

海外油气管道钢套管穿越道路标准的对比及探讨

程浩力

(中国石油工程建设有限公司北京设计分公司, 北京 100085)

摘要: 套管是油气管道穿越公路、铁路及其他有特殊要求的设施时常用的保护措施。掌握不同标准中套管穿越的要求对于拓展海外工程建设市场至关重要。从套管的推荐情况、防腐蚀层、阴极保护与绝缘支撑, 套管穿越角度及套管尺寸要求, 端部封堵及通气管等方面, 对比分析了由美国石油学会、国际标准化组织、英国标准协会、美国腐蚀工程师协会、沙特阿美、壳牌、英国石油、道达尔、阿布扎比国家石油公司等发布的 12 个常用国际标准的要求及差异。最后, 针对中东及非洲等海外权益区内项目中钢制套管穿越的应用给出了建议。

关键词: 海外; 油气管道; 钢制套管; 套管封堵; 阴极保护; 套管通风

中图分类号: TE988 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-748X(2025)05-0059-07

截至 2019 年底, 中国石油在全球 35 个国家和地区开展油气投资业务, 建成了伊拉克哈法亚项目等多个千万吨级油气田和 10 多个 200 万 t 以上级油气田, 海外油气权益产量超过 1 亿 t, 相当于大庆油田和长庆油田产量的总和^[1]。多年来, 中石油的海外投资业务带动了中石油下属工程服务企业在南北苏丹、尼日尔、乍得、伊拉克等国家大量工程建设业务中参与国际市场竞争。自 1999 年中石油在苏丹建成第一条 1 500 多 km 的长输管道起, 截至 2020 年底, 20 a 来已建成的海外油气管道总里程近 15 000 km^[2]。套管是油气管道穿越道路(公路、铁路)时常用的保护方式。在中国石油“做大中东、做强非洲”的布局下, 中东及非洲两个油气业务区一直是中石油海外油气管道业务权益开发及同欧美石油巨头合作的重点区域。为了有针对性地开展设计及工程建设, 这些区域的穿越道路油气管道用套管广泛使用了行业协会、国家和石油企业的 12 项海外标准。作者对这些标准规范中关于套管使用的规定进行了梳理和归纳, 并提出使用建议, 希望对工程设计人员在开发海外油气权益区内项目或中外合作项目中起到一定帮助和借鉴。

1 套管的推荐情况

美国石油学会(API)系列标准、国际标准化组

织(ISO)系列标准、英国标准协会(BSI)标准、美国腐蚀工程师协会(NACE)标准、壳牌标准(DEP)、沙特阿美工程标准(SAES)、英国石油公司标准(GP)、道达尔标准(GS)、阿布扎比国家石油公司标准(ES)等关于穿越管段是否使用套管的规定见表 1。通过对表 1 的统计可以发现: 除 API RP 1102—2017 标准对套管的使用没有明确的反对建议, 其余 11 项标准均建议不考虑使用套管。

1934 年, API 首次发布了管道穿越铁路的规范 API Code 26—1935《管道穿越铁路协议形式及推荐做法》; 经过建设实践, 1952 年完成了 API RP 1102—1953《钢质管道穿越铁路和公路推荐作法》的制定, 并将公路穿越纳入其中; 在 1968 年推出的 API RP 1102 标准中通过 Spangler 的 Iowa 公式进行了大量计算机分析, 确定无套管的情况下管道的应力和使用套管时套管的壁厚^[3]。INGRAFFEA 等^[4-6]在 1985—1991 年改进了无套管穿越的评价方法, 该方法至今被 API RP 1102 在内的众多规范广泛采用。

