 h_a 为32.7mm, F 是指区域面积, Ψ_{mid} 是指降雨的平均径流系数(和国内一样加权平均值)。计算得知 W_{ct} 有效容积为2358立, 再加上10%的富裕量。雨水池的总容积为2594立。

4.2 计算装置区雨水管径及附件

4.2.1 雨水口设置

俄罗斯的雨水口设计原则与国内存在显著差异, 国内

常规做法是将雨水篦子布设于道路两侧边缘, 而俄方采用网格化雨水收集系统, 其核心在于完全依托总图竖向设计实现排水功能。围堰区域内的雨水收集设施并非设置在围堰两侧, 而是采用中间低、两侧高的地形构造, 将雨水口布置于围堰中心低位区域。这种特殊设计模式要求项目前期必须精准确定场地竖向标高, 否则将直接影响工程进度控制。雨水口类型主要划分为双边型与单边型两种制式, 本项目采用的为双边型雨水口, 其设置间距参数则与国内现行规范标准保

持续统一^[2]。

4.2.2 雨水管道计算

俄罗斯雨水管道系统的水力计算逻辑与中国规范体系较为接近，其设计过程中同样采用暴雨强度公式进行径流量核算，且经技术验证表明俄方暴雨强度公式可完全套用中国暴雨强度公式进行计算。本项目向业主提交的雨水系统计算书首页中，已通过中国暴雨强度公式的数学表达式完整推导并呈现了俄罗斯暴雨强度公式的具体形式^[3]，并附相关图示说明（如图2所示）。

Rainwater calculation sheet for PDH

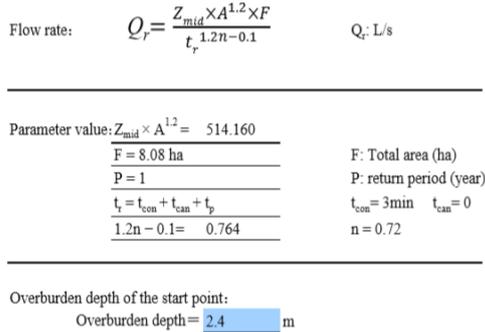


图2 雨水暴雨强度公式

其中最为重要的和中国理解不一样的地方是径流时间

的叠加，在上述 Tr 计算中，Tr 是指雨水在地表和管道上流动的持续时间，Tcon 是指地面径流时间，在国内 50~150 米，收集时间一般定义为 10min，但是在这个项目中，业主要求按照 5min 来计算，所以下图表格中 Tcon 都等于 5；Tp 是指两点之间的管道积水时间。Tcan 是指沿街明沟到雨水收集器积水时间^[4]。本项目中雨水管道均为地下埋地管道，Tcan 为 0。（如图 3 所示）

4.2.3 其他设计参数

根据 SP32.13330.2018 规范中的第 5.5 条说明，管道和渠道的最小坡度应根据污水允许的最小移动速度而定。一般情况下 DN150 的管道，最小坡度是 0.008，DN200 的管道，最小坡度是 0.007；在特殊的情况下，个别管道可以接受 DN150 管道坡度为 0.005，DN200 的管道坡度为 0.007。^[5]

雨水管道内流速应根据 SP32.13330.2018 规范，P5.4 中描述^[6]，不同管径不同充满度下最小流速也不同。例如当管道为 DN300 的管径时，充满度为 0.7 的时候，最小流速为 0.8m/s。

根据 SP32.13330.2018 规范，DN150 的检查井间隔为 35m，DN200-450 的检查井间隔为 50m，DN500-600 的检查井间隔为 75m，DN700-900 的检查井间隔为 100m，DN1000-1400 的检查井间隔为 150m，DN1500-2000 的检查井间隔为 200m，大于 DN2000 的检查井间隔为 250~300m，中国的检查井间距在 75m~100m 之间。