发源于欧洲的 ISO 系列标准均不建议将套管作为穿越的首选方式。壳牌 DEP 标准一般是对 ISO 的采标并做部分补充, 其他规定同 ISO 一致, 也不建议采用套管穿越方式。作为 ISO 的创始成员之一, BSI 推出的系列标准同 ISO 系列标准具有同源性, 同样基于套管对管道阴极保护的影响角度, 不建议在穿越中使用套管。英国石油公司和道达尔作为欧洲的石油公司, 对于套管的使用态度同 ISO 基本一致, 不建议采用。阿布扎比国家石油公司标准受壳牌 DEP 及 ISO 标准影响较大, 因此也未推荐使用套管。

收稿日期: 2023-04-18

通信作者: 程浩力(1984—), 高级工程师, 硕士, 主要从事油气集输、油气储运及新能源设计与研究工作, 010-82778566, cpebj_chenghaoli@163.com

表 1 套管使用的基本规定

Tab. 1 Basic regulations for the use of casing

序号	标准号	标准名称	套管使用的基本规定
1	API RP 1102—2017	钢质管道穿越铁路和公路推荐作法	—
2	ISO 13623—2017	石油和天然气工业-管道输送系统	① 应避免采用套管穿越。② 如果使用钢制套管,应符合 ISO 16440 的要求
3	DEP 31400010—2015	管道工程(ISO 13623 的增补规定)	按照 ISO 13623 设计
4	ISO 15589-1—2015	石油和天然气工业-管道输送系统的阴极保护	① 套管可能会对输送管的阴极保护产生不利影响。②应避免采用套管穿越
5	DEP 30107331—2013	陆上埋地管道和站场工艺管道阴极保护设计(ISO 15589-1 的增补规定)	除非业主批准,否则不可使用套管穿越
6	ISO 16440—2016	石油和天然气工业-管道输送系统-管道钢制套管的设计、施工和维护	① 套管会屏蔽或降低输送管的阴极保护。② 除非出于道路载荷、不稳定的土壤条件的考虑或有良好的工程实践指导,否则不建议使用套管 除非法规或道路管理部门禁止,否则应考虑增加输送管的壁厚或埋深,以代替使用套管(无套管穿越设计请参阅 API RP 1102 或其他适用标准)
7	NACE SP0200—2014	钢制套管规范	① 穿越的首选设计是在不使用套管的情况下安装管道。②当业主或路权部门要求使用套管时,应采取预防措施。应使用混凝土套管,在无法选用混凝土套管时,应采用钢套管
8	BSI PD 8010-1—2015	管道系统操作指南 第 1 部分:陆上钢制管道	新建管道应力满足 API RP 1102 时,穿越道路可以不使用套管
9	SAES-L-460—2014	管道穿越道路和铁路规范	① 穿越不应使用套管,当道路管理方要求使用套管时,应向道路管理方提出不使用套管的建议。② 穿越的设计和施工应符合 API RP 1102 以及具有管辖权的部门的要求
10	GP 43-28—2005	管道穿越规范	① 道路穿越应按照 API RP 1102 执行。② 当允许时,应禁止采用套管穿越
11	GS EP-PLR-104—2012	陆上管道系统	① 道路穿越应符合 API 1102 和路权部门的要求。② 沙土路和低等级道路应采用大开挖方式穿越。③ 沥青路和主要道路均应采用无套管的钻孔/水平定向钻技术穿越
12	ES 30-99-12-0032—2015	埋地管道系统设计准则	

鉴于阴极保护问题,大多数标准中对于道路穿越管道使用套管持不推荐的态度。吴林虎等^[7-9]对套管内输送管的阴极保护问题做了研究,结果发现套管不利于阴极保护,不推荐使用。肖冶等^[10-11]对无套管穿越管道进行了应力校核,并得出了穿越道路管道满足应力校核时可以不采用套管的结论。

由于使用习惯以及相关道路部门的强制性要求,国内油气管道在穿越道路时广泛使用无防腐层的混凝土套管进行顶管穿越,套管中回填细沙或对端部进行封堵,并加装排气筒等措施;而海外油气田及管道项目中,由于取材不便,若需使用套管进行穿越,常采用钢制套管,并对端部进行柔性封堵。

2 套管的防腐层、阴极保护与绝缘支撑要求

电气绝缘和阴极保护是钢制套管面临的最主要的问题,也是很多标准不建议在道路穿越时首选套

管穿越方案的原因。相关规范对于套管防腐层和阴极保护与绝缘支撑的规定见表 2。

通过对表 2 的统计可以发现:对于防腐层和阴极保护,在 SAES-L-460—2014、GP 43-28—2005、ES 30-99-12-0032—2015 等 3 个标准中没有明确的规定;在 API RP 1102—2017、GS-EP-PLR-104—2012 标准中,规定套管可采用裸管或防腐层管;在 ISO 13623—2017、ISO 16440—2016 标准中,要求输送管应采用外防腐层,但不建议套管使用防腐层;在 ISO 15589-1—2015、DEP 31400010—2015、DEP 30107331—2013 等 3 个标准中,同样规定输送管应采用外防腐层,并针对有防腐涂层和无防腐层套管,分别对管道的腐蚀防护措施进行了详细的规定;在 NACE SP0200—2014 标准中,规定套管是否采用防腐层均可;在 BSI PD 8010-1—2015 标准中,则规定必要时应为可能没有阴极保护的灌浆

表 2 套管及输送管的防腐蚀与绝缘支撑要求

Tab. 2 Requirements for anti-corrosion and insulation support of casing and carrier pipe

序号	标准号	防腐蚀层和阴极保护要求	绝缘支撑要求
1	API RP 1102—2017	① 套管可采用裸管或防腐蚀层管。② 应仔细检查套管穿越段管道的阴极保护系统,套管的使用可能会降低或屏蔽管道的阴极保护效果。③ 每处套管穿越段管道均应设置阴极保护桩,测试线应焊接至套管和输送管上	① 套管和输送管之间应该采用绝缘支撑隔离。② 套管中的环形空间可以填充高绝缘填充物,抗腐剂或惰性气体,以缓解套管内腐蚀
2	ISO 13623—2017	按照 ISO 16440 设计	按照 ISO 16440 设计
3	DEP 31400010—2015	地方相关部门规定使用套管穿越道路或铁路时,应解决套管内管道的阴极保护问题	应使用足量的绝缘支撑,防止管道与套管之间的接触
4	ISO 15589-1—2015	① 采用套管穿越时,输送管应采用外防腐蚀层。② 采用带防腐蚀层的混凝土套管、导电性差的混凝土套管、带防腐蚀层的钢套管等屏蔽阴极保护电流的套管,管道的腐蚀防护可采取以下措施:套管内存在电解质时,应采用牺牲阳极保护,牺牲阳极不应与套管存在电连接,应避免阳极腐蚀产物造成套管与输送管电连接;套管内的环形空间填充防腐蚀材料。③ 采用裸钢套管、防腐蚀层质量差的钢套管、混凝土导电性良好的无防腐蚀涂层的混凝土管、就近接地的防腐蚀层套管等导通阴极保护电流的套管时,应按以下要求采取措施:套管与管道之间无电连接,且环形空间内存在足够量的电解质时,可利用管道的外部阴极保护电流对套管内的管道进行保护;对于实施了阴极保护的套管,套管与管道之间应通过可调电阻跨越,套管相对于管道应处于阳极状态	采用套管穿越时,套管与输送管之间应安装绝缘支撑隔离
5	DEP 30107331—2013	按照 ISO 15589-1 设计	按照 ISO 15589-1 设计
6	ISO 16440—2016	① 钢套管不应使用管道的阴极保护系统进行阴极保护。② 输送管应采用外防腐蚀层。③ 应使用无防腐蚀涂层的套管。④ 套管的阴极保护应符合 ISO 15589-1 的规定。⑤ 用于阴极保护测试的测试线应安装在输送管上,并应安装在套管的两端。每个位置都应安装两根测试导线,以确保测试线完整性并提供应急措施。同输送管相连的测试线应该进行防腐蚀绝缘	① 输送管应通过绝缘支撑安放在套管中。② 应设计足够的绝缘支撑以防止输送管和套管之间发生金属接触。应避免在绝缘支撑中使用金属组件。③ 可以考虑在环形空间内填充高介电填料或导电浆或注入气相抑制剂
7	NACE SP0200—2014	套管可以采用或不采用防腐蚀涂层。使用防腐蚀层的套管或非金属套管可能会屏蔽输送管的阴极保护。用于阴极保护测试的测试线应安装在靠近套管两端的输送管上	套管内的输送管应采取绝缘支撑
8	BSI PD 8010-1—2015	必要时,应为可能没有阴极保护的灌浆钢套管提供高质量的外部防腐蚀层	绝缘支撑应在套管内部特别是在套管末端支撑输送管,以避免套管与输送管之间发生电气接触
9	SAES-L-460—2014	—	① 钢制套管内的金属输送管应采用绝缘支撑同套管隔离。② 输送管两端的第一处绝缘支撑应成对安装并且距套管端部保持 300 mm 间距
10	GP 43-28—2005	—	安装在套管中的输送管应通过绝缘支撑或其他装置保持与套管的隔离
11	GS-EP-PLR-104—2012	按照 API RP 1102 设计	按照 API RP 1102 设计
12	ES 30-99-12-0032—2015	—	—