Beginning	End	Length of pipe or tray, m	F option, m	crush ed, m	diameter, mm	tcon, min	tcan, min	tp, min	tr, min	n	A	Zmid	Q/m³/s	Qr, l/s	Open/Close Shut-off valve	External diameter, mm	Wall thickness, mm	Slope, ‰	Filling, H/d	Speed, m/s
B	Dk78 (WE-0978)	0.06	0.02	0.08	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.263	0.00	9.11	To open					
Dk78 (WE-0978)	K1 (WE-0701)	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.263	0.00	9.00	-	325	9.0	29.0	0.22	1.06
K1 (WE-0701)	K3 (WE-0703)	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.256	0.00	20.86	-	325	9.0	2.4	0.46	0.52
K3 (WE-0703)	K4 (WE-0704)	10.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.259	0.00	21.95	-	426	12.0	2.8	0.31	0.55
K4 (WE-0704)	K5 (WE-0705)	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.257	0.00	31.60	-	426	12.0	2.4	0.39	0.58
K5 (WE-0705)	K6 (WE-0706)	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.259	0.00	32.19	-	426	12.0	2.2	0.41	0.56
K6 (WE-0706)	K7 (WE-0707)	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.259	0.00	31.50	-	426	12.0	2.4	0.39	0.59
K7 (WE-0707)	K8 (WE-0708)	8.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.261	0.00	32.29	-	426	12.0	1.6	0.44	0.59
K8 (WE-0708)	K9 (WE-0709)	8.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.263	0.00	39.17	-	426	12.0	2.4	0.40	0.59
K9 (WE-0709)	K10 (WE-0710)	23.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.263	0.00	39.36	-	426	12.0	2.6	0.43	0.74
K10 (WE-0710)	K11 (WE-0711)	15.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.263	0.00	39.11	-	426	12.0	2.6	0.42	0.73
K11 (WE-0711)	K12 (WE-0712)	16.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.267	0.00	45.89	-	530	13.0	2.5	0.34	0.76
K12 (WE-0712)	K13 (WE-0713)	27.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.260	0.00	92.60	-	630	14.0	1.7	0.43	0.79
K13 (WE-0713)	K14 (WE-0714)	17.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.262	0.00	99.32	-	630	14.0	1.7	0.45	0.80
K14 (WE-0714)	K15 (WE-0715)	11.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.260	0.00	97.90	-	630	14.0	1.7	0.42	0.79
K15 (WE-0715)	K16 (WE-0716)	14.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.260	0.00	118.70	-	630	14.0	1.7	0.50	0.84
K16 (WE-0716)	K17 (WE-0717)	23.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.261	0.00	120.31	-	630	14.0	1.7	0.50	0.84
K17 (WE-0717)	K18 (WE-0718)	16.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.260	0.00	119.87	-	630	14.0	1.9	0.46	0.89
K18 (WE-0718)	K19 (WE-0719)	33.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.260	0.00	122.97	-	630	14.0	1.9	0.49	0.89
K19 (WE-0719)	K20 (WE-0720)	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.260	0.00	120.04	-	630	14.0	1.9	0.50	0.89
K20 (WE-0720)	K21 (WE-0721)	43.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	419.47	0.260	0.00	121.76	-	630	14.0	1.4	0.43	0.78

图3 雨水计算书示意

5 结语

本研究以俄罗斯某化工装置项目为实证对象，针对跨国工程实践中面临的俄罗斯规范适应性难题，通过设计实施与规范研究的同步推进，系统梳理给排水及消防系统的核心规范差异。基于中俄标准体系的对比分析，提炼出关键设计参数调整方法与技术实施要点，形成具有行业普适性的规范应用指南，为同类跨国工程项目提供可操作的技术参照，助力我国工程设计单位在国际化进程中实现技术标准的有效对接与水平提升。

参考文献

[1] SP 8.13130.2020 《The fire protection systems. Outdoor fire-

fighting water supply. Fire safety requirements.》

[2] SP10.13130.2009 《The fire protection systems. Installation of standpipe and hose systems. Designing and regulations rules》

[3] SP32.13330.2018 《Sewerage. Pipelines and wastewater treatment plants. SNIP 2.04.03-85》

[4] SP 485.131150.2020 《Fire protection systems. Automatic fire extinguishing installations. Norms and rules of design.》

[5] SP 486.131150.2020 《The list of buildings, structures, premises and equipment, subject to protection by automatic extinguishing and fire alarm systems》

[6] GOST R53250-2009 《Fire techniques. Means of fire automatics. General technical requirements and test methods》