的钢套管提供高质量的外部防腐蚀层。刘波等^[12-14]针对管道和套管防腐蚀层和阴保问题进行

了研究,发现:套管内管道防腐蚀层质量越差,管道的阴保效果就越差;当套管无防腐蚀层且套管内存

在电解质时,其对管道的阴保电流无屏蔽作用。

为监测钢套管同输送管之间的电绝缘情况,通常在套管和输送管两端引出两根测试线,接到地面测试桩,如图 1 所示。通过电压表测试阴极保护电位。电压表的一根接线连接测试桩,另一根接线连接参比电极(参比电极埋设于管道上方靠近套管末端)

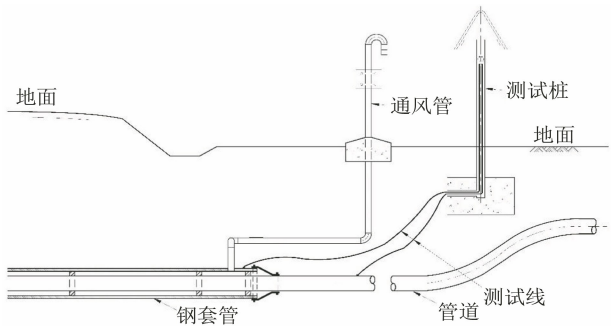


图 1 钢制套管穿越道路的典型布局

Fig. 1 Typical arrangement of steel casing crossing road

端的地面上)。NACE SP0200—2014 附录 B 及 ISO 16440—2016 附录 B 均给出了钢制套管和输送管阴极保护监测方法。

针对绝缘支撑,除了 ES 30-99-12-0032—2015 标准不推荐采用套管穿越之外,其他标准都给出了明确的要求(对输送管进行支撑并对输送管和钢套管进行绝缘);API RP 1102—2017、ISO 16440—2016、GS-EP-PLR-104—2012 标准均提出了在套管环形空间中填充高绝缘填充物等建议。

3 套管穿越角度及尺寸要求

虽然大部分标准并不推荐对穿越道路管道优先使用套管,但是在某些不得不使用套管的情况下,如业主、道路管理部门的要求或采取一定措施需要使用套管,相关标准对于套管穿越角度及套管尺寸也做出了相应的要求,具体见表 3。

表 3 套管穿越角度及尺寸要求

Tab. 3 Requirements for crossing angle and size of casing

序号	标准号	穿越角度规定	套管尺寸规定
1	API RP 1102—2017	铁路或公路与管道穿越之间的夹角应接近 90°,但在任何情况下都不宜小于 30°	套管应比输送管至少大两个公称尺寸
2	ISO 13623—2017	按照 ISO 16440 设计	按照 ISO 16440 设计
3	DEP 31400010—2015	按照 ISO 13623 设计	按照 ISO 13623 设计
4	ISO 15589—1—2015	—	—
5	DEP 30107331—2013	—	—
6	ISO 16440—2016	套管的长度应尽可能短,以降低电气接触的风险	① 对于公称直径 200 mm 及以上的输送管,套管应至少比输送管的外径大 100 mm;当套管内平行安装光缆或硅芯管时,套管内径应至少比输送管大 300 mm。② 对于公称直径 200 mm 以下的输送管,套管应至少比输送管的大 50 mm。③ 绝缘支撑外沿与套管内壁的间隙至少应为 25 mm 以方便套管往输送管安装
7	NACE SP0200—2014	套管的长度应尽可能短	① 对于直径为 200 mm 及以上的管道,套管的直径应至少比输送管的直径大 100 mm。② 对于直径小于 200 mm 的管道,套管的直径通常比输送管的直径大 50 mm
8	BSI PD 8010-1—2015	—	—
9	SAES-L-460—2014	① 管道应尽可能垂直穿越道路或铁路。穿越角不得小于 45°。② 如果不能满足此要求,经批准后方可实施	① 套管的内径应足够大,以利于安装输送管并防止外部载荷传递到输送管上。② 套管至少应比承载管大两个公称尺寸
10	GP 43-28—2005	① 应使用 ASME B31.4 或 B31.8 来设计套管。② 设计和施工应符合 API RP 1102 以及具有管辖权的部门的要求	① 套管的内径应足够大(套管建议至少大于输送管两个公称尺寸)以便于安装承载管。② 套管应隔离以保持阴极保护
11	GS-EP-PLR-104—2012	按照 API RP 1102 设计	按照 API RP 1102 设计
12	ES 30-99-12-0032—2015	穿越角度应尽量接近 90°,但不得小于 60°	—

通过对表 3 的统计可以发现:针对套管穿越角度,ISO 13623—2017、DEP 31400010—2015、ISO

15589-1—2015、DEP 30107331—2013、ISO 16440—2016、NACE SP0200—2014、BSI PD 8010-1—2015

等 7 个标准没有给出明确的规定条款;而 API RP 1102—2017、SAES-L-460—2014、GP 43-28—2005、GS-EP-PLR-104—2012、ES 30-99-12-0032—2015 等 5 个标准给出了明确的最小穿越角度要求。在 API RP 1102—2017 及 GP 43-28—2005 标准中,规定最小穿越角度为 30°;在 SAES-L-460—2014 标准中,规定最小穿越角度为 45°;在 ES 30-99-12-0032—2015 标准中,规定最小穿越角度为 60°。

针对套管尺寸,在 ISO 15589-1—2015、DEP 30107331—2013、BSI PD 8010-1—2015、ES 30-99-12-0032—2015 等 4 个标准中没有明确的规定条款;在 API RP 1102—2017、SAES-L-460—2014、GP 43-28—2005、GS-EP-PLR-104—2012 等 4 个标

准中,要求套管比输送管至少大两个公称尺寸;在 ISO 16440—2016、NACE SP0200—2014、ISO 13623—2017、DEP 31400010—2015 等 4 个标准中,以输送管公称直径 DN 200 mm 为界对套管尺寸分别提出了要求:对于 DN 200 mm 及以上的输送管,套管直径需至少比输送管直径大 100 mm;DN 200 mm 以下的输送管,套管直径需至少比输送管直径大 50 mm。

4 端部封堵及通气管

由于钢制套管存在腐蚀隐患,因此需要对其进行端部封堵以防止水和杂质进入。相关标准对于套管端部封堵和安装通气管的规定见表 4。

表 4 端部封堵及通气管要求
Tab. 4 Requirements for casing seals and vents

序号	标准号	端部封堵规定	通气孔规定
1	API RP 1102—2017	套管两端应进行端部密封,密封应采用柔性材料	① 不要求在套管上安装通气管。② 如果使用通气管,通气管直径不应小于 51 mm,套管上开孔大小不应小于通气管直径的二分之一。③ 通气管应伸出地面不低于 1.2 m,顶部应安装防雨帽。④ 为方便“套管填充物”填充套管,可安装两根通气管,套管低端的通气管安装在套管底部,套管高端的通气管安装在套管顶部
2	ISO 13623—2017	按照 ISO 16440 设计	按照 ISO 16440 设计
3	DEP 31400010—2015	按照 ISO 13623 设计	按照 ISO 13623 设计
4	ISO 15589-1—2015	在不可避免的情况下,应采取以下措施:输送管防腐蚀层;输送管和套管的环形空间中安装绝缘支撑;套管两端密封	—
5	DEP 30107331—2013	如果地下水位高于管道位置,并且管道腐蚀的风险很高,则除了端部密封外,应使用足够的具有长期防水和防腐蚀性能的材料填充在管道和套管之间的环形空间中	—
6	ISO 16440—2016	套管两端应密封,以防止水,有害物质和杂质进入。参照 NACE / SP 0200—2014 提供的端部密封设计指南	① 如果需要通气管,则应将其安装在套管的两端。② 套管上的通气孔应至少为通气管直径的一半,且最小为 25 mm,通气管的直径应至少为 50 mm。③ 通气管设计应防止水和杂物侵入
7	NACE SP0200—2014	套管两端应密封,以防止水和杂物进入	① 通气管应安装在套管两端,套管高端的通气管安装在顶部,套管低端的通气管安装在底部。② 套管通气孔的直径应至少为通气管直径的一半(最小为 25 mm),套管通气管的直径应至少为 50 mm。③ 通气管防止水和杂质侵入
8	BSI PD 8010-1—2015	① 如果要给钢套管充氮,则应焊接锻造的端部密封件。② 对于灌浆的套管,必须密封端部以防止材料损失	—
9	SAES-L-460—2014	① 端部用柔软的非金属材料密封,以防止土壤和水进入。② 密封材料应耐紫外线	密封的套管上的通风孔应距套管端 1 m。通气管应设计为防雨水侵入的鹅颈型
10	GP 43-28—2005	套管的两端应密封,以减少水和砂土从周围土壤中侵入	仅在有关部门规定时,套管才需要安装通气管
11	GS-EP-PLR-104—2012	按照 API RP 1102 设计	按照 API RP 1102 设计
12	ES 30-99-12-0032—2015	—	—

通过对表 4 的统计可以发现:针对套管端部封堵,ES 30-99-12-0032-2015 没有明确的要求;其他 11 个标准则做出了明确的要求,要求套管两端进行柔性密封以防止外物侵入。在一些学者的研究中,管道有必要保持密封,采用柔性封堵也得到了推荐^[15]。

针对套管通气孔,在 ISO 15589-1-2015、DEP 30107331-2013、BSI PD 8010-1-2015、ES 30-99-12-0032-2015 等 4 个标准中没有明确的条款;在 API RP 1102-2017 及 GS-EP-PLR-104-2012 标准中,未强制要求在套管上安装通气管,但是如使用了通气管,则通气管直径应不小于 51 mm,套管上开孔大小应不小于通气管直径的二分之一,当填充套管安装两根通气管时,套管低端的通气管安装在套管底部,套管高端的通气管安装在套管顶部,同时规定了通气管应伸出地面不低于 1.2 m,顶部应安装防雨帽;ISO 13623-2017、DEP 31400010-2015、ISO 16440-2016、NACE SP0200-2014 等 4 个标准对套管通气孔的规定一致,规定通气管应安装在套管的末端,通气孔直径最小为 25 mm,通气管的直径应至少为 50 mm;SAES-L-460-2014 标准仅对通气孔位置及防水做了要求;GP 43-28-2005 标准则规定通气管根据相关部门的要求安装。

5 总结与建议

钢制套管的使用关键是阴极保护及腐蚀防护问题,基于海外油气管道穿越道路情况,应该紧密结合当地的标准规范要求,积极参考各标准中普遍及合理的做法。欧美石油巨头通常基于本企业的企业规范在不同国家和地区的油气田权益区建立配套的工程建设标准体系,以达到项目执行标准的统一性。由于中国石油企业在海外权益区尚未建立统一的标准体系,因此常面临着不同地区、公司项目使用的标准规范不统一,及业主管理人员变更导致的技术要求变化等情况。为了在执行不同项目时设计施工标准化,对于油气管道道路穿越方式给出以下建议。

(1) 道路穿越建议优先采用无套管穿越方式,尤其是对采用了阴极保护的管道。无套管穿越的管道在设计时需满足现行 API RP 1102 标准第 4 章关于无套管穿越管道应力校核的规定;当路权部门要求使用套管穿越时,可以向路权部门提供无套管穿越的建议。

(2) 当业主、所在国相关部门的要求或地质条

件(如岩石、砾石底层)等原因必须采用套管穿越时,综合各标准要求,建议优先使用无防腐蚀层的混凝土套管,并设立测试桩进行监测;当遇到材料及运输等原因不便于采用混凝土套管的情况时,可以采用钢制套管,采用绝缘支撑,并设立测试桩对钢套管和输送管进行电绝缘监测,相关技术要求应满足 API RP 1102-2017、ISO 16440-2016、NACE SP0200-2014 等标准中关于钢制套管及阴极保护的技术要求。

参考文献:

- [1] 程浩力,郭志民,张春生,等. 海外油气田集输管道设计水压试验标准探讨[J]. 油气储运, 2021, 40(4): 474-480.
CHENG H L, GUO Z M, ZHANG C S, et al. Discussion on design standards of hydrostatic testing of gathering pipelines in oversea oil and gas fields[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2021, 40(4): 474-480.
- [2] 程浩力,张大凡,高雪利,等. 海外高地下水位地段油气管道抗漂计算[J]. 油气田地面工程, 2022, 41(4): 39-43.
CHENG H L, ZHANG D F, GAO X L, et al. Anti-floating calculation of overseas oil and gas pipelines in high groundwater level areas[J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2022, 41(4): 39-43.
- [3] SPANGLER M G. Structural design of pipeline casing pipes[J]. Journal of the Pipeline Division, 1968, 94(1): 137-154.
- [4] INGRAFFEA A R, O'ROURKE T D, STEWART H E, et al. Technical summary and database for guidelines for pipelines crossing railroads and highways [R]. Chicago: Cornell University, 1991: 1-18.
- [5] O'ROURKE T D, INGRAFFEA A R, STEWART H E, et al. State-of-the art review: practices for pipeline crossings at railroads [R]. Chicago: Cornell University, 1986: 1-61.
- [6] O'ROURKE T D, INGRAFFEA A R, STEWART H E, et al. State-of-the-art review: practices for pipeline crossings at highways [R]. Chicago: Cornell University, 1988: 171-178.
- [7] 吴林虎,许永勃,房勇,等. 套管穿越段管道腐蚀控制工程的设计要点[J]. 腐蚀与防护, 2017, 38(2): 138-141.
WU L H, XU Y B, FANG Y, et al. Key points in corrosion control engineering design for pipeline in casing crossing section[J]. Corrosion & Protection, 2017, 38(2): 138-141.
- [8] 胡康,王营. 某油田长输管线套管的腐蚀情况分析[J]. 天然气与石油, 2020, 38(3): 97-101.

- HU K, WANG Y. Analysis on inside pipe casing corrosion of oil field long distance transmission pipeline [J]. Natural Gas and Oil, 2020, 38(3): 97-101.
- [9] 贾光猛. 油气管道穿路套管存在问题与必要性分析 [J]. 天然气与石油, 2016, 34(3): 20-23, 7.
- JIA G M. Existing issues and necessity analysis of oil and gas pipeline casings [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34(3): 20-23, 7.
- [10] 肖冶, 王茂荣, 张振远. 无套管穿越道路的探讨 [J]. 油气储运, 1988, 7(3): 54-59, 8.
- XIAO Y, WANG M T, ZHANG Z Y. Sleeveless Road crossing probed [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 1988, 7(3): 54-59, 8.
- [11] 张珂, 史国福, 宁尚锋, 等. 钢质套管对埋地管道阴极保护的影响 [J]. 腐蚀与防护, 2007, 28(11): 580-582.
- ZHANG K, SHI G F, NING S F, et al. Influence of steel casing on cathodic protection of buried pipeline [J]. Corrosion & Protection, 2007, 28(11): 580-582.
- [12] 刘波, 王树立, 杨燕, 等. 涂层孔隙率对钢质套管穿越段管道阴保电位影响规律的数值模拟 [J]. 腐蚀与防护, 2016, 37(12): 961-965.
- LIU B, WANG S L, YANG Y, et al. Numerical simulation of the Influence rule of coating porosity on cathodic potential of pipeline in steel casing [J]. Corrosion & Protection, 2016, 37(12): 961-965.
- [13] 刘波, 王树立, 赵永刚, 等. 各因素对套管内管道阴极保护影响的数值模拟 [J]. 腐蚀与防护, 2017, 38(2): 107-112.
- LIU B, WANG S L, ZHAO Y G, et al. Numerical simulation of effects of influence factors on cathodic protection of pipeline in casing [J]. Corrosion & Protection, 2017, 38(2): 107-112.
- [14] 林冬孝, 叶芬, 何崇伟. 钢套管内金属管道的腐蚀及防护 [J]. 油气储运, 2007, 26(7): 49-50, 62.
- LIN D X, YE F, HE C W. Case study on the corrosion of steel pipeline in sleeve and pipeline protection [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2007, 26(7): 49-50, 62.
- [15] 季廷伟, 王树立, 刘波, 等. 套管对埋地金属管道阴极保护电位影响的数值模拟 [J]. 腐蚀与防护, 2018, 39(1): 71-77, 83.
- JI T W, WANG S L, LIU B, et al. Numerical simulation of the impact of casing on buried metal pipeline cathodic protection potential [J]. Corrosion & Protection, 2018, 39(1): 71-77, 83.

Comparison and Discussion on Standards about Road Crossing with Steel Casing for Overseas Oil and Gas Pipeline

CHENG Haoli

(Beijing Design Branch, China Petroleum Engineering & Construction Corp, Beijing 100085, China)

Abstract: Casing is a commonly used protection measure when oil and gas pipelines crossing roads, railways and other facilities with special requirements. It is essential to be familiar with the requirements for casing crossing in different standards for expanding overseas engineering construction markets. From the aspects of casing recommendations, anti-corrosion layers, cathodic protection and insulation supports, casing crossing angles and size requirements, end sealing and vent pipes, etc., comparative analysis was conducted on the requirements and differences of 12 commonly used international standards issued by American Petroleum Institute (API), International Organization for Standardization (ISO), British Standards Institution (BSI), National Association of Corrosion Engineers (NACE), Saudi Aramco, Shell, BP, Total, and Abu Dhabi National Oil Company (ADNOC) etc.. Finally, recommendations were provided for steel casing crossings in overseas projects in the Middle East, Africa, and other regions.

Key words: overseas; oil and gas pipeline; steel casing; casing seal; cathodic protection; casing vent